

核技术利用建设项目

X 射线实时成像检测系统应用项目
环境影响报告表
（公示版）

浙江锋龙电气股份有限公司

2017 年 9 月

环境保护部制

核技术利用建设项目

X 射线实时成像检测系统应用项目 环境影响报告表

建设单位名称： 浙江锋龙电气股份有限公司

建设单位法人代表(签名或盖章)： 董剑刚

通讯地址： 绍兴市上虞区梁湖工业园区倪禄路 5 号

邮政编码： 312399 联系人： 钟黎达

电子邮箱： / 联系电话： 13858533827

目 录

表 1	项目基本情况.....	2
表 2	放射源.....	4
表 3	非密封放射性物质.....	4
表 4	射线装置.....	5
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）.....	5
表 6	评价依据.....	7
表 7	保护目标与评价标准.....	8
表 8	环境质量和辐射现状.....	13
表 9	项目工程分析与源项.....	16
表 10	辐射安全与防护.....	19
表 11	环境影响分析.....	21
表 12	辐射安全管理.....	24
表 13	结论与建议.....	26
表 14	审批.....	错误！未定义书签。

表 1 项目基本情况

建设项目名称		X 射线实时成像检测系统应用项目			
建设单位		浙江锋龙电气股份有限公司			
法人代表	***	联系人	***	联系电话	*****
注册地址		绍兴市上虞区梁湖工业园区倪禄路 5 号			
项目建设地点		浙江锋龙电气股份有限公司新厂区飞轮车间内（晾网山路 6 号）			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	60	项目环保投资 (万元)	6	投资比例(环保投资/总投资)	10%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他		占地面积(m ²)	
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类(医疗使用) ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类		☐ III 类
		☐ 销售	☐ II 类		☐ III 类
		☒ 使用	☒ II 类		☐ III 类
	其他				

1.1 建设单位基本情况

浙江锋龙电气股份有限公司（以下简称“公司”）成立于 2003 年 6 月，位于绍兴市上虞区梁湖镇工业区，公司主要从事汽车配件的生产，目前拥有年产 500 万套点火总成及磁飞轮的生产能力。该项目于 2007 年经原上虞市环境保护局审批通过，批文号为虞环审(2007)59 号。由于人民生活水平的提高，汽车进入了千家万户，从而也带动了汽车零部件行业的发展，面对良好的市场环境和不断增加的市场需求，浙江锋龙电气股份有限公司经研究决定租用浙江昊龙电气有限公司位于工业区晾网山路 6 号的闲置厂房，新增一套拥有年产 500 万套磁电机的生产能力的生产线。公司于 2017 年 1 月申报了“浙江锋龙电气股份有限公司年产 500 万套磁电机技改项目环境影响评价报告表”，并于 2017 年 4 月通过绍兴市上虞区环保局的审批（虞环审（2017）65 号），于 2017 年 8 月通过绍兴市上虞区环境保护局的竣

工环保阶段性验收（虞环建验（2017）100 号）。

1.2 项目由来

为了对公司生产的磁电机飞轮进行无损检测，从而满足生产发展需要及提高产品质量，公司现于其厂房内新增 1 套 X 射线实时成像检测系统（XYG-161015）用于对飞轮的无损检测，该系统包括 1 台 X 射线探伤机、1 个整体铅房（探伤室）及显示和控制系统。该公司只在铅房内进行探伤工作。

根据国家有关建设项目辐射环境管理规定，本项目应编制辐射环境影响报告表，并向有权限的环保部门申领辐射安全许可证。为保护环境、保障公众健康，浙江锋龙电气股份有限公司委托浙江问鼎环境工程有限公司（国环评证乙字第 2053 号）对本建设项目进行辐射环境影响评价。

1.3 评价目的

（1）对该公司现有 X 射线实时成像检测装置及其周围进行 X- γ 辐射剂量率现状水平监测，以掌握 X 射线实时成像检测装置在正常工作条件下周围环境的 X- γ 辐射剂量率水平。

