

中国石油大学（华东）
X射线实时成像检测系统应用项目
竣工环境保护验收监测报告表

建设单位：中国石油大学（华东）

编制单位：山东清朗环保咨询有限公司

2022年5月

建设单位法人代表：(签字)

编制单位法人代表：(签字)

项 目 负 责 人：

报 告 编 写 人：

建设单位：中国石油大学（华东）

电话：18678928626

传真：/

邮编：266000

地址：山东省青岛市黄岛区长江西路 66 号

编制单位：山东清朗环保咨询有限公司

电话：18766967525

传真：/

邮编：250000

地址：中国（山东）自由贸易区济南片区
新泺大街 1299 号鑫盛大厦 1 号楼 18C2

目录

一、概述.....	2
二、项目概况.....	5
三、环评及批复要求落实情况.....	14
四、验收监测标准及参考依据.....	17
五、验收监测.....	19
六、职业和公众受照剂量.....	23
七、辐射安全管理.....	25
八、验收监测结论与建议.....	27
九、附件	
1. 环评审批意见	
2. 辐射安全许可证	
3. 关于成立辐射安全领导小组的通知	
4. 辐射工作安全责任书	
5. 规章制度	
6. 辐射工作人员培训证书	
7. 辐射工作人员个人剂量档案	
8. 竣工环境保护验收检测报告	
十、“三同时”验收登记表	

一、概述

工程名称	中国石油大学（华东）X 射线实时成像检测系统应用项目				
建设单位	中国石油大学（华东）				
法人代表	郝芳		联系人	夏富军	
通讯地址	山东省青岛市黄岛区长江西路 66 号				
联系电话	18678928626	传真	/	邮政编码	266000
建设地点	山东省青岛市黄岛区长江西路 66 号，中国石油大学（华东）青岛校区校内理学院特种实验楼 D129 房间				
工程性质	新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 技改 <input type="checkbox"/>				
环境影响报告表名称	X 射线实时成像检测系统应用项目				
环境影响评价单位	山东清朗环保咨询有限公司				
环境影响评价审批部门	青岛市生态环境局西海岸新区分局	文号	青环西新辐审[2021]10 号	时间	2021 年 9 月 15 日
竣工验收监测单位	潍坊正沅环境检测有限公司				
工程总投资（万元）	200	项目环保投资（万元）	20	环保投资占总投资比例	10%
验收规模	1 台 nano Voxel 3502E 型 X 射线实时成像检测系统，属于 II 类射线装置				

引 言

中国石油大学(华东)是教育部直属全国重点大学，是国家“211 工程”和“985 工程优势学科创新平台”高校，是高水平行业特色大学优质资源共享联盟成员高校，是“卓越工程师教育培养计划”、“111 计划”、“国家建设高水平大学公派研究生项目”的行业特色型大学入选高校之一。2017 年学校进入国家“双一流”建设高校行列。中国石油大学（华东）是教育部和五大能源企业集团公司、教育部和山东省人民政府共建的高校，是石油石化高层次人才培养的重要基地，被誉为“石油科技、管理人才的摇篮”，现已成为一所以工为主、石油石化特色鲜明、多学科协调发展的大学。

学校现有青岛、东营两个校区，校园总面积 5024 亩，建筑面积 140 万平方米，图书馆藏书 315 万册。下设 16 个学院（部），有 11 个博士后流动站，14 个博士学位授权一级

学科，3 个博士学位授权自主设置二级学科，9 个博士授权自主设置交叉学科，2 种博士专业学位授权类别，32 个硕士学位授权一级学科，1 个硕士学位授权二级学科，15 种硕士专业学位授权类别，70 个本科专业。学校教育体系完备，各类教育层次结构合理，现有教师 1700 余人，全日制在校本科生近 19000 人、研究生近 9500 人，留学生 1000 余人。

本项目位于青岛校区，项目地理位置见附图 1，项目周边关系见附图 2，学校平面布置见附图 3，特种实验楼一层总平面布置见附图 4，特种实验楼二层总平面布置附图 5。

验收监测目的

1、通过现场验收监测，对该项目环境保护设施建设、运行及其效果、辐射的产生和防护措施、安全和防护、环境管理等情况进行全面的检查与测试，判断其是否符合国家相关标准和环境影响报告表及其审批文件的要求。

2、根据现场检查、监测结果分析和评价，指出该项目存在的问题，提出需要改进的措施，以满足国家和地方环境保护部门对建设项目环境管理和安全防护规定的要求。

3、依据环境影响评价文件及其批复提出的具体要求，进行分析、评价并得出结论，为建设项目竣工环境保护验收提供技术依据。

验收监测依据

1、法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第 9 号，2015.1；
- (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 6 号，2003.10；
- (3) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 253 号，2017.10；
- (4) 《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，2005.12 实施；2014.7.29 修订；国务院令第 709 号修订，2019.3 修订；
- (5) 《关于发布<射线装置分类>的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017.12；
- (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》国家环境保护总局令第 31 号公布，2006.3 实施；环境保护部令第 3 号修订，2008.12 实施；环境保护部令第 47 号修订，2017.12 实施；生态环境部令第 7 号修订，2019.8 实施；生态环境部令第 20 号修订，2021.1 修订；
- (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，2011.5；

(8) 《关于发布〈建设项目竣工环境保护验收暂行办法〉的公告》，环境保护部国环评[2017]4 号，2017.11；

(9) 《山东省辐射污染防治条例》，山东省人大常委会第 37 号令，2014.5；

(10) 《山东省环境保护条例》，山东省第十三届人民代表大会常务委员会第七次会议，2019.1.1；

(11) 《关于发布〈建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类〉的公告》，生态环境部公告 2018 年第 9 号，2018.5 实施。

