

核技术利用建设项目

厦门市佳嘉达机械有限公司

1 台天眼 E7-200 射线数字成像检测设备项目

环境影响报告表

(公示稿)

厦门市佳嘉达机械有限公司

2025年11月



目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	15
表 3 非密封放射性物质.....	15
表 4 射线装置.....	16
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	17
表 6 评价依据.....	18
表 7 保护目标与评价标准.....	20
表 8 环境质量和辐射现状.....	27
表 9 项目工程分析与源项.....	31
表 10 辐射安全与防护.....	36
表 11 环境影响分析.....	46
表 12 辐射安全管理.....	56
表 13 结论与建议.....	60
表 14 审批.....	63

附件：

附件 1： 委托书

附件 2： 辐射安全与环境管理机构

附件 3： X 射线装置安全操作规程

附件 4： 辐射防护与安全保卫制度

附件 5： 辐射工作人员岗位职责

附件 6： 设备检修维护制度

附件 7： 辐射工作人员个人剂量管理制度

附件 8： 辐射工作人员培训计划

附件 9： 辐射监测制度

附件 10： 设备台账管理制度

附件 11： 设备使用登记制度

附件 12： 监测仪器使用与检验刻度管理制度

附件 13： 辐射事故/事件应急预案

附件 14： 监测报告、资质认定证书、检定证书、宇宙射线响应值监测报告

附件 15： 设备生产厂家辐射安全许可证

附件 16： 土地房屋权证

附件 17： 福建省生态环境分区管控综合查询报告

表 1 项目基本情况

建设项目名称		厦门市佳嘉达机械有限公司 1 台天眼 E7-200 射线数字成像检测设备项目				
建设单位		厦门市佳嘉达机械有限公司				
法人代表		王家源	联系人	***	联系电话	*****
注册地址		厦门市集美区莲塘路 105 号、105-1 号、105-2 号、107 号、109 号、109-1 号				
项目建设地址		厦门市集美区莲塘路 107 号				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）		85	项目环保投资（万元）	42.5	投资比例（环保投资/总投资）	50%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积（m²）	26.4
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类			
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类			
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物			
		☐ 销售	/			
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙			
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类			
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类			
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类			
	其他	/				
	项目概况 1.1 建设单位基本情况 厦门市佳嘉达机械有限公司（以下简称“佳嘉达机械”）位于厦门市集美区莲塘路 105 号、105-1 号、105-2 号、107 号、109 号、109-1 号，成立于 2000 年，经营范围包括机械零部件加工；其他通用零部件制造；建筑装饰及水暖管道零件制造；其他金属制日用品制造；其他金属工具制造等。 厦门市佳嘉达机械有限公司目前未开展核技术利用项目工作，尚未取得辐射安全许可证。 1.2 项目建设内容 为提高产品质量和市场竞争力，厦门市佳嘉达机械有限公司根据生产需要，					

计划在厂区内 107 号厂房二层 X 射线检测室新增 1 台天眼 E7-200 射线数字成像检测系统，用于铸件内部质量检测。本项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统自带屏蔽体，属于 II 类射线装置，具体参数见表 1.1。

表 1.1 射线设备参数

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	天眼 E7-200 射线数字成像检测系统	II 类	1	E7-200 型	200	6	铸件内部质量检测	107 号厂房二层 X 射线检测室，面积约 26.4 m ²	新增设备，1 个 X 射线源，定向，固定式

1.3 任务由来

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》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》以及《国务院关于修改部分行政法规的决定》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《建设项目环境影响评价分类管理名录》等国家辐射环境管理相关法律法规的规定，为切实做好该项目的环境保护工作，厦门市佳嘉达机械有限公司委托福建省环安检测评价有限公司对拟建项目进行环境影响评价（委托书见附件 1）。本次环评主要针对厦门市佳嘉达机械有限公司 1 台天眼 E7-200 射线数字成像检测设备项目进行环境影响评价。

根据《关于发布射线装置分类办法的公告》《建设项目环境影响评价分类管理名录》等有关规定和厦门市佳嘉达机械有限公司提供的资料，项目应编制环境影响报告表。

1.4 项目地理位置及周围环境

项目位于厦门市集美区莲塘路 107 号厂房二层 X 射线检测室。

107 号厂房北侧为厦门兴机泰电器公司，西侧为厦门西恩威金属制品有限公司，南侧为厂内道路和空地，东侧为厂区停车场和宿舍楼。107 号厂房为三层建筑物，无地下室，本项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统位于二层 X 射线检测室，X 射线检测室北侧为办公室，西侧为会议室，东侧为厂房外墙、厂区停车场，南

侧为室内过道和卫生间，上方为喷砂区和挂具放置区，下方为机加工（铣、磨、车）车间。

表 1.2 项目周围场所一览表

设备	位置	北侧	西侧	南侧	东侧	上方	下方
天眼 E7-200 射线数字成像 检测系统	107 号厂房 二层 X 射线 检测室	办公 室	会议 室	室内过 道、卫生 间	厂房外 墙、厂区 停车场	喷砂区、 挂具放置 区	机加工 （铣、磨、 车）车间

