

核技术利用建设项目

使用 II 类射线装置

环境影响报告表

中国地质科学院地质研究所

2017 年 10 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

使用 II 类射线装置 环境影响报告表

建设单位名称：中国地质科学院地质研究所

建设单位法人代表：

通讯地址：北京市西城区百万庄大街 26 号

邮政编码：100037

联系人：袁崇喜

电子邮箱：2243640131@163.com 联系电话：68999667

目 录

表 1	项目概况	1
表 2	放射源	4
表 3	非密封放射性物质	5
表 4	射线装置	6
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	7
表 6	评价依据	8
表 7	保护目标与评价标准	10
表 8	环境质量和辐射现状	12
表 9	项目工程分析与源项	14
表 10	辐射安全与防护	17
表 11	环境影响分析	22
表 12	辐射安全管理	28
表 13	结论与建议	31
表 14	审 批	33

附图 1 中国地质科学院地质研究所地理位置图

附图 2 中国地质科学院地质研究所毗邻关系图

附图 3 中国地质科学院地质研究所布局图

附图 4 中国地质科学院地质研究所东科研楼一层平面布局图

附件 1 事业单位法人证书

附件 2 拟建场所环境检测报告

附件 3 工业 X 射线 CT 机屏蔽铅房表面剂量

附件 4 辐射工作人员表

附件 5 产权证

表 1 项目概况

建设项目名称		使用 II 类射线装置			
建设单位		中国地质科学院地质研究所			
法人代表	侯增谦	联系人	袁崇喜	联系电话	68999667
注册地址		北京市西城区百万庄大街 26 号			
项目建设地点		北京市西城区百万庄大街 26 号			
立项审批部门		无	批准文号	无	
建设项目总投资(万元)	470	项目环保投资	20	投资比例（环保投资/总投资）	4.3%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积(m ²)	50
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 单位概况</p> <p>中国地质科学院地质研究所成立于 1956 年 4 月，是中国地质调查局直属事业单位，是国家科技创新体系的重要组成部分和国家公益性地质调查研究的重要力量，事业单位法人证书见附件 1。主要承担国家基础性、公益性、战略性和前瞻性的地球科学研究和地质调查工作。主要开展以地球系统科学为核心的前沿性、基础性地质研究，加强地球科学理论研究与创新，推动地质科学的发展；大力开展地质调查基础性研究，解决重大关键地质问题；提高对地观测与深部探测能力、实验分析与测试能力，提高科技创新能力，提升地质认知水平。为国家基础地质调查提供业务支撑，为国民经济和社会发展提供基础地质服务。</p> <p>中国地质科学院地质研究所设有 6 个综合管理部门、11 个技术业务部门。</p>					

建所 61 年来，地质研究所已经基本建成为一个学科比较齐全、人员结构较为合理、设备较为完善的综合性地学基础研究机构，在区域地质及地质编图，大地构造，生命起源演化与地层，前寒武纪地质，超高压变质地质，岩石学、矿物学、地球化学与地球物质科学，大陆动力学与地幔动力学，成矿地质背景与区域成矿学，岩石圈结构及地球动力学等方面，形成了在国内外有一定影响的优势研究领域和方向。2016 年地质研究所成为国土资源部系统内唯一的国家创新人才培养基地。

中国地质科学院地质研究所为《辐射安全许可证》新申请单位。

1.2 本项目情况

1.2.1 项目基本情况

本项目拟在东科研楼一层 105 室（3D 计算机断层扫描实验室）新增 1 台型号为 XTH225ST 的 CT 机，用于古生物化石扫描。工业 X 射线 CT 机相关信息见表 1-1。工业 X 射线 CT 机周最大工作时间为 15h，每个工件的出束时间约 1h。工业 X 射线 CT 机配备有厂家提供的防护柜，根据厂家资料，防护柜外周围剂量当量不超过 0.5 μ Sv/h。

表 1-1 本项目环评内容列表

序号	名称型号	国别厂家	管电压 (kV)	输出电流 (mA)	使用科室	类别	所在场所
1	工业 X 射线 CT 机 XTH225ST	尼康仪器有限公司	225	1.0	地层与古生物研究室	II类	东科研楼一层 105 室（3D 计算机断层扫描实验室）

1.2.2 目的和任务的由来

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

1.2.3 项目建设正当性和必要性

工业无损检测手段有射线、超声、磁粉和渗透等多重方法，但是对钢结构

工程质量检测及评定，只有射线方法比较适合。射线探伤机的工作原理是根据材料密度不同对 X 或 γ 射线吸收程度的差异，通过射线摄片，从胶片上显示出材料、零部件及焊缝的内部缺陷。根据观察其缺陷的性质、大小和部位来评定材料或制品的质量，从而防止由于材料内部缺陷，加工不良而引起质量事故。

