

核技术利用建设项目

# 新增使用 1 台 kV 级加速器质谱仪 环境影响报告表

中石化（北京）化工研究院有限公司

2024 年 03 月

环境保护部监制

核技术利用项目

# 新增使用 1 台 kV 级加速器质谱仪 环境影响报告表

建设单位名称：中石化（北京）化工研究院有限公司

建设单位法人代表：

通讯地址：北京市朝阳区北三环东路 14 号院内(科研楼)1-5 层

邮政编码：100013

联系人：高昂

电子邮箱：gaoang.bjhy@sinopec.com 联系电话：010-59202527

## 目录

表 1	项目概况 .....	1
表 2	放射源 .....	10
表 3	非密封放射性物质 .....	11
表 4	射线装置 .....	12
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物） .....	13
表 6	评价依据 .....	14
表 7	保护目标与评价标准 .....	16
表 8	环境质量和辐射现状 .....	20
表 9	项目工程分析与源项 .....	22
表 10	辐射安全与防护 .....	29
表 11	环境影响分析 .....	36
表 12	辐射安全管理 .....	43
表 13	结论与建议 .....	46
表 14	审 批 .....	48

**表 1 项目概况**

建设项目名称		新增使用 1 台 kV 级加速器质谱仪			
建设单位		中石化（北京）化工研究院有限公司			
法人代表		吴长江	联系人	高昂	联系电话 010-59202527
注册地址		北京市朝阳区北三环东路 14 号院内（科研楼）1-5 层			
项目建设地点		通州区中关村科技园通州园、光机电一体化产业基地兴光五街 13 号科学试验基地内场所			
立项审批部门		无		批准文号	无
建设项目总投资(万元)		1400	项目环保投资(万元)	100	投资比例（环保投资/总投资） 7.1%
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 <sup>2</sup> )	36
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					
<b>1.1 单位概况</b>					
<p>中石化（北京）化工研究院有限公司（简称：“中石化北化院”）是一家从事工程研究，技术研究，技术咨询等业务的公司，成立于 2021 年 07 月 29 日。为了贯彻落实中共中央关于国企改革三年行动的重要部署，原属于中国石油化工股份有限公司北京化工研究院（以下简称北化院）的业务全部由中石化北化院承接。北化院成立于 1958 年 6 月，是中国最早从事石油化工综合性研究的科研机构之一，北化院成立之初就承载着发展新中国石油化工事业的历史使命，老一辈科学家在科学探索和强国富国之路上创造了辉煌业绩。1964 年研制成功高能燃料偏二甲肼用于发射我国第一颗人造卫星“东方红一号”的长征一号运载火箭，1980 年乙丙橡胶军工产品为我国洲际导弹发射成功做出重要贡献，1988 年新型高效聚丙烯 N 催化剂成功许可美国，使我国跻身世界聚丙烯催化剂技术强者地</p>					

位。应用北化院技术，1964 年建成国内第一套石脑油裂解深冷分离中试装置，70 年代建成国内第一套 5000 吨/年聚丙烯装置，1988 年建成国产第一台 2 万吨/年乙烯裂解炉，一系列填补新中国空白的重要科技成果载入史册，为国家和经济建设做出了重大贡献。

中石化北化院为已取得《辐射安全许可证》单位。

## 1.2 核技术利用及辐射安全管理现状

### 1.2.1 核技术利用现状情况

中石化北化院已取得了辐射安全许可证（京环辐证[E1586]，有效期至 2029 年 3 月 7 日，许可的种类和范围是：使用Ⅲ类射线装置，见附件 1，中石化北化院已许可射线装置使用情况见表 1-1。

表 1-1 中石化北化院已许可的射线装置情况

序号	名称	类别（类）	数量（台）
1	二维X射线衍射仪	Ⅲ	1
2	透射电子显微镜	Ⅲ	1
3	小角X射线衍射仪	Ⅲ	2
4	透射电子显微镜	Ⅲ	1
5	高功率X射线衍射仪	Ⅲ	1
6	X 射线衍射仪	Ⅲ	1
	合计		7

### 1.2.2 近几年履行环保审批情况

中石化北化院近五年以来一共有 1 个辐射项目，具体落实情况见表 1-2。

表 1-2 建设项目竣工验收落实情况

序号	备案号	项目名称	类别	备注
1	2024101105 00003069	小角 X 射线衍射仪等 7 台射线装置应用项目	登记表	已办理辐射安全许可证

### 1.2.3 辐射安全管理情况

#### 1.2.3.1 辐射管理机构基本情况

为了加强辐射安全和防护管理工作，促进射线装置的安全使用，中石化北化院专门成立了辐射防护领导小组，由副院长担任组长，安全环保部经理担任副组

长，安全环保部、分析研究所、材料科学研究所、新产品开发所等各部门的相关人员担任组员，专职管理部门设在安全环保部，并指定安全环保部吴颖专职负责辐射安全管理工作，辐射防护领导小组成员名单见表 1-3。

表 1-3 中石化北化院辐射安全与防护管理小组成员名单

职位	姓名	职务或职称	专业	工作部门	专/兼职
组长	郭子芳	副院长	高分子化学和物理	综合管理部	兼职
副组长	王道泉	经理	化学工程	安全环保部	兼职
组员	李岩	副经理	高分子化学和物理	安全环保部	兼职
	姜健准	所长	无机化学	分析研究所	兼职
	吴颖	高工	有机化学	安全环保部	专职
	张龙贵	所长	材料学	材料科学研究所	兼职
	巩晓君	所长	工业催化	新产品开发所	兼职

### 1.2.3.2 制定规章制度及落实情况

中石化北化院结合公司实际情况，已制定一套相对完善的使用Ⅲ类射线装置的管理制度和操作规程，包括辐射安全与防护管理小组及岗位职责、射线装置操作规程、辐射工作人员考核计划、设备检修维护制度、辐射工作人员个人剂量监测制度、工作场所和环境辐射水平监测方案、台帐管理制度、辐射安全事故应急预案等，并严格按照规章制度执行。

### 1.2.3.3 工作人员培训考核情况

中石化北化院制定了辐射工作人员培训考核计划。目前公司只许可使用Ⅲ类射线装置，从事辐射相关工作人员共分批参加了辐射安全和防护培训考核，并通过了考核，最早一批于 2021 年 4 月取得考核合格证书。

今后，公司将按照生态环境部 2019 年第 57 号公告、2021 年第 9 号公告要求，定期（五年一次）组织辐射工作人员进行辐射安全防护考核，考核通过后方可上岗。

### 1.2.3.4 个人剂量监测

中石化北化院所有从事辐射工作的医护人员均佩带 TLD 个人剂量计，每季

度 1 次监测一次，按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令 18 号）要求建立个人剂量档案，并于每年 5 月 31 日前将上一年度全体辐射工作人员的个人剂量监测数据上报至北京市辐射安全监管系统中。

目前，个人剂量监测工作已委托北京市朝阳区疾病预防控制中心承担，监测频度为每 3 个月检测一次，一共开展个人剂量监测人员数量 17 人。公司 2023 年度个人剂量监测结果表明，大部分辐射工作人员年剂量都在 0.068mSv 左右，最高值不高于 0.068mSv，都低于公司规定的管理目标值。开展个人剂量检测的人员，部分新增辐射工作人员的工作时间较短，出现了不到四个季度的个人剂量检测结果的情况，2023 年度个人剂量监测报告见附件 2。

中石化北化院有专人负责个人剂量监测管理工作。发现个人剂量监测结果异常的，将及时调查原因，并将有关情况及时报告辐射安全与防护管理小组。今后将继续加强个人受照剂量监测工作，如果某位辐射工作人员的单季度个人剂量监测结果高于年剂量约束值的 1/4，将对其受照原因进行调查，结果由本人签字后存档；必要时将采取调离工作岗位或控制从事辐射工作时间等措施，保障辐射工作人员的健康。

#### **1.2.3.5 工作场所及辐射环境监测**

中石化北化院在北京市朝阳区生态环境管理部门的指导下，每年委托有资质的单位对公司已有的射线装置机房防护检测一次，监测数据记录存档。

2023 年 12 月，中石化北化院委托北京市化工职业病防治院对全部在用射线装置、机房防护进行检测，检测结果全部合格。

#### **1.2.3.6 辐射事故应急管理**

中石化北化院依据《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，制定了关于本单位辐射项目的辐射事故（件）应急预案，以保证本单位一旦发生辐射意外事件时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，妥善处理放射事故，保护工作人员和公众的健康与安全，同时在预案中进一步明确规定本单位有关意外放射事件处理的组织机构及其职责、事故报告、信息发布和应急处理程序等内容。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方案，采取必要防范措施，并在 2 小时

内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康行政部门报告。2023年6月公司辐射安全与防护管理小组组织分析研究所、安全环保部等相关科室人员参加了每年一度的辐射事件应急预案演练。

### **1.2.3.7 其他情况**

中石化北化院较圆满地完成了各项辐射安全防护工作，，依据法律法规每年对本单位射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写并上报年度评估报告。

## **1.3 项目建设规模、目的和任务由来**

### **1.3.1 项目背景**

新出现的具有优异性能或特殊功能的材料，或是传统材料改进后性能明显提高或产生新功能的材料，这些新材料的发现、发明和应用推广与技术革命和产业变革密不可分，新材料是世界各国科技经济竞争的焦点领域。党中央、国务院高度重视新材料产业发展，2016年12月国务院成立了国家新材料产业发展领导小组，工业和信息化部、发展改革委、科技部、财政部联合发布《新材料产业发展指南》，在分析新材料产业发展现状和问题、面临的形势的基础上，提出新材料产业发展的目标和方向。建设新材料测试评价平台是强化新材料产业协同创新体系建设的核心内容，是新材料产业发展的重点任务之一。

中石化北化院自2019年起承担国家新材料测试平台（先进高分子行业）建设工作，平台建设围绕协同主中心完善行业领域测试评价技术开发、标准制修订，提高测试评价仪器、装备和设施的能力，开展先进高分子材料测试、应用评价和认证计量等公共服务，形成与国际对标的先进高分子材料测试评价服务网络体系。

加速器质谱仪设备是国家新材料测试平台（先进高分子行业）围绕生物基塑料测试评价领域进行的重要仪器设备投资。生物基塑料是指部分或全部采用可再生的生物质原料而制备的塑料。与传统塑料依赖石油化工原料不同，生物基塑料利用产量丰富的植物秸秆、淀粉等天然材料为原料，可以降低石油资源的消耗，减少塑料生产过程中的二氧化碳排放量，同时在很大程度上减轻或避免了对环境的污染。研究和发​​展生物基塑料已经成为现今科研领域的热点之一，其在低碳经济和循环经济中的先天优势，使得生物基塑料的产业化有望成为新的经济



增长点，并在推行和贯彻可持续发展经济形式、以及我国实现碳达峰、碳中和目标的过程中发挥重要作用。

由于技术及成本问题，国内外多数生物基塑料产品均为生物基塑料与石油基塑料的混合产品。生物基塑料中的生物基含量是指其中源于生物基原料的比例，拥有更多的生物基含量则意味着拥有更多低碳环保的生物成分。美国农业部规定，在产品采购时，拥有更多生物基含量的产品具有更高的采购等级。比利时的 Vincotte 机构则对生物基产品进行星级划分，拥有 20-30%生物基含量的产品为一星，30-40%为二星，以此类推。德国将生物基塑料依据其中生物基含量划分为 20-50%、50-85%、>85%三个等级，日本则划分为 25-50%、50-75%、75-90%及>90%四个等级。

