

核技术利用建设项目

重庆冠宇动力电池有限公司

新增工业CT机项目

环境影响报告表

(公示版)

建设单位：重庆冠宇动力电池有限公司

编制单位：重庆朕尔医学研究院有限公司

编制时间：2024年08月

生态环境部监制



核技术利用建设项目

重庆冠宇动力电池有限公司

新增工业CT机项目

环境影响报告表

建设单位名称：重庆冠宇动力电池有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

建刘
明

通讯地址：重庆市万盛经开区平山产业园区平山大道 21 号

邮政编码：400802

联系人：吴雪晨

电子邮箱：w*****n@cosmx.com 联系电话：136 ***** 908

重庆冠宇动力电池有限公司
关于同意《重庆冠宇动力电池有限公司新增工业 CT
机项目环境影响报告表》（公示版）
进行公示的说明

重庆市生态环境局：

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》和《建设项目环境保护管理条例》等有关规定，我司委托重庆朕尔医学研究院有限公司编制了《重庆冠宇动力电池有限公司新增工业 CT 机项目环境影响报告表》，报告表内容及附图附件等资料均真实有效，我司作为环境保护主体责任，愿意承担相应的责任。报告表（公示版）不涉及技术和商业秘密的章节。我司同意对报告表（公示版）进行公示。

特此说明。

重庆冠宇动力电池有限公司

2024 年 7 月



编制单位和编制人员情况表

项目编号	swu621		
建设项目名称	重庆冠宇动力电池有限公司新增工业CT机项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	重庆冠宇动力电池有限公司		
统一社会信用代码	91500110MA7KUGWW0R		
法定代表人（签章）	刘建明		
主要负责人（签字）	刘朗		
直接负责的主管人员（签字）	吴雪晨		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	重庆联尔医学研究院有限公司		
统一社会信用代码	91500103MA5U53FM41		
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
孟楠	2016035410352015411801000074	BH005013	孟楠
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
孟楠	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物（重点是放射性废弃物）、评价依据、保护目标与评价标准	BH005013	孟楠
刘涛	环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护	BH063232	刘涛
李高福	环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH064832	李高福

环评编制主持人职业资格证书（复印件）

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部：环境保护部批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试，取得环境影响评价工程师的职业资格。	This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.
	
Ministry of Human Resources and Social Security The People's Republic of China	Ministry of Environmental Protection The People's Republic of China
	编号：HP 00019684 No.

	姓名：孟楠
孟楠 HP00019684	Full Name
持证人签名： Signature of the Bearer	性别：男
管理号：2016035410352 证书编号：HP00019684	Sex
	出生年月：1988. 06
	Date of Birth
	专业类别：/
	Professional Type
	批准日期：2016. 05
	Approval Date
	签发单位盖章： Issued by
	签发日期：2016 12 月 30 日
	Issued on

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	8
表 3	非密封放射性物质	8
表 4	射线装置	9
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	10
表 6	评价依据	11
表 7	保护目标与评价标准	13
表 8	环境质量和辐射现状	21
表 9	项目工程分析与源项	24
表 10	辐射安全与防护	33
表 11	环境影响分析	45
表 12	辐射安全管理	60
表 13	结论及建议	67

表 1 项目基本情况

建设项目名称		重庆冠宇动力电池有限公司新增工业 CT 机项目			
建设单位		重庆冠宇动力电池有限公司			
法人代表	刘建明	联系人	吴雪晨	联系电话	136*****908
注册地址		重庆市万盛经开区平山产业园区平山大道 21 号			
项目建设地点		重庆市万盛经开区万东镇龙门路 70 号 重庆冠宇电池有限公司 7 厂 A 栋（5#-A）1F 西南侧			
立项审批部门		重庆市万盛经开区经济和信息化局	批准文号	2404-500110-07-03-641371	
建设项目总投资（万元）	800	项目环保投资（万元）	15	投资比例（环保投资/总投资）	1.88%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他		占地面积（m ² ）	30
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 重庆冠宇动力电池有限公司（以下简称“建设单位”）成立于 2022 年，依托重庆冠宇电池有限公司在万盛经开区发展的硬件建设实力和科研软实力，投资约 63300 万元，租用重庆冠宇电池有限公司原五厂房（现 7 厂）A 栋（5#-A）、B 栋（5#-B）的 1~2F 部分区域以及 4F 区域等建设“重庆冠宇动力电池智能化制造项目”，总建筑面积约为 42703m²，计划购置电池生产设备，打造自动化生产线，拟生产电芯 210 万只/月，并组装生产动力电池为 17 万只/月。 2023 年 5 月 11 日，重庆市万盛经济技术开发区生态环境局以“渝（万盛经开）环准〔2023〕008 号”对《重庆冠宇动力电池智能化制造项目环境影响报告表》进行了批				

续表 1 项目基本情况

复。目前，该项目已建成完成并投入运营，已通过竣工环境保护验收。

1.2 项目由来

建设单位为了保证产品质量安全，租用重庆冠宇电池有限公司 7 厂 A 栋（5#-A）1F 西南侧原会议室 2，将其改设为 CTM300 检测室，并拟配置 1 台 v|tome|xM300 型 X 射线检测系统（以下简称工业 CT，带有自屏蔽铅房）对建设单位生产的动力类锂电池相关零部件等进行无损检测。

本项目位于重庆市万盛经开区万东镇龙门路 70 号 7 厂 A 栋（5#-A）1F 西南侧，在重庆市万盛经开区平山产业园区鱼田堡工业组团内。

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行）的相关规定，工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置属于 II 类射线装置。

为加强射线装置的辐射环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保射线装置的使用不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国环境影响评价法》等相关法律法规要求，本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（中华人民共和国生态环境部令第 16 号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，环境影响评价文件类别为环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，严格执行《中华人民共和国环境影响评价法》，建设单位委托重庆朕尔医学研究院有限公司对本项目进行环境影响评价。在接受委托后，评价单位组织相关技术人员进行了现场勘察、收集资料和现状监测等工作，并结合项目特点、性质、规模，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）等规定要求编制完成本环境影响报告表。

1.3 评价思路

本项目 CTM300 检测室旁为重庆冠宇电池有限公司 CTS240 检测室，CTS240 检测室内拟设置一台工业 CT，其环保手续正在办理中，故采用 CTS240 检测室内同型号、同厂家、同参数的验收检测报告监测结果进行叠加计算。CTS240 检测室的工作负荷等资料由重庆冠宇电池有限公司提供。

1.4 建设内容及工程规模

续表 1 项目基本情况

(1) 项目概况			
本项目拟配置 1 台工业 CT（v tome xM300 型，属于 II 类射线装置，射线管 1：最大管电压 300kV、最大管电流 3mA、最大功率 500W；射线管 2：最大管电压 180kV、最大管电流 0.88mA、最大功率 15W），用于建设单位生产的动力类锂电池相关零部件等进行无损检测；本项目所在 7 厂 A 栋（5#-A）已建设完成并投入运营，已通过竣工环境保护验收。 本项目占地面积约 30m²，总投资 800 万元，其中环保投资约 15 万元。 本项目基本组成情况详见表 1-1。			
表 1-1 项目基本组成			
类别	项目名称	建设内容	备注
主体工程	CTM300 检测室	位于 7 厂 A 栋（5#-A）1F 西南侧，建筑面积约为 30m ² ；CTM300 检测室长宽高为 6.4m×4.7m×6m，吊顶高度为 3m，西南侧设进出门。	依托
	设备	CTM300 检测室拟配置 1 台 v tome xM300 型工业 CT，属于 II 类射线装置，射线管 1：最大管电压 300kV、最大管电流 3mA、最大功率 500W；射线管 2：最大管电压 180kV、最大管电流 0.88mA、最大功率 15W。工业 CT 自带屏蔽铅房，探伤工件进出防护门（含观察窗，简称进样门）、CT 操作台位于铅房正面；设备检修门位于铅房后侧（检修工作由设备厂家进行，本公司员工不参与检修）。进样门尺寸 86cm×66cm；检修门尺寸为 85cm×182cm。	新购
公用工程	供配电系统	依托 7 厂 A 栋（5#-A）供配电系统，用电来源于市政供电。	依托
	给水系统	依托 7 厂 A 栋（5#-A）给水管网。	依托
	排水系统	项目工作人员生活污水依托厂区已建污水处理站处理达标后排入市政污水管网。	依托
	通风系统	铅房设排风管机械通风。	新建
		依托 CTM300 检测室机械通风。	依托
环保工程	废水处理	项目无生产废水，不新增人员生活污水，项目工作人员生活污水依托建设单位现有污水处理站处理后进入市政污水管网。	依托
	固废处理	项目工作人员生活垃圾依托该厂房现有的生活垃圾收集系统收集后运至厂区生活垃圾暂存处（300m ³ ），统一交由环卫部门统一处理。	依托
		废 X 射线管交由有相关资质的单位回收并保管好回收手续。	依托
	噪声处理	项目噪声源主要为风机，属于低噪声设备，经距离衰减及建筑隔声后，项目运行时的噪声对铅房外的贡献值很小。	铅房自带
	废气治理	铅房通风：铅房内部机械排风，排风量为 20m ³ /h，通风次数约为 4 次/h，排风管位于设备背部右下角，废气经铅房排风管引至 CTM300 检测室内，再经 CTM300 检测室的排风口排放。	铅房自带

续表 1 项目基本情况

		CTM300 检测室通风：机械排风，排风量为 400m ³ /h，通风次数约为 4 次/h。CTM300 检测室西南侧顶棚设置一个排风口，距离地面 3m。废气依托 7 厂 A 栋（5#-A）排风系统再排出室外。	依托
	辐射防护	工业 CT 自带屏蔽铅房，铅房屏蔽能力能达到辐射防护的要求。铅房采用钢结构+铅屏蔽结构，并按相关标准要求配置辐射安全设施（如门机联锁、电离辐射警示标志、工作状态指示灯等）。	新购
其他	辐射工作人员	项目拟配备 1 名辐射工作人员开展检测工作。	/

（2）设备概况

项目工业 CT 基本组成见表 1-2。

表 1-2 项目工业 CT 基本情况表

装置型号/名称	v tome xM300 型工业 CT
系统组成	X 射线机系统（Ⅱ类 X 射线装置，定向型）、数字成像系统及计算机图像处理、操作控制台、机械运动系统、铅房
X 射线管	定向，2 个，射线管 1：最大管电压 300kV、最大管电流 3mA、最大功率 500W；射线管 2：最大管电压 180kV、最大管电流 0.88mA、最大功率 15W
散射角、焦距	25°，800mm
样品扫描转台	钢结构高精密度样品扫描转台，样品动，射线管位置不动
铅房材质及厚度（铅当量）	见表 1-3
辐射防护设施	配置有安全联锁装置、急停开关、警示灯、电离辐射警告标志等

（3）项目铅房建设方案

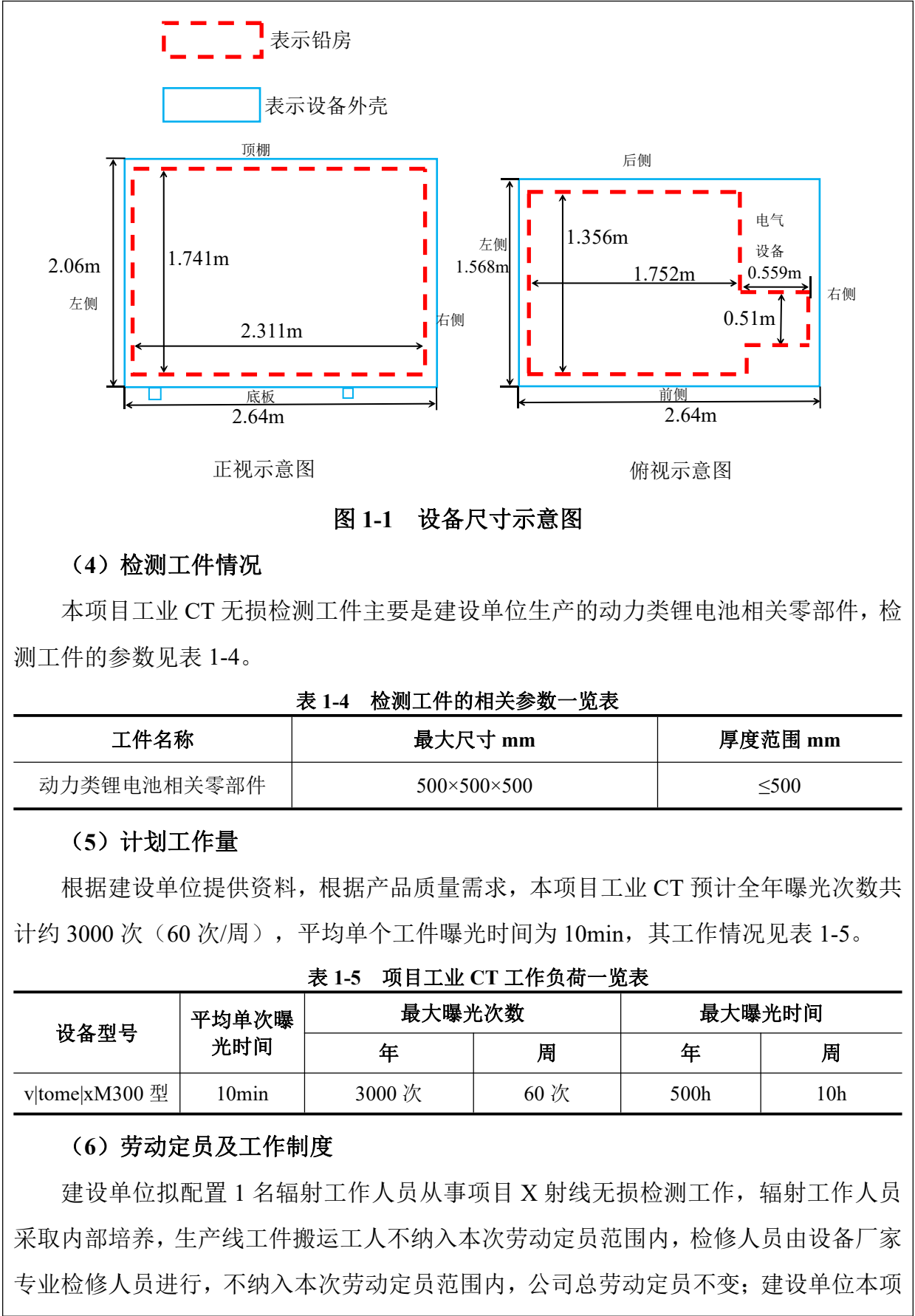
项目设备铅房的具体设计见表 1-3，设备尺寸示意图见图 1-1。

表 1-3 项目铅房设计情况表

名称	尺寸	设计情况	备注
工业 CT 铅房外壳（不含操作台）	2640mm（长）×1568mm（宽）×2060mm（高）	钢+铅+钢结构舱体	设备厂家提供
工业 CT 铅房（内空）	1752mm（长）×1356mm（宽）×1741mm（高） 右凸：559mm（长）×510mm（宽）×1741mm（高）	左侧屏蔽体（主射线）：24mmPb 右侧屏蔽体：18mmPb 顶棚屏蔽体：16mmPb 底板屏蔽体：18mmPb 前侧屏蔽体：20mmPb 右侧检修门：18mmPb 后侧检修门及后侧屏蔽体：18mmPb 进样门（含观察窗）屏蔽体：20mmPb	

