



编号: P-2025-20267

核技术利用建设项目

天津六合镁制品有限公司

新建使用 II 类射线装置 (X 射线数字成像

检测设备) 项目

环境影响报告表

(报批稿)

天津六合镁制品有限公司



打印编号: 1743584727000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	3f32e6		
建设项目名称	天津六合镁制品有限公司新建使用 II 类射线装置 (X 射线数字成像检测设备) 项目		
建设项目类别	55—172 核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	天津六合镁制品有限公司		
统一社会信用代码	91120116746674255D		
法定代表人 (签章)	卢斌		
主要负责人 (签字)	黄毅栋		
直接负责的主管人员 (签字)	王瑞		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	联合泰泽环境科技发展有限公司		
统一社会信用代码	91120101MA05KTQY3M		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
李海新	2016035320352013321405000031	BH002400	李海新
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
李海新	项目基本情况; 放射源; 非密封放射性物质; 射线装置; 废弃物 (重点是放射性废弃物); 评价依据; 保护目标与评价标准; 环境质量和辐射现状; 项目工程分析与源项; 辐射安全与防护; 环境影响分析; 辐射安全管理; 结论与建议	BH002400	李海新

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试,取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.



Ministry of Human Resources and Social Security
The People's Republic of China



Ministry of Environmental Protection
The People's Republic of China

编号: HP 00018605



HP00018605 李海新

持证人签名:
Signature of the Bearer

管理号:
File No.

姓名: 李海新

Full Name

性别: 男

Sex

出生年月: 1984年11月

Date of Birth

专业类别:

Professional Type

批准日期: 2016年05月

Approval Date

签发单位盖章:

Issued by

签发日期: 2016年08月23日

Issued on

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	6
表 3 非密封放射性物质	7
表 4 射线装置	8
表 5 废弃物	9
表 6 评价依据	10
表 7 保护目标与评价标准	12
表 8 环境质量和辐射现状	20
表 9 项目工程分析与源项	25
表 10 辐射安全与防护	30
表 11 环境影响分析	40
表 12 辐射安全管理	51
表 13 结论与建议	61
表 14 审批	64

附图

附图 1	建设项目地理位置图·····	65
附图 2	建设项目周边环境及评价范围图·····	66
附图 3	建设项目所在厂区平面布局图·····	67
附图 4	建设项目所在综合检测楼平面布局图·····	68
附图 5	X 射线数字成像检测设备平面图·····	69
附图 6	X 射线数字成像检测设备正视图·····	70

附件

附件 1	建设单位承诺书·····	71
附件 2	建设单位营业执照·····	72
附件 3	主体工程环评批复·····	73
附件 4	主体工程环保验收意见·····	81
附件 5	房地产权证·····	89
附件 6	辐射环境本底监测报告·····	98
附件 7	射线装置生产厂家说明·····	105

表 1 项目基本情况

建设项目名称		天津六合镁制品有限公司 新建使用 II 类射线装置（X 射线数字成像检测设备）项目			
建设单位		天津六合镁制品有限公司			
法人代表	卢斌	联系人	黄毅栋	联系电话	██████████
注册地址		天津经济技术开发区东区黄海路 268 号			
项目建设地点		天津经济技术开发区东区黄海路 268 号天津六合镁制品有限公司 综合检测楼探伤检测室			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	37	项目环保投资（万元）	2.6	投资比例（环保投资/总投资）	7%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它		占地面积（m ² ）	39.44
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类		
	其他	/	/		
	项目概述 1. 建设单位基本情况 天津六合镁制品有限公司位于天津经济技术开发区东区黄海路 268 号，成立于 2003 年 3 月 18 日，2021 年 6 月加入云海金属集团，系云海金属集团全资子公司。公司成立至今，始终致力于高品质镁、铝合金汽车方向盘骨架、机械式手刹内支架、油门刹车踏板支架、汽车座椅扶手支架、安全带芯轴、自行车轮毂罩盖、车身及其他压铸零配件的制造，并且积极进行汽车整车零部件及两轮车镁合金轻量化的推广、开发、应用和制造。 2. 项目由来 为了对所生产镁、铝合金汽车零部件（以下称“零部件”）进行更高精度且非破				

坏性的检测，天津六合镁制品有限公司拟在天津经济技术开发区东区黄海路 268 号天津六合镁制品有限公司综合检测楼南侧设置 1 间探伤检测室，并新建使用 1 台 UNC160-A1L-160 型 X 射线数字成像检测设备（带铅屏蔽外壳，定向照射，最大管电压 160kV、最大管电流 3mA），用于零部件内部结构的无损检测。

根据原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号《关于发布〈射线装置分类〉的公告》规定，本项目 X 射线数字成像检测设备属于 II 类射线装置（工业用 X 射线探伤装置）。根据生态环境部令第 16 号《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目属于“五十五、核与辐射——172、核技术利用建设项目”中“生产、使用 II 类射线装置的”，应编制环境影响报告表。

3. 建设规模

本项目拟在天津经济技术开发区东区黄海路 268 号天津六合镁制品有限公司综合检测楼南侧设置 1 间探伤检测室，并在探伤检测室内新建使用 1 台 UNC160-A1L-160 型 X 射线数字成像检测设备，用于零部件内部结构的无损检测。

根据《射线装置分类》，本项目 X 射线数字成像检测设备属于“II 类射线装置——工业用 X 射线探伤装置——其他工业用 X 射线探伤装置——固定式 X 射线探伤系统”。该设备带铅屏蔽外壳，仅检修人员在停机检修状态下可由防护门进入铅屏蔽外壳内进行检修工作，正常工况下任何人员不可进入铅屏蔽外壳，由检测设备操作人员在防护门外将待检测零部件放置于铅屏蔽外壳内的行走小车样品平台，等防护门关闭后进行检测。有用线束固定出束，定向向北照射，辐射角度 20°。设备操作台在铅屏蔽外壳外部与外壳相连，位于设备拟放置位置的南侧。设备铅屏蔽外壳长 2.160m，宽 2.024m，高 2.292m，整体占地面积 4.370m²，最大管电压为 160kV，最大管电流为 3mA。本项目射线装置明细表见下表。

表 1-1 本项目射线装置情况

序号	装置名称	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	数量	使用地点	用途	出束
1	X 射线数字成像检测设备	UNC160-A1L-160	160	3	1	探伤检测室	用于零部件无损检测	有用线束定向向北照射

注：本项目 X 射线数字成像检测设备拟放置于探伤检测室内西南侧位置，定向出束，主射方向向北，射线辐射角度 20°。

4. 项目选址及周边保护目标

(1) 项目选址

天津六合镁制品有限公司位于天津经济技术开发区东区黄海路 268 号，公司四至情况：东侧为天津美亚化工有限公司，南侧为埃里奥特机械设备维修服务（天津）有限责任公司和天津利盛达电子科技有限公司，西侧为黄海路，西北侧为废品回收站，北侧为第十三大街。本项目地理位置见附图 1，周边环境及评价范围图见附图 2。

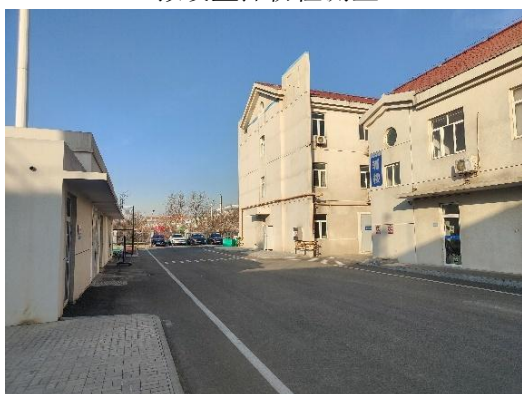
本项目 X 射线数字成像检测设备拟安装在天津六合镁制品有限公司综合检测楼内探伤检测室，探伤检测室中心坐标为：东经 117°42'43.837"，北纬 39°4'52.633"。拟设置探伤检测室四至情况：东侧隔内部道路为综合办公楼和辅楼，南侧为水泵房，西侧隔内部道路为废品回收站，北侧为测量室。探伤检测室及所在的综合检测楼为单层建筑物，无二层、地下空间，拟建位置及四侧照片如下。



拟设置探伤检测室



综合检测楼、南侧水泵房



东侧综合办公楼、辅楼



南侧 1 号厂房



西侧废品回收站



北侧测量室

图 1-1 本项目位置及周边照片

(2) 周边保护目标

本项目 X 射线数字成像检测设备屏蔽外壳外 50m 范围内无学校、医院、居民区等类型环境敏感目标。涉及环境敏感点为 X 射线数字成像检测设备操作台、评价范围内的东侧综合办公楼和辅楼、南侧 1 号厂房、北侧测量室固定工位、西北侧废品回收站，涉及人员为辐射工作人员和周边公众。其中辐射工作人员为本项目 X 射线数字成像检测设备的操作人员，公众为评价范围内的东侧综合办公楼和辅楼、南侧 1 号厂房、北侧测量室、西北侧废品回收站固定工位的非辐射工作人员及周围途经公众。

5. 劳动定员及工作量

本项目拟配置 3 名辐射工作人员，其中 1 名辐射防护负责人，2 名检测操作人员。采取单班工作制，每班工作 8 小时，每周工作 6 天，年工作 300 天。本项目 X 射线数字成像检测设备预计每天最多检测 35 个零部件，每个零部件最长曝光时间约 2min，X 射线数字成像检测设备工作量见下表。

表 1-2 X 射线数字成像检测设备工作量表

设备使用场所	拟设置探伤检测室
设备型号及名称	UNC160-A1L-160 型 X 射线数字成像检测设备
单次检测最长出束时间 (min)	2
日最大检测量 (个)	35
日累计最长出束时间 (h)	$2\text{min} \times 35 = 70\text{min} = 1.2\text{h}$
周累计最长出束时间 (h)	$2\text{min} \times 35 \times 6 = 420\text{min} = 7\text{h}$
年累计最长出束时间 (h)	$2\text{min} \times 35 \times 300 = 21000\text{min} = 350\text{h}$

6. 产业政策符合性分析

对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号），本项目不属于上述目录中的淘汰类和限制类项目，同时，本项目不属于《市场准入负面清单（2025 年版）》禁止事项。综上所述，本项目符合国家相

关产业政策。

7. 实践正当性分析

天津六合镁制品有限公司利用 X 射线数字成像检测设备对零部件进行无损检测，保证出厂产品质量，具有显著的社会和经济效益。公司将严格按照相关标准对 X 射线数字成像检测设备采取辐射安全防护措施，并建立辐射安全管理体系及各项相关规章制度。虽然在运营过程中，设备的应用可能会对周围环境、辐射工作人员及周围公众造成一定的辐射影响，但公司在按照国家、市相关辐射防护要求下正确使用和管理本项目 X 射线数字成像检测设备的情况下，根据预测结果，本项目建成后，辐射工作人员及周边公众的有效剂量均能满足相关限值要求，设备的应用对周围环境、辐射工作人员及周围公众造成辐射影响可控。在考虑社会、经济和其他有关因素后，对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，本项目建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）关于辐射防护“实践的正当性”要求。

8. 选址合理性分析

本项目位于天津六合镁制品有限公司综合检测楼南部拟设置探伤检测室内，根据其天津市房地产权证：津字第 114011403367 号，用地性质为工业用地。本项目用于工业探伤，在公司内综合检测楼（即房地产权证中“设备用房”，现已更名为“综合检测楼”）探伤检测室开展，不改变用地性质，且本项目 X 射线数字成像检测设备铅屏蔽外壳屏蔽边界外 50m 内无学校、医院、居民区等类型环境敏感点，本项目选址符合用地规划要求。

9. 原有核技术利用项目情况

天津六合镁制品有限公司为辐射安全许可证新申请单位，无原有核技术利用项目。

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》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线数字成像检测设备	Ⅱ类	1	UNC160-A1L-160	160	3	工业用 X 射线探伤装置	探伤检测室	定向向北照射，辐射角度 20°

(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

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
O ₃	气态	/	/	少量	少量	少量	/	铅屏蔽外壳顶部设置机械排风装置, O ₃ 和 NO _x 气体由铅屏蔽外壳顶部通风孔通过专用排风管道引至探伤检测室南侧墙体上方排至室外。
NO _x	气态	/	/	少量	少量	少量	/	

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。

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

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》(中华人民共和国主席令第九号, 2014 年 4 月 24 日修订, 2015 年 1 月 1 日起施行); (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(中华人民共和国主席令第二十四号, 2018 年 12 月 29 日修订, 2018 年 12 月 29 日起施行); (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令第六号, 2003 年 6 月 28 日通过, 自 2003 年 10 月 1 日起施行); (4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(中华人民共和国国务院令 第 449 号, 2005 年 9 月 14 日发布, 2019 年 3 月 2 日第二次修订并施行); (5) 《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》(中华人民共和国国务院令 第 682 号, 2017 年 10 月 1 日起施行); (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令 第 31 号公布, 2021 年 1 月 4 日生态环境部令 第 20 号修改); (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(原环境保护部令 第 18 号, 2011 年 5 月 1 日); (8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 版)》(生态环境部令 第 16 号, 2020 年 11 月 30 日发布, 2021 年 1 月 1 日起施行); (9) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》(原环境保护部办公厅(环办辐射函〔2016〕430 号), 2016 年 3 月 7 日); (10) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》(原国家环保总局(环发〔2006〕145 号), 2006 年 9 月 26 日); (11) 《关于加强放射性同位素与射线装置辐射安全和防护工作的通知》(原环境保护部(环发〔2008〕13 号), 2008 年 4 月 14 日); (12) 原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号《关于发布<射线装置分类>的公告》(2017 年 12 月 5 日); (13) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》(生态环境部令 第 9 号, 2019 年 8 月 19 日通过, 自 2019 年 11 月 1 日起施行); (14) 《天津市生态环境保护条例》(2019 年 1 月 18 日通过, 自 2019 年 3 月 1 日起施行)。
------	---

技术标准	国家标准 (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)； (2) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 及第 1 号修改单； (3) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)； (4) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)。 行业标准 (1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)； (2) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)； (3) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)； (4) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326-2023)。
其他	(1) 生态环境部. 核与辐射安全管理体系(第三层级)《II 类非医用 X 线装置监督检查技术程序》(NNSA/HQ-08-JD-IP-024), 2020; (2) 李星洪. 《辐射防护基础》[M]. 北京: 原子能出版社, 1982; (3) 唐旭兴, 梁维华, 田金池. 《天津市环境天然贯穿辐射水平调查研究》, 辐射防护, 第 13 卷第 3 期, 1993; (4) 李德平, 潘自强. 《辐射防护手册》(第三分册), 1990; (5) 国际原子能机构. 《IAEA No.47》, 2006; (6) 国际放射防护委员会. 《ICRP No.33》, 1982; (7) 天津市生态环境局. 《2023 年天津市生态环境状况公报》, 2024; (8) 天津六合镁制品有限公司委托合同及其提供的相关资料。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围 参照《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）规定“放射源和射线装置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）”。结合本项目特征及射线装置周围的具体情况，确定以 X 射线数字成像检测设备铅屏蔽外壳外 50m 范围内的区域为本项目的评价范围。																																																											
保护目标 本项目 X 射线数字成像检测设备铅屏蔽外壳外 50m 范围内无学校、医院、居民区等类型环境敏感目标，评价范围内不涉及其他射线装置及放射源。涉及环境敏感点为 X 射线数字成像检测设备操作台、评价范围内的东侧综合办公楼和辅楼、南侧 1 号厂房、北侧测量室固定工位、西北侧废品回收站，涉及人员为辐射工作人员和周边公众。其中辐射工作人员为本项目 X 射线数字成像检测设备的操作人员，公众为评价范围内的东侧综合办公楼和辅楼、南侧 1 号厂房、北侧测量室固定工位的非辐射工作人员，西北侧废品回收站非辐射工作人员及周围途经公众，途经公众为评价范围内厂区及周边道路的途经公众。本项目保护目标明细详见下表。 表 7-1 保护目标一览表 <table> <tr> <th>序号</th><th>环境保护目标</th><th>相对方位</th><th>距离</th><th>人数</th><th>性质</th></tr> <tr> <td>1</td><td>X 射线数字成像检测设备操作台操作人员（探伤检测室内）</td><td>/</td><td>紧邻</td><td>3 人</td><td>辐射工作人员</td></tr> <tr> <td>2</td><td>综合办公楼工作人员</td><td>东侧</td><td>约 15m</td><td>约 20 人</td><td>公众</td></tr> <tr> <td>3</td><td>辅楼工作人员</td><td>东侧</td><td>约 15m</td><td>约 5 人</td><td>公众</td></tr> <tr> <td>4</td><td>水泵房维护人员</td><td>南侧</td><td>约 2m</td><td>约 1 人</td><td>公众</td></tr> <tr> <td>5</td><td>1 号厂房工作人员</td><td>南侧</td><td>约 26m</td><td>约 20 人</td><td>公众</td></tr> <tr> <td>6</td><td>测量室工作人员</td><td>北侧</td><td>约 4m</td><td>约 3 人</td><td>公众</td></tr> <tr> <td>7</td><td>废品回收站工作人员</td><td>西北侧</td><td>约 16m</td><td>约 2 人</td><td>公众</td></tr> <tr> <td>8</td><td>途经公众</td><td>评价范围内</td><td>/</td><td>/</td><td>公众</td></tr> </table> 注：相对方位为与拟设置探伤检测室相对方位，距离为距设备铅屏蔽外壳外的最近直线距离。						序号	环境保护目标	相对方位	距离	人数	性质	1	X 射线数字成像检测设备操作台操作人员（探伤检测室内）	/	紧邻	3 人	辐射工作人员	2	综合办公楼工作人员	东侧	约 15m	约 20 人	公众	3	辅楼工作人员	东侧	约 15m	约 5 人	公众	4	水泵房维护人员	南侧	约 2m	约 1 人	公众	5	1 号厂房工作人员	南侧	约 26m	约 20 人	公众	6	测量室工作人员	北侧	约 4m	约 3 人	公众	7	废品回收站工作人员	西北侧	约 16m	约 2 人	公众	8	途经公众	评价范围内	/	/	公众
序号	环境保护目标	相对方位	距离	人数	性质																																																						
1	X 射线数字成像检测设备操作台操作人员（探伤检测室内）	/	紧邻	3 人	辐射工作人员																																																						
2	综合办公楼工作人员	东侧	约 15m	约 20 人	公众																																																						
3	辅楼工作人员	东侧	约 15m	约 5 人	公众																																																						
4	水泵房维护人员	南侧	约 2m	约 1 人	公众																																																						
5	1 号厂房工作人员	南侧	约 26m	约 20 人	公众																																																						
6	测量室工作人员	北侧	约 4m	约 3 人	公众																																																						
7	废品回收站工作人员	西北侧	约 16m	约 2 人	公众																																																						
8	途经公众	评价范围内	/	/	公众																																																						
评价标准 1. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002） （1）职业照射的剂量限值 B1.1 职业照射 B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，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（但不可作任何追溯性平均），20mSv；

