

头部伽玛刀放射治疗建设项目

竣工环境保护验收监测表

项目名称：头部伽玛刀放射治疗建设项目

建设单位：福建三博福能脑科医院有限公司

编制单位：中核华东地矿科技有限公司

编制日期：2020 年 08 月

目录

表一	项目总体情况及验收监测依据及标准.....	1
表二	工程基本情况	7
表三	工艺流程和污染源.....	12
表四	环境影响报告表主要结论及建议及其审批部门审批决定 ..	18
表五	验收监测质量保证及质量控制	24
表六	验收监测内容	25
表七	验收监测结果	26
表八	环保检查结果	30
表九	验收监测结论及要求.....	35

表一 项目总体情况及验收监测依据及标准

建设项目名称	头部伽玛刀放射治疗建设项目					
建设单位名称	福建三博福能脑科医院有限公司					
建设项目性质	√新建 改扩建 技改 迁建					
建设地点	福建三博福能脑科医院有限公司					
主要产品名称 设计生产能力	2019 年 5 月,福建三博福能脑科医院有限公司委托核工业二七 0 研究所对头部伽玛刀放射治疗建设项目进行了环境影响评价;2020 年 2 月 19 日取得了福建省生态环境厅的批复(闽环辐评〔2020〕12 号)。					
	环评批复情况:					
	序号	放射源名称	总活度(Bq)	放射源类别	放射源工作场所	备注
	1	Co-60	2. 22x10 ¹⁴ / 7. 4 x10 ¹² x30	I	门诊住院综合楼 地下二层头部伽玛刀机房	
实际生产能力	验收情况: 本次对该院镶嵌在伽玛刀半球形辐射单元上的 Co-60(单枚活度为 7. 4 x10 ¹² Bq , 数量为 30 枚, 总活度为 2. 22x10 ¹⁴ Bq,)放射源进行验收。					
建设项目环评时间	2019 年 5 月		开工建设时间		2020 年 4 月	
调试时间	2020 年 7 月 20 日		验收现场监测时间		2020 年 7 月 29 日	
环评报告表 审批部门	福建省生态环境厅		环评报告表 编制单位		核工业二七 0 研究所	
环保设施设计 单位	/		环保设施施工单位		/	
投资总概算 (万元)	1600		环保投资总概算 (万元)		100	比例 6. 25%
实际总概算 (万元)	1620		环保投资 (万元)		120	比例 7. 41%

验收监测依据	1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订，2015 年 1 月 1 日起施行）； 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七十七号，2016 年 7 月修订，2016 年 9 月 1 日起施行，2018 年修订）； 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，2003 年 10 月 1 日起施行）； 4) 《中华人民共和国大气污染防治法》2016 年 1 月 1 日起施行； 5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》国务院令 449 号，2005 年 12 月 1 日起施行；国务院令 709 号修改，2019 年 3 月 2 日起施行； 6) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行）； 7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令 31 号公布；根据 2008 年 11 月 21 日环境保护部 2008 年第二次部务会议通过的《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》第一次修正；根据 2017 年 12 月 12 日环境保护部第五次部务会议通过的环境保护部令 47 号《环境保护部关于修改部分规章的决定》第二次修正；2019 年 8 月 22 日生态环境部令 7 号《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》第三次修正； 8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环境保护部令 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行）； 9) 《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第 44 号令，2017 年 9 月 1 日起施行；生态环境部令 1 号修订，2018 年 4 月 28 日起施行）； 10) 《关于发布放射源分类办法的公告》，原国家环境保护总局公告，2005 年第 62 号，2005 年 12 月 23 日起实施；
--------	---

	11) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145号，2006年9月26日）； 12) 《放射工作人员职业健康管理暂行办法》，中华人民共和国卫生部令第55号，2007年3月23日经卫生部部务会议讨论通过，自2007年11月1日起施行； 13) 《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》； 14) 《福建省环保厅关于印发〈核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲〉（试行）的通知》，闽环保辐射〔2013〕10号； 15) 《福建三博福能脑科医院有限公司头部伽玛刀放射治疗建设项目环境影响报告表》； 16) 福建省生态环境厅关于福建三博福能脑科医院有限公司头部伽玛刀放射治疗建设项目环境影响报告表的函； 17) 项目验收委托书。						
验收监测评价、标准、标号、级别、限值	根据《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》建设项目竣工环境保护验收污染物排放标准原则上执行环境影响报告书（表）及其审批部门审批决定所规定的标准。在环境影响报告书（表）审批之后发布或修订的标准对建设项目执行该标准有明确时限要求的，按新发布或修订的标准执行。本项目执行标准如下： （1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002） ①剂量限值 表 1-1 附录 B1 剂量限值 <table border="1"> <thead> <tr> <th>对象</th><th>要求</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>职业照射剂量限值</td><td> ①由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv ③眼晶体的年当量剂量，150mSv ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv </td></tr> <tr> <td>公众照射剂量限值</td><td> 实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值：①年有效剂量，1mSv；②特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。 </td></tr> </tbody> </table> 注：此项目职业照射年有效剂量不超过5mSv；公众成员年有效剂量不超过0.25mSv）。 （2）《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》	对象	要求	职业照射剂量限值	①由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv ③眼晶体的年当量剂量，150mSv ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv	公众照射剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值：①年有效剂量，1mSv；②特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。
对象	要求						
职业照射剂量限值	①由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv ③眼晶体的年当量剂量，150mSv ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv						
公众照射剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值：①年有效剂量，1mSv；②特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。						

	(GBZ/T201.1—2007) 4 治疗机房一般屏蔽要求 4.1 屏蔽所考虑的环境条件 4.1.1 治疗机房一般设与单独的建筑或建筑物底层的一端。治疗机房的坐落位置应考虑周围环境与场所的人员驻留条件及其可能的改变，并根据相应条件确定所需要的屏蔽。 4.2 治疗机房布局要求 4.2.1 治疗装置控制室与治疗机房分离。治疗装置辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗装置分离的，应尽可能设置于治疗机房外。 4.2.2 直接与治疗机房相连的宽束治疗装置的控制室和其他居留因子较大的用室，应尽可能闭口有用线束可直接照射到的区域。 4.2.4 应分级治疗要求给定治疗装置源点的位置（它可能偏离机房的对称中心）或后装治疗源可能应用的源点的位置与范围。 4.8 其他辐射相关的考虑因素 4.8.8 迷路的防护门结构应考虑门因自身重量而发生形变、频繁开关门的振动连接松动、屏蔽体老化龟裂等问题。防护门应尽可能减小缝隙泄露辐射，通常防护门宽于门洞部分应大于“门-墙”间隙的十倍。 (3) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第3部分：γ射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3—2014) 4.1 剂量控制要求 4.1.1 治疗机房墙外和入口门外关注点的周围剂量当量率参考控制水平 治疗机房墙和入口门外关注点的周围剂量当量率（以上简称剂量率）应不大于下述 a)、b) 和 c) 所确定的剂量率参考控制水平 H_c： 4.1.2 治疗机房顶的剂量控制要求 治疗机房顶的剂量应按下述 a)、b) 两种情况控制： a) 在治疗机正上方有建筑物或治疗机机房旁邻近建筑物的高度
--	---

