

核技术利用项目

福建省肿瘤医院甲癌治疗和 ^{125}I 粒子植入

环境影响报告表

建设单位（盖章）：福建省肿瘤医院

编 制 单 位：福建省辐射环境监督站

二 〇 一 四 年 五 月

核技术利用项目

福建省肿瘤医院甲癌治疗和 ^{125}I 粒子植入

环境影响报告表

法人代表（签名或签章）：

通讯地址：福州市福马路凤板马路顶 91 号

邮政编码： 350014 联系人：张秀春

电子邮箱： tongzhangxuchun@126.com 联系电话： 13799363977



项目名称：福建省肿瘤医院甲癌治疗和 ¹²⁵I 粒子植入

评价单位（盖公章）：福建省辐射环境监督站

法人代表（签章）：

证书编号：国环评证乙字第 2219 号

项目负责人：卞心彤

评价人员情况				
姓名	职称	上岗证书号	职责	签名
林蔚国	助工	环评岗证字第 B22190008 号	报告编写	
卞心彤	高工	环评岗证字第 B22190009 号	报告审核	

经国家环境保护总局环境影响评价工程师职业资格登记管理办公室审查，卞心彤具备从事环境影响评价及相关业务的能力，准予登记。

职业资格证书编号：0003700

登记证编号：B22190011200

有效期限：2008年01月31日至2011年01月30日

所在单位：福建省辐射环境监督站

登记类别：输变电及广电通讯类环境影响评价



再次登记记录

时间	有效期限	签章
2011.05.13	延至 2014 年 01 月 30 日	环评工程师再次登记专用章
	延至 年 月 日	
	延至 年 月 日	
	延至 年 月 日	

(项目负责人环评工程师登记证书复印件)

目 录

1	项目基本情况.....	6
1.1	项目概述.....	6
2	放射源基本情况.....	16
3	非密封放射性物质基本情况.....	17
4	射线装置基本情况.....	18
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.....	18
4.2	X射线机，包括医用诊断、治疗、分析等用途.....	19
5	废弃物（重点是放射性废弃物）.....	20
6	保护目标与评价标准.....	21
6.1	评价范围.....	21
6.2	保护目标.....	21
6.3	评价标准.....	32
7	评价依据.....	34
8	项目工程分析与源项.....	35
8.1	工艺分析.....	35
8.2	源项描述.....	43
9	环境现状监测.....	45
10	环境影响分析.....	47
10.1	项目建设的必要性分析.....	47
10.2	项目布局合理性分析.....	48
10.3	国家产业性政策分析.....	49
10.4	建设过程对环境的影响.....	50
10.5	运行过程对环境的影响.....	52
10.6	退役对环境的影响.....	58
10.7	项目安全设施.....	64
10.8	污染防治措施.....	67
10.9	防护与屏蔽评估.....	69
10.10	风险分析与评估.....	70
10.11	三废的治理.....	58
11	安全管理.....	73
11.1	辐射安全与环境保护管理机构的设置.....	73
11.2	职业人员的辐射安全与防护培训和再培训计划.....	73
11.3	辐射监测.....	73
11.4	辐射安全保证与辐射事故应急预案.....	75
11.5	建设项目竣工环境保护验收项目一览表.....	76
12	结论与建议.....	78
12.1	结论.....	78
12.2	建议.....	79
	建设项目环境保护审批登记表.....	81
	附件 1~附件 21、附图 1、附表 1~附表 2 如下：	

- 附件 1 福建省肿瘤医院辐射安全许可证
- 附件 2 福建省环保局关于批复福建省肿瘤医院直线加速器、DSA 及 X 光机、PET/CT 环境影响报告表的函
- 附件 3 福建省肿瘤医院影像楼环评文件与审批函
- 附件 4 福建省肿瘤医院委托书
- 附件 5 仪器检定证书
- 附件 6 福建省肿瘤医院放射防护小组成员职责
- 附件 7 福建省肿瘤医院辐射防护和安全保卫制度
- 附件 8 福建省肿瘤医院关于辐射安全的自查管理规定
- 附件 9 放射科辐射防护和安全保卫制度
- 附件 10 福建省肿瘤医院核医学科卫生防护和废物处理制度
- 附件 11 《福建省肿瘤医院核医学科放射性药品采购制度》
- 附件 12 福建省肿瘤医院核医学科放射性药品安全监督检查制度
- 附件 13 福建省肿瘤医院核医学科场所分区制度
- 附件 14 核医学科辐射安全管理规章制度
- 附件 15 辐射源与射线装置的质量保证方案
- 附件 16 放射工作人员岗位职责
- 附件 17 福建省肿瘤医院辐射防护监测计划
- 附件 18 福建省肿瘤医院放射工作人员培训、体检及保健制度
- 附件 19 关于完善我院放射防护个人剂量元件的管理办法
- 附件 20 福建省肿瘤医院放射事件应急处理预案
- 附件 21 福建省肿瘤医院个人剂量检测报告
- 附图 1 福建省肿瘤医院甲癌治疗项目设计图和机房防护情况
- 附表 1: 福建省肿瘤医院甲癌治疗和 ^{125}I 粒子植入项目 α - γ 辐射剂量率、 β 表面污染监测记录表
- 附表 2: 福建省肿瘤医院甲癌治疗和 ^{125}I 粒子植入项目衰变池出口总 β 监测表

1 项目基本情况

项目名称	福建省肿瘤医院甲癌治疗和 ^{125}I 粒子植入				
建设单位	福建省肿瘤医院				
法人代表	应敏刚	联系人	张秀春		
通讯地址	福州市福马路凤板马路顶 91 号				
联系电话	13799363977	电子邮件	tongzhangxuc hun@126.com	邮政编码	350014
项目地点	福州市福马路凤板马路顶 91 号（福建省肿瘤医院）				
立项审批部门	/		批准文号	/	
核技术利用项目 总投资 (万元)	500	核技术利用项目 环保投资 (万元)	50	投资比例	10.0%
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)	300
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	
	V 类	乙级	III	/	

1.1 项目概述

福建省肿瘤医院地处福州市福马路，1986 年正式挂牌开院，总占地面积 9 万平方米，建筑面积 6 万平方米，是全省唯一的一所集肿瘤预防、治疗、科研、教学、培训于一体的省级肿瘤专科医院，为三级甲等肿瘤专科医院。具有外科手术、放射治疗、内科化疗、干细胞移植治疗、中西医结合治疗及生物治疗、CIK 治疗和 DC-CIK 治疗技术。

医院现有人员编制 1298 人，现有职工 1539 人，卫生技术人员 1100 人，其中正高级职称 63 人，副高级职称 101 人，博士、硕士 123 人，教授、副教授 35 人，博士、硕士生导师 30 人，享受国务院特殊津贴专家 6 人。每年收治肿瘤病人 4 万多人次、门诊 16 万人次、手术 7000 例。建院 25 年来，医院已发展成为全省肿瘤预防、医疗、科研、教学和培训中心和省级三级甲等肿瘤医院，总体诊疗水平达到了国内同行的先进水平。

放射治疗科是福建省肿瘤放射治疗中心和卫生厅挂牌的“福建省放射治疗质量控制中心”，为国内人员最多、规模最大的放射治疗中心之一。放射治疗技术和设备达国内先进水平，放射治疗的质量控制和质量保证完善，是全省唯一达到世界卫生组织（WHO）放射治疗质量标准的放射治疗中心，被福建省政府授予“特色领先专业”。福建省肿瘤医院地理位置见图 1-1，医院平面布局图见图 1-2。



图 1-1 福建省肿瘤医院地理位置图

该医院设备先进，拥有医用 PET\CT、ECT\CT、伽马刀、回旋加速器、直线加速器、DSA 等先进的医疗设备。2011 年 11 月之前，该院核医学科、PET\CT、ECT\CT、直线加速器、后装治疗机、DSA 和 III 类 X 射线机已先后进行了环境影响评价。福建省肿瘤医院已取得辐射安全许可证，见附件 1。本院使用的放射源及射线装置的设备简况及环保落实情况见表 1-1，福建省环保厅关于福建省肿瘤医院直线加速器、DSA 及 X 光机、PET/CT 环境影响报告表的函见附件 2。

表 1-1 本院使用的放射源及射线装置的设备简况及环保落实情况

设备名称	数量 (台)	工况	工作场所	环评情况	验收情况
西门子 Primus 加速器	1	已投运	放疗中心一楼	2002 年 3 月已进行环境影响评价	正在申请竣工环保验收
⁶⁰ Co γ 远距治疗机	1	已投运	放疗中心一楼	2006 年 3 月已进行环境影响评价	⁶⁰ Co γ 远距治疗机现已退役
¹⁹² Ir 后装 γ 源近距离治疗机	3				
Precise 加速器	1	已投运	放疗中心一楼	2006 年 12 月已进行环境影响评价	正在申请竣工环保验收
Synergy 加速器	1		放疗中心一楼		
Vmat 直线加速器	1	已投运	放疗中心一楼	2011 年 12 月已进行环境影响评价	
Compact 直线加速器	1		放疗中心一楼		
Sumitomo HM10 回旋加速器	1		影像楼一楼		
直线加速器	1	已投运	放疗中心一楼	2011 年 12 月已进行环境影响评价	
核医学科	ECT	1	影像楼一楼	2011 年 12 月已进行环境影响评价	
	PET/CT	1	影像楼一楼		
	回旋加速器	1	影像楼一楼		
	放射性药品应用	--	影像楼一楼		

续表 1-1 本院使用的放射源及射线装置的设备简况及环保落实情况

设备名称	数量(台)	工况	工作场所	环评情况	验收情况
CT 模拟机(BigBore)	1	已投运	放疗中心一楼	2011年12月已进行环境影响评价	正在申请竣工环保验收
常规模拟机(Simulix-HQ)	1	已投运	放疗中心一楼	2011年12月已进行环境影响评价	
螺旋 CT (Aquilion)	1	已投运	影像楼三楼	2011年12月已进行环境影响评价	
16层螺旋 CT (Asteion)	1	已投运	影像楼三楼	2011年12月已进行环境影响评价	
数字胃肠机(KX0-80XM)	1	已投运	影像楼二楼	2011年12月已进行环境影响评价	
数字胸片机 DR (GLYHSG)	1	已投运	影像楼二楼	2011年12月已进行环境影响评价	
数字胃肠机(Essenta RC)	1	已投运	影像楼二楼	2011年12月已进行环境影响评价	
数字胸片机 DR (DMC-GMBH)	1	已投运	影像楼二楼	2011年12月已进行环境影响评价	
乳腺钼靶机(Senographe DS)	1	已投运	影像楼二楼	2011年12月已进行环境影响评价	
YZ021-2 型移动 X 光机	1	已投运	外科大楼一楼	2011年12月已进行环境影响评价	
YKY-10 型牙科机	1	已投运	门诊大楼三楼	2011年12月已进行环境影响评价	
LDRD-01BL 型 X 线机	1	已投运	门诊大楼四楼	2011年12月已进行环境影响评价	
DSA (Advance LCA+)	1	已投运	影像楼三楼	2011年12月已进行环境影响评价	

福建省肿瘤医院作为省级专科肿瘤专科医院，根据临床医学工作和实际情况的需要，福建省肿瘤医院拟在福建省肿瘤医院影像楼二层开展甲癌治疗项目，在放疗中心一层、简易病房楼一层开展 ^{125}I 粒子植入项目。

福建省肿瘤医院影像楼始建于上世纪 90 年代，已进行环境影响评价，并通过环保审批，见附件 3。福建省肿瘤医院拟对医院影像楼二层放诊科机房进行改造，将医院影像楼二层东南侧放诊科原医师办公室改造成甲癌症治疗病房；将原库房和更衣间分别改造成给药室和废物库；将洗涤间改造成医生值班室；将原激光相机房改造成接诊室，保留原医护人员卫生间使用性质不变，将影像楼二层放诊科东北角卫生间改造成甲癌病人卫生间，福建省肿瘤医院影像楼二层放诊科机房改造前平面图见图 1-3，改造后平面图见图 1-4。

福建省肿瘤医院拟开展 ^{125}I 粒子植入治疗项目，用于肝癌患者的微创治疗，拟在放疗中心一层 CT 模拟机房进行 ^{125}I 粒子植入，在简易病房楼病房 20 号 39-40 床，病房 1 号 1-2 床进行 ^{125}I 粒子植入治疗。放疗中心一层 CT 模拟机房、简易病房楼病房 20 号 39-40 床，病房 1 号 1-2 床见图 1-5、图 1-6。

