

核技术利用建设项目

电池产品品质检测实验室配套Ⅱ类射线
装置核技术利用项目
环境影响报告表

西咸新区比亚迪实业有限公司

二〇二五年十月



核技术利用建设项目

电池产品品质检测实验室配套 II 类射线 装置核技术利用项目 环境影响报告表

建设单位名称：西咸新区比亚迪实业有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：陕西省西咸新区秦汉新城周陵街办周礼四路与天工二路（西段）交汇

比亚迪工业园 6-2#厂房

邮政编码：712034

联系人：董栋

电子邮箱：511101003@qq.com

联系电话：15353135580

打印编号: 1761288451000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	66k2m0		
建设项目名称	电池产品品质检测实验室配套Ⅱ类射线装置核技术利用项目		
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)	西咸新区比亚迪实业有限公司		
统一社会信用代码	91611103MAE8HM1E34		
法定代表人 (签章)	何龙		
主要负责人 (签字)	田广		
直接负责的主管人员 (签字)	余千慰		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	西安云开环境科技有限公司		
统一社会信用代码	91610103MA6TXMRF9D		
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
吴丹妮	03520240561000000040	BH004138	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
吴丹妮	表9项目工程分析与源项、表10辐射安全与防护、表11环境影响分析、表12辐射安全管理、表13结论与建议、表14审批	BH004138	
王虎虎	表1项目基本情况、表2放射源、表3非密封放射性物质、表4射线装置、表5废弃物 (重点是放射性废弃物)、表6评价依据、表7保护目标与评价标准、表8环境质量和辐射现状	BH045155	



营业执照

(副本)(1-1)

扫描二维码
家企业信用信息公示
系统“了解更多登
记、备案、许可、监
管信息”



名称

西安云开环境科技有限公司

注册资本

伍佰万元人民币

类型

有限责任公司(自然人投资或控股)

成立日期

2016年03月12日

法定代表人

范琪

经营范围

一般项目：环保咨询服务；节能管理服务；社会稳定风险评估；水利相关咨询服务；水土流失防治服务；大气环境污染防治服务；水环境污染防治服务；固体废物治理；土壤污染防治与修复服务；水环境污染防治服务；生态环境监测；工程管理服务；规划设计管理；环境保护监测；技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广。(除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动)许可项目：安全评价业务；职业卫生技术服务；检验检测服务；辐射监测；放射性污染监测。(依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动，具体经营项目以审批结果为准)

住

陕西省西安市雁塔区丈八东路66号西部电力国



登记机关

2021年07月09日



Environmental Impact Assessment Engineer

本证书由中华人民共和国人力资源部

和社会保障部、

表明持证人通过国家统一

取得环境影响评价工程师职业资格。



姓名:

61042319901107092X

月

批准日期: 2024年6月26日

管理号: 03520240561000000040



陕西省城镇职工基本养老保险
参保缴费证明

验证编号:10025102492503830



陕西社会保险"APP

验证二维码

姓名:吴丹妮 身份证号:61042319901107092X 人员参保关系ID:61000000000001532596 个人编号:61010303113399

现缴费单位名称:西安三开环境科技有限公司

缴费年度:2025

序号	缴费年度	对应缴费单位名称	经办机构
1	2025	西安三开环境科技有限公司	西安市碑林区养老保险经办中心

现参保经办机构:西安市碑林区养老保险经办中心



打印时间:2025-10-24 13:23:03

第1页/共1页

说明:1、本证明作为陕西省城镇职工基本养老保险参保缴费证明。2、本证明采用电子验证方式,不再加盖鲜章。如需查验真伪,可通“陕西社会保险”APP,点击“我要证明—参保证明真伪验证”查验。3、本证明复印有效,验证有效期至2025年12月23日,有效期内验证编号可多次使用。

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	12
表 3	非密封放射性物质	12
表 4	射线装置	13
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	14
表 6	评价依据	15
表 7	保护目标与评价标准	16
表 8	环境质量和辐射现状	26
表 9	项目工程分析与源项	31
表 10	辐射安全与防护	37
表 11	环境影响分析	52
表 12	辐射安全管理	70
表 13	结论与建议	78
表 14	审批	82

附件:

- 附件 1 委托书
- 附件 2 土地证
- 附件 3 厂区环评批复
- 附件 4 原有核技术利用项目环境影响登记表
- 附件 5 核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单
- 附件 6 辐射安全许可证
- 附件 7 辐射环境现状监测报告
- 附件 8 现有核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单
- 附件 9 现有辐射工作人员配备及体检
- 附件 10 现有辐射防护设备配置情况

表 1 项目基本情况

建设项目名称		电池产品品质检测实验室配套 II 类射线装置核技术利用项目				
建设单位		西咸新区比亚迪实业有限公司				
法人代表		何龙	联系人	董栋	联系电话	15353135580
注册地址		陕西省西咸新区秦汉新城周陵街办周礼四路与天工二路（西段）交汇处西北角				
项目建设地点		陕西省西咸新区秦汉新城周陵街办周礼四路与天工二路（西段）交汇处 比亚迪工业园 6-2#厂房				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 （万元）		150	项目环保投 资（万元）	13.5	投资比例（环保投 资/总投资）	9.00%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积（m ² ）	78
应用 类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
	非密封放 射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物			
		<input type="checkbox"/> 销售	/			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
	其他	电池产品品质检测实验室配套 II 类射线装置核技术利用项目				

项目概述

1、建设单位简介

西咸新区比亚迪实业有限公司（以下简称“建设单位”）成立于 2024 年 12 月，法定代表人为何龙，注册资本为 1000 万元，统一社会信用代码为 91611103MAE8HM1E34，企业注册地址位于陕西省西咸新区秦汉新城周陵街办周礼四路与天工二路（西段）交汇处西北角，是一家从事电池制造、电池销售及电子专用材料制造等业务的公司。

2、项目建设目的和任务由来

2025 年 5 月 13 日，比亚迪新能源汽车动力电池项目（一期）取得环评批复（西咸秦汉审准〔2025〕48 号），该园区目前正在建设中，详见附件 3。为满足比亚迪新能源汽车动力电池项目的动力电池检测能力，建设单位依托比亚迪工业园 6-2#厂房（土地证见附件 2），配套建设 1 间用于新能源电池检测的实验室。CT 室内拟购置一台 225kV 工业

CT 机，使用工业 CT 对产品电池进行无损检测。根据《射线装置分类》，工业用 CT 机为 II 类射线装置。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》以及《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，本项目需进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目属于“五十五、核与辐射-172 核技术利用建设项目—制备 PET 用放射性药物的；医疗使用 I 类放射源的；使用 II 类、III 类放射源的；生产、**使用 II 类射线装置的**；乙、丙级非密封放射性物质工作场所（医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的除外）；在野外进行放射性同位素示踪试验的；以上项目的改、扩建（不含在已许可场所增加不超出已许可活动种类和不高于已许可范围等级的核素或射线装置的）”，应编制环境影响报告表。

2025 年 8 月，建设单位委托我公司承担电池产品品质检测实验室配套 II 类射线装置核技术利用项目（以下简称“本项目”）的环境影响评价工作，委托书见附件 1。接受委托后，我公司组织相关技术人员对项目进行了资料收集、现场踏勘及监测等工作，依据国家及地方环境保护的有关规定，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）的相关要求，编制完成了《西咸新区比亚迪实业有限公司电池产品品质检测实验室配套 II 类射线装置核技术利用项目环境影响报告表》。

3、编制目的

（1）明确西咸新区比亚迪实业有限公司项目所在地辐射环境水平。通过对项目所在地的资料收集与调查分析，确认项目和周边环境辐射现状，以及项目区目前是否存在辐射问题。

（2）估算本项目 CT 机运行过程中辐射环境影响。通过对本项目设备运行过程中辐射环境影响的理论估算，确定其对周边环境的影响范围及程度，分析本项目采取辐射防护措施的有效性，并提出合理的意见与建议。

(3) 满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定要求，为生态环境主管部门和公司的辐射环境管理提供科学依据。

4、项目建设规模

(1) 项目建设内容

西咸新区比亚迪实业有限公司依托比亚迪工业园 6-2#厂房原分样室作为 CT 检测室，CT 检测室新增 1 台型号为 TSOL-CT225B 的离线双立柱 CT 设备，用于产品电池的无损检测。CT 检测室内尺寸为 8600mm（长）×8600mm（宽）×3300mm（高），总建筑面积约 74m²。该设备属于 II 类射线装置。根据建设单位提供资料，该射线装置由带铅板防护的扫描室（即铅房）、电气控制柜（即电气柜）和数据处理工作站（即控制台）组成，自带钢板包铅板结构的全封闭防护外壳，显像模式为实时数字化成像，无需冲洗胶片。该设备参数见表 1-1。

表1-1 设备参数一览表

技术指标	设备主要参数
设备名称	离线双立柱 CT
生产厂家	奕瑞电子科技集团股份有限公司
设备型号	TSOL-CT225B
数量	1 台
射线装置类别	II 类
设备内尺寸（长×宽×高）	3024mm×1871.5mm×2440mm
设备重量	13t
设备电压	220VAC
设备功率	10kW
最大射线管电压	225kV
操作电压	50~225kV
最大射线管电流	880μA
操作电流	880μA
检测精度	20μm
测试载具兼容产品（长×宽×高）	(0~1200mm)×(0~250mm)×(0~50mm)
射线管类型	闭管 X 射线源
射线源正照面铅板厚度	2mm 钢板+16mm 铅板+2mm 钢板
射线源背照面铅板厚度	2mm 钢板+12mm 铅板+2mm 钢板
射线源侧面/顶部/底部铅板厚度	2mm 钢板+14mm 铅板+2mm 钢板
最大运行功率	200W

主射束方向	定向出束，水平方向，由东向西照射
射线源	射线源上下移动，距离底部防护面内表面范围为 943~2143mm
探测器类型	非晶硅平板探测器
像素尺寸	0.139mm
探测器有效面积	427mm×3072mm
能量范围	最高达到 450kV
用途	无损检测
使用场所	依托 6-2#厂房原分样室新建 CT 检测室

（2）劳动定员与工作制度

根据建设单位提供资料，本项目拟配备辐射工作人员 2 人，均为新增。项目拟配备的辐射工作人员已全部通过核技术利用辐射安全与防护考核（见附件 5），持证上岗。要求上岗前进行职业健康检查，同时需佩戴个人剂量计，进行个人剂量监测工作并建立个人剂量档案。

项目 CT 检测室工作制度为单班制，每天 8h；单次检测时间共计 5min，其中射线装置单次曝光时间为 4min，每天最多检测 120 次。则射线装置每天曝光时间最长为 8h，年工作 250d，年曝光时间最长为 2000h。另外，本项目放射工作人员不从事其他辐射工作岗位，不存在兼岗情况。

（3）项目组成

项目组成见表 1-2。

表1-2 项目组成一览表

类别	名称	项目组成及规模	备注
主体工程	CT检测室	位于现有6-2#厂房西南侧，原为分样室，现状为空置厂房，厂房共一层，无地下室。总建筑面积约74m ² ，内尺寸为8600mm（长）×8600mm（宽）×3300mm（高）。	依托现有6-2#厂房内原分样室建设
	离线双立柱CT系统	该设备位于CT检测室内中部，控制台位于CT检测室东北侧。设备外尺寸为3750mm（长）×2250mm（宽）×2800mm（高）、内尺寸为3024mm（长）×1871.5mm（宽）×2440mm（高），最大射线管电压225kV，最大射线管电流880μA，显像模式为实时数字化成像。	新增
公用工程	给水	由市政给水管网统一供给。	依托厂内现有供水管网
	排水	项目废水依托厂内现有污水收集、处理设施处理达标后，通过市政污水管网排入秦汉新城朝阳污水处理厂。	依托厂内现有污水收集、处理设施
	供电	由市政电网统一供给。	依托厂内现有供

			电电网
环保工程	辐射防护	铅房为设备自带钢板包铅板结构的全封闭防护外壳，射线源正照面铅板厚度2mm钢板+16mm铅板+2mm钢板，射线源背照面铅板厚度2mm钢板+12mm铅板+2mm钢板，射线源侧面/顶部/底部铅板厚度2mm钢板+14mm铅板+2mm钢板。	设备自带
	废气	设备体积约为13.8m ³ ，排风量设计为70m ³ /h，每小时有效通风换气次数约为5次，排风管道外口位于铅房南侧顶部，经管道引至CT检测室顶部引出6-2#厂房外朝上，非人员长居留位置，避开人员活动密集区。	新建
	废水	项目显像模式为实时数字化成像，无需冲洗胶片，不涉及生产废水的产生及排放；新增放射工作人员生活污水依托厂内现有污水收集、处理设施处理达标后，通过市政污水管网排入秦汉新城朝阳污水处理厂。	依托厂内现有污水收集、处理设施
	噪声	采用低噪声设备，隔声、吸声、柔性连接等。	新建
	固体废物	项目显像模式为实时数字化成像，无需冲洗胶片，不涉及生产固废的产生及处置；新增放射工作人员生活垃圾依托厂区现有生活垃圾收运设施分类收集后，委托环卫部门统一清运。	依托厂区现有生活垃圾收运设施

5、项目选址及周边环境概况

项目位于陕西省西咸新区秦汉新城周陵街办周礼四路与天工二路（西段）交汇比亚迪工业园，东侧为周礼四路，南侧为天工二路，西侧为天健一路，北侧为天马大道。项目地理位置见图 1-1。



图 1-1 项目地理位置图

6-2#厂房为单层建筑，无地下室，位于厂区东侧，东侧为 2#能源中心、甲类厂房 2，南侧为 6-1#厂房，西侧为 1#食堂和 5 号厂房，北侧为 6-3#厂房，详见图 1-2。



图 1-2 西咸新区比亚迪实业有限公司厂区平面布局图

CT 检测室位于 6-2#厂房内实验测试区。CT 检测室依托原分析室进行建设，东侧为原材料检测室、ICP 实验室、金属颗粒实验室、水分实验室、物料房、品质室、计量室，西侧为道路，南侧为走廊、留样室、计量室等，详见图 1-3~1-5。