项目地理位置及周边情况见图 1.1~图 1.7。



图 1.1 厦门市佳嘉达机械有限公司地理位置图



图 1.2 厦门市佳嘉达机械有限公司厂区平面布置及评价范围示意图

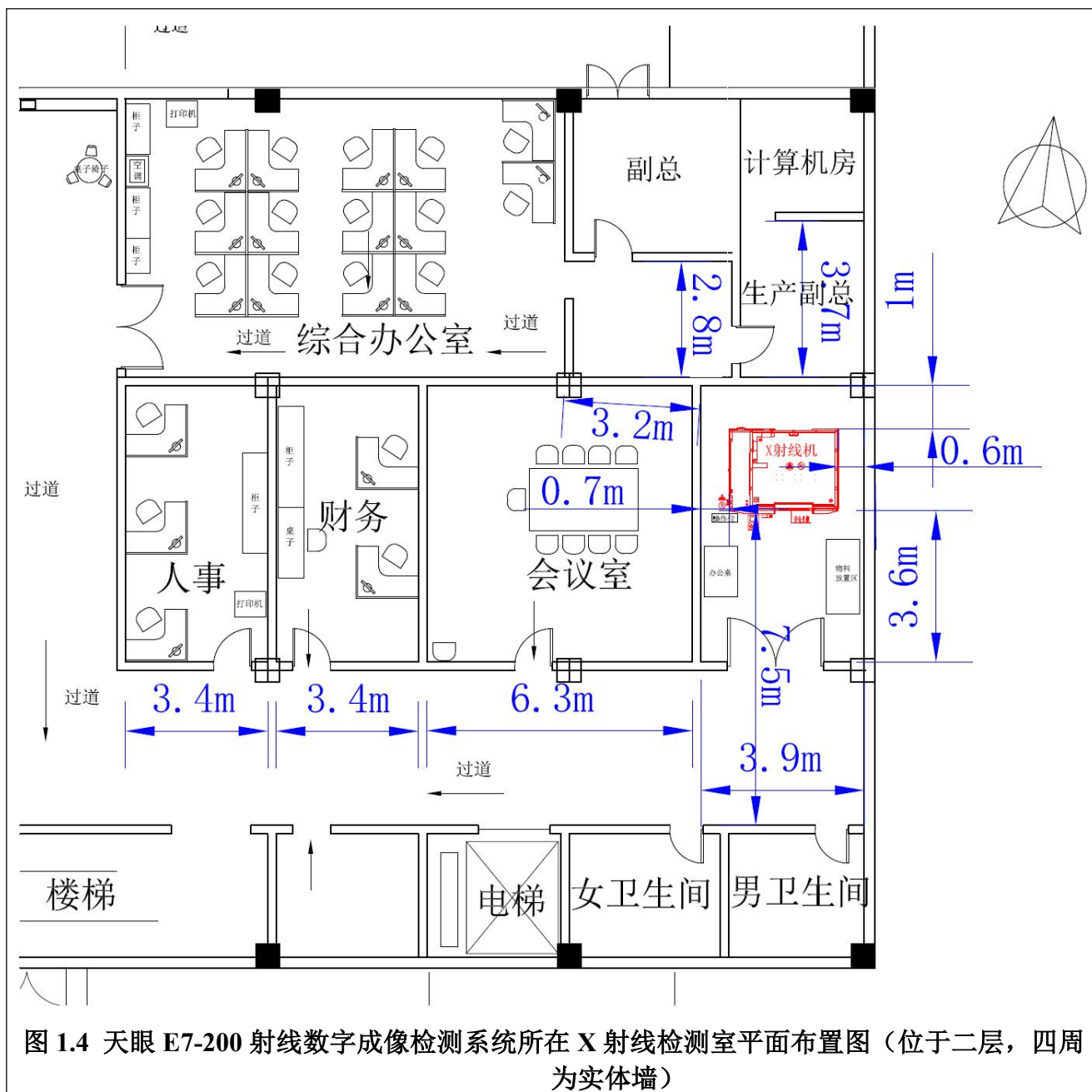


图 1.4 天眼 E7-200 射线数字成像检测系统所在 X 射线检测室平面布置图（位于二层，四周为实体墙）

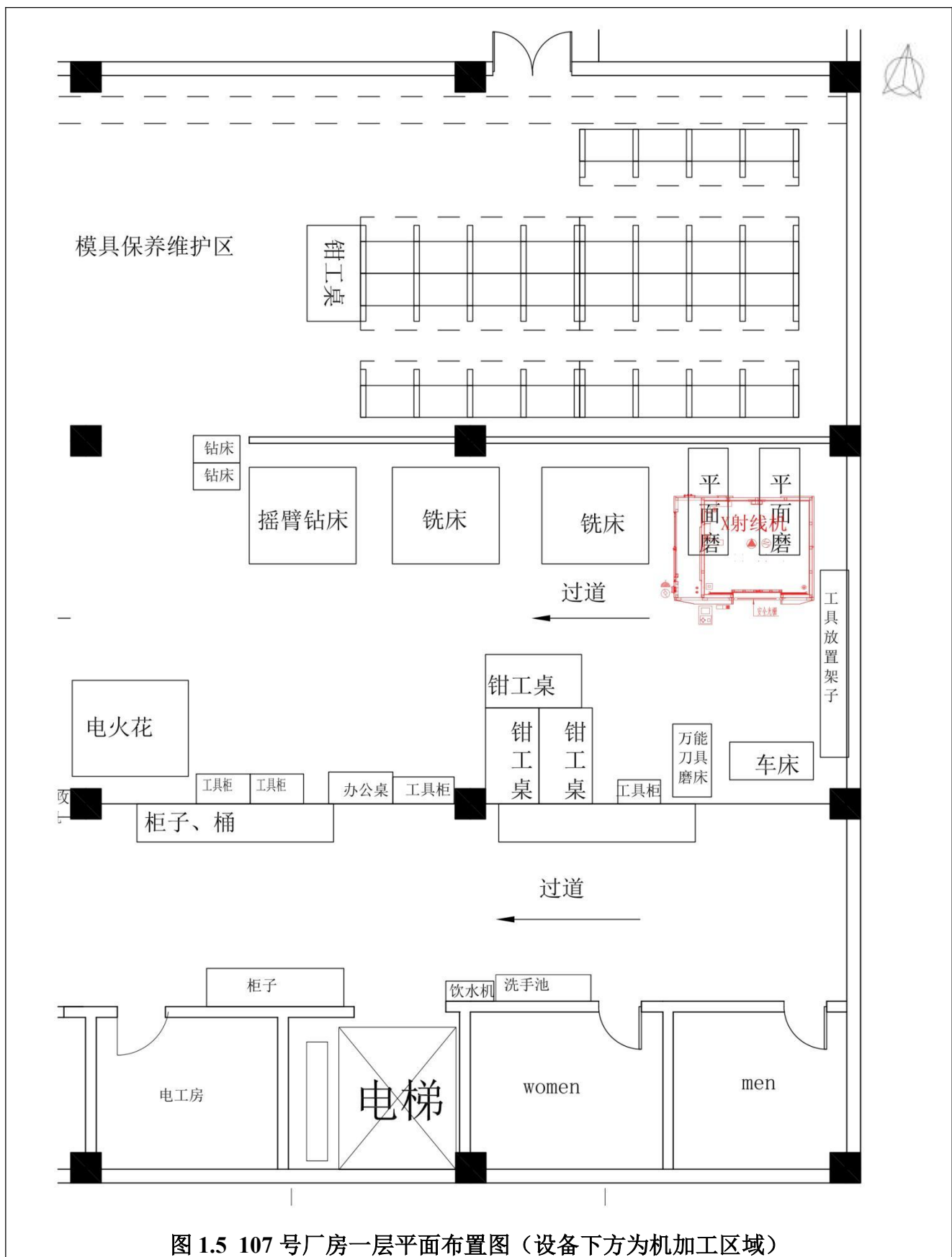


图 1.5 107 号厂房一层平面布置图（设备下方为机加工区域）

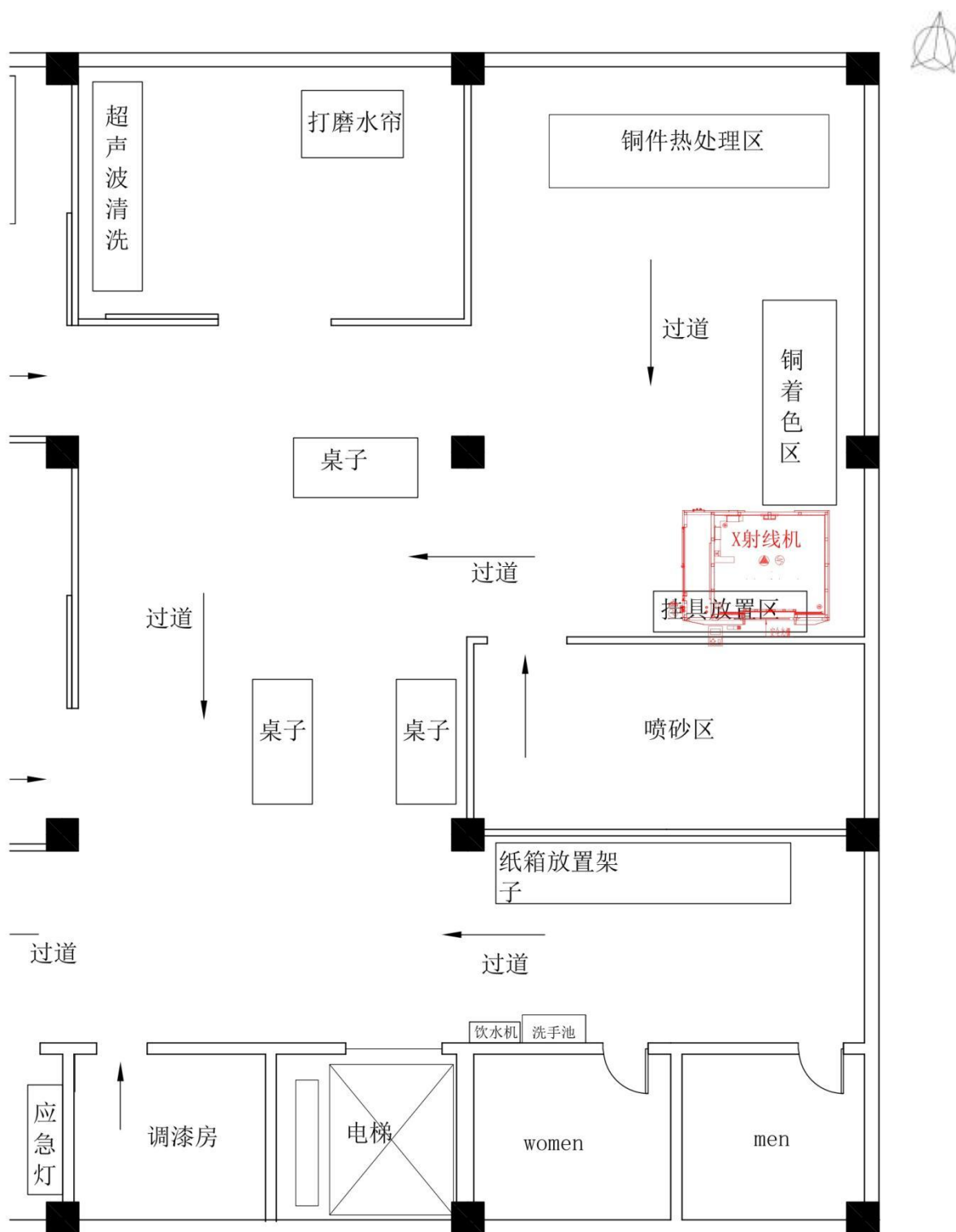


图 1.6 107 号厂房三层平面布置图（设备上方为喷砂、挂具放置区域）



107 号厂房东侧：厂区停车场、宿舍楼



107 号厂房西侧：机加工厂房



107 号厂房南侧：预留空地



107 号厂房北侧：兴机泰电器公司



X 射线检测室东侧：厂区停车场



X 射线检测室西侧：会议室



X 射线检测室南侧：卫生间



X 射线检测室北侧：办公室



图 1.7 厦门市佳嘉达机械有限公司现状照片

1.5 项目选址及合理性分析

1.5.1 项目选址

项目位于厦门市集美区莲塘路 107 号厂房二层，厦门市佳嘉达机械有限公司已取得土地房屋权证（附件 16），项目用地属于工业用地。

1.5.2 合理性分析

项目评价范围内（天眼 E7-200 射线数字成像检测系统屏蔽体外 50m 范围）主要为厦门市佳嘉达机械有限公司厂区内厂房、厂区道路、宿舍楼和厦门兴机泰电器有限公司厂房，评价范围内现状无居民区、学校等环境敏感点。项目在严格采取设计及环评要求防护措施的前提下，对周围环境辐射影响较小。

1.5.3 “三线一单”符合性分析

（1）生态保护红线

根据《厦门市生态环境管控单元索引图》（图 1.8），项目位于集美北部工业区，项目选址不涉及自然与人文景观、集中式饮用水水源地、重要湿地、生态公益林、水

土流失敏感区等生态敏感区，项目不在厦门市生态保护红线范围内。

（2）环境质量底线

根据现场监测与环评预测，项目建设满足环境质量底线要求，不会造成区域环境质量下降。

（3）资源利用上线

项目运营过程中消耗一定的水、电等资源，项目资源消耗量占区域资源利用总量较少，不会突破区域资源利用上线。

（4）生态环境分区管控

根据《福建省人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的通知》（闽政〔2020〕12号）和《厦门市人民政府关于印发厦门市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（厦府〔2021〕105号），并结合本项目在福建省生态环境分区管控数据应用平台导出的“福建省生态环境分区管控综合查询报告”（见附件17），本项目涉及1个生态环境管控单元——集美北部工业区（ZH35021120006），项目与厦门市生态环境分区管控要求符合性分析见表1.3。

因此，项目用地属于工业用地，项目周围无环境制约因素，项目符合土地利用规划要求，项目符合“三线一单”要求，项目选址合理。

1.6 产业政策符合性分析

项目使用1台天眼E7-200射线数字成像检测系统用于检测铸件内部质量，不属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》中的“限制类”和“淘汰类”，项目建设符合国家现行产业政策。

1.7 代价利益分析

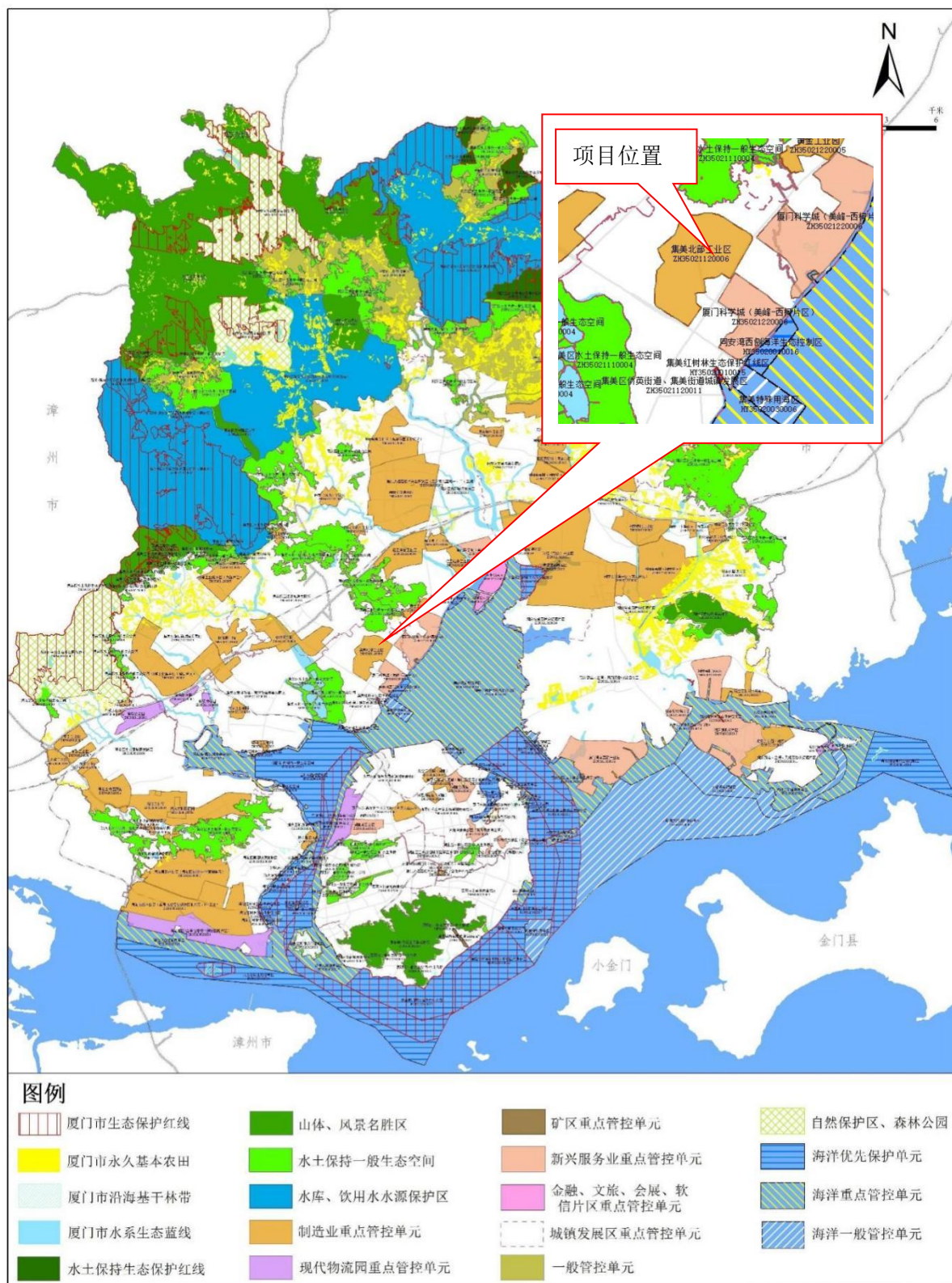
按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补可能引起的辐射危害时，该实践是正当的。满足企业的发展需求，提高产品质量，具有良好的社会效益和经济效益。根据报告分析，项目经辐射防护和安全管理后，可保证项目辐射环境剂量率和人员辐射剂量满足项目管理目标要求。项目对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

表 1.3 项目与厦门市生态环境分区管控要求符合性分析一览表

环境管控单元名称	管控单元分类	管控要求		项目情况	符合性
ZH3502112 0006 集美北部工业区	重点管控单元	空间布局约束	1.限制准入涉及排放特殊气体和有机性废气量大的项目；在现有和规划的集中居住区（包括村庄、住宅小区）、学校等敏感目标外围 100m 范围内，禁止准入排放挥发性有机物、异味污染物及其他列入《有毒有害大气污染物名录》污染物的新建、改(扩)建工业生产项目，具体见厦门市总体准入要求中陆域-空间布局约束-重点管控单元-第 7 条要求，如有新规定发布的则执行最新要求，该范围内已有的废气污染型项目不断提高工艺和污染治理水平，废气排放做到只减不减。	项目不涉及特殊气体和有机性废气排放。	符合
			2.禁止准入新(改、扩)建增加废水重点重金属污染物排放的工业项目。禁止准入包含电镀（或化学镀，或热浸镀）等涉及增加重点重金属排放指标的表面处理工艺项目(省、市级重点重大项目，或省、市级“三高”重点企业增资扩产项目，或工业园区规划定位中主导发展的新材料、新能源和节能环保产业重点项目确需配套的电镀工艺除外)；片区重点发展的确需配套电镀工艺的先进电子产业等规划重点产业项目，在满足厦门市关于重点行业重点重金属控制的总体准入要求前提下可准入。	项目不涉及废水重点重金属污染物排放。	符合
			3.金属铸造业应满足清洁生产要求的条件下方可准入，包括：金属原材料应该为新金属，不以废旧金属为原料；工业窑炉须使用电或天然气等清洁能源，禁止使用冲天炉等污染相对较大的设备；金属烟尘经有效收集和高效除尘后达标排放。	项目不属于金属铸造业。	符合
			4.禁止准入纯发酵类或化学原料药等可能产生突出异味影响或重污染类医药生产项目（含中试），其他生物医药类项目经环评论证可行的，可准入。	项目不属于纯发酵类或化学原料药等可能产生突出异味影响或重污染类医药生产项目。	符合
			5.除集中供热外，不再新建非清洁能源锅炉及工业窑炉。	项目不涉及新增非清洁能源锅炉及工业窑炉。	符合

		污 染 物 排 放 管 控	1.新建、扩建项目，实行区域内二氧化硫、氮氧化物、VOCs 总量控制，落实相关规定要求。	项目不涉及二氧化硫、氮氧化物、VOCs 排放。	符合
			2.同一类别工业涂装企业聚集的园区和集群，探索推进建设集中涂装中心，配备高效治污设施。	项目不涉及涂装。	符合
			3.建立区域重点 VOCs 排放企业污染管理台账，深化 VOCs 治理技术改造，推进原辅材料的水性化改造或低挥发性有机物含量原辅材料的使用。	项目不涉及 VOCs 排放。	符合
			4 单元内生产生活污水实现 100%收集和处理，依托的集美水质净化厂执行 DB35/322《厦门市水污染物排放标准》中表 2 中的 A 级排放限值。	项目不涉及废水排放。	符合
			5.严格落实涉重金属重点行业企业新（改、扩）建设项目重点重金属污染物排放总量控制与指标调剂制度。	项目不涉及重金属排放。	符合
		环 境 风 险 防 控	1.对单元内具有潜在土壤污染环境风险的企业应加强管理，实施项目环评、设计建设、拆除设施、终止经营全生命周期土壤和地下水污染防治，建立土壤和地下水污染隐患排查治理制度、风险防控体系和长效监管机制。制定环境风险应急预案，建设突发事件应急物资储备库，成立应急组织机构。	项目不存在土壤污染环境风险。	符合
			2.制定园区环境风险应急预案，成立应急组织机构，建设突发事件应急物资储备库。规范配套应急池，建设企业、污水处理站和周边水系三级环境风险防控工程 and 在线监控系统，确保有效拦截、降污和导流，防止事故废水直接排入水体。	项目严格落实辐射安全与防护管理措施，环境风险较小，不涉及事故废水排放。	符合
			3.按照重点管控新污染物清单要求，禁止、限制重点管控新污染物的生产、加工使用和进出口。严格涉新污染物建设项目准入管理。排放重点管控新污染物的企事业单位和其他生产经营者应按照相关法律法规要求，对排放（污）口及其周边环境定期开展环境监测，评估环境风险，排查整治环境安全隐患，依法公开新污染物信息，采取措施防范环境风险。土壤污染重点监管单位应严格控制有毒有害物质排放，建立土壤污染隐患排查制度，防止有毒有害物质渗漏、流失、扬散。	项目不涉及新污染物，不属于土壤污染重点监管单位。	符合

