

核技术利用建设项目

扩建工业 CT 项目

环境影响报告表

(公示本)

蜂巢能源科技(遂宁)有限公司(公章)



2024 年 1 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

扩建工业 CT 项目

环境影响报告表

建设单位名称：蜂巢能源科技(遂宁)有限公司

建设单位法人代表（签字或盖）

通讯地址：四川省遂宁市经济技术开发区云龙路 33 号

邮政编码：629000 联系人：杨登全

电子邮箱：/ 联系电话：18323936064

目录

表1 项目基本情况.....	1
表2 放射源.....	13
表3 非密封放射性物质.....	13
表4 射线装置.....	14
表5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	15
表6 评价依据.....	16
表7 保护目标与评价标准.....	18
表8 环境质量和辐射现状.....	21
表9 工程分析与源项.....	25
表10 辐射安全与防护.....	32
表11 环境影响分析.....	37
表12 辐射安全管理.....	50
表13 结论与建议.....	56
表 14 审批.....	62

附图：

附图 1 本项目地理位置图；

附图 2 本项目蜂巢能源科技（遂宁）有限公司周边情况概况图；

附图 3 本项目周边情况概况图

附图 4 本项目工业 CT 系统所在楼层平面布局图

附图 5 本项目工业 CT 系统所在 CT 检测区平面布局图

附图 6 本项目铅房屏蔽结构及三视尺寸图

附图 7 本项目控制区监督区示意图

附图 8 本项目人流物流示意图

附图 9 本项目辐射安全措施布置平面示意图

附图 10 本项目防护设计剖面图

附件：

附件 1 委托书

附件 2 射线装置承诺书

附件 3 营业执照

附件 4 《建设工程规划许可证》及遂宁经济开发区国土空间规划委员会会议纪要

附件 5 辐射安全许可证（正副本）

附件 6 遂宁市生态环境局关于 20GWH 动力锂电池项目环境影响报告表告知承诺制的批复及竣工环境保护验收意见

附件 7 本项目天然本底辐射监测报告

附件 8 遂宁市环境保护局关于遂宁市经济技术开发区台商工业园二期规划环境影响报告书审查意见

表 1 项目基本情况

建设项目名称		扩建工业 CT 项目				
建设单位		蜂巢能源科技（遂宁）有限公司				
法人代表			联系人		联系电话	
注册地址						
建设项目地点		四川省遂宁市经济技术开发区云龙路 33 号蜂巢能源科技（遂宁）有限公司 2 号电极车间辊切段 CT 检测区内				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)			项目环保投资 (万元)		投资比例(环保投资/总投资)	
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其他			占地面积(m²)	
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	/				

一、项目概述：

（一）建设单位介绍

蜂巢能源前身是中国汽车行业领军品牌——长城汽车动力电池事业部，2018 年从长城汽车完全剥离独立面向全行业发展，正式更名为蜂巢能源科技股份有限公司，隶属于长城集团。公司总部位于江苏，是一家专业从事汽车动力电池材料、电芯、模组、PACK、BMS、储能产品研发和制造的新能源高科技公司。

蜂巢能源科技（遂宁）有限公司（企业信用代码：）

成立于 2021 年 1 月，属于蜂巢能源科技股份有限公司属旗下的子公司，位于四川省遂宁市经济技术开发区云龙路 33 号。

蜂巢能源科技（遂宁）有限公司现已开展核技术利用项目，且已获得辐射安全许可证，许可证种类和范围为“使用 V 类放射源，使用 II 类、III 类射线装置”。

（二）项目由来

根据蜂巢能源科技（遂宁）有限公司为保障电芯质量，对电芯进行平检，以检测电芯内部是否存在缺陷及缺陷的分布情况，以判断电芯的性能是否满足要求，建设单位拟在四川省遂宁市经济技术开发区云龙路 33 号蜂巢能源科技（遂宁）有限公司 2 号电极车间辊切段新建 1 间 CT 检测区，并在 CT 检测区内安置 1 台工业 CT 系统及其配套设备，该工业 CT 系统由铅房、X 射线源、X 射线成像探测器、精密样品台、图像采集系统、三维图像重建和处理系统组成，是集屏蔽、检测、成像为一体的自屏蔽系统。该系统的 X 射线源的最大管电压为 300kV，最大管电流为 3mA，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》《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》等相关法律法规要求，建设方须对该项目进行环境影响评价。本项目所使用工业 CT 系统属于 II 类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部第 16 号令），本项目属于名录中“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目——生产、使用 II 类射线装置的”，应编制环境影响报告表，应编制环境影响报告表。

为此，蜂巢能源科技（遂宁）有限公司委托四川中环康源卫生技术服务有限公司对该项目开展环境影响评价工作（见附件 1）。我单位接受委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成《蜂巢能源科技（遂宁）有限公司扩建工业 CT 项目环境影响报告表》。

（三）环境影响评价信息公开

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工作的公开、透明，方便公民、法人和其他组织获取环境保护主管部门环境影响评价信息，加大环境影响评价公开力度。依据国家环境保护部颁布的《建设项

目环境影响评价政府信息公开指南》（试行）的规定：建设单位在向环境主管部门提交建设项目环境影响评价报告书、表以前，应依法、主动公开建设项目环境影响评价报告书、表的全本信息。

根据以上要求，建设单位于 2023 年 12 月 25 日，建设单位在环境影响评价信息公示平台网站上对该项目进行了全文公示，以征求公众意见。

公示网址：

<https://www.js-eia.cn/project/detail?type=1&proid=5f515a7282433bb8942b19c1a274d14b>

公示网站截图如下：

The screenshot displays the 'Environmental Impact Assessment Information Publicity Platform' (环境影响评价信息公示平台). The main content area is titled '扩建工业CT项目环境影响评价信息公开' (Public Notice of Environmental Impact Assessment for the Expansion of Industrial CT Project). It includes a search bar with '字数：小中大' (Word count: small, medium, large) and '发布日期：2023年12月25日' (Release date: December 25, 2023). The notice text states that according to the 'Guidelines for the Government Information Disclosure of Environmental Impact Assessment Project Reports' (试行), the unit has decided to publicly disclose the full text of the EIA report and tables. The public notice period is from December 25, 2023, to December 29, 2023 (5 working days). The project name is '蜂巢能源科技（遂宁）有限公司扩建工业CT项目' (Expansion of Industrial CT Project of Beehive Energy Technology (Suining) Co., Ltd.), located at '四川省遂宁市经济技术开发区云龙路33号' (No. 33 Yunlong Road, Suining Economic and Technological Development Zone, Sichuan Province). The EIA report compiler is '四川中环康源卫生技术服务有限公司' (Sichuan Zhonghuan Kangyuan Health Technology Service Co., Ltd.). The contact person is '余工' (Mr. Yu) with phone number '13036582919'. The notice was posted on '2023年12月25日'. There are two QR codes on the right side for more information and a WeChat public account. At the bottom, there are links for '附件：' (Attachments), including '【公示意见表—蜂巢能源科技（遂宁）有限公司扩建工业CT项目.docx'] and '【公示本】扩建工业CT项目.pdf'.

图 1-1 环境影响报告表全本公示截图

信息公示期间，建设单位和环评单位均未收到相关单位或个人有关项目情况的反馈意见。

二、项目概况

（一）项目名称、性质、建设地点

项目名称：扩建工业 CT 项目

建设单位：蜂巢能源科技（遂宁）有限公司

建设性质：扩建

建设地点：四川省遂宁市经济技术开发区云龙路 33 号蜂巢能源科技（遂宁）有限公司 2 号电极车间辊切段 CT 检测区

项目地理位置见附图 1。

（二）项目建设内容与建设规模

蜂巢能源科技（遂宁）有限公司拟在 2 号电极车间辊切段新建 1 间 CT 检测区，在 CT 检测区内安置 1 台工业 CT 系统及其配套设备（操作台、高压发生器及水冷、电控柜），该工业 CT 系统主要用于检测电芯内部是否存在缺陷及缺陷的分布情况，以判断电芯的性能是否满足要求。

建设单位拟购的工业 CT 系统产自天津三英精密仪器股份有限公司，型号为 nanoVoxel 4200。其 X 射线管最大管电压为 300kV，最大管电流为 3mA，最大功率 300W（在其最大管电压 300kV 时，最大电流为 1mA）。主射线方向定向向南，属于 II 类射线装置。本项目工业 CT 系统属于实时成像装置，不涉及洗片作业。

建设单位拟为本项目调配 3 名辐射工作人员（其中 2 名工作人员摆放工件，1 名工作人员在操作台对 X 射线探伤机进行操作）。

CT检测区：

本项目拟在 2 号电极车间辊切段设置 CT 检测区（长 7.83m×宽 7.0m），该区域均采用亚克力板进行物理隔离，与本项目无关人员禁止进入 CT 检测区内。

工业 CT 系统外尺寸：

铅房外尺寸：长 3650mm×宽 2050mm×高 2610mm；铅房内尺寸：长 3400mm×宽 1600mm×高 2250mm。

根据建设单位所提供资料，工作人员手动将检测工件放置在可旋转载物台上。本项目工业 CT 系统工件门关闭后，载物台可 360° 水平旋转，射线管可利用轨道竖直方向移动，移动范围为 700mm，射线管出束角度为 40°，移动时出束角度及射线方向不会发生变化，工业 CT 系统运行时主射线方向由北向南。X 射线管出束口距离东侧屏蔽体最近 1085mm，南侧屏蔽体最近 2147mm，西侧屏蔽体最近 965mm，北侧屏蔽体最近 1503mm，顶部屏蔽体（非主射线位置）最

近 700mm，顶部屏蔽体（主射线位置）最近 1980mm，地面屏蔽体最近 1460mm。

工业 CT 屏蔽条件：

本项目工业 CT 系统为一体结构，六面骨架均采用槽钢，并配钢板等焊接而成。工业 CT 系统南侧位于主射线方向，因此采用 2.5mm 钢板+27mm 铅板+2mm 钢板；考虑到顶部部分位于主射线方向，因此顶部采用 2.5mm 钢板+27mm 铅板+2mm 钢板；东侧、西侧、北侧、地面、工件门均位于非主射线方向，因此东侧、西侧、工件门（位于西侧）、2 扇设备检修门（分别位于北侧、东侧）均采用 2.5mm 钢板+18mm 铅板+2mm 钢板；地面采用 5mm 钢板+18mm 铅板+2mm 钢板；北侧采用 2.5mm 钢板+13mm 铅板+2mm 钢板；在北侧工件门处设置可视铅玻璃窗（等效铅当量为 18mm 铅当量）。

为防射线泄漏，工件门、设备检修门处屏蔽体与屏蔽体的重叠宽度至少为空隙的 10 倍，观察窗四周均采用 18mm 铅板进行包裹，门窗户与铅防护门缝隙处搭接 41mm。排风口及走线孔均采用 18mm 铅板屏蔽罩方式进行复式补偿屏蔽。综上所述，铅房六面具有较高的结构强度，不会造成铅房坍塌和顶部下坠的现象。

表 1-1 本项目拟采用的屏蔽条件

屏蔽方位	屏蔽材料及屏蔽厚度
东侧、西侧、工件门、2 扇设备检修门	2.5mm 钢板+18mm 铅板+2mm 钢板
南侧、顶部	2.5mm 钢板+27mm 铅板+2mm 钢板
底面	5mm 钢板+18mm 铅板+2mm 钢板
北侧	2.5mm 钢板+13mm 铅板+2mm 钢板
铅观察窗	18mmPb 铅玻璃

工件尺寸：

本项目工业 CT 系统主要用于检测电芯内部是否存在缺陷及缺陷的分布情况，以判断电芯的性能是否满足要求。产品尺寸：长 52.4（mm）×高 148（mm）×厚 102.5（mm）。

工作计划：

根据建设单位提供的信息，根据建设单位提供的信息，本项目工业 CT 系统最大年检测工件数量约 3750 件，单件工件最长出束时长 8min，最大年出束时间约 500h。本项目不涉及野外、室外探伤。

