

核技术利用建设项目

昆山善思光电科技有限公司  
生产、销售和使用 X 射线探伤装置项目  
环境影响报告表  
(公示版)

昆山善思光电科技有限公司  
2026 年 8 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

昆山善思光电科技有限公司

生产、销售和使用 X 射线探伤装置项目

环境影响报告表

(公示版)

昆山善思光电科技有限公司

2026年8月

生态环境部监制

## 核技术利用建设项目

昆山善思光电科技有限公司

生产、销售和使用 X 射线探伤装置项目

## 环境影响报告表

建设单位名称：昆山善思光电科技有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：



通讯地址：江苏省昆山市开发区琵琶路 28 号 5 号房

邮政编码：

联系人

电子邮箱：

联系电话

## 编制单位和编制人员情况表

|                  |                                                                       |          |     |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------|-----|
| 项目编号             | 6vgdky                                                                |          |     |
| 建设项目名称           | 生产、销售和使用X射线探伤装置项目                                                     |          |     |
| 建设项目类别           | 55—172核技术利用建设项目                                                       |          |     |
| 环境影响评价文件类型       | 报告表                                                                   |          |     |
| <b>一、建设单位情况</b>  |                                                                       |          |     |
| 单位名称 (盖章)        | 昆山善思光电科技有限公司                                                          |          |     |
| 统一社会信用代码         | 913205837910825230                                                    |          |     |
| 法定代表人 (签章)       | 林毅宁                                                                   |          |     |
| 主要负责人 (签字)       | 尚艳忠                                                                   |          |     |
| 负责编写的主管人员 (签字)   | 邓锦锦                                                                   |          |     |
| <b>二、编制单位情况</b>  |                                                                       |          |     |
| 单位名称 (盖章)        | 南京瑞森辐射技术有限公司                                                          |          |     |
| 统一社会信用代码         | 91320106694645355K                                                    |          |     |
| <b>三、编制人员情况</b>  |                                                                       |          |     |
| <b>1. 编制主持人</b>  |                                                                       |          |     |
| 姓名               | 职业资格证书管理号                                                             | 信用编号     | 签字  |
| 陈朝晖              | 2014035320352013321405000117                                          | BH019830 | 陈朝晖 |
| <b>2. 主要编制人员</b> |                                                                       |          |     |
| 姓名               | 主要编写内容                                                                | 信用编号     | 签字  |
| 刘成好              | 表8 环境质量与辐射现状 表9 项目工程分析与源项 表10 辐射安全与防护 表11 环境影响分析 表12 辐射安全管理 表13 结论与建议 | BH015157 | 刘成好 |
| 陈朝晖              | 表1 项目基本情况 表2 放射源 表3 非密封放射性物质 表4 射线装置 表5 废弃物 表6 评价依据 表7 保护目标与评价标准      | BH019830 | 陈朝晖 |

# 环评项目负责人职业资格证



姓名: 陈朝晖

Full Name

性别: 男

Sex

出生年月: 1968年12月

Date of Birth

专业类别:

Professional Type

批准日期: 2014年05月

Approval Date

持证人签名:

Signature of the Bearer

2014035320352013321405000117

管理号:

File No.

签发单位盖章:

Issued by

签发日期: 2014 年 09 月 04 日

Issued on

## 江苏省社会保险权益记录单 (参保单位)



请使用官方江苏省智慧人社APP扫描验证

参保单位名称: 南京瑞森福社技术有限公司

现参保地: 玄武区

统一社会信用代码: 91320106098464555K

查询时间: 202603-202608

共1页, 第1页

| 单位参保险种 |     | 养老保险          | 工伤保险            | 失业保险 |
|--------|-----|---------------|-----------------|------|
| 缴费总人数  |     | 38            | 38              | 38   |
| 序号     | 姓名  | 公民身份号码(社会保障号) | 缴费起止年月          | 缴费月数 |
| 1      | 周瑞野 |               | 202603 - 202608 | 6    |
| 2      | 陈朝晖 |               | 202603 - 202608 | 6    |

说明:

1. 本权益单涉及单位及参保职工个人信息, 单位应妥善保管。

2. 本权益单为打印时参保情况。

3. 本权益单已通过电子认证, 不再加盖印章。

4. 本权益单记录单出具后有效期为 16 个月。如需核对复核, 请使用江苏省智慧人社APP, 扫描右上方二维码进行验证(可多次验证)。



## 目 录

|      |                      |         |
|------|----------------------|---------|
| 表 1  | 项目基本情况 .....         | - 1 -   |
| 表 2  | 放射源 .....            | - 11 -  |
| 表 3  | 非密封放射性物质 .....       | - 11 -  |
| 表 4  | 射线装置 .....           | - 12 -  |
| 表 5  | 废弃物（重点是放射性废弃物） ..... | - 15 -  |
| 表 6  | 评价依据 .....           | - 16 -  |
| 表 7  | 保护目标与评价标准 .....      | - 19 -  |
| 表 8  | 环境质量和辐射现状 .....      | - 22 -  |
| 表 9  | 项目工程分析与源项 .....      | - 27 -  |
| 表 10 | 辐射安全与防护 .....        | - 43 -  |
| 表 11 | 环境影响分析 .....         | - 53 -  |
| 表 12 | 辐射安全管理 .....         | - 106 - |
| 表 13 | 结论与建议 .....          | - 112 - |
| 表 14 | 审批 .....             | - 118 - |

### 附图：

- (1) 昆山善思光电科技有限公司生产、销售和使用 X 射线探伤装置项目地理位置示意图；
- (2) 昆山善思光电科技有限公司厂区总平面及周围环境示意图；
- (3) 昆山善思光电科技有限公司厂房一层平面布置及分区示意图；
- (4) 昆山善思光电科技有限公司厂房二层平面布置示意图。

### 附件：

- (1) 项目委托书；
- (2) 射线装置生产、销售和使用承诺书；
- (3) X 射线探伤装置屏蔽设计情况；
- (4) 辐射安全许可证正副本；
- (5) 原有核技术利用建设项目环评及验收材料；
- (6) 本项目辐射工作人员近一年度个人剂量监测报告；
- (7) 辐射安全管理人员和辐射工作人员培训证书；
- (8) 江苏省投资项目备案证；
- (9) 本项目辐射环境现状监测报告；
- (10) 本项目江苏省生态环境分区管控综合查询报告书。

**表 1 项目基本情况**

|                 |                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                            |                                                                                                                                                             |  |                        |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------|
| 建设项目名称          |                                                                                                                                                                                        | 昆山善思光电科技有限公司生产、销售和使用 X 射线探伤装置项目                                                                                            |                                                                                                                                                             |  |                        |
| 建设单位            |                                                                                                                                                                                        | 昆山善思光电科技有限公司<br>(统一社会信用代码 )                                                                                                |                                                                                                                                                             |  |                        |
| 法人代表            |                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                            | 联系人                                                                                                                                                         |  | 联系电话                   |
| 注册地址            |                                                                                                                                                                                        | 江苏省昆山市开发区琵琶路 28 号 5 号房                                                                                                     |                                                                                                                                                             |  |                        |
| 项目建设地点          |                                                                                                                                                                                        | 江苏省昆山市开发区琵琶路 28 号 5 号房公司生产调试车间、展厅内                                                                                         |                                                                                                                                                             |  |                        |
| 立项审批部门          |                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                            | 批准文号                                                                                                                                                        |  |                        |
| 建设项目总投资<br>(万元) |                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                            | 项目环保总投资<br>(万元)                                                                                                                                             |  | 投资比例(环保投资/总投资)         |
| 项目性质            |                                                                                                                                                                                        | <input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他 |                                                                                                                                                             |  | 占地面积 (m <sup>2</sup> ) |
| 应用类型            | 放射源                                                                                                                                                                                    | <input type="checkbox"/> 销售                                                                                                | <input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类        |  |                        |
|                 |                                                                                                                                                                                        | <input type="checkbox"/> 使用                                                                                                | <input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类 |  |                        |
|                 | 非密封放射性物质                                                                                                                                                                               | <input type="checkbox"/> 生产                                                                                                | <input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物                                                                                                                      |  |                        |
|                 |                                                                                                                                                                                        | <input type="checkbox"/> 销售                                                                                                | /                                                                                                                                                           |  |                        |
|                 |                                                                                                                                                                                        | <input type="checkbox"/> 使用                                                                                                | <input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙                                                                                                       |  |                        |
|                 | 射线装置                                                                                                                                                                                   | <input checked="" type="checkbox"/> 生产                                                                                     | <input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类                                                                                     |  |                        |
|                 |                                                                                                                                                                                        | <input checked="" type="checkbox"/> 销售                                                                                     | <input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类                                                                                     |  |                        |
|                 |                                                                                                                                                                                        | <input checked="" type="checkbox"/> 使用                                                                                     | <input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input checked="" type="checkbox"/> III 类                                                                          |  |                        |
|                 | 其他                                                                                                                                                                                     | /                                                                                                                          |                                                                                                                                                             |  |                        |
|                 | <p><b>项目概述:</b></p> <p><b>一、建设单位基本情况、项目建设规模及由来</b></p> <p>昆山善思光电科技有限公司是一家主要从事光学仪器研发、生产和销售的高科技公司,公司产品有高解析度 X 光机、视频显微镜和 3D 影像测量仪等。公司租赁江苏省昆山市开发区琵琶路 28 号 5 号房,在厂房一层生产调试车间对采购的 X 射线球管、</p> |                                                                                                                            |                                                                                                                                                             |  |                        |

定制的铅屏蔽外壳（铅房）和其他配件进行组装调试，开展 X 射线探伤装置和 X 射线点料装置的生产、销售、使用工作。

苏州市生态环境局已许可昆山善思光电科技有限公司开展 16 种型号 X 射线探伤装置和 5 种型号 X 射线点料装置的生产、销售和使用工作（见表 1-1），已开展的核技术利用项目均已履行环保手续，相关环评批复和验收意见见附件 5。

表 1-1 昆山善思光电科技有限公司现有核技术利用项目情况一览表

| 射线装置 |          |          |                 |               |       |       |                                                  |                      |
|------|----------|----------|-----------------|---------------|-------|-------|--------------------------------------------------|----------------------|
| 序号   | 辐射活动场所名称 | 装置名称     | 规格型号            | 技术参数          | 类别    | 活动种类  | 环评、许可及验收情况                                       | 备注                   |
| 1    | 生产调试车间   | X 射线点料装置 | AXC-850 型       | 50kV/0.4mA    | III 类 | 生产、销售 | 已许可、已监测                                          | 无变动（20 台/年）          |
| 2    |          | X 射线点料装置 | AXI-5200c 型     | 50kV/0.4mA    | III 类 | 生产、销售 | 已许可、已监测                                          | 无变动（20 台/年）          |
| 3    |          | X 射线点料装置 | AXI-5100c III 型 | 50kV/0.4mA    | III 类 | 生产、销售 | 已许可、已监测                                          | 无变动（30 台/年）          |
| 4    |          | X 射线点料装置 | AXC-830 型       | 50kV/0.4mA    | III 类 | 生产、销售 | 已许可、已监测                                          | 无变动（60 台/年）          |
| 5    |          | X 射线点料装置 | AXC-820 型       | 50kV/0.4mA    | III 类 | 生产、销售 | 已许可、已监测                                          | 无变动（80 台/年）          |
| 6    |          | X 射线探伤装置 | AXI-8000 型      | 130kV/0.356mA | II 类  | 生产、销售 | 2020.12.29 批复（苏环核评准字[2020]E049 号）、2023.9.6 自主验收  | 本次调整技术参数、屏蔽，增加 CT 功能 |
| 7    |          | X 射线探伤装置 | AXI-7300 型      | 130kV/0.356mA | II 类  | 生产、销售 | 2020.12.29 批复（苏环核评准字[2020]E049 号）、2022.7.31 自主验收 | 本次调整技术参数、屏蔽          |
| 8    |          | X 射线探伤装置 | AXI-7100 型      | 100kV/0.256mA | II 类  | 生产、销售 |                                                  | 本次调整技术参数             |
| 9    |          | X 射线探伤装置 | AXI-5100 型      | 100kV/0.256mA | II 类  | 生产、销售 |                                                  | 本次调整技术参数、屏蔽          |
| 10   |          | X 射线探伤装置 | View X6600 型    | 160kV/0.1mA   | II 类  | 生产、销售 | 2020.12.29 批复（苏环核评准字[2020]E049 号）、2023.9.6 自主验收  | 本次调整技术参数、屏蔽、尺寸       |

|    |    |          |                  |               |       |       |                                                                                |                            |
|----|----|----------|------------------|---------------|-------|-------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 11 |    | X 射线探伤装置 | Xspection 6000 型 | 130kV/0.356mA | II 类  | 生产、销售 | 2015.7.24 批复<br>(苏环核评<br>[2015]E116<br>号)、2017.2.27<br>验收(苏环核<br>[2015]E015 号) | 本次调整<br>技术参<br>数、屏蔽        |
| 12 |    | X 射线探伤装置 | View X3300 型     | 130kV/0.356mA | II 类  | 生产、销售 | 2020.12.29 批复<br>(苏环核评准<br>字[2020]E049<br>号)、2022.7.31<br>自主验收                 | 本次调整<br>技术参<br>数、屏蔽        |
| 13 |    | X 射线探伤装置 | View X3000 型     | 110kV/0.256mA | II 类  | 生产、销售 |                                                                                | 无变动<br>(20 台/年)            |
| 14 |    | X 射线探伤装置 | View X2300 型     | 130kV/0.3mA   | II 类  | 生产、销售 | 2023.10.23 批复<br>(苏环核评字<br>[2023]E061<br>号)、2024.10.20<br>自主验收                 | 无变动<br>(20 台/年)            |
| 15 |    | X 射线探伤装置 | View X2100 型     | 100kV/0.15mA  | II 类  | 生产、销售 |                                                                                | 本次调整<br>技术参<br>数、屏蔽        |
| 16 |    | X 射线探伤装置 | AXI-6100 型       | 100kV/0.256mA | II 类  | 生产、销售 | 2020.12.29 批复<br>(苏环核评准<br>字[2020]E049<br>号)、2022.7.31<br>自主验收                 | 无变动<br>(20 台/年)            |
| 17 |    | X 射线探伤装置 | View X2000 型     | 100kV/0.15mA  | II 类  | 生产、销售 | 2015.7.24 批复<br>(苏环核评<br>[2015]E116<br>号)、2017.2.27<br>验收(苏环核<br>[2015]E015 号) | 本次调整<br>技术参<br>数、屏蔽、<br>尺寸 |
| 18 |    | X 射线探伤装置 | View X1800 型     | 90kV/0.265mA  | II 类  | 生产、销售 |                                                                                | 本次调整<br>技术参<br>数、屏蔽        |
| 19 |    | X 射线探伤装置 | Xspection 1860 型 | 90kV/0.2mA    | II 类  | 生产、销售 | 2023.10.23 批复<br>(苏环核评字<br>[2023]E061<br>号)、2024.10.20<br>自主验收                 | 无变动<br>(25 台/年)            |
| 20 |    | X 射线探伤装置 | View X1820 型     | 90kV/0.2mA    | II 类  | 生产、销售 |                                                                                | 无变动<br>(25 台/年)            |
| 21 |    | X 射线探伤装置 | Xspection 3000 型 | 130kV/0.5mA   | II 类  | 生产、销售 |                                                                                | 本次调整<br>屏蔽                 |
| 22 | 展厅 | X 射线点料装置 | AXC-850 型        | 50kV/0.4mA    | III 类 | 使用    | 已许可、已监测                                                                        | 无变动                        |
| 23 |    | X 射线点料装置 | AXI-5200c 型      | 50kV/0.4mA    | III 类 | 使用    | 已许可、已监测                                                                        | 无变动                        |
| 24 |    | X 射线点料装置 | AXI-5100c III 型  | 50kV/0.4mA    | III 类 | 使用    | 已许可、已监测                                                                        | 无变动                        |

|    |          |                  |               |    |    |         |                      |
|----|----------|------------------|---------------|----|----|---------|----------------------|
| 25 | X 射线点料装置 | AXC-830 型        | 50kV/0.4mA    | Ⅲ类 | 使用 | 已许可、已监测 | 无变动                  |
| 26 | X 射线点料装置 | AXC-820 型        | 50kV/0.4mA    | Ⅲ类 | 使用 | 已许可、已监测 | 无变动                  |
| 27 | X 射线探伤装置 | AXI-8000 型       | 130kV/0.356mA | Ⅲ类 | 使用 | 已许可、已监测 | 本次调整技术参数、屏蔽，增加 CT 功能 |
| 28 | X 射线探伤装置 | AXI-7300 型       | 130kV/0.356mA | Ⅲ类 | 使用 | 已许可、已监测 | 本次调整技术参数、屏蔽          |
| 29 | X 射线探伤装置 | AXI-7100 型       | 100kV/0.256mA | Ⅲ类 | 使用 | 已许可、已监测 | 本次调整技术参数             |
| 30 | X 射线探伤装置 | AXI-5100 型       | 100kV/0.256mA | Ⅲ类 | 使用 | 已许可、已监测 | 本次调整技术参数、屏蔽          |
| 31 | X 射线探伤装置 | View X6600 型     | 160kV/0.1mA   | Ⅲ类 | 使用 | 已许可、已监测 | 本次调整技术参数、屏蔽、尺寸       |
| 32 | X 射线探伤装置 | Xspection 6000 型 | 130kV/0.356mA | Ⅲ类 | 使用 | 已许可、已监测 | 本次调整技术参数、屏蔽          |
| 33 | X 射线探伤装置 | View X3300 型     | 130kV/0.356mA | Ⅲ类 | 使用 | 已许可、已监测 | 本次调整技术参数、屏蔽          |
| 34 | X 射线探伤装置 | View X3000 型     | 110kV/0.256mA | Ⅲ类 | 使用 | 已许可、已监测 | 无变动                  |
| 35 | X 射线探伤装置 | View X2300 型     | 130kV/0.3mA   | Ⅲ类 | 使用 | 已许可、已监测 | 无变动                  |
| 36 | X 射线探伤装置 | View X2100 型     | 100kV/0.15mA  | Ⅲ类 | 使用 | 已许可、已监测 | 本次调整技术参数、屏蔽          |
| 37 | X 射线探伤装置 | AXI-6100 型       | 100kV/0.256mA | Ⅲ类 | 使用 | 已许可、已监测 | 无变动                  |
| 38 | X 射线探伤装置 | View X2000 型     | 100kV/0.15mA  | Ⅲ类 | 使用 | 已许可、已监测 | 本次调整技术参数、屏蔽、尺寸       |

|    |          |                  |              |       |    |         |             |
|----|----------|------------------|--------------|-------|----|---------|-------------|
| 39 | X 射线探伤装置 | View X1800 型     | 90kV/0.256mA | III 类 | 使用 | 已许可、已监测 | 本次调整技术参数、屏蔽 |
| 40 | X 射线探伤装置 | Xspection 1860 型 | 90kV/0.2mA   | III 类 | 使用 | 已许可、已监测 | 无变动         |
| 41 | X 射线探伤装置 | View X1820 型     | 90kV/0.2mA   | III 类 | 使用 | 已许可、已监测 | 无变动         |
| 42 | X 射线探伤装置 | Xspection 3000 型 | 130kV/0.5mA  | III 类 | 使用 | 已许可、已监测 | 本次调整屏蔽      |

考虑到公司产品迭代和市场层面需求等因素，公司计划对已许可的 11 种型号 X 射线探伤装置的技术参数（最大管电压、管电流）、屏蔽设计或壳体尺寸进行调整并新增 13 种型号 X 射线探伤装置的生产、销售、使用工作。本项目运行后，预计年产 29 种型号 X 射线探伤装置和 5 种型号 X 射线点料装置共计 545 台。该项目已取得江苏昆山经济技术开发区管理委员会赋予的项目代码，备案证号：昆开备〔2025〕426 号，项目代码：2511-320562-89-01-969253（江苏省投资项目备案证见附件 8）。

昆山善思光电科技有限公司生产、销售和使用 X 射线探伤装置项目情况见表 1-2：

表 1-2 本次生产、销售和使用 X 射线探伤装置项目情况一览表

| 射线装置 |                                       |         |           |           |                     |                |          |                                 |
|------|---------------------------------------|---------|-----------|-----------|---------------------|----------------|----------|---------------------------------|
| 序号   | 射线装置名称型号 <sup>1)</sup>                | 数量(台/年) | 最大管电压(kV) | 最大管电流(mA) | 类别 <sup>8)</sup>    | 工作场所名称         | 活动种类     | 备注                              |
| 1    | X 射线探伤装置 (View X1800 型)               | 20      | 90        | 0.2       | 生产、销售：II 类，使用：III 类 | 厂房一层<br>生产调试车间 | 生产、销售、使用 | 已许可，原为 90kV/0.265mA，屏蔽调整        |
| 2    | X 射线探伤装置 (View X2000 型)               | 20      | 90        | 0.2       | 生产、销售：II 类，使用：III 类 | 厂房一层<br>生产调试车间 |          | 已许可，原为 100kV/0.15mA，屏蔽、尺寸调整     |
| 3    | X 射线探伤装置 (View X2100 型)               | 20      | 90        | 0.2       | 生产、销售：II 类，使用：III 类 | 厂房一层<br>生产调试车间 |          | 已许可，原为 100kV/0.15mA，屏蔽调整        |
| 4    | X 射线探伤装置 <sup>2)</sup> (View X3300 型) | 15      | 130       | 0.3       | 生产、销售：II 类，使用：III 类 | 厂房一层<br>生产调试车间 |          | 已许可，原为 130kV/0.356mA，屏蔽调整，光管可选配 |

|    |                                              |    |     |     |                    |                |                                             |
|----|----------------------------------------------|----|-----|-----|--------------------|----------------|---------------------------------------------|
| 5  | X 射线探伤装置 <sup>2)</sup><br>(Xspection 6000 型) | 15 | 130 | 0.3 | 生产、销售：Ⅱ类，<br>使用：Ⅲ类 | 厂房一层<br>生产调试车间 | 已许可，原为<br>130kV/0.356mA，<br>屏蔽调整，光管<br>可选配  |
| 6  | X 射线探伤装置 <sup>3)</sup><br>(Xspection 3000 型) | 30 | 130 | 0.5 | 生产、销售：Ⅱ类，<br>使用：Ⅲ类 | 厂房一层<br>生产调试车间 | 已许可，屏蔽调<br>整，光管可选配，<br>国外型号                 |
| 7  | X 射线探伤装置 <sup>4)</sup><br>(View X6600 型)     | 10 | 160 | 1   | 生产、销售：Ⅱ类，<br>使用：Ⅲ类 | 厂房一层<br>生产调试车间 | 已许可，原为<br>160kV/0.1mA，屏<br>蔽、尺寸调整，<br>光管可选配 |
| 8  | X 射线探伤装置 <sup>4)</sup><br>(Xspection 6600 型) | 10 | 160 | 1   | 生产、销售：Ⅱ类，<br>使用：Ⅲ类 | 厂房一层<br>生产调试车间 | 新增，光管可选<br>配，国外型号                           |
| 9  | X 射线探伤装置<br>(AXI-5100 型)                     | 10 | 90  | 0.2 | 生产、销售：Ⅱ类，<br>使用：Ⅲ类 | 厂房一层<br>生产调试车间 | 已许可，原为<br>100kV/0.256mA，<br>屏蔽调整            |
| 10 | X 射线探伤装置<br>(AXI-6100-1.5M 型)                | 7  | 90  | 0.2 | 生产、销售：Ⅱ类，<br>使用：Ⅲ类 | 厂房一层<br>生产调试车间 | 新增                                          |
| 11 | X 射线探伤装置<br>(AXI-6100-2M 型)                  | 7  | 90  | 0.2 | 生产、销售：Ⅱ类，<br>使用：Ⅲ类 | 厂房一层<br>生产调试车间 | 新增                                          |
| 12 | X 射线探伤装置<br>(AXI-6100-2.5M 型)                | 6  | 90  | 0.2 | 生产、销售：Ⅱ类，<br>使用：Ⅲ类 | 厂房一层<br>生产调试车间 | 新增                                          |
| 13 | X 射线探伤装置<br>(AXI-7100 型)                     | 10 | 90  | 0.2 | 生产、销售：Ⅱ类，<br>使用：Ⅲ类 | 厂房一层<br>生产调试车间 | 已许可，原为<br>100kV/0.256mA                     |
| 14 | X 射线探伤装置 <sup>2)</sup><br>(AXI-7300 型)       | 10 | 130 | 0.3 | 生产、销售：Ⅱ类，<br>使用：Ⅲ类 | 厂房一层<br>生产调试车间 | 已许可，原为<br>130kV/0.356mA，<br>屏蔽调整，光管<br>可选配  |
| 15 | 工业 CT 装置 <sup>5)</sup><br>(AXI-8000 型)       | 5  | 130 | 0.3 | 生产、销售：Ⅱ类，<br>使用：Ⅱ类 | 厂房一层<br>生产调试车间 | 已许可，原为<br>130kV/0.356mA，<br>屏蔽调整，光管<br>可选配  |

|    |                                              |    |     |     |                    |                |                  |                   |
|----|----------------------------------------------|----|-----|-----|--------------------|----------------|------------------|-------------------|
| 16 | X 射线探伤装置<br>(View X6100 型)                   | 5  | 90  | 0.2 | 生产、销售：Ⅱ类，<br>使用：Ⅲ类 | 厂房一层<br>生产调试车间 |                  | 新增                |
| 17 | X 射线探伤装置 <sup>6)</sup><br>(View X6300 型)     | 5  | 130 | 0.3 | 生产、销售：Ⅱ类，<br>使用：Ⅲ类 | 厂房一层<br>生产调试车间 |                  | 新增，光管可<br>选配      |
| 18 | X 射线探伤装置 <sup>6)</sup><br>(Xspection 3120 型) | 10 | 130 | 0.3 | 生产、销售：Ⅱ类，<br>使用：Ⅲ类 | 厂房一层<br>生产调试车间 |                  | 新增，光管可<br>选配，国外型号 |
| 19 | X 射线探伤装置 <sup>2)</sup><br>(AXI-5300 型)       | 5  | 130 | 0.3 | 生产、销售：Ⅱ类，<br>使用：Ⅲ类 | 厂房一层<br>生产调试车间 |                  | 新增，光管可<br>选配      |
| 20 | X 射线探伤装置 <sup>7)</sup><br>(AXI-6800 型)       | 5  | 160 | 1   | 生产、销售：Ⅱ类，<br>使用：Ⅲ类 | 厂房一层<br>生产调试车间 |                  | 新增，光管可<br>选配      |
| 21 | X 射线探伤装置<br>(Horizon 1100 型)                 | 5  | 90  | 0.2 | 生产、销售：Ⅱ类，<br>使用：Ⅲ类 | 厂房一层<br>生产调试车间 |                  | 新增                |
| 22 | X 射线探伤装置 <sup>2)</sup><br>(Horizon 1300 型)   | 5  | 130 | 0.3 | 生产、销售：Ⅱ类，<br>使用：Ⅲ类 | 厂房一层<br>生产调试车间 | 生产、<br>销售、<br>使用 | 新增，光管可<br>选配      |
| 23 | X 射线探伤装置 <sup>2)</sup><br>(Horizon 2300 型)   | 5  | 130 | 0.3 | 生产、销售：Ⅱ类，<br>使用：Ⅲ类 | 厂房一层<br>生产调试车间 |                  | 新增，光管可<br>选配      |
| 24 | X 射线探伤装置 <sup>7)</sup><br>(Horizon 2600 型)   | 5  | 160 | 1   | 生产、销售：Ⅱ类，<br>使用：Ⅲ类 | 厂房一层<br>生产调试车间 |                  | 新增，光管可<br>选配      |

注：1、本项目 X 射线探伤装置、工业 CT 装置均为单球管设备；

2、View X3300 型、Xspection 6000 型、AXI-7300 型、AXI-5300 型、Horizon 1300 型、Horizon 2300 型 X 射线探伤装置可根据客户需求，在 130kV/0.3mA、110kV/0.25mA、90kV/0.2mA 三种光管中进行选配；

3、Xspection 3000 型 X 射线探伤装置可根据客户需求，在 130kV/0.5mA、130kV/0.3mA、110kV/0.25mA、90kV/0.2mA 四种光管中进行选配；

4、View X6600 型和 Xspection 6600 型 X 射线探伤装置为同一款设备，为区分销往国内或海外而设置两种型号。该款装置可根据客户需求，在 160kV/1mA、130kV/0.3mA、110kV/0.25mA、90kV/0.2mA 四种光管中进行选配；

5、根据《射线装置分类》，AXI-8000 型工业 CT 装置的生产、销售、使用活动均按Ⅱ类射线装置管理。该款装置可根据客户需求，在 130kV/0.3mA、110kV/0.25mA、90kV/0.2mA 三种光管中进行选配；

6、View X6300 型和 Xspection 3120 型 X 射线探伤装置为同一款设备，为区分销往国内或海外而设置两种型号。该款装置可根据客户需求，在 130kV/0.3mA、110kV/0.25mA、90kV/0.2mA

三种光管中进行选配；

7、AXI-6800 型、Horizon 2600 型 X 射线探伤装置可根据客户需求，在 160kV/1mA、130kV/0.3mA、110kV/0.25mA、90kV/0.2mA 四种光管中进行选配；

8、本项目 X 射线探伤装置均属自屏蔽式 X 射线探伤装置，对其生产、销售活动按 II 类射线装置管理；使用活动按 III 类射线装置管理。对工业 CT 装置的生产、销售和使用活动按 II 类射线装置管理。本项目装配调试合格的样机在厂房一层展厅进行陈列，最多可摆放 13 台设备，可根据客户需求由辐射工作人员操作进行设备出束展示，展厅内同一时间仅 1 台设备出束，展厅内各设备，除 AXI-8000 型工业 CT 装置按 II 类射线装置管理外，其余均按 III 类射线装置管理。

本项目 X 射线探伤装置光管选配情况如下：

表 1-3 本项目 X 射线探伤装置光管选配情况一览表

| 序号 | 设备型号                                                                                                                                                 | 最大管电压<br>(kV) | 最大管电流<br>(mA) | 额定功率<br>(W) | 出束夹角<br>(°) |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|-------------|-------------|
| 1  | X 射线探伤装置<br>(View X1800 型、View X2000 型、View X2100 型、AXI-5100 型、AXI-6100-1.5M 型、AXI-6100-2M 型、AXI-6100-2.5M 型、AXI-7100 型、View X6100 型、Horizon 1100 型) | 90            | 0.2           | 8           | 80          |
| 2  | X 射线探伤装置<br>(View X3300 型、Xspection 6000 型、AXI-7300 型、AXI-8000 型、View X6300 型、Xspection 3120 型、AXI-5300 型、Horizon 1300 型、Horizon 2300 型)             | 130           | 0.3           | 39          | 118         |
|    |                                                                                                                                                      | 110           | 0.25          | 25          | 120         |
|    |                                                                                                                                                      | 90            | 0.2           | 8           | 80          |
| 3  | X 射线探伤装置<br>(Xspection 3000 型)                                                                                                                       | 130           | 0.5           | 39          | 118         |
|    |                                                                                                                                                      | 130           | 0.3           | 39          | 118         |
|    |                                                                                                                                                      | 110           | 0.25          | 25          | 120         |
|    |                                                                                                                                                      | 90            | 0.2           | 8           | 80          |
| 4  | X 射线探伤装置<br>(View X6600 型、Xspection 6600 型、AXI-6800 型、Horizon 2600 型)                                                                                | 160           | 1             | 64          | 170         |
|    |                                                                                                                                                      | 130           | 0.3           | 39          | 118         |
|    |                                                                                                                                                      | 110           | 0.25          | 25          | 120         |
|    |                                                                                                                                                      | 90            | 0.2           | 8           | 80          |

昆山善思光电科技有限公司已配备有 21 名辐射工作人员，其中生产调试人员 18 名、售后服务人员 3 名。根据公司提供的工作负荷，本项目运行后，生产调试人员年接触射线时间不超过 485h，售后服务人员年接触射线时间不超过 455h。本项目辐射

工作人员年工作 250 天，不兼职其他放射工作，满足公司辐射工作需求，本项目不另外新增辐射工作人员。

为保护环境和公众利益，防止辐射污染，根据《中华人民共和国生态环境法典》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，昆山善思光电科技有限公司计划对已许可的 11 种型号 X 射线探伤装置的技术参数（最大管电压、管电流）、屏蔽设计或壳体尺寸进行调整并新增 13 种型号 X 射线探伤装置的生产、销售、使用工作，本次生产、销售和使用 X 射线探伤装置项目需进行生态环境影响评价。受昆山善思光电科技有限公司的委托，南京瑞森辐射技术有限公司承担了生产、销售和使用 X 射线探伤装置项目的生态环境影响评价工作（见附件 1）。根据《射线装置分类》，对 X 射线探伤装置的生产、销售活动按 II 类射线装置管理，使用活动按 III 类射线装置管理。依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令 第 16 号，2021 年版），本项目属于“172 核技术利用建设项目”中的“生产、使用 II 类射线装置的”项目，确定为编制生态环境影响报告表。南京瑞森辐射技术有限公司在资料调研、项目工程分析、现场勘察及现场监测等工作的基础上，编制了项目生态环境影响报告表。

## 二、项目选址情况

昆山善思光电科技有限公司位于江苏省昆山市开发区琵琶路 28 号 5 号房，公司厂区东侧为昆山市海珊智能科技有限公司，南侧依次为昆山丰科金属制品有限公司、琵琶路，西侧为风琴路，北侧为昆山英辉木器厂。昆山善思光电科技有限公司地理位置示意图见附图 1，厂区总平面和周围环境示意图见附图 2。

昆山善思光电科技有限公司厂房共三层，生产调试车间位于厂房一层东部，其东侧依次为厂房外道路和昆山市海珊智能科技有限公司，南侧为升降平台、楼梯、厂房外道路、昆山丰科金属制品有限公司及琵琶路，西侧为过道、生产装配区、办公区、厂房外道路及风琴路，北侧为物料暂存区、楼梯、厂房外道路及昆山英辉木器厂，上方为大型物料暂放区，下方为土层；展厅位于厂房一层西南部，其东侧依次为生产装配区、打包出货区、升降平台、楼梯、厂房外道路和昆山市海珊智能科技有限公司，南侧为厂房外道路、昆山丰科金属制品有限公司及琵琶路，西侧为厂房外道路、风琴路及空置厂房，北侧为仓库、办公区、厂房外道路及昆山英辉木器厂，上方为软件室、财务室及资讯室，下方为土层。厂房一层平面布置及周围环境示意图见附图 3。

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”的规定，结合本项目的特点，确定本项目评价范围为本项目生产调试车间、展厅实体屏蔽体边界外周围 50m 范围内区域。本次生产、销售和使用 X 射线探伤装置项目周围 50m 评价范围内，东侧至昆山市海珊智能科技有限公司（最近约 9m），南侧至昆山丰科金属制品有限公司（最近约 8m），西侧至风琴路（最近约 16m）和空置厂房（最近约 43m），北侧至昆山英辉木器厂（最近约 32m）。本项目评价范围内无居民区、学校等环境敏感点，项目选址可行。项目运行后的环境保护目标主要为从事本项目的辐射工作人员、厂区内的其他工作人员及评价范围内上述公司处其他公众等。

### 三、原有核技术利用项目许可情况

昆山善思光电科技有限公司持有苏州市生态环境局核发的辐射安全许可证（苏环辐证[E0406]），有效期至：2029 年 4 月 16 日，许可种类和范围为“生产、销售、使用 III 类射线装置；生产、销售 II 类射线装置”。公司辐射安全许可证正副本见附件 4。

公司已开展的核技术利用项目均已履行环保手续，无环保遗留问题。

### 四、实践正当性分析

本项目的运行，有利于提升公司产品产量和市场竞争能力，具有良好的社会效益和经济效益，经辐射防护屏蔽和安全管理后，本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