（2）对公司现有 X 射线实时成像检测装置进行辐射环境现状评价。

（3）对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。

（4）满足国家和地方环境保护部门对建设项目环境管理规定的要求，为该项目的辐射环境管理提供科学依据。

1.4 项目地理位置

本项目地址位于绍兴市上虞区梁湖工业园区晾网山路 6 号，公司东侧为上虞区工艺品总厂玩具分厂，南侧为上虞恒大照明电器有限公司，西侧为浙江朝舜机电有限公司，北侧隔晾网山路为浙江自强铝业有限公司。本项目探伤铅房位于公司新厂址北侧的飞轮车间内，飞轮车间所在建筑一共 2 层，一层为飞轮车间，二层为仓库。整体铅房的东侧为飞轮车间，南侧隔过道为飞轮车间金加工组，西侧为检验室，北侧配电房，评价范围 50m 内无学校和居民住宅等环境敏感目标。

项目地理位置见附图 1，周围环境关系见附图 2。

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 射线实时成像检测系统	II	1	XYG-161015	160	10	无损检测	飞轮车间内	已购
2	/	/	/	/	/	/	/	/	/
3									
4									

（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
臭氧和 NO _x	气体	/	/	少量	少量	少量	不暂存	直接进入大气，臭氧在常温常压下可自行分解为氧气
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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说明，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(2014 年修订)》，2015 年 1 月 1 日； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法(2016 年修订)》，2016 年 9 月 1 日； (3) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，2017 年 9 月 1 日； (4) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日； (5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日； (6) 《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，2014 年 7 月 9 日； (7) 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； (8) 《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； (9) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》，省政府令第 321 号，2014 年 3 月 13 日； (10) 《浙江省辐射环境管理办法》，省政府令第 289 号，2012 年 2 月 1 日； (11)《省环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单(2015 年本)》及《设区市环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的重污染、高环境风险以及严重影响生态的建设项目清单(2015 年本)》的通知，浙环发[2015]38 号，2015 年 10 月 23 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》，GB 18871-2002； (3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》，GBZ/T 250-2014； (4) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》，GBZ 117-2015。

其他	(1) 环评委托书，见附件 1； (2) 企业营业执照，见附件 2； (3) 一般类项目环评批复，见附件 3； (4) 一般类项目竣工验收批复，见见附件 4； (5) 设备合格证，见附件 5； (6) 规章制度文件，见附件 6； (7) 辐射环境现状检测报告，见附件 7；
----	---

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目的特点，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关规定：“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”，本项目评价范围为铅房边界外 50m 范围内区域，评价范围示意图见附图 2。

7.2 保护目标

本项目 X 射线探伤铅房边界外 50m 评价范围内无学校居民住宅等环境敏感点，辐射工作人员及铅房周围 50m 范围内车间及厂内道路其他工作人员作为主要关注对象，环境保护目标为 X 射线探伤铅房周围活动的辐射工作人员、以及公司内的其他非辐射工作人员和公众成员。详见表 7-1。

表 7-1 项目环评范围内主要关注对象一览表

序号	周边环境	保护对象		人数	相对位置	年剂量约束值
1	检测室	职业	辐射工作人员	2	最近处铅箱西北侧约 2m	5mSv
2	检验室	公众	工作人员	10	最近处铅箱西侧约 3m	0.25mSv
3	厂区道路		生产人员	/	最近处铅箱 15m	
4	车间		生产人员	50	最近处铅箱 5m	

7.3 评价标准

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

（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）。

B1 剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的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。
本项目取其四分之一即 5mSv 作为管理限值。

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

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。

本项目取其四分之一即 0.25mSv 作为管理限值。

7.3.2 《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）。

本标准规定了工业 X 射线探伤装置、探伤作业场所及放射工作人员与公众的放射卫生防护要求和监测方法。

本标准适用于 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置（以下简称 X 射线装置）的生产和使用。

4.1 防护安全要求

4.1.1 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。

4.1.2 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。

4.1.3 X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 人员在关注点的周剂量参考控制水平，对职业工作人员不大于 100 μ Sv/周，对公众不大于 5 μ Sv/周；

b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h。

4.1.4 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顶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 4.1.3；

b) 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 μ Sv/h。

4.1.5 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 射线装置才能进行探伤作业。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。

4.1.6 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。“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。

4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

4.1.8 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。

4.1.9 探伤室工件门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

4.1.10 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。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。按钮或拉绳应当带有标签，标明使用方法。

