

核技术利用建设项目

使用 II 类射线装置项目 环境影响报告表

矩阵科工检测技术(北京)有限公司

2018 年 04 月

环境保护部监制

核技术利用项目

使用 II 类射线装置项目 环境影响报告表

建设单位名称：矩阵科工检测技术(北京)有限公司

建设单位法人代表：

通讯地址：北京市朝阳区望京利泽中园二区 203 号 9 层 1902 号房间

邮政编码：100102

联系人：刘莹

电子邮箱：tec02@matrixndt.com 联系电话：15120021030

目 录

表 1	项目概况	1
表 2	放射源	4
表 3	非密封放射性物质	5
表 4	射线装置	6
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	7
表 6	评价依据	8
表 7	保护目标与评价标准	10
表 8	环境质量和辐射现状	15
表 9	项目工程分析与源项	17
表 10	辐射安全与防护	20
表 11	环境影响分析.....	26
表 12	辐射安全管理	34
表 13	结论与建议	38
表 14	审 批	41

附图 1 矩阵科工公司建设项目位置示意图

附图 2 矩阵科工公司建设项目产业园区平面布局图

附图 3 检测室所在 9 号楼一层平面布局图

附图 4 检测室东西向剖面图

附图 5 检测室平面布局图

附件 1 营业执照

附件 2 产权相关证明

附件 3 辐射环境现状监测报告

表 1 项目概况

建设项目名称		使用 II 类射线装置			
建设单位		矩阵科工检测技术(北京)有限公司			
法人代表		江运喜	联系人	刘莹	联系电话 15120021030
注册地址		北京市朝阳区望京利泽中园二区 203 号 9 层 1902 号房间			
项目建设地点		北京市顺义区民泰路 13 号院 9 号楼一层检测室内			
立项审批部门		无		批准文号	无
建设项目总投资(万元)		800	项目环保投资(万元)	160	投资比例(环保投资/总投资) 20%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积(m ²) 30
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类(医疗使用) ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类		
	其他				
	1.1 单位概况 矩阵科工检测技术(北京)有限公司(以下简称矩阵科工公司,营业执照见附件 1)是一家致力于为客户提供“一站式”无损检测解决方案的高新技术企业,业务范围覆盖航空航天、核电、船舶、兵器工业、石油石化、电力、冶金、汽车、铁路及高校和科研院所等多个领域。矩阵科工公司先后与北京工业大学、华中科技大学成立了联合研发中心,着力于新技术的研究和应用;并与多个大学和研究所有着长期的项目合作,着力于解决由于新材料、新工艺的应用而带来的实际检测问题。公司现设有前线组、实施组、行政部、销售部等部门。 矩阵科工公司为辐射安全许可证新申请单位。 1.2 本项目情况				

1.2.1 本项目建设内容

为满足工业领域对产品无损检测数字化高品质成像的不断需求，该公司拟租用顺义区民泰路 13 号院 9 号楼新建 2 间检测室（分别为 1 号、2 号检测室），使用 3 台工业 X 射线探伤机用于数字射线检测技术的应用和研究。其中，拟在 1 号检测室使用 1 台微焦点 X 射线探伤机，在 2 号检测室使用 1 台周向和 1 台定向的工业 X 射线探伤机，开展无损检测数字化成像工艺开发与验证。使用的射线装置相关信息详见表 1-1。场所建设工程规划许可证、租赁合同等见附件 2。

表 1-1 本项目使用的 X 射线装置

序号	名称型号	生产厂家	额定电压 (kV)	额定电流 (mA)	照射方式	所在场所
1	MXP130 型微焦点工业 X 射线探伤机	美国 Source 1 X-Ray 公司	130	0.1	定向 (南、西)	1 号检测室
2	Smart EVO 300DS 型工业 X 射线探伤机	YXLON (依科视朗国际有限公司)	300	4.5	定向 (下)	2 号检测室
3	Smart EVO 300P 型工业 X 射线探伤机		300	4.5	周向 (南北上下)	2 号检测室

1.2.2 目的和任务的由来

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令）和《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令第 44 号）相关规定，本项目应当进行环境影响评价，编制环境影响报告表。因此，受矩阵科技有限公司的委托，对该单位拟使用的 II 类射线装置整个使用过程的环境影响进行评价。接到委托后，环评单位组织相关人员对现场进行了调查和资料收集工作，并最终编写完成本项目的辐射环境影响报告表。

1.2.3 项目建设必要性

微焦点 X 射线数字成像技术与常规 X 射线数字成像技术一样，可以用于各种复杂装配件、铸件、锻件、焊接部件以及微机电系统的无损检测。不仅如此，相对于常规 X 射线探伤设备，微焦点 X 射线成像系统对缺陷具有更高的识别能力。工业微焦点 X 射线探伤机的优势主要体现在焦点尺寸上，常规探伤

机的焦点尺寸为 0.2~4mm，而工业微焦点的有效尺寸可以达到 μm 级。公司拟使用 1 台 MXP130 型微焦点工业 X 射线探伤机开展微电子线路板、半导体产品、微电子元件及电路板焊接器件、铸件等样品的焊接或铸造缺陷检测工艺研究，为客户提供科学合理的无损检测工艺与方案。

射线检测是确保焊接质量的主要无损检测手段，直接关系到工程建设质量、健康环境、施工效率、建设成本以及管线的安全运行。长期以来，射线检测主要采用 X 射线或 γ 射线的胶片成像技术，检测劳动强度大，工作效率较低，常常影响施工进度。近年来随着计算机数字图像处理技术及数字平板射线探测技术的发展，X 射线数字成像检测正逐渐运用于容器制造和管道建设工程中。数字图像便于储存，检索、统计快速方便，易于实现远程图像传输、专家评审，结合 GPS 系统可对每道焊口进行精确定位，便于工程质量监督。矩阵科技有限公司先后与北京工业大学、华中科技大学成立了联合研发中心，共同开展数字射线检测技术的研究和应用，通过本项目的实施，可以开展新的 X 射线数字成像检测技术的研究与推广，并解决由于新材料、新工艺的应用而带来的实际检测问题，为数字射线检测技术的研究和应用提供有力的技术保障。

根据《产业结构调整指导目录》（2011 年），本项目属于“第十四类 机械”类无损检测设备，属于鼓励类，符合国家产业政策。

1.2.4 开展本项目的技术能力

人员配备：本项目拟新增 6 名辐射工作人员，均已参加辐射防护与安全知识培训并取得了培训证书。

检测仪器配备：本项目场所拟配置 1 台 451P 型电离室巡测仪和 4 台 FJ-3200 型个人剂量报警仪，451P 型电离室巡测仪能响和量程符合 DB11/T 1033-2013 中相关要求。

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国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压 (kV)	最大管电 流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	工业X射线探伤机	Ⅱ类	1	MXP130	130	0.1	无损检测	1号检测室	使用
2	工业X射线探伤机	Ⅱ类	1	Smart EVO 300DS	300	4.5	无损检测	2号检测室	使用
3	工业X射线探伤机	Ⅱ类	1	Smart EVO 300P	300	4.5	无损检测	2号检测室	使用

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压 (kV)	最大靶电 流 (μA)	中子强 度(n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为mg/L，固体为mg/kg，气态为mg/m³；年排放总量用kg。