（三）项目组成及主要环境问题

本项目组成及主要环境问题见表 1-1。

表 1-1 项目组成及主要环境问题一览表

名称	建设内容及规模	建设内容及规模可能产生的环境问题	
		施工期	营运期
主体工程	蜂巢能源科技（遂宁）有限公司拟在2号电极车间辊切段CT检测区内新增1座工业CT系统，在工业CT系统西侧20cm处设置操作台（长1.4m，宽0.7m）。该工业CT系统主要用于检测电芯内部是否存在缺陷及缺陷的分布情况，以判断电芯的性能是否满足要求。 该工业CT系统产自天津三英精密仪器股份有限公司，型号为nanoVoxel 4200。其X射线管最大管电压为300kV，最大管电流为3mA，最大功率300W（管电压300kV时，最大电流为1mA），主射线方向定向向南，属于II类射线装置。 根据建设单位提供的信息，本项目工业CT系统最大年检测工件数量约3750件，单件工件最长出束时长8min，最大年出束时间约500h。 本项目工业CT系统为一体结构，六面骨架均采用槽钢，并配钢板等焊接而成；南侧位于主射线方向，顶面、南侧采用2.5mm钢板+27mm铅板+2mm钢板；东侧、西侧、工件门、2扇设备维修门采用2.5mm钢板+18mm铅板+2mm钢板；地面采用5mm钢板+18mm铅板+2mm钢板；北侧采用2.5mm钢板+13mm铅板+2mm钢板；铅观察窗采用18mmPb铅玻璃。 为防射线泄漏，工件门、设备检修门处屏蔽体与屏蔽体的重叠宽度至少为空腔的10倍，观察窗四周均采用18mm铅板进行包裹，门窗户与铅防护门缝隙处搭接41mm。排风口及走线孔均采用18mm铅防护罩进行防护。综上所述，铅房六面具有较高的结构强度，不会造成铅房坍塌和顶部下坠的现象。	施工噪声、施工废水、建筑废渣以及施工人员产生的生活废水与生活垃圾	探伤机在工作时会产生X射线、臭氧、氮氧化物
辅助工程	操作台位于工业CT系统西侧，CT检测区内配有高压发生器及水冷、电控柜		
公用工程	给排水、通讯系统等依托厂区已建成的相应系统，配电、供电依托本项目厂区已建的配电室。		生活污水、生活垃圾
办公及生活设施	办公用房（依托厂区办公设施）；生活污水处理依托厂区已有的污水处理设备；生活垃圾通过依托厂区统一收集并移交环卫部门清运。		

（四）本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-2。

表1-2 本项目主要原辅材料及能耗情况

类别	名称	年耗量(单位)	来源	主要化学成分
能源	电	300kW·h	厂区电网	—
水	生活用水	1.5t/a	厂区管网	H ₂ O

（五）本项目射线装置主要设备配置及主要技术参数

本项目拟新增 1 台 nanoVoxel 4200 型工业 CT 系统的 X 射线管 X 射线管最

大管电压为 300kV，最大管电流为 3mA，主射线方向定向向南，属于 II 类射线装置。其主要的设备配置及主要的技术参数见表 1-3。

表 1-3 本项目使用 X 射线探伤机的相关情况

射线装置名称		工业 CT 系统
生产厂家		天津三英精密仪器股份有限公司
型号		nanoVoxel 4200
设备主要技术参数	最大管电压 (kV)	300
	最大管电流 (mA)	3
	出束角度	40°
	照射方向	定向向南
	过滤片	3mmAl
备注		扩建
最大年检测工件数量		3750 件
单件工件最长出束时长		8min/件
周最长出束时长		10h
年最大出束时长		500h

(六) 劳动定员及工作制度

工作制度：本项目辐射工作人员每年工作 250 天，每天工作 8 小时，实行白班单班制。

人员配置：本项目拟新增 3 名辐射工作人员（均为调配辐射工作人员）。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》（生态环境部，公告 2019 年第 57 号）：“自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。拟调配的辐射工作人员均已在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并获得核技术利用辐射安全与防护考核证明。

(七) 产业政策符合性

本项目属于核技术在无损检测领域内的运用，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令），本项目属鼓励类第三十一项“科技服务”中第 1 条“工业设计、气象、生物及医药、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业技术服务，标准化服务、计量测试、质量认证和检验检测服务，科技普及”，项目符合国家当前的产业政策。

三、项目选址、外环境关系及实践正当性分析

(一) 选址合理性分析

遂宁经济技术开发区台商工业园区二期已获得原遂宁市环境保护局关于《遂宁市经济技术开发区商工业园区二期规划环境影响报告书》的审查意见（遂环函〔2014〕248号）。蜂巢能源科技（遂宁）有限公司已获得《遂宁市生态环境局关于20GWH动力锂电池项目环境影响报告表告知承诺制的批复》（遂环诺审〔2021〕3号），并获得了《蜂巢能源科技（遂宁）有限公司20GWH动力锂离子电池项目（一期）竣工环境保护验收意见》。根据遂宁市经济技术开发区行政审批局核发的《建设工程规划许可证》（510924202200011）及遂宁经济技术开发区国土空间规划委员会第十九次常务会纪要（第二十六期）遂宁蜂巢能源项目用地属于一类工业用地。

园区合理性已经在获得审查意见的遂宁市环境保护局关于《遂宁市经济技术开发区商工业园区二期规划环境影响报告书》，厂区合理性已经在已获得遂宁市生态环境局批复的《遂宁市生态环境局关于20GWH动力锂电池项目环境影响报告表告知承诺制的批复》中进行了论述，本项目为遂宁市经济技术开发区商工业园区内蜂巢能源科技（遂宁）有限公司的锂电池电芯设备生产项目的配套设施建设，本项目工业CT系统主要用于平检电芯的内部缺陷及缺陷分布情况，以控制生产电芯的质量，与厂区规划相容。

（二）布局合理性分析

2号电极车间位于蜂巢能源科技（遂宁）有限公司中部，远离厂区大门，并且厂区四周均设立围墙，2号电极车间入口处均设有门禁装置，非厂区人员难以进入到2号电极装备车间；建设单位拟利用亚克力复合板以划分CT检测区，CT检测区为独立工作区域，无关人员不能进入CT检测区内。

综上所述，本项目选址、布局是合理的。

（三）实践正当性分析

本项目工业CT系统主要用于检测电芯内部是否存在缺陷及缺陷的分布情况，为保障电芯的质量起到了十分重要的作用。

建设单位在利用工业CT系统进行检测过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理已建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益

足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性。符合辐射防护“实践的正当性”原则。

（四）外环境关系

1.园区外环境关系

蜂巢能源科技（遂宁）有限公司位于四川省遂宁市经济技术开发区云龙路33号，东侧为云龙路，南侧为金龙路，西侧为中环线，北侧为工业园区内部道路。

2.项目外环境关系

本项目工业CT系统拟安置在蜂巢能源科技（遂宁）有限公司2号电极车间辊切段CT检测区内，工业CT系统实体屏蔽边界外东侧0~50m、南侧0~50m、西侧0~16m、北侧0~50m范围均为2号电极车间，西侧16~40m、40~50m依次为厂区道路和综合站房。本项目工业CT系统周边情况概况图可见到附图2。

四、原有核技术利用情况

（一）辐射安全许可证

建设单位于2023年6月12日首次获得辐射安全许可证，编号为“川环辐证【01100】”，类和范围为“使用V类放射源，使用II类、III类射线装置”，有效期至2028年6月12日。

（二）原有核技术利用情况

建设单位已许可使用84枚V类放射源（目前48枚已投入使用；36枚所在厂房正在修建中，暂未投入使用，暂未购买）、1台II类射线装置、11台III类射线装置。建设单位原有核技术利用情况见表1-4。

经现场踏勘：建设单位辐射管理状况良好，经建设单位证实，公司开展使用射线装置以来，从未发生辐射安全事故。

表 1-4 原有核技术利用项目一览表

放射源										
序号	核素	类别	数量（枚）	出厂活度（贝可）		工作场所名称	用途	备注		
1	Kr-85	V类	6枚	1.48E+10		一工厂-涂布车间	测厚仪	已上证		
2	Kr-85	V类	12枚	1.85E+10		一工厂-涂布车间	测厚仪	已上证		
3	Kr-85	V类	18枚	1.85E+10		二工厂-涂布车间	测厚仪	已上证		
4	Kr-85	V类	12枚	1.85E+10		柔性线-涂布车间	测厚仪	已上证		
射线装置										
序号	射线装置名称	型号	数量（台）	管电压（kV）	管电流（mA）	厂家	出束类型	类别	工作场所名称	备注
1	CT机（双源）	nanvoxel5000	1	300	3	天津三英精密仪器股份有限公司	定向	II类	CT室	已上证，已验收
				190	1					
2	X-ray	BPXR026	2	110	0.8	无锡先导智能装备股份有限公司	定向	III类	二工厂-C14装配车间	已上证
3	X-ray	BPXR026	2	110	0.8	无锡先导智能装备股份有限公司	定向	III类	二工厂-C15装配车间	已上证
4	X-ray	BPXR026	2	110	0.8	无锡先导智能装备股份有限公司	定向	III类	二工厂-C16装配车间	已上证
5	X-ray	AX8800	1	90	0.2	无锡日联科技股份有限公司	定向	III类	二工厂-C14装配车间	已上证
6	X-ray	AX8800	1	90	0.2	无锡日联科技股份有限公司	定向	III类	二工厂-C15装配车间	已上证
7	X-ray	AX8800	1	90	0.2	无锡日联科技股份有限公司	定向	III类	柔性线工行-C17装配车间	已上证
8	X-ray	AX8800	1	90	0.2	无锡日联科技股份有限公司	定向	III类	一工厂-C11装配车间	已上证
9	X-ray	AX8800	1	90	0.2	无锡日联科技股份有限公司	定向	III类	一工厂-C12装配车间	已上证

（三）辐射工作人员培训情况

蜂巢能源科技（遂宁）有限公司目前登记有辐射工作人员44人。

建设单位操作Ⅲ类射线装置的辐射工作人员22名，根据2020年3月生态环境部发布的《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部2021年第9号公告），针对原仅有从事Ⅲ类射线装置使用工作的未持证辐射工作人员，建设单位已组织人员集中学习相关课件与视频课程，并从国家核技术利用辐射安全与防护培训平台题库中抽取对应科目考题编写试卷，组织未持证人员进行闭卷考核，并已对考核结果存档。

建设单位操作Ⅱ类射线装置、Ⅴ类放射源（即非从事Ⅲ类射线装置）的辐射工作人员为22名，均已获得辐射安全与防护考核合格证明，根据2019年12月18日生态环境部发布《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》，针对从事非Ⅲ类射线装置使用工作的未持证辐射工作人员，均需通过生态环境部培训平台报名并参加辐射防护安全培训考核（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>），因此今后公司若有从事Ⅱ类射线装置、Ⅴ类放射源，应尽快报名参加考核并做到持证上岗。

（四）辐射工作人员个人剂量情况

建设单位已为每名辐射工作人员配备个人剂量计，建设单位于2023年6月13日获得辐射安全许可证，于2023年第二季度开展个人剂量监测，根据已进行的2023年第二季度与第三季度的个人剂量监测结果可知，所有辐射工作人员个人剂量监测结果未有超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值情况。

（五）辐射工作人员体检情况

建设单位已对所有入职、在职和离职人员均组织了岗前、在岗和离岗职业健康体检并分档管理，目前在岗的辐射工作人员的职业健康体检结果均合格。

（六）现辐射安全管理情况

- 1.现单位名称、地址，法人代表未发生改变；
- 2.辐射安全许可证所规定的活动种类和范围未发生改变；
- 3.辐射防护与设施运行、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射应急处理措施均满足相应规定要求。

4.自从事辐射工作以来，严格按照国家法律法规进行管理，没有发生过辐射安全事故。

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)	年最大操作量 (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》（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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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 系统	II	1	天津三英精密仪器股份有限公司，型号为 nanoVoxel 4200	300	3	使用	四川省遂宁市经济技术开发区云龙路 33 号蜂巢能源科技（遂宁）有限公司 2 号电极车间辊切段 CT 检测区内	定向机，扩建

(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
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	经通排风系统进入大气，常温常态常压的空气中臭氧分解半衰期为 20~30 分钟，可自动分解为氧气
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年修订本），中华人民共和国2014年主席令第9号，自2015年1月1日起施行； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正本），中华人民共和国2018年主席令第24号，自2018年12月29日起施行； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国2003年主席令第6号，自2003年10月1日起施行； (4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年修订本），中华人民共和国2020年主席令第43号，自2020年9月1日起施行 (5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修正本），中华人民共和国2017年国务院令第682号，自2017年10月1日起施行； (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国原环境保护部令第18号公布，自2011年5月1日起施行； (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修正本），中华人民共和国2019年国务院令第709号，自2019年3月2日起施行； (8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），中华人民共和国生态环境部2021年部令第20号修正，自2021年1月4日起施行； (9) 《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2021年部令第16号，自2021年1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2021年部令第15号，自2021年1月1日起施行； (11) 《射线装置分类》，中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年公告第66号，自2017年12月5日起施行； (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》，原国家环保总局，环发〔2006〕145号，自2006年9月26日起施行； (13) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第39号，自2019年11月1日起施行）；
------	--

	(14) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》，中华人民共和国生态环境部2021年部令第9号，自2019年11月1日起施行；关于发布《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》配套文件的公告，中华人民共和国生态环境部2019年公告第38号，自2019年11月1日起施行； (15) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第57号，自2020年1月1日起施行； (16) 《建设项目环境影响评价政府信息公开指南(试行)》，中华人民共和国环境保护部环办〔2013〕103号，2014年1月1日试行； (17) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省第十二届人民代表大会常务委员会公告第63号，2016年6月1日实施； (18) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》川环函【2016】1400号。
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》(HJ 10.1-2016)； (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)； (4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)； (5) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)； (6) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)； (7) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)； (8) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)； (9) 《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序(第三版)》，2012年3月发布实施。
其他	(1) 《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》(第三版)； (2) 《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)>的通知》(川环函〔2016〕1400号)； (3) 《关于印发<四川省生态环境厅(四川省核安全管理局)辐射事故应急预案(2020版)>的通知》(川环发〔2020〕2号)； (4) 《辐射防护手册》(第一分册—辐射源与屏蔽，原子能出版社，1987)。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目使用的射线装置为工业CT系统，属于Ⅱ类射线装置。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》（HJ 10.1-2016）中“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”相关规定，确定本项目评价范围为工业CT系统边界外50m范围内区域。

