

核技术利用建设项目

中创新航科技（信阳）有限公司II类射线装置应用项目

# 环境影响报告表

中创新航科技（信阳）有限公司

2026 年 7 月

生态环境部监制

## 核技术利用建设项目

中创新航科技（信阳）有限公司II类射线装置应用项目

# 环境影响报告表

建设单位名称：中创新航科技（信阳）有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通信地址：河南省信阳市潢川县豫东南大道1号

邮政编码：465150      联系人：

电子邮箱：      联系电话：

## 目录

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 表 1 项目基本情况 .....         | 1  |
| 表 2 放射源 .....            | 9  |
| 表 3 非密封性放射性物质 .....      | 9  |
| 表 4 射线装置 .....           | 9  |
| 表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） ..... | 10 |
| 表 6 评价依据 .....           | 11 |
| 表 7 保护目标与评价标准 .....      | 13 |
| 表 8 环境质量和辐射现状 .....      | 21 |
| 表 9 项目工程分析与源项 .....      | 24 |
| 表 10 辐射安全与防护 .....       | 37 |
| 表 11 环境影响分析 .....        | 54 |
| 表 12 辐射安全管理 .....        | 68 |
| 表 13 结论与建议 .....         | 74 |
| 表 14 审批 .....            | 76 |

附件一：委托书

附件二：辐射安全许可证

附件三：现有核技术利用项目环保手续

附件四：辐射安全和环境保护管理领导小组

附件五：辐射安全与防护制度

附件六：辐射辐射事故应急预案

附件七：检测报告

表 1 项目基本情况

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                                                                                                                                                       |      |                       |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------|
| 建设项目名称      |                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 中创新航科技（信阳）有限公司II类射线装置应用项目                                                                                                  |                                                                                                                                                       |      |                       |
| 建设单位        |                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 中创新航科技（信阳）有限公司                                                                                                             |                                                                                                                                                       |      |                       |
| 法人代表        |                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 联系人                                                                                                                        |                                                                                                                                                       | 联系电话 |                       |
| 注册地址        |                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 河南省信阳市潢川县豫东南大道 1 号                                                                                                         |                                                                                                                                                       |      |                       |
| 项目建设地点      |                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 河南省信阳市潢川县豫东南大道 1 号中创新航科技（信阳）有限公司<br>M2 电芯车间                                                                                |                                                                                                                                                       |      |                       |
| 立项审批部门      |                                                                                                                                                                                                                                                                                    | /                                                                                                                          |                                                                                                                                                       | 批准文号 | /                     |
| 建设项目总投资(万元) |                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 4200                                                                                                                       | 项目环保投资(万元)                                                                                                                                            | 312  | 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 type="checkbox"/> 生产                                                                                                | <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类                                                                                            |      |                       |
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <input type="checkbox"/> 销售                                                                                                | <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类                                                                                            |      |                       |
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <input checked="" type="checkbox"/> 使用                                                                                     | <input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类                                                                                 |      |                       |
|             | 其它                                                                                                                                                                                                                                                                                 | /                                                                                                                          |                                                                                                                                                       |      |                       |
|             | <b>1.1 项目概述</b><br><b>1.1.1 建设单位情况</b><br><p>中创新航科技（信阳）有限公司是中创新航科技集团股份有限公司子公司，中创新航科技集团股份有限公司是由江苏金坛投资控股有限公司、厦门产业投资有限公司、四川成飞集成股份有限公司等共同投资成立的专业从事新能源电池、电源系统研发、生产及销售的高科技企业，致力于为全球客户提供完整的产品解决方案和完善的生命周期服务。</p> <b>1.1.2 项目建设背景及由来</b><br><p>公司为对电芯、极片等产品的质量把关，拟使用 4 台在线 X-RAY 检测机（每</p> |                                                                                                                            |                                                                                                                                                       |      |                       |

台该射线装置包括 6 个一样的射线源，最大管电压 200kV，最大管电流 4mA），2 台工业 CT 扫描系统（最大管电压 225kV，最大管电流 3mA），均属于Ⅱ类射线装置。

根据《射线装置分类》（原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），本项目拟使用的 X 射线探伤机为Ⅱ类射线装置，依据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》中第 172 项“核技术利用建设项目 生产、使用Ⅱ类射线装置”和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十条（五）规定，生产、销售、使用Ⅱ类射线装置的，本项目应当组织编制环境影响报告表。

受建设单位委托，河南可人科技有限公司承担了本项目的环评工作。评价单位在接受委托后，立即组织技术人员对本项目拟建址区域进行了现场踏勘、相关资料收集，委托检测单位开展了区域辐射环境背景水平监测等工作，并按照国家相关技术规范的要求，整理编制完成了本报告表。

### 1.1.3 产业政策相符性

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于第一类“鼓励类”“十四、机械，1.科学仪器和工业仪表：用于辐射、有毒、可燃、易爆、重金属、二噁英等检测分析的仪器仪表，水质、烟气、空气检测仪器，药品、食品、生化检验用高端质谱仪、色谱仪、光谱仪、X 射线仪、核磁共振波谱仪、自动生化检测系统及自动取样系统和样品处理系统，科学研究、智能制造、测试认证用测量精度达到微米以上的多维几何尺寸测量仪器，自动化、智能化、多功能材料力学性能测试仪器，工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备，用于纳米观察测量的分辨率高于 3.0 纳米的电子显微镜，各工业领域用高端在线检验检测仪器设备”中的工业 CT、X 射线仪等无损检测设备，符合国家现行政策。

### 1.1.4 实践正当性

本项目符合国家及地方产业政策要求，本项目用于产品的无损检测，具备一般非射线检测方法所不能及的效果，对保障工程质量起到了至关重要的作用。通过采取合理、有效的辐射安全防护措施，加强辐射安全管理，正确规范的使用射线装置后，可以将该项目产生的辐射影响降至尽可能小，且对周围环境、工作人员、公众的辐射影响能够满足相关标准要求，项目带来的经济效益、社会效益要

远大于其可能引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

#### 1.1.5 项目选址合理性分析

本项目拟使用射线装置的区域位于中创新航科技（信阳）有限公司 M2 电芯车间，使用区域 50 米范围内均属于中创新航科技（信阳）有限公司区域，无居民住宅、学校等敏感目标或其他人群集中区。因此，本项目选址合理。

#### 1.1.6 现有核技术利用情况

建设单位于 2026 年 5 月 19 日取得信阳市生态环境局核发的辐射安全许可证（见附件二），证号豫环辐证〔S7295〕，有效期至：2031 年 5 月 18 日，许可种类和范围为：使用 V 类放射源。建设单位已取得许可的种类和范围信息详见表 1-1。

表 1-1 建设单位已取得许可的核技术利用项目一览表

| 序号 | 辐射活动场所名称 | 核素    | 类别  | 用途  | 活动种类 | 总活度(贝可)/<br>活度（贝可）×枚数 | 环保手续                                       |
|----|----------|-------|-----|-----|------|-----------------------|--------------------------------------------|
| 1  | M1 栋     | Kr-85 | V 类 | 测厚仪 | 使用   | 1.85E+10*90           | 环评登记表备案号：<br>202641152600000199<br>（见附件 3） |

建设单位目前取得许可的种类和范围是使用 V 类放射源。该项目正在建设中，建设单位已按照相关要求进行了环境影响登记，成立了“辐射安全与环境保护管理小组”，制定有健全的辐射安全管理规章制度和辐射事故应急预案（附件四和附件五），现有辐射工作人员已按照要求进行了辐射安全培训和考核，已配备 2 台辐射监测仪，24 台个人剂量报警仪。现有核技术利用项目辐射环境管理情况基本规范。

#### 1.1.7 本项目建设内容及规模

建设单位拟在 M2 车间安装 4 台型号为 JCDR200-24 的在线 X-RAY 检测机用于检测单体电池极片缺陷，每台该射线装置包括 6 个一样的射线源（最大管电压 200kV，最大管电流 4mA）。拟在 M2 车间南部 CT 检测室安装 2 台型号为 Metrotom 1500 225KV G3 的 CT 扫描系统用于检测半电芯包覆不良，每台该射线装置最大管电压 225kV，最大管电流 3mA。

拟购设备基本参数见表 1-2。

表 1-2 项目基本信息

| 名称           | 型号                           | 数量 | 技术参数      | 类别 | 拟安装位置   |
|--------------|------------------------------|----|-----------|----|---------|
| 在线 X-RAY 检测机 | JCDR200-24                   | 4  | 200kV/4mA | II | M2 电芯车间 |
| CT 扫描系统      | CT Metrotom<br>1500 225KV G3 | 2  | 225kV/3mA | II | M2 电芯车间 |

本项目每个班次每台射线装置安排 1 名辐射工作人员，每天分 2 个班次，共计 12 名辐射工作人员。

单台在线 X-RAY 检测机每天检测 20000 个单体电池极片，全年 240 个工作日，每个单体电池成像 1 张，每张成像曝光 0.06s。则有单台在线 X-RAY 检测机年曝光时长为 80h，周曝光时长为 1.67h。

单台 CT 扫描系统年检验 3000 个电芯，全年 240 个工作日，单个电芯出片张数 1000 张，每张成像曝光 0.08s，单个电芯总曝光时长为 80s。则有单台 CT 扫描系统年曝光时长为 66.67h，周曝光时长为 1.39h。

此外，项目全部建设完成，满负荷运行时 4 台在线 X-RAY 检测机和 2 台 CT 扫描系统将同时运行。

### 1.1.8 评价目的

(1) 对本项目拟开展现场探伤的区域进行辐射环境质量现状调查，以掌握区域辐射环境质量现状水平。

(2) 对本次建设的核技术应用项目产生的辐射影响进行预测评价，以掌握项目运行后项目对周围环境、辐射工作人员、公众人员的辐射水平。

(3) 对项目产生的不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。

(4) 满足国家和地方生态环境部门对辐射项目环境管理规定的要求，为辐射环境保护管理提供科学依据。

### 1.1.9 评价内容

(1) 评价本项目射线装置使用活动中采取的辐射防护措施是否符合标准或规范要求；

(2) 计算各关注点的剂量率、辐射工作人员及公众人员的附加年有效剂量，评价是否满足管理限值要求；

(3) 依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及《放射性同

位素与射线装置安全许可管理办法》的有关规定，对建设单位从事辐射活动的能力进行评价。

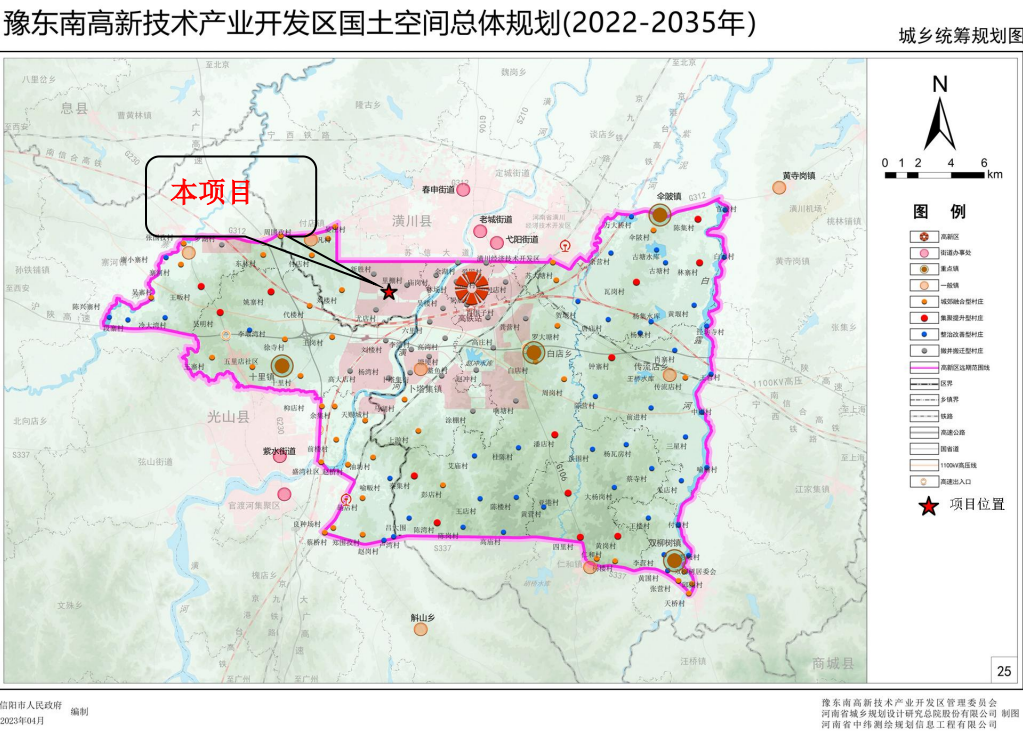
1.1.10 评价原则

- (1) 以项目实际为基础，以环保法律法规为依据，以国家政策为指导的原则；
- (2) 突出项目特点，抓住关键问题，坚持实事求是、客观公正的原则；
- (3) 评价体现来源于项目、服务于项目、指导于项目的原则。

1.2 建设项目周围环境简况

1.2.1 企业外环境关系

中创新航科技（信阳）有限公司位于河南省信阳市潢川县豫东南大道 1 号，公司西侧为振兴大街，南侧为新航路，东侧为延安大街，北侧为空地。地理位置图见图 1-1。



1.2.2 项目所在建筑物外环境关系

本项目涉及到的 6 台射线装置拟安装在 M2 电芯车间。M2 电芯车间为 1 座地上 1 层建筑物，无地下室。M2 电芯车间东侧 50 米范围内为厂区道路和厂区外的延安大街，南侧 50 米范围内由东向西分别为 H1 甲类库、N2 电解液储罐、

W1 结构件库、C2 锅炉房、C1 动力站，西侧 50 米范围内为预留用地，北侧 50 米范围内为厂区道路、W3 丙类库（S1 固废站）、W2 成品库、T1 废水站。M2 电芯车间周围环境关系及公司厂区平面布置见图 1-2。

### 1.2.3 辐射工作场所外环境关系

本项目拟在 M2 车间南部 CT 检测室安装 2 台 CT 扫描系统，2 台 CT 扫描系统分别安装于 CT 检测室东侧和西侧，操作位分别位于 CT 北侧。CT 检测室东侧为弱电间，南侧为 M2 车间外厂区道路，西侧为填丝补焊间，北侧为车间内走廊，CT 检测室上部无巡检通道，无人居留。每台 CT 占地约 7m<sup>2</sup>，2 台 CT 占地约 14m<sup>2</sup>。

本项目拟在 CT 检测室东北侧 4 条电芯生产线上安装 4 台在线 X-RAY 检测机，拟安装 4 台在线 X-RAY 检测机由南向北依次排列，操作位分别位于每台在线 X-RAY 检测机西侧。4 台在线 X-RAY 检测机东西侧分别为电芯生产线其他工序，南北侧分别为车间内走廊(图 1-3)，并安装辐射防护铅屏蔽房，操作控制台在铅防护房西侧，拟安装 4 台在线 X-RAY 检测机区域上部无巡检通道，无人居留。现场查勘时，拟安装位置为空地。每台在线 X-RAY 检测机占地约 45m<sup>2</sup>，4 台在线 X-RAY 检测机占地约 180m<sup>2</sup>。

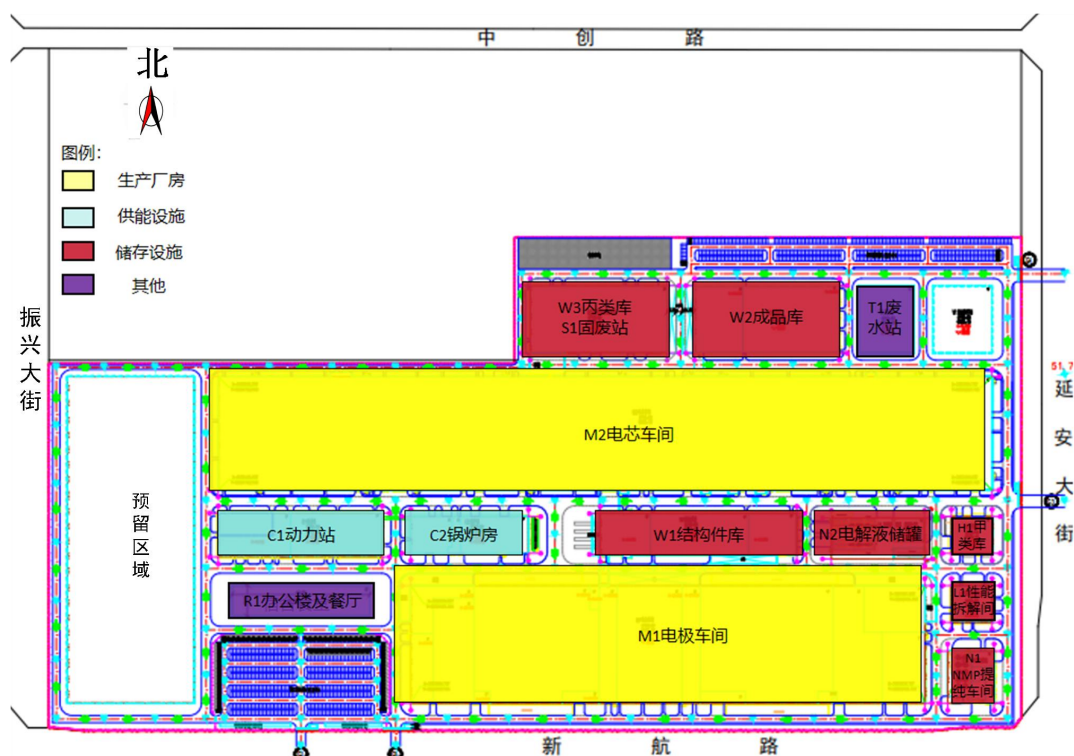
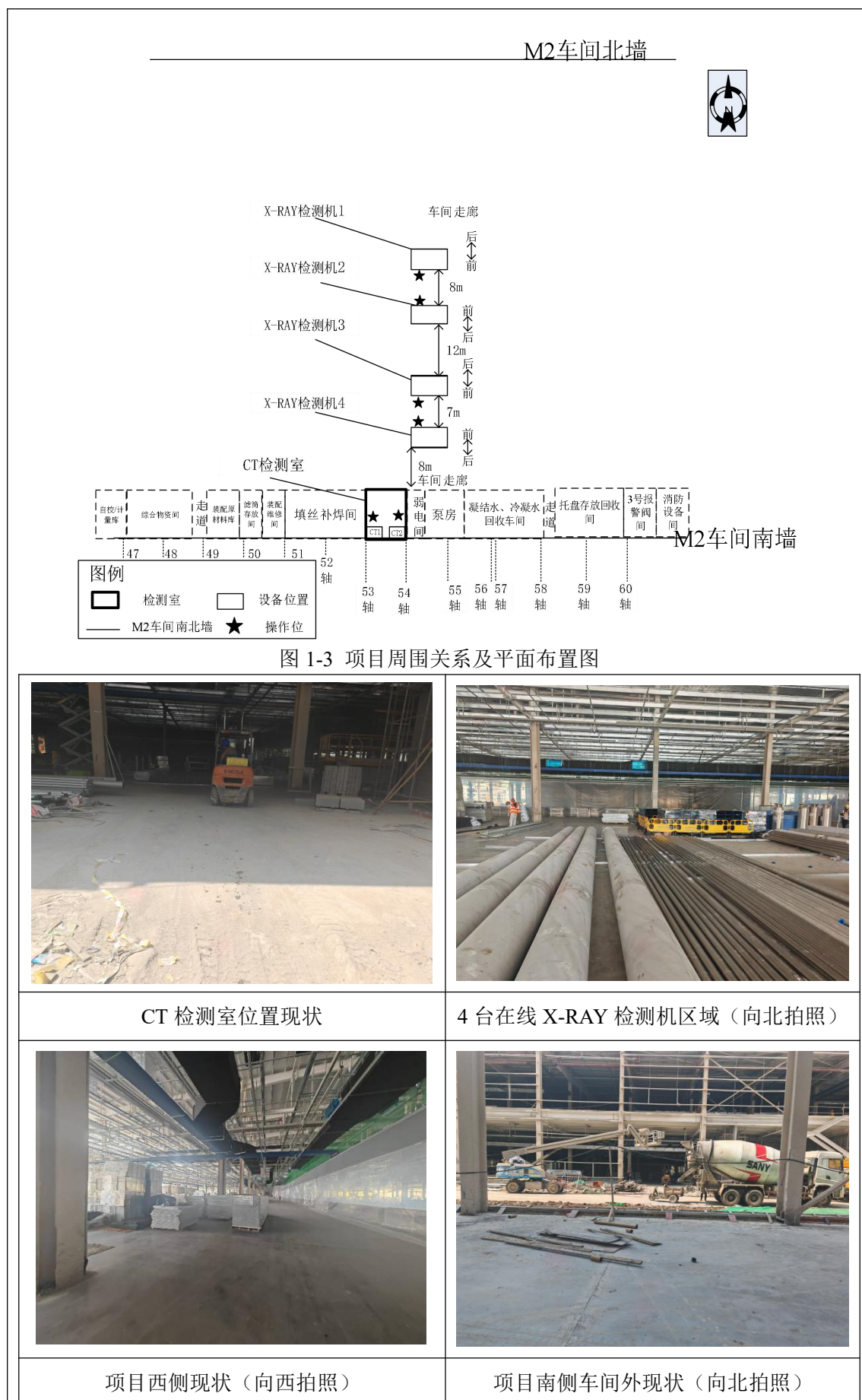


图 1-2 中创新航科技（信阳）有限公司周围关系及平面布置图



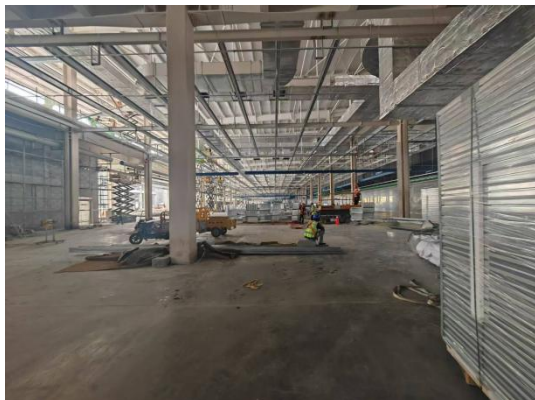
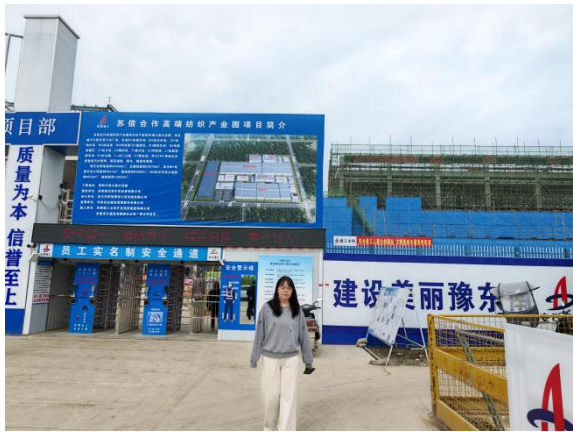
|                                                                                     |                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|    |  |
| <p>项目东侧现状（向西拍照）</p>                                                                 | <p>项目北侧（向南拍照）</p>                                                                  |
|  |                                                                                    |
| <p>项目负责现场踏勘照片</p>                                                                   |                                                                                    |

