

核技术利用建设项目

工业 X 射线 CT 机搬迁项目

环境影响报告表

(公示本)

爱齐（四川）医疗设备有限公司

二〇二〇年九月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

工业 X 射线 CT 机搬迁项目

环境影响报告表

建设单位名称：爱齐（四川）医疗设备有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：XX

通讯地址：四川省资阳市雁江区外环路西三段 508 号

邮政编码：611230

联系人：杨 XX

电子邮箱：tXX@aligntech.com 联系电话：15XX

表 1 项目概况

建设项目名称		工业 X 射线 CT 机搬迁项目				
建设单位		爱齐（四川）医疗设备有限公司				
法人代表		XX	联系人	杨 XX	联系电话	15XX
注册地址		四川省资阳市雁江区现代大道 3 号 D 栋				
项目建设地点		四川省资阳市雁江区外环路西三段 508 号				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）		XX	项目环保投资（万元）	XX	投资比例（环保投资/总投资）	XX%
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☒ 其它			占地面积（m ² ）	XX
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			
	其它	/				
项目概述 一、建设单位简介及项目由来 随着经济的发展、人口的增长、社会老龄化程度的提高以及人们保健意识的不断增强，全球医疗器械市场需求持续快速增长，医疗器械行业是当今世界发展最快的行业之一。为了满足不断增长的市场需求，爱齐（四川）医疗设备有限公司（统一社会信用代码：915XX）在资阳市中国牙谷医疗器械产业园区内投资建设中国牙谷爱齐口腔医疗设备生产基地，生产基地位于资阳市雁江区外环路和兴城大道交叉口。爱齐（四川）医疗设备有限公司（后文简称：该公司）原租赁资阳市雁江区天府国际口腔孵化园内 D 栋四层整栋厂房将陆续全部搬迁至新基地，原天府国际口腔						

孵化园 D 栋一层订单获取室内的 2 套 X 射线检测系统作为配套设备，需整体搬迁至新基地，用于对公司生产的牙模进行扫描检查。

按照《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》（国务院令第449号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环保部令第18号）的规定和要求，本项目需进行环境影响评价。根据国家《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令第44号）和《关于修改<建设项目环境影响评价分类管理名录>部分内容的决定》（生态环境部1号部令）第五十项191条核技术利用建设项目中使用II类射线装置的规定，本项目应编制环境影响报告表，报四川省生态环境厅审查批准。因此，爱齐（四川）医疗设备有限公司委托四川省中栎环保科技有限公司编制本项目的环境影响报告表（委托书见附件1）。

四川省中栎环保科技有限公司接受本项目环境报告表编制工作的委托后，在进行现场踏勘、实地调查了解项目所在地环境条件和充分研读相关法律法规、规章制度、技术资料后，在项目区域环境质量现状评价的基础上，对项目的环境影响进行了预测，并按相应标准进行评价。同时，对项目环境可能造成的影响、项目单位从事相应辐射活动的能力、拟采取的辐射安全和防护措施及相关管理制度等进行了评价分析，在此基础上提出合理可行的对策和建议，编制完成本报告表。

二、产业政策符合性

本项目系核和辐射技术用于工业领域，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2020 年 1 月 1 日施行），本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业发展政策。

三、项目概况

（一）项目名称、性质、地点

项目名称：工业 X 射线 CT 机搬迁项目

建设性质：其他

建设地点：四川省资阳市雁江区外环路外环路西三段 508 号爱齐（四川）医疗设备有限公司 OA 实验室内

（二）建设内容与规模

爱齐（四川）医疗设备有限公司拟将原订单获取室内的 2 套 phoenix v|tome|x S 型工业用 X 射线计算机断层扫描装置（简称“工业 X 射线 CT 机”）搬迁至资阳市雁江区外环路爱齐（四川）医疗设备有限公司 OA 实验室内，额定管电压为 240kV，额定管电流为 3mA，属于 II 类射线装置。工业 X 射线 CT 机单台年最大曝光时间约 955h，年总最大曝光时间约 1910h，用于牙模扫描。本项目只在工业 X 射线 CT 机柜体内进行扫描。

phoenix v|tome|x S 型工业 X 射线 CT 机屏蔽体结构为（钢层+铅层+钢层），CT 机长为 2.33m，宽为 1.69m，高为 1.48m。工业 X 射线 CT 机四周主射方向屏蔽层厚度为 14mm 铅当量；非主射方向屏蔽层厚度为 8.5mm 铅当量；顶部、底部屏蔽层厚度均为 8mm 铅当量；进件推拉门上设有固定铅玻璃观察窗，进件推拉门和铅玻璃窗均为 10mm 铅当量。CT 机主射方向为操作台左侧，CT 机自带图像处理显示系统，可以直接从显示器看到内部缺陷检测情况。检测完成后自动将图像传送至制程系统中，不进行洗片，不产生定影液、显影液、胶片等。

项目组成及主要环境问题见表 1-1。

表 1-1 建设项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题		备注
		施工期	运营期	
主体工程	使用场所：OA 实验室内 设备尺寸：2.33m（长）×1.69m（宽）×1.48m（高） 非主射方向厚度：8.5mm 铅当量 主射方向厚度：14mm 铅当量 顶部、底部厚度：8mm 铅当量 进件门：10mm 铅当量（含铅玻璃观察窗） 曝光时间：公司仅开展 CT 柜体内扫描，预计年最大曝光时间 1910h。	固废、噪声、生活污水	X 射线、臭氧、生活垃圾、生活污水	/
辅助工程	本项目 2 套工业 X 射线 CT 机旁均设有操作台，自动扫描成像	无		/
公用工程	利用生产车间其他公用设施	生活垃圾		依托
办公及生活设施	利用生产车间其他办公及生活设施	生活垃圾		依托
仓储或其它	利用生产车间其他设施	生活垃圾、生活污水		依托

（三）本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-2。

表 1-2 主要原辅材料及能耗情况表

	名称	名称	年耗量（单位）	来源	主要化学成分
能源	煤（T）	——	——	——	——
	电（kW）	——	3000 kW·h/a	——	——
	气（m ³ ）	——	——	——	——
水量	地表水	——	——	——	——
	地下水	——	——	——	——

（四）本项目涉及射线装置

本项目涉及射线装置相关参数见表 1-3。

表 1-3 本项目使用 X 射线装置的相关情况

名称	型号	生产厂家	额定电压 电流	射线 类型	投射 类型	数量	管理 类别	场所	备注
工业 X 射线 CT 机	phoenix v tome x S	GE	240kV 3mA	X 射线	定向	2	II	OA 实验 室	已购

（五）项目所在企业外环境关系

爱齐（四川）医疗设备有限公司新基地位于资阳市雁江区外环路和兴城大道交叉口，在该公司围墙边界外，北侧紧邻兴城大道；东侧紧邻外环路西三段；南侧为山坡；西侧为空地。

本项目拟建于新基地生产车间 1（已建）OA 实验室西南角，在本项目 50m 范围内，北侧紧邻 IDF（IT room）室；西北侧 5m 为丙类生产车间；东北侧约 12m 自南向北依次为质量控制室、自动化实验室；东侧约 18m 为厂区内道路；南侧紧邻扫描棒生产车间，约 27m 外为扫描仪车间，约 42m 外为 RO 水室和空压机房；西南侧约 5m 为清洁/包装车间，见附图 3。

经过调查，该公司位于资阳市中国牙谷医疗器械产业园区内，该工业园区入驻企业均为生产型企业。经现场调查，本项目不属于基本农田保护区，所在地周围 1km 范围内无风景名胜、旅游景区、军事管理区、水厂以及水源保护区等，外环境无重大环境制约因素。

（六）项目选址和平面布局的合理性

1、项目选址的合理性分析

本项目所在厂房用地已经取得了资阳市自然资源和规划局颁发的《建设用地规划许可证》[地字第 512000201900004 号]（附件 3），用地性质为二类工业用地，本项目依托的生产基地已取得资阳市生态环境局关于爱齐（四川）医疗设备有限公司中国牙谷爱齐口腔医疗设备生产基地（一期）建设项目环境影响报告表的批复（资

环评审[2019]10号) (附件4), 厂房选址合理性已在相关环评报告中进行了论述, 本项目仅为其配套建设项目, 不新增用地, 且项目使用的工业 X 射线 CT 机为专用自屏蔽一体的辐射工作场所, 有良好的实体屏蔽设施和防护措施, 产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中的剂量限值要求并满足报告表确定的剂量约束限值的要求, 从辐射安全防护的角度分析, 本项目选址是合理的。

2、项目平面布局合理性分析

OA 实验室位于生产车间 1 东南侧, OA 实验室东北侧约 3m 外依次为牙科实验室、自动化实验室; 西北侧为丙类生产车间; 西南侧为清洁/包装车间; 南侧紧邻扫描棒生产车间。本项目位于 OA 实验室内西南角, 北侧约 1.5m 为 IT room, 东侧约 11m 为牙科实验室; 南侧 1m 外为扫描棒生产车间; 西侧紧邻人员通道。

本项目工业 X 射线 CT 机周围人员活动相对较少, 该布局对环境和人员无明显影响。由此可知, 该平面布局设计能够很好的防护电离辐射, 使人员所受剂量在尽可能低的水平, 本项目从辐射安全与防护的角度讲, 项目平面布局合理可行, 本项目所在 OA 实验室平面布局见附图 4。

(七) 劳动定员及工作制度

劳动定员: 本项目拟配置辐射工作人员 7 名, 其中检测人员固定为 6 人, 1 名专职管理人员, 搬迁后辐射工作人员均为原有工作人员。

工作制度: 实行 24 小时工作制, 年工作日以 250 天计。

四、原有核技术利用情况

(一) 原有项目辐射安全许可证情况

爱齐(四川)医疗设备有限公司已取得四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》(川环辐证[00661]), 许可的种类和范围为: 使用 II 类射线装置; 发证日期: 2019 年 5 月 15 日, 有效期至 2024 年 5 月 14 日(见附件 5), 在有效期内。该公司已获许可使用的 II 射线装置共 2 台, 具体情况见表 1-4。

表1-4 已获许可使用的射线装置

序号	工作场所	装置名称	型号	管理类别	数量(台)	备注
1	D 栋一层订单获取室	CT1	phoenix v tome x S	II	1	已验收
2	D 栋一层订单获取室	CT2	phoenix v tome x S	II	1	已验收

经调查,该公司在资阳市雁江区天府国际口腔孵化园内 D 栋一层订单获取室内使用 2 套 phoenix v|tome|x S 型工业 X 射线 CT 机项目已在 2020 年 5 月 29 日组织了自主验收(附件 7), 该公司将竣工环境保护验收报告表全文公示后, 在生态环境部建设项目环境影响评价信息平台 (<http://114.251.10.205/#/pub-messag>) 中进行了备案。

(二) 辐射工作人员培训情况

该公司拟配 7 名辐射工作人员, 现有 5 名辐射工作人员, 其中 3 名辐射工作人员和 1 名管理人员已参加辐射安全与防护培训班的学习, 取得了培训合格证(附件 13), 目前还有 3 名辐射工作人员暂未参加培训。

根据《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和防护管理办法》的相关规定, 从事操作/使用射线装置的辐射工作人员均应参加辐射安全与防护培训, 公司应尽快安排其他辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台(网址: <http://fushe.mee.gov.cn>) 学习辐射安全与防护知识并通过考核; 已取得辐射安全培训合格证的, 合格证到期前, 需进行再次学习。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年。

