

编号：2014-HP-274

# 核技术应用项目 环境影响报告表

项目名称 新建离子注入机项目

填表人 曹留烜 联系电话 0592-5952779

项目联系人 曹留烜 联系电话 18850516276

填报单位全名称 厦门大学

单位公章

\_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

项目名称：厦门大学

新建离子注入机项目

文件类型：环境影响报告表

评价委托单位：厦门大学

环评项目负责单位：江苏省辐射环境保护咨询中心

环境影响评价资格证书：国环评证乙字第 1916 号

报告签发：潘 葳（环评工程师登记号 B19160101200）

报告审核：林炬（环评工程师登记号 B19160091600）

项目负责人：胡建伟（环评工程师登记号 B19160121300）

报告编写人员：胡建伟（环评工程师登记号 B19160121300）

戴 瑜（环评岗证字第 B19160024 号）

## 填表说明

1. 本表一式 5 份,由建设单位填报,主管单位环保机构签署预审意见,县(区)、市环保部门签署审查报批意见,省环保部门签署审批意见;

2. 如下核技术应用项目须填报本表:

制备 PET 用放射性药物;销售 I 类、II 类、III 类放射源和非密封放射性物质;医疗使用 I 类放射源;使用 II 类、III 类放射源;生产、销售、使用 II 类射线装置;拥有乙、丙级非密封放射性物质工作场所;

此外,对下列项目退役也须填报本表:

制备 PET 用放射性药物;使用 I 类、II 类、III 类放射源;使用 I 类、II 类射线装置存在污染;拥有乙、丙级非密封放射性物质工作场所;

3. 表 6 所要求的:“环境影响分析”由持环境影响评价证书单位填写,利用收集到的建设项目周围现状资料(如没有时,应安排必要的测试),并针对建设项目环境影响的因素进行综合分析,做出结论;

4. 随表附送建设项目的地理位置及总平面图各一份,环境本底监测报告一份,装订在本表后面。

表 1 项目概况

项目名称	厦门大学新建离子注入机项目				
建设单位	厦门大学				
法人代表	朱崇实	联系人	曹留炬		
通讯地址	福建省厦门市翔安区厦门大学翔安校区和木楼				
联系电话	18850516276	电子邮件	caoliuxuan@xmu.edu.cn	邮政编码	361102
项目地点	福建省厦门市翔安区厦门大学翔安校区能源学院 3 号楼 (C 栋)				
立项审批部门	/		批准文号	/	
核技术利用项目总投资 (万元)	约 2000	核技术利用项目环保投资 (万元)	约 100	投资比例	5%
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 (平方米)	约 1000
应用类型	放射源 (类别)	非密封放射性物质工作场所 (等级)	射线装置 (类别)	其它	
	/	/	II 类	/	
<p>核技术应用目的和任务：</p> <p>厦门大学于 2014 年 4 月 23 日换发辐射安全许可证 (闽环辐证【00086】，见附件 3)，有效期至 2019 年 4 月 22 日。许可种类和范围：使用 V 类放射源；使用 II、III 类射线装置；乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。</p> <p>厦门大学能源学院由于科研需要，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。以上为本次环评内容。</p>					

表 2 放射性同位素及密封源

2.1 密封放射源使用基本情况

核素名称	活度 (Bq)	放射源编码	贮存地点	放射源类别
/	/	/	/	/

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)

## 2.2 非密封放射性物质使用基本情况

核素名称	物理、化学性状	日等效最大操作量(Bq)	年最大用量(Bq)	操作方式	贮存方式与地点	工作场所分级
/	/	/	/	/	/	/

注：等效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3 废弃物（重点是放射性废弃物）

废弃物名称	放射性核素名称	状态	排放口浓度	年排放总量	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	/	气态	极低浓度	极少量	不暂存	通过排风系统排入外环境，常温下臭氧约25分钟分解一半
/	/	/	/	/	/	/

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 4 射线装置使用基本情况

4.1 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

型号	生产厂家	加速粒子	能量 (MeV)	流强 ( $\mu$ A)	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+,Y +,Au+,Ba+,Fe+, Mn+, Pd+, I+, Sr+,Sm+	0.4	500	辐照损伤 模拟实验	1 台	II 类
/	/	/	/	/	/	/	/
废物类型		数量	总活度(Bq)	主要感生 放射性核素	废物去向		
固态	废靶	/	/	/	/		
气态	废气	/	/	/	/		
液态	冷却水	/	/	/	/		
放射性 废物年 产生量	气态	$m^3$	/	/	/		
	液态	$m^3$	/	/	/		
	固态	kg	/	/	/		

4.2 X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	型号	数量	管电压 (kV)	输出电流 (mA)	用途	工作场所	射线装置 类别
/	/	/	/	/	/	/	/



表 5 污染源分析（包括贯穿辐射污染）

主要污染物和污染途径（正常工况和事故工况）

正常工况：

● 电离辐射：

离子注入机工作时产生电子、带电离子以及由于电子韧致辐射产生的 X 射线，污染途径为对工作人员和公众造成的外照射；

● 废气：

韧致辐射 X 射线电离空气产生少量的臭氧和氮氧化物，污染途径为大气污染。

事故工况：

①工作人员或公众在离子注入机开机时尚未撤离其高压区，受到误照射。

②高压区安全连锁装置发生故障状况下，人员误入正在运行的离子注入机的高压区，受到误照射。

事故工况下放射性污染物与污染途径与正常工况下相同。

## 监测计划和污染防治措施

### 监测计划：

1. 定期（不少于 1 次/年）请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测。
2. 离子注入机正式投入使用前，以及检修后，必须组织专业技术人员进行验收监测。
3. 放射工作人员佩戴个人剂量计监测累积剂量，定期（不少于 1 次/季度）送有资质部门进行个人累积剂量测量，并建立个人剂量档案。

### 污染防治措施（拟采取）：

1. 单位拟在辐射工作场所入口、辐射设备上设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，防止无关人员逗留和误入。
2. 离子注入机高压区检修入口设置门机联锁装置，此外离子注入机照射区入口也设置门机联锁装置。照射区安装有工作状态指示灯、固定式剂量监测系统。设备高压区内及控制室操作台上设置有急停按钮，确保项目安全运行。
3. 离子注入机产生辐射的部件自带 6mm 铅当量自屏蔽，确保设备外表面 5cm 处辐射剂量率不超过 0.6 $\mu$ Sv/h。
4. 离子注入机工作场所包括控制室和照射区，开机时工作人员在控制室内操纵机器，照射区内无人停留，面积达 600 余平方米，主要依靠距离防护来减少离子注入机对外环境的辐射影响。
5. 离子注入机照射区设计有通风设施，通风速率为每小时 5000 立方米，以排出照射区内可能聚集的有害气体。
6. 所有辐射工作人员必须接受专业技术培训和辐射安全培训，经培训考核合格后上岗。工作中严格遵守各项辐射安全管理制度，避免发生事故。
7. 配备必要的放射性报警装置及监测仪器，如固定式剂量监测系统、环境辐射巡测仪、个人剂量报警仪等；辐射工作人员配备个人剂量计。
8. 制定并落实相关辐射安全管理制度和事故应急制度，确保辐射工作安全运行。

表 6 环境影响分析

## 1 项目概况

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。

厦门大学地理位置图见附图一，本次环评项目所在的翔安校区平面布局图见附图二。

厦门大学于 2013 年 9 月 2 日换发辐射安全许可证（闽环辐证【00086】，见附件 3），有效期至 2018 年 9 月 1 日。许可种类和范围：使用 V 类放射源；使用 II、III 类射线装置；乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。

为开展辐照损伤模拟试验，能源学院拟在翔安校区能源学院 3 号楼（C 楼）二楼静电实验室内新建一座离子注入机，由学校自筹资金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。以上为本次环评内容。

该离子注入机归属能源学院核能研究所管理，主要使用人为进行该方面课题研究的老师及研究生等。学院目前暂定 3 名专职老师作为离子注入机辐射工作人员。

离子注入机属于“其他非医用加速器”中的一种，归类为 II 类射线装置。为保护环境和公众利益，防止辐射污染，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》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定，该项目需办理环境影响评价手续。受厦门大学（能源学院）委托，江苏省辐射环境保护咨询中心（国环评证乙字第 1916 号）承担该项目的环境影响评价工作。通过资料调研、项目工程分析，并在结合现场踏勘和现场监测（委托江苏省苏核辐射科技有限责任公司监测）等工作的基础上，编制了本项目环境影响报告表。

## 2 编制依据

### 2.1 环境保护法律、法规

- 1) 《中华人民共和国环境保护法》，1989年12月26日起施行；
- 2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2003年9月1日起施行；
- 3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日起施行；
- 4) 《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；
- 5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院第449号令，2005年12月1日起施行；
- 6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，环境保护部令第2号，2008年10月1日起施行；
- 7) 《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；
- 8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第18号，2011年5月1日起施行；
- 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) 《关于印发<建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）>的通知》，环办[2013]103号文；

### 2.2 相关的标准和技术导则

- (1) 《环境影响评价技术导则 总则》（HJ 2.1-2011）；
- (2) 《辐射环境保护管理导则-核技术应用项目环境影响报告书（表）的内容和格式》，HJ/T10.1-1995；
- (3) 《辐射环境监测技术规范》，HJ/T61-2001。

### 2.3 与本项目相关的文件（见附件）

- 1) 项目委托书（附件1）；
- 2) 射线装置使用承诺书（附件2）；

- 3) 厦门大学辐射安全许可证正副本复印件（附件 3）；
- 4) 江苏省苏核辐射科技有限责任公司计量认证证书（附件 4）；
- 5) FH40G 便携式 X- $\gamma$  剂量率仪（编号：019900+0462）检定证书（附件 5）；
- 6) 江苏省苏核辐射科技有限责任公司出具的本项目环境本底监测报告（附件 6）；
- 7) 厦门大学新建离子注入机项目环评合同（附件 7）。

### 3 评价采用标准和参考资料

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

对象	要求
职业照射 剂量限值	①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; ②任何一年中的有效剂量, 50mSv。
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值: ①年有效剂量, 1mSv; ②特殊情况下, 如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv, 则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30% (即 0.1mSv/a~0.3 mSv/a) 的范围之内。

根据 GB18871-2002 和 GB5172-1985 制定的本项目管理目标:

职业人员剂量约束值 $\leq 5\text{mSv/年}$ , 公众剂量约束值 $\leq 0.1\text{mSv/年}$ 。

#### 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。

#### 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 (0.6 $\mu\text{Sv/h}$ )。

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) 《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 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醒目的标志。

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) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011);

### 5) 参考资料:

①方杰主编.辐射防护导论[M].原子能出版社, 1991.

②丁富荣,班勇,夏宗璜编著,《辐射物理》[M].北京大学出版社, 2004.

③严亨迪,朱能通,张浩林等.离子注入机的辐射剂量[J].微细加工技术, 1983 (2): 42-53.

④严声清.NEC 及其 Pelletron 技术的最新发展[J].核技术, 1992,15 (6): 381-384.

⑤向伟,戴晶怡.潘宁离子源引出束流的数值模拟[J].2006 年全国荷电粒子源粒子束学术会议文集.

⑥

⑦宋文杰,王桂玲,李宗强.电子回旋共振离子源辐射防护测量与评价[J].中华放射医学与防护杂志, 2002, 22 (5): 359-360.

⑧国家环境保护局.中国环境天然放射性水平 [M].1995.8.