图 1-4 拟建项目周围环境现状

**表 2 放射源**

| 序号     | 核素名称 | 总活度 Bq/活度(Bq)×枚数 | 类别 | 活动种类 | 用途 | 使用场所 | 贮存方式与地点 | 备注 |
|--------|------|------------------|----|------|----|------|---------|----|
| 本项目不涉及 |      |                  |    |      |    |      |         |    |

注：放射源包括放射性中子源，对其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 |
|--------|------|------|------|--------------|--------------|-----------|----|------|------|---------|
| 本项目不涉及 |      |      |      |              |              |           |    |      |      |         |

注：日等效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》(GB18871-2002)。

**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

| 序号     | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 加速粒子 | 最大能量(MeV) | 额定电流(mA)/剂量率(Gy/h) | 用途 | 工作场所 | 备注 |
|--------|----|----|----|----|------|-----------|--------------------|----|------|----|
| 本项目不涉及 |    |    |    |    |      |           |                    |    |      |    |

(二)X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析仪器等

| 序号            | 名称           | 类别  | 数量 | 型号                        | 最大管电压 | 最大管电流 | 用途        | 工作场所    | 备注             |
|---------------|--------------|-----|----|---------------------------|-------|-------|-----------|---------|----------------|
| 1             | 在线 X-RAY 检测机 | II类 | 4  | JCDR200-24                | 200kV | 4mA   | 电池极片缺陷检查  | M2 电芯车间 | 每台包括 6 个一样的射线源 |
| 2             | CT 扫描系统      | II类 | 2  | CT Metrotom 1500 225KV G3 | 225kV | 3mA   | 半电芯包覆不良检查 | M2 电芯车间 | /              |
| 本项目射线装置全部为新购。 |              |     |    |                           |       |       |           |         |                |

(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(kV) | 最大靶电流(μA) | 中子强度(n/s) | 用途 | 工作场所 | 氚靶情况   |      |    | 备注 |
|--------|----|----|----|----|-----------|-----------|-----------|----|------|--------|------|----|----|
|        |    |    |    |    |           |           |           |    |      | 活度(Bq) | 贮存方式 | 数量 |    |
| 本项目不涉及 |    |    |    |    |           |           |           |    |      |        |      |    |    |

**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      | 气体 | 无    | /  | /    | 少量          | /     | /    | 排出设备和车间外自然分解 |
| 氮氧化物    | 气体 | 无    | /  | /    | 少量          | /     | /    | 排出设备和车间外自然分解 |
| 废 X 射线管 | 固态 | 无    | /  | /    | 3~5 年更换 1 次 | /     | /    | 由设备厂家更换后回收处理 |

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，气态单位为 mg/Kg；年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废弃物要注明，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) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》2003 年 10 月 1 日；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》国务院第 449 号令，2019 年 3 月 2 日修订；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院第 682 号令，自 2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，环境保护总局令第 31 号，2021 年 1 月 4 日修订；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版）；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令），2011 年 5 月 1 日起实施；</p> <p>(9) 《关于发布射线装置分类的公告》（公告 2017 年 第 66 号），原环境保护部 国家卫生和计划生育委员会，2017 年 12 月 5 日发布；</p> <p>(10) 《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》（中华人民共和国生态环境部公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 24 日印发）；</p> <p>(11) 《河南省辐射污染防治条例》，2016 年 3 月 1 日起实施；</p> <p>(12) 《河南省突发环境事件应急预案》（豫政办〔2022〕10 号），2022 年 1 月 20 日；</p> <p>(13) 《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> |
| 技术标准 | <p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(2) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；</p> <p>(3) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；</p> <p>(4) 《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》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(6) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|    |                                                                                                                                                                                                      |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p>(7) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；</p> <p>(8) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）；</p> <p>(9) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）；</p> <p>(10) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）第 1 号修改单（国卫通〔2017〕23 号）。</p> |
| 其它 | <p>(1) 委托书</p> <p>(2) 项目概况</p> <p>(3) 建设单位简介、平面布置图、建设单位关于本项目辐射工作人员和公众人员年有效剂量管理目标值选取的说明等。</p>                                                                                                         |

**表 7 保护目标与评价标准**

### 7.1 评价范围

按照《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）的规定“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（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”，本项目射线装置均设置有实体屏蔽物，因此，确定本项目评价范围为每台射线装置辐射防护铅屏蔽体周围 50m 范围内的区域。

### 7.2 保护目标

本项目评价范围内无居民住宅等环保目标，本项目的保护目标主要为项目周围 50m 范围内该公司从事本项目的辐射工作人员、辐射工作场所周围其他非辐射工作人员。

表 7-1 本项目主要环保目标一览表

| 序号 | 环保目标           | 方位、距离                               | 受影响人数     | 照射类型 | 年附加剂量管理目标 |
|----|----------------|-------------------------------------|-----------|------|-----------|
| 1  | 辐射工作人员         | 每台在线 X-RAY 检测机前侧约 1m                | 8 人       | 职业照射 | 5mSv/a    |
|    |                | 每台 CT 前侧约 1m                        | 4 人       |      |           |
| 2  | 设备周围工作的非辐射工作人员 | 在线 X-RAY 检测机区域东侧最近的氦检工作人员，约 2m      | 4 人       | 公众照射 | 0.1mSv/a  |
| 3  |                | 在线 X-RAY 检测机区域东侧 50m 内工作人员，约 26-50m | 16 人      |      |           |
| 4  |                | 在线 X-RAY 检测机区域西侧最近的封口工作人员，约 2m      | 4 人       |      |           |
| 5  |                | 在线 X-RAY 检测机区域西侧 50m 内工作人员，约 8-50m  | 16 人      |      |           |
| 6  |                | 在线 X-RAY 检测机区域北侧 50m 内工作人员，约 7-50m  | 8 人       |      |           |
| 7  |                | CT 检测室西侧填丝补焊间工作人员，约 8m              | 2 人       |      |           |
| 8  |                | CT 检测室西侧 50m 内工作人员，约 17-50m         | 16 人      |      |           |
| 9  |                | CT 检测室东侧 50m 内走道流动人员，约 27m          | M2 车间流动人员 |      |           |
| 10 |                | 在线 X-RAY 检测机和 CT 检测室南侧 50m 内工作人员    | 厂区流动人员    |      |           |

### 7.3 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

## B1 剂量限值

### B1.1 职业照射

#### B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），  
20mSv；

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

### B1.2 公众照射

#### B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

b) 年有效剂量，1mSv。

建设单位取其十分之一即 0.1mSv 作为公众人员的年剂量管理目标值。

## 6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

### 6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

### 6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

6.4.2.2 注册者和许可证持有者应：

a) 采用适当的手段划出监督区的边界；

b) 在监督区入口处的适当地点设立标明监督区的标牌；

c) 定期审查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

## (2) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

本标准规定了 X 射线和 $\gamma$ 射线探伤的放射防护要求。本标准适用于使用 600kV 及以下的 X 射线探伤机和 $\gamma$ 射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业 CT 探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。本标准不适用于加速器和中子探伤机进行的工业探伤工作。

### 4、使用单位放射防护要求

4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。

4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。

4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ98 的要求进行职业健康监护。

4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T9445 要求的无损探伤人员资格。

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

4.6 应制定辐射事故应急预案。

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合下表的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。

表 7-2 本项目主要环保目标一览表

| 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                   |

### 6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T 250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平, 对放射工作场所, 其值应不大于  $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ , 对公众场所, 其值应不大于  $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ;

b) 屏蔽体外  $30\text{cm}$  处周围剂量当量率参考控制水平应不大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足:

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时, 探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3;

b) 对没有人员到达的探伤室顶, 探伤室顶外表面  $30\text{cm}$  处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取  $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置, 应在门(包括人员进出门和探伤工件进出门)关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中, 防护门被意外打开时, 应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时, 每台装置均应与防护门联锁。

6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置, 并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间, 以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别, 并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置, 在操作室的操作台应有专用的监视器, 可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳, 确保出现紧急事故时, 能立即停止照射。按钮或拉绳的安装, 应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签, 标明使用方法。

6.1.10 探伤室应设置机械通风装置, 排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯

等防护安全措施。

6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

6.2.4 交接班或当班使用便携式 X-γ剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X-γ剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

6.2.5 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。

6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。

6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大等特殊原因必须开门探伤的，应遵循本标准第 7.1 条～第 7.4 条的要求。

### (3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

#### 3.1 探伤室辐射屏蔽的剂量率参考控制水平

3.1.1 探伤室墙（本项目指设备屏蔽体）和入口门外周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周周围剂量当量（以下简称周剂量）应满足下列要求：

a) 周剂量参考控制水平（ $H_c$ ）和导出剂量率参考控制水平（ $\dot{H}_{c,d}$ ）

1) 人员在关注点的周剂量参考控制水平 $H_c$ 如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

公众： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

2) 相应 $\dot{H}_{c,d}$ 的导出剂量率参考控制水平（ $\mu\text{Sv}$ ）按式（7-1）计算：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \dots \dots \dots (7-1)$$

式中：

$H_c$  一周剂量参考控制水平，单位为微希每周（ $\mu\text{Sv/周}$ ）；

$U$  一探伤装置向关注点照射的使用因子；

$T$  一人员在关注点驻留的居留因子；

$t$  一探伤装置周照射时间，单位为小时每周（ $\text{h/周}$ ）；

b) 关注点最高剂量率参考控制水平  $H_{c, \max}$

$$H_{c, \max} = 2.5\mu\text{Sv/h}$$

c) 关注点剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$ ：

$\dot{H}_c$  为上述 a) 中的  $H_{c,d}$  和 b) 中的  $H_{c, \max}$  二者的较小值。

3.1.2 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，距探伤室顶外表面 30cm 处和（或）在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，辐射屏蔽的剂量参考控制水平同 3.1.1。

b) 除 3.1.2a) 的条件外，应考虑下列情况：

1) 穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的透射辐射在相应关注点的剂量率总和，应按 3.1.1c) 的剂量率参考控制水平  $H_c(\mu\text{Sv/h})$  加以控制。

2) 对不需要人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为  $100\mu\text{Sv/h}$ 。

## 3.2 需要屏蔽的辐射

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽，不需考虑进入有用线束区的散射辐射。

3.2.2 散射辐射考虑以  $0^\circ$  入射探伤工件的  $90^\circ$  散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（HVL）。

## 3.3 其他要求

3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工

件探伤室。可以仅设人员门。探伤室人员门宜采用迷路的形式。

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开有用线束照射的方向。

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压与相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间，常用的材料为混凝土、铅和钢板等。

#### (4) 本项目管理目标

综上所述，本次评价综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）和《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）等评价标准，以及建设单位制定的管理目标，确定本项目的管理目标。

##### (1) 年有效剂量管理目标值

人员年附加有效剂量评价采用建设单位制定的年有效剂量管理目标值：职业人员 5.0mSv/a；公众人员 0.1mSv/a。

##### (2) 周围剂量当量率

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）和《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）3.1.1 条款导出的剂量率参考控制水平和建设单位管理目标值，本项目铅防护房周围关注点剂量当量率的限值要求见下表。

表 7-3 本项目关注点处剂量率控制水平一览表

| 关注点     | 具体位置描述                | 周剂量参考控制水平 $H_c$<br>( $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ) | 周照射时间 $t$<br>(h) | 使用因子 $U$ | 居留因子 $T$ | 导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$<br>( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) | 最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$<br>( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) | 关注点剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$<br>( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) |
|---------|-----------------------|------------------------------------------------|------------------|----------|----------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| CT 扫描系统 |                       |                                                |                  |          |          |                                                            |                                                              |                                                         |
| A       | 铅房右侧外 0.3m 处          | 100                                            | 1.39             | 1        | 1        | 71.9                                                       | 2.5                                                          | 2.5                                                     |
| B       | 铅房左侧外 0.3m 处          | 100                                            | 1.39             | 1        | 1/5      | 359.7                                                      | 2.5                                                          | 2.5                                                     |
| C       | 铅房前面外 0.3m 处<br>(操作位一 | 100                                            | 1.39             | 1        | 1        | 71.9                                                       | 2.5                                                          | 2.5                                                     |

|            |                                            |     |      |   |      |        |     |     |
|------------|--------------------------------------------|-----|------|---|------|--------|-----|-----|
|            | 侧)                                         |     |      |   |      |        |     |     |
| D          | 铅房后侧外<br>0.3m 处                            | 100 | 1.39 | 1 | 1/5  | 359.7  | 2.5 | 2.5 |
| E          | 铅房顶部外<br>0.3m 处                            | 100 | 1.39 | 1 | 1/16 | 1151.1 | 2.5 | 2.5 |
| 在线X-RAY检测机 |                                            |     |      |   |      |        |     |     |
| F          | 主铅房顶面<br>外 0.3m 处                          | 100 | 1.67 | 1 | 1/16 | 59.9   | 2.5 | 2.5 |
| G          | 主铅房前面<br>(检修门侧)<br>外 0.3m 处<br>(操作位一<br>侧) | 100 | 1.67 | 1 | 1    | 119.8  | 2.5 | 2.5 |
| H          | 主铅房后面<br>外 0.3m 处                          | 100 | 1.67 | 1 | 1/2  | 59.9   | 2.5 | 2.5 |
| I          | 两侧小铅房<br>(检修门侧)<br>侧外 0.3m 处               | 100 | 1.67 | 1 | 1    | 479.0  | 2.5 | 2.5 |
| J          | 两侧小铅房<br>(无检修门<br>侧)侧外 0.3m<br>处           | 100 | 1.67 | 1 | 1/8  | 958.1  | 2.5 | 2.5 |

本项目要求铅防护房周围关注点剂量当量率的限值要求为 2.5μSv/h。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 环境质量和辐射现状

为了解项目拟建环境的辐射背景值，我公司委托具有相应监测资质且在河南省生态环境厅备案的河南凯洁检测技术有限公司（证书编号为：241612050418）于 2026 年 6 月 16 日对项目拟建区域进行了辐射环境水平本底检测。

8.1 项目地理和场所位置

8.1.1 项目地理位置

中创新航科技（信阳）有限公司位于河南省信阳市潢川县豫东南大道 1 号，公司西侧为振兴大街，南侧为新航路，东侧为延安大街，北侧为空地。地理位置图见图 1-1。

8.1.2 项目场所位置

本项目涉及的 6 台射线装置拟安装在 M2 电芯车间。M2 电芯车间东侧 50 米范围内为厂区道路和厂区外的延安大街，南侧 50 米范围内由东向西分别为 H1 甲类库、N2 电解液储罐、W1 结构件库、C2 锅炉房、C1 动力站，西侧 50 米范围内为预留用地，北侧 50 米范围内为厂区道路、W3 丙类库（S1 固废站）、W2 成品库、T1 废水站。M2 电芯车间周围环境关系及公司厂区平面布置见图 1-2。

8.2 监测内容

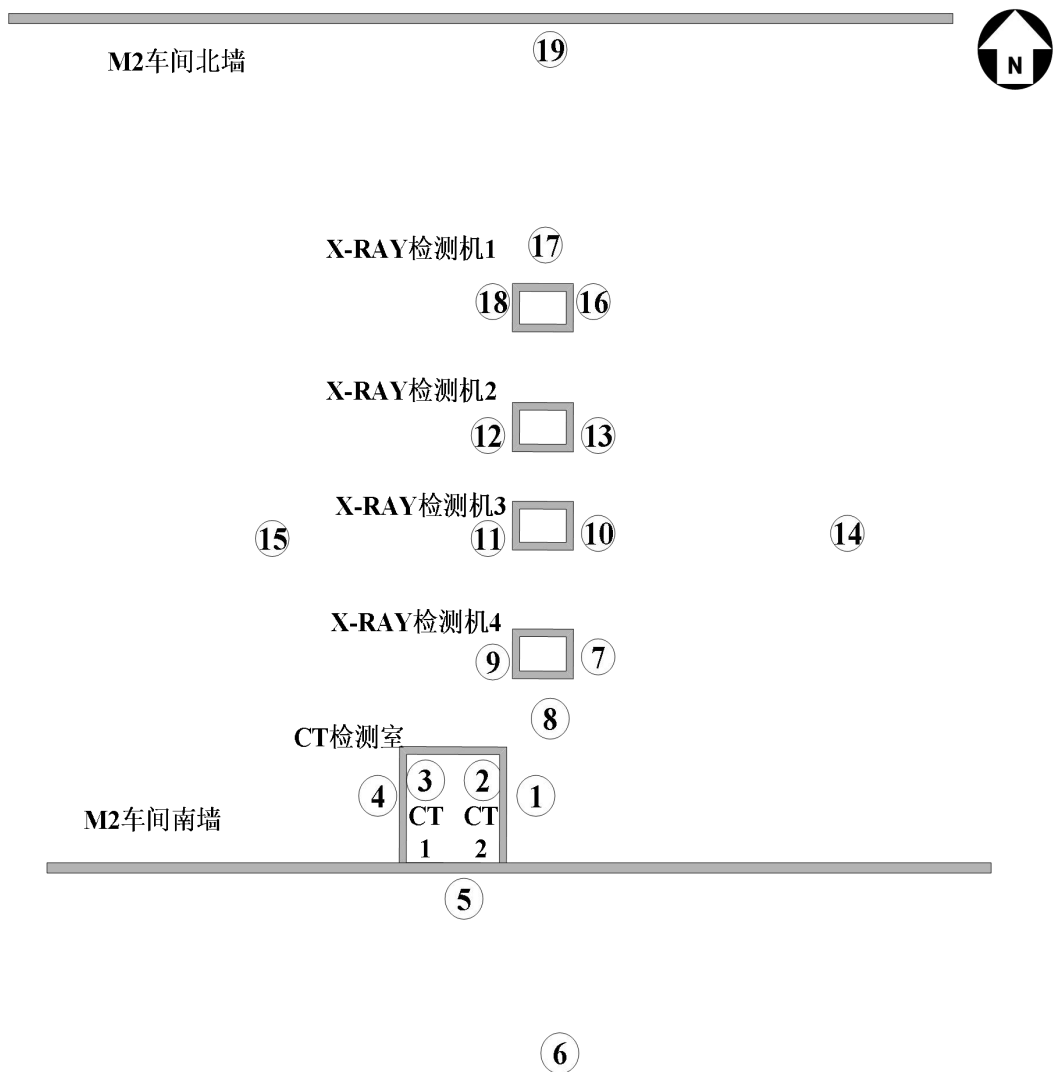
- （1）监测因子：环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率。
- （2）监测时间：2026 年 6 月 16 日。
- （3）监测条件：天气：晴、气温：30.6℃、相对湿度：48%。
- （4）监测仪器

表 8-1 便携式 x- $\gamma$ 剂量率仪参数

|      |                          |
|------|--------------------------|
| 仪器名称 | 便携式辐射监测仪                 |
| 仪器型号 | KR5000                   |
| 出厂编号 | 2450118                  |
| 量程   | 0.01 $\mu$ Gy/h~100mGy/h |
| 能量范围 | 20keV~7MeV               |
| 检定单位 | 上海市计量测试技术研究院             |
| 有效日期 | 至 2026 年 11 月 10 日       |
| 证书编号 | 2025H21-10-6202685001    |

8.3 监测布点

在拟建区域四周主要环境保护目标处、操作位，以及 50 米范围内代表性的点位处，具体监测点位示意图见



II类射线装置检测布点图  
图 8-1 项目区域检测布点示意图

#### 8.4 质量保证措施

- 1.监测单位取得检验检测机构资质认定证书，使用的所有监测仪器经过计量单位校准合格并在有效期内；
- 2.所有项目按国家有关规定及质控要求进行质量控制；
- 3.检测人员均经过培训，并持证上岗；
- 4.监测分析方法采用国家颁布的标准（或推荐）分析方法；
- 5.检测仪器已经期间核查，保证检测数据的准确；

6.所有记录、分析结果及检测报告均经过三级审核。

## 8.5 检测结果及分析

项目拟建区域辐射环境现状检测结果见表 8-2，检测布点图见图 8-1。

表 8-2 辐射环境现状检测结果

| 编号 | 检测点位描述                     | 检测结果 ( $\mu\text{Gy/h}$ ) | 备注      |
|----|----------------------------|---------------------------|---------|
| 1  | CT 检测室东侧                   | $0.06\pm 0.007$           | 室内、水泥地面 |
| 2  | CT-2 操作位                   | $0.06\pm 0.005$           |         |
| 3  | CT-1 操作位                   | $0.07\pm 0.005$           |         |
| 4  | CT 检测室西侧                   | $0.06\pm 0.005$           |         |
| 5  | CT 检测室南侧                   | $0.05\pm 0.005$           | 室外、水泥地面 |
| 6  | 6 台射线装置拟使用区域南侧约 50m        | $0.06\pm 0.005$           | 室内、水泥地面 |
| 7  | 拟安装 X-RAY 检测机 4 东侧(氦检工位 4) | $0.04\pm 0.005$           |         |
| 8  | 拟安装 X-RAY 检测机 4 南侧         | $0.05\pm 0.005$           |         |
| 9  | 拟安装 X-RAY 检测机 4 西侧(封口工位 4) | $0.03\pm 0.005$           |         |
| 10 | 拟安装 X-RAY 检测机 3 东侧(氦检工位 3) | $0.04\pm 0.005$           |         |
| 11 | 拟安装 X-RAY 检测机 3 西侧(封口工位 3) | $0.04\pm 0.005$           |         |
| 12 | 拟安装 X-RAY 检测机 2 西侧(封口工位 2) | $0.04\pm 0.005$           |         |
| 13 | 拟安装 X-RAY 检测机 2 东侧(氦检工位 2) | $0.04\pm 0.005$           |         |
| 14 | 6 台射线装置拟使用区域东侧约 50m        | $0.04\pm 0.005$           |         |
| 15 | 6 台射线装置拟使用区域西侧约 50m        | $0.04\pm 0.005$           |         |
| 16 | 拟安装 X-RAY 检测机 1 东侧(氦检工位 1) | $0.05\pm 0.004$           |         |
| 17 | 拟安装 X-RAY 检测机 1 北侧         | $0.04\pm 0.005$           |         |
| 18 | 拟安装 X-RAY 检测机 1 西侧(封口工位 1) | $0.05\pm 0.005$           |         |
| 19 | 6 台射线装置拟使用区域北侧约 50m        | $0.04\pm 0.005$           |         |
| 20 | 厂区门口(靠近 M2 车间大门)           | $0.06\pm 0.005$           | 室外、水泥地面 |

注：测点处宇宙射线响应值为  $0.01\mu\text{Gy/h}$ ，空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393-2018 进行换算， $^{137}\text{Cs}$  作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取  $1.20\text{Sv/Gy}$ 。检测结果按照《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021) 公式(1) 计算得出，检测结果已扣除宇宙射线响应值。

根据检测结果显示，中创新航科技(信阳)有限公司II类射线装置应用项目拟建区域环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率检测值在  $0.04\sim 0.07\mu\text{Gy/h}$  之间，厂区门口处环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率检测值为  $0.06\mu\text{Gy/h}$ ，项目区域不存在辐射异常点。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 设备组成及参数