注：1.铅密度为 11.3g/cm³（后文不再赘述）；2.西南侧即为前侧，东北侧即为后侧，西北侧即为左侧，东南侧即为右侧（全文不再赘述）。

续表 1 项目基本情况



续表 1 项目基本情况

目辐射工作人员年工作 250 天，工作制度为一班制，每班 8h。

1.5 外环境概况

建设单位 7 厂 A 栋（1F/4F）、7 厂 B 栋（1F/4F）位于重庆市万盛经开区万东镇龙门路 70 号，其中 7 厂 A 栋和 B 栋 2F~4F 各楼层通过连廊相连。

本项目拟位于 7 厂 A 栋（5#-A）1F 西南侧 CTM300 检测室内，项目所在楼东北侧为休息区、厂区内道路，约 10m 为地面车库及地下车库；西北侧为连廊及道路，约 18m 为 5#-B 楼，约 90m 为厂区内道路；西南侧为临时停车位、厂区内道路，约 12m 为绿化带及护坡、停车场，约 30m 为小溪沟（无航线）；东南侧为厂区内道路，约 10m 为停车场及绿化带，约 20m 为厂区内公路，约 50m 为多普泰制药厂。项目所在楼外环境见表 1-6。

表 1-6 项目所在楼外环境一览表

序号	外环境名称	方位	最近距离	高差	基本情况
1	休息区、厂区内道路	东北侧	紧邻	0m	休息区、车行道及人行道
2	地面车库		约 10m	0m	停车场
3	地下车库		约 10m	-5m	停车场
4	连廊	西北侧	紧邻	+5m	5#-A 与 5#-B 连廊
5	道路		紧邻	0m	车行道及人行道
6	5#-B		约 18m	0m	生产厂房（4F）
7	厂区内道路		约 90m	0m	车行道及人行道
8	临时停车位、厂区内道路	西南侧	紧邻	0m	车行道及人行道
9	停车场		约 12m	0m	停车场
10	绿化带及护坡		约 12m	0~-28m	绿化带及护坡
11	小溪沟（无航线）		约 30m	-30m	小溪沟
12	厂区内道路	东南侧	紧邻	0~-10m	车行道及人行道
13	停车场及绿化带		约 10m	0m	停车场及绿化带
14	厂区内公路		约 20m	+10~-10m	车行道及人行道
15	多普泰制药厂		约 50m	+10m	外部厂区

注：“-”表示低于 7 厂 A 栋（5#-A）1F 地面，“+”表示高于 7 厂 A 栋（5#-A）1F 地面。

1.6 项目选址可行性分析

建设单位为方便管理及保证产品质量安全，拟实施“重庆冠宇动力电池有限公司新增工业 CT 机项目”，项目选址于重庆市万盛经开区万东镇龙门路 70 号，属于工业园区内，本项目是属于园区主导产业配套项目，符合园区准入条件。

工业 CT 铅房位于 7 厂 A 栋（5#-A）1F 西南侧 CTM300 检测室内，便于工件、人

续表 1 项目基本情况

员进出，且周围活动人员较少，且铅房六面体采用了自屏蔽防护措施，经过屏蔽后对周围环境辐射影响较小；根据现状监测结果，场址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。

综上所述，从辐射防护与环境保护角度，项目选址可行。

1.7 与项目有关的原有核技术利用情况

根据调查，建设单位已办理了辐射安全许可证（渝环辐证[46030]，有效期至 2027 年 12 月 12 日），该辐射安全许可证许可使用 4 枚 V 类放射源。建设单位现有放射源见表 1-7。

表 1-7 现有放射源一览表

序号	核素名称	类别	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	使用场所	备注
1	⁸⁵ Kr	V 类	(1.11E+10) * 4	1 号厂房 1 楼涂布车间	已办证

根据现场调查以及建设单位提供资料，建设单位制定有相应的辐射防护制度，目前配置有 5 名辐射工作人员，均进行了辐射相关培训，做到了持证上岗，均进行了职业健康体检，均配备了个人剂量计，上一年度个人剂量均低于建设单位的管理目标值 5mSv/a。建设单位委托有资质单位对运行放射源的辐射环境进行了监测，屏蔽能力满足要求。建设单位运行至今，辐射防护及管理措施均按照现行规范施行。

1.8 项目所在厂房环保手续情况

本项目所在重庆市冠宇电池有限公司厂房已完成环评手续，且已取得环境影响评价批准书，批复文号：渝（万盛经开）环准〔2020〕056 号，详见支撑性材料附件 3；该厂房已建设完成并运营，已通过竣工环境保护验收；因此，该厂房环保手续齐全，详见支撑性材料附件 4。

根据现场调查和咨询，厂房内无遗留环保问题。

1.9 与项目依托可行性

项目依托可行性分析见表 1-8。

表 1-8 项目依托可行性分析

依托工程	依托情况	可行性分析	结论
公用工程	供电、供水等公用工程依托厂房内现有	本项目供电、供水设施依托现有厂房。厂房为市政供电，市政管网供水。因此，项目依托厂房现有公用设施可行。	可行

续表 1 项目基本情况

环保工程	生活污水	项目辐射工作人员在建设单位现有劳动定员内，故运营期不新增厂房生活污水，本项目可依托厂内污水处理站（处理能力 200m ³ /d），依托可行。	可行
	固体废物	项目工作人员生活垃圾依托该厂房现有的生活垃圾收集系统收集后运至厂区生活垃圾暂存处，统一交由环卫部门统一处理，依托可行。	可行
		废 X 射线管交由有相关资质的单位回收并保管好回收手续，依托可行。	可行
劳动定员	依托公司已有辐射工作人员开展相关工作	在建设单位内部调配培养 1 名辐射工作人员从事 X 射线无损检测工作，具体人员待定，人员按照辐射工作人员进行管理，完善培训、职业健康体检、个人剂量计配置及检测。	可行
辐射环境管理	辐射环境管理	建设单位已成立辐射安全管理委员会，设置了专人管理辐射环境，并制定了相应的辐射安全管理制度和辐射事故应急预案等。因此，现有辐射安全管理委员会和管理制度等能满足本项目的管理要求。	可行

由表 1-9 可知，本项目公用工程、环保工程均可依托厂房内现有设施；辐射工作人员依托现有工作人员进行调配培养，培训考核合格后持证上岗；本工程依托现有辐射工作安全管理可行，本项目建成后纳入建设单位统一管理。

因此，项目依托厂房内现有设施以及辐射工作人员、辐射环境管理是可行的。

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	X 射线检测系统	II	1 台	v tome xM300 型	300	3	无损检测	7 厂 A 栋（5#-A）1F 西南侧 CTM300 检测室内	新购

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大靶电流（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 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 日最新修订； (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) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），中华人民共和国生态环境部令第 18 号，2021 年 1 月 1 日施行； (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2005 年 12 月 21 日施行；国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日修订实施； (7) 《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 日修订实施； (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行； (9) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，2023 年 12 月 27 日中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号修改，2024 年 2 月 1 日起施行； (10) 《国家危险废物名录（2021 年版）》，中华人民共和国生态环境部令第 15 号，2021 年 1 月 1 日起施行； (11) 《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行）； (12) 《重庆市环境保护条例》，2022 年 11 月 1 日修订实施； (13) 《重庆市辐射污染防治办法》，渝府令〔2020〕338 号，自 2021 年 1 月 1 日起施行。
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) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）；

续表 6 评价依据

	(5) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及 2017 年修改单; (6) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017); (7) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019); (8) 《环境γ辐射剂量率监测技术规范》(HJ1157-2021)。
其他	(1) 环境影响评价委托书, 支撑性材料附件 1; (2) 重庆市企业投资项目备案证, 支撑性材料附件 2; (3) 项目所在厂房环评批复, 支撑性材料附件 3; (4) 项目所在厂房环境保护验收意见, 支撑性材料附件 4; (5) 辐射安全许可证, 支撑性材料附件 6; (6) 辐射安全相关管理制度, 支撑性材料附件 7; (7) 本项目环境现状监测报告, 支撑性材料附件 8-1; (8) v tome xM300 型工业 CT 监测报告, 支撑性材料附件 8-2; (9) v tome xs240 型工业 CT 监测报告, 支撑性材料附件 8-3; (10) 重庆冠宇动力电池智能化制造项目环评批复及环境保护验收意见, 支撑性材料附件 9; (11) ICRP 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》; (12) 项目设计等其他相关资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关规定，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围为评价范围。因此，项目以工业 CT 中铅房周围外 50m 的范围作为项目辐射环境影响评价范围。

7.2 保护目标

项目铅房拟建于 7 厂 A 栋（5#-A）1 层 CTM300 检测室内，东北侧为超期物料放置区、备用仓库、HSF 不合格区等，西北侧为会议室 3、客户办公室等，西南侧为过道等，东南侧为 CTS240 检测室等，见附图 2-2 和 2-3。拟建址楼上为理化分析室 2、实验室过道，楼下为混凝土地基。

项目铅房拟建址周围 50m 范围内无学校、幼儿园等环境敏感目标。铅房拟建址 50m 范围保护目标涉及重庆冠宇电池有限公司 7 厂 A 栋（5#-A）、B 栋（5#-B）、厂区内道路、停车场、绿化带等厂区内区域。项目周围环境保护目标主要为从事 X 射线探伤操作的辐射工作人员以及周围活动的其他工作人员和周围公众，项目铅房外环境保护目标情况见表 7-1。

表 7-1 本项目铅房外环境保护目标一览表

序号	名称	方位	水平距离	高差	环境特征	人员类型	影响因子
1	CTM300 检测室	四周	紧邻	无	项目工作区域，约 1 人	辐射工作人员	电离辐射
2	备用仓库、超期物料放置区、HSF 不合格区、正极仓库、机加工办公室、库房、机加工房、过道、网络机房、夹具室等	东北侧	约 2.5-50m	无	厂区用房，约 50 人	公众成员	电离辐射
3	会议室 3、客户办公室、备用仓库、正极仓库、过道、卫生间、卫生间、饮水间、PM 办公室、水井、电井、废弃井、除尘机房、强弱电井、过道、楼梯、装卸平台等	西北侧	约 1-50m	无	厂区用房，约 100 人	公众成员	电离辐射
4	厂区内道路		约 28-50m	无	厂区内道路，约 20 人	公众成员	电离辐射

续表 7 保护目标与评价标准

续表 7-1 本项目铅房外环境保护目标一览表							
序号	名称	方位	水平距离	高差	环境特征	人员类型	影响因子
5	5#-B 楼装卸平台、楼梯间、电井、过道、卫生间、危废贮存点等	西北侧	约 45-50m	无	厂区用房, 约 20 人	公众成员	电离辐射
6	7 厂 A 栋 (5#-A) 与 B 栋 (5#-B) 连廊 (2F-4F)		约 28-45m	+5~+20m	厂区用房, 约 30 人	公众成员	电离辐射
7	过道	西南侧	约 4-7m	0m	过道, 约 10 人	公众成员	电离辐射
8	厂区内道路、停车场、绿化带及护坡等		约 7-50m	0~-30m	公共区域, 约 30 人	公众成员	电离辐射
9	CTS240 室、SEM 室、设备区、XRD 室、保安亭、换鞋区、物料不合格区、仓库办公室、正极仓库、过道、水井、强弱电井、空房、信息机房、装卸平台、楼梯间等	东南侧	约 2.5-38m	0m	厂区用房, 约 50 人	公众成员	电离辐射
10	临时停车位、厂区内道路、绿化带及护坡、停车场等		约 7-50m	0~-30m	公共区域, 约 30 人	公众成员	电离辐射
11	7 厂 A 栋 (5#-A, 2F-4F) 及 B 栋 (5#-B, 2F-4F)	楼上	/	+6~+24m	厂区用房, 约 500 人	公众成员	电离辐射

注: “-”表示低于 7 厂 A 栋 (5#-A) 1F 地面, “+”表示高于 7 厂 A 栋 (5#-A) 1F 地面。

7.3 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

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。

续表 7 保护目标与评价标准

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应超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

(2) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)

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。

第 5.1 条 X 射线探伤机

第 5.1.1 条 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（本报告表 7-2）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
150~200	<2.5
>200	<5

第 6.1 条 探伤室放射防护要求

第 6.1.3 条 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。

第 6.1.4 条 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 μ Sv/h。

第 6.1.5 条 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。

续表 7 保护目标与评价标准

第 6.1.6 条 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。

第 6.1.7 条 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。

第 6.1.8 条 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。

第 6.1.9 条 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。

第 6.1.10 条 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。

第 6.1.11 条 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

第 6.2 条 探伤室探伤操作的放射防护要求

第 6.2.1 条 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。

第 6.2.2 条 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。

第 6.2.3 条 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。

第 6.2.4 条 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。

第 6.2.5 条 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。

续表 7 保护目标与评价标准

第 6.2.6 条 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。

第 8.3 条 探伤室放射防护要求

第 8.3.1 条 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。

b) γ 射线探伤验收检测时,应在额定装源活度、没有探伤工件、探伤机置于与测试点可能的最近位置进行;常规检测时,按照实际工作状态进行检测。

(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)

第 3.1.1 条 探伤室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: $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$

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

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 $100 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

第 3.2 条 需要屏蔽的辐射

第 3.2.2 条 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

(4) 评价标准及相关参数值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)要求,辐射工作人员年有效剂量不超过 20mSv ,公众成员年有效剂量不超过 1mSv ;根据建设单位提供的资料,重庆冠宇动力电池有限公司辐射工作人员年剂量管理目标限值: 5mSv ,公众成员年剂量管理目标限值: 0.1mSv 。铅房周围剂量当量率以不大于 $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 进行控制。

续表 7 保护目标与评价标准

7.4 铅房辐射屏蔽的剂量参考控制水平

(1) 相关要求

公式使用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中公式。

①周剂量参考控制水平（ H_c ）和导出剂量率参考控制水平（ $\dot{H}_{c \cdot d}$ ）：

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 $\dot{H}_{c \cdot d}$ （ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）按式（1）计算：