	超过自放射源点到机房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗机房顶外表面 30cm 处和（或）在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，可以根据机房外周围剂量参考控制水平 $H_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 和最高剂量率 $H_{c, \max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$，按照 4.1.1 求得关注点的剂量率参考控制水平 $H_c (\mu\text{Sv/h})$ 加以控制。 b)除 4.1.2 中 a)的条件外，应考虑下列情况： 1) 天空散射和侧散射辐射对治疗机房外的地面附近和楼层中公众的辐射。该项辐射和穿透机房墙壁辐射在相应处的剂量率的综合，应按 4.1.2 中的 a)确定关注点的剂量率参考控制水平 $H_c (\mu\text{Sv/h})$ 加以控制。 2) 穿透治疗机房屋顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以年剂量 $250 \mu\text{Sv}$ 加以控制； 3)对无人源停留并只有借助工具才能进入的机房顶，考虑上述 1)和 2)之后，机房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平可按照 $100 \mu\text{Sv/h}$ 加以控制（可在相应处设置辐射告示牌）。 4.2.3 治疗机房一般屏蔽要求 除满足 GBZ/T201.1 的要求外，γ 射线源放射治疗机房屏蔽应考虑下列内容： c)头部 γ 刀治疗机房可不设迷路，参考图见附录 D。该机房屏蔽只需考虑散射辐射，包含治疗辐射和准直器的泄露辐射的散射。自 γ 刀治疗焦点至 γ 刀可开启的质量装置屏蔽门的张角相应的屏蔽区和部分屏蔽顶区域为一侧散射辐射区。散射辐射与人射辐射的夹角通常为 $60^\circ - 120^\circ$，其他区域为二次散射辐射区。治疗机房入口门处于治疗装置后部二次散射辐射区，辐射能力接近 0.2MeV，门的防护还应考虑在治疗装置屏蔽门关闭的贮源状态下的泄露辐射。 (4) 《X、γ 射线头部立体定向外科治疗方式卫生防护标准》(GBZ168-2005) 5.1 新安装的 γ-刀或 x-刀治疗设备在投入使用前，应由具有监测设备资质的技术机构对其剂量学参数和防护安全等性能进行验收
--	--

	检测，确认合格后方可启用。验收检测的项目及技术要求应符合出厂标准并不低于本标准表 1、表 2 的要求。 表 1 中规定：非治疗状态下设备周围的杂散辐射水平，距设备外表面 60cm 处$\leq 20 \mu\text{Gy/h}$，距设备外表面 5cm 处$\leq 200 \mu\text{Gy/h}$。 6.1 γ-刀或 x-刀治疗室独立建筑或设置在建筑物底层的一端，面积应不小于 30m^2，层高应不低于 3.5m。 6.2 治疗室建筑应满足防护要求的屏蔽厚度，保证在距治疗室墙体外 30cm 可达界面处停留的医务人员（不含身份工作人员）或其他公众成员所受到的平均年有效剂量不超过 1mSv，该处因透射产生的空气比释动能率一般应不大于 $2.5 \mu\text{Gy/h}$。必要时治疗室入口处采用迷路形式。 6.3 控制室操作台与防护门至少应有两种以上安全联锁装置。治疗室内应安装能紧急终止照射的应急开关。入口处应设置线束治疗源工作状态的讯号灯。 6.4 控制室与治疗室应设有观察患者状态的影像监控装置和与患者交通的对讲装置。 6.6 治疗室内应有良好的通风，机械通风换气次数一般为每小时 3-4 次。
--	---

表二 工程基本情况

2.1 项目概述

福建三博福能脑科医院有限公司由福能集团和首都医科大学三博脑科医院合资共建，是福建首家三级神经专科医院。

该院位于福州市鼓楼区后县路 18 号，占地面积约 40000m²，总投资 3.5 亿元，床位 300 张，拥有 3.0T 核磁共振、64 排 128 层螺旋 CT 和数字减影血管造影机（DSA）、徕卡手术显微镜、经颅磁刺激治疗仪、Iksell 体定向导航系统、尼高力 128 导脑电采集系统、尼高力肌电诱发电位系统、脑功能检测仪及神经电生理检查仪等先进医疗设备，设有 6 间百级手术室，其中装备 DSA 的杂交手术室一间，全数字一体化手术室一间。建设单位开展的诊疗科目包括神经外科、神经内科、神经康复项目，重点发展小儿神经疾病、颅内肿瘤综合治疗、颅脑损伤多学科综合治疗、脊髓脊柱疾病、癫痫、脑血管病及功能性疾病（帕金森症及脑瘫外科治疗等）的多学科治疗、顽固性疼痛多学科治疗、重症神经科多学科治疗、昏迷早期促醒与神经康复等。

2017 年 7 月 14 日，福建三博福能脑科医院有限公司委托北京华夏国润环保科技有限公司编制了《福建三博福能脑科医院 1 台 DSA 环境影响报告表》，于 2017 年 11 月 21 日取得了原福建省环境保护厅的批复（闽环辐评〔2017〕19 号）；2018 年 1 月 26 日，医院重新申请了辐射安全许可证，闽环辐证【00260】，许可的种类和范围：II、III 类射线装置，有效期至 2023 年 1 月 25 日；医院于 2018 年 7 月委托厦门亿科特检测技术有限公司对该院已正常运行的 1 台 DSA 项目进行了环境保护竣工验收监测工作。

因放射诊疗工作需要，医院拟增加 1 台头部伽玛刀，因此于 2019 年 5 月委托核工业二七 0 研究所编制了《福建三博福能脑科医院有限公司头部伽玛刀放射治疗建设项目环境影响报告表》，于 2020 年 2 月 19 日取得了福建省生态环境保护厅的批复（闽环辐评〔2020〕12 号（见附件 2）；2020 年 7 月 10 日，医院重新申请了辐射安全许可证，许可的种类和范围：使用 I 类放射源；使用 II、III 类射线装置，有效期至 2023 年 1 月 25 日（见附件 3）。

根据《建设项目环境保护管理条例》的规定，建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对项目进行验收，编制验收报告。为此，福建三博福能脑科医院有限公司委托中核华东地矿科技有限公司对该医院头部伽玛刀放射治疗建设项目开展竣工环境保护验收监测，编制竣工环境保护验收监测表。

委托书见附件 1。

受该医院的委托，中核华东地矿科技有限公司于 2020 年 7 月 29 日开展该项目竣工环境保护验收监测工作，并委托安徽祥安环保有限公司对伽玛刀工作区域进行现场监测。在现场检查核实、辐射监测的基础上，并编制项目竣工环境保护验收监测表。

2.2 医院地理位置

本项目位于福建省福州市鼓楼区后县路 18 号，伽玛刀机房位于医院门诊住院综合楼地下二层。伽玛刀机房所在大楼北侧约 41m 为福建省福能集团总医院 3 号楼，南侧为院区场地。伽玛刀机房东侧为报警阀间及停车位，南侧为过道，西侧为过道，北侧为过道，楼上为高压配电室及工具间，楼下为土壤层。

