

表 1 项目基本情况

建设项目名称		电池产品品质检测实验室配套 II 类射线装置核技术利用项目			
建设单位		西安众迪锂电池有限公司			
法人代表	何龙	联系人	奚祎敏	联系电话	18291857502
注册地址		陕西省西安市高新区细柳街办新型工业园亚迪路 2 号			
项目建设地点		西安高新区草堂科技产业基地秦岭大道西 1 号 51#厂房			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	1500	项目环保投资 (万元)	9	投资比例 (环保投资/总投资)	0.6%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积 (m <sup>2</sup> )	租用
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
		<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
其他	/				
<p><b>项目概述</b></p> <p><b>1、建设单位简介</b></p> <p>西安众迪锂电池有限公司是比亚迪股份有限公司下属子公司，成立于 2018 年 11 月，注册地址位于陕西省西安市高新区细柳街办新型工业园亚迪路 2 号（位于比亚迪汽车有限公司高新厂区），在比亚迪汽车有限公司高新厂区、草堂厂区均设有生产基地，拥有完整的电池产业链以及 100%自主研发、设计生产电池的能力，是全球领先的电池生产商。</p> <p><b>2、项目由来</b></p> <p>现为满足业务发展需要，西安众迪锂电池有限公司拟在西安高新区草堂科技产业基地比亚迪汽车有限公司草堂厂区 51#厂房新增 1 台工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置，对电芯内部结构进行无损检测。根据《射线装置分类》（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），该设备属于 II 类射线装置。</p> <p>根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》和《中华人民共和国放射性污染防治法》，本项目需进行环境影响评价。依据《建设项目环</p>					

境影响评价分类管理名录》（2021年版），本项目属于“五十五、核与辐射—172、核技术利用建设项目”中“制备PET用放射性药物的；医疗使用I类放射源的；使用II类、III类放射源的；生产、**使用II类射线装置的**；乙、丙级非密封放射性物质工作场所（医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的除外）；在野外进行放射性同位素示踪试验的；以上项目的改、扩建（不含在已许可场所增加不超出已许可活动种类和不高于已许可范围等级的核素或射线装置的）”项目，应编制环境影响报告表。

西安众迪锂电池有限公司于2022年1月委托我单位对该项目进行环境影响评价。接受委托后，我单位组织有关技术人员对该项目进行了实地踏勘、资料收集、现场监测等工作，按照《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的基本要求，编制完成了《电池产品品质检测实验室配套II类射线装置核技术利用项目环境影响报告表》。

### 3、产业政策符合性及实践正当性分析

本项目利用X射线断层扫描装置进行电芯内部结构的无损检测，系核技术在工业领域内的运用。根据《产业结构调整指导目录（2019年版）》（2021年修改），属于“鼓励类”中“三十一、科技服务业—1、工业设计、气象、生物、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，符合国家产业政策。

本项目射线装置主要用于电芯内部结构的无损检测，以保障电池产品品质，推动电池技术研发。在综合考虑社会、经济和其他因素之后，X射线对受照个人或社会所带来的利益远大于可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

### 4、建设规模

#### (1) 项目概况

西安众迪锂电池有限公司拟在51#厂房新增1台工业用X射线计算机断层扫描（CT）装置，对电芯内部进行三维测量和检测，该设备属于II类射线装置。根据建设单位提供资料，该射线装置由带铅板防护的扫描室、电气控制柜和数据处理工作站三部分组成，自带铅钢结构的全封闭防护外壳，显像模式为实时数字化成像，无需冲洗胶片。

该射线装置技术参数详见表1-1。

表 1-1 射线装置技术参数表

设备名称	生产厂家及型号规格	具体参数	
工业 CT	德国 ZEISS Metrotom 800 型	最大管电压	225kV
		最大管电流	3mA
		最大管功率	500W
		平板探测器像素数量/像素尺寸 (μm)	1024×1024/200
		过滤材料	3mm 铝
		辐射源点过滤后 1m 处 X 射线输出量	11.4mGy·m <sup>2</sup> / (mA·min)
		曝光类型	定向

(2) 工作制度及劳动定员

根据建设单位提供资料，本项目拟配备辐射工作人员 5 人，均为新增人员。

工业 CT 工作制度为两班制，每班 2 人，根据需要进行轮换，每班工作时间 8h。射线装置每班最长曝光时间为 4h，每天曝光时间最长为 8h；每周工作 7 天，周曝光时间为 56h；年工作 250d，年曝光时间 2000h。

5、项目选址及周边环境关系

(1) 地理位置

本项目位于西安高新区草堂科技产业基地秦岭大道西 1 号比亚迪汽车有限公司草堂厂区，地理位置见图 1-1。

(2) 周边环境关系

项目位于西安高新区草堂科技产业基地秦岭大道西 1 号比亚迪汽车有限公司草堂厂区 51#厂房。比亚迪汽车有限公司草堂厂区周边主要为耕地及村落等，其中东北侧为宋南村、西侧为焦将村；另外，周边分布有陕西三元科技产业园、陕西中大机械集团、西安迈克森新材料有限公司等企业。

51#厂房位于比亚迪汽车有限公司草堂厂区西北角，紧邻北厂界，西侧为废料棚、污水处理站，南侧为 50#厂房、室外设备场地，东侧为成品车位、停车场。项目所在厂区平面布置示意图见图 1-2。

工业 CT 拟安装于 51#厂房中部的 CT 实验室。51#厂房为单层建筑，无地下室，现状为空厂房，为电池产品品质检测实验室项目拟建地，51#厂房平面布置示意图见图 1-3。CT 实验室北侧为 Pack 测试区、废液处理室、留样室及机加车间；东侧为备用实验室、功能实验室、振动实验室、测试室、SEM 实验室、ICP 前处理房、化工材料检

测室等；南侧为会议室、监控室、清洁度检测室、结构件检测室、ESD 检测室、Pack 检测室等；西侧为烘箱、检测柜、高低温、恒温房等机械加工及员工休息室、配电房等。

