

建设项目竣工 环境保护验收监测表

闽环辐[2016]验收 012 号

项目名称： 1 台离子注入机项目

委托单位： 厦门大学能源学院

福建省辐射环境监督站
二〇一七年二月



检验检测机构 资质认定证书

证书编号: 151312050177

名称: 福建省辐射环境监督站

地址: 福州市晋安区福飞北路456号

经审查, 你机构已具备国家有关法律、行政法规规定的基本条件和能力, 现予批准, 可以向社会出具具有证明作用的数据和结果, 特发此证。资质认定包括检验检测机构计量认证。

检验检测能力及授权签字人见证书附表。

许可使用标志



发证日期: 2015年12月24日

有效期至: 2021年12月23日

发证机关: 福建省质量技术监督局



本证书由国家认证认可监督管理委员会监制, 在中华人民共和国境内有效。

厦门大学能源学院 1 台离子注入机项目竣工环境保护验收监测表

法人代表:

建设单位：厦门大学

调查单位：福建省辐射环境监督站

站 长：朱耀明

技术负责人：林明贵

项目负责人：冯可新

报告编写人：冯可新

审 核：卞心彤

审 定：高一弘

监测单位：福建省辐射环境监督站

监测单位参加人员：冯可新、陈飞霞、叶晓容

调查单位联系方式：

电 话：0591-87726582 87729025

传 真：0591-87729025

地 址：福州市晋安区福飞北路 456 号

邮 编：350012

目 录

1 前言	1
1.1 学校概况	1
1.2 任务由来	1
2 编制依据	2
2.1 法律法规	2
2.2 技术规程规范	3
2.3 工程资料及批复文件	3
3 验收监测目的、内容、评价标准	3
3.1 验收监测目的	3
3.2 验收监测内容	3
3.3 验收监测评价标准	4
4 建设项目工程概况	6
4.1 项目总体概况	6
4.2 离子注入机	7
5 环境影响评价报告表及其批复回顾	17
5.1 《厦门大学新建离子注入机项目环境影响报告表》主要结论和建议	17
5.2 《厦门大学新建离子注入机核技术应用项目环境影响报告表》批复及落实情况	19
6 辐射环境监测结果	20
6.1 监测因子及频次	20
6.2 监测布点	21
6.3 监测仪器	21
6.4 监测质量保证	23
6.5 监测工况	23
6.6 监测结果与剂量估算结果分析	23
6.6.3 小结	25
7 环保检查结果	25
7.1 辐射安全和防护管理	26
7.2 法规执行情况	26
7.3 辐射安全防护设施运行情况	28
8 验收监测结论	29
9 建议及要求	29
附表：建设项目工程竣工环境保护“三同时”验收登记表	57
附件 1：厦门大学能源学院委托书	
附件 2：厦门大学能源学院辐射安全许可证	
附件 3：厦门大学新建离子注入机项目环评批复	
附件 4：厦门大学 400kV 离子注入机离子束流强度限值情况变更说明	
附件 5：厦门大学 400kV 离子注入机铅屏蔽工程变更说明	
附件 6：离子注入机操作规程	
附件 7：厦门大学能源学院辐射安全管理领导小组	
附件 8：厦门大学能源学院辐射防护和安全保卫制度	
附件 9：厦门大学能源学院辐射事故应急预案	
附件 10：厦门大学能源学院设备检修维修制度	
附件 11：厦门大学能源学院个人剂量监测报告承诺书	
附件 12：厦门大学能源学院人员培训计划	
附件 13：厦门大学能源学院监测方案	
附件 14：厦门大学能源学院放射工作人员培训证书	
附件 15：厦门大学能源学院辐射安全年度评估报告承诺书	

附件 16: 厦门大学能源学院离子注入机工作人员岗位职责

附件 17: 关于厦门大学能源学院离子注入机辐射工作人员数量与环评报告中辐射工作人员数量调整的说明

1 前言

1.1 学校概况

厦门大学由著名爱国华侨领袖陈嘉庚先生于1921年创办，是中国近代教育史上第一所华侨创办的大学，也是国家“211工程”和“985工程”重点建设的高水平大学。学校设有研究生院、27个学院（含76个系）和10个研究院，拥有31个博士学位授权一级学科，50个硕士学位授权一级学科，187个专业可招收培养博士研究生，276个专业可招收培养硕士研究生，83个专业可招收本科生；拥有5个一级学科和9个二级学科的国家级重点学科（涵盖38个二级国家重点学科），26个博士后流动站，9个国家人才培养基地。

学校拥有一支高水平的师资队伍，现有专任教师2678人，其中，教授、副教授1713人，占全职教师总数的64.0%；现有在校生近40000人（本科生19570人，硕士生17490人，博士生2919人），其中外国留学生及港、澳、台学生2800余人。

学校设有160多个研究机构，其中国家重点实验室4个，国家工程实验室2个，国家工程技术研究中心1个，教育部重点实验室5个，教育部工程技术中心3个，教育部文科重点研究基地5个，福建省重点实验室、中心28个，厦门市重点实验室、中心16个。厦门大学国家大学科技园是福建省内唯一经科技部、教育部认定的国家级大学科技园。

学校拥有完善的教学、科研设备和公共服务体系。目前学校占地近9000亩，其中思明校区位于厦门岛南端，占地2500多亩，漳州校区占地2568亩，翔安校区规划建设用地3645亩（2012年9月，翔安校区完成一期工程建设并投入使用）。校舍建筑总面积199万平方米，图书馆馆藏纸质图书总量448万册（另有电子图书39204GB），固定资产总值42亿元，仪器设备总值超过15.3亿元。

1.2 任务由来

厦门大学于2014年5月16日委托江苏省辐射环境保护咨询中心对能源学院1台离子注入机项目环境影响进行评价，福建省环保厅于2015年6月23日对上述环境影响报告表予以批复，批文号：闽环辐评[2015]17号（环评批复见附件3）。根据国务院第253号令《建设项目环境保护管理条例》、国家环保总局第13号令《建设项目竣工环境保护验收管理办法》及福建省有关建设项目环境保护管理的要求，厦门大学能源学院于2015年11月1日委托福建省辐射环境监督站对已投入试运行的1台离子注入机项目进行环境保护竣工验收监测（委托书见附件1）。

厦门大学已取得了省环保厅颁发的辐射安全许可证，证书编号：闽环辐证[00086]（见附件 2）。许可种类和范围：使用 V 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置；乙、丙级非密封放射性物质工作场所。本次验收的离子注入机已于 2016 年 3 月 25 日取得辐射安全许可证。

受厦门大学能源学院的委托，福建省辐射环境监督站组织有关人员于 2016 年 3 月 1 日、3 月 23 日对厦门大学能源学院试运行且已环评的一台离子注入机项目进行了现场监测和环保检查。通过对现场验收监测数据和收集资料的分析整理，编制本验收监测表。

2 编制依据

2.1 法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015年1月1日起施行；
- (2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日起施行；
- (3) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第253号，1998年11月29日起施行；
- (4) 《建设项目竣工环境保护验收管理办法》，国家环境保护总局令第13号，2002年2月1日；
- (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，2014年国务院令第653号修订；
- (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2008年修正），环境保护部令第3号，2008年11月21日起施行；
- (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第18号，2011年5月1日起施行；
- (8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，环境保护部令第33号，2015年6月1日起施行；
- (9) 《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》，国家环境保护总局文件，环发[2006] 145号文；
- (10) 《射线装置分类办法》，国家环境保护总局公告2006年第26号；
- (11) 《关于建设项目环境保护设施竣工验收监测管理有关问题的通知》，国家环保总局环发[2000]38号，2000年2月22日。

2.2 技术规程规范

- (1) 《辐射环境监测技术规范》，HJ/T61—2001。
- (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》，GB18871-2002。
- (3) 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》，GB/T14583-1993。
- (4) 《电离辐射监测质量保证一般规定》，GB 8999-1988。
- (5) 《离子注入机通用规范》（GB/T 15862-2012）
- (6) 《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-1985）

2.3 工程资料及批复文件

- (1) 厦门大学能源学院 1 台离子注入机项目委托书，2015 年 11 月 1 日。
- (2) 《厦门大学新建离子注入机项目环境影响报告表》，2014 年 10 月。
- (3) 福建省环保厅对《厦门大学新建离子注入机项目环境影响报告表》的批复(闽环辐评【2015】17 号)，2015 年 6 月 27 日。

