

核技术利用建设项目

合肥宏储能芯科技有限公司

合肥宏储能芯科技有限公司核技术利用建设项目
环境影响报告表

合肥宏储能芯科技有限公司
2026 年 8 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

合肥宏储能芯科技有限公司

合肥宏储能芯科技有限公司核技术利用建设项目 环境影响报告表

建设单位名称：合肥宏储能芯科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：合肥市高新区柏堰湾路与侯店路交口西南角

邮政编码：230000

联系人：张备

电子邮箱：

联系电话：18255427741

填表说明

1.此环境影响报告表按照《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》（HJ10.1-2016）的要求进行编制；

2.以下核技术利用建设项目需填报此环境影响报告表：

- 1）制备 PET 用放射性药物的；
- 2）医疗使用Ⅰ类放射源的；
- 3）使用Ⅱ类、Ⅲ类放射源的；
- 4）生产、使用Ⅱ类射线装置的；
- 5）乙、丙级非密封放射性物质工作场所（医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的除外）；
- 6）在野外进行放射性同位素示踪试验的。

以上项目的改、扩建（不含在已许可场所增加不超出已许可活动种类和不高于已许可范围等级的核素或射线装置的）。

放射源分类见《关于发布放射源分类办法的公告》（国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号），射线装置的分类见《关于发布射线装置分类的公告》（环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号）。

3.此环境影响报告表中当量剂量与有效剂量等效使用。

目录

表 1 项目基本情况 1

表 2 放射源 10

表 3 非密封放射性物质 10

表 4 射线装置 10

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） 12

表 6 评价依据 13

表 7 保护目标与评价标准 16

表 8 环境质量和辐射现状 16

表 9 项目工程分析与源项 29

表 10 辐射安全与防护 42

表 11 环境影响分析 53

表 12 辐射安全管理 72

表 13 结论与建议 84

表 1 项目基本情况

建设项目名称		合肥宏储能芯科技有限公司核技术利用建设项目			
建设单位		合肥宏储能芯科技有限公司			
法人代表	王宝玉	联系人	张备	联系电话	18255427741
注册地址		合肥市高新区柏堰湾路与侯店路交口西南角			
项目建设地点		合肥市高新区柏堰湾路与侯店路交口西南角合肥宏储能芯科技有限公司 1#电芯车间			
备案部门		/		备案文号	/
建设项目总投资(万元)		2000	项目环保投资(万元)	100	投资比例(环保投资/总投资) 5%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积 m ² 366666.67
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类(医疗使用) ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其他	/			

1.1 建设单位基本情况、项目建设规模及任务由来

1.1.1 建设单位基本情况

合肥宏储能芯科技有限公司成立于 2026 年 3 月，于合肥市高新技术产业开发区柏堰湾路与侯店路交口西南角建设“年产 30GWh 储能电芯项目”。项目租赁合肥睿新科技服务有限公司厂区面积 550 亩，总建筑面积约 40 万平方米，建设高标准储能电芯生产线，包括合浆、涂布、辊分、卷绕、注液、组装、测试等各类电芯生产和检测设施及其他配套设备。项目建成后，形成年产 30GWh 储能电芯的生产规模。

1.1.2 任务由来

合肥宏储能芯科技有限公司投资建设“年产 30GWh 储能电芯项目”，项目建

成后，形成年产 30GWh 储能电芯的生产规模，该项目于 2026 年 4 月 30 日取得环评批复，目前该项目正在建设中。为进一步改进电芯（电池）缺陷、提高产品质量，需配备 CT 设备对产品进行生产无损探伤检测，因此拟在 1#电芯车间北侧中部设置 4 台在线 CT，以及南侧中部设置 1 台离线 CT。

根据《中华人民共和国生态环境法典》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《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，2019 年修改）等法律法规的规定，辐射工作单位在申请领取辐射安全许可证前，应当组织编制或者填报环境影响评价文件，并依照国家规定程序报环境保护主管部门审批。因此，本项目需履行环境影响评价手续。

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》，本项目 X 射线实时成像检测仪拥有 II 类射线装置；根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年），项目属于“五十五、核与辐射，172、核技术利用建设项目，使用 II 类射线装置的”，应编制环境影响报告表。受合肥宏储能芯科技有限公司委托，安徽睿晟环境科技有限公司承担本项目的环评工作。经调研、现场监测、评价分析后编制本项目环境影响报告表，并报请审批，以期为本项目实施和管理提供参考。

1.1.3 项目概况

1.1.3.1 建设内容和规模

（1）项目名称：合肥宏储能芯科技有限公司核技术利用建设项目；

（2）建设单位：合肥宏储能芯科技有限公司；

（3）建设地点：合肥市高新区柏堰湾路与侯店路交口西南角合肥宏储能芯科技有限公司 1#电芯车间。

（4）地理坐标：1#电芯车间内北侧中部在线 CT 区为东经 117°4'31.85"，北纬 31°48'45.39"；1#电芯车间内南侧中部离线 CT 区为东经 117°4'38.68"，北纬 31°48'46.33"。

（5）建设内容及规模：项目设置 4 台在线 CT 机（II 类）、1 台离线 CT 机（II 类），用于电芯生产过程单体电芯内部结构的无损、高速、在线检测，精准识别层叠偏移、极片褶皱、内部异物、焊接虚焊等外观检测无法发现的隐性缺

陷，弥补品质检测盲区，提升电芯质量、保障安全及性能。

1.1.3.2 本项目 X 射线装置技术参数

本次评价项目 X 射线装置情况见下表 1-1:

表 1-1 本项目 X 射线装置情况一览表

设备名称	型号	厂家	数量	类别	最大管电压	最大管电流	具体用途	备注
在线 CT 机	HF-ESC-ZXCT-8-C01	深圳市亚锐智能科技有限公司	4	II	150kV	0.5mA	电池异物检测	周向
离线 CT 机	HF-ESC-OHLXCT-1-C01	深圳市亚锐智能科技有限公司	1	II	150kV	0.5mA	电池异物检测	周向

本项目建设项目组成见表 1-2。

表 1-2 建设项目组成一览表

工程类别	建设内容		备注
主体工程	1#电芯车间	位于厂区北侧，1F，H=20.52m，总建筑面积 60000m ² （600m×100m）。在 1#电芯车间内北侧中部设置 4 台在线 CT（编号 1#、2#、3#、4#），均自带屏蔽铅房，型号均为 HF-ESC-ZXCT-8-C01，每台在线 CT 有 2 个 CT 环，周向，铅房尺寸为 3.8×7.0×3.0m，1#、3#在线 CT 操作台位于铅房南侧，2#、4#在线 CT 操作台位于铅房北侧（与 1#、3#在线 CT 镜像放置）；在 1#电芯车间内南侧中部设置 1 台离线 CT（自带屏蔽铅房），型号 HF-ESC-OHLXCT-1-C01，周向，铅房尺寸 2.5×2.4×3.0m，操作台位于离线 CT 铅房南侧。	新建
公用工程	给水系统	由市政管网提供自来水	依托
	排水系统	厂区采用雨污分流；生活污水依托污水处理站区中的中水回用设施处理后回用于厂区绿化、道路洒水，不外排。	依托
	供电系统	依托市政变电站供电	依托
环保工程	废气	4 台在线 CT 机和 1 台离线 CT 机（自带铅房）均配置机械排风装置，CT 机产生的 O ₃ 、NO _x 通过铅房内部的排风装置排入车间内，再通过车间内的排风系统最终排入外环境。	新建
	废水	不新增工作人员，辐射工作人员为内部调配，原有生活污水依托污水处理站的中水回用设施处理后回用于厂区绿化、道路洒水，不外排。	依托
	固废	不新增生活垃圾，辐射工作人员为内部调配，生活垃圾由环卫部门统一清运。	依托
	噪声	采取选用低噪声设备，隔声措施降低影响。	新建
	辐射安全措施	门机联锁、电离辐射警告标识、工作状态指示灯、急停开关、监控系统及固定式场所辐射探测报警装置等。	新建

依托可行性分析：现有项目于 2026 年 4 月 30 日取得了合肥市高新技术产业开发区生态环境分局《关于合肥宏储能芯科技有限公司年产 30GWh 储能电芯项目环境影响报告表的备案》（合高自贸环备〔2026〕10005 号）。项目不新增

工作人员，人员产生的生活污水和生活垃圾可依托合肥宏储能芯科技有限公司现有工程；铅房需求电量相对于整个厂区较少，可满足本项目的使用要求。因此本项目供水、供电以及废水和生活垃圾现有工程是可行的。

1.1.3.2 工作制度及人员配备

项目 CT 机运行班制为 3 班制，辐射工作人员全年工作时间为 320 天，年工作 7680 小时。

项目拟配置 4 台在线 CT 机和 1 台离线 CT 机，每 2 台在线 CT 对应 1 条生产线，对该生产线的电芯产品进行 100%检测，离线 CT 则用于对所生产的成品电芯进行抽检。项目成品电芯尺寸为长 $484.5 \pm 0.5\text{mm}$ ，宽 120~285mm，厚 10~40mm。

4 台在线 CT 共需完成 19200 个/日电芯产品的 100%检测任务（每台在线 CT 每天检测 4800 个电芯）。每台在线 CT 含 2 个 CT 环，每个 CT 环可同时扫描 2 个电芯（每台在线 CT 每次可同时扫描 4 个电芯），单次曝光检测时间约 20.8 秒。据此计算，每台在线 CT 每日曝光工作时间为 $4800 \div 4 \times 20.8 \div 3600 = 6.9$ 小时，每周曝光工作时间为 48.3 小时，按每年 320 个工作日计算，年曝光工作时间为 2208 小时。

离线 CT 对所生产的成品电芯进行抽检，抽检率约 26%，每日检测电芯总量不超过 5000 个，离线 CT 仅含 1 个 CT 环，可同时扫描 2 个电芯，单次曝光检测时间为 20.8 秒。据此核算，离线 CT 每日曝光工作时间为 $5000 \div 2 \times 20.8 \div 3600 = 14.4$ 小时，每周曝光工作时间为 100.8 小时，按每年 320 个工作日计算，年曝光工作时间为 4608 小时。

项目拟配置 10 名辐射工作人员（9 名操作人员，1 名管理人员），均从原有工作人员中调配，具体安排如下：4 台 CT 设备实行三班制，每班每 2 台配备 1 人，合计 6 人；1 台离线 CT 设备同样实行三班制，每班配备 1 人，合计 3 人；管理人员 1 名，共计 10 人。

1.2 项目选址

(1) 厂区平面布置及周边环境

合肥宏储能芯科技有限公司位于合肥市高新技术产业开发区柏堰湾路与侯店路交口西南角，见附图 1。厂区东侧为安徽同路医药有限公司，东北侧为星光

博瑞健康大数据产业园，西北侧为合肥高尔生命健康科学研究院有限公司，西侧为空地，南侧为空地。

（2）CT 机房平面布置

本项目位于合肥宏储能芯科技有限公司厂内 1#电芯车间内（车间为一层结构）。拟在 1#电芯车间北侧中部设置 4 台在线 CT 机，在南侧中部设置 1 台离线 CT 机，出束方向均为周向。1#电芯车间为 1 层建筑，无地下结构，CT 设备上方无夹层，无人经过。在线 CT 区东侧为焊接区，西侧为装配区，南侧为叠片区；离线 CT 东侧为叠片刀模房，西侧为叠片废料机间，北侧为叠片区，南侧为检测车间和电芯结构件库。

（3）选址合理性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）关于“源的选址与定位”规定，国家只对“具有大量放射性物质和可能造成这些放射性物质大量释放的源”应考虑场址特征的规定，对其它源的选址未作明文规定。本项目 X 射线探伤设备属于 II 类射线装置在工业上的应用，对这类使用 II 类射线装置的核技术应用项目的选址，《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中未作明文规定。

本项目配置 CT 机房位于 1#电芯车间内，CT 机房边界 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标，CT 机房分别位于 1#电芯车间北侧中部和南侧中部，距离办公场所较远，避开了人流集中区域。CT 机铅房分别设置进出件防护门和维修防护门，设备自动进出工件，除维修外无需人员进入铅房。铅房四周防护墙、顶部、底部及工件进出门和维修防护门均采取屏蔽防护措施。工作过程中产生的 X 射线经铅防护门、设备自带铅房屏蔽，并通过距离衰减后对周围辐射环境影响是可接受的。因此，本项目探伤区域工艺流畅、布局合理，满足安全防护要求，便于分区管理和辐射防护，选址合理、可行。

1.3 相关政策符合性分析

（1）产业政策符合性分析

本项目属于核技术在无损检测领域内的运用，属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中第三十一项第 1 条“质量认证和检验检测服务”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

（2）实践正当性分析

合肥宏储能芯科技有限公司投资建设“年产 30GWh 储能电芯项目”，项目建成后，形成年产 30GWh 储能电芯的生产规模。为进一步改进电芯（电池）缺陷、提高产品质量，需配备 CT 设备对产品进行生产无损探伤检测，本项目的建设运行将显著提升产品质量控制水平，从源头上减少因产品缺陷引发的安全隐患。同时，项目的实施有利于推动公司生产技术的升级，不仅能够创造可观的经济效益，也因其对质量与安全的贡献而具有良好的社会效益。项目利用 CT 机对公司生产的电芯进行无损检测，在运行期间将会产生电离辐射，可能会提高拟建址周围的辐射水平，但采取各种屏蔽措施和管理措施后可以得到有效的控制，使其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设将满足企业的生产检测需求，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，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。

（3）代价利益分析

本项目符合公司生产工艺的需要，能有效提高公司生产效率，核技术在工业探伤上的应用有利于提高产品的质量，能有效减少质量不过关而导致的安全事故数量，该项目在保障产品质量的同时也为公司和社会创造了更大的经济效益。从剂量预测结果可知，该项目辐射工作人员年所受附加剂量满足项目管理限值 5mSv 的要求，周围公众年所受附加剂量满足项目管理限值 0.25mSv 的要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。因此，从代价利益分析看，该项目是正当可行的。

1.4 与合肥高新区南岗三期规划符合性分析

根据《合肥市高新区南岗三期总体规划（2013-2020）环境影响报告书》，南岗三期优先鼓励入园项目为与园区现有产业链相配套的企业，包括基础设施建设项目，规模效益好、能源资源消耗少、排污小的企业和依托现状可以构建产业链的项目。

合肥高新区南岗三期的功能定位为：皖江城市带承接产业转移示范工业园区、先进制造业基地、生物医药基地、电子信息基地。**产业定位为：**先进制造

业、电子信息、生物医药等。

限制发展项目主要为：限制发展能源、资源消耗量或排污量较大但效益相对较好的企业发展；装备制造业禁止有电镀表面处理项目；新能源行业不得引入产能过剩的项目；严格限制新建制革、化工、印染、电镀、酿造等大中型项目或者其他污染严重的项目。建设该类项目的，必须事先征得有关省人民政府环境保护行政主管部门的同意，并报国务院环境保护行政主管部门备案。

禁止入园项目包括：（1）国家明令禁止建设或投资的，不符合《产业结构调整指导目录》要求的建设项目不得进入园区。（2）规模效益差，能源资源消耗大、环境影响严重的企业，严格控制高污染、高能耗、高水耗项目的进入。

（3）禁止在巢湖流域新建化学制浆造纸企业，禁止在巢湖流域新建制革、化工、印染、电镀、酿造等小型企业。严格限制在巢湖流域新建前款所列大中型项目或者其他污染严重的项目。

本项目属于合肥市高新区南岗三期中“电子信息业”和“先进制造业”的配套产业，属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中“鼓励类”，不属于限制入区、禁止入区产业，符合园区产业准入要求。

1.5 生态环境分区管控符合性分析

1.5.1 生态保护红线

（1）与生态保护红线相符性分析

项目位于合肥市高新区，根据合肥市生态保护红线范围图，本项目规划范围不涉及生态保护红线，整体属合肥市环境重点管控单元，符合生态保护红线规划要求。

（2）与环境质量底线相符性分析

根据《2025 年合肥市生态环境状况公报》，合肥市属于大气环境质量达标区域。

本项目为核技术利用项目，运营期只产生少量臭氧和氮氧化物，对大气环境影响较小。

地表水环境质量底线：2025 年，合肥市纳入国家考核的 20 个地表水断面，20 个均达到年度考核要求。与去年同期相比，南淝河、十五里河、派河、丰乐河、杭埠河、柘皋河、兆河、双桥河、白石天河、裕溪河、滁河、罗昌河、西河

等河流总体水质保持优良。

本项目不新增劳动定员，辐射工作人员产生的生活废水依托厂区现有污水处理设施处理后回用，不外排。

声环境质量底线：根据《2025 年合肥市生态环境状况公报》，2025 年合肥市声环境质量总体较好，全市区域环境噪声等效声级为 57.2dB（A），道路交通噪声等效声级 69.2dB（A）。项目所在区域位于《声环境质量标准》（GB3096-2008）3 类功能区。本项目新增排风机噪声值较小，运营期对厂界噪声影响较小。

本项目 X 射线区拟建设位置周围辐射环境监测值在 61.2~64.9nGy/h 之间，根据《2025 年安徽省生态环境状况公报》中数据显示，2025 年，全省伽玛辐射空气吸收剂量率（含宇宙射贡献值）范围为 65~162nGy/h。由此可知，本项目建设位置周围辐射环境检测值均与安徽省天然贯穿辐射水平相当，属于正常本底范围，项目主要为辐射影响，现状监测报告可知本项目区域辐射环境质量现状良好，项目采取辐射防护措施符合相关标准要求，项目运营后对区域环境质量影响很小。

（3）与资源利用上线相符性分析

本项目不属于资源开发类项目，项目运营期利用的资源主要为电力资源，资源消耗量很少，不会超出当地资源利用上线。

（4）生态环境准入清单

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中第十四项第 1 条“科学仪器和工业仪表”，属于国家鼓励类产业，项目不属于“淘汰类”及“限制类”项目，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策；本项目不属于《市场准入负面清单（2025 年版）》禁止准入类；本项目符合国家和地方产业政策。本项目不属于其中的禁止建设项目。

综上所述，本项目不在生态红线范围内，属于重点管控单元，根据重点管控单元总体要求，本项目不属于高耗水、高排放、高污染行业，属于核技术在无损检测领域的运用，项目对周边环境的主要影响为电离辐射影响，项目运营过程中产生和排放的污染物有限，在落实本报告中提出的各项辐射屏蔽措施、污染治理措施和环境管理制度后，项目对周边环境的影响较小。故本项目符合重

点管控单元相关的要求，不会改变环境质量现状，满足生态环境准入清单管理要求。因此本项目的建设符合“三线一单”相关要求。

1.6 与项目有关的环境保护问题

本项目为新建项目，无原有环境相关问题。

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 3 非密封放射性物质

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（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加速器

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量 (台)	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	在线 CT 机	II类	4	HF-ESC- ZXCT-8- C01	150kV	0.5mA	电池异物 检测	1#电芯车间北侧中部	周向
2	离线 CT 机	II类	1	HF-ESC- OHLXCT- 1-C01	150kV	0.5mA	电池异物 检测	1#电芯车间南侧中部	周向

(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 (mA)	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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
O ₃ 、NO _x	气态	/	/	少量	少量	/	/	由排风机和通风管道排入外环境

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。

2、含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规 文件	(1) 《中华人民共和国生态环境法典》（2026 年 3 月 12 日第十四届全国人民代表大会第四次会议通过），2026 年 8 月 15 日起施行； (2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，国家主席令第 6 号，2003 年 10 月 1 日起施行； (3) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行； (4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订），国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行； (5) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正），生态环境部令第 20 号，自 2021 年 1 月 4 日起施行； (6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行； (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； (8) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，国家环境保护总局文件，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日起施行； (9) 《射线装置分类》（2017 年修订），原环境保护部国家卫生计生委公告 2017 年公告第 66 号公布，自 2017 年 12 月 5 日起施行； (10) 《国家危险废物名录（2025 年版）》，2025 年 1 月 1 日起施行； (11) 关于印发《建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）》的通知，环办〔2013〕103 号，2014 年 1 月 1 日起施行； (12) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行； (13) 《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年第 38 号，2019 年 11 月 1 日起施行；
----------	--

	(14) 《生态环境部关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019 年第 39 号，2019 年 10 月 25 日发布； (15) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日起施行； (16) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，中华人民共和国国家发展和改革委员会令 7 号，2024 年 2 月 1 日起施行； (17) 《安徽省环境保护条例》，2017 年 11 月 17 日安徽省第十二届人民代表大会常务委员会第四十一次会议修订，根据 2024 年 11 月 22 日安徽省第十四届人民代表大会常务委员会第十二次会议《关于修改部分地方性法规的决定》修正； (18) 《安徽省放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2015 年 8 月 12 日施行。
技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则总纲》（HJ 2.1-2016）； (2) 《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）； (3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； (4) 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》（GB 22448-2008）； (4) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； (6) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； (7) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）； (8) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改单； (9) 《声环境质量标准》（GB 3096-2008）； (10) 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）； (11) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）； (13) 《核技术利用单位自行监测技术规范》（DB34/T 4571-2023）。

其他	(1) 《2025 年安徽省生态环境状况公报》； (2) 《2025 年合肥市生态环境状况公报》； (3) 项目环境质量现状检测报告； (4) 年产 30GWh 储能电芯项目环境影响报告表； (5) 建设单位提供其他相关资料。
----	--

