核技术利用建设项目

曲靖亿纬锂能有限公司39B项目
新增1台工业CT核技术利用项目
环境影响报告表

亿纬公司名称：曲靖亿纬锂能有限公司

亿纬公司法人代表：刘金成

通讯地址：云南省曲靖经济技术开发区西城街道大海哨社区湖滨北路28号

邮政编码：655099　　联系人：代瑞芳

电子邮箱：/　　联系电话：

打印编号：1757917553000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	502muu
建设项目名称	曲靖亿纬锂能有限公司39B项目新增1台工业CT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）	曲靖亿纬锂能有限公司
统一社会信用代码	91530300MABW8C3L34
法定代表人（签章）	刘金成
主要负责人（签字）	姚军
直接负责的主管人员（签字）	代瑞芳
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	云南晟蔚环保科技有限公司
统一社会信用代码	91530112MA6K8NR471
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
邵世威	2017035310352014310101000412	BH006397	

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
邵世威	评价依据、辐射安全与防护、辐射安全与管理、结论与建议	BH006397	
李旭梅	项目基本情况、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、环境影响分析	BH075313	

目录

表1 项目基本情况.....1
表2 放射源.....22
表3 非密封放射性物质.....22
表4 射线装置.....23
表5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....24
表6 评价依据.....24
表7 保护目标与评价标准.....28
表8 环境质量和辐射现状.....32
表9 项目工程分析与源项.....37
表10 辐射安全与防护.....46
表11 环境影响分析.....57
表12 辐射安全管理.....78
表13 结论与建议.....86

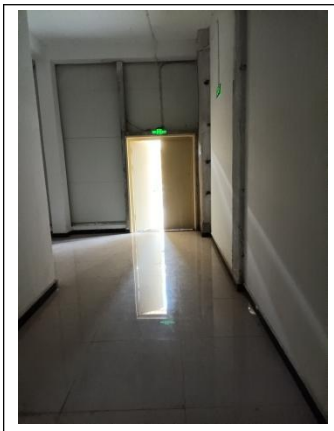
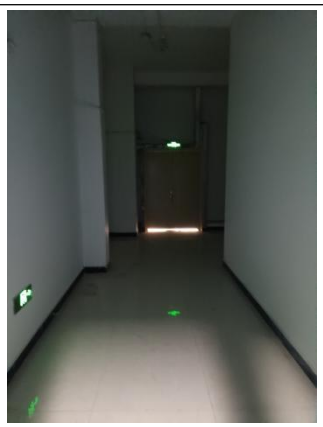
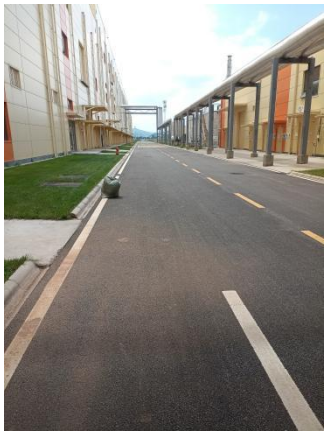
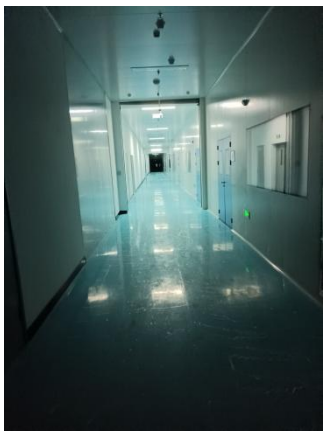
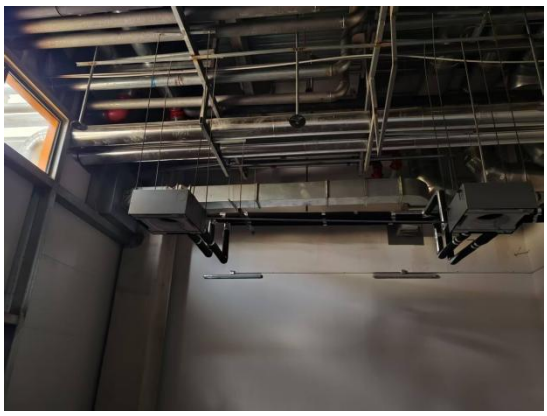
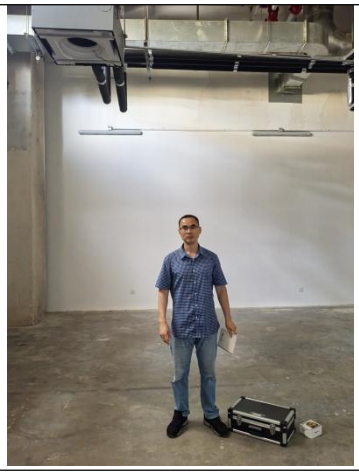
	
CT室西侧	CT室东侧
	
CT室北侧	CT室南侧
CT室现状	CT室正上方
	
CT室顶	负责人现场照片

表1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="6">曲靖亿纬锂能有限公司39B项目新增1台工业CT核技术利用项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">亿纬公司</td><td colspan="6">曲靖亿纬锂能有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>刘金成</td><td>联系人</td><td>代瑞芳</td><td>联系电话</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="6">云南省曲靖经济技术开发区西城街道大海哨社区湖滨北路28号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="6">云南省曲靖经开区南海子片区曲靖亿纬锂能有限公司
（贵昆铁路以南、哨溪路以西、前进水库东北侧）</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>420</td><td>环保投资（万元）</td><td>25</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td colspan="2">6%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑新建□改建□扩建□其它</td><td>占地面积（m^2）</td><td colspan="2">72m^2</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="5">□I类□II类□III类□IV类□V类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="5">□I类（医疗使用）□II类□III类□IV类□V类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="5">□制备PET用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="5">□乙□丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="5">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">☑II类 □III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="6">/</td></tr>
</table>

1.项目基本情况

1.1项目背景

曲靖亿纬锂能有限公司（以下简称亿纬公司）成立于2022年8月2日，注册资金10.5亿元，法人代表为刘金成。注册地址位于云南省曲靖经济技术开发区西城街道大海哨社区湖滨北路28号。经营范围包括一般项目：电池制造；电池销售；新兴能源技术研发；新材料技术研发；新能源汽车电附件销售；新能源汽车换电设施销售；新能源原动设备制造；新能源原动设备销售；汽车零部件及配件制造；新能源汽车生产测试设备销售；新能源汽车度旧动力蓄电池回收及梯次利用(不含危险废物经营)；电子专用设备销售；电力电子元器件销售；电子元器件与机电组件设备销售；合成材料制造(不含危险化学品);合成材料销售；金属材料制造;金属材料销售；新型金属功能材料销售，高性能有色金属及合金材料销售；货物进出口；技术进出口；技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；住房租赁；非居住房地产租赁；蓄电池租赁；机械设备租赁；装卸搬运等。营业执照见附件2。

亿纬公司主要生产高性能锂离子电池。计划建设生产线6条，生产工艺流程包括正

负极片制备、卷绕组装、化成包装等，量产后年产能可达约23GWh圆柱锂离子电池。

项目厂区已于2023年委托云南绿色环境科技开发有限公司开展了环境影响评价，编制了《23GWh 圆柱磷酸铁储能动力电池项目环境影响报告表》，该项目已取得曲靖市生态环境局曲靖经济技术开发区分局（原曲靖经济技术开发区环境保护局）的批复文件（曲开环审【2023】2号），见附件3。

亿纬公司厂区现分为A厂区和B厂区，A厂区包括生产三区和生产四区；B厂区包括生产一区和生产二区。A区与B区南北相邻。

项目厂区分两次验收，亿纬公司已于2025年3月2日组织了专家对《23GWh圆柱磷酸铁锂储能动力电池项目(一期)》进行了验收评审（A厂区及其相关的环保设施）。经验收组讨论，一致同意通过竣工环境保护验收。2025年4月29日进行了全国建设项目竣工环保验收系统的数据填报工作。B厂区项目2025年4月立项，开工时间为同年8月，厂区正在建设中，拟建成时间为12月。厂区位置及布局图见附图2。

A厂区工业CT已于2023年委托了湖北君邦环境技术有限责任公司开展了核技术利用项目环境影响评价，并编制了《曲靖亿纬锂能有限公司新增1台工业CT利用项目环境影响报告表》，于2023年11月29日取得了曲靖市生态环境局曲靖经济技术开发区分局（原曲靖经济技术开发区环境保护局）的批复文件（曲开环审【2023】27号），见附件4。2025年1月16日亿纬公司组织了专家对《曲靖亿纬锂能有限公司新增1台工业CT》项目进行了验收评审并通过了工业CT验收。

1.2目的和任务的由来

为提高产品质量，提升产品市场竞争力，亿纬公司根据生产需要，在B厂区生产二区车间预留的CT室内新增1台工业CT机，设备自带屏蔽体，用于电池产品无损检测。

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》、《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，辐射工作单位在申请辐射安全许可证前应当组织编制或者填报环境影响评价文件，并依照国家规定程序报生态环境主管部门审批。

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部·国家卫生和计划生育委员会公告，2017年第66号，2017年12月6日发布），工业CT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》(生态环境部令第16号，2021年版)，本项目属于

“172核技术利用建设项目”中的“使用II类射线装置的”，因此应编制环境影响报告表。

云南晟蔚环保科技有限公司（以下简称我公司）受亿纬公司委托承担对本项目的环境影响评价工作（委托书见附件1）。接受委托后，我公司组织技术人员进行现场勘察，收集、整理有关资料，对本项目的建设情况进行了初步分析，并根据本项目的应用类型及所在地周围区域的环境特征，在现场勘察、资料调研、预测分析的基础上，按照《辐射环境保护管理导则一核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)的要求，编制了《曲靖亿纬锂能有限公司39B项目新增一台工业CT核技术利用环境影响报告表》。

1.3 建设内容及规模

亿纬公司拟在B厂区生产二区一楼北侧预留的CT室内新增一台一体式工业CT设备。

工业CT设备属于II类射线装置，本项目拟购置的设备自带有铅钢结构屏蔽铅房，定向式X射线源固定在屏蔽铅房内，主束方向投向右侧（以上料门所在面为前侧）。本项目CT机采用数字成像技术，不使用定影液、显影液和胶片。

预留工业CT室东西长9m,南北宽8m,面积为72m^2,层高8m,工业CT室和厂区建设同时施工，目前已建设完成但尚未进行装修改造。

1.3.1 关键设备及参数

本项目拟购置一台工业CT设备及主要技术参数见表1-1。

表1-1 本项目拟购工业CT设备主要技术参数表

序号	名称	参数情况
1	工业CT设备型号	Metrotom 1500 225KV G3
2	工业CT数量	1台
3	最大管电压及管电流	225 kV；3 mA
4	距源点1m处剂量率	3.67mSv·m^2/mA·min（2mm Sn 过滤条件下）
5	泄漏剂量率	≤19μSv/h（距射线管35cm）
6	扫描模式	工件旋转
7	射线装置类别	II类射线装置
8	使用场所	B厂区 CT室
9	用途	检测电芯
10	设备组成	工业CT系统由辐射防护外壳、控制柜和内部检测系统等组成。具体有：辐射防护外壳、X射线管上的防护罩、上料门、X射线辐射指示板、控制元件、主开关、X光室的摄像视图、控制柜、X射线管冷却装置、内部检测系统（定位系统、X射线管、X射线探测器）等。
11	X射线探测器分辨率	3072×3072 像素
12	X射线管最大靶功率	500W

13	最大荷载（检测工件重量）	50kg（包括工件托盘）
14	待检电芯工件规格	尺寸：长194mm*宽166mm*高35mm 重量：1697g
15	CT设备厂家	蔡司工业测量技术（上海）有限公司（沪环辐证【30253】）（生产、销售、使用II类、III类射线装置，附件5）
16	CT设备经销商	卡尔蔡司（上海）管理有限公司（沪环辐证【30209】）（销售、使用II类、III类射线装置，附件6）

1.3.2 工业 CT 设备及 CT 室屏蔽设计

本项目工业CT设备屏蔽设计及CT室装修方案见表1-2，工业CT设备方位样图见图1-1。工业CT设备在CT室摆放位置见图1-2。

表1-2 本项目工业CT设备屏蔽设计方案及CT室装修方案

建设内容	方位	照射束线	屏蔽材料及厚度（设备自带屏蔽铅房）
工业CT设备（含配电柜）长（深）3.7m 宽1.81m 高2.44m	右侧	主束	12mm 铅板+3mm 钢板
	左侧	漏射+散射	5mm 铅板+3mm 钢板
	前侧	漏射+散射	5mm 铅板+3mm 钢板
	前侧上料门	漏射+散射	3mm 钢板+5mm 铅板+3mm 钢板
	后侧	漏射+散射	5mm 铅板+3mm 钢板
	顶面	漏射+散射	5mm 铅板+3mm 钢板
	底面	漏射+散射	3mm 钢板+5mm 铅板+3mm 钢板
注：设备以上料门所在面为前侧			
工业CT室 长8m、宽9m、高8m	西侧	漏射+散射	200mm 蒸压砌块砖
	东侧	漏射+散射	200mm 蒸压砌块砖
	北侧	漏射+散射	硅酸盐板墙
	南侧	主束	彩钢岩棉夹芯板外墙

注：CT室尺寸为装修前尺寸。

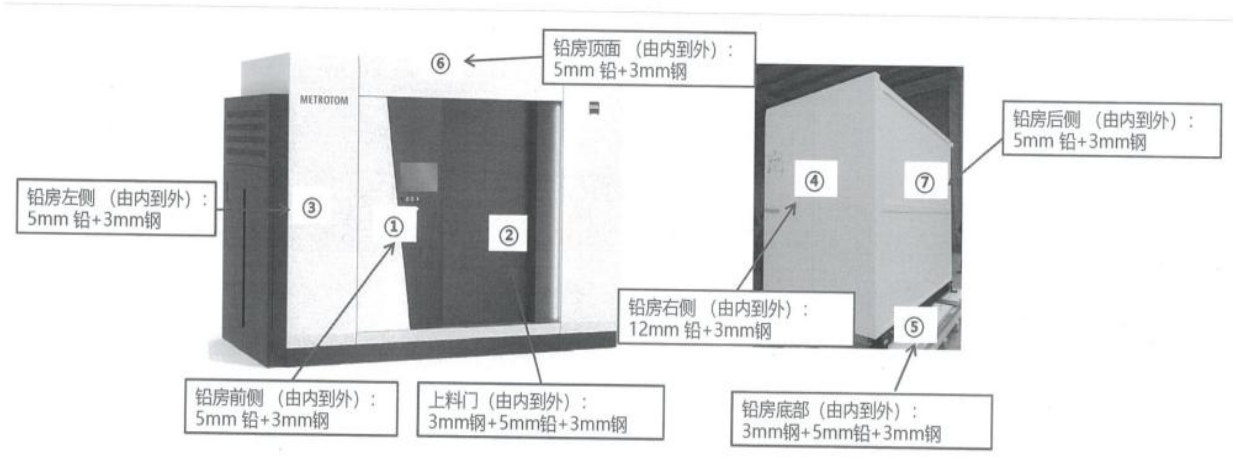


图1-1 工业CT设备方位样图

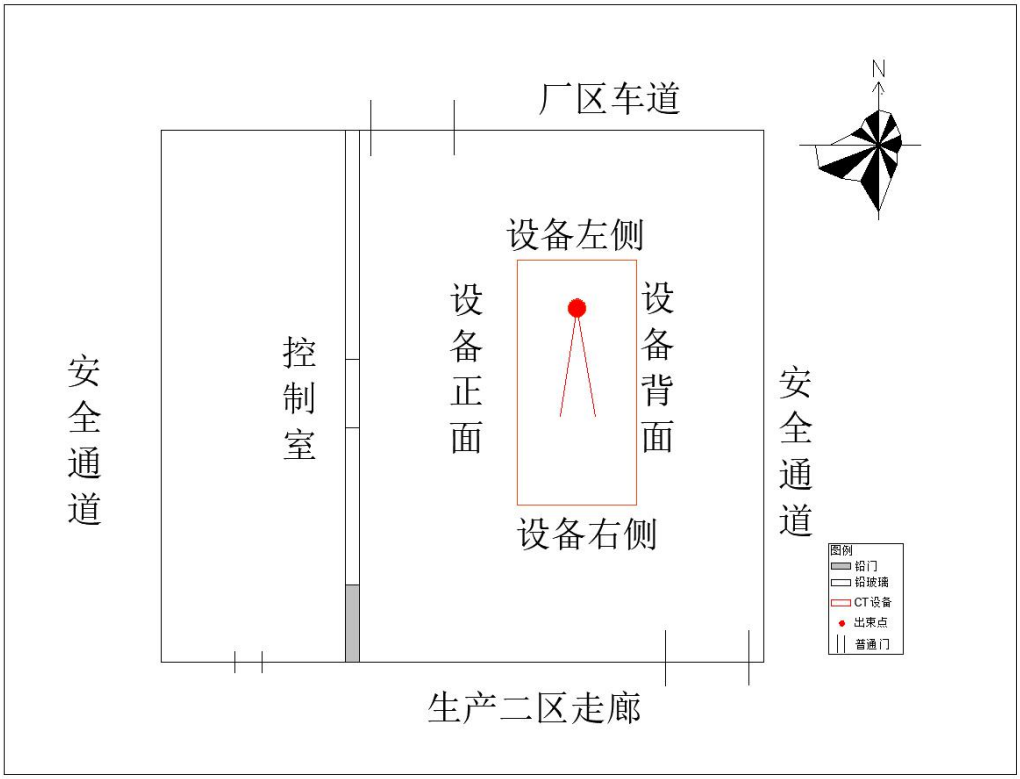


图1-2 工业CT设备摆放位置图

1.3.3 项目组成及主要环境问题

根据亿纬公司所提供资料，在设备安装阶段，设备厂家进行设备调试时，就进行设备参数的调整，在运行时工作人员手动将检测工件放置在可旋转载物台上（距离门口约0.7m），关闭工件门后，开始检测。

本项目CT机射线源固定（不可移动），射线出束方向固定（右侧、向南）、出束角固定（30^0），被检工件最大尺寸为长194mm*宽166mm*高35mm。

工业CT的设备由蔡司工业测量技术（上海）有限公司生产制造，检修、定期维护等均由设备厂家负责，亿纬公司只负责该设备的使用和日常养护。

本项目组成及主要的环境问题一览表，详见表1-3。

表1-3 项目组成及主要的环境问题一览表

名称	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	使用1台工业CT	CT室	CT室面积约72m²，层高约8m，CT室与厂房主体工程一起施工建造，CT室东、西侧墙体为200mm蒸压砌块砖，南侧为彩钢岩棉夹芯板外墙，北侧为硅酸盐板墙，北侧门为成品钢质门，南侧为乙级防火门。 CT室分为控制室和设备室。 改造细节: (1)CT室用隔墙把CT室分为控制室和设备室，隔墙墙面用5mm厚铅板覆盖，隔墙需有厚度最低12mm的铅玻璃观察窗和铅门(隔墙面积28㎡左右，铅玻璃观察窗宽x高	施工扬尘、施工机械噪声、建筑垃圾、施工人员的生活垃圾和污水等以及设备安装调试过程中可能产生	X射线、臭氧、氮氧化物，生活污水、生活垃圾等

			为:1.2mx1.2m，地面到铅玻璃观察窗的高度为1m,铅门宽x高为:1mx2m); (2) 控制室增加立式空调1台;新增单扇入户门1个: (3) 铅玻璃观察窗下方增加2个5孔插座、2个网孔。	X射线、臭氧、氮氧化物及设备包装材料	
		工业CT设备	CT设备位于设备室内。本项目CT设备自带屏蔽铅房。工业CT由蔡司工业测量技术（上海）有限公司设计、生产并制造，工业CT定向照射（设备右侧），工业CT内部X射线管周围屏蔽采用5mm铅板+2mm钢板，前侧、后侧、顶部、左侧外部屏蔽体采用5mm铅板+3mm钢板，右侧屏蔽体采用12mm铅板+3mm钢板，底部屏蔽体和上料门采用3mm钢板+5mm铅板+3mm钢板，整个工业CT尺寸（含配电柜）：长（深）3.7m，宽1.81m，高2.44m。		
		控制室	工业CT控制面板位于工业CT设备前侧屏蔽体外侧，工业CT曝光参数的电脑操作位位于CT控制室。		
辅助工程	工业CT设备配2个排风扇，排风量均为900m³/h，合计1800m³/h。（设备自带） CT室配备了2个中央空调，排风量为680m³/h，合计1360m³/h。（房间）			施工扬尘、施工机械噪声、建筑垃圾等	噪声
依托工程	供电：设备配供电依托亿纬公司厂区的配电、供电系统。				/
	给水：人员生活用水依托亿纬公司厂区的供水系统				
环保工程	办公生活污水:生活污水经隔油池、化粪池处理后优先回用于绿化、生产车间地面清洁及拆解工段尾气碱洗，剩余的生活污水排入市政管网				/
	X射线：经工业CT防护屏蔽体的屏蔽，环境风险较小				
	废气：工业CT运行产生的微量臭氧、氮氧化物等废气，经设备排风扇及CT室的通风系统，排至厂区外部				
	办公、生活垃圾：集中收集后统一交由市政环卫部门统一清运无害化处置				

1.3.4 其它防护措施

（1）通风防护设计

工业 CT 设备设有 1 个送风口和 1 个排风口，进风口位于 CT 设备底部（采取底部自然进风），排风口（机械式风扇）位于 CT 设备顶部，在排风口和进风口均有 5mm 铅板+3mm 钢板（折合铅当量为 5.38mmPb）进行屏蔽防护，最大程度上避免射线泄漏。

工业 CT 设备配置有两台风扇，单个风扇排风量为 900m³/h。

图1-3 工业CT设备排风扇示意图

CT 室配备了 2 个中央空调，单个排风量为 680m³/h。

图1-4 工业CT室空调示意图

（2）电缆管线防护设计

工业 CT 设备电缆线位于舱内左后方，电缆四周均有 5mm 铅板+3mm 钢板（折合铅当量为 5.38mmPb）进行屏蔽防护。

图1-5 工业CT设备电缆示意图

（3）射线管防护设计

X射线管四周围均采用5mm铅板+2mm钢板（折合铅当量为5.25mmPb）进行屏蔽防护。

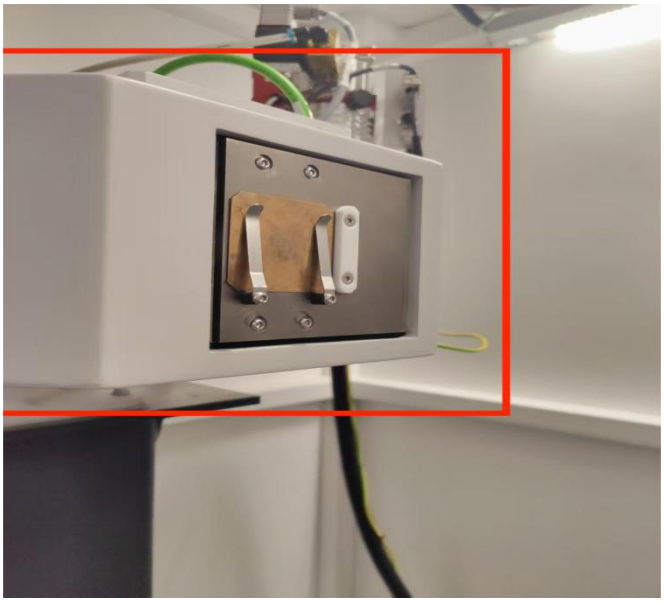


图1-6 工业CT设备射线管示意图

1.4 项目依托

⑴ 废水

本项目辐射工作人员的生活污水经隔油池、化粪池处理后优先回用于绿化、生产车间地面清洁及拆解工段尾气碱洗，剩余的排入市政管网。

⑵ 固废

本项目运行过程中产生的固体废物主要为辐射工作人员日常办公产生的生活垃圾，厂区生活垃圾经收集后，由环卫部门统一清运。

（3）供水供电

设备配供电依托亿纬公司厂区的配电、供电系统。人员生活用水依托亿纬公司厂区的供水系统。

1.5 选址与布局

⑴ 选址

根据《23GWh圆柱磷酸铁储能动力电池项目环境影响报告表》，厂区项目不涉及依法设立的自然保护区、风景名胜区、集中式饮用水源保护区、生态保护红线等敏感区

域，项目符合国家产业政策及园区规划要求。

亿纬公司厂区北侧为九州大道，南侧为湖滨北路，西侧为光新路，东侧为哨西路。

图1-7 亿纬公司厂区示意图

厂区共有办公区、生活区、停车场、预留车间、生产一区、生产二区、生产三区、生产四区、危废仓、电池拆解间、废水处理池、动力站、固废仓、NMP循环装置预留车间、食堂、消防中心、危化品仓库、原材料仓库、成品仓库、物流场地、预留车间。工业CT室位于厂区内生产二区一楼北侧。厂区分布图见附图2。