表 3-1 厦门市原野、道路、建筑物  $\gamma$  辐射（空气吸收）剂量率（单位：nGy/h）

	原野	道路	建筑物内
范围	72.7~85.6	78.2~129.4	161.9~193.5
均值	80.2	94.9	177.2
标准差 s	5.8	23.3	14.2
(均值+3s) *	97.6	164.8	219.8

\*: 评价时参考的数值上限，在此范围外为高度异常的异常值。

厦门市宇宙射线电离成分所致（空气吸收）剂量率，室内均值为 28.5nGy/h，室外均值为 22.8 nGy/h。



## 4 工程分析

### 4.1 工程概况

厦门大学能源学院由于科研需要，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台离子注入机，由学校自筹资金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。

该离子注入机系专门定制设备，暂无产品型号。其技术参数确定为最大束能量 400keV，最大着靶束流为 0.5mA，属 GB/T15862-2012 中定义的高能、中束流离子注入机。目前该设备正在美国国家静电公司生产组装，预计将于十月底运输至国内。此类射线装置不通电将不会产生任何辐射。

根据能源学院对离子注入科研工作的估算，该离子注入机建成投入使用后，每周开机出束时间约 40 小时，实行双班工作制。每年工作时间约 40 周，即年工作日约为 200 天。

### 4.2 离子注入机工作原理介绍

离子束辐照及应用是世界上最热门研究课题之一，随着核物理学科及其他相关学科的发展而发展。其内容是研究物质在离子束辐照下性能的变化，用其利，避其弊。

离子束辐照效应主要是引起材料近表面成分和微结构的变化。在较低温度下，辐照引起的非热力学过程，主要是择优溅射和位移混溶起作用。随着温度的升高，辐照产生的缺陷变得活跃起来，这时热激活过程如 Gibbsian 分凝、辐照增强扩散和辐照诱发分凝将起主要作用。辐照引起材料近表面性质的变化，往往是上述多种过程共同作用的结果。

离子束与物质相互作用是一个影响深远和涉及面很广的研究领域。采用离子注入技术可以任意选择注入离子的种类，纯度高；通过选取离子的不同能量来控制离子注入的深度，注入原子的横向扩散可以忽略不计；通过注入离子的剂量来控制注入离子的浓度，均匀性和重复性好；离子注入不受基体固溶度的限制；离子注入过程不改变材料的大小、形状和光洁度，能满足一些特殊需要。因此，离子注入能在近表面不同深度改变材料的成分。有时离子注入不需要高温扩散及化学反应，常温下注入就能满足要求，方便易行。离子注入主要应用于以下几个方面：

①通过离子注入制备半导体材料或者器件；

②在固体材料中注入离子，通过改变和控制材料中的元素成分和化合物组成，构造纳米结构等方式制备新材料；

③使用离子辐照模拟反应堆内材料的中子辐照效应，进行相关的理论和模型研究，评估材料的辐照行为和寿命。

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。

常见离子注入机结构见图 4-1 。

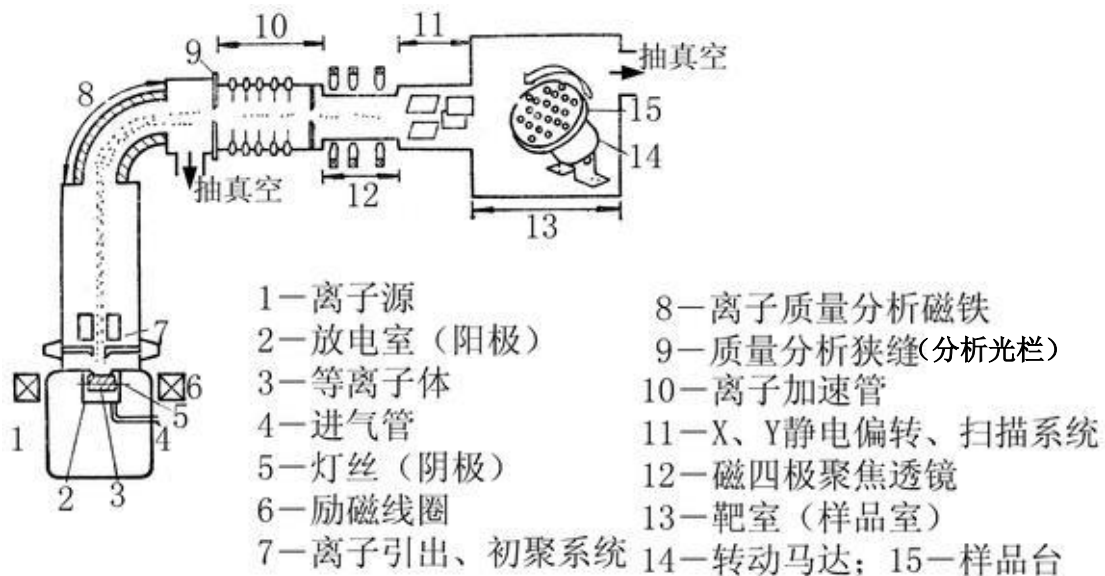


图 4-1 离子注入机结构示意图

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，设计有 6mm 铅当量自屏蔽。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。该离子注入机结构俯视图见图 4-2，产品外观见图 4-3。

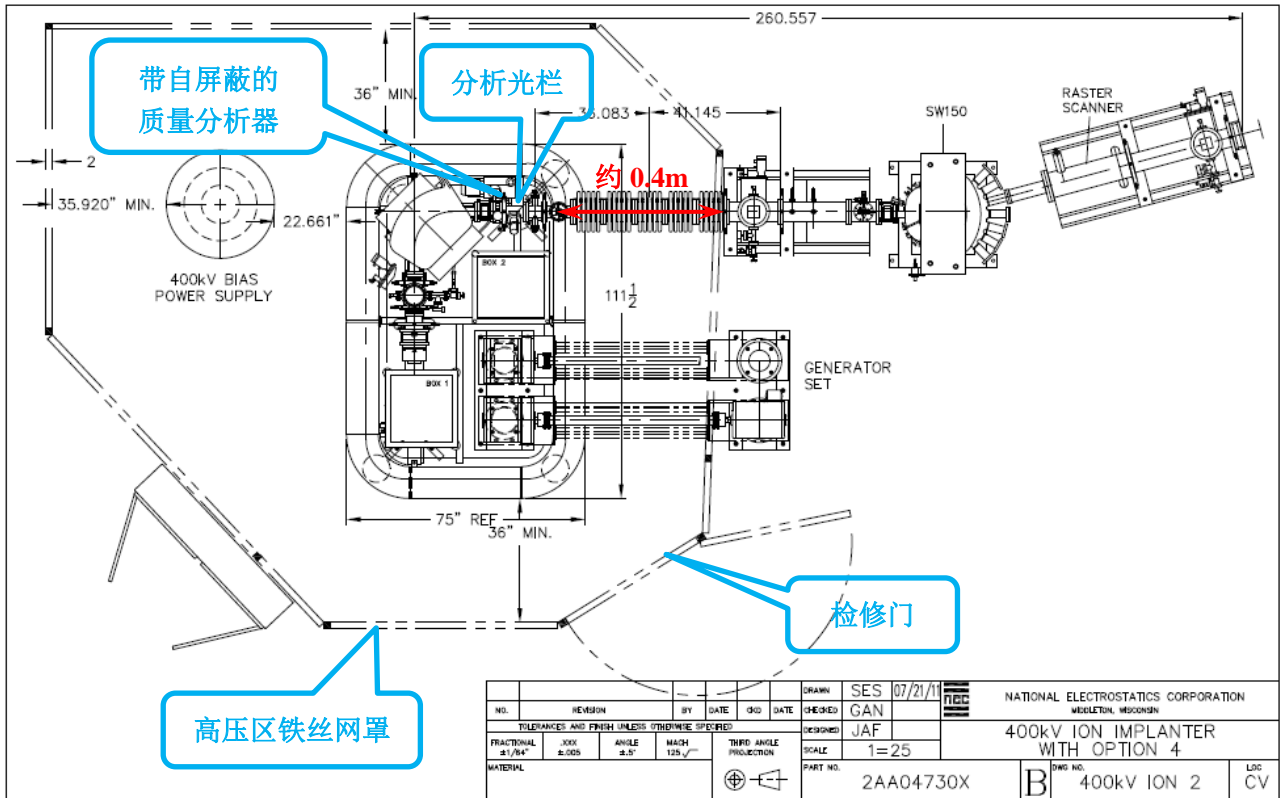


图 4-1 NEC 生产的 400keV 离子注入机俯视结构示意图



图 4-2 NEC 为厦门大学定制的离子注入机外观 (生产现场照片)

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。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 除了在产生辐射的部件外设计有含铅自屏蔽,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。

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。

本项目定制的离子注入机,其主要注入离子类型及常规参数如下:

H <sup>+</sup>	25 μA @400 keV
He <sup>+</sup>	15 μA @ 400 keV
O <sup>+</sup>	10 μA @ 10 keV
O <sup>+</sup>	50 μA @ 400 keV
Si <sup>+</sup>	30 μA e 400 keV
Ne <sup>+</sup>	100 μA e 400 keV
Co <sup>+</sup>	50 μA @ 400 keV
Ar <sup>+</sup>	20 μA @ 10 keV
Ar <sup>+</sup>	100 μA e 400 keV

此外离子源还能产生 Y、Au、Ba、Fe、Mn、Pd、I、Sr、Sm 等离子。该离子注入机产生离子的最大加速能量为 400KeV,最大着靶束流为 500μA。

### 4.3 离子注入机工作流程及产污环节分析

实验工序：

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。

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。

### 4.4 其他污染因子筛选

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。

本项目所在的静电实验室为已建成建筑，设备组装时不会产生大规模建筑施工，固体废物也较少；离子注入机组装完毕后运行时，根据类似设备运行经验，不会产生噪声污染；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。

综上所述，本项目不会产生噪声、固体废物及废水等方面的影响，仅需考虑设备运行时产生的少量臭氧和氮氧化物。

## 5 环境现状调查与分析

### 5.1 项目地理位置、周边环境及选址合理性分析

本项目位于厦门大学翔安校区能源学院3号楼（C栋）二楼静电实验室。该楼内北部为醇醚酯化工清洁生产国家工程实验室，其中锅炉设备场所为架空结构，占据了两层楼高度；南部一楼为老师办公室，南部二楼为离子注入机所在的静电实验室。能源学院3号楼（C栋）一楼平面布置见附图三（a），二楼平面布置见附图三（b），剖面图见附图三（c）。

能源学院3号楼（C栋）为一栋独立的二层建筑，其北侧为楼外绿化带（约24m）及校园道路（约14m），路对面为大型校园篮球场；其东侧为楼外绿化带（约9m）及校园道路（约8m），路对面目前为学校空地，规划为科研楼；其南侧为楼外绿化带及楼间道路，路对面为2号楼南楼，相距约20m；其西侧为楼外绿化带及楼间道路，路对面依次为2号楼北楼和1号楼，均与3号楼相距约28m。本项目拟建址周围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。本项目拟建址及周围环境现状见图5-1。



图 5-1 离子注入机工作场所  
及周围环境示意图

## 5.2 环境现状调查

根据 HJ/T61-2001《辐射环境监测技术规范》中有关布点原则，委托江苏省苏核辐射科技有限责任公司对本项目拟建址开展环境本底监测（监测报告见附件 6）。在离子注入机拟建址及其所在的 3 号楼周围环境进行布点，共设置  $\gamma$  本底辐射剂量率监测点位 16 个。监测结果见表 5-1。监测点位示意图见图 5-2。

监测单位：江苏省苏核辐射科技有限责任公司（计量认证证书见附件 4）；

监测仪器：FH40G 便携式 X- $\gamma$  剂量率仪，编号：019900+0462；

仪器检定有效期：2014.1.16~2015.1.15（检定证书见附件 5）；

监测日期：2014 年 5 月 16 日。天气：阴

评价方法：参照厦门市原野、道路、建筑物  $\gamma$  辐射（空气吸收）剂量率调查结果，评价项目拟建址及周围辐射环境现状。

表 5-1 环境  $\gamma$  辐射剂量率监测结果

序号	监测点位描述		监测结果 (nSv/h)	备注
1	3 号楼二楼 离子注入机 拟建址	1#点位	133	环境本底监测
2		2#点位	132	
3		3#点位	119	
4		4#点位	123	
5		5#点位	127	
6		6#点位	129	
7		西侧控制室内	125	
8	3 号楼二楼	静电实验室北门外	132	
9		静电实验室南门外	130	
10	3 号楼一楼 离子注入机 拟建址楼下	一楼南北走廊上	141	
11		一楼东西走廊上 1#点位	132	
12		一楼东西走廊上 2#点位	133	
13	3 号楼周围环境	楼东侧道路上	99	
14		楼南侧道路上	106	
15		楼西侧道路上	127	