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

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 —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（7-2）计算：

$$t = \frac{W}{60 \bullet I} \quad (7-2)$$

式中：

W —X 射线探伤的周围工作负荷（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—小时与分钟的换算关系；

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 $\dot{H}_{c \cdot \max}$ ：

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

c) 关注点剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ ：

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

(2) 剂量率参考控制水平的确定

续表 7 保护目标与评价标准

根据建设单位同单位提供资料，本项目工业 CT 周工作负荷见表 7-3；根据 GBZ/T250-2014 附录 A，居留因子取值原则见表 7-4，剂量率参考控制水平核算表见表 7-5。

表 7-3 X 射线探伤装置工作负荷

设备型号	最大电压	最大电流	周最大曝光次数	平均单次曝光	周最大照射时间 (t)
v tome xM300 型	300kV	3mA	60 次/周	10min /次	10h/周

表 7-4 不同工作场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子	示例	备注
全居留	1	控制室、洗片室、办公室、邻近建筑物中的驻留区	GBZ/T250-2014 附录 A
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间	
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道	

表 7-5 铅房外剂量率参考控制水平核算表

方向与关注点		U	T	t (h/周)	H_c (μ Sv/周)	$\dot{H}_{c \cdot d}$ (μ Sv/h)	剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c \cdot \max}$ (μ Sv/h)	本项目剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ (μ Sv/h)	需屏蔽的辐射源
铅房左侧	CTM300 检测室	1	1	10	100	10.00	2.5	2.5	有用线束
铅房右侧	CTM300 检测室	1	1	10	100	10.00	2.5	2.5	泄漏辐射、散射辐射
铅房前侧	CTM300 检测室	1	1	10	100	10.00	2.5	2.5	
铅房后侧	CTM300 检测室	1	1	10	100	10.00	2.5	2.5	
顶棚		1	/	/	/	/	100	2.5	
底板		1	/	/	/	/	/	2.5	

注：① $\dot{H}_c$ 为 $\dot{H}_{c \cdot d}$ 和 $\dot{H}_{c \cdot \max}$ 二者的较小值；②铅房四周均为工作人员活动区域，故周剂量参考控制水平均按 100 μ Sv/周考虑，居留因子按工作人员在检测室内的活动，考虑不利情况，取 1；③顶棚和底板无人到达， $\dot{H}_c$ 保守取 2.5。

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 7-6 所示。

表 7-6 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 及建设单位管理要求
2	周剂量管理目标值	职业工作人员周剂量： $\leq 100\mu$ Sv/周	GBZ/T250-2014

续表 7 保护目标与评价标准

	标值	公众成员周剂量： $\leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$	
3	铅房外周围剂量当量率	专用铅房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率： $\leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$	GBZ117-2022 GBZ/T250-2014
4	通风要求	铅房内有效通风换气次数应不小于 3 次/h	GBZ117-2022

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

重庆冠宇电池有限公司位于重庆市万盛经开区平山产业园区平山大道 21 号，本项目位于 7 厂 A 栋（5#-A）1 层 CTM300 检测室内，地理位置图见附图 1，具体场所位置见附图 2。

8.2 辐射环境质量现状

为掌握本项目所在位置的辐射环境背景水平，2024 年 5 月 27 日重庆联尔医学研究院有限公司对项目所在地的辐射环境质量进行了现状监测，监测结果见渝联辐环检字[2024]0007 号。

- （1）监测因子：环境 γ 辐射剂量率（未扣除宇宙射线）
- （2）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

（3）监测仪器

监测仪器情况见表 8-2。

表 8-2 监测仪器情况

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
便携式X- γ 剂量率仪	BH3103B	2016008	DLjl2023-07768	2024.6.13	0.98

- （4）监测点位：共设 9 个点。具体监测布点见图 8-1 和图 8-2。



图 8-1 监测布点图

监测布点合理性分析：监测时，监测点位分别布设在项目铅房所在位置、铅房周围以及铅房楼上。监测布点较全面地考虑了项目所在位置及其周围辐射环境水平，总体上可以反映项目所在地辐射环境水平。

①本项目辐射环境监测单位为重庆朕尔医学研究院有限公司,具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定计量认证证书、质量管理体系认证及环境管理体系认证,并在允许范围内开展工作和出具有效的监测报告,保证了监测工作的合法性和有效性。

22

续表 8 环境质量和辐射现状

③监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

④监测实行全过程的质量控制，严格按照重庆联尔医学研究院有限公司《质量手册》《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经培训、考核合格后上岗。

⑤监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由授权签字人审定。

(6) 监测结果统计：监测结果统计见表 8-3。

表 8-3 本项目辐射环境监测结果统计

监测点位编号	监测点位描述	环境 γ 辐射剂量率 (nGy/h)
$\Delta 1$	拟建铅房位置处	85
$\Delta 2$	拟建 CTM300 检测室内	85
$\Delta 3$	拟建 CTM300 检测室东北侧墙外超期物料放置区	85
$\Delta 4$	拟建 CTM300 检测室西北侧墙外会议室 3	85
$\Delta 5$	拟建 CTM300 检测室西南侧墙外过道	85
$\Delta 6$	拟建 CTM300 检测室东南侧墙外 CTS240 检测室	86
$\Delta 7$	7 厂 A 栋 (5#-A) 2F 理化分析室 2	86
$\Delta 8$	7 厂 A 栋 (5#-A) 西南侧停车场	87
$\Delta 9$	7 厂 A 栋 (5#-A) 东南侧停车场	87

根据监测统计结果可知，本项目所在位置及周围环境 γ 辐射剂量率的监测值在 85~87nGy/h 之间（未扣除宇宙射线的响应值）。根据《2022 年重庆市辐射环境质量报告书》中辐射环境质量状况数据，重庆市累积剂量法测得的 γ 空气吸收剂量率全市点位年均值范围为 78.0nGy/h~119nGy/h，全市点位年均值为 94.5nGy/h（未扣除宇宙射线响应值）。两者相比，本项目所在地环境 γ 辐射剂量率均在重庆市 2022 年环境 γ 空气吸收剂量率正常涨落范围内。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 建设阶段工艺流程及产污环节

本项目建设阶段主要为 X 射线探伤设备管线（含铅房）安装，不涉及装修和土建。

建设过程中主要有施工机械噪声、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站，生活垃圾、包装垃圾和厂区生活垃圾一起统一交由环卫部门处理。

9.2 运行阶段（含调试阶段）工艺流程及产污环节

9.2.1 设备情况

项目拟配置 1 台工业 CT，为 II 类 X 射线装置，主要由 X 射线源、X 射线束光学系统（光源口和准直器）、数字平板探测器系统、高精密度数控样品扫描转台、铅房、计算机系统构成。设备具体情况见表 9-1。

表 9-1 设备情况表

装置型号/名称	V tome x M300 型工业 CT
厂家	贝克休斯
系统组成	X 射线源、X 射线束光学系统（光源口和准直器）、数字平板探测器系统、高精密度数控样品扫描转台、铅房、计算机系统
射线管	定向，2 个，不同时使用
主要技术参数	射线管 1：最大管电压 300kV、最大管电流 3mA、最大功率 500W 射线管 2：最大管电压 180kV、最大管电流 0.88mA、最大功率 15W
焦点到样品的最小距离	3.8mm
焦点到探测器距离	800mm
最小细节分辨能力	0.5μm
散射角	25°
过滤条件	0.5mmCu
设备外壳尺寸 （不含操作台）	2640mm（长）×1568mm（宽）×2060mm（高）
自屏蔽铅房尺寸	1752mm（长）×1356mm（宽）×1741mm（高） 右凸：559mm（长）×510mm（宽）×1741mm（高）
设备重量	7960kg
出束方式	定向，水平方向
检修门、进样门尺寸	检修门：85cm×182cm；进样门：86cm×66cm
显像方式	实时显像
样品扫描转台	钢结构高精密度样品扫描转台，样品动，射线管位置固定不动

续表 9 项目工程分析与源项

续表 9-1 设备具体情况一览表	
自屏蔽铅房材质及厚度（Pb当量）	左侧屏蔽体（主射线）：24mmPb 右侧屏蔽体：18mmPb 顶棚屏蔽体：16mmPb 底板屏蔽体：18mmPb 前侧屏蔽体：20mmPb 右侧检修门：18mmPb 后侧检修门及后侧屏蔽体：18mmPb 进样门（含观察窗）屏蔽体：20mmPb
射线管与各屏蔽体的距离	铅房内部： 各射线管距离底板距离约 762mm；距离顶棚距离约 979mm 距离前侧 457mm；距离后侧 899mm 距离左侧（主射）1126mm；距离右侧 626mm
辐射防护设施	配置有门机联锁、钥匙开关等安全联锁装置、声光指示灯、警示标志、急停装置、视频监控等
其他	电压预置，电流自动跟随等

注：本型号工业 CT 厂家为贝克休斯(之前为 GE Inspection Technologies)，设备制造商为德国 Waygate Technologies（隶属于贝克休斯集团），工业 CT 厂家全文描述为贝克休斯。

项目配置的设备外观及安全设施示意图见图 9-1 所示，设备功能及基本组件见表 9-2 所示。设备尺寸及自屏蔽示意图分别见图 9-2、图 9-3。

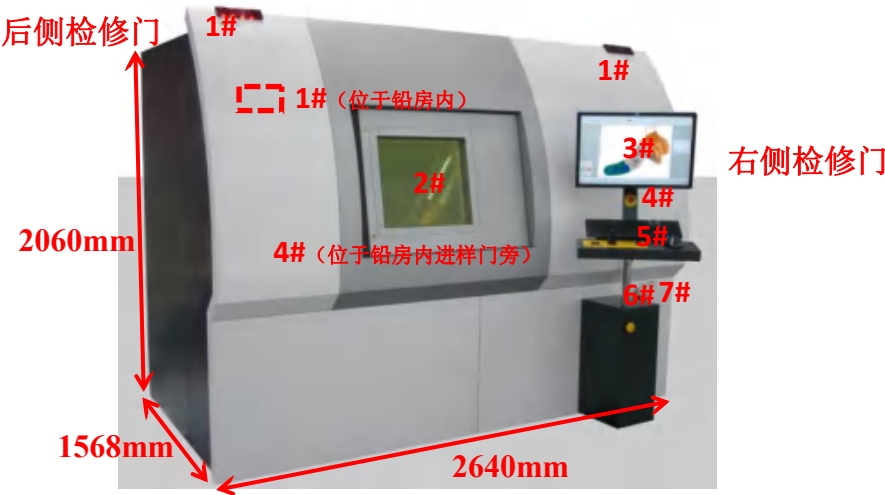
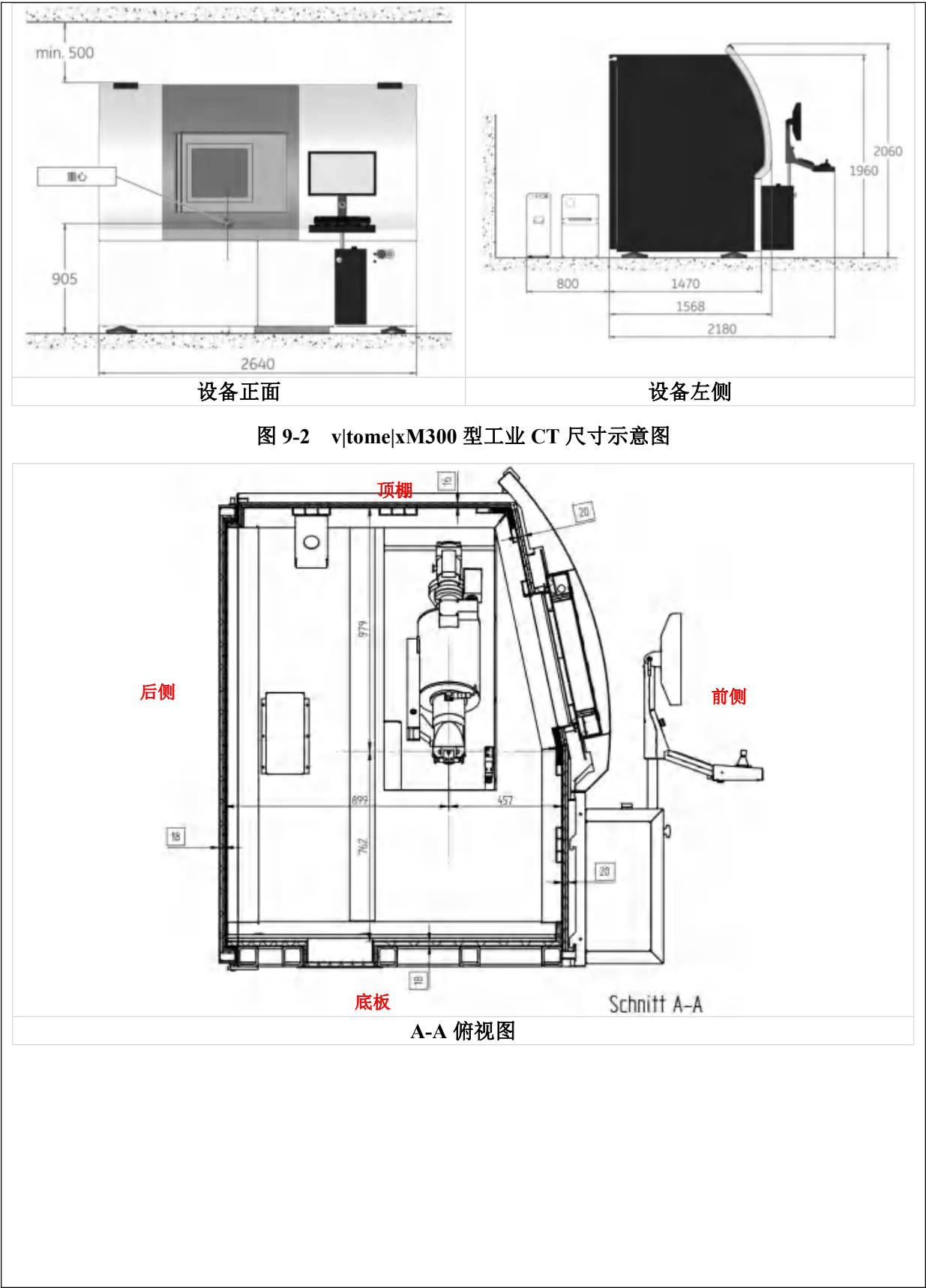