(1) CT 扫描系统

1) CT 扫描系统组成

该装置由带铅板防护的射线扫描室、电气控制柜和数据处理工作站组成，其中带铅钢结构的扫描室内部有载物台、运动定位系统、射线源及成像系统（平板探测器）组成。该检测装置的射线源固定，辐射角度 30°，射线管不可旋转。载物台用于放置待检工件，可 360°旋转，且可前后左右上下移动。辅助设备包括 X 射线显示灯、触摸显示屏及操作面板组成。操作面板（即操作台）位于屏蔽铅房前侧，功能与常规操作台相同，操作面板设计有“钥匙开关”、显示器、出束指示、紧急停机按钮和辐射警告标志，通过显示器能够知晓管电压、管电流、照射时间及设定值等。数据处理工作站为计算机处理系统，位于屏蔽铅房外。

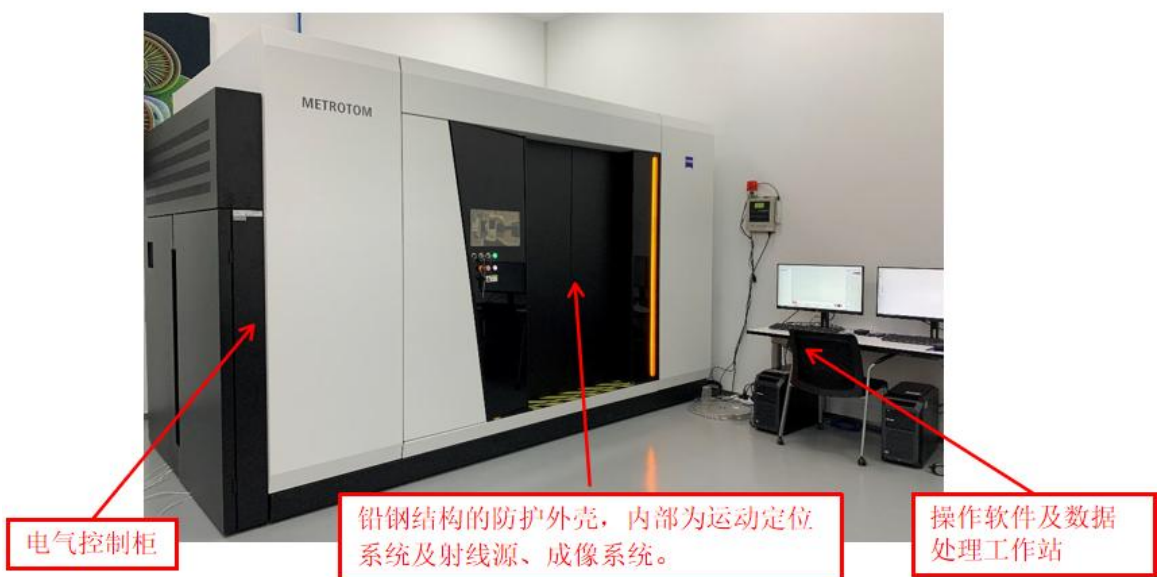


图 9-1 CT 扫描系统外观及组成

操作面板的主要功能为：1、控制装置内的 X 射线管的出束管电流及管电压，以及 X 射线管的出束与停止出束。2、可控制装置内的高精度转台，可以控制被测物体的方位与角度，使其在平板探测器上呈现出清晰的图像。3、可以控制工件门的开关及其他系统的运行。扫描室的功能是为装置的 X 射线管、高精度转台、平板探测器提供扫描空间，防止射线的泄漏。电气控制柜主要是为设备的各项系统提供电力供给，保证设备平稳运行。

数据处理工作站的主要功能是将平板探测器上形成的图像以数字化的形式传送至数据处理工作站，可在数据处理工作站的显示器上呈现出被测物体的清晰结构图像，工作人员可清晰的看到工件的缺陷。

该工业 CT 检测装置购置的射线管出厂时不含额外的防护铅罩，在厂内组装过程中在射线管头增加了额外的铅防护外壳（罩），其结构由厚度为 5mm 铅板和 2mm 钢板组成。射线管交付给客户带有铅防护罩的照片见图 9-2。



图 9-2 射线管带有铅防护罩的照片

该工业 CT 检测装置整体尺寸为 3700mm 长×1810mm 宽×2440mm 高。装置设有一道工件门，尺寸为 1044mm 长×1900mm 高，供工件出入，同时作为检修门。工业 CT 检测装置外形见图 9-3。

CT 扫描系统铅防护房底部设置专用进风口，顶部设置专用排风口，防护钢板材料为 5mm 铅板+3mm，不减弱辐射防护效果。系统配置两个排风扇，正常情况系统通风量为 1800m<sup>3</sup>/h。



图 9-3 CT 扫描系统尺寸三视图 单位：mm

## 2) CT 扫描系统参数

表9-1 CT扫描系统主要参数

|                  |                                                                                                                                         |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 型号               | CT Metrotom 1500 225KV G3                                                                                                               |
| 最大管电压            | 225kV                                                                                                                                   |
| 最大管电流            | 3mA（225kV下最大管电流2.222mA）                                                                                                                 |
| 最大功率             | 500W                                                                                                                                    |
| 射线管类型            | 定向(从设备正面看自左向右)反射式射线管                                                                                                                    |
| 射线锥角             | 30°                                                                                                                                     |
| 固有滤片             | 2mm锡（Sn）                                                                                                                                |
| 距离辐射源点1m处剂量      | 3.67mSv·m <sup>2</sup> /mA·min                                                                                                          |
| 最大漏射线剂量          | 在射线管防护外壳安装条件下,距离射线管35cm四周泄漏射线值≤19 μSv/h                                                                                                 |
| 射线源距离防护铅房各个方向的距离 | 距右侧防护铅板（平板探测器侧）为1860mm;<br>距左侧防护铅板为810mm;<br>距底部防护铅板为1465mm<br>距顶部防护铅板为767mm<br>距后方防护铅板为935mm<br>距前方（操作侧）防护铅板为725mm<br>距前方上料门防护铅板为645mm |

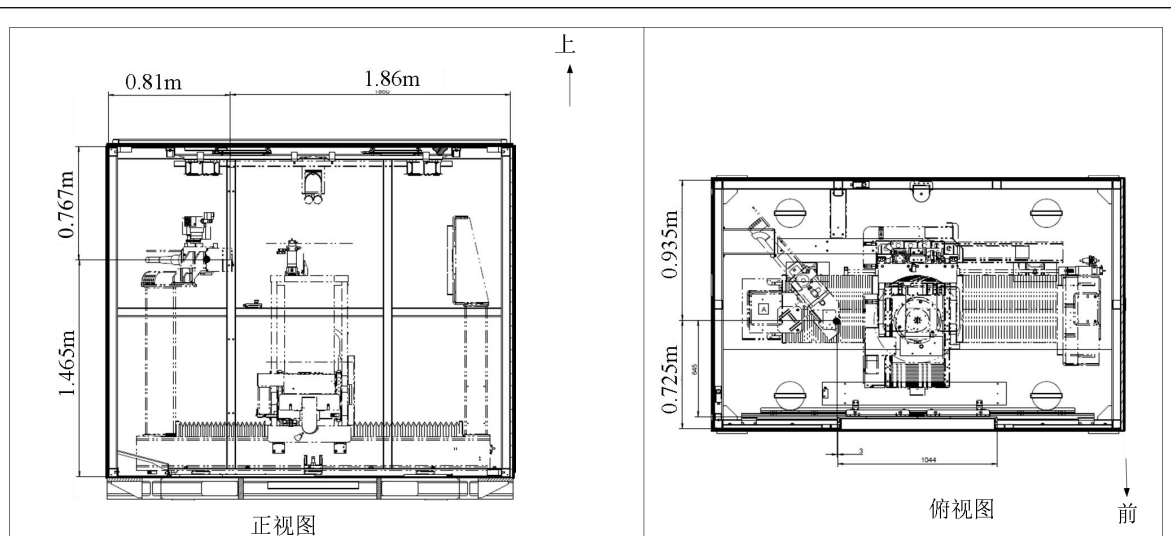


图 9-4 射线源距离防护铅房各个方向的距离示意图

## (2) 在线 X-RAY 检测机

### 1) 在线 X-RAY 检测机组成

精测 JCDR200-24 工业 X-ray 主要由三部分组成：带铅板防护的铅房、自动上下料机构、操作软件及数据处理工作站。铅钢结构防护外壳，包含电气控制柜，内部为运动定位系统及射线源、成像系统。在线 X-RAY 检测机整体组成见下图。

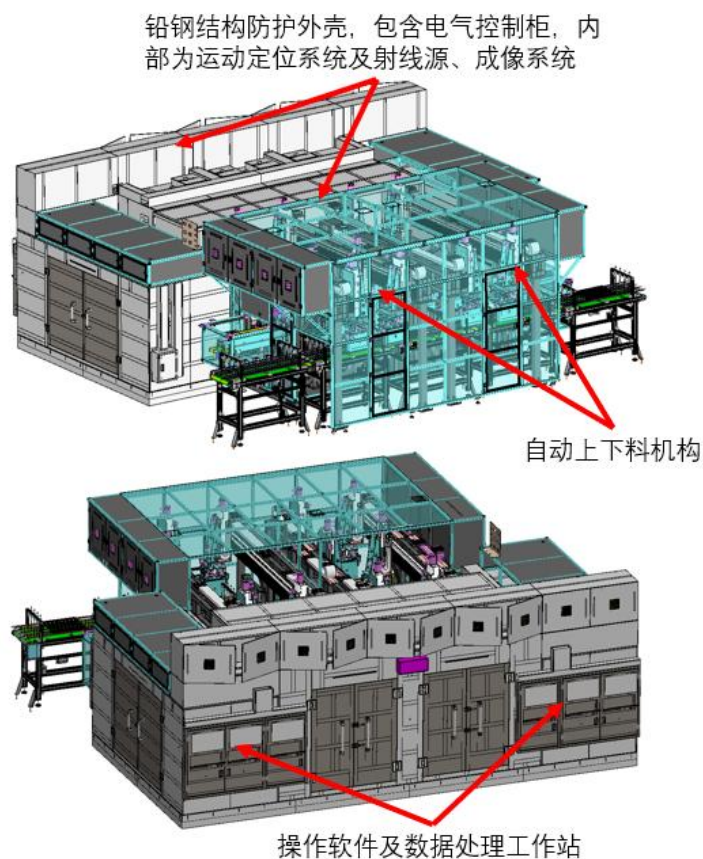


图 9-5 在线 X-RAY 检测机组成

铅房整体可分为 3 部分，分别为主铅房(扫描室)和两侧小铅房，如下图所示。

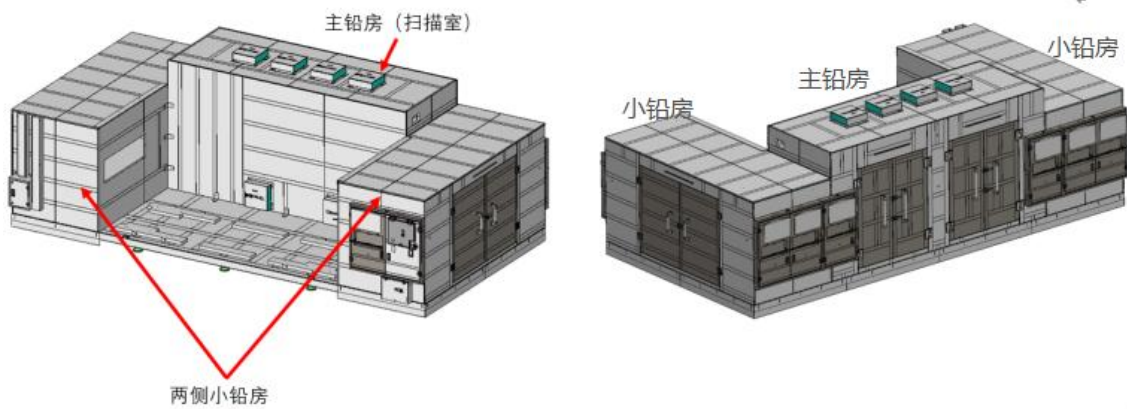
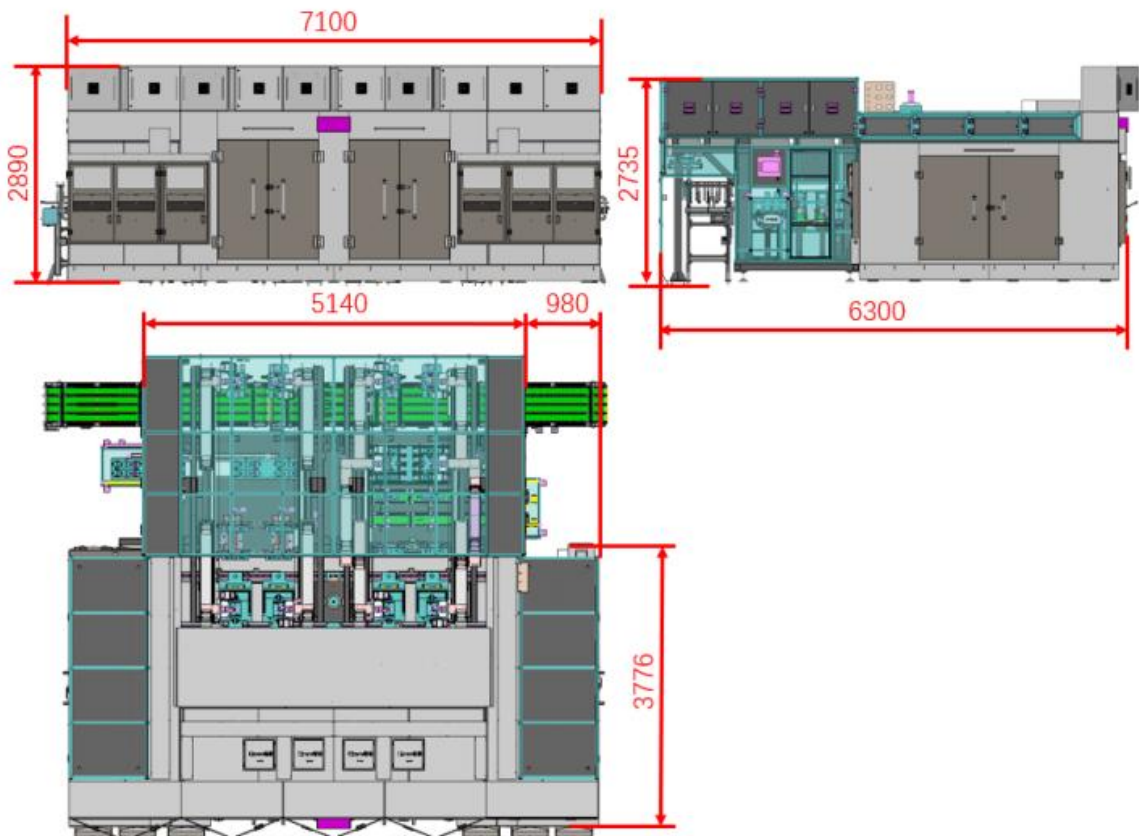


图 9-6 铅房整体组成

在线 X-RAY 检测机整体尺寸为 7100mm 长×3776mm 宽×2890mm 高。检测装置外形尺寸见图 9-7。



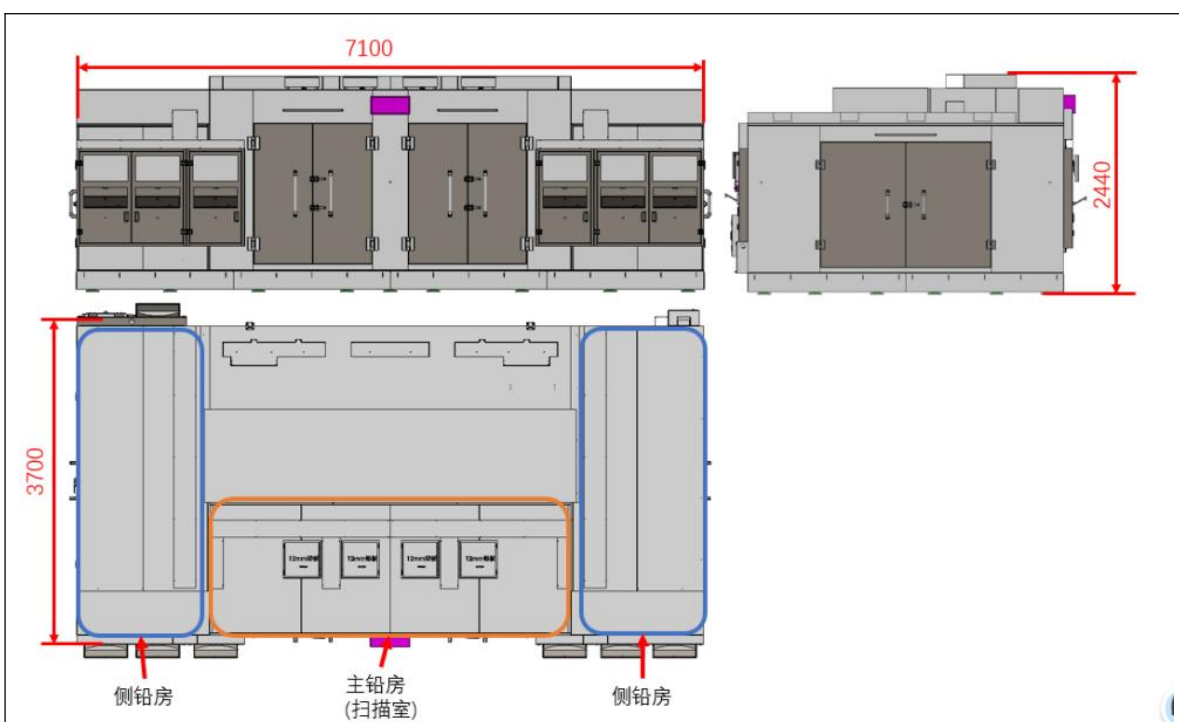


图 9-7 在线 X-RAY 检测机整体尺寸示意图 单位 mm

主铅房长 4090mm，宽 1400mm，高度 1975mm。主铅房外观尺寸示意图见下图。

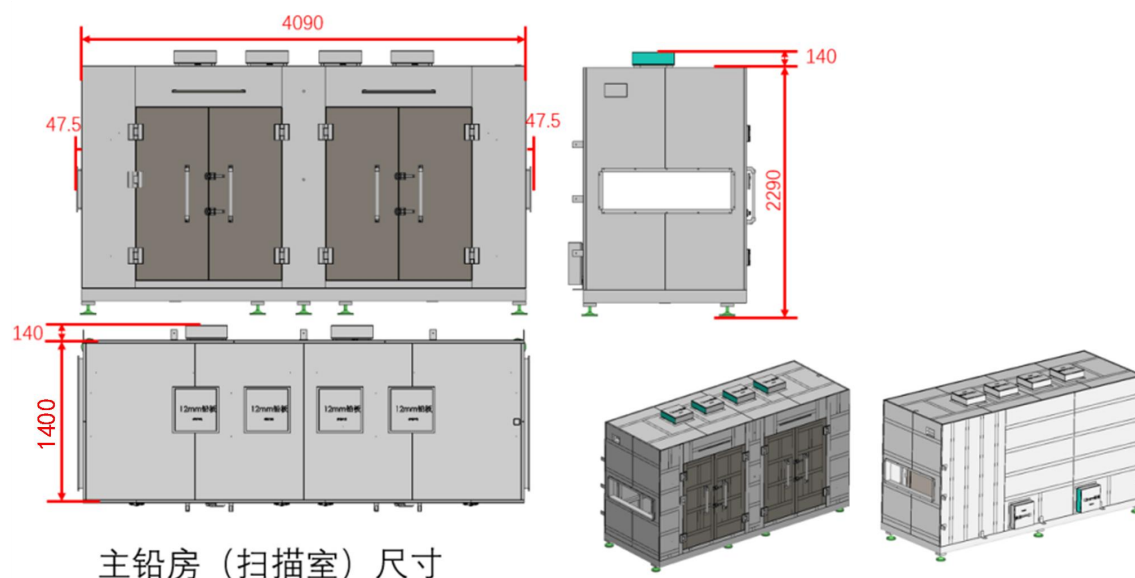


图 9-8 在线 X-RAY 检测机主铅房尺寸示意图

主铅房(扫描室)内共安装有 6 个射线源。3 个射线源从顶部向底部照射，3 个射线源从底部向顶部照射，铅房不同部位铺设铅板厚度不同，主铅房(扫描室)顶面、底面均铺设 12mm 厚度铅板，侧面铺设 8mm 厚度铅板，两侧小铅房顶面、底面及侧面均铺设 6mm 厚度铅板，所有铅板两侧均有 2mm 及以上厚度钢板包裹。

根据建设单位提供的资料，设备安装完成后 6 个射线源位置固定不动，从机器顶部来看，射线源距离主防护铅房(扫描室)各个方向的距离为：

1、射线源 1、2、3、4、5、6 距离右侧铅房内壁分别为 3430、2860、2290、1720、1150、580mm。

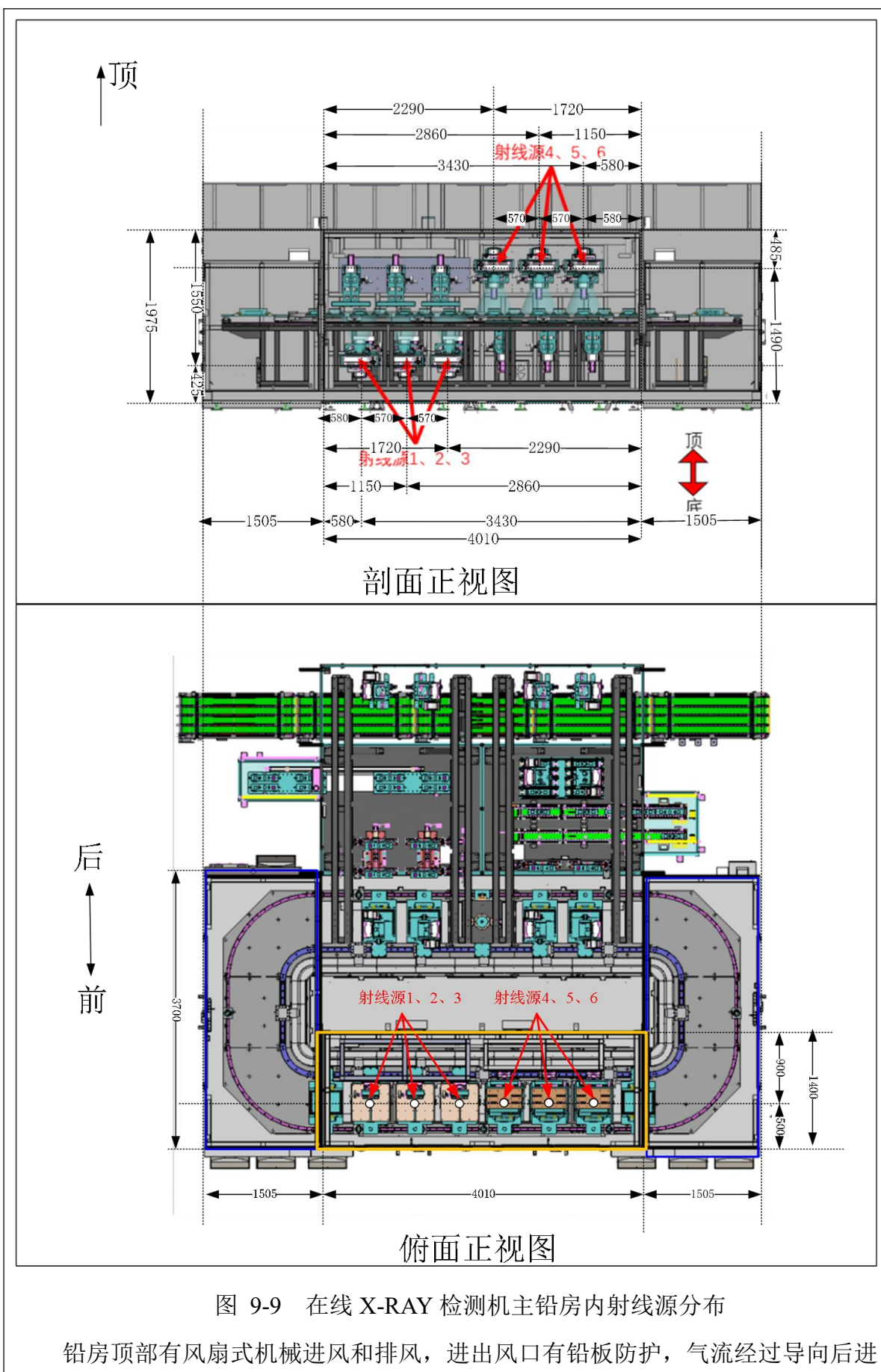
2、射线源 1、2、3、4、5、6 距离左侧铅房内壁分别为 580、1150、1720、2290、2860、3430mm。