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价内容及目的

- (1) 对项目建设阶段和运行阶段的非辐射环境影响进行评价分析。
- (2) 对项目拟建地址进行辐射环境质量本底现状监测，以掌握场所及周围的辐射环境质量本底现状水平，并对项目进行辐射环境影响预测评价。
- (3) 对不利影响提出防治措施，把辐射影响减少到“可合理达到的尽可能低水平”。
- (4) 满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求，为项目的辐射环境管理提供科学依据。
- (5) 项目建成后自带屏蔽铅房外辐射环境影响评价以及辐射工作人员和公众所受剂量预测评价。

7.2 评价原则

此次评价遵循《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的辐射防护“三原则”：

- (1) 实践的正当性；
- (2) 剂量限制和潜在照射危险限制；
- (3) 防护与安全的最优化。

7.3 评价重点

(1) 辐射环境：辐射环境此次评价重点为 CT 机拟采取的屏蔽措施、辐射安全与管理措施和人员年有效剂量评价。

(2) 非辐射环境：本项目在建设阶段会产生施工扬尘、施工人员生活污水、生活垃圾和施工噪声等，施工期较短，以上污染会随施工期结束而消除。

本项目运行阶段不新增废水和固废；CT 机自带屏蔽铅房配备机械排风机，通风换气次数达到标准要求，CT 机运行产生的臭氧和氮氧化物对环境影响较小，此次评价仅对 CT 机自带屏蔽铅房的通风换气次数的达标性进行分析。同时排风机运行会产生噪声，此次非辐射环境影响评价的重点为 CT 机自带屏蔽铅房排风机产生的噪声影响。

7.4 评价范围

辐射环境：根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的要求，“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”，确定本项目辐射环境影响评价范围为：项目 CT 机自带屏蔽铅房边界外 50m 范围的区域。

声环境：参考《建设项目环境影响报告表编制技术指南（污染影响类）（试行）》的相关规定，确定本项目声环境影响评价范围为厂界外 50m 的区域。

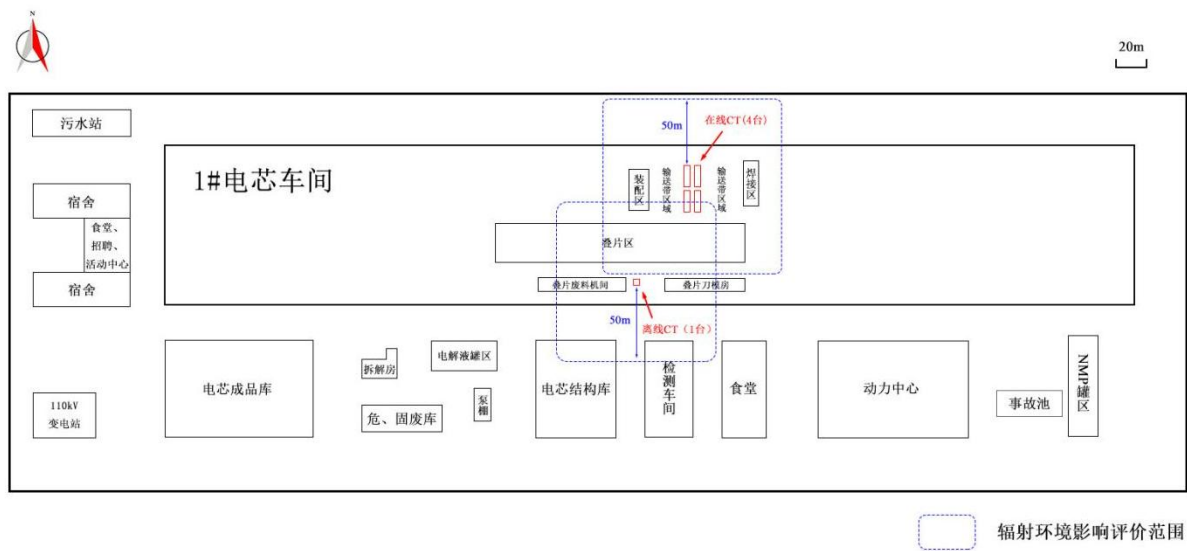


图 7-1 辐射环境影响评价范围示意图



图 7-2 声环境影响评价范围示意图

7.5 保护目标

(1) 辐射环境保护目标

本项目拟在 1#电芯车间北侧中部设置 4 台在线CT机，以及 1#电芯车间南侧中部设置 1 台离线CT机，设备自带屏蔽铅房边界 50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标，根据保护目标为 50m评价范围内活动的职业人员和公众成员：

1) 职业人员：操作台辐射工作人员。

2) 公众成员：公司厂房内工人及偶然经过的其他公众人员。

表 7-1 本项目评价范围内辐射环境保护目标一览表

序号	环境保护目标		方位	距离	人员数量
1	1#在线 CT 机操作台	辐射工作人员	1#在线 CT 机南侧	/	6 人
2	2#在线 CT 机操作台	辐射工作人员	2#在线 CT 机南侧	/	
3	3#在线 CT 机操作台	辐射工作人员	3#在线 CT 机北侧	/	
4	4#在线 CT 机操作台	辐射工作人员	4#在线 CT 机北侧	/	
5	离线 CT 机操作台	辐射工作人员	离线 CT 机南侧	/	3 人
6	焊接区	公众人员	在线 CT 区东侧	30m	约10人
7	装配区	公众人员	在线 CT 区西侧	25m	约40人
8	叠片区	公众人员	在线 CT 区南侧、离线 CT 北侧	20m	约30人
9	叠片刀模房	公众人员	离线 CT 东侧	20m	约2人
10	叠片废料机间	公众人员	离线 CT 西侧	30m	约3人
11	检测车间	公众人员	离线 CT 机东南侧	35m	约10人
12	电芯结构件库	公众人员	离线 CT 机西南侧	36m	约10人
13	厂区内道路	公众人员	1#电芯车间外北侧及 1#电芯车间外南侧	各 CT 机 50m 范围内	流动人员 约4人

(2) 声环境保护目标

结合项目实际情况，并参考《建设项目环境影响报告表编制技术指南（污染影响类）（试行）》的相关规定，确定声环境影响评价范围为厂界外 50m 的区域。项目厂界外

50m 范围内无声环境敏感点。

7.6 评价标准

7.6.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

本项目工作人员职业照射和公众照射剂量限值详见下表：

表 7-3 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对象	要求
职业照射剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①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； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值：①年有效剂量，1mSv；②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

本项目取剂量限值的 1/10 作为剂量约束值，即：辐射工作人员年有效剂量不超过 2mSv；公众成员年有效剂量不超过 0.1mSv。

7.6.2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

本项目执行《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中相关内容，重点引用如下：

本标准规定了 X 射线和γ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γ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 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ 98 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/T 9445 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

6 固定式探伤的放射防护要求

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 GB 18871 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 30cm 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处立体角区域内时，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 30cm 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 探伤室门口应设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与工业

CT 射线装置联锁。“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，在控制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 GB 18871 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。

6.2.3 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。

7.6.3 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改单

重点引用：本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。

本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3 探伤室屏蔽要求

3.1 探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

3.1.1 探伤室墙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 H_c 的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ （ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）按式（1）计算：

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

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

U —探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T —一人员在相应关注点驻留的居留因子；

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

t 按式（2）计算：

$$t = \frac{W}{60 \cdot I} \dots \dots \dots (2)$$

W —X 射线探伤的周工作负荷（平均每周 X 射线探伤照射的累积“ $\text{mA} \cdot \text{min}$ ”值）， $\text{mA} \cdot \text{min}/\text{周}$ ；

60—小时与分钟的换算系数；

I —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（ mA ）。

b)关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$:

$$\dot{H}_{c,max}=2.5\mu\text{Sv/h}$$

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 $\dot{H}_{c,d}$ 和 b) 中的 $\dot{H}_{c,max}$ 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:

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处立体角区域内时,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。

3.2 需要屏蔽的辐射

3.2.1 相应有用线束的整个墙面考虑有用线束屏蔽,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°入射探伤工件的 90°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,按最高管电压和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。

7.6.4 项目管理目标限值

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）评价标准和《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及第 1 号修改单等评价标准，确定本项目管理目标限制：按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）剂量限值 1/0 取值，即职业人员年有效剂量不超过 2mSv；公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

1) 本项目探伤房辐射剂量率控制水平：

铅房四周墙及防护门表面外 30cm 处剂量率不超过 2.5μSv/h；

铅房顶部表面外 30cm 处剂量率不超过 100μSv/h（顶部上方无人员到达）。

2) 本项目辐射工作人员和公众的剂量约束值：

职业人员年有效剂量不超过 2mSv；公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

职业人员周有效剂量不超过 100μSv；公众周有效剂量不超过 5μSv。

7.6.5 声环境质量标准

厂界执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）3 类标准。

表 7-5 声环境质量标准 单位：dB(A)

声环境功能区类别	昼间	夜间
3 类	65	55

7.6.6 噪声排放标准

施工期项目场界噪声执行《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）。

表 7-6 建筑施工噪声排放标准限值 单位：dB（A）

标准名称	昼间	夜间
《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）	70	55

运营期厂界处噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）3 类标准。

表 7-7 噪声排放标准 单位 dB(A)

标准	区域划分	标准值 dB(A)	
		昼间	夜间
《工业企业厂界环境噪声排放标准》	3 类	65	55

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置

合肥宏储能芯科技有限公司位于合肥市高新技术产业开发区柏堰湾路与侯店路交口西南角，厂区北侧为星光博瑞健康大数据产业园，东侧为安徽同路医药有限公司，南侧为空地，西侧为空地。

本项目位于合肥宏储能芯科技有限公司厂内 1#电芯车间内（车间为一层结构）。拟在 1#电芯车间北侧中部设置 4 台在线 CT 机，在南侧中部设置 1 台离线 CT 机，周向，X 射线主射线方向可以朝上、朝下、朝东、朝西照射。

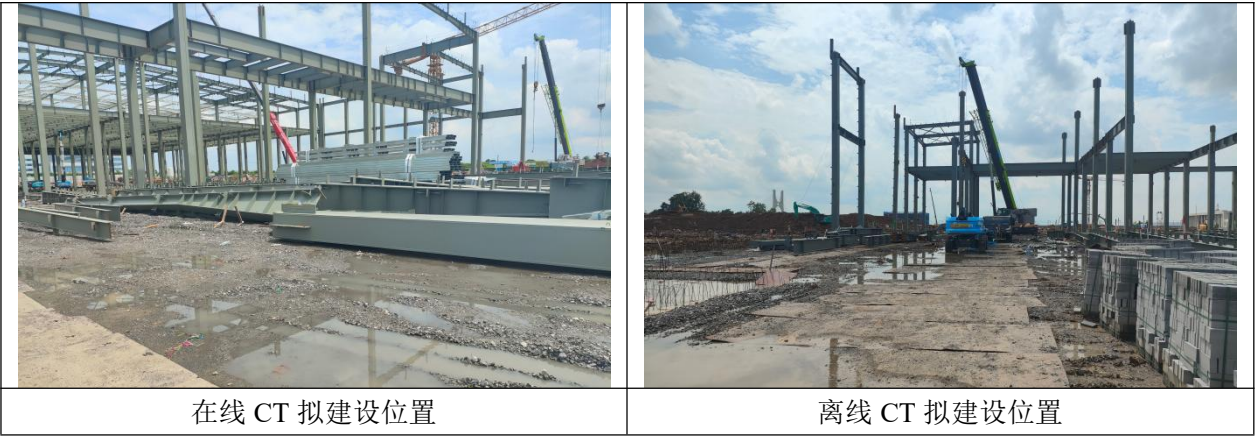


图 8-1 项目周围环境现状图

8.2 环境质量和辐射环境现状评价

8.2.1 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

为掌握项目所在地的辐射环境现状，委托中核安徽计量检测有限公司于 2026 年 7 月 20 日对本项目 CT 室及周围辐射环境现状本底展开监测（周围均为工业区，无声环境保护目标，故无需进行声环境现状检测）。

评价对象：拟建 CT 室及周围辐射环境

监测因子：X-γ辐射剂量率

监测点位：参照《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中的方法布设监测点。根据拟建 CT 室周围环境现状，辐射监测点位的选取覆盖 CT 放置区域。

8.2.2 监测方案、质量保证措施及监测结果

（1）监测方案

监测项目：X-γ辐射剂量率

监测布点：在拟 CT 室及周围进行布点，具体点位见图 8-3~8-4。

监测方法：《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中的要求和方法进行现场测量。

表 8-1 辐射测量仪器主要技术参数一览表

仪器名称	型号	测量范围	能量响应范围	校准单位	检定证书及有效期
便携式 X-γ剂量率仪	ERM-3421/ZHAH-YQ-0368	10nGy/h~1000μGy/h	25keV~3MeV	中国辐射防护研究院放射性计量站	C 校字第[2025]-L613，有效期至 2026 年 10 月 10 日

（2）质量保证措施

- 1) 检测机构通过安徽省认证认可监督管理委员会资质认定。
- 2) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。
- 3) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准。
- 4) 监测仪器每年按规定定期经计量部门检定校准，合格后方可使用。
- 5) 通过人员比对、方法比对、设备比对、标准物质比对、与其它实验室比对等方式开展质量控制。
- 6) 监测人员均持证上岗，每次监测至少 2 名监测人员。
- 7) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否良好。
- 8) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- 9) 监测报告严格实行三级审核制度。

（3）监测结果

辐射环境监测结果见表 8-2，检测报告见附件 6。

表 8-2 辐射环境现状监测结果

序号	检测位置	测量结果 (nGy/h)	标准偏差 (nGy/h)
1	拟建 1#在线 CT 室西侧	62.6	1.3
2	拟建 1#在线 CT 室北侧	62.6	1.6
3	拟建 1#在线 CT 室东侧	62.2	1.3
4	拟建 1#在线 CT 室南侧	62.4	1.1

5	拟建 1#在线 CT 室中间	62.2	1.6
6	拟建 2#在线 CT 室西侧	62.4	1.4
7	拟建 2#在线 CT 室北侧	62.5	1.4
8	拟建 2#在线 CT 室东侧	62.8	1.4
9	拟建 2#在线 CT 室南侧	62.1	1.7
10	拟建 2#在线 CT 室中间	62.3	1.4
11	拟建 3#在线 CT 室西侧	62.9	1.3
12	拟建 3#在线 CT 室北侧	61.9	1.1
13	拟建 3#在线 CT 室东侧	61.2	1.6
14	拟建 3#在线 CT 室南侧	61.6	1.3
15	拟建 3#在线 CT 室中间	62.3	1.8
16	拟建 4#在线 CT 室西侧	62.7	1.2
17	拟建 4#在线 CT 室北侧	61.7	1.4
18	拟建 4#在线 CT 室东侧	62.8	1.0
19	拟建 4#在线 CT 室南侧	62.3	1.6
20	拟建 4#在线 CT 室中间	62.0	1.7
21	拟建离线 CT 室西侧	64.6	1.8
22	拟建离线 CT 室北侧	64.9	1.9
23	拟建离线 CT 室东侧	64.8	1.7
24	拟建离线 CT 室南侧	63.8	1.5
25	拟建离线 CT 室中间	64.5	1.7

注：以上 X-γ辐射剂量率测量结果含仪器对宇宙射线响应值。

（4）环境现状调查结果评价

根据《2025 年安徽省生态环境状况公报》，2025 年全省伽玛辐射空气吸收剂量率(含宇宙射线贡献值)平均值为 97.1nGy/h，范围为 65~162nGy/h，全省 17 个辐射环境自动监测站采集的大气气溶胶中放射性核素水平未见异常，大气辐射环境处于正常本底水平。

由表 8-2 可知，本项目拟建 CT 室周围γ辐射剂量率为 61.2~64.9nGy/h，与安徽省辐射环境现状水平基本保持一致，区域辐射环境质量现状良好。

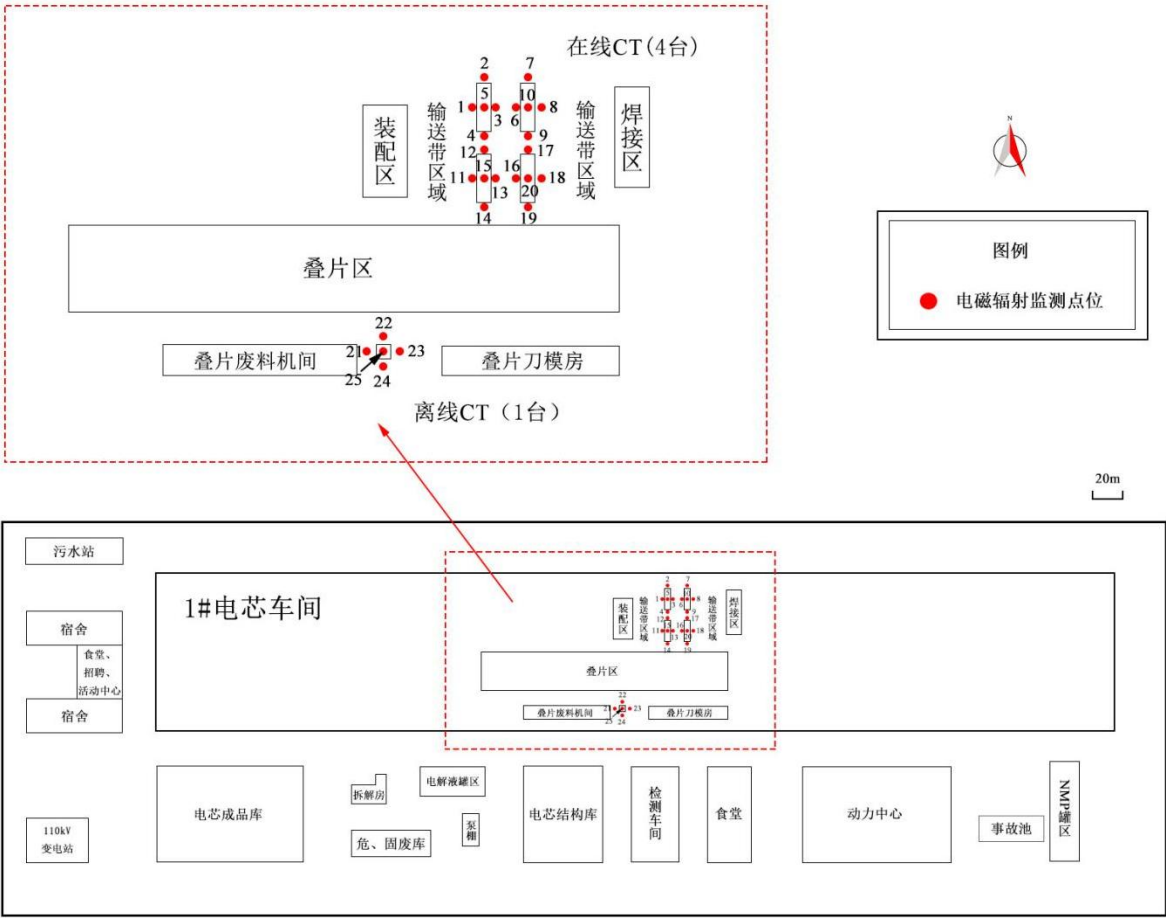


表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析

本项目拟在 1#电芯车间内设置 4 台在线 CT 机和 1 台离线 CT 机（每台 CT 机均自带铅房），本次使用的设备均为一体化设备，设备安装仅需与产线连接并接通电源，不存在土建施工带来的影响。施工期污染因子主要为设备安装产生的噪声。本项目施工期工艺流程及产污环节见图 9-1。

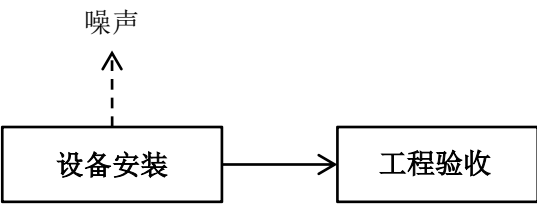


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节示意图

9.2 营运期工程分析

9.2.1 X 射线管工作原理

X 射线实时成像检测仪是新一代的无损检测设备，以实时成像的技术，取代传统的拍片方式。通过 X 射线管产生的 X 射线透过被检测物体后衰减，由图像增加器接收并转换为数字信号，利用半导体传感技术、计算机图像处理技术和信息处理技术，将检测图像直接显示在显示屏幕上，可显示出材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息。按照有关标准对检测结果进行缺项评级，从而达到无损检测的目的。X 射线装置是根据被检工件内部结构密度不同，其对 X 射线的阻挡能力也不一样，物质密度越大，射线强度减弱越大，而当工件内部存在缺陷时，射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱越小，即透过的射线强度越大，透射 X 射线被数字平板成像系统所接收、数字平板成像系统把不可见的 X 射线检测信息转换为电子图像并经显示器显示，操作人员可根据检测图片对产品缺陷进行辨别。

X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，可由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、

金、钨等)制成。当灯丝通电加热时,电子就被“蒸发”出来,“蒸发”出的电子经聚焦杯聚集成束,直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间,使电子射到靶体之前加速到很高的速度。在 X 射线管内高速运动的电子与靶原子碰撞时,与原子核的库仑场相互作用,由于电子急剧减速而产生电磁波。电子与靶相撞之前的初速度各不相同,相撞减速的过程又不相同,少量电子经一次相撞就全部失去动能,而大部分电子经过多次制动后才逐渐失去动能,这就使得能量转换过程中发出的电磁波具有各种波长,从而形成连续 X 射线。典型的 X 射线管结构图见图 9-1。

