

核技术利用建设项目
双模式辐照仪项目
环境影响报告表
(公示版)



环境保护部监制

核技术利用建设项目
双模式辐照仪项目
环境影响报告表
(公示版)

建设单位名称: 北京大学 

建设单位法人代表(签名或签章): 龚旗煌 

通讯地址: 北京市海淀区颐和园路5号

邮政编码: 100871 联系人: 李悦天

电子邮箱: hbb@pku.edu.cn 联系电话: 010-62751267

评价单位全称 中国原子能科学研究院

联系人 王慧 联系电话 010-69359337

打印编号: 1767679855000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	e0i228		
建设项目名称	双模式辐照仪项目.		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	北京大学		
统一社会信用代码	12100000400002259P		
法定代表人 (签章)	龚旗煌		
主要负责人 (签字)	刘志博		
直接负责的主管人员 (签字)	刘志博		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	中国原子能科学研究院		
统一社会信用代码	12100000400000309R		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
许慧萍	201403511035000003512110052	BH009725	许慧萍
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
罗欣	审核	BH009733	罗欣
胡官正	表1~表13	BH058160	胡官正

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	18
表 3 非密封放射性物质	19
表 4 射线装置	19
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	21
表 6 评价依据	22
表 7 保护目标和评价标准	24
表 8 环境质量和辐射现状	27
表 9 项目工程分析和源项	31
表 10 辐射安全与防护	36
表 11 环境影响分析	45
表 12 辐射安全管理	54
表 13 结论与建议	60
表 14 审批	62

表1 项目基本情况

建设项目名称	双模式辐照仪项目					
建设单位	北京大学					
法人代表	龚旗煌	联系人	李悦天	联系电话	010-62751267	
注册地址	北京市海淀颐和园路5号					
项目建设地点	北京大学技物大院技物楼西翼技物楼3-108实验室					
立项审批部门	/		批准文号	/		
建设项目总投资（万元）	309.95	项目环保投资（万元）	30	环保投资比例	9.68%	
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m ² ）	/	
应用类型	放射源	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			
	使用		<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			
	非密封放射性物质	生产	<input type="checkbox"/> 制备PET用放射性药物			
		销售	/			
		使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
	其他		/			

1 单位概况

北京大学创建于 1898 年，初名京师大学堂，是第一所国立综合性大学，也是当时的最高教育行政机关。辛亥革命后，于 1912 年改为现名。中华人民共和国成立后，全国高校于 1952 年进行院系调整，北京大学成为一所以文理基础教学和研究为主的综合性大学，为国家培养了大批人才。据不完全统计，北京大学的校友和教师有近 400 位两院院士，中国人文社科界有影响的人士相当多也出自北京大学，并且产生了一批重大研究成果。

改革开放以来，北京大学进入了一个前所未有的大发展、大建设的新时期，并成为国家“211 工程”重点建设的两所大学之一。

北京大学位于京城西郊，占地 2661581 平方米（3992.277 亩）。现有 201 个博士点、244 个硕士点、101 个本科专业，以及覆盖 139 个专业的 35 个博士后流动站。北京大学拥有的教授、博士生导师、中科院院士及国家重点学科和国家重点实验室的数量均居全国高校之首。

自屏蔽双模式辐照仪拟由北京大学化学与分子工程学院应用化学系使用。应用化学系前身为北京大学技术物理系放射化学专业，于 1955 年筹建，是我国最早设立的放射化学学科。为适应国家经济建设和国防建设发展的需要，学科设置进行了多次调整，并在调整中不断发展。1981 年设立放射化学专业硕士点，1982 年放射化学和环境化学本科专业合并成立应用化学专业，1985 年设立放射化学博士点和博士后流动站，2001 年应用化学专业从原技术物理系调整到化学学院，成立应用化学系，2003 年设立化学（应用化学）理科博士点，2007 年获批建设放射化学与辐射化学重点学科实验室，2017 年设立放射化学国防特色学科，2019 年获批北京市一流本科专业建设点。放射化学-应用化学是本学科方向的特色，也是支撑本学科长期发展的保证。六十多年来为我国国防事业和经济建设培养了 3000 多名各类高级人才，同时也取得了丰硕的科研成果，走出了一条独特的发展之路。

2 建设项目概况

2.1 项目背景

自屏蔽双模式辐照仪是一种既可以提供电子束流又可以提供 X 射线辐照的自屏蔽电子加速器。电子束流可以用于高效合成超分子材料或纳米材料，使其具备独特的结构特点和性质，合成过程节能；所提供的 X 射线相较于小动物放疗仪具有更高的辐照剂

量率，可以在保证高穿透力优势的同时，提供更高的辐照时间分辨率。通过此项目可以一方面利用电子束流实现超铀 MOF 材料以及其它纳米材料的制备和应用；另一方面，利用 X 射线高时空分辨率的实现药物的可控释放。此外，结合 X 射线和电子束流还可深入开展核辐射驱动的化学研究，探索核能向化学能转化的可能性。

2.2 项目位置与周围环境

本项目位于北京大学技物大院技物楼 3 的一层。周围 50m 范围内建筑物包括：北侧的钴源和北京大学激光加速器实验室，南侧的市政道路和中国科学院电工所，西侧的市政道路和科峰公寓，东侧的技物楼主楼。

本项目所在北京大学技物楼 3 为双层建筑，辐照仪所在地位于一楼 108 实验室，该实验室的东侧为楼内 106 实验室，北侧和西侧为楼外市政道路，南侧为楼内 107 实验室，二楼为楼内 208 实验室。

辐射工作场所 50 米评价范围无自然保护区、风景名胜和文物古迹。本项目地理位置图、项目周边关系图见图 1-1、图 1-2。



图 1-1 本项目地理位置图



图 1-2 项目周边关系图

2.3 新建场所的历史情况

本项目所在 108 实验室曾用作物理化学实验室，从事与辐射无关的化学实验活动。

2.4 项目建设内容

本项目拟建设的自屏蔽双模式辐照仪系统属 II 类射线装置，最大能量 3.0MeV，额定电流 0.67mA，组成包括辐射源、调制器、微波系统、真空系统、扫描控制系统、充气系统、束下运动载物台、屏蔽装置、安全联锁装置、水冷装置和排风装置、PLC 系统、操作员电脑等。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021)，本项目新增 II 类射线装置，需编制环境影响报告表。因此，中国原子能科学研究院受北京大学委托，负责本项目的环评工作。

2.5 人员配置情况

本项目拟配备 5 名辐射工作人员，均已通过生态环境部认可的辐射安全与防护考核，其中均为已有辐射工作人员（仍继续从事已有的工作），每名工作人员拟在本项目中承担的工作见表 1-3。

表 1-3 本项目辐射工作人员配制计划

序号	姓名	性别	辐射防护考核时间	证书编号	在本项目中的工作
1	刘志博	男	2021.07	FS21BJ2301260	项目运行、项目直接责任人
2	陈俊艺	男	2025.06	FS25BJ1500017	辐射反应探索，设备管理

3	梁炜秋	男	2021.06	FS21BJ2301189	辐射反应探索
4	王轩宇	男	2023.03	FS23BJ2300804	辐射材料合成
5	涂智宇	男	2021.06	FS21BJ2301184	辐射材料合成

3 核技术及辐射安全管理现状

3.1 核技术利用现状

北京大学于 2024 年 5 月重新申领了辐射安全许可证（国环辐证[00176]），其种类和范围为：使用 I 类、II 类、IV类、V类放射源；使用 II 类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。

①密封源

北京大学使用的密封源具体情况见表 1-4。

表 1-4 北京大学使用密封源明细

序号	核素	类别	总活度（贝可）/活度（贝可）×枚数	活动种类
1	多核素	V类	3.70E+05	使用
2	多核素	V类	3.70E+04	使用
3	Zn-65	V类	1.85E+05	使用
4	Tl-204	V类	1.55E+06	使用
5	Tl-204	V类	1.51E+06	使用
6	Tl-204	V类	1.55E+06	使用
7	Sr-90	V类	4.76E+05	使用
8	Sr-90	V类	2.66E+05	使用
9	Sr-90	V类	3.70E+07	使用
10	Pu-239	V类	1.11E+05	使用
11	Pu-239	V类	1.11E+05	使用
12	Pu-239	V类	1.11E+05	使用
13	Pu-239	V类	3.17E+04	使用
14	Pu-239	V类	3.17E+04	使用
15	Pu-238	V类	3.70E+08	使用
16	Pu-238	V类	3.70E+08	使用
17	Pu-238	V类	3.70E+08	使用
18	Pu-238	V类	3.70E+08	使用
19	Pu-238	V类	1.11E+09	使用
20	Pu-238	V类	3.70E+08	使用
21	Na-22	V类	9.00E+06	使用
22	Na-22	V类	3.70E+07	使用
23	Mn-54,Co-60,Cs-137	V类	2.40E+5	使用
24	Mn-54,Co-60,Cs-137	V类	7.30E+5	使用
25	Mn-54	V类	9.00E+06	使用
26	Mn-54	V类	7.40E+05	使用
27	Fe-55	V类	1.48E+08	使用
28	Fe-55	V类	3.70E+07	使用
29	Fe-55	V类	1.48E+08	使用
30	Fe-55	V类	1.48E+08	使用

31	Fe-55	V类	4.18E+08	使用	
32	Eu-152	V类	8.00E+06	使用	
33	Eu-152	V类	3.70E+07	使用	
34	Cs-137	V类	4.28E+05	使用	
35	Cs-137	V类	1.26E+05	使用	
36	Cs-137	V类	1.85E+05	使用	
37	Cs-137	V类	1.85E+05	使用	
38	Cs-137	V类	1.58E+05	使用	
39	Cs-137	V类	1.63E+06	使用	
40	Cs-137	V类	1.85E+05	使用	
41	Cs-137	V类	1.25E+05	使用	
42	Cs-137	V类	3.70E+07	使用	
43	Cs-137	V类	3.70E+04	使用	
44	Cs-137	V类	3.70E+08	使用	
45	Cs-137	V类	1.85E+05	使用	
46	Cs-137	V类	1.85E+05	使用	
47	Cs-137	V类	5.05E+05	使用	
48	Cs-137	V类	1.85E+05	使用	
49	Cs-137	V类	5.80E+08	使用	
50	Cs-137	V类	1.24E+05	使用	
51	Cs-137	V类	1.85E+05	使用	
52	Cs-137	V类	1.60E+05	使用	
53	Co-60	V类	1.44E+06	使用	
54	Co-60	V类	1.11E+06	使用	
55	Co-60	V类	1.85E+08	使用	
56	Co-60	V类	1.52E+08	使用	
57	Co-60	V类	3.70E+06	使用	
58	Co-60	V类	1.03E+06	使用	
59	Co-60	V类	1.11E+06	使用	
60	Co-60	V类	1.58E+06	使用	
61	Co-60	V类	1.11E+06	使用	
62	Co-60	V类	6.58E+05	使用	
63	Co-60	V类	6.98E+05	使用	
64	Co-60	V类	3.70E+05	使用	
65	Co-60	V类	1.58E+05	使用	
66	Co-60	V类	3.70E+06	使用	
67	Co-60	V类	1.58E+05	使用	
68	Co-60	V类	1.85E+05	使用	
69	Co-60	V类	2.00E+08	使用	
70	Co-60	V类	1.06E+05	使用	
71	Co-60	V类	2.45E+05	使用	
72	Co-60	V类	3.70E+07	使用	
73	Co-60	V类	1.11E+06	使用	
74	Co-60	V类	1.85E+08	使用	
75	Co-60	V类	1.00E+06	使用	
76	Co-60	V类	1.85E+05	使用	
77	Co-57	V类	3.70E+06	使用	
78	Bi-207	V类	3.70E+07	使用	
79	Bi-207	V类	3.70E+07	使用	

80	Am-241	V类	1.00E+08	使用
81	Am-241	V类	4.38E+07	使用
82	Am-241	IV类	3.70E+09	使用
83	Am-241	V类	3.70E+07	使用
84	Am-241	V类	3.70E+07	使用
85	Am-241	V类	2.04E+05	使用
86	Am-241	IV类	3.70E+09	使用
87	Am-241	V类	1.00E+06	使用
88	Am-241	V类	1.00E+04	使用
89	Am-241	V类	1.00E+06	使用
90	Am-241	V类	1.00E+06	使用
91	Am-241	V类	1.00E+04	使用
92	Am-241	V类	1.00E+05	使用
93	Zn-65	V类	3.70E+07	使用
94	Tl-204	V类	1.05E+06	使用
95	Sr-90	V类	1.04E+06	使用
96	Pu-239	V类	1.21E+05	使用
97	Cs-137	V类	2.85E+04	使用
98	Cs-137	V类	6.96E+04	使用
99	Cs-137	V类	1.00E+04	使用
100	Co-60	V类	1.00E+06	使用
101	Co-60	V类	1.18E+06	使用
102	Co-57	V类	1.11E+08	使用
103	Cf-252	V类	2.40E+06	使用
104	Ba-133	V类	1.00E+06	使用
105	Am-241/Be	V类	1.20E+06	使用
106	Am-241	V类	4.38E+04	使用
107	Am-241	V类	5.13E+04	使用
108	Am-241	V类	1.01E+05	使用
109	Am-241	V类	1.42E+05	使用
110	Ba-133	V类	7.00E+05	使用
111	Kr-85	V类	3.70E+09	使用
112	Sr-90(Y-90)	V类	4.42E+09	使用
113	Sr-90	V类	3.70E+09	使用
114	Sr-90	V类	1.48E+09	使用
115	Sr-90	V类	2.96E+09	使用
116	Sr-90	V类	1.85E+09	使用
117	Sr-90	V类	1.48E+09	使用
118	Sr-90	V类	2.96E+09	使用
119	Am-241	V类	1.07E+07	使用
120	Am-241	V类	2.14E+07	使用
121	Am-241	V类	1.07E+07	使用
122	Am-241	V类	7.03E+07	使用
123	Sr-90(Y-90)	V类	3.70E+07*8	使用
124	Sr-90(Y-90)	V类	3.70E+07*1	使用
125	Pu-238	IV类	7.40E+08	使用
126	Na-22	V类	3.70E+06	使用
127	Na-22	V类	3.70E+06	使用
128	Cs-137	V类	3.70E+04	使用

129	Cs-137	V类	3.70E+04	使用
130	Cs-137	V类	3.70E+04	使用
131	Cs-137	V类	3.70E+04	使用
132	Cs-137	V类	3.70E+04	使用
133	Cs-137	V类	3.70E+05	使用
134	Cs-137	V类	7.40E+08	使用
135	Cs-137	V类	1.85E+05	使用
136	Cs-137	V类	3.70E+04	使用
137	Cs-137	V类	3.70E+04	使用
138	Cs-137	V类	3.70E+04	使用
139	Co-60	V类	3.70E+05	使用
140	Co-60	V类	3.70E+05	使用
141	Co-57	V类	1.85E+08	使用
142	Co-57	V类	1.85E+08	使用
143	Co-57	V类	9.25E+08	使用
144	Cs-137	V类	2.40E+13	使用
145	Sr-90	V类	3.70E+09	使用
146	Sr-90	V类	1.40E+09	使用
147	Sr-90	V类	3.70E+09	使用
148	Sr-90	V类	1.48E+09	使用
149	Sr-90	V类	1.40E+09	使用
150	Fe-55	V类	1.67E+09	使用
151	Fe-55	V类	1.66E+09	使用
152	Cs-137	V类	7.40E+05	使用
153	Cs-137	V类	7.40E+05	使用
154	Co-60	V类	3.70E+07	使用
155	Co-60	V类	3.70E+07	使用
156	Cm-244	V类	1.85E+07	使用
157	Cm-244	V类	1.85E+07	使用
158	Cm-244	V类	1.85E+07	使用
159	Cm-244	V类	1.85E+07	使用
160	Cd-109	V类	1.51E+08	使用
161	Cd-109	V类	1.51E+08	使用
162	Am-241	V类	1.07E+07	使用
163	Am-241	V类	2.10E+07	使用
164	Am-241	V类	1.10E+07	使用
165	Ra-226	V类	3.70E+05	使用
166	Ni-63	V类	3.70E+08	使用
167	Ni-63	V类	3.70E+08	使用
168	Sr-90	V类	1.00E+06	使用
169	Pu-238	IV类	1.11E+09	使用
170	Ni-63	V类	3.70E+08	使用
171	Fe-55	V类	5.55E+08	使用
172	Cs-137	IV类	1.57E+09	使用
173	Cs-137	IV类	1.96E+09	使用
174	Cs-137	V类	1.55E+05	使用
175	Cs-137	V类	1.18E+05	使用
176	Cs-137	V类	7.73E+04	使用
177	Co-60	V类	1.10E+05	使用