生物基塑料中的生物基含量可用根据 C-14 测定结果所推算的现代碳含量在碳总量中所占的百分比来表示，国际制定标准包括 ASTM D6866、ISO 13833-2013 等。可用于测定 C-14 含量的方法有比例闪烁法（PSM）、 $\beta$  电离（BI）或加速器质谱（AMS）。其中加速器质谱 AMS 法具有最高的灵敏度和准确度，并且具有较高的自动化程度，测量样品速度非常快，是上述标准中首先推荐的方法。

目前在全球范围，加速器质谱仪的总数仅百余台。随着国内生物基产品生产厂家的不断增加，对生物基产品进行鉴定评级的市场需求量非常大，国内检测机构对生物基产品的检测能力无法完全满足市场需求。本项目建设的国内第一套针对生物基塑料鉴定与分级的小型加速器质谱仪，针对生物基材料测试进行了特殊优化设计，同时还配有完整的样品前处理系统，每年可测试超过 4000 个单样。项目建成后，可为我国生物基塑料行业发展提供重要的检验服务支撑，为我国生物基塑料产品与国际标准接轨、满足国际主流生物基认证要求贡献科技力量。本项目小型加速器质谱仪任务来源为 2019 年国家新材料测试评价平台建设项目。

### **1.3.2 建设内容**

中石化北化院拟利用位于通州区中关村科技园通州园、光机电一体化产业基地兴光五街 13 号科学试验基地内场所，建设“加速质谱实验室”。“加速质谱实验室”位于通州基地蠕变、放射及燃烧实验室（原粉末橡胶车间）中部二层，包括加速质谱实验室、操作间。

拟在质谱实验室新增使用 1 台 2×210kV 串列加速器质谱仪（属II类射线装置），用于生物基材料中的 C-14 核素质谱分析。射线装置情况见表1-4。

表 1-4 本项目射线装置情况表

序号	装置名称/型号	厂家	最高电压	最大束流	类别	使用场所
1	加速器质谱仪 4102Bo-AMS	荷兰高压工程欧洲有 限公司（HIGH VOLTAGE ENGINEERING EUROPA B.V）	2×210kV	100μA	II类	质谱实验室

### 1.3.3 目的和任务的由来

根据生态环境部《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（2019年生态环境部令第9号）最新要求，北京辐环科技有限公司符合第九条第一款规定，无该条第三款所列情形，不属于该条第二款所列单位。公司有专职环评工程师，有能力开展环境影响评价工作。受中石化北化院的委托，评价机构评价人员在收集资料的基础上，对该项目建设和运行对环境的辐射影响进行了分析评价，并编制了环境影响报告表。评价主要考虑在射线装置使用环节过程中，对周围环境的辐射影响，对职业人员的辐射影响。

### 1.3.4 本项目产业政策符合性及实践正当性

本项目属于使用射线装置（II类），属于《产业结构调整指导目录(2024年)》中鼓励类第六项“核能”中第4条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”类项目，属于国家支持和鼓励类产业。

本项目不属于《北京市新增产业的禁止和限制目录（2022年版）》中禁止和限制项目。因此，本项目的建设符合国家及地方产业政策要求。

本项目的建设可以满足产业需求，开发测试方法，为生物基材料技术发展和市场开拓提供强有力的支撑，提升我国生物基行业的整体水平。本项目运行产生的辐射影响很小，对职业人员、公众以及环境带来的不利影响，远低于其使用对社会带来的利益，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”的原则与要求。

### 1.3.5 项目建设的必要性

生物基产品以其原料环境友好的优势，成为人类实现可持续发展的必由之路，全球生物塑料市场快速增长。生物基产品多为生物塑料与合成塑料的混合产

品，需要对生物基产品进行鉴别和评级。国内现有的各类检测机构几乎完全不具备对生物基含量的检测能力，此类测试只能由厂家寄送样品到国外进行，测试价格高、周期长，还存在泄密风险。

由于生物基产品来自于近代生物，根据现代考古学理论，近代生物体中含有等量的 C-14。而来自远古的石油等石化产品加工制造的产品不含有 C-14。因此，可以使用 C-14 测量的方法区分生物基产品和化石基产品。目前，相应的美国标准为 ASTM D6866，而国际标准为 ISO 13833-2013。加速器质谱 AMS 法可用于测定 C-14 含量具有最高的灵敏度和准确度，并且具有较高的自动化程度，测量样品速度非常快。

加速器质谱（AMS）技术是一种将串列加速器技术、现代质谱技术和核探测技术相结合的离子分析技术，直接测定样品中放射性同位素的比例，其测试灵敏度优于常规放射性  $\beta$  衰变法和普通质谱技术 5~8 个量级以上，它具有测量灵敏度高（同位素比值可达  $10^{-15}$ ，探测限度可达  $10^4$  个原子）、样品用量少（毫克-微克量级）、测量时间短等优点，是测定自然界长寿命、微含量的宇宙射线成因核素的最佳方法。

本项目建设的设备针对生物基材料测试进行了特殊优化设计，同时还配有完整的样品前处理系统，每年可测试超过 4000 个单样。该设备建设完成后，可满足产业需求，开发测试方法，为生物基材料技术发展和市场开拓提供强有力的支撑，同时为国内生物基行业提供权威的第三方检测服务，提升我国生物基行业的整体水平。

### 1.3.6 开展新项目的技术能力

**人员配备：**加速器质谱实验室计划配备工作人员 2 人，拟参加辐射安全与防护培训考核。

**检测仪器配备：**本项目拟配备 1 套固定式  $\gamma$  剂量率监测仪，1 台便携式  $\gamma$  剂量率仪，2 台个人剂量报警仪。

### 1.3.7 地理及场所位置

#### （1）地理位置

中石化北化院本部位位于朝阳区北三环东路 14 号院内，本建设项目位于通州区中关村科技园通州园、光机电一体化产业基地兴光五街 13 号，其东侧为通惠

河灌渠，西侧为兴光五街，南侧为北京莱恩斯新材料科技有限公司，北侧为兴光四街。

## **(2) 场所位置**

本项目加速器质谱仪拟安放在通州基地蠕变、放射及燃烧实验室（原粉末橡胶车间）中部二层质谱实验室，质谱实验室东、南侧为临空，西侧为贮罐间，北侧为操作间，楼上为楼顶无人区，楼下为蠕变实验室。

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

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
1	加速器质谱仪	II	1	4102Bo-AMS	C-, C <sup>2+</sup>	2×210kV	100μA (正常工况下距设备表面10cm处剂量率不大于0.3μSv/h)	质谱分析	质谱实验室	

(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

(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	

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/m<sup>3</sup>；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/m<sup>3</sup>）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》，主席令第九号，2015 年 1 月 1 日起实施。</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，主席令第二十四号，2018 年 12 月 29 日日修订并实施。</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，主席令第六号，2003 年 10 月 1 日起实施。</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令 第 682 号修订，2017 年 6 月 21 日公布，2017 年 10 月 1 日起实施。</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令 第 709 号第二次修订，2019 年 3 月 2 日第二次修订版公布并实施。</p> <p>(6) 《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，2020 年 11 月 30 日公布，2021 年 1 月 1 日起实施。</p> <p>(7) 《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 9 月 20 日公布，2019 年 11 月 1 日起施行。</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部部令 第 20 号修订，2021 年 1 月 4 日公布并实施。</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部第 18 号令，2011 年 4 月 18 日公布，2011 年 5 月 1 日起实施。</p> <p>(10) 《关于发布&lt;射线装置分类&gt;的公告》，原环境保护部、国家卫生计生委公告第 66 号，2017 年 12 月 5 日。</p> <p>(11) 《关于发布&lt;建设项目竣工环境保护验收暂行办法&gt;的公告》，国环规环评[2017]4 号，2017 年 11 月 20 日。</p> <p>(12) 《原北京市环境保护局办公室关于做好辐射类建设项目竣工环境保护验收工作的通知》，京环办[2018]24 号，2018 年 1 月 25 日。</p>
-------------	--

	<p>(13) 《北京市城乡规划条例》，京人常[2021]61号，2021年9月24日。</p> <p>(14) 《北京市辐射工作场所辐射环境自行监测办法（试行）》，原北京市环境保护局文件，京环发〔2011〕347号。</p> <p>(15) 《辐射安全与防护监督检查技术程序》，生态环境部，2020年2月。</p> <p>(16) 《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，2019年12月24日。</p> <p>(17) 《产业结构调整指导目录(2024年本)》，国家发展和改革委员会2023年第7号令，2024年2月1日起施行。</p> <p>(18) 《北京市新增产业的禁止和限制目录（2022年版）》，北京市人民政府办公厅，京政发办〔2022〕5号，2022年2月14日起施行。</p>
<p><b>技术标准</b></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) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）。</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）。</p> <p>(5) 《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-85）。</p>
<p><b>其他</b></p>	<p>(1) 原国家环境保护局监督管理司，《中国环境天然放射性水平》，1995年8月。</p> <p>(2) 辐射安全手册，科学出版社，2011年。</p> <p>(3) 原子核物理，卢希庭，原子能出版社，2000。</p> <p>(4) 何明，庞义俊，姜山等.加速器质谱技术及其在环境科学中的应用[J].现代科学仪器，2016，6:23-29。</p> <p>(5) 张灿哲.HI-13 串列质谱实验室辐射剂量实验研究[J].辐射防护，1994，14(2):98-105。</p> <p>(6) 中石化北化院提供的建筑结构设计图以及与建设项目相关的其他技术资料，2022年9月。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

7.1.1 评价内容

本项目为使用 1 台加速器质谱仪，属II类射线装置。

7.1.2 评价范围

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）的规定，确定本项目辐射环境影响评价范围为质谱实验室周围 50m 区域。本项目评价范围示意图见图 7-1 所示，本项目相关场所控制区周围 50m 范围内除了东侧部分区域为通惠河灌渠绿化区外都是院内部，无敏感目标，主要为中石化催化剂分公司、镁醇车间（聚丙烯）和马路和绿化区等。