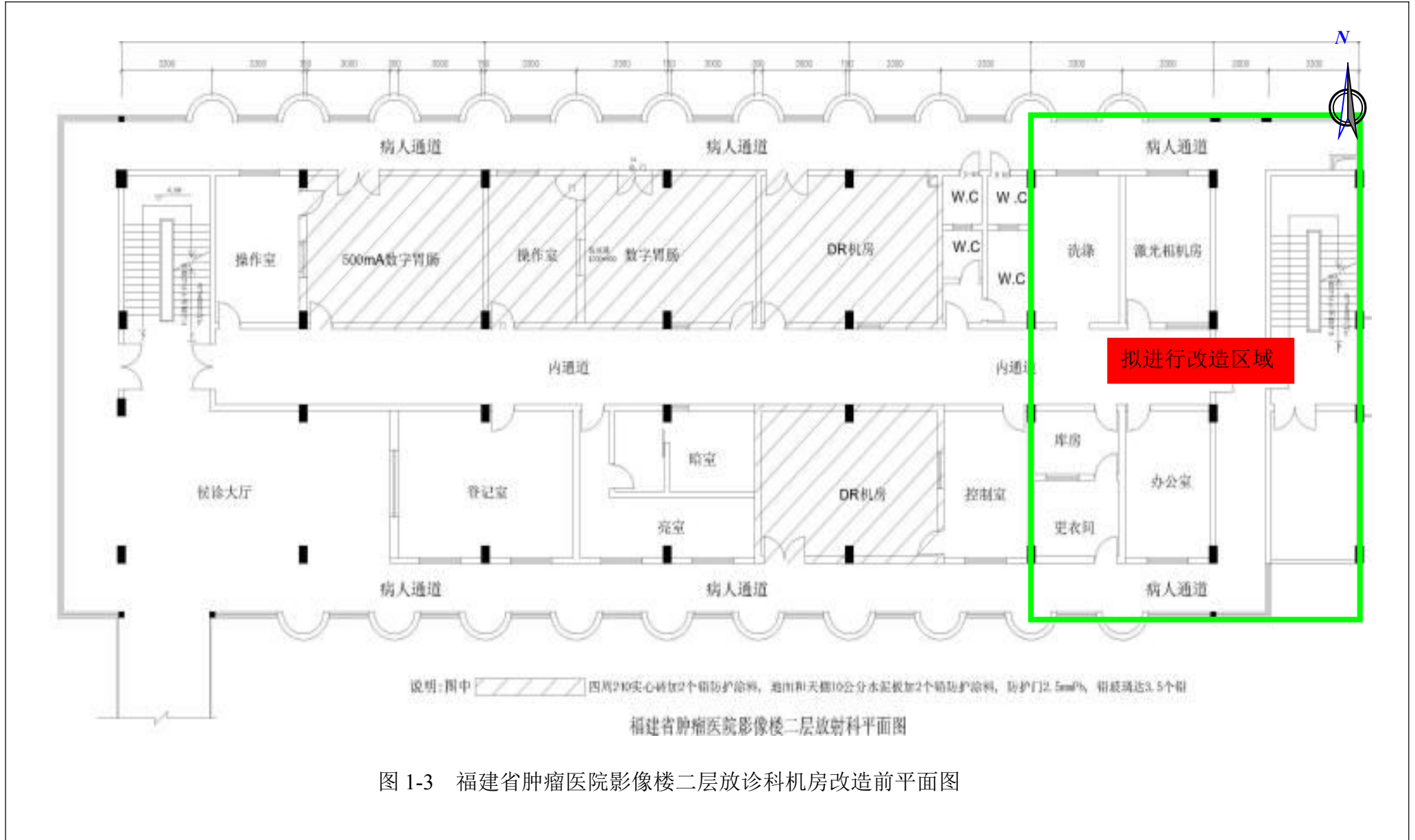


图 1-3 福建省肿瘤医院影像楼二层放诊科机房改造前平面图

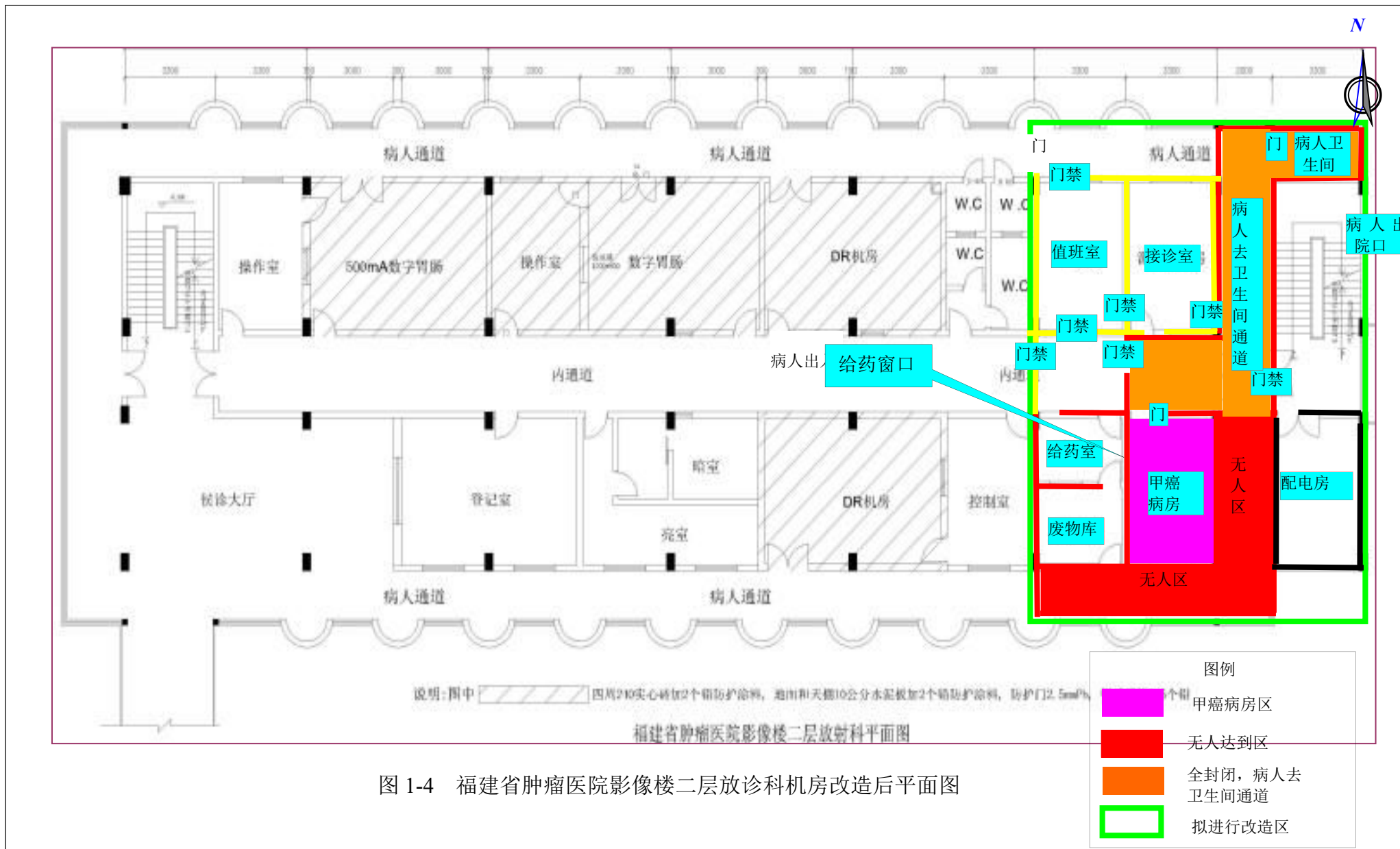


图 1-4 福建省肿瘤医院影像楼二层放诊科机房改造后平面图



图 1-5 放疗中心一层 CT 模拟机房

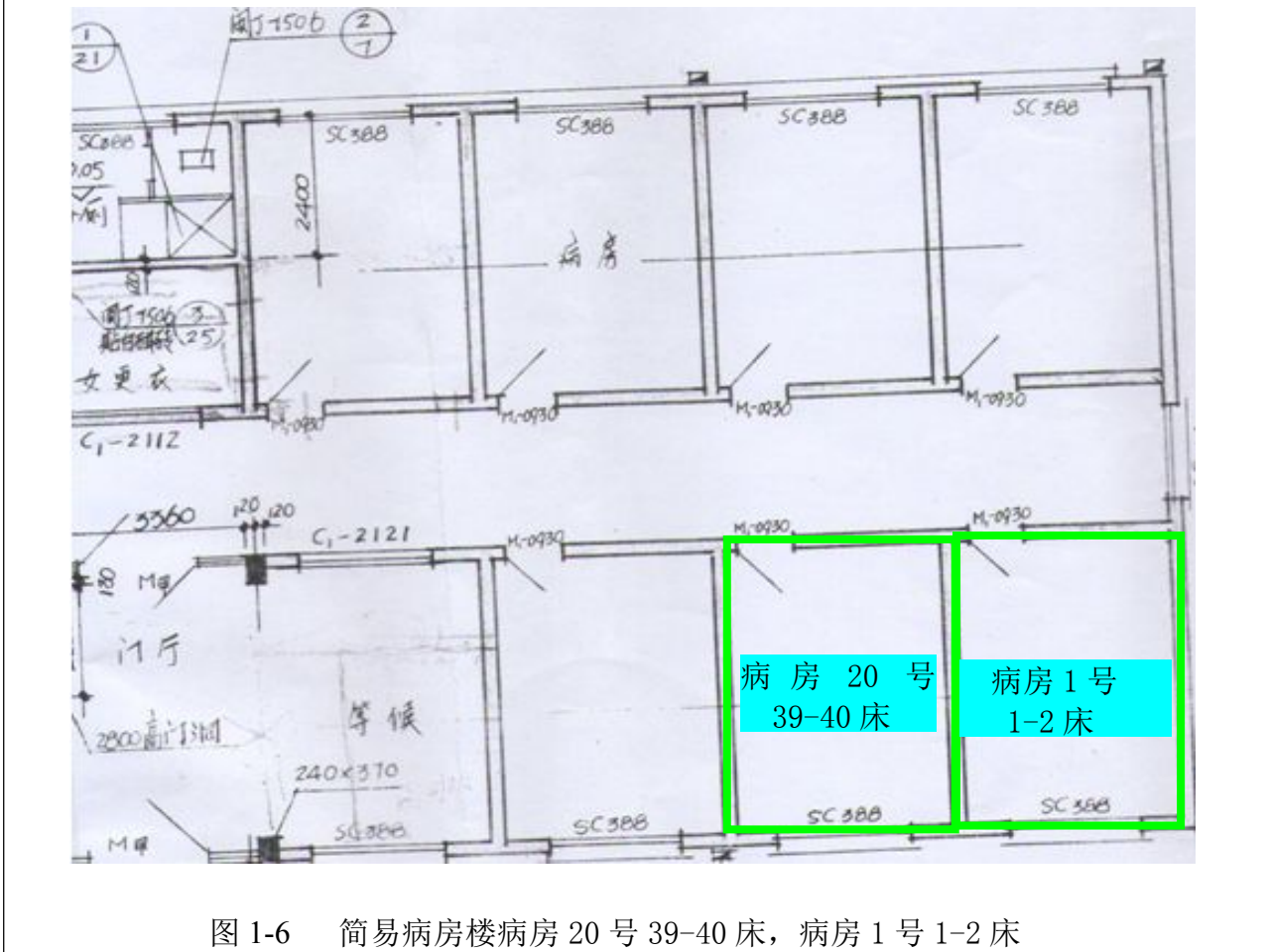


图 1-6 简易病房楼病房 20 号 39-40 床，病房 1 号 1-2 床

福建省肿瘤医院根据病人预约情况，定期从北京原子高科医药有限公司购买用于甲癌治疗的 ^{131}I 放射性药物，北京原子高科医药有限公司负责将包装完好的 ^{131}I 药物运送到福建省肿瘤医院影像楼二层，暂存在甲癌治疗区分装室铅制保险柜中。职业医生根据病人实际情况，通过给药窗口，给病人口服 ^{131}I 放射性药物。

随着国家医疗制度的改革和新型合作医疗的成功实施，人们生活水平的提高和健康观念的不断更新，以及医疗设备的更新换代，现有放射诊疗设施不能满足福建省肿瘤医院放射医学工作的要求，根据临床医学工作和实际情况的需要，福建省肿瘤医院放疗中心拟开展 ^{125}I 粒子植入治疗项目，用于肝癌患者的微创治疗。拟在放疗中心一层 CT 模拟机房进行 ^{125}I 粒子植入，在简易病房楼病房 20 号 39-40 床，病房 1 号 1-2 床进行 ^{125}I 粒子植入治疗，拟使用的 ^{125}I 粒子源从宁波金安药业科技有限公司购买，活度为 $0.4\text{mCi}\sim 1\text{mCi}$ ，根据病人的数量，采取预约的方式，由厂家负责运输到福建省肿瘤医院放疗中心一层， ^{125}I 粒子源暂存在原 ^{60}Co γ 远距治疗机贮源室(原 ^{60}Co γ 远距治疗机现已退役)。

福建省肿瘤医院提供的资料，福建省肿瘤医院使用活度为 $0.4\text{mCi}\sim 1\text{mCi}$ ^{125}I 粒子开展植入治疗项目，用于肝癌患者的微创治疗，单个 ^{125}I 密封粒子源属于 V 类放射源。在放疗中心一层 CT 模拟机房，使用 CT 模拟机 (BigBore)，在 CT 引导下进行 ^{125}I 粒子植入手术，在简易病房楼病房 20 号 39-40 床，病房 1 号 1-2 床进行 ^{125}I 粒子植入治疗，由表 1-1 和福建省肿瘤医院提供的资料，用于 ^{125}I 粒子植入手术的 CT 模拟机 (BigBore) 于 2012 年通过环境影响评价，附件 2。福建省肿瘤医院每天最多治疗 5 个病人，每个病人每次最多植入 20 枚 ^{125}I 粒子源，每天最多使用 100 枚 ^{125}I 粒子放射源。

福建省肿瘤医院 ^{125}I 粒子植入项目是对中毒组(毒性组别修正因子为 0.1)的 ^{125}I 粒子密封放射源进行简单操作(操作方式与放射源状态修正因子为 10)，日等效最大操作量为 $3.7\times 10^7\text{Bq}$ ，应按照乙级非密封源工作场所进行管理。

福建省肿瘤医院甲癌治疗项目是对中毒组(毒性组别修正因子为 0.1)的 ^{131}I 进行简单的操作(操作方式与放射源状态修正因子为 1)，日等效操作量为 $1.85\times 10^9\text{Bq}$ ，按照乙级非密封源工作场所进行管理。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》以及国务院 253 号令《建设项目环境保护管理条例》等法律、法规的规定，为切实做好该项目的环境保护工作，福建省肿瘤医院委托福建省辐射环境监督站对福建省肿瘤医院甲癌治

疗和 ^{125}I 粒子植入项目进行环境影响评价（委托书见附件 4）。

本次环评的主要内容为：福建省肿瘤医院甲癌治疗项目和使用活度为 $0.4\text{mCi}\sim 1\text{mCi}$ ^{125}I 粒子开展植入治疗项目。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《关于发布放射源分类办法的公告》（国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号）、《关于发布射线装置分类办法的公告》（国家环境保护总局公告 2006 年 第 26 号）的有关规定，该项目应依法编制环境影响报告表。

注：1.改建、扩建项目应说明原有情况，附原有项目的环评、竣工验收等文件；附项目所在地的区域图、项目的周边关系图。

2.应用类型——放射源与射线装置栏填写此次被评价对象的类别（I 类、II 类等）；非密封放射性物质工作场所等级栏填写（甲级、乙级等）。

3.投资比例——指核技术利用项目环保投资占核技术利用项目投资总额的比例。

2 放射源基本情况

核素名称	每枚活度 (Bq)	放射源编码	用途	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)

5 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
病人分泌物、排泄物、去污洗涤用水	^{131}I	液体	/	/	核医学科放射性废水衰变池	在衰变池滞留衰变 10 个半衰期以上，排入医院污水处理站，后进入城市污水管网
手套、一次性垫纸、吸管、吸水纸、酒精棉、包裹用具的塑料膜、废药瓶等	^{131}I	固体	/	/	废物库放射性废物桶	放置在放射性废物桶中 10 个半衰期以上，作为一般医疗垃圾处置
放射性气溶胶	^{131}I	气体	/	/	/	由给药室、甲癌治疗病房通风橱和排气口活性炭吸附装置充分吸附，最后经排气系统排至楼顶室外大气中
/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/

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）。

6 保护目标与评价标准

6.1 评价范围

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的规定,为了便于辐射防护管理和职业照射控制,控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散,并预防潜在照射或限制潜在照射的范围,将辐射工作场所分为控制区和监督区。对于本次评价的福建省肿瘤医院甲癌治疗和¹²⁵I粒子植入项目(甲癌治疗病房(含卫生间)、给药室、废物库、¹²⁵I粒子植入手术室、¹²⁵I粒子植入治疗病房)等环境作为控制区;给药室北侧缓冲区、甲癌治疗病房正上方的第二CT检查室、甲癌治疗病房正下方回旋加速器机房、甲癌病人卫生间正上方空置杂物间、甲癌病人卫生间正下方空置杂物间、¹²⁵I粒子植入手术室的CT模拟机控制室作为监督区。本次评价范围确定为福建省肿瘤医院甲癌治疗和¹²⁵I粒子植入项目诊疗场所及其周围环境。

6.2 保护目标

福建省肿瘤医院在影像楼二层使用¹³¹I放射性药物进行甲癌治疗;在放疗中心1层CT模拟机房进行¹²⁵I粒子植入手术,在简易病房楼病房20号39-40床,病房1号1-2床进行¹²⁵I粒子植入治疗。福建省肿瘤医院甲癌治疗项目平面布局以及监测点位示意图见图6-1。¹²⁵I粒子植入手术室、¹²⁵I粒子植入治疗病房周围环境以及监测点位示意图见图6-2、图6-3。甲癌治疗和¹²⁵I粒子植入项目周围环境及主要环境保护目标见表6-1,其周围环境现状见表6-2照片1~照片30。

福建省肿瘤医院核医学科已经建有放射性废水衰变池(4级,每级10m³,总容积40m³)。本次评价的甲癌治疗项目产生的病人分泌物、排泄物、去污洗涤用水经冲洗后直接排放到此衰变池中,衰变池位于福建省肿瘤医院影像楼北侧,福建省肿瘤医院衰变池地理位置示意图见图6-4。

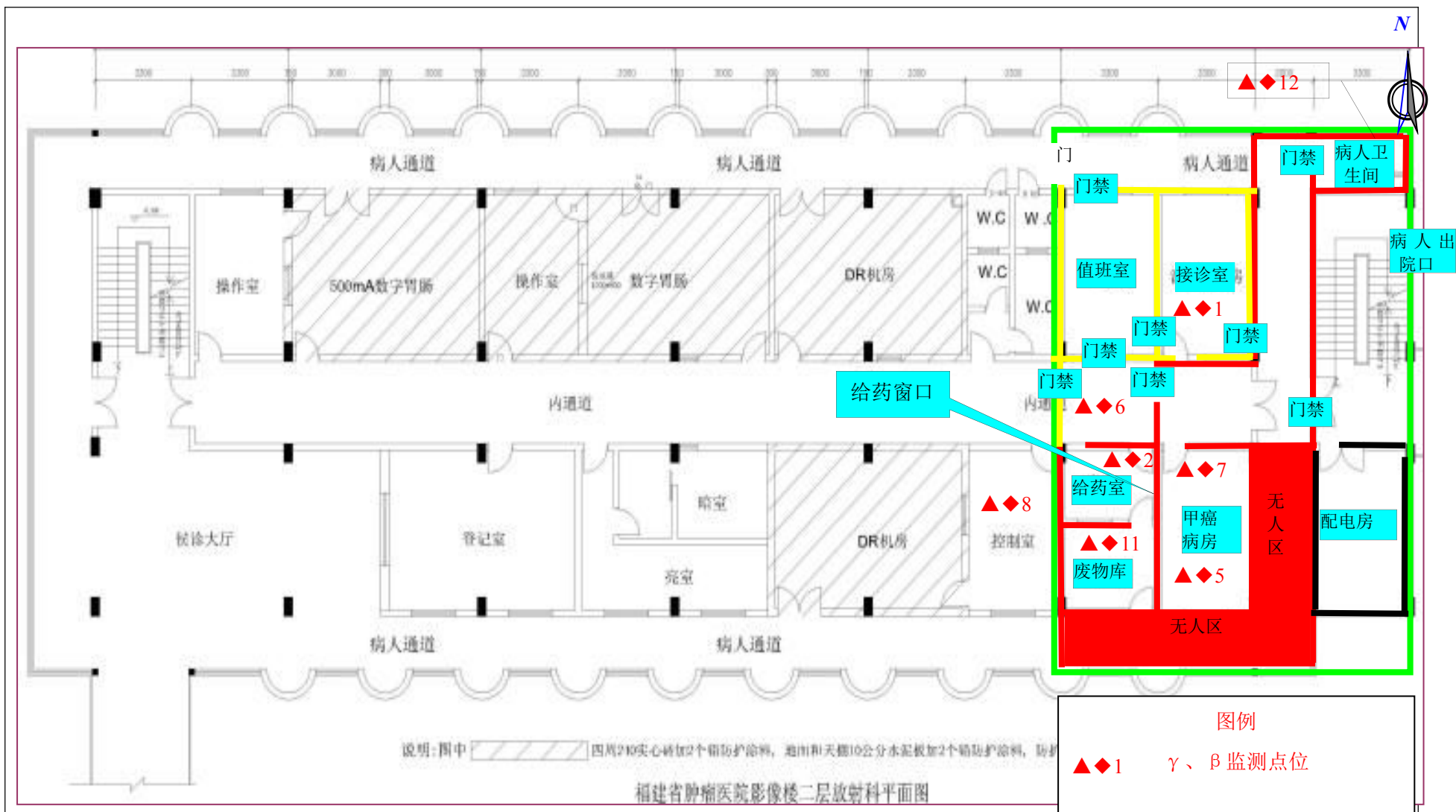


图 6-1 福建省肿瘤医院甲癌治疗项目平面布局以及监测点位示意图



图 6-2 福建省肿瘤医院 ^{125}I 粒子植入手术室周围环境以及监测点位示意图

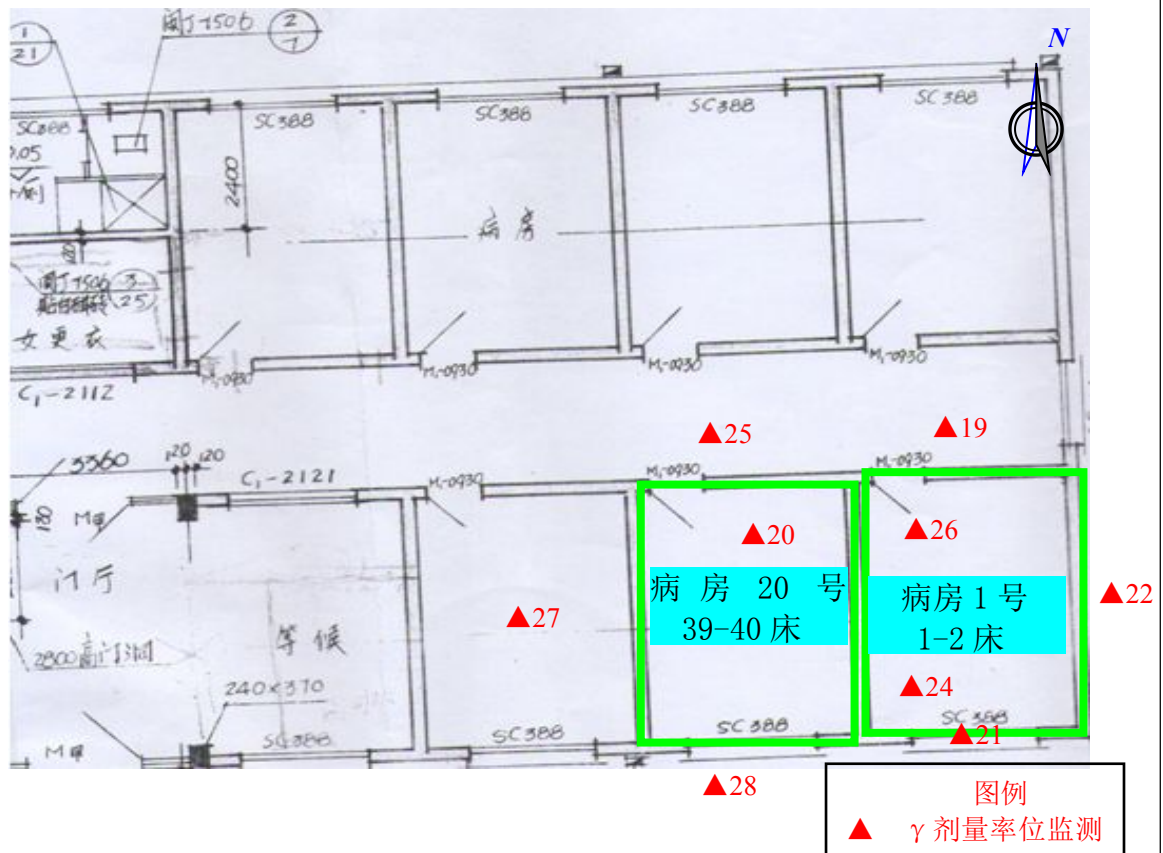


图 6-3 福建省肿瘤医院 ^{125}I 粒子植入治疗病房周围环境以及监测点位示意图



图 6-4 福建省肿瘤医院衰变池地理位置示意图

表 6-1 福建省肿瘤医院甲癌治疗和 ^{125}I 粒子植入项目环境保护目标

名称	周围环境		主要环境保护目标
甲癌病房	北侧墙外	接诊室	/
	东侧墙外	无人区	/
	西侧墙外	给药室、废物库、接诊室	甲癌职业医生(职业人员)
	南侧墙外	无人区	/
	正上方	第二 CT 检查室	16 排 CT 职业医生(公众人员)
	正下方	回旋加速器机房	/
给药室、 废物库	北侧墙外	读片室缓冲区	甲癌职业医生(职业人员)
	东侧墙外	甲癌病房	/
	西侧墙外	数字胸片 DR 控制室	数字胸片 DRDR 职业医生 (公众人员)
	南侧墙外	无人区	/
	正上方	16 排 CT 控制室	16 排 CT 职业医生(公众人员)
	正下方	回旋加速器机房	/
甲癌病人 卫生间	北侧墙外	悬空	/
	东侧墙外	悬空	/
	西侧墙外	患者通道	/
	南侧墙外	封闭楼梯间	/
	正上方	空置杂物间	/
	正下方	空置杂物间	/