厦门市生态环境管控单元索引图



厦门市生态环境局 2023年 编制

厦门大学城乡规划设计研究院 制图

图 1.8 厦门市生态环境管控单元索引图

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活种动类	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	活种动类	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：等效操作量和操作方式见国家标准《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	天眼 E7-200 射线数字成像 检测系统	II 类	1	E7-200 型	200	6	铸件内部 质量检测	107 号厂房二层 X 射线检测室	新增设备，1 个 X 射线源， 定向，固定式
2									
3									

（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（ μ 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
臭氧和氮氧化物	气体	/	/	少量	少量	/	/	排放量极少，经通风系统排到大气环境，对环境基本无影响
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修订），2015 年 1 月 1 日起实施； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修订），2018 年 12 月 29 日起实施； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起实施； (4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订），2019 年 3 月 2 日起实施； (5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订），2017 年 10 月 1 日起实施； (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修订），2021 年 1 月 4 日起实施； (7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），2021 年 1 月 1 日起实施； (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，2011 年 5 月 1 日起实施； (9) 《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》，国家环境保护总局文件，环发〔2006〕145 号文； (10) 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 号公告，2017 年 12 月 6 日起实施； (11) 《国家危险废物名录》（2021 年版），2021 年 1 月 1 日起施行； (12) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，2019 年 11 月 1 日起施行； (13) 《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》，2019 年 11 月 1 日起施行； (14) 《生态环境部关于启用环境影响评价信用平台的公告》，2019 年 10 月 25 日生成； (15) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 24 日起施行； (16) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，2024 年 2 月 1 日起施行； (17) 福建省环保厅关于印发《核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲》（试行）的通知（闽环保辐射〔2013〕10 号）。
------	--

技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)； (2) 《辐射环境保护管理导则——核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)； (3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)； (4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)； (5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)； (6) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)； (7) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及第 1 号修改单； (8) 《用于光子外照射放射防护的剂量转换系数》(GBZ/T144-2002)。
其它	(1) 项目委托书； (2) 厦门市佳嘉达机械有限公司提供的与本项目相关资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 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）的相关规定，“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 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），对于 I 类放射源或 I 类射线装置的项目可根据环境影响的范围适当扩大”，考虑项目的实际情况，本项目射线装置属于 II 类，且本项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统自带屏蔽体（即有实体屏蔽物），因此本项目评价范围为天眼 E7-200 射线数字成像检测系统边界外 50m 范围。

7.2 保护目标

根据对项目周围环境的现场踏勘和调查，项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统实体屏蔽体外周边 50m 范围内无学校、居民区等环境敏感区域，评价范围内保护目标主要是辐射工作人员、其他工作人员及公众人员，详见表 7.1。

表 7.1 项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统周边环境及保护目标

场所	保护目标	方位	规模	距离	评价标准
天眼 E7-200 射线数字成像检测系统操作位	辐射工作人员	天眼 E7-200 射线数字成像检测系统西南侧	2 人	紧邻	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）
107 号厂房二层会议室	公众	天天眼 E7-200 射线数字成像检测系统西侧	流动人员	1~7m	
107 号厂房二层办公室	公众		13 人	7~15m	
107 号厂房二层走廊	公众		流动人员	15m	
107 号厂房二层仓库	公众		流动人员	18~50m	
107 号厂房二层走廊	公众	天眼 E7-200 射线数字成像检测系统南侧	流动人员	4~7.5m	
107 号厂房二层卫生间	公众		流动人员	7.5~10m	
107 号厂房二层楼梯、电梯	公众		流动人员	9~15m	
107 号厂房外道路、空地	公众		流动人员	10~50m	
107 号厂房二层办公室	公众	天眼 E7-200 射线数字成像检测系统北侧	2 人	1~8m	
107 号厂房外模具放置区	公众		流动人员	8~11m	
107 号厂房外道路	公众		流动人员	11~16m	
兴机泰公司车间	公众		10 人	22.5~50m	
兴机泰公司模具库	公众		流动人员	16~22.5m	

兴机泰公司停车场	公众		流动人员	36~50m
107 号厂房外停车场	公众	天眼 E7-200 射线数字 成像检测系统东侧	流动人员	0.6~30m
107 号厂房外道路	公众		流动人员	10~20m
107 号厂房外宿舍楼	公众		30 人	30~50m
107 号厂房三层喷砂间、 挂具放置区	公众	天眼 E7-200 射线数字 成像检测系统上方	1 人	3m
107 号厂房一层机加工 区	公众	天眼 E7-200 射线数字 成像检测系统下方	3 人	4m

7.3 评价标准

7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

（1）剂量限值

本项目辐射工作人员及公众的年照射剂量限值见表 7.2。

表 7.2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对象	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%的范围之内。

（2）辐射管理分区

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。

6.4.2 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。

7.3.2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

本标准规定了 X 射线和 γ 射线探伤的放射防护要求。

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

4 使用单位放射防护要求

4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。

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

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

4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

4.6 应制定辐射事故应急预案。

5 探伤机的放射防护要求

5.1 X 射线探伤机

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合下表的要求，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；

g)机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。

5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求：

a)使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；

b)设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；

c)当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；

d)应做好设备维护记录。

6 固定式探伤的放射防护要求

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

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

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

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

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

和“预备”信号意义的说明。

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

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

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

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

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

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

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

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

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

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

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

6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大等特殊原因必须开门探伤的，应遵循本标准第 7.1 条～第 7.4 条的要求。

7.3.3 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及第 1 号修改单

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。探伤室屏蔽要求如下：

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水平 H_c 如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$

公众： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$

2) 相应 H_c 的导出剂量率参考控制水平 H_{c-d} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 按式 (1) 计算

$$H_{c-d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \dots\dots\dots (1)$$

式中： H_c —周剂量参考控制水平，单位为微希每周 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)；

U —探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T —人员在相应关注点驻留的使用因子；

t —探伤装置周照射时间，单位为小时每周 ($\text{h}/\text{每周}$)。

t 按式 (2) 计算：

$$t = W / (60 \cdot I) \dots\dots\dots (2)$$

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

60—小时与分钟的换算系数；

I —X 射线探伤装置在最高管电源线的常用最大管电流，单位为毫安 (mA)。

b) 关注点最高剂量参考控制水平 $H_{c, \max} = 2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

c) 关注点剂量率参考控制水平 H_c 为上述 H_{c-d} 和 $H_{c, \max}$ 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的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）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的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 ($\mu\text{Sv/h}$) 加以控制。

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

7.3.4 本项目管理目标

本项目相关限值采用标准见表 7.4，相关剂量当量率控制水平见表 7.5。

表 7.4 项目相关标准限值

项目	内容	相关限值	标准
连续 5 年的年平均有效剂量限值	辐射工作人员	20mSv	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)
年有效剂量限值	公众	1mSv	
年受照剂量约束值	辐射工作人员	5mSv/a	取年有效剂量限值的 1/4 作为职业人员的年受照剂量约束值
	公众	0.25mSv/a	取公众年剂量限值的 1/4 作为公众的年受照剂量约束值
剂量率参考控制水平	探伤室外表面 30cm 处剂量率控制值	$2.5\mu\text{Sv/h}$	《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及第 1 号修改单
	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	$100\mu\text{Sv/h}$	

表 7.5 项目相关剂量当量率控制水平

内容	项目	控制水平	标准
周围剂量当量率控制目标值	关注点最高周围剂量当量率参考控制水平	$2.5\mu\text{Sv/h}$	《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)
剂量率参考控制水平	关注点最高剂量率参考控制水平	$2.5\mu\text{Sv/h}$	《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及第 1 号修改单
	关注点剂量率参考控制水平	$2.5\mu\text{Sv/h}$	

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

项目位于厦门市佳嘉达机械有限公司厦门市集美区莲塘路 107 号厂房二层东侧的 X 射线检测室，X 射线检测室北侧为办公室、西侧为会议室、东侧为厂区停车场、南侧为卫生间、上方为挂具放置区和喷砂间、下方为机加工车间。

8.2 环境现状监测

- (1) 环境现状评价对象：项目拟建址及周围辐射环境现状。
- (2) 监测单位：厦门亿科特检测技术有限公司（CMA：211303100262）。
- (3) 监测因子： γ 辐射空气吸收剂量率。
- (4) 监测时间：2025 年 10 月 31 日。
- (5) 监测点位：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）“5.3.3.2 射线机的辐射环境监测 X 射线机(包括 CT 机)在运行前对屏蔽墙或自屏蔽体外 30cm 处的 X- γ 辐射空气吸收剂量率进行一次监测”和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）“4.2 测量要求 开展道路测量时，点位应设置在道路中心线。开展室内测量时，点位应设置在人员停留时间最长的位置或者室内中心位置”有关布点原则进行布点，并结合项目评价范围（天眼 E7-200 射线数字成像检测系统边界外 50m 范围），在项目设备位置及周围布设代表性点位。

点位布设情况及监测结果见表 8.1 和图 8.1。

表 8.1 项目 MP 厂房监测点位及监测结果

编号	监测位置	γ 辐射空气吸收剂量率 $\pm$ 标准偏差（nGy/h）	位置属性
1#	X 射线检测机位置	114.437 $\pm$ 0.693	室内
2#	X 射线检测室西侧	108.262 $\pm$ 0.693	室内
3#	X 射线检测室南侧	104.304 $\pm$ 0.693	室内
4#	X 射线检测室北侧	100.346 $\pm$ 0.693	室内
5#	X 射线检测室东侧（厂房东侧）	75.973 $\pm$ 0.693	室外
6#	X 射线检测室上方（三层）	96.229 $\pm$ 0.693	室内
7#	X 射线检测室下方（一层）	104.146 $\pm$ 0.693	室内
8#	107 号厂房北侧	103.839 $\pm$ 0.693	室外
9#	107 号厂房南侧	97.664 $\pm$ 0.839	室外
10#	宿舍楼	120.850 $\pm$ 0.646	室内

11#	机加工厂房	75.572±0.693	室内
12#	兴机泰电器厂区	76.442±0.625	室内

注：（1）监测时间：2025 年 10 月 31 日，监测环境条件：22.6℃/54.9%RH；（2）测量时探头距离地面约 1m，监测方式为每个测量点测量十次，取平均值，监测结果均扣除宇宙射线响应值；（3）根据 HJ 1157-2021，空气比释动能和周围剂量当量的换算系数取 1.20 Sv/Gy（¹³⁷Cs 作为检定参考辐射源）；（4）根据 HJ 1157-2021，X-γ辐射空气吸收剂量率=仪器测量读数值均值*校准因子 k₁*仪器检验源效率因子 k₂÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子 k₃*测量点宇宙射线响应值 D_c，其中校准因子 k₁ 为 0.95（1μSv/h），仪器使用 ¹³⁷Cs 进行校准，源效率因子 k₂ 取 1，换算系数为 1.20Sv/Gy，屏蔽修正因子 k₃ 取 0.8（楼房）、0.9（平房）、1（原野、道路），宇宙射线响应值 D_c 为 33.99nGy/h；（5）宇宙射线响应值测量位置为福州福清东张水库，海拔 50m 左右。监测点位的海拔高度、经纬度与水库水面相差不大：海拔高度差别≤200m、经度差别≤5°、纬度差别≤5°，不进行修正。

计算机房 会议室 X射线检测室 过道 women men ▼1_μ ▼2_μ ▼3_μ ▼4_μ	铁床 平面磨 平面磨 过道 钳工桌 钳工桌 万能刀具磨床 车床 工具放置架子 洗手池 women men ▼1_μ ▼2_μ ▼3_μ ▼4_μ ▼5_μ ▼6_μ ▼7_μ	钢件热处理区 过道 铜着色区 挂具放置区 喷砂区 纸箱放置架子 过道 洗手池 women men ▼1_μ ▼2_μ ▼3_μ ▼4_μ ▼5_μ ▼6_μ
厂房二层（设备所在楼层）	厂房一层（设备下方）	厂房三层（设备上方）



监测点位：▼
图 8.1 监测点位示意图

(6) 监测仪器参数与规范

监测仪器参数与规范见表 8.2，监测报告、资质认定证书、检定证书、宇宙射线响应值监测报告见附件 14，资质认定证书、检定证书均在有效期内。

表 8.2 监测仪器参数与规范

仪器设备名称	高灵敏环境级便携式多功能辐射仪
仪器设备型号	6150AD-b
设备编号	XMYKT/JLYQ-0098
生产厂家	AUTOMEES
检定单位	上海市计量测试技术研究院
检定证书编号	2025H21-20-5984897002
有效期	2025 年 7 月 2 日至 2026 年 7 月 1 日
测量范围	1nSv/h~99.9 μ Sv/h（探头）0.1 μ Sv/h~1Sv/h（主机）
能量响应范围	20keV~7MeV（探头）45keV~3MeV（主机）
校准因子	0.95（1 μ Sv/h）
检测依据	《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021） 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）

8.3 质量保证措施

(1) 监测单位取得检验检测机构资质认定证书（CMA：211303100262，发证日期：2021 年 8 月 25 日，有效期至：2027 年 8 月 14 日），监测项目在认证范围内。

(2) 监测单位有完整的组织机构且分工明确。

(3) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证上岗。

(4) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

(5) 本次监测仪器（设备型号：6150AD-b）于 2025 年 7 月 2 日经计量部门检定，检定有效期一年，监测期间监测仪器处于有效期内。

(6) 通过国家级计量认证及中国实验室国家认可委员会认可。

(7) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。

(8) 建立监测原始记录台账，确保可追溯。监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

8.4 监测结果及分析

监测结果表明，室内监测点位的 γ 辐射剂量率为 75.572nGy/h~120.850nGy/h，室外监测点为 75.973 nGy/h~103.839nGy/h，处于厦门市辐射环境本底正常范围（室内：161.9~193.5nGy/h，室外（含原野及道路）：72.7~129.4nGy/h，来源于《中国环境天然放射性水平》）。

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 设备概述

天眼 E7-200 射线数字成像检测系统是一种先进的非破坏性检测技术，它结合了 X 射线成像和计算机重建技术，用于铸件内部质量检测，识别铸件内部的疏松、缩孔、裂纹、冷隔、夹杂等缺陷。

