

表 1 项目基本情况

建设项目名称	新疆燃气集团有限公司新建 X 射线现场探伤项目				
建设单位	新疆燃气集团有限公司				
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址	新疆乌鲁木齐市沙依巴克区克拉玛依东街北巷120号				
建设地址	探伤地点：全疆各地，不固定； 探伤机储存场所：新疆乌鲁木齐市高新区（新市区）喀什东路东戈壁13号 新疆燃气集团有限公司检测计量中心				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资(万元)	30	项目环保投资(万元)	9.2	投资比例(环保投资/总投资)	30.7%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积(m ²)	45.8
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用 <input type="checkbox"/>) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备PET用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
<input checked="" type="checkbox"/> 使用		<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
其他					

1.1 项目概况

1.1.1 建设单位简介

新疆燃气集团有限公司是全国燃气行业大型企业之一，中国燃气协会理事单位。公司以城市天然气输配、销售、运营为主业，开展配套燃气工程设计、施工安装、管网检测等业务，业务覆盖乌鲁木齐市天山区、沙依巴克区、水磨沟区、高新区（新市区）、经开区（头屯河区）、达坂城区等城区。

新疆燃气集团有限公司检测计量中心为新疆燃气集团有限公司的分公司，主要负责燃气管道、压力容器、流量计、压力表的检验、检测工作。

1.1.2 项目目的和任务的由来

为满足工作需要，新疆燃气集团有限公司拟购置3台工业用X射线探伤机进行现场探伤（具体情况见表1-1），该设备为II类射线装置，主要用于开展燃气管道、压力容器的现场无损检测工作，保证产品的质量与生产的安全。

表 1-1 X 射线探伤项目情况一览表

序号	射线装置名称 (型号)	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	射线装置类别	用途	环评情况及 审批时间
1	2005 型工业用 X 射线探伤机	1	200kV	5mA	II 类	现场探伤	本次环评
2	2505 型工业用 X 射线探伤机	1	250kV	5mA	II 类	现场探伤	本次环评
3	3505 型工业用 X 射线探伤机	1	350kv	5mA	II 类	现场探伤	本次环评

按照国务院 449 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、生态环境部《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》的有关规定要求，本项目应编制环境影响报告表。受新疆燃气集团有限公司委托，通过现场勘查、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，新疆众智安环工程咨询有限公司编制完成了《新疆燃气集团有限公司新建 X 射线现场探伤项目环境影响报告表》。

1.1.3 建设项目概况

(1) 项目名称、性质、地点

项目名称：新疆燃气集团有限公司新建X射线现场探伤项目

建设单位：新疆燃气集团有限公司

建设性质：新建

建设地点：探伤地点为全疆范围内，不固定；探伤机不进行现场探伤作业时存放在新疆乌鲁木齐市高新区（新市区）喀什东路东戈壁13号，新疆燃气集团有限公司检测计量中心容器车间东北侧设备存储间内。

(2) 建设内容与规模

新疆燃气集团有限公司拟使用3台工业用X射线探伤机在全疆范围内开展燃气管道、压力容器的现场无损检测工作，无固定工作场所。本项目探伤机的调试、训机和使用都在探伤现场，不建设专用探伤室。

新疆燃气集团有限公司检测计量中心位于新疆乌鲁木齐市高新区（新市区）喀什东路东戈壁13号，本项目拟在检测计量中心容器车间东北侧设置设备存储间（18.0m²），用于探伤机未进行现场探伤作业时的存放；在检测计量中心办公楼一层北侧设置暗室（10.0m²）、洗片室（12.9m²），在容器车间外东北侧设置危废暂存间（4.9m²），用于暂存废显影液、废定影液和废胶片。

在实施探伤过程中，每个现场探伤场所只使用1台探伤机，不存在同一地点两台或三台探伤机同时探伤的情况，本项目X射线探伤机仅进行现场探伤作业使用，不涉及室内探伤。

项目组成及主要环境问题见表1-2。

表1-2 建设项目组成及主要的环境问题表

	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
			施工期	运营期
主体工程	探伤机情况	新疆燃气集团有限公司拟使用 2005 型（最大管电压 200kV、最大管电流 5mA）、2505 型（最大管电流 250kv、最大管电流 5mA）和 3505 型的定向探伤机（最大管电压 300kV、最大管电流 5mA）各 1 台，用于在全疆范围内开展燃气管道、压力容器的现场无损检测工作。拟在检测计量中心容器车间东北侧设置设备存储间（18.0m ² ），用于探伤机未进行现场探伤作业时的存放；在检测计量中心办公楼一层北侧设置暗室（10.0m ² ）、洗片室（12.9m ² ），用于现场探伤后续洗片、评片工作，在容器车间外东北侧设置危废暂存间（4.9m ² ），用于暂存废显影液、废定影液、废胶片	/	X射线、臭氧

	探伤地点	全疆范围内，不固定	
	设备存放	未进行现场探伤作业时存放在容器车间东北侧设置设备存储间	
	曝光时间	年总曝光时间约430h	
环保工程	新建危废暂存间，依托单位已建污水收集处理设施等		/
辅助工程	暗室（10.0m ² ）、洗片室（12.9m ² ）和危废暂存间（4.9m ² ）等		洗片废水，废胶片，废显、定影液
公用工程	依托探伤工程区域公共设施		生活污水 生活垃圾
办公机生活设施	依托探伤工程区域办公及生活设施		/

1.2 项目地理位置与周边关系

1.2.1 项目地理位置

新疆燃气集团有限公司拟使用3台工业用X射线探伤机（Ⅱ类射线装置）在全疆范围内开展燃气管道、压力容器的现场无损检测工作，无固定工作场所。

新疆燃气集团有限公司注册地址位于新疆乌鲁木齐市沙依巴克区克拉玛依东街北巷120号，新疆燃气集团有限公司检测计量中心为项目建设地点，位于新疆乌鲁木齐市高新区（新市区）喀什东路东戈壁13号。

本项目工业用X射线探伤机存放及洗片、评片等辅助工作场所，位于新疆乌鲁木齐市高新区（新市区）喀什东路东戈壁13号，新疆燃气集团有限公司检测计量中心。建设单位拟在检测计量中心容器车间东北侧设置设备存储间，拟在检测计量中心办公楼一层北侧设置暗室、洗片室，拟在容器车间外东北侧设置危废暂存间。新疆燃气集团有限公司检测计量中心东侧为宏阳路（在建），南侧为城北大道辅路，西侧、北侧为空地。

本项目工业用X射线探伤机存放场所位于检测计量中心容器车间东北侧设备存储间，暗室、洗片室位于检测计量中心办公楼一层北侧，危废暂存间位于容器车间外东北侧。

1.2.2 项目周边环境概况及选址合理性分析

本项目工业用X射线探伤机在全疆范围内开展燃气管道、压力容器的现场无损检测工作。在评价范围内主要为职业人员，并且经过采取相应的屏蔽措施和管理措施后，经理论分析，本项目对周围环境的辐射影响是可以接受的，所以本项目现场探伤选址和布局是

合理的。

本项目探伤机的调试、训机和使用都在探伤现场，探伤机无探伤任务时存放于容器车间东北侧设备存储间内，建设单位拟对设备存储间采取一系列的保证设备安全的措施：①在设备存储间内安装监控摄像头，实行 24 小时监控，能够实时看到设备存储间内部情况；②在设备存储间装防盗门，防盗窗及报警装置，实行双人双锁管理，将设备存储间纳入公司重点警戒范围；③安排专人管理和维护，建立完善的管理制度，并做好射线装置台账工作；④探伤机主机、线缆分开存放，禁止 X 射线探伤机在设备暂存间内进行调试、训机和使用；⑤存放场所设置明显的电离辐射警告标志，配备防爆、灭火器材，并设置消防水源。室内环境保持干燥，通风良好，防止进水；⑥对探伤机操作和管理人员进行专业培训，熟悉探伤安全和防护知识，熟悉相关操作规程和应急处理措施；⑦建立应急处理预案，明确应急组织和人员、应急设备和器材、应急流程和措施等，确保在紧急情况下能够及时有效应对；⑧本项目涉及远距离作业时，存在探伤机当天无法返回设备间的情况，应选择门窗完好并有上锁的临时贮存射线装置场所或利用保险柜现场保存，安排双人值守，使探伤机一直处于监控状态，并采取防火、防止射线泄漏等安全防护措施。

本项目现场探伤检测结束后，取下胶片送至检测计量中心办公楼一层暗室、洗片室进行洗片、评片工作，所产生的废显影液、废定影液和废胶片用专用容器收集，暂存在危废暂存间，并定期交有资质单位处理。

本项目新建暗室、洗片室和危废暂存间拟采用 2mmHDPE 膜+防渗混凝土进行防渗，保证渗透系数 $K \leq 1 \times 10^{-10} \text{cm/s}$ ，满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）的要求，危废暂存间拟设置警示标识、标牌，同时地面基础、接缝处、裙角需全面防渗，满足“六防”（防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐）要求。对不同类别的危险废物密封盛装，并分类编号；储存容器表面标示储存日期、名称、成分、数量级特性指标。洗片等作业在暗室、洗片室内进行，产生的废胶片、废显影液、废定影液经专用容器收集暂存在危废暂存间内，定期交有资质单位处理，故危废暂存间内不设置外排管路；专用的收集容器满足相应的防渗、防漏、防腐和强度要求，并在危废储存容器外贴上标识，交有资质单位处理时，应根据《危险废物转移管理办法》要求进行处置，并做好危险废物出入危废暂存间的台账登记。

综上所述，设备存储间只用作设备存放，不进行探伤机调试、训机和使用，X射线探伤机暂存不会对周围环境产生不良影响，暗室、洗片室和危废暂存间周围 50m 范围为新疆燃气集团有限公司检测计量中心园区和宏扬路（在建），周围环境无制约因素，因此将设备存储间、暗室、洗片室和危废暂存间设置在新疆燃气集团有限公司检测计量中心是合理的。

1.3 产业政策的符合性

本项目属于国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2024 年 2 月 1 日实施）中鼓励类项目（第六项“核能”第 4 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发”；第十四项“机械”第 1 条“科学仪器和工业仪表：工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”；第三十一项“科技服务业”第 1 条“质量认证和检验检测服务”），符合国家现行的产业政策。

1.4 原有核技术利用项目许可情况

本项目为新建项目，新疆燃气集团有限公司未从事过任何核技术应用类项目活动，本次为首次申请辐射安全许可证开展的环境影响评价，不存在原有核技术利用遗留的污染和环境问题。

（本页以下空白）

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	工业用X射线探伤机	II类	1	2005型	200	5	工业X射线探伤	现场探伤	定向
2	工业用X射线探伤机	II类	1	2505型	250	5	工业X射线探伤	现场探伤	定向
3	工业用X射线探伤机	II类	1	3505型	350	5	工业X射线探伤	现场探伤	定向

(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	一次排放量 (Bq)	年排放总量 (Bq)	排放口浓度	暂存情况	最终去向
洗片废液	液体	/	/	/	360kg	/	废液桶收集，并存放至危废暂存间	定期交由有资质单位回收
废胶片	固态	/	/	/	12kg	/	纸袋保存，并存放至危废暂存间	定期交由有资质单位回收

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

<p>法 规 文 件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日施行）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日修正）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日施行）；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017 年 7 月 16 日）；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号，2005 年 12 月 1 日起施行；2019 年修改，国务院令 709 号，2019 年 3 月 2 日施行）；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日实施）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原环境保护总局令第 31 号，2021 年 1 月 4 日修订）；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2021 年 1 月 4 日修订）；</p> <p>(9) 《射线装置分类》（原环境保护部、原国家卫生和计划生育委员会，公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行）；</p> <p>(10) 《新疆维吾尔自治区辐射污染防治办法》（政府令第 192 号，2015 年 7 月 1 日实施）；</p> <p>(11) 《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》（国家环保总局，环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日起施行）；</p> <p>(12) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发展改革委令第 7 号，2024 年 2 月 1 日实施）；</p> <p>(13) 《国家危险废物名录》（生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令第 36 号，2025 年 1 月 1 日实施）；</p> <p>(14) 《危险废物转移管理办法》（生态环境部、公安部、交通运输部令第 23 号，2022 年 1 月 1 日实施）。</p>
<p>技 术</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ/T10.1—2016）；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p>

标 准	<p>(4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(6) 《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》（GB/T29639-2020）；</p> <p>(7) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）；</p> <p>(8) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）；</p> <p>(9) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）；</p> <p>(10) 《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ2025-2012）。</p>
其 他	<p>(1) 《新疆维吾尔自治区环境天然贯穿辐射水平调查研究》（新疆维吾尔自治区环境监测中心站编制，1992 年版）；</p> <p>(2) 《辐射防护导论》（方杰主编，1991 年版）；</p> <p>(3) 新疆燃气集团有限公司提供的其他资料。</p>

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/T10.1-2016)和《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的要求,结合本项目环境影响因素的特征和项目周围环境的特点,确定本项目的辐射评价范围是X射线探伤作业现场100m范围内的区域,当监督区边界大于100m时评价范围扩大至监督区边界。

7.2 保护目标

本项目主要为现场探伤,探伤地点主要为室外空旷处或野外空地,大部分为周围人烟稀少的地方,若探伤区域公众人员密集,则选择夜间并对探伤场所进行清场处理后开展探伤工作。所以本项目的环境保护目标主要为操作工业用X射线探伤机的职业人员(控制区外,监督区内),以及周围活动的公众(监督区外)。

表7-1 环境保护目标一览表

保护目标	相对探伤机方位	与探伤机的距离(m)	人数(人)	年剂量约束值(mSv/a)
职业人员	非主射方向	控制区外,监督区内	6	6
公众	不定	监督区外,评价范围内	不定	0.1

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)

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

(1) 防护与安全的最优化

4.3.3.1 对于来自一项实践中的任一特定源的照射,应使防护与安全最优化,使得在考虑了经济和社会因素之后,个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平;这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件(治疗性医疗照射除外)。

4.3.3.2 防护与安全最优化的过程,可以从直观的定性分析一直到使用辅助决策技术的定量分析,但均应以某种适当的方法将一切有关因素加以考虑,以实现下列目标:

a)相对于主导情况确定出最优化的防护与安全措施,确定这些措施时应考虑可供利用的防护与安全选择以及照射的性质、大小和可能性;

b)根据最优化的结果制定相应的准则，据以采取预防事故和减轻事故后果的措施，从而限制照射的大小及受照的可能性。

(2) 职业照射和公众照射的年剂量限值

①职业照射剂量限值

- a) 连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv；
- b) 任何一年中的有效剂量，50mSv。