保护目标

本项目的�主要环境影响因素为电离辐射。根据本项目的�评价范围、辐射工作场所布局、总平布置以及外环境特征，本项目50m内环境保护目标为：

- 1、本项目操作探伤机的辐射工作人员；
- 2、本项目厂区范围内的2号电极车间、厂区道路、综合站房的周围公众。

表7-1 本项目环境保护目标情况一览表

工业 CT 系统周围				
保护目标名称及所在位置		距离辐射源最近距离及其方位	人员数量	年剂量约束值（mSv）
辐射工作人员	CT 检测区内（操作台）	西侧 2.197m	3 人	5.0
CT 检测区周围				
保护目标名称及所在位置		距离屏蔽体最近距离及其方位	人员数量	年剂量约束值（mSv）
公众	负极轮切车间	东侧 2.7m 南侧 1.5m	20 人/d	0.1
公众	负极轮切检查室	西侧 2.9m	2 人/d	0.1
公众	负极模切车间	北侧 3.9m	10 人/d	0.1
2 号电极车间周围				
保护目标名称及所在位置		距离屏蔽体最近距离及其方位	人员数量	年剂量约束值（mSv）
周围公众	2 号电极车间	四周 毗邻	100 人/d	0.1
周围公众	厂区道路	西侧 16m	50 人/d	0.1
周围公众	综合站房	西侧 40m	20 人/d	0.1

评价标准

1.电离辐射标准

1.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

	剂量限值
职业照射剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性

	平均)，20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。

1.2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

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。于

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。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）评价标准，确定扩建工业CT项目设定的管理目标为：

- **辐射剂量率控制水平：**四周、顶面、地面30cm处剂量率不超过**2.5 μ Sv/h**；
- **辐射剂量控制水平：**职业工作人员周剂量不大于**100 μ Sv**；
职业人员年有效剂量不超过**5mSv**；
公众周剂量不大于**5 μ Sv**；
公众年有效剂量不超过**0.1mSv**；

2.1环境质量标准

（1）环境空气：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准；

（2）地表水：执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中III类标准；

（3）声环境：执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中2类标准。

2.2污染物排放标准

（1）大气污染物：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中二级标准要求；

（2）水污染物：执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中三级标准要求；

（3）噪声：执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中3类标准的要求；

（4）固废：一般固废执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》

（GB18599-2020）及《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001，2013年修订）。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1. 地理位置和场所位置

蜂巢能源科技（遂宁）有限公司位于四川省遂宁市经济技术开发区云龙路 33 号，东侧为云龙路，南侧为金龙路，西侧为中环线，北侧为工业园区内部道路。

本项目工业CT系统拟安置在蜂巢能源科技（遂宁）有限公司2号电极车间辊切段CT检测区内，工业CT系统实体屏蔽边界外东侧0~50m、南侧0~50m、西侧0~16m、北侧0~50m范围均为2号电极车间，西侧16~40m、40~50m依次为厂区道路和综合站房。

本项目工业CT系统拟安置在CT检测区东侧，CT检测区东侧为负极辊切车间，南侧为负极辊切车间，西侧为负极轮切检查室，北侧为负极模切车间。本项目CT检测区无楼上和楼下。



图8-1 本项目探伤机拟建址周围环境现状

二、监测对象、监测因子和监测点位

为掌握项目拟建地辐射环境水平，本次评价委托四川中环康源卫生技术服务有限公司对项目拟建地辐射环境进行了监测，本次为辐射环境本底监测。检测报告见附件 7。

三、监测时间及现场环境状况

2023 年 12 月 1 日，监测人员对项目拟建地进行了现场监测，监测时环境温度：16℃；环境湿度：60%RH；环境大气压：96.2 kPa；天气状况：小雨。

四、监测方法和仪器

1、检测使用仪器

使用的监测仪器情况见表 8-1。

表 8-1 监测仪器设备一览表

监测项目	监测仪器			备注
	名称及编号	技术参数	检定情况	
X-γ辐射空气吸收剂量率	BH3103B 型便携式 X-γ剂量率仪 编号：YQ19032			-

2、检测方法与方法来源

检测方法与方法来源见表 8-2。

表 8-2 检测方法与方法来源

项目	监测方法及方法来源
环境γ空气吸收剂量率	《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）

五、质量保证

本次监测单位为 四川中环康源卫生技术服务有限公司，具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定证书（证书编号：212303100255），并在许可范围内开展监测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。

具体质量保证措施如下：

①根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）和项目实际情

况制定监测方案及实施细则；

②严格按照监测单位《质保手册》《作业指导书》开展现场工作；

③监测仪器每年经过计量部门检定后使用；每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

④监测人员经考核并持有合格证书上岗；

⑤根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），布设监测点位置和高度，兼顾监测技术规定和实际情况，监测结果具有代表性和针对性；

⑥监测时获取足够的数据量，以保证监测结果的统计学精度。监测中异常数据以及监测结果的数据处理按照统计学原则处理；

⑦建立完整的文件资料。仪器校准（测试）证书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留，以备复查；

⑧检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

六、监测结果与评价

本项目监测结果见表 8-3。监测点位图见图 8-2、图 8-3。

表8-3 项目拟建地及周围X- γ 辐射空气吸收剂量率监测结果

编号	测量点位置	X- γ 辐射空气吸收剂量率（nSv/h）	标准差（nSv/h）	备 注
1	工业 CT 系统拟建址			室内
2	操作台拟建址			室内
3	工业 CT 室东侧 负极辊切车间			室内
4	工业 CT 室南侧 负极辊切车间			室内
5	工业 CT 室西侧 负极轮切车间			室内
6	工业 CT 室北侧 负极模切车间			室内
7	2 号电极装配车间西侧 厂区道路			室外
8	2 号电极装配车间西侧 综合站房			室内

注：以上监测数据未扣除仪器宇宙射线响应值。

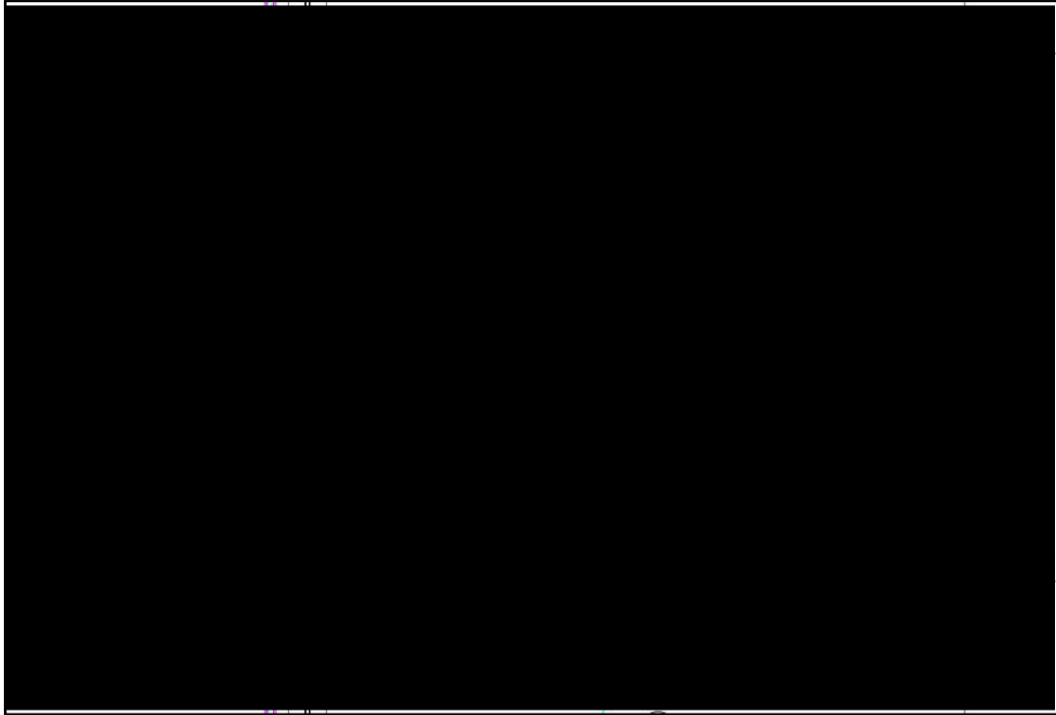


图8-2 监测点位图（CT检测区拟建址周围）



附图 8-3 监测点位图（2 号电极车间周围）

由表 8-3 可知，项目所在区域的 X- γ 辐射背景值为 [REDACTED] 与中华人民共和国生态环境部《2022 年全国辐射环境质量公报》中四川省自动站空气吸收剂量率监测结果（61.9 nGy/h~151.8 nGy/h）基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、工程设备

本项目拟在蜂巢能源科技（遂宁）有限公司2号电极车间辊切段CT检测区内新增1座工业CT系统，该台工业CT系统产自天津三英精密仪器股份有限公司，型号为nanoVoxel 4200。其X射线管最大管电压为300kV，最大管电流为3mA，最大功率300W（管电压300kV时，最大电流为1mA），主射线方向定向向南，属于II类射线装置。

本项目辅助工程设施包括：操作台、高压发生器、水冷、电控柜

二、工艺分析

（一）施工期污染源项分析

根据现场勘察可知，本项目施工期仅涉及CT检测区四周的亚克力板设立；工业CT系统、操作台、高压发生器、水冷电控柜的电缆铺设、安装与调试。

本项目CT检测区四周亚克力设立与工业CT系统、操作台、高压发生器、水冷电控柜的电缆铺设过程中，将产生少量的施工垃圾、噪声、生活废水，会对周围声环境产生一定的影响。但以上污染因素将随建设期的结束而随之消除。

工业CT系统、操作台、高压发生器、水冷电控柜的安装与调试阶段会产生一定的辐射影响，在设备完成安装调试后，建设单位会及时回收包装材料作为一般固废处置，不得随意丢弃。本项目调试阶段由公司工作人员配合设备厂家专业人员加强安装调试现场的辐射和安全管理，以保证在此期间内放射工作场所设置的各类辐射安全防护措施正常运行。

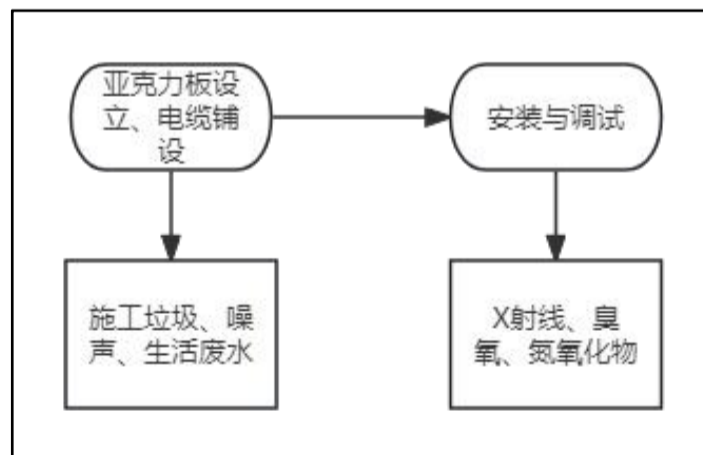


图 9-1 本项目工业 CT 系统施工期环境影响示意图

（二）运营期工作流程及产污环节分析

1、工作原理

本项目工业CT系统的核心部件是X射线管。X射线管由阳极、阴极、灯丝、钨靶、铜体、发射罩等组成，X射线管结构示意图见图9-2。X射线管一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生X射线，对于X射线成像系统，X射线穿透金属材料后被图像增强器所接受，图像增强器把不可见的X射线监测信号转换为光学图像，称为“光电转换”，用高清晰度电视摄像机摄取光学图像，输入计算机进行A/D转换，转换为数字图像，经计算机处理后，还原在显示器屏幕上，显示出材料内的缺陷性质、大小、位置信息，从而达到检测目的。

工业CT系统运行时，操作人员在工业CT系统外，通过计算机开启设备，控制电气控制系统产生高电压，并传输至X射线管，X射线管利用高压电场的作用将内部产生的高速电子流撞击靶，高速电子流的能量转换，其中一部分生成X射线，检测平台控制系统控制被检测样品调整至待测位置，由于被检测样品内部结构密度不同，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，当样品内部存在气孔、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，平板探测器将穿过被检测样品的不同强度X射线转化成电子信号而形成实时灰度成像并传输给计算机处理系统，得到显示内部结构的二维图像，而后样品操作系统会将待测样品旋转角度，进行多次检测，从而得到一系列二维图像数据，使用计算机处理系统进行图像数据的三维重建，得到待测物的三维结构数据。

