

高端船舶及海工装备配套产品产业化
一期项目 X 射线探伤机应用项目
竣工环境保护验收监测报告表

建设单位：中船九江海洋装备（集团）有限公司

编制单位：江西核工业环境保护中心

二〇一九年六月

建设单位法人代表：肖坤

编制单位法人代表：杜兴胜

项目 负责人：

填 表 人：

建设单位：中船九江海洋装备（集团）有限公司 编制单位：江西核工业环境保护中心

（盖章）

（盖章）

电话：0792-8226551

电话：0791—88227471

传真：

传真：0791—88236020

邮编：332000

邮编：330002

地址：江西省九江市开发区九瑞大道 79 号

地址：江西省南昌市洪都中大道 101 号

目 录

表一 项目概况、验收监测依据及评价标准.....	1
表二 工程建设内容、主要工艺流程及产污环节.....	4
表三 主要污染源、污染物处理和排放.....	7
表四 环境影响报告表评价结论及审批部门审批决定.....	9
表五 验收监测方法与质量控制.....	12
表六 监测结果.....	14
表七 辐射防护管理检查结果.....	16
表八 验收监测结论及建议.....	19

附图：

附图一 项目地理位置图

附图二 外环境关系图

附图三 探伤室平面布置图

附图四 现场照片

附件：

附件 1 委托书

附件 2 辐射安全许可证

附件 3 关于对《高端船舶及海工装备配套产品产业化一期项目 X 射线探伤机应用项目环境影响报告表》批复意见（赣环辐字[2016]81 号）

附件 4 辐射安全与防护管理机构及其职责

附件 5 辐射事故应急预案

附件 6 X 射线探伤机操作规程

附件 7 其他相关管理制度

附件 8 辐射工作人员体检报告

附件 9 辐射工作人员辐射防护培训证书

附件 10 监测报告

附件 11 内部监测记录

附件 12 检测资质及仪器检定证书

附件 13 专家意见、现场检查监督表及修改清单
建设项目竣工环境保护“三同时”验收登记表

表一 项目概况、验收监测依据及评价标准

建设项目名称	高端船舶及海工装备配套产品产业化一期项目 X 射线探伤机应用项目				
建设单位名称	中船九江海洋装备（集团）有限公司				
建设项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 技改迁建				
建设地点	九江市开发区城西港区石牛路				
许可使用情况	射线装置：5 台 X 射线探伤机				
实际使用情况	射线装置：5 台 X 射线探伤机				
项目环评时间	2016 年 8 月	开工建设时间	2017 年 2 月		
调试时间	2019 年 3 月	验收监测时间	2019 年 4 月		
环评报告表 审批部门	江西省环境保护厅	环评报告表 编制单位	江西省核工业地质局测试 研究中心		
环保设施设计单 位	湖北大冶	环保设施 施工单位	湖北大冶		
投资总概算	13000 万元	环保投资总概算	450 万元	比例	3.6%
实际总概算	450 万元	实际环保投资	150 万元	比例	33.3%
验收监测依据	<p>(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）；</p> <p>(2) 《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）；</p> <p>(3) 《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令 第 682 号，2017 年修订版）；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置放射安全和防护条例》（国务院令 第 449 号，2019 年修正版）；</p> <p>(5) 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）；</p> <p>(6) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）；</p> <p>(7) 《高端船舶及海工装备配套产品产业化一期项目 X 射线探伤机应用项目环境影响报告表》（2016 年 6 月）；</p> <p>(8) 江西省环境保护厅关于对《高端船舶及海工装备配套产品产业化一期项目 X 射线探伤机应用项目环境影响报告表》的批复（赣环辐字[2016]81 号）；</p> <p>(9) 项目委托书（见附件 1）。</p>				
验收监测评价 标准	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）				

①剂量限值

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录B 中规定：

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的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；根据本项目环评批复工作人员的的职业照射取其四分之一即 5mSv 作为管理限值。

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：

b) 年有效剂量，1mSv；根据本项目环评批复公众人员的公众照射取其十分之一即 0.1mSv 作为管理限值。

(2) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）

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 探伤室防护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。

表二 工程建设内容、主要工艺流程及产污环节

工程建设内容：

1、项目基本情况

中船九江海洋装备（集团）有限公司是中国船舶工业集团有限公司管理的二级子公司，其前身为中船九江工业有限公司。公司主要由中国船舶工业集团有限公司授权，对中船九江地区企事业单位进行“决策、经营、管理、服务”。公司位于九江市开发区城西港区石牛路新建厂区，建设项目总投资 13000 万元，核技术应用投资 450 万元，环保投资 150 万。目前在厂区批准使用的 5 台工业 X 射线探伤机严格在探伤室内进行操作，并不同时使用；主要用于组合炉筒体、辅锅炉锅筒组件、联箱、以及其他小型构件的射线探伤。地理位置见附图一。

公司目前使用的 5 台 X 射线探伤机于 2016 年 8 月履行了环评手续并取得了批复，批复号：赣环辐字[2018]81 号（见附件 3），同时办理了辐射安全许可证，证号为赣环辐证[G1808]（见附件 2）；公司现有射线装置见表 2-1。