②公众照射剂量限值

- a) 年有效剂量，1mSv；
- b) 特殊情况下，若 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

对辐射工作人员、公众的剂量控制不仅要满足剂量限值的要求，而应依据辐射防护最优化原则，按照剂量约束和潜在照射危险约束的防护要求，把辐射水平降低到低于剂量限值的一个合理达到的尽可能低的水平。因此，本次评价采用年剂量管理约束值如下：

- a) 辐射工作人员采用年剂量限值的 1/4，即 5mSv/a 作为年剂量管理约束值。
- b) 公众人员采用 0.1mSv/a 作为年剂量管理约束值。

2、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

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 7-2 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。

表 7-2 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)安全连锁是否正常工作；
- 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。

6.3 探伤设施的退役

当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

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

b)清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

c)对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，并确认污染状况。

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：

$$\dot{H} = \frac{100}{\tau} \quad (1)$$

式中：

\dot{H} ——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）。

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。

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、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 μ Sv/h 为监督区边界。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。

3、《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）

4 总体要求

4.1 产生、收集、贮存、利用、处置危险废物的单位应建造危险废物贮存设施或设置贮存场所，并根据需要选择贮存设施类型。

4.2 贮存危险废物应根据危险废物的类别、数量、形态、物理化学性质和环境风险等因素，确定贮存设施或场所类型和规模。

4.3 贮存危险废物应根据危险废物的类别、形态、物理化学性质和污染防治要求进行分类贮存，且应避免危险废物与不相容的物质或材料接触。

4.4 贮存危险废物应根据危险废物的形态、物理化学性质、包装形式和污染物迁移途径，采取措施减少渗滤液及其衍生废物、渗漏的液态废物（简称渗滤液）、粉尘、VOCs、酸雾、有毒有害大气污染物和刺激性气味气体等污染物的产生，防止其污染环境。

4.5 危险废物贮存过程产生的液态废物和固体废物应分类收集，按其环境管理要求妥善处理。

4.6 贮存设施或场所、容器和包装物应按 HJ1276 要求设置危险废物贮存设施或场所标志、危险废物贮存分区标志和危险废物标签等危险废物识别标志。

4.7 HJ1259 规定的危险废物环境重点监管单位，应采用电子地磅、电子标签、电子管理台账等技术手段对危险废物贮存过程进行信息化管理，确保数据完整、真实、准确；采用视频监控的应确保监控画面清晰，视频记录保存时间至少为 3 个月。

4.8 贮存设施退役时，所有者或运营者应依法履行环境保护责任，退役前应妥善处理处置贮存设施内剩余的危险废物，并对贮存设施进行清理，消除污染；还应依据土壤污染防治相关法律法规履行场地环境风险防控责任。

4.9 在常温常压下易爆、易燃及排出有毒气体的危险废物应进行预处理，使之稳定后贮存，否则应按易爆、易燃危险品贮存。

4.10 危险废物贮存除应满足环境保护相关要求外，还应执行国家安全生产、职业健康、交通运输、消防等法律法规和标准的相关要求。

6 贮存设施污染控制要求

6.1 一般规定

6.1.1 贮存设施应根据危险废物的形态、物理化学性质、包装形式和污染物迁移途径，采取必要的防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐以及其他环境污染防治措施，不应露天堆放危险废物。

6.1.2 贮存设施应根据危险废物的类别、数量、形态、物理化学性质和污染防治等要求设置必要的贮存分区，避免不相容的危险废物接触、混合。

6.1.3 贮存设施或贮存分区内地面、墙面裙脚、堵截泄漏的围堰、接触危险废物的隔板和墙体等应采用坚固的材料建造，表面无裂缝。

6.1.4 贮存设施地面与裙脚应采取表面防渗措施;表面防渗材料应与所接触的物料或污染物相容，可采用抗渗混凝土、高密度聚乙烯膜、钠基膨润土防水毯或其他防渗性能等效的材料。贮存的危险废物直接接触地面的，还应进行基础防渗，防渗层为至少 1m 厚黏土层（渗透系数不大于 10^{-7} cm/s），或至少 2mm 厚高密度聚乙烯膜等人工防渗材料（渗透系数不大于 10^{-10} cm/s），或其他防渗性能等效的材料。

6.1.5 同一贮存设施宜采用相同的防渗、防腐工艺（包括防渗、防腐结构或材料），防渗、防腐材料应覆盖所有可能与废物及其渗滤液、渗漏液等接触的构筑物表面;采用不同防渗、防腐工艺应分别建设贮存分区。

6.1.6 贮存设施应采取技术和管理措施防止无关人员进入。

7 容器和包装物污染控制要求

7.1 容器和包装物材质、内衬应与盛装的危险废物相容。

7.2 针对不同类别、形态、物理化学性质的危险废物，其容器和包装物应满足相应的防渗、防漏、防腐和强度等要求。

7.3 硬质容器和包装物及其支护结构堆叠码放时不应有明显变形，无破损泄漏。

7.4 柔性容器和包装物堆叠码放时应封口严密，无破损泄漏。

7.5 使用容器盛装液态、半固态危险废物时，容器内部应留有适当的空间，以适应因温度变化等可能引发的收缩和膨胀，防止其导致容器渗漏或永久变形。

7.6 容器和包装物外表面应保持清洁。

4、《新疆维吾尔自治区辐射污染防治办法》（2015年7月1日施行）

第十九条 跨州、市（地）使用放射性同位素和射线装置的单位，应当在实施使

用前不少于 10 个工作日向移入地州、市（地）环境保护主管部门备案，并在使用结束后 5 个工作日内办理备案注销手续。

第二十一条 在野外贮存放射性同位素和射线装置的，应当贮存在独立封闭的临时贮存场所内。贮存场所应当由专人看管，并采取防火、防盗、防射线泄漏等安全防护措施。

（本页以下空白）

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目场所设置

8.1.1 探伤机存储及辅助工作场所

建设单位拟在新疆燃气集团有限公司检测计量中心容器车间东北侧设置设备存储间（18.0m²）用于探伤机未进行现场探伤作业时的存放，设备存储间内不进行探伤机的调试、训机和使用。拟在检测计量中心办公楼一层北侧设置暗室（10.0m²）、洗片室（12.9m²），用于现场探伤后续洗片、评片工作；拟在容器车间外东北侧设置危废暂存间（4.9m²），用于暂存废显影液、废定影液、废胶片。

8.1.2 现场探伤作业场所

本项目 3 台工业用 X 射线探伤机在全疆范围内开展燃气管道、压力容器的现场无损检测工作。在实施探伤过程中，不存在同一地点两台或三台探伤机同时探伤的情况，本项目 X 射线探伤机仅进行现场探伤作业使用，不涉及室内探伤。本项目 X 射线探伤机在不使用时存放在设备存储间内，采取双人双锁管理制度，该设备存储间仅为探伤机存储场所，不涉及探伤作业。

8.2 辐射环境质量现状评价

8.2.1 监测目的

通过现场检测的方式掌握项目区域环境质量和辐射水平现状，为分析及预测本项目运行时对职业人员、公众及周围环境的影响提供基础数据。

8.2.2 监测因子

根据本项目污染因子特征，监测因子为环境 γ 辐射剂量率。

8.2.3 监测方案

- 1、监测单位：新疆智检汇安环保科技有限公司
- 2、天气环境条件：天气：晴；温度：22.5℃；相对湿度：32%RH
- 3、监测报告编号：ZJHA2025071
- 4、监测设备：监测仪器相关参数详见表 8-1。

表 8-1 监测仪器相关参数

仪器型号及名称	RJ32-3602 型环境监测用 X、 γ 辐射空气比释动能率仪
仪器编号	RJ32001880

检定证书编号	校准字第 202502107205 号
检定有效期	2025.02.14-2026.02.13
校准单位	中国测试技术研究院
能量范围	20keV~3.0MeV
量程	1nGy/h~1.2mGy/h（环境级）

8.2.4 质量保证措施

- 1、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；
- 2、监测方法参照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中的方法布设监测点，结合本评价项目的评价范围确定本次环境本底监测布点，监测人员经考核合格并持有合格证书上岗；
- 3、监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用；
- 4、每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；
- 5、由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；
- 6、监测报告严格实行三级审核制度，经校对、审核，最后审定。

8.3 监测点位及结果

8.3.1 辐射环境现状监测布点

根据《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）等要求，结合现场条件，对本项目探伤机存储场所、辅助工作场所及周围环境进行监测布点；因本项目现场探伤作业场所为全疆范围内，不固定，故未对探伤作业场所及周围环境进行监测布点。

（本页以下空白）

8.3.2 辐射环境监测结果

表8-2 本项目环境辐射水平监测结果

序号	测点位置描述	环境 γ 辐射剂量率	备注
		检测结果 \pm 标准差 (nGy/h)	
1	拟建设备存储间内	84 \pm 2	室内
2	拟建设备存储间东侧（空地）	77 \pm 2	室外
3	拟建设备存储间南侧（仪器室）	85 \pm 3	室内
4	拟建设备存储间西侧（容器车间检验成品区）	88 \pm 4	室内
5	拟建设备存储间北侧（阀门车间）	82 \pm 3	室内
6	拟建危废暂存间内	94 \pm 4	室内
7	拟建暗室内	105 \pm 2	室内
8	拟建洗片室内	102 \pm 3	室内
9	拟建设备存储间东侧 50m 边界处（宏扬路）	84 \pm 1	室外
10	拟建设备存储间南侧 50m 边界处（厂内道路）	79 \pm 3	室外
11	拟建设备存储间西侧 50m 边界处（气瓶车间）	78 \pm 3	室内
12	拟建设备存储间北侧 50m 边界处（厂内道路）	78 \pm 3	室外

备注：1.表内检测结果未扣除宇宙射线响应值；

2.每个监测点测量 10 个数据取平均值；

3.环境 γ 辐射空气吸收剂量率=读数平均值 \times 校准因子 k_1 \times 仪器校验源效率因子 k_2 -屏蔽修正因子 k_3 测量点宇宙射线响应值 D_c ； K_3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1。

8.4 环境现状调查结果的评价

依据《辐射环境监测技术规范》HJ 61-2021 和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》HJ 1157-2021，对建设单位新建现场探伤项目进行辐射水平本底检测，由监测结果可知，本次探伤机存储场所、辅助工作场所及周围环境所检各检测点位中室内环境 γ 辐射剂量率在 84 \pm 2~105 \pm 2nGy/h 之间，室外环境 γ 辐射剂量率在 77 \pm 2~79 \pm 3nGy/h。根据《新疆维吾尔自治区环境天然贯穿辐射水平调查研究》表 4 中乌鲁木齐市室内天然贯穿辐射在 82.5~206.1nGy/h 之间，室外天然贯穿辐射在 70.6~183.4nGy/h 之间，由检测结果可知项目所在地的环境 γ 辐射剂量率处于当地环境本底水平。

因本项目现场探伤作业场所为全疆范围内，不固定，故进行探伤作业时根据《新疆维吾尔自治区环境天然贯穿辐射水平调查研究》表 4 中①乌鲁木齐市室内天然贯穿辐射在 82.5~206.1nGy/h 之间，室外天然贯穿辐射在 70.6~183.4nGy/h 之间；②昌吉回族自治州室内天然贯穿辐射在 86.9~153.7nGy/h 之间，室外天然贯穿辐射在

62.9~116.0nGy/h 之间；③巴音郭楞蒙古自治州室内天然贯穿辐射在 109.6~215.9nGy/h 之间，室外天然贯穿辐射在 76.2~218.1nGy/h 之间；④哈密地区室内天然贯穿辐射在 86.9~153.7nGy/h 之间，室外天然贯穿辐射在 62.9~116.0nGy/h 之间；⑤吐鲁番地区室内天然贯穿辐射在 85.9~163.7nGy/h 之间，室外天然贯穿辐射在 50.3~125.2nGy/h 之间；⑥阿勒泰地区室内天然贯穿辐射在 77.4~211.2nGy/h 之间，室外天然贯穿辐射在 69.3~138.0nGy/h 之间；⑦塔城地区室内天然贯穿辐射在 81.2~168.1nGy/h 之间，室外天然贯穿辐射在 73.6~166.2nGy/h 之间；⑧博尔塔拉蒙古自治州室内天然贯穿辐射在 98.2~180.7nGy/h 之间，室外天然贯穿辐射在 64.2~152.2nGy/h 之间；⑨伊犁地区室内天然贯穿辐射在 105.1~189.4nGy/h 之间，室外天然贯穿辐射在 77.4~150.8nGy/h 之间；⑩阿克苏地区室内天然贯穿辐射在 86.0~225.0nGy/h 之间，室外天然贯穿辐射在 53.6~153.7nGy/h 之间；⑪喀什地区室内天然贯穿辐射在 96.3~387.8nGy/h 之间，室外天然贯穿辐射在 53.4~403.5nGy/h 之间；⑫克孜勒苏柯尔克孜自治州室内天然贯穿辐射在 106.4~287.9nGy/h 之间，室外天然贯穿辐射在 72.9~281.1nGy/h 之间；⑬和田地区室内天然贯穿辐射在 110.8~175.6nGy/h 之间，室外天然贯穿辐射在 81.3~137.0nGy/h 之间；⑭克拉玛依市室内天然贯穿辐射在 89.0~137.5nGy/h 之间，室外天然贯穿辐射在 88.9~113.0nGy/h 之间；⑮石河子市室内天然贯穿辐射在 89.0~137.5nGy/h 之间，室外天然贯穿辐射在 72.6~139.4nGy/h 之间；⑯奎屯市室内天然贯穿辐射在 100.5~126.5nGy/h 之间，室外天然贯穿辐射在 72.8~91.7nGy/h 之间，作为探伤现场环境本底参考。

(本页以下空白)

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程分析

本项目为新疆燃气集团有限公司拟使用 3 台工业用 X 射线探伤机,在全疆范围内开展燃气管道、压力容器的现场无损检测工作。本项目为现场探伤,无固定工作场所,探伤装置不使用时存放于新疆燃气集团有限公司检测计量中心容器车间东北侧设备存储间内。

9.1.1 工作原理

X 射线探伤装置通常由操纵台、高压发生器、射线管头、冷却装置、高压电缆和低压电缆等组成。

X 射线探伤装置为利用 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,电子就“蒸发”出来,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。

