

核技术利用建设项目

福建省建科院检验检测有限公司 1 台 X 射线探 伤机项目

环境影响报告表

（公示稿）

建设单位（盖章）：福建省建科院检验检测有限公司

2024 年 12 月

核技术利用建设项目

福建省建科院检验检测有限公司 1 台 X 射线探 伤机项目

环境影响报告表

建设单位名称：福建省建科院检验检测有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：张民程

通讯地址：中国（福建）自由贸易试验区厦门片区高崎南十二路 2 号
201 室

邮政编码：361006

联系人：陈则林

电子邮箱：

联系电话：

目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	9
表 3 非密封放射性物质	9
表 4 射线装置	10
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	11
表 6 评价依据	12
表 7 保护目标与评价标准	14
表 8 环境质量和辐射现状	24
表 9 项目工程分析与源项	25
表 10 辐射安全与防护	29
表 11 环境影响分析	35
表 12 辐射安全管理	41
表 13 结论与建议	50

表1 项目基本情况

项目名称		福建省建科院检验检测有限公司 1 台 X 射线探伤机项目			
建设单位		福建省建科院检验检测有限公司			
法人代表	张民程	联系人	陈则林	联系电话	177****1206
注册地址		中国（福建）自由贸易试验区厦门片区高崎南十二路 2 号			
项目建设地点		现场探伤建设地点：于福建省内进行现场探伤，无固定地点。 配套用房建设地点：中国（福建）自由贸易试验区厦门片区高崎南十二路 2 号福建省建科院检验检测有限公司内暗室。			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		150	项目环保投资（万元）	14.95	投资比例 9.97%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他		占地面积（m ² ）	/
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	/			
	1.1 建设单位情况 福建省建科院检验检测有限公司成立于 2020 年 9 月 7 日，注册地位于中国（福建）自由贸易试验区厦门片区高崎南十二路 2 号，已通过省级资质认定、获福建省住房和城乡建设厅核准为“地基基础工程检测、主体结构工程现场检测、钢结构工程检测、见证取样检测、建筑幕墙工程检测专项资质”，是建设行业专职质量检验检测机构。 1.2 项目建设内容与项目由来 根据公司发展和市场的需求，福建省建科院检验检测有限公司拟开展无损检测业务，计划购置 1 台型号为“XXQ-2505 型”X 射线探伤机（以下简称“探伤机”），用于对桥梁和钢构件厂房等建筑工程进行无损检测，并在公司内配套建设 1 间仪器存放室和 1 间暗室。仪器存放室用于存放本项目 1 台 X 射线探伤机，暗室用于探伤胶片的显影、定影。 该探伤机属于II类射线装置。详细情况见表 1.2-1。				

表 1.2-1 本项目射线装置参数一览表							
射线装置	型号	管电压 (kV)	管电流 (mA)	类别	应用目的	数量	投射类型
X 射线探伤机	XXQ-2505 型	250	5	II类	无损检测	1 台	定向（射线锥束角 40°）
根据生态环境部、国家卫生健康委员会的公告（2017 年第 66 号）《关于发布《射线装置分类》的公告》规定，本项目使用的 1 台探伤机属于II类射线装置。另根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（中华人民共和国生态环境部令第 16 号）中“五十五、核与辐射 172 核技术利用建设项目”本项目应编制环境影响报告表。因此，该公司于 2024 年 1 月特委托我司（附件 2：委托书）对福建省建科院检验检测有限公司 1 台 X 射线探伤机项目进行环境影响评价工作。 我公司接受委托后，对福建省建科院检验检测有限公司 1 台 X 射线探伤机项目工作场所防护情况和辐射工作人员拟采取的防护情况进行了调查，充分收集了有关资料，在完成辐射环境质量现状监测、污染源分析等工作的基础上，依照《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》（HJ 10.1-2016）的相关要求编制完成了《福建省建科院检验检测有限公司 1 台 X 射线探伤机项目环境影响报告表》。							
1.3 项目地理位置及周边概况 福建省建科院检验检测有限公司位于中国（福建）自由贸易试验区厦门片区高崎南十二路 2 号。本项目新增的 1 台探伤机在不使用时存放于公司 1 层的仪器存放室内，探伤机曝光后的探伤胶片于公司的暗室内进行显影、定影。 本项目为现场探伤项目，根据业主单位的需求，于业主单位指定地点进行现场探伤工作，主要现场探伤工作地点为桥梁和钢结构件厂房。建设单位在公司内不使用、不调试本项目 X 射线探伤机。 福建省建科院检验检测有限公司地理位置见图 1-1 和图 1-2，平面布置图见图 1-3，本项目现场仪器设备室、暗室及周边现状见图 1-4。							

厦门市地图

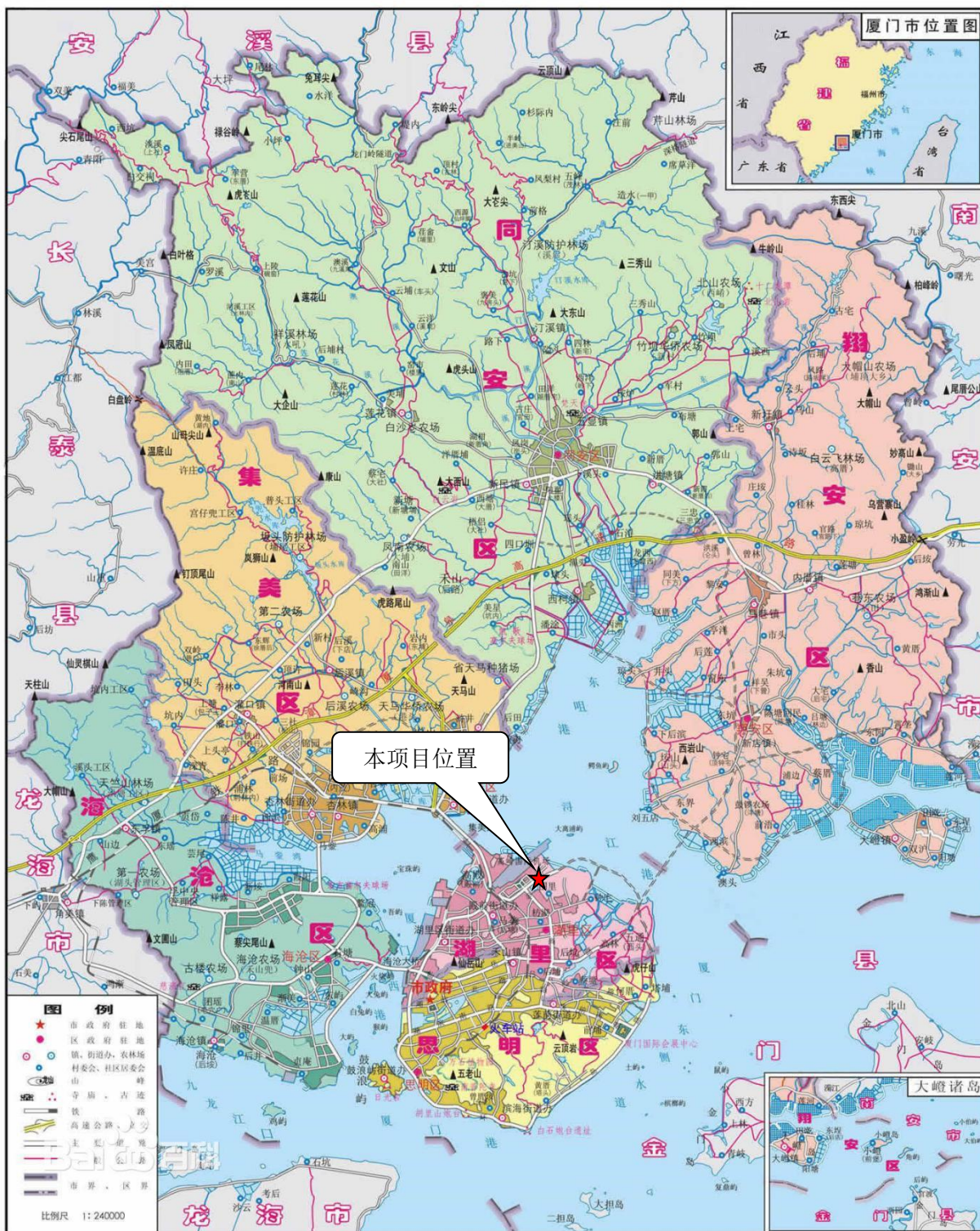


图 1-1 项目地理位置图



图 1-2 项目周边环境图

图 1-3 平面布置图



福建省建科院检验检测有限公司



仪器存放室现状（与公司其他仪器共用房间，设置探伤机专柜存放）



暗室现状



典型现场探伤工作场所-桥梁



典型现场探伤工作场所-钢结构厂房

图 1-4 周边环境现状照片

1.4 项目可行性分析

本项目投入运行主要用于对桥梁和钢构厂房的无损检测，在项目施工阶段进行周期性检测或于验收阶段检验工程质量，保证相关工程质量，考虑了经济和社会的因素之后，通过探伤室辐射防护措施将辐射环境影响保持在可合理达到的尽量低的水平，符合辐射防护“最优化”原则。本项目通过对潜在照射所致危险实时控制，使本项目所引起的个人照射可满足剂量限值要求，符合辐射防护“剂量限值”原则。项目在加强管理后均满足国家相关法律法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力。

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》鼓励类中第六类“核能”中的第 6 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，因此本项目建设符合国家当前产业政策。

1.5 评价目的

（1）通过环境影响评价，预测本项目对其周围环境影响的程度和范围，提出环境污染对策，为本项目的辐射环境管理提供科学依据。

（2）对不利影响和存在的问题提出防治措施，使辐射环境影响满足相关标准要求和减少到“可合理达到的尽量低的水平”。

（3）提出环境管理和环境监测计划，使该项目满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求，为辐射环境管理提供科学依据。

1.6 原有核技术应用项目许可情况

福建省建科院检验检测有限公司在开展本目前，尚未开展过任何核技术利用项目。

1.7 环保投资

本项目探伤机的环保设施及投资估算如下表所示：

表 1.7-1 环保设施及投资估算一览表

项目	环保设施	数量	投资金额（万元）
探伤机辐射安全设施	含 5mm 铅层的屏蔽体用于设备三侧方向屏蔽（长 2m，高 1.2m）	1	5
其他	警戒线（500m）	/	0.1
	警示灯（红、黄）	各 4 个	0.1
	警示牌	8	0.1
	扩音器	4	0.05
	铅衣	2	0.1
	个人剂量片	2	0.5

	个人剂量报警仪	2	0.2
	便携式辐射剂量仪	1	1.0
	个人剂量片委托监测费用	/	1.5
	辐射安全培训费用	/	1.0
	个人体检费用	2	0.5
	制度上墙	/	0.5
	界线防护护栏和警示牌	1	0.5
	环境影响评价及竣工环保验收费用	/	3.8
	合计		14.95

本项目总投资 150 万元，其中环保投资 14.95 万元，占总投资的 9.97%。今后在项目实践过程中，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。