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv。

(2) 公众照射的剂量限值

B1.2 公众照射

实践使公众中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，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

2. 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

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 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ 98 的要求进行职业健康监护。

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

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

4.6 应制定辐射事故应急预案。

5 探伤机的放射防护要求

5.1 X 射线探伤机

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 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/T 26837 的要求。

表 1 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

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

5.1.2 工作前检查项目应包括

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

5.1.3 X射线探伤机的维护应符合下列要求:

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

6 固定式探伤的放射防护要求

6.1 探伤室放射防护要求

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

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

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足:

- a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平, 对放射工作场所, 其值应不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$, 对公众场所, 其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$;
- b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足:

- a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室内表面边缘所张立体角区域内时, 探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3;
- b) 对没有人员到达的探伤室顶, 探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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

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

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

6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

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

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

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

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

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

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

6.2.4 交接班或当班使用便携式 X-γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发

现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

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

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

6.3 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：

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

e) 当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

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

8 放射防护检测

8.1 检测的一般要求

8.1.1 检测计划

使用单位应制定放射防护检测计划。在检测计划中应对检测位置、检测频率以及检测结果的保存等作出规定，并给出每一个测量位置的参考控制水平和超过该参考控制水平时应采取的行动措施。

8.1.2 检测仪器

应选用合适的放射防护检测仪器，并按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。

8.2 探伤机检测

8.2.1 防护性能检测

8.2.1.1 检测方法

X 射线探伤机防护性能检测方法按 GB/T 26837 的要求进行。 γ 射线探伤机防护性能检测方法按 GB/T 14058 的要求进行。

8.2.1.2 检测周期

使用单位应每年对探伤机的防护性能进行检测。探伤机移动后，应进行安全装置的性能检测。

8.2.1.3 结果评价

X 射线探伤机防护性能检测结果评价按本标准第 5.1.1 条的要求。 γ 射线探伤机防护性能检测结果评价按本标准第 5.2.1.1 条的要求。

8.3 探伤室放射防护检测

8.3.1 检测条件

检测条件应符合如下要求：

a) X 射线探伤机应在额定工作条件下、探伤机置于与测试点可能的最近位置，如使用周向式探伤机应使装置处于周向照射状态；主屏蔽的检测应在没有探伤工件时进行，副屏蔽的检测应在有探伤工件时进行。

8.3.2 辐射水平巡测

探伤室的放射防护检测，特别是验收检测时应首先进行周围辐射水平的巡测，用便携式 X- γ 剂量率仪巡测探伤室墙壁外 30cm 处的辐射水平，以发现可能出现的高辐射水平区。巡测时应注意：

a) 巡测范围应根据探伤室设计特点、照射方向及建造中可能出现的问题决定，并关注天空反散射对周围的剂量影响；

b) 无固定照射方向的探伤室在有用线束照射四面屏蔽墙时，应巡测墙上不同位置及门、门四周的辐射水平；探伤室四面屏蔽墙外及楼上如有人员活动的可能，应巡测墙上不同位置及门外 30cm 门四周的辐射水平。

c) 设有窗户的探伤室，应特别注意巡测窗外不同距离处的辐射水平。

8.3.3 辐射水平定点检测

一般情况下应检测以下各点：

- a) 通过巡测发现的辐射水平异常高的位置；
- b) 探伤室门外 30cm 离地面高度为 1m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 个点；
- c) 探伤室墙外或邻室墙外 30cm 离地面高度为 1m 处，每个墙面至少测 3 个点；
- d) 人员可能到达的探伤室屋顶或探伤室上层（方）外 30cm 处，至少包括主射束

到达范围的 5 个检测点；

e) 人员经常活动的位置；

f) 每次探伤结束后，检测探伤室的入口，以确保探伤机已经停止工作。

8.3.4 检测周期

探伤室建成后应进行验收检测；投入使用后每年至少进行 1 次常规检测。当 X 射线探伤机额定电压增大时，应重新测量上述辐射水平，并根据测量结果对防护措施或设施做出合适的改进。

8.3.5 结果评价

探伤室周围辐射水平应符合本标准第 6.1.3 条和第 6.1.4 条的要求。

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 GBZ 128 的相关要求进行外照射个人监测。

3. 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

3.2 需要屏蔽的辐射

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

3.2.2 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

3.3 其他要求

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

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

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

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

3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间，常用的材料为混凝土、铅和钢板等。

4. 剂量约束值

对于职业照射，剂量约束是一种与源相关的个人剂量值，用于限制最优化过程所

考虑的选择范围。对于公众照射，剂量约束是公众成员从一个受控源的计划运行中接受的年剂量的上界。剂量约束所指的照射是任何关键人群组在受控源的预期运行过程中、经所有照射途径所接受的年剂量之和。对每个源的剂量约束应保证关键人群组所受的来自所有受控源的剂量之和保持在剂量限值以内。

4.1 辐射工作人员剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），辐射工作人员所受职业照射的剂量限值为连续 5 年内平均年有效剂量不超过 20mSv，遵循防护最优化原则，本项目取 2mSv/a 作为本项目辐射工作人员的年剂量约束值。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100μSv/周”的要求，本项目辐射工作人员的周剂量约束值取 100μSv/周。

4.2 公众剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），关键组公众成员的年有效剂量限值为 1mSv，本项目取 0.1mSv/a 作为公众的年剂量约束值。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“关注点的周围剂量当量参考控制水平，对公众场所，其值应不大于 5μSv/周”的要求，本项目公众的周剂量约束值取 5μSv/周。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状 1. 地理位置 天津经济技术开发区为滨海新区五个功能区之一，总规划面积 403km²，滨海新区地处于华北平原北部，位于山东半岛与辽东半岛交汇点上、海河流域下游、天津市中心区的东面，渤海湾顶端，濒临渤海，北与河北省丰南县为邻，南与河北省黄骅市为界，地理坐标位于 N38°40′至 39°00′，E117°20′至 118°00′。滨海新区拥有海岸线 153km，陆域面 2270km²，海域面积 3000km²。 天津六合镁制品有限公司位于天津经济技术开发区东区黄海路 268 号，公司东侧为天津美亚化工有限公司，南侧为埃里奥特机械设备维修服务（天津）有限责任公司和天津利盛达电子科技有限公司，西侧为黄海路，西北侧为废品回收站，北侧为第十三大街。本项目 X 射线数字成像检测设备位于公司综合检测楼拟设置探伤检测室内。本项目地理位置见附图 1，周边环境及评价范围图见附图 2。 2. 自然环境简况 (1) 地质地貌 天津经济技术开发区所在滨海新区地貌属于滨海冲积平原，西北高，东南低，海拔高度 1~3m，地面坡度小于 1/10000；主要地貌类型有滨海平原、泻湖和海涂。海河、蓟运河、永定新河、潮白河、独流减河等主要河流均从滨海新区入海，区内还有北大港、北塘、营城、黄港、钱圈等水库以及大面积的盐田和众多的坑塘，因此水域面积大和地势低平成为本区主要地貌特征。 滨海新区跨越了沧县隆起、黄骅拗陷两个地质构造单元，区内包括：沧东断裂、海河断裂等壳断裂、汉沽断裂等盖层断裂以及其他一般性断裂。滨海新区地质构造属于新华夏构造体系的黄骅凹陷带，而且孕育着以海河断裂为代表的构造带，断裂两侧地质有明显的落差，对两侧建设造成一定影响。地表主要是第四纪河相和海相沉积物，故形成承载力仅 6-8t/m² 的松软地质基础。 (2) 气候气象 天津经济技术开发区所在滨海新区属于暖温带季风性大陆气候，四季变化明显，基本特点是冬寒夏热，四季分明，降水集中，日照充足，季风显著，春季多风少雨，夏季高温多雨，秋季冷暖适宜，冬季雨雪稀少。全年平均气温 12.8℃，其中 7 月份
--

平均气温最高为 25.8℃，1 月份平均气温最低为-1.8℃，年极端最高气温为 40.9℃。滨海新区年平均风速 4.1m/s，年平均相对湿度为 59%，年均降水量 405.4mm。

（3）水文特征

天津经济技术开发区所在滨海新区地处海河流域下游，境内自然河流与人工河道纵横交织，水系较为发达。区内有一级河道 8 条，二级河道 14 条，其它排水河道 2 条，水库 7 座。一级河道总长度约 160km，二级河道长度约 21km。水库 7 座，其中大型水库 1 座，北大港水库，水面面积 149km²。中型水库 6 座，包括营城水库、黄港水库、北塘水库、官港水库、钱圈水库、沙井子水库，水面总面积 48.8km²。

滨海新区浅层地下水水位埋深较浅，一般为 0~2m，主要补给源自大气降水，水力坡度小、径流缓慢，主要化学类型为氯化钠或氯化钠镁型水，约占整个滨海新区面积的 83%，为咸水水化学类型；深层地下水埋藏较深，主要靠侧向径流和越流补给，呈现由北向南或由东北向西南的水平水化学分带规律。

（4）土壤和植被

天津经济技术开发区所在滨海新区土壤在长期的海退和河流泥沙不断沉积的过程中，经过人为改造而逐渐形成。全区土壤可分为盐化潮土、盐化湿潮土和滨海盐土三个亚类。滨海新区土壤盐碱化是由于土壤及地下水中的盐分主要来自海水，土壤积盐过程先于成土过程；不同盐碱度的土壤和不同矿化度的地下水，平行于海岸呈连续的带状分布，或不连续的带状分布；频繁的季节性积盐和脱盐交替过程；越趋向海岸，土壤含盐越重。滨海地区土壤平均含盐量在 4%~7%左右，pH 值在 8 以上，含盐量大于 0.1%的盐渍化土壤面积约为 195890hm²，约占滨海新区总面积的 86.3%。

3. 社会环境简况

天津经济技术开发区所在滨海新区位于天津东部沿海，面积 2270km²，海岸线 153km，常住人口 263.52 万。地处环渤海经济带和京津冀城市群的交汇点，距首都北京 120km，内陆腹地广阔，辐射西北、华北、东北 12 个省市区，是亚欧大陆桥最近的东部起点；拥有世界吞吐量第五的综合性港口，通达全球 400 多个港湾，是东、中亚内陆国家重要的出海口；拥有北方最大的航空货运机场，连接国内外 30 多个世界名城；四通八达的立体交通和信息通讯网络，使之成为连接国内外、联系南北方、沟通东西部的重要枢纽。滨海新区下辖 21 个街镇，分别是塘沽街道、新北街道、杭州道街道、新河街道、大沽街道、北塘街道、胡家园街道、新城镇、汉沽街道、寨上

街道、茶淀街道、杨家泊镇、大港街道、海滨街道、古林街道、太平镇、小王庄镇、中塘镇、泰达街道、新港街道、新村街道；辖 5 个功能区，分别是开发区、保税区、高新区、东疆保税港区、生态城等五个经济功能区。

2024 年滨海新区承接非首都功能疏解成效明显；重点领域协同持续深化；协同发展机制更加完善；战略性新兴产业加快成长；重大创新平台不断升级；法定机构改革进一步深化；环境质量不断提升。

4. 辐射环境现状调查

4.1 辐射环境背景调查

根据《天津市环境天然贯穿辐射水平调查研究》，天津市原野 γ 辐射剂量率范围为（36.0~99.7）nGy/h，天津市室内 γ 辐射剂量率范围为（48.0~140.4）nGy/h。根据《2024 年天津市生态环境状况公报》，天津市辐射环境质量总体良好，全市环境电离辐射水平处于本底涨落范围内，各大气辐射环境自动监测站的实时连续空气吸收剂量率年均值范围为（59.3~74.2）nGy/h，与 1989 年天津市环境天然辐射剂量调查结果（36.0~99.7）nGy/h 处于同一水平。

4.2 辐射环境现状监测

（1）监测时间

为了解本项目辐射工作场所辐射环境现状，本次评价委托天津瑞丹辐射检测评估有限责任公司于 2025 年 3 月 7 日对 X 射线数字成像检测设备拟新建场所和 50m 评价范围内的保护目标进行辐射环境本底监测。检测报告编号：0220250042HF06，检测结果见附件 6。

（2）监测项目

环境 γ 辐射剂量率。

（3）监测设备及方法

① 监测设备：FH40GL-10+FHZ672E-10 型辐射检测仪

② 检定有效期：检定有效期至 2026 年 01 月 20 日，监测期间设备处于有效期内。

③ 监测方法：根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021），利用环境 X、 γ 辐射剂量率仪对拟建区域及周边环境进行监测。

(4) 监测布点

X 射线数字成像检测设备拟新建位置及周边现状监测点位见下图。

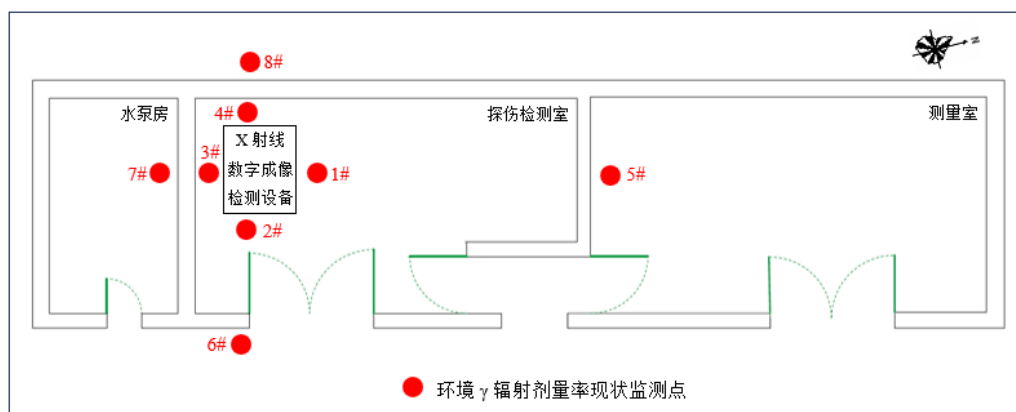


图 8-1 X 射线数字成像检测设备拟新建位置及周边现状监测点位示意图
厂区周边现状监测点位见下图。

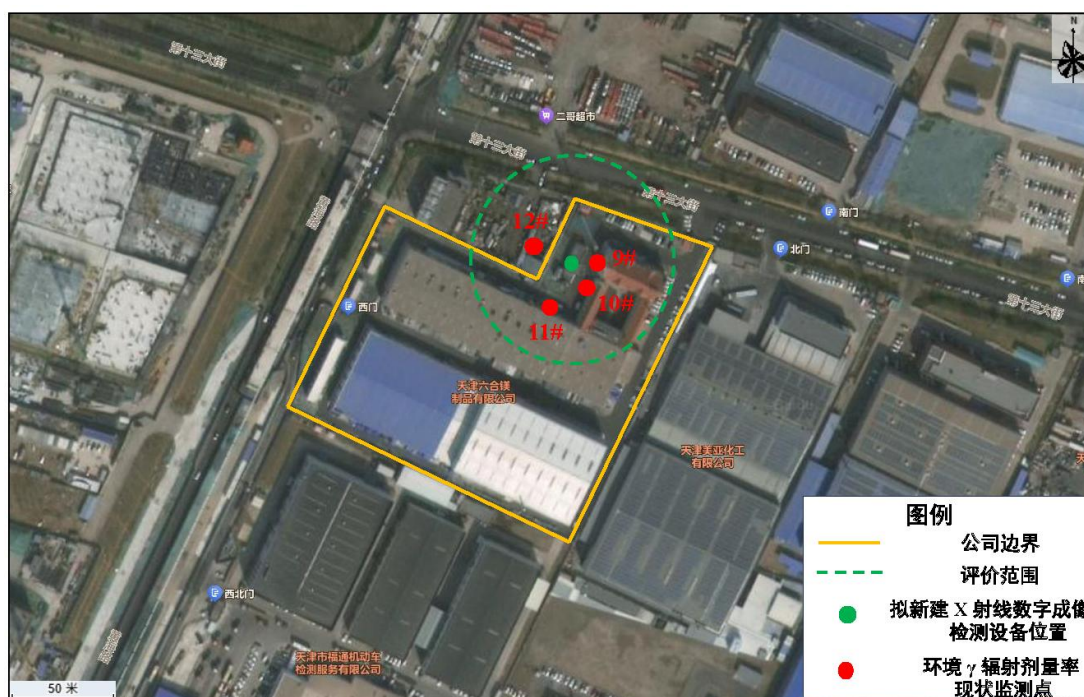


图 8-2 厂区周边现状监测点位示意图

(5) 质量保证措施

- ① 现场监测及相关分析仪器均已通过计量检定，仪器均在检定周期内使用。
- ② 每次测量前、后，均对测量仪器的工作状态进行检查，确认仪器正常后使用。
- ③ 监测方法采用国家有关部门颁布标准，监测人员经考核并持合格证书上岗。
- ④ 由专业人员按照操作规程操作监测仪器，并认真做好记录。
- ⑤ 监测数据严格实行校对、校核、审定三级审核制度，专人负责质量保证及核

