

核技术利用建设项目

浙江三澳核电厂 1、2 号机组核岛
土建工程 X 射线机探伤应用项目
环境影响报告表

(公示稿)

中国核工业华兴建设有限公司

2020 年 09 月

环境保护部制

核技术利用建设项目

浙江三澳核电厂 1、2 号机组核岛 土建工程 X 射线机探伤应用项目 环境影响报告表

建设单位名称：中国核工业华兴建设有限公司

建设单位法人代表(签名或盖章)：陈宝智

通讯地址：浙江省温州市苍南县马站镇北兴街道 369 号

邮政编码：325809 联系人：陈**

电子邮箱： / 联系电话：173*****

目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	5
表 3 非密封放射性物质.....	5
表 4 射线装置.....	5
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	6
表 6 评价依据.....	7
表 7 保护目标与评价标准.....	9
表 8 环境质量和辐射现状.....	16
表 9 项目工程分析与源项.....	19
表 10 辐射安全与防护.....	23
表 11 环境影响分析.....	28
表 12 辐射安全管理.....	38
表 13 结论与建议.....	43
表 14 审批.....	46
附图 1-1 项目地理位置图.....	47
附图 1-2 项目地理位置图.....	48
附图 2 项目周边环境关系图.....	49
附图 3 室内探伤评价范围示意图.....	50
附图 4 探伤室总平面布置图.....	51
附图 5 探伤室剖面示意图.....	52
附图 6 X 射线室内探伤项目分区管理示意图.....	53

表 1 项目基本情况

建设项目名称		浙江三澳核电厂 1、2 号机组核岛土建工程 X 射线机探伤应用项目			
建设单位		中国核工业华兴建设有限公司			
法人代表	陈宝智	联系人	陈**	联系电话	173*****
注册地址		南京市建邺区云龙山路 79 号			
项目建设地点		浙江省温州市苍南县霞关镇浙江三澳核电厂区内			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	200	项目环保投资 (万元)	40	投资比例(环保投资/总投资)	20%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 易地扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积(m ²)	100
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他				
	<p>1.1 建设单位基本情况及项目由来</p> <p>中国核工业华兴建设有限公司承担浙江三澳核电厂 1、2 号机组核岛土建工程的实施，浙江三澳核电厂位于浙江省温州市苍南县霞关镇三澳村。根据 1、2 号机组核岛土建工程建设的需要，拟在浙江三澳核电厂区内配套开展 X 射线机室内探伤和现场探伤工作，对土建工程需要的钢衬里、钢结构和不锈钢工程构件的对接焊缝、管焊缝等焊缝进行无损探伤。</p> <p>浙江三澳核电项目于 2015 年获得国家能源局《国家能源局关于浙江苍南核电项目开展厂址保护及相关论证工作的复函》（国能核电[2015]161 号），目前项目选址阶段环评已获生态环境部批复（批复文件见附件 2）。</p> <p>本报告对三澳核电厂内中国核工业华兴建设有限公司开展的 X 射线机探伤应用项目进行环境影响评价，对照原环境保护部令第 44 号《建设项目环境影响评价分类管理名录》及</p>				

生态环境部令第1号《关于修改〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉部分内容的决定》本项目属于五十、核与辐射：191.核技术利用建设项目：“使用Ⅱ类射线装置”，应编制辐射环境影响报告表，并及时向有权限的生态环境部门申领辐射安全许可证。为此，中国核工业华兴建设有限公司委托浙江问鼎环境工程有限公司对浙江三澳核电厂1、2号机组核岛土建工程X射线机探伤应用项目进行辐射环境影响评价。我单位在现场踏勘的基础上，依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关要求，编制完成了本项目的环境影响报告表。

1.2 建设内容及规模

因浙江三澳核电厂1、2号机组核岛土建工程建设的需要，公司拟开展现场探伤和室内探伤项目，计划购置8台X射线探伤机对钢衬里、钢结构和不锈钢工程构件进行无损探伤，以保证构件的质量和生产的安全。本项目配备探伤机型号参数详见表4。

1.3 评价目的

- (1) 评价项目在运行过程中对工作人员及公众成员所造成的辐射影响；
- (2) 评价辐射防护措施效果，提出减少辐射危害的措施，为生态环境行政主管部门的管理提供依据；
- (3) 通过项目辐射环境影响评价，为建设单位保护环境和公众利益给予技术支持；
- (4) 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”；
- (5) 评价项目的可行性，从环境保护角度为主管部门和建设单位进行辐射环境管理提供科学依据。

1.4 项目选址及周边环境保护目标

本项目位于浙江省温州市苍南县霞关镇三澳村的浙江三澳核电厂区内。三澳核电厂址位于浙江省温州市苍南县霞关镇，厂址三面临海，一面靠山。主厂区中心位置地理坐标为：北纬27°11'56"，东经120°31'01"。厂址距离NNW方位的苍南县城约35km，距离N方位的温州市区约90km。三澳核电厂规划建设6台百万千瓦级华龙一号核电机组，采用“一次规划，分期建设”的模式，其中一期工程建设两台，计划2020年底正式开工。三澳核电厂地理位置见附图1。

本项目探伤室位于西北侧的施工准备区，探伤室东侧为油漆实验室及样品室，南侧为

通道及渗透室、目视室及现场办公室，西侧为暗室及操作室，北侧为厂区通道。探伤室半径 50m 范围均在厂区内，无居民点、学校等环境敏感点。详见附图 2 及附图 3。

本项目现场探伤主要位于 1 号机组和 2 号机组位置，部分位置不固定，公司均在 22:00 至次日凌晨 6:00 开展现场探伤，探伤时除探伤人员外，评价范围内无其他人员居留。

现场周围环境现状见图 1-1~图 1-5。



图 1-1 探伤室东侧环境



图 1-2 探伤室南侧环境



图 1-3 探伤室西侧环境



图 1-4 探伤室北侧环境



图 1-5 现场探伤主要区域周围环境

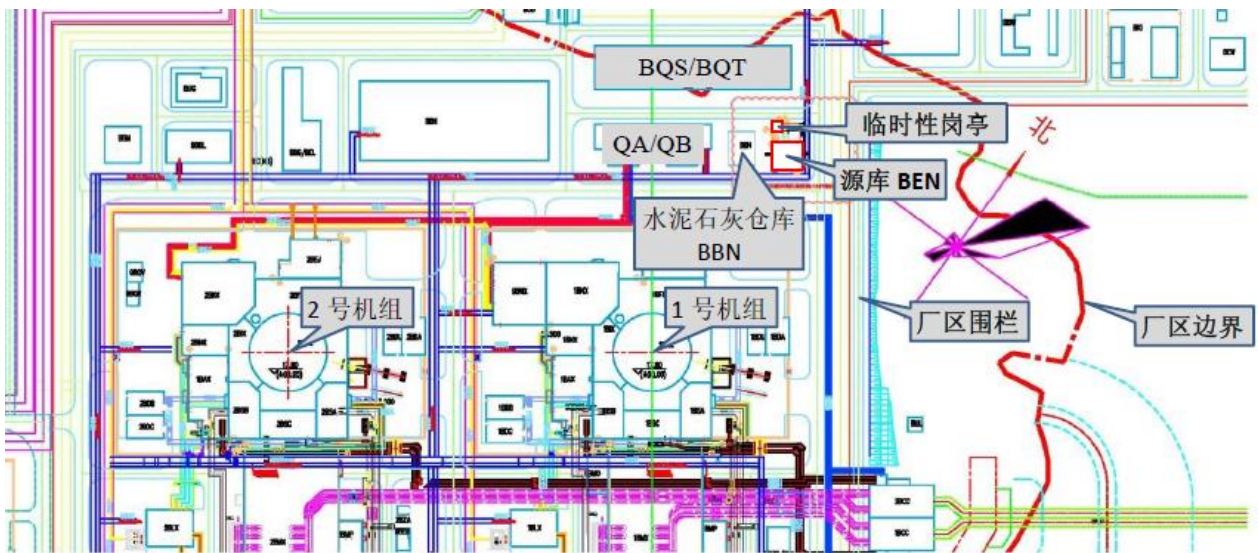


图 1-6 现场探伤区域周围环境关系图

1.5 原有核技术利用项目许可情况

本项目为新建项目，浙江三澳核电项目于 2015 年获得国家能源局《国家能源局关于浙江苍南核电项目开展厂址保护及相关论证工作的复函》（国能核电[2015]161 号），目前项目选址阶段环评已获生态环境部批复（批复文件见附件 2）。三澳核电站一期工程计划于 2020 年底正式开工建设，目前不存在核技术利用情况。

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
本项目不涉及								

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
本项目不涉及										

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
本项目不涉及										

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压(kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线探伤机	II	1	XX-3505 型	350	5	无损检测	室内探伤和现场探伤	定向
2	X 射线探伤机	II	1	XX-3005 型	300	5	无损检测	室内探伤和现场探伤	定向
3	X 射线探伤机	II	2	RF-250EGM2	250	5	无损检测	室内探伤和现场探伤	定向
4	X 射线探伤机	II	4	RF-200EGM2	200	5	无损检测	室内探伤和现场探伤	定向

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
本项目不涉及													

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
废显（定）影液	液态	---	---	/	432L	---	集中存放于危废暂存间	定期委托有资质的单位处理
废胶片	固态	---	---	/	432 张	---		

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	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法（2014 年修订）》，2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法（2018 年修订）》，2018 年 12 月 29 日起施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修改）》，国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2019 年修改）》，生态环境部令第 7 号，2019 年 8 月 22 日起施行；</p> <p>(7) 《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 日起施行；</p> <p>(8) 《关于发布射线装置分类的公告》，原环境保护部、国家卫生计生委公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行；</p> <p>(9) 《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》，原国家环境保护总局环发（2006）145 号，2006 年 9 月 26 日起施行；</p> <p>(10) 《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 日起施行；</p> <p>(11) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2016 年修订）》，原环境保护部令第 44 号，2017 年 9 月 1 日起施行；</p> <p>(12) 《关于修改〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉部分内容的决定》，生态环境部令第 1 号，2018 年 4 月 28 日；</p> <p>(13) 《国家危险废物名录（2016 年修订）》，环境保护部令第 39 号，2016 年 6 月 14 日起施行。</p> <p>(14) 关于发布《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，原浙江省环境保护厅浙环发（2015）38 号，2015 年 10 月 23 日起施行；</p> <p>(15) 《浙江省建设项目环境保护管理办法（2018 年修正）》，浙江省政府令第 364 号，2018 年 3 月 1 日起施行；</p>
------	---

	(16)《浙江省辐射环境管理办法》，浙江省政府令第 289 号，2012 年 2 月 1 日起施行；
技术标准	<p>(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)，2016 年 4 月 1 日实施；</p> <p>(2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》，(GB18871-2002)，2003 年 4 月 1 日实施；</p> <p>(3)《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及第 1 号修改单，2017 年 10 月 27 日实施。</p> <p>(4)《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)，2015 年 6 月 1 日实施。</p>
其他	(1) 建设单位提供的工程设计图纸及相关技术参数资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（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（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”，并结合本项目的实际情况，确定评价范围。

（1）室内探伤：X 射线探伤室实体墙边界外延 50m 的区域。

（2）现场探伤：以各设备最大监督区范围为准，其中 RF-200EGM2 型号 X 射线探伤机现场探伤评价范围为 155m；RF-250EGM2 型号 X 射线探伤机现场探伤评价范围为 268m；XX-3005 型号 X 射线探伤机现场探伤评价范围为 311m；XX-3505 型号 X 射线探伤机现场探伤评价范围为 378m。

本项目评价范围均在浙江三澳核电厂区范围内，无居民点、学校、行政办公和医院等环境保护目标，项目周围环境示意图见附图 2，评价范围示意图见附图 3。

7.2 保护目标

结合厂区总平面布局及现场勘查情况，本项目评价范围内无居民点、学校、行政办公和医院等环境保护目标。因此，确定本项目环境保护目标为评价范围内的公众人员及辐射工作人员。