天眼 E7-200 射线数字成像检测系统的工作原理是通过将物体置于 X 射线束中，通过旋转物体，获取多个不同角度下的 X 射线投影图像。这些投影图像经过计算机处理和重建算法，可以生成高分辨率的三维体素数据集。这些图像可以用于检测和分析物体的内部缺陷。

9.1.2 设备结构

天眼 E7-200 射线数字成像检测系统的主要由检测系统、软件系统、自动化控制系统、监控系统、人机交互系统五部分组成。检测系统包括：DR 数字 X 射线系统、高分辨率平板成像系统和铅房；软件系统为 DR 图像处理软件；自动化控制系统包括机械系统和电气控制系统；机械系统包括 C 型臂检测机构模组、载物转台模组。这些部分协同工作，实现对物体的成像、检测和分析。

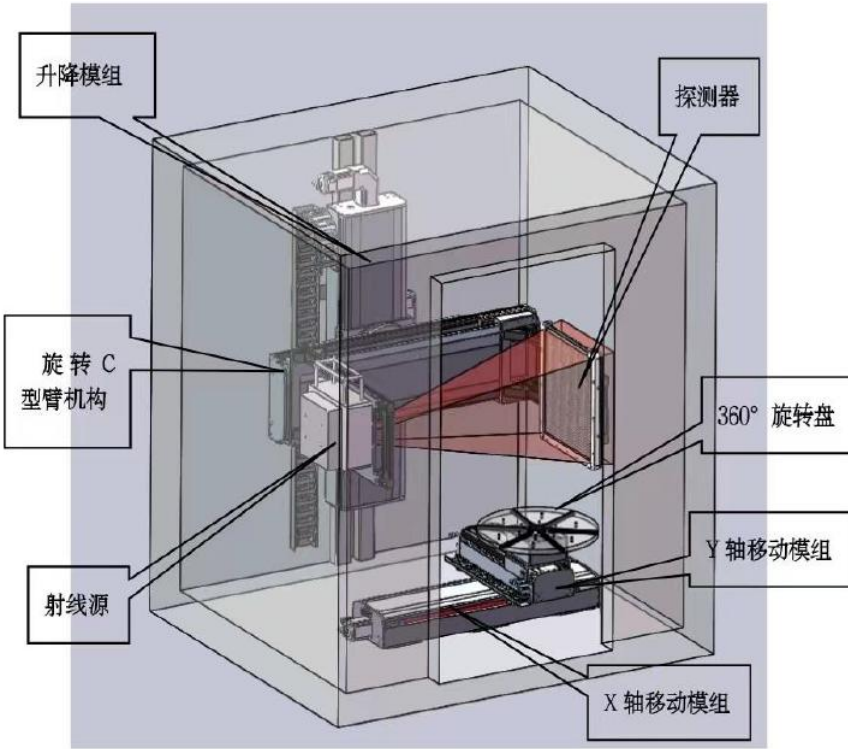
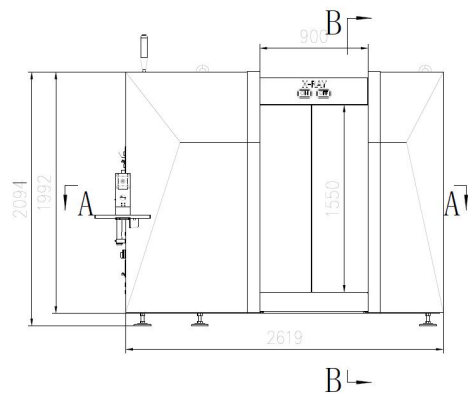


图 9.1 机械系统结构示意图

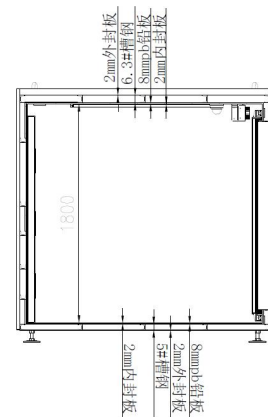
项目 1 台天眼 E7-200 射线数字成像检测系统见表 9.1，有 1 个 X 射线源，为定向机（向右），上下料为辐射工作人员人工操作。

表 9.1 项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统设备技术参数一览表

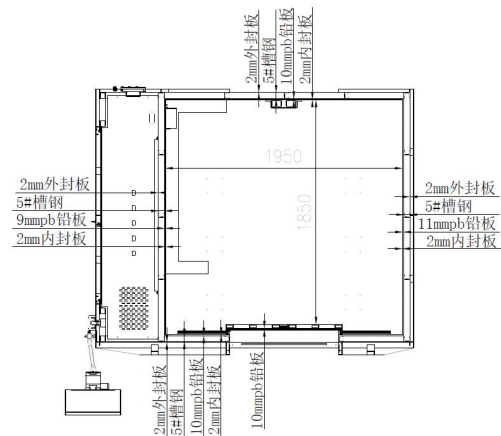
设备位置	107 号厂房二层 X 射线检测室
设备型号	E7-200 型
生产厂家	河南华探检测技术有限公司
设备尺寸	整体外观尺寸长×宽×高=2616mm×2060mm×2094mm
设备自屏蔽	铅房内尺寸长×宽×高=1950mm×1850mm×1800mm 顶部、底部：2mm 钢+8mm 铅+2mm 钢；铅房左侧：2mm 钢+9mm 铅+2mm 钢；铅房右侧：2mm 钢+11mm 铅+2mm 钢；铅房前侧：2mm 钢+10mm 铅+2mm 钢；铅房后侧：2mm 钢+10mm 铅+2mm 钢；防护门（前侧）：10mm 铅；排气扇防护罩：8mm 铅
防护门尺寸	900mm×1550mm
射线源与探测器距离	700~1300mm
射线源升降范围	上下范围：750mm 左右范围：400mm 前后范围：10mm
主束方向	定向（向右）
射线锥束角	50°
通风换气量	230m ³ /h
通风换气次数	33 次/h



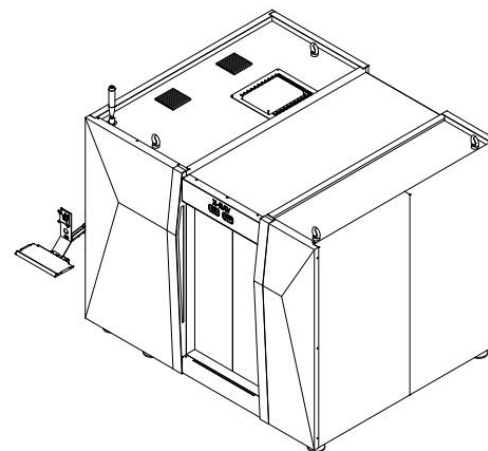
铅房正面图



B-B 剖面图



A-A 剖面图



三维图

图 9.2 天眼 E7-200 射线数字成像检测系统布局示意图

9.1.3 操作流程

项目 1 台天眼 E7-200 射线数字成像检测系统作业为公司内部检测作业，用于检测铸件内部质量，设备自带屏蔽体，内有 1 个 X 射线源，为定向机，上下料为项目辐射工作人员人工操作。

防护门通过电脑操作进行开合，具有门机联锁功能，待检工件人工放入屏蔽体内进行检测，人员不能进入屏蔽体内部。操作人员放置好工件、关闭防护门、设置好检测参数后，设备可自动完成分析测试工作，自动保存分析数据，通过操作位置上的图像处理系统对检测图像进行进一步处理。X 射线出束期间，操作人员在操作位进行电脑操作或监控，出束期间无需人员干预。

具体过程为：

（1）开启设备

①开机：进行产品检测前，操作人员需检查电源连接是否正常、检查所有屏蔽设施是否正常，确认无异常后依次打开电源开关和钥匙开关。

②设备初始化。

（2）设备自检

打开自检操作软件，进行设备自检。

（3）样品放置

打开防护门→放入样品→关闭防护门→点击门锁复位。为了确保扫描结果，样品放置时定位要准确。

（4）检测成像

曝光，打开 X 射线，开工件检测，此环节产生 X 射线，少量臭氧及氮氧化物。

项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统为 X 射线束定向照射被测工件，被测工件可进行 360° 旋转，扫描被测工件各个面，单次最大曝光时间为 5s。

（5）结果分析

保存图片，分析、判断工件是否合格。

（6）结束、准备下一个工件检测

检测结束后，操作人员切断射线管电源，关闭 X 射线设备，打开防护门，取出被检工件，继续进行下一个工件的检测工作。

本项目采用数字成像技术，不产生废显（定）影液及废胶片，在工作过程中主要产生的污染物为 X 射线及极少量的臭氧和氮氧化物。本项目天眼 E7-200 射线

数字成像检测系统工艺流程及产污环节详见图 9.3。

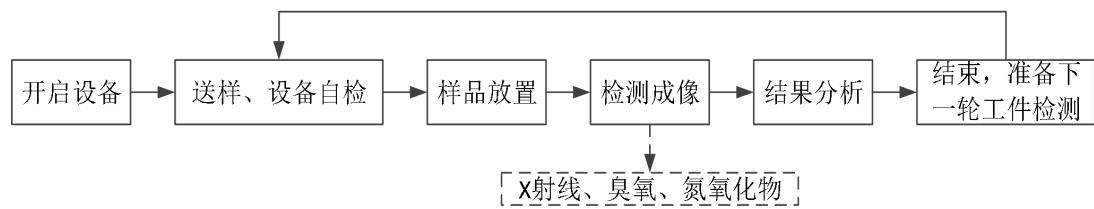


图 9.3 项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统工作流程及产污环节示意图

9.2 污染源项描述

9.2.1 辐射污染源分析

由天眼 E7-200 射线数字成像检测系统的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。设备在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线。因此，在开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子。

9.2.2 非辐射污染源分析

（1）天眼 E7-200 射线数字成像检测系统工作状态时，会电离产生少量臭氧和氮氧化物，经通风措施及时排出扩散至大气环境，对大气环境基本没有影响。

（2）天眼 E7-200 射线数字成像检测系统在运行时无其他废气、废水和固体废弃物产生。

（3）项目不使用胶片，因此无胶片清洗废水、废胶片、废显影定影液等固废。

9.2.3 正常工况的污染途径

天眼 E7-200 射线数字成像检测系统工作状态时，X 射线经透射、散射、漏射，对作业场所及周围环境及人员产生的辐射影响。

9.2.4 事故工况的污染途径

项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统可能发生的辐射事故如下：

①天眼 E7-200 射线数字成像检测系统在工作期间，人为解除门机联锁装置或门机联锁装置发生故障，导致在防护门未关到位的情况下射线发生器出束，X 射线泄露使工作人员和周围活人员动受到不必要的照射。

②由于设备故障，控制系统失效，人为事故等原因引起意外照射。

③设备检修、维护时，检修、维护人员误操作，使检修、维护人员受到意外照射。

④辐射工作人员年有效剂量超过管理限值的情况。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 控制区与监督区划分

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，辐射管理分区如下。

控制区：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。

监督区：应将 X 射线检测室内未被定为控制区的区域定为监督区，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。

由于设备自屏蔽材料的屏蔽作用，使得出束状态下 X 射线装置周围剂量率远低于国家标准的辐射剂量率限值。根据分区原则以及结合项目情况，项目分区见图 10.1。

107 号厂房二层 X 射线检测室：天眼 E7-200 射线数字成像检测系统自屏蔽体内部区域划为控制区，X 射线检测室内其他区域划分为监督区。X 射线检测室四周均有实体墙体，并在门口悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，天眼 E7-200 射线数字成像检测系统出束状态下，辐射工作人员位于操作位且不在主射方向，无关人员无法进入 X 射线检测室。

参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中对工业 X 射线探伤项目的辐射防护要求，由以上分析可知，项目固有的辐射防护设施以及公司拟为项目落实的防护措施较全面和完善，符合相关要求。

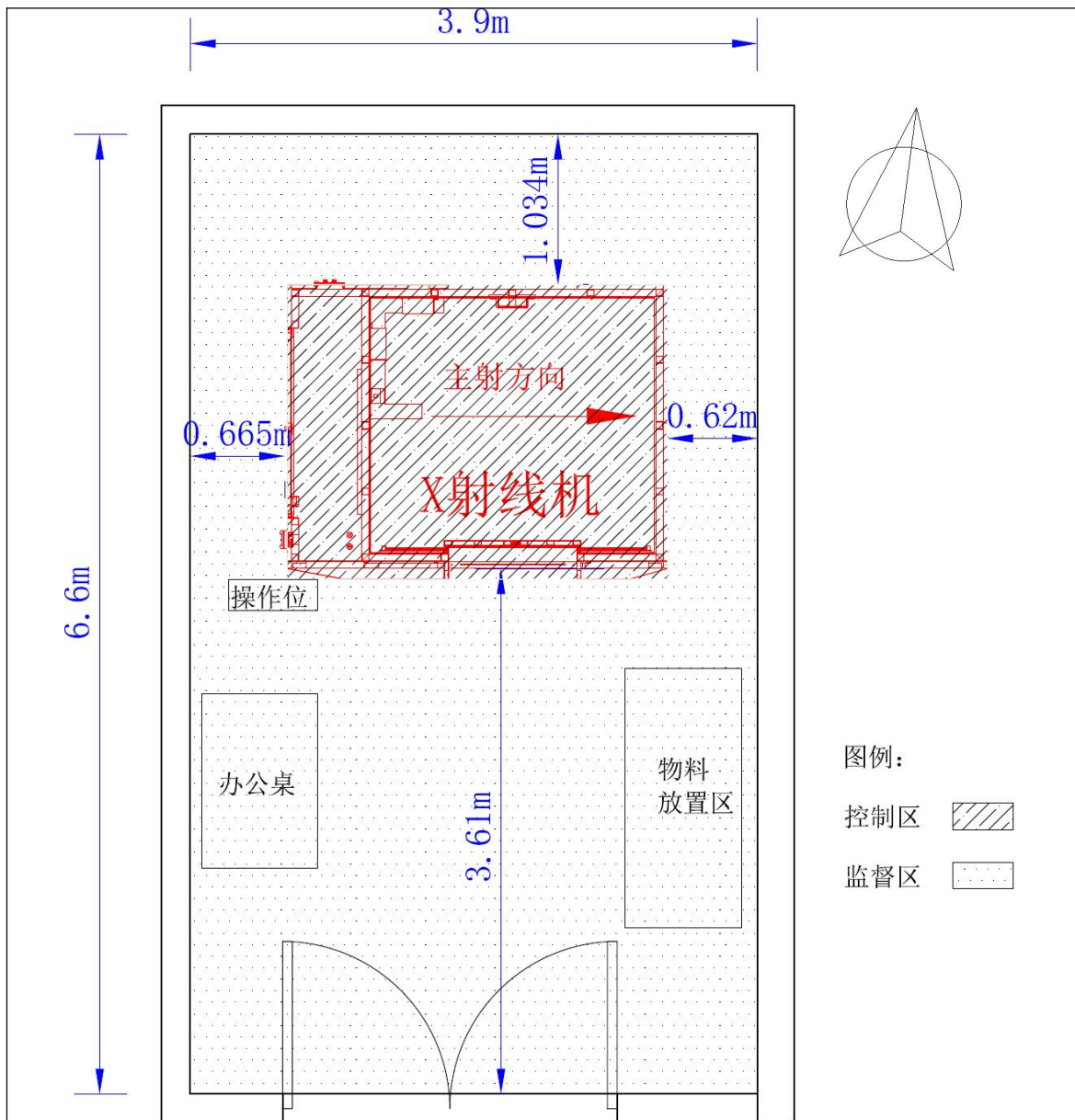


图 10.1 107 号厂房二层 X 射线检测室控制区与监督区划分图

10.1.2 辐射安全措施

10.1.2.1 辐射防护屏蔽设计

项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统自带屏蔽，安全性较高，辐射源（X 射线源）安装在一个全包围的自屏蔽壳内，采用钢-铅-钢防护结构，能有效降低设备运行对周围环境造成的辐射影响。具体各侧屏蔽防护设计详见表 10.1。