查、检查工作，对仪器设备使用、管理、维护等均进行受控管理。

(6) 监测结果及分析

辐射环境现状监测结果见下表。

表 8-1 辐射环境现状监测结果

监测位置		环境 γ 辐射剂量率 (nGy/h)	
		测量值	标准差
1#	X 射线数字成像检测设备拟新建位置 北侧 (探伤检测室内)	87	± 1.2
2#	X 射线数字成像检测设备拟新建位置 东侧 (探伤检测室内)	90	± 0.9
3#	X 射线数字成像检测设备拟新建位置 南侧 (探伤检测室内)	86	± 1.3
4#	X 射线数字成像检测设备拟新建位置 西侧 (探伤检测室内)	89	± 0.3
5#	探伤检测室北侧 (测量室内)	91	± 0.3
6#	探伤检测室东侧	91	± 0.3
7#	探伤检测室南侧 (水泵房内)	93	± 0.8
8#	探伤检测室西侧	94	± 0.6
9#	综合办公楼西侧	97	± 0.2
10#	辅楼西侧	96	± 0.8
11#	1 号厂房北侧	96	± 0.6
12#	废品回收站	95	± 0.8

由上表可知，本项目 X 射线数字成像检测设备拟新建位置及 50m 评价范围内的环境保护目标处环境 γ 辐射剂量率监测结果为 (86.0~97.0) nGy/h (未扣除宇宙射线响应值)，辐射环境值处于天津市本底范围内。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析	
1. 基本情况	
本项目新建使用 1 台 X 射线数字成像检测设备，主要性能参数详见下表。	
表 9-1 X 射线数字成像检测设备主要性能参数一览表	
设备名称	X 射线数字成像检测设备
设备型号	UNC160-A1L-160
最大管电压（kV）	160
最大管电流（mA）	3
出束方向	固定出束，定向向北照射
射线辐射角度	20°
滤过条件	2mmAl
铅屏蔽外壳尺寸（长×宽×高）	长 2160mm×宽 2024mm×高 2292mm
成像方式	实时成像
2. 工作原理	
X 射线检测分为实时成像和胶片成像系统两种形式，本项目所用 X 射线数字成像检测设备为实时成像系统，是利用 X 射线穿透试件、以平板探测器接收电信号作为记录信息的无损探伤方法。X 射线检测是利用 X 射线能够穿透金属材料，并由于材料对射线的吸收和散射作用的不同，从而使检测器感光不一样，在屏幕上形成黑度不同的影像，据此来判断材料内部缺陷情况的一种检验方法。当强度均匀的 X 射线束透照射物体时，如果物体局部区域存在缺陷或结构存在差异，它将改变物体对射线的衰减，使得不同部位透射射线强度不同，采用检测器检测透射射线强度，就可以判断物体内部的缺陷和物质分布等。 本项目 X 射线数字成像检测设备的核心部件是 X 射线管。它是一个内真空的玻璃管，由阴极和阳极组成，阴极通常是装在聚焦杯中的钨制灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同材料制成各种形状，一般采用高原子序数的难熔金属如钨、铂、金等制成。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，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面被靶突然阻挡而产生 X 射线。典型 X 射线管结构图见下图。	

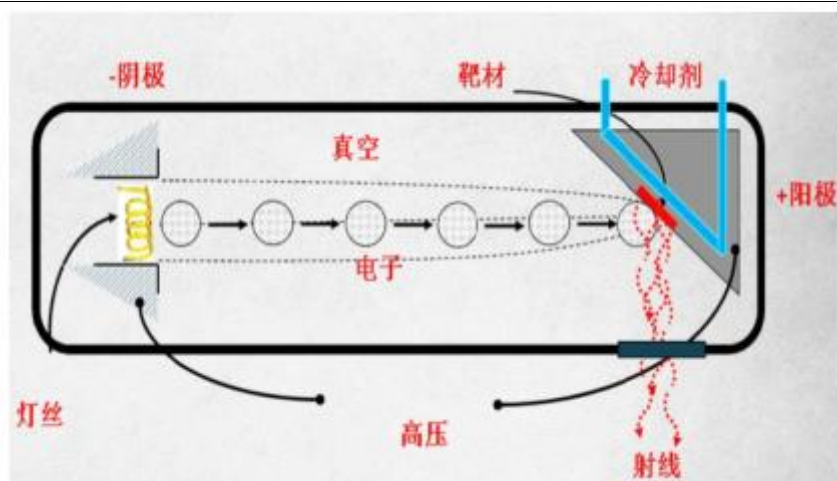


图 9-1 X 射线管示意图

3. 设备组成

本项目 X 射线数字成像检测设备带铅屏蔽外壳，由 X 射线系统、图像显示及处理系统、操作台、机械运动系统、射线防护系统组成。其中机械运动系统主要由 C 型臂、支撑立柱、行走小车和行走轨道构成。可完成动作有：C 型臂升降运动和 $\pm 15^\circ$ 摆动运动；行走小车 360° 旋转运动。C 型臂在 $\pm 15^\circ$ 摆动运动过程中，主射束始终朝向平板探测器，主射面始终朝向铅屏蔽外壳右侧屏蔽面，即拟新建位置的北方向。设备外观及组成部分见下图。

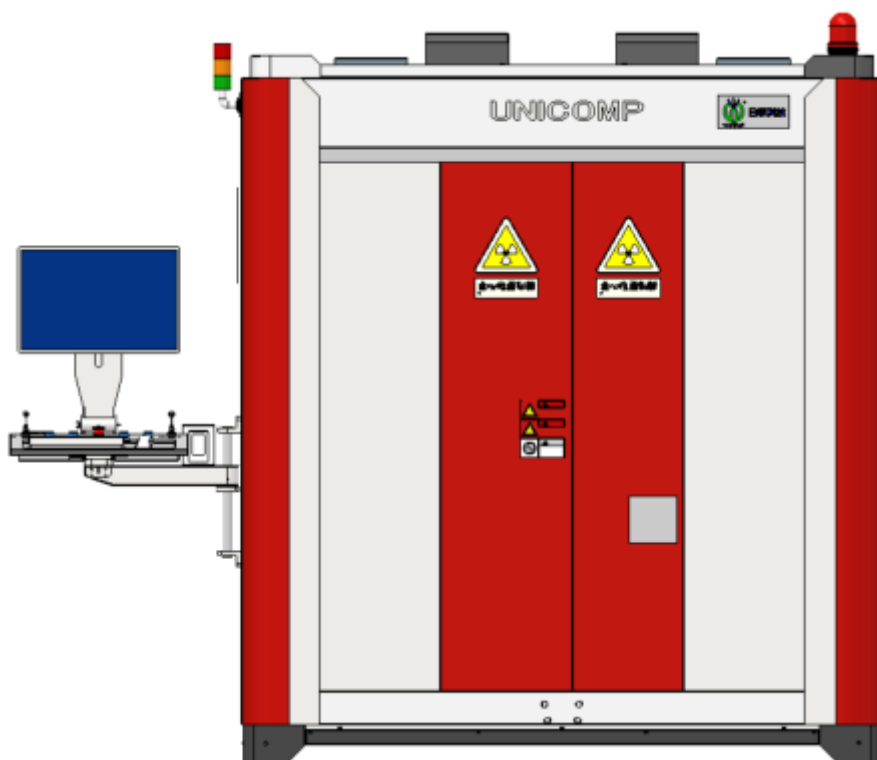


图 9-2 拟新建使用 X 射线数字成像检测设备外观图

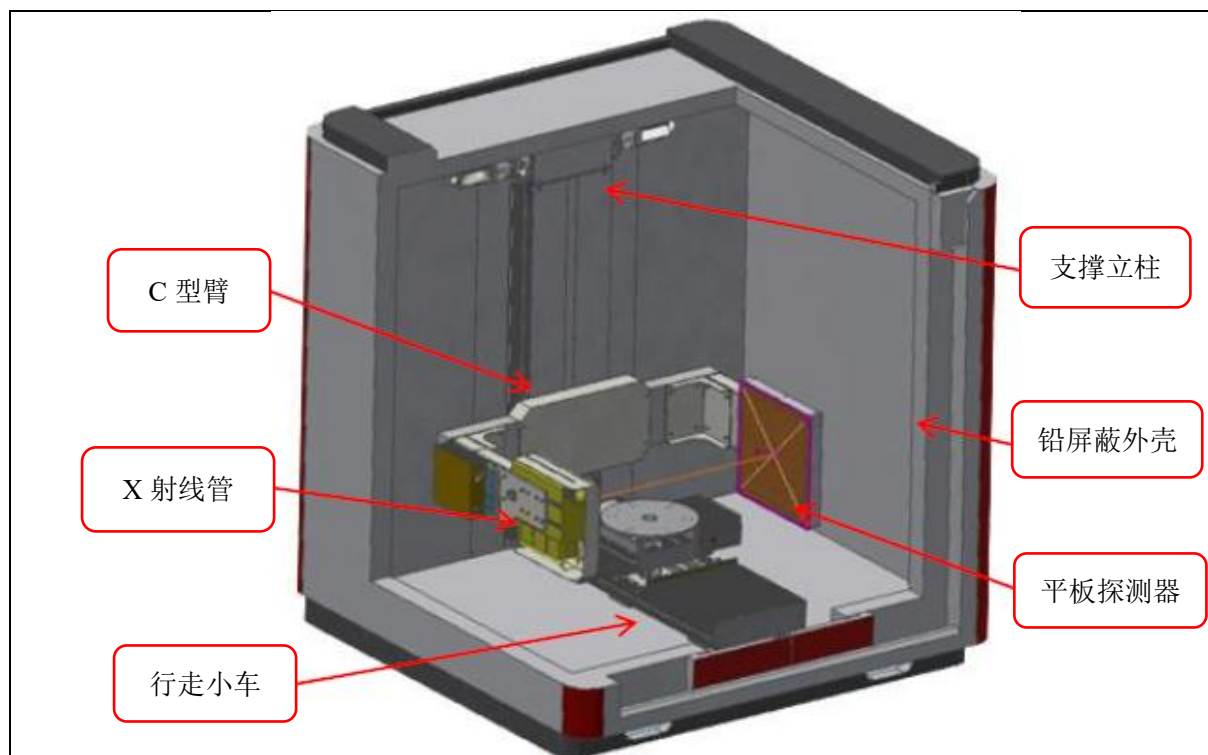


图 9-3 拟新建使用 X 射线数字成像检测设备内部结构组成图

4. 工作流程

(1) 辐射工作人员对零部件进行抽样，并使用小推车将需要检测的零部件运送至拟设置探伤检测室。检查确认 X 射线数字成像检测设备外观无异常后，接通电源，此时 X 射线管及高压发生器处于断电状态。

(2) 打开防护门，操作机械运动系统，在防护门外将需要检测的零部件放置在行走小车样品平台上，关闭防护门。正常工况下，无人员进入 X 射线数字成像检测设备铅屏蔽外壳（仅检修人员在停机检修状态下可由防护门进入铅屏蔽外壳内进行检修工作），检测设备操作人员在防护门外将待检测零部件放置于行走小车样品平台，等防护门关闭后进行检测。

(3) 辐射工作人员到达操作台，通过铅屏蔽外壳内摄像头拍摄的影像确认铅屏蔽外壳内无异常且无人员滞留后，根据检测零部件的性质设定管电压、管电流和曝光时间等参数，并按下 X 射线数字成像检测设备的照射按钮。声光报警灯发出“预备”指示，一定时间后，声光报警灯发出“照射”指示，X 射线数字成像检测设备出束曝光。

(4) 在设定部位检测完成后，可通过行走小车调整零部件的摆放角度以对不同位置进行检测，期间不会打开防护门。

(5) 待零部件所有待测位置检测完成后关闭 X 射线，开启防护门，取出零部件

并做好标记，关闭防护门，结束检测工作。

(6) 辐射工作人员在电脑端进行阅片、评片。

本项目 X 射线数字成像检测设备操作流程及产污环节见下图。

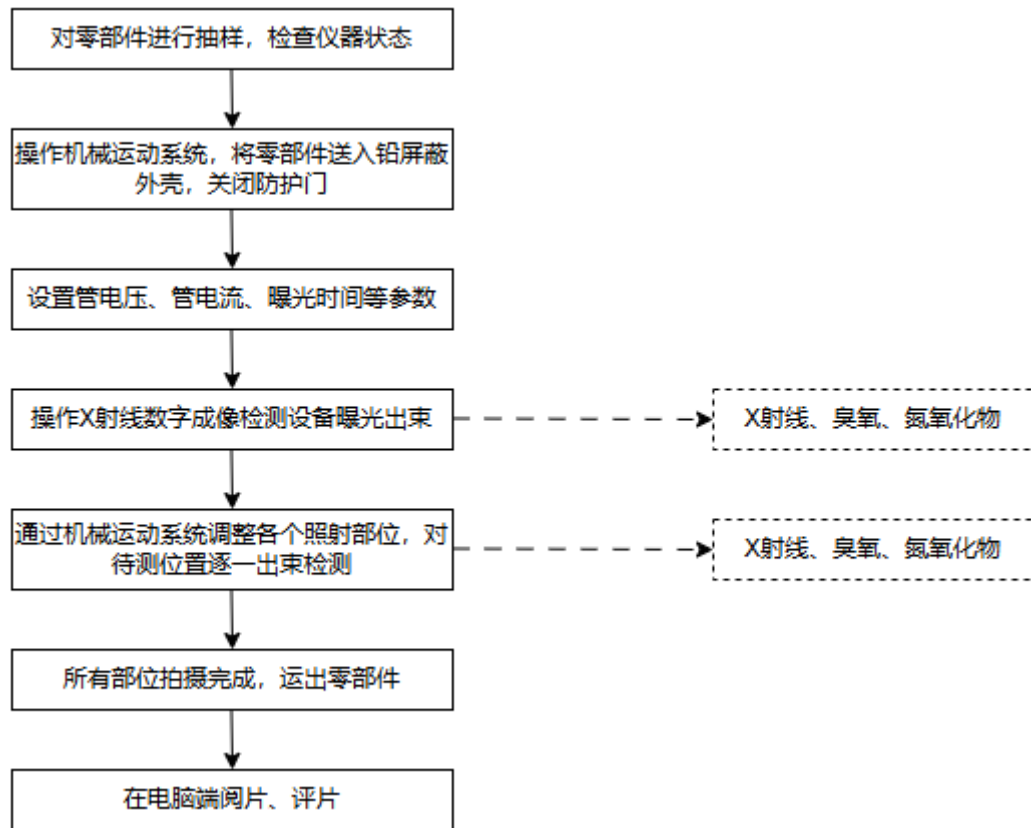


图 9-4 检测工艺流程及产污环节示意图

污染源项描述

1. 污染源分析

本项目 X 射线数字成像检测设备属于工业用 X 射线探伤装置，由其工作原理可知，X 射线随机器的开、关而产生和消失，只有在开机状态下并且启动 X 射线管才会产生 X 射线。

X 射线数字成像检测设备运行过程中产生的 X 射线会电离空气产生少量 O_3 和 NO_x 。

2. 正常工况污染途径

(1) X 射线

X 射线数字成像检测设备在加电工作时产生 X 射线。正常工况下的污染途径包括，X 射线数字成像检测设备发射的初级 X 射线（有用线束）、初级 X 射线照射在被照零部件上产生的散射射线以及 X 射线数字成像检测设备的漏射射线，这些 X 射线

穿过铅屏蔽外壳可能对辐射工作人员及周围公众产生外照射。

(2) O_3 和 NO_x

X 射线数字成像检测设备在照射过程中，除对周边环境产生辐射影响外，还会使空气发生电离继而产生少量 O_3 和 NO_x 废气。

3. 事故工况污染途径

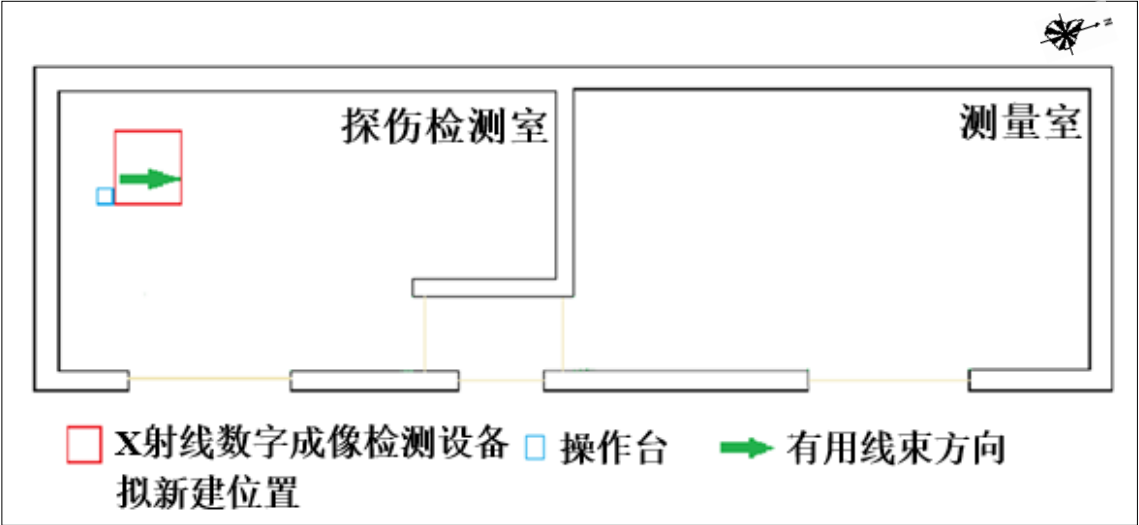
本项目使用射线装置属于 II 类射线装置，可能发生的事故工况主要有以下几种：

(1) 在门-机联锁装置发生故障、联锁失效的情况下，防护门尚未完全关闭时工作人员即开启 X 射线数字成像检测设备出束，致使 X 射线泄漏到铅屏蔽外壳外，给工作人员造成超剂量照射。