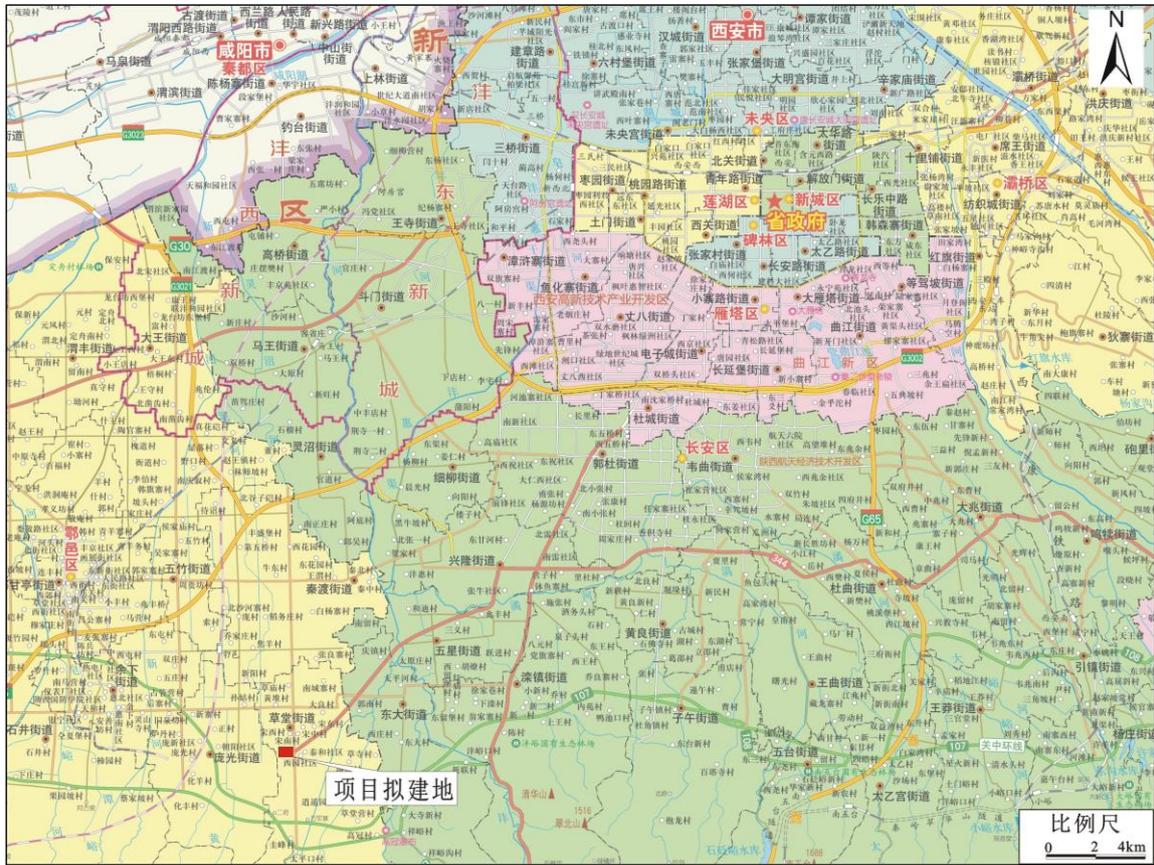


图 1-1 地理位置示意图

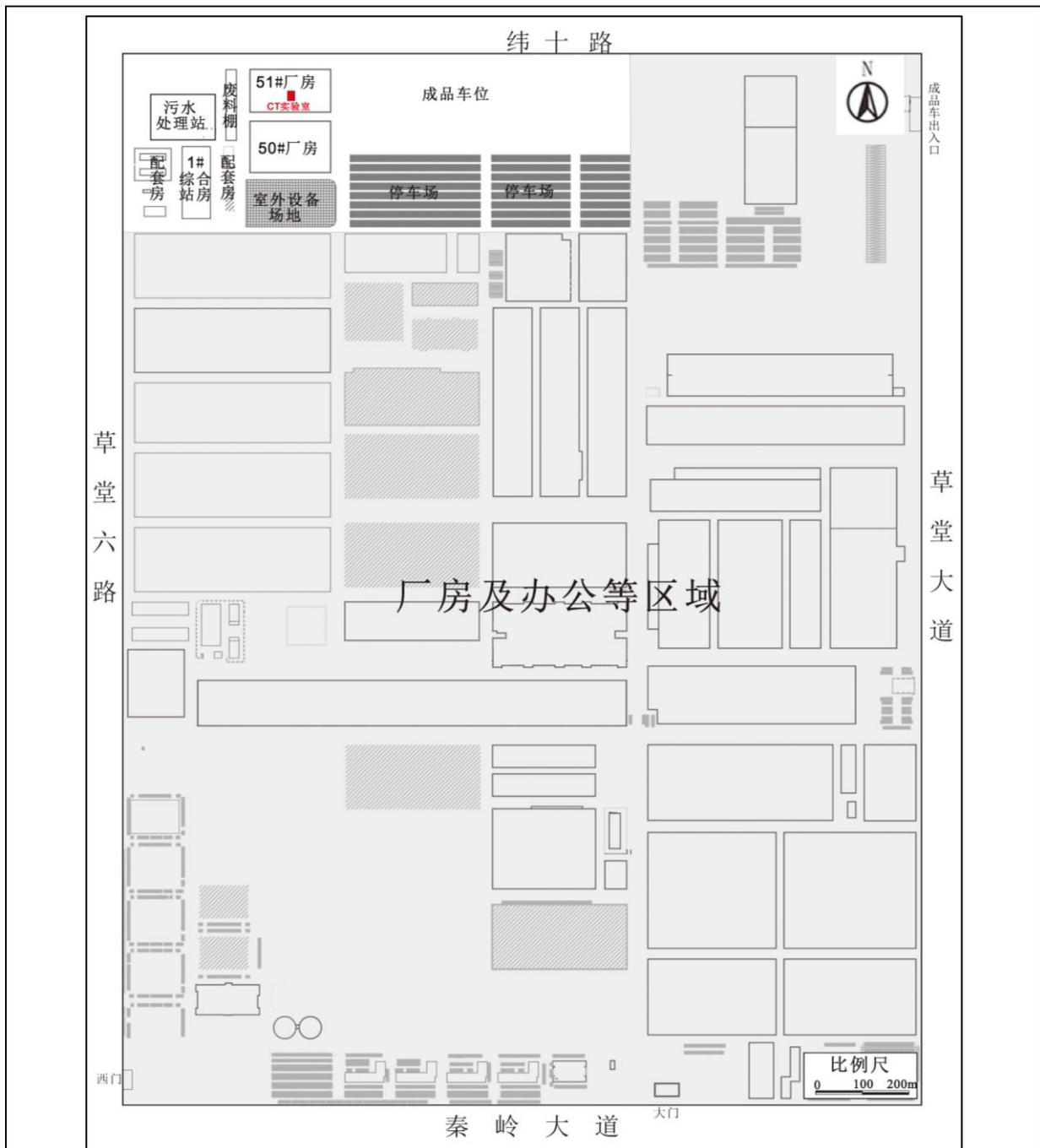


图 1-2 项目所在厂区平面布置示意图

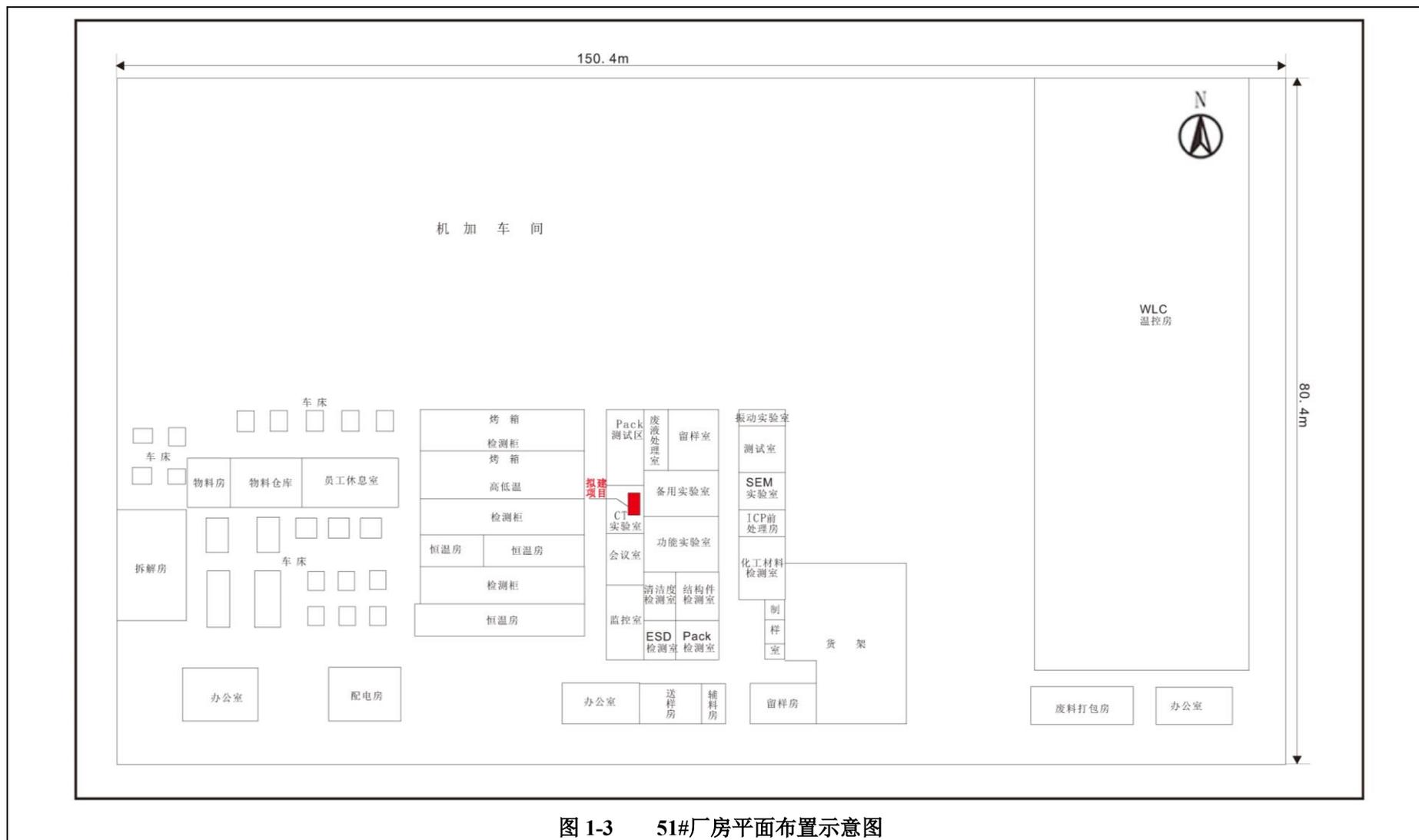




图 1-4 CT 实验室平面布置图

工业 CT 拟安装于 CT 实验室东侧，操作台位于工业 CT 西侧，CT 实验室平面布置见图 1-4。

## 6、现有核技术利用项目情况

### (1) 现有核技术利用项目环保手续履行情况

西安众迪锂电池有限公司现有核技术利用项目仅涉及使用 V 类放射源和 III 类射线装置，V 类放射源（西安众迪锂电池有限公司检测装置建设项目、西安众迪锂电池有限公司使用 V 类放射源核技术利用项目）分别于 2019 年 3 月、2021 年 5 月完成建设项目环境影响登记表备案，备案号分别为 20196101000100000017、20216101000100000054；III 类射线装置（西安众迪锂电池有限公司使用 X 射线无损探伤检测仪装置应用项目）于 2020 年 6 月完成建设项目环境影响登记表备案，备案号为 202061010001000000300。

### (2) 辐射安全许可证

西安众迪锂电池有限公司于 2021 年 8 月 26 日取得了辐射安全许可证（陕环辐证〔AN001〕），许可证种类和范围为：使用 V 类放射源、III 类射线装置，有效期至 2026 年 8 月 25 日。辐射安全许可证详见附件，活动种类和范围见表 1-3。

表 1-3 辐射安全许可活动种类和范围

放射源					
序号	核素	类别	总活度（贝可）/活度（贝可）×枚数	活动种类	备注
1	Kr-85	V类	1.11E+10×48	使用	/
2	Kr-85	V类	1.11E+10×24	使用	/
射线装置					
序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类	备注
1	X射线无损探伤检测仪 X-Ray 发生器	III类	4	使用	其中 1 台于 2021 年 6 月搬迁至高新区 8 号厂房封存，剩余 3 台在使用

(3) 辐射安全管理现状

① 辐射防护管理机构

西安众迪锂电池有限公司已成立辐射安全与环境保护领导小组，组长为王彦雲（见附件），辐射安全与环境保护领导小组办公室设在西安地区安全环境管理部，负责日常辐射安全监督管理工作。

② 规章制度建设及落实情况

西安众迪锂电池有限公司目前已制定了一系列辐射环境管理规章制度，包括《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》、《辐射岗位工作职责》、《放射性同位素与射线装置管理制度》、《射线装置操作规程》、《辐射工作人员培训管理制度及培训计划》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《职业健康体检管理制度》、《辐射安全防护设施维护与维修制度》、《辐射自主监测方案》、《辐射环境监测设备使用与检定管理制度》等；已编制并下发了《辐射事故应急预案》，以确保辐射作业中的安全防护。现有制度执行情况较好，运行以来未发生辐射事故或人员剂量超标情况。

③ 工作人员培训情况

西安众迪锂电池有限公司现有 26 名辐射工作人员，均参加了辐射安全与防护培训班学习和考核，并取得了培训合格证。

④ 个人剂量检测及职业健康检查情况

公司已为辐射工作人员配备个人剂量计，每季度委托有资质单位进行 1 次个人剂量检测。根据陕西秦洲核与辐射安全技术有限公司出具的 2020 年 10 月~2021 年 10 月 4 个季度职业性外照射个人剂量监测报告（QNJC-2020-D239、QNJC-2021-D077、

QNJC-2021-D236、QNJC-2021-D339，见附件），现有辐射工作人员的年个人剂量均低于 0.26mSv，未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的剂量限值，检测报告已存档。

现有辐射工作人员于 2021 年在核工业四一七医院进行了职业健康体检，体检结果及复查结果显示未发现疑似放射性疾病，可以继续从事辐射工作，体检报告已建立健康档案。

#### ⑤ 工作场所及辐射环境监测情况

公司已配备 1 台便携式 X-γ 辐射剂量率仪，每年检定 1 次，检定报告已归档。公司已制定《辐射自主监测方案》、《辐射环境监测设备使用与检定管理制度》，每季度对现有辐射工作场所进行监测，监测结果已存档。

公司已委托有资质单位每年进行 1 次辐射工作场所年度监测。根据陕西华邦检测服务有限公司出具的 2021 年《比亚迪汽车有限公司（第二事业部 XAB 工厂）放射防护监测》（HBJC（放射）2021-012-6，见附件，委托单位为比亚迪汽车有限公司，实际监测项目为西安众迪锂电池有限公司现有放射工作场所），现有源（仅对监测时在用源进行监测）容器表面 5cm、100cm 处周围剂量当量率监测结果分别为 0.10～1.54μSv/h、0.08～0.18μSv/h，符合《含密封源仪表的放射卫生防护要求》（GBZ125-2009）相关标准限值要求；在用的 3 台射线装置周围关注点的空气比释动能率为 0.10～0.13μGy/h，符合《X 射线衍射仪和荧光分析仪防护标准》(GBZ115-2002)中相关标准限值。

西安众迪锂电池有限公司已按时向西安市生态环境局高新分局提交了 2020 年度放射性同位素与射线装置的安全和防护状况环境评估报告，2021 年度由于受疫情影响，已向相关部门提交了有关说明。

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	贮存方式及地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 3 非密封放射性物质

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

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	II	1	Metrotom 800	225	3	无损检测	51#厂房 CT 实验室	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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 ( $\mu\text{A}$ )	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
该项目运行过程中不产生放射性“三废”	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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，气态单位为 mg/m<sup>3</sup>；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/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

<p>法 规 文 件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（修订），2015 年 1 月 1 日；</p> <p>(2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日；</p> <p>(3) 《中华人民共和国环境影响评价法》（修正），2018 年 10 月 29 日；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（修订），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（修订），国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修订），生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日；</p> <p>(9) 《关于发布&lt;射线装置分类&gt;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；</p> <p>(10) 《陕西省放射性污染防治条例》（2019 年修正），2019 年 11 月 6 日；</p> <p>(11) 《关于印发新修订的&lt;陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表&gt;的通知》，陕环办发〔2018〕29 号。</p>
----------------------------	---

<p style="text-align: center;">技 术 标 准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>(2) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）；</p> <p>(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）；</p> <p>(4) 《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）；</p> <p>(5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(6) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。</p>
<p style="text-align: center;">其 他</p>	<p>(1) 电池产品品质检测实验室配套 II 类射线装置核技术利用项目环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 西安众迪锂电池有限公司辐射安全许可证；</p> <p>(3) 《西安众迪锂电池有限公司关于成立辐射安全与环境保护领导小组的通知》及其他现有辐射安全防护管理制度；</p> <p>(4) 2020 年 10 月~2021 年 10 月 4 个季度职业性外照射个人剂量监测报告(QNJC-2020-D239、QNJC-2021-D077、QNJC-2021-D236、QNJC-2021-D339)；</p> <p>(5) 《比亚迪汽车有限公司（第二事业部 XAB 工厂）放射防护监测》（HBJC（放射）2021-012-6，见附件，委托单位为比亚迪汽车有限公司，实际监测项目为西安众迪锂电池有限公司现有放射工作场所）；</p> <p>(6) 《电池产品品质检测实验室配套 II 类射线装置核技术利用项目辐射环境现状监测》（XAZC-JC-2022-0022）。</p>