中国地质科学院地质研究所地层与古生物实验室的不断发展和科研任务的不断增多，需观察和分析古生物化石的内部结构，剥离出古生物的骨骼架构，还原古生物的 3D 原貌。高分辨率 3D 计算机断层扫描系统可以轻松获得古生物化石的内部结构的 3D 图像数据，借助计算机断层扫描技术(CT)的无损检测功能可对古生物化石内部进行定性和定量的分析。可见，采用射线探伤机具有正当性。

在国内，运用 CT 技术研究古生物课题尚处于发展阶段，没有成型专用微焦点 CT 设备在使用。这次拟购置的 CT 产品是 225kV 级别的设备，拥有强大的检测空间和倾斜轴，拥有 3 微米的焦点尺寸，可检测到 3 微米的结构，加配的 180kV 射线管拥有无与伦比的焦点尺寸和细节分辨率，焦点尺寸为 1 微米，细节分辨率为 500nm。一台设备可以兼顾中小样品和微小样品 3D 分析。配备的 PE1620 数字平板探测器拥有 2000×2000 像素，具有高分辨率，可进行高动态范围的色彩呈现，能更好地扫描古生物化石，通过高分辨率平板显示高像素 X 射线图并通过 CT 扫描获取高分辨率体素数据。

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
无								

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
无										

注：日等效最大操作量和操作方式见国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	工业X射线CT机	II类	1	XTH225ST	225	1.0	古生物化石扫描	东科研楼一层105室 (3D计算机断层扫描实验室)	尼康仪器有限公司

(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	
无													

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
无								

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

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

表 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日。</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2016 年 9 月 1 日。</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日。</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日。</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院第 449 号令，2005 年 12 月 1 日。</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，环境保护部令第 44 号，2017 年 9 月 1 日。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(9) 《关于发布射线装置分类办法的公告》，国家环境保护总局公告 2006 年 第 26 号，2006 年 5 月 30 日。</p> <p>(10) 《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》，原国家环保总局，发 [2006]145 号。</p>
<p>技术标准</p>	<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)，环境保护部。</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)</p> <p>(3) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)</p> <p>(4) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)</p> <p>(5) 《工业射线探伤辐射安全和防护分级管理要求》(DB11/T 1033-2013)</p> <p>(6) 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB 22448-2008)</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)</p> <p>(8) 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93)</p>

其他	(1) 中国地质科学院地质研究所提供的与本项目相关的申请和技术资料，2017.8。
----	---

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)规定,以及《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)的要求,确定该项目评价范围是:以新增工业 X 射线 CT 机工作场所为中心,周围 50m 的区域。

7.1.1 评价内容

本项目评价内容是工业 X 射线 CT 机使用过程中对周围环境以及辐射工作人员、公众等产生的影响进行分析。

7.1.2 评价目的

(1) 评价建设项目在运行过程中对辐射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,为环境保护行政主管部门管理提供依据;

(3) 通过项目辐射环境影响评价,为使用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“合理可行、尽量低的水平”;

(5) 为该单位的辐射环境保护管理提供科学依据。

7.1.3 评价因子

本评价报告表的放射性污染评价因子主要为 X 射线。

7.2 保护目标

本项目工作场所周围 50m 区域内没有居民区,东侧紧邻百万庄南街,其它三面 50m 区域都是单位内部,故环境保护目标为该单位从事本项目的辐射工作人员、周围其他公众成员。

7.3 评价标准

7.3.1 剂量限值及剂量约束值

7.3.1.1基本剂量限值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的剂量限值列于表 7-1。

表 7-1 个人剂量限值 (GB18871-2002)

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

GB18871-2002 规定了剂量约束值: 对于职业照射, 剂量约束是一种与源相关的个人剂量值, 用于限制最优化过程所考虑的选择范围。对于公众照射, 剂量约束是公众成员从一个受控源的计划运行中接受的年剂量的上界。剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30% (即 0.1~0.3mSv/a) 的范围之内。

7.3.1.2 剂量约束值

对职业照射, 本项目取 2mSv/a 作为剂量约束值; 对公众, 本项目取 0.1mSv/a 作为剂量约束值。

7.3.1.3 剂量率控制水平

要求在满足上述年剂量约束值的同时, 根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 中“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。”

7.3.1.4 有害气体 O₃ 和 NO₂ 浓度限值

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

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

8.1.1 地理位置

中国地质科学院地质研究所位于北京市西城区百万庄大街 26 号，单位的地理位置图见附图 1 所示，单位东侧为百万庄南大街，南侧为百万庄南里，西侧为南瓜园路一巷，北侧为百万庄大街，单位的毗邻关系见附图 2 所示。