项目所在地理位置图见图 2-1，头部伽玛刀机房周边关系图见图 2-2，伽玛刀机房平面布置图见图 2-3。



图 2-1 福建三博福能脑科医院有限公司地理位置图

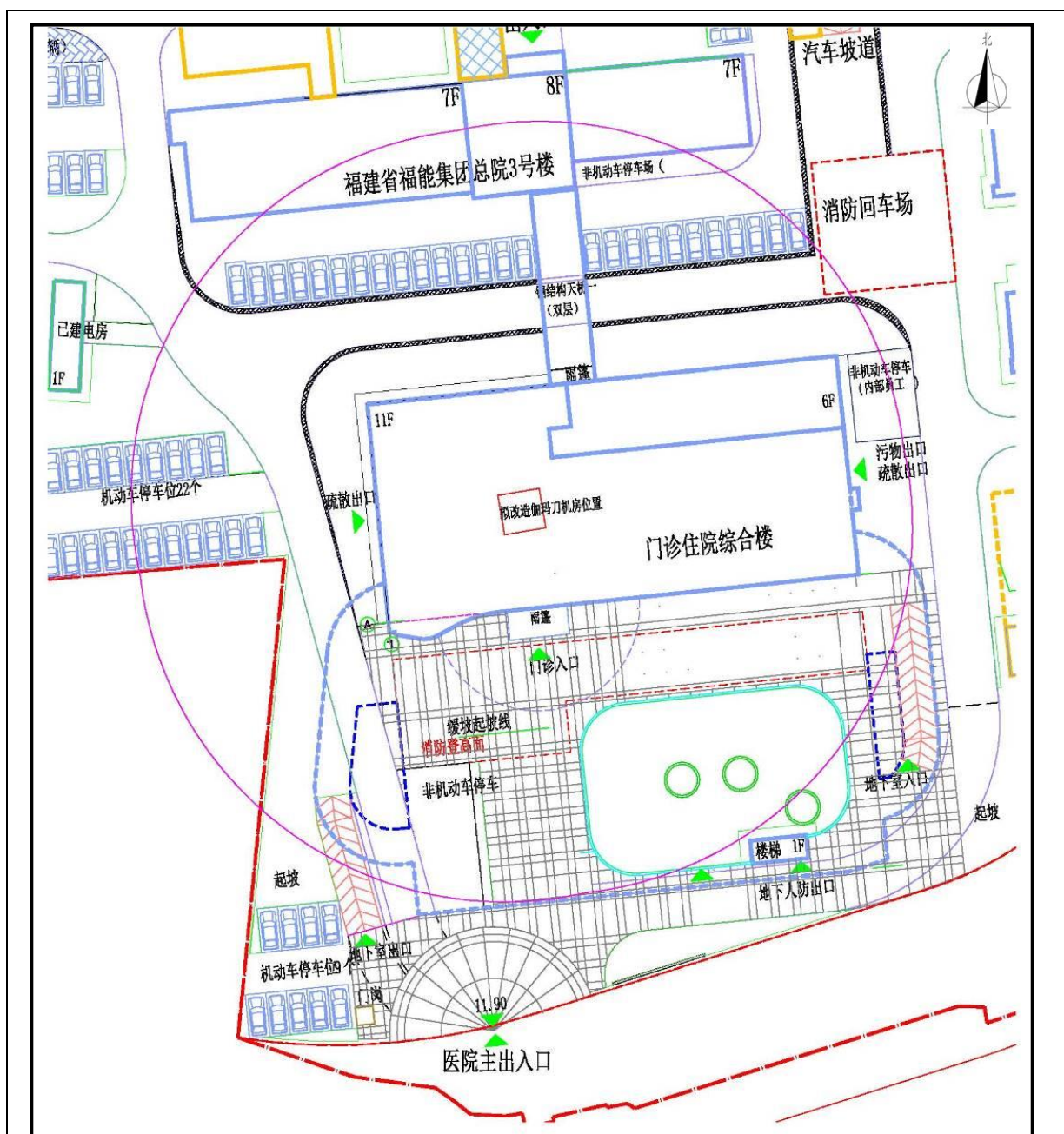


图 2-2 伽玛刀机房周边关系图

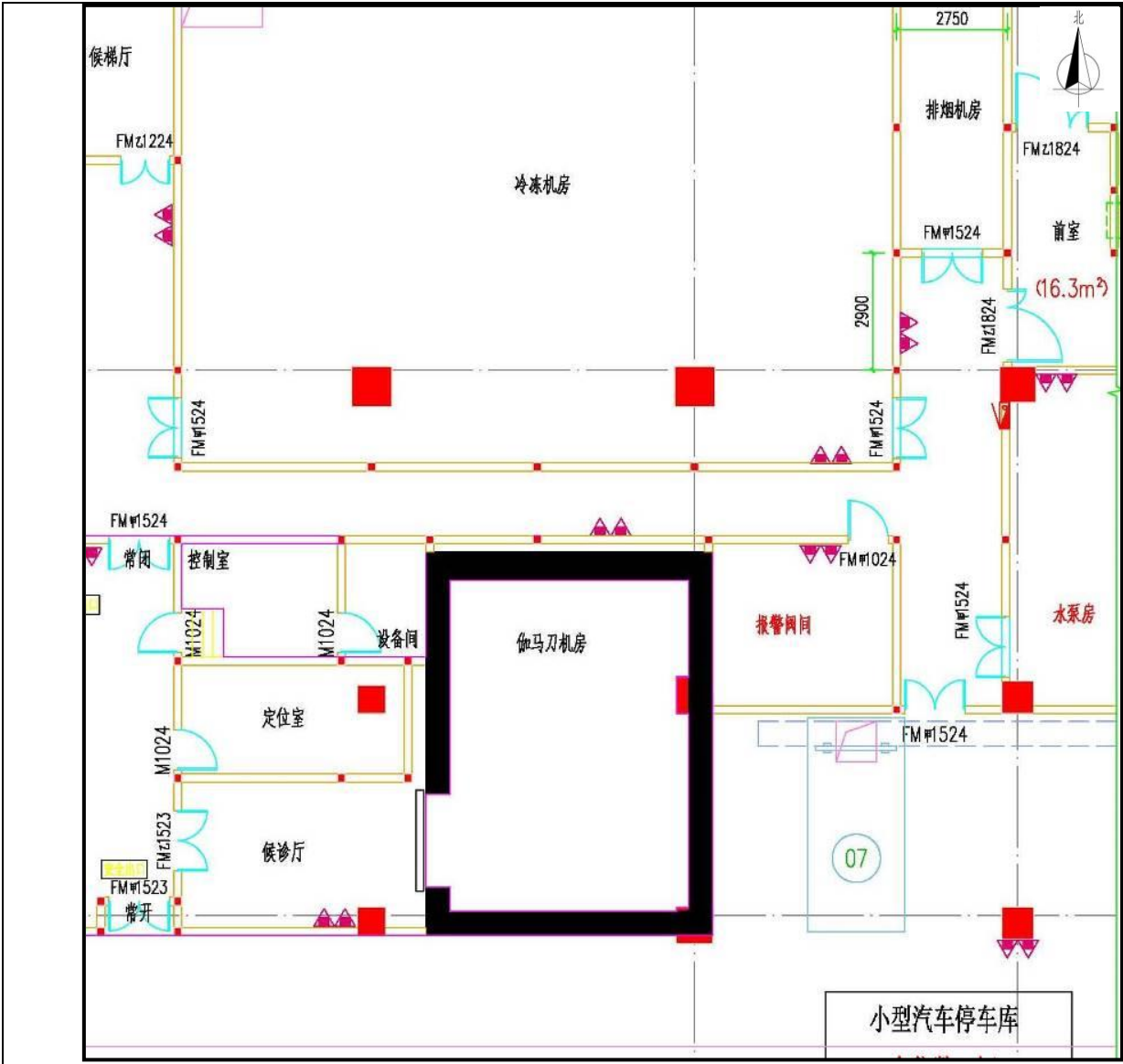


图 2-3 伽玛刀机房平面布置图

2.3 项目内容及规模

福建三博福能脑科医院有限公司头部伽玛刀放射治疗建设项目一览表验收规模见表 2-1。

表 2-1 福建三博福能脑科医院有限公司此次验收核技术情况一览表

放射源					
序号	工作场所名称	放射源名称	总活度(Bq)/ 活度(Bq)枚数	环评、许可情况	验收情况
1	头部伽玛刀 机房	Co-60	2.22x10 ¹⁴ / 7.4 x10 ¹² x30	已环评，已许可	本次验收

2.4 伽玛刀机房所在位置

本项目位于福州福能三博脑科医院门诊住院综合楼地下二层，本项目所在大楼北侧约 41m 福建省福能集团总医院 3 号楼，南侧为院区场地。伽玛刀机房东侧为报警阀间及停车位，南侧为过道，西侧为过道，北侧为过道，楼上为高压配电室及工具间，楼下为土壤层。

表 2-2 此次验收核技术情况周围环境情况一览表

工作场所	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
头部伽玛刀 机房	报警阀间及停车 位	过道	过道	过道	高压配电室及 工具间	土壤层

2.5 项目变动情况

本次验收内容环评文件和现场检查对照情况见表 2-3。

表 2-2 此次验收项目环评与现场调查对照情况表

项目	环评		验收	
建设位置	门诊住院综合楼地下二层		门诊住院综合楼地下二层	
周围环境	东侧为报警阀间及停车位，南侧为过道，西侧为过道，北侧为过道，楼上为高压配电室及工具间，楼下为土壤层		东侧为报警阀间及停车位，南侧为过道，西侧为过道，北侧为过道，楼上为高压配电室及工具间，楼下为土壤层	
机房防护措施	北侧墙体为 700mm 厚重晶石混凝土，东、南、西侧墙体为 600mm 厚重晶石混凝土，楼顶为 500mm 厚重晶石混凝土，密度 $\geq 2.5\text{g/cm}^3$ 经过密度换算：700mm 重晶石混凝土相当于 744.7mm 混凝土，600mm 重晶石混凝土相当于 638.3mm 混凝土，500mm 重晶石混凝土相当于 531.9mm 混凝土。		北侧墙体为 800mm 厚混凝土，东、南、西侧墙体为 700mm 厚混凝土，楼顶为 600mm 厚混凝土，密度 $\geq 2.35\text{g/cm}^3$	
	防护门：18mm 铅当量		防护门：18mm 铅当量	
放射源	名称	总活度(Bq)/ 活度(Bq)枚数	名称	总活度(Bq)/ 活度(Bq)枚数
	Co-60	$2.22 \times 10^{14} / 7.4 \times 10^{12} \times 30$	Co-60	$2.22 \times 10^{14} / 7.4 \times 10^{12} \times 30$