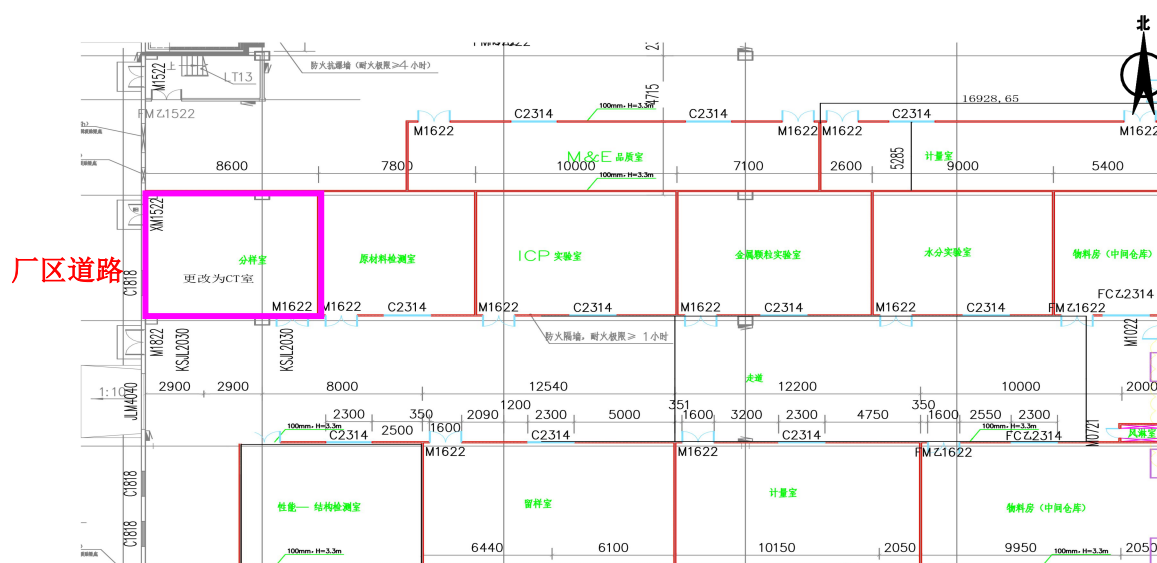


图 1-3 6-2#厂房平面布置图（局部实验测试区）

本项目工业 CT 装置采用自带防护的双立柱 CT 系统，CT 检测室内部布局如图 1-5 所示。

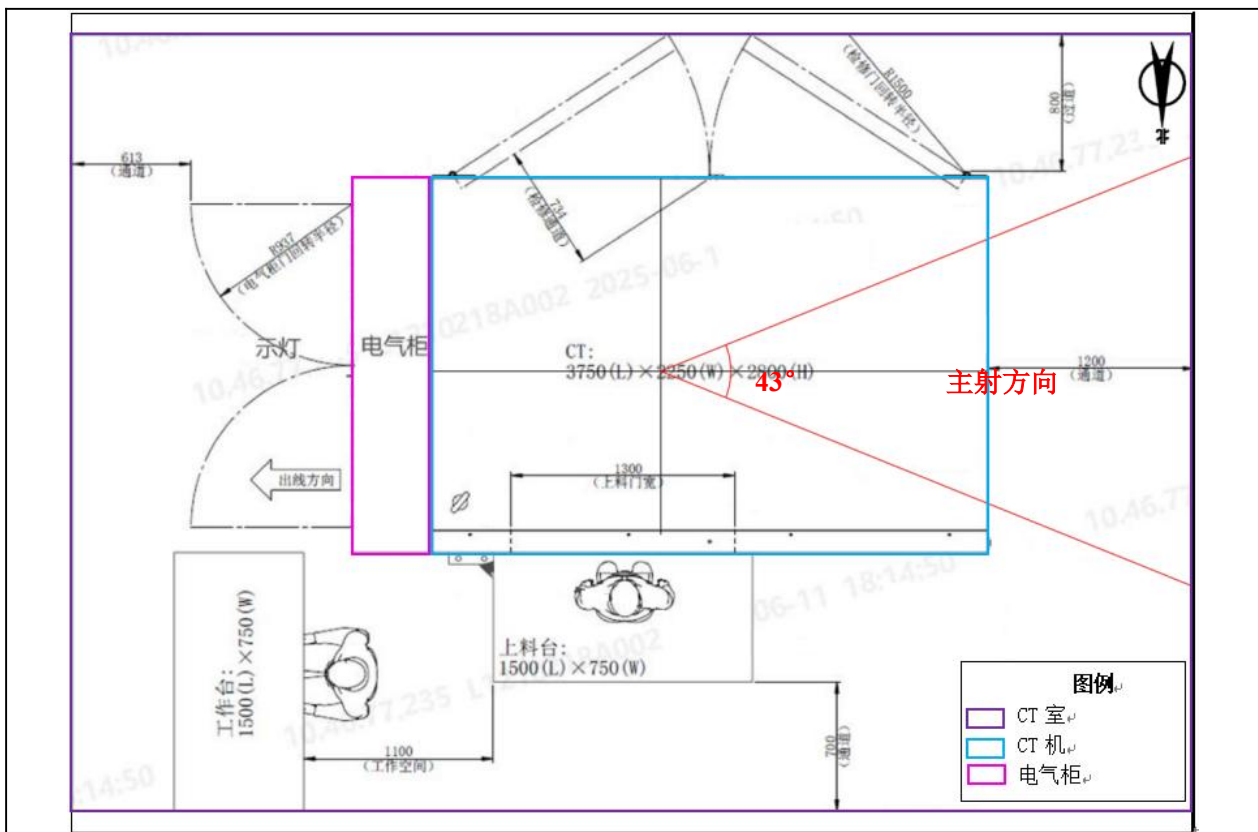


图 1-4 CT 检测室平面布置图

6、原有核技术利用项目许可情况

(1) 原有核技术利用项目环保手续履行情况

根据建设单位提供资料，西咸新区比亚迪实业有限公司原有核技术利用项目环保手续履行情况见表 1-3，原有核技术利用项目环境影响登记表见附件 4。

表1-3 原有核技术利用项目环保手续履行情况一览表

编号	项目名称	环评批复	环评批复内容	竣工环 保验收	竣工环 保验收 内容	竣工环 保验收 结论
1	西咸新区比 亚迪实业有 限公司放射 源建设项目	备案号： 20256199000 300000015 (2025年6月 5日)	新建涂布车间使用 Kr-85放射源的面密 度测量仪。使用Kr-85 放射源（单枚活度 3.70E10贝可，属V类 放射源，在涂布车间 16台涂布机使用，共 32枚），Kr-85放射源 使用位置位于西咸 新区比亚迪实业有	无需 验收	/	/

			限公司6-1号厂房涂布车间内。			
--	--	--	-----------------	--	--	--

综上，西咸新区比亚迪实业有限公司原有核技术利用项目均已按要求履行相关环保手续。

（2）辐射安全许可证

2025年8月26日，西咸新区比亚迪实业有限公司首次取得辐射安全许可证，证书编号：陕环辐证〔U0139〕。公司现持辐射安全许可证发证日期：2025年8月26日，有效期至：2030年8月25日，发证机关：陕西省西咸新区秦汉新城管理委员会，许可种类和范围：使用V类放射源，具体许可项目内容见表1-4，辐射安全许可证见附件6。

表1-4 辐射安全许可证许可项目内容一览表

（一）放射源					
序号	核素	类别	总活度（Bq）/活度（Bq）×枚数	活动种类	工作场所
1	Kr-85	V类	3.70E+10*32	使用	6-1#厂房涂布车间

（3）辐射安全与管理现状

①辐射安全与环境保护管理机构

为满足公司辐射安全与环境保护管理的需求，西咸新区比亚迪实业有限公司根据《中华人民共和国放射性污染防治法》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等的相关要求，已成立辐射安全与环境保护领导小组，组长为王彦雲，辐射安全与环境保护领导小组办公室设在西咸新区比亚迪实业有限公司安全环境管理部，负责日常辐射安全监督管理工作。

公司现有的辐射安全与环境保护管理机构为辐射安全与环境保护领导小组，符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的相关要求，可以满足公司日常辐射安全与环境保护管理的要求。评价要求建设单位应根据本次新增的II类射线装置，完善现有的辐射安全与环境保护管理机构相关内容。

②辐射安全与环境保护管理制度及落实情况

西咸新区比亚迪实业有限公司目前已制定了一系列辐射环境管理规章制度，包括《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》《辐射岗位工作职责》《辐射防护和安

全管理职责》《辐射安全防护设施维护与维修制度》《放射工作人员培训管理制度及培训计划》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《职业健康体检管理制度》《辐射工作场所监测制度》《监测计划》《辐射环境监测设备使用与检定管理制度》等，已报备《西咸新区比亚迪实业有限公司辐射事故应急预案》（2025 年版），以确保辐射作业中的安全防护。

另外，环评要求，西咸新区比亚迪实业有限公司应针对 CT 检测室制定《放射性同位素与射线装置管理制度》《工业 CT 操作人员岗位职责》《TSOL-CT225B 型工业 CT 操作规程》《射线装置操作规程》等。

现有辐射安全与环境保护管理制度执行情况较好，运行以来未发生辐射事故或人员剂量超标情况。

③辐射人员安全培训情况

根据建设单位提供资料，西咸新区比亚迪实业有限公司现有 V 类放射源放射工作人员共计 8 人，全部参加并通过了核技术利用辐射安全与防护学习和考核，详见附件 8。

④个人剂量检测及职业健康检查情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《放射工作人员职业健康管理辦法》等的相关要求，西咸新区比亚迪实业有限公司对放射工作人员所受剂量进行控制，已为每个放射工作人员配备个人剂量计，每 3 个月对放射工作人员进行个人剂量检测，并建立个人剂量档案，详见附件 9。

同时，公司所有放射工作人员上岗前均已进行职业健康检查，上岗后定期进行职业健康检查并存档，检查结果显示未发现疑似放射性疾病，可以继续从事辐射工作，说明各类放射源配套的辐射安全防护设施能够有效地保障放射工作人员的辐射安全。

⑤工作场所及辐射环境监测情况

西咸新区比亚迪实业有限公司已配备 1 台环境级 X、 γ 辐射测量仪，每年检定 1 次。同时制定了《辐射自主监测方案》《辐射环境监测设备使用与检定管理制度》等，每季度对现有辐射工作场所进行监测并存档。

西咸新区比亚迪实业有限公司委托有资质单位每年对辐射工作场所进行 1 次辐射环境监测，目前项目暂未建成投产，尚未进行检测。

⑥年度评估报告上报情况

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“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”。

西咸新区比亚迪实业有限公司每年按时在全国核技术利用辐射安全申报系统中上传年度评估报告，目前项目暂未建成投产，暂未进行系统申报。

（4）原有核技术利用项目存在的环境问题及整改措施

西咸新区比亚迪实业有限公司原有核技术利用项目环保手续及辐射安全许可手续齐全；辐射安全管理及放射工作人员职业健康管理情况运行良好；各类规章制度及应急管理基本落实；放射工作人员个人剂量满足有效剂量约束要求。另外，本项目依托西咸新区比亚迪实业有限公司现有 6-2#厂房原分样室进行建设，该厂房已按要求履行相关环保手续（见附件 3），不存在原有环境问题。

为便于后期管理，评价要求项目取得环评批复后，西咸新区比亚迪实业有限公司尽快办理辐射安全许可证重新申领。

7、实践正当性分析

西咸新区比亚迪实业有限公司使用离线双立柱 CT 对比亚迪新能源汽车动力电池项目异常隔离电池进行检测，以控制产品质量。本项目的建设，将满足企业提供产品质量的需求，创造更好的经济效益。从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，减少安全事件发生的可能性。虽然在运行期间，工业 CT 装置的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定的辐射影响，但公司在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营的情况下，可将上述辐射影响降至尽可能小。

因此，在考虑了社会、经济和代价等有关因素后，其对社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

8、与产业政策符合性分析

本项目使用工业 CT 装置对比亚迪新能源汽车动力电池项目异常隔离电池进行检测，系核技术在无损检测领域的应用，属于检验检测服务。

根据《产业结构调整指导目录》（2024 年本），本项目属于“第一类 鼓励类-三十一、科技服务业-1.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”，符合国家现行的产业政策要求。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 3 非密封放射性物质

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	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 装置	II	1	TSOL-CT225B	225	0.88	无损检测	6-2#厂房	新增
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素 名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
O ₃ 、NO _x	气态	/	/	少量	少量	/	/	大气环境
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为mg/L，固体为mg/kg，气态为mg/m³；年排放总量用kg。
 2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L或Bq/kg或Bq/m³）和活度（Bq）。3.项目运行过程中，不产生放射性“三废”。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日）；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 10 月 1 日）；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年 1 月 1 日）；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年 5 月 1 日）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年 3 月 2 日）；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年 1 月 4 日）；</p> <p>(9) 《射线装置分类》（2017 年 12 月 6 日）；</p> <p>(10) 《放射工作人员职业健康管理辦法》（2007 年 11 月 1 日）；</p> <p>(11) 《产业结构调整指导目录》（2024 年本）；</p> <p>(12) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145 号）；</p> <p>(13) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（2019 年 12 月 23 日）；</p> <p>(14) 《陕西省放射性污染防治条例》（2019 年 7 月 31 日）；</p> <p>(15) 关于印发新修订的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》的通知（陕环办发〔2018〕29 号）。</p>
技术标准	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(5) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）；</p> <p>(6) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及其第 1 号修改单；</p> <p>(7) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）；</p> <p>(8) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）；</p> <p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）。</p>
其他	<p>(1) 建设项目环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 建设单位提供的其他相关资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）“1.5 评价范围和保护目标，放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”。

因此，确定项目辐射环境影响评价范围为以射线装置实体铅屏蔽体为边界，半径 50m 范围内的区域，见图 7-1。

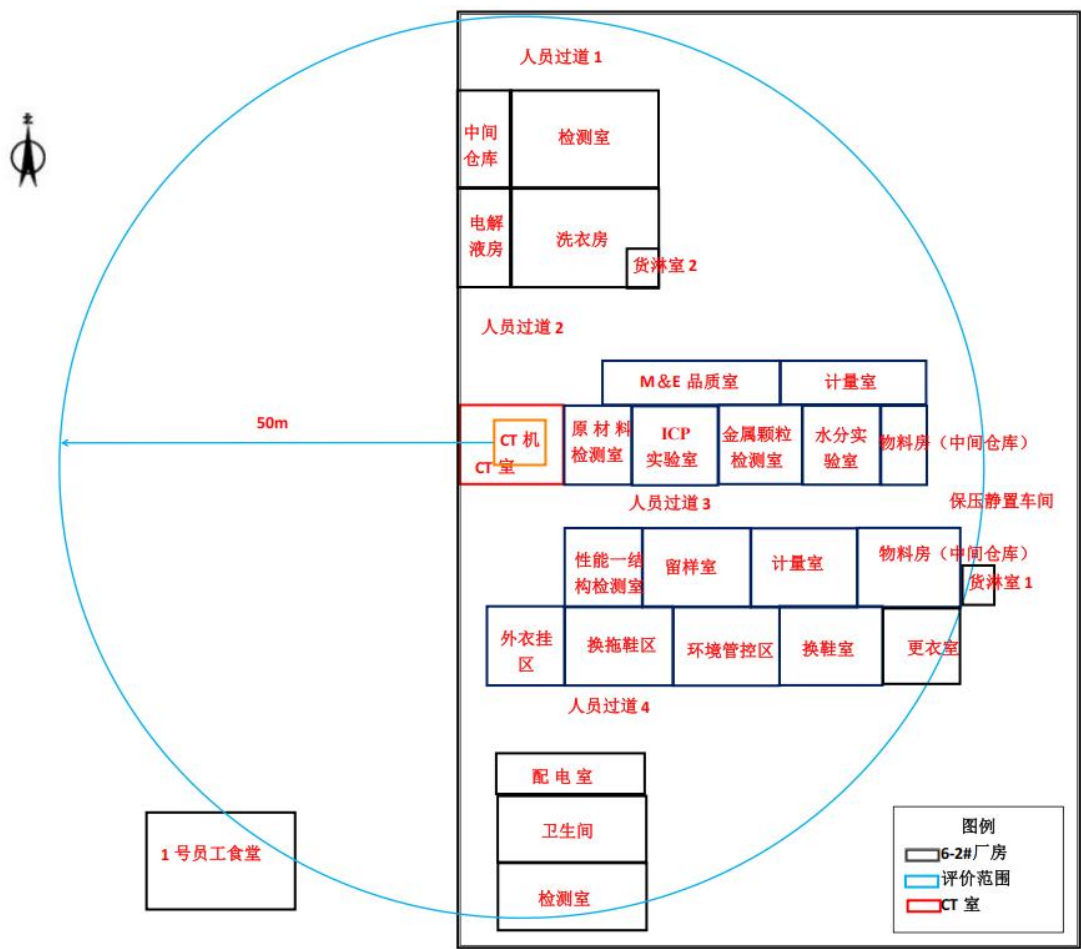


图 7-1 项目辐射环境影响评价范围示意图

保护目标

根据现场踏勘及调查，以射线装置实体铅屏蔽体为边界，半径 50m 范围内的区域全部位于西咸新区比亚迪实业有限公司边界范围内，主要的环境保护目标为 CT 检测室职业工作人员及厂区内公众，具体见表 7-1。

表7-1 主要环境保护目标一览表

序号	保护对象	相对方位		规模	与屏蔽体相对最近距离
1	放射工作人员	控制台		2 人	约 1.2m
2	公众	南侧	人员过道 3	流动人员	约 2.8m
			性能一结构检测室	10 人	约 10.8m
			人员过道 4	流动人员	约 23.6m
			留样室	10 人	约 12.0m
			计量室	10 人	约 19.4m
			物料房（中间仓库）	流动人员	约 28.7m
			保压静置车间	10 人	约 38.5m
			配电室	流动人员	约 28.7m
			卫生间	流动人员	约 32.7m
			检测室	10 人	约 43.5m
			外衣挂区	200 人	约 18.5m
			换拖鞋区	200 人	约 19.0m
			环境管控区	流动人员	约 21.4m
			换鞋室	流动人员	约 24.4m
			更衣室	流动人员	约 32.8m
		北侧	人员过道 2	流动人员	约 1.3m
			检测室	10 人	约 22.0m
			电解液房	10 人	约 21.1m
			中间仓库	10 人	约 20.4m
			洗衣房	10 人	约 33.8m
			人员过道 1	流动人员	约 46.5m
			货淋室 1	流动人员	约 33.8m
		西侧	6-2 厂房外西侧道路	流动人员	约 3.6m
			1 号食堂	流动人员	约 38.8m
		东侧	原材料检测室	10 人	约 1.6m
ICP 实验室	10 人		约 8.2m		
金属颗粒实验室	10 人		约 16.8m		
水分实验室	10 人		约 25.0m		
物料房（中间仓库）	流动人员		约 32.7m		

			M&E 品质室	10 人	4.5m
			计量室	10 人	17.7m
			货淋室 2	流动人员	约 33.8m

注：表中“与屏蔽体相对最近距离”指：以 CT 机为起点，至各区域人员可到达位置的最近距离。

评价标准

一、《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”。

“附录 B 剂量限值和表面污染控制水平：

B1 剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

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

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv。

B1.1.2 特殊情况

在特殊情况下，可依据第 6 章 6.2.2 所规定的要求对剂量限值进行如下临时变更：

a) 依照审管部门的规定，可将 B1.1.1.1 中 a) 项指出的剂量平均期破例延长到 10 个连续年；并且，在此期间内，任何工作人员所接受的年平均有效剂量不应超过 20mSv，任何单一年份不应超过 50mSv；此外，当任何一个工作人员自此延长平均期开始以来所接受的剂量累计达到 100mSv 时，应对这种情况进行审查；

b) 剂量限制的临时变更应遵循审管部门的规定，但任何一年内不得超过 50mSv，临时变更的期限不得超过 5 年。

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

b) 特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv”。

“4.3.3.1 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）”。

结合本项目射线装置适用情况，综合考虑公司核技术利用现状，并着眼于长期发展，为其他辐射设施和实践活动留有余地，本次评价分别对职业照射和公众照射的年受照剂量约束值分别进行了如下设定：

