

核技术利用建设项目

汇川新能源汽车技术（常州）有限公司
扩建 1 台工业 CT 项目
环境影响报告表

汇川新能源汽车技术（常州）有限公司

2024 年 9 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

汇川新能源汽车技术（常州）有限公司 扩建 1 台工业 CT 项目 环境影响报告表

建设单位名称：汇川新能源汽车技术（常州）有限公司

建设单位法人代表（签字或签章）：

通讯地址：常州市武进区武宜南路与敬业路交叉口东南 460 米

邮政编码：213100

联系人：

电子邮箱：/

联系电话：

表 1 项目基本概况

建设项目名称		扩建 1 台工业 CT 项目			
建设单位		汇川新能源汽车技术（常州）有限公司			
法人代表姓名	李俊田	联系人		联系电话	
注册地址		武进国家高新技术产业开发区武宜南路 296 号			
项目建设地点		常州市武进区武宜南路与敬业路交叉口东南 460 米厂区 2#生产车间			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	300	项目环保总投资（万元）	5	投资比例（环保投资/总投资）	1.67%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m ² ）	15
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
	其他	/			

1 建设单位基本情况、项目建设规模、任务由来

1.1 建设单位基本情况

汇川新能源汽车技术（常州）有限公司成立于 2021 年 4 月，公司注册地址为武进国家高新技术产业开发区武宜南路 296 号，公司位于常州市武进区武宜南路与敬业路交叉口东南 460 米。经营范围包括一般项目：汽车零部件研发、汽车零部件及配件制造、新能源汽车电附件销售、电机及其控制系统研发、电机制造、智能控制系统集成、机电耦合系统研发、轴承、齿轮和传动部件制造、轴承、齿轮和传动部件销售、电力电子元器件制造、电力电子元器件销售、集成电路制造、集成电路销售、软件开发、软件销售、信息技术咨询服务、新能源原动设备制造、新能源原动设备销售等。

1.2 项目规模及任务由来

根据生产、检测需要，汇川新能源汽车技术（常州）有限公司拟在 2#生产车间内扩建 1 台工业 CT 装置，该装置型号为 Geoscan200 型，最大管电压为 180kV，最大管电流为 0.5mA，射线管最大功率为 90W，用于开展公司生产的模块的无损检测工作，模块尺寸约为 240mm 长×68.5mm 宽×60mm 厚。公司拟将装置两侧工件门朝东西方向摆放在 2#生产车间内，装置 X 射线管与探测器均固定在圆形旋转器上，X 射线管与探测器可同时随旋转器进行 360°旋转运动，X 射线管始终朝圆心照射，工作时主射线可朝南侧、北侧、顶部及底部照射。公司现有 2 名辐射工作人员，拟为本项目新增 2 名辐射工作人员，设备年开机曝光时间约为 500 小时。

本次评价核技术应用项目情况一览表见下表 1-1:

表 1-1 汇川新能源汽车技术（常州）有限公司本次评价核技术应用情况一览表

序号	射线装置名称 型号	数量	最大管 电压 kV	最大管 电流 mA	射线装 置类别	工作场所 名称	环评情况及 审批时间	许可情况	备注
1	Geoscan200 型 工业 CT 装置	1	180	0.5	II	2#生产 车间	本次环评	未许可	主射线可朝南 侧、北侧、顶 部及底部照 射；最大功率 90w

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《建设项目环境影响评价分类管理名录》《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，本项目使用 II 类射线装置应当编制环境影响评价报告表。受汇川新能源汽车技术（常州）有限公司委托，江苏玖清玖蓝环保科技有限公司承担该项目的环评工作。我公司通过资料调研、现场监测和评价分析，编制该项目环境影响评价报告表。

2 项目周边保护目标及项目选址情况

汇川新能源汽车技术（常州）有限公司位于常州市武进区武宜南路与敬业路交叉口东南 460 米，地理位置图见附图 1。公司东侧为空地，南侧为景德路，西侧为河道及武宜南路，北侧为河道及敬业路，公司厂区平面布局及周围环境示意图见附图 2。

本项目工业 CT 装置拟建于厂区 2#生产车间内，本项目拟建址东侧为 SiC 生产线，南侧依次为 SiC 生产线、车间内过道、芯片存储室、更衣室、卫生间、预留区、Si 组装 1 线及 Si 系统焊接线，西侧依次为 SiC 生产线、车间内过道、配电间、楼梯间、厂

内道路及停车场，北侧依次为车间内过道、预留区、卫生间及休息室，楼上、楼下无建筑。本项目工业 CT 装置所在 2#生产车间平面布局图见附图 3。

本项目工业 CT 装置拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及工业 CT 装置拟建址周围评价范围内的公众。

3 已有核技术利用项目许可情况

汇川新能源汽车技术（常州）有限公司目前已申领常州市生态环境局颁发的辐射安全许可证，证书编号为“苏环辐证【D0647】”，种类和范围为“使用II类射线装置”，发证日期为 2023 年 6 月 30 日，有效期至：2028 年 6 月 29 日，公司辐射安全许可证正副本复印件见附件 4，公司已有核技术利用项目环评批复及验收意见复印件见附件 5，公司现有核技术应用项目见表 1-2。

表 1-2 公司现有核技术利用项目清单

序号	装置名称	型号	类别	数量	使用场所	环评审批	环保验收、许可情况	备注
1	工业 CT 装置	nanoVoxel4000 型	II	1	综合车间	常环核审 [2022]52 号 时间：2022.7.11 (附件 5)	已许可、已验收	使用

4 实践正当性评价

本项目在运行期间将会产生电离辐射，可能会增加工业 CT 装置拟建址周围的辐射水平，但采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效的控制，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设将满足企业的生产检测需求，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(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 装置	II类	1	Geoscan200 型	180	0.5	无损检测	2#生产车间	主射线可朝南侧、北侧、顶部及底部照射；最大功率 90w
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过装置顶部通风口排出曝光室，再通过2#生产车间的通风系统排入外环境。臭氧常温下 50min 左右可自行分解为氧气，对环境影响较小。
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。

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

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(2014 年修订版), 国家主席令第九号公布, 2015 年 1 月 1 日施行</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 年修订版), 2018 年 12 月 29 日中华人民共和国主席令第二十四号公布实施, 2018 年 12 月 29 日修订, 2018 年 12 月 29 日起施行</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》, 国家主席令第六号公布, 2003 年 10 月 1 日起施行</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物环境污染防治法》(2020 年修订版), 2020 年 4 月 29 日修订, 2020 年 9 月 1 日施行</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》(2017 年修订版), 国务院令第六百八十二号, 2017 年 10 月 1 日发布施行</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2019 年修订版), 国务院令第四百四十九号, 修订版于 2019 年 3 月 2 日起施行</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》, 生态环境部令第十六号, 自 2021 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(8) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》, 原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年 第 66 号, 2017 年 12 月 6 日起施行</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021 年修正版), 生态环境部令第二十号, 2021 年 1 月 4 日起施行</p> <p>(10) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》, 原环境保护部令第十八号, 2011 年 5 月 1 日起施行</p> <p>(11) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》国家环保总局, 环发〔2006〕145 号, 2006 年 9 月 26 日起施行</p> <p>(12) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》, 生态环境部令第九号, 2019 年 11 月 1 日起施行</p> <p>(13) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》, 生态环境部公告 2019 年 第 57 号, 2020 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(14) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》, 生态环境部公告 2019 年 第 39 号, 2019 年 11 月 1 日起施行</p>
------	--

	<p>(15) 《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 11 月 1 日起施行</p> <p>(16) 《江苏省辐射污染防治条例》(2018 年修订版)，江苏省第十三届人民代表大会常务委员会公告第 2 号，2018 年 5 月 1 日起施行</p> <p>(17) 《江苏省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74 号，2018 年 6 月 9 日</p> <p>(18) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1 号，2020 年 1 月 8 日</p> <p>(19) 《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49 号，2020 年 6 月 21 日</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)</p> <p>(3) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2022)</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)</p> <p>(5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)</p> <p>(6) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)</p> <p>(7) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)</p> <p>(8) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 及修改单</p>
<p>其它</p>	<p>与本项目相关附件:</p> <p>(1) 项目委托书(附件 1)</p> <p>(2) 射线装置使用承诺书(附件 2)</p> <p>(3) 辐射防护屏蔽设计说明(附件 3)</p> <p>(4) 辐射安全许可证复印件(附件 4)</p> <p>(5) 已有核技术利用项目环评批复及验收意见复印件(附件 5)</p> <p>(6) 辐射环境现状检测报告复印件(附件 6)</p> <p>(7) 2023 年年度检测报告复印件(附件 7)</p> <p>(8) 个人剂量检测报告复印件(附件 8)</p>

(9) 辐射工作人员培训证书 (附件 9)

(10) 装置技术参数说明书 (附件 10)

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”相关规定，确定本项目评价范围为工业 CT 装置曝光室边界外 50m 区域。

保护目标

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》（苏政发〔2018〕74 号）、《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》（苏政发〔2020〕1 号），本项目评价范围不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。

对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。本项目利用 X 射线进行无损检测，占用资源少，不会降低评价范围内的水、气、土壤的环境功能类别和环境质量，符合“三线一单”相关要求。本项目工业 CT 装置拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及装置拟建址周围评价范围内的公众。

本项目工业 CT 装置拟建址周围保护目标一览表见表 7-1。

表 7-1 本项目工业 CT 装置拟建址周围保护目标一览表

环境保护目标名称		方位	最近距离	规模	环境保护要求
职业人员	辐射工作人员	西侧 (操作位)	紧邻	2 人	职业人员年剂量约束值为 5mSv/a
公众	SiC 生产线工作人员	东侧	紧邻	约 10 人	公众年剂量约束值为 0.1mSv/a
	SiC 生产线、车间内过道、芯片存储室、预留区工作人员	南侧	紧邻	约 10 人	
	更衣室、卫生间工作人员		约 17 m	流动人群	
	Si 组装 1 线、Si 系统焊接线工作人员	约 36 m	约 10 人		
	SiC 生产线、车间内过道、配电间、楼梯间工作人员	西侧	紧邻	约 8 人	
厂内道路、停车场行人	约 20 m		流动人群		

	车间内过道工作人员	北侧	紧邻	流动人群
	预留区工作人员		约 3 m	约 10 人
	卫生间、休息室工作人员		约 10 m	流动人群

评价标准

1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（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。

6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

6.4.1.2 确定控制区的边界时，应考虑预计的正常照射的水平、潜在照射的可能性和大小，以及所需要的防护手段与安全措施的性质和范围。

6.4.1.3 对于范围比较大的控制区，如果其中的照射或污染水平在不同的局部变化较大，需要实施不同的专门防护手段或安全措施，则可根据需要再划分出不同的子区，以方便管理。

6.4.1.4 注册者、许可证持有者应：

- a) 采用实体边界划定控制区；采用实体边界不现实时也可以采用其他适当的手段，
- b) 在源的运行或开启只是间歇性的或仅是把源从一处移至另一处的情况下，采用与主导情况相适应的方法划定控制区，并对照射时间加以规定；
- c) 在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合附录 F（标准的附录）规定的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示；
- d) 制定职业防护与安全措施，包括适用于控制区的规则与程序；
- e) 运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证制度）和实体屏障（包括门锁和联锁装置）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；
- f) 按需要在控制区的人口处提供防护衣具、监测设备和个人衣物贮存柜；
- g) 按需要在控制区的出口处提供皮肤和工作服的污染监测仪、被携出物品的污染监测设备、冲洗或淋浴设施以及被污染防护衣具的贮存柜；
- h) 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或该区的边界。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，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。

