

核技术利用建设项目

使用 II 类、III 类射线装置项目
环境影响报告表

北京燕化医院

2016 年 11 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

使用 II 类、III 类射线装置项目 环境影响报告表

建设单位名称：北京燕化医院

建设单位法人代表（签名或签章）：成立兵

通讯地址：北京市房山区燕山迎风街 15 号

邮政编码：102500 联系人：刘树华

电子邮箱：fh1sh9443@163.com 联系电话：13651382915

目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	9
表 3 非密封放射性物质.....	9
表 4 射线装置.....	10
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	11
表 6 评价依据.....	12
表 7 保护目标与评价标准.....	13
表 8 环境质量和辐射现状.....	14
表 9 项目工程分析与源项.....	15
表 10 辐射安全与防护.....	18
表 11 环境影响分析.....	20
表 12 辐射安全管理.....	28
表 13 结论与建议.....	31
表 14 审批.....	32

表 1 项目基本情况

建设项目名称		使用 II 类、III 类射线装置项目				
建设单位		北京燕化医院				
法人代表		成立兵	联系人	刘树华	联系电话	69342517
注册地址		北京市房山区燕山迎风街 15 号				
项目建设地点		北京市房山区燕山迎风街 15 号				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资(万元)		5000	项目环保投资(万元)	50	投资比例(环保投资/总投资)	1%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积(m ²)	630
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
		☐ 使用	☐ I 类(医疗使用) ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物			
		☐ 销售	/			
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙			
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类			
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类			
		☒ 使用	☒ II 类 ☒ III 类			
	其他					
	1 项目概述 1.1 单位概况 北京燕化医院为凤凰医疗集团成员医院，位于北京市房山区燕山，其地理位置见附图 1。医院建于 1973 年，原为国家特大型企业燕山石化公司的职工医院，2005 年 1 月医院改制为股份制医院是北京市医保、工伤和新农合定点的三级综合非营利医院。 医院设有燕山和星城两个院区，总院设在燕山，星城为分院，目前编制床位 701 张，并下辖 1 个社区服务中心、6 个社区卫生服务站和 10 个门诊部。医院占地面积 7.4 万 m²，建筑面积 5.8 万 m²。2015 年门急诊量 94 万人次，出院量 1.6 万人次。医院拥有近 1200 名员工（不包括驻院提供服务的公司员工					

工), 包括一批硕士生、博士生导师在内的高水平三甲医院专家。医院作为三级综合医院, 拥有一级学科 7 个, 各二级学科齐全, 现有临床、医技科室 42 个, 包括心血管内科、呼吸内科、消化内科、神经内科、内分泌科、风湿血液科、肾内科、肿瘤科、综合内科、骨科、普外科、神经外科、胸外科、泌尿外科、妇产科、眼科、耳鼻喉科、口腔科、重症医学科 (ICU)、康复医学科、职业病科、儿科等。主要承担为燕化公司生产生活保驾护航, 为燕房地区社区居民提供综合医疗服务的任务。

医院自然环境优美, 医疗设备先进, 近几年引进大批新型高端设备, 包括: 西门子炫速双源 CT、AvantoDot 1.5T 核磁、第三代 Artis Zee 血管造影机; GE 和锐柯 DR、飞利浦数字化乳腺 X 射线机、多台飞利浦 iU Elite 高端彩超、日本汤山摆药机、Stroz 高清腹腔镜、奥林巴斯宫腔镜、富士高清内窥镜、GE 麻醉系统、德国等速肌力测试训练系统、法国多功能训练康复仪、美国 DIH 运动康复评测系统、比利时吞咽言语治疗仪、贝朗和日机装透析机、拓普康眼底照相机、高压氧舱等; 在检验领域, 配备有包括法国梅里埃、罗氏、贝克曼、雅培、日立等各种免疫、生化、细菌等检测用高端进口设备。

1.2 辐射安全管理现状

1.2.1 核技术利用现状情况

北京燕化医院已于 2016 年 3 月 15 日取得了北京市环境保护局颁发的《辐射安全许可证》(京环辐证[J0005], 有效期至 2018 年 5 月 20 日), 许可的种类和范围是: 使用 II 类、III 类射线装置, 已许可 21 台 III 类射线装置, 1 台 II 射线装置, 详情见表 1-1。

表 1-1 北京燕化医院已许可的射线装置明细

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类
1	CT 机	III	3	使用
2	C 形臂 X 射线机	III		使
3	乳腺 X 射线机	III	1	使用
4	骨密度仪	III	2	使用
5	移动 X 射线机	III	3	使用
6	普通 X 射线机	III	6	使用
7	碎石机	III	1	使用
8	牙科 X 射线机	III	4	使用
9	血管造影机	II	1	使用

1.2.2 近几年履行环保审批情况

北京燕化医院近几年的保审批情况见表 1-2，所有的环保项目都进行了竣工验收，批复文件见附件 2。

表 1-2 北京燕化医院近几年履行环保审批情况

序号	项目名称	环评批复文号	竣工验收批复文号
1	关于新增Ⅲ类射线装置登记表项目	京环审[2014]65 号	京环验[2014]43 号
2	关于新增Ⅲ类射线装置登记表项目	京环审[2015]215 号	京环验[2016]76 号
3	关于新增Ⅲ类射线装置登记表项目	京环审[2015]397 号	京环验[2016]80 号

1.2.3 辐射安全管理情况

(1) 辐射安全管理机构：

北京燕化医院已设立辐射安全领导小组，组长为院长，副组长都为副院长和院感疾控部主任，其成员为各科室或部门的主要负责人，负责自己科室或部门的辐射安全工作，并有 2 名专职辐射防护人员。其工作小组成员组织见表 1-3。

表 1-3 辐射安全领导小组

序□	职责	姓名	性别	职务或职称	工作部门	专/兼职
1	组长	余红霞	女	院长	院长办公室	兼职
2	副组长	赵克建	男	副院长	院长办公室	兼职
3	副组长	杨金龙	男	副院长	院长办公室	兼职
4	副组长	刘树华	女	主任	院感疾控部	专职
5	成员	赵明军	男	院长助理	医务部	兼职
6	成员	程晓霞	女	主任	放射科	兼职
7	成员	张丽琨	女	主任	心内科	兼职
8	成员	许秀江	男	科长	保卫科	兼职
9	成员	刘永宾	男	主任	医疗器械部	兼职
10	成员	曹洪国	男	主任	骨科	兼职
11	成员	王永利	女	主任	健康管理中心	兼职
12	成员	王壬	男	主任	口腔科	兼职
13	成员	刘东华	女	科长	院感疾控部	专职

(2) 现有辐射安全管理制度：

北京燕化医院制定了《直线加速器安全保障制度》、《医用直线加速器操作规程》、《Ⅲ类射线装置操作规程》、《血管造影机（DSA）操作规程》、《辐射安全领导小组及其职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《射线装置检修维护制度》、《射线装置台账管理制度》、《辐射安全培训制度》、《辐射监测方案》、《辐射事故（件）应急预案》、《放射性废物管理制度》、《个人剂量监测和健康管理制