常见 X 射线探伤装置外观见图 9-2。

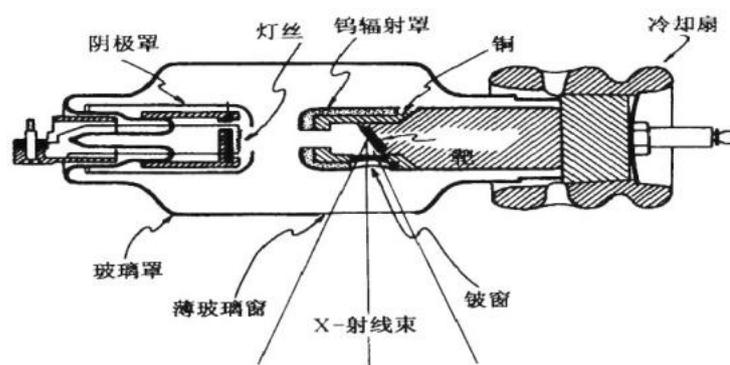


图 9-1 典型 X 射线管结构图



图 9-2 常见 X 射线探伤装置

X 射线探伤装置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，经过暗室处理后得到底片，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。工作原理示意图见图 9-3。

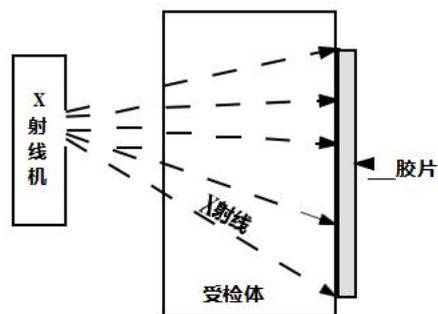


图9-3 工业探伤工作原理图

9.1.2 人员配置

本项目拟为3台工业用X射线探伤机配备7名辐射工作人员来实施现场探伤作业，其中1名辐射安全和防护负责人，6名现场操作人员；操作人员2人/组，分为3组，轮换拍片，2人中的其中1人同时担任现场安全员。每次最多同时派出3个工作组在进行现场探伤作业，每个组单次只使用1台X射线探伤机，各组探伤人员不存在同一时间、同一地点同时作业情况。根据建设单位提供资料，本项目3台工业用X射线探伤机年

预计拍片最大量为4800张，每张胶片曝光时间为1~5min，按照每张胶片最大曝光时间5min计算，则年最大出束时间为400h；考虑到探伤机在新使用、长期停用、换管或异常后需要进行训机操作，结合建设单位提供资料，3台设备年训机次数最多为60次，每次训机时间为20~30min，取最大训机时间30min计算，则3台设备年最大训机时间为30h，加上年最大拍片时间400h，本项目3台设备年最大出束时间为430h。单台探伤机年最大出束时间为143.3h，一年工作52周，则单台探伤机周出束时间为2.8h。在探伤作业开启前，探伤机操作人员调试机器，安全员利用经验及理论估算初步划定监督区、控制区，根据初步划分的监督区控制区进行清场并布置辐射安全与防护措施。清场完毕，防护措施到位后，进行试曝光，探伤机操作人员在探伤地点周围利用便携式辐射巡测仪对控制区、监督区进行修正，按照修正的结果重新布置控制区和监督区。探伤作业开启时，探伤机操作人员负责操作探伤装置完成探伤任务，安全员在控制区、监督区边界利用便携式辐射巡测仪对其不断修正，同时在探伤现场周围巡逻，禁止无关人员靠近监督区。本项目所有辐射工作人员在开展探伤任务时，需将个人剂量计、个人剂量报警仪规范佩戴。

9.1.3 工业用 X 射线探伤机的探伤工件情况及探伤时间

在正常探伤工况下，为了防止 X 射线管烧毁并延长其寿命，运行时的管电压和管电流通常会有较大余量，通常低于最高管电压和管电流。同时根据不同的工件厚度，操作人员会设置不同的管电压以及管电流。工件材质包括碳素钢、低合金钢、奥氏体不锈钢、镍及镍合金等，工件厚度为 3.5mm~50mm（常见工件厚度一般为 3.5mm~12mm）。本项目探伤范围为全疆范围内，探伤对象为燃气管道、压力容器的焊缝进行检测。在探伤过程中，不存在两台/三台探伤机在同一场所同时探伤的情况。根据建设单位提供的资料，本项目 2005、2505、3505 型工业用 X 射线探伤机年最大出束时间为 430h。

9.1.4 探伤工序

工业X射线现场探伤是在室外，无专门屏蔽设施的条件下进行X射线无损检测作业，探伤现场主要为施工工地，探伤作业期间，会将现场所有与射线作业无关的人员全部清理离场，同时客户会安排安全监督在探伤现场看护和巡测，探伤结束后，胶片运回建设单位，在检测计量中心办公楼一层暗室、洗片室进行洗片、评片工作，作业

现场不设置临时暗室、洗片室等辅助场所。

工业X射线探伤装置现场探伤作业的工作流程如下：

(1) 客户递交检验委托单、检验图纸和相关要求。

(2) 建设单位人员做现探伤作业前的准备工作，根据客户要求以及受检工件特点，确定使用设备以及射线检测的具体参数，并对工作环境进行全面评估，确定初步的警戒范围，以保证实现安全操作。

(3) 建设单位跨州、市（地）使用工业用X射线探伤机时，应当在实施使用前不少于10个工作日向移入地州、市（地）环境保护主管部门备案，并在使用结束后5个工作日内办理备案注销手续。

(4) 建设单位探伤班组人员办理工业用X射线探伤机等借用手续并做好出入库台账登记，发放足够的现场探伤所需防护用品，如便携式X- γ 辐射剂量率监测设备（1台/组）、个人剂量报警仪（1台/人）黄色反光警戒线、照明设施、对讲装置（1台/人）、“禁止进入射线工作区”“无关人员禁止入内”警告牌、提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置等。

(5) 建设单位工作人员采用专用车辆运输设备至探伤现场，至少1名操作人员随车押运。工作人员熟悉作业条件和被检工件的基本信息。本单位工作人员与客户现场负责人商定作业时间和其他事项。向客户申请工作许可单，客户负责通知该设施涉及的所有人员。

(6) 建设单位安全员在探伤作业开启前，探伤机操作人员调试机器，安全员利用经验及理论估算初步划定监督区、控制区，根据初步划分的监督区控制区进行清场并布置辐射安全与防护措施。

(7) 确认清场完毕，防护措施到位。

(8) 进行试曝光，探伤机操作人员在探伤地点周围利用便携式辐射巡测仪对控制区、监督区进行修正，按照修正的结果重新布置控制区和监督区。

(9) 在合适的位置摆放工业用X射线探伤机的发生器，将“管电流调节”、“管电压调节”旋钮逆时针转到初始极限位置（最小管电压和管电流）。在工件上放好胶片，对准位置，调好焦距。开始进行现场探伤作业。

(10) 探伤作业开启时，探伤机操作人员负责操作探伤装置完成探伤任务，安全员在控制区、监督区边界利用便携式辐射巡测仪对其不断修正，同时在探伤现场周围巡逻，禁止无关人员靠近监督区。本项目所有辐射工作人员在开展现场探伤任务时，需将个人剂量计、个人剂量报警仪规范佩戴。

(11) 作业完成，建设单位辐射工作人员使用便携式剂量率仪确认工业用X射线探伤机已关闭后，清理现场。关闭工作许可单，通知相关单位负责人。

(12) 探伤结束，建设单位探伤班组人员将借出的工业用X射线探伤机及防护用品等归还，办理归还手续并记录。将现场监测记录存档备查。

(13) 使用显影液、定影液对探伤后的胶片进行显像处理，然后进行评片、审片，完毕后合格就转入下道工序，不合格则将工件返回焊接，再重新接受委托。最后对受测工件进行评价。其探伤工序及产污如图9-4所示：

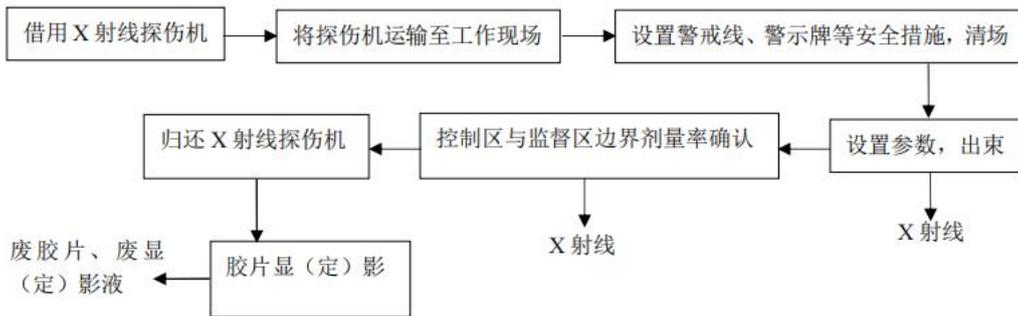


图9-4 工业用X射线装置现场探伤基本工作流程图

9.2 污染源项分析

9.2.1 辐射污染源分析

由工业用 X 射线探伤机的工作原理可知，工业用 X 射线探伤机只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线，故 X 射线是本项目的主要污染物。本项目拟使用的 X 射线机最大管电压为 350kV，最大管电流为 5mA，不开机状态下不产生辐射。

9.2.2 污染因子

1、X 射线

由 X 射线探伤装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目使用的 X 射线探伤装置只有在开机并处于出线状态时（曝光状态）才会发出 X 射线。因此，在开机曝光期间，X 射线经漏射、散射、折射对作业场所及周围环境产

生影响。

2、臭氧和氮氧化物

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，因此本项目 X 射线探伤装置在运行时除产生少量的臭氧和氮氧化物外，无其他放射性废气、废水和固体废物产生。

3、废显（定）影液及胶片

探伤拍片产生的洗片废显（定）影液（含重金属）及胶片属于国家危险废物名录中感光材料废物 HW16，无放射性，均须集中收贮定期交由有资质单位回收集中收贮。本项目每年预计产生含废显（定）影液的洗片废水 360kg，废胶片 12kg。

4、现场工作人员生活垃圾

现场工作人员产生的生活垃圾集中收集后放置于就近垃圾箱中，不会对周围环境产生影响。

9.2.3 污染途径

9.2.3.1 正常工况的污染途径

当电子轰击靶时，与靶物质发生作用产生韧致辐射 X 射线，X 射线有用主束、泄漏辐射或散射辐射对工作人员的照射，以及上述辐射产生的贯穿辐射对周围环境和人员可能产生的影响。

9.2.3.2 事故工况下的污染途径

(1) X 射线探伤装置正常工作时，人员误留、误入监督区内，导致发生误照射。

(2) 操作人员违反操作规程、误操作或延时开机故障，造成意外超剂量照射。

针对本项目可能发生的辐射事故，可采取以下的处理措施：

1) 立即按下设备的急停按钮，切断装置的电源，组织人员保护现场，迅速报告单位管理部门进行事故处理，并上报生态环境部门；

2) 迅速安排受照人员接受医学检查和救治；

3) 事故发生后，积极配合管理部门做好事故调查和善后处理工作；

4) 对发生事故的射线装置，请有关供货单位或相关检测部门进行检测或维修，分析事故发生的原因，并提出改进意见。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 设备存放安全措施

本项目工业用 X 射线探伤机设备停用期间存放在新疆乌鲁木齐市高新区（新市区）喀什东路东戈壁 13 号，新疆燃气集团有限公司检测计量中心设备存储间内。

设备存储间拟安装防盗门，防盗窗，监控摄像头及报警装置，实行双人双锁管理。入口处设置明显的电离辐射警示标志，探伤机主机、线缆分开存放，禁止 X 射线探伤机在设备间内进行调试、训机和使用。建立射线装置台账，探伤设备出入设备存储间需做好登记。拟制定辐射安全管理制度、岗位职责、培训计划和操作规程等制度建设，规范辐射安全管理行为。

10.1.2 设备运输安全措施

建设单位跨州、市（地）使用工业用 X 射线探伤机时，应当在实施使用前不少于 10 个工作日向移入地州、市（地）环境保护主管部门备案，并在使用结束后 5 个工作日内办理备案注销手续。

建设单位将探伤装置运输至探伤现场时，必须专车运输，专人押运。押运人员须全程监护探伤装置。

10.1.3 探伤现场防护措施

1、辐射工作场所分区管理

①根据建设单位提供的资料，本项目工业用 X 射线探伤机年最大出束时间为 430h，工作人员分 3 组，则周开机曝光时间为 $430 / (52 \times 3) = 2.8\text{h}$ ，该值低于 7h，因此，X 射线现场探伤控制区边界周围剂量当量率取 $15\mu\text{Sv/h}$ 。

进行探伤作业时，探伤作业人员利用辐射剂量巡测仪巡测，将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的工作区域划为控制区，控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员在控制区边界外操作；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。探伤人员佩戴个人剂量计，探伤装置操作人员延时开机后退至控制区外操作。该布局基本满足《工业探伤放射防护标

准》（GBZ117-2022）中现场探伤的分区设置要求。

②探伤作业人员在进行现场 X 射线探伤作业时，严格控制好时间。

③每次进行探伤现场作业前，单位的操作人员在监督区周围拉警戒线、放置警示标识，专人警戒，防止公众进入辐射剂量率高的区域。

④对探伤作业时的控制区、监督区进行划分。在进行现场探伤时需参照此表结果使用 X- γ 剂量率仪或巡测仪器监测边界剂量率，根据实测值调整控制区和监督区边界并设置警示标志，禁止公众进入。

2、个人剂量及防护用品

为保证探伤作业人员不受电离辐射损伤，根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中要求，探伤作业人员在操作射线装置时正确佩戴个人剂量计，按照监测周期进行个人外照射个人监测，建立个人剂量档案，并终身保存。现场探伤过程中，环评建议建设单位采用铅屏风进行屏蔽。

3、警示信号装置与电离辐射标志

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中相关要求，①探伤现场应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。②“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别。③X 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。④在控制区的所有边界动能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。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。电离辐射警告标志如图 10-1 所示。



10-1 电离辐射警告标志

4、控制台相关要求

①应设置有 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。②应设置有高压接通时的外部报警或指示装置。③应设有钥匙开关，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。④应设置应急停机开关。⑤应设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

10.2 污染防治措施

10.2.1 安全防护措施和污染防治措施

1、X 射线现场探伤作业分区设置要求

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。

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：

$$\dot{H} = \frac{100}{\tau} \quad (1)$$

式中：

\dot{H} ——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）。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