表 2 放射源

| 序号 | 核素名称 | 总活度 (Bq) /<br>活度 (Bq) × 枚数 | 类别 | 活度种类 | 用途 | 使用场所 | 贮存方式与地点 | 备注 |
|----|------|----------------------------|----|------|----|------|---------|----|
| /  | /    | /                          | /  | /    | /  | /    | /       | /  |
|    |      |                            |    |      |    |      |         |    |
|    |      |                            |    |      |    |      |         |    |
|    |      |                            |    |      |    |      |         |    |

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

| 序号 | 核素名称 | 理化性质 | 活动种类 | 实际日最大操作量 (Bq) | 日等效最大操作量 (Bq) | 年最大用量 (Bq) | 用途 | 操作方式 | 使用场所 | 贮存方式与地点 |
|----|------|------|------|---------------|---------------|------------|----|------|------|---------|
| /  | /    | /    | /    | /             | /             | /          | /  | /    | /    | /       |
|    |      |      |      |               |               |            |    |      |      |         |
|    |      |      |      |               |               |            |    |      |      |         |
|    |      |      |      |               |               |            |    |      |      |         |
|    |      |      |      |               |               |            |    |      |      |         |

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

| 序号 | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 加速<br>粒子 | 最大能量 (MeV) | 额定电流 (mA) | 剂量率 (Gy/h) | 用途 | 工作场所 | 备注 |
|----|----|----|----|----|----------|------------|-----------|------------|----|------|----|
| /  | /  | /  | /  | /  | /        | /          | /         | /          | /  | /    | /  |
|    |    |    |    |    |          |            |           |            |    |      |    |
|    |    |    |    |    |          |            |           |            |    |      |    |

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

| 序号 | 名称       | 类别   | 数量     | 型号               | 最大管电压<br>(kV) | 最大管电流<br>(mA) | 用途    | 工作场所名称     | 备注          |
|----|----------|------|--------|------------------|---------------|---------------|-------|------------|-------------|
| 1  | X 射线探伤装置 | II 类 | 20 台/年 | View X1800 型     | 90            | 0.2           | 生产、销售 | 厂房一层生产调试车间 | 调整          |
| 2  | X 射线探伤装置 | II 类 | 20 台/年 | View X2000 型     | 90            | 0.2           | 生产、销售 | 厂房一层生产调试车间 | 调整          |
| 3  | X 射线探伤装置 | II 类 | 20 台/年 | View X2100 型     | 90            | 0.2           | 生产、销售 | 厂房一层生产调试车间 | 调整          |
| 4  | X 射线探伤装置 | II 类 | 15 台/年 | View X3300 型     | 130           | 0.3           | 生产、销售 | 厂房一层生产调试车间 | 调整          |
| 5  | X 射线探伤装置 | II 类 | 15 台/年 | Xspection 6000 型 | 130           | 0.3           | 生产、销售 | 厂房一层生产调试车间 | 调整，国外<br>型号 |
| 6  | X 射线探伤装置 | II 类 | 30 台/年 | Xspection 3000 型 | 130           | 0.5           | 生产、销售 | 厂房一层生产调试车间 | 调整，国外<br>型号 |

| 序号 | 名称      | 类别  | 数量    | 型号               | 最大管电压<br>(kV) | 最大管电流<br>(mA) | 用途    | 工作场所名称     | 备注       |
|----|---------|-----|-------|------------------|---------------|---------------|-------|------------|----------|
| 7  | X射线探伤装置 | II类 | 10台/年 | View X6600 型     | 160           | 1             | 生产、销售 | 厂房一层生产调试车间 | 调整       |
| 8  | X射线探伤装置 | II类 | 10台/年 | Xspection 6600 型 | 160           | 1             | 生产、销售 | 厂房一层生产调试车间 | 新增, 国外型号 |
| 9  | X射线探伤装置 | II类 | 10台/年 | AXI-5100 型       | 90            | 0.2           | 生产、销售 | 厂房一层生产调试车间 | 调整       |
| 10 | X射线探伤装置 | II类 | 7台/年  | AXI-6100-1.5M 型  | 90            | 0.2           | 生产、销售 | 厂房一层生产调试车间 | 新增       |
| 11 | X射线探伤装置 | II类 | 7台/年  | AXI-6100-2M 型    | 90            | 0.2           | 生产、销售 | 厂房一层生产调试车间 | 新增       |
| 12 | X射线探伤装置 | II类 | 6台/年  | AXI-6100-2.5M 型  | 90            | 0.2           | 生产、销售 | 厂房一层生产调试车间 | 新增       |
| 13 | X射线探伤装置 | II类 | 10台/年 | AXI-7100 型       | 90            | 0.2           | 生产、销售 | 厂房一层生产调试车间 | 调整       |
| 14 | X射线探伤装置 | II类 | 10台/年 | AXI-7300 型       | 130           | 0.3           | 生产、销售 | 厂房一层生产调试车间 | 调整       |
| 15 | X射线探伤装置 | II类 | 5台/年  | AXI-8000 型       | 130           | 0.3           | 生产、销售 | 厂房一层生产调试车间 | 调整       |
| 16 | X射线探伤装置 | II类 | 5台/年  | View X6100 型     | 90            | 0.2           | 生产、销售 | 厂房一层生产调试车间 | 新增       |
| 17 | X射线探伤装置 | II类 | 5台/年  | View X6300 型     | 130           | 0.3           | 生产、销售 | 厂房一层生产调试车间 | 新增       |
| 18 | X射线探伤装置 | II类 | 10台/年 | Xspection 3120 型 | 130           | 0.3           | 生产、销售 | 厂房一层生产调试车间 | 新增, 国外型号 |
| 19 | X射线探伤装置 | II类 | 5台/年  | AXI-5300 型       | 130           | 0.3           | 生产、销售 | 厂房一层生产调试车间 | 新增       |

| 序号 | 名称      | 类别  | 数量   | 型号            | 最大管电压<br>(kV) | 最大管电流<br>(mA) | 用途    | 工作场所名称     | 备注 |
|----|---------|-----|------|---------------|---------------|---------------|-------|------------|----|
| 20 | X射线探伤装置 | II类 | 5台/年 | AXI-6800型     | 160           | 1             | 生产、销售 | 厂房一层生产调试车间 | 新增 |
| 21 | X射线探伤装置 | II类 | 5台/年 | Horizon 1100型 | 90            | 0.2           | 生产、销售 | 厂房一层生产调试车间 | 新增 |
| 22 | X射线探伤装置 | II类 | 5台/年 | Horizon 1300型 | 130           | 0.3           | 生产、销售 | 厂房一层生产调试车间 | 新增 |
| 23 | X射线探伤装置 | II类 | 5台/年 | Horizon 2300型 | 130           | 0.3           | 生产、销售 | 厂房一层生产调试车间 | 新增 |
| 24 | X射线探伤装置 | II类 | 5台/年 | Horizon 2600型 | 160           | 1             | 生产、销售 | 厂房一层生产调试车间 | 新增 |
| /  | /       | /   | /    | /             | /             | /             | /     | /          | /  |
|    |         |     |      |               |               |               |       |            |    |

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

| 序号 | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 最大管电压<br>(kV) | 最大靶电流<br>( $\mu$ A) | 中子强度<br>(n/s) | 用途 | 工作场所 | 氡靶情况    |      |    | 备注 |
|----|----|----|----|----|---------------|---------------------|---------------|----|------|---------|------|----|----|
|    |    |    |    |    |               |                     |               |    |      | 活度 (Bq) | 贮存方式 | 数量 |    |
| /  | /  | /  | /  | /  | /             | /                   | /             | /  | /    | /       | /    | /  | /  |
|    |    |    |    |    |               |                     |               |    |      |         |      |    |    |
|    |    |    |    |    |               |                     |               |    |      |         |      |    |    |

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

| 名称      | 状态 | 核素名称 | 活度 | 月排放量 | 年排放总量 | 排放口浓度 | 暂存情况 | 最终去向                                       |
|---------|----|------|----|------|-------|-------|------|--------------------------------------------|
| 臭氧、氮氧化物 | 气态 | /    | /  | 少量   | 少量    | /     | 不暂存  | 通过排风系统排入外环境，<br>臭氧在常温下约 50 分钟可<br>自行分解为氧气。 |
| /       | /  | /    | /  | /    | /     | /     | /    | /                                          |
|         |    |      |    |      |       |       |      |                                            |
|         |    |      |    |      |       |       |      |                                            |
|         |    |      |    |      |       |       |      |                                            |
|         |    |      |    |      |       |       |      |                                            |
|         |    |      |    |      |       |       |      |                                            |
|         |    |      |    |      |       |       |      |                                            |
|         |    |      |    |      |       |       |      |                                            |
|         |    |      |    |      |       |       |      |                                            |
|         |    |      |    |      |       |       |      |                                            |
|         |    |      |    |      |       |       |      |                                            |

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m<sup>3</sup>；年排放总量用 kg。  
2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 法规文件 | <p>(1) 《中华人民共和国生态环境法典》，第十四届全国人民代表大会第四次会议通过，2026 年 8 月 15 日起施行；</p> <p>(2) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令 第 449 号，2005 年 12 月 1 日起施行；2019 年修改，国务院令 第 709 号，2019 年 3 月 2 日施行；</p> <p>(3) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令 第 253 号，1998 年 11 月 29 日发布，根据 2017 年 7 月 16 日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》（中华人民共和国国务院令 第 682 号）修订，2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正本），生态环境部令 第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响登记表备案管理办法》，环境保护部令 第 41 号，2017 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），生态环境部令 第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令 第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(8) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会，公告 2017 年 第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行；</p> <p>(9) 《江苏省辐射污染防治条例》（2026 年修正本），江苏省第十四届人民代表大会常务委员会第二十三次会议审议通过，2026 年 8 月 15 日起实施；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令 第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行；</p> <p>(11) 《关于发布&lt;建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法&gt;配套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年 第 38 号，2019 年 10 月 25 日发布；</p> <p>(12) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019 年 第 39 号，2019 年 10 月 25 日发布；</p> |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | <p>(13) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年 第 57 号，2019 年 12 月 24 日发布；</p> <p>(14) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年修改），国家发展和改革委员会 2023 年令 第 7 号，2024 年 2 月 1 日起施行；</p> <p>(15) 《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187 号，2021 年 5 月 28 日发布；</p> <p>(16) 《江苏省生态环境厅关于印发辐射安全许可证办理等工作程序和规范的通知》，苏环规〔2025〕1 号，2025 年 9 月 21 日起施行；</p> <p>(17) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1 号，2020 年 1 月 8 日发布；</p> <p>(18) 《江苏省自然资源厅关于昆山市生态空间管控区域调整方案的复函》，苏自然资函〔2025〕337 号，2025 年 7 月 22 日发布；</p> <p>(19) 《江苏省辐射事故应急预案》（2020 年修订版），苏政办函〔2020〕26 号，2020 年 2 月 19 日发布。</p> |
| 技术标准 | <p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>(2) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）；</p> <p>(3) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；</p> <p>(4) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及其第 1 号修改单；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；</p> <p>(6) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(8) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。</p>                                                                                                                                                                        |
| 其他   | <p><b>附图：</b></p> <p>(1) 昆山善思光电科技有限公司生产、销售和使用 X 射线探伤装置项目地理位置示意图；</p> <p>(2) 昆山善思光电科技有限公司厂区总平面及周围环境示意图；</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

- |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>(3) 昆山善思光电科技有限公司厂房一层平面布置及分区示意图；</p> <p>(4) 昆山善思光电科技有限公司厂房二层平面布置示意图。</p> <p>附件：</p> <p>(1) 项目委托书；</p> <p>(2) 射线装置生产、销售和使用承诺书；</p> <p>(3) X射线探伤装置屏蔽设计情况；</p> <p>(4) 辐射安全许可证正副本；</p> <p>(5) 原有核技术利用建设项目环评及验收材料；</p> <p>(6) 本项目辐射工作人员近一年度个人剂量监测报告；</p> <p>(7) 辐射安全管理人员和辐射工作人员培训证书；</p> <p>(8) 江苏省投资项目备案证；</p> <p>(9) 本项目辐射环境现状监测报告；</p> <p>(10) 本项目江苏省生态环境分区管控综合查询报告书。</p> |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

表 7 保护目标与评价标准

### 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”的规定，结合本项目的特点，确定本项目评价范围为本项目生产调试车间、展厅实体屏蔽体边界外周围 50m 范围内区域，评价范围详见附图 2。

### 保护目标

本次生产、销售和使用 X 射线探伤装置项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区；不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。对照《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号）、《江苏省自然资源厅关于昆山市生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2025〕337 号）要求，本项目建设址评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。本项目建设址评价范围内不涉及江苏省内优先保护单元（详见附件 10）。

本项目主要考虑 X 射线探伤装置出束过程中可能对周围环境产生的辐射影响。本项目周围 50m 评价范围内，东侧至昆山市海珊智能科技有限公司（最近约 9m），南侧至昆山丰科金属制品有限公司（最近约 8m），西侧至风琴路（最近约 16m）和空置厂房（最近约 43m），北侧至昆山英辉木器厂（最近约 32m）。项目运行后的环境保护目标主要为从事本项目的辐射工作人员、厂区内的其他工作人员及评价范围内上述公司处其他公众等。本项目保护目标详见表 7-1。

| 表 7-1 本项目保护目标一览表 |                   |        |           |       |        |        |                  |
|------------------|-------------------|--------|-----------|-------|--------|--------|------------------|
| 序号               | 环境保护目标            |        | 方位        | 最近距离  | 保护对象类别 | 人口规模   | 剂量约束值要求          |
| 1                | 厂房一层生产调试车间        | 生产调试人员 | 生产调试车间    | /     | 辐射工作人员 | 18 人   | 5mSv/a<br>(职业人员) |
|                  | 厂房一层展厅            | 售后服务人员 | 展厅        | /     |        | 3 人    |                  |
| 2                | 厂房一层、二层（生产、库房、办公） | 其他工作人员 | 工作场所四周及上方 | 紧邻    | 公众     | 约 15 人 | 0.1mSv/a<br>(公众) |
|                  | 厂房三层（库房、办公）       | 其他工作人员 | 上方        | 约 3m  | 公众     | 约 10 人 |                  |
| 3                | 昆山市海珊智能科技有限公司（厂房） |        | 东侧        | 约 9m  | 公众     | 约 50 人 |                  |
| 4                | 昆山丰科金属制品有限公司（厂房）  |        | 南侧        | 约 8m  | 公众     | 约 40 人 |                  |
| 5                | 风琴路               |        | 西侧        | 约 16m | 公众     | 流动人员   |                  |
| 6                | 空置厂房              |        | 西侧        | 约 43m | 公众     | 流动人员   |                  |
| 7                | 昆山英辉木器厂（厂房）       |        | 北侧        | 约 32m | 公众     | 约 30 人 |                  |

## 评价标准

### 一、工作人员职业照射和公众照射剂量限值：

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中个人剂量限值，见表 7-2。

| 表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值 |                                                                                                                                           |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 对象                      | 要求                                                                                                                                        |
| 职业照射剂量限值                | 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：<br>①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv；<br>②任何一年中的有效剂量，50mSv；<br>③眼晶体的年当量剂量，150mSv；<br>④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。 |
| 公众照射剂量限值                | 实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值：<br>①年有效剂量，1mSv；<br>②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。                               |

### 二、剂量约束值：

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求并结合本项目特点，确定本项目剂量约束值为：职业人员年有效剂量不超过 5mSv；公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

### 三、X 射线探伤装置外的周围剂量当量率参考控制水平：

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）的相关要求，确定本项目 X 射线探伤装置外的周围剂量当量率参考控制水平为：距 X 射线探伤装置表面外（含顶部）30cm 处周围剂量当量率参考控制水平均为 2.5μSv/h。职业工作人员在关注点的周剂量参考控制水平不超过 100μSv/周，公众在关注点的周剂量参考控制水平不超过 5μSv/周。

### 四、辐射环境质量现状检测评价参考值

根据《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月，江苏省环境监测站）确定本项目建设址的辐射环境质量现状检测评价参考值，见表 7-3。

表 7-3 江苏省全省环境天然γ辐射水平调查结果（单位：nGy/h）

|        | 原野剂量率     | 道路剂量率      | 室内剂量率      |
|--------|-----------|------------|------------|
| 测值范围   | 33.1~72.6 | 18.1~102.3 | 50.7~129.4 |
| 均值     | 50.4      | 47.1       | 89.2       |
| 标准差（s） | 7.0       | 12.3       | 14.0       |

注：测量值已扣除宇宙射线响应值，现状评价时，取测值范围数值：即原野为（33.1~72.6）nGy/h；道路为（18.1~102.3）nGy/h；室内为（50.7~129.4）nGy/h。

### 五、参考资料：

- （1）《辐射防护导论》，方杰主编；
- （2）《辐射防护手册》，李德平、潘自强主编；
- （3）《辐射安全手册》，潘自强主编。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目位置、布局和周边环境

昆山善思光电科技有限公司厂房共三层，生产调试车间位于厂房一层东部，其东侧依次为厂房外道路和昆山市海珊智能科技有限公司，南侧为升降平台、楼梯、厂房外道路、昆山丰科金属制品有限公司及琵琶路，西侧为过道、生产装配区、办公区、厂房外道路及风琴路，北侧为物料暂存区、楼梯、厂房外道路及昆山英辉木器厂，上方为大型物料暂放区，下方为土层；展厅位于厂房一层西南部，其东侧依次为生产装配区、打包出货区、升降平台、楼梯、厂房外道路和昆山市海珊智能科技有限公司，南侧为厂房外道路、昆山丰科金属制品有限公司及琵琶路，西侧为厂房外道路、风琴路及空置厂房，北侧为仓库、办公区、厂房外道路及昆山英辉木器厂，上方为软件室、财务室及资讯室，下方为土层。

本次生产、销售和使用 X 射线探伤装置项目周围 50m 评价范围内，东侧至昆山市海珊智能科技有限公司（最近约 9m），南侧至昆山丰科金属制品有限公司（最近约 8m），西侧至风琴路（最近约 16m）和空置厂房（最近约 43m），北侧至昆山英辉木器厂（最近约 32m）。项目运行后的环境保护目标主要为从事本项目的辐射工作人员、厂区内的其他工作人员及评价范围内上述公司处其他公众等。本项目生产调试车间、展厅周边环境见图 8-1 至图 8-8。



图 8-1 厂房一层生产调试车间



图 8-2 厂房一层生产调试车间东侧



图 8-3 厂房一层生产调试车间南侧



图 8-4 厂房一层生产调试车间西侧



图 8-5 厂房一层生产调试车间北侧



图 8-6 厂房一层展厅



图 8-7 厂房一层生产调试车间上方



图 8-8 厂房一层展厅上方

## 二、辐射环境现状调查

根据《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）相关方法和要求，在进行环境现场调查时，于本项目建设址周围进行布点，测量 $\gamma$ 辐射剂量率。监测结果见表 8-1，监测点位示意图见图 8-9。

检测单位：南京瑞森辐射技术有限公司

检测项目： $\gamma$ 辐射剂量率

检测仪器：6150AD6/H+6150AD-b/H 型 X- $\gamma$ 辐射监测仪（设备编号：NJRS-126，检定有效期：2024 年 10 月 28 日~2025 年 10 月 27 日，检定单位：江苏省计量科学研究院，检定证书编号：Y2024-0107802）

能量范围：20keV~7MeV

剂量率范围：1nSv/h~99.9 $\mu$ Sv/h

监测日期：2025 年 3 月 5 日

天气：阴

温度：7℃

湿度：63%RH

检测布点：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点。

质量控制：本项目监测单位南京瑞森辐射技术有限公司已通过检验检测机构资质认定（证书编号：22102034350，检测资质见附件 9），具备相应的检测资质和检测能力，监测按照南京瑞森辐射技术有限公司《质量管理手册》和《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求，实施全过程质量控制。

检测人员、检测仪器及检测结果：检测人员均经过考核，检测仪器经过计量部门检定，并在有效期内，检测仪器使用前经过检验，检测报告实行三级审核。

数据记录及处理： $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。本项目空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），使用  $^{137}\text{Cs}$  作为检定/校准参考辐射源，换算系数取 1.20Sv/Gy。

评价方法：参照江苏省天然 $\gamma$ 辐射剂量水平调查结果，评价项目周围的辐射环境质量。

表 8-1 生产、销售和使用 X 射线探伤装置项目建设址周围环境 $\gamma$ 辐射水平

| 测点编号 | 测点描述              | 测量结果 (nGy/h) | 标准差 | 备注 |
|------|-------------------|--------------|-----|----|
| 1    | 生产调试车间内           | 81           | 4   | 楼房 |
| 2    | 生产调试车间南侧          | 86           | 2   | 楼房 |
| 3    | 生产调试车间西侧          | 83           | 2   | 楼房 |
| 4    | 生产调试车间北侧          | 80           | 2   | 楼房 |
| 5    | 生产调试车间上方          | 63           | 1   | 楼房 |
| 6    | 展厅内               | 70           | 1   | 楼房 |
| 7    | 展厅上方              | 64           | 1   | 楼房 |
| 8    | 昆山市海珊智能科技有限公司西侧道路 | 78           | 1   | 道路 |
| 9    | 昆山丰科金属制品有限公司北侧道路  | 78           | 1   | 道路 |
| 10   | 风琴路               | 77           | 1   | 道路 |
| 11   | 空置厂房东侧            | 74           | 2   | 道路 |
| 12   | 昆山英辉木器厂南侧道路       | 78           | 1   | 道路 |

注：1、上表数据已扣除检测仪器宇宙射线响应值。环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量结果按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）中公式 $\dot{D} = C_f(E_f\dot{X} - \mu_c\dot{X}_c')$ 计算，其中， $C_f$ 为仪器量程检定/校准因子，本项目为 1.02； $E_f$ 为仪器检验源效率因子； $\dot{X}$ 为现场监测时仪器  $n$  次读数的平均值； $\mu_c$ 为建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1； $\dot{X}_c'$ 为测点处仪器对宇宙射线的响应值，本仪器的宇宙射线响应值为 25nGy/h；

2、检测期间，周围无射线装置运行。

由表 8-1 监测结果可知，昆山善思光电科技有限公司生产、销售和使用 X 射线探伤装置项目建设址室内（1#~7#点位）周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率在（63~86）nGy/h 之间，属江苏省建筑物室内 $\gamma$ 辐射（空气吸收）剂量率本底水平（50.7~129.4）nGy/h 范围内；室外（8#~12#点位）周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率为（74~78）nGy/h 之间，属江苏省道路 $\gamma$ 辐射（空气吸收）剂量率本底水平（18.1~102.3）nGy/h 范围内。

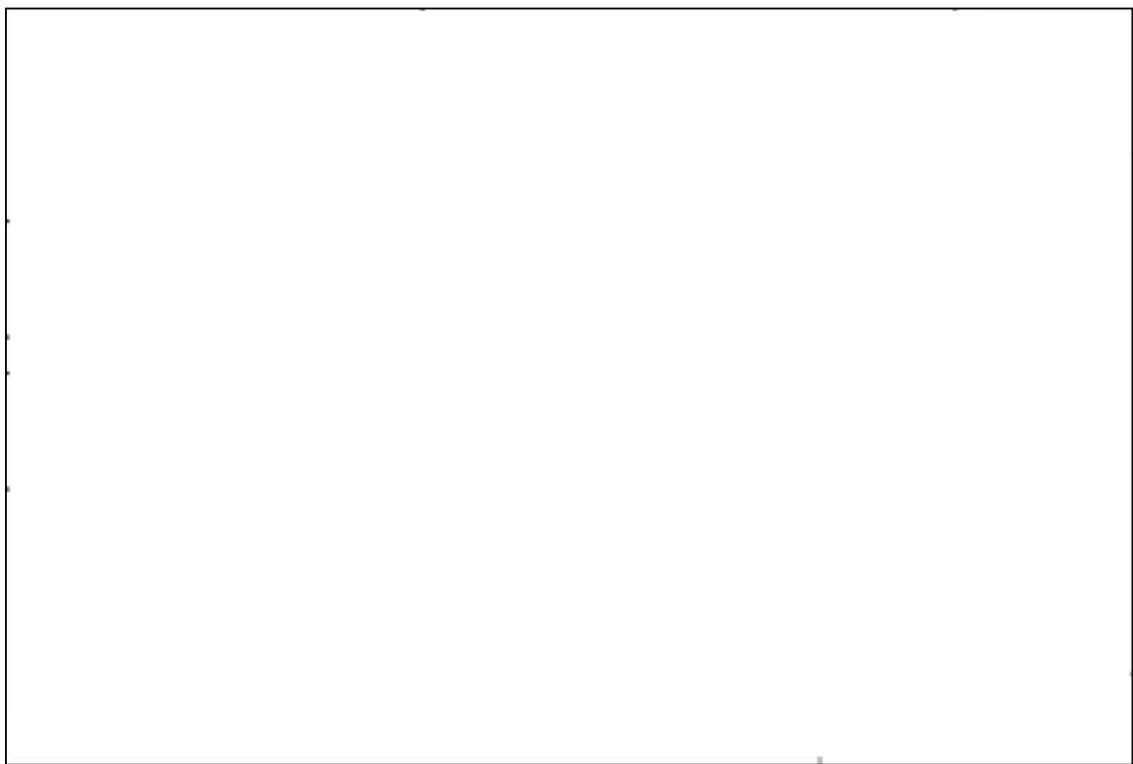


图 8-9 生产、销售和使用 X 射线探伤装置项目建设址周围环境监测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

## 工程设备与工艺分析

### 一、工程设备

考虑到公司产品迭代和市场层面需求等因素，昆山善思光电科技有限公司计划对已许可的 11 种型号 X 射线探伤装置的技术参数（最大管电压、管电流）、屏蔽设计或壳体尺寸进行调整并新增 13 种型号 X 射线探伤装置的生产、销售、使用工作。本项目运行后，预计年产 29 种型号 X 射线探伤装置和 5 种型号 X 射线点料装置共计 545 台。

本项目生产、销售和使用的 X 射线探伤装置由屏蔽壳体、操作台等组成，均为自屏蔽式射线装置，每类设备（屏蔽壳体）内置 1 个 X 射线发生器，X 射线发生器无法拆下单独使用。由于 X 射线探伤装置防护门较小且设置有安全联锁装置，人员及其肢体在装置工作条件情况下都无法进入屏蔽壳体或滞留屏蔽壳体内部。

依据环境保护部部长信箱对《射线装置分类》的解释：“自屏蔽式 X 射线探伤装置，应同时具备以下特征：一是屏蔽体应与 X 射线装置主体结构一体设计和制造，具有制式型号和尺寸；二是屏蔽体能将装置产生的 X 射线剂量减少到规定的剂量限值以下，人员接近时无需额外屏蔽；三是任何工作模式下，人体无法进入和滞留在 X 射线探伤装置屏蔽体内”。基于以上描述，本项目 X 射线探伤装置属于自屏蔽式 X 射线探伤装置。

本项目涉及的 24 种型号 X 射线探伤装置的生产、销售和使用工作，设备技术参数见表 9-1。

表 9-1 本项目涉及的 24 种型号 X 射线探伤装置技术参数表

| 序号  | 设备型号 <sup>1)</sup>                           | 最大管电压<br>(kV) | 最大管电流<br>(mA) | 出束夹角<br>(°) | 长 (mm) | 宽 (mm) | 高 (mm) | 射线方向 | X 光管移动范围 | 工件门开启方式及尺寸<br>(长 mm×宽 mm) |
|-----|----------------------------------------------|---------------|---------------|-------------|--------|--------|--------|------|----------|---------------------------|
| 1   | X 射线探伤装置<br>(View X1800 型)                   | 90            | 0.2           | 80          | 1095   | 1119   | 1511   | 向上   | 固定不动     | 推拉式：490×330               |
| 2   | X 射线探伤装置<br>(View X2000 型)                   | 90            | 0.2           | 80          | 1180   | 1370   | 1632   | 向上   | 固定不动     | 推拉式：460×495               |
| 3   | X 射线探伤装置<br>(View X2100 型)                   | 90            | 0.2           | 80          | 1510   | 1510   | 1870   | 向上   | 固定不动     | 推拉式：550×520               |
| 4   | X 射线探伤装置 <sup>2)</sup><br>(View X3300 型)     | 130           | 0.3           | 118         | 1360   | 1370   | 1632   | 向上   | 固定不动     | 推拉式：520×495               |
|     |                                              | 110           | 0.25          | 120         |        |        |        |      |          |                           |
|     |                                              | 90            | 0.2           | 80          |        |        |        |      |          |                           |
| 5   | X 射线探伤装置 <sup>2)</sup><br>(Xspection 6000 型) | 130           | 0.3           | 118         | 1644   | 1466   | 1632   | 向上   | 固定不动     | 推拉式：465×350               |
|     |                                              | 110           | 0.25          | 120         |        |        |        |      |          |                           |
|     |                                              | 90            | 0.2           | 80          |        |        |        |      |          |                           |
| 6   | X 射线探伤装置 <sup>3)</sup><br>(Xspection 3000 型) | 130           | 0.5           | 118         | 1510   | 1510   | 1870   | 向上   | 固定不动     | 推拉式：550×520               |
|     |                                              | 130           | 0.3           | 118         |        |        |        |      |          |                           |
|     |                                              | 110           | 0.25          | 120         |        |        |        |      |          |                           |
|     |                                              | 90            | 0.2           | 80          |        |        |        |      |          |                           |
| 7、8 | X 射线探伤装置 <sup>4)</sup>                       | 160           | 1             | 170         | 1935   | 1890   | 2080   | 向上   | 固定不动     | 推拉式：550×520               |

| 序号 | 设备型号 <sup>1)</sup>                     | 最大管电压<br>(kV) | 最大管电流<br>(mA) | 出束夹角<br>(°) | 长<br>(mm) | 宽<br>(mm) | 高<br>(mm) | 射线方向 | X 光管移动范围                       | 工件门开启方式及尺寸<br>(长 mm×宽 mm)       |
|----|----------------------------------------|---------------|---------------|-------------|-----------|-----------|-----------|------|--------------------------------|---------------------------------|
|    | (View X6600 型、<br>Xspection 6600 型)    | 130           | 0.3           | 118         |           |           |           |      |                                |                                 |
|    |                                        | 110           | 0.25          | 120         |           |           |           |      |                                |                                 |
|    |                                        | 90            | 0.2           | 80          |           |           |           |      |                                |                                 |
| 9  | X 射线探伤装置<br>(AXI-5100 型)               | 90            | 0.2           | 80          | 1215      | 1463      | 1854      | 向下   | 左右行程<br>530mm, 前后行<br>程 843mm  | 平开式: 620×375,<br>侧面接驳口: 550×120 |
| 10 | X 射线探伤装置<br>(AXI-6100-1.5M 型)          | 90            | 0.2           | 80          | 2880      | 1800      | 1710      | 向下   | 左右行程<br>1895mm, 前后<br>行程 920mm | 侧面接驳口: 650×120                  |
| 11 | X 射线探伤装置<br>(AXI-6100-2M 型)            | 90            | 0.2           | 80          | 3380      | 1800      | 1710      | 向下   | 左右行程<br>2396mm, 前后<br>行程 920mm | 侧面接驳口: 650×120                  |
| 12 | X 射线探伤装置<br>(AXI-6100-2.5M 型)          | 90            | 0.2           | 80          | 3880      | 1800      | 1710      | 向下   | 左右行程<br>2895mm, 前后<br>行程 920mm | 侧面接驳口: 650×120                  |
| 13 | X 射线探伤装置<br>(AXI-7100 型)               | 90            | 0.2           | 80          | 1600      | 1737      | 1680      | 向下   | 固定不动                           | 推拉式: 540×520,<br>侧面接驳口: 680×110 |
| 14 | X 射线探伤装置 <sup>2)</sup><br>(AXI-7300 型) | 130           | 0.3           | 118         | 1600      | 1737      | 1680      | 向下   | 固定不动                           | 推拉式: 540×520,<br>侧面接驳口: 680×110 |
|    |                                        | 110           | 0.25          | 120         |           |           |           |      |                                |                                 |
|    |                                        | 90            | 0.2           | 80          |           |           |           |      |                                |                                 |

| 序号    | 设备型号 <sup>1)</sup>                                            | 最大管电压<br>(kV) | 最大管电流<br>(mA) | 出束夹角<br>(°) | 长 (mm) | 宽 (mm) | 高 (mm) | 射线方向 | X 光管移动范围                        | 工件门开启方式及尺寸<br>(长 mm×宽 mm)       |
|-------|---------------------------------------------------------------|---------------|---------------|-------------|--------|--------|--------|------|---------------------------------|---------------------------------|
| 15    | 工业 CT 装置 <sup>2)</sup><br>(AXI-8000 型)                        | 130           | 0.3           | 118         | 1465   | 1624   | 1906   | 向下   | 固定不动                            | 平开式: 550×375,<br>侧面接驳口: 550×120 |
|       |                                                               | 110           | 0.25          | 120         |        |        |        |      |                                 |                                 |
|       |                                                               | 90            | 0.2           | 80          |        |        |        |      |                                 |                                 |
| 16    | X 射线探伤装置<br>(View X6100 型)                                    | 90            | 0.2           | 80          | 2229   | 1690   | 1797   | 向下   | 左右行程<br>1529mm, 前后<br>行程 1090mm | 抽屜式: 1840×80                    |
| 17、18 | X 射线探伤装置 <sup>2)</sup><br>(View X6300 型、<br>Xspection 3120 型) | 130           | 0.3           | 118         | 2229   | 1690   | 1797   | 向下   | 左右行程<br>1529mm, 前后<br>行程 1090mm | 抽屜式: 1840×80                    |
|       |                                                               | 110           | 0.25          | 120         |        |        |        |      |                                 |                                 |
|       |                                                               | 90            | 0.2           | 80          |        |        |        |      |                                 |                                 |
| 19    | X 射线探伤装置 <sup>2)</sup><br>(AXI-5300 型)                        | 130           | 0.3           | 118         | 1215   | 1463   | 1854   | 向下   | 左右行程<br>530mm, 前后行<br>程 843mm   | 平开式: 620×375,<br>侧面接驳口: 550×120 |
| 20    | X 射线探伤装置 <sup>4)</sup><br>(AXI-6800 型)                        | 110           | 0.25          | 120         |        |        |        |      |                                 |                                 |
|       |                                                               | 90            | 0.2           | 80          |        |        |        |      |                                 |                                 |
|       |                                                               | 160           | 1             | 170         | 1565   | 1605   | 1950   | 向上   | 固定不动                            | 平开式: 660×455                    |
|       |                                                               | 130           | 0.3           | 118         |        |        |        |      |                                 |                                 |
|       |                                                               | 110           | 0.25          | 120         |        |        |        |      |                                 |                                 |
|       |                                                               | 90            | 0.2           | 80          |        |        |        |      |                                 |                                 |

| 序号 | 设备型号 <sup>1)</sup>                         | 最大管电压<br>(kV) | 最大管电流<br>(mA) | 出束夹角<br>(°) | 长<br>(mm) | 宽<br>(mm) | 高<br>(mm) | 射线方向 | X 光管移动范围 | 工件门开启方式及尺寸<br>(长 mm×宽 mm) |
|----|--------------------------------------------|---------------|---------------|-------------|-----------|-----------|-----------|------|----------|---------------------------|
| 21 | X 射线探伤装置<br>(Horizon 1100 型)               | 90            | 0.2           | 80          | 860       | 602       | 601       | 向右   | 固定不动     | 推拉式: 210×360              |
| 22 | X 射线探伤装置 <sup>2)</sup><br>(Horizon 1300 型) | 130           | 0.3           | 118         | 860       | 602       | 601       | 向右   | 固定不动     | 推拉式: 210×360              |
|    |                                            | 110           | 0.25          | 120         |           |           |           |      |          |                           |
|    |                                            | 90            | 0.2           | 80          |           |           |           |      |          |                           |
| 23 | X 射线探伤装置 <sup>2)</sup><br>(Horizon 2300 型) | 130           | 0.3           | 118         | 1998      | 1497      | 1792      | 向右   | 固定不动     | 推拉式: 480×530              |
|    |                                            | 110           | 0.25          | 120         |           |           |           |      |          |                           |
|    |                                            | 90            | 0.2           | 80          |           |           |           |      |          |                           |
| 24 | X 射线探伤装置 <sup>4)</sup><br>(Horizon 2600 型) | 160           | 1             | 170         | 1998      | 1497      | 1792      | 向右   | 固定不动     | 推拉式: 480×530              |
|    |                                            | 130           | 0.3           | 118         |           |           |           |      |          |                           |
|    |                                            | 110           | 0.25          | 120         |           |           |           |      |          |                           |
|    |                                            | 90            | 0.2           | 80          |           |           |           |      |          |                           |