7.3 评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

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。

本项目取其四分之一即 **5mSv 作为管理约束值**。

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。

本项目取其四分之一即 **0.25mSv 作为管理约束值**。

(2) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)。

本标准规定了工业 X 射线探伤室探伤、工业 X 射线 CT 探伤与工 X 射线现场探伤的放射防护要求。本标准适用于使用 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置进行探伤的工作。

3.1.2 控制台

3.1.2.1 应设置有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。

3.1.2.2 应设置有高压接通时的外部报警或指示装置。

3.1.2.3 控制台或 X 射线管头组装体上应设置与探伤室防护门联锁的接口，当所有能进入探伤室的门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压；已接通的 X 射线管管电压在任何一个探伤室门开启时能立即切断。

3.1.2.4 应设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束，钥匙只有停机或待机状态时才能拔出。

3.1.2.5 应设置紧急停机开关。

3.1.2.6 应设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

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 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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。

5 工业 X 射线现场探伤的放射防护要求

5.1 X 射线现场探伤作业分区设置要求

5.1.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，并在相应的边界设置警示标识。

5.1.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区。如果每周实际开机时间明显不同于 7h ，控制区边界周围剂量当量率应按式（1）计算：

$$\dot{K} = \frac{100}{t} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

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

t ——每周实际开机时间，单位为小时（ h ）；

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

5.1.3 控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，探伤作业人员在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

5.1.4 现场探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，X 射线探伤机应用准直器，视情况采用局部屏蔽措施（如铅板）。

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

5.1.6 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

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

5.1.8 探伤机控制台应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

5.2 X 射线现场探伤作业的准备

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

5.2.2 运营单位应确保开展现场探伤工作的每台 X 射线装置至少配备两名工作人员。

5.2.3 应考虑现场探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。

5.2.4 现场探伤工作在委托单位的工作场地实施的准备和规划，应与委托单位协商适当的

探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。委托方应给予探伤工人充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

5.3 X 射线现场探伤作业安全警告信息

5.3.1 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

5.3.2 警示信号指示装置应与探伤机联锁。

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

5.3.4 应在监督区边界和建筑物的进出口的醒目位置张贴电离辐射警示标识和警告标语等提示信息。

5.4 X 射线现场探伤作业安全操作要求

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

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

5.5 X 射线现场探伤作业的边界巡查与监测

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

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

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

5.5.4 现场探伤的每台探伤机应至少配备一台便携式剂量仪。开始探伤工作之前，应对剂量仪进行检查，确认剂量仪能正常工作。在现场探伤工作期间，便携式测量仪应一直处于开机状态，防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。

5.5.5 现场探伤期间，工作人员应佩戴个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携巡测仪，两者均应使用。

6.3 现场探伤的分区及检测要求

6.3.1 使用移动式 X 射线探伤装置进行现场探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区。

6.3.2 当 X 射线探伤装置、场所、被检物体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条

件发生变化时，均应重新进行巡测，确定新的划区界线。

6.3.3 在工作状态下应检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的。

6.3.4 在工作状态下应检测控制区和监督区边界线周围剂量当量率，确保其低于国家法规和运营单位制定的指导水平。

6.3.5 探伤机停止工作时，还应检测操作者所在位置的辐射水平，以确保探伤机确已停止工作。

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。

4、项目管理目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）等评价标准，确定本项目的管理目标。

①辐射剂量率控制水平：

X 射线室内探伤项目：探伤室四周墙体和防护门外 30cm 处辐射剂量率不超过 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；对不需要人员到达的探伤室顶，探伤室屋顶外表面 30cm 处的辐射剂量率参考控制水平通常可取为 $100 \mu\text{Sv/h}$ 。

X 射线现场探伤项目：控制区边界辐射剂量率不大于 $15 \mu\text{Sv/h}$ 监督区边界辐射剂量率不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

②辐射剂量控制水平：职业人员年有效剂量不超过 5mSv ；公众年有效剂量不超过 0.25mSv 。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1.项目地理位置和场所位置

本项目位于浙江省温州市苍南县霞关镇三澳村的浙江三澳核电厂区内。

8.2 环境现状评价对象、监测因子和监测点位

8.2.1 环境现状评价对象

X 射线探伤室拟建区域及周围环境辐射环境本底水平和现场探伤主要区域及周围环境辐射环境本底水平。

8.2.2 监测因子

根据项目污染因子特征，环境监测因子：空气中 X- γ 辐射剂量率。

8.2.3 监测点位

为了解 X 射线探伤室及其周围辐射环境背景水平，建设单位委托浙江鼎清环境检测技术有限公司对拟建 X 射线探伤室区域及其周围环境进行了辐射环境本底检测，对拟现场探伤区域及周围环境辐射环境本底检测。根据《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-1993)、《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001) 等要求，共布设 9 个监测点位，布点情况见图 8-1 及图 8-2。

8.3 监测方案

- (1) 监测单位：浙江鼎清环境检测技术有限公司
- (2) 监测时间：2020 年 8 月 3 日
- (3) 监测方式：现场检测
- (4) 监测依据：《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-1993) 等
- (5) 监测频次：依据 GB/T14583-1993 标准予以确定
- (6) 监测项目： γ 射线剂量率
- (7) 监测环境：气温：34℃；湿度：56%RH
- (8) 监测仪器

表 8-1 监测仪器参数与规范

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
仪器编号	DQ2015-XJ37

能量范围	内置探头：50keV~1.3MeV $\leq\pm 30\%$ ；外置探头：25KeV~3MeV $\leq\pm 30\%$
量程	内置探头：0.05 μ Sv/h-30mSv/h；外置探头：30nGy/h-200 μ Gy/h
检测单位	上海市计量测试技术研究院（华东国家计量测试中心）
检定证书	2019H21-10-2094469001
检定有效期	2019年10月16日至2020年10月15日
监测规范	GB/T14583-93《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》 GB 18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标》 HJ/T61-2001《辐射环境监测技术规范》

8.4 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。

8.5 监测结果

监测结果见表 8-2。

表 8-2 辐射剂量率本底检测结果

检测点位 编号	监测点位置	X- γ 辐射剂量率 (nGy/h)	
		平均值	标准偏差
▲1	X 射线探伤室中间	111	6
▲2	X 射线探伤室东侧	97	7
▲3	X 射线探伤室南侧	103	8
▲4	X 射线探伤室西侧	101	7
▲5	X 射线探伤室北侧	106	6
▲6	现场探伤区域检测点 1	85	9
▲7	现场探伤区域检测点 2	82	6
▲8	现场探伤区域检测点 3	86	7
▲9	现场探伤区域检测点 4	81	5