度》等制度，并严格按照规章制度执行。

（3）辐射工作人员培训：

北京燕化医院从事辐射工作的工作人员都通过了环境保护部认可的培训机构组织的辐射防护知识培训，其中 52 名辐射工作人员已通过了环境保护部认可的培训机构组织的辐射防护知识培训，基本情况见表 1-4。

表 1-4 辐射工作人员参加环保培训人员基本情况一览表

序号	姓名	性别	学历	年龄	工作类别	获证日期	证书编号	培训机构
1	李振华	男	本科	32	放射诊断	2015.5.21	B1504050	军事医学科学院
2	张洪垒	男	本科	30	放射技术	2015.9.10	B1506383	
3	白贵明	男	本科	32	放射诊断	2015.9.10	B1506181	
4	汪海旭	男	本科	30	放射诊断	2015.9.10	B1506380	
5	张菊花	男	大专	52	放射技术	2015.9.10	B1506382	
6	张丽琨	女	本科	57	内科医疗	2015.9.10	B1506379	
7	滑红艳	女	大专	49	放射技术	2015.5.21	B1504052	
8	刘忠彪	男	中专	60	放射技术	2015.09.10	B1506384	
9	张文旭	男	中专	59	放射技术	2015.5.21	B1504053	
10	赵明军	男	本科	40	外科医疗	2015.5.21	B1504054	
11	刘跃华	男	本科	46	外科医疗	2015.9.10	B1506387	
12	王军	男	本科	45	外科医疗	2015.5.21	B1504051	
13	程晓霞	女	研究生	39	放射诊断	2015.9.10	B1506386	
14	孙占琴	女	大专	45	放射诊断	2015.05.21	B1504048	
15	吴梅	女	研究生	42	放射诊断	2015.5.21	B1504047	
16	李钢	男	本科	45	内科医疗	2015.5.21	B1504046	
17	孙继明	男	研究生	46	内科医疗	2015.9.10	B1506376	
18	郭胜利	男	大专	48	放射技术	2015.9.10	B1506377	
19	刘淑君	女	本科	45	护理	2015.09.10	B1506378	
20	何永健	男	本科	44	外科医疗	2015.5.21	B1504049	
21	刘树华	女	本科	53	单位辐射安全与防护	2015.09.10	B1506388	军事医学科学院

22	刘东华	女	本科	44	单位辐射安全与防护	2015.09.10	B1506389
23	曹洪国	男	本科	51	外科医疗	2016.3.17	B1202084
24	郭跃东	男	本科	30	放射技术	2016.3.17	B1202085
25	王连连	女	本科	54	内科医疗	2016.3.17	B1202082
26	程育博	男	本科	43	内科医疗	2016.3.17	B1202083
27	陈爱伟	男	本科	27	放射诊断	2013.12.06	B1305020
28	郭全宁	男	本科	32	放射诊断	2013.12.06	B1305022
29	陈晓丽	女	大专	32	护理	2013.12.06	B1305027
30	赵瑞宣	女	本科	32	放射诊断	2013.12.06	B1305021
31	李帅	男	本科	31	放射诊断	2013.12.06	B1305026
32	苏军	男	本科	29	放射诊断	2016.3.17	B1601174
33	陈岩	男	本科	33	外科医疗	2013.12.06	B1305023
34	周荣	女	本科	37	护理	2013.12.06	B1305024
35	毛成	男	本科	44	外科医疗	2013.12.06	B1305025
36	李璜	女	大专	36	护理	2015.02.06	B1501045
37	刘长军	女	本科	37	护理	2015.02.06	B1501049
38	李菊香	女	大专	49	放射技术	2015.02.06	B1501050
39	张猛	男	本科	29	外科医疗	2015.02.06	B1501047
40	刘天帅	男	大专	23	放射技术	2015.02.06	B1501051
41	田野	男	大专	24	放射技术	2015.02.06	B1501052
42	钟春莉	女	大专	40	护理	2015.02.06	B1501048
43	孙全壮	男	本科	30	外科医疗	2015.11.28	B1508183
44	周宝柱	男	本科	42	外科医疗	2015.11.28	B1508184
45	牛文强	男	大专	27	放射技术	2015.11.28	B1508185
46	李想	男	大专	24	口腔医疗	2015.11.28	B1508186
47	邓艺宁	女	本科	35	护理	2015.11.28	B1508179
48	孙爱雪	女	本科	24	护理	2015.11.28	B1508180
49	隗丽丽	女	本科	34	护理	2015.11.28	B1508181
50	董丹	女	专科	25	护理	2015.11.28	B1508182
51	王志勇	男	研究生	34	内科医疗	2015.11.28	B1508178
52	杨洪宇	男	研究生	32	外科医疗	2015.11.28	B1508177

(4) 个人剂量监测:

医院所有辐射工作人员的个人剂量监测工作已委托北京市疾病预防控制中心承担, 监测频度为每3个月检测一次。在岗辐射工作人员均已按照规范佩戴了个人剂量计, 每佩戴3个月后, 由医院专人负责收集剂量计送检更换, 并将每季度的个人剂量检测结果和每年度的个人剂量检测报告存档备案。

根据北京燕化医院提供的 2015 年度放射性工作人员的个人剂量监测报告（见附件 3），从监测报告可知 2015 年的医院的个人剂量最大值为 0.27mSv，满足管理要求。

（5）现有辐射防护监测设备：北京燕化医院配备了防护监测设备，具体情况见表 1-5。

表 1-5 北京燕化医院配备的防护监测设备

设备名称	型号	数量	状态
绝对剂量仪	Dose1	1	已购
个人剂量报警仪	/	2	拟购

（6）工作场所及辐射环境监测：

① 环境监测

建设单位自行监测，监测频度为每年 1 次。同时，每年委托有资质的第三方机构（具有 CMA 或 CNAS 证书）进行一次环境监测。

② 工作场所监测

建设单位自行监测，监测频度为每半年 1 次。同时，每年委托有资质的第三方机构（具有 CMA 或 CNAS 证书）进行一次工作场所监测。

③ 监测记录或报告的存档

建设单位辐射安全防护管理机构建立了辐射环境监测记录，并妥善保存。监测记录或报告中记载了监测数据、测量条件、测量方法和仪器、测量时间和测量人员等信息。

（7）辐射事故应急管理制度：医院使用 II 类、III 类射线装置，医院根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中的规定，对可能发生的辐射事故，制定了本单位的应急预案，每年组织一次全院应急演练。

1.3 本项目情况

为了放射诊疗发展需求，医院拟新增放射治疗专业，拟新增使用 1 台医用电子直线加速器及 CT 模拟定位机，具体参数见表 1-7、1-8。

本项目新增的医用加速器、CT 模拟定位机位于北京燕化医院肿瘤中心一层（共二层），位于北京燕化医院西侧中部，北侧为空地，西侧为小山坡，南侧为小山坡，东侧为空地，与居民区的距离大于 50m，其在北京燕化医院的位置见附图 2。

拟新建的加速器机房北墙外为楼梯间，南墙外为空地，西墙外为空地，东墙外为控制室，楼上为设备间，无地下层；

拟新建的 CT 机房北墙外为护士站，南墙外为空地，西侧和加速器共用一间控制室，东侧为会议室，楼上为办公室，无地下层，医用加速器机房、CT 机房的平面布置图见附图 3。