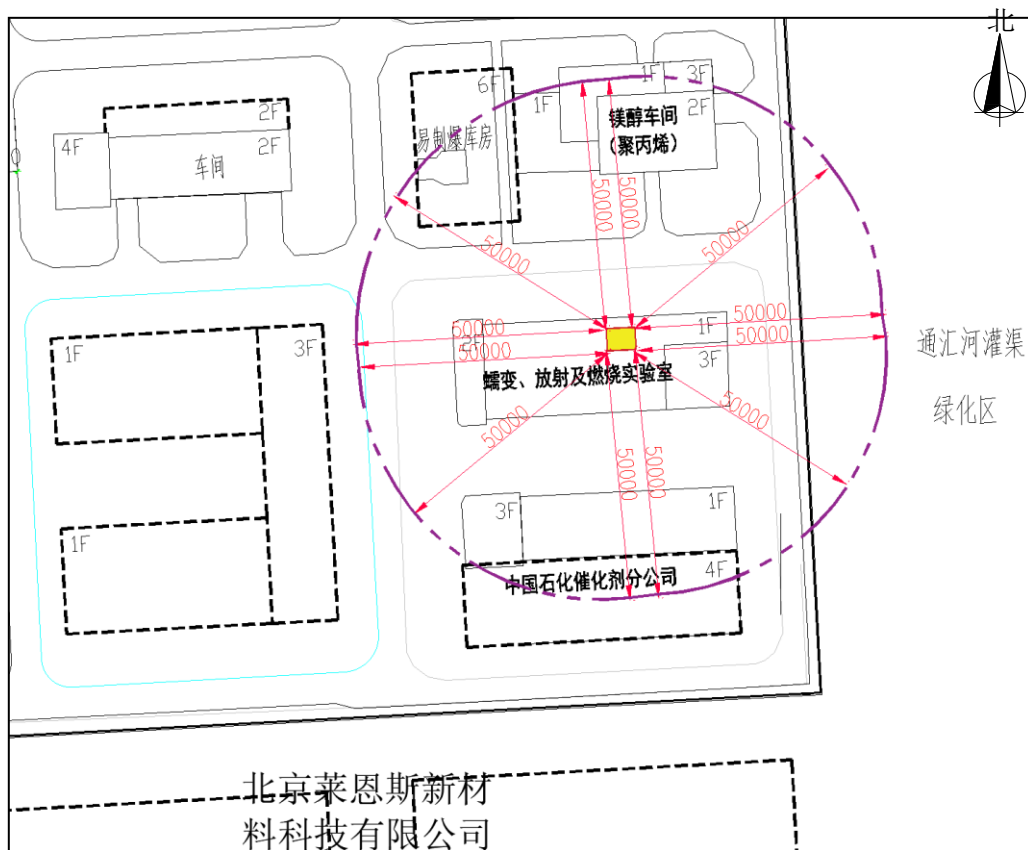


图 7-1 本项目评价范围示意图

7.1.3 关注问题

- (1) 射线装置辐射屏蔽是否满足国家相关标准的要求。
- (2) 辐射安全管理情况及污染防治措施是否满足新增使用射线装置的要

求。

### 7.1.4 评价因子

主要为 X 射线。

### 7.2 环境保护目标

本项目加速器质谱仪拟安装在通州基地蠕变、放射及燃烧实验室（原粉末橡胶车间）中部二层质谱实验室。实验室所在楼东侧为绿地、院内道路、单位围墙，之外为通惠河灌渠绿化区，南侧为院内道路和中国石化催化剂分公司，西侧为院内道路和，北侧为绿地和库房及镁醇车间（聚丙烯）。质谱实验室位于通州基地蠕变、放射及燃烧实验室中部二层，质谱实验室东、南侧为临空，西侧为贮罐间，北侧为操作间，楼上为楼顶无人区，楼下为蠕变实验室，详见图 7-2 和图 7-3，都充分考虑周围场所的安全，并与非放射性工作场所有明确的分界隔离，场所周围 50m 范围内保护目标的相关情况见表 7-1 所示。

表 7-1 本项目场所周围 50m 范围内主要保护目标

项目	保护目标	距离(m)	数量(人)	方位	周围 50m 范围内主要建筑物
加速器质谱仪	公众	0~5	0	东侧	临空区域
	公众	6~18	2		干燥间
	公众	19~50	10		道路、绿化区
	公众	0~5	0	南侧	临空区域
	公众	6~12	2		燃烧实验室
	公众	13~50	30		道路、中国石化催化剂分公司
	公众	0~30	5	西侧	贮罐间、配电室、实验室等
	公众	31~50	2		道路、绿化区
	工作人员	紧邻	2	北侧	操作间
	公众	5~50	30		道路、库房及镁醇车间（聚丙烯）
	公众	紧邻	0		楼上
	公众	紧邻	1	楼下	蠕变实验室

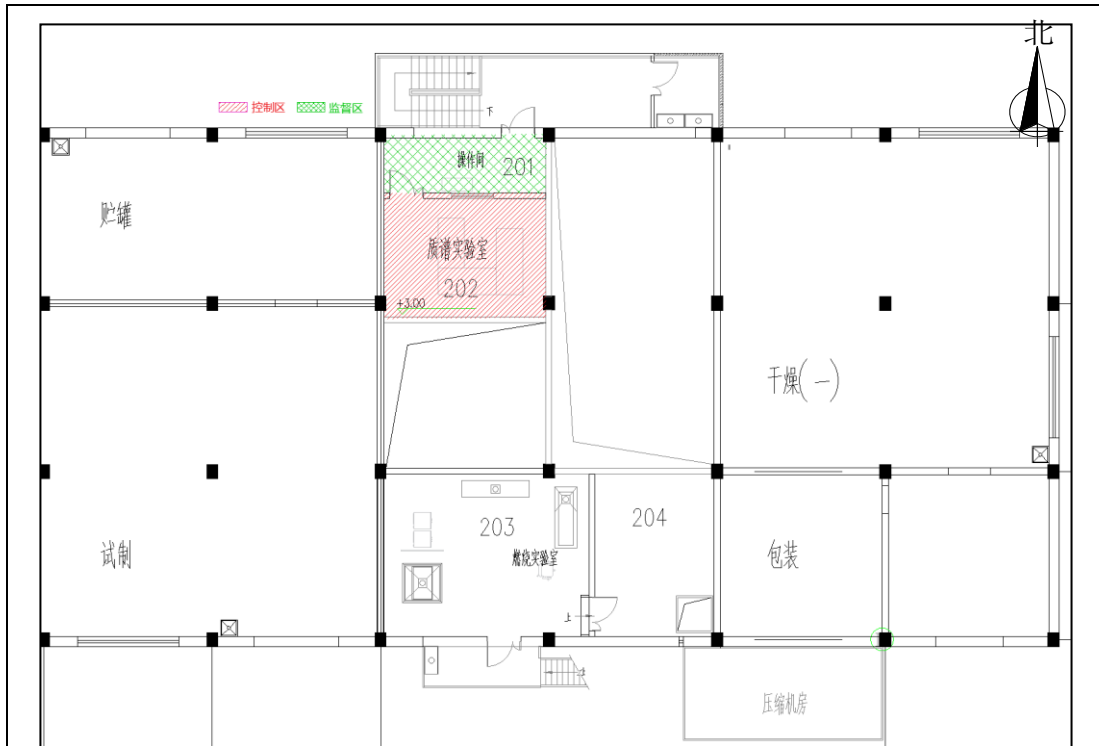


图 7-2 本项目质谱实验室（二层）周围关系图

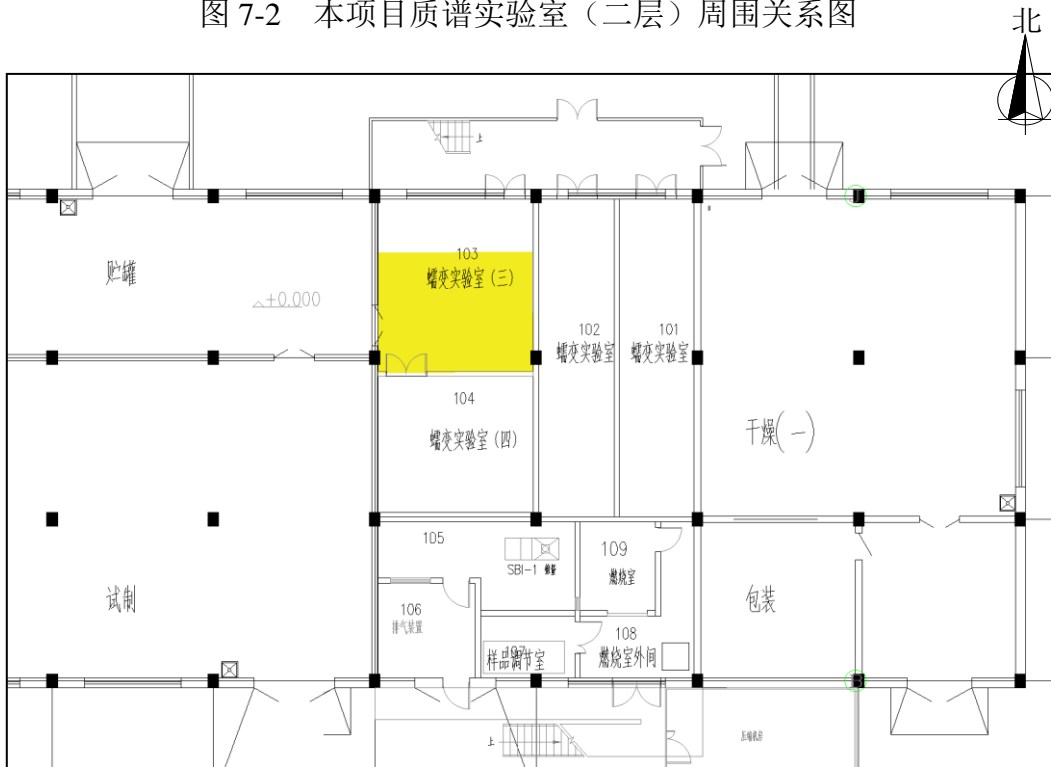


图 7-3 本项目质谱实验室楼下（一层）平面布局图

### 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 7-2。

表 7-2 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 还规定了年剂量约束值，按辐射防护最优化原则设计的年剂量控制值应小于或等于该剂量约束值。剂量约束值是剂量限值的一个分数，公众剂量约束值通常应在 0.1~0.3mSv/a 范围内。

#### 7.3.1.2 剂量约束值

对辐射工作人员，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。

本项目质谱实验室配备的 2 名辐射工作人员不从事其他辐射工作。

#### 7.3.1.3 剂量率控制水平

质谱实验室实体屏蔽体外（含楼上、楼下）30cm 处周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 辐射环境现状监测

委托持有计量认证资质证书的深圳市瑞达检测技术有限公司，于 2023 年 1 月 16 日对本项目场所周围环境辐射水平进行了现状本底检测（检测报告编号：SZRD2023FH0196）。

#### 8.1.1 监测项目

$\gamma$  辐射空气吸收剂量率。

#### 8.1.2 监测对象及点位布设

监测对象：本次监测针对拟建场址所在区域及周边进行环境辐射现状监测。

监测点位：本次监测对拟改扩建场址所在区域及周边进行环境地表  $\gamma$  辐射剂量率监测，监测点位布设见图 8-1。

#### 8.1.3 监测仪器及方法

##### （1）监测设备

本次监测采用的监测设备见表 8-1。

##### （2）监测方法

$\gamma$  辐射剂量率：采用便携式监测仪表，以定点的测量方式进行。监测时每点测量 10 次，每次间隔 10 秒钟，取平均值。

表 8-1 监测设备及性能指标

仪器名称	型号/编号	检定证书有效期	主要技术性能指标
X、 $\gamma$ 剂量率仪	GH-102A /20170404	DLjl2022-02038 、2022-3-7~ 2023-3-6	测量范围： 0.01 $\mu$ Gy/h~100 $\mu$ Gy/h； 能量范围：30keV~8MeV； 相对响应之差：<±15%。

#### 8.1.4 监测依据

- （1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；
- （2）《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。

### 8.2 监测结果及评价

$\gamma$  剂量率的监测数据见表 8-2，检测点位图见图 8-1。

表 8-2 拟建辐射工作场所周围  $\gamma$  辐射环境本底水平监测结果

编号	检测位置	$\gamma$ 辐射剂量率 $\mu\text{Gy/h}$	
		平均值	标准差
1	质谱仪实验室中央	0.10	0.02
2	控制室	0.09	0.02
3	楼梯	0.10	0.02
4	质谱仪实验室下方	0.11	0.02
5	质谱仪实验室南侧下方	0.11	0.01
6	楼梯下方道路	0.10	0.02