表 10.1 设备自带铅屏蔽体的辐射防护屏蔽设计表

设备	位置	屏蔽防护设计	
		材料及厚度	屏蔽铅当量
天眼 E7-200 射线数字成像检测系统	设备右侧（主射方向）	2mm 钢+11mm 铅+2mm 钢	11.4mmPb
	设备左侧	2mm 钢+9mm 铅+2mm 钢	9.4mmPb
	设备顶部、底部	2mm 钢+8mm 铅+2mm 钢	8.4mmPb
	设备前侧	2mm 钢+10mm 铅+2mm 钢	10.4mmPb
	设备后侧	2mm 钢+10mm 铅+2mm 钢	10.4mmPb
	防护门（前侧）	10mm 铅	10mm
	设备顶部排风口	8mm 铅	8mm

注：屏蔽铅当量数据由设备方提供，并根据《辐射手册》换算钢板的铅当量。

（1）门机联锁

自动防护门操作系统控制开关，带有安全联锁功能，防护门在打开或者没有关到位的情况下，天眼 E7-200 射线数字成像检测系统无法出束进行检测作业。关上防护门后高压电源仍不会自动打开，需人工开启高压电源，再开启 X 射线。

（2）紧急停机按钮和控制锁

天眼 E7-200 射线数字成像检测系统设有钥匙开关（钥匙由专人负责管理）、紧急停机按钮。只有钥匙开关启动后，设备才能启动，关闭开关后设备将停止供电，停止运行。若工作时突发情况，可按下紧急停机按钮，将立即停止 X 射线工作。按钮带有标签，标明使用方法。

紧急停机按钮 1 个，位于设备左侧并位于操作位附近。

（3）警告标志及工作状态指示灯

项目 X 射线检测室门外和设备左侧设电离辐射警告标识和中文警示说明。项目设备前侧设有 1 个工作状态三色指示灯，与 X 射线源联锁，以警示人员注意安全。拟在醒目的位置设置工作状态指示灯意义说明牌。

工作状态三色指示灯配备了红色、黄色、绿色三种灯光，不同的灯光表示设备不同的运行状态：红灯常亮表示设备处于开门状态；黄灯常亮表示设备处于待机状态，可以启动、预热；绿灯常亮表示设备处于正常工作状态，X 射线正在对物品进行检测。

（4）视频监控设施

天眼 E7-200 射线数字成像检测系统内部设有视频监控，连接操作位，用于对

设备内的实时 X 射线工作情况监视。

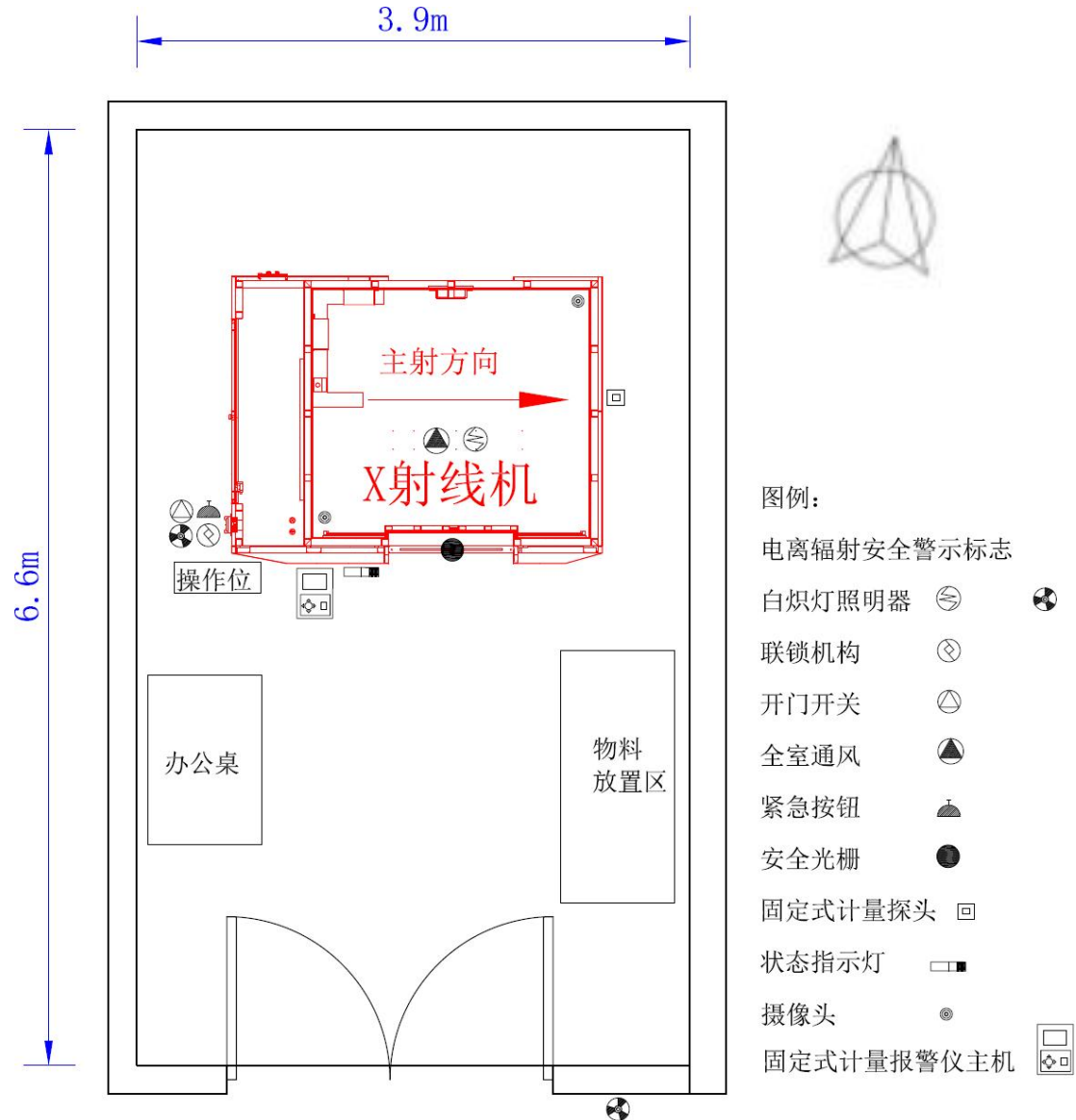
(5) 设备通排风设计

天眼 E7-200 射线数字成像检测系统：自带通风设施，采取机械排风，在排风口有铅板防护罩，气流经导向后才排出，最大程度上避免射线泄露。排风口防护厚度为 8mm 铅，排风量为 230m³/h，每小时通风换气次数 33 次。

(6) 操作位

设备操作位连接屏幕设有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。且操作位与安全联锁机制接口，当防护门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压。

项目 1 台天眼 E7-200 射线数字成像检测系统防护装置示意图如下。



X 射线源出束状态下，辐射工作人员位于操作位，无人进入 X 射线检测室。

图 10.2 MP 厂房三层 X 射线检测室防护装置示意图

10.1.2.2 工作场所辐射安全和防护

(1) 监测设备

①建设单位拟配备一台便携式剂量仪，对正在工作的天眼 E7-200 射线数字成像检测系统进行剂量率监测，以确认设备是否正常工作。

②建设单位拟在天眼 E7-200 射线数字成像检测系统表面配置一台固定式场所辐射探测报警装置（报警阈值 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ），对设备正常工作状态下 X 射线检测室区域进行实时监测，确保检测区剂量率正常。

(2) 人员防护

①建设单位拟为项目工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪，工作人员在进行工作时，应正确佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

②建设单位拟开展职业工作人员个人剂量监测和职业健康检查工作。

(3) 设备调试维修

建设单位拟制定辐射装置检修维护制度，实行严格的岗位责任、设备的操作使用和维护保养制度。设备调试维修人员需参加辐射安全与防护考核（X 射线类别），并取得辐射安全与防护培训合格证书，确保其具备维护与维修任务所需的知识和技能。

设备调试维修期间，设备调试维修人员需佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪和便携式 X- γ 剂量率仪。维修检修情况下通知专职人员领用钥匙并建立领用制度并实时记录。维修期间，检测室内须有公司辐射工作人员值守。维修人员操作前需确认设备处于停机断电状态，且辐射源已完全关闭或屏蔽。

10.1.3 辐射防护措施符合性分析

依据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求，项目辐射防护设施符合性分析表见表 10.2。

表 10.2 项目辐射防护措施符合性分析表

标准防护要求	项目方案	符合性
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。	项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统自带屏蔽体，厚度符合 GBZ/T250 要求。	符合
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。	项目划定了控制区和监督区，天眼 E7-200 射线数字成像检测系统自屏蔽体内部区域划为控制区，X 射线检测室内其他区域划分为监督区。	符合
6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足： a)关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ Sv/周； b)屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h。	由估算结果可知，天眼 E7-200 射线数字成像检测系统主体外 30cm 处空气比释动能率最大为 0.00241 μ Sv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h”的要求。	符合
6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足： a)探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3； b)对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 100 μ Sv/h。	X 射线检测室上方为喷砂、挂具放置区，下方为机加工区，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h”的要求。	符合
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。	项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统设备防护门设有门机联锁装置，当防护门未全部关闭时，天眼 E7-200 射线数字成像检测系统无法出束进行检测作业。	符合

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。	项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统工作状态指示灯设置如下： 天眼 E7-200 射线数字成像检测系统设备前侧设有 1 个工作状态三色指示灯，红灯表示开门状态，黄灯表示待机状态，绿灯表示工作状态，X 射线正在对物品进行检测与 X 射线源联锁，以警示人员注意安全。 拟在醒目的位置设置工作状态指示灯意义说明牌。	符合
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。	天眼 E7-200 射线数字成像检测系统内部设有监视器，连接操作位，用于对设备内的实时 X 射线工作情况的监视。	符合
6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	项目 X 射线检测室门外和设备左侧设电离辐射警告标识和中文警示说明。	符合
6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。	项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统左侧设紧急停机按钮位于操作位附近，可确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮带有标签，标明使用方法。	符合
6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。	项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统设置机械通风装置，每小时有效通风换气次数 33 次。	符合
6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统表面配置一台固定式场所辐射探测报警装置。	符合
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。	建设单位已制定计划，每次使用前检查防护安全措施。	符合
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。	探伤工作人员拟佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪和便携式 X- γ 剂量率仪。	符合
6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。	建设单位已制定计划定期进行测量天眼 E7-200 射线数字成像检测系统周围区域的剂量率水平，每季度开展一次辐射工作场所自行监测，每年委托有资质的单位对辐射工作场	符合

	所开展一次监测。	
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。	建设单位已制定便携式 X- γ 剂量率仪检查计划,仪器每年校准一次。	符合
6.2.5 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置,如准直器和附加屏蔽,把潜在的辐射降到最低。	探伤工作人员拟佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。	符合
6.2.6 在每一次照射前,操作人员都应该确认探伤室内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。	照射前,操作人员确认天眼 E7-200 射线数字成像检测系统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,开始探伤工作。	符合
6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作,如工件过大等特殊原因必须开门探伤的,应遵循本标准第 7.1 条~第 7.4 条的要求。	项目不涉及开门探伤。	符合

10.1.4 法规符合性分析

(1) 与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的符合情况

《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》对拟使用射线装置和放射性同位素的单位提出了具体条件,项目情况见表 10.3。

表 10.3 项目与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的符合情况

环保部 18 号令有关要求	本项目情况	符合性
第五条: 射线装置的生产调试和使用场所,应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统设备防护门设有门机联锁装置,当防护门未全部关闭时不能开机曝光。且控制柜与安全联锁机制接口,当防护门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压。探伤工作开始前,确保在 X 射线检测室内没有无关人员进入。	符合
第九条: 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可的环境监测机构进行监测。	建设单位计划每季度开展一次辐射工作场所自行监测,每年委托有资质的单位对辐射工作场所开展一次监测,拟配置便携式辐射剂量率仪和个人剂量报警仪等设备。	符合
第十二条: 生产、销售、使用放射性同位素与射	建设单位计划每年 1 月 31 日	符合