①取职业照射年有效剂量限值的 1/4，作为放射工作人员的年附加剂量约束值，即 5.0mSv/a；

②取公众照射年有效剂量限值的 1/10，作为周围公众的年附加剂量约束值，即 0.1mSv/a。

二、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

“1 范围

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”。

“4 使用单位放射防护要求

4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。

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

4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ 98 的要求进行职业健康监护。

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

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

4.6 应制定辐射事故应急预案”。

“5 探伤机的放射防护要求

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 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/T26837 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	<1
150~200	<2.5
>200	<5

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。

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”。

“6 固定式探伤的放射防护要求

6.1 探伤室放射防护要求

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

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

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

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

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

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，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 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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

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

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

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

明。

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

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

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

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

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

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

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

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

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

“8 放射防护检测

8.1 检测的一般要求

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。

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。

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/T26837 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。

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：

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。

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 30cm 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) 无固定照射方向的探伤室在有用线束照射四面屏蔽墙时，应巡测墙上不同位置及门、门四周的辐射水平；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。

c) 设有窗户的探伤室，应特别注意巡测窗外不同距离处的辐射水平。

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 30cm 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 30cm 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 30cm 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。

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 X 射线探伤机额定电压增大时，应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。

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”。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状	
1、项目地理和场所位置	
(1) 项目地理位置	
本项目位于陕西省西咸新区秦汉新城周陵街办周礼四路与天工二路（西段）交汇比亚迪工业园 6-2#厂房原分样室，项目地理位置图见图 1-1。	
(2) 项目场所位置	
本项目拟利用 6-2#厂房原分样室进行建设，新增 1 台型号为 TSOL-CT225B 的离线双立柱 CT，作为 CT 检测室，主要用于比亚迪新能源汽车动力电池项目异常隔离电池的检测。6-2#厂房平面布置图（局部）见图 1-3~1-4。	
项目所在地及周围环境实景图如下：	
	
项目所在地（内）	南侧人员过道（由西往东）
	
东侧金属颗粒检测室	北侧过道



西侧厂区道路



6-2 厂房西南侧隔路在建 1 号食堂

2、辐射环境现状评价

为掌握项目所在地辐射环境现状，2025 年 9 月，西咸新区比亚迪实业有限公司委托西安云开环境科技有限公司对项目所在地及周边环境进行了辐射环境现状监测（云开（DL）字〔2025〕第 09005 号），辐射环境现状监测报告见附件 7。

（1）监测因子

X-γ辐射剂量率

（2）监测方法

《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）

（3）监测点位

项目所在地及周边辐射环境现状监测点位见表 8-1。

表8-1 监测点位一览表

编号	监测点位描述	编号	监测点位描述
1#	CT 检测室	18#	西南侧 1 号食堂
2#	操作台操作工位处	19#	北侧货淋室
3#	南侧留样室	20#	北侧洗衣房
4#	南侧计量室	21#	北侧电解液房
5#	南侧物料房（中间仓库）	22#	北侧中间仓库
6#	南侧保压静置车间	23#	北侧检测室
7#	北侧人员过道	24#	北侧人员过道
8#	西侧 6-2 厂房外道路	25#	南侧外衣挂区

9#	南侧人员过道	26#	南侧换拖鞋区
10#	东侧原材料检测室	27#	南侧环境管控区
11#	东侧 ICP 实验室	28#	南侧换鞋室
12#	东侧金属颗粒实验室	29#	南侧更衣室
13#	东侧水分实验室	30#	南侧货淋室
14#	东侧物料房（中间仓库）	31#	南侧人员过道
15#	东侧 M&E 品质室	32#	南侧配电室
16#	东侧计量室	33#	南侧卫生间
17#	南侧结构检测室	34#	南侧检测室

项目辐射环境现状监测点位示意图见图 8-1~8-2。

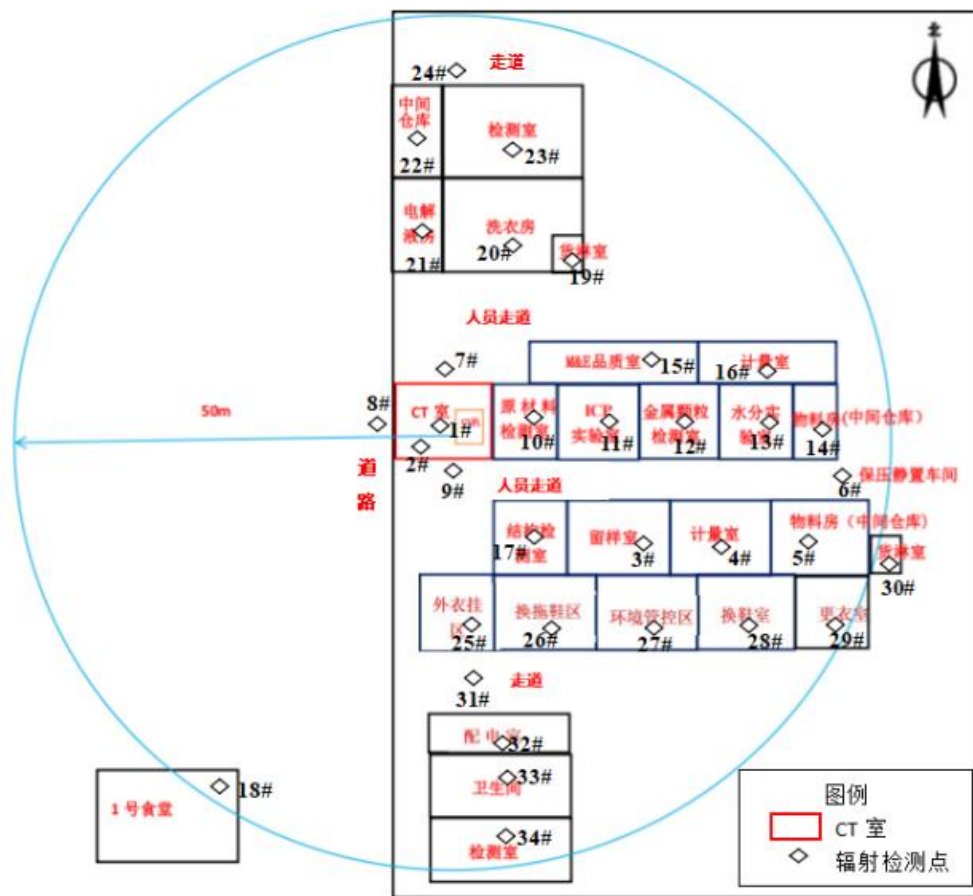


图8-1 项目辐射环境现状监测点位示意图

(4) 监测仪器

表8-2 监测仪器一览表

仪器名称	规格型号	仪器编号	测量范围	校准单位	证书编号	有效期至
环境 X、γ 剂量率仪	MH1100-R/ MH1100-G	YKYQ-DL-002/Y KYQ-DL-00201	1nGy/h~1 00μGy/h	中国测试技 术研究院	校准字第 202504109123 号	2026.04.2 8

（5）质量保证措施

严格按照《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）进行监测，实施全过程质量控制。

- ①合理布设监测点位，保证各监测点位布设具有代表性、科学性和可比性；
- ②监测方法采用国家有关部门颁布的标准方法，监测人员持证上岗；
- ③所用监测仪器全部经过计量部门鉴定，并在有效期内；
- ④监测结果严格实行三级审核制度，保证监测数据的准确性。

（6）监测结果

项目所在地及周边辐射环境现状监测结果见表 8-3。

表 8-3 项目所在地及周边辐射环境现状监测结果一览表

监测点位编号	监测点位描述	X-γ辐射剂量率（nSv/h）
		平均值
1#	CT 检测室	78
2#	操作台操作工位处	84
3#	南侧留样室	85
4#	南侧计量室	89
5#	南侧物料房（中间仓库）	96
6#	南侧保压静置车间	94
7#	北侧人员走道	93
8#	西侧 6-2 厂房外道路	58
9#	南侧人员走道	85
10#	东侧原材料检测室	93
11#	东侧 ICP 实验室	91
12#	东侧金属颗粒实验室	84
13#	东侧水分实验室	94
14#	东侧物料房（中间仓库）	92
15#	东侧 M&E 品质室	94
16#	东侧计量室	91
17#	南侧结构检测室	96
18#	西南侧 1 号食堂	87
19#	北侧货淋室	91

20#	北侧洗衣房	94
21#	北侧电解液房	86
22#	北侧中间仓库	101
23#	北侧检测室	95
24#	北侧人员走道	85
25#	南侧外衣挂区	91
26#	南侧换拖鞋区	94
27#	南侧环境管控区	91
28#	南侧换鞋室	99
29#	南侧更衣室	90
30#	南侧货淋室	95
31#	南侧人员走道	85
32#	南侧配电室	98
33#	南侧卫生间	94
34#	南侧检测室	91

注：表中检测结果已扣除仪器对宇宙射线响应值（24nSv/h）。

监测结果表明：项目所在地及周边环境 X- γ 辐射剂量率监测范围为 58~101nSv/h。根据《中国环境天然放射性水平》（2015 年 7 月）“西安市道路 γ 辐射剂量率为（52.0~121.0）nGy/h；西安市室内 γ 辐射剂量率范围为（79.0~130.0）nGy/h；宇宙射线所致室外剂量率（按点平均）均值为 37.0nGy/h，宇宙射线所致室内剂量率（按点平均）均值为 33.0nGy/h”。经比对，本项目辐射工作场所及周边环境 X- γ 辐射剂量率与西安市 γ 辐射剂量率处于同一水平涨落范围内。

表 9 项目工程分析与源项

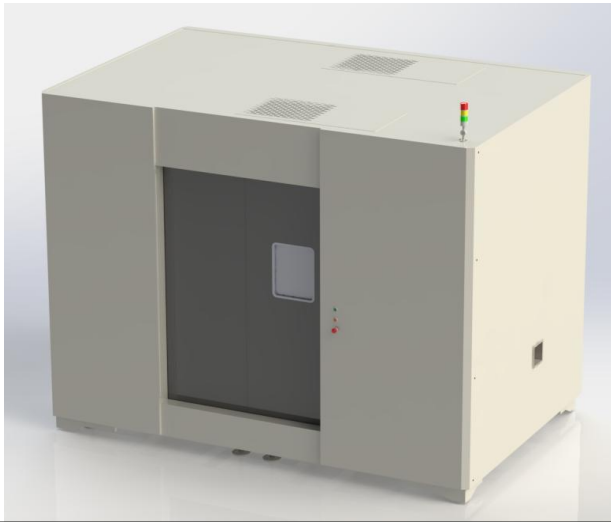
工程设备和工艺分析

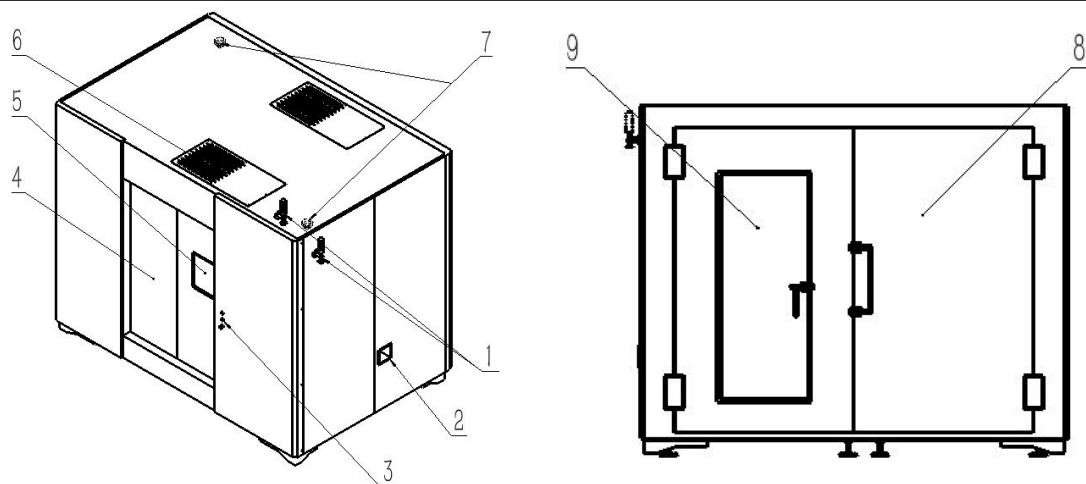
本项目拟在陕西省西咸新区秦汉新城周陵街办周礼四路与天工二路（西段）交汇比亚迪工业园 6-2#厂房新增 1 台型号为 TSOL-CT225B 的离线双立柱 CT，用于比亚迪新能源汽车动力电池项目异常隔离电池的检测。

1、工程设备概况

根据建设单位提供资料，本项目拟采用奕瑞电子科技集团股份有限公司生产的 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT，用于比亚迪新能源汽车动力电池项目异常隔离电池的检测。该射线装置由带铅板防护的扫描室、电气柜和控制台组成，自带钢板包铅板结构的全封闭防护外壳，内部为运动定位系统、射线源以及成像系统等，显像模式为实时数字化成像，无需冲洗胶片。

采用铅房对 X 射线进行屏蔽，射线源正照面 2mm 钢板+16mm 铅板+2mm 钢板，射线源背照面 2mm 钢板+12mm 铅板+2mm 钢板，射线源侧面/顶部/底部铅板厚度 2mm 钢板+14mm 铅板+2mm 钢板。X 射线管定向出束，水平方向，由东向西照射，最大管电压 225kV、最大管电流 880 μ A。TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 外观如图 9-1。





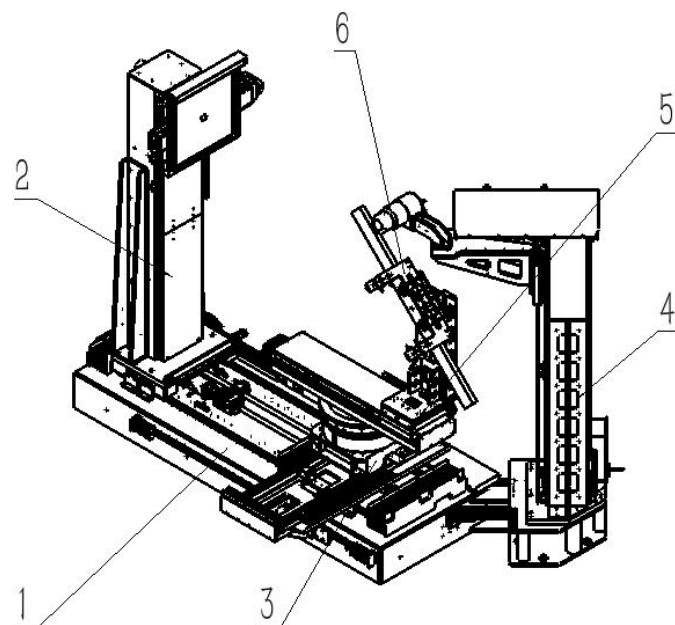
(a) 设备轴侧视图

(b) 设备后视图

- 1.报警灯（顶装或侧装） 2.走线孔 3.按钮控制区 4.前自动门 5.铅玻璃 6.排风口
7.摄像头（铅房内部） 8.组装工艺门 9.维护门

图9-1 TSOL-CT225B型离线双立柱CT外观图

工业 CT 内部机构主要包括大理石底座、射线源运动机构、样品台运动机构、探测器运动机构、自动转角机构、检测夹具等，内部机构示意图如图 9-2。



- 1.大理石底座 2. 探测器运动机构 3.样品台运动机构
4.射线源运动机构 5.自动转角机构 6.检测夹具

图9-2 内部机构示意图

2、工作原理

X 射线机主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由阴极和阳极组成，阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据需要，可由不同的材料制成各种形状。一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、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，高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子向嵌在金属阳极中的靶体射击，在射到靶体之前被加速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面被靶突然阻挡从而产生 X 射线，X 射线的波长很短，一般为 $0.001\sim 10\text{nm}$ 。X 射线以光速直线传播，不受电场和磁场的影响，可穿透物质，在穿透过程中有衰减，X 射线无损检测的实质是根据被检验工件与其内部缺陷介质对射线能量衰减程度不同，而引起射线透过工件后强度差异。X 射线无损检测过程中，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度减弱越大。当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱较小，即透过的射线强度较大，从而可以从图像上的差异判断焊接的质量、缺陷位置和被检样品内部的细微结构等。典型的 X 射线管结构图如图 9-3。