本项目工业CT室距离生产一区76m，距离生产三区141m，距离生产四区106m，距离哨西路335m，距离西北侧废水收集池72m，距离东北侧固废间135m，超出本项目50m的评价范围。距离北侧动力站19.7m，在本次评价50m范围内。

生产二区地面共有二层，无地下层。本项目位于生产二区一楼北侧，工业CT室位置图见附图3。

生产二区一楼主要为烘烤、一次注液、一次注液后组盘、二次注液、电池清洗、茶水间、真空泵房、电解液缓存间、注液托盘清洗房、半成品静置等生产车间以及办公区域。

生产二区二楼主要为包装车间。

本项目所在区域，无以居住、医疗卫生、文化教育、科研等为主要功能的环境影响

敏感区域，选址合理。

⑵ 平面布局

工业CT室东西侧均为安全通道，南侧为生产二区的走廊，北侧为厂区车道。

工业CT室设有单独的控制室和设备室。工业CT布局图见附图4。

⑶ 纵面布局

本项目工业CT位于生产二区1楼北侧，无地下室，2楼为包装车间，CT室正上方为管道空间。

综上所述，本项目工业CT布局合理。

1.6 产业政策及实践正当性

⑴ 产业政策符合性

本项目工业CT设备为自带屏蔽装置的固定探伤，根据《产业结构调整指导目录（2024年本）》，属于鼓励类第十四机械（1、科学仪器和工业仪表中的工业CT无损检测设备），故本项目的建设符合国家现行产业政策。

⑵ 实践正当性

本项目工业CT设备主要用于亿纬公司生产的电芯检测，保证产品合格。本项目的建设有助于保障亿纬公司的产品质量，创造更好的经济效益，从经济角度而言，可以提升厂家产品的竞争力，增加公司利益，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，本项目工业CT设备是X射线数字成像，不使用胶片，无显影定影流程，工作过程不产生危险废物。虽然在运行期间，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本项目的情况下，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之后，其对社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合辐射防护“实践的正当性”原则。

（3）规划符合性

1、根据2023年5月5日，曲靖市第六届人民代表大会常务委员会第九次会议通过《曲靖市国土空间总体规划(2021—2035年)》：第18条 强化国土空间规划分区与管控

生态保护区：生态保护区以自然保护为主要功能导向，重点实施生态保育措施，是保障和维护生态安全的底线和生命线。生态控制区。生态控制区以强化生态保育和生态建设为主要功能导向，须加强生态保育和生态修复，经评价对生态环境不产生破坏的前提下，可适度保障生态环境建设和发挥生态效益的土地供给。

农田保护区：农田保护区以确保粮食生产空间为主要功能导向，严格落实永久基本农田占用补划任务。为实施国家重大交通、能源、水利及军事项目，经批准占用集中保护区的，原则上分区不做调整。

城镇发展区：城镇发展区以城镇集中建设，防止城市蔓延、无序建设和低效开发为主要功能导向，城镇发展区以外原则上不得进行城镇集中建设，城镇集中建设区按详细规划进行精细化管理，实施规划用途管制与开发许可制度，协同城市“四线”，实现对城镇核心要素的控制。

乡村发展区：乡村发展区以促进乡村特色产业发展、改善农民生产生活条件为导向，是推进乡村振兴战略、实现农业农村现代化、实施乡村集中建设的核心区域，其中村庄建设区内村庄用地及各类配套设施用地，按照人均用地指标进行管控。

矿产能源发展区：矿产能源发展区应符合矿产资源开发管理有关法律法规等要求，要强化矿产资源节约与综合利用，积极开展矿山地质环境治理，发展矿业领域循环经济。

本项目位于云南省曲靖经开区南海子片区曲靖亿纬锂能有限公司39B厂区生产二区内（贵昆铁路以南、哨溪路以西、前进水库东北侧），根据项目与曲靖市国土空间总体规划（2021-2035年）中心城区划分区位置关系图(见附图7)，项目位于城镇发展区内。因此，项目符合曲靖市城市发展总体规划。

2、规划及规划环境影响评价符合性分析

（1）与园区规划相符性分析

亿纬公司厂区位于云南省曲靖经开区南海子片区，贵昆铁路以南、哨溪路以西、前进水库东北侧，中心坐标为东经103°39′22.053″，北纬25°28′36.610″。根据《曲靖经济技术开发区产业园区总体规划(2021-2035年)》，经开区产业园区的主导产业为新能源材料产业，依托现有空间分布和发展基础细分为绿色硅光伏和新能源电池两个产业集群。新能源电池产业以西城片区为核心，同时在南海子片区加强布局，围绕“材料—电芯—电池—应用”产业链，建设国内一流的新能源电池产业基地。产业空间布局围绕国家“碳达峰”和“碳中和”目标，落实云南省委、省政府“绿色能源牌”战略部署，重点布局和保障硅光伏产业和新能源电池产业用地，南海子片区设置有新能源电池产业及配套产业。对照曲靖经开区南海子科技城控制性详细规划，项目所在区域用地性质为II类工业用地，且建设单位于2022年12月9日取得了曲靖市规划局经济技术开发区分局关于项目的拟选址

意见，同意项目选址；并于同日取得了曲靖市国土资源局经济技术开发区分局关于本项目的用地情况说明：项目用地已纳入马龙区2022年第十九次城市建设用地项目。

综上所述，本项目符合规划区的产业布局，周边不存在特殊要求的食品、生物医药等产业，且项目为锂离子电池制造的无损检测项目，故本项目符合《曲靖经济技术开发区产业园区总体规划(2021-2035年)》。

（2）与规划环评及审查意见符合性分析

①规划环评符合性分析

曲靖经济技术开发区包含经开区中心城区、曲靖站前门户区、西城片区和南海子片区。本次园区规划范围主要是西城片区和南海子片区，规划范围面积为50.04平方公里。两片区规划范围具体如下:

西城片区:北至沪昆高铁，南至瑞和西路，西至戈家屯，东至龙华大道、曲靖火车站西侧，规划用地面积为 22.6 平方公里。

南海子片区:北至复烤厂、响水街，南至土瓜冲，西至黑泥哨，东至曲靖市消防应急救援支队，规划用地面积为 27.44 平方公里。

本项目属于南海子片区。

南海子片区：根据“园区+社区+科研+生态融合发展”的理念，重点打造硅光伏产业区，发展单品硅棒、单品硅片、电池片、组件、应用等全产业链，并探索发展硅电子材料等有关产业:园区西部、布局新能源电池及配套产业区，发展中、下游应用产业链;园区中部结合良好的生态环境配套综合服务功能，促进产城融合发展数字经济、总部经济、科研孵化、商业金融等服务型产业，并在外围合理地段结合现有村庄布局适量居住、生活配套功能，促进片区产城融合发展。

片区按照功能划分为:综合服务区、硅光伏产业区、新能源电池及配套产业区、综合产业区、生活居住区和特殊用途区。

本项目为锂离子电池制造的无损检测，符合规划环评的新能源电池及配套的产业区功能划分。

②环评规划审查意见符合性分析

2022年11月4日云南省生态环境厅出具了关于《曲靖经济技术开发区产业园区总体规划(2021-2035年)环境影响报告书》审查意见的函（云环函(2022）523号）。审查意见提出了以下几点意见：

表 1-2 本项目与园区规划环评审查意见的相符性

序号	规划环评审查意见内容	本项目情况	符合情况
	坚持绿色、低碳、高质量发展理念，完善和加强规划引导,落实生态环境分区管控要求，区域统筹保护好生态空间。根据区域发展战略，坚持生态优先、高效集约发展，从长远考虑，加强与国土空间规划及产业园区优化提升工作的协调衔接,进一步优化发展定位、功能布局、产业结构和实施时序布局开发应确保满足国土空间规划和“三区三线”管控要求。产业开发应符合国家产业政策和相关规划。按国家生态工业示范园区标准推进《规划》实施，实现产业发展与生态环境保护、人居环境安全相协调，引导园区生态优先，低碳化、绿色化、循环化发展。确立园区发展与区域水质改善程度联动的决策机制,确保规划实施与环境保护目标的协调统一。	本项目为锂电池制造项目，属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》及《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2024年本）〉的决定》中鼓励类项目，并已经获得了曲靖经济技术开发区行政审批局的项目备案证，项目代码为2510-530329-99-05-230217，此外，本项目也不属于《市场准入负面清单（2022 年版）》中规定的禁止类项目。此外，项目取得了曲靖市国土资源局经济技术开发区分局关于本项目的用地情况说明，项目用地已纳入马龙区2022 年第十九次城市建设用地项目。	
2	进一步优化空间布局，加强空间管控，严格对环境敏感区的保护，严禁不符合管控要求的各类开发和建设活动，协调好生产、生活、生态等“三生”空间的关系。西城片区须优化工业用地布局，结合主导风向、环境防护距离等因素优化调整产业布局及行政用地，严格控制区域用地规模，禁止新增三类工业用地；工业用地与行政办公、教育科研、居住用地之间应设置绿化隔离带，留出必要的防护距离，缓解居住和工业布局混杂的布局性环境风险问题。南海子片区规划及发展应严格遵守《云南省牛栏江保护条例》和《牛栏江流域（云南省部分）水环境保护规划》及中期评估中不得扩建工业园区等相关要求，优化调整园区产业及规划范围，严格执行《中华人民共和国长江保护法》《长江经济带发展负面清单指南》等相关规定，禁止在长江干支流、重要湖泊岸线一公里范围内新建、扩建化工项目，避免对牛栏江水系及保护区等造成污染影响。加快能源结构升级改造和使用清洁能源，促进区域环境质量改善。推进技术研发型、创新型产业发展，提升产业的技术水平和园区的绿色循环化水平。	项目位于南海子片区，取得了曲靖市国土资源局经济技术开发区分局关于本项目的用地情况说明，项目用地已纳入马龙区 2022 年第十九次城市建设用地项目。项目为锂离子电池制造的无损检测，不属于工业园区建设，不在长江干支流、重要湖泊岸线一公里范围内，也不属于化工项目。	符合
3	严守环境质量底线，严格环境管控单元管控。根据“三线一单”、国家和云南省有关大气污染防治的相关要求，严格执行园区大气污染物总量管控要求，合理确定产业规模、布局、建设时序。入驻企业应采用先进的生产工艺路线、装备、清洁能源与原料，从源头上控制污染物的产生；要采用先进高效的污染防治措施，重点做好外排废气中颗粒物削减、脱硫脱硝，挥发性有机物、异味等特征污染物的减排工作，大气污染物排放水平应达到国内先进水平。积极推动钢铁行业超低排放改造及有色金属冶炼等重污染行业原有	本项目为锂离子电池制造的无损检测，设备使用时会产生少量的臭氧，经排风扇和空调换气后可忽略不计。	符合

	企业环保提升改造，“两高”行业建设项目应严格落实主要污染物区域削减，实现区域环境质量改善的总体要求。		
	高度重视园区废水收集、处理、回用、排放的环境管理。全面实施“雨污分流”，建设初期雨水收集处理系统，加快污水处理厂建设和提标改造，制定园区中水回用方案并加快实施。现有企业应积极进行环保升级改造，产业发展以废水主要污染物总量减排为前提，在受纳水体白石江水环境质量达标前，新建、扩建项目实现超标污染物倍量削减。西城片区钢铁、有色等重污染产业应实现生产废水循环利用不外排。南海子片区应提高入区企业中水回用率，企业产生的污废水及初期雨水送园区污水处理厂处理达标后由白石江排放，禁止向牛栏江流域及潇湘水库汇水区域排放污废水。结合流域水污染防治方案实施相应的水环境质量改善工程，切实削减各项污染物，配合当地政府部门，加强南盘江、牛栏江等河道的水环境综合整治与生态修复工程，全面提升地表水环境质量，确保区域影响范围内控制断面水质稳定满足水环境质量要求。	本项目为锂离子电池制造的无损检测，不产生放射性废水和生产废水，只产生少量的员工生活污水，经化粪池处理后，再排入生活污水处理站处理达《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中绿化标准后优先回用于绿化、生产车间地面清洁、拆解工段清洗及尾气碱洗；最后排入市政污水管网，最终进入曲靖经济技术开发区光伏产业配套污水处理厂处理，不会向牛栏江流域及潇湘水库汇水区域排放污废水。	符合
	冶金类项目应充分考虑对地下水环境的影响，严格水文地质、工程地质勘察。项目选址时须避开岩溶洼地、落水洞、天窗、漏斗等区域；项目设计中应结合区域水文地质条件，优化布局，按相关规范要求采取针对性分区防渗措施,做好地下水污染防治和监控，确保区域地下水安全。	本项目不属于冶金类项目。	符合
	将土壤污染防治工作纳入园区规划及相关环境保护规划，采取有效预防措施，防止、减少土壤污染。重视污染物通过大气—土壤—地下水等环境介质跨相输送、迁移和累积过程及影响，确保满足土壤环境管控要求。	本项目不产生危险废物。不会影响土壤环境。	符合
	危险废物须按规定严格管控，积极推进工业固体废物综合利用，确实需要暂存或安全填埋处置的，暂存（处置）场的选址、建设必须按照相关要求严格落实污染防治措施，严禁乱堆乱放。禁止在牛栏江流域上游保护区的重点污染控制区范围建攻水久性危废填埋处置场。	本项目不产生危险废物。	符合
	按照国家关于做好碳达峰碳中和工作的政策要求，积极开展减污降碳协间管控，推广产业园区能源梯级利用等节能低碳技术。做好产业布局、结构调整、节能审查与能耗双控的衔接，推动园区绿色低碳发展。待行业和区域碳达峰规划发布后，碳排放管理相关要求从其规定执行。	本项目为新能源电池制造的无损检测，为一种储能技术，积极响应了国家关于做好碳达峰碳中和工作的政策要求，项目实施有利于绿色低碳产品供给提升行动的实施，有利于支撑碳达峰碳中和战略。	符合
	制定准入清单，严格入园项目生态环境准入管理。落实蓝天、碧水、净土保卫战有关管控要求，加强“两高”行业生态环境源头防控，引进的项目应采用先进适用的工艺技术和装备，单位产品物耗、能	本项目符合国家产业政策、园区的产业规划及规划环评环境准入清单要求，属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》及《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2024年	

4	耗、水耗等达到清洁生产先进水平。推进技术研发型、创新型产业发展，提升产业的技术水平和产业园区的绿色低碳化水平。入区项目需符合国家产业政策、产业布局规划要求，符合“三线一单”大气、水、土壤等重点管控单元要求。园区招商引资、入园项目环评审批应严格执行环境管控分区和环境准入要求。要以园区的资源环境承载能力为基础，充分论证、有序发展，严禁引进工艺装备落后，不符合污染物排放总量控制要求的企业。	本）〉的决定》中鼓励类项目，并已经获得了曲靖经济技术开发区行政审批局的项目备案证；项目不属于《市场准入负面清单（2022年版）》中规定的禁止类项目及“两高”项目；污染物排放总量未超过园区总量控制。	符合
5	建立健全区域环境风险防范和生态安全保障体系。加强园区内易导致环境风险的有毒有害和易燃易爆物质的生产、使用、贮运等管理，统筹考虑区内污染防治、生态恢复与建设、环境风险防范、环境管理等事宜。强化园区危险化学品储运和废水的环境风险管理，建立多级防控体系，强化预警能力建设、环境风险应急与防范措施，建立应急响应联动机制和风险防控体系并编制应急预案，防范环境风险，避免事故废水排入园区外水体，保障区域环境安全。	本项目不产生危险废物，生活废水。	符合
6	建立环境质量监测网络并共享数据。根据园区功能分区、产业布局、重点企业分布、特征污染物的排放种类和状况、环境敏感目标分布等情况，统筹安排环境监测监控网络建设。园区应设置环境空气自动监测站，做好区内大气、地表水、地下水、土壤等环境要素的长期跟踪监测与管理，督促排污企业落实自行监测责任。根据监测结果、实际环境影响、不良环境影响减缓措施的有效性等完善环境管理并适时优化调整《规划》。	不涉及	符合
7	推进园区环保基础设施建设，促进区域环境质量持续改善。加快建设配套的污水处理厂，并同步建设污水、雨水及中水回用管网。做好“雨污分流”、“清污分流”，做好废水及污染雨水收集处理、强化中水回用。按要求规划布局“三废”集中处置中心。督促园区企业加强废气、废水、噪声、固废等环保设施建设和运行管理。	项目雨水经雨水管网收集后排入园区雨水管网；项目食堂废水经隔油池预处理后，与其他生活污水一起排入化粪池处理后，再排入生活污水处理站处理达《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中绿化标准后优先回用于绿化、生产车间地面清洁、拆解工段清洗及尾气碱洗；剩余的生活污水处理站出水与经生产废水处理站处理后的生产废水、纯水制备废水、冷却塔排水及锅炉排水一起达《电池工业污染物排放标准》（GB30484-2013）表2中间接排放标准限值，并满足接收污水处理厂纳管要求后，排入市政污水管网，最终进入曲靖经济技术开发区光伏产业配套污水处理厂处理。	符合
8	定期发布环境信息，建立畅通的公众参与平台。加强与周边公众的沟通，主动接受社会监督，妥善处理好园区建设与居民搬迁安置工作，及时解决公众关心的环境问题，满足公众合理的环境诉求。	不涉及	符合
	《规划》在实施范围、适用期限、规模、结构和布局等方面进行重大调整或者		

9	修订的，应重新编制环境影响报告书。《规划》实施过程中，园区应按要求适时开展环境影响跟踪评价工作，编制跟踪评价报告，并将评价结论报告相关生态环境主管部门。	不涉及	符合
10	拟入产业园区建设项目，应结合《报告书》提出的指导意见做好环境影响评价工作，落实《报告书》提出的要求，加强与规划环评的联动，重点开展大气污染物、水污染物允许排放量测算和周边大气环境影响可接受论证、污废水不外排或纳管可行可靠性论证、环保措施可行性论证等内容，强化环境监测和环境保护相关措施的落实。对符合规划环评环境管控要求和生态环境准入清单的具体建设项目，其环评文件中选址、环境现状调查与评价结果仍具有时效性时，建设项目相应环境影响评价内容可结合实际情况予以简化。	经测算，本项目对周边大气环境的影响可接受；项目雨水经雨水管网收集后排入园区雨水管网；项目食堂废水经隔油池预处理后，与其他生活污水一起排入化粪池处理后，再排入生活污水处理站处理达《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中绿化标准后优先回用于绿化、生产车间地面清洁、拆解工段清洗及尾气碱洗；剩余的生活污水处理站出水与经生产废水处理站处理后的生产废水、纯水制备废水、冷却塔排水及锅炉排水一起达《电池工业污染物排放标准》（GB30484-2013）表2中间接排放标准限值，并满足接收污水处理厂纳管要求后，排入市政污水管网，最终进入曲靖经济技术开发区光伏产业配套污水处理厂处理；采取的各项目环保措施均满足现行环保要求。	符合

3、通过云南省生态环境分区管控公共服务查询平台查询（查询结果见附件19）对照《曲靖市生态环境分区管控动态更新方案（2023年）》，本项目为曲靖市经开区（南海子片区马龙区境内部分）重点管控单元。

单元名称	单元分类	管控要求		项目情况	符合性
曲靖市经开区（南海子片区马龙区境内部分）	重点管控单元	空间布局约束	1.禁新增以铅锌有色金属矿、固体废物为原料的有色金属、黑色金属冶炼产能，鼓励发展有色金属、黑色金属深加工产业。 2.禁止引入燃烧、使用石油焦、煤炭、焦炭等高污染燃料的新、改、扩建项目，限制液相法（硝酸工艺）磷酸盐系正极材料产业发展。 3.禁止新、改、扩建产生或排放重金属、产生涉重金属固体废物的项目入驻。 4.新增二类工业用地与行政办公、教育科研、居住用地间应设置绿化隔离带，园区边界设置防护绿地，居民区附近不得布局排放异味及重金属等污染物的企业。 5.南海子片区磷酸盐系正极材料产业发展规模应当控制在80万吨以内。 6.南海子片区规划及发展应严格按照《云南省牛栏江保护条例》和《牛栏江流域(云南省部分)水环境保护规划》及中期评估中不得扩建产业园区等相关要求，优	本项目位于云南省曲靖经开区南海子片区曲靖亿纬锂能有限公司（贵昆铁路以南、哨溪路以西、前进水库东北侧），为提高产品质量，提升产品市场竞争力，亿纬公司根据生产需要，在39B厂区生产二区车间预留的CT室内新增1台工业CT机，设备自带屏蔽体，用于电池产品无损检测。	符合

				化调整园区产业及规划范围，禁止在重要河湖岸线一千米范围内新建、扩建化工项目。		
			污染物排放管控	1.入驻企业应采用先进的生产工艺路线、装备、清洁能源与原料，从源头上控制污染物的产生。 2.采用先进高效的污染防治措施，重点做好外排废气中颗粒物削减、脱硫脱硝，挥发性有机物、异味等特征污染物的减排工作，大气污染物排放水平应达到国内先进水平。 3.积极推动钢铁行业超低排放改造及有色金属冶炼等重污染行业原有企业环保提升改造，“两高”行业建设项目应严格落实主要污染物区域削减，实现区域环境质量改善的总体要求。 4.全面实施“雨污分流”，建设初期雨水收集处理系统，加快污水处理厂建设和提标改造，制定园区中水回用方案并加快实施。 5.现有企业应积极进行环保升级改造，产业发展以废水主要污染物总量减排为前提，在受纳水体白石江水环境质量达标前，新建、扩建项目实现超标污染物倍量削减。 6.调整南海子污水处理厂规划规模，其扩建进度和规模应与产业发展规模相匹配。 7.实施单晶硅、新能源材料、有色金属冶炼等行业动态清洁生产审核。 8.南海子片区企业产生的污废水及初期雨水预处理达到纳管标准后送园区污水处理厂处理达标后由白石江排放。 9.积极申报国家级绿色低碳示范产业园区试点建设。	项目采用进口的工业CT设备对B厂区生产的电池进行无损检测。本项目不产生废水/废气/噪声，只产生一定量的辐射，经过分析，不会影响辐射环境质量。	符合
			环境风险防控	1.禁止新、改、扩建环境风险潜势为IV、IV+的环境风险源。 2.南海子片区雨水总排口处应分别设置切断阀、初期雨水收集池及应急事故池。 3.开展云南驰宏资源综合利用有限公司等产排重金属的企业污染土壤环境质量隐患排查与限期治理，推进云南驰宏资源综合利用有限公司超净排放试点，严控重金属排放对区域土壤环境质量的影响。 4.冶金类项目应充分考虑对地下水环境的影响，严格水文地质、工程地质勘察。项目选址时须避开岩溶洼地、落水洞、天窗、漏	本项目为工业CT新增建设项目，位于亿纬公司39B厂区生产二区一楼北侧。不涉及“高污染、高环境风险”产品与工艺装备。	符合

			斗等区域;项目设计中应结合区域水文地质条件，优化布局，按相关规范要求采取针对性分区防渗措施，做好地下水污染防治和监控。 5.采取有效预防措施，防止、减少土壤污染，重视污染物通过大气—土壤—地下水等环境介质跨相输送、迁移和累积过程及影响，确保满足土壤环境管控要求。 6.危险废物须按规定严格管控，积极推进工业固体废物综合利用，确实需要暂存或安全填埋处置的，暂存（处置）场的选址、建设必须按照相关要求严格落实污染防治措施，严禁乱堆乱放。 7.禁止在牛栏江流域上游保护区的重点污染控制区范围建设永久性危废填埋处置场。 8.与麒麟区、马龙区、沾益区建立区域大气污染联防联控机制，实现信息互通。		
			资源开发效率要求	1.严格产业环境准入，将单位新鲜水用量经济强度、单位排污经济强度、中水回用率等指标作为入园企业核心考核指标。	本项目为工业CT新增建设项目，位于亿纬公司39B厂区生产二区一楼北侧。经分析，本项目不产生废水，只产生员工的生活废水。	符合

