

编号: LBHJ-2023-HJSHP010

核技术利用建设项目
南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海)

核技术利用建设项目
环境影响报告表
(送审版)

南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海)(盖章)



环境保护部监制

核技术利用建设项目
南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）
核技术利用建设项目
环境影响报告表

建设单位名称：南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：广东珠海市香洲区唐家湾镇大学路2号海琴四号

邮政编码：519080

联系人：彭皓锴

电子邮箱：

pc[REDACTED].cn

联系电话：

[REDACTED]

打印编号: 1699423505000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	9k880d		
建设项目名称	南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海)核技术利用建设项目		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称(盖章)	南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海)		
统一社会信用代码	12440000MB2D16139Y		
法定代表人(签章)	陈大可		
主要负责人(签字)	傅月星		
直接负责的主管人员(签字)	傅月星		
二、编制单位情况			
单位名称(盖章)	广州乐邦环保科技有限公司		
统一社会信用代码	91440101MA5NCC2HXL		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
徐灿	2015035140352013449914000326	BH001925	徐灿
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
汪春波	项目基本情况、结论与建议	BH002019	汪春波
田丰	评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理	BH005814	田丰

编制主持人职业资格证书

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试,取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.



Ministry of Human Resources and Social Security
The People's Republic of China



Ministry of Environmental Protection
The People's Republic of China

编号: HP00017526
No.



持证人签名:
Signature of the Bearer

管理号: 2015035440352013449914000326
File No.

姓名: 徐灿
Full Name
性别: 男
Sex
出生年月: 1982年01月
Date of Birth
专业类别: /
Professional Type
批准日期: 2015年05月24日
Approval Date

签发单位盖章:
Issued by

签发日期: 2015年05月24日
Issued on



目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	16
表 3	非密封放射性物质	16
表 4	射线装置	17
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	18
表 6	评价依据	19
表 7	保护目标与评价标准	21
表 8	环境质量和辐射现状	24
表 9	项目工程分析与源项	32
表 10	辐射安全与防护	42
表 11	环境影响分析	63
表 12	辐射安全管理	76
表 13	结论与建议	80
表 14	审批	82
附件 1	关于对 II 类射线装置加强管理的提醒函	83
附件 2	项目委托书	85
附件 3	III 类射线装置环评备案回执	87
附件 4	建设单位持有的辐射安全许可证	89
附件 5	现场环境检测报告	92
附件 6	规章制度	100
附件 7	加速器质谱仪检测报告	110

表1 项目基本情况

建设项目名称		南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）核技术利用建设项目			
建设单位		南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）			
法人代表	陈大可	联系人	彭皓锴	联系电话	1 [REDACTED]
注册地址		广东省珠海市香洲区唐家湾镇大学路2号海琴四号			
项目地点		广东省珠海市香洲区唐家湾镇大学路2号海琴四号楼首层B111室和C112室			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		3050	项目环保投资 (万元)	150	投资比例（环保 投资、总投资） 4.92 %
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 退役			占地面积（m ² ） /
应用 类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放射 性物质	☐ 生产	☐ 制备PET用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其它				

1.1.建设单位概况及项目建设概述

南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）是珠海市的省级科研事业单位，实行“政府所有，大学管理”，以“共建、共享、共赢”为原则，秉承服务“国家重大需求、国际科学前沿、地方经济发展”的“三轮”驱动发展战略，联合众多境内外大学、研究机构和企事业单位，携手共进。

为进一步提升科研实力，建设单位拟使用 1 台岩芯 CT 扫描仪，用于岩芯样品内部的宏观构造的分析测量；拟使用 1 台加速器质谱仪，用于实验样品的 C、Be 或 Al 元素的同位素比值高精度测量。

1.2. 项目建设内容及规模

(1) 建设单位拟在广东省珠海市香洲区唐家湾镇大学路 2 号海琴四号楼首层 B111 室使用 1 台 GeoScan200 型岩芯 CT 扫描仪，用于岩芯样品内部的宏观构造的分析测量。岩芯 CT 扫描仪的最大管电压为 180kV，最大管电流为 0.5mA。本项目岩芯 CT 扫描仪的屏蔽体为射线装置生产厂家提供，与该射线装置固定，射线装置和屏蔽体是一个整体。岩芯 CT 扫描仪的设备参数见表 1-1。

表 1-1 岩芯 CT 扫描仪的设备参数

名称	岩芯 CT 扫描仪
类别	II 类
数量	1 台
型号	GeoScan200
最大管电压	180kV
最大管电流	0.5mA
有用线束张角	72°
滤过条件	3mm 铝
生产厂家	天津三英精密仪器股份有限公司
安装位置	海琴四号楼首层 B111 室
用途	岩芯样品内部的宏观构造的分析测量
岩芯样品尺寸	直径≤145mm，长度≤2000mm
探测器	数字平板探测器

(2) 建设单位拟在广东省珠海市香洲区唐家湾镇大学路 2 号海琴四号楼首层 C112 室使用 1 台 XCAMS 型加速器质谱仪，用于 C、Be 或 Al 元素的同位素比值高精度测量。加速器质谱仪的加速粒子为 C⁺、Be⁺或 Al⁺，最大能量为 1MeV，当加速粒子为 C⁺时，最大束流为 50 μA，当加速粒子为 Be⁺时，最大束流为 4 μA，当加速粒子为 Al⁺时，最大束流为 0.3 μA。加速器质谱仪的设备参数见表 1-2。

表 1-2 加速器质谱仪的设备参数

名称	加速器质谱仪
类别	II 类
数量	1 台
型号	XCAMS

加速粒子	C ⁺ 、Be ⁺ 或 Al ⁺
最大能量	1MeV
最大束流	加速粒子为 C ⁺ 时，最大束流为 50 μ A 加速粒子为 Be ⁺ 时，最大束流为 4 μ A 加速粒子为 Al ⁺ 时，最大束流为 0.3 μ A
测量精度	优于千分之三
生产厂家	National Electrostastics Corp.
安装位置	海琴四号楼首层 C112 室
用途	C、Be 或 Al 元素的同位素比值高精度测量

由于管理不当，在未完成环境影响评价手续的情况下，建设单位已完成了岩芯 CT 扫描仪和加速器质谱仪的设备安装。珠海市生态环境局高新分局于 2023 年 6 月 25 日，对射线装置未履行环评手续情况，下发了《关于对 II 类射线装置加强管理的提醒函》（珠环函（高新）[2023]95 号）（见附件 1），要求建设单位在取得生态环境部门审查批准前，不得开工建设或者启用相关设备，并加强对射线装置的管理。目前，建设单位已按照要求，停止了建设，没有启用相关设备。

1.3. 项目目的和任务由来

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，辐射工作单位在申请领取许可证前，应当组织编制或者填报环境影响评价文件，并依照国家规定程序报环境保护主管部门审批。

对照《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），本项目使用的 2 台射线装置均为 II 类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部 部令第 16 号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172 核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，应编制环境影响报告表。

为此，建设单位委托广州乐邦环境科技有限公司开展本次环境影响评价工作。在接受委托后，广州乐邦环境科技有限公司组织相关技术人员进行了资料收集、现场勘察等工作，并结合项目特点，按照《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）中环境影响报告表的内容和格式，编制了本项目的的环境影响报告表。

1.4. 项目地理位置及周边环境概况

图 1-1 评价项目所在地理位置图



图 1-2-1 岩芯 CT 扫描仪位置周边环境卫星图



图 1-2-2 加速器质谱仪位置周边环境卫星图

本项目所在的海琴四号楼为多层建筑，其中地上部分为 9 层，地下部分为 1 层。海琴四号楼负一层的层高为 6m，首层层高为 5.8m。海琴四号楼内部分区域为建设单位使用场所，部分区域为其它单位（非建设单位）的使用场所。

岩芯 CT 扫描仪位于海琴四号首层，东侧水平距离 55m 处为道路，南侧水平位置 168m 处为海琴四号楼边界，西侧水平距离 86m 处为加速器质谱仪所在位置，北侧水平距离 56m 处为海琴三号楼。加速器质谱仪位于海琴四号首层，东侧水平距离 86m 处为岩芯 CT 扫描仪所在位置，南侧水平距离 156m 处为海琴四号楼边界，西侧水平距离 65m 处为道路，北侧水平距离 68m 处为海琴三号楼。评价项目周边环境关系图见图 1-3。

岩芯 CT 扫描仪位于海琴四号楼首层 B111 室，东侧为设备间，南侧为户外空地，西侧为实验室，北侧为走廊，楼上为会议室，楼下为停车场。加速器质谱仪位于海琴四号楼首层 C112 室，东侧为走廊，南侧为控制室，西侧为户外空地，北侧为消防通道，

楼上为实验室，楼下为停车场。海琴四号楼首层平面布局图见图 1-4，海琴四号楼二层平面布局图见图 1-5，海琴四号楼负一层平面布局图见图 1-6，岩芯 CT 扫描仪所在房间的相邻环境情况见图 1-7 和表 1-3，加速器质谱仪相邻环境情况见图 1-8 和表 1-4。

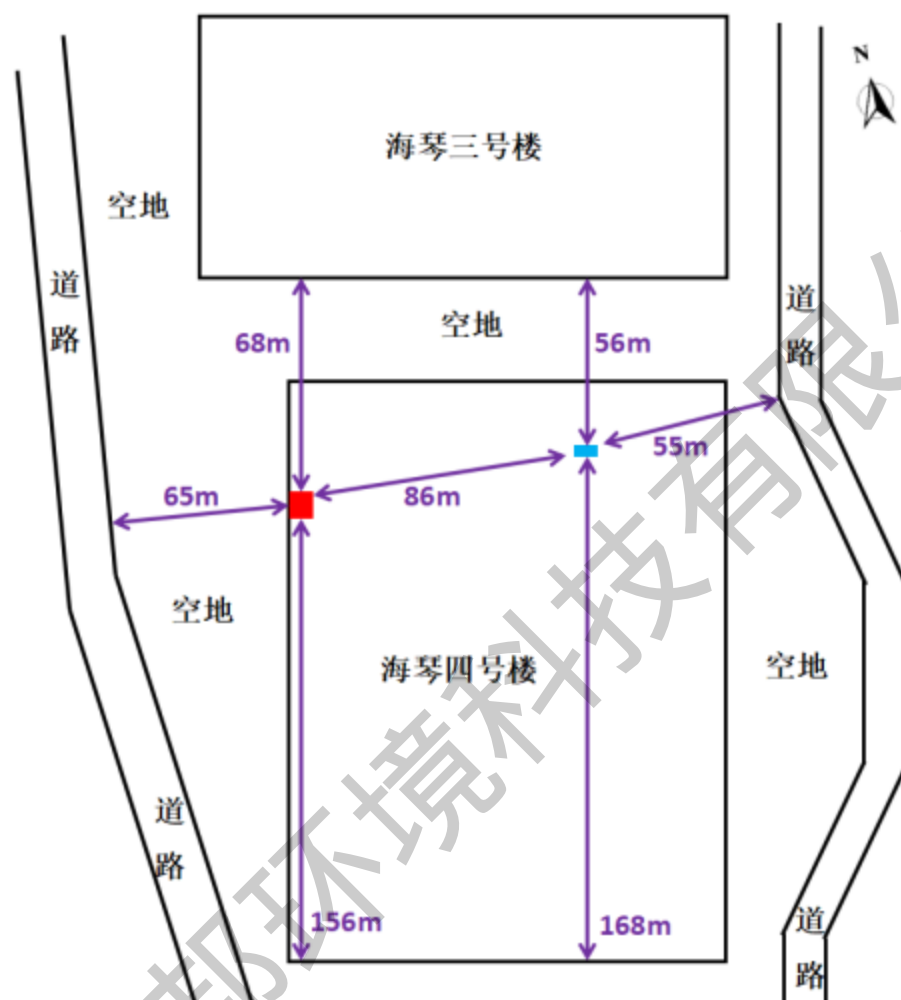
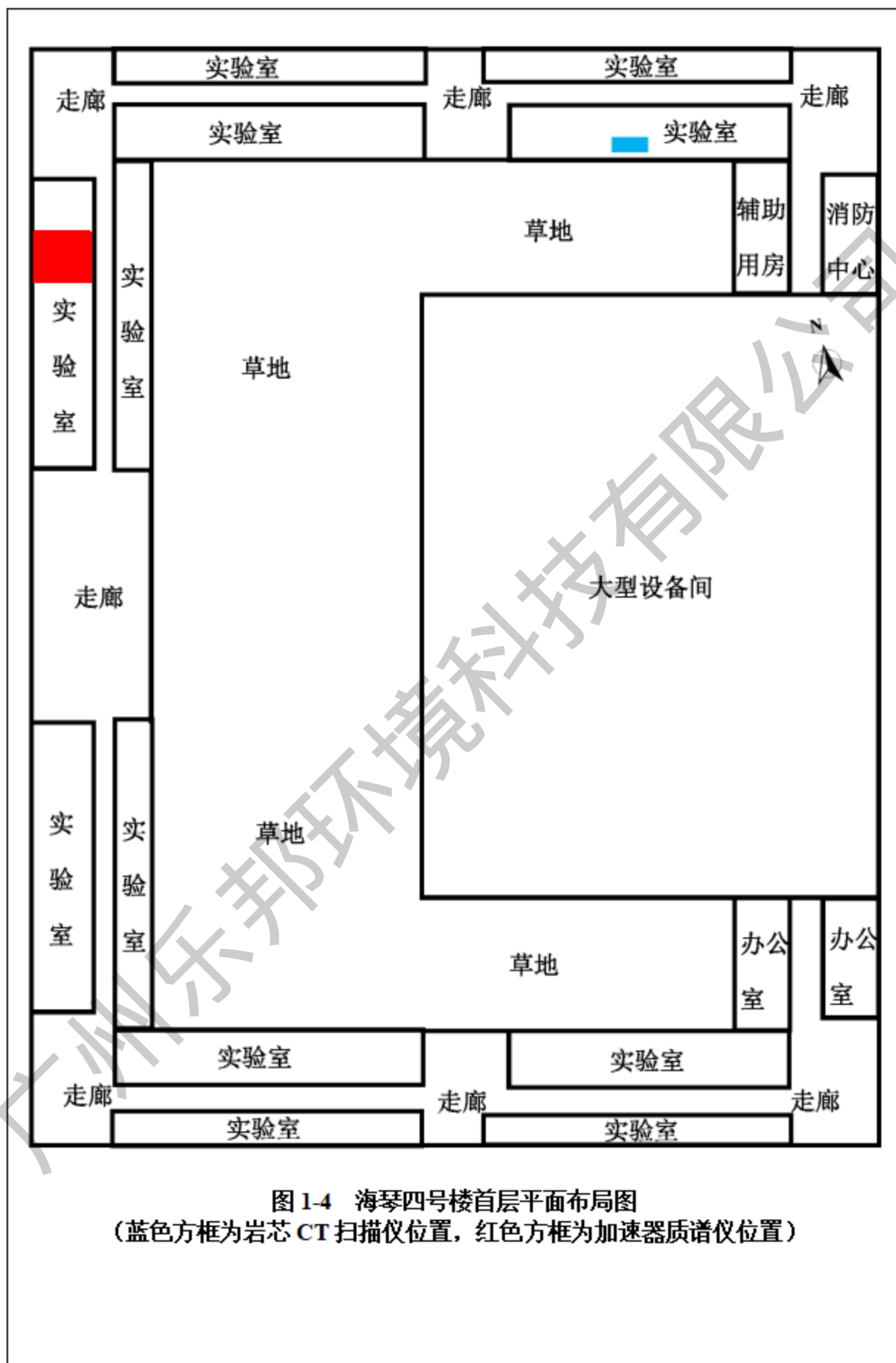


图 1-3 评价项目周边环境关系图
(蓝色方框为岩芯 CT 扫描仪位置，红色方框为加速器质谱仪位置)



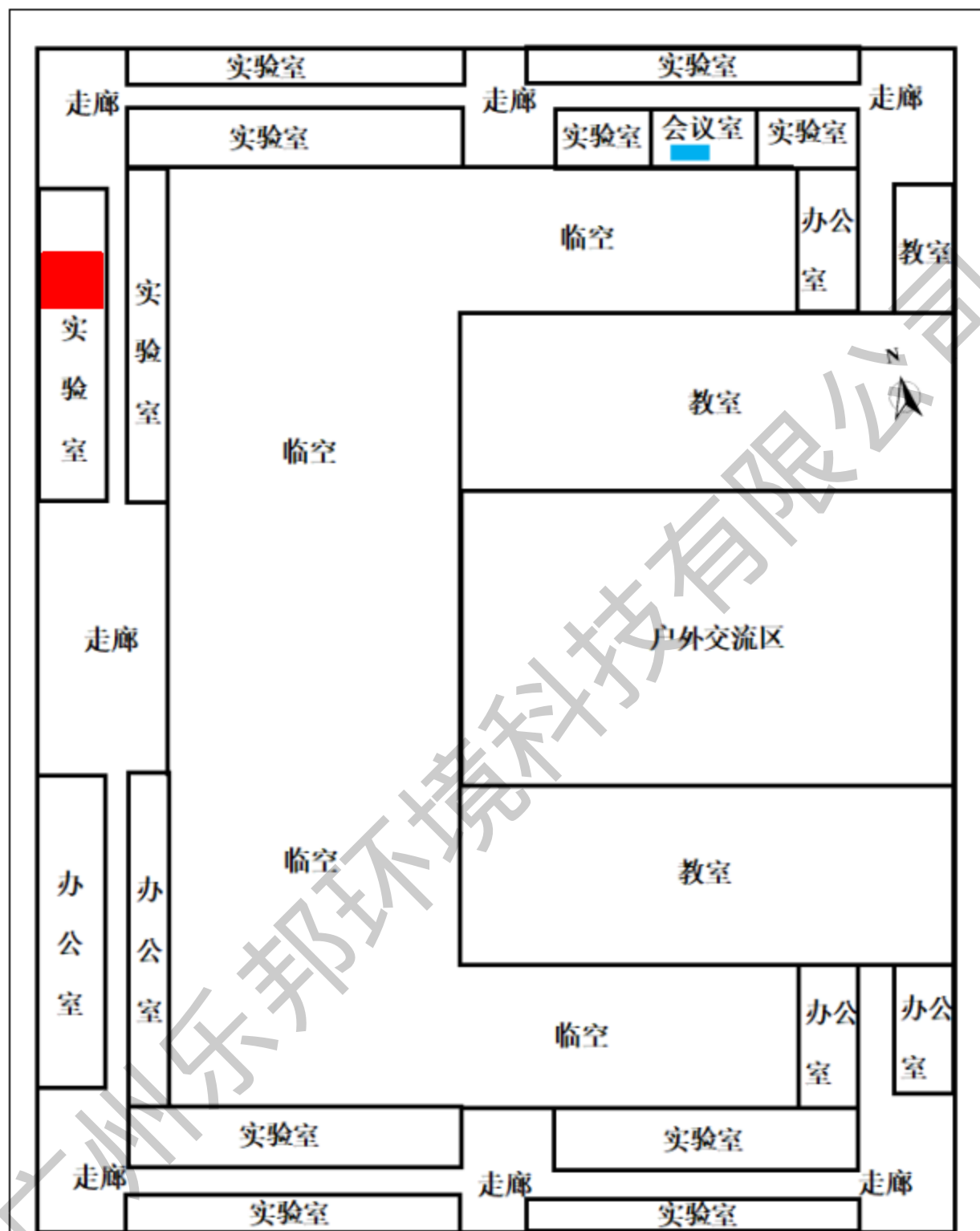


图 1-5 海琴四号楼二层平面布局图
(蓝色方框为岩芯 CT 扫描仪的楼上投影区域, 红色方框为加速器质谱仪的楼上投影区域)

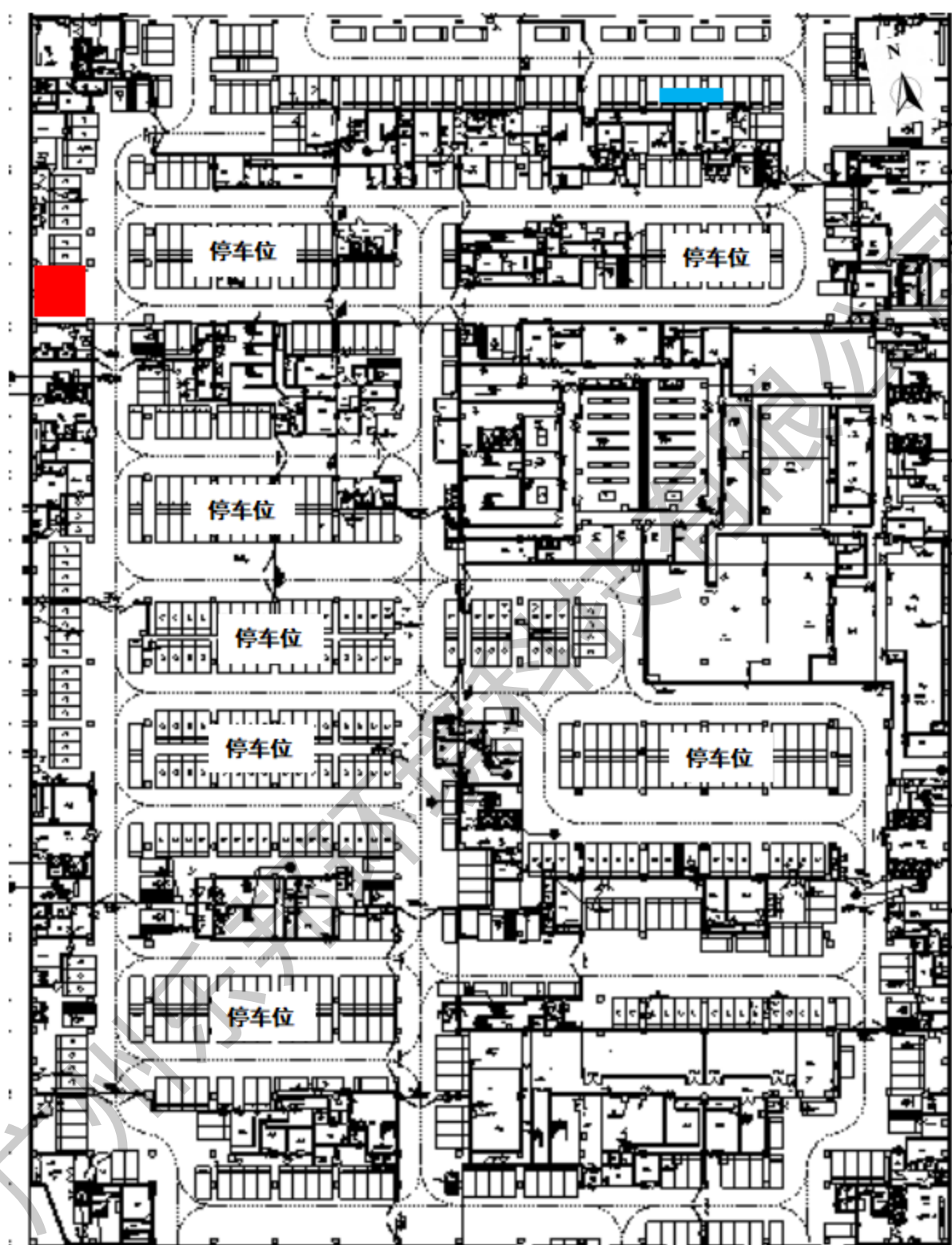


图 1-6 海琴四号楼负一层平面布局图
(蓝色方框为岩芯 CT 扫描仪的楼下投影区域, 红色方框为加速器质谱仪的楼下投影区域)

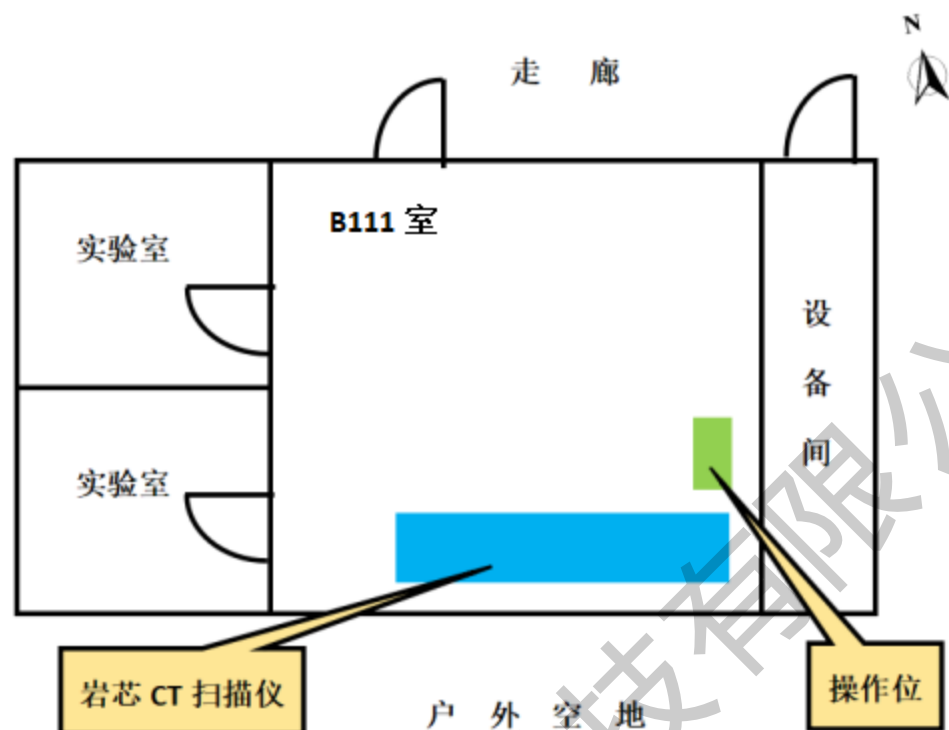


图 1-7 岩芯 CT 扫描仪所在房间的相邻环境情况

表 1-3 岩芯 CT 扫描仪所在房间的相邻环境情况

所在位置	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
B111 室	设备间	户外空地	实验室	走廊	会议室	停车场

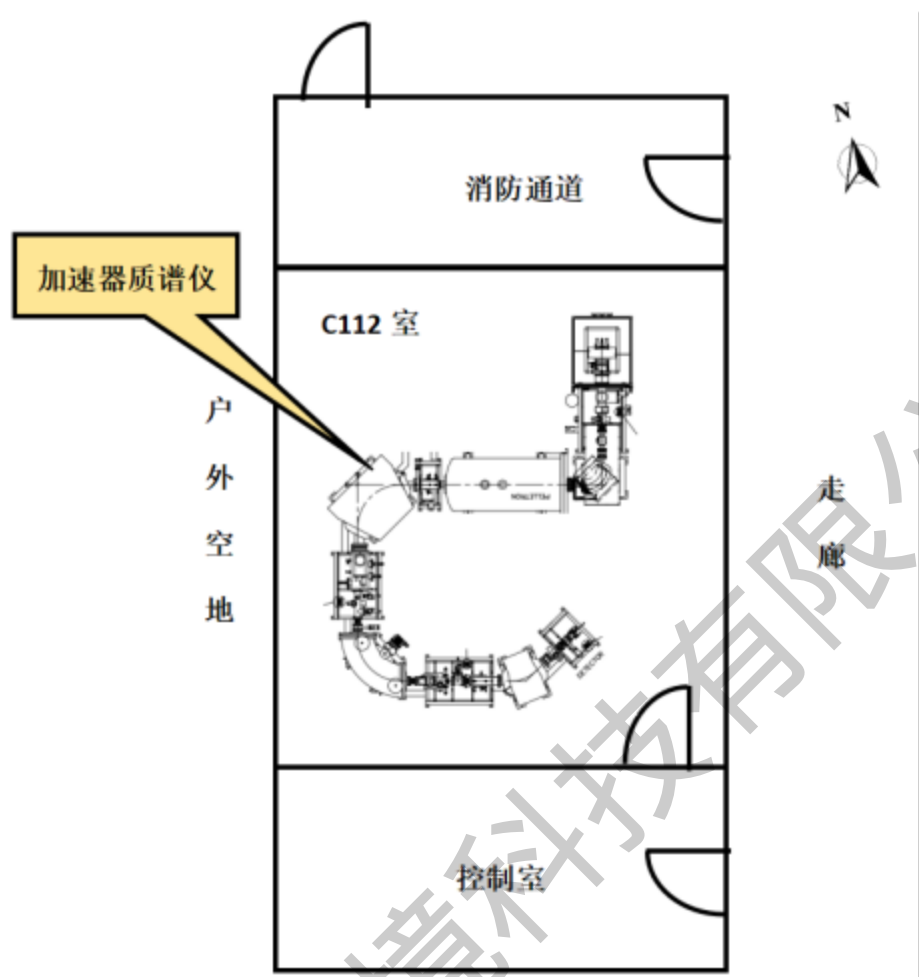


图 1-8 加速器质谱仪相邻环境情况

表 1-4 加速器质谱仪相邻环境情况

所在位置	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
C112 室	走廊	控制室	户外空地	消防通道	实验室	停车场