3 验收监测目的、内容、评价标准

3.1 验收监测目的

- (1) 检验项目环境影响评价制度、环境保护“三同时”制度、辐射安全许可制度执行情况。
- (2) 检查环评文件及环评批复文件要求的各项辐射防护设施的实际建设、管理、运行状况及各项辐射防护措施落实情况。
- (3) 通过现场监测及对监测结果的分析评价，明确项目是否符合辐射防护相关标准，在此基础上，分析各项辐射防护设施和措施的有效性；针对存在的问题，提出改进措施或建议。
- (4) 为环境保护行政主管部门审管提供依据。
- (5) 为建设单位日常管理提供依据。

3.2 验收监测内容

根据《辐射环境监测技术规范》的要求以及《厦门大学新建离子注入机项目环境影响报告表》的评价意见以及环评批复，结合现场踏勘和本次验收项目的工艺特点，本项目竣工环境保护验收监测内容为：

- (1) 检查项目在验收监测期间的运行工况是否符合建设项目竣工环境保护验收监测

要求，监测正常运行工况条件下工作场所的辐射剂量率水平。

(2) 监测、检查落实环评报告表和环保部门批复提出的各项辐射污染防治措施情况及其效果。

(3) 检查已制定的各项辐射管理制度是否符合相关法规要求。

(4) 检查项目建设、运行期间的环境管理情况。

3.3 验收监测评价标准

按照国家环境保护总局环发〔2000〕38号《关于建设项目环境保护设施竣工验收监测管理有关规定的通知》规定，应以环境影响评价报告（表）批复时，有效的国家或地方排放标准和环境质量标准、工程《初步设计》（环保篇）的设计指标和总量控制指标作为建设项目的环保设施验收监测的评价标准。

3.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

第 4.3.2.1 款 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证除本标准 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）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，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 公众照射

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值不应超过下述限值：
年有效剂量，1mSv。

第 11.4.3.2 款

剂量约束值常应在公众照射剂量限值 10%~30% 的范围之内。

根据环评批复本项目职业人员剂量约束值取 5mSv/a，公众剂量约束值取 0.1mSv/a。

6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

3.3.2 《离子注入机通用规范》（GB/T 15862-2012）

5.4安全要求

5.4.1 设备上应对“高压、毒害、运动部件”等做警示标识，符合GB18209.1的要求。

5.4.2 设备应有良好的射线防护设施，在距机器外表面50mm处检测射线剂量应小于0.06mR/h（0.6μSv/h）。

5.4.3在离子源送气管路，气源瓶柜，真空排气部分等机柜上方要设有标准尺寸的排风口，以便于用户厂房内的排气设施相连接。离子源送气管路活动连接采用耐腐蚀不锈钢材料的金属密封，气体管路和控制元件能适应低压气瓶（SDS气体）使用。设备如果采用有毒有害工艺气体，用户应在气柜和气体管路区间设置对应的气体泄漏检测报警装置。

5.4.4 高压区应隔离，进入高压区的门上应有安全联锁装置和自动放电装置。

5.4.5 设备应有保障人身安全和设备安全的高压放电、过载、短路、停电、停水、停气等故障的防护装置和报警联锁装置，在操作区设置必要的紧急开关。

3.3.3 《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-1985）；

3 辐射防护设施的设计原则

3.1 辐射屏蔽

3.3 辐射安全系统

3.3.1 决定加速器产生辐射的主要控制系统应该用开关钥匙控制。

3.3.2 加速器厅、靶厅的门均需安装联锁装置，只有门关闭后才能产生辐射。

3.3.3 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

3.3.4 在加速器厅、靶厅内人员容易看到的地方须安装闪光式或旋转式红色警示灯及音响警告装置；在通往辐射区的走廊，出入口和控制台上须安装工作状态指示灯。

3.3.5在高辐射区和辐射区，应该安装遥控辐射监测系统。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。

3.3.6 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。

3.3.7 辐射安全系统的部件质量要好,安装必须坚实可靠。系统的组件应耐腐蚀损伤。

3.4 通风系统

3.4.1 为排放有毒气体（如臭氧）和气载放射性物质，加速器设施内必须设有通风装置。

3.4.2 通风系统的排风速率应根据可能产生的有害气体的数量和工作需要而定。通风系统的进气口应避免受到排出气体的污染。

3.4.3 通风管道通过屏蔽体时，必须采取措施，保证不得明显地减弱屏蔽体的屏蔽效果。

4 建设项目工程概况

4.1 项目总体概况

厦门大学能源学院本次委托验收项目为 1 台离子注入机，具体见表 4-1，厦门大学能源学院所在翔安校区地区域图见图 4-1，大学平面布置见图 4-2。

表 4-1 厦门大学能源学院本次委托验收设备明细表

序号	设备名称	管理类别	许可数量	使用场所	验收数量
1	离子注入机	II 类射线装置	1	能源学院静电实验室	1



图 4-1 本项目所在地理位置图



图 4-2 厦门大学翔安校区平面布置图

4.2 离子注入机

4.2.1 离子注入机概况

本项目离子注入机位于厦门大学翔安校区能源学院 3 号楼二层静电实验室中央偏南，离子注入机在其加速管外侧有高压笼，高压笼北侧、西侧和南侧有 3mm 铅当量的铅屏蔽墙，在南侧铅墙衔接柱处加 3mm 均板（具体位置如图 6-1 所示），加速器末端两侧设有 3mm 均板，离子注入机的大体结构与防护情况见图 4-3，离子注入机参数见表 4-2，离子注入机所在实验室平面布置图见图 6-1，离子注入机及周围环境现状照片见照片 4-1~照片 4-29。离子注入机工作场所北部是锅炉设备场所，南部为静电实验室的样品准备间，东部为校内通道，西部为校内通道，楼下为教师办公室，楼上为阁楼。

表 4-2 本项目离子注入机基本参数表

型号	生产厂家	加速粒子	能量(MeV)	实际工作最大流强(μA)	用途	备注	射线装置类别
离子注入机（定制，无型号）	美国国家静电公司（NEC）	H ⁺ , He ⁺ , O ⁺ , Si ⁺ , Ne ⁺ , Co ⁺ , Ar ⁺	0.4（设计能量）	100	辐照损伤模拟实验	1 台	II 类