6.4.2.2 注册者和许可证持有者应：

- a) 采用适当的手段划出监督区的边界；
- b) 在监督区人口处的适当地点设立表明监督区的标牌；
- c) 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。

6.4.3 非密封源工作场所的分级

非密封源工作场所的分级应按附录 C（标准的附录）的规定进行。

表 7-2 辐射工作人员职业照射和公众照射剂量限值

	剂量限值
职业照射剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv~0.3 mSv）的范围之内，但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。

2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

本标准适用于使用 600kV 及以下的 X 射线探伤机和 γ 射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业 CT 探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。

5 探伤机的放射防护要求

5.1 X 射线探伤机

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周

围剂量当量率应符合表 7-3 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。

表 7-3 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

管电压 kV	漏射线所致周围剂量当量率 mSv/h
<150	<1
150~200	<2.5
>200	<5

5.1.2 工作前检查项目应包括：

- a) 探伤机外观是否完好；
- b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- c) 液体制冷设备是否有渗漏；
- d) 安全联锁是否正常工作；
- e) 报警设备和警示灯是否正常运行；
- f) 螺栓等连接件是否连接良好；

5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求：

- a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；
- b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；
- c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；
- d) 应做好设备维护记录。

6 固定式探伤的放射防护要求

6.1 探伤室放射防护要求

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

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

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

b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/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内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；

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

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

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

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

6.1.8 探伤室防护门上应有符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

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

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

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

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

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

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

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

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

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

6.3 探伤设施的退役

当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

a) 有使用价值的 γ 放射源可在获得监管机构批准后转移到另一个已获使用许可的机构，或者按照本标准第 5.2.5 条中废旧放射源的处理要求执行。

b) 掺入贫铀的屏蔽装置应与 γ 射线源一样对待。

c) X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

d) 包含低活度 γ 射线源的管道爬行器，应按照相关要求执行。

e) 当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

g) 对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。

3 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。本标准适用于 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3.2 需要屏蔽的辐射

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽,不需考虑进入有用线束区的散射辐射。

3.2.2 散射辐射考虑以 0°入射探伤工件的 90°散射辐射。

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)。

3.3 其他要求

3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室,可以仅设人员门。探伤室人员门宜采用迷路形式。

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外,控制室和人员门应避开有用线束照射的方向。

3.3.3 屏蔽设计中,应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台X射线探伤装置时,按最高管电压和相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

4 项目管理目标

(1) 综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)及《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)等评价标准,本项目职业人员年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中职业人员年有效剂量值的1/4,公众年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中公众照射剂量限值的10%,即:职业人员年剂量约束值不大于5mSv/a;公众活动区域相关人员年剂量约束值不大于0.1mSv/a。

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

(3) 依据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)等评价标准,曝光室四周屏蔽体和防护门外30cm处关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于2.5 μ Sv/h,曝光室顶外表面30cm处的剂量率参考控制水平不大于100 μ Sv/h(本项目曝光室顶部人员不可达)。

5 参考资料:

《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》(辐射防护 第13卷第2期,1993年3月),江苏省环境监测站。

表 7-4 江苏省环境天然 γ 辐射水平（单位：nGy/h）

	原野	道路	室内
测值范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差（s）	7.0	12.3	14.0

注：[1]测量值已扣除宇宙射线响应值。

[2]现状评价时，参考表 7-4 江苏省环境天然 γ 辐射水平调查结果的测值范围进行评价。

表 8 环境质量和辐射现状

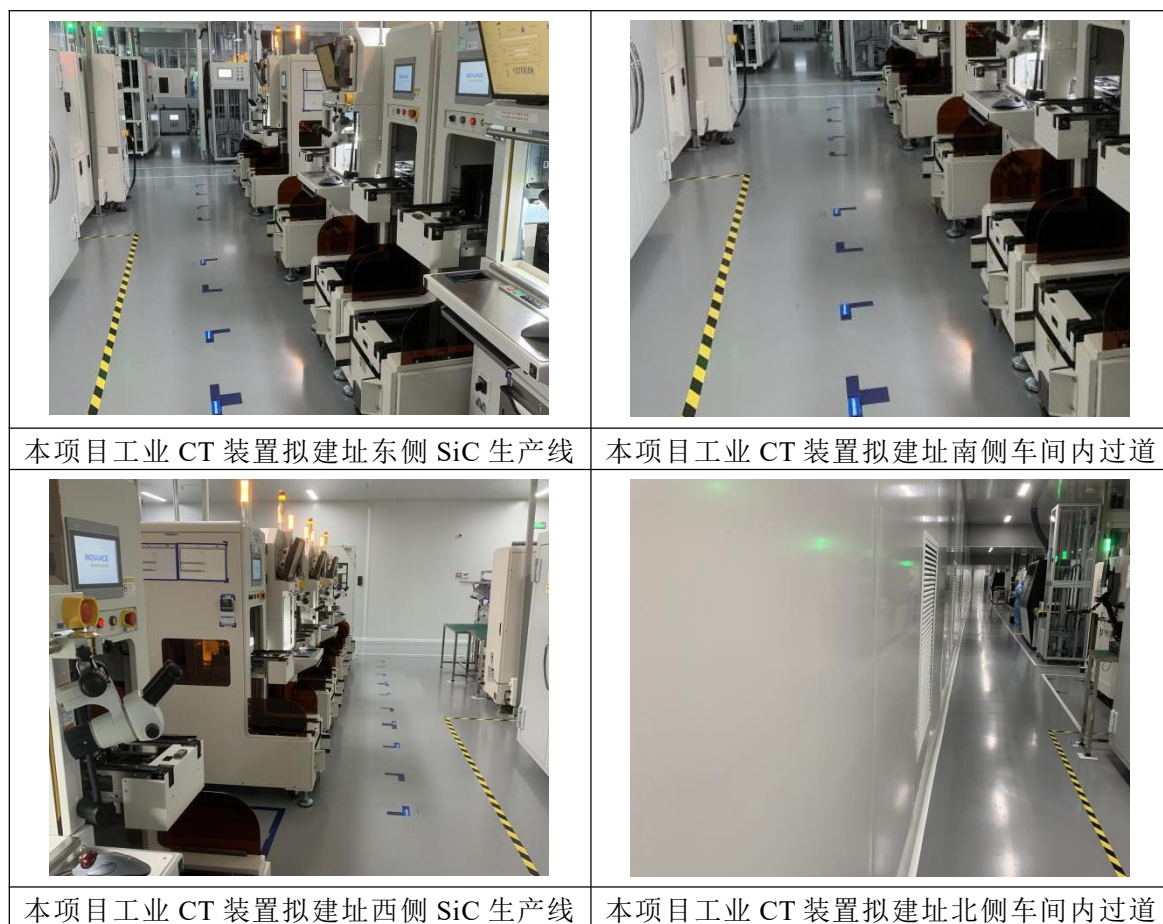
1 项目地理和场所位置

汇川新能源汽车技术（常州）有限公司位于常州市武进区武宜南路与敬业路交叉口东南 460 米，地理位置图见附图 1。公司东侧为空地，南侧为景德路，西侧为河道及武宜南路，北侧为河道及敬业路，公司厂区平面布局及周围环境示意图见附图 2。

本项目工业 CT 装置拟建于厂区 2#生产车间内，本项目拟建址东侧为 SiC 生产线，南侧依次为 SiC 生产线、车间内过道、芯片存储室、更衣室、卫生间、预留区、Si 组装 1 线及 Si 系统焊接线，西侧依次为 SiC 生产线、车间内过道、配电间、楼梯间、厂内道路及停车场，北侧依次为车间内过道、预留区、卫生间及休息室，楼上、楼下无建筑。本项目工业 CT 装置所在 2#生产车间平面布局图见附图 3。

本项目工业 CT 装置拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及工业 CT 装置拟建址周围评价范围内的公众。

本项目工业 CT 装置拟建址周围环境现状见图 8-1。





本项目工业 CT 装置拟建址

图 8-1 工业 CT 装置拟建址周围环境现状照片

2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：工业 CT 装置拟建址周围辐射环境

监测因子： γ 辐射空气吸收剂量率

监测点位：在工业 CT 装置拟建址周围布置监测点位，共计 5 个监测点位

3 监测方案、质量保证措施及监测结果

3.1 监测方案

监测项目： γ 辐射空气吸收剂量率

监测布点：在工业 CT 装置拟建址周围进行布点，具体点位见图 8-2

监测时间：2024 年 5 月 22 日

监测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司

监测仪器：FH40G 型辐射剂量检测仪（探头型号 FHZ672E-10）（设备编号：J0317，
检定有效期：2023.10.17~2024.10.16）

检测范围：1nSv/h~100 μ Sv/h

能量响应范围：48keV~4.4MeV

环境条件：天气：晴、温度 25°C、湿度 60.1%RH

监测方法：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

数据记录及处理：每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），本项目空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照

《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)中 5.5, 使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源, 换算系数取 1.20Sv/Gy

3.2 质量保证措施

监测单位: 江苏玖清玖蓝环保科技有限公司, 公司已通过检验检测机构资质认定

监测布点质量保证: 根据《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021) 有关布点原则进行布点

监测过程质量控制质量保证: 本项目监测按照《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021) 的要求, 实施全过程质量控制

监测人员、监测仪器及监测结果质量保证: 监测人员均经过考核并持有检测上岗证, 监测仪器经过计量部门检定, 并在有效期内, 监测仪器使用前经过检定, 监测报告实行三级审核。

3.3 监测结果

评价方法: 对照江苏省环境天然 γ 辐射水平调查结果进行评价, 监测结果见表 8-1, 详细检测结果见附件 6。

表 8-1 本项目工业 CT 装置拟建址周围 γ 辐射水平测量结果

测点编号	测点位置描述	测量结果(nGy/h)	备注
1	本项目工业 CT 装置拟建址处	45.8	平房
2	本项目工业 CT 装置拟建址东侧	43.5	平房
3	本项目工业 CT 装置拟建址南侧	39.4	平房
4	本项目工业 CT 装置拟建址西侧	45.5	平房
5	本项目工业 CT 装置拟建址北侧	41.3	平房

