

核技术利用建设项目

新能源汽车关键零部件研发生产基地智改数转项目

(工业 CT 部分)

环境影响报告表

建设单位：重庆顺多利机车有限责任公司

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司

编制时间：2026 年 6 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

新能源汽车关键零部件研发生产基地智改数转项目

(工业 CT 部分)

环境影响报告表

建设单位名称：重庆顺多利机车有限责任公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：重庆市两江新区童家溪镇同兴北路 186 号

邮政编码：400000

电子邮箱：63955182@qq.com

联系人：王芳

联系电话：181

21

编制单位和编制人员情况表

项目编号	vr26jq		
建设项目名称	新能源汽车关键零部件研发生产基地智改数转项目（工业CT部分）		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	重庆顺多利机车有限责任公司		
统一社会信用代码	91500109203233453W		
法定代表人（签章）	周继群		
主要负责人（签字）	王芳		
直接负责的主管人员（签字）	龙浩		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	重庆宏伟环保工程有限公司		
统一社会信用代码	915001126912004062		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
刘媛	2014035550350000003511550046	BH001056	刘媛
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
周欢	基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物、评价依据、保护目标与评价标准、辐射环境质量现状、工程分析与源项、辐射安全防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论及建议	BH042644	周欢

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	15
表 8	环境质量现状	19
表 9	项目工程分析与源项	22
表 10	辐射安全与防护	32
表 11	环境影响分析	49
表 12	辐射安全管理	64
表 13	结论和建议	73

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新能源汽车关键零部件研发生产基地智改数转项目（工业 CT 部分）				
建设单位		重庆顺多利机车有限责任公司				
法人代表		周继群	联系人	王芳	联系电话	181*****121
注册地址		重庆市北碚区歇马街 688 号（重庆高新区歇马拓展园）				
项目建设地点		重庆市两江新区童家溪镇同兴北路 186 号附 1 号重庆顺多利机车有限责任公司 1 号厂房 1 层 CT 探伤检测室				
立项审批部门		重庆市北碚区发展和改革委员会		批准文号	2405-500109-04-01-189467	
建设项目总投资（万元）		500（工业 CT 部分）	项目环保投资（万元）	10	投资比例（环保投资/总投资）	2%
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ）	/
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 建设单位简介 重庆顺多利机车有限责任公司（以下简称顺多利公司）成立于 1999 年 03 月 25 日，公司现注册地位于重庆市北碚区歇马街 688 号（重庆高新区歇马拓展园），生产厂区地址位于重庆市两江新区童家溪镇同兴北路 186 号附 1 号。顺多利公司主要从事汽车空调压缩机零部件制造及高端铝合金精密压铸加工。					
1.2 项目由来						

续表 1 项目基本情况

为加快实现新能源汽车热系统关键零部件批量化生产，提升公司制造水平，2024年12月，顺多利公司取得了《重庆市企业投资项目备案证》，项目代码：2405-500109-04-01-189467，计划建设研发生产基地，同时购置 CT 成像设备、机加设备（智能 CNC、机器人设备等）及配套软件，实施新能源汽车关键零部件研发生产基地智改数转项目。受市场变化影响，企业对建设计划进行了重新调整布局，现阶段主要新增 1 台工业 CT 用于提升产品质量控制水平，其他建设内容不再实施。为便于区分，环评以“新能源汽车关键零部件研发生产基地智改数转项目（工业 CT 部分）”为项目名称进行阐述。

顺多利公司拟配置 1 台重庆日联科技有限公司生产的 UNCT225 型工业 CT（最大管电压 225kV，最大管电流 5mA），放置在 1 号厂房辅助用房 1F 预留的 CT 探伤检测室（简称“检测室”）内，用于对生产的工件进行 X 射线无损检测，确保产品质量。检测室用房为顺多利公司厂区辅助用房楼 1F 已建成的房间，墙体采用实心砖和玻璃隔断，目前检测室内靠墙位置放置有工件理化性质检测设备，工业 CT 拟放置在房间中央空闲位置，不会改变检测室建筑结构及理化检测设备布局，项目运行后，该检测室将同时开展工件的理化性质检查和 CT 探伤作业（理化性质检查和 CT 探伤作业对象基本相同），不存在影响理化检测工作的情况。

项目工业 CT 设备只用于对顺多利公司生产的产品进行无损检测，不对外开展 X 射线探伤服务工作。

根据《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（原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）的相关规定：工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置为 II 类射线装置。

根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》等相关规定，该项目的建设应开展环境影响评价工作。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》中的“五十五 核与辐射 172 核技术利用建设项目”，使用 II 类射线装置的项目应编制环境影响报告表。因此，本项目环境影响评价报告文件形式为编制环境影响报告表。

重庆顺多利机车有限责任公司委托重庆宏伟环保工程有限公司对“新能源汽车关键

续表 1 项目基本情况

零部件研发生产基地智改数转项目（工业 CT 部分）”进行环境影响评价。评价单位在进行现场踏勘及收集有关资料的基础之上，并按照《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，编制完成了《新能源汽车关键零部件研发生产基地智改数转项目（工业 CT 部分）环境影响报告表》。

1.3 建设规模及工程内容

（1）建设规模及内容

重庆顺多利机车有限责任公司拟在重庆市两江新区童家溪镇同兴北路 186 号附 1 号重庆顺多利机车有限责任公司辅助用房 1F 预留的 CT 探伤检测室内配置 1 台自屏蔽式工业 CT 用于对公司生产的金属零部件进行无损检测，该设备为 II 类射线装置，最大管电压 225kV，最大管电流 5mA。CT 探伤检测室建筑面积约 40m²。

项目组成见表 1-1。

表 1-1 项目组成一览表

类别	项目名称	建设内容	备注
主体工程	工业 CT	本项目拟购置 1 台工业 CT，设备型号 UNCT225；生产厂家为重庆日联科技有限公司，设备为固定式、定向型且自带屏蔽铅房，II 类射线装置，单球管，设备最大管电压为 225kV，管电流为 5mA。设备成像方式为数字成像，不洗片。设备铅房尺寸及厚度见表 1-2，其余设备参数见表 9-1。	拟购置
辅助工程	工作场所	本项目 CT 探伤检测室位于顺多利公司厂区辅助用房（3 层结构，总高度约 12.6m，其中 1 层层高为 3.9m）1 层，CT 探伤检测室尺寸为 5.7m×7.1m，约 40m ² ，房间四周墙体采用玻璃隔断、砖等常规建筑材料，顶部楼板为混凝土，下无地下室。除本项目工业 CT 外，该用房还会进行顺多利公司生产工件的理化性质测试，该测试由本项目辐射工作人员完成。	预留用房
公用工程	供电系统	用电来源于市政供电，厂区配电。	依托
	给水系统	工作人员生活用水依托厂区现有给水设施。	依托
	排水系统	工作人员生活污水依托厂区现有污水处理设施。	依托
	通风系统	工业 CT 设备铅房顶部设置 2 个排气扇，排风口拟外接排风管道（两个排气扇排风口外管道在工业 CT 顶部上方汇合），管道延伸至检测室东墙外，工业 CT 设备铅房内空气通过排风扇出口连接的排风管道引至检测室东墙外排放，东墙外为厂区室外道路、绿化。	新建
环保工程	生活污水	项目运营不产生生产废水，不新增劳动定员，无新增生活污水。项目工作人员生活污水依托厂区现有的生活污水处理设施（设计处理能力 108m ³ /d）处理后达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后进入市政污水管网，然后接入蔡家污水处理厂处理后达《城	依托

续表 1 项目基本情况

		镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 排放标准后排入嘉陵江。	
	固废	项目工作人员生活垃圾依托厂区生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。 报废的射线装置(含设备铅房)去功能化后,按照相关要求处置,保留处置手续,并做好相关记录存档。 项目工业 CT 采用循环水冷却,不产生危险废物(废矿物油)。	设备报废去功能化后按规范处置
	废气	工业 CT 排风扇额定排风量约为 600m ³ /h (2 个排风扇合计),设备铅房内部容积约 6m ³ (不含电气柜),设备铅房内整体通风换气次数约为 100 次/h。设备铅房内的废气通过排风扇及排气口外接的排风管道,排至检测室东墙外,外为厂区户外道路、绿化。	新建
环保工程	辐射防护	工业 CT 自带屏蔽铅房,采用铅+钢板,铅房屏蔽能力能达到辐射防护的要求。防护门设门机联锁,设备内外设置工作状态指示灯,设备铅房外设电离辐射警告标志,设备安装一套实时视频监控系统,视频监控屏幕设置在控制台上;拟安装固定式剂量报警仪和急停按钮等设施。公司制定有辐射防护管理制度,成立辐射防护管理组织并指定专人负责公司日常辐射防护管理工作。	设备自带,辐射安全管理制度依托现有
其他	工作人员	拟在公司内部培养 2 名工作人员负责操作本项目工业 CT,同时负责 CT 探伤检测室内的工件其他理化性质检测。	/

(2) 项目工作场所建设情况

本项目拟购置 1 台工业 CT,其铅房采用钢板+铅板+钢板结构,设备面向工件防护门右侧铅房为主射线方向(朝向南侧)。工业 CT 铅房屏蔽材料及厚度情况如下表 1-2 所示。

表 1-2 工业 CT 屏蔽防护材料及厚度表

名称	尺寸	屏蔽体	总屏蔽厚度
工业 CT	长×宽×高:内空尺寸 2466mm×1343mm×1800mm; 外部尺寸 2635mm×2162mm×2081mm (含底座); 工件防护门门洞尺寸:宽 690mm、高 750mm,防护门尺寸:宽 750mm、高 825mm; 平板探测器侧和 X 射线球管侧检修门门洞尺寸:宽 670mm、高 1270mm,防护门尺寸:宽 730mm、高 1330mm;	主射线面(右/南侧)	内 3mm 钢+18mmPb+外 3mm 钢
		其余三面(正面/西侧、左/北侧、背面/东侧)	内 3mm 钢+12mmPb+外 3mm 钢
		正面右部(0~867mm)	内 3mm 钢+18mmPb+外 3mm 钢
		顶面	内 3mm 钢+12mmPb+外 3mm 钢
		顶面右部(0~450mm)	内 3mm 钢+18mmPb+外 3mm 钢
		底板	内 3mm 钢+12mmPb+外 3mm 钢
		铅防护门	工件门:内 3mm 钢+12mmPb+外 3mm 钢;观察窗:13mmPb
			左侧检修门(X 射线球管侧):内 3mm 钢+12mmPb+外 3mm 钢
			右侧检修门(平板探测器侧):内

续表 1 项目基本情况

			3mm 钢+18mmPb+外 3mm 钢		
		电缆口、排风扇口防护罩	内 3mm 钢+12mmPb+外 3mm 钢		
备注：①工业 CT 箱体外部尺寸包括铅房下方支撑角（约 132mm）等。 ②以面对工业 CT 防护门正面的方位进行描述。 ③钢密度 7.85g/cm ³ ，铅 11.34g/cm ³ 。					
（3）设备概况					
本项目设备清单见表 1-3。					
表 1-3 项目设备一览表					
序号	名称	数量	规格型号	用途	设备设施说明
1	工业 CT	1	UNCT225	无损检测	II类射线装置，最大管电压 225kV，最大管电流 5mA，1m 处 X 射线输出量 H ₀ 为 11.4mGy m ² /(mA min)
2	便携式辐射检测仪	1	IA-V2	监测工作场所防护	依托现有，定期监测
3	工业 CT 排风机	2	待定	废气排放	设备自带 2 个排风机，单个排风机风量为 300m ³ /h
4	固定式剂量报警仪	1	待定	监测工作场所实时剂量	拟购，探头拟安装在工业 CT 铅房内
5	个人剂量报警仪	2	待定	剂量报警	拟购，工作人员工作时随身携带
6	个人剂量计	2	/	监测人员受照剂量	工作时，工作人员佩戴在左胸前
备注：工业 CT 详细结构及参数见表 9。					
（4）探伤工件情况					
本项目工业 CT 是主要用于抽样检测厂区生产的零部件，检测对象主要是焊接件、铸件、结构件等，其材质主要为铝合金，工件最大尺寸为 300mm×300mm×300mm。					
（5）计划工作负荷					
根据建设单位提供的资料，工业 CT 检测对象大多采取抽检的方式，预计工业 CT 全年运行次数为 600 次（含训机），平均单次曝光时间约 25min。设备年曝光时间最大为 250h，每周曝光时间为 5h。					
（6）工作制度和劳动定员					
项目拟在顺多利公司现有工作人员内部调配 2 名工作人员培养为辐射工作人员，从事本项目工业 CT 无损检测工作（含检测工件的运进和运出和检测室其余理化性质检测					

续表 1 项目基本情况

等工作内容），具体人员待定，公司总劳动定员不变；公司年工作 300 天。设备的维修由设备厂家负责。

1.5 与公司依托可行性

本项目用于对顺多利公司生产的产品进行无损检测，有利于控制产品质量，因此，项目建设与公司发展运行相适应。项目依托可行性分析见表 1-4。

表 1-4 项目与公司厂区依托可行性分析

依托工程	依托情况	可行性分析	结论
辅助工程	设备安装在预留用房	本项目为整体工业 CT，拟安装在顺多利公司厂区辅助用房 1F 内预留的 CT 探伤检测室内，不改变房间现有结构，不新增用地，不新增建筑面积。辅助用房为顺多利公司初期建设时即修建的建筑物，公司厂区目前已经完成了验收，依托其内部用房和环保设施可行。该设备只在该房间内使用，并设置警示标识和各类安全措施，满足设备运行和无损检测工作的开展。	可行
公用工程	供电、供水等公用工程依托厂区设施	本项目供电、供水设施依托厂区公用设施。厂区为市政供电，市政管网供水。因此，项目依托厂区现有的公用设施可行。	可行
环保工程	依托厂区生活污水处理设施	项目工作人员依托厂区内生活设施，污水依托厂区现有生活污水处理设施（位于厂区东侧，设计处理能力 108m ³ /d，与生产废水处理设施彼此独立）进行处理后排入市政管网。本项目不产生生产废水，辐射工作人员由公司劳动定员内部调配培养，不新增工作人员总数，工作人员生活废水依托原有设施处理可行。	可行
	固废	工作人员生活垃圾依托厂区现有生活垃圾收集设施统一收集后交环卫处置。本项目不新增厂区工作人员数量，依托可行。报废的射线装置去功能化后，按照相关要求处置，保留处置手续，并做好相关记录存档。	可行
辐射防护管理		顺多利公司已经建立了辐射防护管理机构，设置了专人负责管理公司辐射防护工作，本项目依托并根据本项目设备和人员情况更新公司原有管理体系，同时在项目运行前制定专项管理制度。	可行

由表 1-4 可知，本项目辅助工程、公用工程、废水处理均可依托厂区公用设施。

1.6 外环境概况

顺多利公司厂区位于重庆市两江新区童家溪镇同兴北路 186 号附 1 号，北侧为重庆耀程二手车市场，西侧为看守所，东侧为摩托车考试基地以及顺多利公司倒班宿舍楼，南侧为顺多利驾校。

续表 1 项目基本情况

本项目工作场所位于公司辅助用房 1F，该辅助用房北侧和东侧为公司厂区道路，东侧在厂区道路之外，为厂区室外停车场和污水处理站，西侧为 1 号厂房，南侧为 1 号厂房扩建区。

工业 CT 周边 50m 范围均在顺多利公司厂区内，本项目辐射环境保护目标为项目射线装置屏蔽体周围 50m 范围内的辐射工作人员和公众成员。公司辅助用房外环境关系情况见表 1-5。厂区总平面分布情况见附图 2。

表 1-5 辅助用房外环境关系一览表

序号	方位	外环境情况	最近距离	备注
1	北	厂区内绿化、道路	紧邻	/
2		重庆耀程二手车市场	约 5m	顺多利公司相邻汽车交易市场
3	西	1 号厂房	紧邻	公司生产厂房，1F，层高约 12.6~14.8m
4	东	厂区内绿化、道路	紧邻	/
5		在建厂房	约 20m	建设中
6		污水处理站、室外停车场等		厂区公共设施
7	南	1 号厂房扩建区	紧邻	公司生产厂房，1F，层高约 14.8m

1.7 选址可行性

本项目位于两江新区蔡家组团，顺多利公司为该区域原有企业，已建成运行多年。本项目使用厂区内已有用房，不新增占地，且项目为企业配套设备，用于确保公司生产产品质量，与企业定位不冲突。根据《重庆同兴工业园区（蔡家组团产业片区）规划修编环境影响报告书》《关于重庆同兴工业园区（蔡家组团产业片区）规划修编环境影响报告书审查意见的函》（渝环函〔2021〕487 号）内容，本项目符合其环境准入要求。本项目属于顺多利公司生产过程中的辅助工序，只涉及工件 X 射线无损检测，本身无生产相关内容。

本项目工业 CT 拟安装在顺多利公司 1 号厂房辅助用房 1F 的 CT 探伤检测室内，辅助用房为 3 层建筑，下无地下室，且工业 CT 只在该检测室内使用。本项目检测室南侧为顺多利公司其余几间各类检测室，各种检测用房集中布置，便于工件的性能检测。工业 CT 自带屏蔽铅房，设备放置在检测室内。检测室为独立用房，仅设置 1 扇工件和人员出入口门，在工业 CT 运行期间，房门保持关闭。检测室内同时会进行工件其余理化性能测试，该项目工作内容由本项目辐射工作人员完成，因此，工业 CT 运行时，本项目检测室内基本不会有公众驻留。根据辐射环境监测结果，本项目所在区域环境 γ 辐射

续表 1 项目基本情况

剂量率在重庆市整体辐射水平的正常涨落范围内。因此，项目整体选址合理。

1.8 与项目有关的环境保护问题

1.8.1 项目所在厂区的环保手续情况

本项目位于顺多利公司 1 号厂房辅助用房 1F 预留的 CT 探伤检测室内，根据调查，本项目所在的辅助用房为厂区建设初期即同步建成的建筑物。

根据公司提供资料，顺多利公司厂区建设环评（包括 1 号厂房辅助用房）于 2010 年完成，并取得批准文件：渝（碚）环准〔2010〕56 号，2013 年通过环保竣工验收，文号：渝（碚）环验〔2013〕4 号。