表 1-7 拟新增的医用加速器基本参数

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
电子直线 加速器	II	1	医科达 Infinity	电子	10	60000/1320	放射 治疗	肿瘤中心一层 加速器室

表 1-8 拟新增的 CT 机基本参数

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
1	CT	III	1	Discovery CT590 RT	140	800	模拟定位	肿瘤中心一层 CT室

拟为新增的医用加速器和 CT 机配备 2 名医师，2 名物理师、4 名技师。

1.4 评价因子

X 射线。

1.5 环境影响评价

本项目新增的医用加速器属于 II 类射线装置，根据《建设项目分类管理名录》（2015 年版），该项目需编制辐射项目环境影响评价报告表。

本次评价任务是：北京燕化医院新增的加速器、CT 机对工作人员、附近停留人员以及周围环境的影响进行评价。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
	无							

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大 能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	电子直线加速器	II	1	医科达 Infinity	电子	10	60000/1320	放射治疗	肿瘤中心一层加 速器室	新增

(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
1	CT	III	1	Discovery CT590 RT	140	800	模拟定位	肿瘤中心一 层CT室	新增

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序 号	名称	类 别	数 量	型 号	最大管 电压 (kV)	最大靶电 流 (μA)	中子强 度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
	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	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
1	固态	废靶	/	/	/	/	/	城市废物库

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、年排放总量分别用比活度（Bq/L或Bq/kg或Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《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 6 月 28 日); (2) 《中华人民共和国环境保护法》(第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订, 2014 年 4 月 24 日); (3) 《中华人民共和国环境影响评价法》(第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议修订, 2016 年 9 月 1 日); (4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(中华人民共和国国务院令 第 449 号 2005 年 9 月 14 日); (5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》, (中华人民共和国环境保护部令 第 33 号, 2015 年 6 月 1 日); (6) 关于修改《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的决定 (中华人民共和国环境保护部令 第 3 号, 2008 年 12 月 6 日); (7) 《射线装置分类办法》(国家环境保护总局公告 2006 年第 26 号, 2006 年 5 月 30 日); (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(中华人民共和国环境保护部令 第 18 号, 2011 年 4 月 18)。
技术标准	(1) GB18871-2002 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》; (2) HJ/T61-2001 《辐射环境监测技术规范》; (3) GBZ/T201.2—2011《放射治疗机房辐射屏蔽规范第 2 部分: 电子直线加速器放射治疗机房》; (4) 《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》(GBZ/T180—2006); (5) NCRP REPORT No. 151《Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities》; (5) GBZ130—2013 《医用 X 射线诊断放射防护要求》; (6) 《核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ/T10.1-2016)。
其他	业主提供的其他项目资料

表 7 保护目标与评价标准

评价范围 根据《核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式(HJ/T10.1-2016)》的规定,以及《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)的要求,确定该项目评价范围是以距加速器机房、CT 模拟机房屏蔽墙外 50m 的区域。
保护目标 本项目保护目标为使用加速器的工作人员以及医院周围的公众成员。正常工作时,工作人员和公众所受照射剂量低于本报告提出的管理剂量约束值,确保正常运行时工作人员和公众安全。
评价标准 7.1 剂量限值和剂量约束值 7.1.1 剂量限值 执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)的规定: (1) 职业照射 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制,使之不超过以下限值: a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量, 20mSv; b) 任何一年中的有效剂量, 50mSv; (2) 公众照射 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以下限值: a) 年有效剂量, 1mSv; b) 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。 7.1.2 年剂量约束值 1) 本项目工作人员的剂量约束为 5mSv/a; 2) 本项目公众照射的剂量约束值为 0.10mSv/a。 7.2 放射性污染控制水平 本项目机房外附加辐射剂量率取 2.5 μ Sv/h 的作为剂量率约束值。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

2016 年 11 月 9 日，环评单位对北京燕化医院新增的辐射工作场所进行了本底监测，监测仪器仪表及性能指标见表 8-1，具体的监测点位见图 8-1 中的标注，监测结果见表 8-2。监测结果显示本项目涉及工作场所 γ 剂量率测量范围在 82-90.5 nGy/h 之间，属于北京市正常辐射本底水平。

表 8-1 仪器仪表及性能指标

仪表名称	型号	主要技术性能
χ - γ 剂量率仪	FH40G-X+FHZ672E- 0	测量范围：1n Gy/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 100nSv/h)。

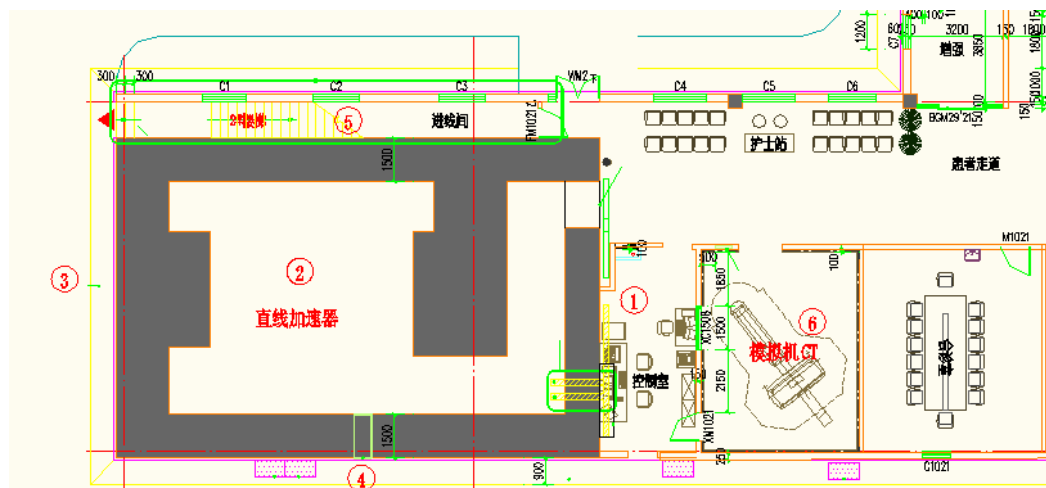


图 8-1 新建医用加速器、CT 机房监测布点图

表 8-2 本项目辐射工作场所 χ - γ 剂量率监测结果

序号	γ 剂量率 (nGy/h)
1	82.5 $\pm$ 3
2	90.5 $\pm$ 1
3	89.7 $\pm$ 1.4
4	89.4 $\pm$ 1.7
5	82.8 $\pm$ 0.5
6	82 $\pm$ 3.6
北京市范围 ^[1]	60~123
注[1]:北京市环保所 北京市环境放射性水平调查与评价1989	