注: 测量结果已扣除仪器宇宙响应值, 并进行了建筑物对宇宙射线的屏蔽修正;
建筑物对宇宙射线屏蔽修正因子平房取 0.9。

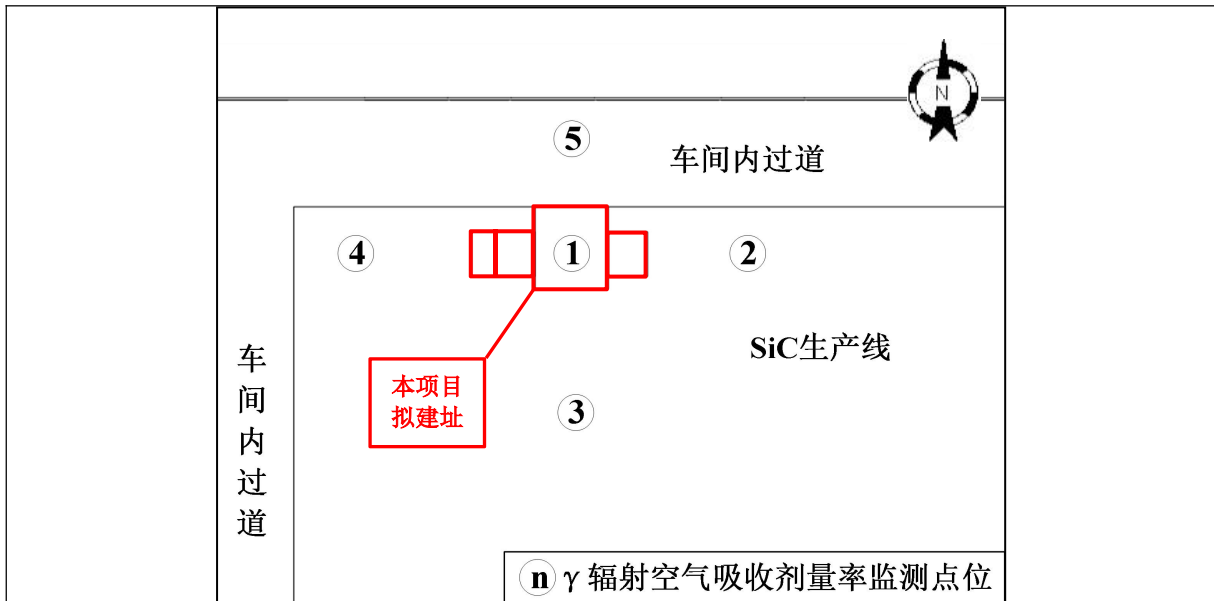


图 8-2 本项目工业 CT 装置拟建址周围环境 γ 辐射水平监测点位示意图

4 环境现状调查结果评价

由表 8-1 的监测结果可知，由于本项目工业 CT 装置所在车间地面及墙体所用金属材料及所含放射性物质的影响，本项目拟建辐射工作场所及周围环境扣除仪器宇宙射线响应值后的室内 γ 辐射水平为（39.4~45.8）nGy/h。根据《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》，江苏省扣除仪器宇宙射线响应值后的室内 γ 辐射水平为（50.7~129.4）nGy/h。本项目拟建址及周围室内各监测点位 γ 辐射水平均低于表 7-4 中江苏省室内环境天然 γ 辐射水平调查结果的“均值 ± 3 倍标准差”（47.2nGy/h~131.2nGy/h）的下限值（47.2nGy/h），属异常值。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

1 工程设备

根据生产、检测需要，汇川新能源汽车技术（常州）有限公司拟在公司厂区 2# 生产车间扩建 1 台工业 CT 装置，用于开展公司生产的模块的无损检测工作，本项目检测产品尺寸约为 240mm 长×68.5mm 宽×60mm 厚。公司拟将装置两侧工件门朝东西方向摆放在车间内，工作时主射线可朝南侧、北侧、顶部及底部照射，操作台拟设置于装置西侧。

本项目工业 CT 装置包括前级箱体、中级箱体（曝光室）、后级箱体及尾端级机构四部分，其中中级箱体外径尺寸为 1.500m 长×1.660m 宽×1.735m 高，曝光室内净尺寸为 1.454m 长×1.500m 宽×1.607m 高。前级、后级箱体结构一致，外径尺寸均为 0.750m 长×0.900m 宽×1.500m 高，箱体分为上下两部分，其中上部分与中级箱体连接，并配置铅防护层，上部分内净尺寸为 0.663m 长×0.790m 宽×0.800m 高；箱体下部分为电器元件安装区，无铅防护层，与箱体上部分隔离。尾端级机构在铅防护箱体之外，作用是接引从后级箱体输送出的物料。当物料检测结果不合格时，可设置物料在此处停留，人工将物料取出。当整盘被检工件检测有不合格品时，人员在复判界面点击“不良”按钮，将不合格产品拿出并标记后放置在隔离区，取走不合格品后，托盘流入下料机。被检工件检测合格时，直接流入下料机内。

本项目工业 CT 装置前级、后级箱体南侧、北侧设有观察窗，辐射工作人员可以清晰安全的看到前级、后级箱体内部情况；装置前级、中级及后级箱体东侧、西侧分别设有工件门，前级、中级及后级箱体南侧、西侧分别设有检修门。本项目工业 CT 装置样式图见图 9-1、9-2，工业 CT 装置内部主要结构图见图 9-3。

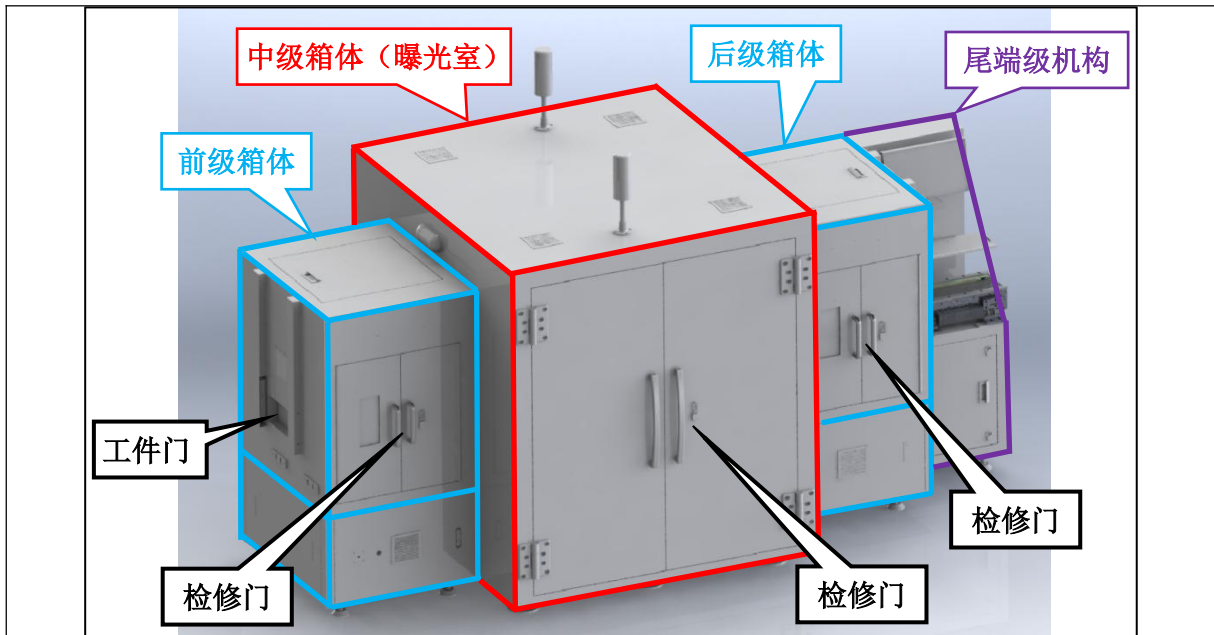


图 9-1 本项目工业 CT 装置样式图

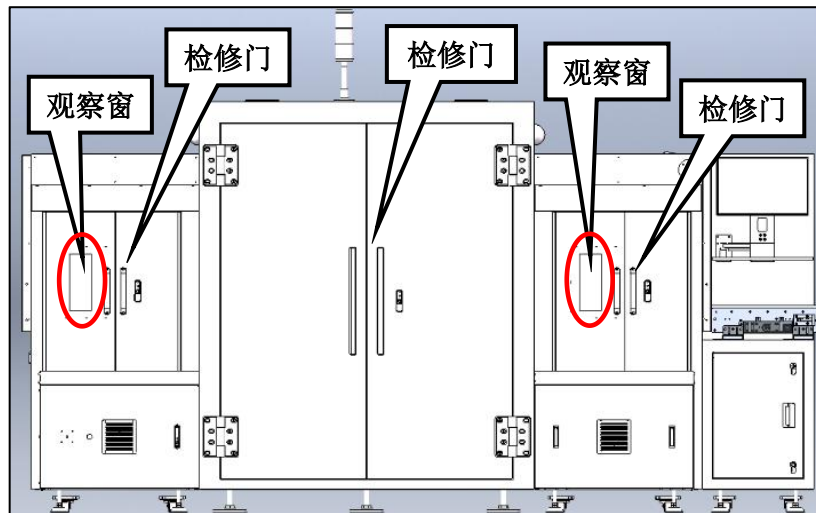


图 9-2 本项目工业 CT 装置样式图

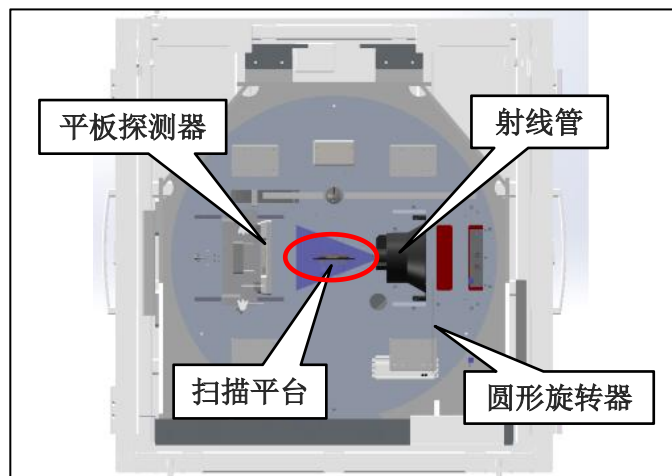


图 9-3 本项目工业 CT 装置内部主要结构图

本项目工业 CT 装置主射线可朝南侧、北侧、顶部及底部照射，该工业 CT 装置

射线管出束角为 $72^{\circ} \times 72^{\circ}$ ，现根据汇川新能源汽车技术（常州）有限公司的实际需要，生产厂家采取限束装置将射线管出束角调整为 $40^{\circ} \times 40^{\circ}$ 。本项目装置 X 射线管与探测器均固定在圆形旋转器上，X 射线管与探测器可同时随旋转器进行 360° 旋转运动，X 射线管始终朝圆心照射。X 射线管距离中级箱体东侧屏蔽体外表面 555.7mm，距离前级箱体东侧屏蔽体外表面 1305.7mm，距离中级箱体南侧屏蔽体外表面最近为 665.6mm，距离中级箱体西侧屏蔽体外表面 944.3mm，距离后级箱体西侧屏蔽体外表面 1694.3mm，距离中级箱体北侧屏蔽体外表面最近为 686.4mm，距离中级箱体顶部屏蔽体外表面最近为 761mm，距离中级箱体底部屏蔽体外表面最近为 666mm。

本项目工业 CT 装置详细参数见表 9-1。

表 9-1 本项目工业 CT 装置参数一览表

设备型号	Geoscan200 型工业 CT 装置
最大管电压	180kV
最大管电流	0.5mA
最大功率	90W
出束角	$40^{\circ} \times 40^{\circ}$
滤过条件	3mm Al
X 射线机的发射率常数	取 $18\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$
泄漏辐射剂量率	取 $2500\mu\text{Sv/h}$
90° 散射后能量	保守取 150kV

2 工业 CT 装置工作原理

2.1 X 射线发生原理

工业 CT 装置核心是 X 射线管，它是一个内真空的玻璃管，其中一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生 X 射线。常见典型的 X 射线管结构图见图 9-3。