(2) 铅屏蔽外壳劳损，导致防护屏蔽能力下降，X 射线数字成像检测设备出束对周围的辐射工作人员和公众造成超剂量照射。

(3) 在铅屏蔽外壳内尚有辐射工作人员或设备检修人员时，操作台辐射工作人员未对铅屏蔽外壳内情况进行检查即开启 X 射线数字成像检测设备出束，致使铅屏蔽外壳内人员受到超剂量照射。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施		
1. 工作场所布局与分区		
1.1 工作场所布局		
本项目新建 X 射线数字成像检测设备位于天津经济技术开发区东区黄海路 268 号天津六合镁制品有限公司综合检测楼拟设置的 1 间探伤检测室内，X 射线数字成像检测设备及其周边环境平面布局见下图。		
		
图 10-1 X 射线数字成像检测设备拟新建位置平面布局图		
X 射线数字成像检测设备的选址充分考虑了周围的辐射安全，有用线束的照射方向定向向北，操作台位于铅屏蔽外壳南侧，有用线束避开了操作台，布局合理。		
1.2 工作场所分区		
为加强检测工作场所的管理，避免无关人员受到不必要的照射，对项目场所划定控制区和监督区，进行分区管理。《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中控制区和监督区的定义如下：控制区为在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施；监督区为未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。结合定义与现场实际，本项目工作场所的控制区和监督区划分见下表。		
表 10-1 控制区和监督区的划分		
分区	控制区	监督区
场所	铅屏蔽外壳内区域	铅屏蔽外壳外、探伤检测室内区域
管理要求	控制区内除机器检修时无法进入。X 射线数字成像检测设备要做到专人管理专人	监督区设置电离辐射警示标志和中文警示说明。X 射线数字成像检测设备运

	操作，操作人员应在使用前进行检查，确保 X 射线数字成像检测设备处于完好状态；铅屏蔽外壳表面应张贴电离辐射警告标志和信号警示灯、设置门机联锁等。	行过程中，操作人员位于铅屏蔽外壳外南侧操作台，避开有用线束方向，除操作人员外其他人员禁止进入，定期检测监督区的辐射剂量率。
--	--	---

本项目工作场所的分区示意图如下。

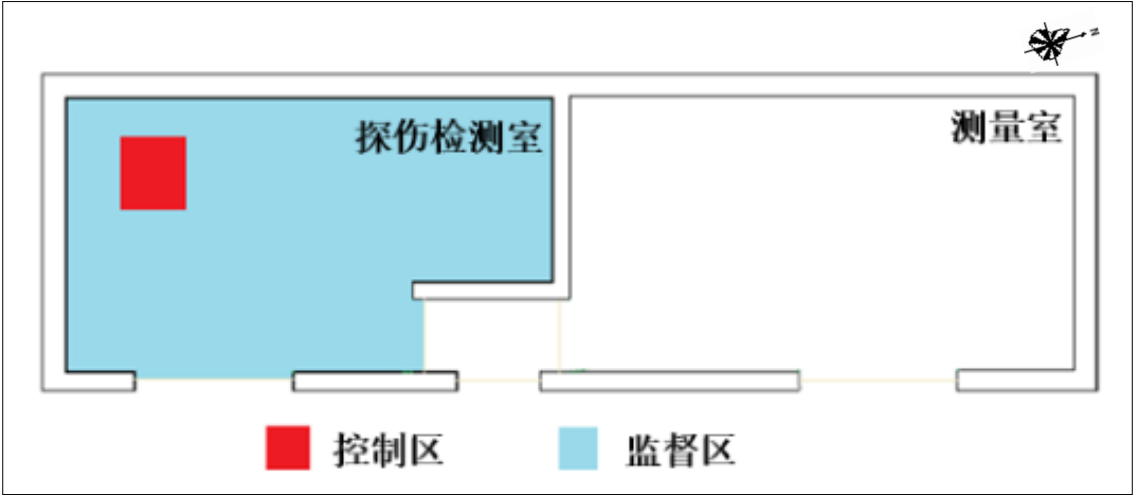


图 10-2 本项目工作场所分区示意图

2. 辐射安全与防护措施

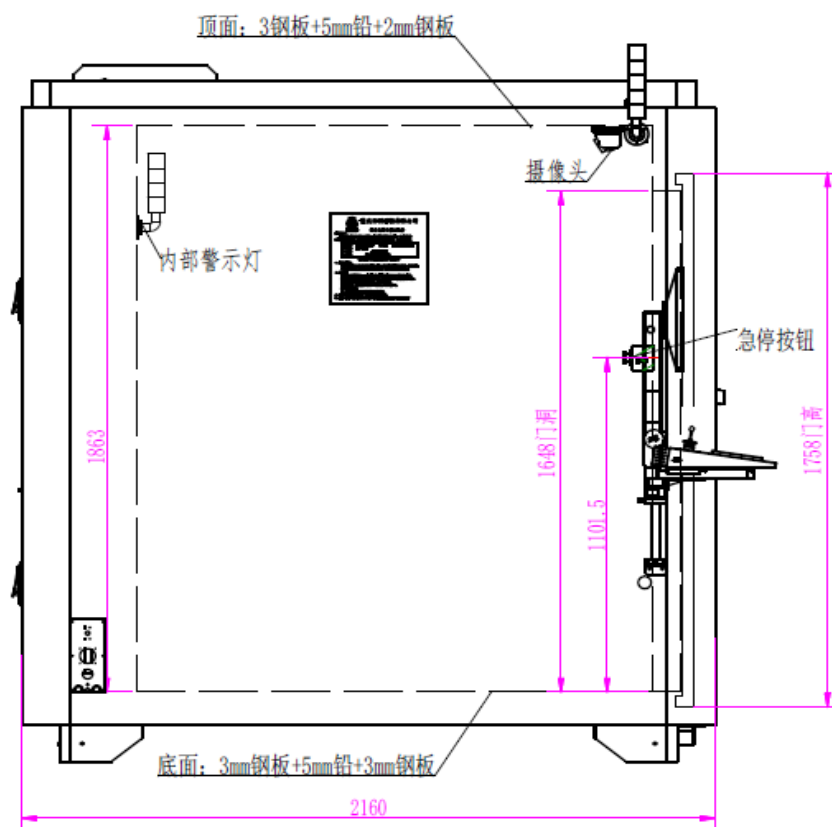
本项目 X 射线数字成像检测设备铅屏蔽外壳具有铅钢屏蔽结构，屏蔽材料及厚度见下表，根据李德平、潘自强所著《辐射防护手册 第三分册-辐射安全》可得对应铅当量。

表 10-2 铅屏蔽外壳辐射屏蔽防护材料及厚度

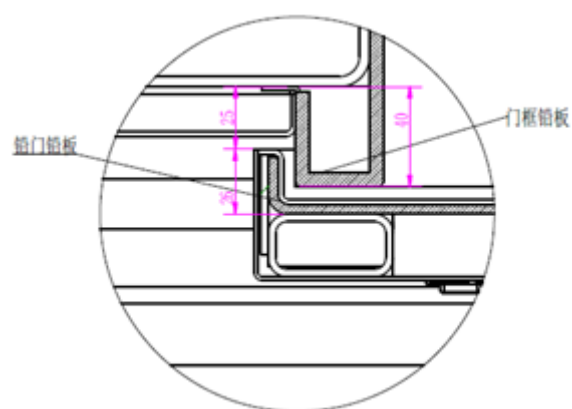
屏蔽位置	屏蔽防护材料及厚度	屏蔽材料铅当量
铅屏蔽外壳四侧	前面：3mm 钢板+5mm 铅+2mm 钢板；后面：3mm 钢板+5mm 铅+2mm 钢板；左面：3mm 钢板+5mm 铅+2mm 钢板；右面：3mm 钢板+8mm 铅+2mm 钢板	前面：5.42mm 铅当量；后面：5.42mm 铅当量；左面：5.42mm 铅当量；右面：8.42mm 铅当量
铅屏蔽外壳顶部	3mm 钢板+5mm 铅+2mm 钢板	5.42mm 铅当量
铅屏蔽外壳底部	3mm 钢板+5mm 铅+3mm 钢板	5.50mm 铅当量
防护门	3mm 钢板+5mm 铅+2mm 钢板	5.42mm 铅当量
通风孔、出线孔	5mm 铅板	5mm 铅
注：铅板的密度 11.34g/cm ³ 。铅屏蔽外壳处无地下空间，铅屏蔽外壳顶部正常工况下人员不可达。		

[illegible]

铅屏蔽外壳俯视图



铅屏蔽外壳右视图



门扣边示意图

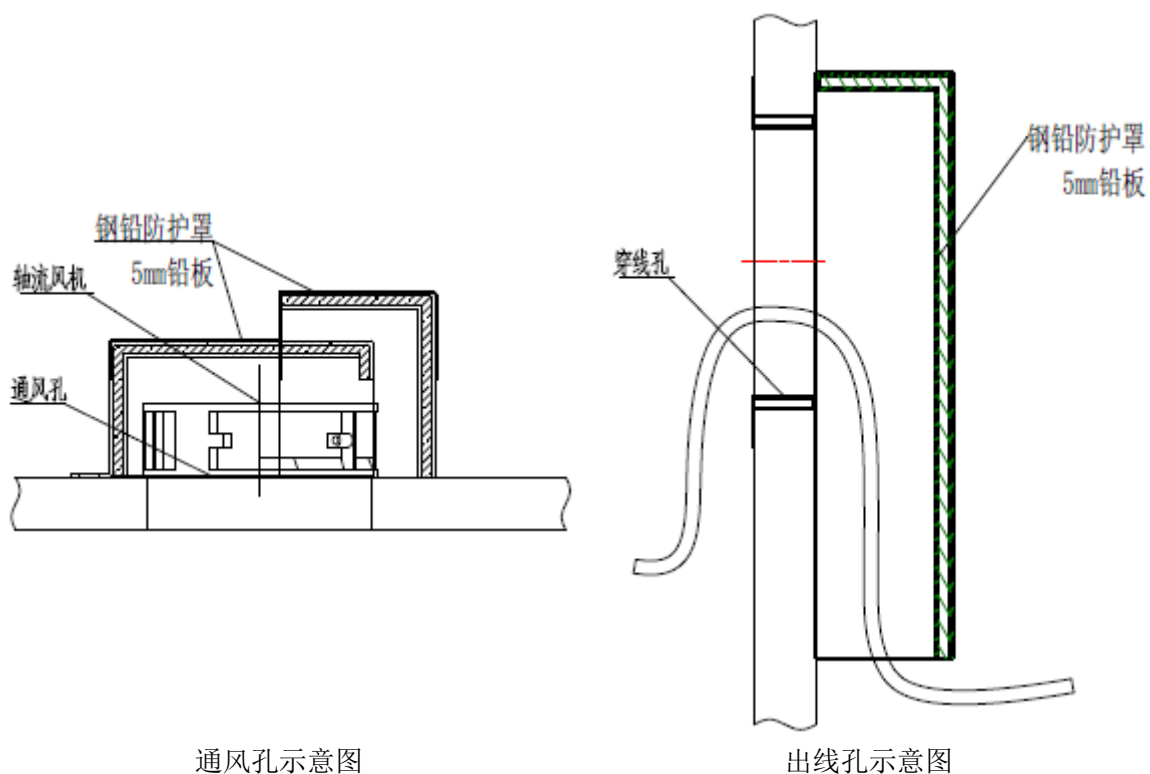


图 10-3 铅屏蔽外壳及辐射安全防护示意图

本项目辐射安全联锁逻辑如下：

（1）辐射安全联锁就绪

- ① 操作台设置有钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X 射线管才能出束。
- ② 防护门安装有门机联锁装置安全感应器，门未关闭或操作台误触防护门打开按钮，X 射线管无法进行工作或立即停止照射。正常工况下任何人员不可进入防护门，仅检修人员在停机检修状态下可由防护门进入铅屏蔽外壳内进行检修工作。
- ③ 设备在运行过程中按下紧急停机按钮，设备立即停止照射，如果紧急停机按钮未被复位，设备将无法正常运行，紧急停机按钮复位后需手动重新开启照射。
- ④ 铅屏蔽外壳上方设置工作状态的警示灯和声音提示装置，通电后发出警示和声音提醒，提示无关人员离开。工作状态指示灯与 X 射线数字成像检测设备联锁。

（2）人员及装置就绪

- ① 辐射工作人员佩戴个人剂量计，并同时携带个人剂量报警仪，警示并实时监控人员受照剂量。
- ② 在工作场所放置便携式 X-γ 剂量率仪用于巡测准备。
- ③ 场所固定式场所辐射探测报警装置正常，数值显示为环境本底值，未报警。
- ④ 通过视频监控确认铅屏蔽外壳内及周边无人员驻留。

⑤ 射线管预热完成，待出束状态。

本项目辐射安全联锁逻辑如下图。

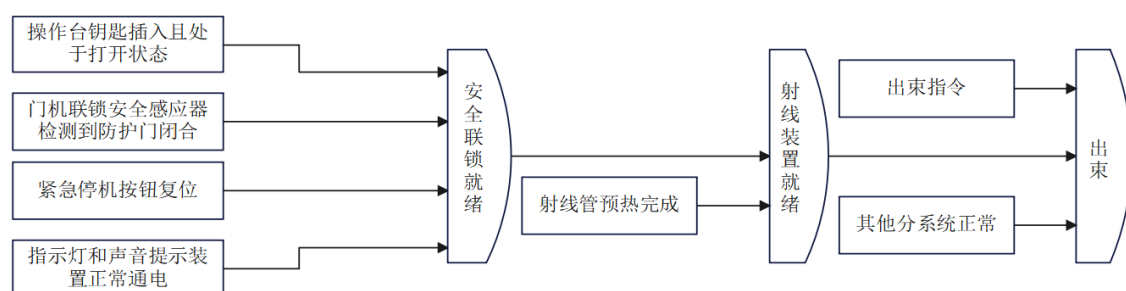


图 10-4 设备辐射安全联锁逻辑图

3. X 射线数字成像检测设备放射防护要求

(1) 本项目 X 射线数字成像检测设备在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率小于 2.5mSv/h。

(2) 公司拟在每次工作开展前对设备进行检查，主要包括：

- ① X 射线数字成像检测设备外观是否完好；
- ② 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- ③ 冷却设备有无损坏；
- ④ 安全联锁是否正常工作；
- ⑤ 报警设备和警示灯是否正常运行；
- ⑥ 螺栓等连接件是否连接良好；
- ⑦ 铅屏蔽外壳内安装的固定辐射检测仪是否正常。

(3) 公司应对 X 射线数字成像检测设备的维护负责，每年至少维护一次。设备维护委托设备制造商进行，维护内容包括 X 射线数字成像检测设备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为合格产品，并做好设备维护记录。

4. 铅屏蔽外壳辐射安全与防护措施/设施

4.1 铅屏蔽外壳放射防护要求

(1) 本项目拟新建 X 射线数字成像检测设备位于公司综合检测楼设置的 1 间探伤检测室内，X 射线数字成像检测设备四至区域均不属于公众人员经常活动的场所，充分考虑了周围的辐射安全。X 射线数字成像检测设备的照射方向定向向北，避开了

操作台（位于铅屏蔽外壳南侧）。

铅屏蔽外壳的屏蔽体厚度已充分考虑源项大小、照射、屏蔽物材料和结构等各种因素。本项目铅屏蔽外壳四周屏蔽体和防护门均采用铅板和钢板进行防护，防护门的防护性能与同侧屏蔽体的防护性能相同。

（2）公司对检测工作场所实行分区管理，将铅屏蔽外壳内区域划为控制区，铅屏蔽外壳外相邻的区域（探伤检测室区域）划为监督区。铅屏蔽外壳顶部正常工况下人员不可达。本项目分区管理符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求。

（3）铅屏蔽外壳拟设置门-机联锁装置，保证在防护门关闭后 X 射线数字成像检测设备才能进行零部件检测作业。门-机联锁装置的设置方便内部的人员在紧急情况下离开铅屏蔽外壳。在检测过程中，若防护门被意外打开时，X 射线数字成像检测设备立刻停止出束，并在关门复位后不能自动开始 X 射线照射。

（4）铅屏蔽外壳门口和内部同时设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与 X 射线数字成像检测设备联锁。“预备”信号可以持续足够长的时间，确保特殊情况下铅屏蔽外壳内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在铅屏蔽外壳醒目的位置处设置对“照射”和“预备”信号意义的说明。

（5）铅屏蔽外壳内部、外部分别安装 1 个摄像头，通过操作台的显示屏监控铅屏蔽外壳内部的运行情况，防止出现误照射。

（6）铅屏蔽外壳防护门上拟张贴电离辐射警告标志和中文警示说明。

（7）铅屏蔽外壳内部拟设置 1 个（壳体东侧）、操作台设置 1 个紧急停机按钮（含开门功能）。紧急停机按钮的设置可确保出现紧急事故时，能立即停止照射，方便铅屏蔽外壳内部的维修人员在紧急情况下离开铅屏蔽外壳。按钮的安装，可使人员处在检测区域内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮应带有标签，标明使用方法。

（8）X 射线数字成像检测设备正常情况下人员不能进入铅屏蔽外壳内部，铅屏蔽外壳顶部设置机械排风装置，顶部通风孔外设有铅钢防护罩，X 射线数字成像检测设备出束工作时产生的 O_3 和 NO_x 气体由铅屏蔽外壳顶部通风孔通过专用排风管道引至探伤检测室南侧墙体上方排至室外（风量为 $1800m^3/h$ ，铅屏蔽外壳体积约为