对照环评报告与现场检查可知，放射源在验收期间与环评时期的使用场所、周围环境以及放射源活动等均未发生变化，且机房防护性能优于环评时期。因此，本次验收项目不存在重大变更。

表三 工艺流程和污染源

1、工艺流程

1.1 工作原理

γ 射线多源聚焦头部立体定向放射治疗系统主要包括一个射线聚焦系统和一个病灶定位系统。聚焦系统就是使多束有用的射线从不同位置和方向通过准直孔聚焦到焦点；病灶定位系统就是使病灶精确地定位在焦点处。这样，病灶在较短的时间内受到大剂量的射线辐照而被损毁，而周围的健康组织只受到少量射线的辐照而不受伤害，从而达到治疗疾病的目的。

1.1.1 头部伽玛刀系统构成及工作原理

该产品由放射准直系统、治疗床、立体定位系统、电气控制系统（含主机电气控制系统软件组件 XGD—CRL）、放射治疗记录与验证系统（OUR—XGD—RVS V2.0）和放射治疗计划系统（Indelplan（OUR—XGD） V2.0）组成。

（1）放射准直系统及治疗床

放射准直系统及治疗床由射源装置、驱动装置、屏蔽门、三维床、立体定位框架、手动模拟、保护罩组成。

射源装置是钴-60 源的载体，是射线的准直聚焦和旋转系统。

驱动装置是射源装置的动力系统，它保证射源装置能够按照治疗计划要求进行动作。

屏蔽门是射线的屏蔽机构，可将射线对治疗室、患者和工作人员的辐照减少到安全范围内。

三维床是治疗时，用于患者仰卧，并将患者治疗计划中的每个靶点送到聚焦中心。立体定位框架固定在三维床上，通过固定患者头部，进而实现病灶位置的固定，并建立坐标关系，准确地将病灶送入最佳治疗位置。手动模拟安装在屏蔽门前端，可在治疗开始之前，对每个需要检测的靶点进行碰撞检测。保护罩在治疗过程中对患者头部进行保护。

（2）电气控制系统

电气控制系统由运动控制器、伺服单元、PLC 等组成。可实现对源体、准直体同步跟踪旋转，自动选择准直器以及屏蔽门的开关，实现治疗床定位的自动控制。同时具有门与床的安全联锁、与外部的安全联锁，设备的状态监测，辐照

时间的双计时器控制，准直器 和定位精度的实时监控，故障报警等功能。

(3) 立体定位系统

立体定位系统包括：头架适配器（U 型架和 L 型架）、立体定位框架（基环、连接立杆、螺套、顶丝和头钉）、CT 图框、MRI 图框、CT 适配架和 MRI 适配架等。立体定位框架通过头架适配器与治疗床相结合，在系统上对颅内病灶建立三维坐标系统，并实现三维定位。将规划好的靶点定位在辐射野中心位置上。CT 图框和 MRI 图框是在进行 CT 和 MRI 定位时，用以标定病灶位置、大小和形状的装置。CT 适配架是立体定位框架与 CT 诊断设备的连接装置，MRI 适配架是立体定位框架与 MRI 诊断设备的连接装置。

(4) 放射治疗计划系统（简称：TPS）

放射治疗计划系统为临床治疗医生提供了一个交互式 CT/MRI 断层图像的三维重构和数据可视化工具，能够输入和处理图像数据，确定体表、病变组织靶区及颅内其它感兴趣组织的几何描述，医生可根据病灶的体积大小，人机交互地布置、规划靶点。然后，放射治疗计划系统自动计算治疗剂量，最后计算出治疗方案。通过三维图像显示和治疗方案模拟，为用户提供治疗方案的直观表示，用三维体积剂量分布评估治疗方案，并将治疗计划结果打印输出。

(5) 放射治疗记录与验证系统（简称：RVS）

放射治疗记录与验证系统是该设备的一个非常重要的组成部分，主要承担接受治疗计划系统发来的患者治疗文件，并将此文件的治疗数据下发给运动控制器，从而实现患者按照治疗计划进行精确治疗。此外在患者治疗过程中，RVS 还能够将患者的实际治疗参数与治疗计划的参数进行即时校验，如果参数设置超差，可终止治疗。整个治疗的实际参数也能作为历史记录保存。



图 3-1 本项目头部伽玛刀

1.1.2 主要零部件的结构及其工作原理

(1) 射源装置

射源装置是钴源的载体，是射线的准直、聚焦、回转和局部关源系统，由屏蔽半球、放射源、源体、准直体、准直系统和驱动连接部分组成。放射源的装、换须由专人通过装源机完成。

① 放射源

本设备共设置 30 个钴-60 放射源，单源活度平均值为 $200\text{Ci} \pm 10$ ，总活度值为 6000Ci 。

② 源体

源体（放射源的载体）由耐蚀铸铁制成，可保持长期不生锈，它是一个半球壳体，制 30 个安装钴源及预准直器的通向球心的孔，以引导射线束在球心聚焦。

③ 准直体

准直体是终准直器的载体，位于源体内腔，壳体上制有与源体准直孔一一对应指向球心的通孔。

④ 准直系统

准直系统由源体预准直器和终准直器。它们都是用钨合金制造的带内孔的圆柱体。

终准直器有四组，包含为 1#、2#、3#、4# 准直器，各有不同的锥孔，可以形成尺寸分别为 $\Phi 4$ 、 $\Phi 8$ 、 $\Phi 14$ 和 $\Phi 18$ 的辐射野。

⑤屏蔽半球

屏蔽半球是由耐蚀铸铁制成的耐蚀壳体，为半球形，右端以阶梯环与屏蔽门框连接，它与屏蔽门一起，最大限度的屏蔽了放射源不必要的射线，使设备的外部环境处于安全、可控范围。屏蔽半球上开设有用于装和拆源的阶梯孔。除了在装源时，阶梯孔一直由完全密合的阶梯塞填补，除非必要，不能拆卸。

⑥驱动连接部分

驱动连接部分由两组连接盘（轴）、轴套以及相互间支撑的角接触球轴承组成，分别连接源体、准直体相应的驱动部件，保证源体和准直体的正确运动。

（2）驱动装置

驱动装置可以驱动射源装置。源体的转动位置为源体刻度盘上数字 1-30 显示出的 30 个钴源的位置。准直体的转动位置由准直体刻度盘上数字 20、5、0、10、15 显示出准直器孔 $\Phi 18$ 、 $\Phi 4$ 、屏蔽棒、 $\Phi 8$ 、 $\Phi 14$ 每个规格的位置。准直体刻度盘上的 0 对准源体刻度盘上的 1 即为关源屏蔽位置。

治疗过程中，若系统出现故障，需终止治疗，但又不能实现自动操作时或治疗室失电，UPS 也出现故障时，可以手动关闭放射源装置。

（3）屏蔽门

屏蔽门框分成前后两块，皆由铸铁制成。后门框制有阶梯环，与屏蔽体连接。两块门框中空成口字形，可容治疗床将患者送入，屏蔽门也装在其中。前后两块门框以螺栓紧固，下部也用螺栓固定在底板上，成为整个系统的支承，安放在治疗室的地面上。

屏蔽门分上下门扇，也是铸铁制成。它们是两个有水平转轴的半圆柱体，关闭时上下门沿的阶梯缝相互啮合，以防辐射泄漏。治疗时，伺服电机经齿轮和蜗轮减速箱和一对齿轮后，驱动两扇门绕轴转 90° 开启，使患者头部可随治疗床进入治疗位置。治疗结束，先退床，然后驱动机构反转，屏蔽门再次紧密地关闭起来。