表2 放射源基本情况

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	X 射线探伤机	II类	1	XXQ-2505 型	250	5	无损检测	现场探伤，根据业主单位 指定地点于福建省内进行探伤作业	定向探伤 机

（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	年排放量	排放口 浓度	暂存情况	最终去向
臭氧	气态	/	/	/	少量	/	通风排放	排入大气
氮氧化物	气态	/	/	/	少量	/	通风排放	排入大气
废显（定） 影剂	液态	/	/	/	30L	/	暗室	委托福建绿 洲固体废物处 置有限公司处 置
废胶片	固态	/	/	/	150 张	/		
阴极射线 管	固态	/	/	/	/	/	/	送生产厂家 回收处理

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、含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/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) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2019 年 3 月 2 日修订； (5) 《建设项目环境保护管理条例》，2017 年 10 月 1 日实施； (6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版），2021 年 1 月 1 日实施； (7) 《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； (8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 修正版）生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行； (9) 《放射工作人员职业健康管理辦法》，2007 年 11 月 1 日； (10) 《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》中华人民共和国生态环境部，2019 年 12 月 23 日； (11) 《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）； (12) 《关于发布《射线装置分类》的公告》，生态环境部，2017 年 12 月 5 日； (13) 《产业结构调整指导目录》（2024 年本），2023 年 12 月 27 日发布，2024 年 2 月 1 日起施行。
技术标准	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； (3) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），2023 年 3 月 1 日实施； (4) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及第 1 号修改单（GBZ/T 250-2014/XG1-2017）； (5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2021）； (6) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； (7) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）。
其他	(1) 本项目委托书；

	(2) 《辐射防护技术与管理》（张丹枫赵兰才编著）第一卷； (3) 《中国环境天然放射性水平》（国家环境保护局，1995 年） (4) 福建省建科院检验检测有限公司提供的本项目相关资料。
--	--

表7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目为使用II类射线装置，依据《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的要求，放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）。

本项目为现场探伤项目，无实体边界，现场探伤时控制区内严禁人员进入，监督区内严格控制非辐射工作人员进入，公众人员活动范围为监督区外。根据表 11 中本项目控制区和监督区边界计算结果，结合《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中无实体边界应不低于 100m 的范围。本项目示例评价范围一览表见表 7.1-1，评价范围示意图（有用线束方向朝垂直）见图 7-1 和图 7-2。

表 7.1-1 本项目示例评价范围一览表

有用线束方向			控制区范围	监督区范围	本项目评价范围
有用线束朝下		其他方向	0~9.39m	9.39~22.99m	0~100m
有用线束朝水平	探伤工件 12mm 钢	有用线束方向	0~259.7m	259.7~616.1m	0~616.1m
		其他方向	0~9.39m	9.39~22.99m	0~100m
	探伤工件 35mm 钢	有用线束方向	0~64.8m	64.8~158.6m	0~158.6m
		其他方向	0~9.39m	9.39~22.99m	0~100m

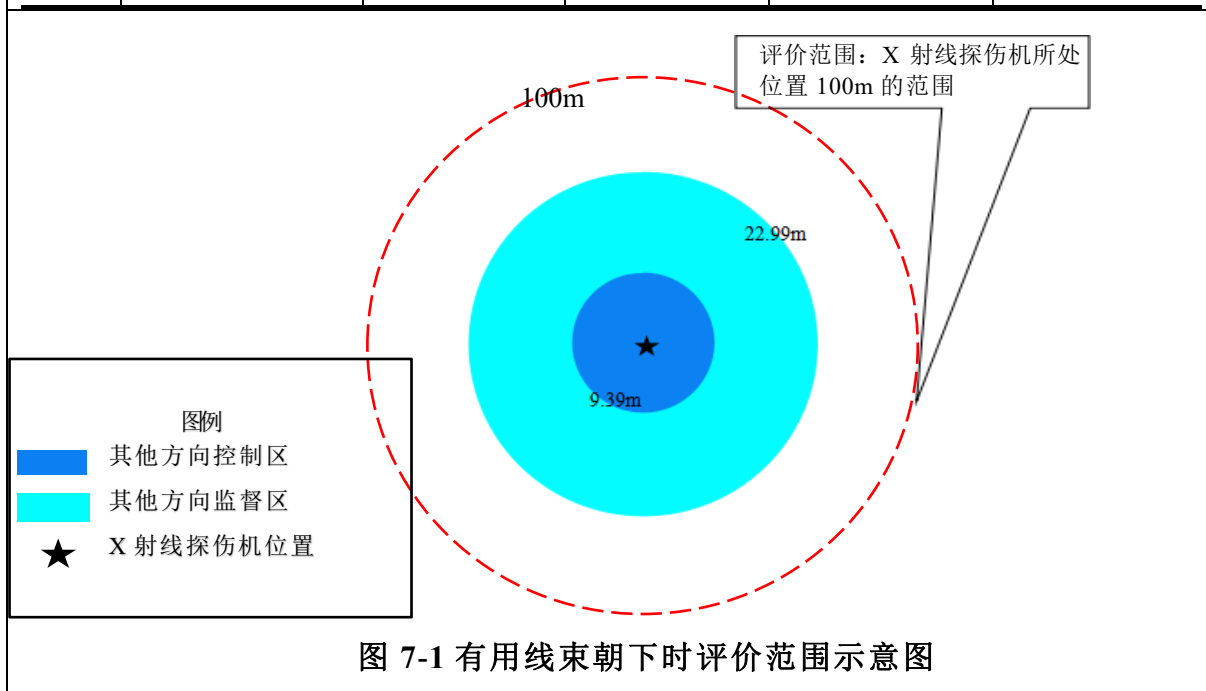
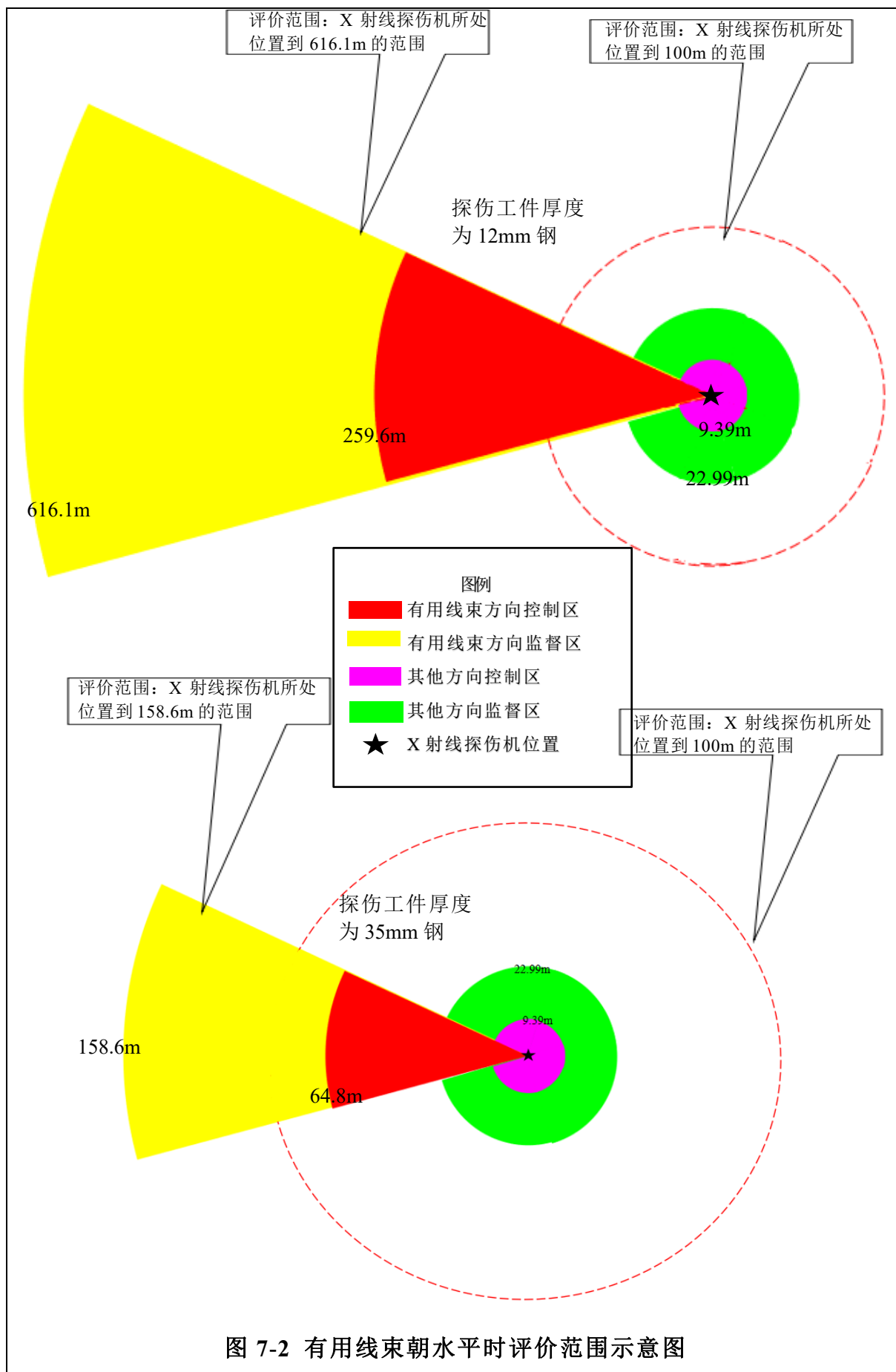


图 7-1 有用线束朝下时评价范围示意图



7.2 保护目标

本项目的环境保护目标为建设单位从事现场探伤工作人员及探伤作业现场周围活动的公众成员等。根据实际现场探伤场所外环境特征，本项目环境保护目标见下表 7.2-1。

表 7.2-1 本项目主要环境保护目标一览表

保护目标		方位及距离	人数（人）	管理限值 (mSv/a)
探伤机操作人员	辐射工作人员	非主射方向	2 人	5
现场探伤作业现场 周围的公众成员	公众	/	根据实际现场探伤地 点，具体人数待定	0.25

7.3 评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

第 4.3.2.1 款应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1 剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可做任何追溯性平均），20mSv。

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv。

b) 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；

表 7.3-1 本项目辐射环境影响评价标准单位： mSv/a	
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；
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防护措施的性质和范围。 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。 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/a~0.3mSv/a）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》（GBZ117-2022） 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 GBZ128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ98 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/T9445 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

5.1X 射线探伤机

5.1.1X 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 1 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/T26837 的要求。

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。

5.1.3X 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

7 移动式探伤的放射防护要求

7.1 作业前准备

7.1.1 在实施移动式探伤工作之前，使用单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。

7.1.2 使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探伤机至少应配备两名专职工作人员。

7.1.3 移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划,使用单位应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等,避免造成混淆。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

7.2 分区设置

7.2.1 探伤作业时,应对工作场所实行分区管理,将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。

7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区。

a) 对于 X 射线探伤,如果每周实际开机时间高于 7h,控制区边界周围剂量当量率应按公式(1)计算:

$$H=100/\tau$$

式中: τ ——控制区边界周围剂量当量率,单位为微希沃特每小时 ($\mu\text{Sv/h}$);