注: 1、本项目 X 射线探伤装置、工业 CT 装置均为单球管设备;

2、View X3300 型、Xspection 6000 型、AXI-7300 型、View X6300 型、Xspection 3120 型、AXI-5300 型、Horizon 1300 型、Horizon 2300 型 X 射线探伤装置和 AXI-8000 型工业 CT 装置可根据客户需求, 在 130kV/0.3mA、110kV/0.25mA、90kV/0.2mA 三种光管中进行选配;

3、Xspection 3000 型 X 射线探伤装置可根据客户需求, 在 130kV/0.5mA、130kV/0.3mA、110kV/0.25mA、90kV/0.2mA 四种光管中进行选配;

4、View X6600 型、Xspection 6600 型、AXI-6800 型、Horizon 2600 型 X 射线探伤装置可根据客户需求, 在 160kV/1mA、130kV/0.3mA、110kV/0.25mA、90kV/0.2mA 四种光管中进行选配。

本项目涉及的 24 种型号 X 射线探伤装置中，部分型号的装置外观一致，例如：View X2100 型和 Xspection 3000 型；View X6600 型和 Xspection 6600 型；AXI-5100 型和 AXI-5300 型；AXI-6100-1.5M 型、AXI-6100-2M 型和 AXI-6100-2.5M 型；AXI-7100 型和 AXI-7300 型；View X6100 型、View X6300 型和 Xspection 3120 型；Horizon 1100 型和 Horizon 1300 型；Horizon 2300 型和 Horizon 2600 型。AXI-5100 型、AXI-5300 型、AXI-6100-1.5M 型、AXI-6100-2M 型、AXI-6100-2.5M 型、AXI-7100 型、AXI-7300 型和 AXI-8000 型等 8 种型号 X 射线探伤装置两侧装配有接驳机。本项目 X 射线探伤装置正面均设有 1 扇工件门，背面或侧面设有 1 扇检修门，工件门、检修门均设置有门-机联锁装置；除 Horizon 1100 型和 Horizon 1300 型 X 射线探伤装置未设置观察窗、AXI-6100-1.5M 型、AXI-6100-2M 型和 AXI-6100-2.5M 型 X 射线探伤装置在检修门上设置观察窗外，其余装置均在工件门上设有观察窗；装置顶部设置有工作状态指示灯；装置正面壳体上均设置有 1 个急停按钮、1 个钥匙开关。本项目 X 射线探伤装置外观示意图见图 9-1。

(1) View X1800 型

(2) View X2000 型

(3) View X2100 型、Xspection 3000 型等 2 种型号

(4) View X3300 型

(5) Xspection 6000 型

(6) View X6600 型、Xspection 6600 型等 2 种型号

(7) AXI-5100 型、AXI-5300 型等 2 种型号

(8) AXI-6100-1.5M 型、AXI-6100-2M 型、AXI-6100-2.5M 型等 3 种型号（尺寸存在差异）

(9) AXI-7100 型、AXI-7300 型等 2 种型号

(10) AXI-8000 型

(11) View X6100 型、View X6300 型和  
Xspection 3120 型等 3 种型号

(12) AXI-6800 型

(13) Horizon 1100 型、Horizon 1300 型等 2 种型号

(14) Horizon 2300 型、Horizon 2600 型等 2 种型号

图 9-1 本项目 X 射线探伤装置外观示意图

## 二、工作原理及工作流程

### (一) 工作原理

X 射线探伤装置核心部件是 X 射线管。它是一个内真空的玻璃管，其中一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生 X 射线。

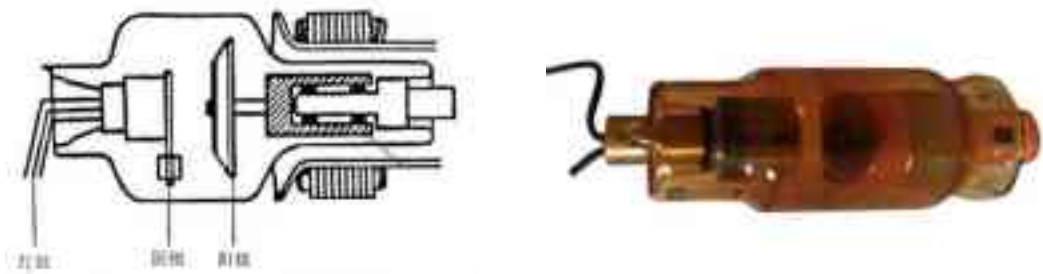


图 9-2 X 射线管示意图

本项目 X 射线探伤装置由高压发生器、X 射线管、X 射线探测器、数控定位装置、工作站、自屏蔽铅房式防护设置等部件组成，可以对检测样品进行 X 射线的二维成像，

得到被检测样品内部结构的图像信息，通过计算机处理得到相应的数据，本项目 X 射线探伤装置利用物料在 X 光的照射下，在 X 光相机上得到一对一的影像（阴影），由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质密度越大，射线强度减弱越大。而当工件内部存在缺陷时，射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱较小，即透过的射线强度较大，透射 X 射线被图像增强器所接收，图像增强器把不可见的 X 射线检测信息转换为电子图像并经增强后变成视频图像信号传输至控制台，在监视器上实时显示，实现对检测样品的质量检测 and 失效分析。用于产品零部件的缺陷检测，保证零部件生产质量。

## （二）工作流程及产污环节

公司根据销售合同，确定需生产 X 射线探伤装置的型号和数量，随后外协加工零部件，本项目装置所需的 X 射线管均为外购，铅屏蔽外壳（铅房）均为定制，在生产装配区将各主要部件进行组装。在 X 射线探伤装置安装成整机成品后，进行系统软件运动性能调试，调试完成后运至生产调试车间，对装置的安全联锁、辐射防护、系统稳定性等进行测试。首先测试门-机联锁，所有防护门关闭，联锁信号处于接通状态为正常，如果状态正常，再单独打开每一扇防护门，联锁信号都处于断开状态为正常，表示所有门-机联锁正常。在确认门-机联锁没有问题后关闭防护门测试屏蔽效果，逐步调高 X 射线发生器的电压，在逐步升压过程中使用巡检仪检测设备外表面各处的剂量率，当 X 射线发生器达到最高电压后设备外任何部位的剂量率均满足控制标准，说明其屏蔽设计和防护效果均合格。

调试满足要求后，运至二层大型物料暂存区，样机运至展厅。

昆山善思光电科技有限公司销售 X 射线探伤装置前，均会对客户的辐射工作资质进行审核确认，凭客户单位的相应资质文件出售射线装置，同时对销售的射线装置的去向负责，建立销售台账。在将设备运送至客户场所前，公司须核实客户该工作场所已履行相关环评手续。

公司生产、销售的射线装置在生产调试车间内调试、校验完成后，将装箱发往客户，在客户单位进行安装、调试，同时对客户单位辐射工作人员进行相关操作培训等，并负责日后设备的维修工作。

本项目工作流程和产污环节如图 9-3 所示。

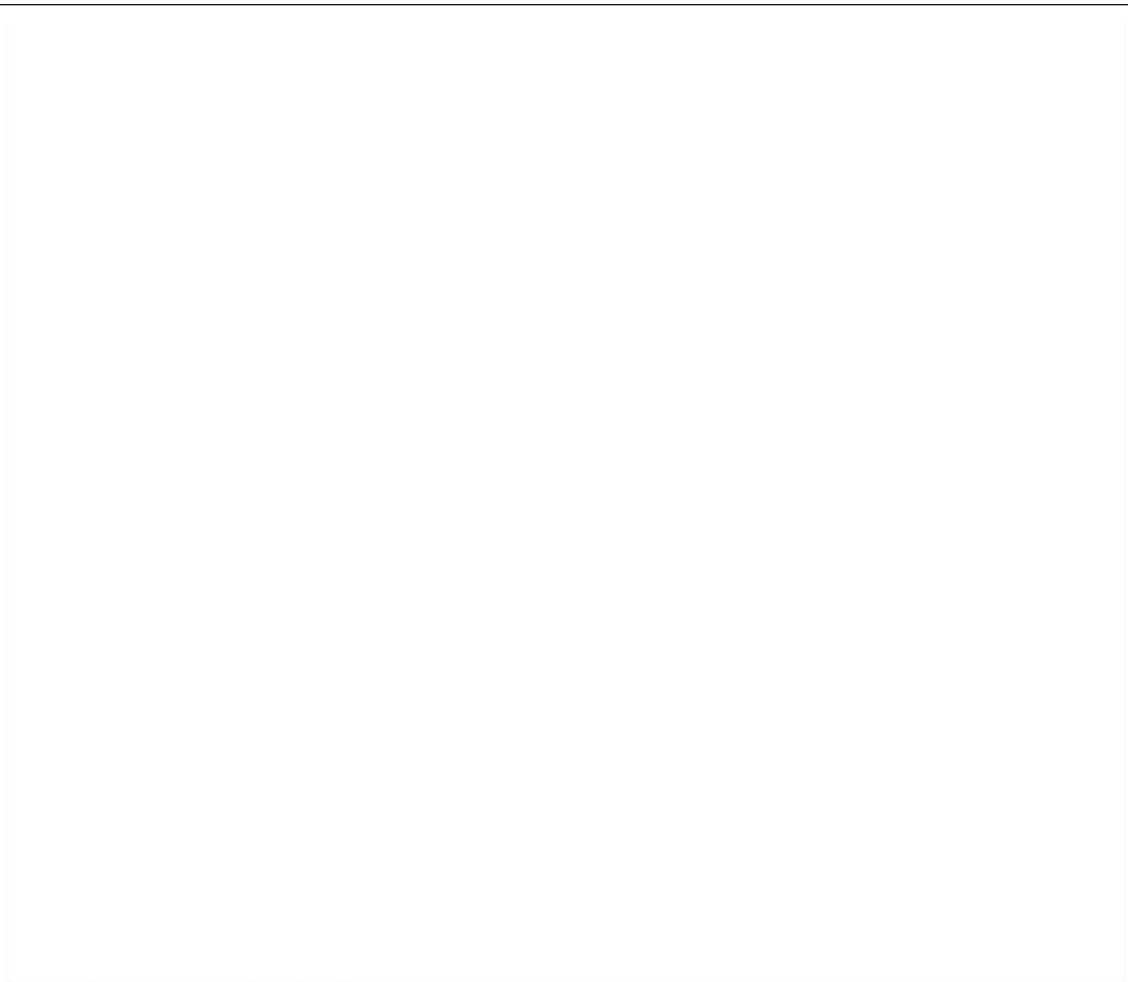


图 9-3 生产、销售和使用 X 射线探伤装置项目工作流程及产污环节分析示意图

### 三、工作负荷

经过本次调整后，昆山善思光电科技有限公司合计年生产、销售和使用 X 射线探伤装置数量由 485 台/年增加至 545 台/年，其中本项目涉及的 X 射线探伤装置数量为 245 台。公司已配备有 21 名辐射工作人员，其中生产调试人员 18 名、售后服务人员 3 名，本项目不另外增加辐射工作人员。

根据公司提供的工作负荷，生产调试人员负责生产调试车间内 X 射线探伤装置的出束调试工作，共分为 9 组（每组 2 人）轮班进行，单台装置出束调试时间最多约 8h/台，生产调试车间最多可容纳 2 台 X 射线探伤装置同时出束调试，每台装置由 2 名生产调试人员共同完成，本项目运行后，年生产调试 X 射线探伤装置数量增加至 545 台/年，则生产调试人员年接触射线时间不超过 485h；装置样机在展厅进行展示时出束时间不超过 0.5h/台，在交付购买方和售后过程中的出束时间不超过 2h/台，以上工作

均由 3 名售后服务人员共同承担，本项目运行后，年销售 X 射线探伤装置数量增加至 545 台/年，则售后服务人员年接触射线时间不超过 455h。

四、原有工艺不足及改进情况

公司已开展 X 射线探伤装置和 X 射线点料装置的生产、销售和使用工作多年，本次涉及的 X 射线探伤装置工艺流程和原有工艺一致，考虑到公司产品迭代和市场层面需求等因素，本次拟对部分型号产品进行调整和新增，不存在不足及改进情况，本项目的建设，有利于提升公司产品产量和市场竞争能力。

污染源项描述

一、放射性污染

本项目拟生产、销售和使用的 X 射线探伤装置，最大管电压为 160kV，最大管电流为 1mA。

由 X 射线探伤装置工作原理可知，X 射线管只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线，对装置周围的工作人员和公众产生一定外照射，因此 X 射线管在开机曝光期间，X 射线是主要污染因子。辐射场中的 X 射线包括有用线束（主束）、漏射线和散射线。由于射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。

（一）有用线束

本项目拟生产、销售和使用的 X 射线探伤装置最大管电压分别为 160kV、130kV、110kV、90kV，滤过条件保守取为 1mm 铝，查《辐射防护导论》附图 3，距辐射源点（靶点）1m 处输出量取值见表 9-2。

表 9-2 X 射线探伤装置有用线束源项参数表

| 序号 | 球管参数          |               |             | 距辐射源点（靶点）1m 处<br>输出量<br>(mGy·m <sup>2</sup> / (mA·min)) | 出束夹角 (°) |
|----|---------------|---------------|-------------|---------------------------------------------------------|----------|
|    | 最大管电压<br>(kV) | 最大管电流<br>(mA) | 额定功率<br>(W) |                                                         |          |
| 1  | 160           | 1             | 64          |                                                         |          |
| 2  | 130           | 0.5           | 39          |                                                         |          |
| 3  | 130           | 0.3           | 39          |                                                         |          |
| 4  | 110           | 0.25          | 25          |                                                         |          |
| 5  | 90            | 0.2           | 8           |                                                         |          |

## （二）泄漏辐射

本项目拟生产、销售和使用的 X 射线探伤装置，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率控制值取自《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 1，见表 9-3。

表 9-3 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

| 管电压（kV） | 漏射线所致周围剂量当量率（mSv/h） |
|---------|---------------------|
| <150    | <1                  |
| 150~200 | <2.5                |
| >200    | <5                  |

## （三）散射辐射

散射线是指本项目最大管电压下有用线束（初级 X 射线）的散射线，其能量偏保守取有用线束侧向（散射角 $\theta=90^\circ$ ）的一次散射线能量，可借鉴康普顿散射定律计算一次散射线能量 E 与入射的初级 X 射线能量  $E_0$  之比值  $E/E_0=1/[1+E_0(1-\cos\theta)/0.511]$ ，本项目拟生产、销售和使用的 X 射线探伤装置有用线束  $90^\circ$  散射辐射最高能量相应的 kV 值见表 9-4。

表 9-4 X 射线探伤装置有用线束  $90^\circ$  散射辐射最高能量相应的 kV 值一览表

| 序号 | 原始 X 射线（kV） | 散射 X 射线（kV） |
|----|-------------|-------------|
| 1  | 160         |             |
| 2  | 130         |             |
| 3  | 110         |             |
| 4  | 90          |             |

## 二、非放射性污染

### （一）废气

X 射线探伤装置在出束状态下，会使空气电离，分解产生少量的臭氧、氮氧化物等气体。

### （二）废水

主要是辐射工作人员产生的生活污水。

### **（三）固体废物**

主要是辐射工作人员产生的生活垃圾。

**表 10 辐射安全与防护**

**项目安全措施**

**一、工作场所布局及分区**

昆山善思光电科技有限公司厂房共三层，生产调试车间位于厂房一层东部，其东侧依次为厂房外道路和昆山市海珊智能科技有限公司，南侧为升降平台、楼梯、厂房外道路、昆山丰科金属制品有限公司及琵琶路，西侧为过道、生产装配区、办公区、厂房外道路及风琴路，北侧为物料暂存区、楼梯、厂房外道路及昆山英辉木器厂，上方为大型物料暂放区，下方为土层；展厅位于厂房一层西南部，其东侧依次为生产装配区、打包出货区、升降平台、楼梯、厂房外道路和昆山市海珊智能科技有限公司，南侧为厂房外道路、昆山丰科金属制品有限公司及琵琶路，西侧为厂房外道路、风琴路及空置厂房，北侧为仓库、办公区、厂房外道路及昆山英辉木器厂，上方为软件室、财务室及资讯室，下方为土层。

本项目生产调试车间长 8.5m、宽 3.3m、高 3.0m，四周采用 240mm 的实心砖墙、顶部和防护门选用 2mm 铅板进行实体防护，防止无关人员进入，生产调试车间最多可容纳 2 台 X 射线探伤装置同时出束调试。本项目拟生产、销售和使用的 X 射线探伤装置设有屏蔽壳体和操作台，操作台设于屏蔽壳体外，屏蔽壳体通过内嵌铅板及钢板对 X 射线进行屏蔽。本项目装配调试合格的样机在厂房一层展厅进行陈列，最多可摆放 13 台设备，可根据客户需求由辐射工作人员操作进行设备出束展示，展厅内同一时间仅 1 台设备出束。本项目将 X 射线探伤装置屏蔽壳体作为控制区，将生产调试车间边界以内、屏蔽壳体以外区域和展厅边界以内、屏蔽壳体以外 1m 范围（地面采用警示线进行标识）内区域作为监督区，严格控制人员进出，辐射工作人员进入监督区随身携带个人剂量计和个人剂量报警仪，本项目辐射工作场所分区布局合理。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。本项目厂房一层平面布局及分区见图 10-1。

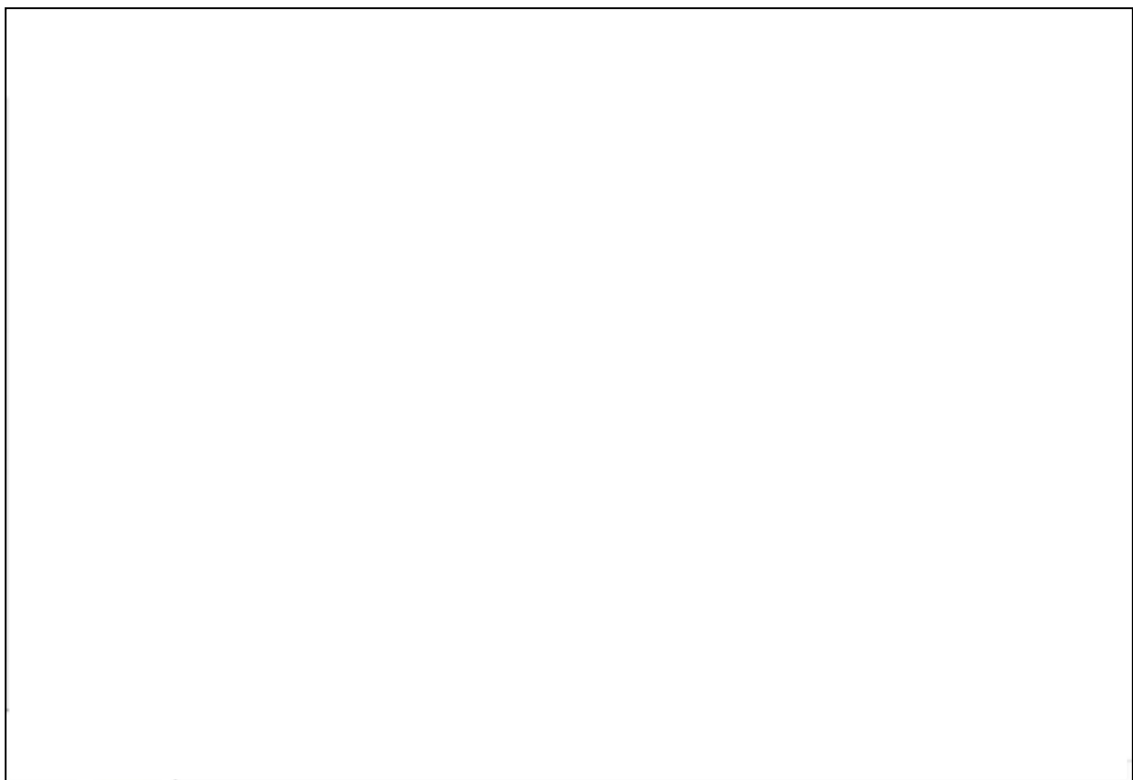


图 10-1 厂房一层平面布局及分区示意图

## 二、辐射防护屏蔽设计

本项目生产、销售和使用的 X 射线探伤装置由屏蔽壳体、操作台等组成，均为自屏蔽式 X 射线装置，通过铅板及钢板对 X 射线进行屏蔽，具体屏蔽设计参数见表 10-1。

表 10-1 本项目 X 射线探伤装置屏蔽设计参数一览表

| 序号 | 设备型号                       | 防护参数 |                   | 备注       |
|----|----------------------------|------|-------------------|----------|
| 1  | X 射线探伤装置<br>(View X1800 型) | 正面   | 2mmFe+4mmPb+2mmFe | 主射线可覆盖区域 |
|    |                            | 左面   | 2mmFe+4mmPb+2mmFe | 主射线可覆盖区域 |
|    |                            | 右面   | 2mmFe+2mmPb+2mmFe | /        |
|    |                            | 背面   | 2mmFe+2mmPb+2mmFe | /        |
|    |                            | 顶面   | 2mmFe+4mmPb+2mmFe | 主射线方向    |
|    |                            | 底面   | 20mmFe            | /        |
|    |                            | 观察窗  | 4.4mm 铅当量铅玻璃      | 主射线可覆盖区域 |
| 2  | X 射线探伤装置                   | 正面   | 2mmFe+5mmPb+2mmFe | 主射线可覆盖区域 |

|   |                                |     |                     |          |
|---|--------------------------------|-----|---------------------|----------|
|   | (View X2000 型)                 | 左面  | 2mmFe+4mmPb+2mmFe   | 主射线可覆盖区域 |
|   |                                | 右面  | 2mmFe+4mmPb+2mmFe   | 主射线可覆盖区域 |
|   |                                | 背面  | 2mmFe+4mmPb+2mmFe   | /        |
|   |                                | 顶面  | 2mmFe+5mmPb+2mmFe   | 主射线方向    |
|   |                                | 底面  | 20mmFe              | /        |
|   |                                | 观察窗 | 5.5mm 铅当量铅玻璃        | 主射线可覆盖区域 |
| 3 | X 射线探伤装置<br>(View X2100 型)     | 正面  | 2mmFe+4mmPb+2mmFe   | 主射线可覆盖区域 |
|   |                                | 左面  | 2mmFe+4mmPb+2mmFe   | 主射线可覆盖区域 |
|   |                                | 右面  | 2mmFe+4mmPb+2mmFe   | 主射线可覆盖区域 |
|   |                                | 背面  | 2mmFe+4mmPb+2mmFe   | 主射线可覆盖区域 |
|   |                                | 顶面  | 2mmFe+4.5mmPb+2mmFe | 主射线方向    |
|   |                                | 底面  | 20mmFe              | /        |
|   |                                | 观察窗 | 5.5mm 铅当量铅玻璃        | 主射线可覆盖区域 |
| 4 | X 射线探伤装置<br>(View X3300 型)     | 正面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe   | 主射线可覆盖区域 |
|   |                                | 左面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe   | 主射线可覆盖区域 |
|   |                                | 右面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe   | 主射线可覆盖区域 |
|   |                                | 背面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe   | 主射线可覆盖区域 |
|   |                                | 顶面  | 2mmFe+7mmPb+2mmFe   | 主射线方向    |
|   |                                | 底面  | 20mmFe+2mmPb+2mmFe  | /        |
|   |                                | 观察窗 | 6.6mm 铅当量铅玻璃        | 主射线可覆盖区域 |
| 5 | X 射线探伤装置<br>(Xspection 6000 型) | 正面  | 3mmFe+6mmPb+3mmFe   | 主射线可覆盖区域 |
|   |                                | 左面  | 2mmFe+6mmPb+3mmFe   | 主射线可覆盖区域 |
|   |                                | 右面  | 2mmFe+6mmPb+3mmFe   | 主射线可覆盖区域 |
|   |                                | 背面  | 3mmFe+6mmPb+3mmFe   | 主射线可覆盖区域 |
|   |                                | 顶面  | 2mmFe+8mmPb+2mmFe   | 主射线方向    |
|   |                                | 底面  | 20mmFe+2mmPb+3mmFe  | /        |

|                  |                                                                     |     |                    |          |
|------------------|---------------------------------------------------------------------|-----|--------------------|----------|
|                  |                                                                     | 观察窗 | 6.6mm 铅当量铅玻璃       | 主射线可覆盖区域 |
| 6                | X 射线探伤装置<br>(Xspection 3000 型)                                      | 正面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|                  |                                                                     | 左面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|                  |                                                                     | 右面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|                  |                                                                     | 背面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|                  |                                                                     | 顶面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 主射线方向    |
|                  |                                                                     | 底面  | 20mmFe+2mmPb+3mmFe | /        |
|                  |                                                                     | 观察窗 | 6.6mm 铅当量铅玻璃       | 主射线可覆盖区域 |
| 7、8              | X 射线探伤装置<br>(View X6600 型、<br>Xspection 6600 型)                     | 正面  | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|                  |                                                                     | 左面  | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|                  |                                                                     | 右面  | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|                  |                                                                     | 背面  | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|                  |                                                                     | 顶面  | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 主射线方向    |
|                  |                                                                     | 底面  | 20mmFe+3mmPb+2mmFe | /        |
|                  |                                                                     | 观察窗 | 7.7mm 铅当量铅玻璃       | 主射线可覆盖区域 |
| 9                | X 射线探伤装置<br>(AXI-5100 型)                                            | 正面  | 2mmFe+5mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|                  |                                                                     | 左面  | 2mmFe+4mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|                  |                                                                     | 右面  | 2mmFe+4mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|                  |                                                                     | 背面  | 2mmFe+4mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|                  |                                                                     | 顶面  | 2mmFe+3mmPb+2mmFe  | /        |
|                  |                                                                     | 底面  | 20mmFe+2mmPb+2mmFe | 主射线方向    |
|                  |                                                                     | 观察窗 | 4.4mm 铅当量铅玻璃       | /        |
| 10、<br>11、<br>12 | X 射线探伤装置<br>(AXI-6100-1.5M 型、<br>AXI-6100-2M 型、<br>AXI-6100-2.5M 型) | 正面  | 2mmFe+4mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|                  |                                                                     | 左面  | 2mmFe+3mmPb+2mmFe  | /        |
|                  |                                                                     | 右面  | 2mmFe+4mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|                  |                                                                     | 背面  | 2mmFe+4mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |

|    |                            |     |                     |          |
|----|----------------------------|-----|---------------------|----------|
|    |                            | 顶面  | 2mmFe+3mmPb+2mmFe   | /        |
|    |                            | 底面  | 20mmFe+2mmPb+3mmFe  | 主射线方向    |
|    |                            | 观察窗 | 3.3mm 铅当量铅玻璃        | /        |
| 13 | X 射线探伤装置<br>(AXI-7100 型)   | 正面  | 2mmFe+4mmPb+3mmFe   | /        |
|    |                            | 左面  | 2mmFe+3mmPb+3mmFe   | /        |
|    |                            | 右面  | 2mmFe+3mmPb+3mmFe   | /        |
|    |                            | 背面  | 2mmFe+3mmPb+3mmFe   | /        |
|    |                            | 顶面  | 2mmFe+3mmPb+3mmFe   | /        |
|    |                            | 底面  | 20mmFe+2mmPb+3mmFe  | 主射线方向    |
|    |                            | 观察窗 | 4.4mm 铅当量铅玻璃        | /        |
| 14 | X 射线探伤装置<br>(AXI-7300 型)   | 正面  | 2mmFe+6mmPb+3mmFe   | 主射线可覆盖区域 |
|    |                            | 左面  | 2mmFe+6mmPb+3mmFe   | 主射线可覆盖区域 |
|    |                            | 右面  | 2mmFe+6mmPb+3mmFe   | 主射线可覆盖区域 |
|    |                            | 背面  | 2mmFe+6mmPb+3mmFe   | 主射线可覆盖区域 |
|    |                            | 顶面  | 2mmFe+5mmPb+3mmFe   | /        |
|    |                            | 底面  | 10mmFe+4mmPb+20mmFe | 主射线方向    |
|    |                            | 观察窗 | 5.5mm 铅当量铅玻璃        | /        |
| 15 | 工业 CT 装置<br>(AXI-8000 型)   | 正面  | 2mmFe+6mmPb+3mmFe   | 主射线可覆盖区域 |
|    |                            | 左面  | 2mmFe+6mmPb+3mmFe   | 主射线可覆盖区域 |
|    |                            | 右面  | 2mmFe+6mmPb+3mmFe   | 主射线可覆盖区域 |
|    |                            | 背面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe   | 主射线可覆盖区域 |
|    |                            | 顶面  | 2mmFe+6mmPb+3mmFe   | /        |
|    |                            | 底面  | 20mmFe+4mmPb+3mmFe  | 主射线方向    |
|    |                            | 观察窗 | 5.5mm 铅当量铅玻璃        | /        |
| 16 | X 射线探伤装置<br>(View X6100 型) | 正面  | 2mmFe+4mmPb+3mmFe   | 主射线可覆盖区域 |
|    |                            | 左面  | 2mmFe+4mmPb+2mmFe   | 主射线可覆盖区域 |

|           |                                                 |     |                    |          |
|-----------|-------------------------------------------------|-----|--------------------|----------|
|           |                                                 | 右面  | 2mmFe+4mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|           |                                                 | 背面  | 2mmFe+4mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|           |                                                 | 顶面  | 2mmFe+4mmPb+2mmFe  | /        |
|           |                                                 | 底面  | 20mmFe+2mmPb+3mmFe | 主射线方向    |
|           |                                                 | 观察窗 | 4.4mm 铅当量铅玻璃       | /        |
| 17、<br>18 | X 射线探伤装置<br>(View X6300 型、<br>Xspection 3120 型) | 正面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|           |                                                 | 左面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|           |                                                 | 右面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|           |                                                 | 背面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|           |                                                 | 顶面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | /        |
|           |                                                 | 底面  | 20mmFe+4mmPb+3mmFe | 主射线方向    |
|           |                                                 | 观察窗 | 5.5mm 铅当量铅玻璃       | /        |
| 19        | X 射线探伤装置<br>(AXI-5300 型)                        | 正面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|           |                                                 | 左面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|           |                                                 | 右面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|           |                                                 | 背面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|           |                                                 | 顶面  | 2mmFe+5mmPb+2mmFe  | /        |
|           |                                                 | 底面  | 20mmFe+4mmPb+2mmFe | 主射线方向    |
|           |                                                 | 观察窗 | 5.5mm 铅当量铅玻璃       | /        |
| 20        | X 射线探伤装置<br>(AXI-6800 型)                        | 正面  | 2mmFe+7mmPb+3mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|           |                                                 | 左面  | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|           |                                                 | 右面  | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|           |                                                 | 背面  | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|           |                                                 | 顶面  | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 主射线方向    |
|           |                                                 | 底面  | 20mmFe+3mmPb+2mmFe | /        |
|           |                                                 | 观察窗 | 7.7mm 铅当量铅玻璃       | 主射线可覆盖区域 |

|    |                              |     |                    |          |
|----|------------------------------|-----|--------------------|----------|
| 21 | X 射线探伤装置<br>(Horizon 1100 型) | 正面  | 2mmFe+4mmPb+3mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|    |                              | 左面  | 2mmFe+4mmPb+2mmFe  | /        |
|    |                              | 右面  | 2mmFe+4mmPb+3mmFe  | 主射线方向    |
|    |                              | 背面  | 2mmFe+4mmPb+3mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|    |                              | 顶面  | 3mmFe+4mmPb+3mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|    |                              | 底面  | 6mmFe+3mmPb+6mmFe  | /        |
| 22 | X 射线探伤装置<br>(Horizon 1300 型) | 正面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|    |                              | 左面  | 2mmFe+5mmPb+2mmFe  | /        |
|    |                              | 右面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 主射线方向    |
|    |                              | 背面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|    |                              | 顶面  | 2mmFe+6mmPb+3mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|    |                              | 底面  | 4mmFe+6mmPb+4mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
| 23 | X 射线探伤装置<br>(Horizon 2300 型) | 正面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|    |                              | 左面  | 2mmFe+4mmPb+2mmFe  | /        |
|    |                              | 右面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 主射线方向    |
|    |                              | 背面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|    |                              | 顶面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|    |                              | 底面  | 20mmFe+6mmPb+2mmFe | 主射线可覆盖区域 |
|    |                              | 观察窗 | 8.8mm 铅当量铅玻璃       | 主射线可覆盖区域 |
| 24 | X 射线探伤装置<br>(Horizon 2600 型) | 正面  | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|    |                              | 左面  | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | /        |
|    |                              | 右面  | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 主射线方向    |
|    |                              | 背面  | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|    |                              | 顶面  | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 主射线可覆盖区域 |
|    |                              | 底面  | 20mmFe+6mmPb+2mmFe | 主射线可覆盖区域 |
|    |                              | 观察窗 | 8.8mm 铅当量铅玻璃       | 主射线可覆盖区域 |

注：铅密度为 11.3g/cm<sup>3</sup>，铁密度不小于 7.9g/cm<sup>3</sup>。

本项目 X 射线探伤装置线缆孔均设于屏蔽壳体侧面，为防止 X 射线泄漏，电缆孔处均拟设置与该侧屏蔽壳体同等防护能力的屏蔽罩进行防护，其结构示意图见图 10-2。

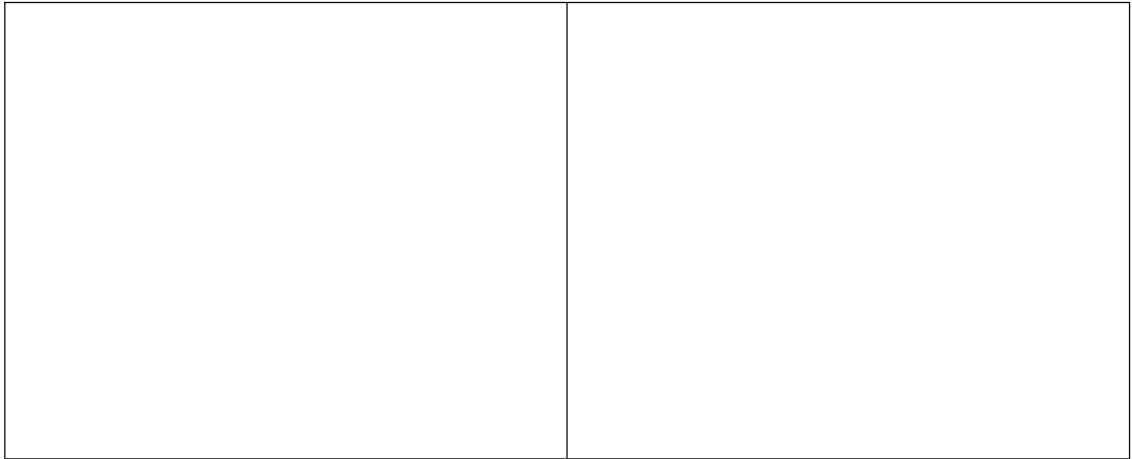


图 10-2 线缆孔屏蔽罩示意图

本项目 X 射线探伤装置未设置排风装置，装置出束状态下使空气电离产生的微量臭氧（O<sub>3</sub>）和氮氧化物（NO<sub>x</sub>），可通过开关工件门排至室外，对周围环境影响较小。

