

# 核技术利用建设项目

西安汇能电子设备有限责任公司  
中子发生器测井测试核技术利用项目

## 环境影响报告表

建设单位：西安汇能电子设备有限责任公司（盖章）

评价单位：核工业二〇三研究所



# 目录

<b>表 1 项目基本情况</b>	<b>1</b>
1.1 公司简介及项目由来	1
1.2 编制目的	2
1.3 产业政策符合性及实践正当性分析	2
1.4 项目选址合理性分析	2
1.5 核技术利用项目回顾	3
1.5.1 环保手续履行情况	3
1.5.2 辐射安全管理现状	3
1.6 本次环评项目概况	4
1.6.1 项目简况	4
1.6.2 交通地理位置	5
1.6.3 项目平面布局	5
1.7 项目组成及射线装置参数	5
1.8 工作人员配备及工作制度	6
<b>表 2 放射源</b>	<b>9</b>
<b>表 3 非密封放射性物质</b>	<b>9</b>
<b>表 4 射线装置</b>	<b>10</b>
<b>表 5 废弃物</b>	<b>11</b>
<b>表 6 评价依据</b>	<b>12</b>
6.1 法律、法规依据	12
6.2 技术标准	13
6.3 其它	13
<b>表 7 保护目标与评价标准</b>	<b>14</b>
7.1 评价范围	14
7.2 保护目标	14
7.3 评价标准	15
<b>表 8 环境质量和环境现状</b>	<b>18</b>
8.1 项目所在区域辐射环境现状	18
8.2 辐射环境现状评价	19
<b>表 9 项目工程分析与源项</b>	<b>21</b>
9.1 工程设备及工艺分析	21
9.1.1 中子发生器工作原理	21
9.1.2 测试工作流程	21
9.2 污染源项描述	22
9.2.1 污染源项分析	22

9.2.2 正常工况下主要放射性污染物和污染途径 .....	23
9.2.3 事故情况下主要放射性污染物和污染途径 .....	23
<b>表 10 辐射安全与防护 .....</b>	<b>24</b>
10.1 项目安全设施 .....	24
10.1.1 工作场所布局 .....	24
10.1.2 辐射屏蔽设计 .....	25
10.1.3 拟采取的安全防护措施 .....	26
10.1.4 需采取的安全管理措施 .....	27
10.2 三废的治理 .....	28
10.2.1 废气 .....	28
10.2.2 废水 .....	28
10.2.3 固体废物 .....	28
<b>表 11 环境影响分析 .....</b>	<b>29</b>
11.1 建设阶段对环境的影响 .....	29
11.2 运行阶段对环境的影响 .....	29
11.2.1 理论模拟 .....	29
11.2.2 辐射环境影响分析 .....	31
11.2.3 剂量估算 .....	31
11.2.3.1 关注点的设定 .....	31
11.2.3.2 贯穿照射 .....	31
11.2.3.3 放射性气态流出物浸没照射 .....	33
11.2.4 人员剂量估算 .....	34
11.2.5 放射性固体废物对环境的影响分析 .....	36
11.2.6 非放射性废气环境影响分析 .....	37
11.2.7 水环境影响分析 .....	38
11.2.8 固体废物影响分析 .....	39
11.3 事故影响分析 .....	39
11.4 辐射环境影响评价 .....	41
<b>表 12 辐射安全管理 .....</b>	<b>42</b>
12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置 .....	42
12.2 辐射安全管理规章制度 .....	42
12.3 人员培训及档案管理 .....	44
12.4 辐射监测 .....	44
12.5 辐射事故应急 .....	45
12.6 环保投资和环保验收 .....	46
<b>表 13 结论与建议 .....</b>	<b>49</b>
13.1 结论 .....	49
13.2 建议 .....	49

附图 1 项目拟建地现状图

附件 1 委托书

附件 2 原有核技术项目环境影响审批文件

附件 3 现行辐射安全许可证

附件 4 职业人员健康体检报告、个人剂量报告及辐射安全与防护考核成绩报告单

附件 5 环境现状监测报告

附件 6 辐射安全领导小组成立文件

附件 7 报告公示截图及公开说明

附件 8 市场主体环境信息承诺书

表 1 项目基本情况

建设项目名称		中子发生器测井测试核技术利用项目			
建设单位		西安汇能电子设备有限责任公司			
法人代表		段军亚	联系人	陈卓	联系电话
注册地址		陕西省西安市鄠邑区西户科技企业孵化器 F 区			
项目建设地点		陕西省西安市鄠邑区科兴中路与科兴一路西北角			
立项审批部门		/	批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		500	项目环保投资 (万元)	45	投资比例 (环保投资/总投资)
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积 (m <sup>2</sup> )
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			
其它					
<p><b>1.1 公司简介及项目由来</b></p> <p>西安汇能电子设备有限责任公司成立于 2006 年 3 月，公司先后参与了“863”计划随钻补偿密度测井仪课题、“十三五”随钻能谱测井仪课题、中科院 A 类战略性先导科技专项随钻方位密度和随钻伽马能谱测井仪课题等国家重大科研项目，并于 2007 年通过 ISO9000 质量体系认证、2016 年通过环境安全管理体系及职业健康安全管理体系认证、2017 年被评选为西安市高新技术企业、2018 年被评选为陕西省国家级高新技术企业。公司生产研发实力雄厚，现已取得十多项研发专利证书，资深工程师有 30 多年核测井仪器生产、研制经历，先后从事 3700、5700 等核测井仪的研制工作，产品用户遍及国内各油田，部分产品远销国外，用户反映良好。公司现设有研发、生产、销售、服务与维修等部门，主要生产的仪器有 SDZ3000、SDZ5000、SDZ8000、5700 等系列的核测井仪。</p> <p>由于中子发生器购买方（主要为石油测井相关公司）对现场测井时中子发生器的性能随地层温度变化有一定的要求，因此西安汇能电子设备有限责任公司在销售中子发生器前需要对中子发生器进行性能测试。本项目建设内容为新建仪器调试实验室，</p>					

用于模拟现场测井环境以及中子发生器（Ⅱ类射线装置）的打靶测试，中子强度为 $1.5\times 10^8\text{n/s}$ ，中子发生器中的中子管氚靶活度为 $3.7\times 10^{11}\text{Bq}$ 。

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版）相关规定，本项目属于“五十五、核与辐射—172、核技术利用建设项目”中“生产、使用Ⅱ类射线装置的”，应编制环境影响评价报告表。为此，2023年9月西安汇能电子设备有限责任公司正式委托核工业二〇三研究所对该项目进行环境影响评价工作。接受委托后，核工业二〇三研究所即组织工程专业技术人员对项目场地及周围环境进行实地调查，收集相关基础资料，根据国家、省市的有关环保法规和《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），编制了该项目环境影响报告表。

## 1.2 编制目的

（1）对拟建项目的辐射防护设施进行评价、预测并论证其可行性。

（2）为建设单位改进和完善辐射防护设计、安全防护措施和辐射管理提供建议，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。

（3）满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定，为生态环境主管部门和单位的辐射环境保护管理提供科学依据。

## 1.3 产业政策符合性及实践正当性分析

本项目利用中子发生器（加速器中子源）进行测井测试。根据《产业结构调整指导目录（2024年本）》，属于“鼓励类”中“六、核能—4、核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”项目，符合国家产业政策。

西安汇能电子设备有限责任公司中子发生器测井测试核技术利用项目用于中子发生器随温度变化性能测试，能够不断提高石油测井、中子测井的技术水平，促进测井事业的发展，能产生较大社会效益。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”原则。

## 1.4 项目选址合理性分析

本项目位于西安市鄠邑区科兴中路与科兴一路西北角西安汇能电子设备有限责任公司厂区实验楼仪器调试实验室内，且仪器调试实验室在地下室，实验楼周边为市政道路、厂区道路以及其他生产办公厂房，无环境制约因素。项目地周围环境现状照片见附图1，项目采取有效的辐射防护屏蔽措施后，对周围环境影响较小，项目选址基本合理。

## 1.5 核技术利用项目回顾

### 1.5.1 环保手续履行情况

#### (1) 环评审批、竣工验收情况

根据建设单位提供的资料，西安汇能电子设备有限责任公司自成立以来，共开展了3次核技术利用项目，环保审批手续履行情况见表1.5-1，具体见附件2。

表 1.5-1 核技术利用项目环保手续履行情况

序号	项目名称及评价内容	环保审批或备案号	竣工环境保护验收
1	西安汇能电子设备有限责任公司核技术项目环境影响登记表（销售、使用密封放射源 <sup>137</sup> Cs(V类源)、 <sup>241</sup> Am(V类源)、 <sup>241</sup> Am-Be(IV类源)）	原西安市环境保护局市环批复（2011）179号	2012年2月原西安市环境保护局对公司核技术应用项目中销售、使用密封放射源 <sup>137</sup> Cs、 <sup>241</sup> Am进行了竣工环保验收（验收批复：市环批复（2012）21号）
2	西安汇能电子设备有限责任公司增加销售、使用放射性同位素项目（销售、使用 <sup>137</sup> Cs(V类源)、 <sup>241</sup> Am(V类源)）	备案号： 202161011300000050	/
3	西安汇能电子设备有限责任公司新建贮源库项目（销售II类射线装置，并建设贮源库一座）	备案号： 202361012500000102	/

(2) 西安汇能电子设备有限责任公司现行《辐射安全许可证》（编号：陕环辐证（00100））许可的放射源和射线装置内容如表1.5-2和表1.5-3所示，具体见附件3。

表 1.5-2 许可的放射源统计表

序号	核素	类别	活度 (Bq) /×枚数	活动种类
1	<sup>137</sup> Cs	V类	3.7E+4*100	销售、使用
2	<sup>137</sup> Cs	V类	3.7E+6*5	销售、使用
3	<sup>137</sup> Cs	V类	8.0E+3*100	销售、使用
4	<sup>137</sup> Cs	V类	1.11E+5*100	销售、使用
5	<sup>137</sup> Cs	V类	7.4E+9*1	销售、使用
6	<sup>241</sup> Am-Be	IV类	3.7E+9*2	销售、使用
7	<sup>241</sup> Am	V类	1.85E+7*3	销售、使用
8	<sup>241</sup> Am	V类	3.7E+6*9	销售、使用
9	<sup>241</sup> Am	V类	3.7E+5*60	销售、使用
10	<sup>241</sup> Am	V类	1.85E+5*30	销售、使用

表 1.5-3 许可的射线装置统计表

序号	装置名称	装置数量	类别	活动种类
1	中子发生器	30台	II	销售

注：目前中子发生器无销售。

### 1.5.2 辐射安全管理现状

(1) 为加强对辐射安全和防护管理工作，公司已成立了辐射安全领导小组，明确了机构成员以及职责，并负责单位辐射安全管理工作（见附件6）。

(2) 公司已制定的规章制度主要有：《辐射防护和安全制度》、《辐射工作场所监测制度》、《放射性工作人员安全操作规程》、《放射性物品安全管理办法》、《放射性物质装卸操作规定》、《放射源安全防范措施》、《执行“放射源转移、转让、收贮”备案制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作人员培训制度》、《源库保管员岗位职责》、《源库存取、借用源管理制度》用于公司辐射安全管理；公司已针对可能发生辐射事故类型，制定了相应的《辐射事故应急预案》。

(3) 建设单位现有辐射工作人员 6 人参加了辐射防护安全知识和法律法规教育，并通过核技术利用辐射安全与防护考核合格（具体见附件 4）。具体人员名单见下表。

**表 1.5-4 辐射工作人员一览表**

序号	姓名	证书编号
1	高辉	FS21SN1300098
2	黄禄刚	FS21SN1300107
3	张威	FS21SN1300103
4	魏明	FS21SN1300093
5	严航	FS21SN1300094
6	陈卓	FS21SN2200003

(4) 建设单位已配备 1 台 X-γ辐射剂量率仪（型号：JB4000）和 1 台中子周围剂量当量率仪（型号：QZ41-4105），能够满足原有核技术利用项目需要。

(5) 2023 年 1 月 12 日建设单位对职业人员进行职业健康检查，并建立了职业健康监护档案。根据核工业四一七医院出具的职业健康检查报告（具体见附件 4）可知，6 人进行了职业健康检查。体检结果显示：5 人均可继续从事放射性工作，1 人（高辉）需复查（高辉已调离放射性岗位）。

(6) 2023 年 1 月 6 日建设单位委托陕西秦洲核与辐射安全技术有限公司对现有辐射工作场所及周围环境进行了监测，并出具了监测报告（报告编号：QNJC-202212-E051），监测结果表明，源库墙体、门窗、房顶等屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率均小于 2.5μSv/h，满足相关标准限值要求。

(7) 工作期间工作人员佩戴个人剂量计接受剂量监测，建立了剂量健康档案并存档。建设单位委托陕西秦洲核与辐射安全技术有限公司对工作人员进行了 2022 年 10 月 1 日至 2023 年 9 月 30 日（近 4 个季度）的个人剂量检测，由个人剂量检测报告（具体见附件 4）可知，外照射所致辐射工作人员年附加有效剂量最大为 0.13mSv。已根据生态环境相关部门提出的整改要求增加了中子个人剂量计的佩戴，并按季度进行个人剂量检测。

## 1.6 本次环评项目概况

### 1.6.1 项目简况



项目名称：中子发生器测井测试核技术利用项目

建设地点：陕西省西安市鄠邑区科兴中路与科兴一路西北角

建设内容：新建仪器调试实验室，用于模拟现场测井环境以及中子发生器（II类射线装置）的打靶测试，中子强度为  $1.5 \times 10^8 \text{ n/s}$ ，中子发生器中的中子管氚靶活度为  $3.7 \times 10^{11} \text{ Bq}$ 。

### 1.6.2 交通地理位置

本项目位于陕西省西安市鄠邑区科兴中路与科兴一路西北角西安汇能电子设备有限责任公司厂区实验楼仪器调试实验室内，具体地理位置见图 1-1。

### 1.6.3 项目平面布局

本项目仪器调试实验室位于西安汇能电子设备有限责任公司厂区南侧实验楼地下室（实验楼部分已建，地下室未建），实验楼北侧为生产办公楼，西侧为陕西雷能电子科技公司厂房，东侧为厂区道路和门房，南侧为绿化带和科兴中路，其平面布局（周边关系）图见图 1-2 所示，仪器调试实验室布置示意图见图 1-3 所示。

### 1.7 项目组成及射线装置参数

本项目涉及的机房参数和射线装置参数具体见表 1.7-1 和表 1.7-2。

表 1.7-1 项目组成一览表

类别	项目名称	建设内容	备注	
主体工程	仪器调试实验室	内部尺寸：长 3.6m，宽 0.7m，高 0.85m	新建	
		屏蔽部位		防护情况
		东、西、南侧墙体		30cm 厚混凝土+土层
		顶部		30cm 厚混凝土+150cm 土层
		北侧防护门		3cm 钢板+50cm 含硼聚乙烯+3cm 钢板
	1、人员不进出仪器调试实验室，仅测井仪器和烘箱通过北侧防护门进出，防护门采用电动驱动装置在预设的东西向轨道上平移开闭。 2、混凝土的密度不小于 $2.35 \text{ t/m}^3$ 。			
辅助工程	操作区	操作区位于实验楼地面一层	新建	
	通风工程	机房排风风量约为 $600 \text{ m}^3/\text{h}$ ，每小时通风次数为 280 次，可保持良好通风，通风管道内径为 10cm。		
公用工程	给水工程	由园区内供水管网接入	依托	
	排水工程	由园区污水管道接入市政污水管网		
	配供电工程	由园区配电室接入电源		
环保工程	废水	生活污水经园区污水处理系统处理后排往市政污水管网	依托	
	固废	生活垃圾收集后交由辖区内城管相关部门统一处置		
	贮存间	位于实验楼地面一层，暂存中子发生器，能够实现 24 小时监控	依托	
	辐射防护	屏蔽墙体采用符合要求的混凝土、钢板和含硼聚乙烯	新建	