8.6 环境现状调查结果的评价

由表 8-2 的检测结果可知，各检测点位的 γ 辐射剂量率在 81~111nGy/h 范围内，处于浙江省和温州市天然贯穿辐射正常波动范围内。

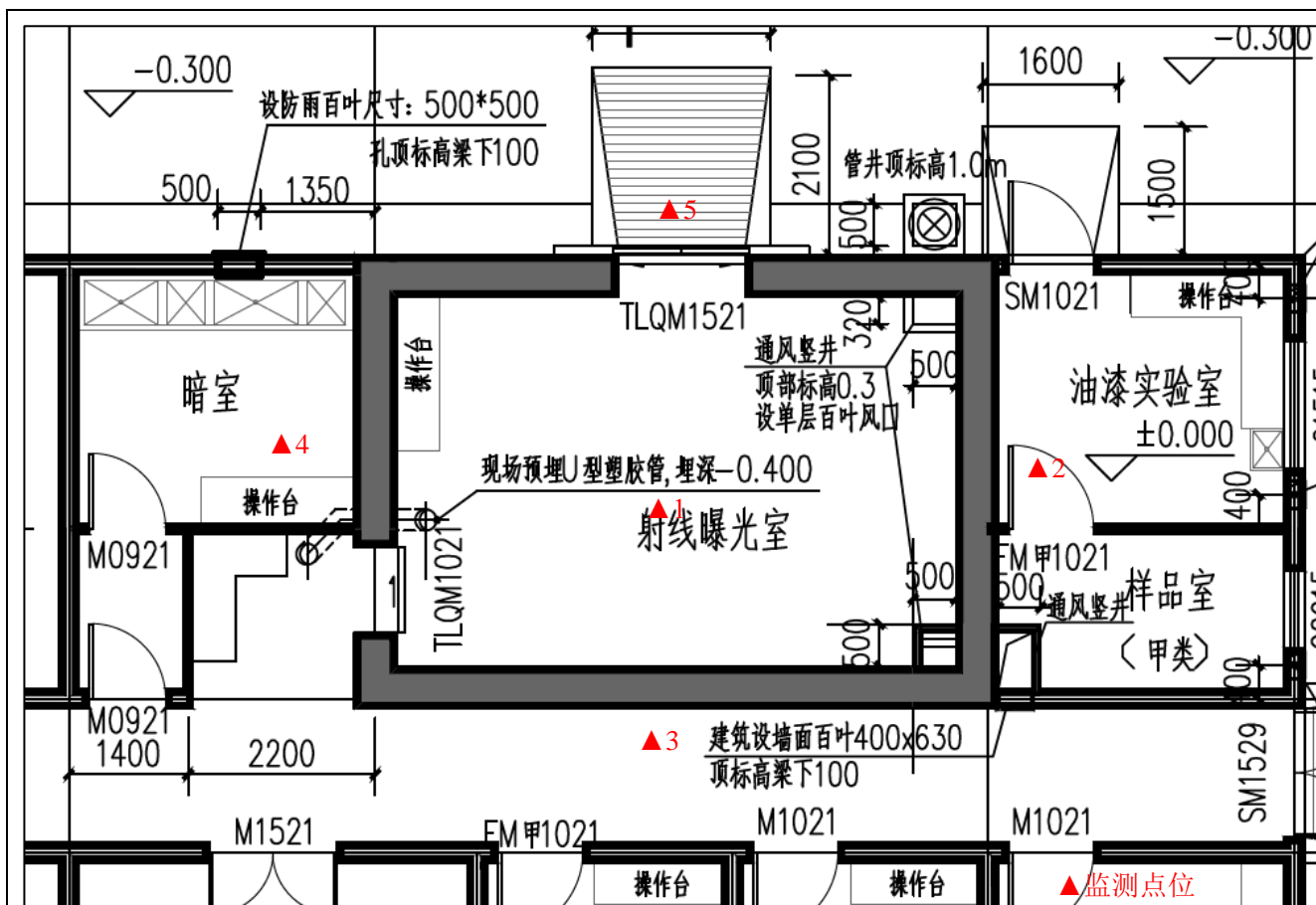


图 8-1 X 射线室内探伤区域监测点位图

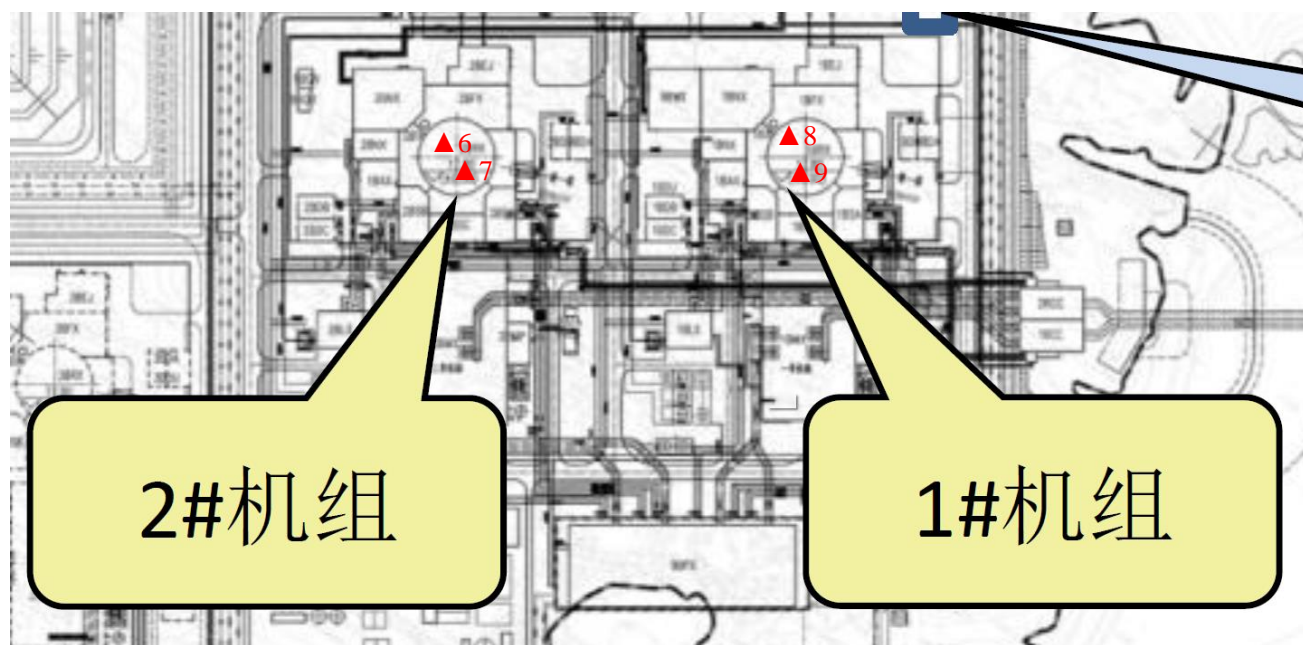


图 8-2 X 射线现场探伤主要区域监测点位图

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 设备组成及工作方式

浙江三澳核电厂 1、2 号机组核岛土建工程的实施的需要，公司拟在浙江三澳核电厂区内 1 间 X 射线探伤室和控制室等相关辅房，拟配套 8 台 X 射线探伤机，开展 X 射线室内探伤作业，同时拟在核岛建设区域开展 X 射线现场探伤作业。

该公司拟购的 X 射线探伤机具有体积小、重量轻、操作简单、携带方便、自动化程度高等特点，曝光时间最长为 5min，为延长 X 射线探伤机使用寿命，探伤机按工作时间和休息时间以 1:1 方式工作和休息，确保 X 射线管充分冷却，防止过热。

本项目配备 8 台 X 射线机均用于室内探伤和现场探伤。现场探伤主要对 6-15mm 焊缝进行无损检测，主要使用 200kV 型射线和 250kV 型射线机，现场探伤对少量的 15-60mm 不等的焊缝进行无损检测，主要使用 300kV 型射线和 350kV 型射线机。室内探伤主要对 6-60mm 焊缝进行无损检测，使用 200kV 型、250kV 型、300kV 型和 350kV 型射线机。

室内探伤运行工况：辐射工作每周工作 6 天，每天工作 6 小时，年工作 50 周，则周工作时间 2160min，每周曝光时间 1080min，每周拍片量 216 张。室内探伤拟配套 2 名辐射工作人员。

现场探伤运行工况：辐射工作每周工作 6 天，每天工作 6 小时，年工作 50 周，则周工作时间 2160min，每周曝光时间 1080min，年曝光时间 900h，每周拍片量 216 张。拟配套 3 名辐射工作人员，3 名轮流负责操作 X 射线现场探伤装置及现场巡视及监督检查，以确保探伤现场工作场所安全及外来人员误入。

本项目 X 射线探伤装置在不工作时，存放于专用设备贮存间，双人双锁，由专人管理。

9.1.2 探伤机工作原理

X 射线探伤机是利用 X 射线对对象进行透射拍片的检测装置。通过 X 射线管产生的 X 射线对受检工件焊缝处所贴的 X 线感光片进行照射，当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，在显影后的胶片上产生一个较黑的图像显示裂缝所在的位置，X 射线探伤机就据此实现探伤目的。

X 射线机主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由密封在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，如图 9-1 所示。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，直接向嵌在钨阳极中的靶体射击。灯丝电流愈大，

温度越高，发射的电子数量越多。高压电源加在 X 射线管的两极之间，使两极间形成一个电场，电子在射在靶体之前被加速达到很高的速度。靶体一般用高原子序数的难熔金属如钨、铂、金等制成。高速电子轰击靶体产生 X 射线和大量的热。典型的 X 射线管结构图见图 9-1。

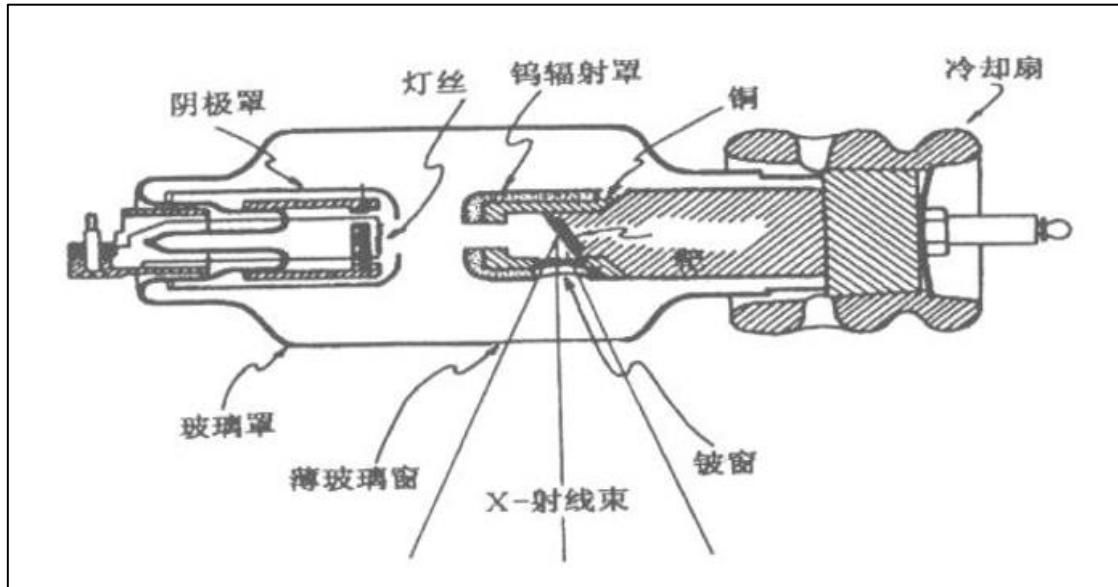


图 9-1 典型的 X 射线管结构示意图

9.1.3 探伤过程

9.1.3.1 X 射线室内探伤

公司室内探伤项目 X 射线探伤机在固定的曝光室内，将需要进行射线探伤的工件放置于曝光室内，设置适当位置，在工件待检部位布设 X 射线胶片并加以编号，检查无误，工作人员撤离探伤室，并将工作门关闭，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、管电流和曝光时间等，检查无误即进行曝光，当达到预定的照射时间后，关闭电源。待全部曝光摄片完成后，工作人员进入探伤室，打开工件门将探伤工件送出探伤室外，从探伤工件上取下已经曝光的 X 片，待暗室冲洗处理后给予评片，完成一次探伤。

探伤工艺流程如图 9-2 所示。

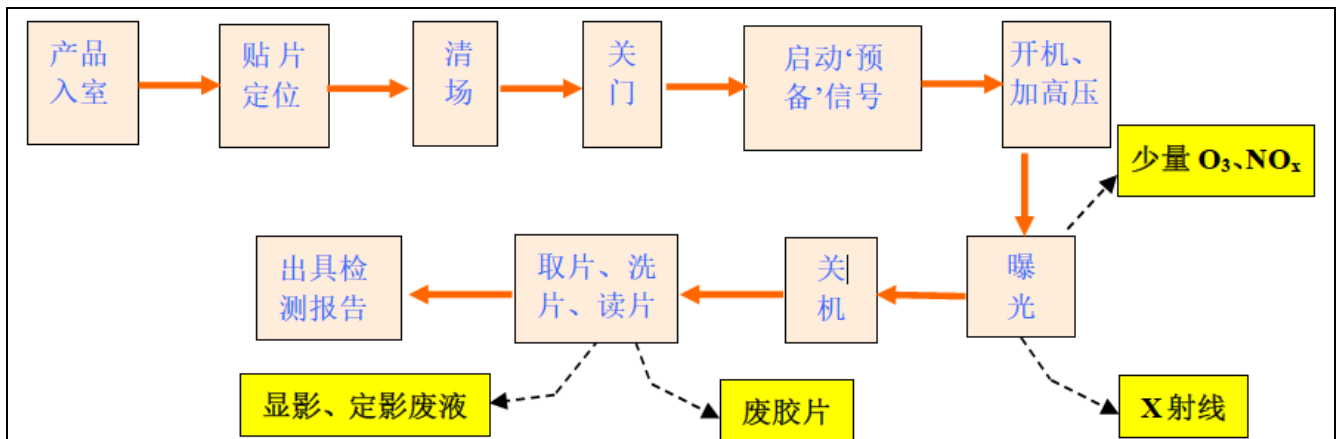


图 9-2 X 射线室内探伤工艺流程及产污环节示意图

9.1.3.2 X 射线现场探伤

X 射线现场探伤前探伤操作人员划定探伤区域并设置警戒设施，进行远距离操作后退至控制区外，对被测工件进行无损检测 X 射线现场探伤工作流程及产污环节示意图 9-3，工作流程如下：

- (1) 发布 X 射线现场探伤通知，确定拍片时间、地点开具作业通知单；
- (2) 现场工作开始前，探伤操作人员将探伤设备放到指定的拍片位置，根据估算值及经验初步划定控制区和监督区边界，设置安全警戒措施；
- (3) 对探伤现场进行清场，确保场内无其他人员且各种辐射安全措施到位后，连接好 X 射线探伤机控制部件；
- (4) 将探伤机控制台放置在探伤区域外，并尽量远离探伤区域，探伤操作人员在控制台处设置开机电压等参数进行延时试曝光，携带辐射巡测仪对控制区、监督区边界进行修正并记录巡测结果，重新确定控制区、监督区边界，并重新设置安全警戒措施；
- (5) 探伤操作人员在工件需检测的部位贴上感光胶片并开始延时曝光检测，操作人员退至控制区外；
- (6) 达到预定照射时间和曝光量后探伤操作人员携带个人剂量报警仪和巡测仪进入控制区，收回 X 射线探伤机取下胶片，曝光结束，探伤工作人员解除警戒并离场；
- (7) 评片人员对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等。

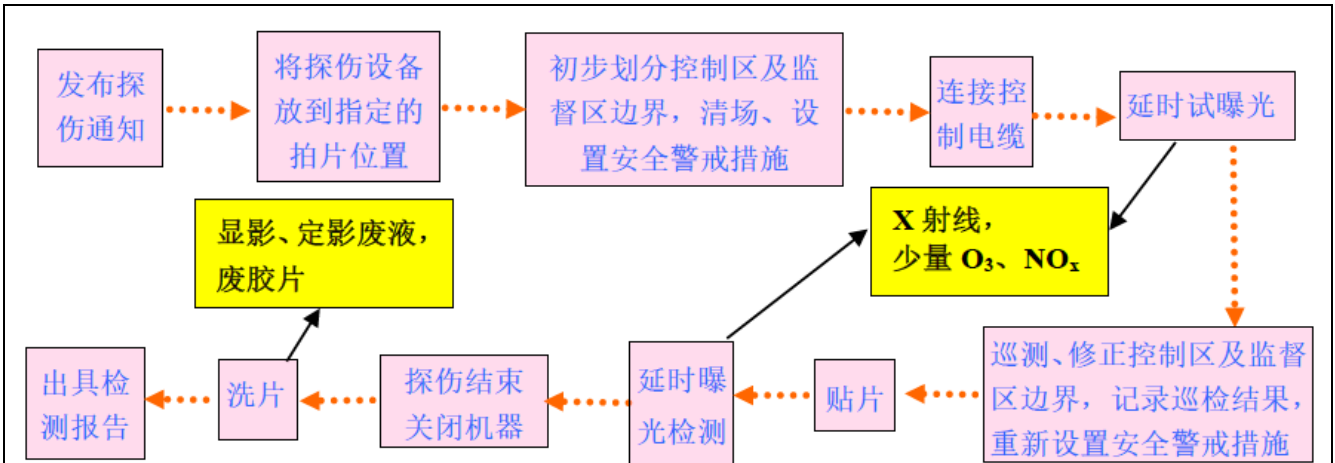


图 9-3 现场探伤工作流程及产污环节示意图

9.2 污染源项分析

(1) X 射线

本项目探伤机为 II 射线装置，由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目使用的 X 射线探伤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因子。