三、辐射安全和防护措施

为确保辐射安全，保障 X 射线探伤装置安全运行，昆山善思光电科技有限公司为 X 射线探伤装置设计有相应的辐射安全装置和保护措施。主要有：

（一）X 射线管安装在自屏蔽的探伤装置内部，操作人员无法直接接触到 X 射线管。X 射线管不能单独被打开，只有在连接到机器内部的线路上并通过配套的控制软件才能开启。

（二）门-机联锁装置。X 射线管与探伤装置防护门之间安装有联锁装置，防护门（工件门、检修门）关闭后 X 射线装置才能出束，运行过程中，防护门被意外打开时，X 射线管将立刻停止出束。

（三）X 射线探伤装置顶部或正面壳体外设计安装工作状态指示灯。工作状态指示灯由红、黄、绿三种颜色的警示灯组成，分别对应“照射”、“预备”、“未出束”状态，X 射线管出束工作时，红色警示灯开启，警告无关人员勿靠近。

（四）由于 X 射线探伤装置防护门较小，人员在装置工作条件情况下都无法进入屏蔽壳体。X 射线探伤装置壳体正面设有 1 个紧急停机按钮，紧急情况下可迅速停机，

防止误照射。

（五）X 射线探伤装置壳体正面设有 1 个钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

（六）X 射线探伤装置表面设置有电离辐射警告标志及中文警示说明。

（七）加强生产调试车间入口管理，禁止公众进入。由于 X 射线探伤装置壳体较小，任何情况下人员都无法完全进入壳体，故装置内部未安装监视装置，公司在生产调试车间内安装有监视装置，可监视生产调试车间内人员的活动和探伤装置的运行情况，视频显示终端设置在生产调试车间西墙外。生产调试车间入口门上粘贴有电离辐射警告标志及中文警示说明，上方设有工作状态指示灯，辐射工作人员进入监督区必须携带个人剂量计和个人剂量报警仪。

X 射线探伤装置配备的辐射安全设施见图 9-1，生产调试车间配备的辐射安全设施见图 10-3。

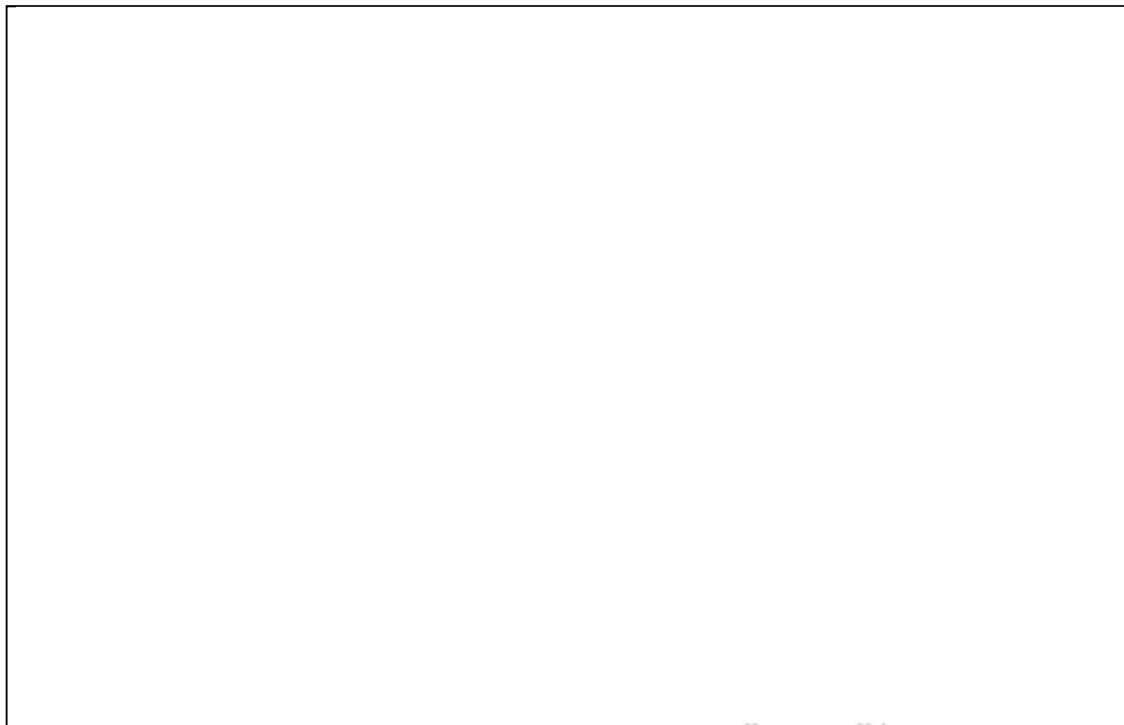


图 10-3 厂房一层生产调试车间辐射安全设施示意图

以上辐射防护措施合理可行，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等标准要求和本项目辐射安全的需要。

#### 四、监测仪器和防护用品

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，开展辐射工作的单位

应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

昆山善思光电科技有限公司已配备有辐射巡测仪 2 台和个人剂量报警仪 5 台（本项目共有 21 名辐射工作人员，可满足当班人员全部配齐的要求）。辐射工作人员工作时将佩戴个人剂量计，以监测累积受照情况。公司已定期组织辐射工作人员进行健康体检，并按相关要求建立有辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

### **五、X 射线探伤装置退役措施**

当本项目 X 射线探伤装置不再使用时，应实施退役程序。对退役的 X 射线探伤装置内 X 射线管进行拆解和去功能化，处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

## **三废的治理**

### **一、废气**

X 射线探伤装置在出束状态下，会使空气电离，分解产生少量的臭氧、氮氧化物等气体可通过打开工件门过程排放至生产调试车间，再通过生产调试车间内动力排风装置排出厂房，臭氧在常温下约 50 分钟可自行分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

### **二、废水**

辐射工作人员产生的生活污水，处理达标后排入城市污水管网，对周围环境影响较小。

### **三、固体废物**

辐射工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

**表 11 环境影响分析**

## 建设阶段对环境的影响

本项目计划对已许可的 11 种型号 X 射线探伤装置的技术参数（最大管电压、管电流）、屏蔽设计或壳体尺寸进行调整并新增 13 种型号 X 射线探伤装置的生产、销售、使用工作，其调试场所位于昆山善思光电科技有限公司厂房一层生产调试车间内，不存在建设期环境影响。

## 运行阶段对环境的影响

### 一、辐射环境影响分析

对本次涉及的 24 种型号 X 射线探伤装置的辐射环境影响采取理论计算的方法进行分析与评价。

#### （一）关注点辐射水平估算模式选取

本项目采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式及相关参数估算装置表面外的辐射水平，估算模式如下：

#### 1、有用线束

有用线束所致关注点辐射剂量率利用公式 11-1 计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad \text{公式 11-1}$$

式中： $I$ —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流；

$H_0$ —距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，查《辐射防护导论》附图 3，本项目取值见表 9-2；

$B$ —屏蔽透射因子；

$R$ —辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

#### 2、非有用线束

辐射屏蔽透射因子  $B$  按公式 11-2 计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \quad \text{公式 11-2}$$

式中： $X$ —屏蔽物质厚度，与  $TVL$  取相同的单位；

$TVL$ —屏蔽材料的什值层，查《辐射防护手册 第三分册》。

#### （1）泄漏辐射

泄漏辐射所致关注点剂量率利用下列公式 11-3 计算：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \text{公式 11-3}$$

式中： $B$ —屏蔽透射因子，使用公式 11-2 计算得到；

$R$ —辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

$\dot{H}_L$ —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为  $\mu\text{Sv/h}$ ，取自《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 1，见表 9-3。

## （2）散射辐射

散射辐射所致装置外剂量率利用公式（11-4）计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad \text{公式 11-4}$$

式中： $B$ —屏蔽透射因子，使用公式 11-2 计算得到；

$F$ — $R_0$  处的辐射野面积，单位为平方米（ $\text{m}^2$ ），本项目探伤装置球管其出束夹角为  $80^\circ \sim 170^\circ$ ，因其检测工件尺寸不定，故本项目参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B.4.2 对公式 11-4 中的  $R_0^2/F \cdot \alpha$  因子进行取值，为 60；

$R_0$ —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

$\alpha$ —散射因子，入射辐射被单位面积（ $1\text{m}^2$ ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的  $\alpha$  值时，可以水的  $\alpha$  值保守估计，见附录 B 表 B.3；

$R_s$ —散射体至关注点的距离，单位为米（m）；

本次涉及的 24 种型号 X 射线探伤装置中，AXI-5100 型、AXI-6100-1.5M 型、AXI-6100-2M 型、AXI-6100-2.5M 型、AXI-8000 型、View X6100 型、View X6300 型、Xspection 3120 型、AXI-5300 型等 9 种型号 X 射线探伤装置的 X 光管可在屏蔽壳体内移动，View X3300 型、Xspection 6000 型、Xspection 3000 型、View X6600 型、Xspection 6600 型、AXI-7300 型、View X6300 型、Xspection 3120 型、AXI-5300 型、AXI-6800 型、Horizon 1300 型、Horizon 2600 型等 12 种型号 X 射线探伤装置的 X 光管可根据客户需求进行选配，在进行装置表面外的辐射水平估算时，均采用距壳体表面的最近距离和选配 X 光管的最大管电压、管电流、出束角度进行保守估算，有用线束可照射

到的屏蔽壳体均按照有用线束计算方法进行计算。

(二) 估算结果

1、View X1800 型 X 射线探伤装置

View X1800 型 X 射线探伤装置的最大管电压为 90kV、最大管电流为 0.2mA，射线方向固定向上，关注点位取装置壳体外 30cm 处（底面关注点取底部表面处）。查《辐射防护导论》附图 3 得，在 90kV 管电压下，滤过条件为 1mm 铍， $H_0$  取  $105\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。View X1800 型 X 射线探伤装置球管位置示意图见图 11-1，辐射防护计算参数和计算结果见表 11-1。

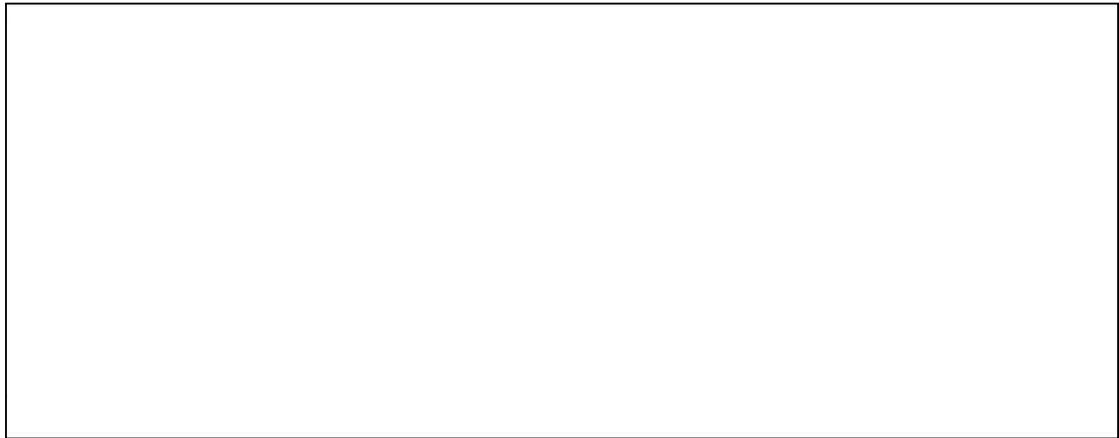


图 11-1 View X1800 型 X 射线探伤装置球管位置示意图

表 11-1 (a) View X1800 型 X 射线探伤装置参数和辐射屏蔽参数

| 点位<br>序号 | 点位描述   | 距离 $R^{1)}$<br>(m) | 屏蔽材料              | 透射因子 $B^{2)}$ | 需屏蔽的辐<br>射源 |
|----------|--------|--------------------|-------------------|---------------|-------------|
| 1        | 探伤装置正面 | 0.768              | 2mmFe+4mmPb+2mmFe | 3.03E-07      | 有用线束        |
| 2        | 探伤装置左面 | 0.830              | 2mmFe+4mmPb+2mmFe | 3.03E-07      | 有用线束        |
| 3        | 探伤装置右面 | 0.866              | 2mmFe+2mmPb+2mmFe | 1.99E-04      | 泄漏辐射        |
|          |        |                    |                   | 1.06E-05      | 散射辐射        |
| 4        | 探伤装置背面 | 0.915              | 2mmFe+2mmPb+2mmFe | 1.99E-04      | 泄漏辐射        |
|          |        |                    |                   | 1.06E-05      | 散射辐射        |
| 5        | 探伤装置顶面 | 0.951              | 2mmFe+4mmPb+2mmFe | 3.03E-07      | 有用线束        |
| 6        | 探伤装置底面 | 0.728              | 20mmFe            | 3.76E-05      | 泄漏辐射        |
|          |        |                    |                   | 9.86E-07      | 散射辐射        |

|   |     |       |           |          |      |
|---|-----|-------|-----------|----------|------|
| 7 | 观察窗 | 0.768 | 4.4mm 铅当量 | 6.35E-07 | 有用线束 |
|---|-----|-------|-----------|----------|------|

注：1、 $R_{\text{正面、观察窗}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.46m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=0.768m;  
 $R_{\text{左面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.522m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=0.830m;  
 $R_{\text{右面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.56m+壳体厚度 0.006m+关注点 0.3m=0.866m;  
 $R_{\text{背面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.609m+壳体厚度 0.006m+关注点 0.3m=0.915m;  
 $R_{\text{顶面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.643m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=0.951m;  
 $R_{\text{底面}}=X$  至 壁距 0.708m+ 0.02m=0.728m。

表 11-1 (b) View X1800 型 X 射线探伤装置辐射剂量率计算结果

| 点位序号 | 点位描述   | 有用线束<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 泄漏辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 散射辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 总剂量当量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 控制限值<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 评价 |
|------|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.647                        | /                            | /                            | 0.647                          | 2.5                          | 满足 |
| 2    | 探伤装置左面 | 0.554                        | /                            | /                            | 0.554                          | 2.5                          | 满足 |
| 3    | 探伤装置右面 | /                            | 0.265                        | 0.297                        | 0.562                          | 2.5                          | 满足 |
| 4    | 探伤装置背面 | /                            | 0.237                        | 0.266                        | 0.503                          | 2.5                          | 满足 |
| 5    | 探伤装置顶面 | 0.422                        | /                            | /                            | 0.422                          | 2.5                          | 满足 |
| 6    | 探伤装置底面 | /                            | 0.071                        | 0.039                        | 0.110                          | 2.5                          | 满足 |
| 7    | 观察窗    | 1.357                        | /                            | /                            | 1.357                          | 2.5                          | 满足 |

## 2、View X2000 型 X 射线探伤装置

View X2000 型 X 射线探伤装置的最大管电压为 90kV、最大管电流为 0.2mA，射线方向固定向上，关注点位取装置壳体外 30cm 处（底面关注点取底部表面处）。查《辐射防护导论》附图 3 得，在 90kV 管电压下，滤过条件为 1mm 铍， $H_0$  取  $105\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。View X2000 型 X 射线探伤装置球管位置示意图见图 11-2，辐射防护计算参数和计算结果见表 11-2。

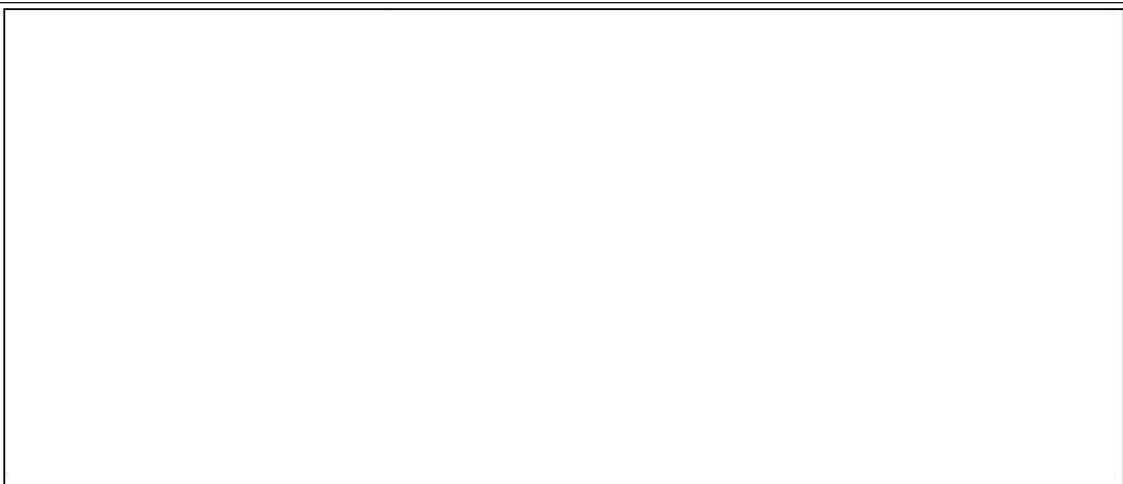


图 11-2 View X2000 型 X 射线探伤装置球管位置示意图

表 11-2 (a) View X2000 型 X 射线探伤装置参数和辐射屏蔽参数

| 点位序号 | 点位描述   | 距离 $R^{1)}$<br>(m) | 屏蔽材料              | 透射因子 $B^{2)}$ | 需屏蔽的辐射源 |
|------|--------|--------------------|-------------------|---------------|---------|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.509              | 2mmFe+5mmPb+2mmFe | 1.18E-08      | 有用线束    |
| 2    | 探伤装置左面 | 0.596              | 2mmFe+4mmPb+2mmFe | 3.03E-07      | 有用线束    |
| 3    | 探伤装置右面 | 0.596              | 2mmFe+4mmPb+2mmFe | 3.03E-07      | 有用线束    |
| 4    | 探伤装置背面 | 1.075              | 2mmFe+4mmPb+2mmFe | 3.03E-07      | 泄漏辐射    |
|      |        |                    |                   | 1.78E-09      | 散射辐射    |
| 5    | 探伤装置顶面 | 1.153              | 2mmFe+5mmPb+2mmFe | 1.18E-08      | 有用线束    |
| 6    | 探伤装置底面 | 0.693              | 20mmFe            | 3.76E-05      | 泄漏辐射    |
|      |        |                    |                   | 9.86E-07      | 散射辐射    |
| 7    | 观察窗    | 0.509              | 5.5mm 铅当量         | 1.79E-08      | 有用线束    |

注：1、 $R_{\text{正面、观察窗}} = X$  光管至壳体内壁最近距离 0.2m+壳体厚度 0.009m+关注点 0.3m=0.509m；

$R_{\text{左面}} = X$  光管至壳体内壁最近距离 0.288m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=0.596m；

$R_{\text{右面}} = X$  光管至壳体内壁最近距离 0.288m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=0.596m；

$R_{\text{背面}} = X$  光管至壳体内壁最近距离 0.767m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=1.075m；

$R_{\text{顶面}} = X$  光管至壳体内壁最近距离 0.844m+壳体厚度 0.009m+关注点 0.3m=1.153m；

$R_{\text{底面}} = X$  光管至壳体内壁距离 0.673m+壳体厚度 0.02m=0.693m。

表 11-2 (b) View X2000 型 X 射线探伤装置辐射剂量率计算结果

| 点位序号 | 点位描述   | 有用线束<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 泄漏辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 散射辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 总剂量当量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 控制限值<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 评价 |
|------|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.058                        | /                            | /                            | 0.058                          | 2.5                          | 满足 |
| 2    | 探伤装置左面 | 1.074                        | /                            | /                            | 1.074                          | 2.5                          | 满足 |
| 3    | 探伤装置右面 | 1.074                        | /                            | /                            | 1.074                          | 2.5                          | 满足 |
| 4    | 探伤装置背面 | /                            | 2.62E-04                     | 3.24E-05                     | 2.95E-04                       | 2.5                          | 满足 |
| 5    | 探伤装置顶面 | 0.011                        | /                            | /                            | 0.011                          | 2.5                          | 满足 |
| 6    | 探伤装置底面 | /                            | 0.078                        | 0.043                        | 0.121                          | 2.5                          | 满足 |
| 7    | 观察窗    | 0.087                        | /                            | /                            | 0.087                          | 2.5                          | 满足 |

### 3、View X2100 型 X 射线探伤装置

View X2100 型 X 射线探伤装置的最大管电压为 90kV、最大管电流为 0.2mA，射线方向固定向上，关注点位取装置壳体外 30cm 处（底面关注点取底部表面处）。查《辐射防护导论》附图 3 得，在 90kV 管电压下，滤过条件为 1mm 铍， $H_0$  取  $105\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。View X2100 型 X 射线探伤装置球管位置示意图见图 11-3，辐射防护计算参数和计算结果见表 11-3。

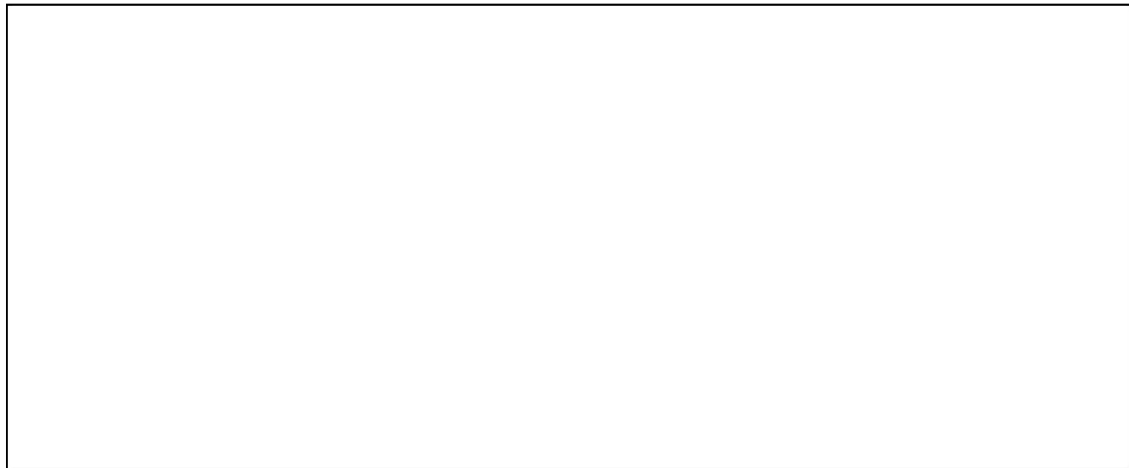


图 11-3 View X2100 型 X 射线探伤装置球管位置示意图

表 11-3 (a) View X2100 型 X 射线探伤装置参数和辐射屏蔽参数

| 点位序号 | 点位描述   | 距离 $R^{1)}$<br>(m) | 屏蔽材料              | 透射因子 $B^{2)}$ | 需屏蔽的辐射源 |
|------|--------|--------------------|-------------------|---------------|---------|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.925              | 2mmFe+4mmPb+2mmFe | 3.03E-07      | 有用线束    |

|   |        |        |                     |          |      |
|---|--------|--------|---------------------|----------|------|
| 2 | 探伤装置左面 | 1.047  | 2mmFe+4mmPb+2mmFe   | 3.03E-07 | 有用线束 |
| 3 | 探伤装置右面 | 1.025  | 2mmFe+4mmPb+2mmFe   | 3.03E-07 | 有用线束 |
| 4 | 探伤装置背面 | 1.033  | 2mmFe+4mmPb+2mmFe   | 3.03E-07 | 有用线束 |
| 5 | 探伤装置顶面 | 1.2205 | 2mmFe+4.5mmPb+2mmFe | 5.98E-08 | 有用线束 |
| 6 | 探伤装置底面 | 0.730  | 20mmFe              | 3.76E-05 | 泄漏辐射 |
|   |        |        |                     | 9.86E-07 | 散射辐射 |
| 7 | 观察窗    | 0.925  | 5.5mm 铅当量           | 1.79E-08 | 有用线束 |

注：1、 $R_{\text{正面、观察窗}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.617m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=0.925m；  
 $R_{\text{左面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.739m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=1.047m；  
 $R_{\text{右面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.717m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=1.025m；  
 $R_{\text{背面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.725m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=1.033m；  
 $R_{\text{顶面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.912m+壳体厚度 0.0085m+关注点 0.3m=1.2205m；  
 $R_{\text{底面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.71m+壳体厚度 0.02m=0.73m。

表 11-3 (b) View X2100 型 X 射线探伤装置辐射剂量率计算结果

| 点位序号 | 点位描述   | 有用线束<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 泄漏辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 散射辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 总剂量当量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 控制限值<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 评价 |
|------|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.446                        | /                            | /                            | 0.446                          | 2.5                          | 满足 |
| 2    | 探伤装置左面 | 0.348                        | /                            | /                            | 0.348                          | 2.5                          | 满足 |
| 3    | 探伤装置右面 | 0.363                        | /                            | /                            | 0.363                          | 2.5                          | 满足 |
| 4    | 探伤装置背面 | 0.358                        | /                            | /                            | 0.358                          | 2.5                          | 满足 |
| 5    | 探伤装置顶面 | 0.051                        | /                            | /                            | 0.051                          | 2.5                          | 满足 |
| 6    | 探伤装置底面 | /                            | 0.071                        | 0.039                        | 0.109                          | 2.5                          | 满足 |
| 7    | 观察窗    | 0.026                        | /                            | /                            | 0.026                          | 2.5                          | 满足 |

#### 4、View X3300 型 X 射线探伤装置

View X3300 型 X 射线探伤装置可根据客户需求，在 130kV/0.3mA、110kV/0.25mA、90kV/0.2mA 三种光管中进行选配，射线方向固定向上，关注点位取装置壳体外 30cm 处（底面关注点取底部表面处）。本项目选取最大管电压为 130kV、最大管电流为 0.3mA 进行装置表面外的辐射水平估算，查《辐射防护导论》附图 3 得，在 130kV 管电压下，

滤过条件为 1mm 铍， $H_0$  取  $120\text{mSv}\cdot\text{m}^2 / (\text{mA}\cdot\text{min})$ 。View X3300 型 X 射线探伤装置球管位置示意图见图 11-4，辐射防护计算参数和计算结果见表 11-4。

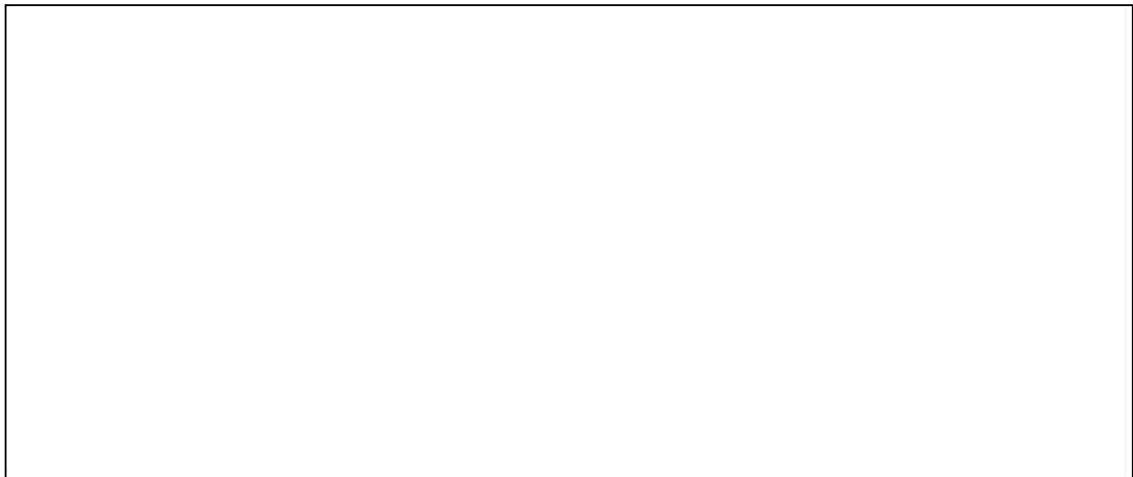


图 11-4 View X3300 型 X 射线探伤装置球管位置示意图

表 11-4 (a) View X3300 型 X 射线探伤装置参数和辐射屏蔽参数

| 点位序号 | 点位描述   | 距离 $R^{1)}$<br>(m) | 屏蔽材料               | 透射因子 $B^{2)}$ | 需屏蔽的辐射源 |
|------|--------|--------------------|--------------------|---------------|---------|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.508              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 1.19E-07      | 有用线束    |
| 2    | 探伤装置左面 | 0.970              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 1.19E-07      | 有用线束    |
| 3    | 探伤装置右面 | 0.665              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 1.19E-07      | 有用线束    |
| 4    | 探伤装置背面 | 1.125              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 1.19E-07      | 有用线束    |
| 5    | 探伤装置顶面 | 1.111              | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 9.77E-09      | 有用线束    |
| 6    | 探伤装置底面 | 0.574              | 20mmFe+2mmPb+2mmFe | 4.14E-05      | 泄漏辐射    |
|      |        |                    |                    | 8.90E-07      | 散射辐射    |
| 7    | 观察窗    | 0.508              | 6.6mm 铅当量          | 6.70E-08      | 有用线束    |

注：1、 $R_{\text{正面、观察窗}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.198m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=0.508m；  
 $R_{\text{左面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.66m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=0.97m；  
 $R_{\text{右面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.355m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=0.665m；  
 $R_{\text{背面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.815m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=1.125m；  
 $R_{\text{顶面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.8m+壳体厚度 0.011m+关注点 0.3m=1.111m；  
 $R_{\text{底面}}=X$  光管至壳体内壁距离 0.874m+壳体厚度 0.024m=0.574m。

表 11-4 (b) View X3300 型 X 射线探伤装置辐射剂量率计算结果

| 点位序号 | 点位描述   | 有用线束<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 泄漏辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 散射辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 总剂量当量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 控制限值<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 评价 |
|------|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.999                        | /                            | /                            | 0.999                          | 2.5                          | 满足 |
| 2    | 探伤装置左面 | 0.274                        | /                            | /                            | 0.274                          | 2.5                          | 满足 |
| 3    | 探伤装置右面 | 0.583                        | /                            | /                            | 0.583                          | 2.5                          | 满足 |
| 4    | 探伤装置背面 | 0.204                        | /                            | /                            | 0.204                          | 2.5                          | 满足 |
| 5    | 探伤装置顶面 | 0.017                        | /                            | /                            | 0.017                          | 2.5                          | 满足 |
| 6    | 探伤装置底面 | /                            | 0.126                        | 0.097                        | 0.096                          | 2.5                          | 满足 |
| 7    | 观察窗    | 0.561                        | /                            | /                            | 0.561                          | 2.5                          | 满足 |

### 5、Xspection 6000 型 X 射线探伤装置

Xspection 6000 型 X 射线探伤装置可根据客户需求，在 130kV/0.3mA、110kV/0.25mA、90kV/0.2mA 三种光管中进行选配，射线方向固定向上，关注点位取装置壳体外 30cm 处（底面关注点取底部表面处）。本项目选取最大管电压为 130kV、最大管电流为 0.3mA 进行装置表面外的辐射水平估算，查《辐射防护导论》附图 3 得，在 130kV 管电压下，滤过条件为 1mm 铍， $H_0$  取  $120\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。Xspection 6000 型 X 射线探伤装置球管位置示意图见图 11-5，辐射防护计算参数和计算结果见表 11-5。

表 11-5 (a) Xspection 6000 型 X 射线探伤装置参数和辐射屏蔽参数

| 点位序号 | 点位描述   | 距离 $R^{1)}$<br>(m) | 屏蔽材料               | 透射因子 $B^{2)}$ | 需屏蔽的辐射源 |
|------|--------|--------------------|--------------------|---------------|---------|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.919              | 3mmFe+6mmPb+3mmFe  | 7.51E-08      | 有用线束    |
| 2    | 探伤装置左面 | 0.985              | 2mmFe+6mmPb+3mmFe  | 9.47E-08      | 有用线束    |
| 3    | 探伤装置右面 | 0.994              | 2mmFe+6mmPb+3mmFe  | 9.47E-08      | 有用线束    |
| 4    | 探伤装置背面 | 1.035              | 3mmFe+6mmPb+3mmFe  | 7.51E-08      | 有用线束    |
| 5    | 探伤装置顶面 | 1.338              | 2mmFe+8mmPb+2mmFe  | 7.99E-10      | 有用线束    |
| 6    | 探伤装置底面 | 0.481              | 20mmFe+2mmPb+3mmFe | 3.29E-05      | 泄漏辐射    |
|      |        |                    |                    | 6.05E-07      | 散射辐射    |

|   |     |       |           |          |      |
|---|-----|-------|-----------|----------|------|
| 7 | 观察窗 | 0.919 | 6.6mm 铅当量 | 6.70E-08 | 有用线束 |
|---|-----|-------|-----------|----------|------|

注：1、 $R_{\text{正面、观察窗}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.607m+壳体厚度 0.012m+关注点 0.3m=0.919m；  
 $R_{\text{左面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.674m+壳体厚度 0.011m+关注点 0.3m=0.985m；  
 $R_{\text{右面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.683m+壳体厚度 0.011m+关注点 0.3m=0.994m；  
 $R_{\text{背面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.723m+壳体厚度 0.012m+关注点 0.3m=1.035m；  
 $R_{\text{顶面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 1.026m+壳体厚度 0.012m+关注点 0.3m=1.338m；  
 $R_{\text{底面}}=X$  光管至壳体内壁距离 0.456m+壳体厚度 0.025m=0.481m。

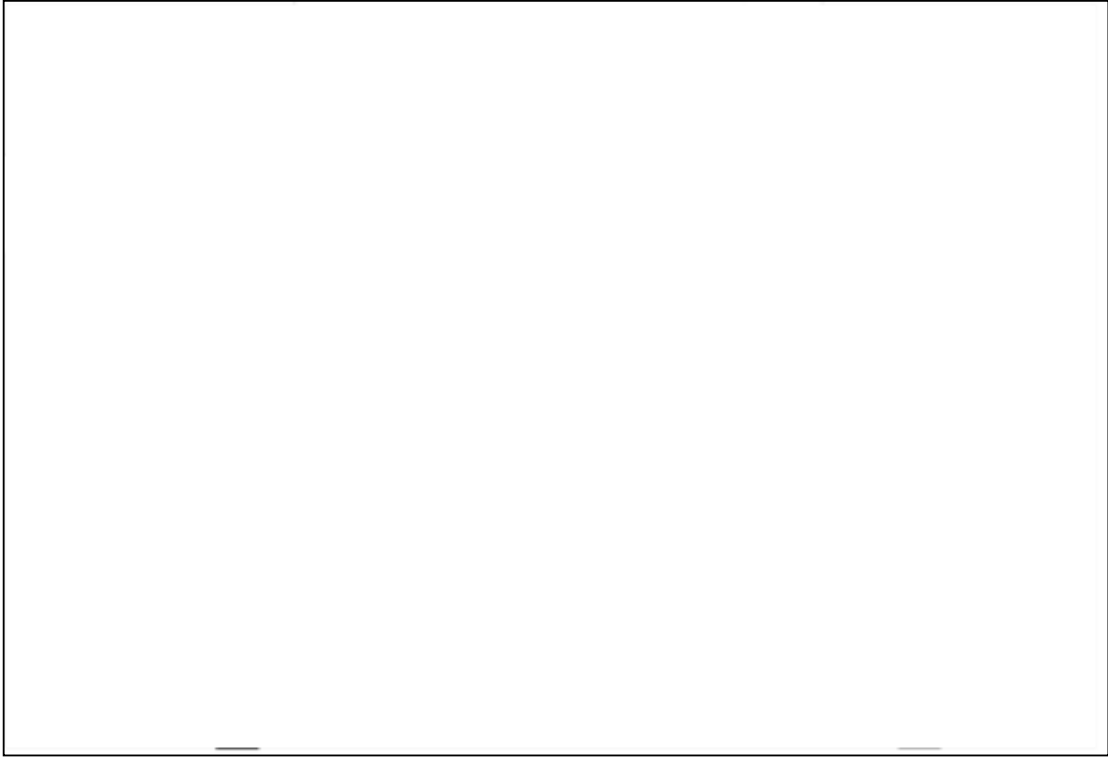


图 11-5 Xspection 6000 型 X 射线探伤装置球管位置示意图

表 11-5 (b) Xspection 6000 型 X 射线探伤装置辐射剂量率计算结果

| 点位序号 | 点位描述   | 有用线束<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 泄漏辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 散射辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 总剂量当量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 控制限值<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 评价 |
|------|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.192                        | /                            | /                            | 0.192                          | 2.5                          | 满足 |
| 2    | 探伤装置左面 | 0.211                        | /                            | /                            | 0.211                          | 2.5                          | 满足 |
| 3    | 探伤装置右面 | 0.207                        | /                            | /                            | 0.207                          | 2.5                          | 满足 |
| 4    | 探伤装置背面 | 0.152                        | /                            | /                            | 0.152                          | 2.5                          | 满足 |
| 5    | 探伤装置顶面 | 9.64E-04                     | /                            | /                            | 9.64E-04                       | 2.5                          | 满足 |

|   |        |       |       |       |       |     |    |
|---|--------|-------|-------|-------|-------|-----|----|
| 6 | 探伤装置底面 | /     | 0.142 | 0.094 | 0.236 | 2.5 | 满足 |
| 7 | 观察窗    | 0.171 | /     | /     | 0.171 | 2.5 | 满足 |