10.02m³，保证每小时有效通风换气次数不少于 3 次），排风管道外口避免朝向人员活动密集区。

（9）公司拟配置 1 套固定式场所辐射探测报警装置，主机设置在操作台，监测探头设置在铅屏蔽外壳内部。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h”的要求，将报警阈值设置为 2.5μSv/h。达到报警阈值后，报警装置启动声光警示系统，警示辐射工作人员射线装置已开始出束，此时禁止打开防护门。

本项目 X 射线数字成像检测设备拟采取的辐射安全措施见下图。

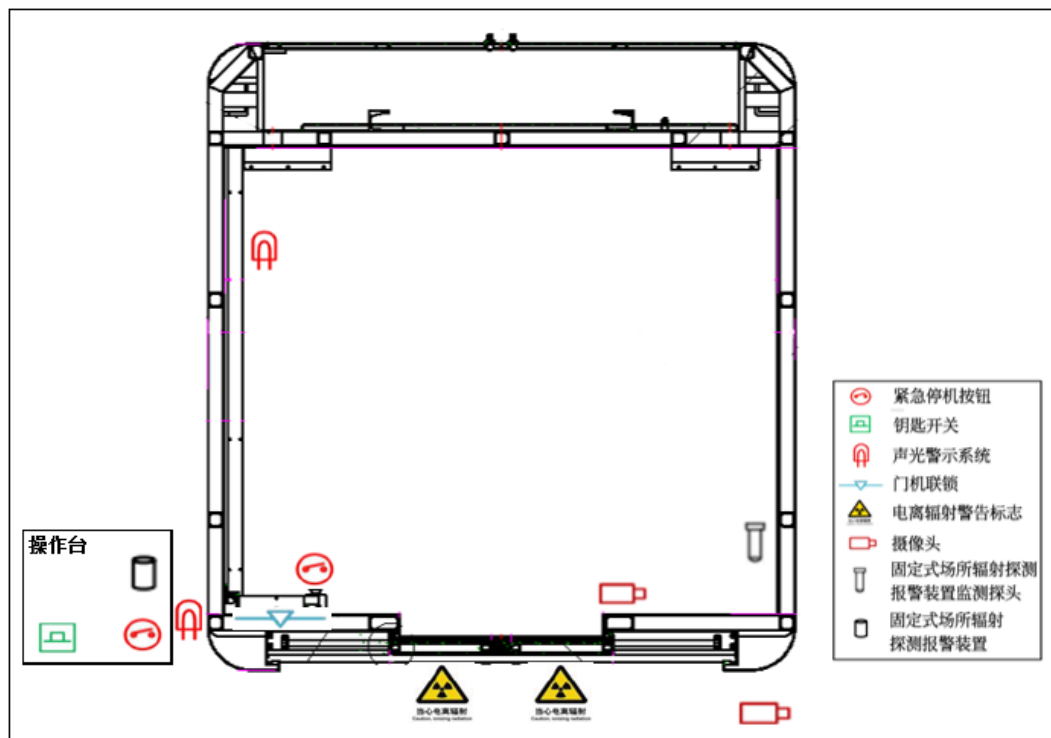


图 10-5 本项目 X 射线数字成像检测设备辐射安全措施示意图

4.2 X 射线数字成像检测设备检测操作的放射防护要求

（1）在使用 X 射线数字成像检测设备前，先检查铅屏蔽外壳防护门门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

（2）辐射工作人员开展工作时，除佩戴常规个人剂量计外，还要携带个人剂量报警仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，辐射工作人员应立即退出探伤检测室，并向辐射防护负责人报告，同时防止其他人员进入。

（3）公司拟定期测量铅屏蔽外壳外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值与参考控制水平相比较，当测量值高于参考控制

水平时，公司将终止辐射工作并向核辐射防护负责人报告。

(4) 辐射工作人员在交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前，要检查便携式 X- γ 剂量率仪是否能正常工作。如发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不可开展检测工作。

(5) 辐射工作人员拟按操作规程及相关制度正确使用配备的辐射防护装置，把潜在的辐射降到最低。

(6) 在每一次照射前，辐射工作人员都需要确认铅屏蔽外壳周围区域及探伤检测室内没有无关人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始检测工作。

5. 其他

(1) 公司拟组织辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护考核，做到考核合格，持证上岗。公司拟健全完善各项规章制度，严格执行操作规程，落实各项辐射安全和防护措施；配备与辐射工作相适应的监测仪器，严格落实监测计划。

(2) 公司拟按照核与辐射安全管理体系（第三层级）《II 类非医用 X 线装置监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-024）要求做好自查并记录。

公司应协同设备供应商每年对设备配件、安全联锁装置、紧急停机装置、警示灯、监视系统等辐射安全设施设备进行检查，发现问题应及时维护、更换，设备维护大修后，应请有资质的单位对相关工作场所进行全面辐射检测。以上措施落实后，本项目铅屏蔽外壳的辐射安全和防护措施将满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中相关辐射安全要求。

6. 辐射防护与环保投资

本项目辐射防护与环保投资主要包括：铅屏蔽外壳防护，配置 X- γ 剂量率仪、固定式剂量报警装置、个人剂量报警仪、个人剂量计、视频监控、警告标志等，环保投资总计约万元，占本项目总投资，详见下表。

表 10-3 辐射防护与环保投资

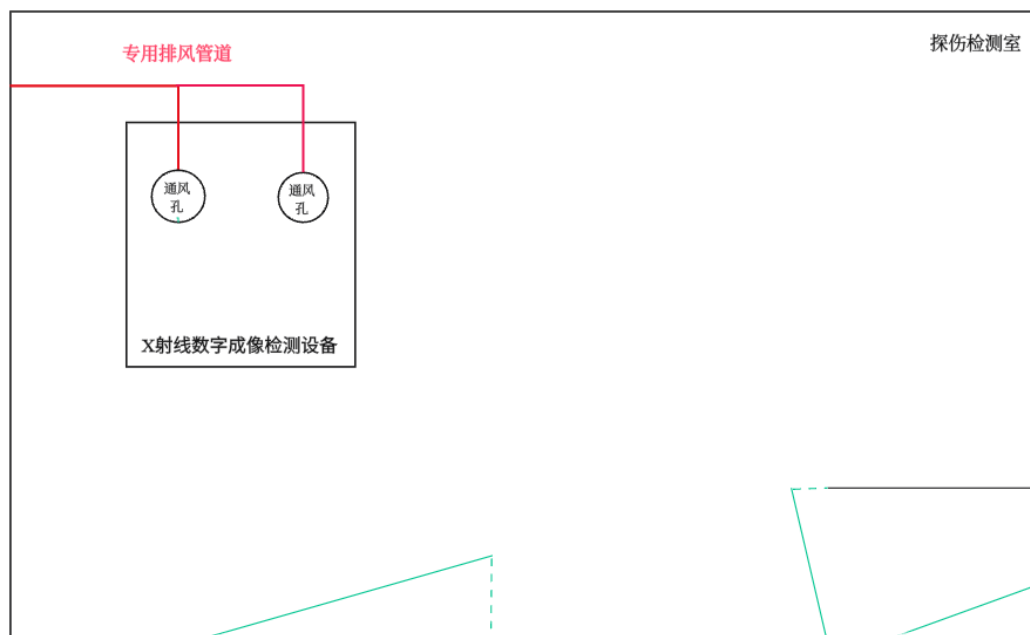
序号	项目	投资估算 (万元)	备注
1	铅屏蔽外壳	/	设备自带，包括铅板、钢板
2	个人剂量报警仪	0.2	配备 2 台个人剂量报警仪
3	个人剂量计	/0.2	配备 2 套个人剂量计
4	X- γ 剂量率仪	0.8	配备 1 台 X- γ 剂量率仪
5	固定式剂量报警装置	0.8	配备 1 套固定式剂量报警装置
6	辐射安全与防护措施	0.3	X 射线数字成像检测设备张贴的电离辐射警告

			标志、设置门机联锁、监控系统等
7	个人剂量计定期检测、设备检定	/0.2	个人剂量计定期检测、个人剂量报警仪、X-γ剂量率仪定期检定
8	其他	0.1	人员培训等
合计		2.6	/

三废的治理（三废治理的设施、方案、预期效果；有废旧放射源的给出处理方案）

本项目使用 X 射线数字成像检测设备对零部件进行无损检测，采用实时成像，检测过程中无放射性废气、废水及固体废物的产生和排放。

X 射线数字成像检测设备运行过程中 X 射线会电离空气产生少量 O_3 和 NO_x 。铅屏蔽外壳顶部设置机械排风装置，顶部通风孔外设有铅钢防护罩，X 射线数字成像检测设备出束工作时产生的 O_3 和 NO_x 气体由铅屏蔽外壳顶部通风孔通过专用排风管道引探伤检测室南侧墙体上方排至室外。 O_3 在 50min 后自动分解，对周围环境影响很小。排风管道布置示意图见下图。



X 射线数字成像检测设备属于低噪声设备，其运行过程中的噪声主要来源于 X 射线数字成像检测设备声光报警信号提示音，噪声值较小，经建筑隔声及距离衰减后可满足企业厂界噪声排放限值要求，无需采取专门的噪声污染防治措施。公司应注重设备日常维护，发现设备声音异常时应及时停机进行检修，降低设备对周边声环境影响。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响 本项目拟在天津经济技术开发区东区黄海路 268 号天津六合镁制品有限公司综合检测楼内设置 1 间探伤检测室开展核技术利用项目，本项目 X 射线数字成像检测设备在厂家生产完成后，运至现场进行组装，组装过程中会产生少量的噪声和固体废物，无辐射环境影响。 本项目建设阶段产生的污染物主要包括废水、固体废物及噪声。 施工期废水主要包括施工人员产生的生活污水，利用厂区内现有设施收集，排入市政管网后进入城市污水处理厂集中处理。 施工期固体废物主要包括施工人员生活垃圾，生活垃圾经收集后，送至厂区垃圾堆放区，交当地城市管理部门统一处理。 施工期噪声来源于设备安装，本项目施工过程中采取合理的施工时间，文明操作，避免夜间施工等措施，可有效减少噪声污染，且该噪声间歇性排放，施工期较短，随施工的结束而终止。 本项目施工期较短，施工量不大，对周围环境影响较小。本项目建设阶段的环境影响是暂时性的，待施工结束后，受影响的环境因素可以恢复到现状水平。
运行阶段对环境的影响 本项目运行阶段主要环境影响为 X 射线数字成像检测设备工作时发射的 X 射线在穿透屏蔽防护设施后对周围环境产生的外照射影响。 1. 核技术利用项目概况 为了对所生产镁、铝合金汽车零部件（以下称“零部件”）进行更高精度且非破坏性的检测，天津六合镁制品有限公司拟在天津经济技术开发区东区黄海路 268 号天津六合镁制品有限公司综合检测楼设置 1 间探伤检测室，并新建使用 1 台 UNC160-A1L-160 型 X 射线数字成像检测设备（带铅屏蔽外壳，定向照射，最大管电压 160kV、最大管电流 3mA），用于零部件内部结构的无损检测。 2. 辐射环境影响分析 本报告中涉及的 X 射线数字成像检测设备的周围剂量当量率计算参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及 1 号修改单中的公式。 本项目 X 射线数字成像检测设备定向出束，有用线束定向向北照射（以面向设备

为基准，防护门右侧为主射方向），射线辐射角 20°，主射方向考虑有用线束的影响，其余方向考虑漏射束和散射束的影响。

2.1 辐射环境影响预测公式

(1) 有用线束

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

式中：

$\dot{H}$ —关注点处的辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；本项目 X 射线数字成像检测设备最大管电压为 160kV，最大管电流为 3mA。

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

本项目 X 射线数字成像检测设备使用的固有滤过为 2mm 铝。根据国际放射防护委员会编制的《ICRP No.33》中 P55 图 2 查得，最高管电压 160kV、2mm 铝滤过条件下距辐射源点（靶点）1m 处输出量约为 $20\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，经转换后为 $1.2\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

R —辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

B —屏蔽透射因子。

对于给定的屏蔽物质厚度 X ，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按（式 11-2）计算：

$$B = \prod_{i=1}^n 10^{-X_i/TVL_i} \dots\dots\dots \text{(式 11-2)}$$

式中：

X_i —第 i 种屏蔽体的厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL_i —第 i 种屏蔽体的什值层厚度，mm。

铅的什值层厚度根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.2，具体见下表。本项目最大管电压为 160kV，保守按照 200kV 的什值层厚度进行屏蔽透射因子计算。

表 11-1 相关 TVL 数据

屏蔽材料	管电压 (kV)	TVL (mm)
铅	150	0.96
	200	1.40

(2) 泄漏辐射

泄漏辐射影响剂量估算公式如下：

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

式中：

$\dot{H}$ —关注点处的周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_L$ —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ 。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1 查询可知，160kV 管电压，射线装置的泄露辐射剂量率为 $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

其余参数同上。

(3) 散射辐射

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

式中：

B —屏蔽透射因子，X 射线 90° 散射辐射的最高能量低于入射 X 射线的最高能量，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2，入射 160kV 射线对应的散射能量为 150kV，查 150kV 对应的什值层计算 B 。

R_s —散射体至关注点的距离，单位为 m。

α —散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量当量率与该面积上的入射辐射剂量当量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质 α 值时，可以水模体的 α 值保守估算。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.3 查询可得，本项目 160kV 管电压对应 90° 散射角的 α_w 保守取值为 1.9×10^{-3} ，则散射因子（ $\alpha = \alpha_w \cdot 10000/400$ ）为 0.0475。

R_0 —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为 m。根据设备厂家提供资料，近似取 0.5m，即 R_0 为 0.5m。

F — R_0 处的辐射野面积，单位为 m^2 。本项目为 $\pi \times (\tan 10^\circ \times 0.5)^2 = 0.024\text{m}^2$ 。

(4) 关注点处人员年受照剂量估算

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录 B1.3.3、附

录 J4.13、J4.17 和《辐射防护基础》（李星洪主编）公式 2.35 可得人员年受照剂量估算公式如下：

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (\text{式 11-5})$$

式中：

H ——年（周）受照剂量，mSv/a（μSv/周）；

$\dot{H}$ ——剂量关注点处的辐射剂量率，μSv/h；

t ——年（周）出束时间，h/a（h/周）；

10^{-3} ——μSv 转换为 mSv 的剂量转换系数；

T ——居留因子，不同场所与环境条件下的居留因子取值如下表。

表 11-2 不同场所与环境条件下的居留因子

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

2.2 剂量关注点位置

根据本项目设备平面布局及周围环境，选取铅屏蔽外壳外 0.3m 处、操作台、辐射工作人员和公众居留处作为剂量关注点，剂量关注点具体位置说明见下表。

表 11-3 本项目剂量关注点情况一览表

关注点序号	关注点位置	位置特征	射线束	R (m)	R _s (m)
1#	铅屏蔽外壳外东侧 0.3m 处	铅屏蔽外壳外表面、防护门	漏射、散射	1.20	1.30
2#	铅屏蔽外壳外南侧 0.3m 处	铅屏蔽外壳外表面	漏射、散射	0.80	0.94
3#	铅屏蔽外壳外西侧 0.3m 处	铅屏蔽外壳外表面	漏射、散射	1.60	1.68
4#	铅屏蔽外壳外北侧 0.3m 处	铅屏蔽外壳外表面	有用线束	1.90	/
5#	铅屏蔽外壳外顶部 0.3m 处	铅屏蔽外壳外表面	漏射、散射	1.40	1.49
6#	设备南侧操作台	操作台	漏射、散射	0.80	0.94
7#	拟设置探伤检测室外东侧 0.3m 处	公司内部道路	漏射、散射	3.50	3.54
8#	拟设置探伤检测室外南侧 0.3m 处	水泵房	漏射、散射	2.30	2.35
9#	拟设置探伤检测室外西侧 0.3m 处	公司内部道路	漏射、散射	3.00	3.04
10#	拟设置探伤检测室外北侧 0.3m 处	测量室	有用线束	4.30	/
11#	综合办公楼	办公楼	漏射、散射	15.00	15.01
12#	辅楼	辅楼	漏射、散射	15.00	15.01
13#	1 号厂房	厂房	漏射、散射	26.00	26.00

14#	废品回收站	废品回收站	漏射、散射	16.00	16.01
15#	通风孔	铅屏蔽外壳外表面	漏射、散射	1.29	1.38
16#	出线孔	铅屏蔽外壳外表面	漏射、散射	1.34	1.43