表 1.7-2 射线装置主要技术参数

名称、型号	类别	数量（台）	最大管电压（kV）	最大靶电流（ $\mu\text{A}$ ）	中子强度（n/s）	氚靶活度（Bq）
中子发生器（NTG90）	II	15	110	120	$1.5 \times 10^8$	$3.7 \times 10^{11}$
中子发生器（NTG48）	II	15	110	120	$1.5 \times 10^8$	$3.7 \times 10^{11}$

两种型号的中子发生器中子源强度和管子中的氚靶活度一致，主要区别为中子发生器测井仪探管直径、长度不同。

### 1.8 工作人员配备及工作制度

根据建设单位提供的相关资料，每台中子发生器在出厂销售前需要进行模拟测井温度打靶测试，具体测试流程为：首先是常温打靶测试，低压供电正常后开始加靶压，靶压加至指定值后，开始室温打靶测试，室温打靶时间最长为 1 小时，室温打靶测试完成后，开始做高温打靶测试，先开启烘箱，设置目标温度，等待温度到达目标之后，开始高温打靶，高温打靶时间 1~3 小时，高温打靶测试完成后，关闭中子发生器和烘箱。中子发生器年销售量最多 30 台，因此中子发生器打靶测试一年最多 30 次。由以上打靶测试流程可知中子发生器年出束打靶时间最长为 120h。

西安汇能电子设备有限责任公司拟从现有辐射工作人员中为本项目调配 2 名辐射工作人员。

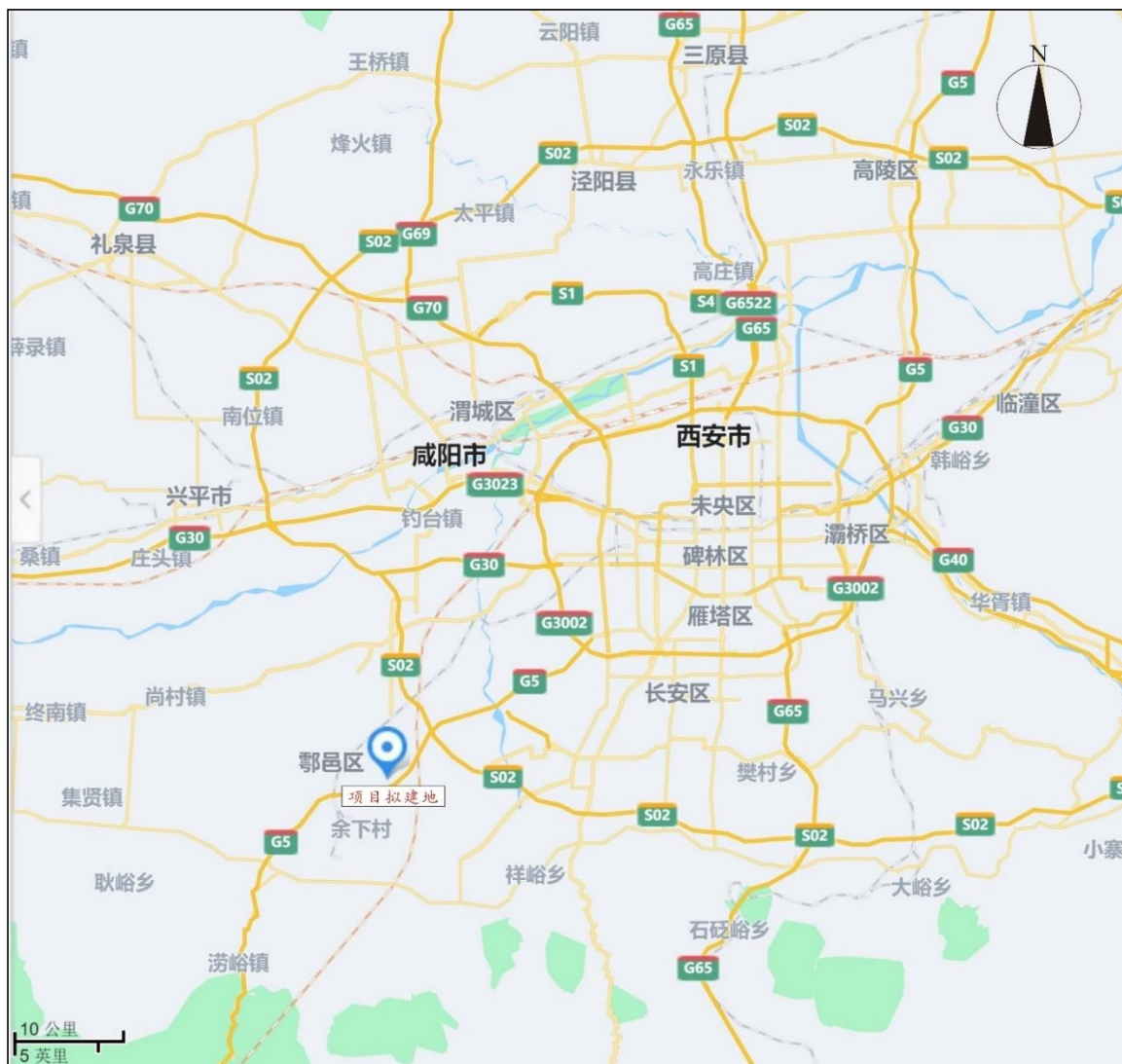


图 1-1 交通地理位置图

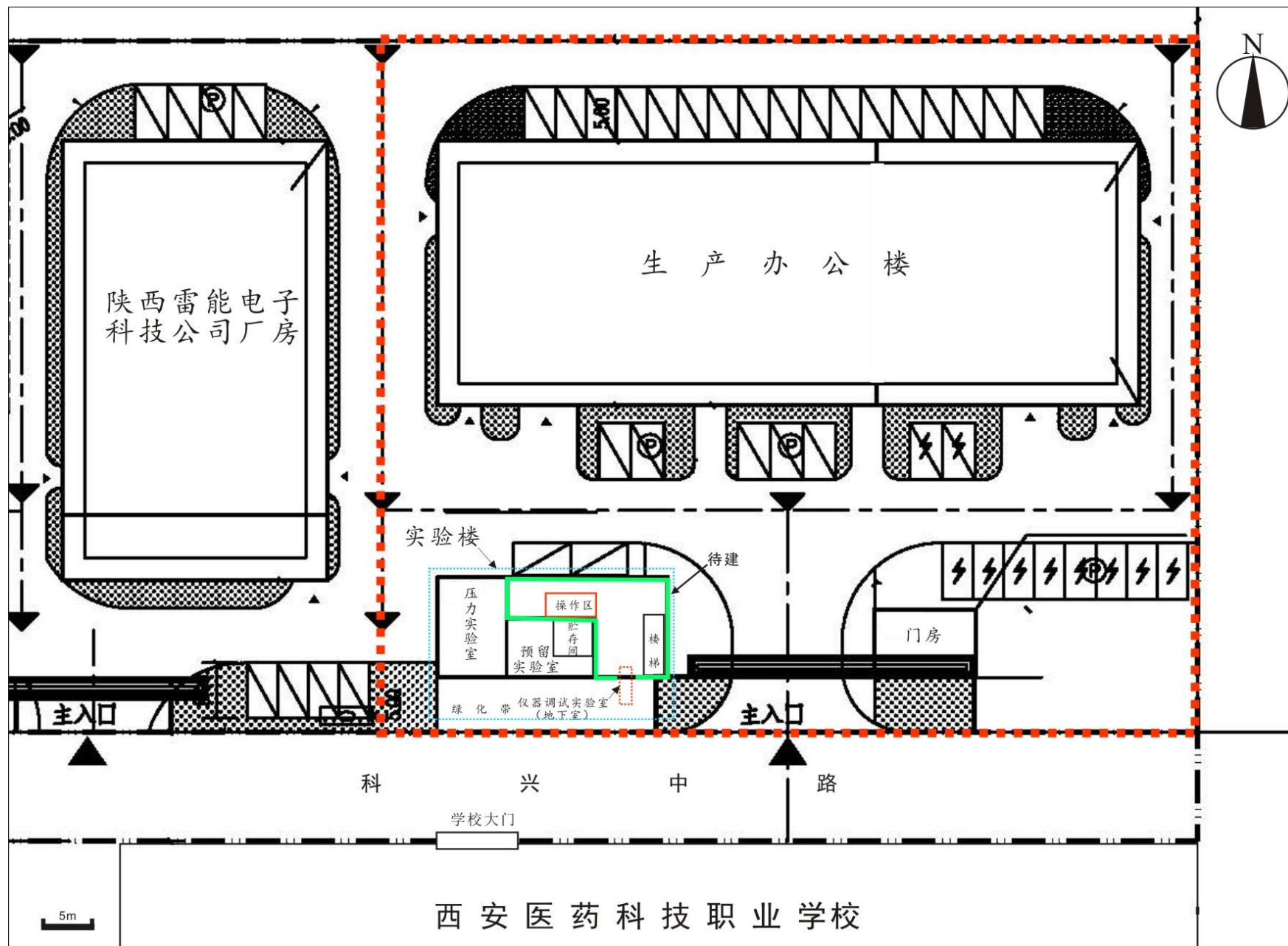


图 1-2 厂区平面布置（周边关系）示意图

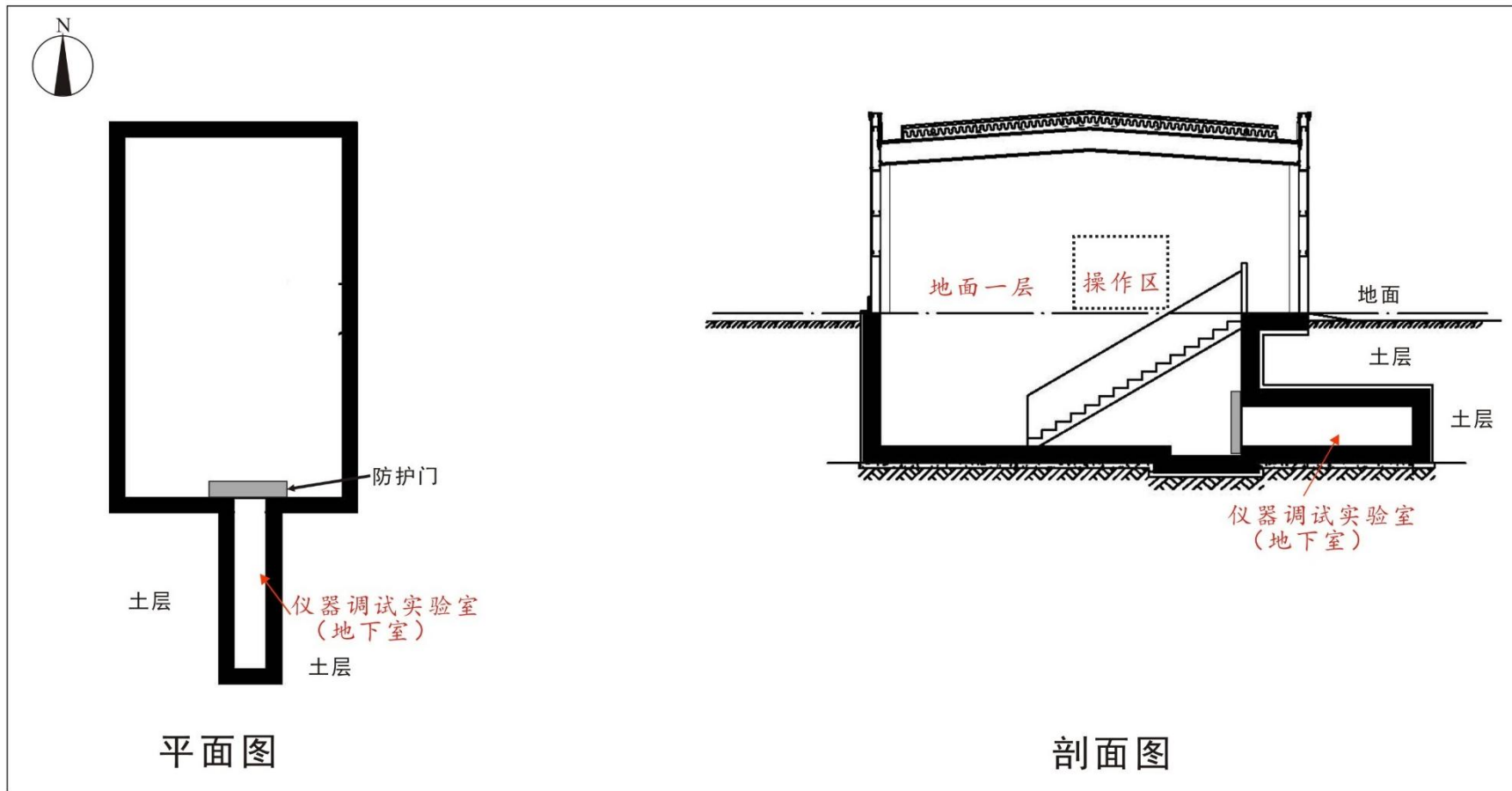


图 1-3 仪器调试实验室布置示意图

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：1.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	毒性	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

注：1.日等效最大操作量和操作方式见《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

(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	
1	中子发生器	II	15	NTG90	110	120	$1.5 \times 10^8$	测试	仪器调试 实验室	$3.7 \times 10^{11}$	密封在中 子管内，销 售前暂存 在贮存间	15	
2	中子发生器	II	15	NTG48	110	120	$1.5 \times 10^8$	测试	仪器调试 实验室	$3.7 \times 10^{11}$		15	

表 5 废弃物

名称	状态	核素名称	活度 (Bq)	月排放总量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
废弃中子管	固体	<sup>3</sup> H	3.7×10 <sup>11</sup> Bq	/	/	/	实验楼贮存间	厂家回收
废弃烘箱	固体	<sup>51</sup> Cr <sup>55</sup> Fe <sup>58</sup> Co <sup>57</sup> Co <sup>54</sup> Mn 等	豁免	/	/	/	实验楼贮存间	厂家回收

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

6.1 法律、法规依据

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》(2015 年 1 月 1 日);
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 年 12 月 19 日修正);
- (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 10 月 1 日);
- (4) 《修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》(国务院令第 682 号修改, 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(修订)》(国务院令第 709 号第二次修订, 2019 年 3 月 2 日);
- (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(国家环保部 18 号令, 2011 年 5 月 1 日);
- (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(生态环境部令第 20 号, 2021 年 1 月 4 日修订);
- (8) 《关于发布<射线装置分类>的公告》(国家环保部、国家卫生和计划生育委员会总局 2017 年第 66 号, 2017 年 12 月 5 日);
- (9) 《关于发布<放射性废物分类>的公告》, 环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号, 2018 年 1 月实施;
- (10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 版)》(生态环境部令第 16 号, 2021 年 1 月 1 日);
- (11) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》(环发[2006]145 号, 2006 年 9 月 26 日);
- (12) 《陕西省放射性污染防治条例》(陕西省人大, 2014 年 10 月 1 日起施行, 2019 年修正);
- (13) 《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》(原陕西省环境保护厅办公室陕环办发[2018]29 号文, 2018 年 6 月 6 日);
- (14) 《产业结构调整指导目录(2024 年本)》(国家发展和改革委员会令第 7 号, 2024 年 2 月 1 日起施行);
- (15) 《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 2019 年第 57 号公告, 2020 年 1 月 1 日实施;
- (16) 《放射工作人员职业健康管理暂行办法》, 中华人民共和国卫生部令第 55 号, 2007



年 11 月 1 日施行。

## 6.2 技术标准

- (1) 《建设项目环境影响评价技术导则总纲》(HJ 2.1-2016), 2017 年 1 月 1 日;
- (2) 《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), 2016 年 4 月 1 日;
- (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002);
- (4) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021);
- (5) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021);
- (6) 《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);
- (7) 《油气田测井放射防护要求》(GBZ 118—2020);
- (8) 《石油测井中子发生器及中子管技术条件》(SY/T 5419-2007);
- (9) 《石油放射性测井辐射防护安全规程》(SY 5131-2008);
- (10) 《职业性外照射个人检测规范》(GBZ 128-2019);
- (11) 《放射工作人员健康要求及监护规范》(GBZ 98-2020);
- (12) 《工作场所有害因素职业接触限值-化学有害因素》(GBZ 2.1-2019);
- (13) 《放射性测井辐射安全与防护》(HJ1325-2023)。