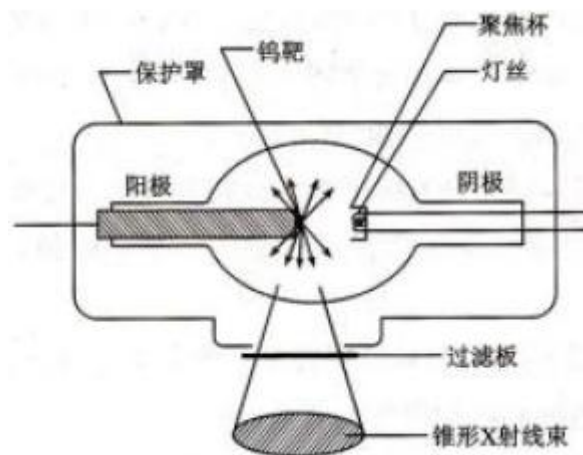


图9-3 典型的X射线管结构图

将检测目标（样品）放置在 X 射线发生器与 X 射线检测器之间，使其旋转并收集 X 射线透射数据，计算出断面图像（CT 图像），工业 CT 检测原理图如图 9-4。

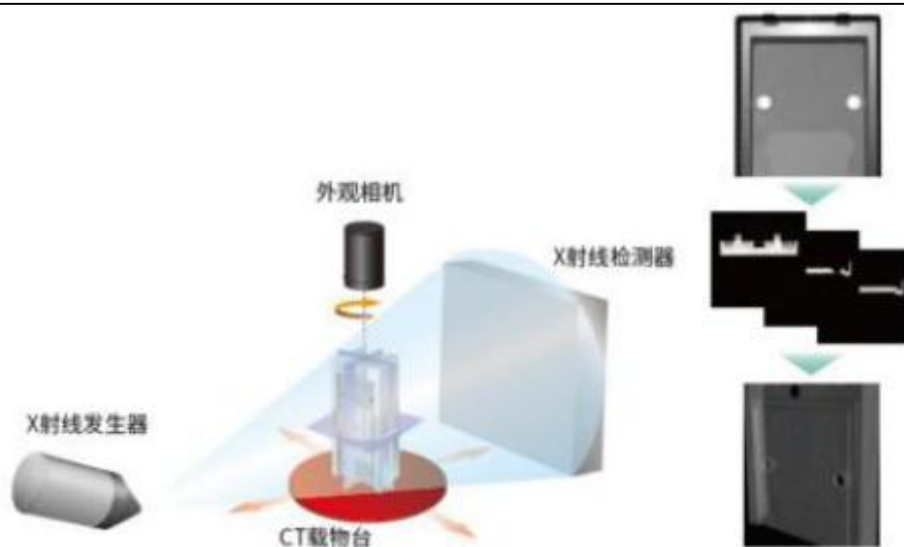


图 9-4 工业 CT 检测原理图

3、工作流程及产污环节分析

工业 CT 射线检测装置检测时，被检测工件放置在检测台上，放射工作人员在旁边控制台进行操作，对待测工件进行无损检测。无损检测工作流程描述如下：

- （1）打开主控开关，将钥匙开关转到打开位置，按下电源开关按钮；
- （2）工作人员打开防护门；
- （3）人工将检测工件装载在载物台上；
- （4）摆放好待检测工件后，关闭防护门；
- （5）电脑调节载物台至合适位置，打开 X 射线出束开关，开始检测；
- （6）检测过程中，计算机系统实时将射线信号进行数字处理，生成图像；
- （7）检测完成后，关闭射线，打开防护门，人工取出检测工件。

项目显像模式为实时数字化成像，无需冲洗胶片，不涉及生产废水的产生及排放，也不涉及生产固废的产生及处置。工业 CT 射线检测装置曝光时，主要污染因子为 X 射线。此外，X 射线与空气作用会产生极少量的臭氧（ O_3 ）、氮氧化物（ NO_x ）等有害气体。TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 工作流程及产污环节见图 9-5。

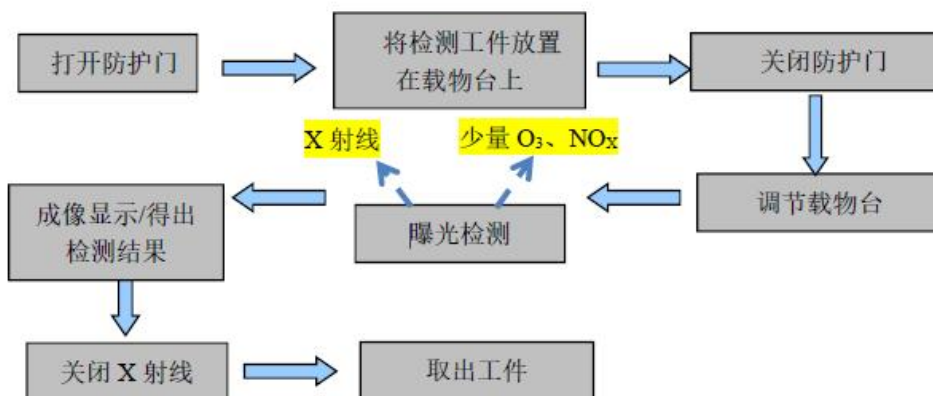


图 9-5 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 工作流程及产污环节图

4、正常工况下的污染途径

检测系统发出的 X 射线经透射、散射，对作业场所及周围环境产生 X 射线辐射，会对工作人员和公众产生一定的外照射。

5、事故工况下的污染途径

本项目射线装置属于 II 类射线装置，运行过程中可能发生的辐射安全事故主要为门-机联锁失效导致放射工作人员或公众在铅防护门处被误照射。

另外，项目拟新增放射工作人员 2 人，运行期会新增少量放射工作人员生活污水和生活垃圾。

污染源项描述

项目运行期主要污染源项为 X 射线、O₃ 和 NO_x 等有害气体，以及新增放射工作人员生活污水和生活垃圾等，不产生放射性“三废”。

1、X 射线

由 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。项目检测系统只有在开机并处于出射线状态时才会发出 X 射线。因此，在检测期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子。

X 射线发生器出束期间产生的 X 射线能量在零和出束管电压之间，为连续能谱分布，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口滤过条件有关。辐射场中的 X 射线包括有用线束、泄漏射线和散射射线。

(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照射工件。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) 泄漏射线：除了有用辐射束外，从辐射源组装体中泄漏出的任何其他的辐射；

(3) 散射射线：由有用线束及泄漏射线在各种散射体（检测工件、射线接收装置、地面等）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。

2、废气

当电压在 0.6kV 以上时，X 射线能使空气电离。而 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 最大射线管电压为 225kV，操作电压为 50~225kV。因此，工业 CT 射线检测装置在工作状态时，X 射线会使铅室内的空气电离而产生极少量的 O₃、NO_x 等有害气体。

3、废水

本项目显像模式为实时数字化成像，无需冲洗胶片。项目运行后不产生放射性废水。项目拟新增放射工作人员 2 人。参照《行业用水定额》（DB61/T943-2020），新增放射工作人员生活用水量按 10m³/（人·a）计，则新增生活用水量约为 20m³/a（0.07m³/d）。废水产生系数按 80%计，则新增生活污水产生量约为 16m³/a（0.05m³/d），依托厂内现有污水收集、处理设施处理达标后，通过市政污水管网排入秦汉新城朝阳污水处理厂。

4、固体废物

本项目显像模式为实时数字化成像，无需冲洗胶片。项目运行后不会产生放射性固体废物。项目拟新增放射工作人员 2 人，生活垃圾产生量按 0.5kg/（人·d）计，则新增生活垃圾产生量约为 1kg/d（0.3t/a），依托厂区现有生活垃圾收运设施分类收集后，委托环卫部门统一清运。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1、辐射工作场所分区及布局合理性分析

(1) 辐射工作场所分区

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”。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“6.4 应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。6.4.1 控制区 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。6.4.2 监督区 注册者和许可证持有者应将未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域定为监督区”。

根据《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29 号）“固定式探伤作业场所应按标准要求划分控制区、监督区，控制区：探伤室墙围成的内部区域；监督区：探伤室墙壁外部相邻的区域”。

本项目 TSOL-CT225B 型离线双立柱 CT 自带铅屏蔽体。因此，拟将工业 CT 铅屏蔽体内的所有区域划分为控制区；将 CT 检测室其他区域划分为监督区。项目辐射工作场所分区示意图见图 10-1。

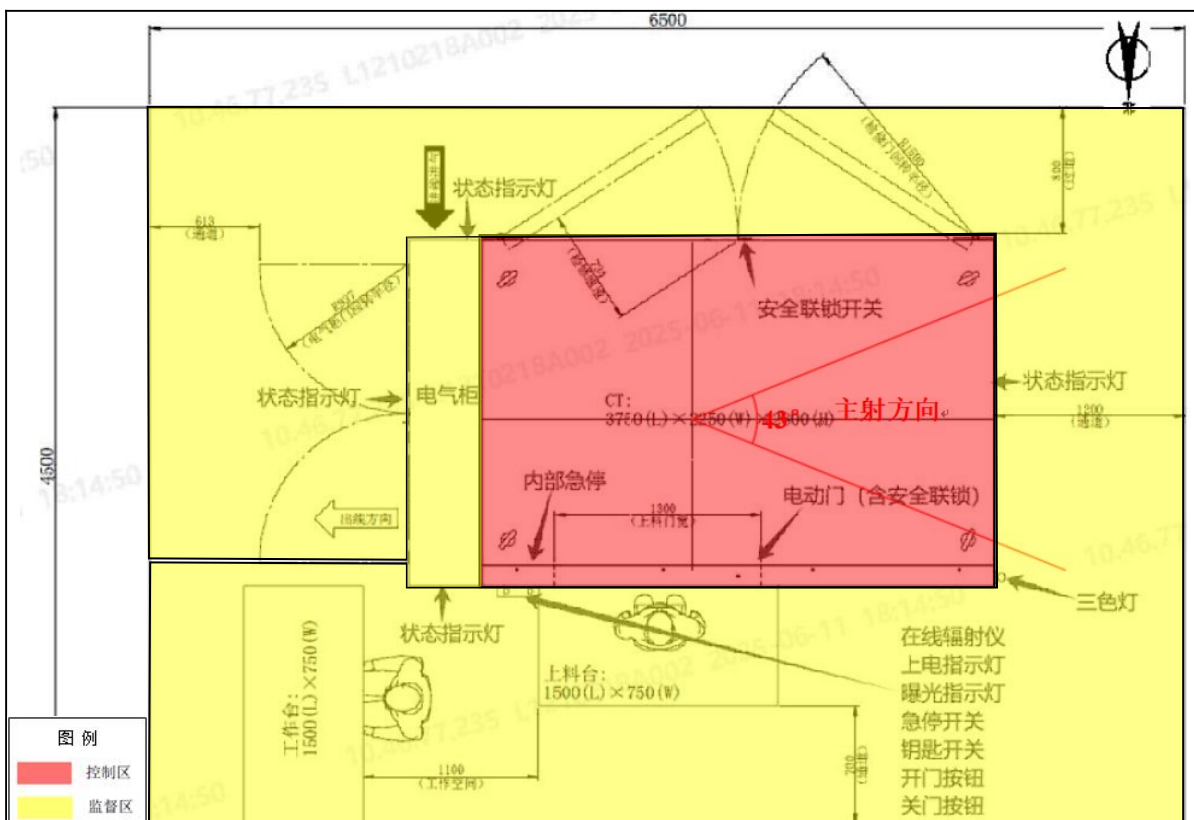


图 10-1 项目辐射工作场所分区示意图

工业 CT 装置上应设置醒目的、符合规定的电离辐射警告标志及中文警示说明，射线装置运行时严禁人员入内；CT 检测室入口处设立标明监督区的标识牌及警示文字，设备开机时禁止公众进入监督区。

(2) 辐射工作场所布局

本项目工业 CT 射线装置由带铅板防护的扫描室（即铅房）、电气柜和控制台组成，控制台与铅房分开独立设置，控制台位于铅房东北侧，工业 CT 装置主射线由东向西照射，可以避开控制台。

因此，CT 检测室布局可以满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中“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”的要求。

2、辐射防护屏蔽设计

根据建设单位提供的设备尺寸和屏蔽参数，项目工业 CT 射线装置自带屏蔽防护

铅房，铅房采用铅钢设计，铅房外尺寸为 3750mm（长）×2250mm（宽）×2800mm（高）。工业 CT 射线装置铅房的屏蔽情况见表 10-1。

表10-1 工业CT射线装置铅房屏蔽参数一览表

序号	位置	屏蔽体设计防护厚度	屏蔽材料铅当量
1	南侧防护面	2mm钢板+14mm铅板+2mm钢板	14mmPb
2	北侧防护面	2mm钢板+14mm铅板+2mm钢板	14mmPb
3	东侧防护面	2mm钢板+12mm铅板+2mm钢板	12mmPb
4	西侧防护面	2mm钢板+16mm铅板+2mm钢板	16mmPb
5	顶部防护面	2mm钢板+14mm铅板+2mm钢板	14mmPb
6	底部防护面	2mm钢板+14mm铅板+2mm钢板	14mmPb
7	排风口和走线孔	2mm钢板+14mm铅板+2mm钢板	14mmPb

注：由于钢的防护作用较小，本次评价主要考虑铅的防护性能；排风口和走线孔均配备钢铅结构防护罩，防护罩采用铅板厚度与对应墙体防护层厚度一致。

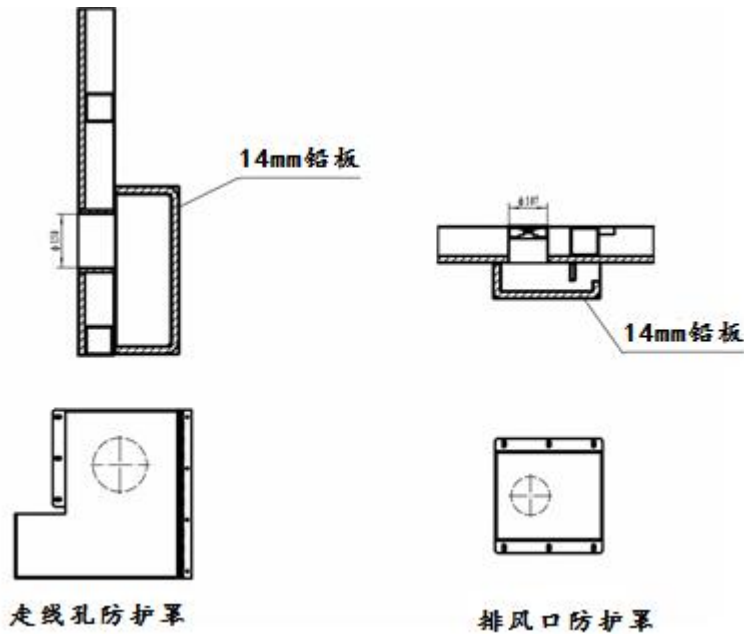


图10-2 走线孔、排风口防护罩防护设计示意图

3、工作场所辐射安全防护措施

（1）急停装置：设备机体显著位置、控制台等处设置紧急停机开关，并明确标识，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。紧急停止按钮被按下，机器上操控程序将被停止，包括 CT 实时成像设备运作和机电控制钮；要再次开机必须松开急停按钮重新初始化，再按启动按钮；项目 CT 检测室内总共设置 3 个急停装置。



图10-3 紧急停机开关示意图

(2) 报警装置：报警灯配备了红色、黄色和绿色三种灯光，不同的灯光表示设备不同的运行状态，具体见表 10-2。

表 10-2 报警装置三色灯含义一览表

报警灯	颜色	动作	含义
	红色	长亮	X 射线源工作，已发出射线检测产品，警惕射线辐射危害
	红色	闪烁+蜂鸣器	设备存在故障
	黄色	长亮	X 射线源未工作，所有门已关闭，可以打开射线源检测产品
	绿色	长亮	X 射线源未工作，任何一个或多个门已打开，可以取放产品

门打开/关闭过程/打开过程都属于设备暂停状态，常亮绿灯；

设备门关闭后为预备状态，无照射动作，常亮黄灯；

在门关闭状态下才可以启动照射程序，程序启动阶段为 5s 预警，有连续蜂鸣音，该阶段常亮黄灯无照射动作；

蜂鸣结束后，开始照射作业，常亮红灯。三色灯共设置 3 处。

(3) 设备出现异常或故障提示异常代码或异常名称，提示相应解决方案；

(4) 上位机实时监控 X 光管电流值，当电流值为零时，上位机给设备 PLC 系统信号使电动门开关按钮有效，此时允许使用开关按钮开启电动门。相应的当电流值为非零时，电动门开关按钮失效；

(5) 设备前门处设置电磁开关，前门一旦开启，X 射线源立刻自动断电；铅房具有可视透明窗口及内置摄像头，便于在设备运行过程中可以直接观察到样品及设备运行情况；另外，CT 检测室内外分别安装摄像头，其中 CT 检测室内安装的摄像头应对准铅房区域，能够实时监视铅房外人员活动及铅房运行情况；