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

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日。 (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2016 年 9 月 1 日。 (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日。 (4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日。 (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院第 449 号令，2005 年 12 月 1 日。 (6) 《国务院关于修改部分行政法规的决定》，国务院第 653 号令，2014 年 7 月 29 日。 (7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，环境保护部令第 44 号，2017 年 9 月 1 日。 (8) 《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全许可管理办法〉的决定》，环境保护部令第 3 号，2008 年 12 月 6 日。 (9) 《环境保护部关于修改部分规章的决定》，环境保护部令第 47 号，2017 年 12 月 20 日。 (10) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日。 (11) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，环境保护部、国家卫生计生委公告第 66 号，2017 年 12 月 5 日。 (12) 《关于发布〈建设项目竣工环境保护验收暂行办法〉的公告》，国环规环评[2017]4 号，2017 年 11 月 20 日。 (13) 《北京市环境保护局办公室关于做好辐射类建设项目竣工环境保护验收工作的通知》，京环办[2018]24 号,2018 年 1 月 25 日。
技术标准	(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》(HJ10.1—2016)，环境保护部。 (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) (3) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) (4) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)

	(5) 《工业射线探伤辐射安全和防护分级管理要求》(DB11/T 1033-2013) (6) 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB 22448-2008) (7) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001) (8) 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93) (9) 《工作场所有害因素职业接触限值 化学有害因素》(GBZ2.1-2007)
其他	(1) 矩阵科工公司提供的与本项目相关的申请和技术资料, 2018.3。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

7.1.1 评价内容

本项目在北京市顺义区民泰路 13 号院 9 号楼一层使用 3 台 II 类射线装置并配套新建 2 间检测室。

7.1.2 关注问题

(1) 机房屏蔽厚度是否满足国家相关标准的要求。

(2) 辐射安全管理情况及污染防治措施是否满足新增使用射线装置的要求。

7.1.3 评价因子

X 射线、臭氧和氮氧化物。

7.1.4 评价范围

按照《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1—2016) 的规定,并结合该项目辐射为能量流污染的特征,根据能量流的传播与距离相关的特性,确定本项目评价范围为检测室外周围 50m 区域,见图 7-1 所示。

7.2 环境保护目标

本项目位于顺义区民泰路 13 号院西北部的 9 号楼(地上四层,无地下建筑),院区用地规划为工业用地,主要用于生产研发。9 号楼东侧毗邻 10 号楼,南侧为绿化区及 17、18 号楼,西侧为院内道路及 7 号、8 号楼,北侧为院内道路及 4 号、5 号楼。2 间检测室东西相邻,位于 9 号楼内一层北侧中部,检测室东侧为走廊,南侧为车间组装区,西侧为备用实验室,北侧为设备操作区,楼上为其它实验系统摆放区域及过道。根据项目特点及周围毗邻关系,确定主要环境保护目标为该公司从事本项目射线装置操作的辐射工作人员、检测室周围其他公众成员,详见表 7-1。



图 7-1 本项目评价范围

表 7-1 本项目场所周围 50m 范围内主要保护目标

项目	保护目标	距离 (m)	数量 (人)	方位	周围 50m 范围内主要 建筑
1 号、2 号检测 室	车间内其他工作人员	紧邻	2~3	检测室外东侧	一层走廊
	10 号楼公众	15	10~20	检测室外东侧	10 号楼、院内道路
	车间内其他工作人员	紧邻	5~7	检测室外南侧	组装车间
	17、18 号楼及院内公众	15	10~20	检测室外南侧	绿化区及 17、18 号楼
	备用实验室工作人员	紧邻	1~2	检测室外西侧	一层走廊
	院内道路行人	20	2~4	检测室外西侧	院内道路
	7 号楼、8 号楼公众	50	10~20	检测室外西侧	7 号楼、8 号楼
	本项目操作人员	紧邻	2~4	检测室外北侧	院内道路、4 号楼、5 号楼
	院内道路行人	12	2~4	检测室外北侧	院内道路
	4 号楼、5 号楼公众	30	10~20	检测室外西侧	4 号楼、5 号楼
	楼上其他工作人员	6	2~3	楼上	9 号楼二层、三层、四 层

7.3 评价标准

7.3.1 剂量限值及剂量约束值

7.3.1.1 基本剂量限值

电离辐射防护与辐射源安全基本标准（GB18871-2002）规定的剂量限值列于表 7-2。

表 7-2 个人剂量限值（GB18871-2002）

辐射工作人员	公众关键人群组成员
连续五年平均有效剂量 20mSv，且任何一年有效剂量 50mSv	年有效剂量 1mSv；但连续五年平均值不超过 1mSv 时，某一单一年可为 5mSv
眼晶体的当量剂量 150mSv/a 四肢或皮肤的当量剂量 500mSv/a	眼晶体的当量剂量 15mSv/a 皮肤的当量剂量 50mSv/a

GB18871-2002 还规定了年剂量约束值，按辐射防护最优化原则设计的年剂量控制值应小于或等于该剂量约束值。剂量约束值是剂量限值的一个分数，公众剂量约束值通常应在 0.1~0.3mSv/a 范围内。

7.3.1.2 剂量约束值

对辐射工作人员，本项目取 2mSv/a 作为剂量约束值；对公众，本项目取 0.1mSv/a 作为剂量约束值。

7.3.1.3 剂量率控制水平

要求在满足上述年剂量约束值的同时，还需满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“探伤室墙和入口门关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”要求；另外，参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），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可取为 100μSv/h，由于检测室顶为不需要人员到达的区域，因此本项目检测室四面墙、入口门和检测室二层人员居留区域的周围剂量当量率控制水平取 2.5μSv/h。

7.3.1.4 有害气体 O₃ 和 NO₂ 浓度限值

根据《工作场所有害因素职业接触限值 化学有害因素》（GBZ2.1-2007），工作场所空气中 O₃ 和 NO₂ 的浓度限值分别为 0.3 mg/m³ 和 5mg/m³。

7.3.2 工业 X 射线探伤辐射安全与防护要求

7.3.2.1 工业 X 射线探伤防护具体要求

依据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的要求如下：

（1）X 射线装置在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率应符合表 7-3 的要求。

表 7-3 距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率

管电压,kV	漏射线空气比释功能率,mGy/h
<150	<1
150~200	<2.5
>200	<5

(2) 探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全, 操作室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向。

(3) 应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区, 与墙壁外部相邻区域划为监督区。

(4) X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应满足: 关注点周围剂量当量率不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

(5) 探伤室应设置门-机联锁装置, 并保证在门(包括人员门和货物门)关闭后 X 射线装置才能进行伤作业。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。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。

(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。

(7) 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

(8) 探伤室内、外醒目位置处应有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

(9) 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

(10) 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。

(11) 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。

7.3.2.2 工业 X 射线探伤分级管理要求

《工业射线探伤辐射安全和防护分级管理要求》(DB11/T 1033-2013)

(注: 凡是不注日期的引用文件, 其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件), 固定使用工业 X 射线探伤机属于四级管理。主要要求有:

(1) X 射线探伤装置应满足 GBZ117 的要求。

(2) 探伤室及安全设施：屏蔽设计应充分考虑有用线束照射的方向和范围、装置的工作负荷及周围环境情况。无迷路探伤室门的防护性能应与同侧墙的防护性能相同；应安装门机联锁安全装置，应具有以下功能：安全门开启时射线装置不能启动照射，在照射过程中安全门一旦开启射线装置自动停止，重新启动被中止的照射只能通过控制台进行；应在控制台、迷道和探伤室内及出入口处安装紧急停止按钮。紧急停止按钮应清晰标记和说明；探伤室工作人员出入口门外和被探伤物件出入口门外醒目位置应安装电离辐射警告标志和工作状态指示灯；探伤作业开始前，应有声音警示，探伤过程中指示灯应醒目显示禁止入内的标识；同一探伤室内每次只能启动 1 台射线装置作业。