178	Co-60	V类	1.30E+07	使用
179	Am-241	IV类	6.66E+09	使用
180	Am-241	V类	2.70E+04	使用
181	Am-241	IV类	6.66E+09	使用
182	Am-241	IV类	6.66E+09	使用
183	Am-241	IV类	6.66E+09	使用
184	Am-241	IV类	6.66E+09	使用
185	Am-241	IV类	6.66E+09	使用
186	Am-241	V类	5.53E+04	使用
187	Am-241	V类	9.33E+04	使用
188	Cs-137	V类	1.85E+05*1	使用
189	Cs-137	V类	1.85E+05*1	使用
190	Co-60	I类	1.85E+15	使用

②非密封放射性物质

北京大学已许可的非密封放射性物质活动种类和范围见表 1-5, 属于乙级或丙级非密封放射性物质工作场所。

表 1-5 北京大学许可使用的非密封放射性物质

序号	场所等级	核素	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	活动种类
1	丙级	S-35	3.70E+05	9.25E+10	使用
2	丙级	P-33	2.00E+07	5.00E+09	使用
3	丙级	Lu-177	7.40E+06	1.85E+12	使用
4	丙级	Cr-51	2.00E+03	5.00E+09	使用
5	丙级	C-14	2.20E+04	5.50E+10	使用
6	丙级	Ag-110m	2.20E+05	5.50E+10	使用
7	丙级	H-3	3.70E+04	9.25E+10	使用
8	丙级	Ca-45	2.00E+04	5.00E+09	使用
9	丙级	I-131	7.40E+06	1.85E+12	使用
10	丙级	Cd-109	2.00E+04	5.00E+09	使用
11	丙级	Co-57	7.40E+04	1.85E+10	使用
12	丙级	I-125	3.70E+06	1.85E+12	使用
13	丙级	P-32	2.00E+04	5.00E+09	使用
14	乙级	Tc-99m	3.70E+09	7.40E+12	使用
15	乙级	I-125	3.70E+09	7.40E+12	使用
16	乙级	H-3	2.20E+08	4.20E+11	使用
17	乙级	In-111	3.70E+09	7.40E+12	使用
18	乙级	Re-188	3.70E+10	3.70E+09	使用
19	乙级	Ag-110m	2.20E+08	4.40E+11	使用
20	乙级	Sr-90(Y-90)	3.70E+09	7.40E+12	使用
21	乙级	C-14	2.20E+08	4.40E+11	使用
22	乙级	Y-90	3.70E+09	7.40E+12	使用
23	乙级	P-32	2.20E+08	4.40E+11	使用
24	乙级	Co-57	3.70E+09	7.40E+12	使用

25	乙级	I-131	3.70E+09	7.40E+12	使用
26	乙级	Lu-177	3.70E+09	7.40E+12	使用
27	丙级	P-32	1.00E+07	3.00E+10	使用
28	丙级	S-35	1.00E+07	3.00E+10	使用
29	丙级	H-3	1.00E+06	2.00E+10	使用
30	丙级	C-14	3.70E+06	7.40E+09	使用
31	丙级	I-123	1.85E+07	7.40E+10	使用
32	丙级	Cd-109	7.40E+06	3.70E+09	使用
33	丙级	Re-188	1.85E+07	7.40E+09	使用
34	丙级	Ga-68	1.85E+07	7.40E+09	使用
35	丙级	S-35	3.70E+06	3.70E+09	使用
36	丙级	Tc-99m	1.85E+07	3.70E+11	使用
37	丙级	F-18	1.85E+07	7.40E+10	使用
38	丙级	P-33	1.85E+06	3.70E+09	使用
39	丙级	Y-90	1.85E+07	7.40E+09	使用
40	丙级	Cu-64	1.85E+07	7.40E+10	使用
41	丙级	Lu-177	1.85E+07	7.40E+09	使用
42	丙级	H-3	7.40E+06	3.70E+09	使用
43	丙级	Cr-51	1.85E+06	3.70E+09	使用
44	丙级	Zr-89	1.85E+07	3.70E+10	使用
45	丙级	I-125	1.85E+07	9.25E+09	使用
46	丙级	Co-57	3.70E+06	3.70E+09	使用
47	丙级	Ca-45	3.70E+06	3.70E+09	使用
48	丙级	P-32	1.85E+06	3.70E+09	使用
49	丙级	I-131	1.85E+07	3.70E+09	使用
50	丙级	In-111	1.85E+07	7.40E+09	使用
51	丙级	C-14	7.40E+06	3.70E+09	使用
52	丙级	Au-198	1.85E+07	3.70E+10	使用
53	丙级	P-32	1.00E+07	3.00E+10	使用
54	丙级	Se-79	1.00E+07	2.00E+11	使用
55	丙级	Eu-152	1.00E+06	1.00E+08	使用
56	丙级	Tc-99m	1.00E+07	2.00E+11	使用
57	丙级	I-129	1.00E+07	2.00E+11	使用
58	丙级	C-14	1.00E+07	2.00E+11	使用
59	丙级	Co-60	1.00E+07	3.00E+09	使用
60	丙级	Lu-177	1.85E+07	4.63E+10	使用
61	丙级	U-238	1.00E+06	1.00E+10	使用
62	丙级	V-48	1.00E+05	1.00E+08	使用
63	丙级	Eu-154	1.00E+06	1.00E+08	使用
64	丙级	Ca-45	1.00E+06	1.00E+09	使用
65	丙级	H-3	1.00E+06	2.00E+10	使用
66	丙级	Re-188	1.00E+07	3.00E+10	使用
67	丙级	Th-天然	1.00E+07	2.00E+11	使用
68	丙级	Se-75	1.00E+07	3.00E+10	使用

69	丙级	Tc-99	1.00E+07	2.00E+11	使用
70	丙级	Cr-51	1.00E+06	1.00E+10	使用
71	丙级	S-35	1.00E+07	3.00E+10	使用
72	丙级	Ra-223	1.85E+07	4.63E+08	使用
73	丙级	Cu-61	1.00E+07	2.00E+11	使用
74	丙级	Ga-66	1.00E+07	2.50E+10	使用
75	丙级	Y-86	1.85E+07	4.63E+10	使用
76	丙级	Zr-89	1.85E+07	4.63E+10	使用
77	丙级	I-124	1.85E+07	4.63E+10	使用
78	丙级	Bi-213	1.85E+07	4.63E+09	使用
79	丙级	Ge-68	1.85E+07	4.63E+10	使用
80	丙级	I-123	1.00E+07	2.00E+11	使用
81	丙级	Ga-67	1.00E+07	2.50E+10	使用
82	丙级	Br-76	1.00E+07	2.50E+10	使用
83	丙级	Ac-225	1.85E+07	4.63E+08	使用
84	丙级	Ga-68	1.00E+07	2.00E+11	使用
85	丙级	I-121	1.00E+07	2.00E+11	使用
86	丙级	Y-90	1.00E+07	3.00E+10	使用
87	丙级	Sr-85	1.00E+07	3.00E+10	使用
88	丙级	Sr-89	1.00E+07	3.00E+10	使用
89	丙级	Mn-56	1.00E+06	1.00E+09	使用
90	丙级	Zr-95	1.00E+07	3.00E+10	使用
91	丙级	Sn-113(In-113m)	1.00E+07	2.00E+11	使用
92	丙级	I-125	1.00E+07	3.00E+10	使用
93	丙级	Bi-212	1.00E+07	2.50E+09	使用
94	丙级	Pb-212	1.00E+07	2.50E+10	使用
95	丙级	Sr-82	1.85E+07	4.63E+10	使用
96	丙级	Pd-103(Rh-103m)	1.00E+06	1.00E+09	使用
97	丙级	Nd-147	1.00E+07	3.00E+10	使用
98	丙级	Ra-224	1.00E+07	2.50E+08	使用
99	丙级	I-131	1.00E+07	3.00E+10	使用
100	丙级	Cs-134	1.00E+07	3.00E+10	使用
101	丙级	Ce-141	1.00E+07	3.00E+10	使用
102	丙级	Er-169	1.00E+07	3.00E+10	使用
103	丙级	U-天然	1.00E+07	3.00E+10	使用
104	丙级	Sm-153	1.00E+07	3.00E+10	使用
105	丙级	Tm-170	1.00E+07	3.00E+10	使用
106	丙级	Re-186	1.00E+07	3.00E+10	使用
107	丙级	In-111	1.00E+06	1.00E+09	使用
108	丙级	W-188(Re-188)	1.00E+06	1.00E+09	使用
109	丙级	C-11	1.85E+07	4.63E+09	使用

110	丙级	I-126	1.85E+07	4.63E+09	使用
111	丙级	F-18	1.85E+07	2.00E+11	使用
112	丙级	Fe-59	1.00E+07	3.00E+10	使用
113	丙级	Mo-99	1.00E+07	1.10E+11	使用
114	丙级	Cu-64	1.00E+07	2.00E+11	使用
115	丙级	Cl-36	1.00E+07	3.00E+10	使用
116	丙级	Y-86	3.70E+06	1.10E+09	使用
117	丙级	F-18	7.40E+06	8.88E+10	使用
118	丙级	Cu-64	1.48E+06	1.48E+09	使用
119	丙级	Zr-89	5.92E+06	1.18E+09	使用

③射线装置

北京大学使用的射线装置明细见表 1-6。

表 1-6 北京大学使用的射线装置明细

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类
1	X 射线单晶衍射仪	III类	1	使用
2	电子枪	III类	1	使用
3	X 射线衍射仪	III类	2	使用
4	——	III类	2	使用
5	——	III类	1	使用
6	——	III类	1	使用
7	智能 X 射线衍射仪	III类	1	使用
8	小角 X-射线衍射仪	III类	1	使用
9	高分辨三维 X 射线显微成像系统	III类	1	使用
10	高分辨 X-射线 CT	III类	1	使用
11	X 射线衍射应力分析仪	III类	1	使用
12	X 射线衍射仪	III类	1	使用
13	X 射线衍射仪	III类	1	使用
14	X 射线衍射仪	III类	1	使用
15	X 射线光电子能谱仪	III类	1	使用
16	X 射线晶体衍射仪	III类	1	使用
17	加速器	II类	1	使用
18	X 射线衍射系统	III类	1	使用
19	X-光机	III类	1	使用
20	RFQ 加速器中子照射装置	II类	1	使用
21	RFQ 加速器	II类	1	使用
22	4.5 加速器	II类	1	使用
23	2X6 加速器	II类	1	使用
24	1.3GHz 超导粒子加速器	II类	1	使用
25	小角 X 射线衍射仪	III类	1	使用
26	小角 X 光散射仪	III类	1	使用
27	台式 X 射线衍射仪	III类	1	使用
28	生物学 X 射线辐照仪	III类	1	使用
29	高分辨粉末 X 射线衍射仪	III类	1	使用
30	多功能成像电子能谱仪	III类	2	使用
31	X 射线荧光光谱仪	III类	2	使用
32	X 射线衍射仪	III类	13	使用

33	X 射线衍射仪	III类	1	使用
34	X 射线光电子能谱仪	III类	2	使用
35	X 射线粉末衍射仪	III类	1	使用
36	X 射线成像仪	III类	1	使用
37	——	III类	1	使用
38	气溶胶中和器	III类	2	使用
39	携带式变频充气 X 射线探伤机	II类	1	使用
40	台式 X 荧光光谱仪	III类	1	使用
41	手持式 X 荧光光谱仪	III类	1	使用
42	便携式荧光光谱仪	III类	1	使用
43	便携式 X 射线衍射仪	III类	1	使用
44	便携式 X 射线衍射仪	III类	1	使用
45	——	III类	1	使用
46	生物学 X 射线辐照仪	III类	1	使用
47	X 射线显微镜	III类	1	使用
48	X 射线生物学辐照仪	III类	1	使用
49	——	III类	1	使用
50	——	III类	1	使用
51	——	III类	1	使用
52	——	III类	1	使用
53	——	III类	1	使用
54	——	III类	1	使用
55	数字乳腺 X 射线机	III类	1	使用
56	实验鼠体成像分析仪	III类	1	使用
57	荧光分析 X 射线管	III类	1	使用
58	四轴 X 射线散射仪	III类	1	使用
59	气溶胶中和器	III类	1	使用
60	电喷雾气溶胶发生器	III类	1	使用
61	离子源实验台	III类	2	使用
62	X 射线衍射仪	III类	1	使用
63	X 射线装置	III类	11	使用
64	X 射线衍射仪	III类	1	使用
65	——	III类	1	使用
66	——	III类	1	使用
67	医用 X 射线机	III类	1	使用
68	医用 X 射线机	III类	1	使用
69	螺旋 CT	III类	1	使用
70	牙片机	III类	2	使用
71	牙科 X 射线机 (其他)	III类	1	使用
72	骨密度仪	III类	2	使用
73	DR	III类	2	使用
74	CT 机	III类	1	使用
75	——	III类	1	使用
76	——	III类	1	使用
77	——	III类	1	使用
78	——	III类	2	使用
79	——	III类	1	使用
80	——	III类	1	使用
81	——	III类	1	使用

82	——	III类	1	使用
83	——	III类	2	使用
84	——	III类	1	使用
85	——	III类	1	使用
86	X 射线源辐照测试平台	III类	1	使用
87	生物学 X 射线辐照仪	III类	1	使用
88	数字 X 射线成像系统	III类	1	使用
89	X 射线室外照射系统	III类	1	使用
90	X 射线粉末衍射仪	III类	1	使用
91	X 射线单晶衍射仪	III类	1	使用
92	SPECT/CT	III类	1	使用
93	——	III类	1	使用
94	——	III类	1	使用
95	——	III类	1	使用
96	——	III类	1	使用
97	小动物 PET/CT	III类	1	使用
98	——	III类	1	使用
99	回旋加速器	II类	1	使用

3.2 环保审批的履行情况

北京大学 2022~2025 年期间，申请的辐射项目及履行环保审批情况见表 1-7。

表 1-7 北京大学近三年履行环保审批情况

序号	项目名称	备案号或批复
1	北京大学使用射线装置建设项目（2022）	202211010800002570
2	北京大学使用射线装置建设项目（2023）	202311010800003007
3	北京大学使用射线装置建设项目（2024）	202411010800005252
4	北京激光加速创新中心核技术利用项目环境影响报告书	北京市生态环境局关于北京激光加速创新中心核技术利用项目环境影响报告书的批复（京环审〔2025〕65号）
5	新增非密封放射性物质科研场所项目环境影响报告表	北京市生态环境局关于新增非密封放射性物质科研场所项目环境影响报告表的批复（京环审〔2024〕136号）

3.3 辐射安全管理现状

① 辐射管理机构

北京大学设有环境保护办公室、辐射防护室，设有专职工作人员，在辐射防护领导小组和辐射防护专业小组的领导下，协调、完成全校日常辐射防护工作。

北京大学辐射防护领导小组成员由各相关职能部门部长和各院系院长（主任）组成。辐射防护专业小组由专业性强、熟悉院系辐射工作的教师组成，详见表 1-8。

为落实辐射防护具体工作，各涉源院系成立了相应的工作小组。该小组由分管安全的各院系主任担任小组组长，定期与校环境保护办公室、辐射防护室沟通工作方法和意见，保证辐射防护工作安全、顺利、有效地进行。

表 1-8 辐射安全与环境保护管理机构

机构名称		北京大学辐射防护领导小组			
联系人	姓名	李恩敬	电话	62757558	
	Email	hbb@pku.edu.cn			
序号	管理人员	姓名	职务或职称	工作部门	专/兼职
1	组长	张锦	副校长	党办校办	兼职
2	副组长	王志恒	部长	实验室与设备管理部	兼职
3	成员	张存群	副校长	科学研究院	兼职
4	成员	云虹	院长	北京大学医院	兼职
5	成员	宁杰远	副院长	地球与空间科学学院	兼职
6	成员	高珍	副书记	化学与分子工程学院	兼职
7	成员	张通	副院长	工学院	兼职
8	成员	颜学庆	副院长	物理学院	兼职
9	成员	李恩敬	主任	环境保护办公室	专职
10	成员	廖万平	副校长	保卫部	兼职
11	成员	崔剑锋	副院长	考古文博学院	兼职
12	成员	陆克定	党委副书记	环境科学与工程学院	兼职
13	成员	汪一波	副校长	房地产管理部	兼职
14	成员	王志恒	副院长	城市与环境学院	兼职
15	成员	沈如群	副处长	医学部设备与实验室管理处	兼职
16	成员	王润声	副院长	信息科学技术学院	兼职