## 6、Xspection 3000 型 X 射线探伤装置

Xspection 3000 型 X 射线探伤装置可根据客户需求，在 90kV/0.2mA、110kV/0.25mA、130kV/0.3mA、130kV/0.5mA 四种光管中进行选配，射线方向固定向上，关注点位取装置壳体外 30cm 处（底面关注点取底部表面处）。本项目选取最大管电压为 130kV、最大管电流为 0.3mA 进行装置表面外的辐射水平估算，查《辐射防护导论》附图 3 得，在 130kV 管电压下，滤过条件为 1mm 铍， $H_0$  取  $120\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。Xspection 3000 型 X 射线探伤装置球管位置示意图见图 11-6，辐射防护计算参数和计算结果见表 11-6。

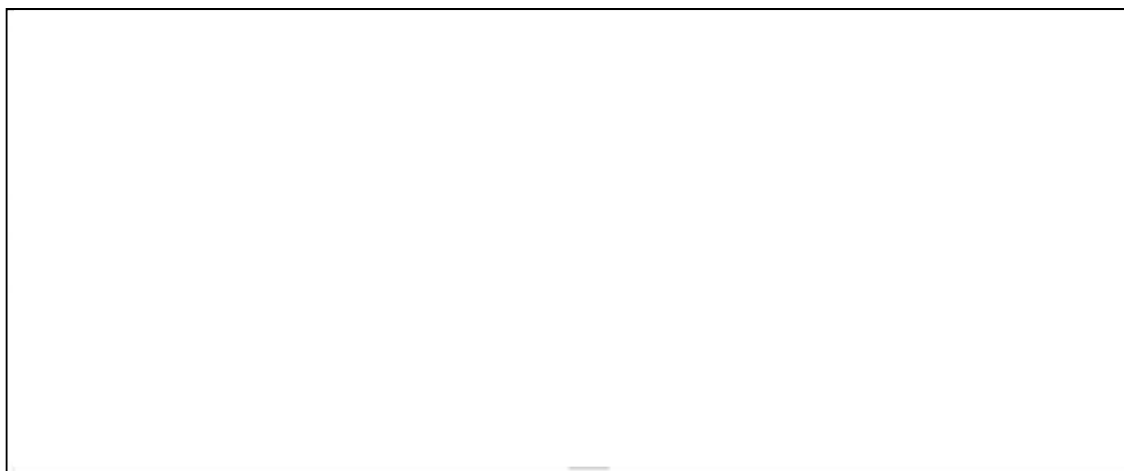


图 11-6 Xspection 3000 型 X 射线探伤装置球管位置示意图

表 11-6 (a) Xspection 3000 型 X 射线探伤装置参数和辐射屏蔽参数

| 点位序号 | 点位描述   | 距离 $R^{1)}$<br>(m) | 屏蔽材料               | 透射因子 $B^{2)}$ | 需屏蔽的辐射源 |
|------|--------|--------------------|--------------------|---------------|---------|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.927              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 1.19E-07      | 有用线束    |
| 2    | 探伤装置左面 | 1.049              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 1.19E-07      | 有用线束    |
| 3    | 探伤装置右面 | 1.027              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 1.19E-07      | 有用线束    |
| 4    | 探伤装置背面 | 1.035              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 1.19E-07      | 有用线束    |
| 5    | 探伤装置顶面 | 1.222              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 1.19E-07      | 有用线束    |
| 6    | 探伤装置底面 | 0.735              | 20mmFe+2mmPb+3mmFe | 3.29E-05      | 泄漏辐射    |

|   |     |       |           |          |      |
|---|-----|-------|-----------|----------|------|
|   |     |       |           | 6.05E-07 | 散射辐射 |
| 7 | 观察窗 | 0.927 | 6.6mm 铅当量 | 6.70E-08 | 有用线束 |

注：1、 $R_{\text{正面、观察窗}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.617m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=0.927m;  
 $R_{\text{左面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.739m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=1.049m;  
 $R_{\text{右面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.717m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=1.027m;  
 $R_{\text{背面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.725m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=1.035m;  
 $R_{\text{顶面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.912m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=1.222m;  
 $R_{\text{底面}}=X$  光管至壳体内壁距离 0.710m+壳体厚度 0.025m=0.735m。

表 11-6 (b) Xspection 3000 型 X 射线探伤装置辐射剂量率计算结果

| 点位序号 | 点位描述   | 有用线束<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 泄漏辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 散射辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 总剂量当量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 控制限值<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 评价 |
|------|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.500                        | /                            | /                            | 0.500                          | 2.5                          | 满足 |
| 2    | 探伤装置左面 | 0.390                        | /                            | /                            | 0.390                          | 2.5                          | 满足 |
| 3    | 探伤装置右面 | 0.407                        | /                            | /                            | 0.407                          | 2.5                          | 满足 |
| 4    | 探伤装置背面 | 0.401                        | /                            | /                            | 0.401                          | 2.5                          | 满足 |
| 5    | 探伤装置顶面 | 0.288                        | /                            | /                            | 0.288                          | 2.5                          | 满足 |
| 6    | 探伤装置底面 | /                            | 0.061                        | 0.067                        | 0.128                          | 2.5                          | 满足 |
| 7    | 观察窗    | 0.281                        | /                            | /                            | 0.281                          | 2.5                          | 满足 |

## 7、View X6600 型、Xspection 6600 型 X 射线探伤装置

View X6600 型、Xspection 6600 型 X 射线探伤装置为同一款设备，为区分销往国内或国外而设置两种型号。该款装置可根据客户需求，在 160kV/1mA、130kV/0.3mA、110kV/0.25mA、90kV/0.2mA 四种光管中进行选配，射线方向固定向上，关注点位取装置壳体外 30cm 处（底面关注点取底部表面处）。本项目选取最大管电压为 160kV、最大管电流为 1mA 进行装置表面外的辐射水平估算，查《辐射防护导论》附图 3 得，在 160kV 管电压下，滤过条件为 1mm 铍， $H_0$  取  $120\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。View X6600 型、Xspection 6600 型 X 射线探伤装置球管位置示意图见图 11-7，辐射防护计算参数和计算结果见表 11-7。



图 11-7 View X6600 型、Xspection 6600 型 X 射线探伤装置球管位置示意图

表 11-7 (a) View X6600 型、Xspection 6600 型 X 射线探伤装置参数和辐射屏蔽参数

| 点位<br>序号 | 点位描述   | 距离 $R^{1)}$<br>(m) | 屏蔽材料               | 透射因子 $B^{2)}$ | 需屏蔽的辐<br>射源 |
|----------|--------|--------------------|--------------------|---------------|-------------|
| 1        | 探伤装置正面 | 1.211              | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 6.22E-08      | 有用线束        |
| 2        | 探伤装置左面 | 1.1915             | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 6.22E-08      | 有用线束        |
| 3        | 探伤装置右面 | 1.3065             | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 6.22E-08      | 有用线束        |
| 4        | 探伤装置背面 | 1.1835             | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 6.22E-08      | 有用线束        |
| 5        | 探伤装置顶面 | 1.381              | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 6.22E-08      | 有用线束        |
| 6        | 探伤装置底面 | 0.798              | 20mmFe+3mmPb+2mmFe | 3.25E-05      | 泄漏辐射        |

|   |     |       |           |          |      |
|---|-----|-------|-----------|----------|------|
|   |     |       |           | 1.39E-06 | 散射辐射 |
| 7 | 观察窗 | 1.211 | 7.7mm 铅当量 | 2.38E-08 | 有用线束 |

注：1、 $R_{\text{正面、观察窗}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.9m+壳体厚度 0.011m+关注点 0.3m=1.211m;  
 $R_{\text{左面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.8805m+壳体厚度 0.011m+关注点 0.3m=1.1915m;  
 $R_{\text{右面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.9955m+壳体厚度 0.011m+关注点 0.3m=1.3065m;  
 $R_{\text{背面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.8725m+壳体厚度 0.011m+关注点 0.3m=1.1835m;  
 $R_{\text{顶面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 1.07m+壳体厚度 0.011m+关注点 0.3m=1.381m;  
 $R_{\text{底面}}=X$  光管至壳体内壁距离 0.773m+壳体厚度 0.025m=0.798m。

表 11-7 (b) View X6600 型、Xspection 6600 型 X 射线探伤装置辐射剂量率计算结果

| 点位序号 | 点位描述   | 有用线束<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 泄漏辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 散射辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 总剂量当量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 控制限值<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 评价 |
|------|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.305                        | /                            | /                            | 0.305                          | 2.5                          | 满足 |
| 2    | 探伤装置左面 | 0.315                        | /                            | /                            | 0.315                          | 2.5                          | 满足 |
| 3    | 探伤装置右面 | 0.262                        | /                            | /                            | 0.262                          | 2.5                          | 满足 |
| 4    | 探伤装置背面 | 0.319                        | /                            | /                            | 0.319                          | 2.5                          | 满足 |
| 5    | 探伤装置顶面 | 0.235                        | /                            | /                            | 0.235                          | 2.5                          | 满足 |
| 6    | 探伤装置底面 | /                            | 0.128                        | 0.262                        | 0.390                          | 2.5                          | 满足 |
| 7    | 观察窗    | 0.142                        | /                            | /                            | 0.142                          | 2.5                          | 满足 |

## 8、AXI-5100 型 X 射线探伤装置

AXI-5100 型 X 射线探伤装置的最大管电压为 90kV、最大管电流为 0.2mA，射线方向固定向下，关注点位取装置壳体外 30cm 处（底面关注点取底部表面处）。查《辐射防护导论》附图 3 得，在 90kV 管电压下，滤过条件为 1mm 铍， $H_0$  取  $105\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。AXI-5100 型 X 射线探伤装置两侧装配有接驳机，探伤装置与接驳机连接处的升降门采用与同侧屏蔽体同等防护当量的铅皮进行防护，只有当连接处的升降门关闭时，探伤装置才能出束。该装置 X 射线发生器可前后、左右滑动，本项目保守未考虑接驳机的屏蔽和距离影响、采用 X 光管距各侧壳体最近距离进行辐射防护计算。AXI-5100 型 X 射线探伤装置球管位置示意图见图 11-8，辐射防护计算参数和计算结果见表 11-8。



表 11-8 (a) AXI-5100 型 X 射线探伤装置参数和辐射屏蔽参数

注：1、 $R_{\text{正面、观察窗}} = X$  光管至壳体内壁最近距离  $0.22\text{m} + \text{壳体厚度 } 0.009\text{m} + \text{关注点 } 0.3\text{m} = 0.529\text{m}$ ;

表 11-8 (b) AXI-5100 型 X 射线探伤装置辐射剂量率计算结果

| 点位序号 | 点位描述   | 有用线束<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 泄漏辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 散射辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 总剂量当量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 控制限值<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 评价 |
|------|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.053                        | /                            | /                            | 0.053                          | 2.5                          | 满足 |
| 2    | 探伤装置左面 | 0.983                        | /                            | /                            | 0.983                          | 2.5                          | 满足 |
| 3    | 探伤装置右面 | 0.830                        | /                            | /                            | 0.830                          | 2.5                          | 满足 |
| 4    | 探伤装置背面 | 0.761                        | /                            | /                            | 0.761                          | 2.5                          | 满足 |
| 5    | 探伤装置顶面 | /                            | 0.012                        | 0.005                        | 0.017                          | 2.5                          | 满足 |
| 6    | 探伤装置底面 | 0.042                        | /                            | /                            | 0.042                          | 2.5                          | 满足 |
| 7    | 观察窗    | /                            | 0.002                        | 3.74E-04                     | 0.003                          | 2.5                          | 满足 |

### 9、AXI-6100-1.5M 型 X 射线探伤装置

AXI-6100-1.5M 型 X 射线探伤装置最大管电压为 90kV、最大管电流为 0.2mA，射线方向固定向下，关注点位取装置壳体外 30cm 处（底面关注点取底部表面处）。查《辐射防护导论》附图 3 得，在 90kV 管电压下，滤过条件为 1mm 铍， $H_0$  取  $105\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。AXI-6100-1.5M 型 X 射线探伤装置两侧装配有接驳机，探伤装置与接驳机连接处的升降门采用与同侧屏蔽体同等防护当量的铅皮进行防护，只有当连接处的升降门关闭时，探伤装置才能出束。该装置 X 射线发生器可前后、左右滑动，本项目采用 X 光管距各侧壳体最近距离进行辐射防护计算。AXI-6100-1.5M 型 X 射线探伤装置球管位置示意图见图 11-9，辐射防护计算参数和计算结果见表 11-9。

表 11-9 (a) AXI-6100-1.5M 型 X 射线探伤装置参数和辐射屏蔽参数

| 点位序号 | 点位描述   | 距离 $R^{1)}$<br>(m) | 屏蔽材料              | 透射因子 $B^{2)}$ | 需屏蔽的辐射源 |
|------|--------|--------------------|-------------------|---------------|---------|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.538              | 2mmFe+4mmPb+2mmFe | 3.03E-07      | 有用线束    |
| 2    | 探伤装置左面 | 0.927              | 2mmFe+3mmPb+2mmFe | 7.76E-06      | 泄漏辐射    |
|      |        |                    |                   | 1.38E-07      | 散射辐射    |
| 3    | 探伤装置右面 | 0.673              | 2mmFe+4mmPb+2mmFe | 3.03E-07      | 有用线束    |
| 4    | 探伤装置背面 | 0.958              | 2mmFe+4mmPb+2mmFe | 3.03E-07      | 有用线束    |
| 5    | 探伤装置顶面 | 0.937              | 2mmFe+3mmPb+2mmFe | 7.76E-06      | 泄漏辐射    |

|   |        |       |                    |          |      |
|---|--------|-------|--------------------|----------|------|
|   |        |       |                    | 1.38E-07 | 散射辐射 |
| 6 | 探伤装置底面 | 0.755 | 20mmFe+2mmPb+3mmFe | 1.24E-08 | 有用线束 |
| 7 | 观察窗    | 0.538 | 3.3mm 铅当量          | 2.25E-05 | 泄漏辐射 |
|   |        |       |                    | 5.94E-07 | 散射辐射 |

注：1、 $R_{\text{正面、观察窗}} = X$  光管至壳体内壁最近距离 0.23m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=0.538m；  
 $R_{\text{左面}} = X$  光管至壳体内壁最近距离 0.62m+壳体厚度 0.007m+关注点 0.3m=0.927m；  
 $R_{\text{右面}} = X$  光管至壳体内壁最近距离 0.365m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=0.673m；  
 $R_{\text{背面}} = X$  光管至壳体内壁最近距离 0.65m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=0.958m；  
 $R_{\text{顶面}} = X$  光管至壳体内壁最近距离 0.63m+壳体厚度 0.007m+关注点 0.3m=0.937m；  
 $R_{\text{底面}} = X$  光管至壳体内壁距离 0.73m+壳体厚度 0.025m=0.755m。

， 、 . 、 . 。

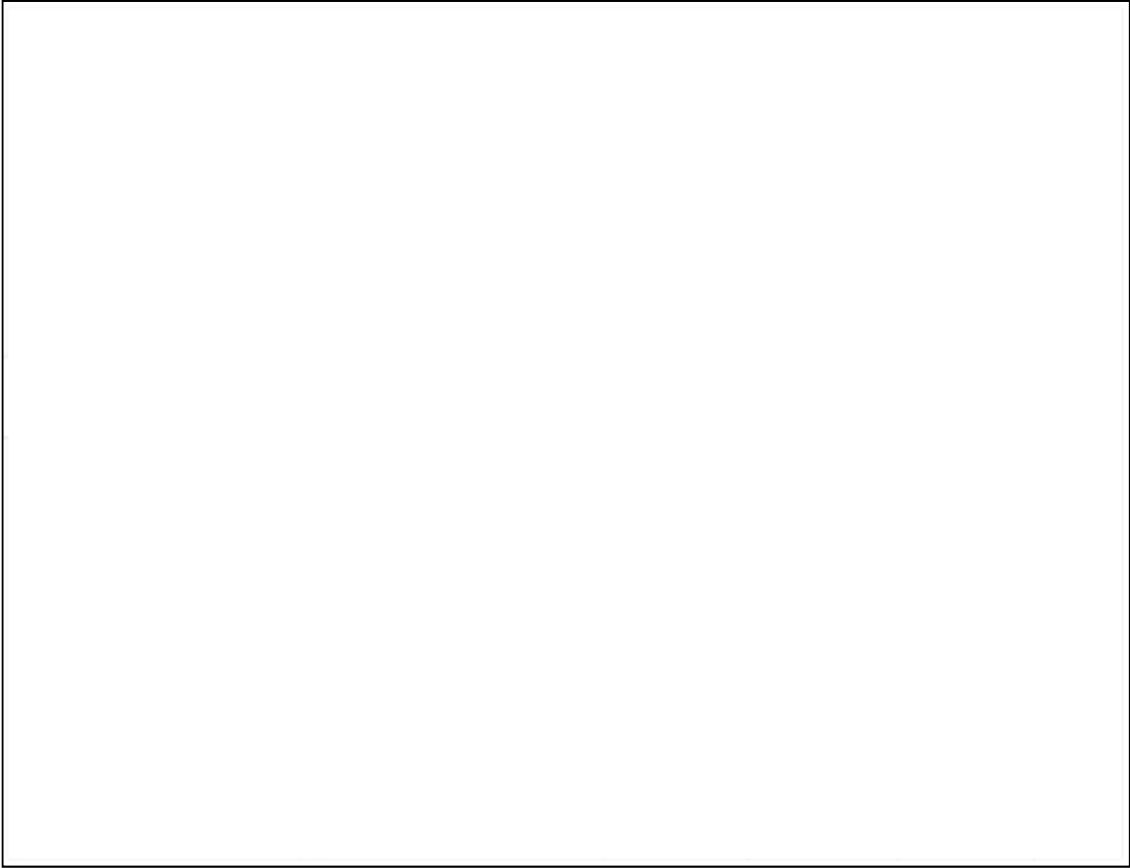


图 11-9 AXI-6100-1.5M 型 X 射线探伤装置球管位置示意图

表 11-9 (b) AXI-6100-1.5M 型 X 射线探伤装置辐射剂量率计算结果

| 点位<br>序号 | 点位描述   | 有用线束<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 泄漏辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 散射辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 总剂量当量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 控制限值<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 评价 |
|----------|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----|
| 1        | 探伤装置正面 | 1.318                        | /                            | /                            | 1.318                          | 2.5                          | 满足 |
| 2        | 探伤装置左面 | /                            | 0.009                        | 0.003                        | 0.012                          | 2.5                          | 满足 |
| 3        | 探伤装置右面 | 0.843                        | /                            | /                            | 0.843                          | 2.5                          | 满足 |
| 4        | 探伤装置背面 | 0.416                        | /                            | /                            | 0.416                          | 2.5                          | 满足 |
| 5        | 探伤装置顶面 | /                            | 0.009                        | 0.003                        | 0.012                          | 2.5                          | 满足 |
| 6        | 探伤装置底面 | 0.027                        | /                            | /                            | 0.027                          | 2.5                          | 满足 |
| 7        | 观察窗    | /                            | 0.078                        | 0.043                        | 0.121                          | 2.5                          | 满足 |

#### 10、AXI-6100-2M 型 X 射线探伤装置

AXI-6100-2M 型 X 射线探伤装置最大管电压为 90kV、最大管电流为 0.2mA，射线方向固定向下，关注点位取装置壳体外 30cm 处（底面关注点取底部表面处）。查《辐射防护导论》附图 3 得，在 90kV 管电压下，滤过条件为 1mm 铍， $H_0$  取  $105\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。AXI-6100-2M 型 X 射线探伤装置两侧装配有接驳机，探伤装置与接驳机连接处的升降门采用与同侧屏蔽体同等防护当量的铅皮进行防护，只有当连接处的升降门关闭时，探伤装置才能出束。该装置 X 射线发生器可前后、左右滑动，本项目采用 X 光管距各侧壳体最近距离进行辐射防护计算。AXI-6100-2M 型 X 射线探伤装置球管位置示意图见图 11-10，辐射防护计算参数和计算结果见表 11-10。

表 11-10 (a) AXI-6100-2M 型 X 射线探伤装置参数和辐射屏蔽参数

| 点位<br>序号 | 点位描述   | 距离 $R^{1)}$<br>(m) | 屏蔽材料              | 透射因子 $B^{2)}$ | 需屏蔽的辐射源 |
|----------|--------|--------------------|-------------------|---------------|---------|
| 1        | 探伤装置正面 | 0.538              | 2mmFe+4mmPb+2mmFe | 3.03E-07      | 有用线束    |
| 2        | 探伤装置左面 | 0.927              | 2mmFe+3mmPb+2mmFe | 7.76E-06      | 泄漏辐射    |
|          |        |                    |                   | 1.38E-07      | 散射辐射    |
| 3        | 探伤装置右面 | 0.673              | 2mmFe+4mmPb+2mmFe | 3.03E-07      | 有用线束    |
| 4        | 探伤装置背面 | 0.958              | 2mmFe+4mmPb+2mmFe | 3.03E-07      | 有用线束    |
| 5        | 探伤装置顶面 | 0.937              | 2mmFe+3mmPb+2mmFe | 7.76E-06      | 泄漏辐射    |

|   |        |       |                    |          |      |
|---|--------|-------|--------------------|----------|------|
|   |        |       |                    | 1.38E-07 | 散射辐射 |
| 6 | 探伤装置底面 | 0.755 | 20mmFe+2mmPb+3mmFe | 1.24E-08 | 有用线束 |
| 7 | 观察窗    | 0.538 | 3.3mm 铅当量          | 2.25E-05 | 泄漏辐射 |
|   |        |       |                    | 5.94E-07 | 散射辐射 |

注：1、 $R_{\text{正面、观察窗}} = X$  光管至壳体内壁最近距离 0.23m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=0.538m；

$R_{\text{左面}} = X$  光管至壳体内壁最近距离 0.62m+壳体厚度 0.007m+关注点 0.3m=0.927m；

$R_{\text{右面}} = X$  光管至壳体内壁最近距离 0.365m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=0.673m；

$R_{\text{背面}} = X$  光管至壳体内壁最近距离 0.65m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=0.958m；

$R_{\text{顶面}} = X$  光管至壳体内壁最近距离 0.63m+壳体厚度 0.007m+关注点 0.3m=0.937m；

$R_{\text{底面}} = X$  光管至壳体内壁距离 0.73m+壳体厚度 0.025m=0.755m。

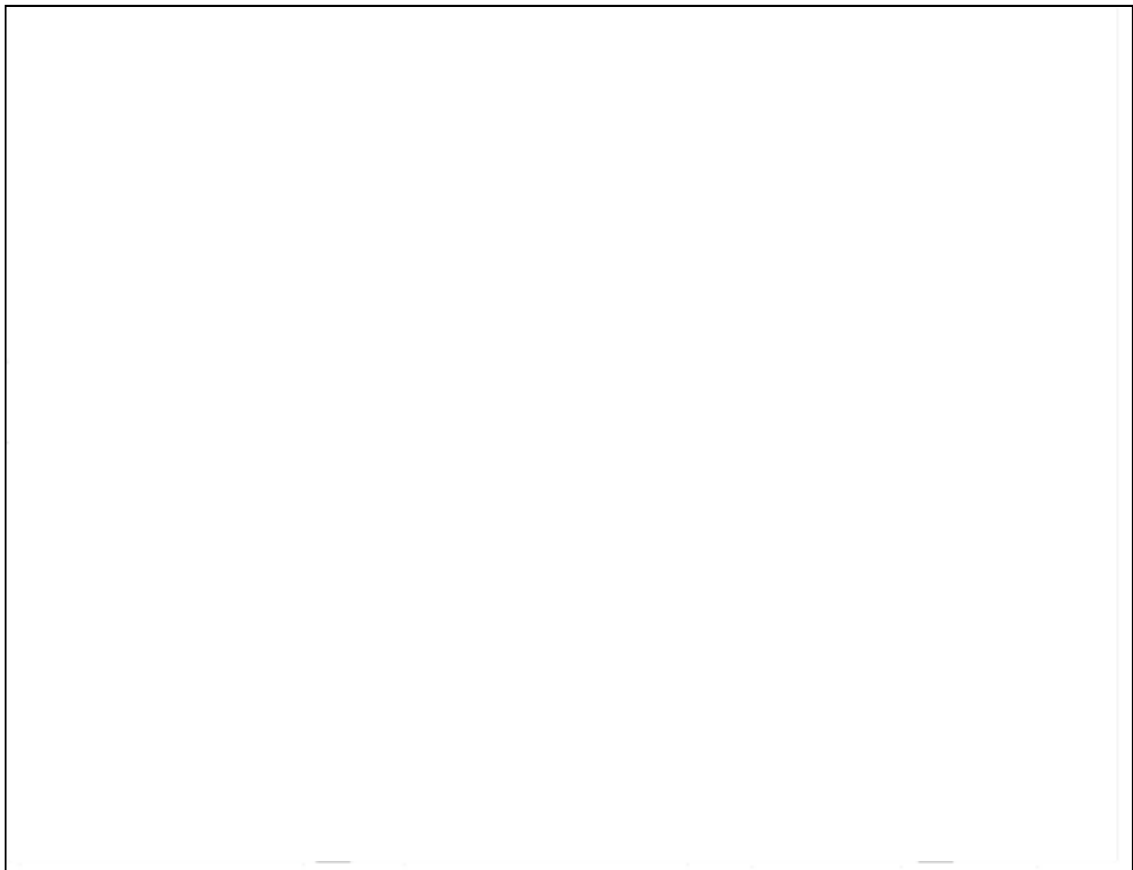


图 11-10 AXI-6100-2M 型 X 射线探伤装置球管位置示意图

表 11-10 (b) AXI-6100-2M 型 X 射线探伤装置辐射剂量率计算结果

| 点位序号 | 点位描述   | 有用线束<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 泄漏辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 散射辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 总剂量当量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 控制限值<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 评价 |
|------|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----|
| 1    | 探伤装置正面 | 1.318                        | /                            | /                            | 1.318                          | 2.5                          | 满足 |
| 2    | 探伤装置左面 | /                            | 0.009                        | 0.003                        | 0.012                          | 2.5                          | 满足 |
| 3    | 探伤装置右面 | 0.843                        | /                            | /                            | 0.843                          | 2.5                          | 满足 |
| 4    | 探伤装置背面 | 0.416                        | /                            | /                            | 0.416                          | 2.5                          | 满足 |
| 5    | 探伤装置顶面 | /                            | 0.009                        | 0.003                        | 0.012                          | 2.5                          | 满足 |
| 6    | 探伤装置底面 | 0.027                        | /                            | /                            | 0.027                          | 2.5                          | 满足 |
| 7    | 观察窗    | /                            | 0.078                        | 0.043                        | 0.121                          | 2.5                          | 满足 |

#### 11、AXI-6100-2.5M 型 X 射线探伤装置

AXI-6100-2.5M 型 X 射线探伤装置最大管电压为 90kV、最大管电流为 0.2mA，射线方向固定向下，关注点位取装置壳体外 30cm 处（底面关注点取底部表面处）。查《辐射防护导论》附图 3 得，在 90kV 管电压下，滤过条件为 1mm 铍， $H_0$  取  $105\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。AXI-6100-2.5M 型 X 射线探伤装置两侧装配有接驳机，探伤装置与接驳机连接处的升降门采用与同侧屏蔽体同等防护当量的铅皮进行防护，只有当连接处的升降门关闭时，探伤装置才能出束。该装置 X 射线发生器可前后、左右滑动，本项目采用 X 光管距各侧壳体最近距离进行辐射防护计算。AXI-6100-2.5M 型 X 射线探伤装置球管位置示意图见图 11-11，辐射防护计算参数和计算结果见表 11-11。

表 11-11 (a) AXI-6100-2.5M 型 X 射线探伤装置参数和辐射屏蔽参数

| 点位序号 | 点位描述   | 距离 $R^{1)}$<br>(m) | 屏蔽材料              | 透射因子 $B^{2)}$ | 需屏蔽的辐射源 |
|------|--------|--------------------|-------------------|---------------|---------|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.538              | 2mmFe+4mmPb+2mmFe | 3.03E-07      | 有用线束    |
| 2    | 探伤装置左面 | 0.927              | 2mmFe+3mmPb+2mmFe | 7.76E-06      | 泄漏辐射    |
|      |        |                    |                   | 1.38E-07      | 散射辐射    |
| 3    | 探伤装置右面 | 0.673              | 2mmFe+4mmPb+2mmFe | 3.03E-07      | 有用线束    |
| 4    | 探伤装置背面 | 0.958              | 2mmFe+4mmPb+2mmFe | 3.03E-07      | 有用线束    |
| 5    | 探伤装置顶面 | 0.937              | 2mmFe+3mmPb+2mmFe | 7.76E-06      | 泄漏辐射    |

|   |        |       |                    |          |      |
|---|--------|-------|--------------------|----------|------|
|   |        |       |                    | 1.38E-07 | 散射辐射 |
| 6 | 探伤装置底面 | 0.755 | 20mmFe+2mmPb+3mmFe | 1.24E-08 | 有用线束 |
| 7 | 观察窗    | 0.538 | 3.3mm 铅当量          | 2.25E-05 | 泄漏辐射 |
|   |        |       |                    | 5.94E-07 | 散射辐射 |

注：1、 $R_{\text{正面、观察窗}} = X$  光管至壳体内壁最近距离 0.23m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=0.538m;  
 $R_{\text{左面}} = X$  光管至壳体内壁最近距离 0.62m+壳体厚度 0.007m+关注点 0.3m=0.927m;  
 $R_{\text{右面}} = X$  光管至壳体内壁最近距离 0.365m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=0.673m;  
 $R_{\text{背面}} = X$  光管至壳体内壁最近距离 0.65m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=0.958m;  
 $R_{\text{顶面}} = X$  光管至壳体内壁最近距离 0.63m+壳体厚度 0.007m+关注点 0.3m=0.937m;  
 $R_{\text{底面}} = X$  光管至壳体内壁距离 0.73m+壳体厚度 0.025m=0.755m。

—

， 、 . 、 . 。

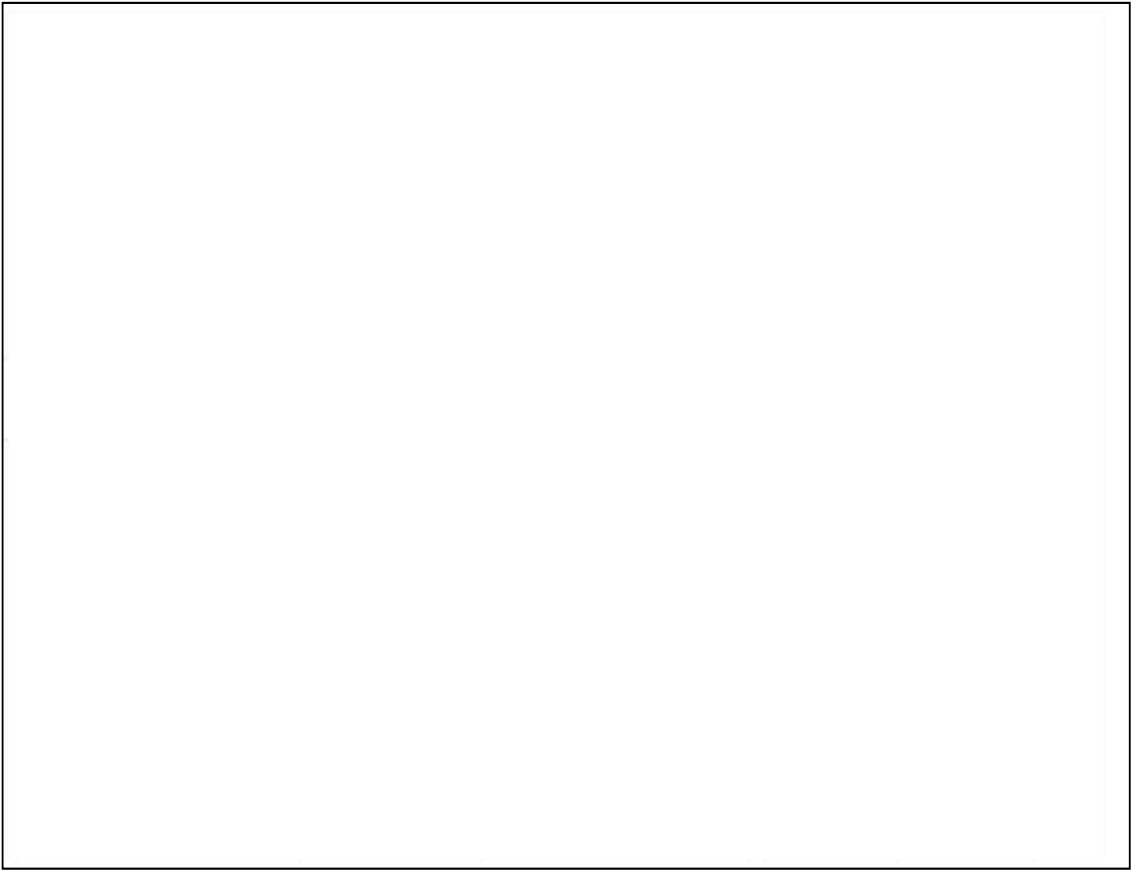


图 11-11 AXI-6100-2.5M 型 X 射线探伤装置球管位置示意图

表 11-11 (b) AXI-6100-2.5M 型 X 射线探伤装置辐射剂量率计算结果

| 点位序号 | 点位描述   | 有用线束<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 泄漏辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 散射辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 总剂量当量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 控制限值<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 评价 |
|------|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----|
| 1    | 探伤装置正面 | 1.318                        | /                            | /                            | 1.318                          | 2.5                          | 满足 |
| 2    | 探伤装置左面 | /                            | 0.009                        | 0.003                        | 0.012                          | 2.5                          | 满足 |
| 3    | 探伤装置右面 | 0.843                        | /                            | /                            | 0.843                          | 2.5                          | 满足 |
| 4    | 探伤装置背面 | 0.416                        | /                            | /                            | 0.416                          | 2.5                          | 满足 |
| 5    | 探伤装置顶面 | /                            | 0.009                        | 0.003                        | 0.012                          | 2.5                          | 满足 |
| 6    | 探伤装置底面 | 0.027                        | /                            | /                            | 0.027                          | 2.5                          | 满足 |
| 7    | 观察窗    | /                            | 0.078                        | 0.043                        | 0.121                          | 2.5                          | 满足 |