(三) 开展辐射监测的情况

1、个人剂量检测

该公司所有辐射工作人员均佩戴了个人剂量计, 每季度对个人剂量计进行检测, 并按照《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019) 和《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 18 号) 要求建立个人剂量档案。该公司有专人负责个人剂量检测管理工作。

该公司委托了四川宏源环境检测技术咨询有限公司对辐射工作人员的个人剂量计进行了检测。该公司提供了连续四个季度的辐射工作人员个人剂量检测报告(见附件 9), 检测结果见表 1-5:

表 1-5 本项目辐射工作人员个人剂量统计表

序号	姓名	性别	HP ₁₀ (mSv/季)				年个人剂量 (mSv/年)
			2019 年第一 季度	2019 年第二 季度	2019 年第三 季度	2019 年第四 季度	
1	王 XX	男	0.2180	0.2643	0.0474	0.0968	0.6265
2	王 XX	男	0.2391	0.2903	0.0791	0.01643	0.6249

3	张 XX	男	0.0810	0.2539	0.0791	0.0832	0.4972
4	刘 XX	女	/	/	0.2884	0.1937	0.4821
5	曾 XX	女	/	/	0.1820	0.2750	0.4570

由表1-5可知，涉及本项目的相关辐射工作人员年最大个人剂量为0.6265mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业人员20mSv/a 剂量限值，满足职业人员5mSv/a 的剂量约束限值。

2、工作场所辐射水平监测

根据原环保部18号令和《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的要求，爱齐（四川）医疗设备有限公司委托了有资质的单位对辐射工作场所进行监测。射线装置工作场所监测时，主要针对射线装置周围、操作位、其他公众长期停留位置。爱齐（四川）医疗设备有限公司委托了四川省永坤环境监测有限公司开展2019年年度辐射环境现状监测，在监测结果中，未发现屏蔽体外0.3m 处超过2.5uSv/h 的情况。

（四）年度评估报告

该公司向“全国核技术利用辐射安全申报系统”(网址<http://rr.mee.gov.cn/>)中提交了“2019年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告”，公司对2019年度的辐射场所的安全和防护状况以及辐射管理情况进行说明。

（五）是否发生过辐射安全事故

据了解，公司自取得《辐射安全许可证》以来，未发生过辐射安全事故，具体情况见附件 2。

（六）原有工业X射线CT机环保手续履行情况

天府国际口腔孵化园内D栋一层订单获取室的2套phoenix v|tome|x S型工业X射线CT机于2019年2月取得了四川省生态环境厅关于爱齐（四川）医疗设备有限公司使用工业X射线CT机项目环境影响报告表的批复（川环审批[2019]34号）（附件6），于2019年委托了四川省地质矿产勘查开发局成都综合岩矿测试中心（国土资源部成都岩产资源监督检测中心）对项目进行验收监测（附件8）。

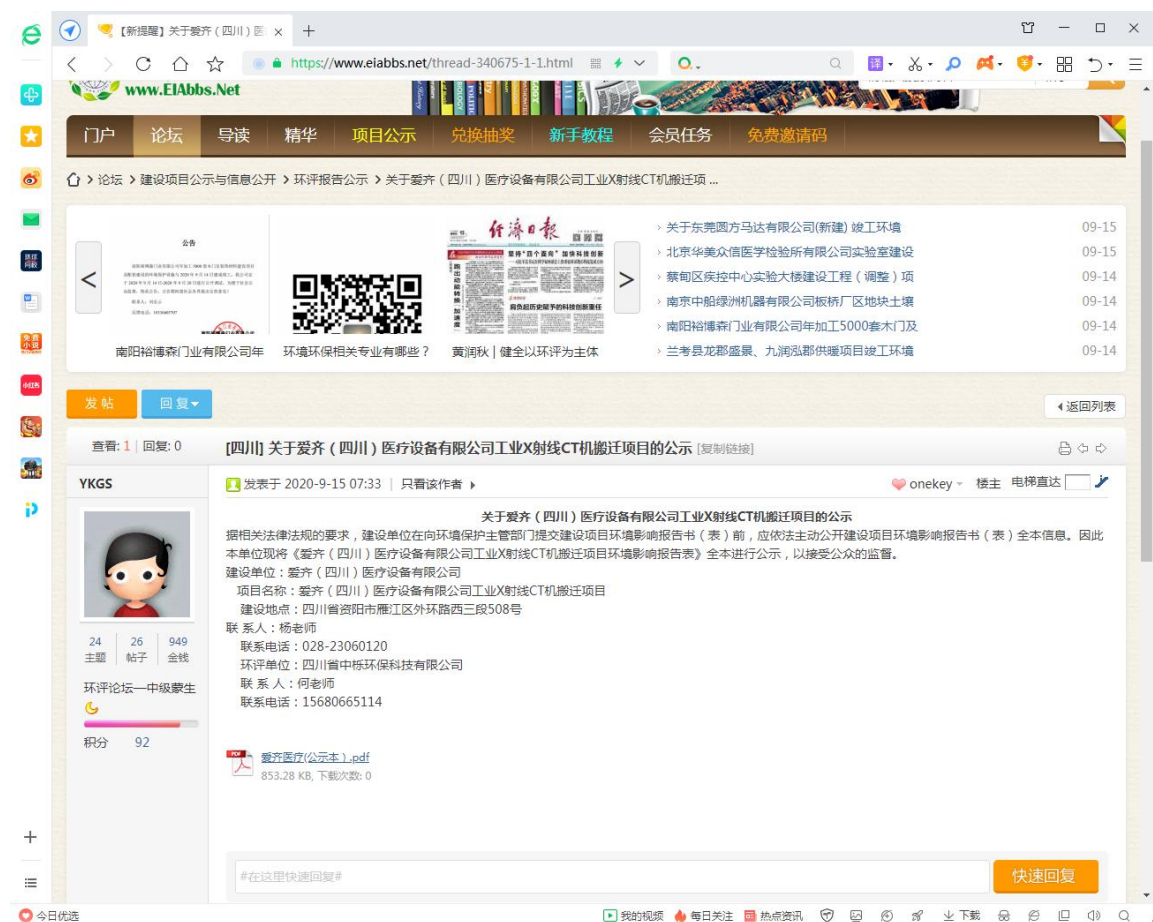
（七）小结

综上所述，本项目无环境遗留问题。

五、环境影响评价报告信息公开

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工作的公开、透明，方便公民、法人和其他组织获取环境保护主管部门环境影响评价信息，加大环境影响评价公众参与公开力度，依据国家环境保护部颁布的《建设项目环境影响评价政府信息公开指南》的规定，结合四川省生态环境厅的要求，建设单位在向生态环境主管部门提交建设项目环境影响报告表前，应依法主动公开建设项目环境影响报告表全本信息。本报告编制完成后，建设单位对该项目进行了全文公示，公示网址和截屏如下：

<https://www.eiabbs.net/thread-340675-1-1.html>



公示后，未收到单位和个人有关项目情况的反馈意见。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大 操作量（Bq）	日等效最大 操作量（Bq）	年最大用 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》（GB18871-2002）。

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X射线CT1	II	1	phoenix v tome x S	240	3	扫描检测	OA 实验室	拟搬迁
2	工业X射线CT2	II	1	phoenix v tome x S	240	3	扫描检测	OA 实验室	拟搬迁
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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 (mA)	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	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	直接排向 大气环境
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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》，2015 年 1 月 1 日实施； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修订； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施； (4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第682号，2017年10月1日实施； (5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，中华人民共和国生态环境部令 部令 第 1 号，2018 年 4 月 28 日起实行； (6) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省十二届人大常委会第二十四次会议第二次全体会议审议通过，2016 年 6 月 1 日起实施； (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院第 449 号令，2019 年 3 月修订； (8) 《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，2011 年 5 月起实施； (9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，环保部第 31 号令，2019 年 8 月修订； (10) 《射线装置分类办法》，环境保护部公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月起实施； (11) 《建设项目环境影响评价信息公开机制方案》，环发[2015]162 号，2015 年 12 月实施； (12) 《关于建设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》，环发[2006]145 号，原国家环境保护总局、公安部、卫生部文件，2006 年 9 月 26 日； (13) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，环发[2012]77 号，环境保护部文件，2012 年 7 月 3 日； (14) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省十二届人大常委会第二十四次会议第二次全体会议审议通过，2016 年 6 月 1 日实施。
技	(1) 《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

术 标 准	的内容和格式》（HJ10.1-2016）； （2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （3）《环境核辐射监测规定》（GB12379-90）； （4）《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993）； （5）《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）； （6）《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）； （7）《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)； （8）《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)； （9）《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）。
其 他	（1）环评委托书； （2）《辐射防护手册》（第一分册—辐射源与屏蔽，原子能出版社，1987）； （3）《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》； （4）《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围 本项目涉及工业 X 射线 CT 机，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》（HJ10.1-2006）要求，结合本项目环境影响因素（电离辐射）的特征和项目周围环境的特点，确定本项目辐射评价范围为以射线装置自屏蔽体外侧为边界半径 50m 以内的区域。						
保护目标 本项目评价范围内的主要环境保护目标有：辐射工作人员及辐射工作场所 50m 以内的公众。由于电离辐射水平随着距离的增加而衰减，因此选取离辐射工作场所较近、有代表性的环境保护目标进行分析。根据厂区平面布置情况及厂区周围外环境关系，依次确定本项目涉及的环境保护目标具体见表 7-1。						
表 7-1 本项目环境保护目标						
序号	保护目标	相对CT机方位	与辐射源最近距离(m)	人数(人/次)	照射类型	年剂量约束值(mSv)
1	检测工作人员	中间	1	7	职业照射	5.0
2	人员通道上的工作人员	西侧	2.2	不定	公众照射	0.1
3	OA 实验室牙科实验室内的工作人员	西侧	12	不定	公众照射	0.1
4	分拣工位上的工作人员	西北侧	4.0	不定	公众照射	0.1
5	牙科实验室内的工作人员	西北侧	13.5	不定	公众照射	0.1
6	自动化实验室内的工作人员	西北侧	23	不定	公众照射	0.1
7	人员通道上的工作人员	北侧	4.8	不定	公众照射	0.1
8	扫描工位上的工作人员	北侧	1.7	不定	公众照射	0.1
9	IT room 内的工作人员	北侧	1.5	不定	公众照射	0.1
10	丙类生产车间内的工作人员	东北侧	6.3	不定	公众照射	0.1
11	OA 实验室办公区内的工作人员	东侧	11.5	不定	公众照射	0.1
12	扫描棒生产车间内的工作人员	东南侧	1.5	不定	公众照射	0.1
13	消毒工作站的工作人员	西南侧	5	不定	公众照射	0.1
14	清洁包装车间内的工作人员	西南侧	5.6	不定	公众照射	0.1
15	评价范围内的生产车间外的其他人员	东侧	18	不定	公众照射	0.1

评价标准

一、环境质量标准

- (1) 大气：《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。
- (2) 地表水：《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III 类标准。
- (3) 声环境：《声环境质量标准》（GB3096-2008）3 类标准。

二、污染物排放标准

- (1) 废气：《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准。
- (2) 废水：《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准。
- (3) 噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中相关标准；运营期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类标准。
- (4) 一般固废：《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2001）。
- (5) 电离辐射