由于屏蔽门及准直体处在射线关闭状态,且治疗室和系统操作位置同时具有防护辐射的功能,故形成了双重屏蔽,辐射泄漏大大减少。

治疗过程中,若系统出现故障,需终止治疗,但又不能实现自动操作时,可以手动关闭屏蔽门。

(4) 治疗床

治疗床由 XZ 组件与 Y 组件组成,可沿 X、Y、Z 三个方向运动,最大承重为 135kg。XZ 组件是整个治疗床的支撑、固定基础,它固定在屏蔽门门框前端。

X 轴与 Z 轴分别驱动床的 X 向(左右)和 Z 向(上下)运动,Y 组件叠加在 XZ 组件之上,它实现床的 Y 向(前后)运动。

治疗床的各轴传动机构中设有手动装置。治疗过程中,若系统出现故障,需终止治疗,但又不能实现自动操作时,手动拉出治疗床和移出患者,手动拉出治疗床。

(5) 手动模拟装置

手动模拟装置主要由模拟安装板、模拟安装架、模拟连接块以及模拟旋转板组成。手动模拟装置在治疗前做碰撞检测的时候使用。手动模拟装置安装在屏蔽门前端,将其插在治疗床安装板上的销孔中,转动模拟旋转板,对需要检测的靶点进行模拟碰撞检测,所有靶点都确定无碰撞后,取下手动模拟装置,然后按照治疗程序进行治疗。

(6) 保护罩

为避免患者在治疗过程中与治疗腔壁发生碰撞,造成不必要的伤害,本设备设有保护罩。当屏蔽门打开,患者进入治疗腔保护罩内。如果患者碰触到保护罩,系统会报警,自动停止治疗,治疗床带着患者退出屏蔽门,屏蔽门关闭。这时,医护人员才可进入治疗室对患者位置进行调整或者更改治疗计划。

1.2 工作流程

γ 射线多源聚焦头部立体定向放射治疗系统的治疗过程包括定位、治疗计划的制定和实施治疗等步骤。

治疗前,首先要用立体定位系统对病灶进行诊断定位。病人在与立体定位头框相对固定后,通过 CT 或 MRI 进行断层扫描可显示出病灶与坐标系各参考点的相对位置。诊断定位后,治疗计划系统自动对 CT 或 MRI 扫描图片进行处理,重

建体表、病灶和其周围敏感组织的三维形态，并依据医生开具的处方剂量进行治疗计划的制定，计算出治疗所需靶点数、靶点坐标、每个靶点使用的准直器号和照射时间等。电气控制系统控制治疗床依次将各靶点送到焦点，并打开相应的准直器进行定量的辐照。所有靶点治疗完成后，射源装置自动回安全状态，并将病人退出治疗区。

2、 污染因子

2.1 正常工况

头部伽玛刀治疗系统使用 Co-60 密封源，在正常运行条件下，不会产生放射性液体和气体。但放射源在自身衰变过程中产生高能量的 γ 射线。由于 γ 射线漏射和散射作用到屏蔽墙外。可能影响外环境的辐射水平。

放射源的放射活度衰减到一定程度，满足不了治疗要求而退役成为放射性废源时，放射性废源对环境有潜在的影响。

2.2 事故工况

①卡源故障

卡源是指同轴旋转的准直器不能回归零位，即治疗结束后源始终处于照射状态。出现这种情况，设备会启动故障处理程序，屏蔽门会自动关闭，工作人员立即按动紧急停止按钮，穿好防辐射服迅速进入治疗室，沿墙壁绕到设备后面，采用复位的方式关闭射线束。

②放射源脱落

换源或装源时，未做好充分的准备工作，工作人员缺乏经验，情绪紧张，致使放射源从机械手脱落，发生事故。

表四 环境影响报告表主要结论及建议及其审批部门审批决定

4.1 环评情况

2019 年 5 月，福建三博福能脑科医院有限公司委托核工业二七〇研究所对头部伽玛刀放射治疗建设项目进行了环境影响评价，2020 年 2 月 19 日取得了福建省生态环境保护厅的批复（闽环辐评〔2020〕12 号）。

4.2 环境影响报告表结论

4.2.1 项目概况

福建三博福能脑科医院有限公司位于福建省福州市鼓楼区后县路 18 号，拟在门诊住院综合楼地下二层改建头部伽玛刀机房，并购置 1 台旋转式头部立体定向放射治疗系统，用于头部肿瘤治疗。

4.2.2 产业政策符合性

经对照《产业结构调整指导目录（2019 年修订）》，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。

福建三博福能脑科医院有限公司头部伽玛刀放射治疗建设项目符合区域医疗服务需要，能有效提高区域医疗服务水平。因此，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

4.2.3 代价利益分析

福建三博福能脑科医院有限公司头部伽玛刀放射治疗建设项目符合所在地区医疗服务需要，有利于提高疾病的诊断正确率和有效治疗方案的提出，能有效减少患者疼痛和对患者损伤，总体上大大节省了医疗费用，争取了宝贵的治疗时间，该项目在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。

为保护该项目工作人员及周边公众，机房加强了防护，从剂量预测结果可知，该项目周围公众及辐射工作人员年所受附加剂量能满足项目管理限值的要求。

因此，从代价利益分析看，该项目是正当可行的。

4.2.4 辐射安全与防护分析

项目采取的辐射环境管理措施：医院已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并拟建立完善的规章制度，落实安全、保卫、环保等措施，制定了辐射事故应急预案等。

拟采取的污染防治措施：工作场所有满足辐射屏蔽要求的防护墙、防护门等；门口设置明显的电离辐射警示标识、照射指示灯，辐射工作人员佩戴个人剂量计

等。

从总体上看，项目的辐射环境保护和污染防治措施考虑到了辐射管理、屏蔽防护、安全保卫等各个方面，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）中的有关要求。

4.2.5 环境影响评价结论

根据影响预测结果可知，本项目伽玛刀机房在建设单位保证施工质量的前提下按照设计厚度条件建设的墙体外 30cm 处周围剂量当量率的范围为：①伽玛刀正常运行时，机房周边关注点周围剂量当量率的范围在 $1.09 \times 10^{-5} \sim 1.37 \mu\text{Sv/h}$ 之间；②在贮源状态下，机房周边关注点周围剂量当量率的范围在 $1.09 \times 10^{-4} \sim 0.352 \mu\text{Sv/h}$ 之间；均满足《X、 γ 射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》（GBZ168 —2005）和《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）中关于剂量率控制水平的标准要求。

同时，本项目运行后，职业人员和公众成员所受的年附加有效剂量均低于年管理剂量约束值（工作人员 5mSv/a，公众 0.25mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

4.2.6 总结论

综上所述，福建三博福能脑科医院有限公司头部伽玛刀放射治疗建设项目，符合“实践的正当性”要求。辐射工作场所的防护设计合理，辐射管理中的各项规章制度和防护措施较健全。只要切实落实并严格执行本评价中所提出的辐射管理、辐射防护、事故应急等各项措施，严格按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）中的有关规定进行管理，其运行后对放射工作人员和公众及其周围环境造成的辐射污染影响较小。因此，从辐射环境保护角度分析，该项目的建设是可行的。