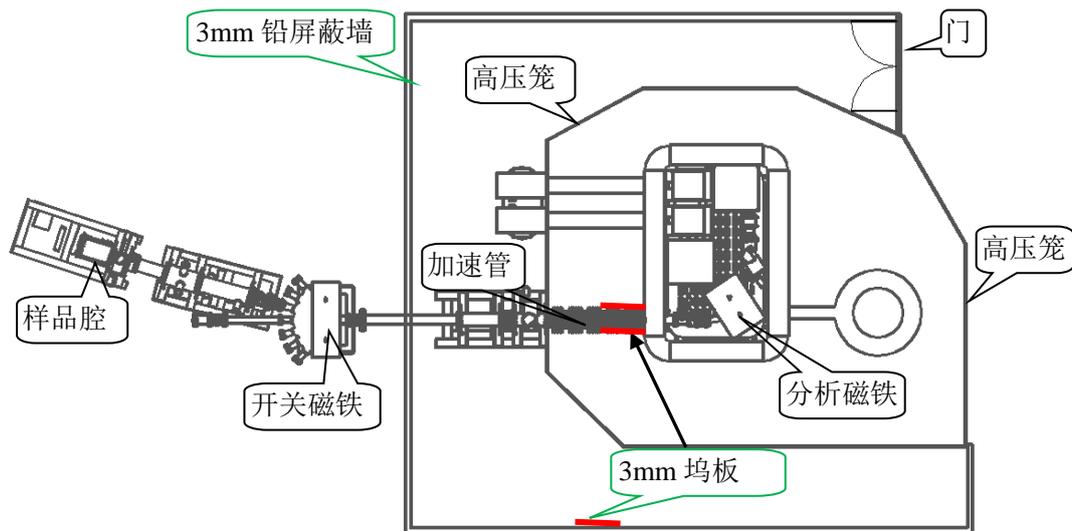
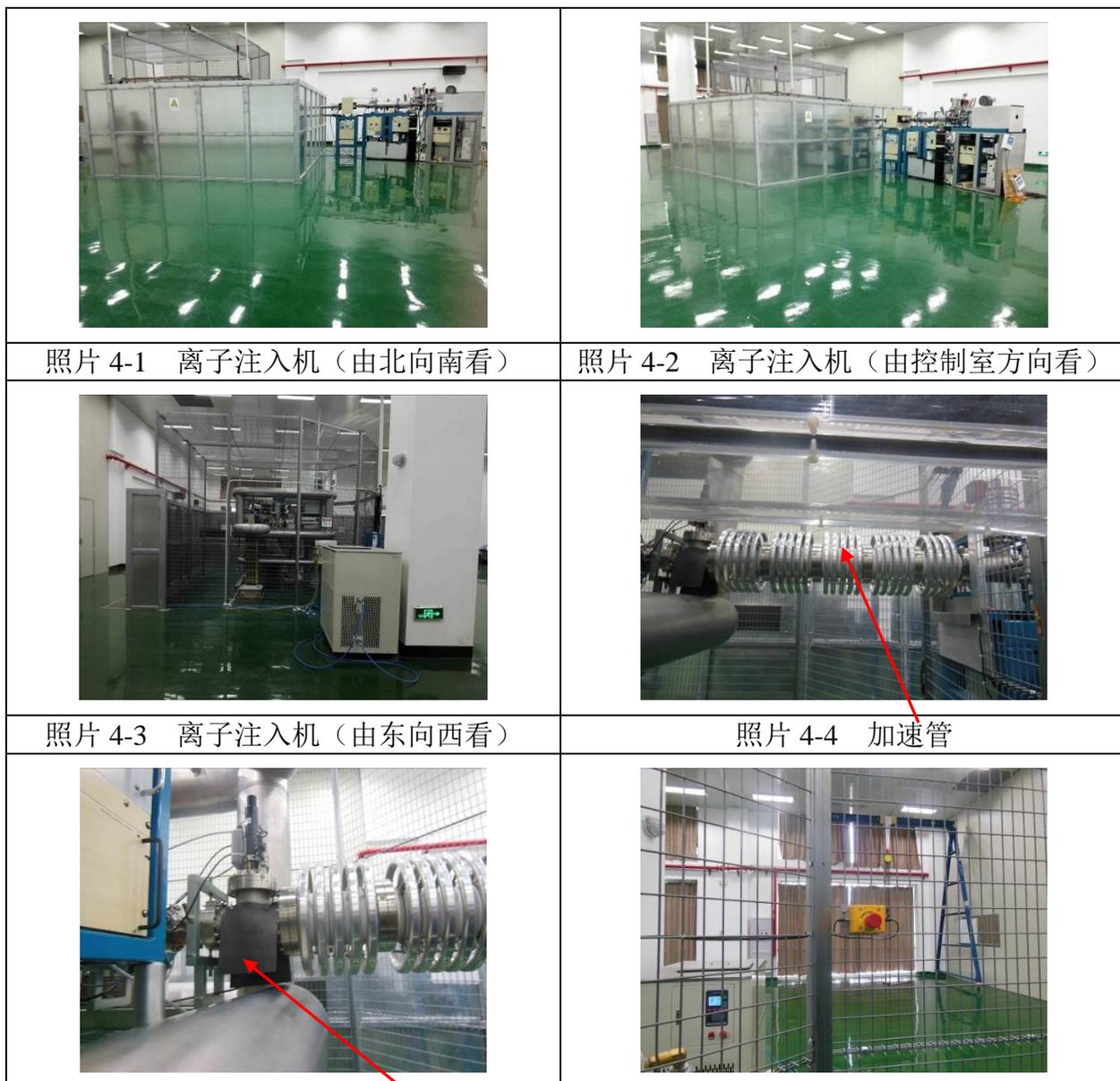


图4-3 离子注入机验收阶段的俯视图



<p>照片 4-5 离子产生部件及坞板</p>	<p>照片 4-6 离子注入机高压笼东侧内部急停开关</p>
 A photograph showing industrial equipment, including a large metal pipe and a control panel with a red emergency stop button, enclosed within a metal safety cage.	 A close-up photograph of a blue metal cabinet containing several emergency stop buttons (red and yellow) and a yellow warning sign with a lightning bolt symbol and the text 'WARNING Potential Arc Flash Hazard'.
<p>照片 4-7 离子注入机高压笼门侧急停开关</p>	<p>照片 4-8 高压笼外急停按钮</p>
 A photograph showing a red emergency stop button mounted on a metal structure, likely the door of the high-voltage cage, with a view of the interior lighting.	 A photograph showing a red emergency stop button mounted on a metal structure, likely the exterior of the high-voltage cage, with a view of the interior lighting.
<p>照片 4-9 离子注入机高压笼门机联锁</p>	<p>照片 4-10 离子注入机铅屏蔽层（南侧为铁丝）门机联锁</p>
 A photograph showing a complex mechanical interlock system on a metal door, featuring various sensors, cables, and a large metal pipe.	 A photograph showing a mechanical interlock system on a metal door, featuring a large metal pipe and various sensors and cables.
<p>照片 4-11 地棒</p>	<p>照片 4-12 照射区固定式辐射监测设备</p>

	
<p>照片 4-13 屏蔽墙外固定式辐射监测设备 (由西向东看)</p>	<p>照片 4-14 屏蔽墙外固定式辐射监测设备 (由东向西看)</p>
	
<p>照片 4-15 控制区辐射防护标志</p>	<p>照片 4-16 控制室</p>
	
<p>照片 4-17 离子注入机辐射报警指示灯</p>	<p>照片 4-18 控制室高压工作指示灯</p>



照片 4-19 实验室门口高压工作指示灯



照片 4-20 固定式探测设备安全报警仪及工作指示灯



照片 4-21 实验室内通风系统



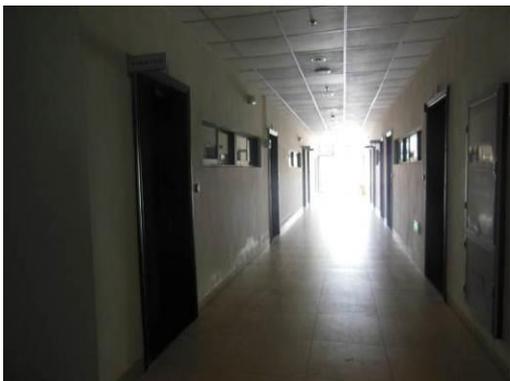
照片 4-22 楼顶排气口



照片 4-23 控制室控制面板



照片 4-24 离子注入机操作台及操作界面



照片 4-25 离子注入机工作场所下方（教师办公室）



照片 4-26 离子注入机工作场所北侧锅炉设备场所



照片 4-27 离子注入机工作场所西侧环境



照片 4-28 离子注入机工作场所南侧环境



照片 4-29 离子注入机工作场所东侧环境



照片 4-30 个人剂量报警仪与辐射巡测仪



照片 4-31 热释光个人剂量计

4.2.2 离子注入机工作原理

离子注入机由离子源、质量分析器、加速器、四级透镜、扫描系统和靶室组成，可以根据实际需要省去次要部位。其中离子源是离子注入机的主要部位，作用是把需要注入的元素气态粒子（原子或分子）电离成离子，决定要注入离子的种类和束流强度；直流放电或高频放电产生的自由电子作为轰击粒子，当其能量高于原子的电离电位时，通过碰撞使原子发生电离，再经吸极吸出，通过聚焦成为离子束；碰撞后除了产生正离子外，还出现正电子和二次电子。离子源产生的离子束进入质量分析器，在相同的磁场作用下，不同电荷质量比的离子会以不同的曲率半径做圆弧运动，选择合适曲率半径，就可以筛选出需要的离子。荷质比较大的离子偏转角度太小、荷质比较小的离子偏转角度太大，都无法从分析器的出口通过，只有具有合适荷质比的离子才能顺利通过，由此可分离出所需的离子，且离子束纯度很高。该纯离子束再经过加速管（高压静电场）获得较高能量，该加速能量是决定离子注入深度的一个重要参量。加速后的离子束由四级透镜聚焦成直径为数毫米的离子束，聚焦能使离子传输时具有较高的效益，聚焦好的离子束才能确保注入剂量的均匀性。在偏转扫描系统内实现离子束X、Y方向的一定面积内的扫描，最终进入靶室，对样品进行离子注入。

美国国家静电公司（NEC）生产的400keV离子注入机，采用热阴极潘宁（PIG）离子源，引出离子束流能量最大为30kV，该离子束流在被引入加速管内后，才由30kV加速至400kV，最终在靶室内注入样品中。根据厂家提供资料，产生辐射的部件，主要是质量分析器，整个离子注入机的高压区外围设置有铁丝网罩用于隔离高压区，留有一个检修门供检修时进入高压区，在整个设备的高压区外围建造了3mm铅当量的辐射屏蔽墙，并在屏蔽墙门上设置了门机联锁装置。该离子注入机结构俯视图见图4-3。