工业 CT 系统运行过程见 9-2。

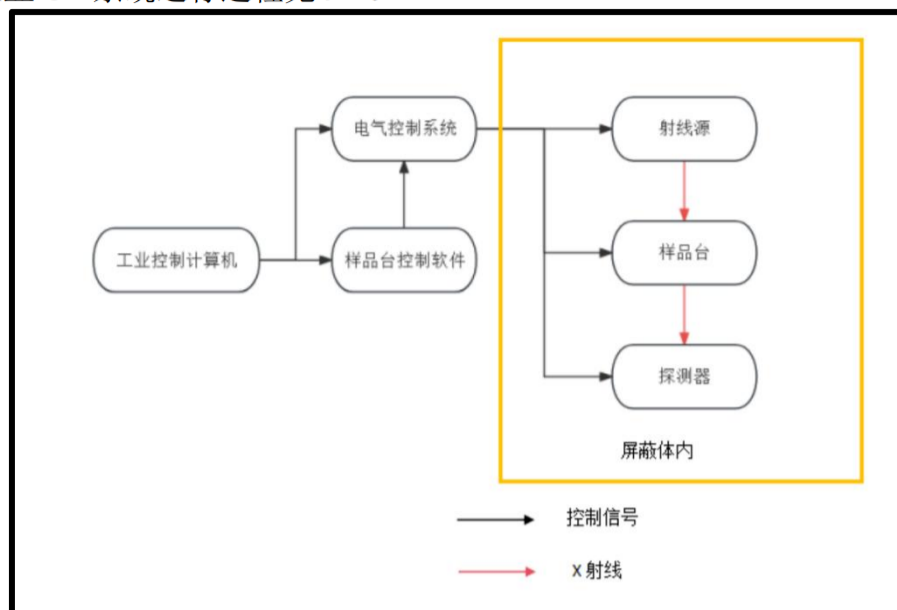


图 9-2 工业 CT 系统运行过程

2、设备组成

本项目使用的工业 CT 系统均主要由 X 射线源、X 射线成像探测器、精密样品台、图像采集系统、三维图像重建和处理系统等组成。

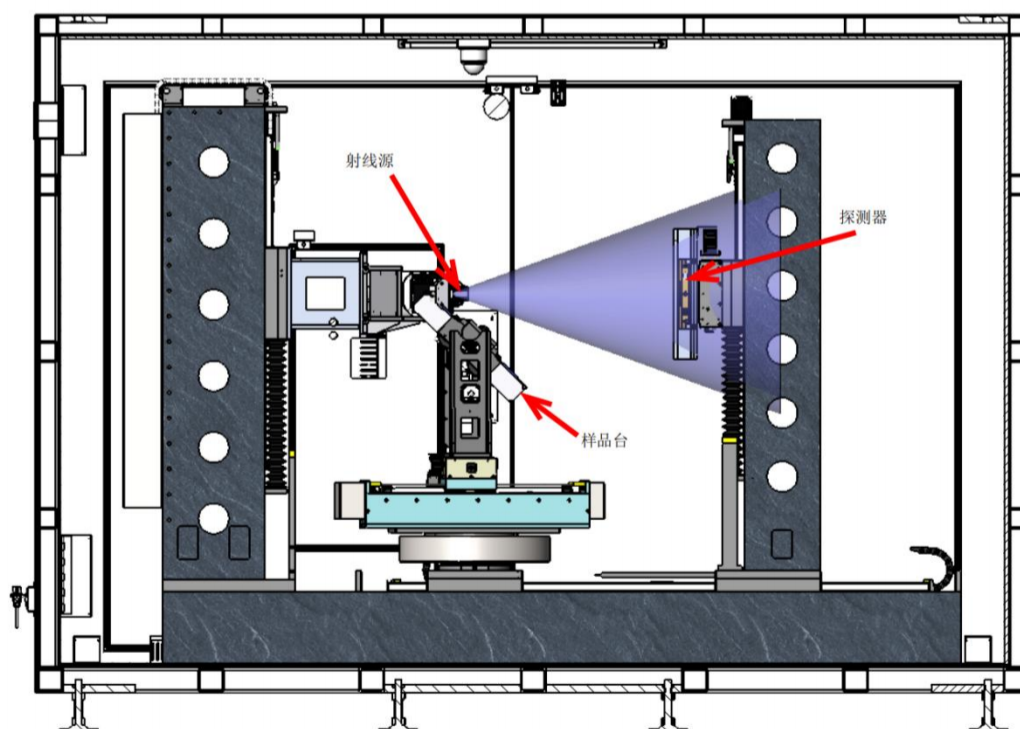


图 9-3 工业 CT 系统产品内部结构示意图

3、工况及探伤对象

本项目工业 CT 系统只涉及实时成像，本项目工业 CT 系统最大年检测工件

数量约 3750 件，单件工件最长出束时长 8min，最大年出束时间约 500h。

本项目检测对象主要为储能锂离子电池电芯内部质量检测、缺陷分析等无损检测。产品尺寸有：长 52.4（mm）×高 148（mm）×厚 102.5（mm）。



图 9-4 本项目工件外观示意图

本项目只在工业 CT 系统屏蔽体内进行扫描，实时成像，不涉及拍片洗片。工作过程中，辐射工作人员手动将检测工件放置在可旋转载物台上。本项目工业 CT 系统工件门关闭后，载物台可 360° 水平旋转，射线管可利用轨道竖直方向移动，移动范围为 700mm，射线管出束角度为 40°，移动时出束角度及射线方向不会发生变化，工业 CT 系统运行时主射线方向由北向南。X 射线管出束口距离东侧屏蔽体最近 1085mm，南侧屏蔽体最近 2147mm，西侧屏蔽体最近 965mm，北侧屏蔽体最近 1503mm，顶部屏蔽体（非主射线位置）最近 700mm，顶部屏蔽体（主射线位置）最近 1980mm，地面屏蔽体最近 1460mm。

4、工艺流程及产污环节

根据检测工件尺寸大小、外观、密度、最大厚度、检测效率分析，采用机械运动单元，检测工件放置在载物台上，设置扫描参数后，旋转扫描成像。此系统满足用户产品检测，可实现自动检测过程。

（1）在进行工业 CT 实时成像检测工作时，首先接通电源，旋转设备总开

关（仪器上电），旋转射线源控制旋钮调至开机（射线源上电），打开扫描软件 VoxelStudio Scan 进入软件操作界面。弹出仪器自检对话框，点击“一键自检”按钮，仪器开始自检功能；

（2）本项目探伤工件均为电芯产品，采用平板车运输至 CT 检测区内，探伤人员将工件固定在选择好的样品夹持器上，打开工业 CT 系统防护门，工作人员此时位于工业 CT 系统工件进出门外，将工件夹持器置于样品台上，确保工件夹持器放置牢固，工件安装摆放完成；

（3）工件摆放完成后，工作人员关闭工件进出门，打开工业 CT 设备，此时几何校准器及轴校准器快速自校准 X 射线机、旋转中心及探测器相对几何关系以及转台轴，射线出束进行扫描检测；

（4）停止检测，此时计算机将探伤工件每个面扫描到的图像合成一个 3D 模型，工作人员可直接在计算机显示屏上看工件各个面的情况；

（5）检测结束后，关闭 X 射线出束的钥匙开关，开启工件进出门，取出该检测工件归类放置在一旁货架上，并更换新的被检工件。

（6）待一天工作结束后，射线源处于未发出 X 射线状态（即射线发射指示灯处于关闭状态）后→关闭扫描软件→将射线源控制旋钮调至关机→关闭前端工作站→旋转总电源开关，调至关机状态，切断电源。

检测工序及产污流程如图 9-5 所示。

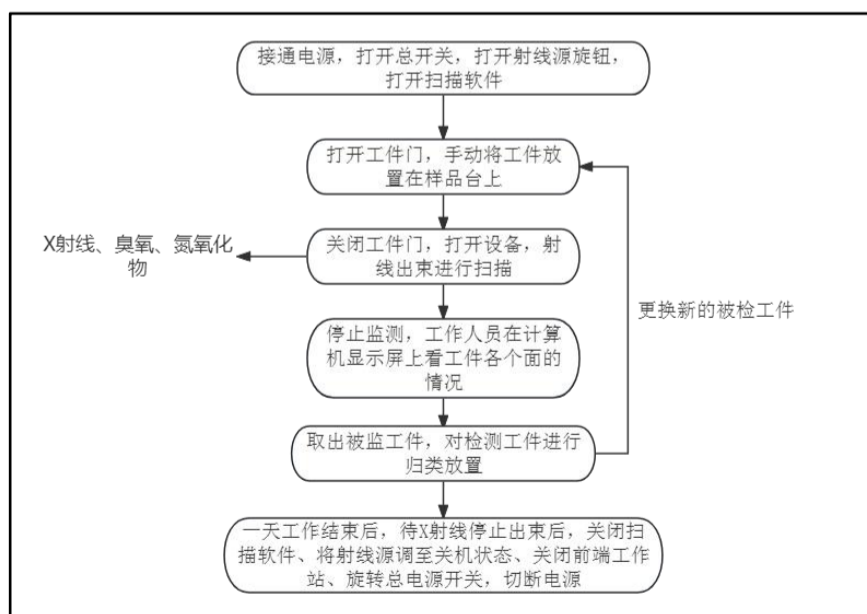


图 9-5 检测工序及产污流程图

由图 9-5 可知，本项目营运中产生的主要污染物为 X 射线机出束检测过程中

产生的 X 射线、臭氧、氮氧化物，本项目采用数字成像技术，不存在使用定、显影液和胶片的情况，所以不产生危险废物。

5、人流物流路径

本项目属扩建项目，新增工业 CT 系统位于 2 号电极车间辊切段 CT 检测区。辐射工作人员手动将检测工件放置在可旋转载物台上，关闭工件门后，由电脑设置参数，载物台带动工件移动调整参数。其工作场所“人、物”流动路径划分如下图。

（1）物流路径合理性分析

工件由辐射工作人员人工拖车运输放置在 CT 检测区，进行检测时，辐射工作人员手动将检测工件放置在可旋转载物台上，关闭工件门后，由电脑设置参数，载物台带动工件旋转移动调整参数，可以有效避免无关人员由工件进出门直接进入曝光室，进行误操作、受到误照射的风险。待一天工作结束后，工作人员由西侧 2 号电极车间门离开。

（2）人流路径合理性分析

本项目辐射工作人员在探伤检测时，停留在 CT 检测区内，需要检测时，手动将被检测工件放至载物台上，人不进入工业 CT 系统内，无关人员不进入 CT 检测区。

6、原有工艺不足和改进情况：

建设单位已安装使用1台双源工业CT系统，其型号为天津三英精密仪器股份有限公司 nanvoxel5000，其额定管电压分别为300kV和190kV，额定管电流分别为3mA和1mA。

建设单位于 2023 年购入该台双源工业 CT 系统，现已委托有资质单位对双源工业 CT 系统进行性能检测，性能检测报告正在编制过程中；建设单位于 2023 年 6 月开展核技术利用项目，根据 2023 年第二季度与第三季度个人剂量检测结果可知，该工作场所的辐射工作人员均未存在剂量超标情况；建设单位已为该台双源工业CT系统的辐射工作人员进行了职业健康体检，体检结果均未存在异常；该台双源工业 CT 系统的辐射工作人员均已报名参加考核，并获得了辐射安全与防护培训考核证明；同时根据双源工业 CT 系统置的竣工验收报告可知，其屏蔽体外剂量率均满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中剂

量率控制水平的要求。

综上所述，已购入的双源工业 CT 系统在运行期间，不存在需要整改的情况。

污染源项描述

一、电离辐射

由本项目工业 CT 系统工作原理可知，探伤机只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线，故探伤机在开机期间，X 射线是本项目主要污染物。本项目探伤机最大管电压为 300kV。不开机时不产生辐射。

二、废气

曝光过程中，铅房空气被电离产生少量的臭氧、氮氧化物。

三、废水

本项目采用实时成像时，在检测过程中无生产废水产生。本项目工作人员会产生少量的生活废水，工作人员生活污水产生量约 0.1t/d。

四、固体废物

本项目在检测工程中采用实时电脑成像，在检测过程中无定影液、显影液及清洗废水产生，工作人员会产生少量的生活垃圾，约为 0.5kg/d。

五、噪声

本项目工业CT系统北侧设置2个排风孔洞，采用轴流式风机抽风，选用低噪声设备，源强小于60dB(A)，且设备处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，对厂房外界噪声的贡献很小，项目对周边声环境影响很小。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1. 工作场所布局及分区

1.1 工作场所布局

本项目工业CT系统拟安置在CT检测区东侧，CT检测区东侧为负极辊切车间，南侧为负极辊切车间，西侧为负极轮切检查室，北侧为负极模切车间。本项目CT检测区无楼上和楼下。

1.2 工作场所分区

本项目新增 1 座工业 CT 系统，该工业 CT 系统自带屏蔽措施。为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中：“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”的要求对划出控制区和监督区。

本项目规定工业 CT 系统内部为控制区，曝光过程中严禁任何人员进入；规定 CT 检测区除了工业 CT 系统内部的其他区域为监督区，禁止非辐射工作人员进入。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于辐射工作场所的分区规定。