1.7 工作负荷和劳动定员

⑴ 工作负荷

本项目实行每天两班工作制（每班 8 小时），每年工作 340 天。

根据亿纬公司预计的电芯检测情况，每个电芯工件的检测时间约 2min，每天预计检测 200 个工件，预计每周 X 射线累积出束检测时间约 46.7h，平均每年工作 340 天，年最大年出束时间为 2266.67h。

⑵ 劳动定员

本项目拟配置 3 名辐射工作人员，均为新增辐射工作人员（新招聘）。本项目辐射工作人员均定岗定职，与厂区其它生产区辐射类工作不存在交叉工作的情况。

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应通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址:http://fushe.mee.gov.cn）进行相关知识学习，通过生态环境部培训平台报名并参加考核，取得辐射安全培训合格证书后方可从事辐射活

动。亿纬公司在运营前应组织新增辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识并报名参加考核，考核合格并取得辐射安全培训合格证书后方可从事辐射活动。

1.8 原有核技术利用项目

（1）辐射安全许可证

目前，亿纬公司在2023年11月取得曲靖市生态环境局核发的《辐射安全许可证》（云环辐证【D1436】），有效期至2028年11月28日，许可的种类和范围：使用V类放射源、使用II类射线装置。辐射安全许可证正副本见附件7。

亿纬公司现有核技术利用情况表见1-4。

表1-4 公司现有核技术应用项目一览表

序号	核素/设备名称	类别	活动种类	场所	备注
1	Kr-85	V类	使用	生产一部391线负极涂布车间机头后端（生产三区）	11.1GBq
2	Kr-85	V类	使用	生产一部391线负极涂布车间机头前端（生产三区）	11.1GBq
3	Kr-85	V类	使用	生产一部391线负极涂布车间机尾（生产三区）	11.1GBq
4	Kr-85	V类	使用	生产一部392线负极涂布车间机头后端（生产三区）	11.1GBq
5	Kr-85	V类	使用	生产一部392线负极涂布车间机头前端（生产三区）	11.1GBq
6	Kr-85	V类	使用	生产一部392线负极涂布车间机尾（生产三区）	11.1GBq
7	Kr-85	V类	使用	生产一部393线负极涂布车间机头后端（生产三区）	11.1GBq
8	Kr-85	V类	使用	生产一部393线负极涂布车间机头前端（生产三区）	11.1GBq
9	Kr-85	V类	使用	生产一部393线负极涂布车间机尾（生产三区）	11.1GBq
10	工业用X射线计算机断层扫描(CT)装置	II类	使用	A区CT室（生产四区）	CT METROTOM 1500 225KV G3
注：CT设备已于2023年11月29日取得环评批复，2025年1月16日通过验收。CT室分为控制室和设备室，设备安装在设备室内。与本项目位置南北镜像，布局设计一致，设备型号一致。					

亿纬公司现有9枚V类放射源，1台工业用X射线计算机断层扫描（CT）装置。均与《辐射安全许可证》登记一致。

（2）辐射安全管理情况

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等相关法律法规，亿纬公司已成立了辐射安全管理小组，并制定相关辐射安全管理制度，制度包括辐射防护和安全保卫制度、岗位职责射线设备检修与维护制度、射线装置使用登记、台账管理制度、辐射环境监测制度人员培训计划及辐射事故应急措施。

亿纬公司辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实责任明确，在落实各项辐射安全规章制度后，可满足原有射线装置防护实际需要。

（3）辐射安全培训

亿纬公司现有辐射工作人员9名（非本项目工作人员），均参加了辐射安全与防护培训班学习并取得了合格证书。辐射安全与防护考核成绩报告单详见附件17。

（4）个人剂量检测

亿纬公司为辐射工作人员进行了岗前岗中的职业健康体检。已建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。个人剂量监测结果见表1-5。个人剂量监测报告见附件17。

表1-5 个人剂量监测结果

序号	名字	佩戴起始日期/单位：mSv				全年合计：mSv	备注
		2024.5.31-2024.8.29	2024.8.30-2024.11.27	2024.11.28-2025.2.25	2025.2.26-2025.5.26		
1	冯志龙	0.0095	0.03	<0.019	0.05	0.11	放射源（7人）
2	杨树翔	0.02	0.02	<0.019	0.02	0.079	
3	朱小军	0.05	0.08	<0.019	<0.019	0.168	
4	张德辉	0.05	<0.019	<0.019	<0.019	0.107	
5	浦绍测	0.09	0.03	0.05	0.02	0.19	
6	吴帅锋	/	<0.019	<0.019	0.02	0.058	
7	徐兴培	0.04	0.04	<0.019	0.03	0.129	
8	赵建平	/	0.02	0.07	0.09	0.18	CT（2人）
9	刘东鑫	/	<0.019	<0.019	0.04	0.078	
10	唐光敏	/	0.07	<0.019	0.04	0.129	离职
11	韩东升	0.0095	<0.019	<0.019	0.07	0.1175	调离

根据表1-4中个人剂量统计结果，亿纬公司11名辐射工作人员（1名离职，1名调离）佩戴日期自2024年5月31日至2025年5月26日，佩戴日期360天，最大值为0.19mSv，满足职业人员5mSv的年有效剂量管理限值要求。

（5）工作场所辐射水平监测

2025年亿纬公司已对在用核技术利用项目进行了辐射环境现状监测（在用放射源监测报告编号为：【云晟监】辐字2025第236号（见附件18），在用工业CT监测报告编号为：【云晟监】辐字2025第237号（见附件13）），监测结果均表明：现有核技术利用项目屏蔽体外的周围剂量率满足相应的标准限值及管理要求。

（6）年度评估报告

依据《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。

亿纬公司最近一次提交年度评估报告时间为2025年1月，详见附件8。

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

不涉及此内容

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

不涉及此内容

注：日等效最大操作量和操作方法见《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
						不涉及此内容				

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途	工作场所	备注
1	工业 CT	II类	1	Metrotom 1500 G3	225	3	无损检测	CT设备室	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	
							不涉及此内容						

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
				不涉及此内容				

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为mg/L，固态为mg/kg，气态为mg/m^3；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、Bq/m^3）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》，国家主席令第9号，2015年1月1日施行 （2）《中华人民共和国环境影响评价法》，国家主席令第24号，2018年12月29日施行 （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，国家主席令第6号，2003年10月1日施行 （4）《国务院关于〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》（国务院令第682号），2017年10月1日起施行 （5）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第449号，2019年3月18日施行 （6）《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号，2017年12月6日发布 （7）《关于发布〈建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法〉配套文件的公告》，生态环境部公告2019年第38号，2019年10月25日施行 （8）《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，2019年12月24日施行 （9）《云南省环保局关于〈在辐射安全许可证工作中确定电离辐射安全管理限值请示〉的复函》，云南省环保局云环函〔2006〕727号，2006.12.20. （10）《云南省生态环境厅关于印发〈云南省核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲（2021年版）〉和〈云南省核技术利用辐射安全和防护监督检查技术程序（2021年版）〉的通知》，云南省生态环境厅云环通〔2021〕227号，2021.12.21. （11）《云南省生态环境厅关于印发突发环境事件应急响应预案和辐射事故应急响应预案的通知》，云南省生态环境厅云环发〔2022〕4号，2022.2.24. （12）《云南省生态环境厅关于印发<云南省突发环境事件应急预案管理办法>的通知》，云南省生态环境厅行政规范性文件〔2024〕3号，2024.12.27. （13）《曲靖市生态环境局曲靖经济技术开发区分局关于对<23GWh 圆柱

	磷酸铁储能动力电池项目环境影响报告表>的批复》，曲靖市经济技术开发区（曲开环审【2023】2号). （14）《产业结构调整指导目录（2024年本）》，国家发展和改革委员会，2024年2月1日施行 （15）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第18号，2011年5月1日施行 （16）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，生态环境部令第16号，2021年1月1日施行 （17）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021年修正本）》，生态环境部令第31号，2021年1月4日施行 （18）《曲靖市生态环境局曲靖经济技术开发区分局关于对<曲靖亿纬锂能有限公司新增1台工业CT利用项目环境影响报告表>的批复》，曲靖市经济技术开发区（曲开环审【2023】27号). （19）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（2021年1月1日起施行） （20）《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》（环办辐射函〔2025〕313号）
技术标准	（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； （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）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； （4）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （5）《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）； （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》（GBZ 128-2019）； （8）《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）； （9）《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）； （10）《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）； （11）《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；

	（12）《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）； （13）《无损检测仪器1MV以下X射线设备的辐射防护规则第3部分:450kV以下X射线设备辐射防护的计算公式和图表》(GB/Z41476.3-2022)。
其他	（1）委托书； （2）《云南省核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲（2021年版）》； （3）《云南省核技术利用辐射安全和防护监督检查技术程序（2021年版）》； （4）李玉先,李广通,喻亦林.云南省环境天然放射性水平调查研究》，昆明：云南科技出版社，1992.11 （5）李德平,潘自强.《辐射防护手册》（第一分册）,北京:原子能出版社,1990. （6）李德平,潘自强.《辐射防护手册》（第三分册）,北京:原子能出版社, 1990. （7）曲靖亿纬锂能有限公司提供的相关设备参数、规章制度、设计资料及图纸等。 （8）《23GWh圆柱磷酸铁储能动力电池项目环境影响报告表》及其批复。 （9）曲靖亿纬公司辐射监测报告、个人剂量监测报告及其年度评估报告。 （10）23GWh圆柱磷酸铁锂储能动力电池项目变更环境影响分析报告。

表7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目为新增 1 台工业 CT 设备（属于 II 类射线装置）项目。

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）中环境影响报告表相关要求，即“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（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”，结合本项目特点，本项目的评价范围为工业 CT 设备（自带铅房屏蔽）屏蔽体外 50m 的范围。本项目评价范围见附图 5、附图 6。

7.2 保护目标

本项目环境保护目标为评价范围内的辐射工作人员和公众人员。工业CT的环境保护目标见表7-1。

表7-1 环境保护目标一览表

保护名单		人数（人）	位置	距离屏蔽体边界最近距离（m）	
				水平	垂直
职业	工业CT控制室	3	西	2.5	0
公众	楼梯间、真空泵房、员工换鞋区、物流通道	5	西侧	5	0
	生产二区走廊、更衣室、一次注液、一次注液后组盘	5	南侧	6	0
	二次注液、ocv(常温低露点）	10	东南侧	9	0
	楼梯间、弱电间、注液托盘清洗房、电解液缓存间、值班室	10	东侧	7	0
	厂区车道、动力站	7	北侧	19	0
	楼上管道空间及包装车间	流动人员	正上方	0	8

7.3 评价标准

7.3.1 环境质量标准

⑴ 地表水

本项目最近的地表水体为前进水库，其下游为马龙河；项目主体废水经园区污水处理站后排入白石江。根据《云南省地表水功能区划（2014 年修订）》，前进水库属于马龙河马龙开发利用区，白石江为开发利用区，2030 年水质考核目标均为III类，区域水体执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III 类标准。

⑵ 环境空气

根据《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中环境空气功能区分类（二类区为

居住区、商业交通居民混合区、文化区、工业区和农村地区）。本项目执行二级标准。

⑶ 声环境

根据《声环境质量标准》（GB3096-2008）中声环境功能区分类（3 类声环境功能区:指以工业生产、仓储物流为主要功能，需要防止工业噪声对周围环境产生严重影响的区域）。本项目执行3类标准。

7.3.2污染物排放标准

⑴ 废水：

本项目生活污水排入化粪池处理后，再排入生活污水处理站处，优先回用于绿化、生产车间地面清洁、拆解工段清洗及尾气碱洗，排入市政污水管网，最终进入曲靖经济技术开发区光伏产业配套污水处理厂处理。根据《23GWh 圆柱磷酸铁锂储能动力电池项目变更环境影响分析报告》（此报告变更结论不属于重大变动），项目出厂废水执行《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015）B等级标准。

本项目可做到生活与生产废水完全隔绝，且单独设置了生活污水排放口，有效避免了二者混排，可按一般生活污水管理执行。

⑵ 废气：

施工扬尘无组织排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中标准限值；运营期主要产生的臭氧、氮氧化物执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表2中无组织排放监控浓度限值浓度。

⑶ 噪声：

施工期噪声排放执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），即昼间≤70dB（A），夜间≤55dB（A）；运营期噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的2类标准，即昼间≤60dB（A）、夜间≤50dB（A）。

⑷ 固体废物：

本项目运行期间产生生活垃圾，按照《生活垃圾处理技术指南》遵循无害化、减量化、资源化的原则，在厂区内设置垃圾收集点，实行生活垃圾袋装收集和分类收集。

7.3.3 剂量管理限值

⑴ 剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），第4.3.2.1条：任何工作人员的职业照射不超过由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量20mSv；第B1.2条：实践使公众中相关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过年有效剂量1mSv。

⑵ 管理限值

根据《云南省环保局关于〈在辐射安全许可工作中确定电离辐射安全管理限值请示〉的复函》（云环函〔2006〕727号），单一项目取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的四分之一，即：

职业照射：取年有效剂量20mSv的四分之一即5mSv作为管理限值；

公众照射：取年有效剂量1mSv的四分之一即0.25mSv作为管理限值。

本项目工业CT对工作人员职业照射年剂量限值取5mSv，对公众照射年剂量限值统一取0.25mSv。

7.3.4 关注点剂量率参考控制水平

⑴ GBZ/T 250-2014《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）（3.1 探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平）

3.1.1探伤室墙和入口门外周围剂量当量率(以下简称剂量率)和每周周围剂量当量(以下简称周剂量)应满足下列要求:

a)周剂量参考控制水平(H_c)和导出剂量率参考控制水平（$H_{c,d}$）：

1）人员在关注点的周剂量参考控制水平H_c如下:

职业工作人员：H_c≤100μSv/周；

公众：H_c＜5μSv/周。

b)关注点最高剂量率参考控制水平$H_{c,max}$:

$H_{c,max}$=2.5μSv/h

c)关注点剂量率参考控制水平H_c:

H_c为上述a)中的$H_{c,d}$和b)中的$H_{c,max}$二者的较小值。

3.1.2 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求:

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,距探伤室顶外表面30cm处和(或)在该立体角区域内的

高层建筑物中人员驻留处,辐射屏蔽的剂量参考控制水平同3.1.1。

b)除3.1.2 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3.1.1 c)的剂量率参考控制水平H_c(μSv/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100μSv/h。

（2）GBZ 117-2022《工业探伤放射防护标准》

《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）（6.1 探伤室放射防护要求）

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

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

b) 屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5μSv/h。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；

b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面30cm处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取100μSv/h。

综上，本项目屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5μSv/h。

表8 环境质量和辐射现状

8.1 环境质量现状

8.1.1 环境空气现状

亿纬公司厂区位于云南省曲靖经济技术开发区南海子片区。项目所在区域属环境功能二类区，执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单二级标准。

根据《曲靖市2024年环境质量公报》曲靖市中心城区环境空气主要污染物浓度达标情况：2024年,二氧化硫(SO_2)的平均浓度为7μg/m³；二氧化氮(NO_2）的平均浓度为13μg/m³；可吸入颗粒物(PM_{10})的平均浓度为32μg/m³；细颗粒物($PM_{2.5}$)的平均浓度为19μg/m³:一氧化碳(CO)的24小时平均浓度第95百分位数为0.8mg/m³;臭氧(O_3)日最大8小时平均浓度第90百分位数为138μg/m³。各项污染物浓度均在国家标准限值以下，年评价达标。

根据经开区提供的空气质量日报(2024年)，经开区2024年环境空气中SO_2、NO_2、PM_{10}、$PM_{2.5}$年均浓度，CO 24小时平均第95百分位数浓度1.2mg/m³及O_3日最大8小时平均第90百分位数浓度为138μg/m³，均小于《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准。

综上，本项目所在区域环境空气质量为达标区。

8.1.2 地表水环境质量现状

项目最近的地表水体为前进水库，其下游为马龙河；项目主体废水经园区污水处理站后排入白石江。根据《云南省地表水功能区划（2014年修订）》，前进水库属于马龙河马龙开发利用区，白石江为开发利用区，2030年水质考核目标均为III类，区域水体执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准。2024年水质数据见表8-2。

表8-2 2024年度水质一览表

断面名称	所在河流	水功能类别（类）	本期水质类别（类）	水质状况	上年同期（类）
马过河河边桥	牛栏江马龙河	III	II	优	III
下中屯	白石江	III	IV	-	IV

	长征路桥	白石江	III	IV	-	IV

根据《曲靖市环境质量年报（2024年）》，马过河河边桥国控断面水质能达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准，白石江下中屯市控断面、长征路桥市控断面能达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV类标准。环评分析，本项目污废水仅为新增3名职业人员的生活污水，经南海子污水处理站处理后外排白石江，新增外排水量很小，对白石江水环境影响有限。

8.1.3 声环境质量现状

曲靖市2024年区域噪声监测网格961个、昼间平均等效声级为50.9分贝。噪声强度等级为二级。评价为“较好”～昼间平均等效声级由高到低排序依次为：沾益区、会泽县、马灰区、罗平县、陆良县师宗县、中心城区、富源县、官威市。2024年中心区域声环境昏间监测结果评价见表8-3。声环境昼夜达标率见8-4

表8-3 曲靖市中心城区2024年区域噪声昼间监测结果评价

城市	测点（个）	监测面积（km^2）	网络（m×m）	Leq (dB(A))	质量等级	评价结果
中心城区	104	104	1000	49.7	一级	好

表8-4 2024年中心城区功能区声环境昼间、夜间达标率

监测点位	项目	1类区		2类区		3类区		4a类区		4b类区	
		昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
中心城区	达标点次	8	8	12	12	4	4	4	4	-	-
	监测点次	8	8	12	12	4	4	4	4	-	-
	达标率(%)	100	100	100	100	100	100	100	100	-	-

本项目建设区域属于曲靖市主城区范围内，项目所在区域声环境质量良好。

8.2 本项目范围辐射环境质量现状

8.2.1监测方案

本次环评在进行现场调查期间，评价人员首先根据亿纬公司人员介绍，了解本项目射线装置拟建地及周边环境状况，编制了本项目监测方案。

本项目为新建项目，机房尚未进行装修防护，设备尚未安装，因此，本次监

测为辐射环境本底监测。

监测对象：本项目工业CT拟建地及周边辐射环境现状监测。

监测因子：本次监测的监测因子为X-γ辐射空气吸收剂量率。

8.2.2监测质量保证措施

⑴本项目监测单位为云南晟蔚环保科技有限公司，已取得了云南省质量技术监督局CMA认证，证书编号：232512050062，资质证书见附件9 。

⑵根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）制定监测方案及实施细则；

⑶严格按照监测单位的《质量体系文件》《作业指导书》开展现场工作；

⑷监测人员经考核并持有合格证书上岗；

⑸监测仪器每年经计量部门检定出具仪器检定证书后使用，保证在现场测量时仪器在有效期内；

⑹监测时获取足够的数据量，以保证监测结果的统计学精度；

⑺建立完整的文件资料。监测方案、监测布点图、监测原始数据、仪器检定证书等全部保留，以备复查。

⑻监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。

8.3环境质量现状监测与评价

云南晟蔚环保科技有限公司于2025年8月7日对亿纬公司工业CT拟建地及周围各环境保护目标进行了辐射环境现状监测（监测报告见附件11）。监测仪器基本情况见表8-5，监测点位图见图8-1~8-2，监测结果见表8-6。

表 8-5 监测仪器基本情况

监测仪器	X-γ辐射测量仪/BG9550PG53		
检测仪器检定单位	上海市计量测试技术研究院	检定证书编号	2025H21-20-5933349001
仪器量程	10nGy/h~200 μGy/h	检定有效期	2025年6月11日～2026年6月10日
检定证书：见附件10			

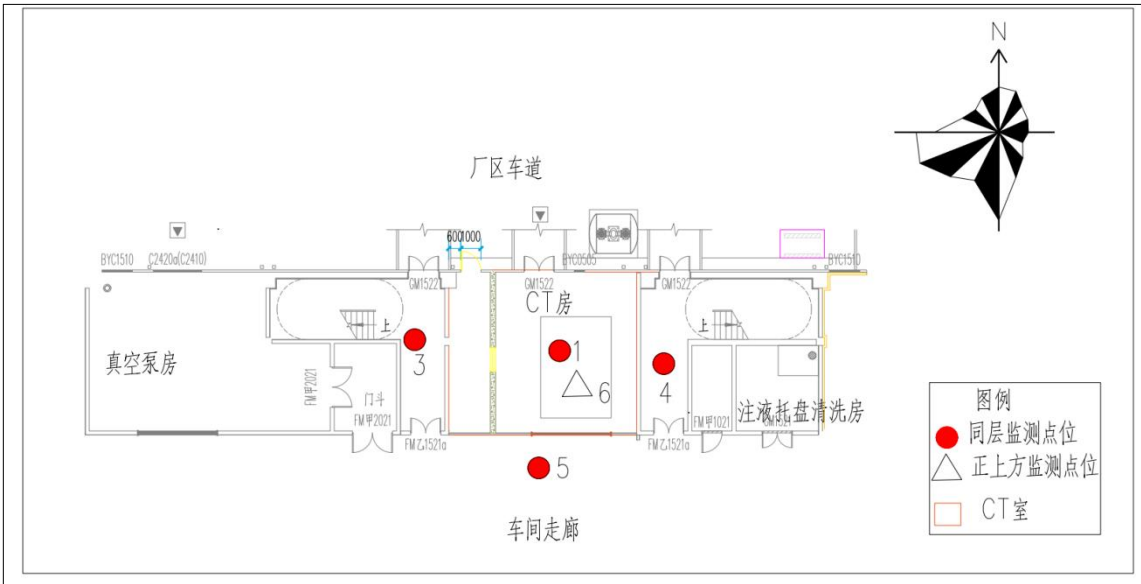


图 8-1 工业 CT 室监测点位图（室内）

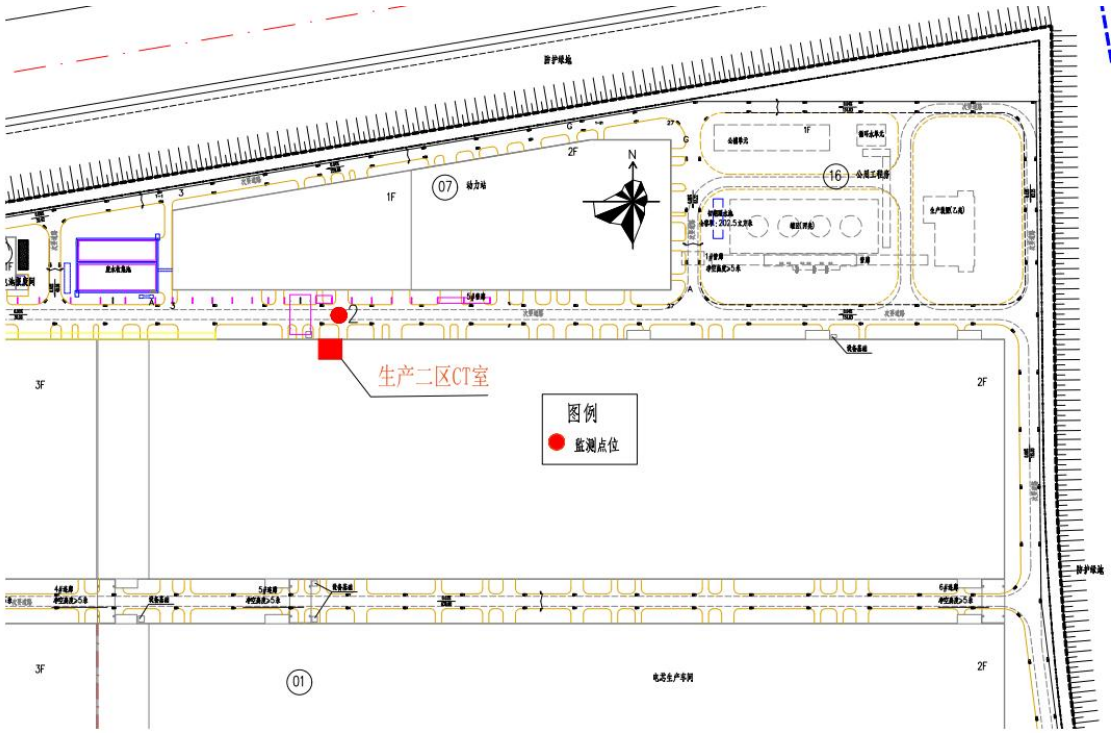


图 8-2 工业 CT 室监测点位图（室外）

表 8-6 工业 CT 室及周边辐射环境现状监测结果

点位号	监测点位描述	环境X-γ剂量率（单位：μGy/h）
1	拟建工业CT室	0.079
2	北侧厂区车道	0.086
3	西侧安全通道	0.104
4	东侧安全通道	0.105
5	南侧生产二区通道	0.080