本项目的科研目标是建立离子辐照和实时原位的透射电镜实验室（透射电镜属射线装置，尚待招标，待确定型号、管电压管电流等参数后将单独履行环评手续）。离子加速器与透射电镜耦合设施可以在离子束辐照样产生高剂量率位移损伤的同时对材料中的微观结构和成分变化进行实时原位的观察与分析，因而能揭示辐照过程中点缺陷迁移、凝聚等动力学过程以及在纳米尺度上材料各种结构变化的临界辐照剂量，获得实验数据，配合计算机模拟验证或建立辐照效应的动力学模型，为开发新型抗辐照材料提供科学依据。由于反应堆材料中嬗变产物（主要是氢和氦）与中子所致的位移损伤往往按特定比

例同时产生，单离子束辐照不能观察到氢、氦与位移损伤的协同作用，世界核电强国都在兴建能同时模拟位移损伤和氢、氦协同作用的三离子束辐照装置。但多离子束与透射电镜联机受到电镜极靴空间和电磁场的限制，困难很大，最先进的此类设施也只能同时引入两个离子束。本项目研制先进的氢、氦同轴低能离子注入机，将氢、氦与产生位移损伤的中能重离子（400 KeV）同时引入透射电子显微镜，建成世界上最先进的辐照效应实时原位分析装置。

4.2.3 离子注入机的工作流程

- 1.把待注入晶片放入注入室，并把含需注入离子的材料放入离子源装置中；
- 2.通过涡轮泵、机械泵的配合，将整个束流线抽真空；
- 3.接通电源使离子源装置中含注入离子的材料产生离子源；
- 4.离子源产生的离子束通过偏转磁铁筛选后到达加速管，再通过加速管加速，获得能量。
- 5.加速后的离子束经过四级透镜聚焦，并利用开关磁铁偏转到特定角度后，最终借助电子光栅扫描仪控制其在样品表面扫描注入；
- 6.注入到样品上的束流通过电荷积分器监测，当达到所需剂量时，控制注入停止；
- 7.所有的离子束控制和测量是通过客户计算机控制来实现的。所有数据都被记录并保存在计算机中。

4.2.4 项目变更情况

4.2.4.1 离子注入机屏蔽防护变更情况

本项目的离子注入机外形尺寸为5.5m（长）×2.81m（宽）×3.96m（高），总重量约为2700kg。离子注入机的环评阶段设计的屏蔽措施是在加速管外部加6mm铅当量的自屏蔽，而在离子注入机运抵进行安装时，发现无法实现环评设计阶段的自屏蔽，为了使离子注入机能够运行在没有防护设施的实验室里，NEC除了在整个设备的高压铁丝网罩外围建造了3mm铅当量的辐射屏蔽墙外，还对其标准加速管进行了改进设计，在加速管每个电极的保护放电隙之间安装了环形磁铁，它在束轴附近形成了一个弱磁场，使次级电子在获得足够的能量之前就被有效地捕集干净。附加磁铁所产生的磁场取向沿方位角旋转，因此对离子的运动不会造成明显的影响。这项改进，使离子注入机加速管的辐射剂量大大降低，此外，还可以使高压锻炼的过程大大缩短。厦门大学能源学院400kV离子注

入机铅屏蔽工程变更说明见附件5

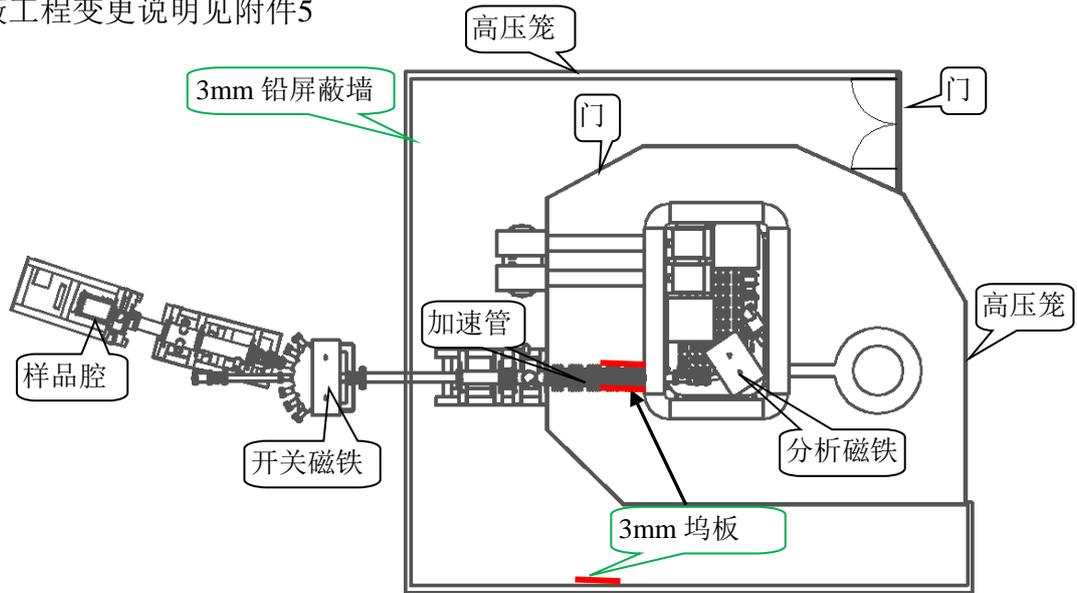


图4-3 离子注入机验收阶段的俯视图

4.2.4.2 离子注入机束流变更情况

本项目的离子注入机是定制设备，在最终调试出束流前，无法准确知道束流的最大值。而NEC厂家的设计目标是1mA，因此，在环评预测过程中，取了一个500 μ A的额定值，而该实验室所能用到的所有注入离子的最大束流为100 μ A。而在离子注入机安装使用调试后，该实验室用到的所有注入离子的最大束流为100 μ A，而电压均为400keV，其注入离子类型及常规参数如表4-3。离子注入机束流强度情况变更说明见附件4。

表 4-3 离子注入机注入离子类型及常规参数

注入离子	注入离子的常规参数
H ⁺	25 μ A@40keV
He ⁺	15 μ A@40keV
O ⁺	10 μ A@100keV
O ⁺	50 μ A@400keV
Si ⁺	30 μ A@400keV
Ne ⁺	100 μ A@400keV
Co ⁺	50 μ A@400keV
Ar ⁺	20 μ A@10keV
Ar ⁺	100 μ A@400keV

此外离子源还能产生Y、Au、Ba、Fe、Mn、Pd、I、Sr、Sm等离子。验收监测期间，本项目该离子注入机产生离子Ar⁺的最大加速能量为400KeV，最大着靶束流为100μA。

4.2.5 主要放射性污染因子及污染途径

由离子注入机的工作原理可知，离子注入机辐射的产生，主要是由高速运动的电子被物质阻止产生的韧致辐射，其本质仍然是X射线。离子注入机中，质量分析器内的二次电子，其来源于离子打击物质时产生；对于先分析再加速的离子注入机，分析光栏便是二次电子流的靶子，所以在分析光栏附近辐射剂量最大。对于加速管内产生的少量二次电子，通过对加速器磁场的有效设计，能够有效地捕集干净，因此加速管辐射剂量较小。离子在靶室内注入样品产生的辐射也很小。

本项目离子注入机韧致辐射 X 射线电离空气，会产生少量的臭氧和氮氧化物。离子注入机产生的电离辐射将会电离空气产生少量臭氧和氮氧化物，而且离子束束流越大，其产生量越多。其中臭氧毒性最大，产额占主要部分；此外氮氧化物还会与室内水汽作用形成酸雾腐蚀工作区域内的设备。故照射区内需设置通风系统将工作中产生的废气及时排出室外。对于实验室外部的环境，臭氧经过扩散稀释，对环境基本没有影响。根据《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-1985）中“3.4.2 通风系统的排风速率应根据可能产生的有害气体的数量和工作需要而定。”的规定，本项目静电实验室照射区有通风设施，其通风速率为 5000m³/h。静电实验室照射区的容积约为 2400m³（600m²×4m），照射区通风设施能够使室内空气每小时至少换气两次，通风良好。