本项目辐射工作场所两区划分见表 10-1，两区划分示意情况见附图 6。

表 10-1 本项目辐射工作场所两区划分情况

项目环节	控制区	监督区
两区划分范围	工业 CT 系统内部	CT 检测区除了工业 CT 系统内部的其他区域
辐射防护措施	对控制区进行严格控制，探伤装置曝光过程中严禁任何人进入。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.4.1.4 c) 在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的符合附录 F 规定的警告标志	监督区为工作人员操作仪器时的工作场所，禁止非相关人员进入，避免受到不必要的照射根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.4.2.2 b) 在监督区入口处的适当地点设置标明监督区的标牌

2.工作场所污染防治措施

（1）工业 CT 系统固有安全性分析

①钥匙控制开关：在设备控制台设置有安全钥匙控制钥匙，操作系统设置有密码，必须钥匙打开，设备才能正常曝光运行。

②开机系统自检：开机后控制器首先进行系统诊断测试，若诊断测试正常，

该探伤机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。

③工作状态指示灯+声音提示装置：工业 CT 系统内外拟设置显示“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。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

④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，蜂鸣器会持续响，提醒操作人员发生了故障。

⑤过失电流保护：设备带有过电流保护继电器，当管电流超过额定值或高压对地放电时，设备会自动切断高压；当管电压低于相关限值时，自动切断高压。

（2）辐射安全防护措施

①本项目工业 CT 系统自带屏蔽条件：本项目工业 CT 系统为一体结构，本项目工业 CT 系统为一体结构，六面骨架均采用槽钢，并配钢板等焊接而成。南侧位于主射线方向，因此采用 2.5mm 钢板+27mm 铅板+2mm 钢板；考虑到顶部部分位于主射线方向，因此顶部采用 2.5mm 钢板+27mm 铅板+2mm 钢板；东侧、西侧、北侧、地面、工件门均位于非主射线方向，因此东侧、西侧、工件门（位于西侧）、2 扇设备检修门（分别位于北侧、东侧）均采用 2.5mm 钢板+18mm 铅板+2mm 钢板；地面采用 5mm 钢板+18mm 铅板+2mm 钢板；北侧采用 2.5mm 钢板+13mm 铅板+2mm 钢板；在北侧工件门处设置可视铅玻璃窗（等效铅当量为 18mm 铅当量）。

为防射线泄漏，工件门、设备检修门处屏蔽体与屏蔽体的重叠宽度至少为空隙的 10 倍，观察窗四周均采用 18mm 铅板进行包裹，门窗户与铅防护门缝隙处搭接 41mm。排风口及走线孔均采用 18mm 铅防护罩进行防护。综上所述，铅房六面具有较高的结构强度，不会造成铅房坍塌和顶部下坠的现象。

②建设单位拟在 2 号电极车间辊切段设置 CT 检测区（长 7.83m×宽 7.0m），该区域均采用亚克力板进行物理隔离，与本项目无关人员禁止进入 CT 检测区内。

②门机联锁：工业 CT 系统防护门自带门机联锁，能与 X 射线管有效联锁，如

关门不到位，工业CT系统不能出束，工业CT系统若未停止出束，门不能正常打开；

③有中文标识的紧急止动装置：本项目在工业CT系统内外各设置1个紧急停机按钮，操作台上易于接触的地方设置1个紧急停机按钮，按下按钮，工业CT系统高压电源立即被切断，工业CT系统停止出束。

④有中文标识的紧急开门按钮：本项目在工业CT系统内侧上门旁设置1个紧急开门按钮，按下按钮，工业CT系统工件门立即打开，能实现人员误入情况下的紧急离开。

⑤视频监控系统：铅房内安装无死角高清摄像头，并连接到操作台，工作人员能在操作台内实时监控探伤过程，如果出现异常能迅速启动紧急止动装置。

⑥警告标志：铅房防护门外应在醒目处张贴“当心电离辐射”警告标志，控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，监督区边界外悬挂清晰可见“无关人员禁止入内”警告牌。

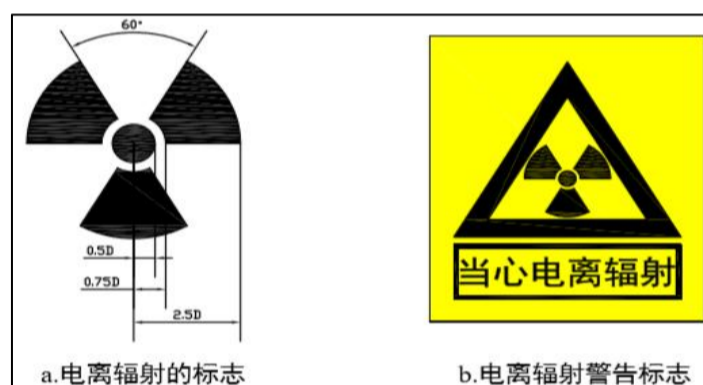


图 10-1 电离辐射警告标志

⑦监测仪器：建设单位已配备便携式辐射监测仪 1 台，用以进行场所的自行监测，已配备 2 台个人剂量报警仪，44 套个人剂量计。建设单位拟为本项目工业 CT 系统增购 3 台个人剂量报警仪。所有辐射工作人员要求配备个人剂量计并定期送检，定期开展职业健康体检，建立个人剂量档案和个人职业健康监护档案。

本项目辐射安全措施分布图见附图 9。

4、环保投资

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，建设单位需要投入一定的资金来建设必要的环保设施，配备相应的监测仪器，本项目环保投资估算见表 10-2。本项目总投资 [REDACTED] 今后建设单

位在项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合建设单位实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。公司应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

表 10-2 辐射安全与环保设施及投资估算一览表

环保设施		数量	投资金额（万元）	备注
辐射安全措施	工业 CT 系统	辐射屏蔽措施	六面	工业 CT 系统自带
		设备维修门	2 扇	
		工件门	1 扇	
		观察窗	1 扇	
		门机联锁	3 个(2 扇设备维修门、1 扇工件门)	
		声音提示装置	1 个(顶部)	
		工作状态指示灯	2 扇(工件门外, 工业 CT 系统内部)	
		钥匙控制系统	1 套(控制台)	
		视频监控系统	1 组(工业 CT 系统内部)	
		电离辐射警告标志	4 个(2 扇设备维修门、1 扇工件门、工业 CT 系统内部、CT 检测区)	
		机械排风系统	2 台排风扇	
		紧急开门按钮	1 个(工业 CT 系统内部工件门处)	
		固定式场所辐射探测报警装置	1 个(工业 CT 系统内部)	
		急停按钮	3 个(工业 CT 系统内部 1 个, 工业 CT 系统外部 1 个, 操作台 1 个)	
辐射安全措施		“禁止进入 X 射线区”或“无关人员禁止入内”警告牌	4 个(2 扇设备维修门、1 扇工件门、工业 CT 系统内部、CT 检测区入口处)	新增
		亚克力隔断板(以此隔断 CT 检测区)	隔断 CT 检测区东侧、南侧	新增
辐射监测	射线装置年度监测		/	固定投入, 不纳入本项目总额计算
		个人剂量计	3 套	利旧
监测仪器	便携式 X-γ 剂量监测仪		1 台	利旧
		个人剂量报警仪	3 台	/
其他	灭火器材	1 套		/
合计				/

1、三废的治理

1.1 废气

曝光过程中，工业 CT 系统内的空气被电离产生少量的臭氧、氮氧化物。工业 CT 系统内所产生的臭氧和氮氧化物由工业 CT 系统北侧 2 个排风扇进行通排

风，（排风扇，2 个，每个排风量均为 $3.96\text{m}^3/\text{min}$ ），总换气量为 $355.2\text{m}^3/\text{h}$ 。臭氧及氮氧化物经排风扇排放至 2 号电极车间，2 号电极车间较宽敞，经过 2 号电极车间稀释及自然分解后，对周围环境影响较小。

1.2 废水

生活污水

本项目辐射工作人员产生的生活污水依托厂区原有污水处理设施处理，本项目工业 CT 系统属实时成像系统，不产生洗片废水。

1.3 固体废物

生活垃圾

本项目辐射工作人员产生的生活垃圾分类收集后由市政环卫部门统一清运。本项目工业 CT 系统属实时成像系统，不产生显影、定影废液、洗片废水，废胶片、废显影液、废定影液等。

2、噪声

本项目噪声源主要为排风扇，该排风扇位于铅房北侧，建设单位拟选用低噪声设备，采用隔声、减振等方式减少噪声。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

建设单位拟购置 1 座工业 CT 系统,并在工业 CT 系统南侧安装 1 座操作台。为防止无关人员误入,因此在工业 CT 系统四周设置亚克力板以此隔出 CT 检测区。施工期仅涉及 CT 检测区隔断设置、工业 CT 系统安装、操作台电缆铺设、工业 CT 系统调试过程。

调试工业 CT 系统会产生 X 射线,但时间很短,辐射影响很小。应确保工业 CT 系统的调试在辐射防护措施到位的情况下由设备厂商组织开展。调试期间,厂商与建设单位应加强辐射安全与防护的管理。在探伤机周围应当设立电离辐射警告标志,禁止无关人员靠近。安装调试结束后,项目施工期环境影响将随之消除。

运行阶段对环境的影响

本项目运营期的主要环境影响因素为探伤机工作时产生的X射线、臭氧、氮氧化物。

一、X 射线的环境影响分析

本项目 X 射线管位于工业 CT 系统内部,主射线方向定向向南,由于顶部部分区域位于主射线范围内,因此南侧与顶部均考虑主射线方向进行预测;东侧、西侧、北侧位于非主射线方向,考虑散射线与泄漏射线叠加进行剂量预测。

(一) 计算条件

1) 计算工况、年出束时长、射线方向

建设单位拟新增的探伤机最大管电压为 300kV,最大功率 300W,在管电压 300kV 时,最大电流为 1mA,因此以 300kV, 1mA 对本项目工业 CT 系统周围保护目标进行预测。

根据建设单位提供的信息,本项目工业 CT 系统预计每周 75 次工件检测,单次出束时长最长为 8min,累积周工作出束时长为 10h,累计年工作时长为 500h。

2) 工件摆放位置

检测前,辐射工作人员会将待检测的工件放置于载物台上。

3) 光子散射后的能量

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)表2中数据,

300kV的散射辐射为200kV。

3) 屏蔽参数及透射因子

本项目《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中图 B.1 的数据，X 射线在铅中的透射因子。

表11-1 屏蔽设计及透射因子一览表

场所	射线类型	屏蔽方位	实际屏蔽材料及屏蔽厚度	X 射线穿过铅的透射因子
工业 CT 系统	主射线（300kV）	南侧、顶面（部分）	2.5mm 钢板+27mm 铅板+2mm 钢板	1.2E-07
	泄漏射线/主射线（300kV）	顶部（部分）	2.5mm 钢板+27mm 铅板+2mm 钢板	1.2E-07
	散射线（200kV）			1.0E-25
	泄漏射线（300kV）	东侧、西侧、地面、工件门、2 扇设备维修门、铅观察窗	2.5mm 钢板+18mm 铅板+2mm 钢板	2.8E-05
	散射线（200kV）			2.0E-19
	泄漏射线（300kV）	北侧	2.5mm 钢板+13mm 铅板+2mm 钢板	2.0E-04
	散射线（200kV）			1.0E-12

本项目铅房主要采用铅板进行屏蔽，为保守估计，本项目忽略钢板的屏蔽效果。

4) 距辐射源点（靶点）1m 处输出量

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.1 中的参数，将 X 射线在管电压 300kV 下经过不同过滤材料的输出量进行对比，取较大的 X 射线管电压在 300kV 和 3mm 铝滤过条件的参数，因此 X 射线距辐射源点（靶点）1m 处输出量为 $20.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，单位换算： $20.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})\times 60\text{min}\times 1000=1.254\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

5) 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率

取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 1，本项目取 $5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ 。

6) 反射物的反射系数

取自《辐射防护导论》图 6.4 对于铅无论入射光子和散射光子的角度多大，反射系数的一个保守上限值为 5×10^{-3} 。

7) F: R₀ 处的辐射野面积

为保守估计，以本项目工业 CT 系统 X 射线管中最大散射角 40° ，并取散射点距离靶点 0.43m 处进行计算，计算得： $F=0.08\text{m}^2$ 。