注：通风孔、出线孔均不处于有用线束方向上。

本项目剂量关注点位置示意详见下图（5#、15#关注点位为 X 射线数字成像检测设备铅屏蔽外壳上方，16#关注点位为铅屏蔽外壳底部，未画出）。

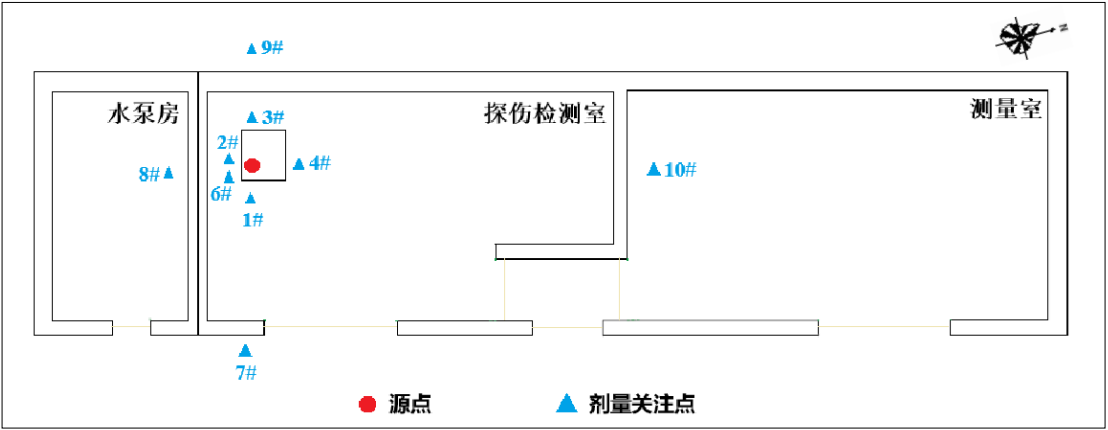


图 11-1 剂量关注点位示意图

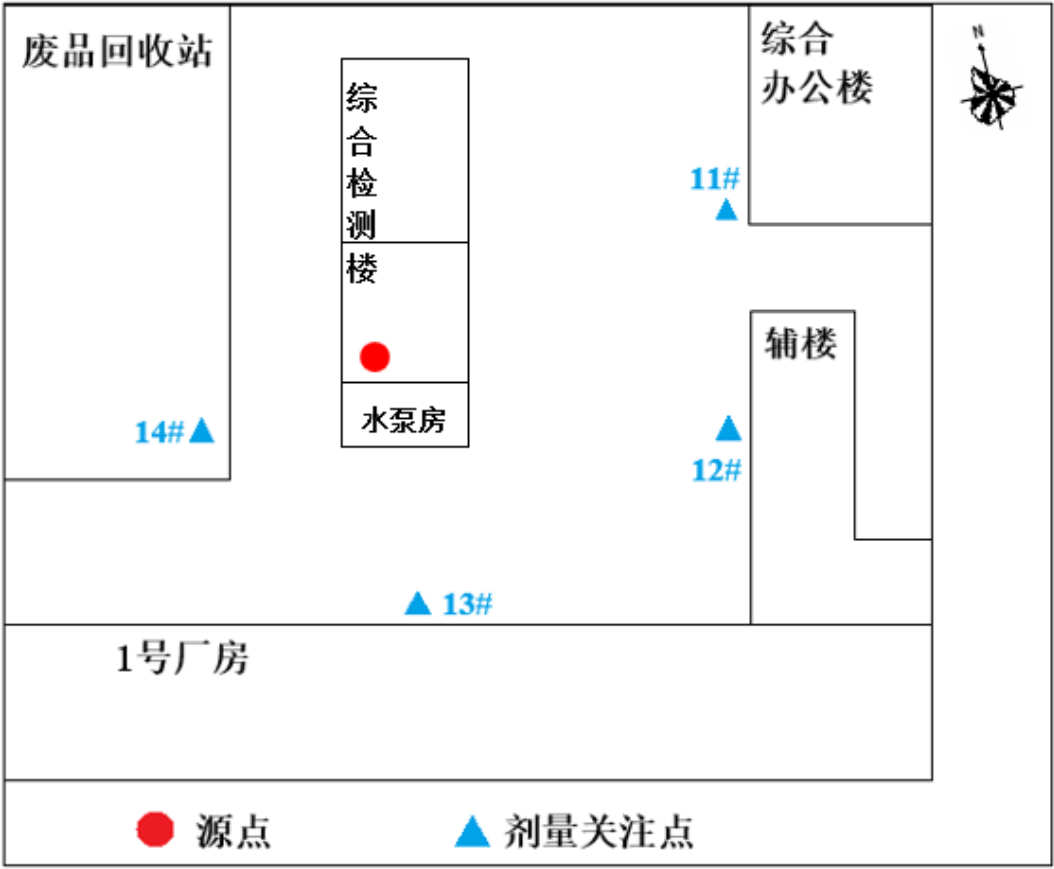


图 11-2 剂量关注点位示意图

2.3 屏蔽防护参数

根据辐射防护屏蔽材料及厚度, 根据公式 11-2 计算屏蔽透射因子, 计算结果见下表。

表 11-4 屏蔽透射因子计算结果

关注点序号	射线束	射线能量 (kV)	屏蔽防护材料铅当量	屏蔽透射因子 B
4#、10#	有用线束	160	8.42mm 铅当量	9.68×10^{-7}
1#、2#、3#、5#、6#、 7#、8#、9#、11#、 12#、13#、14#	漏射	160	5.42mm 铅当量	1.34×10^{-4}
	散射	150	5.42mm 铅当量	2.26×10^{-6}
15#、16#	漏射	160	5mm 铅当量	2.68×10^{-4}
	散射	150	5mm 铅当量	6.19×10^{-6}

注: 屏蔽透射因子保守仅按铅屏蔽外壳的屏蔽厚度进行计算。

2.4 辐射环境影响预测与分析

2.4.1 剂量当量率预测与分析

将各参数代入式 11-1、式 11-3、式 11-4, 可得到各关注点处的周围剂量当量率, 计算结果见下表。

表 11-5 各关注点处的周围剂量当量率预测结果

序号	关注点名称	射线束	屏蔽材料及厚度	屏蔽透射因子 B	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	
1#	铅屏蔽外壳外东侧 0.3m 处	漏射	5.42mm 铅当量 (3mm 钢板+5mm 铅+2mm 钢板)	1.34×10^{-4}	0.23	0.25
		散射		2.26×10^{-6}	0.02	
2#	铅屏蔽外壳外南侧 0.3m 处	漏射		1.34×10^{-4}	0.52	0.56
		散射		2.26×10^{-6}	0.04	
3#	铅屏蔽外壳外西侧 0.3m 处	漏射		1.34×10^{-4}	0.13	0.14
		散射		2.26×10^{-6}	0.01	
4#	铅屏蔽外壳外北侧 0.3m 处	有用线束		9.68×10^{-7}	0.97	0.97
5#	铅屏蔽外壳外顶部 0.3m 处	漏射		1.34×10^{-4}	0.17	0.19
		散射		2.26×10^{-6}	0.02	
6#	设备南侧操作台	漏射		1.34×10^{-4}	0.52	0.56
		散射		2.26×10^{-6}	0.04	
7#	拟设置探伤检测室外东侧 0.3m 处	漏射		1.34×10^{-4}	0.03	0.03
		散射		2.26×10^{-6}	2.96×10^{-3}	
8#	拟设置探伤检测室外南侧 0.3m 处	漏射		1.34×10^{-4}	0.06	0.07
		散射		2.26×10^{-6}	6.72×10^{-3}	
9#	拟设置探伤检测室外西侧 0.3m 处	漏射		1.34×10^{-4}	0.04	0.04
		散射		2.26×10^{-6}	4.01×10^{-3}	

10#	拟设置探伤检测室外北侧 0.3m 处	有用线束	8.42mm 铅当量 (3mm 钢板+8mm 铅+2mm 钢板)	9.68×10^{-7}	0.19	0.19
11#	综合办公楼	漏射	5.42mm 铅当量 (3mm 钢板+5mm 铅+2mm 钢板)	1.34×10^{-4}	1.49×10^{-3}	1.66×10^{-3}
		散射		2.26×10^{-6}	1.65×10^{-4}	
12#	辅楼	漏射		1.34×10^{-4}	1.49×10^{-3}	1.66×10^{-3}
		散射		2.26×10^{-6}	1.65×10^{-4}	
13#	1 号厂房	漏射		1.34×10^{-4}	4.96×10^{-4}	5.51×10^{-4}
		散射		2.26×10^{-6}	5.49×10^{-5}	
14#	废品回收站	漏射		1.34×10^{-4}	1.31×10^{-3}	1.46×10^{-3}
		散射		2.26×10^{-6}	1.45×10^{-4}	
15#	通风孔	漏射	5mm 铅 (5mm 铅板)	2.68×10^{-4}	0.40	0.45
		散射		6.19×10^{-6}	0.05	
16#	出线孔	漏射		2.68×10^{-4}	0.37	0.42
		散射		6.19×10^{-6}	0.05	

由上表可知,本项目 X 射线数字成像检测设备运行时四侧各关注点处的周围剂量当量率最大值为 $0.97\mu\text{Sv/h}$, 低于《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

X 射线数字成像检测设备运行时设备顶部的周围剂量当量率为 $0.19\mu\text{Sv/h}$, 满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中“对不需要人员到达的探伤室顶, 探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 $100\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

2.4.2 人员受照剂量预测与分析

根据建设单位提供资料,本项目拟配置 3 名辐射工作人员,其中 1 名辐射防护负责人,2 名检测操作人员。采取单班工作制,每班工作 8 小时,每周工作 6 天,年工作 300 天。X 射线数字成像检测设备单日最大出束 35 次,单次最长出束 2min,则 X 射线数字成像检测设备周最长出束时间为 7h,年最长出束时间为 350h。根据式 11-5 可计算得到各关注点处的周受照剂量和年受照剂量,预测结果见下表。

表 11-6 关注点处周受照剂量和年受照剂量预测结果

关注点序号	关注点名称	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	周受照时间 (h)	年受照时间 (h)	居留因子 T	周受照剂量, $\mu\text{Sv/周}$	年受照剂量, mSv/a	照射对象
1#	铅屏蔽外壳外东侧 0.3m 处	0.25	7	350	1	1.75×10^{-3}	0.09	辐射工作人员
2#	铅屏蔽外壳外南侧 0.3m 处	0.56	7	350	1	3.92×10^{-3}	0.20	辐射工作人员
3#	铅屏蔽外壳外西侧 0.3m 处	0.14	7	350	1	9.80×10^{-4}	0.05	辐射工作人员
4#	铅屏蔽外壳外北侧 0.3m 处	0.97	7	350	1	6.79×10^{-3}	0.34	辐射工作人员
5#	铅屏蔽外壳外顶部 0.3m 处	0.19	7	350	/	/	/	/
6#	设备南侧操作台	0.56	7	350	1	3.92×10^{-3}	0.20	辐射工作人员
7#	拟设置探伤检测室外东侧 0.3m 处	0.03	7	350	1/2	1.05×10^{-4}	5.25×10^{-3}	公众
8#	拟设置探伤检测室外南侧 0.3m 处	0.07	7	350	1/2	2.45×10^{-4}	0.01	公众
9#	拟设置探伤检测室外西侧 0.3m 处	0.04	7	350	1/2	1.40×10^{-4}	7.00×10^{-3}	公众
10#	拟设置探伤检测室外北侧 0.3m 处	0.19	7	350	1	1.33×10^{-3}	0.07	公众
11#	综合办公楼	1.66×10^{-3}	7	350	1	1.16×10^{-5}	5.81×10^{-4}	公众
12#	辅楼	1.66×10^{-3}	7	350	1	1.16×10^{-5}	5.81×10^{-4}	公众
13#	1 号厂房	5.51×10^{-4}	7	350	1	3.86×10^{-6}	1.93×10^{-4}	公众
14#	废品回收站	1.46×10^{-3}	7	350	1	1.02×10^{-5}	5.11×10^{-4}	公众
15#	通风孔	0.45	7	350	/	/	/	/
16#	出线孔	0.42	7	350	1	2.94×10^{-3}	0.15	辐射工作人员
注 1: 铅屏蔽外壳顶部与顶部通风孔正常工况下不可达。 注 2: 根据建设单位提供资料, 综合检测楼外公司内部道路及水泵房为不时有人员停留的地方, 居留因子保守取 1/2; 其余关注点位为每天都有人员停留工作的地方, 按保守预测, 计算时居留因子取 1。								

由表 11-6 可知,关注点处辐射工作人员的周有效剂量最高为 $6.79 \times 10^{-3} \mu\text{Sv}/\text{周}$,年有效剂量最高为 $0.34\text{mSv}/\text{a}$,公众周有效剂量最高为 $1.33 \times 10^{-3} \mu\text{Sv}/\text{周}$,年有效剂量最高为 $0.07\text{mSv}/\text{a}$ 。辐射工作人员和公众的受照剂量均满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中的要求,即人员在关注点的周剂量参考控制水平,对职业人员不大于 $100 \mu\text{Sv}/\text{周}$,对公众不大于 $5 \mu\text{Sv}/\text{周}$,也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)规定的职业照射剂量限值 $20\text{mSv}/\text{a}$ 、关键组公众成员照射剂量限值 $1\text{mSv}/\text{a}$ 和本报告提出的辐射工作人员辐射剂量约束值 $2\text{mSv}/\text{a}$ 、公众辐射剂量约束值 $0.1\text{mSv}/\text{a}$ 的要求。

3. 大气环境影响分析

X 射线数字成像检测设备正常情况下人员不能进入铅屏蔽外壳内部,铅屏蔽外壳顶部设置机械排风装置,顶部通风孔外设有铅钢防护罩,X 射线数字成像检测设备出束工作时产生的 O_3 和 NO_x 气体由铅屏蔽外壳顶部通风孔通过专用排风管道引至探伤检测室南侧墙体上方排至室外(风量为 $1800\text{m}^3/\text{h}$,铅屏蔽外壳体积约为 10.02m^3 ,保证每小时有效通风换气次数不少于 3 次),避免朝向人员活动密集区。

本项目产生的 O_3 和 NO_x 气体量很少,且在排风系统正常运行时,本项目产生的 O_3 和 NO_x 气体不会对环境产生显著影响。

事故影响分析

1. 可能发生的辐射事故

本项目运行中,可能发生的事故工况主要为:

(1) 铅屏蔽外壳门-机联锁失效的情况下,X 射线数字成像检测设备出束照射时,防护门未完全关闭,致使 X 射线泄漏到屏蔽体外面,给辐射工作人员造成不必要照射。

(2) 铅屏蔽外壳劳损,导致防护屏蔽能力下降,X 射线数字成像检测设备出束对周围的辐射工作人员和公众造成超剂量照射。

(3) 设备维修时,维修人员尚未离开铅屏蔽外壳内部,其他人员启动 X 射线数字成像检测设备,造成维修人员误照射。

2. 事故防范措施

为了杜绝事故发生,公司应设置门-机联锁装置、紧急停机按钮、紧急开门按钮等安全设施及其他各项辐射防护措施,制定详细的安全管理制度和安全操作规程,并加

强员工安全教育和培训，严格按照操作规程进行检测作业，确保安全。具体如下：

（1）本项目拟新建 X 射线数字成像检测设备和铅屏蔽外壳设有门机联锁装置，并保证在防护门关闭后才能进行检测工作。门打开时应立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。

（2）X 射线数字成像检测设备在铅屏蔽外壳内部、操作台均设置紧急停机按钮。当出现紧急状况需要立即停止 X 射线工作时，辐射工作人员可通过紧急停机按钮停止 X 射线出束。

（3）定期检查设备的安全联锁装置，确保其正常运行。只有在所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始检测工作。

（4）加强辐射工作人员上岗前培训，根据实际情况建立健全辐射安全管理机构、规章制度和操作规程，并对工作人员做好培训。

（5）建立完善的辐射事故应急措施。不断增强应急处理能力，责任到人，将事故和危害降到最低限度。

（6）无损检测工作时，辐射工作人员除佩戴常规个人剂量计外，还应配备个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时，个人剂量报警仪报警，工作人员应立即离开现场，同时阻止其他人进入，并立即向辐射防护负责人报告。

（7）公司应定期测量设备外围区域的辐射水平，包括辐射工作人员工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应当与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止检测工作并向辐射防护负责人报告。

（8）检修维护人员进行检修工作时应取下操作台的开关钥匙，确保设备关机，以避免不必要的照射。

3. 应急措施

本项目辐射事故应急措施主要包括以下几个方面：

（1）第一时间按下紧急停机按钮或切断 X 射线数字成像检测设备的电源。

（2）现场人员应迅速撤至安全区域，保护现场，通知防护人员和应急小组。

（3）辐射安全领导小组接到辐射事故报告后，应当立即派人赶赴现场，进行现场调查，采取有效措施，立即启动本公司的《辐射事故应急预案》，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告。应急小组应对受照情况作出初步判断，造成或可能造成人员超剂量照射的，

立即采取暂时隔离和应急救援措施，还应同时向当地卫生行政部门报告。

（4）辐射事故发生后，公司应立即将可能受到辐射伤害的人员送至当地卫生主管部门指定的医院或者有条件救治辐射损伤病人的医院，进行检查和治疗，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。

（5）公司应积极配合生态环境主管部门及卫生部门调查事故原因，并做好后续工作。

（6）事故未解决，现场未达到安全状态，不得解除封锁，将事故的后果和影响控制在最低限度。出现故障的装置经专业技术人员维修，经有资质的检测机构对其进行检测，合格后方可启用，达不到要求不得投入使用。

（7）公司应对辐射事故的起因、性质、影响、责任等问题进行调查评估，做出整改，总结经验教训。

表 12 辐射安全管理

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领导小组建立

天津六合镁制品有限公司拟根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等相关法律、法规的要求，成立辐射安全与环境保护管理领导小组，由卢斌（法人）担任责任人，指定黄毅栋为辐射防护负责人，全面负责公司的辐射安全与环境保护管理工作，人员组成及主要职责详见下表。

表 12-1 辐射安全与环境保护管理领导小组人员及主要职责表

管理人员性质/ 领导小组职务	姓名	公司职务 或职称	主要职责
责任人	卢斌	董事长	监管公司辐射安全管理及执行情况，对公司核技术利用项目负总责。
辐射防护负责人	黄毅栋	环保工程师	负责监督射线装置操作规程执行情况，预防发生可能导致放射性污染的各类事故，接受各级环境保护行政主管部门的监督管理，负责辐射防护的培训、咨询及技术指导。
成员	陈文广	检测员	负责收集、整理、分析公司辐射防护有关资料，及时制定并采取防护措施，负责制定射线装置操作维护规程，采取有效防护措施、合理使用防护用品，并对辐射工作人员建立健康档案。
	封京生		

一、管理机构的主要职责及要求

- (1) 辐射安全和防护管理机构应明确规定成员的管理职责和工作程序。
- (2) 管理机构的职责范围应覆盖所有与辐射安全和防护有关的活动，负责制定各项辐射安全和防护管理制度。
- (3) 管理机构应对本单位的法人负责，在贯彻执行辐射安全和防护管理制度过程中具有充分的监督权和核查权，相关部门及个人应予以配合。