(3) 辐射监测：X 射线探伤装置的泄漏辐射监测应符合 GBZ117 的要求；探伤室应配备便携式辐射监测仪；对 X 射线探伤室应采取定点监测和巡测相结合的方式监测其周围的辐射水平；探伤室建成后应由有资质的机构进行验收监测，投入使用后每年至少进行 1 次常规监测。

(4) 安全检查和维护：每次工作前，操作人员应检查安全联锁装置的性能及警示信号的状态，确认探伤室内无人且门已关闭、所有安全装置起作用后才能启动照射；应定期检查探伤室安全门-机联锁装置，以及出束信号指示灯等安全措施，当探伤室有多台探伤装置时，每台在使用时均应联锁；辐射安全和防护负责人应至少每半年组织一次对联锁安全装置和紧急停止按钮的安全检查，发现问题应及时组织检修和维护，保存检查和维护记录。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 地理位置和场所位置

8.1.1 地理位置

本项目位于北京市顺义区民泰路 13 号院 9 号楼，其东侧毗邻 10 号楼，南侧为绿化区及 17、18 号楼，西侧为院内道路及 7 号、8 号楼，北侧为院内道路及 4 号、5 号楼。建设项目地理位置示意图见附图 1 所示，13 号院平面布局见附图 2 所示。

8.1.2 场所位置

本项目检测室位于 9 号楼内一层北侧中部，其东侧车间内走廊，南侧为车间组装区，西侧为备用实验室，北侧为设备操作区，楼上为其它实验系统摆放区域及过道。9 号楼一层平面布局见附图 3 所示。

8.2 辐射环境现状监测

(1) 监测目的

掌握该项目辐射工作场所的辐射环境质量现状水平，为评价提供基础数据。

(2) 监测内容

根据污染因子分析，对新增项目的辐射工作场所周围进行 X、 γ 辐射剂量率水平监测。

(3) 监测点位

选取 9 号楼一层及楼外周围区域进行监测。

(4) 现状监测结果及评价

单位委托深圳市瑞达检测技术有限公司对项目地及周围环境辐射水平进行了检测。检测机构通过了计量认证，持有计量认证资质证书(CMA，2017192229S)。检测使用青岛金仕达电子科技有限公司生产的便携式 GH-102A 型 X- γ 剂量率仪，在距地面 1m 高度测量 γ 辐射剂量率。该仪器经华北国家计量测试中心检定(检定证书编号 DD17H-CA000005)，评价区 γ 辐射水平调查结果见表 8-1，环境现状检测报告见附件 3。

表 8-1 X- γ 辐射剂量率本底水平监测结果

点位序号	测 点 描 述	辐射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
------	---------	-------------------------------

1	9 号楼外北侧空地	0.09
2	拟建探伤室西侧	0.09
3	拟建探伤室中央	0.08
4	拟建探伤室东侧	0.08
5	拟建探伤室西南侧	0.08
6	拟建探伤室南侧	0.09
7	拟建探伤室东南侧	0.09
北京市范围 ^[1]		0.60~0.12

注：检测结果含宇宙射线响应值；

^[1]:北京市环保所北京市环境放射性水平调查与评价 1989。

由表 8-1 中检测结果可知，拟新增辐射工作场所周围的 X- γ 辐射剂量率：0.10~0.11 μ Gy/h，为北京市的天然本底范围之内，未发现异常高值。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 工作原理

9.1.1.1 工业 X 射线探伤机

工业 X 射线探伤机产生 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。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集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。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所突然阻挡从而产生 X 射线。典型的 X 射线管结构图见图 9-1。

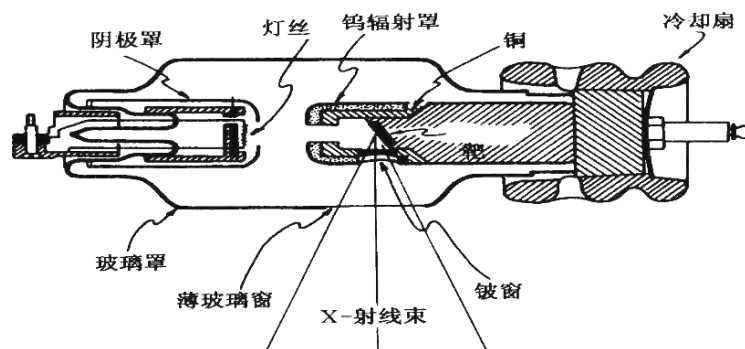


图 9-1 典型 X 射线管结构图

工业 X 射线探伤机数字检测系统主要由 X 射线探伤机及其控制系统、多通道高动态范围线阵列探测器、面阵列平板探测器、带 A/D 转换器的数据采集系统、图形工作站、处理软件、计算机系统等组成。本项目的工业 X 射线探伤机设备外观见图 9-2。



图 9-2 Smart EVO 300P 周向机和 Smart EVO 300DS 定向机

9.1.1.2 微焦点工业 X 射线探伤机

相对于常规 X 射线探伤设备，微焦点 X 射线成像系统对缺陷具有更高的识别能力。在 X 射线管中，电子从热阴极中出来，通过一个电场，向阳极加速。在撞到阳极时停止，同时释放出 X 射线。碰撞区域的大小就是 X 射线源的大小。在微焦点 X 射线管中，电子通过聚焦线圈的磁场力作用，聚焦在阳极靶上一个直径微米级的焦点上。通过这种方式 X 射线有效焦点变得很小，在高放大率的情况下能得到分辨率在微米范围内的清晰图像。在微焦点 X 射线检测的过程中，扇形的 X 射线穿过被检样品，然后在图像探测器上形成一个放大的 X 射线图像。该图像的质量主要由以下三点决定：放大率、分辨率及对比度。而图像分辨率（清晰度）主要由 X 射线源焦点尺寸的大小决定。本项目的 MXP130 型微焦点 X 射线机外观见图 9-3。



图 9-3 MXP130 型微焦点 X 射线机

9.1.2 设备性能参数

本项目使用的 3 台射线装置性能参数见下表所示。

表 9-1 X 射线机管球性能指标

序号	X 射线 管头参数	装置型号		
		Smart EVO 300DS	Smart EVO 300P	MXP130
1	焦点大小	3.0 或 1.0mm	0.5×5.5mm	8 μ m
2	高压范围	50-300kV	50-300kV	50-130kV
3	电流范围	0.5-4.5mA	0.5-4.5mA	0-100 μ A

4	最大功率	900W	750W	10W
5	辐射角	40° × 60°	38° × 360°	80°
6	辐射泄漏值	<5mGy/h	<5mGy/h	<1mGy/h

9.1.3 工作方式及操作流程

操作流程：检查设备→开机，面板上警报灯和 X-RAY 灯亮→获得初始值后，再调节 kV/mA 至所需值→照射工件样品，计算机获取数据并将数据传送到数据处理台→测量完毕，关闭 X 射线机→关闭电源。

9.2 污染源描述

9.2.1 主要放射性污染物

由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线装置的辐射是随机器的开、关产生和消失。因此，该单位使用的 X 射线装置在非使用状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。因此，在开机期间，X 射线成为污染环境的主要因子。

9.2.2 非放射性污染

在设备 X 射线装置作业时，X 射线与空气作用会产生少量臭氧和氮氧化物。

9.2.3 污染途径

9.2.3.1 正常工况时的污染途径

X 射线经透射、漏射和散射，对工作场所及其周围环境产生辐射影响。污染途径是 X 射线外照射。

9.2.3.2 事故工况下的污染途径

该公司使用的 X 射线装置属 II 类射线装置，发生的事故工况主要有以下两种情况：

（1）射线装置在对工件样品进行检测出束的工况下，门机联锁失效，工作人员误入检测室，受到意外的照射；

（2）门机联锁失效，防护门未完全关闭的情况下射线装置就能出束，致使 X 射线泄漏到检测室外面，给周围活动的人员造成意外的照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 项目建设内容