(2) 废气

X 射线探伤机在开机状态下，空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，室内探伤时通过探伤室内机械排风系统排至室外，通风次数不小于 3 次/小时，由于这部分废气量产生量较少，不作定量分析。开展现场探伤时，在室外作业不会发生累计，对工作人员以及周围的公众造成影响几乎可忽略不计。

(3) 固废

探伤作业完成后，需对拍摄的底片进行显（定）影在此过程产生的一定数量的废显（定）影液与废胶片，属于《国家危险废物名录（2016 年修订）》中感光材料废物，危废代码为 HW16: 900-019-16，并无放射性。根据建设单位提供的资料，本项目每年拍片 21600 张，按洗 1000 张片用 20L 显（定）影液，经估算项目工作过程中每年产生的废显（定）影液约 432L，胶片作废率约 2%，预计全年产生的废胶片数量约 432 张。公司产生的废显影液、定影液和废胶片一起暂存在暗室中，定期委托有资质单位进行处理。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所布局及合理性分析

拟在浙江三澳核电厂区内开展 X 射线机探伤工作，三澳核电厂址位于浙江省温州市苍南县霞关镇，厂址三面临海，一面靠山。

本项目探伤室为一层结构，位于厂区西北侧施工准备区，其东侧为油漆实验室及样品室，南侧为通道及渗透室、目视室及现场办公室，西侧为暗室及操作室，北侧为厂区通道。探伤室半径 50m 范围均在厂区内，无居民点、学校等环境敏感点。

本项目现场探伤主要位于 1 号机组和 2 号机组位置，评价范围均在浙江三澳核电厂区范围内，无居民点、学校、行政办公和医院等环境保护目标。公司均在 22:00 至次日凌晨 6:00 开展现场探伤，探伤时除探伤人员外，评价范围内无其他人员居留。

本项目探伤机工作过程中产生的 X 射线经屏蔽墙和屏蔽门后并通过距离衰减后对周围环境辐射影响水平可接受。

10.1.2 辐射工作场所分区原则及区域划分情况

10.1.2.1 辐射工作场所分区原则

(1) X 射线室内探伤：按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求，辐射工作场所依据管理的需要，可分为控制区、监督区。其划分原则如下：

1) 把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

2) 把未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划分为监督区。

(2) X 射线现场探伤：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)、《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB 22448-2008)中关于辐射工作场所的分区规定，使用单位应做到：

1) 现场探伤作业时，对工作场所实行分区管理，并在相应的边界设置警示标示。应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区；应将控制区边界外、作业时间周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区。

2) 控制区要求

①在控制区内不应同时进行其他工作。应采取措施如利用铅屏蔽，使移动式 X 射线仪器

的工作控制区应限制在尽可能小且适度的范围内。

②控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，探伤作业人员在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。

③在设立控制区时，应按下列步骤：估计控制区的范围；确定控制区的边界；标明控制区。

④在指定场所进行第一次工作前应根据环评中对控制区设置范围的建议，在试片阶段使用便携式辐射剂量仪对现场进行测量，根据监测数据调整划分范围，使之设置更合理、准确。应用绳索或条带来隔离或由保安人员阻止非工作人员进入控制区。所有入口应用警戒牌标明，现场的监视人员应配备有射线监测仪器。

3) 监督区要求

应在监督区边界和建筑物的进出口的醒目位置悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

4) 当 X 射线探伤装置、场所、被检物体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，确定新的划区界线。工作状态下应检测控制区和监督区边界周围剂量当量率，确保其低于国家法规和运营单位制定的指导水平。

5) 应确保在探伤操作期间，在划定的监督区范围内无公众，在控制区内不应有任何人员。

6) 移动探伤作业场所难以划出安全防护区域的，探伤作业单位必须建造探伤室。

10.1.2.2 本项目辐射工作场所分区划分情况

(1) X 射线室内探伤：本项目拟将探伤室实体墙划为控制区的边界，在探伤室门外 1m 处采用黄色警戒线作为标志，禁止无关人员入内，并设置电离辐射警告标识和中文警示说明；操作室、暗室与评片室等其他相邻区域作为监督区边界，分区管理示意图见附图 6。本项目探伤房辐射防护分区的划分符合《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。

(2) X 射线现场探伤：公司开展 X 射线现场探伤作业时，根据现场具体情况，利用辐射巡测仪巡测，将作业场所中周围空气比释动能率大于 $15 \mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区，并在边界悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌；将控制区边界外、作业时周围空气比释动能率大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在边界悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时派专人警戒。该公司拟采取的布局与分区措施基本满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中关于移动探伤的要求。

10.1.3 工作场所辐射防护屏蔽设计

本项目 X 射线探伤室为自行设计的一层建筑，采用混凝土浇筑，全无窗设计，曝光室的东侧依次布置有操作室、暗室与评片室。探伤室平面设计图分别见附图 4，各侧墙体、防护门的设置及屏蔽情况见表 10-1。

表 10-1 探伤室屏蔽情况一览表

项目	内容	
探伤室 (室内探伤)	内尺寸	长 7m×宽 5m×净高 2.8m，面积约为 35m ²
	四侧墙体	500mm 混凝土（密度为 2.35t/m ³ ）
	工件门	门洞尺寸：宽 1.5m×高 2.1m； 门体尺寸：宽 2.0m×高 2.4m； 搭接：上下搭接各 20mm，左右各搭接 150mm； 电动铅门，120mm 厚钢板夹铅板厚度 8mm； 门与墙体间隙尺寸≤10mm；
	工作人员出入门	门洞尺寸：宽 1.0m×高 2.1m； 门体尺寸：宽 1.5m×高 2.4m； 搭接：上下搭接各 250mm，左右各搭接 150mm； 手动铅门，120mm 厚钢板夹铅板厚度 8mm； 门与墙体间隙尺寸≤10mm；
	天棚	500mm 混凝土（密度为 2.35t/m ³ ）
	电缆孔	U 型地下电缆孔（1 个），下深 400mm
	通风装置	通风口 2 个，U 型地下通风口（下深 300mm），一个设在屋顶（320mm*500mm，铅百叶屏蔽），机械通风
	迷道	未设置迷道

10.1.4 辐射安全与防护措施

10.1.4.1 X 射线室内探伤

本项目探伤室拟设计以下辐射安全装置和保护措施：

（1）门机连锁：探伤室防护门（包括工件出入门及工作人员出入门）设置门机连锁装置，只有当探伤室的所有防护门完全关闭后，X 射线机才能进行透照检查，在透照检查过程中，任一扇防护门被有意或无意打开，X 射线机将立即停止照射。

（2）门灯连锁：探伤室门口及内部同时设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯，例如黄、红双色照射信号灯，黄色表示“预备”照射，当二扇防护门全部关闭，X 射线机进行透照检查，红色照射信号灯点亮，闪光或同时发出声响报警信号，告戒无关人员勿靠近照射场地。

（3）紧急止动装置：在探伤室内墙和控制室操作台上易于接触的地方均设置多个紧急停机按钮，且相互串联，按下按钮，探伤机高压电源立即被切断，探伤机停止出束，防护门可从内侧打开。

(4) 视频监控系统：探伤室内安装 1 套实时视频监控系统和对讲装置，并连接到操作室，工作人员能在操作室内实时监控探伤过程，如果出现异常能迅速启动紧急止动装置。

(5) 警告标志：探伤室防护门外醒目处张贴“当心电离辐射”警告标志。

(6) 探伤室内应设置机械通风设施，每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

(7) 探伤室门外 1m 处应划黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。

(8) 探伤室内 X 射线机操作电缆设计为 U 型电缆孔。

(9) 配置射线剂量报警仪，该报警仪应与防护门钥匙、探伤装置的安全锁匙串结一起。

10.1.4.2 X 射线现场探伤

公司进行 X 射线现场探伤时拟采取以下辐射安全装置和保护措施：

(1) 探伤过程中严格执行 X 射线现场探伤操作规程及探伤流程，坚持先示警再开机的操作程序，以防发生误照射事故。

(2) 探伤过程中严格按照《工业 X 射线探伤放射防护要求》GBZ117-2015 要求划定控制区和监督区，并在控制区边界设置“禁止进入 X 射线区”警告牌、提示“预备”、“照射”状态的指示灯和声音提示装置，在监督区边界上悬挂醒目的“无关人员禁止入内”的警告牌和电离辐射警告标志，必要时设专人警戒。在清理完现场确保场内无其他人员后，开机探伤。

(3) 警示信号指示装置与 X 射线探伤机联锁。

(4) 探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，每名操作人员配备 1 台个人剂量报警仪，佩戴个人剂量计。

(5) 控制台设置在探伤区域外，采用延时曝光装置，确保曝光时探伤作业人员在控制区外并尽量远离控制区。

(6) 当场所、被检测体（材料、规格、形状）、屏蔽等条件发生变化时，均利用辐射巡测仪重新进行巡测，确定新的划区界线，并每次对工作现场情况进行记录。

(7) 在探伤时利用现场较厚工件对射线进行遮挡，进一步缩小控制区和监督区的范围。

(8) 探伤机贮存场所及使用要求

①应当根据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。

②制定射线装置的领取、归还和登记制度，做好设备台账管理。

③射线装置贮存场所应采取双人双锁的管理制度，探伤机外出现场探伤时，也应对临时的贮存场所采取双人双锁的管理制度。

④公司 X 射线探伤机储存场所应设置电离辐射警告标志，并采取“防盗、防火、防潮、防爆”的安全措施。每个工作组设备临时储存场所同样须做到“防盗、防火、防潮、防爆”的要求。

⑤公司 X 射线探伤机无探伤作业时存放于专门的贮存间内，该处只存放设备用，不得进行设备检修活动。探伤机检修均由设备生产厂家承担，该公司人员不承担检修工作。

以上辐射安全与防护措施认真落实后，将满足相关法律法规的要求。

10.2 三废的治理

(1) 非放射性废气

X 射线探伤室在工作状态时，会使空气电离产生微量的臭氧和氮氧化物。曝光室屋顶设有排气孔，工作期间应保证排气孔机械通风正常运行，少量臭氧和氮氧化物可通过机械排风排出探伤室，臭氧在空气中短时间内会自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

(2) 固体废物

本项目现场探伤和室内探伤洗片均在暗室内进行，洗片时会产生一定量的废显（定）影液及废胶片，属于危险废物。需与具备 HW16（900-019-16）危险废物处置资质的单位签订危险废物转移处置合同，由其定期上门回收处置。

建设单位计划将每次冲洗胶片产生的废液暂存在专用的带盖塑料桶中，废胶片暂存在专用的带盖塑料箱中，塑料桶和塑料箱存放于暗室，暗室地面需硬化，四周设置围堰，做到防腐防渗，设立危险废物贮存标志。为防止倾倒、渗漏，建设单位拟进一步配置专用塑料筐，盛装废液的塑料桶集中放置于塑料筐内，塑料筐能收集不慎倾倒、泼洒出的废液，防止流到地面造成污染。同时要做好危险废物台账记录，记录上必须注明危险废物的名称、数量、特性和包装容器的类别、入库日期、存放库位、废物出库日期和接收单位的名称。并做好危险废物转移联单记录。

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 X 射线是随机器的开、关而产生和消失的。在 X 射线探伤室建设过程中，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 运行阶段对环境的影响