6	正上方管道空间	0.069
备注	1.本次监测结果未扣除宇宙射线响应值。	
	2.宇宙射线响应值： ①宇宙射线响应值监测地点：40.7nGy/h（N：24.93895°，E：102.66441°，海拔1864.780m）； ②项目拟建地宇宙射线响应值：44.6nGy/h（N：25.47480328°，E：103.65950140°，海拔2071m）。	

由表 8-6，本项目（工业 CT 室）所在区（生产二区一楼）环境γ辐射剂量率测值在（69~105）nGy/h 之间，项目区室外环境γ辐射剂量率测值为 86nGy/h。对照《云南省环境天然放射性水平调查研究》（表 4-36），曲靖地区环境天然贯穿辐射水平，室内在 73.9～150.3nGy/h 之间，室外在 55～212.2nGy/h 之间，趋于曲靖地区辐射环境背景水平。

表9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1工作原理

（1）设备组成

本项目工业CT主要由三部分组成：1、带铅板防护的扫描室（铅钢结构的防护外壳，内部为运动定位系统及射线源、成像系统）。2、电气控制柜。3、操作软件及数据处理工作站。CT组成图见9-1。

工业CT系统有：辐射防护外壳、X射线管上的防护罩、上料门、X射线辐射指示板、控制元件、主开关、X光室的摄像视图、控制柜、X射线管冷却装置、内部检测系统（定位系统、X射线管、X射线探测器）等。CT系统组成见图9-2，屏蔽体外控制面板见图9-3，内部机构图见9-4，内部X射线管及探测器示意图见9-5、9-6。

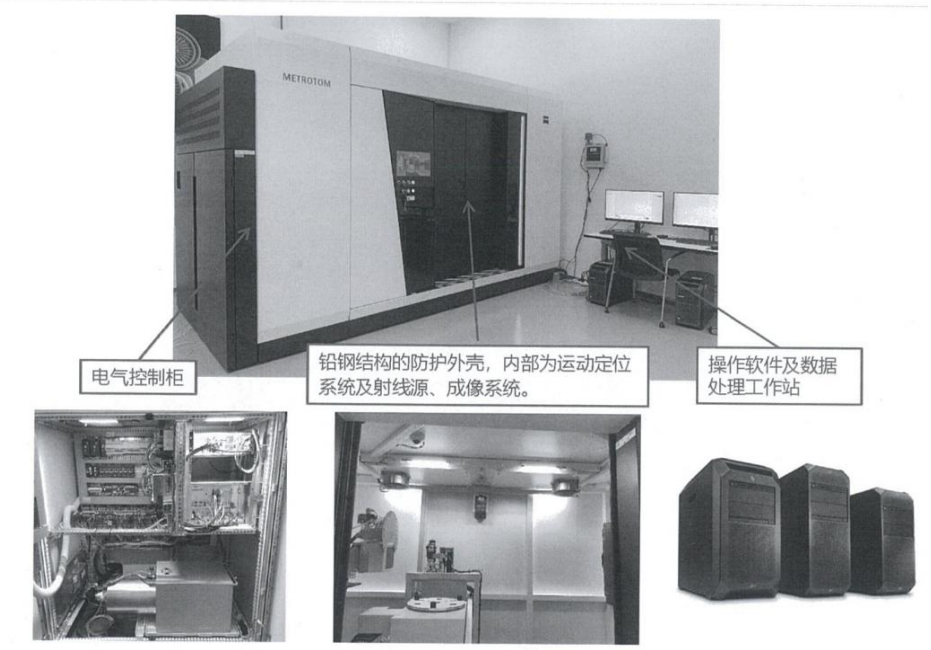
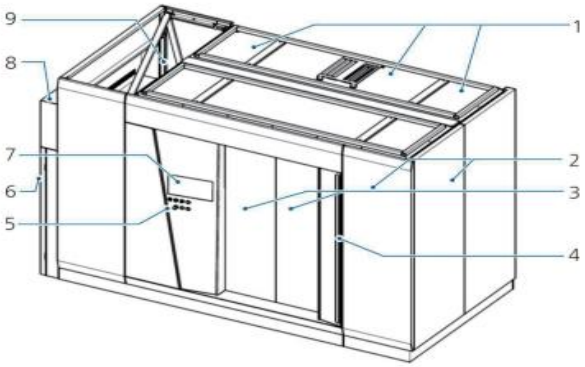


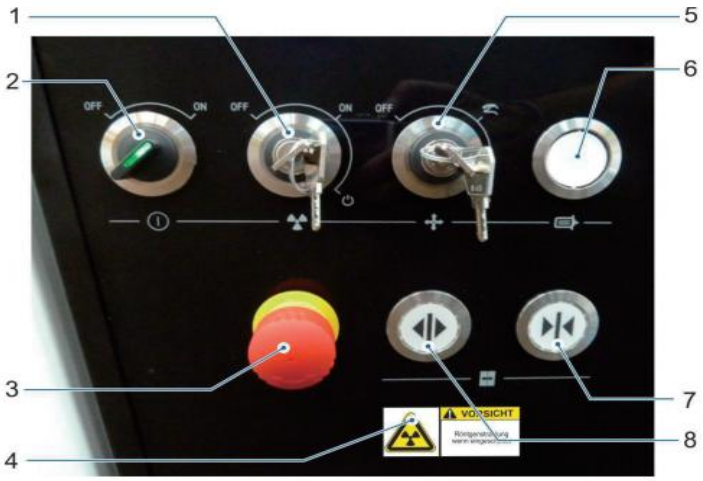
图9-1 工业CT组成图



CT系统

1 辐射防护外壳
2 CT系统上的防护罩
3 上料门
4 X射线辐射指示板（橙色警示灯）
5 控制元件
6 主开关
7 X光室的摄像视图
8 控制柜
9 X射线管冷却装置

图9-2 工业CT系统组成图



控制元件

1 X射线辐射的钥匙开关
2 用于控制系统的指示灯旋转开关
3 急停按钮；按压旋转开关
4 X射线辐射警告标签
5 运行方式选择的钥匙开关
6 驱动装置按钮
7 上料门关闭按钮
8 上料门打开按钮

图9-3 工业CT屏蔽体外控制面板图

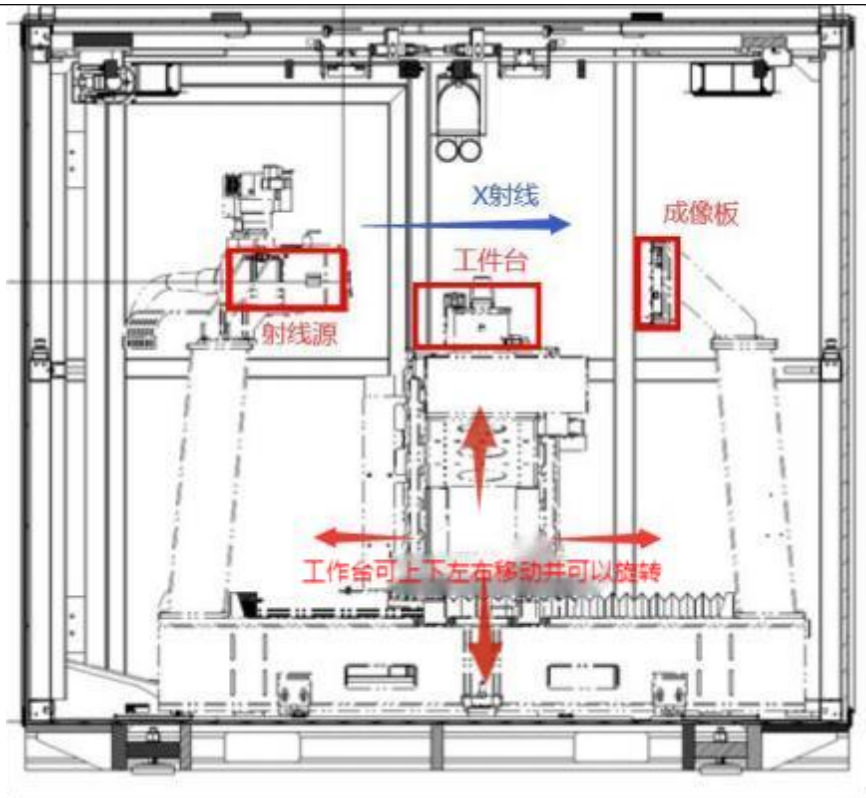
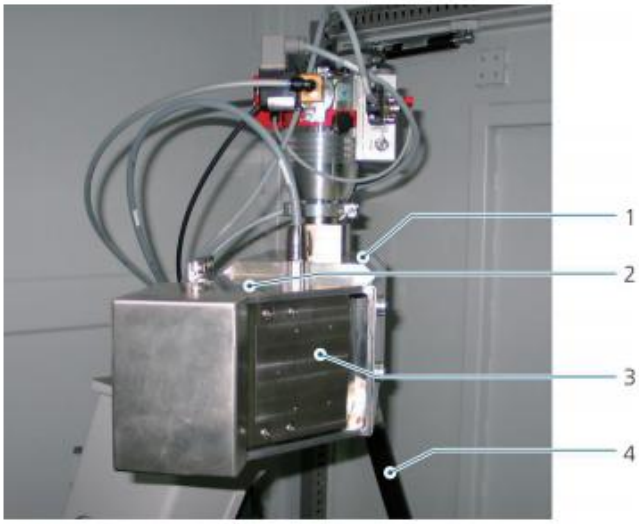


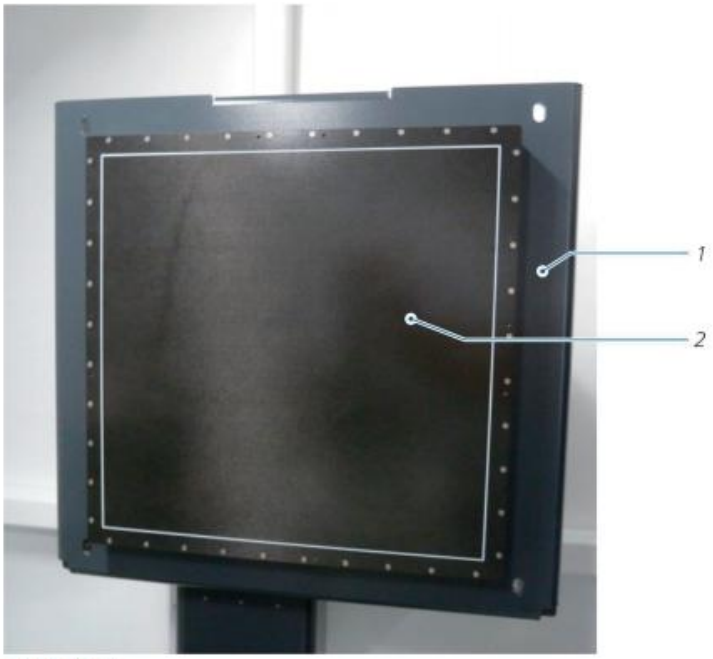
图9-4 工业CT内部机构示意图



X射线管

1 电子源
2 管头
3 准直器隔板
4 高压线缆

图9-5 工业CT内部X射线管示意图



X射线探测器

1 探测器架
2 探测器表面

图9-6 工业CT内部X射线探测器示意图

（2）工作原理

工业CT的工作原理是射线管通电时通过高压发生器、X光管产生电子束，电子束撞击靶，产生X射线。利用不同物质和不同的物体结构对X射线衰减系数的不相同，使用精确准直的X射线从各种不同的角度扫描工件，利用探测器记录透射光束的衰减量，并经过数学运算，电子计算机处理相应数据，从而产生一个以检查层的相对衰减系数为依据的工件横断面的影像，来判断工件内部结构情况。

9.1.2工艺流程及产污环节

工业CT工艺流程及产污环节详见图9-7。

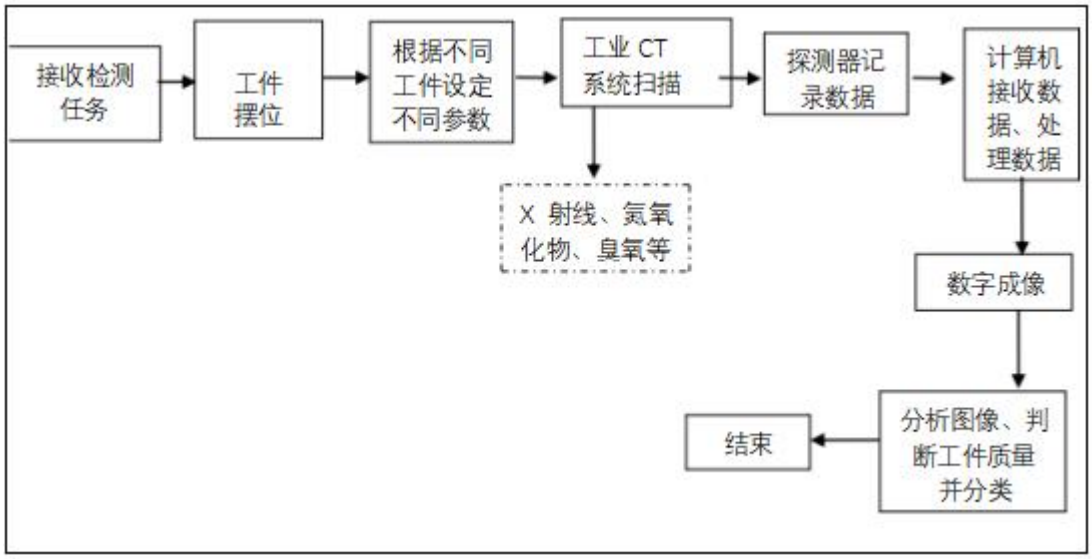


图9-7 工业CT工艺流程及产污环节示意图

具体过程为：

（1）工作人员做开机前和检测前的准备，检查项主要包括：工业CT外观是否完好、电缆线是否完好、警示灯是否正常、安全联锁是否正常等，确保辐射安全措施能正常运行；

（2）辐射工作人员打开工件上料门（电动门为图9-2中“3”所示，开门按钮为图9-3中“8”所示），工作人员手部拿起待检工件，将工件放入到工业CT内部的载物平台上，关闭工件上料门（电动门为图9-2中“3”所示，关门按钮为图9-3中“7”所示），整个工件送检过程中，工作人员不进入工业CT设备内部区域，在工件上料门送取待检工件；工件摆放完毕关上上料门后，工作人员返回操作室（不在设备室停留）。

（3）待检工件摆放完成后，通过操作控制软件，设置检测工艺的相关参数和扫描参数；

（4）启动机械扫描系统，通过数据传输控制单元将数据信号收集处理后，通过网络传送到计算机硬盘中保存；

（5）计算机接收到数据后自动生成图像文件，需要时可保存原始扫描数据文件；

（6）最后对图像文件进行分析，并出具相关报告。

（7）完成所有检测任务，取出检测完后的工件，设备关机，取走控制台钥匙，关好设备所在CT室的门（带门禁）。

综上，本项目工业CT在照射过程中，X线球管连续地发射X射线，一旦切断电源，

便不会再有X射线产生。因此，本项目运行过程中污染物为X射线及微量的臭氧和氮氧化物。

9.1.3工作人员及工件路径

本项目新增工业CT设备位于设备室内。辐射工作人员手动将检测工件放置在可旋转载物台上（距离门口约0.7m），关闭上料门后，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9-8。

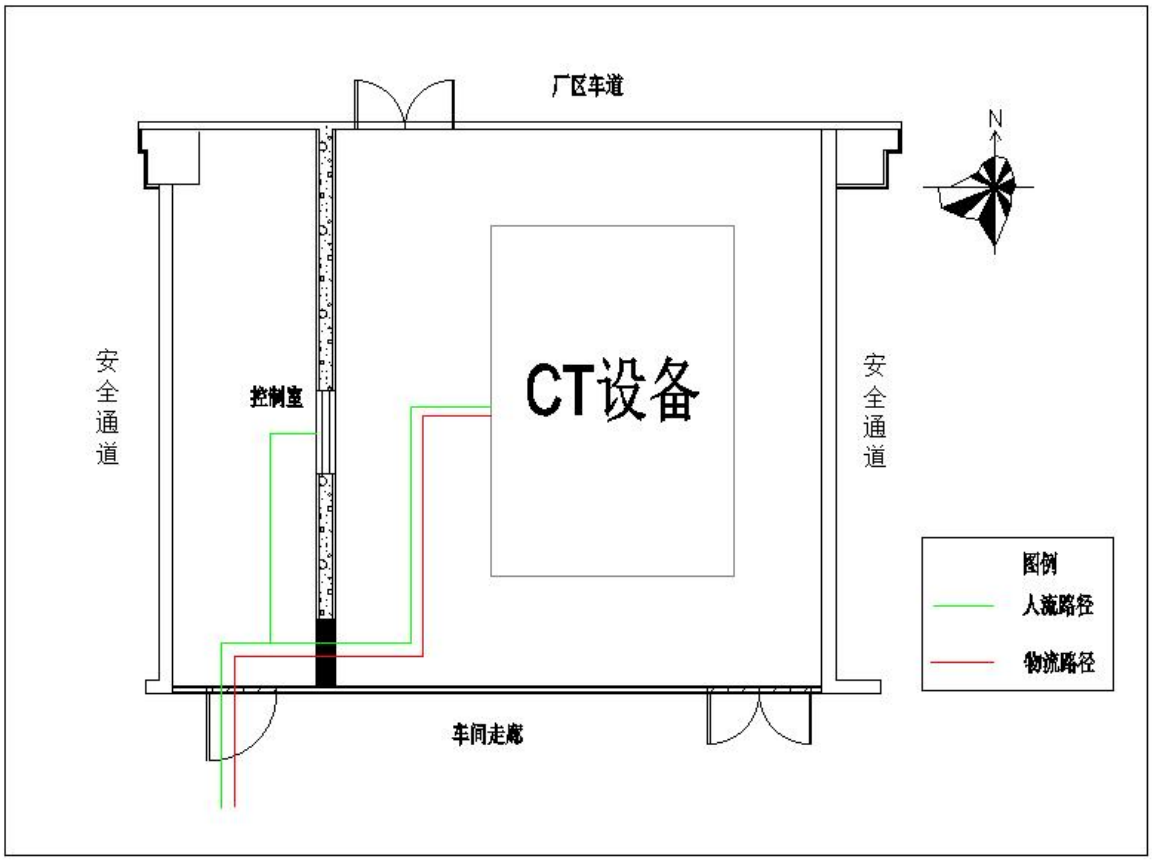


图9-8 工业CT工艺流程及产污环节示意图

（1）物流路径合理性分析

工件由工作人员人工拖车运输放置工业CT室，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（距离门口约0.7m），关闭上料门后，由电脑设置参数，载物台带动工件移动调整参数，可以有效避免无关人员直接进入曝光室，进行误操作、受到误照射的风险。（本项目北侧门和南侧的双开门为应急门，无特殊情况不能开启。）

（2）人流路径合理性分析

本项目辐射工作人员在无损检测时，停留在控制室内；需要检测时，进入设备室

手动将被检测工件放至设备载物台上，人不进入设备（自带铅房屏蔽）内，无关人员不进入CT室。

9.1.4工作人员配置和工作负荷

根据亿纬公司提供数据，检测单个工件的电芯工件约2min，每天预计200个工件，每周X射线累积出束检测时间约46.7h，平均每年工作340天，则年最大出束时间为2266.7h。

本项目拟配置3名辐射工作人员，人员采用两班倒的工作制度。

9.2污染源项描述

9.2.1建设阶段的污染源项

本项目工业CT由厂家一体化设计并制造，亿纬公司无需进行辐射屏蔽防护的建设。

CT室简单改造装修为普通建筑材料建设，CT室东、西侧墙体为200mm蒸压砌块砖，南侧为彩钢岩棉夹芯板外墙，北侧为硅酸盐板墙，北侧门为成品钢质门，南侧为乙级防火门，不做辐射防护设计。

本项目CT室将进行简单的改造装修，改造为一间控制室和一间CT设备室。

本项目在建设阶段不产生放射性废气、放射性废水及放射性固体废物，产生的环境影响主要是装修时，施工产生的噪声、固体废物等环境影响。本项目工程量较小，没有大型机械设备进入施工场地，施工人员较少，施工期短，合理安排施工时间。

（1）废气

本项目涉及区域的原材料堆放、建筑材料运输及施工过程中产生的少量扬尘。

（2）废水

施工期废水主要是施工人员的生活污水。

（3）噪声

施工期噪声主要来自CT室改造和设备安装阶段，施工期噪声源主要为载重车、电焊机、电锯等各种建筑施工机械运转时的噪声以及建筑材料运输过程中的交通噪声，另外还有设备安装过程产生的一些突发性、冲击性、不连续性的敲打撞击噪声。

（4）固体废物

项目施工期固体废物主要为CT室改造及装修过程中建筑垃圾，及设备安装产生的废包装材料以及施工人员生活垃圾。

9.2.2运行阶段污染源项

（1）设备参数

根据亿纬公司提供数据，本项目工业CT的最大管电压为225kV，最大管电流为3mA，在X射线管1m处的最大输出量值为3.67*1000*60=220200μSv•m^2/（mA•h）（见附件12设备说明书）。

（2）正常工况

①X射线

由工业CT机的工作原理可知，X射线随设备的开、关而产生和消失。本项目使用的工业CT机只有在开机并处于出束状态（曝光状态）时，才会发出X射线，对周围环境产生辐射影响。因此，在开机曝光期间，X射线是本项目的主要污染因子。

②臭氧和氮氧化物

本项目工业CT机在工作时，会产生微量的臭氧和氮氧化物。

③固体废物

本项目采用数字成像技术，不产生废胶片。运行期间，辐射工作人员会产生少量的生活垃圾。本项目辐射工作人员3人，每人每日产生生活垃圾按0.5kg计，则产生生活垃圾量为1.5kg/d，该部分生活垃圾量包含在《23GWh圆柱磷酸铁储能动力电池项目环境影响报告表》中核算和评价。亿纬公司应按照当地管理部门要求，进行统一收集后交由当地环卫部门统一处理。

④废水

本项目工业CT运行期间不产生废水，运行期间的废水主要为辐射工作人员的生活污水。本项目辐射工作人员生活污水产生量已在《23GWh圆柱磷酸铁储能动力电池项目环境影响报告表》中核算和评价，本项目不再对该部分生活污水再另外核算。

⑤噪声

本项目建成投运后噪声源主要为工业CT的排风扇，会产生少量的噪音。

（3）非正常工况

①门机联锁装置失效，上料门未关闭，设备周围的活动人员受到误照射。

②设备室内人员在设备未断电的情况下在设备室内滞留，射线装置因误操作或其他原因开机开束，导致设备室内人员受到误照射。

本项目工业CT事故状态下污染源项同正常工况，亿纬公司已制定了辐射风险的预防措施，具体见表11-17。

表10 辐射安全与防护

10.1 辐射工作场所布局与分区

（1）工作场所布局

本项目工业CT所在CT室东侧为安全通道（楼梯间）、注液托盘清洗房、强电间等区域，北侧为厂区道路及动力站区域，西侧为楼梯间、真空泵房、员工换鞋区及物流通道等区域，南侧为一次注液组盘区等区域，楼上为管道空间，无地下室，工业CT所在CT室与车间其他区域相对较为独立，通过工业CT设备（自带铅房屏蔽），对外环境人员造成影响较小，该项目的辐射工作场所布局是合理可行的。