2、X 射线现场探伤作业的准备

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）。

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。

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。

3、X 射线现场探伤作业安全警告信息

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。

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。

③X 和 γ 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。

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。

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。

4、X 射线移动式探伤作业安全操作要求

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）。

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。

5、X 射线现场探伤作业的边界巡查与监测

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。

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。

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。必要时调整控制区的范围和边界。

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。

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。

⑥当探伤装置、场所、被检物体（材料、规格、形状）、照射方向等条件发生变化时，需重新进行巡测，并记录巡测结果，确定新的划区界限。

10.2.2“三废”治理措施

①臭氧和氮氧化物

X 射线能使空气电离，会产生少量臭氧和氮氧化物，因此本项目 X 射线探伤装

置在运行时除产生少量的臭氧和氮氧化物外，无其他放射性废气产生。因探伤作业为室外，产生的少量的臭氧和氮氧化物可稀释至大气中，不会对周围环境产生影响。

②废显（定）影液及胶片

探伤拍片产生的洗片废显（定）影液（含重金属）及胶片属于国家危险废物名录中感光材料废物 HW16，危险废物应设危废暂存间，并应按照《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ2025-2012）中 5.5 “危险废物收集和转运过程中，应采取相应的安全防护和污染防治措施，包括防爆、防火、防中毒、防感染、防泄漏、防飞扬、防雨或其他防止污染环境的措施。”安全收集和转运。

本项目每月预计产生第一次、第二次胶片清洗废水30kg，每年预计产生第一次、第二次清洗废水360kg；废胶片产生率保守按10%计，则年产生量约为480张，1张废胶片约25g，则年产生量约为12kg，本项目产生的废胶片、含废显（定）影液的洗片废水在危废暂存间收集存储后，委托有资质的单位签署处置协议，统一处理。

10.2.3 辐射安全防护设施对照分析

10.1 本项目拟采取辐射安全防护设施对照分析表

标准		工业探伤放射防护标准（GBZ117-2022）		
序号	防护设施	标准要求	拟制采取措施	是否满足标准要求
1	两区划分	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。	本项目开展现场探伤作业时，辐射工作人员按照标准要求设定控制区和监督区，并设置明显的警戒线和辐射警示标识，必要时设专人警戒。	是
2	联锁装置	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。	本项目拟使用的工业用 X 射线探伤机的信号指示装置与探伤机联锁。	是
3	指示灯和声音提示装置	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。	本项目开展现场探伤作业时，在控制区边界设置“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，夜晚照射时在控制区边界设置警示灯。	是
4	安全警示	7.3.5 应在监督区边界和建筑	本项目开展现场探伤作业时，	

		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。	在监督区边界醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。	
5	延时装置	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。	本项目拟使用的工业用X射线探伤机控制面板设有延时开机装置	是
6	监测设备	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。 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。	本项目拟配备3台便携式X- γ 剂量率仪，6台个人剂量报警仪，并承诺定期对其开展检定/校准工作。	是
7	规章制度	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。 4.6 应制定辐射事故应急预案	建设单位拟建立射线装置台账，探伤设备出入设备存储间做好登记。拟制定辐射安全管理制度、岗位职责、培训计划和操作规程等制度建设，规范辐射安全管理行为。	是
标准		《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ2025-2012）		
8	危险废物	5.5 危险废物收集和转运过程中，应采取相应的安全防护和污染防治措施，包括防爆、防火、防中毒、防感染、防泄漏、防飞扬、防雨或其他防止污染环境措施。	本项目拟配套建设暗室、洗片室和危废暂存间，拟采用2mmHDPE膜+防渗混凝土进行防渗，拟对不同类别的危险废物密封盛装，并分类编号；产生的废胶片、含废显（定）影液的洗片废水在危废暂存间收集存储后，委托有资质的单位签署处置协议，统一处理。	是
标准		《新疆维吾尔自治区辐射污染防治办法》		
9	设备运输	第十九条 跨州、市（地）使用放射性同位素和射线装置的单位，应当在实施使21用前不少于10个工作日向移入地州、市（地）环境保护主管部门备案，并在使用结束后5个工作日内办理备案注销手续。	建设单位承诺在跨州、市（地）使用工业用X射线探伤机时，按要求进行备案，并在使用结束后办理备案注销手续。将探伤装置运输至探伤现场时，专车运输，专人押运。	是

10.3 项目环保投资

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，建设单位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，本项目总投资为 30 万元，环保投资 9.2 万，环保投资占总投资比例为 30.7%。环保投资情况见表 10-2 所示。

表 10-2 环保投资一览表

项目	设施与器材	预计投资 (万元)
辐射安全和防护措施	配备“禁止进入射线工作区”、“无关人员禁止入内”警示牌各 3 组；警示绳（不低于 400m）3 套；红色、黄色警示灯各 3 个	0.4
人员配备	个人剂量计 7 个（含 1 个对照点）	0.5
	辐射工作人员定期进行职业健康体检（1 次/2 年）	
检测仪器和防护用品	便携式 X/γ 辐射检测仪 3 台	3
	个人剂量报警仪 6 台、对讲装置 6 台	
	配备铅衣、铅帽、铅围脖、铅手套、铅眼镜各 3 套	
场所检测	工作场所辐射环境检测（每年）	0.5
设备维护	对探伤装置的配件、机电设备进行检查、维护、及时更换部件（定期，预留）	0.5
废显（定）影液、废胶片处理	交由有资质单位处置	1
人员培训	辐射安全与防护培训	0.3
资质认可	建设项目环评验收	3
合计	9.2	

（本页以下空白）

表 11 环境影响分析

建设单位拟使用 3 台工业用 X 射线探伤机，在全疆范围内开展燃气管道、压力容器的现场无损检测工作。本项目均为现场探伤作业，无固定工作场所，探伤装置不使用时存放于新疆燃气集团有限公司检测计量中心容器车间东北侧设备存储间内。

11.1 施工期对环境的影响

本项目为工业用 X 射线探伤机开展移动式无损检测项目，探伤机调试、训机和使用都在探伤现场，不建设专用探伤室，探伤机不使用时存放在设备存储间内，施工期仅涉及设备存储间防盗门、监控设备和报警装置的安装，配套暗室、洗片室，危废暂存间的防渗处理（不设外排管路），因施工期较短，对周围环境影响较小，且工业用 X 射线探伤机只有在无损检测过程中才会产生射线，其产生的射线是随机器的开、关而产生和消失的。工业用 X 射线探伤机存放在设备存储间内时，不会对周围环境造成电离辐射影响，也无放射性废气、废水及固体废弃物产生，故本次评价仅对现场探伤过程产生的辐射环境影响进行分析。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 现场探伤控制区和监督区的理论划分

在实际探伤过程中，定向探伤机的主束射向被检查的工件。射线能量根据被检工件的厚度进行调节，有用射束被工件所屏蔽，射线经工件屏蔽后的漏射线对总的剂量贡献较小。在此基础上，建设单位须严格按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求，利用辐射剂量率仪将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，严禁公众成员进入该区域。

本次移动式 X 射线探伤评价分别以 2005、2505、3505 型定向 X 射线探伤机满功率运行时的工况进行估算。

11.2.2 现场探伤理论计算结果及评价

2005、2505、3505 型工业用 X 射线探伤机

(1) 有用线束

根据《辐射防护导论》（方杰主编，P69，式 3.1），在距离靶 r (m) 处由 X 射线

探伤机产生的初级 X 射线束造成的空气比释动能率计算公式如下：

$$D_1 = I\delta_x / r^2 \quad (1)$$

$$D_2 = B \times D_1 \quad (2)$$

公式中：

D_1 —未经工件屏蔽前空气吸收剂量率， $\text{mGy} \cdot \text{min}^{-1}$ ；

D_2 —经工件屏蔽后空气吸收剂量率， $\text{mGy} \cdot \text{min}^{-1}$ ；

I —管电流， mA ；本项目 3 台探伤机的管电流最大均为 5mA ；

δ_x —发射率常数， $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ；根据建设单位提供的资料，结合《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014 附录 B 表 B.1）查得，2005 型工业用 X 射线探伤机为 28.7（管电压：200kV，滤过条件：2mmAl）；2505 型工业用 X 射线探伤机为 16.5（管电压：250kV，滤过条件：0.5mmCu）；3505 型工业用 X 射线探伤机为 23.5（管电压：400kV，滤过条件：3mmCu）；

r —参考点距 X 射线管靶点的距离 m ；

B —透射因子；本项目射线方向取常见厚度探伤工件等效铅当量 1mmPb ，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014 附录 B 图 B.1、B.2）查得等效铅当量的对应值。

①无铅屏风屏蔽时的主射方向理论计算

2005、2505、3505 型工业用 X 射线探伤机无工件屏蔽时不同距离主射方向空气吸收剂量计算结果见表 11-1，经工件屏蔽后（工件取 1mmPb 厚度）不同距离主射方向空气吸收剂量计算表 11-2。

表 11-1 无工件屏蔽时不同距离主射方向空气吸收剂量计算表（ $\mu\text{Sv/h}$ ）

（无铅屏风屏蔽）

距射线靶的距离（m）	2005 型工业用 X 射线探伤机	2505 型工业用 X 射线探伤机	3505 型工业用 X 射线探伤机
10	86100.00	49500.00	70500.00
20	21525.00	12375.00	17625.00
30	9566.67	5500.00	7833.33

40	5381.25	3093.75	4406.25
50	3444.00	1980.00	2820.00
60	2391.67	1375.00	1958.33
70	1757.14	1010.20	1438.78
80	1345.31	773.44	1101.56
90	1062.96	611.11	870.37
100	861.00	495.00	705.00
200	215.25	123.75	176.25
300	95.67	55.00	78.33
400	53.81	30.94	44.06
500	34.44	19.80	28.2
575	26.04	14.97 (控制区)	21.32
600	23.92	13.75	19.58
686	18.30	10.52	14.98 (控制区)
700	17.57	10.10	14.39
758	14.99 (控制区)	8.62	12.27
800	13.45	7.73	11.02
900	10.63	6.11	8.70
1000	8.61	4.95	7.05
1408	4.34	2.50 (监督区)	3.56
1585	3.43	1.97	2.81
1680	3.05	1.75	2.50 (监督区)
1860	2.49 (监督区)	1.43	2.04
2000	2.15	1.24	1.76

表 11-2 经 1mm 铅当量工件屏蔽后不同距离主射方向空气吸收剂量计算表 ($\mu\text{Sv/h}$)
(无铅屏风屏蔽)

距射线靶的距离 (m)	2005 型工业用 X 射线探伤机	2505 型工业用 X 射线探伤机	3505 型工业用 X 射线探伤机
10	4305.00	5940.00	24675.00
20	1076.25	1485.00	6168.75
30	478.33	660.00	2741.67
40	269.06	371.25	1542.19
50	172.20	237.60	987.00
60	119.58	165.00	685.42

70	87.86	121.22	503.57
80	67.27	92.81	385.55
90	53.15	73.33	304.63
100	43.05	59.40	246.75
170	14.90 (控制区)	20.55	85.38
199	10.87	15.00 (控制区)	62.31
200	10.76	14.85	61.69
300	4.78	6.60	27.42
400	2.69	3.71	15.42
406	2.61	3.60	14.97 (控制区)
415	2.50 (监督区)	3.45	14.33
488	1.81	2.49 (监督区)	10.36
500	1.72	2.37	9.87
600	1.20	1.65	6.85
700	0.88	1.21	5.04
800	0.67	0.93	3.86
900	0.53	0.73	3.05
994	0.44	0.60	2.50 (监督区)
1000	0.43	0.59	2.46

② 有铅屏风屏蔽时的主射方向理论计算

根据表11-1、表11-2可知，在无铅屏风屏蔽情况下，3台探伤机进行现场探伤时主射方向控制区、监督区划分距离较远，不方便管理，在实际工作中，为方便管理，环评建议：2005、2505型X射线探伤机在探伤时，主射方向采用3mmPb的铅屏风进行屏蔽；3505型X射线探伤机在探伤时，主射方向采用10mmPb的铅屏风进行屏蔽以减少X射线对环境的影响。

根据以上建议，估算3台探伤机主射方向在无工件有铅屏风屏蔽下不同距离的空气吸收剂量，结果见表11-3；3台探伤机主射方向在有工件（1mmPb）有铅屏风屏蔽下不同距离的空气吸收剂量11-4。

（本页以下空白）

表 11-3 无工件屏蔽时不同距离主射方向空气吸收剂量计算表 ($\mu\text{Sv/h}$)

(采用铅屏风屏蔽)

距射线靶的距离 (m)	2005 型工业用 X 射线探伤机	2505 型工业用 X 射线探伤机	3505 型工业用 X 射线探伤机
	采用 3mmPb 屏风	采用 3mmPb 屏风	采用 10mmPb 屏风
10	43.05	396.00	423.00
17	14.90 (控制区)	137.02	146.37
20	10.76	99.00	105.75
30	4.78	44.00	47.00
40	2.69	24.75	26.44
42	2.44 (监督区)	22.44	23.98
50	1.72	15.84	16.92
52	1.59	14.64 (控制区)	15.64
54	1.48	13.58	14.51 (控制区)
60	1.20	11.00	11.75
70	0.88	8.08	8.63
80	0.67	6.18	6.61
90	0.53	4.89	5.22
100	0.43	3.96	4.23
126	0.27	2.49 (监督区)	2.66
131	0.25	2.31	2.46 (监督区)
200	0.11	0.99	1.06

表 11-4 经 1mm 铅当量工件屏蔽后不同距离主射方向空气吸收剂量计算表 ($\mu\text{Sv/h}$)

(采用铅屏风屏蔽)

距射线靶的距离 (m)	2005 型工业用 X 射线探伤机	2505 型工业用 X 射线探伤机	3505 型工业用 X 射线探伤机
	采用 3mmPb 屏风	采用 3mmPb 屏风	采用 10mmPb 屏风
7	14.05 (控制区)	303.06	647.45
10	6.88	148.50	317.25
17	2.38 (监督区)	51.38	109.78
20	1.72	37.12	79.31
30	0.77	16.5	35.25
32	0.67	14.5 (控制区)	30.98
40	0.43	9.28	19.83

46	0.33	7.02	14.99 (控制区)
50	0.28	5.94	12.69
60	0.19	4.12	8.81
70	0.14	3.03	6.47
78	0.11	2.44 (监督区)	5.21
80	0.11	2.32	4.96
90	0.08	1.83	3.92
100	0.07	1.48	3.17
113	0.05	1.16	2.48 (监督区)