4.1.11 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。

4.2 安全操作要求

4.2.1 探伤工作人员进入探伤室时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，剂量仪报警,探伤工作人员应立即离开探伤室，同时阻止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

4.2.2 应定期测量探伤室外周围区域的辐射水平或环境的周围剂量当量率，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，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

4.2.3 交接班或当班使用剂量仪前，应检查剂量仪是否正常工作。如在检查过程中发现剂量仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

4.2.4 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。

4.2.5 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工件门。只有在工件门关闭、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。

4.2.6 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大必须开门探伤，应遵循 5.1、5.3、5.4、5.5 的要求。

7.3.3 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

1 范围

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。

本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3.2 探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽，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。

3.2.3 当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度。（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（HVL）。

3.3 其他要求

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。

3.3.5 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。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 X 射线探伤铅房位置及布局

本项目位于公司新厂北侧金工车间内，整体铅房的东侧为车间空地，南侧隔车间内通道为 STIHL 加工线，西侧为检验室，北侧为机房，铅房位置见附图 3。

8.2 X 射线探伤室及其周围辐射环境背景水平监测

为了解浙江锋龙电气股份有限公司 X 射线探伤铅房及其周围环境的辐射环境背景水平，委托浙江鼎清环境检测技术有限公司于 2017 年 8 月 4 日对铅房周围环境进行辐射环境现场监测，检测报告见附件 7。

8.2.1 监测因子及点位

监测因子：X- γ 辐射剂量率；

检测点位：铅房建设地址；

监测时间：2017 年 8 月 4 日。

8.2.2 监测仪器及规范

监测仪器的参数与规范见表 8-1。

表 8-1 X- γ 射线剂量率监测仪器参数与规范

项目	内容
仪器名称	便携式多功能射线检测仪
仪器型号	BG9512（内置探头：BG9512；外置探头：BG7030）
生产厂家	贝谷科技股份有限公司
能量范围	内置探头：50keV~1.3MeV；外置探头： $\geq 60\text{keV}$
量程	内置探头：0.1 $\mu\text{Sv/h}$ -30mSv/h(137Cs)；外置探头：本底-200 $\mu\text{Gy/h}$
检定证书	上海市剂量测试技术研究院华东国家剂量测试中心 (编号：2016H21-20-003550) 有效期：2016 年 8 月 17 日~2017 年 8 月 16 日
监测规范	GB/T14583-93《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》 HJ/T61-2001《辐射环境监测技术规范》

8.2.3 质量保证措施

(1) 合理布局监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。

- (2) 监测方法采取国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- (3) 检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，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