图 9-1 v|tome|xM300 型工业 CT 外观及防护设施示意图

表 9-2 设备功能及安全设施一览表

编号	名称	编号	名称
1	声光指示灯	5	操作面板
2	进样口（观察窗）	6	主开关
3	显示屏	7	钥匙开关
4	急停按钮	/	/

续表 9 项目工程分析与源项



续表 9 项目工程分析与源项

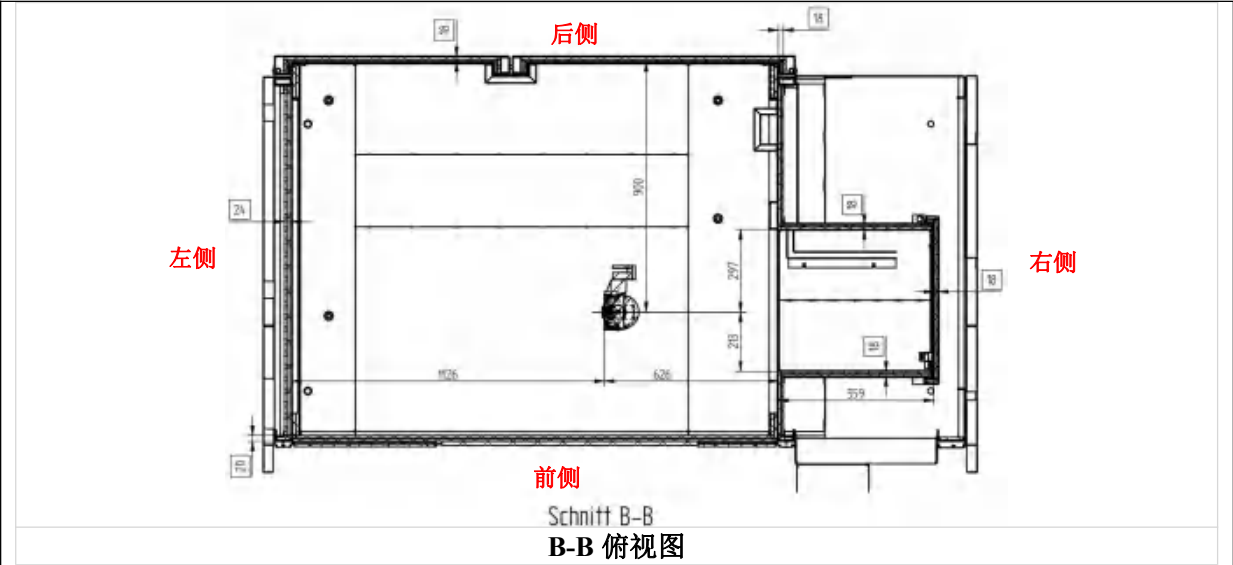


图 9-3 v|tome|xM300 型工业 CT 自屏蔽示意图

9.2.2 工作方式

项目为工业 X 射线固定式探伤，探伤曝光铅房与操作台分开设置，工业 CT 的工作方式为将检测工件从进样门（人员不进去铅房内）放置在铅房内的样品扫描转台上，工业 CT 开机出束对检测工件进行扫描，射线连续出束达到无损检测的目的。检测时，射线管不移动位置，射线连续出束，检测工件通过样品扫描转台转动，可以达到对检测工件进行检测的目的。检测图像通过数字平板探测器系统输出到操作台的显示器上，工作人员在操作台上观察检测图像，确认检测结果。本项目配置的设备自带屏蔽，出束期间，工作人员在铅房外操作台操作。

9.2.3 工作原理

项目工业 CT 主要包括 X 射线系统、探测器系统、高精密度样品扫描转台、铅房、计算机系统等构成。工业 CT 系统组成如图 9-4。

X 射线源是工业 CT 的重要组成部件，由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。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，用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金等）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。X 射线源组成图见图 9-5。

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

续表 9 项目工程分析与源项

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 9-6。

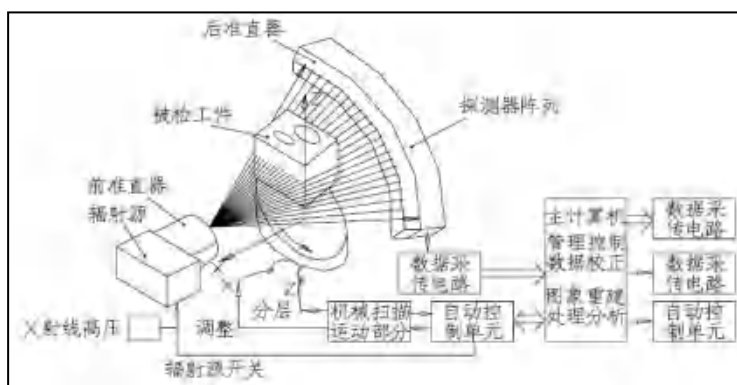


图 9-4 工业 CT 系统组成图

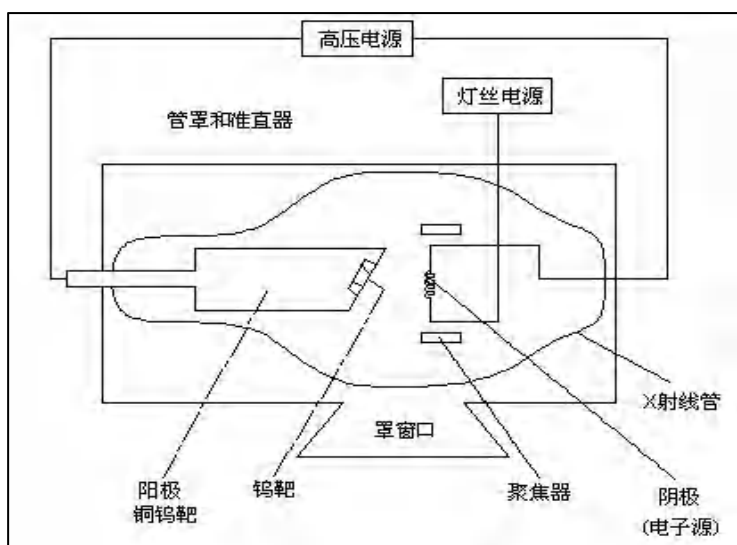


图 9-5 X 射线源组成图

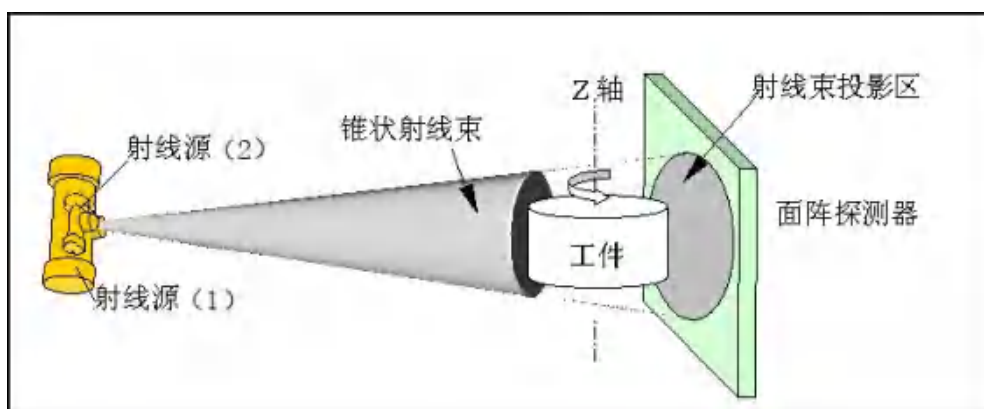


图 9-6 工业 CT 结构工作原理简图

续表 9 项目工程分析与源项

9.2.4 工艺流程

在工作前必须做好一切准备，根据探伤规范要求，调节好所需要的电流电压，准备检测后，非辐射工作人员不得进入 CT 铅房周围区域，以免发生误照事故。

①检测前将系统电源打开，打开计算机图像显示器等。确保检测前平台无其他物品影响检测以及铅房内无人员逗留。

②打开图像处理软件。铅门完全打开，打开电脑限位界面铅门开限位，按下操作台电脑启动按钮，系统进行启动操作（不出射线），电脑启动指示灯闪烁，当指示灯常亮则表示电脑启动初始化完成。

③使用工业 CT 对受检工件进行检测时，受检工件由辐射工作人员将待检工件由待检区搬运至设备内载物台上。

检测过程为：确保无人员在铅门处及铅房内逗留后关闭铅门，根据工件大小及形状设置相应参数，打开射线检测工件。

检测期间，工件固定在载物台上，载物台相对位于铅房中部。工业 CT 通过软件检测工件，检测完毕后铅门打开，由辐射工作人员取走工件放置已检区，以此方式检测下一个工件。

④全部工件检测完成，关闭高压电源，分析检测结果，出具电子分析报告（不需洗片）。再关闭软件和计算机。最后关闭总电源。



图 9-7 工业 CT 工艺流程及产排污简图

续表 9 项目工程分析与源项

9.2.5 人流物流路径

(1) **物流路径：**在工业 CT 未运行时，待检工件由车间生产线搬运工人运送至 CTS240 检测室内待检区；由辐射工作人员搬运至待检工件载物台上，检测完成后由辐射工作人员将已检工件放置在已检区；在工业 CT 未运行时，由车间生产线搬运工人将已检工件原路运回。

(2) **人员路径：**辐射工作人员经过道由 CTM300 检测室门进入到 CTM300 检测室内，工作结束原路返回；辐射工作人员仅在铅房外周围及操作台附近活动，不进入工业 CT 铅房内；生产线工件搬运工人在工业 CT 运行时不进入 CTM300 检测室内。

项目人流物流路径规划图见图 9-8。

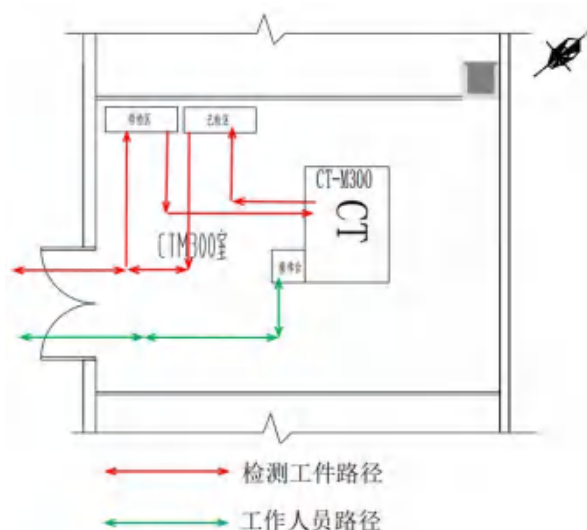


图 9-8 项目人流物流路径规划示意图

9.3 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曝光时的电离辐射影响、废气（臭氧、氮氧化物）等。

9.3.1 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

续表 9 项目工程分析与源项

续能谱分布，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口滤过有关。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 射线用来照射工件，形成工件无损检测的射线。本项目工业 CT 为 180kV、300kV 射线源，两个射线源不同时出束。保守考虑，按照 300kV 的剂量率核算，根据厂家提供的资料可知，300kV 射线源距靶 1m 处主射束在 0.5mm 铜的过滤条件下的最大输出量不大于 $2.88\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。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。靶物质原子序数越高，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。根据厂家提供的资料可知，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率，管电压为 180kV 时，应小于 0.625mSv/h ；管电压为 300kV 时，应小于 2.5mSv/h 。

(3) 散射线：由有用线束及漏射线在各种散射体（限束装置、受检者、射线接收装置及检查床、墙壁等）上散射产生的射线。一次散射或多次散射，其强度与 X 射线能量、X 射线机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离有关。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2，本项目工业 CT 的 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值为 200kV。

9.3.2 “三废”排放情况

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”。在无损检测作业时，X 射线使空气电离产生臭氧和氮氧化物。项目辐射工作人员均在该公司现有劳动定员内，故不新增生活垃圾和生活污水量。

(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（ NO_x ）；铅房内部机械排风，排风量为 $20\text{m}^3/\text{h}$ ，通风次数约 4 次/h，排风管拟位于设备背部右下角，废气经铅房排风管排至 CTM300 检测室内，CTM300 检测室设置机械排风系统，依托 7 厂 A 栋（5#-A）排风系统再排出室外。

(2) 废水

项目无生产废水产生，不新增人员生活污水，项目工作人员生活污水依托建设单位现有污水处理站处理后进入市政污水管网。

续表 9 项目工程分析与源项

(3) 固体废物

①一般固废

项目一般固废主要为辐射工作人员产生的生活垃圾及废 X 射线管。

本项目不新增劳动定员，不新增生活垃圾产生量；本项目工作人员生活垃圾经该厂房现有的生活垃圾收集系统收集后运至厂区生活垃圾暂存处，统一交由环卫部门统一处理；废 X 射线管交由有相关资质的单位回收并保管好回收手续。

9.3.3 项目产排污统计

项目污染因子及源强分析汇总见表 9-3。

表 9-3 本项目产排污一览表

污染物	污染因子	产生量	处理方式
电离辐射	X 射线	项目工业 CT 为 180kV、300kV 射线源，保守考虑，以最大射线源按照 300kV 的剂量率核算，根据厂家提供的资料可知，300kV 射线源距靶 1m 处主射束在 0.5mm 铜的过滤条件下的最大输出量不大于 $2.88\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率，管电压为 180kV 时，应小于 0.625mSv/h ，管电压为 300kV 时，应小于 2.5mSv/h 。 项目工业 CT 的 X 射线 90° 散射辐射最高能量按 200kV 计。	专用铅房四周墙体、顶棚、底板、防护门等屏蔽
废气	O_3 、 NO_x	少量	废气经铅房排风管排至 CTM300 检测室内，CTM300 检测室设置机械排风系统，依托 7 厂 A 栋(5#-A)排风系统再排出室外
废水	生活污水	不新增	本项目所在厂产生生活污水依托建设单位现有污水处理站处理后进入市政污水管网
固废	生活垃圾	不新增	收集后运至厂区生活垃圾暂存处，统一交由环卫部门统一处理
	废 X 射线管	1 个	交由有相关资质的单位回收并保管好回收手续

表 10 辐射安全与防护

10.1 布局与分区

10.1.1 工作场所布局合理性分析

参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中对于探伤室布局的要求如下：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。

项目为固定式 X 射线探伤，拟设置工业 CT 探伤铅房和操作台，固定安装在 7 厂 A 栋（5#-A）西南侧 CTM300 检测室，工业 CT 及操作台和铅房布置在 CTM300 检测室内，操作台、进样门（带观察窗）位于铅房前侧（西南侧），设备检修门分别位于铅房后侧（东北侧）、右侧（东南侧），检修工作由设备厂家负责，设备检修门平时处于常锁状态，均避开了有用线束（西北侧）照射的方向。CTM300 检测室内布局单一，除设备外，仅设置工件暂存区（分为已检区、待检区）。因此，项目平面布局合理。

10.1.2 分区管理

项目工业 CT 位于 7 厂 A 栋（5#-A）西南侧，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤工作间墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。