(2) 漏射线 (非主射方向)

对于给定屏蔽物质厚度 X ，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按式 (3) 计算，然后按式 (4) 计算泄漏辐射在预测点的剂量率 H ，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ 。

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

式中：

B —屏蔽透射因子；

X —屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同单位；

TVL —什值层厚度， mm ；根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014 附录 B 表 B.2)，对于漏射线，在管电压 200kV 时，铅(密度 11.3t/m^3) 的 TVL 取 1.4mm；管电压 250kV 时，铅(密度 11.3t/m^3) 的 TVL 取 2.9mm；管电压 400kV 时，铅(密度 11.3t/m^3) 的 TVL 取 8.2mm；

《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 标准中规定：当 X 射线探伤机的管电压 $150\leq\text{kV}\leq 200\text{kV}$ 时，漏射线 1m 处的比释动能率为 $2.5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ ，当 X 射线探伤机的管电压 $\text{kV}>200\text{kV}$ 时，漏射线 1m 处的比释动能率为 $5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ ，根据

$$H=\frac{H_L\cdot B}{R^2} \quad (4)$$

式中：

B —屏蔽透射因子；无屏蔽时其值为 1，有屏蔽时通过式 (3) 得出；

H —预测点剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R—靶点至关注点的距离，m；

H_L —距靶点 1m 处泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 1，对应的 X 射线探伤机的泄漏辐射剂量率见表 11-5。

表 11-5 X 射线探伤机的泄漏辐射剂量率

X 射线管电压 (kV)	距离靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
<150	1×10^3
$150 \leq \text{kV} \leq 200$	2.5×10^3
>200	5×10^3

(3) 散射线（非主射方向外）

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），非主射方向上的散射辐射剂量率可根据下式计算。

$$\dot{H}_{\text{散}} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_S^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (5)$$

式中：

B—屏蔽透射因子；无屏蔽时其值为 1，有屏蔽时通过式（3）得出；

$\dot{H}_{\text{散}}$ —预测点剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

R_S —散射体至关注点的距离，m；

R_0 —靶点至探伤工件的距离，均取 0.5m；

I—额定管电流，本项目 3 台探伤机的管电流最大均为 5mA；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，根据建设单位提供的资料，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014，附录 B 表 B.1），本项目 2005 型工业用 X 射线探伤机取 28.7（管电压：200kV，滤过条件：2mmAl），2505 型工业用 X 射线探伤机取 16.5（管电压：250kV，滤过条件：0.5mmCu），3505 型工业用 X 射线探伤机取 23.5（管电压：400kV，滤过条件：3mmCu）；

F— R_0 处的辐射野面积；

α —散射因子，可保守取值为 $\alpha_w \cdot 10000/400$ ， α_w 保守取 1.9×10^{-3} ，见 GBZ/T250-2014 附录 B 中表 B.3， $R_0^2/(F \cdot \alpha)$ —当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20°

时，取值为 50；

对于给定屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中表 2，对应的 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值见表 11-4。查附录 B 表 B.2，确定 200kV X 射线 90° 散射辐射 TVL 取 0.96mm，确定 250kV X 射线 90° 散射辐射 TVL 取 1.4mm，确定 350kV X 射线 90° 散射辐射 TVL 取 2.9mm。按式（3）计算屏蔽透射因子 B，然后按式（5）计算散射辐射在预测点的剂量率 $\dot{H}_{\text{散}}$ ，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ 。

表 11-6 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值

原始 X 射线 (kV)	散射辐射 (kV)
150≤kV≤200	150
200≤kV≤300	200

①无铅屏风屏蔽时的非主射方向理论计算

不同距离主射方向空气吸收剂量计算结果见表 11-6。

表 11-7 不同距离非主射方向空气吸收剂量计算表 ($\mu\text{Sv/h}$)

(无铅屏风屏蔽)

距射线靶的距离(m)	2005 型工业用 X 射线探伤机			2505 型工业用 X 射线探伤机			350 型工业用 X 射线探伤机		
	漏射	散射	合计	漏射	散射	合计	漏射	散射	合计
10	25.00	1722.00	1747.00	50.00	990.00	1040.00	50.00	1410.00	1460.00
20	6.25	430.50	436.75	12.50	247.50	260.00	12.5	352.50	365.00
30	2.78	191.33	194.11	5.56	110.00	115.56	5.56	156.67	162.23
40	1.56	107.63	109.19	3.12	61.88	65.00	3.12	88.12	91.24
50	1.00	68.88	69.88	2.00	39.60	41.60	2.00	56.40	58.40
60	0.69	47.83	48.53	1.39	27.50	28.89	1.39	39.17	40.56
70	0.51	35.14	35.65	1.02	20.20	21.22	1.02	28.78	29.80
80	0.39	26.91	27.30	0.78	15.47	16.25	0.78	22.03	23.81
84	0.35	24.40	24.75	0.71	14.03	14.74 (控制区)	0.71	19.98	20.69
90	0.31	21.26	21.57	0.62	12.22	12.84	0.62	17.41	18.03

99	0.26	17.93	18.19	0.51	10.31	10.82	0.51	14.39	14.90 (控制区)
100	0.25	17.22	17.47	0.50	9.90	10.40	0.50	14.10	14.60
108	0.21	14.76	14.98 (控制区)	0.43	8.49	8.92	0.43	12.09	12.52
200	0.06	4.31	4.37	0.12	2.48	2.60	0.12	3.52	3.64
204	0.06	4.14	4.20	0.12	2.38	2.50(监督区)	0.12	3.39	3.51
242	0.04	2.94	2.98	0.09	1.69	1.78	0.09	2.41	2.50(监督区)
265	0.04	2.45	2.49 (监督区)	0.07	1.41	1.48	0.07	2.01	2.08

②有铅屏风屏蔽时的非主射方向理论计算

根据表11-7可知，在无铅屏风屏蔽情况下，3台探伤机进行现场探伤时非主射方向控制区、监督区划分距离较远，不方便管理，在实际工作中，为方便管理，环评建议：2005、2505、3505型X射线探伤机在探伤时，非主射方向采用3mmPb的铅屏风进行屏蔽以减少X射线对环境的影响。

2005、2505、3505型工业用X射线探伤机采用3mmPb铅屏风屏蔽时不同距离非主射方向空气吸收剂量计算结果见表11-8。

表 11-8 不同距离非主射方向空气吸收剂量计算表 (μSv/h)

(采用铅屏风屏蔽)

距射线靶的距离(m)	2005型工业用X射线探伤机			2505型工业用X射线探伤机			350型工业用X射线探伤机		
	采用3mmPb屏风			采用3mmPb屏风			采用3mmPb屏风		
	漏射	散射	合计	漏射	散射	合计	漏射	散射	合计
3	2.00	14.34	16.34	51.32	79.17	130.49	239.26	1447.08	1686.34
4	1.12	8.07	9.19(控制区)	28.86	44.53	73.39	134.58	813.98	948.56
8	0.28	2.02	2.30(监督区)	7.22	11.13	18.35	33.65	203.50	237.15
9	0.22	1.59	1.81	5.70	8.80	14.5(控制区)	26.58	160.79	187.37
10	0.18	1.29	1.47	4.62	7.12	11.74	10.77	130.24	141.01
20	0.04	0.32	0.36	1.15	1.78	2.93	2.69	32.56	35.25

22	0.04	0.27	0.31	0.95	1.47	2.42(监督区)	4.45	26.91	31.36
30	0.02	0.14	0.16	0.51	0.79	1.3	1.20	14.47	15.67
32	0.02	0.13	0.15	0.45	0.70	1.15	2.10	12.72	14.82 (控制区)
40	0.01	0.08	0.09	0.29	0.45	0.74	0.67	8.13	8.80
50	0.007	0.05	0.057	0.18	0.28	0.46	0.43	5.21	5.64
60	0.005	0.04	0.045	0.13	0.20	0.33	0.30	3.62	3.92
70	0.004	0.03	0.034	0.09	0.15	0.24	0.22	2.66	2.88
78	0.003	0.02	0.023	0.08	0.12	0.20	0.35	2.14	2.49(监督区)
80	0.003	0.02	0.023	0.07	0.11	0.18	0.34	2.03	2.37

(3) 理论计算结果

移动 X 射线探伤在不同探伤工况下，形成三种不同辐射分区类型，各放射工作场所分区见表 11-9，不同工况下控制区、监督区划分见图 11-1。

表 11-9 本项目不同工况下控制区与监督区边界范围估算结果表 (m)

探伤机型号	K1	J1	K2	J2	K3	J3
2005 型工业用 X 射线探伤机 (无铅屏风屏蔽)	758	1860	170	415	108	265
2505 型工业用 X 射线探伤机 (无铅屏风屏蔽)	575	1408	199	488	84	204
3505 型工业用 X 射线探伤机 (无铅屏风屏蔽)	686	1680	406	994	99	242
2005 型工业用 X 射线探伤机 (有铅屏风屏蔽)	17	42	7	17	4	8
2505 型工业用 X 射线探伤机 (有铅屏风屏蔽)	52	126	32	78	9	22
3505 型工业用 X 射线探伤机 (有铅屏风屏蔽)	54	131	46	113	32	78

注：1) K1, J1: 主射线方向，没有任何屏蔽衰减形成的控制室及监督区边界；
2) K2, J2: 主射线方向，经探伤工件屏蔽后形成的控制区及监督区边界；
3) K3, J3: 漏射线、散射线所形成的控制区及监督区边界。

(本页以下空白)

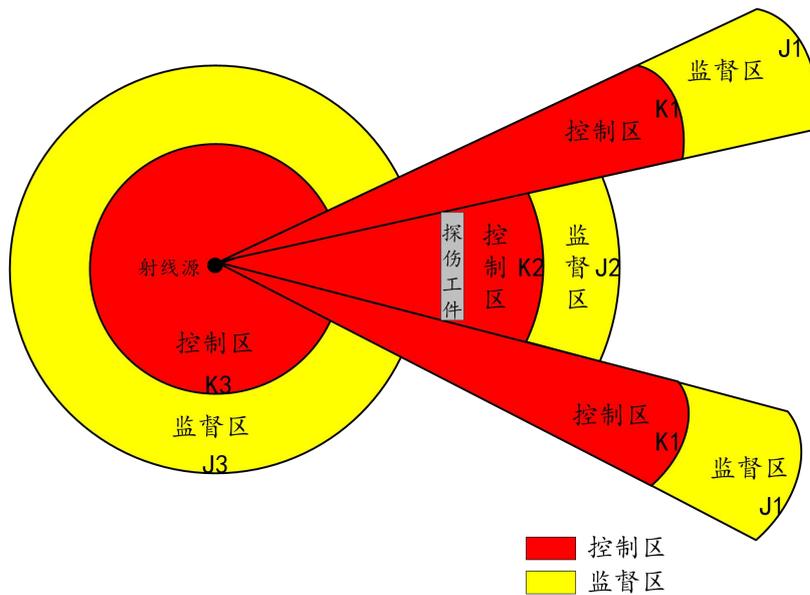


图 11-1 不同工况下形成的控制区、监督区示意图

本项目现场探伤是根据探伤对象材料及厚度等实际情况选用相应的探伤机，每次探伤作业仅限单台探伤机开机操作，建议探伤现场根据使用的探伤机型号配备相应的铅屏风。

①无铅屏风屏蔽下的控制区、监督区范围

由表 11-1、11-2、11-7，可估算 2005、2505、3505 型工业用 X 射线探伤机在满功率、无铅屏风屏蔽，不同工况下的控制区、监督区范围。其中无工件情况下的控制区和监督区的边界范围见表 11-10，控制区和监督区划分见图 11-2、11-4、11-6；有工件情况下的控制区和监督区的边界见表 11-11，控制区和监督区划分见图 11-3、11-5、11-7。

表 11-10 本项目现场探伤控制区与监督区边界范围估算结果表（无工件时）
（无铅屏风屏蔽）

探伤机型号	射线类型	控制区范围 (m)	监督区范围 (m)
2005 型工业用 X 射线探伤机	主射方向	758	758~1860
	非主射方向	108	108~265
2505 型工业用 X 射线探伤机	主射方向	575	575~1408
	非主射方向	84	84~204
3505 型工业用 X 射线探伤机	主射方向	686	686~1680
	非主射方向	99	99~242

表 11-11 本项目现场探伤控制区与监督区边界范围估算结果表（有 1mm 铅当量工件）

(无铅屏风屏蔽)

探伤机型号	射线类型	控制区范围 (m)	监督区范围 (m)
2005 型工业用 X 射线探伤机	主射方向	170	170~415
	非主射方向	108	108~265
2505 型工业用 X 射线探伤机	主射方向	199	199~488
	非主射方向	84	84~204
3505 型工业用 X 射线探伤机	主射方向	406	406~994
	非主射方向	99	99~242

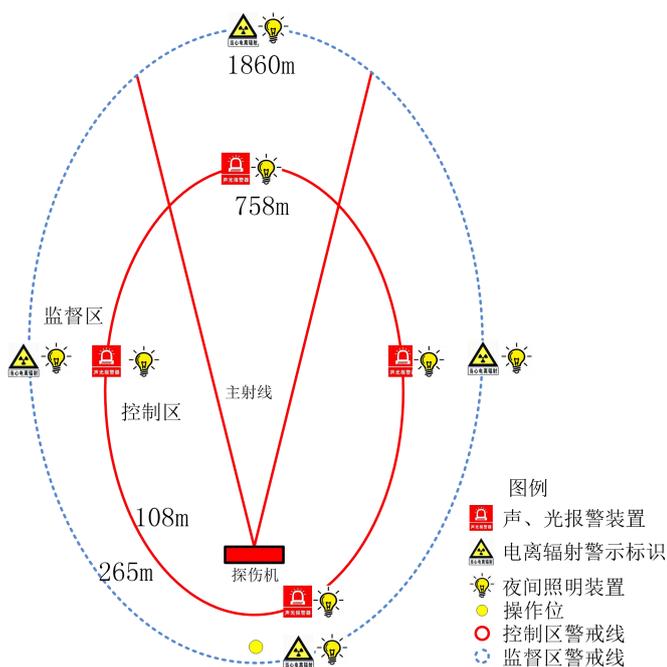


图 11-2 2005 型工业用 X 射线探伤机现场探伤两区划分示意图

(无工件、无铅屏风屏蔽)