2、行业标准、技术导则

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；

(2) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)；

(3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)；

(4) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；

(5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)。

3、其他

(1) 《中国石油大学(华东) X 射线实时成像检测系统应用项目环境影响报告表》，山东清朗环保咨询有限公司，2021.4；

(2) 《青岛市生态环境局西海岸新区分局关于中国石油大学(华东)X 射线实时成像检测系统应用项目环境影响报告表的批复》，青岛市生态环境局西海岸新区分局，青环西新辐审[2021]10 号，2021.9.15；

(3) 中国石油大学(华东)辐射安全许可证；

(4) 中国石油大学(华东)辐射管理制度等方面的材料。

二、项目概况

项目基本情况

1.项目名称

中国石油大学（华东）X 射线实时成像检测系统应用项目。

2.项目性质

新建。

3.项目位置

根据现场踏勘，本项目位于山东省青岛市黄岛区长江西路 66 号，中国石油大学（华东）青岛校区校内理学院特种实验楼 D129 房间。

铅房周围 50m 范围内：北侧为绿化带、校内道路、绿化地，东侧为特种实验楼楼梯及配电室、其他实验室，南侧为走廊、其他实验室，西侧为其他实验室、校内道路、设备机房、消防泵房。X 射线机主射束定向向南照射，操作位设置于铅房西北侧，避开主射束照射方向。

铅房四周环境情况详见表 2-1。项目地理位置见附图 1，项目周边关系见附图 2，学校平面布置见附图 3，特种实验楼一层总平面布置见附图 4，特种实验楼二层总平面布置附图 5。

表 2-1 铅房周围环境一览表

方向	场所名称	范围
北侧	绿化带、校内道路、绿化地	0~50m
东侧	特种实验楼楼梯及配电室、其他实验室	0~50m
南侧	走廊、其他实验室	0~50m
西侧	其他实验室、校内道路、设备机房、消防泵房	0~50m

4.项目规模

环评内容及规模：环评规模为 1 台 nano Voxel 3502E 型 X 射线实时成像检测系统，该台 X 射线实时成像系统位于中国石油大学（华东）青岛校区校内特种实验楼 D129 房间内，开展实验室样品扫描检测，用于科学研究。该系统由 20~190kV X 射线机、成像系统和自带防护设施（以下简称“铅房”）构成。

验收内容及规模：本次验收规模为 1 台 nano Voxel 3502E 型 X 射线实时成像检测系统，该 X 射线实时成像系统位于中国石油大学（华东）青岛校区校内特种实验楼 D129 房间内，开展实验室样品扫描检测，用于科学研究。该系统由 20~190kV X 射线机、成像系

统和自带防护设施构成。

5.防护措施

中国石油大学（华东）X射线实时成像检测系统应用项目环境影响报告表与现场验收情况对比见表 2-2，现状照片见图 2-1。

表 2-2 环境影响报告表与验收情况对比表

名称	环评内容	现场情况
设备型号	nano Voxel 3502E 型	与环评一致
射束方向	定向向南	与环评一致
最大管电压	190kV	与环评一致
最大管电流	1mA	与环评一致
管头辐射角	可调最大为 160°（实验室常用 30° ~45°）	与环评一致
类别	II 类	与环评一致
数量	1 套	与环评一致
X 射线机位置	贮存在铅房内	与环评一致
铅房尺寸	外观尺寸：南北长 2451mm、东西宽 1227mm、高 1825mm； 内部尺寸：南北长 2223mm、东西宽 948mm、内高 964mm	与环评一致
四周防护面 （铅钢结构）	铅房照射面（南防护面）材质为 10mm 铅板（内层）+110mm 钢板结构（外层），总厚度约 120mm； 铅房正面（西防护面）材质为 9mm 铅板（内层）+111mm 钢板结构（外层），总厚度约 120mm； 铅房背面（东防护面）材质为 9mm 铅板（内层）+111mm 钢板结构（外层），总厚度约 120mm； 铅房照射反面（北防护面）材质为 8mm 铅板（内层）+112mm 钢板结构（外层），总厚度约 120mm	与环评一致
室顶、底板 （铅钢结构）	铅房上部面（铅房顶）材质为 9mm 铅板（内层）+141mm 钢板结构（外层），总厚度约 150mm； 铅房下部面（底盘）材质为 9mm 铅板（内层）+141mm 钢板结构（外层），总厚度约 150mm	与环评一致
防护门 （铅钢结构）	前防护铅门：位于铅房正面（西防护面）中间位置，尺寸为 756mm×852mm（宽×高），门洞尺寸 680mm×768mm（宽×高），铅玻璃结构，防护能力为 9mmPb 当量。 后维护门：位于铅房背面（东防护面）中间位置，仅检修时开启，尺寸为 1872mm×907mm（宽×高），门洞尺寸 1082mm×768mm（宽×高），与铅房背面（东防护面）材质一致，防护能力为 9mmPb 当量	与环评一致