注：检测结果含宇宙射线响应值。

根据《中国环境天然放射性水平》（1995），北京市天然辐射水平范围为 60~123nGy/h（室外，含宇宙射线）和 69.8~182nGy/h（室内，含宇宙射线）。因此，由表 8-2 可知，本项目拟建场所周围室内外场所  $\gamma$  辐射剂量率水平处于北京市  $\gamma$  辐射剂量率正常本底范围之内。

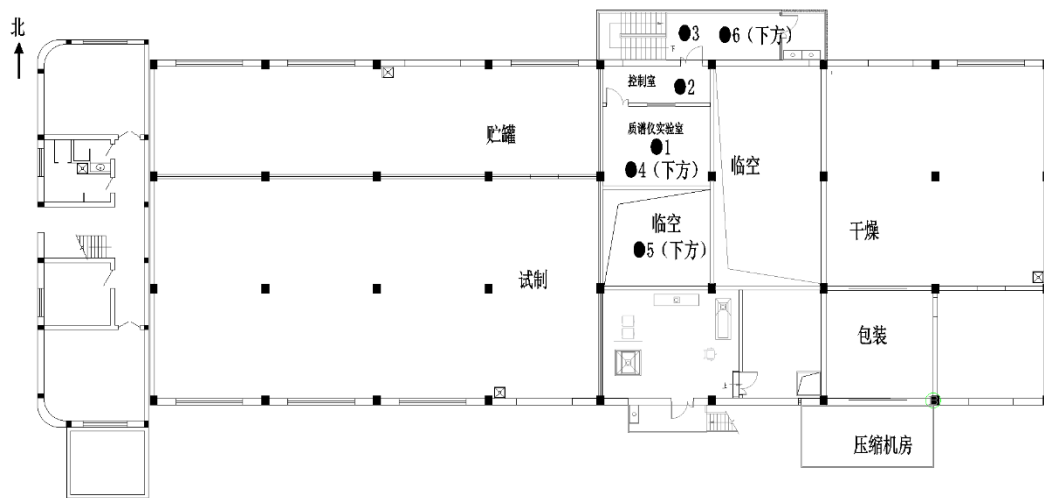


图 8-1 本项目拟建场所检测点位图



表 9 项目工程分析与源项

9.1 加速器质谱仪工程设备和工艺分析

因地质和考古等学科发展的需求，随着加速器技术和离子探测技术的发展，于上世纪七十年代末诞生了一种新的核分析技术—加速器质谱(accelerator mass spectrometry, 简称 AMS) 技术。AMS 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(MS)，它克服了传统 MS 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 MS 的丰度灵敏度最高为  $10^{-8}$ ，AMS 则达到了  $10^{-16}$ 。AMS 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 AMS 为地质、考古、海洋、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。

加速器质谱仪(AMS)是指加速器与质谱分析相结合的一种核素分析仪器。将待测样品在加速器的离子源中电离，随后将离子束引出并加速，通过粒子的不同带电和电离特性专一地剥离出感兴趣的离子，再借助荷质比的选择，鉴别被加速的离子并加以记录，实现同位素比值的测定。加速器质谱仪的工作原理如图 9-1 所示

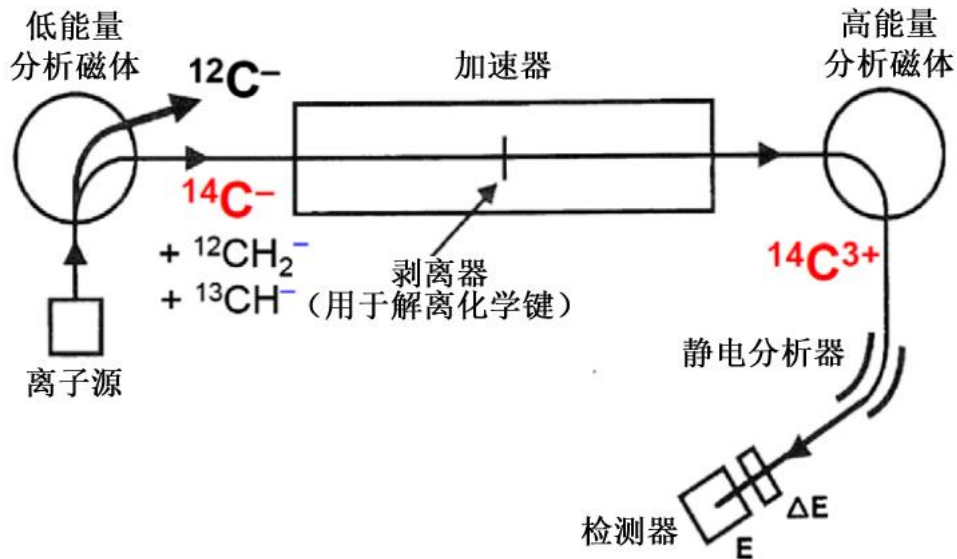


图 9-1 加速器质谱仪工作原理

AMS 目前主要用于分析自然界长寿命、微含量的宇宙射线成因核素与核反应堆等核设施运行生成的长寿命核素，如  $^{10}\text{Be}$  ( $1.5 \times 10^6 \text{a}$ )、 $^{14}\text{C}$  (5730a)、 $^{26}\text{Al}$  ( $7.5 \times 10^5 \text{a}$ )、 $^{32}\text{Si}$  (172a)、 $^{36}\text{Cl}$  ( $3.0 \times 10^5 \text{a}$ )、 $^{41}\text{Ca}$  ( $1.0 \times 10^5 \text{a}$ )、 $^{129}\text{I}$  ( $1.6 \times 10^7 \text{a}$ ) 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，广泛应用于地质、考古、环境、生物医学、材料等许多学科。

本项目为小型加速器质谱仪（kV 级），只用于生物基材料中  $^{14}\text{C}$ （5730a）核素的鉴别。

### 9.1.1 设备组成

本项目 AMS 系统由多阴极负离子源系统、低能质谱分析与注入系统、加速器系统、高能质量分析系统、探测系统和软件系统组成，本项目同类型的 AMS 系统照片如图 9-2 所示。



图 9-2 AMS 系统照片

(1) 多阴极负离子源系统：离子源产生需要测量的放射性核素的带电粒子（原子或分子），在加速器质谱仪中常使用负离子源产生带负电荷的带电粒子。离子源产生的大量带电粒子，经高压电极引出形成离子束流，注入低能质谱系统。系统可同时装载 50 个样品；能够进行固体样品的分析；样品靶盘更换后应在 1 小时内产生离子束；样品间的切换时间小于 5 秒；维护周期大于 4000 小时。随离子源配备有必需的电源、自动控制装置、完整的真空装置、高压安全保护装置、备用样品靶盘及其他必须备件等。

(2) 低能质谱分析与注入系统：含  $90^\circ$  注入的低能磁场、法拉第杯（用来测定  $^{12}\text{C}^-$ ）、完整的真空装置、供电装置和支撑装置等。低能质谱系统主要

由静电分析器和磁分析器组成，是对从离子源引出的负离子进行质量选择，然后通过预加速将选定质量的离子加速到约 40keV，再注入加速器中继续加速。不同类型的带点粒子在电场力和洛伦兹力的作用下，形成不同的运行轨迹，从而可以将干扰粒子从需要测量的粒子中分离出来。低能质谱系统可以分离大部分的干扰粒子。低能质谱系统也包括必要的束流聚焦和导向元件，用于调整束流的品质。在低能质谱系统中去除大部分干扰粒子的被测粒子束流，注入到串列加速器。

(3) 加速器系统：由加速管、稳压装置、输电装置、绝缘装置、剥离单元、远程控制系统等构成。串列加速器是质谱仪的核心部件，功能是将带电粒子加速到所需的能量，从而在高分辨率的质谱分析。串列加速器由两段加速管组成，两段加速管中间由剥离器连接，剥离器处于 210kV 高压端电压。负的带点粒子进入串列加速器后，在电场作用下加速，经过第一段加速管至剥离器，从零电位到达端电压，获得 210keV 的能量。剥离器内充稀薄气体，高能负离子与剥离气体碰撞后，失去几个电子而形成正离子，此时正离子受到排斥作用进行第二次加速。正离子再经第二段加速管加速至零电位，再次获得几个 210keV 能量。负离子的稳定电荷通常为 1，若剥离若干个电子后正离子的电荷数是  $Q$ ，高压电压的端电压为  $V$  (210kV)，则离子通过串列加速器增加的动能  $W$  为  $(1+Q) 210keV$ ，因此在串列加速器中，带电粒子获得两次加速，获得高能量的带电粒子注入到高能质谱系统。

加速器管是一组盘形电极与绝缘玻璃（瓷）环相间封接而成，加速器管采用了次级电子磁抑制技术（magnetic suppression of secondary electron），即加速器管内部特殊设计的电场和磁场可以把加速器管内部因碰撞、散射、场致发射等产生的次级电子尽快偏离而损失在管内壁，不致产生强的韧致辐射。故本项目加速器常规质谱分析时距离加速器表面 10cm 处的 X 射线剂量率不超过  $0.3\mu Sv/h$ ，加速器高压锻炼时剂量率有所升高但不超过  $50\mu Sv/h$ ，X 射线最高能量为 200keV。

(4) 高能质量分析系统：含  $90^\circ$  注入的高能磁场。含法拉第杯（用于  $^{14}C$  测定）、完整的真空装置、供电装置和支撑装置等。高能质谱仪配有一个  $105^\circ$ （束流偏转角度）分析磁体，一个  $78^\circ$ （束流偏转角度）静电分析

仪。高能质谱系统与低能质谱系统的组成和原理相同，由于带电粒子具有几个 keV 的能量，因此高能质谱系统的分析器和聚焦元件体积更大，电磁参数更高，可以分离绝大多数的干扰粒子，高灵敏度的选择待测的微量放射性核素粒子。经高能质谱系统选择出的粒子，进入探测系统进行探测。

(5) 检测系统：对由高能质量分析系统出来的离子进行能量分析，最终对  $^{14}\text{C}$  离子进行检测计数。含  $90^\circ$  静电分析器、真空装置、气体电离检测器或其他能达到同等检测灵敏度和重现性的检测器等。加速器质谱仪在进行  $^{14}\text{C}$  的测量时，实际工作电压约为 200kV，原因是影响  $^{14}\text{C}$  测量的分子本底  $^{12}\text{C}^-$ 、 $^{13}\text{C}^-$  在粒子能量为 200keV 就足以解离，运行在更高的端电压下，并不能提高  $^{14}\text{C}$  的测量灵敏度。

(6) 软件系统：能对整个系统进行远程自动控制、易于操作、界面友好。还应提供一套离线的数据分析微机硬件和软件，能够进行本底值扣除、 $^{13}\text{C}$  校正、现代碳分数和常规  $^{14}\text{C}$  年龄的计算以及相应地统计误差、标准偏差等结果。