(本页以下空白)

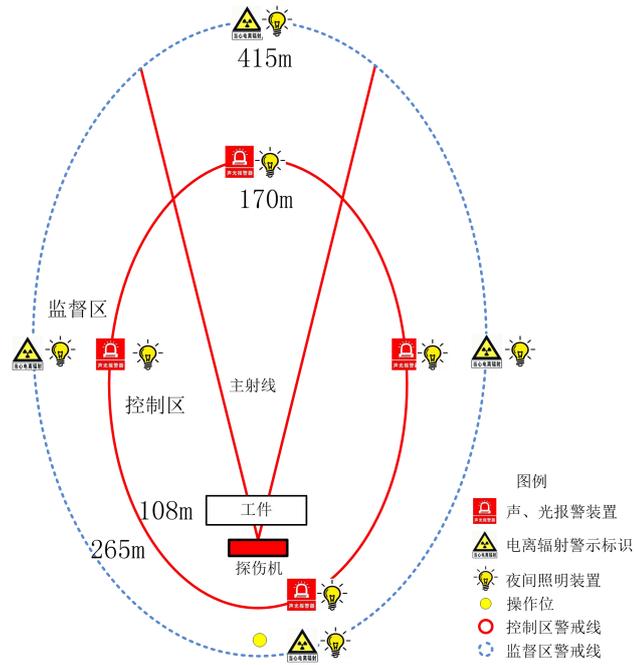


图 11-3 2005 型工业用 X 射线探伤机现场探伤两区划分示意图
(有工件、无铅屏风屏蔽)

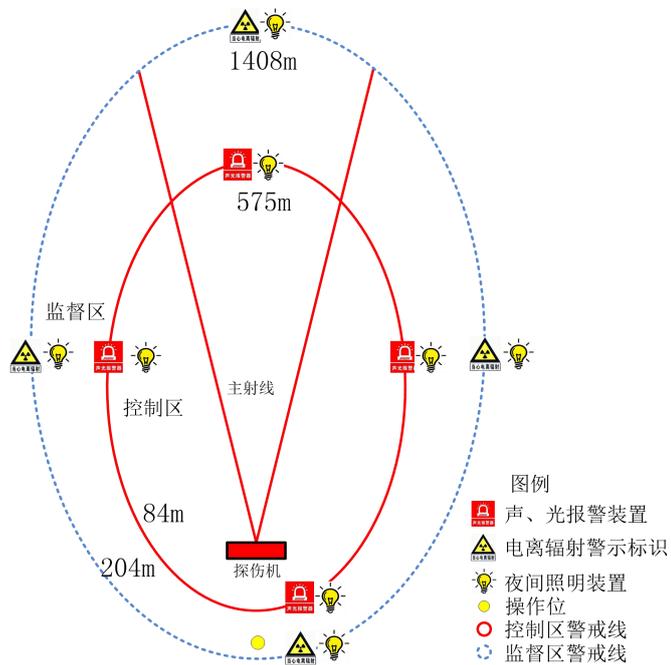


图 11-4 2505 型工业用 X 射线探伤机现场探伤两区划分示意图
(无工件、无铅屏风屏蔽)

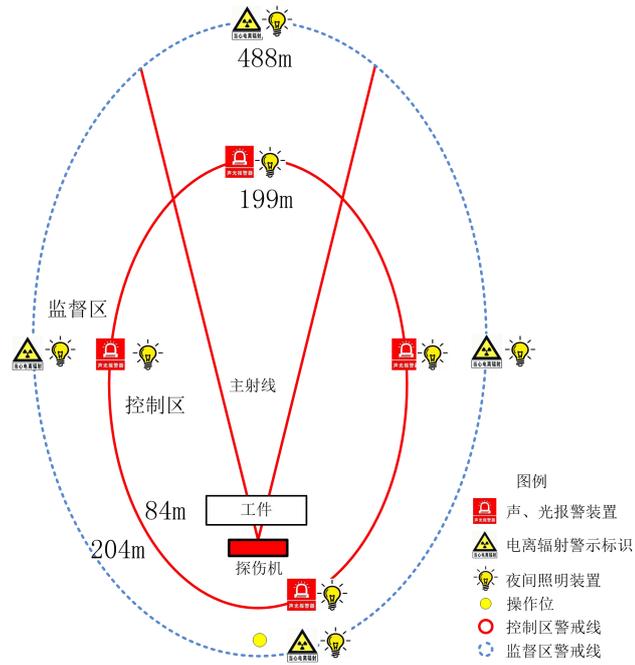


图 11-5 2505 型工业用 X 射线探伤机现场探伤两区划分示意图
(有工件、无铅屏风屏蔽)

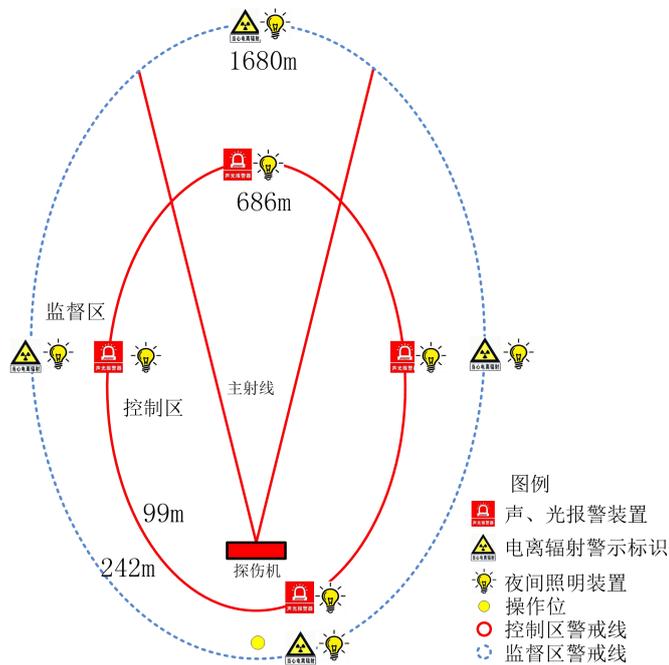


图 11-6 3505 型工业用 X 射线探伤机现场探伤两区划分示意图
(无工件时、无铅屏风屏蔽)

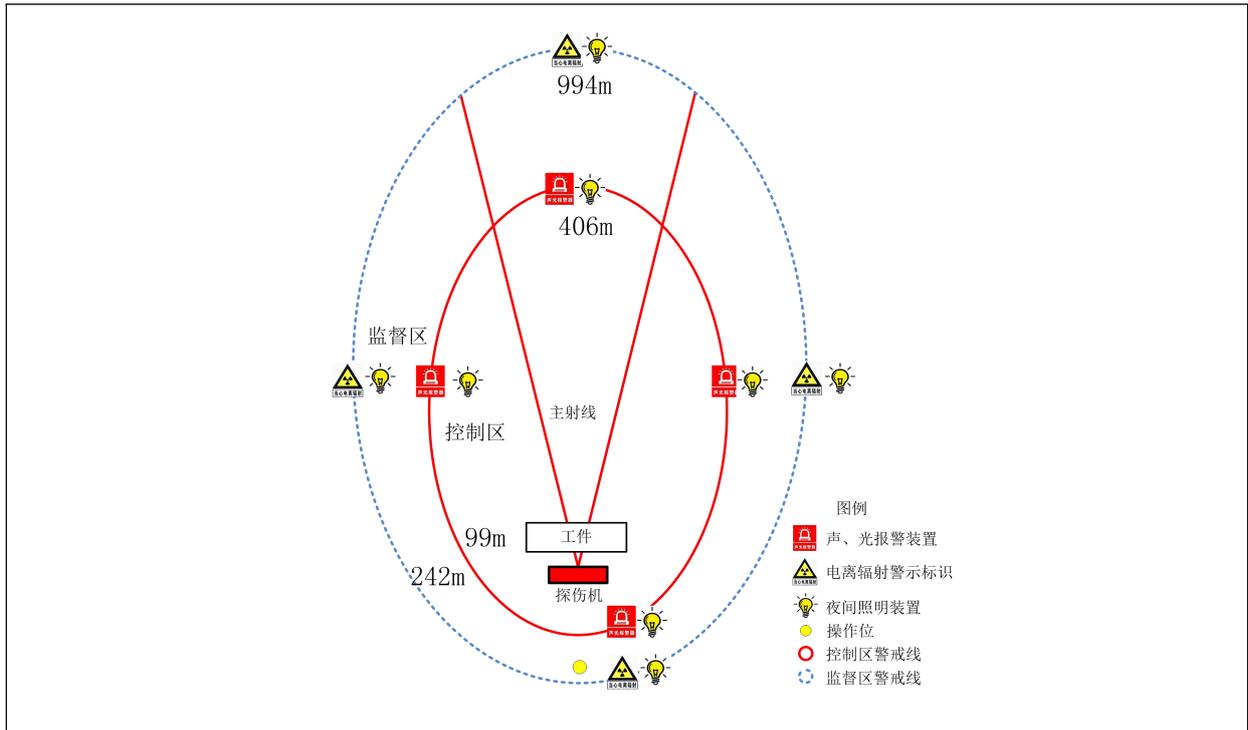


图 11-7 3505 型工业用 X 射线探伤机现场探伤两区划分示意图
(有工件、无铅屏风屏蔽)

②有铅屏风屏蔽下的控制区、监督区范围

由表 11-3、11-4、11-8，可估算 2005、2505、3505 型工业用 X 射线探伤机在满功率、有铅屏风屏蔽，不同工况下的控制区、监督区范围。无工件情况下的控制区和监督区的边界范围，见表 11-12，控制区和监督区划分见图 11-8、11-10、11-12；有工件屏蔽情况下的控制区和监督区的边界范围，见表 11-13，控制区和监督区划分见图 11-9、11-11、11-13。

表 11-12 本项目现场探伤控制区与监督区边界范围估算结果表（无工件时）
(采用铅屏风屏蔽)

探伤机型号	射线类型	控制区范围 (m)	监督区范围 (m)
2005 型工业用 X 射线探伤机	主射方向 (采用3mmPb铅屏风)	17	17~42
	非主射方向 (采用3mmPb铅屏风)	4	4~8
2505 型工业用 X 射线探伤机	主射方向 (采用3mmPb铅屏风)	52	52~126
	非主射方向 (采用3mmPb铅屏风)	9	9~22
3505 型工业用 X 射线探伤机	主射方向 (采用10mmPb铅屏风)	54	54~131

	非主射方向 (采用3mmPb铅屏风)	32	32~78
--	-----------------------	----	-------

表 11-13 本项目现场探伤控制区与监督区边界范围估算结果表 (有 1mm 铅当量工件)
(采用铅屏风屏蔽)

探伤机型号	射线类型	控制区范围 (m)	监督区范围 (m)
2005 型工业用 X 射线探伤机	主射方向 (采用3mmPb铅屏风)	7	7~17
	非主射方向 (采用3mmPb铅屏风)	4	4~8
2505 型工业用 X 射线探伤机	主射方向 (采用 3mmPb 铅屏风)	32	32~78
	非主射方向 (采用3mmPb铅屏风)	9	9~22
3505 型工业用 X 射线探伤机	主射方向 (采用10mmPb铅屏风)	46	46~113
	非主射方向 (采用3mmPb铅屏风)	32	32~78

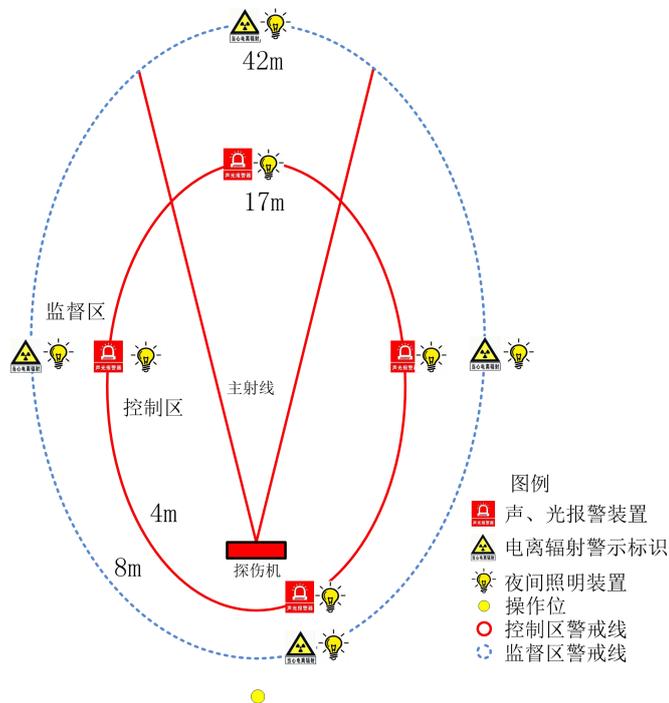


图 11-8 2005 型工业用 X 射线探伤机现场探伤两区划分示意图
(无工件、有铅屏风屏蔽)

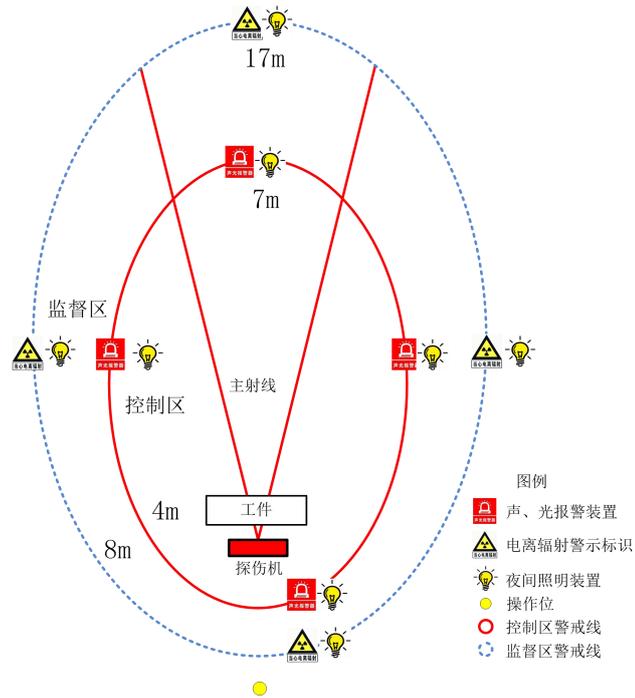


图 11-9 2005 型工业用 X 射线探伤机现场探伤两区划分示意图
(有工件、有铅屏风屏蔽)