(6) 软件、设备连续 30min 无任何操作后，可设定 X 射线管自动断电进入自我

保护状态；

（7）使用辐射指示标志，采用状态指示灯显示 X 光管工作状态；

（8）易损件需定期维护或更换的，根据使用时间自动提示（倒计时功能）；

（9）配备 1 套固定式剂量报警仪（在线辐射仪，包括固定式剂量探头、固定式剂量报警仪主机），实时观测设备使用过程中的辐射剂量情况，泄漏量超标时具有报警功能；

（10）设备前门、后门设置醒目的安全警示标识，标识清晰可见，位置一致，无模糊，无破损/脱落的现象；

（11）安全互锁功能：设备所有开门位置均设置高灵敏度限位开关，关门状态下限位开关形成通路允许 X 光管控制系统给 X 光管通电；开门时限位开关断路，X 光管立即断电，且所有门关闭前无法上电；

（12）配备 1 台环境监测用 X、 γ 辐射空气比释动能率仪（依托厂区现有，型号 CM7001-A），定期或不定期地对工作场所和周围环境进行监测，详见附件 9；

（13）加强放射工作人员培训，放射工作人员严格按照操作规程操作，避免紧急情况发生。放射工作人员工作时除佩戴常规个人剂量计外，还应配备个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时，剂量仪报警，放射工作人员应立即离开并迅速切断电源，同时阻止其他人进入 CT 检验室，并立即向辐射防护负责人报告。个人剂量计定期送交有资质的检测单位进行测量，并建立个人剂量档案。

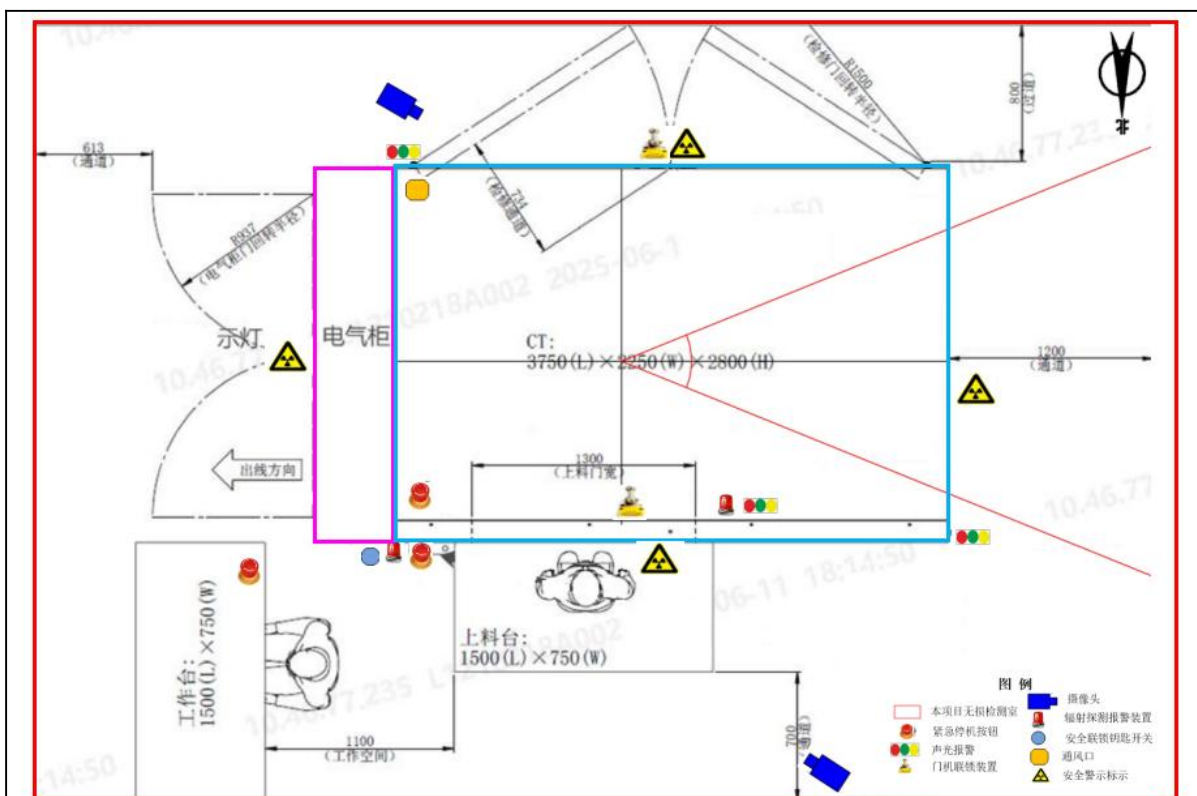


图 10-4 辐射安全与防护设施位置示意图

4、辐射防护措施与相关标准要求符合性分析

本项目辐射防护措施与相关标准要求符合性分析情况见表 10-3。

表 10-3 项目辐射防护措施与相关标准要求符合性分析一览表

标准名称	标准要求	本项目情况	是否符合
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	5.1 X 射线探伤机	项目离线双立柱 CT 最大射线管电压为 225kV>200kV。评价要求其在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率低于 5mSv/h，且应在随机文件中有相应指标的说明。	符合
	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)	评价要求建设单位工作前按要求对离线双立柱 CT 外观、电缆、安全联锁报警设备和	符合

		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。	警示灯、螺栓等连接件以及固定式剂量报警仪进行检查，确保其正常工作。	
		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。	评价要求建设单位在使用离线双立柱 CT 时，按要求进行维护，并做好设备维护记录。	符合
	6.1 探伤室放射防要求	6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T250。	根据建设单位提供资料，项目控制台位于铅房外东北侧，并避开有用线束照射的方向；铅房各方向屏蔽计算方法参见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）相关要求。	符合
		6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区理应符合 GB18871 的要求。	根据项目特点及实际情况，本次评价对工作场所进行分区，铅房内为控制区，铅房外、CT 检测室内为监督区，并设置相应警示标识。	符合
		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	经测算，对放射工作场所，关注点的周围剂量当量小于 100 μ Sv/周，对公众场所，关注点的周围剂量当量小于 5 μ Sv/周；同时，铅房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平小	符合

		2.5 μ Sv/h。	于 2.5 μ Sv/h。	
		<p>6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：</p> <p>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；</p> <p>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。</p>	<p>本项目射线装置为工业 CT，置于铅房内，铅房上方为吊顶（不可上人）。经测算，铅房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考制水平小于 2.5μSv/h。</p>	符合
		<p>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。</p>	<p>根据建设单位提供资料，本项目铅房内设置 1 台型号为 TSOL-CT225B 的工业 CT 装置，设置门-机联锁装置，防护门关闭后并能进行照射操作；评价要求建设单位在设备机体显著位置、控制台等处设置紧急开关，并明确标识，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。</p>	符合
		<p>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。“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。</p>	<p>根据建设单位提供资料，工业CT铅房外西侧、北侧和南侧设有三色灯，用来报警和表示工作状态。装置在开机出束时，警示灯开启，警告无关人员勿靠近铅房或在铅房附近做不必要的逗留。工业CT铅房北侧有1扇防护门（电动门，用于工作人员放取工件），防护门与维修门处设置门机联锁装置。</p>	符合
		<p>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</p>	<p>根据建设单位提供资料，工业CT铅房内、</p>	符合

		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。	CT检测室内外分别安装摄像头。操作人员可通过操作台的专用监视器监视CT检测室内人员活动以及铅房内设备运行情况，实时显示射线源的工作状态和联锁开关状态。	
		6.1.8 探伤室防护门上应有符合GB18871要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	评价要求铅房、铅房门及工业CT室门设置符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	符合
		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。	评价要求设备机体显著位置、控制台等处设置紧急停机开关，并明确标识，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。	符合
		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。	根据建设单位提供资料，项目铅房内设有机械通风装置，排风管道外口位于铅房顶部，经管道引至CT检测室顶部隔层，向上引出6-2#厂房外朝上，非人员长居留位置，避开人员活动密集区，每小时有效通风换气次数约为5次。	符合
		6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	项目拟配备1套固定式剂量报警仪（包括固定式剂量探头、固定式剂量报警仪主机）。	符合
	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。	评价要求建设单位工作前对铅房防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施	符合

			进行检查。	
		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。	评价要求放射工作人员工作时按要求佩戴常规个人剂量计、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，放射工作人员应立即退出CT检测室，同时防止其他人进入CT检测室，并立即向辐射防护负责人报告。	符合
		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。	评价要求建设单位定期对铅房外、操作台以及CT检测室毗邻区域人员居留处的辐射剂量率进行监测。当测量值高于参考控制水平时，终止检测工作并向辐射防护负责人报告。	符合
		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。	评价要求放射工作人员交接班或当班使用便携式X-γ剂量率仪前，检查其是否能正常工作。如发现便携式X-γ剂量率仪不能正常工作，则不应开始检测工作。	符合
		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。	评价要求放射工作人员正确使用配备的辐射防护装置，将潜在的辐射降到最低。	符合
		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。	评价要求放射工作人员在每一次照射前，确认铅房内没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统启动并正常运行的情况下，才能开始检测工	符合

			作。	
		<p>8.3.1 检测条件 检测条件应符合如下要求：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。</p>	<p>评价要求建设单位按照标准要求的检测条件下进行放射防护检测，如额定工作条件、设备置于与测试点可能的最近位置等。</p>	符合
		<p>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30cm处的辐射水平，以发现可能出现的高辐射水平区。</p>	<p>评价要求建设单位在放射防护检测，尤其是验收检测时，应对周围辐射水平进行巡测，寻找铅房屏蔽体外30cm处的高辐射水平区。</p>	符合
	8.3 探伤室放射防护检测	<p>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30cm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30cm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30cm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。</p>	<p>评价要求建设单位按照标准要求辐射水平定点检测，如巡测时发现的辐射水平异常高的位置、防护门外30cm离地1m处、铅房或临近墙外30cm离地面高度为1m处、顶部隔层等处。每次照射检测结束，检测铅房入口，确保工业CT停止工作。</p>	符合
		<p>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X射线探伤机额定电压增大时，应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。</p>	<p>评价要求建设单位在CT检测室建成后进行验收检测，投入使用后每年至少进行1次常规检测。当工业CT额定电压增大时，应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。</p>	符合

《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,探伤室人员门宜采用迷路形式。	根据建设单位提供资料,工业CT放置于铅房内,被检测工件均为小型工件,可人工搬运,人员不进入铅房内。	符合
		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。	根据建设单位提供资料,项目控制台位于铅房外东北侧,工业CT装置主射线由东向西照射,控制台可以避开有用线束照射的方向。	符合
		3.3.3 屏蔽设计中,应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。	根据建设单位提供资料,铅房的工件门和检修门与其衔接的屏蔽之间有足够的搭接;走线孔及排风口处均配备钢铅结构防护罩,防护罩采用铅板厚度与相对应墙体防护层厚度一致(即14mm铅板+内外2mm钢板)。	符合
		3.3.4 当探伤室使用多台X射线探伤装置时,按最高管电压和相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。	本项目铅房内设置1台型号为TSOL-CT225B的工业CT装置,不涉及使用多台X射线探伤装置。	符合
		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。	根据建设单位提供资料,本项目铅房采用自带钢板包铅板结构的全封闭防护外壳。	符合
《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》 (陕环办发(2018)29号)	控制台安全性能	X射线管头应具有制造厂商、型号及出厂编号、额定管电压电流等标志。	评价要求项目拟购置的X射线管头应具有制造厂商、型号及出厂编号、额定管电压电流等标志。	符合
		控制台设有X射线管电压及高压接通或断开状态的显示装置。	根据建设单位提供资料,项目控制台设置X射线管电压及高压接通或断开状态的显示装置。	符合

			控制台设置有高压接通时的外部报警或指示装置。	根据建设单位提供资料，项目控制台设置高压接通时的外部报警或指示装置。	符合
			控制台或X射线管头组装体上设置探伤室门连锁接口。	根据建设单位提供资料，项目控制台设置铅房门连锁接口。	符合
			控制台设有钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X射线管才能出束。	根据建设单位提供资料，项目控制台设置钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X射线管才能出束。	符合
			控制台设有紧急停机开关。	根据建设单位提供资料，项目控制台设有紧急停机开关。	符合
	固定式探伤作业场所	分区	按标准要求划分控制区、监督区。	评价要求对CT检测室按标准要求划分控制区、监督区。建议将工业CT铅屏蔽体内的所有区域划分为控制区；将CT检测室其他区域划分为监督区。	符合
			控制区：探伤室墙围成的内部区域。		
			监督区：探伤室墙壁外部相邻的区域。		
		布局	操作室与探伤室分开，并避开有用线束照射的方向。	根据建设单位提供资料，项目控制台位于铅房外东北侧，避开有用线束照射的方向。	符合
		通风	探伤室设置机械通风装置，排风管道外口避开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。	根据建设单位提供资料，项目铅房内设有机械通风装置，排风管道外口位于铅房顶部，经管道引至CT检测室顶部隔层，向上引出6-2#厂房外朝上，非人员长居留位置，避开人员活动密集区，每小时有效通风换气次数约为5次。	符合
		标志及指示灯	探伤室防护门上设置电离辐射警示标志和中文警示说明。	评价要求建设单位在铅房门上设置电离辐射警示标志和中文警示说明。	符合

			探伤室门口和内部同时设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，照射状态指示装置与X射线探伤装置联锁。	评价要求建设单位在铅房门口和内部同时设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，照射状态指示装置与工业用CT机联锁。	符合
			探伤室内、外醒目位置处设置清晰的“预备”和“照射”信号意义说明。	评价要求建设单位在铅房内、外醒目位置处设置清晰的“预备”和“照射”信号意义说明。	符合
		辐射安全与联锁	探伤室设置门-机联锁装置。	根据建设单位提供资料，项目设置门-机联锁装置。	符合
			探伤室内设置紧急停机按钮或拉绳，并带有标签，标明使用方法。	根据建设单位提供资料，项目在铅房内设置紧急停机按钮，并带有标签，标明使用方法。	符合
	监测设备及个人防护用品		X-γ辐射剂量率仪、个人剂量计、个人剂量报警仪、个人防护用品等。	根据建设单位提供资料，西咸新区比亚迪实业有限公司已配备1台环境级X、γ辐射测量仪（可依托），配备个人剂量计、个人剂量报警仪以及个人防护用品等。本次新增2名员工配备个人剂量计、个人剂量报警仪以及个人防护用品等。	符合

“三废”的治理

1、废气

工业CT检测装置在工作状态时，会使铅室内的空气电离产生极少量的O₃、NO_x等有害气体，人员不进入铅室内。

根据建设单位提供资料，项目工业CT机铅房内尺寸为3024mm（长）×1871.5mm（宽）×2440mm（高），其箱体体积约为13.8m³，排风量设计为70m³/h，每小时有效通风换气次数约为5次。排风管道外口位于铅房顶部，经管道引至CT检测室顶部隔层，

向上引出6-2#厂房外朝上，非人员长居留位置，避开人员活动密集区。同时， O_3 、 NO_x 等有害气体排至外环境经空气稀释、自然分解后，基本上不会对周边环境产生较大的影响。

2、废水

本项目显像模式为实时数字化成像，无需冲洗胶片。项目运行后不产生放射性废水。新增放射工作人员会产生少量生活污水，依托厂内现有污水收集、处理设施处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）及其修改单（环发〔1999〕285号）表4中的三级标准、《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015）表1中的B级标准限值要求后，通过市政污水管网排入秦汉新城朝阳污水处理厂，对周围地表水环境影响较小。

3、固体废物

本项目显像模式为实时数字化成像，无需冲洗胶片。项目运行后不会产生放射性固体废物。新增放射工作人员会产生少量生活垃圾，依托厂区现有生活垃圾收运设施分类收集后，委托环卫部门统一清运，对周围环境影响较小。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 施工阶段

本项目拟在陕西省西咸新区秦汉新城周陵街办周礼四路与天工二路（西段）交汇处比亚迪工业园 6-2#厂房内原分样室新增 1 台型号为 TSOL-CT225B 的离线双立柱 CT 系统，用于比亚迪新能源汽车动力电池项目异常隔离电池的检测。

工业 CT 装置为整体购买设备，施工阶段对环境的主要影响为设备安装过程中产生的噪声、废包装材料、施工人员生活污水和生活垃圾等。

项目施工现场位于 6-2#厂房 CT 检测室内，安装过程较为方便，1~2 天即可完成。施工人员生活污水依托厂内现有污水收集、处理设施处理达标后，通过市政污水管网排入秦汉新城朝阳污水处理厂；生活垃圾依托厂区现有生活垃圾收运设施分类收集后，委托环卫部门统一清运；废包装材料集中收集后外售或委托环卫部门清运，对周围环境影响较小。

另外，施工阶段影响是暂时性的，对周围环境的影响随施工期的结束而消除。

11.1.2 调试阶段

本项目在施工阶段不产生 X 射线，不会对周围辐射环境产生影响。射线装置安装调试阶段会产生 X 射线，但时间很短，辐射影响很小。安装调试等均由设备供应商的放射工作人员进行，建设单位不得擅自拆卸、安装设备。