续表 6-1

名称	周围环境		主要环境保护目标
CT 模拟机房	北侧墙外	候诊室	候诊室病人（公众人员）
	东侧墙外	走廊	偶尔停留的公众人员（公众人员）
	西侧墙外	控制室	CT 模拟机职业医生（职业人员）
	南侧墙外	院内草坪	/
	正上方	办公室	办公室工作人员（公众人员）
简易病房楼 病房 1 号 1-2 床	北侧墙外	过道	偶尔停留的公众人员（公众人员）
	东侧墙外	院内草坪	/
	西侧墙外	病房 20 号 39-40 床	/
	南侧墙外	院内草坪道	/
	正上方	总住院医生值班室	值班室值班人员（公众人员）
简易病房楼 病房 20 号 39-40 床	北侧墙外	过道	偶尔停留的公众人员（公众人员）
	东侧墙外	病房 1 号 1-2 床	/
	西侧墙外	空置病房	/
	南侧墙外	院内草坪	/
	正上方	总住院医生值班室	值班室值班人员（公众人员）
备注	¹²⁵ I 粒子植入手术病人因为本身受到粒子源照射，甲癌病人本身也受到大剂量照射，不在本次评价范围之内；加速器机房基本无无关人员停留。		

表 6-2 福建省肿瘤医院 ^{99m}Tc 药物使用甲癌治疗和 ^{125}I 粒子植入项目周围环境现状



照片 1 医学影像楼



照片 2 医学影像楼南侧



照片 3 医学影像楼南侧空地



照片 4 甲癌病房正下方加速器机房



照片 5 甲癌病房正下方加速器机房



照片 6 拟建甲癌病房



照片 7 拟建给药室、废物库



照片 8 数字胸片 DR 控制室



照片 9 拟建值班室、接诊室北侧走道



照片 10 拟建甲癌治疗病房正上方 CT 第二检查室



照片 11 ^{125}I 粒子植入的 CT 机房



照片 12 拟建甲癌病房卫生间



照片 13 拟建甲癌治疗病房正上方
CT 第二检查室



照片 14 拟建甲癌治疗项目值班室



照片 15 拟建甲癌病房南侧无人区



照片 16 拟建甲癌治疗项目接诊室



照片 17 简易病房楼



照片 18 简易病房楼 1~2 号床



照片 19 ^{125}I 粒子植入简易病房楼
39~40 号床



照片 20 简易病房楼 37~38 号床



照片 21 ^{125}I 粒子植入治疗病房正上方总
住院医生值班室



照片 22 ^{125}I 粒子植入治疗病房北侧空地



照片 23 ^{125}I 粒子植入治疗病房东侧空地



照片 24 ^{125}I 粒子植入治疗病房南侧空地



照片 25 ^{125}I 粒子植入治疗手术室
(CT 模拟机房)



照片 26 ^{125}I 粒子植入治疗手术室
(CT 模拟机控制室)



照 27 ^{125}I 粒子植入治疗手术室
北侧走道



照 28 ^{125}I 粒子植入治疗手术室
南侧走道



照 29 福建省肿瘤医院放疗中心



照 30 福建省肿瘤医院衰变池

6.3 评价标准

评价标准采用《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002),包括公众照射、职业照射剂量限值、剂量约束值;放射性废水总量排放标准,放射性核素治疗患者体内放射性残留量出院标准。

6.3.1 剂量限值和剂量约束值

剂量限值适用于实践(如本项目)所引起的照射,而不适用于对病患者的医疗照射和无任何主要责任方负责的天然辐射源的照射。剂量限值分为有效剂量限值和对单个器官的当量剂量限值,根据本项目的情况,仅列出有效剂量限值。

(1) 公众照射

公众照射剂量限值为,实践(如本项目)使公众中有关关键人群组的成员所受到的年平均有效剂量估计值不超过 1mSv。特殊情况下,如果 5 个连续年的年平均不超过 1mSv,则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

对于单个伴有辐射的“实践”项目,其对公众照射的剂量约束值取剂量限值的若干分之一,GB18871 建议取值范围在每年 0.1~0.3mSv。根据项目及周围环境状况,本项目对公众照射的剂量约束值取每年 0.25mSv。

(2) 职业照射

职业照射剂量限值为,由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量不超过 20mSv,任何一年的有效剂量不超过 50mSv。本项目职业照射剂量约束值取每年 5mSv。

6.3.2 放射性废水总量排放标准

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定,经环保审管部门确认,满足下列条件的低放废液可以直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道:

每月排放的总活度不超过 10ALImin,每次排放活度不超过 1ALImin。ALImin 的含意为相应于职业照射的食入和吸入年摄入量限值(ALI)中的较小者。

6.3.3 患者体内放射性残留量出院标准

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的规定,接受 ^{131}I 治疗的患者,其体内放射性活度降至低于 400MBq(约 11mCi)之前不得出院。

6.3.4 非密封性放射性物质工作场所的等级划分标准

表 C1 非密封源工作场所的分级

级别	日等效最大操作量(Bq)
甲	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

6.3.5 β 表面污染限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的规定,工作场所的放射性 β 表面污染控制水平见表 6-2。

表 6-2 工作场所的放射性 β 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		4
手、皮肤		0.4

注: 1.保护目标主要指职业人员、环境敏感点以及可能与项目相关的公众。

2.评价标准主要指职业人员、公众的辐射剂量约束值或者敏感点的剂量率限值,当项目对环境的影响还有非放射性排放的应给出所在地环境保护部门批准的排放限值。

7 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 22 号。</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，中华人民共和国主席令第 77 号。</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六号。</p> <p>(4) 《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。</p> <p>(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 2 号。</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，中华人民共和国环境保护部令第 3 号。</p> <p>(7) 《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。</p> <p>(8) 《关于发布放射源分类办法的公告》，国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号。</p> <p>(9) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院 253 号令。</p>
技术标准	<p>(1) 《临床核医学放射卫生标准》GBZ120-2006。</p> <p>(2) 《医用放射性废物管理的卫生防护管理》GBZ133-2009。</p> <p>(3) 《电离辐射监测质量保证一般规定》(GB8999-1988)。</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)。</p> <p>(5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)。</p> <p>(6) 《放射性物质安全运输规程》GB11806-2004。</p> <p>(7) 《污水综合排放标准》(GB8978-1996)。</p> <p>(8) 《低能 γ 光子粒子源植入治疗的放射防护与质量控制检测规范》(GBZ178-2006)。</p>
其他	委托书（见附件 4）。

8 项目工程分析与源项

8.1 工艺分析

福建省肿瘤医院拟在医院影像楼二层东南角开展甲癌治疗项目，福建省肿瘤医院根据病人预约情况，当天购买 ^{131}I 放射性药物当天使用。拟使用的 ^{131}I 放射性药物拟从北京原子高科医药有限公司购买，北京原子高科医药有限公司购买负责运输到福建省肿瘤医院，暂存在影像楼二层给药室铅制保险柜中。

福建省肿瘤医院拟开展 ^{125}I 粒子植入治疗项目，用于肝癌患者的微创治疗。拟在放疗中心 1 层 CT 模拟机房进行 ^{125}I 粒子植入手术，在简易病房楼病房 20 号 39-40 床，病房 1 号 1-2 床进行 ^{125}I 粒子植入治疗，拟使用的 ^{125}I 粒子源从宁波金安药业科技有限公司购买，活度为 $0.4\text{mCi}\sim 1\text{mCi}$ ，根据病人的数量，采取预约的方式，由厂家负责运输到福建省肿瘤医院放疗中心， ^{125}I 粒子源暂存在原 $^{60}\text{Co}\gamma$ 远距治疗机贮源室(原 $^{60}\text{Co}\gamma$ 远距治疗机现已退役)。

8.1.1 ^{131}I 甲癌治疗

8.1.1.1 操作规范

(1) 首先详细询问病史、临床表现，进行相关体格检查后进行相关辅助检查：甲功 (TT3、FT3、T4、FT4、TSH、Tg、TgAb)、颈部超声、肝肾功能等，必要时行颈胸部 CT 扫描及 SPECT 颈胸部 ^{131}I 或 Tc99-MIBI 扫描。

(2) 根据患者病史、症状及体征并结合辅助检查结果进行病情评估，办理门诊或住院手续拟行 ^{131}I 治疗。

(3) ^{131}I 治疗前，向患者详细说明治疗过程，并说明治疗的禁忌症及可能出现的不良反应和副作用，详细宣教 ^{131}I 治疗后对周围人群的辐射防护。

(4) 治疗方案制定：由科室副主任医师或以上人员根据患者病情进行治疗方案的制定。

(5) 治疗前说明该治疗可能导致的不良反应及副作用之后，取得患者同意，签署知情同意书，准备治疗。

(6) 治疗前嘱病人停用甲状腺片、优甲乐、雷替斯等甲状腺制剂、含碘食物药物 1-2 周，治疗当日空腹。

(7) ^{131}I 治疗药物剂量：根据患者病史、病情及相关辅助检查结果进行药物剂量的确定。

(8) ^{131}I 药物准备：主管医师根据副主任医师确定的治疗方案中的 ^{131}I 剂量向厂家订购，厂家根据用量进行配送。

(9) 主管医师负责病人的管理，即接诊—→开具辅助检查申请单—→诊断确认—→病历病程书写—→治疗前谈话—→药物准备—→治疗实施的整个过程，必要时可请相关科室会诊。

(10) 治疗完毕嘱告知病人治疗后注意事项、颈部及全身可能出现的不良反应，如出现不良反应由病房当班医师给予相应对症处理。

(11) 分化性甲状腺癌 ^{131}I 治疗患者服用药物后禁止外出，仅允许在病房内部自由活动，服药后观察 5-7 天，如无明显不良反应则准予出院，出院前一天进行 ECT 全身扫描，了解全身 ^{131}I 摄取情况以预评估本次治疗效果，并告知患者出院后注意事项、药物使用及复诊时间和内容。

8.1.1.2 操作流程

门诊接诊—→详询病史—→体格检查—→辅助检查—→作出诊断—→办理住院手续—→拟 ^{131}I 治疗—→治疗前准备—→治疗前谈话—→签署知情同意书—→药物准备—→病人服药—→病情观察—→ECT 全身扫描—→出院—→说明出院后注意事项—→告知出院后复诊时间及内容。

8.1.2 ^{125}I 粒子植入治疗

^{125}I 粒子植入是恶性肿瘤综合治疗的一种有效技术，属于近距离内放射治疗的一种。它是在 CT 引导下，将发出低能量 γ 射线的 ^{125}I 粒子直接植入肿瘤组织内，对肿瘤组织进行持续性的、最大程度的毁灭性杀伤。该方法经微创（经皮穿刺）方式或手术将放射性 ^{125}I 粒子植入肿瘤内或可能受肿瘤侵犯的组织内，也可以植入到肿瘤转移的淋巴信道或淋巴结内。 ^{125}I 粒子衰变过程中发射出低剂量的 γ 射线，对肿瘤组织进行不间断的持续照射，能够杀死不同时期裂变的肿瘤细胞和肿瘤周围乏氧细胞，因此，可以有效地治疗肿瘤，防止肿瘤复发和转移。

8.1.2.1 ^{125}I 粒子物理特性

^{125}I 半衰期为 59.6 天， ^{125}I 粒子活度为 0.4mCi~1mCi，长 4.5mm，直径 0.8 mm。内

为吸附 ^{125}I 粒子的银棒，外壳为 0.05 mm 厚的钛金属，平均光子能量为 28keV，穿透距离 1.7cm，发射低能 γ 射线和特征性 X 射线。

8.1.2.2 ^{125}I 粒子植入治疗特点

(1) ^{125}I 粒子辐射直径仅 1.7cm，能量绝大部分被组织吸收，无需特别的屏蔽防护，粒子植入手术后，永久植入患者体内，无放射性废弃物产生。

(2) ^{125}I 粒子植入对肿瘤组织直接照射，局部照射剂量远比正常组织高得多；能最大限度杀伤肿瘤细胞，对正常组织和敏感组织损伤小。

(3) 持续性、低剂量反复照射，对肿瘤组织的生物效应明显提高，对 DNA 双链破坏完全。

(4) 放射源始终存放在专用的容器内，操作过程中工作人员不直接接触粒子，操作安全，易于防护。

(5) ^{125}I 粒子属于放射性药品，需要放疗中心订购和专有的场所存放； ^{125}I 粒子植入又需要放疗中心分别与介入科（放射科）、外科、磁共振、超声和内镜学等临床科室的合作才能共同完成。

(6) ^{125}I 粒子植入后根据植入部位不同也有一定的并发症。

8.1.2.3 ^{125}I 粒子植入治疗流程

福建省肿瘤医院拟使用 ^{125}I 粒子用于肝癌的治疗，永久植入患者体内，不产生放射性废弃物。

(1) 临床确认肝癌患者具备粒子治疗的适应证，主要包括无法手术或不愿、不宜手术的原发肿瘤；肿瘤手术不净，术中植入；不宜手术的转移性肿瘤；转移瘤或原发肿瘤引起的疼痛；外放疗效果不佳或失败的病历；外放疗或化疗剂量不足，作为局部剂量补充。

(2) 提交粒子治疗申请到放疗中心进行预约。

(3) 有资质的放射物理工程师运用 CT 进行扫描，严格按照剂量学原理，科学、客观、公正利用放射治疗原则、避免过度治疗和注意正常组织、器官的保护，制定计划，植入的粒子数目要达到规定剂量。福建省肿瘤医院放疗中心根据计划系统估算并向厂家订购粒子数量和活度。

(4) 把粒子装入粒子仓内并送往高压灭菌消毒。

(5) 在 CT 引导下植入治疗。

(6) 患者回到粒子植入专用病房，腹部肝区覆盖铅防护衣。

(7) 住院大约 3 天后出院。

8.1.3 核医学科放射性药品以及密封放射源的使用

拟建福建省肿瘤医院甲癌治疗和 ^{125}I 粒子植入项目拟使用 ^{131}I 放射性药物进行甲癌治疗；拟使用 ^{125}I 密封粒子放射源进行粒子植入手术，用于肝癌治疗。

8.1.4 关键核素分析

福建省肿瘤医院拟建甲癌治疗项目和 ^{125}I 粒子植入项目拟使用放射性同位素性质见表 8-1，拟使用的密封放射源性质见表 8-2。拟开展的项目与放射性药品的使用情况见表 8-3。

表 8-1 本项目使用的放射性同位素性质

核素名称	放射性半衰期	毒性分组	主要 β 射线能量(KeV) (支比)	主要 γ 、X 射线能量(KeV) (分支比)	Γ 照射量率常数 ($\text{R} \cdot \text{m}^2/\text{h} \cdot \text{Ci}$)	公众成员内照射剂量转换因子 ⁽¹⁾ (mSv/Bq)		ALI _{min} ⁽²⁾ (MBq)
						吸入	食入	
^{131}I	8.04 天	中毒	606(89.7%)	364(81.8%) 637(7.2%) 284(5.9%)	0.218	7.2×10^{-5}	1.8×10^{-4}	0.9
^{125}I	60.1 天	中毒	EC(100%)	27-32(138%) 35(7%)	0.0068	2.3×10^{-5}	5.7×10^{-5}	1.3

备注：(1) 单位摄入量所致的待积有效剂量，采用不同年龄组的最大值。

(2) ALI_{min} 是相应于职业照射的食入和吸入年摄入量限值(ALI)中的较小者。

表8-2 本项目拟使用的密封放射源性质

核素名称	放射性活度 (Bq)	单次使用数量 (枚)	物理、化学性态	分类	用途
^{125}I	$1.48 \times 10^7 \sim 3.7 \times 10^7$	1~20	^{125}I 半衰期为 59.4 天，长 4.5mm，直径 0.8 mm。平均光子能量为 28keV，穿透距离 1.7cm，发射低能 γ 射线和特征性 X 射线。	V 类源	粒子植入手术，用于肝癌治疗

由非密封放射性物质基本情况和表 8-1 可知，放射性核素 ^{131}I ，为中毒性核素， γ 射线能量较大，还伴有 β 表面污染，不便于操作和管理。甲癌治疗病人单次用药量和年用药量比较大（甲癌治疗每次用药 100~150mCi 左右），半衰期较长，极容易挥发，会产生放