3、射线源 1、2、3、4、5、6 距离底部铅房内壁分别为 425、425、425、1490、1490、1490mm。

4、射线源 1、2、3、4、5、6 距离顶部铅房内壁均为 1550、1550、1550、485、485、485mm。

5、射线源 1、2、3、4、5、6 距离后方铅房内壁均为 500mm。

6、射线源 1、2、3、4、5、6 距离前方铅房内壁均为 900mm。



入或排出铅房内部，最大程度上避免辐射泄漏，防护厚度为 12mm 铅板+2mm 钢板，正常工况下，单个风扇进风/排风量为 1050m<sup>3</sup>/h，铅房顶部共配置 4 个风扇，2 个进风，2 个排风，铅房侧面配置 2 个风扇，1 个进风，1 个排风，正常情况下进风/排风量为 3150m<sup>3</sup>/h。

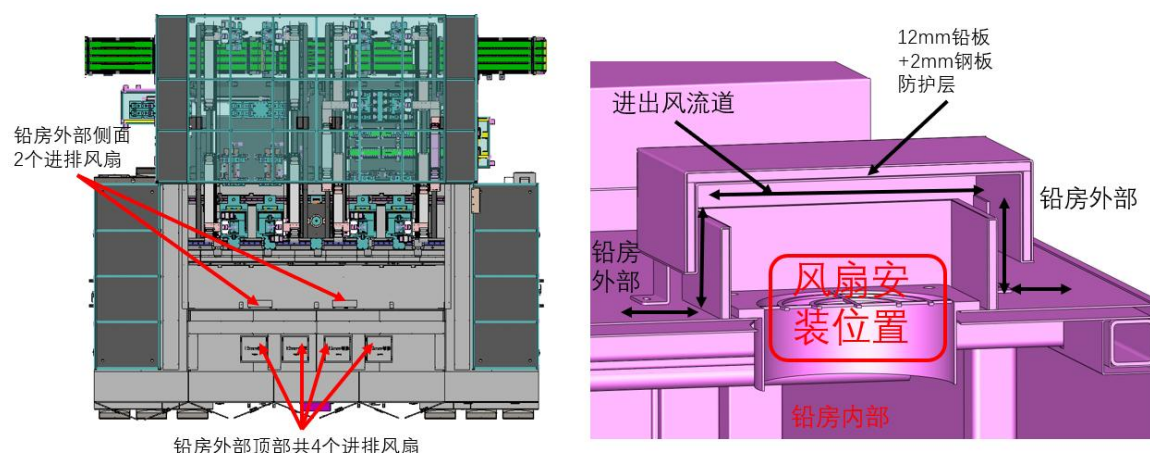


图 9-10 在线 X-RAY 检测机进/排风设计位置图

铅房整体共有 4 个检修门，2 个上下料通道口，供人员检修内部设备，物料进出铅房内部，其余部分均由铅板防护封闭，防止辐射泄漏。

铅房每个检修门上方均有一个警示灯带，射线源开启后，警示灯亮红灯，提醒操作人员。

检修门 1、2、3、4 均采用铅钢复合结构，手动双开门检修门。检修门 1、2 尺寸相同，门洞高 1516mm、宽 1265mm，门体高 1590mm、宽 1339mm；检修门 3、4 尺寸相同，门洞高 1330mm、宽 1830mm，门体高 1390mm、宽 1890mm。每个检修门均安装有安全门锁(双开门则安装 2 个安全门锁)，门锁打开，设备会报警，无法正常开启，门锁关闭后设备才可正常开启。

检修门 1、2、3、4 外(即铅房外)均设置 1~2 个急停按钮，每个检修门内(铅房内)也设置 1 个急停按钮，操作面板处设置有 1 个急停按钮，上下料外罩两侧各设置 1 个急停按钮，整机共设置有 12 个急停按钮，紧急情况下可随时切断射线源和整个机台的工作铅房内部，主铅房(扫描室)共安装 2 个监控摄像头，方便人员观察并回溯铅房内的工作情况。

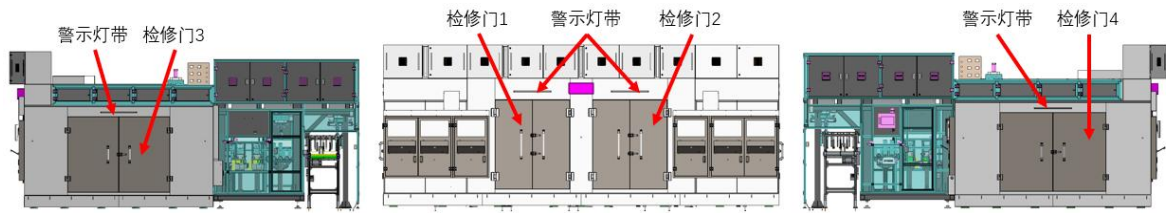


图 9-11 在线 X-RAY 检测机检修门位置图

铅房外部共安装有 1 套辐射监测仪，2 个检测探头，分别安装在铅房进出料口，若有辐射超标泄漏，可及时报警提醒操作人员。

### 2) 在线 X-RAY 检测机系统参数

表9-2 在线X-RAY检测机主要参数

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 型号               | JCDR200-24                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 最大管电压            | 200kV                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 最大管电流            | 4mA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 最大功率             | 800W                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 射线管类型            | 定向反射式射线管（3个射线源从顶部向底部照射，3个射线源从底部向顶部照射）                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 射线锥角             | 45°                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 固有滤片             | 1mm铍（Be）+2mm玻璃+9.28mm油+2mm塑料                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 距离辐射源点1m处剂量      | 28.7mGy·m <sup>2</sup> /mA·min（无厂家数据，查GBZ/T250-2014表B.1）                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 最大漏射线剂量          | 2500μSv/h（查GBZ/T250-2014表1）                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 射线源距离防护铅房各个方向的距离 | 1、射线源 1、2、3、4、5、6 距离右侧铅房内壁分别为 3430、2860、2290、1720、1150、580mm。<br>2、射线源 1、2、3、4、5、6 距离左侧铅房内壁分别为 580、1150、1720、2290、2860、3430mm。<br>3、射线源 1、2、3、4、5、6 距离底部铅房内壁分别为 425、425、425、1490、1490、1490mm。<br>4、射线源 1、2、3、4、5、6 距离顶部铅房内壁均为 1550、1550、1550、485、485、485mm。<br>5、射线源 1、2、3、4、5、6 距离后方铅房内壁均为 500mm。<br>6、射线源 1、2、3、4、5、6 距离前方铅房内壁均为 900mm。 |

### 9.1.2 工作原理

项目设备均是利用 X 射线对工件进行无损检测。产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，详见图 9-13。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出

来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面被靶突然阻挡从而产生 X 射线。

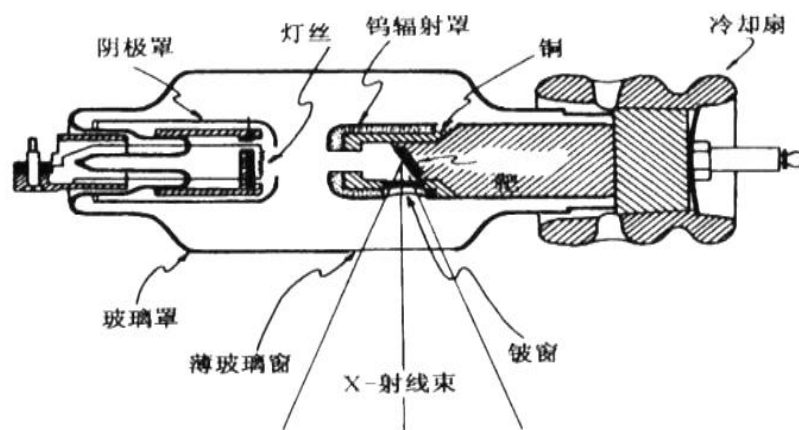


图 9-12 典型 X 射线管结构图

X 射线管可发射 X 射线束，X 射线会穿透被检测工件，击中探测器，通过数字平板探测器直接接收穿透被测对象的 X 射线，将其转换为高分辨率的数字图像，随后利用专业软件对这幅数字图像进行增强、分析与测量，从而高效地评估产品的内部结构、识别缺陷并获取其尺寸与位置等信息。

### 9.1.3 工作流程

#### 9.1.3.1 CT 扫描系统工作流程：

本项目拟使用的工业 CT 均自带屏蔽体，摆放工件时，工作人员不需要进入工业 CT 内部，将待检工件从工业 CT 扫描系统正面上料门放入试样台后进行检测，上料门关闭后必须由操作系统解控后方可打开，操作人员放置好工件、关闭好门、设置好检测参数后，设备可自动完成分析测试工作，自动保存分析数据。X 射线出束期间，操作人员一般位于设备正面外侧的操作位，出束期间无需人员干预。操作流程见图 9-13。

X 射线出束期间，操作人员一般位于设备前面外侧的操作位，距离屏蔽体约 1m 处，出束期间无需人员干预。操作人员离开现场时将关闭 CT 室的进出门，CT 室进出门均设有门禁，只有授权人员才能进入。

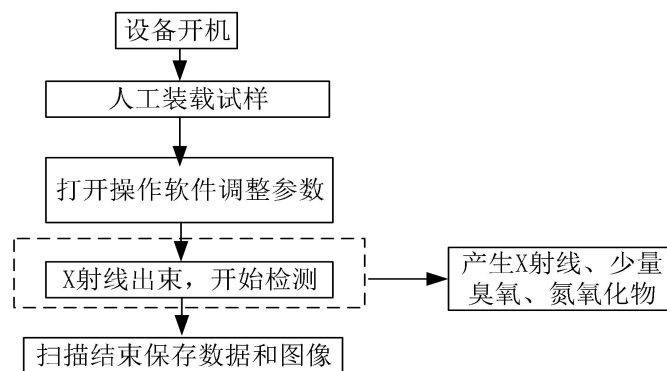


图 9-13 CT 扫描系统工作流程

### 9.1.3.2 在线 X-RAY 检测机工作流程

本项目拟使用的在线 X-Ray 检测机自带屏蔽体设备配有 6 套 X 射线管，可以同时出束，设备为全自动在线装置，人员只负责启动设备按键，X 射线出束期间人员在屏蔽体外操作台处控制，不需要进入屏蔽体。本项目设备与生产线对接，通过机械手将待检工件从生产线上自动抓取搬移进设备内部，再通过移栽输送线自动传输至屏蔽体内，通过机械手自动搬移，定位，进行检测。设备待检工件为电芯，最大结构尺寸为 309mm×32mm×112mm。操作流程见图 9-14。

X 射线出束期间，操作人员位于操作台，距离设备屏蔽体约 1m。

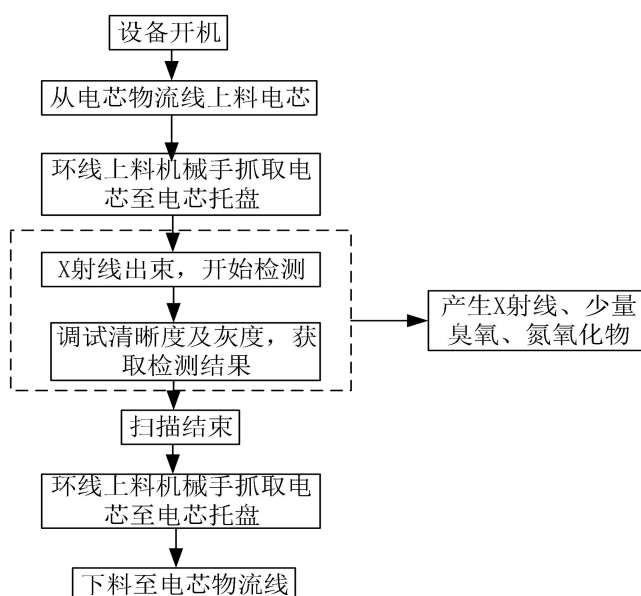


图 9-14 在线 X-RAY 检测机工作流程示意图

设备直接与电芯物流线相连接，通过取料机械手将待检工件从物流线上自动抓

取、传输进设备内部进行扫码、翻转等，再由上料机械手自动抓取、传输至主屏蔽体内进行检测，检测后，通过下料机械手自动下料搬移、翻转后，通过放料机械手自动抓取返回电芯物流线，至此完成一轮次的检测。具体路线如图 9-15 所示：待测工件从图示左侧上部处进料(从电芯物流线进入设备)→进入设备左侧副铅房进料输送线→到 X-ray 检测位进行检测→进入设备右侧副铅房出料输送线→图示右侧上部处出料(返回至电芯物流线)。

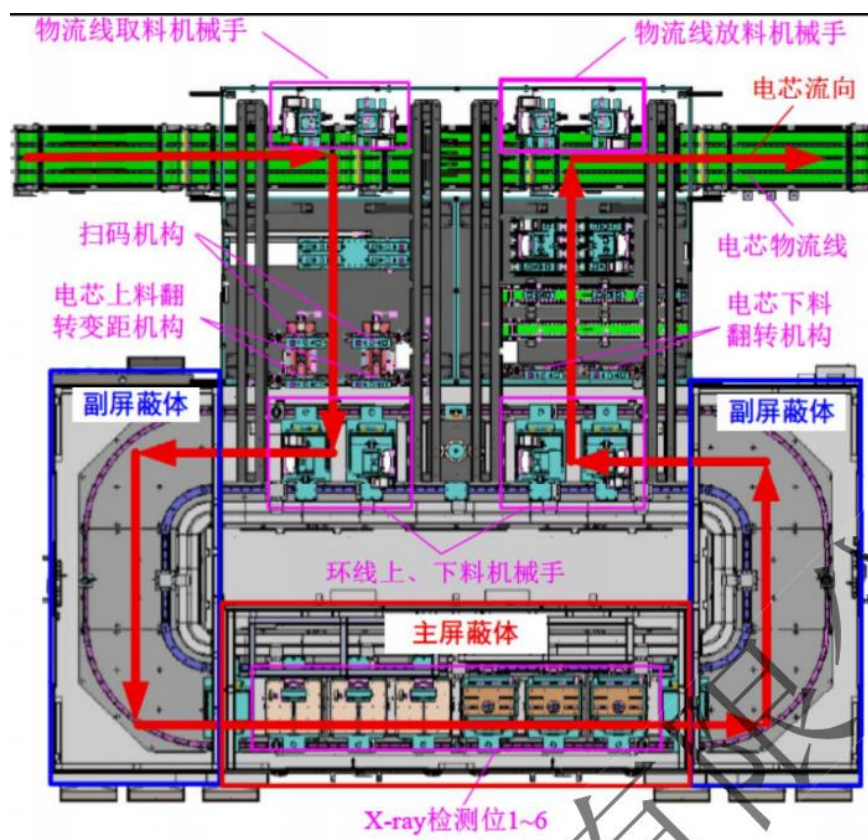


图 9-15 在线 X-RAY 检测机工作流程示意图

#### 9.1.4 工作负荷

本项目每个班次每台射线装置安排 1 名辐射工作人员，每天分 2 个班次，共计 12 名辐射工作人员。

单台在线 X-RAY 检测机每天检测 20000 个单体电池极片，全年 240 个工作日，每个单体电池成像 1 张，每张成像曝光 0.06s。则有单台在线 X-RAY 检测机年曝光时长为 80h，周曝光时长为 1.67h。

单台 CT 扫描系统年检验 3000 个电芯，全年 240 个工作日，单个电芯出片张数 1000 张，每张成像曝光 0.08s，单个电芯总曝光时长为 80s。则有单台 CT 扫描系统

年曝光时长为 66.67h，周曝光时长为 1.39h。

## 9.2 污染源项

### 9.2.1 放射性污染源分析

由本次评价的 6 台射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失的。本项目使用的 6 台射线装置只有在开机并处于出束扫描时才会发出 X 射线，因此，在出束对被检工件进行照射期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子。

### 9.2.2 非放射性污染源分析

#### （1）废气

射线装置开机曝光，产生的 X 射线与空气中的氧气、氮气作用产生少量臭氧( $O_3$ )和氮氧化物( $NO_x$ )。

#### （2）废水

本项目 6 台射线装置均采用数字成像，在显示屏上直接显示测试结果，保存电子图片，无需洗片，不涉及定影液、显影液，不产生废水。

本项目拟设置辐射工作人员 12 人，辐射工作人员工作期间产生少量生活污水。

#### （3）固废

本项目 6 台射线装置采用数字化终端成像系统，完成扫描后立即显示在显示终端上，不涉及使用胶片等显影材料等固体废物。

本项目 6 台射线装置使用寿命到期报废或损坏后产生的废弃射线管。

本项目拟设置辐射工作人员 12 人，辐射工作人员产生的少量生活垃圾。

表 10 辐射安全与防护

### 10.1 项目安全设施

#### 1.辐射工作场所布局及分区管理

CT 检测室、在线 X-RAY 检测机位于 M2 车间 53 轴~55 轴，由南到北，依次间隔 8m，7m，12m，8m。

(1) 2 台 CT 安装于 M2 车间南部的 CT 检测室东侧和西侧，操作位分别位于 CT 北侧。CT 检测室东侧为弱电间，南侧为 M2 车间外厂区道路，西侧为填丝补焊间，北侧为车间内走廊。

(2) 4 台在线 X-RAY 检测机安装于 M2 车间中部 4 条电芯生产线上，4 台在线 X-RAY 检测机拟由南向北依次排列，操作位分别位于每台在线 X-RAY 检测机西侧。

为了便于管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）要求，在本项目工作场所内实行分区管理。

控制区：由于本项目涉及的射线装置均带有屏蔽结构，拟将每台射线装置实体屏蔽体内部的区域划为控制区。

监督区：将 4 台在线 X-RAY 检测机四周 1m 范围内的区域划为监督区，将 2 台 CT 所在的 CT 检测室内部区域划为监督区。监督区内无关人员不得随意靠近，同时定期检测其辐射剂量水平。

图 10-1 为拟建项目分区管理平面布置图。

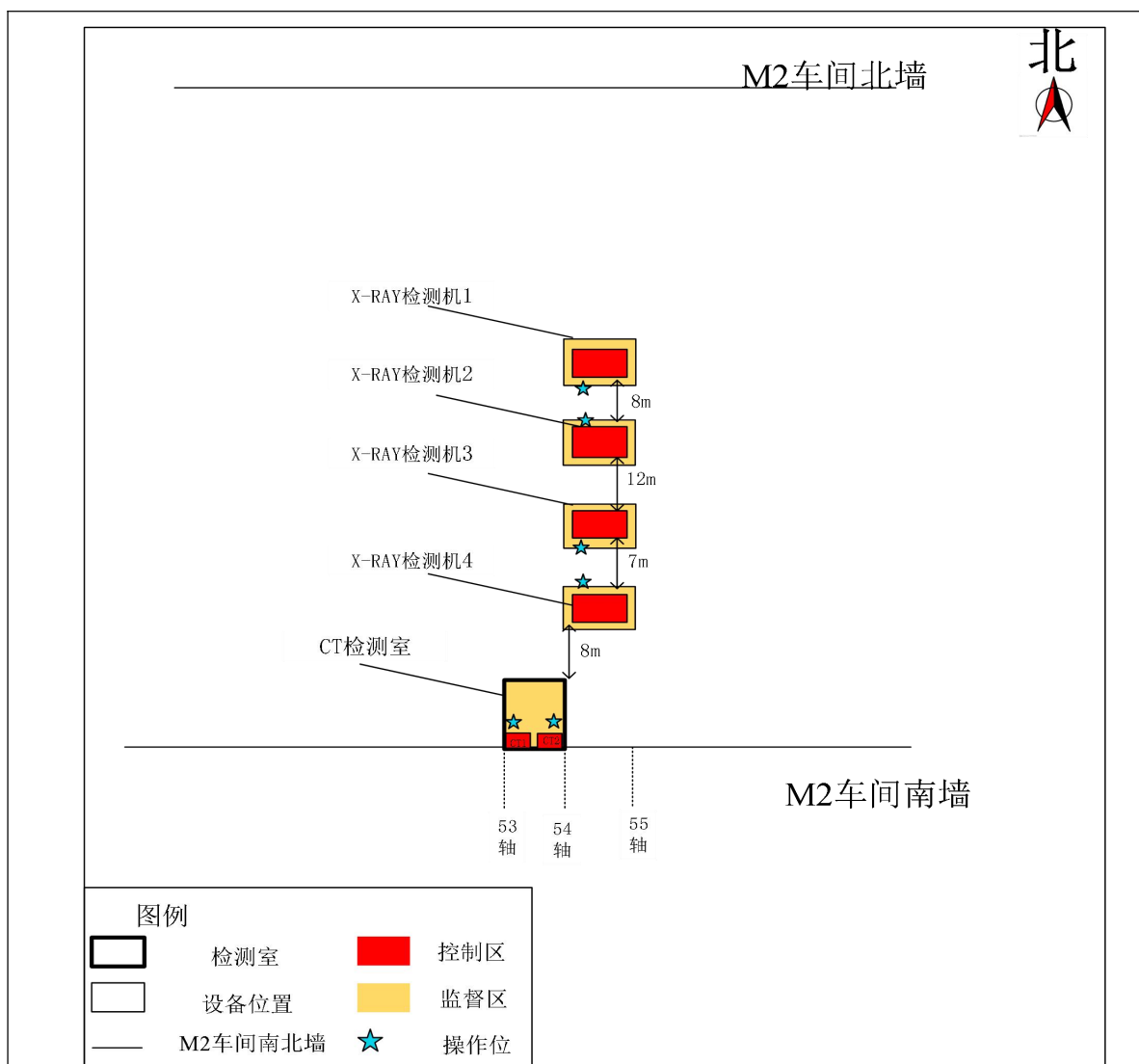


图 10-1 拟建项目分区管理平面布置图

## 2.辐射屏蔽设计

### (1) CT Metrotom 1500 225KV G3 辐射屏蔽设计

该 CT 扫描系统自带铅钢结构的全封闭防护铅房。铅房是该 CT 扫描系统屏蔽辐射的主要手段和方式，自带铅房整体尺寸约为 3700mm 长×1810mm 宽×2440mm 高。该 CT 扫描系统辐射屏蔽设计具体情况见下表。