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

9.1 工作原理

(1) 医用加速器

医用电子直线加速器由电子枪、加速管和束流控制三个主要部分及辅助设备组成。由主控制台的触发器将调制器触发，产生系列脉冲，加到磁控管阴极及电子枪的阳极，因而磁控管发生震荡，产生微波功率，同时电子枪发射的电子也从轴向进入加速管，在加速管中微波与电子相互作用，使电子从微波电磁场中不断获得能量，最后由加速管终端输出至偏转盒，作为电子线输出，或者打靶作为 X 射线输出。靶的下面是均整器，其下面有平板电离室。平板电离室一方面将电子或 X 射线在其中的电离电流信号输送至剂量监测仪，以确定治疗剂量，另一方面将束流强度变化的信号输送至束流控制系统，通过前后驱动线圈来控制电子的运动轨道和输出量。医用电子直线加速器运行原理方框图见图 9-1，结构图见图 9-2。

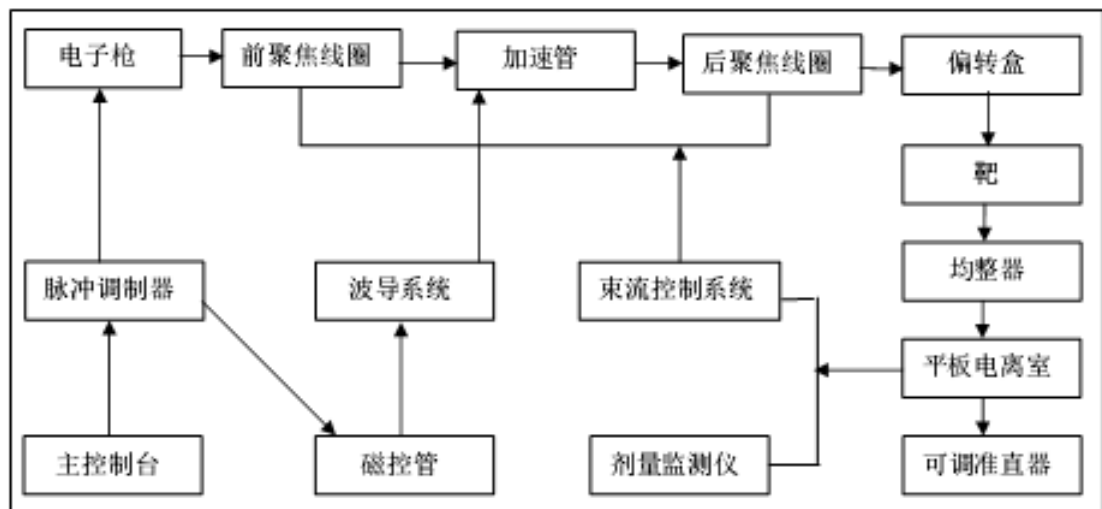


图 9-1 医用电子直线加速器原理方框图

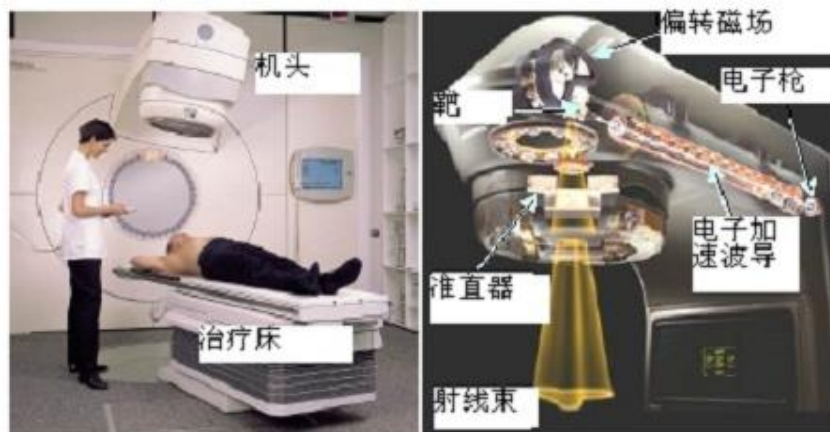


图 9-2 医用电子直线加速器结构图

(2) CT 机

CT 机扫描部分主要由 X 线管 and 不同数目的控制器组成，用来收集信息。X 线束对所选择的层面进行扫描，其强度因和不同密度的组织相互作用而产生相应的吸收和衰减。探测器将收集到 X 线信号转变为电信号，经模/数转换器（A/D converter）转换成数字，输入计算机储存盒处理，从而得到该层面各单位容积的 CT 值，并排列成数字矩阵。数字矩阵经数/模（D/A）转换器在监视器上转为图像，即为该层的横断图像。图像可用于会诊用。

9.2 操作流程

放射治疗是利用电离辐射的生物效应杀死肿瘤细胞，本项目的医用直线加速器是利用直线加速器产生的高能电子射线或 X 射线进行治疗，进行照射前需要采用模拟定位机对肿瘤位置定位，确定肿瘤的具体位置和形状，放射治疗的流程如下，见图 9-3。

- ① 病人治疗前需预约登记，以确定治疗时间。
- ② 预约病人先在模拟定位机上进行肿瘤定位，确定肿瘤的具体位置和形状，模拟定位机通常采用 X 射线机，也有采用 CT 进行模拟定位，本项目的模拟定位机就是 CT 机。模拟定位操作过程类似于 X 射线影像诊断，工作人员隔室操作。
- ③ 确定肿瘤位置和形状后，物理师根据治疗剂量，通过治疗计划系统(TPS)制定治疗计划，该过程通常在电脑上完成。
- ④ 治疗计划制定后，肿瘤病人在技术人员的协助下，依据计划在治疗床上进行摆位，确定照射位置和面积，该过程在治疗机房内完成。
- ⑤ 摆好位后，技术人员进入操作室，确定所有安全措施到位后，启动治疗机进行照射。
- ⑥ 照射完毕后，技术人员协助病人离开机房，并为下次照射做准备。



图 9-3 放射治疗流程图

污染源项描述

9.3 主要的放射性污染

正常运行时，产生的放射性污染有：

①带电粒子：被加速的电子一般情况下是定向的，只要选择的屏蔽物质厚度大于电子在该物质中的射程就可以将其吸收。在本项目中，被加速的电子能够被完全屏蔽在放疗大厅机房内，不会对外部环境造成污染。

②X 射线：医疗加速器、CT 机产生的 X 射线会产生外照射。

9.4 正常工况的污染途径

(1) 当电子轰击靶时，与靶物质发生作用产生 X 射线，X 射线有用束、泄漏辐射或散射辐射对工作人员以及对周围环境和公众产生辐射影响。

(2) 空气在射线的强辐射下，吸收能量并通过电离作用产生少量的臭氧和氮氧化物。本项目产生的放射性废气可以忽略。

9.5 事故工况下的污染途径

可能事故工况为设备运行曝光时，非工作人员误入机房内，受照不必要的 X 射线外照射影响。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

10.1 屏蔽设计

(1) 加速器

加速器机房四周防护墙体和顶盖采用标准混凝土浇注而成，防护门采用铅板和含硼聚乙烯材料制作。加速器机房屏蔽详见表 10-1。

表 10-1 医用加速器机房屏蔽设计情况

位置	屏蔽情况	屏蔽材料
北墙	1.5m	普通混凝土
南墙	1.5m	
西墙	在束流中心点周围 4.3m 区域内为 3.2m，两侧为 1.8m	
东墙	在束流中心点周围 4.3m 区域内为 3.2m，北侧为 2.5m	
迷道墙	1.2m	
屋顶	在束流中心点周围 4.8m 区域内为 3.2m，两侧为 1.8m	
机房门	8mm 铅+100mm 含硼聚乙烯+8mm 铅	