1.5. 项目选址合理性分析

本项目位于广东省珠海市香洲区唐家湾镇大学路 2 号海琴四号楼首层 B111 室和 C112 室。本项目的评价范围为射线装置边界外 50m 的范围（见图 1-9），评价范围内为海琴四号楼（海琴四号楼内部分区域为建设单位使用场所，部分区域为其它单位（非建设单位）的使用场所）和空地；本项目 200m 范围内无中小学幼儿园，项目选址合理。结合本评价项目的评价范围，确定本评价项目的环境保护目标，见表 7-1。

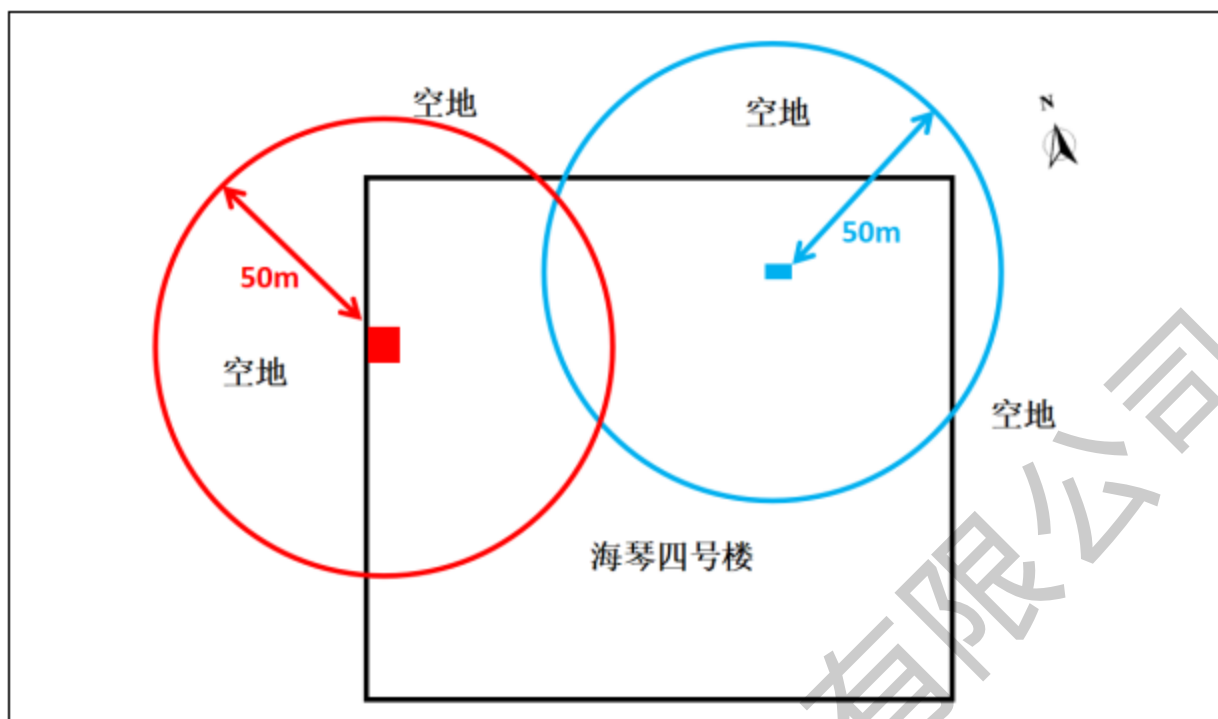


图 1-9 本项目评价范围
(蓝色方框为岩芯 CT 扫描仪位置, 红色方框为加速器质谱仪位置)

1.6 建设单位原有核技术利用项目许可情况

建设单位已持有辐射安全许可证(见附件 4), 证书编号: 粤环辐证[C0339], 许可的种类和范围为: 使用 III 类射线装置。建设单位现有核技术利用项目的情况见表 1-5。

表 1-5 射线装置项目落实环保手续情况

序号	名称型号	类别	数量	活度种类	环评情况	验收情况
1	其他不能被豁免的 X 射线装置	III	1	使用	备案号 202344040200000164 (见附件 3)	/
2	其他不能被豁免的 X 射线装置	III	1	使用		
3	其他不能被豁免的 X 射线装置	III	1	使用		
4	X 射线荧光仪	III	1	使用		
5	X 射线荧光仪	III	1	使用		
6	X 射线衍射仪	III	1	使用		
7	X 射线衍射仪	III	1	使用		

1.7 建设单位原有核技术利用项目的运行情况

(1) 建设单位定期对现有核技术利用项目的辐射安全和防护设施进行检查和维护, 现有辐射安全和防护设施的运行和维护情况良好, 建设单位现有的辐射安全和防护设施的检查和维护情况可行。

(2) 建设单位已建立辐射安全管理制度和辐射事故应急预案等，建设单位将在辐射实践中不断总结和完善辐射安全管理，进一步细化辐射安全管理制度，并严格按照规章制度执行。建设单位未出现过辐射安全事故，建设单位现有的规章制度可行。

(3) 为加强对辐射安全和防护的管理工作。建设单位成立了辐射防护管理委员会，明确辐射防护责任，并加强对射线装置的监督和管理，同时建设单位积极落实原有核技术利用项目的环保手续，规范申报、使用流程。建设单位现有的辐射安全和防护的管理工作可以满足相关标准要求。

(4) 建设单位建立了统一的档案管理制度，建设单位的辐射安全和个人剂量、健康档案都由专人管理，得到批准方可查阅和借出。建设单位的档案管理可行。

(5) 建设单位辐射工作场所设置有电离辐射警示牌、报警装置和工作指示灯等，已进行分区管理。建设单位原有项目的辐射防护措施和场所分区满足相关标准要求。

(6) 建设单位现有的辐射工作人员，均通过了自行培训考核，辐射工作人员的培训考核情况满足标准要求。辐射工作期间，辐射工作人员均佩戴个人剂量计，剂量计每 3 个月检测一次。建设单位已建立档案管理制度，对辐射工作人员的剂量结果拟进行存档备查。

(7) 建设单位已建立射线装置台账，且每年拟委托有相关资质的单位，对现有核技术项目进行辐射监测，针对本单位核技术项目的安全和防护状况，每年拟进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交了上一年度的评估报告。

1.8 依托关系

(1) 辐射工作人员：目前，建设单位有 5 名辐射工作人员。本项目通过后，建设单位拟新配备 2 名辐射工作人员，不依托现有辐射工作人员。建设单位拟为岩芯 CT 扫描仪和加速器质谱仪分别新配备 1 名辐射工作人员，项目开展前按照生态环境部公告 2021 年第 9 号组织相关的培训考核。

(2) 辐射监测设备：建设单位现有 4 台辐射实时检测报警仪，其中 2 台型号为 RG1000，2 台型号为 CM7102，所有辐射实时检测报警仪均具有周围剂量当量率的测量功能。本项目投入使用后，建设单位的 1 台 CM7102 型辐射实时检测报警仪将专门用于

岩芯 CT 扫描仪的日常自行监测，1 台 CM7102 型和 1 台 RG1000 型辐射实时检测报警仪将专门用于加速器质谱仪的日常自行监测，1 台 RG1000 型辐射实时检测报警仪将用于现有 III 类射线装置的日常自行监测。本项目投入使用后，建设单位不再购置新的辐射监测设备。

(3) 规章制度：本项目通过后，建设单位将沿用现有规章制度，同时，针对本项目建设单位新制定了《岩芯 CT 操作全流程》和《加速器质谱仪操作规程》。建设单位将进一步完善相关规章制度，并严格按照规章制度执行。

(4) 本项目竣工后，建设单位将整合现有的资源，相关人员上岗培训、个人剂量检测、职业健康和相关的辐射安全管理将进行统一管理。

表2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式 与地点	备注
-	-	-	-	-	-	-	-	-

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)。

表3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操 作量 (Bq)	日等效最大操 作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式 与地点
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

注：日等效最大操作和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

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
1	加速器质谱仪	II	1	XCAMS	C ⁺ 、Be ⁺ 或 Al ⁺	1 MeV	加速粒子为 C ⁺ 时，最大束流 5E-02 mA 加速粒子为 Be ⁺ 时，最大束流 4E-03 mA 加速粒子为 Al ⁺ 时，最大束流 3E-04 mA	C、Be 或 Al 元素的同位素比值高精度测量	海琴四号楼首层 C112 室	新增设备

(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	岩芯 CT 扫描仪	II	1	GeoScan200	180kV	0.5 mA	岩芯样品内部的宏观构造的分析测量	海琴四号楼首层 B111 室	新增设备

(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	贮存方式	数量	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
-	-	-	-	-	-	-	-	-

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.含有放射性的废弃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

法规文件	(1)《中华人民共和国环境保护法》(2015 年 1 月 1 日施行) (2)《中华人民共和国环境影响评价法》(2002 年 10 月 28 日施行, 2016 年 7 月 2 日第一次修订, 2018 年 12 月 29 日第二次修订) (3)《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 10 月 1 日施行) (4)《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》(国务院第 682 号令, 2017 年 7 月修订, 2017 年 10 月 1 日施行) (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 日施行; 2019 年 3 月 2 日国务院第 709 号令修改) (6)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令第 31 号公布; 根据 2008 年 11 月 21 日环境保护部 2008 年第二次部务会议通过的《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》修正; 根据 2017 年 12 月 12 日环境保护部第 47 号《环境保护部关于修改部分规章的决定》第二次修正; 根据 2019 年 8 月 22 日生态环境部令第 7 号《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》第三次修正; 根据生态环境部第 20 号令《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》第四次修正) (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 18 号, 2011 年 5 月 1 日施行) (8)《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 年 12 月 5 日施行) (9)《建设项目环境影响评价分类管理名录 (2021 年版)》(生态环境部 部令第 16 号, 2021 年 1 月 1 日施行) (10)《建设项目环境影响报告书 (表) 编制监督管理办法》(生态环境部 令 第 9 号, 2019 年 11 月 1 日施行)
------	--

	(11)《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(环境保护部 国环规环评[2017]4号, 2017年11月20日施行) (12)《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(生态环境部公告 2019年第57号, 2020年1月1日起施行)
技术标准	(1) HJ2.1-2016《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(2017-01-01实施) (2) HJ 10.1-2016《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》(2016年4月1日施行) (3) GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(2003年4月1日实施) (4) GBZ117-2022《工业探伤放射防护标准》(2023年3月1日实施) (5) GBZ/T250-2014《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(2014年10月1日实施) (6)《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250—2014) 第1号修改单(国卫通[2017]23号, 2017年10月27日施行) (7) GB5172-85《粒子加速器辐射防护规定》(1986年1月1日实施) (8) HJ1157-2021《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(2021年5月1日实施) (9) HJ61-2021《辐射环境监测技术规范》(2021年5月1日实施)
其他	(1)《中国环境天然放射性水平》(中国原子能出版社) (3) 建设单位提供的本项目设计图纸及相关资料

表 7 保护目标与评价标准

7.1.评价范围

本项目是在固定的有实体边界的范围内开展核技术利用项目，参照《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)对核技术利用建设项目环境影响报告书的评价范围和保护目标的相关规定，确定本项目的评价范围为射线装置外 50m 的范围，见图 7-1。

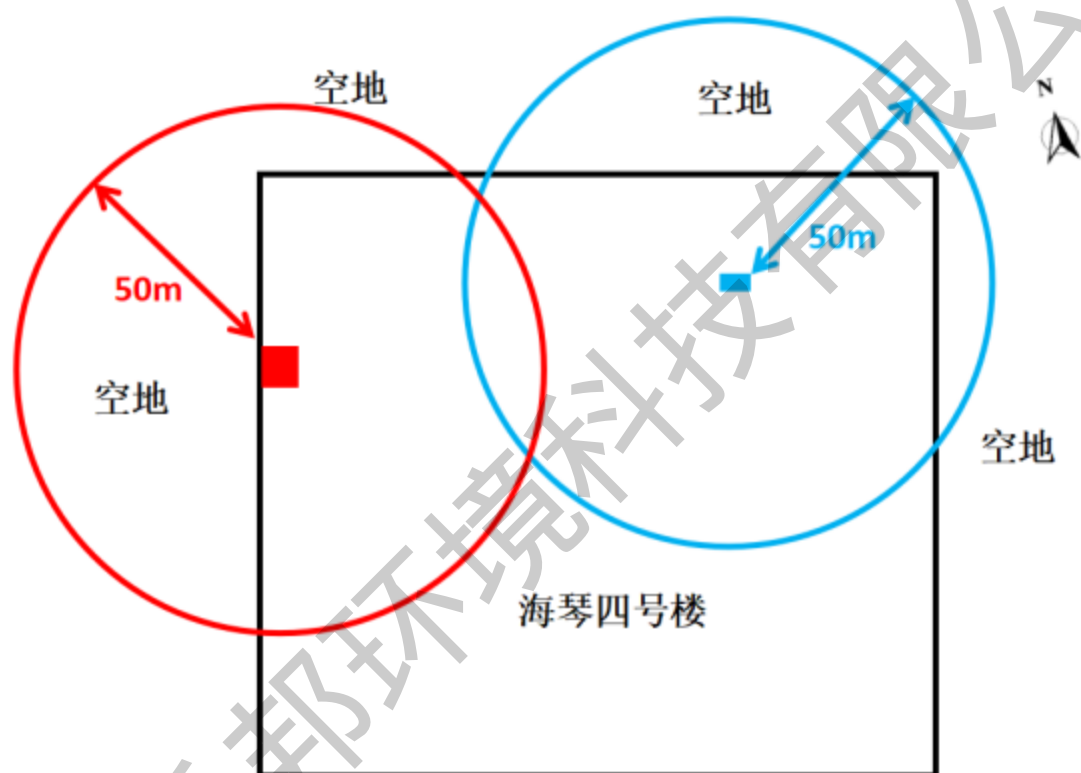


图 7-1 本项目评价范围

(蓝色方框为岩芯 CT 扫描仪位置，红色方框为加速器质谱仪位置)

7.2.保护目标

本项目位于广东省珠海市香洲区唐家湾镇大学路 2 号海琴四号楼首层 B111 室和 C112 室内，结合本评价项目的评价范围，确定本评价项目的保护目标是评价范围内活动的辐射工作人员和公众（非辐射工作人员）。本评价项目周围环境保护目标一览表见表 7-1。

表 7-1-1 岩芯 CT 扫描仪周围环境保护目标一览表

人员类别	位置		距离	人数	保护要求
辐射工作人员	射线装置所在房间操作位		紧邻	1 人	剂量约束值 5mSv/年
公众	海琴四号楼	射线装置东侧设备间	2m	约 1 人	剂量约束值 0.25mSv/年
		射线装置南侧户外空地	4m	流动人员	
		射线装置西侧实验室	4m	约 2 人	
		射线装置北侧走廊	7m	流动人员	
		射线装置楼上会议室	4m	约 10 人	
		射线装置楼下停车场	4m	流动人员	
		海琴四号楼内其余场所	5m~50m	约 15 人	
	海琴四号楼外空地		21m	流动人员	

表 7-1-2 加速器质谱仪周围环境保护目标一览表

人员类别	位置		距离	人数	保护要求
辐射工作人员	射线装置南侧控制室		紧邻	1 人	剂量约束值 5mSv/年
公众	海琴四号楼	射线装置东侧走廊	2m	流动人员	剂量约束值 0.25mSv/年
		射线装置西侧户外空地	2m	流动人员	
		射线装置北侧消防通道	2m	流动人员	
		射线装置楼上实验室	4m	流动人员	
		射线装置楼下停车场	4m	流动人员	
		海琴四号楼内其余场所	5m~50m	流动人员	
	海琴四号楼外空地		2m	流动人员	

7.3.评价标准一览

(1) 人员剂量限值和约束值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 第 4.3.2.1 款: 应对个人受到的正常照射加以限制, 以保证除 6.2.2 规定的特殊情况外, 由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B (标准的附录 B) 中规定的相应剂量限值。并且不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。根据其附录 B 第 B1.1.1 款: 工作人员的照射水平和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超过下述限值: 工作人员——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) 不超过 20mSv; 公众——一年有效剂量不超过 1mSv。

《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) (参考该标准相关内容) 6.1.3 探伤室墙体 and 门的辐射屏蔽应同时满足: a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平, 对放射工作场所, 其值应不大于 $100 \mu\text{Sv}/\text{周}$, 对公众场所, 其值应不大于 $5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

根据上述内容, 本报告的岩芯 CT 扫描仪和加速器质谱仪项目中, 取人员剂量限值为: 辐射工作人员的连续 5 年的年平均有效剂量 (但不可作任何追溯性平均) 不超过 20mSv; 公众的年有效剂量不超过 1mSv。本报告取人员剂量约束值为: 辐射工作人员的周有效剂量约束值为 $100 \mu\text{Sv}$, 年有效剂量约束值为 5mSv; 公众的周有效剂量约束值为 $5 \mu\text{Sv}$, 年有效剂量约束值为 0.25mSv。

(2) 屏蔽体外剂量率

《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) (参考该标准相关内容) 6.1.3 探伤室墙体 and 门的辐射屏蔽应同时满足: b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

根据上述内容, 本报告的岩芯 CT 扫描仪和加速器质谱仪项目中, 取人员可达区域的屏蔽体外 30cm 处及以外区域的周围剂量当量率不大于 $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

表 8 环境质量和辐射现状

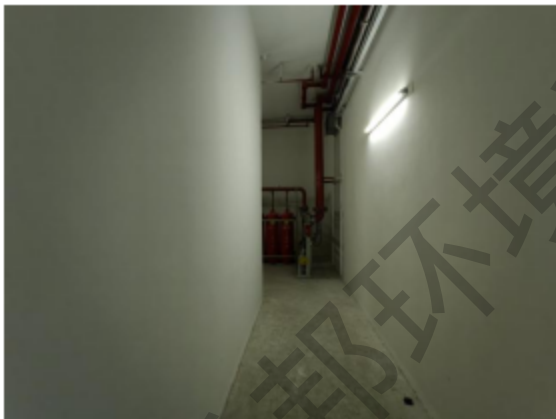
本项目位于广东省珠海市香洲区唐家湾镇大学路 2 号海琴四号楼首层 B111 室和 C112 室。本项目所在位置的现状为实验室。为了调查本项目及周边场所的环境质量现状，我司技术人员于 2023 年 9 月 19 日到评价项目现场进行资料收集、环境现状调查，评价项目所在场所环境现状见图 8-1。



岩芯 CT 扫描仪所在位置现状



岩芯 CT 扫描仪操作位现状



岩芯 CT 扫描仪东侧设备间现状



岩芯 CT 扫描仪南侧户外空地现状



岩芯 CT 扫描仪西侧实验室现状



岩芯 CT 扫描仪西侧实验室现状



岩芯 CT 扫描仪北侧走廊现状



岩芯 CT 扫描仪楼上会议室现状



岩芯 CT 扫描仪楼下停车场现状



加速器质谱仪所在位置现状



加速器质谱仪东侧走廊现状



加速器质谱仪南侧控制室现状



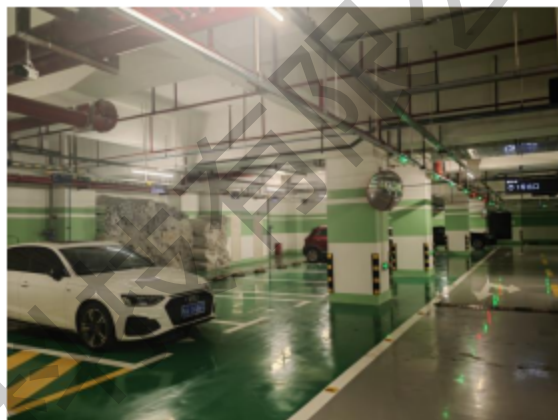
加速器质谱仪西侧户外空地现状



加速器质谱仪北侧消防通道现状



加速器质谱仪楼上实验室现状



加速器质谱仪楼下停车场现状

图 8-1 环境现状相片

2023 年 9 月 19 日,为调查本次评价项目的所在区域及周围环境辐射水平现状,广州乐邦环境科技有限公司对拟建区域及周围环境进行环境 X- γ 辐射剂量率水平现状检测,检测仪器相关信息见表 8-1,测量布点见图 8-2,检测结果见表 8-2,检测报告见附件 5。

评价对象:本次评价项目的所在区域及周围环境辐射水平现状

监测因子:环境 X- γ 辐射剂量率

监测点位:在项目所在场址内、评价范围内和边界处布设监测点位,总计布设 34 个监测点位。

质量保证措施:

①结合现场实际情况及监测点的可达性,在项目拟建场址内、评价范围内和

边界处布设监测点位，充分考虑监测点位的代表性和可重复性，以保证监测结果的科学性和可比性。

②监测仪器每年定期经有资质的计量部门进行检定。

③本次监测实行全过程的质量控制，严格按照《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经考核合格并持有合格证书上岗。

④监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由授权签字人批准。

表 8-1 检测仪器相关信息

仪器名称	X-γ 辐射剂量率仪	仪器型号	6150AD 6/H+6150AD-b/H
生产厂家	AUTOMESS	仪器编号	171412(主机)+176695(探头)
测量范围	1nSv/h-99.9μSv/h	能量范围	38keV~7MeV
校准单位	广东省辐射剂量计量检定站		
证书编号	GRD (1) 20230390		
校准日期	2023 年 08 月 01 日	有效期	1 年

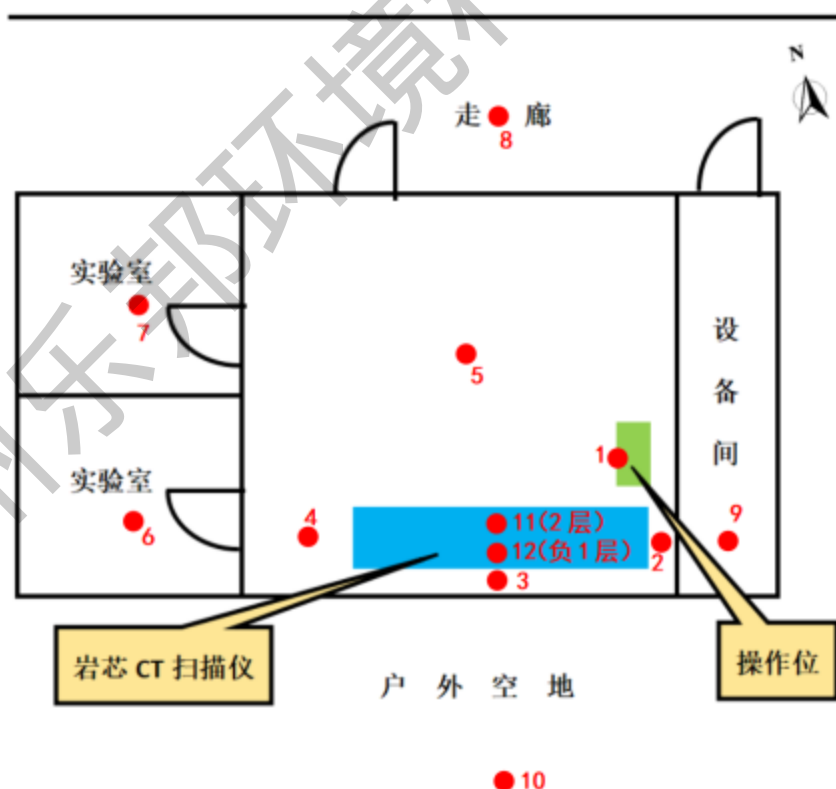


图 8-2-1 岩芯 CT 扫描仪及相邻场所检测布点图

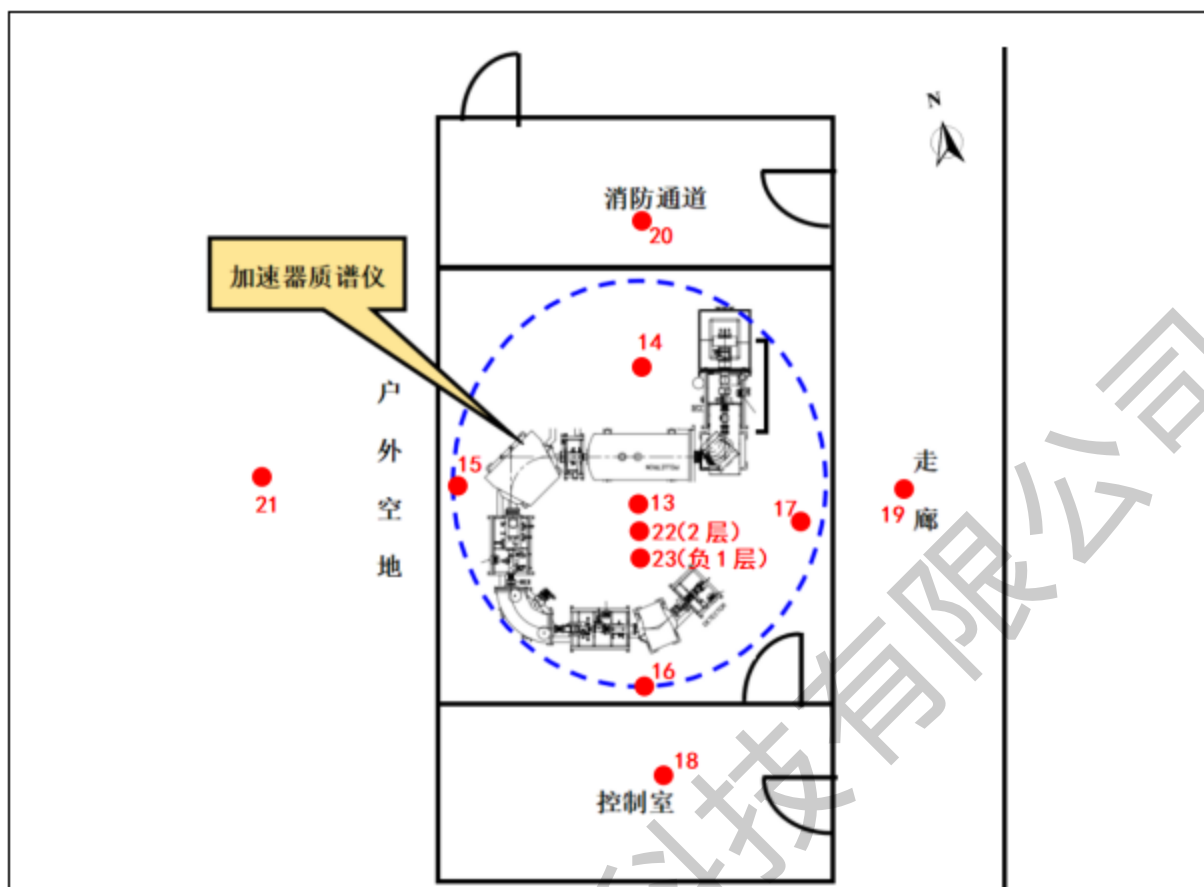


图 8-2-2 加速器质谱仪及相邻场所检测布点图

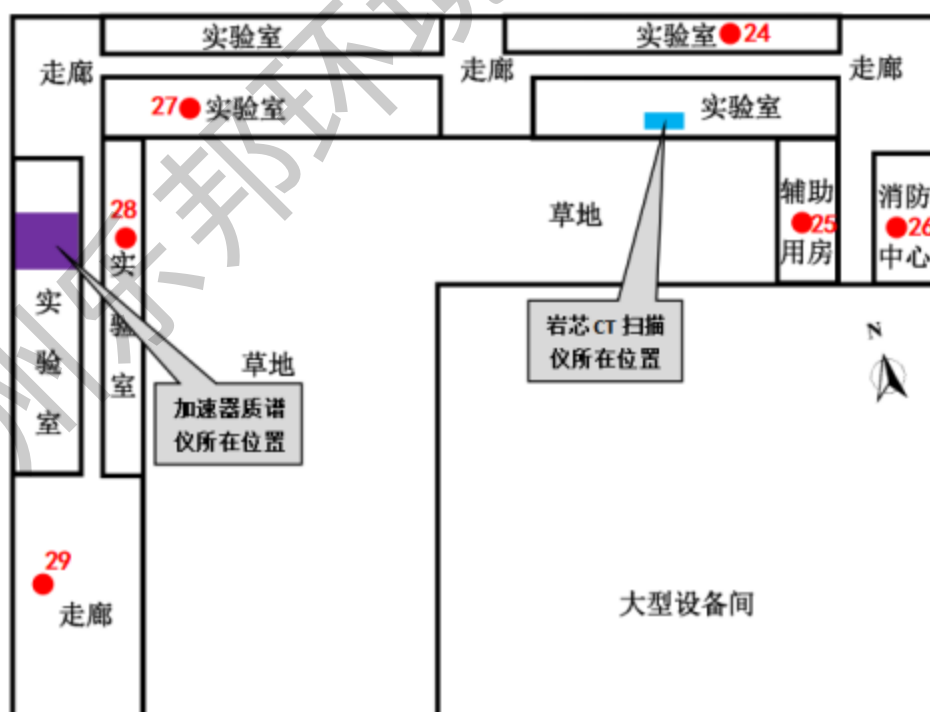


图 8-2-3 海琴四号楼首层检测布点图



图 8-2-4 海琴四号楼外检测布点图

表 8-2 环境 γ 辐射剂量率检测检测结果 (nGy/h)