由于项目工业 CT 外有自屏蔽铅房，建设单位拟将铅屏蔽体内的区域划为控制区，将控制区外的 CTM300 检测室划为监督区。对照 GB18871-2002 及 GBZ117-2022 的分区原则，项目辐射工作场所分区合理。

项目分区情况如下表 10-1，项目分区示意图见图 10-1。

表 10-1 项目分区情况表

类别	用房
控制区	铅房内
监督区	CTM300 检测室除铅房以外的区域

续表 10 辐射安全与防护

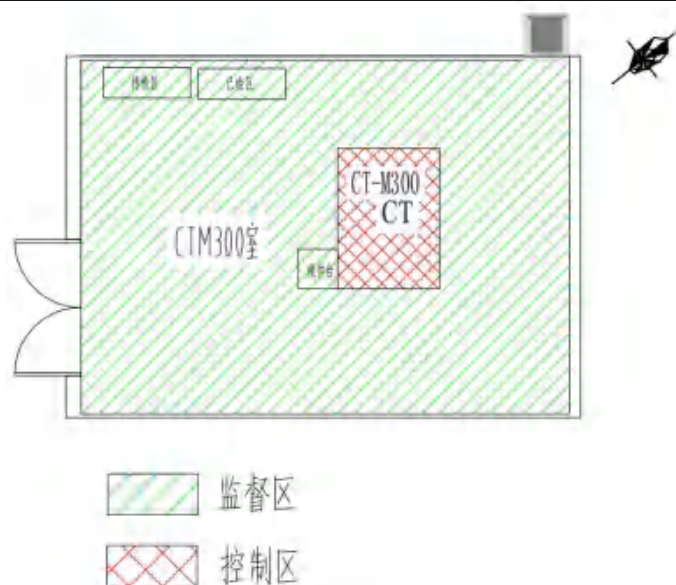


图10-1 项目分区示意图

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。其定义为“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安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。”根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）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。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。因此，项目分区满足上述要求。拟采取的分区管理措施如下：

①控制区：在该区的辐射工作人员应当严格遵守防护规定和安全操作规程，铅房顶部靠近出入口处拟设置醒目的声光报警、工作状态指示器及电离辐射警告标志，以及门机联锁等防止人员误入的控制措施。

②监督区：监督区为工作人员操作仪器时工作场所，CTM300 检测室门外拟设置监督区标识及电离辐射警示标志。

10.2 辐射安全与防护措施

项目 X 射线装置曝光时产生 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 项目工业 CT 固有安全性

固有安全性包括以下几个部分：

续表 10 辐射安全与防护

(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，该设备会示意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 24 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。

10.2.2 实体屏蔽防护措施

(1) 设备自带铅房，屏蔽防护设计如下：左侧屏蔽体（主射线）为 24mmPb，右侧检修门及右侧屏蔽体为 18mmPb，顶棚屏蔽体为 16mmPb，底板屏蔽体为 18mmPb，前侧屏蔽体为 20mmPb，后侧检修门及后侧屏蔽体为 18mmPb，进样门（含观察窗）屏蔽体为 20mmPb。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。铅房的屏蔽质量由设备厂家负责。

(2) 铅房主体结构焊接密闭，开设铅防护门，设置电缆进出口罩。

铅房主体结构焊接密闭，开设铅防护门，设置电缆及排风管进出口罩。

根据铅房内布局，电缆、排风管进出口选取了最优位置，位于设备后侧右下角，不位于主射区域，不会受到主射线照射，电缆、排风管在角落采用“U”型穿越方式经屏蔽体防护后穿出，且屏蔽防护与后侧屏蔽体防护一致，均为 18mmPb 的防护罩。经后文核算，设备屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的标准限值要求，因此电缆、排风管进出口射线经屏蔽防护后也能满足相应的标准要求。

电缆、排风管进出口罩具体尺寸见图 10-2。

续表 10 辐射安全与防护

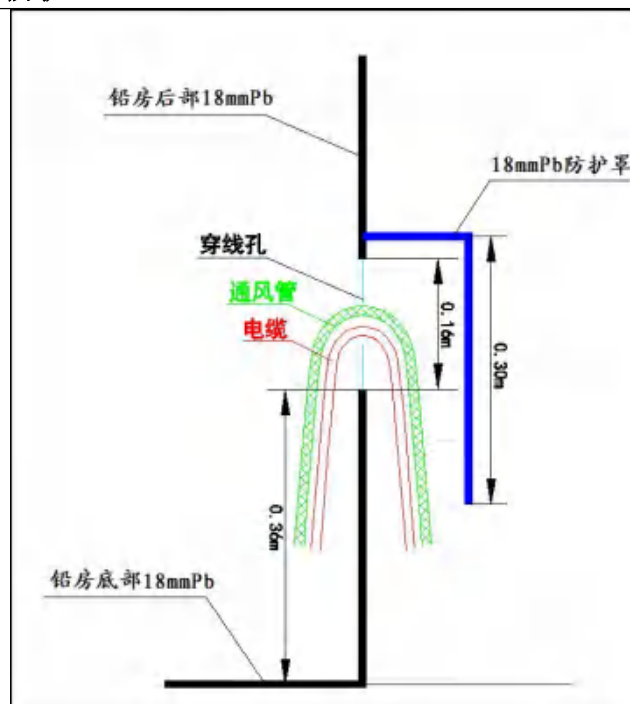


图 10-2 电缆进出口罩剖面图

(3) 防护门与铅房屏蔽体的搭接由设备生产厂家承担，防护门与铅房屏蔽体的搭接需保证铅房的整体屏蔽能力。

10.2.3 拟采取的安全联锁、紧急停机、工作状态指示灯等

(1) 门机联锁：进样口、检修门均与工业 CT 实行门机联锁，只有当防护门关闭，钥匙开关打开，才能启动 X 射线高压电源；在钥匙开关未打开、防护门未关闭或者没有到位的情况下，高压电源无法打开；防护门打开时高压电源将随即关闭，重新关上防护门后不会自动打开高压电源。

(2) 声光警示：项目铅房外顶棚和铅房内部拟同时设置显示“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，以确保铅房周围人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号拟分别采用有明显区别的黄色和红色指示，该工作场所内无其他报警信号。照射状态指示灯及声音提示装置拟与 X 射线探伤装置联锁。

(3) 设备上设有主电源开关，操作台上设有钥匙开关。主电源开关包括主机电源、计算机电源、动力电源开关，只有主机电源开通，计算机进入扫描界面后，才能启动动力电源。启动动力电源后系统将自动进行自检，若自检正常，则电源指示灯变绿，操作人员可进行放样，参数设置，然后关闭防护门。只有当自检指示灯变绿，才能打开钥匙

续表 10 辐射安全与防护

开关。钥匙开关打开后，计算机扫描界面出现“断层扫描”确认键，点击确认，才能启动 X 射线高压电源。

因此，只有当电源开关和钥匙开关同时打开后设备才能启动，关闭任意一道开关 X 射线都将无法正常出束，钥匙开关由专人保管。

(4) 紧急停机：项目铅房内防护门旁均拟增设 1 个急停按钮，急停按钮旁设置中文标识和相关说明，铅房内防护门旁拟设置急停按钮，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。按下急停按钮，X 射线设备高压电源立即被切断，设备停止出束。

(5) 视频监控系统

本项目 CTM300 检测室及铅房内均拟设 1 个摄像头，可以观察到 CTM300 检测室内及铅房内运行情况。

(6) 电离辐射警告标志

在 CTM300 检测室门外张贴固定的电离辐射警告标志。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。

10.2.4 安全联锁逻辑

(1) 项目辐射防护安全措施图详见图 10-3。



图 10-3 辐射防护安全措施图

(2) 安全联锁逻辑分析

工业 CT 在铅门关闭、操作台及铅房内急停按钮复位、设备自检正常的情况下才能出束，出束时相应状态指示灯亮。当按下急停按钮或者铅门意外打开，设备立即停止出束，安全联锁逻辑图见图 10-4。

续表 10 辐射安全与防护

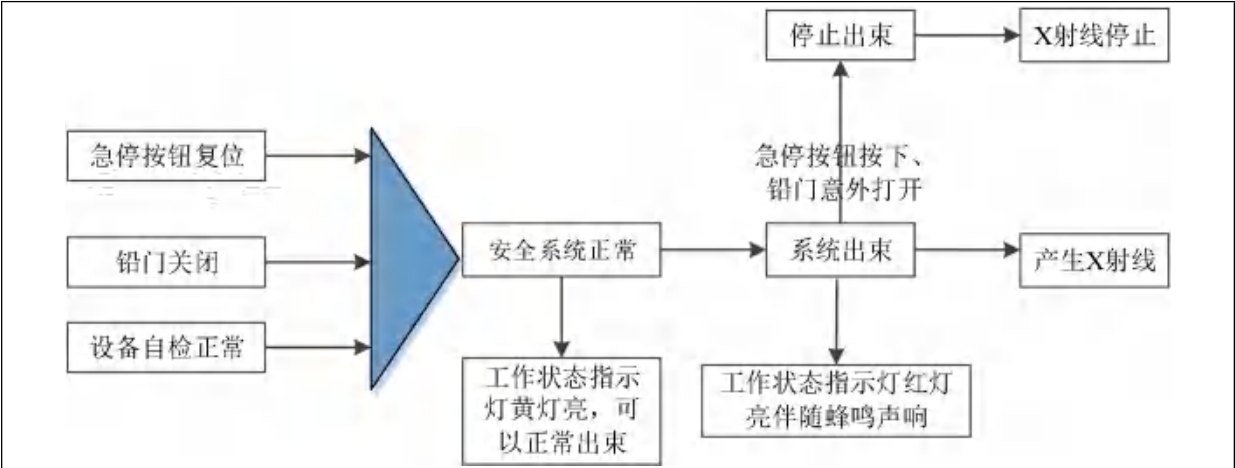


图 10-4 辐射安全联锁逻辑图

10.2.4 通风

铅房通风：铅房内部机械排风，排风量为 20m³/h，通风次数约为 4 次/h，排风管位于设备背部右下角，废气经铅房排风管引至 CTM300 检测室内，再经 CTM300 检测室的排风口排放。

CTM300 检测室通风：机械排风，排风量为 400m³/h，通风次数约为 4 次/h。CTM300 检测室西南侧顶棚设置一个排风口，距离地面 3m。废气经铅房排风管排至 CTM300 检测室内，CTM300 检测室设置机械排风系统，依托 7 厂 A 栋（5#-A）排风系统再排出室外。

10.2.5 相关监测仪器

项目拟配置的相关监测仪器如下表 10-2。

表 10-2 相关监测仪器一览表

序号	名称	数量	用途	备注
1	个人剂量报警仪	1 个	实时监测辐射场所是否超标	拟配置
2	个人剂量计	1 个	辐射工作人员在工作期间累计监测	拟配置
3	便携式 X-γ辐射剂量率仪	1 台	铅房屏蔽体外（包括监督区）定期剂量监测，保证屏蔽体的屏蔽效果	拟配置
4	固定式场所辐射探测报警装置	1 台	实时监测铅房内剂量	拟配置

10.3 三废的治理

项目主要是在工业 CT 作业过程中产生的 X 射线，不产生放射性三废。

10.4 项目措施与相关要求的符合性分析

续表 10 辐射安全与防护

根据上文介绍，项目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。

根据表 10-3 可知，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》（GBZ/T250-2014）的要求。

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)	5.1 X 射线探伤机	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/T 26837 的要求。	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,管电压为 240kV 时,应小于 5mSv/h。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。
		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) 安全联锁是否正常工作;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。	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) 安全联锁是否正常工作;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。
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	6.1 探伤室放射防护要求	6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全,操作室应避免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。	项目属于整体探伤项目,操作台与铅房分开布置。项目操作台置于铅房外,X 射线发生器及平板探测器位于铅房内,设备主射线朝左侧(西北侧);设备主射方向避开了操作台和铅门。 经后文核算,本项目使用的铅房各屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 2.5μSv/h。
		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。	项目实行分区管理,控制区即为工业 CT 铅房内部,监督区为 CTM300 检测室除铅房以外的区域,分区满足要求。
		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。	经后文核算,人员在关注点的周剂量参考控制水平不大于 100μSv/周,公众不大于 5μSv/周,项目使用的铅房各屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 2.5μSv/h,且拟委托有资质单位每年对铅房及各关注点进行监测。

续表 10 辐射安全与防护

		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。	项目工业 CT 铅房设备顶棚外表面 30cm 处的剂量率保守按照不大于 2.5 μ Sv/h 进行控制。
	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。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。	铅房配置有门机联锁装置，铅门未关闭的情况下不能打开高压产生射线；门关闭后，在开高压产生射线的情况下，铅门不能打开；门打开时立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。
		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。	项目铅房外顶棚和内部拟同时设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号持续时间约 1 分钟，以确保铅房周围人员安全离开。“预备”和“照射”信号拟分别采用有明显区别的黄色和红色指示，该工作场所内无其他报警信号。在醒目的位置处张贴对“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。	项目铅房内拟配备 1 个监视摄像头，并连接到操作台旁计算机显示器，能全方位拍到铅房内的工作情况以及铅房防护门情况。视频监控屏幕位置拟设置在操作台上，操作人员能在操作台上实时监控检测过程铅房内情况。
		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。	项目铅房防护门上拟设置电离辐射警告标识，并设置中文警示说明。

续表 10 辐射安全与防护

		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。	铅房内拟设置 2 个急停按钮，位于铅房内防护门旁；急停按钮位置位于人员方便接触的位置，且不在主射方向上，且带有中文标识。
		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。	铅房内通风：铅房内部机械排风，排风量为 20m³/h，通风次数约 4 次/h，排风管拟位于设备背部右下角，废气经铅房排风管引至 CTM300 检测室排风口排放。 CTM300 检测室通风：机械排风，排风量为 400m³/h，通风次数约为 4 次/h。在 CTM300 检测室顶棚设置一个排风口，距离地面 3m。工业 CT 产生的废气经铅房排风管排至 CTM300 检测室内，CTM300 检测室设置机械排风系统，依托 7 厂 A 栋（5#-A）排风系统再排出室外。
		6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目拟配置固定式场所辐射探测报警装置。
《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	6.2.1 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。	拟每日对铅房的门-机联锁装置、工作状态指示灯等防护措施检查一次，确保门-机联锁装置、工作状态指示灯等防护安全措施正常后，方可开展检测工作。
		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。	从事本项目的探伤工作人员配备个人剂量计后方可上岗，拟为本项目配备 1 个便携式 X-γ剂量率仪、1 台个人剂量报警仪、1 台固定式场所辐射探测报警装置，执行现有辐射相关制度，规定当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员立即退出 X 射线检测室，同时防止其他人进入 X 射线检测室，并立即向辐射防护负责人报告。