在正常工况下，离子注入机生产和使用过程中，离子注入机本身已考虑了对射线的防护，在离子注入机整个设备外围加 3mm 铅墙（防护薄弱部位加 3mm 铀板）以有效地屏蔽加速器泄漏的射线，同时在离子注入机屏蔽防护体两道门处加装门机联锁，防止人员误进入，按照操作规范流程，电离辐射可得到有效控制。

事故工况：离子注入机可能出现安全联锁失效、人员误入高压区的情况，可能造成超剂量照射事故，使工作人员、误入高压区的无关人员受过量的照射，但不会影响辐照室外的公众。

根据污染途径分析，本项目离子注入机工作过程中环境保护目标为控制室内辐射工作人员和该辐照实验室离子注入机铅墙外部可能出现的辐射工作人员、公众人员。

离子注入机高压设备冷却水系循环使用，不外排，不会产生生产污水。其辐射工作

人员为学院现有人员，不新增，不会新增生活污水。以上污染均可以得到有效控制。

5 环境影响评价报告表及其批复回顾

5.1 《厦门大学新建离子注入机项目环境影响报告表》主要结论和建议

5.1.1 主要结论

(1) 实践正当性：厦门大学由于科研需要，拟在翔安校区能源学院3号楼（C楼）二楼的静电实验室新建一座离子注入机，由学校自筹资金约两千万从美国国家静电公司（NEC）定制一台目前国际上最先进的高能、中束流型离子注入机，用于辐照环境下材料的辐照损伤模拟实验，符合辐射防护“正当实践”原则。

(2) 选址、布局及分区合理性评价：能源学院3号楼（C栋）为一栋独立的二层建筑，拟建址周围50m范围均在学校内，无居民区、宿舍等本项目环境敏感点，选址合理。能源学院将工作区域设计为控制室与照射区分离：离子注入机开机时，辐射工作人员在控制室内操作；而照射区内无人停留，并设计有门机联锁。离子注入机产生强辐射的部件均被包裹在含铅的自屏蔽内，其所在的高压区域外围有带门机联锁的隔离铁丝网罩。该工作场所布局符合GB5172-85中“粒子加速器运行时，加速器厅、靶厅不得有人；所有防护门已关闭”的要求，布局合理。辐射工作场所两区划分：照射区设置为控制区，离子注入机控制室划分为监督区，辐射工作场所两区划分合理。

(3) 辐射屏蔽措施评价：离子注入机主要污染因子是韧致辐射X射线，根据理论估算，该设备6mm铅当量的自屏蔽能够满足“离子注入机表面5cm辐射剂量率不超过0.6 μ Sv/h”的屏蔽要求。此外，其工作场所还通过距离衰减的方式，进一步降低控制区外辐射剂量率，根据理论估算，控制区外辐射剂量率能够降低至接近环境本底水平。

(4) 保护目标剂量评价：根据理论估计表明，该单位辐射工作人员和周围公众的最大年有效剂量满足本项目管理目标要求（职业人员年剂量约束值不超过5mSv，公众年剂量约束值不超过0.1mSv）。

(5) 辐射安全装置评价：离子注入机还需落实电离辐射警告标志、工作指示灯、高压区铁丝网网门机联锁、照射区入口门机联锁、钥匙开关、急停按钮的辐射安全措施。在落实以上措施后，本项目的安全措施方满足安全防护要求。

(6) 辐射安全管理和人员培训评价：厦门大学尚未制定离子注入机的辐射安全管理制度，对照国务院第449号令和环保部3号令、环保部18号令，还需根据环评要求，结合本单位实际情况，建立辐射安全管理制度，并在工作中不断完善。该单位已成立辐射工作安全领导小组来负责辐射安全与环境保护管理，并指定专人专职负责，还需以正式文件的形式明确其管理职责。3名辐射工作人员还应参加辐射安全与防护培训，考核合格方

能上岗，并在四年有效期后及时复训。

(7) 通风装置评价：离子注入机照射区的通风设施通风速率达到 $5000\text{m}^3/\text{h}$ ，能够使室内空气每小时至少换气两次，通风良好。离子注入机运行时产生的少量臭氧和氮氧化物能够及时排入大气中，对当地大气环境影响基本可忽略。

(8) 辐射防护监测仪器评价：厦门大学应在离子注入机照射区配备一套固定式剂量监测系统，配备至少1台环境辐射巡测仪，至少2台个人剂量报警仪，并确保其能量响应阈值满足本项目要求，方能符合辐射监测仪器的配置要求。还应为3名辐射工作人员配备个人剂量计，定期送检，并建立个人剂量档案；定期开展职业健康监护，并建立职业健康档案。

综上所述，厦门大学新建离子注入机项目在确保设备装配质量、落实本报告所提出的各项污染防治措施和管理措施后，该单位具备与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，项目是可行的。

5.1.2 建议

(1) 根据《建设项目竣工环境保护验收管理办法》的规定，尽快委托有资质的单位对已履行环评手续并已投入运行的项目进行竣工环境保护验收。

(2) 离子注入机还需落实电离辐射警告标志、工作指示灯、高压区铁丝罩网门机联锁、照射区入口门机联锁、钥匙开关、急停按钮的辐射安全措施。在落实以上措施后，本项目的安全措施方满足安全防护要求。

(3) 厦门大学应制定离子注入机的辐射安全管理制度，对照国务院第449号令和环保部3号令、环保部18号令，还需根据环评要求，结合本单位实际情况，建立辐射安全管理制度，并在工作中不断完善。该单位已成立辐射工作安全领导小组来负责辐射安全与环境保护管理，并指定专人专职负责，还需以正式文件的形式明确其管理职责。

(4) 加强管理做好各项环保安全设施的维护，完善各项制度，加强日常管理。

(5) 3名辐射工作人员还应参加辐射安全与防护培训，考核合格方能上岗，并在四年有效期后及时复训。

(6) 辐射安全管理和人员培训评价：厦门大学尚未制定离子注入机的辐射安全管理制度，对照国务院第449号令和环保部3号令、环保部18号令，还需根据环评要求，结合本单位实际情况，建立辐射安全管理制度，并在工作中不断完善。该单位已成立辐射工作安全领导小组来负责辐射安全与环境保护管理，并指定专人专职负责，还需以正式文

件的形式明确其管理职责。3名辐射工作人员还应参加辐射安全与防护培训，考核合格方能上岗，并在四年有效期后及时复训。

(7) 辐射防护监测仪器评价：厦门大学应在离子注入机照射区配备一套固定式剂量监测系统，配备至少 1 台环境辐射巡测仪，至少 2 台个人剂量报警仪，并确保其能量响应阈值满足本项目要求，方能符合辐射监测仪器的配置要求。还应为 2 名辐射工作人员配备个人剂量计，定期送检，并建立个人剂量档案；定期开展职业健康监护，并建立职业健康档案。

5.2《厦门大学新建离子注入机核技术应用项目环境影响报告表》批复及落实情况

根据福建省环保厅对《厦门大学新建离子注入机核技术应用项目环境影响报告表》的批复，其落实情况结果见表 5-1。

表 5-1 环评批复要求及其落实情况

序号	环评批复要求	现场调查与检测结果	落实情况
1	严格按照设计规范及环评报告表提出的各项辐射防护要求进行项目建设，确保注入机外表面与墙体、门的距离符合相关要求。辐射工作场所应严格分区并安装明显的警示标志和工作指示灯。高压区检修入口及照射区入口应设置门机联锁装置，照射区应安装固定式剂量监测系统，在控制室内应安装剂量报警装置并在控制台配备急停开关，防止人员受到误照射。	根据现场监测数据和项目设计、建设等相关技术资料，该学院严格按照设计规范及环评报告表提出各项辐射防护要求进行项目建设，确保各辐射工作场所的屏蔽能力符合防护要求。辐射工作场所设置了“电离辐射”警告标志（见照片 4-15、4-18 等）和高压工作指示灯（见照片 4-18、照片 4-20）以及剂量报警装置（见照片 4-20），且它们均正常工作。离子注入机已按要求设置门机联锁装置（见图 4-9~照片 4-10），照射区配备固定式辐射监测设备（见照片 4-12），铅墙外配备固定式辐射监测设备（见照片 4-13,照片 4-14），在控制室内安装剂量报警装置（见照片 4-20）并在控制台配备急停开关（见照片 4-23），高压笼外也设有急停开关，（见照片 4-6~4~8）防止人员受到误照射。	已落实
2	配备符合防护要求的辅助防护用品；辐照现场必须配备辐射剂量巡测仪，按规范开展周围环境辐射水平巡测，发现安全隐患立即	该学院院已购置 X-γ 瞬时剂量仪，并按要求佩戴个人剂量报警仪（见照片 4-30）；制定了较完善的工作场所监测方案（见附件 13），按规范	已落实