表 10-1 CT 扫描系统铅防护房的基本情况

| 铅防护房部位     | 材料和厚度                | 等效铅厚度  |
|------------|----------------------|--------|
| 前方上料门      | 3mm 钢板+5mm 铅板+3mm 钢板 | 5mmPb  |
| 前方除上料门外的区域 | 5mm 铅板+3mm 钢板        | 5mmPb  |
| 射线源所在的左侧   | 5mm 铅板+3mm 钢板        | 5mmPb  |
| 探测器所在的右侧   | 12mm 铅板+3mm 钢板       | 12mmPb |
| 底板         | 3mm 钢板+5mm 铅板+3mm 钢板 | 5mmPb  |

|             |               |       |
|-------------|---------------|-------|
| 顶面          | 5mm 铅板+3mm 钢板 | 5mmPb |
| 后侧          | 5mm 铅板+3mm 钢板 | 5mmPb |
| 机器线缆穿孔位置    | 5mm 铅板+3mm 钢板 | 5mmPb |
| X 射线管周围     | 5mm 铅板+2mm 钢板 | 5mmPb |
| 底部进风口和顶部排风口 | 5mm 铅板+3mm 钢板 | 5mmPb |

注：①铅的密度为 11.3t/m<sup>3</sup>；钢板的密度为 7.9g/m<sup>3</sup>。  
②本评价保守考虑，不考虑钢板的屏蔽效果。

建设单位提供的本项目 CT 扫描系统防护设计资料分别见图 10-2。

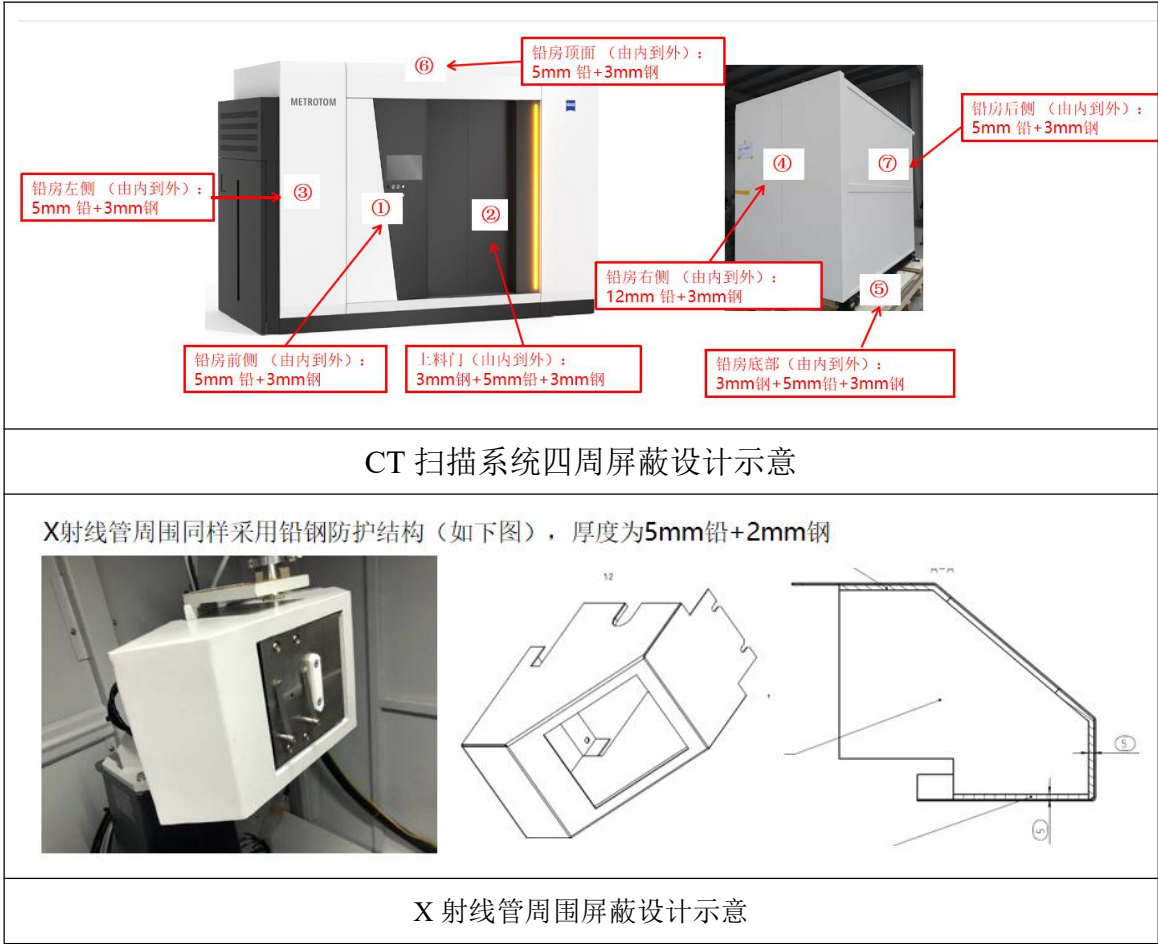
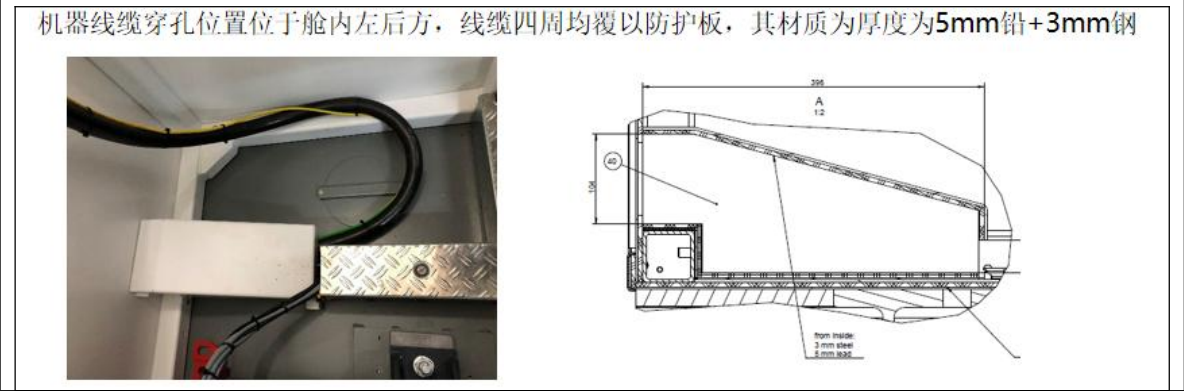


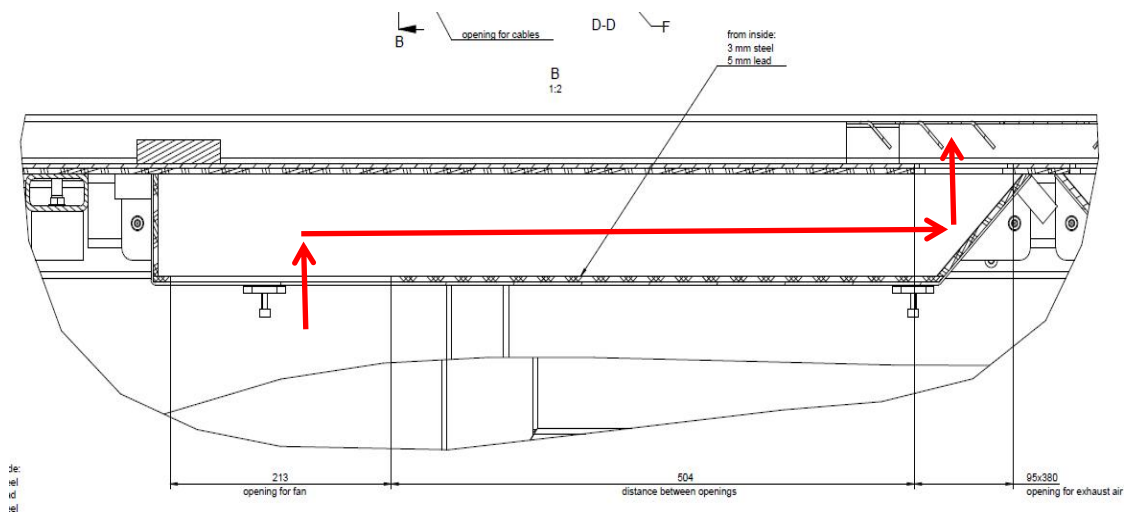
图 10-2 本项目 CT 扫描系统铅房和 X 射线管周围屏蔽设计示意图



线缆穿孔位置除屏蔽设计照片及示意



顶部风扇式排风，出风口有5mm铅+3mm钢的导风结构。



顶部排风扇屏蔽设计照片及示意

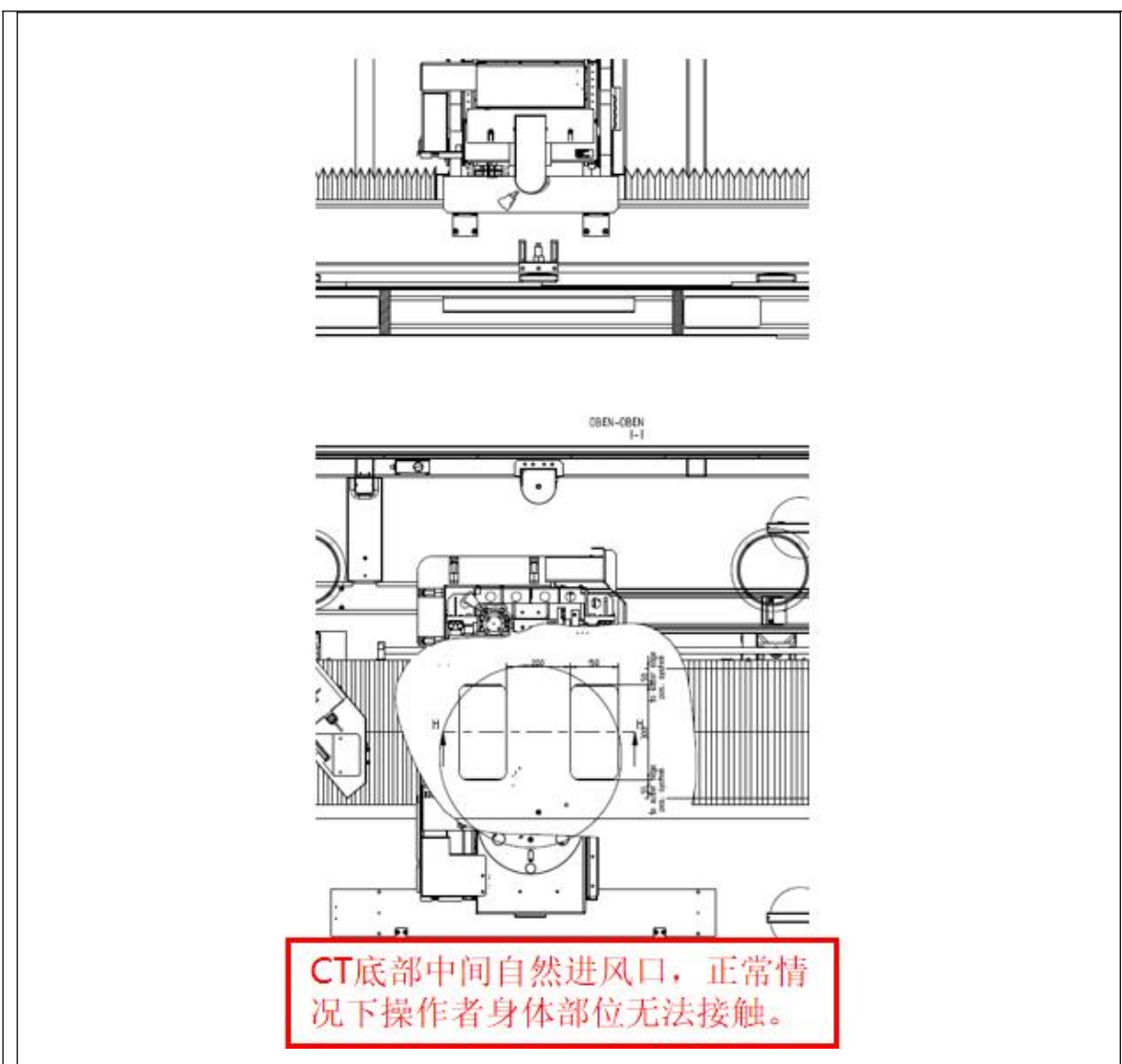


图 10-3 电缆通道和进、排风口设计图

## (2) 在线 X-RAY 检测机辐射屏蔽设计

该在线 X-RAY 检测机设计有铅钢结构的全封闭防护铅房。铅房是该在线 X-RAY 检测机屏蔽辐射的主要手段和方式，整体尺寸为 7100mm 长×3776mm 宽×2890mm 高。主铅房长 4090mm，宽 1400mm，高度 1975mm。两侧小铅房长 3700mm，宽 1505mm，高度 2440mm。该在线 X-RAY 检测机辐射屏蔽设计具体情况见下表。

表 10-2 在线 X-RAY 检测机铅防护房的基本情况

| 铅防护房部位      | 材料和厚度                 | 等效铅厚度  |
|-------------|-----------------------|--------|
| 主铅房顶面       | 2mm 钢板+12mm 铅板+2mm 钢板 | 12mmPb |
| 主铅房底部       | 2mm 钢板+12mm 铅板+2mm 钢板 | 12mmPb |
| 主铅房四周侧面及检修门 | 2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板  | 8mmPb  |
| 两侧小铅房顶面     | 2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板  | 6mmPb  |
| 两侧小铅房底面     | 2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板  | 6mmPb  |

|             |                      |        |
|-------------|----------------------|--------|
| 两侧小铅房侧面及检修门 | 2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板 | 6mmPb  |
| 顶部排风口       | 12mm 铅板+2mm 钢板       | 12mmPb |
| 电缆通道（2 个）   | 8mm 铅板+2mm 钢板        | 8mmPb  |

注：①铅的密度为 11.3t/m<sup>3</sup>；钢板的密度为 7.9g/m<sup>3</sup>。  
 ②本评价保守考虑，不考虑钢板的屏蔽效果。

建设单位提供的本项目在线 X-RAY 检测机防护设计资料分别见下图。

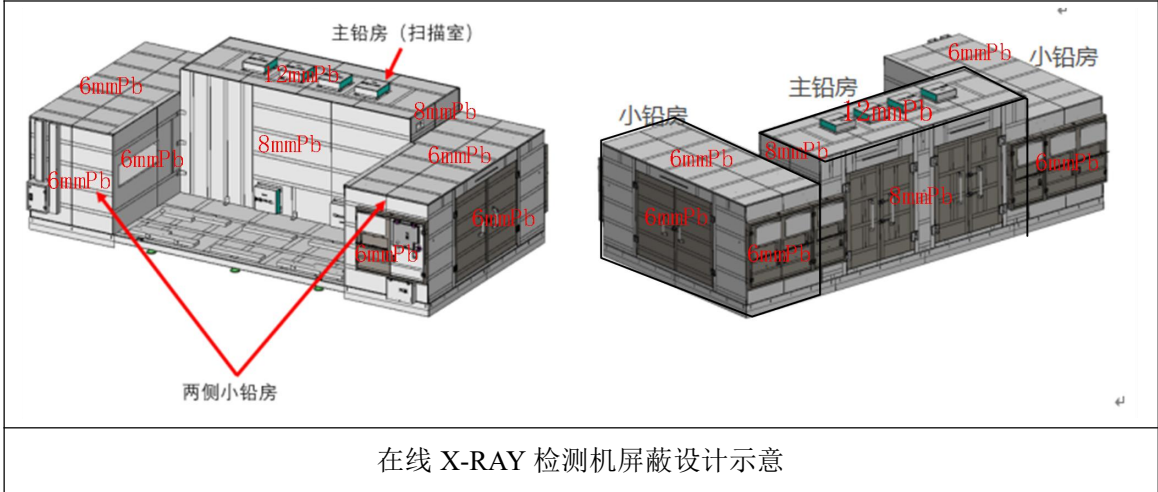
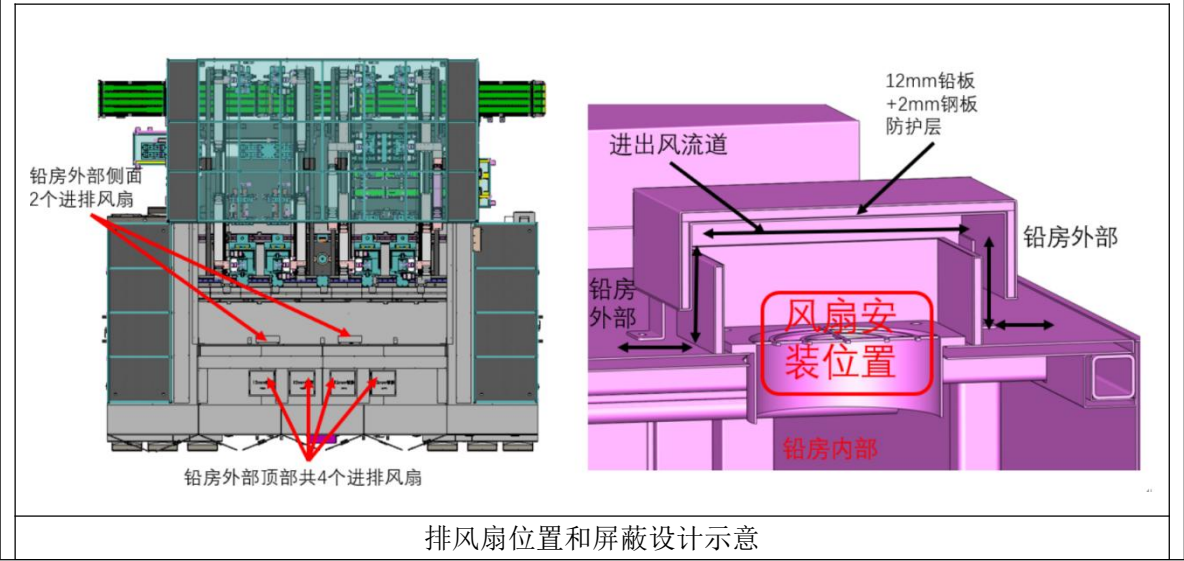


图 10-4 本项目在线 X-RAY 检测机屏蔽设计示意图



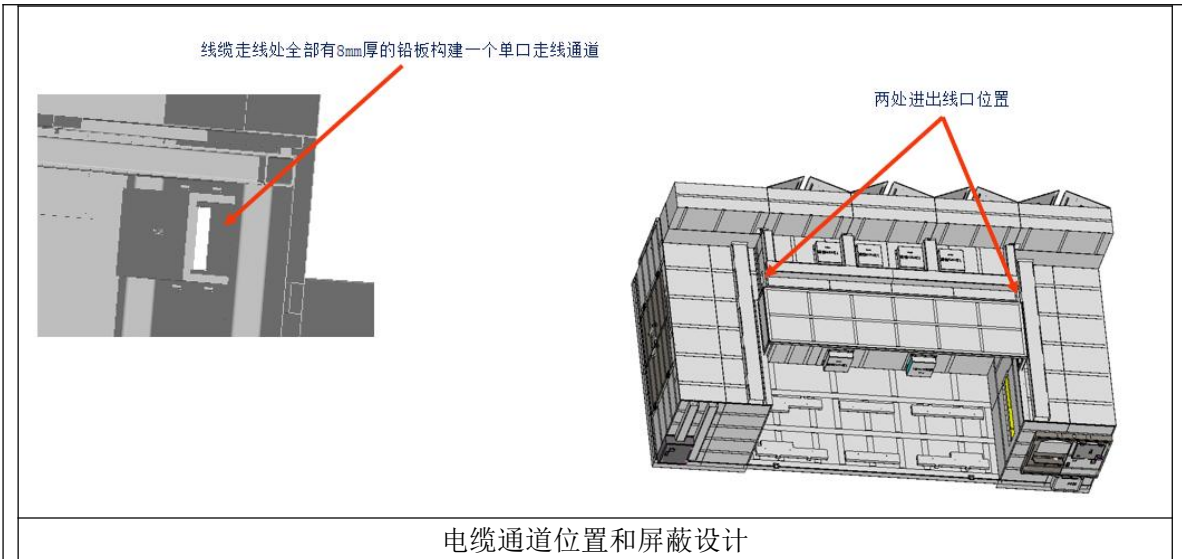


图 10-5 排风口和电缆通道设计示意图

### 3.辐射安全和防护设施及其功能

#### (1) 设备固有安全性

表 10-3 辐射安全和防护设施及其功能

| 辐射安全和防护设施           | 功能                                                                                                                                                                                |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 屏蔽设施                | 工业 CT 扫描系统和在线 X-Ray 检测机均带有钢铅结构屏蔽体，屏蔽体均由厂家针对射线特征采用一体化设计和制造，屏蔽体材料和厚度分别见表 10-1 和 10-2。                                                                                               |
| 开机时系统自检功能           | 工业 CT 扫描系统和在线 X-Ray 检测机开机并打开扫描软件后，设备均进行软硬件的开机自检，包括系统各部件的工作状态监测、连接测试等，若诊断测试正常，则可进行曝光；若诊断出故障，则显示出故障代码，提醒用户关机，与厂家联系并维修。                                                              |
| 视频监控系统              | 工业 CT 扫描系统和在线 X-Ray 检测机铅房内部均设置有视频监控系统，可以清楚看到内部检测情况。                                                                                                                               |
| 工作状态指示灯(声光报警和警示灯提示) | 工业 CT 扫描系统和在线 X-Ray 检测机均自带工作状态指示灯(声光报警和警示灯提示)，有效指示设备工作状态，并且警示灯串联在安全回路里，如警示灯故障，射线不能启动。<br><b>评价要求</b> 工作状态指示灯具有“预备”和“照射”状态功能，并在设备醒目的位置处张贴“照射”和“预备”信号意义的说明。                         |
| 门机联锁                | 铅门均具有门机联锁装置，与射线管供电电路串联。工作时，只有铅门处于关闭的状态下装置才会给射线管供电。而在曝光期间，铅门不能被打开，可以防止发生误照射事故。<br><b>门机联锁功能实现方式：</b> 通过电气联锁与机械联锁双重机制，确保防护门状态与 X 射线发射严格关联。当防护门未完全关闭时，门机联锁装置会切断 X 射线发生器的高压电源，使其无法出束。 |
| 门灯联锁装置              | 铅房顶部及控制台顶部设置有工作状态警示灯，并与设备铅门进行串联，工作状态下铅门不能被打开。<br><b>门灯联锁功能实现方式：</b> 通过门状态传感器与高压信号联动控制指                                                                                            |