8.2.4 监测结果及评价

现状监测点位见图 8-1，监测结果见表 8-2。

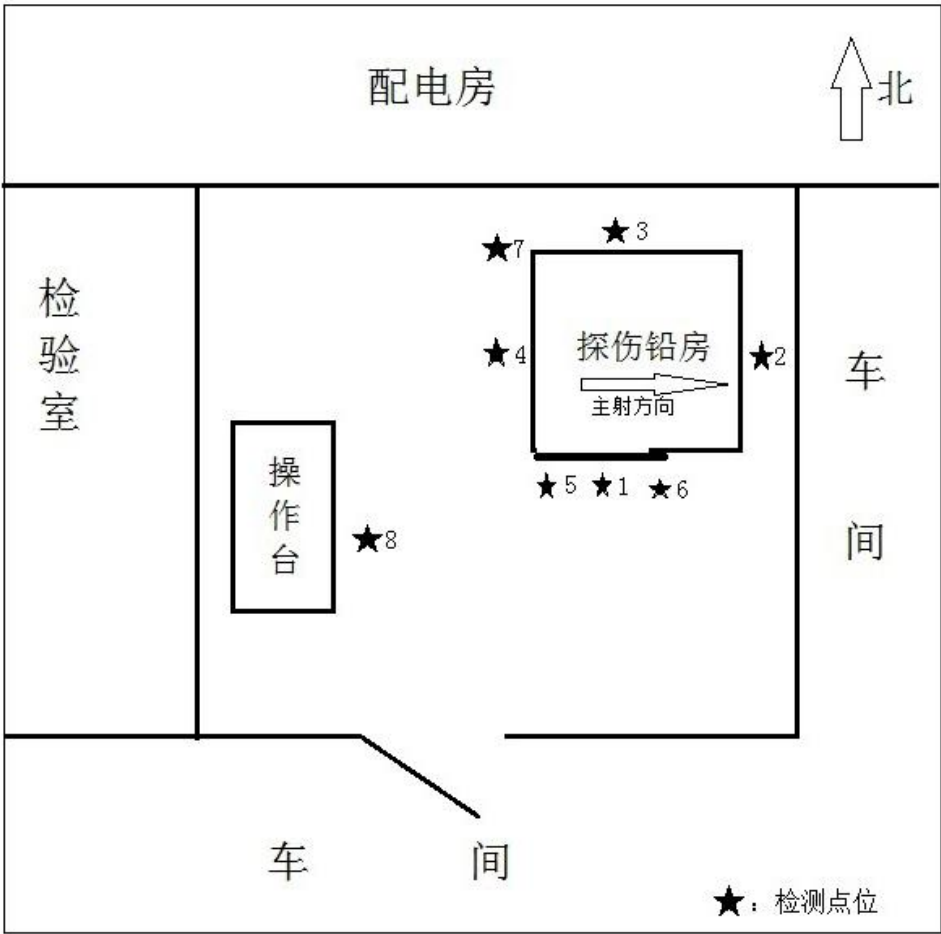


图 8-1 拟建址及周围监测点位示意

表 8-2 辐射环境监测结果

检测点位编号	监测点位置	辐射剂量率（nGy/h）			
		关机		开机	
		平均值	标准偏差	平均值	标准偏差

★1	铅房南侧工件门表面外 30cm 处	135	3	150	5
★2	铅房东侧墙表面外 30cm 处	128	3	144	4
★3	铅房北侧墙表面外 30cm 处	139	5	168	7
★4	铅房西侧墙表面外 30cm 处	140	4	170	4
★5	工件门西缝表面外 30cm 处	139	4	148	5
★6	工件门东缝表面外 30cm 处	132	4	159	5
★7	电缆孔表面外 30cm 处	128	3	158	4
★8	操作位	141	4	160	5

由表 8-2 的检测结果可知，X 射线数字成像检测系统拟建址各检测点位的 γ 辐射剂量率在 128~140nGy/h 之间，由《浙江省环境天然放射性水平调查报告》可知，绍兴地区室内 γ 辐射剂量率在 61-335nGy/h 之间，可见其 γ 辐射剂量率处于一般本底水平，未见异常。

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 设备组成及作业方式

公司拟在厂区内应用的 X 射线实时成像系统由丹东奥龙射线仪器集团有限公司生产提供（设备合格证见附件 7），系统主要由 X 射线探伤机、图像增强器成像单元、计算机图像处理系统、监控系统、机械系统、电气控制系统和防护及警示系统等七部分组成，涵盖了光、机、电三大类技术领域，利用 X 射线与工业电视相配合，能够实时观测到汽车配件的检测图像，从而判定内部是否存在缺陷及缺陷类型和等级，同时通过计算机图像处理系统完成对图像的存储和处理，以提高图像的清晰度，保证评定的准确性。该公司只在铅房内进行探伤工作（设备现状见附图 6），主射方向朝东。公司最大工作工况为年工作探伤时间 1200 小时（300 天×4h/天）。

本项目探伤工件为磁机电飞轮，其直径为 20~170mm 不等，目前检测最大厚度 100mm。

9.1.2 探伤原理

X 射线实时成像检测系统是新一代的无损检测设备，以数字实时成像的技术，取代传统的拍片方式。通过 X 射线管产生的 X 射线透过被检测物体后衰减，由图象增强器接收并转换成数字信号，利用半导体传感技术、计算机图像处理技术和信息处理技术，将检测图像直接显示在显示器屏幕上，可显示出材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息，按照有关标准对检测结果进行缺陷等级评定，从而达到无损检测的目的。

X 射线实时成像检测系统主要是由高频 X 射线探伤机、高分辨率数字平板成像系统、计算机图像处理系统、机械传动及电气控制系统、射线防护系统等部分组成。高频 X 射线探伤机主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由阴极和阳极组成。阴极是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则用高原子序数的难融金属制成。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集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。典型的 X 射线管结构见图 9-1。