(2) CT 机

CT 机房四周采用 24cm 实心砖加 2mm 铅皮进行屏蔽，楼顶采用 12cm 混凝土加 2mm 铅皮进行屏蔽，机房门和视察窗的铅当量为 4mm，详情见 10-2。

表 10-2 CT 机房屏蔽设计情况

位置	屏蔽情况
北墙	24cm 实心砖+2mm 铅
南墙	24cm 实心砖+2mm 铅
西墙	24cm 实心砖+2mm 铅
东墙	24cm 实心砖+2mm 铅
楼顶	12cm 混凝土+2mm 铅
防护门	4mm 铅当量
视察窗	4mm 铅当量

10.2 安全联锁与控制系统

(1) 门机联锁：机房屏蔽门和加速器联锁，只有当屏蔽门关闭后加速器才能出束，门一旦打开，立即停止出束；

(2) 控制台-装置连锁：通过硬件限位和软件防碰撞二种方式，确保病人和操作人员的安全； (3) 门口标识、声光报警：防护门上设置电离辐射工作警示标识，并设工作信号指示灯，表明加速器的停机和出束状态； (4) 机房监控：设置照射监控及对讲系统，对治疗室全景及治疗病员的状况进行实时监控，治疗室和控制室安装对讲系统，指导患者配合治疗； (5) 故障系统： 故障自动停机系统：全数字化控制系统，专用诊断、校正和设备纠错工具，设备运行过程出现错误具备自动停机功能。 故障显示系统与报警系统：全数字化控制系统，专用诊断、校正和设备纠错工具，设备运行过程出现错误后具备故障显示与报警功能。 (6) 急停按钮：治疗室内多处设置急停开关，当遇到意外情况，可不必穿越主射线束随时按动急停开关，切断设备电源，停止出束。 (7) 设备开关联锁：操作台有操纵钥匙开关，只有当钥匙开关插入钥匙孔打开锁定，加速器各项功能才能启动。 10.3 通风系统： 本项目加速器机房装有通风系统具体位置：室内通风系统进风口需要有除尘过滤装置，隔断板前后均需一组送、排风口和空调口（机房后共有 2 个进风口和 2 个出风口）；换气次数：治疗室通风次数--每小时 10—12 次 10.4 分区 辐射工作场所实行分区管理：机房出入口内的所有区域为控制区，操作间为监督区。 10.5 其他 为受检儿童和陪护人员配备铅床单、铅防护衣、铅围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽。

三废的治理 根据项目特点，本项目不产生放射性废液, 产生的废气极少，加速器机房装有通风系统，通过通风系统排入大气。 可能产生的放射性废物是废靶。加速器靶的使用寿命较长，通常为 7-10a，如果使用不合理，会出现打穿情况，打穿的废靶交往城市废物库。

表 11 环境影响分析

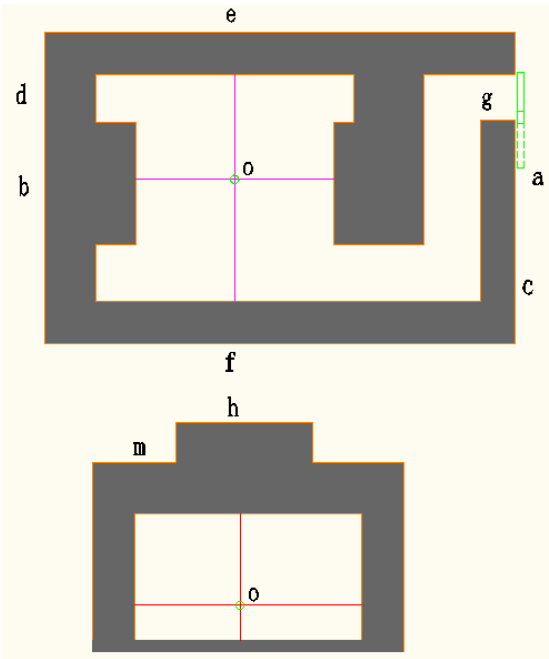
建设阶段对环境的影响 该项目施工活动对周围环境的影响主要是施工建设过程中产生的噪声、粉尘，为了不影响周围环境，在施工过程中，将采取一些降噪、防尘措施。 合理安排施工时间：施工安排在白天，避免夜间施工。本工程基本是医院内工作，对医院外环境和周围的人群影响较小，预计噪声可以控制在国家标准规定的范围之内。
运行阶段对环境的影响 10.1 加速器 10.1.1 源项 本项目新增的医用加速器在X射线治疗时最高可达10MV，本报告保守按照10MV加速器进行评价。屏蔽设计见表10-1。 10.1.2 计算模式 本次医用加速器的屏蔽计算依据NCRP REPORT No.151 《Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities》进行，可用于低能（≤10MV）及高能（>10MV）医用电子直线加速器的屏蔽计算。 10.1.2.1 机房外辐射剂量率 

图 11-1 加速器机房屏蔽计算点位示意图

(1) 主屏蔽墙 (Primary barriers) (a、b 点)

利用下列公式对初级辐射进行屏蔽计算:

$$H_{pri} = \frac{B_{pri} W}{d_{pri}^2} \quad (11-1)$$

$$B_{pri} = 10^{-\left\{1 + \left[\frac{t_{barrier} - TVL_1}{TVL_e} \right] \right\}} \quad (11-2)$$

式中:

H_{pri} —计算点的剂量率, Gy/h;

d_{pri} —靶点距计算点的距离, m;

B_{pri} —主屏蔽墙的厚度对应的透射因子;

$t_{barrier}$ —主屏蔽墙混凝土的厚度, m;

TVL_1 —第一个十分之一值层厚度, cm;

TVL_e —平衡时的十分之一值层厚度, cm;

W —距靶 1m 处的最高剂量率, Sv/h;

(2) 次屏蔽墙 (Secondary barriers) (d、e、f、h、m 点)

初级辐射束不直接到达该屏蔽墙, 屏蔽计算只考虑加速器装置头的泄漏辐射, 泄漏辐射剂量率一般按初级辐射束的 0.1% 计, 可利用下列公式对泄露辐射进行屏蔽计算:

$$H_L = \frac{B_L W}{1000 d_L^2} \quad (11-3)$$

$$B_L = 10^{-\left\{1 + \left[\frac{t_{barrier} - TVL_1}{TVL_e} \right] \right\}} \quad (11-4)$$

式中:

H_L —计算点的剂量率, Gy/h;

d_L —靶点距计算点的距离，m；

B_L —一次屏蔽墙的厚度对应的透射因子；

TVL_1 —第一个十分之一值层厚度，cm；

TVL_e —平衡时的十分之一值层厚度，cm；

(3) 迷路入口处 (Maze Entrance)