（2）工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射安全基本标准》（GB18871-2002）（6.4辐射工作场所的分区），应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：把需要或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。

监督区：未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

根据控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护和环境情况特点进行辐射防护分区划分。本项目两区划分说明见表10-1，项目区两区划分示意图见图10-1。

表10-1 本项目辐射工作场所两区划分

辐射工作场所	控制区	监督区
工业CT室	设备自带铅房内	操作间及设备室除控制区以外区域

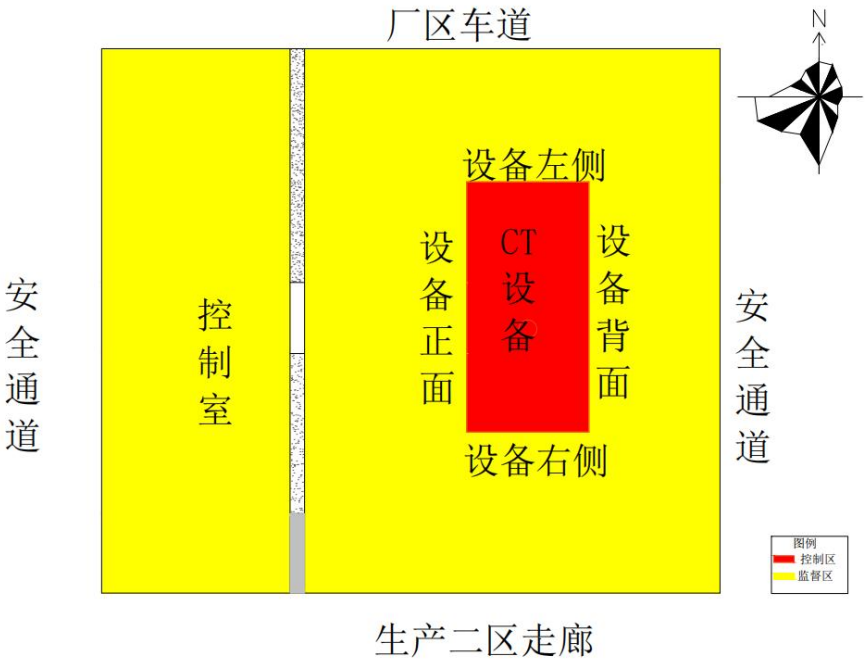


图 10-1 本项目工业 CT 辐射工作场所分区示意图

（3）分区管理要求

控制区管理要求：

（1）以工业 CT 屏蔽体为边界划定控制区；

（2）在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 F 的警告标志；

（3）制定职业防护与安全措施，包括适用于控制区的规则和程序；

（4）运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏蔽（包括门锁和连锁装置）限制进出控制区；限制的严格程度应与预计的照射水平和可能性相适应；

（5）按需要在 CT 室（监督区）的入口处（仅在规定的人员路径入口处，应急门仅在特殊情况是出入不做考虑）提供监测设备和个人衣物储存柜；定期审查控制区的实际状况，以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全措施。

监督区管理要求：

（1）采用适当的手段划出监督区的边界；

（2）在监督区入口处的适当地点设立标明监督区的标牌；

（3）定期审查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，

或是否需要更改监督区的边界。

（4）控制区防护手段与安全措施

①控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志，见下图 10-2。

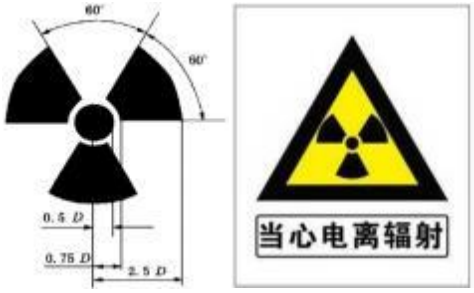


图 10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志

②制定职业防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；

③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障限制进出控制区；

④定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施。

（5）监督区防护手段与安全措施

①在监督区入口处的合适位置张贴电离辐射警告标志；本项目在监督区（设备铅房四周 0.3m 处、操作台区域）地面张贴黄色“非职业人员禁入”字样。

②人员离开时，设备铅房控制面板上的 X 射线钥匙开关上锁，钥匙由专人保管，防止其他人员误操作。

③定期检查该区域的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

10.2 布局合理性分析

根据 GBZ 117-2022《工业探伤放射防护标准》（6 固定式探伤的放射防护要求）：

6.1.1 设备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设备室分开。

本项目工业 CT 室在生产二区一楼北侧，无地下层，二楼为包装车间。CT 室毗邻关系见表 10-2。

表 10-2 CT 室毗邻关系

辐射场所	东侧	南侧	西侧	北侧

工业 CT 室	安全通道（楼梯间）	生产车间走廊	安全通道（楼梯间）	厂区车道

本项目 CT 室北侧为厂区车道（主束方向），东西侧均为安全通道楼梯间，南侧为生产二区车间走廊。

本项目工业 CT 所在 CT 室与其四周厂房内其他区域相对较为独立，在屏蔽体的屏蔽防护有效的条件下，不会对外环境人员造成影响，从利于安全生产和辐射防护的角度而言，该项目的辐射工作场所布局和分区是合理可行的。

综上，通过对表10-1（辐射工作两区划分说明），图10-1（项目区两区划分示意图）、表10-2（CT室毗邻关系）、附图2（厂区平面布局示意图）、附图4（生产二区一楼平面布局示意图）的对照分析，工业CT室辐射工作场所布局合理、分区合理。

10.3 屏蔽设计与防护

根据亿纬公司提供的资料，本项目工业 CT 室占地面积 72m^2（东西长 9m、南北宽 8m），高 8m（装修前净高，CT 室装修后的室内净高为 3.6m）。亿纬公司提供的图纸，厂区位置及平面布局见附图 3，生产二区工业 CT 平面布局图见附图 4，生产二区主体屏蔽防护设计方案见表 1-2。

10.4 辐射安全与防护措施

（1）CT设备固有的安全防护及应急措施

①安全钥匙锁开关:当安全钥匙锁处于关闭时，设备处于锁闭状态，不能进行任何操作;当安全钥匙锁处于接通时才可进行操作，开启射线，当安全锁处于关闭时所有操作被禁止。

②开机后控制器首先进行系统诊断测试，若诊断测试正常，操作者可以进行曝光或训机操作，在曝光或训机阶段出现任何故障或监测异常,控制器都将立即切断X射线发生器的高压输出，并通过控制器给出明确的提示信息，操作人员根据提示信息对设备进行检查,无法排除故障后需与厂家联系并维修。当工业CT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、冷却器、安全联锁、辐射泄漏等各种参数和状态当发生异常情况时，控制器自动切断X射线发生器的高压输出。

③当检测正常结束后，系统将自动切断高压进入待机阶段，在此阶段系统仍将实时监测X射线发生器、冷却器、安全联锁、辐射泄漏等各种参数和状态，以等

待下-次探伤作业或停机。

④设备带有过电流保护继电器，当管电流超过额定值时，或高压对地放电时，设备会自动切断高压;设备带有过电压保护继电器，当高压超过额定值时，自动切断高压。而且射线仪自带的操作系统和其中的X射线发生器阳极接地,发生线路连接错误时能够对地放电，保护设备和人员。

⑤设备开关由软件控制，管电压与管电流由软件设定，控制器自动稳定管电压和管电流。

⑥本项目工业CT自带门机联锁和紧急止动装置，能有效保护检测人员，降低辐射风险。

（2）设计采取的防护措施

①设备铅房屏蔽体

本项目工业CT设备铅房屏蔽防护设计见表10-3，

表10-3 本项目工业CT设备屏蔽体的设计

序号	防护位置	位置	屏蔽防护设计	
			材料及厚度	规格
1	设备外部屏蔽	前侧屏蔽体	5mm 铅板+3mm 钢板	尺寸（含配电柜）：长（深）3.7m，宽1.81m，高2.44m
2		后侧屏蔽体		
3		顶板屏蔽体		
4		左侧屏蔽体		
5		右侧屏蔽体（主束方向）	12mm 铅板+3mm 钢板	
6		底部屏蔽体	3mm 钢板+5mm 铅板+3mm 钢板	
7		上料门		
8	设备内部	电线电缆口补偿措施	5mm 铅板+3mm 钢板	
9		排风口补偿措施		
10		X射线管周围屏蔽（非出束方向）	5mm 铅板+2mm 钢板	

前侧尺寸图	侧面

图10-3 工业CT设备尺寸图

②防护铅房内采取底部自然进风，顶部风扇式机械排风，在进风和出风口均有铅板防护，气流经导向后才排出，最大程度上避免射线泄露。防护厚度均为5mm铅板+3mm钢板。典型工况下单个风扇排风量为900m³/h，系统配置两台风扇，正常情况系统通风量为1800m³/h，出风口导风结构见图10-4。根据设备尺寸推算内部体积约16.4m³，每小时换气次数可达109次，符合参考标准《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“每小时有效通风换气次数应不小于3次”的要求，采用铅板对风口机械补偿防护，同时设备所在的车间已设置了通风换气系统。

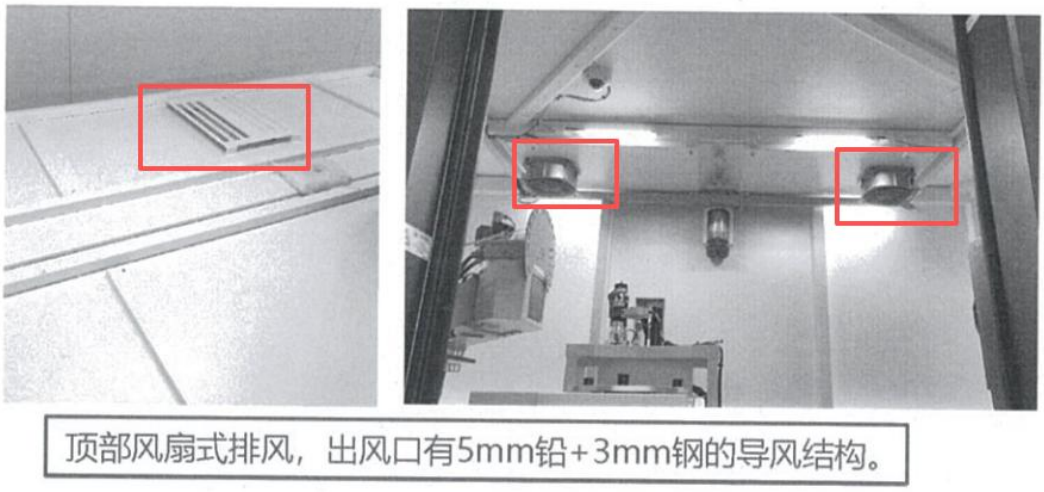


图10-4 出风口导风结构图

③机器线缆穿孔位置位于舱内左后方，线缆四周均覆以防护板，其材质为厚度为5mm铅+3mm钢。线缆屏蔽结构见图10-5。

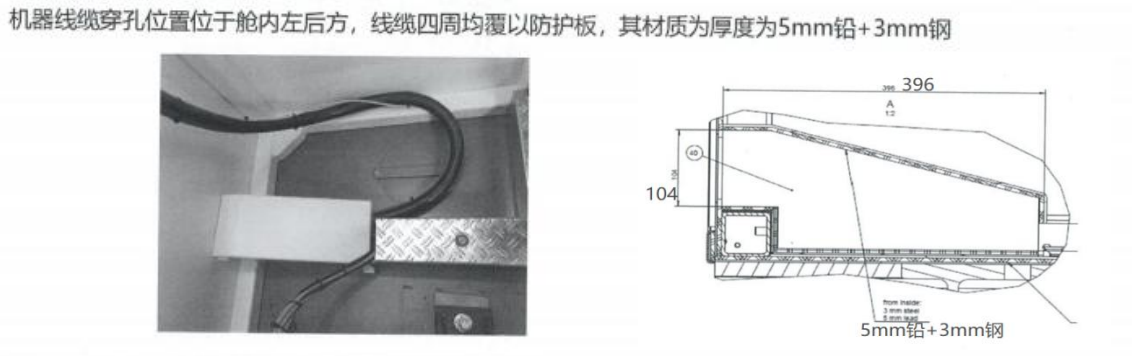


图10-5 线缆屏蔽结构图

(2) 工作场所辐射安全防护措施

为确保辐射工作人员的工作环境和铅屏蔽体外部环境安全，以及避免辐射事故的发生，本项目辐射工作场所拟设置多重安全防护措施，同时根据《工业探伤

放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“1 范围工业CT探伤和非探伤目的的同辐射源范围的无损检测参考使用”，因本项目工业CT为设备厂家批量一体化设计并建造，设备出厂时其电路、电控及屏蔽防护系统、警示灯、急停按钮等均已建设完成，亿纬公司无法增加工业CT设备上的安全防护措施，如设备出束时的声音提示装置等。此外，非维护保养情况下，人员不进入工业CT内部。具体辐射安全措施具体如下：

①控制台：本项目工业CT拟设置控制台，控制台位于CT设备室内，辐射工作人员通过控制台设置管电压、管电流等参数及高压接通或断开状态显示。同时控制台设置了钥匙电源开关，设备钥匙由专人负责保管，只有辐射工作人员在场时，才可拿到钥匙打开设备，人员离开后，取走设备钥匙，保证了设备的安全性。

②外部报警或者指示装置：本项目工业CT开展检测时，工作人员仅需站立在屏蔽体外，通过设备上的工件进出门，将待检测工件放置工业CT内部的载物平台，无需工作人员进入工业CT屏蔽体内部。拟在设备外部配置工作状态指示灯及其说明，工业CT处于预备状态时，操作面板显示灯为绿色；工业CT处于照射状态时，设备表面的“X-Ray ON ”长条型警示灯带会变为橙色，出束期间该警示灯长亮，以警示人员注意安全。

③门-机-灯联锁：工业CT拟设置门-机-灯联锁装置，铅上料门关闭的情况下，经控制台操作后工业CT才能出束，工业CT出束时，橙色警示灯长亮。若上料门被意外打开或橙色警示灯未亮，设备不能出束。

④监视装置：工业CT拟在设备内部设置监视器，可监视设备内部待检工件的运行情况。

⑤警告标志：拟在CT室进出门及工业CT设备表面拟张贴明显的电离辐射警告标志并附中文警示说明。

⑥紧急停机装置：本项目工业CT拟在控制室、CT设备内部及控制台设置紧急停机按钮，以使辐射工作人员在日常检测工件时或维护保养状态下，发生紧急情况时，按下紧急停机按钮，使设备停机，紧急停机按钮旁拟张贴说明标签及使用方法。

⑦监测设备：为每名辐射工作人员拟配备个人剂量计，拟配备1台个人剂量报

警仪和1台X、γ辐射巡检仪，用于日常监测。辐射工作人员当班使用前，拟检查监测设备是否完好，确保其能正常使用。工作人员开展检测时，佩戴个人剂量计仪。

⑧门禁系统：为加强工业CT所在区域的辐射安全管理，单位拟在CT室安装门禁或者门锁系统，仅辐射工作人员可进入该区域。

⑨工业CT设备的退役：亿纬公司在后期的使用过程中，若因出现工业CT设备的停用或退役，应将工业CT设备中的X射线发生器处置至无法使用的状态，或者经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。当设备移走后，亿纬公司应办理辐射安全许可证中的工业CT设备辐射场所注销手续，同时清除该场所的所有电离辐射警告标志和安全告知。

维修门平时均处于锁闭状态，仅有厂家进行维修作业时可开启。

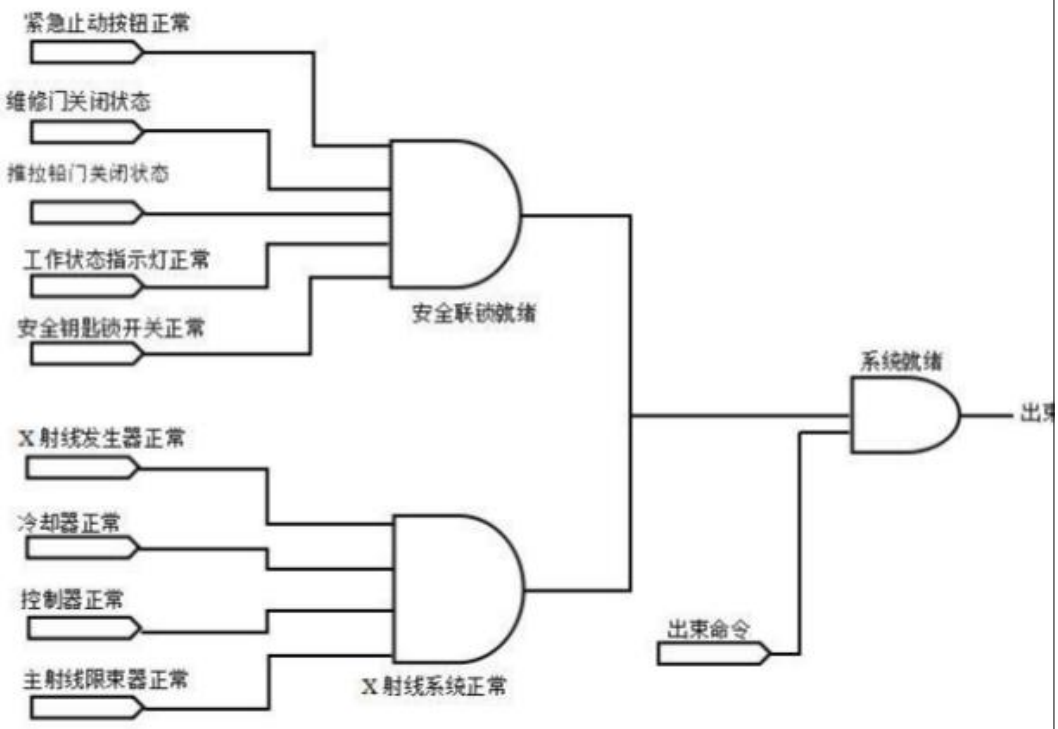


图 10-6 安全联锁逻辑图

⑶ CT 室的防护要求

根据GBZ 117-2022《工业探伤放射防护标准》（6.1探伤室放射防护要求），本项目辐射工作场所放射防护要求对照分析见表10-4。

表10-4 辐射工作场所防护要求对照表

GBZ 117-2022对工作场所的放射防护要求		环评要求
4.5	应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪	亿纬公司应配置1台便携式X-γ剂量

		率仪和1台个人剂量报警仪
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。	本项目工业CT主束向设备右侧（向南）照射，辐射工作人员在设备前侧（向西）控制面板或操作台设置曝光参数
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	亿纬公司应根据GB18871的要求，将本项目工业CT辐射工作场所划分了控制区和监督区管理
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，上料门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与上料门联锁	亿纬公司应设置门-机-灯联锁装置，铅上料门关闭的情况下，经控制台操作后工业CT才能出束，若上料门被意外打开，设备立即停止出束本项目工业CT开展检测时，工作人员仅需站立在屏蔽体外，通过设备上的工件进出门，将待检测工件放置工业CT内部的载物平台，无需工作人员进入工业CT屏蔽体内部
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	亿纬公司应在设备外部配置工作状态指示灯及其说明，工业CT处于预备状态时，操作面板显示灯为绿色，工业CT处于照射状态时，设备表面的“X-Ray ON”长条型警示灯带会变橙色（并张贴警示标的信号意义说明），出束期间指示灯长亮，以警示人员注意安全
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	亿纬公司应在设备内部设置监视器，可监视设备内部待检工件的运行情况
6.1.8	探伤室上料门上应有符合GB 18871要求的电离辐射警告标志和中文警示说明	亿纬公司应在CT控制室进出门及设备表面张贴明显的电离辐射警告标志并附中文警示说明
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	亿纬公司应在CT控制室设置紧急停机按钮（设备已自带3个急停按钮），以使辐射工作人员在日常检测工件时或维护保养状态时发生紧急情况，按下紧急停机按钮就令设备停机，紧急停机按钮旁拟张贴说明标签及使用方法

通过对表10-4（辐射工作场所防护要求对照表）的对比分析，工业CT室辐射工作场所防护设计合理。

10.5“三废”的治理

（1）废气

本项目的工业CT机在工作状态时，会使曝光室内的空气电离产生臭氧(O_3)和氮氧化物(NO_x)，臭氧和氮氧化物可通过风机排出CT室，臭氧常温下可自行分解为氧

气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目CT设备（自带铅房屏蔽）容积约为16.4m^3，排风装置的排风量为1800m^3/h(2台风机，单个为900m^3/h),其排风换气次数约为109次/h,满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中“每小时有效排风换气次数应不小于3次”的要求。

本项目CT室容积为72m^3，中央空调的排风量为1360m^3/h(2台风机，单个为680m^3/h)，其排风换气次数约为18次/h,满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中“每小时有效排风换气次数应不小于3次”的要求。

（2）固体废物

本项目采用数字成像技术，不产生废胶片。运行期间，辐射工作人员会产生生活垃圾，生活垃圾经收集后，统一交由当地环卫部门处理，对周围环境影响较小。

（3）废水

本项目工业CT运行期间采用数字成像，不涉及洗片，在检测过程中无废水产生，运行期间的废水为辐射工作人员日常工作中产生的生活污水，生活污水经隔油池、化粪池处理后优先回用于绿化、生产车间地面清洁及拆解工段尾气碱洗，剩余的排入市政管网。

（4）噪声

本项目CT设备（自带铅房屏蔽）采取底部中间自然进风,顶部风扇式机械排风,选用低噪声设备源强小于70dB(A)，且设备处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，对CT室外界噪声的贡献很小，对周边声环境影响很小。

10.5 环保措施及其投资概算

本项目为新建项目，CT室已在厂区基础建设过程中完成，尚未进行装修和改造。

本项目总投资420万，其中环保投资约25万，环保投资一览表见表10-5。

表10-5 环保投资一览表

项目		环保设施	数量	投资（万元）	备注
CT设备（自带铅房屏蔽）	辐射屏蔽措施	铅房	1 座	/	CT设备自带
	安全装置	门机联锁装置	1 套	/	CT设备自带
		门灯联锁装置	1 套	/	CT设备自带
		准备出束声光提示	1 套	/	CT设备自带
		紧急止动装置（有中文标识）	4 个	2	CT设备自带3个，1个新增（控制室），同时新增4个中文标识

		视频监控	2 套	4	CT设备自带1套 CT室新增1套（操作室（对准操作台））
		电离辐射警告标志	3 个	0.1	CT设备自带2个， CT室人员出入口新增1个
		钥匙控制	1 套	/	CT设备自带
其他	监测仪器及警示装置	固定式场所辐射探测报警装置	1 套	3	CT室新增1套（设备室内入口墙处）
		便携式X-γ辐射监测仪	1 套	2	新增
		个人剂量计	3 个	0.3	新增
		个人剂量报警仪	1 台	0.5	新增 （操作室的操作台上））
	通风	通排风系统	1 套	/	CT设备自带
		铅房排风口处集气罩	2 个	1	新增
		CT室中央空调	2 个	2.1	新增
	辐射管理规章制度并粘贴上墙		1 套	1.5	新增
	设备环评、验收费用		1 次	8	新增
	每年度辐射环境监测		1 次	0.5	新增
	合计			25	

表11 环境影响分析

11.1建设阶段对环境的影响

本项目工业CT由厂家一体化设计并制造，亿纬公司无需进行辐射屏蔽防护建设。

本项目工业CT所在的CT室主体建设与厂区建设已竣工，本项目建设主要是CT室的改造装修，在建设阶段不产生放射性废气、放射性废水及放射性固体废物，产生的环境影响主要是装修时，施工产生的废气、噪声、固体废物等环境影响。本项目工程量较小，没有大型机械设备进入施工场地，施工场地安排有序，施工人员较少，施工期短，合理安排施工秩序，施工时间，并依托厂房建设主体工程的环保措施处理。

（1）废气

本项目涉及区域的原材料堆放、建筑材料运输及施工过程中产生的扬尘。本项目的工程量小，产生的扬尘量很小，且影响局限在施工现场附近区域，对外环境影响较小。

为减小施工期间扬尘对周围环境的影响，施工单位应加强施工现场运输车辆管理，经常进行冲洗。

（2）废水

施工期废水主要包括施工人员的生活污水等。

本项目施工人员生活污水经隔油池、化粪池处理后优先回用于绿化、生产车间地面清洁及拆解工段尾气碱洗，剩余的排入市政管网。

（3）噪声

施工期噪声主要来自设备安装等几个阶段，施工期噪声源主要为载重车、电焊机、电锯等各种建筑施工机械运转时的噪声以及建筑材料运输过程中的交通噪声，另外还有设备安装过程产生的一些突发性、冲击性、不连续性的敲打撞击噪声。施工场地的噪声对周围环境有一定的影响，但随着施工的结束而结束。