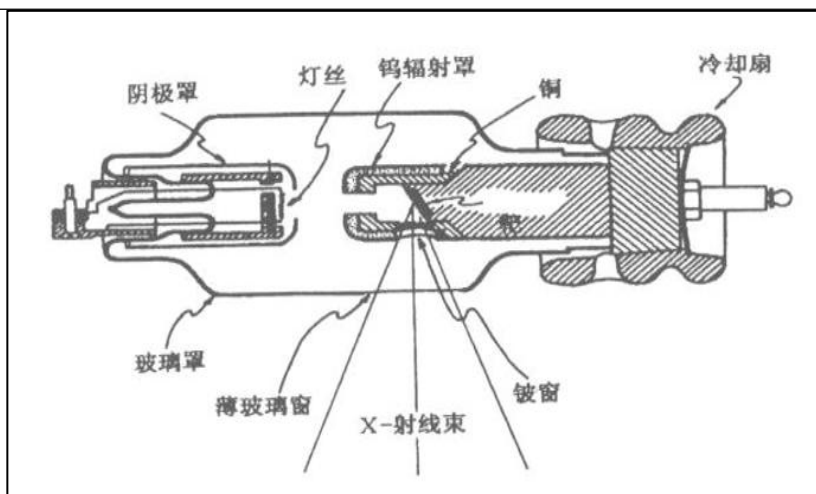


图 9-1 典型的 X 射线管结构示意图

9.1.3 探伤过程

该公司射线探伤均在固定的探伤铅房内，将需要进行射线探伤的工件放入探伤铅房，设置适当位置，将工件待检部位调整到拍摄位置，检查无误，并将防护门关闭。然后根据探伤工件材质厚度、待检部位、检查性质等因素调节相应管电压、管电流。开启 X 射线探伤机，在操作室内对实时成像的数字影像给予评估。探伤完成后关闭电源，将探伤工件取出铅房，完成一次探伤。探伤工艺流程如图 9-2 所示。

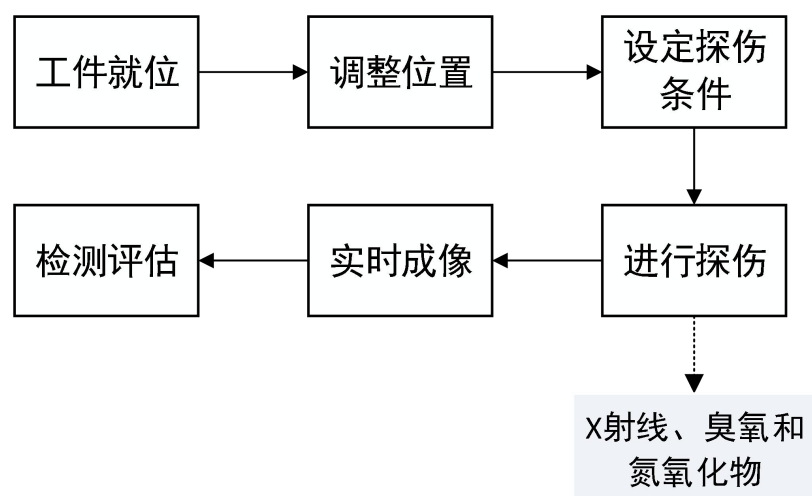


图 9-2 探伤工艺流程图

9.2 污染源项描述

(1) X 射线

由 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目使用的 X 射线探伤机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 射线成为污染环境的主要污染因子。

（2）臭氧和氮氧化物

该公司 X 射线探伤机产生的 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 射线探伤机正常运行时会产生少量的臭氧和氮氧化物。

（3）X 射线实时成像检测系统采用计算机成像，不涉及洗片，无废（定）显影液及胶片的产生。故进行探伤无固体废物产生。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定，企业应将 X 射线装置实体边界作为本项目的辐射防护控制区边界，控制区仅限工作人员入内，并设置明显的电离辐射警告标志及中文警示说明电离辐射标志。X 射线装置实体外控制室为监督区，监督区应设置电离辐射标志，经常进行剂量监督，确认是否需要专门的防护措施。辐射工作场所分区管理布置示意图见附图 4。