**表 7 保护目标与评价标准**

评价范围						
<p>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“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”要求，确定本项目评价范围为以射线装置实体铅屏蔽体为边界，半径 50m 范围内的区域，详见图 7-1。</p>						
保护目标						
<p>本项目环境保护目标主要为从事射线装置操作的辐射工作人员及周围区域的公众。环境保护目标见表 7-1。</p>						
表 7-1 主要环境保护目标一览表						
序号	保护对象	长居留人员规模	相对方位		与屏蔽体相对最近距离 (m)	剂量约束值 (mSv/a)
1	辐射工作人员	5 人	西侧操作台		1.0m	2.0
2	公众	约 2 人	北侧	Pack 测试区、废液处理室及留样室	约 0.3m	0.1
		约 13		机加车间	约 8.0m	
		约 2 人	东侧	备用实验室、功能实验室	约 0.3m	
		约 16 人		振动实验室、测试室、SEM 实验室、ICP 前处理房、化工材料检测室	约 9.0m	
		约 2 人		制样室、留样房、货架	约 16.0m	
		约 2 人	南侧	会议室、监控室	约 2.5m	
		约 22 人		清洁度检测室、结构件检测室、ESD 检测室、Pack 检测室	约 6.0m	
		约 20 人		办公室、送样房、辅料房、50#厂房工位	约 23.0m	
		约 8 人	西侧	烤箱、检测柜、高低温、恒温房等机械加工区	约 5.0m	
		约 50 人		车床等机械加工区、员工休息室、物料仓库、配电房	约 27.0m	
/	东、南、西、北侧	51#厂房内过道、厂区内过道等	/			
<p>注：51#厂房现为空厂房，环境保护目标根据建设单位提供平面布置图所列，其中人数为预估人数，图表中“距离”均以铅屏蔽体作为起点进行计算。</p>						

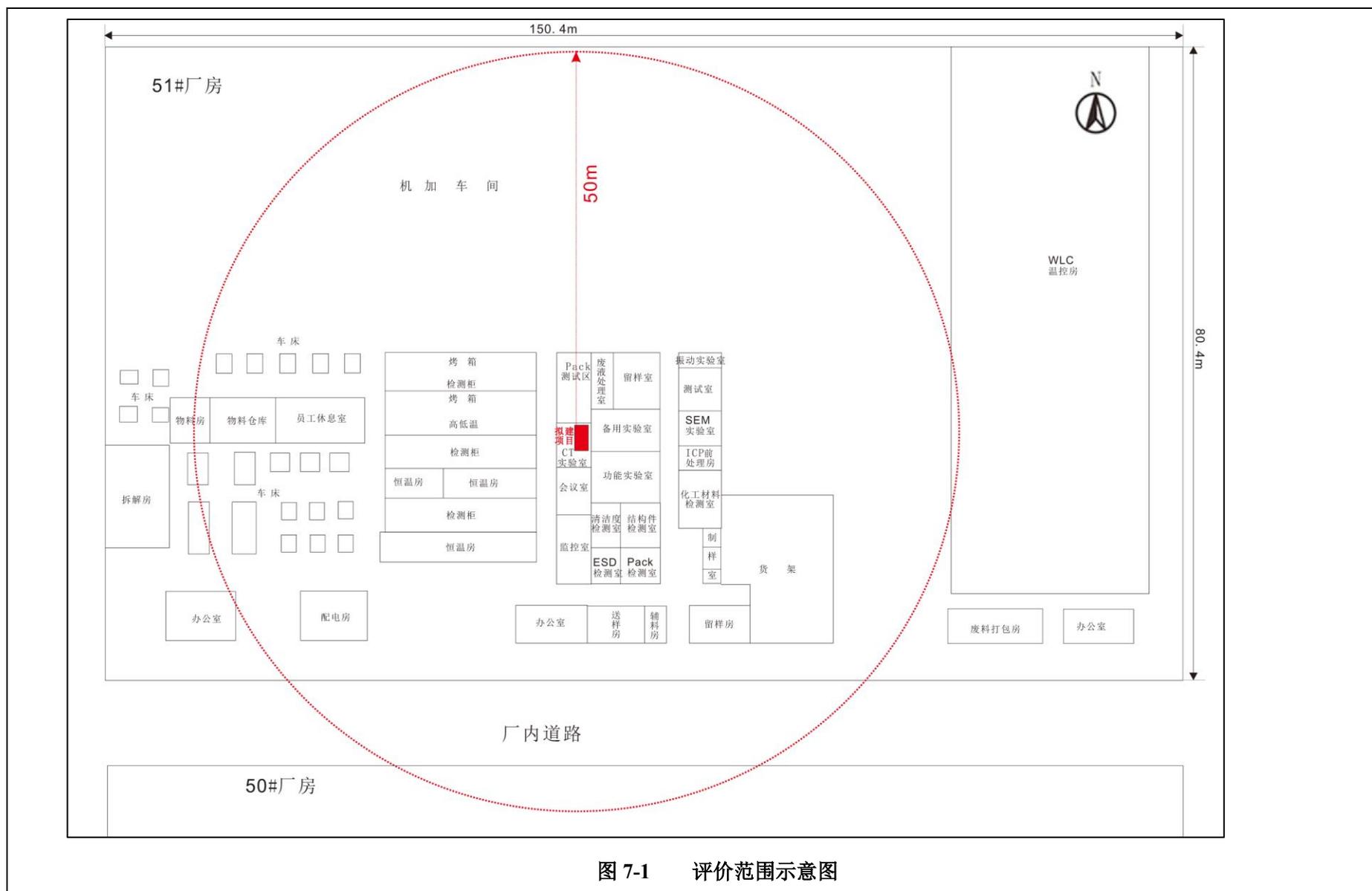


图 7-1 评价范围示意图

## 评价标准

### 一、职业人员和公众的辐射剂量约束值

#### 1、职业照射

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录 B 剂量限值：应对任何工作人员的职业水平进行控制，使之不超过下述限值：由审管部门决定的连续 5 年的平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）第 4.3.3.1 条“对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）”，结合本项目射线装置的适用情况，综合考虑公司核技术利用项目现状，并着眼于长期发展，为其它辐射设施和实践活动留有余地，本次评估对职业照射人员的年受照剂量约束值按标准剂量限值的 1/10 执行，即 2mSv/a。

#### 2、公众照射

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录 B 剂量限值：实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值，年有效剂量，1mSv。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）第 4.3.3.1 条“对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）”，结合本项目射线装置的适用情况，综合考虑射线装置现有使用并为公司的远期发展预留空间，本次评估对公众的年受照剂量约束值按标准剂量限值的 1/10 执行，即 0.1mSv/a。

### 二、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）

该标准适用于 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置（以下简称 X 射线装置）的生产和使用。本项目为工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置，运行期参照执行该标准中相关防护安全要求，实际运行中将防护铅房视为探伤室。相关防护安全要求如下：

4.1.1 探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全，操作室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向。

4.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。

4.1.3 X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 人员在关注点的周剂量参考控制水平，对职业工作人员不大于  $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众不大于  $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

4.1.4 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临近建筑物在自辐射源点到探伤室内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 4.1.3；

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

4.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，并保证在门（包括人员门和货物门）关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。门打开时应立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。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。

4.1.6 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。“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。

4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

4.1.8 探伤室内、外醒目位置处应有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

4.1.9 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

4.1.10 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。按钮或拉绳应当带有标签，标明使用方法。

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

**表 8 环境质量和辐射现状**

**环境质量和辐射现状**

**1、项目地理位置和场所位置**

(1) 项目地理位置

项目位于西安高新区草堂科技产业基地秦岭大道西 1 号比亚迪草堂厂区 51#厂房内，地理位置图见图 1-1，周边环境关系见图 1-2。

(2) 项目场所位置

工业 CT 拟建场所位于 51#厂房 CT 实验室内，见厂房平面布置图 1-3。

**2、环境质量现状**

本次委托西安志诚辐射环境检测有限公司对拟建场所辐射环境现状进行了监测。

(1) 监测因子、点位

监测因子：X、 $\gamma$  辐射剂量率；

监测点位：拟建场所及厂内道路，见图 8-1。

(2) 监测时间

2022 年 2 月 9 日。

(3) 监测仪器

**表 8-1 监测仪器一览表**

监测仪器	环境监测用 X、 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率仪		
型号规格	FD-3013H	仪器编号	XAZC-YQ-016
检出限	0.01 $\mu$ Gy/h~200 $\mu$ Gy/h	检定单位	中国计量科学研究院
检定证书编号	2021H21-20-3331352001-01	检定有效期	2021.6.1~2022.5.31

(4) 质量保证措施

① 监测人员持证上岗；

② 严格按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《环境监测用 X、 $\gamma$  辐射测量仪 第一部分 剂量率仪型》（EJ/T 984-95）进行监测；

③ 监测结果经三级审核，保证监测数据的准确。

(5) 监测结果

监测结果见表 8-2。

表 8-2 项目 X、 $\gamma$  辐射剂量率监测结果

监测点位	点位描述	X、 $\gamma$ 辐射剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	
		均值	标准偏差
1	拟建场所 1#点位	0.06	0.01
2	拟建场所 2#点位	0.06	0.01
3	拟建场所 3#点位	0.06	0.01
4	拟建场所 4#点位	0.06	0.01
5	拟建场所 5#点位	0.06	0.01
6	拟建场所 6#点位	0.06	0.01
7	拟建场所 7#点位	0.06	0.01
8	拟建场所 8#点位	0.06	0.01
9	拟建场所 9#点位	0.06	0.01
10	厂内道路	0.08	0.01

注：本次监测结果未扣除仪器对宇宙射线响应值；厂房现为空厂房。

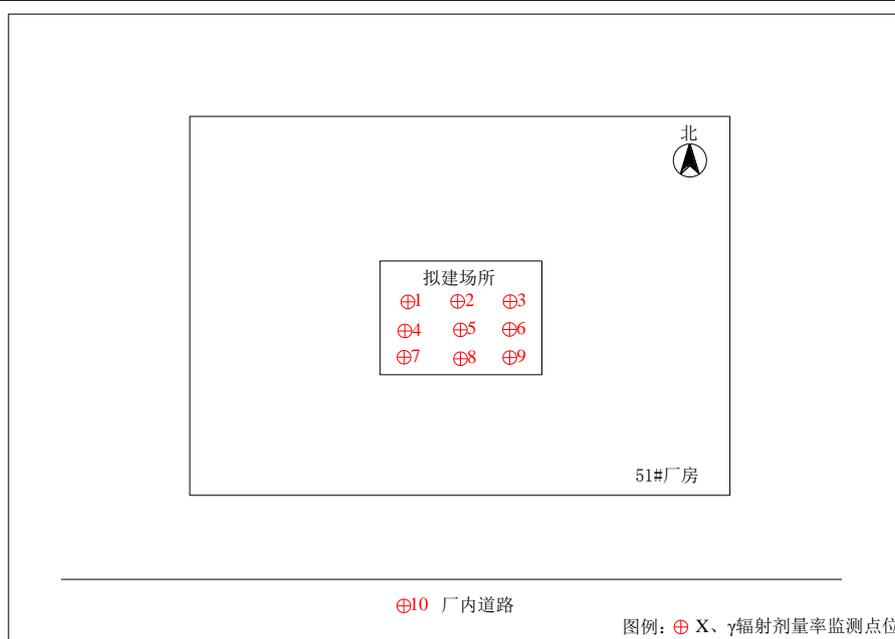


图 8-1 现状监测点位示意图

#### (6) 监测结论

根据表 8-2，本项目工业 CT 拟建场所各监测点位 X、 $\gamma$  辐射剂量率测量值范围为  $0.06\mu\text{Sv/h}$ ，即  $60\text{nGy/h}$ ；厂内道路处 X、 $\gamma$  辐射剂量率测量值为  $0.08\mu\text{Gy/h}$ ，即  $80\text{nGy/h}$ 。参考《中国环境天然放射性水平》（2015 年 7 月）中“西安市道路  $\gamma$  辐射剂量率为（52.0~121.0） $\text{nGy/h}$ ；西安市室内  $\gamma$  辐射剂量率范围为（79.0~130.0） $\text{nGy/h}$ ；宇宙射线所致室外剂量率（按点平均）均值为  $37.0\text{nGy/h}$ ，宇宙射线所致室内剂量率（按点平均）均值为  $33.0\text{nGy/h}$ ”。经对比，本工程拟建场所辐射环境现状监测结果属于天然辐射环境本底波动水平。