100——5mSv 平均分配到每年 50 工作周的数值,即 $100\mu\text{Sv/周}$;

τ ——每周实际开机时间,单位为小时 (h)。

b) 对于 γ 射线探伤,控制区距离的估算方法参见本标准附录 A。

7.2.3 控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌,探伤作业人员应在控制区边界外操作,否则应采取专门的防护措施。

7.2.4 控制区的边界尽可能设定实体屏障,包括利用现有结构(如墙体)、临时屏障或临时拉起警戒线(绳)等。

7.2.5 移动式探伤作业工作过程中,控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小,应使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。

7.2.6 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式 X- γ 剂量率仪,并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。

7.2.7 探伤作业期间还应对控制区边界上代表点的剂量率进行检测,尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时,适时调整控制区的边界。

7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督

区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

7.2.9 移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。

7.2.10 探伤机控制台（X 射线发生器控制面板或 γ 射线绕出盘）应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

7.3 安全警示

7.3.1 委托单位（业主单位）应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。

7.3.2 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“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。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。

7.3.3 X 和 γ 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。

7.3.4 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

7.3.5 应在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。

7.4 边界巡查与检测

7.4.1 开始移动式探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。

7.4.2 控制区的范围应清晰可见，工作期间应有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查。

7.4.3 在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时应调整控制区的范围和边界。

7.4.4 开始移动式探伤工作之前，应对便携式 X- γ 剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式 X- γ 剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。

7.4.5 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X- γ 剂量率仪，两者均应使用。

7.5 移动式探伤操作要求

7.5.1 X 射线移动式探伤

7.5.1.1 周向式探伤机用于移动式探伤时，应将 X 射线管头组装体置于被探伤物件内部进行透照检查。做定向照射时应使用准直器（仅开定向照射口）。

7.5.1.2 应考虑控制器与 X 射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施。

7.5.2 γ 射线移动式探伤

7.5.2.1 应根据要进行射线探伤的物体的类型和尺寸，确定所使用的放射性核素。对于有多个 γ 射线源的使用单位，应使用与获得所需射线照片相一致的最低活度源。

7.5.2.2 探伤作业开始前应备齐下列防护相关物品，并使其处于正常状态：

- a) 便携式 X- γ 剂量率仪和个人剂量计、个人剂量报警仪；
- b) 导向管，控制缆和遥控；
- c) 准直器和局部屏蔽；
- d) 现场屏蔽物；
- e) 警告提示和信号；
- f) 应急箱，包括放射源的远距离处理工具；
- g) 其他辅助设备，例如：夹钳和定位辅助设施。

7.5.2.3 探伤工作完成后，操作人员应使用便携式 X- γ 剂量率仪进行监测，以确保所有 γ 放射源均已完全退回源容器中，并且没有任何放射源留在曝光位置或脱落。操作人员在离开现场之前，应进行目视检查，以确保设备没有损坏。应通过锁定曝光设备并将防护屏蔽放在适当位置来准备好运输设备。曝光装置和辅助设备应物理固定在车辆中，以免在运输过程中脱落（或掉落）、损坏。

7.5.2.4 对管道爬行探伤的特殊要求如下：

- a) 管道爬行器工作期间应给出在嘈杂环境中能被听到和看到的警告信号。
- b) 爬行器在管道内照射时，应按照 7.2 的要求，围绕管道设置控制区和监督区。
- c) 应对控制源进行严格定位，防止其启动无计划的照射。
- d) 在管道爬行器不能自动来回、需要人工找回之前，应确保爬行器处在关闭状态。
- e) 爬行器的放射源处在关闭状态时，在能接近的管道周围产生的周围剂量当量率不应超过 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

7.5.2.5 对水下 γ 射线探伤的特殊要求如下：

a) 应对潜水员进行适当的专业培训。

b) 探伤机入水之前，应确保控制机构、导向管和照射容器紧密连接，检查连接点确认连接牢固，放射源组装体处于安全位置。

c) 应在照射容器上设置浮漂和应急定位装置（如闪光灯）。

d) 所有测量仪器和个人剂量报警仪应设计为能在水下应用。

8.4 移动式探伤放射防护检测

8.4.1 检测要求

8.4.1.1 进行移动式探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区。

8.4.1.2 当 X 射线探伤机或 γ 放射源、场所、被检物体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，确定新的划区界线。

8.4.1.3 在工作状态下应检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的。

8.4.1.4 探伤机停止工作时，应检测操作者所在位置的辐射水平，以确认探伤机确已停止工作。

8.4.2 检测方法

在探伤机处于照射状态，用便携式 X- γ 剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量周围剂量当量率，参照本标准第 7.2.2 条确定的剂量率值确定控制区边界，以 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 为监督区边界。 γ 射线探伤机收回放射源至屏蔽位置或 X 射线探伤机停止照射后，确定控制区边界和监督区边界。

8.4.3 检测周期

每次移动式探伤作业时，运营单位均要开展此项监测。凡属下列情况之一时，应由有相应资质的技术服务机构进行此项监测：

a) 新开展现场射线探伤的单位；

b) 每年抽检一次；

c) 在居民区进行的移动式探伤；

d) 发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25mSv 。

8.4.4 结果评价

控制区边界不应超过本标准第 7.2.2 条确定的剂量率值，监督区边界不应超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

8.5 放射工作人员个人监测

8.5.1 射线探伤作业人员（包括维修人员），应按照 GBZ128 的相关要求进行外照射个人监测。

8.5.2 对作业人员进行涉源应急处理时还应进行应急监测，并按规定格式记入个人剂量档案中。

表8 环境质量和辐射现状

本项目为现场探伤项目，建设单位拟于全省范围内开展现场探伤工作，无固定探伤地点，公司承接的项目现场主要为桥梁和钢结构厂房等场所，各现场探伤现场情况及周边环境将存在着一定的差异，故本项目未监测现场探伤工作场所辐射本底数据。

根据福建省生态环境厅《2023 年福建省生态环境状况公报》，2023 年福建省实时连续监测空气吸收剂量率（未扣除宇宙射线响应值）的年均值范围为 83.3~141.0nGy/h，参考《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年），福建省室外环境 γ 辐射剂量率水平在 39.4~399.1nGy/h 之间，室内环境 γ 辐射剂量率水平在 70.9~351.7nGy/h 之间。对比表明，福建省的环境 γ 辐射剂量率处于天然本底涨落范围内。

表9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

1、设备结构组成

本项目 X 射线探伤机由 X 射线发生器、控制器、电源电缆、低压连接电缆及附件等组成。X 射线发生器包括 X 射线管、警示灯、高压变压器、绝缘气体、充放气阀、冷却风扇等。

2、工作原理

X 射线探伤机为利用 X 射线进行显像，产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成（见图 9-1）。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时产生电子，而聚焦杯使这些电子聚焦成束，直接向嵌在铜阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前加速达到很高的速度。靶体一般用高原子序数的难熔金属如钨、铂、金、钽等制成。高速电子轰击靶体产生 X 射线。X 射线管工作时，靶体上会产生大量的热，必须采取适当的措施将热量导出。

X 射线探伤机的工作原理是利用被检物的缺陷部位和其他部位射线减弱的程度不同，通过射线透射摄片，用胶片记录被检物信息，经过处理后得到底片，根据其影像黑度获得被检物的有关信息，将被检物中的缺陷显现出来，以确定缺陷的位置、大小、形状和种类。

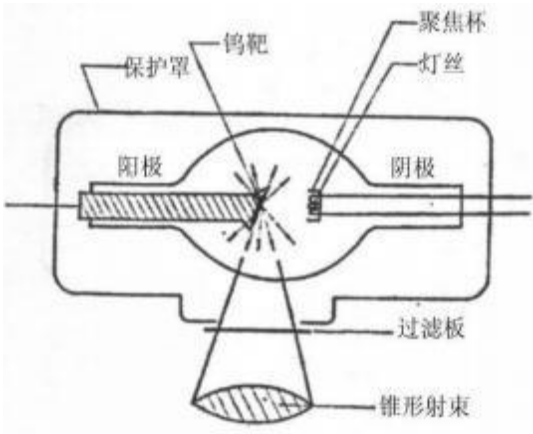


图 9-1 X 射线发生器工作原理示意图

3、探伤对象及场所

本项目X射线探伤机主要用于对桥梁和钢构厂房进行现场无损检测，在项目施工阶段进行周期性检测或于验收阶段检验工程质量。探伤场所主要是全省范围内桥梁

和钢构厂房等施工现场。

9.1.2 工艺流程及产污环节

X 射线探伤机现场探伤作业前工作人员规定探伤区域并设置警戒设施，开机后工作人员退至安全区域，对被测工件进行无损检测，X 射线探伤机现场探伤工作流程图如图 9-2 所示：

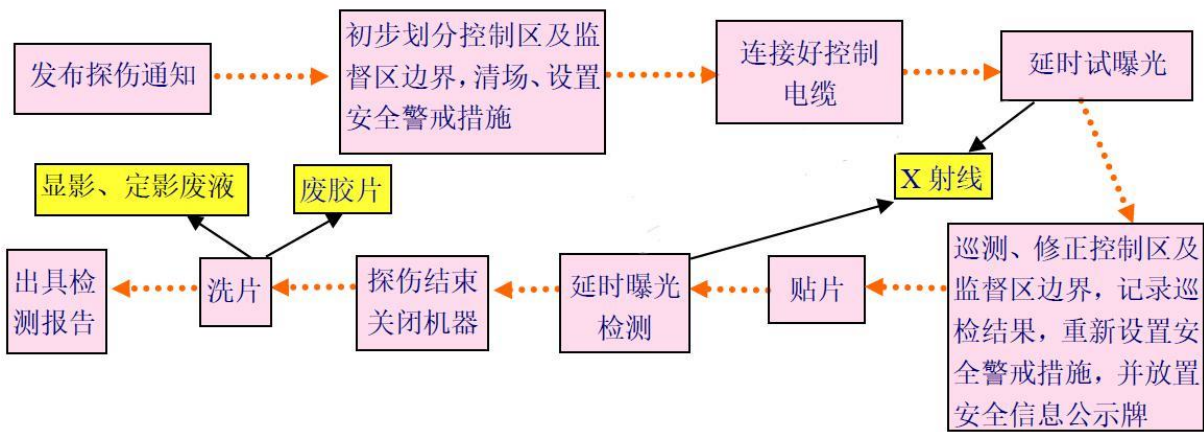


图 9-2 X 射线室外探伤工作流程及产污环节

X 射线探伤工作流程如下：

- (1) 发布 X 射线探伤机现场探伤通知，张贴告知栏，告知周边公众人员。
- (2) 根据探伤计划，做好探伤前的准备工作，主要有：
 - ①根据估算划定并标志出控制区和监督区范围和边界，当场地不能满足要求时，在主射线、漏射线、散射线方向增加一定的防护装置或采取其他防护措施，进行清场并在场界拉上警戒绳，在控制区边界上悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，在监督区边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时派专人警戒。
 - ②在清理完现场，确认场内无其他人员后，准备开机探伤。
- (3) 确认场内无其他人员且各种辐射安全措施到位后，开机进行试曝光。
- (4) 试曝光期间借助辐射剂量率仪对控制区和监督区边界进行检测，根据检测结果修正监督区和控制区边界。
- (5) 开机进行曝光，达到预定曝光时间后，探伤结束，清理完现场后解除警戒，辐射工作人员离场。
- (6) 工作人员返回公司在暗室对探伤胶片进行洗片、读片，出具检测报告。