（二）铅房 6 面屏蔽厚度核算

本项目探伤机出束类型为周向，探伤机周围各关注点图见图 11-1、图 11-2，

探伤机周围各关注点处的各关注点剂量率参考水平和理论计算屏蔽厚度表 11-2、表 11-3。

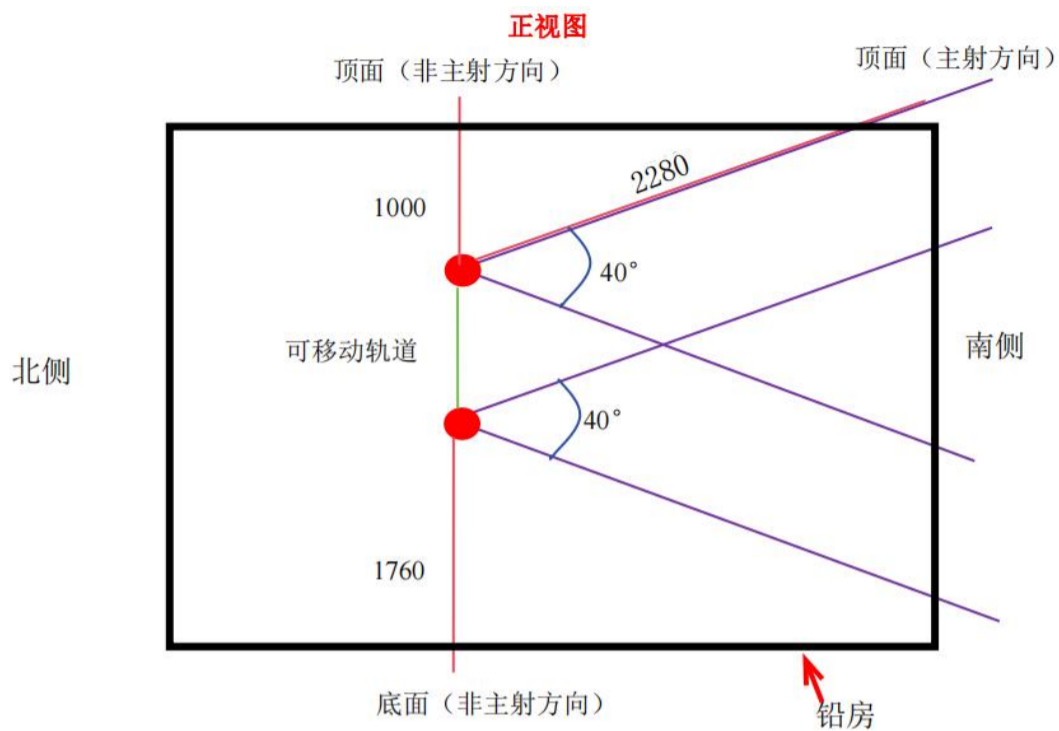


图 11-1 本项目关注点位图（主视图）

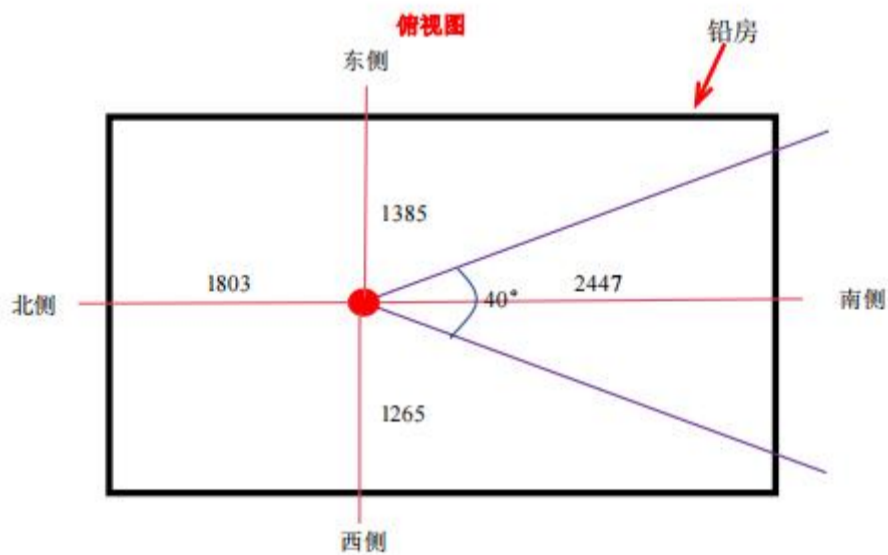


图 11-2 本项目关注点位图（俯视图）

(1) 关注点剂量控制水平

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中 3.1 节，各侧屏蔽体外关注点导出控制剂量按下式进行计算：

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

式中：

$\dot{H}_{c,d}$ —导出剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_c —周剂量参考控制水平， $\mu\text{Sv/周}$ ；职业工作人员 $H_c \leq 100\mu\text{Sv/周}$ ，
公众 $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$ ；

U —关注方向照射的使用因子，本项目取 1；

T —人员在相应关注点驻留的居留因子；

t —周照射时间，单位为小时/周。

表11-2 各关注点剂量率参考水平

关注点位	居留因子	剂量率参考控制水平（ $\mu\text{Sv/h}$ ）		
		$H_{c,D}$	$H_{c,max}$	H_c
顶部	/	/	2.5	2.5
底部	/	/	2.5	2.5
东侧	1	10	2.5	2.5
南侧	1	10	2.5	2.5
西侧	1	10	2.5	2.5
北侧	1	10	2.5	2.5
操作台	1	10	2.5	2.5

注：本项目铅房四周为本项目X射线检测区，因此居留因子取1。

（2）主射方向屏蔽厚度核算

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中 4.1 节，主射方向屏蔽按下式进行计算：

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{I \cdot H_0} \quad \dots\dots\dots \text{公式 2}$$

式中：

B —达到剂量参考控制水平时所需的屏蔽透射因子；

$\dot{H}_c$ —关注点控制剂量水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R —靶点至关注点的距离， m ；

I —X 射线探伤机在最高管电压下的常用最大管电流，本项目最大管电流均为 1mA ；

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

对于估算出的屏蔽透射因子 B ，根据查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》

(GBZ/T 250-2014) 中图 B.1 的数据, 得出本项目理论计算厚度。

表11-3 本项目主射线方向屏蔽厚度计算参数及计算比对一览表

屏蔽方位	顶部	南侧
参考控制水平 (μSv/h)	2.5	2.5
与参考点最近距离 (m)	2.280	2.447
距辐射源点(靶点) 1m 处输出量	1.254E+06	1.254E+06
透射因子	1.04E-05	1.19E-05
理论计算屏蔽厚度 (mm)	20mm 铅板	19.8mm 铅板
实际设计厚度	2.5mm 钢板+27mm 铅板+2mm 钢板	
是否满足屏蔽要求	满足	满足

(3) 非主射方向屏蔽厚度核算

泄漏辐射:

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{\dot{H}_L} \quad (\text{式 11-3})$$

式中:

$\dot{H}_c$ —剂量率参考控制水平, μSv/h;

$\dot{H}_L$ —距离靶点 1m 处 X 射线管组装的漏射辐射剂量率, μSv/h;

R —参考点离靶点的距离, m;

B —屏蔽透射因子;

散射辐射:

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R_s^2}{I \cdot H_0} \cdot \frac{R_0^2}{F \cdot \alpha} \quad (\text{式 11-4})$$

式中:

$\dot{H}_c$ —关注点剂量率参考控制水平, μSv/h;

H_0 : 距靶点 1m 处输出量, μSv·m²/(mA·h);

R_s —散射体至关注点的距离, m;

I —X 射线探伤机在最高管电压下的常用最大管电流, 本项目最大管电流均为 1mA;

F : R_0 处的辐射野面积, m²;

α : 散射因子, 入射辐射被单位面积 (1m²) 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, 可以用水的 α 值保守估计, 取值参考《工业 X 射线探伤

室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录 B 表 B.3；

R_0 ：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m。

非主射方向上的辐射影响考虑的是泄漏辐射以及散射辐射的综合影响，因此本项目将泄漏辐射以及散射辐射的影响叠加起来分析本项目装置的屏蔽设计厚度。

表11-4 本项目非主射线方向屏蔽厚度计算参数及计算比对一览表

屏蔽方位		东侧	西侧	北侧	地面
参考控制水平（ $\mu\text{Sv/h}$ ）		2.5	2.5	2.5	2.5
与参考点最近距离（m）		1.385	1.265	1.803	1.76
泄漏射线	X 射线泄漏辐射剂量率 （ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ）	5.0E+03			
散射线	α	1.9E-3			
	R_s	0.4			
	F （ m^2 ）	0.08			
	H_0 （ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ）	1.254E+06			
透射因子		9.53E-04	7.95E-04	1.62E-03	1.55E-03
理论计算屏蔽厚度（mm）		9.5	10	8.5	8.7
实际设计厚度		2.5mm 钢板+18mm 铅板 +2mm 钢板		2.5mm 钢板 +13mm 铅板+2mm 钢板	2.5mm 钢板 +18mm 铅板+2mm 钢板
是否满足屏蔽要求		满足	满足	满足	满足

综上所述，本项目工业 CT 系统的各个方位屏蔽设计厚度均满足屏蔽要求。

（三）屏蔽效果预测

1) 有用线束屏蔽估算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad \dots\dots\dots \text{公式 1}$$

式中： $\dot{H}$ ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I ：X 射线探伤机在最高管电压下的常用最大管电流，本项目最大管电流均为 1mA；

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，

B ：屏蔽透射因子；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

2) 非有用线束屏蔽估算:

① 泄漏辐射

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \dots\dots\dots \text{公式 2}$$

式中: $\dot{H}$: 关注点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

$\dot{H}_L$: 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

B : 屏蔽透射因子;

R : 辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, m;

② 散射辐射

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad \dots\dots\dots \text{公式 3}$$

式中: $\dot{H}$: 关注点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

I : X 射线探伤机在最高管电压下的常用最大管电流, 本项目最大管电流均为 1mA;

H_0 : 距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$;

B : 屏蔽透射因子;

F : R_0 处的辐射野面积;

α : 散射因子;

R_s : 散射体至关注点的距离, m;

R_0 : 辐射源点 (靶点) 至探伤工件的距离。

3) 参考点的年剂量估算:

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \dots\dots\dots \text{公式 4}$$

式中: H_c : 参考点的年剂量水平, mSv;

$\dot{H}_{c,d}$: 参考点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

t : 年照射时间, h;

U : 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。

表 11-5 主射线方向屏蔽效果预测表

屏蔽方位	顶部	南侧
与参考点最近距离 (m)	2.280	2.447
距辐射源点(靶点)1m 处输出($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	1.254E+06	
透射因子	1.2×10^{-7}	1.2×10^{-7}
$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	2.05E-03	1.78E-03
剂量率参考控制水平($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5
评价	满足	满足

表 11-5 非主射线方向屏蔽效果预测表

参数		取值				
		东侧	西侧	北侧	地面	操作台
泄 漏 辐 射	B	2.8E-05	2.8E-05	2.0E-04	2.8E-05	2.0E-04
	$\dot{H}_L$ ($\mu\text{Sv/h}$)	5.0E+03				
	R (m) *	1.385	1.265	1.803	1.76	2.197
	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	7.30E-02	8.75E-02	3.08E-01	4.52E-02	2.07E-01
散 射 辐 射	B	2.0E-19	2.0E-19	1.0E-12	2.0E-19	1.00E-12
	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	1.254E+06				
	I (mA)	1				
	F	1.9E-3				
	α	0.08				
	R _S (m)	0.4				
	R ₀	1.385	1.265	1.803	1.76	2.197
	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	1.24E-16	1.49E-16	3.66E-10	7.69E-17	2.47E-10
泄漏辐射和散射辐射的 复合作用($\mu\text{Sv/h}$)		7.30E-02	8.75E-02	3.08E-01	4.52E-02	2.07E-01
剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价		满足	满足	满足	满足	满足

*注:由于操作台位于西北侧,北侧采用 2.5mm 钢板+13mm 铅板+2mm 钢板,西侧采用 2.5mm 钢板+18mm 铅板+2mm 钢板,为保守估计,操作台选用 13mm 铅板进行剂量预测。

②剂量率参考控制水平取值取自《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)。

根据上述计算可知,本项目探伤机运行后,各关注点剂量率估算值最大为 3.08E-01 $\mu\text{Sv/h}$,满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)中关注点剂量率参考点控制水平的要求。

(二) 预测计算汇总及评价

本项目 CT 检测区周围包括负极辊切车间、负极辊切检查室、负极模切车间。本项目 50m 范围保护目标包括西侧厂区道路、西侧综合站房。以铅房屏蔽体外距离保护目标最近处作为该保护目标的剂量参考点,根据距离衰减可计算出该处

周剂量以及年有效剂量。

表 11-6 本项目探伤机关注点辐射影响理论估算结果汇总表

辐射工作人员							
位置	居留因子		关注点剂量率（μSv/h）	周剂量估算值（μSv/周）	年剂量估算值(mSv/a)	目标管理值（mSv/a）	
操作台	1		2.07E-01	2.07	0.1035	5.0 （辐射工作人员）	
周围公众							
保护目标	距离（m）	方位	居留因子	参考点辐射剂量率（μSv/h）	周剂量估算值（μSv/周）	年有效估算值（mSv/a）	目标管理值（mSv/a）
负极辊切车间	2.7	东侧	1	7.30E-02	1.00E-01	5.01E-03	0.1 （公众）
负极辊切车间	1.5	南侧	1	1.78E-03	7.91E-03	3.96E-04	0.1 （公众）
负极辊切检查室	2.9	西侧	1	8.75E-02	1.04E-01	5.20E-03	0.1 （公众）
负极模切车间	3.9	北侧	1	3.08E-01	2.02E-01	1.01E-02	0.1 （公众）
厂区道路	16	西侧	1/5	8.75E-02	6.84E-04	3.42E-05	0.1 （公众）
综合站房	40	西侧	1	8.75E-02	5.47E-04	2.73E-05	0.1 （公众）