1.8.2 顺多利公司现有核技术利用情况

（1）公司现有核技术利用项目及辐射安全许可情况

公司已办理了辐射安全许可证，证号为渝环（辐）证 19070 号，有效期至 2026 年 7 月 22 日。辐射安全许可范围为使用 III 类射线装置，仅有 1 台 X 射线实时成像检测系统，为自屏蔽设备，位于本项目所在的 CT 检测室南侧相邻的理化探伤实验室。

表 1-6 辐射安全许可情况一览表

序号	设备名称	型号	使用场所
1	YXLON 探伤机	MU2000	辅助用房 1 楼理化探伤实验室

（2）辐射安全管理情况

根据调查，公司现有在职辐射工作人员 4 人，均从事 X 射线探伤相关工作。

公司现有无损检测设备为 III 类射线装置，现有辐射工作人员按要求由公司自行组织培训和考试，公司定期组织辐射工作人员进行集中辐射安全与防护培训，并在培训结束后进行考核，现有 4 名辐射工作人员均合格。辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，每 3 个月将个人剂量计交有资质单位进行检测，并建立了个人剂量监测档案。根据公司 2025 年度辐射工作人员个人剂量监测报告，公司现有辐射工作人员年受照剂量在 0.05~0.26mSv 之间。现有辐射工作人员每两年进行一次职业健康检查，检查结果为可继续从事原有辐射工作。

公司按照要求每年对现有核技术利用项目进行监测，根据公司提供的资料，现有 X 射线探伤设备屏蔽体外周围剂量率监测结果基本为本底辐射水平。

公司成立有辐射防护管理机构，制定了相应的管理制度和应急预案。

续表 1 项目基本情况

根据调查，公司核技术利用项目运行至今，无辐射安全事故发生，运行总体良好，无环保遗留问题。

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
本项目不涉及放射源。								

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
本项目不涉及非密封放射性物质										

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

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	工业 CT	II	1	UNCT225	225	5	无损检测	辅助用房 1 层 CT 探 伤检测室	/
以下空白。									

(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	
本项目不涉及中子发生器													

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	/	/	/	/	排风装置引至室外排放
生活污水	液态	/	/	/	/	/	/	污水处理设施处理后排入市政污水管网
生活垃圾	固态	/	/	/	/	/	/	环卫统一处置
报废的 X 射线装置（含设备铅房）	固态	/	/	/	/	/	/	设备报废后，去功能化，然后按要求处理，保留手续，并做好相关记录存档。

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) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行修订版； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日第二次修正； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行； (4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令 第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行修订版； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令 第 449 号，2019 年 3 月 2 日第二次修订； (6) 《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 20 号，2021 年 1 月 4 日第四次修正； (7) 《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，2011 年 5 月 1 日施行； (8) 《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 日施行）； (9) 关于发布《射线装置分类》的公告，原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，2017 年 12 月 5 日施行； (10) 《重庆市环境保护条例》，2025 年 7 月 31 日最新修正； (11) 《重庆市辐射污染防治办法》（重庆市人民政府令 第 338 号），2021 年 1 月 1 日施行； (12) 《国家危险废物名录（2025 年版）》，2024 年 11 月 26 日生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令 第 36 号公布，自 2025 年 1 月 1 日起施行。
------	--

续表 6 评价依据

技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)； (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》(HJ10.1-2016)； (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)； (4) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)； (5) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)； (6) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及 2017 年修改单； (7) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)； (8) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)； (9) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326—2023)； (10) 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB 22448-2008)。
其他	(1) 委托书； (2) 项目投资备案证； (3) 《年产 100 万套节能环保型摩托车发动机箱体箱盖项目环境影响报告表》及其批准文件（渝(碚)环准〔2010〕56 号、渝(碚)环验〔2013〕4 号）； (4) 项目辐射环境监测报告； (5) 项目设计等相关资料； (6) 《重庆同兴工业园区(蔡家组团产业片区)规划修编环境影响报告书》及批准文件（渝环函〔2021〕487 号）； (7) ICRP33 等参考文献。

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》（HJ10.1-2016）的相关规定，并结合该项目射线装置为能量流污染的特征，根据能量流的传播与距离相关的特性，以工业 CT 设备箱体边界外 50m 区域作为辐射环境的评价范围。

7.2 环境保护目标

本项目设备为工业 CT，拟安装在顺多利公司厂区辅助用房 1F 的 CT 探伤检测室内。辅助用房为 3 层结构，总建筑高度为 12.6m，其中 1 层层高 3.9m。50m 评价范围均在顺多利公司厂区内，因此，本项目环境保护目标主要为工作场所所在建筑内区域和周边其他区域活动的人群等。

本项目环境保护目标统计见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

序号	环境保护目标名称	方位	水平距离	高差	环境特征及主要影响人群
1	CT 检测室	工业 CT 四周相邻区域 (北侧 0~1m、东/南侧 0~2m、西侧 0~3m)		平层	设备所在房间，辐射工作人员，2 人
2	电梯厅杂物间和过道	北侧	约 1~5m	平层	辅助用房 1F 公共区域，公众，约 5 人
3	展厅		约 5~22m	平层	辅助用房 1F 公司展厅，公众，约 10 人
4	辅助用房 1F 区域 (会议室、办公室、 楼梯间等)		约 22~50m	平层	辅助用房 1F 公司办公区域，公众，约 20 人
5	厂区道路、绿化	东侧	约 2~22m	平层	室外区域，公众，约 10 人
6	在建厂房		约 22~50m	平层	厂区内拟建生产用房，公众，约 100 人
7	室外停车场		约 22~50m	平层	污水处理站上方厂区室外区域，公众，约 20 人
8	污水处理站		约 22~50m	-3m	厂区污水处理设施，公众、约 5 人
9	辅助用房 1F 区域 (理化探伤实验室 等检测室、走廊)	南侧	约 2~32m	平层	辅助用房 1F 公司检测用房区域，公众，约 20 人
10	1 号厂房扩建区域		约 32~50m	平层	生产厂房，1F，层高 14.8m，公众，约 100 人
11	辅助用房 1F 走廊	西侧	约 3~5m	平层	辅助用房 1F 走廊，公众，约 20 人
12	1 号厂房		约 5~50m	平层	生产厂房，1F，层高 12.6~14.8m，公众，约 100 人
13	辅助用房 2~3F	上方	/	+3.9~11m	辅助用房 2~3F 办公区，公众，约 50 人

备注：水平距离以设备屏蔽箱体外与环境保护目标之间的直线距离为准，高差以检测室地面与环境保护目标地面之间的距离为准，其中“-”表示环境保护目标低于本项目检测室，“+”表示环境保护目标高于本项目检测室。

续表 7 保护目标与评价标准

7.3 评价标准

《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。

第 4.3.2.1 款 应对个人受到的正常照射加以限值，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1 剂量限值

第 B1.1.1.1 款 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：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 作为职业照射剂量限值。

第 B1.2 款 公众照射

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超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

（2）《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100 cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1（本报告表 7-2）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 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

管电压, kV	漏射线所致周围剂量当量率, mSv/h
>200kV	<5

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 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/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 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

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。

(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)

第 3.1.1 条 探伤墙和入口门外周围剂量当量率和每周周围剂量当量应满足下列要求:

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) 人员在关注点的周围剂量参考控制水平 H_c 如下:

职业工作人员: $H_c \leq 100\mu\text{Sv/周}$

公众: $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$

第 3.1.2 条 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求:

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 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

第 3.2 条 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 条 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄露辐射和散射辐射的复合作用时, 通常分别估算泄露辐射和各项散射辐射, 当它们的屏蔽厚度相差一个半值厚度 (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)。

(4) 评价标准及相关参数值

①年剂量管理目标值

根据建设单位提供的资料, 本项目取 GB18871-2002 中工作人员职业照射剂量限值四分之一即 5mSv/a 作为辐射工作人员的年有效剂量管理目标值, 取公众照射剂量限值的十分之一即 0.1mSv/a 作为公众成员的年有效剂量管理目标值, 满足 GB18871-2002 的规定。

②项目剂量限值与污染物排放指标

综上所述，结合本项目实际情况，确定本项目的主要评价要求见表 7-3 所示。

表 7-3 项目主要评价标准及相关参数汇总表

序号	项目	控制限值	采用的标准
1	年剂量管理目标值	辐射工作人员：5mSv 公众成员：0.1mSv	GB18871-2002 公司管理要求
2	工业 CT 屏蔽箱体外剂量率控制水平要求	工业 CT 屏蔽箱体外 30cm 处周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。	GBZ117-2022 GBZ/T250-2014
3	周剂量控制水平	职业工作人员：Hc $\leq 100\mu\text{Sv/周}$ 公众：Hc $\leq 5\mu\text{Sv/周}$	GBZ/T250-2014
4	通风要求	有效通风换气次数应不小于 3 次/h	GBZ117-2022

表 8 环境质量现状

8.1 项目地理和场所位置

重庆顺多利机车有限责任公司位于重庆市两江新区童家溪镇同兴北路 186 号附 1 号，本项目涉及工作场所位于顺多利公司厂区辅助用房 1F 内。

项目地理位置见附图 1，项目工作场所见附图 2 和附图 3 等图所示。

8.2 辐射环境现状评价

本项目工业 CT 拟安装在现有用房内，不改变用房现有主体结构，因此直接对项目用房及周边环境的辐射环境背景水平进行了监测，监测时间为 2026 年 4 月 17 日，监测结果和监测布点见监测报告：渝泓环（监）（2026）68 号。

8.2.1 监测因子

环境 γ 辐射剂量率。

8.2.2 监测方案

（1）监测方法和依据

表 8-1 监测方法和依据

监测项目	监测方法	监测依据
环境 γ 辐射剂量率	仪器法	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》HJ1157-2021

（2）监测点位选取

本项目工作场所利用现有用房，监测报告布点分别设置在本项目设备所在的 CT 探伤检测室（预留用房），相邻走廊、电梯厅杂物间和过道、理化探伤实验室、厂房外道路以及 CT 探伤检测室楼上用房等。共设置 8 个监测点位，布点时考虑了项目用房和周围相邻区域，本次监测布点能够反映本项目辐射工作场所拟建址及周围工作场所的辐射环境背景水平。

监测布点图见图 8-1。

续表 8 环境质量现状

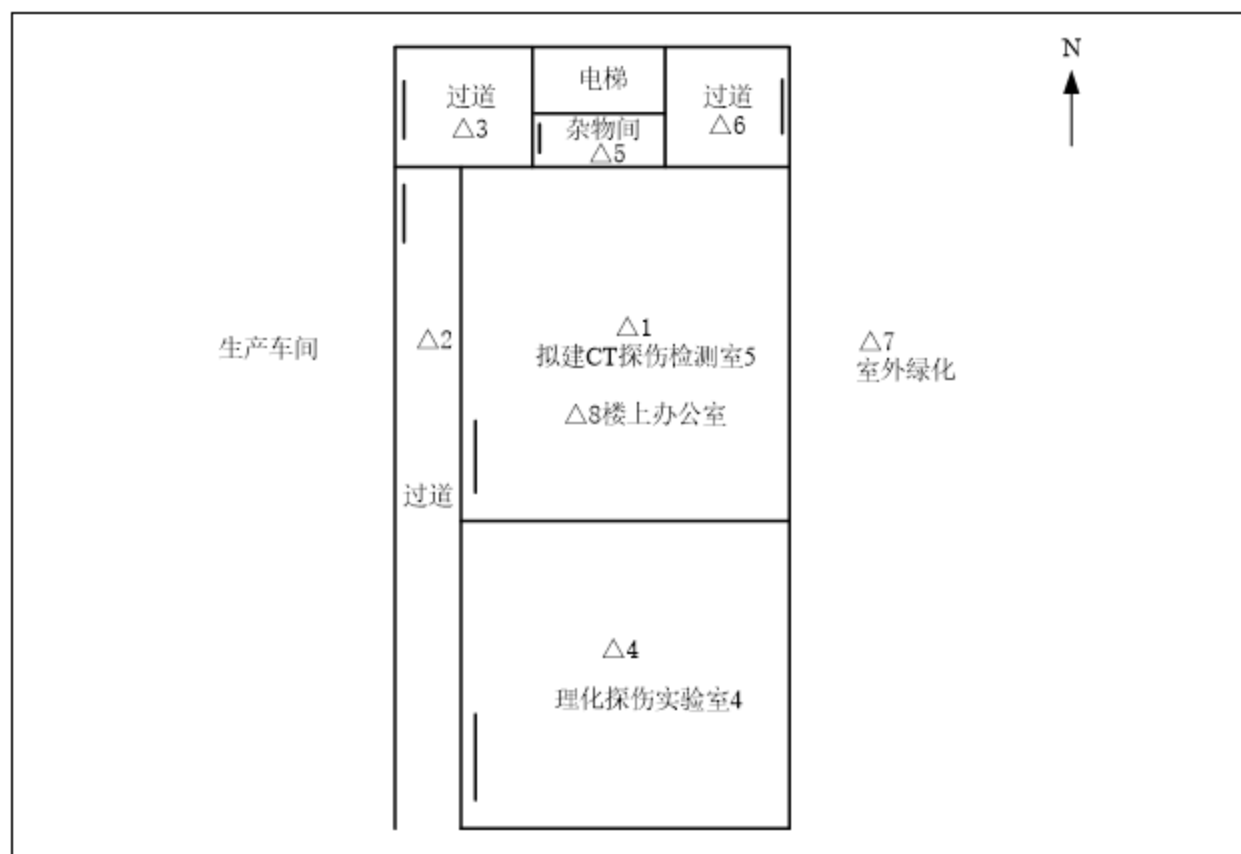


图 8-1 监测点示意图

(3) 测定方式

本项目选取的测定方式为即时测量，即用监测仪器直接测量出点位上的对应监测因子的监测结果。

8.3 质量保证措施

本次监测单位具有重庆市市场监督管理局颁发的在中华人民共和国境内有效的检验检测机构资质认定证书，保证了监测工作的合法性和有效性。

监测仪器在检定有效期内使用，监测仪器情况见表 8-2。

表 8-2 监测仪器及检定情况

仪器名称	型号	仪器编号	计量检定证书编号	有效期至	校准因子
环境监测 X、γ剂量率仪	RGM5200	1222203004005	2025112600812	2026.11.27	0.99

监测仪器每年送计量部门检定合格后在有效期内使用；监测时获取足够的数据量，以保证监测结果的统计学精度；监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核、审定，最后由授权签字人签发。监测结果有效。

8.4 监测结果

监测结果统计见表 8-3。

表 8-3 项目拟建址辐射环境监测结果统计表

序号	监测点位描述	环境 γ 辐射剂量率测量值 ($\mu\text{Gy/h}$)
$\Delta 1$	拟建 CT 探伤检测室 5	0.067
$\Delta 2$	过道	0.063
$\Delta 3$	过道	0.083
$\Delta 4$	理化探伤实验室 4	0.071
$\Delta 5$	杂物间	0.097
$\Delta 6$	过道	0.083
$\Delta 7$	室外绿化	0.065
$\Delta 8$	楼上办公室	0.085

备注：① $1\mu\text{Gy/h}=1000\text{nGy/h}$ 。

②以上监测结果均未扣除宇宙射线响应值。

③检测时，本项目用房相邻理化探伤实验室内的公司原有 X 射线探伤机未运行。

由监测统计结果可知，项目拟建址的环境 γ 辐射剂量率监测值在 $63\text{nGy/h}\sim 97\text{nGy/h}$ 之间（未扣除宇宙射线响应值）。根据《2024年重庆市辐射环境质量报告书（简化版）》2024年重庆市环境 γ 辐射剂量率各点位测量均值范围为 $79.2\sim 108\text{nGy/h}$ 、全市各点位年均值为 96.1nGy/h （均未扣除宇宙射线响应值）。项目辐射环境背景调查表明，场址及周围的环境 γ 辐射剂量水平在重庆市天然辐射本底水平的正常涨落范围内。

8.5 公司现有辐射工作场所辐射环境现状

公司每年都委托了有资质单位对公司现有的YXLON探伤机工作场所进行了辐射剂量率检测，根据公司提供的监测报告，2026年4月，重庆泓天环境监测有限公司对顺多利公司现有X射线探伤机屏蔽体外周围剂量当量率进行了监测。根据监测结果，设备屏蔽体外周围剂量率在 $0.105\sim 0.114\mu\text{Sv/h}$ 之间，基本属于环境本底辐射水平。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工艺流程及产污环节

本项目拟购置 1 台工业 CT，安装在公司厂房现有用房内，本次除安装工业 CT 及相关设备设施外，不对房间结构进行改动。本项目施工期主要为工业 CT 及各类防护设施的安装以及设备设施的调试，工业 CT 为成套设备的组装，不需要现场焊接。整个施工过程基本由人工完成，不使用大型机械。产生的废物主要为设备外包装、安装人员生活垃圾和生活污水等，设备外包装和生活垃圾统一收集后由当地环卫部门集中处置，生活污水由顺多利公司现有污水处理设施处置。工业 CT 设备的调试产生 X 射线，辐射影响同运营期一致，具体见后文。

9.2 营运期工艺流程及产污环节

9.2.1 设备组成

UNCT225 型工业 CT 由 X 射线系统、图像显示和处理系统、机械运动系统、安全联锁系统、射线防护系统、电气柜和控制台组成。工业 CT 结构如下：

(1) X 射线系统

X 射线系统用于产生 X 射线，由 X 射线管、高频高压发生器、高压电缆、冷却器等构成。X 射线管采用瑞士 COMET 分体式微焦点射线管，连续功率 50W/130W/200W；焦点尺寸：50 μ m/130 μ m/200 μ m；射线辐射角 40° × 40°，冷却介质：蒸馏水。面向设备，X 射线球管固定在设备箱体左侧支架上，管头不能移动和旋转；X 射线射向设备右侧，即主射面为南面。

(2) 图像显示和处理系统

主要为平板探测器、计算机、图像处理软件等。平板探测器具备 139 μ m 的清晰分辨能力，高达 74dB 的信噪比，成像面积 427mm × 427mm。计算机、图像处理软件与平板探测器协同运作，将 X 射线照射物体后的不可见光转换为可见光，完成光电信号的转换工作。然后通过专用的高分辨率图像采集器将图像转换为视频信号，输出到终端监视器上，完成图像的拾取过程。