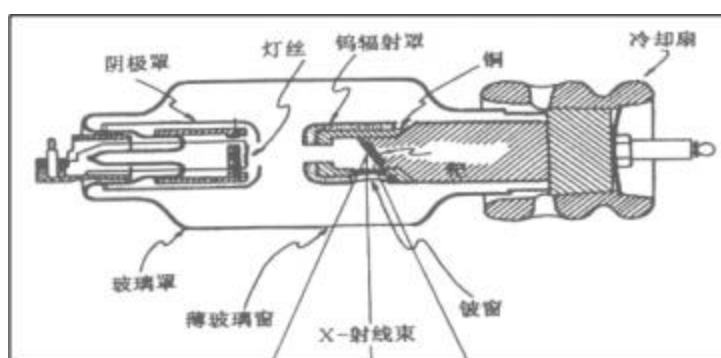


图 9-2 典型的 X 射线管结构图

9.2.2 CT 装置工作原理

电子计算机断层扫描 (Computed tomography, 简称 CT) 是近十年来发展迅速的电子计算机和 X 射线相结合的一项新颖的诊断新技术。其原理是基于从多个投影数据应用计算机重建图像的一种方法,现代断层成像过程中仅仅采集通过特定剖面(被检测对象的薄层,或称为切片)的投影数据,用来重建该剖面的影像,因此也就从根本上消除了传统断层成像的“焦平面”以外其他结构对感兴趣剖面的干扰,“焦平面”内结构的对比度得到了明显的增强;同时断层图像中图像强度(灰度)数值能真正与被检对象材料的辐射密度产生对应的关系,发现被检对象内部密度的微小变化。

CT 装置一般由射线管、机械扫描系统、探测器系统、计算机系统和屏蔽设施等部分组成。射线管提供 CT 扫描成像的能量线束用以穿透工件,根据射线在试件内的衰减情况实现以各点的衰减系数表征的 CT 图像重建。机械扫描系统实现 CT 扫描时工件的旋转、水平移动或垂直移动,以及载物台、样品、图像探测器空间位置的调整。探测器系统用来

接收穿过样品的射线信号，经放大和模数转换后送进计算机进行图像重建。计算机系统用于扫描过程控制、参数调整，完成图像重建、显示及处理等。屏蔽设施用于射线安全防护，一般小型设备自带屏蔽设施。

9.2.3 CT 装置工作原理

(1) 设备简介

本项目使用的在线 CT 机（型号 HF-ESC-ZXCT-8-C01）和离线 CT 机（型号 HF-ESC-OHLXCT-1-C01）均为深圳市亚锐智能科技有限公司的电子计算机断层扫描（CT），均由硬件部分和软件部分组成，硬件部分包括主防护箱体、X 射线管、探测器、载物台等，软件部分包括控制系统、定位系统和成像系统。每台在线 CT 机内置 2 个 CT 扫描环（射线源），离线 CT 机内置 1 个 CT 扫描环（射线源），设备及铅房平面图及剖面图见图 9-3~9-6。

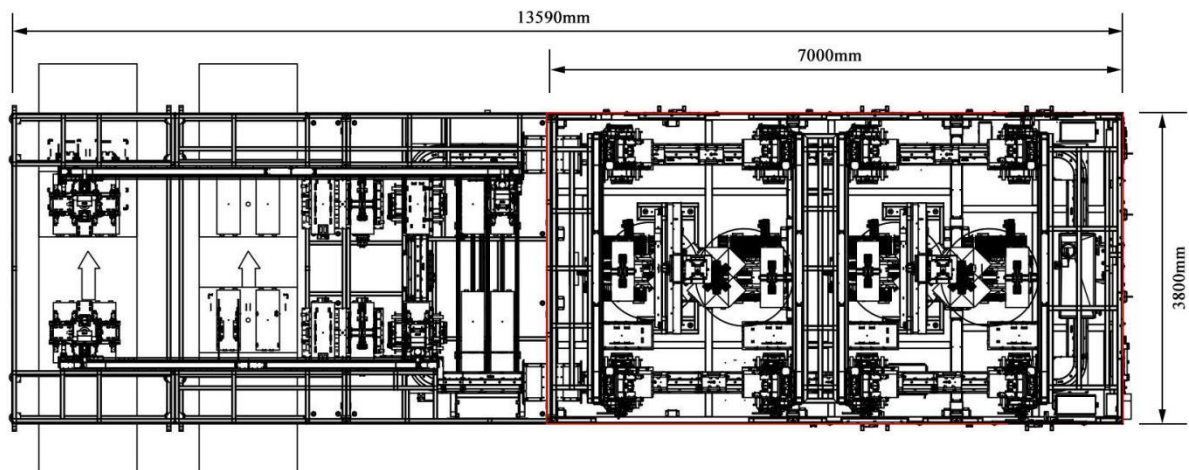


图 9-3 在线 CT 铅房平面图

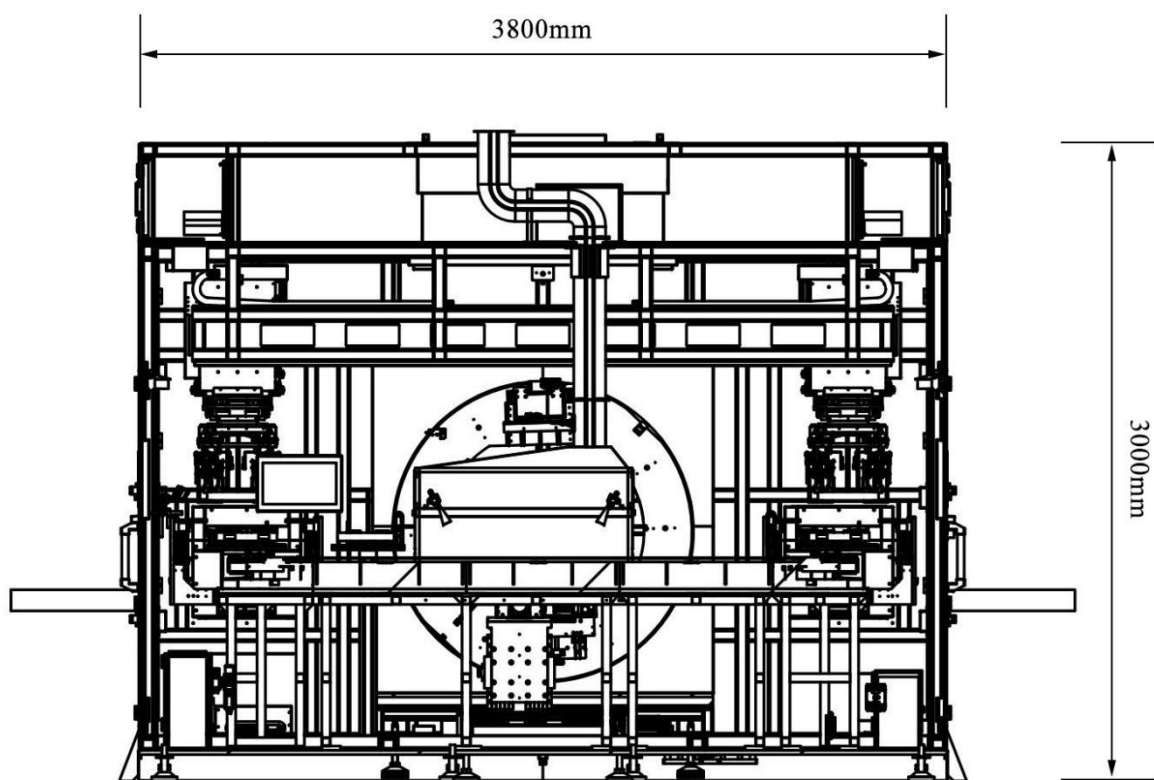


图 9-4 在线 CT 铅房剖面图

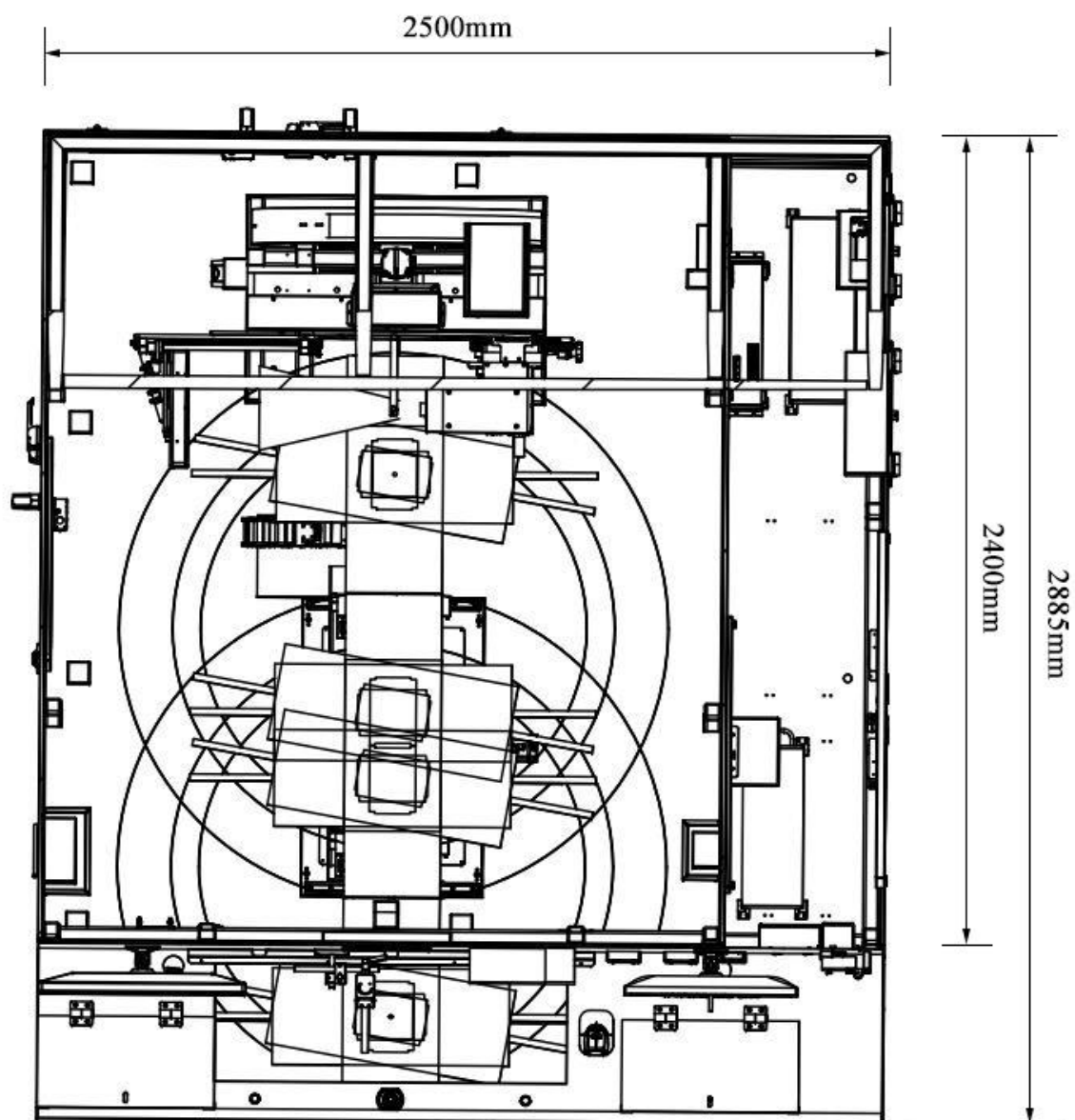


图 9-5 离线 CT 铅房平面图

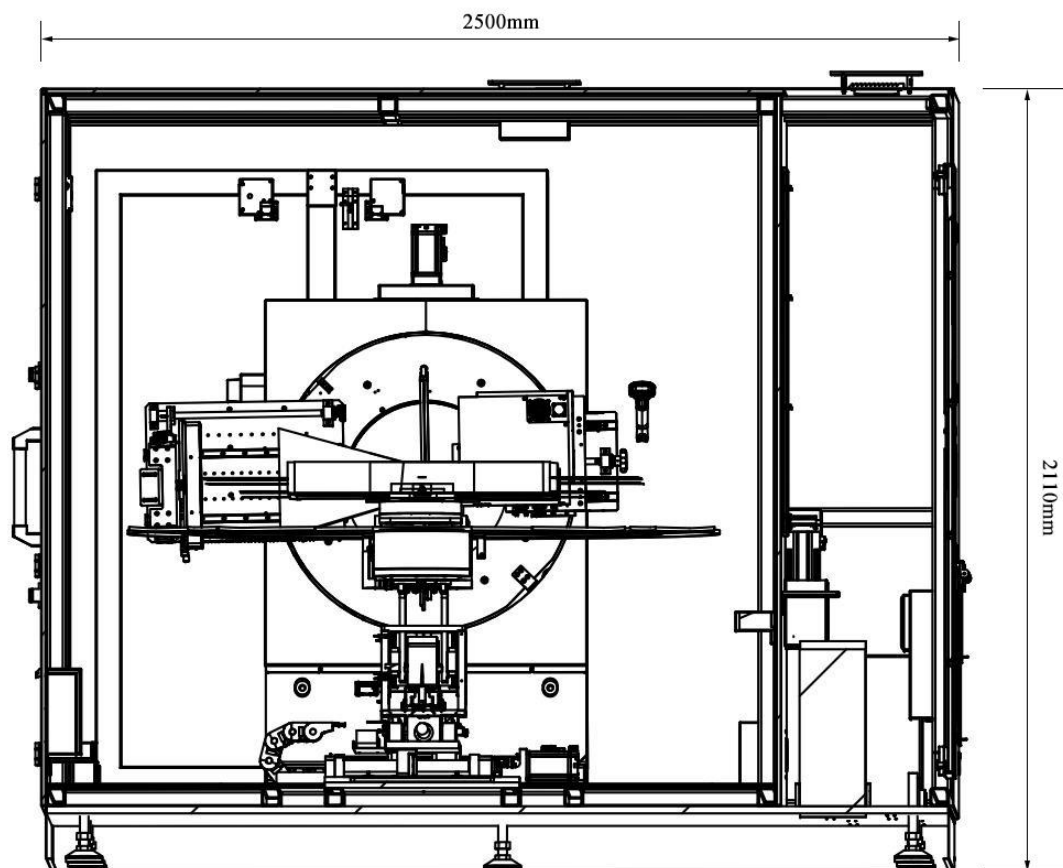


图 9-6 离线 CT 铅房剖面图

(2) CT 设备工作方式

CT 机是通过平板探测器获取大量被测对象受 X 射线照射后的断层扫描图像，再将这些图像按照重建算法重构得到完整的三维数模，最终利用分析软件对测得的三维模型进行处理解析，从而获取全面的产品内外质量数据，有效的反映出内部结构，缺陷形状、尺寸及分布位置情况等信息。

在线 CT 对生产线的电芯产品进行 100%检测，进出料均为全自动进出料，进料由一条生产线传送链，将电池传送至相应 CT 环进出料口，检测完成后，统一由传送链传送成品区。离线 CT 则用于对所生产的成品电芯进行抽检，进出料为人工取放。在线 CT 和离线 CT 出束方向均为周向，主射线方向可以朝上、朝下、朝东、朝西照射。

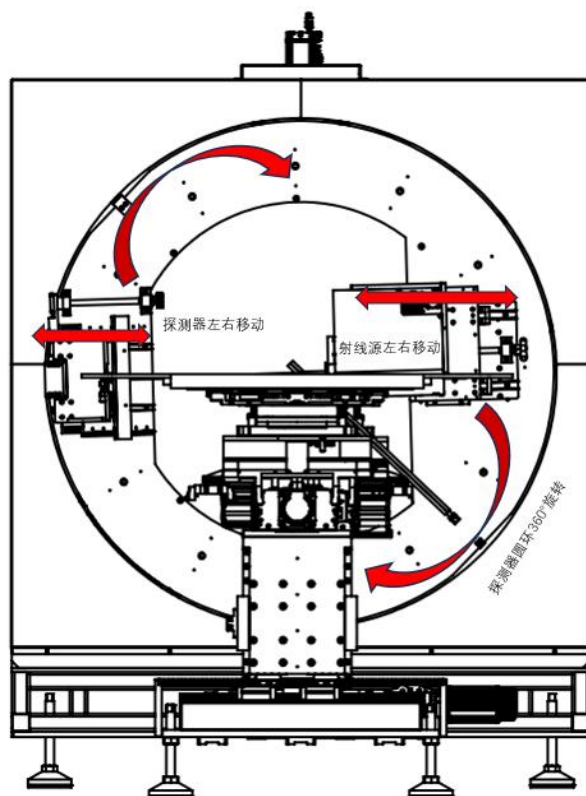


图 9-7 在线 CT 射线源移动范围示意

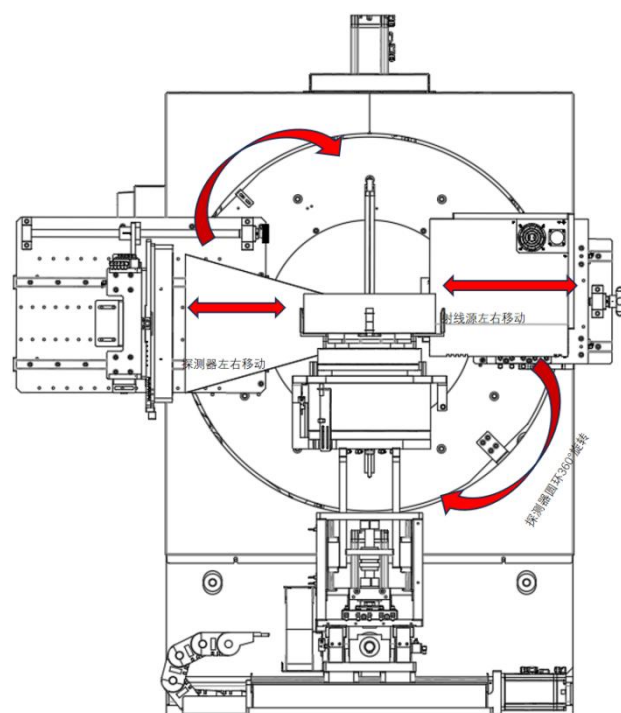


图 9-8 离线 CT 射线源移动范围示意

(3) CT 设备工艺流程及产物环节

1) 在线 CT 工艺流程及产物环节

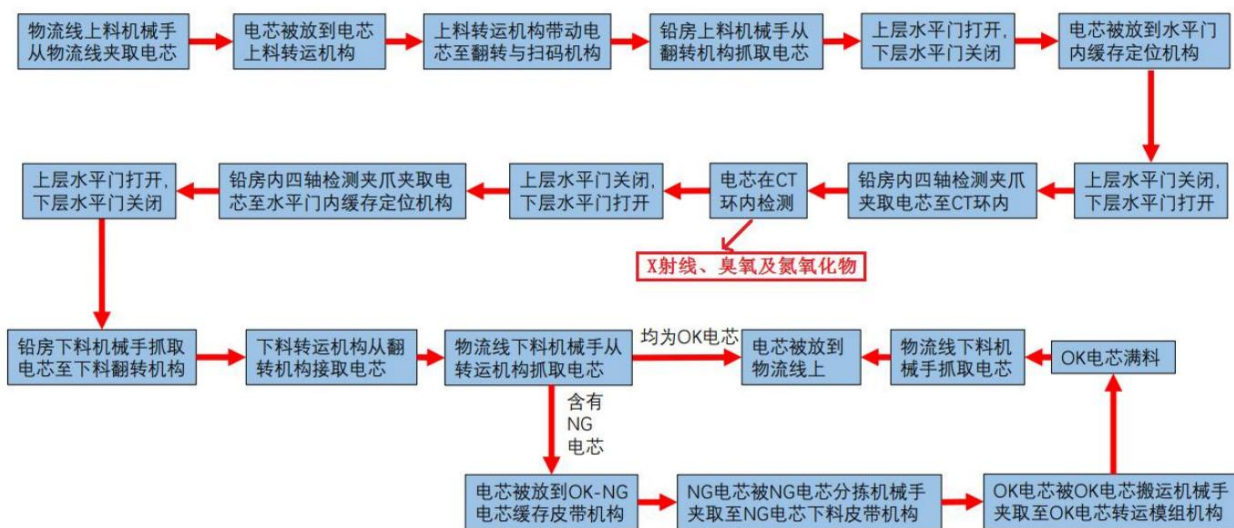


图 9-9 CT 机工作流程及产污环节示意图

①每台 CT 机自带铅房，X 射线管在 CT 环内 180°转动，本项目设备有用线束可以朝上、朝下、朝东、朝西。样品台抓取电芯后移动到 CT 环中间位置后可以 360°旋转。

②在线 CT 属于自带铅房射线装置，设备在正常运转时无需人员一直操作。进出料均为全自动进出料，进料由一条生产线传送链，将电池传送至相应 CT 环进出料口，检测完成后，统一由传送链传送成品区。每个 X 射线出束期间，操作人员位于操作台对设备进行操作，4 台设备操作台位于设备铅房外东侧，出束期间无需人员干预。