16		楼北侧道路上	116	
----	--	--------	-----	--

注：1、以上测值均未扣除仪器宇宙射线响应值；

2、厦门市室内宇宙射线响应均值为 28.5nGy/h，室外宇宙射线响应均值为 22.8 nGy/h。

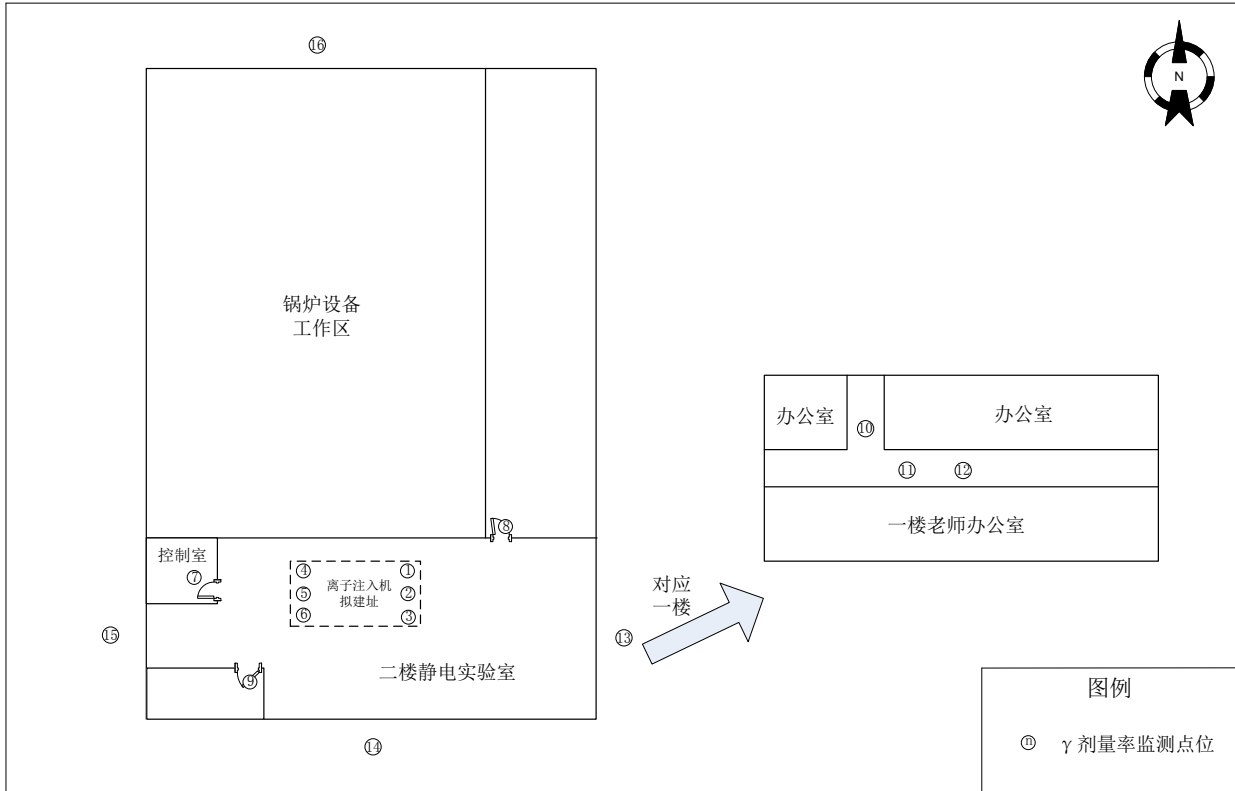


图 5-2 环境监测点位示意图

表 5-1 监测结果表明：厦门大学能源学院离子注入机拟建址建筑物内环境  $\gamma$  辐射剂量率为 (119~141) nSv/h 范围，要低于厦门市建筑物内  $\gamma$  辐射（空气吸收）剂量率范围的下限。这可能与建筑物内大面积铺设的环氧地坪有关，水泥建材中的天然氡被密封在整体环氧树脂地坪下，造成天然放射性水平下降。3 号楼周围道路上环境  $\gamma$  辐射剂量率为 (99~127) nSv/h 范围，扣除厦门市宇宙射线响应值后，处于厦门市道路  $\gamma$  辐射（空气吸收）剂量率范围内。

综上所述，本项目拟建址室内外环境  $\gamma$  辐射水平正常。

### 5.3 环境保护目标

电离辐射是本项目主要环境影响，离子注入机工作场所的辐射工作人员及其周围公众是本项目关注对象。

本项目运行后其周围人员受照剂量应满足根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 和《粒子加速器辐射防护规定》(GB 5172-1985) 制定的本项目管理目标

的要求：职业人员剂量约束值 $\leq 5\text{mSv/年}$ ，公众剂量约束值 $\leq 0.1\text{mSv/年}$ 。

本项目运行后，离子注入机的屏蔽防护措施应满足《离子注入机通用规范》（GB/T 15862-2012）中“外表面 5cm 处辐射剂量率 $< 0.6\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

#### 5.4 主要环境问题

本项目主要环境问题有：离子注入机工作过程中产生的电子线、带电离子、韧致辐射 X 射线，可能对周围环境产生辐射影响；以及射线电离空气产生的臭氧和氮氧化物的处置问题。

## 6 项目建设及运行期对环境的影响分析

### 6.1 施工期环境影响分析

该项目工作场所为能源学院现有静电实验室，不再涉及施工期土建环境影响。

离子注入机现场组装调试不会产生明显的噪声，可认为设备安装施工期其不会对环境造成影响。

### 6.2 离子注入机运行期环境影响分析

#### 6.2.1 工作场所布局合理性及辐射工作场所分区评价

本项目新建离子注入机安装在能源学院 3 号楼二楼的静电实验室内照射区域。该区域面积约 600 余平方米，除本次新建的离子注入机外，还预留有一个配套的透射电镜机位及一个加速器机位，待将来有科研需求时再购置安装，不属于本次环评范围。

离子注入机在照射大厅内运行，控制人员在大厅西北角的控制室内操作设备。

**布局合理性评价：**本项目离子注入机虽然厂家设计为带自屏蔽的、能够运行在没有防护设施的实验室内的结构。但为了进一步加强辐射安全，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，该自屏蔽按初级辐射屏蔽要求设计，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。

**辐射工作场所分区评价：**该单位拟将离子注入机所在的照射区设置为控制区，该区域是离子注入机漏射散射辐射有可能到达的地方，当开机工作时无人停留，属于 GB18871 定义的控制区；将离子注入机控制室划分为监督区，该区域仅供操作离子注入机时使用，属于 GB18871 定义的监督区。离子注入机工作场所的两区划分合理。

#### 6.2.2 离子注入机辐射来源分析及降低辐射剂量方法分析

该离子注入机属定制产品，主要是依靠离子注入机的自屏蔽防护层来降低设备的表面辐射剂量率。

本项目的离子注入机外形尺寸约为 5.5m（长）×2.81m（宽）×3.96m（高），其安装后，

各外表面离相应的墙、门、窗的最小距离见附图三（b）。

美国国家静电公司（NEC）为本项目离子注入机设计的自屏蔽，是将离子注入机产生辐射的主要部件进行整体屏蔽。该自屏蔽厚度，根据 NEC 提供资料，达到 6mm 铅当量。本项目离子注入机的各部位详细尺寸见图 4-1。

分析离子注入机的工作原理可知，离子注入机辐射的来源，主要是离子打击物质产生的二次电子束流，在通过质量分析器进行离子束流的筛选时，撞击在分析光栏上，韧致辐射所致的 X 射线。因此，分析光栏附近，辐射剂量最大。该二次电子能量不超过离子源高压电场能量，均为 30kV 以下，因此，韧致辐射 X 射线能量也较低，在 30kV 以下。离子注入机辐射的其他辐射来源，一部分是进入加速管内的电子同时也被加速获得较高能量，最终打在加速管壁上，这部分辐射剂量非常小；此外，经过加速的离子束打靶时，有可能产生一定的辐射，但辐射剂量也非常小。

参考文献③中，严亨迪对十余台国产或进口离子注入机的辐射剂量进行了实际测量，验证了离子注入机的辐射来源，表 6-1 为严亨迪实验结果分析。

表 6-1 国产或进口离子注入机的辐射剂量结果一览表

序号	型号	产地	检测时注入离子	检测时离子能量 (keV)	检测时最大束流电流 (μA)	最大辐射剂量率值 (μSv/h)	位置	备注
1	LC-2A (带自屏蔽)	中国	Ar+	200	100	9	高电位区 1m	无抑制电压
						1.3	高电位区 1m	电子抑制电压-3kV
						30	高电位区 1m	无抑制电压
2	LZ-200	中国	P+	150	100	30	高电位区 1m	无抑制电压
3	J59000	中国	Ar+	200	60	0.4	高电位区 1m	加电子抑制电压,改进光路
4	Balzers (带自屏蔽)	-	B+	170	30	12	高电位区 1m (带屏蔽)	无抑制电压
5	SAMES	法国	H+	130	400	1300	高电位区 1m	无抑制电压
6	425KeV 型 (带自屏蔽)	中国	Ar+	400	60	100	高电位区 2m (带屏蔽)	无抑制电压
7	400KeV 型	荷兰	Ar+	400	100	95	高电位区 2m	电子抑制电压-3.5kV
8	500KeV 型	荷兰	Ar+	500	100	332.7	高电位区 2m	电子抑制电压-2.5kV

由严亨迪的分析结果可知：

- 1) 辐射剂量的分布是不对称的，剂量的角分布出现最大值，而且各台机器最大值的角位置

都不完全一样。

靶位（即样品室，是离子注入的位置）的剂量较小，说明靶上产生的辐射对辐射场剂量的贡献是较小的。

## 2) 辐射剂量随高压的变化

在束流大小不变的情况下，辐射剂量随着高压的增加而迅速增大。辐射剂量不一定都按能量的三次方或六次方成比例的增加，在低能端变化小，而高能端变化很大。

## 3) 辐射剂量随束流强度的变化

对于某一给定点，高压一定，测定辐射剂量  $P$  近似的与离子束流强度  $I$  的大小成正比，即：

$$P=KI$$

式中  $K$  可视为一个常数。对于不同的机器，不同的工作条件，不同的位置， $K$  值是不同的；可能大于 1，也可能小于 1。对于一台正在运转的离子注入机，只改变束流，其余条件不变，我们测出某一束流  $I$  对应的剂量  $P$  值，就可以算出  $K$  值，并由此可推算出该点束流为其他数值时的剂量  $P$  值。

根据上述分析结果，严亨迪给出了离子注入机降低辐射剂量的方法：

### 1) 降低电子流

离子注入机中的电子流主要来源于离子打击物质时产生的二次电子，因此，需要想办法减少二次电子的产生和抑制住已产生的电子流。为减少二次电子的产生，电极选用二次电子发射系数较小的材料，并要求离子源的散角小，主机光路设计合理，机械装配良好，整机工作稳定，离子束散焦少。然而这几点对于同一型号的机器也难做到一致，甚至因操作人员熟练程度不同，测得的辐射剂量分布也不同。

抑制电子的方法较多，最常用的是加抑制电场，即在加速管的末端加反向电场约 1kV/cm。由表 6-1 的 LC-2A 的对比结果可知，抑制电场对降低辐射剂量有突出作用。

在较强离子束流传输中，在加速管出口处还可以加横向偏转磁场。这样把电子约束在磁场区，一方面可以弥补空间电荷效应引起的束发散；另一方面阻挡电子往加速管方向前进。

本项目 NEC 产离子注入机，也采用此种设计方法，使次级电子在获得足够的能量之前就被有效地捕集干净，使离子注入机加速管的辐射剂量大大降低，免去了加速管部分的屏蔽。

加速管内真空的高低，直接影响到加速管内电子负荷的程度。适当的真空度，既能减小电子负荷，离子束也不会散开。

## 2) 降低加速电压和离子束流

由表 6-1 结果知，降低加速电压或离子束流都可以降低辐射剂量。但器件工艺上有时是不允许的，因为改变加速电压影响到注入深度，而改变离子束流会影响到注入的工效。所以要根据器件工艺的具体情况来选择加速电压和离子束流。

## 3) 防护措施。

尽管机器采用了各种有效的降低辐射剂量的方法，但仍免不了有一定辐射剂量的存在，为此，还要采用必要的防护措施。包括：

- a、尽量减少工作人员接受剂量的时间。然而对于高浓度注入，减少工作人员接受剂量的时间是困难的。
- b、根据辐射剂量的距离平方反比衰减规律，使工作人员远距离操作机器。高能离子注入机一般都是采用这种办法，本项目离子注入机也是采用独立控制室的方法加大操作人员的防护距离，并增加了屏蔽效果。
- c、加防护层。通过加设满足要求的铅防护层，能够将离子注入机外表面 5cm 辐射剂量率降低至标准要求的  $0.6\mu\text{Sv/h}$ ，甚至能够实现近台操作，便于观察控制和测量。

本项目的高能离子注入机，也是通过将主机与操作台分离，同时在产生辐射的主要部件外安装特定厚度的自屏蔽，降低离子注入机工作时对辐射工作人员和公众的影响。

### 6.2.3 离子注入机自屏蔽计算及环境影响预测

韧致辐射 X 射线，是宽束 X 射线，其能谱呈现连续谱分布，其中最大值接近引起韧致辐射的电子能量值。

为计算本项目离子注入机自屏蔽防护厚度是否满足韧致辐射 X 射线的防护要求，这里假设韧致辐射 X 射线的最大能量，能够达到二次电子的能量，即达到产生二次电子的离子的能

量：离子源电压 30kV。根据参考文献，离子源着靶束流大概只占离子源引出束流的 20%~50%。离子源引出的束流在经过质量分析器时，有用的离子从分析光栏里出去了，进入加速管进一步加速，最终成为着靶束流，而无用的离子在质量分析器内被阻拦生成二次电子。