② 规章制度及落实情况

北京大学已经制定了比较完善的安全管理制度，并严格按照规章制度执行：

- (1) 《北京大学辐射安全与防护管理办法》；
- (2) 《辐射防护岗位职责》；
- (3) 《北京大学涉源单位安全保卫职责规定》；
- (4) 《北京大学辐射工作人员安全与健康管理实施细则》；
- (5) 《北京大学放射性同位素与射线装置台帐管理制度》；
- (6) 《北京大学辐射安全事故应急预案》；
- (7) 《北京大学废旧放射源和放射性废物管理和处置规定》；
- (8) 《北京大学辐射工作场所监测方案》
- (9) 《化学与分子工程学院放射安全和防护管理相关制度》；
- (10) 《物理学院辐射安全和防护管理相关制度》；

- (10) 《生命科学学院辐射安全和防护管理相关制度》；
- (11) 《城市与环境学院辐射安全和防护管理相关制度》；
- (12) 《环境科学与工程学院辐射安全和防护管理制度》；
- (13) 《考古文博学院辐射安全和防护管理相关制度》；
- (14) 《实验动物中心辐射安全与防护管理制度》；
- (15) 《工学院放射安全和防护管理相关制度》；
- (16) 《地空学院放射安全和防护管理相关制度》；
- (17) 《北京大学医院放射安全和防护管理相关制度》；
- (18) 《北京大学信息科学与技术学院辐射装置安全与防护安全管理相关制度》。

③人员培训

北京大学制定了辐射工作人员培训计划，目前北京大学辐射工作人员共计 208 名，其中北京大学化学与分子工程学院应用化学系辐射工作人员共计 37 名，全部工作人员已完成环保部门认可的电离辐射安全与防护考核，且获得合格证书。《北京大学辐射工作人员安全与职业健康管理实施细则》（校发[2015]1 号）中规定新上岗辐射工作人员和现持有辐射安全培训合格证书到期的人员，必须通过生态环境部认可的辐射安全与防护考核且考核合格后，方可从事辐射工作。

④ 个人剂量监测

北京大学委托有资质单位承担辐射工作人员的个人剂量监测工作，监测频度为每 3 个月检测一次。在岗的辐射工作人员均已按照规范佩戴了个人剂量计，在个人剂量计佩戴时间每次届满一个监测周期时，由专人负责收集剂量计送检更换，并将每季度的个人剂量监测结果和每年度的个人剂量监测报告存档备案。2024 年度辐射工作人员的个人剂量监测结果均小于等于 0.62mSv，低于北京大学辐射项目的剂量约束值 2mSv/a，说明北京大学采取的辐射防护和安全管理措施是可行的。本项目辐射工作人员均为已有辐射工作人员，2024 年个人剂量监测结果见表 1-9。

表 1-9 2024 年度本项目辐射工作人员的个人剂量监测结果

序号	姓名	个人剂量年度值, mSv
1	刘志博	0.04
2	陈俊艺	0.62
3	梁炜秋	0.20
4	徐洋	0.16
5	涂智宇	0.61

⑤ 工作场所及辐射环境监测

北京大学定期对现有辐射工作场所进行辐射水平监测。同时，每年委托有资质单位进行一次辐射工作场所和周边环境监测。

⑥监测仪器和防护用品

北京大学的 208 名辐射工作人员都配有人个人剂量计。北京大学配置的辐射监测仪器和防护用品情况见表 1-10，能够满足现在工作的需要。

表 1-10 现有辐射监测仪器和防护用品

序号	仪器名称	型号	购置日期	仪器状态	数量
1	个人剂量仪	PM1621	20060601	正常	1
2	X-γ 报警仪	FJ376G	20091201	正常	1
3	固定多路式监测报警器	RMS5120	20091201	正常	1
4	环境中子监测器	ENM3	20001101	正常	3
5	便携式巡检谱仪	GR-135	20060601	正常	1
6	γ 剂量仪探头	DG1305	20091201	正常	1
7	工作场所 γ 监测器	AGM3	20001101	正常	4
8	红外对射防盗系	ALEPH	20030901	正常	1
9	γ 剂量仪探头	DG1305	20091201	正常	1
10	中子雷姆探测器	FJ1903A	20091201	正常	1
11	个人剂量仪	PM1621	20060601	正常	1
12	个人剂量仪	PM1208	20060601	正常	1
13	手持式多功能沾污计量仪	Inspector Alert	20060401	正常	1
14	手持式碘化钠多道分析仪	ESPEC-2	20010101	正常	1
15	X-γ 个人剂量率仪	FJ-1	20010101	正常	1
16	中子雷姆探测器	FJ1903A	20091201	正常	1
17	大面积 β+γ 检查仪	FJ-402	20010101	正常	1
18	便携式 γ 监测器	1692	20010101	正常	1
19	工作场所 γ 监测器	AGM2	2000/11/1	正常	2
20	环境中子监测器	ENM2	2000/11/1	正常	1
21	便携式巡检谱仪	GR-135	2006/6/1	正常	1
22	辐射剂量报警仪	SMACH-RG1000	2021/10/15	正常	1
23	个人辐射计量检测仪	SOEKS	2021/10/15	正常	1
24	便携式 α /β/γ 测量仪	Model 2241-2	20180116	正常	2
25	表面沾污仪	Inspect IA-V2	20250402	正常	2
26	固定式辐射监测仪	WF-1000-4B	20181210	正常	1
27	个人剂量仪	PDM227	20170615	正常	3
28	中子巡测仪	Model 2241-4	20210923	正常	1
辐射防护用品					
名称	数量	名称	数量		
铅衣	30	铅帽	0		
铅手套	2	铅眼镜	5		

铅围裙	2	铅围脖	3
铅屏风	5	--	--

⑦辐射事故应急管理

北京大学制定了《北京大学辐射安全事故应急预案》，预案中明确了应急指挥机构、人员组成及分工、应急部门及人员职责、应急器材，发生辐射事故时的报告、通讯联络方式、应急处置方式等。

发生辐射事故时，应立即启动本单位的辐射事故应急预案，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》，向北京市环保部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向北京市卫生行政部门报告。同时，需进行工作人员的意外事故剂量监测和工作场所及周围环境的应急监测，并做好详细的监测记录。

表 2 放射源

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明何种核素及产生的中子流强度

表 3 非密封放射性物质

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

注：日等效最大操作量、操作方式及非密封工作场所分级见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各类加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	SRA0302 双模式辐照仪	II类	1	SRA0302	电子束、X 射线	3.0	0.67mA	可用于辐射化学、生命科学、诱变育种等研究	北京大学技物大院技物楼 3-108 实验室	
/										

(二) X 射线机, 包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
无									
/									

(三) 中子发生器, 包括中子管, 但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度	贮存情况	数量	
无													
/													

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放总量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧	气态	/	/	少量	/	/	不暂存	通过排风系统排至外环境, 臭氧常温下约 50min 即可自行分解成氧气, 对环境影响较小。
/								

注: 1. 常规废弃物排放浓度, 对于液态单位为 mg/L, 固体为 mg/kg, 气态为 mg/m³; 年排放总量用 kg。2. 含有放射性的废物要注明, 其排放浓度、年排放总量分别用活度浓度 (Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³) 和活度 (Bq)。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第 9 号，2015 年 1 月 1 日施行）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（全国人民代表大会常务委员会，2018 年 12 月 29 日施行）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第 6 号，2003 年 10 月 1 日）；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日修正版）；</p> <p>(5) 《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 日修订版）；</p> <p>(6) 《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 日施行）；</p> <p>(7) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日）；</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(9) 《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会 公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日）；</p> <p>(11) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日）；</p> <p>(12) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 23 日）；</p> <p>(13) 《发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》（国环规环评[2017]4 号，2017 年 11 月 22 日起施行）；</p>
技术标准	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(2) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(3) 《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）；</p>

	<p>(4) 《粒子加速器辐射防护规定》(GB5172-1985)；</p> <p>(5) 《X、γ外照射个人监测规定》(EJ 1153-2004)；</p> <p>(6) 《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2019)；</p> <p>(7) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(8)《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ1326-2023)；</p>
其他	<p>(1) 建设单位提供的相关技术资料；</p> <p>(2) 李星洪.《辐射防护基础》.原子能出版社；</p> <p>(3) 夏益华，陈凌.《高等电离辐射防护教程》.哈尔滨工程大学出版社；</p> <p>(4) 李德平，潘自强.《辐射防护手册》.原子能出版社；</p> <p>(5)《RADIONUCLIDE AND RADIATION PROTECTION DATA HANDBOOK 2002》；</p> <p>(7) 《National Council on Radiation Protection and Measurements Report 51》，NCRP；</p> <p>(8) 《National Council on Radiation Protection and Measurements Report 151》，NCRP</p> <p>(9) 《2015—2022年北京市环境放射性水平监测与评价》(北京市核与辐射安全中心，中国辐射卫生，2024年6月)。</p>

表 7 保护目标和评价标准

1 评价范围

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)中的规定,本项目评价范围取工作场所所在房间外50m的范围,如图7-1所示。

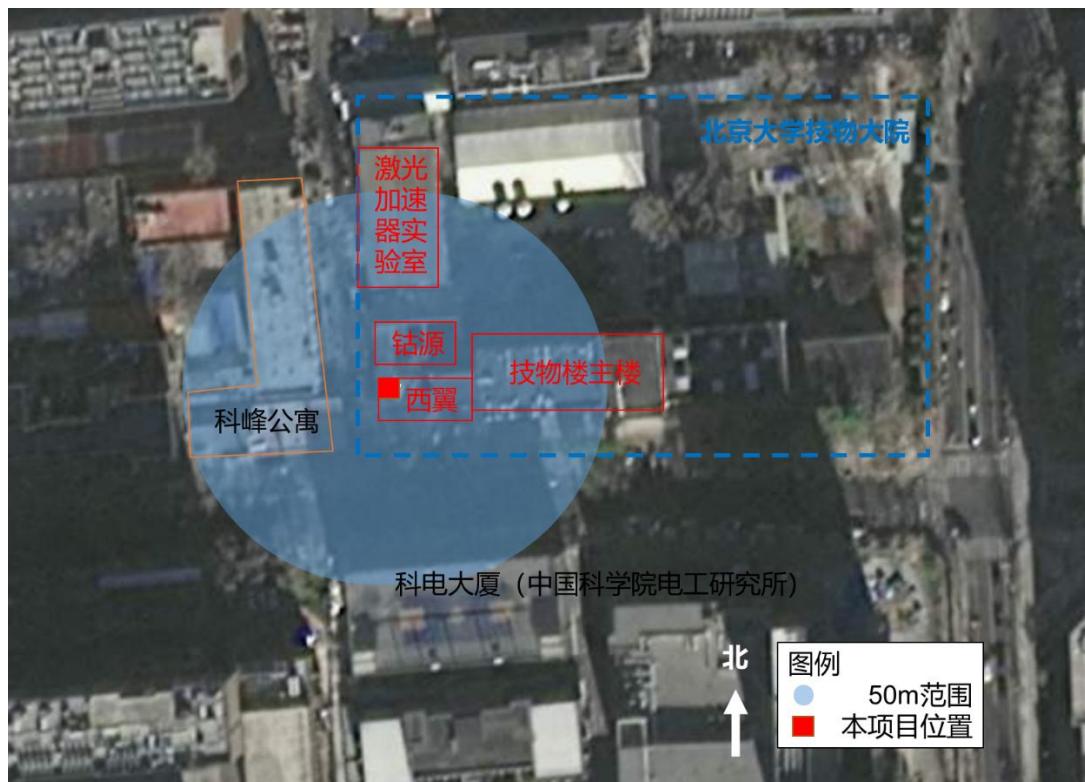


图 7-1 本项目辐射影响评价范围图

2 评价目的

通过对本项目内容进行分析和估算,以期达到以下目的:

- (1) 对建设项目环境辐射现状进行调查及辐射环境现状进行监测;
- (2) 评价项目在运行过程中对工作人员及周围公众所造成的辐射影响;
- (3) 评价辐射防护措施效果,提出减少辐射危害的措施。

3 保护目标

本项目位于北京大学技物大院技物楼3。从图7-1可知,本项目周围50m范围内保护目标包括:北侧的钴源和北京大学激光加速器实验室,南侧的市政道路和中国科学院电工所,西侧的市政道路和科峰公寓,东侧的技物楼主楼。

本项目所在北京大学技物楼 3 为双层建筑，辐照仪所在地位于一楼 108 实验室，该实验室的东侧为楼内 106 实验室，北侧和西侧为楼外市政道路，南侧为楼内 107 实验室，二楼为楼内 208 实验室。

综上，本项目评价范围内保护目标见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

方位	场所	距离/m	人员类别	人数/人
北侧	实验室所在建筑 外部	钴源	约 27~30	公众成员 5
北侧		北京大学激光加速器实验室	约 40~50	公众成员 50
南侧		市政道路	约 27~47	公众成员 流动人口
南侧		中国科学院电工所	约 47~50	公众成员 200
西侧		科峰公寓	约 21~50	公众成员 50
西侧		市政道路	约 6~21	公众成员 流动人口
南侧	实验室所在建筑 内部	技物楼 3-107 实验室	约 5~10	公众成员 10
东侧		技物楼 3-106 实验室	约 4~10	公众成员 10
上方		技物楼 3-208 实验室	约 2~5	公众成员 20
南侧		男卫	约 2~5	公众成员 流动人口
四周	技物楼 3-108 实验室	约 0~5	工作人员	5

4 评价标准

4.1 剂量限值

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定，工作人员的职业照射和公众照射的剂量限值如下。

①职业照射

应对任何工作人员职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：审管部门决定连续 5 年的平均有效剂量（但不可作为任何追溯性平均），20mSv。任何一年中的有效剂量不超过 50mSv。

②公众照射

实践使公众中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。

4.2 剂量约束值

综合考虑到核技术利用现状和项目所在的地点，对本项目 5 名工作人员的剂量约束值取 2mSv/a，公众的剂量约束取 0.1mSv/a。

4.3 屏蔽体外剂量率控制水平

自屏蔽体外剂量率均采用 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的剂量率控制值。

4.4 表面污染控制水平

工作人员体表、内衣、工作服、以及工作场所的设备和地面等表面放射性污染的控制应遵循附录 B 表 B11 所规定的限制要求。详见表 7-2。

表 7-2 工作场所的放射性表面污染控制水平

表面类型	β 放射性物质, Bq/cm^2	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	40
	监督区	4
工作服、手套、工作	控制区和监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜		0.4

4.5 非放射性气体控制值

根据《工作场所有害因素职业接触限值化学有害因素》（GBZ2.1-2019），工作场所空气中 O_3 和 NO_2 的浓度限值分别为 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