本项目正常运行期间对职业人员和公众中任何个人造成的有效剂量的约束值依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定：“对任何工作人员的照射的剂量限值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）不超过 20mSv，其中任何一年中的有效剂量不超过 50mSv；公众照射剂量限值是公众中有关关键人群组的成员所受到的平均个人年有效剂量估计值不超过 1mSv”，同时结合本项目的实际情况，提出了严于国家标准的职业照射和公众照射的剂量约束值，见表 7-2，以此作为本项目辐射环境影响评价标准。

表 7-2 本项目辐射环境影响评价标准 单位：mSv/a

分类		《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002) 基本限值标准	剂量约束值
职业照射	辐射工作人员	20	5
公众照射	公众人员	1	0.1

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

本项目为工业 X 射线 CT 机搬迁项目，主要的污染因子为电离辐射，对环境空气、地表水及地下水影响较小，因此本次评价没有对区域环境空气质量、地表水和地下水环境质量进行监测评价，重点对评价区域开展了辐射环境现状监测评价。为掌握项目所在地的辐射环境现状，2020 年 8 月，四川省永坤环境监测有限公司对项目拟建场所进行了现场监测，监测报告见附件 10。

一、监测方法与标准

- (1) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）；
- (2) 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993）；
- (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

二、监测项目与监测方法

受四川省中栎环保科技有限公司的委托，四川省永坤环境监测有限公司于 2020 年 08 月 13 日按照委托单位要求，对爱齐（四川）医疗设备有限公司工业 X 射线 CT 机搬迁项目建设前，进行了辐射环境现状监测，其监测项目、分析方法及来源见表 8-1。

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

监测项目	监测方法	方法来源
X- γ 辐射剂量率	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》	GB/T14583-93
	《辐射环境监测技术规范》	HJ/T61-2001

监测使用仪器及环境条件见表 8-2。

表 8-2 监测使用仪器表

监测项目	监测设备			使用环境
	名称及编号	技术指标	检定/校准情况	
环境 X- γ 辐射剂量率	FD-3013B 型 X- γ 辐射剂量当量率仪 编号: YKJC/YQ-02	0.01 μ Sv/h-200 μ Sv/h 60keV~3.0MeV	检定单位: 中国测试技术研究院 检定有效期: 2019.08.29~2020.08.28	符合 仪器 使用 条件

三、质量保证

该公司通过了计量认证，具备完整、有效的质量控制体系。本次监测所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求，均有有效的国家计量部门的合格证

书，并有良好的日常质量控制程序。监测人员均经具有相应资质的单位培训，考核合格持证上岗。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。

四川省永坤环境监测有限公司质量管理体系：

（一）计量认证

从事监测的单位，四川省永坤环境监测有限公司于 2018 年 1 月通过了四川省质量技术监督局的计量认证，证书编号为：182312050067，有效期至 2024 年 1 月 28 日。

（二）仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

（三）记录与报告

①数据记录制度；②报告质量控制。监测人员均经具有相应资质的部门培训，考核合格持证上岗。

四、监测结果

本项目周围 X- γ 辐射剂量率背景值为 0.09~0.12 μ Sv/h，在普通生活环境状态下，辐射环境权重因子按 1 进行考虑，则拟建场所内 X- γ 辐射剂量率背景值为 90~120nGy/h，根据四川省生态环境厅发布《2019 年四川省生态环境状况公报》（2020 年 6 月），本项目拟建区域内空气吸收剂量率水平与全省 29 个电离辐射环境监测自动站测得的 γ 辐射空气吸收剂量率（小时平均值）范围（76.8~163nGy）基本一致，属于正常天然本底辐射水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期

本项目使用自屏蔽式一体化工业 X 射线 CT 机，施工期主要为项目搬迁过程中产生的包装材料、车辆噪声及搬运人员产生的少量清洁废水。

项目搬迁过程中产生的材料、车辆噪声及搬运人员产生的少量清洁废水，均依托建设单位现有的设施进行处理，项目搬迁工期很短，搬迁结束，对环境的影响也随之消除，不会对周围环境带来不良影响。

项目工业 X 射线 CT 机在搬迁过程中，须由建设单位专人护送，确保射线装置在运输途中的安全。

二、运营期

(一) 工作原理

CT 是计算机断层成像技术的简称，它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。

工业 X 射线 CT 机基本工作原理为：X 射线管中的电子束轰击阳极靶产生 X 射线，经准直器准直后，窄束 X 射线射向工件进行分层扫描，X 射线与探测器分别位于工件两侧的相对位置，检测时 X 射线束从各个方向对被测工件的断面进行扫描，位于对侧相对位置的探测器接收透过断面的 X 射线，然后将这些 X 射线信息转变为电信号，再由模拟/数字转换器转换为数字信号输入计算机进行处理，最后由图像显示器用不同等级的灰度等级显示出来。由于被测工件不同部位及缺陷处的原子序数及密度等均会有差异，因此 X 射线在穿过被测工件时的减弱也会有不同，工业 X 射线 CT 机可给出工件任一平面层的图像，可以发现平面内任何方向分布的缺陷，具有不重叠、层次分明、对比度高和分辨率高等特点，可准确定位缺陷的位置和性质。

(二) 设备组成

工业 X 射线 CT 机有三个主要组成部分：数据采集系统，计算机及图像重建系统，图像显示、记录和存储系统，参见图 9-1、表 9-1。

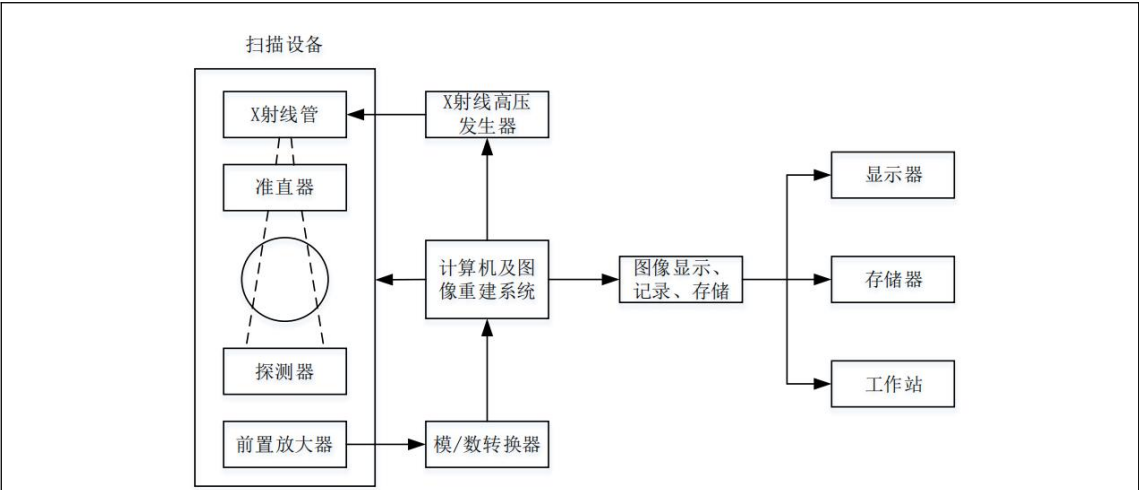


图 9-1 工业 X 射线 CT 机系统组成图

表 9-1 工业 X 射线 CT 机主要设备组成表

系统	设备	作用
数据采集系统	X 射线管	电子束轰击阳极靶产生 X 射线
	准直器	对 X 射线束进行导向和整形
	探测器	将 X 射线信号转变为电信
	模/数（A/D）转换器	将探测器采集的模拟电信号转换为计算机所能识别的数字信号
	高压发生器	为 X 射线管提供高
计算机及图像重建系统	中央控制器	负责控制整个系统的运行，包括支架运动、X 射线的产生、数据的产生、收集及各部件间的信息交换
	陈列处理器	负责图像
图像显示、记录 and 存储系统	显示器	显示重建的图
	存储器	存储图
	输出设备	打印图像或洗

（三）工艺流程及产污环节

在进行 X 射线检测工作时，首先启动 CT 机，开机预热，检测人员将牙模固定于工业 X 射线 CT 机的托盘或支架上，然后关好屏蔽门，在操作台前按规程操作 CT 机，先根据牙模的具体情况将 X 射线装置的参数调至最佳状态，然后开始对牙模进行检测。检测时 X 射线装置机头位置不变，X 射线照射方向不变，固定牙模的托盘或支架旋转，从而完成对牙模的逐层断层扫描，此时才产生 X 射线和少量臭氧。每次扫描 2 个牙模，扫描时间约 50 秒，检测完成后对检测结果进行分析。检测结束后，系统自动关闭 X 射线装置，检测人员取出牙模，继续进行下一对牙模的检测工作。

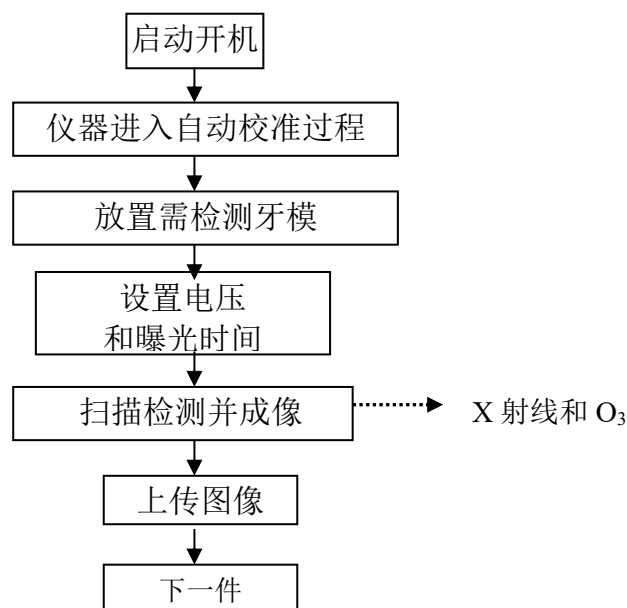


图 9-2 工业 X 射线 CT 机工艺流程及产物环节图

由上图 9-2 可知，本项目所使用工业 X 射线 CT 机运营中产生的主要污染为扫描检测过程中产生的 X 射线、臭氧。

（四）检测工况分析

1、工业 X 射线 CT 机工况分析

公司将天府国际口腔孵化园 D 栋一层订单获取室内 2 套工业 X 射线 CT 机搬迁至新基地 OA 实验室内，主要用于公司生产的牙模检测，受检产品的厚度范围为 5mm~30mm。检测操作时实际常用电压小于 160kV，电流小于 1mA，检测人员在操作台进行曝光操作。

根据建设单位提供数据，每一次在托盘上放置 2 个牙模，每次扫描时间约 50 秒，每天最大扫描数量 1100 个，每周工作 5 天，则 CT 机周总曝光扫描时间约 38.2h，则每台周曝光时间为 19.1h，每台年曝光时间为 955h，年最大曝光扫描时间约 1910 小时。

2、污染源项描述

营运期产生的主要污染物为：①工业 X 射线 CT 机曝光检测时产生的 X 射线；②CT 机机柜内 X 射线扫描检测过程中产生的臭氧；③项目运行过程中，检测工作人员产生的少量生活垃圾和生活废水。

表 10 辐射安全与防护

一、辐射工作场所两区划分

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可和实体屏蔽（包括门锁和连锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的制定区域。在监督区入口处的合适位置张贴电离辐射警示标记；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