矩阵科工公司拟在顺义区民泰路 13 号院 9 号楼新建 2 间检测室(分别为 1 号、2 号检测室),在 1 号检测室使用 1 台微焦点 X 射线探伤机,在 2 号检测室使用 1 台周向和 1 台定向的 X 射线探伤机,开展无损检测数字化成像工艺开发与验证。检测室的屏蔽设计情况见表 10-1。检测室主体为钢结构框架,由槽钢、角钢、钢板等组成,铅板安装双层复合在框架上,检测室内表面用 4mm 钢板覆盖,外表面用 3mm 钢板覆盖,铅板安装时上下接缝处交叉错开,所有拼缝处、螺钉孔用铅条、铅块封补。每个检测室设有一个宽 1.65m、高 2.94 米的防护门。

表 10-1 检测室屏蔽设计一览表

序号	场所名称	机房尺寸 (m)	屏蔽墙体方向	屏蔽材料及厚度
1	1 号检测室	4.5×3× 3.4	东墙	22mm 铅+8mm 钢
			南、北墙	15mm 铅+7mm 钢
			西墙	15mm 铅+8mm 钢
			顶棚	12mm 铅+7mm 钢
			防护门(北)	15mm 铅+7mm 钢
2	2 号检测室	4.5×3× 3.4	东、西墙	22mm 铅+8mm 钢
			南、北墙	22mm 铅+7mm 钢
			顶棚	20mm 铅+7mm 钢
			防护门(东)	22mm 铅+7mm 钢

10.1.2 工作场所安全防护设施管理

工作场所安全与防护设施设计要求见表 10-1。

表 10-1 非医用Ⅱ类射线装置辐射场安全与防护设施设计要求

序号	项目	检查内容	是否 拟设 置	备注
1*	A 场所设施	入口电离辐射警告标志	√	
2*		入口处机器工作状态指示灯	√	

3	(固定式)	隔室操作	√	
4*		迷道	×	不设迷道，防护门屏蔽厚度满足要求
5*		防护门	√	
6*		控制台有防止非工作人员操作的锁定开关	√	配有钥匙开关
7*		门机联锁系统	√	
8*		照相室内监控设施	√	每个检测室拟安装 2 台监控摄像头
9		通风设施	√	
10*		机房内紧急停机按钮	√	1 号检测室东、西墙和 2 号检测室西墙拟各设置 1 个
11*		控制台上紧急停机按钮	√	控制台上拟设置 1 个
12*		出口处紧急开门按钮	√	1 号 2 号检测室出口处各设置 1 个
13*		准备出束声光提示	√	拟设有出束工作状态指示灯
15*	C 监测设备	便携式辐射监测仪器仪表	√	配备 1 台 451P，能响和量程满足 DB11/T 1033-2013 要求
16*		个人剂量计	√	
17*		个人剂量报警仪	√	每个检测室配备 2 台
18	D 应急物质	灭火器材	√	

注：加*的项目是重点项，有“设计建造”的划√，没有的划×，不适用的划/。

10.1.3 工作场所的辐射防护措施

(1) 检测室进行辐射屏蔽设计，确保检测室四周及室顶外30cm处辐射剂量率低于控制水平。

(2) 探伤工作区域与一层其它车间隔断，出入口采取门禁措施，限制无关人员进入，并按照控制区和监督区分区管理，检测室内为控制区，与检测室相邻的区域如操作位、防护门外、南墙外过道等为监督区。

(3) 检测室防护门为电动启闭平移门，减速机安装在防护门的上部，门

的两端设有行程开关，防护门外上方安装工作状态指示灯，拟贴有电离辐射警告标志。

(4) 机器旁、控制台均安装急停开关，方便紧急条件下中断探伤机电源，急停开关与射线机高压实现安全联锁，当压下急停开关后，射线机将不能出束；任何时候按下任一个急停开关，机器整机断电，而且急停开关必须复位后，才能重新启动。

(5) 射线装置的出束控制回路与防护门连锁。当检测室的防护门关好后，高压发生器和 X 射线装置上的电源才能接通；当检测室的防护门打开时，高压发生器上的电源和 X 射线装置上的电源均断开，X 射线装置不能工作；当防护门关好并且 X 射线装置工作时，防护门的打开开关失去作用，X 射线装置停止工作后，防护门才能打开。

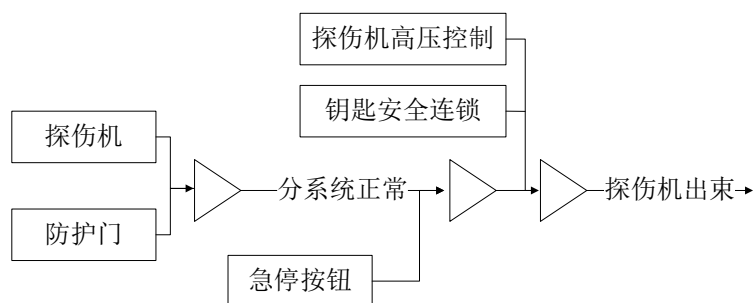


图 10-1 探伤机房安全连锁示意图

(6) 检测室内安装防护门应急开门按钮，供人员误留时使用。

(7) 每个检测室内拟安装 2 台监控摄像头，确保在控制台能观察到检测室内情况。

(8) 拟配置 1 台 451P 型电离室巡测仪，4 台 FJ-3200 型个人剂量报警仪。工作人员工作时必须佩戴个人剂量报警仪，报警仪能声音报警，一旦超标，会发出警告（报警值为 $2.5\mu\text{Gy/h}$ ）。

(9) 机房内拟设置有通风系统进行机械通风换气（不小于 4 次/h），防止机房空气中少量臭氧和氮氧化物等有害气体累积。检测室的顶面开设排风孔，外面安装铅板防护罩。

(10) 制定设备操作规程，严格执行按照设备既定安装位置及主束方向作业，并做好相关记录。

10.1.4 法规符合情况

依据《关于修改<放射性同位素与射线装置安全许可管理办法>的决定》（环

境保护部令第3号，2008年）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第18号，2011年）规定，现对矩阵科工公司从事本项目辐射活动能力评价列于表10-2和表10-3。

10.1.4.1 对照“环保部3号令”要求的满足情况

表10-2汇总列出了本项目对照《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全许可管理办法〉的决定》（环保部令第3号，2008年）对使用放射性同位素和射线装置单位承诺的对应检查情况。

表10-2 项目执行“环保部3号令”要求对照表

序号	应具备条件	落实情况	符合情况
1	使用放射性同位素、射线装置的单位，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。	已成立辐射防护领导小组，并在该机构设有专职管理人员。	符合
2	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。	6名辐射工作人员均已参加环保部认可单位组织的辐射防护与安全培训。	符合
3	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贮存库或设备。	不涉及该内容。	符合
4	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。	探伤工作场所设有安全联锁、急停按钮、工作警示灯和电离辐射警告标志等。	符合
5	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。	配备1台电离室巡测仪和4台个人剂量报警仪。	符合
6	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、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	拟制定辐射防护规章制度，包括辐射安全管理体系和岗位职责、射线装置操作规程、台账及仪器设备使用制度、射线装置处置辐射防护措施、辐射工作场所监测方案、个人剂量和健康管理制度、辐射安全培训制度、设备检修维护制度等，能够满足工作需要。	符合
7	产生放射性废气、废液、固体废物的，	不涉及该内容。	符合