表 4-1 环评报告中环境保护措施落实情况一览表

项目	验收内容	落实执行情况	落实情况
辐射防护措施	辐射工作场所建设和布局与环评报告表描述内容一致，辐射工作场所墙体和防护门的屏蔽能力满足辐射防护的要求。	伽玛刀机房建设和布局与环评报告表描述一致，经现场检测，伽玛刀机房墙体和防护门的屏蔽能力满足辐射防护的要求。	已落实
辐射安全措施	伽玛刀机房设置安全联锁装置，机房周边张贴警示标志、安装工作指示灯等	伽玛刀机房已设置安全联锁装置，机房周边张贴警示标志、安装工作指示灯	已落实
监测仪器	配备监测仪器：1 台固定式辐射剂量监测仪（兼具报警功能）和 2 台便携式个人剂量监测仪（具有报警功能），新增人员均配置个人剂量计。	已配备1台固定式辐射剂量检测仪和3台个人剂量监测仪，本项目辐射工作	已落实
规章制度	建立健全相应放射安全防护规章制度，包括《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射安全和防护专业知识及相关法律法规及人员培训计划》、《辐射事故应急预案》、《设备检修维护制度》、《射线装置使用登记、台账管理制度》、《放射诊疗影像质量控制制度》、《个人剂量及辐射环境监测方案》、《头部伽玛刀操作规程》、《头部伽玛刀工作人员职责》等，各项规章制度应张贴上墙，严格执行。	已建立健全相应放射安全防护规章制度，包括《辐射事故应急预案》、《个人剂量及辐射环境监测方案》、《头部伽玛刀操作规程》、《头部伽玛刀工作人员职责》等，本项目相关规章制度已张贴上墙	已落实
人员培训	辐射工作人员应参加环保部门组织的辐射安全与防护知识中级培训和考核，考核通过后上岗。	本项目共有 4 名辐射工作人员，4 人均已参加环保部门组织的辐射安全与防护知识培训和考核，并取得培训证书。	已落实
年度评估	委托有放射性监测资质的单位每年对放射性同位素与射线装置使用场所周围辐射环境进行监测，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。	2019年已委托有资质单位对 DSA 及 CT 工作场所周围辐射环境进行监测，已提交 2019 年年度评估报告。	已落实

4.3 环评批复简述

福建省生态环境厅的审批意见主要有：

一、在落实“报告表”提出的各项环境保护及辐射防护措施的前提下，同意你单位按照“报告表”中内容以及拟采取的环境保护及辐射防护措施进行项目建设。

二、该项目建设内容为：在福州市鼓楼区后县路 18 号福建三博福能脑科医院有限公司门诊住院综合楼地下二层头部伽玛刀机房内，使用 1 枚 Co-60 放射源，活度为 $2.22 \times 10^{14} \text{Bq}$ ，为 I 类放射源。

三、你单位必须全面落实“报告表”提出的各项辐射防护与安全管理措施，并着重做好以下工作：

（一）严格按照设计方案开展建设，确保头部伽玛刀室满足防护要求；头部伽玛刀室出入口要安装明显的工作状态指示灯和电离辐射警示标志，防止人员受到误照射。

（二）健全辐射安全管和防护管理机构，建立并完善各项规章制度，严格按照环保要求和技术操作规程开展作业，加强设备维护，定期对设备的操作、维修和管理措施进行检查，完善辐射事故应急预案并定期开展演练。

（三）现场配备辐射剂量率巡测仪和个人剂量报警仪，开展周围环境的辐射水平巡测，发现安全隐患立即整改。

（四）使用放射源的操作人员和相关管理人员应按要求参加辐射安全和防护培训并取得合格，做到持证上岗；建立健全个人剂量和职业健康档案，所有辐射工作人员均应按要求佩戴个人剂量并接受剂量监测。

（五）使用放射性同位素和放射装置的操作人员和相关管理人员应按要求参加辐射防护培训并取得合格证书，做到持证上岗；建立健全个人剂量和职业健康档案，所有辐射工作人员均应按要求佩戴个人剂量计并接受剂量监测。

四、根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定和“报告表”的预测，本项目公众按 0.25 毫希沃特/年执行，职业人员剂量约束按 5 毫希沃特/年执行。

五、你单位应按规定向我厅重新申请辐射安全许可证，在许可证范围内从事核技术利用相关活动，按时报送辐射安全年度评估报告。

六、项目建成后应按规定的标准和程序开展竣工环境保护验收。你单位应在收到本批复后 20 个工作日内，将经批复的“报告表”送福州市生态环境局。请福州市生态环境局加强对项目的日常监督管理。

表 4-2 环评批复要求落实情况一览表

环评批复文件要求		落实执行情况	是否落实
项目建设的污染防治措施及管理要求	严格按照设计方案开展建设，确保头部伽玛刀室满足防护要求；头部伽玛刀室出入口要安装明显的工作状态指示灯和电离辐射警示标志，防止人员受到误照射	按照设计方案及环评报告提出的各项辐射防护要求进行项目建设的	已落实
	健全辐射安全管和防护管理机构，建立并完善各项规章制度，严格按照环保要求和技术操作规程开展作业，加强设备维护，定期对设备的操作、维修和管理措施进行检查，完善辐射事故应急预案并定期开展演练	已健全辐射安全管理机构，并完善《辐射事故应急预案》，制定了《个人剂量及辐射环境监测方案》、《头部伽玛刀操作规程》、《头部伽玛刀工作人员职责》等规章制度	已落实
	现场配备辐射剂量率巡测仪和个人剂量报警仪，开展周围环境的辐射水平巡测，发现安全隐患立即整改	已配 1 台在线辐射安全报警仪和 3 台个人剂量报警仪。	已落实
	使用放射源的操作人员和相关管理人员应按要求参加辐射安全和防护培训并取得合格，做到持证上岗；建立健全个人剂量和职业健康档案，所有辐射工作人员均应按要求的佩戴个人剂量并接受剂量监测	本项目共有辐射工作人员 4 人，4 人已参加辐射安全和防护培训并取得合格证；3 人已进行上岗前健康体检；4 人均已佩戴个人剂量计，还未到送检时间，暂未送检	已落实
项目执行标准	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定和环评报告表的预测，本项目公众按 0.25 毫希沃特/年执行，职业人员剂量约束按 5 毫希沃特/年执行。	由剂量预测结果可知：本次验收项目公众按 0.25 毫希沃特/年执行，职业人员剂量约束按 5 毫希沃特/年执行。	已落实

项目运行和竣工验收的环保要求	应按规定向我厅重新申请辐射安全许可证,在许可证范围内从事核技术利用相关活动,按时报送辐射安全年度评估报告	已申领。	已落实
	按时向环保部门报送辐射安全年度评估报告	已向环保部门提交 2019 年年度评估报告	已落实
	按规定的标准和程序开展竣工环境保护验收	正在办理。	正在落实

表五 验收监测质量保证及质量控制

5.1 监测仪器

监测使用的仪器经国家法定计量检定部门检定合格，并在有效使用期内；每次测量前、后均对仪器的工作状态进行监测，确认仪器是否正常。

5.2 质量保证措施

- ①合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。
- ②监测方法采用国家有关部门颁布标准，监测人员经考核持有合格证书上岗。
- ③每次测量前后均检查仪器的工作状态是否正常。
- ④由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- ⑤检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由授权签发人审定。

表六 验收监测内容

6.1 监测因子及频次

监测因子：周围剂量当量率。

监测频次：周围剂量当量率在正常工况下测量一次，每次读 10 个数，取其修正后的平均值作为测量结果。

6.2 监测仪器及监测方法

本项目监测方法是执行《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）、《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），监测仪器情况见表 6-1。

表 6-1 核辐射检测仪

仪器名称	便携式 X- γ 剂量率仪
仪器型号/规格	AT1123
仪器编号	54380
能量响应范围	0.015~10MeV
剂量率测量范围	$1 \times 10^{-8} \sim 10 \text{Sv/h}$
检定单位	华东国家计量测试中心
检定证书编号	2020H21-10-2433059001
有效日期	2020.4.21-2021.4.20

6.3 监测布点

参照《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《X、 γ 射线头部立体定向外科治疗方式卫生防护标准》（GBZ168-2005）以及《医用 X 射线诊断放射防护要求》中的方法布设监测点位。用监测仪器对头部伽玛刀机房周边进行环境辐射水平进行监测。具体监测点位见监测报告。

表七 验收监测结果

7.1 验收监测期间设备工况

根据建设单位提供资料，本次验收伽玛刀放射源于 2020 年 7 月 16 日安装，安装初始活动为 $2.22 \times 10^{14} \text{Bq}$ 。

安徽祥安环保有限公司于 2020 年 7 月 29 日对本项目进行了现场监测。分别在非治疗状态对设备表面及机房周围环境进行监测以及治疗状态下（准直器 Φ 18）对机房周围环境进行监测。