本次环评中根据国际放射防护委员会对控制区和监督区的定义，结合各项目辐射防护和环境情况特点，将工业 X 射线 CT 机铅屏蔽体内作为控制区，工业 X 射线 CT 机操作位及设备实体边界 1m 范围内的区域划为监督区。本项目两区划分情况见表 10-1，两区划分示意图见图 10-1。

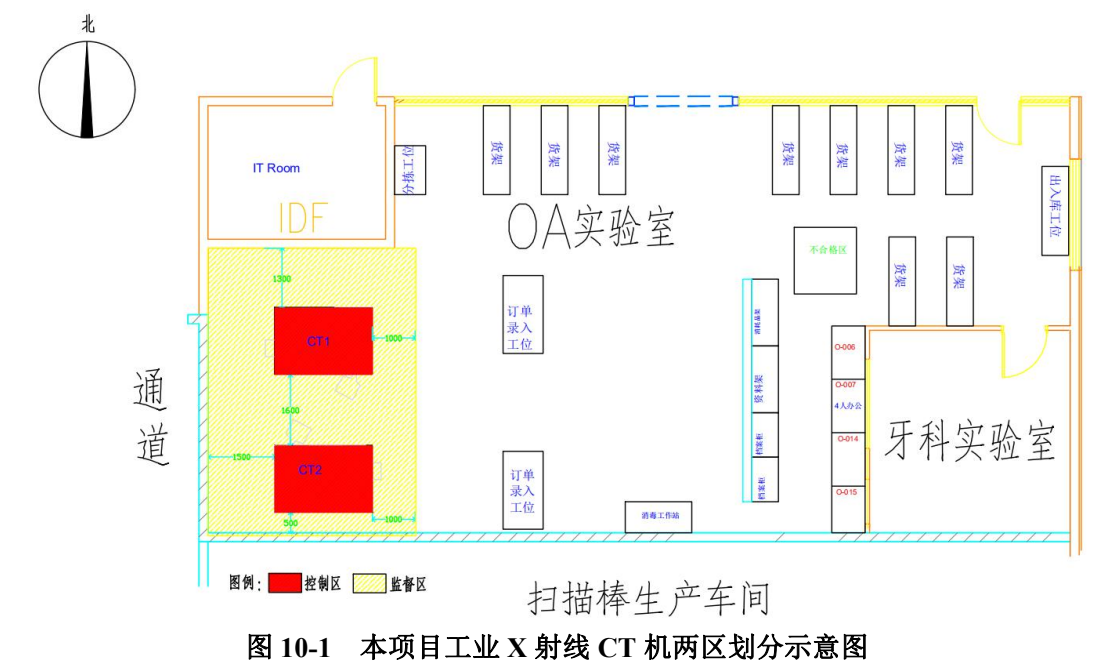


表 10-1 本项目辐射工作场所两区划分情况

项目	控制区	监督区
工业 X 射线 CT 机搬迁项目	工业 X 射线 CT 机铅屏蔽体内	OA 实验室西南侧工业 X 射线 CT 机东侧 1m 范围内的区域

备注：控制区内禁止外来人员进入，职业工作人员在进行日常工作时尽量不要在控制区内停留，以减少不必要的照射。监督区范围内应限制无关人员进入。

三、辐射防护情况分析

（一）实体防护情况

1、工业 X 射线 CT 机的实体防护情况

检测系统内左侧主射方向屏蔽层厚度为 14mm 铅当量，前、后、右侧非主射方向屏蔽层厚度为 8.5mm 铅当量，进件推拉门及观察窗为 10mm 铅当量，检测系统顶部和底部屏蔽层厚度为 8mm 铅。设备自带摄像头，可以看到内部缺陷检测情况，并将检测结果直接上传到制程系统中，其外观如下图 10-2 所示。



图 10-2 工业 X 射线 CT 机外观图

（二）固有安全性分析

（1）开机时系统自检：开机后控制器首先进行系统诊断测试，若诊断测试正常，则可进行曝光；若诊断出故障，则显示出故障代码，提醒用户关闭电源，与厂家联系并维修。

（2）当发生异常情况后，控制器自动切断 X 射线发生器的高压。在曝光阶段出线任何故障，控制器都将立即切断 X 射线发生器的高压，蜂鸣器会持续响，

提醒操作人员发生了故障。

(3) 当曝光阶段正常结束后，系统将自动切断高压，进入休息阶段。

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

(5) 冷却循环系统继电器、温度继电器及进件门开关的触点均为串联，在正常时均接通；若有一个没接通，不能达到高压。

(6) X 光机开关由软件控制，管电压与管电流由软件设定，控制器自动稳定管电压和管电流。有铅玻璃，能够在提供观察和送物料用窗口的同时有效保护操作人员。

(7) 本项目工业 X 射线 CT 机自带门灯、门机联锁和紧急止动装置，且 CT 机具有专人管理控制，能有效保护检测人员，降低辐射风险。

因此，建设单位使用的工业 X 射线 CT 机，固有安全性较高，能有效控制辐射照射事故风险的发生。

(三) 安全联锁及紧急止动

(1) 门机联锁

本项目 2 套工业 X 射线 CT 机的操作系统装有安全连锁。当铅玻璃门打开时，X 射线处于不能出束的状态。

(2) 门灯联锁

在工业 X 射线 CT 机顶部安装有显示工作状态的警示灯，并与门联锁，工作状态指示灯显示正在进行扫描作业时，进件门无法打开，防止扫描作业期间人员手部误入发生辐射事故。2 套工业 X 射线 CT 机在 X 射线出束过程中，报警灯均会持续闪烁红光。

以上安全联锁装置可有效的保护操作人员和公众，避免因人为误入造成辐射安全事故。

(3) 紧急止动装置

本项目 2 套工业 X 射线 CT 机均设置有紧急停止按钮（均位于电脑显示屏下方），在发生意外时，按下紧急止动按钮可立即切断高压电源，工业 X 射线

CT 机停止出束。

(4) 专人控制

配置便携式 X-γ 辐射剂量监测仪，该监测仪与射线检测系统安全钥匙控制钥匙均由专人保管。

(四) 其他辐射防护措施

(1) 警示标志与状态显示

本项目 2 套工业 X 射线 CT 机操作位均设置了电离辐射警告标志。

(2) 报警装置

本项目 2 套工业 X 射线 CT 机均设计有光报警装置，在扫描检测作业工作过程中正常运行，具有光报警功能，提醒检测工作人员注意防护。

(3) 视频监控装置

本项目 2 套工业 X 射线 CT 机内装有监控装置，而且进件门上设有铅玻璃窗，辐射工作人员通过铅窗看到工业 X 射线 CT 机内的情况，也可以通过电脑显示器看到受检牙模的具体情况。

(4) 个人剂量检测装置

辐射工作人员需配置个人剂量计，人均两个，一用一备，辐射工作人员检测作业期间必须佩戴个人剂量计，同时佩戴个人剂量报警仪。

(5) 通排风系统

由于检测工件采用打开进件门直接放置于 CT 机机柜内部的置物架上，人员不能进入检测区域，设备自带通排风扇，也可打开进件门进行通风换气，故本项目 2 套工业 X 射线 CT 机所在地未设置专门的通风设施。

(6) 电缆进出口

工业 X 射线 CT 机电缆线管的洞口，是屏蔽结构的薄弱处。为了减少检测作业 X 射线的泄漏，本项目 2 套工业 X 射线 CT 机均为整体柜机，电缆出线口位于仪器后方的左下角，电缆线穿越口配置专用的铅罩进行屏蔽。

(7) 双锁控制

在工业 X 射线 CT 机控制台旁设置有安全钥匙控制开关；在检测系统右侧，设置有主电源开关，设置挂锁。两个开关必须全部打开，设备才能运行开机运行。



图 10-3 工业 X 射线 CT 机双锁安全示意图

五、环保投资

为了保证扫描检测工作安全持续开展，根据原国家环保部[环发〔2007〕8号]和《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》的相关要求，公司需要投入一定的资金来建设必要的环保设施，配备相应的监测仪器和防护用品，本项目环保投资估算见表 10-2。

表 10-2 环保设施及投资估算一览表

项目	环保设施	数量(套/个)	投资金额(万元)	备注
工业 X 射线 CT 机辐射安全设施	整体铅屏蔽体（前、后、右侧 8.5mm 铅当量，左侧（主射方向）14mm 铅当量，进料门及观察窗 10mm 铅当量，顶部、底部均为 8mm 铅当量）	2 套	仪器自带	已有
	固定的电离辐射警告标志	2 套		已有
	工作状态指示灯、声音警示	2 套		已有
	紧急停机按钮	2 套		已有
	摄像监控系统	2 个		已有
	门机联锁系统	2 套		已有
其他	个人剂量计	7 套	XX	已有 5 套，需增加 2 套
	个人剂量报警仪	6 台	XX	现有 2 台，需增加 4 台
	便携式 X-γ辐射剂量仪	1 台	/	已配置
	辐射安全与防护学习及考核	/	XX	需考核
合计		/	XX	/

本项目总投资 XX 万元，其中环保投资 XX 万元，占总投资的 XX%。今后公司在项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合公司实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。同时建设单位应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

三废的治理

X 射线与空气中的氧气作用产生少量臭氧和氮氧化合物，其中由于氮氧化物的产率仅为臭氧产率的十分之一，同时国家对空气中臭氧浓度的标准严于氮氧化物，因此项目主要产生的废气污染物为臭氧。

由于检测工件采用直接打开进件门放置于仪器内部的置物台上的方式，检测人员不会进入 CT 机内，本项目 2 套工业 X 射线 CT 机的实际使用管电流、管电压很小，产生的臭氧也较少，排入 OA 实验室内的浓度更低，且 OA 实验室内具有通排风和空调通风系统，因此建设单位未设置专用通排风管道牵引系统，**长时间曝光检测操作后，应打开进件门进行通风换气。**

本项目检测人员产生的少量生活垃圾和生活废水已经纳入爱齐（四川）医疗设备有限公司中国牙谷爱齐口腔医疗设备生产基地（一期）建设项目环境影响报告表，参考该环评报告和批复的要求进行处理，本项目不产生废胶片、废显影液、废定影液。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目使用自屏蔽式一体化工业 X 射线 CT 机，施工期主要为项目搬迁过程对周围环境的影响，搬迁工期很短，随搬迁结束，对周围环境的影响消除，因此，不会对周围环境造成明显的影响。

运行阶段对环境的影响

一、运行阶段对环境的影响

工业X射线CT机运行阶段主要环境影响为CT机工作时发射的X射线和臭氧对周围环境产生的影响，工业X射线CT机使用过程中不产生废水、固体废物。

1、射线装置概况

本项目X射线CT机的型号为Phoenix v|tome|x S型，设备基本工作参数见11-1。

表 11-1 射线装置工作参数

设备型号	Phoenix v tome x S型工业X射线CT机
最大管电压，kV	240
最大管电流，mA	3
每次检测X射线的出射时间，秒/次	50
每个工件的检测次数，次/个	2
每天每套检测工件的个数，个/日	1100
年工作天数，天/a	250
每年单台照射时间，h/a	955
每年总照射时间，h/a	1910
最大扫描区	420mm×135mm
主射方向	定向

2、曝光腔屏蔽厚度合理性分析

(1) 有用线束屏蔽厚度核算

有用线束屏蔽透射因子B₁，参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范（GBZT250- 2014）》由式11-1和式11-2计算。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_C}{t \bullet U} \dots\dots\dots \text{(式11-1)}$$

$$B_l = \frac{\dot{H} \cdot R^2}{I \cdot H_0} \dots\dots\dots \text{(式11-2)}$$

式中：

$\dot{H}$ —剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZT250-2014），与 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 相比较取小值；