表 2-1 中船九江海洋装备（集团）有限公司 X 射线探伤机一览表

序号	设备名称	型号	管电压 (kV)	管电流 (mA)	主射线方向	台数	设备位置	类别	备注
1	X 射线探伤机	XXGH3505	350	5	周向	1	探伤室	II 类	本次验收
2	X 射线探伤机	XXGH3005	300	5	周向	3			
3	X 射线探伤机	XXG2505	250	5	定向	1			

根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017 年修订版）、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（简称《暂行办法》）和环境保护设施与主体工程须同时设计、同时施工、同时投入使用的“三同时”制度要求，2019 年 4 月中船九江海洋装备（集团）有限公司委托江西核工业环境保护中心承担 X 射线探伤机应用项目竣工环境保护验收监测（委托书见附件 1）。2019 年 4 月江西核工业环境保护中心组织验收监测组对项目现场进行了详尽踏勘，重点调查了项目周围环境情况及项目建设过程中的环保措施落实情况等，收集了项目环评文件、环评批复等有关资料，并对各辐射工作场所及周边辐射环境现状进行了监测，根据工程现场调查、监测结果，编制完成了《高端船舶及海工装备配套产品产业化一期项目 X 射线探伤机应用项目竣工环境保护验收监测报告表》。

2、项目周边情况

X 射线探伤机探伤室位于 4#联合厂房的东北角，探伤室屏蔽墙体的北面、南面及西面 50m 范围均在公司厂区内；探伤室东屏蔽墙体外为控制室，东墙外约 30m 为厂区边界围墙，东墙外 50m 范围内为空地，外环境关系图见附图二。

3、项目投资及环保投资

中船九江海洋装备（集团）有限公司 X 射线探伤机应用项目总投资为 450 万元，其中环保投资为 150 万元，占总投资的 33.3%。环保投资具体情况见表 2-2。

表 2-2 环保投资情况一览表

项目	环保投资金额（万元）
探伤室、防护门	141.5
个人剂量报警仪	2.0
便携式辐射监测设备	2.0
视频监控系统、排风机等	2.0
急停按钮、工作指示灯、声光报警装置、电离辐射警示标志、门灯联锁、规章制度上墙等	1.0
辐射工作人员职业健康体检	0.5
辐射安全与防护培训	0.5
个人剂量监测	0.5
合计	150

探伤机工艺流程及产污环节

1、工作原理

探伤机的 X 射线发生器主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成（见图 2-1）。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚焦成束，直接向嵌在铜阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前加速达到很高的速度。靶体一般用高原子序数的难熔金属如钨、铂、金、钽等制成。高速电子轰击靶体产生 X 射线。X 射线管工作时，靶体上会产生大量的热，必须采取适当的措施将热量导出。

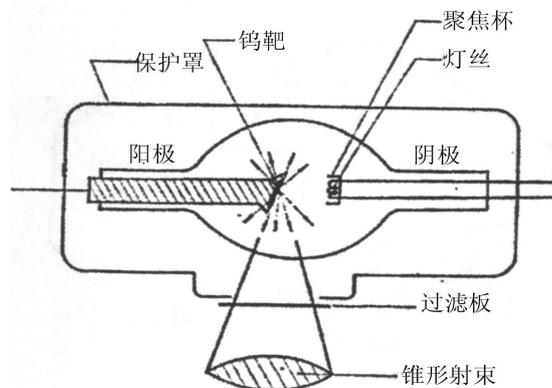


图 2-1 X 射线发生器工作原理示意图

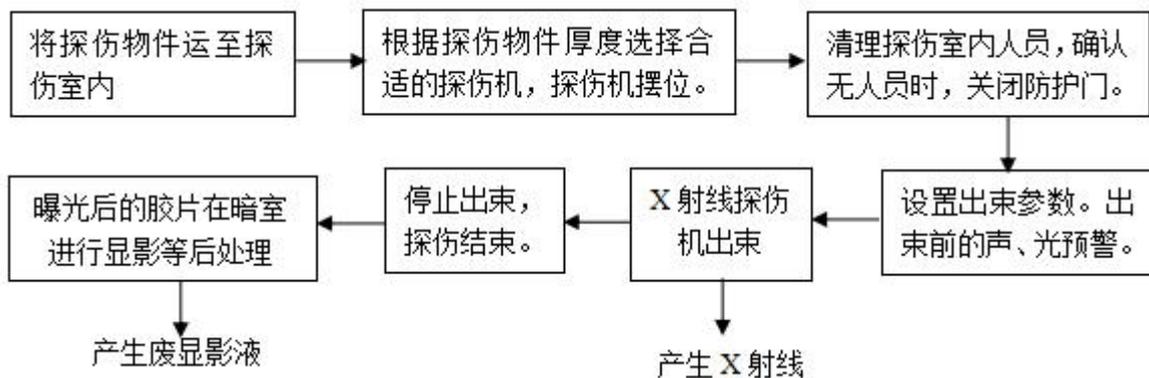
探伤机的工作原理是利用材料厚度不同对射线吸收程度的差异，通过射线透射摄片，从

软片上显示出材料、零件及焊缝的内部缺陷。即 X 射线探伤机主要是利用 X 射线管产生的 X 射线透照被检测时，在被检物的缺陷部位和其他部位射线减弱的程度会不同。

探伤机根据这一原理，用胶片记录被检物信息，经过暗室处理后得到底片，根据其影像黑度获得被检物的有关信息，将被检物中的缺陷显现出来，以确定缺陷的位置、大小、形状和种类。