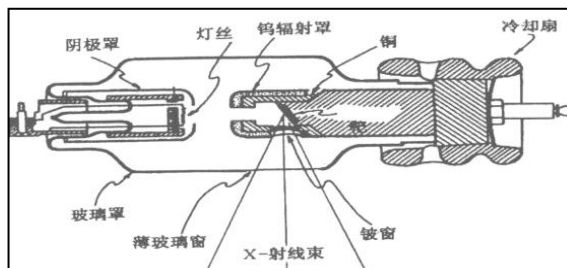


图 9-3 典型的 X 射线管结构图

2.2 工业 CT 装置检测原理

工业 CT 装置能在对检测物体无损伤条件下，以二维断层图像或三维立体图像的形式，清晰、准确、直观地展示被检测物体的内部结构、组成、材质及缺损状况，其基本原理是经过准直的 X 射线束穿过被检物时，根据各个透射方向上各体积元的衰减系数不同，探测器接收到的透射能量也不同，按照一定的图像重建算法，即可获得被检工件截面-薄层无影像重叠的断层扫描图像，重复上述过程又可获得一个新的断层图像，通过测得足够多的二维断层图像就可重建出三维图像。

3 工业 CT 装置工作流程及产污环节

根据现场调查可知，公司已有的工业 CT 项目工艺流程合理，已根据相应标准要求，在检测过程中采取安全防护措施。

本项目扩建的工业 CT 装置与已有项目工艺流程一致，检测时被检工件可通过装置前级箱体工件门自动传送至装置中级箱体（曝光室）内进行检测，检测输送带将被检工件流转至扫描平台，辐射工作人员在操作台处进行操作，在对检测物体无损伤条件下，以二维断层图像或三维立体图像的形式，清晰、准确、直观地展示被检测物体的缺损状况，其工作流程如下：

（1）开机前检查操作台与装置前、后级箱体工件门、中级箱体（曝光室）工件门、检修门的门机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施是否有效；

（2）开机，前级、中级箱体（曝光室）工件门打开，辐射工作人员将被检工件放置在自动传送带上，通过前级、中级箱体（曝光室）工件门，输送带将被检工件流转至扫描平台；

（3）中级箱体（曝光室）工件门关闭，辐射工作人员在操作台处开启工业 CT 装置进行检测，会产生 X 射线及少量 O₃、NO_x；

（4）通过显像器对被检工件的缺损状况进行辨别，出具检验报告；

（5）检测完成，停止出束。中级箱体工件门打开，被检工件通过输送带传送出至尾端级机构；当整盘被检工件检测有不合格品时，人员在复判界面点击“不良”按钮，将不合格产品拿出并标记后放置在隔离区，取走不合格品后，托盘流入下料机。被检工件检测合格时，直接流入下料机内。新的被检工件放置于自动传送带上。

本项目工业 CT 装置工作流程及产污环节示意图见图 9-4。

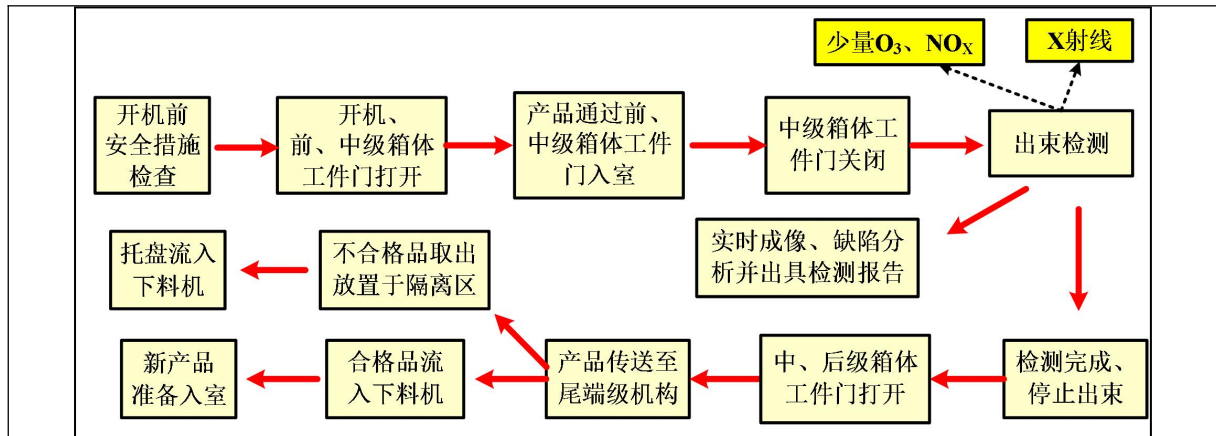


图 9-4 本项目工业 CT 装置工作流程及产污环节分析示意图

污染源项描述

1 放射性污染源分析

由工业 CT 装置的工作原理可知，X 射线是随装置的开、关而产生和消失。因此，正常工况时，在开机曝光期间，放射性污染物为 X 射线及其散射线、漏射线。本项目探伤期间 X 射线是主要污染物。本项目 X 射线辐射类型主要分为以下三类：

有用线束辐射：射线装置发出的用于检测的辐射束，又称为主射线束。根据厂家提供的 X 射线管参数说明（见附件 10），装置的滤过条件为“3mm Al”，发射率常数取值参考《辐射防护导论》P342 附图 3，180kV 的 X 射线管 1m 处的输出量取“3mm Al”滤过条件下输出量，即 $18\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。

漏射线辐射：由辐射源点在各个方向上从屏蔽装置中泄漏出来的射线称为漏射线。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）表 1，本项目距 X 射线机辐射源点（靶点）1m 处的泄漏辐射剂量率均为 $2.5\times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

散射线辐射：当主射线照射到检测工件时，会产生散布于各个方面上的散射辐射，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2，180kV 的 X 射线 90° 散射辐射最高能量为 150kV。

2 非放射性污染源分析

工业 CT 装置在工作状态时，产生的 X 射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生的臭氧和氮氧化物对周围环境空气质量影响较小。

本项目辐射工作人员在工作过程中将产生生活污水和一般生活垃圾。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1 项目布局及分区合理性分析

汇川新能源汽车技术（常州）有限公司扩建的 1 台工业 CT 装置项目包括曝光室和操作台等，本项目装置的 X 射线管与探测器均固定在圆形旋转器上，X 射线管与探测器可同时随旋转器进行 360°旋转运动，X 射线管始终朝圆心照射；装置 X 射线管经改装后出束角为 40°×40°，装置运行时主射线可朝南侧、北侧、顶部及底部照射一圈。操作台位于装置西侧，避开了有用线束照射方向。本项目工业 CT 装置布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于操作室避开有用线束照射方向及操作室与探伤室分开设置的要求，本项目布局设计合理。

本项目拟将工业 CT 装置整体装置（除操作台外）作为本项目的辐射防护控制区（图 10-1 中红色方框），在曝光室表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；将工业 CT 装置四周 1m 的范围区域（含操作台）作为本项目辐射防护监督区（图 10-1 中蓝色方框），拟在监督区边界四周设置警戒围栏（见图 10-1），在监督区入口设立“无关人员禁止入内”警告牌和监督区标牌，并设置明显的电离辐射警示标志和警告标语，工作时无关人等不得进入。本项目工业 CT 装置平面布局及分区图见图 10-1，本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

图10-1 本项目工业CT装置平面布局及分区图

2 辐射屏蔽设计

本项目 Geoscan200 型工业 CT 装置曝光室屏蔽防护设计见表 10-1, 装置设计图见附图 4。

表 10-1 本项目工业 CT 装置曝光室屏蔽设计参数一览表

规格尺寸	前级、后级箱体（分上下部分）外径尺寸均为 0.750m 长×0.900m 宽×1.500m 高，上部箱体内净尺寸为 0.663m 长×0.790m 宽×0.800m 高； 中级箱体（曝光室）外径尺寸为 1.500m 长×1.660m 宽×1.735m 高，内净尺寸为 1.454m 长×1.500m 宽×1.607m 高
屏蔽体	前级箱体（上部）南侧、西侧、北侧、顶部及底部屏蔽体均拟采 7mmPb+5mmFe， 东侧屏蔽体拟采用 8mmPb+5mmFe
	中级箱体（曝光室）各侧屏蔽体均拟采用 10mmPb+6mmFe
	后级箱体（上部）东侧、南侧、北侧、顶部及底部屏蔽体均拟采 7mmPb+5mmFe， 西侧屏蔽体拟采用 8mmPb+5mmFe
工件门 （东侧、西侧）	前级、后级箱体工件门均拟采用 8mmPb+5mmFe 中级箱体（曝光室）工件门均拟采用 10mmPb+6mmFe
检修门 （南侧、北侧）	前级、后级箱体检修门屏蔽体均拟采用 7mmPb+5mmFe 中级箱体（曝光室）检修门屏蔽体均拟采用 10mmPb+6mmFe
通风口（顶部）	中级箱体（曝光室）顶部设有通风口，通风口处拟采用 10mmPb+6mmFe 防护罩
电缆口（东侧、 西侧、北侧）	前级箱体东侧、后级箱体西侧设有电缆口，电缆口处均拟采用 8mmPb+5mmFe 防护罩； 中级箱体（曝光室）北侧设有电缆口，电缆口处拟采用 10mmPb+6mmFe 防护罩
观察窗 （南侧、北侧）	前级、后级箱体南侧、北侧设有观察窗，观察窗拟采用 7mm 铅当量铅玻璃
工件门门洞	前级、后级箱体及中级箱体（曝光室）工件门门洞均为 280mm 宽×140mm 高， 工件门均为 320mm 宽×182mm 高，工件门左右各搭接 20mm，上下各搭接 21mm。 工件门与屏蔽体之间的缝隙宽度均为 2mm，工件门与墙体重叠部分不小于防护 门与墙体缝隙宽度的 10 倍

3 辐射安全措施设计

为确保辐射安全，保障装置安全运行，公司拟根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）设计相应的辐射安全装置和保护措施。

3.1 辐射防护措施

(1) 安装门机联锁装置。工业 CT 装置各工件门、检修门均拟设置门机联锁装置，

只有当所有工件门、检修门完全关闭后才能开机检测。在检测过程中，门被意外打开时，射线管应能立刻停止出束。操作台处设紧急开门开关。

(2) 安装指示灯。工业 CT 装置顶部拟设置工作状态指示灯，工业 CT 装置工作时，指示灯开启，警告无关人员勿靠近工业 CT 装置或在装置附近做不必要的逗留。

(3) 工业 CT 装置装置曝光室拟设置工作状态指示灯与 X 射线管进行联锁。

(4) 工业 CT 装置表面明显位置拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明，提醒无关人员勿在其附近逗留。

(5) 安装紧急停机按钮。拟在工业 CT 装置前级箱体、后级箱体北侧外表面各设置 1 个急停按钮，在操作台处设置 1 个急停按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。紧急停机按钮拟设置标明使用方法的标签。由于正常检测摆放工件时辐射工作人员无法进入曝光室，故曝光室内部未设置急停按钮。

(6) 拟在工业 CT 装置北侧外表面设置钥匙开关，钥匙唯一，仅授权的辐射工作人员方可使用，只有在打开钥匙开关后，X 射线探伤机才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

(7) 装置前级箱体东侧、后级箱体西侧设有电缆口，电缆口处均拟采用 8mmPb+5mmFe 防护罩；中级箱体（曝光室）北侧设有电缆口，电缆口处拟采用 10mmPb+6mmFe 防护罩，未破坏曝光室内屏蔽。

(8) 装置中级箱体（曝光室）顶部设有通风口，通风口处拟采用 10mmPb+6mmFe 防护罩，未破坏曝光室内屏蔽。

(9) 工业 CT 装置前级、后级箱体南侧、北侧拟设置观察窗，装置内部设有 4 个视频监控装置；辐射工作人员可通过观察窗监视工业 CT 装置内部情况。

(10) 工业 CT 装置内部拟设置固定式辐射探测报警装置，装置顶部拟设置对应报警灯及剂量率显示界面。

本项目工业 CT 装置辐射安全与防护措施分布见图 10-2。

图 10-2 本项目工业 CT 装置辐射防护措施布置图

3.2 操作防护措施

(1) 辐射工作人员在开展检测工作前拟对工业 CT 装置进行检查，确认设备外观完好，安全联锁、报警设备和警示灯等防护措施正常运行。

(2) 正常使用工业 CT 装置时拟检查防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

(3) 辐射工作人员拟定期测量工业 CT 装置外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值拟与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，拟终止检测工作并向辐射防护负责人报告。