## 12、AXI-7100 型 X 射线探伤装置

AXI-7100 型 X 射线探伤装置的最大管电压为 90kV、最大管电流为 0.2mA，射线方向固定向下，关注点位取装置壳体外 30cm 处（底面关注点取底部表面处）。查《辐射防护导论》附图 3 得，在 90kV 管电压下，滤过条件为 1mm 铍， $H_0$  取  $105\text{mSv}\cdot\text{m}^2 / (\text{mA}\cdot\text{min})$ 。AXI-7100 型 X 射线探伤装置两侧装配有接驳机，探伤装置与接驳机连接处的升降门采用与同侧屏蔽体同等防护当量的铅皮进行防护，只有当连接处的升降门关闭时，探伤装置才能出束。在进行辐射防护计算时，保守未考虑接驳机的屏蔽和距离影响。AXI-7100 型 X 射线探伤装置球管位置示意图见图 11-12，辐射防护计算参数和计算结果见表 11-12。

表 11-12 (a) AXI-7100 型 X 射线探伤装置参数和辐射屏蔽参数

| 点位序号 | 点位描述   | 距离 $R^{1)}$<br>(m) | 屏蔽材料              | 透射因子 $B^{2)}$ | 需屏蔽的辐射源 |
|------|--------|--------------------|-------------------|---------------|---------|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.984              | 2mmFe+4mmPb+3mmFe | 1.82E-07      | 泄漏辐射    |
|      |        |                    |                   | 8.94E-10      | 散射辐射    |
| 2    | 探伤装置左面 | 1.098              | 2mmFe+3mmPb+3mmFe | 4.66E-06      | 泄漏辐射    |
|      |        |                    |                   | 6.89E-08      | 散射辐射    |
| 3    | 探伤装置右面 | 1.068              | 2mmFe+3mmPb+3mmFe | 4.66E-06      | 泄漏辐射    |
|      |        |                    |                   | 6.89E-08      | 散射辐射    |



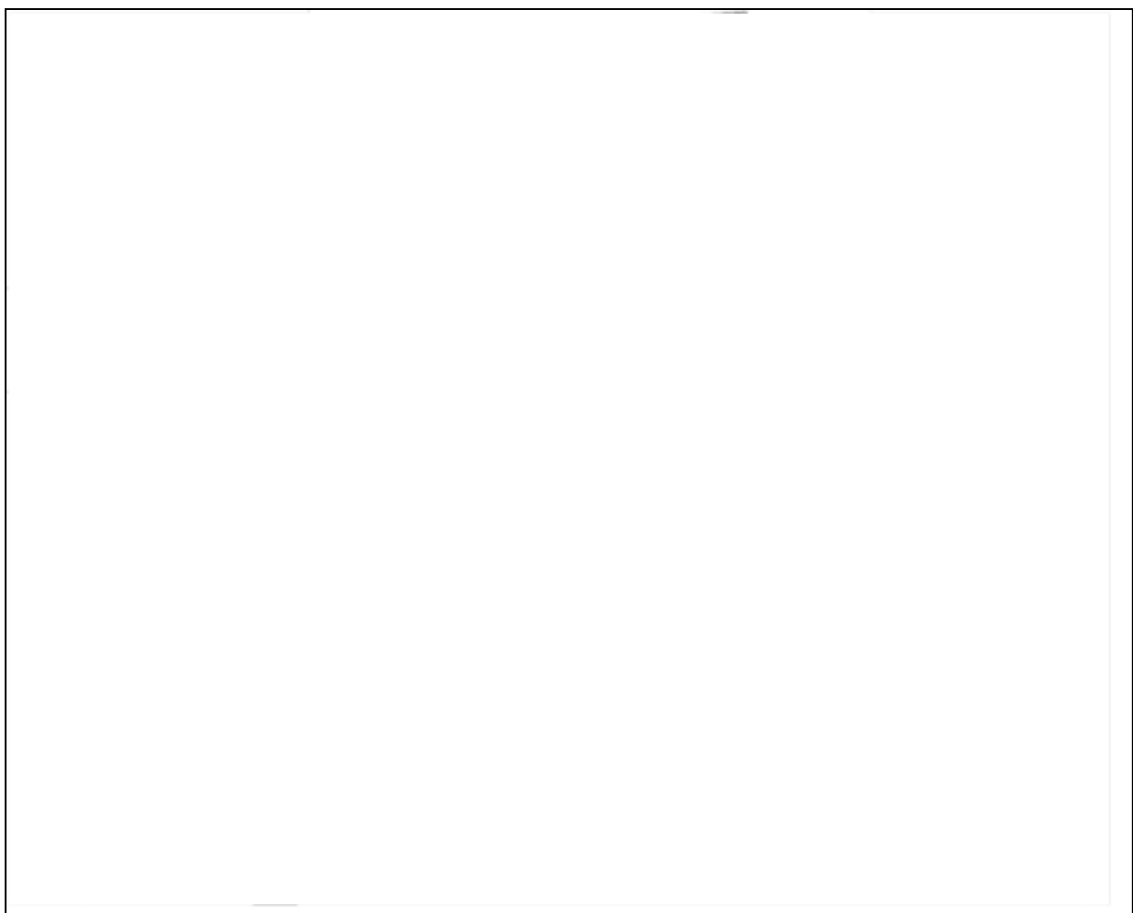


图 11-12 AXI-7100 型 X 射线探伤装置球管位置示意图

### 13、AXI-7300 型 X 射线探伤装置

AXI-7300 型 X 射线探伤装置可根据客户需求，在 130kV/0.3mA、110kV/0.25mA、90kV/0.2mA 三种光管中进行选配，射线方向固定向下，关注点位取装置壳体外 30cm 处(底面关注点取底部表面处)。本项目选取最大管电压为 130kV、最大管电流为 0.3mA 进行装置表面外的辐射水平估算，查《辐射防护导论》附图 3 得，在 130kV 管电压下，滤过条件为 1mm 铍， $H_0$  取  $120\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。AXI-7300 型 X 射线探伤装置两侧装配有接驳机，探伤装置与接驳机连接处的升降门采用与同侧屏蔽体同等防护当量的铅皮进行防护，只有当连接处的升降门关闭时，探伤装置才能出束。在进行辐射防护计算时，保守未考虑接驳机的屏蔽和距离影响。AXI-7300 型 X 射线探伤装置球管位置示意图见图 11-13，辐射防护计算参数和计算结果见表 11-13。



图 11-13 AXI-7300 型 X 射线探伤装置球管位置示意图

表 11-13 (a) AXI-7300 型 X 射线探伤装置参数和辐射屏蔽参数

| 点位<br>序号 | 点位描述   | 距离 $R^{1)}$<br>(m) | 屏蔽材料                | 透射因子 $B^{2)}$ | 需屏蔽的辐<br>射源 |
|----------|--------|--------------------|---------------------|---------------|-------------|
| 1        | 探伤装置正面 | 0.986              | 2mmFe+6mmPb+3mmFe   | 9.47E-08      | 有用线束        |
| 2        | 探伤装置左面 | 1.101              | 2mmFe+6mmPb+3mmFe   | 9.47E-08      | 有用线束        |
| 3        | 探伤装置右面 | 1.071              | 2mmFe+6mmPb+3mmFe   | 9.47E-08      | 有用线束        |
| 4        | 探伤装置背面 | 1.184              | 2mmFe+6mmPb+3mmFe   | 9.47E-08      | 有用线束        |
| 5        | 探伤装置顶面 | 0.826              | 2mmFe+5mmPb+3mmFe   | 1.16E-06      | 泄漏辐射        |
|          |        |                    |                     | 1.89E-07      | 散射辐射        |
| 6        | 探伤装置底面 | 0.806              | 10mmFe+4mmPb+20mmFe | 4.37E-08      | 有用线束        |
| 7        | 观察窗    | 0.986              | 5.5mm 铅当量           | 1.05E-06      | 泄漏辐射        |
|          |        |                    |                     | 3.38E-07      | 散射辐射        |

注：1、 $R_{\text{正面、观察窗}}=X$  光管至壳体内壁最近距离  $0.675\text{m}+壳体厚度 0.011\text{m}+关注点 0.3\text{m}=0.986\text{m}$ ；  
 $R_{\text{左面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离  $0.79\text{m}+壳体厚度 0.011\text{m}+关注点 0.3\text{m}=1.101\text{m}$ ；  
 $R_{\text{右面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离  $0.76\text{m}+壳体厚度 0.011\text{m}+关注点 0.3\text{m}=1.071\text{m}$ ；  
 $R_{\text{背面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离  $0.873\text{m}+壳体厚度 0.011\text{m}+关注点 0.3\text{m}=1.184\text{m}$ ；  
 $R_{\text{顶面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离  $0.516\text{m}+壳体厚度 0.01\text{m}+关注点 0.3\text{m}=0.826\text{m}$ ；  
 $R_{\text{底面}}=X$  光管至壳体内壁距离  $0.772\text{m}+壳体厚度 0.034\text{m}=0.806\text{m}$ 。

表 11-13 (b) AXI-7300 型 X 射线探伤装置辐射剂量率计算结果

| 点位序号 | 点位描述   | 有用线束<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 泄漏辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 散射辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 总剂量当量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 控制限值<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 评价 |
|------|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.210                        | /                            | /                            | 0.210                          | 2.5                          | 满足 |
| 2    | 探伤装置左面 | 0.169                        | /                            | /                            | 0.169                          | 2.5                          | 满足 |
| 3    | 探伤装置右面 | 0.178                        | /                            | /                            | 0.178                          | 2.5                          | 满足 |
| 4    | 探伤装置背面 | 0.146                        | /                            | /                            | 0.146                          | 2.5                          | 满足 |
| 5    | 探伤装置顶面 | /                            | 0.002                        | 0.010                        | 0.012                          | 2.5                          | 满足 |
| 6    | 探伤装置底面 | 0.145                        | /                            | /                            | 0.145                          | 2.5                          | 满足 |
| 7    | 观察窗    | /                            | 1.08E-03                     | 0.013                        | 0.014                          | 2.5                          | 满足 |

#### 14、AXI-8000 型工业 CT 装置

AXI-8000 型工业 CT 装置可根据客户需求，在  $130\text{kV}/0.3\text{mA}$ 、 $110\text{kV}/0.25\text{mA}$ 、 $90\text{kV}/0.2\text{mA}$  三种光管中进行选配，射线方向固定向下，关注点位取装置壳体外  $30\text{cm}$  处(底面关注点取底部表面处)。本项目选取最大管电压为  $130\text{kV}$ 、最大管电流为  $0.3\text{mA}$  进行装置表面外的辐射水平估算，查《辐射防护导论》附图 3 得，在  $130\text{kV}$  管电压下，滤过条件为  $1\text{mm}$  钼， $H_0$  取  $120\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。AXI-8000 型工业 CT 装置两侧装配有接驳机，装置与接驳机连接处的升降门采用与同侧屏蔽体同等防护当量的铅皮进行防护，只有当连接处的升降门关闭时，探伤装置才能出束。在进行辐射防护计算时，保守未考虑接驳机的屏蔽和距离影响。AXI-8000 型工业 CT 装置球管位置示意图见图 11-14，辐射防护计算参数和计算结果见表 11-14。

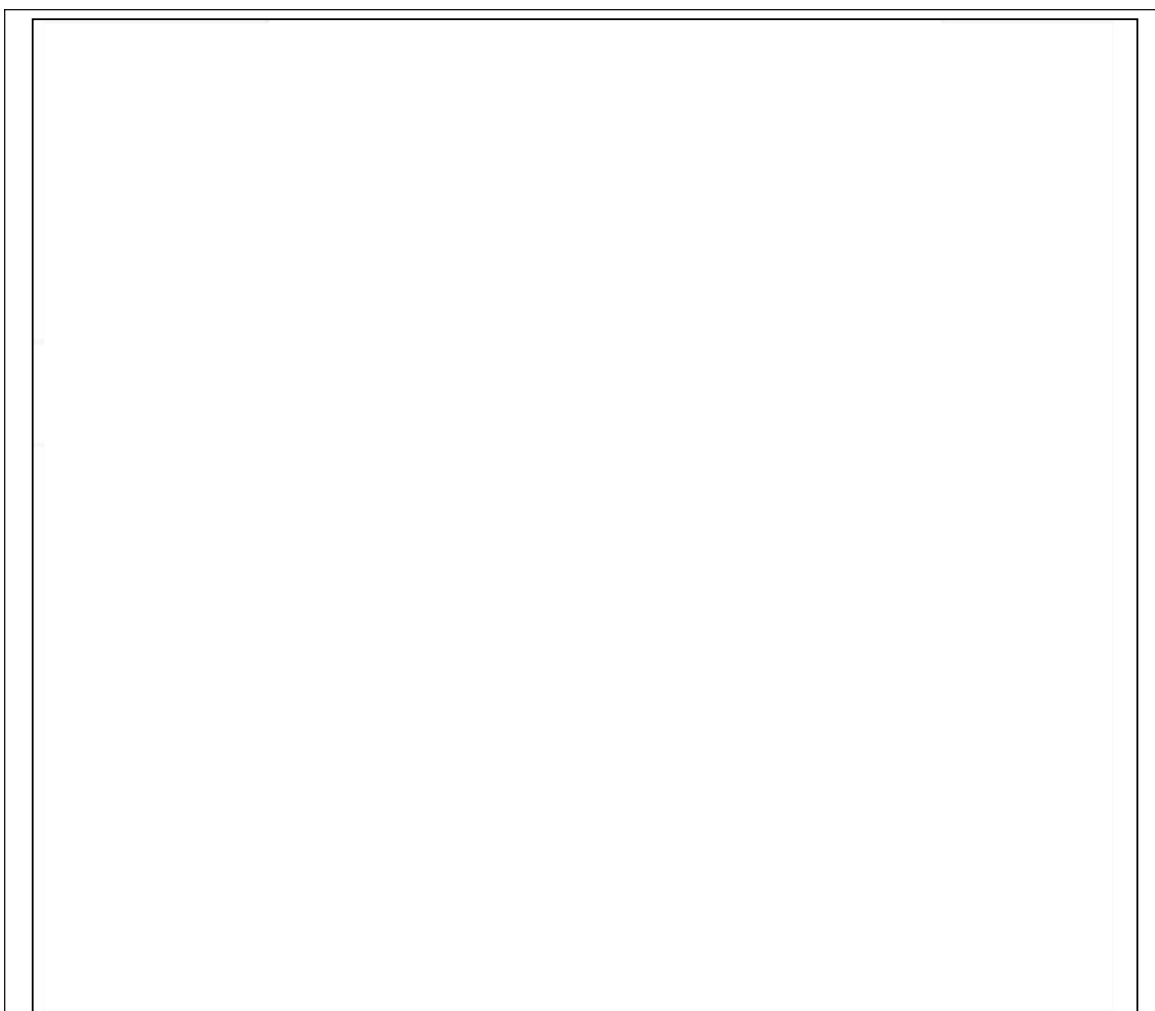


图 11-14 AXI-8000 型工业 CT 装置球管位置示意图

表 11-14 (a) AXI-8000 型工业 CT 装置参数和辐射屏蔽参数

| 点位<br>序号 | 点位描述   | 距离 $R^{1)}$<br>(m) | 屏蔽材料               | 透射因子 $B^{2)}$ | 需屏蔽的辐<br>射源 |
|----------|--------|--------------------|--------------------|---------------|-------------|
| 1        | 探伤装置正面 | 0.811              | 2mmFe+6mmPb+3mmFe  | 9.47E-08      | 有用线束        |
| 2        | 探伤装置左面 | 1.051              | 2mmFe+6mmPb+3mmFe  | 9.47E-08      | 有用线束        |
| 3        | 探伤装置右面 | 1.011              | 2mmFe+6mmPb+3mmFe  | 9.47E-08      | 有用线束        |
| 4        | 探伤装置背面 | 1.210              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 1.19E-07      | 有用线束        |
| 5        | 探伤装置顶面 | 1.016              | 2mmFe+6mmPb+3mmFe  | 9.47E-08      | 泄漏辐射        |
|          |        |                    |                    | 1.26E-08      | 散射辐射        |
| 6        | 探伤装置底面 | 0.972              | 20mmFe+4mmPb+3mmFe | 2.20E-07      | 有用线束        |
| 7        | 观察窗    | 0.811              | 5.5mm 铅当量          | 1.05E-06      | 泄漏辐射        |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |        |                              |                              |                              |                                |                              |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |        |                              |                              | 3.38E-07                     | 散射辐射                           |                              |    |
| <p>注：1、<math>R_{\text{正面、观察窗}}=X</math> 光管至壳体内壁最近距离 <math>0.5\text{m}+\text{壳体厚度 } 0.011\text{m}+\text{关注点 } 0.3\text{m}=0.811\text{m}</math>;<br/><math>R_{\text{左面}}=X</math> 光管至壳体内壁最近距离 <math>0.74\text{m}+\text{壳体厚度 } 0.011\text{m}+\text{关注点 } 0.3\text{m}=1.051\text{m}</math>;<br/><math>R_{\text{右面}}=X</math> 光管至壳体内壁最近距离 <math>0.7\text{m}+\text{壳体厚度 } 0.011\text{m}+\text{关注点 } 0.3\text{m}=1.011\text{m}</math>;<br/><math>R_{\text{背面}}=X</math> 光管至壳体内壁最近距离 <math>0.9\text{m}+\text{壳体厚度 } 0.01\text{m}+\text{关注点 } 0.3\text{m}=1.21\text{m}</math>;<br/><math>R_{\text{顶面}}=X</math> 光管至壳体内壁最近距离 <math>0.705\text{m}+\text{壳体厚度 } 0.011\text{m}+\text{关注点 } 0.3\text{m}=1.016\text{m}</math>;<br/><math>R_{\text{底面}}=X</math> 光管至壳体内壁距离 <math>0.945\text{m}+\text{壳体厚度 } 0.027\text{m}=0.972\text{m}</math>。<br/>2、借鉴康普顿散射定律，130kV 射线的一次散射能量为 103.6kV。查《辐射防护手册 第三分册》表 3.5，采用内插法求得，在 130kV 管电压下，铅、铁的 TVL 分别取 0.92mm、9.96mm，在 103.6kV 散射线下，铅、铁的 TVL 分别取 0.85mm、5.95mm。</p> |        |                              |                              |                              |                                |                              |    |
| 表 11-14 (b) AXI-8000 型工业 CT 装置辐射剂量率计算结果                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |        |                              |                              |                              |                                |                              |    |
| 点位<br>序号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 点位描述   | 有用线束<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 泄漏辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 散射辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 总剂量当量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 控制限值<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 评价 |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 探伤装置正面 | /                            | 1.44E-04                     | 6.90E-04                     | 8.34E-04                       | 2.5                          | 满足 |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 探伤装置左面 | /                            | 8.57E-05                     | 4.11E-04                     | 4.97E-04                       | 2.5                          | 满足 |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 探伤装置右面 | /                            | 9.26E-05                     | 4.44E-04                     | 5.37E-04                       | 2.5                          | 满足 |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 探伤装置背面 | /                            | 8.15E-05                     | 4.57E-04                     | 5.38E-04                       | 2.5                          | 满足 |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 探伤装置顶面 | /                            | 9.17E-05                     | 4.40E-04                     | 5.32E-04                       | 2.5                          | 满足 |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 探伤装置底面 | 0.504                        | /                            | /                            | 0.504                          | 2.5                          | 满足 |
| 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 观察窗    | /                            | 1.60E-03                     | 0.019                        | 0.020                          | 2.5                          | 满足 |

### 15、View X6100 型 X 射线探伤装置

View X6100 型 X 射线探伤装置的最大管电压为 90kV、最大管电流为 0.2mA，射线方向固定向下，关注点位取装置壳体外 30cm 处（底面关注点取底部表面处）。查《辐射防护导论》附图 3 得，在 90kV 管电压下，滤过条件为 1mm 铍， $H_0$  取  $105\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。该装置 X 射线发生器可前后、左右滑动，本项目采用 X 光管距各侧壳体最近距离进行辐射防护计算。View X6100 型 X 射线探伤装置球管位置示意图见图 11-15，辐射防护计算参数和计算结果见表 11-15。



图 11-15 View X6100 型 X 射线探伤装置球管位置示意图

表 11-15 (a) View X6100 型 X 射线探伤装置参数和辐射屏蔽参数

| 点位<br>序号 | 点位描述   | 距离 $R^{1)}$<br>(m) | 屏蔽材料               | 透射因子 $B^{2)}$ | 需屏蔽的辐<br>射源 |
|----------|--------|--------------------|--------------------|---------------|-------------|
| 1        | 探伤装置正面 | 0.489              | 2mmFe+4mmPb+3mmFe  | 1.82E-07      | 有用线束        |
| 2        | 探伤装置左面 | 0.658              | 2mmFe+4mmPb+2mmFe  | 3.03E-07      | 有用线束        |
| 3        | 探伤装置右面 | 0.658              | 2mmFe+4mmPb+2mmFe  | 3.03E-07      | 有用线束        |
| 4        | 探伤装置背面 | 0.728              | 2mmFe+4mmPb+2mmFe  | 3.03E-07      | 有用线束        |
| 5        | 探伤装置顶面 | 1.080              | 2mmFe+4mmPb+2mmFe  | 3.03E-07      | 泄漏辐射        |
|          |        |                    |                    | 1.78E-09      | 散射辐射        |
| 6        | 探伤装置底面 | 0.871              | 20mmFe+2mmPb+3mmFe | 1.24E-08      | 有用线束        |
| 7        | 观察窗    | 0.489              | 4.4mm 铅当量          | 6.35E-07      | 泄漏辐射        |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |        |                              |                              |                              |                                |                              |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |        |                              |                              | 4.99E-09                     | 散射辐射                           |                              |    |
| <p>注：1、<math>R_{\text{正面、观察窗}}=X</math> 光管至壳体内壁最近距离 0.18m+壳体厚度 0.009m+关注点 0.3m=0.489m；<br/><math>R_{\text{左面}}=X</math> 光管至壳体内壁最近距离 0.35m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=0.658m；<br/><math>R_{\text{右面}}=X</math> 光管至壳体内壁最近距离 0.35m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=0.658m；<br/><math>R_{\text{背面}}=X</math> 光管至壳体内壁最近距离 0.42m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=0.728m；<br/><math>R_{\text{顶面}}=X</math> 光管至壳体内壁最近距离 0.772m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=1.08m；<br/><math>R_{\text{底面}}=X</math> 光管至壳体内壁距离 0.846m+壳体厚度 0.025m=0.871m。</p> <p>， 、 . 、 . 。</p> |        |                              |                              |                              |                                |                              |    |
| 表 11-15（b） View X6100 型 X 射线探伤装置辐射剂量率计算结果                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |        |                              |                              |                              |                                |                              |    |
| 点位<br>序号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 点位描述   | 有用线束<br>（ $\mu\text{Sv/h}$ ） | 泄漏辐射<br>（ $\mu\text{Sv/h}$ ） | 散射辐射<br>（ $\mu\text{Sv/h}$ ） | 总剂量当量率<br>（ $\mu\text{Sv/h}$ ） | 控制限值<br>（ $\mu\text{Sv/h}$ ） | 评价 |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 探伤装置正面 | 0.959                        | /                            | /                            | 0.959                          | 2.5                          | 满足 |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 探伤装置左面 | 0.881                        | /                            | /                            | 0.881                          | 2.5                          | 满足 |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 探伤装置右面 | 0.881                        | /                            | /                            | 0.881                          | 2.5                          | 满足 |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 探伤装置背面 | 0.720                        | /                            | /                            | 0.720                          | 2.5                          | 满足 |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 探伤装置顶面 | /                            | 2.60E-04                     | 3.21E-05                     | 2.92E-04                       | 2.5                          | 满足 |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 探伤装置底面 | 0.021                        | /                            | /                            | 0.021                          | 2.5                          | 满足 |
| 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 观察窗    | /                            | 0.003                        | 4.38E-04                     | 0.003                          | 2.5                          | 满足 |

### 16、View X6300 型、Xspection 3120 型 X 射线探伤装置

View X6300 型、Xspection 3120 型 X 射线探伤装置为同一款设备，为区分销往国内或国外而设置两种型号。该装置可根据客户需求，在 90kV/0.2mA、110kV/0.25mA、130kV/0.3mA 三种光管中进行选配，射线方向固定向下，关注点位取装置壳体外 30cm 处（底面关注点取底部表面处）。该装置 X 射线发生器可前后、左右滑动，本项目选取最大管电压为 130kV、最大管电流为 0.3mA、采用 X 光管距各侧壳体最近距离进行辐射防护计算。查《辐射防护导论》附图 3 得，在 130kV 管电压下，滤过条件为 1mm 铍， $H_0$  取  $120\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。View X6300 型、Xspection 3120 型 X 射线探伤装置球管位置示意图见图 11-16，辐射防护计算参数和计算结果见表 11-16。



图 11-16 View X6300 型、Xspection 3120 型 X 射线探伤装置球管位置示意图

表 11-16 (a) View X6300 型、Xspection 3120 型 X 射线探伤装置参数和辐射屏蔽参数

| 点位<br>序号 | 点位描述   | 距离 $R^{1)}$<br>(m) | 屏蔽材料               | 透射因子 $B^{2)}$ | 需屏蔽的辐<br>射源 |
|----------|--------|--------------------|--------------------|---------------|-------------|
| 1        | 探伤装置正面 | 0.490              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 1.19E-07      | 有用线束        |
| 2        | 探伤装置左面 | 0.660              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 1.19E-07      | 有用线束        |
| 3        | 探伤装置右面 | 0.620              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 1.19E-07      | 有用线束        |
| 4        | 探伤装置背面 | 0.730              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 1.19E-07      | 有用线束        |
| 5        | 探伤装置顶面 | 1.082              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 1.19E-07      | 泄漏辐射        |
|          |        |                    |                    | 1.86E-08      | 散射辐射        |
| 6        | 探伤装置底面 | 0.873              | 20mmFe+4mmPb+3mmFe | 2.20E-07      | 有用线束        |
| 7        | 观察窗    | 0.490              | 5.5mm 铅当量          | 1.05E-06      | 泄漏辐射        |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |          |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|----------|------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  | 3.38E-07 | 散射辐射 |
| 注：1、 $R_{\text{正面、观察窗}}=X$ 光管至壳体内壁最近距离 0.18m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=0.49m；<br>$R_{\text{左面}}=X$ 光管至壳体内壁最近距离 0.35m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=0.66m；<br>$R_{\text{右面}}=X$ 光管至壳体内壁最近距离 0.35m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=0.66m；<br>$R_{\text{背面}}=X$ 光管至壳体内壁最近距离 0.42m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=0.73m；<br>$R_{\text{顶面}}=X$ 光管至壳体内壁最近距离 0.772m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=1.082m；<br>$R_{\text{底面}}=X$ 光管至壳体内壁距离 0.846m+壳体厚度 0.027m=0.873m。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |  |  |          |      |
| 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 |  |  |  |          |      |



图 11-17 AXI-5300 型 X 射线探伤装置球管位置示意图

表 11-17 (a) AXI-5300 型 X 射线探伤装置参数和辐射屏蔽参数

| 点位<br>序号 | 点位描述   | 距离 $R^{1)}$<br>(m) | 屏蔽材料               | 透射因子 $B^{2)}$ | 需屏蔽的辐<br>射源 |
|----------|--------|--------------------|--------------------|---------------|-------------|
| 1        | 探伤装置正面 | 0.530              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 1.19E-07      | 有用线束        |
| 2        | 探伤装置左面 | 0.625              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 1.19E-07      | 有用线束        |
| 3        | 探伤装置右面 | 0.680              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 1.19E-07      | 有用线束        |
| 4        | 探伤装置背面 | 0.710              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 1.19E-07      | 有用线束        |
| 5        | 探伤装置顶面 | 0.7925             | 2mmFe+5mmPb+2mmFe  | 1.46E-06      | 泄漏辐射        |
|          |        |                    |                    | 2.79E-07      | 散射辐射        |
| 6        | 探伤装置底面 | 0.786              | 20mmFe+4mmPb+2mmFe | 2.78E-07      | 有用线束        |
| 7        | 观察窗    | 0.530              | 5.5mm 铅当量          | 1.05E-06      | 泄漏辐射        |
|          |        |                    |                    | 3.38E-07      | 散射辐射        |

注：1、 $R_{\text{正面、观察窗}}$ =X 光管至壳体内壁最近距离 0.22m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=0.53m；  
 $R_{\text{左面}}$ =X 光管至壳体内壁最近距离 0.315m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=0.625m；  
 $R_{\text{右面}}$ =X 光管至壳体内壁最近距离 0.37m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=0.68m；  
 $R_{\text{背面}}$ =X 光管至壳体内壁最近距离 0.4m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=0.71m；  
 $R_{\text{顶面}}$ =X 光管至壳体内壁最近距离 0.4835m+壳体厚度 0.009m+关注点 0.3m=0.7925m；  
 $R_{\text{底面}}$ =X 光管至壳体内壁距离 0.76m+壳体厚度 0.026m=0.786m。

， 、 、 、 、 。

表 11-17 (b) AXI-5300 型 X 射线探伤装置辐射剂量率计算结果

| 点位序号 | 点位描述   | 有用线束<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 泄漏辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 散射辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 总剂量当量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 控制限值<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 评价 |
|------|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.917                        | /                            | /                            | 0.917                          | 2.5                          | 满足 |
| 2    | 探伤装置左面 | 0.660                        | /                            | /                            | 0.660                          | 2.5                          | 满足 |
| 3    | 探伤装置右面 | 0.557                        | /                            | /                            | 0.557                          | 2.5                          | 满足 |
| 4    | 探伤装置背面 | 0.511                        | /                            | /                            | 0.511                          | 2.5                          | 满足 |
| 5    | 探伤装置顶面 | /                            | 0.002                        | 0.016                        | 0.018                          | 2.5                          | 满足 |
| 6    | 探伤装置底面 | 0.970                        | /                            | /                            | 0.970                          | 2.5                          | 满足 |
| 7    | 观察窗    | /                            | 0.004                        | 0.043                        | 0.047                          | 2.5                          | 满足 |

### 18、AXI-6800 型 X 射线探伤装置

AXI-6800 型 X 射线探伤装置可根据客户需求, 在 160kV/1mA、130kV/0.3mA、110kV/0.25mA、90kV/0.2mA 四种光管中进行选配, 射线方向固定向下, 关注点位取装置壳体外 30cm 处 (底面关注点取底部表面处)。本项目选取最大管电压为 160kV、最大管电流为 1mA 进行装置表面外的辐射水平估算, 查《辐射防护导论》附图 3 得, 在 160kV 管电压下, 滤过条件为 1mm 铍,  $H_0$  取  $120\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。AXI-6800 型 X 射线探伤装置球管位置示意图见图 11-18, 辐射防护计算参数和计算结果见表 11-18。

表 11-18 (a) AXI-6800 型 X 射线探伤装置参数和辐射屏蔽参数

| 点位序号 | 点位描述   | 距离 $R^{1)}$<br>(m) | 屏蔽材料               | 透射因子 $B^{2)}$ | 需屏蔽的辐射源 |
|------|--------|--------------------|--------------------|---------------|---------|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.852              | 2mmFe+7mmPb+3mmFe  | 5.30E-08      | 有用线束    |
| 2    | 探伤装置左面 | 0.991              | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 6.22E-08      | 有用线束    |
| 3    | 探伤装置右面 | 1.071              | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 6.22E-08      | 有用线束    |
| 4    | 探伤装置背面 | 1.111              | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 6.22E-08      | 有用线束    |
| 5    | 探伤装置顶面 | 1.241              | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 6.22E-08      | 有用线束    |
| 6    | 探伤装置底面 | 0.925              | 20mmFe+3mmPb+2mmFe | 3.25E-05      | 泄漏辐射    |
|      |        |                    |                    | 1.39E-06      | 散射辐射    |

|   |     |       |           |          |      |
|---|-----|-------|-----------|----------|------|
| 7 | 观察窗 | 0.850 | 7.7mm 铅当量 | 2.38E-08 | 有用线束 |
|---|-----|-------|-----------|----------|------|

注：1、 $R_{\text{正面、观察窗}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.54m+壳体厚度 0.012m+关注点 0.3m=0.852m；  
 $R_{\text{左面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.68m+壳体厚度 0.011m+关注点 0.3m=0.991m；  
 $R_{\text{右面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.76m+壳体厚度 0.011m+关注点 0.3m=1.071m；  
 $R_{\text{背面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.8m+壳体厚度 0.011m+关注点 0.3m=1.111m；  
 $R_{\text{顶面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.93m+壳体厚度 0.011m+关注点 0.3m=1.241m；  
 $R_{\text{底面}}=X$  光管至壳体内壁距离 0.9m+壳体厚度 0.025m=0.925m。

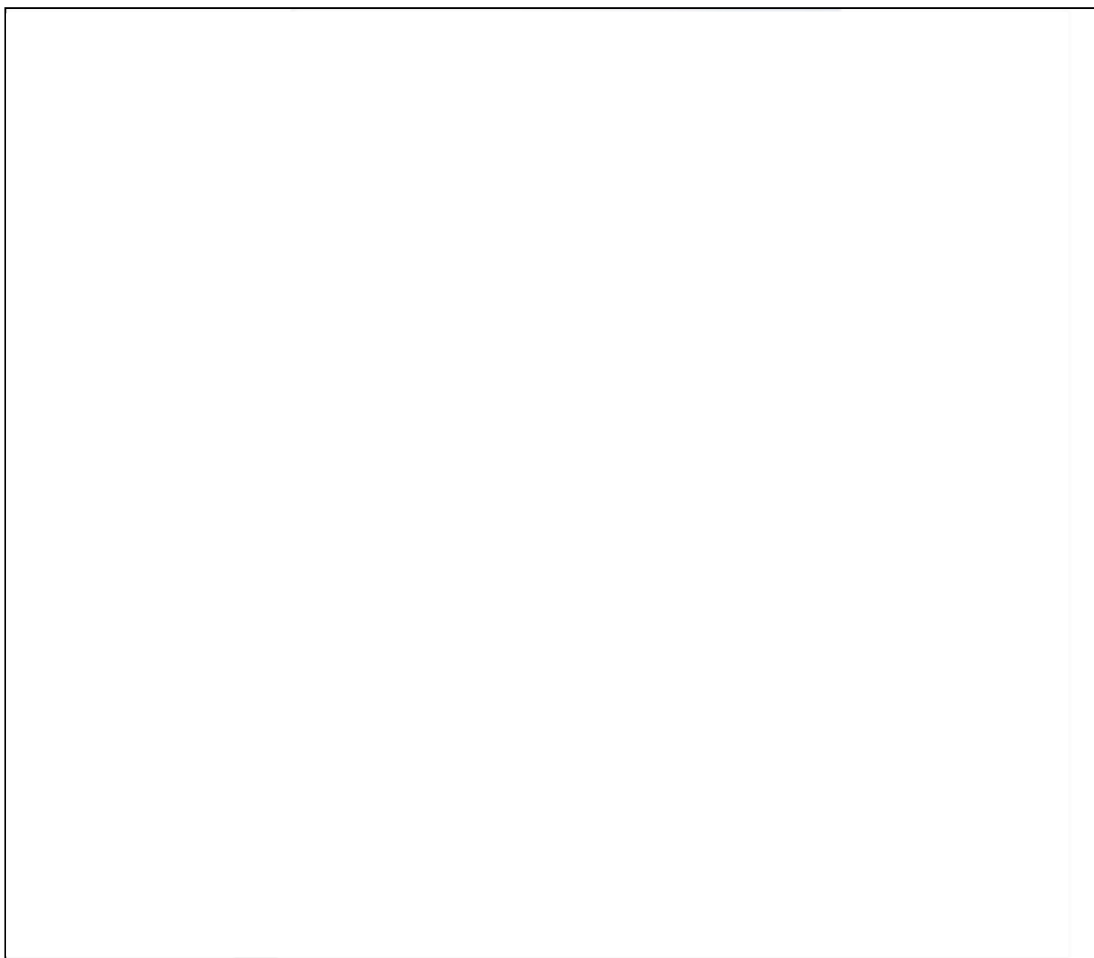


图 11-18 AXI-6800 型 X 射线探伤装置球管位置示意图

表 11-18 (b) AXI-6800 型 X 射线探伤装置辐射剂量率计算结果

| 点位序号 | 点位描述   | 有用线束<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 泄漏辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 散射辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 总剂量当量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 控制限值<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 评价 |
|------|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.526                        | /                            | /                            | 0.526                          | 2.5                          | 满足 |
| 2    | 探伤装置左面 | 0.456                        | /                            | /                            | 0.456                          | 2.5                          | 满足 |

|   |        |       |       |       |       |     |    |
|---|--------|-------|-------|-------|-------|-----|----|
| 3 | 探伤装置右面 | 0.390 | /     | /     | 0.390 | 2.5 | 满足 |
| 4 | 探伤装置背面 | 0.363 | /     | /     | 0.363 | 2.5 | 满足 |
| 5 | 探伤装置顶面 | 0.291 | /     | /     | 0.291 | 2.5 | 满足 |
| 6 | 探伤装置底面 | /     | 0.095 | 0.195 | 0.290 | 2.5 | 满足 |
| 7 | 观察窗    | 0.236 | /     | /     | 0.236 | 2.5 | 满足 |