10.1.2 工作场所辐射屏蔽设计

本项目 X 射线实时成像检测系统位于公司新厂区飞轮车间北侧，X 射线实时成像检测系统自配有射线防护系统（铅房），是一个独立的工作场所。铅房占地面积为 2.55m²，东西长为 1700mm，南北宽为 1500mm，高为 1996mm。工件门设有门-机联锁安全装置和开机工作警示灯。检测工作人员有独立的操作位且避开了有用线束的照射方向，项目布局基本合理。铅房屏蔽情况见表 10-1。

表 10-1 铅房屏蔽情况一览表

项目		内容
铅房规格	外尺寸	长（东西）1700mm×宽（南北）1500mm×高 1996mm（面积 2.55m ³ ）
	内尺寸	长（东西）1600mm×宽（南北）1400mm×高 1896mm（面积 2.54m ³ ）
东侧屏蔽墙（主射方向）		采用钢板夹铅板形式， 4mm 钢板+6mm+4mm 钢板
其他屏蔽墙（含顶棚）		采用钢板夹铅板形式，顶棚及四周侧墙为 4mm 钢板+4mm+4mm 钢板。
工件门		门洞宽 0.75m 高 1.5m，门宽 0.88m 高 1.68m，采用钢板夹铅板形式，4mm 钢板+4mm+4mm 钢板。
电缆孔		开口约 100×180mm，位于铅房西侧靠北下端高约 500mm 处，采用 U 型管设计，外侧防护罩固定
通风装置		开口直径约为 170mm，位于顶棚中间，采用迷道设计，外侧防护罩固定，铅防护形式为 4mm 钢板+4mm 铅板+4mm 钢板，设计风量为 400m ³ /h
迷道		无

10.1.3 污染防治措施

探伤铅房必须具备以下污染防治措施：

(1) X 射线探伤铅房应安装门-机联锁安全装置，且只有在工件门处于关闭状态时 X 射线装置才能出束。工件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) 探伤铅房门口和内部应设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，且照射状态指示装置应与 X 射线探伤机联锁。“预备”和“照射”信号应有明显的区别，且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别；

(3) 设置紧急停机按钮，在紧急情况下可停止设备工作。

(4) 铅房内设有机械排风设施，确保每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

本项目需要增加的污染防治措施如下：

(1) X 射线探伤铅房周围均设置电离辐射警告标志，并用中文注明“当心电离辐射” X 射线探伤铅房各侧墙体外 1m 处划黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。各项辐射环境管理制度张贴于工作现场处；

(2) 公司须给每位辐射工作人员配备有效个人剂量计、个人剂量报警仪以及相应的防护用品；

(3) 加强 X 射线探伤装置的检查和维护，每次工作前应进行日检，并定期检查；

(4) 加强射线设备的维护负责，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，并应做好设备维护记录；

(3) 公司应建立探伤机使用台账。

10.2 三废的治理

根据 X 射线的原理可知 X 射线探伤机只在工作时产生射线，造成室内空气电离，产生少量的臭氧和氮氧化物，通过顶棚中部的机械通风装置排出，对环境产生影响较小。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

由于 X 射线探伤机只有在无损检测过程中才会产生辐射，其产生的射线是随机器的开、关而产生和消失的。X 射线探伤机未通电运行，故不会对周围环境造成电离辐射影响，也无放射性废气、废水及固体废物产生。

11.2.1 运行阶段对环境的影响

由于浙江锋龙电气股份有限公司 X 射线实时成像检测系统已建成并投入使用，故采用现状监测的方法，分析其运行后对环境的影响。

监测单位于 2017 年 8 月 4 日对该项目运行情况下的辐射环境现状进行监测，其最大工作条件为 120kV，10mA，每天开机 4h，每周工作 5 天，周照射时间为 20h，X 射线主射方向朝东。

按照辐射工作人员年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求以及项目管理目标中对辐射工作人员剂量约束值 5mSv/a 的要求；周剂量符合《工业 X 射线探伤放射卫生防护标准》（GBZ117-2015）中职业工作人员周剂量参考控制水平不大于 100 μ Sv/周的要求。公众成员年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和项目管理目标中对公众成员剂量约束值 0.25mSv/a 的要求；周剂量符合《工业 X 射线探伤放射卫生防护标准》（GBZ117-2015）中公众周剂量参考控制水平不大于 5 μ Sv/周的要求。