(3) 机械运动系统

采用固定式射线源、载物台与数字平板探测器的水平布置结构，配备四个直线运动

续表 9 项目工程分析与源项

轴及一个旋转轴，设备运行过程中，射线源固定不动，载物台和平板探测器根据检测程序要求移动。通过高精度大理石运动承载平台、高精度载物台、精密直线传动与直线导轨技术，确保运动的定位精度与传动平稳准确性，能在长期使用过程中保持精度的稳定性。被检测工件置于载物台上，载物台能 $\pm 360^\circ$ 旋转，还可实现升降运动、前后运动，左右运动，采用伺服电动控制，以实现最佳检测位置，保证图像清晰。各直线运动轴均设置软件、机械限位结构，保证设备的运行安全。

(4) 安全联锁系统

系统具有安全联锁装置，并有三色指示灯显示设备状态，正常、出束、故障等状态显示。安全联锁系统将设备门（两扇检修门和一扇工件门）、急停按钮、X射线发生装置连接在一起，出现任何异常，射线立刻停止。

(5) X射线防护系统

铅房外侧为钢-铅-钢夹层结构：内壁为方管焊接而成的框架，在寿命期限内有足够的强度、刚度、稳定性、耐腐蚀性、抗疲劳性等性能，以确保试验机和操作人员的安全。工件铅门装有铅玻璃，方便设备运行中观察铅门内部情况，工件门采用电动门，两扇维修门采用手动平开门，与铅房搭接部分均有足够宽度，确保防护屏蔽效果。

(6) 电气柜设置在工业 CT 设备后侧，为设备供电，其与工业 CT 铅房相连形成一个整体。

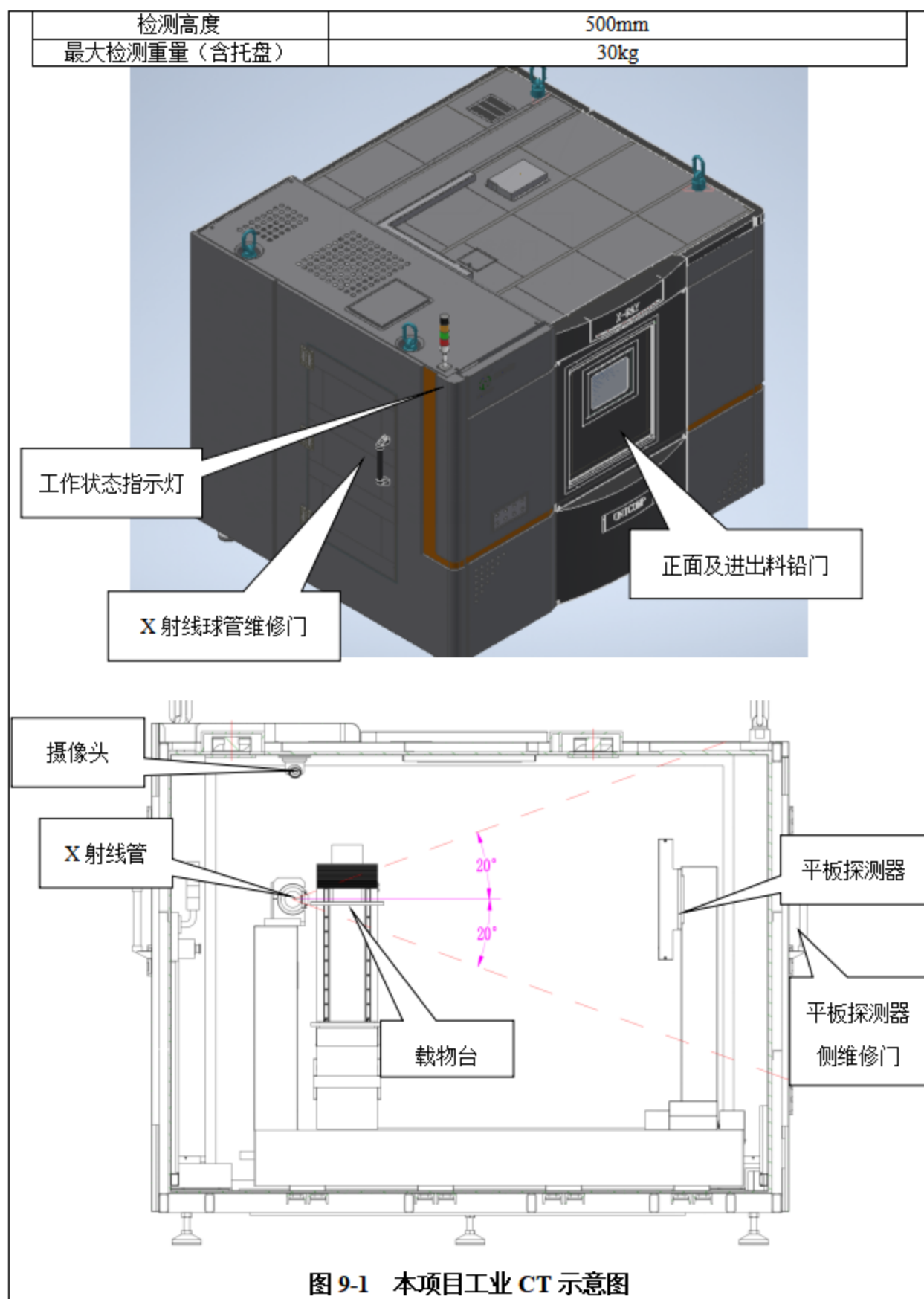
(7) 控制台独立设置在设备箱体之外，与设备通过电缆连接。

工业 CT 主要性能参数见表 9-1，工业 CT 结构见图 9-1。

表 9-1 工业 CT 主要性能参数

设备类型	UNCT225型工业 CT
最大管电压	225kV
最大管电流	5mA
射线管连续功率	50W/130W/200W
焦点尺寸	50 μ m/130 μ m/200 μ m
1m 处最大输出量 (H_0)	设备厂家提供数值：11.4mGy $\cdot$ m ² /(mA $\cdot$ min)
过滤片	0.8mm 铍
辐射角	40 $^\circ$ $\times$ 40 $^\circ$
照射方式	X 射线球管固定朝向一个位置保持不动，靠载物台的移动和旋转进行工件检测
冷却方式	水冷
检测直径 (Φ)	500mm

续表 9 项目工程分析与源项



续表 9 项目工程分析与源项

9.2.2 工作方式

工业 CT 采用固定式定向探伤工作方式。工业 CT 的射线源、探测器、载物台以及机械传动系统均安装在自屏蔽式整体铅房内，其有用线束朝向探测器方向，待检工件放在自屏蔽式整体铅房内的载物台上进行无损检测，射线束穿透样品后被探测器接收，形成数字检测图像。工业 CT 工作过程中，射线源固定不能移动，根据待检工件情况将载物台、探测器位置调整至最佳位置后再出束检测。辐射工作人员在自屏蔽式整体铅房外的操作台操作工业 CT。项目工业 CT 采用数字成像技术，不洗片。

9.2.3 工作原理及工艺流程

①工作原理

X 射线源是工业 CT 的重要组成部分，一般由 X 射线管（本项目拟购设备的 X 射线管为封闭式）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。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，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、钼等）制成。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，X 射线管两极间的高压使电子束向阳极靶射击，高速电子轰击靶体产生 X 射线。工业 CT 设备系统组成见图 9-2，X 射线源组成图见图 9-3。

本项目工业 CT 利用 X 射线源提供 X 射线，根据 X 射线透过工件的衰减情况实现以各点的衰减系数表征的计算机扫描图像重建。高精度数控样品扫描转台实现扫描时工件的旋转或平移；探测器系统用来接收穿过工件的射线信号，经放大和模数转换后传入计算机；计算机系统包括软件和硬件，主要进行图像采集和三维重建，从而获得物体内部结构信息；安全防护屏蔽室用于射线安全防护。工业 CT 工作原理见图 9-4。

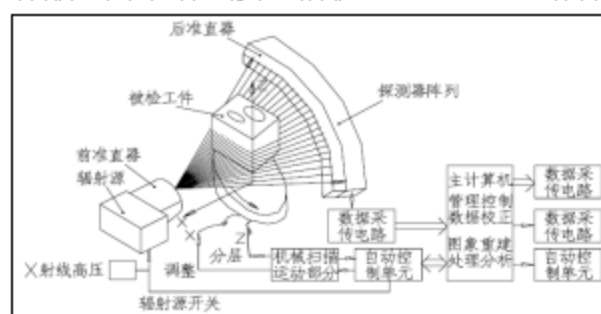


图 9-2 工业 CT 设备系统组成图

续表 9 项目工程分析与源项

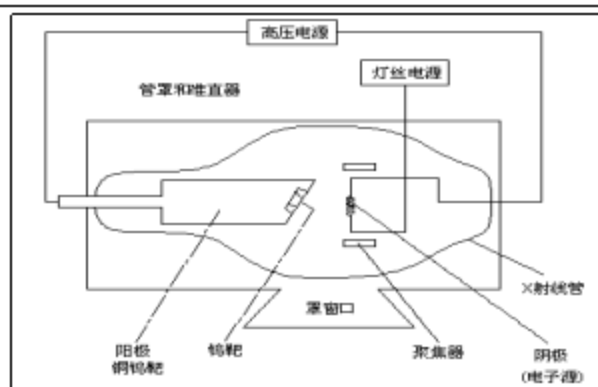


图 9-3 X 射线源组成图

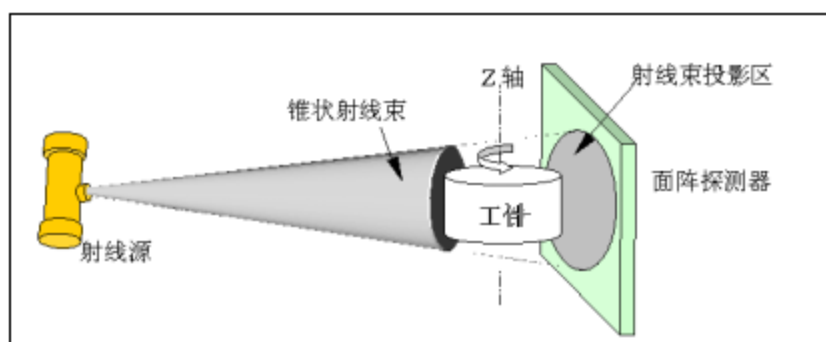


图 9-4 工业 CT 结构工作原理简图

②工艺流程

工艺流程主要如下图 9-5 所示。

续表 9 项目工程分析与源项

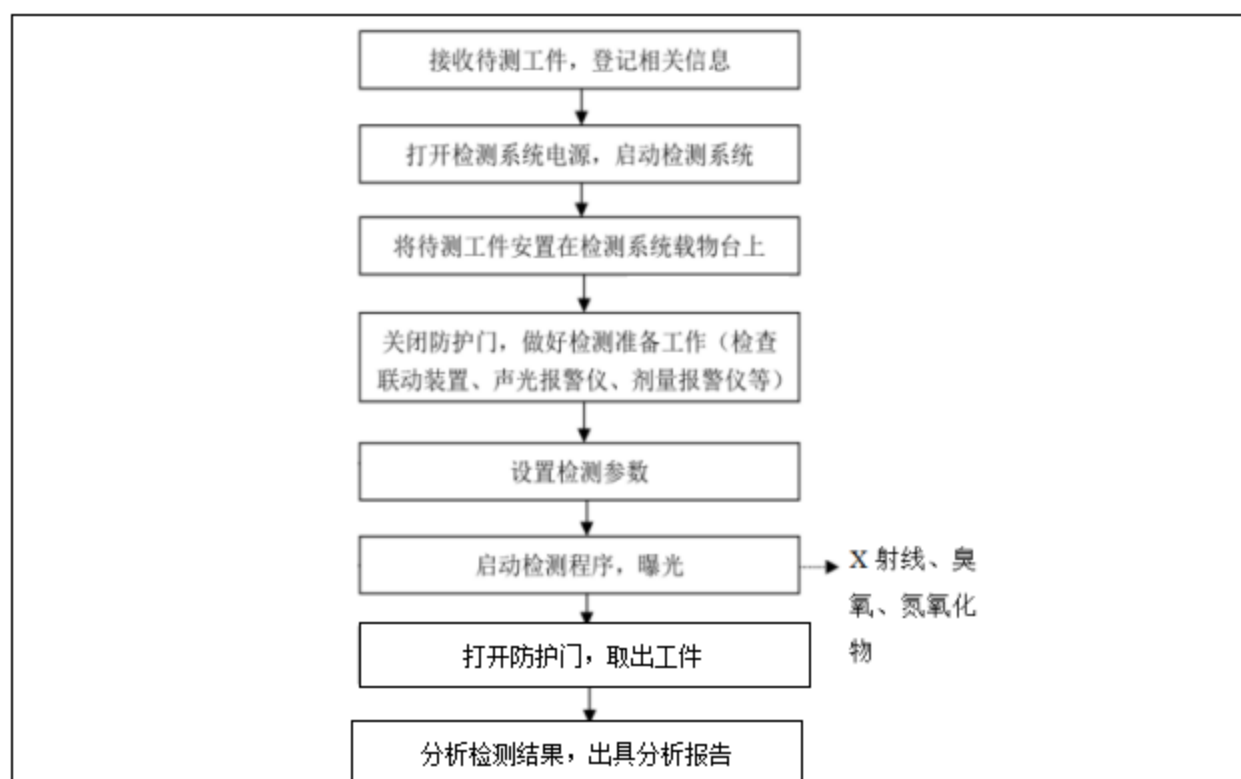


图 9-5 工业 CT 探伤工艺流程图

工艺流程概述主要如下：

- 1) 工作人员将待检工件运至检测室，登记工件信息。打开工业 CT 电源，开启设备。
- 2) 在开始检验之前操作人员先打开工业 CT 工件防护门，操作人员站在工业 CT 外将待检测工件放置在工业 CT 铅房内的旋转载物平台上，关闭工业 CT 工件防护门，检查安全联锁设施运行情况。
- 3) 工作人员确认防护门关闭后，并通过监控确认铅房内无人员滞留后，启动高压发生装置；如设备停机时间超过 48 小时，在开始检测前，需进行训机操作。
- 4) 工件通过平台转动和升降调整至最佳拍摄位置（检测过程中，平台根据检测要求，可旋转和移动位置），检测完成后结束出束；
- 5) 显示器输出结果，并显示图像；
- 6) 打开工业 CT 工件防护门，取出工件；同时，将下一个待检测工件放置到载物平台上，准备下一个检测过程。本项目采用实时成像，不洗片。
- 7) 分析检测结果，并自动出具分析报告。
- 8) 全部工件检测完成，关闭高压电源。再关闭软件和计算机。最后关闭总电源。

续表 9 项目工程分析与源项

9.3 工作场所人员、物品路径情况

本项目工业 CT 放在检测室内，工作人员在设备铅房旁的操作台操作。

检测室设置 1 扇出入口门，只有工件运输和人员进出时开启，保持常闭，出入口门设置了门禁，设备操作人员和工件由检测室出入口进入房间内，然后人员在操作台操作设备，探伤工件由非辐射工作人员从生产区搬运至本项目检测室外，再由辐射工作人员打开检测室出入口门运到检测室内。探伤工件通过工业 CT 防护门，由辐射工作人员在防护门外将工件放置在旋转平台上，由平台将工件转运到待检位置进行检测，探伤结束，原路退回。

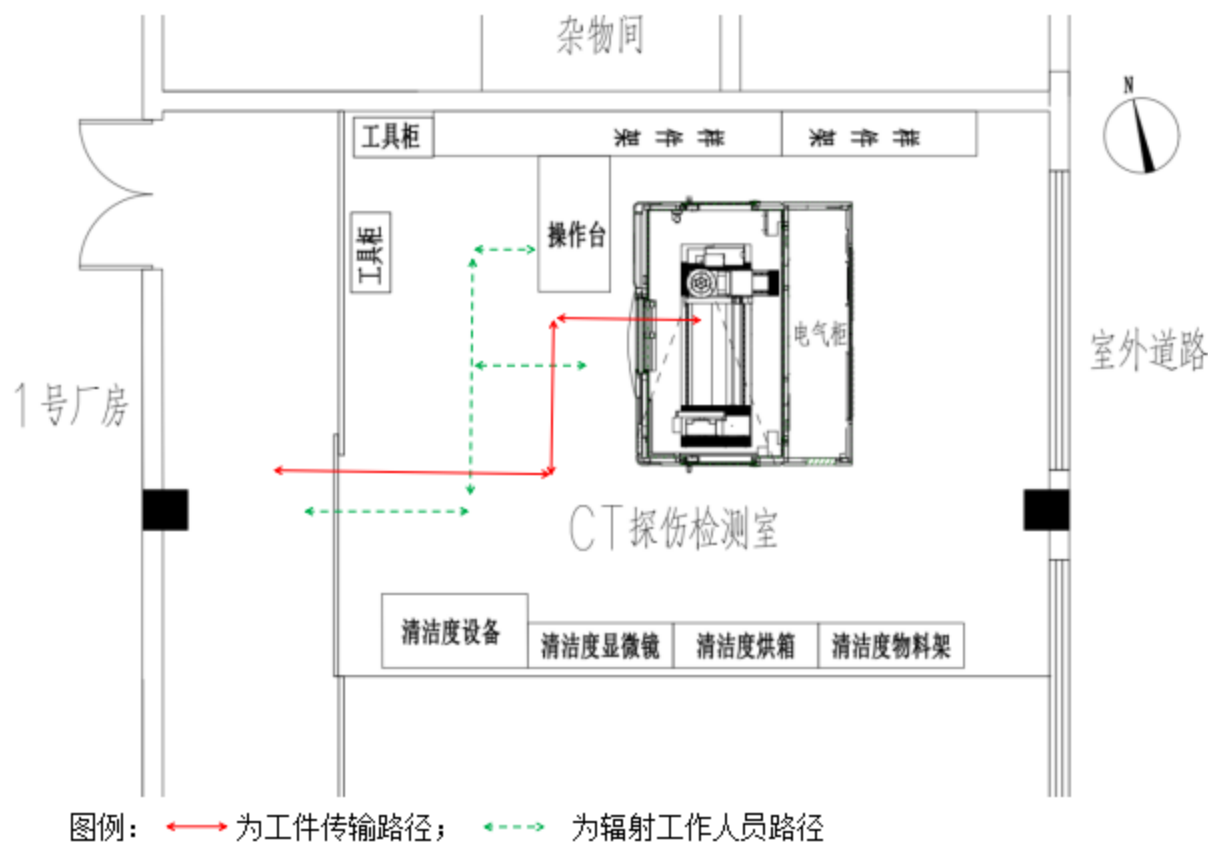


图 9-6 工作场所人员物品路径示意图

9.4 污染源项分析

根据工艺流程可知，X 射线无损检测工作产生的污染物主要有工业 CT 曝光时的 X 射线、废气（臭氧、氮氧化物）等。

9.4.1 电离辐射

由工业 CT 工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失，本项目使用的

续表 9 项目工程分析与源项

工业 CT 只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线。因此，在开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子。