表 8 环境质量和辐射现状

1. 辐射监测项目

北京大学化学与分子工程学院应用化学系委托中国原子能科学研究院对项目场所及周边环境进行辐射环境现状监测。监测项目为项目所在位置场所及周围环境 γ 辐射剂量率。

2. 监测场所

北京大学技物大院技物楼西翼 108 实验室、周围其他实验室及楼外周边环境。

3. 监测对象

监测对象为技物楼西翼 108 实验室、周围其他实验室及楼外周边环境的 γ 辐射剂量率。

4. 点位布设

此次监测点位布设如图 8-1、图 8-2 所示。

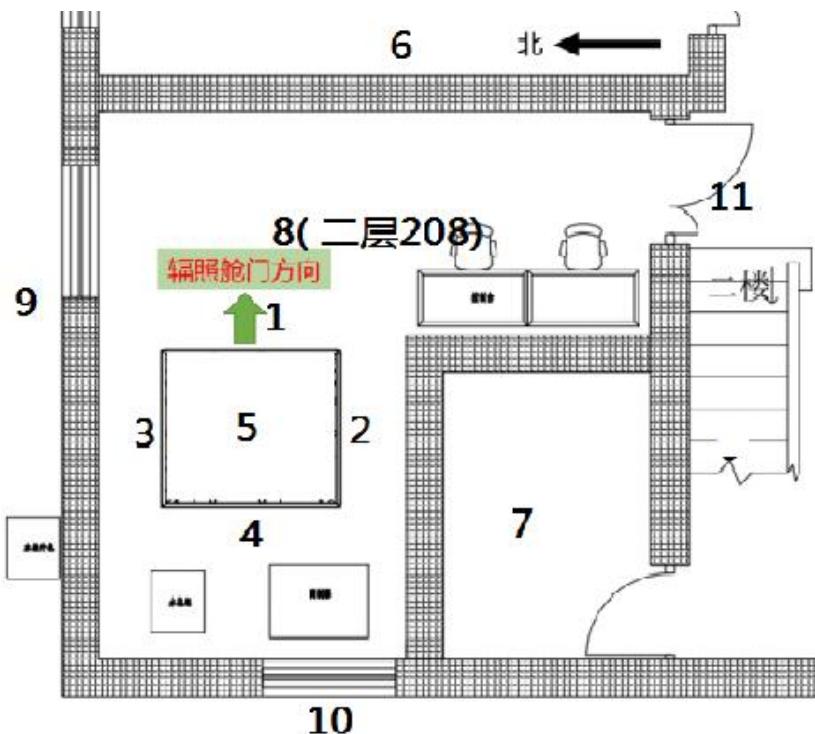


图 8-1 108 实验室剂量率监测点位示意图

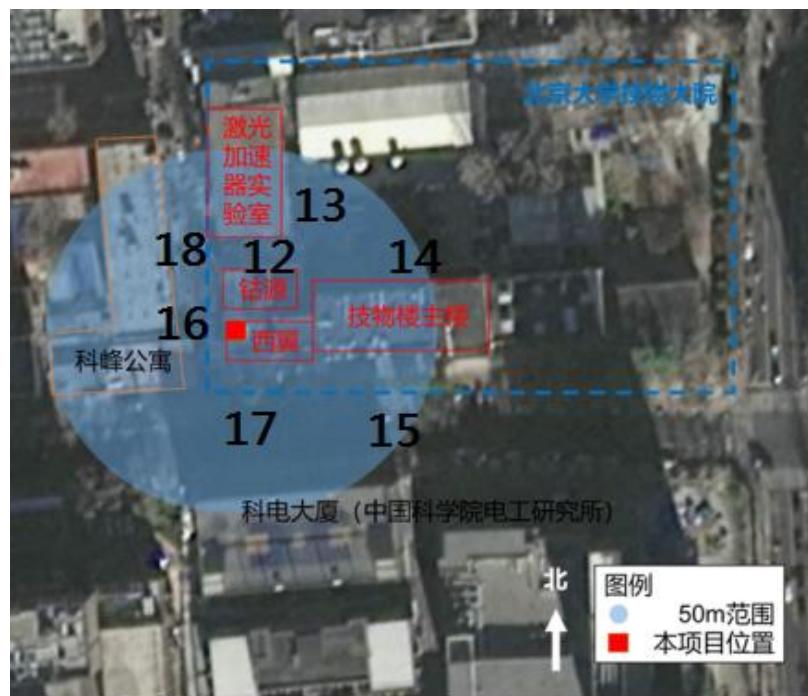


图 8-2 周边环境剂量率监测点位示意图

5. 监测仪器及方法

5.1 监测设备

本次监测拟采用的监测设备及主要性能指标见表 8-1。

表 8-1 监测设备及主要性能指标

仪器名称	型号	出厂编号	主要技术性能指标	检定有效期
X、 γ 辐射剂量率仪	FH40G-X +FHZ672-10	031010+11315	测量范围: 10nGy/h~100 μ Gy/h; 能量响应: 48keV~6MeV 相对响应之差小于 $\pm 15\%$ (相对于 ^{137}Cs 参考 γ 辐射源); 准确度: <20% (针对 ^{137}Cs 剂量率大于 100nGy/h)。	2025/12/29

5.2 监测方法

γ 辐射剂量率: 采用便携式监测仪表, 以定点及巡测的测量方式进行。监测 γ 辐射剂量率时, 一般为仪表探头离地 1m 高, 每点测量 10 次, 每次间隔 5 秒钟, 取平均值作为监测点监测值。

6. 监测依据

- 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002);

- 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);
- 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)。

7. 监测结果

院内 γ 辐射剂量率和中子周围剂量当量率监测结果见表 8-2, 院外 γ 辐射剂量率监测结果见表 8-3。

表 8-2 108 实验室内拟建装置位置 γ 辐射剂量率监测结果

测点编号	测量位置	γ 辐射剂量率 (nGy/h)
1	加速器正面	116±2
2	加速器左侧	113±1
3	加速器右侧	105±1
4	加速器后面	113±1
5	加速器顶部	113±1

注: 监测结果未扣除宇宙射线响应值 11nGy/h。

由表 8-2 可知, 108 实验室内测点 γ 辐射剂量率监测结果的范围为 (105~116) nGy/h (监测结果含宇宙射线响应值 11nGy/h)。

表 8-3 实验室周边环境监测结果

测点编号	测量位置	γ 辐射剂量率 (nGy/h)
6	房间北侧墙外 106 实验室	112±2
7	房间东侧墙外男卫	127±2
8	房间二楼 208 实验室	106±2
9	房间北侧窗外	93±1
10	房间西侧窗外	111±1
11	房间南侧门外	111±1
12	钴源门口	94±2
13	北京大学激光加速器实验室门口	86±2
14	技物楼主楼门口	107±2
15	中国科学院电工所	65±1
16	科峰公寓门口	86±1
17	房间南侧墙外市政道路	51±1
18	房间西侧墙外市政道路	86±3

注: 监测结果未扣除宇宙射线响应值 11nGy/h。

由表 8-3 可知, 108 实验室周边环境测点 γ 辐射剂量率监测结果的范围为 (51~127) nGy/h (监测结果含宇宙射线响应值 11nGy/h)。

9.结论

108 实验室内测点 γ 辐射剂量率监测结果的范围为 (94~105) nGy/h (监测结果扣除宇宙射线响应值 11nGy/h)。根据《2015—2022 年北京市环境放射性水平监测与评价》(北京市核与辐射安全中心, 中国辐射卫生, 2024 年 6 月), 北京市室内 γ 剂量率为 42.3~151.6nGy/h (监测结果扣除宇宙射线响应值), 本项目实验室内环境测点 γ 辐射剂量率处于本底水平。

108 实验室周边环境测点 γ 辐射剂量率监测结果的范围为 (40~115) nGy/h (监测结果扣除宇宙射线响应值 11nGy/h)。根据《2015—2022 年北京市环境放射性水平监测与评价》(北京市核与辐射安全中心, 中国辐射卫生, 2024 年 6 月), 北京市道路 γ 剂量率为 14.7~105nGy/h (监测结果扣除宇宙射线响应值), 本项目实验室周边环境测点 γ 辐射剂量率处于本底水平。

表 9 项目工程分析和源项

1.工作原理及组成部分
(1) 装置组成
本项目自屏蔽电子加速器辐照装置为立式自屏蔽电子加速器辐照装置，加速器外壳长 1.734m，宽 1.951m，高 2.030m，如图 9-1 所示。
本项目自屏蔽电子加速器辐照装置运行时电子束朝向装置底部照射，加速器内部主要结构包括：微波机头、电子枪、加速管、陶瓷波纹管组件、波导窗、波导、钛泵、扫描磁铁、扫描盒、主机室、辐照室等，如图 9-2、图 9-3 所示。
(1) 微波机头：机头主要由磁控管、四方环流器、脉冲变压器、波导、电源、分水器等关键部件组成，主要负责从调制器接收高压脉冲，通过磁控管产生射频微波，并经过波导系统馈入到驻波加速管中，在加速器形成正向波与反向波，二者叠加形成驻波。
(2) 电子枪：二级热阴极枪，是产生电子的器件，当加上枪高压时电子被加速并打入加速管内。
(3) 加速管：是加速电子的谐振腔列，微波功率馈入加速管后建立交替的加速电场，使电子获得持续的加速。
(4) 陶瓷波纹管组件：连接加速管与扫描盒的组件，陶瓷段可以通过电流互感器检测束流。
(5) 波导窗：保证微波功率馈入加速管的同时隔绝加速管内部与外部波导系统。
(6) 波导：传输微波功率的器件。
(7) 钛泵：维持加速管及扫描盒内部的真空。
(8) 扫描磁铁：电子加速器辐照装置都需要一定宽度的电子束，扫描磁铁在三角波电流的控制下产生交替变化的磁场使电子发生偏转，形成扇形电子束。
(9) 扫描盒：提供扇形电子束所需要的真空空间，50 微米厚度的钛窗保证真空的同时能让电子顺利通过。
(10) 主机室：通过自身结构材料（如铅、混凝土等）实现辐射屏蔽的辐射防护空间，内有辐照装置主要结构部件。
(11) 辐照室：具备自屏蔽功能的辐射加工设备核心区域。

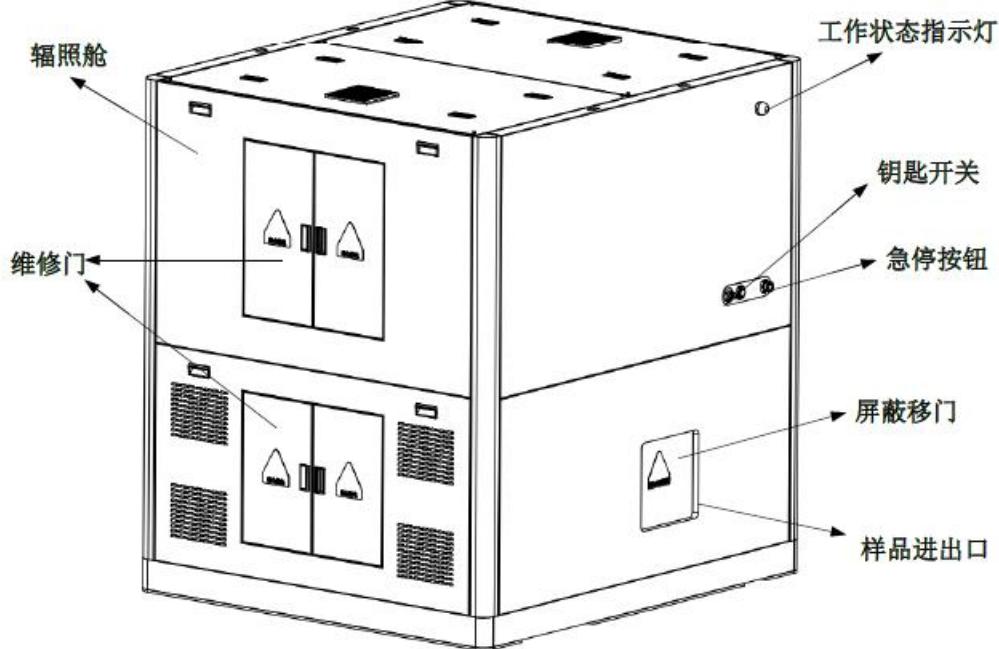


图 9-1 本项目装置外部结构示意图

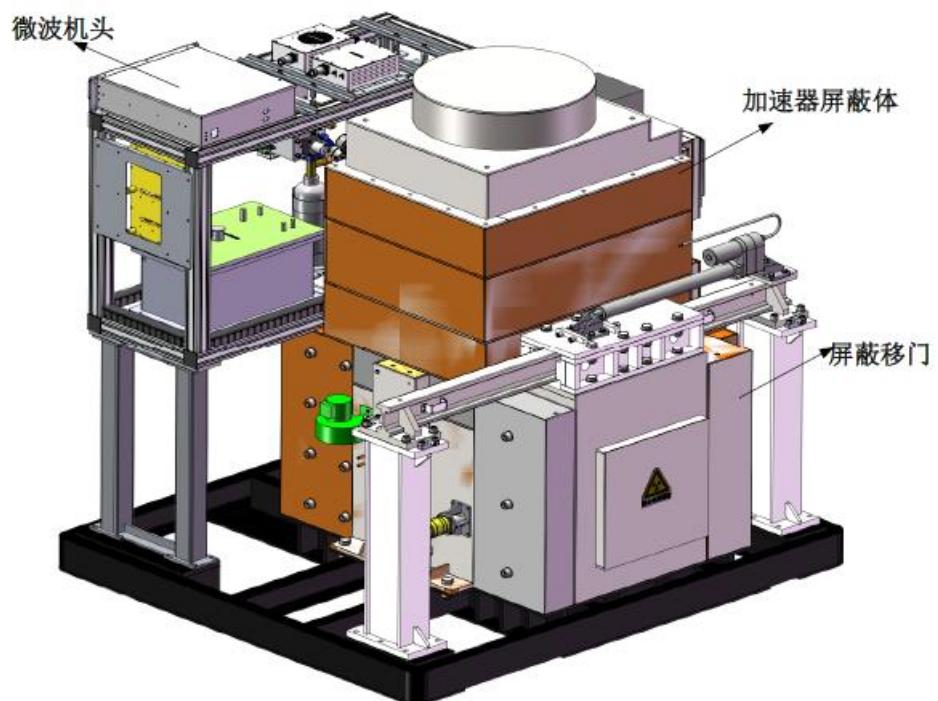


图 9-2 本项目装置内部结构示意图

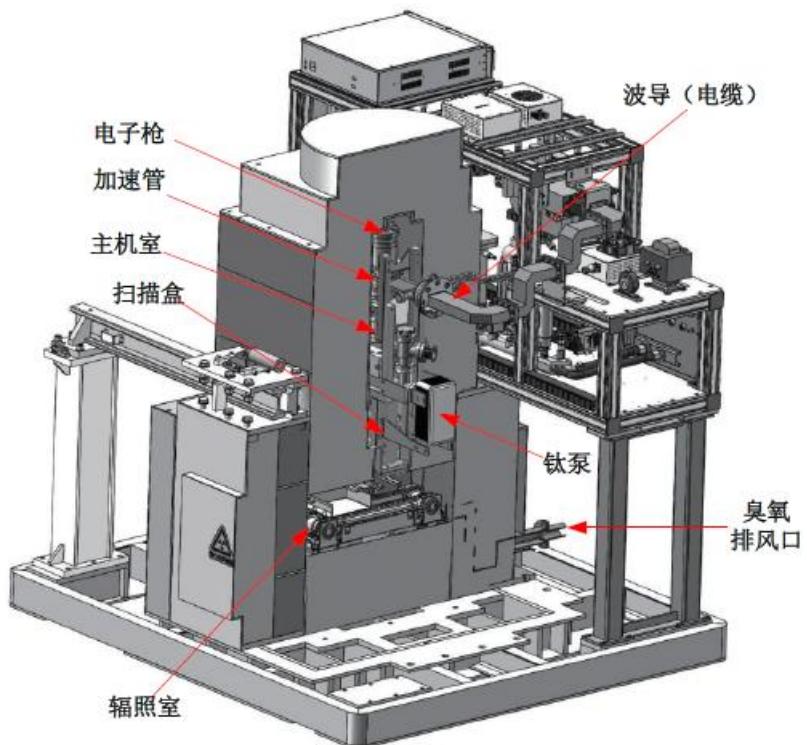


图 9-3 自屏蔽电子加速器辐照装置内部结构剖面示意图

(2) 工作原理

电子加速器辐照装置是使电子在高真空场中受磁场所控制，电场力加速而获得高能量的特种电磁、高真空装置，是人工产生各种高能电子束或 X 射线的设备。

本项目电子加速器辐照装置工作原理可概括为：脉冲调制器产生的高压脉冲，通过一个脉冲变压器提供给磁控管。磁控管产生的射频微波，经过微波传输系统馈入到驻波加速管中，在加速管中形成正向波与反向波，二者叠加形成驻波。调制器内的电子枪电源产生的高压脉冲通过电子枪前置变压器给加速管的电子枪提供高压脉冲。这些高压脉冲将电子从电子枪的由灯丝加热的阴极上拉出来，并将其加速至加速管的加速腔中。电子与加速腔中的轴向驻波电场相互作用，并从其中吸收能量，不断加速。电子经过加速管进入扫描盒，在扫描磁场作用下形成扇形束，透过钛膜打到辐照样品上，进行辐照处理。