(4) 交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前，拟检查是否能正常工作。如发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不开展检测工作。

(5) 公司拟对工业 CT 装置的设备维护负责，每年至少维护一次，设备维护拟由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行，并做好设备维护记录。

3.3 探伤设备退役措施

当工业 CT 装置不再使用时，拟实施退役程序。

(1) 工业 CT 装置的 X 射线发生器拟处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

(2) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

三废治理

本项目的工业 CT 装置在工作状态时，会使曝光室内的空气电离产生臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO_x)，少量臭氧和氮氧化物可通过装置顶部的通风口排出曝光室，再依托车间内通风系统排出生产车间；臭氧常温下 50min 左右可自行分解为氧气，对周

围环境空气质量影响较小。

本项目辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水将进入城市污水管网，一般生活垃圾收集后将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目工业 CT 装置为整体外购设备，无建设期环境影响。

运行阶段对环境的影响

1 辐射环境影响分析

本项目工业 CT 装置的最大管电压为 180kV，最大管电流为 0.5mA，本次评价选取工业 CT 装置达到最大管电压且满功率运行时的工况进行预测，本项目工业 CT 装置运行时主射线可朝南侧、北侧、顶部及底部照射，故计算时将中级箱体曝光室的南侧、北侧、顶部、底部屏蔽体、检修门（南侧、北侧）、电缆口（北侧）及通风口（顶部）均按照有用线束照射进行预测计算，将中级箱体曝光室的东侧、西侧屏蔽体、前级箱体工件门（东侧）、后级箱体工件门（西侧）及电缆口（东侧、西侧）均按照非有用线束照射进行预测计算。

本项目装置 X 射线管与探测器均固定在圆形旋转器上，X 射线管与探测器可同时随旋转器进行 360°旋转运动，X 射线管始终朝圆心照射（本项目工业 CT 装置内部主要结构图见图 9-2）。装置 X 射线管经改装后出束角为 40°×40°，装置运行时主射线可朝南侧、北侧、顶部及底部照射一圈。X 射线管旋转前后至东侧、西侧屏蔽体的距离不变，至南侧、北侧、顶部及底部屏蔽体的距离随射线管的旋转而改变；X 射线管距离中级箱体东侧（A 点）屏蔽体外表面 555.7mm，距离前级箱体东侧（C 点）屏蔽体外表面 1305.7mm，距离中级箱体南侧（E 点）屏蔽体外表面最近为 665.6mm，距离中级箱体西侧（B 点）屏蔽体外表面 944.3mm，距离后级箱体西侧（D 点）屏蔽体外表面 1694.3mm，距离中级箱体北侧（G 点）屏蔽体外表面最近为 686.4mm，距离中级箱体顶部（H 点）屏蔽体外表面最近为 761mm，距离中级箱体底部（F 点）屏蔽体外表面最近为 666mm。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 装置计算示意图见图 11-1。

图 11-1 本项目工业 CT 装置计算示意图

1. 理论预测公式

1.1 有用线束方向屏蔽效果预测公式

有用线束预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中有用线束屏蔽估算的计算公式：

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

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

I ：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流， mA ；

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，取值参考《辐射防护导论》P342 附图 3，180kV 的 X 射线管在“3mm Al”的滤过条件下 1m 处的输出量取 $18\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离， m ；

B ：屏蔽透射因子，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 B.2，得 180kV 下对应的 TVL 值，然后按公式(11-2) 计算得出：

$$B=10^{-X/\text{TVL}} \dots\dots\dots (11-2)$$

式中： X ：屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL：屏蔽材料的什值层厚度。

1.2 非有用线束屏蔽效果预测公式

非有用线束方向预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中非有用线束屏蔽估算的计算公式：

①泄漏辐射

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (11-3)$$

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

\dot{H}_L ：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，取值参考
工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 1；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B ：屏蔽透射因子，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T
250-2014）中的表 B.2，得 180kV 下对应的 TVL 值，再按公式（11-2）
计算得出；

②散射辐射

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

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

I ：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，取值参考《辐射
防护导论》P342 附图 3，180kV 的 X 射线管在“3mm Al”的滤过条
件下 1m 处的输出量取 $18\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ；

B ：屏蔽透射因子，按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T
250-2014）中表 2 确定 90° 散射辐射的射线能量，按公式（11-2）计
算得出；

F ： R_0 处的辐射野面积， m^2 ；

α ：散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射到距其 1m 处的散
射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关，
在未获得相应物质的 α 值时，可以用水的 α 值保守估计，取值参考《工
业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录 B 表
B.3；

R_s ：散射体至关注点的距离，m；

R_0 ：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m。

1.3 顶部天空反散射影响预测公式

装置顶部屏蔽主要考虑穿透 X 射线的天空反散射影响，天空反散射示意图见图 11-1。

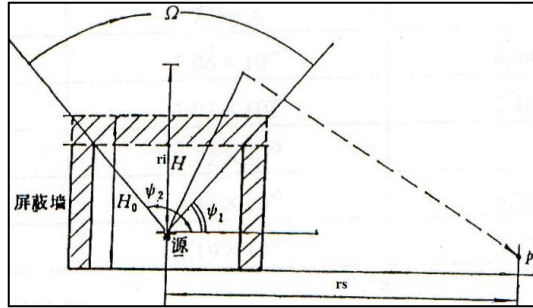


图 11-2 天空反散射示意图

天空反散射辐射水平预测模式采用《辐射防护导论》中推荐模式，具体计算公式如下：

$$\eta_{r,s} \leq 0.67 H_{l,h} \cdot r_1^2 \cdot r_s^2 / (D_{10} \cdot \Omega^{1.3}) \dots\dots\dots (11-5)$$

由公式 (11-5) 可导出：

$$H_{L,h} = \eta_{r,s} \cdot D_{10} \cdot \Omega^{1.3} / (0.67 \cdot r_1^2 \cdot r_s^2) \dots\dots\dots (11-6)$$

式中：0.67：单位换算系数；

$H_{L,h}$ ：参考点处相应的剂量当量率，Sv/h；

$\eta_{r,s}$ ：透射比；

r_1 ：辐射源到屋顶上方 2m 处的距离 m；

r_s ：室外参考点到源的水平距离，本项目探伤房周围 50m 内没有敏感点，

r_s 通过公式 $r_s = b \cdot r_1 / (r_1 - c)$ 计算得到；

D_{10} ：离源上方 1m 处的吸收剂量指数率，Gy·m²/min；对于 X 辐射源，

$D_{10} = I \delta_a$ ；其中 I 是电流，mA； δ_a 是 X 射线发射率常数，Gy·m²·mA⁻¹·min⁻¹，从《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.1 查取（ δ_a 与 GBZ/T 250-2014 表 B.1 中的 X 射线输出量为同一物理量），以使该物理量取值与有用射束辐射影响预测计算中取值均查自 GBZ/T 250-2014 表 B.1。

Ω ：辐射源对屋顶张的立体角，单位为球面度，sr。 $\Omega = 4 \text{tg}^{-1} (ab/cd)$ ，其中 a 是屋顶长度之半，b 是屋顶宽度之半，c 是辐射源到屋顶表面中心的最小距离（此处 a、b 的值统一取探伤室的内净尺寸，不包含四周墙体的厚度，c 统一取到屋顶外表面的距离，即加上屋顶墙体厚度）；

d 是源到屋顶边缘的距离， $d = (a^2 + b^2 + c^2)^{1/2}$ 。

1.4 参考点的年剂量水平估算

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \dots\dots\dots (11-7)$$

式中： H_c ：参考点的年剂量水平，mSv/a；

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

t ：探伤装置年照射时间，h/a；

U ：探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T ：人员在相应关注点驻留的居留因子。

2 屏蔽计算结果

2.1 理论计算结果

表 11-1 本项目有用线束屏蔽体屏蔽效果预测表

关注点	中级箱体南侧屏蔽体/检修门 (E 点)	中级箱体北侧屏蔽体/检修门/电缆口 (G 点)	中级箱体顶部屏蔽体/通风口 (H 点)	中级箱体底部屏蔽体 (F 点)
X 设计厚度	10mmPb+6mmFe	10mmPb+6mmFe	10mmPb+6mmFe	10mmPb+6mmFe
I (mA)				
$H_0^{\text{①}}$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$				
$B^{\text{②}}$				
$R^{\text{③}}$ (m)				
\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	0.004	0.004	0.003	0.006
剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	2.5	2.5
评价	满足	满足	满足	满足

表 11-2 本项目非有用线束屏蔽体屏蔽效果预测表

关注点		中级箱体东侧屏蔽体/工件门 (A 点)	中级箱体西侧屏蔽体/工件门 (B 点)	前级箱体工件门 (东侧)/电缆口 (C 点)	后级箱体工件门 (西侧)/电缆口 (D 点)
X 设计厚度		10mmPb +6mmFe	10mmPb +6mmFe	10mmPb +5mmFe	10mmPb +5mmFe
泄漏辐射	TVL (mm)				
	B [#]				
	\dot{H}_L ($\mu\text{Sv/h}$)				
	R* (m)				
	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)				
散射辐射	散射后能量对应的 kV 值				
	TVL (mm)				
	B [#]				
	I (mA)				
	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$				
	F (m ²)				
	α				
	R ₀ (m)				
	R _s * (m)				
\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)					
泄漏辐射和散射辐射的复合作用 ($\mu\text{Sv/h}$)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	
剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	2.5	2.5	
评价	满足	满足	满足	满足	

从表 11-1 及表 11-2 中预测结果可知,本项目工业 CT 装置满功率运行时,工业 CT 装置曝光室四周、顶部、底部屏蔽体、工件门、检修门、通风口及电缆口外 30cm 处的最大辐射剂量率约为 0.006 μ Sv/h,顶部 30cm 处的最大辐射剂量率约为 0.003 μ Sv/h,能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h”要求及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)中“关注点最高剂量率参考控制水平 2.5 μ Sv/h”的要求。

2.2 天空反散射影响分析

根据公式(11-5)~(11-6),结合本项目工业 CT 装置各尺寸参数,装置的 $a=1.390\text{m}$, $b=0.8035\text{m}$, $c=0.761\text{m}$, 计算得 $d=1.780\text{m}$, $\Omega=3.739\text{sr}$ 。

表 11-3 天空反散射影响预测表

参数	参数取值或计算结果
$D_{10}(\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{min}^{-1})$	
$\Omega(\text{sr})$	
$\eta_{r,s}$	
$r_i(\text{m})$	
$r_s(\text{m})$	
瞬时剂量率($\mu\text{Sv/h}$)	0.536

从表 11-3 中预测结果可以看出,当本项目工业 CT 装置满功率运行时,天空反散射影响值为 0.536 μ Sv/h,能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h”的要求。

本项目工业 CT 装置满功率运行时,由于顶部屏蔽体上方 30cm 处的最大辐射剂量率为 0.003 μ Sv/h,穿透顶部屏蔽体后的 X 射线在经大气散射返回地面后的辐射剂量率为 0.536 μ Sv/h,天空反散射影响值和顶部屏蔽体上方 30cm 处的最大辐射剂量率总和为 0.539 μ Sv/h,因此其天空反散射能够满足“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h”的要求。