	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。		
8	有完善的辐射事故应急措施。	拟制定辐射事故应急预案。	符合

10.1.4.2 对“环保部 18 号令”要求的满足情况

《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令第 18 号, 2011 年)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,本项目具备的条件与“环保部 18 号令”要求的对照检查如表 10-3 所示。

表 10-3 项目执行“环保部 18 号令”要求对照表

序号	安全和防护管理办法要求	落实情况	是否符合要求
1	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。	探伤场所设有安全联锁、急停按钮、工作警示灯和电离辐射警告标志等。	符合
2	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。	每年对射线装置及固定场所进行监测。	符合
3	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。	承诺每年 1 月 31 日前向环保部门提交年度评估报告。	符合
4	第十七条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲,对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训,并进行考核;考核不合格的,不得上岗。	6 名辐射工作人员均已参加环保部认可单位组织的辐射防护与安全培训并考核合格。	符合
5	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。应当安排专人负责个人剂量监测	拟为所有从事辐射工作的人员配备个人剂量计,并委托有资质单位进行个人剂量监测(每季度 1 次)。拟安排专人负责个人剂量监测管	符合

	管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。	理。	
6	第二十四条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，不具备个人剂量监测能力的，应当委托具备条件的机构进行个人剂量监测。	拟委托有资质单位对辐射工作人员进行个人剂量监测。	符合
以上分析可知，该单位从事本项目辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求。 10.2 三废的治理 （1）本项目运行中，不产生放射性“三废”。 （2）X 射线机运行过程中，会产生少量的臭氧和氮氧化物，对环境的影响是十分轻微的，可以忽略。			

表 11 环境影响分析

11.1 建设或安装过程的环境影响

该项目建设期间对环境的影响主要是铅房和设备安装过程中产生的噪声、粉尘以及振动等，为了不影响周围环境，在施工安装过程中（设备安装十分简单），将采取一些降噪、防尘措施。如在施工现场设置隔离带、设立声障，这样既可有效的减少扬尘的污染，又可降低噪声；合理安排施工时间，对振动较大的施工，尽量安排在下班或节假日进行。本项目施工基本上都在室内进行，且工程量小，基本不影响单位的正常工作和周围居民生活。

11.2 运行（使用）后对环境的影响

X 射线探伤机等设备运行过程中，不产生放射性三废，主要的污染物是 X 射线贯穿辐射，其次是伴随 X 射线产生的少量臭氧和氮氧化物。

11.2.1 贯穿辐射影响

11.2.1.1 辐射剂量估算公式

以下估算公式参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）。

（1）主射线束辐射

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0}{R^2} \times K^{-1} \quad (11-1)$$

式中： $\dot{H}$ 为估算点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_0$ 为距 X 射线机靶 1m 处的剂量， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R 为 X 线管靶点到关注点的距离，m；

K^{-1} 为已知屏蔽墙厚度的衰减因子，查 GBZ/T250-2014 标准中的曲线得到已知屏蔽厚度对应的衰减因子。

（2）泄漏辐射

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_{0L}}{R^2} \times K^{-1} \quad (11-2)$$

$$K^{-1} = 10^{-h/TVL} \quad (11-3)$$

式中： $\dot{H}_{0L}$ 为距 X 射线机靶 1m 处的泄漏剂量；

h 为屏蔽物质的厚度；

TVL 为屏蔽物质半值层厚度；

其它因子含义同上。

(3) 散射辐射

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_s}{R^2} \times K^{-1} \times f \quad (11-4)$$

散射线最大能量的计算公式：

$$E_s = \frac{E_0}{1 + 1.96E_0(1 - \cos\theta_s)} \quad (11-5)$$

式中： $\dot{H}_s$ 为 X 射线机在散射面散射前的剂量， $\mu\text{Sv/h}$ ；

f 为散射因子，根据 GBZ/T250-2014 附录 B.4.2，取值为 0.02；

R 为散射面中心点到关注点的距离，m；

E_s (MeV)、 E_0 (MeV) 分别表示散射线最大能量和入射线最大能量；

θ_s 为散射角；

其它因子含义同上。

(4) 年受照剂量

$$E = \sum W_T \times \dot{H} \times T \times t \quad (11-6)$$

式中： E 为年有效剂量， $\mu\text{Sv/a}$ ；

$\sum W_T$ 为组织 T 组织权重因数，对全身均匀照射 $\sum W_T=1$ ；

$\dot{H}$ 为关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

T 为人员的居留因子；

t 为年曝光时间，h/a。

11.2.1.2 屏蔽计算

本报告在设备最高辐射输出条件下估算两个检测室外关注点的辐射剂量，在计算中使用了 GBZ/T250-2014 中的有关方法与数据。

(1) 设备技术指标

根据单位提供的拟安装工业 X 射线探伤机的技术资料，设备与屏蔽估算相关的技术参数见表 11-1。

表 11-1 工业 X 射线探伤机技术参数

技术指标	Smart EVO 300DS	Smart EVO 300P	MXP130
最大管电压 kV	300	300	130

最高电压时的最大电流, mA	3	2.5	0.077
1m 处 X 线最大剂量率, (Sv/h)	——	——	——
1m 处的辐射泄漏剂量率, (mSv/h)	<5	<5	<1
X 线输出张角, 度	40° × 60°	38° × 360°	80°
照射方向	定向 (下)	周向 (南北上下)	定向 (东、南)

(2) 检测室各墙防护的主要对象:

主束区: 仅考虑有用束的直接照射, 忽略进入该区的泄漏辐射和散射辐射;

非主束区: 散射线平均能量低于泄漏辐射的平均能量, 且铅的屏蔽效果差别较大, 因此该区域只考虑泄漏辐射。

(3) 屏蔽计算的条件如下:

- ① 1 号检测室 MXP130X 射线机主束向东墙、南墙, 使用因子 U 各取 1/2;
2 号检测室 Smart EVO 300DS X 射线探伤机主束向下, Smart EVO 300P 探伤机南北向剖面周向照射; 工作时设备均位于检测室中央, 靶距东西墙距离均为 1.5m, 距南北墙距离均为 2.25m, 距地面高度 1.5m, 距检测室顶内表面 1.9m。
- ② 参照 GBZ/T 250-2014 附录 A 不同场所与环境条件下的居留因子, 检测室北墙外操作区居留因子 T=1, 南墙外车间组装区其他工作人员居留因子 T=1; 检测室其它周围毗邻区域属于部分居留场所, 工作人员按居留因子 T=1/2, 公众按居留因子 T=1/4。
- ③ 本次估算采用 GBZ/T250-2014 标准中给出的 1m 处输出量, 300 kV、3mm 铝滤过情况下为 20.9mGy/ mA · min, 150kV、2mm 铝滤过情况下为 18.3mGy/ mA · min, 则根据设备功率计算出 MXP130X 射线机、Smart EVO 300DS、Smart EVO 300P 探伤机 1m 处剂量率分别为 84.5mGy/h、3762mGy/h、3135mGy/h; 300 kV 铅屏蔽的 TVL=5.7mm, 150 kV 铅屏蔽的 TVL=0.96mm。
- ④ 根据单位提供的资料, 每台设备每次曝光时间约为 2min, 平均每天曝光 20 次, 每周工作 5 天, 年曝光工作时间 t=167h。