（1）监测结果

监测数据见表 8-2。

（2）铅房及周围环境辐射分析

监测结果表明：设备开机与关机状态下铅房四周及顶部的辐射剂量率相当，基本无变化，说明该公司 X 射线实时成像检测系统铅房屏蔽设施良好。

（3）受照剂量分析

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A，X 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$HEr = Dr \times t \times 0.7 \times 10^{-6} (\text{mSv}) \quad (8-1)$$

其中:HEr 为 X 射线外照射致人均年有效剂量当量，mSv/a；

Dr 为 X 辐射空气吸收剂量率，nGy/h；

t 为 X 射线照射时间, h/a;

0.7 为剂量换算系数, Sv/Gy。

①辐射工作人员

本项目共配置 2 名辐射工作人员轮流完成探伤工作, 根据建设单位检测工作量, X 射线机每天开机 4h, 每周工作 5 天, 按每年 60 周计算。根据检测结果可知, X 射线机在正常运行时, 其辐射剂量率最大为 160nGy/h, 与环境背景检测数据相当, 辐射工作人员不会受到额外剂量照射, 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中剂量限值要求以及项目管理目标中对辐射工作人员剂量约束值 5mSv/a 的要求。

②公众成员

X 射线实时成像检测系统开机工作时, 将开启工作灯光警示装置, 告诫车间其它工作人员不要在探伤室周围停留, 铅房周围 1m 处应划黄色警戒线, 告诫无关人员不得靠近, 各项辐射环境管理制度应张贴于工作现场处。因此公众人员一般不会进入厂区内。故其他工作人员和公众人员也不会受到额外的辐射照射, 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中剂量限值要求和项目管理目标中对公众成员剂量约束值 0.25mSv/a 的要求。

11.2.2 其他废物排放对环境影响分析

铅房排放的臭氧和 NO_x 排放量小, 顶部中央设置有机排风设施, 每小时有效通风换气次数不小于 3 次, 而且辐射工作人员在探伤作业时不进入铅房内。因此对周围环境及人员健康影响很小。

11.3 事故影响分析

公司拟建的 X 射线实时成像检测系统属于 II 类射线装置, 可能的事故工况主要有以下几种情况:

(1) X 射线检测系统作业时, 门-机联锁失效, 铅工件门未完全关闭, X 射线泄露, 给周围人员造成意外照射。或在门-机联锁失效起期间探伤, 工作人员误打开工件门, 使其受到额外的照射。

(2) 人为故意引起的辐射照射。

(3) 辐射工作人员未发现铅房内仍有人员滞留情况下即开始无损检测作业, 致使人员受到意外照射。

11.3.2 事故后果

X 射线数字成像检测系统属于Ⅱ类射线装置，为中危险射线装置，事故可能引起急性放射性损伤。长时间、大剂量照射甚至导致死亡。

11.3.3 事故预防措施

为了杜绝事故发生，公司分析事故发生的原因，此类事故大部分是忽视辐射安全管理，违规操作造成的辐射事故。为有效预防各类辐射事故发生，建议企业采取以下事故预防措施：

（1）制定辐射事故应急预案，做好辐射事故应急处置工作。

（2）企业内部加强辐射安全管理，管理人员定期开展监督检查。

（3）必须进行门-机联锁装置的定期检查，严格按照操作规程进行作业，确保安全。每天无损检测作业前，检查确认辐射安全联锁、急停开关、视频监控、探伤机完好性等各项安全措施，避免联锁失灵等设施设备事故。杜绝联锁装置旁路情况下开机操作。

发生辐射事故时，事故单位应当立即切断电源、保护现场，并立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地环境保护部门报告，造成或可能造成超剂量照射的，还应当同时向当地卫生行政部门报告。对于射线装置被盗事故还应向公安部门报告。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环境保护部令第 3 号）要求，使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备下列条件：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。

浙江锋龙电气股份有限公司按规定已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确各成员管理职责。辐射安全与环境保护管理机构成立文件及部分规章制度文件见附件 8。