## 6.3 其它

- (1) 委托书;
- (2) 建设单位提供的其它资料;
- (3) 《辐射防护手册 第一分册》李德平主编;
- (4) 《辐射防护基础》李星洪主编;
- (5) 《原子核物理》卢希庭主编。

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

本项目涉及使用 II 类射线装置，根据《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016) 中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”的要求，结合本项目实际选址，确定该项目评价范围为仪器调试实验室屏蔽墙体外 50m 区域。

### 7.2 保护目标

本项目环境保护目标主要为从事辐射工作人员及偶尔停留仪器调试实验室周围的非辐射人员（公众），其接受的剂量应符合 GB18871-2002 规定的剂量限值 and 本次评价提出的剂量管理限值要求。本项目主要环境保护目标见表 7.2-1。调试机房评价范围（四邻关系）示意图见图 7-1。

表 7.2-1 环境保护目标一览表

名称	对象	方位	位置	规模 (人数)	距离屏蔽 墙体(m)	年有效剂量 控制水平
职业 人员	中子发生器 操作人员	实验室 北侧	操作区	2 人	0.3~4	≤5mSv
公 众	厂区内非放射性 工作人员	实验室 顶部	绿化带、厂区道路	流动人员	0~1.7	≤0.1mSv
	厂区内非放射性 工作人员	实验室 北侧	厂区内道路	流动人员	5~10	
			生产办公楼	约 35 人	22~50	
	厂区内非放射性 工作人员、行人 校园教师、学生、 工作人员等	实验室 南侧	厂区内道路、市政道路	流动人员	5~20	
			西安医药科技职业学校	流动人员	20~50	
	厂区内非放射性 工作人员、其它 公司工作人员	实验室 西侧	压力实验室等	约 3 人	0.3~18	
			厂区道路	流动人员	19~25	
			陕西雷能电子科技有限公司 厂房	约 50 人	25~50	
	厂区内非放射性 工作人员	实验室 东侧	厂区道路、停车场	流动人员	2~50	
			门房	约 2 人	20~30	
仪器调试实验室评价范围内其它停留人员 (不含放射性工作人员)					0.3~50	

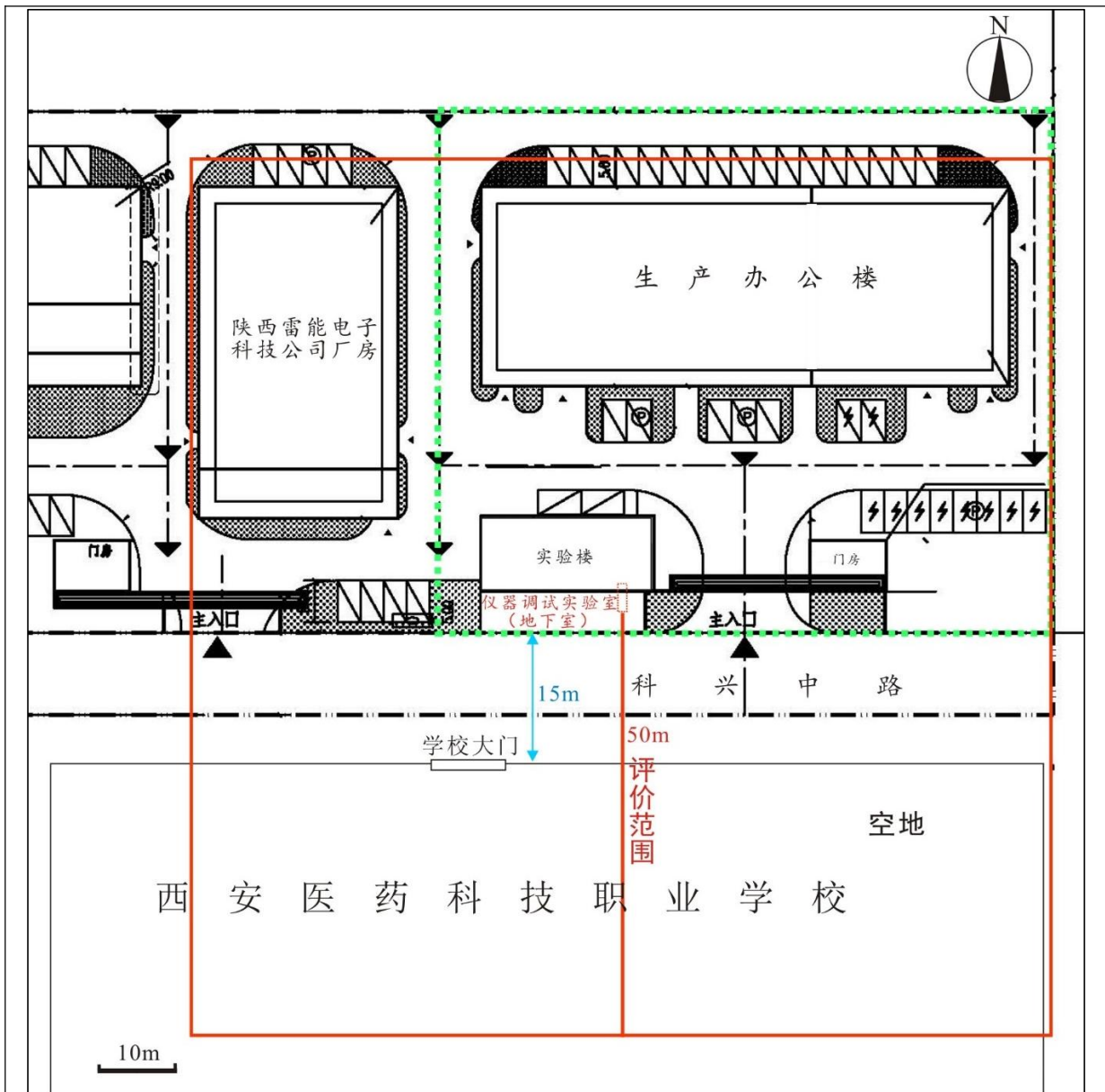


图 7-1 仪器调试实验室评价范围示意图

### 7.3 评价标准

#### 1、剂量限值及剂量约束值

##### (1) 剂量限值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中相关规定:

“附录 B 剂量限值和表面污染控制水平

B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制,使之不超过下述限值: a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量 (但不可作任何追溯性平均), 20mSv。”

B1.2.1 剂量限值 实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计计算值不应超过下述限值: a) 年有效剂量, 1mSv。”

##### (2) 剂量约束值

**《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）中相关规定：**

“4.3 辐射工作人员和公众的辐射照射应符合 GB 18871 关于剂量限值的规定。一般情况下，职业照射的剂量约束值为 5mSv/a；公众照射的剂量约束值为 0.1mSv/a。”

**（3）剂量率控制水平**

本项目仪器调试实验室屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率按 2.5 $\mu$ Sv/h 控制。

**2、《石油放射性测井辐射防护安全规程》（SY 5131-2008）中相关规定：**

**“8 使用放射源及脉冲中子源测井的辐射防护**

**8.1 车间刻度的辐射防护要求**

8.1.1 刻度车间属放射工作场所，应远离居民区及非放射工作场所。

8.1.2 刻度车间应设有仪器吊升装置及扶持仪器进入刻度井（或刻度装置）的工具。

8.1.3 在进行放射性刻度作业时，应设非安全控制区和电离辐射标志。使用中子发生器作打靶校验时，非安全控制区的半径不得小于 30m。非安全控制区应设专人监护，禁止无关人员进入。打靶终止 20min 后，人员方能接近下进仪器。”

本项目依据公司实际情况，要求中子发生器断电 30min 后，人员方能接近仪器。

**3、《油气田测井放射防护要求》（GBZ 118—2020）中相关规定：**

“5.1.12 中子管贮存库应为单独房间，宜为独立建筑物或建筑物底层的一端，应设防盗装置。贮存库内不应居住、办公和放置易燃、易爆等其他危险物品。中子管贮存场所温度、湿度等环境条件应符合 SY/T5419。中子管转运时应防止碰撞、摩擦。

5.1.13 中子管测试及刻度时宜在专用的屏蔽体内进行，屏蔽介质可使用大 100cm 的混凝土或大于 200cm 的水层，也可使用专用地下测试井，测试井深度应大于 10m。在没有专用屏蔽体时，应将距测试中子管不小于 30m 范围设置为控制区，控制区边界应设置警戒线或警戒栅栏，并设置电离辐射警告标志，设置专人警戒。

**7.3 测井用中子发生器的放射防护检测要求**

**7.3.1 新中子发生器投入使用前应进行下列项目检测：**

- a) 刻度及测井辐射场周围剂量当量率；
- b) 中子管工作结束后活化产物外照射周围剂量当量率。

**7.3.2 投入使用后的检测：**

对 7.3.1 中 a) 项应每年进行一次检测；7.3.1 中 b) 项每次工作完成后均应进行。

**7.4 个人剂量监测**

7.4.1 个人剂量监测应按照 GBZ 128 的要求进行，单纯使用 $\gamma$ 放射源的油气田测井

放射工作人员可仅进行光子个人剂量计监测，对于可能使用中子源或中子发生器的油气田测井放射工作人员个人剂量计应能同时满足对 $\gamma$ 射线和中子剂量监测。

7.4.2 新型放射源、新型测井设备或测井新工艺投入测井使用前，应对测井全过程操作人员的累积剂量进行评估。”

#### **4、《放射性测井辐射安全与防护》（HJ1325-2023）中相关规定：**

“5.3.1 中子发生器测试、刻度宜在专用的屏蔽体内进行，可使用符合屏蔽要求的屏蔽介质，也可使用深度大于 10m 的专用地下测试井。没有专用屏蔽体时，应将距测试中子发生器不小于 30m 范围设置为控制区，边界应设置警戒线或栅栏及电离辐射警告标志，由专人值守。

5.3.2 中子发生器到达井下指定位置后，方可打开电源。中子发生器回收时，须确保断电 20min 后人员方能接近仪器。

5.3.3 中子发生器贮存场所应配置安防设施，实现 24 小时监控，也可放置源库内保管。”

## 表 8 环境质量和环境现状

### 8.1 项目所在区域辐射环境现状

建设单位委托核工业二〇三研究所分析测试中心于 2023 年 12 月 8 日对拟建项目及周围进行了辐射环境现状监测，并出具了监测报告，监测报告编号 2023-HP-H081（见附件）。西安市鄠邑区科兴中路与科兴一路西北角西安汇能电子设备有限责任公司仪器调试实验室拟建地以及周边环境 X- $\gamma$ 辐射剂量率、中子周围剂量当量率监测点位示意图见图 8-1。

（1）监测项目：X- $\gamma$ 辐射剂量率、中子周围剂量当量率。

（2）监测仪器相关参数及检定情况，具体见表 8.1-1。

表 8.1-1 监测仪器、测量范围、及检定情况

项目	监测仪器名称及型号，编号	测量范围	检定单位	检定证书编号	检定证书有效期
X- $\gamma$ 辐射剂量率	便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪（FH40G-10 主机 +FHZ672E-10 探头），主机：FHP003-2018 探头：FHP004-2018	1nSv/h ~ 100 $\mu$ Sv/h	中国计量科学研究院	DLjl2023-11685	2023/09/07 ~ 2024/09/06
中子周围剂量当量率	中子周围剂量当量仪（FH40G-X 主机 +FHT762-10 探头），主机：031923 探头：10757	0.1 $\mu$ Sv/h~ 100mSv/h	中国计量科学研究院	DLjs2023-02281	2023/08/08 ~ 2024/08/07

（3）监测结果质量保证：①结合现场实际情况，在项目拟建场地周边布设监测点位，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严格按照《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《辐射防护仪器 中子周围剂量当量(率)仪》（GB/T14318-2019）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）进行监测；③测量仪器每年定期经有资质计量部门检定，检定合格后方可使用；④监测人员持证上岗；⑤监测结果经三级审核，保证监测数据的准确。

西安市鄠邑区科兴中路与科兴一路西北角西安汇能电子设备有限责任公司仪器调试实验室拟建地以及周边环境 X- $\gamma$ 辐射剂量率监测结果见 8.1-2。

表 8.1-2 拟建项目地及周边环境 X-γ辐射剂量率、中子周围剂量当量率监测结果

序号	监测点位描述	X-γ辐射剂量率 (nGy/h)	中子周围剂量当量率 (μSv/h)	备注
		均值±标准差	均值±标准差	
1	拟建仪器调试实验室顶棚地面	96.0±1.5	<LLD	
2	拟建贮存间地面	100±2.1	<LLD	
3	实验楼一层地面	97.2±2.1	<LLD	
4	绿化带、厂区内道路地面	96.1±1.7	<LLD	
5	门房地面	98.3±1.9	<LLD	
6	西安医药科技职业学校北门口地面	102±2.0	<LLD	
7	陕西雷能电子科技有限公司厂房门前地面	99.3±2.4	<LLD	
8	生产办公楼前地面	98.9±1.8	<LLD	

说明：1、按照《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)，使用<sup>137</sup>Cs作为检定/校准参考辐射源时，换算系数为1.20Sv/Gy；

2、表中监测结果已扣除仪器对宇宙射线响应值，监测设备在项目地的宇宙射线响应值取21.1nGy/h；

3、本报告仅对本次监测点位及监测结果负责。

## 8.2 辐射环境现状评价

由表 8.1-2 可知，西安市鄠邑区科兴中路与科兴一路西北角西安汇能电子设备有限责任公司仪器调试实验室拟建地以及周边环境 X-γ 辐射剂量率监测值为 96.0~102nGy/h，中子周围剂量当量率监测点位监测值均低于 LLD 水平。

查阅《中国环境天然放射性水平》(中国原子能出版社，2015 年)可知，陕西省西安市原野、道路和建筑物室内γ辐射剂量率为 50~130nGy/h，陕西省西安市原野、道路、建筑物室内γ辐射剂量率见表 8.2-1。

表 8.2-1 西安市原野、道路、建筑物室内γ辐射剂量率调查结果 (nGy/h)

项目	原野	道路	室内
范围	50.0~117.0	52.0~121.0	79.0~130.0
均值	71.0	76.0	111.0
标准差	17.0	20.0	19.0

说明：1、表中结果已扣除仪器对宇宙射线响应值。

监测结果表明，西安汇能电子设备有限责任公司仪器调试实验室拟建地及周边环境 X-γ辐射剂量率与西安市原野、道路、建筑物室内γ辐射剂量率调查结果处于同一范围，为天然环境本底水平；中子周围剂量当量率监测点位监测值均低于 LLD 水平。项目所在地辐射环境现状质量良好。