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

U—探伤装置向关注点照射的使用因子，本项目取1；

t—工业X射线CT机周照射时间，19.1h；

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最大管电流，3mA；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m处输出量， $\mu\text{Sv.m}^2 / (\text{mA.min})$ ，根据厂家提供的数据，本项目为 $8.9\text{mGy.m}^2 / (\text{mA.min})$ 。

对于估算出的屏蔽透射因子 B_l ，所需的屏蔽物质厚度X按式11-3计算。

$$X = -TVL \cdot \lg B_l \dots\dots\dots \text{(式11-3)}$$

式中：

TVL —见《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZT250-2014）附录表B.2；

B_l —达到剂量率参考控制水平 $\dot{H}$ 时所需的屏蔽透射因子。

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZT250-2014）附录B.1的曲线查出相应的屏蔽物质厚度，主照面有用线束辐射屏蔽参数及计算结果见表11-2。

表11-2 有用线束辐射屏蔽厚度（铅当量）计算参数及结果表

关注点参数及结果	受照者类型	剂量率参考控制水平($\mu\text{SV/h}$)	辐射源点(靶点)至关注点的距离(m)	屏蔽透射因子	理论计算屏蔽厚度(mm)	实际设计厚度(mm)
主射方向表面(操作台左侧)	公众	2.5	1	1.63×10^{-7}	9.50	14

由表11-2可知，X射线CT机主射方向屏蔽体设计厚度大于理论计算屏蔽体厚度。

（2）漏射辐射屏蔽厚度核算

本项目使用工业X射线CT机额定管电压为240kV，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZT250-2014），当X射线管电压大于200kV时，距离靶点1m

处漏射辐射剂量率为 $5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ ；漏射辐射屏蔽射线因子根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZT250-2014）由式11-4和式11-5计算。

$$\dot{H}=\frac{\dot{H}_c}{t\bullet U\bullet T}\cdots\cdots\cdots\text{(式11-4)}$$

$$B_2=\frac{\dot{H}\bullet R^2}{\dot{H}_L}\cdots\cdots\cdots\text{(式11-5)}$$

式中：

- $\dot{H}_c$ —周剂量参考控制水平， $100\mu\text{Sv/周}$ ；
- U —探伤装置向关注点照射的使用因子，本项目取1；
- T —人员在相应关注点驻留的居留因子；
- t —工业X射线CT机周照射时间， 19.1h ；
- B_2 —屏蔽透射因子；
- $\dot{H}$ —剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZT250-2014），与 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 相比较取小值；
- R —辐射源点（靶点）至关注点的距离， m ；
- $\dot{H}_L$ —距离靶点 1m 处X射线管组装的漏射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZT250-2014），本项目取 $5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ 。

CT机前侧、右侧、后面、顶部漏射辐射屏蔽参数选取及计算结果见表11-3。

表11-3 漏射辐射屏蔽厚度（铅当量）计算参数表

序号	关注点参数及结果	居留因子	受照者类型	剂量率参考控制水平（ $\mu\text{SV/h}$ ）	靶点至关注点的距离（ m ）	屏蔽透射因子	理论计算屏蔽厚度（ mm ）	实际设计厚度（ mm ）
1	X射线CT机顶部上方30cm处	1/4	职业	2.5	1.3	7.08×10^{-3}	3.01	8
2	X射线CT机进件门30cm处	1	职业	2.5	1.3	1.77×10^{-3}	3.85	10
3	X射线机前检修门30cm处	1	职业	2.5	1.5	2.36×10^{-3}	3.68	8.5
4	X射线CT机右侧表面30cm处	1	职业	2.5	1.8	3.39×10^{-3}	3.46	8.5
5	X射线CT机后侧表面30cm处	1	职业	2.5	1.1	1.27×10^{-3}	4.06	8.5

（3）结果分析

从表11-2和表11-3中可知，通过理论计算，理论计算厚度均小于本项目CT机实际设计厚度，能满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中屏蔽体表面30cm处，辐射剂量率不大于2.5μSV/h的规定。

二、运营期正常工况环境影响分析

1、辐射环境影响分析

（1）理论预测

本项目工业X射线CT机自屏蔽体周围均有铅进行屏蔽，对周围关注点辐射影响主要有有用线束、漏射辐射、散射辐射的综合影响。2台工业X射线CT机同时工作时，均受到另一台CT机的影响，各个关注点存在剂量叠加。因此，本项目使用工业X射线CT机周围各个关注点预测，均按照保护目标最近的一台CT机、年总曝光时间进行估算。根据辐射剂量率与距离的平方成反比，因此，本项目中只对距离工业X射线CT机较近的各个关注点进行预测计算。

①有用线束影响

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZT250-2014）图B.1查得，14mmPb铅板有用线束屏蔽因子 B_3 为 1.0×10^{-8} 。由式11-6和11-7计算有用线束辐射影响。

$$\dot{H}_{有} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B_3}{R^2} \dots\dots\dots \text{（式11-6）}$$

$$H = \dot{H}_{有} \cdot t \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots \text{（式11-7）}$$

式中：

I—最大管电流，取3mA；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m处输出量，μSv.m²/（mA.min），根据厂家提供的数据，本项目为8.9mGy.m²/（mA.min）；

B_3 —有用线束屏蔽透射因子；

R—参考点离靶点的距离，m；

T—人员在相应关注点驻留的居留因子；

t—年受照射时间，工业X射线CT机出束时间取1910h。

工业X射线CT机有用线束致各关注点辐射年照射剂量计算结果见下表：

表11-4 有用线束所致关注点受照剂量计算结果

关注点位置	靶点至预测点的距离(m)	屏蔽透射因子	预测点剂量率(μSv/h)	居留因子	受照者类型	年受照射剂量(mSv/a)
主射线方向表面(操作位左侧)	1.0	1.0×10^{-8}	4.81×10^{-1}	1	职业	7.65×10^{-3}
OA实验室西侧通道	2.3	3×10^{-7}	9.09×10^{-2}	1/4	公众	1.45×10^{-3}
东侧订单录入位	3.6	3×10^{-7}	3.71×10^{-2}	1/4	公众	5.90×10^{-4}
OA实验室办公区	10	3×10^{-7}	4.81×10^{-3}	1/4	公众	7.65×10^{-5}
牙科实验室	11.5	3×10^{-7}	3.63×10^{-3}	1/4	公众	5.78×10^{-5}

②散射影响分析

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)，由式11-13和11-14计算散射辐射影响。

$$\dot{H}_{散} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B_4}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots (式 11-13)$$

$$H = \dot{H}_{散} \cdot t \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (式11-14)$$

式中：

$\dot{H}_{散}$ —预测点散射辐射剂量率(μSv/h)；

I—最大管电流，取3mA；

H₀—距辐射源点(靶点)1m处输出量，μSv.m²/(mA.min)，根据厂家提供的数据，本项目为8.9mGy.m²/(mA.min)；

B₄—屏蔽透射因子，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZT250-2014)图B.1查得；

F—R₀处的辐射野面积，0.057m²；

α—散射因子，取1.9×10⁻³，本次评价保守取90°散射因子；

R_s—散射体至关注点的距离，m；

R₀—靶点至扫描牙模的距离，取0.3m。

各参数取值及散射体至各个关注点散射辐射年照射剂量率计算结果见表11-5。

表11-5 各参数及所致各关注点散射受照剂量预测结果

关注点位置	受照者类型	散射体至关注点的距离(m)	屏蔽透射因子	预测点散射剂量率($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	年受照剂量(mSv/a)
CT主射线方向表面 (操作位左侧)	职业	0.7	1.0×10^{-8}	3.93×10^{-5}	1	7.51×10^{-5}
X射线CT1机顶部上方 30cm处	职业	1.3	6.0×10^{-7}	6.84×10^{-4}	1/4	3.27×10^{-4}
X射线CT1机进件门 30cm处	职业	1.3	1.0×10^{-7}	1.14×10^{-4}	1	2.18×10^{-4}
X射线CT1机前检修门 30cm处	职业	1.3	3.0×10^{-7}	3.42×10^{-4}	1	6.53×10^{-4}
X射线CT1机右侧表面 30cm处	职业	2.1	3.0×10^{-7}	1.31×10^{-4}	1	2.50×10^{-5}
X射线CT1机后侧表面 30cm处	职业	1.1	3.0×10^{-7}	4.78×10^{-4}	1	9.13×10^{-4}
CT1操作位	职业	1.8	3.0×10^{-7}	1.78×10^{-4}	1	3.40×10^{-4}
CT2操作位	职业	2.0	3.0×10^{-7}	1.45×10^{-4}	1	2.77×10^{-4}
订单录入工位	公众	3.3	1.0×10^{-8}	1.77×10^{-6}	1/4	8.45×10^{-7}
文件扫描工位	职业	1.5	3.0×10^{-7}	2.57×10^{-4}	1/4	1.23×10^{-4}
IT room	公众	2.5	3.0×10^{-7}	9.25×10^{-5}	1/4	4.42×10^{-5}
OA实验室西侧通道	公众	3.8	3.0×10^{-7}	4.01×10^{-5}	1/4	1.91×10^{-5}
扫描棒生产车间	公众	1.8	3.0×10^{-7}	1.78×10^{-4}	1/4	8.50×10^{-5}

③漏射的影响分析

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014),当X射线管电压大于200kV时,距离靶点1m处漏射辐射剂量率为 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$;漏射辐射屏蔽射线因子根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)由式11-11、式11-12计算。

$$H = \frac{\dot{H}_L \cdot B_5}{R^2} \dots\dots\dots \text{(式11-11)}$$

$$B_5 = 10^{-X/TVL} \dots\dots\dots \text{(式11-12)}$$

式中:

$\dot{H}_L$ —距离靶点1m处X射线管组装体的漏射辐射剂量率,本项目取 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$;

R—辐射源点(靶点)至关注点的距离, m;

X—屏蔽物质厚度，与TVL取相同单位；

TVL —见《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZT250-2014）附录表B.2；

B5—透射屏蔽因子。

本项目参数取值及各个关注点漏射辐射年照射剂量率计算结果见表11-6。

表11-6 各参数及所致各关注点漏射受照剂量预测结果

关注点位置	受照者类型	靶点至预测点的距离 (m)	屏蔽透射因子	预测点漏射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	年受照剂量 (mSv/a)
X射线CT机顶部上方30cm处	职业	1.3	1.93×10^{-6}	5.71×10^{-3}	1/4	2.73×10^{-3}
X射线CT机进件门30cm处	职业	1.3	7.20×10^{-8}	2.13×10^{-4}	1	4.07×10^{-4}
X射线机前检修门30cm处	职业	1.3	8.48×10^{-7}	2.51×10^{-3}	1	4.79×10^{-3}
X射线CT机右侧表面30cm处	职业	1.8	8.48×10^{-7}	1.31×10^{-3}	1	2.50×10^{-3}
X射线CT机后侧表面30cm处	职业	1.1	8.48×10^{-7}	3.50×10^{-3}	1	6.69×10^{-3}
CT1操作位	职业	1.8	8.48×10^{-7}	1.31×10^{-3}	1	2.50×10^{-4}
CT2操作位	职业	2.0	8.48×10^{-7}	1.06×10^{-3}	1	2.02×10^{-3}
文件扫描工位	职业	1.5	8.48×10^{-7}	1.88×10^{-3}	1/4	8.98×10^{-4}
IT room	公众	2.5	8.48×10^{-7}	6.78×10^{-4}	1/4	3.24×10^{-4}
分拣工位	公众	4.4	8.48×10^{-7}	2.19×10^{-4}	1/4	1.05×10^{-4}
订单录入工位	公众	4.7	8.48×10^{-7}	1.92×10^{-4}	1/4	9.17×10^{-5}
消毒工作站	公众	8.0	8.48×10^{-7}	6.63×10^{-5}	1/4	3.17×10^{-5}
OA实验室办公区	公众	12	8.48×10^{-7}	2.94×10^{-5}	1/4	1.40×10^{-5}
牙科实验室	公众	13	8.48×10^{-7}	2.51×10^{-5}	1/4	1.20×10^{-5}
扫描棒生产车间	公众	1.8	8.48×10^{-7}	1.31×10^{-3}	1/4	6.26×10^{-4}
OA实验室西侧通道	公众	3.5	8.48×10^{-7}	3.46×10^{-4}	1/4	1.65×10^{-4}