8.1.2 场所位置

本项目工业 X 射线 CT 机拟安装于东科研楼一层 105 室（3D 计算机断层扫描实验室）南侧中间位置，单位的布局关系见附图 3 所示，105 室东侧为百万庄南大街，南侧为院内道路，西侧为东科研楼一层走道，之外为卫生间，北侧为 103 实验室（物质微区结构与组构实验室），楼下为磨片碎样室库房，楼上为其它实验室，3D 计算机断层扫描实验室周边关系图见附图 4 所示。

8.2 辐射环境现状监测评价

（1）监测目的

掌握该项目辐射工作场所的辐射环境质量现状水平，为评价提供基础数据。

（2）监测内容

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

（3）监测点位

选取 3D 计算机断层扫描实验室及周围进行监测。

（4）现状监测结果及评价

单位委托深圳市瑞达检测技术有限公司对项目地及周围环境辐射水平进行了检测。检测机构通过了计量认证，持有计量认证资质证书(CMA, 2017192229S)。检测使用青岛金仕达电子科技有限公司生产的便携式 GH-102A 型 X- γ 剂量率仪，在距地面 1m 高度测量 γ 辐射剂量率。该仪器经华北国家计量测试中心检定(检定证书编号 DD17H-CA000005)，评价区 γ 辐射水平调查结果见表 8-1，环境现状检测报告见附件 2。

表 8-1 新增辐射工作场所周围 X- γ 辐射剂量率本底水平监测结果

场所名称	点位序号	测点描述	辐射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
3D 计算机 断层扫描 实验室	1	3D 计算机断层扫描实验室中央	0.10
	2	3D 计算机断层扫描实验室东侧 (楼外)	0.08
	3	3D 计算机断层扫描实验室南侧 (楼外)	0.08
	4	3D 计算机断层扫描实验室西侧 (过道)	0.08
	5	3D 计算机断层扫描实验室北侧 (103 室)	0.09
北京市范围 ^[1]			0.60~0.12

注：检测结果含宇宙射线响应值；^[1]：北京市环保所北京市环境放射性水平调查与评价 1989

由表 8-1 中检测结果可知，新增辐射工作场所周围的 X- γ 辐射剂量率：
0.08~0.10 $\mu\text{Gy/h}$ ，为北京市的天然本底范围之内，未发现异常高值。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 工作原理

工业 X 射线 CT 机产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面被靶所突然阻挡从而产生 X 射线。典型的 X 射线管结构图见图 9-1。

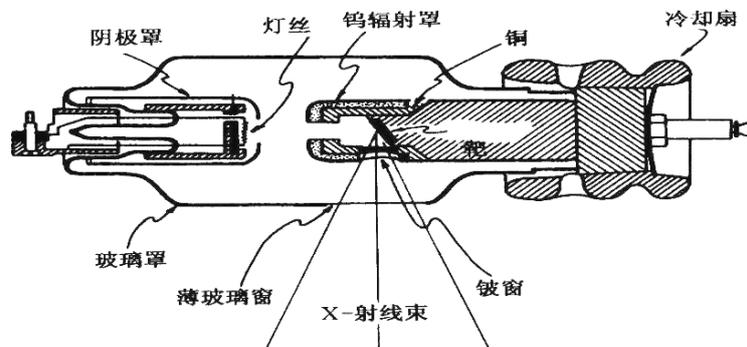


图 9-1 典型 X 射线管结构图

系统主要由 225 kV X 射线系统，X 射线束光学系统（光源口和准直器）、精密扫描装置及其控制系统、多通道高动态范围线阵列探测器、面阵列平板探测器、带 A/D 转换器的数据采集系统、图形工作站、处理软件、计算机系统、自校准和测试系统以及剂量测量系统等组成，要求射线管竖直放置。X 射线管是 CT 机中的重要部件。对于 X 射线管，点的大小直接影响图像的平面空间分辨力和层厚。小焦点光管主要用于薄层扫描和高分辨力的扫描，而对于要求有较高的对比度分辨力的大容积扫描，要使用大焦点。

9.1.2 工作规程

操作流程：检查设备→开机，面板上警报灯和 X-RAY 灯亮→获得初始值后，再调节 kV/mA 至所需值→照射样品，计算机获取数据并将数据传送到数据处理台→测量完毕，仪器自动关闭 X 射线机→关闭电源。XTH225ST 微焦点工业 CT 机全貌见图 9-2。



图 9-2 XTH225ST 仪器正面外形图

1.警示灯，2.屏蔽室顶盖；3.紧急停止按钮；4.屏蔽室的操作门；5.观察窗；6.仪器安全联锁控制箱；7.电脑；8.仪器维修门。

9.2 污染源描述

9.2.1 主要放射性污染物

工业 X 射线 CT 机的辐射，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。因此，单位使用的射线装置在非使用状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。因此，在开机期间，X 射线成为污染环境的主要因子。污染途径是 X 射线外照射。