电子加速器辐照装置工作原理示意图见下图。

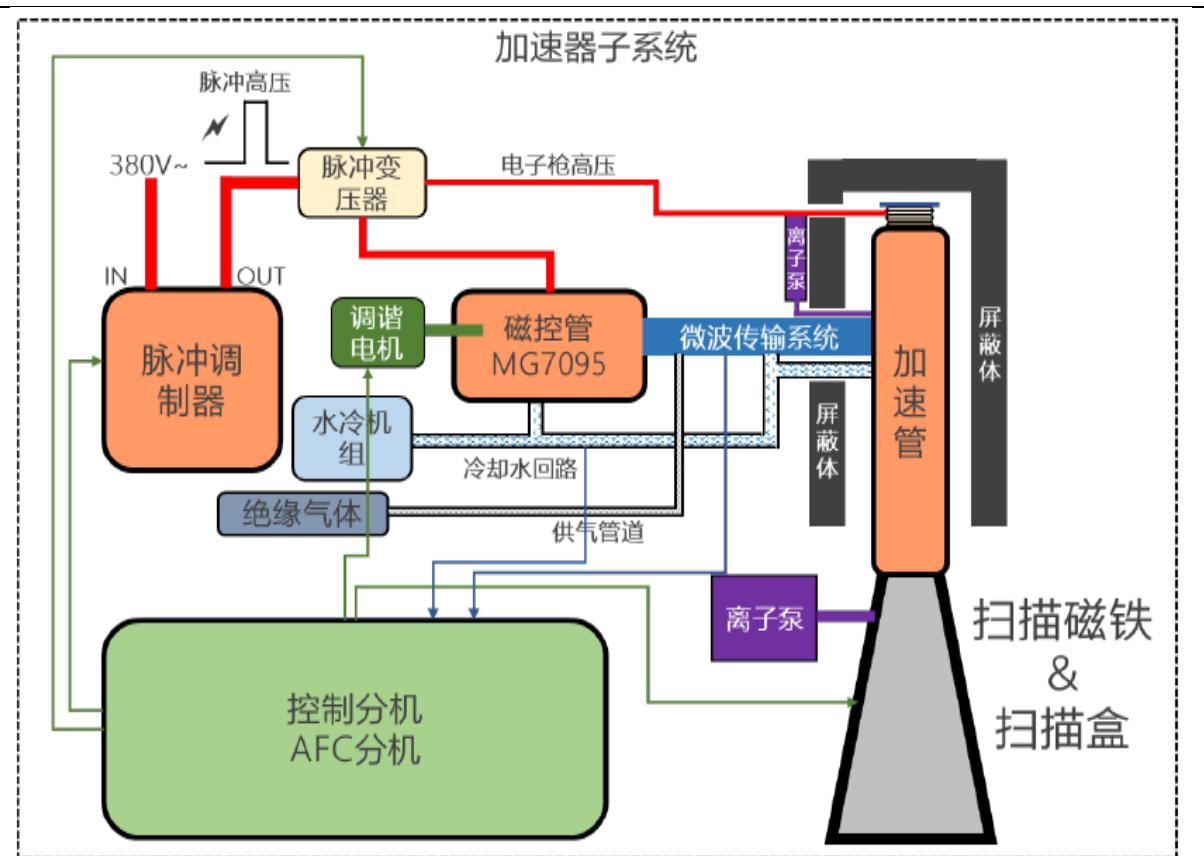


图 9-4 电子加速器辐照装置工作原理示意图

2 操作工艺流程和人员配置

2.1 操作流程

- 1) 设备进行上电启动、预热；
- 2) 设备防护门关闭，系统自检安全联锁；
- 3) 通入反应气体；
- 4) 启动辐照；
- 5) 完成设定辐照时间的辐照/完成设定体积气体的辐照；
- 6) 辐照后的气体经过金属气管返回容器。
- 7) 停止出束。
- 8) 关闭气路。

2.2 人员配置

本项目运行期间配备 5 名工作人员，1 名为项目运行、项目直接负责人，2 名承担辐射反应探索工作，2 名承担辐射材料合成工作，这 5 名工作人员在设备运行期间

于自屏蔽双模式辐照仪所在实验室开展工作，自屏蔽双模式辐照仪每天最多出束 5 小时，每年最多出束 300 天，因此任一名工作人员年最多受照时间为 1500h。

3 辐射源项描述

3.1 正常工况

设备联锁就绪后，系统正常出束辐照，完成样品辐照。该过程中虽然有自屏蔽的保护，但是仍有极少量射线装置产生的 X 射线或电子束出现透射，对操作装置的工作人员造成一定的影响。本项目所使用的 SRA0302 双模式辐照仪最大能量 3.0MeV，额定电流 0.67mA，屏蔽体为钢板和铅板。

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置工作时采用内循环冷却水系统，冷却水循环使用，不外排，损失主要来自于自然蒸发。本项目自屏蔽电子加速器辐照装置在工作过程中没有放射性废水、废气及放射性固体废物产生。

3.2 事故工况

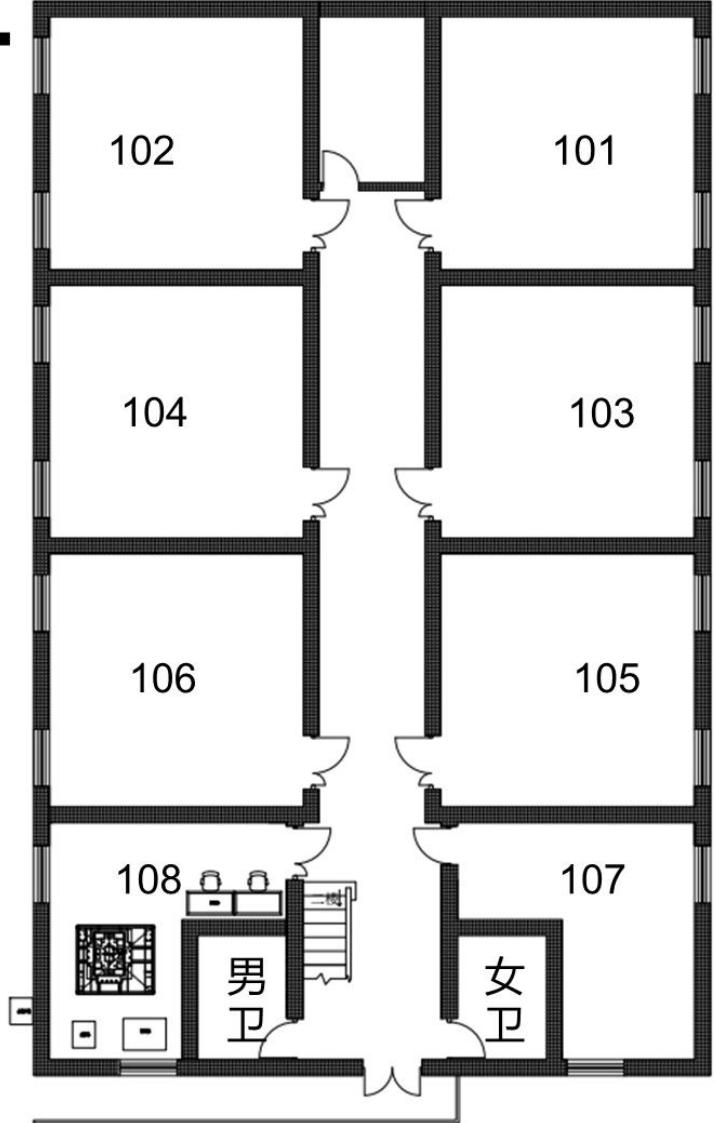
本项目为自屏蔽电子加速器辐照装置，工作人员无法进入屏蔽体内。因此即便设备联锁未就绪即出束，人员也不会待在自屏蔽体内部受到误照射。

主要的事故工况是当辐照装置发生故障进行维修，拆除自屏蔽并调试时出束，可能造成人员误照射，出束时间不超过 30 秒，维修人员与 X 射线/电子束出束点距离不少于 50cm。

4 非辐射源项

本项目主要的非辐射源项为：自屏蔽电子加速器辐照装置在调试过程中，会使空气在强电离辐射的作用下，产生一定量的臭氧和氮氧化物。自屏蔽电子加速器辐照装置输出的直接致电离粒子束流越强，臭氧和氮氧化物的产额越高。其中臭氧的毒性最大，产额最高，不仅对人体产生危害，同时能使橡胶等材料加速老化。

表 10 辐射安全与防护

1 厂房布局	
本项目设备放置北京大学技物大院技物楼 3-108 (西翼 108) 实验室中央, 技物楼一楼厂房布局如下图所示。	
北	
图 10-1 本项目一楼厂房布局	
2 辐射工作场所分区	为便于辐射防护管理和职业照射控制, 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的规定, 应将辐射工作场所分为控制区和监督区。控制区是指需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域; 监督区是指

通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

本项目设备为自屏蔽，自屏蔽体外剂量率计算结果均低于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，因此本项目将项目所在屏蔽体内部设为控制区，屏蔽体外部实验室其他区域划为监督区。

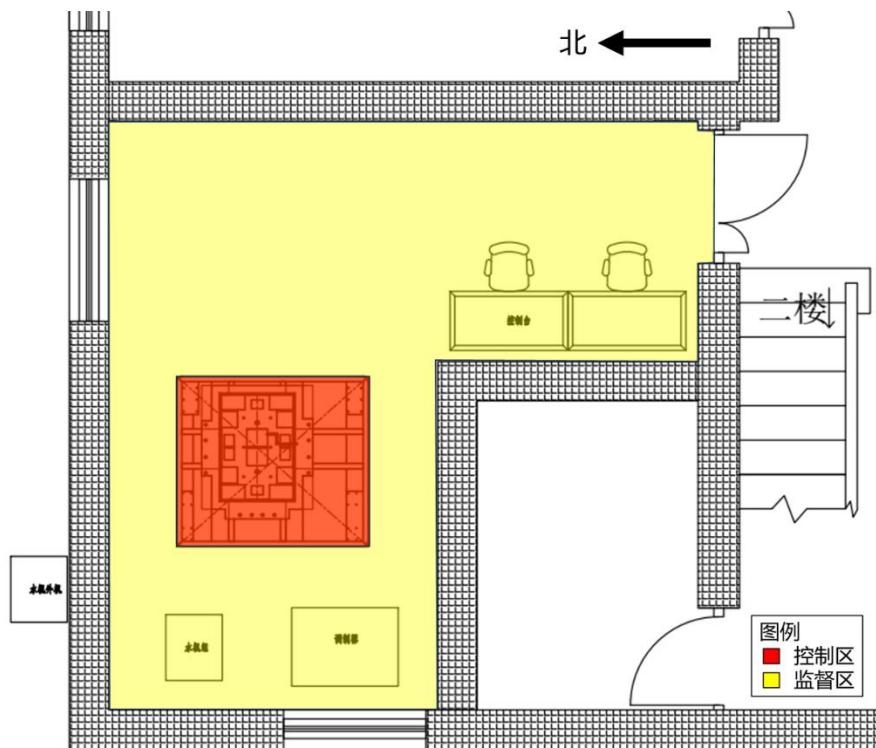


图 10-2 本项目辐射工作场所分区图

3 人流物流设计

设置人流物流路线如下图所示。人流物流均从西北侧入口进入技物楼 3，然后向东走到 108 实验室，完成实验后原路返回。具体如下图所示。

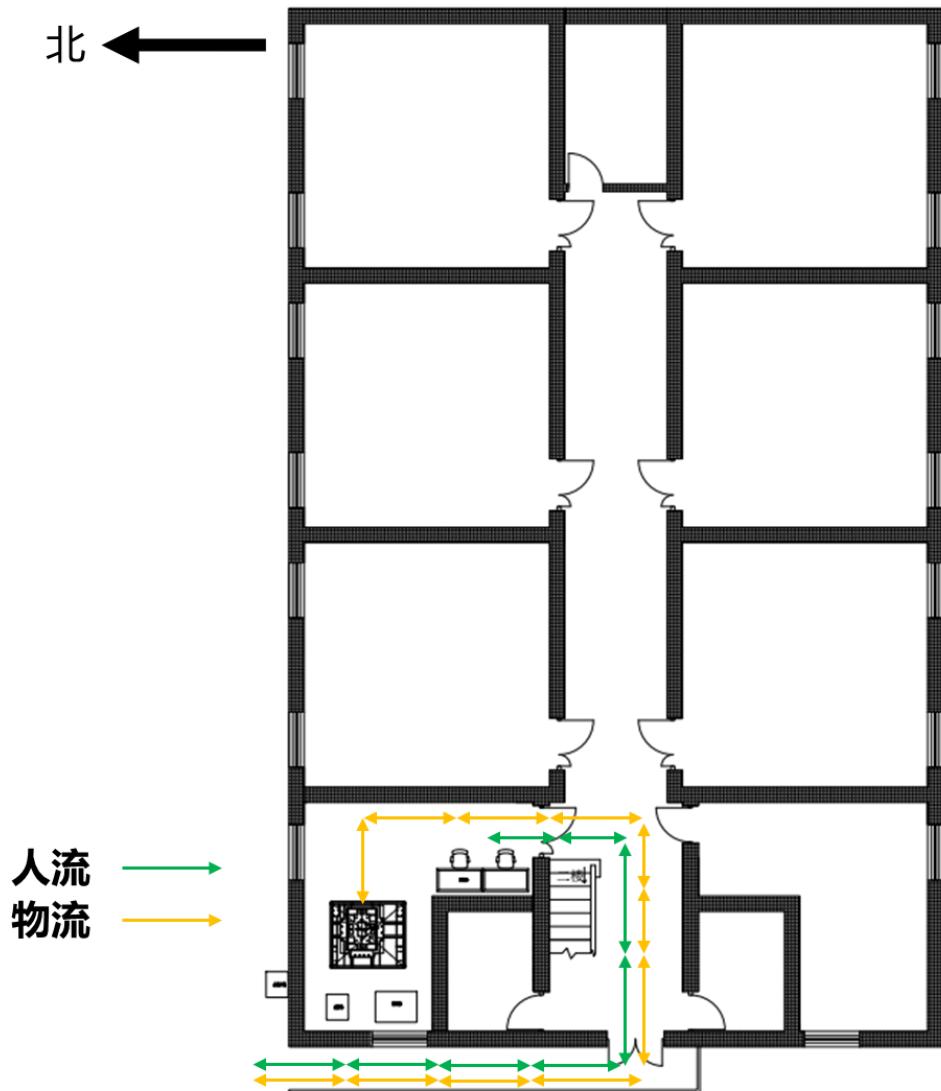


图 10-3 本项目厂房人流物流图

4 布局与屏蔽

4.1 机房布局

由于本身带自屏蔽体，所以房间不进行辐射防护改造，利用房间原有主体结构即可。装置所在实验室东西长 6.00m，南北宽 6.00m，高 3.80m。

本项目加速器机房内部布局图如下图所示，加速器位于机房中央，南侧布置控制台，西北侧布置调制器、水机组，在机房西北侧墙外设置水机外机，辐照舱门朝向东侧。

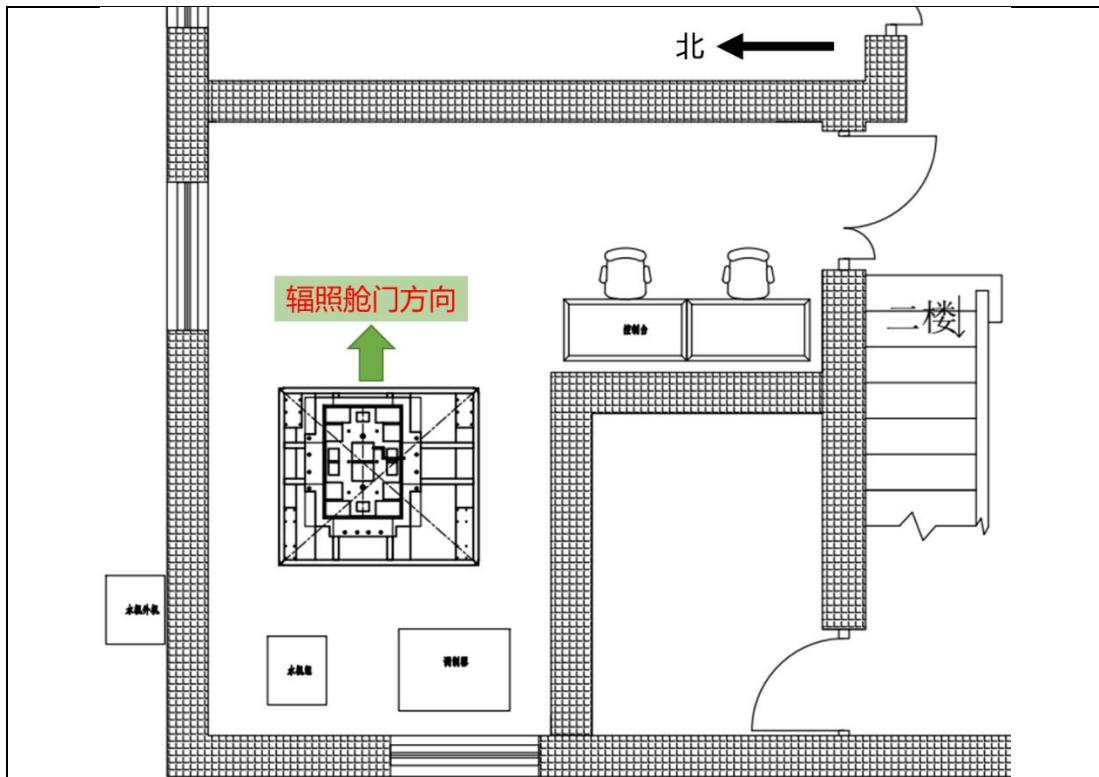


图 10-4 本项目加速器机房内部布局图

其中，加速器及机房尺寸如下图所示。加速器长 1.734m，宽 1.951m，高 2.030m；装置所在实验室东西长 6.00m，南北宽 6.00m，高 3.80m，墙厚 0.2m。