③对关注点的综合分析

在2台工业X射线CT机同时投用后，各关注点均受到有用射线束、散射、漏射线的叠加影响。经叠加后，有用线束照射范围内关注点年照射剂量和非主射方向的职业人员和公众受照最大剂量见下表11-7。

表11-7 本项目铅房关注点处年照射剂量计算结果表					
关注点参数及结果	受照者类型	年受有用线束照射剂量 (mSv/a)	年受散射辐射照射剂量 (mSv/a)	年受漏射辐射剂量 (mSv/a)	年受照射剂量 (mSv/a)
CT主射线方向表面（操作位左侧）	职业照射	7.65×10^{-3}	7.51×10^{-5}	/	7.73×10^{-3}
X射线CT机顶部上方30cm处	职业照射	/	3.27×10^{-4}	2.73×10^{-3}	3.06×10^{-3}
X射线CT机进件门30cm处	职业照射	/	2.18×10^{-4}	4.07×10^{-4}	6.25×10^{-4}
X射线CT机前检修门30cm处	职业照射	/	6.53×10^{-4}	4.79×10^{-3}	5.44×10^{-3}
X射线CT机右侧表面30cm处	职业照射	/	2.50×10^{-5}	2.50×10^{-3}	2.53×10^{-3}
X射线CT机后侧表面30cm处	职业照射	/	9.13×10^{-4}	6.69×10^{-3}	7.60×10^{-3}
CT1操作位	职业照射	/	3.40×10^{-4}	2.50×10^{-4}	5.90×10^{-4}
CT2操作位	职业照射	/	2.77×10^{-4}	2.02×10^{-3}	2.30×10^{-3}
订单录入工位	公众照射	5.90×10^{-4}	8.45×10^{-7}	9.17×10^{-5}	6.82×10^{-4}
文件扫描工位	职业照射	/	1.23×10^{-4}	8.98×10^{-4}	1.02×10^{-3}
IT room	公众照射	/	4.42×10^{-5}	3.24×10^{-4}	3.68×10^{-4}
扫描棒生产车间	公众照射	/	8.50×10^{-5}	6.26×10^{-4}	7.11×10^{-4}
消毒工作站	公众照射	/	/	3.17×10^{-5}	3.17×10^{-5}
OA实验室办公区	公众照射	7.65×10^{-5}	/	1.40×10^{-5}	9.05×10^{-5}
牙科实验室	公众照射	5.78×10^{-5}	/	1.20×10^{-5}	6.98×10^{-5}
OA实验室西侧通道	公众照射	1.45×10^{-3}	1.91×10^{-5}	1.65×10^{-4}	1.63×10^{-3}

综上，本项目职业人员最大受照射剂量为 7.73×10^{-3} mSv/a，本项目公众最大受照射剂量为 7.09×10^{-4} mSv/a，均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871 -2002）规定的职业人员20mSv/a剂量限值，公众1mSv/a剂量限值，也低于本次评价确定的职业人员5mSv/a，公众0.1mSv/a的剂量约束限值。

(2) 类比分析

1) 类比可行性分析

本次类比选用该单位原有位于天府国际口腔孵化园内 D 栋订单获取室内的工业 X 射线 CT 机进行类比，因本项目使用的工业 X 射线 CT 机与类比所用的工业 X 射线 CT 机为相同的设备。因此，将建设单位原有的工业 X 射线 CT 机作为类比射线装置是可行的。

2) 监测单位、监测内容和监测条件

本次类比监测单位为四川省地质矿产勘查开发局成都综合岩矿测试中心（国土资源部成都岩产资源监督检测中心），监测时间为2019年5月15日，监测内容为环境X-γ辐射剂量率，具体监测工况见表11-8。

表 11-8 类比射线装置监测期间监测工况

装置名称	规格型号	类别	场所	额定参数	监测参数
工业X射线CT1	phoenix v tome x S	II	订单获取室	240kV; 3mA	200kV; 2mA
工业X射线CT2	phoenix v tome x S	II	订单获取室	240kV; 3mA	200kV; 2mA

3) 监测结果

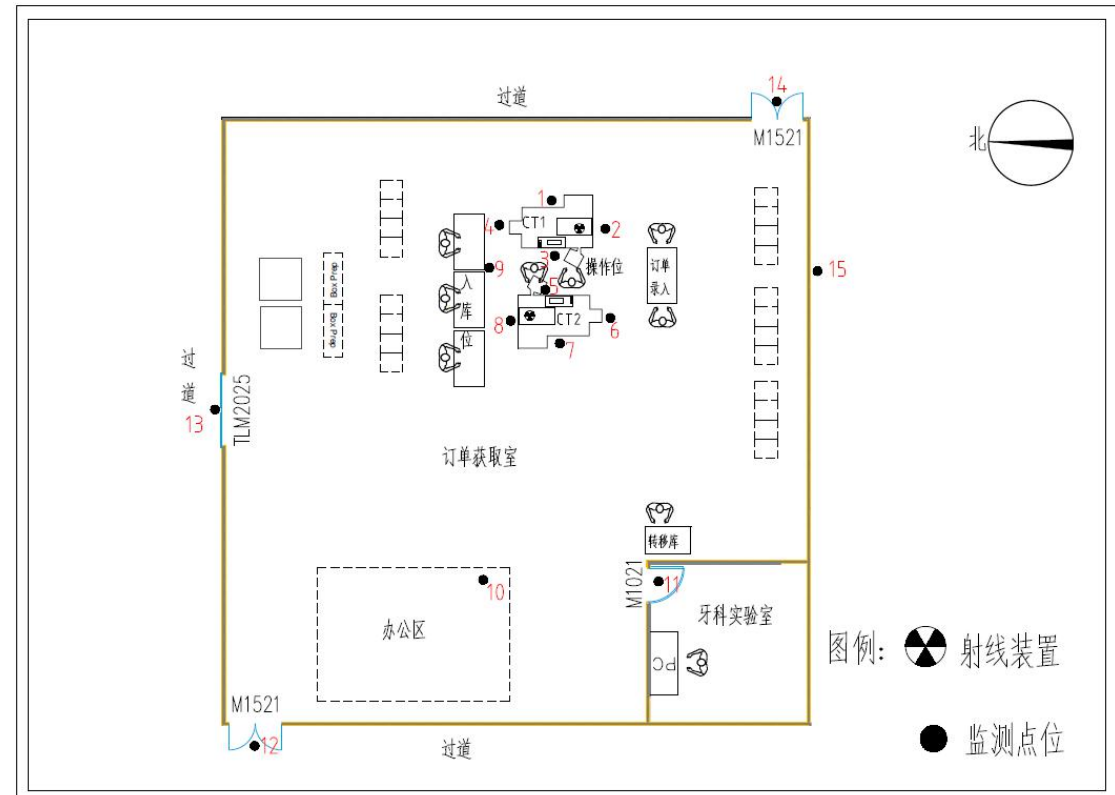


图 11-1 X-γ辐射剂量监测布点图

表11-9 使用工业X 射线CT机项目辐射环境监测结果

单位: $\mu\text{Sv/h}$

点位	监测位置	未开机		开机曝光	
		平均值	标准差	平均值	标准差
1	CT1 东侧外壁（距壁 30cm）	0.07	0.02	0.08	0.02
2	CT1 南侧外壁（距壁 30cm）	0.08	0.01	0.08	0.02
3	CT1 操作位	0.08	0.02	0.08	0.02
4	CT1 北侧外壁（距壁 30cm）	0.06	0.01	0.09	0.01
5	CT2 操作位	0.06	0.02	0.07	0.02
6	CT2 南侧外壁（距壁 30cm）	0.06	0.01	0.07	0.02
7	CT2 西侧外壁（距壁 30cm）	0.08	0.02	0.10	0.02
8	CT2 北侧外壁（距壁 30cm）	0.09	0.02	0.09	0.02
9	入库操作区	0.08	0.02	0.09	0.02
10	办公区（距边界 30cm）	0.07	0.02	0.08	0.01
11	牙科实验室门外（距门 30cm）	0.06	0.01	0.06	0.01
12	西北侧门外（距门 30cm）	0.07	0.02	0.06	0.01
13	北侧门外（距门 30cm）	0.07	0.02	0.08	0.02
14	东南侧门外（距壁 30cm）	0.06	0.03	0.07	0.02
15	南侧测试区	0.07	0.01	0.07	0.01

由表 11-9 可知,该公司使用的工业 X 射线 CT 机屏蔽体外 30cm 处剂量率最大为 $0.10\mu\text{Sv/h}$, 低于《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZT250-2014)中规定的屏蔽体外 30cm 处剂量率不得大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的规定;且根据四川省生态环境厅发布《2019 年四川省生态环境状况公报》(2020 年 6 月),本项目两台 X 射线 CT 机运行时与全省 29 个电离辐射环境监测自动站测得的 γ 辐射空气吸收剂量率(小时平均值)范围(76.8~163nGy)基本一致。在屏蔽体周围,开机曝光后与未开机曝光时的辐射环境剂量率无明显差异。

4) 辐射影响分析

根据类比监测数据,对应本项目各相关点位剂量率,可以得出本项目所致年受照剂量,见表 11-10。

表 11-10 本项目 CT 机所致关注点保护目标年有效剂量

序号	本项目机房关注点位	类比监测点位	对应空气吸收剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	年工作时间 (h)	照射类型	年有效剂量 (mSv/a)
1	CT主射线方向表面（操作位左侧）	CT1北侧外壁（距壁30cm）	0.08	1	1910	职业照射	1.53×10^{-1}
2	X射线CT机进件门30cm处	CT2西侧外壁（距壁30cm）	0.10	1	1910	职业照射	1.91×10^{-1}
3	X射线CT机前检修门30cm处	CT2西侧外壁（距壁30cm）	0.10	1	1910	职业照射	1.91×10^{-1}
4	X射线CT机右侧表面30cm处	CT1南侧外壁（距壁30cm）	0.08	1	1910	职业照射	1.53×10^{-1}
5	X射线CT机后侧表面30cm处	CT1东侧外壁（距壁30cm）	0.08	1	1910	职业照射	1.53×10^{-1}
6	CT1操作位	CT1操作位	0.08	1	1910	职业照射	1.53×10^{-1}
7	CT2操作位	CT1操作位	0.08	1	1910	职业照射	1.53×10^{-1}
8	订单录入工位	入库操作区	0.09	1/4	1910	公众照射	4.30×10^{-2}
9	文件扫描工位	CT2操作位	0.07	1/4	1910	职业照射	3.34×10^{-2}
10	IT room	CT2西侧外壁（距壁30cm）	0.10	1/4	1910	公众照射	4.78×10^{-2}
11	扫描棒生产车间	办公区（距边界30cm）	0.08	1/4	1910	公众照射	3.82×10^{-2}
12	消毒工作站	CT2南侧外壁（距壁30cm）	0.07	1/4	1910	公众照射	3.34×10^{-2}
13	OA实验室办公区	CT2南侧外壁（距壁30cm）	0.07	1/4	1910	公众照射	3.34×10^{-2}
14	牙科实验室	CT2南侧外壁（距壁30cm）	0.07	1/4	1910	公众照射	3.34×10^{-2}
15	OA实验室西侧通道	入库操作区	0.09	1/4	1910	公众照射	4.30×10^{-2}