射性气溶胶，而用药后的病人剂量比较大，住院时间长，流动性比较强，不便于管理。

由表 8-2 可知，用于粒子植入的 ^{125}I 密封粒子源，为 V 类密封放射源，接近豁免活度， ^{125}I 粒子源暂存在原 ^{60}Co 远距治疗机贮源室(原 ^{60}Co 远距治疗机现已退役)，易于存取， ^{125}I 密封粒子源长 4.5mm，直径 0.8 mm。内为吸附 ^{125}I 粒子的银棒，外壳为 0.05 mm 厚的钛金属，平均光子能量为 28keV，能量较低，穿透距离仅为 1.7cm。职业人员使用粒子枪，植入单个 ^{125}I 粒子不超过 2s，每位患者最多植入 25 个 ^{125}I 粒子源进行治疗，在不超过 1 分钟内完成操作。25 个 ^{125}I 粒子源，不考虑其几何尺寸，叠加在一起，总活度最大为 $9.25 \times 10^8 \text{Bq}$ ，仍为 V 类密封放射源，接近豁免活度，对职业人员外照射剂量较小。

福建省肿瘤医院放疗中心职业医生在放疗中心 CT 模拟机房进行 ^{125}I 粒子植入，在 CT 机房，职业人员先对患者进行摆位操作，然后关闭 CT 模拟机机房，职业人员打开 CT 模拟机，在 CT 模拟机控制室进行病灶定位，进行穿刺手术，在 CT 模拟机引导下，植入 ^{125}I 粒子。整个操作过程，职业人员在机房时，CT 模拟机基本处于关机状态，由于射线是随着 CT 模拟机的打开而产生，随着电源的关闭而消失。CT 模拟机关机状态下，不产生外照射。根据医院提供的资料，本次用于 ^{125}I 粒子植入手术的 CT 模拟机机于 2011 年通过环境影响评价，机房各项屏蔽防护措施符合辐射防护要求，对 ^{125}I 粒子植入医生外照射剂量可忽略不计， ^{125}I 粒子植入项目应按照乙级非密封源工作场所进行管理，对职业人员和周围公众人员年附加有效剂量可忽略不计。

综上所述， ^{131}I 为本次评价的关键核素。

8.1.5 关键途径分析

由关键核素分析可知， ^{131}I 为本次评价的关键核素，涉及到关键核素的具体操作环节是放射性污染的关键途径。福建省肿瘤医院甲癌治疗和 ^{125}I 粒子植入项目使放射性药品使用情况见表 8-3，放射性药品使用流程见表 8-4。

表 8-3 放射性药品使用情况

核素名称	给药方式	项目名称	显像仪器	使用地点	药品贮存
^{131}I	口服	甲癌治疗	/	甲癌治疗病房	影像楼二层给药室铅制保险柜中，当天淋洗，当天使用
^{125}I	植入	^{125}I 粒子植入	/	放疗中心 CT 模拟机房	^{125}I 粒子源暂存 ^{60}Co γ 远距治疗机贮源室(原 ^{60}Co γ 远距治疗机现已退役)

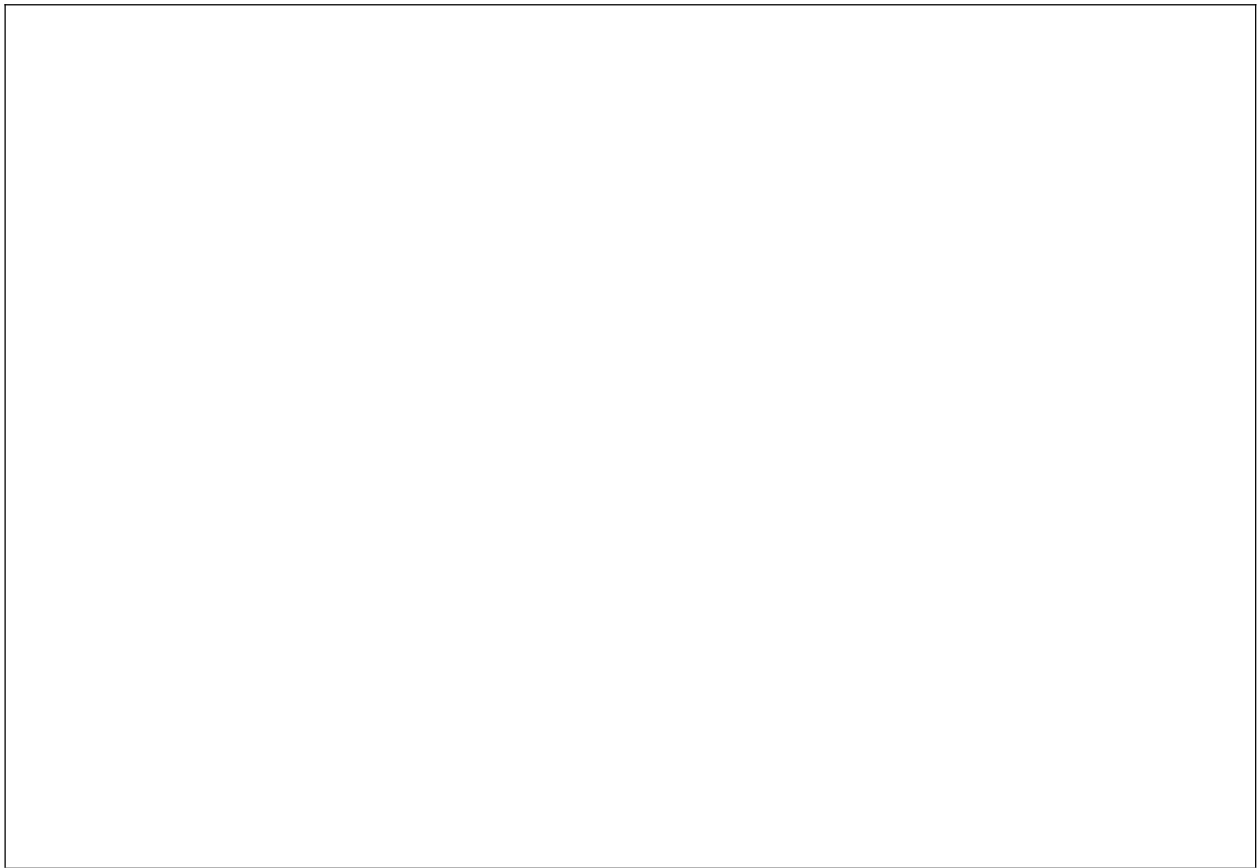
表 8-4 放射性药品使用流程

核素名称	项目	流程	γ 射线外照射	表面污染	气体废物及处置	液体废物及处置 ⁽¹⁾	放射性固体废物及处置
¹³¹ I	甲癌治疗	已经分装好的 ¹³¹ I 放射性药物→给药室给药窗口→吸管→病人口服→在甲癌治疗病房住院 5-7 天	¹³¹ I 放射性药物对职业人员和周围公众的外照射	给药室、给药窗口、地面、墙壁、职业人员手、皮肤、工作服等污染	由给药室、甲癌治疗病房通风橱和排气口活性炭吸附装置充分吸附，最后经排气系统排至楼顶室外大气中	病人分泌物、排泄物、去污洗涤用水在衰变池滞留衰变 10 个半衰期以上，排入医院污水处理站，后进入城市污水管网	手套、一次性垫纸、吸管、吸水纸、酒精棉、包裹用具的塑料膜、废药瓶等放置在放射性废物桶中 10 个半衰期以上，作为一般医疗垃圾处置 废物→源库及废物库贮存衰变至清洁解控水平→经省管部门确认或批准，作为一般医疗垃圾处置

福建省肿瘤医院甲癌治疗项目位于影像楼二层，是原诊疗科机房改造而成。甲癌治疗项目设有甲癌病房、甲癌病人卫生间、给药室、废物库、接诊室、值班室。职业医生根据病人的预约情况，由职业人员定期预约购买 ¹³¹I 放射性药物，由厂家负责运输到影像楼二层给药室铅制保险柜中。

职业人员和诊疗病人从福建省肿瘤医院影像楼一层西侧楼到影像楼二层，进过北侧病人通道，通过门禁系统进入甲癌治疗项目值班室，再到接诊室。进过诊断，未给药甲癌病人从接诊室东侧，通过门禁系统进入甲癌治疗病房，职业医生根据病人情况，在给药室通过给药窗口给甲癌治疗病人口服 ¹³¹I 放射性药物。给药后的甲癌治疗病人在甲癌病房住院 5~7 天，经检查、确认，待达到病人出院标准要求，方可从甲癌治疗病房东侧门禁系统，经过影像楼东侧楼梯，到一层出院门口出院。

福建省肿瘤医院甲癌治疗项目平面布局图、人员走向图见图 8-1。



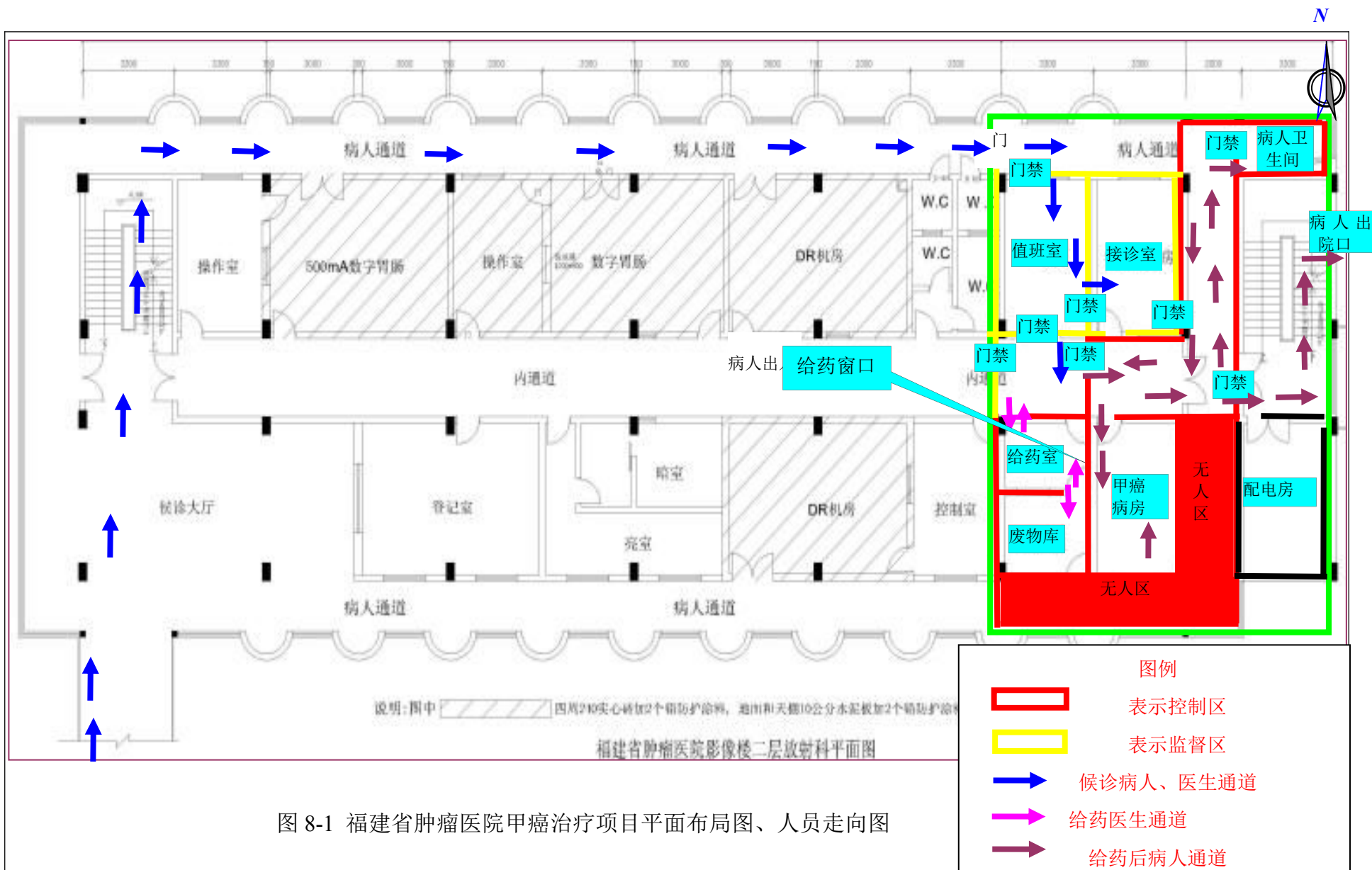


图 8-1 福建省肿瘤医院甲癌治疗项目平面布局图、人员走向图

8.1.6 关键人群组分析

由关键核素、关键途径分析，结合甲癌治疗项目的平面布置，本次评价的关键人群组为福建省肿瘤医院甲癌治疗项目职业人员以及周围偶尔停留的公众人员。

8.2 源项描述

正常工况下，对于甲癌治疗项目，运行期主要污染因子是：

- (1) 放射性药品¹³¹I发射的 γ 射线；
- (2) 放射性药品治疗过程中产生的 β 表面污染；
- (3) 放射性废水：病人分泌物、排泄物和去污洗涤用水；
- (4) 放射性固体废物：废药瓶、吸管、棉签、棉球、手套等放射性固体废物；
- (5) 放射性药品产生的微量放射性气溶胶。

事故状态下，放射性药品偶尔滴漏，对职业人员产生的 γ 外照射和 β 表面污染。职业人员应加强安全管理，熟悉操作规程，若有滴漏，应立即用酒精棉擦拭，用水清洗工作台，直到表面污染监测结果达标。

本项目中，福建省肿瘤医院甲癌治疗项目和¹²⁵I粒子植入项目在筹划、建设阶段，环评单位于2014年2月20日对福建省肿瘤医院本次环评拟建项目的工作场所及周围环境进行了监测，相关监测技术规范进行，监测仪器情况见表8-5，仪器检定证书见附件5。环境本底监测结果见表9-1。

表 8-5 监测使用的仪器

监测仪器名称	型号	编号与检定期限
便携式环境 X- γ 剂量率仪	6150AD5/H	主机编号： 132121 探头型号 6150AD-b/H，编号 132222 检定有效期限： 2014.8.8
COMO170 便携式表面污染测量仪	COMO170	编号： 3514 检定有效期限： 2014.3.6 本底： α : 0.1 cps; β/γ :15-25cps

监测时质量保证措施如下：

- (1) 监测仪器经计量部门检定合格并在检定有效期内。
- (2) 测量前、后均检查仪器的工作状态是否良好，并用检验源对仪器进行校验。
- (3) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- (4) 由专业人员按照操作规程操作监测仪器，并认真做好记录。
- (5) 监测数据严格实行校对、校核、审定三级审核制度，专人负责质量保证及核查、检查工作。

(6) 本次测量时，均未扣除该测量地区的宇宙射线响应。

各场所具体监测结果见表 9-1，监测结果表明：

福建省肿瘤医院甲癌治疗和 ^{125}I 粒子植入项目未运行时，其所在工作场所周围环境 X- γ 辐射剂量率、 β 表面污染均处于环境本底水平，辐射环境质量现状良好。

注：1.工艺分析主要包括：人员以及物质（含废弃物）在工作场所内的流向、涉源环节的布局、辐射安全的相关设施及其功能；其中涉源环节的的布局需给出项目的平面布局图和剖面图、安全设施位置应标于平面布局图上。

2.源项描述应包括对环境影响的辐射相关数据。

9 环境现状监测

表 9-1 拟建甲癌治疗和 ^{125}I 粒子植入项目周围环境 X- γ 辐射剂量率、 β 表面污染
(环境本底值)

编号	项目 监测点位描述		监测结果 (贯穿辐射剂量率) 单位: nSv/h			监测结果 (β 表面污染) 单位: cps			
			范围值	平均值	标准偏差	编号	范围值	平均值	标准偏差
▲1	甲癌病房	北侧墙外, 接诊室	190~201	198	6	◆1	22.4~22.6	22.5	0.238
▲2		西侧墙外, 给药室	194~211	206	10	◆2	22.6~23.9	23.0	0.238
▲3		正上方, 第二 CT 检查室	193~198	195	2	◆3	22.6~22.8	22.6	0.228
▲4		正下方, 回旋加速器机房	194~212	206	9	◆4	22.5~22.9	22.7	0.229
▲5		环境本底	194~215	207	11	◆5	22.1~23.0	22.5	0.267
▲6	给药室、废物库	北侧墙外读片室缓冲区	194~199	197	3	◆6	22.7~23.4	23.1	0.234
▲7		东侧墙外, 甲癌病房	194~206	203	6	◆7	23.1~23.3	23.2	0.259
▲8		西侧墙外数字胸片 DR 控制室	195~209	205	7	◆8	22.5~23.4	23.1	0.264
▲9		正上方 16 排 CT 控制室	190~210	204	7	◆9	22.1~23.3	22.9	0.311
▲10		正下方回旋加速器机房	191~209	199	9	◆10	22.7~23.8	23.0	0.309
▲11		环境本底	193~209	205	8	◆11	23.2~23.9	23.5	0.269
▲12	甲癌病人卫生间	环境本底	195~205	202	7	◆12	22.2~23.0	22.8	0.315
备注	设备未运行, 因此环境现状测值为环境本底值。本次测量未扣除该地区宇宙射线响应。监测点位见图 6-1、图 6-2、图 6-3。								

续表 9-1

编号	项目 监测点位描述		监测结果（贯穿辐射剂量率） 单位：nSv/h			监测结果（ β 表面污染） 单位：cps			
			范围值	平均值	标准偏差	编号	范围值	平均值	标准偏差
▲13	CT 模拟机房	北侧墙外，候诊室	194~201	197	7	无 β 表面污染			
▲14		东侧墙外，走廊	194~211	206	10				
▲15		西侧墙外，控制室	193~198	195	2				
▲16		南侧墙外，院内草坪	191~210	206	9				
▲17		正上方，办公室	192~212	208	8				
▲18		环境本底	197~210	217	9				
▲19	简易病房楼病房1号1-2床	北侧墙外，走道	195~199	198	3	无 β 表面污染			
▲20		西侧墙外，病房2号3-4床	194~210	206	9				
▲21		南侧墙外，院内草坪	195~198	195	3				
▲22		东侧墙外，院内草坪	199~212	206	7				
▲23		正上方，总住院医生值班室	194~210	206	9				
▲24		环境本底	194~209	207	8				
▲25	简易病房楼病房20号39-40床	北侧墙外，走道	197~206	203	8	无 β 表面污染			
▲26		东侧墙外，病房1号1-2床	195~199	198	3				
▲27		西侧墙外，空置病房	194~211	206	7				
▲28		南侧墙外，院内草坪	191~210	205	9				
▲29		正上方，总住院医生值班室	192~212	207	8				
▲30		环境本底	194~209	204	6				
备注	设备未运行，因此环境现状测值为环境本底值。本次测量未扣除该地区宇宙射线响应。监测点位见图 6-1、图 6-2、图 6-3。								