9.2 污染源项描述

1、建设阶段的污染源项

本项目为现场探伤项目，根据业主单位的需求，于业主单位指定地点进行现场探伤工作，无固定探伤地点。本项目利用现有房间配套建设 1 间仪器存放室和 1 间暗室，不建设探伤室。暗室主要工程为安装洗片机、胶片烘干机等设备以及墙体粉刷、电气安装等，仪器存放室主要工程为安装探伤机柜等，不涉及土建工程，故建设期产生的环境影响主要是设备进厂安装时产生的噪声、包装材料废物等环境影响。建设期产生的包装材料废物依托厂区现有工程处理，设备安装产生的噪声为间断性的，随着设备安装的结束，噪声影响也随即结束。

2、运行阶段污染源项

（1）正常工况

①放射性污染

根据探伤的工作原理可知，X 射线是随射线装置的开、关而产生、消失。本次项目所使用的探伤机只有在开机并出线的状态时，才会有 X 射线的产生。

②非放射性污染

本项目新增的探伤机工作时最大管电压为 250kV，依据 0.6kV 以上的 X 射线能使空气电离，会产生少量臭氧和氮氧化物，因此该项目运行时室内将产生少量的臭氧和氮氧化物，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气。

③其他污染

本项目 X 射线探伤机在探伤作业使用胶片照相，设置专门暗室对拍摄的感光胶片进行显（定）影，在此过程产生的一定数量的废显（定）影剂及废胶片，查《国家危险废物名录》（2021 年版生态环境部令第 15 号）可知，废显（定）影剂及废胶片属 HW16 感光材料废物。本项目预计年废胶片数量 150 张，废显（定）影剂 30L，废显、定影剂用专用容器桶分类收集后暂存于暗室，废胶片用专用密封袋收集后暂存暗室，定期委托福建绿洲固体废物处置有限公司处置。

探伤机达到设备使用年限时，产生的废旧阴极射线管属于危险废物（依据《国家危险废物名录》（2021 年版生态环境部令第 15 号），危废代码为 900-044-49），建设单位应委托生产厂家回收处置，拆除阴极射线管的探伤机在任何情况下均不会再产生 X 射线，建设单位可按照一般设备报废的相关规定进行处置。

（2）事故工况

①探伤工作前现场探伤控制区、监督区范围内尚有未撤离现场探伤控制区、监督区的公众人员，X 射线探伤机运行可能对公众人员产生误照射。建设单位在探伤工作之前应派专人检查现场探伤控制区、监督区范围内是否无关人员，确定没有无关人员后才开机探伤，防止事故的发生。当发生事故时工作人员立即关闭电源，减小事故的影响。

②X 射线探伤机运行时，无关人员误入现场探伤控制区、监督区范围内，引起误照射。建设单位安排现场安全员于控制区和监督区边界巡视，防止无关人员误入现场探伤控制区、监督区范围内。

③X 射线探伤机发生 X 射线无法停束故障，此时工作人员应立即关闭电源，防止事故的发生。

表10 辐射安全与防护

10.1 工作场所布局 and 分区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，为了便于辐射防护管理和职业照射控制，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范围，将辐射工作场所分为控制区和监督区。

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：应将下述区域设定为监督区，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。

探伤作业前先根据报告表理论计算结果确定控制区及监督区的范围，将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为控制区，控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，试曝光期间由探伤作业人员利用辐射剂量巡测仪巡测以验证边界设置合理性，必要时调整控制区的范围和边界；将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，并设置专人警戒。

本项目控制区和监督区分区示意图见图 11-1 和图 11-2。

10.2 辐射安全措施

为确保现场探伤场所内的辐射工作人员工作环境和外部环境安全，以及避免辐射事故的发生，建设单位对现场探伤场所设置多重安全防护措施，具体如下：

一、现场探伤作业准备要求

1、在实施现场探伤工作前，运营单位对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。

2、建设单位在现场探伤工作前调查现场探伤工作场所内是否有其他辐射探测系统，并是否在有用线束方向等，通过调整有用线束方向、设置屏蔽物质等措施避免对辐射探测系统产生影响。

3、建设单位在现场探伤工作之前与委托方协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆，并且预留充足的时间，确保探伤工作

的安全开展和所需安全措施的实施。

4、探伤工作前，建设单位在作业区域公众可达地点设置面积不小于 2 平方米的安全信息公示牌，将辐射安全许可证、公司法人、辐射安全负责人、操作人员和现场安全员的姓名、照片、资质证书和生态环境主管部门监督举报电话等信息进行公示，接受公众监督。

5、探伤工作前对 X 射线探伤机进行检查和维护，包括以下几个方面：

①运营单位对 X 射线探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行。

②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。当设备有故障或损坏，需更换零部件时，保证所更换的零部件都来自设备制造商。

③做好设备维护记录。

④日常检查内容包括：a.探伤机外观是否存在可见的损坏；b.电缆是否有断裂、扭曲以及配件破损；c.液体制冷设备是否有渗漏；e.安全连锁是否正常工作；f.报警设备和警示灯是否正常运行；g.螺栓等连接件是否连接良好；h.交接班或当班使用剂量仪前，检查剂量仪是否正常工作；i.所有的连锁和紧急停机开关的检查。

二、现场探伤作业时的防护措施

1、开始现场探伤之前，探伤工作人员确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。

2、控制区的范围用醒目的红色警戒线或红色警戒绳设置，且保持现场探伤地点有充足的照明，确保没有人员进入控制区。如果遇到控制区太大或某些地方不能看到的探伤地点，建设单位为增配工作人员进行巡查。

3、探伤作业前先根据表 11.2-3 和表 11.2-4 确定控制区及监督区的范围，将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为控制区，控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，试曝光期间由探伤作业人员利用辐射剂量巡测仪巡测以验证边界设置合理性，必要时调整控制区的范围和边界；将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌和电离辐射警告标志，必要时设专人警戒。

4、建设单位为本项目现场探伤工作场所配备工作状态警示灯和扩音器，安放于控制区边界外，在进行现场探伤工作前工作状态指示灯呈黄色闪烁，并发出“预备中”的

警示声音，现场探伤工作时工作状态指示灯呈红色闪烁，并发出“曝光中”警报声音，工作状态指示灯和声音提示装置与 X 射线探伤机设置联锁装置。工作状态指示灯和声音提示装置放置位置应在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

5、建设单位为本项目现场探伤工作场所配备警戒线，进行现场探伤工作前，工作人员使用警戒线将监督区隔开，阻止其他无关人员进入。

6、现场探伤的探伤工作小组配备 1 台辐射剂量率仪。开始探伤工作前，对辐射剂量率仪进行检查，确认剂量仪能正常工作。现场探伤工作期间，辐射剂量率仪应将一直处于开机状态，防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。

7、现场探伤期间，工作人员均佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代辐射剂量率仪，两者均应使用。

8、拟为辐射工作人员配置辐射防护铅服（共 2 套），工作人员穿着辐射防护铅服进行现场探伤时。

9、进行现场探伤时，辐射工作人员操作位设置在非有用线束方向，尽可能增加与 X 射线探伤机的距离，工作人员调好 X 射线探伤机的工作条件后，在不影响检测质量及人员安全的条件下，尽可能增加防护距离。

10、进行现场探伤工作时，操作位选择在出束方向的反方向，可结合当地环境选择最佳的设备位置，在地形不够开阔、达不到控制区边界的情况下，在有用线束方向上使用其他屏蔽体进行防护，并尽可能选择辐射工作场所周边物体或建筑进行躲避。

11、探伤作业时，先在出束孔前放置测量工件方可出束，严禁未放置工件出束。

12、在确保产品质量的前提下，在每次使用射线装置进行探伤之前，根据工件满足的实际质量要求制定最优化的探伤方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员的受照射时间。

三、其他防护措施

1、控制台：①本项目 X 射线探伤机的控制台设有显示高压接通或断开状态、管电压、管电流和照射时间的界面；②控制台均设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束，钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出；③控制台均设有紧急停机按钮、电离辐射警告标志、出束指示以及禁止非授权使用的警告标识；④控制台设有延时开机装置。

2、本项目探伤机不使用时拟存放于公司 2 号楼 1 层现场仪器设备室探伤机柜内，现场仪器设备室外走廊安装监控设施，钥匙由专人保管。现场仪器设备室设有专人进行出入库登记，工作人员在使用 X 射线探伤机前应进行申请，并由相关责任人签字确认，并做好出入库登记，X 射线探伤机运输车辆外张贴电离辐射警示标识，并做好防盗措施。

3、为限制控制台方向控制区和监督区距离，建设单位拟为本项目配备钢制含铅层屏蔽体用于除主束方向外的三侧屏蔽，铅层厚度 5mm，现场探伤时置于离 X 射线探伤机 1m 处。

4、建设单位为本项目配备 25m 的连接电缆。

10.3 辐射安全和防护分析

为分析本项目探伤机的辐射防护性能，根据福建省建科院检验检测有限公司提供的设计资料，将本项目探伤机的主要技术参数列表分析，并与《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中的技术要求对照，具体见表 10.3-1。

10.4 三废的治理

1、废气

工业 X 射线探伤机在工作状态时，会使空气电离产生微量的臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x），臭氧在空气中 50 分钟后会自动分解为氧气。本项目拟使用的 X 射线探伤机最大管电压为 250kV，运行时将产生极少量的臭氧和氮氧化物，本项目为现场探伤，探伤地点为室外空旷地带，极少量的臭氧和氮氧化物经自然扩散、分解和稀释后对周边环境基本无影响。

2、危险废物

本项目 X 射线探伤机在探伤作业使用胶片照相，建设单位计划设置专门暗室对拍摄的感光胶片进行显（定）影，在此过程产生的一定数量的废显（定）影剂及废胶片，废显（定）影剂用专用容器桶分类收集后暂存于暗室，废胶片用专用密封袋收集后暂存于暗室，定期委托福建绿洲固体废物处置有限公司处置。

探伤机达到设备使用年限时，产生的废旧阴极射线管属于危险废物，建设单位应委托生产厂家回收处置，拆除阴极射线管的探伤机在任何情况下均不会再产生 X 射线，建设单位可按照一般设备报废的相关规定进行处置。