2、工作流程

将物件通过吊装机或其他运输设备运至探伤室沟槽上方，将探伤机放置在沟槽平台上，清理探伤室内人员，关闭防护门，确认探伤室内无人员滞留及防护门关闭好的情况下，实施探伤作业。



表三 主要污染源、污染物处理和排放

一、主要污染源项

1.放射性污染

X 射线探伤机在使用过程中产生的主要环境影响及影响因子如下：

(1) 正常工况

由 X 射线装置的工作原理可知，高速电子与靶物发生碰撞，就会产生韧致辐射 X 射线和低于入射电子能量的特征 X 射线，当电子在靶核附近通过，被靶核的库仑场减速时，电子的部分动能转化为相等能量的 X 射线发射出来，即韧致辐射 X 射线。因此，X 射线装置在工作时会产生较高能量的 X 射线，少量的 X 射线泄漏和散射射线，对周围环境造成辐射污染影响。另外，在探伤室工作时，还会产生少量的臭氧，对周围环境空气会产生影响。

X 射线是中性光子流，与物质相互作用方式相同。X 射线发生器的管电压越高，它所产生的 X 射线束的能量越大即穿透物质的能量越强。但随着电源的关闭，X 射线也随之消失，对周围环境和人体健康无影响。因此，在开机运行状态下，X 射线成为污染因子。

X 射线在开机运行时产生，关机时消失，没有剩余辐射。

(2) 事故工况

X 射线探伤机发生的放射事故主要是加速器装置使用发生故障导致受检人员超剂量辐射，或工作人员误入机房引起误照射，污染途径为外照射。

2.非放射性污染

在探伤作业时，使用胶片照相时，需对拍摄的感光片进行显（定）影，在此过程产生的一定数量的废显（定）影液及胶片，估计年使用胶片数量 62000 张，显影液 350 升。查《国家危险废物名录》可知，该废液属 HW16 感光材料废物，公司已委托有资质单位处置。

辐射防护措施

公司 X 射线探伤包括操作间、暗室、评片室。公司 X 射线探伤场所划分了控制区和监督区，其中拍片室为控制区，操作间、暗室、评片室及拍片室屏蔽墙体外等为监督区。管理上严格按区管理，避免人员误闯入或误照。公司 X 射线探伤室拟采取的防护措施见表 3-1。

表 3-1 机房防护措施情况一览表

项目位置		厚度
4#联合厂房探伤室	墙体	探伤室四周墙体均为 85cm 砬；
	顶棚	65cm 砬；
	迷道墙	45cm 砬；
	迷道防护门	防护门铅当量 15mmPb；
	大防护门	防护门铅当量 40mmPb；
其他	①机房设置了监视设备。 ②探伤室内外安装状态指示灯和声音提示装置，门外设置电离辐射警告标志。状态指示灯与 X 射线探伤装置设置联锁装置。 ③工作人员操作时佩戴个人剂量计。 ④设置了门机联锁装置，探伤室内设置急停按钮。 ⑤配备铅衣、铅帽、铅围裙、个人剂量报警仪等辐射防护用品，配备了 1 台辐射监测仪。 ⑥X 射线探伤室内、外醒目位置处设置了清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。	

表四 环境影响报告表评价结论及审批部门审批决定

环境影响报告表评价结论

《高端船舶及海工装备配套产品产业化一期项目 X 射线探伤机应用项目环境影响报告表》（2016）中结论如下：

1.结论

中船九江海洋装备（集团）有限公司的 X 射线装置主要用于产品的无损探伤，其应用能提高产品的质量，确保设备的安全可靠性。该公司的 X 射线装置在使用过程中产生电离辐射，对周围环境产生一定影响，但在使用过程中采取了必要的防护措施减少本项目的辐射影响，使本项目的辐射影响在相应的标准范围内。因此，本项目建设符合《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。

中船九江海洋装备（集团）有限公司的 X 射线探伤机探伤室选址基本合理，其布局基本符合防护最优化原则和工艺流程的要求。公司 X 射线探伤机探伤室按相关标准要求进行了设计，符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）的相关要求。

该项目属于船舶行业，对照《产业结构调整指导目录》（2011 年本，2013 修正）的规定其属于国家鼓励类的项目，故该项目符合国家产业政策。

理论估算表明，本项目 X 射线探伤机运行时对工作人员职业照射的最大年有效剂量值为 0.06mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，低于管理限值 5mSv。对公众照射的最大年有效剂量值为 1.01×10^{-4} mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，低于管理限值 0.1mSv。