表 9 项目工程分析及源项

### 工程设备和工艺分析

#### 1、工程设备

根据建设单位提供资料，本项目拟采用卡尔蔡司工业测量技术有限公司生产的 Metrotom800 型工业 CT，用于电池电芯内部的三维测量和检测，该射线装置由带铅板防护的扫描室、电气控制柜和数据处理工作站三部分组成，自带铅钢结构的全封闭防护外壳，内部为运动定位系统及射线源、成像系统。设备外观见图 9-1。



图 9-1 射线装置外观示意图

根据建设单位提供资料，本项目 Metrotom800 型工业 CT 微焦点 X 射线管最大管功率为 500W，射线源无法移动。平板探测器分辨率为  $1024 \times 1024 \text{pixel}^2$ ，像素尺寸大小为  $200 \times 200 \mu\text{m}$ ，成像效果清晰。

#### 2、工作原理

工业用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置其工作基本原理是通过平板探测器获取大量不同角度被测对象受 X 射线照射后的断层扫描图像，再将这些图像按照重建算法重构得到完整的三维数模，最终利用分析软件对测得的三维模型进行处理解析，从

而获取全面的产品内外质量数据，有效地反映出其内部结构，缺陷形状、尺寸及分布位置情况等信息。

工业 CT 在检测时，利用 X 射线发生器产生 X 射线，利用产生的 X 射线穿透物质和在物质中有衰减的特性，实现对受检物件进行无损检测和密度测量等功能。

X 射线发生器的组成和出束原理如下：

X 射线发生器主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、钼等）制成，本项目靶材为钨。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接射向嵌在金属阳极中的靶体，高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速到很高的速度，这些高速电子轰击靶物质，与靶物质作用产生韧致辐射，释放出 X 射线。典型的 X 射线管结构图见图 9-2。

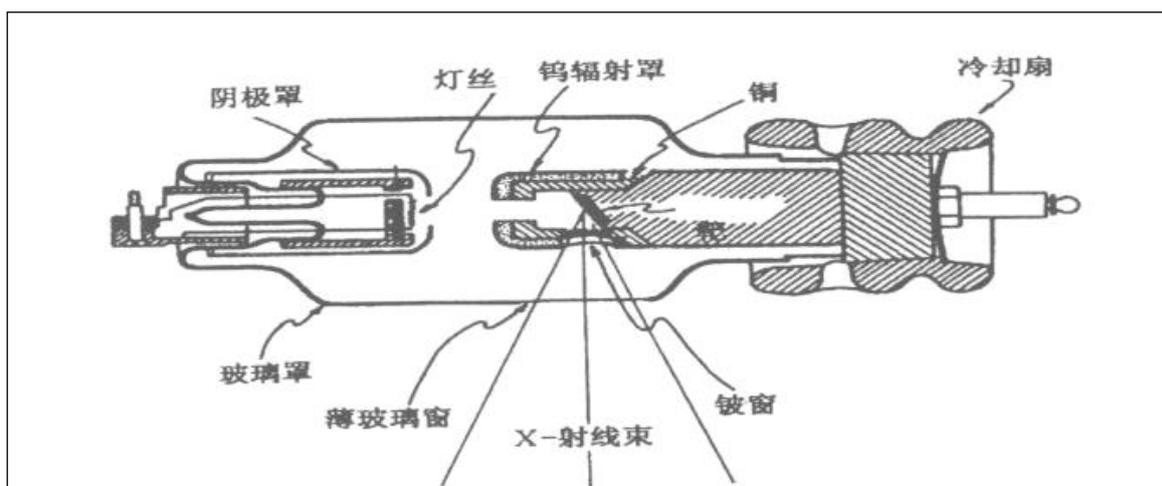


图 9-2 典型的 X 射线管结构图

### 3、操作流程及产污环节

#### (1) 操作流程

① 开机前检查所有屏蔽设施、电源电压等是否正常，确认无误后开启设备电源和控制台电源。

② 在操作台操作打开铅防护门，手动放置工件至转台。

③ 确认放置好后关闭铅防护门，用控制台手柄调整检测位置，开启高压出束检测。

④ 检测完毕后关闭高压，开启铅防护门取走工件，准备下一轮检测。

⑤ 检测完毕后关机，工作人员分析检测结果。

## (2) 产污环节

射线装置工作流程及产污环节图见图 9-3。

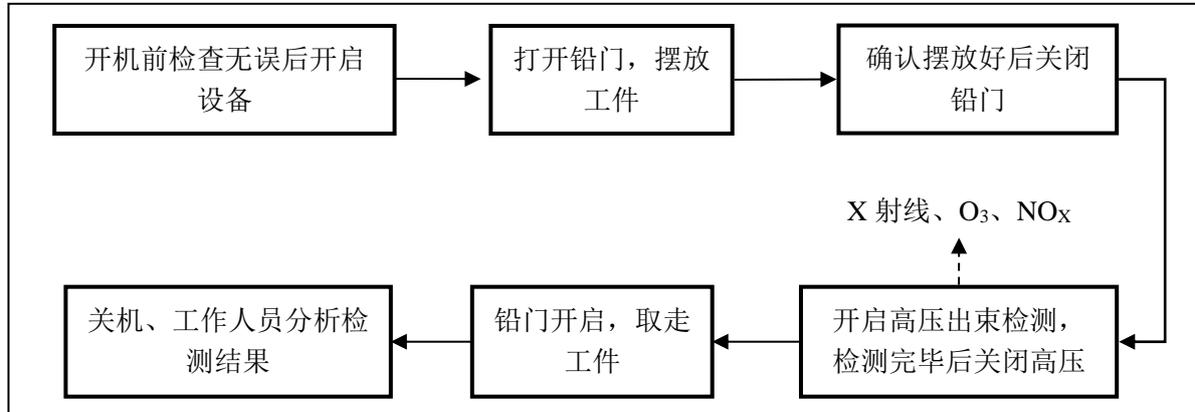


图 9-3 检测系统工作流程及产污环节图

## 4、正常工况的污染途径

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

## 5、事故工况的污染途径

本项目在运行过程中可能发生的事故主要为门-机联锁失效导致操作人员或公众在铅防护门处被误照射。

## 污染源项描述

运行期主要污染源项为 X 射线、O<sub>3</sub> 和 NO<sub>x</sub> 等有害气体等，不产生放射性三废。

### 1、X 射线

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

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

(1) 有用线束：直接由 X 射线管产生的电子通过打靶获得 X 射线并通过辐射窗口照射工件。射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关，靶物质原子序数、加在 X 射线管的管电压、管电流越高，光子束流越强。

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

(3) 散射射线：由有用线束及漏射线在各种散射体（检测工件、射线接收装置、地面等）上散射产生的射线。一次散射或多次散射，其强度与 X 射线能量、X 射线机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离有关。

## **2、废气**

当电压为 0.6kV 以上时，X 射线能使空气电离，本项目 X 射线机最大管电压为 225kV，运行时将产生少量 O<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1、辐射工作场所分区及布局合理性分析

(1) 工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），辐射工作场所应分为控制区及监督区，将需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域定为监督区。参照《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015），一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。

本项目射线装置自带铅屏蔽体，因此拟将工业 CT 铅屏蔽体内的所有区域划分为控制区，将 CT 实验室其他区域划分监督区，辐射工作场所分区示意图见图 10-1。

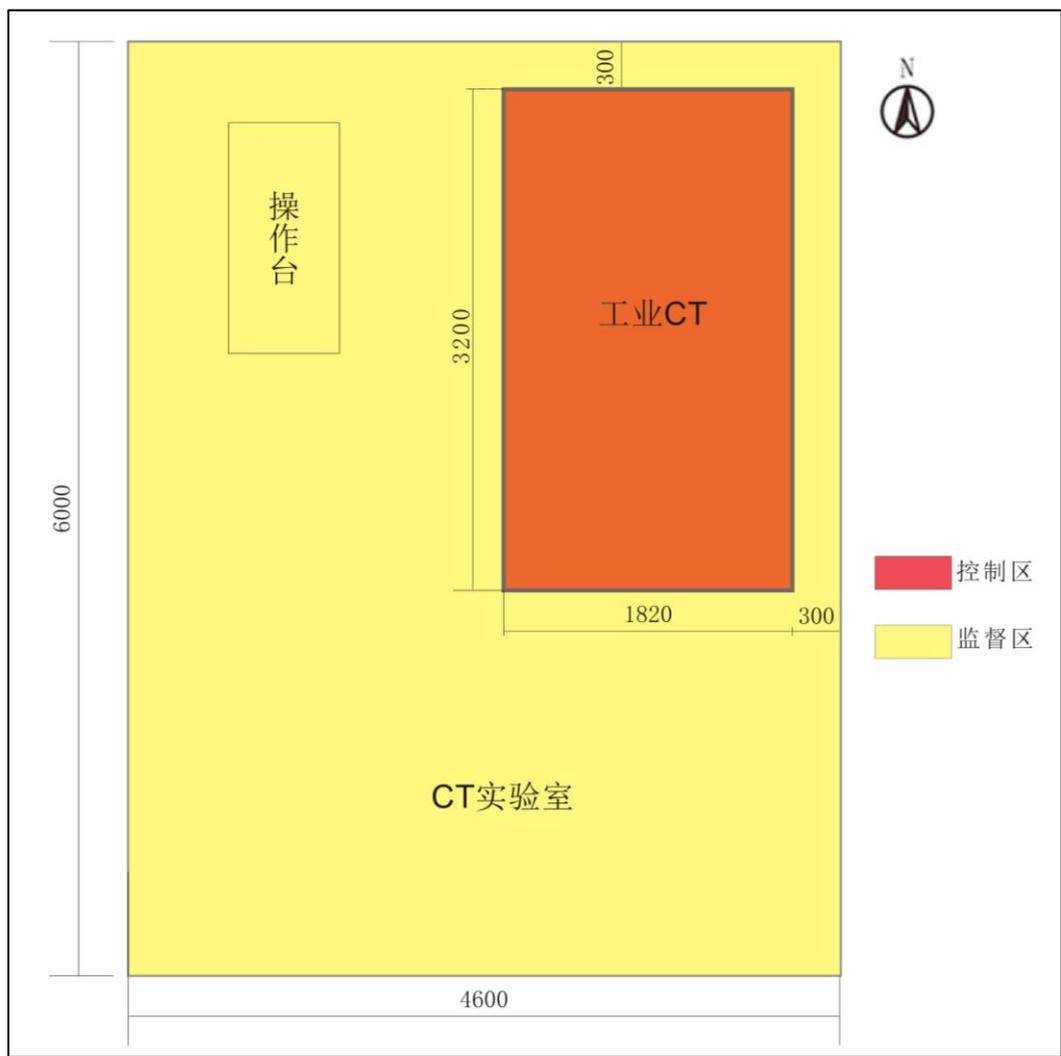


图 10-1 工作场所分区示意图

建设单位应在工业 CT 设备上设立醒目的、符合规定的电离辐射警告标志，在射线装置运行时严禁人员入内；在 CT 实验室入口处设立表明监督区的标识及警示文字，设备开机时禁止公众进入监督区。

## (2) 布局合理性分析

本项目设备拟安装于 CT 实验室东侧，CT 实验室平面布局图见图 10-1。有用线束向南照射，操作台位于工业 CT 西侧，可以避免有用线束照射方向，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全，操作室应与探伤室分开并尽量避免有用线束照射的方向”的要求。

## 2、辐射防护屏蔽设计

工业 CT 铅屏蔽体为六面封闭式结构，在 CT 实验室南北向摆放，主射束向南（右侧）照射，屏蔽体正面即西侧开设 1 个铅防护门。根据建设单位提供的资料，X 射线管周围采用铅钢防护结构（见图 10-5），材质为 5mm 铅+3mm 钢，工业 CT 各面的屏蔽参数见表 10-1。工业 CT 尺寸见图 10-2，防护设计示意图见图 10-3。