### 19、Horizon 1100 型 X 射线探伤装置

Horizon 1100 型 X 射线探伤装置的最大管电压为 90kV、最大管电流为 0.2mA，射线方向固定向右，关注点位取装置壳体外 30cm 处（底面关注点取底部表面处）。查《辐射防护导论》附图 3 得，在 90kV 管电压下，滤过条件为 1mm 铍， $H_0$  取  $105\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。Horizon 1100 型 X 射线探伤装置球管位置示意图见图 11-19，辐射防护计算参数和计算结果见表 11-19。

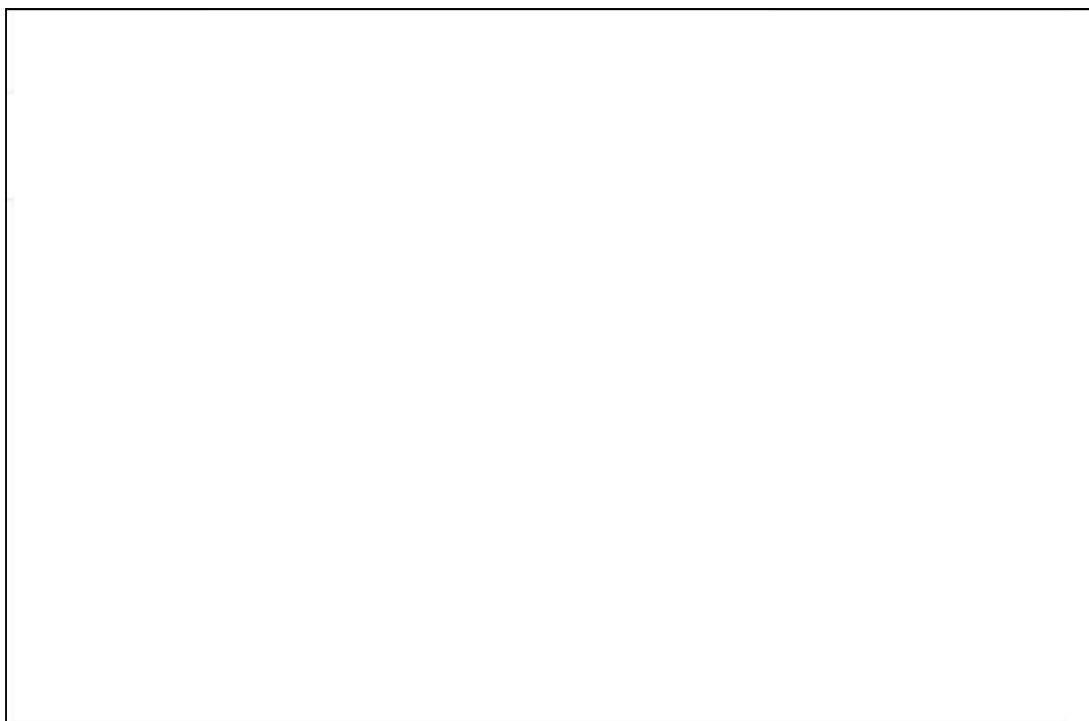


图 11-19 Horizon 1100 型 X 射线探伤装置球管位置示意图

表 11-19 (a) Horizon 1100 型 X 射线探伤装置参数和辐射屏蔽参数

| 点位序号 | 点位描述   | 距离 $R^{1)}$<br>(m) | 屏蔽材料              | 透射因子 $B^{2)}$ | 需屏蔽的辐射源 |
|------|--------|--------------------|-------------------|---------------|---------|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.536              | 2mmFe+4mmPb+3mmFe | 1.82E-07      | 有用线束    |

|   |        |       |                   |          |      |
|---|--------|-------|-------------------|----------|------|
| 2 | 探伤装置左面 | 0.762 | 2mmFe+4mmPb+2mmFe | 3.03E-07 | 泄漏辐射 |
|   |        |       |                   | 1.78E-09 | 散射辐射 |
| 3 | 探伤装置右面 | 0.666 | 2mmFe+4mmPb+3mmFe | 1.82E-07 | 有用线束 |
| 4 | 探伤装置背面 | 0.494 | 2mmFe+4mmPb+3mmFe | 1.82E-07 | 有用线束 |
| 5 | 探伤装置顶面 | 0.454 | 3mmFe+4mmPb+3mmFe | 1.09E-07 | 有用线束 |
| 6 | 探伤装置底面 | 0.340 | 6mmFe+3mmPb+6mmFe | 1.32E-07 | 泄漏辐射 |
|   |        |       |                   | 5.45E-10 | 散射辐射 |

注：1、 $R_{\text{正面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.227m+壳体厚度 0.009m+关注点 0.3m=0.536m；  
 $R_{\text{左面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.454m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=0.762m；  
 $R_{\text{右面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.357m+壳体厚度 0.009m+关注点 0.3m=0.666m；  
 $R_{\text{背面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.185m+壳体厚度 0.009m+关注点 0.3m=0.494m；  
 $R_{\text{顶面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.144m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=0.454m；  
 $R_{\text{底面}}=X$  光管至壳体内壁距离 0.325m+壳体厚度 0.015m=0.340m。

表 11-19 (b) Horizon 1100 型 X 射线探伤装置辐射剂量率计算结果

| 点位序号 | 点位描述   | 有用线束<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 泄漏辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 散射辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 总剂量当量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 控制限值<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 评价 |
|------|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.798                        | /                            | /                            | 0.798                          | 2.5                          | 满足 |
| 2    | 探伤装置左面 | /                            | 5.22E-04                     | 6.46E-05                     | 5.86E-04                       | 2.5                          | 满足 |
| 3    | 探伤装置右面 | 0.517                        | /                            | /                            | 0.517                          | 2.5                          | 满足 |
| 4    | 探伤装置背面 | 0.940                        | /                            | /                            | 0.940                          | 2.5                          | 满足 |
| 5    | 探伤装置顶面 | 0.668                        | /                            | /                            | 0.668                          | 2.5                          | 满足 |
| 6    | 探伤装置底面 | /                            | 1.14E-03                     | 9.89E-05                     | 1.24E-03                       | 2.5                          | 满足 |

## 20、Horizon 1300 型 X 射线探伤装置

Horizon 1300 型 X 射线探伤装置可根据客户需求，在 130kV/0.3mA、110kV/0.25mA、90kV/0.2mA 三种光管中进行选配，射线方向固定向右，关注点位取装置壳体外 30cm 处（底面关注点取底部表面处）。本项目选取最大管电压为 130kV、最大管电流为 0.3mA 进行装置表面外的辐射水平估算，查《辐射防护导论》附图 3 得，在 130kV 管电压下，滤过条件为 1mm 铍， $H_0$  取  $120\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。Horizon 1300

型 X 射线探伤装置球管位置示意图见图 11-20，辐射防护计算参数和计算结果见表 11-20。

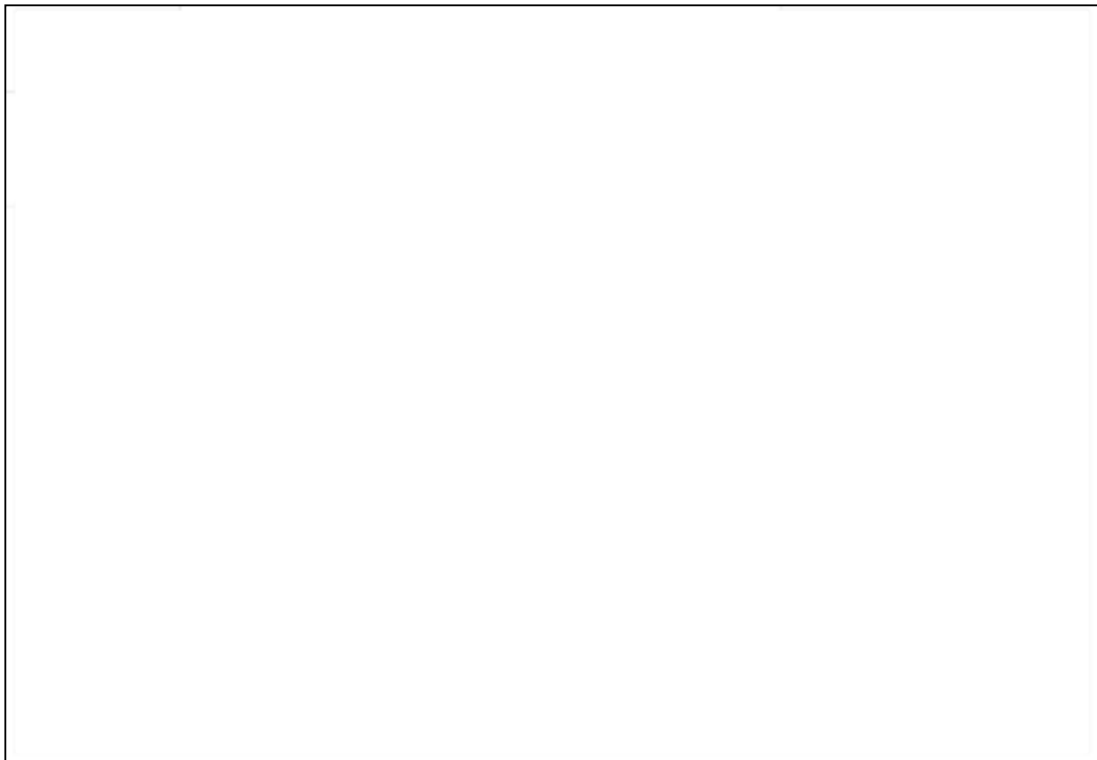


图 11-20 Horizon 1300 型 X 射线探伤装置球管位置示意图

表 11-20 (a) Horizon 1300 型 X 射线探伤装置参数和辐射屏蔽参数

| 点位<br>序号 | 点位描述   | 距离 $R^{1)}$<br>(m) | 屏蔽材料              | 透射因子 $B^{2)}$ | 需屏蔽的辐<br>射源 |
|----------|--------|--------------------|-------------------|---------------|-------------|
| 1        | 探伤装置正面 | 0.537              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe | 1.19E-07      | 有用线束        |
| 2        | 探伤装置左面 | 0.763              | 2mmFe+5mmPb+2mmFe | 1.46E-06      | 泄漏辐射        |
|          |        |                    |                   | 2.79E-07      | 散射辐射        |
| 3        | 探伤装置右面 | 0.667              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe | 1.19E-07      | 有用线束        |
| 4        | 探伤装置背面 | 0.495              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe | 1.19E-07      | 有用线束        |
| 5        | 探伤装置顶面 | 0.455              | 2mmFe+6mmPb+3mmFe | 9.47E-08      | 有用线束        |
| 6        | 探伤装置底面 | 0.339              | 4mmFe+6mmPb+4mmFe | 4.73E-08      | 有用线束        |

注：1、 $R_{\text{正面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.227m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=0.537m；

$R_{\text{左面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.454m+壳体厚度 0.009m+关注点 0.3m=0.763m；

$R_{\text{右面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.357m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=0.667m；

$R_{\text{背面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.185m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=0.495m；

$R_{\text{顶面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.144m+壳体厚度 0.011m+关注点 0.3m=0.455m；

$R_{\text{底面}} = X$  光管至壳体内壁距离 0.325m+壳体厚度 0.014m=0.339m。

表 11-20 (b) Horizon 1300 型 X 射线探伤装置辐射剂量率计算结果

| 点位序号 | 点位描述   | 有用线束<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 泄漏辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 散射辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 总剂量当量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 控制限值<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 评价 |
|------|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.894                        | /                            | /                            | 0.894                          | 2.5                          | 满足 |
| 2    | 探伤装置左面 | /                            | 0.003                        | 0.017                        | 0.020                          | 2.5                          | 满足 |
| 3    | 探伤装置右面 | 0.579                        | /                            | /                            | 0.579                          | 2.5                          | 满足 |
| 4    | 探伤装置背面 | 1.052                        | /                            | /                            | 1.052                          | 2.5                          | 满足 |
| 5    | 探伤装置顶面 | 0.988                        | /                            | /                            | 0.988                          | 2.5                          | 满足 |
| 6    | 探伤装置底面 | 0.889                        | /                            | /                            | 0.889                          | 2.5                          | 满足 |

## 21、Horizon 2300 型 X 射线探伤装置

Horizon 2300 型 X 射线探伤装置可根据客户需求，在 130kV/0.3mA、110kV/0.25mA、90kV/0.2mA 三种光管中进行选配，射线方向固定向右，关注点位取装置壳体外 30cm 处（底面关注点取底部表面处）。本项目选取最大管电压为 130kV、最大管电流为 0.3mA 进行装置表面外的辐射水平估算，查《辐射防护导论》附图 3 得，在 130kV 管电压下，滤过条件为 1mm 铍， $H_0$  取  $120\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。Horizon 2300 型 X 射线探伤装置球管位置示意图见图 11-21，辐射防护计算参数和计算结果见表 11-21。

表 11-21 (a) Horizon 2300 型 X 射线探伤装置参数和辐射屏蔽参数

| 点位序号 | 点位描述   | 距离 $R^{1)}$<br>(m) | 屏蔽材料              | 透射因子 $B^{2)}$ | 需屏蔽的辐射源 |
|------|--------|--------------------|-------------------|---------------|---------|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.963              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe | 1.19E-07      | 有用线束    |
| 2    | 探伤装置左面 | 0.427              | 2mmFe+4mmPb+2mmFe | 1.78E-05      | 泄漏辐射    |
|      |        |                    |                   | 4.19E-06      | 散射辐射    |
| 3    | 探伤装置右面 | 1.526              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe | 1.19E-07      | 有用线束    |
| 4    | 探伤装置背面 | 0.989              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe | 1.19E-07      | 有用线束    |
| 5    | 探伤装置顶面 | 0.934              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe | 1.19E-07      | 有用线束    |

|   |        |       |                    |          |      |
|---|--------|-------|--------------------|----------|------|
| 6 | 探伤装置底面 | 0.983 | 20mmFe+6mmPb+2mmFe | 1.86E-09 | 有用线束 |
| 7 | 观察窗    | 0.963 | 8.8mm 铅当量          | 2.72E-10 | 有用线束 |

注：1、 $R_{\text{正面、观察窗}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.653m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=0.963m;  
 $R_{\text{左面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.119m+壳体厚度 0.008m+关注点 0.3m=0.427m;  
 $R_{\text{右面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 1.216m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=1.526m;  
 $R_{\text{背面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.679m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=0.989m;  
 $R_{\text{顶面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.624m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=0.934m;  
 $R_{\text{底面}}=X$  光管至壳体内壁距离 0.855m+壳体厚度 0.028m=0.983m。

， 、 . 、 . 。

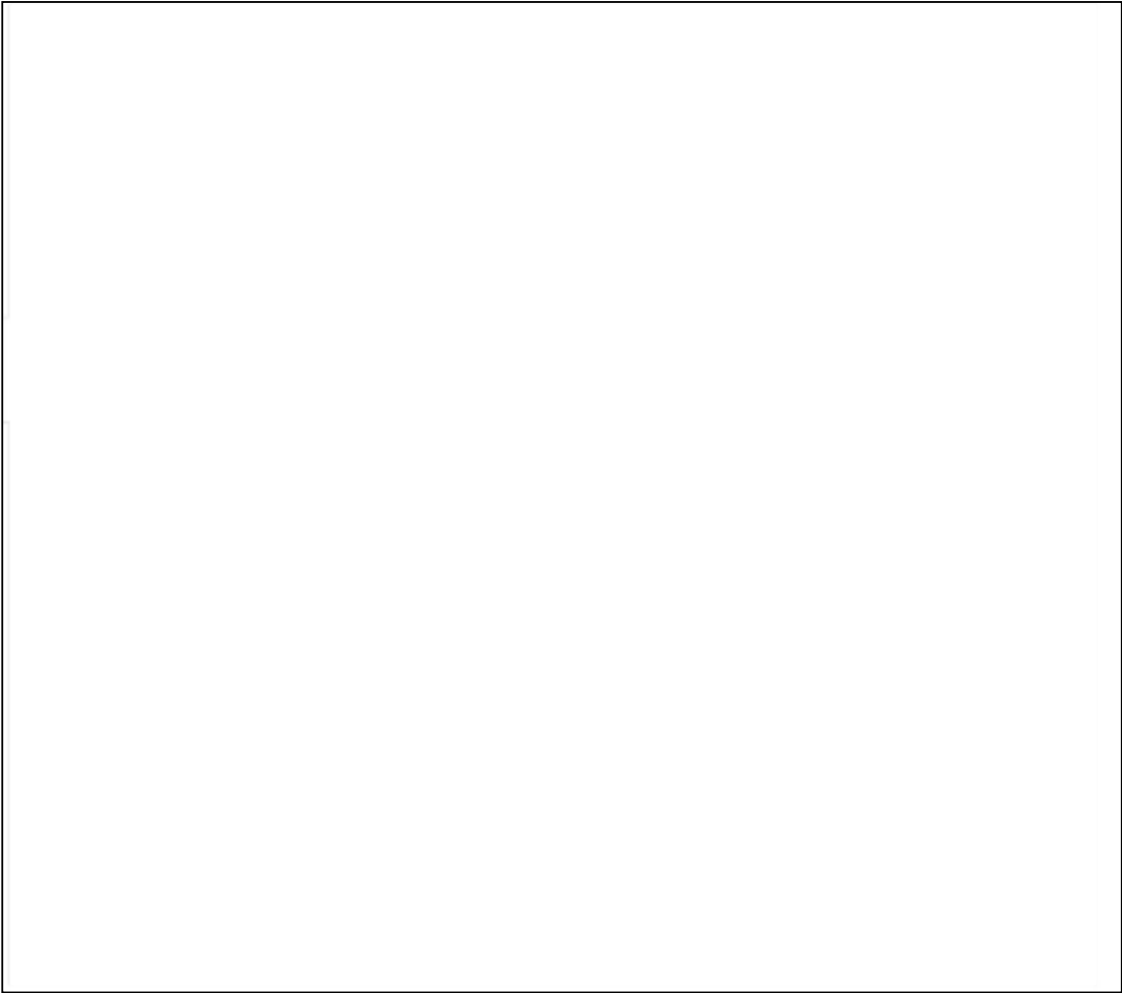


图 11-21 Horizon 2300 型 X 射线探伤装置球管位置示意图

表 11-21 (b) Horizon 2300 型 X 射线探伤装置辐射剂量率计算结果

| 点位序号 | 点位描述   | 有用线束<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 泄漏辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 散射辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 总剂量当量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 控制限值<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 评价 |
|------|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.278                        | /                            | /                            | 0.278                          | 2.5                          | 满足 |
| 2    | 探伤装置左面 | /                            | 0.098                        | 0.827                        | 0.924                          | 2.5                          | 满足 |
| 3    | 探伤装置右面 | 0.111                        | /                            | /                            | 0.111                          | 2.5                          | 满足 |
| 4    | 探伤装置背面 | 0.263                        | /                            | /                            | 0.263                          | 2.5                          | 满足 |
| 5    | 探伤装置顶面 | 0.295                        | /                            | /                            | 0.295                          | 2.5                          | 满足 |
| 6    | 探伤装置底面 | 0.005                        | /                            | /                            | 0.005                          | 2.5                          | 满足 |
| 7    | 观察窗    | 6.34E-04                     | /                            | /                            | 6.34E-04                       | 2.5                          | 满足 |

## 22、Horizon 2600 型 X 射线探伤装置

Horizon 2600 型 X 射线探伤装置可根据客户需求, 在 160kV/1mA、130kV/0.3mA、110kV/0.25mA、90kV/0.2mA 四种光管中进行选配, 射线方向固定向右, 关注点位取装置壳体外 30cm 处 (底面关注点取底部表面处)。本项目选取最大管电压为 160kV、最大管电流为 1mA 进行装置表面外的辐射水平估算, 查《辐射防护导论》附图 3 得, 在 160kV 管电压下, 滤过条件为 1mm 铍,  $H_0$  取  $120\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。Horizon 2600 型 X 射线探伤装置球管位置示意图见图 11-22, 辐射防护计算参数和计算结果见表 11-22。

表 11-22 (a) Horizon 2600 型 X 射线探伤装置参数和辐射屏蔽参数

| 点位序号 | 点位描述   | 距离 $R^{1)}$<br>(m) | 屏蔽材料               | 透射因子 $B^{2)}$ | 需屏蔽的辐射源 |
|------|--------|--------------------|--------------------|---------------|---------|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.964              | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 6.22E-08      | 有用线束    |
| 2    | 探伤装置左面 | 0.429              | 2mmFe+6mmPb+2mmFe  | 6.07E-07      | 泄漏辐射    |
|      |        |                    |                    | 7.49E-08      | 散射辐射    |
| 3    | 探伤装置右面 | 1.527              | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 6.22E-08      | 有用线束    |
| 4    | 探伤装置背面 | 0.990              | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 6.22E-08      | 有用线束    |
| 5    | 探伤装置顶面 | 0.935              | 2mmFe+7mmPb+2mmFe  | 6.22E-08      | 有用线束    |
| 6    | 探伤装置底面 | 0.883              | 20mmFe+6mmPb+2mmFe | 3.48E-08      | 有用线束    |

|   |     |       |           |          |      |
|---|-----|-------|-----------|----------|------|
| 7 | 观察窗 | 0.964 | 8.8mm 铅当量 | 1.94E-09 | 有用线束 |
|---|-----|-------|-----------|----------|------|

注：1、 $R_{\text{正面、观察窗}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.653m+壳体厚度 0.011m+关注点 0.3m=0.964m;  
 $R_{\text{左面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.119m+壳体厚度 0.01m+关注点 0.3m=0.429m;  
 $R_{\text{右面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 1.216m+壳体厚度 0.011m+关注点 0.3m=1.527m;  
 $R_{\text{背面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.679m+壳体厚度 0.011m+关注点 0.3m=0.99m;  
 $R_{\text{顶面}}=X$  光管至壳体内壁最近距离 0.624m+壳体厚度 0.011m+关注点 0.3m=0.935m;  
 $R_{\text{底面}}=X$  光管至壳体内壁距离 0.855m+壳体厚度 0.028m=0.883m。

， 、 . 、 . 。

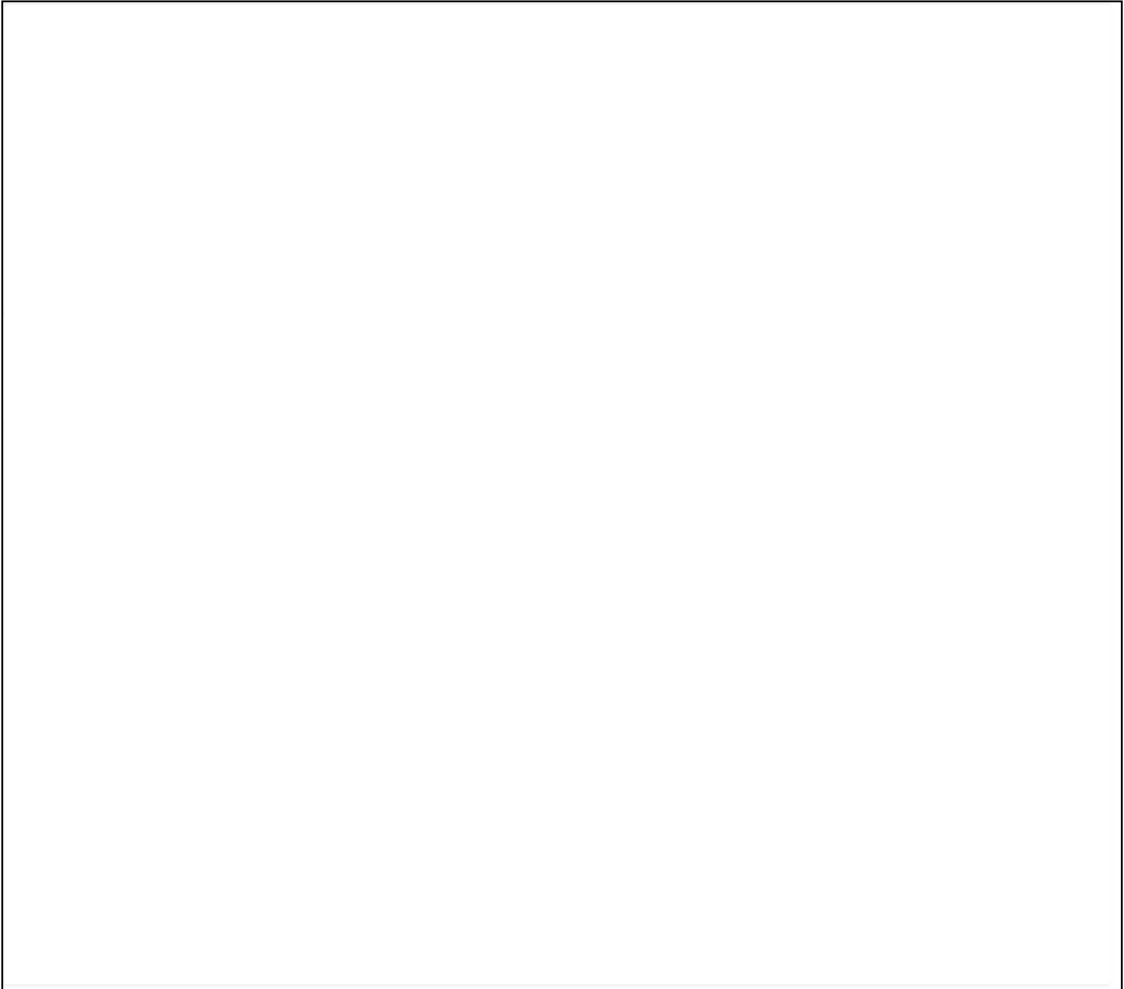


图 11-22 Horizon 2600 型 X 射线探伤装置球管位置示意图

表 11-22 (b) Horizon 2600 型 X 射线探伤装置辐射剂量率计算结果

| 点位序号 | 点位描述   | 有用线束<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 泄漏辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 散射辐射<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 总剂量当量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 控制限值<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 评价 |
|------|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----|
| 1    | 探伤装置正面 | 0.482                        | /                            | /                            | 0.482                          | 2.5                          | 满足 |
| 2    | 探伤装置左面 | /                            | 0.008                        | 0.049                        | 0.057                          | 2.5                          | 满足 |

|   |        |       |   |   |       |     |    |
|---|--------|-------|---|---|-------|-----|----|
| 3 | 探伤装置右面 | 0.192 | / | / | 0.192 | 2.5 | 满足 |
| 4 | 探伤装置背面 | 0.457 | / | / | 0.457 | 2.5 | 满足 |
| 5 | 探伤装置顶面 | 0.512 | / | / | 0.512 | 2.5 | 满足 |
| 6 | 探伤装置底面 | 0.322 | / | / | 0.322 | 2.5 | 满足 |
| 7 | 观察窗    | 0.015 | / | / | 0.015 | 2.5 | 满足 |

将表 11-1 至表 11-22 的计算结果汇总，详见表 11-23。由表 11-23 可知，本项目 X 射线探伤装置外关注点处周围剂量当量率最大为 1.357 $\mu$ Sv/h，位于 View X1800 型 X 射线探伤装置观察窗外关注点处，均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h”的要求。

表 11-23 本项目涉及 24 种型号 X 射线探伤装置辐射剂量率计算结果汇总（ $\mu$ Sv/h）

| 序号  | 设备型号                                            | 点位描述         |              |              |            |            |            |              |
|-----|-------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|--------------|
|     |                                                 | 探伤装置<br>正面   | 探伤装置<br>左面   | 探伤装置<br>右面   | 探伤装置<br>背面 | 探伤装置<br>顶面 | 探伤装置<br>底面 | 观察窗          |
| 1   | X 射线探伤装置<br>(View X1800 型)                      | 0.647        | 0.554        | 0.562        | 0.503      | 0.422      | 0.110      | <b>1.357</b> |
| 2   | X 射线探伤装置<br>(View X2000 型)                      | 0.058        | <b>1.074</b> | <b>1.074</b> | 2.95E-04   | 0.011      | 0.121      | 0.087        |
| 3   | X 射线探伤装置<br>(View X2100 型)                      | 0.446        | 0.348        | 0.363        | 0.358      | 0.051      | 0.109      | 0.026        |
| 4   | X 射线探伤装置<br>(View X3300 型)                      | 0.999        | 0.274        | 0.583        | 0.204      | 0.017      | 0.223      | 0.561        |
| 5   | X 射线探伤装置<br>(Xspection 6000 型)                  | 0.192        | 0.211        | 0.207        | 0.152      | 9.64E-04   | 0.236      | 0.171        |
| 6   | X 射线探伤装置<br>(Xspection 3000 型)                  | 0.500        | 0.390        | 0.407        | 0.401      | 0.288      | 0.128      | 0.281        |
| 7、8 | X 射线探伤装置<br>(View X6600 型、<br>Xspection 6600 型) | 0.305        | 0.315        | 0.262        | 0.319      | 0.235      | 0.390      | 0.142        |
| 9   | X 射线探伤装置<br>(AXI-5100 型)                        | 0.053        | 0.983        | 0.830        | 0.761      | 0.017      | 0.042      | 0.003        |
| 10  | X 射线探伤装置<br>(AXI-6100-1.5M 型)                   | <b>1.318</b> | 0.012        | 0.843        | 0.416      | 0.012      | 0.027      | 0.121        |
| 11  | X 射线探伤装置<br>(AXI-6100-2M 型)                     | <b>1.318</b> | 0.012        | 0.843        | 0.416      | 0.012      | 0.027      | 0.121        |

|       |                                                 |              |              |              |              |              |              |              |
|-------|-------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 12    | X 射线探伤装置<br>(AXI-6100-2.5M 型)                   | <b>1.318</b> | 0.012        | 0.843        | 0.416        | 0.012        | 0.027        | 0.121        |
| 13    | X 射线探伤装置<br>(AXI-7100 型)                        | 2.07E-04     | 0.005        | 0.005        | 0.004        | 0.009        | 0.025        | 0.001        |
| 14    | X 射线探伤装置<br>(AXI-7300 型)                        | 0.210        | 0.169        | 0.178        | 0.146        | 0.012        | 0.145        | 0.014        |
| 15    | 工业 CT 装置<br>(AXI-8000 型)                        | 8.34E-04     | 4.97E-04     | 5.37E-04     | 5.38E-04     | 5.32E-04     | 0.504        | 0.020        |
| 16    | X 射线探伤装置<br>(View X6100 型)                      | 0.959        | 0.881        | 0.881        | 0.720        | 2.92E-04     | 0.021        | 0.003        |
| 17、18 | X 射线探伤装置<br>(View X6300 型、<br>Xspection 3120 型) | 1.073        | 0.592        | 0.592        | 0.484        | 6.73E-04     | 0.624        | 0.055        |
| 19    | X 射线探伤装置<br>(AXI-5300 型)                        | 0.917        | 0.660        | 0.557        | 0.511        | 0.018        | 0.970        | 0.047        |
| 20    | X 射线探伤装置<br>(AXI-6800 型)                        | 0.526        | 0.456        | 0.390        | 0.363        | 0.291        | 0.290        | 0.236        |
| 21    | X 射线探伤装置<br>(Horizon 1100 型)                    | 0.798        | 5.86E-04     | 0.517        | 0.940        | 0.668        | 1.24E-03     | /            |
| 22    | X 射线探伤装置<br>(Horizon 1300 型)                    | 0.894        | 0.020        | 0.579        | <b>1.052</b> | <b>0.988</b> | 0.889        | /            |
| 23    | X 射线探伤装置<br>(Horizon 2300 型)                    | 0.278        | 0.924        | 0.111        | 0.263        | 0.295        | 0.005        | 6.34E-04     |
| 24    | X 射线探伤装置<br>(Horizon 2600 型)                    | 0.482        | 0.057        | 0.192        | 0.457        | 0.512        | 0.322        | 0.015        |
| /     | 该侧关注点处<br>最大辐射剂量率                               | <b>1.318</b> | <b>1.074</b> | <b>1.074</b> | <b>1.052</b> | <b>0.988</b> | <b>0.970</b> | <b>1.357</b> |

由表 11-23 可知，本项目各型号 X 射线探伤装置中，其顶部关注点处辐射剂量率最大的为 Horizon 1300 型 X 射线探伤装置，约为 0.988 $\mu$ Sv/h；四周关注点处辐射剂量率最大的为 View X1800 型 X 射线探伤装置，约为 1.357 $\mu$ Sv/h；底面关注点处辐射剂量率最大的为 AXI-5300 型 X 射线探伤装置，约为 0.970 $\mu$ Sv/h，各侧屏蔽体外的叠加剂量影响也满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中周围剂量当量率参考控制水平的要求，本项目天空反散射、地面散射的影响可忽略不计。

本项目拟开展生产、销售和使用工作的 X 射线探伤装置，其屏蔽壳体正面均设置有 1 扇工件门，背面或侧面设有 1 扇检修门，防护门与屏蔽壳体之间间隙与搭接比值小于 1/10，可有效防止门缝处射线泄漏；屏蔽壳体未设置排风装置；屏蔽壳体电缆孔

处均拟设置与该侧屏蔽壳体同等防护能力的屏蔽罩进行辐射防护，其辐射屏蔽效果不低于铅房同侧屏蔽体，不影响 X 射线探伤装置整体的辐射屏蔽效果。

### (三) 生产调试车间

由表 11-23 可知，X 射线探伤装置左面、右面关注点处辐射剂量率最大均为  $1.074\mu\text{Sv/h}$ ，则生产调试人员位于 2 台装置壳体之间位置所受到的叠加辐射剂量率不超过  $2.148\mu\text{Sv/h}$ （保守未考虑距离衰减的影响）。

选取表 11-23 中各型号 X 射线探伤装置外关注点处的最大辐射剂量率和装置距生产调试车间的最短距离，对装置出束调试期间，车间外的辐射剂量率进行估算，关注点位取车间外 30cm 处，结果见表 11-24。

表 11-24 (a) 生产调试车间外辐射剂量率计算结果

(AXI-6100-1.5M 型、AXI-6100-2M 型和 AXI-6100-2.5M 型 X 射线探伤装置单独出束时)

| 点位序号 | 点位描述 | 距离 $R^{1)}$<br>(m) | 屏蔽材料 $2)$ | 透射因子 $B^{3)}$     | 装置外 30cm<br>处关注点的辐<br>射剂量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 车间外 30cm<br>处关注点的辐<br>射剂量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) |
|------|------|--------------------|-----------|-------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1    | 北墙外  | 1.54               | 240mm 实心砖 | $5.05\text{E-}03$ | 0.012                                              | $2.30\text{E-}06$                                  |
| 2    | 西墙外  | 1.04               | 240mm 实心砖 | $5.05\text{E-}03$ | 1.318                                              | $5.54\text{E-}04$                                  |
| 3    | 防护门外 | 1.04               | 2mm 铅当量   | $1.52\text{E-}03$ | 1.318                                              | $1.67\text{E-}04$                                  |
| 4    | 南墙外  | 1.54               | 240mm 实心砖 | $5.05\text{E-}03$ | 0.843                                              | $1.62\text{E-}04$                                  |
| 5    | 东墙外  | 1.04               | 240mm 实心砖 | $5.05\text{E-}03$ | 0.416                                              | $1.75\text{E-}04$                                  |
| 6    | 顶部外  | 1.22               | 2mm 铅当量   | $1.52\text{E-}03$ | 0.012                                              | $1.11\text{E-}06$                                  |