中船九江海洋装备（集团）有限公司的 X 射线探伤装置的应用旨在提高产品质量，经评价分析，在全面落实本报告提出的各项环保对策措施的基础上，切实做到“三同时”，并在运行时严格落实管理和监测计划，使本项目实践符合辐射实践的正当性、辐射防护的最优化、个人剂量的限制三原则，则该项目从辐射环保角度来说运营是可行的。

2. 建议

该项目为新建项目，建议项目单位认真做好以下几项工作：

- （1）按照国家法律法规及本报告要求，配备相应的辐射防护用品及辐射监测仪器。
- （2）公司应安排辐射工作人员参加省级环保部门组织的辐射安全与防护培训。
- （3）公司每年委托有资质的监测单位对本公司的射线装置的放射防护状况进行年度监测，并于每年 1 月 31 日前将上一一年度的监测数据上报给上级环境保护主管部门。

审批部门审批决定

江西省环境保护厅 2016 年 8 月以赣环辐字[2016]81 号“关于高端船舶及海工装备配套产品产业化一期项目 X 射线探伤机应用项目环境影响报告表”予以批复。批复内容如下：

一、项目批复情况

项目基本情况：公司拟在九江市开发区城西港区石牛路新建厂区，厂区 4# 联合厂房的东北角拟建探伤室一间，面积约为 206.8m²，配备 X 射线探伤机 5 台，属 II 类射线装置。其中 1 台 X 射线探伤机管电压 250KV、输出电流 5mA，3 台 X 射线探伤机管电压 300KV、输出电流 5mA，1 台探伤机管电压 350KV、输出电流 5mA。所有的探伤作业都在探伤室内进行（X 射线探伤机不同时使用）。

建设项目总投资 13000 万元，核技术应用投资 450 万元。公司位于九江市开发区九瑞大道 79 号。本项目按规定进行了公示，公示期间无投诉。根据《报告表》结论、九江市环境保护局的初审意见和专家审查意见，我厅原则同意该项目按《报告表》提供的建设地址、性质、规模 and 环境保护措施进行项目进行建设。

项目建设的污染防治措施及管理要求

（一）设立专门的辐射安全管理机构或设 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管理工作。

（二）相关操作人员和管理人员应按要求参加辐射安全防护培训，做到持证上岗；已取得辐射安全培训合格证书的人员应按规定每四年接受一次再培训。

（三）射线装置使用场所具备有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施，并设置门机联锁、电离辐射警告标志和工作指示灯等安全设施，探伤室屏蔽墙厚度及防护门等防护设施应满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZT250-2014

（四）配备符合防护要求的辅助防护用品，辐射工作人员作业时应按要求佩戴个人剂量报警仪；购置必要的辐射监测设备，制定详细的监测方案，定期对辐射工作场所及周边环境进监测并做好相应记录。

（五）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、台帐管理制度、人员培训计划、监测方案。结合实际，制定可行的辐射事故应急预案。

（六）所有辐射工作人员均应按要求佩戴个人剂量计，定期接受个人剂量监测并建立个人剂量和职业健康档案。

（七）每年 1 月 31 日前应向环保部门提交上一年度安全和防护状况评估报告。

三、项目运行和竣工验收的环境保护要求

(一) 项目建设必须严格执行“配套的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用”的环境保护“三同时”制度，辐射环保投资必须专款专用。

(二) 及时到我厅办理辐射安全许可证变更手续。

(三) 项目运行前须向九江市环境保护局报告，运行三个月内按规定程序向我厅申请办理核技术应用项目竣工环境保护验收手续。

四、项目执行标准

工作人员受职业照射年有效剂量必须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中剂量限值 20mSv 的要求，本项目取 5mSv 作为剂量管理限值；公众人员受照射年有效剂量必须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中剂量限值 1mSv 的要求，本项目取 0.1mSv 作为剂量管理限值。

(二) 工业 X 射线探伤室探伤的放射防护应满足《工业 X 射线探伤放射卫生防护标准》(GBZ117-2015) 要求，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。

五、其它环境保护要求

(一) 项目变更环境保护要求。本批复仅限于《报告表》确定的建设内容，若项目建设内容、地点、采用的防治污染的措施等发生重大变化必须重新向我厅申请办理核技术应用项目环境保护审批手续。《报告表》自批准之日起满 5 年，建设项目方开工建设，《报告表》必须报我厅重新审核。