表 2-2 （续）环境影响报告表与验收情况对比表

名称	环评内容	现场情况
通风口	系统自带铅房北侧设计有一处通风口，通风口外侧设置有 8mmPb 的铅防护罩，设置有机排风装置，设计通风量为 50m ³ /h，本项目铅房净容积约为 2m ³ ，铅房内部空间较小，工作状态下换气次数能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。建设单位拟安装引风管，将铅房内部废气通过引风管排至实验室北侧外部环境。	铅房北侧设计有通风口，通风口外侧设置有 8mmPb 的铅防护罩，设置有机排风装置，设计通风量为 50m ³ /h，本项目铅房净容积约为 2m ³ ，安装引风管，将铅房内部废气通过引风管排至实验室北侧外部环境。
安全指示灯	铅房上部面北部设置有安全指示灯，指示仪器运行状态：绿、黄、红灯都不亮：仪器处于关闭状态；绿灯亮：仪器处于上电状态；绿灯灭：仪器处于断电状态；黄灯亮：箱体防护门（前防护铅门、后维护门）处于关闭状态，可安全开启射线源；黄灯灭：箱体防护门（前防护铅门、后维护门）处于开启状态，不可开启射线源；红灯闪亮：射线源处于发射 X 射线状态；红灯灭：射线源处于未发射 X 射线状态。	与环评一致
门锁复位开关	是门机联锁按钮，检测设备门是否关严。当有打开关闭前防护门或后防护门动作时，需要确认门是否关闭后按下该按钮，方能正常开启射线源。防护门如果是开启的状态，射线源无法启动照射	铅房西防护面设置一处门锁复位开关
射线源电源控制旋钮	在铅房正面（西防护面）设置有电源控制开关区域，有“射线源电源控制旋钮”，“on”，射线源通电；“off”，射线源断电；“standby”射线源待机，配备钥匙开关	铅房内东南角设置一处视频监控设备
紧急停机按钮	铅房正面（西防护面）设置有电源控制开关区域，有“紧急停机按钮”，当互锁开关失效或射线源控制面板失效时，按下“总电源开关”，关闭仪器，可保障人员和仪器的安全	与环评一致
曝光时间	年累积曝光时间最大约 150h	经过学校确认，曝光时间与环评一致

表 2-2 （续）环境影响报告表与验收情况对比表

名称	环评内容	现场情况
仪器配备	配备一台辐射巡检仪、一台个人剂量报警仪、职业工作人员配备个人剂量计	已配备一台 CM7001-A 型辐射巡检仪、一台 CM7102 型个人剂量报警仪、职业工作人员已配备个人剂量计
规章制度	学校已制定《辐射防护、安全保卫和设备检修维护制度》、《工作人员岗位职责》、《工作人员个人剂量管理制度》、《人员培训计划》、《辐射监测方案》、《辐射事故应急预案》等	学校已制定《射线装置安全操作规程》、《辐射防护、安全保卫和设备检修维护制度》、《辐射工作人员教育培训制度》、《辐射监测方案》、《辐射安全与环境保护岗位职责》、《自行检查及年度评估制度》、《台账管理制度》、《辐射事故应急预案》等辐射管理规章制度

	
<p>本项目铅房建设位置</p>	<p>本项目铅房内部</p>
	
<p>门-机联锁装置</p>	<p>铅房北侧过道</p>
	
<p>铅房东侧过道</p>	<p>紧急停机按钮</p>
<p>图2-1 铅房现状照片</p>	

	
<p>铅房东侧楼梯</p>	<p>铅房西侧办公室</p>
	
<p>铅房南侧走廊</p>	<p>铅房北侧绿化带及道路</p>
	
<p>楼上实验室</p>	<p>铅房北侧排风口</p>

图 2-1（续） 铅房及周围现状照片

	
<p>监控</p>	<p>安全指示灯</p>
	
<p>制度上墙</p>	<p>铅房东防护面</p>
<p>图2-1（续） 铅房及周围现状照片</p>	

6.工艺流程简述

X 射线实时成像检测系统属具有超高分辨率的无损伤三维全息显微成像设备，采用独特的 X 光光学显微成像技术，利用不同角度的 X 射线透视图像，结合计算机三维数字重构技术，提供样品内部复杂结构的高分辨率三维数字图像，对样品内部的微观结构进行亚微米尺度上的数字化三维表征，以及对构成样品的物质属性进行分析。

X 射线实时成像检测系统工作流程：

一、开机步骤

1、通电；2、顺时针旋转“总电源开关”按钮至弹出状态，按下启动开关，启动开关绿灯常亮，仪器上电；3、将射线源电源控制旋钮旋至“开机”状态，按下射线源使能开关，射线源上电，开始抽真空及降温，真空值达到后预热射线源；4、按下仪器控制单元各模块电源按钮，按钮指示灯亮起，各模块上电；5、打开前端机工作站，打开扫描软件

VoxelStudio Scan 进入软件操作界面。仪器自检，其中包括射线源连接检测、探测器连接检测、控制器连接检测、控制器回零、射线源预热、探测器校正几步。自检完成表明设备各部件与前端机完成通讯，可以正常工作。

二、样品安装

1、根据样品夹持器所能夹持的样品尺寸和待测样品的尺寸，选择合适的样品夹持器；对于尺寸较大的样品，需对样品进行适当的加工，防止由于样品尺寸过大，扫描过程中碰撞仪器其它部件；2、将样品固定在选择好的样品夹持器上，打开仪器前防护门，将样品夹持器置于样品台上，确认样品夹持器放入样品台三个定位球内，确保样品夹持器放置牢固，样品安装完成；3、关闭仪器前防护门，确认仪器前后防护门均关闭后，按动门锁复位开关（防护门关闭确定按钮），射线源状态变为“STAND BY”。

三、扫描

1、扫描参数设置，包括探测器类型选择，曝光时间设置，图像合并数设置，射线源电压及电流设置等；2、开启射线源；3、调整样品位置，采集图像；4、将数据采集中获得的二维图像信息重建为三维体数据。