在设备安装调试期间，建设单位及设备供应商应加强辐射防护管理，保证辐射防护设施正常投入使用，在 CT 检测室周围设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时，CT 检测室必须上锁并派人看守。在设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入 CT 检测室所在区域，防止辐射事故发生。

另外，调试结束后，项目建设阶段影响将随之消除。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 探伤辐射环境影响分析

一、铅房剂量率参考控制水平

1、铅房屏蔽体和防护门外周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周周围剂量当量（以下简称周剂量）应满足下列要求：

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

1) 人员在关注点的周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： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$

2) 相应 H_c 的导出剂量率参考控制水平 \dot{H}_{c-d} （ μSv ）按式（1）计算：

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

式中：

\dot{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（h/周）。

t 按式（2）计算：

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

式中：

W ——X 射线探伤的周工作负荷（平均每周 X 射线探伤照射的累计“mA·min”值），mA·min/周；

60——小时与分钟的换算系数；

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

b) 关注点最高剂量率参考控制水平 \dot{H}_{c-max} ：

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

c) 关注点剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ：

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

2、铅房顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

a) 铅房上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，距探伤室顶外表面 30cm 处和（或）在该立体角内的高层建筑物中人员驻留处，辐射屏蔽的剂量参考控制水平同（1）。

b) 除 a) 的条件外，应考虑下列情况：

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

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

3、X 射线探伤装置主要技术参数及工作负荷

本项目探伤装置主要技术参数及工作负荷见表 11-1。

表 11-1 X 射线探伤装置主要技术参数及工作负荷

工作场所	CT 机型号	最大管电压	最大管电流	工作量	年工作时间（最大）	周工作时间（最大）
CT 检测室	TSOL-CT225B	225kV	880 μA	年曝光次数 30000 次，每次曝光时间最长为 4min	2000h	40h

注：年工作时间和周工作时间按每次曝光最大时间 4min 计算。

由上表可知，每周铅房的最大曝光时间为 40h。

4、关注点的选取

本项目 CT 设备 X 射线机主射束由东向西照射，距西侧防护面内表面为 1889.5mm，距东侧防护面内表面为 1134.5mm，距北侧防护面内表面为 996mm，距南侧（含防护门）防护面内表面为正面 875.5mm，距顶部防护面内表面为（297~1497）mm，距底部防护面内表面为（943~2143）mm。射线管辐射角度最大约为 43° ，则有用束半张角为 21.5° ，当射线机由东向西照射时， $\tan 21.5^\circ \times 1889.5\text{mm} \approx 744.29\text{mm} < 1134.5\text{mm}$ （距东侧防护面内最近距离）、 $> 297\text{mm}$ （距顶部防护面内最近距离）， $< 943\text{mm}$ （距底部防护面内表面最近距离） $< 996\text{mm}$ 和 875.5mm（距南侧和北侧防护面内最近距离）。

因此，CT 设备西侧和顶部防护面受有用射束的影响，东侧、南侧、北侧及底部仅受漏射线和散射线的照射。

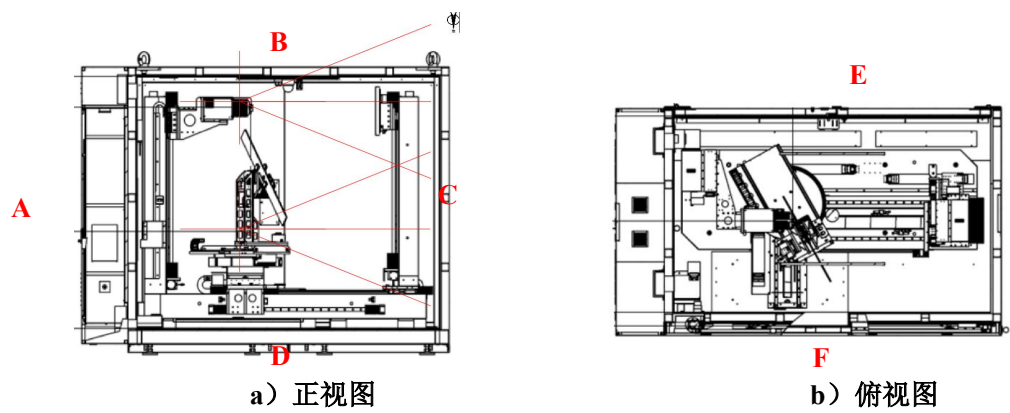


图11-1 拟建工业CT设备屏蔽体外关注点示意图

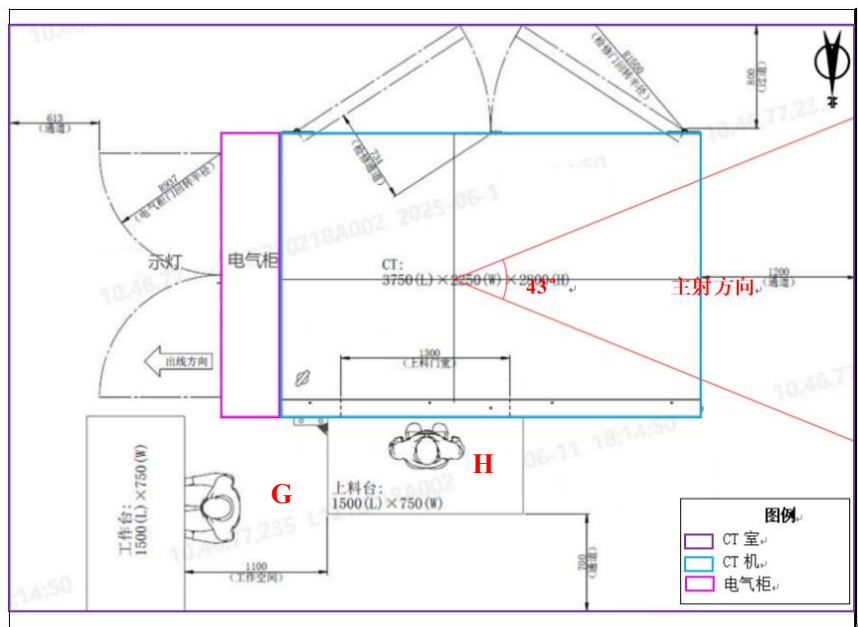


图11-2 拟建工业CT检测室关注点示意图

图 11-1 中设置的各剂量率参考点 A~F 均为防护面外 30cm 处，图中参考点 B、C 受有用线束的影响（B、C 考虑了主射束影响，不再考虑泄漏辐射和散射辐射的影响），A、D、E、F 受泄漏辐射和散射辐射的影响。

图 11-2 中，工业 CT 检测室中的 G 点和 H 点受泄漏辐射和散射辐射的影响。
铅房屏蔽核算时各方向距离核算情况见表 11-2。

表 11-2 铅房各方向关注点核算距离一览表

关注点	位置	辐射类型	计算距离 (m)
A	东侧防护面	漏射	1.4505 ^①
		散射	
B	顶部防护面	主射	0.615 ^②
C	西侧防护面	主射	2.2095 ^③
D	底部防护面	漏射	1.261 ^④
		散射	
E	南侧防护面	漏射	1.1935 ^⑤
		散射	
F	北侧防护面	漏射	1.314 ^⑥
		散射	
G	控制台	漏射	1.803 ^⑦
		散射	
H	上料台	漏射	1.18 ^⑧
		散射	

注：①靶点离铅房东侧防护面内表面1134.5mm，屏蔽体设计防护厚度为2mm钢板+12mm铅板+2mm钢板，取铅房外30cm处为参考点；

②靶点离铅房顶部防护面内表面最近297mm，屏蔽体设计防护厚度为2mm钢板+14mm铅板+2mm钢板，取铅房外30cm处为参考点；

③靶点离铅房西侧防护面内表面1889.5mm，屏蔽体设计防护厚度为2mm钢板+16mm铅板+2mm钢板，取铅房外30cm处为参考点；

④靶点离铅房底部防护面内表面943mm，屏蔽体设计防护厚度为2mm钢板+14mm铅板+2mm钢板，取铅房外30cm处为参考点；

⑤靶点离铅房南侧防护面内表面最近875.5mm，屏蔽体设计防护厚度为2mm钢板+14mm铅板+2mm钢板，取铅房外30cm处为参考点；

⑥靶点离铅房北侧防护面内表面996mm，屏蔽体设计防护厚度为2mm钢板+14mm铅板+2mm钢板，取铅房外30cm处为参考点；

⑦靶点离铅房控制台1803mm；

⑧靶点离铅房上料台1180mm。

(3) 剂量率参考控制水平核算结果

各关注点剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 根据公式(1)确定的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ 和关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ 综合考虑， \dot{H}_c 最终取 $\dot{H}_{c,d}$ 和 $\dot{H}_{c,max}$ 二者的较小值。

关注点剂量率参考控制水平核算见表 11-3。

表 11-3 剂量率参考控制水平核算表

关注点	位置	H_c ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	U	T	t (h/周)	$\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	$\dot{H}_{c,max}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	\dot{H}_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	需屏蔽的 辐射源
A	东侧防护面	100	1	1	40	2.5	2.5	2.5	泄漏辐射

									散射辐射
B	顶部防护面	5	1	1/40	40	5	2.5	2.5	有用线束
C	西侧防护面	100	1	1	40	2.5	2.5	2.5	有用线束
D	底部防护面	100	1	/	40	/	2.5	2.5	泄漏辐射 散射辐射
E	南侧防护面	100	1	1	40	2.5	2.5	2.5	泄漏辐射 散射辐射
F	北侧防护面	100	1	1	40	2.5	2.5	2.5	泄漏辐射 散射辐射
G	控制台	100	1	1	40	2.5	2.5	2.5	泄漏辐射 散射辐射
H	上料台	100	1	1	40	2.5	2.5	2.5	泄漏辐射 散射辐射

注：参照《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表A.1，铅房东侧、南侧、西侧、北侧以及控制台除操作人员外，无其他人员居留，属于全居留，居留因子取1；顶部防护面以上为隔层，仅设备检修人员偶有停留（约2min/d），无其他人员到达，属于偶然居留，居留因子取1/40；CT检测室所在的6-2#厂房无地下室，因此底部防护面不设置居留因子。

根据表 11-3 可知，铅房四周及顶部屏蔽体外 30cm 的剂量率参考控制水平为 2.5μSv/h。

二、探伤室辐射屏蔽体厚度估算

1、估算公式

（1）有用线束

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（3）计算，然后 X 由附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽物质厚度 X 。

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

式中：

\dot{H}_c ——按（1）式确定的剂量率参考控制水平，单位为微希每小时（μSv/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 处输送量，μSv·m²/（mA·h），以 mSv·m²/（mA·min）为单位的值乘以 6×10⁴。

（2）泄漏辐射和散射辐射屏蔽

①屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 相应的关系

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：

$$X = -TVL \cdot \lg B \tag{4}$$

式中：

TVL ——屏蔽物质的什值层厚度；

B ——达到剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 时所需的屏蔽透射因子。

②泄漏辐射屏蔽

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 。

$$B_2 = \frac{\dot{H} \cdot R^2}{\dot{H}_L} \tag{5}$$

式中：

\dot{H} ——按式（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 射线管组装体的漏射辐射剂量率，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）。

其典型值见表 11-4。

表 11-4 X 射线探伤机的泄漏辐射剂量率

X 射线管电压（ kV ）	距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率 \dot{H}_L （ $\mu\text{Sv/h}$ ）
<150	1×10^3
$150 \leq \text{kV} \leq 200$	2.5×10^3
>200	5×10^3

则本项目距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率取 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

③散射辐射屏蔽

a) 90° 散射辐射的 TVL

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，使用该散射 X 射线最高能量相应的 X 射线（见表 11-5）的什值层（见 GBZ/T250-2014 附录 B 表 B.2）计算其在屏蔽物质中的辐射衰减。

表 11-5 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值

原始 X 射线（ kV ）	散射辐射（ kV ）
$150 \leq \text{kV} \leq 200$	150
$200 < \text{kV} \leq 300$	200

300<kV≤400	250
注：该表仅用于以什值层计算散射辐射在屏蔽物质中的衰减。	

b) 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(6)计算。按表2并查附录B表B.2的相应值，确定90°散射辐射的 TVL ，然后按式(4)计算出所需的屏蔽物质厚度 X 。

$$B_3 = \frac{\dot{H} \cdot R_s^2}{I \cdot H_0} \cdot \frac{R_0^2}{F \cdot \alpha} \quad (6)$$

式中：

\dot{H} ——按式(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_s ——散射点至关注点的距离，单位为米(m)；

R_0 ——辐射原点(靶点)至探伤工件的距离，单位为米(m)，根据设计资料 R_0 取1130mm；

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 ；

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。与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，可以水的 α 值保守估计。

按照各关注点的剂量率参考控制水平计算屏蔽设计所需的屏蔽体厚度。采用公式(3)计算屏蔽有用线束所需的屏蔽透射因子，采用公式(5)和公式(6)分别计算屏蔽泄漏辐射和散射辐射所需的屏蔽透射因子，采用公式(4)计算铅房屏蔽体所需的厚度。泄漏辐射和散射辐射的复合作用时进行复合分析。

2、估算参数

本项目屏蔽体核算过程中的相应参数见表11-6所示。

表 11-6 屏蔽体核算相关参数

型号	TSOL-CT225B (定向)
最大管电压 (kV)	225
最大管电压对应的电流	880 μA

$G(\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min})$	11.4		
90°散射辐射最高能量相应的电压 (kV)	200		
$R_0^2/F\cdot\alpha^{①}$	43.28		
什值层 (TVL) 和半值层 (HVL) ②	铅		
	电压等级 kV	TVL(mm)	HVL(mm)
	225	2.15	0.64

注：①通过查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250—2014）附录 B.2，在用插值法计算可知，当电压为 225Kv 时， H_0 为 $11.4\times6\times10^4\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。

②根据建设单位提供的资料，本项目 13#厂房 X 射线探伤机 X 射线束圆锥角为 43°，因此圆锥束中心和圆锥边界的夹角为 21.5°，计算 $R_0^2/F\cdot\alpha=1.3/(\pi\times(1.13\times\tan21.5^\circ)^2\times(1.9\times10^{-3}\times10000/400))\approx43.28\text{m}$ 。

③250kV 电压下铅的 TVL 及 HVL 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250—2014）中附录表 B.2 查得，225kV 电压下铅的 TVL 及 HVL 采用内插法所得。

3、屏蔽体防护效能核算结果

根据建设单位提供的资料，铅房配备 1 台 TSOL-CT225B 型 CT 机（定向），最大管电压为 225kV，最大管电流为 880 μ A。根据公式 3~6，计算铅房工作时各屏蔽体的屏蔽效果。

（1）主照面屏蔽厚度核算

铅房主照面屏蔽体的屏蔽效能核算见表 11-7。

表 11-7 铅房主照面屏蔽效能复核结果

关注点	位置	屏蔽透射因子B	\dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$)	计算厚度 (mmPb)	理论计算厚度 (mmPb)	设计厚度 (mmPb)	符合性
B	顶部防护面	1.57×10^{-6}	2.5	12.5	12.8	14	符合
C	西侧防护面	1.03×10^{-5}	2.5	10.1	10.4	16	符合

（2）非主照面屏蔽厚度核算

铅房非主照面屏蔽体的屏蔽效能核算见表 11-8。

表 11-8 项目铅房屏蔽能力理论校核结果一览表

关注点	位置	需屏蔽的辐射源	屏蔽透射因子B	\dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$)	计算厚度 (mmPb)	理论计算厚度 (mmPb)	设计厚度 (mmPb)	符合性
A	东侧防护面	泄漏辐射	1.05×10^{-3}	2.5	6.4	8.04	12	符合
		散射辐射	3.8×10^{-4}		7.4			

D	底部防护面	泄漏辐射	8.0×10^{-4}	2.5	6.7	8.24	14	符合
		散射辐射	2.9×10^{-4}		7.6			
E	南侧防护面	泄漏辐射	7.1×10^{-4}	2.5	6.8	8.34	14	符合
		散射辐射	2.6×10^{-4}		7.7			
F	北侧防护面	泄漏辐射	8.6×10^{-4}	2.5	6.6	8.14	14	符合
		散射辐射	3.1×10^{-4}		7.5			
G	控制台	泄漏辐射	1.63×10^{-4}	2.5	6.0	7.64	14	符合
		散射辐射	5.8×10^{-4}		7.0			
H	上料台	泄漏辐射	7.0×10^{-4}	2.5	6.8	8.34	14	符合
		散射辐射	2.5×10^{-4}		7.7			

根据表 11-7 和 11-8 计算结果可知，项目铅房在其最大管电压工作状态下，其配套屏蔽墙体设计厚度均大于理论计算厚度，铅房能够有效屏蔽 X 射线，其辐射屏蔽能力满足相关辐射防护要求。

三、铅房辐射剂量估算

1、估算公式

(1) 有用线束

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 (7) 计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (7)$$

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_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）。

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（8）计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \quad (8)$$

式中：

X ——屏蔽物质的厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL ——屏蔽物质的什值层厚度，见附录 B 表 B.2。