线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素和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。	前向环保部门提交上一年度评估报告。	
第十七条： 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核，考核不合格的，不得上岗。	项目拟配备取得辐射安全与防护培训合格证书的辐射工作人员和辐射防护管理人员，承诺每 5 年接受再培训。	符合
第二十三条： 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。	建设单位计划每季度送检 1 次个人外照射剂量计。严格执行个人剂量监测管理规定，建立个人剂量档案。	符合

(2) 与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的符合情况

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定了辐射安全许可证申请单位从事辐射活动应具备的条件，项目情况见表 10.4。

表 10.4 项目与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的符合情况

应具备条件	本项目情况	符合性
使用Ⅱ类射线装置的工作单位，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。	建设单位拟成立辐射安全与环境管理机构，并确定负责人、主要成员，负责辐射安全与环境保护管理工作。	符合
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。	项目拟配备取得辐射安全与防护培训合格证书的辐射工作人员和辐射防护管理人员，承诺每 5 年接受再培训。	符合
射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全设施。	项目拟配备环境监测用 X-γ 辐射空气吸收剂量率仪，天眼 E7-200 射线数字成像检测系统自带屏蔽体，同时设置门机联锁、紧急停机按钮、工作指示灯、视频监控、电离辐射警告标志、警告牌装置。 项目拟为每名辐射工作人员配备个人剂量报警仪、个人剂量计。	符合
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。	项目拟配备固定式场所辐射探测报警装置、便携式 X-γ 剂量率仪、个人剂量计、个人剂量报警仪。	符合
有健全的操作规程、辐射防护和安全	建设单位拟按要求，所有制度已全部制定	符合

保卫制度、岗位职责、设备检修维护制度、人员健康管理制度、人员培训计划、监测方案等。	完善。	
有完善的辐射事故应急措施。	建设单位拟按要求制定《辐射事故/事件应急预案》。	符合

由以上分析可知，在落实上表中相关内容后，厦门市佳嘉达机械有限公司从事辐射活动的技术能力基本符合相关法律法规的要求。

10.2 三废的治理

10.2.1 废气

天眼 E7-200 射线数字成像检测系统在使用过程中，射线与空气相互作用会产生少量的臭氧及氮氧化物。天眼 E7-200 射线数字成像检测系统自带通风设施，顶部机械排风，在排风口有铅板防护，气流经导向后才排出，最大程度上避免射线泄露。少量臭氧和氮氧化物可通过设备机械排风及时排出，工作人员应在上下班前确保设备断电关闭的状态下，定期开窗通风，保证天眼 E7-200 射线数字成像检测系统产生的废气及时扩散至大气环境。在此前提下，天眼 E7-200 射线数字成像检测系统对周边环境基本没有影响。

10.2.2 固体废物

项目利用 X 射线穿过工件，投射到平板探测器上通过计算机成像，不使用显影液、定影液，不使用胶片，因此项目无固废产生。

10.3 项目环保投资

项目环保投资见表 10.5。

表 10.5 项目环保投资 单位：万元

序号	项目		投资金额
1	辐射安全设施	全密封的自屏蔽壳，采用铅、钢-铅-钢防护结构	设备自带
		门机联锁、紧急停机按钮、工作指示灯、视频监控、电离辐射警告标志、辐射探测报警装置	
2	其他	辐射安全规章制度上墙、警告牌、个人剂量报警仪、便携式 X-γ 剂量率仪	12
3		环境影响评价、竣工环保验收	8
4		每年委托有资质的单位对放射工作场所进行监测	2
5		开展工作人员辐射安全培训，配备个人剂量计进行个人剂量监测，健康体检。	20
6	合计		42

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

项目利用现有厂房生产车间进行建设，施工期主要环境影响为机台设备安装。

设备安装为天眼 E7-200 射线数字成像检测系统自屏蔽体整机运至厂内车间，设备安装主要会产生噪声及废包装材料，由于项目需安装的时间短，产生的噪声为暂时性，随着安装的结束而结束，其对周围环境的影响也随之消失；废包装材料集中收集后交由回收公司处置。

综上所述，项目施工期的影响具有暂时性，随着施工期的结束，其对周围环境的影响也随之消失。在施工期间，项目若能采取以上措施，其对周围环境的影响是可以接受。

11.2 运行阶段对环境的影响

根据工程分析可知，本项目运行后主要的环境影响是 X 射线探伤机工作时产生的 X 射线对周围环境的辐射影响。本报告对本项目的辐射环境影响采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及其他理论计算公式进行分析评价。

11.2.1 辐射剂量率理论计算

11.2.1.1 关注点剂量率参考控制水平的确定

取天眼 E7-200 射线数字成像检测系统自屏蔽体外表面 30cm 处作为关注点，计算公式如下：

$$\dot{H}_{c,d}=H_c/(t \cdot U \cdot T) \qquad (11-1)$$

式中：

$\dot{H}_{c,d}$ —导出剂量参考控制水平。

H_c —周剂量参考控制水平，单位为微希每周（ $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ）；职业工作人员 $H_c \leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$ 、公众 $H_c \leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，项目设备周边 30cm 处仅辐射工作人员可到达，因此取 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

U —探伤装置向关注点方向照射的使用因子；项目主射方向使用因子取 1，其他方向均取 1/4。

T —人员在相应关注点驻留的使用因子；项目人员在操作位进行操作，因此操

作位辐射工作人员居留因子保守取 1，其他方向辐射工作人员居留因子保守取 1/4。

t—探伤装置周照射时间，单位为小时每周（h/每周）；天眼 E7-200 射线数字成像检测系统周照射时间 24h。

关注点剂量率参考控制水平如下：

表 11.1 关注点剂量率参考控制水平

设备	关注点	U	T	H _c (μSv/ 周)	t (h/ 周)	$\dot{H}_{c,d}$ (μSv/h)	$\dot{H}_c$ (μSv/h)	$\dot{H}_{c,max}$ (μSv/h)
天眼 E7-200 射线数 字成像 检测系 统	前侧	1/4	1	100	24	16.67	2.5	2.5
	后侧	1/4	1/4	100	24	66.7	2.5	2.5
	左侧	1/4	1/4	100	24	66.7	2.5	2.5
	右侧(主射方 向)	1	1/4	100	24	16.67	2.5	2.5
	顶部	1/4	1/4	100	24	66.7	2.5	2.5

由上表可知，本项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统自屏蔽体外表面 30cm 处剂量率参考控制水平取 2.5μSv/h。

11.2.1.2 估算公式及相关参数取值

(1) 有用线束

对于给定的屏蔽物质厚度时，屏蔽体外关注点的剂量率计算公式如下：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \bullet I \bullet B}{R^2} \quad (11-2)$$

$\dot{H}$ ——屏蔽体外关注点的剂量率，μSv/h；

$\dot{H}_0$ ——距辐射源点 1m 处的输出量，mSv×m²/（mA×min）；

项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统最大管电压为 200kV，根据附录 B 表 B.1，管电压 200kV 的在 2mm 铝过滤条件下 X 射线距辐射源点 1m 处的输出量为 28.7mSv×m²/（mA×min）。

R——辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

I——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

B——辐射屏蔽透射因子；

$$B=10^{-X/TVL} \quad (11-3)$$

X——屏蔽物质厚度；

TVL——见附录 B 表 B.2，项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统最大管电压为 200kV，铅什值层厚度 1.4mm。

(2) 泄漏辐射的屏蔽

对于给定的屏蔽物质厚度时，屏蔽体外关注点的剂量率计算公式如下：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \bullet B}{R^2} \quad (11-4)$$

$\dot{H}$ ——屏蔽体外关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

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

由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1 可知，大于等于 150kV、小于等于 200 kV 的 X 射线管组装体 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率 $2500\mu\text{Sv/h}$ ；项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统最大管电压 200kV，距辐射源点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率取 $2500\mu\text{Sv/h}$ 。

R——辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B——辐射屏蔽透射因子。

(3) 散射辐射的屏蔽

对于给定的屏蔽物质厚度时，屏蔽体外关注点的剂量率计算公式如下：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \bullet I \bullet B}{R_s^2} \bullet \frac{F \bullet \alpha}{R_0^2} \quad (11-5)$$

$\dot{H}$ ——屏蔽体外关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_0$ ——距辐射源点 1m 处的输出量， $\text{mSv}\times\text{m}^2/(\text{mA}\times\text{min})$ ；

项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统最大管电压为 200kV，根据附录 B 表 B.1，管电压 200kV 的在 2mm 铝过滤条件下 X 射线距辐射源点 1m 处的输出量为 $28.7\text{mSv}\times\text{m}^2/(\text{mA}\times\text{min})$ 。

R_0 ——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m；

R_s ——散射体至关注点的距离，m；

I——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

B——辐射屏蔽透射因子；

项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统最大管电压为 200kV，根据表 2，200kV 原始 X 射线的散射辐射能量为 150kV；根据附录 B 表 B.2，150kV 管电压对应铅什值层厚度 0.96mm。

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；

项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统辐射角度为锥束 50° ，则 $F = \pi \times (R_0 \times \tan 25^\circ)^2$ ；根据附录 B B.4，散射因子的值保守计为 $1.9 \times 10^{-3} \times 10^4 / 400 = 0.0475$ ，则 $F \cdot \alpha / R_0^2 = \pi \times (\tan 25^\circ)^2 \times \alpha = 0.0324$ 。

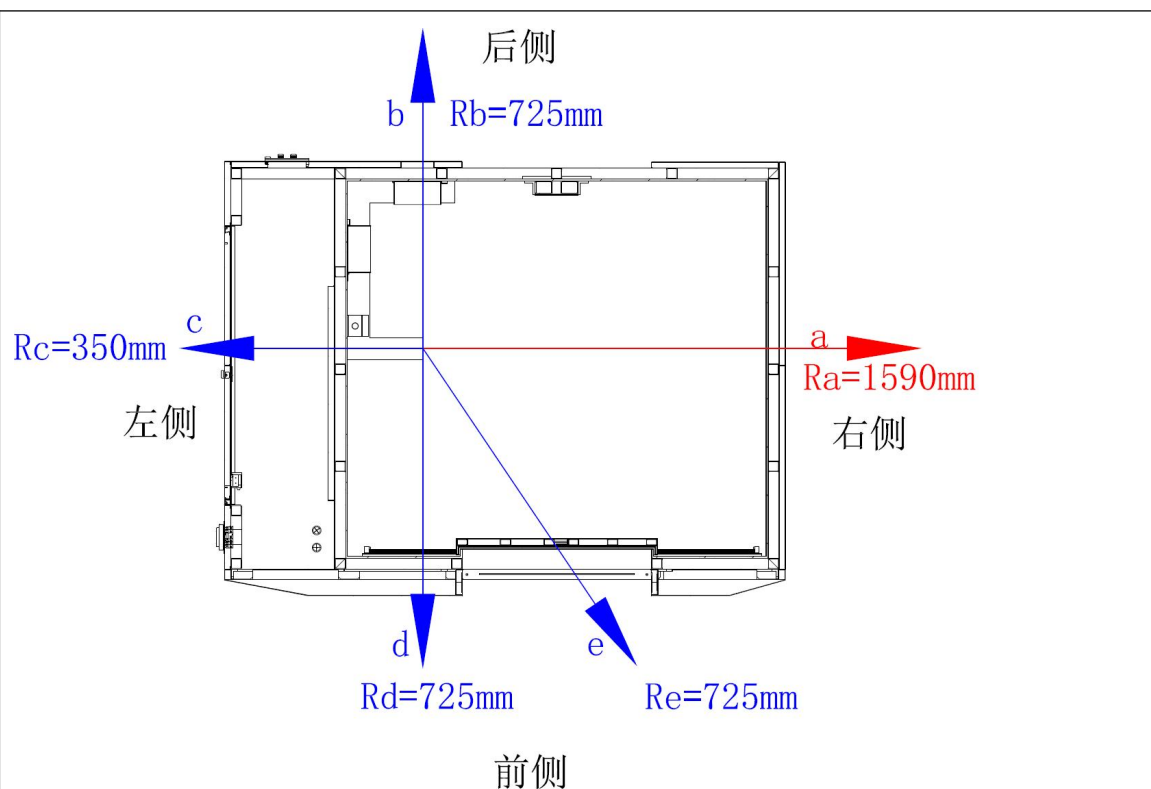
11.2.1.3 天眼 E7-200 射线数字成像检测系统计算结果

项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统射线源朝前照射，被照射物体旋转。因此，前侧考虑有用线束，左侧、右侧、后侧、顶部、底部考虑漏射线和散射线；X 射线管距离各侧距离见表 11.2。

表 11.2 天眼 E7-200 射线数字成像检测系统射线管距离各侧距离一览表

方位	射线出口最近距离
前侧	725mm
后侧	725mm
左侧	350mm
右侧（主射方向）	1590mm
顶部	525mm
底部	525mm

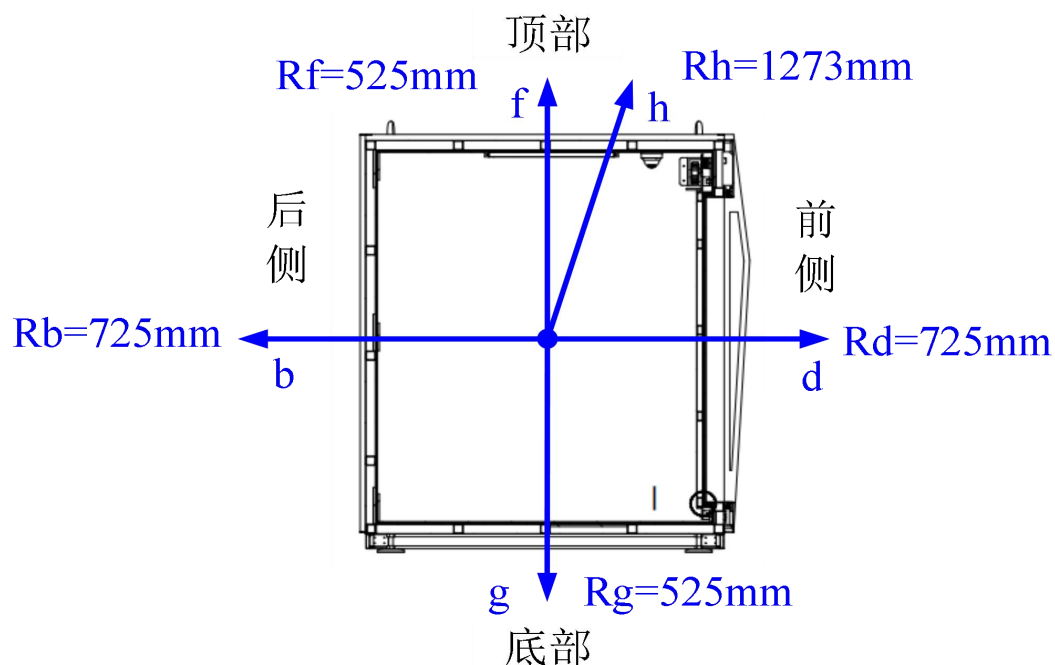
在天眼 E7-200 射线数字成像检测系统外 30cm 处设置参考点。射线源与铅房内壁最近距离见图 11.1、图 11.2，参考点和辐射路径示意图见图 11.3。