所以这里按保守的 50% 估算，也就是离子源引出束流，一半成为有用束流，一半损耗产生二次电子。最大束流强度保守取 0.5mA，各方向均为初级射线方向，即主射线方向。

这里离子源出来的二次电子韧致辐射 X 射线屏蔽计算模式，采用《辐射防护导论》中 X 射线机的剂量计算方法。在距离钨靶 r (m) 处（即考察点处）由 X 射线机产生的初级 X 射线束造成的空气比释动能率  $\dot{K}_\alpha$  可按公式 6-1 计算。

$$\dot{K}_\alpha = I\delta_x (r_0/r)^2 \times B \quad \dots\dots \text{公式 6-1}$$

式中：

$r_0 = 1\text{m}$ ;

I-电子束流 (mA)。本项目取值 0.5mA。

$\delta_x$ -距钨靶 1m 处，由初级射线束产生的空气比释动能率，即 X 射线发射率常数， $\text{mGy m}^2/(\text{mA min})$ ，查《辐射防护导论》P341 的附图 1，恒定电压为 30kV 时，保守取值  $100 \text{mGy m}^2/(\text{mA min})$ 。考虑到离子源出来的电子韧致辐射 X 射线，是电子打在分析光栏（一般为钢铁）上产生的韧致辐射。因此，在对 X 射线发射率取值时，将做一定的修正。根据《辐射防护导论》P73，这种低 Z 靶的 X 射线发射率修正因子取值 0.7，最终本项目发射率常数取值为  $70 \text{mGy m}^2/(\text{mA min})$ 。

B-屏蔽透射因子，由于资料有限，未查到 6mm 铅对 30kV 初级 X 射线透射比，这里保守按《辐射防护导论》附图 12 取值，6mm 铅对 0.1MeV 电子产生的宽束 X 射线对铅的透射比为  $10^{-9}$ 。

R-辐射源点至关注点的距离 (m)，这里按分析光栏与铁丝罩网外 5cm 的关注点之间最近距离 0.4m 估算。

以上参数代入计算，可知距离分析光栏最近的铁丝罩网外表面考察点辐射剂量率约为  $0.013\mu\text{Gy/h}$ 。能够满足《离子注入机通用规范》(GB/T 15862-2012) 中，“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  $0.6\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

铁丝罩网外其他关注点与分析光栏的距离均远大于 0.4m，表面剂量率也将低于  $0.013\mu\text{Gy/h}$ ，同样能够满足 GB/T 15862-2012 的“小于  $0.6\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

## 6.2.4 离子注入机保护目标剂量评价

考察点（关注点）人员的年有效剂量由《辐射防护导论》给出的公式 6-2 进行估算：

$$D_{\text{Eff}} = \dot{K}_{\alpha} t \cdot T \cdot U \quad \dots\dots \text{公式 6-2}$$

上式中： $D_{\text{Eff}}$ —考察点人员有效剂量（Sv）；

$\dot{K}_{\alpha}$ —考察点的周围空气比释动能率（Gy h<sup>-1</sup>）；

t—考察点处年受照时间（h）；

T—居留因子，全部居留 T=1，部分居留 T=1/4，偶尔居留 T=1/16；

U—使用因子，本项目韧致辐射 X 射线均保守按初级射线估算，U 取 1；

简化估算：1mGy 近似为 1mSv。

### （一）辐射工作人员受照剂量

辐射工作人员在控制室内操作离子注入机，离子注入机表面剂量率 0.013μSv/h 的韧致辐射再经过约 6m 距离的衰减以及控制室墙体等进一步屏蔽，将减弱至 <1nSv/h 的辐射水平，基本湮灭在环境本底辐射中。即使考虑单班 800h 的年工作时间，居留因子取 1，辐射工作人员年有效剂量也不会超过 0.001mSv，远小于本项目管理目标“职业人员剂量约束值≤5mSv/年”的要求。

### （二）公众受照剂量

公众所能到达的辐照区周围关注点，墙（门或窗）外距离离子注入机最近的位置，根据附图三（b），是照射区北门，相距约 4m（照射区北墙外为锅炉设备场所二楼架空区域，公众无法到达）。离子注入机表面剂量率 0.013μSv/h 的韧致辐射再经过约 4m 距离的衰减，将减弱至 <1nSv/h 的辐射水平，基本湮灭在环境本底辐射中。即使考虑单班 800h 的年工作时间，以及公众居留因子取值 1/16，公众年有效剂量也不会超过 0.001mSv，远小于本项目管理目标“公众剂量约束值≤0.1mSv/年”的要求。

离子注入机楼下是一楼老师办公室，一楼净空高度 4.5m，楼板为厚度 10cm 的混凝土现浇楼板，这里保守按离子注入机与楼下办公室人员最近距离 3m 估算。离子注入机表面剂量率 0.013μSv/h 的韧致辐射再经过约 3m 距离的衰减，以及 10cm 混凝土的屏蔽减弱



(透射因子  $B=0.001$ ), 将减弱至  $<1\text{nSv/h}$  的辐射水平, 基本湮灭在环境本底辐射中。即使考虑双班 1600h 的年工作时间, 以及公众居留因子取值 1, 公众年有效剂量也不会超过  $0.001\text{mSv}$ , 远小于本项目管理目标“公众剂量约束值  $\leq 0.1\text{mSv/年}$ ”的要求。

3 号楼周围其他公众活动区域, 与离子注入机距离均远大于 4m, 这些区域的公众年有效剂量也不会超过  $0.001\text{mSv}$ , 同样能够满足本项目公众管理目标值。

### 6.2.5 通风系统和电线电缆布设

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。

本项目静电实验室照射区设计有通风设施, 根据能源学院提供资料, 其通风速率为  $5000\text{m}^3/\text{h}$ 。静电实验室照射区的容积约为  $2400\text{m}^3$  ( $600\text{m}^2 \times 4\text{m}$ ), 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。能源学院还需确保离子注入机工作中通风设施的完好和有效运行, 在此前提下臭氧和氮氧化物等有害气体将不会对人员和设备产生危害。

离子注入机的偏压电源也设计在自屏蔽罩壳内, 但其与控制台相连的控制线缆由自屏蔽罩壳内伸出, 连接至控制室。安装时应确保自屏蔽线缆出口处设置有足够的补偿屏蔽, 防止射线漏射。

### 6.2.6 其他方面

离子注入机运行过程中不产生废水、固废, 也无强噪声产生。实验室老师及学生等产生的生活污水, 进入学校污水处理系统, 处理达标后排入城市排水管网, 不会污染周围水体。固废为实验室老师及学生产生的一般生活垃圾, 学校环卫部门收集后, 交由城市环卫部门处理, 不会对周围环境产生影响。

## 6.3 离子注入机安全防护措施评价

### (1) 电离辐射警告标志

离子注入机照射区入口, 包括静电实验室北门和南门, 还需在门上粘贴满足

GB18871-2002 要求的电离辐射警告标志，以提示无关人员不得入内。

离子注入机高压区铁丝罩网检修门上，也应粘贴满足 GB18871-2002 要求的电离辐射警告标志，以提示无关人员不得靠近。

#### (2) 工作状态警示灯

根据 GB5182 的要求，在离子注入机高压辐射区域内，须安装闪光式红色警示灯及音响警告装置，如高压区内有人员检修时误开机，能够及时给予提醒。

在离子注入机照射区入口，包括静电实验室北门和南门，还需在门上安装工作状态指示灯；在控制台上也要安装工作状态指示灯（根据厂家资料，已自带）；用于提醒辐射操作人员及公众离子注入机的工作状态。

#### (3) 门机联锁安全装置及自动放电装置

离子注入机自屏蔽罩壳检修门用于隔离设备高压区，根据 GB/T 15862-2012，该检修门应装有门机联锁安全装置和自动放电装置，只有门关闭后才能产生辐射，防止开机时人员误入造成误照射。

为保证离子注入机控制区工作时无人员进入，还需将照射区北门、南门安装门机联锁装置，只有门关闭后才能产生辐射，防止开机时人员误入造成误照射。

#### (4) 钥匙开关及急停按钮

根据 GB5172-1985 的要求，离子注入机的控制台上应采用开关钥匙控制，能够有效防止误操作，保障操作安全。

在离子注入机高压区内，应在人员容易到达的地点安装急停按钮，并有醒目标志，若发生人员误留自屏蔽罩壳时，能够及时切断高压停止辐射。

#### (5) 遥控辐射监测系统（固定式剂量监测系统）

根据 GB5172 要求，应在离子注入机照射区安装一套固定式剂量监测系统，其数字显示能够在控制台或监测位置显示，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，提醒周围人员辐射水平异常。

#### (6) 辐射监测仪器

根据环保部 3 号令以及福建省辐射安全许可证申领条件要求，厦门大学应配备与辐射类型相适应的防护用品和监测仪器。对于 II 类射线装置，应配备一台环境辐射巡测仪，两台个人剂量报警仪。

考虑离子注入机的射线能量较低，在选择辐射监测仪器时，应选用能量响应阈值低至 20KeV 的仪器，否则将不能监测到欲测射线，无法起到监测与防护的目的。

#### (7) 个人剂量监测及职业健康监护

根据环保部 3 号令以及福建省辐射安全许可证申领条件要求，厦门大学应为 3 名辐射工作人员配备个人剂量计，定期（至少一个季度一次）送检，并建立个人剂量档案；应为 3 名辐射工作人员开展职业健康监护，至少 2 年一次职业健康体检，并建立职业健康档案。

### 6.4 离子注入机技术能力评价

#### 1) 人员技术能力：

厦门大学能源学院拟安排 3 名离子注入机专职辐射工作人员，以上人员上岗前均需接受供货商专门培训，以熟悉机器的操作和设备的性能，因此可以认为本项目辐射工作人员在完成离子注入机操作培训后，具备使用离子注入机从事科研活动的技术能力。

#### 2) 设备技术能力

厦门大学能源学院本次购置的离子注入机属学院 985 课题项目内容。本次购入的离子注入机购自美国国家静电公司（NEC），该公司是世界上最有名望的静电加速器专业制造公司，具有成熟的离子注入机生产经验，已生产该类型离子注入机百余台，广泛应用于各个国家的科研院所。本项目离子注入机系根据厦门大学能源学院需求专门定制，故可认为本项目引入的离子注入机能够满足能源学院科研需求，设备技术能力完善。

综上所述，本报告认为厦门大学能源学院具有相应的技术能力使用离子注入机从事科学研究工作。

### 6.5 事故风险分析

本项目离子注入机属于 II 类射线装置，是一种使用电能将离子源材料转换成离子并注入靶体的科研设备，伴随产生的电子的韧致辐射是主要的辐射污染源。该设备受开机和关机的

控制，关机时无射线产生，因此检修方便，断电状态下也较为安全。在意外情况下，也有可能出现辐射事故。现分析如下：

① 离子注入机高压区铁丝罩网检修门门机联锁失效，人员误入正在出束的高压区。按照环评要求，离子注入机检修门与高压电源之间设有安全连锁装置，每当打开检修门时，立即断电，不会出现误照。只有当门机联锁装置发生故障时，控制室人员强行开机，才可能发生此类事故。因此，离子注入机辐射工作人员需保证严格按照操作程序进行操作，才能够有效防止事故照射的发生。为避免此类事故的发生，要求工作人员定期检查门机联锁是否正常。如果因检修需要启动旁路联锁装置时，必须在控制台上设立警示说明，直至检修结束。如果报警系统失灵，应立即修理，恢复正常。

② 维修人员在高压区铁丝罩网内维修，控制人员不知情，在控制室内开机，导致维修人员受到误照射。由于在高压区设置有急停按钮和工作状态警示灯，当未撤离人员通过工作状态警示灯得知高压启动后，如果其了解急停按钮的作用，可以避免此类事故的发生。因此，在自屏蔽罩壳内应设置此按钮醒目的指示和说明，便于在紧急情况下使用。

针对以上可能发生的事故风险，该单位应根据发生辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围，制定辐射事故应急方案，依照国家环保总局的《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号文）中的有关要求。辐射事故可分为特别重大辐射事故、重大事故、较大事故和一般辐射事故，当发生事故时，应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取有效防范措施，及时制止事故的恶化，并在1小时内向当地环境保护部门和公安部门报告，发生人员超剂量事故的还应向卫生部门报告。

## 7 辐射安全管理措施评价

### 7.1 人员资质评价

根据环保部 3 号令，使用 II 类射线装置的单位应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。厦门大学能源学院已成立辐射工作安全领导小组，并指定 1 名本科以上学历的专职人员负责新建离子注入机的辐射安全与环境保护管理，**还需以正式文件形式明确其管理职责**，方满足要求。