10 环境影响分析

10.1 项目建设的必要性分析

(1) 福建省肿瘤医院位于福州市晋安区福马路凤坂，东倚鼓山国家风景区，西接市中心，是全省唯一的一所集肿瘤预防、治疗、科研、教学、培训于一体的省级肿瘤专科医院，为三级甲等肿瘤专科医院。伴随“海西”经济的迅速增长，城市化规模的扩大，为解决福州市人口众多而专业医疗资源的不足的难题，满足福州市百姓的需要，建设福建省肿瘤医院甲癌治疗和 ^{125}I 粒子植入项目有助于缓解当地医疗压力，满足教学、科研、医院的需要。

(2) 福建省肿瘤医院，作为集肿瘤预防、治疗、科研、教学、培训于一体的省级肿瘤专科医院，为三级甲等肿瘤专科医院，甲癌治疗是一门综合性的边缘学科，是一个多专业、多层次的综合技术结构体。在三级甲等肿瘤专科医院中有其必要性和重要性。因此，福建省肿瘤医院开展甲癌治疗项目，使医院肿瘤专科更专，便于肿瘤患者集中诊断和治疗。

(3) 常规放射性治疗由于辐射面积较大、放射性射线剂量大和贯穿人体，对人体的正常组织结构损伤很大。与常规外照射治疗相比，在 CT 引导下植入 ^{125}I 粒子优势显著：内照射射线剂量小，作用时间更长，治疗定位更准确，对肿瘤局部作用均匀，辐射半径小（两厘米左右），对周围正常组织损伤极小，是一种非常好的局部治疗措施。与化疗配合，治疗肿瘤的效果更加明显（可以杀灭远处的微转移病灶）。对肿瘤组织进行持续性的、最大程度的毁灭性杀伤。该技术对肿瘤的局部治疗可以达到或接近手术和其他毁损病灶疗法的效果。对于某些经手术后，出现复发或者局限转移的肿瘤， ^{125}I 粒子植入具有明显优势。此外，还可作为常规放射治疗的补充和协同治疗的手段，会取得更好的治疗效果。

综上所述，福建省肿瘤医院开展甲癌治疗和 ^{125}I 粒子植入项目能为病人提供放射诊断与治疗，使医院核医学齐全，提高医院整体医疗水平，更好的服务于社会。

10.2 项目布局合理性分析

本次评价拟建福建省肿瘤医院甲癌治疗项目位于影像楼二层，福建省肿瘤医院影像楼一层为核医学科、ECT、PET/CT、回旋加速器机房，二层、三层均为放诊科机房。拟建福建省肿瘤医院甲癌治疗项目甲癌病房是影像楼二层放诊科经改造而建，整栋大楼均为放射诊疗所用，与大楼整体功能布局不冲突。影像楼北侧为福建省肿瘤医院核医学科衰变池；西北侧为简易病房大楼，西侧为院内马路，南侧为门诊楼，东侧为新外科大楼。根据满足“诊治工作要求、又有利于辐射防护和环境保护以及各组成部分功能分区，既能有机联系，又不互相干扰”的原则对本项目平面布置合理性分析如下：

(1) 福建省肿瘤医院影像楼，相对独立，避开人员较集中的场所，避免了射线对周围公众的辐射影响。

(2) 拟建福建省肿瘤医院甲癌治疗项目位于影像楼二层东北侧，其中甲癌项目治疗区南侧为无人区，西侧为DR控制室，北侧为无人区，东侧为楼道，与大楼原功能布局不冲突，合理安排、布局，有效避免了扩大放射性污染范围，符合辐射防护最优化原则。

(3) ^{125}I 粒子植入手术室位于放疗中心CT模拟机。北侧为候诊室，东侧为走廊，西侧为CT模拟机控制室，南侧为院内草坪，正上方为办公室； ^{125}I 粒子植入治疗病房位于简易病房楼病房1号1-2床，简易病房楼病房20号39-40床，本身为介入科病床，与其原有功能不冲突，其周围环境与大楼整体布局不冲突。

各放射性工作场所的平面布置表明：各放射性工作场所周围均为其相关工作室，对非放射性工作场所影响较小。医院规划、考虑了项目特点和周围环境对本项目可能存在的影响，使各科室病人能够就近诊疗，这样既方便了诊疗，又使放射性工作场所相对集中，便于医院对放射源和诊疗病人的集中管理。该实践是正当的且符合辐射防护的三原则，因此，本项目面布置比较合理。

10.3 国家产业性政策分析

经对照《产业结构调整指导目录（2011年本）》（国家发展和改革委员会 2011 第 9 号令），本项目属于国家鼓励类的全科医疗服务、医疗卫生服务设施建设。

福建省肿瘤医院甲癌治疗和 ^{125}I 粒子植入项目建成后，可提高当地医疗水平，为百姓提供更多便利，符合辐射防护“实践正当性”原则，能够满足辐射环境保护的要求。因此，福建省肿瘤医院建设甲癌治疗和 ^{125}I 粒子植入项目的目的是正当可行的，满足社会经济发展的需要，符合国家产业政策。

10.4 建设过程对环境的影响

本次评价时，福建省肿瘤医院拟在影像楼二层开展甲癌治疗项目；拟在放疗中心 CT 模拟机房进行 ^{125}I 粒子植入，在简易病房楼病房 1 号 1-2 床、简易病房楼病房 20 号 39-40 床进行 ^{125}I 粒子植入治疗。福建省肿瘤医院简易病房楼病房 1 号 1-2 床、简易病房楼病房 20 号 39-40 床已经投入运行。主要考虑将影像楼二层放诊科机房改造为甲癌病房所产生的影响。

10.4.1 施工噪声环境影响分析

由于施工机械的流动性和作业的间歇性及环境的复杂性，施工边界和敏感目标噪声增量难以定量给出。

此外，本项目施工机械噪声源强大，距离敏感目标近，主要从提出污染防治措施方面降低施工噪声对周围环境的影响。

10.4.2 施工期扬尘影响分析

施工期易发生的各类扬尘源都属于无组织排放的瞬时面源，其源强大小与扬尘颗粒物的粒径大小、比重以及环境的风速、湿度等因素有关，风速越大、颗粒越小、土沙的含水率越低，扬尘的产生量就越大。施工期各类扬尘的产生高度都比较低，粉尘颗粒也比较大，污染扩散的距离不会很远，其影响主要在施工场地下风向区域。根据以上对污染源的分析，在扬尘点下风向 0~50m 为较重污染带，50~100m 为污染带，100~150m 为轻污染带，150m 以外对大气影响甚微。在干燥、风速大的气候条件下，这种影响更大。

运输车辆道路扬尘强度除了与风速、湿度等因素有关，还与路面状况有关。据实地踏勘，本项目可进出施工区域的主要道路为水泥路面，逢车辆经过时会产生少量粉尘污染，但由于施工规模较小，且在颗粒的重力沉降作用下，对周围环境影响较小。

10.4.3 施工废水

本项目施工期所需施工人员约 15 人，根据给水排水设计规范，按每人每天用水 80L 计算，则施工期总用水量约为 240t (1.2t/d)，污水排放量按用水量的 80% 计算，则生活污水总排放量约 192t (0.96t/d)。参考《给排水设计手册》(第五册城镇排水)，本项目施工期生活污水污染物浓度选取为 COD_{Cr}400mg/L、BOD₅200mg/L、SS 220mg/L、氨氮 mg/L (参考 CJ3082—1999 标准排放值)，则污染物总产生量为 COD_{Cr}0.077t (0.384kg/d)，

BOD₅0.038t (0.192kg/d), SS0.042t (0.211kg/d), 氨氮 0.007t (0.034kg/d)。

项目施工生活污水主要是依托医院内部其他办公楼的化粪池进行初步处理后进入医院污水处理站处理达标后排放，对周围环境影响较小。

施工产生的工艺废水主要为设备清洗废水，经沉淀处理后医院现有的污水处理系统，处理达标后排放，对周围环境影响较小。

10.4.4 施工固体废物

施工期生活垃圾按 0.5kg/人·d 计，施工人员约 15 人，则施工生活垃圾产生量约为 7.5kg/d。生活垃圾应置于医院内部垃圾收集箱内，定期由环卫工人送至附近的垃圾中转站。

施工建筑垃圾主要包括砂石、石块、碎砖瓦、废木料、废金属、废钢筋等杂物，根据建筑垃圾量计算标准，各设备机房在建设过程每平方米将产生 0.03t 垃圾。经计算将产生约 1000t 建筑垃圾。

本项目施工过程还将产生一定的弃土量，建筑垃圾和弃土应分类存放、加强管理。在此基础上，对周围环境影响小。

10.4.5 其他影响分析

拟购入的各设备安装和调试由厂家进行，安装调试的过程中，只要严格按照相关使用说明和管理制度执行，对周围环境辐射影响很小。因此，本项目施工期环境影响很小。

10.5 运行过程对环境的影响

10.5.1 环境影响分析

10.5.1.1 甲癌治疗

在正常工况下，主要环境影响是：

①医生给药时，从铅制保险柜中取出药剂瓶，装在小型铅罐，从给药窗口递给病人（很短时间内操作完成）。主要考虑给药后病人体内放射性药品 ^{131}I 发射的 γ 射线工作人员以及周围公众的 γ 外照射；

②放射性药品 ^{131}I 对工作台面、地面等造成 β 表面污染；

③放射性废水，主要是病人分泌物、排泄物和去污洗涤用水。给药后的病人在 5-7 天的住院时间内一直在甲癌病房，不得外出。病人分泌物、排泄物、去污洗涤用水直接排放到医院核医学科衰变池，衰变 10 个半衰期以上。

④放射性固体废物：废药瓶、吸管、棉签、棉球、手套等放射性固体废物等放射性固体废物暂存在废物桶中 10 个半衰期以上，作为一般医疗垃圾处置。

⑤放射性气溶胶。放射性药品配制和治疗过程中产生的微量放射性气溶胶由给药室、甲癌治疗病房通风橱和排气口活性炭吸附装置充分吸附，最后经排气系统排至楼顶室外大气中，对环境基本没有辐射影响。

在事故工况下，主要环境影响是：

事故状态下，放射性药品偶尔滴漏，对职业人员产生的 γ 外照射和 β 表面污染。职业人员应加强安全管理，熟悉操作规程，若有滴漏，应立即用酒精棉擦拭，用水清洗工作台，直到表面污染监测结果达标。

10.5.1.2 ^{125}I 粒子植入

福建省肿瘤医院放疗中心在简易病房楼病房 20 号 39-40 床，病房 1 号 1-2 床进行 ^{125}I 粒子植入治疗。用于粒子植入的 ^{125}I 密封粒子源，为 V 类密封放射源，接近豁免活度，暂存福建省肿瘤医院放疗中心一层原退役 ^{60}Co γ 远距治疗机贮源室内，易于存取。

^{125}I 粒子源长 4.5mm，直径 0.8 mm，内为吸附 ^{125}I 粒子的银棒，外壳为 0.05 mm 厚的钛金属，平均光子能量为 28keV，能量较低，穿透距离仅为 1.7cm。职业人员穿戴铅防护服，佩戴铅防护眼镜、铅手套进行操作，使用粒子枪，植入单个 ^{125}I 粒子不超过 2s，每

位患者最多植入 25 个 ^{125}I 粒子源进行治疗，在不超过 1 分钟内完成操作，职业医生年接受附加有效剂量较小。25 个 ^{125}I 粒子源，不考虑其几何尺寸，叠加在一起，总活度最大为 $9.25 \times 10^8 \text{Bq}$ ，仍为 V 类密封放射源，职业人员均穿戴铅防护服，佩戴铅防护眼镜、铅手套进行操作，对职业人员外照射剂量较小，可忽略不计。

福建省肿瘤医院放疗中心职业医生在放疗中心 CT 模拟机房进行 ^{125}I 粒子植入，在 CT 模拟机房，职业人员先对患者进行摆位操作，然后关闭 CT 模拟机房，职业人员打开 CT 模拟机，在 CT 模拟机控制室进行病灶定位，进行穿刺手术，在 CT 模拟机引导下，植入 ^{125}I 粒子。整个操作过程，职业人员在机房时，CT 模拟机处于关机状态，由于射线是随着 CT 模拟机的打开而产生，随着电源的关闭而消失。CT 模拟机关机状态下，不产生外照射。根据医院提供的资料，本次用于 ^{125}I 粒子植入手术的 CT 模拟机于 2011 年已进行环境影响评价，机房各项屏蔽防护措施符合辐射防护要求，职业人员均穿戴铅防护服，佩戴铅防护眼镜、铅手套进行操作，对职业人员外照射较小，可忽略不计。

病人进行 ^{125}I 粒子植入手术完毕后，在简易病房楼病房 1 号 1-2 床、病房 20 号 39-40 床留院观察 3 天，经医生允许后，方可出院。 ^{125}I 粒子平均光子能量为 28keV，能量较低，穿透距离仅为 1.7cm， ^{125}I 粒子源植入患者体内后，射线基本被患者身体吸收，住院期间和出院后对周围公众基本无外照射。主要考虑植入期间对职业人员的外照射。

在正常工况下， ^{125}I 粒子植入项目主要是在进行 ^{125}I 粒子植入时，在 CT 模拟机房 ^{125}I 粒子源、CT 机对职业人员极少量外照射。由于职业人员均穿戴铅防护服，佩戴铅防护眼镜、铅手套进行操作，CT 模拟机开机状态下，职业人员在控制室，不进机房。对职业人员外照射可忽略不计。

在事故工况下，主要环境影响是：

职业人员在 CT 模拟机房进行摆位操作时，CT 模拟机处于开机状态，对职业人员产生误照射；职业医生在使用 ^{125}I 粒子植入枪进行植入手术时， ^{125}I 粒子脱落、遗失、被盗对职业人员或周围环境产生放射性污染。职业人员应加强防护，正确、熟练使用，操作规范。实施 ^{125}I 粒子源台账明细登记制度，加强 ^{125}I 粒子源的安全管理，防止被盗或丢失。

10.5.2 射线对环境附加剂量的分析

由于 ^{125}I 粒子植入项目对职业人员和公众人员产生的外照射对周围环境影响较小，可

忽略不计，在此不进行射线剂量评价，职业人员年接受附加剂量通过随身携带的个人剂量热释光片读出。只要按照乙级非密封源工作场所进行管理，¹²⁵I 粒子植入项目对职业人员和周围公众人员外照射可忽略不计。对于福建省肿瘤医院甲癌治疗项目，其辐射环境影响采取预测评价方法。

在给药前，放射性药品存放在铅容器内，经铅容器的屏蔽，对周围环境的γ辐射很弱。放射性废物收集在铅制废物桶内，其活度相对降低，又经铅容器的屏蔽，对周围环境的γ辐射更弱。因此，不考虑给药室及废物库周围环境目标所受的辐射影响。

① 年工作负荷

对甲癌治疗患者，给药后的 24 小时内，约有 76%的活性会随排泄物、尿液、汗、唾液等排出体外。因此，在给药后第一天，甲癌患者体内 ¹³¹I 核素的平均活度按给药活度 150mCi(5.5GBq)的 50%计算，为 75mCi(2.76GBq)；第二天按给药活度的(1-76%)倍计算，为 36mCi。从第二天开始，排泄比较慢，按 30%计，体内 ¹³¹I 核素的生物半衰期为 7.6 天，每天衰变为前一天的 91.7%。由此计算出给药后第三天的残留量为 23 mCi，第四天的残留量为 14.76 mCi，第五天的残留量为 9.47mCi，达到出院条件（体内 ¹³¹I 活度降低到 400MBq（10.8mCi）以下），对 ¹³¹I 治疗病房的工作负荷贡献值为 158.23mCi·d=3.8Ci·h。

根据福建省肿瘤医院提供的数据，该项目每年预计最多诊疗 100 个甲癌病人，拟建福建省肿瘤医院甲癌治疗项目拟建 1 个甲癌治疗病房，则甲癌病房年平均工作负荷 W 值为 380Ci·h/年。

② 年附加有效剂量估算

本项目辐射源对周围环境公众及放射性工作人员的年附加有效剂量 He(mSv)为：

$$He = 8.73 \cdot \frac{W\Gamma}{r^2} \cdot \frac{T}{K} \dots\dots(10-1)$$

其中：W—辐射源年工作负荷，Ci·h；

Γ—照射量率常数，R·m²/h·Ci，见表 8-1；

r—辐射源至环境目标距离，m；

T—环境目标处人员居留因子，无量纲；全居留，T=1；部分居留，T=1/4；

偶然居留，T=1/16；很少停留 T=1/40；（参考 IAEA47-2006）

K—屏蔽材料的剂量减弱倍数。

福建省肿瘤医院甲癌治疗项目周围环境目标受照射剂量见表 10-1。

表 10-1 福建省肿瘤医院甲癌治疗项目周围环境目标受照射剂量

剂量评价点	受照人员	居留因子	距离 (m)	屏蔽厚度 ⁽²⁾	辐射源 (给药后病人)	年工作负荷(Ci·h)	剂量减弱倍数 K ⁽¹⁾	年有效剂量贡献值 (mSv/a)	剂量约束值 (mSv/a)
甲癌病房北侧, 接诊室中央	公众人员	1/4	5.5	78cm 混凝土	¹³¹ I	380	2×10 ⁶	1.44×10 ⁻⁵	0.25
甲癌病房正上方 3.6m, 第二 CT 检查室中央	公众人员	1/4	3.6	40cm 混凝土	¹³¹ I	380	5×10 ²	0.1339	
甲癌病房正下方 3.6m, 回旋加速器机房中央	公众人员	1/16	3.6	50cm 混凝土	¹³¹ I	380	5×10 ³	0.0134	
甲癌病房西侧墙外 0.3m	职业人员	1/16	2.3	54cm 混凝土	¹³¹ I	380	1×10 ⁴	0.0164	5
备注	<p>(1) 混凝土密度为 2.45g/cm³, 其中衰减倍数根据《简明放射性同位素应用手册》, 并经过计算得出。</p> <p>(2) 机房屏蔽厚度根据院方提供的资料和设计图纸查明, 机房设计及防护情况表见附图 1。</p>								

由表 10-1 可见, 福建省肿瘤医院甲癌治疗项目对周围环境公众人员的年附加有效剂量预测值最大为 0.1339mSv/a, 低于相应的剂量约束值 0.25mSv/a; 甲癌治疗病房西侧职业人员年附加有效剂量预测值最大为 0.0164mSv/a, 低于相应的剂量约束值 5mSv/a。建筑物屏蔽材料及厚度可满足辐射防护要求。