根据项目 X 射线探伤工作流程，工业 CT 与电离辐射危害有关的辐射安全环节主要为 X 射线球管出束照射工件期间，它产生的 X 射线能量在零和曝光管电压之间，为连续能谱分布，其穿透能力与 X 射线管的管电压有关。辐射场中的 X 射线包括有用线束、漏射线和散射线。

①有用线束：直接由 X 射线管产生的电子通过打靶获得 X 射线并通过辐射窗口用来照射工件，形成工件无损检测的射线。根据设备厂家提供数据，本项目 225kV 的工业 CT 距辐射源点（靶点）1m 处 X 射线输出量约为 $11.4\text{mGy} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ 。工业 CT 射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序数，加在 X 射线管的管电压、管电流越高，光子束流越强。

②漏射线：由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）表 1，X 射线球管电压为 225kV，其距离 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率小于 5mSv/h 。

③散射线：本项目工业 CT 额定管电压为 225kV，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ250-2014）3.2.2 要求，散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射，X 射线 90° 散射辐射的最高能量低于入射 X 射线的最高能量，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ250-2014）表 2 所列，原始射线能量 225kV 对应的 90° 散射线能量取 200kV。

9.4.2“三废”产排情况

本项目主要是在工业 CT 无损检测作业过程中产生的 X 射线，不产生放射性“三废”。

（1）废气

在 X 射线无损检测作业时，X 射线使空气电离产生少量臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（主要为 NO_2 ）。工业 CT 位于检测室内，工业 CT 顶部拟设置机械排风扇，工业 CT 铅房内废气通过排风扇排出后，再通过排风口外接的排风管道，最终引至检测室东墙（外为厂区室外道路、绿化）排放，排放口离地约 3m。

（2）废水

续表 9 项目工程分析与源项

本项目废水主要为工作人员产生的生活污水，本项目拟由顺多利公司现有员工培养，不增加人员数量和生活污水产生量。工作人员生活设施依托厂区各项设施，生活污水依托厂区污水处理设施处理达《污水综合排放标准》三级标准后排入市政污水管网，接入污水处理厂进行处理，达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后外排。

项目无生产废水产生。

（3）固体废物

本项目不需要洗片，不会产生洗片废液。固废主要为辐射工作人员产生的生活垃圾。生活垃圾依托厂区生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

工业 CT 使用一定年限后，射线装置可能不能正常工作，工业 CT 报废成为固体废物，使用单位应当对射线装置去功能化后，按照相关要求处理，保留处理相关手续并存档。

（4）噪声

本项目运行无高噪声设备，项目位于顺多利公司厂区内，且距离厂界较远，对厂界外噪声贡献值很小，后文不再分析。

9.4.3 项目产排污统计

项目产生的污染因子源强分析总体情况见表 9-2 所示。

表 9-2 项目污染物产排情况统计表

污染物	污染因子	产生量	处理方式
电离辐射	X 射线	能量 225kV，距靶 1m 处主射束的输出量不大于 $11.4\text{mGy} \cdot \text{m}^2/\text{mA} \cdot \text{min}$ ，漏射线周围剂量当量率小于 5mSv/h ， 90° 散射线能量为 200kV。	拟购置整体工业 CT 设备，利用设备屏蔽铅房屏蔽
废气	O_3 、 NO_x	少量	机械抽风引至室外排放
废水	生活污水	不新增	依托厂区污水处理设施处理达标后接入市政污水管网排入污水处理厂，污水处理厂处理后达标排放
噪声	机械运行噪声	/	厂房隔声、距离衰减
固废	生活垃圾	不新增	统一收集后交环卫处理

续表 9 项目工程分析与源项

	报废的工业 CT	1 台	报废的射线装置（含设备铅房）去功能化后按照相关要求处置，保留处置手续，并做好相关记录存档。
备注：本项目无生产废水产生。			
9.5 原有工艺不足及改进情况 本项目使用已建成预留用房，且不拆除用房原有结构。因本项目为在预留房间内放置整体探伤机，设备自带屏蔽铅房，除安装相应设备设施外，不对房间内各项结构进行改动，原有用房除开展常规工件理化性质测试外，无其他用途，且本项目运行后，房间内原有工件理化性质测试仍继续开展，因此无原有项目遗留问题。			

表 10 辐射安全与防护

10.1 布局与分区

10.1.1 项目布局合理性分析

本项目工业 CT 拟安装在 1#厂房辅助用房预留的 CT 探伤检测室内，检测室北侧为电梯厅杂物间和过道，东侧为室外道路和绿化，西侧为辅助用房走廊，南侧为辅助用房其他检测室。检测室设置 1 个出入口，并设置门禁。本项目工业 CT 自带铅房和操作台，工业 CT 固定安装在检测室内，操作台安装在设备铅房外，位于设备正面左方，避开了主射线方向。本项目探伤对象为小型工件，因此设置 1 个工件门，工作人员在设备外，通过工件门将工件放入设备内，工件门位于铅房西侧即正面，避开了主射线方向。线缆穿线孔位于铅房后侧靠近底板的位置，排风口位于铅房顶板，均避开了主射线照射范围。工业 CT 共设置 2 个设备检修门，分别位于铅房左侧和右侧，其中右侧检修门为平板探测器维修门，设置在有用线束照射方向，但维修门只在检修时开启，设备正常运行期间均保持关闭，且检修门与同侧铅房屏蔽体防护厚度一致。检测室内主要为辐射工作人员活动区域，要求非相关工作人员不要进入该区域，且在工业 CT 运行过程中，房间门保持关闭，充分考虑了周围的辐射安全。另检测室内设置有工件理化性质检测设备，可以在同一空间内完成工件各项性能测试，便于工作的开展，理化性质检测工作由本项目辐射工作人员完成。

综上所述，本项目平面布局合理，满足标准要求。

10.1.2 分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）控制区和监督区的定义划定控制区和监督区。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）6.1.2 要求：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。

控制区：在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施；监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。

根据上述要求，拟对项目工作区域进行分区管理，项目用房具体分区情况如下表 10-1，分区布局示意图见图 10-1。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-1 项目分区管理情况表	
类别	位置
控制区	工业 CT 设备内（含设备自带电气柜）
监督区	检测室内（除工业 CT 外的区域）

图 10-1 探伤工作场所分区示意图

顺多利公司还拟采取必要的措施加强分区管理，满足标准要求。

主要措施如下：

①控制区：对控制区进行严格控制，射线装置在运行中严禁任何人进入。在出入口设置电离辐射警告标识。工业 CT 内部划为控制区，并设置分区标识。

②监督区：监督区一般不设置专门管控设施，但需加强周边活动人员管理，本项目检测室出入口门设置门禁，并在工业 CT 运行期间保持关闭，出入口粘贴电离辐射警告标志。检测室划为监督区，并设置分区标识，提醒非辐射工作人员不要驻留。

③在控制区边界开展定期监测工作，特别需注意防护门搭接、穿墙管线洞口等薄弱部位。

10.2 辐射安全与防护措施

续表 10 辐射安全与防护

本项目射线装置主要辐射为 X 射线，对 X 射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源及加以必要的屏蔽。

10.2.1 设备固有安全性

拟配置满足标准要求的有相应安全性能的合格出厂的工业 CT：

(1) 开机时系统自检

开机后控制器首先进行系统诊断测试。若诊断测试正常，该设备操作台显示器会出现提示（控制界面显示设备正常），然后操作者可以进行曝光或训机操作；若诊断出故障，在显示器上显示出故障代码，提醒用户关闭电源，与厂家联系并维修。

(2) 当 X 射线发生器接通高压产生 X 射线后，系统将始终实时监测 X 射线发生器的各种参数，当发生异常情况时，控制器自动切断 X 射线发生器的高压。在曝光阶段出现任何故障，控制器都将立即切断 X 射线发生器的高压，提醒操作人员发生了故障。

(3) 设备出束时，打开任一铅门控制器都将立即切断 X 射线发生器的高压，停止 X 射线出束。

(4) 当曝光阶段正常结束后，系统将自动切断高压，进入休息阶段。

(5) 设备停止工作 48 小时以上，再使用时要进行训机操作后才可使用，避免 X 射线发生器损坏。

(6) 过电流保护

设备带有断路器，当管电流超过额定值时或高压对地放电时，设备会自动切断高压。

10.2.2 工业 CT 屏蔽体屏蔽防护措施

(1) 屏蔽体设计情况

企业拟购买的设备自带铅房，屏蔽能力如下：以面对工业 CT 工件门作为参考，右侧/南侧主射线屏蔽体（含检修门）为 18mmPb+6mm 钢板，左侧、正面、背面及顶部屏蔽体（含工件门、检修门）屏蔽体为 12mmPb+6mm 钢板，其中顶部（靠右侧 0~450mm）和正面（靠右侧 0~867mm）部分屏蔽体铅板厚度为 18mmPb，底板为 12mmPb+6mm 钢板。经后文核算，铅房的屏蔽能力满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）标准限值要求。

(2) 防护门、屏蔽体的安装、搭接等均拟按相关要求进行，防护门与屏蔽铅房之

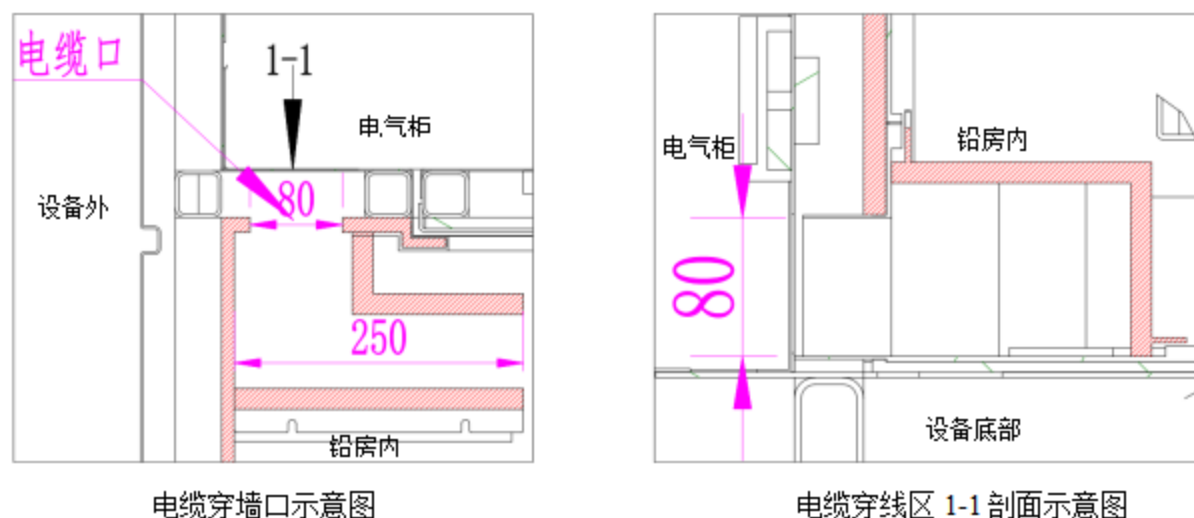
续表 10 辐射安全与防护

间的搭接宽度不小于门缝的 10 倍，确保屏蔽铅房的整体屏蔽能力。

(3) 管线口屏蔽补偿

① 电缆穿线孔

根据设备厂家提供的资料，工业 CT 电缆穿线孔（共 2 个）拟设置在工件防护门对侧屏蔽铅房（非主射线方向）下方靠近底板处，直接在屏蔽铅房上垂直开设 2 个孔洞（高度和宽度均为 80mm），然后在屏蔽铅房内开孔处，设置 1 个与屏蔽铅房同等防护厚度的屏蔽罩（12mmPb+6mm 钢），作为屏蔽防护补偿设施，屏蔽罩为 L 形，只保留穿线孔用于电缆通过，屏蔽罩尺寸大于电缆穿线孔的两倍。电缆口开孔位置示意图见附图 6。



图例：阴影部分为防护罩

图 10-2 电缆穿线孔防护屏蔽措施示意图

② 排风口穿墙孔

工业 CT 两个排风口穿墙孔均拟设置在屏蔽箱顶板（非主射线方向）处，为直接在顶板上垂直开设的孔洞（直径约 160mm），然后在顶板开孔处外侧，设置一个与屏蔽铅房同等防护厚度的屏蔽罩，防护罩 4 面遮挡，只保留侧面出口作为气体出口，出口位置采用前后交错的迷路式防护结构。

续表 10 辐射安全与防护



续表 10 辐射安全与防护

设备的控制台拟设置显示屏，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，有高压接通时的外部报警或指示装置，有出束指示，有禁止非授权使用的警告等标识。

(5) 紧急停机：设备正面箱体外侧及屏蔽铅房内部易于接触的地方（X 射线球管检测门旁）均拟设置 1 个急停按钮，按下按钮，X 射线高压电源立即被切断，设备停止出束。急停按钮旁拟设置中文标识和使用方法的相关说明。且设备内部的急停按钮具有紧急开门的功能，按下按钮，设备停止出束的同时，左侧检修防护门（X 射线球管侧检修门）锁定开关失效，可以手动打开。设备内部急停按钮拟设置在靠铅房左侧（北侧，靠近 X 射线球管侧检修门）位置，避开主射线方向，设备内部空间小，且设备内部主要为机械运动构件，人员站立位置位于靠防护门侧，发生意外情况下，可不经主射线区域即按下急停按钮。

(6) 在工业 CT 铅房内拟安装固定式剂量报警仪探头。报警仪显示面板拟设置在操作台处，实时监控工业 CT 内辐射水平，当剂量率超过设定阈值（一般为大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ）时，会有声光报警提示。

10.2.4 监控装置

设备铅房内和检测室内均拟设置 1 个监控探头，显示器设置在操作台处，设备铅房空间较小，监控拟设置在工业 CT 铅房内顶部靠左侧的位置，可以查看工业 CT 设备内情况，检测室内监控拟按照在角落位置，同时操作台设置在工业 CT 旁，工作人员可直接看见工业 CT 铅房入口外和设备周边情况。

10.2.5 通风

采用自然进风、机械排风的方式。

工业 CT 铅房顶部拟设置机械排风扇并外接排风管道，将工业 CT 内部空气引至检测室东墙外排放。检测室东墙外为厂区室外道路、绿化，排放口离地超过 3m。

工业 CT 拟安装风机总通风量约 $600\text{m}^3/\text{h}$ ，工业 CT 铅房内部容积约 6m^3 ，设备铅房内整体通风换气次数约为 100 次/h，满足标准要求的不小于 3 次/h 的通风换气量。

10.2.6 电离辐射警告标志

严格按照控制区和监督区实行“分区”管理，且在工业 CT 铅房门、检测室门外均拟

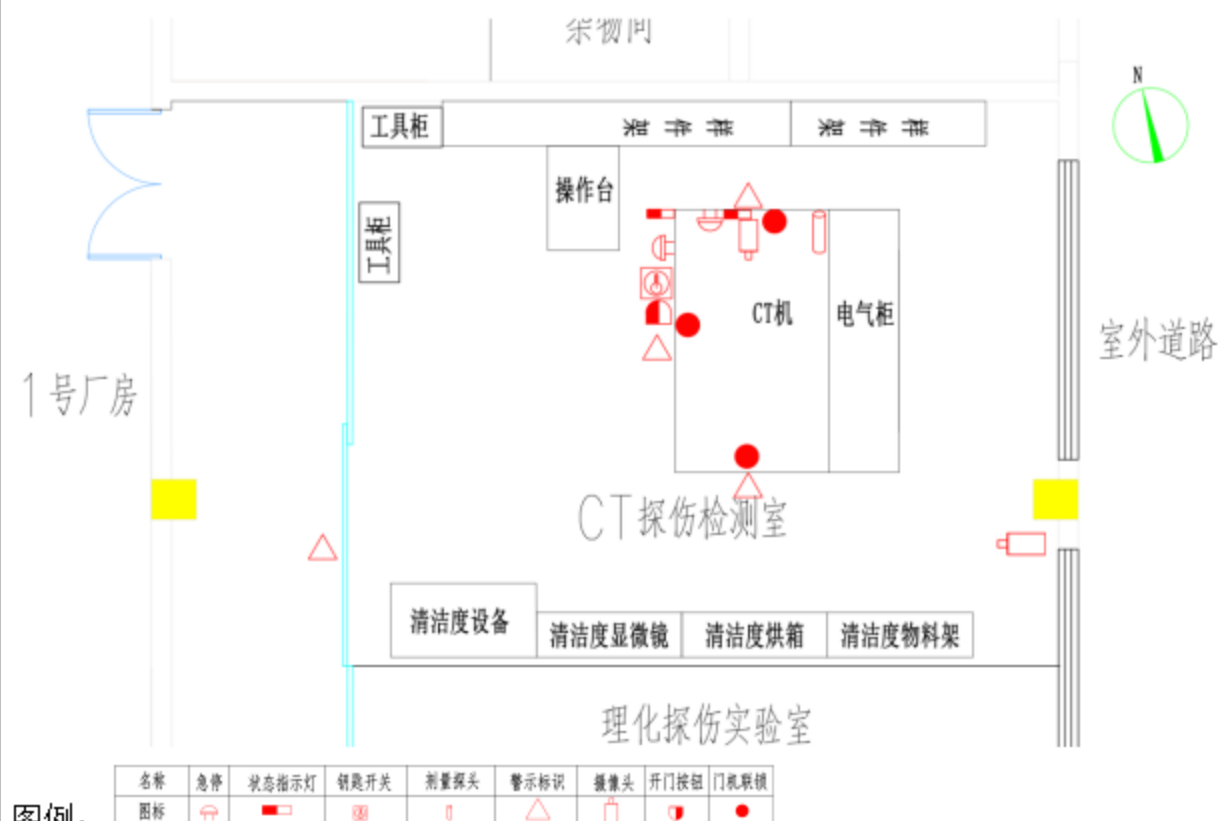
续表 10 辐射安全与防护

张贴固定的电离辐射警告标志，用于警示公众成员非必要情况不要靠近该区域。

10.2.7 检修时的防护措施

工业 CT 检修由设备厂家进行，同时检修工作在顺多利公司工作人员的陪同下完成。检修时，检测室内除检修人员和顺多利公司辐射工作人员外，要求无其他人员驻留。1 名检修人员在设备外部或控制台处，随时注意设备情况，发现异常，及时按下急停按钮。并在检测室门外设置非请勿入的提示牌。检修后，要通过设备操作系统，及时检查设备联锁是否生效，确保联锁生效情况下再使用设备。