测点 编号	测量位置	检测结果		备注
		平均值	标准差	
1	岩芯 CT 扫描仪操作位	169	2	楼房
2	岩芯 CT 扫描仪所在房间	176	2	楼房
3	岩芯 CT 扫描仪所在房间	178	1	楼房
4	岩芯 CT 扫描仪所在房间	171	2	楼房
5	岩芯 CT 扫描仪所在房间	172	1	楼房
6	岩芯 CT 扫描仪西侧约 6m 处实验室	169	1	楼房
7	岩芯 CT 扫描仪西北侧约 8m 处实验室	176	1	楼房
8	岩芯 CT 扫描仪北侧约 9m 处走廊	169	2	楼房
9	岩芯 CT 扫描仪东侧约 4m 处设备间	186	2	楼房
10	岩芯 CT 扫描仪南侧约 6m 处空地	142	2	室外草地
11	岩芯 CT 扫描仪楼上会议室	177	2	楼房
12	岩芯 CT 扫描仪楼下停车场	169	2	楼房
13	加速器质谱仪所在房间	171	2	楼房
14	加速器质谱仪所在房间	174	1	楼房
15	加速器质谱仪所在房间	176	2	楼房
16	加速器质谱仪所在房间	168	2	楼房
17	加速器质谱仪所在房间	179	2	楼房

18	加速器质谱仪南侧约 4m 处控制室	178	2	楼房
19	加速器质谱仪东侧约 5m 处走廊	182	2	楼房
20	加速器质谱仪北侧约 5m 处消防通道	181	1	楼房
21	加速器质谱仪西侧约 6m 处空地	134	1	室外草地
22	加速器质谱仪楼上实验室	171	1	楼房
23	加速器质谱仪楼下停车场	176	2	楼房
24	岩芯 CT 扫描仪东北侧约 18m 处实验室	169	2	楼房
25	岩芯 CT 扫描仪东南侧约 29m 处辅助用房	177	2	楼房
26	加速器质谱仪东北侧约 28m 处实验室	169	2	楼房
27	岩芯 CT 扫描仪南侧约 50m 处大型设备间	179	1	楼房
28	加速器质谱仪东侧约 8m 处实验室	170	2	楼房
29	加速器质谱仪南侧约 50m 处走廊	179	2	楼房
30	岩芯 CT 扫描仪东侧约 50m 处空地	150	1	室外道路
31	岩芯 CT 扫描仪北侧约 50m 处空地	128	1	室外道路
32	加速器质谱仪北侧约 50m 处空地	149	1	室外道路
33	加速器质谱仪西侧约 50m 处空地	113	2	室外草地
34	加速器质谱仪南侧约 50m 处空地	155	2	室外草地

注：测量时，仪器探头均垂直于地面，距地面高度约 100cm，所有测点均记录 10 个读数；测量值均已扣除仪器对宇宙射线的响应值；由于检测仪器校准时使用的校准参考辐射源是 ^{137}Cs ，因此本报告单位换算取换算系数为 1.2Sv/Gy。

表 8-2 中环境 γ 辐射剂量率测量结果已按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）的公式进行处理：

$$\dot{D}_\gamma = k_1 \times k_2 \times R_\gamma - k_3 \times \dot{D}_c$$

式中： $\dot{D}_\gamma$ ——测点处环境 γ 辐射空气吸收剂量率值，Gy/h；

k_1 ——仪器检定/校准因子，本次检测使用仪器的校准因子为 0.90；

k_2 ——仪器检验源效率因子（如仪器无检验源，该值取 1），本次检测数据处理中 k_2 取值为 1；

R_γ ——仪器测量读数值均值（空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393，使用 ^{137}Cs 和 ^{60}Co 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数分别取 1.20Sv/Gy 和 1.16Sv/Gy），Gy/h，本次检测使用的仪器使用 ^{137}Cs 作为校准参考辐射源，数据处理时换算系数取 1.20Sv/Gy；

k_3 ——建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取 0.8，平房取 0.9，原野、道路取 1；

$\dot{D}_c$ ——测点处宇宙射线响应值，本次检测仪器的宇宙射线响应值为 26 nGy/h，该值已经过仪器校准因子 k_1 和仪器检验源效率因子 k_2 修正。

现场检测共布设了 34 个检测点位：1~9、11~20 和 22~29 号测点为室内测量点，测量结果为 168~186 nGy/h；30~32 号测点为道路测量点，测量结果为 128~150 nGy/h；10、21 和 33~34 号测点为原野测量点，测量结果为 113~155 nGy/h。对照《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社）的调查研究结果：珠海室内 γ 辐射剂量率范围为 165~239 nGy/h；珠海道路 γ 辐射剂量率范围为 99~168 nGy/h；珠海原野 γ 辐射剂量率范围为 92~160 nGy/h，可见评价项目所在位置及其周围场所的环境 γ 辐射剂

量率的调查水平未见异常。

广州乐邦环境科技有限公司

表 9 项目工程分析与源项

9.1 岩芯 CT 扫描仪

9.1.1 工作原理

岩芯 CT 扫描仪是利用 X 射线装置产生的 X 射线，在穿透岩芯样品时，由于岩芯样品内部缺陷或结构对 X 射线衰减程度不同，使得 X 射线透过岩芯样品后的强度不同，通过对 X 射线进行探测，并利用电子计算机断层扫描技术（Computed tomography，简称 CT 扫描），就可以对岩芯样品的内部缺陷或结构进行探测。

（1）X 射线产生原理

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。阴极一般是钨制灯丝，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。高速电子轰击靶体产生 X 射线和大量的热。

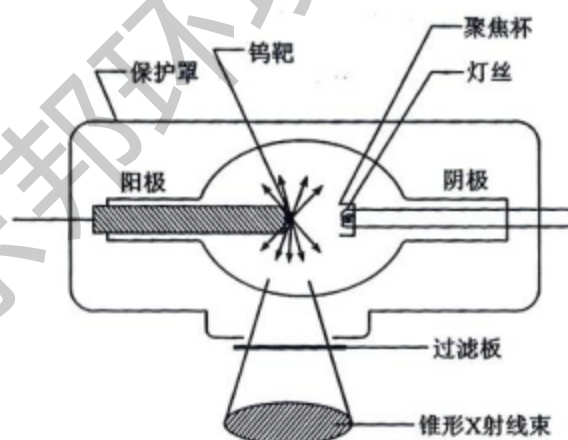


图 9-1 X 射线管线及 X 射线产生的示意图

从 X 射线管阴极上射在阳极靶体上的电子形成的电流叫做管电流，加在 X 射线管两极上的高压即为管电压，发射的 X 射线最高能量等于管电压值。

X 射线机产生的 X 射线的强度正比于靶物质的原子序数 Z ，电子流强度 I 和电子

加速电压（管电压） U 的平方。所以，X 射线机的管电压、管电流和阳极靶物质是影响 X 射线强度的直接因素。一般 X 射线机的管电压（峰值）从几十千伏至几百千伏。

虽然电子轰击靶体时所有方向都发射 X 射线，但当加速电压低于 400 kV 时，有用的锥形 X 射线束都是在电子束大致垂直的方向上通过 X 射线管保护罩上的薄窗口引出来，其他方向发射的 X 射线则被保护罩的铅屏蔽层屏蔽掉。

（2）CT 扫描原理

CT 扫描是近十年来发展迅速的电子计算机和 X 射线相结合的一项全新的成像技术，其原理是基于从多个投影数据，应用计算机重建图像的一种方法，现代断层成像过程中仅仅采集通过特定剖面的投影数据，用来重建该剖面的图像，因此也就从根本上消除了传统断层成像的“焦平面”以外其他结构对感兴趣剖面的干扰，“焦平面”内结构的对比度得到了明显的增强；同时断层图像中图像强度数值能真正与被检对象材料的密度产生对应的关系，发现被检对象内部密度的微小变化。

9.1.2 设备组成

岩心 CT 扫描仪主要由 X 射线源、样品台、X 射线成像探测器、图像采集系统、图像分析与处理软件系统、三维图像重建和处理系统等组成。本项目拟用的 GeoScan200 型岩芯 CT 扫描仪的有用线束在竖直平面上会进行 360 旋转。GeoScan200 型岩芯 CT 扫描仪的外观图见图 9-2，GeoScan200 型岩芯 CT 扫描仪工作示意图见图 9-3。



图 9-2 GeoScan200 型岩芯 CT 扫描仪的外观图

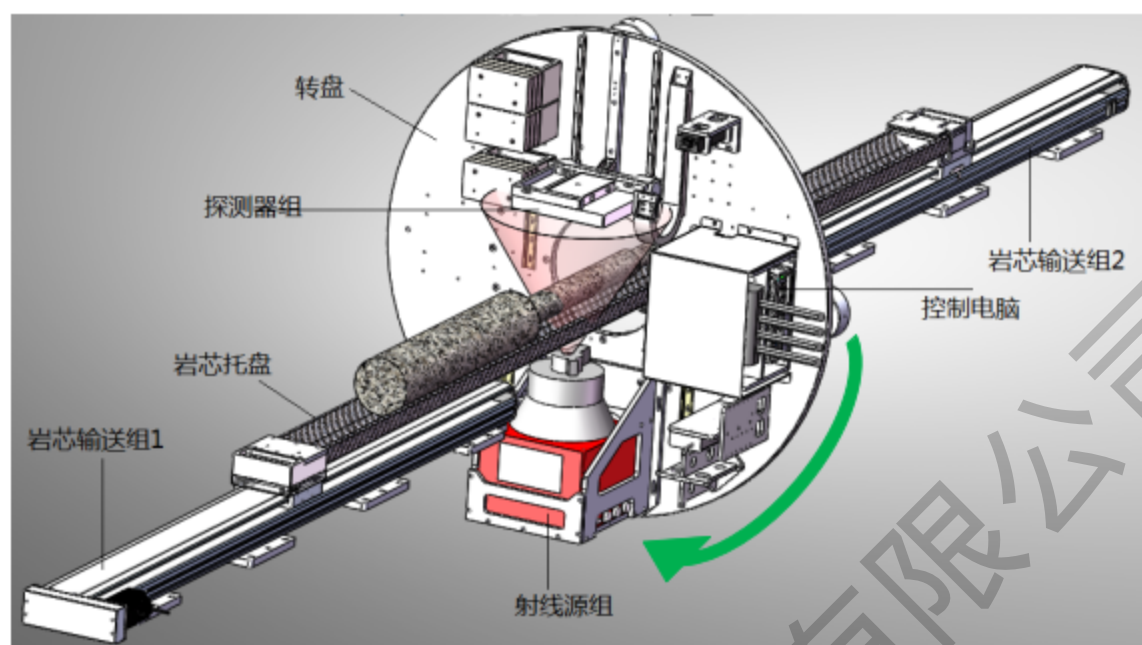


图 9-3 GeoScan200 型岩芯 CT 扫描仪工作示意图

9.1.3 工作方式和工作流程

岩芯 CT 扫描仪在使用时，被检物体处在岩芯 CT 扫描仪的屏蔽体内，操作人员位于岩芯 CT 扫描仪屏蔽体外的操作位进行操作。

建设单位每天使用岩芯 CT 扫描仪的工作流程主要有：设备预热，岩芯扫描作业。

(1) 设备预热

为确保射线管的使用寿命，每天使用岩芯 CT 扫描仪前，设备需要进行预热。

① 辐射工作人员佩戴个人剂量报警仪，确认岩芯 CT 扫描仪自带的屏蔽体已闭合到位，无异常情况。

② 在电脑控制终端，点击预热按钮。自动控制系统会根据自有程序进行预热，无需手动操作。根据设备停用时间的长短，自动预热程序所需时间有所不同，自动预热程序耗时最长为 0.5 小时。

③ 预热完成，设备预热流程结束。

(2) 岩芯扫描作业

① 辐射工作人员佩戴个人剂量报警仪，在确认岩芯 CT 扫描仪没有出束的情况下，

打开放样防护箱体前面级的屏蔽体，放入岩芯样品，并闭合屏蔽体。

② 在确认无异常情况后，调节设备的管电压、管电流，并输入其它参数（如样品起始位置、扫描长度、扫描帧数等）。

③ 按下“开启”按钮，设备自动将岩芯样品传输至 X 射线扫描位置，然后设备将出束发射 X 射线，进行 X 射线扫描工作。此时，岩芯 CT 扫描仪将全自动的对岩芯样品进行扫描，直到扫描作业完成。

④ 扫描结束，岩芯 CT 扫描仪自动停止出束。辐射工作人员在确认停止出束后，打开放样防护箱体后面级的屏蔽体，取出岩芯样品，完成一个岩芯样品的扫描作业。

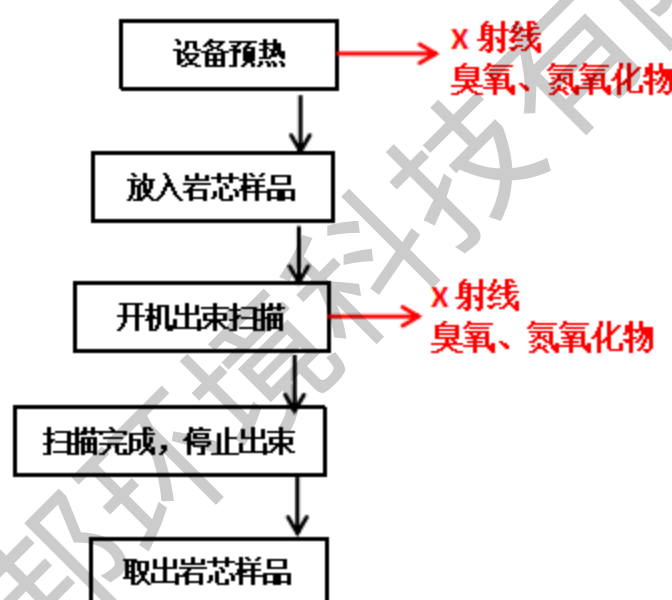


图 9-4 岩芯 CT 扫描仪操作流程及产污环境示意图

9.2 加速器质谱仪

9.2.1 工作原理

质谱仪是分离和检测不同同位素的仪器，随着加速器技术和离子探测技术的发展，上世纪七十年代末诞生了一种新的同位素分析仪器——加速器质谱仪。加速器质谱仪是基于加速器和离子探测器的一种高能质谱，属于同位素质谱，它克服了传统质谱仪存在的分子本底和同量异位素本底干扰的限制，因此具有极高的同位素丰度灵敏度。目前传统质谱仪的丰度灵敏度最高为 10^{-8} ，加速器质谱仪则达到了 10^{-16} 。加速器质谱

仪不仅具有如此高的分析灵敏度，还有样品用量少（ng 量级）和测量时间短等优点。因此加速器质谱仪为海洋、地质、考古、环境等许多学科研究的深入发展提供了一种强有力的测试手段。

目前，加速器质谱仪主要用于分析自然界长寿命、微含量的宇宙射线成因核素，如 ^{10}Be （半衰期 1.5×10^6 年）、 ^{14}C （半衰期 5730 年）、 ^{26}Al （半衰期 7.5×10^5 a 年）等等。它们的半衰期在 $10^2 \sim 10^8$ 年的范围，天体和宇宙间许多感兴趣的过程正是在这个时间范围内。作为年代计和示踪剂，它们可提供自然界许多运动、变化以及相互作用等相关信息。

9.2.2 设备组成

本项目拟使用的 XCAMS 型加速器质谱仪主要由离子源、注入磁铁、两级串列加速器、分析磁铁、多法拉第杯腔室、静电分析器、稀有同位素磁铁和气体电离室组成。XCAMS 型加速器质谱仪的设备组成示意图见图 9-5。

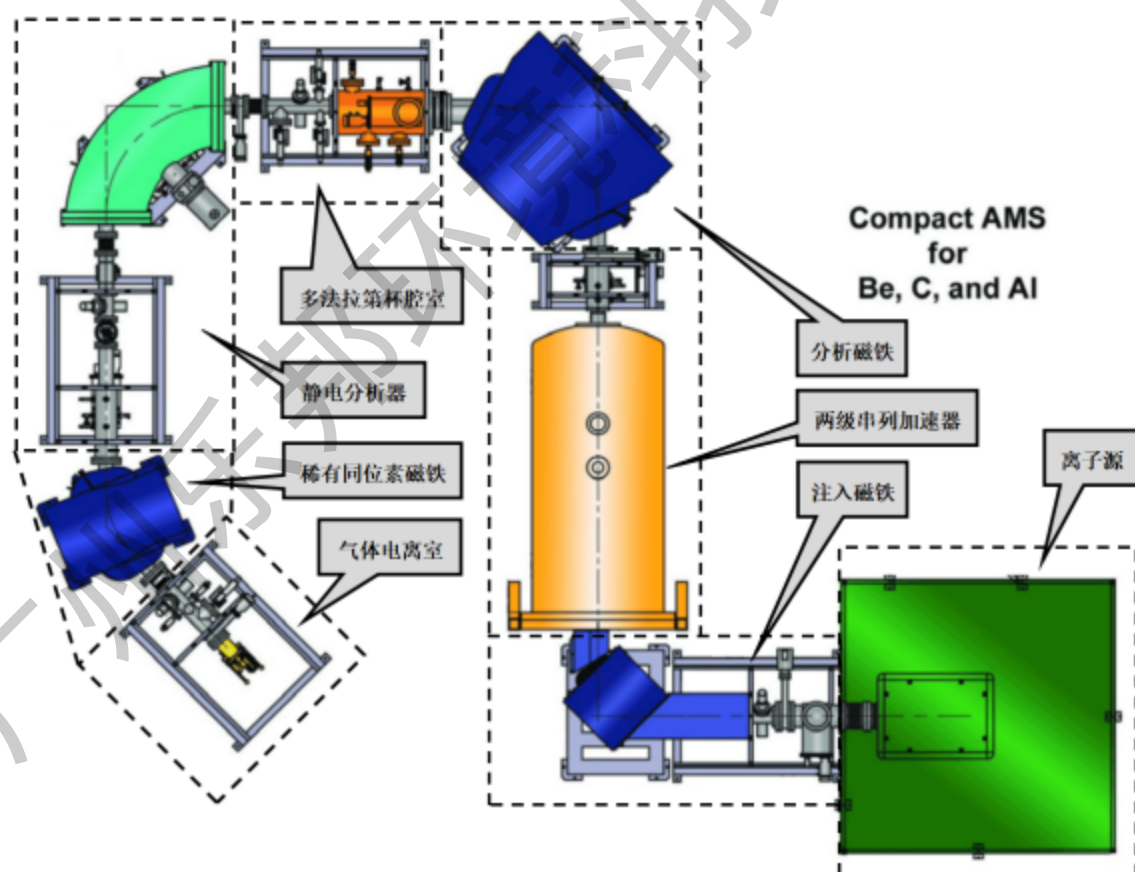


图 9-5 XCAMS 型加速器质谱仪的设备组成示意图

(1) 离子源

离子源是用来产生待测核素分子或原子的负离子的装置。本项目加速器质谱仪的离子源可同时装载 40 个待测样品，待测样品可以是固体。在加速器质谱仪运行时，样品间的切换时间小于 5 秒。本项目加速器质谱仪具有维护周期长的特点，在最大束流情况下，维护周期大于 4000 小时。

(2) 注入磁铁

注入磁铁是对离子源产生的离子进行质量选择，排除绝大多数质量数不同的干扰离子的装置。磁铁偏转角度为 90° ，磁极间隙 48.2 mm，弧度半径 304.8 mm。注入离子质量能够通过偏压选择而不用改变磁场，电流稳定度达到 0.0005%，电流能通过控制面板从 5%到 100%进行远程调节。注入磁场提供的质量分辨率 ($M/\Delta M$)，最高可以达到 130。

(3) 两级串列加速器

串列加速器为两级，每级加速器的端电压为 0.5 MV，电压波动不大于 500 V，主要由钢桶、加速管、稳压装置、输电装置、绝缘装置、远程控制、支撑装置等部分构成。串列加速器钢桶长 2.10 米，直径 0.92 米，内充 80 psig 的六氟化硫气体作为绝缘保护。当入射粒子带一个单位的正电荷时，经两级串列加速器的加速，出射粒子能量变为 1 MeV。

(4) 分析磁铁

分析磁铁是对经串列加速器加速后的高能粒子，进行动量选择，进一步排除散射过来的同位素干扰。分析磁铁仅允许选定电荷态、质能积 (ME/Z^2) 的粒子通过，进入后面的束流管道。分析磁铁偏转角度为 90° ，磁极间隙 50.8 mm，弧度半径 750 mm。电流稳定度达到 0.001%，电流能通过控制面板从 5%到 100%进行远程调节。分析磁铁提供的质量分辨率 ($M/\Delta M$)，最高可以达到 190。

(5) 多法拉第杯腔室

多法拉第杯腔室是用于测量束流值的装置，主要由 3 个可移动的法拉第杯和高精度的束流积分仪组成，其中 2 个法拉第杯用于测量低质量数粒子 (C 或 Be 粒子) 的束

流，1个用于测量高质量数粒子（Al 粒子）的束流，测量精度 $>0.1\%$ 。

（6）静电分析器

静电分析器的作用是对束流管道中的稀有同位素进行能量分析，进一步排除散射过来相邻质量数的同位素的干扰。静电分析器的偏转角度为 90° ，电极间隙 40 mm，弧度半径 750 mm。

（7）稀有同位素磁铁

当测量 Be 或 Al 同位素时，此装置对于排除产生的质能积比较接近的干扰离子具有至关重要的作用。稀有同位素磁铁偏转角度为 45° ，磁极间隙为 50.8 mm，弧度半径为 610 mm。电流稳定度达到 0.001%，电流能通过控制面板从 5%到 100%进行远程调节。

（8）气体电离室

气体电离室是粒子的鉴别与探测的装置。气体电离室有 2 阳极、1 阴极，采用氮化硅薄膜作为粒子入射窗，内部充入一定气压的丙烷气体（测量不同元素时压力不同）。带电粒子与探测器中气体分子碰撞后，产生电子，损失能量。根据粒子损失的能量与原子序数的平方成正比（Bethe-Block 公式），可以对同量异位素进行鉴别，同时，根据探测到的电子微电流，可确定入射带电粒子的数量，从而实现 C、Be 或 Al 元素的同位素比值的高精度测量。

9.2.3 工作方式和工作流程

加速器质谱仪在使用时，被检样品在加速器质谱仪内，辐射工作人员位于控制室操作加速器。

建设单位使用加速器质谱仪的工作流程主要有以下几步：

（1）测量前准备。在接受待测样品后，将样品进行处理，制备成加速器质谱仪测量所需的靶样。

（2）辐射工作人员将靶样放置到加速器质谱仪离子源中的进样装置，巡视现场，清理无关人员，确认无异常情况。

(3) 再次确认无异常情况后，主电源柜上电，按照操作流程，调节相关参数，进行测量。

(4) 测量结束后，辐射工作人员在控制室关闭加速器质谱仪。辐射工作人员在确认加速器质谱仪停止出束后，将靶样取出，完成一个靶样的测量工作。

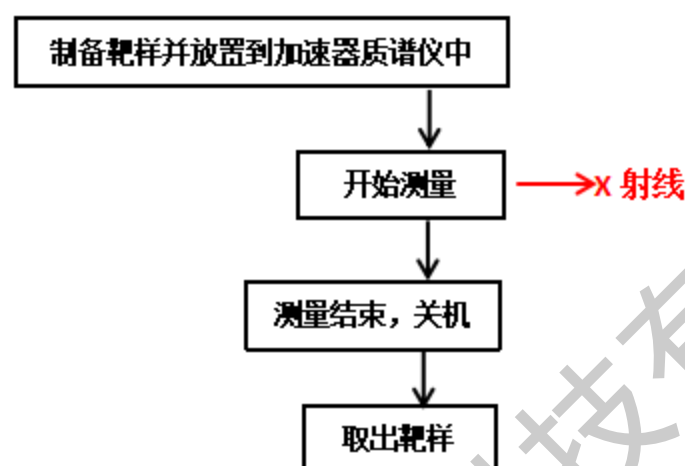


图 9-6 加速器质谱仪操作流程及产污环境示意图

9.3 工作负荷和人员配备

建设单位预计岩芯 CT 扫描仪每天预热时间最多为 0.5 小时，每天出束测量时间最多为 4 小时，每天出束总计最多为 4.5 小时，每周最多使用 5 天，全年最多使用 200 天。建设单位预计加速器质谱仪每天出束测量时间最多为 2 小时，每周最多使用 5 天，全年最多使用 200 天。

建设单位拟为岩芯 CT 扫描仪和加速器质谱仪分别新配备 1 名辐射工作人员，总计新配备 2 名辐射工作人员。目前，相关人员尚未配备到位。建设单位承诺，在辐射工作人员落实后，将安排辐射工作人员在生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名学习并参加考核，保证项目建设完成后辐射工作人员能凭考核合格后的成绩单上岗。

9.4 岩芯 CT 扫描仪污染源项描述

9.4.1 正常工况

(1) X射线

岩芯 CT 扫描仪在停机时无射线产生。只有在工作过程中，由于 X 射线的直射、泄露辐射及散射，可能对其附近的工作人员和周围的公众产生辐射影响，影响途径为 X 射线外照射。正常情况下，经过岩芯 CT 扫描仪自带的屏蔽体的辐射防护屏蔽后，X 射线基本被屏蔽在岩芯 CT 扫描仪自带屏蔽体内，可能仍有一定的射线透射到屏蔽体外。

(2) 臭氧和氮氧化物

出束测量时 X 射线电离空气产生微量臭氧和氮氧化物，岩芯 CT 扫描仪自带有机机械排风系统，可以及时将臭氧排出。臭氧不稳定，臭氧在环境中约 50 分钟后便自动分解为氧气。

9.4.2 事故工况

(1) 放样防护箱体前（后）面级的屏蔽体的安全联锁发生故障，未关闭时启动了岩芯 CT 扫描仪，进行出束作业，对周围的公众造成外照射；

(2) 由于设备故障、控制系统失效、人为事故等原因引起意外照射。

9.5. 加速器质谱仪污染源项描述

9.5.1 正常工况

加速器产生的辐射，需要根据加速粒子的种类、能量、束流强度和靶材料等因素进行具体分析。本项目串列加速器加速粒子为 Be、C 和 Al，均属重离子，由于重离子射程很短，不能穿出真空束流管道，所以不能直接对周围环境造成影响。