③检修防护门设在在线 CT 四面，共 6 个检修防护门，在线 CT 配备 2 个进出料口，进出料口均为 A/B 门设置，进料时 A 门打开 B 门关闭，当电池进入 A、B 门中间时，A 门关闭，A 门完全关闭后，B 门打开，电池进入检查。每个检修防护门及进料门均设有安全互锁传感器为门机联锁装置，只有在装载门和检修门关闭好的情况下安全回路才会接通，设备指示灯中的黄灯亮起。当任意一个传感器未感应到装载门和检修门关闭到位时，设备指示灯中的黄灯不亮，系统操作页面的出束按钮将无法点击，射线管无法出束。

④采用数字成像方式，待检工件放至载物平台上后，X 射线透过待检工件后在探测器上成像，以得到可视化的内部结构等信息。在扫描过程中对样本进行 180 度以上的不同角

度成像，通过计算机软件，将每个角度的图像进行重构，得到在电脑中可分析的 3D 图像。

2) 离线 CT 工艺流程及产物环节



①辐射工作人员在离线 CT 非出束状态下打开防护门，将电芯放在载物台上固定好；

②防护门关闭到位后，辐射工作人员在操作台设置好相关参数，控制离线 CT 工作进行曝光检测；

③检测结束后，停止出束，打开防护门，取出检测样品；

④对检测结果进行分析，判定检测样品情况。

本项目营运中产生的主要污染物为 CT 设备 X 射线管出束检测过程中产生的 X 射线、臭氧、氮氧化物、噪声，CT 设备均采用数字成像技术，不存在使用定、显影液和胶片的情况，所以不产生危险废物。

(4) 工况分析

本项目配置 4 台在线 CT 和 1 台离线 CT。每 2 台在线 CT 对应 1 条生产线，对该生产线的电芯产品进行 100%检测，离线 CT 则用于对所生产的成品电芯进行抽检。

4 台在线 CT 需完成 19200 个/日电芯产品的 100%检测任务（每台在线 CT 每天检测 4800 个电芯）。每台在线 CT 含 2 个 CT 环，每个 CT 环可同时扫描 2 个电芯（每台在线 CT 每次可同时扫描 4 个电芯），单次曝光检测时间为 20.8 秒。据此计算，每台在线 CT 每日曝光工作时间为 6.9 小时，每周曝光工作时间为 48.3 小时，按每年 320 个工作日计算，年曝光工作时间为 2208 小时。

离线 CT 对所生产的成品电芯进行抽检，抽检率约 26%，每日检测电池总量不超过 5000 个，离线 CT 仅含 1 个 CT 环，可同时扫描 2 个电芯，单次曝光检测时间为 20.8 秒。

据此核算，离线 CT 每日曝光工作时间为 14.4 小时，每周曝光工作时间为 100.8 小时，按每年 320 个工作日计算，年曝光工作时间为 4608 小时。

得到检测结果：在线型设备自动判定被测样品是否合格，合格把样品送到产线上，不合格把样品送到设备的 NG 存储箱内。

本项目的主要污染因子是 X 射线，随 X 射线管的开和关而产生和消失。在正常工况下，检测过程中产生的射线可以得到铅房的有效屏蔽。但由于 X 射线的直射、漏射及散射，可能有衰减后的射线对外部的工作人员和周围的公众产生辐射影响，影响途径为 X 射线外照射。

9.3 人员、物流路径规划

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)中要求“探伤室一般应设有人员门和单独的工件门”。本项目电芯全部通过输送带和机械手自动送检，无需人员进入铅房。各铅房均设置有工件进出口，工件均从工件口进出铅房，操作人员从车间走道走向操作台，操作人员工作时仅在操作台区域走动。

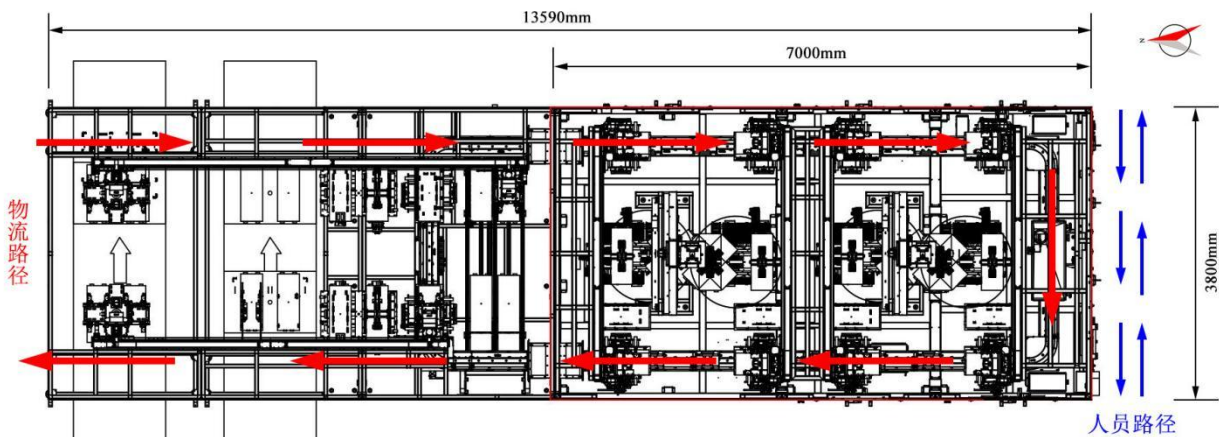


图 9-5 在线 CT 人员、物流路径规划图

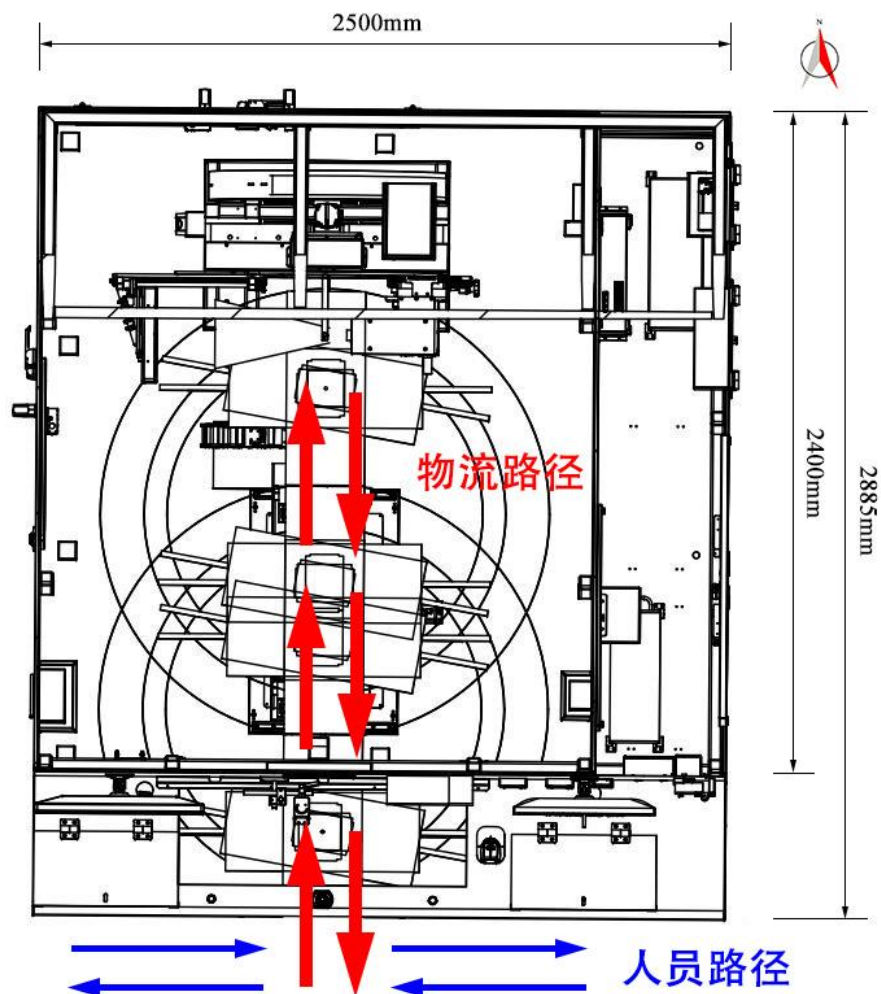


图 9-6 离线 CT 人员、物流路径规划图

9.4 污染源分析

9.4.1 施工期污染源分析

项目位于公司 1#电芯车间，本次使用的设备均为一体化设备，设备安装仅需与产线连接并接通电源，不存在土建施工带来的影响。在设备安装过程中主要会产生施工噪声。

本项目设备的安装由生产厂家专业进行操作，在设备安装阶段，应文明施工，轻取轻放，尽量减少偶发噪声；在设备调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在铅房防护门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近，人员离开时铅房上锁并派人看守。同时，规范利用通风装置对铅房进行通风换气，较少 O_3 和 NO_x 的影响。

9.4.2 营运期污染因素分析与评价因子

9.4.2.1 放射性污染源分析

本项目 CT 机只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线。X 射线是随机器的开、关而产生和消失的。因此，在开机曝光期间，X 射线为主要污染因子。

9.4.2.2 非放射性污染源分析

（1）废气

CT 机在工作状态时，产生的 X 射线使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。项目 CT 机自带铅房，铅房内设置机械通风装置，臭氧、氮氧化物通过铅房内部的排风系统排入车间内，再通过车间内的排风系统最终排入外环境。

（2）固废

本项目工作人员拟配备辐射工作人员从公司现有人员培训上岗，不新增人员，不增加固废。工作人员生活垃圾经厂区内现有垃圾箱收集后，委托环卫部门清运。本项目不涉及洗片，不产生工业固废。

（3）废水

本次拟新增 CT 机采用数字成像方式，无废显影液和定影液产生，因此不产生洗片废液。本项目营运期不新增工作人员，不新增废水。

（4）噪声

每台 CT 机铅房均设置 1 台机械通风系统，共 5 台排风机。本项目噪声源主要是设备排气扇运行时产生的噪声。

9.4.3 事故工况主要放射性污染物和污染途径

项目在事故工况下的污染因子和污染途径，主要为 X 射线对辐射工作人员及周围公众造成意外照射。根据《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》（环发〔2006〕145 号），本项目 X 射线实时成像检测装置为 II 类射线装置，可能发生的辐射事故为一般辐射事故，具体为射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

可能发生人员异常照射的主要原因有：

(1) X 射线实时成像检测仪铅房安全联锁装置发生故障状况下，导致开机状态下防护门未完全关闭，对铅房辐射工作人员造成意外照射；

(2) X 射线实时成像检测仪铅房安全联锁装置发生故障状况下，导致开机状态下人员误入铅房，而造成辐射工作人员受到 X 射线照射；

(3) X 射线实时成像检测仪铅房安全联锁装置发生故障状况下，导致开机状态下工件在进出件防护门卡住，防护门无法正常关闭，而造成辐射工作人员受到 X 射线照射；

(4) 有人员未撤离 X 射线实时成像检测仪铅房，即开机出束致人员受到 X 线照射。

本项目辐射工作人员年有效剂量限值为 5mSv，公众成员年有效剂量限值为 0.25mSv。当发生设备异常照射时，应根据受照人员所处的位置和受照时长进行剂量估算，辐射工作人员也可进行个人剂量监测。如人员受照剂量超过年剂量限值，应启动公司辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和卫生行政部门报告。如人员受照剂量小于年剂量限值，按辐射事件进行处理，对受照人员进行个人受照剂量调查，明确事件发生的原因，填写剂量调查登记表，由相关人员和单位签字盖章确认后存档。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 分区原则

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“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。”、“6.4.1.1 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。”和“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。”

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“7.2.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区，并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行”。

本项目设置 4 台在线 CT 机和 1 台离线 CT 机（均自带铅房），操作台与铅房分开独立设置，公司拟将 CT 机铅房的内部区域划为控制区，将铅房外 1m 处范围内其他区域（含操作区）划分为监督区。控制区需要最优化的辐射屏蔽和冗余的安全联锁系统，入口设置明显的电离辐射警告标志，标志图形、颜色、字体等均按照 GB18871-2002 规定要求设置，预防潜在照射及事故照射的发生。检测设备运行时，控制区内禁止人员进入、滞留。监督区只有辐射工作人员才能进入监督区进行操作，公众不允许进入。

10.1.2 区域划分情况

根据控制区和监督区的要求，结合项目辐射防护和环境情况特点进行辐射防护分区划分，见表 10-1 和图 10-1~10-3。

表 10-1 项目控制区和监督区的划分情况

分区	划分范围	管理要求
控制区	各设备自带屏蔽铅房内部	禁止任何人员在射线装置出束的情况下进入；设备控制区拟采用实体铅房隔离。
监督区	各设备自带屏蔽铅房外 1m 范围内	辐射工作人员可以进入，公众不允许进入。

公司拟采取的分区措施满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于辐射工作场所的分区规定。

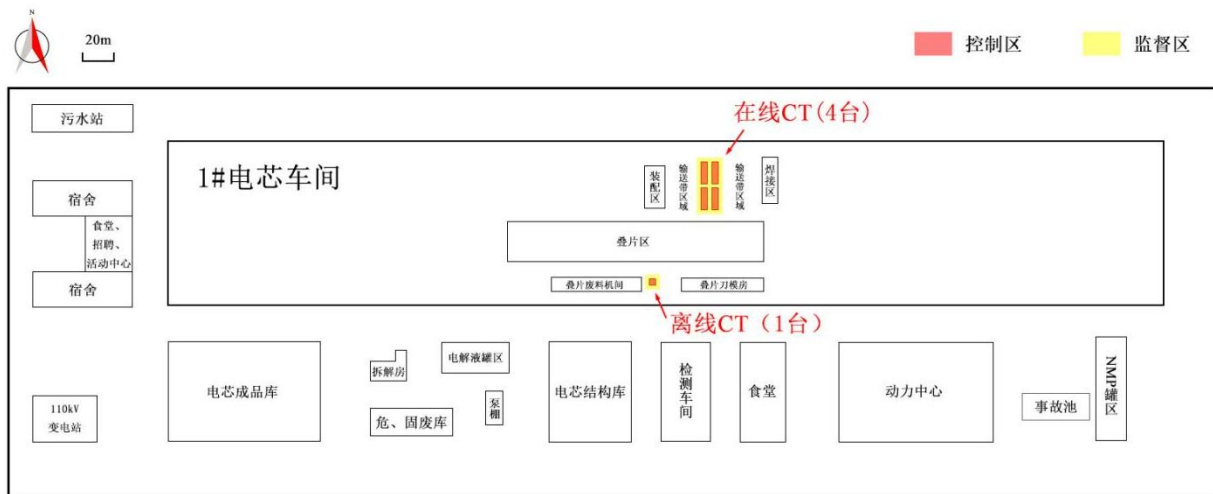


图 10-1 辐射防护区域划分总示意图

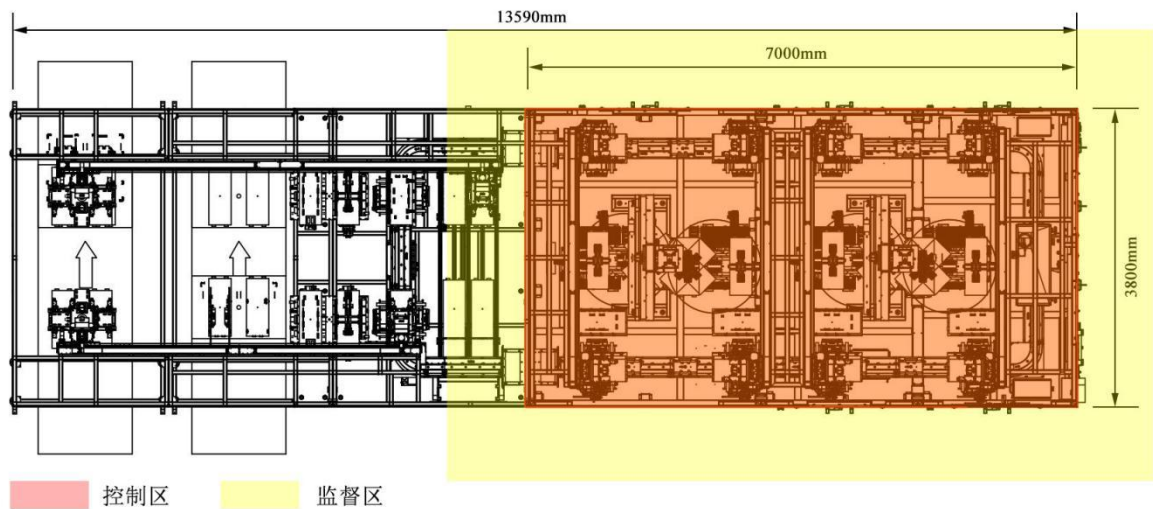
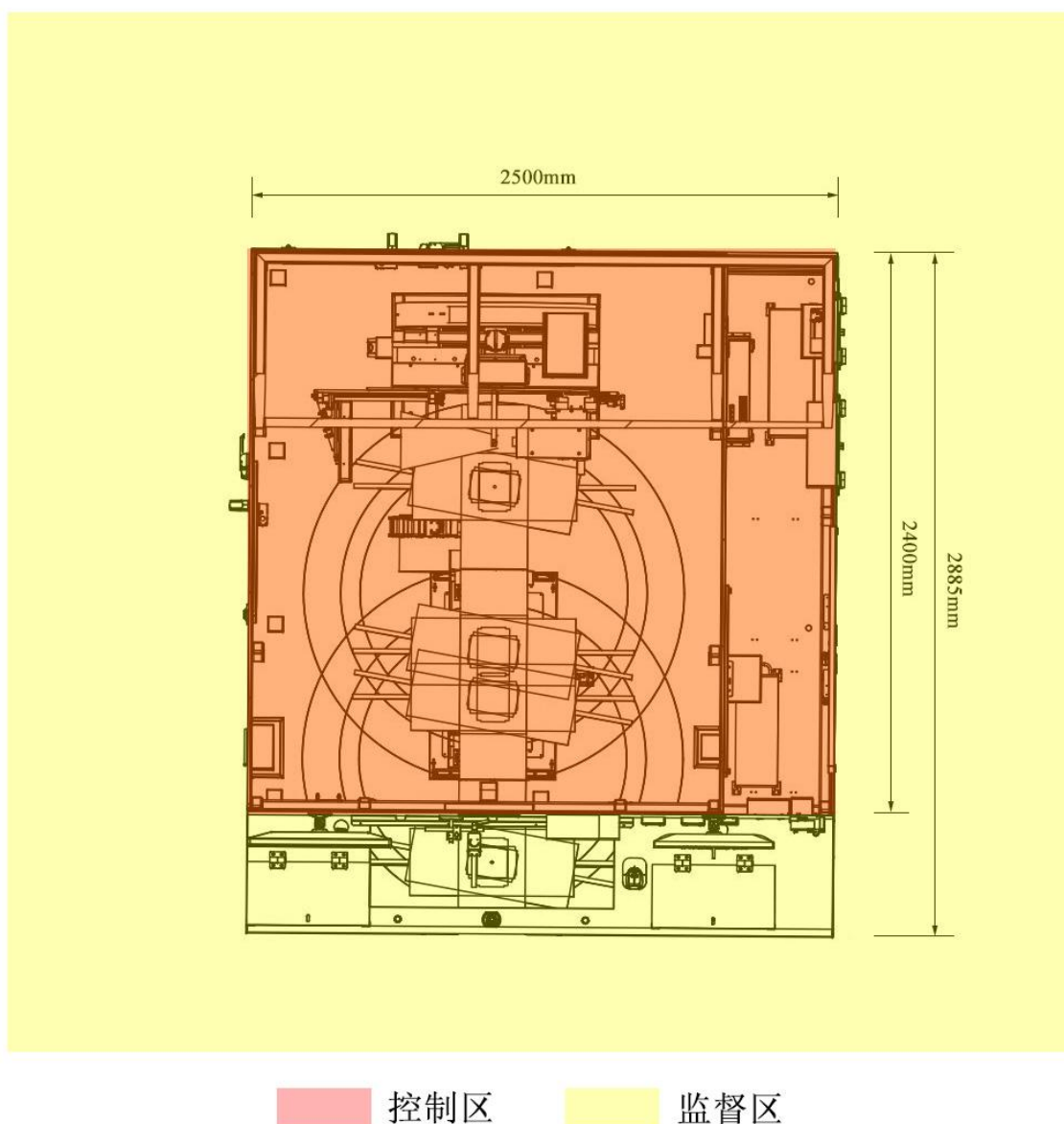


图 10-2 在线 CT 工作场所区域划分示意图



控制区 监督区

图 10-3 离线 CT 工作场所区域划分示意图

10.2 工作场所辐射防护屏蔽设计

(1) 屏蔽铅房防护设计

本项目拟在 1#电芯车间安装 4 台在线 CT 和 1 台离线 CT，设备自带屏蔽铅房，产品防护经厂家检测检验合格。在线 CT 射束方向均为周向，均可朝上、朝下、朝东、朝西照射，1#、3#在线 CT 操作台位于铅房南侧，2#、4#在线 CT 操作台位于铅房北侧。离线射束方向为周向，可朝上、朝下、朝东、朝西照射，操作台位于铅房南侧，操作台均避开了