续表 10 辐射安全与防护

		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。	拟定期对本项目铅房外周围区域、包括操作者工作位、周围毗邻区域人员居留处的剂量率水平进行监测，并制定相关制度，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。	本项目为一班制，工作人员上班时按照现有要求检查剂量仪是否正常工作，发现不能正常工作时将暂停检测工作。
		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。	在每一次照射前，辐射工作人员会检查铅房内是否会有人员驻留，且检查相关防护措施均能正常运行才开始检测工作。
		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。	本项目设备铅房大小满足现有公司生产的工件大小使用，不会出现工件过大情况，并拟制定相关制度，不得开门探伤。
	8.1 检测的一般要求	8.1.1 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。	建设单位拟制定放射防护检测计划。在检测计划中对检测位置、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。
		8.1.2 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。	建设单位拟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，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。
	8.2 探伤机检测	8.2.1.2 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。	建设单位计划每年对探伤机的防护性能进行检测。探伤机移动后，拟进行安全装置的性能检测。

续表 10 辐射安全与防护

	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 GBZ128 的相关要求进行外照射个人监测。	建设单位拟按照 GBZ128 的相关要求对射线探伤作业人员进行外照射个人监测。
《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T250-2014)	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。	本项目属于工业 CT 项目，自带铅房屏蔽体，铅房屏蔽体内除检修情况下，人员不进入，因此不设人员门，仅设置进样门、检修门，检修门仅在检修的情况下才能打开，检修时设备处于关闭状态。
		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射线束照射方向	项目操作台置于铅房外南侧，X 射线发生器及平板探测器位于铅房内，设备主射线朝左侧（西北侧）；设备主射方向避开了操作台和铅门。
		3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽	铅房主体钢结构焊接密闭；开设铅防护门，在铅门搭接处设置足够长的铅门对上下、左右搭接防护。设置的电缆出口罩屏蔽能力与主体结构一致。
		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管电压下的常用最大管电流设计屏蔽	本项目铅房仅使用 1 台 X 射线装置，同时，根据后文计算，主射方向和其它侧屏蔽体均能满足额定工况下的辐射防护要求。
《职业性外照射个人监测规范》 GBZ128-2019	5.监测系统与使用要求	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北面时，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，已要求工作人员在胸口位置佩戴个人剂量计。
	7.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。
		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。	建设单位拟严格要求辐射工作人员个人剂量计在非工作期间避免受到任何人工辐射的照射。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段环境影响分析

本项目建设阶段主要为 X 射线探伤设备管线（含铅房）安装，不涉及装修和土建。

建设过程中主要有施工机械噪声、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站，生活垃圾、包装垃圾和厂区生活垃圾一起统一交由环卫部门处理。

本项目建设期短、工程量小，施工范围小，且随着建设期的结束而结束。

11.2 运行阶段（含调试阶段）环境影响分析

11.2.1 铅房辐射屏蔽核算公式

使用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中公式。

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（11-1）计算，然后由附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽物质厚度 X_e 。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{I \cdot H_0} \quad (11-1)$$

式中：

$\dot{H}_c$ —按（7-1）式确定的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—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）；

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 的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（11-2）计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (11-2)$$

式中：

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，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 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$

续表 11 环境影响分析

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（11-3）计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \quad (11-3)$$

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（11-4）计算：

$$X = -TVL \cdot \lg B \quad (11-4)$$

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（11-5）计算，然后按式（11-4）计算所需的屏蔽物质厚度 X。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{\dot{H}_L} \quad (11-5)$$

式中：

$\dot{H}_c$ —按 3.1 确定的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（ $\mu\text{Sv/h}$ ）。

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按式（11-3）计算，然后按式（11-6）计算泄漏辐射在关注点的剂量率 $\dot{H}$ 单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）：

续表 11 环境影响分析

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \bullet B}{R^2} \quad (11-6)$$

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（11-7）计算。然后按式（11-4）计算出所需的屏蔽物质厚度 X。

$$B = \frac{\dot{H}_c \bullet R_s^2}{I \bullet H_o} \bullet \frac{R_o^2}{F \bullet \alpha} \quad (11-7)$$

式中：

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

H_o —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；

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）。

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按表 2 并查附录 B 表 B.1 的相应值，确定 90° 散射辐射的 TVL，然后按照式（11-3）计算。关注点的散射辐射剂量率 $\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式（11-8）计算：

续表 11 环境影响分析

$$\dot{H}_c = \frac{I \cdot H_o \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_o^2} \quad (11-8)$$

式中：

I —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

H_o —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；

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）。

11.2.2 铅房防护核算原则

①根据建设单位提供资料，本项目工业 CT 屏蔽系统，在评估过程中取其装置的最大能量开机运行时工业 CT 所需满足的屏蔽能力进行评价。

②屏蔽体厚度确定原则：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和各项散射辐射。

③本项目工业 CT 电流随电压变化自动调节，本项目按照其以最大射线能量工作时进行核算；项目工业 CT 进行无损检测过程中工件可以移动，射线源不会移动。相同条件下，射线能量越大，距离辐射源点（靶点）1m 处的剂量率越大，因此，本次核算最大输出量保守取 300kV（0.5mmCu 过滤）的相关参数进行核算。

④参考《辐射防护手册》第一分册图 10.5h，滤过材料为 0.5mm 铜条件下，管电压 300kV 时宽束 X 射线透过铅层的透射因子为 1.0×10^{-6} 时，铅板厚度约 19.5mm，项目有用线束方向的铅屏蔽厚度为 24mm，大于 19.5mm，因此项目 300kV 有用线束的透射因子 B 可保守取值 1.0×10^{-6} 。

11.2.3 主要技术参数

（1）核算距离、方向

续表 11 环境影响分析

项目工业 CT 设备尺寸长×宽×高为 2640mm×1568mm×2060mm，铅房内空尺寸长×宽×高为 1752mm×1356mm×1741mm，铅房底板离地约 10cm 安装。工业 CT 射线管与屏蔽体位置关系图见图 11-1。

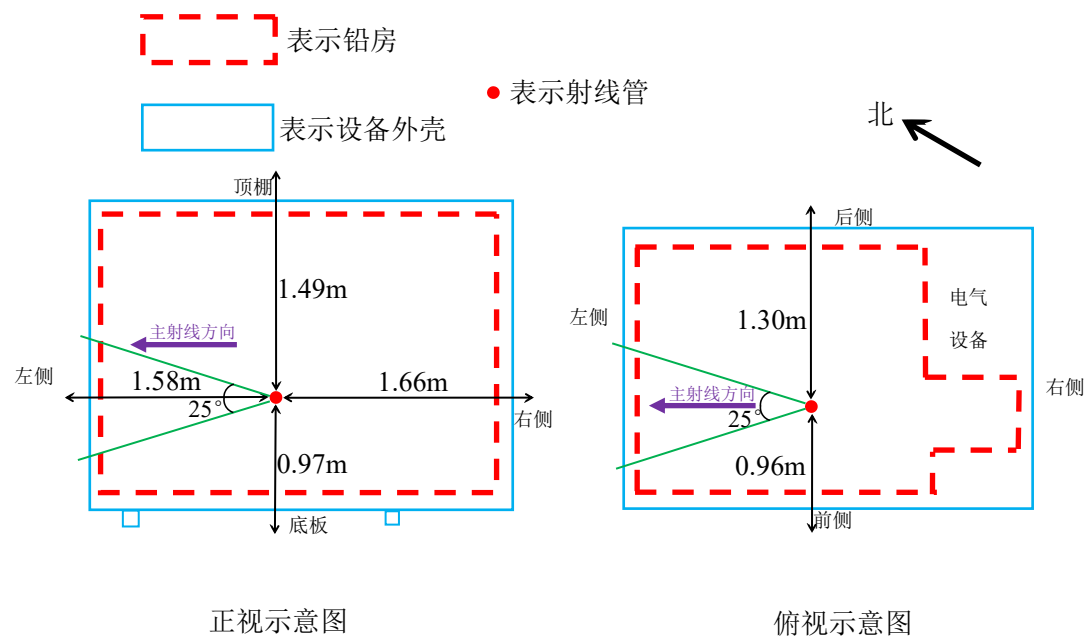


图 11-1 工业 CT 射线管与屏蔽体位置关系图

屏蔽核算时各方向距离核算情况见表 11-1。

表 11-1 各方向核算距离一览表

考察点			屏蔽体厚度 (mmPb)	核算距离 (m)
铅房左侧 (西北侧)	屏蔽体外 30cm	主射	24	1.58
铅房左侧 (东南侧)	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	18	1.66
铅房前侧 (西南侧)	屏蔽体外 30cm (含铅门、观察窗)	散射、漏射	20	0.96
铅房后侧 (东北侧)	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	18	1.30
铅房顶棚	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	16	1.49
铅房底板	屏蔽体外 10cm	散射、漏射	18	0.97

注：①屏蔽体均考虑设备外部，设备外壳为薄钢结构，忽略其屏蔽能力；②因铅房底面距地面的距离约 10cm，且为地上 1F，底板人员无法到达，因此底板选取距离屏蔽体外 10cm。

(2) 设备参数等

项目铅房核算过程中的相应其他参数见表 11-2 所示。

续表 11 环境影响分析

表 11-2 屏蔽体核算相关参数			
参数	数值		来源
I（mA）	保守按 3mA 估算		厂家提供的参数
G（mGy·m ² /（mA·min））	2.88		厂家提供的参数
转换系数	6×10 ⁴		GBZ/T250-2014 4.1 a）
H ₀ （μSv·m ² /（mA·h））	1.73×10 ⁵		
$\frac{R_0^2}{F \cdot a}$	保守取 50		GBZ/T250-2014 附录 B.4.2
泄漏辐射剂量率 H _L （μSv/h）	2.5×10 ³		厂家提供的参数
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）	铅		GBZ/T250-2014 表 B.2
	电压等级	TVL	
	300kV	5.7mm	
	200kV	1.4mm	

11.2.4 铅房防护核算结果

(1) 项目铅房屏蔽体屏蔽能力核实结果见表 11-3。

表 11-3 铅房屏蔽效能核算表

方向	设备屏蔽体外	剂量限值 (μSv/h)	距离 (m)	设计厚度 (mmPb)	设计厚度下的周围剂量当量率 (μSv/h)		是否达到屏蔽要求
西北侧	左侧 (主射)	2.5	1.58	24	2.08×10 ⁻¹		是
东南侧	右侧 (散射)	2.5	1.66	18	5.23×10 ⁻¹⁰	6.31×10 ⁻¹	是
	右侧 (漏射)			18	6.31×10 ⁻¹		
西南侧	前侧 (散射)	2.5	0.96	20	5.83×10 ⁻¹¹	8.41×10 ⁻¹	是
	前侧 (漏射)			20	8.41×10 ⁻¹		
东北侧	后侧 (散射)	2.5	1.30	18	8.52×10 ⁻¹⁰	1.03	是
	后侧 (漏射)			18	1.03		
顶棚	顶棚 (散射)	2.5	1.49	16	1.74×10 ⁻⁸	1.76	是
	顶棚 (漏射)			16	1.76		
底板	底板 (散射)	2.5	0.97	18	1.53×10 ⁻⁹	1.85	是
	底板 (漏射)			18	1.85		

注：①散射射线均需经过多次反射才能穿出各管线孔，经多次反射剂量很低，能满足要求，此处不再核算；②顶棚外 30cm 处周围剂量当量率均小于 2.5μSv/h，故本次评价不考虑天空散射。

根据表 11-3 可知，工业 CT 在最大工况时，屏蔽体外四周 30cm 处（底板屏蔽体 10cm 外）的周围剂量当量率最大为 1.85μSv/h，均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》

续表 11 环境影响分析

（GBZ/T250-2014）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）屏蔽防护的要求。

（2）类比分析：

①类比条件

为了解同类型的产品在实际运行下对周围环境的影响情况，本评价采用类比方法进行。类比对象的工业 CT 与本项目的工业 CT 类比条件分析见表 11-4。

表 11-4 工业 CT 可类比分析一览表

类比项目	本项目探伤机	类比对象	类比分析
型号	v tome xM300 型	v tome xM300 型	一致
设备参数	最大管电压 300kV、最大管电流 3mA、功率 500W	最大管电压 300kV、最大管电流 3mA、功率 500W	一致
工作场所	7 厂 A 栋（5#-A）1F 西南侧 CTM300 检测室内	上海蔚来汽车有限公司 5 幢厂房 1 层工业 CT 实验室	基本一致
屏蔽材质厚度	左侧屏蔽体（主射线）：24mmPb 右侧屏蔽体：18mmPb 顶棚屏蔽体：16mmPb 底板屏蔽体：18mmPb 前侧屏蔽体：20mmPb 右侧检修门：18mmPb 后侧检修门及后侧屏蔽体：18mmPb 进样门（含观察窗）屏蔽体：20mmPb	左侧屏蔽体（主射线）：24mmPb 右侧屏蔽体：18mmPb 顶棚屏蔽体：16mmPb 底板屏蔽体：18mmPb 前侧屏蔽体：20mmPb 右侧检修门：18mmPb 后侧检修门及后侧屏蔽体：18mmPb 进样门（含观察窗）屏蔽体：20mmPb	一致
射线管与各屏蔽体的距离	距离底板距离约 0.76m； 距离顶棚距离约 0.98m； 距离前侧约 0.46m； 距离后侧约 0.90m； 距离左侧（主射）约 1.13m； 距离右侧约 0.63m	距离底板距离约 0.76m； 距离顶棚距离约 0.98m； 距离前侧约 0.46m； 距离后侧约 0.90m； 距离左侧（主射）约 1.13m； 距离右侧约 0.63m	一致
过滤板	3mmAl	3mmAl	一致

根据表 11-4 可知，类比工业 CT 型号、屏蔽材质厚度、设备参数、射线管与各屏蔽体的距离等均与本项目相同，有很好的类比性。

②类比结果分析

2023 年 9 月 18 日，上海锐浦环境技术发展有限公司对类比对象上海蔚来汽车有限公司 5 幢厂房 1 层工业 CT 实验室的工业 CT 运行过程中的辐射工作环境现状进行了监测，监测报告编号：RP 检字第 20230717005501 号，监测报告见附件 8-2。

根据监测结果，类比对象上海蔚来汽车有限公司 5 幢厂房 1 层工业 CT 实验室的工业 CT 在 300kV，1066 μ A 条件下开机时，工业 CT 铅房外 30cm 处周围剂量当量率均为