根据《原子核物理》（卢希庭主编）中 5.3-4 公式计算可知，Be、C 和 Al 与 Fe 反应的库仑势垒分别为 17 MeV、25 MeV 和 49 MeV。由于本项目加速器产生的高能粒子的最大能量为 1MeV，该能量远低于与加速器构件反应的库仑势垒，不足以引起核反应，因此本项目加速器无需考虑中子以及感生放射性。

正常情况下，高能重离子束与物质相互作用导致韧致辐射，从而产生 X 射线。由于韧致辐射与靶核电荷的平方成正比，与带电粒子质量的平方成反比，因此，重的粒

子产生的轫致辐射非常小。

正常情况下，射线与空气作用会产生微量臭氧和氮氧化物。由于本项目加速器质谱仪采用密封设计，在正常运行情况下，加速器质谱仪不进行通风操作，因此，本项目无需考虑臭氧和氮氧化物的影响。

9.5.2 事故工况

(1) 设备出现故障且联锁失效，在不符合出束条件下进行了出束，导致产生额外X射线，对周围人员造成影响，影响途径为外照射。

(2) 设备在维修维护过程中，工作人员错误操作，接通电源并出束，则可能造成误照事故。

表 10 辐射安全与防护

10.1 岩芯 CT 扫描仪

10.1.1. 屏蔽体设计方案

GeoScan200 型岩芯 CT 扫描仪的屏蔽体为射线装置生产厂家提供，与该射线装置固定，射线装置和屏蔽体是一个整体。岩芯 CT 扫描仪主要分为放样防护箱体前面级、扫描箱体和放样防护箱体后面级三部分，岩芯 CT 扫描仪的组成部分示意图见图 10-1。

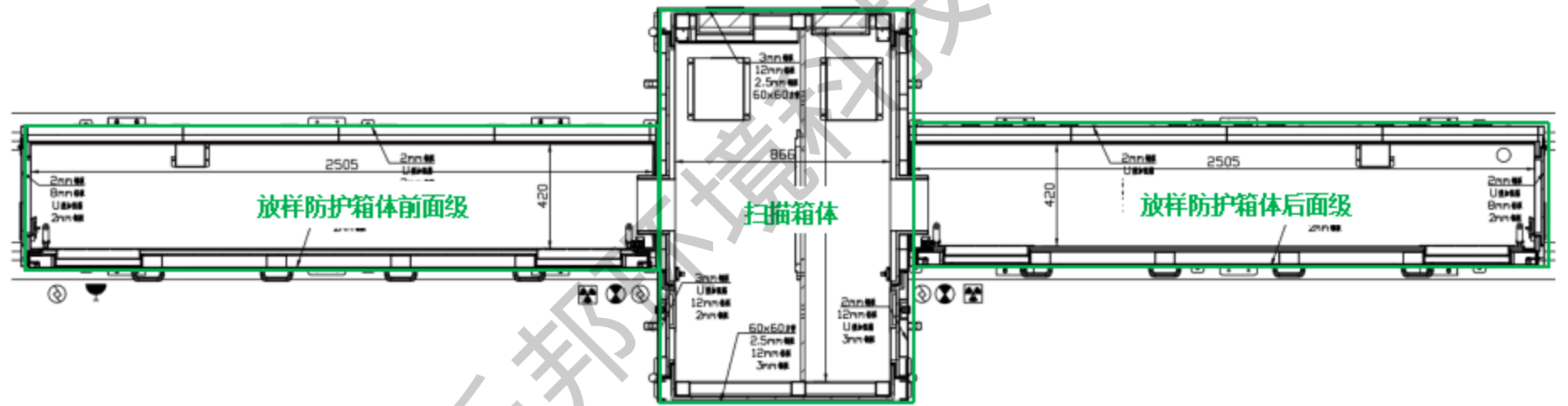


图 10-1 岩芯 CT 扫描仪的组成部分示意图

岩芯 CT 扫描仪的外表面均设计有辐射防护屏蔽，岩芯 CT 扫描仪的辐射防护设计图（俯视图）见图 10-2，岩芯 CT 扫描仪的外部尺寸图（俯视图和正视图）见图 10-3，岩芯 CT 扫描仪的扫描箱体的辐射防护设计图（剖面图）见图 10-4，岩芯 CT 扫描仪的放样防护箱体前（后）面级的辐射防护设计图（剖面图）见图 10-5。

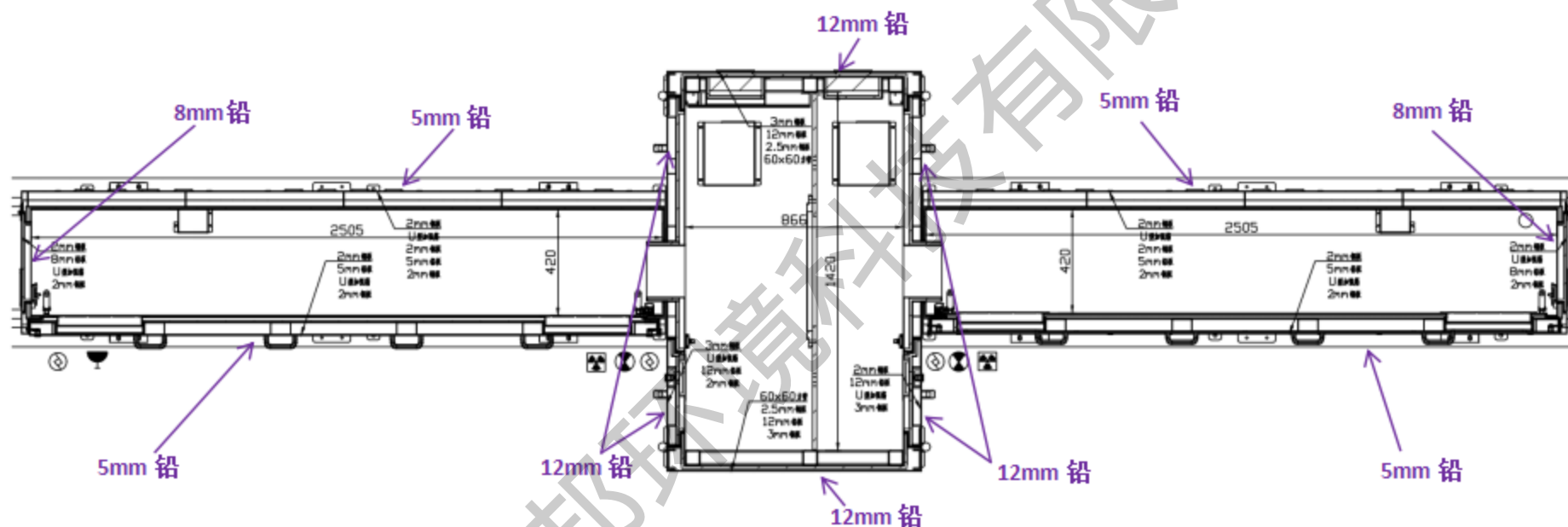


图 10-2 岩芯 CT 扫描仪的辐射防护设计图（俯视图）

注：图中标识的钢板主要用作结构支撑和外观，辐射防护主要考虑铅屏蔽层

GeoScan200 型岩芯 CT 扫描仪的扫描箱体的内部尺寸为 $1.42\text{m} \times 0.866\text{m} \times 1.4\text{m}$ ，外部尺寸为 $1.6\text{m} \times 1.0\text{m} \times 1.7\text{m}$ ；放样防护箱体前（后）面级的内部尺寸为 $2.505\text{m} \times 0.42\text{m} \times 0.476\text{m}$ ，外部尺寸为 $2.6\text{m} \times 0.6\text{m} \times 0.9\text{m}$ 。

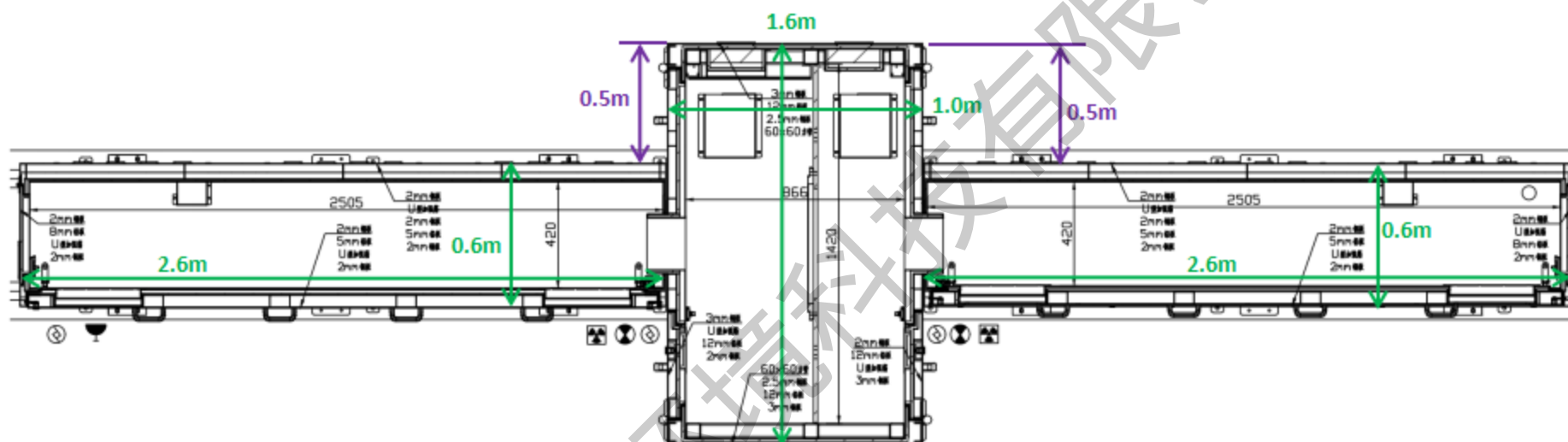


图 10-3-1 岩芯 CT 扫描仪的外部尺寸图（俯视图）

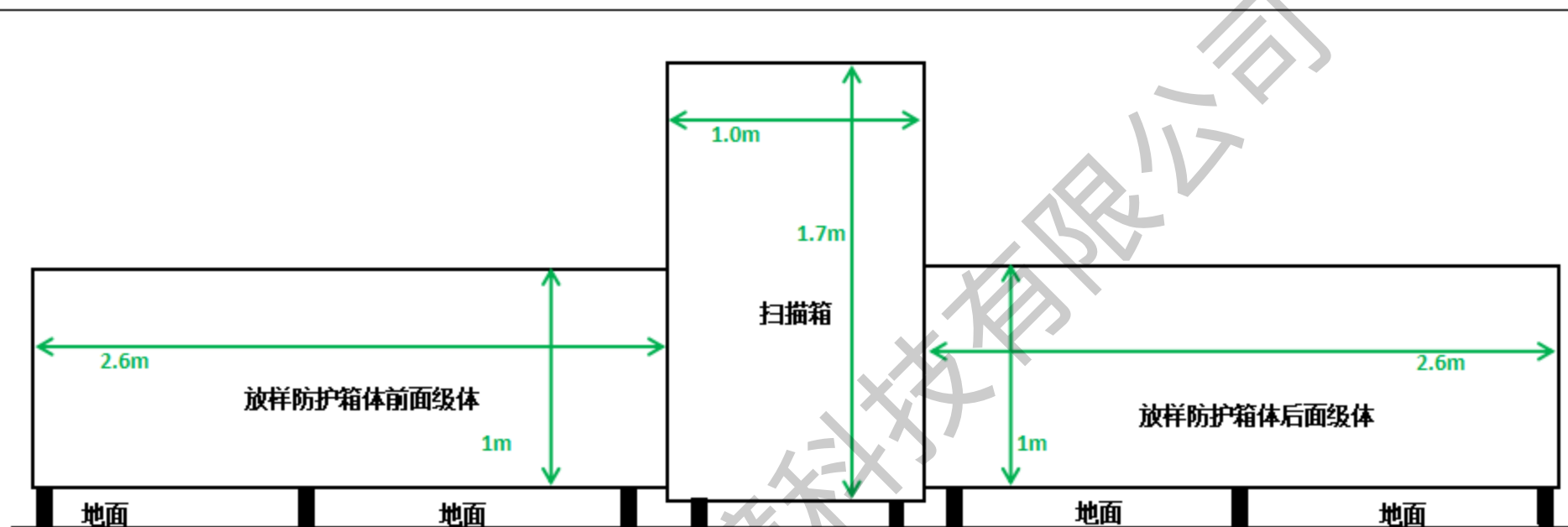


图 10-3-2 岩芯 CT 扫描仪的外部尺寸图（正视图）

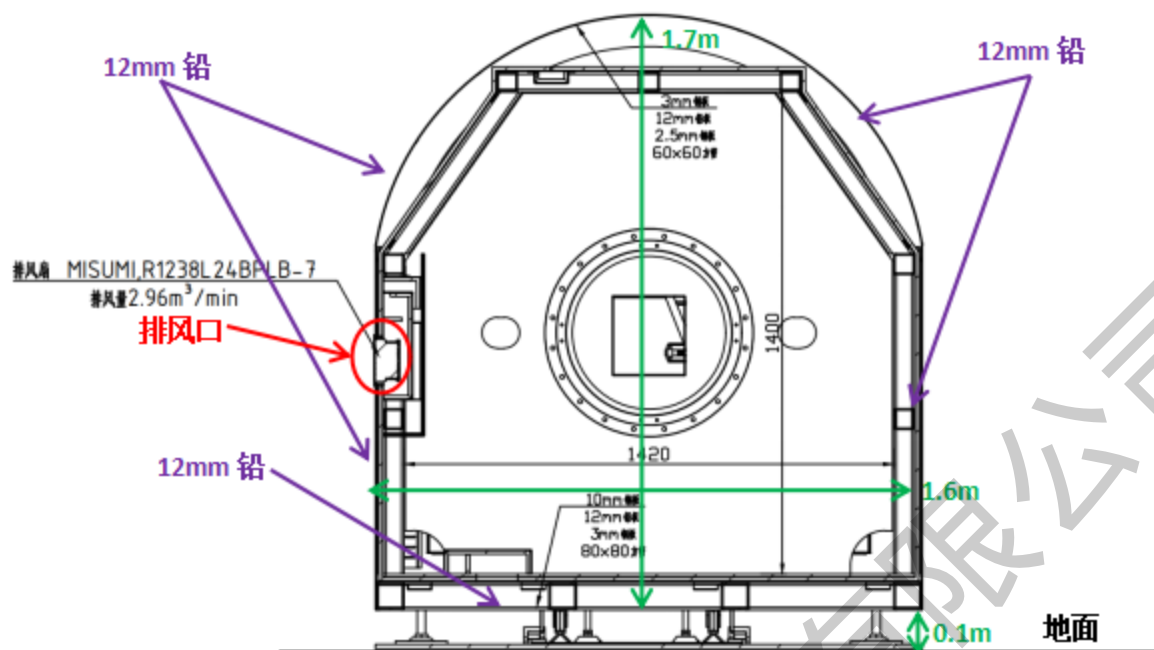


图 10-4 岩芯 CT 扫描仪的扫描箱体的辐射防护设计图（剖面图）

注：图中标识的钢板主要用作结构支撑和外观，辐射防护主要考虑铅屏蔽层

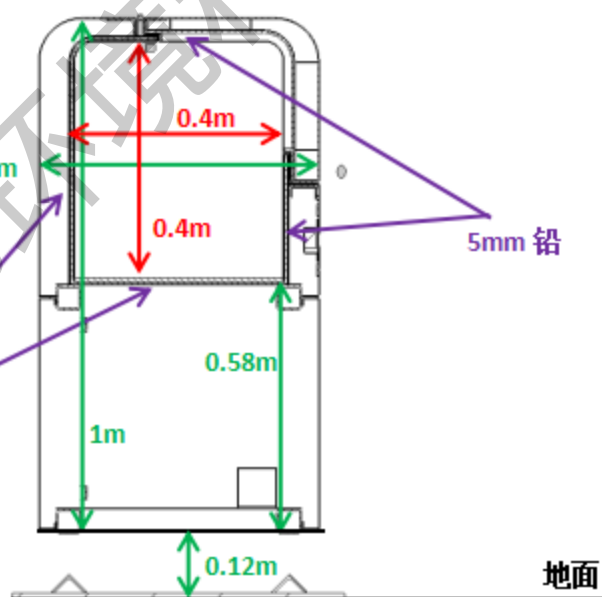


图 10-5 岩芯 CT 扫描仪的放样防护箱体前（后）面级的辐射防护设计图（剖面图）

岩芯 CT 扫描仪的 X 射线源点是在一个平面的圆圈上移动，有用线束为圆锥束，有用线束中心轴始终朝向 X 射线源点移动圆圈的圆心，有用线束中心轴和有用线束边界夹角为 36 度（即：有用线束张角为 72 度）。岩芯 CT 扫描仪的扫描箱体（剖面图）中 X 射线源点可能出现位置见图 10-6。

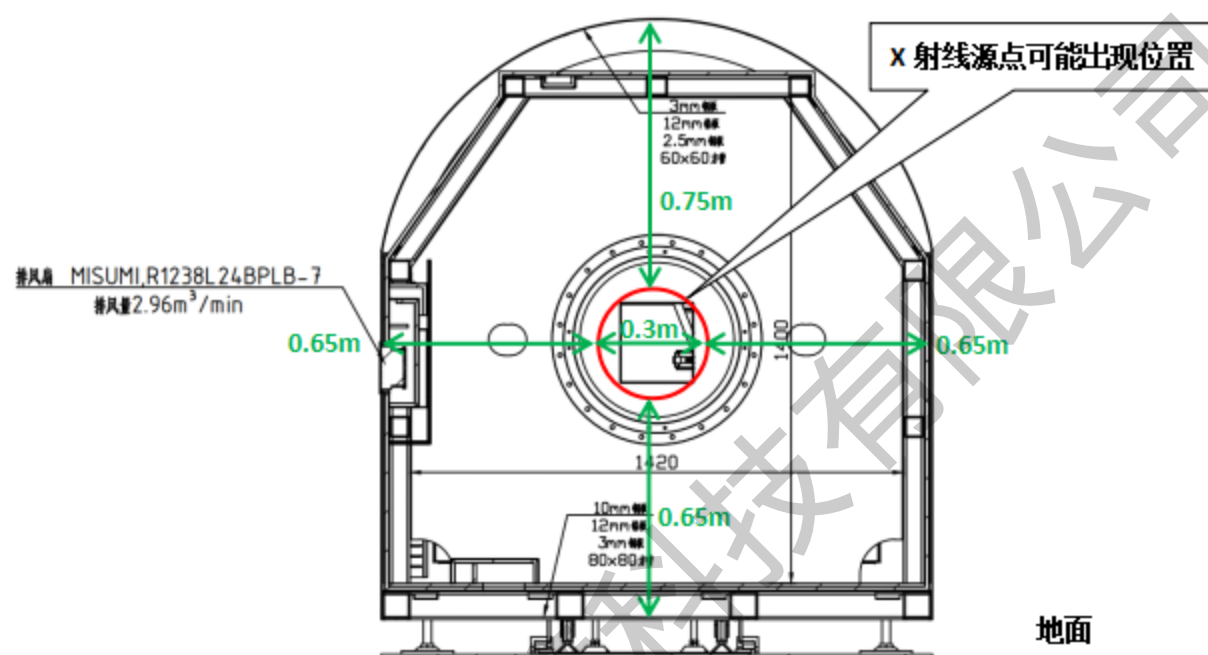


图 10-6 岩芯 CT 扫描仪的扫描箱体（剖面图）中 X 射线源点可能出现位置

由于有用线束中心轴始终朝向 X 射线源点移动圆圈的圆心，且有用线束张角为 72 度，因此岩芯 CT 扫描仪的有用线束范围只可能在扫描箱体中，有用线束范围不包括放样防护箱体前（后）面级，岩芯 CT 扫描仪的有用线束范围示意图见图 10-7。

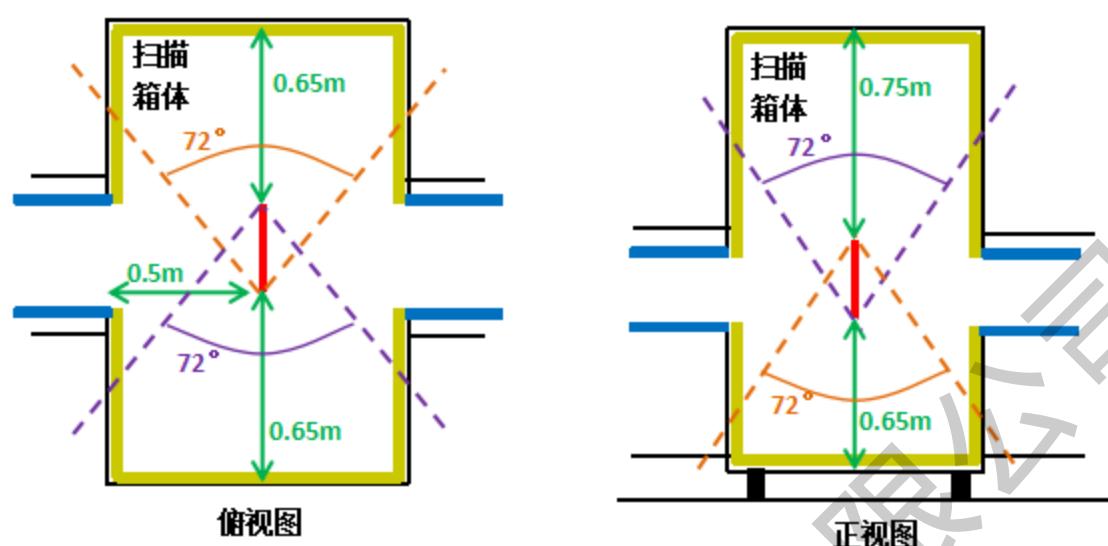


图 10-7 岩芯 CT 扫描仪的有用线束范围示意图（红色为 X 射线源点可能出现位置）

注：黄色为扫描箱体内部的铅屏蔽体位置，蓝色线条为放样防护箱体内部的铅屏蔽体位置

岩芯 CT 扫描仪的放样防护箱体前（后）面级，设计有一个岩芯样品置入（取出）口，岩芯样品置入（取出）口闭合状态示意图见图 10-8，岩芯样品置入（取出）口开启状态示意图见图 10-9，岩芯样品置入（取出）口处屏蔽搭接设计方案见图 10-10。本项目的岩芯 CT 扫描仪只有在岩芯样品置入（取出）口闭合后，才会进行出束作业。本项目的岩芯 CT 扫描仪不会在置入（取出）口未闭合时进行出束作业。



图 10-8 岩芯样品置入（取出）口闭合状态示意图

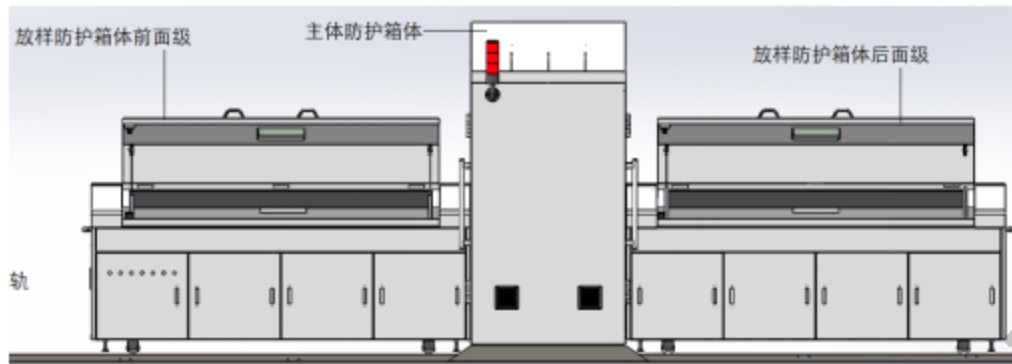


图 10-9 岩芯样品置入（取出）口开启状态示意图

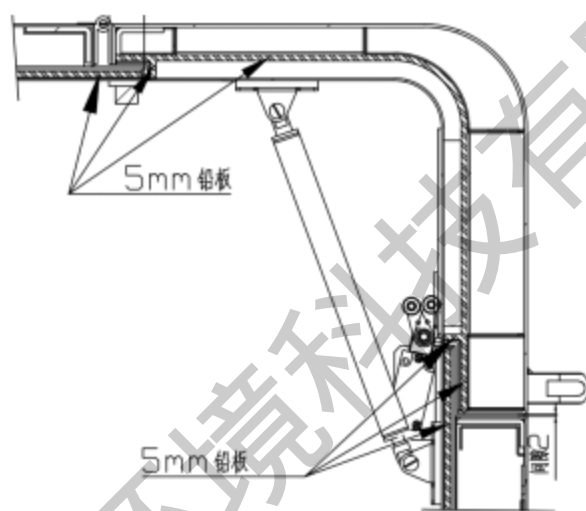


图 10-10 岩芯样品置入（取出）口处屏蔽搭接设计方案

10.1.2. 辐射工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和《工业探伤放射防护标准》(GBZ117—2022)，建设单位拟对本项目进行辐射工作场所分区管理：将辐射工作场所分为控制区和监督区进行管理。

本项目以岩芯 CT 扫描仪的屏蔽体为界，岩芯 CT 扫描仪内部划为控制区，岩芯 CT 扫描仪出束时，禁止任何人员进入或滞留在控制区。将岩芯 CT 扫描仪屏蔽体外 30cm 处和岩芯 CT 扫描仪的操作位划为监督区。本项目辐射工作场所分区方案见图 10-11。本项目的辐射工作场所分区情况可以满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和《工业探伤放射防护标准》(GBZ117—2022)中的要求。

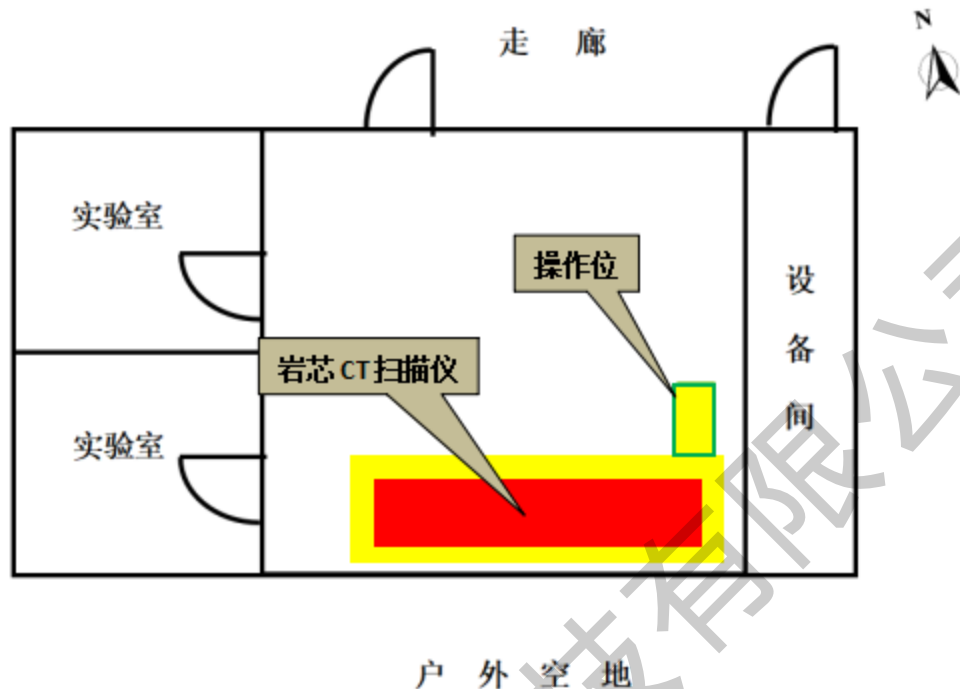
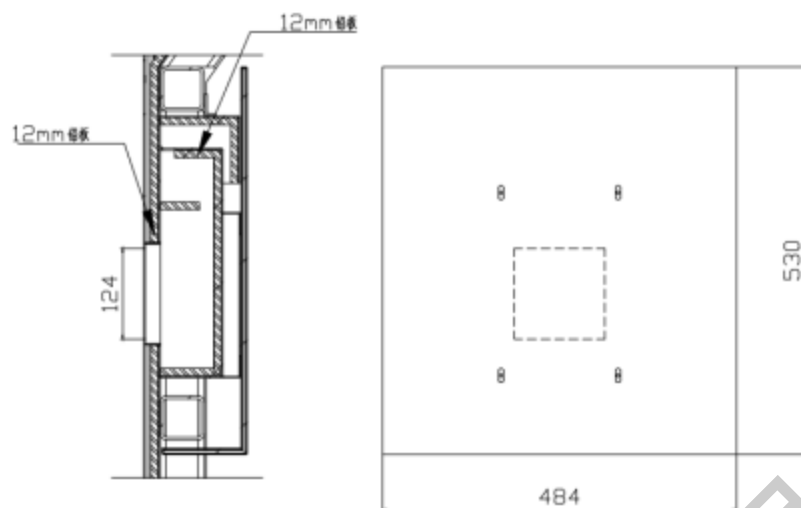