9.2.2 非放射性污染

在设备作业时，X 射线与空气作用会产生少量臭氧和氮氧化合物。

9.2.3 污染途径

9.2.3.1 正常工况时的污染途径

X 射线经透射、漏射和散射，对工作场所及其周围环境产生辐射影响。

9.2.3.2 事故工况下的污染途径

该单位使用的工业 X 射线 CT 机属 II 类射线装置，发生的事故工况主要为

安全联锁装置失灵,铅防护门未完全关闭的情况下工业 X 射线 CT 机就能出束,致使 X 射线泄漏到自屏蔽室外面,给周围活动的人员造成额外的照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 项目建设内容

中国地质科学院地质研究所拟新增使用的 1 台工业 X 射线 CT 机设置在东科研楼一层 105 室（3D 计算机断层扫描实验室）南侧中间位置，操作室位于 105 室的北侧，工业 X 射线 CT 机自带屏蔽铅房，屏蔽铅房尺寸为 1400×950×1050mm。除观察窗之外，屏蔽铅房四周均用铅板制成，铅板厚度约 16mm，观察窗为 50mm 厚的铅玻璃（相当于 16mmPb）。X 射线发生器、样品、样品台、准直系统和探测器等均放置在该屏蔽室内。根据厂家提供资料（见附件 3），自屏蔽铅房外任一表面的最大剂量率不大于 1.0μGy/h（主束方向为东）。

10.1.2 工作场所安全防护设施管理

工作场所安全与防护设施设计要求见表 10-1。

表 10-1 非医用II类射线装置辐射场安全与防护设施设计要求

序号	项目	检查内容	是否拟设置	备注
1*	A 场所设施 (固定式)	入口电离辐射警告标志	√	
2*		入口处机器工作状态指示灯	√	
3		隔室操作	√	
4*		迷道	×	不设迷道，自屏蔽厚度满足要求
5*		防护门	√	
6*		控制台有防止非工作人员操作的锁定开关	√	配有钥匙开关
7*		门机联锁系统	√	设备高压与防护柜门联锁
8*		照相室内监控设施	√	铅房内设有监控设施
9		通风设施	√	
10*		机房内紧急停机按钮	/	
11*		控制台上紧急停机按钮	√	防护柜外表面

12*		出口处紧急开门按钮	/	
13*		准备出束声光提示	/	
15*	C 监测设备	便携式辐射监测仪器仪表	√	拟配 1 台
16*		个人剂量计	√	
17*		个人剂量报警仪	√	拟配 1 台
18	D 应急物质	灭火器材	√	

注：加*的项目是重点项，有“设计建造”的划√，没有的划×，不适用的划/。

10.1.3 工作场所的辐射防护措施

(1) 自屏蔽铅房采用实体屏蔽措施，屏蔽室四周墙外和防护门外辐射剂量率不大于 $1\mu\text{Sv/h}$ 。

(2) 在自屏蔽铅房表面拟设有出束工作状态指示灯，防护门外贴有电离辐射警告标志。

(3) 紧急开关分别安装在操作台、屏蔽门外左手位置，任何时候按下任一个“紧急开关”，机器整机断电，而且“紧急开关”必须复位后，才能重新启动 CT 机。

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

(5) 工作人员进实验室时必须佩戴个人剂量报警仪，实时显示剂量率，能声音报警，一旦超标，会发出警告（报警值为 $2.5\mu\text{Gy/h}$ ）。

(6) 拟配有 1 台便携式辐射巡测仪和 1 台剂量报警仪。

10.1.4 法规符合情况

依据《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全许可管理办法〉的决定》（环境保护部令第 3 号，2008 年）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号，2011 年）规定，现对中国地质科学院地质研究所从事本项目辐射活动能力评价列于表 10-2 和表 10-3。

10.1.4.1 对照“环保部 3 号令”要求的满足情况

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

表 10-2 项目执行“环保部 3 号令”要求对照表

序号	应具备条件	落实情况	符合情况
1	使用放射性同位素、射线装置的单位，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。	已成立辐射防护领导小组，并在该机构并设有专职管理人员。	符合
2	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	现有 5 名辐射工作人员和 1 名辐射安全管理专职人员通过了环保部认可单位组织的辐射防护与安全培训。	符合
3	使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源贮存库或设备。	不涉及该内容。	符合
4	射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	自屏蔽铅房设有安全联锁、急停按钮、工作警示灯和电离辐射警告标志等。	符合
5	配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。	拟配备了 1 台辐射监测仪和 1 台个人剂量报警仪。	符合
6	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	拟制定辐射防护规章制度，包括辐射安全管理体系和岗位职责、射线装置操作规程、射线装置处置辐射防护措施、辐射工作场所监测方案、个人剂量和健康管理制度、辐射安全培训制度、设备检修维护制度等，能够满足工作需要。	符合
7	产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	不涉及该内容。	符合
8	有完善的辐射事故应急措施。	拟制定辐射应急预案。	符合