厦门大学能源学院拟为本项目设置 3 名专职辐射工作人员。根据环保部十八号令要求，II 类射线装置辐射工作人员还应参加初级辐射安全培训，取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年接受一次再培训。**厦门大学应及时安排相关人员参加辐射安全培训，考核合格方能上岗，并将四年一次的复训落实在规章制度里。**

### 7.2 安全管理制度评价

厦门大学能源学院尚未制定离子注入机的相关辐射安全管理制度，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）和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部 3 号令）以及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部 18 号令）的要求，使用 II 类射线装置的单位，应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等；有完善的辐射事故应急措施。本报告根据相关要求，对其辐射安全管理制度的制订提出以下建议：

- 1) **操作规程**：针对离子注入机的操作制定详细的操作规程，明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤，重点是工作时必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪或检测仪器，避免辐射事故发生。照射区通风设置需与离子注入机同时开启，有效运行，及时排出照射区内空气电离所致有害气体。
- 2) **岗位职责**：明确管理人员、操作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。
- 3) **辐射防护和安全保卫制度**：根据学院的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度。尤其是要建立离子注入机的安全系统定期检查制度，确保门机连锁有效，确保工作状态指示灯、固定式剂量报警仪、环境辐射巡测仪、个人剂量报警仪正常使用。将离子注入机表面 5cm 辐射剂量率限值明确写在规章制度中并传达到每一个相关工作人员，

使其对环境辐射水平做到心中有数。

4) **设备检修维修制度**：明确离子注入机在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保工作有效运转。明确辐射安全装置发生故障时的及时报修处理程序，确保辐射安全系统有效运行。重点是辐射安全联锁装置、剂量报警仪或检测仪器必须保持良好工作状态。

5) **人员培训计划**：明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。重点是具有初级辐射安全培训证书的专职辐射工作人员，每四年需复训一次，及时更新辐射防护知识。

6) **监测方案**：明确监测频次和监测项目，尤其是离子注入机控制区、监督区及周围相邻公众活动区域的 X- $\gamma$  辐射剂量率监测，当发现辐射水平异常时，应及时查明原因并采取补救措施。根据环保部十八号令要求，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（含监测报告），还应在监测制度中增加辐射年度评估及年度监测的内容。

7) **事故应急方案**：针对可能产生的辐射污染情况制定事故应急制度，该制度要明确事故情况下应采取的防护措施和执行程序，有效控制事故，及时制止事故的恶化，保证及时上报、渠道畅通。此外，还应在方案中给出本单位辐射安全管理人员的联系方式，以及环保、卫生、公安对口部门的联系方式，确保发生辐射事故后能够第一时间上报并得到支援。

## 8 “三同时”措施一览表

根据上述对本项目辐射安全的分析和评价，厦门大学应严格落实“三同时”制度：建设项目中辐射防护和安全措施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

厦门大学需完成的“三同时”措施如表 8-1 所示：

表 8-1 厦门大学“三同时”措施

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资 (万元)
辐射安全管理机构	指定专人负责或设立专门的辐射安全与环境保护管理机构	学校设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人负责辐射安全与环境保护工作，还需以文件形式明确管理职责。	/
辐射安全和防护措施	辐射防护分区	将离子注入机所在的照射区设置为控制区，当产生辐射时无人停留；将离子注入机控制室划分为监督区，仅供操作离子注入机时使用	10
	屏蔽措施	各项辐射防护屏蔽措施严格按环评报告所报有关参数施工： 离子注入机产生强辐射的部件自带 6mm 铅当量的自屏蔽。 整个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。 离子注入机严格按照附图三（b）图纸所示位置放置，确保外表面与各墙、门距离与环评描述一致。	
	门-机联锁装置	高压区铁丝网罩检修门、照射区北门、南门均设置门机联锁	
	照射指示灯	照射区北门、南门入口处，离子注入机的高压辐射区域内，应设置工作状态指示灯。离子注入机控制台上自带工作状态指示灯。	
	辐射警告标志	照射区北门、南门入口处，离子注入机检修门表面粘贴符合 GB18871-2002 要求的电离辐射警告标志	
	开关钥匙、紧急停机装置	离子注入机的控制台上应采用开关钥匙控制或等效设计，防止无关人员误操作。离子注入机高压区内设置急停按钮，当人员误留时，能及时切断高压停止辐射。	
人员配备	辐射防护与安全培训	3 名辐射工作人员还需参加初级辐射安全培训，考核合格方能上岗。	/
	个人剂量监测	所有辐射工作人员均需佩戴个人剂量计，定期送检，并建立个人剂量档案	
	人员职业健康监护	对辐射工作人员进行职业健康体检（至少 2	

		年/次), 并建立职业健康档案	
监测仪器	固定式剂量监测系统	在离子注入机照射区安装一套固定式剂量监测系统, 其数字显示能够在控制台或监测位置显示, 其能量响应阈值满足本项目要求。	2
	环境辐射巡测仪	为本项目配备至少 1 台环境辐射巡测仪, 其能量响应阈值满足本项目要求。	1
	个人剂量报警仪	为本项目配备至少 2 台个人剂量报警仪	0.5
非辐射环境影响预防措施	照射区通风及电缆管道	照射区设置通风设施, 其通风速率需达到环评所报的 5000m <sup>3</sup> /h, 辐射工作时需同时开启通风设施。 离子注入机控制线缆安装时应确保自屏蔽线缆出口处设置有足够的补偿屏蔽, 防止射线漏射。	10
辐射安全管理	操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维修制度、人员培训计划、监测方案、事故应急方案	按环评要点, 结合本单位实际情况, 建立满足要求的辐射安全管理制度。做到内容全面, 具有可操作性, 并不断完善。	每年投入

以上措施中相关内容应与主体工程同时设计、同时建设、同时投入使用, 在项目试运行前落实到位。



## 9 结论与建议

### 9.1 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 $\mu$ 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照电离辐射警告标志、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。