(4) 检测室外关注点附加剂量率估算

根据 GBZ/T250-2014 计算检测室周围主要关注点的剂量率, 计算点位见图 11-1, 结果列于表 11-2。

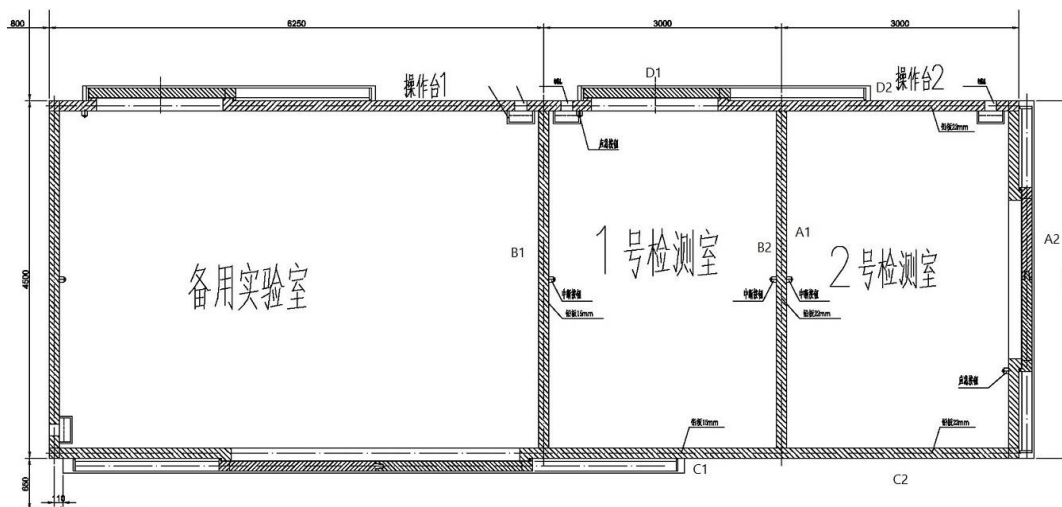


图 11-1 检测室外剂量估算点位示意图

表 11-2 关注点的剂量率估算结果

位 置	距离 m	屏蔽厚度	射线束	衰减因子 K^{-1}	剂量率 $\mu\text{Gy/h}$
1 号检测室东墙外 A1	1.8	22mm 铅+8mm 钢	主束	1.96E-24	5.1E-20
1 号检测室西墙外 B1	1.8	15mm 铅+8mm 钢	漏射	2.37E-16	7.32E-14
1 号检测室南墙外 C1	2.55	15mm 铅+7mm 钢	主束	3.83E-17	5.0E-13
1 号检测室防护门外 D1	2.55	15mm 铅+7mm 钢	漏射	2.37E-16	3.65E-14
1 号检测室室顶	2.2	12mm 铅+7mm 钢	漏射	3.16E-13	6.53E-11
2 号检测室防护门外 A2	1.8	22mm 铅+7mm 钢	漏射	1.38E-04	0.21
2 号检测室西墙外 B2	1.8	22mm 铅+8mm 钢	漏射	1.08E-04	0.17
2 号检测室南墙外 C2	2.55	22mm 铅+7mm 钢	主束	3.5E-06	1.7
2 号检测室北墙外 D2	2.55	22mm 铅+7mm 钢	主束	3.5E-06	1.7
检测室南墙外车间组 装区	5.5	22mm 铅+7mm 钢	主束	3.5E-06	0.37
2 号检测室室顶	2.2	20mm 铅+7mm 钢	主束	1.0E-05	6.5
二层其它实验系统摆 放区域	6.0	20mm 铅+20cm 砼	主束	1.0E-07	8.7E-3

注: 参照 ICRP33 号报告中表 5, 7mm 钢 300kV 电压下相当于 0.5mm 铅, 8mm 钢 300kV 电压下相当于 0.6mm 铅, 1 号机房因铅屏蔽较厚衰减因子未考虑钢的因素。

根据以上估算，1 号检测室四周墙外及室顶的周围剂量当量率最大值为 $6.53\text{E-}11\mu\text{Sv/h}$ （室顶），满足低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求，对周围人员的辐射影响很小，可忽略；2 号检测室四周墙外的周围剂量当量率最大值为 $1.7\mu\text{Sv/h}$ （南墙外），满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“探伤室墙和入口门关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”要求，室顶外 30cm 处剂量率为 $6.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足 GBZ/T250-2014 中“不需要人员到达的探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平可取为 $100\mu\text{Sv/h}$ ”的要求，且二层人员居留区域仅为 $8.7\text{E-}3\mu\text{Sv/h}$ ，满足标准要求。

（5）天空散射分析

本项目 2 号检测室室顶外 30cm 处剂量率仅为 $6.5\mu\text{Sv/h}$ ，天空散射因子穿过检测室顶造成的天空散射的辐射影响可忽略。

（6）年附加有效剂量估计

根据检测室外剂量率估算结果，MXP130X 对周围人员的辐射影响可忽略。根据单位提供的资料，2 号检测室周向和定向探伤机的年曝光工作时间均为 167h，采用机房外各关注点最大剂量率及居留因子估算的工作人员和公众的年附加剂量见表 11-3，工作人员和公众年附加有效剂量分别为 $284\mu\text{Sv}$ 和 $71\mu\text{Sv}$ ，低于评价设定的剂量约束值。

表 11-3 2 号检测室主要关注点的年剂量估算

位置	附加剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	年出束时间 (h)	年附加有效剂量 (μSv)
北墙外操作区（工作人员）	1.7	1	167	284
防护门外（工作人员）	0.21	1/2	334	35
南墙外过道（公众）	1.7	1/4	167	71
南墙外车间组装区（公众）	0.37	1	167	62

11.2.2 O_3 和 NO_x 分析

11.2.2.1 O_3 的产额

根据以往的环评经验，工业 X 射线探伤机运行过程中，臭氧的产生量十分有限。公式 11-7~11-10 参考（中华放射医学与防护杂志 Vol14, 2, P101~P103，

1994), 依照下式计算扩展射线束所致 O₃ 的产额:

(1) 有用线束的 O₃ 产额

$$P = 2.43 \dot{D}_o (1 - \cos \theta) RG \quad (11-7)$$

式中: P 为 O₃ 产额, mg/h;

$\dot{D}_o$ 为辐射有用束在距靶 1m 处的输出量, Sv·m²/min;

R 为靶到屏蔽物 (墙) 的距离, m;

G 为空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O₃ 分子数 ($G=10$);

θ 为有用束的半张角。

(2) 泄漏辐射的 O₃ 产额

将泄漏辐射看为 4π 方向均匀分布的点源 (包括有用束区限定的空间区), 并考虑机房壁的散射线使室内的 O₃ 产额增加 10%, O₃ 的产额 P (mg/h) 为:

$$P = 3.32 \times 10^{-3} \dot{D}_o GV^{1/3} \quad (11-8)$$

式中: V 为探伤室检测室的体积, m³; 其余符号同 (11-4)。

11.2.2.2 O₃ 的浓度

设: O₃ 的有效分解时间为 t_d (常取为 0.83h), 机房通风换气周期为平均每次换气需通风 t_v 小时 (h)。

机房最高饱和 O₃ 浓度 (mg/h) 为:

$$Q = \frac{P}{\bar{T}} \quad (11-9)$$

式中: V 为机房的体积, m³;

$\bar{T}$ 为 O₃ 的有效清除时间 (h):

$$\bar{T} = \frac{t_v \cdot t_d}{t_v + t_d} \quad (11-10)$$

11.2.2.3 参数与结果

本项目中 1 号检测室和 2 号检测室室内尺寸相同, 但 2 号检测室 300kV 探伤机的 O₃ 产额要大于 1 号检测室中的微焦点 X 射线机, 因此以 2 号检测室中周向机为例进行评价。