	整改。	开展周围环境辐射水平巡测，确保及时发现安全隐患立即整改。	
3	要加强设备的保养与维护，定期对设备的操作、维修和管理措施进行检查。使用射线装置的操作人员和相关管理人员应按要求参加辐射防护培训并取得合格证书，做到持证上岗。	为加强设备的保养与维护，定期对设备的操作、维修和管理措施进行检查，特制定设备检修维修制度(见附件 10)。为加强辐射工作人员辐射防护意识，厦门大学能源学院制定了人员培训计划。目前该项目有 2 名辐射工作人员，已于 2015 年 11 月参加了福建省辐射环境监督站举办的有关辐射安全教育培训，并取得辐射工作人员岗位培训合格证(见附件 14)，做到持证上岗。	已落实
4	建立健全个人剂量和职业健康档案，所有辐射工作人员均应按要求佩戴个人剂量计并接受个人剂量检测。	该项目已购买个人剂量计(见照片 4-31)，需接受个人剂量检测，仍需建立健全工作人员个人剂量和职业健康档案，该项目人员已做出个人剂量承诺书(见附件 11)	已落实
5	你单位应按规定向我厅重新申请辐射安全许可证，在许可范围内从事核技术利用相关活动。同时，要健全辐射防护安全的组织架构，完善辐射事故应急预案并定期开展演练；定期开展辐射安全状况检查和监测，按时向环保部门报送辐射安全评估报告。	厦门大学已按规定向省环保厅申请辐射安全许可证(见附件 2)，在许可范围内从事核技术利用相关活动。厦门大学能源学院建立了辐射防护安全领导小组(见附件 7)，完善辐射事故应急预案(见附件 9)；承诺定期开展辐射安全状况检查和监测，按时向环保部门报送辐射安全评估报告。(承诺书见附件 15)	已落实
6	项目建成后应依法向我厅申请办理竣工环保验收手续。我厅委托厦门市环保局负责项目的日常监督管理，请你单位在本项目环评批复后 20 个工作日内，将经批复的环评报告表送厦门市环保局。		已落实

6 辐射环境监测结果

6.1 监测因子及频次

为掌握厦门大学能源学院离子注入机所在的 3 号楼静电实验室离子注入机工作场所周围环境辐射水平，福建省辐射环境监督站验收监测人员于 2016 年 3 月 1 日、3 月 23 日对离子注入机所在的静电实验室周围环境辐射水平进行了监测。监测因子：X- γ 辐射剂量率；监测频次：在正常工况下测量一次，每次读 5 个数，取其平均值作为测量结果。

6.2 监测布点

按照《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93) 和《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001) 中的监测方法和布点原则的要求, 结合现场条件, 全面、合理布点, 重点考虑辐射工作人员长时间工作的场所和其他公众可能到达的场所, 现场监测点位见图 6-1。

6.3 监测仪器

监测使用仪器及规范见表 6-1。

表 6-1 X- γ 剂量率监测仪器参数与规范

仪器名称	便携式环境 X- γ 剂量率仪	
仪器型号	6150AD5 主机	6150AD-b/H 探头
仪器编号	132121	132222
生产厂家	Automess 公司	
能量响应	45keV~2.6MeV	20keV~7MeV
量程	1 μ Sv/h~1000mSv/h	1nSv/h~99.9 μ Sv/h
检定证书编号	DYjl2015-3245	DYjl2015-3246
检定地点	中国计量科学研究院	
检定有效期	有效期至 2016 年 8 月 9 日	
监测规范	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001) 《离子注入机通用规范》(GB/T 15862-2012)	

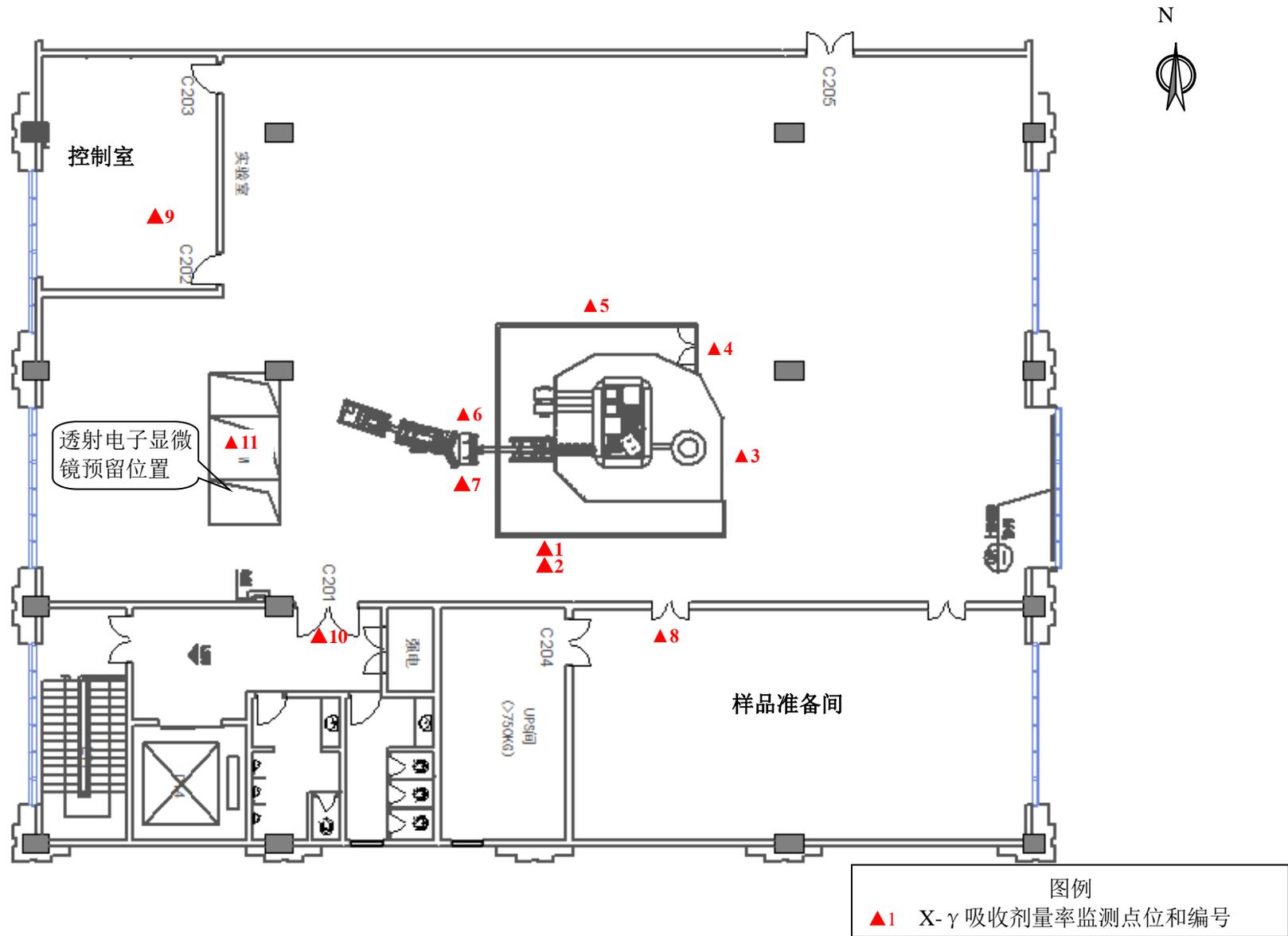


图 6-1 能源学院二楼静电实验室平面布置简图及监测点位图

6.4 监测质量保证

- (1) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。
- (2) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- (3) 监测仪器每年按规定定期经计量部门检定。检定合格后方可使用。
- (4) 对监测仪器进行各种比对，比对正常后方可使用。
- (5) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否良好。
- (6) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- (7) 监测报告严格实行三级审核制度。

6.5 监测工况

在竣工环境保护验收监测期间，离子注入机正常工作、运行稳定，选择日常工作使用的最大电压、流强的离子（离子 Ar⁺、加速能量 400KeV、靶束流 100μA）进行监测，均符合建设项目竣工环境保护验收的工况要求。