表 10.3-1 本项目探伤机辐射防护措施符合性分析表

《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）	本项目	符合情况
7.1.1 在实施移动式探伤工作之前，使用单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。	每次现场探伤之前，本项目工作人员均会巡视控制区范围内，并使用扩音器告知控制区范围内的人员离开控制区范围，在确保控制区内没有任何其他人员方可进行探伤工作。	符合
7.1.2 使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探伤机至少应配备两名专职工作人员。	建设单位为本项目每组现场探伤工作小组配备 2 名辐射工作人员。	符合
7.1.3 移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划，使用单位应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。	每次现场探伤之前，本项目工作人员均会巡视控制区范围内，并使用扩音器告知控制区范围内的人员离开控制区范围，在确保控制区内没有任何其他人员方可进行探伤工作。	符合
7.2.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。	工作人员在现场探伤工作前在监督区和建筑物的进出口醒目位置张贴电离辐射警告标志和警告标语。	符合
7.2.3 控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。	本项目现场探伤作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌和电离辐射警告标志。	符合
7.2.4 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。	本项目现场探伤作业时在控制区边界悬挂警戒绳。	符合
7.2.6 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式 X- γ 剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。	本项目每组现场探伤工作小组均配备 1 台辐射剂量率仪，在现场探伤工作期间，便携式测量仪一直处于开机状态，防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。	符合
7.2.7 探伤作业期间还应对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控制区的边界。	本项目每组现场探伤工作小组均配备 1 台辐射剂量率仪，在探伤过程对控制区边界进行检测。	符合
7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。	本项目现场探伤作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌和电离辐射警告标志。	符合
7.2.9 移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。	本项目现场探伤地点一般为桥梁和单层钢结构厂房，不处于多楼层的场所。如在多楼层的过程进行现场探伤工作时，建设单位应多配备 2 名辐射工作人员，并守在楼梯处，防止其他人员进入控制区。	

7.2.10 探伤机控制台（X 射线发生器控制面板或 γ 射线绕出盘）应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。	本项目控制台设置于探伤机主束方向反向，降低操作人员的受照剂量。	符合
7.3.1 委托单位（业主单位）应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。	每次现场探伤之前，本项目工作人员均会巡视控制区范围内，并使用扩音器告知控制区范围内的人员离开控制区范围，在确保控制区内没有任何其他人员方进行探伤工作。	符合
7.3.2 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“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。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。	建设单位为本项目现场探伤工作场所拟配备工作状态指示灯和声音提示装置，安放于控制区边界外，在进行现场探伤工作前工作状态指示灯呈黄色闪烁，并发出“预备中”的警示声音，现场探伤工作时工作状态指示灯呈红色闪烁，并发出“曝光中”警报声音，工作状态指示灯和声音提示装置与 X 射线探伤机设置联锁装置。	符合
7.3.3X 和 γ 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。	本项目工作状态指示灯和声音提示装置与探伤机设有联锁装置。	符合
7.3.4 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。	现场探伤时，工作人员在将工作状态指示灯和声音提示装置放置在视野开阔地点，确保在控制区的所有边界都能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。	符合
7.3.5 应在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。	工作人员在现场探伤工作前在监督区和建筑物的进出口醒目位置张贴电离辐射警告标志和警告标语。	符合
7.4.1 开始移动式探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。	每次现场探伤之前，本项目工作人员均会巡视控制区范围内，并使用扩音器告知控制区范围内的人员离开控制区范围，在确保控制区内没有任何其他人员方可进行探伤工作。	符合
7.4.2 控制区的范围应清晰可见，工作期间应有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查。	本项目控制区边界悬挂红色警戒绳，在探伤工作期间保持良好的照明，并设置工作人员在控制区边界进行巡查，确保没有人员进入控制区。	符合
7.4.3 在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时应调整控制区的范围和边界。	在试运行（或第一次曝光）期间，工作人员使用辐射剂量率仪验证控制区边界，如果有较大出入，及时调整控制区的边界。	符合
7.4.4 开始移动式探伤工作之前，应对便携式 X- γ 剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式 X- γ 剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。	本项目每组现场探伤工作小组均配备 1 台辐射剂量率仪，在现场探伤工作期间，便携式测量仪一直处于开机状态，防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。	符合
7.4.5 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X- γ 剂量率仪，两者均应使用。	现场探伤期间，工作人员必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。	符合

表11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目为现场探伤项目，根据业主单位的需求，于业主单位指定地点进行现场探伤工作，无固定探伤地点。本项目利用现有房间配套建设 1 间仪器存放室和 1 间暗室，不建设探伤室。暗室主要工程为安装洗片机、胶片烘干机等设备以及墙体粉刷、电气安装等，仪器存放室主要工程为安装探伤机柜等，不涉及土建工程，故建设期产生的环境影响主要是设备进厂安装时产生的噪声、包装材料废物等环境影响。建设期产生的包装材料废物依托厂区现有工程处理，设备安装产生的噪声为间断性的，随着设备安装的结束，噪声影响也随即结束。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 辐射环境影响分析

本项目 X 射线探伤机运行期对环境的影响主要是射线装置在开机作业时产生的 X 射线对职业工作人员及公众的外照射，作业地点为业主单位指定地点进行现场探伤。

根据建设单位提供的相关参数，采用理论计算对本项目 X 射线探伤机现场探伤辐射环境影响进行分析。

一、控制区和监督区的划分

本项目拟使用 1 台型号为 XXQ-2505 型 X 射线探伤机进行现场探伤，最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA，在实际探伤过程中，定向探伤机的有用线束射向所检查的工件，X 射线能量根据被检物的厚度进行调节，有用射束大部分被受检工件屏蔽。在此基础上，建设单位须严格利用辐射剂量巡测仪将现场探伤工作场所周围剂量当量率大于 15μSv/h 的范围内划为控制区，严禁任何人进入该区域；将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的范围划为监督区，严格控制公众人员进入该区域。

1、有用线束方向的控制区和监督区划定

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），该探伤机有用线束方向的控制区与监督区距离计算公式为：

$$R = \sqrt{\frac{H_0 \times I \times B}{H}} \dots\dots\dots (11-1)$$

式中：H—相应边界的辐射剂量率，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）规定，“一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 15μSv/h 的区域划为控制区”和“应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的范围划为监督区”，则本评价

控制区 $H=15\mu\text{Sv/h}$ ；监督区： $H=2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处的输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ；查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中表 B.1 可得，本项目取 $16.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})=990000\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

I—X 射线探伤机在最高管电压下的常用最大管电流，mA，本项目取 5mA；

B—屏蔽透射因子；本项目保守不考虑现场桥梁和钢构厂房的屏蔽作用，有用线束方向屏蔽透射因子取值 $B=1$ 。

R—控制区（或监督区）的距离，m。

根据建设单位提供的材料可知，本项目 X 射线探伤机的主要探伤对象为钢构件，厚度范围为 12mm~35mm，参照《辐射防护手册》（第三分册）中“表 3.4 不同屏蔽材料的铅当量”，厚度为 12mm~35mm 的钢结构件屏蔽效果约等效为 2mmPb~5.5mmPb，

对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 计算公式如下：

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

式中： X—屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL—半值层厚度，mm；根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2，本项目探伤机最大管电压为 250kV，TVL=2.9mm。

计算可得各侧屏蔽投射因子，见表 11.2-1。

表 11.2-1 不同钢板厚度屏蔽因子换算结果

钢构件厚度	铅当量厚度	TVL/半值层厚度	B/屏蔽透射因子
12mm	2mm	2.9mm	0.204
35mm	5.5mm	2.9mm	0.013

根据公式 11-1，有用线束方向的控制区和监督区距离如下：

表 11.2-2 有用线束方向控制区和监督区距离

探伤机型号	探伤工件	控制区边界（m）	监督区边界（m）
XXQ-2505 型	12mm 钢	259.7	636.1
	35mm 钢	64.8	158.6

根据表 11.2-2，本项目现场探伤根据探伤工件厚度的不同，有用线束方向控制区边界在 64.8m~ 259.7m 之间，有用线束方向监督区边界在 158.6m~636.1m 之间。建设单位在进行现场探伤时，应根据探伤工件厚度的不同，及时调整有用线束方向控制区和监督区的距离。

2、非有用线束方向的控制区和监督区划定（泄漏辐射+散射辐射）

（1）泄漏辐射

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），该探伤机泄漏辐射方向的控制区与监督区距离计算公式为：

$$R_{\text{泄}} = \sqrt{\frac{H_L \times B}{H}} \dots\dots\dots (11-3)$$

式中：

H—相应边界的辐射剂量率；

H_L—距辐射源点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，μSv/h；《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 1，本次取 5000μSv/h；

B—屏蔽透射因子；根据公式 11-2 计算，结果见表 11.2-3。

R—控制区（或监督区）的距离，m。

根据建设单位提供的材料可知，本项目拟配置钢制含铅层屏蔽体包围 X 射线探伤机除主束方向外其余三侧，铅层厚度 5.0mm。

表 11.2-3 拟设屏蔽体屏蔽因子换算结果

屏蔽体	铅当量厚度	TVL/什值层厚度	B/屏蔽透射因子
钢制含铅层屏蔽体，铅层厚度 5mm	5mm	2.9mm	0.0127

（2）散射辐射

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），该探伤机散射辐射方向的控制区与监督区距离计算公式为：

$$R_{\text{散}} = \sqrt{\frac{H_0 \times I \times B \times F \times \alpha}{H \times R_0^2}} \dots\dots\dots (11-4)$$

式中：

H—相应边界的辐射剂量率；

H₀—距辐射源点（靶点）1m 处的输出量，μSv·m²/（mA·h），以 mSv·m²/（mA·min）为单位的值乘以 6×10⁴；查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中表 B.1 可得，本项目取 16.5mGy·m²/（mA·min）=990000μSv·m²/（mA·h）；

I—X 射线探伤机在最高管电压下的常用最大管电流，mA，本项目取 5mA；

B—屏蔽透射因子；根据公式 11-2 计算，结果见表 11.2-3。

R₀—靶点至探伤工件的距离，m；

F—R₀ 处的辐射野面积，m²；

α—散射因子；入射辐射被单位面积（1m²）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂

量当量率与该面积上的入射辐射剂量当量率之比。与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，可以水的 α 值保守估计，见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B 表 B.3。根据附录 B 表 B.3，本设备 α 取值 0.0475。

本项目探伤机 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界夹角为 20° ，则 $\frac{F^* \alpha}{2R_0} = 0.02$ 。

根据公式 11-3 和公式 11-4，泄漏辐射方向和散射方向叠加下，控制区和监督区边界距离计算公式如下：

$$R = \sqrt{\frac{H_L \times B}{H} + \frac{H_0 \times I \times B \times F \times \alpha}{H \times R_0^2}} \dots\dots\dots (11-5)$$

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）规定，“一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区”和“应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区”，则本评价控制区 $H=15\mu\text{Sv/h}$ ；监督区： $H=2.5\mu\text{Sv/h}$ 。本评价控制区 $H=15\mu\text{Sv/h}$ ；监督区： $H=2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

根据公式 11-5，泄漏辐射方向和散射方向叠加下的控制区和监督区距离如下：

表 11.2-4 非有用线束方向控制区和监督区距离

探伤机型号	屏蔽体	控制区边界（m）	监督区边界（m）
XXQ-2505 型	钢制含铅层屏蔽体，铅层厚度 5mm	9.39	22.99

根据表 11.2-4，本项目非有用线束方向控制区边界在 0m~9.39m 之间，非有用线束方向监督区边界在 9.39m~22.99m 之间。建设单位在进行现场探伤时，非有用线束方向控制区和监督区应设置不低于上述的距离。