四、关机步骤

1、确定样品扫描结束，射线源处于未发射 X 射线状态，即射线发射指示灯处于关闭状态；2、将各电机全部回零，关闭扫描软件；3、依次关闭电源控制面板各模块电源开关；4、将射线源电源控制旋钮旋至“OFF”档，关闭射线源；5、关闭前端机工作站；6、按下“总电源开关”关闭总电源，关机完成。

五、紧急情况控制及恢复程序

当发生仪器部件失控或即将发生机械碰撞的情况时，迅速按下紧急开关，仪器的各功能模块包括射线源、运动部件等都进入断电状态，以避免仪器发生损坏。工作站使用独立电源供电，“总电源开关”不会影响工作站的正常运行。仪器恢复工作步骤如下：1、恢复仪器之前，请确保紧急情况已经解除，满足所有工作条件，保证所有工作人员安全；2、按“总电源开关”按钮上标示的方向（顺时针方向）转动按钮，直至按钮弹起；3、按下启动按钮，启动开关灯亮，系统各功能模块重新上电，电源指示灯亮，仪器恢复工作状态。

X 射线实时成像检测系统的射线源安装于自带铅房内，无法随意移动。本项目被检样品为柱状体，放置在样品台上，样品台可实现 360° 旋转，对样品的全方位扫描，X 射线实时成像检测系统主射束方向定向向南照射。

主要放射性污染物和污染途径

1、X 射线

X 射线实时成像检测系统开机后产生 X 射线，对周围环境产生辐射影响，关机后 X 射线随之消失。

2、放射性废物

本项目不产生放射性废水、废气，不产生放射性固体废物。

3、非放射性污染因素分析

系统产生的 X 射线会使空气电离。空气电离产生臭氧(O_3)和氮氧化物(NO_x)，在 NO_x 中以 NO_2 为主。它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体。本项目臭氧和氮氧化物的产生量均较小，且系统自带铅房北侧设计有一处通风口，通风口外侧设置有 8mmPb 的铅防护罩，设置有机排风装置，设计通风量为 $50m^3/h$ ，本项目铅房净容积约为 $2m^3$ ，铅房内部空间较小，工作状态下换气次数能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)中“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。铅房北面设置有通风窗户，将铅房内部废气通过窗户排至实验室北侧外部环境，本项目检测成像为实时显示，无需贴片、洗片，无废胶片和废显影液产生。

三、环评及批复要求落实情况

环境影响报告表与验收情况的对比

中国石油大学（华东）X 射线实时成像检测系统应用项目环境影响报告表要求与验收情况的对比见表 3-1。

表 3-1 环境影响报告表要求与验收情况的对比

环境影响报告表要求	验收时落实情况
1、严格按照设计方案安装铅房	1、项目已按照环境影响报告表及批复要求建设安装铅房，并落实了辐射安全和防护措施
2、建立健全各类辐射安全管理规章制度，并适时修订辐射安全管理规章制度	2、已建立辐射安全管理规章制度，进一步完善《辐射防护、安全保卫和设备检修维护制度》、《辐射工作人员教育培训制度》、《辐射监测方案》、《辐射安全与环境保护岗位职责》、《自行检查及年度评估制度》、《台账管理制度》、《辐射事故应急预案》、《射线装置安全操作规程》等辐射管理规章制度，建立了辐射安全管理档案
3、按规定操作 X 射线实时成像检测系统	3、已制定《射线装置安全操作规程》、《辐射工作人员教育培训制度》将按规定操作 X 射线实时成像检测系统
4、加强工作人员的个人剂量监督并建立工作人员个人剂量档案	4、已委托山东鼎嘉环境检测有限公司每 3 个月对个人剂量进行监测，建立了个人剂量档案
5、按照国家有关规定，及时自行组织建设项目竣工环境保护验收	5、已按规定组织项目竣工环境保护验收
6、操作人员要求熟知防护知识，能合理的应用“距离、时间、屏蔽”的防护措施，使公众和工作人员所受到的照射降到“可合理达到的尽量低水平”	6、已制定《辐射工作人员教育培训制度》、《辐射防护、安全保卫和设备检修维护制度》，已落实工作场所的实体屏蔽措施
7、加强辐射安全教育培训，提高职业人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝辐射事故的发生	7、已制定《辐射工作人员教育培训制度》，本项目配备 2 名辐射工作人员（夏富军、赵伟），均已参加了辐射安全与防护考核，成绩合格，在有效期内