图例： 有用线束  泄漏辐射、散射辐射 

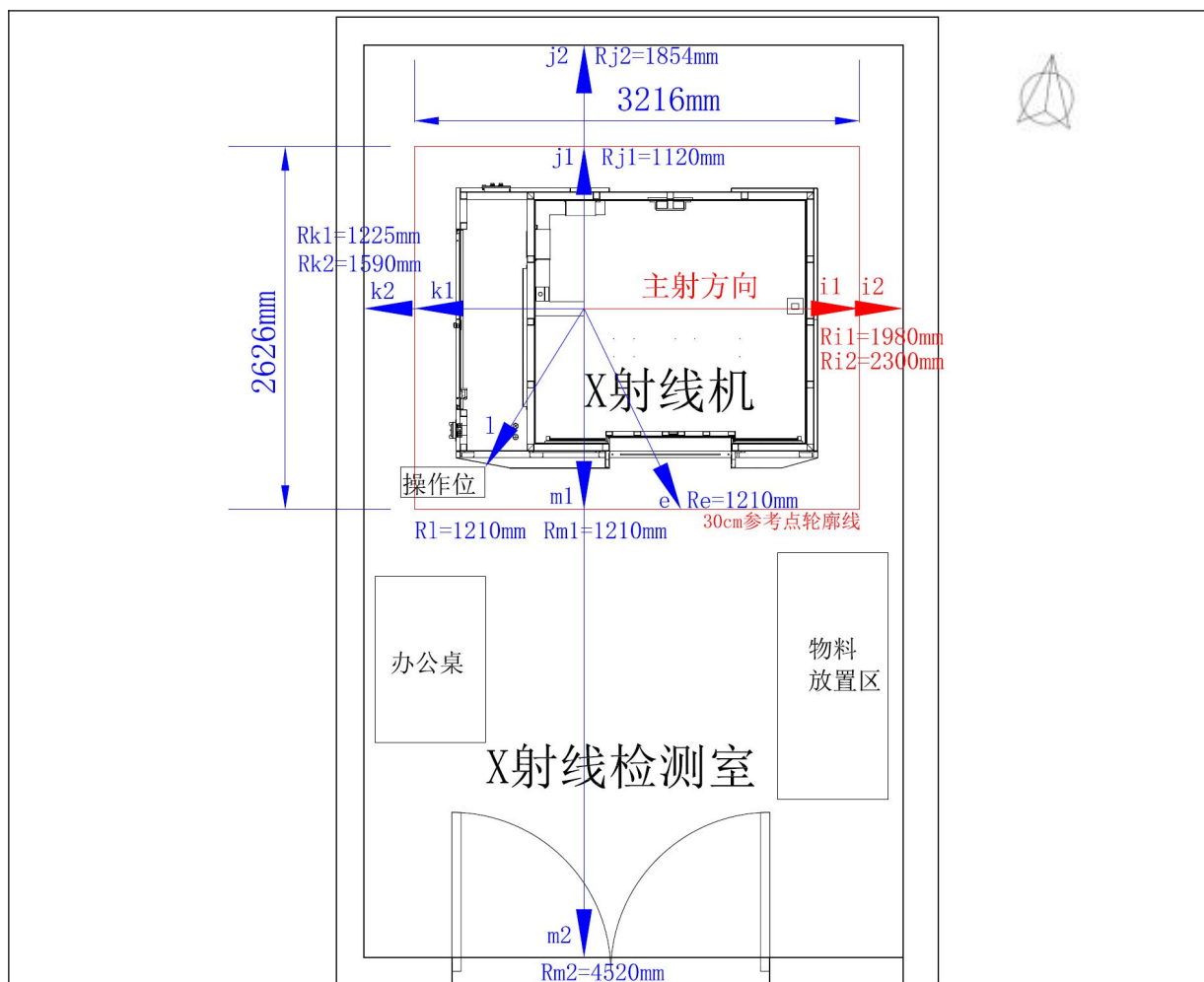
图例： 有用线束  泄漏辐射、散射辐射 

图 11.1 射线源及辐射路径示意图（顶部透视）



图例： 有用线束  泄漏辐射、散射辐射 

图 11.2 射线源及辐射路径示意图（左侧透视）



图例： 有用线束 ———▶ 泄漏辐射、散射辐射 ———▶

图 11.3 参考点及辐射路径示意图（X 射线检测区平面）

表 11.3 有用线束方向关注点处剂量率计算结果

项目	天眼 E7-200 射线数字成像检测系统 右侧外 30cm (i1)	X 射线检测室东侧边界 (i2)
$\dot{H}_0$ (mSv×m ² / (mA×min))	28.7	28.7
I (mA)	6	6
屏蔽体	11.4mmPb	11.4mmPb
TVL (mm)	1.4	1.4
B	$10^{-11.4/1.4}=7.20 \times 10^{-9}$	$10^{-11.4/1.4}=7.20 \times 10^{-9}$
R (m)	1.59 (辐射源点到铅房内壁最近距离) +0.09 (铅房及设备外壳结构厚度) +0.3 (设备外壁 30cm 处) =1.98	1.59 (辐射源点到铅房内壁最近距离) +0.09 (铅房及设备外壳结构厚度) +0.32 (设备外到室内墙壁处) =2.3
$\dot{H}$ (μSv/h)	3.16×10^{-7}	2.43×10^{-7}
剂量率参考控制 水平 (μSv/h)	2.5	2.5
评价	满足	满足

表 11.4 非有用线束方向（泄漏辐射+散射辐射）关注点处剂量率计算结果															
项目		后侧外 30cm (j1)	左侧外 30cm (k1)	前侧外 30cm (m1)	防护门外 30cm (e)	顶部外 30cm (f1)	底部外 30cm (g)	顶部排风扇外 30cm (h)	操作位 (1)	X 射线检测室西 侧边界 (k2)	X 射线检测室北 侧边界 (j2)	X 射线检测室南 侧边界 (m2)	X 射线检测室西 侧办公室	X 射线检测 室一层	X 射线检测 室三层
泄 漏 辐 射	$\dot{H}_L$ (μSv/h)	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
	屏蔽体	10.4mmPb	9.4mmPb	10.4mmPb	10mmPb	8.4mmPb	8.4mmPb	8mmPb	10.4mmPb	9.4mmPb	10.4mmPb	10.4mmPb	9.4mmPb	8.4mmPb	8.4mmPb
	TVL (mm)	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
	B	10 ^{-10.4/1.4}	10 ^{-9.4/1.4}	10 ^{-10.4/1.4}	10 ^{-10/1.4}	10 ^{-8.4/1.4}	10 ^{-8.4/1.4}	10 ^{-8/1.4}	10 ^{-10.4/1.4}	10 ^{-9.4/1.4}	10 ^{-10.4/1.4}	10 ^{-10.4/1.4}	10 ^{-9.4/1.4}	10 ^{-10.4/1.4}	10 ^{-10.4/1.4}
	R (m) (辐射源点到 铅房内壁最近 距离+铅房及设 备外壳结构厚 度+设备外壁到 关注点距离)	0.725+0.095+0.3=1.12	0.35+0.575+0.3=1.225	0.725+0.185+0.3=1.21	0.725+0.185+0.3=1.21	0.525+0.1+0.3=0.925	0.525+0.1+0.3=0.925	1.273+0.1+0.3=1.673	0.725+0.185+0.3=1.21	0.35+0.575+0.66=1.59	0.725+0.095+1.03=1.854	0.725+0.185+3.6=4.52	0.35+0.575+7.41=8.338	0.525+0.1+4=4.625	0.525+0.1+3=3.625
$\dot{H}$ (μSv/h)		7.43×10 ⁻⁵	3.22×10 ⁻⁴	6.36×10 ⁻⁵	1.23×10 ⁻⁴	2.92×10 ⁻³	2.93×10 ⁻³	1.72×10 ⁻³	6.36×10 ⁻⁵	1.91×10 ⁻⁴	2.71×10 ⁻⁵	4.56×10 ⁻⁶	6.94×10 ⁻⁶	1.17×10 ⁻⁴	1.90×10 ⁻⁴
散 射 辐 射	$\dot{H}_0$ (mSv× m²/(mA×min))	28.7	28.7	28.7	28.7	28.7	28.7	28.7	28.7	28.7	28.7	28.7	28.7	28.7	28.7
	I (mA)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	屏蔽体	10.4mmPb	9.4mmPb	10.4mmPb	10mmPb	8.4mmPb	8.4mmPb	8mmPb	10.4mmPb	9.4mmPb	10.4mmPb	10.4mmPb	9.4mmPb	10.4mmPb	10.4mmPb
	TVL (mm)	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
	B	10 ^{-10.4/0.96}	10 ^{-9.4/0.96}	10 ^{-10.4/0.96}	10 ^{-10/0.96}	10 ^{-8.4/0.96}	10 ^{-8.4/0.96}	10 ^{-8/0.96}	10 ^{-10.4/0.96}	10 ^{-9.4/0.96}	10 ^{-10.4/0.96}	10 ^{-10.4/0.96}	10 ^{-9.4/0.96}	10 ^{-10.4/0.96}	10 ^{-10.4/0.96}
	R (m)	0.725+0.095+0.3=1.12	0.35+0.575+0.3=1.225	0.725+0.185+0.3=1.21	0.725+0.185+0.3=1.21	0.525+0.1+0.3=0.925	0.525+0.1+0.3=0.925	1.273+0.1+0.3=1.673	0.725+0.185+0.3=1.21	0.35+0.575+0.66=1.59	0.725+0.095+1.03=1.854	0.725+0.185+3.6=4.52	0.35+0.575+7.41=8.338	0.525+0.1+4=4.625	0.525+0.1+3=3.625
	F (m²)	1.245	1.245	1.245	1.245	1.245	1.245	1.245	1.245	1.245	1.245	1.245	1.245	1.245	1.245
	α	0.0475	0.0475	0.0475	0.0475	0.0475	0.0475	0.0475	0.0475	0.0475	0.0475	0.0475	0.0475	0.0475	0.0475
	R ₀ (m)	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
	$\dot{H}$ (μSv/h)	6.54×10 ⁻¹¹	6.02×10 ⁻¹⁰	5.60×10 ⁻¹¹	1.46×10 ⁻¹⁰	1.16×10 ⁻⁸	1.16×10 ⁻⁸	9.27×10 ⁻⁹	5.60×10 ⁻¹¹	3.57×10 ⁻¹⁰	2.39×10 ⁻¹¹	4.01×10 ⁻¹²	1.30×10 ⁻¹¹	4.65×10 ⁻¹⁰	7.56×10 ⁻¹⁰
参考点复合辐射剂量率 (μSv/h)		7.43×10 ⁻⁵	3.22×10 ⁻⁴	6.36×10 ⁻⁵	1.23×10 ⁻⁴	2.92×10⁻³	2.92×10⁻³	1.72×10 ⁻³	6.36×10 ⁻⁵	1.91×10 ⁻⁴	2.71×10 ⁻⁵	4.56×10 ⁻⁶	6.94×10 ⁻⁶	1.17×10 ⁻⁴	1.90×10 ⁻⁴
剂量率参考控制水平 (μSv/h)		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价		满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足

A、关注点处的辐射剂量率估算结果

根据表 11.3、表 11.4 计算结果，项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统四周各关注点剂量率最大为 0.00292 μ Sv/h（顶部、底部外 30cm）。

B、小结

由以上估算结果可知，项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统四周屏蔽外 30cm 空气比释动能率最大为 0.00292 μ Sv/h（顶部、底部外 30cm），满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h”的要求，故本项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统设计合理。

11.2.2 职业人员和公众年有效剂量分析

（1）年有效剂量估算公式

个人年有效剂量当量计算模式如下：

$$H_T = D_T \times T \quad (11-6)$$

式中： H_T — γ 辐射外照射人均年有效剂量，mSv；

D_T — γ 辐射剂量率，mGy/h；

T —年工作时间，h。

（2）居留因子

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），不同环境条件下的居留因子见表 11.5。

表 11.5 居留因子选取

场所	居留因子	示例
全居留	1	控制室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

（3）工作时间

根据建设单位提供资料，本项目拟配备 2 名操作人员，要求 2 名人员需取得辐射安全与防护培训合格证书，并承诺每 5 年接受再培训。工作时间为单班制，每班 8h/天，年工作 300 天。

项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统每天最长曝光时间为 4h，年运行 300

天，则预计设备年曝光时间最长为 1200h，辐射工作人员受照时间最长为 1200h/年。

(4) 职业人员和公众年有效剂量

a 职业人员

107 号厂房二层 X 射线检测室 1 台天眼 E7-200 射线数字成像检测系统工作状态下，辐射工作人员在操作位处，居留因子取 1， D_{γ} 值取设备表面 30cm 处辐射剂量率最大值。

b 公众成员

仓库、车间通道、会议室公众居留因子取 1/2（部分居留），办公室、宿舍楼、上层和下层车间的公众居留因子取 1（全居留），卫生间、楼梯、电梯、停车场、厂区道路取 1/8（偶尔居留）， D_{γ} 值参照对应方向天眼 E7-200 射线数字成像检测系统室内边界处剂量率。