(二) 违法追究。对已批复的各项环境保护事项必须认真执行，如有违反，将依法追究法律责任。

(三) 日常环境保护监管。请九江市环境保护局、省辐射环境监督站加强对项目的监督管理工作。

表五 验收监测方法与质量控制

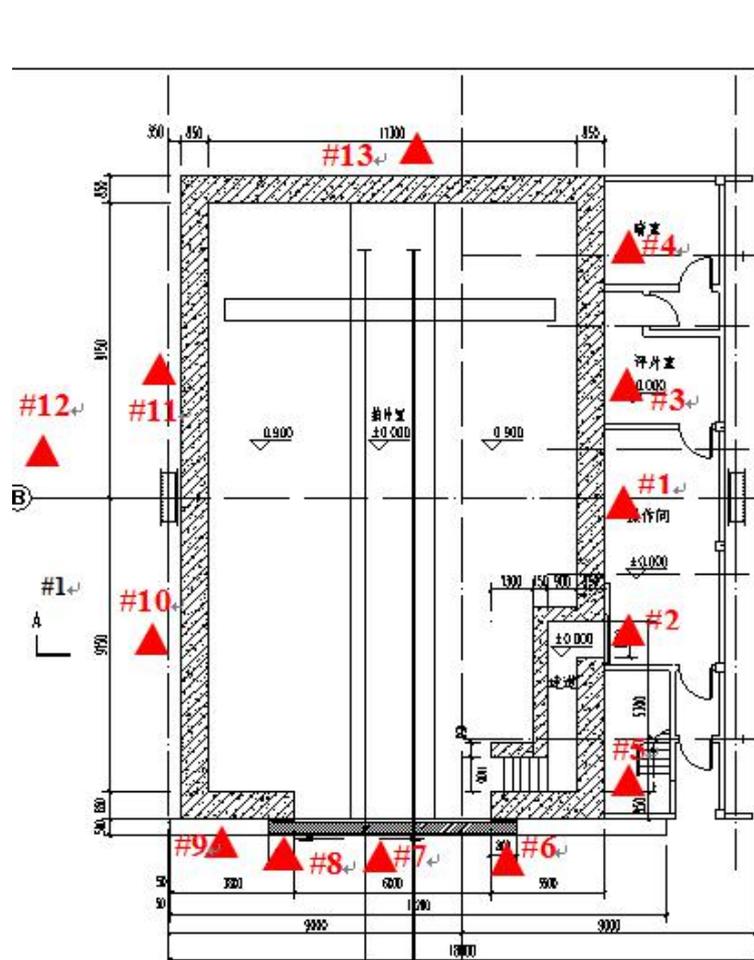
1、验收监测方法及监测仪器

本项目监测仪器情况见表 5-1。

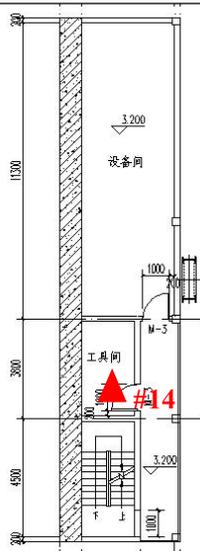
表 5-1 X、 γ 剂量监测仪器情况一览表

仪器名称	环境 X- γ 剂量率仪
仪器型号	FH40G
检定单位及证书编号	检定单位：上海市计量测试技术研究院 证书编号：2019H21-20-1750641002
有效期	2019.03.13—2020.03.12
监测规范	《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）
监测单位	江西省核工业地质局测试研究中心
监测时间	2019年04月09日

按照《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）和《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）等标准中的监测方法和布点原则的要求，结合现场条件，全面、合理布点，重点考虑辐射工作人员长时间工作的场所和其他公众可能到达的场所，现场监测点位见图 5-1。



一层监测布点图



二层监测布点图

图 5-1 X 射线探伤机机房及周边监测布点示意图

2、监测因子及监测频次

为掌握公司医用 X 射线探伤机应用项目工作场所及周围环境辐射水平，江西省核工业地质局测试研究中心验收监测人员于 2019 年 4 月 9 日对 X 射线探伤机应用项目工作场所的辐射水平进行了监测。

监测因子：X- γ 辐射剂量率。

监测频次：X 射线探伤机在正常工况（开机状态）和关机状态下各监测点位各测量一次，每次读 10 个数，取其平均值作为测量结果。

3、监测时工况

公司目前使用的 5 台 X 射线探伤机，其中 XXGH3505 型最大管电压为 350kV，最大管电流为 5mA，为能量最大机型，故用此台探伤机进行验收监测；出束条件为日常工作中用到的最大工作条件，每次出束时间为 5min，有用线束方向无工件。

表 5-2 医用 X 射线探伤机监测工况一览表

序号	射线装置名称	型号	最大能量	监测工况	主射线方向
1	X 射线探伤机	XXGH3505	管电压 (kV) : 350 管电流 (mA) : 5	管电压 (kV) : 315 管电流 (mA) : 5	周向

4、质量保证

- (1) 竣工验收监测的单位取得实验室计量认证。
- (2) 采样、测量分析方法采用国家标准或行业标准。
- (3) 监测仪器按相关要求定期进行检定或校准。
- (4) 现场监测分析人员经过专业培训并持证上岗。
- (5) 准确作好现场记录，按规范处理数据。