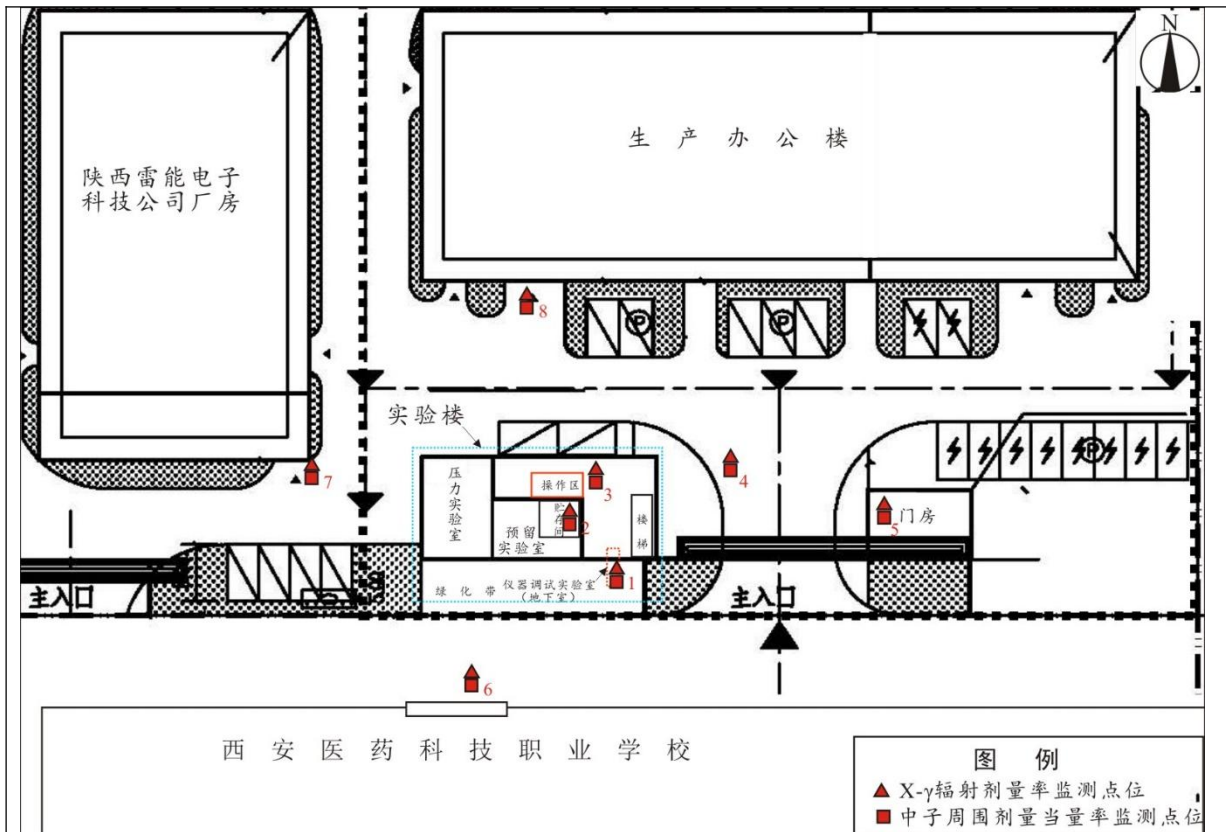


图 8-1 项目拟建地以及周边环境 X-γ辐射剂量率、中子周围剂量当量率监测点位示意图



## 表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 工程设备及工艺分析

#### 9.1.1 中子发生器工作原理

测井中子发生器由中子管和中子管外接电路组成，中子管是将离子源、加速系统、靶子以及气压调节系统密封在一个陶瓷或玻璃管内，形成一个小型的特种电真空器件。中子管实质上是一种最小型的加速器，其性能决定着中子发生器的产额、寿命、稳定性等诸多指标。中子管可以在外接电路的控制下，由离子源产生氦离子，经加速后轰击氦靶，与靶中的氦产生核反应，产生14MeV的快中子。中子管外接电路通常由离子源电路和密封加速高压组成。离子源电路决定于中子管离子源的结构。如采用冷阴极潘宁离子源的中子管需要2kV左右的阳极脉冲高压，而热阴极中子管所需的阳极高压则很低。密封加速高压一般采用倍加整流电路。典型中子发生器结构见图9-1。

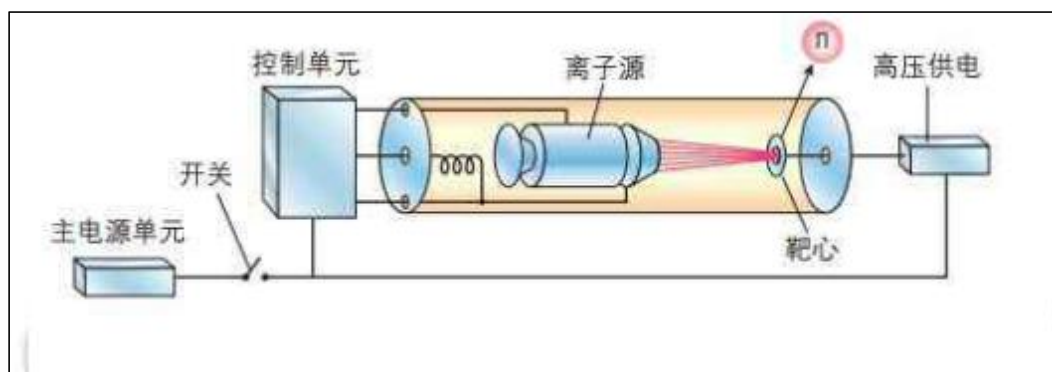


图 9-1 典型中子管结构结构图

#### 9.1.2 测试工作流程

根据建设单位提供的相关资料，每台中子发生器在出厂销售前需要进行模拟测井温度打靶测试，具体的测试工作流程如下：

1、将中子发生器放置到烘箱里，接好电缆线，将烘箱推送至仪器调试实验室（以下简称屏蔽洞，屏蔽洞底部铺有轨道，烘箱底部装配滑轮，能够方便进出）中，然后关闭屏蔽门。

2、用供电箱体和笔记本电脑对中子发生器进行供电和通讯控制（供电和通讯电缆采用“U”型穿墙走线的方式引至操作区，在操作区通过烘箱主机控制烘箱温度，通过笔记本电脑控制中子发生器加压打靶）。中子发生器供电插头与屏蔽门有联动关系：屏蔽门不关闭，供电插座无电，无法供电；屏蔽门关闭，供电正常。

3、当供电、控制、屏蔽都到位后，开始对中子发生器进行通电操作：首先是低压供电正常后，开始加靶压，靶压加至指定值后，中子发射平稳，开始做室温打靶测试。

室温打靶（1个小时）测试完成后，开始做高温打靶测试，此时开启烘箱，设置目标温度，等待温度到达目标之后，高温打靶（1-3小时不等）测试开始计时。

4、高温打靶测试完成后，关闭中子发生器，关闭烘箱。在屏蔽洞内安装有中子产额计数器，用于检测中子发射计量。

5、当中子发射实验完毕后，至少等待30min方可取出中子发生器。

中子发生器测试工艺流程图见图 9-2。

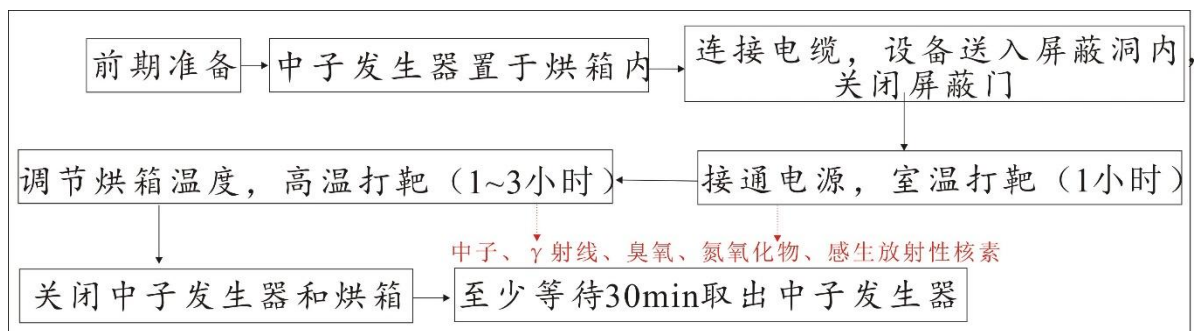


图 9-2 中子发生器测试工艺流程图

## 9.2 污染源项描述

### 9.2.1 污染源项分析

#### (1) 贯穿辐射

中子管加速D<sup>+</sup>打靶，发生T(d, n)<sup>4</sup>He反应产生能量为14MeV的中子，以及中子与周围物质相互作用产生的γ射线。

#### (2) 感生放射性

##### a、中子管靶结构材料的感生放射性

产生的中子将与周围物质相互作用，产生感生放射性。周围物质主要是靶结构材料的活化，产生的主要放射性核素及半衰期见表9-1。

表 9-1 中子管产生的主要活化物质及性质

核素	<sup>52</sup> Mn	<sup>54</sup> Mn	<sup>55</sup> Fe
半衰期	5.55d	300d	2.94y

##### b、空气中的感生放射性

中子、γ射线与调试实验室空气发生反应，产生放射性气体<sup>41</sup>Ar、<sup>13</sup>N、<sup>15</sup>O、<sup>11</sup>C。本报告主要考虑中子引起的<sup>40</sup>Ar的(n,γ)反应产生的<sup>41</sup>Ar，其它放射性核素由于产额很小或者半衰期很短，在中子管运行对环境的影响很小，可以忽略。

#### (3) 臭氧和氮氧化合物

中子、γ射线与机房空气中发生反应，产生放射性气体<sup>41</sup>Ar、<sup>13</sup>N、<sup>15</sup>O、<sup>11</sup>C，进而影响周边环境空气质量。

### 9.2.2 正常工况下主要放射性污染物和污染途径

(1) 中子发生器运行过程中产生的中子和 $\gamma$ 射线，污染途径为穿过防护门及屏蔽墙体后对人员产生外照射。

(2) 活化的中子发生器靶结构材料，污染途径为对存取中子发生器的人员产生外照射。

(3) 空气活化，主要是的 $^{41}\text{Ar}$ ，污染途径为空气浸没照射。

(4) 臭氧和氮氧化物，影响周边环境空气质量。

### 9.2.3 事故情况下主要放射性污染物和污染途径

结合本项目情况分析，可能发生的事故有：

(1) 安全联锁失效，机房的防护门未关好即开机，中子和 $\gamma$ 射线泄漏致防护门外活动人员意外照射；

(2) 中子管使用过程中，可能由于操作不当造成中子管破损，导致氙释放到环境中。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，辐射工作场所应分为控制区及监督区，把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域定为监督区。

本项目仪器调试实验室位于厂区南侧实验楼地下室，根据实验楼的具体局，将仪器调试实验室屏蔽墙面内的所围成区域和贮存间（中子管）划分为控制区，操作区（此区域仅远程控制中子发生器通电打靶）以及屏蔽墙体和防护门外相邻区域划分为监督区（仪器调试实验室顶部对应地面上方区域面积为 $3.5\text{m}\times 2\text{m}$ ，此区域张贴电离警示标志），分区图见图 10-1。

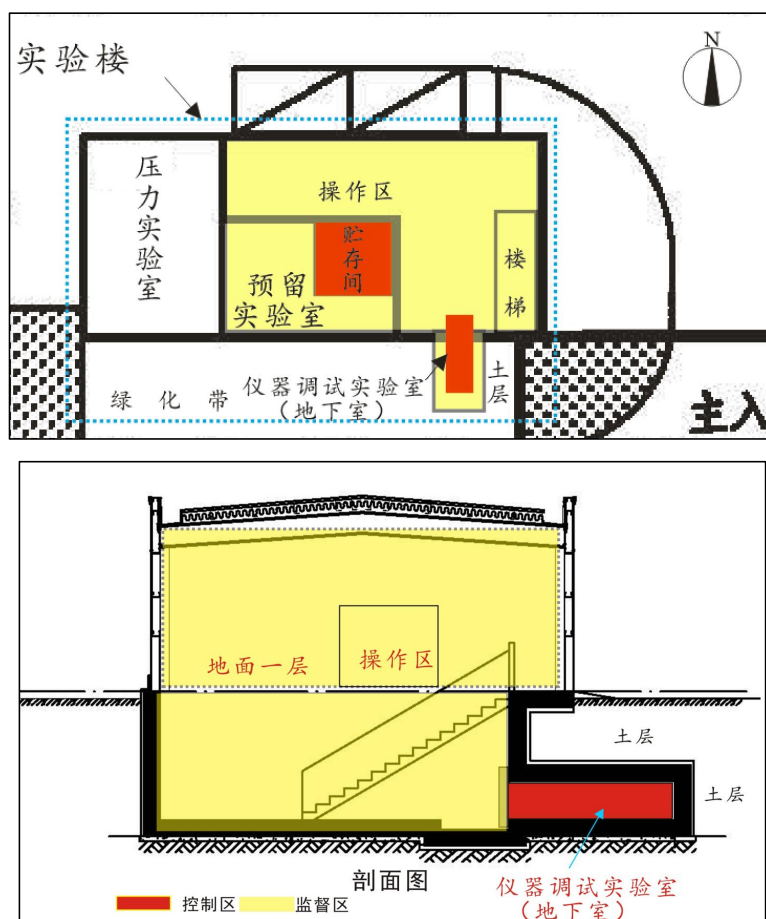


图 10-1 工作场所分区示意图

该项目运行前建设单位应在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的，符合规定的警告标志。采用适当的手段划出监督区的边界，在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。定期审查控制区及监督区的实际状况，以确定是否需要采取防护

措施和作出安全规定，或是否需要更改边界。

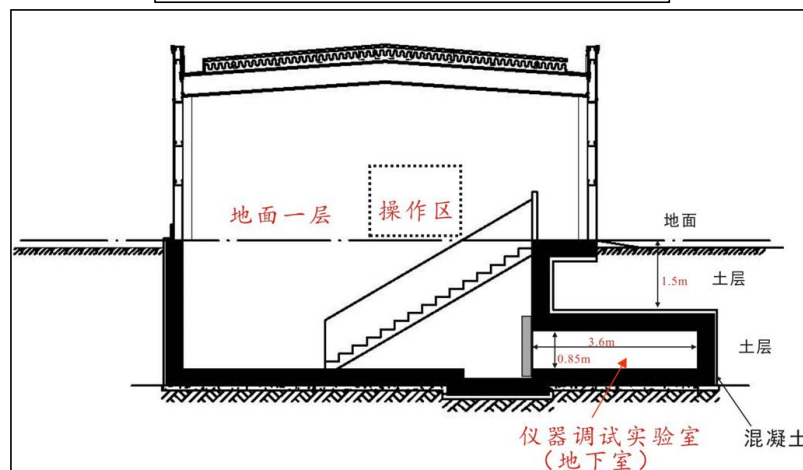
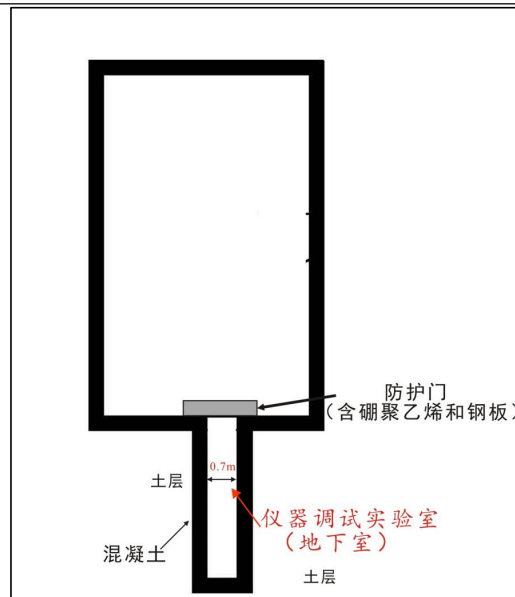
### 10.1.2 辐射屏蔽设计

聚乙烯含氢丰富是较好的中子屏蔽材料，常用吸收中子的材料为锂和硼，硼的中子吸收截面较高，且硼在俘获事件中放出0.47MeV的 $\gamma$ 辐射能量较低，因此防护门选择含硼聚乙烯和钢板进行屏蔽。

根据建设单位提供的资料，仪器调试实验室防护屏蔽设计见表10.1-1，仪器调试实验室相关参数平面和剖面图见图10-2、10-3。

表 10.1-1 防护屏蔽设计一览表

项目名称	建设内容		备注
仪器调试实验室	内部尺寸：长 3.6m，宽 0.7m，高 0.85m		新建
	屏蔽部位	防护情况	
	东、西、南侧墙体	30cm 厚混凝土	
	顶部	30cm 厚混凝土+150cm 土层	
	北侧防护门	3cm 钢板+50cm 含硼聚乙烯+3cm 钢板	
1、人员不进出仪器调试实验室，仅测井仪器和烘箱通过北侧防护门进出，防护门采用电动驱动装置在预设的东西向轨道上平移关闭。			
2、混凝土的密度不小于 2.35t/m <sup>3</sup> 。			