表 10-1 防护铅房主要设计参数

序号	位置	屏蔽体设计防护厚度及材料	X 射线管防护设计	总的设计防护厚度（按铅当量计）
1	西侧面（正面①）右侧防护板	5mm 铅+3mm 钢	5mm 铅+3mm 钢	10mm 铅
2	西侧面（正面②）上料门	3mm 钢+5mm 铅+3mm 钢		10mm 铅
3	北侧面（左侧③）左侧防护板	5mm 铅+3mm 钢		10mm 铅
4	东侧面（后侧⑦）	5mm 铅+3mm 钢		10mm 铅
5	顶板（⑥）	5mm 铅+3mm 钢		10mm 铅
6	底板（⑤）	3mm 钢+5mm 铅+3mm 钢		10mm 铅
7	南侧面（右侧④）	12mm 铅+3mm 钢	/	12mm 铅
8	工业 CT 尺寸	外部尺寸：3200mm×1820mm×2050mm		

注：表中①~⑦与图 10-3~10-4 示意图上序号相对应；由于钢的防护作用较小，本次评价主要考虑铅的防护性能。

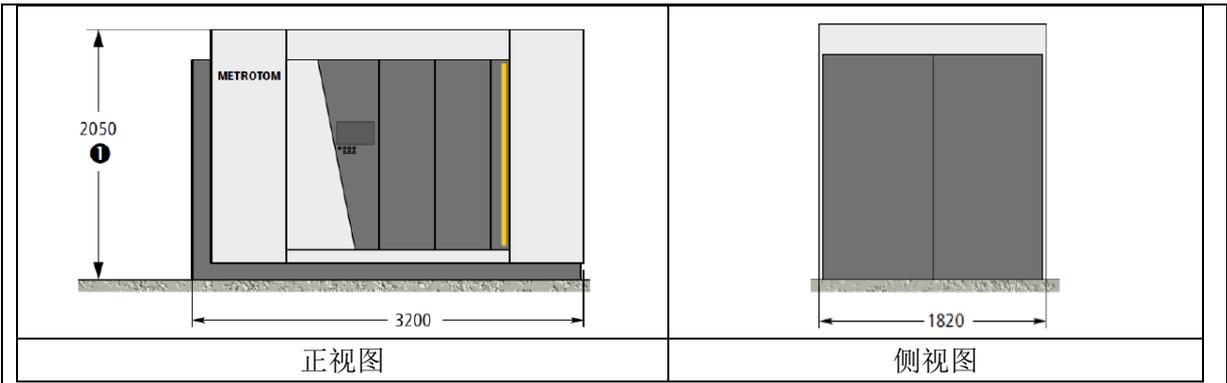


图 10-2 工业 CT 尺寸示意图



图 10-3 工业 CT 正面及左侧屏蔽防护情况示意图



图 10-4 工业 CT 背面、右侧及顶部屏蔽防护情况示意图

X 射线管周围同样采用铅钢防护结构，材质为 5mm 铅+3mm 钢，见图 10-5。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，材质为 5mm 铅+3mm 钢，见图 10-6。

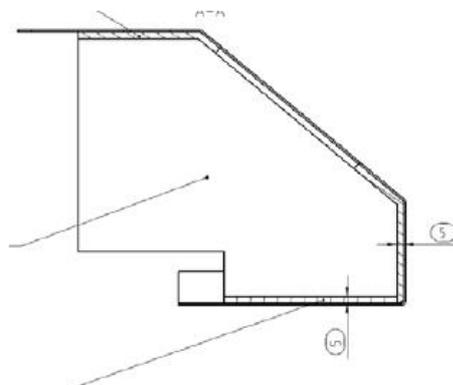
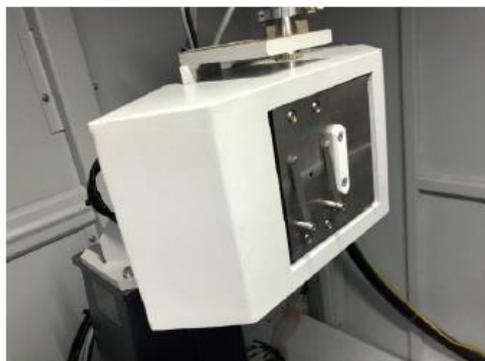


图 10-5 X 射线管周围屏蔽防护示意图

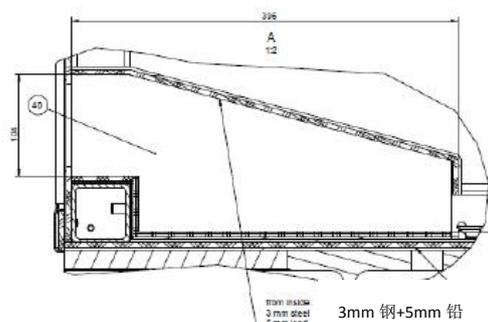


图 10-6 机器线缆穿孔周围屏蔽防护示意图

### 3、辐射安全设施

本项目工业 CT 屏蔽体内为实际探伤作业场所，等同于探伤室，工业 CT 的防护设施参照《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中相关规定。本项目工业 CT 除实体屏蔽外，拟采取的其他辐射安全措施如下。

(1) 门-机联锁：本项目工业 CT 装置仅在机器正面预留唯一通道，用于上下料工件及设备检修维护，其余面则完全密封，避免人员误进入。正面铅防护门设置双门锁安全联锁装置，铅防护门在打开或者没有关到位的情况下，高压电源无法打开；铅防护门打开时高压电源将随即关闭，重新关闭铅防护门后无法自动打开高压电源。当设备运行过程中，突然打开设备铅防护门后，射线立即停止。

(2) 工作状态指示装置：拟使用工业 CT 机装置安装有工作状态指示灯，射线开启

时，红色警示标识亮起，关闭时绿色标识亮起。拟在工业 CT 装置正面及实验室醒目位置张贴指示灯信号意义说明。

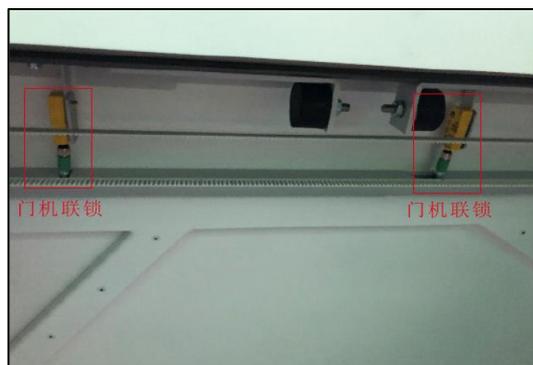


图 10-7 门机连锁装置



图 10-8 紧急停机按钮设置

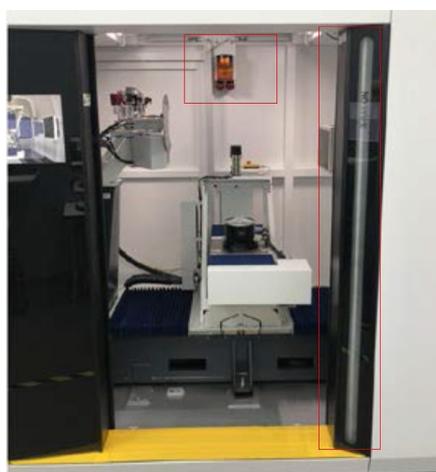


图 10-9 工作状态指示灯设置

(3) 电离辐射警示标识：拟在工业 CT 铅防护门上张贴电离辐射警示标志及中文警示说明。

(4) 紧急停机按钮：工业 CT 屏蔽体正面控制面板及设备屏蔽体内左侧和后侧设置有紧急停机按钮，在出现紧急情况下，按下紧急停机按钮，可以立即切断电源，X 射线停止出束。按钮上拟带标签，标明使用方法；紧急停机按钮与铅防护门及 X 射线源进行安全连锁，按下后 X 射线源高压切断不能出束。

(5) 声光报警及警示灯提示

工业 CT 铅防护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。

(6) 控制台：该工业 CT 屏蔽体正面设控制面板，显示窗口可显示设备工作状态、电源开关状态、高压接通状态及故障报警等，设置有钥匙开关、急停按钮、辐射警示标志等。钥匙开关，只有钥匙挡位在“ON”时射线才能允许被打开，钥匙由专人负责

保管。



图 10-10 控制面板钥匙开关、急停按钮、辐射警示标志等

#### (7) 电缆出口屏蔽防护

本项目工业 CT 电缆穿孔处设置在射线出束方向相反的铅防护体左后方，且开孔位置覆盖 5mm 厚防护铅板，避免或减少电缆孔处射线泄露。

#### (8) 排风设计

本项目工业 CT 铅屏蔽体内通风方式为自然进风，采取底部自然进风，顶部风扇式机械排风，如图 10-10 所示，在进风和出风口均有铅板防护，气流经导向后才进入室内，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 900m<sup>3</sup>/h，系统配置两个风扇，正常情况系统通风量为 1800m<sup>3</sup>/h，工业 CT 长 3.2m、宽 1.82m、高 2.05m，体积为 11.94m<sup>3</sup>，每小时有效通风次数约 150 次。另外工业 CT 实验室另设置有排风换气系统，工业 CT 运行期间产生的氮氧化物会通过换气系统与外界进行气体交换，减少氮氧化物聚积。



图 10-11 排风系统设计

(9) 其他防护措施

建设单位已配备 1 台 X-γ 辐射剂量率仪用于工作场所的日常监测，本项目依托现有设备。

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

本项目拟设置的辐射安全与防护设施与《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表》（陕环办发〔2018〕29 号）的相关要求对照情况见表 10-2。

表 10-2 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表（二）—工业 X 射线探伤

项目		要求	本项目情况	
工业 X 射线探伤	控制台安全性能*	X射线管头应具有制造厂商、型号及出厂编号、额定管电压电流等标志。	根据建设单位提供资料，设备已设置铭牌，标明制造厂商、型号、出厂编号、额定管电压电流等；工业 CT 设置控制面板，显示窗口可显示设备工作状态、电源开关状态、高压接通状态及故障报警等；上方设置声光出束指示标识等；正面铅防护门与 X 射线管头设置双门锁安全连锁；控制面板上设有钥匙开关及紧急停机按钮，钥匙打开后方可出束	
		控制台设有X射线管电压及高压接通或断开状态的显示装置。		
		控制台设置有高压接通时的外部报警或指示装置。		
		控制台或X射线管头组装体上设置探伤室门连锁接口。		
		控制台设有钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X射线管才能出束。		
		控制台设有紧急停机开关。		
	固定式探伤作业场所*	分区	按标准要求划分控制区、监督区。	拟将工业 CT 装置内部划分为控制区，工业 CT 实验室内其他区域划分监督区
			控制区：探伤室墙围成的内部区域。	
			监督区：探伤室墙壁外部相邻的区域。	
	布局	操作室与探伤室分开，并避开有用线束照射的方向。	操作台位于工业 CT 装置西侧，避开了有用线束照射方向	
通风	探伤室设置机械通风装置，排风管道外口避开朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于3次。	工业 CT 装置设置了排风系统，底部自然进风，顶部风扇式机械排风，进风口和出风口均有铅板防护，排风管外口已避开人		

			员活动密集区，通风次数不小于3次
	标志及指示灯	探伤室防护门上设置电离辐射警示标志和中文警示说明。	拟设置
		探伤室门口和内部同时设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，照射状态指示装置与X射线探伤装置联锁。	拟设置
	标志及指示灯	探伤室内、外醒目位置处设置清晰的“预备”和“照射”信号意义说明。	拟设置
	辐射安全与连锁	探伤室设置门-机联锁装置。	工业CT装置设有双门锁安全联锁装置
		探伤室内设置紧急停机按钮或拉绳，并带有标签，标明使用方法。	工业CT正面控制面板及屏蔽体内左侧和后侧设置紧急停机按钮，按钮上拟带标签，标明使用方法
监测设备及个人防护用品		X-γ剂量率监测仪、个人剂量计、个人剂量报警仪等	依托现有X-γ剂量率监测仪，为新增工作人员配备个人剂量计、个人剂量报警仪