环境影响报告批复与验收情况的对比

中国石油大学（华东）X 射线实时成像检测系统应用项目环境影响报告表批复与验收情况的对比见表 3-2。

表 3-2 环境影响报告表批复意见与验收情况的对比

环境影响报告表批复意见	验收时落实情况
<p>一、该项目位于青岛西海岸新区长江路街道长江西路66号中国石油大学（华东）特种实验楼D129房间内。建设内容为：建设X射线实时成像检测系统，开展实验室样品扫描检测，用于科学研究；X射线实时成像检测系统主要由X射线源、X射线成像探测器、精密样品台、图像采集系统、三维图像重建和处理系统等组成，为Ⅱ类射线装置，最大管电压190kV，最大管电流1mA，运行时X射线管向南定向照射；自带铅房。X射线实时成像检测系统年累计曝光时间最大为150小时。项目总投资200万元，其中环保投资20万元。根据《报告表》以及技术审查结论，我局原则同意《报告表》中提出的性质、规模、地点以及环境保护措施。</p>	<p>一、学校位于青岛西海岸新区长江路街道长江西路 66 号。项目位于青岛西海岸新区长江路街道长江西路 66 号中国石油大学（华东）特种实验楼 D129 房间内。建设内容为：建设 X 射线实时成像检测系统，开展实验室样品扫描检测，用于科学研究。为Ⅱ类射线装置，最大管电压 190kV，最大管电流 1mA，运行时 X 射线管向南定向照射；自带铅房。X 射线实时成像检测系统年累计曝光时间最大为 150 小时。</p> <p>本项目按照《报告表》提出的辐射安全和防护措施及环评批复意见建设。</p>
<p>二、项目在设计、建设和运行过程中应严格落实《报告表》提出的各项防治措施，并做好以下工作</p>	
<p>（一）严格执行辐射安全管理制度。按照《放射性同位素与射线装置环境安全许可管理办法》、《山东省辐射污染防治条例》等要求，设立辐射安全与环境保护管理机构，落实辐射安全管理责任制。落实场所使用规定、装置操作规程、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度和检测方案等，建立辐射安全管理档案</p>	<p>（一）签订了《辐射工作安全责任书》，明确了法人代表为本单位辐射工作安全责任人；成立了辐射安全领导小组，并指定蒋文春负责学校射线装置的安全和防护工作。制定了《射线装置安全操作规程》、《辐射防护、安全保卫和设备检修维护制度》、《辐射监测方案》，建立了辐射安全管理档案</p>
<p>（二）做好辐射工作场所的安全和防护工作。严格落实《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）及《工业X射线探伤放射防护要求》（GB117-2015）等有关要求，落实工作场所的实体屏蔽措施，确保职业人员和公众成员年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的相关要求。在醒目位置设置电离辐射警告标志，做好放射性工作场所内辐射安全与防护设施的维护，确保辐射安全与防护设</p>	<p>（二）制定了《辐射工作人员培训、体检及保健制度》，本项目 2 名辐射工作人员（夏富军、赵伟）已通过辐射安全与防护考核，持证上岗，并在有效期内。建立了个人计量档案，已委托山东鼎嘉环境检测有限公司每 3 个月进行一次个人剂量监测，安排专人负责个人剂量监测管理工作，建立有个人剂量档案。</p>

施有效。	
<p align="center">表 3-1（续） 环境影响报告表批复意见与验收情况的对比</p>	
环境影响报告表批复意见	验收时落实情况
<p>（三）做好辐射工作人员的安全防护工作。落实《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环境安全管理规定》等有关要求，加强辐射工作人员培训，定期对人员剂量监测，配备个人剂量计，至少每 3 个月进行 1 次个人剂量监测，建立个人剂量档案，确保人员的辐射安全。</p>	<p>（三）已制定《辐射防护、安全保卫和设备检修维护制度》、《辐射工作人员教育培训制度》加强辐射工作人员培训，本项目配备 2 名辐射工作人员（夏富军、赵伟），均已参加了辐射安全与防护考核，成绩合格，在有效期内，已委托山东鼎嘉环境检测有限公司每 3 个月对个人剂量进行监测，建立了个人剂量档案</p>
<p>（四）严格落实环境风险防范措施，制定辐射事故应急预案，并到生态环境部门备案，配备必要的应急设备，定期开展应急培训和演练，有效防范并妥善处置突发环境事件，确保环境安全。</p>	<p>（四）已制定《辐射事故应急预案》</p>
<p>三、项目的性质、规模、地点或者环境保护措施等发生重大变动时，须依法重新报批环境影响评价文件。自本《报告表》批准之日起超过 5 年方决定开工建设的，《报告表》须报我局重新审核。</p>	<p>三、不涉及</p>
<p>四、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“三同时”制度。项目建成后须按规定开展竣工环境保护验收，经验收合格后，方可正式投入运行。</p>	<p>四、本项目按照“三同时”制度建设，并按照规定开展竣工环境保护验收工作</p>

四、验收监测标准及参考依据

验收标准

1. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

①剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1 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 年的平均有效剂量 (但不可作任何追溯性平均)，20mSv；
- b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

B1.2 公众照射

B1.2.1 实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

- a) 年有效剂量，1mSv；
- b) 特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

②年管理剂量约束值

11.4.3.2 款规定：剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30% (即 0.1mSv/a~0.3mSv/a) 的范围之内。

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 探伤与工业 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 (以下简称 X 射线装置或探伤机) 进行探伤的工作。

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 $5 \mu\text{Sv}/\text{周}$;

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

4.1.5 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。

本项目标准

1、剂量率目标控制限值及年管理剂量约束值

根据辐射环境影响评价报告表及环评批复要求,铅房四周防护面、防护门及室顶外表面 30cm 处辐射剂量率不大于 $2.5\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。

取年有效剂量限值的 $1/10$ 作为年管理剂量约束值,即对工作人员年管理剂量约束值不超过 2.0mSv ;对于公众年管理剂量约束值不超过 0.1mSv 。

2、环境天然放射性水平

根据山东省环境天然放射性水平调查,青岛市环境天然辐射水平见表 4-1。

表 4-1 青岛市环境天然辐射水平 ($\times 10^{-8}\text{Gy}/\text{h}$)

监测内容	范围	平均值	标准差
原野	4.24~13.00	5.15	0.62
道路	1.15~12.40	4.43	1.21
室内	3.12~16.16	10.66	0.91

注:表中数据摘自《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》,山东省环境监测中心站,1989 年。