有用线束照射的方向。本项目计算机断层成像仪（CT）采取的屏蔽参数见表 10-2。

表 10-2 本项目 CT 铅房屏蔽参数

设备型号	HF-ESC-ZXCT-8-C01 型在线 CT 机	HF-ESC-OHLXCT-1-C01 型离线 CT 机
铅房外围尺寸	7000mm（长）×3800mm（宽）×3000mm（高）	2500mm（长）×2400mm（宽）×2110mm（高）
铅房内部尺寸	6850mm（长）×3620mm（宽）×2780mm（高）	2370mm（长）×2290mm（宽）×1830mm（高）
北侧屏蔽体	6mm 铅+内外 2mm 钢板	6mm 铅+内外 2mm 钢板
南面屏蔽体	6mm 铅+内外 2mm 钢板	6mm 铅+内外 2mm 钢板
东面屏蔽体	6.5mm 铅+内外 2mm 钢板	8mm 铅+内外 2mm 钢板
西面屏蔽体	6.5mm 铅+内外 2mm 钢板	8mm 铅+内外 2mm 钢板
顶部屏蔽体	6.5mm 铅+内外 2mm 钢板	8mm 铅+内外 2mm 钢板
底部屏蔽体	4mm 铅+内外 2mm 钢板+20mm 钢板	4mm 铅+内外 2mm 钢板+20mm 钢板
装载铅门	进出件防护门 491mm（高）×1224mm（宽），6.5mm 铅+内外 2mm 钢板。	进出件防护门 260×990mm，8mm 铅+内外 2mm 钢板。
	维修防护门 1800（高）×550mm（宽），6.5mm 铅+内外 2mm 钢板。	维修防护门 1550×500mm，8mm 铅+内外 2mm 钢板。
电缆管线孔	采用迷宫双层交错防护，6.5mm 铅+内外 2mm 钢板	采用迷宫双层交错防护，8mm 铅+内外 2mm 钢板
进出风口	采用迷宫双层交错防护，6.5mm 铅+内外 2mm 钢板	采用迷宫双层交错防护，6mm 铅+内外 2mm 钢板

（2）探伤室布局

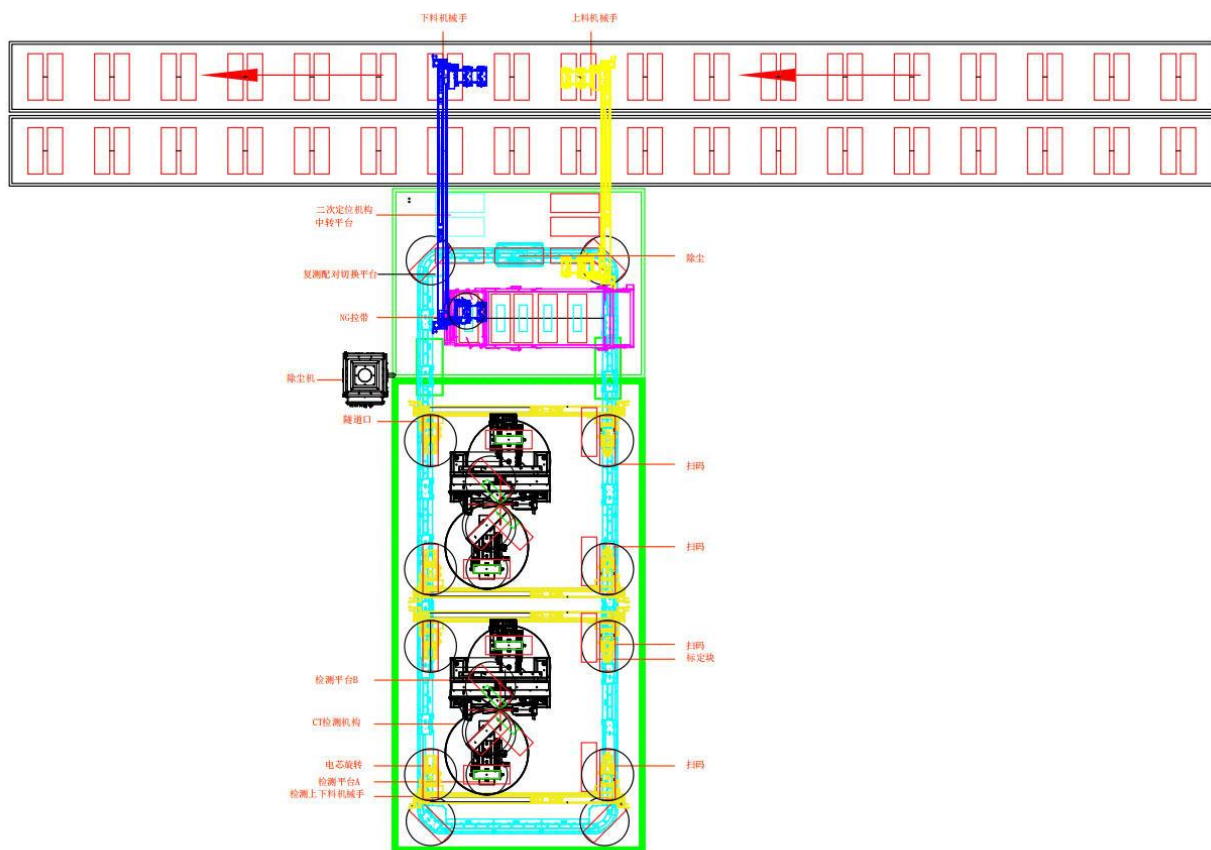


图 10-4 在线 CT 平面布局示意图

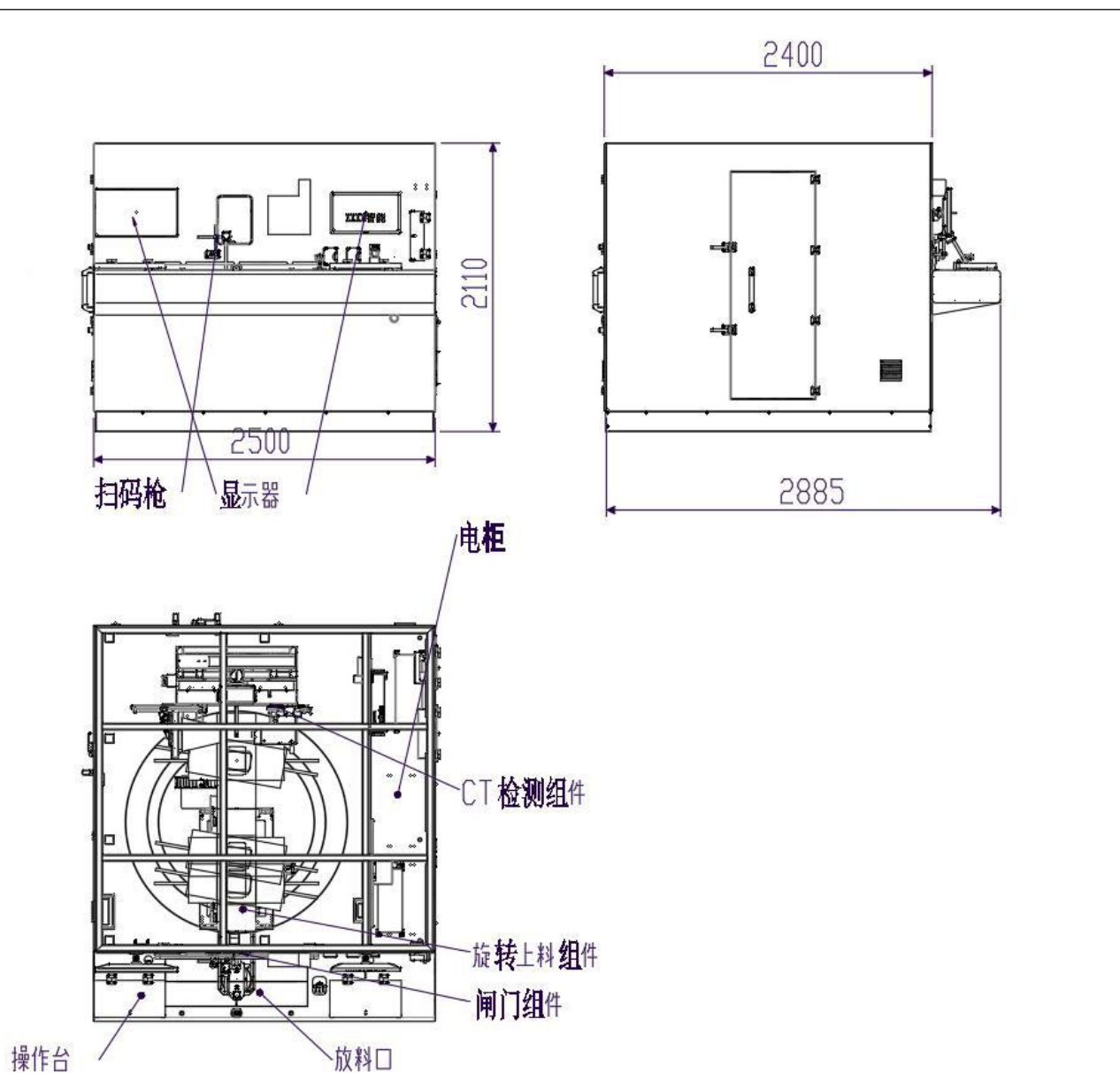


图 10-5 离线 CT 平面布局示意图

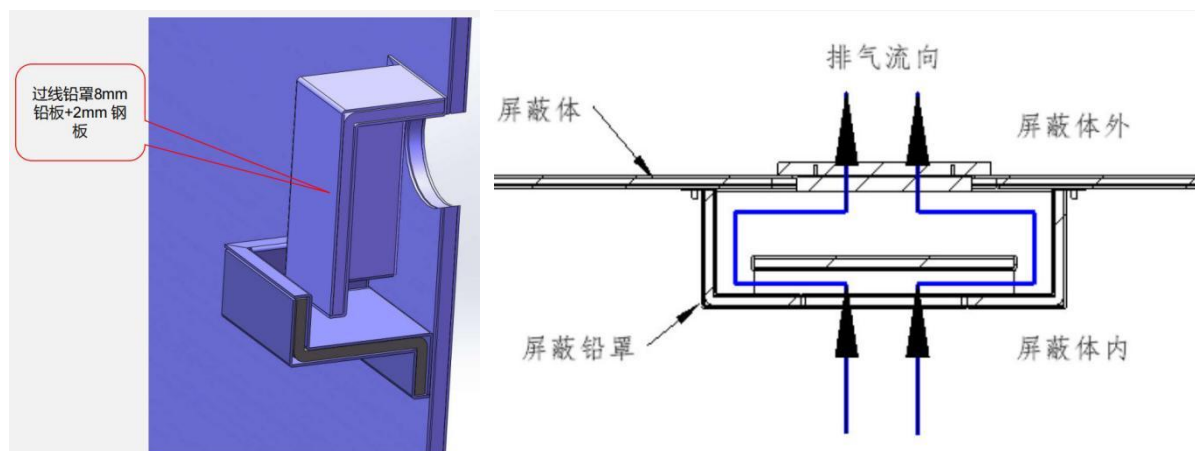


图 10-6 线缆及通风口示意图

10.3 辐射安全与防护设施

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），该项目应采取的辐射安全措施如下：

（1）控制台应设置有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。

（2）控制台应设置有高压接通时的外部报警或指示装置。

（3）控制台或 X 射线管头组装体上应设置与铅房进出门联锁的接口，当铅房门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压；已接通的 X 射线管管电压在铅门开启时能立即切断。

（4）控制台应设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

（5）控制台应设置紧急停机开关。

（6）控制台应设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

（7）铅房的设置应充分考虑周围的辐射安全，操作台应与铅房分开并尽量避开有用线束照射的方向。

（8）应对探伤工作场所实行分区管理。一般将铅房屏蔽体墙壁围成的内部区域划为控制区，与屏蔽体外部相邻区域划为监督区。

（9）铅房应设置门-机联锁装置，并保证在门关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。门打开时应立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。

（10）铅房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。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保铅房内人员安全离开。“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。

（11）照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

（12）铅房内、外醒目位置应有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

（13）铅房防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

(14) 铅房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，应使人员处在铅房内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应当带有标签，标明使用方法。

(15) 探伤工作人员进入铅房时除佩戴常规个人剂量计外，还应配备个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时，剂量仪报警，探伤工作人员应立即离开铅房，同时禁止其他人进入铅房，并立即向辐射防护负责人报告。个人剂量计，定期送交有资质的检测单位进行测量，并建立个人剂量档案。

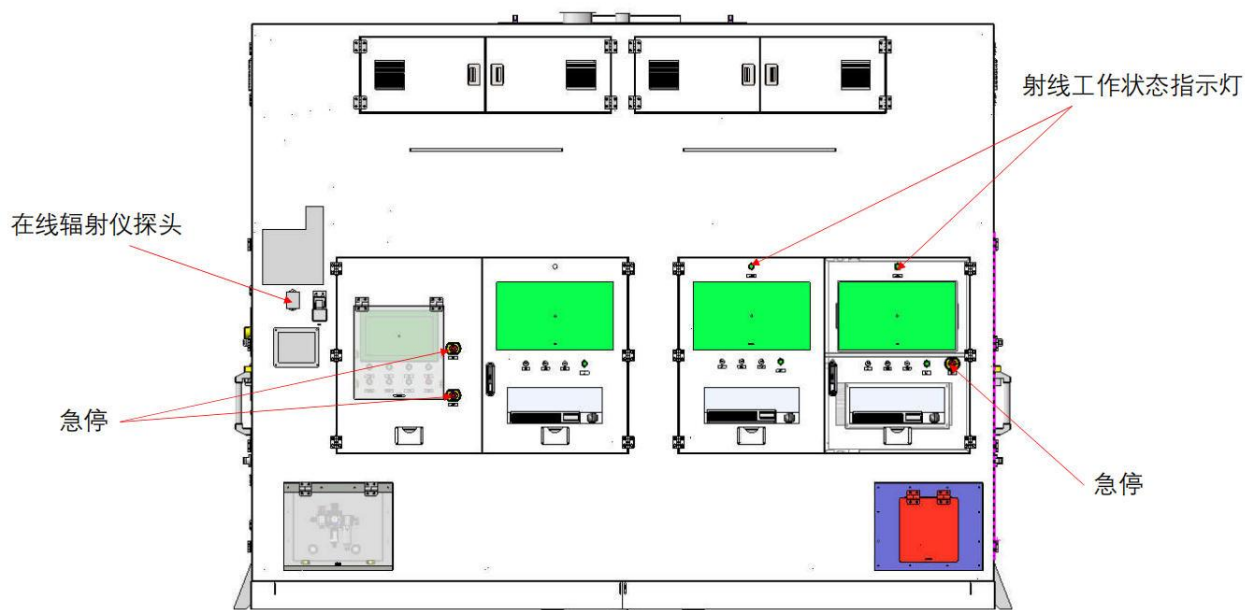


图 10-7 在线 CT 辐射安全设施示意图

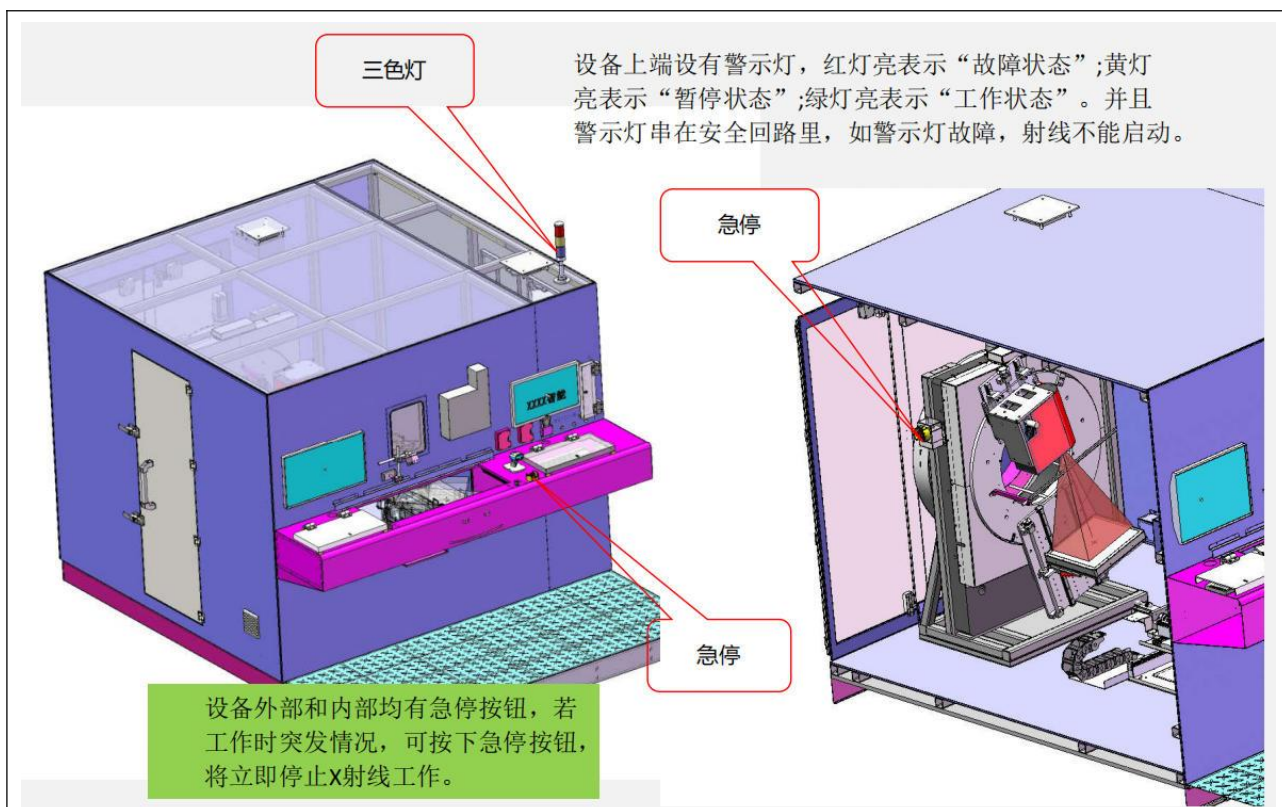


图 10-8 离线 CT 辐射安全设施示意图

10.4 日常检查与维护

10.4.1 日常检查

射线装置使用时应检查铅房防护门门-机联锁装置以及出束信号指示灯等辐射安全与防护措施, 若发现任意一项安全措施异常应立刻停止辐射工作, 排除异常后才能继续工作。每次工作开始前应进行检查的项目包括:

- (1) 铅房外观是否完好;
- (2) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损;
- (3) 防护门是否正常关闭;
- (4) 安全联锁是否正常工作;
- (5) 钥匙开关闭合、急停按钮复位是否正常;
- (6) 报警设备和警示灯是否正常运行;
- (7) 螺栓等连接件是否连接良好。

10.4.2 设备维护

(1) 建设单位应对射线装置维护负责，每年至少维护一次。装置的检修和维护工作应由装置厂家的售后工作人员来进行；

(2) 设备维护包括射线装置的彻底检查和所有零部件的详细检查；

(3) 当设备有故障或损坏，需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；

(4) 做好设备维护记录。

10.5 三废治理措施

(1) 废气

CT 机在工作状态时，产生的 X 射线使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。项目 CT 机铅房设置机械通风装置，臭氧、氮氧化物等气体通过机械通风装置经排风管道排入大气环境。本项目 CT 机运行最大管电压为 150kV，辐射水平较低，臭氧、氮氧化物的产生量十分有限，且臭氧在常温下可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

(2) 固废

本项目工作人员依托现有工作人员，不新增固废，生活垃圾经厂区内现有垃圾箱收集后，委托环卫部门清运。本项目不涉及洗片，不产生工业固废。

(3) 废水

本次拟新增 CT 机采用数字成像方式，无废显影液和定影液产生，因此不产生洗片废液。本项目营运期不新增工作人员，不新增废水，原有生活污水依托污水处理站的中水回用设施处理后回用于厂区绿化、道路洒水，不外排。

(4) 噪声

每台 CT 机铅房均设置 1 台机械通风系统，共 5 台排风机。本项目噪声源主要是设备排气扇运行时产生的噪声。根据企业提供设备参数，风机噪声源强不超过 50dB (A)。采取基础减振、厂房隔音等措施后，对周边环境影响较小。

10.6 事故预防措施

辐射工作人员必须严格按照操作程序进行，防止事故照射的发生，避免工作人员和公

众接受不必要的辐射照射。按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条和原国家环境保护总局环发〔2006〕145号文件的规定，发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门报告，涉及人为故意破坏的还应向公安部门报告，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。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目使用的设备均为一体化设备，设备安装仅需与产线连接并接通电源，不存在土建施工带来的影响。在设备安装调试阶段，主要会产生噪声、X 射线、以及 X 射线电离空气产生的 O₃ 和 NO_x。

由于本项目施工范围小、施工期短暂，噪声影响会随施工结束而消失。设备调试时，铅房的防护施工及通风装置等辅助工程已建设完成，调试人员佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，严格按照操作规程进行调试，对周围环境的影响较小。

综上所述，本工程施工期对环境的影响是小范围和短暂的。随着施工期的结束，对环境的影响也逐步消失。

11.2 运行阶段非辐射环境影响分析

（1）废气

项目 CT 作业时，空气在射线的强辐射下，吸收能量并通过电离作用产生 O₃、NO_x 等气体，其中以 O₃ 为主。每台 CT（自带铅房）均设置机械通风系统，其中在线 CT 铅房排风机风量设置为 1050m³/h，通风效率取 70%，在线 CT 铅房体积约 7m×3.8m×3m=79.8m³，通风换气次数为 9.2 次/h。废气通过铅房内部的排风系统排入车间内，再通过车间内的排风系统最终排入外环境。