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|               | 示灯。当防护门关闭且 X 射线出束时，门灯（通常为红色）亮起并伴随声光报警；门开启或高压切断时，灯灭且报警停止。                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 铅门入口处设置有红外线光幕 | <b>CT 扫描系统：</b><br>防止铅门关闭时夹住工作人员及检修人员。<br><b>红外线光幕功能实现方式：</b> 由发射端和接收端组成，发射多束红外线形成光幕。当人员或物体遮挡任意一束光线时，光幕立即输出信号至控制系统，触发 X 射线停止出束。光幕通常具备自诊断功能，可检测光路故障并报警。                                                                                                                                                                 |
| 紧急停机开关        | <b>CT 扫描系统：</b><br>铅房内设置 2 处紧急停机按钮；<br>操作台设置 1 处紧急停机按钮。<br>按下该停止按钮可立即切断工业 CT 检测装置高压电源，停止出束并打开铅门，保障设备检修时安全。当发生铅房门误关闭时，被困人员可直接在内部按下紧急开门按钮，防止误照射。<br><b>在线 X-RAY 检测机：</b><br>检修门 1、2、3、4 外(即铅房外)均设置 1~2 个急停按钮，每个检修门内(铅房内)也设置 1 个急停按钮，操作面板处设置有 1 个急停按钮，上下料外罩两侧各设置 1 个急停按钮，整机共设置有 12 个急停按钮。<br><b>本环评要求所有急停按钮设置明显的中文标识。</b> |
| 紧急开门按钮        | 通过独立电路直接控制门解锁机构，即使主电源故障也能通过备用电源供电。按钮按下后，立即切断高压并解锁防护门，同时触发紧急停机信号。<br><b>本环评要求所有紧急开门按钮设置明显的中文标识。</b>                                                                                                                                                                                                                     |
| 通风设计          | <b>CT 扫描系统：</b><br>铅防护房底部设置专用进风口，顶部设置专用排风口，风口采用 Z 形设计，防护钢板材料为 5mm 铅板+3mm，不减弱辐射防护效果。系统配置两个排风扇，正常情况系统通风量为 1800m³/h。<br><b>在线 X-RAY 检测机：</b><br>铅房顶部和侧面设计有 3 个风扇式机械进风和 3 个风扇式机械排风口，进出风口采用 L 形设计，且有 12mm 铅板+2mm 钢板防护，不减弱辐射防护效果。单个风扇进风/排风量为 1050m³/h，正常情况系统通风量为 3150m³/h。<br><b>本环评要求排风口接排风管道接至 M2 车间外，同时避开人员密集的区域。</b>     |
| 固定式场所辐射探测器    | <b>CT 扫描系统：</b><br>铅房正面左侧安装 1 套固定式场所辐射监测仪。<br><b>在线 X-RAY 检测机：</b><br>铅房外部共安装有 1 套固定式场所辐射监测仪，2 个检测探头，分别安装在铅房进出料口。<br>若有辐射超标泄漏，可及时报警提醒操作人员。                                                                                                                                                                             |
| 电缆通道          | <b>CT 扫描系统：</b><br>电缆通道设置于铅防护房左后方，线缆四周均覆以 5mm 铅+3mm                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|                            |                                                                            |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
|                            | 钢防护板，不减弱铅防护房辐射防护能力。<br><b>在线 X-Ray 检测机：</b> 两处线缆走线处全部有 8mm 厚的铅板构建一个单口走线通道。 |
| <b>控制台双钥匙管理</b>            | 两种设备控制台均为双钥匙锁，分别控制电源和控制台。                                                  |
| <b>双门锁开关</b>               | 两种设备屏蔽铅房只有门完全关闭后，安全回路才会闭合                                                  |
| <b>防护门上张贴电离辐射警示和中文警示说明</b> | 评价要求防护门上张贴电离辐射警示和中文警示说明，警示电离辐射危险，无关人员远离                                    |

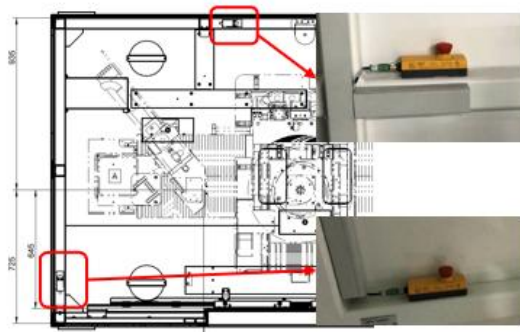
## (2) 其他拟采取的辐射安全防护措施

1) 建设单位为辐射工作人员拟配备主要辐射防护设施及防护用品：个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式剂量测量仪等防护用品。工作人员在操作和维护 X 射线成像系统的过程中均需正确佩戴前述防护用品。辐射工作人员进行照射工作时需要佩戴个人剂量报警仪、便携式剂量监测仪，若发现问题可迅速撤离。

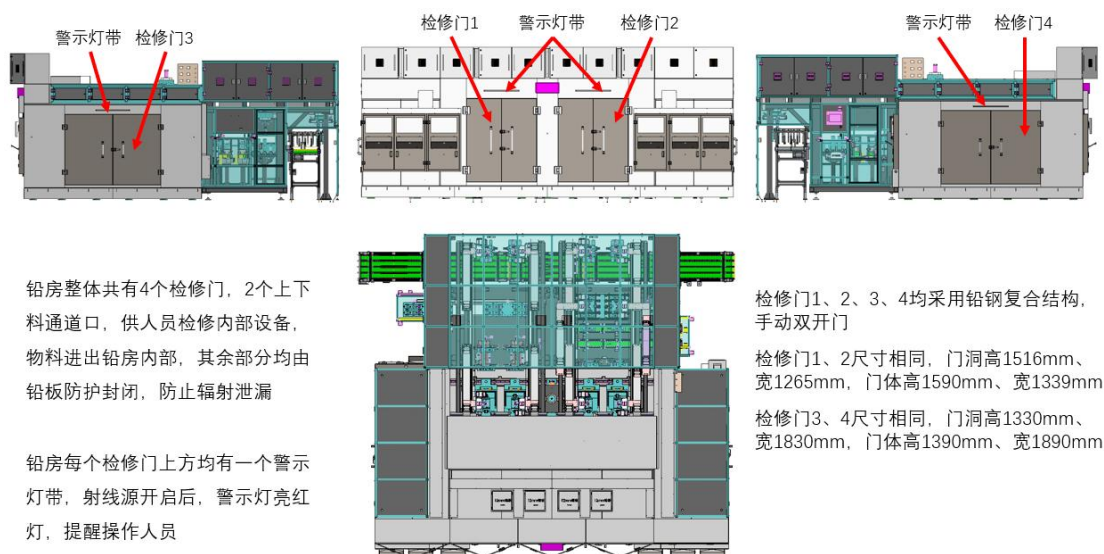
2) 定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

3) 辐射工作人员在进行探伤工作前应取得辐射工作安全防护培训合格证等相关证件，在进行探伤工作时应配备相应的个人剂量计及相关防护用品，定期体检，建立个人健康档案。

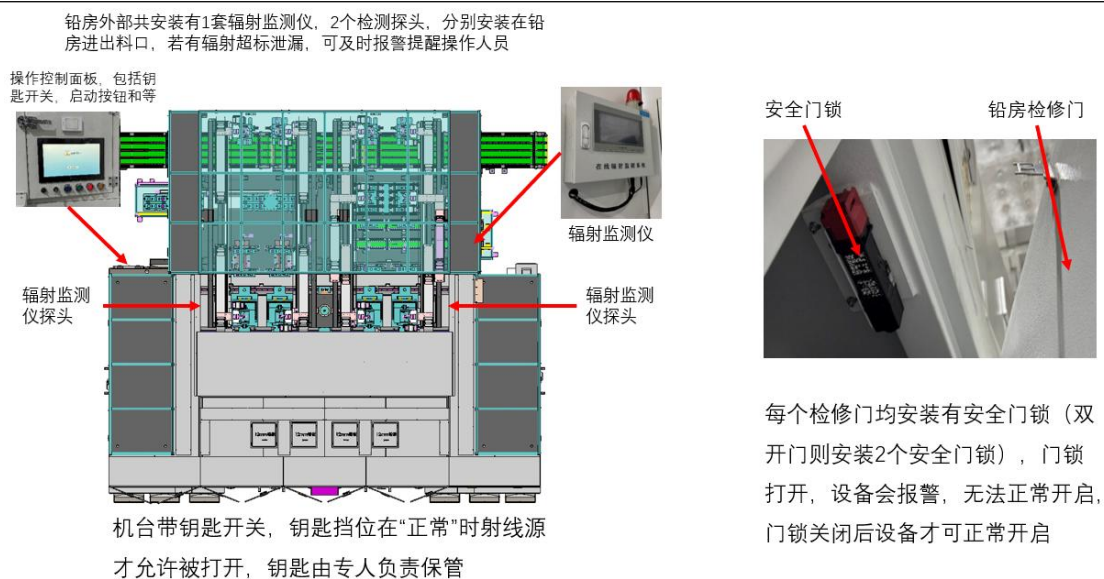




工业 CT 扫描系统 3 处紧急停机按钮分布

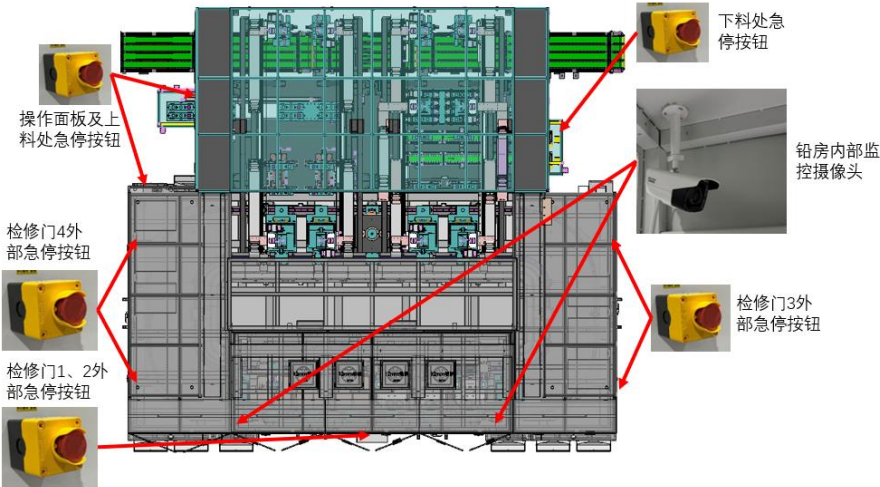


在线 X-RAY 检测机警示灯等分布



在线 X-RAY 检测机固定式剂量计分布和安全门锁位置

检修门1、2、3、4外（即铅房外）均设置1个或2个急停按钮，每个检修门内（铅房内）也设置1个急停按钮，操作面板处设置有1个急停按钮，上下料外罩两侧各设置1个急停按钮，整机共设置有12个急停按钮，紧急情况下可随时切断射线源和整个机台的工作  
铅房内部，主铅房（扫描室）共安装2个监控摄像头，方便人员观察并回溯铅房内的工作情况



在线 X-RAY 检测机安全措施分布示意图

图 10-6 安全措施分布示意图

4.辐射监测仪器

建设单位拟配备的防护用品如下表所示。

表 10-4 本项目拟配备辐射监测仪器一览表

| 序号 | 设备名称          | 数量   | 备注                                              |
|----|---------------|------|-------------------------------------------------|
| 1  | 便携式 X-γ辐射剂量率仪 | 1 台  | 已配备                                             |
| 2  | 个人剂量报警仪       | 12 个 | 拟配备                                             |
| 3  | 个人剂量计         | 12 对 | 2 个/人                                           |
| 4  | 固定式剂量计        | 6 套  | 每台 CT 扫描系统设置 1 个探测器，每台<br>在线 X-RAY 检测机设置 2 个探测器 |

5.辐射安全防护设施对照分析

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）对本项目的辐射工作场所布局 and 分区、辐射屏蔽、各项辐射安全与防护措施、安全操作要求进行分析，对照分析表见表 10-5。

表 10-5 本项目辐射安全防护设施要求对照分析表

| 项目   | 标准要求                                              | 实施方案                                                            | 评价   |
|------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------|
| 工作场所 | 6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。 | 本项目射线装置均带有铅屏蔽结构，充分考虑了周围的辐射安全。本项目工业 CT 扫描系统和在线 X-Ray 检测机操作台均避开了有 | 符合要求 |

|         |                                                                                                                                                             |                                                                                                                    |      |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 布局与分区   |                                                                                                                                                             | 用线束方向。                                                                                                             |      |
|         | 6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。                                                                                                                   | 建设单位对探伤工作场所实行分区管理，将每台射线装置实体屏蔽体内部的区域划为控制区，将 4 台在线 X-RAY 检测机四周 1m 范围内的区域划为监督区，将 2 台 CT 所在的 CT 检测室内部区域划为监督区。          | 符合要求 |
| 辐射屏蔽    | 6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100 $\mu$ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 $\mu$ Sv/周；b) 屏蔽体外 30m 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h。          | 根据表 11 的理论计算，每台射线装置屏蔽体的辐射屏蔽满足关注点的周围剂量当量和屏蔽体外 30m 处周围剂量当量率参考控制水平要求。                                                 | 符合要求 |
|         | 6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 4.1.3；b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取为 100 $\mu$ Sv/h。 | 根据表 11 的理论计算，屏蔽体顶的辐射屏蔽满足关注点周围剂量当量率控制要求。                                                                            | 符合要求 |
| 辐射安全与防护 | 6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。                                          | 本项目的射线装置物料门、检修门均设置门-机联锁装置。本项目射线装置正常情况下内部无人员。探伤过程，防护门被意外打开时，可以立刻停止出束。                                               | 符合要求 |
|         | 6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。 | 本项目 X 射线均设置具有“预备”和“照射”状态功能和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。拟在设备醒目的位置处张贴“照射”和“预备”信号意义的说明。 | 符合要求 |
|         | 6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的                                                                                                                      | 本项目射线装置正常情况下内部无人员，铅房内部均设置有视频监控                                                                                     | 符合   |

|      |                                                                                                                     |                                                                                                                                                                              |      |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|      | 监视器,可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。                                                                                         | 系统,可以清楚看到内部检测情况。                                                                                                                                                             | 要求   |
|      | 6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。                                                                       | 本项目每台射线装置防护门上拟张贴电离辐射警告标志和中文警示说明。                                                                                                                                             | 符合要求 |
|      | 6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳,确保出现紧急事故时,能立即停止照射。                                                                           | CT 扫描系统铅房内设置 2 处紧急停机按钮;<br>在线 X-RAY 检测机检修门 1、2、3、4 内(铅房内)各设置 1 个急停按钮,上下料外罩两侧各设置 1 个急停按钮。                                                                                     | 符合要求 |
|      | 6.1.10 探伤室应设置机械通风装置,排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。                                                          | 本项目每台 CT 扫描系统配置两个排风扇,正常情况系统通风量为 1800m <sup>3</sup> /h,每小时有效通风换气次数大于 3 次;在线 X-RAY 检测机铅房顶部和侧面设计进风和排风口,正常情况系统通风量为 3150m <sup>3</sup> /h,每小时有效通风换气次数大于 3 次。                      | 符合要求 |
|      | 6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。                                                                                         | 本项目 CT 扫描系统拟配置 1 套辐射监测仪;在线 X-RAY 检测机铅房外部共安装有 1 套辐射监测仪,2 个检测探头,分别安装在铅房进出口,若有辐射超标泄漏,可及时报警提醒操作人员。                                                                               | 符合要求 |
| 安全操作 | 6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。                                                                      | 工作人员作业前检查射线装置门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护措施,发现异常立刻停止工作并查找原因,排查异常后才能继续工作。                                                                                                               | 符合要求 |
|      | 6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时,除佩戴常规个人剂量计外,还应携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时,探伤工作人员应立即退出探伤室,同时防止其他人进入探伤室,并立即向辐射防护负责人报告。 | 本项目射线装置正常情况下,铅房内部无工作人员。建设单位已配备有 1 台便携式 X-γ辐射监测仪,拟为本项目每位辐射工作人员配备常规个人剂量计和个人剂量报警仪。在工作期间,辐射工作人员佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。当个人剂量报警仪报警时,辐射工作人员应立即关闭射线装置电源、停止工作,同时阻止其他人进入辐射工作场所,并立即向辐射工作负责人报告。 | 符合要求 |

|                                                                                                   |                                                                                            |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平,包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应当与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时,应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。 | 建设单位已配备 1 台便携式辐射监测仪用于日常辐射监测,对射线装置周围剂量当量率进行巡测,做好巡测记录。当测量值高于参考控制水平时,需立刻停止工作并向辐射防护负责人报告并查找原因。 | 符合要求 |
| 6.2.4 交接班或当班使用便携式 X-γ 剂量率仪前,应检查是否正常工作。如发现便携式 X-γ 剂量率仪不能正常工作,则不应开始探伤工作。                            | 工作人员交接班或当班使用便携式剂量仪前,先检查是否正常工作,如发现便携式剂量仪不能正常工作时,则不能开始检测工作。                                  | 符合要求 |
| 6.2.5 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置,如准直器和附加屏蔽,把潜在的辐射降到最低。                                                  | 在每次照射前,辐射工作人员需确认射线装置各项辐射防护安全设施全部正常的情况下,射线装置才能启动,把潜在的辐射降到最低。                                | 符合要求 |
| 6.2.6 在每一次照射前,操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下,才能开始探伤工作。               | 本项目的射线装置带铅房屏蔽结构,人员不会进入屏蔽体内部。辐射工作人员需要在辐射工作前确认防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下,才能开始探伤工作。        | 符合要求 |

综上分析,建设单位拟采取的辐射工作场所布局和分区、辐射屏蔽、各项辐射安全与防护措施、安全操作要求等满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的要求。

根据《核技术利用监督检查技术程序(2020 发布版)》中“II类非医用 X 线装置监督检查技术程序”的内容要求,对建设项目拟设置的辐射安全防护设施与运行进行了检查,具体检查结果详见表 10-6。

表 10-6 辐射安全防护设施与运行

| 序号 | 检查项目        |             | 检查结果 | 备注     |
|----|-------------|-------------|------|--------|
| 1* | A 场所设施(固定式) | 入口处电离辐射警告标志 | √    | 拟设置    |
| 2* |             | 入口处机器工作状态显示 | √    | /      |
| 3  |             | 隔室操作        | √    | /      |
| 4  |             | 迷道          | /    | 本项目不涉及 |
| 5* |             | 防护门         | √    | /      |
| 6* |             | 控制台有钥匙控制    | √    | /      |

|                                                  |        |            |   |     |
|--------------------------------------------------|--------|------------|---|-----|
| 7*                                               |        | 门机联锁系统     | √ | /   |
| 8*                                               |        | 照射室内监控设施   | √ | /   |
| 9                                                |        | 通风设施       | √ | /   |
| 10*                                              |        | 照射室内紧急停机按钮 | √ | /   |
| 11*                                              |        | 控制台上紧急停机按钮 | √ | /   |
| 12*                                              |        | 出口处紧急开门开关  | √ | /   |
| 13*                                              |        | 准备出束声光提示   | √ | /   |
| 18*                                              | C 监测设备 | 便携式辐射监测仪   | √ | 拟设置 |
| 19*                                              |        | 个人剂量报警仪    | √ | 拟设置 |
| 20*                                              |        | 个人剂量计      | √ | 拟设置 |
| 21                                               | D 应急物资 | 灭火器材       | √ | 拟设置 |
| 注：加*的项目是重点项，检查合格划√，不合格划×，不适用或无法验证划/。不能详尽的在备注中说明。 |        |            |   |     |

## 10.2 三废的治理

### 1.废气

射线装置开机曝光，产生的 X 射线与空气中的氧气、氮气作用产生少量臭氧和氮氧化物，如果不做处理会使辐射工作场所空气中的有害气体含量增加。参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的相关规定：探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

为最大限度保证设备内部通风，2 台 CT 扫描系统铅防护房底部设置专用进风口，顶部设置专用排风口，防护钢板材料为 5mm 铅板+3mm，不减弱辐射防护效果。系统配置两个排风扇，正常情况系统通风量为 1800m<sup>3</sup>/h。每台 CT 扫描系统内部容积约 16.3m<sup>3</sup>，排风系统在工作期间保持开启，屏蔽体内有效通风换气次数约 110 次/h。

每台在线 X-RAY 检测机铅房顶部有风扇式机械进风和排风，进出风口有铅板防护，气流经过导向后进入或排出铅房内部，最大程度上避免辐射泄漏，防护厚度为 12mm 铅板+2mm 钢板，正常工况下，单个风扇进风/排风量为 1050m<sup>3</sup>/h，铅房顶部共配置 4 个风扇，2 个进风，2 个排风，铅房侧面配置 2 个风扇，1 个进风，1 个排风，正常情况下进风/排风量为 3150m<sup>3</sup>/h。每台在线 X-RAY 检测机铅房内部容积约

26.7m<sup>3</sup>，排风系统在工作期间保持开启，屏蔽体内有效通风换气次数约 118 次/h。

**评价要求** 6 台射线装置铅防护房内设置可以排到 M2 车间外的排风管道，排风口同时避开人员密集的区域。

以上措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。

## **2.废水**

本项目 6 台射线装置均采用数字成像，在显示屏上直接显示测试结果，保存电子图片，无需洗片，不涉及定影液、显影液，不产生废水。本项目拟设置辐射工作人员 12 人，辐射工作人员产生的少量生活污水已在《中创新航科技（信阳）有限公司动力电池及储能系统信阳基地项目环境影响报告表》评价，根据《中创新航科技（信阳）有限公司动力电池及储能系统信阳基地项目环境影响报告表》，运营期辐射工作人员生活污水由厂区污水处理站处理排至潢川第二污水处理厂进一步处理。

## **3.固废**

本项目 6 台射线装置 X 射线管使用寿命到期报废或损坏后产生的废弃射线管，由厂家维修或更换，并将废弃射线管回收。生活垃圾在厂区收集后，由市政环卫统一清运。

表 11 环境影响分析

## 11.1 建设阶段对环境影响分析

### 11.1.1 施工期环境影响

本项目为核技术利用项目，在现有厂房内建设，施工期主要为射线装置的安装、调试，工期相对较短，不涉及土建工程。设备安装及运输过程中不可避免会产生一定程度的施工噪声、施工扬尘、施工固体废弃物以及施工人员产生的生活污水和生活垃圾。为最大程度降低施工噪声对周边环境的不利影响，本评价建议：合理调配施工时间，严格控制午间（12:00-14:00）和夜间（22:00-6:00）施工作业，同时合理布置高噪声设备的位置，尽量将相对固定的高噪声设备布置在项目施工区域远离敏感点的方位；落实洒水等扬尘治理措施；妥善处置产生的少量固体废物；生活污水依托厂区现有生活污水处理设施处理。通过采取上述控制措施，可有效缩小施工期影响范围，且随施工期结束而消除，对周边环境的整体影响程度可控。

### 11.1.2 设备调试期辐射环境影响

设备安装调试过程中主要污染因子为调试时产生的 X 射线。设备的安装调试由设备厂家专业人员进行，调试时加强项目周围的巡视工作，禁止无关人员进入项目区域逗留，调试期间相关工作人员佩戴个人剂量报警仪，由于设备的安装和调试均在项目区域范围内进行，经过设备自身的屏蔽措施和距离衰减后对环境的影响是可接受的。

## 11.2 运行阶段对环境的影响

### 11.2.1 X 射线环境影响分析

#### 11.2.1.1 X 射线环境影响分析方法

项目 6 台射线装置使用过程中产生的 X 射线对周围环境的影响采取预测估算的方式进行评价。

选用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》GBZ/T250-2014 中推荐的预测方式进行计算。具体如下：

#### 1、有用线束

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中：H<sub>0</sub>——距靶点 1m 处输出量，μSv·m<sup>2</sup>/（mA·h），根据建设单位提供资料，

本项目工业 CT 扫描系统的  $H_0$  为  $3.67\text{mSv}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ ，换算后为  $2.2\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；本项目在线 X-RAY 检测机无该参数，因此根据已有最大管电压 200kV、固有滤片主要为 1mm 铍，查 GBZ/T250-2014 附录 B 表 B.1，保守取管电压 200kV 输出量较大的 2mm 铝对应的距靶点 1m 处输出量为  $28.7\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ ，换算后为  $1.72\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