7.2 监测结果

表 7-1 非治疗状态下头部伽玛刀设备表面辐射水平情况

序号	点位描述	监测值 ($\mu\text{Sv/h}$)	备注
1	设备北侧表面 5cm	7.0	源出束方向
2	设备北侧表面 60 cm	1.4	
3	设备西北侧表面 5 cm	183 nSv/h	
4	设备西北侧表面 60 cm	186 nSv/h	
5	设备西侧表面 5 cm	0.8	
6	设备西侧表面 60 cm	0.8	
7	设备西南侧表面 5 cm	17.3	源装入口
8	设备西南侧表面 60 cm	4.4	
9	设备南侧表面 5 cm	0.45	
10	设备南侧表面 60 cm	0.55	
11	设备东南侧表面 5 cm	7.6	
12	设备东南侧表面 60 cm	3.6	
13	设备东侧表面 5 cm	0.54	
14	设备东侧表面 60 cm	0.25	
15	设备东北侧表面 5 cm	0.35	
16	设备东北侧表面 60 cm	0.27	

表 7-2 头部伽玛刀机房周边辐射水平情况

序号	点位描述		监测值 (nSv/h)
1	控制室操作位	关机	106
		开机	114
2	设备间墙体表面 30cm 处 (西侧墙体)	关机	117
		开机	121
3	治疗室墙体表面 30cm 处 (西侧墙体)	关机	124
		开机	127
4	机房南侧墙体表面 30cm 处	关机	139
		开机	138
5	机房东侧墙体表面 30cm 处	关机	134
		开机	153
6	机房北侧墙体表面 30cm 处	关机	134
		开机	156
7	防护门表面	关机	126
		开机	140
8	机房正上方表面 30cm 处	关机	127
		开机	134

由表 7-1 的监测结果可知,在非治疗状态下头部伽马刀设备表面 5cm 周围剂量当量率在 $183\text{nSv/h} \sim 17.3\text{ }\mu\text{Sv/h}$ 之间,设备表面 60cm 周围剂量当量率在 $186\text{nSv/h} \sim 4.4\text{ }\mu\text{Sv/h}$ 之间,符合《X、 γ 射线头部立体定位定向外科治疗放射卫生防护标准》(GBZ168-2005)表 1 中规定:非治疗状态下设备周围的杂散辐射水平,距设备外表面 60cm 处 $\leq 20\text{ }\mu\text{Gy/h}$,距设备外表面 5cm 处 $\leq 200\text{ }\mu\text{Gy/h}$ 。

由表 7-2 的监测结果可知,头部伽马刀机在正常工作状态下,机房周边周围剂量当量率在 $114 \sim 156\text{ nSv/h}$ 之间,均低于《X、 γ 射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》(GBZ168-2005)、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分:一般原则》(GBZ/T201.1-2007)、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分: γ 射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014)中的限值要求:头部伽玛刀机房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率 $\leq 2.5\text{ }\mu\text{Sv/h}$ 。

7.3 附加年有效剂量估算结果分析

计算射线产生的外照射人均年有效剂量计算公式:

$$H=D_R \times T$$

式中：H—年有效剂量（Sv/a）；

D_R — X — γ 剂量当量率（Sv/h）；

T—年受照时间（h）。

7.3.1 职业人员受照射剂量

因项目辐射工作人员均为新配置，因此，本次根据头部伽玛刀的工作负荷及验收监测结果进行估算放射工作人员受到的年有效剂量。

根据头部伽玛刀的工作情况，辐射工作人员将受到 3 种情况下的射线照射：非治疗状态下患者摆位受照剂量、患者治疗时受照剂量和日常工作受照剂量。根据医院提供信息，辐射工作人员每次摆位时间约 5min，医院头部伽玛刀年诊疗人数约 1000 人，则摆位受照射时间为设备一年工作最大工作时间为 83.3h；设备年工作时间为 415h；辐射工作人员年工作时间为（8h*250 天-83.3-415）h。

辐射工作人员受到的年有效剂量估算见表 7-3。

表 7-3 辐射工作人员受照射年剂量估算表

位置	监测值 (μ Sv/h)	受照射时间 (h)	年有效剂量 (mSv)
非治疗状态下机房内 (摆位)	4.4	83.3	0.37
治疗状态下控制室	0.114	415	0.05
非治疗状态下控制室	0.106	1501.7	0.16
合计	/	2000	0.58

根据表 7-3 估算可知，按最不利情况，一名放射工作人员从事所有头部伽玛刀的放射治疗工作，并且剩余工作时间均在控制室内活动，则该头部伽玛刀对该名放射工作人员的年附加的有效剂量最大为 0.58mSv/a，低于项目环境影响评价报告及其批复文件的年有效剂量限值要求 5mSv/a，也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

7.3.2 公众受照射剂量

根据监测数据可知，伽玛刀机房北侧外墙表面 30cm 处作为公众能接触到的剂量率最大值。根据头部伽玛刀的工作情况，头部伽玛刀机房周边公众人员将受到 2 种情况下的射线照射：患者治疗时受照剂量和通过该区域时受照剂量，该区

域居留因子取 1/16。公众的年有效剂量由估算公众年有效剂量：

$$H = \left[156 \times 415 + 134 \times (24 \times 365 - 415) \right] \times 10^{-3} \times 1/16 \times 10^{-3} = 0.08 \text{mSv}$$

故头部伽玛刀机房周边公众接受的年有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的 1mSv/a 的剂量限值，也低于本项目环评报告中提出的 0.25mSv/a 的管理约束限值的要求。

表八 环保检查结果

8.1 环保检查结果

8.1.1 辐射安全防护管理机构

福建三博福能脑科医院有限公司已成立了应急领导小组（附件4），明确了相应职责，放射防护领导小组组长为林志雄，全面领导医院辐射安全与防护；小组成员由相关科室的工作人员组成，具体负责辐射设备的使用、检查、维护和管理。

8.1.2 辐射安全防护管理制度

医院已根据现有核技术应用情况制定了辐射安全防护管理制度，所制定的制度包括：

（1）综合管理制度：制定了《伽玛刀定位室工作制度》《伽玛刀治疗控制室工作制度》等（见附件6）。

（2）设备管理制度：制订了《伽玛刀设备维修制度》（见附件6）。

（3）人员职责：制订了《伽玛刀治疗室主任职责》、《伽玛刀治疗室医师职责》、《伽玛刀治疗室护士长职责》、《伽玛刀治疗室技术员职责》、《伽玛刀治疗室工程师职责》、《伽玛刀治疗室物理师岗位职责》等（见附件6）。