离线 CT 铅房排风机风量设置为 210m³/h，通风效率取 70%，在线 CT 铅房体积约 2.5m×2.4m×2.11m=12.66m³，通风换气次数为 11.6 次/h。废气通过铅房内部的排风系统排入车间内，再通过车间内的排风系统最终排入外环境。

综上所述，本项目的在线 CT 和离线 CT 装置产生的废气通过铅房内部的排风系统排入车间内，铅房内每小时有效通风换气次数不小于 3 次，再通过车间内的排风系统最终排入外环境，排风管道外口位于车间顶层，不属于人员活动密集区。本项目排风满足《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不小于 3 次的要求。

（2）固体废物

本项目营运期不新增工作人员，工作人员生活垃圾经厂区内现有垃圾箱收集后，委托环卫部门清运。本项目不涉及洗片，不产生工业固废。

（3）废水

本项目 CT 机采用数字成像方式，无废显影液和定影液产生，因此不产生洗片废液。本项目营运期不新增工作人员，不新增废水，原有生活污水依托污水处理站的中水回用设施处理后回用于厂区绿化、道路洒水，不外排。

（4）噪声

本项目实施后，新增的噪声源主要为计算机断层成像仪（CT）的机械通风装置，排风扇产生噪声最大约为 50dB（A），噪声源强较低，噪声传播过程中通过车间及其他建筑隔声，降噪效果可达 15dB（A）。噪声在传播过程中，还会随着距离而引起几何发散衰减等因素降噪，故本项目噪声源对厂界及周边敏感点噪声贡献值可以忽略不计。

11.3 运行阶段辐射环境影响分析

本项目在线 CT 使用管电压为 150kV，管电流为 0.5mA，X 射线主射线方向可以朝上、朝下、朝东、朝西照射。本项目在线 CT 底部为土地，无人到达，故在线 CT 铅房顶部、东侧、西侧屏蔽墙主要考虑有用线束影响，其他各面考虑非有用线束影响（漏射线及散射线影响）。离线 CT 使用管电压为 150kV，管电流为 0.5mA，X 射线主射线方向可以朝上、朝下、朝东、朝西照射。离线 CT 底部为土地，无人到达，故顶部、东侧、西侧考虑主束影响，其他各面考虑非有用线束影响（漏射线及散射线影响）。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改单，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 H_c 的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (1) 计算:

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

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

U —探伤装置向关注点方向照射的使用因子;

T —人员在相应关注点驻留的居留因子;

t —探伤装置周照射时间, 单位为小时每周 (h/周)。

t 按式 (2) 计算:

$$t = \frac{W}{60 \cdot I} \dots \dots \dots (2)$$

W —X 射线探伤的周工作负荷 (平均每周 X 射线探伤照射的累积“ $\text{mA} \cdot \text{min}$ ”值),
 $\text{mA} \cdot \text{min/周}$;

60—小时与分钟的换算系数;

I —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, 单位为毫安 (mA)。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$:

$$\dot{H}_{c,max} = 2.5 \mu\text{Sv/h}$$

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

表 11-1 关注点剂量率控制水平

关注点		参数			H_c ($\mu\text{Sv/周}$)	$\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	$\dot{H}_{c,max}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考 控制水平 $\dot{H}_c(\mu\text{Sv/h})$
		U	T	t (h/周)				
1#、2#在 线 CT	A 铅房外东侧 30cm 处	1	1/4	48.3	100	8.28	2.5	2.07
	C 铅房外西侧 30cm 处	1	1/4	48.3	100	8.28	2.5	2.5
	D 铅房外上方 30cm 处	1	1/16	48.3	100	33.13	2.5	2.5
	E 铅房外南侧 30cm 处 (操作台)	1	1	48.3	100	2.07	2.5	2.07
	F 铅房外北侧 30cm 处 (工件进出口)	1	1/4	48.3	100	8.28	2.5	2.5
	铅房外东侧 30m 处 (焊接 区)	1	1/4	48.3	5	0.41	2.5	0.41
	铅房外西侧 25m 处 (装配	1	1/4	48.3	5	0.41	2.5	0.41

	区)							
	铅房外南侧 20m 处 (叠片区)	1	1/4	48.3	5	0.41	2.5	0.41
3#、4#在线 CT	A1 铅房外东侧 30cm 处	1	1/4	48.3	100	8.28	2.5	2.07
	C1 铅房外西侧 30cm 处	1	1/4	48.3	100	8.28	2.5	2.5
	D1 铅房外上方 30cm 处	1	1/16	48.3	100	33.13	2.5	2.5
	E1 铅房外南侧 30cm 处 (工件进出口)	1	1/4	48.3	100	8.28	2.5	2.5
	F1 铅房外北侧 30cm 处 (操作台)	1	1	48.3	100	2.07	2.5	2.07
	铅房外东侧 30m 处 (焊接区)	1	1/4	48.3	5	0.41	2.5	0.41
	铅房外西侧 25m 处 (装配区)	1	1/4	48.3	5	0.41	2.5	0.41
	铅房外南侧 20m 处 (叠片区)	1	1/4	48.3	5	0.41	2.5	0.41
1 台离线 CT	A2 铅房外东侧 30cm 处	1	1/4	100.8	100	3.96	2.5	2.5
	C2 铅房外西侧 30cm 处	1	1/4	100.8	100	3.96	2.5	2.5
	D2 铅房外上方 30cm 处	1	1/16	100.8	100	15.87	2.5	2.5
	E3 铅房外南侧 30cm 处 (操作台、工件进出口)	1	1	100.8	100	0.99	2.5	0.99
	F2 铅房外北侧 30cm 处	1	1/4	100.8	100	3.96	2.5	2.5
	铅房外东侧 20m 处 (叠片刀模房)	1	1/4	100.8	5	0.2	2.5	0.2
	铅房外西侧 30m 处 (叠片废料机间)	1	1/4	100.8	5	0.2	2.5	0.2
	铅房外南侧 35m 处 (检测车间)	1	1/4	100.8	5	0.2	2.5	0.2
	铅房外南侧 36m 处 (电芯结构件库)	1	1/4	100.8	5	0.2	2.5	0.2
	铅房外北侧 20m 处 (叠片区)	1	1/4	100.8	5	0.2	2.5	0.2

注：①在线 CT 铅房和离线 CT 操作位居留因子保守取 1，在线 CT 和离线 CT 上方无人到达，居留因子保守取 1/16，其他侧均为非人员长时间居留区域，居留因子保守取 1/4；②在线 CT 每台设备曝光工作时间为 6.9h/d，48.3h/周；离线 CT 设备曝光工作时间为 14.4h/d，100.8h/周。

11.3.1 有用射束方向屏蔽效果预测

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改单，有用线束在关注点处的剂量率可按以下公式进行估算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

I: X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最高管电流，单位为 mA，本项目为 0.5mA；

H₀: 距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m²/（mA·h）。根据企业提供资料，本项目 H₀ 取值为 2.49×10⁶μSv·m²/（mA·h）。

B: 屏蔽透射因子；

R: 辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

其中屏蔽透射因子采用以下公式计算：

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

式中：

X: 屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

X 射线在屏蔽物质中的什值层厚度，取值参考《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录表 B.2，150kV 对应铅的什值层厚度为 0.96mm。对

TVL: 于散射预测，根据（GBZ/T 250-2014）表 2，原始 X 射线能量为 150kV 时，X 射线 90° 散射辐射最高能量为 150kV，依据附录表 B.2 其在铅中什值层厚度为 0.96mm。

11.3.2 非有用线束屏蔽效果预测

对于泄露辐射屏蔽采用以下公式计算考察点处的辐射剂量率

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

B: 屏蔽透射因子；

R: 辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄露辐射剂量率，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ ，根据 GBZ/T 250-2014 中表 1，X 射线管电压 $150 \leq \text{kV} \leq 200$ ， $\dot{H}_L$ 取 $2500 \mu\text{Sv/h}$ 。

在给定屏蔽物质厚度时，关注点的散射辐射剂量率按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改单中给出的公式进行计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

I ： X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最高管电流，单位为 mA；

H_0 ： 距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。 H_0 保守取值 $2.49 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。

B ： 屏蔽透射因子；

F ： R_0 处的辐射野面积， m^2 ；本项目为 0.013m^2 。

散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改单中的附录表 B.3，散射因子 α 可保守地取为 $\alpha_w \times 10000 / 400$ ， α_w 保守取 1.9×10^{-3} ，则 α 为 0.0475。

R_0 ： 辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m；本项目为 0.1m。

R_s ： 散射体至关注点的距离，m。本次评价为保守计，取辐射源点至关注点的距离。

11.3.3 CT 机辐射剂量率理论计算

根据设备厂家提供资料可知，在线 CT 设备自带铅房，在线 CT 每台设备有 2 个 CT 环（射线源），每个 CT 环同时可扫描 2 个电芯（电池）。X 射线管在 CT 环内 180° 转动，同一铅房 2 个 CT 环转动方向相反；接收器随着 X 射线管的转动而转动，始终在射线管正对面，检测样品台位于 CT 环中间。离线 CT 设备同样自带铅房，离线 CT 有 1 个 CT 环，同时可扫描 2 个电芯（电池）。

根据厂家资料及设备安装的位置，在线 CT 和离线 CT 主束方向均可朝上、朝下、朝东、朝西（底部无人到达），因此铅房顶部、东侧、西侧方向考虑有用线束的影响，其他

侧屏蔽墙考虑非有用线束影响（漏射线及散射线影响），如图 11-1 和 11-2。

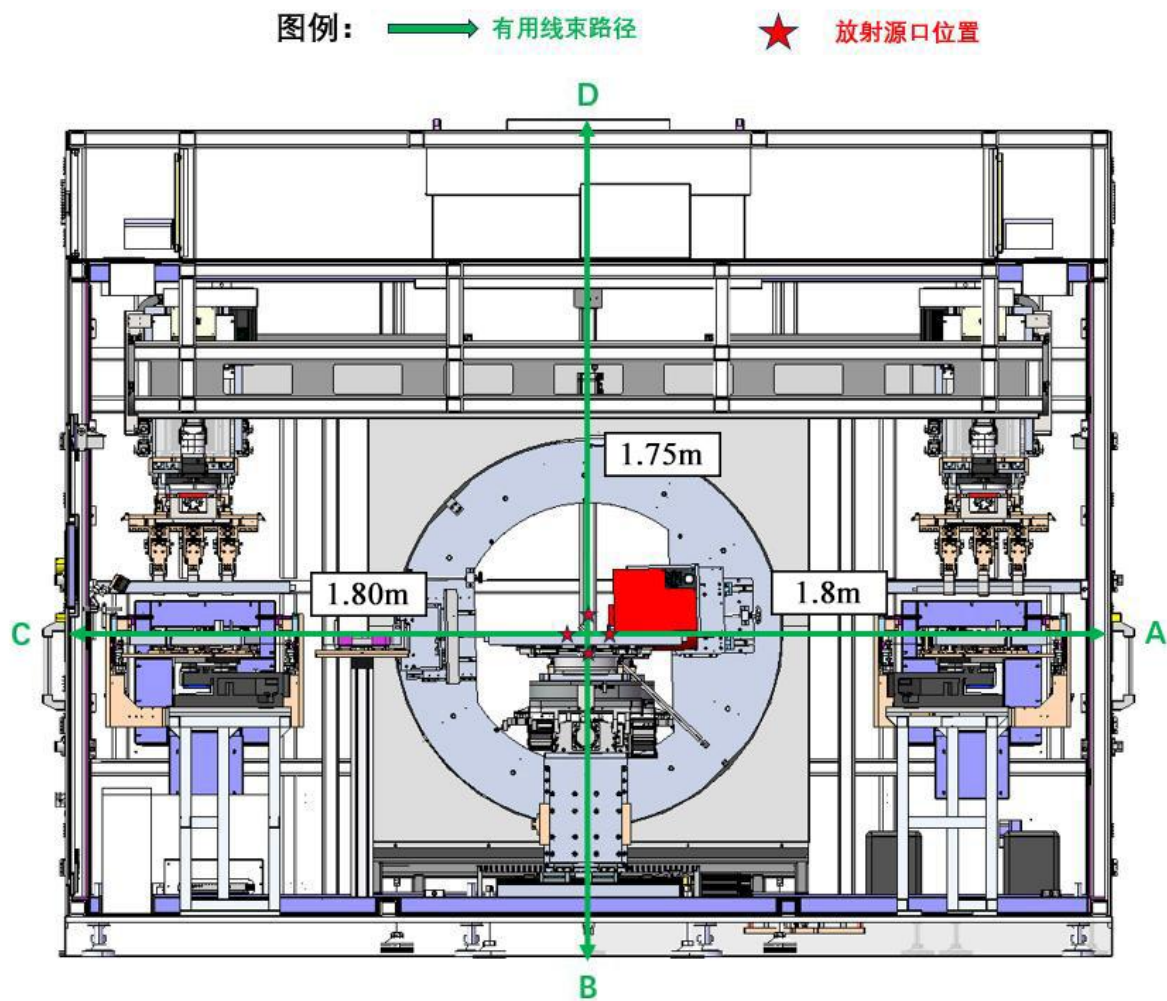


图 11-1 在线 CT 有用线束照射范围示意

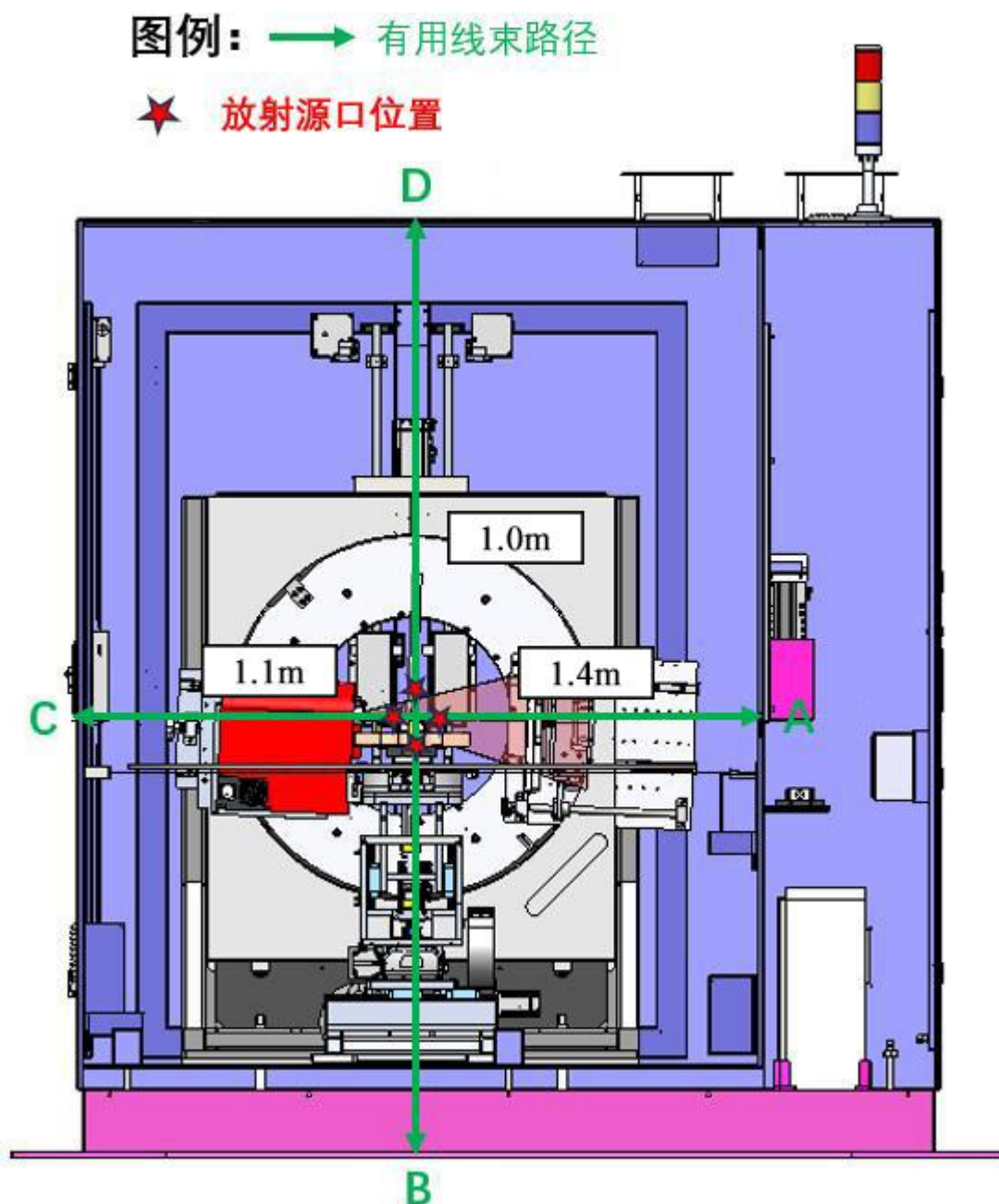


图 11-2 离线 CT 有用线束照射范围示意

1.有用线束在预测点的辐射剂量率

根据式（3）和式（4），计算得到有用线束在预测点的辐射剂量率，见表11-7~11-9。

表11-7 1#、2#在线CT有用线束在预测点辐射剂量率一览表

预测点 项目	铅房东侧 A 点	铅房西侧 C 点	铅房顶部 D 点	铅房东侧 焊接区	铅房西侧 装配区
最大管电压 (kV)	150	150	150	150	150

最大管电流 I (mA)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
屏蔽物质厚度 X	6.5mm 铅	6.5mm 铅	6.5mm 铅	6.5mm 铅	6.5mm 铅
半值层厚度 TVL(mm)	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
屏蔽透射因子 B	1.70×10^{-7}	1.70×10^{-7}	1.70×10^{-7}	1.70×10^{-7}	1.70×10^{-7}
H_0 [$\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$]	2.49×10^6	2.49×10^6	2.49×10^6	2.49×10^6	2.49×10^6
距离 R (m)	1.8+0.3=2.1	1.8+0.3=2.1	1.75+0.3=2.05	30	25
关注点的剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	0.048×2 =0.096	0.048×2 =0.096	$0.05 \times 2 = 0.1$	$2.35 \times 10^{-4} \times 2 = 4.7 \times 10^{-4}$	$3.39 \times 10^{-4} \times 2 = 6.8 \times 10^{-4}$

注：考虑到在线 CT 每个铅房有 2 个 CT 环，计算结果保守按 2 倍计算，R (m) 的距离取射线源点距离屏蔽体最近距离加屏蔽体外 0.3m 距离，未考虑铅房的厚度。

表11-8 3#、4#在线CT有用线束在预测点辐射剂量率一览表

项目 \ 预测点	铅房东侧 A1 点	铅房西侧 C1 点	铅房顶部 D1 点	铅房东侧 焊接区	铅房西侧 装配区
最大管电压 (kV)	150	150	150	150	150
最大管电流 I (mA)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
屏蔽物质厚度 X	6.5mm 铅	6.5mm 铅	6.5mm 铅	6.5mm 铅	6.5mm 铅
半值层厚度 TVL(mm)	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
屏蔽透射因子 B	1.70×10^{-7}	1.70×10^{-7}	1.70×10^{-7}	1.70×10^{-7}	1.70×10^{-7}
H_0 [$\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$]	2.49×10^6	2.49×10^6	2.49×10^6	2.49×10^6	2.49×10^6
距离 R (m)	1.8+0.3=2.1	1.8+0.3=2.1	1.75+0.3=2.05	30	25
关注点的剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	0.048×2 =0.096	0.048×2 =0.096	$0.05 \times 2 = 0.1$	$2.35 \times 10^{-4} \times 2 = 4.7 \times 10^{-4}$	$3.39 \times 10^{-4} \times 2 = 6.8 \times 10^{-4}$

注：考虑到在线 CT 每个铅房有 2 个 CT 环，计算结果保守按 2 倍计算，R (m) 的距离取射线源点距离屏蔽体最近距离加屏蔽体外 0.3m 距离，未考虑铅房的厚度。

表11-9 离线CT有用线束在预测点辐射剂量率一览表

项目 \ 预测点	铅房东侧 A2 点	铅房西侧 C2 点	铅房顶部 D2 点	铅房东侧 叠片刀模房	铅房西侧 叠片废料机间
最大管电压 (kV)	150	150	150	150	150

最大管电流 I (mA)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
屏蔽物质厚度 X	8mm 铅	8mm 铅	8mm 铅	8mm 铅	8mm 铅
半值层厚度 TVL(mm)	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
屏蔽透射因子 B	4.64×10^{-9}	4.64×10^{-9}	4.64×10^{-9}	4.64×10^{-9}	4.64×10^{-9}
H_0 [$\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$]	2.49×10^6	2.49×10^6	2.49×10^6	2.49×10^6	2.49×10^6
距离 R (m)	1.4+0.3=1.7	1.1+0.3=1.4	1.0+0.3=1.3	20	30
关注点的剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	2.0×10^{-3}	2.95×10^{-3}	3.42×10^{-3}	1.44×10^{-5}	6.42×10^{-6}