图 10-11 岩芯 CT 扫描仪辐射工作场所分区图（红色为控制区，黄色为监督区）

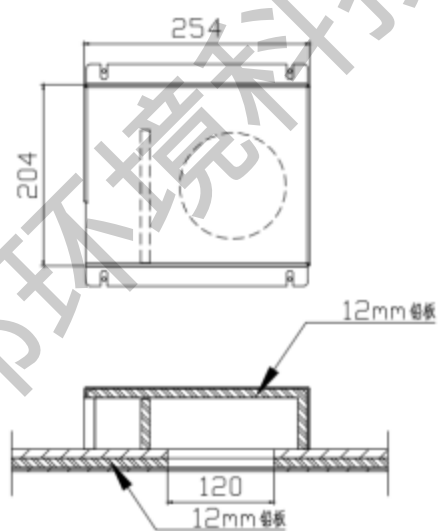
10.1.3. 通风和控制线缆

通风和控制线缆穿过屏蔽体时，均采用了多次折返的路径设计（见图 10-12 和图 10-13）。通风和控制线缆穿过屏蔽体时，通过多次折返穿越屏蔽体的设计，增加泄漏射线的散射次数和衰减，从而保证不减弱屏蔽墙体的屏蔽效果。



排风孔防护罩

图 10-12 岩芯 CT 扫描仪排风管道穿过屏蔽体大样图



走线孔防护罩

图 10-13 岩芯 CT 扫描仪控制线缆穿过屏蔽体大样图

本项目岩芯 CT 扫描仪屏蔽体设有机械排风装置，通风量为 $177.6 \text{ m}^3/\text{h}$ （即 $2.96 \text{ m}^3/\text{min}$ ）。由于岩芯 CT 扫描仪扫描箱体的内部尺寸为： $1.42\text{m} \times 0.866\text{m} \times 1.4\text{m}$ ，体积为 2.31m^3 ；放样防护箱体前（后）面级的内部尺寸为 $2.505\text{m} \times 0.42\text{m} \times 0.476\text{m}$ ，体积为 0.501m^3 ，因此，岩芯 CT 扫描仪的内部体积约为 3.31m^3 ，据此可估算岩芯 CT 扫描仪每小时通风换气次数为 53.7 次。

10.1.4. 辐射安全与防护

（1）门机联锁

岩芯 CT 扫描仪的放样防护箱体前（后）面级的岩芯样品置入（取出）口，均设置有安全联锁功能，在置入口或取出口打开或者没有关到位的情况下，岩芯 CT 扫描仪均无法进行出束作业；在出束作业时，置入口或取出口打开，岩芯 CT 扫描仪将立即停止出束，关闭置入口或取出口后，岩芯 CT 扫描仪不会自动进行出束作业。

（2）警示标识和警示说明

岩芯 CT 扫描仪的扫描箱体的前段外侧处拟张贴醒目的电离辐射警告标识和中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近逗留。岩芯 CT 扫描仪的扫描箱体的外侧处安装有红绿黄三色工作状态指示灯：当绿色灯亮起时，表示射线装置未出束作业；当黄色灯亮起时，表示射线装置即将出束作业；当红色灯亮起时，表示射线装置正在进行出束作业。岩芯 CT 扫描仪在出束作业前，还将发出嗡鸣声，提醒周围人员。岩芯 CT 扫描仪的工作状态指示灯和声音提醒装置，与射线装置进行了联锁。

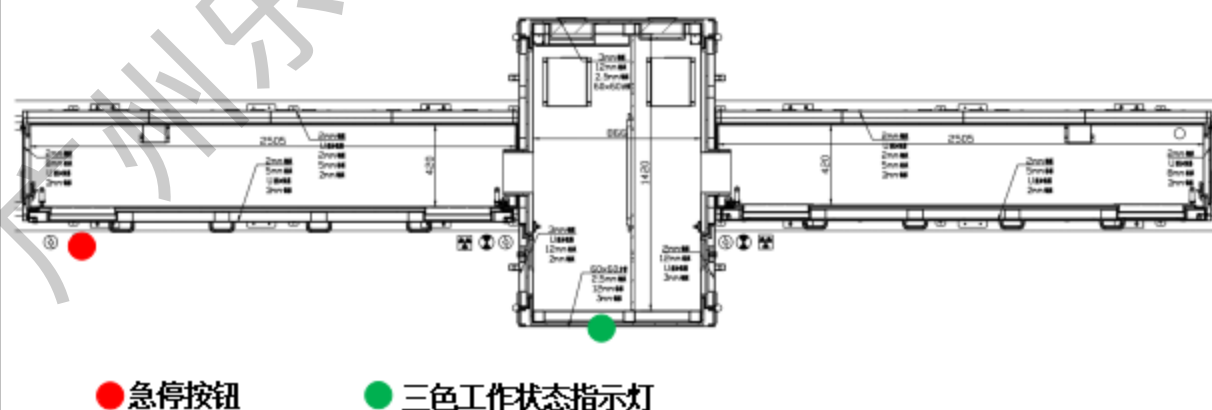


图 10-14 岩芯 CT 扫描仪的急停按钮和三色工作状态指示灯安装位置示意图

(4) 急停按钮

操作位的控制面板上有 1 个急停按钮，屏蔽体外有 1 个急停按钮。在岩芯 CT 扫描仪出束作业时，按下任一急停按钮，均将停止出束。每个急停按钮拟用标签表明功能和使用方法。岩芯 CT 扫描仪屏蔽体外的急停按钮安装位置见图 10-14 所示。急停按钮按下后，需辐射工作人员对急停按钮进行复位后，射线装置才能进行出束作业；当任一急停按钮没有复位时，即使对岩芯 CT 扫描仪进行出束操作，岩芯 CT 扫描仪也不会进行出束作业。

(5) 安全操作

本项目投入使用后，建设单位将使用现有的 1 台 CM7102 型辐射实时检测报警仪（具有周围剂量当量率的测量功能），每月对本项目进行自行监测。同时，在测量过程中，辐射工作人员将全程佩戴辐射实时检测报警仪，确保自身所在位置的辐射水平处于安全范围内。当辐射水平达到设定的报警水平（报警水平为 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ）时，报警仪将发出警示声音，辐射工作人员应立即停止出束并立即向辐射防护负责人报告。

10.1.5 与标准对照分析

本项目参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）对岩芯 CT 扫描仪的辐射安全与防护措施进行评价，对照分析表见表 10-1。

表 10-1 本项目各辐射安全与防护措施与标准对照分析情况表

GBZ117-2022 中要求	本项目情况	结论
6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。	建设单位拟对辐射工作场所实施分区管理，详见 10.1.2 辐射工作场所分区。	符合
6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足： a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 $100 \mu\text{Sv/周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5 \mu\text{Sv/周}$ ； b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。	根据本报告表 11 章节的分析结果，工作人员及公众在关注点的受照剂量、关注点最高周围剂量当量率均满足相关要求。	符合
6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。	本项目使用的设备自带有安全联锁功能，置入口或取出口在打开或者没有关到位的情况下，无法进行出束作业；在出束作业时，置入口或取出口打开，岩芯 CT 扫描仪将立即停止出束，关闭置入口或取出口后，岩芯 CT 扫描仪不会	符合

	自动进行出束作业。	
6.1.6 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，并与探伤机联锁。“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。	扫描箱体的前段外侧处安装有红绿黄三色工作状态指示灯。在出束作业前，将发出嗡鸣声，提醒周围人员。工作状态指示灯和声音提醒装置，与射线装置进行了联锁。	符合
6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。	本项目的辐射工作人员不需要进入到设备屏蔽体内部，且设备没有人员进出门，因此未在屏蔽体内安装专用的监视器。	符合
6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	扫描箱体的前段外侧处拟张贴醒目的电离辐射警告标识和中文警示说明。	符合
6.1.9 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。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。	岩芯 CT 扫描仪设置有 2 个急停按钮，每个急停按钮拟用标签表明功能和使用方法。在岩芯 CT 扫描仪出束作业时，按下任一急停按钮，均将停止出束。	符合
6.1.10 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。	岩芯 CT 扫描仪安装有机械排风装置，通风量为 177.6 m ³ /h，每小时通风换气次数为 53.7 次。排风管道外为实验室，不是人员活动密集区。	符合
6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。	辐射工作人员作业前严格检查射线装置门-机联锁装置、工作状态指示灯等防护安全措施，发现异常立刻停止工作并查找原因、只有确保无异常、安全的情况下方可进行出束作业。	符合
6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，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。	建设单位每月对辐射工作场所周围剂量当量率进行检测，当测量值高于 2.5 μ Sv/h 时，需立刻停止工作并向辐射防护负责人报告，查明原因。	符合
6.2.4 交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。	辐射工作人员交接班或者使用 X- γ 辐射剂量率监测仪器前，应检查 X- γ 辐射剂量率监测仪器是否正常工作。如果在检查过程中发现异常，将不会使用岩芯 CT 扫描仪。	符合

10.2 加速器质谱仪

10.2.1. 屏蔽体设计方案

本项目加速器质谱仪的加速粒子为 Be、C 或 Al，均为重离子，由于重离子射程很

短，不能穿出真空束流管道，所以不能直接对周围环境造成影响。根据《原子核物理》（卢希庭主编）中 5.3-4 公式计算可知，Be、C 和 Al 与 Fe 反应的库仑势垒分别为 17 MeV、25 MeV 和 49 MeV。由于本项目加速器产生的高能粒子的最大能量为 1MeV，该能量远低于与加速器构件反应的库仑势垒，不足以引起核反应，因此本项目加速器无需考虑中子以及感生放射性。

正常情况下，高能重离子束与物质相互作用导致轫致辐射，从而产生 X 射线。由于轫致辐射与靶核电荷的平方成正比，与带电粒子质量的平方成反比，因此，重的粒子产生的轫致辐射非常小。

本项目加速器质谱仪在正常运行时，根据加速器质谱仪生产厂家给出的周围剂量当量率的测量结果，在射线装置外表面 1m 处的周围剂量当量率的最大值为 $0.08 \mu\text{Sv/h}$ （即： $8 \mu\text{rem/h}$ ）。

由于加速器质谱仪位于所在房间的中部，距离房间的各面墙体均不小于 1m，建设单位根据本项目的实际情况，加速器质谱仪项目采用距离防护（加速器质谱仪设备距离各面墙体距离见图 10-15），加速器质谱仪所在房间的各面均有实体墙体，建设单位不对加速器质谱仪所在的海琴四号楼首层 C112 室进行辐射防护设计。

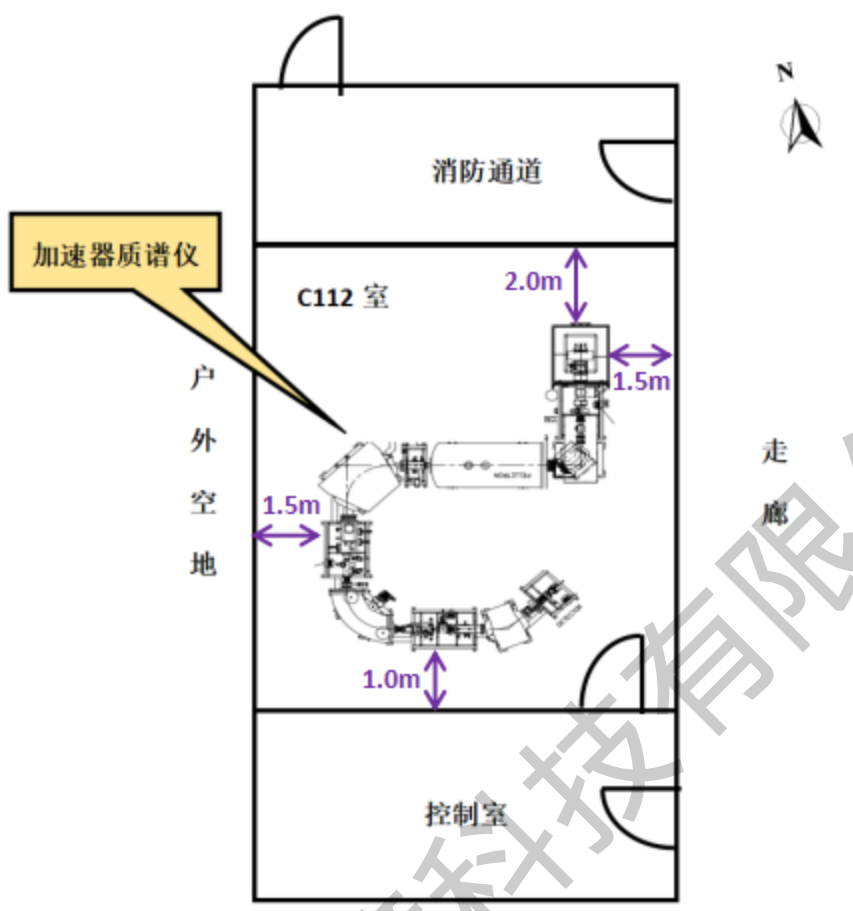


图 10-15 加速器质谱仪设备距离各面墙体距离

10.2.2. 辐射工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)，建设单位拟对本项目进行辐射工作场所分区管理：将辐射工作场所分为控制区和监督区进行管理。

本项目将加速器质谱仪所在房间划为控制区，加速器质谱仪出束时，建设单位通过严格执行规章制度，禁止任何人员进入或滞留在控制区。将控制室和加速器质谱仪所在房间墙体外 30cm 处划为监督区。本项目辐射工作场所分区方案见图 10-16。本项目的辐射工作场所分区情况可以满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求。

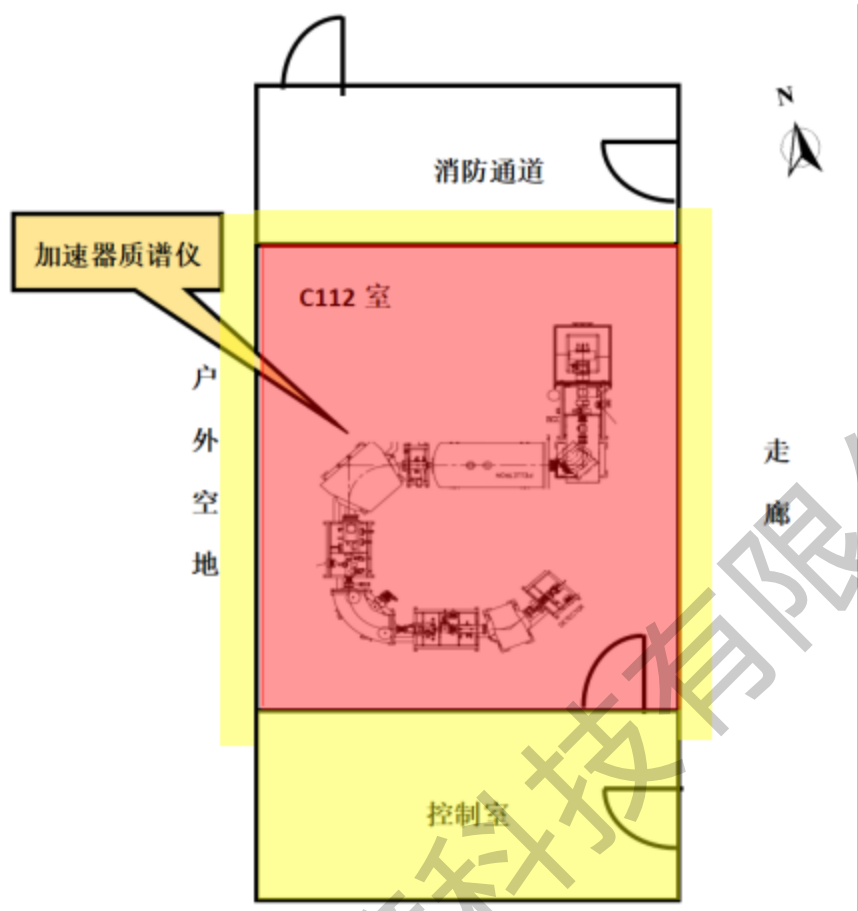


图 10-16 加速器质谱仪辐射工作场所分区图（红色为控制区，黄色为监督区）

10.2.3. 通风情况

本项目加速器质谱仪采用密封设计，在正常运行情况下，加速器质谱仪不进行通风操作。

10.2.4. 辐射安全与防护

（1）警示标识和警示说明

加速器质谱仪所在房间入口处拟张贴醒目的电离辐射警告标识和中文警示说明，提醒无关人员勿进入。加速器质谱仪安装有工作状态指示灯：当红色灯亮起时，表示射线装置正在进行出束运行。

（2）钥匙开关

在加速器质谱仪的控制室设计有主控台，在主控台上设计有钥匙开关，只有该钥匙就位后才能开启电源，启动加速器质谱仪，加载高压并出束运行；钥匙开关未闭合状态

时，加速器质谱仪无法加载高压和出束运行。

(3) 急停按钮

控制室的操作面板上有 1 个急停按钮，加速器质谱仪外表面有 5 个急停按钮。在加速器质谱仪出束运行时，按下任一急停按钮，均将切断高压停止出束。每个急停按钮拟用标签表明功能和使用方法，急停按钮安装位置见图 10-17 所示。急停按钮按下后，需辐射工作人员对急停按钮进行复位后，加速器质谱仪才能进行出束运行；当任一急停按钮没有复位时，即使对加速器质谱仪进行出束操作，加速器质谱仪也不会进行出束运行。

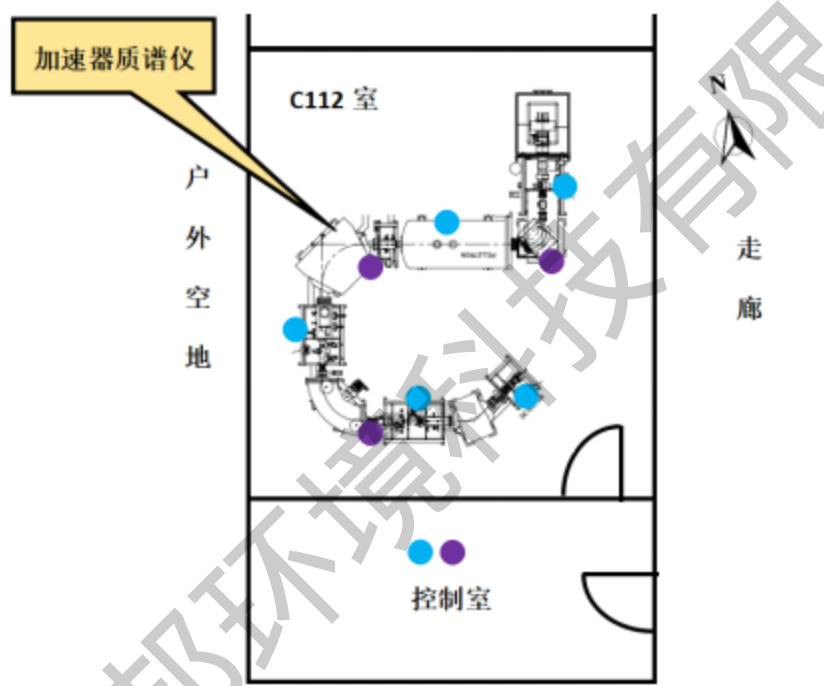


图 10-17 加速器质谱仪急停按钮安装位置
(蓝色圆圈为急停按钮，紫色圆圈为实时周围剂量当量率测量探头)

(4) 各控制信号联锁

加速器质谱仪与该设备的各控制信号进行联锁。在加速器质谱仪未加载高压时，只有当所有控制信号均正常时，方可启动进行高压加载；在正常运行后，加速器质谱仪的控制系统将对各控制信号时时监控，若任意控制信号（如真空度等）出现异常，则系统将立即切断高压停止出束。

所有安全联锁装置均需正常使用，所有安全联锁装置不得旁路。当设备进行维修维护后，所有安全联锁必须恢复原状。

(5) 实时监视

建设单位在控制室设计有观察窗，控制室的辐射工作人员可清楚地观察到加速器质谱仪所在房间的情况，如发生意外情况可及时处理。

(6) 实时在线监测

本项目拟安装固定式实时周围剂量当量率监测系统：测量探头位于加速器质谱仪所在房间和控制室（探头位置见图 10-17），显示面板位于控制室内。当显示面板上的周围剂量当量率大于预设值时（预设值为 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ），将发出报警声音，辐射工作人员听到报警声音后，将立即按下急停按钮，切断高压停止出束。

(7) 安全操作

本项目投入使用后，建设单位将使用现有的 1 台 CM7102 型和 1 台 RG1000 型辐射实时检测报警仪（具有周围剂量当量率的测量功能），每月对本项目进行自行监测，监测位置为加速器质谱仪所在房间外 30cm 处。同时，在测量过程中，辐射工作人员将全程佩戴辐射实时检测报警仪，确保自身所在位置的辐射水平处于安全范围内。当加速器质谱仪所在房间外 30cm 处的辐射水平达到设定的报警水平（报警水平为 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ）时，报警仪将发出警示声音，辐射工作人员应立即停止出束并立即向辐射防护负责人报告。

10.2.5 与标准对照分析

本项目参照《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-85）对加速器质谱仪的辐射安全与防护措施进行评价，对照分析表见表 10-2。

表 10-2 本项目各辐射安全与防护措施与标准对照分析情况表

GB5172-85 中要求	本项目情况	结论
加速器的屏蔽体厚度必须根据加速粒子的种类、能量和束流强度及靶材料等综合考虑，按其可能的最大辐射输出进行设计。	根据生产厂家提供资料，正常运行情况下，设备外表面的周围剂量当量率可以满足相关标准要求。	符合
决定加速器产生辐射的主要控制系统应该用开关键匙控制。	在加速器质谱仪的控制室设计有主控台，在主控台上设计有开关键匙控制。	符合
在加速器厅、靶厅内人员容易到达的地点，应安装紧急停机或紧急断束开关，并且这种开关应当有醒目的标志。	控制室的操作面板上有 1 个急停按钮，加速器质谱仪外表面有 5 个急停按钮。每个急停按钮拟用标签表明功能和使用方法。	符合
在高辐射区和辐射区，应该安装遥控辐射监测系	本项目拟安装固定式实时周围剂量当	符合

统。该系统的数字显示装置应安装在控制台上或监测位置。当辐射超过预定水平时，该系统的音响和（或）灯光警告装置应当发出警告信号。	量率监测系统。当周围剂量当量率大于预设值时（预设值为 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ），将发出报警声音。	
每台加速器必须根据其特点配备其他辐射监测装置，如个人剂量计、可携式监测仪、气体监测仪等。	辐射工作人员将佩戴个人剂量计，同时，配备有 1 台 CM7102 型和 1 台 RG1000 型辐射实时检测报警仪（具有周围剂量当量率的测量功能）	符合

10.2.6. 日常检查和维修维护防护措施

在加速器质谱仪出现故障，或对设备进行维护检修时，需请专业的维修维护人员前来进行维修维护操作，并且需严格执行下述步骤：

- （1）提前制定维修维护计划，并及时告知辐射工作人员；
- （2）维修维护人员在控制室与辐射工作人员确认无异常情况，可以开始维修维护；
- （3）辐射工作人员在控制室通过观察窗，时刻注意维修维护的正常进行；
- （4）维修维护人员在按下所有急停按钮；
- （5）维修维护人员佩戴处于开启状态下运行良好的个人剂量报警仪和个人剂量计；
- （6）在执行完上述步骤后，维修维护人员方可进行设备维修维护。

建设单位在设备的维修维护过程中，需严格执行上述步骤，杜绝维修维护过程中，由于辐射工作人员不知情，维修维护人员未执行安全措施，导致加载高压或出束导致误照射的事故。

安全联锁装置不得旁路，维护与维修后必须恢复原状。维修维护结束后，急停按钮需于本地复位后，加速器质谱仪才能正常启动。

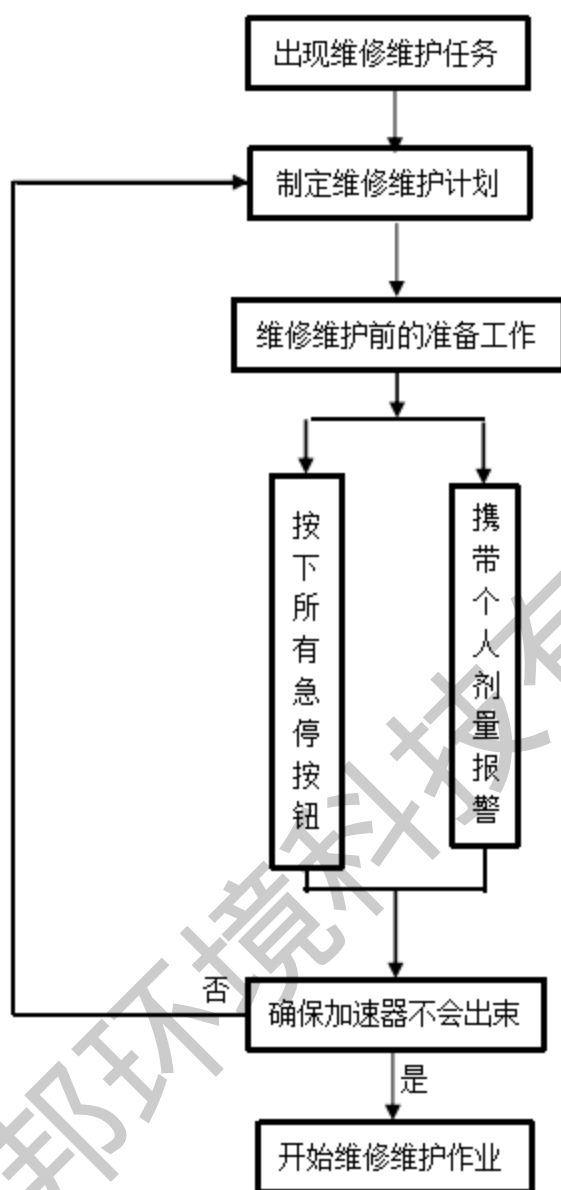


图 10-18 加速器质谱仪维修维护流程图

10.3.三废的治理

10.3.1.岩芯 CT 扫描仪

(1) 液体污染物处理方案

本项目成像采用计算机信息处理和图像重建技术，因此，岩芯 CT 扫描仪在正常运行过程中，不会产生液体污染物。

(2) 固态污染物处理方案

岩芯 CT 扫描仪在正常运行过程中，不会产生固态污染物。

(3) 气态污染物处理方案

岩芯 CT 扫描仪在工作状态时，X 射线电离空气产生微量臭氧和氮氧化物。岩芯 CT 扫描仪自带有机排风系统，可以及时将臭氧排出。臭氧在环境中约 50 分钟后便自动分解为氧气。

10.3.2 加速器质谱仪

(1) 液体污染物处理方案

加速器质谱仪在正常运行过程中，不会产生液体污染物。

(2) 固态污染物处理方案

加速器质谱仪在正常运行过程中，不会产生固态污染物。

(3) 气态污染物处理方案

正常情况下，射线与空气作用会产生微量臭氧和氮氧化物。由于本项目加速器质谱仪采用密封设计，在正常运行情况下，加速器质谱仪不进行通风操作，因此，本项目无需考虑臭氧和氮氧化物的影响。