续表 11 环境影响分析

本底值，满足相关标准要求。

与理论预测结果相比，类比监测结果中的与理论预测结果有一定差距，理论预测结果更保守。

11.2.5 年有效剂量估算

(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：

$$H_{Er} = H_{(10)} \times t \times 10^{-3} \quad (11-9)$$

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，h。

(2) 辐射工作人员剂量估算

铅房外剂量估算表见表 11-5。

表 11-5 铅房外人员剂量估算表

估算人员	活动场所	周围剂量当量率 (μSv/h)	年最大曝光 时间 (h)	居留 因子	年有效剂量 (mSv/a)
铅房辐射工作人员	铅房西南侧操作台	8.41×10^{-1}	500	1	4.20×10^{-1}

根据建设单位及重庆冠宇电池有限公司提供的资料，CTS240 检测室安装的工业 CT 铅房外 30cm 处周围剂量当量率最大为 $0.01 \mu\text{Sv/h}$ （扣除本底值），年最大曝光时间约为 500h，则年有效剂量最大为 0.02mSv/a 。根据表 11-5 可知，铅房外辐射工作人员所受的年有效剂量为 0.42mSv/a ，叠加本项目贡献值后，铅房外辐射工作人员所受的年有效剂量不超过 0.44mSv/a ，满足辐射工作人员年有效剂量管理目标值 5mSv/a 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

(3) 公众成员剂量估算

项目铅房外周围公众成员剂量估算见表 11-6。

表 11-6 项目铅房外周围公众成员剂量估算一览表

序号	环境保护目标名称	方向	与铅房最 近距离	周围剂量当量 率 (μSv/h)	居留 因子	最大曝光 时间 (h)	年有效剂量 (mSv/a)
1	备用仓库、超期物料放置区、HSF 不合格区、	东北侧	约 2.5m	1.42×10^{-1}	1	500	7.09×10^{-2}

续表 11 环境影响分析

	正极仓库、机加工办公室、库房、机加工房、过道、网络机房、夹具室等						
2	会议室 3、客户办公室、备用仓库、正极仓库、过道、卫生间、卫生间、饮水间、PM 办公室、水井、电井、废弃井、除尘机房、强弱电井、过道、楼梯、装卸平台等	西北侧	约 1m	9.97×10^{-2}	1	500	4.99×10^{-2}
3	厂区内道路		约 28m	6.05×10^{-4}	1/5	500	6.05×10^{-5}
4	5#-B 装卸平台、楼梯间、电井、过道、卫生间、危废贮存点等		约 45m	2.42×10^{-4}	1/5	500	2.42×10^{-5}
5	7 厂 A 栋(5#-A)与 5#-B 连廊(2F-4F)		约 28m	6.05×10^{-4}	1/5	500	6.05×10^{-5}
6	过道	西南侧	约 4m	3.57×10^{-2}	1/5	500	3.57×10^{-3}
7	厂区内道路、停车场、绿化带及护坡等		约 7m	1.32×10^{-2}	1/5	500	1.32×10^{-3}
8	CTS240 室、SEM 室、设备区、XRD 室、保安亭、换鞋区、物料不合格区、仓库办公室、正极仓库、过道、水井、强弱电井、空房、信息机房、装卸平台、楼梯间等	东南侧	约 2.5m	1.17×10^{-1}	1	500	5.83×10^{-2}
9	临时停车位、厂区内道路、绿化带及护坡、停车场等		约 7m	2.49×10^{-2}	1/5	500	2.49×10^{-3}
10	7 厂 A 栋(5#-A, 2F-4F)及 B 栋(5#-B, 2F-4F)	楼上	约 6m	1.37×10^{-1}	1	500	6.86×10^{-2}

根据建设单位及重庆冠宇电池有限公司提供的资料,CTS240 检测室安装的工业 CT 铅房外 30cm 处周围剂量当量率最大为 $0.04\mu\text{Sv/h}$ (扣除本底值), 年最大曝光时间约为 500h, 则年有效剂量最大为 0.02mSv/a 。根据表 11-6 可知, 铅房外公众所受的年有效剂量最大为 0.0709mSv/a , 叠加本项目贡献值后, 铅房外公众所受的年有效剂量不超过 0.0909mSv/a , 小于本评价管理目标值 0.1mSv/a , 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求。

续表 11 环境影响分析

11.2.6 环境保护目标辐射环境影响分析

项目铅房各屏蔽体外 0.3m 处的瞬时剂量率均满足国家相关标准要求，根据 X 射线随距离的平方快速减弱的特性可知，距离辐射源越远，受到的影响越小，根据表 11-5 可知，各铅房外 50m 范围内环境保护目标位置周围剂量当量率低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，铅房周围公众成员受到的年有效剂量低于 0.1mSv/a 。因此，项目所致周围 50m 范围内环境保护目标的影响有限，对环境的影响可以接受。

11.2.7 其他影响

(1) 废气对环境影响分析

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 (NO_x)；铅房内部机械排风，排风量为 $20\text{m}^3/\text{h}$ ，通风次数约 4 次/h，排风管拟位于设备背部右下角，废气经铅房排风管引至 CTM300 检测室排风口排放。

CTM300 检测室通风：机械排风，排风量为 $400\text{m}^3/\text{h}$ ，通风次数约为 4 次/h。在 CTM300 检测室顶棚设置一个排风口，距离地面 3m。工业 CT 产生的废气经铅房排风管排至 CTM300 检测室内，CTM300 检测室设置机械排风系统，依托 7 厂 A 栋 (5#-A) 排风系统再排出室外。

因此，项目废气依托厂房内部的排风系统排至室外，对周围环境影响小。

(2) 废水对环境影响分析

项目无生产废水产生，不新增人员生活污水，项目工作人员生活污水依托建设单位现有污水处理站处理后进入市政污水管网，对地表水环境影响较小。

(3) 固废对环境影响分析

生活垃圾依托建设单位现有的生活垃圾收集系统收集后运至厂区生活垃圾暂存处，统一交由环卫部门统一处理；废 X 射线管交由有相关资质的单位回收并保管好回收手续，不会对环境产生不利影响。

11.2.8 实践正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当

续表 11 环境影响分析

的。

项目拟使用工业 X 射线 CT 的目的是开展公司生产产品的无损质量检测分析,确保产品质量与安全。项目工业 CT 探伤检测设备的应用,对产品的无损质量检验有其他技术无法替代的特点,项目建设将进一步提高公司锂电池相关零部件的无损探伤检测分析能力,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;同时也将为企业创造更大的经济效益提供保障。项目拟采取的辐射安全防护措施符合相关要求,对环境的辐射影响在可接受范围内。

项目对受电离辐射照射的个人和社会所带来的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。

11.2.9 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“质量认证和检验检测服务”,属于鼓励类。所以,本项目 X 射线探伤机的使用符合国家的产业政策。

11.2.10 事故影响分析

(1) 风险事故类型

项目 X 射线设备产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。

项目辐射事故主要体现在以下几个方面:

①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联锁装置失效

由于门机联锁装置失效,防护门未关闭或设备工作时门被开启,射线仍然能发射,造成射线外泄,可能对工作人员及公众成员产生较大剂量照射。

③人员滞留铅房内

工作人员或设备维修人员通过检修门可进入铅房内,在开机前,工作人员未通过监

续表 11 环境影响分析

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被误照射。

④屏蔽体出现膨胀变形

项目铅房各方向屏蔽体、电缆出线口罩，使用多年以后，可能因铅门的自重等原因引起铅门之间的搭接、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。

(2) 后果分析

1) 铅房外人员误照射

风险事故情景①、风险事故情景②：

考虑最不利情况，项目工业 CT 考虑最大管电压 300kV，最大管电流 3mA 运行，事故时间考虑为 10min。铅房外人员误照射最大剂量估算情况见表 11-7。

表 11-7 铅房外人员误照射最大剂量估算表

名称	事故情景	周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$)	有效剂量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
工业 CT	设备自身丧失屏蔽	8.44×10^{-3}	1.41×10^{-9}	1.41×10^{-9}
	联锁装置失效	1.40×10^4	2.33×10^{-3}	2.33×10^{-3}

风险事故情景④：

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检测区的人员进行误照射。经计算工业 CT 铅房屏蔽体外周围剂量当量率可达 0.208Sv/h (距辐射源 1.58m 处主射方向)，单次照射下 (10min) 铅房四周屏蔽体外停留的人员受照剂量最大约 $3.46 \times 10^{-2}\text{Sv}$ ($3.46 \times 10^{-2}\text{Gy}$)。

因该风险发生后，若建设单位辐射工作人员不佩戴个人剂量报警仪，则该事故不易被发现。则随着时间的推移，屏蔽体外人员受到的误照射而增加。假定辐射工作人员漏戴个人剂量报警仪的时长为 1 天 (一天最多检测 12 次)，在此期间内屏蔽体外的辐射剂量具体情况如下表 11-8。

表 11-8 项目铅屏蔽体膨胀变形事故受照剂量估算表

误照射次数 (次)	受照射时间 (min)	受照射剂量	
		剂量当量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
1	10	3.46×10^{-2}	3.46×10^{-2}
4	40	1.38×10^{-1}	1.38×10^{-1}
8	80	2.77×10^{-1}	2.77×10^{-1}
12	120	4.15×10^{-1}	4.15×10^{-1}

续表 11 环境影响分析

2) 铅房内人员误照射

风险事故情景③:

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, 考虑最不利情况工业 CT 考虑最大管电压 300kV, 最大管电流 3mA 运行, 事故时间考虑为 2min, 并考虑人员在距离辐射源点 0.5m 处受到误照射 (主射线)。铅房内人员误照射最大剂量估算情况见表 11-9。

表 11-9 铅房内人员误照射最大剂量估算表

名称	事故情景	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	有效剂量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
工业 CT	人员滞留铅房内	2.07×10^6	6.91×10^{-2}	6.91×10^{-2}

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 11-10。

表 11-10 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	/		不明显和不易察觉的病变
0.25~0.5			可恢复的机能变化，可能有血液学的变化
0.5~1			机能变化，血液学变化，但不伴有临床症状
1~2	骨髓型 急性 放射病	轻度	乏力，不适，食欲减退
2~3.5		中度	头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降
3.5~5.5		重度	多次呕吐，可有腹泻，白细胞明显下降
5.5~10		极重度	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，腹疼，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

注：来自《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）。

根据表 11-9 不同照射剂量对人体损伤的估计，结合上述后果分析可知，本项目工业 CT 属于 II 类射线装置，X 射线装置运行时，人员滞留在铅房内发生误照射，工作人员可能会出现不明显和不易察觉的病变。在铅房屏蔽体出现膨胀变形又长时间未发现的情况下，工作人员可能会出现可恢复的机能变化，可能有血液学的变化，达到发生确定性效应剂量阈值，发生随机性效应概率增加，甚至导致较为严重的辐射损伤，造成较大及以上级别辐射事故的发生。

4) 事故分级

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”。由前述事故工况下的辐射影响估算可知，在上述事故情景下部分事故受照剂量已超过辐射工作人员的年剂量限值，其中造成最大影响的事故情形为人员在工作模式下滞留在铅房内而被误照射。因此，假若本项目发生事故，事故等级应为一般辐射事故，此外，不排除在铅屏蔽体出现膨胀变形又长时间未发现的情况下，造成较大及以上级别的辐射事故。

5) 辐射事故防范措施

①检修、调试应由生产厂家专业技术人员进行，项目辐射工作人员配合，禁止随便拆走工业 CT 及机架上的屏蔽材料，随意调整加大照射面积。不得擅自改变、削弱或破

续表 11 环境影响分析

坏 X 射线设备的铅房屏蔽体和防护铅门及孔洞等。

②辐射工作人员通过进样门上的观察窗对铅房内进行检查，确认无人停留在内后才能开始进行操作。同时，如遇 X 射线出束情况下人员滞留铅房内，操作台人员、滞留人员应立即按下急停按钮，停止照射。

③每日检查设备的安全联锁装置等有效性，发现故障及时清除，严禁违规操作。在铅房内及操作台急停开关显著位置张贴标识，能就近按下急停开关。对于本项目涉及的安全控制措施的各机构及电控系统，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。铅房因某种原因损坏，应立即停止使用，修复后再投入使用。

④辐射工作人员佩戴个人剂量报警仪，实时监测 X 射线照射剂量是否超标，若发现问题，及时解决，不得在屏蔽体出现问题后继续开机检测工作。对工业 CT 铅房外定期进行曝光时的巡检，若发现铅房有变形、射线泄漏的情况，立即停止工作。

另外，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，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，保证按照要求进行 X 射线无损检测工作。

11.2.11 环保投资

环保投资组成见表 11-11。

表 11-11 项目环保投资一览表

序号	内容	措施	环保投资（万元）
1	操作制度、应急流程、电离辐射警告标志张贴	按规范制度、张贴上墙，电离辐射警示标志张贴、有中文说明等	0.5
2	辐射防护与安全措施	辐射安全与防护知识培训、个人剂量档案、人员健康档案	5
3		门机联锁、灯机联锁、急停按钮、声光指示灯、视频监控等	
4	防护监测设备	个人剂量计	4
5		环境 X-剂量率巡检仪	
6		个人剂量报警仪	
7		固定式剂量报警仪	
8	环保手续	环评、验收、办证等	5.5
合计			15

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。

建设单位已按照相关要求制定了相应的管理制度，成立了辐射安全管理委员会，设置了专职人员负责辐射安全与环境保护管理工作，明确了小组职责，并负责制定并实施辐射工作安全管理制度，采取切实有效的措施，预防和控制辐射事故发生，保障设备使用安全及工作人员、社会公众的健康与安全，公司的辐射安全管理委员会满足相关要求。

12.2 辐射安全管理

（1）辐射安全管理规章制度

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于“营运管理”的要求，建设单位必须培植和保持良好的安全文化素养，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生。

目前，建设单位已成立辐射安全管理委员会，已按照相关规定制定了相应的管理制度，包括《安全操作规程》《工作人员培训制度》《监测方案》《放射防护和安全保卫》《设备检维修制度》《台账管理制度》《辐射事故应急预案》《个人剂量监测管理》及《职业健康体检管理》等制度。

上述各种制度考虑到了核技术利用项目的操作使用和安全防护，制度基本健全，具有一定的可操作性。建设单位在此之前按照各项管理制度执行，到目前为止未发生过放射事故。

本项目运行后，建设单位还应根据实际使用情况和新发布更新的法律法规等，对现有制度进行不断的完善和修订。

（2）辐射工作人员

建设单位拟配置1名辐射工作人员从事本项目X射线无损检测工作，目前具体人员未定，拟为内部培养。

①配置数量合理可行性

根据工业CT的操作需求，项目配置1名辐射工作人员操作设备在工作时间上分配是可行的。

续表 12 辐射安全管理

②辐射安全培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条的规定：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。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报名并参加考核。