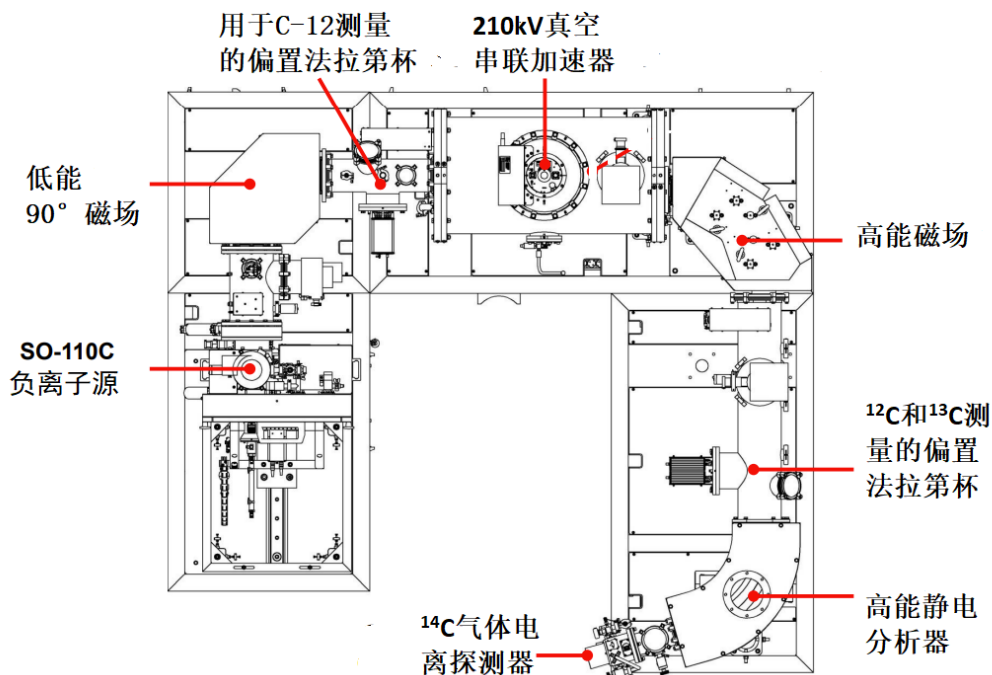


图 9-3 Model 4102Bo 加速器质谱仪平面布局图

### 9.1.3 工作流程

本工程的工艺流程主要包括样品贮存、样品预处理、样品化学分离纯化、靶件制备、AMS 测量及数据处理，本实验室只涉及 AMS 测量及数据处理。

### 9.1.3.1 AMS 测量

#### (1) 准备工作

- ①检查质谱实验室环境，确保通风、温度、湿度、辐射剂量正常；
- ②检查辅助系统，确保冷却水系统、压缩空气系统、废气排放系统工作正常；
- ③检查加速器质谱设备参数，确保气体压力、真空系统工作正常；

#### (2) 巡视现场，清理无关人员；

#### (3) 主电源柜上电；

#### (4) 置放样品；

#### (5) 启动离子源；

#### (6) 加速器高压锻炼；

#### (7) 根据测试核素设置设备运行参数；

#### (8) 微调参数使系统达到最佳测试性能；

#### (9) 系统自行测量；

#### (10) 测量结束，运行关机程序，导出系统参数和测试数据；

#### (11) 关闭加速器高压、关闭离子源、关闭控制系统；

#### (12) 关闭系统电源，只保留真空系统；

#### (13) 关闭质谱实验室照明。

### 9.1.3.2 数据处理

分析处理测量的数据，并应用于地表演变定年、地下水资源与开发利用、环境污染控制与防治等领域。

## 9.2 污染源描述

AMS 主要用于环境样品中痕量放射性同位素比值的测量，如  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 、 $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$ 。测量的样品与普通质谱仪测量的样品相同，主要测量普通质谱仪不能检出的丰度灵敏度更低的放射性同位素。例如在日常环境的石墨 C 样品中， $^{13}\text{C}$  的丰度约为 1%，而  $^{14}\text{C}$  的丰度低于  $10^{-12}$ ，因此在普通的同位素质谱仪中只能检出  $^{13}\text{C}$ ， $^{14}\text{C}$  需要使用加速器质谱仪检测。

加速器质谱实验室开展日常环境本底样品的测量，所测量的样品均是采集日常生活环境中的土壤、植物、水、气溶胶等，其中含有的放射性同位素均是

人们日常生活环境中的放射性本底水平，不会超过豁免水平。当前大气中和生物体内  $^{14}\text{C}$  的含量约为  $^{12}\text{C}$  的  $1/10^{12}$ ，死亡的生物体和无机物中  $^{14}\text{C}$  的含量要低于这个水平，加速器质谱能检出的最低含量水平约为  $10^{-16}$  量级。 $^{14}\text{C}$  的半衰期为 5730 年，现代样品中的 1g 碳中  $^{14}\text{C}$  的放射性活度为 0.2Bq。AMS 测量一个样品靶约 1~5mg 石墨碳，放射性活度为  $10^{-3}$ Bq 量级，无机碳或经过长时间衰变后的有机“死碳”样品的放射性活度为  $10^{-7}$ Bq 量级，均远低于 GB18871 中限定的  $^{14}\text{C}$  的豁免活度  $10^7$ Bq。

综上所述，尽管加速器质谱仪是用于  $^{14}\text{C}$  长寿命放射性核素的质谱分析，但由于所分析的样品为环境样品，用量少（mg 量级），且其中放射性核素的丰度极低，均为环境水平。因此不会造成直接的辐射影响和放射性三废，本项目主要考虑加速器质谱仪设备产生的辐射。

### 9.2.1 主要污染物

#### (1) X 射线

加速器产生的辐射，需要根据所加速离子的种类、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的粒子为 C 重离子，重离子射程很短，不能穿出真空束流管道，所以不能直接造成辐射危害；由于入射重离子的能量普遍远低于与加速器构件反应的库仑势垒（如 C 反应的库仑势垒为 25MeV），不足以引起核反应，不需考虑中子以及感生放射性，主要考虑重离子与靶物质的库仑相互作用。离子源产生的负离子引入加速器时，由于与加速器中残留的气体或加速器构件碰撞时释放电子，这些电子被反向加速射向正高压端时产生的次级 X 射线。根据厂家提供资料，X 射线产生点位主要为离子源、加速器高压端和高能质谱系统的静电分析器部分，正常工况下距离质谱仪设备表面 10cm 处的 X 射线剂量率不超过  $0.3\mu\text{Sv/h}$ ，设备高压锻炼时距表面 1m 处的 X 射线剂量率不超过  $50\mu\text{Sv/h}$ ，此时 X 射线最高能量为 200keV。

在加速器长期停机后，空气粒子会吸附在真空管壁上。因此为了保证加速器质谱仪测试的精度和稳定性，一般在长期停机后的运行前，要在接近端电压的电压下对加速器设备进行多次短时间的高压锻炼，尽可能使设备里吸附在管壁上的少量空气粒子被释放，在此过程中会产生电离辐射。这些偶尔产生的电离辐射，就会引起比正常工作状态稍高的辐射剂量。

## (2) O<sub>3</sub> 和 NO<sub>x</sub>

本项目建设的加速器质谱仪加速粒子能量较低，远小于相应核反应的阈能，因此，不会产生感生放射性气体。加速器运行过程中，产生的 X 射线与空气作用会产生 O<sub>3</sub> 和 NO<sub>x</sub>，由于本项目采用的加速器质谱仪能量很低，产生的 O<sub>3</sub> 和 NO<sub>x</sub> 量很少。

### 9.2.2 污染途径

#### (1) 正常工况时的污染途径

加速器质谱仪产生的韧致辐射 X 射线，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。

#### (2) 事故工况的污染途径

正常工况下为隔室操作，当安全联锁装置发生故障或设备控制系统出现故障时，人员误入正在进行加速器高压锻炼的大厅内或工作人员未退出，就开启高压装置或工作人员误操作造成误照射。

表 10 辐射安全与防护

## 10.1 项目安全设施

### 10.1.1 平面布局与辐射分区

质谱实验室拟建于通州基地蠕变、放射及燃烧实验室（原粉末橡胶车间）中部二层中部北侧，为单独的出入口，实验室东、南侧都临空，辐射工作区相对独立，平面布置合理。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）有关规定，为控制正常工作条件下的正常照射和限值潜在照射的范围，将需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定义为控制区，将通常不需要专门的防护手段和措施，但需要经常对照射条件进行监督和评价的区域定义为监督区。本项目质谱实验室为控制区，与之毗邻的操作间为监督区。辐射防护分区见图 7-2 所示。

### 10.1.2 辐射屏蔽设计

#### （1）自屏蔽设计

中石化北化院拟配置的加速器质谱仪结构设计带有自屏蔽功能，如束流管为 8mm 不锈钢，可以有效屏蔽初级重离子束，加速器钢桶外壳（10mm 铁）也能屏蔽产生的次级 X 射线。根据荷兰高压工程公司提供的仪器辐射安全安保报告（加速器质谱仪，HVE 4102Bo-AMS 型）中涉及辐射安全的部分，指出仪器仅有三个区域会产生 X 射线：离子源，静电分析器以及加速器。正常工况下距离加速器外表面 1m 处的 X 射线最大剂量率不超过 0.3 $\mu$ Sv/h。加速器质谱仪剂量分布图见图 10-1 所示。



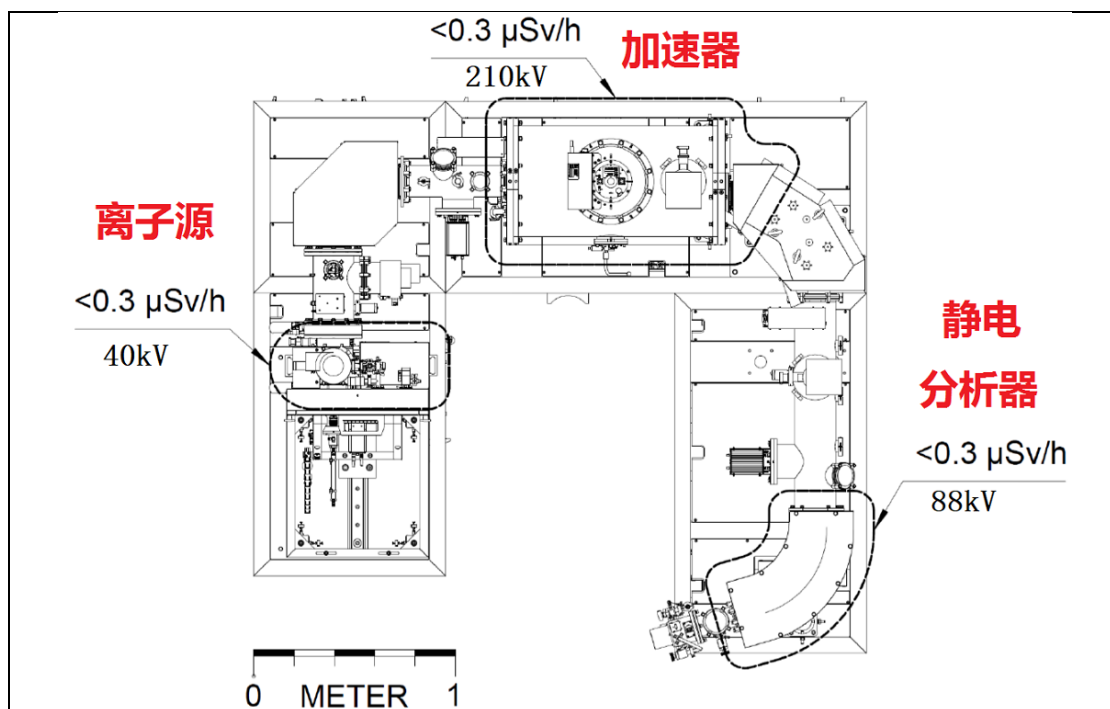


图 10-1 加速器质谱仪剂量分布图

## (2) 质谱实验室建筑设计

质谱实验室建筑设计如表 10-1 所示。

表 10-1 质谱实验室屏蔽设计

场所名称	墙体方向	材料及厚度	周围关系
质谱实验室	东	龙骨+2mmPb	临空
	西	龙骨+2mmPb	贮罐间
	南	龙骨+2mmPb	临空
	北	龙骨+2mmPb	操作间
	观察窗(北)	10mm 铅玻璃(约 2mm 铅当量)	操作间
	顶	2mmPb	无人区
	底	150mm 砼	蠕变实验室
	入口门	2mm 铅当量	操作间