表六 监测结果

1、监测结果

表 6-1 X 射线探伤机机房及其周边 X-γ辐射剂量率监测结果

序号	监测位置		X-γ 辐射剂量率 (nSv/h)		
			开/关机	监测范围值	平均值
1		操作位* (东墙外 30cm 处)	关机	109~113	111
			开机	109~113	112
2		小防护门外 30cm 处	关机	111~114	112
			开机	104~134	121
3		评片室 (东墙外 30cm 处)	关机	131~136	133
			开机	131~141	137
4		暗室 (东墙外 30cm 处)	关机	117~125	120
			开机	123~135	129
5		楼梯间 (东墙外 30cm 处)	关机	119~134	123
			开机	132~145	136
6		大防护门外 30cm* (右门缝)	关机	47.3~67.7	52.7
			开机	61.2~75.3	67.7
7	XXGH-350 5 型 (检测 条件: 周向 机, 管电压 315kV, 管 电流: 5mA)	大防护门外 30cm (中间)	关机	38.2~57.3	44.7
			开机	38.6~56.8	45.8
8		大防护门外 30cm (左门缝)	关机	57.6~63.4	61.8
			开机	59.0~74.2	69.1
9		南墙外 30cm 处	关机	76.0~79.3	77.8
			开机	76.3~93.7	87.0
10		西墙外 30cm 处 1	关机	69.8~75.7	71.8
			开机	69.1~84.4	76.4
11		西墙外 30cm 处 2	关机	67.2~70.8	69.1
			开机	69.8~71.7	70.6
12		西墙外 1-5m 巡测	关机	60.2~68.2	62.5
			开机	59.8~68.9	62.9
13		北墙外 30cm 处	关机	75.5~80.8	79.1
			开机	76.7~83.1	81.6
14		楼上工具间	关机	128~134	130
			开机	133~143	139

注：1) 测值未扣除仪器对宇宙射线的响应值。2) 打*值为估算有效剂量时剂量率的取值。

X 射线探伤机正常运行时，机房防护门外 30cm、操作位、探伤室墙外 30cm 处的 X-γ 辐射剂量率监测结果在 (45.8~139) nSv/h 之间，符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015) 中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的相关要求。

2、剂量估算

个人年有效剂量计算模式如下：

$$H_{\gamma}=0.7 \times D_{\gamma} \times T \times 10^{-6}$$

式中： H_{γ} —γ辐射外照射人均年有效剂量当量，mSv；

D_{γ} —X-γ辐射剂量率，nSv/h；

T—年工作时间，h；

0.7—剂量率与有效剂量之间的转换系数。

①对工作人员：X 射线探伤机操作人员的附加辐射剂量率为 X 射线探伤机开机状态下控制室操作位监测数值中最高值（表 6-1 中带*号的数值）与该点关机状态下的辐射剂量率均值之差。

②对公众成员：附加辐射剂量率为 X 射线探伤机开机状态下机房控制室以外机房周边的最大值监测数值（表 6-1 中带*号的数值）与其关机时辐射剂量率之差，机房周围人员居留因子取 1/4；

X 射线探伤机辐射工作人员和公众成员的最大附加年有效剂量见表 6-2。

表 6-2 工作人员和公众最大附加年有效剂量估算表

设备名称	对象	附加辐射剂量率(nSv/h)	每年曝光（工作）时间(h)	最大附加年有效剂量(mSv/a)
X 射线探伤机	工作人员	112-111=1	150	1.1×10^{-4}
	公众成员	67.7-52.7=15	150/4=37.5	3.9×10^{-4}

表 6-2 表明，X 射线探伤机辐射工作人员职业照射的附加年有效剂量值为 1.1×10^{-4} mSv，低于管理限值 5mSv/a 的要求。

公众照射的最大附加年有效 X-γ 剂量值为 3.9×10^{-4} mSv，低于管理限值 0.1mSv/a 的要求。

表七 辐射防护管理检查结果

1、环境管理检查

(1) 公司遵守了《建设项目环境保护管理条例》、《中华人民共和国环境保护法》、《放射性同位素与射线装置放射安全和防护条例》等的有关规定，执行了环境影响评价制度，编制了环境影响报告表并获批准；并已按要求更换了辐射安全许可证，证号为赣环辐证[G1808]。

(2) 公司落实了国家对建设项目环境保护“三同时”制度，在项目建设过程中做到辐射防护环保设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入运行。

(3) 公司对放射线装置使用过程中的环境保护工作进行了全过程的监督和管理，设有专职环境保护部门和人员，从管理上保证环境保护措施的有效实施。

(4) 公司成立了辐射安全管理机构，根据国家相关法律法规，并结合项目内容情况，制定了《辐射安全管理规定》、《辐射安全与防护管理机构及其职责》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射事故应急预案》、《辐射工作人员体检制度》、《辐射工作人员培训/再培训制度》、《设备检修维护制度》、《X射线探伤机操作规程》、《辐射工作场所监测方案》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《射线装置台账管理制度》等规章制度，且张贴在相关操作室墙上。公司规章制度见附件 4~7。

(5) 本项目 3 名辐射工作人员均由集团统一从其全资子公司九江海天设备制造有限公司调配，且专职负责本项目探伤机操作，均参加了辐射安全与防护培训，并通过考核，培训人员名单及培训证书见附件 9。