③ β 表面污染

根据表 8-1, 福建省肿瘤医院甲癌治疗项目甲癌治疗项目使用的 ¹³¹I 放射性药物会有少量的 β 表面污染, 由于射线能量极低, 只要采用相应的防护措施并配备相应的仪器, 手、皮肤、内衣、工作袜、设备、墙壁、地面经采取适当的去污措施污染时, 及时清洗, 清洗到本底水平。其表面污染水平将不会超过表 6-2 中所列数值。对职业人员和公众人员基本没有影响。

10.5.3 患者出院环境影响

有关标准对出院患者体内放射性核素残留量的控制主要是从外照射角度考虑的。本

项目这方面的影响为：进行甲癌治疗的病人以及进行 ^{125}I 粒子植入治疗的病人对院外公众的 γ 外照射。

① 甲癌治疗

甲癌治疗单次给药量一般为 $3.7\text{GBq}\sim 7.4\text{GBq}$ ($100\sim 200\text{mCi}$)，住院至体内放射性残留量不高于 400MBq (11mCi)时出院，满足患者出院标准的要求。

② ^{125}I 粒子植入

有关标准对出院患者体内放射性核素残留量的控制主要是从外照射角度考虑的。本项目这方面的影响为：给药后的 ^{125}I 粒子植入检查病人体内放射性核素 (^{125}I) 对院外公众的 γ 外照射。对于 ^{125}I 粒子植入出院患者，假定最大给药量 A 为 740MBq (20mCi)，给药后到出院的时间至少为 3 天，出院时患者体内 ^{125}I 粒子的最大残留活度 A 为： $20\text{mCi}\times 2^{-3/59.4}=19.31\text{mCi}$ 。 ^{125}I 的 γ 照射量率常数 Γ 为 $0.07(\text{R}\cdot\text{m}^2/\text{h}\cdot\text{Ci})$ ，二者乘积 $A\Gamma(^{125}\text{I})$ 为 $0.00135(\text{R}\cdot\text{m}^2/\text{h})$ 。国标规定的患者出院时体内携带的 ^{131}I 核素活度限值为 400MBq ，相应的 $A\Gamma$ 值为 $0.0024(\text{R}\cdot\text{m}^2/\text{h})$ 。

由上可知， $A\Gamma(^{125}\text{I})=0.56\times A\Gamma(^{131}\text{I})$ ，因此，其对公众的外照射剂量符合国家标准的要求，出院患者满足体内放射性残留量出院标准的要求。

10.5.4 放射性废水影响

医院为住院患者提供有防护标志的专用厕所，厕所采用感应式或脚踩式冲洗器，规定患者住院期间不得使用其他厕所，对患者排泄物实施统一收集和管理。放射性废水包括去给药后病人分泌物、排泄物和去污洗涤用水。经化粪池与衰变池滞留衰变后排入医院污水处理站，然后进入城市污水管网，本项目放射性废水见表 10-2，福建省肿瘤医院衰变池结构图和设计原理图见图 10-1。衰变池是否专用，还是跟其他的放射性废水公用？

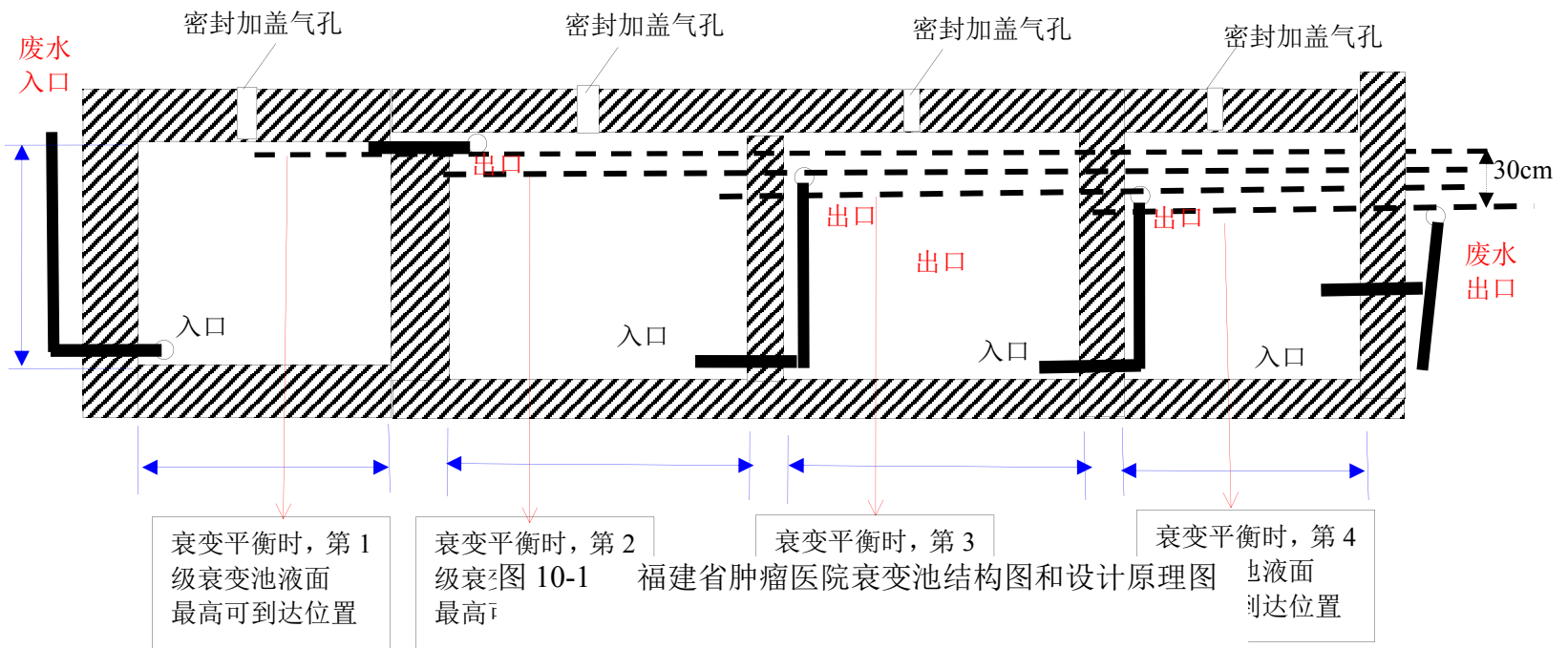


图 10-1 福建省肿瘤医院衰变池结构图和设计原理图

(1) 放射性废水的产生量

本项目废水中放射性主要来源于甲癌治疗病人分泌物、排泄物和去污洗涤用水，排泄到废水中的活度按 30%估算。其产生量见表 10-2，其中不包括病人出院后的排泄物。

表 10-2 放射性废水的产生量

核素	主要来源	放射性废水月产生量	月产生量 /10ALImin	λ (d ⁻¹)
¹³¹ I	甲癌治疗病人分泌物、 排泄物和去污洗涤用 水	年最大用量 740GBq/年×76%排泄比率 =562.4GBq/年=46.9GBq/月	5210	0.0862

(2) 平衡状态下自流串接式 n 级分池的总活度减弱倍数

考虑 n 级相同分池串接的自流式(或称连续式)衰变池，其总容积为 V ，每级容积为 $V_i=V/n$ 。 t 时刻第 i 级衰变池中所考虑的某核素的浓度为 a_i ，满池的活度为 $a_i V_i=a_i V/n$ ，该核素的物理衰变常数为 λ ，在 $t\sim t+dt$ 时间段内因衰变减少的活度为 $a_i V/n \cdot \lambda dt$ ； V_0 为进入衰变池废水的产生速率，在 $t\sim t+dt$ 时间段内进入衰变池的废水体积为 $V_0 dt$ ，从第 i 级衰变池的角度而言，因第 $i-1$ 级衰变池(或核医学科下水)流入而增加的活度为 $a_{i-1} V_0 dt$ ，因流出到第 $i+1$ 级衰变池(或排放口)而减少的活度为 $a_i V_0 dt$ ，以上总的活度增量为：

$$(a_{i-1}-a_i)V_0 dt-a_i V/n \cdot \lambda dt$$

考虑衰变池的平衡状态，即上式的增量总和为零(第 i 级衰变池中某核素的浓度为常量)，则

$$(a_{i-1}-a_i)V_0 dt-a_i V/n \cdot \lambda dt = 0$$

记 $K_i=a_{i-1}/a_i$ 为第 i 级衰变池的活度减弱倍数

经整理计算，得出自流串接式 n 级分池的总活度减弱倍数为：

$$K = \left(1 + \frac{\lambda V}{n V_0}\right)^n \dots\dots\dots (10-2)$$

医院拟建设专用的 4 级串联式衰变池，各级参数见表 10-3。

表 10-3 福建省肿瘤医院放射性废水衰变池各级容积表

级数	第 1 级	第 2 级	第 3 级	第 4 级
容积(m ³)	10	10	10	10

放射性废水衰变池总容积为 40m³，第一级池水满后，自动溢出到第二级，第二级池

水满后，自动溢出到第三级衰变池，第三级满后，依次类推，最后从第4级衰变池顶部溢出。本次计算时，对于式(10-2)：

V — n 级相同分池串接的自流池总容积；

对本项目， $n=4$ ， $V=40$ ；

V_0 —进入衰变池废水的产生速率(m^3/d 或 m^3/h)；

λ —核素的物理衰变常数。

(3) 放射性废水的排放量

根据(10-2)式和表 10-3，计算出项目的放射性废水月排放量占总量排放标准的比率与日废水量的关系，见图 10-2。由图可见，而 ^{131}I 废水量受进入衰变池废水的产生速率 V_0 的影响较大，应该严格控制 V_0 ，只要控制 V_0 就能有效达到控制放射性废水的排放量，以确保衰变池的衰减效能。

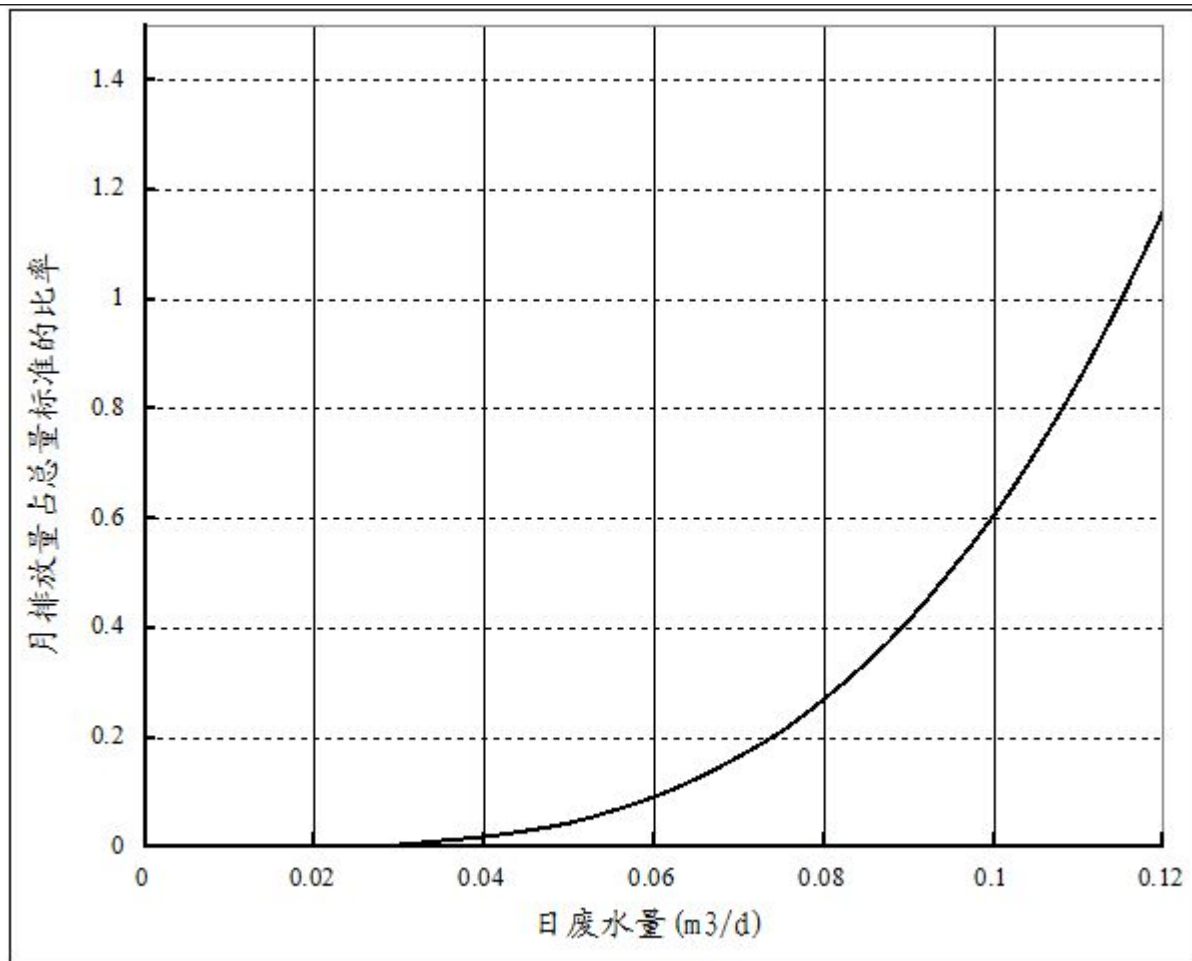


图 10-2 ^{131}I 放射性废水产生速率与日废水排放量的关系

根据图 10-2 可知，福建省肿瘤医院应控制每日排入衰变池的废水量不超过 0.115m^3 ，即可满足总量排放限值的要求。

(4) 衰变池有效性分析

对于已经运行的核医学科，核定已运行的核医学科废水的日排放量，再加上本项目的日排放废水量，测算月排放量占总量标准的比率是否小于 1；对衰变池未达到平衡状态和达到平衡状态时分别进行分析。

① 衰变池未达到平衡状态

福建省肿瘤医院运行的核医学科放射性废水和本次评价的甲癌治疗项目放射性废水均排入此衰变池中。

a、已投入运行的核医学科放射性废水

福建省肿瘤医院于 2012 年 11 月委托福建省辐射环境监督站编制了《福建省肿瘤医

院直线加速器、DSA 及 X 光机、ECT、PET/CT 环境影响报告表》，并于 2012 年 6 月通过了省环保局的审批，见附件 2。根据报告中核医学科放射性废水环境影响分析，“每日排放衰变池废水量不超过 35m³，可满足总量排放限值的要求。”

根据《福建省肿瘤医院核技术应用项目竣工环境保护验收监测表》（闽环辐[2013]验收 089 号），“该医院核医学科设有专用的放射性废水衰变池。经监测分析，核医学科放射性废水衰变池出口处废水的总 β 放射性比活度低于《医疗机构水污染物排放标准（GB18466-2005）表 2 排放标准（10 Bq/L）”。

b、核医学科 PET/CT 项目放射性废水

福建省肿瘤医院甲癌治疗项目设置了病人专用卫生间，仅供给药后患者使用。病人卫生间通过辐射防护专用管道通往放射性衰变池，放射性废水先通往化粪池，再从化粪池通往衰变池。福建省肿瘤医院甲癌治疗项目每个病人住院 5-7 天。每个病人平均每天最多去 5 次卫生间。甲癌治疗病人的排泄物排放以及大便器、小便器冲洗用水和放射性去污洗涤用水。

由《福建省肿瘤医院直线加速器、DSA 及 X 光机、ECT、PET/CT 环境影响报告表》分析可知，核医学科已运行项目平均每天按 30 人次使用专用厕所。当每日排入衰变池的废水量不超过 35m³，即可满足总量排放标准的要求。

而对于本次评价的福建省肿瘤医院甲癌治疗项目分析可知，只要控制每日排入衰变池的废水量不超过 0.115m³，即可满足总量排放限值的要求。因此，只要福建省肿瘤医院每日排放衰变池废水量不超过 0.115m³，可满足总量排放限值的要求。

由以上分析可知：福建省肿瘤医院已经运行的核医学科项目和本次评价的甲癌治疗项目试运行后，每日平均有 30 个核医学科（包括 ECT、PET/CT）诊断病人的尿液一次性排放和 5 人次甲癌住院病人排泄物排放。

考虑到病人的排泄物排放以及大便器、小便器冲洗用水和去污洗涤用水，保守估算，每天 40 人次使用专用厕所。

根据《医院给排水设计规范》，医院门诊病人每次生活用水量定额为 10~15L，而根据《室内给水水质和用水量标准》，我国规范内未作规定，一般参考选用以下标准：小便器自动冲洗水箱一次用量 3.8L，大便器自闭式冲洗阀一次用量 5-12L。

本着不扩大或放大放射性污染的原则，福建省肿瘤医院应严格限制病人生活用水量，

每人每次控制使用 2.5L，核医学科每天可能有 100L 病人的排泄物排放和大便器、小便器冲洗用水。去污洗涤用水极其微小，保守估计，每天可能有 10L。综上所述，福建省肿瘤医院核医学科每天有 110L (0.11m³) 放射性废水排放，不超过 0.115m³，可满足总量排放限值的要求。

福建省肿瘤医院核医学科病人按照每天最大限值使用专用卫生间，即每天共排放 110L 放射性废水入放射性衰变池，福建省肿瘤医院核医学科运行第 87 天，第 1 级衰变池将排满；第 174 天，第 2 级衰变池将排满；第 261 天，第 3 级衰变池将排满，第 348 天，第 4 级衰变池将分别依次排满。由于福建省肿瘤医院已投入运行的核医学科与本次评价的甲癌治疗项目使用的主要核素为 ^{99m}Tc、¹⁸F、¹³¹I，其半衰期分别为 6.02 小时、109 分钟、8.04 天，可满足《医用放射性废物管理制度》中，放射性废水存放 10 个半衰期的要求。

②衰变池达到平衡状态

保守估计，福建省肿瘤医院甲癌治疗项目运行第 348 天后，衰变池将达到平衡状态。引用平衡状态下自流串接式 n 级分池的总活度减弱倍数公式，此公式是根据第 7 级衰变池中某核素的浓度为常量（即核素浓度极低，短时间内基本不再发生衰变）假设下推算出来的，因此只要控制每日排入衰变池的废水量不超过 0.115m³，就可使整个衰变池达到衰变平衡。在平衡状态时，第 4 级衰变池废水核素浓度极低，经过充分衰变后，可排入医院污水处理站。