工作场所安全防护措施拟安装位置见图 10-4。



图例：

备注：图中设备框线内的图标表示该设施在工业 CT 箱体内部，框线之外的表示在设备箱体外部

图 10-4 工作场所辐射安全设施布置示意图

本项目辐射安全联锁逻辑见图 10-3。只有在铅门关闭、急停按钮复位和系统自检正常的情况下，设备才能启动，设备出束时，铅房内外警示灯红灯亮并发出警报声，同时操作台上固定式场所辐射探测报警装置的仪表指示仪上显示读数，当探头检测到周围剂量当量率超过预设限值时，仪表指示仪进行声光报警。设备运行过程中，如果按下任何一个急停开关或铅门意外打开，设备会立即停止运行，铅房内外工作状态指示灯红灯灭，

续表 10 辐射安全与防护

固定式场所辐射探测报警装置的仪表警示仪显示环境本底数值。

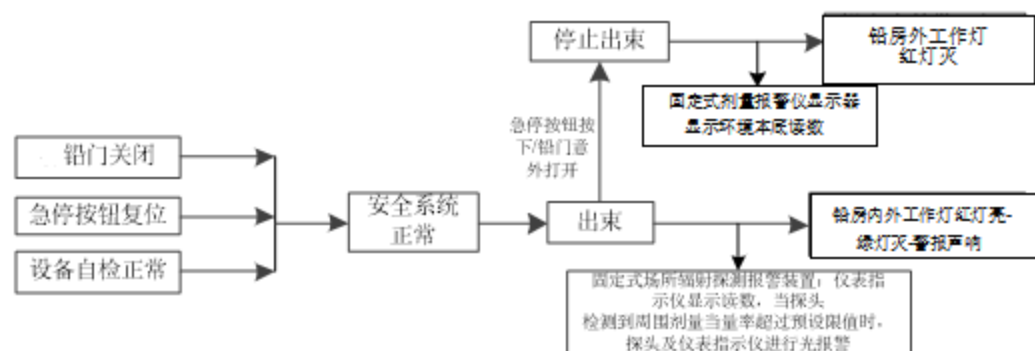


图 10-3 辐射安全联锁逻辑图

10.3 个人防护用品及监测仪器

项目拟配置的个人防护用品及监测仪器如下表 10-2 所示。

表 10-2 个人防护用品及监测仪器

序号	名称	数量	用途	备注
1	个人剂量报警仪	2 个	辐射工作人员佩戴，实时监测辐射剂量是否超标	拟购
2	个人剂量计	2 个	工作期间辐射工作人员佩戴，对个人受到的照射剂量进行记录	拟购
3	便携式 X-γ 辐射剂量巡测仪	1 台	定期对工业 CT 设备屏蔽体外周围剂量当量率进行监测，保证屏蔽体的屏蔽效果。	依托现有
4	固定式剂量报警仪	1 套	探头安装在工业 CT 内，监测设备内实时剂量，显示系统安装在操作台	拟购

10.4 放射性“三废”的处理

根据工程分析，本项目不涉及放射性“三废”。

10.5 项目措施与相关要求的符合性分析

根据上文介绍，项目拟采取的辐射防护措施与相关标准和规范的相关要求对比情况见表 10-3 所示。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表			
标准名称	标准要求		项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	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。	使用单位作为探伤工作主体承担主要安全责任。
		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。	公司成立了放射防护管理组织,并明确管理人员及组织职责,制定有放射防护管理制度。本项目拟依托公司现有管理体系并制定工业 CT 操作规程等专项制度。
		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。	公司拟为本项目辐射工作人员配备个人剂量计并定期送交监测,辐射工作人员拟按照要求进行职业健康检查。
		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。	本项目拟配备辐射工作人员需取得 X 射线无损检测工作资格证再上岗。
		4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	本项目拟购置 1 台便携式 X-γ 辐射剂量率仪和 2 台个人剂量报警仪。
		4.6 应制定辐射事故应急预案。	公司制定有辐射事故应急预案。
	5 探伤机的放射防护要求	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表 1 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/T26837 的要求。表 1 内容略。	本项目设备拟购买合格出厂的设备。设备的漏射线所致周围剂量当量率能满足标准要求,设备随机文件有这些指标的说明。
		5.1.2 工作前检查项目应包括: a) 探伤机外观是否完好; b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损; c) 液体制冷设备是否有渗漏; d) 安全连锁是否正常工作; e) 报警设备和警示灯是否正常运行; f) 螺栓等连接件是否连接良好; g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。	本项目辐射工作人员开展放射工作前检查 5.1.2 所列项目是否异常,若无异常则正常工作;有异常立即停止工作,联系生产厂家检查维修。

续表 10 辐射安全与防护

续表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表			
标准名称	标准要求		项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	5 探伤机的放射防护要求	5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求： a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行； b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测； c) 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； d) 应做好设备维护记录	本项目拟制定满足标准要求的设备检修维护制度，设备维护由生产厂家负责，维护后做好维护记录。
	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。	项目为整体工业 CT 设备，操作台位于设备箱体外。工业 CT 屏蔽铅房材料和厚度充分考虑了设备辐射防护要求。设备主射线朝向一侧箱体，操作台和工件防护门均不在主射线照射范围内，根据后文核算，工业 CT 屏蔽铅房均满足防护要求。本项目工业 CT 各防护门与同侧屏蔽铅房防护材料及厚度一致。
		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。	工作场所分区管理，工业 CT 内部划为控制区，检测室除工业 CT 外的区域划为监督区，分区满足 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 100μSv/周，对公众场所，其值应不大于 5μSv/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 2.5μSv/h。	根据后文核算，工业 CT 设备屏蔽体均满足要求。
		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 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 100μSv/h。	根据后文核算，工业 CT 顶棚上方 30cm 处剂量率小于 2.5 μ Sv/h，满足要求。

续表 10 辐射安全与防护

续表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表		
标准名称	标准要求	项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	6.1 探伤室放射防护要求	
	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。	本项目所使用的固定式工业 CT 设备拟设置门-机联锁装置,只有当防护门关闭后 X 射线装置高压才能启动并产生 X 射线。设备铅房内设置的急停按钮有紧急停机和开门(断开左侧检修门锁定开关,可以人工推开防护门)的双重功能,按下可停止出束并打开防护门。设备运行过程中,防护门意外开启,设备将停止出束。
	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。	设备铅房内以及设备箱体顶部均拟设 1 组工作状态指示灯。工作状态指示灯与工业 CT 联锁,分为红黄绿三色,红色表示 X 射线出束警示,绿色代表设备有电预备中但未出射线,黄色代表故障,并拟在工作灯旁设“红色:照射”、“黄色:故障”和“绿色:预备”的工作灯信号意义说明。设备出束时,工作状态指示灯红灯亮起的同时,有声音警示。工业 CT 设备由工作人员手动操作,设备出束前,工作人员通过监控确认铅房内无人员驻留后再开始出束。设备在照射前,绿色指示灯一直保持亮起状态,持续足够长的时间。
	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工业 CT 设备的运行情况。	工业 CT 铅房内部和检测室内均拟安装 1 个监控探头,同时工作人员操作台位于设备铅房旁,可以观察到工业 CT 出入口及周边情况。
	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。	工业 CT 防护门、检测室外均拟粘贴符合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。	工业 CT 铅房内及正面箱体外侧拟设置 1 个急停按钮,按下按钮,可以停止设备照射。急停按钮设置位置避免主射线方向,工作人员可以不需要穿过主射线,急停开关处拟设置中文标签,注明使用方法。

续表 10 辐射安全与防护

续表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表			
标准名称	标准要求		项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	6.1 探伤室放射防护要求	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。	设备铅房顶部拟设 2 个排风口并安装机械排风扇,总排风量为 600m ³ /h,工业 CT 通风次数约 100 次/h。
		6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	工业 CT 铅房内拟安装 1 个固定式剂量报警仪探头,显示单元设置在操作台处。
	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。	拟制定探伤操作规程,规定每天工作前,检查门机联锁装置和工作状态指示灯等防护安全措施是否正常。
		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。	拟配备 2 台个人剂量报警仪和 1 台便携式 X-γ辐射剂量率仪,要求工作人员工作时随身携带个人剂量报警仪,如进入铅房时,仪器报警,立刻退出铅房外,关闭铅房门,并防止人员误入。
		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。	拟配备 1 台便携式 X-γ辐射剂量率仪,制定辐射监测制度,制度中补充每季度对工业 CT 周围剂量率水平进行监测,工业 CT 箱体外周围剂量当量率高于 2.5μSv/h 时,及时行整改。
		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。	拟在辐射监测制度中明确使用辐射巡测仪前,检查是否可以正常运行,发现异常,及时维修。

续表 10 辐射安全与防护

续表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表			
标准名称	标准要求		项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求	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。	操作规程中拟要求工作人员规范使用辐射防护装置,如 X 射线屏蔽组件、过滤板等,不能私自拆卸。
		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。	操作规程拟要求工作人员每次操作前,需要确认工业 CT 内无人员驻留,并关闭防护门。确认所有防护和安全装置都正常运行后,再启动设备。
		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。	本项目是对自己生产的工件进行无损检测,工业 CT 的尺寸满足工件探伤要求,不需要开门探伤。
	6.3 探伤设施的退役	当工业探伤设施不再使用,应实施退役程序。包括以下内容: c) X 射线发生器应处置至无法使用,或经监管机构批准后,转移给其他已获许可机构。 e) 当所有辐射源从现场移走后,使用单位按监管机构要求办理相关手续。 f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。 g) 对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测,以确认现场没有留下放射源,并确认污染状况。	本项目不再使用后,按照相关要求处置,保留处置手续,并做好相关记录存档。使用单位按照监管部门要求办理后续手续。清除工作场所内电离辐射警告标志和各类说明。
	8.1 监测的一般要求	8.1.1 检测计划 使用单位应制定放射防护检测计划。在检测计划中应对检测位置、检测频率以及检测结果的保存等作出规定,并给出每一个测量位置的参考控制水平和超过该参考控制水平时应采取的行动措施。	制定辐射监测制度,拟在制度中明确每季度对工业 CT 设备箱体外周围剂量当量率进行一次监测并保存监测结果,当剂量超过控制水平时,立即整改。

续表 10 辐射安全与防护

续表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表			
标准名称	标准要求		项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	8.1 监测的一般要求	8.1.2 检测仪器 应选用合适的放射防护检测仪器,并按规定进行定期检定/校准,取得相应证书。使用前,应对辐射检测仪器进行检查,包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。	拟配备 1 台便携式 X-γ 辐射剂量率仪,按照要求进行定期检定。仪器使用前,检查是否可以正常运行。
	8.2 探伤机检测	8.2.1 防护性能检测 8.2.1.1 检测方法 X 射线探伤机防护性能检测方法按 GB/T 26837 的要求进行; 8.2.1.2 检测周期 使用单位应每年对探伤机的防护性能进行检测。探伤机移动后,应进行安全装置的性能检测。 8.2.1.3 结果评价 X 射线探伤机防护性能检测结果评价按本标准第 5.1.1 条的要求。	每年委托有资质单位对 X 射线探伤机性能进行一次监测。
	8.3 探伤室放射防护检测	8.3.1 检测条件 检测条件应符合如下要求: a) X 射线探伤机应在额定工作条件下、探伤机置于与测试点可能的最近位置,如使用周向式探伤机应使装置处于周向照射状态;主屏蔽的检测应在没有探伤工件时进行,副屏蔽的检测应在有探伤工件时进行。	进行工业 CT 设备屏蔽体防护监测时,使用最大运行条件。主线束方向在没有工件的情况下进行监测,其余方向在有工件情况下进行监测。

续表 10 辐射安全与防护

续表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表			
标准名称	标准要求		项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	8.3 探伤室放射防护检测	8.3.2 辐射水平巡测 探伤室的放射防护检测，特别是验收检测时应首先进行周围辐射水平的巡测，用便携式 X-γ剂量率仪巡测探伤室墙壁外 30 cm 处的辐射水平，以发现可能出现的高辐射水平区。巡测时应注意：a) 巡测范围应根据探伤室设计特点、照射方向及建造中可能出现的问题决定，并关注天空反散射对周围的剂量影响；b) 探伤室四面屏蔽墙外及楼上如有人员活动的可能，应巡测墙上不同位置及门外 30cm 门四周的辐射水平。	项目运行后，拟定期使用便携式 X- γ 辐射剂量率仪对工业 CT 设备箱体、防护门、管线洞口、顶棚等处周围剂量进行巡测。
		8.3.3 辐射水平定点检测 一般情况下应检测以下各点： a) 通过巡测发现的辐射水平异常高的位置；b) 探伤室门外 30 cm 离地面高度为 1m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 个点；c) 探伤室墙外或邻室墙外 30 cm 离地面高度为 1m 处，每个墙面至少测 3 个点；d) 人员可能到达的探伤室屋顶或探伤室上层（方）外 30 cm 处，至少包括主射束到达范围的 5 个检测点；e) 人员经常活动的位置；f) 每次探伤结束后，检测探伤室的入口，以确保探伤机已经停止工作。	监测制度中将规定按照要求对工业 CT 设备箱体外进行定点监测。
		8.3.4 检测周期 探伤室建成后应进行验收检测；投入使用后每年至少进行 1 次常规检测。当γ射线探伤放射源的活度增加时，或者 X 射线探伤机额定电压增大时，重新测量上述辐射水平，并根据测量结果对防护措施或设施做出合适的改进。	设备投运前，进行一次验收检测。运行后按照要求每年委托有资质单位进行一次防护监测，设备变更后，也重新进行监测。

续表 10 辐射安全与防护

续表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表			
标准名称	标准要求		项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	8.3 探伤室放射防护检测	8.3.5 结果评价 探伤室周围辐射水平应符合本标准第 6.1.3 条和第 6.1.4 条的要求	工业 CT 箱体外 30cm 处周围剂量当量率需 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$
	8.5 放射工作人员个人监测	8.5.1 射线探伤作业人员(包括维修人员), 应按照 GBZ 128 的相关要求进行外照射个人监测。	本项目工作人员将按照要求配备个人剂量计定期进行个人剂量监测。
《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T250-2014)	3 探伤室屏蔽要求	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。	设备自带铅房屏蔽体, 铅房屏蔽体内除检修情况下, 不进入, 因此设置一扇工件防护门和两扇检修门, 工件门尺寸较小, 不满足人员出入条件, 检修门常闭, 只有在检修时打开。
		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。	本项目操作台置于铅房外, X 射线发生器位于铅房内, 设备主射线朝向设备一侧箱体, 工件门和操作台均不在主射线方向。
		3.3.3 屏蔽设计中, 应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。	本项目铅房主体结构密闭, 开设铅防护门, 在铅门搭接处设置足够长的屏蔽体对四周两边进行搭接防护, 搭接足够长, 不影响屏蔽体的屏蔽能力, 电缆口和通风口设置在铅房顶部和后侧靠地板的角落, 并拟设置与所在屏蔽铅房防护一致的防护罩。
		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。	本项目拟购置整体工业 CT 设备。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表			
标准名称	标准要求		项目情况
《职业性外照射个人监测规范》GBZ128-2019	5.3 佩戴	5.3.1 对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。	项目工作人员主要辐射来自身体前方，拟为工作人员配备个人剂量计，要求工作人员佩戴在胸口位置。
	7.3 实施监测过程的质量保证	7.3.1 制定和严格遵守剂量计发放、佩戴、运输、回收和保存等环节的操作规程。	建设单位拟制定剂量计发放、佩戴、运输、回收和保存等环节的操作规程。
		7.3.2 个人剂量计在非工作期间避免受到任何人工辐射的照射。	个人剂量计拟设置专人保管，在非工作期间统一保管于非人工辐射照射区。

根据表 10-3 可知，本项目采取的辐射安全与防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZT250-2014）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）等标准的要求。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目施工期的环境影响主要是工业 CT 设备的安装和调试。施工过程中主要有包装垃圾产生，还有施工人员产生的少量生活污水和生活垃圾。施工人员产生的少量生活污水依托厂区现有污水处理设施处理，一般固废统一交由环卫部门处理。因本项目施工期短、工程量小，施工范围小，且随着施工期的结束而结束，固废及废水能得到妥善处置，因此施工对环境产生的影响小。

运行阶段对环境的影响

11.1 工业 CT 屏蔽能力理论预测

11.1.1 工业 CT 辐射屏蔽估算公式

本项目屏蔽计算使用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中估算公式。

(1) 有用线束

- a) 关注点达到剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 时，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式 (1) 计算，然后由 GBZ/T250-2014 附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽物质厚度 X。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{I \cdot H_0} \quad \text{式 (1)}$$

式中：

$\dot{H}_c$ —剂量率参考控制水平，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

I—工业 CT 在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ，见附录表 B.1。

- b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，由附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B。关注点的剂量率 $\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式 2) 计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad \text{式 (2)}$$

续表 11 环境影响分析

式中：

I —工业 CT 在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位

的值乘以 6×10^4 ，见附录表 B.1；

B ——屏蔽透射因子；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

（2）屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 相应的关系

a) 对于给定的屏蔽物质厚度 X ，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按式（3）计算：

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \quad \text{式（3）}$$

式中：

X ——屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL——查表。

b) 对于估算出的屏蔽透射因子 B ，所需的屏蔽物质厚度 X 按式（4）计算：

$$X = \text{TVL} \cdot \lg B \quad \text{式（4）}$$

式中：

TVL——查表；

B ——达到剂量参考控制水平 $\dot{H}_c$ 时所需的屏蔽透射因子。

（3）泄漏辐射屏蔽

a) 关注点达到剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 时所需的屏蔽透射因子 B 按式（5）计算，然后按式（4）计算所需的屏蔽物质厚度 X 。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{\dot{H}_L} \quad \text{式（5）}$$