10.1.4.2 对“环保部 18 号令”要求的满足情况

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

表 10-3 项目执行“环保部 18 号令”要求对照表

序号	安全和防护管理办法要求	落实情况	是否符合要求
1	<p>第五条</p> <p>生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所,应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志,其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求,设置安全和防护设施以及必要的防护安全连锁、报警装置或者工作信号。</p>	<p>在自屏蔽铅房表面拟设有出束工作状态指示灯,防护门外拟贴有电离辐射警告标志</p>	符合
2	<p>第九条</p> <p>生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当按照国家环境监测规范,对相关场所进行辐射监测,并对监测数据的真实性、可靠性负责;不具备自行监测能力的,可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。</p>	<p>每年对射线装置及固定场所进行监测。</p>	符合
3	<p>第十二条</p> <p>生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估,并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。</p>	<p>承诺每年1月31日前向环保部门提交年度评估报告。</p>	符合
4	<p>第十七条</p> <p>生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲,对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训,并进行考核;考核不合格的,不得上岗。</p>	<p>现有5名辐射工作人员和1名辐射安全管理专职人员通过了环保部认可单位组织的辐射防护与安全培训。</p>	符合
5	<p>第二十三条</p> <p>生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准,对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测;发现个人剂量监测结果异常的,应当立即核实和调查,并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。应当安排专人负责个人剂量监测管理,建立辐射工作人员个人剂量档案。</p>	<p>拟为所有从事辐射工作的人员配备个人剂量计,并委托有资质单位进行个人剂量监测(每季度1次)。已安排专人负责个人剂量监测管理。</p>	符合
6	<p>第二十四条</p> <p>生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,不具备个人剂量监测能力的,应当委托具备条件的机构进行个人剂量监测。</p>	<p>拟委托有资质单位对辐射工作人员进行个人剂量监测。</p>	符合

以上分析可知,该单位从事本项目辐射活动的技术能力符合相应法律法规

的要求。

10.2 三废的治理

(1) 本项目运行中，不产生放射性“三废”。

(2) 工业 X 射线 CT 机运行过程中，会产生少量的臭氧和氮氧化物，对环境的影响是十分轻微的，可以忽略。

表 11 环境影响分析

11.1 建设或安装过程的环境影响

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

11.2 运行（使用）后对环境的影响

该场所使用 1 台 XT H225ST 型工业 X 射线 CT 机，带有自屏蔽铅房系统，根据厂家提供资料（见附件 3），自屏蔽铅房外任一表面的最大剂量率不大于 1.0μGy/h（主束方向，往东）。

11.2.1 剂量估算公式

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

(1) 泄漏辐射

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

$$K^{-1} = 10^{-h/TVL} \quad (11-2)$$

式中：H 为关注点的剂量率，μGy/h

H_{OL} 为自屏蔽铅房外的泄漏剂量率，不大于 1.0μGy/h；

R 为 X 线管靶点到关注点的距离，m；

K^{-1} 为已知屏蔽墙厚度的衰减因子

h 为屏蔽物质的厚度；

TVL 为屏蔽物质什值层厚度，在管电压 225kV 混凝土屏蔽的 TVL=90mm

(2) 年有效剂量

$$E = \sum W_T \times \dot{H} \times T \times t \quad (11-3)$$

式中：E 为年有效剂量，μSv/a；

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

\dot{H} 为关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

T 为人员的居留因子；

t 为年曝光时间，h/a。

11.2.2 屏蔽计算

(1) 屏蔽计算的条件如下：

① 屏蔽铅房尺寸为 $1400 \times 950 \times 1050\text{mm}$ ，工业 X 射线 CT 机工作时位于铅房内固定位置，源距自屏蔽铅房外各表面的距离按 0.5m 考虑，CT 机距操作位约 4.0m 。

② 自屏蔽铅房东侧数据处理系统操作位、楼上为其它实验室，按居留因子 $T=1$ ；自屏蔽铅房外表面区域，按 $T=1/8$ 。

③ 根据单位提供的机器年曝光时间共为 500 小时(周最大工作量为 10 件，每个工件的 CT 扫描时间约 1.0 小时)。

④ 自屏蔽铅房铅板厚度约 16mm ，观察窗为 50mm 厚的铅玻璃(相当于 16mmPb)，3D 计算机断层扫描实验室楼板厚度为 15cm 砼(衰减因子约为 $2.1\text{E}-02$)。

(2) 3D 计算机断层扫描实验室工作人员和公众的年附加剂量估算

根据公式计算相应 3D 计算机断层扫描实验室主要点的剂量，假设距楼上其它实验室的工作位距离按 3.5m 估算，则楼上的附加剂量为 $1.0\mu\text{Gy/h} \times 2.1\text{E}-2 \times (0.5/3.5)^2 = 4.3\text{E}-04\mu\text{Gy/h}$ ；数据处理系统操作位的附加剂量为 $1.0\mu\text{Gy/h} \times (0.5/4.0)^2 = 1.6\text{E}-02\mu\text{Gy/h}$ ，计算点位见图 11-1，年附加有效剂量估算结果列于表 11-1。