11.2.1 X 射线室内探伤辐射环境影响分析

(1) 计算公式及参数选取

根据《放射物理与防护》中“屏蔽厚度的确定方法”，可查透射量图得 X 射线初级防护铅屏蔽的厚度。

$$B = \frac{Pd^2}{WUT} \dots\dots\dots \text{(公式 1)}$$

其中：B：有用射线的最大允许透射量， $\text{mSv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ；

P：周剂量限值

根据《工业 X 射线探伤放射卫生防护标准》(GBZ117-2015) 第 4.1 条，关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

按约束值 0.25mSv/a 、每年 50 周计算，可取周剂量限值为 $0.25\text{mSv}/50\text{W}=0.005\text{mSv/W}$ ；

D：参考点到焦点的距离，m；

WUT：有效工作负荷。其中，W 为周工作负荷 (It)，单位为 $\text{mA}\cdot\text{min}\cdot\text{W}^{-1}$ ，本项目根据该单位预计每天开机的情况，每周拍片时间 2160min。另外，U 为利用因子，对于天棚、四周防护体、工件出入口取 1/4，T 为居留因子工作人员和公众分别取 1 与 1/4。

(2) 探伤室屏蔽厚度估算

本项目一号探伤室拟配备 8 台 X 射线探伤机，探伤室内不存在 2 台探伤机同时运行，因此本项目选取最大管电压 350kV，管电流 5mA 的周向 X 射线探伤机进行理论估算。

本项目探伤主射方向朝地面或者朝上方，因此四侧墙体及防护门按散射方向考虑屏蔽，天棚按主射方向考虑屏蔽。



图 11-1 室内探伤工作示意图（朝上）



图 11-2 室内探伤工作示意图（朝下）

①各侧防护墙厚度

散射后的 X 射线能量可以用一次散射作偏安全的近似计算：

$$E = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0}{0.511}(1 - \cos \theta)}$$

公式（2）

由公式（2）可得散射 X 线能量约为 185kV，近似按 200kV 进行屏蔽计算，根据公式（1），本项目探伤机位置不固定，按最不利情况，取探伤机位于离各侧墙体 0.5m 的位置，考虑墙体厚度，到墙外 30cm 的最小距离为 $d=1.3\text{m}$ ($0.5+0.3$ （墙外） $+0.5$ （墙厚） $=1.3\text{m}$)，防护体的利用因子 U 取 1/4，居留因子 T 取 1，可以估算出本项目电压等级为 350kV 的探伤机其最大允许的透射量为 $B=3.12 \times 10^{-6}$ ($\text{mSv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)。

查 200kV 宽束 X 线对混凝土的透射曲线图可知，所需的混凝土防护的厚度为 460mm，考虑 2 倍安全系数，加上一个半阶层厚度。查“不同管电压下铅和混凝土的半阶层”表可知道，参照 200kV 的 X 射线所需混凝土的半阶层为 26mm。

因此，本项目 X 射线探伤室需建造不小于 486mm 的混凝土防护墙。

②防护门防护厚度

根据公式（1）和公式（2），本项目探伤机位置不固定，按最不利情况，取探伤机位于离各侧墙体 0.5m 的位置，考虑墙体厚度、门厚度，则到门外 30cm 的最小距离为 $d=1.5\text{m}$ ($0.5+0.5$ （墙厚） $+0.2$ （门厚） $+门外 0.3=1.5\text{m}$)，防护体的利用因子 U 取 1/4，居留因子 T 取 1，可以估算出本项目电压等级为 350kV 的探伤机其最大允许的透射量为 $B=4.17 \times 10^{-6}$ ($\text{mSv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)。

查 200kV 宽束 X 线对铅的透射曲线图可知，所需的铅防护门防护的厚度为 6mm，考虑 2

倍安全系数，加上一个半阶层厚度。查“不同管电压下铅和混凝土的半阶层”表可知道，参照200kV的X射线所需铅的半阶层为1.4mm。

因此，本项目X射线探伤室需建造厚度不小于**7.4mm**的铅防护门。

③天棚厚度

根据企业提供资料，探头置于地面，则距离 $d=3.6\text{m}$ （高3.3m+顶棚外0.3m=3.6m）。天棚的利用因子U取1/4，公众成员居留因子T取1/4，

根据公式(1)可以估算出本项目电压等级为350kV的探伤机其最大允许的透射量为 $B=9.6 \times 10^{-5} (\text{mSv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1})$ 。

查350kV宽束X线对混凝土的透射曲线图可知，所需的混凝土防护的厚度为420mm，考虑2倍安全系数，加上一个半阶层厚度。查“不同管电压下铅和混凝土的半阶层”表可知道，参照350kV的X射线所需混凝土的半阶层为30mm。

因此，本项目X射线探伤室需建造厚度不小于**450mm**的混凝土天棚。

④屏蔽设计符合性分析

由以上计算，可比较该公司探伤室的屏蔽室的屏蔽设计是否符合理论计算的结果，比较结果见表11-1。

表 11-1 探伤室屏蔽符合情况一览表

项目	设计屏蔽厚度	理论估算值	是否符合
各侧防护墙厚度	500mm 混凝土	476mm 混凝土	符合
天棚厚度	500mm 混凝土	450mm 混凝土	符合
工件门	120mm 厚钢板+8mm 铅板	7.4mm 厚铅板	符合
工作人员门	120mm 厚钢板+8mm 铅板	7.4mm 厚铅板	符合

由表11-1可知，该探伤室防护墙、铅防护门及天棚的建造设计均符合要求。

11.2.2 X射线现场探伤辐射环境影响分析

根据《工业X射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)，将作业场所中周围剂量当量率大于 $15 \mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区，将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区。

(1) 有用线束

根据《辐射防护导论》(方杰主编, P₆₉, 式3.1)，在距离靶r(m)处由X射线探伤机产生的初级X射线束造成的空气比释动能率计算公式如下：

$$K_a = I \delta_x (r_0/r)^2 \eta \quad \text{公式 (3)}$$

式中:

K_a ——空气比释动能率, $\text{mGy} \cdot \text{min}^{-1}$, 控制区边界取 $15\mu\text{Sv/h}$, 即 $2.5 \times 10^{-4} \text{mSv} \cdot \text{min}^{-1}$, 监督区边界取 $2.5\mu\text{Sv/h}$, 即 $4.2 \times 10^{-5} \text{mSv} \cdot \text{min}^{-1}$;

I ——X射线机管电流, mA , 本项目不同型号的探伤机最大管电流均为 5mA ;

δ_x ——X射线探伤机的发射率常数, $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, 根据《辐射防护导论》(方杰主编, P343, 附图4), 本项目不同管电压探伤机发射率常数 ($\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) 分别为:

$\delta_x(200\text{kV}) = 1$, $\delta_x(250\text{kV}) = 6$, $\delta_x(300\text{kV}) = 9$, $\delta_x(350\text{kV}) = 15$ 。

r_0 ——X射线管钨靶离焦点的距离, 本项目取 1m ;

r ——参考点到X射线机靶的距离, m ;

η ——透射比, 根据《辐射防护手册》(第三分册)(李德平、潘自强主编, P63, 表3.4), 在管电压 200kV 下, 6mm 铁屏蔽效果等效为约 0.5mmPb , 在管电压 250kV 下, 10mm 铁屏蔽效果等效为约 0.8mmPb , 在管电压 300kV 下, 20mm 铁屏蔽效果等效为约 2mmPb , 在管电压 350kV 下, 25mm 铁屏蔽效果等效为约 3mmPb 。根据 GBZ/T 250-2014 附录B 图B.1, 可查得其透射比分别为:

$\eta(200\text{kV}) = 0.2$, $\eta(250\text{kV}) = 0.1$, $\eta(300\text{kV}) = 0.09$, $\eta(350\text{kV}) = 0.08$ 。

(2) 非有用线束

① 漏射线

根据《工业X射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 标准中规定: X射线探伤装置在额定工作条件下, 当X射线管电压 $> 200\text{kV}$ 时, X射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率 $< 5\text{mGy/h}$; 当X射线机管电压处于 $150\text{kV} \sim 200\text{kV}$ 时, X射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率 $< 2.5\text{mGy/h}$ 。

一般情况下出厂合格的X射线探伤机都将满足该要求。根据下列公式可以估算出探伤过程中泄漏射线的辐射影响范围。

$$K_1 = k_0 R_0^2 / R_1^2 \quad \text{(公式4)}$$

式中: K_1 ——距探伤机表面 R 处的空气比释动能率, mGy/h , 对于控制区边界取 $15\mu\text{Sv/h}$, 对于监督区边界取 $2.5\mu\text{Sv/h}$;

K_0 ——距离探伤机表面 1m 处的空气比释动能率, mGy/h ;

R_0 ——探伤机表面外1m;

R_1 ——参考点距探伤机表面的距离, m。

②散射线

本项目探伤机工作时, X 射线一般只有经 1 次散射后到达工件外面时才对周围环境影响较大。假设主射线束经一次散射后到达工件外, 散射线可根据《辐射防护导论》(方杰主编, P185, 式 6.6) 及推导公式计算:

$$\eta_{rR} \leq k \frac{\dot{H}_{L,h} \gamma_i^2 \cdot r_R^2}{F_{j0} \cdot a_r \cdot a \cdot q} \quad (\text{公式 5})$$

由上式可以导出:

$$\dot{H}_{L,h} = \frac{F_{j0} \cdot a_r \cdot a}{\gamma_i^2 \cdot r_R^2} \cdot q \cdot \frac{1}{k} \cdot \eta_{rR} \quad (\text{公式 6})$$

式中: $\dot{H}_{L,h}$ ——参考点处 X 辐射计量率 (Sv/h);

$\dot{H}_{L,h}$ (控制区) == 15×10^{-6} Sv/h, $\dot{H}_{L,h}$ (监督区) == 2.5×10^{-6} Sv/h,

F_{j0} ——辐射源处辐射水平 ($\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$);

200kV 探伤机: $F_{j0} = I \cdot \delta \chi = 1 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5 \text{mA} = 0.005 \text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$;

250kV 探伤机: $F_{j0} = I \cdot \delta \chi = 6 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5 \text{mA} = 0.030 \text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$;

300kV 探伤机: $F_{j0} = I \cdot \delta \chi = 9 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5 \text{mA} = 0.045 \text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$;

350kV 探伤机: $F_{j0} = I \cdot \delta \chi = 15 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5 \text{mA} = 0.075 \text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1}$ 。

a_r ——反射物的反射系数, 取 0.025;

a ——X 射线束在反射物上的投照面积 (m^2), $a = \pi (r_i \times \tan(\theta/2))^2$, θ 为辐射角, 本项目取 40° , 即 $a = 0.1$;

r_i ——辐射源同反射点之间的距离 (m), 取 0.5m;

r_R ——反射点到参考点的距离 (m);

k ——单位换算系数, 对于 X 射线源为 1.67×10^{-2} ;

q ——参考点所在位置相应的居留因子, 取 1;

η_{rR} ——透射因子, 取 1。

(3) 估算结果

公司现场探伤是根据待检测的工件材料及厚度选用相应的探伤机。假设探伤作业时, 设备满功率运行, 将相关参数带入公式 3~公式 6, 可以估算出不同管电压条件下探伤机探伤时控制区和监督区的边界范围, 估算结果见表 11-2~表 11-4。

表 11-2 有用线束照射方向控制区与监督区边界范围估算结果表

探伤机型号	探伤钢板厚度 (mm)	控制区范围 (m)	监督区范围 (m)
RF-200EGM2	6-15	64	155
RF-250EGM2	10-25	110	268
XX-3005 型	20-35	128	311
XX-3505 型	25-60	155	378

表 11-3 泄漏辐射控制区与监督区边界范围估算结果表

探伤机型号	控制区范围 (m)	监督区范围 (m)
RF-200EGM2	13	32
RF-250EGM2	18	45
XX-3005 型	18	45
XX-3505 型	18	45

表 11-4 散射辐射控制区与监督区边界范围估算结果表

探伤机型号	控制区范围 (m)	监督区范围 (m)
RF-200EGM2	14	34
RF-250EGM2	35	85
XX-3005 型	43	104
XX-3505 型	55	135