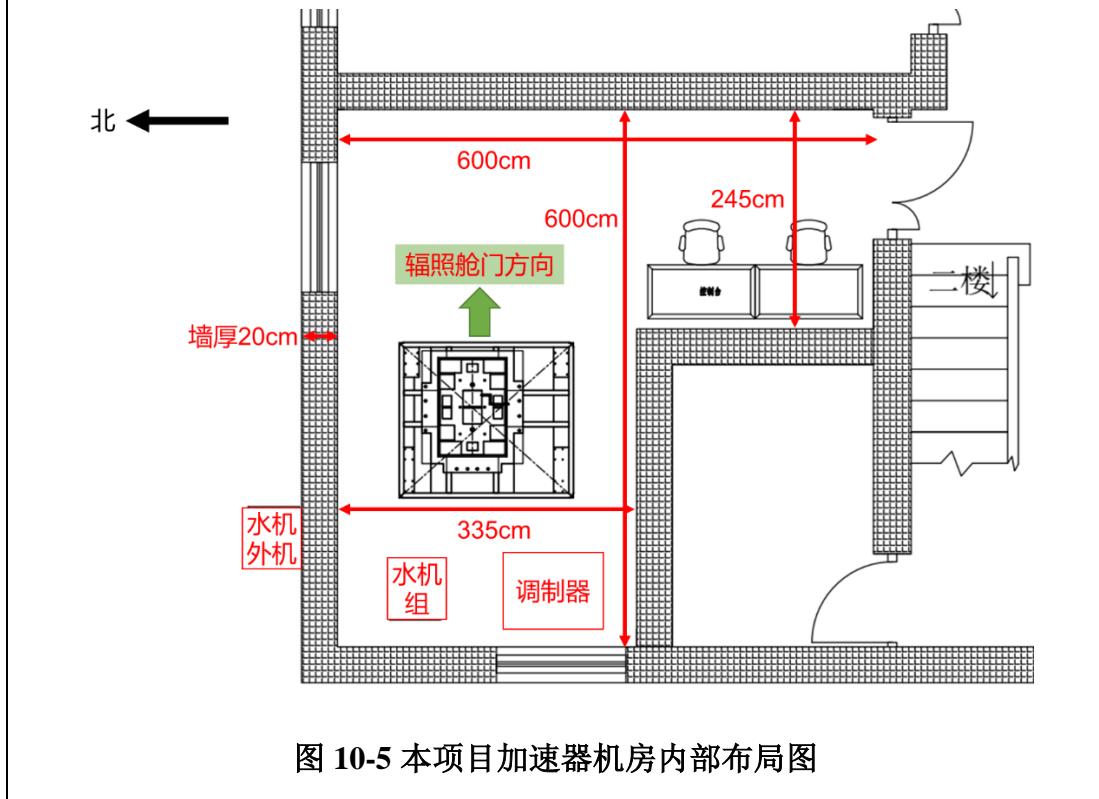


图 10-5 本项目加速器机房内部布局图

4.2 加速器屏蔽设计

本项目所使用加速器屏蔽设计如下表所示。

表 10-1 加速器屏蔽设计一览表

外径尺寸	屏蔽部位		屏蔽材料及厚度
1.951m× 1.734m× 2.030m	主机室	东侧	16mmFe+264mmPb
		南侧	16mmFe+254mmPb
		西侧	18mmFe+171mmPb
		北侧	16mmFe+254mmPb
		顶部	16mmFe+289mmPb
	辐照室	东侧	16mmFe+350mmPb
		南侧	3mmFe+330mmPb
		西侧	16mmFe+362mmPb
		北侧/屏蔽移门	3mmFe+330mmPb
		底部	18mmFe+420mmPb
	防护门	辐照室屏蔽移门的门洞 0.33m 宽×0.229m 高, 屏蔽移门 0.93m 宽×0.825m 高; 屏蔽移门左右各搭接 0.3m, 上方搭接 0.3m, 下方搭接 0.296m; 屏蔽移门与屏蔽体缝隙宽度小于 2mm; 辐照舱设有维修门, 维修门无屏蔽功能, 未与辐照舱体搭接, 上维修门 0.7m 宽×0.7m 高, 下维修门 0.7m 宽×0.6m 高	
	电缆、通风管道	屏蔽体内通风管道及电缆管道拟采用迷道式设计, 屏蔽体内 X 射线至少经过 4 次散射方能到达管道出口处	

屏蔽设计图详见下图。

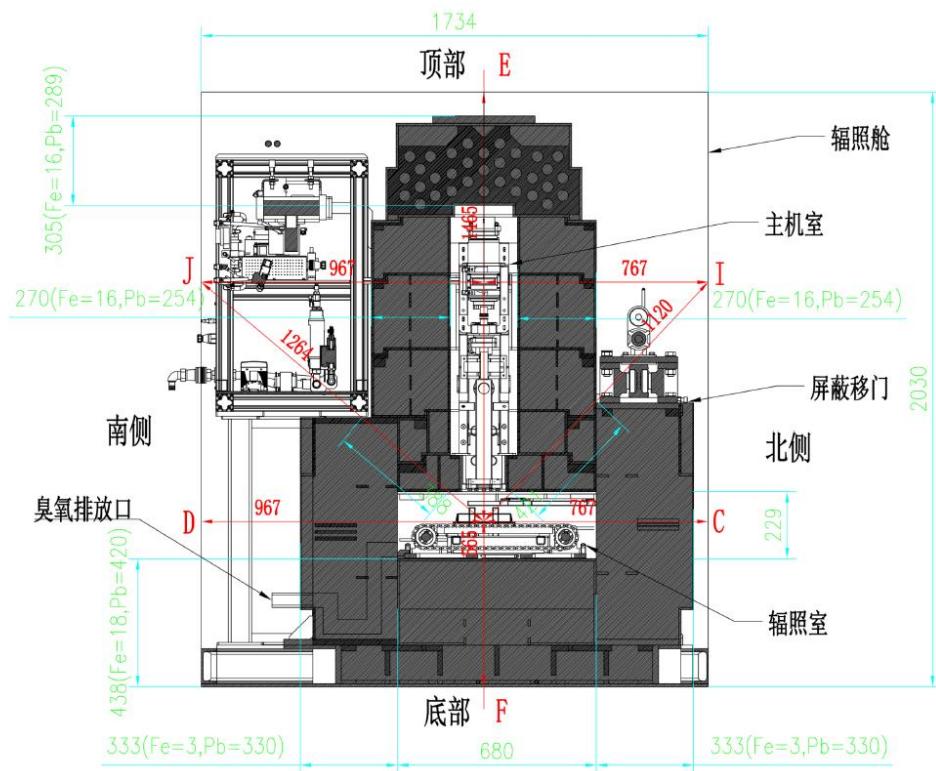


图 10-6 本项目加速器屏蔽设计图

5 辐射防护措施

5.1 安全联锁系统

本设备具备完善的安全联锁系统，充分保障操作人员与设备的安全。不过，由于工作人员无法进入辐照室内部，故辐照室内未设置巡检按钮及急停装置；本项目辐照室密封，内部材质均为钢板+铅板，属于不可燃物质，故未设置烟雾报警装置。

具体安全联锁设计为：

(1) 加速器控制台上配备钥匙开关，钥匙开关控制加速器系统的运行，钥匙开关为未闭合状态时电子加速器辐照装置无法开机。电子加速器辐照装置开机钥匙由专人负责保管，确保他人不能随意开启设备。

(2) 电子加速器辐照装置辐照舱入口及操作位处拟各设置 1 个急停按钮，当紧急情况发生时，触发急停按钮，电子加速器辐照装置立即断开高压。

(3) 电子加速器屏蔽移门及辐照舱的维修门拟设限位开关，均与束流控制和加速器高压联锁，当任一门打开时，电子加速器辐照装置不能开机，如果电子加速器辐照装置运行中门被打开则电子加速器辐照装置应自动断开高压。

(4) 电子加速器主屏蔽体设计有束流联锁以及排风联锁等电子联锁装置，当加速器的束流超出预先设定范围，或排风系统出现故障时，各联锁装置启动，加速器自动断开高压，停止出束。

(5) 电子加速器辐照舱入口顶端拟与控制台各设置 1 个工作状态指示灯，其中绿色表示设备上电，黄色表示安全联锁就绪，红色指示设备处于出束运行状态。工作状态指示灯与电子加速器联锁。

(6) 控制台设置蜂鸣器，当出束状态下联锁被破坏（含急停），蜂鸣器将报警，按下复位按钮后蜂鸣停止，才能继续供束。

(7) 电子加速器辐照装置的控制与束下装置（用于将加速器产生的电子束引导至目标物料进行辐照加工的装置）联锁，样品盒在小板链带动下往复运动。束下装置中的驱动部分接入联锁系统，当束下装置出现异常动作时，加速器自动断开高压，停止出束。

(8) 电子加速器辐照装置主屏蔽体设计有冷却水温度及流量传感器，当加速器的冷却水温度或流量不达标，加速器自动断开高压，停止出束。

(9) 电子加速器辐照装置设计有辐射监测系统与剂量联锁装置，辐照舱样品进出口处拟设置 1 个监测探头，房间东南西北墙上各设置 1 个，合计 5 个伽马剂量探头，显示装置设于控制柜上，检测辐射泄漏剂量率大于设定值时，设备将自动断开高压，停止出束。

(10) 拟在加速器辐照舱外醒目位置设置电离辐射警告标志，防止无关人等靠近辐照装置。

(11) 本项目电子加速器辐照装置辐照室尺寸为 0.33m 宽 × 0.68m 长 × 0.229m 高，辐射工作人员无法进入辐照室内部，故辐照室内未设置巡检按钮及急停装置；本项目辐照室密封，内部材质均为钢板+铅板，属于不可燃物质，故未设置烟雾报警装置。

安全联锁设备位置图如下图所示。

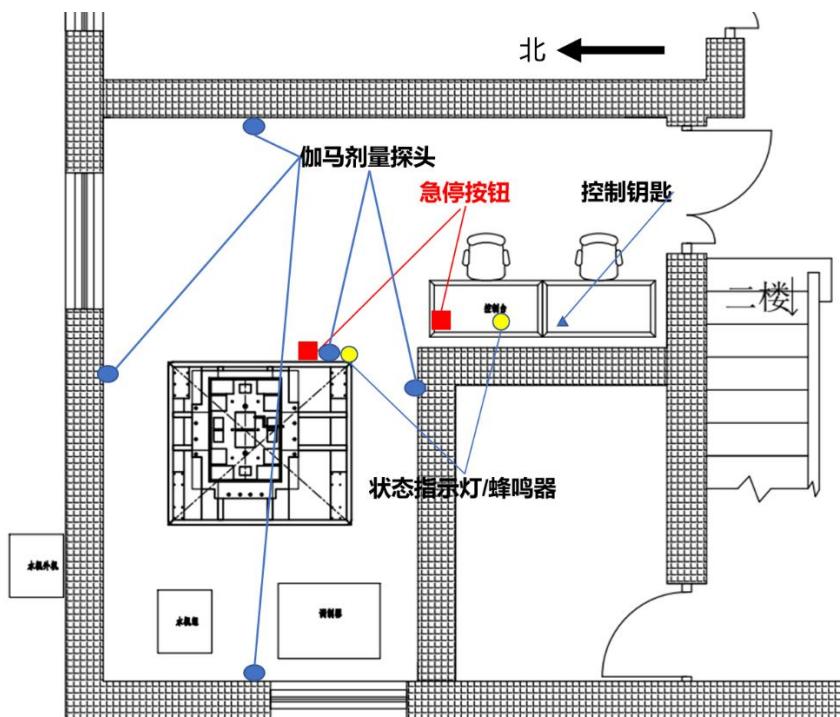


图 10-7 本项目安全联锁设备位置图

5.2 通风系统

电子加速器辐照装置在工作状态时，产生的 X 射线会使屏蔽体内空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物。电子加速器辐照装置输出的直接致电离粒子束流越强，臭氧和氮氧化物的产额越高。由于臭氧的产额约为氮氧化物的三倍，所以本项目主要考虑臭氧对环境的影响。

电子加速器辐照装置在工作状态时，产生的 X 射线会使屏蔽体内空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物。电子加速器辐照装置输出的直接致电离粒子束流越强，臭氧和氮氧化物的产额越高。由于氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，且以臭氧的毒性最高，所以本项目主要考虑臭氧对环境的影响。本项目自屏蔽电子加速器辐照装置拟采用机械排风，排风口拟从辐照舱南侧引出，通过外接管道引至室外楼顶，风机拟设于楼顶，辐照舱拟设置排风量约 1000m³/h 及进风量约 200m³/h，使加速器辐照室内部始终处于负压状态，防止臭氧和氮氧化物溢出。进楼风机通过进风管道将风输送至扫描盒；排风机将装置内臭氧和氮氧化物通过排气管引至楼顶排放，排气口拟设置于 12 米高度。本项目电子加速器辐照装置的屏蔽体净体积均约为 0.2m³，通风换气次数每小时可达 500 次以上。

排风图如下图所示。

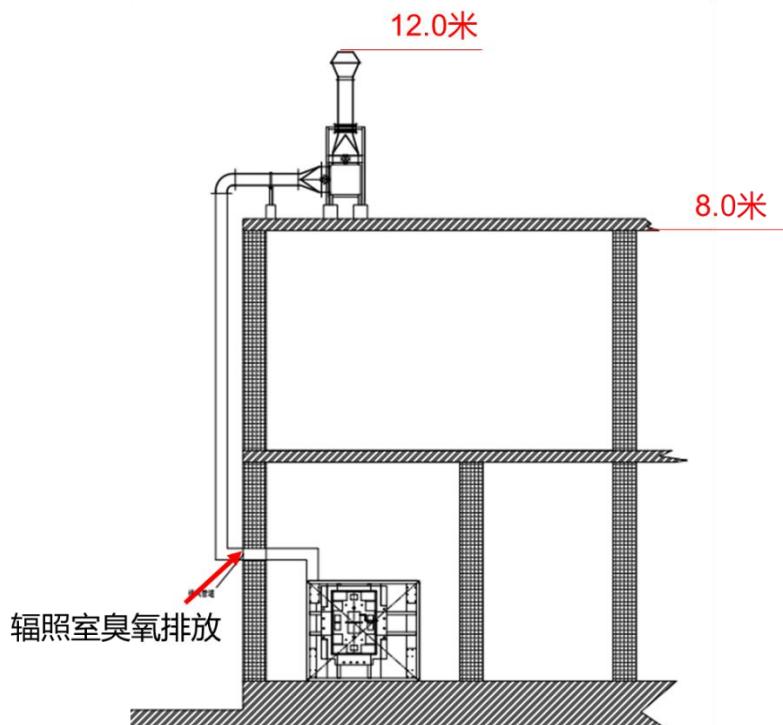


图 10-8 本项目排风系统图

6 监测仪器

表 10-2 监测仪表清单

仪器名称	环境剂量监测仪
数量	1
型号	RG1000
用途	监测 X 射线、 γ 射线和硬 β 射线

测量范围	剂量当量率: 0.01 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ~1 mSv/h ; 累积剂量当量: 0.00 μSv ~999.9 Sv ;
能量响应	48 keV~3.0 MeV
精度	相对误差<10% (在 1 mSv/h 时)
设备情况	正常

7 放射性三废的治理

本项目运行过程中无放射性废气、废水和固废产生。

表 11 环境影响分析

1 建设阶段对环境的影响

本装置为射线装置，设备带自屏蔽，建设时不需要改造房间，只需将部件组装调试即可，不涉及出束，对室外环境和周围人群的影响较小。

2 运行阶段对环境的影响

2.1 屏蔽体外剂量率计算

出于保守计算考虑，本报告中对装置四周屏蔽和顶部各方向主要射线种类均按主束照射考虑，按照最大管电压 3.0MeV 和最大管电流 0.67mA 的工况进行估算。本项目参考 NCRP-51 和 NCRP-151 报告中的公式进行理论计算。