10-2 仪器调试实验室相关参数示意图

调试实验室的电缆穿墙处采用“U”型走线，通过多次折返穿越屏蔽墙的设计，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。调试机房电缆穿墙处屏蔽设计示意图见图 10-3。

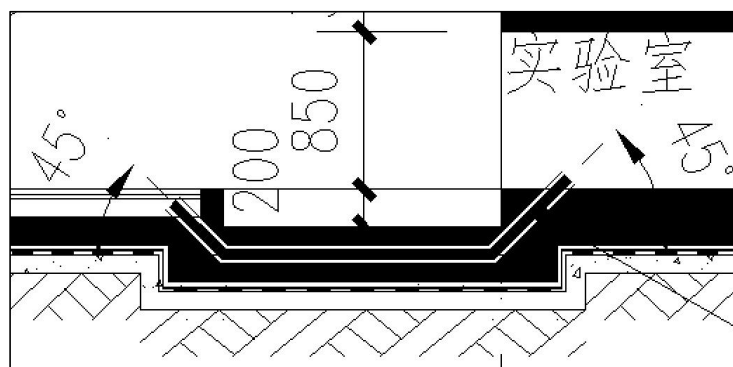


图 10-3 调试实验室电缆穿墙处屏蔽设计示意图

### 10.1.3 拟采取的安全防护措施

(1) 调试实验室进出防护门安装门机联锁装置（联锁门设有 1 个门限位开关,只有当限位开关全部到位，才能确认为门关闭状态,反之则为门开启状态），防护门未完全关闭时不能出束照射，出束状态下开门停止出束。

(2) 调试实验室在防护门上方安装工作状态指示灯。

(3) 调试实验室操作区、防护门门口装有急停按钮，能够紧急停止射线装置出束。

(4) 仪器调试实验室防护门外设置电离警示标志及中文警示说明。

(5) 调试实验室防护门旁安装固定式剂量超阈值报警装置，剂量监测系统配置 1 台区域监测主机和 1 个  $\gamma$  剂量探头、1 个中子探头，剂量监测系统与中子发生器进行剂量联锁，当剂量超出设备的报警阈值时，自动切断电源使中子发生器停机，剂量率阈值均为  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

(6) 仪器调试实验室设置机械通风装置，通风量为  $600\text{m}^3/\text{h}$ ，通风换气次数为 280 次/h，机械通风装置运行时通过防护门门缝自然进风，通风装置排风口距调试实验室底部 20cm，排风管道先横向穿出西侧屏蔽墙体，然后竖直向上延伸到地面且排风口高度超过实验楼顶棚，项目排风系统设计见图 10-4。

(7) 进出防护门门框两侧搭接设计宽度为 50mm，门框顶部搭接设计宽度为 30cm，为保证防护门的辐射防护效果，防护门下沉地面的 20cm。

(8) 依托现有贮存间（现存放 IV、V 类放射源）暂存中子发生器，有防盗装置且能实现 24 小时监控。

(9) 依托现有 X- $\gamma$ 剂量率监测仪和中子周围剂量当量率仪，分别用于 X- $\gamma$ 辐射剂量率监测和中子剂量率监测。

安全警示装置布置示意图详见图 10-5。

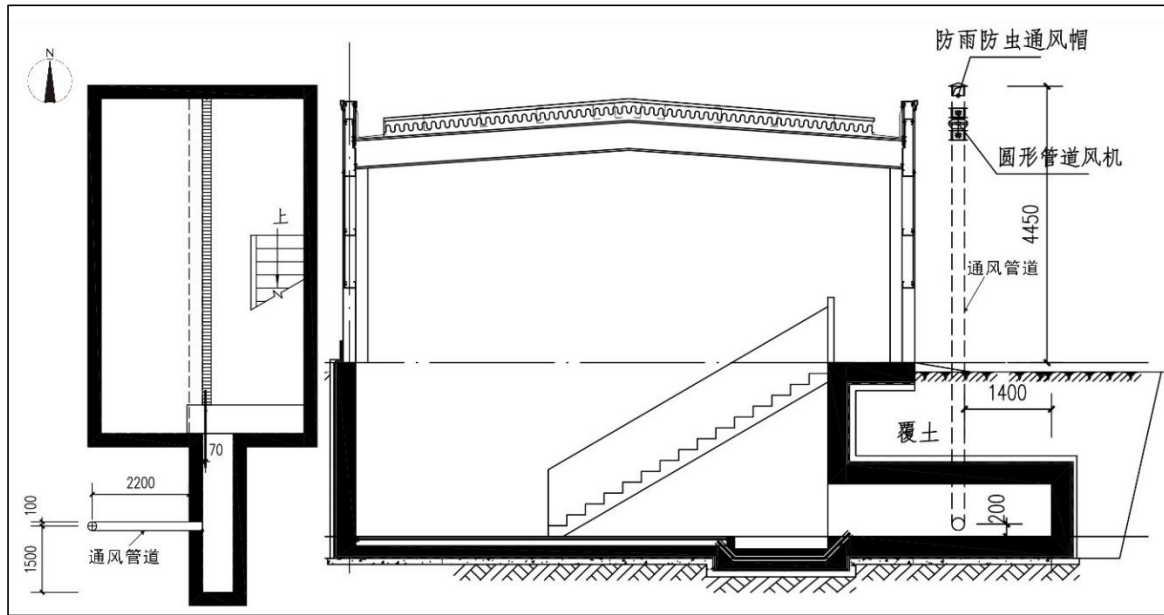


图 10-4 项目排风系统设计示意图

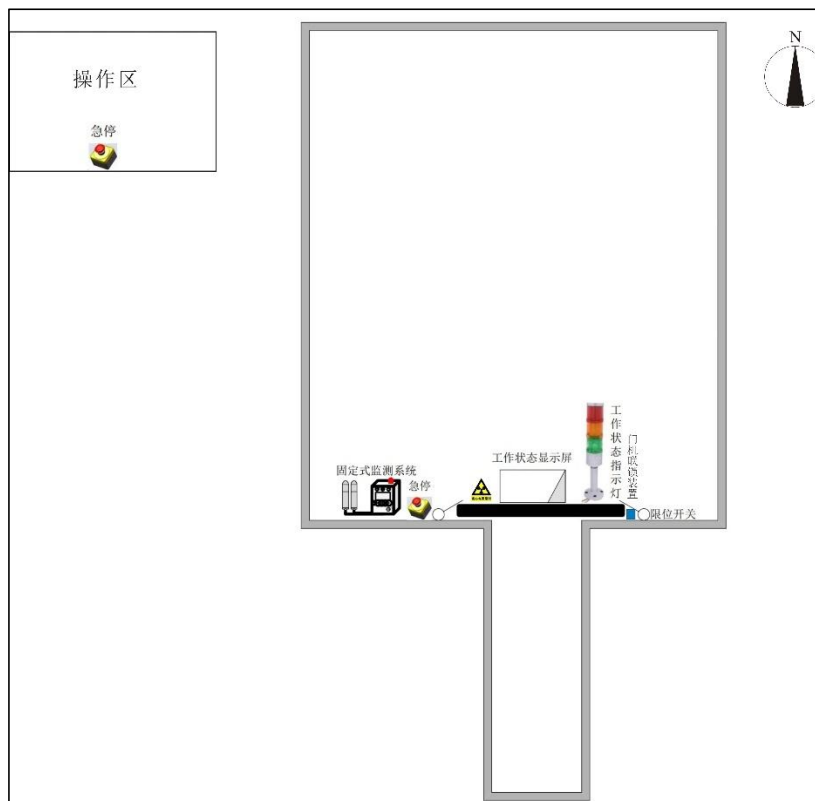


图 10-5 安全警示装置布置示意图

#### 10.1.4 需采取的安全管理措施

(1) 本项目拟配 2 名辐射工作人员，已通过核技术利用辐射安全与防护考核合格，按照《陕西省放射性污染防治条例》等法律要求，应对放射性工作人员进行定期考核，考核不合格，应重新学习，直到合格为止；新增工作人员需通过核技术利用辐射安全与防护考核合格，方能上岗，同时应将新增的工作人员纳入相应的培训考核体系。

(2) 该企业为每位放射性工作人员配备个人剂量计（同时满足对  $\gamma$  射线和中子剂量监测）并按期检测，建立放射性工作人员个人剂量档案，同时应按期进行放射性健康体检，并建立个人健康档案。

(3) 该企业按规定成立辐射防护管理机构，根据核技术开展情况，完善辐射事故应急预案及相关辐射环境管理规章制度。

## 10.2 三废的治理

### 10.2.1 废气

本项目废气主要为调试实验室空气被中子活化后的产物  $^{41}\text{Ar}$  以及  $\text{O}_3$  和  $\text{NO}_2$  等。气体利用通风系统排入外环境。

#### (1) $^{41}\text{Ar}$

$^{41}\text{Ar}$  为放射性气体，其年排放量为  $2.18 \times 10^6 \text{Bq/a}$ （根据 11.2.3 节计算得来）。

#### (2) 臭氧和氮氧化物

本项目的非放射性影响主要是电离辐射与空气作用产生  $\text{O}_3$  和  $\text{NO}_x$ 。 $\text{O}_3$  的排放浓度  $4.02\text{E-}06\text{mg/m}^3$ ， $\text{NO}_2$  的排放浓度为  $1.93\text{E-}06\text{mg/m}^3$ （根据 11.2.6 节计算得来）。

调试实验室内空气中臭氧及氮氧化物的浓度远远低于《工作场所有害因素职业接触限值-化学有害因素》（GBZ2.1-2019）标准中规定的即臭氧的最高允许浓度  $0.3\text{mg/m}^3$  和氮氧化物的时间加权平均容许浓度  $5\text{mg/m}^3$ 。

### 10.2.2 废水

公司拟从现有辐射工作人员中为本项目调配 2 名辐射工作人员，本项目不产生新的生活污水。

### 10.2.3 固体废物

#### (1) 废弃中子管

废弃的中子管（性能测试不合格中子管）暂存于贮存间，最终由生产厂家统一回收（生产厂家应具有相关处置资质）。

#### (2) 废弃烘箱（豁免废物或解控废物）

本项目每个烘箱预计使用时间 5 年，用完后作为一般工业固体废物，最终由厂家回收。（见表 11 第 11.2.5 节）。

#### (3) 生活垃圾

公司拟从现有辐射工作人员中为本项目调配 2 名辐射工作人员，本项目不产生新的生活垃圾。



表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

本项目需对仪器调试实验室进行开挖施工。因此，在进行建设过程中对周围环境的影响主要是噪声、粉尘及建筑垃圾等；施工期采取主要污染防治措施如下：

(1) 该项目土建过程中，施工单位应优化施工方案，选用低噪声施工设备，尽量减小施工作业对周围环境噪声影响；合理安排施工作业时间，夜间（22:00~6:00）以及白天（12:00~14:00）休息时段禁止施工，以减小噪声影响。

本项目仅在昼间施工，施工期间噪声应严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）排放限值（昼间 70dB（A））。

(2) 该项目施工时可能会产生少量无组织排放的扬尘，其产生量较少。由于该项目位于厂区内，施工过程应采取洒水降尘措施，以降低对周边环境的影响。

(3) 施工期间产生的施工废物主要有废的钢筋、混凝土、木板等。其中，对于施工过程中产生的废钢筋、木板等建筑材料，进行分类收集，可以回收利用的，加以回收利用；对于施工过程中产生的废弃混凝土，由施工单位运至辖区内城管相关部门指定的建筑垃圾填埋场进行处置。

(4) 施工人员产生的生活污水依托现有污水处理设施排于市政管网；施工人员产生的生活垃圾依托厂区现有的生活垃圾桶进行收集后，定期运至辖区内城管相关部门指定地点处置。

本项目施工过程中，由于未使用射线装置，故不会对周围环境产生辐射污染。

### 11.2 运行阶段对环境的影响

本项目涉及两种型号的中子发生器，其中子源强度和管子中的氚靶活度一致，因此对其辐射环境影响分析和评价时不需要区分。

本项目正常运行时，中子管产生的快中子产额最高为  $1.5 \times 10^8 \text{ n/s}$ ，每次出束打靶包含室温打靶（1 个小时）和高温打靶（1-3 小时不等），工作频率 30 次/年，年工作时间为 60-120h。中子发生器的工作时间，本次评价保守按 4h/次和 120h/年进行分析。

#### 11.2.1 理论模拟

快中子除与原子核发生非弹性散射外，还能与某些元素的原子核发生 $(n, \alpha)$ ， $(n, p)$ 及 $(n, \gamma)$ 核反应。由这些核反应产生的新原子核（活化核），有些是不稳定的，以一定的半衰期衰变，并发射 $\beta$ 射线或 $\gamma$ 光子。中子活化反应产生的 $\gamma$ 射线不能用计算公式估算对环境的辐射影响，因此本报告用国际公认的蒙特卡罗方法进行模拟计算。

PHITS 是在 JAEA、RIST、KEK 和其他几个机构的合作下开发的通用蒙特卡罗粒子输运模拟代码。它利用几种可靠的核反应模型和核数据库，可以处理几乎所有类型的粒子的传输。PHITS 已被广泛应用在加速器技术、放射治疗、空间辐射以及辐射防护等等技术领域。

本项目使用基于蒙特卡洛方法的 PHTIS 软件建模后模拟中子发生器运行打靶测试工况，程序设置 14MeV 快中子，其产额为  $1.5 \times 10^8 \text{n/s}$ ，每次打靶 4h，每年打靶 30 次，一年共打靶时长为 120h。

调试实验室的内部尺寸为  $360\text{cm} \times 70\text{cm} \times 85\text{cm}$ ，屏蔽防护门两侧为 3cm 的钢板、中间为 50cm 含硼聚乙烯，其余面屏蔽体为 150cm 厚的混凝土和土层。具体建模示意图见图 11-1。

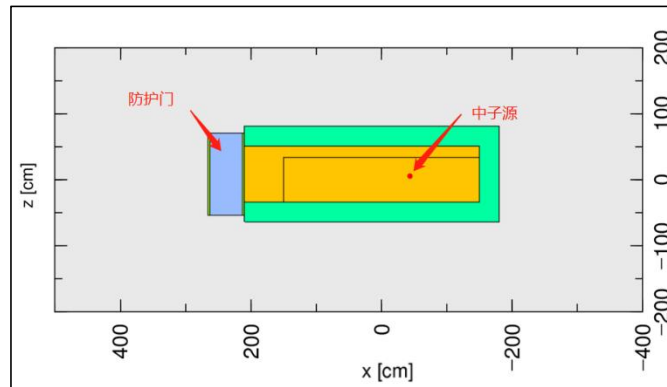


图 11-1 建模示意图

烘箱内衬外胆、防护门内外侧不锈钢均为 304 不锈钢，成分如表 11.2-1 所示，防护门中间材料为含硼聚乙烯，其成分见表 11.2-2。

表 11.2-1 304 不锈钢成分一览表

元素	C	Si	P	S	Cr	Mn	Fe	Ni
质量比	0.04%	0.5%	0.023%	0.015%	19%	1%	70.173%	9.25%

表 11.2-2 含硼聚乙烯成分一览表

元素	B	H	C
质量比	15.64%	11.44%	72.92%

具体模拟计算内容如下：

(1) 模拟计算打靶测试运行 1 年后，产生感生放射性核素及其比活度情况；模拟计算打靶测试运行 10 年后，产生感生放射性核素及其比活度情况；模拟计算打靶测试运行 40 年后，产生感生放射性核素及其比活度情况；模拟计算打靶测试运行 70 年后，产生感生放射性核素及其比活度情况。

(2) 模拟开机过程中，调试实验室内中子周围剂量当量率和  $\gamma$  辐射剂量率分布情况以及屏蔽墙体外各关注点中子周围剂量当量率和  $\gamma$  辐射剂量率水平。