I——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为 mA；  
本项目工业 CT 扫描系统最大管电流 3mA，在线 X-RAY 检测机最大管电流 4mA。

B——屏蔽透射因子，CT 扫描系统主射方向屏蔽铅厚度为 12mm，由附录 B.1 曲线外推法查出在电压 200kV 时，12mm 铅板对应的 B 为  $2.89\times 10^{-10}$ ，电压为 250kV 时，12mm 铅板对应的 B 为  $2.31\times 10^{-6}$ ，本项目 CT 扫描系统电压为 225kV，采用内插法计算得到的 B 值= $2.58\times 10^{-8}$ ；

R——辐射源点至关注点的距离，m。

H——屏蔽体外剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

## 2、泄漏辐射

$$H_L = \frac{H_{L0} \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (2)$$

式中：R：辐射点源（靶点）至关心点的距离，m；见表 11-3；

$H_{L0}$ ：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的漏射辐射剂量率，根据设备资料，表 9-1CT 扫描系统主要参数在射线管防护外壳安装条件下，距离射线管 35cm 四周泄漏射线值 $\leq 19\mu\text{Sv/h}$ ，可以计算距靶点 1m 处 X 射线管组装体的漏射辐射剂量率为  $2.33\mu\text{Sv/h}$ ；本项目在线 X-RAY 检测机无该参数，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 1，本项目在线 X-RAY 检测机最大管电压 200kV，漏射辐射剂量率保守取  $2500\mu\text{Sv/h}$ 。

B：透射因子，由公式（4）计算；

## 3、散射辐射

$$H_s = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots (3)$$

式中：F—— $R_0$  处的辐射野面积， $\text{m}^2$ ，本项目 CT 扫描系统射线源距被检工件平

均距离 1m，辐射角 30 度，辐射野面积约 0.23m<sup>2</sup>；在线 X-RAY 检测机射线源距被检工件平均距离 0.7m，辐射角 45 度，辐射野面积约 0.26m<sup>2</sup>；

$\alpha$  —— 散射因子，查 GBZ/T250-2014 附录 B 表 B.3，CT 扫描系统取 250kV 的  $\alpha_w$  值， $\alpha = \alpha_w \cdot 25 = 0.0475$ ；在线 X-RAY 检测机取 200kV 的  $\alpha_w$  值， $\alpha = \alpha_w \cdot 25 = 0.0475$ 。

$R_0$  —— 辐射源点至探伤工件的距离，m；

$R_s$  —— 散射体至关心点的距离，m；

透射因子 B 按下式计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \dots\dots\dots (4)$$

式中：X —— 屏蔽物质厚度，mm；

TVL —— 什值层厚度，mm，查 GBZ/T250-2014 附录 B 表 B.2。

#### 4、辐射屏蔽参考水平

关注点处导出剂量率参考控制水平参照（《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的相关公式计算。

a) 周剂量参考控制水平（ $H_c$ ）和导出剂量率参考控制水平（ $\dot{H}_{c,d}$ ）

1) 人员在关注点的周剂量参考控制水平  $H_c$  如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

公众： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

3) 相应  $\dot{H}_{c,d}$  的导出剂量率参考控制水平（ $\mu\text{Sv}$ ）按式（7-1）计算：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \dots\dots\dots (7-1)$$

式中：

$H_c$  一周剂量参考控制水平，单位为微希每周（ $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ）；

U 一探伤装置向关注点照射的使用因子；

T 一人员在关注点驻留的居留因子；

t 一探伤装置周照射时间，单位为小时每周（h/周）；

b) 关注点最高剂量率参考控制水平  $H_{c, \max}$

$$H_{c, \max} = 2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$$

c) 关注点剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$ ：

$\dot{H}_c$  为上述 a) 中的  $\dot{H}_{c,d}$  和 b) 中的  $H_{c, \max}$  二者的较小值。

居留因子选取根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250- 2014）表 A.1，具体数值见下表：

表 11-1 不同场所的居留因子

| 场所   | 居留因子（T）  | 示例                    |
|------|----------|-----------------------|
| 全居留  | 1        | 操作室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区 |
| 部分居留 | 1/2~1/5  | 走廊、休息室、杂物间            |
| 偶然居留 | 1/8~1/40 | 厕所、楼梯、人行道             |

#### 11.2.1.2 辐射环境影响分析

##### 1、关注点

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的规定，有用线束影响区域不考虑泄漏辐射和散射辐射影响，并且散射辐射主要考虑 0°入射 90°散射。本项目射线装置设备主束照射方向屏蔽体考虑有用线束射线，屏蔽体非主射方向考虑散射辐射和泄漏辐射。

本项目 CT 扫描系统射线管只有 1 个方向出束，定向向右侧，另外设备位于无地下室的 1 层，且设备底部无人员可以到达，因此，CT 扫描系统关注点为除设备屏蔽铅房底部外，屏蔽铅房四周和顶部外 0.3m 处。综上所述，CT 扫描系统工作状态关注点有：

- A 铅房右侧外 0.3m 处；
- B 铅房左侧外 0.3m 处；
- C 铅房前面外 0.3m 处（操作位一侧）；
- D 铅房后侧外 0.3m 处；
- E 铅房顶部外 0.3m 处。

在线 X-RAY 检测机主铅房(扫描室)内共安装有 6 个射线源，3 个射线源（射线源 4、5、6）从顶部向底部照射，3 个射线源（射线源 1、2、3）从底部向顶部照射，另外设备位于无地下室的 1 层，且设备底部无人员可以到达，因此，在线 X-RAY 检测机关注点为除设备屏蔽铅房底部外，6 个射线源距离屏蔽铅房最近的点进行计算。具体为屏蔽铅房四周和顶部外 0.3m。综上所述，在线 X-RAY 检测机工作状态关注点有：

- F 主铅房顶部外 0.3m 处；
- G 主铅房前面（检修门）外 0.3m 处；

H 主铅房后面外 0.3m 处；

I、I'对称点两侧小铅房（检修门）侧外 0.3m 处；

J、J'对称点两侧小铅房（无检修门）侧外 0.3m 处（操作位一侧）；

各关注点位需要考虑的射线影响和距离见表 11-2，关注点设置示意图见图 11-1 和图 11-2。

表 11-2 各关注点主要考虑的射线影响和距离

| CT 扫描系统关注点主要考虑的射线影响和距离      |                          |        |                      |                                        |
|-----------------------------|--------------------------|--------|----------------------|----------------------------------------|
| 关注点                         | 关注点描述                    | 防护情况   | 射线源到关注点的<br>距离 R（m）  | 考虑的影响                                  |
| A                           | 铅房右侧外 0.3m 处             | 12mmPb | 2.16                 | 有用线束                                   |
| B                           | 铅房左侧外 0.3m 处             | 5mmPb  | 1.11                 | 泄漏辐射和散<br>射辐射                          |
| C                           | 铅房前面外 0.3m 处             | 5mmPb  | 1.025                |                                        |
| D                           | 铅房后侧外 0.3m 处             | 5mmPb  | 1.235                |                                        |
| E                           | 铅房顶部外 0.3m 处             | 5mmPb  | 1.067                |                                        |
| 在线 X-RAY 检测机关注点主要考虑的射线影响和距离 |                          |        |                      |                                        |
| 关注点                         | 关注点描述                    | 防护情况   | 射线源到关注点的<br>距离 R（m）  | 考虑的影响                                  |
| F                           | 主铅房顶面外 0.3m 处            | 12mmPb | 1.866<br>(射线源 1、2、3) | 从底部向顶部<br>照射的射线源<br>1、2、3 有用线<br>束     |
| G                           | 主铅房前面（检修门）外<br>0.3m 处    | 8mmPb  | 0.812                | 射线源 1、2、3、<br>4、5、6 的泄漏<br>辐射和散射辐<br>射 |
| H                           | 主铅房后面外 0.3m 处            | 8mmPb  | 1.212                |                                        |
| I、I'                        | 两侧小铅房（检修门）侧<br>外 0.3m 处  | 6mmPb  | 2.395                |                                        |
| J、J'                        | 两侧小铅房（无检修门）<br>侧外 0.3m 处 | 6mmPb  | 1.116                |                                        |

备注：J、J'取射线源 1、6 到小铅房（无检修门）侧最近处外 0.3m。

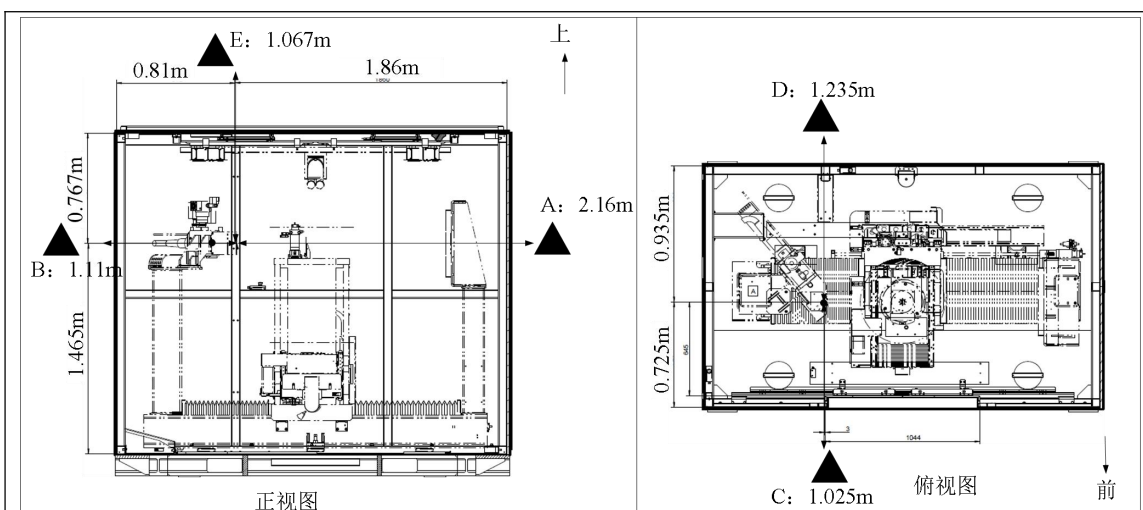


图 11-1 CT 扫描系统预测点位分布图

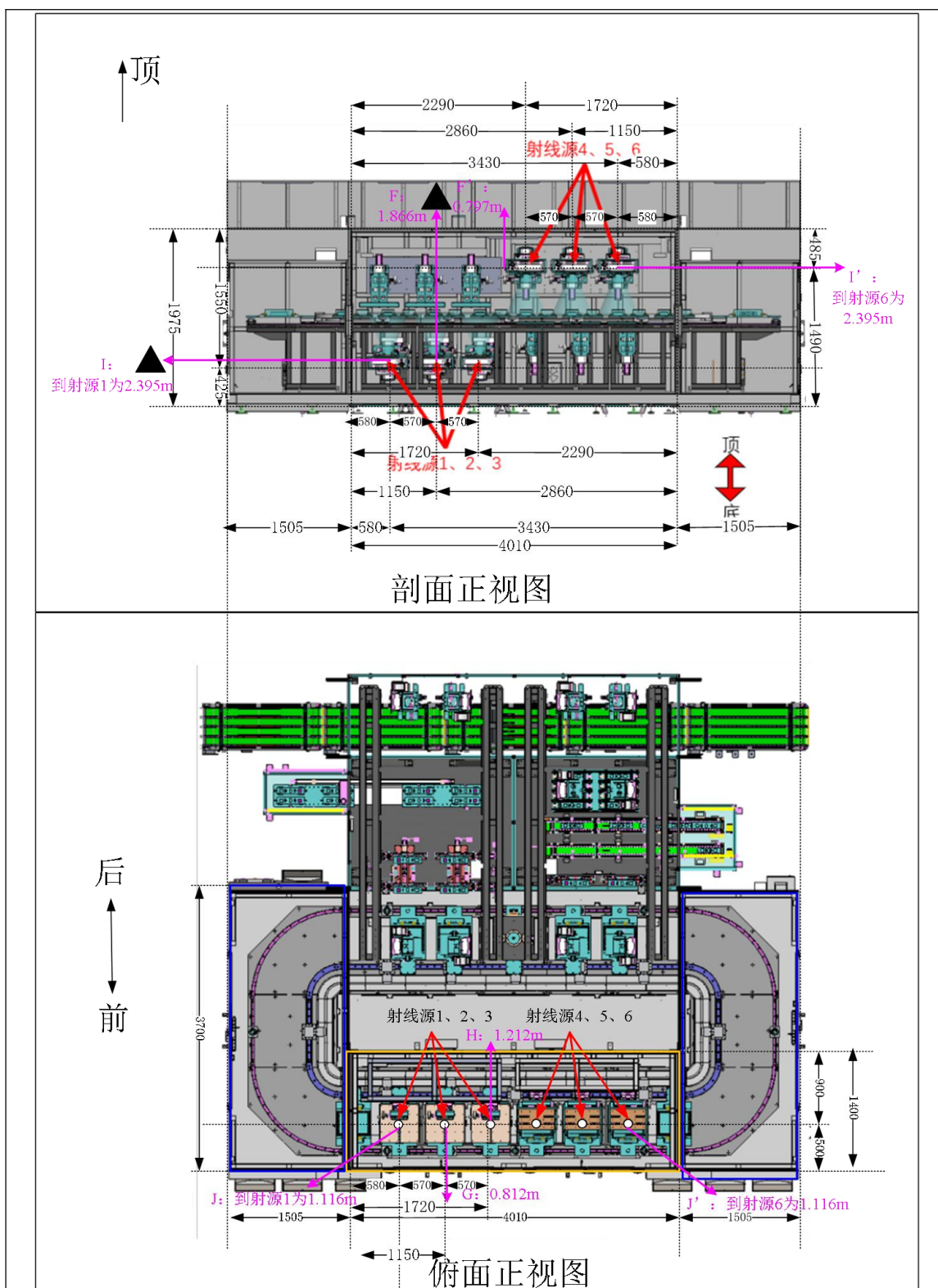


图 11-2 在线 X-RAY 检测机预测点位分布图

## 2、辐射屏蔽参考控制水平

根据建设单位提供资料，在线 X-RAY 检测机年出束时间 80h，全年最多使用 240 个工作日，则周最大出束时间约 1.67h。单台 CT 扫描系统年曝光时长为 66.67h，

周曝光时长为 1.39h。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中关于职业工作人员周剂量参考控制水平导出剂量率参考控制水平公式（5），上述标准规定，本项目辐射工作场所关注点处的剂量率控制水平如下。

表 11-3 本项目关注点处剂量率控制水平一览表

| 关注点          | 具体位置描述                             | $H_c$<br>( $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ) | 周照射<br>时间 $t$<br>(h) | 使用<br>因子<br>$U$ | 居留<br>因子<br>$T$ | $\dot{H}_{c,d}$<br>( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) | $\dot{H}_{c,max}$<br>( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) | $\dot{H}_c$<br>( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) |
|--------------|------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| CT 扫描系统      |                                    |                                      |                      |                 |                 |                                                |                                                  |                                            |
| A            | 铅房右侧外 0.3m 处                       | 100                                  | 1.39                 | 1               | 1               | 71.9                                           | 2.5                                              | 2.5                                        |
| B            | 铅房左侧外 0.3m 处                       | 100                                  | 1.39                 | 1               | 1/5             | 359.7                                          | 2.5                                              | 2.5                                        |
| C            | 铅房前面外 0.3m 处<br>(操作位一侧)            | 100                                  | 1.39                 | 1               | 1               | 71.9                                           | 2.5                                              | 2.5                                        |
| D            | 铅房后侧外 0.3m 处                       | 100                                  | 1.39                 | 1               | 1/5             | 359.7                                          | 2.5                                              | 2.5                                        |
| E            | 铅房顶部外 0.3m 处                       | 100                                  | 1.39                 | 1               | 1/16            | 1151.1                                         | 2.5                                              | 2.5                                        |
| 在线 X-RAY 检测机 |                                    |                                      |                      |                 |                 |                                                |                                                  |                                            |
| F            | 主铅房顶面外 0.3m 处                      | 100                                  | 1.67                 | 1               | 1/16            | 59.9                                           | 2.5                                              | 2.5                                        |
| G            | 主铅房前面(检修门<br>侧)外 0.3m 处(操<br>作位一侧) | 100                                  | 1.67                 | 1               | 1               | 119.8                                          | 2.5                                              | 2.5                                        |
| H            | 主铅房后面外 0.3m 处                      | 100                                  | 1.67                 | 1               | 1/2             | 59.9                                           | 2.5                                              | 2.5                                        |
| I            | 两侧小铅房(检修门<br>侧)侧外 0.3m 处           | 100                                  | 1.67                 | 1               | 1               | 479.0                                          | 2.5                                              | 2.5                                        |
| J            | 两侧小铅房(无检修<br>门侧)侧外 0.3m 处          | 100                                  | 1.67                 | 1               | 1/8             | 958.1                                          | 2.5                                              | 2.5                                        |

### 3、屏蔽防护计算

本项目 CT 扫描系统内 1 个射线源，源强参数见表 9-1。

由表 9-2 可知，JCDR200-24 型在线 X-Ray 检测机内含 6 套 X 射线管，其中 3 套 X 射线管垂直向下出束，3 套 X 射线管垂直向上出束，可同时出束，保守考虑源强为单套 X 射线管源强的叠加。X 射线管最大管电压均为 200kV，最大管电流均为 4mA。本项目有用线束方向屏蔽计算参数及结果见表 11-3。

表 11-4 主束射线预测参数及结果表

| 参数名称                    | H <sub>0</sub>             | X    | R     | B        | H        |
|-------------------------|----------------------------|------|-------|----------|----------|
| 单位                      | μSv.m <sup>2</sup> /(mA·h) | mmPb | m     | /        | μSv/h    |
| CT 扫描系统主束射线预测参数及结果      |                            |      |       |          |          |
| 铅房右侧外 0.3m 处 A 点        | 2.20E+05                   | 12   | 2.16  | 2.58E-08 | 3.65E-03 |
| 在线 X-RAY 检测机主束射线预测参数及结果 |                            |      |       |          |          |
| 主铅房顶面外 0.3m 处 F 点       | 5.17E+06                   | 12   | 1.866 | 2.89E-10 | 1.72E-03 |

表 11-5 漏射线预测参数及结果表

| 参数名称                       | H <sub>L0</sub> | R     | TVL  | X  | B        | H <sub>L</sub> |
|----------------------------|-----------------|-------|------|----|----------|----------------|
| 单位                         | μSv/h           | m     | mm   | mm | /        | μSv/h          |
| CT 扫描系统漏射线预测参数及结果          |                 |       |      |    |          |                |
| 铅房左侧外 0.3m 处               | 2.33            | 1.11  | 2.15 | 5  | 4.73E-03 | 8.93E-03       |
| 铅房前面外 0.3m 处（操作位一侧）        |                 | 1.025 | 2.15 | 5  | 4.73E-03 | 1.05E-02       |
| 铅房后侧外 0.3m 处               |                 | 1.235 | 2.15 | 5  | 4.73E-03 | 7.21E-03       |
| 铅房顶部外 0.3m 处               |                 | 1.067 | 2.15 | 5  | 4.73E-03 | 9.66E-03       |
| 在线 X-RAY 检测机漏射线预测参数及结果     |                 |       |      |    |          |                |
| 主铅房前面（检修门侧）外 0.3m 处（操作位一侧） | 2500×6          | 0.812 | 1.4  | 8  | 1.93E-06 | 4.39E-02       |
| 主铅房后面外 0.3m 处              |                 | 1.212 | 1.4  | 8  | 1.93E-06 | 1.97E-02       |
| 两侧小铅房（检修门侧）侧外 0.3m 处       |                 | 2.395 | 1.4  | 6  | 5.18E-05 | 1.35E-01       |
| 两侧小铅房（无检修门侧）侧外 0.3m 处      |                 | 1.114 | 1.4  | 6  | 5.18E-05 | 6.26E-01       |

表 11-6 散射线预测参数及结果表

| 参数名称                       | B        | F    | α      | R <sub>s</sub> | R <sub>0</sub> | I  | H <sub>s</sub> |
|----------------------------|----------|------|--------|----------------|----------------|----|----------------|
| 单位                         | /        | m²   | /      | m              | m              | mA | μSv/h          |
| CT 扫描系统散射线预测参数及结果          |          |      |        |                |                |    |                |
| 铅房左侧外 0.3m 处               | 2.68E-04 | 0.23 | 0.0475 | 1.11           | 1              | 3  | 1.57           |
| 铅房前面外 0.3m 处（操作位一侧）        | 2.68E-04 |      |        | 1.025          | 1              | 3  | 1.84           |
| 铅房后侧外 0.3m 处               | 2.68E-04 |      |        | 1.235          | 1              | 3  | 1.27           |
| 铅房顶部外 0.3m 处               | 2.68E-04 |      |        | 1.067          | 1              | 3  | 1.70           |
| 在线 X-RAY 检测机散射线预测参数及结果     |          |      |        |                |                |    |                |
| 主铅房前面（检修门侧）外 0.3m 处（操作位一侧） | 4.64E-09 | 0.26 | 0.0475 | 0.812          | 0.7            | 4  | 7.33E-03       |
| 主铅房后面外 0.3m 处              | 4.64E-09 |      |        | 1.212          | 0.7            | 4  | 3.29E-03       |
| 两侧小铅房(检修门侧)侧外 0.3m         | 5.62E-07 |      |        | 2.395          | 0.7            | 4  | 1.02E-01       |

|                          |          |  |  |       |     |   |          |
|--------------------------|----------|--|--|-------|-----|---|----------|
| 处                        |          |  |  |       |     |   |          |
| 两侧小铅房（无检修门侧）侧外<br>0.3m 处 | 5.62E-07 |  |  | 1.114 | 0.7 | 4 | 4.72E-01 |

综合上述计算结果，可计算出各预测点位的辐射剂量率，结果统计见表 11-7 各预测点位辐射剂量率表。

表 11-7 各预测点位总辐射剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）

| 预测点                        | H <sub>L</sub> | H <sub>S</sub> | H        | 标准<br>限值 | 备注                   |
|----------------------------|----------------|----------------|----------|----------|----------------------|
| CT 扫描系统各预测点位总辐射剂量率         |                |                |          |          |                      |
| 铅房右侧外 0.3m 处               | /              | /              | 3.65E-03 | 2.5      | 铅防护<br>房表面<br>30cm 处 |
| 铅房左侧外 0.3m 处               | 8.93E-03       | 1.57           | 1.579    | 2.5      |                      |
| 铅房前面外 0.3m 处（操作位一侧）        | 1.05E-02       | 1.84           | 1.851    | 2.5      |                      |
| 铅房后侧外 0.3m 处               | 7.21E-03       | 1.27           | 1.277    | 2.5      |                      |
| 铅房顶部外 0.3m 处               | 9.66E-03       | 1.70           | 1.710    | 2.5      |                      |
| 在线 X-RAY 检测机各预测点位总辐射剂量率    |                |                |          |          |                      |
| 主铅房顶面外 0.3m 处              | /              | /              | 1.72E-03 | 2.5      | 铅防护<br>房表面<br>30cm 处 |
| 主铅房前面（检修门侧）外 0.3m 处（操作位一侧） | 4.39E-02       | 7.33E-03       | 0.051    | 2.5      |                      |
| 主铅房后面外 0.3m 处              | 1.97E-02       | 3.29E-03       | 0.023    | 2.5      |                      |
| 两侧小铅房（检修门侧）侧外 0.3m 处       | 1.35E-01       | 1.02E-01       | 0.237    | 2.5      |                      |
| 两侧小铅房（无检修门侧）侧外 0.3m 处      | 6.26E-01       | 4.72E-01       | 1.098    | 2.5      |                      |