各级衰变池之间采用连通器原理设计，放射性废水在各级衰变池之间流动放射性废水从第 1 级衰变池池底进入，经一段时间衰变、暂存后，从第 1 级衰变池顶部出口处进入第 2 级衰变池，经过一段时间衰变、存放后，从第 2 级衰变池池底入口、第 3 级衰变池顶部进入第 3 级衰变池，经充分衰变后，从第 3 级衰变池底部入口，第 4 级衰变池顶部进入第 4 级衰变池，经过第 4 级衰变池衰变后，从第 4 级衰变池底右侧顶部出水口排出，衰变池采用连通器原理，在各单个衰变池内，采用“对角线式”进出口，可以对放射性废液进行充分衰变，有效防止“短路”，即排入的放射性废水，因短路而直接排出。因此，衰变池具有分隔放射性废水，并有轮流存放和排放废水功能，

由于福建省肿瘤医院核医学科每日排入衰变池的废水量最大为 0.115 m³，为整个衰变池容积的 0.29%，经过 4 级衰变池分隔、轮流存放、充分衰变、稀释后，衰变池出口浓度

极低，排入医院污水处理站，放射性废水得到妥善处置。

通过以上衰变池在非平衡、平衡状态下得分析可知，福建省肿瘤医院应严格限制病人生活用水量，每人每次控制使用 2.5L，本着不扩大或放大放射性污染的原则，只要严格控制核医学科每日排入衰变池的废水量，使其不超过 0.115m³，福建省肿瘤医院核医学科衰变池的设计能满足《医用放射性废物管理制度》中对放射性废水处理的要求，衰变池具有分隔放射性废水，并具有轮流存放和排放废水功能。衰变池容积可满足要求。

10.5.5 放射性工作场所的分级

福建省肿瘤医院 ¹²⁵I 粒子植入项目应按照乙级非密封源工作场所进行管理，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 C 提供的非密封源工作场所放射性核素日等效最大操作量计算方法以及医院提供的数据，计算出 ¹²⁵I 粒子植入项目和 ¹³¹I 核素使用的日等效最大操作量，列于表 10-2。由表 10-2 可见，福建省肿瘤医院 ¹³¹I 药物使用和 ¹²⁵I 粒子植入项目放射性工作场所属于乙级工作场所。

表 10-2 福建省肿瘤医院甲癌治疗和 ¹²⁵I 粒子植入项目工作场所分级

场所	核素	实际日操作最大活度(Bq)	毒性组别修正因子	操作方式修正因子	日等效最大操作量(Bq)	工作场所分级
给药室	¹³¹ I	1.85×10 ¹⁰	0.01	1	1.85×10 ⁹	乙级
甲癌病房	¹³¹ I	1.85×10 ¹⁰	0.01	1	1.85×10 ⁹	乙级
2 号楼 CT 检查室	¹²⁵ I	3.7×10 ⁹	0.1	10	3.7×10 ⁷	乙级

综上所述，福建省肿瘤医院甲癌治疗和 ¹²⁵I 粒子植入项目在采取以上污染防治措施，正常运行后，周围职业人员及公众人员所接受的剂量均低于相应的剂量管理目标限值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求，各机房的屏蔽能力符合辐射防护要求，不会对周围环境造成辐射影响。

因此，福建省肿瘤医院甲癌治疗和 ¹²⁵I 粒子植入项目在完善配套机房和各项相关的防护设施，射线装置工作场所按照国家有关规定设置明显的放射性标志，机房出入口设置安全防护设施与工作状态指示灯，可以有效地防止了误操作与工作人员及公众受到意外的照射。放射性工作人员配备放射性防护用品，佩戴个人剂量计，可有效地限制了放射性工作人员的正常照射剂量，¹²⁵I 粒子植入项目按照乙级非密封源工作场所进行管理，符合《电

离辐射防护与辐射源安全基本标准(GB18871-2002)中规定的防护与安全最优化的原则。

10.6 退役对环境的影响

本次评价项目项目退役时,根据《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)相关规定,使用I类、II类、III类放射源的场所,生产放射性同位素的场所,按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》确定的甲级、乙级非密封放射性物质使用场所,以及终结运行后产生放射性污染的射线装置,应当依法实施退役。

对于本次评价的福建省肿瘤医院甲癌治疗和¹²⁵I粒子植入项目,对于¹²⁵I粒子,为V类密封放射源,¹²⁵I粒子终生植入在患者体内,无需实施退役;对于甲癌治疗项目,应当在实施退役前编制环境影响评价文件,报省环保厅审查批准;未经批准的,不得实施退役。退役工作完成后六十日内,应当向省环保厅申请福建省肿瘤医院甲癌治疗项目终态验收,并提交请福建省肿瘤医院甲癌治疗项目辐射环境终态监测报告或者监测表。在自终态验收合格之日起二十日内,到省环保厅办理变更或者注销手续。

在依法被撤销、依法解散、依法破产或者因其他原因终止前,应当确保环境辐射安全,妥善实施甲癌治疗项辐射工作场所或者设备的退役,并承担退役完成前所有的安全责任。

10.7 项目安全设施

福建省肿瘤医院甲癌治疗和¹²⁵I粒子植入项目拟设置以下安全设施:

(1) 电离辐射标志及工作状态指示灯

在给药室室、废物库、放射性废物桶表面、甲癌病房、甲癌病房防护门、甲癌病人卫生间、¹²⁵I粒子植入手术室、¹²⁵I粒子植入治疗病房铅防护门口、衰变池盖表面应设置醒目的电离辐射警示标志,应设置电离辐射标志;¹²⁵I粒子植入手术室机房门口应设工作状态指示灯,提醒无关人员在此处短时间停留。

(2) 辐射监测与防护设备

①工作场所建筑物屏蔽:在给药室、甲癌病房、¹²⁵I粒子植入手术室、¹²⁵I粒子植入治疗病房的墙壁、顶棚、防护门、窗的材料及厚度应满足周围环境目标公众受照年有效剂量低于公众照射剂量约束值,同时满足辐射防护最优化的要求。

② 个人防护用品：应购置铅裙、铅帽、铅围脖、铅眼镜、防护套、铅制放射性废物桶和铅屏风、铅纸盒等个人防护用品，以及专用去污用品。

③通风系统：给药室、甲癌病房应设通风系统，通风口应安装有活性炭等吸附设备，通风排气管道应通向楼顶，活性炭应定时更换。

④辐射监测设备：应购买 1 台 γ 、 β 表面污染监测仪，且所有辐射工作人员配备热释光个人剂量片，用于个人剂量监测。

(3) 放射性药品与固废暂存设备与场所

拟配备铅制放射性废物桶（5mmPb）存放放射性废物，基本可满足收集放射性固废的需要。 ^{131}I 放射性药物暂存在给药室铅制保险柜中。给药室、给药室铅制保险柜应配备双人双锁，进行管理；放射性药品与固废暂存设备与场所应贴有反恐、防盗、防丢失标识。

(4) 放射性废水衰变池

放射性废水衰变池选择地势较高，周围为硬质土壤，远离饮用水设施，采取就近原则，距离核医学科甲癌病人专用卫生间不到 50m，避免铺设长距离专用管道，降低了放射性污水泄漏、挥发的风险。放射性衰变池对衰变池设置技术检测点位，对其排放放射性污染物总量进行控制。对于一定的级数、容积，其衰变效能与排入衰变池的废水流量、废水中放射性核素半衰期有关。因此，必需控制排入衰变池的废水流量，以保证其衰变效能，使得排放总量低于国家标准。

(5) 放射性药品运输车辆

放射性药品运输由有资质的放射性药品运输单位负责。本项目外购放射性药品的运输应满足国家标准《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）的要求，确保运输安全。

(6) 监测计划与相关制度

必须对职业人员进行个人剂量监测，职业人员配备个人剂量报警仪，对机房进行屏蔽防护监测，对工作人员个人照射的累积剂量监测。

(7) ^{125}I 粒子植入

福建省肿瘤医院每天最多治疗 5 个病人，每个病人每次最多植入 20 枚 ^{125}I 粒子源，每天最多使用 100 枚 ^{125}I 粒子放射源。福建省肿瘤医院 ^{125}I 粒子植入项目是对中毒组(毒

性组别修正因子为 0.1) 的 ^{125}I 粒子密封放射源进行简单操作 (操作方式与放射源状态修正因子为 10), 日等效最大操作量为 $3.7 \times 10^7 \text{Bq}$, 应严格按照乙级非密封源工作场所进行管理。

因此, 福建省肿瘤医院甲癌治疗和 ^{125}I 粒子植入项目在完善配套机房和各项相关的防护设施, 射线装置工作场所按照国家有关规定设置明显的放射性标志, 机房出入口设置安全和防护设施与工作状态指示灯, 可以有效地防止了误操作与工作人员及公众受到意外的照射。加强对给药后病人管理, 放射性工作人员配备放射性防护用品, 佩戴个人剂量计, 可有效地限制了放射性工作人员的正常照射剂量, 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准(GB18871-2002)中规定的防护与安全最优化的原则。

10.8 污染防治措施

(1) 应严格按照相关规范设计机房防护，衰变池容量、通往衰变池的排水管道、甲癌病房，甲癌病房排气系统等，建设单位必须严格监理施工，保证施工按照各项设计和要求完成。

(2) 给药室，职业医生对固体废弃物应及时清理。核医学科给病人放射性药物时，使用的手套、棉签以及擦洗用的药棉或纸巾、吸水纸或一次性塑料台布等应及时清理，分类处理，废物库、临时贮存室配备专用的放射性污物桶，用于收集¹³¹I放射性废物。应在废物桶上标明放射性核素种类、存放日期后，存放在污物间。含¹³¹I的较长半衰期废物收集后应贮存至少80天后，经衰变1000倍以上之后，才能作为一般医疗垃圾处置。

废物库供应收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志。污物桶放置点应避开工作人员工作和经常走动的区域。污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，并及时转送贮存室，并放入专用容器中贮存，对于注射器和破碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入硬纸盒或其他包装材料中，然后再装入专用塑料袋内，废物临时贮存室建造结构应符合放射卫生防护要求，且具有自然通风或安装通风设备，出入口设电离辐射警示标志。

(3) 对于涉及有¹³¹I的废弃物，先放入水中暂存，再用废物桶收集，暂存的废水排入衰变池，注射室的药品操作台上及托盘内，应垫上一次性的、容易吸附溅洒液体的厚纸或其它垫子，每天完成注射工作后，将其放入废物桶内，这样便于保持操作台免受放射性沾污。给药后候诊病人应使用具有防护标志的专用卫生间，规定患者住院期间不得使用其他厕所，专用卫生间下水道通往衰变池，下水道及时用水冲洗，限制其他人使用。专用厕所应具备使患者排泄物迅速全部冲洗入专用化粪池的条件，而且随时保持便池周围清洁。

(4) 核医学科工作人员应及时检查甲癌病房、给药室核素通风柜的通风效能，定期检查通风设施工作的有效性和稳定性。定期更换活性炭，对于更换的活性炭或者其他吸附性物体，待放置衰变10个半衰期以上，循环利用，不得随意丢弃。本项目中，操作放射性碘化物等具有挥发性的放射性物质时，应在备有活性炭过滤或其他专用过滤装置的通风橱内进行，核医学科排气口应安装活性炭吸附装置，每小时通风5次，通风系统排气管道应通向楼顶，活性炭每季度更换一次。

(5) 给药室，若有药品不慎滴漏，应马上擦拭，清洗，进行 β 表面污染测量，只至达到安全水平。工作人员操作放射性药品后，离开给药室时，应洗手并进行表面污染监测。给药室工作台面、地板、防护用品等每天至少进行一次 β 表面污染监测，从给药室取出任何物品都应进行表面污染水平监测。

(6) 甲癌医生应进行合理布局，划分控制区与监督区，对病人、医护、候诊人员走向进行严格规定。给病人进行辐射防护指导，内容包括：排出尿液的处理、分床居住的重要性、与家人保持距离的重要性、对未成年人照顾的重要性；根据放射性药物的量推测一般几天后不必采取特别的辐射预防措施等。

应做好病人管理，对给药检查后的病人及其陪护人员进行告诫和嘱咐应该注意的事项，形成书面宣传材料，给每个检查病人及陪伴人员发一册宣传材料。采用口头嘱咐和书面材料相结合的办法，交待病人住院、出院后旅行、会客、生活起居等情况下的辐射防护常识和注意事项。

会晕车呕吐的甲亢治疗病人应在给药 2 小时之后，再乘坐长途交通工具，以免呕吐引起车辆的放射性污染。

如果病人检查后，乘坐大众交通工具回家，则不要靠近孕妇及婴幼儿，特别是远途的病人。而搭乘计程车，则坐于司机斜对角方向。由家人自行驾车，也尽量与陪伴人员保持距离，保持与病人成对角方向位置乘坐。以减少检查病人对邻座公众和陪伴人员的 γ 外照射。如果患者是幼儿园教师、婴儿房护士长等，因为他们工作环境长时间有大量孕妇或幼儿在场，因此此类患者要等到给药后次日，其体内放射性残留量很小，周围环境剂量率接近于本底值后再上班。

建议给药后病人候诊厅配备电视机以及报刊杂志等，并告诫其留在候诊室内，以便留住给药后的候诊病人，不到处乱跑，避免对其它人员的不必要的照射。

(7) 对于放射性药品的运输，应委托有资质的单位进行运输，放射性药品的运输应满足国家标准《放射性物质安全运输规定》GB11806-2004 的要求，确保运输安全。

因此，本项目在采取了以上污染防治措施后，可有效防止工作人员及公众受到意外辐射，把环境影响风险降到最低的水平。

(8) ^{125}I 粒子植入必须由专业培训并具备资质认证、具备设备使用许可证书的的工作人员制定治

疗计划。¹²⁵I 粒子有正规的、合格的供货途径、有放射性粒子储存、管理、分装、消毒的条件；严格按照剂量学原理制定计划；植入的粒子数目要达到规定剂量。

粒子交接必须签字认可；外包装要规范，标识明确，内容和名称要一致；包装箱内附件要完整，并且要妥善保管和存档，根据需要附着于病历资料内；粒子枪要清洁干净、干燥，配件要完整，如弹簧、滚珠容易脱落、丢失；一旦发现，可以运用探测仪进行搜寻，实在无法探测和寻找，要求严格记录术中遗失粒子数目、剂量、可疑位置。必要时上报主管领导；粒子装入完毕后，将刻度旋转至固定位置，并标明粒子数目、剂量；必须注意医务人员、患者家属及幼儿的防护，患者粒子植入侧远离医务人员；注意粒子植入数量的控制，多种微创治疗结合；合理使用防护产品，必要时患者相对隔离。

10.9 防护与屏蔽评估

福建省肿瘤医院甲癌治疗和 ¹²⁵I 粒子植入项目在各设备工作场所的建筑物均采取了屏蔽防护措施。福建省肿瘤医院甲癌病房、甲癌病人卫生间、甲癌病房防护门防护情况见附图 1。

由运行期环境影响分析可知，在正常工况下，职业人员及公众人员的年附加剂量均能满足评价标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的照射剂量限值及剂量约束值。工作场所的墙壁、顶棚、防护门等材料及厚度能够使周围环境目标公众受照年有效剂量低于公众照射剂量约束值(0.25mSv)，同时满足辐射防护最优化的要求。

10.10 风险分析与评估

该项目运行中存在潜在危害和事故风险，本次环评对其作分析和预测，说明项目运营中可能发生的事故或突发事件对人身安全和环境的损害和影响程度，提出行之有效的防范及应急措施，以避免事故发生、减少事故损失，使其对环境的影响达到可以接受的水平。

(1) 福建省肿瘤医院甲癌治疗和 ^{125}I 粒子植入项目放射性固废产生的 γ 外照射及 β 表面污染。对固体废物应及时清理，进行分类存放，应在废物桶上标明放射性核素种类、存放日期，污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志，污物桶放置点应避开工作人员工作和经常走动的区域，污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，并及时转送贮存室，废物贮存室配备专用的放射性污物桶，避免工作人员受到放射性固废产生的 γ 外照射及 β 表面污染。

(2) 福建省肿瘤医院给药室、甲癌病房气载放射性物质未及时采用活性炭吸附或活性炭失效造成甲癌病房气载放射性物质直接排放，排放到大气中，对工作人员造成的内照射。放射性职业人员应及时检查核素通风柜的通风效能，定期检查通风设施工作的有效性和稳定性，活性炭定期更换，避免工作人员吸入气载放射性物质造成内照射。

(3) 福建省肿瘤医院甲癌治疗和 ^{125}I 粒子植入项目超负荷运行引起的放射污染。福建省肿瘤医院应严格按照乙级非密封性放射性物质工作场所的限值工作，避免超负荷诊疗工作。控制核医学科接诊病人数量，使核医学科每天排入放射性废水总量不超过 0.115m^3 。

(4) 放射性药物误管理，可能造成环境污染和相关人员的误照射。福建省肿瘤医院甲癌治疗和 ^{125}I 粒子植入项目应建立放射性药物台账明细登记制度等，对于当天未使用完的药物，进行妥善处理，不得随意丢弃，通过加强管理避免该类事故的发生。

(5) ^{131}I 给药时，药物打翻破碎或其它突发事件引起的放射性事故。当 ^{131}I 给药时，药物打翻破碎时，应采取应急措施，采用吸水纸、酒精棉擦拭，直至放射性污染降低到本底水平。擦拭用的吸水纸、酒精棉暂存在放射性废物桶中，作为放射性固废处理，贮存至少 80 天后，经衰变 1000 倍以上之后，才能作为一般医疗垃圾处置；发生重大放射性事故时，立即向当地环境保护主管部门、公安部门、卫生主管部门报告，把事故风险降到最低。

10.11 三废的治理

福建省肿瘤医院福建省肿瘤医院甲癌治疗项目和 ^{125}I 粒子植入项目的固态放射性废物、放射性废水、放射性气溶胶应按照《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133-2009) 的相关规定, 进行治理。

10.11.1 固态放射性废物

供应收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志。污物桶放置点应避开工作人员工作和经常走动的区域。污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物, 装满后的废物袋应密封, 不破漏, 并及时转送贮存室, 并放入专用容器中贮存, 对于注射器和破碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物, 应先装入硬纸盒或其他包装材料中, 然后再装入专用塑料袋内; 废物临时贮存室建造结构应符合放射卫生防护要求, 且具有自然通风或安装通风设备, 出入处设电离辐射警示标志。

甲癌治疗项目放射性废物主要是: 手套、一次性垫纸、吸管、吸水纸、酒精棉、包裹用具的塑料膜、废药瓶等; 事故情况下, 放射性药品滴漏使用的吸水纸, 酒精棉等。手套、一次性垫纸、吸管、吸水纸、酒精棉、包裹用具的塑料膜、废药瓶以及事故情况下放射性药品偶尔滴漏, 使用的吸水纸, 酒精棉等放置在放射性废物桶中 10 个半衰期以上, 作为一般医疗垃圾处置。