综上所述，从理论计算结果可知，本项目 RF-200EGM2 型号 X 射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其主射束方向控制区范围最大约 64m，监督区范围最大约 155m；非有用射束方向控制区范围最大约 14m，监督区范围最大约 34m；RF-250EGM2 型号 X 射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其主射束方向控制区范围最大约 110m，监督区范围最大约 268m；非有用射束方向控制区范围最大约为 35m，监督区范围最大约 85m；XX-3005 型 X 射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其主射束方向控制区范围最大约 128m，监督区范围最大约 311m；非有用射束方向控制区范围最大约为 43m，监督区范围最大约 104m；XX-3505 型号 X 射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其主射束方向控制区范围最大约 155m，监督区范围最大约 378m；非有用射束方向控制区范围最大约 55m，监督区最大约 135m。理论估算得出的控制区和监督区均在浙江三澳核电厂区内，并在本项目评价范围内。

以上理论计算结果仅为本项目 X 射线现场探伤控制区和监督区的划分提供参考。实际探伤过程中 X 射线探伤机的管电压的降低、被检测工件的厚度的增加以及探伤现场的遮蔽物都会使辐射场的辐射剂量水平下降，从而缩小控制区和监督区的范围。因此在实际探伤过程中探

伤工作人员应根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的要求：在第一次探伤开始前，根据上述理论估算值和经验划定并标志出控制区和监督区边界；在试运行或第一次探伤期间，借助环境辐射巡测仪进行检测或修正，将空气比释动能率在 15 μ Sv/h 以上的范围内划为控制区，控制区边界外空气比释动能率在 2.5 μ Sv/h 以上的范围内划为监督。

11.2.3 辐射工作人员和公众剂量估算及评价

（1）X 射线室内探伤运行对辐射工作人员和周围公众产生的附加剂量

①对辐射工作人员的影响

该公司辐射工作人员年工作时间约为 50 周，根据理论计算结果，在满足辐射防护屏蔽要求的前提下，辐射工作人员受到辐射照射剂量不超过 0.25mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“职业照射管理约束值”的要求。

②对周围公众产生的影响

本项目将探伤室周围外 1m 化为监督区，禁止无关人员进入，X 射线探伤机工作时，将开启工作灯光警示装置，告诫车间其他工作人员不要在探伤室周围停留，车间其它工作人员和公众人员不会接受明显的额外的辐射照射，因此，公众成员所接受的剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

（2）X 射线现场探伤运行对辐射工作人员和周围公众产生的附加剂量

辐射工作人员和周围公众年有效剂量预测可参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的公式 1 来估算，估算公式如下：

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot u \cdot T \quad (\text{公式 7})$$

式中：

H ——年有效剂量， μ Sv/h；

\dot{H} ——关注点的剂量率， μ Sv/h；

U ——使用因子， $U=1$ ；

T ——居留因子；

t ——年工作时间，h/a。

①对辐射工作人员的影响

X 射线现场探伤时公司将空气比释动能率在 15 μ Sv/h 以上的范围内划为控制区辐射工作人员位于控制区边界外，现场探伤由 3 名辐射工作人员轮流完成，则单名辐射工作人员 X 射

线现场探伤年受照时间最大为 300h，居留因子取 1，使用因子保守取 1，则单名辐射工作人员从事本项目现场探伤作业受到的年有效剂量为约 4.5mSv。

综上所述，公司在做好安全防护措施的情况下，本项目运行后，单名辐射工作人员年有效剂量最大为约 4.5mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员受照剂量限值和本项目管理目标值的要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv）。

②对周围公众产生的影响

公司均在 22:00 至次日凌晨 6:00 开展现场探伤，探伤时除探伤人员外，评价范围内无其他人员居留，辐射剂量率保守取监督区边界监督区最大为约 378m 处，最大辐射剂量率 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，X 射线现场探伤年探伤时间最大为 900h，无长期居留人员，居留因子取 1/64，使用因子取 1，则公众年有效剂量最大为约 0.035mSv，公众年受照剂量将低于 0.01mSv。

综上所述，公司在做好安全防护措施的情况下，现场探伤运行后，项目周围公众年有效剂量最大为约 0.035mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对公众受照剂量限值和本项目管理目标值的要求（公众年有效剂量不超过 0.25mSv）。

（3）对辐射工作人员的综合影响

实际工作中，由于同一名公众成员同时出现在 X 现场探伤作业点和探伤室周围的概率极小，辐射影响叠加的意义不大，因此本报告仅考虑辐射工作人员辐射影响的叠加。

本项目室内探伤及现场探伤都按满负荷计算，同一工作人员不具备既参与 X 射线室内探伤又参与 X 射线现场探伤条件。即使按最不利因素考虑，同一工作人员同时参与 X 射线室内探伤又参与 X 射线现场探伤，则辐射工作人员年有效剂量的计算结果为： $H = H_{\text{室X}} + H_{\text{现X}} = 4.5\text{mSv/a} + 0.25\text{mSv/a}$ （本项目室内探伤辐射工作人员剂量按 0.25mSv/a 控制） $= 4.75\text{mSv/a} < 5.0\text{mSv/a}$ 。

因此，在最不利情况下，本项目辐射工作人员受到的年附加有效剂量当量小于本次评价项目年剂量管理约束值（ 5.0mSv/a ），同时也符合《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。

11.2.4 其他废物排放对环境影响分析

1、非放射性废气

X 射线室内探伤工作时产生射线，会造成探伤室内空气电离，产生少量的臭氧和氮氧化物。探伤室内已设计排风系统，通风换气次数一般每小时不小于 3 次，不会形成局部聚集，且臭氧

在短时间内会自动分解为氧气，对大气环境基本没有影响。

X 射线现场探伤在良好通风条件下，臭氧和氮氧化物可很快弥散在大气环境中。

2、废显（定）影液与废胶片（非放射性）

探伤作业完成后产生的废显（定）影液与废胶片，根据建设单位提供的资料，本项目每年拍片 21600 张，按洗 1000 张片用 20L 显（定）影液，预计全年产生废液 432L，胶片作废率约 2%，预计全年产生的废胶片数量约 432 张。废显影液和废胶片属于国家危险废物名录中感光材料废物 HW16：900-019-16，洗片废水用专用容器收集与废胶片一起暂存在暗室中，定期委托有资质单位进行处理。

本项目产生的危废暂存在暗室中，建设单位必须对暂存场所进行严格管理，必须要满足以下几条要求：

第一条 危废暂存间必须派专人管理（本项目为胶片冲印人员），其他人未经允许不得进入内。

第二条 危险废物暂存间不得存放除危险废物以外的其他废弃物。

第三条 当危险废物存放到一定数量，管理人员应及时通知 HW16：900-019-16 危险废物处置资质的单位上门回收处置。

第四条 建设单位计划将每次冲洗胶片产生的废液暂存在专用的带盖塑料桶中，废胶片暂存在专用的带盖塑料箱中，塑料桶和塑料箱存放于暗室，暗室地面需硬化，并分别贴好标识，注明危险废物名称。

第五条 危险废弃物暂存期间，主管部门应定期进行检查，防止泄露事故发生。

第六条 危险废物暂存间管理人员必须定期对危险废物包装及贮存设施进行检查，发现破损，应及时采取措施清理更换。

第七条 危险废物暂存间内所有警示标识应确保无损坏、丢失等情况，若发生以上情况，管理人应及时上报。

11.3 事故影响分析

1、可能产生事故的工况

本项目拟使用的 X 射线探伤机属于 II 类射线装置，室内探伤作业可能存在以下事故工况：

（1）机器调试、检修时误照。探伤机在调试或检修过程中，责任者脱离岗位，不注意防护或他人误开机使人员受到照射；

（2）误传联络信号误照射。在有人贴胶片时，由于联络信号传递失误而开机，造成误照

射；

(3) 二人作业，配合失误受照。两个人一起作业时，一人去开机，而另一人却仍在探伤室内而受到误照射；

(4) 探伤过程中因门—机联锁失效、警告灯损坏等原因，工作人员或其他人员误入探伤室使其受到照射；曝光期间防护门未能完全关闭时，X 射线泄漏到探伤室外，给周围活动的人员造成不必要的照射。

本项目 X 射线现场探伤作可能存在以下事故工况：

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

(2) 现场控制区和监督区划分不合理，探伤过程中未对两区边界的辐射水平进行检测，对辐射工作人员和公众造成超剂量照射。

2、辐射事故处置方法及预防措施

(1) 立即关机、切断电源，停止探伤作业；

(2) 立即向单位领导汇报，并控制探伤区域，防止无关人员进入；

(3) 对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

公司应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行探伤作业，定期检查探伤室和探伤现场的辐射安全设施，并在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善，加强职工辐射防护知识的培训，定期检查探伤设备及监测仪器的性能，尽可能避免辐射事故的发生。

发生辐射事故时，该公司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》，向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生主管部门报告。

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和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用 II 类射线装置的工作单位，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负责辐射安全与环境保护管理工作；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。

12.1.1 机构的设置

该公司必须制定《放射防护安全管理机构及职责》，内容包括：

①该公司应确定本单位辐射工作安全责任人，设置以行政主管领导为组长的辐射防护领导机构，并指定专人负责射线装置运行时的安全和防护工作。

②辐射防护领导机构应规定各成员的职责，做到分工明确、职责分明。

③辐射防护领导机构应加强监督管理，切实保证各项规章制度的实施。

12.1.2 辐射工作人员管理

①公司所有辐射工作人员均应参加核技术利用辐射安全统一防护考核，并取得合格证后方可上岗，并按要求参加复训。

②公司应为每个辐射工作人员配备个人剂量计，每三个月送有资质的单位检测一次，并建立个人剂量档案。

③辐射工作人员在上岗前和离职后都须在有资质的单位进行职业病健康体检，且须在岗期间每两年进行一次职业病健康体检，并建立完整的个人健康档案保存时限为工作人员年满 75 岁或工作人员停止辐射工作后 30 年。

④本项目辐射工作人员的职业健康档案记录、人员培训合格证书、个人剂量检测档案三个文件上的人员信息应统一。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、辐射防护措施、台账管理制度、人员培训计划、监测方案等。

辐射防护和安全保卫制度：根据本项目的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是 X 射线探伤机的运行和维修时辐射安全管理。

X 射线室内探伤安全操作规程：明确辐射工作人员的资质条件要求、X 射线室内探伤操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确 X 射线室内探伤时的操作步骤、探伤前对辐射安全措施的检查，确保辐射安全措施的有效性。

X 射线现场探伤安全操作规程：明确探伤机取用制度、做好使用登记，明确辐射工作人员的资质条件要求、X 射线现场探伤操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确 X 射线现场探伤时的操作步骤、探伤前对控制区和监督区的巡测和修正、人员的清场和辐射安全措施的检查，确保辐射工作安全有效运转。

设备检修维护制度：对可能引起操作失灵的关键零配件及时进行更换。设备检修时禁止开启检测装置，待检修完毕，开启检测装置试探伤，确认检修完成。检修后主要性能未达仪器基本参数时不准重新投入使用。并且每年将射线装置送交有资质的单位进行检定，检定合格后方可继续使用。

岗位职责：明确管理人员、探伤操作人员、暗室人员与评片人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

台帐管理制度：建立探伤装置的档案和台帐，贮存、使用射线装置时及时进行登记、检查，做到帐物相符登记内容包括射线装置的生产单位、到货日期、规格型号等，同时加强档案管理。

人员培训计划：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。

个人剂量监测方案：明确辐射工作人员开展辐射工作时均应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质单位进行监测，公司明确个人剂量计的佩戴和监测周期，个人剂量监测结果及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标；明确辐射工作人员进行职业健康体检的周期，公司建立个人累积剂量和职业健康体检档案。