由表 11-7 可知：

本项目 CT 扫描系统最大功率工作状态下铅防护房四周各预测点位处辐射剂量率在  $3.65\text{E-}03\mu\text{Sv/h}$  -  $1.851\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中要求铅防护房周围关注点剂量当量率不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的限值要求。

本项目在线 X-RAY 检测机最大功率工作状态下铅防护房四周各预测点位处辐射剂量率在  $1.72\text{E-}03\mu\text{Sv/h}$  -  $1.098\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中要求铅防护房周围关注点剂量当量率不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的限值要求。

### 11.2.2 保护目标年剂量预测分析

人员附加年有效剂量可以按照以下公式计算。

$$H_{E-r} = D_r \times t \times k \times T \times 10^{-3} \quad (11-8)$$

式中： $H_{E-r}$ —外照射附加年有效剂量，mSv/a；

$D_r$ —外照射附加剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ，取值见表 11-8；

$t$ —年照射时间，h/a，取值见表 11-8；

$T$ —居留因子，取值见表 11-8。

$k$ —有效剂量与吸收剂量换算系数，取  $1\text{Sv}=1\text{Gy}$ 。

建设单位介绍，项目运行后，本项目每个班次每台射线装置安排 1 名辐射工作人员，每天分 2 个班次，共计 12 名辐射工作人员。单台在线 X-RAY 检测机年曝光时长为 80h，单台 CT 扫描系统年曝光时长为 66.67h，则有 1 个班次的在线 X-RAY 检测机辐射工作人员年曝光时长为 40h，1 个班次的 CT 扫描系统辐射工作人员年曝光时长为 33.34h。

表 11-8 人员受到的附加年有效剂量估算结果

| 人员分类           | 关注环节（点）                          | 附加剂量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 受照时间<br>/班次 (h) | 居留<br>因子 | 年附加剂量<br>(mSv/a) | 管理目标<br>值<br>(mSv/a) |
|----------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------|----------|------------------|----------------------|
| 辐射<br>工作<br>人员 | CT 扫描系统操作位（C 点）                  | 1.851                         | 33.34           | 1        | 0.062            | 5                    |
|                | 在线 X-RAY 检测机操作位（J 点）             | 0.051                         | 40              | 1        | 0.002            |                      |
| 公众             | 在线 X-RAY 检测机区域<br>东侧约 2m 的氦检工作人员 | 4.63E-02                      | 40              | 1        | 0.002            | 0.1                  |
|                | 在线 X-RAY 检测机区域<br>西侧约 2m 的封口工作人员 | 4.63E-02                      | 40              | 1        | 0.002            |                      |
|                | CT 检测室西侧填丝补焊<br>间约 8m 的工作人员      | 3.51E-04                      | 33.34           | 1        | 1.17E-05         |                      |
|                | CT 检测室东侧约 27m 走<br>道流动人员         | 2.84E-05                      | 33.34           | 1/5      | 1.89E-07         |                      |

备注：.1.居留因子：（1）根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 A.1 操作位的辐射工作人员居留因子取 1；（2）射线装置四周最近的工位或建筑物内工作的公众人员居留因子取 1；走道公众人员居留因子取 1/5；四周流动公众人员居留因子取 1/16；（3）射线装置四周最近的工位或建筑物内工作的关注点辐射剂量率计算根据 11.2.1.1 中预测方式估算，距离为关注点实际距离；（4）在线 X-RAY 检测机周围公众人员估算源强为单台在线 X-RAY 检测机

整体源强的 6 倍，CT 检测室周围公众人员估算源强为 2 台 CT 扫描系统的源强。

#### 1、职业工作人员

本项目每个班次职业工作人员年剂量最大值为 0.062mSv，远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业工作人员 20mSv/a 剂量约束值，也低于 5mSv/a 的剂量管理目标值。

#### 2、公众人员

本项目每个班次公众人员附加年剂量最大值为 0.002mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中公众人员 1mSv/a 剂量约束值，也低于 0.1mSv/a 的剂量管理目标值。

### 11.2.3 其他影响分析

#### 1.废气

2 台 CT 扫描系统铅防护房底部设置专用进风口，顶部设置专用排风口，防护钢板材料为 5mm 铅板+3mm，不减弱辐射防护效果。系统配置两个排风扇，正常情况系统通风量为 1800m<sup>3</sup>/h。每台 CT 扫描系统内部容积约 16.3m<sup>3</sup>，排风系统在工作期间保持开启，屏蔽体内有效通风换气次数约 110 次/h。

每台在线 X-RAY 检测机铅房顶部有风扇式机械进风和排风，进出风口有铅板防护，气流经过导向后进入或排出铅房内部，最大程度上避免辐射泄漏，防护厚度为 12mm 铅板+2mm 钢板，正常工况下，单个风扇进风/排风量为 1050m<sup>3</sup>/h，铅房顶部共配置 4 个风扇，2 个进风，2 个排风，铅房侧面配置 2 个风扇，1 个进风，1 个排风，正常情况下进风/排风量为 3150m<sup>3</sup>/h。每台在线 X-RAY 检测机铅房内部容积约 26.7m<sup>3</sup>，排风系统在工作期间保持开启，屏蔽体内有效通风换气次数约 118 次/h。

**评价要求 6 台射线装置铅防护房内设置可以排到 M2 车间外的排风管道，排风口同时避开人员密集的区域。**

满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。

#### 2.废水

本项目 6 台射线装置均采用数字成像，在显示屏上直接显示测试结果，保

存电子图片，无需洗片，不涉及定影液、显影液，不产生废水。本项目拟设置辐射工作人员 12 人，辐射工作人员产生的少量生活污水已在《中创新航科技（信阳）有限公司动力电池及储能系统信阳基地项目环境影响报告表》评价，根据《中创新航科技（信阳）有限公司动力电池及储能系统信阳基地项目环境影响报告表》，运营期辐射工作人员生活污水由厂区污水处理站处理排至潢川第二污水处理厂进一步处理。

### 3.固废

本项目 6 台射线装置 X 射线管使用寿命到期报废或损坏后产生的废弃射线管，由厂家维修或更换，并将废弃射线管回收。生活垃圾在厂区收集后，由市政环卫统一清运。

## 11.3 事故风险分析

### 11.3.1 事故识别

本项目所用 2 台 CT 扫描系统和 4 台在线 X-RAY 检测机属 II 类射线装置，其风险因子为 X 射线。项目事故分析：

本项目所用 II 类射线装置在进行曝光的工况下，若其上料门联锁装置失效，并且操作人员在未意识到上料门未关闭，在未采取辐射防护措施的情况下，操作人员可能受到超限值的 X 射线外照射。

本项目最大可信事故情景分析如下：

①铅防护门门机联锁装置失效，并且操作人员在未意识到铅防护门未关闭，铅防护门外有其他操作人员，被误照。

②此时，按照 CT 扫描系统最大运行参数运行（225kV，3mA），铅防护门外人员处剂量超标，其个人剂量报警仪将报警提示。

③事故发生射线持续照射，保守取一次事故时间为一个工件的检测时间 30s。

④人员位于铅防护门外，距射线管靶点 1.025m 处（非主束方向），无任何屏蔽措施。

### 11.3.2 事故后果评价

根据式（2）、（3），计算该方向距离射线管 1.025 米处射线剂量为 6.87mSv/h，可算出以上事故情况的人员受照剂量达到 0.06mSv/次（保守取一次事故时间 30s）。

一次事故导致相关人员年附加剂量不会超标，但仍会对身体造成伤害。

### 11.3.2 事故防范

公司应当针对本项目制定事故应急程序，对于可能发生的各种事故，公司方面除在硬件上配齐、完善各种防范措施外，评价要求制度建设不断完善，使之在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

- ①建立公司辐射安全和环境保护领导小组，组织管理公司的安全工作。
- ②加强人员的培训，考试（核）合格、持证上岗。
- ③建立岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施。
- ④制定公司辐射安全事故应急预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生，从而保证项目正常运营，也保障工作人员、公众的健康与安全。

表 12 辐射安全管理

### 12.1 辐射安全与环境保护机构的设置

公司按照《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》及环境保护主管部门的要求，已成立了辐射安全和环境保护领导小组。

辐射安全和环境保护领导小组：

组 长： 谢娅 环安厂务部（专职）

成 员： 张博 环安厂务部

肖云飞 环安厂务部

常志胜 M1 工厂负责人

冯玉岭 M2 工厂负责人

辐射安全与环境保护管理小组全面负责建设单位的辐射安全与环境保护管理工作，主要职责包括：定期组织辐射安全和防护的知识培训；组织对辐射工作场所辐射防护的日常监测；按要求开展辐射安全与防护自查及年度评估，并报生态环境部门备案；积极配合生态环境部门开展的监督检查，并针对自查或监督检查发现的问题落实整改；制订或修订辐射安全管理制度和辐射事故应急预案，按要求开展辐射安全与防护宣教活动及辐射事故应急演练；建立、健全各项辐射管理档案，按要求开展场所辐射检测、人员培训考核、个人剂量检测及职业健康检查工作。该管理机构满足本项目需要。

### 12.2 辐射安全管理规章制度

#### 12.2.1 规章制度

公司已制定的一系列制度，包括：《操作规程》《辐射工作岗位职责》《辐射安全和防护管理人员职责》《辐射防护与安全保卫制度》《设备检修维修制度》《辐射工作场所防止意外照射的安全措施》《辐射工作人员培训计划》《辐射工作人员个人剂量监测方案》《辐射环境监测方案》《监测仪表使用与校验管理制度》，已制定的各项制度符合公司实际情况，满足公司目前的辐射环境管理需求，公司应定期对各项制度定期开展学习。

建设单位持有信阳市生态环境局核发的辐射安全许可证颁发的辐射安全许可证，具备一定辐射安全管理能力。

建设单位已制定的上述制度符合《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 709 号）第七条第四款规定有健全的安全和防护管理规章制度、辐射事故应急措施的要求，同时也符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第 7 号）第十四条第八、第九款，销售放射性同位素的单位申请领取许可证，应当有健全的操作规程、岗位职责、安全保卫制度、辐射防护措施、台账管理制度、人员培训计划、监测方案等，有完善的辐射事故应急措施的要求。

### **12.2.2 人员培训**

根据《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 号令）第三章第十七条规定，“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。”

按照《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》（公告 2019 年第 57 号）的规定，对于新从事辐射活动的人员，以及原有辐射安全与防护培训合格证书有效期届满人员，应当通过生态环境部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。

根据建设单位介绍，本项目建成投入运行后，拟配备 12 名辐射工作人员，将在上岗前取得辐射安全与防护培训合格成绩单。同时，评价要求新增或调整新的辐射工作人员应上岗前取得辐射安全与防护培训合格成绩单，且在成绩单有效期前参加再次培训。

## **12.3 辐射监测**

本项目在营运期的辐射监测项目分为辐射环境监测、辐射工作场所监测以及个人剂量监测。

### **12.3.1 辐射环境和辐射工作场所监测计划**

根据《河南省辐射污染防治条例》第三十四条要求，辐射单位应当建立辐射监测制度，定期对工作场所以及周围辐射环境进行监测或者委托有资质的单位进行监测。发现异常情况的，应当立即采取措施，并向县级以上人民政府环境保护行政主管部门报告。

公司制定了《辐射环境监测方案》，本项目在运行期的辐射监测项目分为个人剂量监测、工作场所及环境监测。

1. 常规监测：根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十九条要求，建设单位配备 1 台便携式 X- $\gamma$ 辐射监测仪，对射线装置使用场所区域以及周围环境和代表性的环境保护目标处 X- $\gamma$ 辐射剂量率进行常规监测，监测记录应清晰、准确、完整。

每台射线装置防护铅房外以及周围环境和代表性的环境保护目标的常规监测一般每月进行 1 次，并记录存档。

2. 定期监测：定期委托具有监测资质的单位，对每台射线装置防护铅房外以及周围环境和代表性的环境保护目标处 X- $\gamma$ 辐射剂量率进行监测，每年应至少进行 1 次。监测结果反映在年度评估报告中一并上报发证机关。

3. 监测范围：X- $\gamma$ 辐射剂量率监测点位设置于：每台射线装置防护铅房外表面 30cm 处、检修门外 30cm 处，操作位处，通风、电缆管道的出入口；50m 范围内代表性的环境保护目标处。

### 12.3.2 个人剂量监测计划

根据《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》等要求，建设单位已制定了《辐射工作人员个人剂量监测方案》。

本项目正常运行后，辐射工作人员全部按要求佩戴个人剂量计，个人剂量计每期佩戴最多不超过三个月，统一委托有资质单位开展个人剂量监测，期间若有人员离开辐射工作岗位，单独对其个人剂量计予以回收并检测。建设单位将建立个人剂量监测管理档案，辐射工作人员的个人剂量监测报告全部由专人负责归档妥善保存。

表 12-1 辐射监测方案

| 监测对象            | 监测项目                  | 监测方式            | 监测频次         | 监测点位                                                          |
|-----------------|-----------------------|-----------------|--------------|---------------------------------------------------------------|
| 每台射线装置<br>防护铅房外 | X- $\gamma$ 辐射剂<br>量率 | 委托具有监测资质的单<br>位 | 1 次/年        | 每台射线装置防护铅房外<br>表面 30cm 处、检修门外<br>30cm 处，操作位处，通风、<br>电缆管道的出入口。 |
|                 |                       | 自行监测            | 1 次/月        |                                                               |
| 辐射工作人员          | 个人剂量当<br>量            | 委托具有监测资质的单<br>位 | 1 次/3 个<br>月 | /                                                             |

|        |          |             |       |                           |
|--------|----------|-------------|-------|---------------------------|
| 环境保护目标 | X-γ辐射剂量率 | 委托具有监测资质的单位 | 1 次/年 | 50m 范围内氦检工位等等代表性的环境保护目标处。 |
|--------|----------|-------------|-------|---------------------------|

#### 12.4 辐射事故应急预案

公司按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和环境保护主管部门的要求已制定《辐射事故应急预案》（附件六），该预案建立了应急组织及应急组织人员联络方式，明确了各相关部门职责，建立了应急事故处理流程和事故后评估制度。公司应急事故处理流程可操作性较强，应急预案制定合理，应定期对应急预案进行演练，并列入培训计划。

当发生事故时，建设单位应当立即启动辐射事故应急预案，采取有效防范措施，及时制止事故的恶化，并在 2 小时内向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

评价要求在今后预案的实施过程中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合公司实际及时对预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

#### 12.5 环保投资一览表

本项目环保投资共 312 万元，占比 7.43%。

表 12-2 本项目环保投资估算一览表

| 序号 | 类别         | 环保措施                                | 投资额<br>(万元) |
|----|------------|-------------------------------------|-------------|
| 1  | 主体工程防护     | 铅房等辐射屏蔽设施                           | 300         |
| 2  | 安全监控、警示标识等 | 检修门和铅柜上张贴电离辐射警告标志和中文警示说明；监督区边界设置标牌等 | 1           |
| 3  | 辐射防护用品     | 个人剂量报警仪 12 个，个人剂量计 12 对，固定式剂量检测仪    | 6           |
| 4  | 通风系统       | 通风风机、通风管道等                          | 5           |
| 5  | 环保投资合计     |                                     | 312         |

#### 12.6 辐射安全管理能力分析

经与《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》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等法规符合性分析，以及与《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）和《核技术利

用监督检查技术程序（2020 发布版）》中 ”II类非医用 X 线装置监督检查技术程序 ”相关内容的辐射安全与防护分析，中创新航科技（信阳）有限公司基本具备辐射安全管理能力。

## 12.7 竣工环境保护验收要求

根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号）规定，本项目竣工后，建设单位应按照环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，本次评价提出的竣工环境保护验收内容如下表所示。

表 12-3 “三同时”验收一览表

| 序号 | 项目     | 主要内容及要求                                                                                                                                                                                     |
|----|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 项目规模   | 拟在 M2 车间 4 条电芯生产线上建设安装 4 台型号为 JCDR200-24 的在线 X-RAY 检测机，每台该射线装置包括 6 个一样的射线源（最大管电压 200kV，最大管电流 4mA）。拟在 M2 车间南部 CT 检测室安装 2 台型号为 Metrotom 1500 225KV G3 的 CT 扫描系统，每台该射线装置最大管电压 225kV，最大管电流 3mA。 |
| 2  | 环保手续完善 | 取得环评批复及辐射安全许可证，环保资料建档妥善保存。                                                                                                                                                                  |
| 3  | 项目建设情况 | 实际建设的内容及规模与环评文件及批复文件中描述的一致或不超过其范围。                                                                                                                                                          |
| 4  | 剂量限值达标 | 应满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和建设单位管理目标值中关于辐射工作人员及公众人员满足辐射工作人员 5mSv/a 公众人员 0.1mSv/a 的年剂量管理限值要求。                                                                                        |
| 5  | 屏蔽能力达标 | 应满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中要求铅防护房周围关注点剂量当量率不大于 2.5μSv/h 的限值要求。                                                                                                                           |
| 6  | 安全防护设施 | 每台射线装置均设置：<br>视频监控系统；<br>设置固定式剂量计；<br>设置工作状态指示灯（声光报警和警示灯提示）；<br>设置门机联锁、门灯联锁；<br>设置 <b>紧急停机开关和紧急开门按钮</b> ；<br>工作电缆管沟、通风管道等穿过屏蔽体时，要求在电缆管外和通风管道外做屏蔽补偿，满足屏蔽体墙外的防护要求。                            |
| 7  | 设置警示标识 | 警示标识的设置应符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）相关要求。                                                                                                                  |
| 8  | 管理规章制度 | 包括《操作规程》在内的各项辐射安全管理规章制度满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 709 号）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第 7 号）中的要求，必要时进行修订。                                                                                  |

|    |        |                                                                                |
|----|--------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | 事故应急预案 | 制定合理可行的《辐射事故应急预案》，必要时进行修订。                                                     |
| 10 | 落实监测计划 | 建立职业健康检查和个人剂量监测档案，落实环境监测计划，妥善保存各项检查报告和检测记录。                                    |
| 11 | 人员持证情况 | 所有辐射工作人员均取得辐射安全与防护培训合格成绩单。                                                     |
| 12 | 监测仪器   | 1 台便携式 X-γ辐射检测仪。                                                               |
| 13 | 辐射防护用品 | 个人剂量报警仪 12 个，个人剂量计 12 对。                                                       |
| 14 | 废气     | 每台射线装置设置通风系统，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。            |
| 15 | 废水     | 运营期辐射工作人员生活污水由厂区污水处理站处理排至送潢川第二污水处理厂进一步处理。                                      |
| 16 | 固体废物   | 本项目 6 台射线装置 X 射线管使用寿命到期报废或损坏后产生的废弃射线管，由厂家维修或更换，并将废弃射线管回收。生活垃圾在厂区收集后，由市政环卫统一清运。 |

表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 1、建设内容及规模

中创新航科技（信阳）有限公司位于河南省信阳市潢川县豫东南大道 1 号，拟建设中创新航科技（信阳）有限公司II类射线装置应用项目，目的在于开展无损检测，提高公司产品质量。建设内容及规模：拟在 M2 车间 4 条电芯生产线上建设安装 4 台型号为 JCDR200-24 的在线 X-RAY 检测机，每台该射线装置包括 6 个一样的射线源（最大管电压 200kV，最大管电流 4mA）。拟在 M2 车间南部 CT 检测室安装 2 台型号为 Metrotom 1500 225KV G3 的 CT 扫描系统，每台该射线装置最大管电压 225kV，最大管电流 3mA。

#### 2、产业政策、实践正当性、选址合理性

本项目内容符合国家产业政策和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

选址区域位于中创新航科技（信阳）有限公司 M2 电芯车间，使用区域 50 米范围内均属于中创新航科技（信阳）有限公司区域，无居民住宅、学校等敏感目标或其他人群集中区。因此，本项目选址合理。

#### 3、辐射环境背景水平

根据检测结果显示，中创新航科技（信阳）有限公司II类射线装置应用项目拟建区域环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率检测值在 0.04~0.07 $\mu$ Gy/h 之间，厂区门口处环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率检测值为 0.06 $\mu$ Gy/h，项目区域不存在辐射异常点。

#### 4、环境影响分析结论

由表 11-7 可知，本项目 CT 扫描系统最大功率工作状态下铅防护房四周各预测点位处辐射剂量率在 3.65E-03 $\mu$ Sv/h -1.851 $\mu$ Sv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中要求铅防护房周围关注点剂量当量率不大于 2.5 $\mu$ Sv/h 的限值要求。本项目在线 X-RAY 检测机最大功率工作状态下铅防护房四周各预测点位处辐射剂量率在 1.72E-03 $\mu$ Sv/h -1.098 $\mu$ Sv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中要求铅防护房周围关注点剂量当量率不大于 2.5 $\mu$ Sv/h 的限值要求。

本项目涉及到的II类射线装置应用项目拟安装在 M2 电芯车间。本项目的环

保目标主要为项目周围该公司从事本项目的辐射工作人员、辐射工作场所周围其他非辐射工作人员。本项目按照目前方案实施后，本项目职业工作人员年剂量最大值为 0.062mSv，远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业工作人员 20mSv/a 剂量约束值，也低于 5mSv/a 的剂量管理目标值。本项目公众人员附加年剂量最大值为 0.002mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中公众人员 1mSv/a 剂量约束值，也低于 0.1mSv/a 的剂量管理目标值。

## **5、辐射安全管理**

建设单位制定了相对完整的辐射安全与防护管理制度，建设单位从事辐射活动的的能力基本符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求。另外，针对项目后期发现尚不完善的管理措施，要求及时修订完善。

今后，中创新航科技（信阳）有限公司只要严格按照国家有关辐射防护规定执行，该项目的辐射环境影响即可控制在国家允许的标准范围之内。

## **6、综合结论**

综上所述，中创新航科技（信阳）有限公司II类射线装置应用项目符合国家产业政策，选址合理，符合辐射防护“实践的正当性”的要求。在落实相关污染防治措施和辐射环境管理措施的前提下可以达到防护目的，项目正常运行对周围环境产生的辐射影响满足相关标准的要求。因此，从辐射环境保护的角度认为本项目建设是可行的。

### **13.2 建议**

- 1、公司应加强对工作人员和公众成员辐射防护知识的宣传教育，提高其自身安全防护意识，防止事故发生。
- 2、公司应加强辐射工作人员的辐射安全培训工作，所有辐射工作人员均需要参加辐射安全培训，并持证上岗。
- 3、每年至少进行一次辐射环境监测，建立监测技术档案，每年 1 月 31 日前，将上年度的射线装置安全和防护状况年度评估报告提交到省市环保部门。
- 4、在项目取得环评批复、建设完成后，建设单位应及时申请辐射安全许可证，并按照相关法律法规要求 3 个月内，完成自主竣工环境保护验收工作，验收合格后方可正式使用。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见:

经办人:

单位盖章

年 月 日

审批意见:

经办人签字

单位盖章

年 月 日