注：1、 $R$  北墙、南墙 = 装置壳体至车间墙体最近距离 1.0m + 墙体厚度 0.24m + 关注点 0.3m = 1.54m；

$R$  西墙、防护门、东墙 = 装置壳体至车间墙体/防护门最近距离 0.5m + 墙体厚度 0.24m + 关注点

0.3m=1.04m;

$R_{\text{顶部}} = \text{车间净高 } 3.0\text{m} - \text{装置最大高度 } 2.080\text{m} + \text{关注点 } 0.3\text{m} = 1.22\text{m}。$

2、铅密度为  $11.3\text{g/cm}^3$ ，实心砖密度不小于  $1.65\text{g/cm}^3$ ；

表 11-24 (b) 生产调试车间外辐射剂量率计算结果 (2 台 X 射线探伤装置同时出束时)

| 点位<br>序号 | 点位描述 | 距离<br>$R^{1)}$<br>(m) | 屏蔽材料 $2)$ | 透射因子 $B^{3)}$ | 装置外 30cm<br>处关注点的辐<br>射剂量率 $4)$<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 车间外 30cm<br>处关注点的辐<br>射剂量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) |
|----------|------|-----------------------|-----------|---------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1        | 北墙外  | 1.54                  | 240mm 实心砖 | 5.05E-03      | 1.074                                                   | 4.12E-04                                           |
| 2        | 西墙外  | 1.04                  | 240mm 实心砖 | 5.05E-03      | 1.357                                                   | 1.14E-03                                           |
| 3        | 防护门外 | 1.04                  | 2mm 铅当量   | 1.05E-02      | 1.357                                                   | 2.36E-03                                           |
| 4        | 南墙外  | 1.54                  | 240mm 实心砖 | 5.05E-03      | 1.074                                                   | 4.12E-04                                           |
| 5        | 东墙外  | 1.04                  | 240mm 实心砖 | 5.05E-03      | 1.052                                                   | 8.85E-04                                           |
| 6        | 顶部外  | 1.22                  | 2mm 铅当量   | 1.05E-02      | 0.988                                                   | 1.25E-03                                           |

注：1、 $R_{\text{北墙、南墙}} = \text{装置壳体至车间墙体最近距离 } 1.0\text{m} + \text{墙体厚度 } 0.24\text{m} + \text{关注点 } 0.3\text{m} = 1.54\text{m}；$

$R_{\text{西墙、防护门、东墙}} = \text{装置壳体至车间墙体/防护门最近距离 } 0.5\text{m} + \text{墙体厚度 } 0.24\text{m} + \text{关注点 } 0.3\text{m} = 1.04\text{m}；$

$R_{\text{顶部}} = \text{车间净高 } 3.0\text{m} - \text{装置最大高度 } 2.080\text{m} + \text{关注点 } 0.3\text{m} = 1.22\text{m}。$

2、铅密度为  $11.3\text{g/cm}^3$ ，实心砖密度不小于  $1.65\text{g/cm}^3$ ；

由上述分析可知，本项目 X 射线探伤装置在生产调试车间内进行出束调试过程中，车间内外的辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的要求。

#### (四) 展厅

由表 11-23 可知，X 射线探伤装置四侧、顶部屏蔽体外关注点处辐射剂量率最大分别为 1.357 $\mu$ Sv/h、0.988  $\mu$ Sv/h，选取该辐射剂量率和装置距展厅墙体的最近距离，对装置出束展示期间，展厅外的辐射剂量率进行估算，关注点位取展厅外 30cm 处，结果见表 11-25。

表 11-25 展厅外辐射剂量率计算结果

| 点位序号 | 点位描述 | 距离 $R^{1)}$<br>(m) | 屏蔽材料 $2)$ | 透射因子 $B^{3)}$ | 装置外 30cm<br>处关注点的辐射<br>剂量率<br>( $\mu$ Sv/h) | 展厅外 30cm<br>处关注点的辐射<br>剂量率<br>( $\mu$ Sv/h) |
|------|------|--------------------|-----------|---------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1    | 墙体外  | 1.04               | 240mm 实心砖 | 5.05E-03      | 1.357                                       | 1.14E-03                                    |
| 2    | 进出门外 | 0.80               | /         | 1             | 1.357                                       | 0.382                                       |
| 3    | 顶部外  | 3.22               | 120mm 混凝土 | 2.27E-02      | 0.988                                       | 3.89E-04                                    |

注：1、 $R_{\text{墙体}}$ =装置壳体至展厅墙体最近距离 0.5m+墙体厚度 0.24m+关注点 0.3m=1.04m；  
 $R_{\text{进出门}}$ =装置壳体至展厅进出门最近距离 0.5m+关注点 0.3m=0.8m；  
 $R_{\text{顶部}}$ =展厅所在厂房一层层高 5.0m-装置最大高度 2.080m+关注点 0.3m=3.22m。  
2、混凝土密度为 2.35g/cm<sup>3</sup>，实心砖密度不小于 1.65g/cm<sup>3</sup>；

由上述分析可知，本项目 X 射线探伤装置在展厅内进行出束展示过程中，展厅外的辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的要求。

## 二、保护目标的有效剂量估算

本项目 X 射线探伤装置在生产调试车间内进行出束调试，生产调试车间由实心砖墙、铅板、铅防护门与外界隔离，调试过程中只有辐射工作人员能够进入生产调试车间，参考点人员的有效剂量由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的公式进行估算：

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \text{公式 11-5}$$

式中： $H_c$ —参考点的年剂量水平， $\mu$ Sv/a；

$\dot{H}_{c,d}$ —参考点处剂量率， $\mu$ Sv/h；

$t$ —探伤装置年照射时间，h/a；

$U$ —探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

$T$ —人员在相应关注点驻留的居留因子，可通过《工业 X 射线探伤室辐射

屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录表 A.1 得到。

本项目计划对已许可的 11 种型号 X 射线探伤装置的技术参数（最大管电压、管电流）、屏蔽设计或壳体尺寸进行调整并新增 13 种型号 X 射线探伤装置的生产、销售、使用工作，该 24 种型号 X 射线探伤装置年生产数量共计约 225 台（具体见表 1-2），装置在生产调试车间内调试过程、展厅样机展示过程和售后维护过程出束调试时间最多分别为 8h/台、0.5h/台和 2h/台，则本项目所致生产调试人员（2 人/组，共 9 组人员轮班）、售后服务人员（共 3 人，轮班）年接触射线时间和本项目涉及的 X 射线探伤装置的年出束、周出束调试时间见表 11-26。

表 11-26 本项目涉及的 X 射线探伤装置出束调试时间一览表

| 序号 | 设备型号                           | 生产、销售、<br>使用数量<br>(台/年) | 生产调试车间内调试过程出束时间 |       | 展厅样机展示和售后维护过程出束时间 |       |
|----|--------------------------------|-------------------------|-----------------|-------|-------------------|-------|
|    |                                |                         | (h/周)           | (h/年) | (h/周)             | (h/年) |
| 1  | X 射线探伤装置<br>(View X1800 型)     | 20                      | 3.2             | 160   | 1                 | 50    |
| 2  | X 射线探伤装置<br>(View X2000 型)     | 20                      | 3.2             | 160   | 1                 | 50    |
| 3  | X 射线探伤装置<br>(View X2100 型)     | 20                      | 3.2             | 160   | 1                 | 50    |
| 4  | X 射线探伤装置<br>(View X3300 型)     | 15                      | 2.4             | 120   | 0.75              | 37.5  |
| 5  | X 射线探伤装置<br>(Xspection 6000 型) | 15                      | 2.4             | 120   | 0.75              | 37.5  |
| 6  | X 射线探伤装置<br>(Xspection 3000 型) | 30                      | 4.8             | 240   | 1.5               | 75    |
| 7  | X 射线探伤装置<br>(View X6600 型)     | 10                      | 1.6             | 80    | 0.5               | 25    |
| 8  | X 射线探伤装置<br>(Xspection 6600 型) | 10                      | 1.6             | 80    | 0.5               | 25    |
| 9  | X 射线探伤装置<br>(AXI-5100 型)       | 10                      | 1.6             | 80    | 0.5               | 25    |
| 10 | X 射线探伤装置<br>(AXI-6100 型)       | 20                      | 3.2             | 160   | 1                 | 50    |
| 11 | X 射线探伤装置<br>(AXI-7100 型)       | 10                      | 1.6             | 80    | 0.5               | 25    |

|                |                                |     |      |       |       |       |
|----------------|--------------------------------|-----|------|-------|-------|-------|
| 12             | X 射线探伤装置<br>(AXI-7300 型)       | 10  | 1.6  | 80    | 0.5   | 25    |
| 13             | 工业 CT 装置<br>(AXI-8000 型)       | 5   | 0.8  | 40    | 0.25  | 12.5  |
| 14             | X 射线探伤装置<br>(View X6100 型)     | 5   | 0.8  | 40    | 0.25  | 12.5  |
| 15             | X 射线探伤装置<br>(View X6300 型)     | 5   | 0.8  | 40    | 0.25  | 12.5  |
| 16             | X 射线探伤装置<br>(Xspection 3120 型) | 10  | 1.6  | 80    | 0.5   | 25    |
| 17             | X 射线探伤装置<br>(AXI-5300 型)       | 5   | 0.8  | 40    | 0.25  | 12.5  |
| 18             | X 射线探伤装置<br>(AXI-6800 型)       | 5   | 0.8  | 40    | 0.25  | 12.5  |
| 19             | X 射线探伤装置<br>(Horizon 1100 型)   | 5   | 0.8  | 40    | 0.25  | 12.5  |
| 20             | X 射线探伤装置<br>(Horizon 1300 型)   | 5   | 0.8  | 40    | 0.25  | 12.5  |
| 21             | X 射线探伤装置<br>(Horizon 2300 型)   | 5   | 0.8  | 40    | 0.25  | 12.5  |
| 22             | X 射线探伤装置<br>(Horizon 2600 型)   | 5   | 0.8  | 40    | 0.25  | 12.5  |
| 汇总             |                                | 225 | 39.2 | 1960  | 12.25 | 612.5 |
| 单组生产调试人员接触射线时间 |                                | /   | 4.4  | 217.8 | /     | /     |
| 单名售后服务人员接触射线时间 |                                | /   | /    | /     | 4.1   | 204.2 |

公司已配备有辐射工作人员 21 名，其中生产调试人员 18 名、售后服务人员 3 名，均已通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训，本项目不另外增加辐射工作人员。本项目投入运行后，相关辐射工作将由现有辐射工作人员共同承担，根据公司提供的 2025 年第二季度至 2026 年第一季度个人累积剂量监测报告（苏州大学卫生与环境技术研究所有限公司，报告编号为：SDWH-2025-03602、SDWH-2025-05463、SDWH-2025-07393、SDWH-2026-01456，见附件 6），这 21 名辐射工作人员近一年个人剂量监测结果见表 11-27。

表 11-27 辐射工作人员近一年度个人剂量监测结果

| 姓名 | 岗位   | 检测结果（mSv）      |                |                |                | 年有效剂量（mSv） |
|----|------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|
|    |      | 2025 年<br>第二季度 | 2025 年<br>第三季度 | 2025 年<br>第四季度 | 2026 年<br>第一季度 |            |
|    | 生产调试 | <MDL           | <MDL           | <MDL           | <MDL           | 0.1775     |
|    | 生产调试 | <MDL           | <MDL           | <MDL           | <MDL           | 0.1775     |
|    | 生产调试 | <MDL           | <MDL           | <MDL           | <MDL           | 0.1775     |
|    | 生产调试 | <MDL           | <MDL           | <MDL           | <MDL           | 0.1775     |
|    | 生产调试 | <MDL           | <MDL           | <MDL           | <MDL           | 0.1775     |
|    | 生产调试 | <MDL           | <MDL           | <MDL           | <MDL           | 0.1775     |
|    | 生产调试 | <MDL           | <MDL           | <MDL           | <MDL           | 0.1775     |
|    | 生产调试 | <MDL           | <MDL           | <MDL           | <MDL           | 0.1775     |
|    | 生产调试 | <MDL           | <MDL           | <MDL           | <MDL           | 0.1775     |
|    | 生产调试 | <MDL           | <MDL           | <MDL           | <MDL           | 0.1775     |
|    | 生产调试 | <MDL           | <MDL           | <MDL           | <MDL           | 0.1775     |
|    | 生产调试 | <MDL           | <MDL           | <MDL           | <MDL           | 0.1775     |
|    | 生产调试 | <MDL           | <MDL           | /              | /              | 0.0890     |
|    | 生产调试 | <MDL           | <MDL           | <MDL           | <MDL           | 0.1775     |
|    | 生产调试 | <MDL           | <MDL           | <MDL           | /              | 0.1330     |
|    | 生产调试 | <MDL           | <MDL           | <MDL           | <MDL           | 0.1775     |

|   |      |      |      |      |      |        |
|---|------|------|------|------|------|--------|
| — | 生产调试 | <MDL | <MDL | <MDL | <MDL | 0.1775 |
| — | 生产调试 | <MDL | <MDL | <MDL | <MDL | 0.1775 |
| — | 生产调试 | <MDL | <MDL | <MDL | <MDL | 0.1775 |
| — | 售后服务 | <MDL | <MDL | <MDL | <MDL | 0.1775 |
| — | 售后服务 | <MDL | <MDL | <MDL | <MDL | 0.1775 |
| — | 售后服务 | <MDL | <MDL | <MDL | <MDL | 0.1775 |

注：本周期的调查水平的参考值为 1.25mSv，测量探测限（MDL）2025 年度第二、三季度和 2026 年第一季度为 0.089mSv、2025 年度第四季度为 0.088mSv。

由表 11-27 可知，生产调试人员、售后服务人员年有效剂量最大均为 0.1775mSv，则周有效剂量最大均为 3.6 $\mu$ Sv/周。叠加本项目辐射影响，项目运行后，生产调试人员的周有效剂量和年有效剂量最大分别为 12.9 $\mu$ Sv/周和 0.645mSv/a、售后服务人员的周有效剂量和年有效剂量最大分别为 9.1 $\mu$ Sv/周和 0.455mSv/a，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中对职业人员的剂量限值要求和本项目管理目标值要求（职业人员周有效剂量不超过 100 $\mu$ Sv、年有效剂量不超过 5mSv）。

本项目辐射工作场所公众居留时间短，且不进入生产调试车间和展厅。选取表 11-24 中车间外关注点处的辐射剂量率，结合本项目所致公众接触射线时间（按 8h/天、250 工作日/年计）、使用因子（保守取 1）、居留因子（保守取 1/4），则生产调试车间周围公众的周有效剂量和年有效剂量最大分别为 0.02 $\mu$ Sv/周和 0.001mSv/a；选取表 11-25 中展厅外关注点处的辐射剂量率，结合本项目所致公众接触射线时间（保守按 0.5h/台、225 台/年计）、使用因子（保守取 1）、居留因子（保守取 1/4），则展厅周围公众的周有效剂量和年有效剂量最大分别为 0.86 $\mu$ Sv/周和 0.011mSv/a，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中对公众的剂量限值要求和本项目管理目标值要求（公众周有效剂量不超过 5 $\mu$ Sv、年有效剂量不超过 0.1mSv）。

### 三、非放射性“三废”影响分析

#### （一）废气

X 射线探伤装置在工作状态时，会使空气电离，产生臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物可通过打开工件门过程排放至生产调试车间，再通过生产调试车间内动力

排风装置排出厂房，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

## **（二）废水**

辐射工作人员产生的生活污水，将进入公司污水处理系统，处理达标后排入城市污水管网，对周围环境影响较小。

## **（三）固体废物**

辐射工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

# **事故影响分析**

本次生产、销售和使用的 X 射线探伤装置，除 AXI-8000 型工业 CT 装置外，其余型号装置均不含 CT 功能。根据《射线装置分类》，AXI-8000 型工业 CT 装置的生产、销售、使用活动按 II 类射线装置管理，其余型号装置的生产、销售活动按 II 类射线装置管理，使用活动按 III 类射线装置管理。公司在开展辐射工作过程中，如果安全管理或防护不当，可能对人员产生误照射。

## **一、主要事故风险**

（一）由于安全联锁装置失灵，X 射线探伤装置在开机调试时防护门未能完全关闭，致使 X 射线泄漏到装置外面，给周围人员造成不必要的照射；

（二）X 射线探伤装置在维护、检修过程中，责任者脱岗，不注意防护或他人误开机使人员受到照射。

## **二、事故预防和处理措施**

公司可采取以下事故预防措施：

（一）建立辐射安全管理机构，制定完善的规章制度，并在实际工作过程中严格执行；

（二）加强辐射安全管理，加强辐射工作人员技能培训和辐射安全与防护知识的培训，提高个人的技能和辐射安全防范意识；

（三）辐射工作场所按要求设置相应的辐射安全与防护设施，定期检查各辐射工作场所的辐射安全措施运行情况，确保各项安全措施始终保持良好的工作状态。

（四）辐射工作人员应定期使用辐射巡检仪进行巡检，发现异常情况应立即停止

出束，并检查排除异常，并做好记录。

（五）严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程工作。每天设备开机运行前，检查确认安全联锁、急停开关、工作状态指示灯等各项安全措施的有效性，杜绝联锁装置旁路情况下开机操作；

（六）辐射工作人员在开展辐射工作时，注意佩戴好个人剂量计、个人剂量报警仪等监测仪器，并确保仪器有效。若发生意外照射，立刻按下急停按钮、切断电源，停止出束。

（七）X射线探伤装置开机测试期间，2人或以上共同作业，开机状态下人员不得脱岗。

### 三、事故处理措施

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，辐射事故可分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。本项目生产、销售X射线探伤装置的活动均按II类射线装置管理，使用活动按II类、III类射线装置管理，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，本项目可能发生的事故主要为一般辐射事故。在发生事故后：

（一）辐射工作人员应第一时间停止射线装置操作，然后启动应急预案；

（二）立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

（三）对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

建设单位应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，发生辐射事故的，立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后1小时内向所在地生态环境主管部门和公安机关报告，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》。造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康主管部门报告；对于可能受到大剂量照射的人员，迅速安排医学检查和救治，积极配合政府管理部门做好事故调查和善后工作。

**表 12 辐射安全管理**

**辐射安全与环境保护管理机构的设置**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》等法律法规要求，使用射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射安全与环境保护管理工作人员和辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核；自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核，2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

目前，昆山善思光电科技有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人（已通过“辐射安全管理”辐射安全与防护考核，成绩报告单见附件 7）专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责。公司应根据本次生产、销售和使用 X 射线探伤装置项目修订相关文件，明确公司本项目的管理人员及其职责，将该项目辐射安全管理纳入全公司的辐射安全管理工作中。本项目辐射工作人员拟由昆山善思光电科技有限公司现有辐射工作人员中调用，配备的 21 名辐射工作人员均已通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训。若有新进的辐射工作人员，须通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，参加“科研、生产及其他”辐射安全与防护考核，合格后方可上岗；公司应及时关注辐射工作人员辐射安全和防护专业知识的培训时间，辐射安全培训合格证书快到期人员应当及时通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名，重新学习并通过相应考核后，方能继续从事辐射工作。

**辐射安全管理规章制度**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关要求，使用放射源和射线装置的单位要“有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措

施”。目前昆山善思光电科技有限公司已制定相关辐射安全与防护管理制度，如《操作规程》《岗位职责》《辐射工作人员管理制度》《辐射防护和安全保卫制度》《X射线装置调试、维修制度》《辐射工作人员培训计划》《辐射工作人员职业健康管理制度》《个人剂量监测方案》及《X射线装置辐射事故应急预案》等。公司现有管理制度内容较为全面，具有一定的针对性和可操作性，基本满足公司从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。公司应根据本项目具体情况对现有辐射安全管理规章制度进行补充和完善，本报告对各项制度需补充的要点提出以下建议：

### **一、操作规程**

公司已制定《操作规程》，明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤。重点是：

（一）确保开展辐射工作时所有辐射屏蔽措施均已到位，严格按照规定操作流程操作，防止发生辐射事故；

（二）从事辐射工作时必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪；

（三）在工作场所严禁吸烟、进食。

### **二、岗位职责**

公司已制定《岗位职责》，明确射线装置操作人员、维修人员及辐射安全管理人员的岗位责任，并落实到个人，使每一位相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任。

### **三、辐射防护和安全保卫制度**

公司已根据射线装置操作的具体情况制定相应的《辐射防护和安全保卫制度》。重点是：

（一）定期检查相关的辐射安全装置及检测仪器，发现问题及时修理或更换，确保辐射安全联锁装置、个人剂量报警仪、环境辐射剂量监测仪保持良好工作状态；

（二）工作人员定期开展个人剂量监测和职业健康监护。

### **四、设备维修制度**

公司已制定《X射线装置调试、维修制度》，明确射线装置和辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，并做好记录。确保射线检测装置、安全措施（联锁装置、警示标志、工作状态指示灯、急停按钮）、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

### **五、人员培训计划和健康管理制**

公司已制定《辐射工作人员培训计划》，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。相关辐射工作人员应及时学习最新的国家政策法规及标准，熟练掌握放射性防护知识、最新的操作技术。根据 18 号令及《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，辐射工作人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并通过考核。公司应组织新进辐射工作人员定期参加职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并为其建立辐射工作人员职业健康监护档案。

公司已制定《辐射工作人员职业健康管理制度》，公司应组织辐射工作人员定期参加职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并为其建立辐射工作人员职业健康监护档案。

## 六、监测方案

明确监测频次和监测项目。监测结果定期上报生态环境主管部门。为了确保射线装置的辐射安全，该公司应制定监测方案，重点是：

（一）明确监测项目和频次；

（二）辐射工作人员个人剂量监测数据应建立个人剂量档案，依据《江苏省辐射污染防治条例》（2026 年修正），在日常检测中发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境主管部门、卫生健康主管部门调查处理；

（三）公司应当按照有关标准、规范的要求定期对工作场所及周围环境进行监测或者委托有资质的机构进行监测，发现异常情况的，应当立即采取措施，并在 1 小时内向生态环境主管部门报告；

（四）医院应当对本单位的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于次年 1 月 31 日前向发证的生态环境主管部门报告，将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

## 辐射监测

根据辐射管理要求，昆山善思光电科技有限公司已配备有辐射巡测仪 2 台和个人剂量报警仪 5 台，用于辐射防护监测和报警，同时结合本项目实际情况，已制定如下监测计划：

一、委托有资质的单位定期对项目周围环境 X-γ 辐射剂量率进行监测，周期：1~2 次/年；

二、辐射工作人员配备个人剂量计监测累积剂量，定期（不少于 1 次/季）送有资质机构进行个人剂量监测，建立个人剂量档案；

三、定期使用辐射监测仪器对项目周围辐射环境进行自检，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处，并保留自检记录；

四、所有辐射工作人员上岗前进行职业健康检查，符合辐射工作人员健康要求的，方可参加相应的辐射工作。开展辐射工作后，定期开展职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立个人职业健康档案；

五、出现外照射事故，立即采取应急措施，并在 1 小时之内向生态环境主管部门报告。

表 12-1 本项目辐射监测计划

| 监测项目       | 监测类型        | 监测因子           | 监测单位和监测频次                        | 监测点位                                           | 控制要求                        |
|------------|-------------|----------------|----------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------|
| 工作场所<br>监测 | 竣工环<br>验收监测 | X-γ 辐射剂量率      | 请有资质单位监测，<br>建设项目竣工后 3 个<br>月内   | 辐射水平：控制区和监督<br>区所有工作人员和公众<br>可能居留的有代表性的<br>点位。 | 见评价标<br>准中辐射<br>剂量率控<br>制水平 |
|            | 年度监测        | X-γ 辐射剂量率      | 请有资质单位监测，<br>不少于 1 次/年           |                                                |                             |
|            | 日常监测        | X-γ 辐射剂量率      | X-γ 辐射剂量率自主<br>监测不少于 1 次/月       |                                                |                             |
| 个人剂量<br>监测 | /           | 职业性外照射<br>个人剂量 | 定期送有资质部门进<br>行监测，不少于 1 次/<br>三个月 | /                                              | 年有效剂量<br>≤5mSv              |

昆山善思光电科技有限公司须根据上述监测计划，明确监测频次和监测项目，定期（不少于 1 次/季）使用辐射监测仪器对项目周围辐射环境进行自检，并保留自检记录，每年委托有资质的单位定期对项目周围环境 X-γ 辐射剂量率进行监测，监测结果上报生态环境主管部门。2025 年度公司已委托南京瑞森辐射技术有限公司开展了辐射工作场所的辐射安全与防护年度监测，监测结果均符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等国家相关标准要求，均未出现剂量率超标的情况。

昆山善思光电科技有限公司已为辐射工作人员配备个人剂量计，组织辐射工作人员进行个人剂量监测（1 次/季）和职业健康体检（1 次/2 年），公司辐射安全与环境

保护管理机构负责全公司人员个人剂量的收发和管理以及职业健康监护、个人剂量监测档案的存放保管。2025 年度公司已委托苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司完成了辐射工作人员的个人剂量监测，所有辐射工作人员监测结果均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）等国家相关标准要求，均未出现异常。

昆山善思光电科技有限公司每年编写射线装置安全和防护状况年度评估报告，包括射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容，每年 1 月 31 日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

根据公司《2025 年度安全和防护状况年度评估报告》显示，2025 年度公司未发生辐射事故，公司辐射安全和防护设施运行良好，定期开展了维护工作，定期检查防护情况，发现的隐患及时处理；公司已制定和完善了相应辐射安全和防护制度及措施，各项制度和措施得到了落实。公司自开展核技术利用项目以来未发生过辐射事故，暂无需要改进完善的情况。

## 辐射事故应急

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定，辐射事故应急预案应明确以下几个方面：

- 一、应急机构和职责分工；
- 二、应急的具体人员和联系电话；
- 三、应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- 四、辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；
- 五、辐射事故调查、报告和处理程序。

对于在公司定期监测或委托监测时发现异常情况时，应根据《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，在 1 小时之内向所在地生态环境主管部门和公安机关报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的还应当同时向卫生健康主管部门报告。在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向所在地生态环境主管部门和公安机关报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，同时向所在地卫生健康主管部门报告。

昆山善思光电科技有限公司已经制定了《X 射线装置辐射事故应急预案》，该预案已包括成立辐射事故应急处理领导小组、应急预案领导小组的职责、放射性事故应急处理的责任划分、放射性事故应急处理程序和放射性事故的调查等内容。由辐射事故应急处理领导小组组织各相关科室，定期（1 次/年）开展应急培训演练，在物资、通讯、技术、人员、经费等准备方面均加以落实。

**表 13 结论与建议**

## **结论**

### **一、项目概况**

昆山善思光电科技有限公司租赁江苏省昆山市开发区琵琶路 28 号 5 号房，在厂房一层生产调试车间对采购的 X 射线球管、定制的铅屏蔽外壳（铅房）和其他配件进行组装调试，开展 X 射线探伤装置和 X 射线点料装置的生产、销售、使用工作。考虑到公司产品迭代和市场层面需求等因素，公司计划对已许可的 11 种型号 X 射线探伤装置的技术参数（最大管电压、管电流）、屏蔽设计或壳体尺寸进行调整并新增 13 种型号 X 射线探伤装置（最大管电压为 160kV，最大管电流为 1mA）的生产、销售、使用工作。本项目运行后，预计年产 29 种型号 X 射线探伤装置和 5 种型号 X 射线点料装置共计 545 台。

### **二、项目建设的必要性**

本项目的建设，将有利于提升公司产品覆盖率和市场竞争力，增加经济效益。

### **三、实践正当性**

本项目的运行，具有良好的社会效益和经济效益，经辐射防护屏蔽和安全管理后，本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

### **四、项目产业政策符合性分析**

本项目不属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年修改）中“限制类”“淘汰类”项目，项目符合国家产业政策。

### **五、选址合理性**

昆山善思光电科技有限公司位于江苏省昆山市开发区琵琶路 28 号 5 号房，公司厂区东侧为昆山市海珊智能科技有限公司，南侧依次为昆山丰科金属制品有限公司、琵琶路，西侧为风琴路，北侧为昆山英辉木器厂。

本次生产、销售和使用 X 射线探伤装置项目周围 50m 评价范围内，东侧至昆山市海珊智能科技有限公司（最近约 9m），南侧至昆山丰科金属制品有限公司（最近约 8m），西侧至风琴路（最近约 16m）和空置厂房（最近约 43m），北侧至昆山英辉木器厂（最

近约 32m)。本项目评价范围内无居民区、学校等环境敏感点，项目选址可行。项目运行后的环境保护目标主要为从事本项目的辐射工作人员、厂区内的其他工作人员及评价范围内上述公司处其他公众等。

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1号）、《江苏省自然资源厅关于昆山市生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2025〕337号）要求，本项目建设址评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。

本项目拟生产、销售和使用的 X 射线探伤装置设有屏蔽壳体和操作台，操作台设于屏蔽壳体外，屏蔽壳体通过内嵌铅板及钢板对 X 射线进行屏蔽。本项目将 X 射线探伤装置屏蔽壳体作为控制区，将生产调试车间边界以内、屏蔽壳体以外区域和展厅边界以内、屏蔽壳体以外 1m 范围（地面采用警示线进行标识）内区域作为监督区，严格控制人员进出，区域划分明确，本项目辐射工作场所分区布局合理。

## 六、辐射环境现状评价

昆山善思光电科技有限公司生产、销售和使用 X 射线探伤装置项目拟建址室内点位周围环境天然 $\gamma$ 辐射剂量率在（63~86）nGy/h，位于江苏省建筑物室内 $\gamma$ 辐射（空气吸收）剂量率本底水平（50.7~129.4）nGy/h 范围内；室外点位周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率为（74~78）nGy/h，位于江苏省道路 $\gamma$ 辐射（空气吸收）剂量率本底水平（18.1~102.3）nGy/h 范围内。

## 七、环境影响评价

昆山善思光电科技有限公司生产、销售和使用 X 射线探伤装置项目建设阶段影响可控制在公司厂内局部区域，对周围环境影响较小。

根据理论估算结果，昆山善思光电科技有限公司生产、销售和使用 X 射线探伤装置项目在做好个人防护措施和安全措施的情况下，项目对辐射工作人员及周围的公众产生的年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

## 八、“三废”的处理处置

X 射线探伤装置在出束状态下，会使空气电离，分解产生少量的臭氧、氮氧化物

等气体可通过打开工件门过程排放至生产调试车间，再通过生产调试车间内动力排风装置排出厂房，臭氧在常温下约 50 分钟可自行分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小；辐射工作人员产生的生活污水，处理达标后排入城市污水管网，对周围环境影响较小；辐射工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

## 九、主要污染源及拟采取的主要辐射安全防护措施

本项目 X 射线探伤装置设计有门-机联锁安全装置，防护门关闭后装置才能出束，运行期间强行打开防护门时 X 射线管将自动停止出束，设备壳体正面设置紧急停机按钮及钥匙开关，装置顶部或正面壳体外设计安装工作状态指示灯，装置外表面将设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明等。生产调试车间内安装有监视装置，可监视生产调试车间内人员的活动和探伤装置的运行情况，视频显示终端设置在生产调试车间西墙外。生产调试车间入口门上粘贴有电离辐射警告标志及中文警示说明，上方设有工作状态指示灯，符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的安全措施要求。

当本项目 X 射线探伤装置不再使用时，应实施退役程序。对退役的 X 射线探伤装置内 X 射线管进行拆解和去功能化，处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

## 十、辐射安全管理评价

昆山善思光电科技有限公司已设立辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以公司内部文件形式明确其管理职责。公司已制定辐射安全管理制度，建议根据本报告的要求，对照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，增补相应内容，建立符合本公司实际情况的、完善可行的辐射安全管理制度，并在日常工作中落实。

本项目配备的辐射工作人员均已通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，参加“X 射线探伤”辐射安全与防护考核并取得成绩报告单。公司已建立个人剂量监测档案及职业健康监护档案。昆山善思光电科技有限公司已配备有辐射巡测仪 2 台和个人剂量报警仪 5 台，用于辐射防护监测和报警。

综上所述，昆山善思光电科技有限公司生产、销售和使用 X 射线探伤装置项目在

落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

## 建议和承诺

一、该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

二、各项安全措施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

三、定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

四、公司取得本项目环评批复后，应及时重新申领辐射安全许可证，按照法规要求开展竣工环境保护验收工作，环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月，最长不超过 12 个月。

## 辐射污染防治“三同时”措施一览表

| 项目        | “三同时”措施                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 预期效果                                                              | 预计投资<br>(万元) |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------|
| 辐射安全管理机构  | 建立辐射安全与环境保护管理机构，或配备不少于1名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作。公司已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。                                                                                                                                                                                                                                       | 满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。                                      |              |
| 辐射安全和防护措施 | <p><b>屏蔽措施：</b>本项目拟生产、销售和使用的X射线探伤装置均采用铅、钢等材料以自屏蔽的方式进行防护，具体屏蔽设计参数详见表10-1。生产调试车间四周采用240mm的实心砖墙、顶部和防护门选用2mm铅板进行实体防护，防止事故情况下的超剂量照射。</p> <p>本项目拟开展生产、销售和使用工作的X射线探伤装置，其屏蔽壳体正面均设置有1扇工件门，背面或侧面设有1扇检修门，防护门与屏蔽壳体之间间隙与搭接比值小于1/10，可有效防止门缝处射线泄漏；屏蔽壳体未设置排风装置；屏蔽壳体电缆孔处均拟设置与该侧屏蔽壳体同等防护能力的屏蔽罩进行辐射防护，其辐射屏蔽效果不低于铅房同侧屏蔽体，不影响X射线探伤装置整体的辐射屏蔽效果。</p> | 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目剂量约束值要求。 |              |
|           | <p><b>安全措施：</b>本项目X射线探伤装置设计有门-机联锁安全装置，防护门关闭后装置才能出束，运行期间强行打开防护门时X射线管将自动停止出束，设备壳体正面设置紧急停机按钮及钥匙开关，装置顶部或正面壳体外设计安装工作状态指示灯，装置外表面将设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明等。生产调试车间内安装有监视装置，可监视生产调试车间内人员的活动和探伤装置的运行情况，视频显示终端设置在生产调试车间西墙外。生产调试车间入口门上粘贴有电离辐射警告标志及中文警示说明，上方设有工作状态指示灯。</p>                                                              | 满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的相关要求。                                |              |
| 人员配备      | 辐射安全管理人员和辐射工作人员均已通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核合格。                                                                                                                                                                                                                                                     | 满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。                                         |              |

|           |                                                                                                                             |                                                                                                |  |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|           | <p>辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（两次监测的时间间隔不应超过 3 个月），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。</p> <p>辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立辐射工作人员职业健康档案。</p> |                                                                                                |  |
| 监测仪器和防护用品 | 已配备辐射巡测仪 2 台。                                                                                                               | 满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》有关要求。                                                                   |  |
|           | 已配备个人剂量报警仪 5 台。                                                                                                             |                                                                                                |  |
| 辐射安全管理制度  | 制定操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施等制度：根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。                 | <p>满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》</p> <p>《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和</p> <p>《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关要求。</p> |  |
| 总计        | /                                                                                                                           | /                                                                                              |  |

以上污染防治的措施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

表 14 审批

|              |              |
|--------------|--------------|
| 下一级环保部门预审意见： |              |
| 经办人          | 公 章<br>年 月 日 |
| 审批意见         |              |
| 经办人          | 公 章<br>年 月 日 |



附图 1 昆山善思光电科技有限公司生产、销售和使用 X 射线探伤装置项目  
地理位置示意图