二、责任人主要职责

公司法人为单位辐射安全工作“责任人”，对辐射安全工作负总责，负责全公司射线装置的辐射安全防护工作的指导、监督、检查和管理。

三、辐射防护负责人主要职责

- (1) 负责辐射安全和防护机构及人员的监督和管理。
- (2) 负责辐射安全和防护管理制度的贯彻实施。
- (3) 组织本单位相关部门及人员开展辐射应急行动。

- (4) 组织对本单位的辐射安全和防护状况进行评估。
- (5) 负责对辐射工作人员进行辐射防护知识和辐射监测仪操作技能的培训。

四、成员主要职责

- (1) 定期组织对铅屏蔽外壳、X 射线数字成像检测设备的安全状况进行检查并记录。
- (2) 组织开展相关辐射监测，并负责监测数据的记录及管理。
- (3) 组织开展个人剂量监测，负责辐射监测仪的维护、检定及比对。
- (4) 负责辐射防护用品与应急物资的领用及管理。
- (5) 参与本单位的辐射应急行动，控制应急人员的受照剂量。
- (6) 遵守辐射安全和防护制度、执行检测作业相关规程。
- (7) 正确佩戴个人剂量计和剂量报警仪，熟练使用便携式剂量率仪。
- (8) 负责作业前后对射线装置进行安全检查，作业过程当中对作业场所进行安全检查。
- (9) 在检测作业时采取合理的防护措施减少人员受照射量。
- (10) 发现辐射安全隐患及时向辐射防护责任人报告。

本项目建成后，建设单位将根据实际情况对辐射安全与环境保护管理领导小组人员进行完善。

2. 辐射工作人员

本项目拟设置 3 名辐射工作人员，其中 1 名辐射防护负责人，2 名检测操作人员。实行单班工作制，每班工作 8h。从事辐射安全管理工作的人员和直接从事辐射工作的人员，必须参加核技术利用辐射安全与防护考核，并取得考核合格证书，考核不合格者不得上岗。本项目从事辐射安全管理工作的人员参加核技术利用辐射安全与防护考核专业类别应为辐射安全管理。本项目直接从事辐射工作的人员参加核技术利用辐射安全与防护考核专业类别应为 X 射线探伤。根据本项目射线装置类型及拟使用情况，本项目无须配备关键岗位注册核安全工程师。

辐射安全管理规章制度

公司拟按照《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》和核与辐射安全管理体系（第三层级）《II 类非医用 X 线装置监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-024）中相关要求并结合公司管理及工

作情况制定以下制度，主要包括：

- (1) 《操作规程》；
- (2) 《岗位职责》；
- (3) 《辐射防护和安全保卫制度》；
- (4) 《辐射安全管理规定》；
- (5) 《防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施》；
- (6) 《辐射安全和防护设施维护维修制度》；
- (7) 《监测方案》；
- (8) 《监测仪表使用与校验管理制度》；
- (9) 《辐射工作人员培训/再培训管理制度》；
- (10) 《辐射工作人员个人剂量管理制度》；
- (11) 《射线装置使用登记制度》
- (12) 《辐射事故应急预案》。

建设单位制定并完善以上各项制度后，可以从操作人员岗位责任、辐射防护和安全保卫、设备检修、放射设备的使用等方面分别做出明确要求和规定，将能够更好的保障从事辐射工作的人员和公众的健康与安全，同时保护生态环境。

综上所述，建设单位制定的辐射安全管理制度具备可行性，在严格落实后能够满足单位辐射设备使用的需要，能够保障单位辐射安全。

辐射监测

1. 监测设备

公司拟为本项目配备 1 台 X- γ 剂量率仪、2 台个人剂量报警仪、1 套固定式剂量报警装置，设备的数量可以满足使用需求。

2. 个人剂量监测

为了确保辐射工作人员的身体健康，需要加强对辐射工作人员个人剂量监测。公司拟指定专人负责个人剂量计收发、送检管理工作。

公司拟为本项目辐射工作人员配备 2 套个人剂量计，个人剂量计应定期送交有资质的检测部门进行检测，并建立个人剂量监测档案，终身保存。个人剂量常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月，当发现个人剂量监测结果异常时及时上报。

3. 工作场所放射防护检测

3.1 检测条件

X 射线数字成像检测设备拟在额定工作条件且有工件的情况下对屏蔽有效性进行检测。

3.2 辐射水平巡测

建设单位拟对 X 射线数字成像检测设备定期进行放射防护检测。特别是在验收检测时先进行周围辐射水平的巡测，使用公司拟配备的 1 台便携式 X- γ 剂量率仪巡测铅屏蔽外壳外 30cm 处的辐射水平，以发现可能出现的高辐射水平区。建设单位拟对监测结果进行记录，妥善保存。测量值应当与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止辐射工作并向辐射防护负责人报告。便携式 X- γ 剂量率仪应定期送有资质部门检定。

本项目 X 射线数字成像检测设备有用线束定向向北，拟巡测各侧铅屏蔽外壳外不同位置及防护门外 30cm、防护门四周的辐射水平。

3.3 辐射水平定点检测

一般情况下建设单位拟检测以下各点：

- (1) 通过巡测发现的辐射水平异常高的位置；
- (2) 防护门外 30cm 离地面高度为 1m 处，防护门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 个点；
- (3) 铅屏蔽外壳外 30cm 离地面高度为 1m 处，每个面至少测 3 个点；
- (4) 铅屏蔽外壳顶部外 30cm 处；
- (5) 人员经常活动的位置。

3.4 检测方法

工业探伤放射防护标准（GBZ 117-2022）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）。

3.5 检测周期

本项目 X 射线数字成像检测设备运行后建设单位拟委托有资质的机构进行验收检测；投入使用后每年至少委托有资质的机构进行 1 次常规检测；开展检测工作期间定期进行辐射水平巡测，并做好记录；工作场所屏蔽措施等关键条件发生改以及设备大修后，均应委托有资质的单位对相关工作场所进行全面辐射检测和辐射安全评价。

辐射事故应急

1. 辐射事故应急机构

为了加强对射线装置的安全和防护的监督管理，促进核技术利用项目的安全应用，保障人体健康，保护环境，天津六合镁制品有限公司拟成立辐射事故应急机构，由辐射安全与环境保护管理领导小组担任，并配备辐射防护、环境监测等应急物资，每年定期开展应急培训和演练，以提高辐射事故应急处置能力。

2. 辐射事故应急预案

建设单位拟制定《辐射事故应急预案》，发生辐射事故时，立即向辐射安全与环境保护管理领导小组报告，辐射安全与环境保护管理领导小组接到辐射事故报告后，应当立即派人赶赴现场，进行现场调查，采取有效措施，立即启动本单位的《辐射事故应急预案》，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告。应急小组应对受照情况作出初步判断，造成或可能造成人员超剂量照射的，立即采取暂时隔离和应急救援措施，还应同时向当地卫生行政主管部门报告。

辐射事故应急预案内容应包括：

- （1）应急组织机构和职责分工；
- （2）辐射事故类型与应急响应程序；
- （3）辐射事故现场处置方案；
- （4）辐射事故调查、报告和处理程序；
- （5）应急培训及应急演练计划。

辐射工作场所应放置《辐射事故应急预案》，配备工具箱、便携式 X- γ 剂量率仪、个人剂量报警仪、个人防护用品等，建设单位拟定期对辐射工作人员进行事故应急培训，每年至少进行一次辐射事故应急演练和培训。

从事辐射活动能力评价

1. 与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》符合情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备相应条件。本项目建设单位从事辐射活动能力的评价详见下表。

表 12-2 从事辐射活动能力评价

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求具备条件	建设单位情况	是否符合
(一) 使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、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。	拟成立辐射安全与环境保护管理领导小组，并指定专人全面负责辐射安全与环境保护管理工作。	按承诺落实后符合
(二) 从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	拟组织本项目辐射工作人员通过核技术利用辐射安全与防护考核，持证上岗。	
(三) 使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目不涉及放射性同位素。	不涉及
(四) 放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	铅屏蔽外壳具有屏蔽结构，拟设置电离辐射警示标识、门机联锁等防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	按承诺落实后符合
(五) 配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。	建设单位拟配备便携式 X-γ 剂量率仪、个人剂量报警仪、个人剂量计、固定式辐射剂量率仪等。	
(六) 有健全的操作规程、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。	建设单位拟制定相关辐射管理制度，包括：《操作规程》、《岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射安全管理规定》、《防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《监测方案》、《监测仪表使用与校验管理制度》、《辐射工作人员培训/再培训管理制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《射线装置使用登记制度》等。	
(七) 有完善的辐射事故应急预案。	建设单位拟制定《辐射事故应急预案》。	不涉及
(八) 产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。	本项目运行过程中不产生放射性废气、废液、固体废物，且不涉及使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗等业务。	

以上分析表明，天津六合镁制品有限公司在落实各项辐射安全管理制度和辐射防护措施后（见附件1），将具备申请领取许可证应当具备的条件。

2. 与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》符合情况

《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》对拟使用射线装置和放射性同位素的单位提出了具体条件，建设单位具备的条件与“18号令”要求的对照情况见下表。

表 12-3 与“18 号令”安全和防护能力对照检查情况

原环境保护部令第 18 号要求具备条件	建设单位情况	是否符合
第五条 生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。射线装置的生产调试和使用场所，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	使用射线装置场所拟设电离辐射警告标识和中文警示说明。射线装置设有安全联锁及报警装置，安装有工作状态指示灯。射线装置设有紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。	按承诺落实后符合
第九条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。	建设单位拟每年委托有资质单位对辐射工作场所进行辐射监测，并出具监测报告；拟配备 1 台便携式 X-γ 剂量率仪，定期对辐射环境进行自行监测，做好记录，并妥善保存。	
第十二条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。	建设单位拟对其射线装置的安全和防护进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前报发证机关。	
第十七条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照原环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。	建设单位拟安排从事辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护考核，考核合格后持证上岗。	
第二十三条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。	公司拟为从事辐射工作的人员配备个人剂量计，每季度送检个人剂量计一次。建立个人健康档案，每年对从事辐射操作的人员至少进行一次健康体检。	

综上所述，建设单位按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求采取辐射安全和防护管理措施，在落实各项措施后可满足管理办法要求。

3. 与核与辐射安全管理体系（第三层级）《Ⅱ类非医用 X 线装置监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-024）对照情况

本项目建设单位拟设置安全防护设施和辐射安全管理制度，与核与辐射安全管理体系（第三层级）《Ⅱ类非医用 X 线装置监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-024）的对比结果见下表。

表 12-4 与《Ⅱ类非医用 X 线装置监督检查技术程序》对照检查情况表

Ⅱ类非医用 X 线装置监督检查技术程序检查内容			建设单位情况	是否符合
辐射安全防护设施与运行	场所设施（固定式）	入口处电离辐射警告标志	拟在铅屏蔽外壳表面张贴电离辐射警告标志	按承诺落实后符合
		入口处机器工作状态显示	铅屏蔽外壳外部上拟设置工作状态指示灯	
		隔室操作	辐射工作人员在铅屏蔽外壳外操作	符合
		迷道	不涉及	不涉及
		防护门	铅屏蔽外壳自带铅钢结构防护门	按承诺落实后符合
		控制台有钥匙控制	操作台设有防止非工作人员操作的锁定开关	
		门机连锁系统	装置设有门机连锁系统	
		照射室内监控设施	铅屏蔽外壳内部设置摄像头，辐射工作人员在操作台可查看铅屏蔽外壳内部情况	
		通风设施	铅屏蔽外壳顶部设置机械排风装置，顶部通风孔外设有铅钢防护罩，X 射线数字成像检测设备出束工作时产生的 O ₃ 和 NO _x 气体由铅屏蔽外壳顶部通风孔通过专用排风管道引至探伤检测室南侧墙体上方排至室外。	
		照射室内紧急停机按钮	铅屏蔽外壳内部设置紧急停机按钮	
		控制台上紧急停机按钮	操作台上设有紧急停机按钮	
		出口处紧急开门开关	铅屏蔽外壳内部防护门附近拟设置 1 个紧急开门开关	
		准备出束声光提示	铅屏蔽外壳上方拟设置出束声光提示	
	监测设备	便携式辐射监测仪	拟配备	按承诺落实后符合
		个人剂量仪	拟配备	
		个人剂量报警仪	拟配备	
	应急物资	灭火器材	拟配备	
管理	综合	辐射安全管理规定	拟制定	

制度		操作规程	拟制定	
		辐射安全和防护设施维护维修制度（包括机构人员、维护维修内容与频度、重大问题管理措施、重新运行审批级别等）	拟制定	
	监测	监测方案	拟制定	
		监测仪表使用与校验管理制度		
	人员	辐射工作人员培训/ 再培训管理制度	拟制定	
		辐射工作人员个人剂量管理制度		
	应急	辐射事故应急预案		

综上所述，本项目拟采取的其他各项安全防护设施和辐射安全管理制度在落实后可符合核与辐射安全管理体系（第三层级）《Ⅱ类非医用 X 线装置监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-024）相关要求。

核技术应用项目环保手续办理流程

1. 环保手续流程

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《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》、《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》、《建设项目竣工环境保护验收管理办法》等相关法律法规，核技术应用项目环保手续办理流程如下图所示。建设单位按流程履行完环保手续后，建设项目方可投入运行。

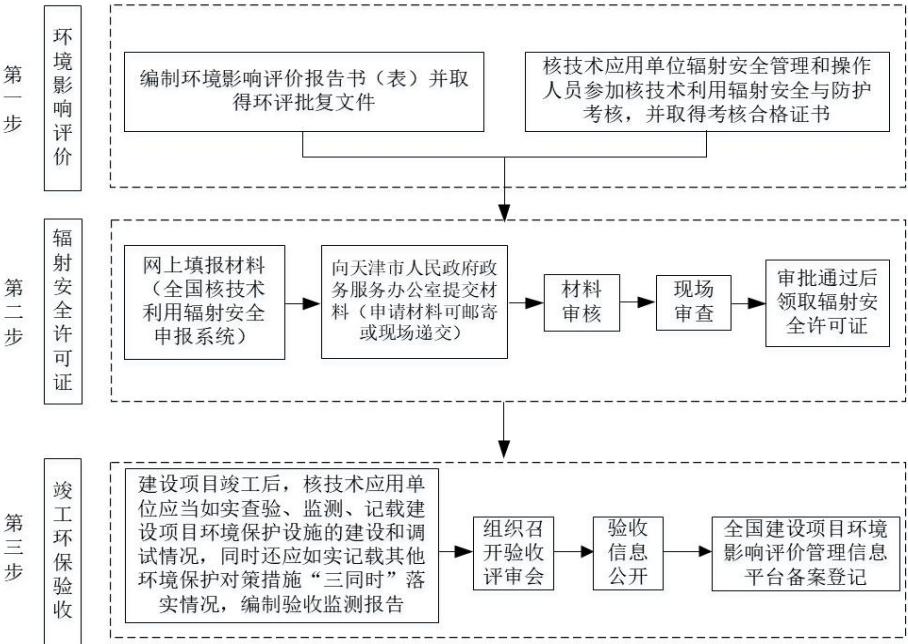


图 12-1 核技术应用项目环保手续办理流程

2. 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：

- (1) 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。
- (2) 当所有辐射源从现场移走后，公司按监管机构要求办理相关手续。
- (3) 清除张贴的电离辐射警告标志和安全告知。

表 13 结论与建议

结论

1. 项目概况

天津六合镁制品有限公司注册地址位于天津经济技术开发区东区黄海路 268 号，为保证产品的可靠性，公司需要对其生产的零部件进行无损探伤检测，拟于天津经济技术开发区东区黄海路 268 号天津六合镁制品有限公司综合检测楼设置 1 间探伤检测室并新建使用 1 台型 X 射线数字成像检测设备，用于开展固定式探伤工作，其型号为：UNC160-A1L-160 型 X 射线数字成像检测设备（II 类射线装置，带铅屏蔽外壳，定向出束，最大管电压 160kV、最大管电流 3mA）。

2. 实践正当性分析结论

天津六合镁制品有限公司利用 X 射线数字成像检测设备对零部件进行无损检测，保证出厂产品质量，具有显著的社会和经济效益。公司将严格按照相关标准对 X 射线数字成像检测设备和铅屏蔽外壳采取辐射安全防护措施，并建立辐射安全管理体系及各项规章制度。虽然在运营过程中，设备的应用可能会对周围环境、辐射工作人员及周围公众造成一定的辐射影响，但公司在按照国家、天津市相关辐射防护要求下正确使用和管理本项目 X 射线数字成像检测设备的情况下，根据预测结果，本项目建成后，辐射工作人员及周边公众的有效剂量均能满足相关限值要求，设备的应用对周围环境、辐射工作人员及周围公众造成辐射影响可控。在考虑社会、经济和其他有关因素后，对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，本项目建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）关于辐射防护“实践的正当性”要求。

3. 选址、布局合理性分析结论

本项目选址位于天津经济技术开发区东区黄海路 268 号天津六合镁制品有限公司综合检测楼内探伤检测室，X 射线数字成像检测设备的安装位置充分考虑了周围的辐射安全，同时根据 X 射线数字成像检测设备的有用线束方向（定向向北）照射，有用线束的照射方向避开了操作台（位于铅屏蔽外壳南侧）。

本项目 X 射线数字成像检测设备外 50m 范围内无学校、医院、居民区等环境敏感目标，本项目选址和布局基本合理。

4. 辐射安全与防护分析结论

本项目铅屏蔽外壳、防护门采用铅钢结构进行屏蔽防护，屏蔽防护效果可达到所需的屏蔽能力。铅屏蔽外壳外拟设置工作状态指示灯和声音提示装置；防护门上拟张贴电离辐射警告标识和中文警示说明，铅屏蔽外壳内、操作台拟设置紧急停机按钮；铅屏蔽外壳内拟设置通风措施及视频监控等。