综上，本项目辐射安全防护设施基本符合标准化建设要求，运行期应加强相关管理，定期检查并确保防护设施的有效性。

### 三废的治理

本项目不产生放射性“三废”，非放射性废物主要为空气电离产生的O<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>。

本项目工业CT铅屏蔽体内通风方式为自然进风，采取底部自然进风，顶部风扇式机械排风，典型工况下单个风扇排风量为900m<sup>3</sup>/h，系统配置两个风扇，正常情况系统通风量为1800m<sup>3</sup>/h，每小时有效通风次数为150次，可以满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中“每小时有效通风换气次数应不小于3次”要求。工业CT排风口位于铅房顶部，非人员长居留位置，满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中“排风管道外口避免朝向人员活动密集区”要求，排风经自然扩散后，对周围环境影响不大。

**表 11 环境影响分析**

**建设阶段对环境的影响**

项目建设期对环境的影响主要为设备安装过程所产生的噪声以及工人生活废水、生活垃圾。项目施工现场位于 51# 厂房 CT 实验室内，安装过程较方便，1~2 天即可安装完毕，施工噪声造成的影响不大。生活垃圾和生活废水产生量较小，生活污水依托厂区现有污水处理设施处理，生活垃圾纳入厂区现有垃圾清运系统。综上所述，本项目建设阶段对环境产生影响较小。

**运行阶段对环境的影响**

运行期主要环境影响为射线装置高压出束时 X 射线对四周屏蔽面、顶面、工件防护门外各关注点形成的外照射。本次采用理论估算的方法分析外照射环境影响，首先核算工业 CT 屏蔽设计是否满足防护需求，再估算运行期工业 CT 屏蔽体外各关注点的剂量率及个人年附加有效剂量。

**一、理论估算模式**

估算模式参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），该标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室防护性能估算。

(1) 确定 CT 设备屏蔽体外各方向外关注点的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c.d}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )。

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

式中： $H_C$  为周剂量参考控制水平，单位为  $\mu\text{Sv/周}$ ；

$U$  为射线装置向关注点方向照射的使用因子；

$T$  为人员在相应关注点驻留的居留因子；

$t$  为射线装置周照射时间，单位为  $\text{h/周}$ 。

关注点剂量率参考控制水平  $\dot{H}_C$  为  $\dot{H}_{c.d}$  和  $\dot{H}_{c.max} = 2.5\mu\text{Sv/h}$  中的较小值。

(2) 工业 CT 屏蔽体顶部的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

① 工业 CT 屏蔽体上方已建、拟建建筑物或工业 CT 屏蔽体旁邻近建筑物在自辐射源点到屏蔽体顶内表面边缘所张立体角区域内时，距铅房顶外表面 30cm 处和（或）在该立体角内的高层建筑物中人员驻留处，辐射屏蔽的剂量参考控制水平同(1)。

② 除①的条件外，应考虑下列情况：

a 穿过屏蔽体顶部的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对屏蔽体外地面

附近公众的照射。该项辐射和穿出铅房屏蔽面的透射辐射在相应关注点的剂量率总和，应按(1)的剂量率参考控制水平  $\dot{H}_C$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 加以控制。

b 对不需要人员到达的铅房顶，屏蔽体顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为  $100\mu\text{Sv/h}$ 。

### (3) 有用线束的屏蔽

a. 关注点满足剂量率参考控制水平  $\dot{H}_C$  时，所需的屏蔽物质的透射因子  $B$  按下式计算：

$$B = \dot{H}_C \cdot R^2 / I \cdot H_0 \quad \text{公式 2}$$

式中： $\dot{H}_C$  为剂量率控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$R$  为辐射源点（靶点）至关注点的距离， $\text{m}$ ；

$I$  为 X 射线装置在最高管电压下的最大管电流， $\text{mA}$ ；

$H_0$  为距离辐射源点（靶点） $1\text{m}$  处的输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2 / (\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以  $\text{mSv}\cdot\text{m}^2 / (\text{mA}\cdot\text{min})$  为单位的值乘以  $6\times 10^4$ 。

b 对于估算出的屏蔽透射因子  $B$ ，所需屏蔽物质厚度  $X$  按下式计算：

$$X = -TVL \cdot \lg B \quad \text{公式 3}$$

式中： $TVL$  为屏蔽物质的什值层厚度， $\text{mm}$ ；

$B$  为达到剂量率参考控制水平  $H_C$  时所需的屏蔽透射因子。

c 对于给定的屏蔽物质  $X$  时，由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子  $B$ 。关注点的剂量  $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 按下式计算：

$$H = (I \cdot H_0 \cdot B) / R^2 \quad \text{公式 4}$$

式中： $I$  为 X 射线探伤装置在最高管电压下的最大管电流， $\text{mA}$ ；

$H_0$  为距离辐射源点（靶点） $1\text{m}$  处的输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2 / (\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以  $\text{mSv}\cdot\text{m}^2 / (\text{mA}\cdot\text{min})$  为单位的值乘以  $6\times 10^4$ ；

$B$  为屏蔽透射因子；

$R$  为辐射源点（靶点）至关注点的距离， $\text{m}$ 。

### (4) 泄漏辐射的屏蔽

a 泄漏辐射屏蔽物质的透射因子按照以下公式计算：

$$B = \dot{H}_C \cdot R^2 / H_L \quad \text{公式 5}$$

式中： $\dot{H}_C$  为剂量率控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$R$  为辐射源点（靶点）至关注点的距离， $\text{m}$ ；

$H_L$  为距离辐射源点（靶点） $1\text{m}$  处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ 。

b 对于给定的屏蔽物质厚度  $X$ ，相应的辐射屏蔽因子按公式 6 计算，泄漏辐射的关注点的剂量率  $\dot{H}$  按公式 7 计算：

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \quad \text{公式 6}$$

式中： $X$  为屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL 为屏蔽物质的什值层厚度；

$$\dot{H} = (H_L \cdot B)/R^2 \quad \text{公式 7}$$

式中： $B$  为屏蔽透射因子；

$R$  为辐射源点（靶点）至关注点的距离， $\text{m}$ ；

$H_L$  为距离辐射源点（靶点） $1\text{m}$  处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ 。

#### (5) 散射辐射的屏蔽

a 关注点达到剂量率参考控制水平时屏蔽设计所需的透射因子  $B$  按下式计算：

$$B = \dot{H}_C \cdot R_s^2 / I \cdot H_0 \cdot R_0^2 / F \cdot a \quad \text{公式 8}$$

式中： $\dot{H}_C$  为剂量率控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$R_s$  为散射体至关注点的距离， $\text{m}$ ；

$R_0$  为辐射源点至探伤工件的距离， $\text{m}$ ；

$I$  为 X 射线探伤装置在最高管电压下的最大管电流；

$H_0$  为距离辐射源点（靶点） $1\text{m}$  处的输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

$F$  为  $R_0$  处的辐射野面积， $\text{m}^2$ ；

$a$  为散射因子，入射辐射被单位面积散射体散射到距其  $1\text{m}$  处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。

b X 射线  $90^\circ$  散射辐射的最高能量低于 X 射线的最高能量，使用该散射 X 射线最高能量相应的 X 射线的 TVL 计算其在屏蔽物质中的辐射衰减。

对于给定屏蔽物质厚度  $X$  时，相应的屏蔽透射因子  $B$  按公式 6 计算，公式中 TVL 为 X 射线  $90^\circ$  散射辐射的 TVL。关注点的散射辐射剂量率  $\dot{H}$  按下式计算：

$$\dot{H} = \frac{(I \cdot H_0 \cdot B)}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot a}{R_0^2} \quad \text{公式 9}$$

式中：I 为 X 射线探伤装置在最高管电压下的最大管电流，mA；

$H_0$  为距离辐射源点（靶点）1m 处的输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

B 为屏蔽透射因子；

F 为  $R_0$  处的辐射野面积；

$R_s$  为散射体至关注点的距离，m；

$R_0$  为辐射源点至探伤工件的距离；

a 为散射因子。

#### (6) 泄漏辐射和散射辐射的复合作用

分别估算泄漏辐射和散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度或更大时，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）。

#### (7) 年有效剂量可按下式计算：

$$P_{\text{年}} = H \cdot U \cdot T \cdot t \quad \text{公式 10}$$

式中：P 年为年有效剂量，mSv/a；

t 为年工作时间，h。

## 二、屏蔽能力分析

### 1、关注点设定

本项目工业 CT 位于 51# 厂房 CT 实验室内，51# 厂房为单层建筑，无地下室，设备自带铅屏蔽体。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），关注点主要设在四周屏蔽面外 0.3m 处、铅防护门外 0.3m 处及顶面外 0.3m 处，项目关注点设置示意图见图 11-1。

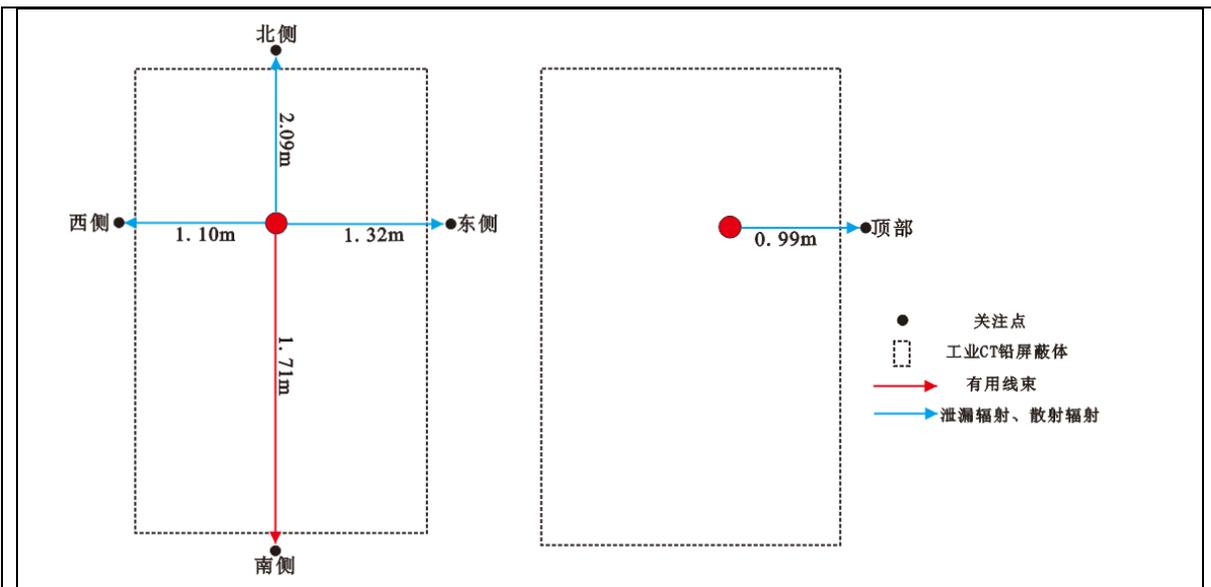


图 11-1 关注点设置示意图

## 2、理论估算参数

根据建设单位提供的资料，本项目工业 CT 的 X 射线管及平板探测器均为固定设置，X 射线定向向南照射，因此南侧考虑有用线束屏蔽，顶面、西、北侧、东侧及铅防护门考虑泄露辐射、散射辐射屏蔽，见图 11-1。该工业 CT 设备最大管电压为 225kV，最大管功率为 500W，则最高管电压下的最大管电流为 2.22mA，周照射时间为 84h。

本项目工业 CT 过滤材料为 3mm 铝，距靶点 1m 处的输出量为  $11.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ；参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），距靶点 1m 处的泄露辐射剂量率取  $5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ ；X 射线  $90^\circ$  散射辐射最高能量对应的 kV 值取 200kV；采用线性内插法计算可得，225kV 管电压下对应铅的什值层/半值层厚度为 2.15mm/0.64mm（250kV 管电压下对应的铅什值层/半值层厚度为 2.9mm/0.86mm，200kV 管电压下什值层/半值层厚度为 1.4mm/0.42mm）。