表 11 环境影响分析

11.1.建设阶段环境影响分析

本项目是在现有房间内安装使用射线装置，在建设阶段，主要涉及新设备的安装调试等，因此施工期的环境影响是短暂、可逆的，随着施工期的结束而消失。

施工单位应按照规定对建设期的声环境、空气环境、水环境和固体废物进行防治，并加强监管，使本项目施工对周围环境的影响降低到最小。

11.2.岩芯 CT 扫描仪运行阶段对环境的影响

岩芯 CT 扫描仪的屏蔽体为射线装置生产厂家提供，与该射线装置固定，射线装置和屏蔽体是一个整体。保守估算，岩芯 CT 扫描仪的扫描箱体采用有用线束进行估算，放样防护箱体前（后）面级采用非有用线束进行估算。

11.2.1 关注点辐射剂量率的计算方法

本项目的计算采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZT250-2014) 中的相关计算公式、参数和方法：

① 屏蔽透射因子

对于给定屏蔽物质厚度 X ，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按公式 (11-1) 计算：

$$B = 10^{-X / TVL} \quad \dots\dots\dots (11-1)$$

式中：

X ——屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同单位；

TVL ——屏蔽物质的什值层。

② 有用线束

在给定屏蔽物质厚度时，关注点的剂量率 $\dot{H}$ 按公式 (11-2) 计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad \dots\dots\dots (11-2)$$

式中：

I——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量；

B ——屏蔽透射因子；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离。

③ 泄露辐射

在给定屏蔽物质厚度时，泄露辐射在关注点的剂量率 $\dot{H}$ 按公式（11-3）计算：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (11-3)$$

式中：

B ——屏蔽透射因子；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离；

$\dot{H}_L$ ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率。

④ 散射辐射

在给定屏蔽物质厚度时，关注点的散射辐射剂量率 $\dot{H}$ 按公式（11-4）计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot a}{R_0^2} \dots\dots\dots (11-4)$$

式中：

I ——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，(mA)；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

B ——屏蔽透射因子；

F —— R_0 处辐射野面积, (m^2); 由于本项目岩芯 CT 扫描仪有用线束张角为 72° 度, 因此, $F = \pi [R_0 \cdot \tan(36^\circ)]^2$;

a ——散射因子, 入射辐射被单位面积 ($1m^2$) 散射体散射到距其 $1m$ 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比; 本项目取 $a = 1.9 \times 10^{-3} \times 10000/400 = 4.75 \times 10^{-2}$; 则 $F \cdot a/R_0^2 = 7.88E-02$;

R_0 ——辐射源点 (靶点) 至岩芯样品的距离, (m);

R_s ——散射体至关注点的距离, (m)。

11.2.2 关注点的选取及剂量率估算

(1) 扫描箱体

本次评价选取屏蔽体外代表性区域作为预测目标点 (各预测目标点位于屏蔽体外 $30cm$ 处), 在选取预测目标点时已考虑对称性, 避免重复计算, 见图 11-1。

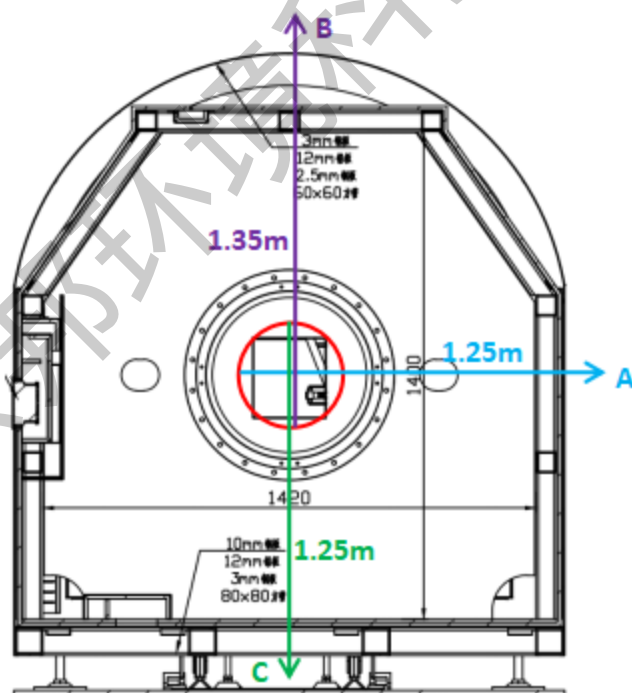


图 11-1-1 扫描箱体关注点布置图 (剖面图)

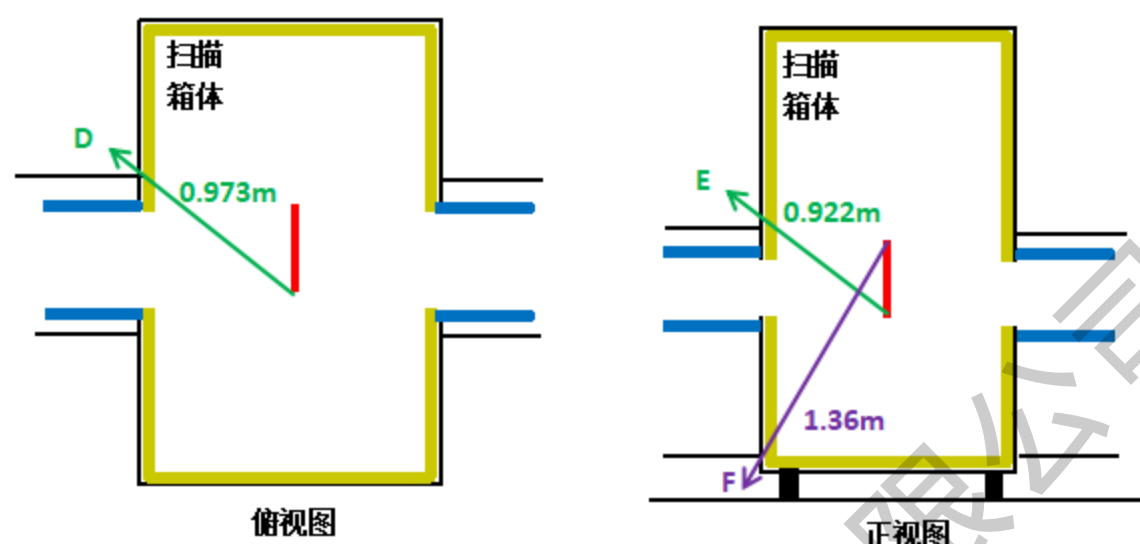


图 11-1-2 扫描箱体关注点布置图（俯视图和正视图）

黄色为扫描箱体内部的铅屏蔽体位置，蓝色线条为放样防护箱体内部的铅屏蔽体位置

A~F 点需要进行有用线束辐射的屏蔽分析，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中图 B.1 X 射线穿过铅的透射，200kV 下当铅厚度为 8.2mm 时，透射因子 B 为 $1.00E-06$ 。由于本项目的最高管电压为 180kV，小于 200kV，且扫描箱体的铅厚度为 12mm，大于 8.2mm，因此，本项目扫描箱体中的 X 射线穿过铅的透射因子 B 小于 $1.00E-06$ ，保守估算，本项目取透射因子 B 为 $1.00E-06$ 。扫描箱体外关注点的周围剂量当量率的的计算结果见表 11-1。

表 11-1 扫描箱体外关注点的周围剂量当量率的的计算结果

关注点	H0 (mGy·m ² /mA·min)	I (mA)	R (m)	B	$\dot{H}$ (μSv/h)
A	8.9	0.5	1.25	$1.00E-06$	$1.71E-01$
B	8.9	0.5	1.35	$1.00E-06$	$1.47E-01$
C	8.9	0.5	1.25	$1.00E-06$	$1.71E-01$
D	8.9	0.5	0.973	$1.00E-06$	$2.82E-01$
E	8.9	0.5	0.922	$1.00E-06$	$3.14E-01$
F	8.9	0.5	1.36	$1.00E-06$	$1.44E-01$

注：保守估算，扫描箱体外全部采用有用线束进行估算。

由于本项目的最高管电压为 180kV，小于 200kV，且扫描箱体的铅厚度为 12mm，大于 8.2mm，因此，射线装置实际运行时，扫描箱体外的周围剂量当量率将小于上述估算值。

(2) 放样防护箱体前（后）面级

由于放样防护箱体前面级和后面级结构对称，辐射防护参数一致，下面只对放样防护箱体前面级进行预测，类比分析可知放样防护箱体后面级的情况。本次评价选取屏蔽体外代表性区域作为预测目标点（各预测目标点位于屏蔽体外 30cm 处），在选取预测目标点时已考虑对称性，避免重复计算，见图 11-2。

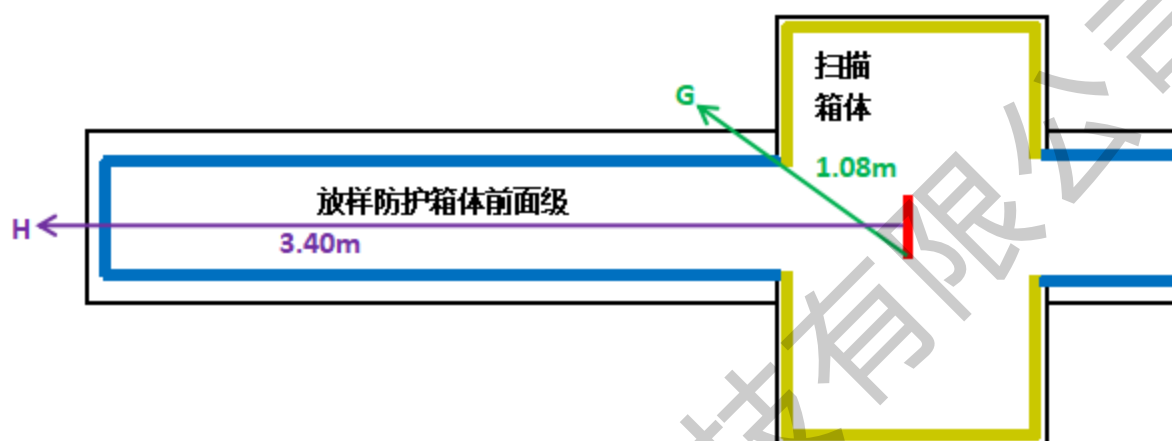


图 11-2-1 放样防护箱体前面级关注点布置图（俯视图）

黄色为扫描箱体内部的铅屏蔽体位置，蓝色线条为放样防护箱体内部的铅屏蔽体位置

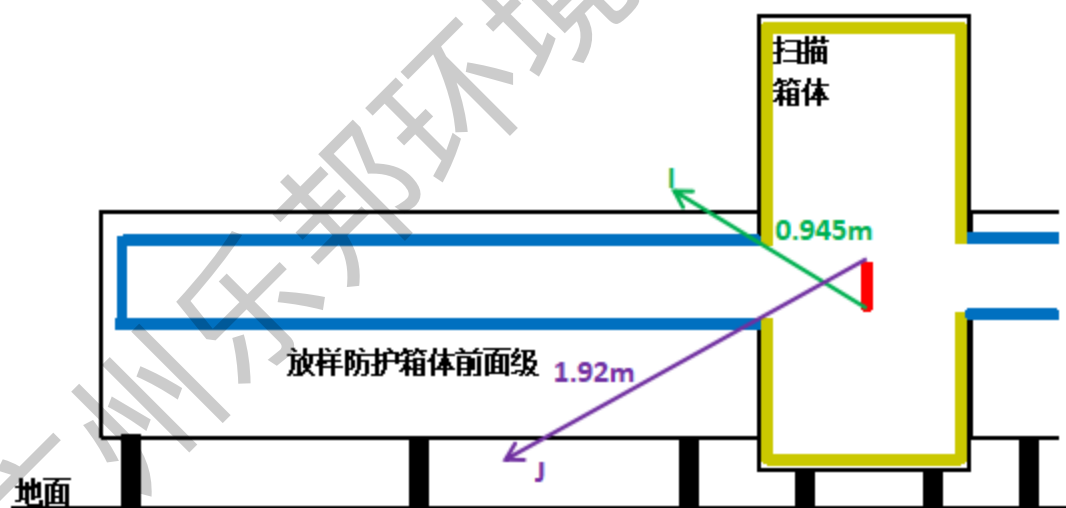


图 11-2-2 放样防护箱体前面级关注点布置图（正视图）

黄色为扫描箱体内部的铅屏蔽体位置，蓝色线条为放样防护箱体内部的铅屏蔽体位置

G~J点需要进行泄露辐射和散射辐射的屏蔽分析。泄漏辐射剂量率的的计算结果见表 11-2，散射辐射剂量率的的计算结果见表 11-3。

表 11-2 泄漏辐射剂量率的计算结果

关注点	H_L $\mu\text{Sv/h}$	R (m)	X (mm)	TVL (mm)	$\dot{H}_{\text{透}}$ $\mu\text{Sv/h}$
G	2.50E+03	1.08	5	1.4	5.75E-01
H	2.50E+03	3.40	8	1.4	4.18E-04
I	2.50E+03	0.945	5	1.4	7.52E-01
J	2.50E+03	1.92	5	1.4	1.82E-01

注：保守估算，铅的半值层取 200kV 下数据。

表 11-3 散射辐射剂量率的计算结果

关注点	H_0 $\text{mGy} \cdot \text{m}^2/\text{mA} \cdot \text{min}$	I mA	R_s m	X mm	TVL mm	$\frac{F \cdot a}{R_0^2}$ 因子	$\dot{H}_{\text{散}}$ $\mu\text{Sv/h}$
G	8.9	0.5	1.01	5	0.96	7.88E-02	1.28E-01
H			3.4	8	0.96		8.45E-06
I			0.873	5	0.96		1.71E-01
J			1.84	5	0.96		3.85E-02

注：根据 GBZ/T250-2014 中表 2，散射辐射的 TVL 取 150kV 下的数据。

(3) 关注点辐射剂量率预测最终结果：在射线装置正常运行情况下，岩芯 CT 扫描仪的周围剂量当量率的最终计算结果见表 11-4。

表 11-4 岩芯 CT 扫描仪的周围剂量当量率的最终计算结果

关注点	$\dot{H}$ $\mu\text{Sv/h}$	$\dot{H}_{\text{透}}$ $\mu\text{Sv/h}$	$\dot{H}_{\text{散}}$ $\mu\text{Sv/h}$	$\dot{H}_{\text{总}}$ $\mu\text{Sv/h}$
A	1.71E-01	/	/	1.71E-01
B	1.47E-01	/	/	1.47E-01

C	1.71E-01	/	/	1.71E-01
D	2.82E-01	/	/	2.82E-01
E	3.14E-01	/	/	3.14E-01
F	1.44E-01	/	/	1.44E-01
G	/	5.75E-01	1.28E-01	7.03E-01
H	/	4.18E-04	8.45E-06	4.26E-04
I	/	7.52E-01	1.71E-01	9.23E-01
J	/	1.82E-01	3.85E-02	2.21E-01

在正常工作状态下，岩芯 CT 扫描仪配套屏蔽体四周的周围剂量当量率最大为 $7.03E-01 \mu\text{Sv/h}$ ，上方的周围剂量当量率最大为 $9.23E-01 \mu\text{Sv/h}$ ，下方的周围剂量当量率最大为 $2.21E-01 \mu\text{Sv/h}$ 。由于岩芯 CT 扫描仪的操作位在放样防护箱体外大约 1m 处，由于辐射剂量率随着距离的增加，呈平方反比的关系降低，因此可以保守预测，本项目操作位的周围剂量当量率最大为 $7.03E-01 \mu\text{Sv/h}$ （关注点 G）。本项目岩芯 CT 扫描仪所有预测点位均满足本报告要求的：取人员可达区域的屏蔽体外 30cm 处及以外区域的周围剂量当量率不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

11.2.3 有效剂量估算

建设单位预计岩芯 CT 扫描仪每天预热时间最多为 0.5 小时，每天出束测量时间最多为 4 小时，每天出束总计最多为 4.5 小时，每周最多使用 5 天，全年最多使用 200 天。因此，岩芯 CT 扫描仪的周出束时间最多为 22.5 小时，年出束时间最多为 900 小时。

（1）辐射工作人员

本项目操作位的周围剂量当量率最大为 $7.03E-01 \mu\text{Sv/h}$ ，取居留因子为 1，则辐射工作人员的周有效剂量为 $15.8 \mu\text{Sv}$ ，年有效剂量为 0.633mSv 。

（2）公众

①东侧设备间：周围剂量当量率与距离的平方成反比，屏蔽体四周的周围剂量当量率最大为 $7.03E-01 \mu\text{Sv/h}$ ，取距离为 2m，居留因子为 1/16，则东侧设备间公众的周有效剂量为 $0.25 \mu\text{Sv}$ ，年有效剂量为 0.010mSv 。

②南侧户外空地：周围剂量当量率与距离的平方成反比，屏蔽体四周的周围剂量当

量率最大为 $7.03\text{E-}01 \mu\text{Sv/h}$ ，取距离为 4m ，居留因子为 $1/16$ ，则南侧户外空地公众的周有效剂量为 $0.06 \mu\text{Sv}$ ，年有效剂量为 0.002mSv 。

③西侧实验室：周围剂量当量率与距离的平方成反比，屏蔽体四周的周围剂量当量率最大为 $7.03\text{E-}01 \mu\text{Sv/h}$ ，取距离为 4m ，居留因子为 $1/2$ ，则西侧实验室公众的周有效剂量为 $0.49 \mu\text{Sv}$ ，年有效剂量为 0.020mSv 。

④北侧走廊：周围剂量当量率与距离的平方成反比，屏蔽体四周的周围剂量当量率最大为 $7.03\text{E-}01 \mu\text{Sv/h}$ ，取距离为 7m ，居留因子为 $1/16$ ，则北侧走廊公众的周有效剂量为 $0.02 \mu\text{Sv}$ ，年有效剂量为 0.001mSv 。

⑤楼上会议室：周围剂量当量率与距离的平方成反比，屏蔽体上方的周围剂量当量率最大为 $9.23\text{E-}01 \mu\text{Sv/h}$ ，取距离为 4m ，居留因子为 $1/2$ ，则楼上会议室公众的周有效剂量为 $0.65 \mu\text{Sv}$ ，年有效剂量为 0.026mSv 。

⑥楼下停车场：周围剂量当量率与距离的平方成反比，屏蔽体下方的周围剂量当量率最大为 $2.21\text{E-}01 \mu\text{Sv/h}$ ，取距离为 4m ，居留因子为 $1/16$ ，则楼下停车场公众的周有效剂量为 $0.08 \mu\text{Sv}$ ，年有效剂量为 0.003mSv 。

⑦海琴四号楼其余场所：周围剂量当量率与距离的平方成反比，屏蔽体外的周围剂量当量率最大为 $9.23\text{E-}01 \mu\text{Sv/h}$ ，取距离为 5m ，保守估算取居留因子为 1 ，则海琴四号楼其余场所公众的周有效剂量为 $0.83 \mu\text{Sv}$ ，年有效剂量为 0.033mSv 。

⑧海琴四号楼外空地：周围剂量当量率与距离的平方成反比，屏蔽体四周的周围剂量当量率最大为 $7.03\text{E-}01 \mu\text{Sv/h}$ ，取距离为 21m ，居留因子为 $1/16$ ，则海琴四号楼外空地公众的周有效剂量为 $<0.01 \mu\text{Sv}$ ，年有效剂量为 $<0.001\text{mSv}$ 。

(3) 小结

根据以上估算结果，辐射工作人员的周有效剂量最大为 $15.8 \mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大为 0.633mSv ；公众的周有效剂量最大为 $0.83 \mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大为 0.033mSv ，均可以满足本报告提出的：取辐射工作人员的周有效剂量约束值为 $100 \mu\text{Sv}$ ，年有效剂量约束值为 5mSv ；公众的周有效剂量约束值为 $5 \mu\text{Sv}$ ，年有效剂量约束值为 0.25mSv 。

11.3.加速器质谱仪运行阶段对环境的影响

11.3.1 关注点辐射剂量率的计算方法

关注点的剂量率 H 可按下式计算：

$$H = \frac{H_0}{R^2} \cdot B$$

式中：

H_0 ——辐射源点 1m 处的周围剂量当量率；

B ——屏蔽透射因子，当没有进行实体屏蔽时， B 值取 1；

R ——辐射源点至关注点的距离。

11.3.2 关注点的选取及剂量率估算

本次评价选取 C112 室外代表性区域作为预测目标点（各预测目标点位于 C112 室外 30cm 处），见图 11-3。

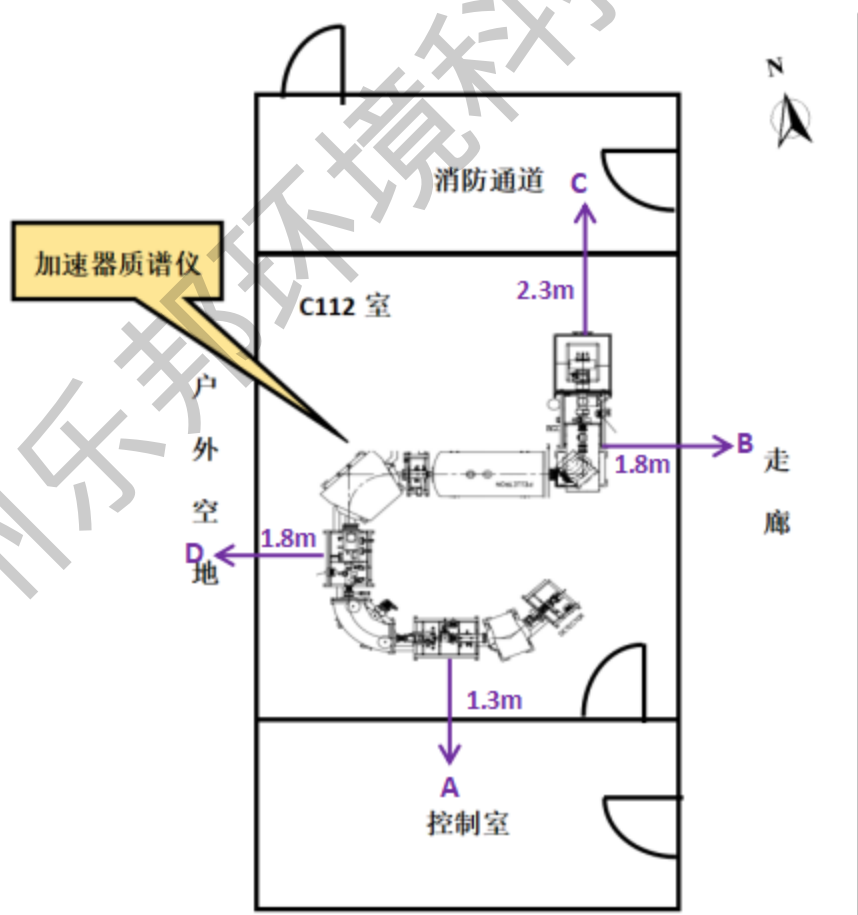


图 11-3 加速器质谱仪关注点布置图

在进行关注点的周围剂量当量率估算时,辐射源点 1m 处的周围剂量当量率的取值,根据生产厂家提供的周围剂量当量率分布图来选取。生产厂家提供的辐射测量图见图 11-4 和附件 7。保守估算,在计算加速器质谱仪所在房间的四周墙体外的周围剂量当量率时, H_0 取关注点所在方向上,加速器质谱仪的实测最大值;在计算加速器质谱仪所在房间的楼上和楼下的周围剂量当量率时, H_0 取加速器质谱仪所有测点的实测最大值。关注点的周围剂量当量率的计算结果见表 11-5。

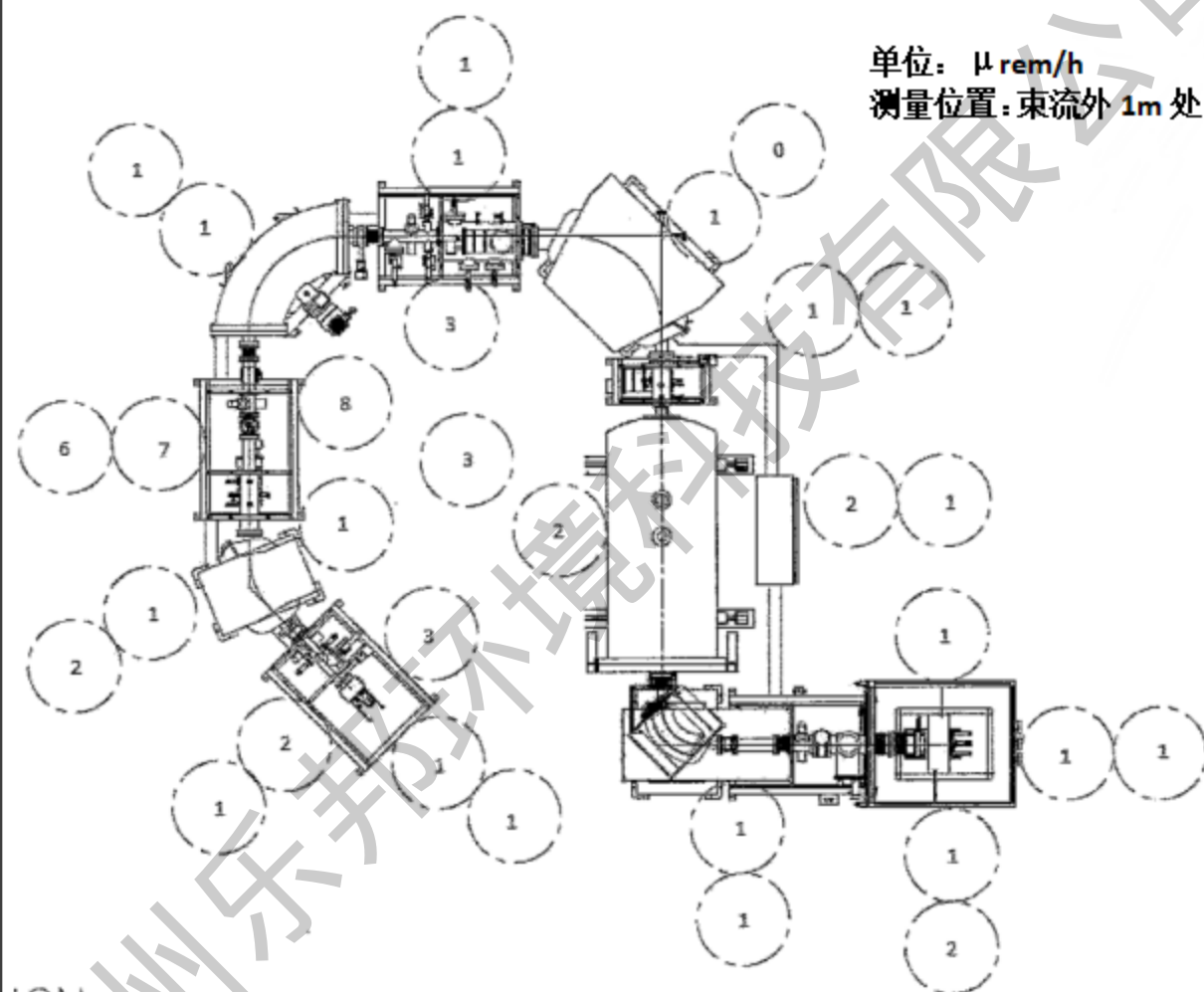


图 11-4 加速器质谱仪生产厂家提供的辐射测量图

表 11-5 关注点的周围剂量当量率的的计算结果

关注点	H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	B	R (m)	H ($\mu\text{Sv/h}$)
A	0.07	1	1.3	0.041
B	0.02	1	1.8	0.006
C	0.01	1	2.3	0.002
D	0.01	1	1.8	0.003
楼上	0.08	1	4.0	0.005

	楼下	0.08	1	4.3	0.004
--	----	------	---	-----	-------

注：1 $\mu\text{rem/h}=0.01 \mu\text{Sv/h}$ 。在计算楼上和楼下的周围剂量当量率时，距离 R 考虑了楼层高度进行保守取值。

在正常工作状态下，加速器质谱仪所在房间外的周围剂量当量率最大为 0.041 $\mu\text{Sv/h}$ 。本项目所有预测点位均满足本报告要求的：取人员可达区域的屏蔽体外 30cm 处及以外区域的周围剂量当量率不大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 。