(1) O₃ 产额

探伤室和射线装置参数如下: $\dot{D}_0 = 52.25 \text{mSv/min}$; $R=2.4\text{m}$ (最大值);

$\theta=180^\circ$; $V=4.5\times 3\times 3.4=45.9\text{m}^3$ 。

按 (11-7) 估算有用线束的 O_3 产额, $P=6.065\text{mg/h}$, 按 (11-8) 估算泄漏辐射的 O_3 产额, $P=0.01\text{mg/h}$, 此二项合计, $P=6.07\text{mg/h}$ 。

(2) O_3 浓度

假设没有通风:

$\bar{T}=t_d=0.83\text{h}$, $V=45.9\text{m}^3$, $Q=0.11\text{mg/m}^3$, 此值低于工作场所中 O_3 浓度限值 0.3mg/m^3 。

机房内拟设置有通风系统进行机械通风换气 (不小于 4 次/h), 防止机房空气中少量臭氧和氮氧化物等有害气体累积。按每小时通风 4 次考虑, $t_v=0.25\text{h}$, $\bar{T}=0.192\text{h}$, $Q=0.025\text{mg/m}^3$, 远低于工作场所中 O_3 浓度限值 0.3mg/m^3 。因此 O_3 的影响是轻微的。

(3) NO_x 分析

在多种氮氧化物 (NO_x) 中, 以 NO_2 为主, 其产额约为 O_3 的一半, 工作场所中的限值为 O_3 浓度的 16.7 倍, 《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中规定的外部环境中 NO_2 的浓度限值与 O_3 相近。因此, NO_x 的影响可忽略。

11.3 异常事件分析与防范建议

11.3.1 事件 (故) 分析

在异常和事故状态下, 如安全装置失灵、损坏等, 人员可能误入正在进行探伤工作的检测室内, 或者人员误留而出束, 此时将会受到 X 射线照射的危害。此外, 如果设备发生丢失, 也可能导致潜在照射事故。

11.3.2 事件 (故) 防范措施建议

(1) 探伤照射不能停束: 操作人员必须严格按照操作规程操作设备, 如发现探伤设备不能正常停止照射时, 应立刻切断总电源, 强制停止照射, 然后请厂家进行设备检修。

(2) 事故性出束: 人员在检测室内工作时, 操作人员误开机出束。

为防止人员误留受到照射, 工作人员在每次进入检测室时携带 X 射线剂量报警仪; 出束前应有声音报警, 提示工作人员及时从检测室内撤出。此外, 墙壁上设有紧急停止开关, 供误留人员应急。还有定期维护门机联锁装置, 防止

人员误入而受照。

（3）人员超剂量照射：一旦怀疑人员可能受到较大剂量照射，应及时送医院进行医学处理。

（4）潜在照射：设备在被盗或丢失后，如果在无屏蔽情况下出束将会发生人员误照射。所以，应加强安全管理，防止设备被盗或丢失。

（5）其它：地震等自然灾害导致正在探伤作业的检测室破损等的情况极少发生。自然灾害发生时，通常会停电，此时该设备将无法继续运行和出束。

（6）辐射事故

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条和国家环境保护总局环发<2006>145号文件之规定，发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门报告。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全管理机构

12.1.1 辐射安全管理小组

为了加强辐射安全和防护管理工作，矩阵科工公司成立了辐射防护领导小组，由总经理担任组长，技术部经理担任副组长，并指定单联祺专职负责辐射安全管理工作；并且还规定了组长、副组长及各成员的职责分工。辐射防护领导小组成员名单见表 12-1。

表 12-1 矩阵科工公司辐射防护领导小组成员名单

职位	姓名	职务或职称	专业	工作部门	联系电话	专/兼职
组长	江运喜	总经理	行政管理	管理部	13910978697	兼职
副组长	白小宝	工程师	应用物理	技术部	13651116459	兼职
组员	单联祺	工程师	应用物理	技术部	13911509939	专职
	曹长涛	工程师	电子技术	技术部	13520834099	兼职
	马建涛	工程师	计算机教育	技术部	13811520764	兼职

辐射安全管理小组的职责：

1. 在该单位辐射安全管理组长、副组长的领导下，负责该单位辐射安全防护的管理工作。

2. 贯彻执行国家、北京市政府部门有关法律、法规、规章、相关标准及有关规定。负责对该单位相关部门和人员进行法律、法规及相关标准的培训、教育、指导和监督检查等工作。

3. 制定、修订该单位辐射安全防护管理制度及仪器设备操作规程。

4. 制定、修订辐射事故应急预案，配备相应的事故处理物资仪器、工具，一旦发生辐射意外事故或情况，在辐射安全管理组长的指挥下负责事故现场的应急处理工作。

5. 负责办理辐射安全许可证的申请、登记、换证及年审等工作。

6. 建立射线装置档案，组织该单位有关部门和人员对使用的射线装置及剂量监测仪器进行检查和维护保养，保证正常使用。

7. 对该单位从事辐射工作的人员进行条件和岗位能力的考核，组织参加专业体检、培训并取得相应资格证。

8. 组织实施对从事辐射工作人员的剂量监测，做好个人剂量计定期检测工作，对数据进行汇总、登记、分析等工作。做好该单位年度评估报告工作，认真总结、持续改进并上报有关部门。

12.1.2 辐射工作人员

本项目拟配备 6 名辐射工作人员，该公司已安排参加环保部门认可的辐射安全与防护培训班学习。

表 12-1 本项目相关辐射工作人员基本情况一览表。

序号	姓 名	工作岗位	学历	辐射安全与防护培训时间	培训证号
1	白小宝	工业探伤	本科	2018.1.27-2018.1.28	B1801018
2	单联祺	工业探伤	本科	2018.1.27-2018.1.28	B1801016
3	曹长涛	工业探伤	本科	2018.1.27-2018.1.28	B1801019
4	马建涛	工业探伤	本科	2018.1.27-2018.1.28	B1801015
5	李荣	工业探伤	本科	2018.1.27-2018.1.28	B1801020
6	乔明	工业探伤	本科	2018.1.27-2018.1.28	B1801017

12.2 辐射安全管理规章制度

矩阵科工公司为安全使用 X 射线装置，拟制定管理制度，包括：辐射安全管理体系和岗位职责、射线装置操作规程、辐射工作场所监测方案、个人剂量和健康管理制、辐射安全培训制度、设备检修维护制度、台账管理制度、辐射应急预案及演练等，并严格按照规章制度进行辐射安全管理，能够满足本项目工作的需要。

12.3 辐射监测

12.3.1 个人剂量监测

矩阵科工公司拟制订该单位辐射工作人员个人剂量监测的管理制度，要求辐射工作人员接受个人剂量监测，并建立相应的个人剂量监测档案。个人剂量监测工作拟委托有资质单位承担，监测频度为每 3 个月检测一次。公司将严格要求辐射工作人员按照规范佩戴个人剂量计，规定在个人剂量计佩戴时间届满

一个监测周期时，由专人负责收集人员佩戴的剂量计送检更换。

12.3.2 工作场所和辐射环境监测

该单位拟配置 1 台 451P 型电离室巡测仪和 4 台 FJ-3200 型个人剂量报警仪，451P 型电离室巡测仪能响和量程符合 DB11/T 1033-2013 中相关要求，可以满足实际工作的需求，该单位应保证每年将辐射监测仪委托有资质部门校准或检定，并确保在校准或检定有效期内使用。