各关注点的居留因子、距离及剂量率参考控制水平估算结果见表 11-1。

表 11-1 铅屏蔽体外各关注点辐射屏蔽参数

点位描述	居留因子 T	距离 R (m)	剂量率参考控制 水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	需屏蔽的辐射源
南侧面外 0.3m 处	1/2	1.71	2.50	有用线束
西侧面外 0.3m 处	1	1.10	1.79	泄露辐射、散射辐射
北侧面外 0.3m 处	1/16	2.09	2.50	泄露辐射、散射辐射
东侧面外 0.3m 处	1/16	1.32	2.50	泄露辐射、散射辐射
防护铅门外 0.3m 处	1	1.10	1.79	泄露辐射、散射辐射
顶面外 0.3m 处	1/16	0.99	2.50	泄露辐射、散射辐射

注：参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 A，西侧为操作台，属于全居留，居留

因子取 1；北侧、东侧均为与实验室墙体之间缝隙，一般无人员到达，属于偶然居留，居留因子取 1/16；南侧为工业 CT 与实验室墙体之间的空地，仅有工作人员偶尔通过，属于部分居留，居留因子取 1/2；顶面一般无人员到达，属偶然居留，居留因子取 1/16；

### 3、铅屏蔽体防护厚度估算结果

根据上文公式，估算工业 CT 工作时各屏蔽面所需屏蔽厚度，估算结果见表 11-2。

表 11-2 铅屏蔽体防护厚度核算结果

屏蔽面		H <sub>c</sub> (μSv/h)	屏蔽透射因子 B	估算防护厚度 (mm)		设计防护厚度	符合性
南侧面	有用	2.50	4.80×10 <sup>-6</sup>	11.43		12mmPb	符合
西侧面	泄漏	1.79	4.29×10 <sup>-4</sup>	7.24	7.88	10mmPb	符合
	散射		7.06×10 <sup>-5</sup>	5.81			
北侧面	泄漏	2.50	2.19×10 <sup>-3</sup>	5.72	6.36	10mmPb	符合
	散射		3.60×10 <sup>-4</sup>	4.82			
东侧面	泄漏	2.50	8.77×10 <sup>-4</sup>	6.57	7.21	10mmPb	符合
	散射		1.44×10 <sup>-4</sup>	5.38			
铅防护门	泄露	1.79	4.29×10 <sup>-4</sup>	7.24	7.88	10mmPb	符合
	散射		7.06×10 <sup>-5</sup>	5.81			
顶面	泄露	2.50	4.90×10 <sup>-4</sup>	7.12	7.76	10mmPb	符合
	散射		8.07×10 <sup>-5</sup>	5.73			

注：参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20° 时，R<sub>0</sub><sup>2</sup>/F-a 因子的值为 50，本项目参考典型值取 50；

综上所述，本项目工业 CT 东侧面所需的铅屏蔽厚度为 11.43mmPb，实际设计厚度为 12mmPb；其余屏蔽面估算所需防护厚度为 6.36~7.88mmPb，实际设计厚度为 10mmPb，因此，铅屏蔽体的设计厚度可以满足防护要求。

### 三、场所辐射水平

根据上文中相关公式估算铅屏蔽体外各关注点剂量率，估算结果见表 11-3。

表 11-3 关注点剂量率估算结果

点位描述	屏蔽设计厚度	距射线源距离 (m)	最大管电流 (mA)	剂量率 (μSv/h)			总剂量率 (μSv/h)
				有用线束	泄露辐射	散射辐射	
南侧面外 0.3m 处	12mmPb	1.71	2.22	1.36	/	/	1.36
西侧面外 0.3m 处	10mmPb	1.10	2.22	/	9.30×10 <sup>-2</sup>	1.82×10 <sup>-3</sup>	0.09
北侧面外 0.3m 处	10mmPb	2.09	2.22	/	2.55×10 <sup>-2</sup>	5.00×10 <sup>-4</sup>	0.03
东侧面外 0.3m 处	10mmPb	1.32	2.22	/	6.36×10 <sup>-2</sup>	1.25×10 <sup>-3</sup>	0.06
防护门外 0.3m 处	10mmPb	1.10	2.22	/	9.30×10 <sup>-2</sup>	1.82×10 <sup>-3</sup>	0.09
顶面外 0.3m 处	10mmPb	0.99	2.22	/	0.11	2.23×10 <sup>-3</sup>	0.12

由估算结果可知，工业 CT 在最大工况运行时，铅屏蔽体四周、铅防护门等关注

点的剂量率范围为 0.03~1.36 $\mu$ Sv/h, 满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 $\mu$ Sv/h”的要求和表 11-1 中估算的剂量率参考控制水平。

#### 四、个人年附加有效剂量估算

根据建设单位提供的资料, 项目年最长出束时间为 2000h。根据表 11-3 中工业 CT 在工作时铅屏蔽体外各关注点的剂量率计算辐射工作人员年有效剂量, 公众的年有效剂量根据前文相关公式进行估算。人员年有效剂量估算结果见表 11-4。

表 11-4 人员年有效剂量估算结果

人群	人员停留位置	居留因子	时间 t (h)	周围剂量当量率 ( $\mu$ Sv/h)	年有效剂量 (mSv/a)	剂量约束值 (mSv/a)
辐射工作人员	南侧面外 0.3m 处	1/2	2000	1.36	1.36	2.0
	西侧面外 0.3m 处	1	2000	0.09	0.19	
	北侧面外 0.3m 处	1/16	2000	0.03	0.003	
	东侧面外 0.3m 处	1/16	2000	0.06	0.008	
公众	东侧备用实验室及功能实验室	1	1000	0.043	0.04	0.1
	南侧会议室	1/5	1000	0.225	0.04	
	西侧过道	1/5	1000	0.009	0.002	
	北侧 Pack 测试区	1	1000	0.020	0.02	

注: 南侧会议室、西侧过道, 属于部分居留, 居留因子均取 1/5; 东侧备用实验室及功能实验室、北侧 Pack 测试区, 属于全居留, 居留因子取 1; 南、西、北、东四周公众距离射线源的最近距离分别为 4.21m、3.60m、2.39m、1.62m; 东侧备用实验室、会议室、过道、Pack 测试区工作人员工作制度为年工作 250d, 每天 1 班。

由估算结果可知, 本项目所致辐射工作人员年累积受照射剂量最大为 1.36mSv/a, 本项目人员根据需要轮换, 以轮换 2 个班次计算, 则每名工作人员的年累积受照剂量为 0.68mSv/a, 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)及本项目设置的辐射工作人员剂量约束值 2mSv/a。

公众因该项目可能导致的年累积受照射剂量为 0.002~0.04mSv/a, 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)及本项目设置的公众人员剂量约束值 0.1mSv/a。综上, 本项目建成运行后对工作人员及公众的影响较小。

#### 五、非放射性污染物影响分析

项目开机运行时产生的 X 射线与空气作用会产生少量 O<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>, 本项目工业 CT 铅屏蔽体内通风方式为自然进风, 采取底部自然进风, 顶部风扇式机械排风, 典型工

况下单个风扇排风量为 900m<sup>3</sup>/h，系统配置两个风扇，正常情况系统通风量为 1800m<sup>3</sup>/h，每小时有效通风次数为 13 次，可以满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 中“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”要求。工业 CT 排风口位于铅房顶部，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015) 中“排风管道外口避免朝向人员活动密集区”要求，排风经自然扩散后，对周围环境影响不大。

## 事故影响分析

### 1、事故风险因素分析

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 449 号) 第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故 4 个等级，详见表 11-5。

表 11-5 辐射事故等级划分表

事故等级	事故情形
特别重大辐射事故	I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射源同位素和射线装置失控导致 3 人以上(含 3 人)急性死亡
重大辐射事故	I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下(含 2 人)急性死亡或者 10 人以上(含 10 人)急性重度放射病、局部器官残疾
较大辐射事故	III 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以上(含 9 人)急性重度放射病、局部器官残疾
一般辐射事故	IV 类、V 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射

本项目运行期可能发生的辐射事故主要为防护门安全联锁发生故障，防护门未关到位的情况下 X 射线机出束，致使操作人员受到不必要的照射，发生以上事故时，可能导致职业人员或公众超剂量照射，属于一般辐射事故。

### 2、事故风险评价

本次假设防护门失效人员在铅门外受到误照射，有用线束向东照射，工作人员一般在南侧操作台及防护门附近活动，在事故状态下主要受到泄漏辐射及散射辐射。根据估算，人员在距 X 射线机不同距离时所受的有效剂量估算结果见表 11-6。

表 11-6 事故工况下人员所受剂量估算结果 单位: mSv

受照时间 与 X 射 线机距离 (m)	4s	10s	30s	60s	90s	100s
0.72 (工件防护门 处)	0.08	0.19	0.57	1.14	1.71	2.08
2.0	0.001	0.003	0.010	0.021	0.031	0.035

由估算结果可知,在防护门失效的事故状态下,人员在工件防护门处停留 100s 即超过本次设定的工作人员年有效剂量约束值 2mSv。因此应加强辐射工作人员的管理,防止辐射事故的发生。

### 3、事故防范措施建议

(1) 辐射工作人员须严格按照操作规程操作,如出现设备不能正常运行或无法停止照射时,应立即切断总电源,强制停止照射;

(2) 为防止人员误留铅屏蔽体受到误照射,每次照射前应进行检查,确保铅防护门关闭;

(3) 定期检查辐射安全管理制度落实情况,发现问题及时纠正;如发生辐射事故,应立即启动本单位的辐射事故应急预案,采取必要的应急措施。

**表 12 辐射安全管理**

**辐射安全与环境保护管理机构的设置**

西安众迪锂电池有限公司已成立辐射安全与环境保护领导小组，组长为王彦云（见附件），辐射安全与环境保护领导小组办公室设在西安地区安全环境管理部，负责日常辐射安全监督管理工作。

辐射安全与环境保护领导小组主要职责为：

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

(2) 对公司的辐射安全与环境管理负全责；

(3) 制定和监督实施公司的辐射安全与环境管理制度；

(4) 研究审查新建、扩建、改建放射性同位素设备射线装置及其防护工作；

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

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

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

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

(9) 对发生的事故按照“四不放过”原则组织调查处理，落实防范措施。

本项目建成后，公司应对照《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29号文），进一步完善相关管理要求，详见表 12-1。

**表 12-1 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表（二）—辐射安全管理部分**

管理内容		管理要求	实际情况
人员管理	决策层	就确保辐射安全目标做出明确的文字承诺，并指派有决策层级的负责人分管辐射安全工作。	已按规定执行
		年初工作安排和年终工作总结，应包含辐射环境安全管理工作内容。	
		明确辐射安全管理部门和岗位的辐射安全职责。	
		提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障。	
	辐射防护负责	参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗；熟知辐射安全法律法规及相关标准的具体要求并向员工和公众宣传辐射安全相关知识。	已按规定执行

	人	负责编制辐射安全年度评估报告，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度评估报告。	已按规定执行，项目建成后应纳入管理
		建立健全辐射安全管理制度，跟踪落实各岗位辐射安全职责。	
		建立辐射安全管理档案。	
		对辐射工作场所定期巡查，发现安全隐患及时整改，并有完善的巡查及整改记录。	
	直接从事放射工作的作业人员	岗前进行职业健康体检，结果无异常。	新增人员应按规定执行
		参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗。	
		了解本岗工作性质，熟悉本岗位辐射安全职责，并对确保岗位辐射安全做出承诺。	
		熟悉辐射事故应急预案的内容，发现异常情况后，能有效处理。	
机构建设		设立辐射环境安全管理机构和专（兼）职人员，以正式文件明确辐射安全与环境保护管理机构和负责人。	已设置

## 辐射安全管理规章制度

### 1、相关制度

公司已制定了辐射安全管理制度，包括《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》、《辐射岗位工作职责》、《放射性同位素与射线装置管理制度》、《射线装置操作规程》、《辐射工作人员培训管理制度及培训计划》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《职业健康体检管理制度》、《辐射安全防护设施维护与维修制度》、《辐射自主监测方案》、《辐射环境监测设备使用与检定管理制度》等；已编制并下发了《辐射事故应急预案》，以确保辐射作业中的安全防护。