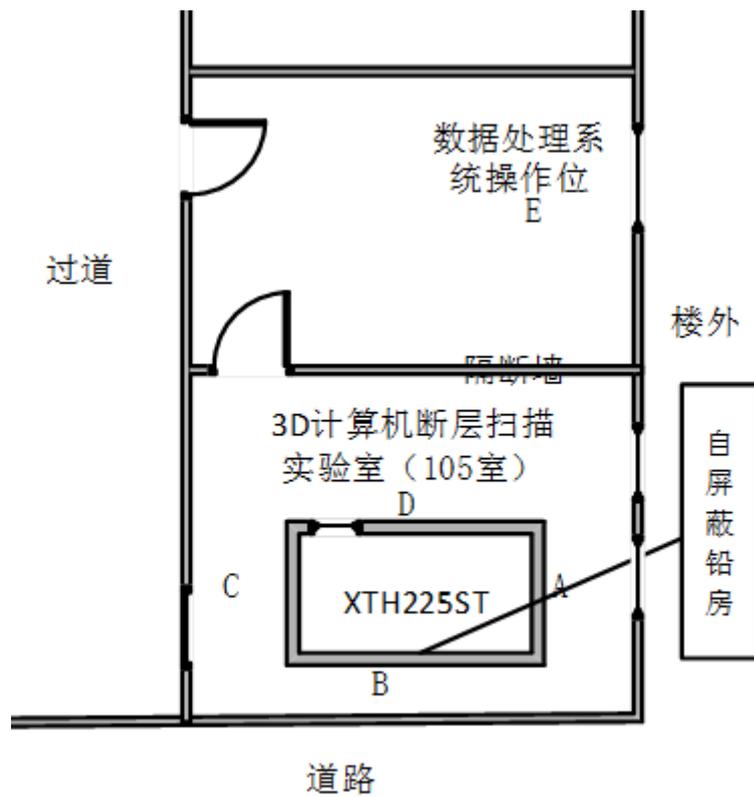


图 11-1 3D 计算机断层扫描实验室计算点位示意图

表 11-1 XT H225ST 型工业 X 射线 CT 对各关注点的年附加有效剂量

位置	剂量率 $\mu\text{Gy/h}$	T	t (h/a)	年附加有效剂量 (μSv)	备注
东侧 A	1.0	1/8	500	62.5	工作人员
南侧 B	1.0	1/8		62.5	
西侧 C	1.0	1/8		62.5	
北侧 D	1.0	1/8		62.5	
操作位 E	1.6E-02	1		8.0	
楼上	4.3E-04	1		0.22	公众

根据以上估算结果，增加 XT H225ST 型工业 X 射线 CT 后，其对 3D 计算机断层扫描实验室工作人员的年附加有效剂量最大值为 $62.5\mu\text{Sv}$ ，满足本评价剂量约束值 2mSv/a 的要求；对公众的年附加有效剂量最大值为 $0.22\mu\text{Sv}$ ，低于本评价剂量约束值 (0.1mSv/a) 的要求。

11.2.3 O₃和NO_x分析

11.2.3.1 O₃的产额

根据以往的环评经验，工业 X 射线 CT 机运行过程中，臭氧的产生量十分有限。公式 11-4~11-7 参考(中华放射医学与防护杂志 VoL14, 2, P101~P103, 1994)，依照下式计算扩展射线束所致 O₃的产额：

(1) 有用线束的 O₃产额

$$P = 2.43 \dot{D}_o (1 - \cos \theta) RG \quad (11-4)$$

式中：P 为 O₃产额，mg/h；

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

R 为靶到屏蔽物（墙）的距离，m；

G 为空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O₃分子数（G=6）；

θ 为有用束的半张角。

(2) 泄漏辐射的 O₃产额

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

$$P = 3.32 \times 10^{-3} \dot{D}_o GV^{1/3} \quad (11-5)$$

式中：V 为探伤室的体积，m³；其余符号同（11-4）。

11.2.3.2 O₃的浓度

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

机房最高饱和 O₃浓度（mg/h）为：

$$Q = \frac{P}{\bar{T}} \quad (11-6)$$

式中：V 为机房的体积，m³；

\bar{T} 为 O₃的有效清除时间（h）：

$$\bar{T} = \frac{t_v \cdot t_d}{t_v + t_d} \quad (11-7)$$

11.2.3.3 参数与结果

对于 3D 计算机断层扫描实验室，仅估算其 O₃的产额和浓度。

(1) O₃ 产额

自屏蔽铅房和射线装置参数如下： $\dot{D}_0 = 0.0165\text{Sv/min}$ （参考 GBZ/T 250-2014）； $R=0.9\text{m}$ （最大值）； $\theta=20^\circ$ ； $V=1.4\times 0.95\times 1.05=1.40\text{m}^3$ 。