(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。

表 7 审批

主管单位环保机构预审意见

经办人签字

单位盖章  
年 月 日

市、县（市）环保部门意见

经办人签字

单位盖章  
年 月 日

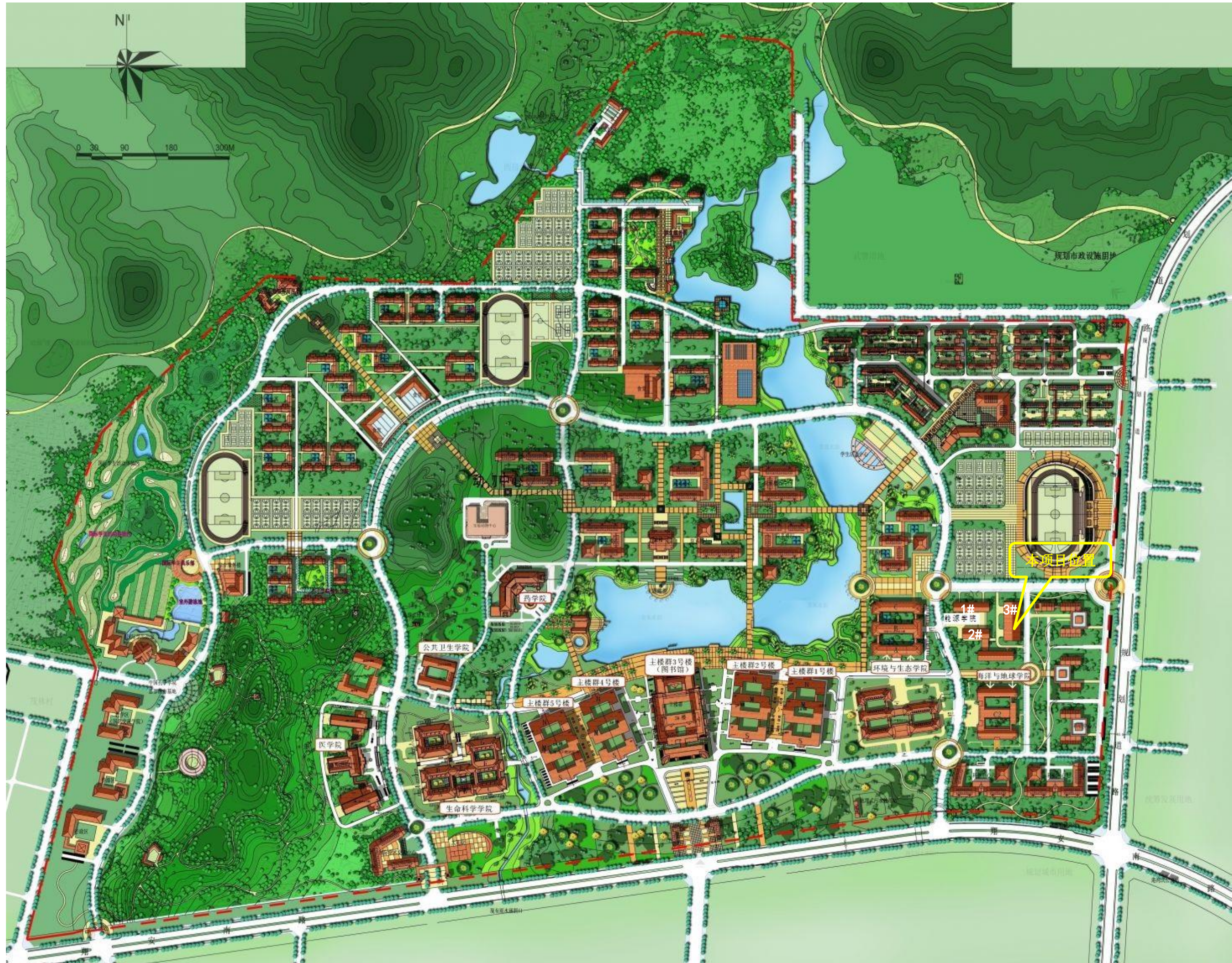
省级环保部门审批意见

经办人签字

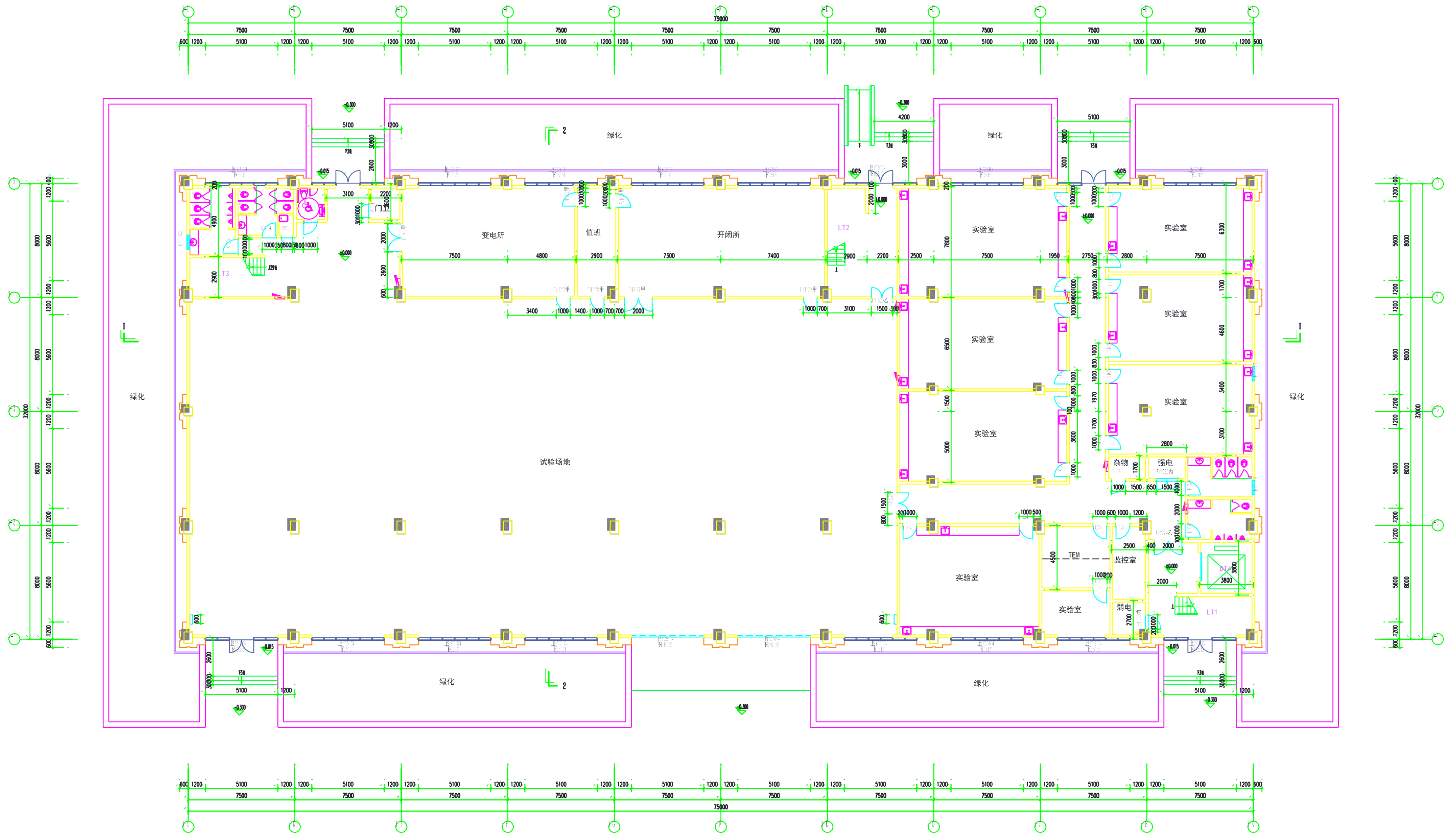
单位盖章  
年 月 日



42  
附图一 厦门大学地理位置示意图



附图二 厦门大学翔安校区平面布置规划示意图

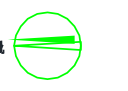


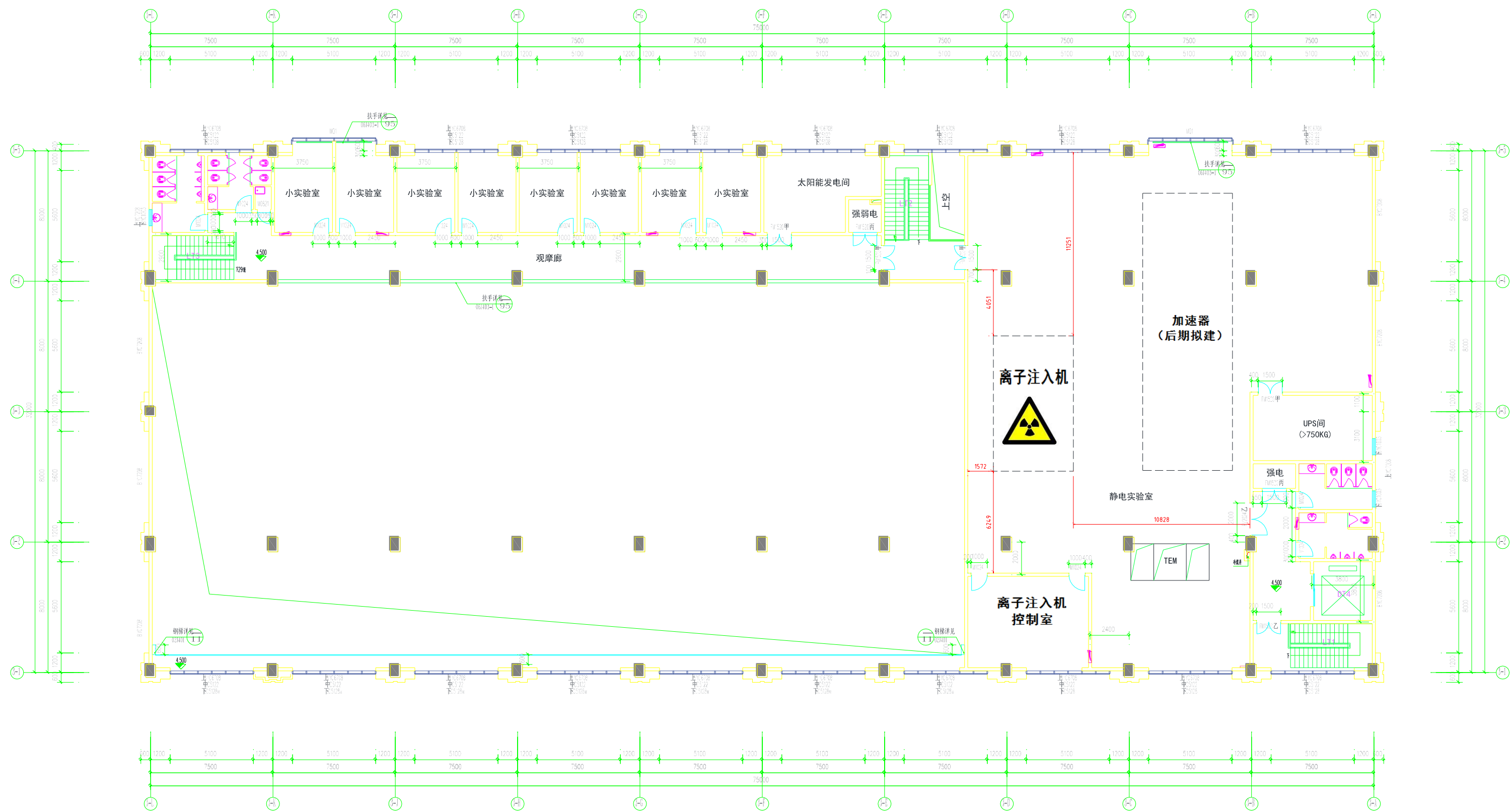
防火分区示意图

A1	B1
----	----

A=A1+A2=1993m<sup>2</sup>  
B=B1+B2=1682m<sup>2</sup>

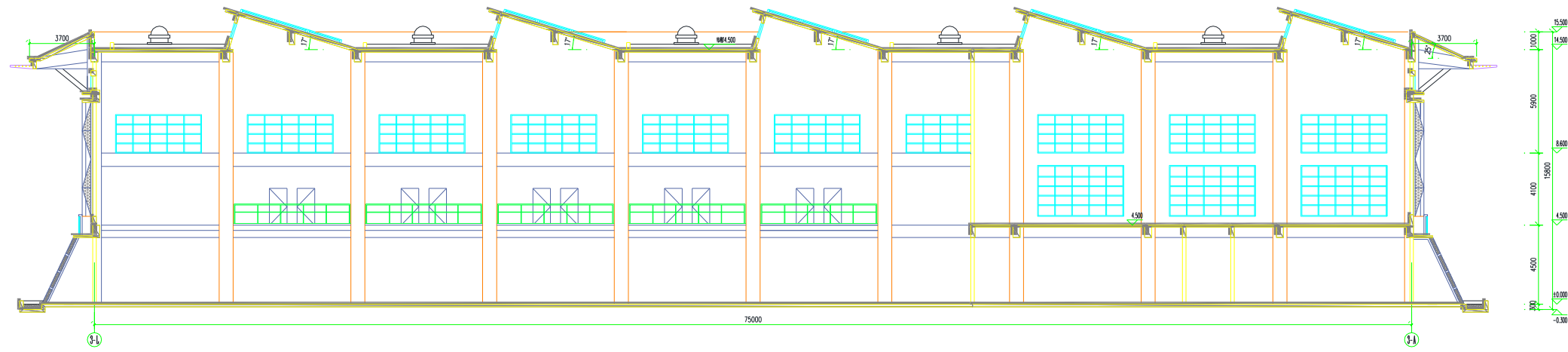
附图三 (a) 厦门大学能源学院 3 号楼一层平面布局示意图



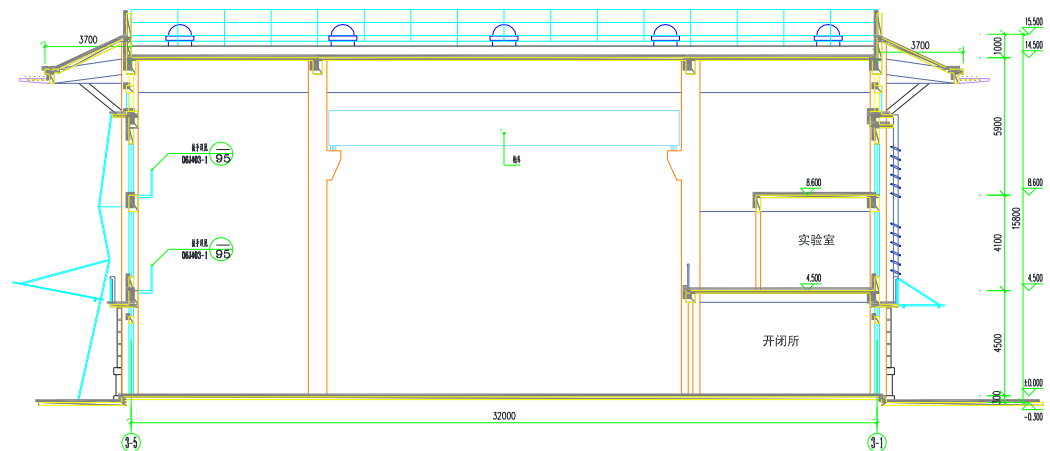


附图三 (b) 厦门大学能源学院 3 号楼二层平面布局示意图

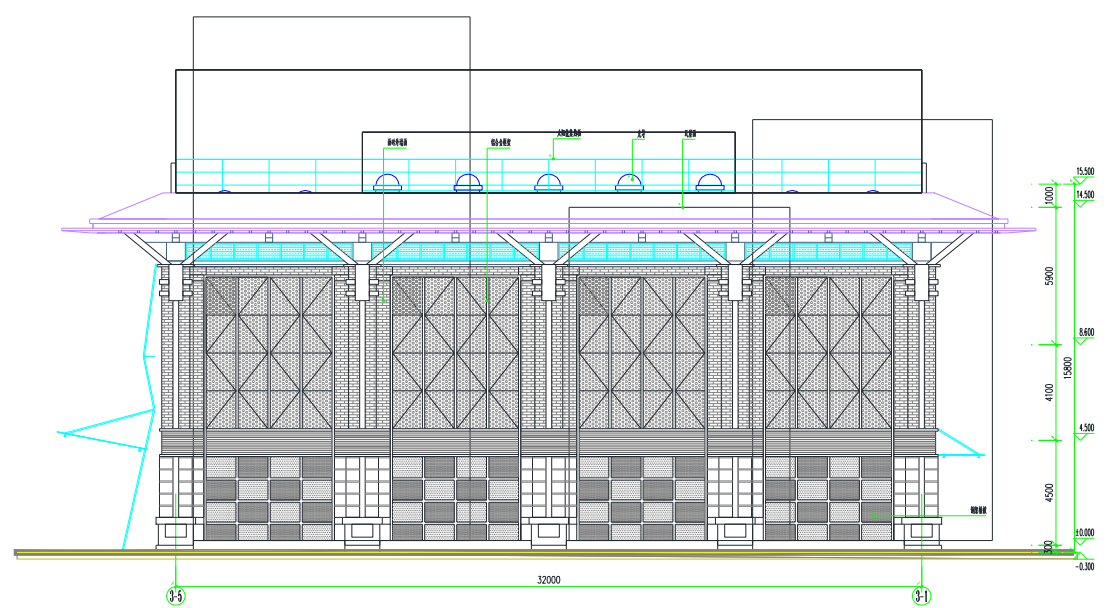




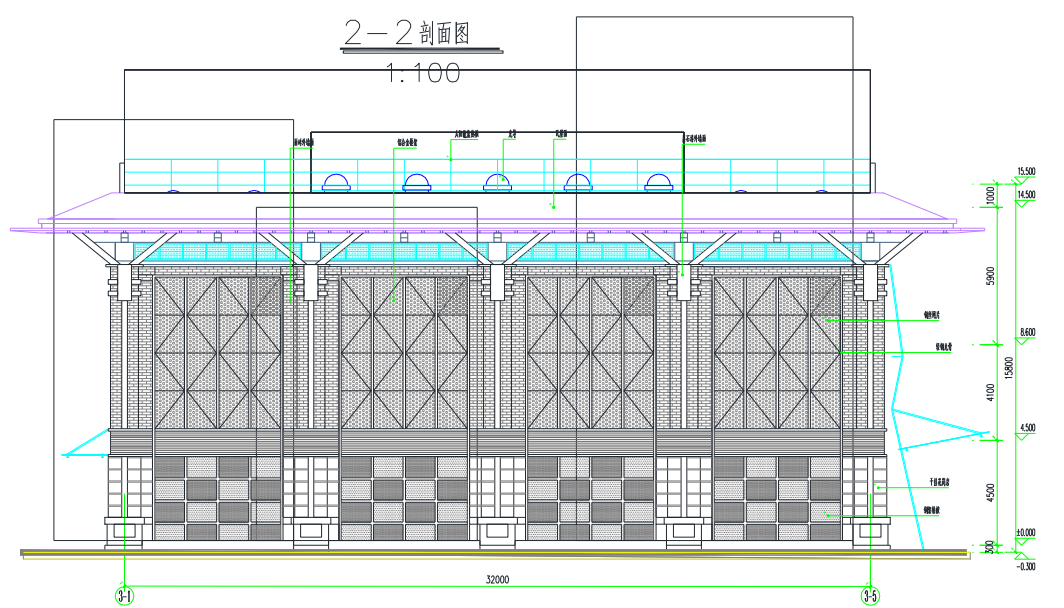
1-1 剖面图  
1:100



2-2 剖面图  
1:100



①-①立面图  
1:100



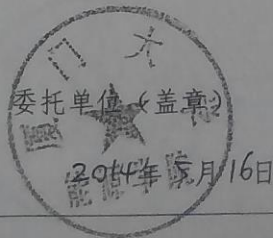
①-①立面图  
1:100

附图三 (c) 厦门大学能源学院 3 号楼剖面示意图

## 项目委托书

编号: \_\_\_\_\_

委托性质	<input checked="" type="checkbox"/> 环评 <input type="checkbox"/> 监测 <input type="checkbox"/> 咨询 <input type="checkbox"/> 其它		
委托方 (甲方)	单位名称	厦门大学能源学院	
	地 址	福建省厦门市翔安区厦门大学翔安校区和木楼 邮编: 361102	
	联系人	曹留烜	联系电话 (手机、办公室固定电话) 18850516276
服务方 (乙方)	单位名称	江苏省辐射环境保护咨询中心	
	地 址	南京市建邺区云龙山路 88 号烽火科技大厦 A-16 邮编: 210019	
	联系人	戴瑜	联系电话 025-87716913
建设项目	项目名称	新建离子注入机	
	项目性质	新建	
	建设内容	在辐照实验室新建一台 400kv 的离子注入机, 注入机为 NEC 公司的产品。	
委托内容	对建设项目周围放射环境进行现状监测、并编制环境影响报告表		