（2）泄漏辐射剂量估算

在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按式（8）计算，然后按式（9）计算泄漏辐射在关注点的剂量率 \dot{H} 单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad (9)$$

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（ $\mu\text{Sv/h}$ ）。见表 11-4。

（3）散射辐射剂量估算

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 ，然后按式（8）计算。关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式（10）计算：

$$\dot{H} = \frac{B \cdot I \cdot H_0}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (10)$$

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 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 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_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。与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，可以水的 α 值保守估计，见附录 B 表 B.3；

R_0 ——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 ）。

（4）辐射剂量估算公式

X- γ 射线产生的外照射人均年有效当量剂量按式（11）计算：

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

式中：

H_{Er} ——X 或 γ 射线外照射人均年有效剂量当量，单位为毫希（ mSv ）；

$H_{(10)}$ ——X 或 γ 射线周围剂量当量率，单位为微希每小时（ $\mu Sv/h$ ）；

T ——人员在相应关注点驻留的居留因子；

t ——X 或 γ 射线照射时间，单位为小时（ h ）。

按照设计的铅房屏蔽体厚度计算各关注点的周围剂量当量率。采用公式（8）计算给定的屏蔽体厚度相应的辐射屏蔽透射因子，采用公式（7）计算有用线束在关注点的周围剂量当量率，采用公式（9）和公式（10）分别计算泄漏辐射和散射辐射在关注点的剂量率。铅房工作时各关注点辐射年照射剂量采用公式（11）计算。

2、辐射剂量分析

按照设计的屏蔽厚度计算各关注点的周围剂量当量率，CT 机工作时关注点的周围剂量当量率以及年照射剂量计算结果见表 11-9。

表 11-9 铅房工作时关注点辐射剂量估算表

关注点	位置	辐射类型	计算距离 (m)	屏蔽透射因子B	关注点处剂量率 ($\mu Sv/h$)		居留因子	年最大曝光时间/h	剂量估算 (mSv/a)	关注人群
A	东侧防护面	漏射	1.450	3.08×10^{-8}	0.0007	7.0×10^{-4}	1	2000	1.4×10^{-3}	职工
		散射	5	1.0×10^{-10}	6.60×10^{-7}					
B	顶部防护面	主射	0.615	3.08×10^{-7}	0.7092		1	2000	1.4183	/

C	西侧防护面	主射	2.2095	3.62×10 ⁻⁸	0.0065		1	2000	0.0129	职工
D	底部防护面	漏射	1.261	2.62×10 ⁻⁶	0.0082	8.20×10 ⁻³	1	2000	0.0164	/
		散射		2.68×10 ⁻⁹	2.34×10 ⁻⁵					
E	南侧防护面	漏射	1.193	3.08×10 ⁻⁷	0.0011	1.10×10 ⁻³	1	2000	2.2×10 ⁻³	职工
		散射	5	1.00×10 ⁻¹⁰	9.76×10 ⁻⁷					
F	北侧防护面	漏射	1.314	3.08×10 ⁻⁷	0.0009	9.0×10 ⁻⁴	1	2000	1.8×10 ⁻³	
		散射		1.00×10 ⁻¹⁰	8.05×10 ⁻⁷					
G	控制台	漏射	1.803	3.08×10 ⁻⁷	0.0005	5.0×10 ⁻⁴	1	2000	1.0×10 ⁻³	
		散射		1.00×10 ⁻¹⁰	4.3×10 ⁻⁷					
H	上料台	漏射	1.18	3.08×10 ⁻⁷	0.0011	1.1×10 ⁻³	1	2000	2.2×10 ⁻³	
		散射		1.00×10 ⁻¹⁰	9.98×10 ⁻⁷					
/	原材料检测室	漏射	1.6	2.62×10 ⁻⁶	6.0×10 ⁻⁴	6.0×10 ⁻⁴	1	2000	1.2×10 ⁻³	公众人员
		散射		2.68×10 ⁻⁹	2.09×10 ⁻⁷					
/	南侧过道	漏射	2.8	3.08×10 ⁻⁷	1.96×10 ⁻⁴	1.96×10 ⁻⁴	0.2	2000	3.9×10 ⁻⁵	
		散射		1.00×10 ⁻¹⁰	1.47×10 ⁻⁷					
/	结构检测室	漏射	10.8	3.08×10 ⁻⁷	1.31×10 ⁻⁵	1.31×10 ⁻⁵	1	2000	2.6×10 ⁻⁵	
		散射		1.00×10 ⁻¹⁰	2.99×10 ⁻⁸					
/	外挂衣区	漏射	18.5	3.08×10 ⁻⁷	4.50×10 ⁻⁶	4.50×10 ⁻⁶	0.2	2000	1.8×10 ⁻⁶	
		散射		1.00×10 ⁻¹⁰	1.12×10 ⁻⁸					
/	西侧过道	主射	3.6	3.61×10 ⁻⁸	0.0053	0.0053	0.2	2000	0.0021	
/	电解液库房	漏射	11.1	3.08×10 ⁻⁷	1.25×10 ⁻⁵	1.25×10 ⁻⁵	0.2	2000	5.0×10 ⁻⁶	
		散射		1.00×10 ⁻¹⁰	1.51×10 ⁻⁹					
/	洗衣房	漏射	33.8	3.08×10 ⁻⁷	1.34×10 ⁻⁶	1.34×10 ⁻⁶	0.2	2000	5.4×10 ⁻⁷	
		散射		1.00×10 ⁻¹⁰	1.76×10 ⁻⁹					
/	货淋室	漏射	33.8	3.08×10 ⁻⁷	1.44×10 ⁻⁶	1.44×10 ⁻⁶	0.2	2000	5.7×10 ⁻⁷	
		散射		1.00×10 ⁻¹⁰	1.88×10 ⁻⁹					
/	北侧过道	漏射	1.3	3.08×10 ⁻⁷	9.1×10 ⁻⁴	9.1×10 ⁻⁴	0.2	2000	3.6×10 ⁻⁴	
		散射		1.00×10 ⁻¹⁰	1.47×10 ⁻⁷					
/	品控室	漏射	4.5	3.08×10 ⁻⁷	7.60×10 ⁻⁵	7.60×10 ⁻⁵	1	2000	1.5×10 ⁻⁴	
		散射		1.00×10 ⁻¹⁰	6.14×10 ⁻⁹					

由上表估算结果可知,铅房正常运行时,铅房四周、上料台及控制台各屏蔽体外 30cm 处的剂量率,均能满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。职业工作人员最大年剂量和公众人员最大年剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)及项目对职业照射和公众照射的年受照剂量约束值要求(职业工作人员年有效剂量不超

过 5.0mSv/a，公众年有效剂量不超过 0.1mSv/a）。

（1）辐射工作人员

根据表 11-9 可知，本次铅房配置到位后，每名辐射工作人员所受的最大年有效剂量为 1.4183mSv/a（B 关注点），远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。

（2）公众人员

根据表 11-9 可知，项目使用铅房开展检测工作时，在 CT 室周围活动的公众成员所受的最大有效剂量为 0.0021mSv/a，低于本评价剂量管理目标值 0.1mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

（3）年有效剂量统计

本项目拟配备 2 名辐射工作人员，2 名辐射工作人员每次共同操作 1 台 CT 机。

辐射工作人员开展探伤工作时的年有效剂量统计见表 11-10。

表 11-10 辐射工作人员及公众人员年有效剂量估算一览表 mSv/a

探伤场所	年工作 时间	公众人员	辐射工作人员
		周围公众人员所受最大年有效剂量	辐射工作人员所受最大年有效剂量
铅房	2000h	0.0021	1.4183

由上表可知，本项目辐射工作人员所受的年有效剂量低于本评价管理目标值 5mSv/a；在铅房周围活动的公众成员所受的最大年附加有效剂量均低于本评价管理目标值 0.1mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

（4）对 50m 范围内环境保护目标的影响分析

本次拟建设的铅房位于陕西省西咸新区秦汉新城周陵街办周礼四路与天工二路（西段）交汇比亚迪工业园 6-2#厂房 CT 室内，经评价计算，铅房屏蔽体外 30cm 处和距离屏蔽体最近环境保护目标处的周围剂量当量率均低于各关注点的剂量率参考控制水平，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中的相关要求，铅房各屏蔽面的防护效果较好。

同时本项目探伤机运行后，对周围公众成员的年附加有效剂量低于 0.1mSv/a，满足

公众剂量约束值，表明探伤机运行时，对周围敏感目标产生的辐射影响较小。此外，探伤机在运行过程中，由于距离衰减作用以及其自身配备的防护措施，对其他较远处的环境保护目标产生的影响也将处于可接受范围之内。

本次评价参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），对设备运行过程中产生的主射束、漏射线和散射线对周围环境、工作人员及公众的影响进行预测和分析。

11.2.2 非放射性环境影响分析

（1）废气

工业 CT 检测装置开机运行时产生的 X 射线与铅室内的空气作用可产生极少量的 O_3 、 NO_x 等有害气体。铅房箱体体积约为 $13.8m^3$ ，排风量设计为 $70m^3/h$ ，每小时有效通风换气次数约为 5 次，能够使机房保持良好的通风，少量的有害气体可通过机械通风装置排至室外环境中，排风管道外口位于铅房顶部，经管道引至 CT 检测室顶部隔层，向南引出 6-2#厂房外朝上，非人员长居留位置，避开人员活动密集区。因此，铅房通风设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“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”的要求，排风经空气稀释、自然分解后，对周围环境影响较小。

（2）废水

本项目显像模式为实时数字化成像，无需冲洗胶片。项目运行后不产生放射性废水。新增放射工作人员会产生少量生活污水，依托厂内现有污水收集、处理设施处理达标后，通过市政污水管网排入秦汉新城朝阳污水处理厂，对周围地表水环境影响较小。

（3）固体废物

本项目显像模式为实时数字化成像，无需冲洗胶片。项目运行后不会产生放射性固体废物。新增放射工作人员会产生少量生活垃圾，依托厂区现有生活垃圾收运设施分类收集后，委托环卫部门统一清运，对周围环境影响较小。

事故影响分析

1、可能的风险事故

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》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，详见表 11-11。

表 11-11 辐射事故等级划分表

事故等级	事故情形
特别重大辐射事故	I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射源同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡
重大辐射事故	I 类、II 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 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾
较大辐射事故	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 人以上（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾
一般辐射事故	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

本项目使用的工业 CT 射线装置属于 II 类射线装置，可能的事故工况主要有：

（1）在门-机联锁装置发生故障或失效的情况下，防护门未完全关闭或在工业 CT 系统运行时防护门被误打开，或工业 CT 装置屏蔽结构劳损，导致防护屏蔽能力下降，致使 X 射线泄漏到屏蔽体外面，给周围公众及工作人员造成额外的照射；

（2）人员滞留在铅房内时，操作人员误开机操作，致使滞留人员受到超剂量照；

（3）设备进行维修时，发生意外出束，造成工作人员和周围公众受到额外的照射。

综上，本项目运行期可能发生的辐射事故主要为防护门安全联锁发生故障等事故情况下，X 射线机出束，导致人员受到超过年剂量限值的照射，属于一般辐射事故。

2、事故风险评价

假设门-机联锁装置发生故障或失效，操作人员在铅门外受到误照射，有用线束由东向西照射，操作人员一般在北侧控制台及防护门附近活动。事故状态下，主要受到泄漏辐射和散射辐射的影响，操作人员在距 CT 机不同距离时，人员进入探伤室此时无防护措施，因此辐射屏蔽透射因子取 1 进行估算。估算结果见表 11-11 所示。

**表 11-11 该系统在管电压 225kV、管电流 0.88mA 工作条件下
不同距离、不同接触时间的有效剂量（单位：mSv）**

时间 \ 距离	1m	2m	3m	4m	5m
1min	14.52	3.63	1.61	0.91	0.58
2min	29.04	7.26	3.23	1.82	1.16
3min	43.56	10.89	4.84	2.72	1.74
4min	58.08	14.52	6.45	3.63	2.32
5min	72.60	18.15	8.07	4.54	2.90

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）有关规定，辐射工作人员连续 5 年接受的有效剂量不应超过 20mSv，任何一年接受有效剂量不应超过 50mSv。

表 11-12 在探伤机出束口不同距离受到 20mSv、50mSv 剂量当量的时间

距离	1m	2m	3m	4m	5m
20mSv 所需时间（s）	1.2	1.2	12.6	22.2	34.2
50mSv 所需时（s）	3.6	13.8	31.2	55.2	86.4

从表 11-12 可看出，该系统探伤机在管电压 225kV、管电流 0.88mA 工作条件下，在出束方向 1m 处停留 1.2s 所接受的有效剂量就能达到 20mSv，停留 3.6s 就能达到 50mSv。因此应加强放射工作人员的管理，严格按照相关规程操作，防止辐射事故的发生。

3、辐射事故预防措施

（1）工业 CT 设备铅房的防护门和维修门处设计安装门-机联锁装置，设备机体显著位置、控制台等处设置紧急停机开关等安全和应急设施。建设单位应经常性的检查、维护有关安全和应急设施正常运行，正常情况下可以避免误开防护门的情况发生；

（2）项目职业工作人员上岗前进行核技术利用辐射安全与防护考核，考核合格后方可上岗，并加强管理，禁止将设备移出机房外使用，严禁未经考核合格的职业工作人员从事辐射工作；

（3）建设单位在日常工作中应加强辐射安全管理，定期对工业 CT 装置进行检查、维护，发现问题及时维修；严格要求放射工作人员按照操作规程进行工业 CT 装置操作，每次操作前检查工业 CT 装置门机联锁、急停按钮等安全防护措施的有效性，定期检测

工业 CT 装置的周围辐射水平，确保安全措施有效运行；

（4）针对可能发生的辐射安全事故，完善切实可行的辐射事故应急预案，以能够有序应对事故；

（5）建设单位应完善应急计划演练，配备应急物品，通过演练确定应急措施是否可行。同时，应在今后的工作实践中不断完善辐射安全制度，提高制度的可操作性。

4、辐射事故应急措施

一旦发生了辐射事故，建设单位应迅速、有效的采取以下应急措施：

（1）发现误照射事故时，放射工作人员应立即切断电源，将人员全部撤出 CT 检测室，关闭防护门，同时向该区域小组领导报告，责任落实到人；

（2）发生辐射事故时，应立即疏散所有与处理事故无关人员，保护好事故现场，对在事故中可能受到照射的人员及时送到医院进行医学检查和治疗；

（3）发生辐射事故时，应当立即启动辐射事故应急方案，采取必要的防范措施，并在事发后 2h 内填写并向属地生态环境部门提交《辐射事故初始报告表》，紧急时也可用电话直接报告，随后书面补报，不得瞒报、迟报；发生或可能发生人员受到超剂量照射事故时，还应向属地卫生健康部门报告；发生放射源丢失、被盗等人为故意破坏引起的事故时，应当向属地公安部门报告；

（4）分析确定辐射事故的原因，记录发生事故时射线装置工作状态、事故延续时间，以便确定事故时受照个体所接受的剂量；

（5）总结事故原因，编制事故报告，及时修编应急预案，定期演练，避免此类事故再次发生。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

西咸新区比亚迪实业有限公司已成立辐射安全与环境保护领导小组，组长为王从雲，辐射安全与环境保护领导小组办公室设在西咸新区比亚迪实业有限公司安全环境管理科，负责日常辐射安全监督管理工作。

辐射安全与环境保护领导小组主要职责为：

（1）认真贯彻执行国家放射性同位素和射线装置的法律法规，接受国家和地方环境保护部门的监督和检查；

（2）对公司的辐射安全与环境管理负全责；

（3）制定和监督实施公司的辐射安全与环境管理制度；

（4）研究审查新建、扩建、改建放射性同位素设备射线装置及其防护工作；

（5）每年定期召开环保专题工作会议，研究部署解决辐射安全与环境管理工作中存在的重大问题；

（6）定期安排辐射安全与环境管理专项检查，督促基层部门认真执行辐射安全与环境管理各项规章制度，消除各种辐射安全与管理隐患；

（7）制定并修编公司辐射事故应急预案，负责辐射事故应急预案的日常演练和辐射事故处置；

（8）发生辐射事故，按职能进行指挥、协调、处理，防止事故蔓延扩大，将放射伤害和损失降低到最低限度；

（9）对发生的事故按照“四不放过”原则组织调查处理，落实防范措施。

建设单位应对照《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29号）的相关要求，进一步完善相关管理要求，具体见表 12-1。