事故应急预案：根据《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》（环发[2006]145 号文）的要求，公司应成立单位负责人为领导的放射性事故应急领导小组。针对可能产生的辐射污染情况制定事故应急制度，该制度要明确事故情况下应采取的防护措施和执行程序，有效控制事故，及时制止事故的恶化，保证及时上报、渠道畅通，并附上各联系部门及联系人的联系方式。同时根据本单位实际情况，每年至少开展一次综合或单项的应急演练，应急演练前编制演习计划，包括演练模拟的事故事件情景；演练参与人员等。

年度辐射监测：根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中相关要求，使用

射线装置的单位，应当对本单位的射线装置的安全和防护状态进行年度评估，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。项目建好运行后，建设单位每年将委托第三方检测机构对探伤房周围约 30cm 处的环境辐射水平进行一次年度检测，年度检测数据将作为本单位射线装置的安全和防护状况年度评估报告的一部分，于每年 1 月 31 日前上报行政主管部门。年度辐射剂量率水平检测结果超过 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 时，将立即停止工作，查找原因，进行整改，整改好并经第三方检测机构检测确认辐射水平不超标后，方可继续开展工作。

日常监测：根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18 号令 2011 年）及《工业 X 射线探伤放射卫生防护要求》（GBZ117-2015）的相关规定，建设单位制定的日常检测计划，拟为该项目配备 2 台个人剂量报警仪，严格要求工作人员进入探伤房作业前检查剂量仪是否正常工作，并要求佩戴好个人剂量报警仪和个人剂量仪。建设单位定期（每个月第一个工作日对探伤房外 0.3m 处辐射剂量率水平进行巡测，做好巡测记录，一旦发现辐射水平异常（超过 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ）将立即停止工作，查找原因，进行整改。整改好、并经检测确认辐射水平不超标后，方可继续开展工作。X 射线现场探伤过程中对控制区和监督区边界辐射水平进行巡测或连续性监测，并记录档案。

12.3 辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，公司需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

12.4.1 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）等要求，使用 II 类射线装置的单位应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。公司室内探伤室拟配备 1 台 X- γ 剂量监测仪，现场探伤每个工作小组拟配备 1 台 X- γ 剂量监测仪，所有辐射工作人员均配备个人剂量计。

12.4.2 个人剂量监测

公司应严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理规定，为辐射工作人员配备个人剂量计；同时，应根据每年的工作人员的变化增加个人剂量计，并进行个人剂量监测（1 季度 1 次）和职业健康检查（不少于 1 次/2 年），建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案，并为工作人员保存职业照射记录。

12.4.3 探伤工作场所辐射监测

根据辐射管理要求，公司应针对本项目具体情况制定如下监测方案：

(1) 正式使用前监测：委托有相关监测资质的监测单位对核技术应用场所的辐射防护设施进行全面的验收监测，做出辐射安全状况的评价。

(2) 常规监测：日常使用过程中对控制区、监督区边界及使用场所周边关注点进行监测。如发现划定的区域未能满足相关标准的要求，及时对划定的分区进行调整，并将每次巡测结果记录存档备案。

(3) 每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境的监测，对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。

表 12-1 辐射监测计划

监测对象	监测项目	监测点位	监测频率
探伤室	X- γ 辐射剂量率	四周屏蔽墙外 30cm 处、防护门门缝、防护门外 30cm 处、操作位；	1 年/次
现场探伤	X- γ 辐射剂量率	由远及近测量，划分控制区、监督区	1 年/次

12.4 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，应首先向当地生态环境部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告，当发生认为破坏行为时，应及时向公安部门报备。

- (5) 生态环境、卫生和公安部门的联系部门和电话。
- (6) 编写事故总结报告，上报生态环境部门归档。

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。

公司应定期、具有针对性的对可能发生的辐射事故进行演练，演练内容包括辐射事故应急预案的可操作性、针对性、完整性，并根据实际情况组织修订辐射事故应急预案。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

中国核工业华兴建设有限公司承担浙江三澳核电厂 1、2 号机组核岛土建工程的实施，因 1、2 号机组核岛土建工程建设的需要，拟在浙江三澳核电厂区内新建 1 座固定式 X 射线探伤房，包括 1 间 X 射线探伤室和控制室等相关辅房，拟配备 8 台 X 射线探伤机，在探伤室内开展 X 射线室内探伤作业，同时公司拟在 1、2 号机组位置及其他不固定区域，开展 X 射线现场探伤作业，对土建工程需要的钢衬里、钢结构和不锈钢工程构件的对接焊缝、管焊缝等焊缝进行无损探伤。

本项目探伤机最大管电压均为 350kV、最大管电流均为 5mA，均属于 II 类射线装置。

13.1.2 实践正当性评价

本项目在运行期间将会产生电离辐射，有可能会增加项目周围的辐射水平，但采取各种辐射防护屏蔽措施、安全措施和管理措施后可得到有效的控制。本项目的建设将满足浙江三澳核电厂 1、2 号机组核岛土建工程的需要，创造更大的经济效益和社会效益，经落实辐射防护屏蔽措施、安全措施和管理措施后，带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

13.1.3 辐射安全与防护分析结论

本项目探伤室为混凝土（密度不低于 2.35g/cm^3 浇筑结构，四周墙体和屋顶厚度均为 500mm；工件门和工作人员出入门为 120mm 后钢板加 8mm 厚铅板；电缆管道及 1 个通风管道均采用地下 U 型管道，另 1 通风口设在屋顶，铅百叶屏蔽，不破坏探伤室的整体屏蔽效果。根据理论预测可知，本项目探伤室的辐射防护设计能满足辐射防护要求；电缆管道、通风管道的设置合理可行，辐射防护措施满足当前的管理要求。

13.1.4 环境影响分析结论

(1) X 射线室内探伤：通过理论计算可知，企业探伤室四侧墙体、防护门、天棚屏蔽厚度均能够满足辐射防护要求，从事辐射操作的工作人员和公众成员接受额外的辐射照射满足相应的管理限值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

(1) X 射线现场探伤：从理论计算结果可知，本项目 RF-200EGM2 型号 X 射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其主射束方向控制区范围最大约 64m，监督区范围最大约 155m；

非有用射束方向控制区范围最大约 14m，监督区范围最大约 34m；RF-250EGM2 型号 X 射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其主射束方向控制区范围最大约 110m，监督区范围最大约 268m；非有用射束方向控制区范围最大约为 35m，监督区范围最大约 85m；XX-3005 型 X 射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其主射束方向控制区范围最大约 128m，监督区范围最大约 311m；非有用射束方向控制区范围最大约为 43m，监督区范围最大约 104m；XX-3505 型号 X 射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，其主射束方向控制区范围最大约 155m，监督区范围最大约 378m；非有用射束方向控制区范围最大约 55m，监督区最大约 135m。理论估算得出的控制区和监督区均在浙江三澳核电厂区内，并在本项目评价范围内。

理论计算结果仅为本项目 X 射线现场探伤控制区和监督区的划分提供参考。实际探伤过程中 X 射线探伤机的管电压的降低、被检测工件的厚度的增加以及探伤现场的遮蔽物都会使辐射场的辐射剂量水平下降，从而缩小控制区和监督区的范围。因此在实际探伤过程中探伤工作人员应根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的要求：在第一次探伤开始前，根据上述理论估算值和经验划定并标志出控制区和监督区边界；在试运行或第一次探伤期间，借助环境辐射巡测仪进行检测或修正，将空气比释动能率在 $15 \mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为控制区，控制区边界外空气比释动能率在 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为监督。

开展室内探伤时产生的少量的臭氧和氮氧化物通过机械排风排入室外，氧在短时间内会自动分解为氧气，对大气环境基本没有影响；开展室外探伤时 X 射线现场探伤在良好通风条件下，臭氧和氮氧化物可很快弥散在大气环境中。

洗片过程产生的废显（定）影液和废胶片（危废代码：HW16：900-019-16），收集后暂存在暗室中，定期委托有资质单位进行处理，对周围环境影响较小。

13.1.5 可行性分析结论

浙江三澳核电厂 1、2 号机组核岛土建工程 X 射线机探伤应用项目在落实本评价报告提出的各项污染防治措施、应急预案和辐射安全管理计划后，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，其 X 射线探伤机在探伤室内运行时对周围环境的影响符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