### 10.1.3 辐射安全与防护措施

质谱实验室将根据设备特征及使用要求配置必要的安全防护设施，其中包括加速器自带的各项安全连锁设施，以及质谱实验室配备的各项安全设施与措施，以防止人员受到意外照射，这些安全防护设施及其功能要求如下：

(1) 本项目串列加速器系统自带各项连锁装置，其中任何一个连锁出现问题，机器将不能开机运行，同时机体自带紧急制动开关，当连锁条件没有满足

时阻止高压电源产生离子源，且保证无束流产生。具体包括：

①钥匙联锁：只有将钥匙插入控制台钥匙孔，才能开机出束。

②束流阻挡器与束流联锁：在射线装置运行过程中，如果紧急止动开关启动或打开防护门时，离子注入器束流阻挡器落下，低能束流不能进入高压加速器内。

③真空联锁：控制系统设计有真空联锁，当真空返回值不符合运行要求时，控制系统触发真空联锁。

④冷却水温度和流速联锁：控制系统设计有水温和流速联锁，当温度高于或低于设定温度时，流速低于设定值时，磁铁电源将触发联锁，控制系统显示联锁信息。

(2) 加速器系统用户操作控制界面，设有用户密码，只有被专门授权许可的操作人员才能实现加速器的开机操作，同时系统需满足以下全部条件时才能启动高压系统：

①加速粒子的种类、加速电压与预定值一致；

②控制台上的数字显示装置能正常工作；

③联锁和警告系统能正常运行；

④质谱实验室不得有人；

⑤防护门已关闭。

(3) 质谱实验室工作人员隔室操作，加速器出束时人员位于操作间内，设有门机联锁、声光警示等防止人员误入和误留的联锁装置及紧急止动设施：

①门机联锁：质谱实验室入口门设门机联锁，门未关闭，加速器无法启动高压；在启动高压装置条件下，如果开启防护门，自动切断高压并停止出束，辐射终止。

②声光警示：质谱实验室内醒目位置拟安装出束声光警示装置，防护门设置工作状态指示灯；启动高压装置时工作状态指示灯亮起，且声光警示装置启动，防止人员误入机房内。

③急停按钮：工作人员易于接触的位置设置有急停按钮且有醒目标志，包括设备控制台（1个）、质谱实验室（东、西面墙各1个）。

(4) 固定式剂量监测系统：质谱实验室配置固定式 X- $\gamma$  剂量率监测仪，探

头位于实验室北墙，实时监测实验室内辐射剂量水平，操作间设置实时显示仪表。当辐射超过预定水平时（报警阈值为  $2.5\mu\text{Gy/h}$ ），监测仪报警发出声光报警信号，并触发剂量联锁以切断高压。

(5) 视频监控系统：质谱实验室内安装摄像头（共 2 个），可通过操作间内监视器和观察窗观察到实验室内状况。

(6) 门禁系统：质谱实验室操作间、防护门入口处设门禁系统，由实验室负责质谱实验室安全出入权限管理以及门禁卡的发放。

(7) 加速器运行过程中会产生少量的  $\text{O}_3$  和  $\text{NO}_x$ ，质谱实验室设排风系统，设计排风次数不低于 4 次/h。

加速器辐射工作场所安全防护设施设计布置见图 10-2 所示，质谱实验室安全联锁设计逻辑图见图 10-3。

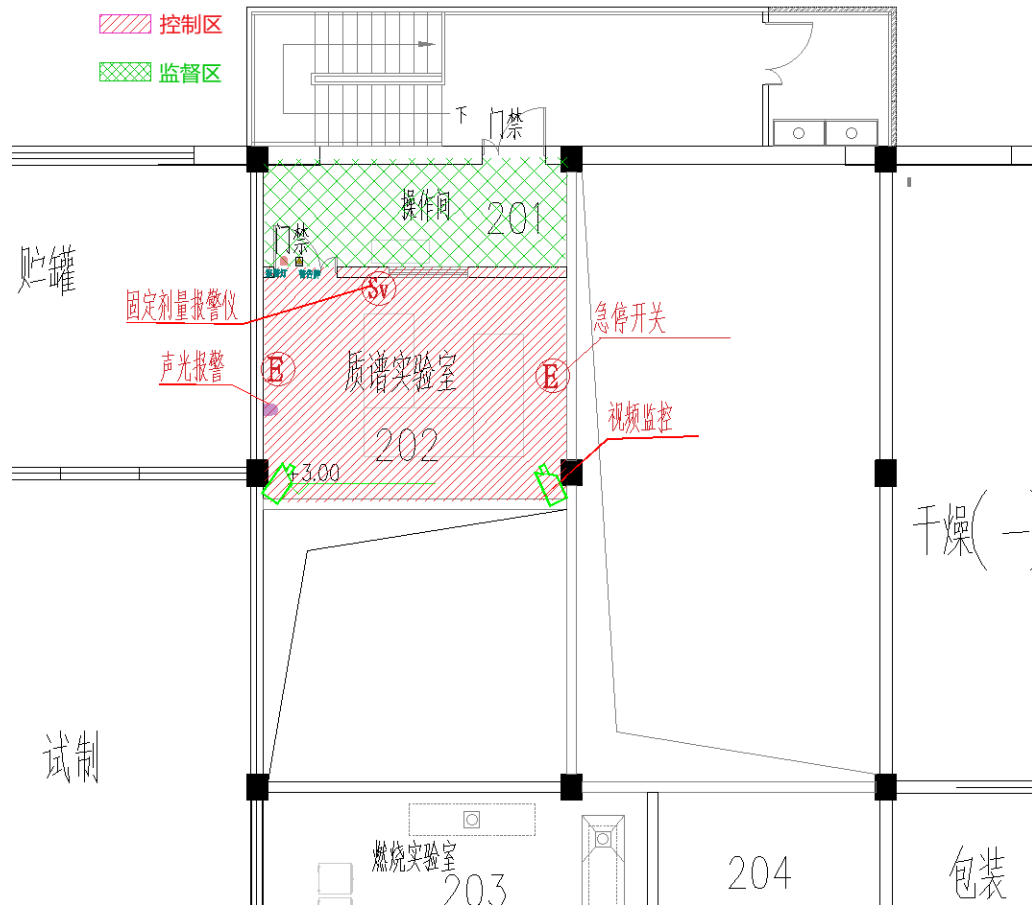


图10-2 安全防护设施布置示意图

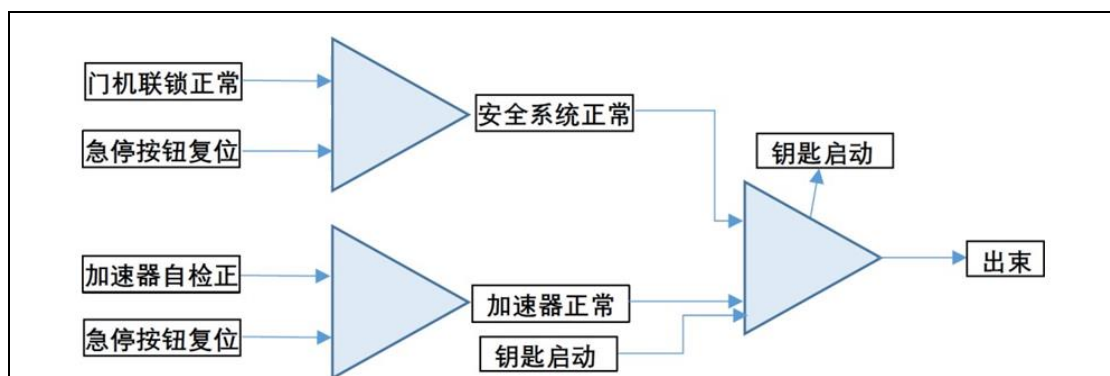


图10-3 质谱实验室安全联锁系统逻辑图

## 10.2 法规符合情况

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定，现对中石化北化院从事本项目辐射活动能力评价列于表 10-2 和表 10-3。

### 10.2.1 对照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求的满足情况

表 10-1 汇总列出了本项目对照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》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 10-1 项目执行《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求对照表

序号	要求	本单位落实情况	是否符合要求
1	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。	已成立辐射安全与防护管理小组,并在该机构设有专职管理人员。	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。	辐射工作人员拟参加辐射安全与防护考核。	落实后符合
3	使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体防卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目不涉及放射性同位素。	不涉及该内容
4	放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施。	拟设有工作状态指示灯、门机联锁、剂量监测与报警、出束前灯光和声音报警、急停按钮等安全设施。	落实后符合
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,包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。	辐射工作人员拟配备个人剂量计,本次拟配置1台固定式 $\gamma$ 剂量率监测仪,1台便携式 $\gamma$ 剂量率仪,2台个人剂	落实后符合

		量报警仪。	
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、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	拟完善现有的规章制度、操作规程、岗位职责及辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训考核计划、监测方案等。	落实后符合
7	有完善的辐射事故应急措施。	拟完善的辐射事故应急措施。	落实后符合
8	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。	本项目不涉及	不涉及该内容

### 10.2.2 对《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》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》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《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求的对照检查如表 10-2 所示。

表 10-2 项目执行《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求对照表

序号	安全和防护管理办法要求	本单位落实情况	是否符合要求
1	第五条 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，其出口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。	拟在辐射工作场所设出束工作状态指示灯，防护门外贴有电离辐射警告标志。拟设工作状态指示灯、门机联锁、剂量监测与报警、出束前灯光和声音报警、急停按钮等安全设施。	落实后符合
2	第七条 放射性同位素 被放射性污染的物品应当单独存放，不得与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放，并指定专人负责保管。	本项目不涉及放射性同位素。	不涉及该内容
3	第九条 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。	委托有辐射水平监测资质单位每年对辐射工作场所及其周围环境进行1次监测。	落实后符合
4	第十二条	承诺每年1月31日前	符合

	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。	向生态环境部门提交年度评估报告。	
5	第十七条 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。	辐射工作人员拟参加通过辐射安全与防护考核。	落实后符合
6	第二十三条 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。	将为所有从事放射性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）。	符合
7	第二十四条 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。	已委托有资质单位对辐射工作人员进行个人剂量监测。	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基本符合相应法律法规的要求。

### 10.3 三废的治理

(1) 加速器正常运行过程中冷却水主要用于冷却偏转磁铁和离子源，由于加速器能量较低，达不到反应阈能，因此本项目在运行过程中不产生放射性废水；加速器质谱的靶样为需测量的石墨C，测量时靶在离子源中电离，不产生感生放射性，测量后的样品按照化学样品管理规定分类处置。本项目运营期间分析的样品中的核素均为环境样品水平，因此，不产生放射性固体废物。

(2) 加速器质谱仪运行过程中，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 建设期环境影响

该项目施工活动对环境的影响主要是施工过程中产生的噪声、粉尘以及振动等，为了不影响周围环境，在设备安装过程中，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。本项目是工程量小，且施工基本上都在楼内进行，并且项目所在地区的地面已经过硬化，无裸露地面，因此产生的扬尘相对较小，因此基本不影响正常工作。