①经距离衰减后计算出保护目标年有效剂量和周剂量；

②为保守估计，本项目采用操作台处人员所受到的剂量对辐射工作人员所受到的剂量进行剂量估算；

③由于负极辊切车间、负极辊切检查室、负极模切车间、综合站房均有一定的常驻人群，为保守估计，居留因子取 1。

根据以上预测结果可以看出，当本项目拟配备的探伤机（II 类射线装置，管电压为 300kV/管电流为 3.0mA）满功率运行时，铅房 6 侧屏蔽外 30cm 处剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中探伤室辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求；探伤机对于周围公众周剂量率最大值：2.02E-01 $\mu\text{Sv/周}$ ，年有效剂量最大为 1.01E-02mSv；探伤机对于辐射工作人员周剂量率最大值：2.07 $\mu\text{Sv/周}$ ，年有效剂量最大为：0.1035mSv。均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目管理目标限值要求。

二、大气环境影响分析

X 射线与空气中的氧气作用产生少量臭氧和氮氧化合物，其中由于氮氧化物的产率仅为臭氧产率的十分之一，且臭氧是强氧化物，能使材料加速老化，与有机物及可燃气体接触时易引起爆炸，标准中对大气中臭氧浓度的标准严于氮氧化

物。因此本报告表主要对臭氧的产生及排放进行分析。

臭氧产额的计算公式：

$$Q_0=6.5 \times 10^{-3} G \cdot S_0 \cdot R \cdot g \quad \dots\dots\dots \text{公式 5}$$

式中：

Q_0 ——臭氧产额，mg/h；

G ——离辐射源 1m 处的辐射剂量率；

S_0 ——射束在离源点 1m 处的照射面积， m^2 ，本项目中取值为 1；

R ——射束径迹长度，m，本项目中取值为 1；

g ——空气每吸收 100eV 辐射能量产生的 O_3 的分子数，本项目中取值为 10。

铅房内臭氧饱和浓度由下式计算：

$$C=Q_0 \cdot T_v / V \quad \dots\dots\dots \text{公式 6}$$

式中：

C ——室内臭氧浓度， mg/m^3 ；

Q_0 ——臭氧产额 mg/h；

T_v ——臭气有效清除时间，h；

V ——铅房空间体积，取 m^3 ；

$$T_v = \frac{t_v \cdot t_\alpha}{t_v + t_\alpha} \quad \dots\dots\dots \text{公式 7}$$

式中：

t_v ——每次换气时间，0.0345h；

t_α ——臭氧分解时间，取值为 0.83h。

据以上公式可计算出使用探伤机工作时，臭氧产额为 1.36mg/h。本项目通过探伤机开关铅门进气，在铅房北侧设置机械排风系统（排风扇，2 个，每个排风量均为 $3.96m^3/min$ ），总换气量为 $355.2m^3/h$ ，机械排风系统每小时合计换气次数为 29 次，本项目机械排风系统采用铅罩进行屏蔽，以确保排气孔无射线泄漏。经通排风系统进行通排风后，本项目铅房内臭氧浓度为 $3.68E-03mg/m^3$ 。本项目所产生的臭氧经 2 号电极车间自然分解和稀释，也符合《环境空气质量标准》（GB3095—2012）中臭氧小时平均浓度二级标准（ $0.20mg/m^3$ ）的要求，不会对环境空气造成明显影响。

三、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》：射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化，并严格执行相应报废程序。故本项目使用的探伤机在进行报废处理时，应根据上述规定将该射线装置的高压射线管进行拆解和去功能化，同时将射线装置的主机电源线绞断，使射线装置不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

事故影响分析

一、事故风险识别

本项目所用工业 CT 系统属 II 类射线装置，其风险因子为 X 射线，按照《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》（2019 年修订本）第四十条关于事故的分级原则现将项目的风险物质、风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表 11-7 中。

表 11-7 射线装置的风险因子辐射伤害程度与事故分级

环境风险因子	潜在危害	事故等级
X 射线	射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射	一般辐射事故
	射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾	较大辐射事故
	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	重大辐射事故
	射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡	特别重大辐射事故

本项目根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）表 1 的骨髓型急性重度放射病的受照剂量范围参考值 4.0~6.0Gy 界定是否会产生急性重度放射病，另根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）表 2-13 急性效应与剂量关系中以 4Gy 作为重度放射病的阈值，以及表后“对低 LET 辐射，皮肤损伤的阈值量 3-5Gy，低于此剂量不会发生皮肤损伤”的相关描述以及急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系（见表 11-8），从而以是否达到 3.5Gy 界定是否会发生较大辐射事故，以 5.5Gy 界定是否会导致人员死亡。

表 11-8 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/ Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/ Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10

1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

二、源项分析及最大可能性事故分析

根据污染源分析，本项目环境风险因子为 X 射线，危害因素为 X 射线超剂量照射，工业 CT 系统只有在开机状态下才会产生 X 射线，一旦切断电源，工业 CT 系统便不会再有射线产生。

三、最大可能性事故后果计算

本项目使用的探伤设备 X 射线能量不大，曝光时间比较短，采用铅房屏蔽，正常情况下人员不进入铅房内。本项目可能发生的辐射事故如下：

（1）事故假设（1）：安全联锁装置发生故障，辐射工作人员将摆放工件后，因操作失误，防护门未关闭，安全联锁装置未报警，辐射工作人员位于工件门（非主射线）所造成的无照射。

（2）事故假设（2）：安全联锁装置发生故障，射线装置工作时无关人员打开维修门并误入，造成有人员位于主射线方向被误照射。

3.2 事故计算

1、事故假设（1）人员未穿戴防护用品，位于工件门外（距离机头 0.9m 处），机房门未关闭，所受到的泄漏射线+散射线的影响，受照射 10s、30s、1min 的剂量率为 $2.1 \times 10^{-2} \text{mSv}$ 、 $6.4 \times 10^{-2} \text{mSv}$ 、 $1.3 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，辐射工作人员与公众均不构成一般辐射事故。

2、事故假设（2）人员未穿戴防护用品，误入到工业 CT 系统内部，位于主射线方向所受到的误照射。

表 11-9 事故情况下人员受到的剂量计算结果

距离（m）	各事故持续时段的射线所致辐射剂量（mSv）				
	5s	10s	15s	20s	30s
主射线方向 0.3	1.94E+01	3.87E+01	5.81E+01	7.74E+01	1.16E+02
主射线方向 0.5	6.97E+00	1.39E+01	2.09E+01	2.79E+01	4.18E+01
主射线方向 0.8	2.72E+00	5.44E+00	8.16E+00	1.09E+01	1.63E+01

主射线方向 1.0	1.74E+00	3.48E+00	5.23E+00	6.97E+00	1.05E+01
总结	由于本项目探伤机一次性最长开机时长为 30s，对于检修人员和摆放工件的辐射工作人员而言均有可能发生一般辐射事故。				

对于事故假设（2）人员未穿戴防护用品误入到工业 CT 系统内部，位于主射线方向将有可能构成一般辐射事故。

事故后果

对于本项目探伤机最大可信事故为一般辐射事故。针对一般辐射事故，建设单位应立即启动公司内部事故应急方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内向遂宁市生态环境局（0825-2391005）和遂宁市公安局（0825-2510087）报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向遂宁市卫生健康委员会（0825-2655006）报告。事故发生后建设单位应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

四、事故防范措施

（1）定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，完善各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生；

（2）建设单位需制定《辐射工作设备操作规程》。凡涉及对探伤机进行操作，操作人员必须按操作规程执行，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置；

（3）建设单位新从事辐射活动的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核，需持证上岗。

表 12 辐射安全管理

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和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用Ⅱ类射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射工作人员必须通过辐射防护和安全专业知识及相关法律法规的考核。

建设单位已根据核技术应用现状，按《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求成立辐射安全与环境保护委员会负责相关辐射安全监督管理工作，领导小组明确，能有效的确保辐射工作人员、社会公众的健康与安全。该领导小组的组成涵盖了核技术应用所涉及的相关部门，在框架上基本符合要求。成员如下：

组 长： [REDACTED]（总经理）

成 员： [REDACTED]（环境健康与安全部 经理）、 [REDACTED]（一工厂 总监）、 [REDACTED]（二工厂 总监）、 [REDACTED]（生产质量部 总监）、 [REDACTED]（柔性线工厂 总监）

辐射安全管理规章制度

主要规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，蜂巢能源科技（遂宁）有限公司已制定辐射安全管理制度，包括《蜂巢能源科技（遂宁）有限公司关于变更辐射安全与环境保护管理领导小组的通知》《辐射安全管理规定》《辐射工作人员岗位职责》《放射性同位素与射线装置台账管理制度》《辐射工作场所辐射环境监测方案》《监测仪表使用与核验管理制度》《辐射工作人员培训制度》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射安全和防护设施维修制度》《CT 机操作规程》《辐射事故应急预案》。

根据四川省生态环境厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，《辐射工作场所安全管理要求》《辐射工作人员岗位职责》《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。因此，项目运行前，将在 X 射线检测区显著位置张贴大小和字体都足够醒目的《辐

射安全管理规定》《辐射工作设备操作规程》《辐射工作人员岗位职责》《辐射事故应急预案》。上墙制度的内容应体现操作性和应用型，字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

本项目建设单位涉及使用 II 类 X 射线装置，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”和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函[2016]1400 号），建设单位需具备的辐射安全管理要求见表 12-1。

表12-1 项目单位辐射安全管理制度及执行情况

序号	辐射管理要求	落实情况	应增加的措施
1	从事生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应持有有效的辐射安全许可证	已取得辐射安全许可证	重新申领辐射安全许可证（申领所需的材料清单见表 12-2）
2	辐射工作人员应参加专业培训机构辐射安全知识和法规的培训并持证上岗	建设单位原有 44 个辐射工作人员，其中 22 名仅操作 III 类射线装置的辐射工作人员均已经过建设单位集中学习相关课件与视频课程，并从国家核技术利用辐射安全与防护培训平台题库中抽取对应科目考题编写试卷，组织未持证人员进行闭卷考核，并已对考核结果存档。另外 22 名辐射工作人员（即非仅从事 III 类射线装置的辐射工作人员），均已获得辐射安全与防护考核合格证明。	本项目调配 3 名辐射工作人员，该 3 名辐射工作人员均已获得辐射安全与防护培训证书，今后如果有新增辐射工作人员，应尽快自主学习并报名参加国家考试
3	辐射工作单位应建立辐射安全管理机构或配备专（兼）职管理人员	建设单位已成立“辐射防护领导小组”，专人负责辐射安全管理工作	/
4	需配置必要的辐射防护用品和监测仪器并定期或不定期地开展工作场所及外环境辐射剂量监测，监测记录应存档备查	建设单位已配备 1 台便携式 X-γ 剂量监测仪、2 台个人剂量报警仪、44 套个人剂量计	建设单位应为本项目增购 3 台个人剂量报警仪
5	辐射工作单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案	已制定《辐射事故应急预案》	/
6	辐射工作单位应建立健全辐射防护、安全管理规章制度及辐射工作单位基础档案	已制定《辐射安全管理规定》	/
7	辐射工作单位应作好辐射工	原有辐射工作人员已落	/

	作人员个人剂量监测和职业健康检查,建立健全个人剂量档案	实	
8	辐射工作单位应在辐射工作场所入口设置醒目的电离辐射警告标志	/	需在辐射工作场所周围设置醒目的电离辐射警告标志
9	辐射工作单位应提交有效的年度辐射环境监测报告	/	建设单位于2023年6月13日获得辐射安全许可证, 2023年年度辐射环境监测报告拟落实
10	辐射信息网络	已落实	核技术利用单位必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”中实施申报登记。申领、延续、变更许可证, 新增或注销放射源和射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报
11	应建立动态的台帐,放射性同位素与射线装置应做到帐物相符,并及时更新。	已制定《射线装置台账管理制度》	拟将本项目射线装置纳入管理

表 12-2 建设单位辐射安全许可证重新申领所需材料清单

序号	材料名称	材料要求
1	《辐射安全许可证申请表》一份	登陆全国核技术利用申报系统下载,并提交辐射安全许可证申请报告
2	已有或拟有射线装置明细表	已盖章的台账
3	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十三条和第十六条相应规定的证明材料	辐射安全与防护规章制度。
		申请单位发布的成立辐射安全与环境保护管理机构的正式文件复印件
		辐射工作人员辐射安全与防护培训合格证明复印件。
		参照川环函[2016]1400 号
		文件中需明确辐射安全专职管理人员及其职责
		如人员太多,以表格形式统计