2.3 通风口、电缆口、防护门缝隙处辐射防护评价

本项目工业 CT 装置通风口位于中级箱体(曝光室)顶部,电缆口位于前级箱体东侧、后级箱体西侧及中级箱体(曝光室)北侧,中级箱体(曝光室)顶部通风口采用

10mmPb+6mmFe 铅防护罩，前级箱体东侧、后级箱体西侧电缆口均拟采用 8mmPb+5mmFe 防护罩，中级箱体（曝光室）北侧电缆口采拟用 10mmPb+6mmFe 防护罩；由表 11-1 计算结果可知，本项目工业 CT 装置在满功率运行时，通风口外 30cm 处辐射剂量率为 0.003 μ Sv/h，电缆口外 30cm 处辐射剂量率最大为 0.004 μ Sv/h，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h”的要求。

本项目 X 射线经过防护罩后至少会经过 3 次散射到达通风口、电缆口处，X 射线至少经过 3 次散射才能到达防护罩外，根据《辐射防护导论》第 189 页“实例证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”，可推断通风口处、线缆口处的辐射剂量率能够满足标准要求。通风口及电缆口散射示意图如图 11-2。

图 11-2 本项目通风口、电缆口防护罩结构散射示意图

本项目工业 CT 装置工件门门洞 280mm 宽 \times 140mm 高，工件门 320mm 宽 \times 182mm 高，工件门左右各搭接 20mm，上下各搭接 21mm。工件门与屏蔽体之间的缝隙宽度均为 2mm，工件门与墙体重叠部分不小于防护门与墙体缝隙宽度的 10 倍。射线经过多次散射后才能出门缝隙，可推断工件门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

2.4 有效剂量估算

本项目辐射工作人员为射线装置操作人员，公众主要为工业 CT 装置曝光室 50m 范围内的其他人员。根据表 11-1 及表 11-2 估算结果代入公式（11-5），分别选取各参

考点处最大辐射剂量率进行周剂量估算及年剂量估算。

表 11-4 本项目工业 CT 装置周围人员周受照有效剂量结果评价

序号	关注点	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值 (μSv/h)	周工作时间 (h)	周剂量估算值(μSv/周)	剂量约束值 (μSv/周)	评价
1	装置北侧					0.040	100 (职业人员)	满足
2	监督区 东侧					0.003	5 (公众)	满足
3	监督区 南侧					0.040		满足
4	监督区 西侧					0.002		满足
5	监督区 北侧					0.010		满足

注：关注点处剂量率保守选取装置表面 30cm 处辐射剂量率进行估算；
辐射工作人员剂量率值保守选取监督区内最大剂量率值。

从表 11-4 中预测结果可以看出，本项目工业 CT 装置周围辐射工作人员周有效剂量最大值为 0.040μSv，周围公众成员周有效剂量最大为 0.040μSv，均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）和本项目管理目标中关注点的周围剂量当量参考控制水平要求。

表 11-5 本项目工业 CT 装置周围人员年受照有效剂量结果评价

序号	关注点	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值 (μSv/h)	年工作时间 (h)	年剂量估算值(mSv/a)	剂量约束值 (mSv/a)	评价
1	装置北侧					0.002	5 (职业人员)	满足
2	监督区 东侧					<0.001	0.1 (公众)	满足
3	监督区 南侧					0.002		满足
4	监督区 西侧					<0.001		满足
5	监督区 北侧					0.001		满足

注：关注点处剂量率保守选取装置表面 30cm 处辐射剂量率进行估算；
辐射工作人员剂量率值保守选取监督区内最大剂量率值。

从表 11-5 中预测结果可以看出，本项目工业 CT 装置周围辐射工作人员年有效剂量最大值为 0.002mSv，周围公众年有效剂量最大为 0.002mSv，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目年剂量约束值的要求：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

3 三废治理评价

本项目工业 CT 装置在工作状态时，产生的 X 射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物可通过装置顶部的通风口排出曝光室，再依托车间内通风系统排出生产车间；臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。本项目曝光室体积约为 3.4 m³，曝光室内通风系统的通风量拟设置为 170 m³/h，每小时有效通风换气次数约为 50 次，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。臭氧常温下 50min 左右可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水将进入城市污水管网，一般生活垃圾收集后将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

采取上述措施后本项目的废物处置方式能够满足当前生态环境保护管理的要求。

事故影响分析

1 潜在事故分析

本项目工业 CT 装置只有在开机曝光时才产生 X 射线，因此，X 射线探伤事故多为开机误照射事故，主要有：

（1）由于安全联锁装置失灵，导致工件门未完全关闭时开机工作，人员误留受到误照射；在检测过程中，工件门或检修门被意外打开，导致人员受到误照射。

（2）机器调试、检修时误照射。工业 CT 装置在调试或检修过程中，责任者脱离岗位，不注意防护或他人误开机使人员受到照射。

（3）由于工件碰撞造成工业 CT 装置防护门破损，导致防护门外产生漏射线。

2 辐射事故预防措施

汇川新能源汽车技术（常州）有限公司应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行操作，并在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善；加强职工辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。针对可能发生的辐射事故，公司拟采取以下预防措施：

（1）公司内部加强辐射安全管理，管理人员定期开展监督检查，营造持续改进的辐射安全文化。

（2）严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程工作。每次在开启装置前，检查确认各项安全措施的有效性，严禁在安全设施故障情况下开机检测。

（3）辐射工作人员工作时注意佩戴好个人剂量计、个人剂量报警仪等监测仪器，当个人剂量报警仪发出报警时，辐射工作人员应尽快采取应对措施。

3 辐射事故处置方法

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，辐射事故可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。本项目拟使用的工业 CT 装置属于II类射线装置，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，该类射线装置可能发生的事故是指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。在发生事故后：

(1) 辐射工作人员或操作人员应第一时间关停射线装置的高电压，停止射线装置的出束，然后启动应急预案；

(2) 立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

(3) 对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

当发生或发现辐射事故时，公司应立即启动事故应急方案，采取必要措施，在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境和公安部门报告并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

本项目开展工业 X 射线探伤使用的设备为工业 CT 装置，属Ⅱ类射线装置。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用Ⅱ类射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责。辐射工作人员均应通过生态环境部组织的“X 射线探伤”类、辐射防护负责人应通过生态环境部组织的“辐射安全管理”类考核，通过考核后方可上岗。

汇川新能源汽车技术（常州）有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。公司已有 2 名辐射工作人员，其中 1 人兼职辐射防护负责人，均已通过生态环境部培训平台上的线上考核。本项目拟新增 2 名辐射工作人员，新增辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台上的线上考核，辐射工作人员持有的原辐射安全培训合格证书到期后应当参加并通过生态环境部培训平台上的线上考核方可上岗。

辐射安全管理规章制度

汇川新能源汽车技术（常州）有限公司已按照《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》中相关要求制定了一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、台账登记制度、事故应急制度等。

公司已制定的辐射安全管理规章制度具有一定的针对性和可操作性，满足现有核技术利用项目对辐射安全管理规章制度的需求。公司相关制度均已落实且严格执行，公司各项辐射安全管理制度执行情况良好。

公司还应针对本项目对已有辐射安全管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。本报告对各项管理制度制定要点提出如下建议：

探伤操作规程：明确辐射工作人员的资质条件要求，明确工业 CT 装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确工业 CT 装置操作步骤以及作业过程中必须采取的辐射安全措施。

岗位职责：明确管理人员、检测人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

辐射防护和安全保卫制度：根据企业的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是工业 CT 装置的运行和维修时辐射安全管理。

设备检修维护制度：明确工业 CT 装置及辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保工业 CT 装置与剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

人员培训计划：制定人员培训计划，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

监测方案：制定辐射工作人员剂量监测工作制度和工作场所定期监测制度。发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境部门、卫生健康部门调查处理。发现工作场所监测异常的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境部门报告。

台账管理制度：对工业 CT 装置使用情况进行登记，标明设备名称、型号、电压、电流等，并对工业 CT 装置使用进行严格管理。

事故应急预案：依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》的要求，必须明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急辐射事故分类与应急响应的措施。当发生事故时，公司应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效防范措施，及时制止事故的恶化，并在 1 小时内向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

此外，公司在之后的实际工作中还应不断根据法律法规及实际情况对各管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。

辐射监测

公司使用的工业 CT 装置属 II 类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目须配置至少 1 台便携式 X- γ 剂量率仪，以满足射线装置日常运行时，对工业 CT 装置周围 X 射线的辐射泄漏和散射的巡测。

公司现已配备 1 台 CM7001-A 型 X- γ 剂量率巡检仪、2 台 CM7102 型个人剂量报警仪，本项目拟新增 1 台便携式 X- γ 剂量率仪及 2 台个人剂量报警仪，能够满足监管部门对于监测仪器配备的要求。

公司现有核技术利用项目已委托江苏玖清玖蓝环保科技有限公司开展年度检测

(年度检测报告见附件 7)，射线装置监测结果均满足相关标准的要求。本项目运行后，公司应每年请有资质的单位对本项目工业 CT 装置周围环境的辐射水平进行监测，在开展检测作业时，应定期对本项目工业 CT 装置周围的辐射水平进行监测，并做相关记录。

公司现有辐射工作人员均已配备个人剂量计监测累积剂量，并定期送苏州苏大卫生与环境技术研究有限公司进行个人剂量监测，根据公司 2023-2024 年四个季度辐射工作人员个人剂量监测报告可知（见附件 8），辐射工作人员个人剂量检测结果均未见异常，本项目运行后，新增辐射工作人员均应佩带个人剂量计监测累积剂量，定期（每 1 个月/次，最长不超过 3 个月/次）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案。公司拟定期（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）安排辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康档案。本项目运行后，公司应认真落实以上个人剂量监测及职业健康体检方案，并妥善保管监测档案。公司拟每年对辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前提交上一年度的评估报告，年度评估报告内容包括核技术利用项目新建、扩建、改建和退役，辐射安全和防护设施的运行与维护，辐射安全和防护制度及措施的制定与落实等情况。

本项目辐射监测方案见表 12-1。

表 12-1 辐射监测方案

监测对象	监测项目	监测方式	监测周期	监测点位
工业 CT 装置	X-γ 周围剂量当量率	验收监测	1 次	①工业 CT 装置周围关注点位处，如曝光室四周屏蔽体、工件门、检修门外 30cm 处，特别是工件门缝、检修门缝、通风口、电缆口等； ②辐射工作人员操作位处 ③环境保护目标处
		工作场所年度监测，委托有资质的单位进行	1 次/年	
		定期自行开展辐射监测	每 3 个月/次	
辐射工作人员	个人剂量当量	委托有资质的单位进行	每 3 个月/次	/

落实以上措施后，公司安全管理措施能够满足辐射安全管理的要求。

辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于应急报告与处理的相关要求，汇川新能源汽车技术（常州）有限公司应针对项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急方案，应急方案内容应包括：

- (1) 应急机构和职责分工；
- (2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- (3) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (4) 辐射事故调查、报告和处理程序；
- (5) 辐射事故信息公开、公众宣传方案。

汇川新能源汽车技术（常州）有限公司已依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求制定了辐射事故应急预案，明确建立了应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。公司制定的事故应急预案较全面，并具有一定的可行性，公司开展辐射活动至今，未发生过辐射安全事故。公司已于2024年04月26日组织应急人员对应急处理措施进行培训，并组织了应急人员进行应急演练。