### 11.2 运行（使用）后对环境的影响

运行阶段的环境影响来自加速器质谱仪AMS运行过程中产生的辐射影响。主要污染因子为X射线，污染途径为外照射。本次评价重点关注项目运行期间的辐射剂量率及对工作人员和公众成员的辐射影响。

#### 11.2.1 加速器质谱仪周围辐射水平分析（理论估算）

本项目加速器质谱仪AMS运行过程中产生的辐射影响主要来自于反流电子被加速射向正高压端时产生的次级X射线，根据厂家提供资料，X射线产生点位主要为离子源、静电分析器部分，以加速器高压端。理论估算时按照高压锻炼时工况进行分析，参照HJ979-2018，电子束轰击结构材料产生的X射线吸收剂量率可按下式计算。

$$D_{10} = 60 \cdot Q \cdot I \cdot f_e \quad (11-1)$$

式中： $D_{10}$ 为距离 X 射线源 1m 处的吸收剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

$Q$ 为 X 射线发射率；反向电子保守按 210keV 能量考虑，由反向电子产生的 X 射线在  $0^\circ$ 方向上发射率常数为  $0.008\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ （按 500keV 取值），在  $90^\circ$ 方向上发射率常数为  $0.07\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ （按 500keV 取值）；

$I$ 为反流电子束流强度，取高压锻炼时最大离子束流强度  $100\mu\text{A}$  的 0.1%；

$f_e$ 为低 Z 厚靶 X 射线发射率的修正因子， $0^\circ$ 方向取 0.7， $90^\circ$ 方向取 0.5。

经过计算，在 $0^\circ$ 方向上机体表面1m处的X射线剂量率约为 $33.6\mu\text{Gy/h}$ ，在 $90^\circ$ 方向上机体表面1m处的X射线剂量率约为 $210\mu\text{Gy/h}$ 。加速器高压端钢桶外壳为10mm铁，对210kVX射线屏蔽因子约为0.15，考虑屏蔽后的X射线剂量率

约为31.5 $\mu$ Gy/h,可以满足高压锻炼时距加速器表面1m处的X射线剂量率不超过50 $\mu$ Sv/h的要求。

通过以上理论估算与类似加速器实测结果类比分析,说明加速器质谱仪正常工况下周围辐射很小,对人员辐射影响可控。

### 11.2.2 估算方法与参数

(1) 关注点剂量率公式 11-2 估算估算

$$H = H_0 \times B/R^2 \quad (11-2)$$

式中:  $H_0$ —距散射体 1m 处的辐射剂量率, 取 50 $\mu$ Sv/h;

$R$ —散射面中心点到关注点的距离, m;

$B$ —屏蔽体衰减因子;

(2) 年有效剂量按公式 11-3 估算

$$E = D \times t \times T \quad (11-3)$$

式中:  $E$  为年有效剂量,  $\mu$ Sv/a;

$D$  为关注点的剂量率,  $\mu$ Sv/h;

$T$  为人员的居留因子;

$t$  为年曝光时间, h/a。

(3) 相关参数

对于质谱实验室外关注点剂量率采用公式 11-2 估算, 年附加剂量采用公式 11-3 估算, 其中  $H_0$  采用厂家数据。根据荷兰高压工程欧洲有限责任公司对该型号质谱仪的辐射剂量测量结果 (见附件 3), 常规质谱分析时距离加速器表面 10cm 处的 X 射线剂量率不超过 0.3 $\mu$ Sv/h, 加速器高压锻炼时剂量率有所升高但不超过 50 $\mu$ Sv/h (X 射线最高能量为 200keV)。

根据《辐射安全手册》表 3.5, 200kV X 射线铅和混凝土的十值层分别为 0.142 cm 和 8.55cm。质谱实验室东墙隔临空外干燥间上方, 按居留因子  $T=1/16$ ; 南墙隔临空外实验室居留因子  $T=1$ ; 西墙贮罐间上方, 按居留因子  $T=1/16$ ; 北墙外操作间, 按居留因子  $T=1$ ; 楼上楼顶无人区按居留因子  $T=1/16$ ; 楼下蠕变实验室按居留因子  $T=1$ 。

(4) 使用工况

根据建设单位提供资料, 常规质谱分析年工作时间不大于 2000h (保守每天按照工作 8h), 加速器高压锻炼每月最多 5 次, 每次 2min, 年累计时间不超过 2h。



### 11.2.3 关注点辐射剂量率

常规质谱分析时距离加速器 10cm 处的 X 射线剂量率不超过  $0.3\mu\text{Sv/h}$  (估算时距离取 0.6m), 在不考虑质谱实验室屏蔽设计和距离衰减情况下已经满足本次评价提出的剂量率控制水平  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。加速器高压锻炼时剂量率有所升高但不超过  $50\mu\text{Sv/h}$ , 加速器高压锻炼时大厅周围关注点辐射剂量率估算结果见表 11-1, 估算点位见图 11-1, 其中关注点距辐射源的距离保守采用距质谱仪边界(虚线)的距离。

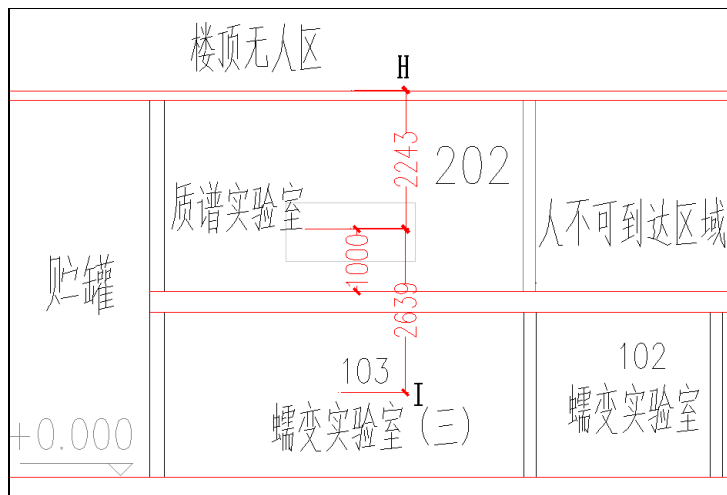
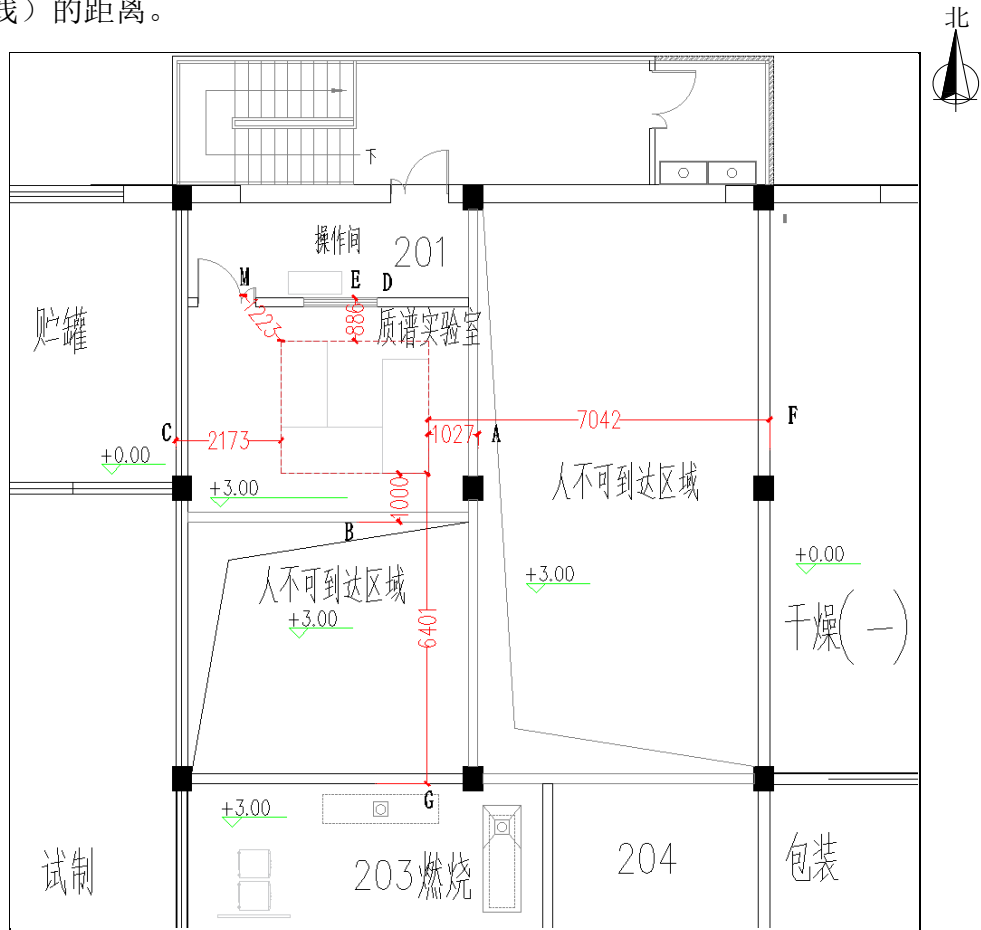


图 11-1 质谱实验室估算点位示意图

表 11-1 关注点的最大剂量率估算结果

位置	状态	距离 m	屏蔽材料及厚度	衰减因子 K <sup>-1</sup>	剂量率 μSv/h
东墙外 A (无人区)	常规	1.3	2mm 铅	3.90E-02	2.50E-03
	高压锻炼			3.90E-02	4.16E-01
南墙外 B (无人区)	常规	1.3	2mm 铅	3.90E-02	2.50E-03
	高压锻炼			3.90E-02	4.16E-01
西墙外贮罐间 C	常规	2.5	2mm 铅	3.90E-02	6.75E-04
	高压锻炼			3.90E-02	1.12E-01
北墙外操作间 D	常规	1.2	2mm 铅	3.90E-02	2.93E-03
	高压锻炼			3.90E-02	4.88E-01
观察窗外 E	常规	1.2	2mm 铅当量铅玻璃	3.90E-02	2.93E-03
	高压锻炼			3.90E-02	4.88E-01
东墙外 F	常规	7.3	2mm 铅	3.90E-02	7.91E-05
	高压锻炼			3.90E-02	1.32E-02
南墙外 G	常规	6.7	2mm 铅	3.90E-02	9.39E-05
	高压锻炼			3.90E-02	1.57E-02
防护门外 M	常规	1.5	2mm 铅	3.90E-02	1.87E-03
	高压锻炼			3.90E-02	3.12E-01
楼上无人区 H	常规	2.5	2mm 铅	3.90E-02	6.75E-04
	高压锻炼			3.90E-02	1.12E-01
楼下蠕变实验室 I	常规	2.9	150mm 砷	1.76E-02	2.26E-04
	高压锻炼			1.76E-02	3.77E-02

根据以上估算结果，常规质谱分析时，质谱实验室周围最大剂量水平为 2.93E-03μSv/h；即使在加速器高压锻炼时，最大辐射剂量率为 4.88E-01μSv/h，也满足本次评价提出的剂量率控制水平低于 2.5μSv/h 的要求。考虑剂量率与距离平方成反比、评价范围内固有建筑物的屏蔽等因素，评价范围内其它与质

谱实验室距离更远处关注点的剂量率将远小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，能满足本评价剂量率控制水平的要求。