6.6 监测结果与剂量估算结果分析

6.6.1 离子注入机监测结果

厦门大学能源学院 1 台离子注入机正常运行工况下，照射区周围各监测点位辐射剂量率监测结果见表 6-2，监测布点见图 6-1。监测日期为 2016 年 3 月 1 日、2016 年 3 月 23 日，监测期间：天气晴，气温 16℃，相对湿度 60%~70%。

表 6-2 离子注入机工作场所周围环境辐射剂量率监测结果

点位	测点描述	剂量率(nSv/h)			
		开机时工况 400keV,100μA			关机时
		测量范围	平均值	均方差	
▲1	照射区南侧铅屏蔽墙外 5cm 辐射剂量率最大处	509~512	511	1	117
▲2	南侧铅屏蔽墙外 30cm，辐射剂量率最大处	430~445	436	6	117
▲3	东侧高压笼外 30cm	219~221	220	1	144
▲4	东侧高压笼门外 30cm	185~192	189	2.	142
▲5	北侧铅屏蔽墙外 30cm	178~185	180	2	127

▲6	西侧铅屏蔽墙中央外 30cm	147~158	153	4	128
▲7	西侧铅屏蔽墙外 30cm, 终端出口	148~152	150	1	128
▲8	样品准备间门口	187~202	196	6	156
▲9	控制室控制位	140~143	142	1	141
▲10	静电实验室门口	160~166	163	2	146
▲11	透射电子显微镜室中央	149~152	151	1	139
▲12	楼下走廊中央	151~156	153	1	149
▲13	楼下 C110 室内	149~152	150	1	138

离子注入机在加速能量 400KeV、靶束流 100μA 的工况下正常运行时, 离子注入机铅屏蔽墙(相当于机器外表面)外 5cm 的剂量率最高(附加)值为 394nSv/h, 低于《离子注入机通用规范》(GB/T15862-2012)中在距机器外表面 50mm 处检测射线剂量率应小于 0.06mR/h (600nSv/h) 的限值, 表明离子注入机技术指标符合标准要求。

6.6.2 年附加有效剂量估算

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 J 的辐射权重因数, X-γ 射线产生的外照射人均年有效剂量按下列公式计算:

$$H = D \times t \times T \times 10^{-3} (mSv) \tag{6-1}$$

H: 外照射人均年有效剂量, mSv;

D: 附加剂量率, μSv/h;

t: 射线装置年出束时间, h;

T: 人员居留因子, 无量纲。

根据调查可知, 据实验室人员估计离子注入机一年工作约 2000 小时。

从辐射防护最优化原则的角度出发, 考虑离子注入机产生的最大能量的离子, 故将 400keV, 100μA 离子所产生的 X 射线作为保守估算离子注入机致公众有效剂量的最大工况(一般工况比上述工况低), 机头使用率均取 1, 由表 6-2 可得, 本项目离子注入机在 400keV, 100μA 离子工况下, 离子注入机所在辐照实验室周围环境各点的有效剂量计算按式 6-1, 结果见表 6-3。

表 6-3 离子注入机所在辐照实验室周围环境有效剂量

点位	测点描述	附加剂量率 (nSv/h) (400keV,10 0μA)	人员居 留因子	有效 剂量 (mSv)	剂量 限值 (mSv)
▲1	照射区南侧铅屏蔽墙外 5cm 辐射剂量率最大处	394	1/4	0.196	5
▲2	南侧铅屏蔽墙外 30cm, 辐射剂量率最大处	319	1/4	0.16	
▲3	东侧高压笼外 30cm	76	1/4	0.04	
▲4	东侧高压笼门外 30cm	47	1/4	0.024	
▲5	北侧铅屏蔽墙外 30cm	53	1/4	0.028	
▲6	西侧铅屏蔽墙中央外 30cm	25	1/4	0.012	
▲7	西侧铅屏蔽墙外 30cm, 终端出口	22	1/4	0.011	
▲8	样品准备间门口	40	1/4	0.08	
▲9	控制室控制位	<10	1	≈0	
▲10	静电实验室门口	17	1/4	0.009	0.1
▲11	透射电子显微镜室中央	12	1/4	0.006	
▲12	楼下走廊中央	<10	1/16	≈0	
▲13	楼下 C110 室内	12	1	0.024	

“南侧铅屏蔽墙外 5cm, 加速器所在辐射最大处”点位的离子注入机所致职业人员的年受照有效剂量值最大, 估算值为 0.196mSv, 符合验收标准的要求 (本项目职业人员的剂量约束值为 5mSv/a)。“楼下 C110 室内”点位为公众人员所能到达区域的最大值, 故选取该点对离子注入机所致公众人员的年受照有效剂量进行估算, 估算值为 0.024mSv, 符合验收标准的要求 (本项目公众人员的剂量约束值为 0.1mSv/a)。

6.6.3 小结

综上所述, 厦门大学能源学院离子注入机项目在正常的工作条件下, 辐射工作人员最大年受照剂量为 0.196mSv/a, 公众人员最大年受照剂量为 0.024mSv/a, 均符合环评批复中年剂量约束值的要求 (职业工作人员 5mSv/a, 离子注入机实验室的公众 0.1mSv/a)。

7 环保检查结果

根据国务院第 449 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和国家环保部令第

18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及环境保护主管部门的要求，放射性同位素与射线装置使用单位应落实环评文件及批复中要求的各项管理制度和安全防护措施。为此厦门市环保局于 2016 年 6 月对该学院的辐射安全和防护管理、法规执行情况和辐射安全防护设施与运行进行了检查。

7.1 辐射安全和防护管理

7.1.1 管理机构

为加强放射卫生防护监督管理，防止放射性污染，保障放射工作人员及公众的健康与安全，符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中关于“使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，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环境保护管理工作”的规定。该学院已设立辐射安全管理领导小组（见附件 7）。

7.1.2 管理制度及落实情况

厦门大学能源学院针对本项目制定了《离子注入机操作规程》、《辐射安全管理领导小组》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射事故应急预案》、《设备检修维护制度》、《个人剂量监测报告承诺书》、《人员培训计划》、《监测方案》、《辐射安全年度评估报告承诺书》、《工作人员岗位职责》等相关的辐射安全制度（见附件 7 至附件 13，附件 15 至附件 16）。

7.2 法规执行情况

7.2.1 辐射安全许可证

该医院已取得辐射安全许可证。证书编号：闽环辐证[00086]（见附件 2）；许可种类和范围：使用 V 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所；发证机关：福建省环境保护厅；发证日期：2016 年 3 月 25 日；有效期：至 2019 年 4 月 22 日。

7.2.2 环境影响评价

厦门大学能源学院委托江苏省辐射环境保护咨询中心对该项目环境影响进行了评价，编制了项目环境影响报告表。福建省环保厅于 2015 年 6 月 23 日对该项目环境影响报告表予以批复（见附件 3）。

7.2.3 监测

厦门大学能源学院已联系浙江建安检测研究院有限公司进行今后的个人剂量监测（见附

件 11)，制定了较完善的工作场所监测方案（见附件 13），已配备 X- γ 瞬时剂量仪（见照片 4-28）。验收监测期间，由于离子注入机处于试运行，该学院应进行年度监测，年度评估报告承诺书见附件 15。

7.2.4 事件与事故

根据对该项目职业人员和公众人员年剂量的估算，辐射工作人员和公众人员年受照剂量均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）年剂量限值的要求（职业人员 5mSv/a、公众人员 0.1 mSv/a）。厦门市环保局于 2016 年 6 月对该学院进行环保检查时并未发现厦门大学能源学院离子注入机项目试运行期间辐射安全事件和事故。

7.2.5 人员管理

①工作人员的知识培训：为加强辐射工作人员辐射防护意识，厦门大学能源学院制定了人员培训计划。目前该学院有 2 名辐射工作人员，已于 2015 年 11 月参加了福建省辐射环境监督站举办的辐射安全教育培训，取得辐射工作人员岗位培训合格证（见附件 14），做到持证上岗。该项目环评时，计划有 3 名辐射工作人员，与验收时该项目 2 名辐射工作人员，厦门大学能源学院针对此情况进行说明（见附件 17）。

对于新招及未取得合格证的辐射工作人员，学院应当及时安排参加相关培训，对已取得辐射安全培训合格证书的人员，学院应当每四年安排工作人员再培训，保证工作人员达到所需要的水平，见附件 12。