注：R (m) 的距离取射线源点距离屏蔽体最近距离加屏蔽体外 0.3m 距离，未考虑铅房的厚度。

2. 泄漏辐射和散射辐射在预测点处的剂量率

(1) 泄漏辐射在预测点处的剂量率

根据式 (4) 和式 (5)，计算得到泄漏辐射在预测点的辐射剂量率，详见表 11-10~表 11-12。

表 11-10 1#、2#在线 CT 泄漏辐射在铅房周围预测点辐射剂量率一览表

预测点	屏蔽物质厚度 X	屏蔽透射因子 B	$\dot{H}_L(\mu\text{Sv/h})$	距离 R(m)	泄露辐射剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
铅房南侧 E 点	6mm 铅	5.62×10^{-7}	2500	2.0+0.3=2.3	$2.66 \times 10^{-4} \times 2 = 5.32 \times 10^{-4}$
铅房北侧 F 点	6mm 铅	5.62×10^{-7}	2500	1.8+0.3=2.1	$3.19 \times 10^{-4} \times 2 = 6.38 \times 10^{-4}$
铅房南侧叠片区	6mm 铅	5.62×10^{-7}	2500	20	$3.51 \times 10^{-6} \times 2 = 7.02 \times 10^{-6}$

注：考虑到在线 CT 每个铅房有 2 个 CT 环，计算结果保守按 2 倍计算。

表 11-11 3#、4#在线 CT 泄漏辐射在铅房周围预测点辐射剂量率一览表

预测点	屏蔽物质厚度 X	屏蔽透射因子 B	$\dot{H}_L(\mu\text{Sv/h})$	距离 R(m)	泄露辐射剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
铅房南侧 E1 点	6mm 铅	5.62×10^{-7}	2500	1.8+0.3=2.1	$3.19 \times 10^{-4} \times 2 = 6.38 \times 10^{-4}$
铅房北侧 F1 点	6mm 铅	5.62×10^{-7}	2500	2.0+0.3=2.3	$2.66 \times 10^{-4} \times 2 = 5.32 \times 10^{-4}$
铅房南侧叠片区	6mm 铅	5.62×10^{-7}	2500	20	$3.51 \times 10^{-6} \times 2 = 7.02 \times 10^{-6}$

注：考虑到在线 CT 每个铅房有 2 个 CT 环，计算结果保守按 2 倍计算。

预测点	屏蔽物质厚度 X	屏蔽透射因子 B	$\dot{H}_L(\mu\text{Sv/h})$	距离 R(m)	泄露辐射剂量率 $\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$
铅房南侧 E2 点	6mm 铅	5.62×10^{-7}	2500	$1.5+0.3=1.8$	4.34×10^{-4}
铅房北侧 F2 点	6mm 铅	5.62×10^{-7}	2500	$0.8+0.3=1.1$	1.16×10^{-3}
铅房北侧叠片区	6mm 铅	5.62×10^{-7}	2500	20	3.51×10^{-6}
铅房南侧检测车间	6mm 铅	5.62×10^{-7}	2500	35	1.15×10^{-6}
铅房南侧电芯结构件库	6mm 铅	5.62×10^{-7}	2500	36	1.08×10^{-6}

表11-12 离线CT泄漏辐射在铅房周围预测点辐射剂量率一览表

(2) 散射辐射在预测点处的剂量率

根据式(4)和式(6)，计算得到散射辐射在预测点处的辐射剂量率，详见表11-13~和表11-15。

表11-13 1#、2#在线CT散射辐射在铅房周围预测点辐射剂量率一览表

预测点	最大管电流 I(mA)	$H_0 [\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})]$	屏蔽物质厚度 X	屏蔽透射因子 B	距离 $R_s(\text{m})$	$F\cdot a/R_0^2$	散射辐射剂量率 $\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$
铅房南侧 E 点	0.5	2.49×10^6	6mm 铅	5.62×10^{-7}	$2.0+0.3=2.3$	0.062	$8.20 \times 10^{-3} \times 2 = 0.0164$
铅房北侧 F 点	0.5	2.49×10^6	6mm 铅	5.62×10^{-7}	$1.8+0.3=2.1$	0.062	$9.84 \times 10^{-3} \times 2 = 0.0197$
铅房南侧叠片区	0.5	2.49×10^6	6mm 铅	5.62×10^{-7}	20	0.062	$1.08 \times 10^{-4} \times 2 = 2.16 \times 10^{-4}$

注：考虑到在线 CT 每个铅房有 2 个 CT 环，计算结果保守按 2 倍计算。

表11-14 3#、4#在线CT散射辐射在铅房周围预测点辐射剂量率一览表

预测点	最大管电流 I(mA)	$H_0 [\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})]$	屏蔽物质厚度 X	屏蔽透射因子 B	距离 $R_s(\text{m})$	$F\cdot a/R_0^2$	散射辐射剂量率 $\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$
铅房南侧 E1 点	0.5	2.49×10^6	6mm 铅	5.62×10^{-7}	$1.8+0.3=2.1$	0.062	$9.84 \times 10^{-3} \times 2 = 0.0197$
铅房北侧 F1 点	0.5	2.49×10^6	6mm 铅	5.62×10^{-7}	$2.0+0.3=2.3$	0.062	$8.20 \times 10^{-3} \times 2 = 0.0164$
铅房南	0.5	2.49×10^6	6mm 铅	5.62×10^{-7}	20	0.062	$1.08 \times 10^{-4} \times 2$

侧叠片区							$=2.16 \times 10^{-4}$
------	--	--	--	--	--	--	------------------------

注：考虑到在线 CT 每个铅房有 2 个 CT 环，计算结果保守按 2 倍计算。

表11-15 离线CT散射辐射在铅房周围预测点辐射剂量率一览表

预测点	最大管电流 I(mA)	H_0 [$\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$]	屏蔽物质厚度 X	屏蔽透射因子 B	距离 $R_s(\text{m})$	$F\cdot a/R_0^2$	散射辐射剂量率 $\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$
铅房南侧 E2 点	0.5	2.49×10^6	6mm 铅	5.62×10^{-7}	$1.5+0.3=1.8$	0.062	0.013
铅房北侧 F2 点	0.5	2.49×10^6	6mm 铅	5.62×10^{-7}	$0.8+0.3=1.1$	0.062	0.072
铅房北侧叠片区	0.5	2.49×10^6	6mm 铅	5.62×10^{-7}	20	0.062	2.17×10^{-4}
铅房南侧检测车间	0.5	2.49×10^6	6mm 铅	5.62×10^{-7}	35	0.062	7.09×10^{-5}
铅房南侧电芯结构件库	0.5	2.49×10^6	6mm 铅	5.62×10^{-7}	36	0.062	6.70×10^{-5}

3.预测点辐射剂量率统计与分析

表11-16 1#、2#在线CT预测点处辐射剂量率一览表

预测点	射线类型	剂量率 $\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$	总剂量率 ($\mu\text{Sv/h})$	剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c(\mu\text{Sv/h})$	是否达标
铅房东侧 A 点	有用线束	0.096	0.096	2.5	是
铅房西侧 C 点	有用线束	0.096	0.096	2.5	是
铅房顶部 D 点	有用线束	0.10	0.10	2.5	是
铅房南侧 E 点 (操作台)	泄露辐射	5.32×10^{-4}	0.017	2.07	是
	散射辐射	0.0164			
铅房北侧 F 点	泄露辐射	6.38×10^{-4}	0.02	2.5	是
	散射辐射	0.0197			
铅房东侧焊接区	有用线束	4.7×10^{-4}	4.7×10^{-4}	0.41	是
铅房西侧装配	有用线束	6.8×10^{-4}	6.8×10^{-4}	0.41	是

区					
铅房南侧叠片 区	泄露辐射	7.02×10^{-6}	2.23×10^{-4}	0.41	是
	散射辐射	2.16×10^{-4}			

表11-17 3#、4#在线CT预测点处辐射剂量率一览表

预测点	射线类型	剂量率 $\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$	总剂量率 $(\mu\text{Sv/h})$	剂量率参考控制 水平 $\dot{H}_c(\mu\text{Sv/h})$	是否达标
铅房东侧 A1 点	有用线束	0.096	0.096	2.5	是
铅房西侧 C1 点	有用线束	0.096	0.096	2.5	是
铅房顶部 D1 点	有用线束	0.10	0.10	2.5	是
铅房南侧 E1 点	泄露辐射	6.38×10^{-4}	0.02	2.5	是
	散射辐射	0.0197			
铅房北侧 F1 点 (操作台)	泄露辐射	5.32×10^{-4}	0.017	2.07	是
	散射辐射	0.0164			
铅房东侧焊接 区	有用线束	4.7×10^{-4}	4.7×10^{-4}	0.41	是
铅房西侧装配 区	有用线束	6.8×10^{-4}	6.8×10^{-4}	0.41	是
铅房南侧叠片 区	泄露辐射	7.02×10^{-6}	2.23×10^{-4}	0.41	是
	散射辐射	2.16×10^{-4}			

表11-18 离线CT预测点处辐射剂量率一览表

预测点	射线类型	剂量率 $\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$	总剂量率 $(\mu\text{Sv/h})$	剂量率参考控制 水平 $\dot{H}_c(\mu\text{Sv/h})$	是否达标
铅房东侧 A2 点	有用线束	2.0×10^{-3}	2.0×10^{-3}	2.5	是
铅房西侧 C2 点	有用线束	2.95×10^{-3}	2.95×10^{-3}	2.5	是
铅房顶部 D2 点	有用线束	3.42×10^{-3}	3.42×10^{-3}	2.5	是
铅房南侧 E2 点 (操作台)	泄露辐射	4.34×10^{-4}	0.0134	0.99	是
	散射辐射	0.013			
铅房北侧 F2 点	泄露辐射	1.16×10^{-3}	0.073	2.5	是
	散射辐射	0.072			
铅房东侧叠片叠 片刀模房	有用线束	1.44×10^{-5}	1.44×10^{-5}	0.2	是
铅房西侧叠片废 料机间	有用线束	6.42×10^{-6}	6.42×10^{-6}	0.2	是
铅房北侧叠片 区	泄露辐射	3.51×10^{-6}	2.21×10^{-4}	0.2	是
	散射辐射	2.17×10^{-4}			

铅房南侧检测 车间	泄露辐射	1.15×10^{-6}	7.21×10^{-5}	0.2	是
	散射辐射	7.09×10^{-5}			
铅房南侧电芯 结构件库	泄露辐射	1.08×10^{-6}	6.81×10^{-5}	0.2	是
	散射辐射	6.70×10^{-5}			

根据表 11-12 和 11-13 可知，在线 CT 铅房外关注点的辐射剂量率在 $2.23 \times 10^{-4} \sim 0.11 \mu\text{Sv/h}$ ，离线 CT 铅房外关注点的辐射剂量率在 $6.42 \times 10^{-6} \sim 0.073 \mu\text{Sv/h}$ ，均能够满足各关注点的剂量率参考控制水平，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）与《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。

由于本项目 4 台在线 CT 设备距离较近，且存在设备同时开机的情况，因此需考虑剂量的叠加。本次叠加主要考虑经过单台设备铅屏蔽体屏蔽的射线，各关注点叠加后的辐射剂量率估算结果见表 11-14。

表11-14 在线CT设备各关注点叠加后的辐射剂量率估算结果

关注点	1#在线 CT 剂量率贡献值 ($\mu\text{Sv/h}$)	2#在线 CT 剂量率贡献值 ($\mu\text{Sv/h}$)	3#在线 CT 剂量率贡献值 ($\mu\text{Sv/h}$)	4#在线 CT 剂量率贡献值 ($\mu\text{Sv/h}$)	合计 ($\mu\text{Sv/h}$)
1（1#、2#在线 CT 中间通道）	0.096（铅房东侧）	0.096（铅房西侧）	/	/	0.19
2（3#、4#在线 CT 中间过道）	/	/	0.096（铅房东侧）	0.096（铅房西侧）	0.19
3（1#、3#在线 CT 中间通道）	0.017（铅房南侧）	/	0.017（铅房北侧）	/	0.034
4（2#、4#在线 CT 中间通道）	/	0.017（铅房南侧）	/	0.017（铅房北侧）	0.034
东侧焊接区	/	4.7×10^{-4}	/	4.7×10^{-4}	9.4×10^{-4}
西侧装配区	6.8×10^{-4}	/	6.8×10^{-4}	/	1.36×10^{-3}
南侧叠片区	/	/	2.23×10^{-4}	2.23×10^{-4}	4.46×10^{-4}

由表 11-14 可知，本项目在线 CT 设备各关注点叠加后的辐射剂量率为 $4.46 \times 10^{-4} \sim 0.19 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《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）的相关要求。

4.通风管道、穿线管道、防护门缝隙处辐射防护评价

本项目在线 CT 线缆穿孔位置位于室内上方，线缆四周均覆以防护铅罩，其材质为为

2mm 钢+6.5mm 铅+2mm 钢；排风口设有“U”型铅罩，气流经导向后排出，最大程度上避免射线泄露，排放铅罩材质均为 2mm 钢+6.5mmPb+2mm 钢。离线 CT 线缆四周同样覆以防护铅罩，过线铅罩材质为 2mm 钢+8mm 铅+2mm 钢；排风口设有“U”型铅罩，气流经导向后排出，排风铅罩材质位 2mm 钢+6mm 铅+2mm 钢。X 射线以一定角度入射线缆铅罩和排风铅罩时，在防护罩内经过至少 3 次散射后到达铅房外。根据《辐射防护导论》“如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”。因此，X 射线经线缆、排风钢铅防护罩多次散射后，在铅房外造成的辐射影响很小。

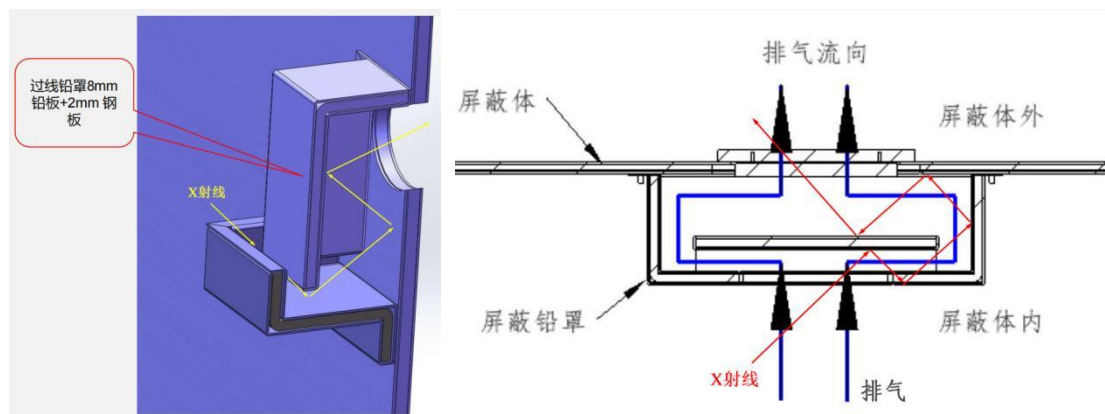


图11-3 排风口、穿线口X射线散射路径示意图

本项目工件门、检修门与铅房屏蔽体精密贴合，工件进出门、检修门与屏蔽体重叠部分远大于工件门、检修门与屏蔽体缝隙宽度，射线经过多次散射后才能出门缝隙，可推断防护门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

5.天空反散射辐射影响

本项目在线 CT 设备铅房顶部上方 30cm 处的剂量率为 $0.1\mu\text{Sv/h}$ ，离线 CT 设备铅房顶部上方 30cm 处的剂量率为 $3.42\times 10^{-3}\text{Sv/h}$ ，X 射线在经大气散射返回地面后的辐射剂量率将更低，远小于关注点最高周围剂量当量率参考控制水平 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。因此，本项目天空反散射的辐射影响较小。

11.4 辐射工作人员和公众年有效剂量评估

(1) 估算公式

对辐射工作人员和公众的受照辐射年有效剂量均按下式计算：

$$P_{\text{年}}=H \cdot U \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$P_{\text{年}}$ ： 年有效剂量，mSv/a；

H ： 参考点处的辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

U ： 探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T ： 人员在相应关注点驻留的居留因子；

t ： 探伤装置年照射时间，h。

(2) 剂量估算

①在线 CT

每台在线 CT 对生产线电芯产品进行 100%检测，每台在线 CT 曝光工作时间为 6.9h/d，按每年 320 个工作日计算，年曝光工作时间为 2208h，辐射工作人员在进行电芯检测时一般在操作区位置，辐射工作人员的居留因子取 1，周围公众保守按日工作 8h，年工作 2560h，在线 CT 辐射对公众人员影响的时间为 2208h/a，辐射剂量率保守取各关注点辐射剂量率叠加后的数值，估算结果见表 11-14。

表 11-14 在线 CT 工作人员和公众年有效剂量估算一览表

对象		辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	使用因子 U	居留因子 T	年曝光时间 t (h)	年有效剂量 (mSv/a)
工作 人员	操作台	0.19	1	1	2208	$0.42 \times 2 = 0.84$
公众	焊接区	9.4×10^{-4}	1	1/4	2208	$5.19 \times 10^{-4} \times 2 = 1.04 \times 10^{-3}$
	装配区	1.36×10^{-3}	1	1/4	2208	$7.51 \times 10^{-4} \times 2 = 1.50 \times 10^{-3}$
	叠片区	4.46×10^{-4}	1	1/4	2208	$2.46 \times 10^{-4} \times 2 = 4.92 \times 10^{-4}$

注：考虑到在线 CT 每个铅房有 2 个 CT 环，计算结果保守按 2 倍计算。

②离线 CT

离线 CT 用于对所生产的成品电芯进行抽检，离线 CT 每日曝光工作时间为 14.4 小

时，每周曝光工作时间为 100.8 小时，按每年 320 个工作日计算，年曝光工作时间为 4608 小时。周围公众日工作 8h，年工作 2560h。估算结果见表 11-15。

表 11-15 离线 CT 工作人员和公众年有效剂量估算一览表

对象		辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	使用因子 U	居留因子 T	年曝光时间 t (h)	年有效剂量 (mSv/a)
工作 人员	操作台	0.0134	1	1	4608	0.062
公众	叠片刀模房	1.44×10^{-5}	1	1/4	2560	9.22×10^{-6}
	叠片废料机间	6.42×10^{-6}	1	1/4	2560	4.11×10^{-6}
	叠片区	2.21×10^{-4}	1	1/4	2560	1.41×10^{-4}
	检测车间	7.21×10^{-5}	1	1/4	2560	4.61×10^{-5}
	电芯结构件库	6.81×10^{-5}	1	1/4	2560	4.36×10^{-5}

由表 11-14 和 11-5 可知，辐射工作人员和公众的受照辐射年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中对辐射工作人员和公众受照剂量限值和本项目管理目标值的要求（职业人员年有效剂量不超过 2mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

11.5 事故影响分析

本项目拟使用的5台CT机属于II类射线装置，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》的规定，该类射线装置可能发生的事故是指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

（1）潜在事故类型

CT 机工作过程产生 X 射线，若不采取适当的屏蔽措施，可能对操作 X 射线装置的辐射工作人员及周围公众造成放射性损伤，X 射线装置在开机曝光期间，会产生 X 射线，可能会造成意外照射。

①X 射线装置在工作状态下，门-机联锁失效或者工件传输过程中铅防护门卡住未完全关闭，致使 X 射线泄漏到铅房外面，给周围活动的人员造成不必要的照射。

②工作人员在防护门关闭前尚未撤离铅房，X 射线装置即对工件进行检测，造成工作人员受到额外照射。

③X 射线装置发生故障，维修人员正在维修，操作失误意外出束，造成工作人员受到额外照射。

④X 射线装置发生故障，导致 X 射线无法停束，造成工作人员受到额外照射。

（2）事故预防措施

①操作人员按照要求取得辐射安全与防护知识合格证书，做到持证上岗。

②操作人员须严格按检查系统操作规程进行操作，不得擅自改变操作程序。

③工作时除佩戴常规个人剂量计外，还应配备个人剂量报警仪。

④定期对工作场所周围进行剂量监测，对工作人员进行定期的体检，建立健康档案。

⑤如发生违反操作或其他原因造成事故，须立刻启动事故应急救援预案。

⑥操作人员每次运行机器前，要检查安全联锁系统运行是否正常。如发现异常，须查明原因，予以排除，确定安全联锁系统运转正常后，才能开机运行。

⑦应加强辐射安全管理，在实际工作中不断完善 X 射线探伤相关的操作规程和辐射安全管理制度，加强对辐射工作人员的安全防护意识教育，在工作中将其落到实处，确保辐射工作的安全。

（3）事故处理措施

发生辐射应急事故时，应采取以下措施：

①辐射工作人员或操作人员应第一时间启动急停按钮，关停射线装置的电源，停止射线装置的出束，然后启动应急预案；

②立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

③对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

（4）事故调查与上报

①辐射事故得到控制并消除后，应采取一切必要的防护操作保护公众免受污染使事故后果降到最低。

②根据辐射事故的情况及时向上级生态环境部门请示的回复意见，在公司网站上发

布辐射事故情况。

③辐射事故应急救援终止后，应评价所有应急日志、记录、过程、书面信息等，回顾应急期间采取的一切行动，根据实践经验修改现有的应急预案，并及时提交总结报告。

④公司领导对事故报告的及时性、全面性、真实性进行分析了解，对于隐瞒不报、虚报、漏报或无故拖延报告的，要追究责任。

表 12 辐射安全管理

12.1 射线装置使用能力评述

根据《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》和《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）对使用 X 射线装置的安全与防护管理提出了要求，下面分别就本项目达到的条件同相关要求进行了对比，并给出是否符合要求的结论，具体见表 12-1、表 12-2、表 12-3。