式中：

$\dot{H}_c$ ——剂量率参考控制水平，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

$\dot{H}_L$ ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时

续表 11 环境影响分析

($\mu\text{Sv/h}$)。

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 相应的屏蔽透射因子 B 按式 (3) 计算, 然后按式 (6) 计算泄漏辐射在关注点的剂量率 $\dot{H}$ 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$):

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \text{式 (6)}$$

式中:

B —屏蔽透射因子;

R —辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为米 (m);

$\dot{H}_L$ —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$)。

(4) 散射辐射屏蔽

a) 关注点达到剂量率参考水平 $\dot{H}_c$ 时, 屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式 (7) 计算。然后按式 (4) 计算出所需的屏蔽物质厚度 X 。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R_s^2}{I \cdot H_0} \cdot \frac{R_0^2}{F \cdot \alpha} \quad \text{式 (7)}$$

式中:

$\dot{H}_c$ —剂量率参考控制水平, 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$);

R_s —散射体至关注点的距离, 单位为米 (m);

R_0 —辐射源点 (靶点) 至探伤工件的距离, 单位为米 (m);

I —工业 CT 在最高管电压下的常用最大管电流, 单位为毫安 (mA);

H_0 —距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$, 以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ;

F — R_0 处的辐射野面积, 单位为平方米 (m^2);

α —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;

B —屏蔽透射因子;

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 相应的屏蔽透射因子 B , 查表得出 90° 散射辐射的 TVL, 然后按照式 (3) 计算。关注点的散射辐射剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$) 按照式 (8) 计算。

续表 11 环境影响分析

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_o^2} \quad \text{式 (8)}$$

式中：

I —工业 CT 在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ；

B —屏蔽透射因子；

F — R_o 处的辐射野面积，单位为平方米（ m^2 ）；

α —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；

R_o —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

R_s —散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

11.1.2 工业 CT 防护核算原则及主要技术参数

(1) 主要技术参数

①核算距离、方向

根据项目基本情况，工业 CT 工作时，主射线方向朝向右侧箱体。X 射线管固定在箱体左侧的支架上，且无法移动和旋转。根据设备结构图，X 射线球管在照射过程中，除右侧箱体外，铅房顶部和正面部分位置在主射线投照范围内，因此该部分需额外考虑主射线辐射影响（e 和 d 点），铅房其余屏蔽体考虑为散射和泄漏辐射。三扇防护门屏蔽厚度均与同侧屏蔽铅房相同，因此其核算条件直接取同侧铅房核算参数。

工业 CT 周围各点位估算示意图 11-1 和图 11-2，核算时各方向距离核算情况见表 11-2。

续表 11 环境影响分析

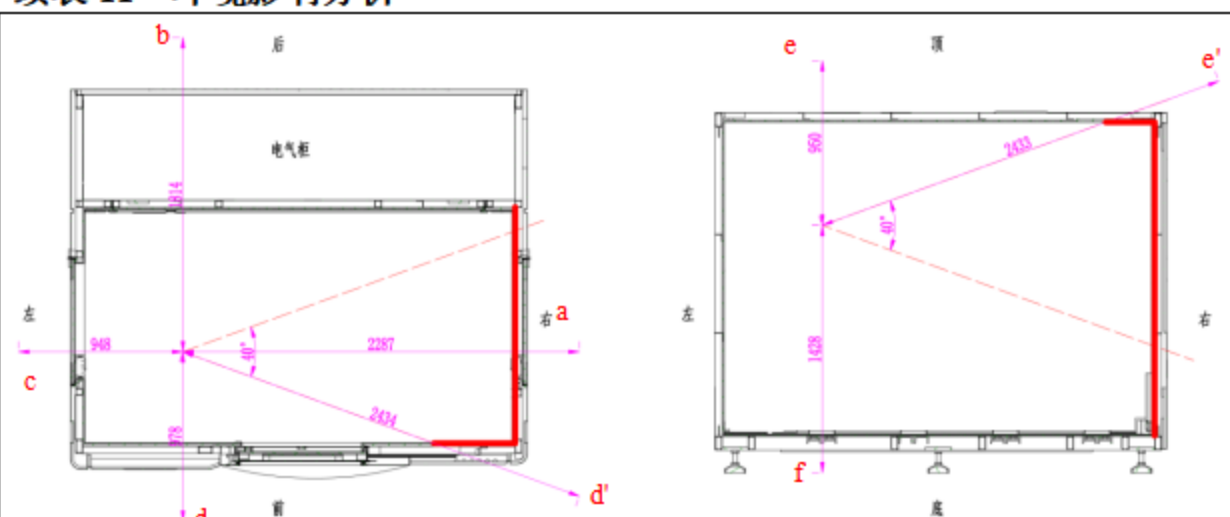


图 11-1 工业 CT 屏蔽计算点位示意图

②其他参数

本项目屏蔽体核算过程中的相应其他参数见表 11-1 所示。

表 11-1 屏蔽体核算相关参数

参数	数 值			来源
设备基础参数	最高管电压 225kV，管电流 5mA			建设单位提供
G (mGy·m ² /mA·min)	11.4			设备厂家提供
转换系数	6×10 ⁴			/
H ₀ (μSv·m ² /(mA·h))	6.84×10 ⁵			
$\frac{R_0^2}{F \times \alpha}$	50			根据 GBZ/T250-2014 中 B.4.2 取值
泄漏辐射剂量率 H _L (μSv/h)	5000			GBZ/T250-2014 表 1
X 射线 90°散射辐射最高能量相应的 kV 值	200			GBZ/T250-2014 表 2
什值层 (TVL) 半值层 (HVL)	铅			GBZ/T250-2014 表 B.2 并采用内插法
	管电压	TVL	HVL	
	225kV	2.2mm	0.64mm	
	200kV	1.4mm	0.42mm	

备注：保守情况，按额定最大电压和最大电流进行估算；取 1Sv=1Gy

③关注点设置原则

工业 CT 底板距地面距离约 13cm，人员无法到达，但 X 射线可能通过地面散射对周围人员产生影响，因此，需要计算工业 CT 底板防护屏蔽，保守将关注点考虑在地面处，其余点位距设备屏蔽体表面距离为 30cm。

续表 11 环境影响分析

表 11-2 关注点选取情况一览表										
关注点			屏蔽体		核算距离 (m)			辐射类型		
a			右侧箱体、检修门 (南)		2.29			主射线		
b			背面 (东)		1.81			散射、漏射		
c			左侧、检修门 (北)		0.95			散射、漏射		
d			正面、工件门 (西)		0.98			散射、漏射		
d'					2.43			主射线		
e			顶棚		0.95			散射、漏射		
e'					2.43			主射线		
f			底板		1.43			散射、漏射		

(2) 工业 CT 屏蔽防护效能核算原则

墙体厚度确定原则：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、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厚度，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)。

本项目工作场所屏蔽计算选择设备最大参数条件，且不考虑工件本身的防护效果。

本项目的工业 CT 额定管电压为 225kV，在 GBZ/T250-2014 中附录 B.1 的曲线中无对应的曲线，因此采用公式 (11-1) 和 (11-3) 进行理论计算。

11.1.3 工业 CT 防护核算结果

本项目工业 CT 的屏蔽体屏蔽能力核算结果见表 11-3。

表 11-3 工业 CT 屏蔽效能核实表

关注点			剂量率参考 控制水平 Hc (μSv/h)	距离 (m)	控制水平下的射线 屏蔽所需理论计算 厚度 (mmPb)		设计厚度	设计厚度下瞬时 剂量 (μSv/h)		是否达 到屏蔽 要求
a	南	主射线	2.5	2.29	11.9		18mmPb	4.29E-03		是
b	东	散射	2.5	1.81	3.0	6.1	12mmPb	5.87E-05	0.01	是
		漏射			6.1			5.36E-03		
c	北	散射	2.5	0.95	3.8	7.4	12mmPb	2.13E-04	0.02	是
		漏射			7.4			0.02		
d	西	散射	2.5	0.98	3.8	7.3	12mmPb	2.00E-04	0.02	是
		漏射			7.3			0.02		
d'	西南	主射线	2.5	2.43	11.8		18mmPb	3.81E-03		是
e	顶部	散射	2.5	0.95	3.8	7.4	12mmPb	2.13E-04	0.02	是
		漏射			7.4			0.02		
e'		主射线	2.5	2.43	11.8		18mmPb	3.81E-03		是

续表 11 环境影响分析

f	底部	散射 漏射	2.5	1.43	3.3 6.6	6.6	12mmPb	9.41E-05 0.01	0.01	是
---	----	----------	-----	------	------------	-----	--------	------------------	------	---

备注：当散射和漏射计算结果相差不足一个十值层时，在较高值的基础上增加一个半值层。保守角度，正面和顶部主射线区域不考虑射线实际穿过的防护屏蔽铅房厚度，按照设计值进行计算。不考虑钢的屏蔽效果。

综上所述，根据计算结果可知，工业 CT 工作时，工业 CT 箱体的四周、顶棚、底板及防护门的设计厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）屏蔽防护的要求。

工业 CT 顶棚上方剂量率最高值为 0.02μSv/h，经过距离衰减和散射后，顶部部分剂量率对周围环境的辐射影响是很小的，因此不考虑天空散射。

11.1.4 工作人员年有效剂量估算

顺多利公司现有 1 台自屏蔽 X 射线探伤机，根据公司提供的最近一年 X 射线装置屏蔽体外辐射防护监测报告，射线装置箱体外基本属于本底辐射水平，经过距离衰减和建筑物屏蔽后，对本项目工作人员和公众的叠加辐射影响很小，因此不额外考虑公司其他核技术利用项目的叠加剂量。

（1）估算公式

X-γ射线产生的外照射人均年有效当量剂量按下列公式计算：

$$H_{Er} = H_{(10)} \times t \times 10^{-3} \quad \text{式（10）}$$

式中：

H_{Er} ：X 或γ射线外照射人均年有效剂量当量，mSv；

$H_{(10)}$ ：X 或γ射线周围剂量当量率，μSv/h；

t：X 或γ射线照射时间，小时。

（2）估算结果

检测室外工作人员剂量估算表见表 11-4。

表 11-4 工作人员工作时剂量估算表						
估算人员	工作场所	来源	设计厚度下剂量率（μSv/h）	年受照时间（h）	受照剂量	
					周（μSv）	年（mSv/a）
辐射工作人员	检测室内	工业 CT	0.02	250	0.1	0.005

备注：取设备屏蔽体外剂量率最大值进行估算。

根据表 11-4 可得出以下结论：

续表 11 环境影响分析

该项目辐射工作人员同时受到工业 CT 辐射影响情况下的年有效剂量最高为 0.005mSv/a，低于本评价管理目标值 5mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。周有效剂量最高为 0.1 μ Sv，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的要求。

检测室外人员剂量估算表见表 11-5，根据估算结果，项目工业 CT 开展 X 射线无损检测工作时，在工业 CT 周围活动的公众成员所受的最大年有效剂量约 0.0003mSv，低于本评价管理目标值 0.1mSv/a《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。周受照剂量最高为 0.006 μ Sv，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的要求。

11.3 对周围环境保护目标的影响分析

工业 CT 各屏蔽体外 0.3m 处的瞬时剂量率满足国家相关标准要求，根据 X 射线随距离的增加而快速减弱的特性可知，距离 X 射线检测室更远的各环境保护目标的辐射影响也满足相应标准和要求。

本项目工业 CT 周围环境保护目标预测结果见表 11-5。

表 11-5 环境保护目标处受照剂量预测结果表

序号	环境保护目标名称	方位	距离	保护目标处剂量率值 (μ Sv/h)	工作时间	居留因子	周受照剂量 (μ Sv)	年受照剂量 (mSv)
1	电梯厅杂物间和过道	北侧	约 1~5m	4.67E-03	250	1/5	4.67E-03	2.33E-04
2	展厅	北侧	约 5~22m	5.01E-04	250	1/5	5.01E-04	2.51E-05
3	辅助用房 1F 区域（会议室、办公室、楼梯间等）	北侧	约 22~50m	3.37E-05	250	1	1.68E-04	8.42E-06
4	厂区道路、绿化	东侧	约 2~22m	1.22E-03	250	1/40	1.53E-04	7.64E-06
5	在建厂房	东侧	约 22~50m	3.13E-05	250	1	1.57E-04	7.83E-06
6	室外停车场、污水处理站	东侧	约 22~50m	3.13E-05	250	1/40	3.91E-06	1.96E-07
7	辅助用房 1F 区域（理化探伤实验室等检测室、走廊）	南侧	约 2~32m	1.23E-03	250	1	6.14E-03	3.07E-04
8	1 号厂房扩建区域	南侧	约 32~50m	1.91E-05	250	1	9.57E-05	4.79E-06
9	辅助用房 1F 走廊	西侧	约 3~5m	1.12E-03	250	1/5	1.12E-03	5.60E-05
10	1 号厂房	西侧	约 5~50m	4.96E-04	250	1	2.48E-03	1.24E-04
11	辅助用房 2~3F	上方	/	7.24E-04	250	1	3.62E-03	1.81E-04

备注：各方向环境保护目标剂量率值选择对应方向屏蔽体外剂量率水平核算结果最大值进行计算，另因环境保护目标距离取值约为值取整，因此核算时，未扣除 30cm 距离。

续表 11 环境影响分析

根据表 11-5 结果可知,本项目周围环境保护目标处人员年受照剂量均满足管理目标值要求,且估算结果只考虑了距离的衰减,实际上 X 射线在传播过程中有墙体等各种屏蔽体的阻挡,因此,项目工业 CT 屏蔽体外 50m 范围内的各环境保护目标的辐射影响也满足相应标准和要求,对环境保护目标的影响很小。

11.4 其他影响

(1) 废气对环境影响分析

在探伤作业时, X 射线使空气电离产生少量臭氧(O_3)和氮氧化物(主要为 NO_2)。设备铅房顶棚拟设置排风口,并安装机械排风机,设备铅房内换气次数约为 100 次/h,然后通过排风管道引至室外排放。废气不在室内聚集,曝光时产生的废气不会对室内工作人员造成影响。

项目废气通过铅房内通风系统和排风管道引至室外排放,项目厂房周边均为顺多利厂区内部。排风口外为厂区室外绿化、道路,利于 O_3 、 NO_x 废气的扩散。故项目产生的废气对周围环境影响小。

(2) 废水环境影响

项目无生产废水产生,本项目废水主要为辐射工作人员产生的生活污水。

工作人员生活污水依托厂区现有污水处理设施处理达《污水综合排放标准》三级标准后,接入市政污水管网,送入污水处理厂进行处理,达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 标准后外排,对地表水环境影响较小。本项目工作人员属于顺多利公司已有员工,不新增生活污水总量。

(3) 固废环境影响

生活垃圾依托厂区现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

项目 X 射线装置报废后,拟对高压射线管去功能化后,按照建设单位相关要求处理,保留处理相关手续并存档。

综上所述,建设单位按照以上措施对固体废物进行处理后,对环境基本无影响。

11.5 实践正当性分析

项目拟配置 X 射线实时成像系统在生产中的应用,对产品的无损质量检验有其他技

续表 11 环境影响分析

术无法替代的特点，项目的建设对公司产品提供了先进的检测手段，对其产品质量保证可以起到十分重要的作用，具有明显的社会效益；同时也将为公司创造一定的经济效益。项目采取的辐射安全与防护措施符合要求，对环境的辐射影响在可接受范围内，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

11.6 产业政策符合性分析

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中鼓励类第三十一项“科技服务业”中第 1 条“工业设计、气象、生物及医药、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业技术服务，标准化服务、计量测试、质量认证和检验检测服务，科技普及”，属于鼓励类。所以，本项目符合国家的产业政策。根据备案证，该项目符合本地区产业政策和准入。

11.7 事故影响分析

（1）风险事故类型

本项目工业 CT 设备为 II 类射线装置，根据《关于发布<射线装置分类>的公告》内容，II 类射线装置事故时可以使受到照射的人员产生较严重放射损伤，其安全与防护要求较高。本项目出现的辐射事故主要是辐射工作人员或公众成员遭到误照射从而受到不必要的超剂量照射。

X 射线装置产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。因 X 射线装置设置有专用屏蔽体，基本不会发生固定性屏蔽体损坏而致人员受到误照射的事故，即使发生，也能一目了然而不再开机曝光，即不会受到误照射。X 射线看不见、摸不着，因此，更多的辐射事故是因为管理等不到位，而导致人员受到误照射。这类辐射事故主要体现在以下几个方面：

A 安全联锁装置失效：由于门机联锁装置失效，设备出束时，防护门未关闭或门被开启，射线仍然能发射，造成射线外泄，可能对辐射工作人员及公众成员产生较大剂量照射。

B 人员滞留铅房内

续表 11 环境影响分析

工作人员或设备维修人员通过铅门可进入铅房内，在开机出束前，工作人员未通过监控或现场对铅房内部进行充分确认，从而导致滞留在铅房内的人员在工作模式下被误照射。

C 屏蔽体出现膨胀变形

本项目铅房各方向屏蔽体、电缆出线口罩，使用多年以后，可能因铅屏蔽的自重等原因引起铅屏蔽之间的搭接、铆钉等处空隙增大，从而漏出射线，使铅房周围的人员受到误照射。

D 设备自身丧失屏蔽

X 射线设备机头是用重金属屏蔽包围住的，因各种原因（如检修、调试、改变照射角度等）可能无意中将设备管头及探测器上的屏蔽块移走，使 X 射线设备丧失自身屏蔽作用，导致相邻的屏蔽体外出现高剂量率，人员受到不必要的照射。

(2) 后果分析

事故情景 A 安全联锁失效

考虑最不利情况，安全联锁装置失效的事故下，设备考虑最大管电压 225kV，最大管电流 5mA 运行，事故时间考虑为设备单次检测出束时间（25min）以及人员发现事故后按下急停按钮的反应时间（10s）。考虑防护门在未关闭情况下开展检测工作，右侧检修门在主射方向上，因此本次考虑主射线，铅房外人员误照射最大剂量估算情况见表 11-7。

表 11-7 铅房处人员误照射最大剂量估算表

名称	事故情景	距离	防护门处剂量率值 ($\mu\text{Gy/h}$)	受照时间	总有效剂量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
工业 CT	联锁装置失效	2.86	4.18E+05	25min	0.17	0.17
				10s	1.16E-03	1.16E-03