为减小施工期间对周围环境的噪声影响，施工单位应做到以下几点：场外运输作业尽量安排在白天进行；尽可能选取噪声低、振动小、能耗小的先进设备；保持设备处于正常工况，减小噪声的排放；加强施工区内动力设备管理。

（4）固体废物

项目施工期固体废物主要为CT室改造过程的轻钢龙骨、石膏粉等建筑垃圾，及设备安装产生的废包装材料以及施工人员生活垃圾。

本项目固体废物尽可能回收利用，不能利用的清运至政府指定的建渣堆放点，对于废包装材料收集后，由废品回收站回收；施工人员生活垃圾集中收集后交由环卫部门统

一清运无害化处置。

⑸ 辐射环境

本项目工业 CT 设备安装调试过程会产生一定量的电离辐射。工业 CT 设备的安装、调试由设备厂家专业人员进行，亿纬公司不得自行安装及调试。

在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，保证各屏蔽体及防护措施到位，在 CT 室外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近，防止辐射事故发生。由于设备的安装和调试均在 CT 室进行，不涉及放射性同位素的使用，经过 CT 设备的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。

综上，本项目建设阶段严格执行建设项目管理行政法规，科学管理、文明施工，施工期产生的废水、气、声、渣及辐射对周围环境的影响较小，可接受。

11.2运行阶段对环境的影响

11.2.1辐射环境影响预测分析

本项目工业CT机投入运行后每周平均开机曝光时间约46.7h，年曝光时间为2266.7h，最大管电压为225kV，最大管电流为3mA，主射线朝CT设备右侧照射，出束角30^0。本项目最大管电压为225kV，最大管电流为3mA，最大功率为500W；当额定功率开机电压225kV时，电流最大为2.222mA；当额定功率开机电压167kV时，电流最大为3mA;由于最大电压和最大电流无法同时达到，且管电压为225kV时产生的X射线的穿透性大于167kV的X射线，高电压下穿过屏蔽体的X射线剂量足以超过2.222mA升高至3mA时产生的X射线剂量，且根据GBZ/T250,计算辐射屏蔽时，电流应取最大管电压时的最大管电流，因此本项目预测计算时电流保守取2.222mA。因工业CT机运行时主束线朝右侧照射，故计算时将右侧按照有用线束照射进行预测计算，将顶面、左侧、前侧、后侧、底部及上料门均按照非有用线束照射进行预测计算。本项目预测计算模式采用《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)中的计算公式。本项目工业CT机计算示意图见图11-1、图11-2，屏蔽参数计算信息见表11-1。

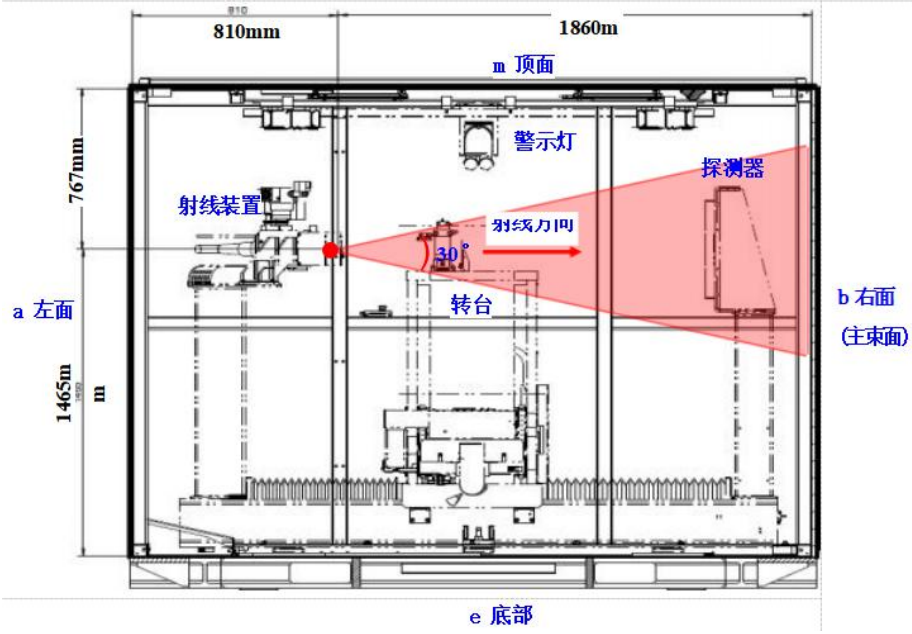


图 11-1 工业CT方位示意图（立面图）

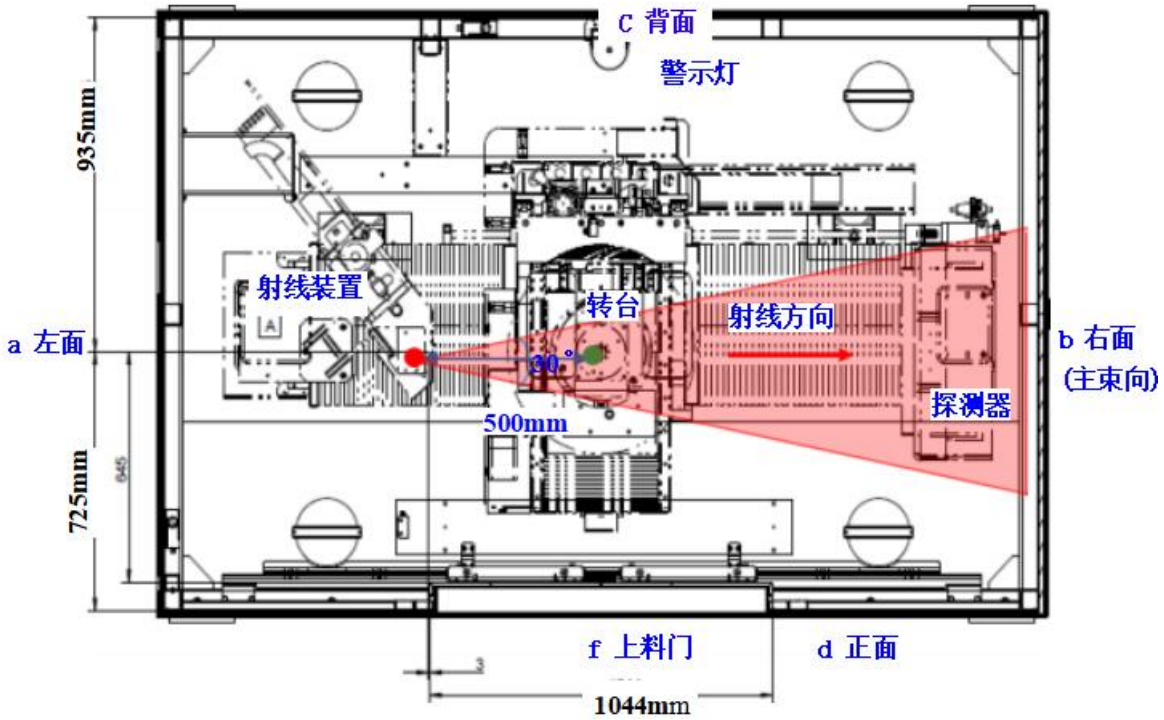


图 11-2 工业CT方位示意图（俯视图）

表11-1 屏蔽参数计算信息

方位（点位）	b右侧	d前侧	a左侧	c后侧	m顶面	e底部	f上料门
源点到设备表面的距离(mm)	1860	725	810	935	767	1465	645
屏蔽材料	12mm 铅板+3mm 钢板	5mm 铅板+3mm 钢板				3mm 钢板+5mm 铅板+3mm 钢板	
折合铅当量(mm)	12.38	5.38				5.76	
居留因子	1	1	1	1	1/16	1/40	1
考虑的辐射类型	有用线束	泄漏辐射+散射辐射					

注：根据《辐射防护导论》（方杰主编）P103页附图3.23查得，各宽束X射线在钢中的近似什值层为17mm；根据GBZ/T 250-2014中表B.2，运用内插法得225kV下铅的什值层为2.15mm；根据钢、铅的什值层厚度关系将钢材换算为对应铅厚度。

11.2.1.1剂量率控制要求

根据GBZ/T 250-2014《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（3.1探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平）3.1.1 探伤室墙和入口门外周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周周围剂量当量（以下简称周剂量）应满足下列要求：

a)周剂量参考控制水平（H_c）和导出剂量率参考控制水平（$H_{c,d}$）：

1）人员在关注点的周剂量参考控制水平H_c如下：

职业工作人员：H_c≤100μSv/周；

公众：H_c≤5μSv/周。

2）相应H_c的导出剂量率参考控制水平$H_{c,d}$（μSv/h）按式11-1计算：

$$\dot{H}_{c,d}=H_c/(t\times U\times T) \quad \text{.....式11-1}$$

式中：

$\dot{H}_{c,d}$—导出剂量率参考控制水平。

H_c—周剂量参考控制水平，单位为微希每周(μSv/周），本项目周剂量控制水平辐射工作人员H_c≤100μSv/周，公众H_c≤5μSv/周；本项目工业CT位于CT室内，门口设置了门禁系统，设备周边30cm处仅辐射工作人员可到达，因此取H_c≤100μSv/周。

t—探伤装置周照射时间，单位为小时每周（h/周）；本项目每周照射的时间为 46.7h。

U—探伤装置向关注点方向照射的使用因子；本项目使用因子取1。

T—人员在相应关注点驻留的居留因子；参考人员在辐射场所周围的实际驻留位置取值；按照最不利的情况分析，设备四周辐射工作人员居留因子取1，由于设备高度为2.44m，日常人员无法到达，保守考虑维护保养时，底部及顶部的居留因子取1/40、1/16。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平$H_{c,max}$：$H_{c,max}$=2.5μSv/h。

c) 关注点剂量率参考控制水平H_c：H_c为上述a)中的$H_{c,d}$和b) 中的$H_{c,max}$二者的较小值。

由此，CT 设备屏蔽体外关注点剂量率参考控制水平，见表 11-2。

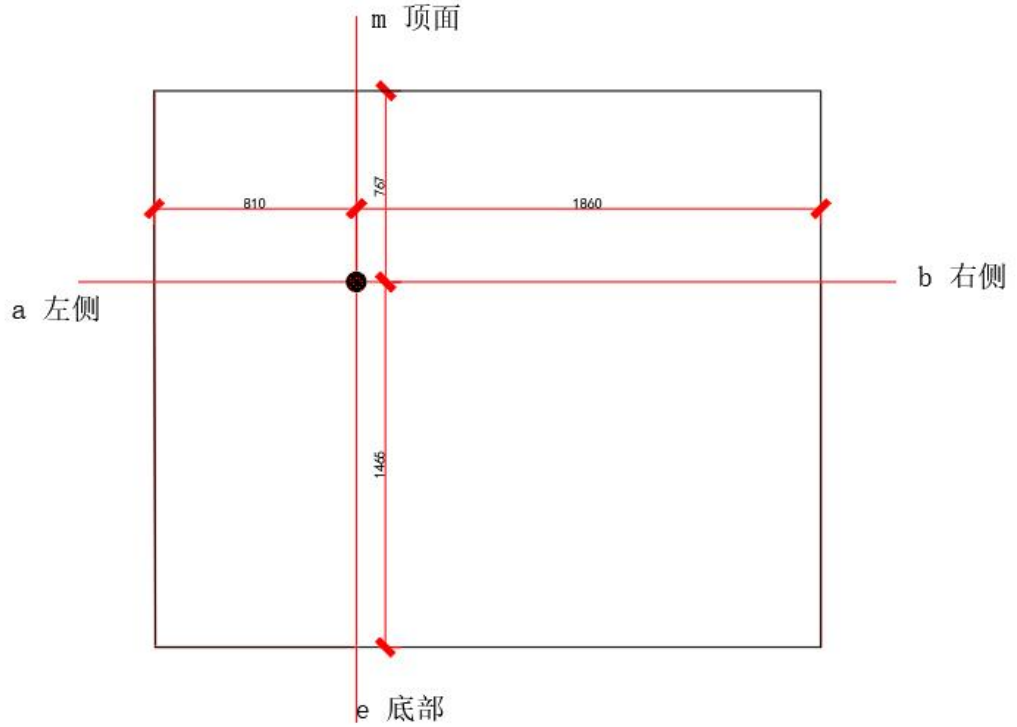


图 11-3 工业CT关注点位置示意图（立面图）

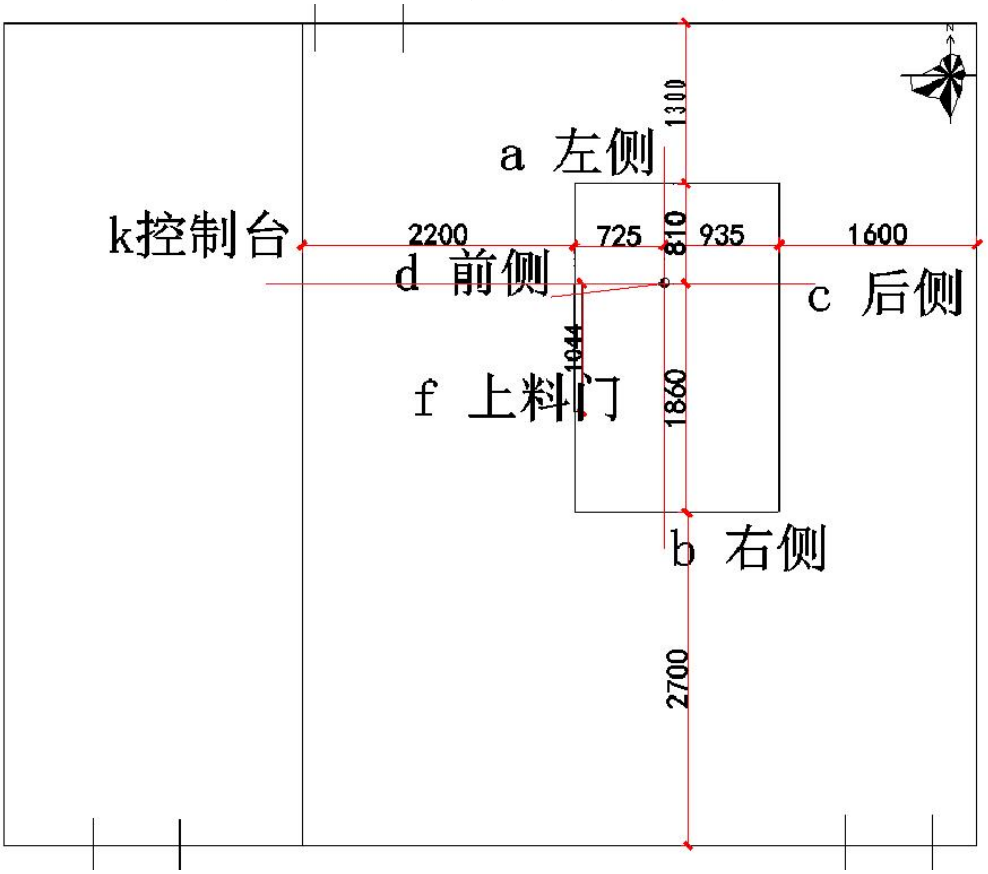


图 11-4 工业CT关注点位置示意图（平面图）

表11-2 辐射源点到关注点的距离

方位（点位）	b右侧	d前侧	a左侧	c后侧	m顶面	e底部	f上料门	k控制台
源点到关注点的距离(mm)	2160	1025	1110	1235	1067	1765	945	3225
屏蔽材料	12mm 铅板+3mm 钢板	5mm 铅板+3mm 钢板				3mm 钢板+5mm 铅板+3mm 钢板		5mm 铅板+3mm 钢板
折合铅当量(mm)	12.38	5.38				5.76		5.38

表11-3 各关注点剂量率控制水

关注点	关注点描述	使用因子	居留因子	周剂量率	时间	导出剂量率	最高剂量率	最终剂量率
		U	T	H_c（μSv/周）	T（h）	$\dot{H}_{c,d}$ (μSv/h)	$H_{c,max}$ (μSv/h)	$\dot{H}_c$ (μSv/h)
d	前侧屏蔽体外30cm 处	1	1	100.00	46.7	2.14	2.50	2.14
b	右侧屏蔽体外30cm 处	1	1	100.00		2.14	2.50	2.14
a	左侧屏蔽体外30cm 处	1	1	100.00		2.14	2.50	2.14
c	后侧屏蔽体外30cm 处	1	1	100.00		2.14	2.50	2.14
m	顶部屏蔽体外30cm 处	1	1/16	100.00		34.26	2.50	2.50
e	底部屏蔽体外30cm 处	1	1/40	100.00		85.65	2.50	2.50
f	上料门屏蔽体外30cm 处	1	1	100.00		2.14	2.50	2.14
k	控制室墙外30cm处	1	1	100.00		2.14	2.50	2.14

11.2.1.2工业CT设备铅房屏蔽

（1）有用线束

根据GBZ/T 250-2014《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（4.1 有用线束）有用线束的屏蔽估算方法如下：

a)关注点达到剂量率参考控制水平H_c时,屏蔽设计所需的屏蔽透射因子B按式11-2计算,

$$B=\frac{\dot{H}_c}{I}\times\frac{R^2}{H_o}\text{.....式11-2}$$

式中:

$\dot{H}_c$—按表11-2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 mA；本项目取2.222mA。

H_0—距辐射源（靶点）1m 处辐射输出量，单位为μSv•m²/（mA•h）；根据生产厂家提供的资料，该工业 CT 设备 X 射线管 1m 处的最大输出量值为 220200μSv•m²/

（mA•h）。

b)对于估算出的屏蔽透射因子B，所需的屏蔽物质厚度X按式11-3计算：

$$X=-TVL\times\lg B \quad \text{.....式11-3}$$

式中：

TVL—本项目225kV管电压下，铅的什值层厚度为2.15mm（来源于GBZ/T 250-2014中表B.2：200kV的铅什值层为1.4mm,250kV的铅什值层为2.9mm，运用内插法的225kV的铅什值层为2.15mm）；

B—达到剂量率参考控制水平H_c时所需的屏蔽透射因子。

有用线束屏蔽厚度结果见表11-3。

表11-3 有用线束方向屏蔽厚度计算参数及结果

关注点位置（主束）	$\dot{H}_c$（μSv/h）	H_0（μSv•m²/mA•h）	R（m）	I（mA）	B	预测厚度（mm）	铅屏蔽厚度（mm）	评价
设备右侧屏蔽体外30cm	2.14	220200	2.16	2.222	2.04E-05	10.08	12.38	满足

（2）泄漏辐射

根据GBZ/T 250-2014《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（4.2.2 泄漏辐射屏蔽）：

a)关注点达到剂量率参考控制水平H_c时所需的屏蔽透射因子B按式11-4计算,然后按式11-3计算出所需的屏蔽物质厚度X。

$$B=\frac{\dot{H}_c\times R^2}{\dot{H}_L} \quad \text{.....式11-4}$$

式中:

H_c--按表11-2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);

H_L--距靶点1m处X射线管组装体的辐射剂量率，单位为μSv/h。根据生产厂家提供的资料，该工业CT设备X射线管在防护外壳安装的条件下，距离射线管35cm四周泄漏射线值≤19μSv/h；根据距离的平方成反比，因此本项目1m处辐射剂量率取$19*0.35^2=2.33$μSv/h。

在根据式11-3计算所需的屏蔽厚度。计算结果如下表11-4。

表11-4 泄漏辐射下各面所需厚度计算结果

关注点位置	H_c（μSv/h）	H_L（μSv/h）	R（m）	B	预测厚度（mm）	铅当量厚度（mm）	评价
d设备前侧30cm	2.14	2.33	1.025	0.96	0.03	5.38	满足

a设备左侧30cm	2.14	2.33	1.11	1.13	0*	5.38	满足
c设备后侧30cm	2.14	2.33	1.235	1.40	0*	5.38	满足
m设备顶部30cm	2.5	2.33	1.067	1.22	0*	5.38	满足
e设备底部	2.5	2.33	1.765	3.34	0*	5.76	满足
f上料门	2.14	2.33	0.945	0.82	0.19	5.76	满足
k控制台	2.14	2.33	3.225	9.55	0*	5.38	满足

***注：预测厚度0mm表示漏射辐射未经屏蔽体防护达到关注点位置时的剂量率已小于剂量率参考控制水平。**

（3） 散射辐射

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ 250-2014）（4.2.3 散射辐射屏蔽）b)关注点达到剂量率参考控制水平H_c时,屏蔽设计所需的屏蔽透射因子B按式11-5计算。按表2并查附录B表B.2的相应值,确定90°散射辐射铅的TVL,然后按式11-3计算出所需的屏蔽物质厚度X。计算结果见表11-5。

$$B=\frac{\dot{H}_C\times R_S^2}{I\times H_0}\times\frac{R_0^2}{F\times\alpha}$$.....式11-5

式中:

H_c--按表11-2确定的剂量率参考控制水平,单位为微希每小时(μSv/h);

R_S—散射体至关注点的距离，单位是m。本项目射线管固定，且固定朝右侧出束照射，转台移动会影响装置左侧散射距离R_S改变，不影响装置前侧、后侧、顶部及底部散射距离R_S，本项目R_S距离保守与R距离取值一致。

R_0—辐射源点（靶点）至检测工件距离，单位是m；本项目取0.7m。

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mA；本项目取2.222mA。

H_0—距辐射源（靶点）1m处辐射输出量，单位为μSv•m^2/（mA•h）；根据生产厂家提供的资料，该工业CT设备X射线管1m处的最大输出量值为220200μSv•m^2/（mA•h）。

F—R_0处辐射野面积，单位是m^2；出束角为30^0，0.7m处的辐射野面积为：

$\pi x(0,7x\tan 15^0)^2=0.11m^2$;

α—散射因子，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的附录表B.3，保守取为$1.9x10^{-3}x10000/400=0.0475$。

表 11-5 散射辐射下各面所需厚度计算结果

关注点位置	H_c（μSv/h）	H_L（μSv/h）	R_s（m）	B	预测厚度（mm）	铅当量厚度（mm）	评价
设备前侧 30cm	2.14	220200	1.025	4.31E-04	4.71	5.38	满足
设备左侧 30cm	2.14	220200	1.11	5.05E-04	4.61	5.38	满足
设备后侧 30cm	2.14	220200	1.235	6.26E-04	4.49	5.38	满足
设备顶部 30cm	2.5	220200	1.067	5.46E-04	4.57	5.38	满足
设备底部 30cm	2.5	220200	1.765	1.49E-03	3.96	5.76	满足
上料门 30cm	2.14	220200	0.945	3.66E-04	4.81	5.76	满足
控制台 30cm	2.14	220200	3.225	3.24E-03	3.32	5.38	满足

根据GBZ/T 250-2014《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》第3.2条：需要屏蔽的辐射“3.2.3当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时,通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射,当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度(TVL)或更大时,采用其中较厚的屏蔽,当相差不足一个TVL时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度(HVL)”。本项目结果见表11-6。

表 11-6 非有用线束下各面所需厚度计算结果

关注点位置	漏射预测厚度（mm）	散射预测厚度（mm）	预测厚度（mm）	设计厚度（mm）	评价
设备前侧 30cm	0.03	4.71	4.71	5.38	满足
设备左侧 30cm	0	4.61	4.61	5.38	满足
设备后侧 30cm	0	4.49	4.49	5.38	满足
设备顶部 30cm	0	4.57	4.57	5.38	满足
设备底部	0	3.96	3.96	5.76	满足
上料门	0.19	4.81	4.81	5.76	满足
控制台	0	3.32	3.32	5.38	满足