发生辐射事故时，公司应立即启动本单位事故应急方案，采取必要防范措施，在1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门报告。事故发生后公司应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

表 13 结论与建议

结论

1 辐射安全与防护分析结论

1.1 项目概况描述

根据生产、检测需要，汇川新能源汽车技术（常州）有限公司拟在 2#生产车间内扩建 1 台工业 CT 装置，该装置型号为 Geoscan200 型，最大管电压为 180kV，最大管电流为 0.5mA，射线管最大功率为 90W，用于开展公司生产的模块的无损检测工作，模块尺寸约为 240mm 长×68.5mm 宽×60mm 厚。

汇川新能源汽车技术（常州）有限公司位于常州市武进区武宜南路与敬业路交叉口东南 460 米。公司东侧为空地，南侧为景德路，西侧为河道及武宜南路，北侧为河道及敬业路。

本项目工业 CT 装置拟建于厂区 2#生产车间内，本项目拟建址东侧为 SiC 生产线，南侧依次为 SiC 生产线、车间内过道、芯片存储室、更衣室、卫生间、预留区、Si 组装 1 线及 Si 系统焊接线，西侧依次为 SiC 生产线、车间内过道、配电间、楼梯间、厂内道路及停车场，北侧依次为车间内过道、预留区、卫生间及休息室，楼上、楼下无建筑。

本项目工业 CT 装置拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及工业 CT 装置拟建址周围评价范围内的公众。

1.2 实践正当性评价

本项目的建设将满足企业的需求，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

1.3 项目分区及布局

汇川新能源汽车技术（常州）有限公司扩建的 1 台工业 CT 装置项目包括曝光室和操作台等，本项目装置的 X 射线管与探测器均固定在圆形旋转器上，X 射线管与探测器可同时随旋转器进行 360°旋转运动，X 射线管始终朝圆心照射；装置 X 射线管经改装后出束角为 40°×40°，装置运行时主射线可朝南侧、北侧、顶部及底部照射一圈。

操作台位于装置西侧，避开了有用线束照射方向。本项目工业 CT 装置布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于操作室避开有用线束照射方向及操作室与探伤室分开设置的要求，本项目布局设计合理。

本项目拟将工业 CT 装置整体装置（除操作台外）作为本项目的辐射防护控制区（图 10-1 中红色方框），在曝光室表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；将工业 CT 装置四周 1m 的范围区域（含操作台）作为本项目辐射防护监督区，拟在监督区边界四周设置警戒围栏，在监督区入口设立“无关人员禁止入内”警告牌和监督区标牌，并设置明显的电离辐射警示标志和警告标语，工作时无关人等不得进入。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

1.4 辐射安全措施

本项目工业 CT 装置工业 CT 装置各工件门、检修门均拟设置门机联锁装置，装置顶部拟设置工作状态指示灯，并与工业 CT 装置进行联锁；装置表面明显位置拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明；拟在工业 CT 装置前级箱体、后级箱体北侧外表面各设置 1 个急停按钮，在操作台处设置 1 个急停按钮，由于正常检测摆放工件时辐射工作人员无法进入曝光室，故曝光室内部未设置急停按钮；装置北侧外表面拟设置钥匙开关，钥匙唯一，仅授权的辐射工作人员方可使用；装置前级、后级箱体南侧、北侧拟设置观察窗，辐射工作人员可通过观察窗监视工业 CT 装置内部情况。

辐射工作人员在开展检测工作前拟对工业 CT 装置进行检查，确认设备外观完好，安全联锁、报警设备和警示灯等防护措施正常运行；正常使用工业 CT 装置时拟检查防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施；辐射工作人员拟定期测量工业 CT 装置外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止检测工作并向辐射防护负责人报告；交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前，拟检查是否能正常工作。如发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始检测工作；公司拟对工业 CT 装置的设备维护负责，每年至少维护一次，设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行，并做好设备维护记录。

当工业 CT 装置不再使用时，应实施退役程序；工业 CT 装置的 X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构；清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

1.5 辐射安全管理

汇川新能源汽车技术（常州）有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责，同时制定了各项辐射安全管理制度。公司拟为本项目新增 2 名辐射工作人员，辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台上的线上考核方可从事检测工作，公司拟对辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并为辐射工作人员建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

公司拟为本项目配备 1 台便携式 X- γ 剂量率仪及 2 台个人剂量报警仪，方能够满足审管部门关于仪器配备的要求。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全管理措施能够满足辐射安全管理要求。

2 环境影响分析结论

2.1 辐射防护影响预测

本项目工业 CT 装置包括前级箱体、中级箱体（曝光室）、后级箱体及尾端级机构四部分，其中中级箱体外径尺寸为 1.500m 长×1.660m 宽×1.735m 高，曝光室内净尺寸为 1.454m 长×1.500m 宽×1.607m 高；中级箱体（曝光室）各侧屏蔽体均拟采用 10mmPb+6mmFe。

前级、后级箱体结构一致，外径尺寸均为 0.750m 长×0.900m 宽×1.500m 高，箱体分为上下两部分，其中上部分与中级箱体连接，并配置铅防护层，上部分内净尺寸为 0.663m 长×0.790m 宽×0.800m 高；箱体下部分为电器元件安装区，无铅防护层，与箱体上部分隔离。前级箱体南侧、西侧、北侧、顶部及底部屏蔽体均拟采用 7mmPb+5mmFe，东侧屏蔽体拟采用 8mmPb+5mmFe；后级箱体东侧、南侧、北侧、顶部及底部屏蔽体均拟采用 7mmPb+5mmFe，西侧屏蔽体拟采用 8mmPb+5mmFe；箱体下部分为电器元件安装区，无铅防护层，与箱体上部分隔离。

尾端级机构在铅防护箱体之外，作用是接引从后箱体输送出的物料。当物料检测结果不合格时，可设置物料在此处停留，人工将物料取出。

装置中级箱体（曝光室）顶部设有通风口，通风口处拟采用 10mmPb+6mmFe 防护罩。装置前级箱体东侧、后级箱体西侧设有电缆口，电缆口处均拟采用 8mmPb+5mmFe 防护罩；中级箱体（曝光室）北侧设有电缆口，电缆口处拟采用 10mmPb+6mmFe 防护罩。

根据理论预测结果，公司拟配备的工业 CT 装置满功率运行时各侧屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）的剂量率限值要求。

2.2 保护目标剂量

根据理论预测结果，本项目投入运行后辐射工作人员和周围公众年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众有效剂量限值要求以及本项目的剂量约束限值要求：职业人员周有效剂量不超过 100 μ Sv，公众周有效剂量不超过 5 μ Sv；职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

2.3 三废处理处置

本项目工业 CT 装置在工作状态时产生的 X 射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物可通过装置顶部通风口排出曝光室，再通过生产车间的通风系统排入外环境。臭氧常温下 50min 左右可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

辐射工作人员生活污水拟排入城市污水管网，一般生活垃圾收集后将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

3 可行性分析结论

综上所述，汇川新能源汽车技术（常州）有限公司扩建 1 台工业 CT 项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设是可行的。

建议和承诺

1) 该项目运行后，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

2) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

3) 项目建成后企业应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的有关规定及时进行自主环境保护验收。

辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	投资 (万元)
辐射安全管理机构	公司已成立辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用II类射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构的要求	/
辐射安全和防护措施	<p>本项目工业 CT 装置包括前级箱体、中级箱体（曝光室）、后级箱体及尾端级机构四部分，其中中级箱体外径尺寸为 1.500m 长×1.660m 宽×1.735m 高，曝光室内净尺寸为 1.454m 长×1.500m 宽×1.607m 高；中级箱体（曝光室）各侧屏蔽体均拟采用 10mmPb+6mmFe。</p> <p>前级、后级箱体结构一致，外径尺寸均为 0.750m 长×0.900m 宽×1.500m 高，箱体分为上下两部分，其中上部分与中级箱体连接，并配置铅防护层，上部分内净尺寸为 0.663m 长×0.790m 宽×0.800m 高；前级箱体南侧、西侧、北侧、顶部及底部屏蔽体均拟采用 7mmPb+5mmFe，东侧屏蔽体拟采用 8mmPb+5mmFe；后级箱体东侧、南侧、北侧、顶部及底部屏蔽体均拟采用 7mmPb+5mmFe，西侧屏蔽体拟采用 8mmPb+5mmFe；箱体下部分为电器元件安装区，无铅防护层，与箱体上部分隔离。</p> <p>尾端级机构在铅防护箱体之外，作用是接引从后箱体输送出的物料。当物料检测结果不合格时，可设置物料在此处停留，人工将物料取出。</p>	工业 CT 装置曝光室周围的辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“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”要求及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“关注点最高剂量率参考控制水平 2.5μSv/h”的要求	3.0
	<p>本项目工业 CT 装置工业 CT 装置各工件门、检修门均拟设置门机连锁装置，装置顶部拟设置工作状态指示灯，并与工业 CT 装置进行连锁；装置表面明显位置拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明；拟在工业 CT 装置前级箱体、后级箱体北侧外表面各设置 1 个急停按钮，在操作台处设置 1 个急停按钮，由于正常检测摆放工件时辐射工作人员无法进入曝光室，故曝光室内部未设置急停按钮；装置北侧外表面拟设置钥匙开关，钥匙唯一，仅授权的辐射工作人员方可使用；装置前级、后级箱体南侧、北侧拟设置观察窗，辐射工作人员可通过观察窗监视工业 CT 装置内部情况。</p>	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的相关要求	1.0

人员 配备	<p>公司已有 2 名辐射工作人员,均已通过生态环境部培训平台上的线上考核。本项目拟新增 2 名辐射工作人员,辐射防护负责人及本项目新增辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台上的线上考核,辐射工作人员持有的原辐射安全培训合格证书到期后应当参加并通过生态环境部培训平台上的线上考核方可上岗。</p>	<p>满足《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》中关于人员培训、个人剂量监测及职业健康体检的相关要求</p>	定期投入
	<p>公司拟委托有资质的单位对 2 名辐射工作人员开展个人剂量检测(1 个月/次,最长不超过 3 个月/次),并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案</p>		
	<p>公司拟定期(两次检查的时间间隔不应超过 2 年)组织 2 名辐射工作人员进行职业健康体检,并按相关要求建立辐射工作人员职业健康监护档案</p>		
监测仪 器和防 护用品	<p>公司已配置 1 台 CM7001-A 型 X-γ剂量率巡检仪</p>	<p>满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》,本项目应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,包括个人剂量报警仪、辐射剂量巡测仪等仪器的要求</p>	1.0
	<p>公司已配置 2 台 CM7102 型个人剂量报警仪,拟为本项目配置 2 台个人剂量报警仪</p>		
辐 射 安 全 管 理 制 度	<p>公司已根据相关标准要求,针对本项目制定一系列辐射安全管理制度,包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、射线装置使用登记、台账管理制度以及辐射事故应急预案等制度,公司还应根据相关条例、办法以及本报告的要求对制度的内容进行补充,并在今后运行中结合实际工作不断完善,使其具有较强的针对性和可操作性</p>	<p>满足《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》中的有关要求,使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等,并有完善的辐射事故应急预案</p>	/