由表11-10可知，本项目工业X射线CT机周围的各个关注点中，职业人员年最大个人剂量为 $1.91 \times 10^{-1} \text{mSv/a}$ ，公众最大年有效剂量为 $4.78 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，职业照射剂量与公众照射剂量均满足本次评价标准要求。

（3）保护目标受照剂量综合分析

本次评价采用预测值和类比值比较，较大值最为本项目周围保护目标受到的

剂量评价价值，具体见表11-11。

表11-11 本项目周围保护目标最大有效剂量一览表

单位:mSv/a

本项目机房关注点位	理论预测最大 年有效剂量	类比分析年最 大有效剂量	最大年有 效剂量	受照者类 型
CT主射线方向表面 (操作位左侧)	7.73×10^{-3}	1.53×10^{-1}	1.53×10^{-1}	职业照射
X射线CT机进件门 30cm处	6.25×10^{-4}	1.91×10^{-1}	1.91×10^{-1}	职业照射
X射线CT机前检修门 30cm处	5.44×10^{-3}	1.91×10^{-1}	1.91×10^{-1}	职业照射
X射线CT机右侧表面 30cm处	2.53×10^{-3}	1.53×10^{-1}	1.53×10^{-1}	职业照射
X射线CT机后侧表面 30cm处	7.60×10^{-3}	1.53×10^{-1}	1.53×10^{-1}	职业照射
CT1操作位	5.90×10^{-4}	1.53×10^{-1}	1.53×10^{-1}	职业照射
CT2操作位	2.30×10^{-3}	1.53×10^{-1}	1.53×10^{-1}	职业照射
订单录入工位	6.82×10^{-4}	4.30×10^{-2}	4.30×10^{-2}	公众照射
文件扫描工位	1.02×10^{-3}	3.34×10^{-2}	3.34×10^{-2}	职业照射
IT room	3.68×10^{-4}	4.78×10^{-2}	4.78×10^{-2}	公众照射
扫描棒生产车间	7.11×10^{-4}	3.82×10^{-2}	3.82×10^{-2}	公众照射
消毒工作站	3.17×10^{-5}	3.34×10^{-2}	3.34×10^{-2}	公众照射
OA实验室办公区	9.05×10^{-5}	3.34×10^{-2}	3.34×10^{-2}	公众照射
牙科实验室	6.98×10^{-5}	3.34×10^{-2}	3.34×10^{-2}	公众照射
OA实验室西侧通道	1.63×10^{-3}	4.30×10^{-2}	4.30×10^{-2}	公众照射

由表11-11可知，本项目工业X射线CT机周围的各个关注点中，职业人员年最大个人剂量为 1.91×10^{-1} mSv/a，公众最大年有效剂量为 4.78×10^{-2} mSv/a，均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业人员20mSv/a剂量限值，公众1mSv/a剂量限值，也低于本次评价确定的职业人员5mSv/a，公众0.1mSv/a的剂量约束限值。

此外，本项目在曝光检测时，项目周围辐射剂量率与环境本底基本一致；本项目辐射工作人员拟配备6人，生产车间内实行24小时工作制度，实行3班轮流工作，且在实际检测工作过程中，实际管电压和管电流均低于额定管电压和管电流。因此，本项目周围的保护目标受到的辐射剂量照射更低。

三、臭氧环境影响分析

臭氧产额的计算公式为：

$$Q_0 = 6.5 \times 10^{-3} G \bullet S_0 \bullet R \bullet g \dots\dots\dots \text{(式 11-13)}$$

式中：

Q_0 ：臭氧产额，mg/h；

G ：离辐射源 1m 处的辐射剂量率，Gy/h，取值为 2；

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

R ：射束径迹长度，m，本项目中取值为 1；

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

如果无通风且照射时间很长，可以根据以下公式计算本项目X射线检测仪(为密闭空间，内部尺寸为1.5m×1.5m×1.3m)内臭氧的浓度：

$$C = \frac{Qt_d}{V} \dots\dots\dots \text{(式 11-14)}$$

式中：

C ：室内臭氧平衡浓度， mg/m^3 ；

Q ：臭氧产额，mg/h；

V ：室内体积， m^3 ；

t_d ：臭氧分解时间，h（0.83）。

根据以上公式可计算出工业 X 射线 CT 机柜体内 O_3 产额为 0.13mg/h， O_3 的平衡浓度为 $3.9 \times 10^{-3} mg/m^3$ ，本项目采用换气系统排入 OA 实验室后，臭氧浓度低于《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）规定的臭氧浓度 0.16mg/ m^3 的标准值；也低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准（0.2mg/ m^3 ）的要求，经过自然分解和稀释，不会对环境空气造成明显影响。

由于本项目 2 套工业 X 射线 CT 机检测工件均采用直接打开进件门放置于机柜内部的置物架上的方式，人员不会进入检测腔内。工业 X 射线 CT 机正常工作时管电流、管电压均远低于理论计算时工况，所以产生的臭氧浓度更低，且 OA 实验室内具有通排风和空调系统，CT 机内的臭氧排入 OA 实验室内，通过自然分解和稀释，不会对室内环境带来明显的影响

事故影响分析

一、事故风险识别

本项目所用工业X射线CT机属于II类射线装置，其风险因子为X射线，按照国务院449号令第四十条关于辐射事故的分级原则，现将项目的风险物质、风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表11-12中。

表11-12 项目的风险因子辐射伤害程度与事故分级

风险因子	辐射伤害程度	事故等级	上报程序
X射线	若工业X射线CT机失控导致人员受超年剂量限值的照射	一般辐射事故	事故发生后2小时内报当地生态环境局
	若X射线探伤机失控，导致9人以下(含9人)局部器官残疾	较大辐射事故	事故发生后2小时内报省生态环境厅和当地生态环境局

根据《实用辐射安全手册》(丛慧玲,北京:原子能出版社,2006.2,P114~115),急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系见表11-13。

表11-13 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/ Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/ Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

二、源项分析及最大可能性事故分析

1、设备操作人员被误照射

1) 事故假设

本项目工业X射线CT机最大可能性事故情景分析如下：①门机联锁装置失效，有人员手伸入检测区域误被误照。②此时，本项工业X射线CT机最大运行参数运行（均为240kV，3mA）。③事故持续时间，保守取一次曝光最大时间30秒。④误入人员手部位于工业X射线CT机出束方向距靶0.5m处，无任何屏蔽措施。

2) 剂量估算

通过计算，可算出主射方向距靶 1m 处的照射量率为 1.60Gy/h，被照射人员

手部在 X 射线 CT 机内主射方向距靶 0.5m 处，受照射 30 秒所受照剂量为 53.4mGy/次。

3)事故后果

在上述事故情景假设条件下，检测人员手部皮肤受到剂量低于 125mSv 年当量剂量约束值，不构成一般辐射事故。

2、检修人员进入工业 X 射线 CT 机中被误照射

1)事故假设

①本项目工业 X 射线 CT 机在维修期间，有关人员进入 CT 机柜体内，在未采取辐射防护措施的情况下，检修人员可能受到 X 射线外照射；②此时，工业 X 射线 CT 机最大运行参数运行（均为 240kV，3mA）；③事故持续时间，保守取一次曝光最大时间 1min；④误入人员在柜体内位于工业 X 射线 CT 机出束方向距靶 0.3m 处，无任何屏蔽措施。

2) 剂量估算

在上述条件下，可算出主射方向距靶 1m 处的照射量率为 1.60Gy/h，被照射维修人员在 X 射线主射方向距靶 0.3m 处收照射 1min 所受照剂量为 0.297Gy/次。

3) 事故后果

在上述事故情景假设条件下，被 X 射线源误照检修人员已受到超过年剂量限值的照射。

根据表11-12中的辐射事故分级原则，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，即构成一般辐射事故。

综上分析，本项目使用的工业X射线CT机一旦发生辐射事故，最大可能事故为一般辐射事故。若发现CT机非正常出束，应立即切断电源，停止射线装置检测工作。建设单位在日常管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，杜绝此类事故发生。

四、事故防范措施

建设单位已制定辐射紧急事故的应急响应程序，对于可能发生的各种事故，在硬件上配齐、规章制度、应急处理等方面均进行了配备，其主要内容有：

- ①建立公司辐射安全与防护管理领导小组，组织管理公司的辐射安全工作。
- ②加强人员的培训，考试（核）合格、持证上岗。

③建立岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施。

④制定公司辐射事故应急预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目正常运营，也保障职业工作人员、公众的健康与安全。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理 一、辐射安全与环境保护管理机构的设置 爱齐（四川）医疗设备有限公司已成立了辐射安全管理领导小组（爱齐发[2018]005 号），对公司的辐射安全工作进行管理（见附件 11），由 EHS 主管担任组长，全权负责全公司的辐射安全管理工作。 1、领导小组文件已包含内容： （1）领导小组人员组成，包括 EHS 主管、EHS 成员、生产部部长、检测人员等组成； （2）领导小组由 EHS 主管负责日常管理工作； （3）领导小组职责为严格遵守和执行国家辐射安全、放射防护管理规章制度，领导并做好辐射安全、放射防护各项工作。 （2）根据该公司辐射安全管理领导小组文件，该公司在以后工作中还需做到： ①调整辐射安全管理领导小组最高负责人，由法人代表对全公司辐射安全管理领导小组直接负责； ②细化公司辐射安全管理领导小组成员职能分工，明确全院日常辐射安全管理执行部门； ③增加辐射安全管理领导小组应急和上级生态环境主管部门联系电话； ④定期修订、检查辐射安全管理领导小组机构成员名单，确保领导小组的实效性。
辐射安全管理制度 一、档案管理分类 根据原四川省环境保护厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，辐射工作单位的相关资料应按照档案管理的基本规律和要求进行分类归档放置。档案资料可分以下八大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”。公司应当根据以上要求结合实际辐射工作开展情况对档案进行分类管理。