公司拟为辐射工作人员配备个人剂量计，拟配备个人剂量报警仪、便携式 X- γ 剂量率仪、固定式辐射剂量探头及报警装置，拟制定各项辐射环境管理制度和辐射事故应急预案。

5. 辐射环境影响分析结论

根据预测，本项目 X 射线数字成像检测设备运行时，关注点处的周围剂量当量率满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的要求，即关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

根据预测，X 射线数字成像检测设备运行时，关注点处辐射工作人员和公众的周有效剂量、年有效剂量，均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的要求，即人员在关注点的周剂量参考控制水平，对职业人员不大于 $100\mu\text{Sv/周}$ ，对公众不大于 $5\mu\text{Sv/周}$ ，也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的职业照射剂量限值 20mSv/a 、关键组公众成员照射剂量限值 1mSv/a 和本报告提出的辐射工作人员辐射剂量约束值 2mSv/a 、公众人员辐射剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

6. 辐射安全管理

公司拟成立辐射安全与环境保护管理领导小组全面负责公司的辐射安全与环境保护管理工作，拟制定一系列辐射安全管理规章制度。

公司拟安排辐射工作的人员参加核技术利用辐射安全与防护考核，持证上岗，在落实各项辐射安全管理措施后能够有效控制辐射风险。

7. 结论

综上所述，在落实各项辐射安全和防护措施，加强环境管理的情况下，天津六合镁制品有限公司将具备从事相应辐射工作的技术能力和安全防护措施，对周围环境和人员的辐射影响低于国家剂量限值和本报告提出的约束值要求。因此，从辐射环境保护角度论证，本项目的建设具有环境可行性。

建议和承诺

建议：

（1）建设单位使用的设备检修维护后，应对设备的防护性能和设备性能进行检测，检测合格后方可继续使用；

（2）建设单位应定期按法律法规的规定更新相关规章制度。

承诺：

（1）建设单位将组织本项目辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护考核，保证辐射工作人员持证上岗；

（2）建设单位将配备与辐射工作相适应的监测仪器，严格落实监测计划；

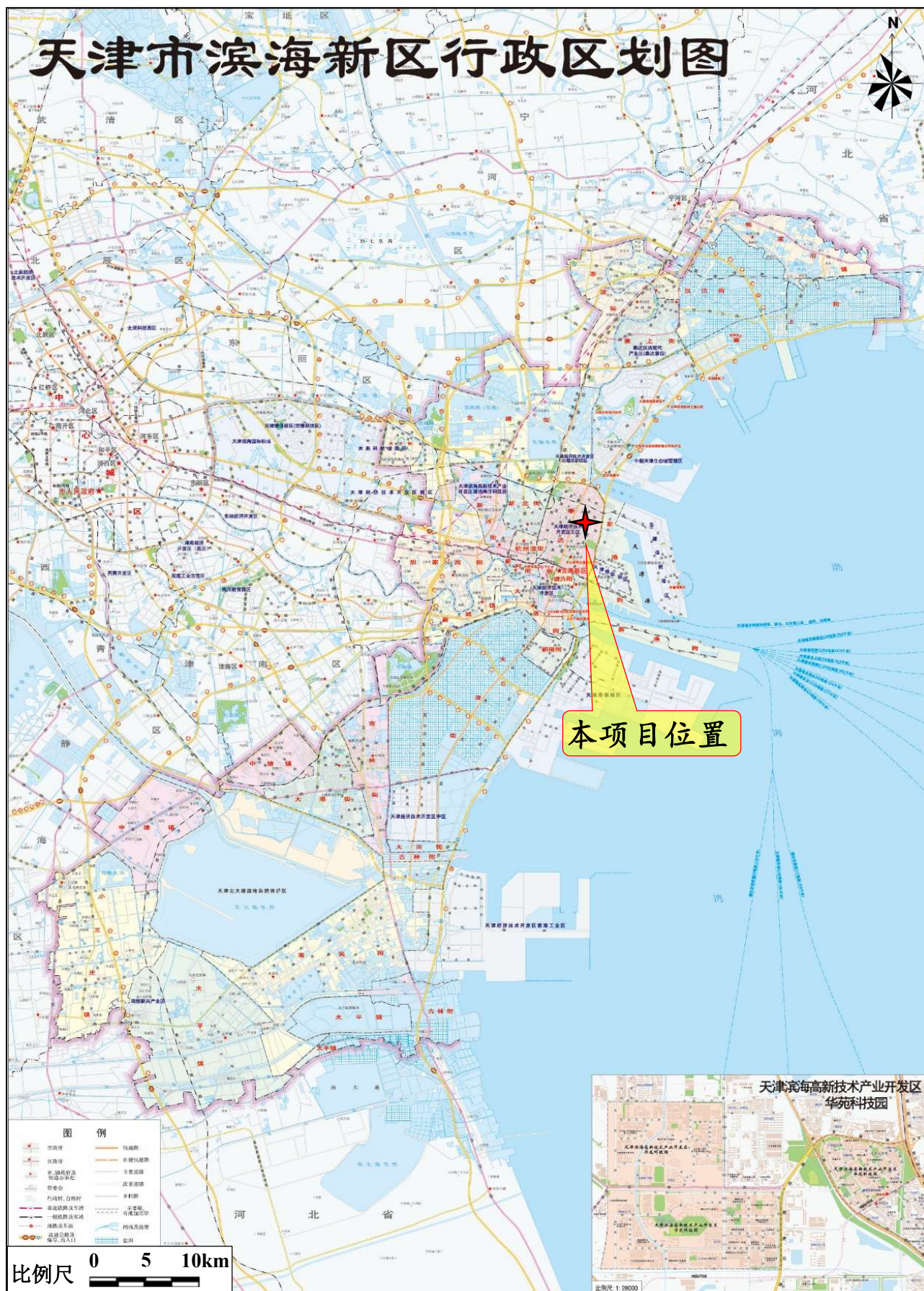
（3）建设单位将自觉接受各级生态环境主管部门的监督检查；

（4）申领《辐射安全许可证》后，建设单位将按照《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）要求，对配套建设的环境保护设施进行验收。

（5）遵守《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定，于每年 1 月 31 日前编写放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告并报原发证机关。

表 14 审批

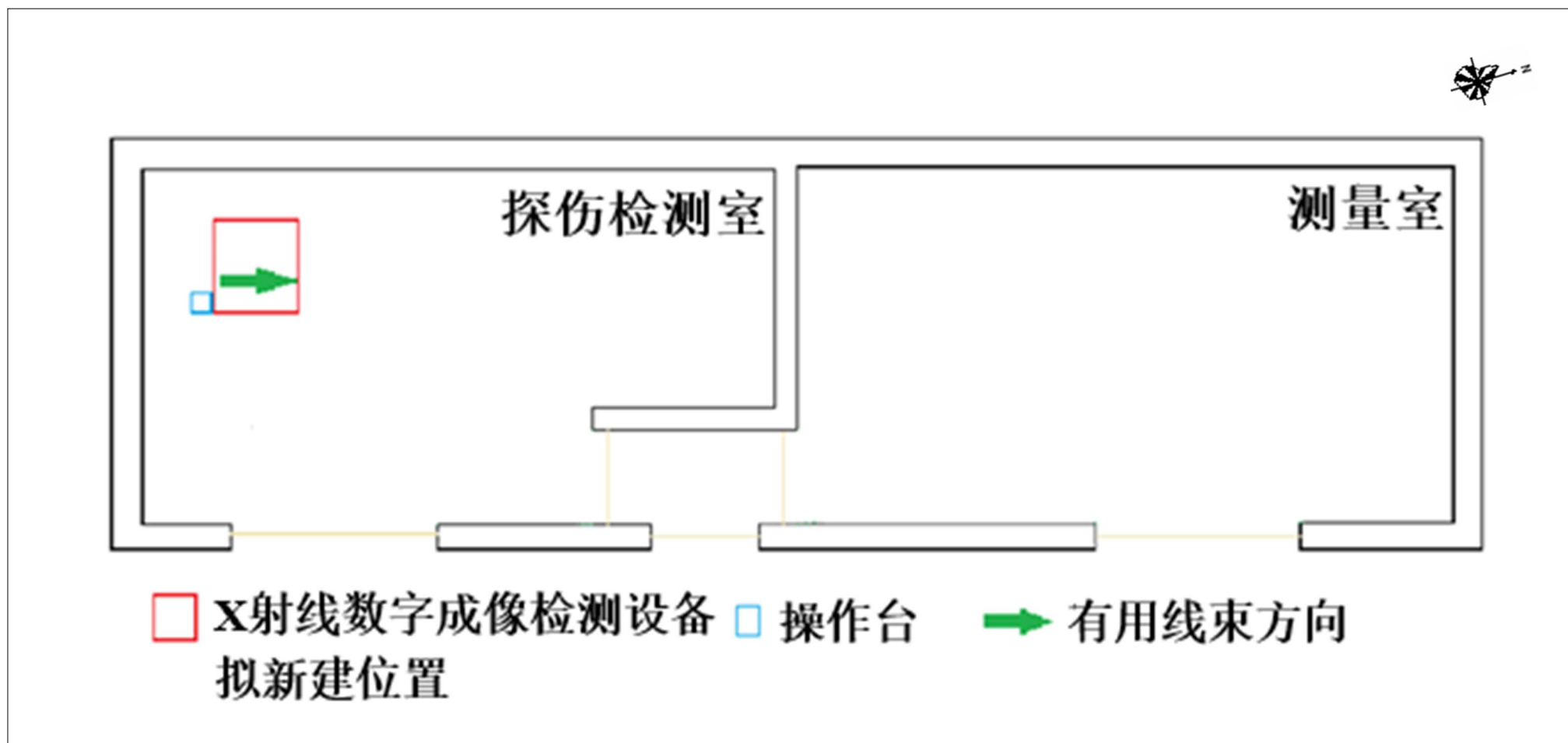
下一级环保部门预审意见：	
公 章 年 月 日	
审批意见：	
公 章 年 月 日	



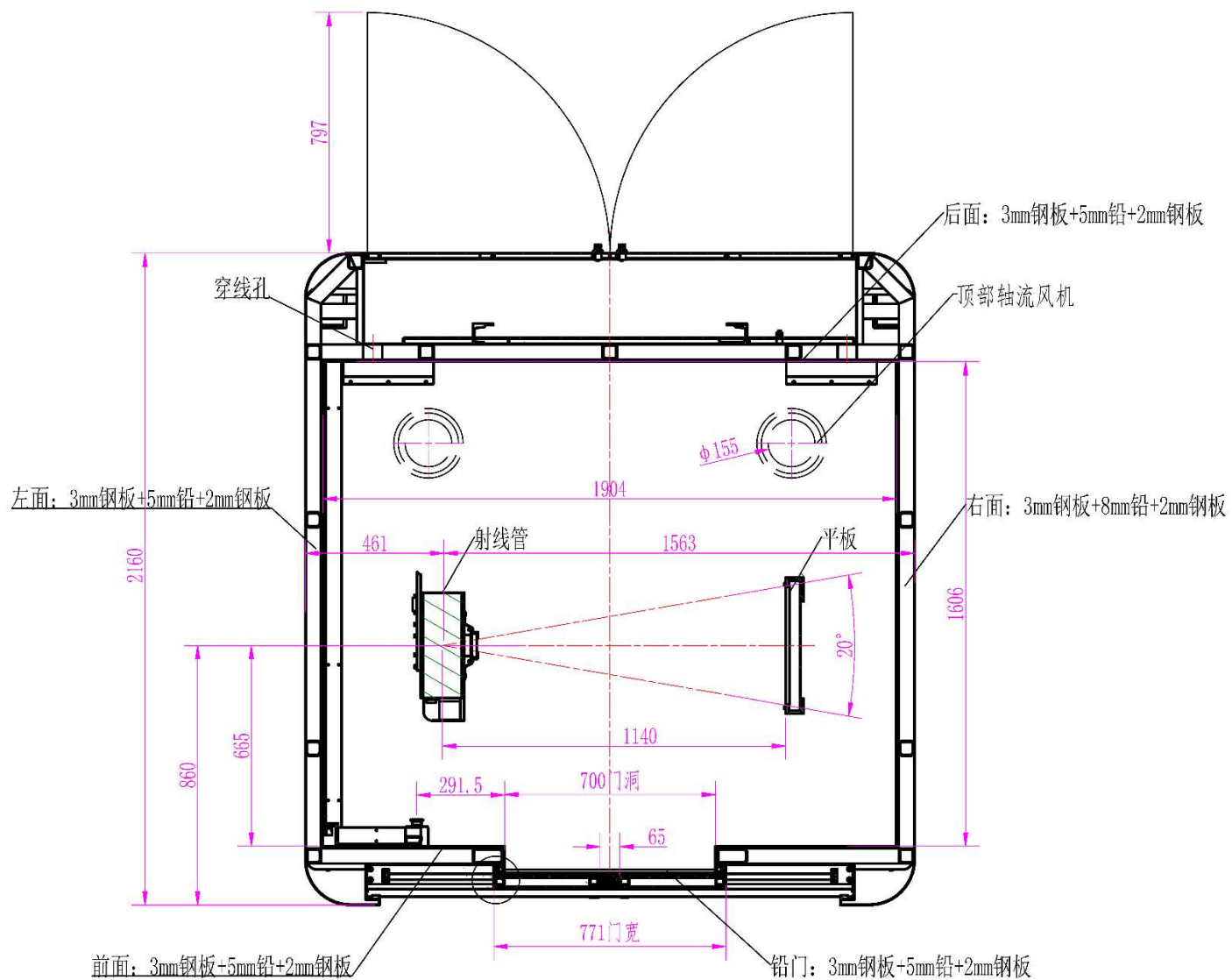
附图 1 建设项目地理位置图



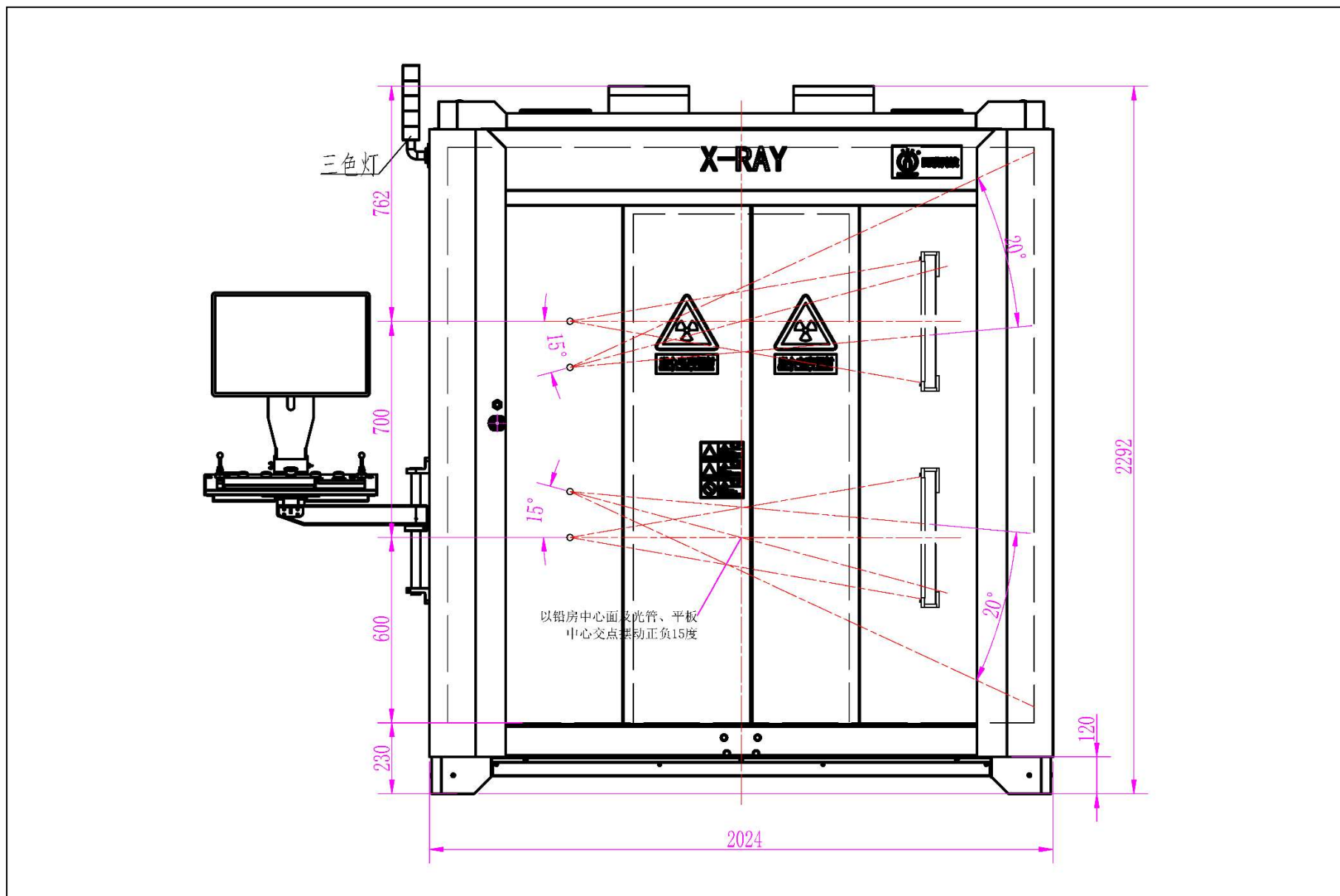
附图 2 建设项目周边环境及评价范围图



附图 4 建设项目所在综合检测楼平面布局图



附图 5 X 射线数字成像检测设备平面图



附图 6 X 射线数字成像检测设备正视图