## 11.2.2 辐射环境影响分析

### (1) 中子和 $\gamma$ 射线

中子发生器运行产生的中子和 $\gamma$ 射线，在屏蔽墙外可能对射线装置操作人员产生外照射。仪器调试实验室产生的中子将与周围物质相互作用，使周围物质被活化，产生感生放射性，对人员将产生直接外照射（仪器调试实验室仅设备进出，人员无法进入；操作规程要求打靶试验结束后等待 30min 后，辐射工作人员需佩戴 0.5mm 铅当量的铅衣、铅手套、铅眼镜才能接触中子发生器，因此活化产物衰变产生的感生放射性对工作人员的外照射辐射影响可以忽略）。

### (2) 放射性气体

放射性气体由中子管运行期间的初级粒子与空气相互作用产生，其中最主要的是中子与空气的作用。结合半衰期和产生量，空气中值得考虑的放射性核素有  $^{41}\text{Ar}$ 、 $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$ ，其半衰期分别为 1.83h、20.5min、10min、2.1min。其中  $^{11}\text{C}$  和  $^{15}\text{O}$  的活化截面很小， $^{13}\text{N}$  的活化产额极低， $^{41}\text{Ar}$  对环境的影响最大，放射性气体  $^{41}\text{Ar}$  为惰性气体，且为低毒组核素，为对公众的照射途径主要为空气浸没外照射。

## 11.2.3 剂量估算

### 11.2.3.1 关注点的设定

在仪器调试实验室外表面 30cm 处，选择人员受照射剂量当量可能最大的位置作为关注点。本项目关注点的选取主要考虑可能对工作人员或公众产生影响的区域。中子发生器关注点设定见图 11-5。

### 11.2.3.2 贯穿照射

使用 PHTIS 软件建模后模拟计算实验室及其关注点中子周围剂量当量率和 $\gamma$ 辐射剂量率分布情况（单位： $\mu\text{Sv/h}$ ），具体见图 11-2~图 11-5，各关注点中子和 $\gamma$ 射线贯穿照射剂量率计算结果见表 11.2-3，关注点设定图见图 11-6。

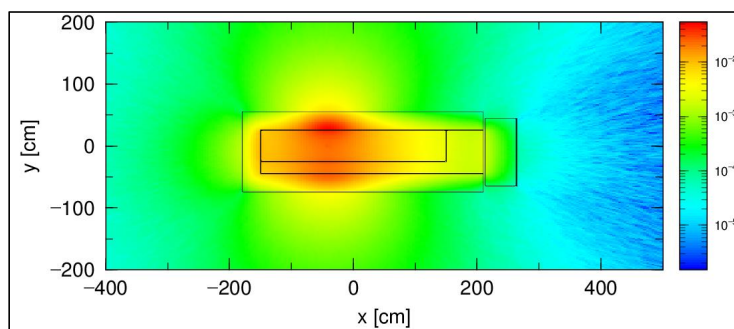


图 11-2 中子剂量分布平面图

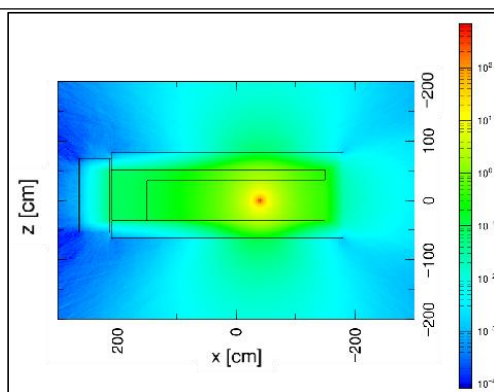


图 11-3 中子剂量分布剖面图

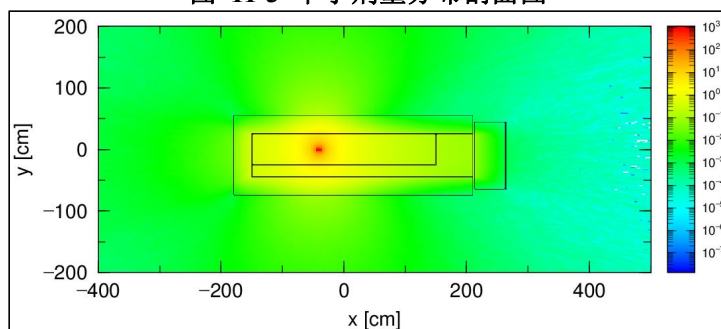


图 11-4  $\gamma$  射线剂量分布平面图

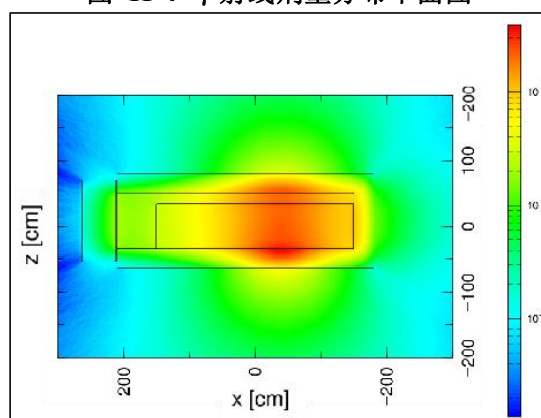


图 11-5  $\gamma$  射线剂量分布剖面图

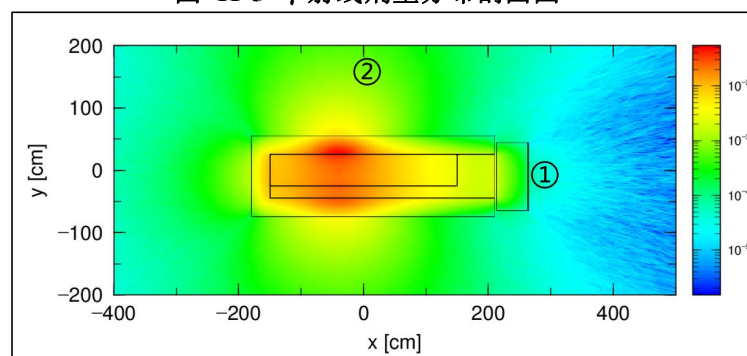


图 11-6 关注点设定图

表 11.2-3 各关注点中子和  $\gamma$  射线贯穿照射剂量率一览表

序号	关注点	中子周围剂量当量率( $\mu\text{Sv/h}$ )	$\gamma$ 射线辐射剂量率( $\mu\text{Sv/h}$ )	中子和 $\gamma$ 射线叠加贯穿剂量率( $\mu\text{Sv/h}$ )
1	防护门外表面 30cm	7.5E-04	5.8E-05	8.08E-04
2	顶棚外表面 (顶部土层 150cm 处)	6.3E-04	3.0E-05	6.60E-04

由表 11.2-3 可知，关注点中子和  $\gamma$  射线叠加贯穿剂量率最大为  $8.08E-04\mu\text{Sv/h}$ ，满足本项目提出的屏蔽体外表面 30cm 处剂量率控制水平不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  限值要求，因此设计的屏蔽墙体厚度满足辐射防护要求。

### 11.2.3.3 放射性气态流出物浸没照射

由于  $^{41}\text{Ar}$  的毒性分组为低毒组，半衰期为 1.83h，有限时间内人员吸入量极少，因此  $^{41}\text{Ar}$  吸入所致内照射对人体辐射影响可忽略。本项目仪器调试实验室采用机械排风使其与外环境大气交换，仅考虑  $^{41}\text{Ar}$  的空气浸没外照射对周边公众的辐射影响。

#### (1) $^{41}\text{Ar}$ 年排放量

本次评价以中子与空气作用产生的  $^{41}\text{Ar}$  气体做具体分析，其产生量由公式 (11-1) 计算（参考卢希庭主编的《原子核物理》P244 公式 9.4-30）。

$$Q = \lambda \cdot \phi \cdot R \cdot N \cdot \sigma \cdot t \quad \text{公式 (11-1)}$$

式中，

$Q$ —核素  $^{41}\text{Ar}$  的年排放；

$\lambda$ —核素  $^{41}\text{Ar}$  的衰变常数， $1.07 \times 10^{-4}\text{s}^{-1}$ ；

$\phi$ —中子发射率， $1.5 \times 10^8\text{n/s}$ ；

$\sigma$ —母核  $^{41}\text{Ar}$  的活化截面， $1.57 \times 10^{-26}\text{cm}^2$ ；

$R$ —实验室内空气的有效半径， $\sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} = \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi}(360 \times 70 \times 85)} = 80\text{cm}$

$N$ —单位体积空气中的  $^{41}\text{Ar}$  的原子数， $2.53 \times 10^{20}\text{n/cm}^3$

$t$ —一年运行时间， $120\text{h} \times 3600\text{s/h} = 4.32 \times 10^5\text{s}$ 。

经上式计算，可得放射性气体  $^{41}\text{Ar}$  的年排放量为  $2.18 \times 10^6\text{Bq}$ 。

#### (2) 浸没照射

对于  $^{41}\text{Ar}$ ，本次评价所考虑的照射途径主要是空气浸没外照射，使用公式 (11-2) 估算本项目放射性气态流出物对环境的影响。

$$D_{\text{浸}} = S_{\text{F}} Q_{\text{Q}}^x G \quad \text{公式 (11-2)}$$

式中，

$D_{\text{浸}}$ —为  $^{41}\text{Ar}$  空气浸没照射所致年剂量， $\text{Sv/a}$ ；

$S_{\text{F}}$ —建筑物屏蔽因子，对个人取 0.7；

$Q$ — $^{41}\text{Ar}$  年释放量， $2.18 \times 10^6\text{Bq/a}$ ；

$G$ — $^{41}\text{Ar}$  的浸没照射剂量转换因子， $6.1 \times 10^{-14} (\text{Sv/s}) / (\text{Bq/m}^3)$ ，取值来自

GB18871-2002 P177 表 B10;

$x/Q$ —长期扩散因子,  $s/m^3$ , 由公式 11-3 计算, 计算参数和结果见表 11.2-4。

$$\frac{x}{Q} = \frac{16P_P}{\sqrt{2\pi^3 \cdot x \cdot \sigma_z \cdot u}} \quad \text{公式 (11-3)}$$

式中,

$P_P$  为天气频率, 保守取 0.25;

$x$  为下风向距离, m;

$\sigma_z$  为垂直扩散参数, m, 由公式 (11-4) 计算;

$$\sigma_z = \frac{0.06x}{\sqrt{1+0.0015x}} \quad \text{公式 (11-4)}$$

$u$  为释放高度上年平均风速, m/s, 取值 2m/s

表 11.2-4 空气浸没外照射计算参数和结果一览表

X, m	5	10	20	25	50	100	500
$\sigma_z$ , m	0.30	0.60	1.18	1.47	2.89	5.60	22.68
$x/Q$ , $s/m^3$	1.70E-01	4.26E-02	1.07E-02	6.90E-03	1.76E-03	4.54E-04	2.24E-05
$D$ , Sv/a	1.58E-08	3.97E-09	1.00E-09	6.42E-10	1.63E-10	4.23E-11	2.08E-12
剂量率, $\mu\text{Sv/h}$	1.32E-04	3.31E-05	8.33E-06	5.35E-06	1.36E-06	3.52E-07	1.74E-08

#### 11.2.4 人员剂量估算

本次采用的剂量估算模式为:

$$H = \dot{H} \times T \times \eta \quad \text{公式 (11-5)}$$

其中,  $H$ —工作人员年有效剂量, mSv;

$\dot{H}$ —为工作人员或公众所处的辐射剂量率 mSv/h;

$T$ —年工作时间, h;

$\eta$ —居留因子。

根据建设单位提供的资料, 中子发生器每次出束打靶最长时间为 4h, 每年出束打靶 30 次, 年工作时间为 120h。由表 11.2-3~表 11.2-4 的估算结果可知, 职业人员及公众年有效剂量估算结果, 具体见表 11.2-5。

表 11.2-5 职业人员及公众年有效剂量估算结果

序号	关注对象		受照类型	居留因子	关注点剂量率	受照时间	年附加有效剂量	年剂量约束限值
					μSv/h	h	mSv	mSv
1	职业人员	中子发生器操作人员	中子和γ射线贯穿照射	1	8.08E-04	120	9.70E-05	5
2	公众	生产办公楼非放射性工作人员	空气浸没外照射	1	8.33E-06	120	1.00E-06	0.1
3		西安医药科技职业学校教师、学生等		1/16	8.33E-06	120	6.25E-08	
4		压力实验室非放射性工作人员		1	1.32E-04	120	1.58E-05	
5		陕西雷能电子科技有限公司厂房工作人员		1	5.35E-06	120	6.42E-07	
6		门房看守人员		1	8.33E-06	120	1.00E-06	
7		厂区道路、停车场行人		1/16	1.32E-04	120	9.90E-07	

说明：1、2#~7#关注点距调试实验室通风口的距离，取通风口距关注点的最近距离，分别为20m、20m、5m、25m、20m、5m。

2、调试实验室东墙、西墙、南墙、顶部都是土层，对周边环境贯穿辐射影响较小可忽略。

#### 11.2.4.1 职业照射剂量估算

由表11.2-5的估算结果可知，在中子发生器正常运行时，中子、γ射线贯穿辐射所致调试场所辐射工作人员最大年附加有效剂量为9.70E-05mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)20mSv基本剂量限值要求和本次评价剂量约束值5mSv限值要求。

根据近4个季度个人剂量检测报告（具体见附件4），其它核技术利用项目所致辐射工作人员年附加有效剂量最大为0.13mSv，叠加本项目最大年附加有效剂量，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)20mSv基本剂量限值要求。

环评要求：公司应根据每季度及每年度的个人剂量检测结果（同时包含中子和γ射线），如有超出剂量约束值的可能，应及时调配或新增辐射工作人员。

#### 11.2.4.2 公众照射剂量估算

由于调试实验室周边厂区道路、行人等公众，会有人员偶然停留情况，因此需要考虑中子发生器运行产生的辐射影响。由表 11.2-5 的估算结果可知，偶然停留的公众（包含非辐射工作人员）的最大年附加有效剂量为 1.58E-05mSv。估算结果表明，本项目中子发生器运行，所致公众最大年附加有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定年有效剂量 1mSv 基本限值和本次评价公众剂量

约束值 0.1mSv 限值要求。

### 11.2.5 放射性固体废物对环境的影响分析

由《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)和《放射性废物分类》中的相关规定,可知本项目涉及的放射性核素的豁免活度浓度与豁免活度,具体见表 11.2-6。

表 11.2-6 部分放射性核素的豁免活度浓度与豁免活度一览表

核素	活度浓度/(Bq/kg)	活度/Bq
<sup>3</sup> H	1E+09	1E+09
<sup>14</sup> C	1E+07	1E+07
<sup>51</sup> Cr	1E+06	1E+07
<sup>55</sup> Fe	1E+07	1E+06
<sup>58</sup> Co	1E+04	1E+06
<sup>57</sup> Co	1E+05	1E+06
<sup>54</sup> Mn	1E+04	1E+06
<sup>59</sup> Fe	1E+04	1E+06
<sup>60</sup> Co	1E+04	1E+05
<sup>63</sup> Ni	1E+08	1E+08