3、估算结果分析

上述理论计算结果仅为本项目开展现场探伤时，控制区和监督区的划分提供参考。实际探伤过程中，由于 X 射线探伤机管电压的降低、探伤机的摆放位置变化、被检测物体的厚度变化以及探伤现场的屏蔽物对射线的遮挡等，都会使探伤现场的辐射剂量水平发生变化，从而改变控制区和监督区的范围，因此上述估算结果不能完全作为划分控制区与监督区边界的依据，仅供现场初次布置时参考。

建设单位在实施现场探伤之前，应对工作环境进行全面的评估，保证探伤过程中的辐射安全。辐射工作人员在开展现场探伤作业时，现场安全员应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，根据理论估算值和经验初步划定并标志出控制区和监督区边界，同时，利用辐射剂量率仪对控制区和监督区边界进行巡测并修正，将辐射

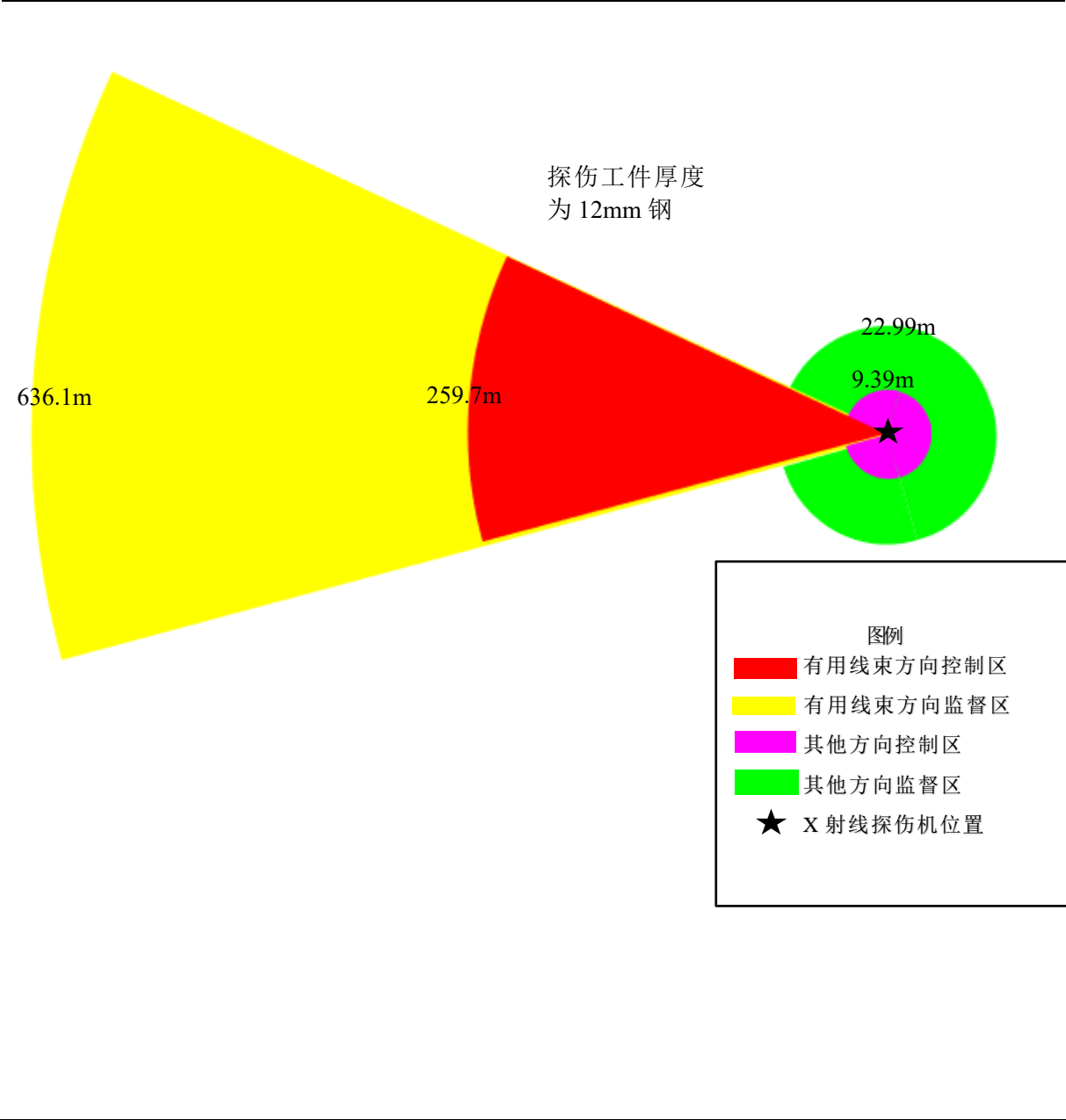
剂量率在 15μSv/h 以上的范围内划为控制区，探伤期间禁止任何人员进入，控制区边界外辐射剂量率在 2.5μSv/h 以上的范围内划为监督区，严格控制非辐射工作人员进入。

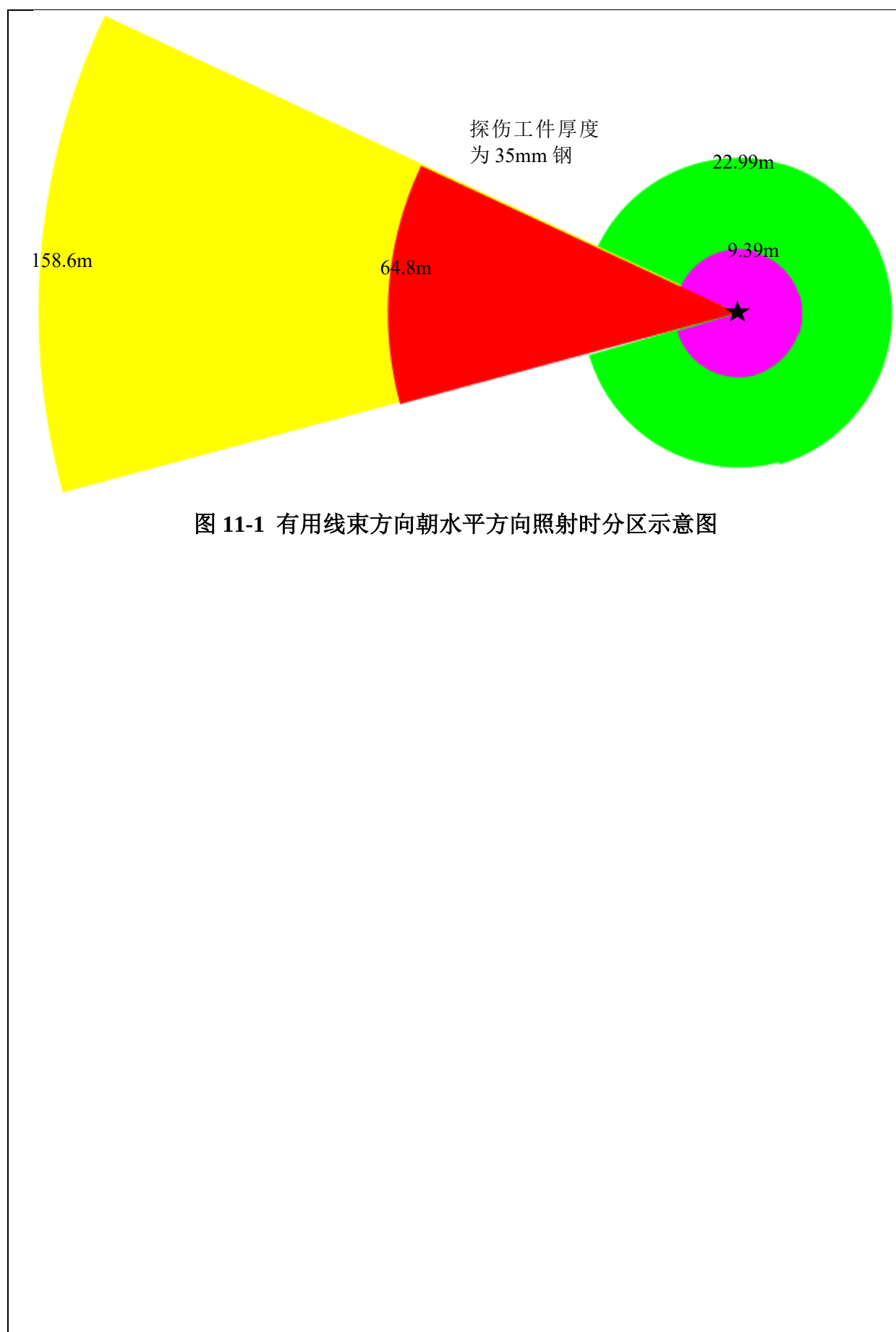
①有用线束方向朝水平方向照射

根据表 11.2-2、表 11.2-4，当有用线束朝水平方向照射时，三侧使用含铅屏蔽体遮挡。控制区和监督区范围见表 11.2-5，控制区和监督区范围分区示意图见图 11-1。

表 11.2-4 有用线束朝水平方向控制区和监督区范围一览表

方向			控制区范围（m）	监督区范围（m）
水平方向探测	有用线束方向	12mm 钢	259.7	636.1
		35mm 钢	64.8	158.6
	其他方向		9.39	22.99





②有用线束方向朝垂直方向照射（朝上或朝下）

当有用线束朝下方向照射时，垂直方向为地底，本项目探伤地点不涉及多楼层探伤和地底探伤，不需要划分控制区和监督区，水平方向仅受泄漏辐射和散射辐射影响（非有用线束方向）。根据表 11.2-3 和表 11.2-4，当有用线束朝垂直方向照射时控制区和监督区范围见表 11.2-6，控制区和监督区范围分区示意图见图 11-2。

表 11.2-6 有用线束朝水平方向控制区和监督区范围一览表

方向		控制区范围（m）	监督区范围（m）
垂直方向探测	其他方向	9.39	22.99

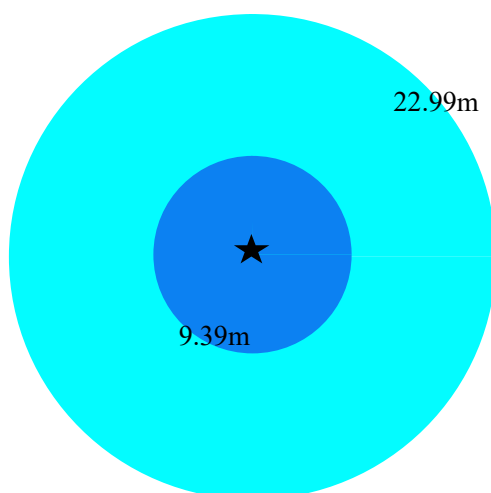
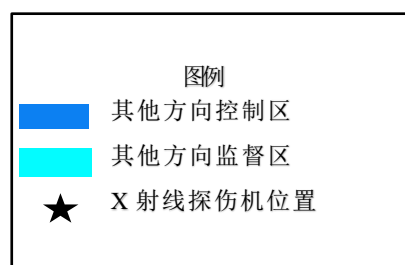