经上述计算分析可得，本项目工业CT设备铅房的设计厚度大于预测厚度，满足屏蔽需求。

11.2.1.3 工业 CT 设备铅房防护效果

（1）有用线束

根据GBZ/T 250-2014《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（4.1 有用线束）

b)在给定屏蔽物质厚度X时。关注点的剂量率$\dot{H}$（μSv/h）按式11-6计算，结果见表11-7

$$\dot{H}=\frac{I\times H_0\times B}{R^2} \quad \text{.....式11-6}$$

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mA；本项目取2.222mA。

H_0—距辐射源（靶点）1m处辐射输出量，单位为μSv•m²/（mA•h）；根据生产厂家提供的资料，该工业CT设备X射线管1m处的最大输出量值为220200μSv•m²/（mA•h）。

R——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为m；

B——透射因子，按下式11-7计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \quad \text{……式 11-7}$$

式中：

X——屏蔽材料厚度；

TVL——屏蔽材料什值层，由《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ 250-2014）中附录B表B.2 X射线束在铅和混凝土中的什值层厚度，运用内插法计算得225kV的TVL值为2.15mm。

表11-7 有用线束方向关注点剂量率计算结果

关注点位置（主束）	铅当量厚度（mm）	H_0 (μSv•m²/mA•h)	R（m）	B	I（mA）	关注点剂量率(μSv/h)	剂量率参考控制水平(μSv/h)	评价
b设备右侧屏蔽体外30cm	12.38	220200	2.16	1.75E-06	2.222	0.18	2.14	满足

（2） 泄漏辐射

根据GBZ/T 250-2014《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（4.2.2 泄漏辐射屏蔽）：

在给定屏蔽物质厚度X时，相应的屏蔽透射因子B按式11-7计算，然后按式11-8计算泄漏辐射在关注点的剂量率H单位为μSv/h。计算结果见表11-8。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \times B}{R^2} \quad \text{.....式11-8}$$

式中：

H——距靶点R（m）处关注点的泄漏辐射剂量率，μSv/h；

B——透射屏蔽因子；按式11-7计算，TVL运用内插法计算得225kV下铅的TVL值为2.15mm。

R——靶点至关注点距离，m；

$\dot{H}_L$——距靶点1m处X射线管组装体的辐射剂量率，单位为μSv/h。根据生产厂家提

供的资料，该工业CT设备X射线管在防护外壳安装的条件下，距离射线管35cm四周泄漏射线值≤19μSv/h；本项目1m处辐射剂量率取2.33μSv/h。

表11-8 非有用线束方向关注点泄漏辐射剂量率计算结果

关注点位置	铅当量厚度	H_L（μSv/h）	B	R（m）	泄漏辐射在关注点处剂量率（μSv/h）
d设备前侧30cm	5.38	2.33	3.15E-03	1.025	6.99E-03
a设备左侧30cm		2.33	3.15E-03	1.11	5.96E-03
c设备后侧30cm		2.33	3.15E-03	1.235	4.81E-03
m设备顶部30cm		2.33	3.15E-03	1.067	6.45E-03
k控制台30cm		2.33	3.15E-03	3.225	7.06E-04
e设备底部	5.76	2.33	2.09E-03	1.765	1.56E-03
f上料门		2.33	2.09E-03	0.945	5.45E-03

（3） 散射辐射

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ 250-2014）（4.2.3 散射辐射屏蔽）：在给定屏蔽物质厚度X时，相应的屏蔽透射因子B按11-4计算。按《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ 250-2014）表2 X射线90^0散射辐射最高能量相应的kV值，本项目散射辐射取200kV；并查附录B表B.1的相应值，确定90^0散射辐射铅的TVL，本项目为1.4，然后按式11-7计算。关注点的散射辐射剂量率H,单位为μSv/h，按式11-9计算，计算结果见表11-9。

$$\dot{H}=\frac{I\times H_0\times B}{R_s^2}\times\frac{F\times\alpha}{R_0^2} \quad \text{.....式11-9}$$

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mA，本项目取2.222mA;

H_0——距辐射源（靶点）1m处辐射输出量，单位为μSv•m^2/（mA•h）；

B—屏蔽透射因子，$B=10^{-X/TVL}$，X—屏蔽物质厚度，与TVL取相同单位；TVL—见GBZ/T 250-2014中附录B表B.2，散射辐射时按X射线管电压为200kV时铅的TVL取1.4。

F—R_0处辐射野面积，单位是m^2；出束角为30^0，0.7m处的辐射野面积为：

$\pi\times(0.7\times\tan15^0)^2=0.11m^2$；

α—散射因子，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的附录表B.3，保守取为$1.9x10^{-3}\times10000/400=0.00475$,

R_0—辐射源点（靶点）至检测工件距离，单位是m；本项目取0.7m。

R_S—散射体至关注点的距离，单位是m。本项目射线管固定，且固定朝右侧出束照

射，转台移动会影响装置左侧散射距离R_S改变，不影响装置前侧、后侧、顶部及底部散射距离R_S，本项目R_S距离保守与R距离取值一致。

H—关注点剂量率参考控制水平，单位是μSv/h。

表11-9 非有用线束方向关注点散射辐射剂量率计算结果

关注点位置	铅当量厚度	H_L (μSv/h)	B	R_s (m)	散射辐射在关注点处剂量率(μSv/h)
d设备前侧 30cm	5.38	220200	1.93E-04	1.025	1.56
a设备左侧 30cm		220200	1.93E-04	1.11	1.33
c设备后侧 30cm		220200	1.93E-04	1.235	1.08
m设备顶部 30cm		220200	1.93E-04	1.067	1.44
k控制台 30cm		220200	1.93E-04	3.225	0.16
e设备底部	5.76	220200	1.39E-04	1.765	0.35
f上料门		220200	1.39E-04	0.945	1.22

表11-10 CT设备铅房各关注点总剂量率计算结果

位置	关注点	H(μSv/h)			关注点处总剂量率(μSv/h)	剂量率参考控制水平 (μSv/h)	评价
		有用线束	泄漏辐射	散射辐射			
设备四周	b设备右侧30cm	0.18	/	/	0.18	2.14	满足
	d设备前侧 30cm	/	6.99E-03	1.56	1.57	2.14	满足
	a设备左侧 30cm	/	5.96E-03	1.33	1.34	2.14	满足
	c设备后侧 30cm	/	4.81E-03	1.08	1.08	2.14	满足
	m设备顶部 30cm	/	6.45E-03	1.44	1.45	2.5	满足
	e设备底部	/	1.56E-03	0.35	0.35	2.5	满足
	f上料门	/	5.45E-03	1.22	1.23	2.14	满足
k控制台 30cm		/	7.06E-04	0.16	0.16	2.14	满足

根据表 11-10 分析，本项目工业 CT 各关注点的剂量率最大值为 1.57μSv/h（设备前侧），满足 GBZ/T 250-2014《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》控制剂量率不大于 2.5μSv/h 的要求。

11.2.1.4 环境保护目标年有效剂量

工业 CT 室外各关注点相关人员年有效剂量按下列公式 11-10 计算：

$$H=D_r\times t\times U\times T\times 10^{-3} \quad \text{.....式 11-10}$$

式中：

H：年有效剂量，mSv；

D_r：关注点处的辐射剂量率，μSv/h；

t：受照射时间，h；

U：使用因子；

T：人员在相应关注点驻留的居留因子。

因X射线的空气吸收剂量率与距离的平方成反比（即$H_1/H_2=R_2^2/R_1^2$），所以计算本项目的环境保护目标的年有效剂量时，根据工业CT屏蔽体外的剂量率估算环境保护目标处的剂量率，通过有效剂量公式计算环境保护目标的年有效剂量，计算结果见下表11-11。

表 11-11 本项目环境保护目标年有效剂量

保护目标	位置及方位	R (m)	H (μSv/h)	参考关注点	居留因子	T (h)	本项目 CT 所致年有效剂量 (mSv/a)	管理限值 (mSv/a)	符合项评价
生产二区走廊（公众）	CT室南侧	3.8	0.18	b 右侧	1/4	2266.7	3.30E-02	0.25	符合
厂区车道（公众）	CT室北侧	4.3	1.34	a 左侧	1/4	2266.7	5.06E-02	0.25	符合
安全通道（公众）	CT室东侧	3.5	1.08	c 后侧	1/4	2266.7	7.62E-02	0.25	符合
生产二区通道（公众）	CT室南侧门口	4.5	0.18	b 右侧	1/4	2266.7	2.35E-02	0.25	符合
控制室（CT职业人员）	控制室控制台	3.225	0.16	K 控制台	1	2266.7	3.63E-01	5.0	符合

由表 11-21 分析可知，本项目工业 CT 对控制室辐射工作人员的受照剂量最大值为 3.63E-01mSv/a，满足放射职业人员 5mSv/a 的限值要求；对各关注点公众人员的受照剂量最大值为 7.62E-02mSv/a，满足公众人员 0.25mSv/a 的限值要求。

11.2.2类比分析

11.2.2.1类比可行性分析

本项目工业CT额定参数为管电压225kV，管电流3mA，主射方向朝右。为分析本项目工业CT投入运行后对周围工作人员所造成的影响，本次类比选取亿纬公司生产四区1楼南侧的1台Metrotom 1500 G3型工业CT作为类比对象，类比可行性分析见表11-13、11-14、11-15。

表11-13 本项目工业CT与类比工业CT技术参数一览表

设备名称	规格（型号）	射线类型	主要技术参数		主射束方向	备注
			额定管电压	额定管电流		
本项目工业CT	Metrotom 1500 G3	II类	225kV	3mA	设备右侧	本项目生产二区一楼
类比工业CT	Metrotom 1500 G3	II类	225kV	3mA	设备右侧	亿纬公司生产四区一楼

表11-14 本项目工业CT与类比工业CT屏蔽防护参数一览表

项目	本项目工业CT	类比工业CT	比较结果
前侧屏蔽体	5mm 铅板+3mm 钢板	5mm 铅板+3mm 钢板	完全一致
后侧屏蔽体			
顶板屏蔽体			
左侧屏蔽体			
右侧屏蔽体（主束方向）	12mm 铅板+3mm 钢板	12mm 铅板+3mm 钢板	
底部屏蔽体	3mm钢板+5mm铅板+3mm钢板	3mm 钢板+5mm 铅板+3mm 钢板	
上料门			
电线电缆口补偿措施	5mm 铅板+3mm 钢板	5mm 铅板+3mm 钢板	
排风口补偿措施			
X 射线管周围屏蔽（非出束方向）	5mm 铅板+2mm 钢板	5mm 铅板+2mm 钢板	

表11-15 本项目工业CT与类比工业CT安全设施、布局一览表

本项目工业CT	类比工业CT	类比结果
仅在机器前侧预留唯一通道，用于上下料工件以及设备检修维护，其余面则完全密封，避免人员误进入；双门锁开关，只有门完全关闭后，安全回路才会闭合。 射线系统带钥匙开关，钥匙挡位在“ON”时射线才被允许打开，钥匙由专人负责保管；舱门关闭和射线工作时均有相应的声光报警和警示灯提示，并且警示灯串在安全回路里，如警示灯故障，射线不能启动。 控制面板和防护铅房内设置多处急停按钮(面板一处，内部两处)，紧急情况下可随时切断射线。 设备主机和控制柜上附有如下安全警告标识：①CT系统的安全符号：高压电危险符号；危险符号。②X射线辐射危险标识：X射线辐射危害健康；CT系统警告标示；辐射防护外壳的上料门和控制面板上都附有警告标识。	仅在机器前侧预留唯一通道，用于上下料工件以及设备检修维护，其余面则完全密封，避免人员误进入；双门锁开关，只有门完全关闭后，安全回路才会闭合。 射线系统带钥匙开关，钥匙挡位在“ON”时射线才被允许打开，钥匙由专人负责保管；舱门关闭和射线工作时均有相应的声光报警和警示灯提示，并且警示灯串在安全回路里，如警示灯故障，射线不能启动。 控制面板和防护铅房内设置多处急停按钮(面板一处，内部两处)，紧急情况下可随时切断射线。 设备主机和控制柜上附有如下安全警告标识：①CT系统的安全符号：高压电危险符号；危险符号。②X射线辐射危险标识：射线辐射危害健康；CT系统警告标示；辐射防护外壳的上料门和控制面板上都附有警告标识。	安全设施设置一致
本项目工业 CT所在的CT室位于生产车间二区，该车间为2层结构。车间位于厂区中部，该车间东侧为厂区道路，北侧为厂区道路、动力站，西侧为生产车间一区，南侧为生产车间四区。CT室位于生产车间二区一楼北侧区域，其东侧为楼梯间、注液托盘清洗房等区域，北侧为厂区道路等区域，西侧为楼梯间、真空泵房、员工换鞋区等区域，南侧为车间通道、一	类比工业 CT所在的CT室位于生产车间四区，该车间为2层结构。车间位于厂区中部，该车间东侧为厂区道路，南侧为厂区道路、成品仓库，西侧为生产车间三区，北侧为生产车间二区。CT室位于生产车间四区一楼南侧区域，其东侧为楼梯间、注液托盘清洗房等区域，南侧为厂区道路等区域，西侧为楼梯间、真空泵房、员工换鞋区等区域，北侧为车间通道	布局合理性一致

次注液组盘等区域，工业CT位于CT室东南区域位置，设备高度远低于车间一层高度，CT室楼上为管道空间，无地下室，与车间其他生产区域相对独立。	、一次注液组盘等区域，工业CT位于CT室东南区域位置，设备高度远低于车间一层高度，CT室楼上为连廊通道，无地下室，与车间其他生产区域相对独立。	

由表11-13、11-14、11-15可知，本项目工业CT设备参数管电压、管电流、出束方向与类比工业CT一致，本项目工业CT平时开机运行工况与类比工业CT平时开机运行工况基本一致；本项目工业CT屏蔽防护参数与类比工业CT完全一致；本项目工业CT安全设施和布局与类比工业CT相同。因此，本项目工业CT对环境辐射影响可参照类比工业CT的监测数据。

综上考虑，选取亿纬公司的生产二区一楼北侧的1台Metrotom 1500 G3型的工业CT作为本项目类比对象是可行的，本项目工业CT对屏蔽体外及CT室周围环境的辐射影响可参照类比工业CT的监测数据。

11.2.2.2类比监测结果分析

2025年6月云南晟蔚环保科技有限公司对亿纬公司CT测试室一台CT METROTOM 1500 225kV G3型工业CT进行了验收监测，并出具了《II类射线装置辐射环境监测》（[云晟监]辐字2025第237号）；监测工况为220kV，2272μA；详见监测报告（附件13），类比检测结果见表11-16。监测点位分布图见图11-4。

表11-16 类比工业CT工作场所X-γ辐射剂量率监测结果

序号	监测点位描述	环境X-γ剂量率（单位：μGy/h）	
		未出束	出束
1	射线装置北侧 5cm 处	0.049±0.001	0.059±0.001
2	射线装置北侧 1m 处	0.049±0.001	0.055±0.001
3	射线装置西侧 5cm 处	0.049±0.001	0.060±0.001
4	射线装置西侧 1m 处	0.050±0.001	0.055±0.001
5	射线装置南侧 5cm处	0.050±0.001	0.061±0.001
6	射线装置南侧 1m处	0.050±0.001	0.055±0.001
7	射线装置东侧 5cm处	0.052±0.001	0.061±0.001
8	射线装置东侧 1m处	0.052±0.001	0.058±0.001
9	设备操作位	0.054±0.001	0.058±0.001
10	铅玻璃外 30cm 处（左）	0.054±0.001	0.058±0.001
11	铅玻璃外 30cm 处（中）		0.059±0.001
12	铅玻璃外 30cm 处（右）		0.059±0.001
13	控制室铅门外 30cm处（左）	0.054±0.001	0.060±0.001

14	控制室铅门外 30cm处（中）		0.058±0.001
15	控制室铅门外 30cm处（右）		0.058±0.001
16	控制室铅门外 30cm处（上）		0.059±0.001
17	控制室铅门外 30cm处（下）		0.059±0.001
18	东墙外 30cm处（控制室）	0.052±0.001	0.059±0.001
19	南墙外 30cm处（道路）	0.062±0.001	0.068±0.001
20	西墙外 30cm处（楼梯间）	0.067±0.001	0.071±0.001
21	北墙外 30cm处（通道）	0.053±0.001	0.057±0.001
22	北墙普通门外 30cm处（通道）	0.053±0.001	0.058±0.001
23	南墙普通门外 30cm处（通道）	0.063±0.001	0.070±0.001
24	正上方（通道）	0.051±0.001	0.055±0.001
注：本次监测结果未扣除宇宙射线响应值。			

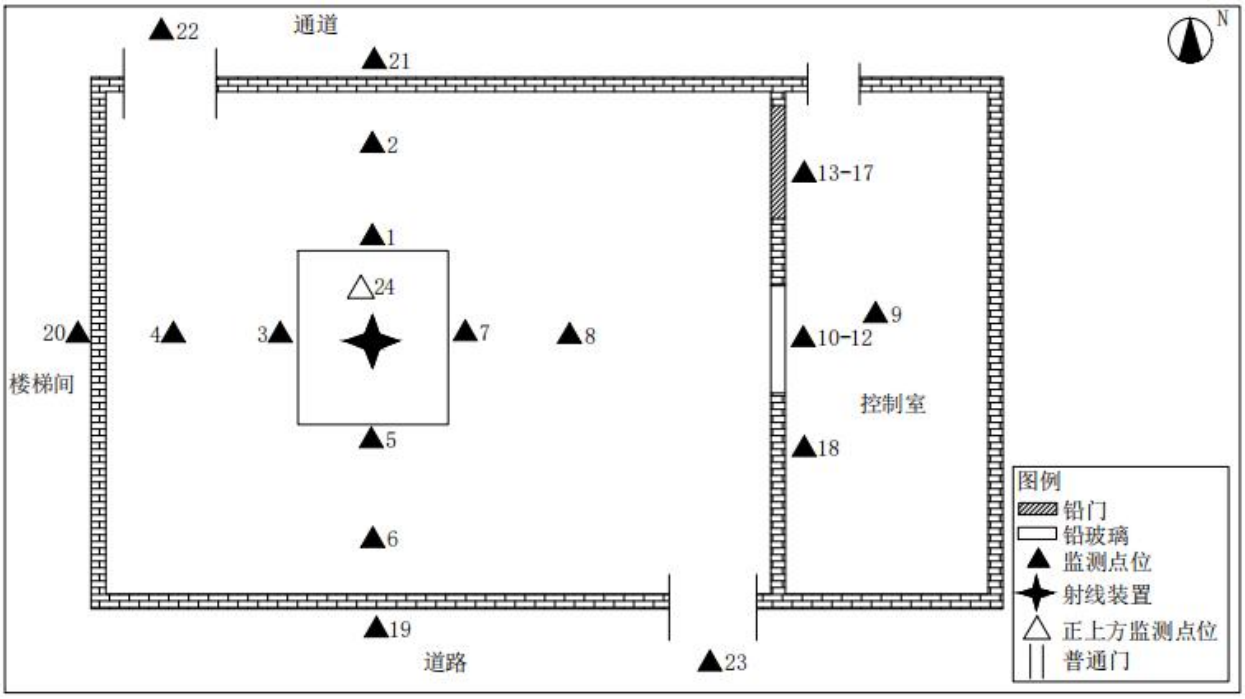


图11-4 类比工业CT监测布点示意图

由表11-16监测结果，CT METROTOM 1500 225kV G3型X射线断层检查仪（工业CT）在正常使用状态下，东西南北四个面（人员可达）5cm处的工作场所环境X-γ剂量率测量值在0.055μGy/h～0.061μGy/h之间，监测距离5cm比预测的30cm更近，且监测结果与该区域的环境本底值相当。所以本项目工业CT在以后运行过程中对对周围关注点的影响是可接受的。

本项目补充了设备出厂的安全防护测试报告，作为本项目设备安全防护的支撑材

料，详见附件16。

11.3三废治理影响分析

（1）废气

本项目设备（自带铅房屏蔽）空间体积约16.4m^2，排风装置的排风量为1800m^3/h（2台风机，单个为900m^3/h），其排风换气次数约为109次/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“每小时有效排风换气次数应不小于3次”的要求。

本项目CT室容积为72m^3，空调的排风量为1360m^3/h(2台风机，单个为680m^3/h)，其排风换气次数约为18次/h,满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中“每小时有效排风换气次数应不小于3次”的要求。

本项目的工业CT机在工作状态时，会使曝光室内的空气电离产生臭氧（O_3）和氮氧化物（NO_x），臭氧和氮氧化物可通过风机排出CT室，臭氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

参考《X射线工作场所臭氧氮氧化物浓度监测》（郝海鹰，刘容，王玉海）的研究结果，该研究背景为：X射线机连续正常运行约1小时后，用硷片碘化钾比色法测定空气中臭氧浓度,期间保持机房正常通风状态。根据本项目工业CT的最大管电压（225kV）及机房最低通风换气次数不低于3次/h的要求，研究结果中“探伤室的臭氧浓度测定结果”，X射线机在200~300kV运行时，臭氧浓度在0.058±0.032mg/m^3，满足《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）和《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）中的限值要求，因此本项目工业CT产生的臭氧对周围环境影响较小。

（2）固体废物

本项目采用数字成像技术，不产生废胶片，无危险废物产生。运行期间，辐射工作人员会产生生活垃圾，生活垃圾经收集后，统一交由当地环卫部门处理，对周围环境影响较小。

（3）废水

本项目工业CT运行期间采用数字成像，不涉及洗片，不产生废水。运行期间的废水主要为辐射工作人员的生活污水，依托厂区已有的环保设施处置，对周围环境影响较小。

（4）噪声

本项目CT设备（自带铅房屏蔽）内采取底部中间自然进风,顶部风扇式机械排风,选用低噪声设备源强小于70dB(A)，且设备处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，对CT

室外界噪声的贡献很小，项目对周边声环境影响很小。

11.4事故影响分析

11.4.1环境风险评价的目的

环境风险评价的目的是分析和预测建设项目存在的潜在危害和有害因素，以及项目在建设、运营期间可能发生的事故（一般不包括自然灾害与人为破坏），引起有毒、有害（本项目为电离辐射）物质泄漏，所造成的环境影响程度和人身安全损害程度，并提出合理可行的防范、应急与减缓措施，以使项目事故发生率、损失和环境影响达到可以接受的水平。

11.4.2风险识别及预防措施

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条及《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》（原国家环境保护总局 环发<2006>145 号文件）等相关规定，发生辐射事故时，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，并立即向当地环境保护主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。

根据原国家环境保护总局公告 2017年第66号《射线装置分类办法》规定，本项目工业CT设备属II类射线装置，在运行时会产生X射线。本项目环境风险因子为X射线根据其工作原理分析，可能发生的事故工况主要有以下2种情况:针对可能发生的辐射事故，本项目采取的预防措施如表11-17。

表11-17 本项目辐射工作场所拟采取预防措施

序号	可能产生的辐射事故	拟采取的预防措施
1	门机联锁装置失效，上料门未关闭，设备周围的活动人员受到误照射。	定期进行联锁装置的定期检查，严格按照操作规程进行作业，确保安全。每天检测作业前，检查确认辐射安全联锁、急停开关、工业CT外观完好性等安全措施，避免联锁失灵。
2	设备室内人员在设备未断电的情况下在设备室内滞留，射线装置因误操作或其他原因开机出束，导致设备室内人员受到误照射。	凡涉及对工业CT 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；对新招聘的辐射工作人员，应参加国家核技术利用辐射安全与防护培训的考试，取得了合格证书，持证才能上岗。

11.4.3辐射事故等级划分

根据《云南省生态环境厅辐射事故应急响应预案（2022年修订）》，辐射事故从重到轻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11-18。本项目新建的CT机，其风险因子为X射线。按照国务院449号令第四十条关于事

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11-18中。

根据《云南省生态环境厅辐射事故应急响应预案（2022年修订）》（辐射事故分级），“一般辐射事故:是指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”。

表 11-18 辐射事故等级

环境风险因子	事故等级	潜在危害结果
X射线	特别重大辐射事故	放射性同位素和射线装置失控导致3人及以上急性死亡
	重大辐射事故	放射性同位素和射线装置失控导致3人以下急性死亡或者10人及以上急性重度放射病、局部器官残疾
	较大辐射事故	放射性同位素和射线装置失控导致10人以下急性重度放射病、局部器官残疾
	一般辐射事故	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

11.4.4辐射事故剂量分析

根据本项目可能发生的辐射事故，设置事故情景如下：

（1）门机联锁装置失效，上料门未关闭，设备周围防护围栏处的活动人员受到误照射：此时X射线机以最大参数运行，公众位于上料门位置（离源点约1.0m位置），无任何屏蔽措施，受到X射线机的泄漏辐射照射和散射辐射照射影响；