五、验收监测

现场监测

为掌握该项目正常运行情况下铅房周围的辐射环境水平，对该学校铅房周围辐射剂量率进行了现场监测，根据现场条件和相关监测标准、规范的要求合理布点。

1. 监测单位

本次监测委托具备辐射检测资质的潍坊正沅环境检测有限公司开展检测，潍坊正沅环境检测有限公司已通过生态环境资质认定。

2. 监测与分析项目

X- γ 辐射剂量率。

3. 监测时间与环境条件

2022 年 5 月 11 日 温度：17℃；相对湿度：36%；天气：晴。

4. 监测方法

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）的要求和方法进行现场测量，将仪器接通电源预热 15min 以上，仪器探头离地 1m，由两名监测人员在每个监测点位读取 10 个测量值为一组，取其平均值，经校准后作为最终的监测结果。

5. 监测技术规范

- （1）《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；
- （2）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）。

6. 监测仪器

表 5-1 监测仪器参数一览表

设备名称	便携式 X- γ 剂量率仪
设备型号	HD-2005
设备编号	F12032
技术指标	测量范围：(1~100000) $\times 10^{-8}$ Gy/h； 能量响应：25keV~3MeV，极限偏差 $\pm 15\%$ ； 对宇宙射线的能量响应：极限偏差 $\pm 15\%$ ； 剂量率指示的固有误差： $\leq \pm 10\%$ ； 角响应：极限偏差 $\pm 15\%$ ，(^{137}Cs , $0^\circ \sim 150^\circ$ 相对于最大响应数值)； 长期稳定性： $\leq \pm 5\%$ (连续工作 8 小时)； 使用环境：湿度 $\leq 90\%$ ($-10^\circ\text{C} \sim +40^\circ\text{C}$)。

检定/校准证书编号	Y16-20211032
检定有效期	2021 年 7 月 1 日-2022 年 6 月 30 日

7.监测工况

本次验收监测为 1 台 nano Voxel 3502E 型 X 射线实时成像检测系统（日常工作电压不大于 190kV、电流 1mA），主射束使用方向为定向向南照射，辐射角度可调最大为 160°（实验室常用 30° ~45°），出束点距地面高度约 1m，本次验收监测点位均设置于出束点距各防护面距离最近的位置。监测工况如表 5-2 所示。

表 5-2 监测工况表

型号	数量	额定参数		监测参数		照射方向	有无工件
		管电压	管电流	管电压	管电流		
nano Voxel 3502E 型	1 台	190 kV	1 mA	150 kV	1 mA	向南定向照射	无