表12-1 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表-人员管理与机构建设部分

管理内容		管理要求	目前实际情况
人员管理	决策层	就确保辐射安全目标做出明确的文字承诺，并指派有决策层级的负责人分管辐射安全工作。	已按规定落实
		年初工作安排和年终工作总结时，应包含辐射环境安全管理工作内容。	
		明确涉辐部门和岗位的辐射安全职责。	
		提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障。	
	辐射防护负责人	参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗；熟知辐射安全法律法规及相关标准的具体要求并向员工和公众宣传辐射安全相关知识。	已按规定落实，本项目建成后应纳入管理
		负责编制辐射安全年度评估报告，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度评估报告。	
		建立辐射安全管理制度，跟踪落实各岗位辐射安全职责。	
		建立辐射环境安全管理档案。	
		对辐射工作场所定期巡查，发现安全隐患及时整改，并有巡查及整改记录。	
	直接从事放射工作的作业人员	岗前进行职业健康体检，结果无异常。	现有放射工作人员已按规定落实，本次新增放射工作人员应按规定执行
		参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗。	
		了解本岗位工作性质，熟悉本岗位辐射安全职责，并对确保岗位辐射安全做出承诺。	
		熟悉辐射事故应急预案的内容，发生异常情况时，能有效处理。	
机构建设		设立辐射环境安全管理机构和专（兼）职人员，明确辐射环境安全管理机构和负责人。	已按规定落实

辐射安全管理规章制度

1、相关辐射安全管理规章制度

西咸新区比亚迪实业有限公司目前已制定了一系列辐射环境管理规章制度，包括《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》《辐射岗位工作职责》《放射性同位素与射线装置管理制度》《射线装置操作规程》《放射工作人员培训管理制度及培训计划》《放射工作人员个人剂量管理制度》《职业健康体检管理制度》《辐射安全防护设施维护与维修制度》《辐射自主监测方案》《辐射环境监测设备使用与检定管理制度》等；已编制《西咸新区比亚迪实业有限公司辐射事故应急预案》，

待本项目建成后及时修订辐射事故应急预案，以确保辐射作业中的安全防护。

西咸新区比亚迪实业有限公司已制定的安全管理制度与《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29号）中相关要求对照情况见表 12-2。

表12-2 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表-制度建立与执行部分

管理内容	管理要求	目前实际情况
制度建立与执行	建立全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度，指定专人负责系统使用和维护，确保业务申报、信息更新真实、准确、及时、完整。	已按规定落实
	建立放射性同位素与射线装置管理制度，严格执行进出口、转让、转移、收贮等相关规定，并建立放射性同位素、射线装置台账。	已按规定落实，针对本项目新增射线装置完善
	建立本单位放射性同位素与射线装置岗位职责、操作规程，严格按照规程进行操作，并对规程执行情况进行检查考核，建立检查记录档案。	
	建立放射工作人员培训管理制度及培训计划，并对制度的执行情况及培训的有效性进行检查考核，建立相关检查考核资料档案。	已按规定落实，本次新增放射工作人员应纳入管理
	建立放射工作人员个人剂量管理制度，每季度对放射工作人员进行个人剂量监测，对剂量超标人员分析原因并及时报告相关部门，保证个人剂量监测档案的连续有效性。	
	建立放射工作人员职业健康体检管理制度，定期对放射工作人员进行职业健康体检，对体检异常人员及时复查，保证职业工作人员健康监护档案的连续有效性。	
	建立辐射安全防护设施的维护与维修制度（包括维护维修内容与频次、重大问题管理措施、重新运行审批级别等），并建立维护与维修工作记录档案（包括检查项目、检查方法、检查结果、处理情况、检查人员、检查时间）。	已按规定落实，针对本项目新增射线装置完善
	建立辐射环境监测制度，定期对辐射工作场所及周围环境进行监测，并建立有效的监测记录或监测报告档案。	
	建立辐射环境监测设备使用与检定管理制度，定期对监测仪器设备进行检定，并建立检定档案。	已按规定落实，本次新增监测仪器设备应纳入管理

根据建设单位提供资料，现有辐射安全管理规章制度执行情况较好，运行以来未发生辐射事故或人员剂量超标情况。

本项目建成后，建设单位应针对本次新增的Ⅱ类射线装置完善《放射性同位素与射线装置管理制度》《射线装置操作规程》《辐射安全防护设施维护与维修制度》《辐射自主监测方案》《辐射事故应急预案》等制度，应急预案、操作规程、岗位职责等应张贴上墙，确保辐射防护工作按规章制度进行。

2、人员培训及工作人员个人防护

本项目拟配备放射工作人员 2 人，且已全部通过核技术利用辐射安全与防护考核，考核成绩报告单见附件 5。现有放射工作人员按要求配备了个人剂量计，进行了个人剂量检测及职业病健康体检，并建立了个人剂量档案；同时本次新增放射工作人员已进行岗前职业健康体检，要求其上岗后配备个人剂量计并建立个人剂量档案，定期进行个人剂量检测及职业病健康体检。

辐射监测

西咸新区比亚迪实业有限公司已为现有放射工作人员建立个人剂量档案，定期进行个人剂量监测及职业健康体检。辐射监测方案如下：

1、辐射剂量率监测

（1）监测项目

X-γ辐射剂量率

（2）监测范围

CT 机自带铅房屏蔽体边界周围 50m 范围内，监测点位置如下：

①通过巡测发现的辐射水平异常高的位置；

②CT 机铅房防护门外 30cm 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；

③CT 机铅房屏蔽体四周外 30cm 离地面高度 1m 处，每个墙面或防护面至少测 3 个点；

④人员可能到达的探伤室屋顶或探伤室上层（方）外 30cm 处，至少包括主射束到达范围的 5 个检测点；

⑤人员经常活动的位置，主要包括控制台及其他人员能到达的位置；

⑥走线孔、排风口等位置；

⑦运行结束后，检测 CT 铅房屏蔽防护门入口，以确保射线装置已经停止工作。

（3）监测频次

验收监测：CT 检测室建成后应进行验收检测；

定期监测：正常情况下，每季自行开展 1 次例行监测；

应急监测：工作场所如发现异常情况或怀疑有异常情况，应对调试场所和环境进行应急监测；

年度监测：投入使用后，每年委托有资质单位进行 1 次年度监测。

2、个人剂量率监测

根据《放射工作人员职业健康管理方法》第十一条“放射工作单位应当按照本办法和国家有关标准、规范的要求，安排本单位的放射工作人员接受个人剂量监测，并遵守下列规定：

①外照射个人剂量监测周期一般 3 个月；

②建立并终身保存个人剂量监测档案；

③允许放射工作人员查阅、复印本人的个人剂量监测档案”。

本项目拟新增 2 名放射工作人员。现有放射工作人员按要求配备了个人剂量计，进行了个人剂量检测及职业病健康体检，并建立了个人剂量档案；同时本次新增 2 名放射工作人员已进行岗前职业健康体检，要求其上岗后配备个人剂量计并建立个人剂量档案，定期进行个人剂量检测及职业病健康体检。项目建成运行后，应委托有资质单位每 3 个月进行一次个人剂量监测。

3、环保投资

项目总投资 150 万元，其中环保投资 13.5 万元，占总投资的 9.00%，主要用于环保设施、辐射安全防护设施建设以及个人防护用品等，具体见表 12-3。

表12-3 项目环保设施及投资估算一览表

项目		投资金额(万元)
辐射安全防护设施	铅屏蔽体、门机联锁、警示装置、急停装置、控制台、固定式剂量报警仪（包括固定式剂量探头、固定式剂量报警仪主机，1台）等	计入工程投资
	分区标识、电离辐射警示标识等	0.2
	新增个人剂量计（2个）、个人剂量报警仪（2个）等	0.5
环境管理	成立辐射安全与环境保护领导小组、制定辐射事故应急预案并计划演练、放射工作人员培训、职业健康体检等（纳入整个公司环境管理体系）	1.2
环境监测	环境级X、 γ 辐射测量仪（1台，依托厂区现有）	/
	工作场所、个人剂量定期监测	1.6
环评及竣工环保验收技术服务		10.0
合计		13.5

4、竣工环境保护验收

建设项目竣工后、正式投入运行前，企业应按照环评及其批复文件要求，对与主体工程配套建设的环境保护设施落实情况进行查验，并按照关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的公告（国环规环评〔2017〕4号）及国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，企业自行编制或委托具备相应技术能力的机构，对建设项目环境保护设施落实情况进行调查，开展相关环境监测，编制竣工环境保护验收调查（监测）报告。营运期建设项目环保设施清单见表12-4。

表12-4 项目竣工环境保护验收清单（建议）

验收内容	验收要求
环保手续文件	环评及环评批复、验收监测报告等齐全
辐射安全管理	针对新增工作场所进一步完善《放射性同位素与射线装置管理制度》《射线装置操作规程》《辐射安全防护设施维护与维修制度》《辐射自主监测方案》《辐射事故应急预案》等制度，使其满足《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29号）的相关要求，避免辐射事故的发生
剂量限值	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）并结合项目情况，本项目职业照射年有效剂量管理约束值取5.0mSv/a，公众照射年有效剂量约束值取0.1mSv/a，验收按照以上标准执行。 参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），工业CT铅屏蔽体外各关注点最高周围剂量当量率满足相应标准
辐射安全防护措施	布局合理，划定控制区及监督区，设置明显的分区标识

	CT检测室的建设和布局符合环评报告描述；工业CT门-机联锁、标志及指示灯、紧急停机、监控装置等正常有效、运行良好；铅房外设置工作状态指示装置意义说明等
人员要求	放射工作人员均需参加辐射安全和防护培训，考核合格后，持证上岗
设备数量	1台TSOL-CT225B型离线双立柱CT（最大射线管电压：225kV；最大射线管电流：0.88mA）
监测仪器	配备1台环境级X、 γ 辐射测量仪（依托西咸厂区现有），定期进行巡测并建立监测档案，每年委托有资质单位检测不少于1次，监测记录存档 放射工作人员应配备个人剂量计和个人剂量报警仪，作业时按要求佩戴，定期进行个人剂量监测，并建立健康档案
职业健康体检	放射工作人员至少每2年进行1次职业健康体检，建立职业健康监护档案

辐射事故应急

1、应急管理机构及应急预案

西咸新区比亚迪实业有限公司已编制《西咸新区比亚迪实业有限公司辐射事故应急预案》（2025年8月）。

应急预案中明确了应急组织机构与职责，成立了以王彦雲（安环主管）为组长的辐射事故应急领导小组，小组下设应急办公室，具体分为应急处置组、应急监测组、应急抢救组、后勤保障组。针对现有核技术利用项目可能发生的辐射事故类型，明确了事故应急处置程序及措施、应急预案演练和评审、应急保障、信息报送程序方式，以及公司内部应急响应与外部相关机构的应急联系方式等内容，并附具了《辐射事故初始报告表》《辐射事故后续报告表》。

2、现有应急预案执行情况

根据现场调查，西咸新区比亚迪实业有限公司运行至今尚未发生放射性相关事故，未启动过《西咸新区比亚迪实业有限公司辐射事故应急预案》。

3、应急演练

西咸新区比亚迪实业有限公司每年至少安排组织一次辐射事故应急演练，及时总结演练经验，并妥善保存应急演练记录。根据演练中发现的问题，及时修订应急预案，为提高预防事故应急处理能力奠定了一定基础。

4、应急预案修订

西咸新区比亚迪实业有限公司制定的应急预案应当至少每3年修订一次，预案修

订情况应有记录并归档。有下列情形之一的，需及时进行修订并归档：

- （1）依据的法律法规、规章、标准及上位预案中的有关规定发生重大变化的；
- （2）应急指挥机构及其职责发生调整的；
- （3）重要应急资源发生重大变化的；
- （4）在应急演练和事故应急救援中发现需要修订预案的重大问题的；
- （5）公司核技术利用项目活动种类和范围发生变更的；
- （6）编制单位认为应当修订的其他情况。

本项目新增 1 台型号为 TSOL-CT225B 的离线双立柱 CT。评价建议在本项目取得环评批复后，及时对该应急预案进行修订和备案。同时，建议西咸新区比亚迪实业有限公司应依据国家相关法律法规、标准，不断对应急预案进行补充、修改、完善，使应急预案更具有操作性、可行性，同时加强应急预案演练，提高事故应急处置能力。

表 13 结论与建议

结论

1、实践的正当性

西咸新区比亚迪实业有限公司拟在陕西省西咸新区秦汉新城周陵街办周礼四路与天工二路（西段）交汇比亚迪工业园 6-2#厂房新增 1 台型号为 TSOL-CT225B 的离线双立柱 CT，用于比亚迪新能源汽车动力电池项目异常隔离电池的检测。该设备属于 II 类射线装置，最大射线管电压为 225kV；最大射线管电流为 0.88mA。

该项目实施后，对周围环境及人群的影响均在国家管控范围内。综合考虑社会、经济和代价等有关因素，其对社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

2、产业政策符合性

项目属于《产业结构调整指导目录》（2024 年本）中“第一类 鼓励类-三十一、科技服务业-1.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”，符合国家现行的产业政策要求。

3、辐射环境现状评价

监测结果表明：项目所在地及周边环境 X- γ 辐射剂量率监测范围为 58~101nSv/h，与西安市 γ 辐射剂量率处于同一水平涨落范围内。

4、环境影响分析结论

（1）关注点处剂量率估算结果

理论预测结果可知：项目运行过程中，拟建 CT 设备铅房外东侧、南侧、西侧、北侧、顶部、底部防护面以及控制台处剂量率满足《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）相关要求；同时，以射线装置实体铅屏蔽体为边界，半径 50m 范围内的区域全部位于西咸

新区比亚迪实业有限公司边界范围内，主要的环境保护目标为 CT 检测室职业工作人员及厂区内公众，不涉及居民点，在 X 射线随距离的增加而快速减弱下，周围受到的辐射影响甚微。

（2）铅房屏蔽能力理论校核结果

理论校核结果可知：项目铅房在其最大管电压工作状态下，其配套屏蔽墙体设计厚度均大于理论计算厚度，铅房能够有效屏蔽 X 射线，其辐射屏蔽能力满足相关辐射防护要求。

（3）周剂量及年剂量估算结果

估算结果可知：项目运行过程中，职业工作人员、公众最大周剂量满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中人员在关注点的周剂量约束值要求（职业工作人员周剂量不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，公众周剂量不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ）；职业工作人员、公众人员最大年剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及项目对职业照射和公众照射的年受照剂量约束值要求（职业工作人员年有效剂量不超过 $5.0\text{mSv}/\text{a}$ ，公众年有效剂量不超过 $0.1\text{mSv}/\text{a}$ ）。

（4）非放射性环境影响分析结果

工业 CT 射线检测装置在工作状态时，X 射线会使铅室内的空气电离而产生极少量的 O_3 、 NO_x 等有害气体，铅房内设有机械通风装置，每小时有效通风换气次数约为 5 次，排风管道外口位于铅房顶部，经管道引至 CT 检测室顶部隔层，向上引出 6-2# 厂房外，非人员长居留位置，避开人员活动密集区，能够使机房保持良好的通风，少量的有害气体可通过机械通风装置排至室外环境中，对周围环境影响较小。

项目显像模式为实时数字化成像，无需冲洗胶片。项目运行后不产生放射性废水。新增放射工作人员会产生少量生活污水，依托厂内现有污水收集、处理设施处理达标后，通过市政污水管网排入秦汉新城朝阳污水处理厂，对周围地表水环境影响较小。

项目显像模式为实时数字化成像，无需冲洗胶片。项目运行后不会产生放射性固体废物。新增放射工作人员会产生少量生活垃圾，依托厂区现有生活垃圾收运设施分

类收集后，委托环卫部门统一清运，对周围环境影响较小。

5、辐射安全与环境保护管理

西咸新区比亚迪实业有限公司已成立辐射安全与环境保护领导小组，制定了一系列辐射安全管理制度、人员培训制度、辐射监测制度及辐射事故应急预案等，用于指导、规范生产作业过程中的辐射安全。项目建成后，建设单位应根据《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29号）等要求，进一步完善相关操作规程、岗位职责、监测制度等规章制度，并将其纳入公司现有辐射安全管理体系中。严格按照规章制度执行，可有效防止人为事故的发生，保证辐射安全。

6、可行性分析结论

西咸新区比亚迪实业有限公司电池产品品质检测实验室配套Ⅱ类射线装置核技术利用项目采取的辐射安全和防护措施适当，辐射职业及公众受到的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”及《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的“剂量约束值”的要求。在进一步完善辐射安全与环境保护管理机构 and 各项制度的前提下，从辐射安全和环境保护的角度分析，该项目建设可行。

要求和承诺

1、要求

- （1）严格落实辐射安全防护措施，做好定期监测、辐射安全许可证变更等；
- （2）制定操作规范，加强人员培训，运行期严格遵守辐射防护的各项规定；
- （3）对照《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29号）相关要求，将本次新增场所纳入辐射安全管理制度及辐射事故应急预案，定期进行辐射事故应急演练；
- （4）加强各类防护设施的检查维护，确保其正常使用；
- （5）项目竣工后办理验收手续，验收合格后方可投入使用；

(6) 每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度辐射安全年度评估报告。

2、承诺

(1) 认真学习贯彻国家相关的环保法律法规，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作；

(2) 在实践中不断完善各项辐射安全防护管理制度，严格按照操作规程进行操作。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见:

经办人:

公章

年 月 日

审批意见:

经办人:

公章

年 月 日