备注：Sv/Gy=1，下同。

事故情景 B 人员误入

因各种原因，X 射线装置运行时，人员滞留在铅房内发生误照射情况，考虑最不利情况，考虑最大管电压 225kV，最大管电流 5mA 运行，事故时间考虑为 25min（工业 CT 单次运行最大时间）和现场人员发现事故停止设备照射的时间（取 10s）。因工业

续表 11 环境影响分析

CT 内部空间狭窄，工件门也不满足人员进入条件，因此只有在检修时，人员可能进入设备内，一般情况下，维修由人员站在设备外操作，不进入设备铅房内，但考虑到极端条件下，人员仍可能进入设备内部，因此人员误入铅房考虑为 3 种情况：①人员位于主射线方向，距离射线源约 1.5m（平板探测器处）；②人员位于散漏射方向，距离射线源约 0.5m（X 射线球管后侧）；③人员位于主射线方向，距离射线源约 0.5m（极端条件，人员进入设备内，且避开设备内结构，处于 X 射线球管投照方向的工件运转平台处）。铅房内人员误照射最大剂量估算情况见表 11-8。

表 11-8 铅房内人员误照射最大剂量估算表

名称	事故情景	受照时间	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	总有效剂量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
人员滞留 铅房内	主射线 1.5m	10s	1.20E+07	4.23E-03	4.23E-03
		25min	1.20E+07	0.63	0.63
	散漏射 0.5m	10s	2.28E+06	8.53E-04	8.53E-04
		25min	2.28E+06	0.01	0.01
	主射线 0.5m	10s	1.08E+08	0.04	0.04
		25min	1.08E+08	5.7	5.7

事故情景 C 屏蔽体变形

当铅屏蔽体出现膨胀变形后且长时间未发现，即射线不经过屏蔽对铅房外的人员进行误照射情况，操作人员携带个人剂量报警仪，能及时发现并紧急关停设备出束，但当未佩戴个人剂量报警仪，也可能导致无法及时发现该种事故。同时非工作人员驻留区域发生此事故情形时，也很难被公众发现，因此造成此事故的发生。

考虑主射方向最近公众驻留区域为南侧理化室（距工业 CT 辐射源约 4m），分别考虑单次照射下（25min）检测室外敏感目标处停留的人员受照剂量和未发现该事故情形的时长为 1 天（保守 1 天设备出束时间取 2h），人员受到的照射剂量。

表 11-9 项目铅屏蔽体膨胀变形事故受照剂量估算表

影响位置	距离	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	受照射时间	受照射剂量	
				剂量当量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
南侧理化室	4m	1.69E+06	25min	0.09	0.09
	4m	1.69E+06	2h	0.43	0.43

事故情景 D 工业 CT 球管丧失自身屏蔽

设备 X 射线球管丧失自身屏蔽，使非主射方向也受到主射线照射，考虑最大管电压

续表 11 环境影响分析

225kV，最大管电流 5mA 运行，单次事故时间考虑 25min，选择距离 X 射线球管最近的一侧（左侧 0.95m）作为关注点。假定未发现该事故情形的时长为 1 天（保守 1 天设备出束时间取 2h），人员可能受到更大剂量照射。铅房外人员误照射最大剂量估算情况见表 11-10。

表11-10 铅房外人员误照射最大剂量估算表

名称	事故情景	距离	位置	剂量率 (μ Sv/h)	受照时 间 (h)	总有效剂量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
工业 CT	X 射线球管丧失自身屏蔽	0.95m	左侧	13.3	0.471	5.55E-06	5.55E-06
					2	2.66E-05	2.66E-05

(3) 事故状态可能引起的电离辐射生物效应

电离辐射作用于机体后，其能量传递给机体的分子、细胞、组织和器官等基本生命物质后，引起一系列复杂的物理、化学和生物学变化，由此所造成生物体组织细胞和生命各系统功能、调节及代谢的改变，产生各种生物学效应。电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程，大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化，由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤，继而出现相应的生化代谢紊乱，并由此产生一系列临床症状。电离辐射生物效应按照剂量与效应的关系进行分类，分为随机性效应和组织反应。

随机性效应是指电离辐射照射生物机体所产生效应的发生概率(而非其严重程度)与受照射的剂量大小成正比，而其严重程度与受照射剂量无关；随机性效应的发生不存在组织反应阈剂量。辐射致癌效应和遗传效应属于随机性效应。受照射个体体细胞受损伤引发突变的结果，最终可导致受照射人员的癌症，即辐射致癌效应；受照射个体生殖细胞遗传物质的损伤，引起基因突变或染色体畸变可以传递下去并表现为受照者后代的遗传紊乱，导致后代先天畸形、流产、死胎和某些遗传性疾病，即遗传效应。

组织反应定义为通常情况下存在组织反应阈剂量的一种辐射效应，受照剂量超过一定的阈值时才会发生，其效应的严重程度随超过阈值的剂量越高而越严重。组织反应是辐射照射导致器官或组织的细胞死亡，细胞延缓分裂的各种不同过程的结果，指除了癌症、遗传和突变以外的所有躯体效应和胚胎效应及不育症等，包括血液、性腺、胚胎、眼晶体、皮肤的辐射效应及急性放射病，如放射性皮肤损伤、生育障碍。

续表 11 环境影响分析

项目产生的随机性效应是关注的重点，因其无法防护，所以尽量降低人员的受照剂量，减少随机性效应产生的概率。

不同照射剂量的 X、 γ 射线对人体损伤估计见表 11-11。

表 11-11 不同照射剂量的 X、 γ 射线对人体损伤的估计表

剂量 (Gy)	类型		初期症状和损伤程度
<0.25 0.25~0.5 0.5~1	/		不明显和不易察觉的病变 可恢复的机能变化，可能有血液学的变化 机能变化，血液学的变化，但不伴有临床症状
1~2 2~3.5 3.5~5.5 5.5~10	骨髓型 急性 放射病	轻度 中度 重度 极重度	乏力，不适，食欲减退 头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降 多次呕吐，可有腹泻，白细胞明显下降 多次呕吐，腹泻，休克，白细胞急剧下降
10~50	肠型急性放射病		频繁呕吐，腹泻严重，腹痛，血红蛋白升高
>50	脑型急性放射病		频繁呕吐，腹泻，休克，共济失调，肌张力增高，震颤，抽搐，昏睡，定向和判断力减退

备注：来自《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）和《辐射防护导论》P33。

根据上述后果分析可知，一般事故情况下（安全连锁失效、屏蔽体变形、球管丧失自身屏蔽），人员单次受照，可能受到超过年剂量的照射，导致人员随机性效应几率增加，但不会有明显临床指征。人员误入的一般事故情况也可能导致人员受到超过年剂量的照射，但极端情况下（人员进入铅房内部，且位于主射线方向近距离受照，现场人员未发现设备异常，导致长时间受到意外照射），人员长时间受到意外辐射，可能出现更严重后果，导致人员发生极重度骨髓型急性放射病，出现多次呕吐，腹泻，休克，白细胞急剧下降等症状，甚至导致人员伤亡。

(4) 事故分级

由前述事故工况下的辐射影响估算可知，本项目各类辐射事故中，影响最大的为人员误入工业 CT 铅房内受到意外照射，该种情况下，人员将受到放射性损伤，单次进入设备内部的人员不超过 2 人。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》规定“一般辐射事故：是指Ⅳ类、Ⅴ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射”“较大辐射事故，是指Ⅲ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾”。因此，

续表 11 环境影响分析

假若本项目发生事故，常见的事故等级为一般辐射事故，但极端情况可能导致的事故等级为较大辐射事故。

(5) 辐射事故防范措施

由于各种管理不善或人误等造成的误照射，导致人员的照射方式是外照射，因此发生误照射事故应第一时间切断设备电源，确保设备停止出束。建设单位应采取以下措施防范风险事故发生。

(1) 每天工作前检查设备的门机联锁装置及钥匙开关的有效性，发现故障及时清除，严禁违规操作。对于本项目涉及的安全控制措施各机构及电控系统，制定定期检查和维护的制度。确保安全装置随时处于正常工作状态。使用辐射剂量巡测仪对设备屏蔽体外剂量率进行监测并填写安全检查和辐射监测结果。

(2) 定期进行仪器维护，并做好记录。设备维护时，由设备厂家派专业人员进行检修和维护，维护时佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。维修时，射线装置不出束，并安排专人现场监督，禁止非辐射工作人员靠近。

(3) 设备故障报警系统，如过压、欠压、过流报警、消除电流冲击等功能需定期检查、发现问题及时维修，保证其正常运行，以及时发现设备可能出现的故障。同时，辐射监测器和报警系统可用作针对这类事件进行人员防护和纵深防御措施。

(4) 辐射工作人员必须加强专业知识学习，加强防护知识培训，避免犯常识性错误；加强职业道德修养，培植辐射工作安全文化素养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，落实监测频率，保证按照要求进行无损检测工作。设备开机操作前确认设备内和周边情况，禁止无关人员靠近。

(5) 检测室房门在探伤工作期间保持关闭，并在门口粘贴非请勿入的提示牌。

(6) 制定检测室人员管理制度，检测室房门设置门禁，未经允许，禁止非辐射工作人员进入检测室。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条要求：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；其他辐射工作单位应当有1名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。

公司成立了辐射防护工作领导小组，以公司主管生产管理的负责人为组长，保全部和辐射工作人员为组员，并明确了组织职责。由组长负责公司辐射防护管理工作，学历为本科，并直接向公司负责人汇报管理情况。公司现有的辐射安全与环境保护管理机构设置符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求。

本项目开展后，将纳入公司辐射防护管理范围，并拟根据本项目人员和设备情况，完善管理机构和管理人员，确保管理机构满足规范要求和公司各核技术利用相关项目运行需求。

12.2 辐射安全管理

(1) 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》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，应当建立有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护、安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、台账管理制度、监测方案。

顺多利公司已开展有 X 射线探伤项目，制定有包括《辐射安全防护制度》《辐射工作岗位职责》《辐射工作人员培训及考核计划》《辐射工作人员职业健康管理制度》《辐射安全事件应急预案》《射线装置安全防护管理制度》《监测计划》《设备维护保养制度》等制度及各设备操作规程。

上述各种制度基本健全，具有一定的可操作性，公司日常辐射安全工作按照上述管理制度进行。待本项目投运前，可在沿用上述辐射防护管理制度的基础上进行适应性更新，并补充本项目设备设施操作规程等制度，并将设备操作规程、工作场所安全防护注意事项等制作成标牌粘贴在检测室内。

表 12 辐射安全管理

(2) 辐射工作人员管理

本项目劳动定员 2 人，拟从顺多利公司现有工作人员中培养，目前具体人员尚未确定。

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。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），辐射安全与防护培训需求的人员可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（以下简称培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识，并参加考核，取得辐射安全培训合格证书，持证上岗。已持证上岗的，在辐射安全培训合格证有效期到期前，需进行再次考核。

公司现有辐射工作人员均由公司组织进行了自主培训并考核合格，均配置个人剂量计，建立个人剂量监测档案，满足管理要求。本项目工业 CT 为 II 类射线装置，因此本项目新增辐射工作人员应按照公告要求，在辐射安全与防护培训平台学习，并取得相应类别的考核合格成绩单后方可上岗，确保项目辐射工作人员满足要求。

(3) 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定：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。

公司制定了《辐射安全防护制度》，在制度中明确了年度评估报告包含内容，指定专人负责填写和上报，要求如实填写公司辐射防护管理情况，并在每年 1 月 31 日前将上年度报告提交在全国核技术利用辐射安全申报系统上。后续公司将继续按规定开展年度评估检查，对检查中发现的问题或不足及时整改，消除安全隐患，按规定编制并上报年度评估报告。其填报内容应包括 X 射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容。

(4) 档案管理

辐射安全与防护管理档案资料分以下九大类：“制度文件”“环评资料”“许可证资

表 12 辐射安全管理

料”“射线装置台账”“监测和检查记录”“个人剂量档案”“培训档案”“年度评估”“辐射应急资料”。

目前，公司已按要求分类管理辐射防护相关资料，并将各类档案文件归档保存。本项目运营前，公司拟按照要求，安排新增辐射工作人员进行职业健康体检、配置个人剂量计、参加辐射安全与防护培训并取得合格证，将健康体检报告、个人剂量监测报告、辐射安全培训合格证等建立档案保存。档案信息和保存等按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定执行。

(5) 核安全文化建设

核安全文化是以“安全第一”为根本方针，以维护公众健康和环境安全为最终目标；保障核安全是培育核安全文化的根本目的，而培育核安全文化是减少人因失误的有力措施，是核安全“纵深防御”体系中的重要屏障。

核安全文化是核安全的基础，是从事核技术利用活动单位及其全体工作人员的责任心。对于核技术利用项目核安全文化的建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化，核安全文化表现在从事核技术利用活动单位的相关领导与员工及最高管理者应具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识，提高并保持核安全意识。

公司拟建立辐射环境安全管理体系，设立核安全保障机构，明确了单位各层级人员的职责，将良好的核安全文化融汇于运营和管理的各个环节；应持续开展核安全文化建设，让其发挥的作用更加有效，做到凡事有章可循，凡事有据可查，凡事有人负责，凡事有人检查。在日常工作中将核安全文化的建设贯彻于核技术利用活动中，不断识别单位内部核安全文化的弱项和问题并积极纠正与改进；落实两个“零容忍”，即对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”。让核安全文化落实到每个从事核技术利用活动人员的工作过程中，确保核技术利用项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

①公司组织核安全文化培训，制定出符合自身发展规划的核安全文化；

②公司建立有关的部门管理，通过专项的管理能够让核安全文化一步步落实到员工的工作过程中，并让核安全文化建设更加有效。

表 12 辐射安全管理

12.3 从事辐射活动能力评价

建设单位从事辐射活动应具备相应的条件，对建设单位从事的辐射活动能力评价如表 12-1。

表 12-1 从事辐射活动能力的评价

应具备条件	落实的情况
设有专门的辐射安全与环境保护管理机构或者至少有一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。	已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，明确了组织职责，由管理领导小组负责日常辐射防护管理工作。
从事放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。	项目辐射工作人员将在上岗前按照规定参加培训并考核合格。
射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	本项目设备为整体工业 CT 设备，且固定在一个房间内使用，工业 CT 屏蔽能力满足要求；射线装置拟设置门机联锁、灯机联锁、电离辐射警告标识以及工作状态指示灯、紧急停机按钮、固定式剂量报警仪等安全防护措施。
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，包括个人剂量计。	拟配备个人剂量计、个人剂量报警仪、固定式剂量报警仪和便携式 X- γ 辐射剂量率仪等。
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、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	顺多利公司制定有各项辐射防护制度，基本满足本项目运行要求，本项目运行前结合实际情况更新现有管理制度并补充本项目设备操作规程，部分制度将张贴上墙。
有完善的辐射事故应急措施。	制定辐射事故应急处理相关制度，明确了发生辐射事故后的应急处理要求。

本项目的管理工作依托公司现有的管理体系，已具备了一定的能力，但还应在本项目建设完成后运营前，针对本项目完善相应管理规定，公司承诺全部落实上述各项要求，具备从事本项目辐射活动的的能力，并对本项目进行竣工环境保护验收和办理辐射安全许可后，本项目方可投入正式运行。

12.3 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法规和标准，必须对辐射工作人员个人剂量进行监测、探伤设备箱体外的环境监测，开展常规的防护监测工作。

建设单位按规定了制定监测计划，包括个人剂量监测、辐射工作场所监测等，建设单位拟配备与辐射类型和辐射水平相适应和监测仪器，或委托有资质的单位定期对

表 12 辐射安全管理

铅房周围环境（包括监督区）进行监测，按规定要求开展各项监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括：

(1) 个人剂量监测

对辐射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求辐射工作人员在工作时必须正确佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。个人剂量监测应由具有个人剂量监测资质的单位进行。

监测频率：一般为一个月测读一次，最长不超过三个月，如发现异常可加密监测频率。

(2) 工作场所外环境监测

为保证项目辐射工作场所的安全，项目建成后的监测包括验收监测、例行监测和日常监测。

①验收监测：项目建成后、辐射防护设施等发生大的变化、设备大修等之后进行验收监测，委托有资质单位监测。监测结果交生态环境主管部门存档。

②例行监测：每一年监测一次，委托有资质单位监测。监测结果纳入年度评估报告提交生态环境主管部门。

③日常监测：按照监测计划开展日常监测，日常监测由建设单位自行监测（每月监测一次）。做好监测记录，存档备查，发现问题及时整改。

④监测点位：工业CT周围屏蔽体外、防护门外、顶棚上方30cm处，以及屏蔽体穿墙管线、门缝等辐射防护薄弱处。在巡测时发现数值异常高的区域，进行定点监测，监测点位按照标准要求布设。人员经常活动的区域和主射线照射区域需要重点关注，可适当增加监测频次和监测点位。

监测开始前确认工业CT内没有人员，确认设备正常，监测使用工业CT最大运行条件，检测主射线方向时不使用工件，监测其他方向时使用工件。

(3) 安全联锁设施检查

顺多利公司拟按相关法规及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求对X射线无损检测装置进行安全检查维护。安全检查维护内容详见下表。

表 12 辐射安全管理

表 12-2 安全检查维护要求		
类型	内容	频次
检查	工业 CT 外观是否完好； b) 设备电缆是否有断裂、扭曲以及破损； c) 冷却系统是否有渗漏； d) 门机、工作状态指示灯、急停、剂量监测系统安全连锁设施是否正常工作； e) 设备螺栓等连接件是否连接良好； f) 工业 CT 设备内安装的固定辐射检测仪是否正常； g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。	日检
维护	a) X 射线无损检测装置的彻底检查和所有零部件的详细检测。 b) 当 X 射线无损检测装置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。 c) 应做好设备维护记录	每年

12.4 辐射事故应急

根据《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）、《重庆市辐射污染防治办法》（重庆市人民政府令第 338 号）要求，申领辐射安全许可证的辐射工作单位应建立完善的辐射事故应急方案或具有针对性与操作性的应急措施。

12.4.1 应急处理小组

由公司主要负责人、公司辐射防护管理人员组成了辐射事故应急处理小组，其主要职责是发生辐射事故后，对现场进行及时处理，对受到事故辐射照射的人员剂量进行估算，安排其就医，和上级主管部门报告辐射事故处理情况，事故处理结束后，总结经验，防止事故的发生。