图 11-2 有用线束方向朝下方向照射时分区示意图



11.2.3 年附加有效剂量估算

根据建设单位提供资料，本项目拟配备 2 组现场探伤工作小组，每组现场探伤工作小组每周探伤时间均不超过 5 小时，每组现场探伤工作小组每年探伤时间均不超过 250 小时。辐射工作人员在监督区内进行活动，受照辐射剂量率保守取控制区边界剂量率 $15\mu\text{Sv/h}$ 。

本项目为现场探伤，探伤地点不固定，且一般在晚上进行现场探伤工作，公众人员受照辐射剂量率保守取监督区边界剂量率 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 附加年有效剂量当量计算公式如下：

$$H=Dr\cdot t\cdot T/1000 \quad (11-6)$$

式中：

H —X、 γ 射线外照射人均年有效剂量当量， mSv/a ；

Dr —为参考点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ 。本评价以控制区辐射剂量率 $15\mu\text{Sv/h}$ 作为工作人员参考剂量率，以监督区辐射剂量率 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 作为公众人员参考剂量率。

t —X 射线装置周照射时间，单位为小时每年（ h/a ）。 $T=250\text{h}$ 。

T —人员在相应关注点驻留的居留因子，参考人员在辐射场所周围的实际驻留位置取值；根据人员在不同场所逗留的时间长短，取不同的居留因子，取值参考（IAEA47-2006）。本项目探伤机辐射工作人员居留因子取 1，公众人员居留因子取 $1/8$ （偶然居留）。

本项目保守不考虑距离衰减，在评价范围内，关注点年附加有效剂量见表 11.2-7。

表 11.2-7 X 射线探伤机现场探伤工作人员及公众人员的年有效剂量估算结果表

成员	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	受照时间	居留因子	年有效剂量 (mSv)
工作人员	15	250h	1	3.75
公众人员	2.5	250h	1/8	0.078

根据表 11.2-7，X 射线探伤机现场探伤时对工作人员年附加有效剂量最大值为 3.75mSv ，公众人员最大年附加有效剂量为 0.078mSv 。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员的连续五年有效剂量平均限值 20mSv 和公众人员年有效剂量限值 1mSv 的要求，同时满足辐射工作人员的管理限值 5mSv/a 和公众人员管理限值 0.25mSv/a 的要求。

11.2.4.三废治理措施后的环境影响分析

（1）废气

本项目拟使用的 X 射线探伤机最大管电压为 250kV ，运行时将产生极少量的臭氧和

氮氧化物，本项目为现场探伤，探伤地点为室外空旷地带，极少量的臭氧和氮氧化物经自然扩散、分解和稀释后对周边环境基本无影响。

（2）危险废物

本项目 X 射线探伤机在探伤作业使用胶片照相，建设单位计划于 2 号楼 1 层内设置专门暗室对拍摄的感光胶片进行显（定）影，在此过程产生的一定数量的废显（定）影剂及废胶片，本项目预计年废胶片数量 150 张，废显（定）影剂 30L，废显、定影剂用专用容器桶分类收集后暂存于暗室，废胶片用专用密封袋收集后暂存于暗室，定期委托福建绿洲固体废物处置有限公司处置。

X 射线探伤机达到设备使用年限或是阴极射线管损坏进行更换时，会产生废旧阴极射线管，建设单位拟委托生产厂家回收处置，拆除阴极射线管的探伤机在任何情况下均不会再产生 X 射线，可由企业按照一般设备报废的相关规定进行处置。

11.3 事故影响分析

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。

本项目最严重辐射事故情况为公众人员在探伤工作前现场探伤控制区、监督区范围内尚有未撤离现场探伤控制区、监督区的公众人员。假定公众人员在出束时离 X 射线探伤机仅 1m 远，公众人员所受辐射剂量率为 990000 μ Sv/h，每次现场探伤时间约为 3min，则公众人员所受有效剂量为 49.5mSv。

依据《实用辐射安全手册》（从慧玲，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 11.3-1。

表 11.3-1 急性放射病的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

根据表 11.3-1，本项目最严重辐射事故不会导致人员产生急性放射病。本项目辐射事故情况等级为一般辐射事故：指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限制的照射。

X 射线装置的 X 射线受开机和关机控制，关机时没有射线发出。在意外情况下，可能出现的辐射事故如下：

①探伤工作前现场探伤控制区、监督区范围内尚有未撤离现场探伤控制区、监督区的公众人员，X 射线探伤机运行可能对公众人员产生误照射。

拟采取的措施：建设单位在探伤工作之前派专人检查现场探伤控制区、监督区范围内是否有无关人员，确定没有无关人员后才开机探伤，防止事故的发生。当发生事故时工作人员立即关闭电源，减小事故的影响。

②X 射线探伤机运行时，无关人员误入现场探伤控制区、监督区范围内，引起误照射。

拟采取的措施：建设单位安排现场安全员于控制区和监督区边界巡视，防止无关人员误入现场探伤控制区、监督区范围内。

③X 射线探伤机发生 X 射线无法停束故障。

拟采取的措施：当 X 射线探伤机发生 X 射线无法停束故障时，工作人员应立即关闭电源，同时建设单位应加强 X 射线探伤机的日常检查和定期维护，防止此类事故的发生。

④探伤现场选择及现场控制区、监督区划分不合理，检测过程中未对两区边界辐射水平进行检测，对工作人员和现场周围公众造成照射。

拟采取的措施：建设单位拟制定详细的操作规程，并将进行内部培训，工作人员严格按照操作规程作业，首先依照理论计算结果大致对监督区及控制区进行划分，再使用辐射剂量率仪进一步对监督区及控制区边界的辐射剂量率进行确认，确保分区无误。

11.4 退役对环境的影响

探伤机达到设备使用年限时，产生的废旧阴极射线管属于危险废物（依据《国家危险废物名录》（2021 年版生态环境部令第 15 号），危废代码为 900-044-49），建设单位应委托生产厂家回收处置，拆除阴极射线管的探伤机在任何情况下均不会再产生 X 射线，建设单位可按照一般设备报废的相关规定进行处置。

表12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

1.辐射安全与环境保护管理机构

福建省建科院检验检测有限公司已成立了辐射安全与环境管理机构，并明确了相应的职责。辐射防护管理领导小组以郑小强为组长，成员有陈则林、赖大云、耿广明、林宏、周祥等。共同协作负责辐射安全与防护工作的具体组织、协调、督查与指导；负责拟定辐射防护工作计划和实施方案，制定相关工作制度并组织实施；建立辐射工作人员的辐射防护档案与健康监护档案；定期对辐射安全与防护工作进行督查，确保不发生辐射安全事故。

领导小组职责：

（一）组长职责：领导整个应急工作，协调各部门的工作，为应急工作提供资金保障。并向当地环保、卫生、公安等主管部门报告。

（二）副组长职责：配合组长工作，当组长不在时，行使组长权利。

（三）救护职责：当事故发生后，迅速与医疗救护单位联系，配合协助其工作。

（四）物资供应职责：为事故的救助提供必要的物质保障。

2.辐射工作人员配置

本项目拟新增 2 人辐射工作人员操作该探伤机进行检测工作。要求该 2 人辐射工作人员均需参加有资质单位组织的辐射安全和防护知识的培训，并取得培训合格证方可进行辐射工作。

在此基础上，本项目辐射工作人员的配置是满足要求的。

12.2 辐射安全管理规章制度

1、安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，使用放射源和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、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。相关制度要求见表 12.2-1。

福建省建科院检验检测有限公司已成立辐射安全与环境管理机构，并根据相关要求已制定了《辐射安全防护管理规定》（包含辐射安全防护管理工作制度、X 射线探伤安

全操作规程、非固定场所使用的管理规定、安全检查及设备维护制度、辐射工作人员岗位职责、射线监测方案、辐射防护和安全保卫制度、辐射工作人员健康管理制度、辐射工作人员培训/再培训管理制度、环境监测和个人剂量监测制度、应急培训与应急响应演练制度、事故报告调查及处理制度、射线装置使用管理台账制度）、《辐射事故/事件应急预案》等辐射安全管理制度。

表 12.2-1 福建省建科院检验检测有限公司已建立的管理制度

管理要求	内容
辐射防护和安全保卫制度	对单位辐射工作人员职责、工作程序和个人防护作出要求。
操作规程	规定了辐射工作人员操作射线装置的详细流程，能减少辐射事故的发生。
岗位职责	明确了辐射工作人员和管理人员在辐射工作中各自的责任。
事故应急预案	规定了发生辐射事故时单位相关人员职责和处理程序，将辐射事故的影响减少到最小。
人员培训计划	规定了辐射工作人员必须参加国家核技术利用辐射安全与防护培训考核，持证上岗
辐射环境监测方案	规定了委托监测和日常监测的频率和内容，并要求对检测结果存档保留。
个人剂量监测方案	提出对辐射工作人员个人剂量监测和体检的要求，并要求档案终身保存。
设备维修维护制度、装置使用登记和台账管理制度	公司制订的《射线装置使用登记制度》规定了操作人员 在日常操作过程中记录探伤机使用时的管电压、管电流、 曝光时间、使用人等情况。

在此基础上，项目建设单位的辐射安全管理规章制度符合中华人民共和国生态环境部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等管理规定。

2、辐射工作人员拟配备人数

本项目拟新增 2 人辐射工作人员操作该探伤机。详细的人员结构在后期项目运营期将根据实际需要再进行调整。

3、辐射工作人员培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定，使用射线装置的单位，其辐射工作人员和辐射防护管理人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

本项目正式开展运营前，建设单位将严格根据相关法律法规的要求，督促本项目涉及的辐射工作人员和辐射防护管理人员报名参加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>）关于辐射安全与防护知识的学习、考试，取得考核合格证书后方能上岗。

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》（HJ/T61-2021）、《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、辐射工作人员个人剂量监测

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求：应对从事探伤工作的人员按 GBZ128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ98 的要求进行职业健康监护。根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的规定，职业照射个人剂量档案应终身保存。建设单位将按照有关要求，对辐射工作人员上岗前进行职业健康检查，经检查合格后方可从事辐射工作。委托检测机构对辐射工作人员进行个人剂量监测，工作人员按要求佩戴检测机构发放的个人剂量计上岗，定期回收读出个人受照剂量，监测周期为 3 个月，并按要求建立个人剂量档案及职业健康档案。

2、工作场所和周围环境监测

公司配置 1 台便携式 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。

3、竣工环保验收

公司应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南污染影响类》（生态环境部公告 2018 年第 9 号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。本项目环保设施验收期限一般不超过 3 个月，需要对该类环保设施进行调试或者整改的，验收期限可适当延期，但最长不超过 12 个月。

具体监测计划见表 12.3-1。

表 12.3-1 辐射监测计划

监测计划	监测方案	监测项目	监测频次	监测方式
辐射工作人员个人剂量监测	佩戴个人辐射剂量计	年有效剂量	每季度一次	委托有资质单位检测
工作场所和周围环境监测	现场探伤现场： 划分控制区（ $2.5\mu\text{Sv/h} < \text{控制区} \leq 15\mu\text{Sv/h}$ ）、 监督区（ $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ）	X- γ 辐射剂量率	每次探伤作业前	自行使用便携式 X- γ 剂量率测量仪监测
竣工环保验收			运行后监测 1 次	委托有资质单位检测
监测依据	《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》（HJ/T61-2021）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）			