使用 PHTIS 软件建模后模拟计算中子发生器打靶测试运行不同时间中子对屏蔽门、烘箱产生感生放射性核素及其比活度,具体计算结果见表 11.2-7。

表 11.2-7 屏蔽门、烘箱受到中子活化比活度理论估算结果

部件	核素	半衰期	比活度 (Bq/kg)			
			运行 1 年后	运行 10 年后	运行 40 年后	运行 70 年后
防护门 (不锈钢部分)	<sup>51</sup> Cr	27.7 天	1.37	3.43	3.39	2.97
	<sup>55</sup> Fe	2.7 年	0.85	0.42	0.27	0.16
	<sup>58</sup> Co	70.8 天	0.42	0.40	0.26	0.15
	<sup>57</sup> Co	271 天	0.27	0.36	0.09	0.14
	<sup>54</sup> Mn	312 天	0.22	0.29	0.05	0.05
	<sup>59</sup> Fe	44.5 天	0.02	0.04	0.05	0.01
	<sup>49</sup> V	330 天	0.01	0.02	0.02	0.00
	<sup>60</sup> Co	5.27 年	0.01	0.02	0	0.00
	<sup>63</sup> Ni	96 年	0	0.01	0	0.00
	<sup>32</sup> P	14.3 天	0	0	0	0.00
防护门 (含硼聚乙烯)	<sup>3</sup> H	12.3 年	0.01	0.07	0.13	0.14
	<sup>10</sup> Be	1.6×10 <sup>6</sup> 年	0	0	0	0
	<sup>14</sup> C	5.73×10 <sup>3</sup> 年	0	0	0	0
烘箱	<sup>51</sup> Cr	27.7 天	44.20	120.41	118.93	104.19
	<sup>55</sup> Fe	2.7 年	30.01	14.27	9.78	5.57
	<sup>58</sup> Co	70.8 天	11.11	13.57	7.72	4.78
	<sup>57</sup> Co	271 天	9.57	10.69	2.64	4.18
	<sup>54</sup> Mn	312 天	6.49	7.56	1.63	1.53
	<sup>59</sup> Fe	44.5 天	0.57	1.26	1.29	0.39
	<sup>49</sup> V	330 天	0.48	0.83	0.61	0.07
	<sup>60</sup> Co	5.27 年	0.22	0.73	0.05	0.04
	<sup>63</sup> Ni	96 年	0.08	0.29	0.02	0.01
	<sup>32</sup> P	14.3 天	0.04	0.01	0.01	0.00



对照表 11.2-6 可知，烘箱和防护门被中子活化后产生的放射性核素比活度均远低于其对应的豁免活度浓度，且每种放射性核素的活度浓度与其对应活度浓度上限值的比值之和小于 1；烘箱的重量为 20kg，防护门的重量为 50kg，可知烘箱和防护门被中子活化产生的放射性核素活度小于其对应的豁免活度。因此被中子活化后的屏蔽门、烘箱为豁免废物或解控废物，可以申请清洁解控，作为一般工业固体废物，最终由厂家回收。

环评要求：项目退役以及更换烘箱前，需要对废弃的烘箱和退役防护门进行放射性核素（ $^{51}\text{Cr}$ 、 $^{55}\text{Fe}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{57}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$  等）活度浓度检测，确保满足放射性核素豁免活度浓度要求，并向辖区内生态环境相关部门申请清洁解控，才能按照一般工业固体废物处置。

### 11.2.6 非放射性废气环境影响分析

本项目的非放射性影响主要是电离辐射与空气作用产生臭氧和氮氧化物。具体分析如下：

- 1.中子发生器运行时，中子与实验室空气作用产生  $\text{O}_3$ ；
- 2.将实验室内的空气等效为球体，中子源看作点源，位于受照空气球的中心，各向同性发射；
- 3.利用中子在空气中的比释动能代替空气中的吸收的能量；
- 4.不考虑辐射损失。
- 5.中子发生器为间断运行，年运行时间为 120h。每次运行时间为 4h，运行同时通风，通风量  $600\text{m}^3/\text{h}$ 。

辐照空间中  $\text{O}_3$  的平均分子浓度  $C$ （分子/ $\text{m}^3$ ）由  $N(t)$  在每次运行时间  $T$  积分得到，其计算公式如公式（11-6）所示。

$$C = \int_0^T \frac{N(t)dt}{TV_0} = \frac{PG}{(\lambda + KF)TV_0} \left[ T + \frac{1}{\lambda + KF} (e^{-(\lambda + KF)T} - 1) \right] \quad \text{公式 (11-6)}$$

式中，

$P$ —单位时间内空气吸收的中子辐射能量， $\text{eV/s}$ ，计算公式如（11-7）所示；

$G$ —单位辐射能量的  $\text{O}_3$  产额，0.1 分子/ $\text{eV}$ ；

$\lambda$ — $\text{O}_3$  的分解速率， $2.31 \times 10^{-4}\text{s}^{-1}$ ；

$K$ —混合均匀系数，取 1/3；

$F$ —辐射区域的通风换气率，280 次/h（ $5.56 \times 10^{-4}\text{s}^{-1}$ ）；

$TV_0$ —运行  $T$  时间的总排风量， $\text{m}^3$ ；

其中：T—每次运行时间， $4 \times 3600 = 14400\text{s}$ ；

$V_0$ —通风量， $600\text{m}^3/\text{h} = 0.167\text{m}^3/\text{s}$ 。

$$P = 6.24 \times 10^{18} \phi \cdot K \cdot R \cdot \rho \quad \text{公式 (11-7)}$$

式中，

$6.24 \times 10^{18}$ —单位转换系数， $1\text{J} = 6.24 \times 10^{18}\text{eV}$ ；

$\phi$ —中子发射率， $1.5 \times 10^8\text{n/s}$ ；

$K$ —空气比释动能因子， $2.29 \times 10^{-11}\text{Gy}\cdot\text{cm}^2 = 2.29 \times 10^{-15}\text{J}\cdot\text{m}^2/\text{kg}$ ，由《辐射防护基础》P379 附表 3 内插得到；

$R$ —房间空气的等效球半径， $\sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} = \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi} (3.6 \times 0.7 \times 0.85)} = 0.8\text{m}$

$\rho$ —空气密度， $1.293\text{kg}/\text{m}^3$ 。

计算得  $P = 2.22 \times 10^{12}\text{eV/s}$ 。

辐照空间中某分子的平均质量浓度  $C_{\text{质}}(\text{mg}/\text{m}^3)$ 为：

$$C_{\text{质}} = \frac{CM}{N_a} \quad \text{公式 (11-8)}$$

式中，

$C$ —辐照空间中某分子的平均分子浓度，分子/ $\text{m}^3$ ；

$M$ —分子的摩尔质量， $\text{O}_3$  为  $4.8 \times 10^4\text{mg}/\text{mol}$ ， $\text{NO}_2$  为  $4.6 \times 10^4\text{mg}/\text{mol}$ ；

$N_a$ —阿伏伽德罗常数， $6.02 \times 10^{23}$  分子数/ $\text{mol}$ 。

计算出每次运行时间  $T$  内，实验室空间内质量浓度见表 11.2-8，其中  $\text{NO}_2$  的产额约为  $\text{O}_3$  的 0.48 倍。

表 11.2-8 非放射性气体污染物浓度

质量浓度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	$\text{O}_3$	$\text{NO}_x$
运行时间 (t)		
4h	4.02E-06	1.93E-06

根据表 11.2-7 计算可知，实验室中  $\text{O}_3$  平均浓度最大为  $4.02\text{E-}06\text{mg}/\text{m}^3$ ，为职业接触限值 ( $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ) 的 0.0013%； $\text{NO}_x$  平均浓度为  $1.93\text{E-}06\text{mg}/\text{m}^3$ ，为职业接触限值 ( $5\text{mg}/\text{m}^3$ ) 的 0.00004%。因此中子发生器正常运行状态下调试实验室内空气中臭氧和氮氧化物浓度满足《工作场所有害因素职业接触限值-化学有害因素》(GBZ2.1-2019) 中相关限值要求。

### 11.2.7 水环境影响分析

公司拟从现有辐射工作人员中为本项目调配 2 名辐射工作人员，本项目不产生新的生活污水。

### 11.2.8 固体废物影响分析

公司拟从现有辐射工作人员中为本项目调配 2 名辐射工作人员，本项目不产生新的生活垃圾。

### 11.3 事故影响分析

#### 11.3.1 事故风险分析

##### (1) 中子管破损事故

中子管使用过程中，由于操作不当造成中子管破损，氚释放到环境中的影响。本项目中子管采用双层密封外加一层物理保护，其中内部两层为气密性密封，能有效杜绝中子管破损引起的氚释放，外层为不锈钢套筒密闭保护，能够有效防止因外部冲击造成的破坏，其冲击指标为500G.ms，振动强度20g。

##### (2) 门机连锁失效事故

门机连锁失效，防护门没有关闭情况下，至使中子泄漏到调试实验室外面，给周围活动人员造成额外的照射；工作人员未撤离，射线装置开机运行出束，使滞留调试实验室门口人员发生超剂量照射。

公司应加强辐射安全防护管理，操作人员增加核安全意识，提高操作技能，防止门机连锁失效，限制无关人员进入工作区域，对制定的应急预案加强应急演练，防止突发事件发生。在采取以上风险管理措施后，其对环境产生的风险是可以接受的。

#### 11.3.2 事故后果分析

当中子发生器处于工作状态时，假如有人在滞留调试实验室门口，可能会对相关人员造成超剂量照射。由蒙卡模拟可知距出束口不同距离处的剂量率，具体人员误照射剂量估算结果如表 11.3-1 所示。

表 11.3-1 人员误照射时受照射剂量估算结果一览表

关注点位置	辐射类型	照射时间 (min)	剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	受照剂量 mSv
距出束口 1m 处	中子周围剂量当量率	77.6	3800.9	5
	$\gamma$ 剂量率		63.3	
	中子周围剂量当量率	311	3800.9	20
	$\gamma$ 剂量率		63.3	
	中子周围剂量当量率	776	3800.9	50
	$\gamma$ 剂量率		63.3	
距出束口 2m 处	中子周围剂量当量率	293	1009.7	5
	$\gamma$ 剂量率		15.7	
	中子周围剂量当量率	1170	1009.7	20
	$\gamma$ 剂量率		15.7	
	中子周围剂量当量率	2926	1009.7	50
	$\gamma$ 剂量率		15.7	

由表 11.3-1 可知人员误入实验室所接受的剂量估算结果可以看出，当中子发生器处于工作状态，人员误入实验室将可能接受到较大剂量的放射性照射，在距出束口 1m 处受到 5mSv 剂量当量的时间为 77.6min，受到 20mSv 剂量当量的时间为 311min，受到 50mSv 剂量当量的时间为 776min。中子发生器门机联装置失效或人员尚未撤离情况下，可能会对相关人员造成超剂量照射。

### 11.3.3 事故应急预案

#### (1) 事故预防

为防止项目在运行期间、检修维护期间发生辐射事故，建设单位应做好下列工作：

- 1) 单位领导对辐射安全防护应有足够重视。辐射工作人员应加强安全意识和岗位责任心，并严格按射线装置的操作规程执行操作；
- 2) 在操作射线装置时要始终注意安全。辐射工作人员必须对该设备具有足够的了解，能够识别任何可能导致危险的故障。如果发生故障或发现存在安全问题，在授权人员修复故障之前，不得使用该设备；
- 3) 为保证持续安全的操作，应按相关要求对辐射报警等安全设备进行定期维护；
- 4) 做好辐射工作人员的防护工作；
- 5) 需制定严格的操作规范，运行期必须按操作规程执行，并做好个人的防护，并将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置；
- 6) 中子发生器运行期间，严禁操作人员擅离岗位。每次进行调试前，应检查调试机房内人员停留情况；定期检查门机联锁、声光报警等装置，确保其处于正常的工作状态。
- 7) 严格执行本公司制定的辐射事故应急演练计划，认真进行演练总结。

#### (2) 风险应急措施

一旦发生了辐射事故，建设单位应迅速、有效的采取以下应急措施：

- 1) 发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，关闭机房门，同时向公司主管领导报告；
- 2) 发生射线装置事故时，应立即疏散所有与处理事故无关人员，保护好事故现场，对在事故中可能受到照射的人员及时送到医院进行医学检查和治疗；
- 3) 事故发生后的 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应向卫生行政部门报告；
- 4) 分析确定辐射事故的原因，记录发生事故时射线装置工作状态（如工作电压、管电流等参数）、事故延续时间，以便确定事故时受照个体所接受的剂量；

5) 总结事故原因, 写出事故报告, 及时修改应急预案, 避免此类事故再次发生。

公司按照国家有关辐射安全防护要求进行监管。制定了《辐射事故应急预案》, 对可能发生的事故风险均采取了有效的防范措施, 防止了事故的发生。一旦防范措施失控, 立即启动事故风险应急预案。事故风险应急预案主要对事故风险进行迅速有效的处置, 详细安全分析指出主要辐射危险, 以应付突发事件的发生。

#### 11.4 辐射环境影响评价

综上所述, 西安汇能电子设备有限责任公司中子发生器测井测试核技术利用项目正常运行调试时, 其实验室采取相应辐射防护屏蔽措施后, 项目对周边的辐射环境影响满足本项目提出的相关限值要求; 射线装置运行期间所致工作人员年附加有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中规定年有效剂量 20mSv 基本限值和本次评价 5mSv 剂量约束值剂量要求; 仪器调试实验室选址、平面布置基本合理, 所致公众附加有效剂量较小, 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 基本限值 1mSv 和本次评价剂量约束值 0.1mSv 要求。

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

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，辐射工作单位应建立辐射安全管理机构或配备专（兼）职管理人员，因此，西安汇能电子设备有限责任公司已成立了辐射安全与环境保护领导小组，并指定辐射管理人员职责。

辐射安全与环境保护领导小组组长：高辉

副组长：黄禄刚

成员：张威、严航、魏明、陈卓

该领导小组应全面负责公司的辐射安全管理及相关工作，主要包含以下职责：认真贯彻执行国家放射性同位素和射线装置的法律、法规，接受国家和地方生态环境部门的监督与检查；对公司的放射源和射线装置工作负总责，保证无辐射事故发生；制定本公司的放射源及射线装置管理规定；研究审查新建、扩建、改建放射源及射线装置的防护工作；负责对全公司辐射安全与防护工作进行监督，检查各种制度及防护措施的贯彻落实情况；组织实施辐射工作人员关于辐射安全与防护相关的法律法规及防护知识的培训工作；会同上级有关部门按有关规定调查和处理辐射故事，并对有关责任人员提出处理意见。

### 12.2 辐射安全管理规章制度

西安汇能电子设备有限责任公司现有辐射安全防护管理及规章制度，主要有《辐射防护和安全制度》、《辐射工作场所监测制度》、《放射性工作人员安全操作规程》、《放射性物品安全管理办法》、《放射性物质装卸操作规定》、《放射源安全防范措施》、《执行“放射源转移、转让、收贮”备案制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作人员培训制度》、《源库保管员岗位职责》、《源库存取、借用源管理制度》和《辐射事故应急预案》等规章制度。

建设单位还需要根据本项目实际情况完善相关管理制度、操作规程及应急预案，应落实个人剂量的检测和档案工作，明确辐射工作安全责任，涉及放射性工作人员应取得与其从事放射性工作相关的辐射安全与防护合格证。完善《自行检查和年度评估制度》、《质量保证大纲和质量控制检测计划》等相关管理制度、操作规程及应急预案。辐射安全防护管理机构应切实根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》管理要求开展工作。

依据《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发[2018]29

号) 相关规定, 应对核技术利用项目进行辐射安全管理标准化建设工作。辐射安全管理标准化建设项目表 (辐射安全管理) 见表 12.2-1。

表 12.2-1 辐射安全管理标准化建设项目表 (辐射安全管理)