二、规章制度

根据公司实际情况，辐射安全管理规章制度落实情况见下表 12-1。

表 12-1 本项目辐射管理制度汇总对照分析表

序号	规定的制度	备注	
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	需完善	应细化职能分工，增加联系方式
2	辐射安全管理规定（综合性文件）	已制定	需上墙
3	辐射工作设备操作规程	已制定	需上墙
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	已制定	已制定
5	辐射工作人员岗位职责	已制定	需上墙
6	射线装置台账管理制度	已制定	已制定
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	需完善	监测方案应包含年度监测和自行监测两个部分，本项目具体的监测执行部门，监测因子、监测内容、监测频次及布点方案
8	监测仪表使用与校验管理制度	已制定	已制定
9	辐射工作人员培训制度（培训计划）	需完善	应明确“公司组织所有辐射工作人员和管理人员进行辐射安全与防护专业知识的学习。学习网址为 fushe.mee.gov.cn ，考试成绩单超过 5 年的辐射工作人员，需进行再学习考核”的相关内容
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定	已制定
11	辐射事故预防措施及应急处理预案	需完善	预案中应明确“应急物资的准备和应急责任人员、生态环境主管部门应急电话及射线装置发生事故时的辐射事故处理”的内容，辐射安全事故应急响应程序需悬挂于辐射工作场所墙上

需制定的制度包括：《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》中规定的各种管理制度。其中《辐射监测方案》中应包含：“公司应委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年”、“公司定期（监测周期为 1 次/月）对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改”；《辐射工作人员培训制度》中应包含“公司组织所有辐射工作人员和管理人员进行辐射安全与防护专业知识的学习。学习网址为 fushe.mee.gov.cn，考试成绩单超过 5 年的辐射工作人员，需进行再学习考核”的相关内容”的内容。

需要上墙的规章制度：《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗

位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

公司应根据规章制度内容认真组织实施，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合公司实际及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

辐射监测

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

（一）个人剂量监测

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期为 1 次/季。

建设单位须严格按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求配发个人剂量计，要求辐射工作人员正确配戴个人剂量计，每季度由专人负责回收后交由有资质的检测单位进行检测，按照要求建立个人剂量档案，个人剂量档案终身保存。对于每季度检测数值超过 1.25mSv 的，建设单位要及时进行干预，查明原因，撰写调查报告并由当事人在调查报告上签字确认，采取防护措施减少或者避免过量照射；若全年个人剂量检测数值超过 5mSv，建设单位应当立即暂停该辐射工作人员继续从事检测作业，同时进行原因调查，撰写正式调查报告，经本人签字确认后通过年度评估报告上报发证机关；当单次个人累积剂量检测数值超过 20mSv，应立即开展调查并报告辐射安全许可证发证机关，启动辐射事故处置程序。个人剂量检测报告及有关调查报告均应存档备查。

建设单位需按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的要求，编写《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，将个人剂量检测报告（连续四个季度）应当与年度监测报告一起作为《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容，在每年 1 月 31 日前提交给发证机关。

（二）辐射工作场所监测

1、日常自我监测：按照要求制定监测方案，开展辐射工作场所和环境的辐

射水平监测，并记录备查；公司也可以委托有资质的单位定期开展场所的日常辐射监测。

2、委托监测：建设单位每年委托有资质的机构对辐射工作场所及周围环境至少进行 1 次辐射监测。该辐射监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分由核安全申报系统（rr.mee.gov.cn）一并提交给发证机关。

3、监测内容和要求：

（1）监测内容：X-γ空气吸收剂量率。

（2）监测布点及数据管理：监测布点应与环评监测布点、验收监测布点一致，监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

（3）监测范围：控制区和监督区域及周围环境

（4）监测质量保证

①制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与公司监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；

②监测必须采用国家颁布的标准方法或推荐方法，自我监测时参考监测报告中的布点方案；

③制定辐射环境监测管理制度及方案。

此外，公司需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

（三）监测计划

建设单位按照实际情况制定的监测计划如表 12-4 所示。

表 12-4 监测计划一览表

项目	监测频次	监测内容
辐射工作场所 X-γ 辐射剂量率	委托有资质的单位每年监测 1 次	工业 X 射线 CT 机四周，辐射工作人员操作位、OA 实验室内 CT 机附近的工位、OA 实验室外其他关注点
	公司每月自行监测 1 次	
个人剂量监测	辐射工作人员个人剂量计每季度监测 1 次	辐射工作人员进行检测作业时佩戴个人剂量计（个人剂量计每季度送检），每次作业时个人剂量计应佩戴于胸前

辐射事故应急

一、事故应急预案

为了应对辐射事故和突发事件，建设单位制订了辐射事故应急预案。

(1) 现有辐射事故应急预案内容

建设单位现有辐射事故应急预案内容包括：应急机构人员组成，辐射事故应急处理程序，辐射事故分级与应急响应措施，辐射事故调查、报告和处理程序，辐射事故的调查、预案管理。

(2) 本项目辐射事故应急预案可行性分析

建设单位现有辐射事故应急预案内容包括了应急组织体系和职责、应急处理程序、上报电话等，仍需补充完善以下内容：

①增加应急人员的培训，应急和救助的装备、资金、物资准备和应急演练。

②增加环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容。

③增加应急机构和职责分工，辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人员及联系电话。

④增加发生辐射事故时，应当立即启动应急预案，采取应急措施，并按规定向所在地市级地方人民政府及其生态环境、公安、卫健等部门报告。

⑤辐射事故风险评估和辐射事故应急预案，应报送所在地县级地方人民政府环境保护主管部门备案。

⑥在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合公司实际及时对预案作补充修改，使之更能符合实际需要。

2、应急措施

若本项目发生了辐射事故，项目建设单位应迅速、有效的采取以下应急措施：

(1) 发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，同时向主管领导报告。

(2) 建设单位根据估算的剂量值，尽快安排误照人员进行检查或在指定的医疗机构救治；对可能受放射损伤的人员，应立即采取暂时隔离和应急救援措施。

(3) 事故发生后的2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告，造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康行政部门报告。

(4) 最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：工业 X 射线 CT 机搬迁项目

建设单位：爱齐（四川）医疗设备有限公司

建设性质：其他

建设地点：四川省资阳市雁江区外环路外环路西三段 508 号爱齐（四川）医疗设备有限公司 OA 实验室内

本次具体建设内容及规模为：爱齐（四川）医疗设备有限公司拟将原订单获取室内的 2 套 phoenix v|tome|x S 型工业用 X 射线计算机断层扫描装置（简称“工业 X 射线 CT 机”）搬迁至资阳市雁江区外环路爱齐（四川）医疗设备有限公司 OA 实验室内，额定管电压为 240kV，额定管电流为 3mA，属于 II 类射线装置，预计年最大曝光时间为 1910h，用于牙模扫描。

二、本项目产业政策符合性分析

本项目系核和辐射技术用于工业领域，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2020 年 1 月 1 日施行），本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业发展政策。

三、本项目选址合理性分析

本项目所在厂房用地已经取得了资阳市自然资源和规划局颁发的《建设用地规划许可证》，依托的生产厂房已取得资阳市生态环境局的批复文件，本项目仅为其配套建设项目，不新增用地，且项目使用的工业 X 射线 CT 机为专用自屏蔽辐射工作场所，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求并满足报告表确定的剂量约束限值的要求，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

四、工程所在地区环境质量现状

根据四川省永坤环境监测有限公司的监测报告，本项目周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率为 0.09~0.12 μ Sv/h，属于正常天然本底辐射水平。

五、环境影响评价分析结论

（一）施工期环境影响分析

本项目使用自屏蔽式一体化工业 X 射线 CT 机，不涉及施工期，在安装阶段对环境不会造成明显影响。

（二）营运期环境影响分析

按照环评提出的要求严格落实后，本项目所致职业人员最大受照射剂量为 $1.71 \times 10^{-1} \text{mSv/a}$ ，低于本次评价中所确定的职业人员 5mSv 的年剂量约束值；公众最大受照射剂量为 $4.78 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，低于本次评价中所确定的公众 0.1mSv 的年剂量约束值；评价结果表明本项目辐射工作场所的防护性能符合要求。

此外，本项目在曝光检测时，项目周围辐射剂量率与天然本底辐射水平基本一致，在实际检测工作过程中，实际管电压和管电流均低于额定管电压和管电流，因此，本项目周围的保护目标受到的辐射剂量照射更低。

六、环保设施与保护目标

按照环评要求落实后，建设单位环保设施配置较全，总体效能良好，可使本次环评中确定的保护目标所受的辐射剂量保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

七、事故风险与防范

建设单位按照环评要求制订合理可行的辐射事故应急预案和安全规章制度，并认真贯彻实施，可减少和避免发生辐射事故与突发事件。

八、辐射安全管理的综合能力

建设单位按照环评要求落实后，对本项目工业 X 射线 CT 机和场所而言，建设单位具备辐射安全管理的综合能力。

九、项目环保可行性结论

在坚持“三同时”的原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施的前提下，评价认为本项目在资阳市雁江区外环路爱齐（四川）医疗设备有限公司 OA 实验室内建设，从环境保护和辐射防护角度讲是可行的。

建议和承诺

一、要求

- 1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。
- 2、建设单位须重视控制区和监督区的管理。
- 3、按照规定组织辐射工作人员和管理人员参加四川省生态环境厅组织的辐射安全与防护的培训，持证上岗，到期前参加复训。
- 4、定期开展场所和环境的辐射监测，据此对所用的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年1月31日前上报四川省生态环境厅，报送内容包括：①辐射安全和防护设施的运行与维护情况；②辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；③辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；④场所辐射环境监测报告和个人剂量监测情况监测数据；⑤辐射事故及应急响应情况；⑥核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；⑦存在的安全隐患及其整改情况；⑧其他有关法律、法规规定的落实情况。
- 5、按照《四川省辐射污染防治条例》，射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化处理。
- 6、建设单位在申领、延续、更换《辐射安全许可证》、新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等，均必须在全国核技术利用辐射安全申报系统（<http://rr.mee.gov.cn>）中实施申报登记。

二、项目竣工验收检查内容

根据《建设项目环境保护管理条例》，工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，建设单位应组织专家完成自主环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见下表13-1。

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

项目	环保设施	备注
工业 X 射线 CT 机辐射安全设	整体铅屏蔽体（前、后、右侧 8.5mm 铅当量，左侧 14mm 铅当量，进料门及观察窗 10mm 铅当量，顶部、底部 8mm 铅）	2 套
	固定的电离辐射警告标志	2 套
	工作状态指示灯、声音警示	2 套

施	紧急停机按钮	2 套
	摄像监控系统	2 套
	门机联锁系统	2 套
其他	个人剂量计	7 套
	个人剂量报警仪	6 台
	便携式 X-γ辐射剂量仪	1 台
规章制度	《辐射安全与环境保护管理机构文件》、《辐射安全管理规定（综合性文件）》、《辐射工作设备操作规程》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《射线装置台账管理制度》、《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》、《监测仪表使用与校验管理制度》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射事故应急预案》、《质量保证大纲和质量控制检测计划》等	其中：《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所

验收时依据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》、《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》等法律和标准，对照本项目环境影响报告表验收。

1、根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施）文件第十七条规定：

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

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

（3）除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

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

（1）建设单位可登陆生态环境部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范（<http://www.mee.gov.cn>）。

（2）项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护

设施的建设和调试情况，编制验收监测（调查）报告。

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

（4）除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：①本项目配套建设的环境保护设施竣工后，及时办理《辐射安全许可证》，并在取得《辐射安全许可证》3个月内完成本项目自主验收；②对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开和项目竣工时间和调试的起止日期；③验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。建设单位公开上述信息的同时，应当在建设项目环境影响评价信息平台（<http://114.251.10.205/#/pub-message>）中备案，且向项目所在地生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。