迷路入口处的剂量包括：①主束通过墙G 散射到迷路入口处的剂量当量率 H_s ；②主束通过患者体表散射产生的剂量当量率 H_{ps} ；③穿过迷路内墙的机头泄露辐射剂量当量率 H_{LT} ，各部分的剂量当量率计算如下：

①、主束通过墙G散射到迷路入口处的剂量当量率 H_s

$$H_s = \frac{W\alpha_0 A_0 \alpha_z A_z}{(d_h d_r d_z)^2} \quad (11-5)$$

α_0 —主束散射面 A_0 的反射系数；

A_0 —等中心1m处最大照射野投影在墙G上的面积， m^2 ；

α_z —主束经迷路表面 A_z 第二次散射时的反射系数；

A_z —主束散射面 A_0 的散射线经过迷路内口发散到迷路外墙内表面的散射面积， m^2 。

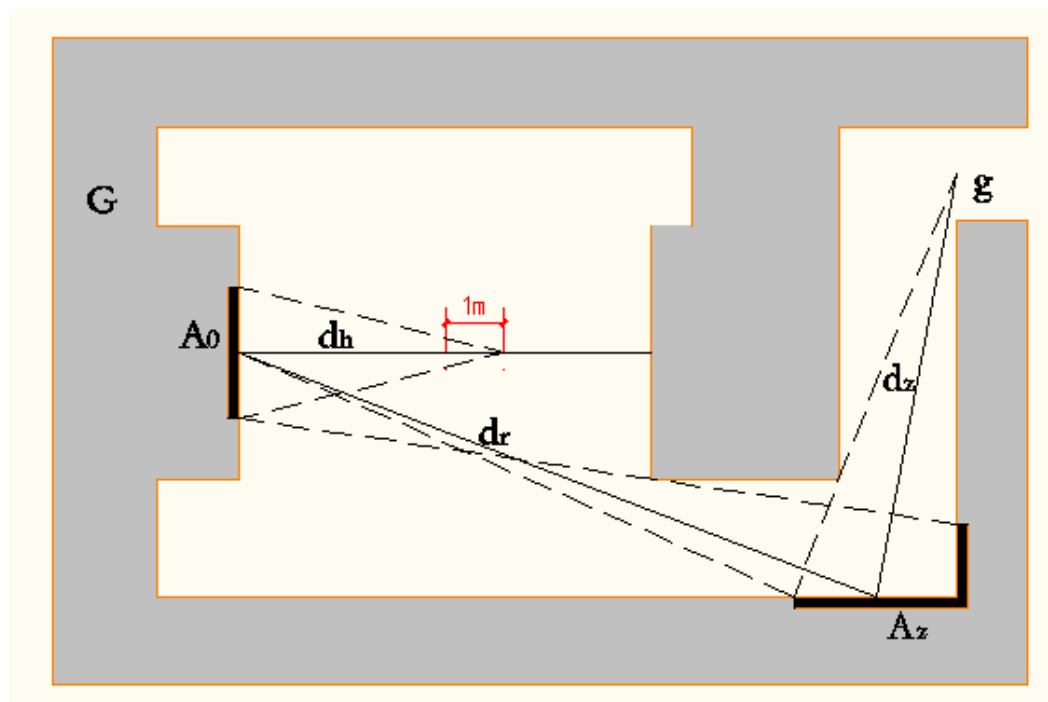


图11-2 主束通过墙G散射到迷路入口处的示意图

②、主束通过患者体表散射产生的剂量当量率 H_{ps} 式中：

$$H_s = \frac{\alpha(\theta)W(F/400)\alpha_1 A_1}{(d_{sca} d_{sec} d_{zz})^2} \quad (11-6)$$

$\alpha(\theta)$ —患者散射的初级辐射以一定角度入射到墙G 的散射比；

F—患者等中心1m处照射野面积，取 $40 \times 40 \text{ cm}^2$ ；

α_1 —墙G 对患者散射辐射的反射系数；

A_1 —患者散射到墙G的面积，单位： m^2 ；

d_{sca} —靶至患者的距离，取1m；

d_{sec} —患者至迷路中线与迷路墙G 交点的距离，m；

d_{zz} —迷路中从散射表面A1到门的垂直距离，m。

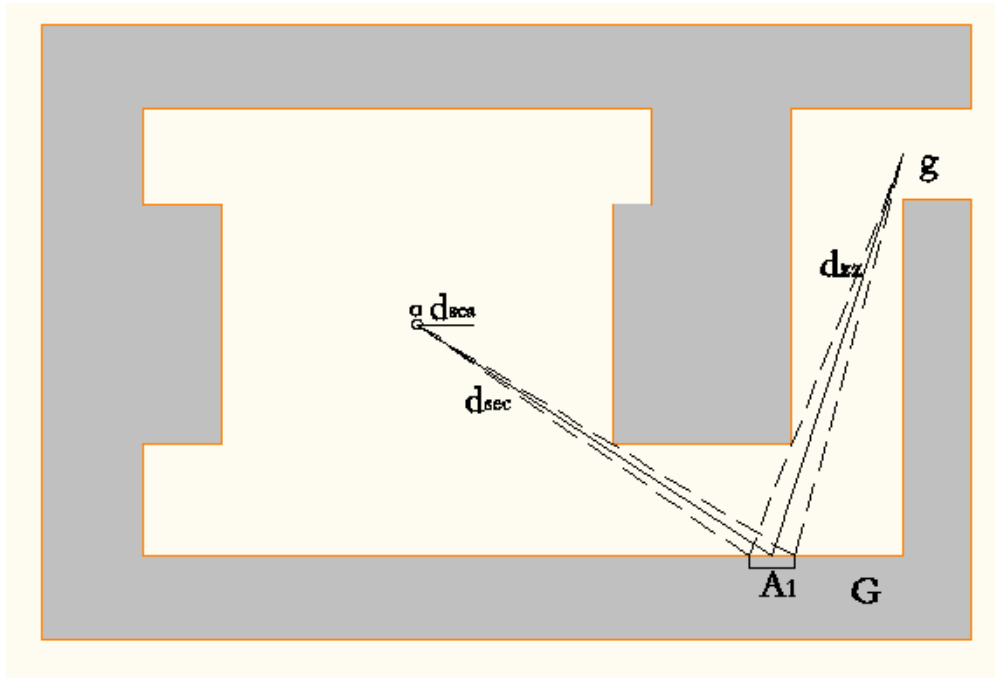


图11-3 主束通过患者体表散射到迷路入口处的示意图

③穿过迷路内墙的泄露辐射剂量当量率 H_{LT}

$$H_{LT} = \frac{L_f W B_L}{d_L^2} \quad (11-7)$$

$$B_L = 10^{-\left\{1 + \left[\frac{t_{barrier} - TVL_1}{TVL_e} \right] \right\}} \quad (11-8)$$