以上措施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人

公章
年 月 日

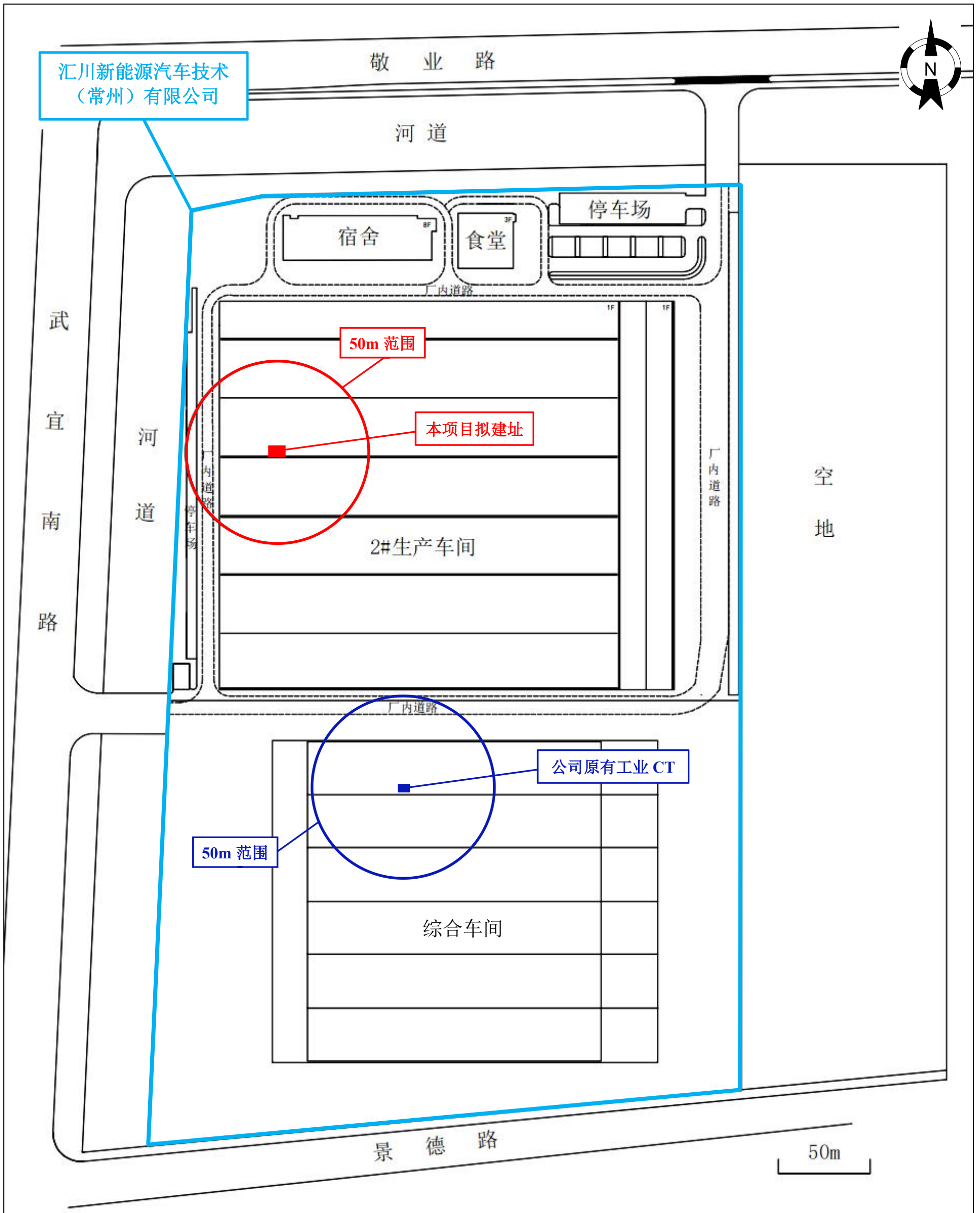
审批意见

经办人

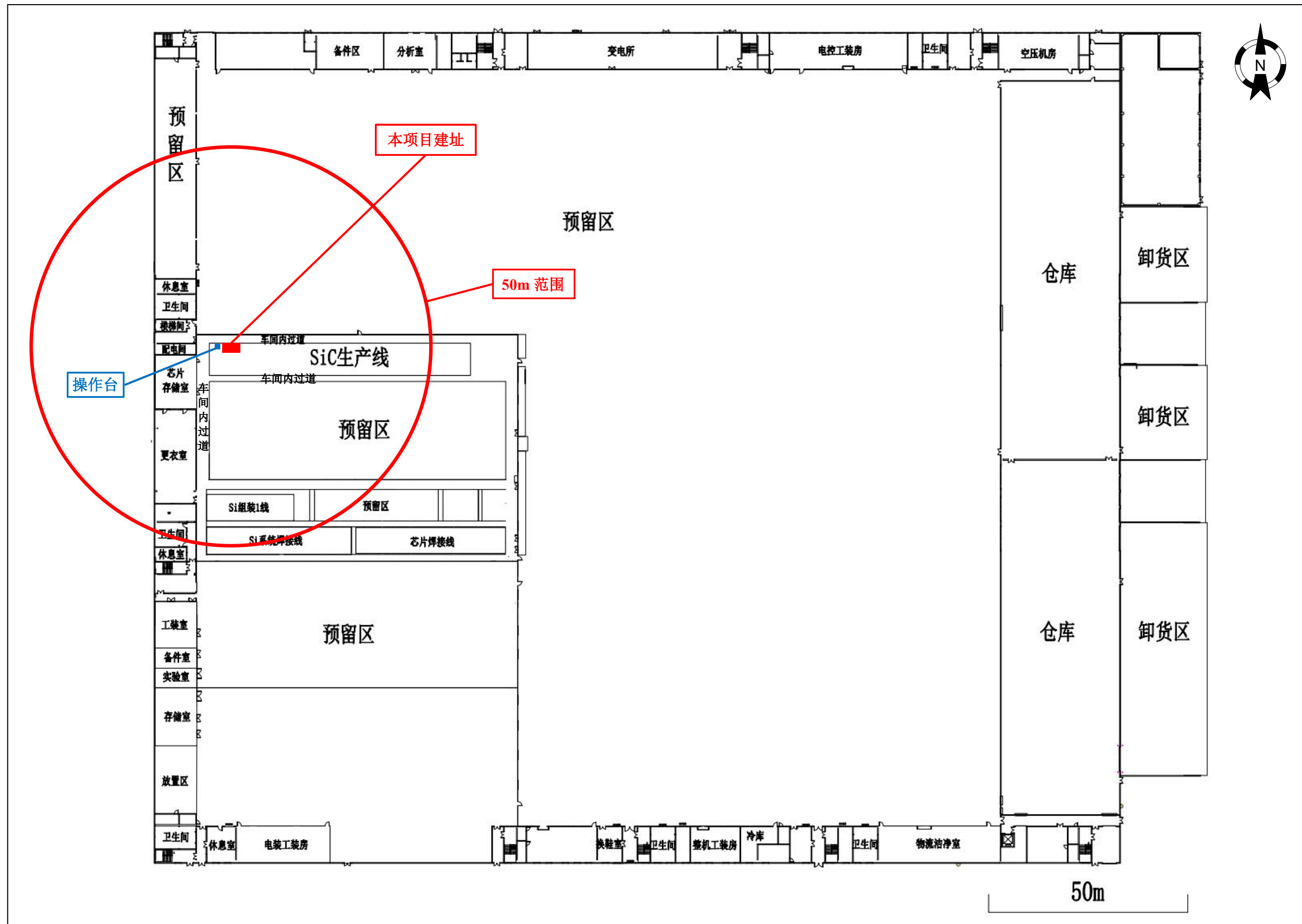
公章
年 月 日



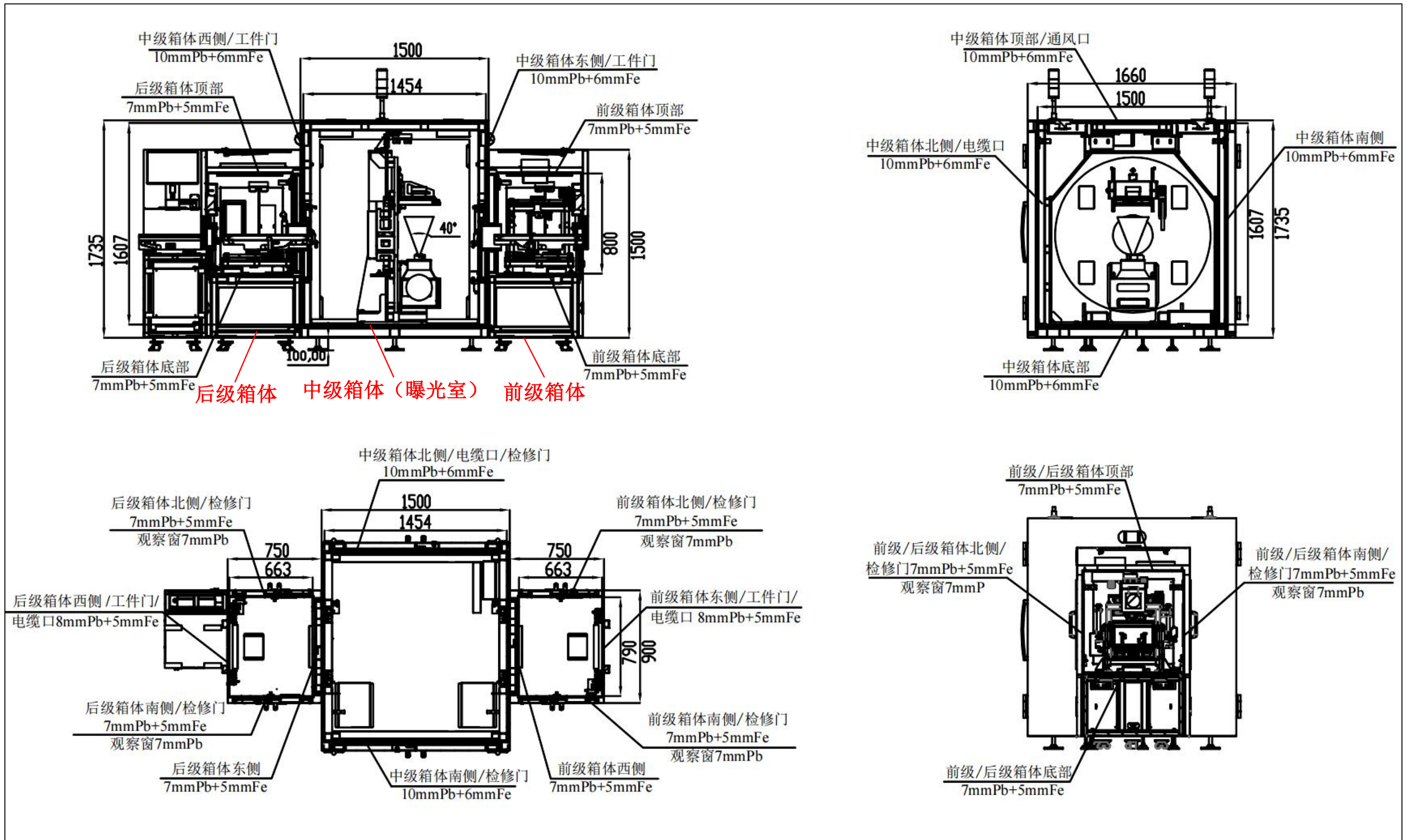
附图 1 汇川新能源汽车技术（常州）有限公司厂区地理位置图



附图 2 汇川新能源汽车技术（常州）有限公司厂区平面图



附图 3 汇川新能源汽车技术（常州）有限公司 2#生产车间平面布局图



附图 4 本项目工业 CT 装置设计示意图