## 承 诺 书

厦门大学能源学院

单位射线装置使用情况如下：

项目性质	装置名称	型号	数量(台)	管电压(kV)	输出电流(mA)	功率(KW)	活动种类	用途及工作位置	常用射线方向
在用									
新增	离子注入机	定制	1	400	0.5	—	使用	科研实验室	西

本人郑重承诺：以上资料完全属实，如存在瞒报、假报等情况及由此导致的一切后果由本人承担全部责任。

建设单位(盖章)

单位法人代表(签字)

2014年5月16日



## 辐射安全许可证

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

单位名称：厦门大学

地 址：厦门市思明南路 422 号

法定代表人：朱崇实

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\*\*\*

证书编号：闽环辐证[00086]

有效期至：2019 年 04 月 22 日

发证机关：福建省环境保护厅

发证日期：2014 年 04 月 23 日

中华人民共和国环境保护部制

## 填写说明

一、本证由发证机关填写（正本尺寸为：25.7 × 36.4 厘米，副本采用大 32 开本，14 × 20.3 厘米）。

二、证书编号

证书编号形式为：A 环辐证 [序列号]。A 为各省的简称，环境保护部简称国；序列号为 5 位。

三、种类和范围

(一) 种类分为生产、销售、使用。

(二) 正本内，范围分为 I 类放射源、II 类放射源、III 类放射源、IV 类放射源、V 类放射源、I 类射线装置、II 类射线装置、III 类射线装置。

副本内，范围写明放射源的核素名称、类别、总活度，非密封放射性物质工作场所级别、日等效最大操作量，射线装置的名称、类别、数量。

(三) 正本内，种类和范围填写种类和范围的组合，如生产 I 类放射源和 II 类放射源，销售和使用的放射源，以及生产 I 类放射源和 II 类放射源，销售和使用的 II 类放射源。

特别的，生产、销售、使用非密封放射性物质的，种类和范围填写甲级非密封放射性物质工作场所、乙级非密封放射性物质工作场所或丙级非密封放射性物质工作场所。

建造 I 类射线装置的填写销售（含建造）I 类射线装置，四、“日等效最大操作量”、“工作场所等级”按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 确定。

五、许可内容明细表为活页。

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

单位名称	厦门大学		
地址	厦门市思明南路422号		
法定代表人	朱崇实	电话	0592-2186100
证件类型	身份证	号码	350203195412043051
涉源部门	名称	地址	负责人
	生命科学学院	生物一馆	杨云青
	海洋化学实验室	海洋楼	潘佳然
	海洋环境重点实验室	凌峰楼	黄邦钦
	放射实验室	化学楼	谢兆雄
	材料系	科学楼	范朝阳
	物理系	陈嘉庚楼	孙振宇
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。		
许可条件			
证书编号	闽环辐证[00066]		
有效期至	2015年	04	12
发证日期	2014年	04	12











## 台帐明细登记

### (三) 射线装置

证书编号: 阿环辐证[00086]

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	场所	来源/去向		审核人	审核日期
						来源	去向		
1	高频高压加速器	GJ-20	II	改性实验	材料实验室	来源			
						去向			
2	X射线晶体分析仪	JF-2	III	材料分析		来源			
						去向			
3	X射线晶体分析仪	JF-2	III	材料分析		来源			
						去向			
4	X射线晶体分析仪	JF-2	III	材料分析		来源			
						去向			
5	单晶X射线衍射仪		III	材料分析		来源			
						去向			
6	单晶X射线衍射仪		III	材料分析		来源			
						去向			
7	多晶X射线衍射仪		III	材料分析		来源			
						去向			
8	多晶X射线衍射仪		III	材料分析		来源			
						去向			





# 资质认定

## 计量认证证书

证书编号： 2013100360U

名称： **江苏省苏核辐射科技有限责任公司**

地址： **南京市建邺区云龙山路 88 号 A 幢 1601 室 (210000)**

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。

检测能力见证书附表。

准许使用徽标



发证日期： 2014 年 5 月 29 日更名

有效期至： 2016 年 7 月 21 日

发证机关：



本证书由国家认证认可监督管理委员会制定，在中华人民共和国境内有效

### 批准的实验室检测能力表

实验室名称：江苏省苏核辐射科技有限责任公司

第1页 共2页

实验室地址：南京市建邺区云龙山路88号A幢1601室

序号	检测产品/类别	检测项目/参数		检测标准（方法）名称及编号（含年号）	限制范围或说明
		序号	名称		
一	环境				
1	辐射	1	X-γ辐射剂量率	环境地表γ辐射剂量率测定规范 GB/T14583-1993	
				电离辐射防护与辐射源安全基本标准 GB18871-2002	
				工业X射线探伤放射卫生防护标准GB117-2006	
				工业γ射线探伤放射防护标准GBZ132-2008	
				含密封源仪表的放射卫生防护要求 GBZ125-2009	
				密封放射源及密封γ放射源容器的放射卫生防护标准GBZ114-2006	
				医用X射线诊断卫生防护监测规范 GBZ138-2002	
				X射线计算机断层摄影放射防护要求 GBZ165-2012	
		2	中子辐射剂量率	中子剂量当量率测量检测细则 JNRMC QW II -006-2013	限特定委托方
		3	α、β表面污染	表面污染测定 第1部分 β发射体（Eβ最大>0.15MeV）和 α发射体 GB/T 14056.1-2008	
		4	空气中 <sup>222</sup> Rn浓度	环境空气中氡的标准测量方法GB/T14582-1993	
				室内环境空气质量监测技术规范 HJ/T167-2007附录N	
		5	个人和环境X-γ辐射累积剂量	个人和环境监测用热释光剂量测量系统 GB10264-1988	
职业性外照射个人监测规范GBZ128-2002					
6	综合场强	辐射环境保护管理导则-电磁辐射监测仪器和方法HJ/T10.2-1996			
7	选频场强	辐射环境保护管理导则-电磁辐射监测仪器和方法HJ/T10.2-1996			

5/11

附2

### 批准的实验室检测能力表

实验室名称：江苏省苏核辐射科技有限责任公司

第2页 共2页

实验室地址：南京市建邺区云龙山路88号A幢1601室

序号	检测产品/ 类别	检测项目/参数		检测标准（方法）名称及编号（含年号）	限制范围或说明
		序号	名称		
1	辐射	8	工频电场	500kV超高压送变电工程电磁辐射环境评价技术规范HJ/T24-1998	
				高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法DL/T988-2005	
		9	工频磁场	500kV超高压送变电工程电磁辐射环境评价技术规范HJ/T24-1998	
				高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法DL/T988-2005	
10	无线电干扰	高压架空送电线、变电站无线电干扰测量方法GB/T7349-2002			
2	噪声	11	厂界噪声	工业企业厂界环境噪声排放标准GB12348-2008	
		12	架空送电线路噪声	架空送电线路可听噪声测量方法DL 501-1992	
		13	环境噪声	声环境质量标准GB 3096-2008 环境噪声监测技术规范 城市声环境常规监测HJ 640-2012	
		14	电力变压器设备噪声	电力变压器 第10部分：声级测定GB/T1094.10-2003	

以下空白

江苏省工商行政管理局  
公司准予变更登记通知书

(00000196)公司[2014]第02100001号

注册号:3200000000109805

赵杰:

根据《中华人民共和国公司法》和《中华人民共和国公司登记管理条例》的规定,你代表委托方申请

江苏省苏核辐射科技有限责任公司

公司变更已经我局登记。现主要变更事项如下:

原企业名称:江苏省苏核辐射监测有限责任公司

原经营范围:

许可经营项目:无。

一般经营项目:辐射监测,环境检测,电站设备、输变电工程、输变电设备、环保设备、通讯系统、辐射防护设施设备、射线装置性能的性能检测,职业病危害因素检测与评价,放射卫生防护检测与评价,社会稳定风险评价,放射性废物整备,人才培养(不含国家统一认可的职业资格证书类培训)。

现企业名称:江苏省苏核辐射科技有限责任公司

现经营范围:

许可经营项目:无。

一般经营项目:辐射监测,环境检测,技术咨询,电站设备、输变电工程、输变电设备、环保设备、通讯系统、辐射防护设施设备、射线装置性能的性能检测,职业病危害因素检测与评价,放射卫生防护检测与评价,社会稳定风险评价,放射性废物整备,人才培养(不含国家统一认可的职业资格证书类培训)。

同时,下列事项已经我局备案

章程备案

凭此通知书10日内领取营业执照。



中国计量科学研究院



## 检定证书

证书编号 DYJ2014-0190

送检单位 江苏省苏核辐射监测有限责任公司

计量器具名称 剂量率仪

型号/规格 FH 40G+FHZ 672E-10

出厂编号 028336+11047

制造单位 Thermo

检定依据 JJG521-2006《环境监测用 X、γ 辐射空气比释动能(吸收剂量)率仪》

检定结论 检定合格, 准予做环境仪器使用。

批准人

李光东

核验员

李仕江

检定员

吴慧利

检定日期 2014 年 1 月 16 日

有效期至 2015 年 1 月 15 日

地址: 中国·北京北三环东路十八号

邮编: 100013

电话: +86-10-64218631

传真: +86-10-84254577

网址: www.nim.ac.cn

电子邮箱: yw@nim.ac.cn



证书编号 DYJ12014-0190

中国计量科学研究院是国际计量委员会《国家计量基(标)准和国家计量院签发的校准与测量证书互认协议》的签署成员,经亚太计量规划组织同行评审后的校准和测量能力在国际计量局网站的关键比对数据库中公布。

中国计量科学研究院是国家法定计量检定机构,检定和校准资格获得国家质量监督检验检疫总局授权,授权证书号为:(国)法计(2012)01001号。

检定环境条件及地点:

温度: 20.5 °C 地点: 10号楼120室

湿度: %RH 其它: /

检定使用的计量基(标)准装置/主要标准器/主要仪器

环境γ辐射空气吸收剂量标准装置

名称	测量范围	不确定度/准确度	证书编号	证书有效期至 (YYYY-MM-DD)
环境γ辐射空气吸收剂量标准装置		4.5% (k=2)	[2007]国量标 计证字第096 号	2015-9-4

注:

1. 我院仅对加盖“中国计量科学研究院检定专用章”的完整证书负责。
2. 本证书的检定结果仅对所检定的计量器具有效。
3. 请妥善保管此证书。



证书编号 DYJ12014-0190

## 检定结果

一. 检定方法与条件:

该仪器在  $^{137}\text{Cs}$   $\gamma$  辐射场中采用替代法进行检定;  
仪器充分预热, 源几何中心与探测器中心在同一轴线;

二. 检定结果如下:

1. 相对固有误差:  $< \pm 15\%$
2. 校准因子:

量 程	校 准 因 子
10uSv/h	1.05

3. 校准因子的扩展不确定度  $U=10\%$  ( $k=2$ )
4. 重复性: 5%

三. 检定结果使用方法: 测量结果请按下式处理:

$$X_o = X_i \times N_c$$

式中:

- $X_o$  —— 实际值;  
 $X_i$  —— 仪器示值;  
 $N_c$  —— 校准因子;

以下空白

敬告:

1. 被检计量器具修理后, 应立即重新检定。
2. 在使用过程中, 如对被检计量器具的技术指标产生怀疑, 请重新检定。





2013100360U

江苏省苏核辐射科技有限责任公司

# 检 测 报 告

(2014) 苏核辐科 (综) 字第 (393) 号

检测类别 委托检测

项目名称 辐射环境现状检测

委托单位 厦门大学

二〇一四年九月

地址：南京市建邺区云龙山路 75 号

邮编：210019

电话：025-87750127

传真：025-87750153

E-mail:yinhui1113@163.com

## 检测报告说明

一、对本报告检测结果如有异议，请于收到报告之日起十天内以单位公函形式向本公司提出申诉，逾期不予受理。

二、鉴定检测，系对新产品、新工艺、新材料等有关技术性能的检测。

三、仲裁检测，系按有关主管部门裁定或争议双方协商所获得的样品进行检测，其结果作为上级部门或执法部门判定的依据。

四、委托检测，系有关单位委托进行项目的检测；对送样委托检测，本公司仅对来样负责，分析结果供委托者了解样品品质之用。

五、检测结果中有项目出现“未检出”时报填“未检出”，并标出“最低检出限”值，若检测结果高于检出限时，可不标出检出限值。

六、本公司仅对检测报告原件负责，未经书面批准不得复制（全文复制除外）。

七、本报告涂改无效。

## 江苏省苏核辐射科技有限责任公司

## 检测概况

委托单位	厦门大学			法人代表	李宁
地 址	福建省厦门市翔安区厦门大学翔安校区和木楼			电 话	18850516276
联 系 人	曹留炬			邮 编	361102
测量日期	2014.05.16	天气状况	阴	检测人员	潘天翔
检测目的	辐射环境现状检测。				
检测内容 (检测对象、项目)	检测对象: 离子注入机拟建址周围辐射环境 检测项目: X- $\gamma$ 辐射剂量率				
检测仪器 及编号	仪器名称: FH40G 型便携式 X- $\gamma$ 辐射剂量率仪 仪器编号: 028336+11047 检定有效期: 2014.01.16~2015.01.15				
检测依据	《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-1993)				
检测结果 评价依据	/				
检测布点	在离子注入机拟建址及其所在的 3 号楼周围环境布设 $\gamma$ 本底辐射剂量率检测点位, 检测点位见附图。				
备注	/				

## 江苏省苏核辐射科技有限责任公司

## X-γ 辐射剂量率检测结果

序号	测点位置描述		测量结果 (nSv/h)	备注
1	3号楼二楼 离子注入机 拟建址	1#点位	133	环境本底检测
2		2#点位	132	
3		3#点位	119	
4		4#点位	123	
5		5#点位	127	
6		6#点位	129	
7		西侧控制室内	125	
8	3号楼二楼	静电实验室北门外	132	
9		静电实验室南门外	130	
10	3号楼一楼 离子注入机 拟建址楼下	一楼南北走廊上	141	
11		一楼东西走廊上 1#点位	132	
12		一楼东西走廊上 2#点位	133	
13	3号楼周围环境	3号楼东侧道路上	99	
14		3号楼南侧道路上	106	
15		3号楼西侧道路上	127	
16		3号楼北侧道路上	116	
	以下空白			

注：表中数据未扣除宇宙响应值。

江苏省苏核辐射科技有限责任公司

结 论

结 论:

现场检测结果表明,厦门大学离子注入机拟建址及其周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率为(99-141)nSv/h。

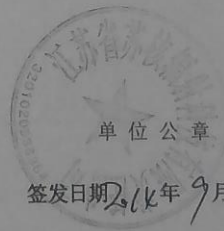
(以下空白)

编 制: 潘不翔

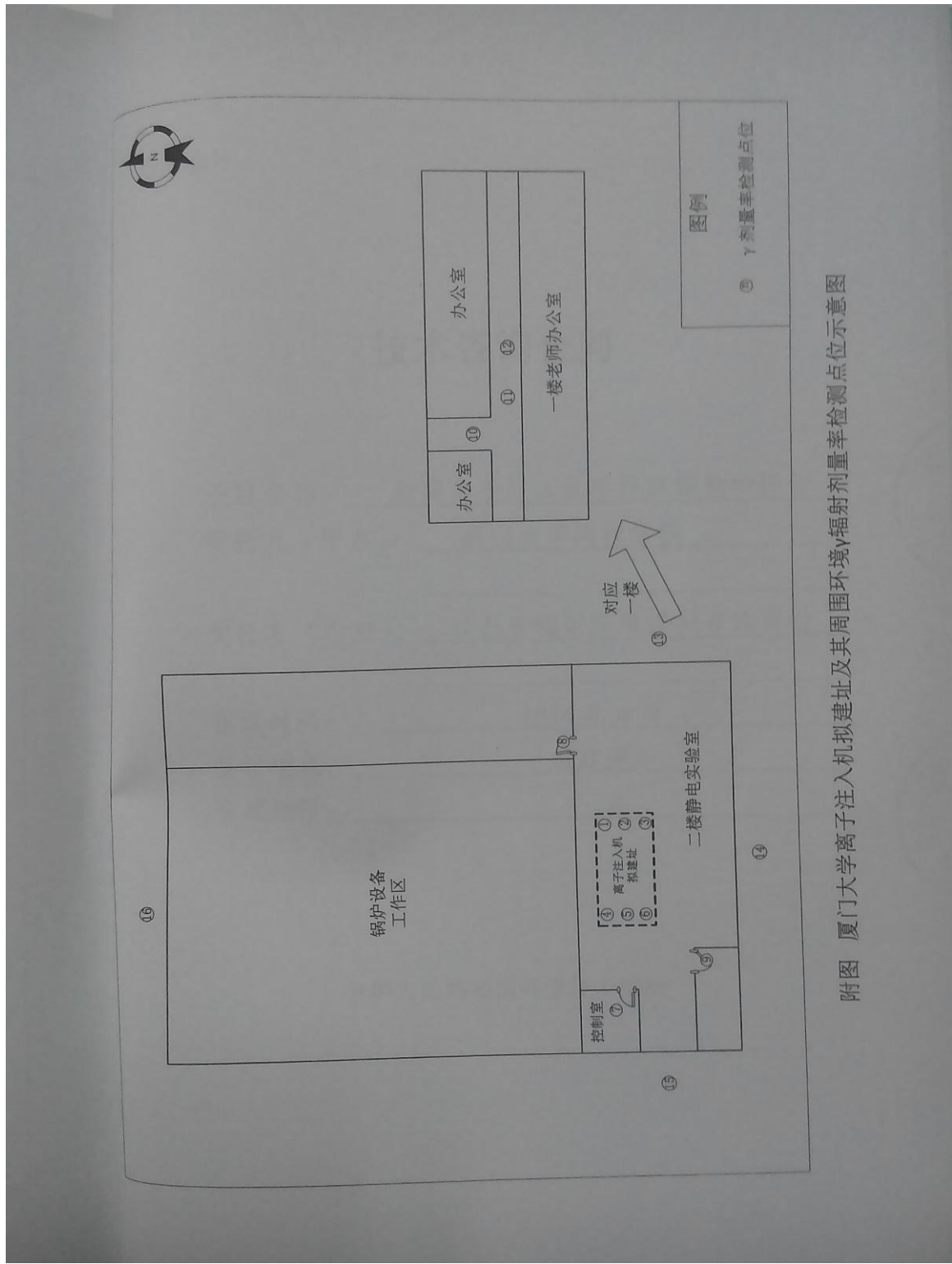
一 审: 穆青

二 审: 周健

签 发: 陈伟



签发日期: 2014年9月19日



附图 厦门大学离子注入机模拟址及其周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率检测测点示意图

合同编号：

## 技术咨询合同

项目名称： 新建离子注入机项目环境影响评价

委托方（甲方）： 厦门大学能源学院

受托方（乙方）： 江苏省辐射环境保护咨询中心

签订时间： 2014 年 4 月

签订地点： 福建厦门

有效期限： 半年

中华人民共和国科学技术部制

# 技术咨询合同

委托方（甲方）： 厦门大学能源学院

住 所 地： 福建省厦门市翔安区厦门大学翔安校区和木楼

法定代表人： 李宁

项目联系人： 曹留炬

通讯地址： 福建省厦门市翔安区厦门大学翔安校区和木楼 A315

电 话： 18850516276 传 真： \_\_\_\_\_

电子信箱： caoliuxuan@xmu.edu.cn

受托方（乙方）： 江苏省辐射环境保护咨询中心

住所地： 南京市建邺区云龙山路 88 号烽火科技大厦 A 座 16F

法定代表人： 王文兵

项目联系人： 戴瑜

通讯地址： 南京市建邺区云龙山路 88 号烽火科技大厦 A 座 16F

电 话： 025-87716913 传 真： 025-87716900

电子信箱： dy1261@163.com

本合同甲方委托乙方就 新建离子注入机项目环境影响评价 进行技术咨询，并支付咨询报酬。双方经平等协商，在真实、充分地表达各自意愿的基础上，根据《中华人民共和国合同法》的规定，达成如下协议，并由双方共同恪守。

**第一条** 乙方进行技术咨询的方式：

咨询方式： 乙方负责甲方核技术应用项目环境影响评价工作。



## 第二条 双方应尽义务

### 甲方义务：

- 1、自合同签订之日起 10 日内提供真实、可靠与项目有关资料，  
(项目清单附后，与本合同具有同等的法律效力)
- 2、负责项目现场协助、接洽工作；
- 3、乙方提示付款之日起 10 日内支付相关费用。

### 乙方义务：

- 1、自收到甲方提供合格资料之日起 (乙方收到资料之日起 3 个工作日内未提出异议，视为资料提供合格) 60 日内完成报告表编制工作 (90 日内完成报告书编制工作)；
- 2、环评报告表 (书) 编制完成后报告签发 3 日内通知甲方；
- 3、收到甲方付款之日起 3 个工作日内 (甲方在乙方提示付款前支付，乙方提示付款之日则视为甲方支付日期) 提供核技术应用项目环评表；
- 4、确保完成的环评报告表 (书) 符合有关技术规范的要求

## 第三条 甲方向乙方支付技术咨询报酬及支付方式为：

- 1、技术咨询报酬总额为：人民币 (大写)：\_\_\_\_\_；
- 2、技术咨询报酬自合同签订之日起，按下面约定方式由甲方支付  
乙方：在合同签订后由甲方先支付合同额的一半给乙方，乙方完成本项目后由甲方向乙方支付另一半合同金额。

乙方开户银行名称、地址和帐号为：

开户单位：江苏省辐射环境保护咨询中心

开户银行：中国农业银行南京汉中西路支行

银行汇款帐号：10107001040001323（请以签订合同的单位名称汇款，与发

票保持一致；如汇款方与签订合同的单位名称不一致，请在合同补充条款中

注明：我公司委托XX公司代为付款。发票只能开给合同签订单位。）

网上汇款帐号：10-107001040001323

**第四条** 双方确定，在本合同有效期内，甲方指定曹留烜为甲方项目联系人，乙方指定戴瑜为乙方项目联系人。一方变更项目联系人的，应当及时以书面形式通知另一方。未及时通知并影响本合同履行或造成损失的，应承担相应的责任。

**第五条** 双方的违约责任

1、甲方违约责任

甲方违反本合同约定逾期支付应付合同款的应按日向乙方支付违约金，违约金为合同应付而未付部分金额的千分之五计算的违约金。

2、乙方违约责任

因乙方原因延迟交付报告影响评审，或者因乙方报告质量原因导致审查不合格，影响甲方正常使用设备或者运营的，乙方应承担本合同总价 10%的违约金。若违约金不足以补偿甲方的直接经济损失的，甲方有权要求乙方承担赔偿责任甲方的直接经济损失。与此同时甲方有权选择与乙方立即解除本合同。

第六条 双方确定，出现下列情形，致使本合同的履行成为不必要或不可能，可以解除本合同：

1. 发生不可抗力；

2. \_\_\_\_\_；

第七条 合同签订后 30 日内甲方未提供合格的环评资料，经乙方多次催促仍未提供时，乙方可单方解除合同，并及时书面通知甲方。

第八条 本合同一式肆份，具有同等法律效力。

第九条 本合同经双方签字盖章后生效。

甲方：厦门大学能源学院 (盖章)

法定代表人/项目负责人：曹留炯 (签名)

年 月 日

乙方：江苏省辐射环境保护咨询中心 (盖章)

法定代表人/项目负责人：戴海 (签名)

合同专用章 14年5月14日