监测结果

监测点位示意图见图 5-1。监测结果见表 5-3。

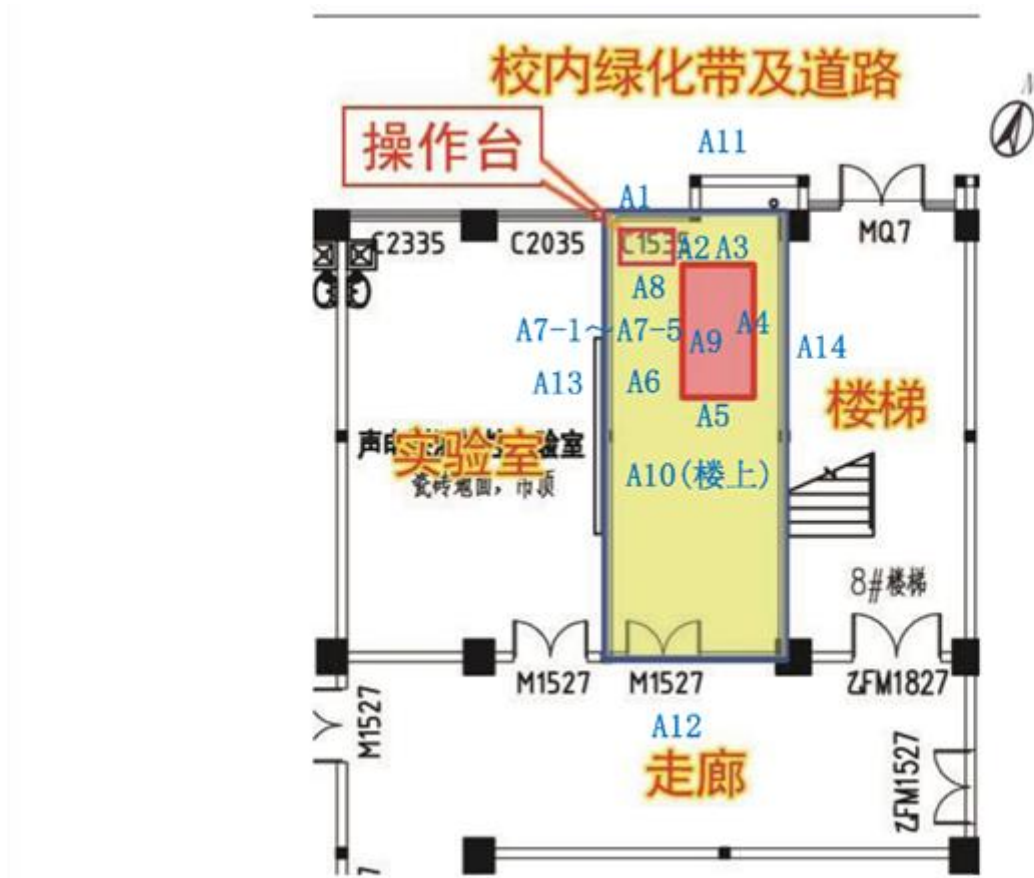


图 5-1 监测点位示意图

表 5-3 铅房周围辐射剂量率监测结果（单位 $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ）

测点编号	点位描述	X- γ 辐射剂量率	
		关机状态 检测值 ($\times 10^{-8}\text{Gy/h}$)	开机状态 检测值 ($\times 10^{-8}\text{Gy/h}$)
A1	铅房西北侧操作台处	10.79	11.46
A2	铅房北侧防护面外 30cm 处	10.13	11.56
A3	铅房北侧通风口外 30cm 处	10.16	11.30
A4	铅房东侧防护面外 30cm 处	9.32	10.90
A5	铅房南侧防护面外 30cm 处	11.22	10.11
A6	铅房西侧防护面偏南外 30cm 处	11.13	11.43
A7-1	铅房西侧防护门北侧门缝外 30cm 处	11.40	11.19
A7-2	铅房西侧防护门南侧门缝外 30cm 处		10.84
A7-3	铅房西侧防护门中间门缝外 30cm 处		11.63
A7-4	铅房西侧防护门上侧门缝外 30cm 处		10.69
A7-5	铅房西侧防护门下侧门缝外 30cm 处		12.67
A8	铅房西侧防护面偏北外 30cm 处	11.12	11.04
A9	铅房顶部 30cm 处	11.74	10.37
A10	铅房所在房间楼上实验室	11.04	11.23
A11	铅房所在房间北侧室外空地	10.79	10.48
A12	铅房所在房间南侧走廊	11.84	11.72
A13	铅房所在房间西侧实验室	12.24	13.33
A14	铅房所在房间东侧楼梯	10.86	10.93
关机状态工作场所检测值范围:		$(9.32 \sim 12.24) \times 10^{-8}\text{Gy/h}$	
开机状态工作场所检测值范围:		$(10.11 \sim 13.33) \times 10^{-8}\text{Gy/h}$	

注：X- γ 辐射剂量率检测结果已扣除仪器对宇宙射线响应值（室内 $2.08 \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ，室外 $2.60 \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ）。

由表 5-3 可知，X 射线实时成像检测系统关机状态下，铅房周围处辐射剂量率为 $(9.32 \sim 12.24) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，处于青岛市天然放射性水平范围内[室内 $(3.12 \sim 16.16) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$]；铅房所在房间北侧室外空地辐射剂量率为 $10.79 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，处于青岛市天然放射性本底水平波动范围内[道路 $(1.15 \sim 12.40) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$]。

由表 5-3 可知，X 射线实时成像检测系统开机状态下，铅房四周防护面、防护门、室顶外 30cm 处、操作位辐射剂量率为 $(10.11 \sim 13.33) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，即 $(0.101 \sim 0.133) \mu\text{Sv/h}$ ，监测值均低于《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）及环评批复中要求的 $2.5 \mu\text{Gy/h}$ 的标准限值。开机状态与关机状态辐射剂量率水平相当，均在本地波动范围内。

六、职业和公众受照剂量

1.年有效剂量估算公式

$$H = 0.7 \times D_r \times T \quad (6-1)$$

式中：H——年有效剂量，Sv/a；

T——年受照时间，h；

D_r ——X 剂量率，Gy/h。

2.照射时间确定

环评中 X 射线实时成像检测系统全年总的累积曝光时间约为 150 小时。经与建设单位核实，本项目 1 套 X 射线实时成像检测系统年累计曝光时间约 150h/a。

3.居留因子

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)，不同环境条件下的居留因子列于表6-1。

表6-1 居留因子的选取

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

4.职业工作人员受照剂量

建设单位共 2 名辐射工作人员专职负责本项目 X 射线实时成像检测系统。经与学校确认，年累积曝光时间最大约 150h，本项目辐射工作人员工作制度为轮班单人年累积曝光时间最大约 75h。

因本项目运行时间较短，个人剂量未满一年，采用理论估算的方式，本次根据操作台剂量率监测结果估算职业工作人员受照剂量。根据本次验收检测结果，操作台辐射剂量为 11.46×10^{-8} Gy/h，居留因子取 1，射线装置使用因子取 1，则：

$$H = 0.7 \times 11.46 \times 75 \times 1 / 10^5 \approx 0.0060 \text{ mSv/a}$$

由以上计算可知，辐射工作人员最大年有效剂量为 0.0060mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的 20mSv/a 的剂量限值，也低于环评报告提出的 2mSv/a 的管理剂量约束值。

5.公众成员受照剂量分析

根据本次验收监测结果，公众成员受照剂量按照本次检测公众可到达区域的最大值

考虑，铅房周围辐射剂量率最大为铅房西侧实验室的 $13.33 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，此处为实验室且有人办公，公众居留因子保守取 1，使用因子取 1，则由公式（6-1）估算出该区域活动的公众成员的年有效剂量为：

$$H = 0.7 \times 1 \times 13.33 \times 150 \times 1 / 10^5 \approx 0.0138 \text{mSv/a}$$

由以上计算可知，公众成员最大年有效剂量为 0.0138mSv/a ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定 1mSv/a 的剂量限值，也低于环评报告中提出的 0.1mSv/a 的管理约束值。

七、辐射安全管理

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》及生态环境主管部门的要求，射线装置使用单位应落实环评文件及环评批复中要求的各项管理制度和安全防护措施。为此对公司的辐射环境管理和安全防护措施进行了检查。