11.3.3 有效剂量估算

建设单位预计加速器质谱仪每天出束测量时间最多为 2 小时，每周最多使用 5 天，全年最多使用 200 天。因此，加速器质谱仪的周出束时间最多为 10 小时，年出束时间最多为 400 小时。

(1) 辐射工作人员

本项目控制室的周围剂量当量率为 0.041 $\mu\text{Sv/h}$ ，取居留因子为 1，则辐射工作人员的周有效剂量为 9.23 μSv ，年有效剂量为 0.369mSv。

(2) 公众

①东侧走廊：东侧走廊的周围剂量当量率为 0.006 $\mu\text{Sv/h}$ ，居留因子为 1/16，则东侧走廊公众的周有效剂量<0.01 μSv ，年有效剂量<0.001mSv。

②西侧户外空地：西侧户外空地的周围剂量当量率为 0.003 $\mu\text{Sv/h}$ ，居留因子为 1/16，则西侧户外空地公众的周有效剂量<0.01 μSv ，年有效剂量<0.001mSv。

③北侧消防通道：北侧消防通道的周围剂量当量率为 0.002 $\mu\text{Sv/h}$ ，居留因子为 1/16，则北侧消防通道公众的周有效剂量<0.01 μSv ，年有效剂量<0.001mSv。

④楼上实验室：楼上实验室的周围剂量当量率为 0.005 $\mu\text{Sv/h}$ ，居留因子为 1/2，则楼上实验室公众的周有效剂量为 0.02 μSv ，年有效剂量为 0.001mSv。

⑤楼下停车场：楼下停车场的周围剂量当量率为 0.004 $\mu\text{Sv/h}$ ，居留因子为 1/16，则楼下停车场公众的周有效剂量<0.01 μSv ，年有效剂量为<0.001mSv。

⑥海琴四号楼其余场所：周围剂量当量率与距离的平方成反比，取加速器质谱仪所在房间外周围剂量当量率的最大值 0.041 $\mu\text{Sv/h}$ ，取距离为 5m，保守估算取居留因子为 1，则海琴四号楼其余场所公众的周有效剂量为 0.02 μSv ，年有效剂量为 0.001mSv。

⑦海琴四号楼外空地：周围剂量当量率与距离的平方成反比，取加速器质谱仪所在房间外周围剂量当量率的最大值 $0.041 \mu\text{Sv/h}$ ，取距离为 2m ，取居留因子为 $1/16$ ，则海琴四号楼其余场所公众的周有效剂量为 $<0.01 \mu\text{Sv}$ ，年有效剂量为 $<0.001\text{mSv}$ 。

(3) 小结

根据以上估算结果，辐射工作人员的周有效剂量最大为 $9.23 \mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大为 0.369mSv ；公众的周有效剂量最大为 $0.02 \mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大为 0.001mSv ，均可以满足本报告提出的：取辐射工作人员的周有效剂量约束值为 $100 \mu\text{Sv}$ ，年有效剂量约束值为 5mSv ；公众的周有效剂量约束值为 $5 \mu\text{Sv}$ ，年有效剂量约束值为 0.25mSv 。

11.4. 事故期间的风险分析

(1) 可能发生的辐射事故

岩芯 CT 扫描仪：①放样防护箱体前（后）面级的屏蔽体的安全联锁发生故障，未关闭时启动了岩芯 CT 扫描仪，进行出束作业，对周围的公众造成外照射；②由于设备故障、控制系统失效、人为事故等原因引起意外照射。

加速器质谱仪：①设备出现故障且联锁失效，在不符合出束条件下进行了出束，导致产生额外 X 射线，对周围人员造成影响，影响途径为外照射；②设备在维修维护过程中，工作人员错误操作，接通电源并出束，则可能造成误照事故。

(2) 预防措施

本项辐射事故的发生主要是在管理上出问题，因此，本项目的预防措施主要为严格执行各项管理制度，严格遵守设备的操作规程，进行辐射工作前检查是否已按要求做好各种相应的辐射防护措施，并定期检查辐射屏蔽和各项辐射安全措施的性能，及有关的安全警示标志是否正常工作，避免辐射事故的发生。本项目的主要预防措施如下：

- ① 认真组织辐射工作人员参加辐射防护培训及专业技术的知识学习，使用射线装置的工作人员必须通过辐射安全防护培训考核后，才可持证上岗；
- ② 配备自行监测设备，并正确使用；
- ③ 定期进行的辐射防护检测，如有异常，及时整改；

④ 严格落实各项辐射防护措施，并定期检查，确保各项辐射防护措施可以有效使用。

⑤ 定期组织辐射工作人员进行职业健康检查，工作人员职业照射个人剂量监测档案终生保存；

⑥ 应对辐射工作人员的辐射安全管理制度执行情况进行监督、检查，确保各项规章制度的落实。

(3) 一旦发生误照事故，处理的步骤是：

① 立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，即第一时间按下紧急开关，使射线装置停止出束。

② 及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查。

③ 及时处理，出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理。这样，可缩小事故影响，减少事故损失。

④ 事故处理后应收集资料，及时总结报告。建设单位对于辐射事故进行记录：包括事故发生的时间和地点，所有涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；所做的医学检查及结果；采取的纠正措施；事故的可能原因；为防止类似事件再次发生所采取的措施。

表 12 辐射安全管理

12.1.辐射安全与环境管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021 年第四次修改)的相关规定,建设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。

建设单位已成立了辐射防护管理委员会。建设单位承诺,在落实本项目的相关人员后,将进一步完善辐射防护管理委员会。辐射防护管理委员会组织机构如下:

委员会主任:方绵

辐射安全负责人:俸月星、朱志明、边舫

成员:周玮、王成明、董晓涵、周美玲、陈彬、王志炜

辐射防护管理领导小组的主要职责为:

- 1.制定并完善辐射安全管理相关制度,确保相关制度的落实。
- 2.组织实施辐射工作人员的辐射安全与防护培训、职业健康检查及个人剂量检测工作,建立个人健康监护档案。
- 3.定期对辐射工作场所和设备进行辐射防护检测、监测和检查。
- 4.定期对辐射安全与防护工作进行督查,检查辐射工作人员的技术操作情况,管理制度落实情况,指导做好辐射工作场所管理和人员防护,杜绝辐射安全事故的发生。
- 5.制定辐射事故应急处理预案,并定期(每年一次)组织辐射事故应急演练。
- 6.对本单位的核技术利用项目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。

建设单位的辐射安全与环境管理机构的设置可以满足相关标准要求。

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许可管理办法》(2021 年第四次修改),使用放射性同位素、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、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等；有完善的辐射事故应急措施。

建设单位已制定了《辐射防护管理委员会及其职责》《辐射安全培训规定》《操作人员健康管理办法》《岩芯 CT 操作全流程》《加速器质谱仪操作规程》和《事故应急预案》等（见附件 6），通过管理制度规定了辐射工作人员、辐射工作场所和射线装置的管理等方案。

建设单位承诺，随着本项目的推进，相关人员的落实，建设单位将进一步修订完善相关规章制度。建设单位制定的辐射安全管理规章制度满足相关标准要求。

12.3.辐射工作人员的培训

根据生态环境部《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（2019 年，第 57 号）的相关要求，自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。

建设单位拟为岩芯 CT 扫描仪和加速器质谱仪分别新配备 1 名辐射工作人员，总计新配备 2 名辐射工作人员。目前，建设单位的辐射工作人员名单尚未落实。

建设单位承诺，在辐射工作人员落实后，将安排辐射工作人员在生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名学习并参加考核，保证项目建设完成后辐射工作人员能凭考核合格后的成绩单上岗。

12.4.其它辐射安全措施

评价项目正式开展后，建设单位将对本单位的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。

12.5.辐射监测

(1) 环保措施竣工环境保护验收

本项目竣工后，建设单位应当按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的规定，组织对本项目进行验收，验收期限不超过 3 个月。本项目经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

验收监测时,需委托有相关资质的单位对射线装置外的周围剂量当量率进行监测。检测时仪器探头垂直于屏蔽体,距屏蔽体外表面 30cm。

验收时,建设单位的验收小组应依据本环评报告,针对辐射安全防护措施等进行核查,包括辐射安全措施的安装位置、使用情况、是否满足环评报告中的设备功能要求等进行核查。若与环评报告不一致,应立即整改,在整改完成前,不得将射线装置投入使用。

对本项目进行验收时,可依据下列文件进行:

①关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的公告,环境保护部文件 国环规环评(2017)4号;

② 中华人民共和国国务院令第 682 号,国务院关于修改《建设项目环境保护管理条例》的决定(2017 年 10 月 1 日起施行);

③关于公开征求《关于规范建设单位自主开展建设项目竣工环境保护验收的通知(征求意见稿)》意见的通知,环境保护部办公厅函 环办环评函[2017]1235 号;

④本项目环评报告及批复文件。

建设单位在环境保护设施验收过程中,应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况,核查落实辐射安全与防护的所有安全措施,保证严格落实环境影响评价过程中的全部安全措施,不得弄虚作假。建设单位将依法向社会公开验收报告。

(2) 日常自行监测

本项目投入使用后,建设单位将使用现有的 1 台 CM7102 型辐射实时检测报警仪用于岩芯 CT 扫描仪的日常自行监测,使用现有的 1 台 CM7102 型和 1 台 RG1000 型辐射实时检测报警仪用于加速器质谱仪的日常自行监测,确保项目的正常安全开展。

(4) 年度常规监测

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)的相关规定,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。

建设单位将严格执行辐射监测计划，定期委托有相关资质的第三方辐射监测机构对建设单位的辐射工作场所进行监测。

年度监测数据将作为本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况年度评估报告的一部分，定期上报生态环境行政主管部门。本项目的辐射监测一览表见表 12-1。

表 12-1 辐射监测一览表

监测类别	监测因子	频率	监测单位	监测范围	控制水平	超标处理方案
验收监测	周围剂量当量率	安装调试后	委托有资质单位	岩芯 CT 扫描仪： 屏蔽体外表面	外表面 30cm 处 ≤2.5 μSv/h	及时查找原因 并整改直至符合 要求
日常监测		1 次/月	建设单位	加速器质谱仪： 所在房间外表面		
年度监测		1 次/年	委托有资质单位			
个人剂量监测	个人剂量当量	1 次/季度	委托有资质单位	所有辐射工作人员	每年 ≤5mSv	调查原因，规范管理

12.6. 辐射事故应急

建设单位已成立了事故应急领导小组（见附件 6）。建设单位承诺在落实本项目的相关人员后，将进一步完善应急预案，明确辐射事故应急小组联系人。辐射事故应急小组的工作职责是平时做好放射事故应急准备工作，一旦有事故发生时能按照程序启动应急方案。

为有效处理核技术利用项目开展过程中可能产生的辐射事故，强化辐射事故应急处理责任，最大限度地控制事故危害，建设单位制定了《事故应急预案》（见附件 6）。在《事故应急预案》规定了应急响应程序及操作流程。建设单位承诺，随着项目的开展，将对《事故应急预案》进一步细化完善。建设单位的辐射事故应急预案可以满足要求。

表 13 结论与建议

13.1.结论

南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海),在广东省珠海市香洲区唐家湾镇大学路2号海琴四号楼首层B111室,拟使用1台GeoScan200型岩芯CT扫描仪用于岩芯样品内部的宏观构造的分析测量;在广东省珠海市香洲区唐家湾镇大学路2号海琴四号楼首层C112室,拟使用1台XCAMS型加速器质谱仪用于C、Be或Al元素的同位素比值高精度测量。

13.1.1. 辐射安全与防护分析结论

本项目射线装置的辐射屏蔽设计方案可以满足辐射防护要求,拟配备和安装的辐射防护设施的数量和规格同样满足相关标准要求。

建设单位拟对本项目的辐射工作场所实行分区管理,将工作场所划分为监督区和控制区,执行对应的管理措施。

13.1.2. 环境影响分析结论

本项目所在位置及其周边场所的室内测量结果为168~186 nGy/h,道路测量结果为128~150 nGy/h,原野测量结果为113~155 nGy/h,与《中国环境天然放射性水平》的珠海地区的室内、道路和原野的 γ 辐射剂量率的调查水平相比,本项目所在位置及其周围场所的环境 γ 辐射剂量率的调查水平未见异常。

本项目施工期的环境影响是短暂的、可逆的,随着施工期的结束而消失。施工单位在严格按照有关规定采取相关措施进行污染防治,并加强监管后,本项目施工期对周围环境的影响可降低到最小。

本项目运行阶段,正常情况下,关注点的周围剂量当量率均可以满足本报告提出的:取人员可达区域的屏蔽体外30cm处及以外区域的周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。辐射工作人员和公众的有效剂量均可以满足本报告提出的:辐射工作人员的周有效剂量约束值为 $100\mu\text{Sv}$,年有效剂量约束值为 5mSv ;公众的周有效剂量约束值为 $5\mu\text{Sv}$,年有效剂量约束值为 0.25mSv 。

建设单位已初步建立了辐射安全与环境保护管理机构,初步制定了辐射事故应急

预案等辐射安全管理规章制度。

13.1.3. 可行性分析结论

建设单位进行核技术利用项目的建设，符合国家相关政策法规，使用岩芯 CT 扫描仪进行岩芯样品内部的宏观构造的分析测量，使用加速器质谱仪进行 C、Be 或 Al 元素的同位素比值高精度测量，可以有效提升科研水平。本次评价项目实施所获得的利益远大于可能因辐射实践所造成的损害。

本评价项目建设方案中已按照环境保护法规和有关辐射防护要求进行了设计，建设过程如能严格按照设计方案进行施工，并且完善 13.2 建议和承诺中的内容，则本项目正常运行时，对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，从环境保护和辐射防护角度论证，该评价项目是可行的。

13.2. 建议和承诺

建设单位承诺落实以下环境保护措施：

- (1) 在岩芯 CT 扫描仪和加速器质谱仪取得环评批复前，保证不启用相关设备。同时，加强对射线装置的管理。
- (2) 落实辐射工作人员参加相关考核，保证辐射工作人员持证上岗，并佩戴个人剂量计上岗，定期送检，建立个人计量档案。
- (3) 落实辐射措施设施，并在项目投入使用后定期检查安全措施，保证安全措施能正常运作。
- (4) 完善规章制度，并张贴悬挂各规章制度于控制室墙面上。

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

珠海市生态环境局高新分局

珠环函（高新）〔2023〕95 号

关于对Ⅱ类射线装置加强管理的提醒函

南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）：

我分局近期在巡查时，发现中山大学珠海校区海琴四号楼实验室正在建设的Ⅱ类射线装置存在环境影响评价文件未经批准，已擅自开工建设的违法行为，涉嫌违反了《中华人民共和国环境影响评价法》第二十五条：“建设项目的环境影响评价文件未依法经审批部门审查或者审查后未经批准的，建设项目不得开工建设”的规定。

现责令贵单位在取得生态环境部门审查批准前，不得开工建设或者启用相关设备，并加强对射线装置的管理，于 2023 年 6 月 30 日前将该项目的相关资料、整改情况书面报我分局，逾期未改正的，我分局将依法处理。

专此函达。

(此页无正文)



(联系人：程家达，联系电话：0756-3621903、13[REDACTED]2)

公开方式：依申请公开

附件 2 项目委托书

委 托 书

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》等法律法规要求，现委托 广州乐邦环保科技有限公司 对我单位核技术利用建设项目进行 环境影响评价，项目基本信息如下：

单位名称	南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）		
项目名称	南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）核技术利用建设项目		
建设地点	广东省珠海市香洲区唐家湾镇大学路 2 号海琴四号楼首层 B111 室和 C112 室		
项目总投资	3050 万	环保投资	150 万
项目联系人	彭皓楷	联系电话	
项目性质	新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☒		
建设内容	在广东省珠海市香洲区唐家湾镇大学路 2 号海琴四号楼首层 B111 室，安装使用 1 台岩芯 CT 扫描仪；在广东省珠海市香洲区唐家湾镇大学路 2 号海琴四号楼首层 C112 室，安装使用 1 台加速器质谱仪。设备参数见附件。		

南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）



附件：(1) 岩芯 CT 扫描仪参数

名称	岩芯 CT 扫描仪
数量	1 台
型号	GeoScan200
最大管电压	180kV
最大管电流	0.5mA
有用线束张角	72°
滤过条件	3mm 铝
生产厂家	天津三英精密仪器股份有限公司
使用位置	海琴四号楼首层 B111 室
用途	岩芯样品内部的宏观构造的分析测量
岩芯样品尺寸	直径≤145mm、长度≤2000mm
探测器	数字平板探测器

(2) 加速器质谱仪参数

名称	加速器质谱仪
数量	1 台
型号	XCAMS
加速粒子	C ⁺ 、Be ⁺ 或 Al ⁺
最大能量	1MeV
最大束流	加速粒子为 C ⁺ 时，最大束流为 50 μA 加速粒子为 Be ⁺ 时，最大束流为 4 μA 加速粒子为 Al ⁺ 时，最大束流为 0.3 μA
测量精度	优于千分之三
生产厂家	National Electuostatics Corp.
使用位置	海琴四号楼首层 C112 室
用途	C、Be 或 Al 元素的同位素比值高精度测量

附件 3 III类射线装置环评备案回执

建设项目环境影响登记表

填报日期：2023-07-11

项目名称	南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）X射线衍射仪、岩芯XRF扫描仪、顺序扫描式X射线荧光光谱仪、X射线单晶体衍射仪、X射线衍射仪、X射线光电子能谱仪、X射线荧光分析仪应用项目		
建设地点	广东省珠海市香洲区唐家湾镇大学路2号海琴四号C209、B223、B111、A128、D408、D406	占地面积(m²)	305.84
建设单位	南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）	法定代表人或者主要负责人	陈大可
联系人	彭皓楷	联系电话	18600000000
项目投资(万元)	1823.38	环保投资(万元)	3
拟投入生产运营日期	2023-07-20		
建设性质	新建		
备案依据	该项目属于《建设项目环境影响评价分类管理名录》中应当填报环境影响登记表的建设项目，属于第172 核技术利用建设项目项中销售I类、II类、III类、IV类、V类放射源的；使用IV类、V类放射源的；医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的；销售非密封放射性物质的；销售II类射线装置的；生产、销售、使用III类射线装置的。		
建设内容及规模	一、建设内容 使用X射线衍射仪，岩芯XRF扫描仪，顺序扫描式X射线荧光光谱仪、X射线单晶体衍射仪、X射线衍射仪、X射线光电子能谱仪、X射线荧光分析仪共7台III类射线装置。 二、建设规模 1、使用X射线衍射仪，型号：Dmax RAPID-V，数量1台（最大管电压40kV，最大管电流30mA），放置于海琴四号楼B223。 2、使用岩芯XRF扫描仪，型号：Itrax FleXRay XRF Scanner，数量1台（最大管电压30kV，最大管电流2mA），放置于海琴四号楼B111。 3、使用顺序扫描式X射线荧光光谱仪，型号：ARL PERFORM' X，数量1台（最大管电压70kV，最大管电流140mA），放置于海琴四号楼C209。 4、使用X射线单晶体衍射仪，型号：XtaLAB Synergy，数量1台（最大管电压60kV，最大管电流65mA），放置于海琴四号楼A128。 5、使用X射线衍射仪，型号：D8 ADVANCE，数量1台（最大管电压60kV，最大管电流60mA），放置于海琴四号楼D408。 6、使用X射线光电子能谱仪，型号：Escalab QXi，数量1台（最大电压15kV，最大电流20mA），放置于海琴四号楼D406。 7、使用X射线荧光分析仪，型号：VCA，数量1台（最大电压50kV，最大电流200μA），放置于海琴四号楼D408。		

主要环境影响	辐射环境影响	采取的环保措施及排放去向	环保措施：1、警示标识：射线装置警示标志及中文警示说明，并在射线装置周围张贴了警戒线，告诫无关人员勿靠近辐射场所；2、屏蔽防护措施：射线装置具有自屏蔽设施及高压自断电保护措施；由专业人员进行维修和检测；3、防护用品和监测仪器：为辐射工作人员配备个人剂量计，配备辐射监测仪；4、安全管理措施：1、有管理人员负责辐射安全管理；2、规章制度：射线装置检修维护制度、射线装置检修维护计划、辐射监测方案、辐射事故应急预案；3、个人剂量检定、体检、个人健康档案；4、辐射工作人员参加辐射安全和防护知识培训及考核；5、定期委托有资质的第三方检测机构对辐射工作场所进行检测。
承诺：南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）陈大可承诺所填写各项内容真实、准确、完整，建设项目符合《建设项目环境影响登记表备案管理办法》的规定。如存在弄虚作假、隐瞒欺骗等情况及由此导致的一切后果由南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）陈大可承担全部责任。 法定代表人或主要负责人签字：陈大可			
备案回执 该项目环境影响登记表已经完成备案，备案号：202344040200000164。			

附件 4 建设单位持有的辐射安全许可证



The image shows a Radiation Safety License (辐射安全许可证) issued by the Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. The license is framed by a green border with a repeating geometric pattern. At the top center is the national emblem of China. The title '辐射安全许可证' is prominently displayed in the center. Below the title, the text states that the license is issued according to the 'Law of the People's Republic of China on the Prevention and Control of Radioactive Pollution' and the 'Regulations on the Safety and Protection of Radioactive Isotopes and Radiation Devices'. The license details include the unit name (Southern Marine Science and Engineering Guangdong Provincial Laboratory (Zhuhai)), address (No. 4, Haiqin Road, Tangjiawan Town, Xangzhou District, Zhuhai City, Guangdong Province), legal representative (Chen Dake), and the scope (Use of Class III radiation devices). The certificate number is C0339, and it is valid until August 15, 2028. A QR code is located on the bottom left. The bottom right features the issuing authority (Zhuhai City Ecology and Environment Bureau) and the issuing date (August 16, 2023). The license is issued by the Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China.

辐射安全许可证

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称： 南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）

地 址： 广东省珠海市香洲区唐家湾镇大学路2号海琴四号

法定代表人： 陈大可

种类和范围： 使用Ⅲ类射线装置。

证书编号： 粤环辐证[C0339]

有效期至： 2028 年 08 月 15 日



发证机关： 珠海市生态环境局

发证日期： 2023 年 08 月 16 日

中华人民共和国生态环境部制

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）		
地址	广东省珠海市香洲区唐家湾镇大学路2号海琴四号		
法定代表人	陈大可	电话	0756-2612112
证件类型	身份证	号码	34012119800101012
涉源部门	名称	地址	负责人
	D406	广东省珠海市香洲区唐家湾镇大学路2号海琴四号D406	边昉
	D408	广东省珠海市香洲区唐家湾镇大学路2号海琴四号D408	边昉
	A128	广东省珠海市香洲区唐家湾镇大学路2号海琴四号A128	朱志明
	B223	广东省珠海市香洲区唐家湾镇大学路2号海琴四号B223	俸月星
	C209	广东省珠海市香洲区唐家湾镇大学路2号海琴四号C209	俸月星
	B111	广东省珠海市香洲区唐家湾镇大学路2号海琴四号B111	俸月星
种类和范围	使用III类射线装置。		
许可证条件			
证书编号	粤环辐证[C0339]		
有效期至	2028 年 08 月 15 日		
发证日期	2023 年 08 月 16 日（发证机关章）		

(三) 射线装置

证书编号: 粤环辐证[C0339]

91



广州乐邦环境科技有限公司

检 测 报 告

报告编号: LBHJ-2023-053-DL23032

项目名称: 南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海)核
技术利用建设项目环境 γ 辐射剂量率检测

检测类别: 环评检测

委托单位: 南方海洋科学与工程
广东省实验室(珠海)

广州乐邦环境科技有限公司

2023 年 09 月 26 日

说明

- 1、报告无本单位报告专用章及骑缝章无效。
- 2、报告无检测人、复核人、签发人的签名无效。
- 3、报告涂改或部分复印无效。
- 4、自送样品的委托检测，其检测结果仅对来样负责。对不可复现的检测项目，结果仅对采样所代表的时间和空间负责。
- 5、对检测结果有异议，可在收到报告之日起一个月内向我公司提出书面复检申请，逾期不予受理。

本机构通讯资料:

单位名称: 广州乐邦环境科技有限公司

地 址: 广州市番禺区洛浦北环路9号5栋225室5栋226室

电 话: 020-36298507

邮 编: 511431

广州乐邦环境科技有限公司 检 测 报 告

项目概况:

受南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海)委托,我公司对南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海)核技术利用项目的拟建位置及其周边场所进行环境 γ 辐射剂量率检测。

检测方法:

《环境 γ 辐射剂量率检测技术规范》(HJ1157-2021)

检测仪器:

X- γ 辐射剂量率仪(6150AD 6/H+6150AD-5/H)

仪器编号: 171412(主机)+176695(探头)

生产厂家: AUTOMESS

测量范围: 1nSv/h~99.9 μ Sv/h

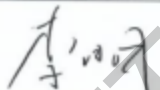
能量范围: 38keV~7MeV

检定单位: 广东省辐射剂量计量检定站

证书编号: GRD(1)20230390

检定日期: 2023年08月01日

有效期: 1年

测量时环境状况	天气: 晴	温度: 32℃	相对湿度: 58%
检测概况	检测人员:	叶惠超、李明	
	检测日期:	2023 年 9 月 19 日	
检测结果: 南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海)核技术利用项目的拟建位置及其周边场所的环境γ辐射剂量率的检测结果如下(详细结果见附页): 环境γ辐射剂量率的范围为 113 nGy/h ~ 186 nGy/h; 测量值均已扣除仪器对宇宙射线的响应值。			
报告签署:			
编制人:		日期:	2023. 9. 26
复核人:		日期:	2023. 9. 26
签发人:		日期:	2023. 9. 26
检测单位印章: 广州乐邦环境科技有限公司 (检验检测专用章) 			

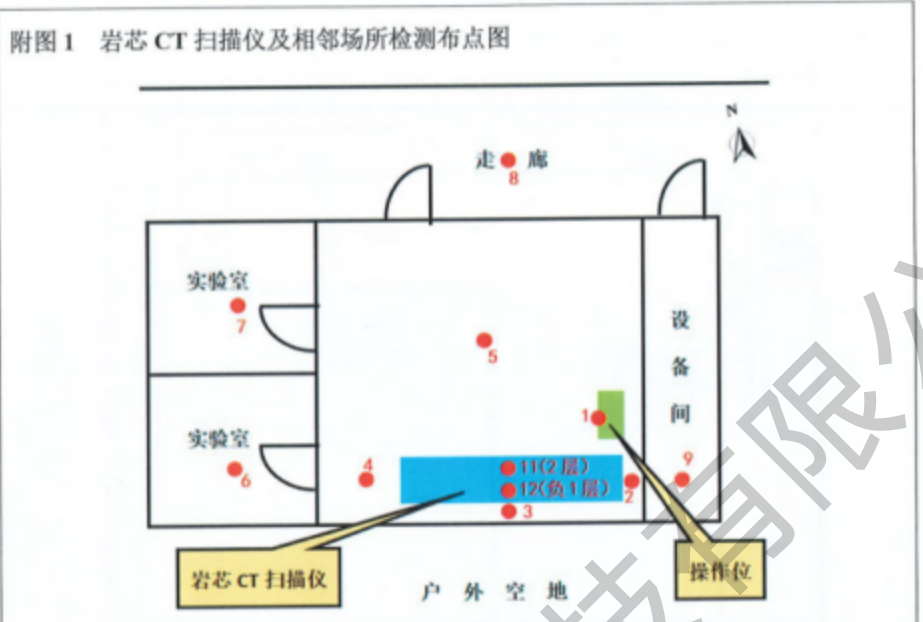
附表 环境 γ 辐射剂量率检测结果 (nGy/h)