根据国家法规和环保部辐射安全与防护监督检查技术程序的相关要求,将其与建设单位管理制度现状列于表 12-3 中进行对照分析。

表12-3 管理制度汇总对照表

序号	规定的制度	落实情况	应增加的措施
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	《蜂巢能源科技（遂宁）有限公司关于变更辐射安全与环境保护管理领导小组的通知》	/
2	辐射安全管理规定（综合性文件）	《辐射安全管理规定》	需将本项目射线装置纳入其管理之中
3	辐射工作设备操作规程	《CT 机操作规程》	/
4	辐射安全和防护设施维护维修	《辐射安全和防护设施	需补充本项目射线

	制度	维修制度》	装置维护制度
5	辐射工作人员岗位职责	《辐射工作人员岗位职责》	/
6	放射源与射线装置台账管理制度	《放射性同位素与射线装置台账管理制度》	需将本项目装置纳入管理范畴
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	《辐射工作场所辐射环境监测方案》	需为本项目制定辐射环境监测方案
8	监测仪表使用与校验管理制度	《监测仪表使用与核验管理制度》	/
9	辐射工作人员培训制度（或培训计划）	《辐射工作人员培训制度》	/
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	《辐射工作人员培训制度》	/
11	辐射事故应急预案	《辐射事故应急预案》	/

辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量检测。

一、工作场所监测

1、年度监测：委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为1次/年；年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

2、日常自我监测：定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测周期为1次/月。

二、个人剂量检测

辐射工作人员需佩戴个人剂量计，并定期（根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）规定，常规监测周期最长不超过3个月）送有资质单位进行监测。此外，公司还应按以下要求实施：

1、按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》与川环办发〔2010〕49号文中的要求，公司应做好以下工作：

（1）公司应每一季度将个人剂量计送交有资质的部门进行检测。检测数据超过单位调查水平1.25mSv的，单位应组织调查，当事人应在调查报告上签字确认；检测数据超过个人剂量年度管理限值5.0mSv的，公司应组织调查，查明原因后采取防范措施，并报告发证机关，检测报告及有关调查报告应存档备查。

(2) 建设单位应安排专人负责个人剂量检测管理，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，剂量检测结果等材料，建立并终生保存个人剂量监测档案。

(3) 辐射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案。辐射工作人员调换单位的，原用人单位应当向新用人单位提供个人剂量档案的复印件。

(4) 公司在每年的1月31日前向《辐射安全许可证》发证机关报送本单位射线装置安全和防护状况上一年度年度评估报告，个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

三、监测内容和要求

(1) 监测内容：X- γ 辐射剂量率。

(2) 监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划（表12-4）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表12-4 工作场所监测计划建议

场所	监测项目	监测点位	监测频次	
			委托检测	自行监测
铅房周围	X- γ 射线空气吸收剂量率	屏蔽体四周30cm离地面高度1m处（至少测3处）	委托检测每年至少1次（开关机各检测一次）	自行检测监测周期为1次/月（开关机各检测一次）
		门缝（左缝、右缝、顶部及底部）及中间外30cm离地面高1m处		
		操作台		
		电缆穿线洞口		
		排风扇铅罩外		

(3) 监测范围：本项目铅房周围及周围环境。

(4) 监测质量保证：

①制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与本单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

②采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

③制定辐射环境监测管理制度和方案。

此外，建设单位需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工

作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

落实以上措施后，本项目所配备的防护用品和监测仪器以及实施的监测方案能够满足相关管理要求。项目投运前，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护措施进行验收。验收报告编制完成后应依法向社会公示验收报告。

辐射事故应急

辐射单位应针对可能发生的辐射事故风险，完善辐射事故应急预案报所在地人民政府生态环境主管部门备案。

辐射事故应急预案的主要内容应包括：应急组织结构，应急职责分工，辐射事故应急处置（最大可信事故场景，应急报告，应急措施和步骤，应急联络电话），应急保障措施，应急演练计划。

（1）事故报告程序

一旦发生辐射事故，辐射工作人员立即停机，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门及省、市生态环境部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

（2）辐射事故应急措施

事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

- ①确定现场辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。
- ②根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。
- ③现场处置任务的工作人员应佩戴防护用具及个人剂量计及个人剂量报警仪。

④应尽可能记录现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。

⑤事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免辐射事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

表 13 结论与建议

结论 1. 产业政策相符性与代价利益分析 本项目属于核技术在无损检测领域内的运用，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令），本项目属鼓励类第三十一项“科技服务”中第 1 条“工业设计、气象、生物及医药、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业技术服务，标准化服务、计量测试、质量认证和检验检测服务，科技普及”，项目符合国家当前的产业政策。 2. 选址、布局 选址合理性分析 遂宁经济技术开发区台商工业园区二期已获得原遂宁市环境保护局关于《遂宁市经济技术开发区商工业园区二期规划环境影响报告书》的审查意见（遂环函〔2014〕248 号）。蜂巢能源科技（遂宁）有限公司已获得《遂宁市生态环境局关于 20GWH 动力锂电池项目环境影响报告表告知承诺制的批复》（遂环诺审〔2021〕3 号），并获得了《蜂巢能源科技（遂宁）有限公司 20GWH 动力锂离子电池项目（一期）竣工环境保护验收意见》。根据遂宁市经济技术开发区行政审批局核发的《建设工程规划许可证》（510924202200011）及遂宁经济技术开发区国土空间规划委员会第十九次常务会纪要（第二十六期）遂宁蜂巢能源项目用地属于一类工业用地。 园区合理性已经在获得审查意见的遂宁市环境保护局关于《遂宁市经济技术开发区商工业园区二期规划环境影响报告书》，厂区合理性已经在已获得遂宁市生态环境局批复的《遂宁市生态环境局关于 20GWH 动力锂电池项目环境影响报告表告知承诺制的批复》中进行了论述，本项目为遂宁市经济技术开发区商工业园区内蜂巢能源科技（遂宁）有限公司的锂电池电芯设备生产项目的配套设施建设，本项目工业 CT 系统主要用于平检电芯的内部缺陷及缺陷分布情况，以控制生产电芯的质量，与厂区规划相容。 布局合理性分析 2 号电极车间位于蜂巢能源科技（遂宁）有限公司中部，远离厂区大门，并且厂区四周均设立围墙，2 号电极车间入口处均设有门禁装置，非厂区人员难以
--

进入到 2 号电极装备车间；建设单位拟利用亚克力复合板以划分 CT 检测区，CT 检测区为独立工作区域，无关人员不能进入 CT 检测区内。

本项目将本项目规定工业 CT 系统内部内区域为**控制区**，规定 CT 检测区除了工业 CT 系统内部外的其他区域为**监督区**。禁止非辐射工作人员进入。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中关于辐射工作场所的分区规定。

3. 辐射屏蔽能力分析

本项目工业 CT 系统为一体结构，六面骨架均采用槽钢，并配钢板等焊接而成；南侧位于主射线方向，因此采用 2.5mm 钢板+27mm 铅板+2mm 钢板；考虑到顶部部分位于主射线方向，因此顶部采用 2.5mm 钢板+27mm 铅板+2mm 钢板；东侧、西侧、北侧、地面、工件门均位于非主射线方向，因此东侧、西侧、工件门（位于西侧）、2 扇设备检修门（分别位于北侧、东侧）均采用 2.5mm 钢板+18mm 铅板+2mm 钢板；地面采用 5mm 钢板+18mm 铅板+2mm 钢板；北侧采用 2.5mm 钢板+13mm 铅板+2mm 钢板；在北侧工件门处设置可视铅玻璃窗（等效铅当量为 18mm 铅当量）。

为防射线泄漏，工件门、设备检修门处屏蔽体与屏蔽体的重叠宽度至少为空隙的 10 倍，观察窗四周均采用 18mm 铅板进行包裹，门窗户与铅防护门缝隙处搭接 41mm。排风口及走线孔均采用 18mm 铅防护罩进行屏蔽补偿。综上所述，铅房六面具有较高的结构强度，不会造成铅房坍塌和顶部下坠的现象。

4. 保护目标剂量

根据理论计算，本项目辐射工作人员、公众及保护目标的年受照有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）剂量限值和本项目管理目标限值的要求（职业工作人员周剂量不大于 100 μ Sv；辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv；公众周剂量不大于 5 μ Sv；公众年有效剂量不超过 0.1mSv，单个季度辐射工作人员剂量不超过 1.25mSv）。

5. 工程所在地区环境质量现状

根据现场监测报告，本项目所在区域 X- γ 空气吸收剂量率与中华人民共和国

生态环境部《2022年全国辐射环境质量公报》中四川省自动站空气吸收剂量率监测结果（61.9 nGy/h~151.8 nGy/h）基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

6. 辐射安全措施

本项目运行后，辐射工作人员应按照国家有关要求配套个人剂量计并建立个人剂量档案，定期进行职业健康体检并成立职业健康档案。建设单位拟为工业CT系统增购3台个人剂量报警仪。

本项目铅房自带紧急停机按钮、紧急开门按钮、视频监控、门灯联锁（含工作状态指示灯）、门机联锁、电离辐射警告标志等。建设单位拟在铅门处新增电离辐射警告标志以及“禁止进入X射线区”的警告牌；拟在控制台新增紧急停机按钮。

7. 辐射环境管理

（1）建设单位拟委托有资质的单位每年对辐射工作场所周围环境辐射剂量率进行检测；

（2）建设单位已配置1台便携式X- γ 剂量监测仪，定期对工作场所辐射水平进行检测；

（3）建设单位已四川蓝瑞鑫卫生检测技术服务有限公司开展个人剂量监测，所有在职辐射工作人员均已配备个人剂量计，建设单位应及时跟监测单位核实数据，及时发现、解决问题。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，建设单位已制定辐射安全管理制度，包括《蜂巢能源科技（遂宁）有限公司关于变更辐射安全与环境保护管理领导小组的通知》《辐射安全管理规定》《辐射工作人员岗位职责》《放射性同位素与射线装置台账管理制度》《辐射工作场所辐射环境监测方案》《监测仪表使用与核验管理制度》《辐射工作人员培训制度》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射安全和防护设施维修制度》《CT机操作规程》《辐射事故应急预案》。环评要求运行本项目的建设单位在日后工作实践中，应根据具体情况和实际问题，按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求及时完善相关制度。

8. 项目环保竣工验收检查内容

1、根据《建设项目环境保护管理条例》文件第十一条规定：

(1) 编制环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

(2) 建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。

(3) 除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

2、根据环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）规定：

(1) 建设单位可登录生态环境部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范。

(2) 项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测报告。

(3) 本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入使用，未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

(4) 本项目设计的固体废物污染环境防治设施必须经原审批环境影响保护行政主管部门验收合格后，该建设项目方可投入生产或者使用。

(5) 除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：

①本项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；

②对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期；

③验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。

建设单位公开上述信息的同时，应当向所在地县级以上环境保护主管部门报送相关信息，并接受监督检查。

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

环保设施			数量	备注
辐射安全 措施	工业CT系统	辐射屏蔽措施	六面	工业CT系统自带
		设备维修门	2扇	
		工件门	1扇	
		观察窗	1扇	
		门机连锁	3个（2扇设备维修门、1扇工件门）	

	声音提示装置	1 个（顶部）	
	工作状态指示灯	2 扇（工件门外，工业 CT 系统内部）	
	钥匙控制系统	1 套（控制台）	
	视频监控系统	1 组（工业 CT 系统内部）	
	电离辐射警告标志	4 个（2 扇设备维修门、1 扇工件门、工业 CT 系统内部、CT 检测区）	
	机械排风系统	2 台排风扇	
	紧急开门按钮	1 个（工业 CT 系统内部工件门处）	
	固定式场所辐射探测报警装置	1 个（工业 CT 系统内部）	
	急停按钮	3 个（工业 CT 系统内部 1 个，工业 CT 系统外部 1 个，操作台 1 个）	
	“禁止进入 X 射线区”或“无关人员禁止入内”警告牌	4 个（2 扇设备维修门、1 扇工件门、工业 CT 系统内部、CT 检测区入口处）	新增
	亚克力隔断板（以此隔断 CT 检测区）	隔断 CT 检测区东侧、南侧	新增
辐射监测	射线装置年度监测	/	固定投入，不纳入本项目总额计算
	个人剂量计	3 套	利旧
监测仪器	便携式 X-γ 剂量监测仪	1 台	利旧
	个人剂量报警仪	3 台	新增
其他	灭火器材	1 套	新增

建设单位在采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施后，本评价认为，蜂巢能源科技（遂宁）有限公司扩建工业 CT 项目位于四川省遂宁市经济技术开发区云龙路 33 号蜂巢能源科技（遂宁）有限公司 2 号电极车间辊切段 CT 检测区内进行建设，从环境保护和辐射安全角度看是可行的。

建议和承诺

- 1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。
- 2、定期组织辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核。
- 3、建设单位应当每年对本单位射线装置、放射源使用情况进行安全和防护状况年度评估，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，安全和防护状况年度评估报告要按照《四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》固定的格式进行编制；并且年度评估报告的电子档还应上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。
- 4、经常检查辐射工作场所的电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现

松动、脱落或损坏，应及时修复或更换。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：	
经办人	公 章 年 月 日
审批意见：	
经办人	公 章 年 月 日