通风排气口活性炭吸附装置定期更换, 存放 10 个半衰期以上, 可循环利用。其它放射性固废经贮存衰变后, 放射性活度很低, 可作为一般医疗垃圾处置, 对环境公众基本没有影响, 也不必进行治理。

10.11.2 放射性废水

放射性废水应按照《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133-2009) 中相关规定, 进行治理。使用放射性核素等效操作量大于 $2 \times 10^7 \text{Bq}$ 的临床核医学单位和医学科研机构, 应设置有放放射性污水池以存放放射性废水直至符合排放要求时方可排放, 放射性污水池应合理选址, 池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性、应有防泄漏措施。

处理放射性污水的化粪池或处理池每半年清掏一次, 清掏前应监测其放射性达标方可处置。排放含有放射性污水管道应采用机制铸铁(含铅)管道, 立管并应安装在壁厚不小于 150mm 的混凝土管道内。使用放射性药物治疗患者的临床核医学单位, 应为住院患者提供有防护标志的专用厕所, 对患者排泄物实施收集和管理, 规定患者住院期间

不得使用其他厕所，对患者排泄物实施统一收集和管理。专用厕所应具备使患者排泄物迅速全部冲洗入专用化粪池的条件，而且随时保持便池周围清洁。

本项目放射性废水经 4 级衰变池衰变后，排入医院污水处理站，经污水站处理后排入市政污水管网，进入污水处理厂。全过程远离生物圈，从衰变池排放后又经过较长时间衰变和充分稀释。因此，其所含有的极少量放射性对环境基本没有影响。

10.11.3 放射性废气

甲癌治疗项目产生的具有挥发性的放射性物质，经活性炭过滤或其他专用过滤装置的吸附，仅有少量滴漏会产生放射性气溶胶。放射性废气通过通风橱和排气口活性炭吸附装置排至医院楼顶室外大气，在大气中扩散、稀释后，放射性废气活度很低，对环境公众基本没有影响。

注：1.三废治理的设施、方案、效果。

2.有废旧放射源的给出它的处理方案。

11 安全管理

11.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

福建省肿瘤医院应根据环境保护部令第3号《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的规定以及本项目非密封源工作场所的分级所对应的分类管理要求，福建省肿瘤医院根据环境保护部令第3号《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的规定以及本项目非密封源工作场所的分级所对应的分类管理要求，该医院已成立以应敏刚为组长、以潘建基、林伟、郑雄伟为副组长，包括13名成员的辐射防护小组。辐射防护小组下设办公室，并明确各有关人员的管理职责，加强了放射防护监督管理，见附件6。

拟开展项目投入试运行后，医院应根据自身实际制定和完善相应规章制度。

11.2 职业人员的辐射安全与防护培训和再培训计划

依据环境保护部第18号令《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》的规定，使用射线装置的操作人员与辐射防护负责人应进行辐射安全培训，并持证上岗。

福建省肿瘤医院应组织相关人员参加了相关专业培训，并通过考核才能上岗，医院也已经制定人员培训计划，见附件18，今后分期分批派所有辐射工作人员参加环保系统组织的辐射安全培训。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。

11.3 辐射监测

本项目应按照《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》(环境保护部18号令，2011年)的规定，制定完善的监测计划和监测方案，监测方案包括个人剂量监测、工作场所监测及其记录档案等相关内容，对射线装置的安全和防状况进行年度评估，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。医院已制定《福建省肿瘤医院辐射防护监测计划》，见附件17。

11.3.1 个人剂量监测

医院已制定《福建省肿瘤医院个人剂量监测与档案管理制度》，见附件12。严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，为辐射工作人员配备个人剂量仪，同时应根据每年工作人员的变化增加个人剂量仪，并进行个人剂量监测(1次/1季度)和职业健康体检(1次/1年)，建立个人剂量档案盒职业健康监护档案，并为工作人员保存职业照射记录。医院已经制定《关于完善我院放射防护个人剂量元件的管理办法》，见附件19，医院已为相关专业人员配备个人剂量片，定期检测，福建省肿瘤医院个人剂量检测报告见附件

21。

11.3.2 辐射工作场所周围环境防护监测

表 11-1 辐射工作场所周围环境监测内容

设备名称	监测因子	监测位置	备注
核医学科	X- γ 辐射剂量率	给药室、废物库、甲癌病房、 ¹²⁵ I 粒子植入手术室、 ¹²⁵ I 粒子植入治疗病房、衰变池盖	正常运行时
	β 表面污染	给药室、废物库、甲癌病房、废物库铅废物桶表面、工作人员皮肤、手、工作人员工作服	正常运行时

备注：

①福建省肿瘤医院甲癌治疗和 ¹²⁵I 粒子植入项目场所进行 X- γ 辐射剂量率、 β 表面污染监测点位设置及监测频次见附表 1。

②福建省肿瘤医院甲癌治疗和 ¹²⁵I 粒子植入项目衰变池监测点位设置及监测频次见附表 2。

11.4 辐射安全保证与辐射事故应急预案

医院已制定《福建省肿瘤医院辐射防护和安全保卫制度》、《福建省肿瘤医院关于辐射安全的自查管理规定》、《放射科辐射防护和安全保卫制度》、《福建省肿瘤医院核医学科卫生防护和废物处理制度》、《福建省肿瘤医院核医学科放射性药品采购制度》、《福建省肿瘤医院核医学科放射性药品安全监督检查制度》、《福建省肿瘤医院核医学科场所分区制度》、《核医学科辐射安全管理规章制度》、《辐射源与射线装置的质量保证方案》、《放射工作人员岗位职责》等相关的辐射安全制度，见附件 6~附件 16。明确各辐射相关科室的辐射安全防护制度和岗位责任，防止射线装置的误操作，避免工作人员和公众受到意外照射，确保周围辐射环境的安全。

福建省肿瘤医院应制定《福建省肿瘤医院放射事件应急处理预案》，见附件 20，福建省肿瘤医院应根据《核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲》（试行）对辐射事故/事件应急预案进行修订和完善。应按照《大纲》的要求，针对本单位核技术利用类型，进一步对辐射事故/事件应急预案进行补充完善，并在辐射安全许可证相关申请或年度安全评估时提交发证单位备案。应定期、具有针对性的对可能发生的放射事故进行演练，演练内容包括放射事故应急处理预案的可操作性，针对性、完整性。在发生辐射事故时，能够立即启动本单位的应急预案，采取应急措施，及时向当地人民政府环境保护主管部门报告，同时向当地人民政府、公安部门和卫生主管部门报告。

医院还应制定完善建立个人剂量以及上岗资格证与场所监测记录等辐射安全档案。

11.5 建设项目竣工环境保护验收项目一览表

建设项目竣工环境保护验收项目一览表见表 11-2。

表 11-2 建设项目竣工环境保护验收项目一览表

编号	验收项目	验收内容	验收标准及要求
1	辐射防护措施	①给药室、甲癌病房、甲癌病人卫生间、甲癌病房铅防护门、污物间铅制放射性废物桶表面、 ¹²⁵ I 粒子植入手术室、 ¹²⁵ I 粒子植入治疗病房位置、衰变池盖表面设置电离辐射警示标志。 ②购置铅衣、铅帽、铅制放射性废物桶等个人防护用品以及专用去污用品。 ③配置 X-γ 剂量监测仪、β 表面污染监测仪。 ④职业人员配备热释光个人剂量片。	符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 相关规定。
2	管理制度	①《辐射防护和安全制度》。 ②《职业健康检查与档案管理制度》。 ③《个人剂量监测与档案管理制度》。 ④《核医学科放射性药品登记、保管制度》。 ⑤《职业人员的辐射安全与防护培训和再培训制度》。 ⑥《辐射事故应急处理预案》及其演练记录。 ⑦《甲癌治疗和 ¹²⁵ I 粒子植入项目日常监测记录》。 ⑧对甲癌治疗和 ¹²⁵ I 粒子植入项目工作场所场所分区管理，职业人员持证上岗。	符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 相关规定。

续表 11-2 建设项目竣工环境保护验收项目一览表

编号	验收项目	验收内容	验收标准及要求
3	环境监测	<p>①福建省肿瘤医院甲癌病房、甲癌病人卫生间、给药室、废物库周围环境 γ 剂量率、β 表面污染监测；^{125}I 粒子植入手术室、^{125}I 粒子植入治疗病房及周围环境 γ 剂量率监测。</p> <p>②对衰变池盖表面 γ 剂量率监测及排放口总 β 浓度监测。</p>	符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)职业照射、公众照射限值等相关规定和《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表 2 综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放限值(日均值)总 α 为 1Bq/L, 总 β 为 10Bq/L。
4	放射性固废处理	<p>①放射性污物间。</p> <p>②放射性铅废物桶(5mmPb)。</p> <p>③排气口定时更换的活性炭存放 10 个半衰期后, 再循环利用。</p> <p>④小铅纸盒等存放放射性固废的设备。</p> <p>⑤手套、一次性垫纸、吸管、吸水纸、酒精棉、包裹用具的塑料膜、废药瓶以及事故状态下擦拭偶尔滴漏的放射性药品的酒精棉、吸水纸, 放置在放射性废物桶中 10 个半衰期以上, 作为一般医疗垃圾处置。</p>	符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133-2009)有关规定。
5	放射性废气处理	<p>①福建省肿瘤医院给药室、甲癌病房通风排气系统以及排气口活性炭吸附装置。</p> <p>②排气口活性炭定时更换, 通风排气管道通往楼顶。</p>	符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133-2009)有关规定。
6	放射性废水处理	<p>①严格限制病人生活用水量, 每人每次控制使用不大于 2.5L, 本着不扩大或放大放射性污染的原则, 严格控制核医学科每日排入衰变池的废水量, 使其不超过 0.115m³。</p> <p>②甲癌病房设置病人专用卫生间。</p> <p>③暂存 ^{131}I 废物的水容器。</p> <p>④有电离辐射警示标志的衰变池。</p> <p>⑤池底、池壁耐酸碱、耐腐蚀、无渗透、防泄漏的、每级 10m³, 共 40 m³ 的 4 级衰变池。</p>	符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133-2009)有关规定。

注: 1. 辐射监测应给出: 辐射监测计划(环境、个人剂量)和辐射监测设备的情况。
2. 辐射安全保证与辐射事故应急响应给出辐射安全规章制度和事故应急响应情况。

12 结论与建议

12.1 结论

本项目建成后能够为当地病人提供放射诊断与治疗，使福建省肿瘤医院肿瘤专科齐全，提高医院整体医疗水平，以便患者能在当地得到方便快捷的治疗，建设具有其必要性；拟建福建省肿瘤医院甲癌治疗项目利用福建省肿瘤医院原诊疗科机房进行改造，甲癌病人卫生间距离衰变池较近， ^{125}I 粒子植入项目靠近该院原有核医学放射性工作场所，有效避免了扩大放射性污染范围，便于医院对放射源和诊疗病人的集中管理，项目整体布局较为合理，符合辐射防护最优化原则；本项目为国家鼓励类的全科医疗服务、医疗卫生服务设施建设，符合国家产业性政策，对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的实践正当性原则。

福建省肿瘤医院甲癌治疗和 ^{125}I 粒子植入项目运行后，在正常工况下，甲癌治疗项目职业人员年附加年有效剂量为 0.0164mSv ，低于相应的剂量约束值 5mSv ；周围公众人员年附加年有效剂量最大值为 0.1339mSv ，低于相应的剂量约束值 0.25mSv ；满足评价标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的职业人员和公众人员的照射剂量限值及剂量约束值(职业 5mSv/a ，公众 0.25mSv/a)； ^{125}I 粒子植入项目工作场所按照乙级非密封源工作场所进行管理，对职业人员和周围公众人员年附加有效剂量可忽略不计。各工作场所的屏蔽材料及设计厚度能满足辐射防护要求。放射性工作场所用房能够满足乙级放射性工作场所和临床核医学工作场所的要求，出院的受检病人满足体内放射性残留量出院标准的要求。本项目只要严格控制每日排入衰变池的废水量，使其每天不超过 0.115m^3 ，放射性废水衰变池的设计级数及容积即可满足放射性废水排放总量达标要求。

综上所述，本项目在实施了本环评报告表提出的辐射防护与安全措施、辐射管理措施、污染防治措施后，从辐射安全和环境保护角度看，该项目的建设是可行的。

12.2 建议

(1)根据《建设项目竣工环境保护验收管理办法》的规定，项目试运行3个月后，应尽快委托有资质的单位对已履行环评手续并已投入运行的项目进行竣工环境保护验收。

(2)制订辐射监测计划、购置相关辐射科室的监测仪器。

(3)做好各项环保安全设施的维护，完善各项制度，加强日常管理。

(4)根据年度个人剂量监测报告，若福建省肿瘤医院甲癌治疗和¹²⁵I粒子植入项目职业人员年接受剂量超过职业人员年照射剂量限值及剂量约束值，应立即调离工作岗位或调休。

(5)福建省肿瘤医院甲癌治疗和¹²⁵I粒子植入项目使用项目正常运行后，申请竣工环境保护验收时，若甲癌病房、给药室、甲癌卫生间周围工作人员年接受剂量超过公众人员年照射剂量限值及剂量约束值，甲癌病房、给药室、甲癌卫生间天棚、地板以及四周应采取加厚措施。

(6)福建省肿瘤医院甲癌治疗和¹²⁵I粒子植入项目进行竣工环境保护验收时，应确保甲癌病房周围通道处的剂量率水平低于2.5uGy/h，或将高于2.5uGy/h的区域划分为监督区，限制公众进入。

注：1.结论主要包括：

(1)环境影响分析结论。(2)辐射安全与防护分析结论。

(3)环保措施可行性结论。(4)可行分析结论(符合产业政策与否、代价利益分析等)。

2.建议主要应指出还存在的问题以及主要的改进措施或承诺。

预审意见:

经办人

公 章

年 月 日

审批意见:

经办人

公 章

年 月 日

建设项目环境保护审批登记表

填表单位(盖章): 福建省辐射环境监督站

填表人(签字):

项目经办人(签字):

建设项目	项 目 名 称	福建省肿瘤医院 甲癌治疗和 ¹²⁵ I 粒子植入项目			建 设 地 点	福州市福马路凤板马路顶 91 号									
	建 设 内 容 及 规 模	甲癌治疗和 ¹²⁵ I 粒子植入			建 设 性 质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 技术改造									
	行 业 类 别	医院 8510			环 境 保 护 管 理 类 别	<input type="checkbox"/> 编制报告书 <input checked="" type="checkbox"/> 编制报告表 <input type="checkbox"/> 填报登记表									
	总 投 资 (万 元)	500			环 保 投 资 (万 元)	50		所 占 比 例 (%)	10%						
	立 项 部 门	福建省卫生厅			批 准 文 号										
	报 告 书 审 批 部 门	福建省环境保护厅			批 准 文 号										
建设单位	单 位 名 称	福建省肿瘤医院	联系电话	13799363977	评价单位	单 位 名 称	福建省辐射环境监督站		联 系 电 话	0591-87739764					
	通 讯 地 址	福州市福马路凤板马路顶 91号	邮 政 编 码	350014		通 讯 地 址	福建省福州市晋安区福飞北路 456 号		邮 政 编 码	350011					
	法 人 代 表	应敏刚	联 系 人	张秀春		证 书 编 号	国环评证乙字第 2219 号		评 价 经 费						
区域环境现状	环 境 质 量 等 级	环境空气: 地表水: 地下水: 环境噪声: 海水: 土壤: 其它:													
	环 境 敏 感 特 征	<input type="checkbox"/> 饮用水水源保护区 <input type="checkbox"/> 自然保护区 <input type="checkbox"/> 风景名胜区 <input type="checkbox"/> 森林公园 <input type="checkbox"/> 基本农田保护区 <input type="checkbox"/> 生态功能保护区 <input type="checkbox"/> 水土流失重点防治区 <input type="checkbox"/> 生态敏感与脆弱区 <input type="checkbox"/> 人口密集区 <input type="checkbox"/> 重点文物保护单位 <input type="checkbox"/> 三河、三湖、两控区													
污染物排放达标与总量控制(工业建设项目详填)	污染物	现有工程(已建+在建)				本工程(拟建)				总体工程(已建+在建+拟建)				区域平衡替代 削减量	
		实际排 放浓度	允许排 放浓度	实际排 放总量	核定排 放总量	预测排 放浓度	允许排 放浓度	产生 量	自身 削减量	预测排 放总量	核定排 放总量	“以新带 老” 削减量	预测排 放总量		核定排 放总量
	废水														
	化学需氧量*														
	氨 氮*														
	石油类														
	废气														
	二氧化硫*														
	烟 尘*														
	工业粉尘*														
氮氧化物															
工业固体废物*															
其它特征污染物	与项目有关的 公众 年有效剂量	低于剂量约束值 0.1339mSv/a													
	职业人员 年有效剂量	低于剂量约束值 0.0164mSv/a													

注: 1、*为“十五”期间国家实行排放总量控制的污染物 2、排放增减量: (+)表示增加, (-)表示减少

3、计量单位: 废水排放量一万吨/年;废气排放量一万标立方米/年;工业固体废物排放量一万吨/年;水污染物排放浓度一毫克/升;大气污染物排放浓度一毫克/立方米;水污染物排放量一吨/年;大气污染物排放量

主要生态破坏控制指标	影响及主要措施		名称	级别或种类数量	影响程度 (严重、一般、小)	影响方式 (占用、切隔阻断或二者均有)	避让、减免影响的数量或采取保护措施的种类数量	工程避让投资 (万元)	另建及功能区划调整投资 (万元)	迁地增殖保护投资 (万元)	工程防治投资 (万元)	其它							
																	生态保护目标		
	自然保护区																		
	水源保护区																		
	重要湿地																		
	风景名胜区																		
	世界自然、人文遗产地																		
	珍稀特有动物																		
	珍稀特有植物																		
	主要生态破坏控制指标	类别及形式		基本农田		林地		草地		其它		移民及拆迁人口数量	工程占地 拆迁人口		环境影响 迁移人口		易地安置	后靠安置	其它
临时占用				永久占用	临时占用	永久占用	临时占用	永久占用											
占用土地 (hm ²)																			
面积																			
环评后减缓和恢复的面积											工程治理 (Km ²)	生物治理 (Km ²)	减少水土流失量 (吨)		水土流失治理率 (%)				
噪声治理		工程避让 (万元)	隔声屏障 (万元)	隔声窗 (万元)	绿化降噪 (万元)	低噪设备及工艺 (万元)	其它			治理水土流失面积									