（4）事故管理制度：该医院为使一旦发生放射事件时，能迅速采取必要和有效的应急响应措施，保护工作人员、病员、公众及环境的安全，制订了《辐射事故应急预案》见附件5。

本项目相关规章制度均上墙明示，落到实处。

8.1.3 辐射工作场所分区

对照《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，应将辐射工作场所分为控制区和监督区。

控制区：本项目将头部伽玛刀机房确定为控制区。

监督区：本项目将治疗室相邻的设备间、控制室、定位室、候诊厅、过道以及机房楼上停车位及高压配电室确定为监督区。

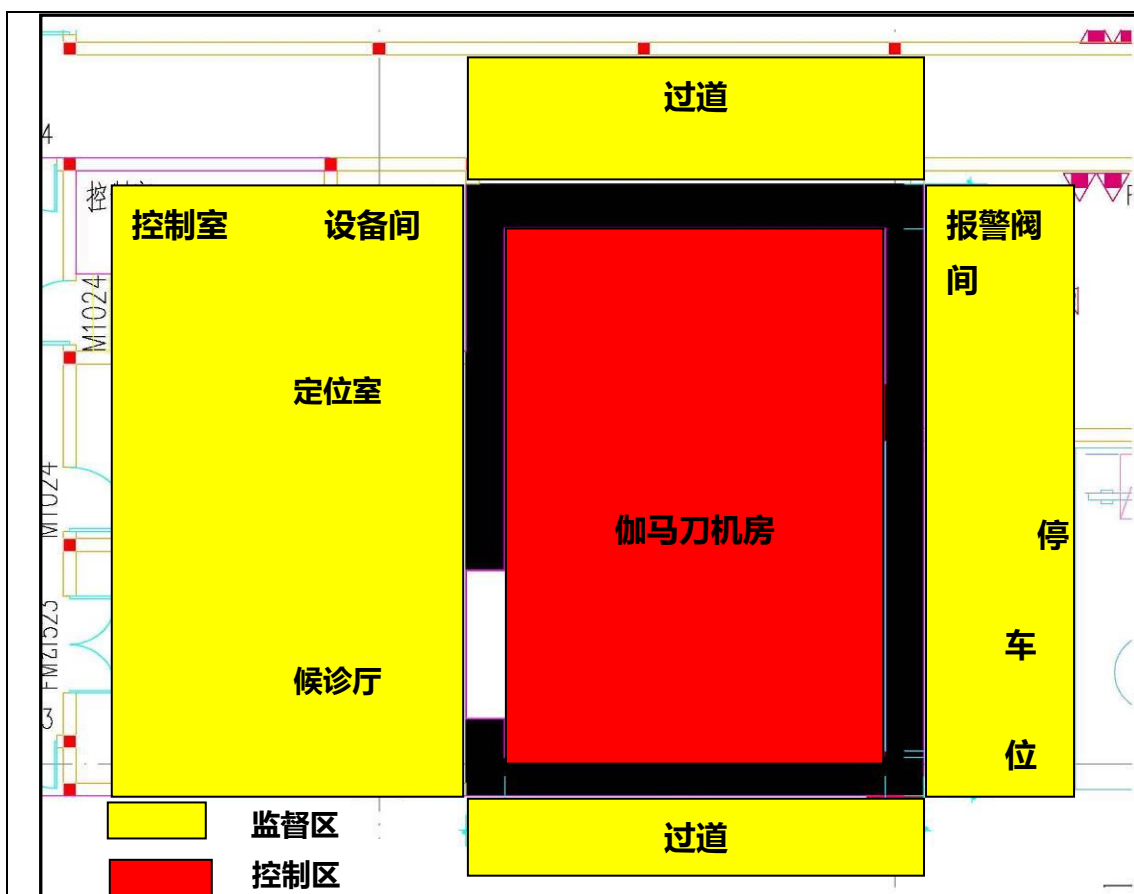


图 8-1 头部伽玛刀机房分区图

8.2 法规执行情况

8.2.1 环境影响评价

2019 年 5 月，福建三博福能脑科医院有限公司委托核工业二七〇研究所对头部伽玛刀放射治疗建设项目进行了环境影响评价，2020 年 2 月 19 日取得了福建省生态环境保护厅的批复（闽环辐评〔2020〕12 号）。

8.2.2 辐射安全许可证

2018 年 1 月 26 日，医院申请了辐射安全许可证，闽环辐证【00260】，许可的种类和范围：II、III 类射线装置，有效期至 2023 年 1 月 25 日；2020 年 7 月 10 日，医院重新申请了辐射安全许可证，许可的种类和范围：使用 I 类放射源；使用 II、III 类射线装置，有效期至 2023 年 1 月 25 日。

8.2.3 监测

由于该项目辐射工作人员均为新配置，个人剂量计在本报告编制完成前还未进行送检。

8.2.4 事件和事故

根据现场监测数据对辐射工作人员和周围公众年有效剂量进行估算，辐射工作人员和公众人员均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

（GB18871-2002）年剂量限值的要求。验收监测之前，省、市生态环境部门对该医院进行环保检查时，并未发现福建三博福能脑科医院有限公司头部伽玛刀放射治疗建设项目试运行期间发生辐射安全事件和事故。

8.2.5 人员管理

（1）工作人员的知识培训

涉及本项目的辐射工作人员共 4 人，其中 2 名医生，1 名物理师，1 名技师。4 人均已参加辐射安全与防护培训，并取得合格证。

（2）个人剂量检测

由于该项目辐射工作人员均为新配置，医院已为辐射工作人员配备个人剂量剂量计及个人剂量报警仪，个人剂量计在本报告编制完成前还未进行送检。

（3）职业健康检查

该项目 3 名辐射工作人员均进行了上岗前体检，见附件 7。

8.2.6 防护用品配备情况

表 8-1 该项目防护用品配置情况一览表

序号	名称	规格/型号	数量（件）
1	铅衣	0.5mmPb	1
2	铅围脖	0.5mmPb	1
4	铅帽	0.5mmPb	1
5	个人剂量报警仪	—	3
6	在线辐射安全报警仪	REN300A	1

8.2.7 年度评估报告

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

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

福建三博福能脑科医院有限公司暂已提交 2019 年度评估报告，见附 9。

8.3 现场检查照片

	
警示灯及电离辐射标志	放射源出束方向电离辐射标志
	
机房内急停按钮	设备自带急停按钮
	
铅衣	铅帽、铅围脖

	
排风口	送风口
	
机房内摄像头	在线辐射安全报警仪
	
制度上墙	

照片 8-1 现场检查情况

表九 验收监测结论及要求

9.1 验收监测结论

(1) 2019 年 5 月, 福建三博福能脑科医院有限公司委托核工业二七 0 研究所对头部伽玛刀放射治疗建设项目进行了环境影响评价, 头部伽玛刀含 30 枚钴-60 密封放射源, 初装时最大总活度为 222TBq(6000Ci), 单枚活度为 7.4×10^{12} Bq, 单枚源为 II 类放射源, 聚合后为 I 类放射源; 2020 年 2 月 19 日取得了福建省生态环境厅的批复(闽环辐评〔2020〕12 号); 2020 年 7 月 10 日, 医院重新申请了辐射安全许可证, 许可的种类和范围: 使用 I 类放射源; 使用 II、III 类射线装置, 有效期至 2023 年 1 月 25 日。

(2) 由监测结果可知, 在非治疗状态下头部伽马刀设备表面 5cm 周围剂量当量率在 $183\text{nSv/h} \sim 17.3 \mu\text{Sv/h}$ 之间, 设备表面 60cm 周围剂量当量率在 $186\text{nSv/h} \sim 4.4 \mu\text{Sv/h}$ 之间, 符合《X、 γ 射线头部立体定位定向外科治疗放射卫生防护标准》(GBZ168-2005) 表 1 中规定: 非治疗状态下设备周围的杂散辐射水平, 距设备外表面 60cm 处 $\leq 20 \mu\text{Gy/h}$, 距设备外表面 5cm 处 $\leq 200 \mu\text{Gy/h}$ 。

头部伽马刀机在正常工作状态下, 机房周边周围剂量当量率在 $114 \sim 156 \text{nSv/h}$ 之间, 均低于《X、 γ 射线头部立体定向外科治疗放射卫生防护标准》(GBZ168-2005)、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分: 一般原则》(GBZ/T201.1-2007)、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分: γ 射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014) 中的限值要求: 头部伽玛刀机房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率 $\leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

(3) 医院已根据现有核技术应用情况制定了《伽玛刀定位室工作制度》《伽玛刀治疗控制室工作制度》、《伽玛刀设备维修制度》、《伽玛刀治疗室主任职责》、《伽玛刀治疗室医师职责》、《辐射事故应急预案》及《伽马刀室应急预案》等规章制度, 并张贴上墙。

(4) 本项目现有 4 名辐射工作人员, 4 人均已参加辐射安全与防护培训, 并取得合格证, 3 人已进行了上岗前体检。

(5) 目前医院已配备铅衣 1 件, 铅围脖 1 件, 铅帽 1 件, 个人剂量报警仪 3 个, 在线辐射安全报警仪 1 个。

综上所述, 头部伽玛刀放射治疗建设项目运行对周围环境产生的影响符合辐

射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，满足竣工环保验收要求。

9.2 建议及要求

（1）在项目运营中，严格执行环境影响评价要求的监测计划，对配置的辐射监测仪器和报警仪器进行定期校验和维护，保证其能正常使用。

（2）辐射工作人员必须做到全员持证上岗，并四年一次复训；加强对辐射工作人员的管理，严格按照要求对个人剂量计进行送检，做好放射工作人员的个人剂量档案和职业健康档。

（3）做好辐射故应急处理准备工作，防止发生辐射事故。一旦发生事故，按规定及时上报省、市环保部门。