保守不考虑距离衰减和墙体屏蔽，在天眼 E7-200 射线数字成像检测系统工作区域外 50m 评价范围内，各敏感目标处剂量率参考控制水平见表 11.6。

根据计算结果，项目 107 号厂房二层 X 射线检测室天眼 E7-200 射线数字成像检测系统对辐射工作人员职业照射的最大年有效剂量值为 $3.5 \times 10^{-4} \text{mSv}$ ，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，低于年受照剂量约束值 5mSv；项目 107 号厂房二层 X 射线检测室天眼 E7-200 射线数字成像检测系统对公众照射的最大年有效剂量值为 $2.28 \times 10^{-4} \text{mSv}$ ，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，低于年受照剂量约束值 0.25mSv。

表 11.6 设备周边人员最大年有效剂量估算表

对象		方位	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年曝光（工作）时 间(h/a)	居留因子	年有效剂量 (mSv/a)	约束值 (mSv/a)
辐射工作人员		天眼 E7-200 射线数字 成像检测系统西南侧	0.292×10^{-3}	1200	1	3.50×10^{-4}	5
公众 人员	107 号厂房二层会议室	天天眼 E7-200 射线数 字成像检测系统西侧	1.91×10^{-4}	1200	1/2	1.15×10^{-4}	0.25
	107 号厂房二层办公室		6.94×10^{-6}	1200	1	8.33×10^{-6}	
	107 号厂房二层走廊		1.91×10^{-4}	1200	1/2	1.15×10^{-4}	
	107 号厂房二层仓库		1.91×10^{-4}	1200	1/2	1.15×10^{-4}	
	107 号厂房二层走廊	天眼 E7-200 射线数字 成像检测系统南侧	4.56×10^{-6}	1200	1/2	2.74×10^{-6}	
	107 号厂房二层卫生间		4.56×10^{-6}	1200	1/8	6.84×10^{-7}	
	107 号厂房二层楼梯、电梯		4.56×10^{-6}	1200	1/8	6.84×10^{-7}	
	107 号厂房外道路		4.56×10^{-6}	1200	1/8	6.84×10^{-7}	
	107 号厂房二层办公室	天眼 E7-200 射线数字 成像检测系统北侧	2.71×10^{-5}	1200	1	3.25×10^{-5}	
	107 号厂房外模具放置区		2.71×10^{-5}	1200	1/2	1.63×10^{-5}	
	107 号厂房外道路		2.71×10^{-5}	1200	1/8	4.07×10^{-6}	
	兴机泰公司车间		2.71×10^{-5}	1200	1	3.25×10^{-5}	
	兴机泰公司模具库		2.71×10^{-5}	1200	1/2	1.63×10^{-5}	
	兴机泰公司停车场		2.71×10^{-5}	1200	1/8	4.07×10^{-6}	
	107 号厂房外停车场	天眼 E7-200 射线数字 成像检测系统东侧	2.43×10^{-7}	1200	1/8	3.65×10^{-8}	
	107 号厂房外道路		2.43×10^{-7}	1200	1/8	3.65×10^{-8}	
	107 号厂房外宿舍楼		2.43×10^{-7}	1200	1	2.92×10^{-7}	
	107 号厂房三层喷砂间、挂具放置区	天眼 E7-200 射线数字 成像检测系统上方	1.90×10^{-4}	1200	1	2.28×10^{-4}	
	107 号厂房一层机加工区	天眼 E7-200 射线数字 成像检测系统下方	1.17×10^{-4}	1200	1	1.40×10^{-4}	

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

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》第十六条第一款的要求，使用II类射线装置的，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。

厦门市佳嘉达机械有限公司已成立辐射安全与环境管理机构（附件 2），并明确了相应的职责。辐射安全与环境管理机构以蔡晓萍为主要负责人，成员有谢长福、何起海、李志强，能够满足本项目的管理需要。

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1 辐射安全管理制度

建设单位已制定《辐射事故/事件应急预案》、和《辐射防护与安全保卫制度》（附件 4、附件 13），本项目除了具有防止误照射和误操作的设施外，天眼 E7-200 射线数字成像检测系统由专人负责管理，定期进行安全检查和记录。

建设单位制定各项规章制度符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第六款的要求，具有可行性。

建设单位应严格执行各项规章制度，责任到人，将事故和危害降到最低限度。

12.2.2 人员培训

根据《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）的相关规定，公司从事辐射工作人员需要全部参加辐射安全培训并取得合格证书。

厦门市佳嘉达机械有限公司拟为本项目配备 3 名辐射工作人员，其中 1 人为管理人员、2 人为操作人员，要求 3 名人员需取得辐射安全与防护培训合格证书，并承诺每 5 年接受再培训。

12.2.3 健康管理

按照国家关于健康管理的规定，本项目拟为工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪；对新上岗工作人员，做好上岗前的健康体检，合格者才能上岗；同时，拟为辐射工作人员终生保存个人剂量监测档案和职业健康监护档案；在本公

司从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也将进行健康体检。

12.3 辐射监测

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等的要求，公司针对本项目制定相应的辐射监测计划，包括：

- （1）辐射工作人员配备个人剂量计，并定期（每季度 1 次）送检；
- （2）每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境监测，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；
- （3）配置 X- γ 剂量率测量仪，自行定期对射线装置周围环境进行监测，发现问题及时整改，所有监测记录均存档备查。

项目监测计划表见表 12.1。

表 12.1 项目辐射监测计划一览表

监测对象	监测方案	监测因子	监测时间/频次
天眼 E7-200 射线数字成像检测系统	检查安全联锁	安全	每次使用前
项目竣工环境保护验收监测	自屏蔽外壳外 30cm 处、操作位、设备四周环境敏感目标	周围剂量当量率	自行监测：每季度 1 次，委托监测：每年 1 次委托有资质单位监测
辐射工作人员			项目建成后 3 个月内
辐射工作人员	佩戴个人辐射剂量计	年有效剂量	每季度送检 1 次

12.4 辐射事故应急

建设单位按照国务院令 449 号《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和环境保护主管部门的要求已制定《辐射安全事故应急预案》，事故处理流程可操作性较强，应急预案制定合理，应定期对应急预案进行演练，并列入培训计划。发生辐射事故时，建设单位应当立即启动应急方案，采取应急措施，必要时上报当地生态环境部门和卫生健康部门。在日后核技术利用项目运行管理过程中，建设单位应根据实际工作情况和管理要求，及时更新和完善应急预案。

同时建设单位应根据实际情况，每年至少开展一次综合或单项的应急演练，应急演练前编制演习计划，包括演练模拟的事故/事件情景，演练参与人员等。此外，建设单位应加强管理，加强人员辐射防护知识的培训，学习结束后应进行总结，发现问题及时解决，并在实际工作中不断完善辐射安全管理制度，尽可能避

免辐射事故的发生，还应经常监测辐射工作场所的环境辐射剂量率等，确保辐射工作安全有效运转。

表 12.2 厂区辐射应急领导小组成员一览表

机构组成		姓名	职务	联系方式
应急指挥中心	总指挥	***	法人代表	*****
	副总指挥	***	生产副总	*****
应急办公室	组长	***	开发部经理	*****
	组员	***	研发技术员	*****
	组员	***	生产部经理	*****
	组员	***	品质部经理	*****
	组员	***	品质部 QE	*****

12.5 建设项目竣工环境保护验收一览表

建设项目竣工环境保护验收一览表见表 12.3。

表 12.3 建设项目竣工环境保护验收项目一览表

编号	验收项目	验收内容	验收标准及要求
1	辐射防护措施	天眼 E7-200 射线数字成像检测系统自带铅屏蔽体，顶部、底部：2mm 钢+8mm 铅+2mm 钢；铅房左侧：2mm 钢+9mm 铅+2mm 钢；铅房右侧（主射方向）：2mm 钢+11mm 铅+2mm 钢；铅房前侧：2mm 钢+10mm 铅+2mm 钢；铅房后侧：2mm 钢+10mm 铅+2mm 钢；防护门（前侧）：10mm 铅；排气扇防护罩：8mm 铅	符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）相关规定，辐射工作人员年受照剂量约束值 5mSv/a，公众年受照剂量约束值 0.25mSv/a，天眼 E7-200 射线数字成像检测系统自屏蔽体外表面 30cm 处剂量率参考控制水平低于 2.5μSv/h，周围剂量当量率控制水平低于 2.5μSv/h。
		设置门机联锁、紧急停机按钮、工作指示灯、视频监控、电离辐射警告标志、警告牌。	
		配备固定式场所辐射探测报警装置、便携式 X-γ剂量率仪、个人剂量计、个人剂量报警仪。	
2	管理制度	成立辐射安全与环境管理机构，并确定负责人、主要成员，负责辐射安全与环境保护管理工作。	符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关规定：使用 II 类射线装置的工作单位，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。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。射线装置使用场所所有防
		辐射工作人员参加辐射安全与防护培训，并取得合格证书。	
		辐射工作人员必须佩戴个人剂量计，包括仪器购买及维修、维护费用和单位项目预留防护资金，建立个人剂量档案和职业健康监护档案并长期保存。	
		个人剂量计检测（3 个月 1 次）和健康体检（2 年 1 次）。	

		建立健全相应放射安全防护规章制度，各项规章制度应张贴上墙，严格执行。	止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全设施。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。有健全的操作规程、辐射防护和安全保卫制度、岗位职责、设备检修维护制度、人员健康管理制度、人员培训计划、监测方案等。有完善的辐射事故应急措施。
		制定《辐射事故/事件应急预案》和，如有辐射事故的发生，严格按照预案中规定采取应急措施，及时向生态环境部门和卫生健康部门报告。	
3	环境监测	项目建成后委托有资质的技术服务机构进行验收检测；投入使用后每年至少进行 1 次常规检测。	符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》相关规定
		辐射工作人员必须佩戴个人剂量计，建立个人剂量档案和职业健康监护档案并长期保存。	

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

厦门市佳嘉达机械有限公司位于厦门市集美区莲塘路 107 号，拟在厂区内 107 号厂房二层 X 射线检测室新增 1 台天眼 E7-200 射线数字成像检测系统，用于铸件内部质量检测；项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统自带屏蔽体，属于 II 类射线装置。

13.1.2 项目选址及合理性分析

项目位于厦门市集美区莲塘路 107 号，厦门市佳嘉达机械有限公司已取得不动产权证书，项目用地属于工业用地。

项目评价范围内（天眼 E7-200 射线数字成像检测系统屏蔽体外 50m 范围）主要为厦门市佳嘉达机械有限公司厂区内厂房、厂区道路、宿舍楼和厦门兴机泰电器有限公司厂房，评价范围内现状无居民区、学校等环境敏感点。项目在严格采取设计及环评要求防护措施的前提下，天眼 E7-200 射线数字成像检测系统主体外 30cm 处空气比释动能率最大为 $0.00292\mu\text{Sv/h}$ ，远小于《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求，对周围环境辐射影响较小。

项目周围无环境制约因素，项目符合土地利用规划要求，项目符合“三线一单”要求，项目选址合理。

13.1.3 辐射安全与防护分析结论

厦门市佳嘉达机械有限公司已成立辐射安全与环境管理机构，制定了完善的规章制度和辐射事故应急预案，拟为辐射工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪。项目天眼 E7-200 射线数字成像检测系统自带屏蔽体，同时设置门机联锁、紧急停机按钮、工作指示灯、视频监控、电离辐射警告标志、警告牌，且经评价分析，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）相关规定，项目运行对周边辐射环境影响较小。

13.1.4 环境影响分析结论

根据估算结果，天眼 E7-200 射线数字成像检测系统主体外 30cm 处空气比释动能率最大为 $0.00292\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

根据剂量估算结果，项目 107 号厂房二层 X 射线检测室天眼 E7-200 射线数字成像检测系统对辐射工作人员职业照射的最大年有效剂量值为 $3.5\times 10^{-4}\text{mSv}$ ，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，低于年受照剂量约束值 5mSv ；项目 107 号厂房二层 X 射线检测室天眼 E7-200 射线数字成像检测系统对公众照射的最大年有效剂量值为 $2.28\times 10^{-4}\text{mSv}$ ，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，低于年受照剂量约束值 0.25mSv 。

13.1.5 可行性分析结论

项目使用 1 台天眼 E7-200 射线数字成像检测系统用于检测铸件内部，不属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中的“限制类”和“淘汰类”，项目建设符合国家现行产业政策。

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补可能引起的辐射危害时，该实践是正当的。满足企业的发展需求，提高产品质量，具有良好的社会效益和经济效益。根据报告分析，项目经辐射防护和安全管理后，可保证项目辐射环境剂量率和人员辐射剂量满足项目管理目标要求。项目对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

综上所述，厦门市佳嘉达机械有限公司 1 台天眼 E7-200 射线数字成像检测设备项目只要严格按照国家有关辐射防护规定执行，采取切实措施做好辐射防护管理工作，保障人员安全，并落实本报告表提出的辐射防护措施，该项目运行时对周围环境产生的影响符合辐射环境保护要求。因此，从辐射环境保护角度论证，厦门市佳嘉达机械有限公司 1 台天眼 E7-200 射线数字成像检测设备项目可行。

13.2 建议

（1）本项目辐射工作人员应严格遵循操作规程，定期参加辐射工作人员专业知识和业务工作的培训，取得考核合格证书后方可上岗。同时，厦门市佳嘉达机械有限公司应按照相关要求给辐射工作人员配备个人剂量计并定期送检，建立个人剂量监测档案；应安排所有辐射工作人员参加职业健康体检，并建立职业健康档案。

（2）本项目取得环评批复后，厦门市佳嘉达机械有限公司应及时向生态环境主管部门申领辐射安全许可证；项目建成后，应及时落实竣工环保验收手续。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：	
公 章	
年 月 日	经 办 人
审批意见：	
公 章	
年 月 日	经 办 人