单位每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行 1 次辐射水平监测，同时进行自主监测，建立辐射环境监测记录，包括测量位置、测量条件、测量仪器、测量时间、测量人员和剂量率数据等内容。

12.3.3 工作场所自行监测方案

辐射工作人员使用辐射监测仪器对检测室周围进行监测，监测点位及频次见表 12-2，检测点位见图 12-1。

表 12-2 拟建检测室 X 射线剂量率监测点位频次

场 所	测点位置	检测频次
1 号、2 号检测室	操作台	1 次/年
	东墙外 30cm	1 次/年
	西墙外 30cm	1 次/年
	南墙外 30cm	1 次/年
	北墙外 30cm	1 次/年
	防护门外 30cm	1 次/年
	9 号楼二层	1 次/年

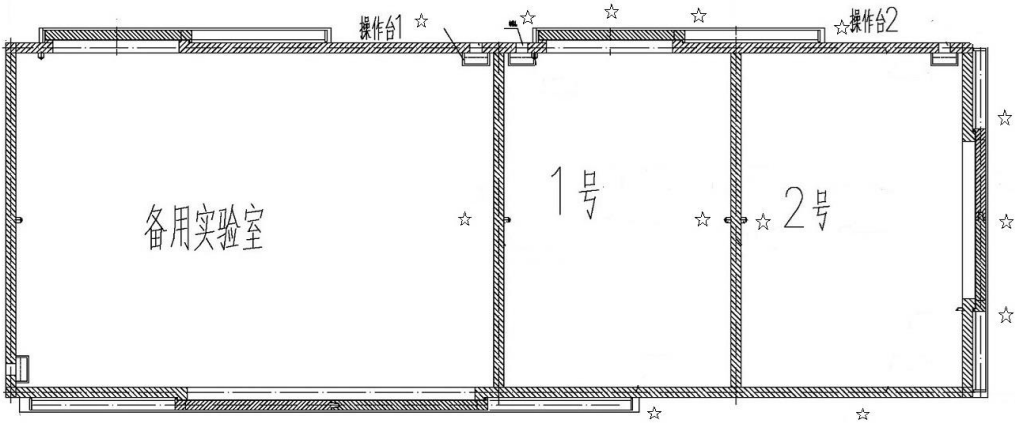


图 12-1 矩阵科工公司自行检测点位图（标注*为检测位置）

12.4 辐射事故应急管理

矩阵科工公司依据《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》等法律法规的要求，拟制定辐射事故应急预案，一旦发生辐射事故时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，妥善处理，保护工作人员和公众的健康与安全，同时应在应急预案中进一步明确规定处理的组织机构及其职责分工、事故分级、应急措施、报告程序、联系方式等内容。

发生辐射事故时，应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。该单位将每年至少组织一次应急演练。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 实践正当性分析

矩阵科工公司为辐射安全许可证新申请单位，为开展新的 X 射线数字成像检测技术的研究与推广，解决由于新材料、新工艺的应用而带来的实际检测问题，该公司拟租用顺义区民泰路 13 号院 9 号楼新建 2 间检测室使用 3 台工业 X 射线探伤机。根据《产业结构调整指导目录》（2011 年），本项目属于“第十四类 机械”，本项目为无损检测设备，属于鼓励类，符合国家产业政策。本项目的实施能为数字射线检测技术的研究和应用提供有力的技术保障，且项目实施后对环境的影响轻微，能够达到经济、社会、环境的协调发展。故上述工业 X 射线探伤机的使用符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

13.1.2 选址合理性分析

本项目检测室所在场所位于工业区内，该工作区域考虑了工作场所及周围场所的屏蔽防护与安全，为相对独立的区域，项目选址和布局设计基本合理，控制区和监督区划分明确，基本满足辐射工作场所安全使用的要求。因而从辐射环境保护方面论证，该项目选址是可行的。

13.1.3 辐射防护屏蔽能力分析

矩阵科工公司为本项目配备了专用检测室，检测室外关注点的周围剂量当量率满足 GBZ/T250-2014、GBZ117-2015 的要求。检测室拟设置门-机联锁、急停按钮、工作状态指示灯及电离辐射警示等措施，符合辐射安全防护的要求。

13.1.4 辐射环境评价

（1）估算结果表明：本项目运行时，预计工作人员和公众的年受照剂量均低于相应剂量约束值（2mSv、0.1mSv），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

（2）本项目中射线装置正常运行（使用）情况下，均不产生放射性废气、放射性废水和放射性固体废物，故不存在放射性“三废”对环境影响的问题。

（3）本项目中，射线装置在运行时会产生微量的臭氧、氮氧化合物等有害气体，在采取机械通风的情况下，有害气体对环境和人员的影响十分轻微。

(4) 辐射安全防护管理：该单位设有辐射安全与防护领导小组，负责该单位的辐射安全管理和监督工作。拟制定操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、辐射事故应急预案和设备检修维护制度等，申领辐射安全许可证前完善辐射管理制度，并遵照执行。

(5) 与《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全许可管理办法〉的决定》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的规定对照检查，满足要求。

13.1.5 结论

综上所述，矩阵科工公司使用Ⅱ类射线装置项目，在落实项目实施方案和本报告表提出的污染防治措施及建议前提下，其运行对周围环境产生的辐射影响，符合环境保护的要求。故从辐射环境保护角度论证，本项目的运行是可行的。

13.2 承诺

(1) 开展辐射工作人员个人剂量监测工作，如果发现个别人员季度受照剂量高于 0.50mSv，将采取减少操作时间和改善防护的方法进行控制。

(2) 发生或发现辐射事故后，单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门和公安部门报告。

(3) 严格按照相关法规、标准要求开展作业，不违规操作，不弄虚作假。

(4) 项目竣工后应按照环保相关法规要求及时办理竣工验收，并接受环保部门的监督检查。

13.3 项目环保验收内容建议

根据项目建设和运行情况，评价单位建议本项目竣工环境保护验收的内容见表13-1。

表13-1 项目环保验收内容建议表

验收内容	验收要求
剂量限值	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和环评报告预测，公众、职业照射剂量约束值执行 0.1mSv/a 和 2mSv/a 要求。

剂量率控制水平	检测室四面墙、入口门和检测室二层人员居留区域外辐射剂量率不大于 2.5 μ Sv/h。
电离辐射标志和中文警示	防护门外设有出束工作状态指示灯，贴有电离辐射警告标志。
布局和屏蔽设计	辐射工作场所建设和布局与环评报告表描述内容一致。检测室墙体和防护门的屏蔽能力满足辐射防护的要求。
辐射安全设施	设有安全联锁、急停按钮、工作警示灯和电离辐射警告标志等。
监测仪器	配备 1 台辐射监测仪、4 台个人剂量报警仪，辐射工作人员配有个人剂量计。
规章制度	已经制定有辐射安全管理体系和岗位职责、射线装置操作规程、辐射工作场所监测方案、个人剂量和健康管理制、辐射安全培训制度、设备检修维护制度、辐射应急预案及演练等。辐射安全管理制度和操作规程，并得到宣贯和落实。
人员培训	辐射工作人员参加环保部或市环保部门认可的培训机构的培训，并取得合格证书。
应急预案	辐射事故应急预案符合工作实际，应急预案明确了应急处理组织机构及职责、处理原则、信息传递、处理程序和处理技术方案等。配备必要的应急器材、设备。针对使用射线装置过程中可能存在的风险，建立应急预案，落实必要的应急装备。进行过辐射事故（件）应急演练。

表 14 审 批

下一级环保部门预审意见：	
公 章	
年 月 日	经 办 人

审批意见：	
公 章	
年 月 日	经 办 人