（一）组织机构

签订了《辐射工作安全责任书》，明确了法人代表为辐射工作安全责任人，设置专职辐射安全领导小组，指定专人蒋文春负责射线装置的安全和防护工作。

（二）辐射安全管理制度及其落实情况

1、工作制度。制定了《辐射防护、安全保卫和设备检修维护制度》《辐射安全与环境保护岗位职责》《射线装置使用登记制度》《台账管理制度》等工作制度，落实了岗位职责。

2、操作规程。制定了《射线装置安全操作规程》，并严格按照操作规程中的要求填写操作记录。

3、应急预案。制定了《辐射事故应急预案》。

4、监测方案。制定了《辐射监测方案》，配备了1台CM7001-A型辐射巡检仪，按要求自行开展了辐射环境监测，同时本次验收已委托有资质的单位进行辐射监测。

5、人员培训。制定了《辐射工作人员教育培训制度》，2名辐射工作人员（夏富军、赵伟）已参加辐射安全与防护培训考核，持证上岗，在有效期内。

6、个人剂量。本项目辐射工作人员均已配备了个人剂量计，学校委托山东鼎嘉环境检测有限公司进行个人剂量检测，建立了个人剂量档案，做到了1人1档。

7、年度评估。制定了《自行检查及年度评估制度》，学校每年按照要求在规定时间内向相关生态环境部门提交了年度评估报告。

8、配备了监测设备、报警仪器和辐射防护用品，详见表7-1。

表 7-1 监测设备、报警仪器和辐射防护用品情况一览表

序号	名称	型号	数量
1	辐射巡检仪	CM7001-A	1 台
2	个人剂量报警仪	CM7102	1 台
3	个人剂量计	/	2 支



辐射巡检仪



个人剂量报警仪

图 7-1 监测设备、报警仪器

八、验收监测结论与建议

结 论

(一)项目概况

中国石油大学（华东）位于山东省青岛市黄岛区长江西路 66 号，为开展实验室样品扫描检测，用于科学研究。学校在中国石油大学（华东）青岛校区校内特种实验楼 D129 房间安装 1 台 nano Voxel 3502E 型 X 射线实时成像检测系统，该系统由 190kV X 射线机、成像系统和自带防护设施构成，核技术利用类型为使用 II 类射线装置。

2021 年 9 月，学校委托山东清朗环保咨询有限公司编制了《中国石油大学（华东）X 射线实时成像检测系统应用项目》，2021 年 9 月 15 日青岛市生态环境局西海岸新区分局以“青环西新辐审[2021]10 号”对该项目进行了批复。

学校现持有青岛市生态环境局于 2022 年 03 月 25 日颁发的《辐射安全许可证》，证书编号：鲁环辐证[02961]，许可种类和范围为准予使用 V 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置，有效期至 2027 年 03 月 24 日。

(二)环境保护设施及措施落实情况

1. 铅房南北长 2451mm、东西宽 1227mm、高 1825mm，整体为铅钢结构；铅房照射面（南防护面），防护能力为 10mmPb，铅房正面（西防护面）、背面（东防护面）、上部面（铅房顶）、下部面（底盘）防护能力均为 9mmPb，铅房照射反面（北防护面）防护能力为 8mmPb；前防护铅门防护能力为 9mmPb，后维护门防护能力为 9mmPb。设置了门锁复位开关、安全指示灯及电离辐射警告标志；铅房正面电源控制开关区域设置有“总电源开关”，紧急情况下按下该键，电器柜断电，各部件断电。可以满足安全防护要求。

2. 学校成立了辐射安全领导小组，签订了辐射工作安全责任书，制定了《辐射防护、安全保卫和设备检修维护制度》《辐射安全与环境保护岗位职责》《射线装置使用登记制度》《台账管理制度》《射线装置安全操作规程》《辐射监测方案》《辐射工作人员教育培训制度》等制度；编制了《辐射事故应急预案》并进行了应急演练。2 名辐射工作人员已参加辐射安全与防护培训考核并取得了考核合格证书，已委托有资质机构进行个人剂量检测，建立了个人剂量档案。配备了 1 台辐射巡检仪、1 部个人剂量报警仪。

(三)现场监测结果

X 射线实时成像检测系统关机状态下，铅房周围处辐射剂量率为 $(9.32 \sim 12.24) \times 10^{-7}$

$^{80}\text{Gy/h}$ ，处于青岛市天然放射性水平范围内[室内 $(3.12\sim16.16)\times10^{-8}\text{Gy/h}$]；铅房所在房间北侧室外空地辐射剂量率为 $10.79\times10^{-8}\text{Gy/h}$ ，处于青岛市天然放射性本底水平波动范围内[道路 $(1.15\sim12.40)\times10^{-8}\text{Gy/h}$]。

X 射线实时成像检测系统开机状态下，铅房四周防护面、防护门、室顶外 30cm 处、操作位辐射剂量率为 $(10.11\sim13.33)\times10^{-8}\text{Gy/h}$ ，监测值均低于《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）及环评批复中要求的 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 的标准限值。开机状态与关机状态辐射剂量率水平相当，均在本地波动范围内。

(四)职业人员与公众受照剂量结果

经估算，辐射工作人员最大年有效剂量为 0.0060mSv/a ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定职业人员的剂量限值 20mSv/a ，也低于环评报告中提出的 2mSv/a 的管理约束值。公众成员最大年有效剂量为 0.0138mSv/a ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的 1mSv/a 的剂量限值，也低于环评报告中提出的 0.1mSv/a 的管理约束值。

中国石油大学（华东）X 射线实时成像检测系统应用项目，基本落实了环境影响报告表及其批复中的各项要求，辐射安全与防护措施齐全、有效，辐射安全管理制度较完善，验收监测结果满足有关要求，符合建设项目竣工环境保护验收条件。

建议

- 1、落实辐射监测方案，加强自主监测工作；
- 2、定期进行个人剂量监测，做好个人剂量档案管理工作。