12.4.2 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年 3 月 2 日修订）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

本项目使用Ⅱ类射线装置，可能发生的辐射事故主要为人员滞留工业 CT 设备内、连锁失效等情况，导致人员受到不必要的误照射，一般事故情况下，辐射工作人员或公众成员受照剂量可能受到超过年剂量限值，因此，本项目事故等级为一般辐射事故。但如果人员在铅房内，受到设备主射线近距离长时间照射，可能导致较大辐射事故。

表 12 辐射安全管理

12.4.2 事故应急方案与措施

(1) 事故报告程序

一旦发生辐射事故，现场人员应迅速电话向公司辐射事故应急小组报告，应急小组需在事故发生后2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向重庆市两江新区生态环境局报告。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。

(2) 辐射事故应急处置措施

本项目设备发生辐射事故时，应立即切断设备电源或者就近按下急停按钮，迅速控制事故发展，消除事故源。

(3) 辐射事故后处理

启动并组织实施应急方案，将事故受照人员撤离现场，检查人员受危害程度，并采取救护措施，保护事故现场，配合相关部门作好事故调查处理，并作好事故的善后工作。对可能受到辐射伤害人员，事故单位应当立即将其送至当地卫生部门指定的医院或者有条件救治辐射伤病人的医院，进行检查和治疗，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。查找事故原因，排除事故隐患，总结事故发生原因，杜绝事故的再次发生。

(3) 应急演练

组织工作人员根据项目运行过程中可能产生的各类辐射事故定期进行辐射事故演练，提高人员对突发事件的应急处理能力。应急演练过程记录在案，针对演练过程中发现的问题，及时整改，避免发生事故后，应急处置工作的不当。目前公司已开展有设备运行过程中突发故障等情况下的事故应急演练工作，并留有演练记录，本项目运行后，公司应继续按照要求，进行定期辐射事故应急演练。

12.5 辐射安全与管理投资估算

项目环保投资估算表见表 12-3。

表 12-3 辐射安全与管理投资估算

内容	措施	投资（万元）
管理制度、应急措施	制作图框，上墙	0.5
警示标志	张贴正确，有中文说明	

表 12 辐射安全管理

防护监测设备	个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式 X-γ 辐射剂量率仪、固定式剂量报警仪	2.5
环保手续办理	环评、验收、办证等	7
合计	/	10

备注：设备屏蔽铅房、急停、工作状态指示灯、各项联锁等均为设备自带，不单独计算投资。

12.6 竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，项目建设应执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，建设单位应办理辐射安全许可证并按照《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326—2023）要求进行自主竣工环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见表 12-3。

表 12-3 环保设施竣工验收内容和要求一览表

序号	验收内容	验收要求	备注
1	建设内容	在顺多利公司厂区辅助用房 1F 预留 CT 探伤检测室内配置 1 台整体工业 CT，为定向型、数字化成像，不洗片，额定管电压≤225kV，管电流≤5mA。工业 CT 固定在检测室内使用。	不发生 重大变更
2	环保资料	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等。	齐全
3	环境管理	有辐射环境管理机构，设专人负责，制度上墙。制度包含操作规程、辐射防护和安全保卫制度、设备维修保养制度、人员培训计划、监测方案、应急预案、人员岗位职责等。	齐全
4	环保措施	①工作场所分区管理； ②工业 CT 铅房各屏蔽体、铅门有足够的屏蔽能力，管线口不影响屏蔽效果； ③设置安全联锁系统，包括门机联锁、灯机联锁；铅房内外设工作状态指示灯，工作指示灯旁粘贴中文说明，工作状态指示灯具有声音警示功能；铅房内外设急停按钮，并粘贴中文标识；铅房内急停按钮有紧急开门的功能； ④通风：设备铅房顶部安装机械排风扇，并连接排风管道至检测室外；设备铅房内每小时有效通风换气次数应不小于 3 次； ⑤铅房周围（含防护门）等醒目位置张贴固定的电离辐射警告标志； ⑥铅房内和检测室内安装摄像头，监视器设在操作台； ⑦每名辐射工作人员均配备个人剂量计，配置 2 台个人剂量报警仪、1 台便携式 X-γ 剂量率仪和 1 套固定式场所辐射探测报警装置。	符合相关要求

表 12 辐射安全管理

5	人员要求	配置辐射工作人员，持证上岗，定期进行复训。		环境保护令第 3 号、第 18 号
6	电离辐射	剂量管理目标 限值	辐射工作人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ 公众成员 $\leq 0.1\text{mSv/a}$	GB18871-2002 GBZ117-2022 GBZ/T250-2014
		周剂量控制水平	职业工作人员： $H_c \leq 100\mu\text{Sv/周}$ 公众： $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$	
		屏蔽体外剂量 率控制	工业 CT 箱体外 30cm 处周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。	

表 13 结论和建议

结论

13.1 项目概况

重庆顺多利机车有限责任公司拟在重庆市两江新区童家溪镇同兴北路 186 号附 1 号重庆顺多利机车有限责任公司辅助用房 1F 预留的 CT 探伤检测室内配置 1 台自屏蔽式工业 CT 用于对公司生产的金属零部件进行无损检测，该设备为 II 类射线装置，最大管电压 225kV，最大管电流 5mA。CT 探伤检测室建筑面积约 40m²。

项目总投资 500 万元，其中环保投资约 10 万元。

13.2 产业政策符合性

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中鼓励类第三十一项“科技服务业”中第 1 条的“检验检测服务”，属于鼓励类。所以，本项目符合国家的产业政策。根据备案证，该项目符合本地区产业政策和准入。

13.3 实践正当性

项目使用工业 CT 开展工件无损质量检验，确保工件使用安全。其为企业和社会带来利益远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

13.4 辐射环境质量现状

本项目建设位置的环境 γ 剂量率的监测值在 63nGy/h~97nGy/h（未扣除宇宙射线），2024 年重庆市环境 γ 辐射剂量率各点位测量均值范围为 79.2~108nGy/h、全市各点位年均值为 96.1nGy/h（均未扣除宇宙射线响应值）。项目辐射环境背景调查表明，场址及周围的环境 γ 辐射剂量水平在重庆市天然辐射本底水平的正常涨落范围内，项目周围环境的辐射环境质量现状无异常。

13.5 选址可行性及布局合理性

项目位于顺多利公司厂区辅助用房 1F 预留用房内部，且设备四周相邻均为检测室内，公众成员居留时间很少。工作场所周围流动人员很少，有利于探辐射防护的管理，项目选址合理。

表 13 结论和建议

项目拟购置 1 台整体工业 CT，设置 1 个工件防护门和两扇检修门，防护门的屏蔽材料及厚度与所在箱体侧一致，操作台位于屏蔽铅房外，且工件门与操作台均不在设备主线束方向上，满足标准要求，检修门常闭，且与设备联锁，平面布局合理。

13.6 辐射防护与安全措施

建设单位拟对工作场所进行分区管理，划分为控制区和监督区。控制区范围为工业 CT 铅房，监督区范围检测室（除工业 CT 外区域）。

拟采购设备自带有多种固有安全性，如：开机时系统自检、过电流保护、过电压保护、失电流保护、X 射线球管超温保护等，能很好的保证工业 CT 自身的稳定性和安全性。

工业 CT 主射线方向铅房屏蔽厚度为 18mmPb+6mm 钢，左侧、正面、背面、底板及顶部屏蔽体（含工件门、检修门）屏蔽体为 12mmPb+6mm 钢板，其中顶部靠右侧 0~450mm 和正面靠右侧 0~867mm 范围内的屏蔽体铅板厚度为 18mmPb。铅房主体结构焊接密闭，设置电缆进出口防护罩，穿越防护墙的管道（电缆线管）远离 X 射线球管，且不位于主射区域。防护门与工业 CT 屏蔽体之间有足够的搭接宽度。

工业 CT 内外均拟安装紧急停机按钮，拟设置门机联锁装置、工作状态指示灯并与设备联锁、声光警示装置、视频监控系统，在防护门外张贴电离辐射警告等标志，配备符合开展项目要求的个人防护用品及监测仪器设备。

工业 CT 位于检测室内，检测室防门在工业 CT 运行期间保持关闭，工业 CT 内安装有机械排风系统，具有良好的通风，每小时换气次数满足标准规定的 3 次/h。

综上所述，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的相关要求。

13.7 环境影响分析结论

根据核算，在屏蔽体设计厚度下，工业 CT 工作时，工业 CT 箱体、防护门等

表 13 结论和建议

屏蔽体外剂量率值均小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$, 因此工业 CT 屏蔽铅房的设计厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 屏蔽防护的要求。辐射工作人员、公众成员的年附加有效剂量均低于剂量管理目标的要求(辐射工作人员 5mSv/a , 公众成员 0.1mSv/a), 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 要求。

本项目运行时, 在周围环境保护目标处的辐射影响很小, 对其产生的影响有限, 能为环境所接受。

项目运行不产生放射性废水、放射性废气。少量的臭氧和氮氧化物在机械排风下能迅速排出和扩散, 不会对周围环境产生不利影响。

13.8 事故风险分析结论

本项目可能产生的辐射事故为人员受到误照射等, 可能发生一般辐射事故, 极端情况下, 可能导致较大辐射事故。本项目在采取相应措施后风险可防可控。建设单位拟制订辐射事故应急预案和安全规章制度, 在进一步完善后应认真贯彻实施, 以减少和避免发生辐射事故与突发事件。建设单位拟按照要求进行规范化操作, 并定期检查设备安全设施情况, 避免辐射事故的发生。

13.9 辐射环境管理

建设单位成立了辐射安全管理组织, 制定了各项规章制度、操作规程、应急处理措施等, 制度基本健全、具有可操作性。但仍需按照新的法律法规、标准等完善现有管理制度, 并加强日常应急响应的准备工作及应急演练。公司应严格执行各项规章制度执行, 辐射工作人员需经辐射防护与安全培训并考核合格后才能上岗, 在工作时正确佩戴个人剂量计, 定期进行检测并进行健康体检。辐射还应在今后的工作中, 不断完善相关管理制度, 加强管理, 杜绝辐射事故的发生。

13.10 综合结论

综上所述, 重庆顺多利机车有限责任公司新能源汽车关键零部件研发生产基地智改数转项目(工业 CT 部分) 符合国家产业政策, 选址和布局合理。在完善相应的污染防治措施和环境管理措施后, 项目运行时对周围环境和人员产生的影响满足环境保护的要求, 辐射环境风险可防可控。因此, 从环境保护的角度来看, 该建设

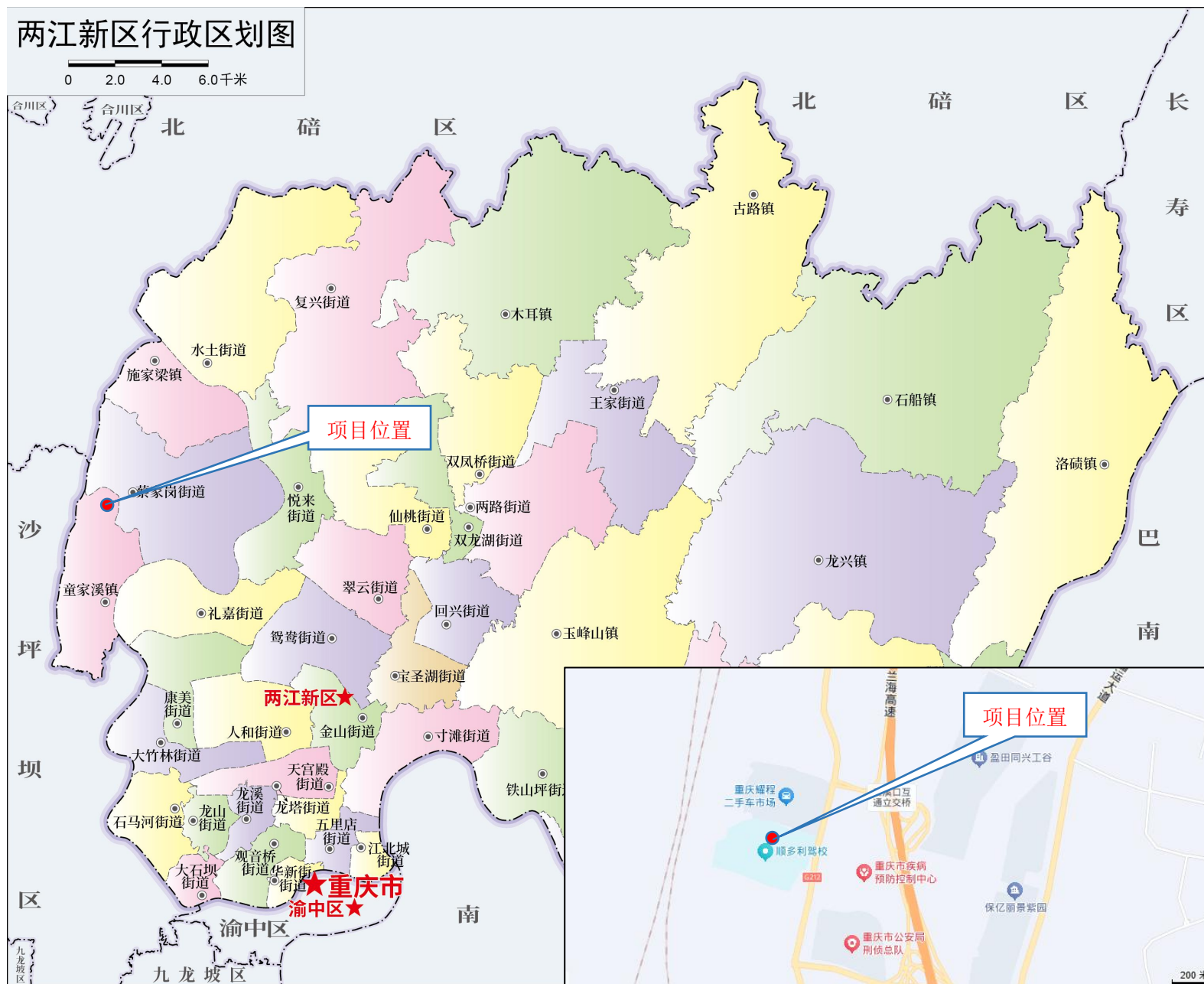
表 13 结论和建议

项目是可行的。

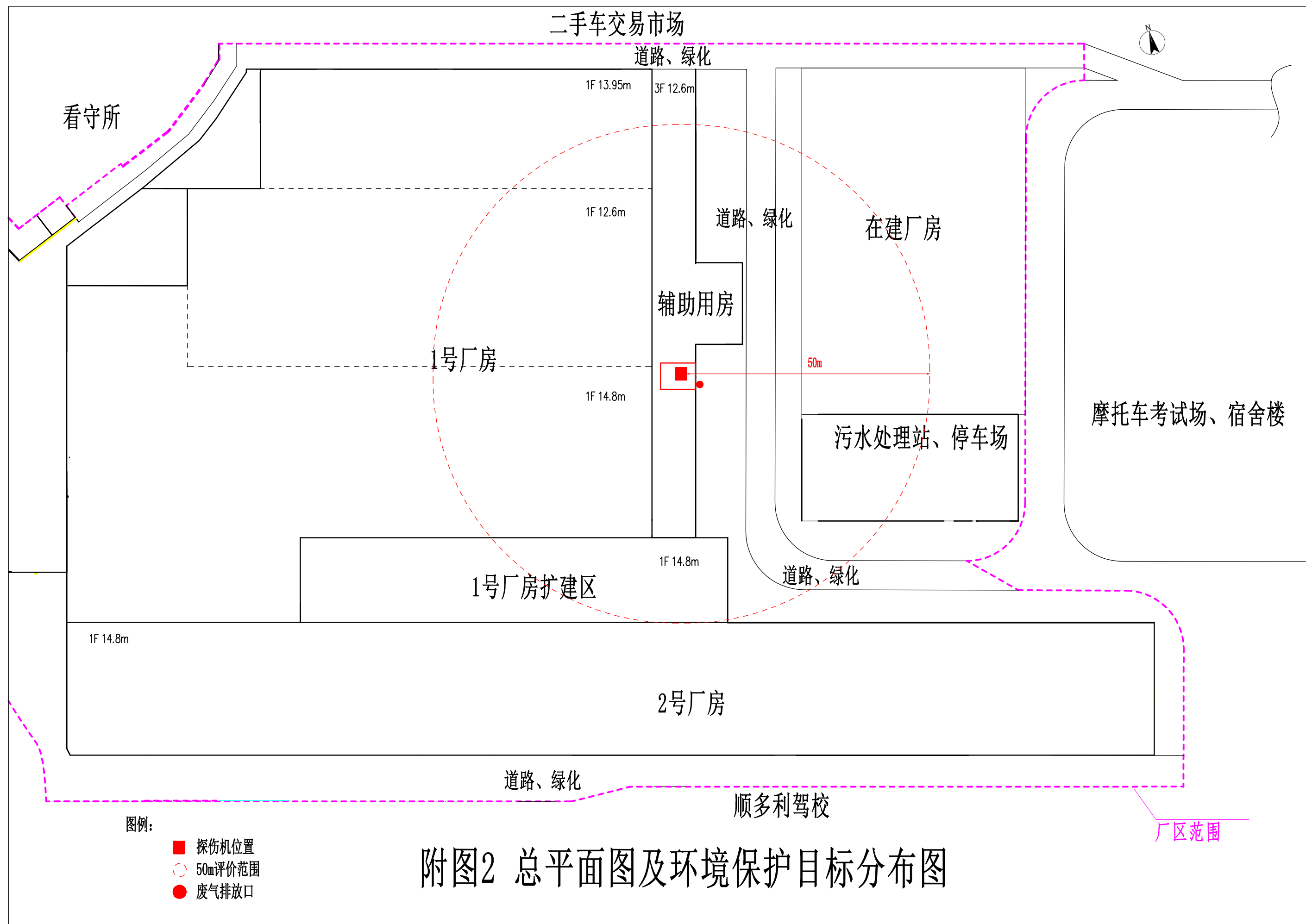
附 图

附图 1 地理位置图

附图 2 总平面图及环境保护目标分布图



附图 1 地理位置图



附图2 总平面图及环境保护目标分布图