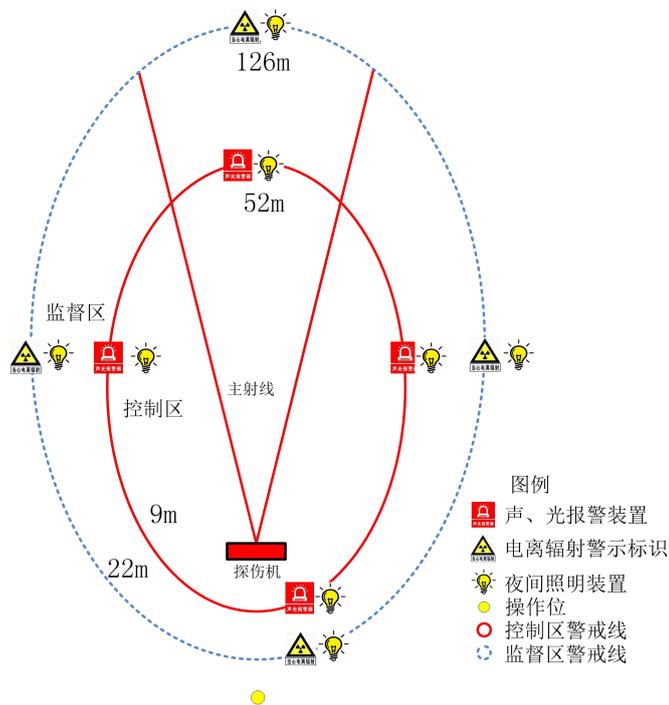


图 11-10 2505 型工业用 X 射线探伤机现场探伤两区划分示意图
(无工件、有铅屏风屏蔽)

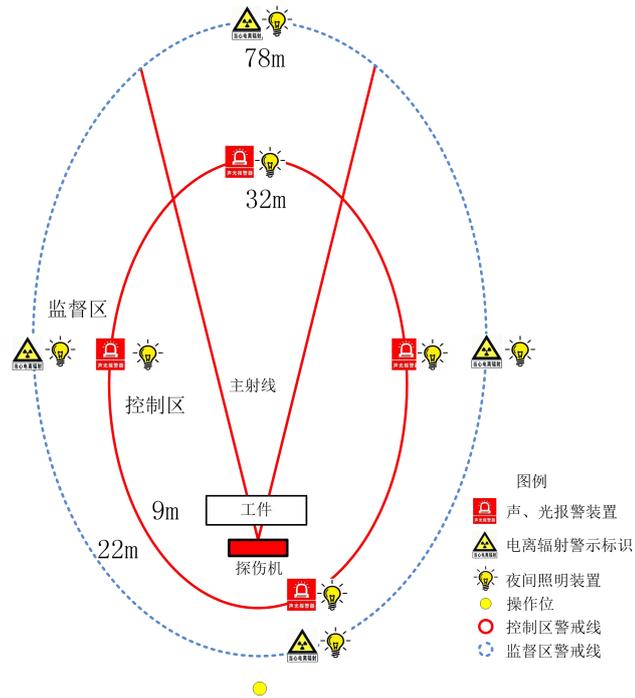


图 11-11 2505 型工业用 X 射线探伤机现场探伤两区划分示意图
(有工件、有铅屏风屏蔽)

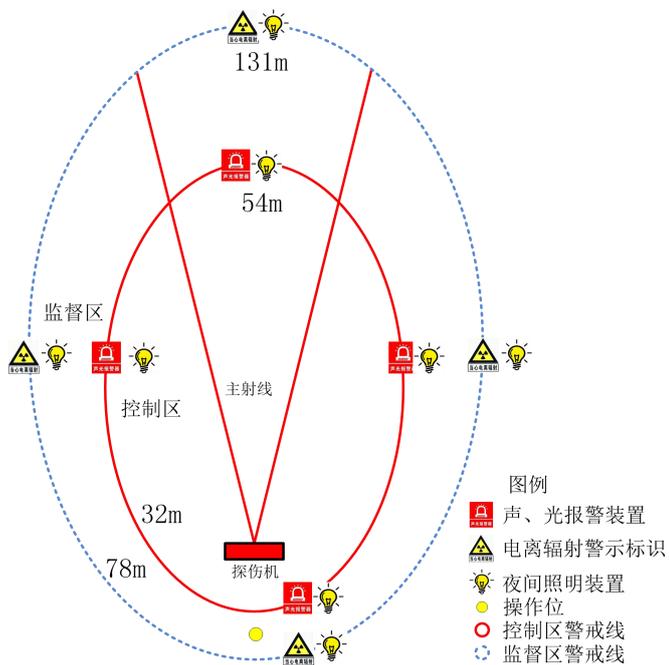


图 11-12 3505 型工业用 X 射线探伤机现场探伤两区划分示意图
(无工件、有铅屏风屏蔽)

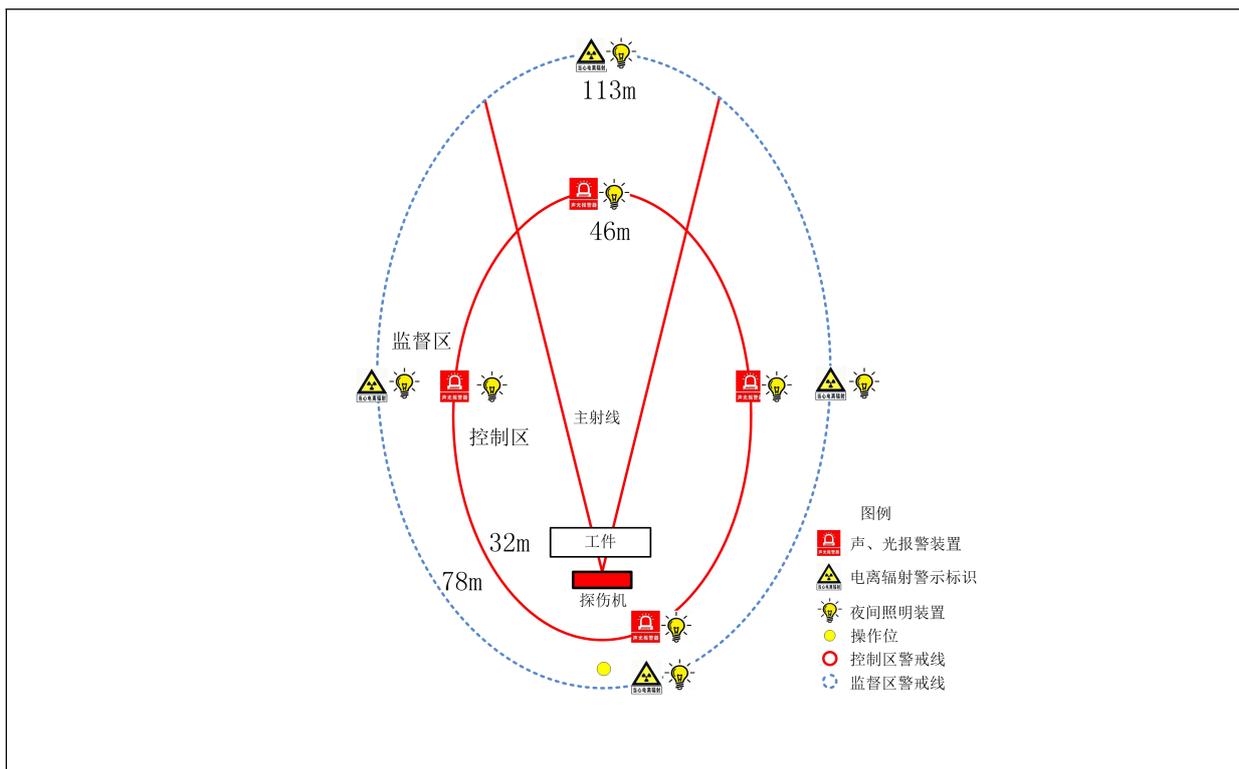


图11-13 3505型工业用X射线探伤机现场探伤两区划分示意图
(有工件时、有铅屏风屏蔽)

本项目使用3种型号的X射线探伤机，根据不同的任务需求，探伤作业时会使用到不同型号的设备，因此，本项目控制区、监督区的划分根据不同型号的设备分别进行划定，并实施探伤作业。计算时，均采用设备的最大输出参数，但实际使用时最大管电压一般低于设备额定参数，因此，本项目理论计算结果划定的控制区、监督区相对保守，在实际探伤作业时，可结合理论计算结果并根据现场实际情况进行巡测后对控制区及监督区的划定。

进行探伤作业时，现场一般有大量设备可对X射线探伤机的X射线进行屏蔽，其控制区、监督区边界距离会比理论估算值偏小很多，建设单位进行现场探伤时，应结合探伤现场周边保护目标与探伤点距离等情况合理选择探伤时间、出束条件、出束方向等使周边保护目标位于监督区外；无法避免时，应设置移动铅屏风等屏蔽措施使周边保护目标位于监督区外。同时，建设单位应做好现场探伤的记录，积累不同出束方向、出束条件、探伤工件厚度等条件下的常用控制区与监督区距离，便于建设单位日常辐射安全的管理。

进行工业X射线现场探伤时，根据构件厚度及探伤条件初步划定控制区与监督区，并在各区边界及工作区域出入口设置警戒线、警示标语、声光报警装置等辐射安全与防

护措施，以提醒和防止无关人员靠近监督区或误入。

11.2.4 辐射环境影响预测分析（剂量估算）

按照职业人员所受的年附加有效剂量当量估算计算公式如下：

$$E=H/1000\times t\times T$$

其中：E----保护目标的受照剂量，mSv/a；

H----保护目标的受照剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t----本项目全年出束时间，h；

T----保护目标的居留因子。

由建设单位提供资料可知，本项目拟配备的 2005、2505、3505 型工业用 X 射线探伤机均设有延时功能，最长时长为 5min，辐射工作人员准备工作完成后，清场及防护措施到位后，按下延时开关，并迅速撤离至安全位置，能够满足相关要求。3 台工业用 X 射线探伤机年预计最大拍片量为 4800 张，每张胶片曝光时间为 1~5min，按最大曝光时间 5min 计算，则 3 台设备年拍片最大出束时间为 400h；探伤机在新使用、长期停用、换管或异常后需要进行训机操作，结合建设单位提供资料，3 台设备年训机次数最多为 60 次，每次训机时间为 20~30min，取最大训机时间 30min 计算，则 3 台设备年最大训机时间为 30h，加上拍片最大出束时间 400h，本项目 3 台设备年最大出束时间为 430h。建设单位每次最多同时派出 3 个工作组进行现场探伤作业，每个组单次只使用 1 台 X 射线探伤机，每组探伤人员不存在同一时间、同一地点同时作业情况。单台探伤及年最大出束时间为 143.3h，周出束时间为 2.8h。因每次划定的控制区、监督区范围大小不一，确认边界剂量率所需时间不一。从偏保守角度考虑，划定控制区的时间为总出束时间的 1/6（ $\approx 71.7\text{h}$ ），其余时间即总出束时间的 5/6（ $\approx 358.3\text{h}$ ）为监督区停留时间，辐射工作人员受照剂量率取各边界处剂量率控制值（控制区 $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ）。X 射线探伤机操作人员 6 人，2 人/组，分为 3 组。

建设单位每次现场探伤场所属于不同的作业区和作业公司，从偏保守角度考虑，该作业公司在同一作业区年探伤任务次数 2 次/年，每次任务探伤机的出束时间为 5h/次，则单个作业区年出束时间为 600min（10h）。X 射线现场探伤时，探伤地点主要为室外空旷处或野外空地，大部分为周围人烟稀少的地方，若探伤区域公众人员密集，一般在

夜间十点以后、凌晨五点之前开展，厂区人员较少，公众人员居留因子取 1/16，现场探伤时公众受照剂量率取监督区边界剂量率 2.5 μ Sv/h。上述取值是偏保守和安全的。

表 11-14 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	操作类型	剂量率 (μ Sv/h)	时间 (h)	年有效剂量 (mSv)	
工作人员	控制区	15	71.7 \div 3 组=23.9	0.36	0.66
	监督区	2.5	358.3 \div 3 组=119.4	0.30	
其他公众人员		2.5	10 \times (1/16)=0.625	1.56 \times 10 ⁻³	

由表 11-14 可知，X 射线探伤机现场探伤时对工作人员职业照射的最大年有效剂量值为 0.66mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中工作人员职业照射年有效剂量 20mSv/a 的要求，也低于剂量约束值 5mSv/a。对公众照射的最大年有效剂量值为 1.56 \times 10⁻³mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中公众照射年有效剂量 1mSv/a 的要求，也低于剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

11.3“三废”影响分析

11.3.1 废气影响分析

X 射线能使空气电离，会产生少量臭氧和氮氧化物，因此本项目 X 射线探伤装置在运行时除产生少量的臭氧和氮氧化物外，无其他放射性废气产生。因为现场探伤，产生的少量的臭氧和氮氧化物可稀释至大气中，不会对周围环境产生影响。

11.3.2 固废与废水影响分析

探伤拍片产生的洗片废显（定）影液（含重金属）及胶片属于国家危险废物名录中感光材料废物HW16，每年预计产生含废显（定）影液的第一次、第二次清洗冲洗废水 360kg，废胶片年产生量约为480张，约12kg。本项目产生的废胶片、含废显（定）影液的洗片废水在危废暂存间收集存储后，委托有资质的单位签署处置协议，定期统一回收处理。

11.4 事故影响分析

11.4.1 事故风险分析

- 1、探伤装置丢失、被盗造成的事故。
- 2、X射线装置只有在开机曝光时才产生X射线，因此，X射线检测事故多为开机误照射事故，主要有：

(1) X射线探伤前清场不完全或在探伤过程中，警戒工作未到位，致使工作人员或公众误入控制区和监督区，使其受到超剂量的外照射；

(2) 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外照射；探伤人员违反操作规程强行探伤，对工作人员和现场周围公众造成外照射。