式中：

L_f —距靶1m处装置头泄露辐射率，取0.1%；

B_L —迷路内墙对装置头泄露辐射的透射因子；

d_L —靶经迷路内墙至迷路入口处的距离，m；

t_{barrier} —泄露辐射沿着 d_L 在迷道内墙中穿过的距离，m；

TVL1—第一个十分之一值层厚度，cm；

TVLe—平衡时的十分之一值层厚度，cm。

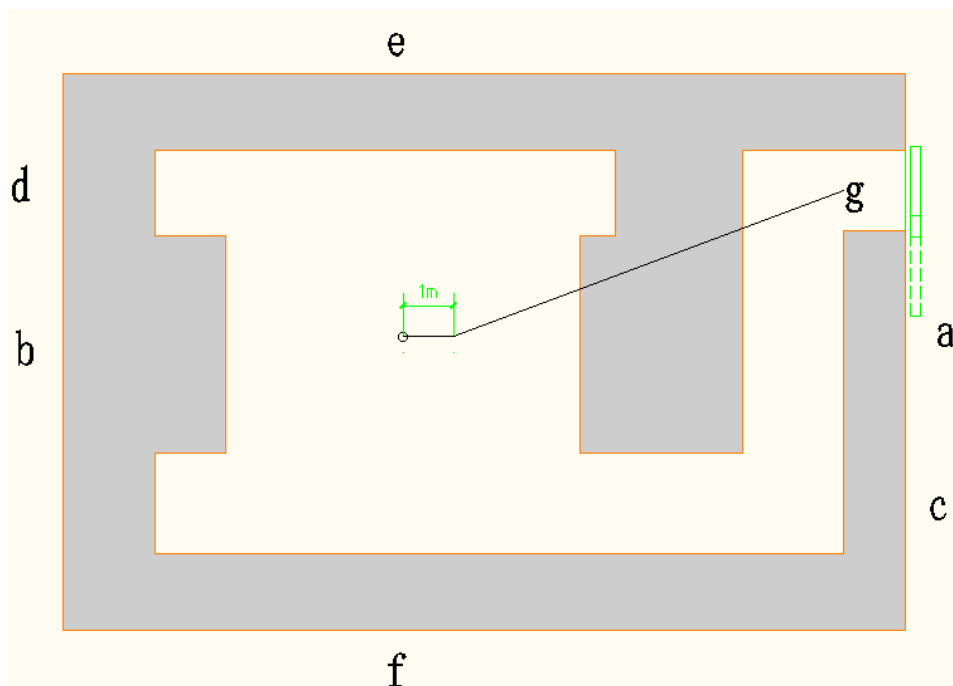


图11-4 穿过迷路内墙的泄露辐射到迷路入口处的示意图

④ H_{Tot} 的计算

$$H_{\text{Tot}} = 2.64(fH_S + H_{PS} + H_{LT}) \quad (11-11)$$

式中：

f —修正因子。

经防护门屏蔽后的 $H_{\text{Tot-shield}}$ 计算如下：

$$H_{\text{Tot-shield}} = H_{\text{Tot}} \times 10^{-\frac{t_{\text{barrier}}}{\text{TVL}_{\text{pb}}}} \quad (11-12)$$

式中：

t_{barrier} —防护门的铅当量，mm；

TVL_{pb}—取5mm，The TVL for scattered and leakage photons (H_{Tot}) varies between 3 and 6 mm of lead depending on the maze length(McGinley, 2002)。

11.1.2.2 计算点处人员所受个人年剂量

$$H = H_0 \times t \times T \times 1 \quad (11-13)$$

H-个人年剂量，mSv/a；

H₀-计算点处的γ辐射剂量率，mGy/h；

t-年出束时间；

T-居留因子。

11.1.3 计算结果

剂量率的计算参数及计算结果见表11-1、表11-2、表11-3。

表 11-1 加速器机房主屏蔽墙（a、b、h点）剂量率的计算参数及结果

点位	W(Gy/h)	B _{pri}	d _{pri} (m)	t _{barrier} (m)	TVL ₁ (m)	TVL _e (m)	H _{pri} (μ Gy/h)
a	1320	1.65E-12	11.2	4.4	0.41	0.37	1.7E-05
b	1320	2.88E-09	8	3.2	0.41	0.37	5.9E-02
h	1320	2.88E-09	7.26	3.2	0.41	0.37	7.2E-02

注：参数取自NCRP REPORT No.151和设计资料

表 11-2 加速器机房次屏蔽墙（c、d、e、f、m点）剂量率的计算参数及结果

点位	W(Gy/h)	B _L	d _L (m)	t _{barrier} (m)	TVL ₁ (m)	TVL _e (m)	H _L (μ Gy/h)
c	1320	1.20E-09	11	2.8	0.35	0.31	1.3E-04
d	1320	2.00E-06	7.7	1.8	0.35	0.31	4.7E-02
e	1320	2.00E-05	5.65	1.5	0.35	0.31	8.1E-01
f	1320	2.00E-05	5.95	1.5	0.35	0.31	7.3E-01
m	1320	2.00E-06	4.6	1.8	0.35	0.31	1.3E-01

注：参数取自NCRP REPORT No.151和设计资料

表 11-3 加速器迷路入口处（g点）剂量率的计算参数及结果

Hs的计算	参数	取值
	W(Gy/h)	1320
	a0	4.3E-03
	A0 (m ²)	8.8
	a _z	6.0E-03
	A _z (m ²)	16
	dh (m)	4.5
	dr (m)	11.6
	Dz (m)	7.3
	Hs(μ Gy/h)	33
Hps的计算	W(Gy/h)	1320
	a (0)	1.66E-02
	F (m ²)	40x40
	a1	6.0E-03
	A1	3.3
	dsca	1
	dsec	7.5
	dzz	7.5
	Hps(μ Gy/h)	548
H _{LT} 的计算	W(Gy/h)	1320
	BL	6.4E-09
	d _L (m)	8.2
	t _{barrier} (m)	3.2
	TVL1 (m)	0.35
	TVLe (m)	0.31
	H _{LT} (μ Gy/h)	1.3E-4
H _{Tot} 的计算	H _{Tot} (μ Gy/h)	1470
	f	0.28
H _{Tot-shield} 的计算	H _{Tot-shield} (μ Gy/h)	0.93
	T _{barrier} (mm)	16
	TVL _{Pb} (mm)	5
注：参数取自NCRP REPORT No.151和设计资料		

由表 11-1、11-2、11-3 的计算结果可知，机房外剂量率最大的点位是机房门口，为 0.93 μ Gy/h，低于 2.5 μ Sv/h 的剂量率约束值。

(1) 工作人员受照剂量情况

加速器机房控制室工作人员所在位置为图 11-1 中的 a、c 点，最大剂量率为 1.27E-04 μ Gy/h，根据公式 11-13 计算，根据医院提供资料，加速器的年出束时间不超过 500h，工作人员工作时间保守取 500h，因此加速器控制台工作人员所受剂量为 6.5E-5mSv/a。

（2）公众受照剂量情况

根据公式 11-13 计算，加速器机房周围公众所受年剂量的计算结果及参数见表 11-4，年受照剂量最大者为门口的公众，为 2.9E-02 mSv/a，低于 0.10mSv/a 的公众剂量约束值。