表 12-1 与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求条件对照表

序号	法规要求	单位情况	符合情况
1	使用Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类放射源，使用Ⅰ类、Ⅱ类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	项目使用 5 台 CT 机，属于Ⅱ类射线装置，建设单位拟成立专门的辐射安全防护管理机构，负责辐射安全与环境保护管理工作。项目建成前明确 1 名持有辐射安全与防护知识考核证书的辐射安全负责人，要求辐射安全负责人尽快通过核技术利用辐射安全与防护考核。	符合
2	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	项目探伤工作拟配置的 9 名辐射操作人员，1 名辐射管理人员，项目建成前辐射工作人员要求通过核技术利用辐射安全与防护考核，并获得证书方可上岗。	符合
3	放射性同位素与射线装置使用场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	项目 5 台 CT 机均设置门机联锁装置、出束信号警示灯、电离辐射警告标志、急停按钮、监控系统等，铅房顶部设置显示“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。	符合
4	配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器	本项目辐射工作人员拟配置 9 名辐射操作人员，1 名辐射管理人员，辐射人员拟配备个人剂量计，3 台个人剂量报警仪和 1 台便携式 X-γ剂量仪。	符合
5	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	制定了《辐射安全与防护管理制度》、《辐射防护与设备检修维护制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《X 射线装置使用登记制度》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射工作人员个人剂量、职业健康管理制度》、《辐射环境监测计划》等规章制度。	符合

6	有完善的辐射事故应急措施。	制定了专门的《辐射事故应急预案》。	符合
7	产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	本项目不产生放射性废气、废水和固体废物。	符合

表 12-2 与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求条件对照表

序号	法规要求	单位情况	符合情况
1	射线装置的生产调试和使用场所，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	CT 机铅房外表面安装有工作状态指示灯，明显位置处设电离辐射标志及中文警示说明，设置紧急停机开关。	符合
2	生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。	本项目运行后，拟委托有资质的环境监测机构对环境和工作场所周围的辐射水平进行监测。	符合
3	生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。	承诺每年按照法规要求的时间及时提交年度评估报告。	符合
4	生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。	本项目 9 名辐射操作人员拟佩戴个人剂量计进行个人剂量监测，承诺发现个人剂量监测结果异常的，将立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。	符合

表 12-3 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）对照分析表

文件要求	辐射工作场所布局和分区实施计划	是否满足要求
6.1.1 探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并与探伤室分开。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	本项目设备设置充分考虑周围的辐射安全，有用线束均避开照射操作区的位置，铅房与操作位分开。铅房的屏蔽墙厚度已充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。	满足

能应不小于同侧墙的防护性能。		
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。	建设单位拟对辐射工作场所实施分区管理，设备自带屏蔽铅房内部划为控制区；铅房外相邻区域划为监督区。	满足
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 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ 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 μ Sv/h。	根据计算，各关注点的周围剂量当量参考控制水平能够满足相应要求。	满足
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处立体角区域内时，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 μ Sv/h。	根据计算，铅房顶部的辐射屏蔽满足 6.1.4 的要求。	满足
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。	铅房设置了门-机联锁装置，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。防护门被意外打开时，能立刻停止出束。	满足
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，并与探伤机连锁。“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“预备”和“照射”信号意义的说明。	本项目 CT 铅房通常情况下无需人员进入，均为自动进出工件，铅房顶部设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机连锁。“预备”和“照射”信号有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处有对“预备”和“照射”信号意义的说明。	满足
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监视	设备铅房内均安装监控摄像头，可监视铅房内设备的运行情况。同时车间内也安装视频监控	满足

器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。	装置。	
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识和中文警示说明。	设备运行前公司按要求在铅房防护门上张贴电离辐射警告标志和中文警示说明，按照 GB18871-2002 的规范制作。监督区边界将树立“辐射工作场所，无关人员禁止入内”的警告牌。	满足
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。	本项目铅房内部及铅房外操作台均设立急停按钮。急停按钮处带有标签，标明使用方法。	满足
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。	本项目铅房均能满足 3 次/h 排风要求，废气最终排到车间顶部，能满足《工业探伤放射防护要求》（GBZ 117-2022）通风次数的要求。	满足
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。	公司按要求工作人员作业前检查防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全设施是否能正常工作，如发现防护安全设施不能正常工作时，则不能开始检测工作。	满足
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。	公司拟为工作人员配备个人剂量计、个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪。除维修外，正常工作状态下人员无需进入铅房。	满足
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。	公司要求工作人员每月使用便携式 X-γ 剂量率仪对铅房周围剂量率进行检测，检测范围包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处，做好检测记录，一旦发生测量值超过参考控制水平时，立即停止辐射工作并向辐射管理人员报告，查找原因。	满足
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。	公司要求工作人员在交接班或当班每次使用便携式 X-γ 剂量率仪前，检查是否正常工作。如在检查过程中发现剂量率仪不能正常工作，则不得开始测量工作。	满足

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。	公司在辐射工作人员上岗前应做好培训工作，并要求辐射工作人员正确使用配备的辐射防护装置，把潜在的辐射降到最低。	满足
6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内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。	除维修外，本项目铅房内无需人员进入，为确保安全，公司要求操作人员在每次照射前确认铅房内无人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、安全联锁系统都启动并正常运行的情况下，才能开始辐射工作。	满足

本项目拟采取的各项辐射安全与防护措施、辐射安全操作要求符合《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》和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中要求应当具备的相关条件，具备使用II类射线装置的技术能力。

12.2 辐射安全与环境保护管理机构

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等要求，使用II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

本项目不新增工作人员，拟从公司原有工作人员中调配10名员工作为辐射工作人员（9名操作人员，1名管理人员），具体安排如下：4台CT设备实行三班制，每班每2台配备1人，合计6人；1台离线CT设备同样实行三班制，每班配备1人，合计3人；管理人员1名，共计10人。

公司拟成立了辐射安全领导小组，明确辐射安全管理机构小组工作职责，负责全单位辐射安全监督管理工作，保障辐射工作人员、社会公众的健康与安全。在日后的工作实践中，建设单位应根据核技术应用情况及时对已有辐射防护安全工作领导小组作相应调整，确保调整后的辐射安全工作领导小组的基本组成涵盖当时核技术应用所涉及的相关部门，并根据实际管理需要明确领导小组职责，明确管理工作责任部门和责任人。

12.3 辐射安全管理规章制度

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年1月4日修订）、《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（国家环境保护总局环发〔2006〕145号文件）及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第18号）相关规定，公司制定了《操作规程及设备检修维护制度》、《人员培训计划》、《辐射防护措施》、《监测方案和监测制度》、《个人剂量和健康管理制度》等一系列规章制度。在日后的工作实践中，应根据单位核技术应用具体情况以及在工作中遇到的实际问题，并按照相关规定要求及时进行更新、完善，提高制度的可操作性，并严格按照制度执行；做到所有辐射相关工作都有章可循，有制度保障。

12.4 人员培训、个人剂量监测、职业健康体检

公司使用的射线装置为II类射线装置（《射线装置分类》，环保部、国家卫生和计划生育委员会公告，2017年第66号），应进行辐射安全培训。根据《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），自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。

本次拟调配辐射工作人员目前暂未通过考核，需在上岗前通过考核并取得考核成绩报告单。公司在后续的日常管理中应及时组织辐射工作人员在培训考核到期前重新参加考试，并通过考核。

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》要求，为保护辐射工作人员身体健康，从事辐射岗位的工作人员在上岗前需进行放射性职业健康体检，体检合格方能上岗。本项目辐射工作人员上岗前需进行放射性职业健康体检，体检合格方能上岗。对于离岗人员也必须进行离岗体检，对职业健康体检报告妥善长期保留。在岗人员均定期进行放射职业健康体检，两次检查的时间间隔不应超过2年。

12.5 年度安全评估状况

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求和主管部门要求公司应在每年的 1 月 31 号之前将上一年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。公司上报的年度评估报告应包括辐射安全和防护设施的运行与维护情况；辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；射线装置台账；场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；辐射事故及应急响应情况；核技术利用项目新建、改扩建和退役情况；存在的安全隐患及其整改情况；其他有关法律法规规定的落实情况等方面的内容）。

12.6 辐射环境监测

12.6.1 辐射环境监测计划

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，公司制定了环境辐射监测方案及辐射工作场所防护监测制度，日常定期对各辐射工作场所进行监督检查和委托第三方进行监测，并每年委托有资质的单位对企业现有各辐射工作场所的设备性能和防护进行年度检测。本项目实施后，企业应将本项目纳入企业环境辐射监测方案及辐射工作场所防护监测制度之中，明确相应监测点位、监测项目和频次，按监测方案对核技术应用场所及周围辐射水平进行监测，同时做好记录分析工作。根据《核技术利用单位自行监测技术规范》（DB34/T4571-2023），每月一次，确认其辐射水平处在合理的正常水平范围内，辐射工作人员个人剂量剂定期送检（不超过 90 天）送检，并定期进行职业健康体检。建立个人剂量档案和职业健康监护档案。同时公司安排辐射工作人员定期（2 年/次）进行职业健康体检，并建立职业健康档案。

公司还应委托具有相应资质能力的单位对辐射工作人员的个人剂量进行监测（送检周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月），并做好个人剂量档案管理工作。对于个人剂量异常情况应做到自查自纠，及时采取补救措施，自查自纠结果当事人、相关管理人

员应签字、建设单位盖章后存档，对于个人剂量超标的情况建设还应立即向生态环境主管部门报告。

表 12-7 工作场所监测计划

监测对象	监测方案	监测项目	监测频次
CT 机	安全联锁、紧急按钮、指示灯、语音警告装置、监控装置等安全系统	安全性能	每次使用前
	CT 机各铅房外 30cm 离地高度 1m 处、CT 机进出件防护门、维修门、操作位、电缆口、铅房通风口、其他人员可达部位	X-γ辐射剂量率	每月 1 次

表 12-8 工作人员监测计划

监测对象	监测方案	监测项目	监测频次
辐射工作人员	佩戴个人辐射剂量计	个人累计剂量	工作期间佩戴个人辐射剂量计，并对个人剂量计定期送检（送检周期为 1 个月，最长不超过 3 个月）
	/	职业健康体检	2 年 1 次

12.6.2 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求，射线装置使用单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。本次拟为 CT 机配置 5 台固定式剂量报警仪，显示屏拟安装在操作台上方，用于实时监测射线装置的出束情况。拟配备 1 台便携式γ辐射仪和 3 个人剂量报警仪，若后期项目需新增辐射工作人员，需进行个人剂量监测并增加相应的个人剂量报警仪。

表 12-9 本项目配置的辐射防护用品一览表

序号	设备、仪器名称	数量	型号	备注
1	个人剂量计	9	/	按岗位人员配置
2	个人报警仪	9	/	随设备自配
3	便携式 X-γ剂量率仪	1	R-50EXP_精度 ±10%(手柄款)	/
4	固定式场所辐射探测报警装置	5	/	/
5	铅服	3	铅当量 ≥0.5mmPb, 1#铅 锭	/
6	铅帽	3		/
7	铅手套	3		/

8	铅鞋	3		/
9	铅眼镜	3	0.50mmPb 带侧边防护	/

12.7 事故应急

公司已制定《辐射事故应急处理方案》，该方案建立了应急组织，明确各相关部门职责，建立了应急事故处理流程。单位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。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及《突发环境事件信息报告办法》等有关规定，公司应完善已制定辐射事故应急方案，并定期进行演练，及时进行整改。当事故发生时，当事人应立即向公司的辐射安全负责人和法定代表人报告，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要处理措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门报告，涉及人为故意破坏的还应向公安部门报告，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。

12.8 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备下列条件。企业从事辐射活动能力的评价详见表 12-10。

表 12-10 从事辐射活动能力评价

放射性同位素与射线装置安全许可管理办法	本企业情况	是否符合
(一) 使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	建设单位拟设置专门的辐射安全与环境保护管理机构，全面负责辐射安全与环境保护管理工作。	建设单位已承诺落实
(二) 从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	建设单位在确定辐射工作人员后，及时安排辐射工作人员在生态环境部辐射安全与防护培训平台报名培训和参加核技术利用辐射安全与防护考核，考核合格后	

	上岗。	
(三) 使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目不涉及放射性同位素方面的内容。	不涉及
(四) 放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	设满足相应辐射防护要求的专用铅房。装置设有安全保护联锁及紧急停机开关, 以防止意外照射的发生。	建设单位已承诺落实
(五) 配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器, 包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。	公司拟配备个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式 X-γ 剂量率仪等。	
(六) 有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	建设单位拟制定一系列辐射安全管理规章制度, 满足制度设置要求。	
(七) 有完善的辐射事故应急措施。	编制《辐射事故应急预案》, 制定辐射事故应急措施。	
(八) 产生放射性废气、废液、固体废物的, 还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位, 还应当配备质量控制检测设备, 制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划, 至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。	本项目运行过程中不产生放射性废气、废液、固体废物。且不涉及使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗等业务。	不涉及

以上分析表明, 在落实各项辐射安全防护措施和管理制度后, 建设单位将基本具备申请领取许可证应当具备的条件。

12.9 “三同时”验收和环保投资估算表

根据项目情况, 本项目“三同时”验收一览见表 12-10。

表 12-11 “三同时”验收一览表

项目	内容		采取措施	验收要求
辐射安全与防护措施	屏蔽措施	在线 CT	4 台在线 CT 均自带屏蔽铅房, 铅房南侧、北侧屏蔽体采用 6mm 铅+内外 2mm 钢板, 东侧、西侧和顶部采用 6.5mm 铅+内外 2mm 钢板, 底部采用 4mm 铅+内外 2mm 钢板+20mm 钢板。进出件防护门、维修防护门、电缆管线孔、进出风口采用 6.5mm 铅+内外 2mm 钢板。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求

	离线 CT	1 台离线 CT 自带铅房，南侧侧、北侧屏蔽体采用 6mm 铅+内外 2mm 钢板，东侧、西侧和顶部采用 8mm 铅+内外 2mm 钢板，底部采用 4mm 铅+内外 2mm 钢板+20mm 钢板。进出件防护门、维修防护门、电缆管线孔采用 8mm 铅+内外 2mm 钢板，进出风口采用 6mm 铅+内外 2mm 钢板。	
	安全措施	铅房内安装急停按钮、紧急开关门按钮、巡检按钮、监控系统、出束提醒，门-机联锁、巡检按钮，控制台安装控制按钮、急停按钮、巡检按钮等。	设置后可满足验收要求
非辐射污染防治	废气	CT 机自带铅房内设置机械通风设施，CT 机产生的 O ₃ 、NO _x 通过铅房内部的排风装置排入车间内，再通过车间内的排风系统最终排入外环境。铅房内每小时有效通风换气次数不小于 3 次。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求
人员配置	辐射防护与安全培训和考核	辐射工作人员及辐射安全防护管理负责人应通过辐射安全与防护知识考核	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中从事辐射工作的人员必须通过核技术利用辐射安全与防护考核、开展个人剂量监测以及开展职业健康体检的管理要求
	职业健康体检	辐射工作人员定期进行职业健康体检，并建立放射工作人员职业健康档案	
	个人剂量监测	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（最长不应超过 3 个月），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案	
监测仪器和防护用品	监测仪器	拟配备 1 台便携式 X-γ 剂量率仪，配置 9 台个人剂量计和 9 台个人剂量报警仪。每个铅房内安装 1 台固定式剂量报警仪，显示屏安装在操作台位置。	每月对铅房周边 X-γ 辐射剂量率进行监测，并对监测结果进行存档
辐射安全管理制度	根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，完善辐射安全规章制度。		完善后可满足

12.10 环保投资

项目总投资 2000 万，环保投资约 100 万元，占总投资的 5%，项目环保投资一览表见表 12-12。

表 12-12 项目环保投资一览表

序号	项目	环保设施/措施名称	投资（万元）
1	辐射安全措施	铅屏蔽、安全措施（门-机联锁装置、报警和指示装置、视频监控装置、紧急停机按钮、电离辐射警告标志、排风装置）。	70
2	辐射安全管理	规章制度上墙，设置各类台账。	1
		职业健康体检。	2

		个人剂量仪、个人剂量报警仪、便携式 X- γ 剂量率仪、固定式场所辐射探测报警装置等辐射防护用品。	8
3	自行监测	设备性能及辐射工作场所辐射剂量监测。	10
4	其他	环评及验收费用等	9
合计			100

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

合肥宏储能芯科技有限公司于合肥市高新技术产业开发区柏堰湾路与侯店路交口西南角。厂区北侧为星光博瑞健康大数据产业园，东侧为安徽同路医药有限公司，南侧为空地，西侧为空地。

本项目位于合肥宏储能芯科技有限公司厂内 1#电芯车间内（车间为一层结构）。拟在 1#电芯车间北侧中部设置 4 台在线 CT 机，在南侧中部设置 1 台离线 CT 机，出束方向均为周向。

13.1.2 可行性分析结论

（1）产业政策符合性分析

本项目属于核技术在无损检测领域内的运用，属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中第三十一项第 1 条“质量认证和检验检测服务”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

（2）实践正当性分析

X 射线无损检测是一项成熟的技术，合肥宏储能芯科技有限公司利用 X 射线无损检测设备对公司生产的电芯（电池）进行质量检测，将显著提升产品质量，从源头上减少因产品缺陷引发的安全隐患。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）标准的要求，拟按标准要求对探伤进行规范管理，采取相关措施后对周边环境影响很小。

因此，本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践正当性”的原则。

（3）代价利益分析

本项目符合公司生产工艺的需要，能有效提高公司生产效率，核技术在工业探伤上的应用有利于提高产品的质量，能有效减少质量不过关而导致的安全事故数量，该项目在保障产品质量的同时也为公司和社会创造了更大的经济效益。从剂量预测结果可知，

该项目辐射工作人员年所受附加剂量满足项目管理限值 5mSv 的要求，周围公众年所受附加剂量满足项目管理限值 0.25mSv 的要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。因此，从代价利益分析看，该项目是正当可行的。

13.1.3 选址合理性

本项目配置 CT 机房位于 1#电芯车间内，CT 机房边界 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标，CT 机房分别位于 1#电芯车间北侧中部和南侧中部，距离办公场所较远，避开了人流集中区域。工作过程中产生的 X 射线经铅防护门、设备自带铅房屏蔽，并通过距离衰减后对周围辐射环境影响是可接受的。因此，本项目选址合理、可行。

13.1.4 辐射安全与防护分析结论

（1）辐射安全与防护设施

从 X 射线装置屏蔽措施达标分析可知，合肥宏储能芯科技有限公司探伤铅房的屏蔽防护措施能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求。在投入使用前，公司还应在铅房适当位置张贴岗位职责和操作规程，设备铅房防护门外应张贴电离辐射警告标志，并设置醒目的工作状态指示灯，并确保工作状态指示灯与铅房相通的门能有效联动。

根据预测结果分析可知，本项目在做好屏蔽、个人防护措施和安全措施的情况下，项目对辐射工作人员及周边公众产生的年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求：职业人员年有效剂量不超过 2mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

（2）辐射安全管理措施

合肥宏储能芯科技有限公司拟成立放射防护安全管理领导小组，负责本项目安全管理和环境保护工作；公司已根据相关要求制定辐射防护管理规章制度。公司应在实际工作中补充完善相关的辐射管理制度，使其具有较强的针对性和可操作性。在落实以上措施后，本项目的辐射安全管理能够满足辐射安全要求。

13.1.5 环境影响分析结论

(1) 辐射环境现状评价

本项目应用场所及周边环境辐射环境现状本底与 2025 年安徽省全省辐射环境现状水平（65~162nGy/h）基本保持一致，辐射水平未见明显异常。

(2) 辐射防护影响评价

根据预测结果，CT 铅房外 30cm 处关注点辐射剂量率满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求的周围剂量当量率参考控制水平，铅房屏蔽效果较好。

(3) 保护目标剂量

本项目运行后，工作人员及公众所受剂量率可以满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定辐射工作人员和公众人员的剂量限值，低于本环评报告提出的辐射工作人员及公众成员的剂量管理限值 5mSv/a 和 0.25mSv/a 的管理限值要求。

13.1.8 可行性分析结论

项目建设符合“实践正当性”原则，CT 机拟采取的辐射安全和防护措施适当，在落实拟采取的措施后，具备其所从事的辐射活动的相关的技术能力和管理能力，工作人员及公众受到的年有效剂量均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中有关的剂量限值，且建设单位对预期产生的主要污染物拟订了可行的污染治理措施，能够实现达标排放，对建设项目所在地区环境质量的影响不显著。在落实完善辐射安全与环境保护管理机构 and 各项制度的前提下以及基于落实铅房各项屏蔽措施和安全管理措施下，从辐射安全 and 环境影响的角度，本项目建设是可行的。

13.2 建议与意见

(1) 取得环评批复后，应及时申领辐射安全许可证，建设单位领证后在三个月内自主竣工验收；

(2) 建设单位每年要对射线装置的使用情况、辐射防护情况进行年度评估，评估结果上报全国核技术利用辐射安全申报系统；

（3）确保辐射工作人员均完成职业健康体检、辐射安全与防护知识考核，并完善个人剂量信息；确保厂区辐射安全管理负责人取得辐射安全与防护知识考核证书；

（4）应加强对现有核技术应用场所及周围辐射水平监测数据的管理工作，及时做好记录分析工作；

（5）项目每次探伤前检查各辐射设备的安全保护措施，确保装置未损坏。

下一级生态环境部门意见

公章

经办人签字年月日

审批意见

公章

经办人签字年月日