12.2 辐射安全管理规章制度

浙江锋龙电气股份有限公司已根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）规定制定了一系列的辐射安全管理制度，如《X 射线安全操作规程》、《辐射安全管理岗位职责》、《辐射防护和安全管理制制度》、《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》、《放射工作监测方案和防护措施》、《辐射事故报告应急处理措施》、《辐射工作安全责任书》，还需要补充《人员培训计划》。公司应根据本报告以下内容并结合单位实际情况对已制定相关制度进行完善及补充相关制度并上墙张贴，现对各项制度提出相应的建议和要求：

人员培训计划：公司应补充该制度，制度中应明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

规章制度上墙张贴：《X 射线安全操作规程》、《辐射安全管理岗位职责》、《辐射防护和安全管理制制度》、《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》、《放射工作监测方案和防护措施》、《辐射事故报告应急处理措施》等规章制度应张贴在检测室墙上醒目处。

12.3 健康管理与安全培训

（1）公司已为每个辐射工作人员配备个人剂量计，每三个月送有资质单位检测一次，并建立个人剂量档案，见附件 9。

（2）辐射工作人员上岗前、离岗时以及每 1 至 2 年应进行一次放射职业体检，并建立职业健康监护档案。

（3）公司所有辐射工作人员已参加有资质单位组织的辐射安全与防护培训，并取得培训

合格证后方可上岗，并按要求每四年参加一次复训，见附件 8。

12.4 辐射监测

1、公司须定期(每年一次)请有资质的单位对 X 射线探伤铅房周围环境进行辐射环境监测，建立监测技术档案。监测资料每年年底向当地环保局上报备案。

(1) 监测频度：每年常规检测一次。

(2) 监测范围：探伤铅房屏蔽墙外、工件门及缝隙处、工作人员操作位以及周围评价范围内等。

(3) 监测项目：X- γ 辐射剂量率。

(4) 监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

12.5 辐射事故应急

公司必须建立《辐射事故应急预案》。本项目使用的射线装置属 II 类射线装置。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第四十一条的规定，结合单位的实际情况和事故工况分析，该公司须建立的辐射事故应急预案应当包括下列内容：

(1) 应急机构和职责分工(具体人员和联系电话)。

(2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备。

(3) 辐射事故分级与应急响应措施。

(4) 辐射事故调查、报告和处理程序。

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，采取必要的防范措施并在 2 小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先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。

(5) 环保、卫生和公安部门的联系部门和电话。

(6) 编写事故总结报告，上报环保部门归档。

企业应急方案应建立辐射事故报告框图，明确人员及联系电话，以保证事故报告的可操作。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 实践的正当性

浙江锋龙电气股份有限公司在其厂区内新建一套 X 射线实时成像检测系统目的是为了开展对其生产产品磁电机飞轮的检测，其探伤机运行所致辐射工作人员和周围公众成员的剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“管理限值”的要求。因而，只要按规范操作，该公司使用探伤机是符合辐射防护“正当实践”原则。因此，该项目使用探伤机的目的是正当可行的。

13.1.2 选址合理性分析

本项目位于浙江省绍兴市上虞区梁湖工业园区晾网山路 8 号，X 射线探伤铅房边界外 50m 评价范围内无学校居民住宅等环境敏感点，项目选址基本合理。

13.1.3 辐射防护屏蔽能力

实地监测结果可知，X 射线数字成像检测系统正常运行时系统辐射防护屏蔽性能满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中相关规定要求（关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；项目管理目标中对辐射工作人员剂量约束值不大于 5mSv/a 。项目管理目标中对公众成员剂量约束值不大于 0.25mSv/a ）。

13.2 建议和承诺

- （1）环评报批后，公司需及时向环境保护主管部门申领辐射安全许可证。
- （2）该项目运行后，企业应强化内部管理监督，培育单位安全文化，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。
- （3）公司应加强对本单位射线装置安全和防护状况的日常检查；应当对本单位的射线装置的安全和防护状况进行年度评估。发现安全隐患的，应当立即进行整改。
- （4）公司应建立有关工作台账：射线装置的设备台帐、防护用品和监测仪器台帐、设备使用登记、维护维修记录、日常工作检查记录等，加强档案管理。

13.3 结论

综上所述，浙江锋龙电气股份有限公司在落实本项目的辐射安全措施、辐射防护措施及辐射管理等措施后，该公司将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，X 射线实时成像检测系统的运行对周围环境产生的影响能符合辐射环境保护的要求。

故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设运行是可行的。