(6) 本项目的 3 名辐射工作人员均配备了个人剂量计，见附图四。

(7) 公司安排了辐射工作人员参加职业健康体检，建立了职业健康档案，见附件 8。

(8) 公司探伤机室内配备一台 REN300A 固定式在线辐射安全报警仪，个人剂量报警仪 2 台，REN500A 便携式剂量监测仪；机房配备 1 套铅衣、铅帽、铅围裙。定期对辐射工作场所及周边的 X- γ 辐射剂量率进行监测，自行监测记录见附件 11。

《高端船舶及海工装备配套产品产业化一期项目 X 射线探伤机应用项目环境影响报告表》中拟采取的环保措施落实对比情况见表 7-1，环评批复要求落实情况见表 7-2。

2、本项目环评报告中环境保护措施落实情况

表 7-1 环评报告表中环境保护措施落实情况一览表

项目	主要环保措施	落实执行情况	符合情况
辐射防护措施	探伤室四周墙体均为 85cm 砼；顶棚为 65cm 砼；迷道墙为 45cm 砼；迷道铅当量不小于 15mmPb；大防护门铅当量不小于 40mmPb。	X 射线探伤机机房：探伤室四周墙体均为 85cm 砼；顶棚为 65cm 砼；迷道墙为 45cm 砼；迷道铅当量 15mmPb；大防护门铅当量 40mmPb。	符合
	设置监视设备。探伤室内外安装状态指示灯和声音提示装置，门外设置电离辐射警告标志。状态指示灯与 X 射线探伤装置设置联锁装置。X 射线探伤室内、外醒目位置处拟设置清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。	机房门外设置了安全指示灯及电离辐射警告标志，X 射线探伤机机房和操作室之间安装了监视设备；状态指示灯与 X 射线探伤装置设置了联锁装置。X 射线探伤室大防护门、小防护门外设置了清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。	
	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。	探伤室内设置机械通风装置，排风管道外口位于北侧楼顶，避免朝向人员活动密集区。	
	设置门机联锁装置，探伤室内设置急停按钮。	探伤室设置了门机联锁装置，探伤室内设置北墙、西墙、东墙均设置了急停按钮。	
	拟配备铅衣、铅帽、铅围裙、个人剂量报警仪等辐射防护用品，拟配备 1 台辐射监测仪。	探伤机室内配备一台 REN300A 固定式在线辐射安全报警仪，个人剂量报警仪 2 台，REN500A 便携式剂量监测仪；机房配备 1 套铅衣、铅帽、铅围裙。	符合
管理措施	制定相应的规章制度和应急预案。规章制度应张贴在相关操作室。	公司制定了《辐射安全管理规定》、《辐射安全与防护管理机构及其职责》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射事故应急预案》、《辐射工作人员体检制度》、《辐射工作人员培训/再培训制度》、《设备检修维护制度》、《X 射线探伤机操作规程》、《辐射工作场所监测方案》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《射线装置台账管理制度》等规章制度并张贴在相关操作室。	符合
	工作人员佩戴个人剂量计并建立个人剂量档案。	公司辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，并会按照要求建立个人剂量检测档案。	符合
	所有辐射工作人员应参加电离辐射安全与防护培训，并通过考核。	公司辐射工作人员共 3 人，均参加了辐射安全与防护培训，并通过考核，培训人员培训证书见附件 9。	符合
	所有辐射工作人员每年均应参加健康体检。	所有辐射工作人员每年参加一次体检，并建立个人健康监护档案，见附件 8。	符合
	每年对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，并报送至省环境保护厅。	公司将按照要求编制放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告。	符合