管理内容		管理要求	单位情况
人员管理	决策层	就确保辐射安全目标做出明确的文字承诺, 并指派有决策层级的负责人分管辐射安全工作	已按规定执行
		年初工作安排的和年终工作总结时, 应包含辐射环境安全管理工作内容	
		明确涉辐部门和岗位的辐射安全职责	
	辐射防护负责人	提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障	已按规定执行, 本项目建成后应纳入管理
		参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证, 持证上岗; 熟知辐射安全法律法规及相关标准的具体要求并向员工和公众宣传辐射安全相关知识	
		负责编制辐射安全年度评估报告, 并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度评估报告	
		建立辐射安全管理制度, 跟踪落实各岗位辐射安全职责	
	直接从事放射工作的作业人员	建立辐射环境安全管理档案	已按规定执行, 且辐射工作人员已纳入管理
		对辐射工作场所定期巡查, 发现安全隐患及时整改, 并有巡查及整改记录	
		岗前进行职业健康体检, 结果无异常	
		参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证, 持证上岗	
	机构建设	了解本岗位工作性质, 熟悉本岗位辐射安全职责, 并对确保岗位辐射安全做出承诺	已按规定执行, 且辐射工作人员已纳入管理
熟悉辐射事故应急预案的内容, 发生异常情况, 能有效处理			
机构建设	设立辐射环境安全管理机构和专 (兼) 职人员, 以正式文件明确辐射环境安全管理机构和负责人	已设立	
制度建立与执行	建立全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度, 指定专人负责系统使用和维护, 确保业务申报、信息更新真实、准确、及时、完整	需补充制定相应制度	
	建立放射性同位素与射线装置管理制度, 严格执行进出口、转让、转移、收贮等相关规定, 并建立放射性同位素、射线装置台账	已制定射线装置台账	
	建立本单位放射性同位素与射线装置岗位职责、操作规程, 严格按照规程进行操作, 并对规程执行情况进行检查考核, 建立检查记录档案	已建立	
	建立辐射工作人员培训管理制度及培训计划, 并对制度的执行情况及培训的有效性进行检查考核, 建立相关检查考核资料档案	已建立	
	建立辐射工作人员剂量管理制度, 每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测, 对剂量超标人员及时复查, 保证职业人员健康档案的连续有效性	已建立	
	建立辐射安全防护设施的维护与维修制度 (包括维护维修内容与频次、重大问题管理措施、重新运行审批级别等内容), 并建立维护、维修工作记录档案 (包括检查项目、检查方法、检查结果、处理情况、检查人员、检查时间)	需补充完善相关记录档案	
	建立辐射环境监测制度, 定期对辐射工作场所及周围环境进行监测, 并建立有效的监测记录或监测报告档案	已建立	
	建立辐射环境监测设备使用与检定管理制度, 定期对监测仪器设备进行检定, 并建立检定档案	已建立	
应急管理	结合本单位实际, 制定可操作性的辐射事故应急预案, 定期进行辐射事故应急演练	已制定《辐射事故应急预案》, 需补充完善	
	应急预案应当包括下列内容: ①可能发生的辐射事故及危害程度分析; ②应急组织指挥体系和职责分工; ③应急人员培训和应急物资准备; ④辐射事故应急响应措施; ⑤辐射事故报告和处理程序		
根据建设单位提供的资料, 在配置急停开关、视频监控设备、进出门机联装置等			

相关的安全防护装置，并根据实际情况完善辐射人员管理、应急管理和辐射屏蔽措施后，能够满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发[2018]29号）的相关要求。

### 12.3 人员培训及档案管理

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“营运管理”要求、《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发[2018]29号）相关规定要求，单位必须培植和保持良好的安全文化素养，彻底杜绝辐射事故的发生。放射性工作人员在上岗之前，需参加公司组织的辐射安全与防护培训学习及相关辐射防护基础知识及操作技能的培训学习，并通过核技术利用辐射安全与防护考核并取得合格单，具备从事放射性工作能力。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011年5月1日实行）第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。

环评要求：应按照相关法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本公司的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。应建立放射工作人员个人剂量档案，包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料，并且组织上岗后的放射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔应不超过2年。

### 12.4 辐射监测

#### 12.4.1 监测要求

辐射工作人员应配备个人防护用品和个人剂量监测仪器，同时配备必要的监测仪器对工作场所和周围环境进行辐射监测。个人剂量仪应有足够的可靠性、灵敏度和准确度，在辐射水平较高的地方工作时，工作人员应使用个人剂量报警仪。

西安大医秦创装备有限公司已配置的监测仪器情况见表12.4-1。

表12.4-1 需配置的监测需器一览表

类型	名称	数量	备注
监测仪器	X-γ辐射剂量率仪	1	已配备
	中子周围剂量当量率仪	1	已配备
	固定式剂量报警仪（含γ射线探头和中子探头）	1	拟配备
	个人剂量计（同时满足对γ射线和中子剂量监测）	-	数量根据实际工作人员情况调整

#### 12.4.2 监测计划



(1) 委托具有相关资质的监测单位对放射性工作场所进行常规监测，每年一次。

(2) 对工作人员配备的个人剂量计（同时满足对 $\gamma$ 射线和中子剂量监测），应每季度由有资质的单位检测一次并建立个人年累积剂量档案。个人剂量档案应妥善保存，建立并终生保存个人剂量监测档案。

(3) 对受检者配备的个人防护用品，应定期进行检查，发现破损，及时更换。

(4) 公司应配置辐射环境 X、 $\gamma$ 剂量率仪和中子监测仪对调试实验室工作场所辐射水平定期监测，并将监测数据保存存档。

(5) 对公司的辐射安全和防护状况，应每年进行一次自我安全评估，对存在的辐射安全隐患及时进行整改，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年的评估报告。

(6) 屏蔽设施、位置发生变更时，及时委托有相关资质的监测单位进行监测和重新评价；在监测评价符合国家相关标准要求后，方可继续使用。

(7) 当个人剂量超过年剂量限值、放射工作场所出现异常情况，应进行监测，查明原因。

项目建设运行前，委托有相关资质的监测单位对工作场所的辐射防护设施进行全面的现场验收监测，监测合格后投入使用。

本项目监测计划（建议）见表 12.4-2。

表 12.4-2 本项目辐射环境监测及检查计划（建议）一览表

项 目	监测或检查位置	频 率	备 注
X- $\gamma$ 辐射剂量率、中子周围剂量当量率	操作区操作位置、防护门门缝及表面外表面 30cm、顶棚、电缆线口、实验室周围环境巡测	每 4 周 1 次常规监测；每年由有资质单位监测一次	根据监测结果，提出评估和改进意见
X- $\gamma$ 辐射剂量率、中子周围剂量当量率	中子发生器外表面、烘箱外表面	每次中子发生器工作结束后	
放射性核（ $^{51}\text{Cr}$ 、 $^{55}\text{Fe}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{57}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 等）活度浓度	防护门、废弃的烘箱	项目退役时、以及更换新烘箱时	
个人剂量计（中子和 $\gamma$ 射线）	操作人员佩戴的剂量计	每 3 个月送有资质检测机构检测 1 次	

放射性工作场所防护门附近应张贴电离辐射警示标志，设有门机联锁、工作指示灯等。从事辐射的工作人员应配备个人剂量计，跟踪个人所接受的年有效剂量，并建立个人剂量档案。

### 12.5 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）、《放射性核

素与射线装置安全许可管理办法》等相关法律法规规定，公司已制定《辐射事故应急

预案》，本项目运行后，公司应对现有的辐射事故应急预案进行修订，将本项目可能发生的辐射事故纳入应急预案，修订后的辐射事故应急预案应符合《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的〈陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表〉的通知》（陕环办发〔2018〕29号）的应急管理要求。

一旦发生辐射事故，现场当事人应立即切断射线装置电源，并报告公司启动应急预案，采取必要的防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，由公司辐射事故应急小组上报当地生态环境主管部门及省级生态环境主管部门，同时上报公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

根据现场调查，公司运行至今尚未发生辐射事故，未启动过上述应急预案。项目建成运行后将纳入公司现有辐射事故应急预案管理体系。

本项目环评要求项目正式运行后，还应做好以下工作：

(1) 公司每年应组织人员进行应急演练，并记录；

(2) 根据国家最新法律法规，结合公司实际情况，及时对应急预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

## 12.6 环保投资和环保验收

### 12.6.1 环保投资

西安汇能电子设备有限责任公司核技术利用项目投资500万元，环保投资45万元，投资比例占9%。项目环保投资主要用于辐射安全防护设施的投入，个人防护用品、辐射监测仪器购置以及工作人员培训、体检费用等。

本项目环保投资一览表见表12.6-1。

表 12.6-1 环保投资一览表

序号	环保设施或措施	数量	费用（万元）
1	急停开关、状态指示灯、电离辐射警示标志、含硼聚乙烯防护门等		24.8
2	门机连锁装置	1	2
3	通风系统	1	2
4	固定式辐射报警仪	1	3
5	职业健康体检	2	0.6
6	个人剂量计（含中子和 $\gamma$ 射线）	2	0.6
7	辐射防护与安全培训	2	2
8	工作场所以及周边环境监测费用		3
9	咨询、环评和验收技术服务		7
	合计		45

## 12.6.2 环保验收

为规范建设项目竣工环境保护验收的程序和标准，强化建设单位环境保护主体责任，根据《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》（国务院令 第 682 号）以及建设项目竣工环境保护验收有关管理规定和技术规范，参照生态环境部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相关要求，建设单位进行项目竣工自主环保验收程序见方框图 12-1。

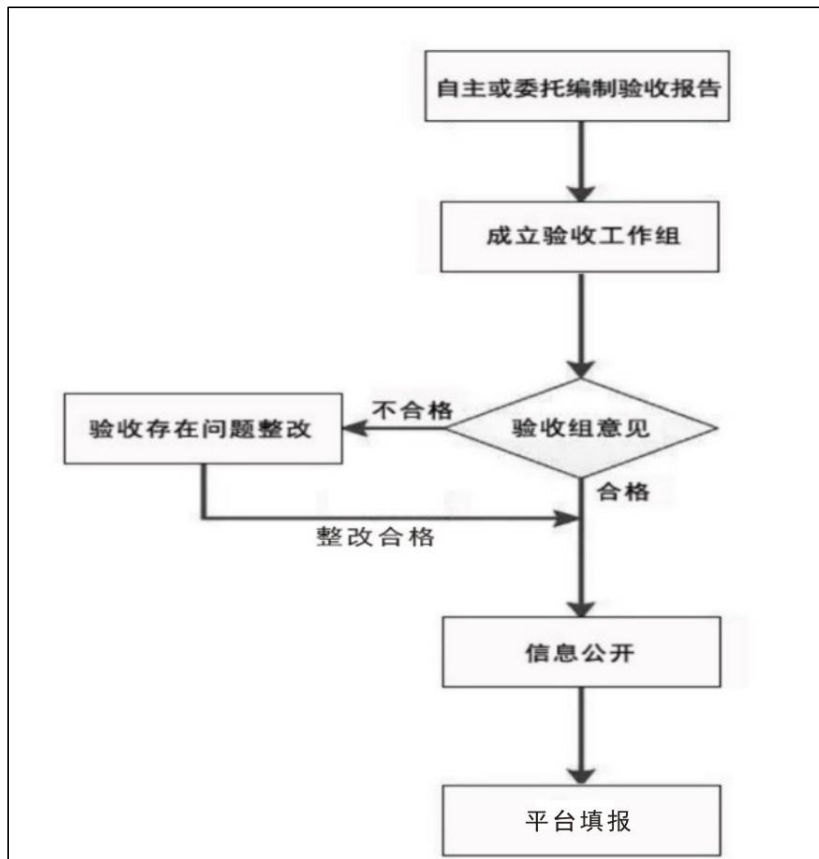


图 12-1 自主竣工验收程序方框图

本项目环保验收清单建议见表 12.6-2。

表 12.6-2 环保验收清单（建议）

项目		标准以及相关文件验收要求内容
辐射安全管理机构	辐射防护管理	建立以法定代表人为第一责任人的安全管理机构
年有效剂量	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，公众、职业照射剂量约束值执行 0.10mSv/a 和 5mSv/a。	
剂量率限值	四周屏蔽墙体、防护门及顶棚	调试实验室屏蔽体、顶棚外表面 30cm 处剂量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$
辐射安全和防护措施	标志及工作状态灯	防护门表面张贴电离辐射标志，上方安装工作状态指示灯
	通风设施	通风量为 600m <sup>3</sup> /h
	仪器调试实验室门机联锁	门机联锁正常、有效
	贮存间监视装置	依托现有，需运行良好，切实有效
	紧急停机开关	操作区、防护门口各设 1 个急停按钮
	固定式辐射报警仪	防护门外上方，共 1 套（含 1 个 $\gamma$ 剂量探头和 1 个中子探头）
人员培训	辐射防护与安全培训和考核	辐射工作人员、直接管理人员通过核技术利用辐射安全与防护考核合格后，方能上岗
个人剂量与健康检查	个人剂量检测	辐射工作人员佩戴个人剂量计（中子和 $\gamma$ 射线），并定期送检（最长不应超过 3 个月），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案
	职业健康检查	辐射工作人员定期进行职业病健康检查（ $\leq 2$ 年），并建立个人职业病监护档案
监测仪器和防护用品	监测仪器	依托现有 X- $\gamma$ 辐射剂量率仪和中子周围剂量当量率仪（需定期检定）
	个人剂量报警仪	个人剂量报警仪 $\geq 1$ 台
	个人剂量计	根据辐射工作人员数量配备个人剂量计（同时满足对 $\gamma$ 射线和中子剂量监测）
	个人防护用品	依托现有 0.5mm 铅当量的铅衣、铅眼镜、铅手套、铅帽、铅围裙，至少 1 套
辐射安全管理制度	制定操作规程，岗位职责，辐射防护和安全保卫制度，设备检修维护制度，射线装置使用登记、台帐管理制度，人员培训计划，监测方案，辐射事故应急等规章制度	
辐射安全管理标准化	按照原陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》的通知（陕环办发[2018]29 号）进行验收	

表 13 结论与建议

### 13.1 结论

(1) 西安汇能电子设备有限责任公司新建仪器调试实验室，用于模拟现场测井环境以及中子发生器（II类射线装置）的打靶测试，中子强度为  $1.5 \times 10^8 \text{n/s}$ ，中子发生器中的中子管氚靶活度为  $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$ 。以中子发生器的研发、生产与销售为目的，该项目产生的社会效益、经济效益远大于其辐射影响，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“实践的正当性”要求。

(2) 监测结果表明，拟建项目地 $\gamma$ 辐射剂量率监测结果范围为 96.0~102nGy/h，与 1988 年调查的西安市天然 $\gamma$ 辐射水平处于同一范围，中子周围剂量当量率均低于 LLD 水平，表明拟建地周围辐射环境现状良好。

(3) 拟建工作场所按辐射分区划分为控制区和监督区进行管理，拟建项目选址及平面布置可以满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相关规定的要求，调试机房设置了通风系统，产生的废气由管道排至室外。

(4) 机房屏蔽能力分析：调试实验室工作场所设计时已考虑了拟配备设备的性能和辐射水平，在满足施工质量前提下，机房各屏蔽墙体、防护门表面 30cm 处辐射剂量率，能够满足本项目提出的剂量率限值要求。

(5) 据剂量估算结果，辐射工作人员接受的最大年附加有效剂量为  $9.70\text{E-}05\text{mSv}$ ，公众接受的最大年有效剂量为  $1.58\text{E-}05\text{mSv}$ ，均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002 中规定的剂量限值和本次评价提出的剂量约束值要求。

综上所述，西安汇能电子设备有限责任公司核技术利用项目的开展，用于中子发生器随温度变化性能测试，符合辐射防护实践正当性原则，项目开展具有积极意义；项目采取辐射防护措施后，能够使其对周边环境的辐射影响降到了尽可能合理的水平，满足辐射防护最优化原则；项目运行所致职业人员和公众年附加有效剂量满足国家相关标准规定限值要求，符合剂量限值约束原则；从辐射环境保护角度，该项目在严格落实各项辐射防护措施情况下，该项目对环境的影响是可以接受的。

### 13.2 建议

(1) 公司应按照国家生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，并编制验收报告，验收合格并取得辐射安全许可证才能正式投入使用。

(2) 对从事辐射工作的管理及操作人员，必须通过核技术利用辐射安全与防护

考核合格后方能上岗。对已通过考核合格的工作人员应定期再进行辐射安全防护再教育的学习。

(3) 加强对射线装置的辐射防护设施的维护及检修工作，确保其运行正常。

(4) 严格按操作规程进行操作，防止发生辐射事故。

(5) 完善本项目的各项管理及操作制度，对制定的放射事故应急预案进行演练，做到有备无患。

(6) 对所有涉及放射性工作人员定期进行健康检查，并将检查记录归档。

(7) 按照监测计划对周围辐射环境进行监测，对公司的辐射安全和防护状况编制评估报告，于每年 1 月 31 日前向发证机关及当地生态环境部门提交该评估报告。