测点 编号	测量位置	检测结果		备注
		平均值	标准差	
1	岩芯CT扫描仪操作位	169	2	楼房
2	岩芯CT扫描仪所在房间	176	2	楼房
3	岩芯CT扫描仪所在房间	178	1	楼房
4	岩芯CT扫描仪所在房间	171	2	楼房
5	岩芯CT扫描仪所在房间	172	1	楼房
6	岩芯CT扫描仪西侧约 6m处实验室	169	1	楼房
7	岩芯CT扫描仪西北侧约 8m处实验室	176	1	楼房
8	岩芯CT扫描仪北侧约 9m处走廊	169	2	楼房
9	岩芯CT扫描仪东侧约 4m处设备间	186	2	楼房
10	岩芯CT扫描仪南侧约 6m处空地	142	2	室外草地
11	岩芯CT扫描仪楼上会议室	177	2	楼房
12	岩芯CT扫描仪楼下停车场	169	2	楼房
13	加速器质谱仪所在房间	171	2	楼房
14	加速器质谱仪所在房间	174	1	楼房
15	加速器质谱仪所在房间	176	2	楼房
16	加速器质谱仪所在房间	168	2	楼房
17	加速器质谱仪所在房间	179	2	楼房
18	加速器质谱仪南侧约 4m处控制室	178	2	楼房
19	加速器质谱仪东侧约 5m处走廊	182	2	楼房
20	加速器质谱仪北侧约 5m处消防通道	181	1	楼房
21	加速器质谱仪西侧约 6m处空地	134	1	室外草地
22	加速器质谱仪楼上实验室	171	1	楼房
23	加速器质谱仪楼下停车场	176	2	楼房
24	岩芯CT扫描仪东北侧约 18m处实验室	169	2	楼房
25	岩芯CT扫描仪东南侧约 29m处辅助用房	177	2	楼房

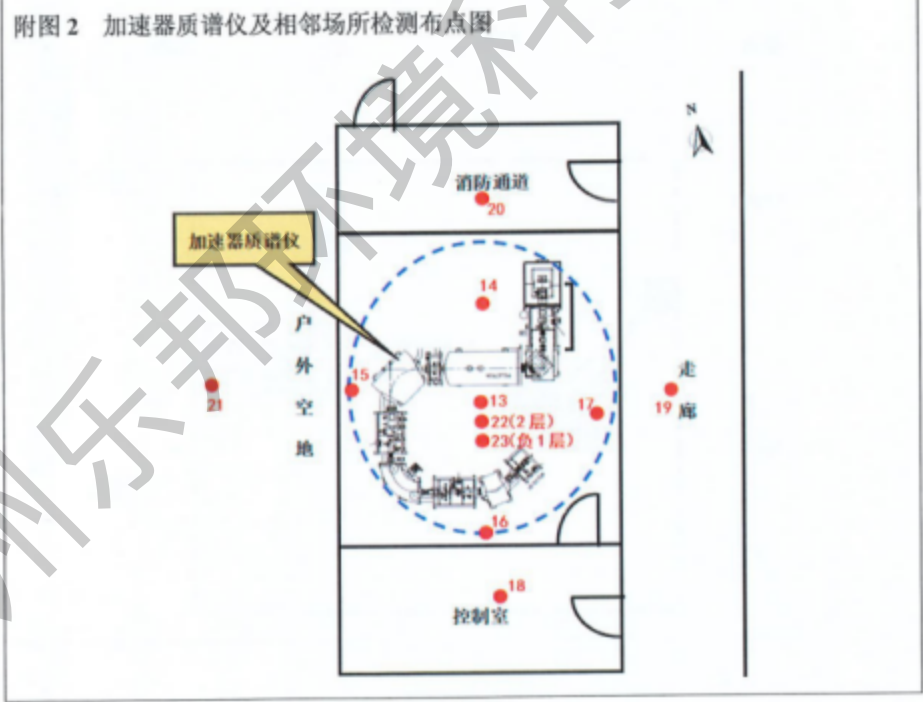
26	加速器质谱仪东北侧约 28m处实验室	169	2	楼房
27	岩芯CT扫描仪南侧约 50m处大型设备间	179	1	楼房
28	加速器质谱仪东侧约 8m处实验室	170	2	楼房
29	加速器质谱仪南侧约 50m处走廊	179	2	楼房
30	岩芯CT扫描仪东侧约 50m处空地	150	1	室外道路
31	岩芯CT扫描仪北侧约 50m处空地	128	1	室外道路
32	加速器质谱仪北侧约 50m处空地	149	1	室外道路
33	加速器质谱仪西侧约 50m处空地	113	2	室外草地
34	加速器质谱仪南侧约 50m处空地	155	2	室外草地

注: ①测量时, 仪器探头均垂直于地面, 距地面高度约 100cm, 所有测点均记录 10 个读数; ②测量值均已扣除仪器对宇宙射线的响应值 (响应值为 26 nGy/h); ③由于检测仪器校准时使用的校准参考辐射源是 ^{137}Cs , 因此本报告单位换算取换算系数为 1.2Sv/Gy; ④根据 HJ1157-2021 中 5.5 规定, 建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子, 楼房取 0.8, 平房取 0.9, 原野、道路取 1。

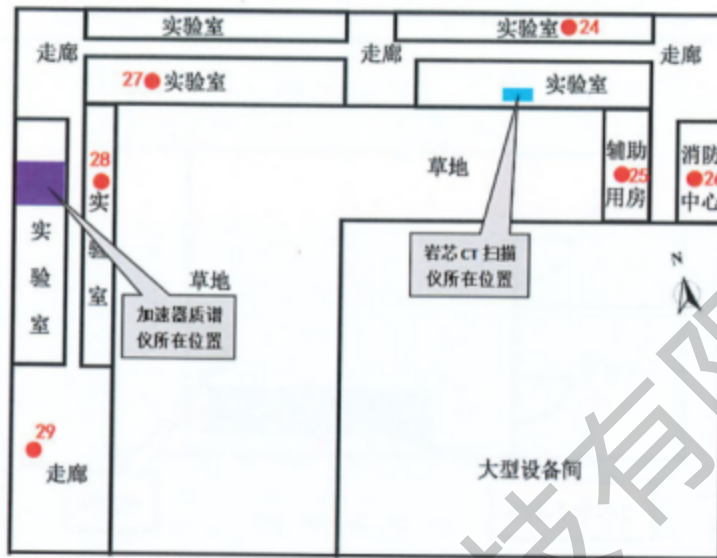
附图1 岩芯 CT 扫描仪及相邻场所检测布点图



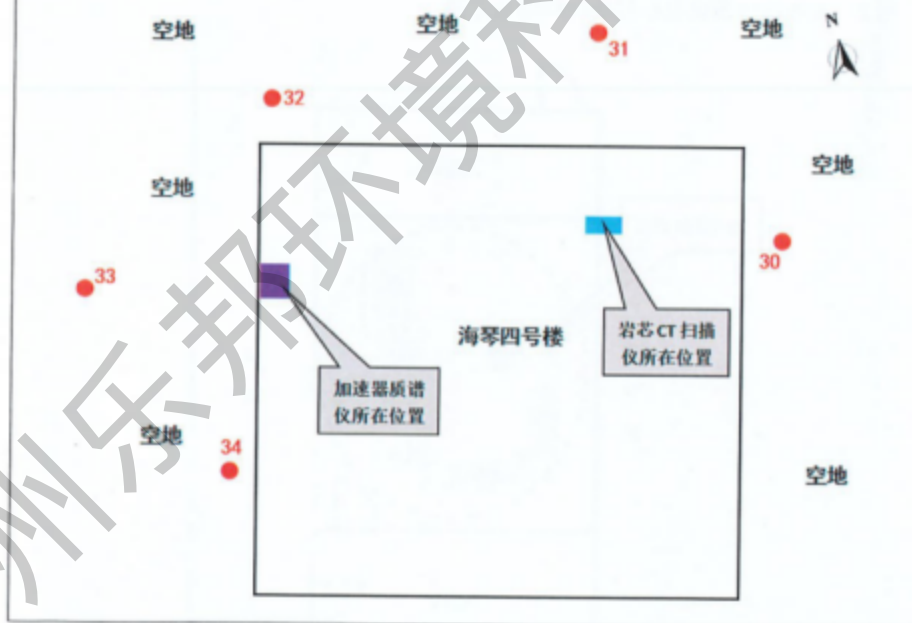
附图2 加速器质谱仪及相邻场所检测布点图



附图3 海琴四号楼首层检测布点图



附图4 海琴四号楼外检测布点图



报告结束

附件6 规章制度

辐射防护管理委员会及其职责

一、辐射防护管理委员会组织机构图

委员会主任：方绵

辐射安全负责人：俸月星、朱志明、边防

成 员：周玮、王成明、董晓涵、周美玲、陈彬、王志炜

秘 书：彭皓楷

二、辐射防护管理委员会职责分工

职务	分 管 职 责
委员会主任	总领辐射运行阶段的各项工作，负责与上级部门进行沟通，直接领导辐射安全负责人和操作人员开展日常工作。
辐射安全负责人	接受委员会主任的领导，并领导操作人员开展日常工作。负责实验室整体辐射防护的部署沟通协调监督工作，负责必要的人财物支持工作，参与辐射安全事故的调查和处理，安排辐射工作人员的辐射安全与防护培训、职业健康体检、个人剂量监测；定期检查辐射安全防护设施、监测环境辐射水平；制定辐射安全防护管理制度。
成 员	接受辐射安全负责人的领导开展日常工作。负责日常辐射安全防护监督工作，熟练掌握加速器设备的操作规程与辐照工艺，能对加速器设备的常规故障进行判断，严格遵守放射防护安全规章制度。
秘 书	接受委员会主任的领导，协助辐射安全负责人及成员完成日常工作，协调委员会与环评单位之间的沟通，负责收集汇总实验室辐射相关资料，负责整理各类资料及文件的保管、存档。

南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）



辐射安全培训规定

为提高南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）从事辐射工作人员的安全防护意识和工作技能，加强辐射安全管理，预防辐射伤害事故，保障辐射工作人员的职业健康与安全，制定辐射工作人员培训计划。

一、从事Ⅲ类射线装置使用活动的辐射工作人员由本单位自行组织考核，已参加集中考核并取得成绩报告单的，原成绩报告单继续有效，经考核合格后，方可从事辐射工作；从事Ⅱ类射线装置使用活动的辐射工作人员应参加集中考核并取得成绩报告单，经考核合格后，方可从事辐射工作。

二、辐射工作人员每5年要重新参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的考核，考核合格后，方可继续从事辐射工作。

三、实验室不定期举办辐射安全培训，加强相关人员的安全责任意识。

四、培训内容

1、学习辐射安全法律法规常识和基本防护知识；

2、学习辐射事故应急救援措施和救援演练。

五、在不定期培训的基础上，辐射安全管理人员要经常对使用射线装置的工作人员和接触人员进行辐射安全教育，提高安全防护意识。

六、建立辐射工作人员培训档案、培训记录、培训教案、培训考核试卷，并按要求妥善保管和存档。

南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）



操作人员健康管理办法

一、本实验室所有辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作；

二、本实验室将组织上岗后的辐射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过2年，必要时可增加临时性检查；

三、辐射工作人员脱离辐射工作岗位时，本实验室将对其进行离岗前的职业健康检查；

四、对参加应急处理或者受到事故照射的辐射工作人员，本实验室将及时组织健康检查工作医疗救治，按照国家有关标准进行医学随访观察；

五、本实验室将在收到职业健康检查报告7日内，将体检结果如实告知辐射工作人员，并将职业健康检查报告整理成档；

六、本实验室为辐射工作人员建立并终生保存其职业健康监护档案。职业健康监护档案应当保存以下内容：

- 1.职业史、既往病史和职业照射接触史；
- 2.历次职业健康检查结果及评价处理意见；
- 3.职业辐射性疾病诊疗、医学随访观察等健康资料。

七、辐射工作人员有权查阅、复印本人的职业健康监护档案。本实验室将如实、无偿提供；

八、辐射工作人员职业健康检查、职业性辐射性疾病的诊断、鉴定、医疗救治和医学随访观察的费用，由本实验室承担；

九、辐射工作人员的保健津贴按照国家有关规定执行。

南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）



岩芯 CT 操作规程

一、开机步骤

本机的开机步骤分为以下几步，开机时请严格按照开机步骤执行：

- 1、打开配电柜 CT 电源开关，注意用电安全；
- 2、打开 UPS 电池组直流电源空气开关；再打开 UPS 电源空气开关，确认输出电压为 220V，按下 UPS 面板开关，长按 3 秒开启。
- 3、转动“总电源开关”按钮至弹出状态，按下启动开关，仪器上电；
- 4、按下使用模块的电源按钮，各模块上电；
- 5、打开前端机工作站，再打开操作与控制软件 Gearsever 进入软件操作界面，此时仪器开启自检功能，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、如果射线源之前没有预热，需要点击射线源开启，射线源会自动预热。
- 6、仪器正常预热完成后，方可进行分析测试操作。

二、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。

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，直至按钮弹出。
- 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。

三、数据采集

•请仔细阅读以下测试步骤，并在实验期间全程佩戴好辐射剂量计，当仪器上方黄色射线开启指示灯亮时切勿靠近仪器！

（绿色指示灯亮起为正常状态，在测试时指示灯为黄色，此时切勿靠近仪器）

- 1、打开软件。双击软件图标打开 Gearsever 操作软件，设备自动进行自检。自检完成显示连接成功。
- 2、打开防护门，放好样品，关闭防护门，并再次确认防护门已闭紧。

3、在软件的“射线源”功能区，对射线源参数进行设置，在目标值中输入合适的电压和电流，按回车键设置生效，然后点击开启，。确定电压和电流均能达到设定值。。（设定电压、电流值遵循以下原则：在保证穿透率尽量高的情况下，背底灰度值不要超过55000。）

4、点击 ，开启实时动态扫描模式。

5、调整平移轴位置。将其移动到零位或者是移动到要扫描区域的位置。

6、关闭实时动态扫描模式。点击关闭快捷键 ，退出实时动态扫描模式。

7、设置 CT 采集参数。使用射线源功能区设置射线源电压、电流以及帧频等条件。

8、点击数据采集功能栏的扫描按钮  扫描，会弹出对话框：基本参数项提示填写样品信息、起始位置（设置为当前位置）、扫描长度（设置为 0）信息；单圈帧数可选择 360 帧、720 帧、1080 帧、1440 帧和 1800 帧；图像合并建议设置 2-3 帧；背底路径选择保存好的背底文件。

9、扫描完成。CT 扫描完成，弹出“扫描完成”提示信息。

四、关机步骤

本仪器的关机步骤分为以下 3 步，关机时请严格按照关机步骤执行：

- 1、确定样品扫描结束，此时指示灯不再为黄色，为绿色或灯灭；
- 2、确认安全后，打开防护门取出样品，然后关好防护门。
- 3、关闭软件；
- 4、关闭工作站，并依次关闭各部件电源开关，按下“总电源开关”按钮关闭总电源，关机完成。
- 5、关闭 UPS：长按电源按钮，等待一分钟 UPS 完全停止工作，再关闭 UPS 电池组直流电源空气开关。
- 6、摘下辐射剂量计，整理好卫生，做好实验登记并在记录表上签字。

南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）



加速器质谱仪操作规程

一、 样品更换准备

1. 从系统控制台将样品盘归零(Home)后, 关闭离子源电源。将控制台离子源钥匙旋至 OFF 位, 并拔出。
2. 用控制台钥匙打开离子源的安全栏门, 将安全钩挂在离子源上部的合适位置确保接地。
3. 将定位杆插入样品盘定位孔, 确保样品盘归零将离子源电源控制由 Remote 调制 Local 位。

二、 样品更换

1. 连接离子源控制线电源, 将样品室位置控制按钮拨至 Retract, 等位置指示红灯亮起后, 将样品闸按钮拨至 Close;
2. 用扳手拧松样品盘处的全部螺丝至无连接后, 将高纯 Ar 气管连接至离子源样品室后, 打开路开关, 将离子源顶部气体控制开关拨至 Vent open, 调节 Ar 气注入速度, 使气压面板读数匀速缓慢上升;
3. 等面板读数不变时(约 23-25 之间), 关闭气路。将气体控制开关调至 Close, 轻轻将样品室打开至足够空间, 用六角板手松开样品盘固定盘的螺丝, 小心取出固定盘和样品盘;
4. 将新的样品盘装上, 确保位置正确无松动后, 用固定盘固定并拧紧螺丝; 将样品室关上, 并拧紧固定螺丝;
5. 插上离子源真空泵电源, 并开启真空泵, 将离子源气路控制按钮拨至 Rough open 位置, 开始抽取样品室真空。

三、 样品更换后续

1. 当样品室真空指示面板小于 0.25 时, 离子源顶部的连锁保护装置 Interlock 绿灯亮起, 将离子源闸门按钮拨至 open, 同时将气体控制按钮拨至 Close, 并关闭真空泵。等闸门控制面板绿灯亮起时, 将样品室控制按钮拨至 Insert;
2. 等样品室归位后, 将定位杆从定位孔拔出。断开离子源电源线和真空泵电源线, 并将电源线摆放至合适位置, 取下安全钩, 调整好接地线位置后将其挂在安全栏上锁上安全栏的两扇门, 并按下离子源的 Alarm 按钮。将离

子源电源控制由 Local 拨至 Remote;

3. 将钥匙插入控制台, 并旋至 On 状态, 如离子源控制部分一切正常, 样品更换完成。

四、每周维护

1. 检查空压缩机的工作状态, 包括是否故障、压力表读数以及过滤系统状态状态;
2. 检查 SF6 监控器的读数, Ar 和 He 的压力表读数, 确保 SF6、Ar 和 He 无泄漏, 及时订购补充储量不足的气体;
3. 检查循环水冷却系统状态, 包括压缩机故障显示、回水温度、冷却水平面位置等;
4. 检查空调工作状态, 确保设备间温湿度稳定在设定区间;
5. 检查设备各个部分的真空状态, 包括机械泵油面位置、分子泵转速。如有异常, 及时处理, 及时做好记录。查看速器中分子泵的工作温度是否在正常范围;
6. 查看离子源冷却液面, 如冷却液不足, 及时添加; 查看 Stripper gas 的压力表值是否在正常范围;
7. 查看磁铁冷却水状态; 查看加速器 SF6 的压力是否变化。

五、清洁周期

每两个月或三个月清洁维护离子源。

六、注意事项

1. 进入实验室换上工作服, 保持实验室卫生;
2. 按实验室管理员培训要求测试样品;
3. 操作有疑问或不确定地方, 停止操作, 联系实验室管理员。

南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海)

2023 年 9 月



辐射事故应急预案

为了加强南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）（以下简称南方海洋实验室）射线装置的安全与防护管理，保障人员的人身安全和财产安全，保护环境，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》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等国家相关法律法规办法，结合本单位实际，编制本预案。

一、工作原则

迅速报告原则、主动抢救原则、生命第一的原则、科学施救，控制危险源，防止事故扩大的原则、保护现场，收集证据的原则。

二、适用范围

本单位使用的是 II 类、III 类射线装置，可能发生的辐射事故有：

1. 可能会因电路故障发生 X 射线输出不停止或防护设施损坏而造成工作人员受到超过年剂量限值的照射；
2. 安全联锁失效，在防护门未关闭时，如果此时射线装置处于运行状态，则可能造成误照事故；
3. 设备维护或维修调试过程中，工作人员错误操作，接通电源并出束，则可能造成误照事故。

三、应急组织与职能

3.1 辐射事故应急处理小组

组长：方锦（[REDACTED]）

成员：傅月星（[REDACTED]）、朱志明（[REDACTED]）、边颖（[REDACTED]）、周玮（13[REDACTED]）、王成明（1[REDACTED]）、董晓涵（1[REDACTED]13）、周美玲（[REDACTED]7）、陈彬（[REDACTED]）、王志伟（[REDACTED]）、彭皓锴（[REDACTED]）

应急电话：（[REDACTED]）（中山大学珠海校区急救电话）

消防急救电话：120

珠海市生态环境局电话：0756-2218745

3.2 小组职责：



3.2.1 贯彻执行国家辐射应急的方政策和辐射应急工作要求；制定并更新南方海洋实验室辐射事故应急处理预案，并根据预案实施中发现的问题和实际情况的变化，及时修订辐射事故应急处理预案，并做好应急准备工作；

3.2.2 定期组织对辐射场所、设备和人员进行辐射防护情况的自查和监测，发现事故隐患及时上报并落实整改措施；

3.2.3 发生辐射事故后，应启动本预案，组织协调应急处理工作，采取各种有效快速的救援措施，最大限度地减少辐射事故危害，避免人身伤亡和财产损失；

3.2.4 组织人员参加辐射安全培训和应急演练；

3.2.5 负责与各管理部门联络，报告应急处理工作，配合做好事故调查和审定；

3.2.6 负责辐射事故应急处理期间的后勤保障工作；

3.2.7 负责向环保和卫生行政部门及时报告事故情况。

四、应急预案的启动

本单位辐射事故应急处理小组接到事故发生报告后，立即启动应急预案，并即时向相关上级部门报告。

五、辐射安全事故应急处置措施

5.1 发生辐射事故时，第一时间切断射线装置电源；

5.2 发生事故后立即将发生事故的性质、时间、地点、联系人、电话等第一时间进行口头上报，上报单位有环保举报热线（12369）、珠海市生态环境局、广东省生态环境厅等，同时疏散周边人员，等待相关部门的到来。受照射人员立即送到珠海市120指定医院救治；

5.3 在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向珠海市生态环境局、广东省生态环境厅报告；

5.4 等待相关部门到达现场的同时，采取相应措施，使危害、损失降到最小；

5.5 配合上级有关部门对现场进行勘查以及环保安全技术处理，检测等工作，查找事故发生的原因，进行调查处理。将事故处理结果及时报上级行政主管部门。

六、应急预案的解除

6.1 符合下列条件后，终止应急状态：

A) 事故现场得到控制，事故已经消除；

B) 事故所造成的危害已经被彻底消除，无继发可能；

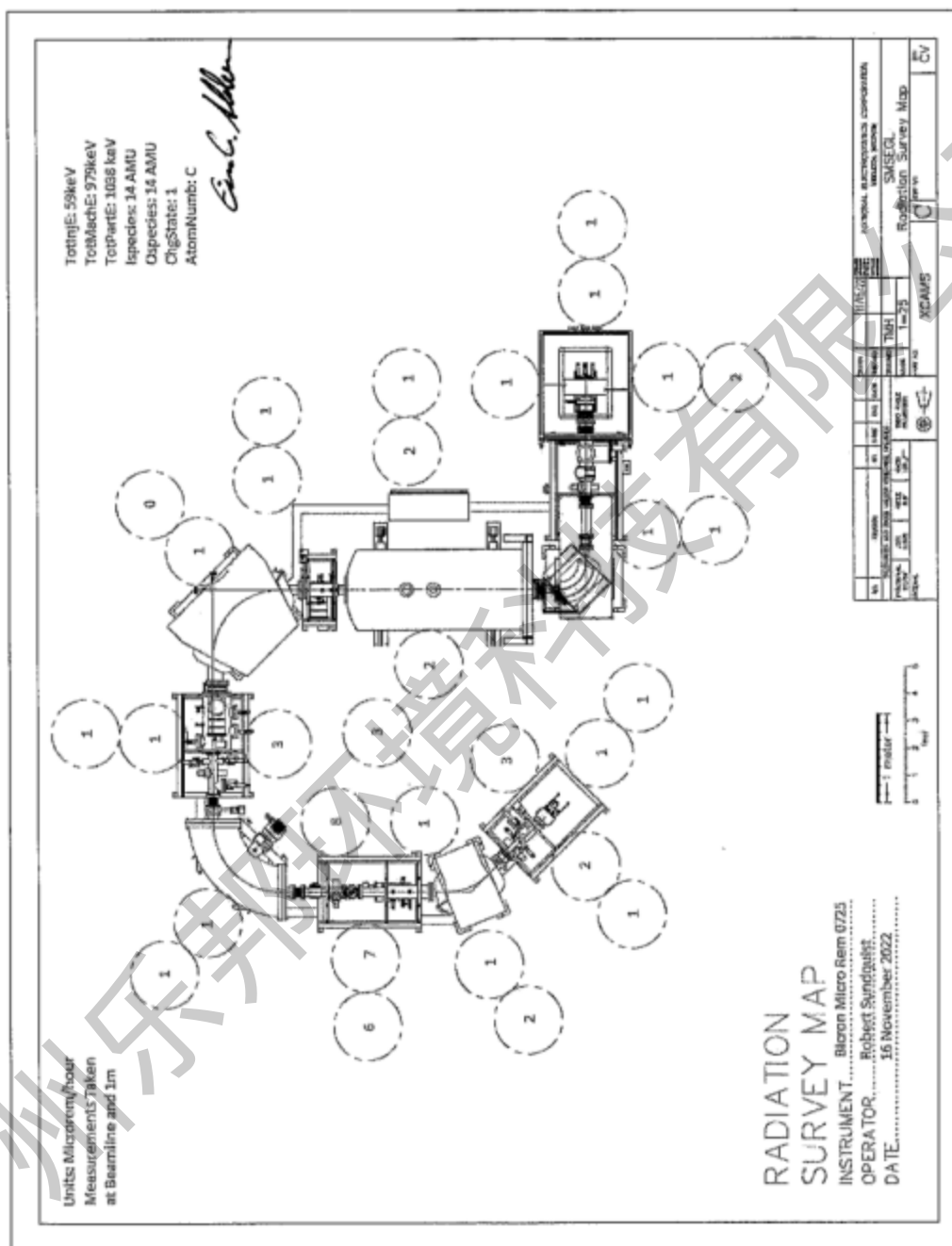
C) 采取了必要的防护措施以保护公众免受再次危害，并使事故可能引起的中长期影响趋于合理且尽量低的水平。

6.2 应急结束后，通知本单位相关人员事故危险已解除。要及时收集与事故有关的物品和资料，做好调查研究工作，认真分析事故原因，并采取妥善措施，总结经验教训，制定或修改防范措施，加强日常环境安全管理，杜绝类似事故发生，保护国家财产及平台人员和公众安全。

南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）



附件 7 加速器质谱仪检测报告



STATE OF WISCONSIN DEPARTMENT OF HEALTH SERVICES Division of Public Health <u>X-RAY FACILITY REGISTRATION PERMIT</u>		
This facility is in compliance with the provisions of the Wisconsin Statutes and is hereby authorized to engage in the activity indicated above.		
Responsible Person: ERIC ALDERSON		
THIS PERMIT IS NON-TRANSFERABLE.	EXPIRATION DATE December 31, 2023	REGISTRATION NUMBER XO16866
MAILING (Responsible Person Contact) ADDRESS: NATIONAL ELECTROSTATICS CORP PO BOX 620310 MIDDLETON, WI 53562-0310		FACILITY'S PHYSICAL LOCATION: NATIONAL ELECTROSTATICS CORP 7540 GRABER RD MIDDLETON, WI 53562

DO NOT DISCARD.

THIS IS YOUR X-RAY FACILITY REGISTRATION PERMIT.

- All sites having ionizing radiation devices must register with the department as required under Wisconsin Administrative Rule DHS 157.86. The department will issue a registration permit that must be posted on-site in accordance with DHS 157.88(1)(a)5. When displayed, this document may be folded into thirds (8-1/2 x 3-1/4).
- In accordance with DHS 157.86(1)(a)7., any change in registration information shall be submitted to the department within 30 days after the change takes place. No fee is required for recording changes in registration information. Please use the online registration form on our website to provide the changes <https://www.dhs.wisconsin.gov/radiation/xray> or mail changes to our address below.
- Upon a change of ownership, the new owner must submit a new online change of ownership which can be found at our website: <https://www.dhs.wisconsin.gov/radiation/xray> or mail changes to our address below.
- An annual registration fee shall be levied for each site registration under DHS 157.86. All registrations expire annually on December 31st. The department will provide an annual renewal application form; however, if you do not receive a renewal application form by December 15th, contact the X-ray unit Program Associate at DHSXray@dhs.wisconsin.gov or (608)267-4782. Be prepared with your assigned REGISTRATION NUMBER (noted on this permit above).

DEPARTMENT OF HEALTH SERVICES RADIATION PROTECTION
SECTION
1 W WILSON ST RM 150
PO BOX 2659
MADISON WI 53701-2659