建设单位拟根据项目建设情况配备 1 名辐射工作人员，满足设备运行要求，在建设单位总劳动定员内。建设单位拟安排辐射工作人员参加辐射防护与安全培训及考核，考核合格，持证上岗。

③个人剂量管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。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。个人剂量档案应当终生保存。另外，辐射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量片相互传借，不允许将个人剂量片带出项目建设单位。

建设单位现有辐射工作人员均配置了个人剂量计，并按照要求进行了剂量监测，上一年度个人剂量均低于建设单位的管理目标值 5mSv/a。建立了个人剂量档案，满足上述规定要求。

后续建设单位应按要求为本项目内部培养的辐射工作人员拟配置个人剂量计，并按照规定进行剂量监测，建立个人剂量档案。

④职业健康检查

辐射工作人员上岗前，应进行岗前职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的方可参加相应的辐射工作。

从事辐射工作期间，辐射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔

续表 12 辐射安全管理

不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的，应脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。建设单位应建立和保存辐射工作人员的健康档案。

项目拟内部培养的辐射工作人员落实到位后，应按照要求进行上岗前职业健康体检，按照相关要求进行复检，并建立相应档案。

(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。

建设单位按要求每年均提交了上一年度的年度评估报告，按照规定向生态环境主管部门提交《年度评估》文件，年度评估报告包括放射源、射线装置及防护用品台账、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、辐射工作人员管理情况、事故应急等方面的内容，符合要求。建设单位应在规定时间内完成《年度评估》文件的编制和上报工作。本项目实施后，企业拟按照规定将年度评估纳入到辐射安全管理规章制度中，并严格执行年度评估制度。

(4) 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，增强并保持核安全意识。

建设单位已建立安全管理体系，设立了核安全保障机构，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；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

续表 12 辐射安全管理

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。

(5) 档案管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当终生保存。

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”。公司应根据自身辐射项目开展的实际情况将档案资料整理后分类管理。

建设单位认真落实了相关制度和规定，所有辐射工作人员均进行职业健康体检（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）、个人剂量检测、辐射安全与防护培训，并将职业健康体检报告、个人剂量监测报告、辐射安全培训合格证等建立档案进行了保存。

本项目运营后，拟增加本项目相关资料，并纳入现有档案管理中，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》等规定执行。

12.3 从事辐射活动能力评价

依据《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，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	拟落实的情况
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。	项目辐射安全与环境保护管理机构依托建设单位已有辐射安全管理委员会。
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。	项目拟在建设单位内部培养 1 名辐射工作人员，具体人员待定，不新增公司总劳动定员，将按照规定培训考核合格，持证上岗。
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。	铅房有足够厚的铅板以及铅门进行屏蔽；设备配置门机联锁（工件进出的门和检修防护门）、灯机联锁、电离辐射警示标志以及声光灯、紧急停机按钮等。
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。	辐射工作人员均拟配备个人剂量计、个人剂量报警仪。

续表 12 辐射安全管理

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。	建设单位的制度满足现有工作运行要求，项目依托建设单位已有辐射安全管理规章制度，待本项目建成运营前，将按照相关规定和要求进一步完善相关操作规程、岗位职责、辐射事故应急措施等制度，并将相应制度张贴上墙。
有完善的辐射事故应急措施。	建设单位已制定了辐射事故应急预案，项目投运前拟根据本项目进一步完善辐射事故应急预案。

从表 12-1 可知，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运营前，针对本项目的管理需求完善相应管理规定，认真落实上述要求后，方具备从事本项目辐射活动的能力，本项目方可投入正式运行。

12.4 辐射监测

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中 5.1.3 设备维护要求，运营单位应对工业 CT 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，设备维护包括工业 CT 的彻底检查和所有零部件的详细检测，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都来自设备制造商，且做好设备维护记录。

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、探伤工作场所外的环境监测，开展常规的防护监测工作。

本项目建设后，在验收及每年例行监测时应委托资质单位对设备铅房及操作位进行监测，日常使用便携式 X-γ 剂量率仪，或委托有资质的单位定期对铅房周围环境（包括监督区）进行监测，按规定要求开展各项目监测，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：常规检测一般为 1 个月，最长不超过 3 个月；如发现异常可加密监测频率。

续表 12 辐射安全管理

(2) 工作场所外环境监测

建设单位在项目建成后应对铅房外周围剂量当量率进行监测，监测包括验收监测和日常监测，发现问题及时整改。验收监测应委托有资质的单位进行。

根据调查，公司已制定有监测方案，包括工作场所监测及个人剂量监测等，公司每年均委托有资质单位对现有射线装置等屏蔽体外辐射环境及辐射工作人员个人剂量进行监测，监测结果均满足相关标准要求。

12.5 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）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预案或具有针对性与操作性的应急措施。建设单位已制定《辐射安全事故应急预案》，预案内容包括辐射应急救援小组成员及其职责等内容。

建设单位已制定《辐射安全事故应急预案》明确了应急救援小组成员的职责，规定了发生放射性事故时应急救援应遵循的原则、应急处理程序，以及事故应急处理责任划分，设置了应急联系人及联系方式；应急预案较为完善，符合《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，具有一定可行性的应急预案。建设单位后期应根据具体情况细化完善应急预案的内容，增设应急演练方案，并定期组织开展应急预案演练工作，防止辐射事故的发生。

12.6 竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，项目建设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。建设项目正式运行前，建设单位应进行自主竣工环保验收。本项目竣工环境保护验收一览表见表 12-2。

表 12-2 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	设备	工业 CT1 台（型号 v tome xM300，定向，固定式），最大管电压 ≤ 300 kV，最大管电流 ≤ 3 mA。	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。制度包括操作规程、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	齐全

续表 12 辐射安全管理

4	铅房防护措施	①铅房内安装摄像头，监视器设在操作台旁； ②双开铅门设置门机联锁； ③铅房内、外均设声光警示灯。 ④铅房内、操作台上设急停按钮； ⑤铅房所在检测室门外拟设置监督区标识及电离辐射警示标志； ⑥设置钥匙开关等多重安全联锁装置； ⑦通风：铅房每小时有效通风换气次数应不小于 3 次； ⑧铅房有足够的屏蔽防护能力，管线不得影响屏蔽防护效果。		符合相关要求
5	防护监测设备	辐射工作人员配备个人剂量计，1 台个人剂量报警仪，1 台 X-γ辐射剂量率仪。铅房配备 1 套固定式场所辐射探测报警装置。		个人剂量计按规定定期进行计量检定；定期对铅房屏蔽体外（包括监督区）进行剂量监测。
6	人员要求	配置符合要求的辐射工作人员，按照要求组织放射工作人员均经考核合格后上岗，按要求定期培训。		环境保护部令第 3 号、第 18 号、公告 2019 年第 57 号
7	电离辐射	年剂量管理目标限值	辐射工作人员≤5mSv/a 公众成员≤0.1mSv/a	GB18871-2002 GBZ117-2022 GBZ/T250-2014
		屏蔽体周围剂量当量率控制	铅房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率≤2.5μSv/h	

表 13 结论及建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

建设单位为了保证产品质量安全，拟租用重庆冠宇电池有限公司 7 厂 A 栋（5#-A）1F 西南侧原会议室 2，将其建设为 CTM300 检测室，并拟配置 1 台工业 CT（v|tome|xM300 型，属于 II 类射线装置，射线管 1：最大管电压 300kV、最大管电流 3mA、最大功率 500W；射线管 2：最大管电压 180kV、最大管电流 0.88mA、最大功率 15W），用于建设单位生产的动力类锂电池相关零部件等进行无损检测。

项目总投资约 800 万，其中环保投资约 15 万。

13.1.2 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“质量认证和检验检测服务”，属于鼓励类。所以，本项目 X 射线探伤机的使用符合国家的产业政策。

13.1.3 实践正当性

项目拟使用工业 X 射线 CT 的目的是开展公司生产产品的无损质量检测分析，确保产品质量与安全。项目工业 CT 探伤检测设备的应用，对产品的无损质量检验有其他技术无法替代的特点，项目建设将进一步提高公司锂电池相关零部件的无损探伤检测分析能力，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；同时也将为企业创造更大的经济效益提供保障。项目拟采取的辐射安全防护措施符合相关要求，对环境的辐射影响在可接受范围内。

项目对受电离辐射照射的个人和社会所带来的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。

13.1.4 辐射环境质量现状

项目所在位置及周围环境 γ 辐射剂量率的监测值在 85~87nGy/h 之间（未扣除宇宙射线的响应值）。根据《2022 年重庆市辐射环境质量报告书》中辐射环境质量状况数据，重庆市累积剂量法测得的 γ 空气吸收剂量率全市点位年均值范围为 78.0nGy/h~119nGy/h，全市点位年均值为 94.5nGy/h（未扣除宇宙射线响应值）。两者相比，本项目所在地环境 γ 辐射剂量率均在重庆市 2022 年环境 γ 空气吸收剂量率正常涨落范围内。

续表 13 结论及建议

13.1.5 选址可行性及布局合理性

建设单位为方便管理及保证产品质量安全，拟实施“重庆冠宇动力电池有限公司新增工业 CT 机项目”，项目选址于重庆市万盛经开区万东镇龙门路 70 号，属于工业园区内，本项目是属于园区主导产业配套项目，符合园区准入条件。

工业 CT 铅房位于 7 厂 A 栋（5#-A）1F 西南侧 CTM300 检测室内，便于工件、人员进出，且周围活动人员较少，且铅房六面体采用了自屏蔽防护措施，经过屏蔽后对周围环境辐射影响较小；根据现状监测结果，场址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。因此，从辐射防护与环境保护角度，项目选址可行。

项目为固定式 X 射线探伤，拟设置工业 CT 探伤铅房和操作台，固定安装在 7 厂 A 栋（5#-A）西南侧 CTM300 检测室，工业 CT 及操作台和铅房布置在 CTM300 检测室内，操作台、进样门（带观察窗）位于铅房前侧（西南侧），设备检修门分别位于铅房后侧（东北侧）、右侧（东南侧），检修工作由设备厂家负责，设备检修门平时处于常锁状态，均避开了有用线束（西北侧）照射的方向。CTM300 检测室内布局单一，除设备外，仅设置工件暂存区（分为已检区、待检区）。因此，项目平面布局合理。

13.1.6 辐射防护与安全措施

（1）分区管理：建设单位对铅房进行分区管理，划分为控制区和监督区。控制区即为工业 CT 铅房内部，监督区为 CTM300 检测室除铅房以外的区域。

（2）设备具备的辐射防护与安全措施：本项目拟配置射线装置自带有多种固有安全性，包括开机自检、过电压保护等；本项目拟配置辐射安全联锁装置（设施），包括操作台门机联锁、急停按钮、声光报警灯、电离辐射警告标志、视频监控系统等。

左侧屏蔽体（主射线）为 24mmPb，右侧检修门及右侧屏蔽体为 18mmPb，顶棚屏蔽体为 16mmPb，底板屏蔽体为 18mmPb，前侧屏蔽体为 20mmPb，后侧检修门及后侧屏蔽体为 18mmPb，进样门（含观察窗）屏蔽体为 20mmPb；并设置电缆、排风管进出口罩，穿越防护墙的管道（电缆线管）远离 X 射线球管，且位于设备后侧右下角，不位于主射区域，不会受到主射线照射。

（3）建设单位拟在铅房内和铅房外均设置工作状态指示灯，“预备”信号和“照射”信号有明显的区别。拟配置 1 台个人剂量报警仪，1 枚个人剂量计，1 台便携式 X-γ 辐射剂量率仪，1 台固定式场所辐射探测报警装置。

续表 13 结论及建议

综上所述，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）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的相关要求。

13.1.7 环境影响分析结论

（1）屏蔽体的辐射防护

本项目工业 CT 自带屏蔽铅房。根据核算，在最大工况下，屏蔽体厚度均能满足《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，屏蔽体外关注点处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

（2）剂量估算结果

辐射工作人员和公众成员受到的附加年有效剂量分别低于本评价剂量：辐射工作人员的剂量管理目标值 5mSv/a ，公众成员的剂量管理目标值 0.1mSv/a ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及相关标准的要求。

（3）环境保护目标影响

根据核算，各铅房外 50m 范围内环境保护目标处的周围剂量当量率满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，同时也低于其年剂量管理目标值。因此，项目所致周围 50m 范围内环境保护目标的影响有限，对环境的影响可以接受。

（4）“三废”影响

项目运行不产生放射性废水、放射性废气、放射性固废。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；项目工作人员产生的生活污水依托厂区污水处理站处理后排入污水管网，对环境的影响较小；生活垃圾依托建设单位生活垃圾收集系统收集后运至厂区生活垃圾暂存处，统一交由环卫部门统一处理；废 X 射线管交由有相关资质的单位回收并保管好回收手续，不会对环境产生不利影响。

（5）事故风险

根据后果分析可知，事故情景下人员滞留在铅房内发生误照射，工作人员可能会出现可恢复的机能变化，可能有血液学的变化。在铅房屏蔽体出现膨胀变形又长时间未发现的情况下，工作人员可能会出现可恢复的机能变化，可能有血液学的变化，达到发生确定性效应剂量阈值，发生随机性效应概率增加，甚至导致较为严重的辐射损伤，造成

续表 13 结论及建议

较大及以上级别辐射事故的发生。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，假若本项目发生事故，事故等级为：一般辐射事故。

建设单位通过定期检查工业 CT 的门机联锁装置的有效性，发现故障及时清除，严禁违规操作；定期进行仪器维护，并做好记录；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；制定检测室人员管理制度，进入检测室的钥匙由专人保管，禁止无关人员进入检测室等措施后，本项目风险可控。

13.1.8 辐射环境管理

建设单位拟按照相关要求建立辐射环境管理机构，配置辐射环境专职管理人员，制定相应的管理制度，保证辐射工作人员考核合格后上岗，定期培训；建立辐射工作人员健康档案、个人剂量档案、辐射环境监测档案等，并及时办理辐射安全许可证，在许可范围内从事辐射活动。在今后的工作中，建设单位还应加强核安全文化建设，提高辐射安全管理能力，杜绝辐射事故的发生。

13.1.9 综合结论

综上所述，重庆冠宇动力电池有限公司新增工业 CT 机项目符合国家产业政策，符合辐射防护“实践的正当性”原则，项目选址和布局合理，辐射安全与防护措施可行。在完善相应的辐射环境管理措施后，项目运行对环境及周围公众的影响可接受。因此，从环境保护角度看，项目的建设可行。

附图

附图 1 拟建项目地理位置图

附图 2-1 拟建项目周围外环境关系示意图



附图1 拟建项目地理位置图



附图2-1 拟建项目周围外环境关系示意图