公司已制定的安全管理制度与《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29号文）中要求对照情况见表12-2。

**表 12-2 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表（二）—辐射安全管理部分**

内容	管理要求	本项目情况
制度建立与执行	建立全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度，指定专人负责系统使用和维护，确保业务申报、信息更新真实、准确、及时、完整	已制定相关制度
	建立放射性同位素与射线装置管理制度，严格执行进出口、转让、转移、收贮等相关规定，并建立放射性同位素、射线装置台账	已制定相关制度
	建立本单位放射性同位素与射线装置岗位职责、操作规程，严格按照规程进行操作，并对规程执行情况进行检查考核，建立检查记录档案	已制定相关制度，针对本次新增II类射线装置进行完善
	建立辐射工作人员培训管理制度及培训计划，并对制度的执行情况及培训的有效性进行检查考核，建立相关检查考核资料档案	已制定相关制度
	建立辐射工作人员剂量管理制度，每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测，对剂量超标人员及时复查，保证职业人员健康档案的连续有效性	已制定相关制度

续表 12-2 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表（二）—辐射安全管理部分

内容	管理要求	本项目情况
制度建立与执行	建立辐射安全防护设施的维护与维修制度（包括维护维修内容与频次、重大问题管理措施、重新运行审批级别等内容），并建立维护、维修工作记录档案（包括检查项目、检查方法、检查结果、处理情况、检查人员、检查时间）	已制定相关制度，针对本次新增Ⅱ类射线装置进行完善
	建立辐射环境监测制度，定期对辐射工作场所及周围环境进行监测，并建立有效的监测记录或监测报告档案	
制度建立与执行	建立辐射环境监测设备使用与检定管理制度，定期对监测仪器设备进行检定，并建立检定档案	已制定相关制度
应急管理	结合本单位实际，制定可操作性的辐射事故应急预案，定期进行辐射事故应急演练	已制定相关制度，针对本次新增Ⅱ类射线装置进行完善
	应急预案应当包括下列内容：①可能发生的辐射事故及危害程度分析；②应急组织指挥体系和职责分工；③应急人员培训和应急物资准备；④辐射事故应急响应措施；⑤辐射事故报告和处理程序	

根据调查，现有制度执行情况较好，运行以来未发生辐射事故或人员剂量超标情况。本项目建成后，公司应针对本次新增Ⅱ类射线装置完善《放射性同位素与射线装置管理制度》、《射线装置操作规程》、《辐射安全防护设施维护与维修制度》《辐射自主监测方案》、《辐射事故应急预案》等制度，应急预案、操作规程、岗位职责等应张贴上墙，确保辐射防护工作按规章制度进行。

## 2、人员培训及工作人员个人防护

本项目辐射工作人员为新增人员，已取得培训合格证明，并进行了岗前职业健康体检，上岗后配备个人剂量计并建立个人剂量档案。

## 辐射监测

### 1、监测仪器配置

西安众迪锂电池有限公司草堂厂区已配备 1 台便携式 X-γ 辐射剂量率仪，用于现有辐射工作场所的日常监测，现有 X-γ 辐射剂量率仪每年定期进行检定，能够正常使用，本项目建成后可继续利用。

### 2、监测计划

#### (1) 个人剂量监测

本项目全部为新增人员，应按要求配备个人剂量计，建立个人剂量档案，本项目运行后应每季度委托进行个人剂量监测。同时，公司需为本次新增场所配备 1 台个人

剂量报警仪，用于个人剂量报警。

(2) 年度常规监测

公司已委托有资质单位每年进行 1 次辐射工作场所年度监测，年度监测数据作为本单位辐射安全和防护状况年度评估报告的一部分，于每年 1 月 31 日前上报环保行政主管部门。本项目建成后应纳入年度监测范围。

(3) 辐射工作场所监测计划

本项目投运后，应使用现有的 X-γ 辐射剂量率仪，按照《辐射工作现场监测制度》规定，定期进行工作场所监测并记录监测结果，建立日常监测结果档案，发现异常时应停止运行并立刻排查。

本项目监测计划见表 12-3 所示。

表 12-3 监测计划

工作场所	监测因子	监测点位/对象	监测频次
CT 实验室	X-γ 辐射空气吸收剂量率	工业 CT 铅防护门及缝隙外表面 0.3m 处、四周屏蔽面及顶面外 0.3m 处、线缆孔处	年度例行监测：每年由有资质单位监测 1 次 定期进行日常监测
	个人剂量	本项目辐射工作人员	每季度由有资质单位监测 1 次

3、环保投资

项目总投资为 1500 万元，环保投资为 9 万元，占总投资的 0.6%，主要用于环保设施、辐射安全防护设施建设，个人防护用品购置等。环保投资见表 12-4。

表 12-4 项目环保投资估算表

实施时段	类别	污染源	污染防治措施或设施	费用	资金来源	责任主体
施工期	固体废物	生活垃圾	统一纳入厂区生活垃圾清运系统	—	建设单位环保资金	施工单位
运营期	辐射防护措施	X 射线	铅屏蔽体	计入工程投资	建设单位环保资金	建设单位
			防护门门-机联锁			
警示装置						
急停装置						
			控制台等			
			分区标识、电离辐射警示标识	1.0		
	个人防护用品	X 射线	个人剂量计、个人剂量报警仪	4.0		
环境管理	本项目纳入现有环境管理制度			—		
环境监测	工作场所定期监测			3.0		
	个人剂量定期监测			1.0		
总投资（万元）				9	—	

4、竣工环境保护验收内容及要求

根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日起实施），本项目竣工后，建设单位应及时对项目配套建设的环境保护设施进行自主验收，编制验收监测报告。验收合格后，方可投入生产或使用。

本项目竣工环境保护验收清单（建议）见表 12-5。

**表 12-5 项目竣工环境保护验收清单（建议）**

序号	验收内容	防护措施
1	辐射安全管理	针对新增工作场所进一步完善《放射性同位素与射线装置管理制度》、《射线装置操作规程》、《辐射安全防护设施维护与维修制度》《辐射自主监测方案》、《辐射事故应急预案》等制度，使其满足《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29 号）等要求，避免辐射事故的发生
2	剂量限值	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），本项目公众成员个人年剂量约束值取 0.1mSv/a，职业照射年有效剂量管理约束值取 2mSv/a。验收按照以上标准执行。 参照《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015），工业 CT 铅屏蔽体外各关注点最高周围剂量当量率满足相应标准。
3	辐射安全防护措施	布局合理，划定控制区及监督区，设置明显的分区标识 检测室的建设和布局符合环评报告描述；工业 CT 门-机连锁、标志及指示灯、紧急停机、监控装置等正常有效、运行良好；铅房外设置工作状态指示装置意义说明
4	辐射监测	使用已有的 1 台 X-γ 剂量率监测仪定期进行巡测并建立监测档案，每年委托有资质单位检测不少于 1 次，监测记录存档；辐射工作人员应配备个人剂量计和个人剂量报警仪，作业时按要求佩戴，定期进行个人剂量监测，并建立健康档案。
5	人员培训	辐射工作人员应取得辐射安全和防护知识培训合格证后再上岗
6	职业健康体检	辐射工作人员至少每 2 年进行 1 次职业健康体检，建立职业健康监护档案

### 辐射事故应急

#### 1、应急管理机构及应急预案

西安众迪锂电池有限公司已制定了《辐射事故应急预案》，明确了应急组织机构与职责。成立了以王艳丽为组长的辐射事故应急领导小组，法人为辐射安全第一安全负责人，辐射科室主任为辐射安全负责人。

应急预案中针对现有核技术利用项目可能发生的辐射事故类型，明确了事故应急处置程序及措施、应急预案演练和评审、应急保障、信息报送程序方式等内容，明确了公司内应急响应电话与外部相关机构的联系方式，附有辐射事故初始报告表及后续报告表。

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动辐射事故应急方案，采取必要的防范措施，并在 2h 内填写《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应向当地环境

保护部门报告；造成或可能造成人员超剂量照射的，还应向当地卫生行政部门报告；如是人为故意破坏引起的事故应向当地公安部门报告。

## **2、应急预案执行情况**

根据现场调查，西安众迪锂电池有限公司运行至今尚未发生放射性相关事故，未启动过该应急预案。日常运行中，公司每年安排组织一次辐射事故应急演练，为提高预防事故应急处理能力奠定了一定基础。

本项目运行后，西安众迪锂电池有限公司应依据国家相关法律法规、标准，不断对应急预案进行补充修改、完善，使应急预案更具有操作性、可行性，同时加强应急预案演练，提高事故应急处置能力。

表 13 结论与建议

## 结论

西安众迪锂电池有限公司拟在 51#厂房新增 1 台工业用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置, 对电芯内部进行三维测量和检测, 该设备属于 II 类射线装置, 最大管电压为 225kV, 最大管电流为 3mA。项目总投资为 1500 万元, 环保投资为 9 万元, 占总投资的 0.6%。

项目主要用于电芯内部结构的无损检测, 属于《产业结构调整指导目录 (2019 年版)》(2021 年修改) 中“鼓励类”项目, 符合国家产业政策。项目对西安众迪锂电池有限公司和社会所带来的利益远大于其可能产生的辐射危害, 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

### 1、辐射安全与防护结论分析

项目拟配备门-机联锁、工作状态指示灯、急停按钮等安全防护设施。项目拟划分控制区、监督区, 并按照国家相关规定进行分区管理, 以最大程度减少对工作人员、公众辐射影响。

### 2、辐射环境影响

(1) 根据核算, 工业 CT 铅屏蔽体四周、防护门及顶面的设计厚度均大于估算所需防护厚度, 铅房的屏蔽设计可以达到防护要求。

(2) 根据估算, 工业 CT 在最大工作状态下, 铅屏蔽体四周、铅防护门各关注点剂量率范围为 0.03~1.36 $\mu$ Sv/h, 各关注点剂量率满足剂量约束限值要求。

(3) 根据估算, 运行期本项目所致辐射工作人员年有效剂量最大值为 0.68mSv/a, 公众的年有效剂量为 0.002~0.04mSv/a, 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 及本项目设置的剂量约束值 (职业工作人员 < 2mSv/a, 公众 < 0.1mSv/a)。

### 3、辐射安全管理

西安众迪锂电池有限公司已成立了辐射安全与环境保护领导小组, 制定了一系列辐射安全管理制度、人员培训制度、辐射监测制度及辐射事故应急预案, 用于指导、规范生产作业过程中的辐射安全, 本项目建成后应根据《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表》(陕环办发〔2018〕29 号) 要求进一步完善相关制度。公司严格按照规章制度执行, 可有效降低人为事故的发生, 保证辐射安全。

#### 4、可行性分析结论

西安众迪锂电池有限公司拟在 51#厂房新增 1 台工业用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置, 对电芯进行无损检测, 项目符合国家产业政策以及辐射防护实践正当性原则。建设单位拟对该项目采取有效的辐射防护措施, 使辐射影响达到合理尽可能低的水平, 满足辐射防护最优化原则。项目运行所致工作人员和公众年附加有效剂量满足国家相关标准规定限值要求, 符合剂量限值约束原则。从辐射环境保护角度, 本项目可行。

#### 建议与承诺

- (1) 制定操作规范, 加强人员培训, 运行期严格遵守辐射防护的各项规定;
- (2) 对照陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》的通知 (陕环办发〔2018〕29 号) 相关要求, 将本次新增场所纳入辐射安全管理制度及辐射事故应急预案, 定期进行辐射事故应急演练;
- (3) 加强各类防护设施的检查维护, 确保其正常使用;
- (4) 项目竣工后办理验收手续, 验收合格后方可投入使用;
- (5) 每年 1 月 31 日前向发证机关提交本单位上一年度的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况环境评估报告。

表 14 审批

预审意见:

经办人:

单位公章

年 月 日

下一级环境保护行政主管部门审查意见:

经办人:

单位公章

年 月 日