表11-4 加速器机房周围公众所受年剂量的计算参数及结果

点位	a	b	c	d	e	f	h	m	g
位置描述	控制室	室外	控制室	室外	走道	走道	楼顶	楼顶	门口
停留人员	医生	公众	医生	公众	公众	公众	公众	公众	公众
剂量率， $\mu\text{Gy/h}$	1.7E-05	5.9E-02	1.3E-04	4.7E-02	8.1E-01	7.3E-01	7.2E-02	1.3E-01	0.93
居留因子	1	1/16	1	1/16	1/16	1/16	1/4	1/4	1/16
剂量（按 年工作时 间 500h 考 虑）mSv/a	8.5E-06	1.8E-03	6.5E-05	1.5E-03	2.6E-02	2.3E-02	9.0E-03	1.6E-02	2.9E-02

11.2 CT 机

在《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）表 3 中，给出不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求：“较大工作量 CT 机房的铅当量为 2.5mm”；由表 10-2 可知本项目新增的 CT 机房的铅当量都不小于 2.5mm，符合上述要求。

事故影响分析

（1）事件（故）分析

医用加速器、CT 机房发生大剂量照射事故的几率极小，可能发生以下事件：

- 1) 人员误入机房受到不必要的照射；
- 2) 加速器工作状态下，没有关闭防护门，对附近经过或停留人员产生误照射。

（2）事件（故）防范措施建议

针对人员误入机房受到照射的防范措施是：机房防护门上设置辐射警告标识和中文警示说明。防护门上方设置工作状态指示灯，并且和防护门联锁。当防护门关闭准备出束时，警示灯自动点亮，以警示人员别误入机房。

针对没有关闭防护门出束的防范措施是：规范工作秩序，严格执行加速器的操作规程。此外，辐射防护管理小组定期检查安全规章和制度落实情况，发现问题及时纠正。如果出现上述事件，迅速启动辐射应急预案，依照应急预案人员和职责、事故处理原则和处理程序等进行处理。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置 北京燕化医院已设有辐射安全管理机构，并成立辐射防护领导小组，现有的辐射安全管理机构能够满足本项目的要求。
辐射安全管理规章制度 北京燕化医院已制定了辐射安全管理制度，具体制度见表 1 中的辐射管理现状，本项目建成后，应该增加医用加速器的相关管理制度。 现有辐射管理制度在进行适当补充的情况下，能够满足本项目的需求。 人员培训 北京燕化医院原有放射性工作人员已经进行了辐射防护培训。在项目运行期间，对新参加的放射性工作人员，将组织其进行辐射防护培训。
辐射监测 北京燕化医院已制定了监测制度，包含个人剂量监测、工作场所监测、辐射环境监测，现有的监测制度能满足本项目要求。
辐射事故应急 北京燕化医院已制定应急预案，现有的应急预案能够满足本项目的要求。 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 环境保部 2011 年第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》对拟使用射线装置和放射性同位素的单位提出了具体条件，本项目具备的条件与“18 号令”要求的对照检查如表 12-1 所示。

表 12-1 项目执行与“18 号令”要求的对照表

序号	18 号令要求	项目单位情况	检查结果
1	射线装置的生产调试和使用场所，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	配备了安全联锁和自动控制系统，并配备了剂量报警仪，能有效地防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射。	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；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。	每年委托有资质的单位对医用环境辐射水平和工作场所周围的辐射水平进行一次监测；医院每半年也对项目工作场所周围的辐射水平进行一次监测。	符合
3	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	承诺每年1月31日前向发证机关提交年度评估报告。	符合
4	应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。	工作人员都通过了环境保护部所认可的相关机构主办的辐射安全培训，新增工作人员培训后再上岗。	符合
5	应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。	工作人员都配有个人剂量计，每季度委托北京市疾病预防控制中心监测 1 次。发现个人剂量监测结果异常，立即核实和调查。	符合

与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求的满足情况

表 12-2 汇总列出了本项目对照〈关于修改《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的决定〉（环保部令第 3 号，2008 年）对生产、销售、使用放射性同位素和射线装置单位要求的对应检查情况。

表 12-2 项目执行“3 号令”要求对照表

序号	3 号令要求	项目单位情况	检查结果
1	应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	有专门的辐射安全与环境保护管理机构。	符合
2	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	从事辐射工作的工作人员已取得辐射安全防护培训上岗证。	符合
3	放射性射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	加速器机房门口显著位置处设置放射性警告标识和中文警示说明，以及在防护门上方设置工作状态指示灯。	符合
4	配备必要的防护用品和监测仪器。	已配备了绝对剂量仪，拟配备 2 个人剂量报警仪。	符合
5	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护措施、台帐管理制度、培训计划和监测方案。	设有北京燕化医院制定了《直线加速器安全保障制度》、《医用直线加速器操作规程》、《III类射线装置操作规程》、《血管造影机（DSA）操作规程》、《辐射安全领导小组及其职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《射线装置检修维护制度》、《射线装置台账管理制度》、《辐射安全培训制度》、《辐射监测方案》、《辐射事故（件）应急预案》、《放射性废物管理制度》、《个人剂量监测和健康管理制》等制度，并严格按照规章制度执行。	符合
6	有辐射事故应急措施。	已制定《辐射安全事故应急预案》。	符合

表 13 结论与建议

13.1 结论

(1) 本项目主要的环境问题是电离辐射。拟该建项目周围辐射环境现状调查结果表明, 本项目放射工作场所的 γ 辐射剂量率在北京市 γ 辐射剂量率本底范围内波动, 属于环境正常水平。

(2) 医用加速器运行时机房周围辐射剂量率附加值低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的剂量率制水平要求。加速器运行所致工作人员和公众的辐射剂量最大值分别是 $6.5\text{E-}5\text{mSv/a}$ 和 $2.9\text{E-}02\text{mSv/a}$, 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的剂量限值要求, 满足本评价提出的人员受照剂量约束值要求。正常工况下, 对工作人员的辐射影响是可以接受的。

(3) 北京燕化医院建立了辐射安全管理小组, 其相应的安全管理制度能够保证本项目的安全运行, 相应的应急预案和应急措施也能够事故条件下尽快控制污染范围, 其安全管理制度满足要求。

(4) 放射工作人员培训及安全管理。医院已制定了放射工作人员培训、剂量监测和健康体检制度。

(5) 本项目基本符合国家环境保护总局令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和环境保护部令第 3 号《关于修改“放射性同位素与射线装置安全许可管理办法”》的要求。

综上所述, 项目的辐射防护和环境保护措施是可行的, 对环境和公众的安全是有保障的, 影响是可以接受的, 故从环保角度考虑, 该项目是可行的。

13.2 承诺

- (1) 本项目工作人员将严格执行已有的辐射防护与安全管理制度。
- (2) 加强对工作场所和个人剂量的监测, 接受环保部门定期对环境放射性水平进行监督监测。
- (3) 对放射性工作场所实行分区管理, 并在主要位置设置明显的放射性标志和中文警示说明。
- (4) 须向环保部门申请许可后项目才能试运行。
- (4) 在项目运行过程中不违规操作和不弄虚作假。
- (5) 项目批复许可后, 项目试运行 3 个月内申请环境保护竣工验收, 项目正式运行过程中, 接受环保部门的监督检查。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：		
公 章		
经办人	年	月 日

审批意见：		
公 章		
经办人	年	月 日