3、延时开机装置故障，对工作人员和现场周围公众造成外照射。

11.4.2事故处理方法

1、丢失、被盗：

(1) 进行曝光作业时，应有专人值守，严防探伤装置丢失。现场作业，探伤装置用毕不能及时返回设备存储间保管的，应利用保险柜，现场保存，并有专人24小时值守。

(2) 若发生丢失事故，应立即上报生态环境部门和公安部门报告，尽快组织搜寻遗失探伤装置，避免事态进一步扩大。

2、意外照射：

(1) 发现异常立即停止探伤装置曝光，核算人员误照射剂量，并及时到专业医院就诊检查治疗。

(2) X射线探伤作业前严格执行《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中关于事前公告、设置控制区和监督区、探伤工作区清场等工作；探伤作业时辐射工作人员应使用辐射巡检仪进行巡检，发现异常情况应立即停止出束，并检查排除异常，并做好记录。

(3) 委托有相应资质的技术服务机构对工作场所每年至少监测1次。

(4) 对辐射工作人员造成额外照射，应及时检测辐射工作人员所佩戴的个人剂量计，剂量超标的人员应及时调岗，并及时到专业医院就诊检查治疗。

(5) 本项目相关管理人员应加强对射线装置及相关工作人员的管理，严格执行安全操作规程，在装置开机前确认探伤现场无误留人员，确认无误后方可开机，避免发生辐射事故。

3、延时开机装置故障：

(1) 建设单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应有受过专业培训的工作人员或设备制造商进行。

(2) 建设单位探伤人员在现场探伤时佩戴个人剂量报警仪，按下延时开关后，如出现个人剂量报警仪报警，则立即按下急停按钮并进行检查。

(3) 建设单位做好探伤机的日常维护保养，定期检查，保证延时开机装置始终处于完好状态。

(本页以下空白)

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求，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，并以红头文件形式明确管理机构职责，及人员设置情况。

本项目为新疆燃气集团有限公司首次开展核技术利用项目，该公司需针对本项目成立辐射安全与环境保护管理机构，由管理机构全面负责辐射工作的管理，统一领导、统一指挥。辐射安全与环境保护管理机构主要职责为：

- ①贯彻执行国家辐射安全与环境保护各项法规和相关文件精神；
- ②负责本单位辐射安全与环境保护管理；
- ③组织制定本单位辐射安全与环境保护管理办法，做好管理工作；
- ④组织人员参加辐射安全与环境保护培训及应急演练。
- ⑤安排从事射线装置工作的辐射工作人员按时参加关于辐射安全和防护的培训和考核。
- ⑥检查辐射安全设施，开展辐射安全环保监测，对射线装置的安全与防护情况进行年度评估；
- ⑦实施辐射工作人员的健康体检并做好体检资料的档案管理工作；
- ⑧定期向环保和主管部门报告安全工作，接受检查指导。

12.1.1 放射防护管理领导小组

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）等相关规定，新疆燃气集团有限公司应成立辐射防护管理领导小组。

- (1) 法人为本单位辐射防护管理的第一责任人，本单位法人授权辐射防护管理领导小组组长代表法人全面负责辐射防护管理工作，承担分管领导责任；
- (2) 负责对射线装置安全防护工作和环境保护工作实施统一监督管理；
- (3) 负责辐射防护管理队伍的建设；
- (4) 负责指导各小组成员及相应管理者实施辐射防护的日常监督管理；

(5)组织制定并实施辐射事故应急预案;配合上级部门开展辐射事故的应急响应、调查处理和定级定性工作。

12.1.2 辐射工作人员管理

按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中开展现场探伤工作的每台 X 射线装置至少配备两名工作人员的要求,本项目应至少配备 6 名工作人员,工作人员应参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台放射性同位素与射线装置安全知识培训班,并考试合格取得相应的证书。

1、个人剂量管理

制定《辐射工作人员个人剂量管理办法》,要求该单位应委托具有相应资质的单位对本单位辐射工作人员进行个人剂量监测,监测周期一般为 30 天,最长不超过 90 天。并建立个人剂量档案,个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁,或者停止辐射工作三十年。

2、职业健康检查

制定《辐射工作人员职业健康管理制度》,要求辐射工作人员上岗前,应当进行上岗前的职业健康检查,符合辐射工作人员健康标准的,方可参加相应的放射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行职业健康检查,两次检查的时间间隔不超过 2 年,必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离辐射工作岗位时,工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查。

3、辐射安全和防护专业知识培训

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令 449 号)和《放射性同位素与射线装置安全和管理办法》(生态环境部 1 号令)要求,所有辐射工作人员必须通过环境保护部门举办的辐射安全和防护专业知识培训及相关法律法规的培训和考核,尤其是新进、转岗的人员,必须取得岗位培训合格证,方可持证上岗。辐射安全与防护培训合格证为四年,到期前,必须参加复训并取得合格证。

本项目辐射工作人员未取得辐射安全与防护合格证的人员,应积极组织人员参加环境保护部门组织的各项辐射安全和防护专业知识培训,并且严格落实《辐射工作

人员培训制度》。

每年对检查系统的辐射安全和防护状况进行年度评估，并于次年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1 需建立的主要规章制度

新疆燃气集团有限公司在从事辐射工作前，须组织辐射工作人员进行上岗培训和辐射安全防护知识的培训；进行个人剂量监测和职业健康检查；制订相关制度，建设单位制度清单分析及执行情况见表12-1。

表 12-1 建设单位辐射安全管理制度及执行情况

序号	需定制度名称	本次需完善
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	需制定
2	辐射安全管理规定（综合性文件）	需制定
3	辐射工作设备操作规程	需制定
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	需制定
5	辐射工作人员岗位职责	需制定
6	射线装置台账管理制度	需制定
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	需制定
8	监测仪表使用与校验管理制度	需制定
9	辐射工作人员培训制度（或培训计划）	需制定
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	需制定
11	辐射事故应急预案	需制定
12	质量保证大纲和质量控制检测计划	需制定
13	安全装置定期维修、维护巡查制度	需制定

12.2.2 其它辐射安全和防护管理要求

(1) 本单位跨州、市（地）使用工业用X射线探伤机时，应当在实施使用前不少于10个工作日向移入地州、市（地）环境保护主管部门备案，并在使用结束后5个工作日内办理备案注销手续。

(2) 探伤作业时应配备现场安全员，具备对现场辐射安全负责的权限，主要负

责场所区域的划分与控制、场所限制区域的人员管理、场所辐射剂量水平监测等安全相关工作，并承担探伤装置的领取、归还等工作，发现安全问题应立即停止探伤作业。

(3) 每次探伤作业前，操作人员应严格检查探伤装置的安全性能，并复核。至少每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录。

(4) 安全信息公示牌面积应小于 2 平方米，公示信息应采取喷绘（印刷）的方式进行制作。安全信息公示牌应适应现场作业需要（具备防水、防风等抵御外界影响的能力），确保信息的清晰辨识。公示信息如发生变化应重新制作安全信息公示牌，禁止对安全信息公示牌进行涂改、污损。

(5) 开展自我监测，绘制监测布点图，做好相应监测数据记录并存档。发现异常情况的，应当立即采取措施，必要时向当地环境保护行政主管部门报告。为了保证本项目运行过程的安全，为控制和评价辐射危害，设置了相应的辐射剂量监测手段。

12.3 辐射监测

12.3.1 现场探伤场所辐射水平监测

1、年度监测：委托有资质的单位对现场探伤现场监督区边界的辐射剂量率进行监测，监测周期为 1 次/年；年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

2、自我监测：每次现场探伤作业时对控制区和监督区边界自行开展辐射剂量监测，根据探伤机操作人员在探伤地点对控制区、监督区进行监测，按照修正的结果重新布置控制区和监督区，监测数据应存档备案。

3、验收监测：建设单位在取得《辐射安全许可证》后三个月内，应委托有资质的单位对现场探伤作业现场开展 1 次验收监测，编制自主验收监测（调查）报告。

12.3.2 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。

(1) 当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人

剂量超过 5mSv 时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关。检测报告及有关调查报告应存档备查。

(2) 个人剂量监测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

(3) 根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），辐射主要来自前方，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般左胸前。

(4) 辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。公司应当将个人剂量档案终身保存。

12.4 辐射事故应急

1、事故应急预案

辐射单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案报所在地人民政府生态环境主管部门备案，并及时予以修订。

辐射事故应急预案的主要内容应包括：

(1) 应急机构和职责分工，应急和救助的装备、资金、物资准备，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) 应急组织体系和职责、应急处理程序、上报电话；

(3) 应急人员的培训；

(4) 环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容；

(5) 辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人及联系电话；

(6) 发生辐射事故时，应当立即启动应急预案，采取应急措施，并按规定向所在地人民政府及其生态环境、公安和卫生健康等部门报告。

2、应急措施

(1) 事故报告程序

一旦发生辐射事故，放射工作人员立即停机，根据《关于建立放射性同位与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向市、县生态环境部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应

同时向当地卫健委部门报告。

(2) 辐射事故应急措施

事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

①确定现场辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。

②根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。

③现场处置任务的工作人员应佩戴防护用具及个人剂量计。

④应尽可能记录现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。

⑤事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免辐射事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

新疆燃气集团有限公司应当根据以上要求，同时结合本项目来制定应急预案相关内容，在今后预案的实施过程中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合建设单位实际及时对预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

(本页以下空白)

表 13 结论与建议

13.1 结论

新疆燃气集团有限公司新增 3 台工业用 X 射线探伤机用于现场探伤，现场探伤场所不固定，探伤工件主要是钢结构、管道、非承压、承压设备等。其中新增 2005 型工业用 X 射线探伤机 1 台，新增 3005 型工业用 X 射线探伤机 1 台。本项目 3 台工业用 X 射线探伤机不进行现场探伤作业时暂存于新疆乌鲁木齐高新技术产业开发区（新市区）城北大道 515 号 3 楼，新疆燃气集团有限公司检测计量中心设备存储间内，洗片室、暗室设置在检测计量中心办公楼一层暗室、洗片室内，废胶片和废显（定）影液暂存新疆燃气集团有限公司检测计量中心危废暂存间内。

13.1.1 辐射安全与防护分析结论

1、辐射防护措施评价

建设单位工作人员在进行移动式 X 探伤作业时，由专人用 X、 γ 剂量率仪通过监测划定控制区和监督区的范围，使控制区边界的剂量率低于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，未经许可人员不得进入控制区；使监督区边界的剂量率低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，有关工作人员可进入，但公众不得进入。进行曝光作业时，应有专人值守，严防探伤装置丢失。现场作业，探伤装置用毕，不能及时返回设备间保管的，选择门窗完好并有上锁的临时贮存场所或利用保险柜进行现场保存，并安排双人 24 小时值守。以上措施符合辐射防护要求。

2、辐射安全措施评价

本项目存放场所拟采取安装摄像头、防盗门、防盗窗、报警装置，设置双人双锁，安排专人管理和维护并设立射线装置台账等安全措施。单位将探伤装置运输至探伤现场时，必须专车运输，专人押运。押运人员须全程监护探伤装置。在每次进行探伤现场作业前，单位的操作人员在监督区周围拉警戒线、放置警示标识，专人警戒，防止公众进入辐射剂量率高的区域。落实以上措施后，该项目辐射安全措施满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的有关要求。

3、辐射安全管理评价

建设单位拟按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 449 号）等相关规定，应成立辐射防护管理领导小组，并且按管理要求制定了相应的安全管

理措施和规章制度。

本项目的辐射工作人员应配备个人剂量计，环评要求单位应委托具有个人剂量监测资质单位长期对本项目辐射工作人员进行个人剂量监测，要求单位安排辐射工作人员到具有相应资质的单位定期进行职业健康检查。未取得辐射安全与防护合格证的人员按要求积极组织人员参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台举办的各项辐射安全和防护专业知识培训，并且严格落实《辐射工作人员培训制度》。

建设单位在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，其从事辐射活动的技术能力基本符合相应法律法规的要求。

4、放射性三废及危险废物处置

本项目不产生放射性废水、放射性废气及放射性固体废物。

本项目X射线探伤装置胶片显影过程中估计年产生废胶片数量12kg，含废显（定）影液的清洗废水360kg，废显（定）影液及废胶片属HW16感光材料废物，废胶片及废显（定）影液暂存在新疆燃气集团有限公司检测计量中心危废暂存间内，定期送有资质单位处理。

13.1.2 环境影响分析结论

根据表 11 类比分析，本项目职业人员在探伤装置射线出束状态下的最大附加年有效剂量为 0.91mSv/a，公众人员在探伤装置射线出束状态下的最大附加年有效剂量为 1.56×10^{-3} mSv/a。项目正常运行时，周围环境中辐射工作人员和公众人员所受辐射年有效剂量均低于本评价提出的 5.0mSv/a 和 0.1mSv/a 的年管理剂量约束值。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限制”的要求。

13.1.3 可行性分析结论

1、产业政策的符合性

本项目属于国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2024 年 2 月 1 日实施）中鼓励类项目（第六项“核能”第 4 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发”；第十四项“机械”第 1 条“科学仪器和工业仪表：工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”；第三十一项“科技服务业”第 1 条“质量认证和检验检测服务”），本工程不涉及自然保护区、风景名胜区、森林公园、饮用水水源保

保护区、世界文化和自然遗产地等生态敏感区域，项目建设符合国家产业政策、环保政策和相关规划。

2、实践的正当性

本项目使用 X 射线探伤的目的是保证产品的质量与生产的安全，符合辐射防护“正当实践”原则；同时根据表 11 的理论分析，本项目运营后，在正常工况下对周边环境和人员产生额外的电离辐射影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

综上所述，新疆燃气集团有限公司在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，本项目将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护的角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

13.2 建议

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、定期组织辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的学习与考核。公司应加强管理，安排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学习辐射安全和防护知识并进行考试，以取得辐射安全培训成绩合格单，今后培训时间超过 5 年的辐射工作人员，需进行再考核，详见国家核技术利用辐射安全与防护培训平台。

3、将个人剂量信息和年度监测报告作为年度评估报告的内容。

4、定期检查辐射工作场所的电离辐射标志和电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现松动、脱落或损坏，应及时修复或更换。

5、建设单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应有受过专业培训的工作人员或设备制造商进行。

6、建设单位须重视控制区和监督区的管理，每年委托有资质的单位对现场探伤监督区边界的辐射剂量率进行监测。

7、建设单位在申办辐射安全许可证之前，需登录全国核技术利用辐射安全申报系统，完善相关信息。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人

剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

8、建议为减少“三废”排放，公司今后发展中应逐渐淘汰落后技术设备，在后期更换设备时考虑购买数字化 X 射线探伤装置，从而降低对环境的污染。

9、本报告表系按新疆燃气集团有限公司提供的资料编制，今后如使用的 X 射线设备有较大变化，应另做相应的环境影响评价，办理相应手续。

（本页以下空白）