（2）设备室内人员在设备未断电的情况下在设备室内滞留，射线装置因误操作或其他原因开机开束，导致设备室内人员受到误照射；工业CT以额定参数运行；设备室内人员位于X射线主射方向，距靶0.5m、1.0m、1.5m的地方，无任何屏蔽措施。

可根据以下公式11-6、公式11-8和公式11-9进行计算。具体估算结果见表11-19，11-20。

表 11-19 事故状态下非主束方向不同停留时间人员受照剂量

受照时间（min）	距离（m）	散射所致剂量（mSv）	漏射所致剂量（mSv）	总剂量率（mSv）
0.5 min	1	0.0436	0.00002	0.04362
1 min		0.0872	0.00004	0.08724
2 min		0.1744	0.00008	0.17448
5 min		0.4359	0.00019	0.43609

根据表11-19可知，在1m处照射5min，非主射方向上最大可能受照剂量为0.43609mSv/次，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的公众1mSv/a的剂量限值。

表11-20 事故状态下主束方向不同停留时间和距离人员受照剂量

受照时间（min）	距离（m）	受照剂量（mSv）
0.5 min	0.5	16.3
	1	4.07
	1.5	1.81
1 min	0.5	32.6
	1	8.15
	1.5	3.62
2 min	0.5	65.2
	1	16.3
	1.5	7.24

根据表11-20可知，设备室内人员在不同位置2min时受照剂量最大为65.2mSv/次，高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业人员20mSv/a的剂量限值，构成一般辐射事故。

本项目射线装置一旦发生辐射事故，应立即切断电源，停止射线装置。亿纬公司在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，杜绝此类事故发生。

11.4.5事故防范措施

上述辐射事故可以通过亿纬公司完善工业CT的辐射防护安全措施、辐射安全管理规章制度和辐射事故应急措施加以防范，使辐射环境风险控制在可以接受的水平。针对在运行过程中可能发生的事故，针对辐射安全防护措施的管理，建议如下：

（1）由辐射安全领导小组成员定期开展工业CT安全设施巡检台账、使用台账、辐射剂量巡检台账的检查，确保工业CT的安全运行。

（2）由辐射安全领导小组成员定期开展工业CT辐射工作人员个人剂量监测结果、职业健康体检结果及个人剂量报警仪等进行检查，确保辐射工作人员身体健康，无放射性相关疾病。

（3）凡涉及对工业CT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。

（4）每月检查工业CT的门机联锁装置和安全警示灯,确保防护设施完整并处于正常状态后，射线装置出束才能进行照射。

（5）对亿纬公司新招聘的辐射工作人员，应参加国家核技术利用辐射安全与防护培训的考试，取得了合格证书，持证才能上岗。

11.4.6事故应急措施

（1）一旦发现射线装置的安全联锁失效，停止使用设备并立即向辐射事故应急处置领导小组组长报告，及时修复机房安全联锁，然后再投入使用。

（2）一旦人员误入正在运行的辐射工作场所导致人员受到误照射，立即切断射线装置电源（按下操作室的急停按钮）并及时向辐射事故应急领导小组报告，并迅速向上级生态环境部门和卫生行政部门报告，并送误照射人员至具有相关资质的医院进行检查和救治，并对受照人员的进行剂量估算。

（3）一旦发生辐射事故，立即停止照射并及时向辐射领导小组报告，启动本院辐射事故应急预案，估算所受剂量是否超剂量，若造成严重或重大事故，立刻向当地生态环境局、公安局和卫健委报告，妥善处理事故。

表12 辐射安全管理

12.1辐射安全与环境保护管理机构的设置

（1）辐射防护与安全管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用类射线装置的单位，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，并以文件形式明确管理人员职责。

①亿纬公司已成立辐射安全与环境保护领导小组，成员如下：

组长：姚军；吴文军

成员：李昊；黄诚；袁景帅；王旭民；徐兴培；朱建怀；徐智；代瑞芳。

②领导小组职责：

组长、成员职责：贯彻执行国家各项辐射安全的有关法律、法规，领导公司辐射安全工作；组织建设辐射安全各项管理制度；为辐射安全防护工作提供人力、财力、物资等资源及医疗卫生、交通运输、治安维护、通信等各项保障。

组员职责：负责本单位辐射安全日常管理和检查；负责组织开展辐射安全培训、组织辐射工作人员进行职业健康体检和个人剂量监测并将结果记录存档、为辐射工作人员配备防护用品并定期送检检测仪器；负责本单位年度评估报告的编写和辐射有关情况的汇报。

综上，亿纬公司的辐射安全管理满足相关规定及要求，此外，亿纬公司在工业CT运行后，应注重设备安全及人员的辐射安全管理，设备安全的安全管理主要包括定期对设备安全联锁系统、警示灯等措施进行检查及记录，人员的安全管理主要包括个人剂量计的配备管理、定期进行辐射安全培训、个人剂量监测及职业健康体检等。

（2）辐射工作人员配置和能力要求

劳动定员:本项目拟配置3名辐射工作人员。工作人员定岗定责，不与其他辐射工作岗位存在交叉用人的情况。公司应当确保设备操作时至少有1名人员同时在场，每名人员应配备1个人剂量计。个人剂量计应编号定人佩戴，定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案，完善个人剂量监测及健康档案管理制度。辐射工作人员需熟悉专业技术，使之能胜任探伤实践，而且对

安全防护与相关法规知识也需作相应了解，实际操作中须按安全操作规程行事，自觉遵守规章制度，努力做好各项安全工作。自觉参加生态环境部网上免费学习考核平台(http://ushe.mee.gov.cn/)中辐射安全与防护专业知识的学习，考核通过后方能上岗。

12.2辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环境保护总局令第31号）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护总局令第18号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第449号）的相关管理要求，使用II类射线装置工作场所的单位应当具备健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。并根据《云南省生态环境厅关于印发〈云南省核技术利用辐射安全和防 护监督检查大纲（2021年版）〉和〈云南省核技术利用辐射安全和防护监督检查技术程序（2021年版）〉的通知》（云环通〔2021〕227号）和《生态环境部（国家核安全局）核技术利用项目监督检查技术程序》（2020年发布版）的相关要求，亿纬公司承诺在本项目运营之前完善相应的管理制度。

根据《云南省生态环境厅关于印发〈云南省核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲（2021 年版）的相关要求，将其与亿纬公司管理制度现状列于表12-1和表12-2中进行对照分析。辐射安全相关管理制度详见附件14。

表12-1 管理制度汇总对照表

序号	检查项目		制度 制定	备注
1	综合管理	辐射防护和安全保卫制度	已制定	
2		操作规程	已制定	
3		设备检修维护制度	已制定	
4		辐射安全管理机构设置（设置文件）	已制定	
5		场所设施退役（报废）管理制度	/	本项目不涉及
6		放射源使用管理登记制度	/	本项目不涉及
7		非密封放射性物质管理制度	/	本项目不涉及
8		射线装置管理制度	已制定	
9	监测	监测方案	已制定	
10		监测仪器检验与刻度管理	已制定	
11	人员管理	辐射工作人员资质管理	已制定	
12		辐射工作人员岗位职责管理	已制定	

13		辐射工作人员健康管理制度	已制定	
14		辐射工作人员个人剂量管理	已制定	
15		辐射工作人员培训制度	已制定	
16	事故应急	辐射事故应急管理制度及方案	已制定	
17	废物管理	闲置（废弃）放射源及其他放射性废物处置管理制度	/	本项目不涉及

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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等有关要求，使用射线装置的单位要有“健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划等，并有完善的辐射事故应急措施”。亿纬公司已制定相关制度，需在之后的工作过程中结合实际不断修改完善，并落实到实际工作中，严格执行。

表12-2 辐射安全管理基本要求对照表

序号	辐射安全管理要求	现状情况	环评要求
1	应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作	亿纬公司已成立了辐射防护领导小组和防护办公室	亿纬公司应根据人员及管理需求及时调整辐射射防护领导小组和防护办公室
2	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核	本项目的辐射工作人员均为新增人员	对未取得辐射安全与防护合格证的人员，及时组织人员参加辐射安全与防护培训，并严格落实《辐射工作人员安全培训和工作制度》
3	有完善的辐射事故应急措施	亿纬公司已针对本项目制定了辐射事故应急预案	定期组织辐射事故应急演练，以便辐射事故发生时能快速有效应对
4	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等	亿纬公司已制定相关制度文件	亿纬公司在项目投入运行前应制定《辐射工作人员资质管理》和《监测方案》，在项目投运后严格执行相关制度，对制度中可能存在的管理缺陷应能及时发现并更正完善
5	配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器	拟购便携式X-γ辐射监测仪1台，个人剂量计3个、个人剂量报警仪1个	根据监测计划对工作场所进行监测，并记录存档。按期对监测设备进行检定校准，并定期对设备进行维护保养，以保证监测工作的质量。

6	辐射工作单位应当建立放射性同位素与射线装置台账，记载放射性同位素的核素名称、出厂时间和活度、标号、编码、来源和去向，及射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项。放射性同位素与射线装置台账、个人剂量档案和职业健康监护档案应当长期保存	/	亿纬公司在项目投入运行前应做好射线装置台账，记录好射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向。个人剂量计送检周期不应超过90天，做好辐射工作人员个人剂量的档案管理，至少2年为辐射工作人员进行一次健康体检
7	辐射工作单位应当编写放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告，于每年1月31日前报原发证机关	/	亿纬公司在项目投入运行后应每年如实填写射线装置安全和防护状况年度评估报告，在期限内提交年度评估报告
8	生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号	项目设计有工作状态指示灯、门机联锁装置、报警装置	按设计落实相应的安全防护设施，并进行日常检查，保证其正常运行。在辐射工作场所周围醒目位置设置辐射警示标志，避免无关人员靠近该区域，做好辐射区域划分的管理工作
9	生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测	亿纬公司需制定相应的监测计划，计划每季度对辐射工作场所进行自主监测，除此外，计划每年委托有资质的机构再进行监测	严格执行监测计划，如实填写记录，对监测工作中产生的相关记录应妥善保管。认真学习相应的监测规范，做好监测设备的检定、维护保养工作，以保证监测质量。认真审核所委托的检测机构的资质及相应能力。在监测工作中发现问题应及时处置

亿纬公司依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修订）及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第18号令）及《云南省核技术利用辐射安全和防护监督检查技术程序（2021年版）》中关于使用II类射线装置条件的相关规定，在开展核技术应用方面加强了安全管理，各种辐射防护设施（措施）较齐全，防护效能满足辐射防护要求，公司制定的各种安全管理制度较全面，暂时具备了使用II类射线装置的综合能力。

12.4辐射监测

（1）自主监测

亿纬公司B区生产二区辐射工作人员使用自配X-γ辐射剂量仪，定期开展设备使用场所检测或巡测，以便及时掌握或跟踪设备使用场所屏蔽防护性能或工作场所环境X-γ辐射剂量率的变化，并建立档案，监测频率不少于1次/季度。

（2）年度监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环保总局令第31号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（中华人民共和国环境保护部令第18号）中的相关要求，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托具有检测机构资质认证的环境监测机构进行监测。并将监测记录资料统计结果及时上报主管部门，以便了解和监护防护设施的运行情况，为主管部门下一步辐射防护决策提供科学技术依据。

具体监测方案如下：

①检测内容：对该亿纬公司辐射工作场所四周环境进行常规监测。

②监测频度：每年委托有资质单位进行一次年度监测。

③监测范围：主要对工业CT屏蔽体外30cm及周围进行监测，重点对设备周围、上料门及缝隙处、操作台等处进行监测。

④监测项目：X-γ辐射空气吸收剂量率。

（3）验收监测

在本项目投入使用前亿纬公司应对本项目进行竣工环保验收监测。

（4）个人剂量监测

亿纬公司应严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，为辐射工作人员配备个人剂量计，并进行个人剂量监测（≤90天/次），建立个人剂量档案和职业健康监护档案，并为辐射工作人员长期保存职业照射记录。亿纬公司应根据每年的工作人员的变化增加个人剂量计。

表12-2 本项目辐射监测计划

监测类别	监测类型	监测项目	监测场所或对象	监测频次
年度监测	场所监测	环境X-γ剂量率	屏蔽体外30cm、电缆口、职业人员操作位	每年1次
	个人剂量监测	个人剂量	辐射工作人员	每季度1次，每年4次
日常（自行）监测	场所监测	环境X-γ剂量率	屏蔽体外30cm、电缆口、工作人员操作位	每季度1次，发现异常时（委托有资

				质的单位监测确认）
验收监测	场所监测	环境X-γ剂量率	屏蔽体外30cm、电缆口、工作人员操作位	投入运营前

12.5辐射事故应急

12.5.1辐射事件应急处理机构与职责

（1）该公司成立了辐射事件应急处理领导小组，组织、开展辐射事件的应急处理救援工作，领导小组组成如下：

组长：吴文军 姚军

成员：李昊；黄诚；黄成凯；康志永；徐兴培。

（2）应急处理领导小组职责：

①定期组织对辐射工作场所、设备和人员进行辐射防护情况进行自查和监测，发现事故隐患及时上报至公司领导层并落实整改措施；

②事故发生后立即组织有关部门和人员进行辐射事故应急处理；

③负责向公司及时报告事故情况；

④负责辐射性事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作；

⑤辐射事故中人员受照时，要通过个人剂量计或其它工具、方法迅速估算受照人员的受照剂量；

⑥负责迅速安置受照人员就医，组织人员的撤离工作，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延。

12.5.2辐射事故应急预案和应急人员的培训演习计划

（1）该公司制定的辐射事故应急预案如下：

①发生人员受超剂量照射事故，应启动本预案；应当立即撤离有关工作人员，封锁现场，切断一切可能扩大污染范围的环节。并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门报告，涉及人为故意破坏的还应向公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告；

②依据应急预案，根据具体情况迅速制定事故处理方案；

③事故处理必须在单位负责人的领导下，在有经验的工作人员和卫生防护人员的参与下进行。未取得防护监测人员的允许不得进入事故区；

④各种事故处理以后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，

从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生。并编写事故发生的基本情况，原因分析及处理结果的书面报告报生态环境部门，凡严重或重大的事故，应向上级主管部门报告。

（2）应急人员的培训演习计划

①应急培训

a 公司辐射工作人员上岗前应参加辐射安全与防护知识的考核，通过后才能上岗。

b 公司将积极开展辐射安全防护知识的内部学习，提高辐射工作人员的防护意识，避免辐射事故的发生。同时将定期邀请生态环境主管部门的专家讲课，主要包括辐射安全的基础知识、核技术应用项目的防护安全、辐射事故应急等内容。

②应急演练

a 辐射安全防护领导小组根据需要，每年至少组织一次辐射事故应急演练，辐射事故演练分为专业性演练和综合性演练，专业性演练由辐射事故应急小组的成员参加，综合性演练除了辐射事故应急小组外，公司其他部门的相关成员也应参加。

b 演练过程中应注重人员救助、物资援助的演练。同时应急演练前亿纬公司应制定相应的方案和程序，演练完成后对演练情况作出总结，发现问题及时整改。

③应急演练要求

根据《关于印发<云南省突发事件应急预案管理办法>的通知》云南省人民政府办公厅，云政办发[2016]103号和《云南省生态环境厅突发环境事件应急响应预案》（2022年修订版）⑵022年修订版）等相关文件的内容，亿纬公司应当在演练前制定详细的应急演练方案，可邀请相关政府部门或者专家等指导演练活动，确保开展应急演练的后勤保障工作，应急演练应当突出实战、适应需求，按照计划准备、组织实施、评估总结3个阶段进行。

应急演练组织单位应当组织演练评估。评估的主要内容包括：演练执行情况、预案合理性与可操作性、指挥协调和应急联动情况、参演人员处置情况、演练所用设备装备的适用性、应急预案存在的问题。通过评估结果，对单位现

有的辐射事故应急预案进行完善和修订，实现辐射事故应急预案的动态优化和科学规范管理。

根据《云南省生态环境厅辐射事故应急响应预案》（2022年修订），本项目可能发生的辐射事故为射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射，为一般辐射事故。一旦发生辐射事故，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告和公安部门报告，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。

总之，亿纬公司应尽量避免辐射事故的发生，不断完善辐射事故应急预案，在应急预案中描述可能发生的辐射事故并分析其事故类型，按照相应标准细化应急程序及处理流程，附辐射事故初始报告表、后续报告表。亿纬公司还应时刻准备好应急所需物资，并定期检查,每年进行应急人员的演习培训，模拟事故发生时应进行的流程和应采取的措施，当辐射事故发生时能熟练、沉着、有效应对，将事故的危害降到最低。

表13 结论与建议

13.1项目概况结论

本项目建设地点位于云南省曲靖经开区南海子片区曲靖亿纬锂能有限公司（贵昆铁路以南、哨溪路以西、前进水库东北侧），亿纬公司拟在生产二区一楼北侧CT室新增1台工业CT，主要用于电芯的无损检测，本项目辐射工作的种类和范围为使用II类射线装置。

13.2产业政策合理性结论

（1）本项目工业CT主要用于电芯检测，保证产品合格，符合辐射防护“实践的正当性”原则。项目在加强管理后均满足国家相关法律、法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力。本项目工业CT设备为自带屏蔽装置的固定探伤，经查《产业结构调整指导目录（2024年本）》，项目为鼓励类、限制类和淘汰类之外的且符合国家有关法律法规和政策规定的类别，属于允许类产业，故本项目的建设符合国家现行产业政策。因此本项目符合国家产业政策。

（2）实践正当性

曲靖亿纬锂能有限公司新增1台工业CT利用项目实施后，经过检测检查可发现产品缺陷，能起到提前预防安全事故发生，在保证产品安全使用的同时，也创造了更大的经济效益和社会效益。

综上所述，亿纬公司具备从事辐射活动的技术能力，在严格落实各项防护措施后，该项目运行时对周围环境产生的影响符合辐射环境保护的要求，故从辐射防护与环境保护的角度论证，曲靖亿纬锂能有限公司新增1台工业CT利用项目是可行的。

13.3项目布局合理性分析结论

本项目使用的工业CT设备在工作过程中产生的X射线经其屏蔽体屏蔽后并通过距离衰减，同时在辐射安全防护措施有效的条件下，对周边环境人员造成的辐射影响较小，同时CT室位于生产厂区内部，周边区域的人群不密集、不长期居留、无办公区，周围人员较少，通过门禁管控，公众成员无法进入，故项目选址可行。

13.4辐射安全与防护分析结论

（1）项目安全设施

本项目所涉及的辐射工作场所，设有相应的辐射安全和防护措施，辐射工作场所设置的各项辐射安全和防护措施符合中华人民共和国环境保护部令第18号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

（GB18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等相关标准的要求。

综上所述，本项目各辐射工作场所采取的相应辐射安全与防护措施符合相关要求。故本项目安全设施是合理可行的。

13.5环境影响分析结论

（1）建设阶段对环境影响

本项目工业CT由厂家一体化设计并制造，亿纬公司无需进行辐射屏蔽防护建设。

本项目工业CT所在的CT室主体建设与厂区建设同步进行，在建设阶段不产生放射性废气、放射性废水及放射性固体废物，产生的环境影响主要是装修时，施工产生的噪声、固体废物等环境影响。本项目工程量较小，没有大型机械设备进入施工场地，施工场地安排有序，施工人员较少，施工期短，合理安排施工秩序，施工时间，并依托厂房建设主体工程已有的环保措施处理。

（2）运行阶段对环境影响

①辐射工作场所屏蔽防护设计

经计算分析可知，本项目工业CT在正常运行时能满足《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中“3.1探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平”的要求，同时满足参考标准《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“X射线探伤室墙和门的辐射屏蔽应满足屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平不大于2.5μSv/h”和“对没有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100μSv/h”的要求。

②年有效剂量估算

经过剂量估算，本项目辐射工作场所的工作人员及周围公众人员的年有效剂量分别满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员的连续五年有效剂量平均限值20mSv和公众人员年有效剂量限值1mSv的要求。

（3）三废的治理

①废气

本项目工业CT设备拟配置排风扇，工业CT设备产生的微量臭氧和氮氧化物，通过排风扇排出后，依托产区已有的通风系统，本项目工业CT运行时产生的微量臭氧和氮氧化物对周围环境影响较小。

②固体废物

本项目采用数字成像技术，不产生废显（定）影液及废胶片。运行期间，辐射工作人员会产生生活垃圾，生活垃圾经收集后，统一交由当地环卫部门处理，对周围环境影响较小。

③废水

本项目工业CT运行期间不产生废水，运行期间的废水需要为辐射工作人员的生活污水，依托厂区已有的环保设施处置，对周围环境影响较小。

④噪声

本项目建成投运后噪声源主要为工业CT的排风扇，考虑到该风扇体积和功率较小，产生的噪声较小，且工业CT设备位于CT室内，对周围环境影响较小。

（3）电离辐射

本项目工业CT设备运行产生的X射线，经铅屏蔽体屏蔽后对周围环境影响较小。

13.6建议

（1）亿纬公司应在本项目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。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。单位组织验收时，竣工验收情况见表13-1。

（2）从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

（3）定期开展场所和环境的辐射监测，对所用射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年1月31日前上报云南省生态环境厅。

表13-1“三同时”验收一览表

类别	验收内容		验收要求
辐射防护设计及辐射安全防护设施	设备屏蔽区域墙体、底板及顶棚	右侧（主束面）：12mm 铅板+3mm 钢板， 前侧、左侧、后侧、顶面：5mm 铅板+3mm 钢板， 底部和上料门：3mm 钢板+5mm 铅板+3mm 钢板 X射线管防护（非出束方向）：5mm 铅板+2mm 钢板	本项目工业CT设备各面屏蔽体外0.3m关注点剂量率不大于2.5μSv/h。
	CT室各道门要求	北侧门为成品钢质门，南侧门为乙级防火门；（均为应急门，无特殊情况不可随意出入） 隔室铅门宽x高为:1mx2m。 控制室新增单扇入户门1个。	“应急门无特殊情况不可随意出入”需做出相关管理要求。
	通风系统	工业CT设备配备了通风系统 设备室安装有中央空调；控制室安装立式空调	已配备列出的辐射安全防护措施（可参照《云南省核技术利用辐射安全和防护监督检查技术程序（2021版）》的通知（云环通[2021]227号））
	监测、报警仪器	配备1台固定式场所辐射探测报警装置、1台个人剂量报警仪、1台便携式X-γ剂量率仪，并能正常使用	
	电离辐射警告标识及视频监控	控制室、CT设备室出入口处及本项目工业CT设备表面均设置规范的电离辐射警告标识及警戒线，同时控制室、CT设备室安装监控且工业CT内部安装了视频监控装置	
	设备工作状态显示与联锁装置	设备顶部设置设备状态指示灯，并与工业CT设备联锁	
	紧急停机装置及钥匙开关	设备及操作台设有紧急停机按钮，急停机按钮旁张贴了说明标签及使用方法，同时操作台配置了钥匙开关	
	个人剂量计及监测、报警仪器	为所有辐射工作人员配备个人剂量计，同时配备1台个人剂量报警仪和1台便携式X-γ剂量率仪，并能正常使用	个人剂量监测每年不少于4次，场所日常监测每季度1次（发现异常时（委托有资质的单位监测确认），场所年度监测1年1次；有检测记录和检测报告原件存档；年有效剂量管理限值（辐射工作人员：5mSv，公众年有效剂量：1mSv）
管理制度	辐射安全管理机构	成立辐射安全领导小组并明确职责	亿纬公司根据实际情况制定并完善规章制度；按制度执行到位；并将相关管理制度上墙
	辐射事故应急预案	制定了辐射事故应急预案	
	辐射安全与防护培训	全部辐射工作人员均需取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单	
	监测制度	制定《辐射环境监测计划》并严格执行	
	台账制度	落实设备使用台账管理制度及辐射环境监测台账管理	

	年度评估报告制度	每年1月31日前提交辐射安全年度评估报告	
	操作规程、岗位职责、检修维护等制度	制定完善的操作规程、岗位职责、检修维护制度等辐射安全管理制度，并定期对辐射安全管理制度进行修订	
	档案管理	建立完整的辐射安全档案，并由专人进行负责	