#### 11.2.4 人员年附加剂量估算

(1) 工作人员年附加有效剂量估计

加速器高压锻炼时间为 2h，谱仪常规质谱分析年工作时间不大于 2000h，则工作人员年附加剂量约为  $4.88\text{E-}01\mu\text{Sv/h}\times 2\text{h}+2.93\text{E-}03\times 2000\text{h}\approx 6.8\mu\text{Sv}$ ，能满足本评价剂量约束目标值 ( $2\text{mSv/a}$ ) 的要求。

(2) 公众年附加有效剂量估计

评价范围内主要的公众长居留点位的年附加有效剂量见表 11-2 所示。

表 11-2 公众年附加剂量估算结果

位置	剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	时间 h	居留因子	累积剂量 $\mu\text{Sv}$	年附加剂量 $\mu\text{Sv}$
西墙外贮罐 间 C	6.75E-04	2	1/16	8.44E-02	9.84E-02
	1.12E-01	2000		1.40E-02	
东墙外干燥 间 F	7.91E-05	2	1/16	9.89E-03	1.15E-02
	1.32E-02	2000		1.65E-03	
南墙外燃烧 间 G	9.39E-05	2	1/16	1.17E-02	1.37E-02
	1.57E-02	2000		1.96E-03	
楼下蠕变实 验室 I	2.26E-04	2	1	4.52E-01	5.27E-01
	3.77E-02	2000		7.54E-02	

根据表 11-2 估算结果，主要关注点公众年附加剂量最大为  $5.27\mu\text{Sv}$ ，满足本评价剂量约束目标值 ( $0.1\text{mSv/a}$ ) 的要求。考虑剂量与距离平方成反比、评价范围内固有建筑物的屏蔽和居留因子等因素，评价范围内其它公众年剂量将远小于  $5.27\mu\text{Sv}$ ，能满足本评价剂量约束目标值 ( $0.1\text{mSv/a}$ ) 的要求。

#### 11.3 异常事件分析与防范建议

(1) 事件（故）分析

正常工况下为隔室操作，当安全连锁装置发生故障或设备控制系统出现故障时，人员误入正在运行的大厅内或工作人员未退出，就开启高压装置或工作人员误操作造成误照射；由于正常工况下距离设备表面 10cm 处的 X 射线剂量

率不超过 0.3 $\mu$ Sv/h，高压锻炼时最大剂量率不超过 50 $\mu$ Sv/h 且时间短，因此人员误入或误留不会造成人员受超剂量照射事故。

#### (2) 事件（故）防范措施

质谱实验室拟设置门机联锁、出束前灯光和声音报警、剂量监测与报警、清场巡检按钮等安全设施，日常运行过程中应定期检查安全设施状况并做好记录，各项安全设施的良好运行可有效避免人员误照射。

加速器质谱仪控制系统设计有真空联锁，当真空返回值不符合运行要求时，控制系统触发真空联锁，日常运行中做好真空联锁和系统维护，能够有效防止事故工况发生。

### 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11-3。

表11-3 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。
剂量当量率	质谱仪设备表面 10cm 处 X 射线剂量率不超过 0.3 $\mu$ Sv/h，高压锻炼时不超过 50 $\mu$ Sv/h，质谱实验室外 30cm 处周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h。
电离辐射标志和中文警示	在辐射工作场所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。辐射工作场所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	质谱仪设有钥匙联锁、束流阻挡器与束流联锁、冷却水温度和流速联锁、真空联锁等，质谱实验室设有工作状态指示灯、门机联锁、剂量监测与报警、出束前灯光和声音报警、急停按钮等安全设施。
监测仪器	配备检测仪器：已配备 1 套固定式 $\gamma$ 剂量率监测仪，1 台便携式 $\gamma$ 剂量率仪，2 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	辐射工作人员通过辐射安全与防护知识考核。
应急预案	<p>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。针对使用射线装置过程中可能存在的风险，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。</p>

**表 12 辐射安全管理**

**12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置**

**12.1.1 辐射安全管理小组**

中石化北化院已经设置了辐射安全与防护管理小组作为专门管理机构，并指定了专人负责辐射安全与环境保护管理工作，辐射安全管理小组的职责：

1. 在单位辐射安全防护组组长、副组长的领导下，负责本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。负责对本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、修订本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，在辐射安全防护组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**

本项目拟新增 2 名辐射工作人员，新增的辐射工作人员将在生态环境部培训平台报名参加并通过辐射安全和防护考核，经过考核合格后持证上岗，并参加每五年一次的重新考核，并制定辐射工作人员考核计划。同时按照国家相关规定辐射工作人员进行职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案，并为工作人员保存职业照射记录。

**12.2 辐射安全管理规章制度**

单位辐射安全管理严格遵循国家的各项相关规定，针对加速器质谱仪项目，将完善操作规程、辐射监测方案、辐射事故应急预案等辐射安全管理制度，严格执行后能确保加速器质谱仪项目的顺利实施。

## 12.3 辐射监测

### 12.3.1 个人剂量监测

北化院制订了辐射工作人员个人剂量监测的管理要求，目前已委托北京市朝阳区疾病预防控制中心承担，所有辐射工作人员均拟佩戴 TLD 个人剂量计，监测频度为每 3 个月检测一次，并按照《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(原环境保护部令 18 号)要求建立个人剂量档案。辐射工作人员进行个人剂量监测发现监测结果异常的，立即核实和调查，并将有关情况进行文字记录。

中石化北化院新增 2 名辐射工作人员的个人剂量监测工作将继续委托专业机构完成。

### 12.3.2 工作场所和辐射环境监测

根据原环保部 18 令的要求，公司委托有资质单位每年对工作场所进行 1 次辐射水平监测。此外，每年使用便携式剂量率仪开展 2 次自行监测，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。

中石化北化院拟配备 1 套固定式 X- $\gamma$  剂量率监测仪，1 台便携式 X- $\gamma$  剂量率仪，2 台个人剂量报警仪，对拟建辐射工作场所进行监测，本项目自行监测方案如下。

#### (1) 固定式剂量监测仪实时监测

质谱实验室配置固定式 X- $\gamma$  剂量率监测仪，探头位于北墙，操作间设置实时显示仪表。实时监测数据可反映加速器质谱仪工作状态。

#### (2) 质谱实验室周围定期巡测

加速器质谱实验室工作人员使用便携式剂量监测仪，点位包括点位质谱实验室四周和楼下（人员可达处），监测数据记录存档，测量结果连同测量条件、测量方法和仪器、测量时间等一同记录并妥善保存。对辐射工作场所进行监测，监测计划见表 12-1，检测点位示意图见图 12-1。

表 12-2 本项目自行辐射工作场所监测计划

场所	测点编号	位置描述	自行监测频次
质谱实验室	1	观察窗	2次/年
	2	操作间	2次/年
	3	操作间门外	2次/年
	4	西墙外贮罐间	2次/年
	5	楼下蠕变实验室	2次/年

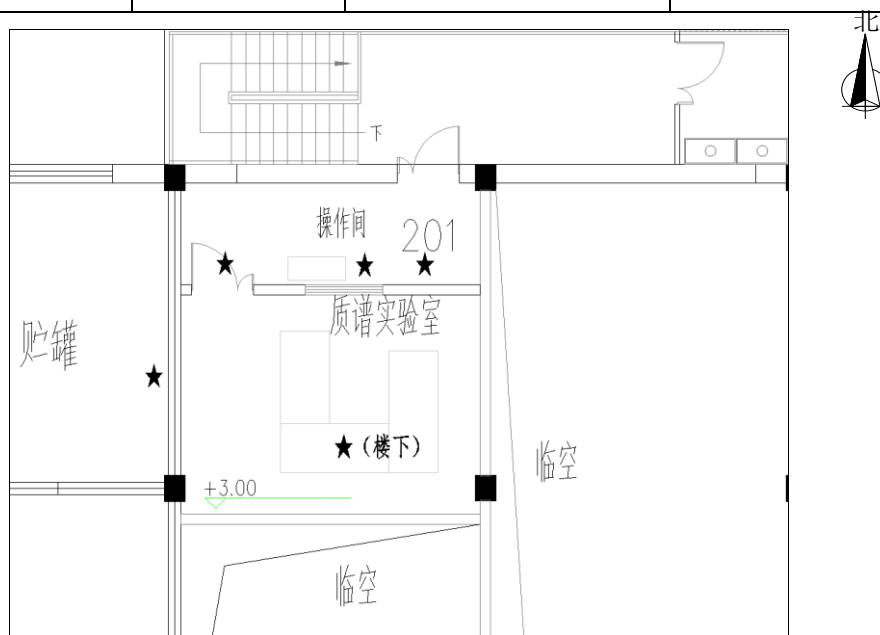


图 12-1 拟建质谱实验室自行检测点位图（标注★为检测位置）

#### 12.4 辐射事故应急管理

中石化北化院制定了《辐射事故（件）应急预案》，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，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，能够满足单位实际辐射工作的需要。

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》，向当地生态环境部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康行政部门报告。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 实践正当性分析

为开展地表演变定年、地下水资源与开发利用、环境污染控制与防治、核环境监测等科学研究中的长寿命核素的质谱分析，中石化北化院拟新增使用 1 台 2×210kV 高频高压串列加速器质谱仪，该项目的实施为地表过程、资源生态、地表系统模型与模拟、核与辐射环境监测等研究方向提供了良好平台，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践正当性”的要求。

#### 13.1.2 选址合理性分析

本项目位于通州基地蠕变、放射及燃烧实验室（原粉末橡胶车间）中部二层质谱实验室，为相对独立的区域，选址充分考虑了周围场所的防护与安全，对公众影响较小。因而从辐射环境保护方面论证，该项目选址是可行的。

#### 13.1.3 辐射防护屏蔽能力分析

加速器质谱仪结构设计带有自屏蔽功能，正常工况下距离加速器外表面 10cm 处的 X 射线最大剂量率不超过 0.3 $\mu$ Sv/h，并设置门-机联锁、急停按钮、剂量实时监测、工作状态指示及电离辐射警示等安全防护设施，符合辐射安全防护的要求。

#### 13.1.4 辐射环境评价

（1）根据估算分析，预计工作人员和公众的年受照剂量均低于相应剂量约束限值（2mSv/a、0.1mSv/a），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。对于辐射工作人员年受照剂量异常情况，单位应该进行调查并报生态环境部门备案。

（2）本项目加速器质谱仪正常运行（使用）情况下，不产生放射性废气、放射性废水和放射性固废。

（3）辐射安全防护管理：单位设有辐射安全与环境保护管理机构，负责全院的辐射安全管理和监督工作。拟完善操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、人员培训考核计划、健康体检制度、辐射事故应急预案和设备检修维护制度等。

(4) 与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》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。

### **13.1.5 结论**

综上所述，中石化北化院新增使用 1 台 kV 级加速器质谱仪项目，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) 进一步加强本单位的辐射安全管理，发现问题，及时整治，完善管理制度，落实管理责任。

(2) 严格按照工程设计施工，保证工程建设质量。

(3) 及时办理辐射安全许可证变更手续。在项目建设投入运行后应按照环保相关法规要求及时自行办理竣工验收，并接受生态环境部门的监督检查。

(4) 在辐射项目运行中决不容许违规操作和弄虚作假等现象发生，如若发现相关现象接受相关处理。对于辐射工作人员年受照剂量异常情况，单位进行调查并报生态环境部门备案。

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