12.4 辐射事故应急预案

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲》（试行），建设单位根据本单位核技术利用类型和可能发生的辐射事故风险，制定了《辐射事故应急预案》。

根据《辐射事故应急预案》，建设单位成立了辐射事故应急处理工作领导小组，领导小组成员名单如下：

表 12.4-1 应急领导小组成员一览表

机构组成		姓名	联系方式
应急指挥小组	组长	郑小强	18965143003
	副组长	陈则林	17706021206
	组员	耿广明	15860763519
现场处理组	组长	陈则林	17706021206
	组员	庄炯城	13030874867
现场救护组	组长	林宏	18659200486
	组员	赖大云	15359876869
后勤保障组	组长	周祥	18030262025
	组员	李南	13559229202

注：待操作人员取证后，拟将操作人员加入应急小组中

福建省建科院检验检测有限公司已制定了《辐射事故应急预案》，明确了放射性事故应急处理机构和职责，在发生辐射事故时，能够立即启动本单位的应急预案，采取应急措施，及时向当地生态环境主管部门报告，同时向当地人民政府、公安部门和卫生主管部门报告。并且落实人员培训及演练情况，根据培训及演练情况及时更新预案内容。

12.5 建设项目竣工环境保护验收项目一览表

建设项目竣工环境保护验收项目一览表见表 12.5-1

表 12.5-1 竣工验收一览表

污染源或保护源	主要环保措施	验收标准
辐射防护措施	所有辐射工作人员配备个人剂量计，2 个人剂量报警仪（后期如增加辐射工作人员，应根据人员数量增配个人剂量报警仪），1 台辐射剂量率仪。	《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 （GBZ/T250-2014）相关规定，即控制区剂量率控制值 $\leq 15\mu\text{Sv/h}$ ；监督区剂量率控制值 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。
	现场探伤辐射工作场所分监督区和控制区进行管理。	
	根据现场情况配备警戒线，提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置、电离辐射警告标志、“禁止进入 X 射线区”警示牌、“无关人员禁止入内”警告牌、安全信息公示牌。	
管理制度	所有辐射工作人员佩戴个人剂量计并委托有资质单位每季度检测一次，并建立个人剂量档案。	符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 （GB18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》 （GBZ117-2022）相关规定
	建立完善的 X 射线装置台账。	
	辐射工作人员取得辐射安全与防护培训合格证书，持证上岗。	
	辐射工作人员每 2 年参加一次职业病健康体检。	
	每年 1 月 31 日前向生态环境主管部门提交上一年度的评估报告。	
	制定实行辐射防护规章制度，包括：《辐射安全防护管理工作制度》、《X 射线探伤机安全操作规程》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《自行检查及设备检修、维护制度》、《射线装置使用管理台账制度》、《辐射工作人员培训管理制度》、《职业健康档案管理制度》、《环境监测和个人剂量监测制度》、《辐射事故（件）应急预案》等。	
	现场仪器设备室外走廊安装监控设施，探伤机单独存放在现场仪器设备室探伤机柜内，探伤机柜外醒目位置设置电离辐射警示标识。	
危险废物	废显（定）影液现场收集暂存在带盖可密封且不渗漏专用桶中，胶片现场收集暂存于密封袋中，废显（定）影液和废胶片暂存一定量后，委托福建绿洲固体废物处置有限公司回收处置。	
	废旧阴极射线管交由生产厂家回收处置。	

表13 结论与建议

13.1 结论

1.辐射安全与防护分析结论

(1) 项目安全设施

建设单位设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，制定了完善的规章制度，辐射工作人员均拟配备个人剂量计，建设单位拟配备 2 个人剂量报警仪和 1 台辐射剂量率仪。本项目设有相应的辐射安全与防护设施，且经评价分析，本项目拟设置的各项辐射安全和防护措施符合中华人民共和国生态环境部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关文件的要求。

(2) 三废的治理

①废气

工业 X 射线探伤机在工作状态时，会使空气电离产生微量的臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x），臭氧在空气中 50 分钟后会自动分解为氧气。本项目拟使用的 X 射线探伤机最大管电压为 250kV，运行时将产生极少量的臭氧和氮氧化物，本项目为现场探伤，探伤地点为室外空旷地带，极少量的臭氧和氮氧化物经自然扩散、分解和稀释后对周边环境基本无影响。

②危险废物

本项目 X 射线探伤机在探伤作业使用胶片照相，建设单位计划设置专门暗室对拍摄的感光胶片进行显（定）影，在此过程产生的一定数量的废显（定）影剂及废胶片，废显（定）影剂用专用容器桶分类收集后暂存于暗室，废胶片用专用密封袋收集后暂存于暗室，定期委托有资质单位处置。

探伤机达到设备使用年限时，产生的废旧阴极射线管属于危险废物（依据《国家危险废物名录》（2021 年版生态环境部令第 15 号），危废代码为 900-044-49），建设单位应委托生产厂家回收处置，拆除阴极射线管的探伤机在任何情况下均不会再产生 X 射线，建设单位可按照一般设备报废的相关规定进行处置。

2.环境影响分析结论

根据福建省生态环境厅《2023 年福建省生态环境状况公报》，2023 年福建省实时连续监测空气吸收剂量率（未扣除宇宙射线响应值）的年均值范围为 83.3~141.0nGy/h，参考《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年），福建省室外环境 γ

辐射剂量率水平在 39.4~399.1nGy/h 之间,室内环境 γ 辐射剂量率水平在 70.9~351.7nGy/h 之间。对比表明,福建省的环境 γ 辐射剂量率处于天然本底涨落范围内。

(1) 建设阶段对环境的影响

本项目为现场探伤项目,根据业主单位的需求,于业主单位指定地点进行现场探伤工作,无固定探伤地点。本项目利用现有房间配套建设 1 间仪器存放室和 1 间暗室,不建设探伤室。暗室主要工程为安装洗片机、胶片烘干机等设备以及墙体粉刷、电气安装等,仪器存放室主要工程为安装探伤机柜等,不涉及土建工程,故建设期产生的环境影响主要是设备进厂安装时产生的噪声、包装材料废物等环境影响。建设期产生的包装材料废物依托厂区现有工程处理,设备安装产生的噪声为间断性的,随着设备安装的结束,噪声影响也随即结束。

(2) 运行阶段对环境的影响

X 射线探伤机现场探伤时对工作人员年附加有效剂量最大值为 3.75mSv,公众人员最大年附加有效剂量为 0.078mSv。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定的辐射工作人员的连续五年有效剂量平均限值 20mSv 和公众人员年有效剂量限值 1mSv 的要求,同时满足辐射工作人员的管理限值 5mSv/a 和公众人员管理限值 0.25mSv/a 的要求。

3.可行性分析结论

本项目投入运行主要用于对桥梁和钢构厂房的无损检测,在项目施工阶段进行周期性检测或于验收阶段检验工程质量,保证相关工程质量,本项目通过对潜在照射所致危险实时控制,使本项目所引起的个人照射可满足剂量限值要求,符合辐射防护“剂量限值”原则。项目在加强管理后均满足国家相关法律法规和标准的要求,不会给所在区域带来环境压力。同时,本项目属于《产业结构调整指导目录(2024 年本)》鼓励类中第六类“核能”中的第 6 条“核技术应用:同位素、加速器及辐照应用技术开发,辐射防护技术开发与监测设备制造”,符合国家产业政策。

综上所述,建设单位具备从事辐射活动的技术能力,在严格落实各项防护措施后,该项目运行时对周围环境产生的影响符合辐射环境保护的要求,故从辐射环境保护角度论证,福建省建科院检验检测有限公司 1 台 X 射线探伤机项目是可行的。

13.2 建议

(1) 在项目建设同时，应确保辐射防护设施和管理措施的建设，切实做到环保设施和主体工程“同时设计、同时施工、同时投产”。

(2) 对本报告表提出的辐射防护措施应严格执行，辐射防护存在不足的应完善；

(3) 公司若未来如需增加本报告表所涉及之外的污染源和射线装置或对其可能进行调整变动，则应按要求向有关生态环境主管部门进行申报，并按污标采取相应的污染治理措施，主动接受生态环境主管部门的监督管理。

(4) 本项目环评批复后，建设单位应及时向环保行政主管部门办理辐射安全许可证申领手续，并及时开展竣工环保验收工作。

(5) 建设单位在进行现场探伤作业时，应充分利用现有结构（如墙体）缩小控制区和监督区范围。

(6) 工作人员应结合上述理论估算结果由远至近以实际巡测结果划定控制区和监督区范围。

(7) 有用线束方向在受检工件较薄时，应在有用线束方向放置一些屏蔽物体（如钢板等）以减少有用线束方向控制区和监督区范围。

附件 1 营业执照

附件 2 委托书

委 托 书

睿柯环境工程有限公司：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《建设项目环境保护管理条例》和《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》有关规定，特委托贵公司对“福建省建科院检验检测有限公司 1 台 X 射线探伤机项目”进行环境影响评价工作，编制《福建省建科院检验检测有限公司 1 台 X 射线探伤机项目环境影响评价报告表》。

福建省建科院检验检测有限公司

2024 年 8 月 6 日



附件 3 关于成立放射防护工作管理小组的通知

福建省建科院检验检测有限公司文件

闽建科检测公司（2024）10 号

关于成立放射防护工作管理小组的通知

司属各部门：

根据《中华人民共和国和放射性污染防治法》、《放射性同位素和射线装置安全防护条例》的有关规定，为加强我司射线装置放射防护安全和环境保护的管理，保护人员身体健康和生命安全，结合我司实际，决定成立放射防护工作管理小组，现将有关事项通知如下：

一、管理小组成员

组 长：[REDACTED]

副组长：[REDACTED]

成 员：[REDACTED]

二、工作职责

- 1、负责制定并实施放射防护管理制度。
- 2、定期对放射场所及其周围环境进行放射防护检测和检查。
- 3、负责对本公司内使用的射线装置进行维护及射线装置的常规监测工作。
- 4、制定并落实放射事故预防措施，负责放射事故应急调查处

理及上报。

5、定期维护“国家核技术利用辐射安全申报系统”相关数据，每年一月份在申报系统上传上一年度“辐射安全与防护年度评估报告”。

三、工作要求

1、落实责任制，分工合作，明确管理工作小组成员各自的工作职责和任务。

2、保证射线装置、监测设备、报警仪器和安全防护用品的正常运转和使用。

3、在发生放射性事故时，相关成员要及时到现场开展工作。

4、做好设施设备资料收集、整理，并建立档案。

福建省建科院检验检测有限公司

2024年7月25日

福建省建科院检验检测有限公司

2024年7月31日印发

附件 4 辐射安全防护管理规定

辐射安全防护管理规定

AQGL(XG) 05A-2024

福建省建科院检验检测有限公司
作业指导书

AQGL(XG) 05A-2024

辐射安全防护管理规定

2024-07-25 批准

2024-07-25 实施

福建省建科院检验检测有限公司
作业指导书

AQGL (XG) 04A—2024

辐射事故/事件应急预案

2024—07—25 批准

2024—07—25 实施

附件 6 危险废物处置协议