按（11-4）估算有用线束的 O₃ 产额， $P=0.049\text{mg/h}$ 。按（11-5）估算泄漏辐射的 O₃ 产额， $P=0.0004\text{mg/h}$ ，此二项合计， $P=0.050\text{mg/h}$ 。

(2) O₃ 浓度

假设没有通风：

$\bar{T} = t_d = 0.83\text{h}$ ， $V=1.40\text{m}^3$ ， $Q=3.0\times 10^{-2}\text{mg/m}^3$ ，此值远小于工作场所中 O₃ 浓度限值 0.3mg/m^3 ，说明臭氧的影响是较轻微的，且探伤总时间较短。这样的 O₃ 浓度直接排放到外部环境，对周围公众的影响可忽略不计。

(3) NO_x 分析

在多种氮氧化物（NO_x）中，以 NO₂ 为主，其产额约为 O₃ 的一半，工作场所中的限值为 O₃ 浓度的 16.7 倍，《环境空气质量标准》（GB3095-1996）中规定的外部环境中 NO₂ 的浓度限值与 O₃ 相近。因此，NO_x 的影响可忽略。

11.3 异常事件分析与防范建议

11.3.1 事件（故）分析

在异常和事故状态下，如安全联锁装置失灵、损坏等，人员误留而出束，此时将会受到 X 射线照射的危害。

11.3.2 事件（故）防范措施建议

（1）根据现有工作情况，不得擅自改变设备的屏蔽结构。

（2）定期检查安全控制设施，及时发现问题及时解决，把安全隐患控制在萌芽状态。

（3）工业 X 射线 CT 机控制线路故障或机械故障时必须停止照射，经检修达到技术要求，并经相关专业部门认可后，方能进行使用。

（4）工作人员必须经过辐射防护知识培训，熟悉掌握辐射防护知识，了解所操作的工业 X 射线 CT 机基本结构和性能特点，熟悉操作程序，了解易出的事故和误操作的可能性，正确合理使用工业 X 射线 CT 机。设备运行时，工作人员只允许在相应工作台停留。

(5) 维修人员须严格遵守各项操作规程，经常检查设备防护性能，及时处理和排除故障，保证设备正常运行。

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

11.4 项目环保验收内容建议

根据项目建设和运行情况，评价单位建议本项目竣工环境保护验收的内容见表11-2。

表11-2 项目环保验收内容建议表

验收内容	验收要求
剂量限值	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和环评报告预测，公众、职业照射剂量约束值执行 0.1mSv/a 和 2mSv/a 要求，同时自屏蔽室四周墙外和防护门外辐射剂量率不大于 2.5 μ Sv/h。
电离辐射标志和中文警示	在自屏蔽铅房表面设有出束工作状态指示灯，防护门外贴有电离辐射警告标志。
布局和屏蔽设计	辐射工作场所建设和布局与环评报告表描述内容一致。自屏蔽墙和防护门的屏蔽能力满足辐射防护的要求。
辐射安全设施	自屏蔽铅房设有安全联锁、急停按钮、工作警示灯和电离辐射警告标志等。
监测仪器	配备检测仪器：1台辐射监测仪和1台个人剂量报警仪。辐射工作人员进行个人剂量监测，建立健康档案。
规章制度	已经制定有各项安全管理制度、操作规程、工作人员培训计划等。辐射安全管理制度和操作规程得到宣贯和落实。
人员培训	辐射工作人员参加环保部或市环保部门认可的培训机构的培训。
应急预案	辐射事故应急预案符合工作实际，应急预案明确了应急处理组织机构及职责、处理原则、信息传递、处理程序和处理技术方案等。配备必要的应急器材、设备。针对使用放射性同位素过程可能存在的风险，建立应急预案，落实必要的应急装备。进行过辐射事故(件)应急演练。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全管理机构

12.1.1 辐射安全管理小组

为了加强对辐射安全和防护管理工作，中国地质科学院地质研究所成立了辐射防护领导小组，由单位副所长担任组长，实验管理处处长担任副组长，并指定武桂春专职负责辐射安全管理工作；并且还规定了组长、副组长及各成员的职责分工。辐射防护领导小组成员名单见表 12-1。