13.2 建议和承诺

(1) 企业承诺将根据本评价报告和生态环境主管部门的要求落实相应的污染防治措施和管理要求。

(2) 环评报批并建成后，公司应及时向生态环境主管部门申领辐射安全许可证。

(3) 建设项目竣工后，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

公章

经办人年月日

审批意见：

公章

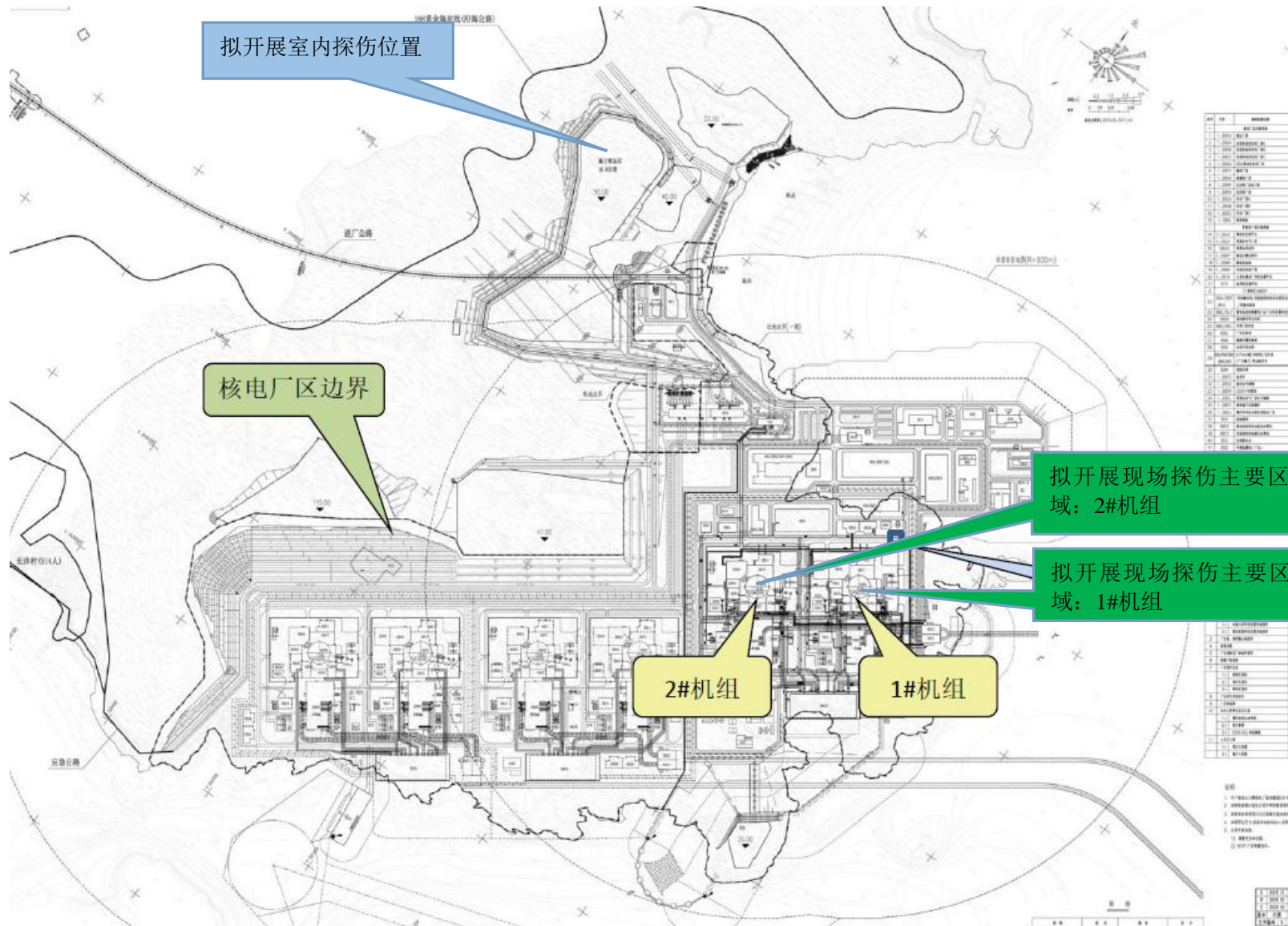
经办人年月日



附图 1-1 项目地理位置图



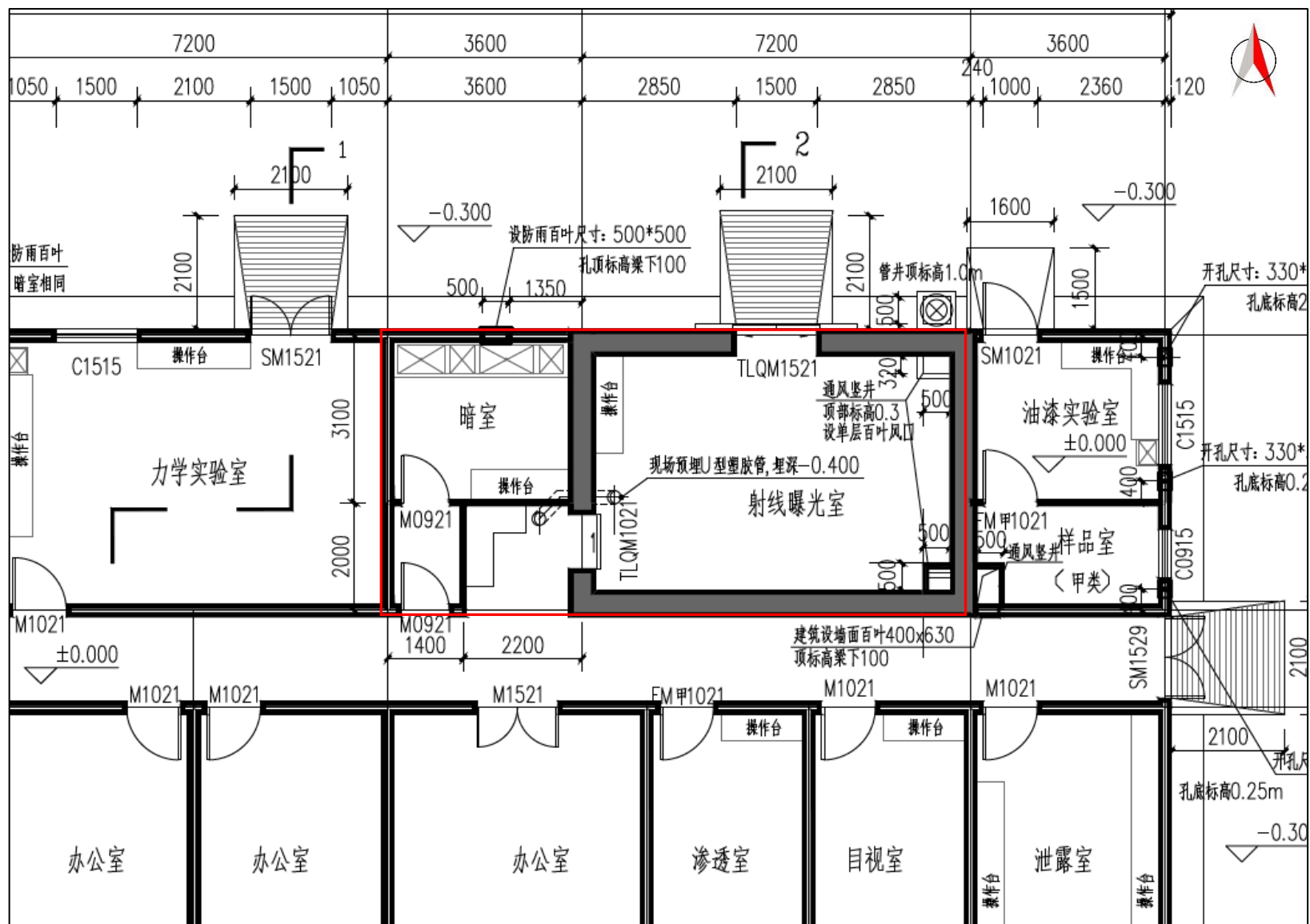
附图 1-2 项目地理位置图



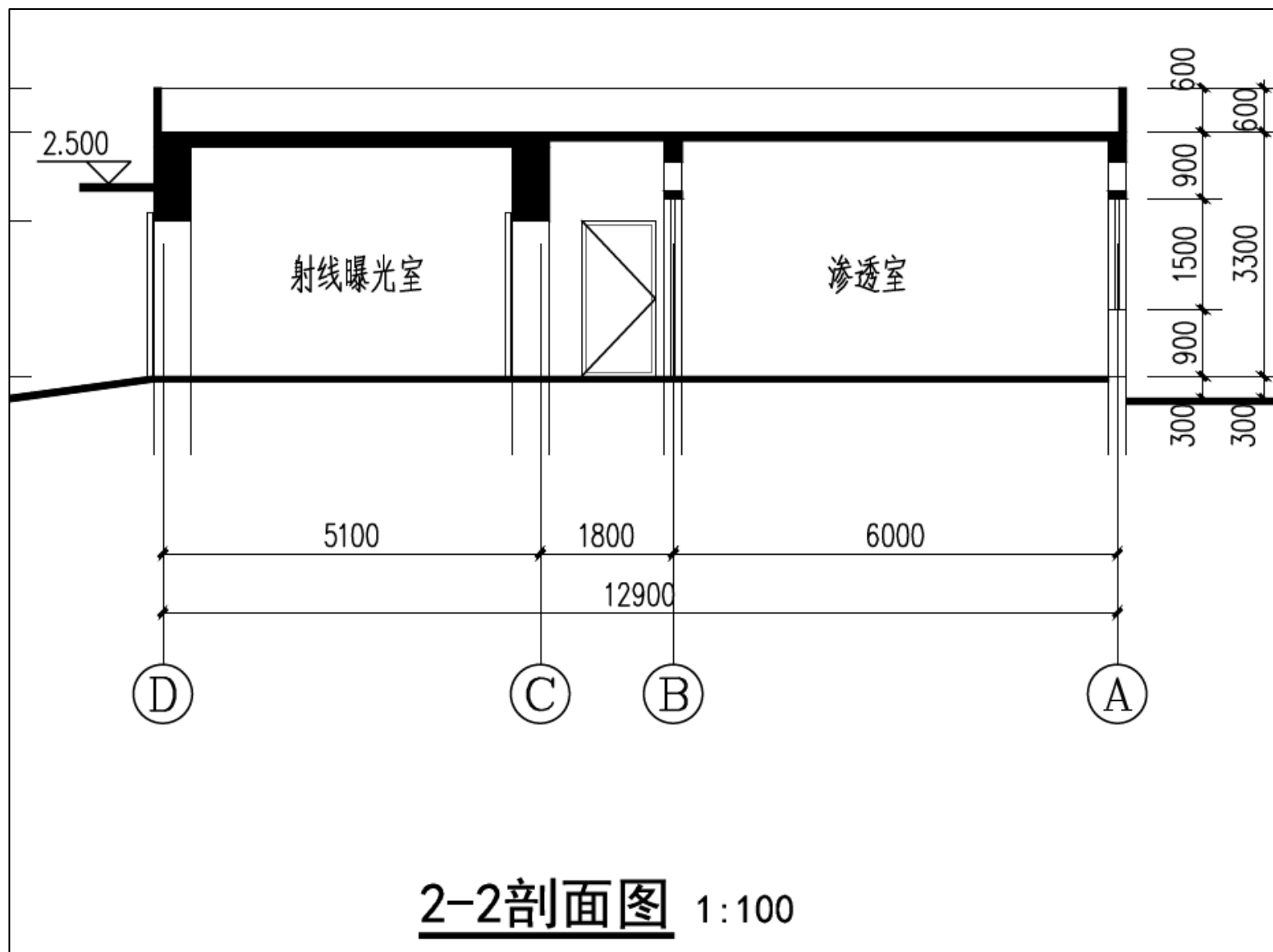
附图 2 项目周边环境关系图



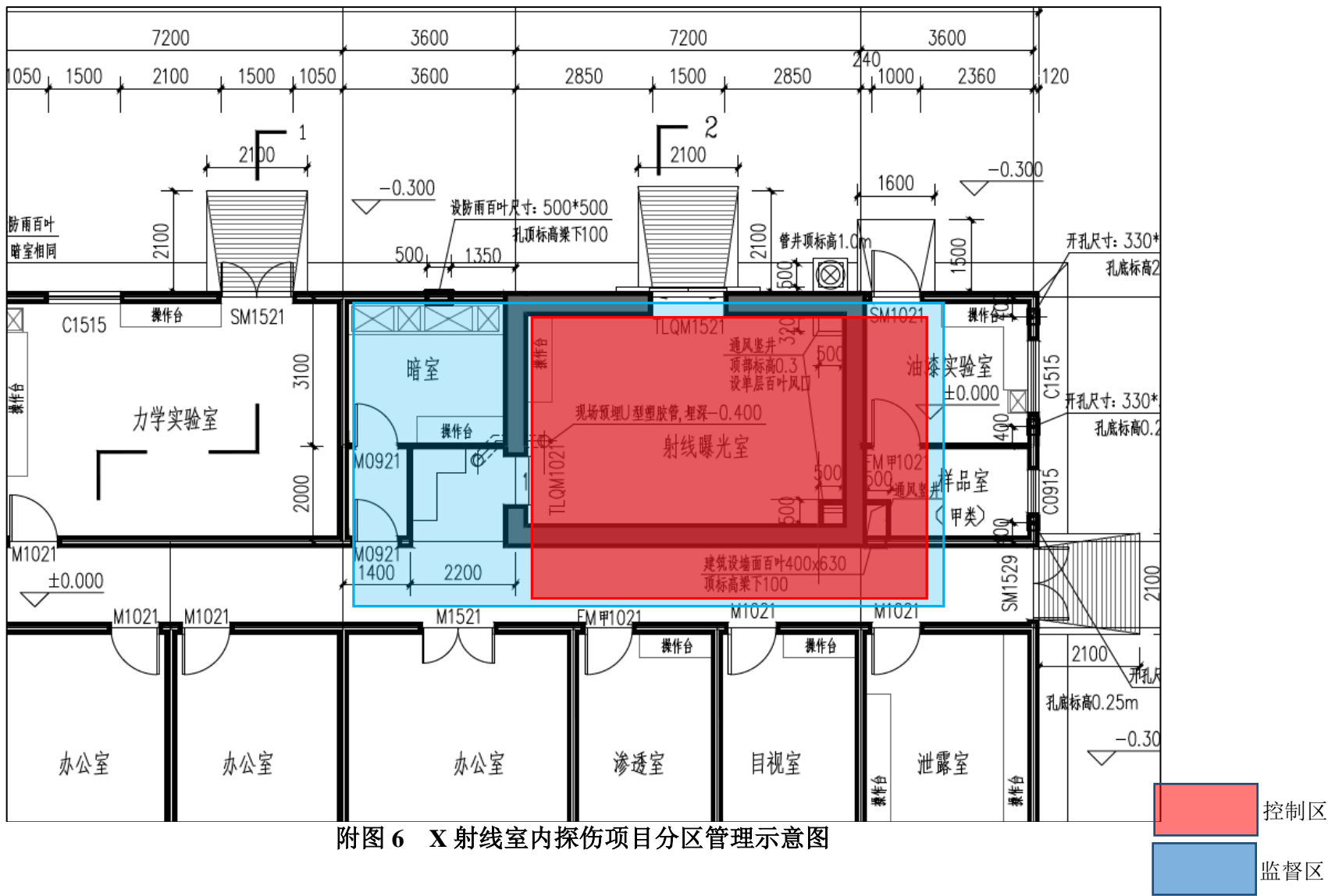
附图3 室内探伤评价范围示意图



附图 4 探伤室总平面布置图



附图5 探伤室剖面示意图



附图 6 X 射线室内探伤项目分区管理示意图