3、本项目环评批复要求落实情况

表 7-2 环评批复要求落实情况一览表

环评批复文件要求	落实情况
<p>相关操作人员和管理人员应按要求参加辐射安全防护培训，做到持证上岗；已取得辐射安全培训合格证书的人员应按规定每四年接受一次再培训。</p>	<p>公司辐射工作人员共 3 人，均参加了辐射安全与防护培训，并已通过考核。</p>
<p>设立专门的辐射安全管理机构或设 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管理工作。</p>	<p>设立了专门的辐射安全管理机构并有 1 名具有本科以上学历的技术人员兼职负责辐射安全管理工作。</p>
<p>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、台帐管理制度、人员培训计划、监测方案。结合实际，制定可行的辐射事故应急预案。</p>	<p>公司制定了《辐射安全管理规定》、《辐射安全与防护管理机构及其职责》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射事故应急预案》、《辐射工作人员体检制度》、《辐射工作人员培训/再培训制度》、《设备检修维护制度》、《X 射线探伤机操作规程》、《辐射工作场所监测方案》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《射线装置台账管理制度》等规章制度并张贴在相关操作室。</p>
<p>所有辐射工作人员均应按佩戴个人剂量计，定期接受个人剂量监测并建立个人剂量和职业健康档案。</p>	<p>所有辐射工作人员已按要求佩戴个人剂量计，并严格按照要求定期接受个人剂量监测、建立个人剂量和职业健康档案。</p>
<p>工作人员受职业照射年有效剂量必须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值 20mSv 的要求，本项目取 5mSv 作为剂量管理限值；公众人员受照射年有效剂量必须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值 1mSv 的要求，本项目取 0.1mSv 作为剂量管理限值。</p>	<p>由监测结果及剂量估算，X 射线探伤机辐射工作人员职业照射的附加年有效剂量值为 $1.1 \times 10^{-4} \text{mSv}$，低于管理限值 5mSv/a 的要求。 公众照射的最大附加年有效 X-γ 剂量值为 $3.9 \times 10^{-4} \text{mSv}$，低于管理限值 0.1mSv/a 的要求。</p>
<p>工业 X 射线探伤室探伤的放射防护应满足《工业 X 射线探伤放射卫生防护标准》（GBZ117-2015）要求，X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应满足相关要求。</p>	<p>X 射线探伤机正常运行时，探伤室防护门外 30cm、操作室和探伤室墙外 30cm 处的 X-γ 辐射剂量率监测结果在（45.8~139）nSv/h 之间，符合《工业 X 射线探伤放射卫生防护标准》（GBZ117-2015）要求。</p>
<p>每年 1 月 31 日前应向环保部门提交安全和防护状况评估报告。</p>	<p>公司将按要求编制年度放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告。</p>
<p>配备符合防护要求的辅助防护用品，辐射工作人员均应按佩戴个人剂量计；制定详细的监测方案，定期对辐射工作场所及周边环境进行监测并做好相应记录。</p>	<p>辐射工作人员均按要求佩戴个人剂量计；制定了详细的监测方案，并定期对辐射工作场所及周边环境进行监测并做好相应记录。</p>
<p>射线装置使用场所具备有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施，并设置门机联锁、电离辐射警告标志和工作指示灯等安全设施，探伤室屏蔽墙厚度及防护门等防护设施应满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZT250-2014）</p>	<p>X 射线探伤机具备了防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施，机房门外设置电离辐射警告标志、工作指示灯。X 射线探伤机机房入口设置了迷道，设置门机联锁装置、紧急停机按钮等安全设施，配备监视、对讲和固定式辐射监测等设备。公司探伤机室内配备一台 REN300A 固定式在线辐射安全报警仪，个人剂量报警仪 2 台，REN500A 便携式剂量监测仪；机房配备 1 套铅衣、铅帽、铅围裙。</p>

由表 7-1 和表 7-2 可见，在环评报告中提出的本工程环境保护措施和环评批复文件中的要求，基本得到落实。

表八 验收监测结论及建议

一、验收监测结论

1、验收项目情况

公司在九江市开发区城西港区石牛路新建厂区，在厂区新建探伤室内使用工业 X 射线探伤机 5 台，其中 XXGH3505 型 X 射线探伤机 1 台、XXGH3005 型 X 射线探伤机 3 台、XXG2505 型 X 射线探伤机 1 台；用于组合炉筒体、辅锅炉锅筒组件、联箱以及其他小型构件的射线探伤。公司使用的 5 台 X 射线探伤机，属于 II 类射线装置，并履行了辐射环境影响评价手续，取得了环评批复（批复号：赣环辐字[2016]81 号），同时公司办理了辐射安全许可证，证号为赣环辐证[G1808]。

2、屏蔽效果验收结论

监测结果表明，X 射线探伤机机房周边 X-γ 辐射剂量率监测结果在（45.8~139nSv/h）之间，符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的相关要求，证明机房屏蔽效果良好，达到防护要求。

3、辐射安全防护措施验收结论

X 射线探伤室设有电离辐射警示标志、工作指示灯、急停按钮、门机联锁等安全措施，各项安全防护措施均符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中的相关要求。公司落实了国家对建设项目环境保护“三同时”制度，在项目建设过程中做到辐射防护环保设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入运行。

4、有效剂量估算验收结论

剂量估算结果表明，X 射线探伤机辐射工作人员职业照射的最大附加年有效剂量值为 $1.1 \times 10^{-4} \text{mSv}$ ，低于管理限值 5mSv/a 的要求。公众照射的最大附加年有效剂量值为 $3.9 \times 10^{-5} \text{mSv}$ ，低于管理限值 0.1mSv/a 的要求。

5、辐射安全管理验收结论

（1）根据国家法律及法规制度要求，并结合项目内容情况，公司制定颁布了《辐射安全管理规定》、《辐射安全与防护管理机构及其职责》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射事故应急预案》、《辐射工作人员体检制度》、《辐射工作人员培训/再培训制度》、《设备检修维护制度》、《X 射线探伤机操作规程》、《辐射工作场所监测方案》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《射线装置台账管理制度》等规章制度，且张贴在相关操作室墙上。

(2) 公司辐射工作人员均配备个人剂量计，并将严格按照要求建立个人剂量档案。所有辐射工作人员每年参加一次体检，且建立个人健康监护档案。

(3) 公司辐射工作人员共有 3 人，均已参加培训，并通过考核；已培训人员将定期参加复训。

综上所述，中船九江海洋装备（集团）有限公司 X 射线探伤机在正常运行工况下，采取了有效的辐射防护措施，基本落实了环境影响报告表及批复文件中提出的环境保护措施，建议本工程通过竣工环境保护验收。