②个人剂量监测：该学院已联系浙江建安检测研究院有限公司对从事辐射的工作人员进行个人剂量的监测，尚未建立个人剂量档案，个人剂量监测承诺书见附件 11。

③职业健康检查：该学院应每年组织辐射工作人员定期体检，并建立健康监护档案，承诺书见附件 11

7.2.6 年度评估报告

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，该学院应定期开展辐射安全状况检查，基于实际运行情况，完成辐射安全年度评估报告，并按时向省环保厅和当地环保局备案。

年度评估报告应当包括射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容。

厦门大学能源学院离子注入机仍处于试运行阶段，厦门大学能源学院承诺将按时按规定

提交年度评估报告(承诺书见附件 15)。

7.3 辐射安全防护设施运行情况

7.3.1 控制台及安全联锁

离子注入机控制台配备钥匙开关,在离子注入机未进行工作时,钥匙拔离控制台,并由专人保管,避免非工作人员对离子注入机进行操作。控制室设有紧急停机按钮(见照片 4-23),可在紧急情况下切断加速器电源,停止工作。控制台设有数据监控(见照片 4-24),通过控制台上的数据监视器,能够在仪器实施过程中观察离子注入机情况,可及时发现异常情况,及时处理。离子注入机高压笼以及辐射屏蔽墙均设有可靠的安全联锁装置(见照片 4-9, 4-10),通过该联锁,当门被意外打开时,控制台报警,且射束自动关闭。在运行过程中如防护门未关好,通过联锁机制,无法开机。

7.3.2 警示装置

离子注入机屏蔽墙以及实验室门口均设有电离辐射警告标志(见照片 4-14 和照片 4-18),离子注入机高压笼顶设有辐射报警指示灯(见照片 4-17),控制室以及实验室门口设有工作状态指示灯(见照片 4-18, 照片 4-19),指示离子注入机是否处于出束状态。

7.3.3 实验室紧急设施

离子注入机高压笼、屏蔽墙外以及控制台均设有紧急停机按钮(见照片 4-6~4-8, 照片 4-23),可在紧急情况下切断机器电源同时停止出束。

7.3.4 辐射监测设备

照射区以及铅墙外各配置了 1 台固定式辐射剂量监测仪(分别见照片 4-12~照片 4-14),运行结束时能辩证是否停止出射线。加速器工作人员已配备了热释光个人剂量计(见照片 4-31),防止工作人员在工作中受到过量照射。

7.3.5 其它设施

离子注入机实验室内设置了通风系统(见照片 4-21),能够满足每小时换气次数 2 次,以保护实验室工作人员及其他人员的健康免受臭氧及氮氧化物的影响。

离子注入机产品本身的辐射安全技术要求符合《离子注入机通用规范》(GB/T 15862-2012)和《粒子加速器辐射防护规定》(GB 5172-1985)的有关规定。

8 验收监测结论

1、厦门大学能源学院离子注入机项目落实了环境影响评价制度、辐射安全许可制度和建设项目环境保护“三同时”制度。环境影响报告表批复中所确定的辐射防护和安全措施已基本落实。

2、现场监测结果表明，该项目在正常运行工况下，所有点位均符合验收监测标准，表明该项目的屏蔽能力符合防护要求。

3、现场检查结果表明，工作场所已按照国家有关规定设置了明显的辐射警示标志，实验室出入口设置了工作状态指示灯和门机联锁以及急停开关等安全和防护设施。辐射工作场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施基本完善。

4、厦门大学能源学院辐射安全管理机构健全，辐射防护和安全管理规章制度已制定，辐射防护管理工作规范，辐射防护和环境保护相关档案资料齐备，相关法规要求均落实。

5、厦门大学能源学院该项目有专职辐射工作人员 2 名，均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，持证上岗。

6、配备了必要的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

7、制订了比较完善的辐射事故应急预案。

8、该学院辐射工作人员所受的最高年剂量为 0.196mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）年剂量约束值和省厅批复的要求（职业工作人员 5mSv/a）。

9、该学院核技术应用项目的公众年受照剂量为 0.024mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）年剂量约束值和省厅批复的要求（公众人员 0.1mSv/a）。

综上所述，厦门大学能源学院已基本落实厦门大学能源学院离子注入机项目环评及环评批复要求，具备 II 类射线装置所需安全防护措施条件，其运行对周围环境产生的影响符合辐射防护和环境保护的要求，项目建设符合《建设项目竣工环境保护验收管理办法》（国家环境保护总局第 13 号）的有关规定，具备竣工验收条件，建议通过竣工环境保护验收。

9 建议及要求

1、加强设备管理。做好辐射防护器材、环保设施、射线装置日常保养、检修和维护工作，使其符合辐射防护要求。

2、学院要加大管理和培训力度，所有放射性工作的人员和相关管理人员必须为持证上

岗，从事该项目的放射性工作的人员必须为持证上岗的专职辐射工作人员，并定期对辐射工作人员进行辐射防护和安全知识再培训。

3、2 名专职辐射工作人员所配备的个人剂量计，应定期送检，并建立个人剂量档案；定期开展职业健康监护，并建立职业健康档案，保障专职辐射工作人员的职业健康。

附表： 建设项目工程竣工环境保护“三同时”验收登记表

填表单位(盖章)：福建省辐射环境监督站

填表人(签字)：

项目经办人(签字)：

建设项目	项 目 名 称		厦门大学能源学院离子注入机项目				建 设 地 点		福建省厦门市						
	行 业 类 别		核技术利用项目				建 设 性 质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 技术改造						
	设 计 生 产 能 力		1 台离子注入机		建设项目开工日期		实 际 生 产 能 力		1 台离子注入机		投入试运行日期		2016 年 5 月		
	投 资 总 概 算 (万 元)		1300				环 保 投 资 总 概 算 (万 元)		100		所 占 比 例 (%)		7.7		
	环 评 审 批 部 门		福建省环保厅				批 准 文 号		闽环辐评[2015]17 号		批 准 时 间		2015 年 6 月 23 日		
	初 步 设 计 审 批 部 门						批 准 文 号				批 准 时 间				
	环 保 验 收 审 批 部 门		福建省环保厅				批 准 文 号				批 准 时 间				
	环 保 设 施 设 计 单 位		环保设施施工单位						环 保 设 施 监 测 单 位		福建省辐射环境监督站				
	实 际 总 投 资 (万 元)		1080				实 际 环 保 投 资 (万 元)		120		所 占 比 例 (%)		10		
	废 水 治 理 (万 元)		废 气 治 理 (万 元)		噪 声 治 理 (万 元)		固 废 治 理 (万 元)		绿 化 及 生 态 (万 元)		其 它 (万 元)				
新 增 废 水 处 理 设 施 能 力		t/d				新 增 废 气 处 理 设 施 能 力		Nm ³ /h		年 平 均 工 作 时		h/a			
建 设 单 位		厦门大学		邮 政 编 码		3610064		联 系 电 话		0592-5952779		环 评 单 位		江苏省辐射环境保护咨询中心	
污染物排放达标与总量控制(工业建设项目详填)	污 染 物		原有排放量 (1)	本期工程实际排放浓度 (2)	本期工程允许排放浓度 (3)	本期工程产生量 (4)	本期工程自身削减量 (5)	本期工程实际排放量 (6)	本期工程核定排放总量 (7)	本期工程“以新带老”削减量 (8)	全厂实际排放总量 (9)	全厂核定排放总量 (10)	区域平衡替代削减量 (11)	排放增减量 (12)	
	废 水														
	化 学 需 氧 量														
	氨 氮														
	石 油 类														
	废 气														
	二 氧 化 硫														
	烟 尘														
	工 业 粉 尘														
	氮 氧 化 物														
工 业 固 体 废 物															
征 与 项 目 有 关 的 污 染 物 其 它 特 征	公 众 年 有 效 剂 量			0.024 mSv	0.1 mSv										
	职 业 人 员 年 有 效 剂 量			0.196mSv	5 mSv										

注：1、排放增减量：(+)表示增加，(-)表示减少
 2、(12)=(6)-(8)-(11)，(9)=(4)-(5)-(8)-(11)+(1)
 3、计量单位：废水排放量——万吨/年；废气排放量——万标立方米/年；工业固体废物排放量——万吨/年；水污染物排放浓度——毫克/升；大气污染物排放浓度——毫克/立方米；水污染物排放量——吨/年；大气污染物排放量——吨/年；年有效剂量——mSv/a

委托书

福建省辐射环境监督站：

我院已建 1 台离子注入机项目已投入试运行，根据国家相关法律法规要求，特委托贵站对此项目进行建设项目竣工环境保护验收。