表 12-1 中国地质科学院地质研究所辐射防护领导小组成员名单

职位	姓名	职务或职称	专业	工作部门	联系电话	专/兼职
组长	高锦曦	副所长	实验管理	地质所	68999681	兼职
副组长	卢占武	处长	实验管理	实验管理处	68994511	兼职
副组长	王军	处长	后勤保障	条件保障处	68999667	兼职
组员	武桂春	副研究员	古生物	古生物研究室	68999714	专职
	谭小明	职员	实验管理	实验管理处	68994511	兼职
	丛曰祥	职员	实验管理	实验管理处	68994511	兼职
	袁崇喜	职员	综合治理	条件保障处	68999667	兼职
	李腾建	职员	安全生产	安全生产处	68999711	兼职

辐射安全管理小组的职责：

1. 在该单位辐射安全管理组长、副组长的领导下，负责该单位辐射安全防护的管理工作。
2. 贯彻执行国家、北京市政府部门有关法律、法规、规章、相关标准及有关规定。负责对该单位相关部门和人员进行法律、法规及相关标准的培训、教育、指导和监督检查等工作。
3. 制定、修订该单位辐射安全防护管理制度及仪器设备操作规程。
4. 制定、修订辐射事故应急预案，配备相应的事故处理物资仪器、工具，一旦发生辐射意外事故或情况，在辐射安全管理组长的指挥下负责事故现场的

应急处理工作。

5. 负责办理辐射安全许可证的申请、登记、换证及年审等工作。

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

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

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

12.1.2 辐射工作人员

本项目新增 5 名辐射工作人员，均已参加辐射防护与安全知识培训，并取得了培训合格证书，现有相关辐射工作人员培训记录见表 12-2，辐射工作人员信息表见附件 4。

表 12-2 中国地质科学院地质研究所辐射工作人员培训记录

序号	姓名	性别	工作岗位	培训时间	培训证号
1	薄婧方	女	无损检测	2017.7.29	B1704105
2	闫振	男	无损检测	2017.7.29	B1704106
3	宋妍妍	女	无损检测	2017.7.29	B1704107
4	武桂春	女	无损检测	2017.7.29	B1704108
5	纪占胜	男	无损检测	2017.7.29	B1704109

12.2 辐射安全管理规章制度

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

12.3 辐射监测

12.3.1 个人剂量监测

中国地质科学院地质研究所根据拟制订的该单位辐射工作人员个人剂量

监测的管理要求，要求辐射工作人员按要求接受个人剂量监测，并建立相应的个人剂量监测档案。个人剂量监测工作拟委托有资质单位承担，监测频度为每3个月检测一次。该单位严格要求辐射工作人员按照规范佩戴个人剂量计，规定在个人剂量计佩戴时间届满一个监测周期时，由专人负责收集人员佩戴的剂量计送检更换。

12.3.2 工作场所和辐射环境监测

该单位拟购置了1台辐射监测仪和1台个人剂量报警仪，可以满足实际工作的需求，该单位应保证每年将辐射监测仪委托有资质部门校准或检定，并确保在校准或检定有效期内使用。

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

12.4 辐射事故应急管理

中国地质科学院地质研究所依据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的要求，拟制定辐射事故应急预案，一旦发生辐射事故时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，妥善处理，保护工作人员和公众的健康与安全，同时应在应急预案中进一步明确规定处理的组织机构及其职责分工、事故分级、应急措施、报告程序、联系方式等内容。

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

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 正当性分析

中国地质科学院地质研究所为新申请单位，为了满足观察和分析古生物化石的内部结构，剥离出古生物的骨骼架构，还原古生物的 3D 原貌的需求，该单位申请在东科研楼一层 3D 计算机断层扫描实验室新增 1 台工业 X 射线 CT 机。根据《产业结构调整指导目录》（2011 年），本项目属于“第十四类 机械”，本项目为无损检测设备，属于鼓励类，符合国家产业政策。故上述工业 X 射线 CT 机的使用符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

13.1.2 辐射防护屏蔽能力分析

工业 X 射线 CT 机配备有厂家提供的自屏蔽铅房，防护柜外周围剂量当量不超过 1.0 μ Sv/h，铅房设置门-机联锁、急停按钮、工作状态指示及电离辐射警示等措施，符合辐射防护安全的要求。

13.1.3 辐射环境评价

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

（2）本项目中设备正常运行（使用）情况下，均不产生放射性废气、放射性废水和放射性固体废物，故不存在放射性“三废”对环境的影响问题。

（3）工业 X 射线 CT 机运行过程中，会产生少量的臭氧和氮氧化物，估算结果表明，铅房内的臭氧和氮氧化物浓度远低于标准限值。

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

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

13.1.4 结论

综上所述，中国地质科学院地质研究所新增工业 X 射线 CT 机项目，相应的辐射安全制度和辐射防护措施基本可行，在落实项目实施方案和本报告表提出的污染防治措施及建议前提下，其运行对周围环境产生的辐射影响，符合环境保护的要求。故从辐射环境保护角度论证，本项目的运行是可行的。

13.2 承诺

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

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

(3) 严格按照相关法规、标准要求开展作业，不违规操作，不弄虚作假。

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