（1）计算公式

电子束辐照产品会产生轫致辐射（X 射线），X 射线是电子加速器辐照装置辐射防护设计中的主要辐射源。计算距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率公式为：

$$H_M = \frac{B_x}{d^2} \cdot D_{10} T \quad \text{式 (11-1)}$$

$$D_{10} = 60 \cdot Q \cdot I \cdot f_e \quad \text{式 (11-2)}$$

$$B_x = 10^{-n} \quad \text{式 (11-3)}$$

$$n = \sum n_i \quad \text{式 (11-4)}$$

$$S_i = T_{1i} + (n_i - 1)T_{ei} \quad \text{式 (11-5)}$$

式中， H_M 为参考点周围剂量当量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

B_x 为 X 射线的屏蔽透射比，指在屏蔽体入射面的吸收剂量率，经屏蔽厚度按该透射比减弱，使屏蔽体的出射面剂量率达到所要求的水平；

d 为 X 射线源与参考点之间的距离， m ；

D_{10} 为距离 X 射线源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率， Gy/h ；

T 为居留因子；

Q 为 X 射线发射率， $\text{Gy}/(\text{m}^2 \cdot \text{mA} \cdot \text{min})$ ；

I 为电子束流强度， mA ；

f_e 为 X 射线发生率修正公式；

n 为十分之一值层的个数；

n_i 为第 i 种屏蔽体的十分之一值层的个数；

S_i 为第 i 种屏蔽体的厚度, cm;

T_{1i} 为在第 i 种屏蔽的厚度中, 朝向辐射源的第一个十分之一值层, cm;

T_{ei} 为第 i 种屏蔽的平衡十分之一值层, 该值近似于常数, cm。

(2) 参数选择

对于 3.0MeV 单能电子入射, 在距靶 1m 处的 X 射线发射率 Q 为前向 $14 \text{ Gy}/(\text{m}^2 \cdot \text{mA} \cdot \text{min})$, 侧向 $3.2 \text{ Gy}/(\text{m}^2 \cdot \text{mA} \cdot \text{min})$, 本项目为保守起见, 均按前向计算;

本项目中, 取最大电子束流强度 $I=0.67\text{mA}$;

NCRP-151 中对于 3.0MeV 单能电子入射, 在距靶 1m 处的 X 射线发射率 Q 是针对电子束打高 Z 靶时的数据, 而本项目拟用于辐射化学、生命科学、诱变育种等研究, 研究对象的原子核组成主要是 H、C、O、N 等, 这里参照原子序数相近的靶材为“铝、混凝土”的修正系数进行修正, 0° 方向的修正系数 f_e 为 0.5, 而 90° 方向的修正系数 f_e 为 0.3, 本项目为保守起见, 均按 0° 方向的修正系数 0.5 计算;

本项目为保守起见, 居留因子 T 取 1;

本项目使用铁和铅作为自屏蔽体, 根据 NCRP-151, 入射电子能量为 3.0MeV 时, 铁屏蔽的第一个十分之一值层 T_{11} 为 8.7cm, 铁屏蔽的平衡十分之一值层 T_{e1} 为 8.2cm; 而铅屏蔽的第一个十分之一值层 T_{12} 为 4.5cm, 铅屏蔽的平衡十分之一值层 T_{e2} 为 4.9cm。

(3) 估算结果

自屏蔽体外 30cm 处剂量率估算结果见表 11-1, 点位图见图 11-1。

表 11-1 自屏蔽体外剂量率计算结果

序号	点位描述	$d, \text{ m}$	$S_1, \text{ cm}$	$S_2, \text{ cm}$	$H_M, \mu\text{Sv}/\text{h}$
1	装置南面白屏蔽体外 30cm	1.28	0.3	33	2.77E-05
2	装置西面白屏蔽体外 30cm	1.17	1.6	35	9.00E-06
3	装置北面白屏蔽体外 30cm	1.28	0.3	33	2.77E-05
4	装置东面白屏蔽体外 30cm	1.17	1.6	35	9.00E-06
5	装置顶部白屏蔽体外 30cm	1.32	1.6	28.9	1.24E-04

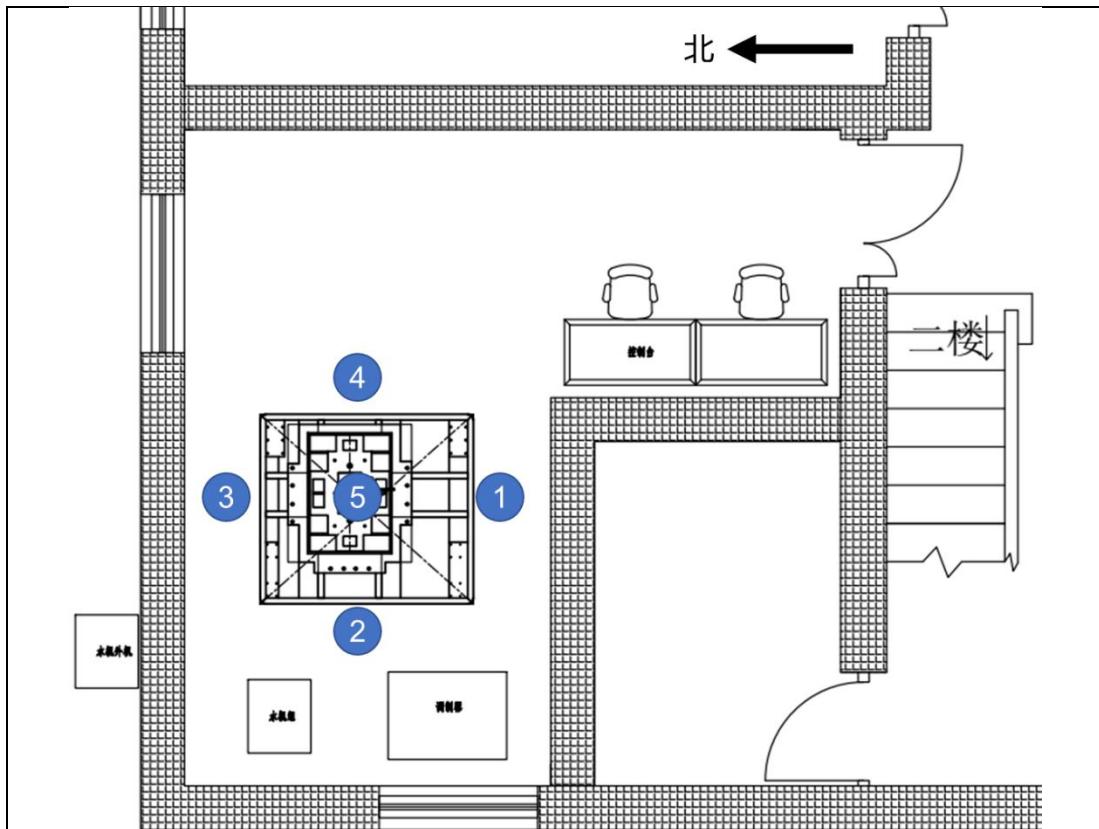


图 11-1 自屏蔽体外剂量率关注点位图

从表 11-2 可知，按照最大管电压和最大管电流的工况和自屏蔽体周围均按受到主束照射的情况下估算得到的自屏蔽体周围的剂量率均低于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

2.2 工作人员年受照剂量分析

本项目为自屏蔽射线装置，由于装置最大运行能量较小，基本无感生放射性影响，人员受照剂量仅由透射出自屏蔽体的 X 射线造成。由于工作人员在设备运行期间可自由进出实验室，保守取年最大受照时间 1500h，剂量率取屏蔽体外最大值 $1.24\text{E-}04\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

工作人员年受照剂量计算公式如下：

$$H = D \times T \times t \quad \text{式 (11-6)}$$

式中，H 为人员年受照剂量， mSv/a ；

D 为人员所在区域剂量率， mSv/h ；

T 为居留因子，辐射工作人员居留因子取 1；

t 为人员年受照时间, h/a 。

表 11-2 工作人员受照剂量估算结果

剂量率水平, $\mu\text{Sv}/\text{h}$	受照时间, h	居留因子	受照剂量, mSv/a
1.24E-04	1500	1	1.86E-04

由上表可知, 工作人员年最大受照剂量为 $1.86\text{E-}04\text{mSv}/\text{a}$, 再结合 2024 年工作人员受照剂量的最大值 $0.62\text{mSv}/\text{a}$, 实际年受照剂量不超过 $0.62\text{mSv}/\text{a}$, 小于剂量约束值 $2\text{ mSv}/\text{a}$ 。

2.3 公众年受照剂量分析

瞬时照射影响对象主要考虑评价范围内非辐射工作人员或公众成员, 所受瞬时辐射照射剂量由下式计算。这里除了自屏蔽外, 不考虑其他屏蔽(如四周混凝土墙), 因此计算结果足够保守。

$$H=D \times T \times t \quad \text{式 (11-7)}$$

式中, H 为人员年受照剂量, mSv/a ;

D 为人员所在区域剂量率, mSv/h ;

T 为居留因子, 公众成员居留因子依据所在场所不同而定;

t 为人员年受照时间, h/a 。

各参数的取值和计算结果见下表。

表 11-3 双模式辐照仪周围公众受照剂量的计算参数和计算结果

位置	场所	最近距离/m	剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$	年受照时间, h	居留因子	受照剂量, mSv/a
北侧	钴源	27.1	6.18E-08	1500	1	9.27E-08
北侧	北京大学激光加速器实验室	40	2.84E-08	1500	1	4.25E-08
南侧	市政道路	27.2	6.13E-08	1500	1	9.20E-08
南侧	中国科学院电工所	47.2	2.04E-08	1500	1	3.06E-08
西侧	科峰公寓	21.2	2.74E-08	1500	1	4.11E-08
西侧	市政道路	6.2	3.21E-07	1500	1	4.82E-07
南侧	技物楼 3-107 实验室	5.3	1.62E-06	1500	1	2.43E-06
东侧	技物楼 3-106 实验室	4.1	7.33E-07	1500	1	1.10E-06
上方	技物楼 3-208 实验室	2.3	4.08E-05	1500	1	6.12E-05
南侧	男卫	2.5	7.26E-06	1500	1/16	6.81E-07

由此可以看出，上方技物楼 3-208 实验室人员所受瞬时辐射照射剂量最大，为 $6.12E-05\text{mSv/a}$ ，满足 0.1mSv/a 的要求。

2.5 放射性三废环境影响分析

本项目运行过程中，由于射线装置能量较低，不产生活化部件，无放射性三废产生。

2.6 非放射性气体环境影响分析

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 附录 B，空气在辐射照射下产生臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO_x) 等有害气体。氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，所以主要是考虑臭氧的产生及其防护。

在辐射加工中，只有仅利用 X 射线的厂房，需要考虑 X 射线产生的臭氧。而电子束和 X 射线同时使用的厂房，只需计算电子束产生的臭氧。

(1) 臭氧的产生

平行电子束所致 O_3 的产生率可以用以下公式进行保守的估算：

$$P = 45dIG \quad \text{式 (11-8)}$$

式中：

P-单位时间电子束产生 O_3 的质量 (mg/h);

I-电子束流强度，这里取最大 0.67mA ;

d-电子在空气中的行程 (cm)，应结合电子在空气中的线阻止本领 $s=2.5\text{keV/cm}$ 和实验室尺寸选取，本项目中最大电子能量 3.0MeV ，故行程为 12m ，又电子加速器辐照装置辐照室尺寸为长 0.33m ，宽 0.68m ，高 0.229m ，因此辐照室对角线距离 0.79m ；综上这里电子在空气中的行程取 79cm ；

G-空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O_3 分子数，保守值可取为 10。

据此求得，单位时间电子束产生 O_3 的质量为 $2.38E+04\text{mg/h}$ 。

(2) 辐照室臭氧的平衡浓度

在加速器正常运行期间，臭氧不断产生，考虑到室内连续通风和臭氧自身的化学分解（有效化学分解时间约为 50 分钟），辐照室空气中臭氧的平衡浓

度随辐照时间 t 的变化为：

$$c(t) = \frac{PT_e}{V} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_e}}\right) \quad \text{式 (11-9)}$$

式中：

$c(t)$ -辐照室空气中在 t 时刻臭氧的浓度 (mg/m^3);

P -单位时间电子束产生 O_3 的质量, 为 $2.38 \times 10^4 \text{ mg}/\text{h}$;

T_e -对臭氧的有效清除时间 (h)

$$T_e = \frac{T_v \times T_d}{T_v + T_d} \quad \text{式 (11-10)}$$

T_v -实验室换气一次所需时间, 本项目电子加速器辐照装置的屏蔽体净体积均约为 0.2 m^3 , 又通风系统排风量 $1000 \text{ m}^3/\text{h}$, 故实验室换气时间 $2.0 \times 10^{-4} \text{ (h)}$;

T_d -臭氧的有效化学分解时间 (h), 约为 50 分钟, 即 0.833 h 。

据此求得臭氧的有效清除时间 T_e 为 $2.0 \times 10^{-4} \text{ (h)}$ 。

当长时间辐照时, 则实验室内臭氧平衡浓度为:

$$C_s = \frac{PT_e}{V} \quad \text{式 (11-11)}$$

V -辐照室体积, 0.2 m^3 ;

C_s 为辐照室内臭氧平衡浓度, mg/m^3 ;

据此求得辐照室内臭氧平衡浓度为 $2.38 \times 10^1 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。

(3) 辐照室内的臭氧

加速器长期正常运行期间, 辐照室内臭氧达到饱和平衡浓度, 通常情况下、该浓度高于 GBZ2.1 所规定的工作场所最高容许浓度。因此, 当加速器停止运行后, 人员不能直接打开电子加速器辐照装置的辐照室取出辐照材料, 风机必须继续运行, 辐照室内臭氧浓度随时间急剧下降, 浓度变化的平衡方程为:

$$dc/dt = -C/T_e \quad \text{式 (11-12)}$$

当 $t=0$ 时,

$$C = C_s \quad \text{式 (11-13)}$$

得到浓度随时间的变化公式为：

$$C = C_s e^{-\frac{t}{T_e}} \quad \text{式 (11-14)}$$

由此可得关闭加速器后风机运行的持续时间公式为：

$$T = -T_e \ln \frac{C_0}{C_s} \quad \text{式 (11-15)}$$

式中：

C_0 -GBZ2.1 规定的臭氧的最高容许浓度， $C_0=0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ；

T -为使辐照室内臭氧浓度低于规定的浓度所须时间 (h)。

计算得到，使辐照室内臭氧浓度低于规定的浓度所须时间为 8.75E-04h ，
折合 3.15s ；

根据估算结果可知，停机后继续通风，等待 5s 再打开电子加速器辐照装置的辐照室取出辐照材料，辐照室内空气中 O_3 的浓度能够低于控制限值 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。由于 NO_x 的排放量约为 O_3 的 $1/3$ ，因此 NO_x 的浓度也能够低于控制限值。

3 事故影响分析

3.1 事故分析

(1) 事故情形

可能发生的主要事故为：当辐照装置发生故障进行维修，拆除自屏蔽并调试时出束，可能造成人员误照射，调试时间不超过 30秒 ，维修人员与 X 射线/电子束出束点距离不少于 50cm 。

对该事故进行估算，根据下式：

$$H_M = \frac{B_x}{d^2} \cdot D_{10} T \quad \text{式 (11-16)}$$

此时 $B_x = 1$ ，其他参数与正常运行工况下一致，则剂量率为 $1.72\text{E+02}\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，由于调试时间不超过 30秒 ，求得受照剂量为 $1.43\mu\text{Sv}$ ，对工作人员影响较小。

(2) 风险防范与事故预防措施

加强管理,严格要求辐射工作人员按照操作规程进行操作,并在实际工作中定期对装置周围的辐射水平进行监测,定期检查设备安全联锁装置是否能正常使用,不断对辐射安全管理制度进行完善,加强职工辐射防护知识的培训,尽可能避免辐射事故的发生。针对可能发生的辐射事故,拟采取以下预防措施:

- a. 在每次开启电子加速器辐照装置前,严格按照操作流程检查各项安全联锁装置的有效性,同时做好个人的防护,佩戴个人剂量报警仪及个人剂量计。
- b. 定期监测加速器辐照舱周围的辐射水平,确保工作安全有效运转。
- c. 定期对加速器辐照舱的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查,核实各项管理制度的执行情况,对发现的安全隐患立即进行整改,避免事故的发生。
- d. 凡涉及对电子加速器辐照装置进行操作,必须有明确的操作规程,辐照作业时至少有 2 名操作人员同时在场,操作人员按照操作规程进行操作,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。
- e. 每日对电子加速器辐照装置的常用安全设备进行检查,包括安全联锁控制显示状况,个人剂量报警仪和便携式辐射监测仪器工作状况等,发现异常情况时必须及时修复。
- f. 每月对电子加速器辐照装置的安全设备或安全程序进行定期检查,包括所有紧急停止按钮的有效性等,验证安全联锁功能的有效性,发现异常情况时必须及时修复或改正。
- g. 每 6 个月对电子加速器辐照装置的安全状况进行定期检查,包括配合年检修的检测,全部安全设备和控制系统运行情况,发现异常情况必须及时采取改正措施。
- h. 电子加速器辐照装置遇到故障时,将联系电子加速器辐照装置设备厂商人员进行维修。学校不自行维修装置,以防发生辐射事故。
- i. 设立故障及异常情况下的安全保障控制程序: 1) 停电情况下,全部安全联锁系统失去作用。这时,电子加速器辐照装置不能加高压,不能开机。2)

计算机控制程序故障，系统能自动停机。3) 人员开启电子加速器辐照装置时，佩戴个人剂量报警仪，一旦报警仪报警，应立即按下急停开关。

j. 通过定期检查确保辐射安全措施正常运行，如有失效必须及时修理，不能“带病作业”。通过日常自行检测及委托年度检测，及时发现辐射异常区域并查明原因进行整改，避免电子加速器辐照装置周边人员受到异常照射或超剂量照射。

表 12 辐射安全管理

<p>1 辐射安全与环境保护管理机构的设置</p> <p>北京大学已设有辐射安全管理机构，并成立辐射防护领导小组及其办公室，完成全校日常辐射防护工作。由主管副校长担任组长，成员由各相关职能部门部长和各院系院长（主任）组成，下设专职辐射防护人员，见表 1-8，现有的辐射安全管理机构能够满足本项目的要求。</p>
<p>2 辐射安全管理规章制度</p> <p>北京大学已经制定了比较完善的安全管理制度，并严格按照规章制度执行，安全管理规章制度包括：《北京大学辐射安全与防护管理办法》《辐射防护岗位职责》《北京大学涉源单位安全保卫职责规定》《北京大学辐射工作人员安全与职业健康管理实施细则》《北京大学放射性同位素与射线装置台帐管理制度》《北京大学辐射安全事故应急预案》《北京大学废旧放射源和放射性废物管理和处置规定》《北京大学辐射工作场所监测方案》《化学与分子工程学院放射安全和防护管理相关制度》《物理学院辐射安全和防护管理相关制度》《生命科学学院辐射安全和防护管理相关制度》《城市与环境学院辐射安全和防护管理相关制度》《环境科学与工程学院辐射安全和防护管理制度》《考古文博学院辐射安全和防护管理相关制度》《实验动物中心辐射安全与防护管理制度》《工学院放射安全和防护管理相关制度》《地空学院放射安全和防护管理相关制度》《北京大学医院放射安全和防护管理相关制度》《北京大学信息科学与技术学院辐射装置安全与防护安全管理相关制度》。</p>
<p>3 工作人员培训</p> <p>学校现有工作人员已全部按照计划参加辐射安全与防护考核并取得合格证书。本项目配备 5 名辐射工作人员，均为已有辐射工作人员(继续从事已有工作)。</p>
<p>4 辐射监测</p> <p>学校已制定了监测制度，包含个人剂量监测、工作场所监测、辐射环境监测，监测结果存档。新增的辐射工作场所应纳入原有的工作场所和辐射环境监测计划中。</p>

4.1 个人剂量监测

对本项目新增辐射工作人员的个人剂量监测，监测频度为每季度一次。辐射工作人员均按规范佩戴个人剂量计，按照监测频度定期送检，监测结果和每年度个人剂量检测报告存档备案。

4.2 环境监测

本项目环境监测主要以巡测的方式进行，为自行监测，每年至少进行一次，监测数据记录、监测报告存档；本项目场所周围环境监测拟纳入北京大学环境监测体系内，具体监测计划见表 12-1。

表 12-1 本项目环境监测计划

监测对象	点位布设	监测项目	监测频次
自行监测	自屏蔽体外 30cm 处	γ 辐射空气吸收剂量率	1 次/年

4.3 工作场所监测

根据《北京市辐射工作场所辐射环境自行监测办法（试行）》（京环发[2011]347 号）要求，对射线装置工作场所周围的辐射水平开展自行监测，检测记录归档。具体监测方案见表 12-2。监测点位图见图 12-1。

表 12-2 本项目辐射工作场所监测计划表

场所	监测项目	监测类别	监测频次	监测设备	监测点位设置原则
108 实验室	X/ γ 剂量率	外照射	实时	固定式伽玛剂量探头	射线装置屏蔽体外表面、实验室内人员活动较多区域
	X/ γ 剂量率	外照射	2 次/年	便携式 γ 剂量计、便携式中子剂量计	在射线装置屏蔽体外 30cm 处、监督区及控制区进行巡测

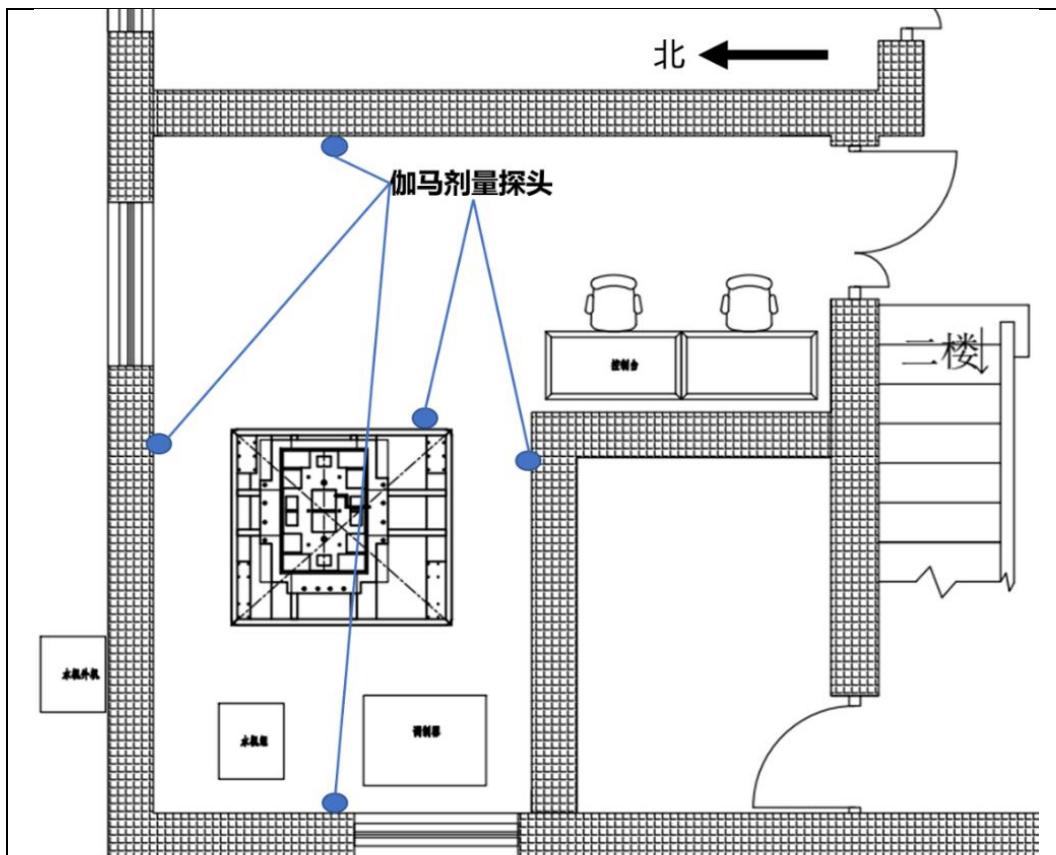


图 12-1 本项目辐射工作场所监测点位图

4.4 拟配备辐射监测仪器和防护用品

针对本项目拟专项配备的辐射监测仪器和防护用品见表 12-3。

表 12-3 本项目拟配辐射监测仪器和仪表

仪器名称	环境剂量监测仪
数量	1
型号	RG1000
用途	监测 X 射线、 γ 射线和硬 β 射线
测量范围	剂量当量率: $0.01 \mu\text{Sv}/\text{h} \sim 1 \text{ mSv}/\text{h}$; 累积剂量当量: $0.00 \mu\text{Sv} \sim 999.9 \text{ Sv}$;
能量响应	$48 \text{ keV} \sim 3.0 \text{ MeV}$
精度	相对误差 $<10\%$ (在 $1 \text{ mSv}/\text{h}$ 时)
设备情况	正常

5 与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的符合情况

根据生态环境部《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》使用射线装置的单位应具备的条件与法规的符合情况见表 12-4。对照结果表明, 该项目采取的安全措施和辐射安全管理能够满足管理办法的要求。

表 12-4 与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求对照表

序号	管理要求	项目单位情况	检查结果
1	应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志,其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求,设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。	设置电离辐射警示标志,机房门上设有工作状态指示灯,装置自带安全联锁装置。	符合
2	应当按照国家环境监测规范,对相关场所进行辐射监测,并对监测数据的真实性、可靠性负责。	制定了各辐射工作场所年度监测计划。	符合
3	建设项目竣工环境保护验收涉及的辐射监测,应委托经省级以上人民政府环境保护主管部门批准的有相应资质的辐射环境监测机构进行。	将委托符合要求的监测单位进行竣工的辐射监测。	符合
4	应当加强对本单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况的日常检查。	设有较为完善辐射安全管理制度。	符合
5	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。	制定辐射工作年度评估报告。	符合
6	应进行辐射安全培训,并进行考核。	已通过环保部门认可的考核并取得合格证书。本项目涉及的辐射工作人员已参加考核,且处于有效期内。	符合
7	应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准,对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测。	委托有资质的单位进行个人剂量监测。	符合

6 对《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求满足情况

根据生态环境部《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》使用放射性同位素、射线装置应具备的条件与法规的符合情况见表 12-5。对照结果表明,该项目单位能够满足管理办法的要求。

表 12-5 与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求对照表

生态环境部令第3号	项目单位情况	结论
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与环境保护管理工作。	北京大学成立了辐射防护领导小组及其办公室作为辐射安全与环境保护管理机构,负责北京大学的辐射安全与环境保护工作。	符合
从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	从事辐射工作的相关人员,已通过环保部门认可的考核并取得合格证书。本项目涉及的辐射工作人员已参加考核,且处于有效期内。	符合

放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	设置辐射警示标志，装置自带辐射安全联锁装置，防止工作人员和公众受到意外照射。满足关于操作场所设置防止误操作的安全措施的要求。	符合
配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。	配备有个人剂量计若干、个人剂量测量报警仪等。	符合
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	制定了各种管理制度，对设备有定期检修维护的规定，有人员培训计划和监测方案。	符合
有完善的辐射事故应急措施	对事故情况制定了《放射源和射线装置意外事故应急准备与响应计划》。	符合
产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	本项目不产生放射性废气、废液、固体废物。	符合
7 辐射事故应急		
北京大学制定了《北京大学辐射安全事故应急预案》。此外，北京大学化学与分子工程学院制定了《化学与分子工程学院放射安全和防护管理相关制度》，明确了应急机构、成员及分工、应急程序、事故报告程序、联络方式、事故处理等，能够满足本项目的需要。		

项目环保验收内容建议

根据项目实际情况，建议本项目竣工环境保护验收的内容见表 12-6。

表 12-6 项目环保验收内容建议表

验收内容	验收要求
剂量限值	剂量限值执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 规定。公众执行 0.1mSv/a；职业照射剂量约束值执行 2mSv/a。
剂量率控制水平	场所周围(包括四周、顶部) 30cm 处的剂量率不大于 2.5 μ Gy/h。
电离辐射标志和中文警示	设置明显的辐射警告标识、中文警示说明。
布局和屏蔽设计	自屏蔽体的辐射防护屏蔽能力满足辐射防护法规和标准的要求。
监测仪器	配备正常使用的环境剂量监测仪 1 台。
规章制度	制定有《设备检修与维护制度》、《辐射事故应急预案》等辐射安全防护规章制度。
人员培训	辐射安全防护负责人和全体辐射工作人员均通过环保部门认可的考核。

应急预案	制定有辐射事故应急预案。辐射事故应急预案符合工作实际，应急预案明确了的应急处理组织机构及职责、处理原则、信息传递、处理程序和处理技术方案等。配备必要的应急器材、设备。应急预案已进行过演练。
安全联锁	加速器控制台上配备钥匙开关；辐照装置辐照舱入口及操作位处拟各设置 1 个急停按钮；屏蔽移门及辐照舱的维修门拟设限位开关；主屏蔽体设计有束流联锁以及电子联锁装置；辐照舱入口顶端拟与控制台各设置 1 个工作状态指示灯；控制台设置蜂鸣器；主屏蔽体设计有冷却水温度及流量传感器；辐照装置设计有辐射监测系统与剂量联锁装置。
通风系统	通风系统排风量约 1000m ³ /h 、进风量约 200m ³ /h，通风换气次数每小时可达 500 次以上，排气口设置于 12m 高度。

表 13 结论与建议

结论
13.1 实践正当性分析 <p>北京大学拟在北京大学技物楼 3 新增双模式辐照项目，计划总投资 3099500 元，用于科研工作，一方面利用电子束流实现超铀 MOF 材料以及其它纳米材料的制备和应用；另一方面，利用 X 射线高时空分辨率的实现药物的辐射激活可控释放。此外，结合 X 射线和电子束流还可深入开展核辐射驱动的化学研究，探索核能向化学能转化的可能性。此项目所产生的正面效益远大于其负面影响，鉴于此，本项目符合实践正当性的要求。</p>
13.2 选址合理性分析 <p>本项目拟建场址及周围的本底辐射水平在北京市本底辐射水平波动范围内，属于正常水平。本项目工作场所为相对独立的工作区域，充分考虑了周围场所的防护与安全，对公众影响较小。因而从辐射环境保护方面论证，工作场所的选址是合理可行的。</p>
13.3 辐射安全与防护 <p>本项目自屏蔽体的屏蔽能力满足相应辐射防护的要求。屏蔽双模式辐照仪系统本身设有安全联锁装置。制定了操作规程并严格执行，这些安全措施能够保证项目辐射工作的安全运行。辐射工作场所分区合理，能满足辐射防护的要求。</p>
13.4 辐射防护屏蔽能力分析 <p>(1) 项目运行期间，满足相关标准中关于辐射防护剂量率控制水平小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$。</p> <p>(2) 在正常情况下，本项目工作人员最大个人年受照剂量为 $1.86\text{E-}04\text{mSv/a}$，再结合 2024 年工作人员受照剂量的最大值 0.62mSv/a，实际年受照剂量不超过 0.62mSv/a，小于剂量约束值 2 mSv/a。对公众所致的最大个人年剂量是 $6.12\text{E-}05\text{mSv/a}$，小于剂量约束值 0.1mSv/a。事故情况下工作人员最大受照剂量为 $1.43\mu\text{Sv}$。对环境的影响是可以接受的。</p>

(3) 本项目辐射工作场所设置通风系统, 排风量 $1000\text{m}^3/\text{h}$, 在停机后等待 5s 再打开电子加速器辐照装置的辐照室取出辐照材料, 能满足臭氧浓度要求。

13.5 辐射安全管理

北京大学设置了相应的辐射安全管理机构; 辐射工作人员均已通过环保部门认可的考核; 制定了一系列辐射安全管理制度; 制定了《北京大学辐射安全事故应急预案》。这些管理措施经过适当的修改完善后能够满足现行法规的要求, 只要严格按照这些规程和方法执行, 能够保证本项目设备正常的安全运行。

综上所述, 北京大学新增双模式辐照项目建设理由正当, 项目的辐射防护和环境保护措施是可行的, 项目建设对工作人员、公众和环境的影响是完全可以接受的。故从环境影响的角度论证, 本项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

为了保护环境, 保障人员健康, 北京大学承诺:

- (1) 严格执行已有的辐射防护与安全管理制度, 不弄虚作假、不违规操作。
- (2) 完善规章制度并保证各种规章制度和操作规程的有效执行, 并接受环保部门的监督检查并及时整改检查中发现的问题;
- (3) 本项目竣工后, 建设单位应根据“关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的公告(国环规环评[2017]4号)”及国家相关规定的要求及时组织该建设项目竣工环境保护验收, 编制环境保护验收监测报告。确保建设项目配套建设的环境保护设施验收合格后, 主体工程方可投产运行。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见:
审批意见: