核技术利用建设项目

徐州和佳医院有限公司新建伽玛刀治疗项目环境影响报告表

徐州和佳医院有限公司

2025 年 12 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

徐州和佳医院有限公司新建伽玛刀治疗项目环境影响报告表

建设单位名称：徐州和佳医院有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：徐州市云龙区民富路 39 号

[redacted]

目 录

表 1　项目基本情况 ..... - 1 -
表 2　放射源 ..... - 4 -
表 3　非密封放射性物质 ..... - 4 -
表 4　射线装置 ..... - 4 -
表 5　废弃物（重点是放射性废弃物） ..... - 5 -
表 6　评价依据 ..... - 7 -
表 7　保护目标与评价标准 ..... - 11 -
表 8　环境质量和辐射现状 ..... - 15 -
表 9　项目工程分析与源项 ..... - 19 -
表 10　辐射安全与防护 ..... - 26 -
表 11　环境影响分析 ..... - 31 -
表 12　辐射安全管理 ..... - 42 -
表 13　结论与建议 ..... - 48 -
表 14　审批 ..... - 54 -

表 1　项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="7">徐州和佳医院有限公司新建伽玛刀治疗项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="7">徐州和佳医院有限公司
（统一社会信用代码：91320300MA21A29J4F）</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>[redacted]</td><td>[redacted]</td><td>[redacted]</td><td>[redacted]</td><td colspan="3">[redacted]</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="7">徐州市云龙区民富路 39 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="7">徐州市云龙区民富路 39 号医院医技楼负 3 楼</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>[redacted]</td><td>项目环保总投资（万元）</td><td>[redacted]</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td colspan="2">[redacted]</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑新建 ☐改建 ☐扩建 ☐其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td rowspan="10">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="6">☐Ⅰ类 ☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类 ☐Ⅳ类 ☐Ⅴ类</td></tr>
<tr><td>☑ 使用</td><td colspan="6">☑Ⅰ类（医疗使用） ☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类 ☐Ⅳ类 ☐Ⅴ类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>☐生产</td><td colspan="6">☐制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="6">/</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="6">☐乙　☐丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>☐生产</td><td colspan="6">☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="6">☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="6">☐Ⅱ类 ☑Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="7">/</td></tr>
</table>

项目概述：

一、建设单位基本情况、项目建设规模及由来

徐州和佳医院有限公司是一所集医疗、教学、科研、康复、预防为一体的现代化、智慧化三级医院。医院位于徐州市云龙区民富路 39 号，以“精专科、强综合”为发展战略，做精产科、妇科，做强神经外科，在此基础上，逐步建立脑科中心、胸痛中心、脑卒中中心、创伤中心、危重孕产妇救治中心，致力打造淮海经济区以妇产、脑科为特色的医疗高地。

为了更好地为患者服务，提高医院的医疗质量，医院拟在医技楼负3楼东北部新建一座伽玛刀机房，并配备1台SMD-XGD/AR型（带有X射线图像引导系统，最大管电压140kV，最大管电流200mA）头部多源γ射束立体定向放射治疗系统（以下简称“头部γ刀”，内含30枚^{60}Co放射源，总活度为2.2×10^{14}Bq，为医疗使用I类聚集放射源），用于开展肿瘤的放射治疗。配合头部γ刀使用的MRI（型号：飞利浦 Ingeina3T）位于医技楼负1楼。

本项目伽玛刀投入使用后，预计日接诊量最大10人次，周工作5天，患者治疗照射时间平均按12min计，年开展工作50周；医院拟为本项目配备2名医师、1名技师、1名物理师。

为保护环境和公众利益，防止辐射污染，根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律、法规和部门规章，徐州和佳医院有限公司新建伽玛刀治疗项目需进行环境影响评价。受徐州和佳医院有限公司的委托，南京瑞森辐射技术有限公司承担了该单位新建伽玛刀治疗项目的环境影响评价工作（委托书见附件1）。依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第16号，2021年版），本项目为新建伽玛刀治疗项目，属于“172 核技术利用建设项目”中的“医疗使用Ⅰ类聚集放射源的”项目，确定为编制环境影响报告表。南京瑞森辐射技术有限公司在资料调研、项目工程分析、现场勘察及现场检测等工作的基础上，编制了该项目环境影响报告表。该医院新建伽玛刀治疗项目情况见下表：

表1-1 徐州和佳医院有限公司新建伽玛刀治疗项目情况一览表

放射源								
序号	放射源名称	数量	总活度（Bq）	放射源类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	备注
1	^{60}Co	30	2.2×10^{14}	Ⅰ类（医疗使用Ⅰ类聚集放射源）	医技楼负3楼伽玛刀机房	使用	本次环评	/

二、项目选址情况

徐州和佳医院有限公司位于徐州市云龙区民富路39号，医院东侧为云龙区反邪教主题公园，南侧为云龙玉兰苑，西侧为兴云路，北侧为民富路。本项目地理位置示意见附图1，徐州和佳医院有限公司周围环境示意图及总平面图见附图2。

本次新建伽玛刀治疗项目位于医技楼负3楼，医技楼四周为院内道路。本项目伽玛刀机房位于医技楼负3楼，伽玛刀机房东侧为土层，南侧为过道，西侧为控制室、设备间、走道，北侧为空调机房，上方为停车场，下方为土层。医技楼负3楼~负2楼平面布置及周围环境示意图见附图3~附图4。

本次新建伽玛刀治疗项目周围50m评价范围东至云龙区反邪教主题公园，北至民富路，其余方向均位于医院范围内，项目运行后的环境保护目标主要为医院辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患及陪同家属、公园及民富路公众等。

三、原有核技术利用项目履行环保手续情况

徐州和佳医院有限公司目前已取得辐射安全许可证，证书编号为苏环辐证〔C0918〕，种类和范围为“使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置”，有效期至：2030年7月3日。医院原有核技术利用项目情况见附件5，辐射安全许可证正副本见附件6。医院现有核技术利用项目均已履行完备环保手续。

四、实践正当性分析

本项目的运行，可为患者提供放射诊断及治疗服务，并可提高当地医疗卫生水平，具有良好的社会效益和经济效益，经辐射防护屏蔽和安全管理后，本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够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》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

表 2　放射源

序号	核素名称	总活度（Bq）/活度（Bq）×枚数	类别	活度种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	^{60}Co	2.2×10^{14}（共 30 枚）	Ⅰ类（医疗使用Ⅰ类聚集放射源）	使用	放射治疗	医技楼负 3 楼伽玛刀机房	随机器存放于伽玛刀设备内	使用年限约 6~8 年，半衰期为 5.27 年
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（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	X 射线图像引导系统	III类	1	/	140kV	200mA	校正和验证患者在设备上的摆位误差	配备于伽玛刀设备上	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
退役废源	固体	^{60}Co	使用约 6~8 年后退役，共 30 枚，退役时总活度约为 9.99×10^{13} Bq（6 年后）~7.68×10^{13} Bq（8 年后）	/	/	/	暂存在伽玛刀设备内	退役废源由生产厂家上门回收处理。

臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过排风系统排入外环境，臭氧在常温下约50分钟可自行分解为氧气。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m^3；年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m^3）和活度（Bq）。

表 6　评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国环境保护法》，1989年12月26日第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过，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，中华人民共和国主席令 第九号； （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，2002年10月28日发布，根据2016年7月2日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议《关于修改〈中华人民共和国节约能源法〉等六部法律的决定》第一次修正，根据2018年12月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》第二次修正； （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日起实施； （4）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令 第449号，2005年12月1日起施行；2019年修改，国务院令 第709号，2019年3月2日施行； （5）《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令 第253号，1998年11月29日发布，根据2017年7月16日《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》（中华人民共和国国务院令 第682号）修订； （6）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），生态环境部令 第20号，2021年1月4日起施行； （7）《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），生态环境部令第16号，2021年1月1日起施行； （8）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令 第18号，2011年5月1日起施行； （9）《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，2005年12月23日起施行； （10）《关于发布〈放射性废物分类〉的公告》，环境保护部、工业和信息化部、国防科工局公告 2017年公告第65号公布，自2018年1月1日起施行；

	（11）《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议第2号公告，2018年5月1日起实施； （12）《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部公告 2019年 第38号，2019年10月25日发布； （13）《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019年 第39号，2019年10月25日发布； （14）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019年 第57号，2019年12月24日发布； （15）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令 第9号，2019年11月1日起施行； （16）《关于印发<生态环境分区管控管理暂行规定>的通知》，生态环境部，环环评〔2024〕41号，2024年7月8日发布； （17）《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》，自然资发〔2022〕142号，2022年8月16日起试行； （18）《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187号，2021年5月28日发布； （19）《江苏省生态环境厅关于印发辐射安全许可证办理等工作程序和规范的通知》，苏环规〔2025〕1号，2025年9月21日起施行； （20）《江苏省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49号，2020年6月21日发布； （21）《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1号，2020年1月8日发布； （22）《江苏省辐射事故应急预案》（2020年修订版），苏政办函〔2020〕26号，2020年2月19日发布； （23）《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74号，2018年6月9日发布。
技术标准	（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； （2）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； （3）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）；

	（4）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）； （5）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； （6）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）； （7）《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）； （8）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； （9）《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/T 201.3-2014）； （10）《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）。
其他	**附图：** （1）徐州和佳医院有限公司新建伽玛刀治疗项目地理位置示意图； （2）徐州和佳医院有限公司总平面及周围环境示意图； （3）徐州和佳医院有限公司医技楼负3楼（局部）平面布置及周围环境示意图； （4）徐州和佳医院有限公司医技楼负2楼（局部）平面布置及周围环境示意图； （5）徐州和佳医院有限公司医技楼负1楼（局部）平面布置及周围环境示意图。 **附件：** （1）项目委托书； （2）放射源使用承诺书； （3）退役源处置承诺书； （4）本项目伽玛刀机房屏蔽防护情况； （5）原有核技术利用项目基本情况一览表； （6）辐射安全许可证正副本； （7）SMD-XGD/AR型头部多源γ射束立体定向放射治疗系统辐射剂量分布图；

	（8）本项目辐射环境现状检测报告及检测公司检测资质； （9）本项目江苏省生态环境分区管控综合查询报告书。

表 7　保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中“放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 的范围。放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”的规定，结合本项目的特点，确定本项目评价范围为新建伽玛刀治疗项目工作场所实体屏蔽体边界外周围 50m 范围内区域，评价范围详见附图 2。

保护目标

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号）、《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49 号）要求，经江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目所在地块位于云龙区中心城区重点管控单元（编码：ZH32030320014）内，不在徐州市生态保护红线内，评价范围内均不涉及优先保护单元和一般管控单元。对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标（详见附件 9）。

本次新建伽玛刀治疗项目周围 50m 评价范围东至云龙区反邪教主题公园，北至民富路，其余方向均位于医院范围内，项目运行后的环境保护目标主要为医院辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患及陪同家属、公园及民富路公众等。详见表 7-1。

表 7-1 本项目保护目标一览表

保护对象类型	场所	保护目标	方位	距本项目最近距离		人员规模	保护要求
				水平	垂直		
辐射工作人员	伽玛刀	医师、技师、物理师	西侧控制室、设备间	毗邻	/	4 人	5mSv/a
公众	医技楼负 3 楼	其他医护人员	南侧：过道 西侧：走道 北侧：空调机房	毗邻	/	约 10 人	0.1mSv/a
		患者、患者家属、其他公众				若干	

		其他医护人员	四周	约 1m	/	约 50 人	
		患者、患者家属、其他公众				若干	
	医技楼其他	其他医护人员	上方	约 0~50m	约 0~50m	约 200 人	
		患者、患者家属、其他公众				若干	
	民富路	其他公众	北侧	约 30m	约 13m	流动人员	
	云龙区反邪教主题公园	其他公众	东侧	约 45m	约 13m	流动人员	

评价标准

一、剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）：

工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对象	要求
职业照射剂量限值	应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，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，lmSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 lmSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

二、剂量约束值

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）“4.9 从事放射治疗的工作人员职业照射和公众照射的剂量约束值应符合以下要求：a）一般情况下，从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为 5mSv/a。b）公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a”标准要求，确定本项目剂量约束值为：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

三、关注点周围剂量当量参考控制水平

《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）：

4 一般要求

4.8 辐射工作人员和公众成员的辐射照射应符合 GB 18871-02002 中剂量限值相关规定。

4.9 从事放射治疗的工作人员职业照射和公众照射的剂量约束值应符合以下要求：

a）一般情况下，从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为 5mSv/a。

b）公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

4.10 开展放射治疗活动的医疗机构应制定相应的辐射事故应急预案，做好辐射事故应急准备、应急演练和应急响应，确保有效防范辐射事故或缓解辐射事故的后果。

6 放射治疗场所辐射安全与防护要求

6.1 屏蔽要求

6.1.4 剂量控制应符合以下要求：

a）治疗室墙和入口门外表面 30cm 处、邻近治疗室的关注点、治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或在治疗室旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗室顶外表面 30cm 处和在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周围剂量当量率应同时满足下列 1）和 2）所确定的剂量率参考控制水平$\dot{H}_c$（μSv/h）：

1）使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子（可依照附录 A 选取），由以下周剂量参考控制水平（$\dot{H}_c$）求得关注点的导出剂量率参考控制水平$\dot{H}_{c,d}$（μSv/h）：

机房外辐射工作人员：$\dot{H}_c$≤100μSv/周；

机房外非辐射工作人员：$\dot{H}_c$≤5μSv/周。

2）按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平$\dot{H}_{c,max}$（μSv/h）：

人员居留因子 T＞1/2 的场所：$\dot{H}_{c,max}$≤2.5μSv/h；

人员居留因子 T≤1/2 的场所：$\dot{H}_{c,max}$≤10μSv/h。

b）穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以年剂量 250μSv 加以控制。

c）对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶，机房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平可按 100μSv/h 加以控制（可在相应位置处设置辐射告示牌）。根据本项目伽玛刀周开机治疗时间，导出得到机房外 30cm 处的辐射剂量率控制水平，见表 7-2：

表 7-2 伽玛刀机房外 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平

参考点[1]		居留因子[2] T	使用因子 U	周剂量控制值（μSv/周）	周工作时间[3]（h）	剂量率参考控制水平[4]（μSv/h）		
						$H_{c,d}$	$H_{c,max}$	$\boldsymbol{H_c}$
伽玛刀机房	南墙外 30cm（*a* 点，过道）	1/8	1	5	10	4	10	**4**
	西墙外 30cm（*b* 点，控制室）	1	1	100		10	2.5	**2.5**
	北墙外 30cm（*c* 点，空调机房）	1/20	1	5		10	10	**10**

	楼上地面 30cm（*l* 点，停车场）	1/20	1	5		10	10	**10**
	防护门外 30cm（*d* 点，走道）	1/8	1	5		4	10	**4**

注：1）伽玛刀机房参考点点位布设详见图 11-1；

2）居留因子取自《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）表 A.1；

3）根据医院提供的工作量，本项目伽玛刀投入使用后，预计日接诊量最大 10 人次，周工作 5 天，患者治疗照射时间平均按 12min 计，则周出束运行时间为 10h；

4）$H_{c,d}$ 为使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，由周剂量参考控制水平（机房外辐射工作人员周剂量参考控制水平≤100μSv/周，机房外非辐射工作人员周剂量参考控制水平≤5μSv/周）求得的关注点的导出剂量率参考控制水平；$H_{c,max}$ 为按照关注点人员居留因子的不同确定的关注点的最高剂量率参考控制水平（人员居留因子 T＞1/2 的场所：$H_{c,max}$≤2.5μSv/h，人员居留因子 T≤1/2 的场所：$H_{c,max}$≤10μSv/h）；H_c 为同时满足 $H_{c,d}$、$H_{c,max}$ 所确定的剂量率参考控制水平。

四、其他标准

《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/T 201.3-2014）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）。

五、辐射环境质量现状检测评价参考值：

根据《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月，江苏省环境监测站）确定本项目建设址的辐射环境质量现状检测评价参考值，见下表。

江苏省环境天然γ辐射水平（单位：nGy/h）

	原野剂量率	道路剂量率	室内剂量率
测值范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差（s）	7.0	12.3	14.0

注：*测量值已扣除宇宙射线响应值，现状评价时，取测值范围数值：即原野为（33.1～72.6）nGy/h；道路为（18.1～102.3）nGy/h；室内为（50.7～129.4）nGy/h。

六、参考资料：

《辐射防护导论》，方杰主编。

表 8　环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目位置、布局和周边环境

徐州和佳医院有限公司位于徐州市云龙区民富路 39 号，医院东侧为云龙区反邪教主题公园，南侧为云龙玉兰苑，西侧为兴云路，北侧为民富路。

本次新建伽玛刀治疗项目位于医技楼负 3 楼，医技楼四周为院内道路。本项目伽玛刀机房位于医技楼负 3 楼，伽玛刀机房东侧为土层，南侧为过道，西侧为控制室、设备间、走道，北侧为空调机房，上方为停车场，下方为土层。

本次新建伽玛刀治疗项目周围 50m 评价范围东至云龙区反邪教主题公园，北至民富路，其余方向均位于医院范围内，项目运行后的环境保护目标主要为医院辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患及陪同家属、公园及民富路公众等。本项目拟建址现状见图 8-1。



图 8-1 伽玛刀机房拟建址

二、辐射环境现状调查

根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）相关方法和要求，在进行环境现场调查时，于本次新建伽玛刀治疗项目拟建址周围进行布点，测量本底辐射剂量率。检测结果见表 8-1，检测点位示意图见图 8-2。

检测单位：南京瑞森辐射技术有限公司

检测项目：γ辐射剂量率

检测仪器：6150AD6/H+6150AD-b/H型X-γ辐射监测仪（设备编号：NJRS-126，检定有效期：2024年10月28日～2025年10月27日，检定单位：江苏省计量科学研究院，检定证书编号：Y2024-0107802）

能量范围：20keV～7MeV

测量范围：1nSv/h～99.9μSv/h

检测日期：2025年9月4日

天气：阴

温度：29℃

湿度：77%RH

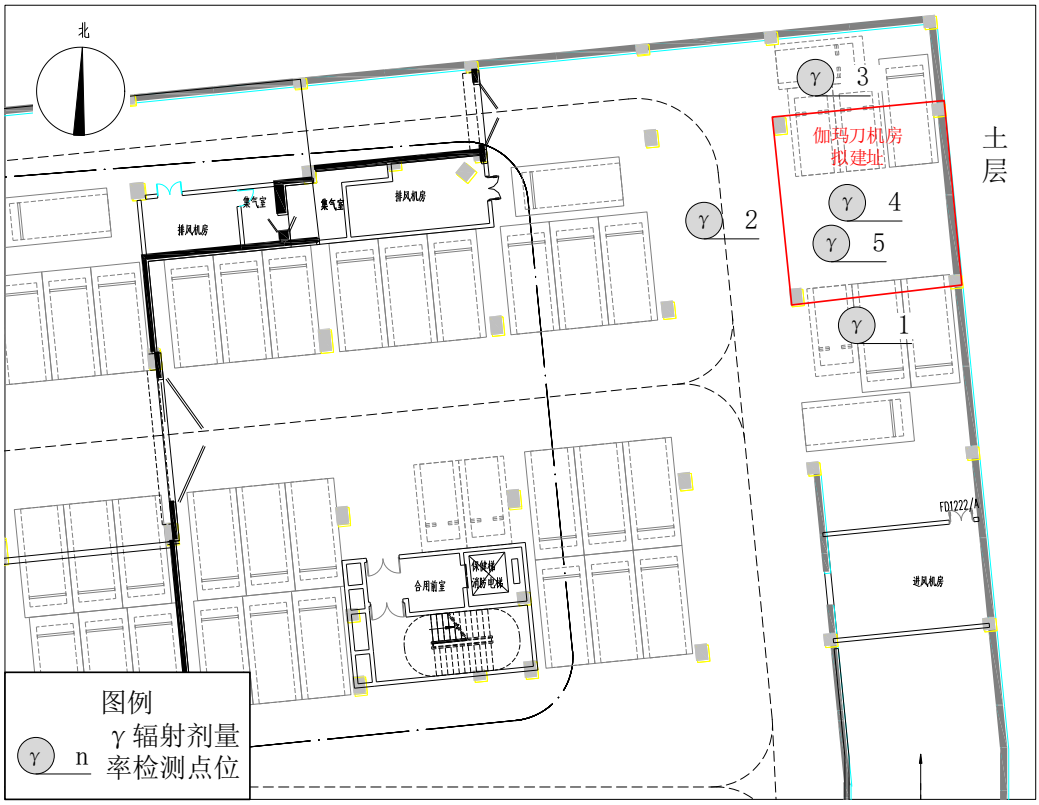
检测布点：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点。

质量控制：本项目检测单位南京瑞森辐射技术有限公司已通过检验检测机构资质认定（证书编号：221020340350，检测资质见附件8），具备相应的检测资质和检测能力，检测按照南京瑞森辐射技术有限公司《质量管理手册》和《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）要求，实施全过程质量控制。

检测人员、检测仪器及检测结果：检测人员均经过考核，检测仪器经过检验检测部门资质检定，并在有效期内，检测仪器使用前经过检验，检测报告实行三级审核。

数据记录及处理：γ辐射空气吸收剂量率检测每个点位读取10个数据，读取间隔不小于10s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。本项目空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），使用^{137}Cs作为检定/校准参考辐射源，换算系数取1.20Sv/Gy。

评价方法：参照江苏省环境天然γ辐射剂量水平调查结果，评价项目周围的辐射环境质量。



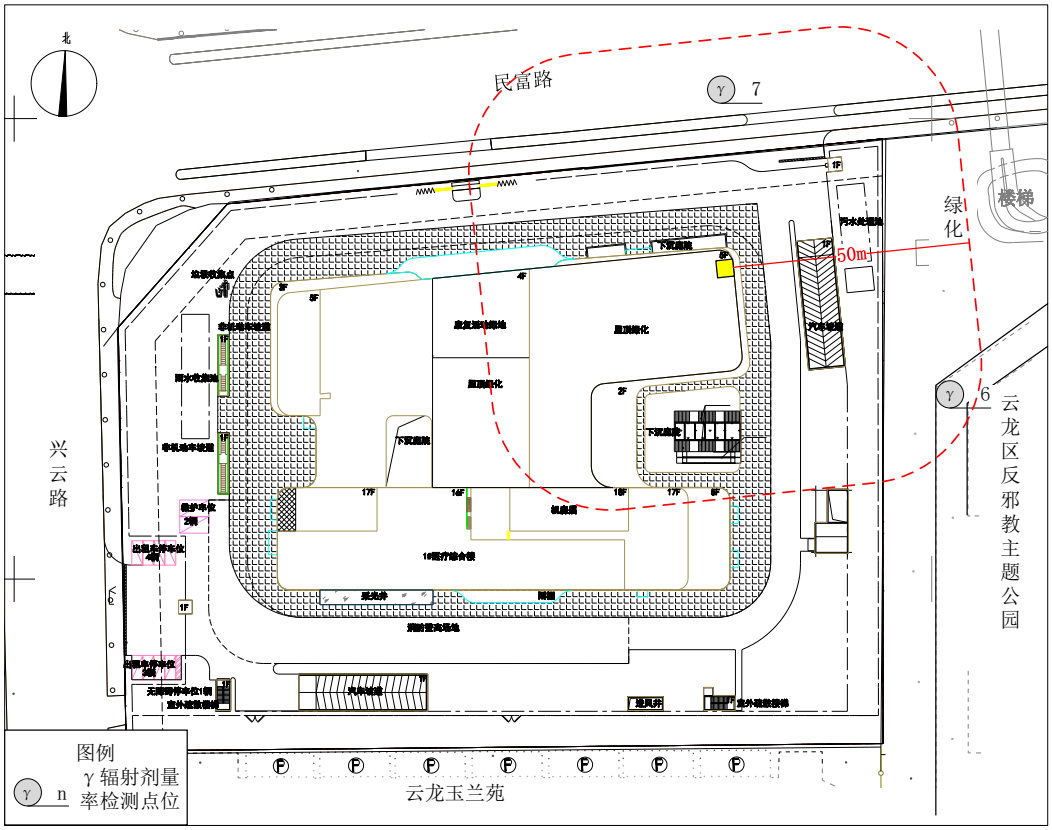


图 8-2 新建伽玛刀治疗项目拟建址周围环境 γ 辐射剂量率检测点位示意图

表 8-1 新建伽玛刀治疗项目拟建址周围 X-γ 辐射剂量率

测点编号	测点描述	测量结果（nGy/h）	标准差	备注

1	伽玛刀机房拟建址南侧	53	3	楼房室内
2	伽玛刀机房拟建址西侧	54	1	楼房室内
3	伽玛刀机房拟建址北侧	60	3	楼房室内
4	伽玛刀机房拟建址	51	3	楼房室内
5	伽玛刀机房拟建址上方	52	2	楼房室内
6	民富路	27	2	道路
7	云龙区反邪教主题公园内道路	23	3	道路

注：上表数据已扣除检测仪器宇宙射线响应。环境γ辐射剂量率测量结果按照《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中公式$D_y = k_1 \times k_2 \times R_y - k_3 \times D_c$计算，其中，$k_1$为仪器检定/校准因子；$k_2$为仪器检验源效率因子，取1；$k_3$为建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取0.8，平房取0.9，原野、道路取1。本仪器的宇宙射线响应值为25nGy/h。

由表8-1检测结果可知，徐州和佳医院有限公司新建伽玛刀治疗项目拟建址室内周围环境γ辐射剂量率在（51~60）nGy/h之间，位于江苏省建筑物室内γ辐射（空气吸收)剂量率本底水平(50.7~129.4)nGy/h范围;道路环境天然γ辐射剂量率为(23~27)nGy/h，位于江苏省道路γ辐射（空气吸收）剂量率本底水平（18.1~102.3）nGy/h范围内。

表 9　项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

一、工程设备

徐州和佳医院有限公司拟对院区内医技楼负 3 楼东北部新建一座伽玛刀机房，并配备 1 台 SMD-XGD/AR 型（带有 X 射线图像引导系统，最大管电压 140kV，最大管电流 200mA）头部多源 γ 射束立体定向放射治疗系统，内含 30 枚 ^{60}Co 放射源，总活度为 $2.2\times10^{14}Bq$，为医疗使用I类聚集放射源），用于开展肿瘤的放射治疗。

徐州和佳医院有限公司拟使用的 SMD-XGD/AR 型头部多源 γ 射束立体定向放射治疗系统为头部伽玛刀，由武汉数码刀医疗有限公司生产，头部 γ 刀是利用 ^{60}Co 在衰变过程中发射 γ 射线对生物肌体的破坏作用来实现对病变细胞的杀伤功能，进而达到损毁病灶的治疗目的的一种新型立体定向放射外科治疗设备。本项目 SMD-XGD/AR 型头部多源 γ 射束立体定向放射治疗系统外观见图 9-1。



图 9-1 本项目 SMD-XGD/AR 型头部多源 γ 射束立体定向放射治疗系统外观图

本项目头部 γ 刀安装了 30 颗高比活度的 ^{60}Co 放射源，通过匹配一定的准直器将射线聚焦到设备等中心（即焦点）上，使得焦点处形成高剂量射线区，实现动静态聚焦。当病灶组织处于这一高剂量场时产生放射性坏死，而病灶周围以外的组织因只受

到均匀小剂量射线的照射而安然无恙，从而达到无创伤治疗肿瘤的目的。头部γ刀主要由以下部分组成：放射准直系统、治疗床、立体定位系统、图像引导系统和治疗计划系统组成。SMD-XGD/AR 型头部多源 γ 射束立体定向放射治疗系统结构示意图见图 9-2。

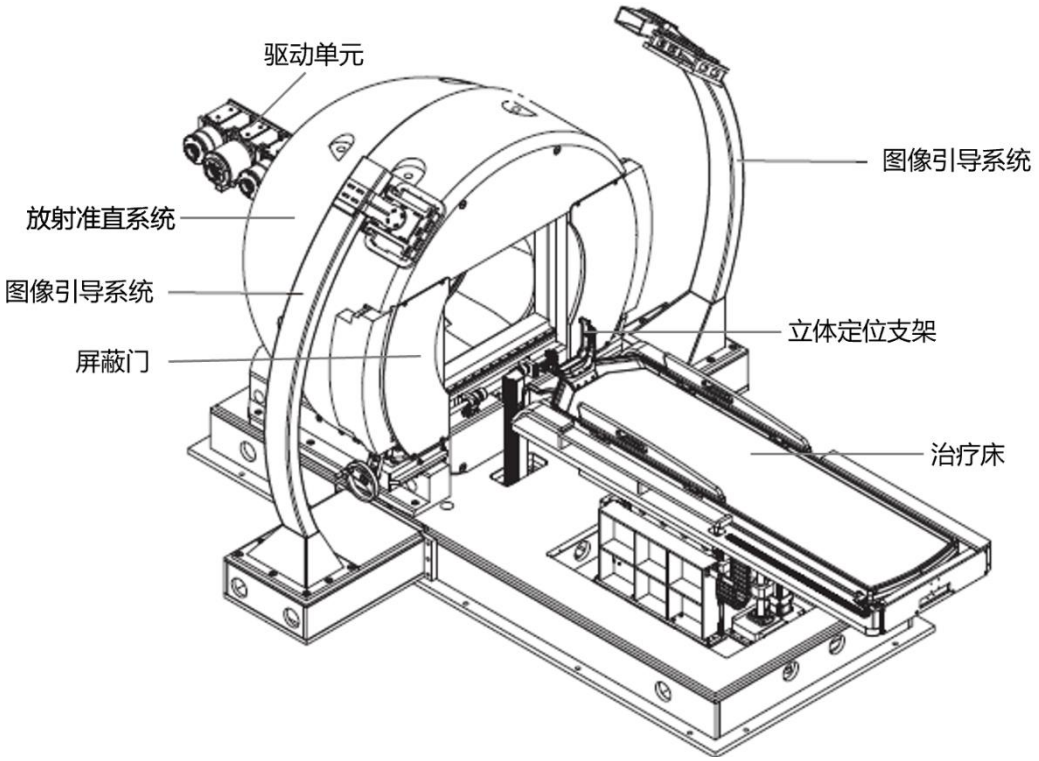


图 9-2 本项目 SMD-XGD/AR 型头部多源 γ 射束立体定向放射治疗系统结构示意图

放射准直系统：由钨合金制造成的安装在源体上的源体预准直器和安装在准直体上的终准直器构成，实现源的选择性打开、关闭。源体与准直体可同步旋转进行治疗，也可通过差速运动进行源开关变换和变换终准直器孔径，取得焦点剂量和辐射野大小以及辐射角度的变化。本项目头部γ刀每个源由一定数量尺寸约为 Φ1mm×1mm 的钴粒组成，装满在内腔尺寸为 Φ2.8mm×30mm 的双层不锈钢圆柱形包壳内，用氩弧焊封死。屏蔽半球为由耐蚀铸铁制成的耐蚀壳体，包围着源体、准直体以及其中的治疗空腔，右端以阶梯环与屏蔽门框连接，它与屏蔽门一起最大限度地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。

治疗床：三维治疗床用于患者治疗时仰卧，并将患者治疗计划中的每个靶点送到聚焦中心。

立体定位系统：包括立体定位框架适配器 （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/MRI 图框和 CT/MRI 适配架等。立体

定位框架通过立体定位框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/MRI 图框是在进行 CT/MRI 定位时，用以标定病灶位置、大小和形状的装置。CT/MRI 适配架是立体定位框架与 CT/MRI 诊断设备的连接装置。

图像引导系统：图像引导系统与设备组合使用，利用医学成像与可视化技术，实现在治疗前的校正和验证患者在设备上的摆位误差。其操作直观可视、定位时间短，可实现快速校验摆位误差。

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，为患者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。

伽玛刀的滚筒机架是带动整个治疗头作±255°旋转的机构，由两端面的大轴承支撑，轴承安装在轴承座上。滚筒是由伺服电机通过两级齿轮减速机经齿轮传动带动滚筒端面的齿圈进行旋转的，滚筒的两端面的大轴承确保滚筒在径向与轴向很小的窜动量。滚筒做旋转时，带动放射源绕人体转动的同时治疗头又绕垂直于滚筒轴线的轴做摆动运动而不断变换入射角度，从而实现非共面拉弧治疗。

本项目拟配备的头部γ刀主要技术参数见表 9-1。

表 9-1 本项目 SMD-XGD/AR 型头部多源γ射束立体定向放射治疗系统技术参数情况一览表

项目名称	技术参数
设备名称	[redacted]
数量	[redacted]
型号	[redacted]
厂家	[redacted]
放射源名称	[redacted]
放射源初装总活度	[redacted]
放射源数量	[redacted]
辐射类型和能量	[redacted]
半衰期	[redacted]
源轴距（SAD）	[redacted]

焦点剂量率	[redacted]
准直器种类及聚焦野尺寸（mm）	[redacted]
旋转速度	[redacted]
自屏蔽体参数	[redacted]
其他	[redacted]

二、工作原理及工作流程

（一）工作原理

放疗是癌症三大治疗手段之一。是用各种不同能量的射线照射肿瘤，以抑制和杀灭癌细胞的一种治疗方法。放疗可单独使用，也可与手术、化疗等配合，作为综合治疗的一部分，以提高癌症的治愈率。放疗的基本目的是努力提高放疗的治疗增益比，即最大限度地将放射线的剂量集中到病变（靶区）内，而使周围的正常组织和器官少受或免受不必要的照射。

伽玛刀（Gamma Knife）是立体定向放射外科（Stereotactic Radiosurgery）的主要治疗手段，是一种融合现代计算机技术、立体定向技术和放射外科技术于一体的治疗性设备，它采用γ射线几何聚集的方式，通过精确的立体定向将经过规划的一定剂量的γ射线集中照射于体内的预选靶点（即病灶），一次性、致死性的摧毁靶点内的组织，以达到外科手术切除或损毁的效果。由于射线采用旋转聚焦的方式，使射线经过人体正常组织时只受到瞬间、几乎无伤害的照射，并且靶点外射线量锐减，因此其治疗时照射范围与正常组织分界非常明显，边缘如刀割一样整齐，所以人们形象地称之为“伽玛刀”。

本项目头部γ刀共装有^{60}Co放射源30枚，总活度6000Ci，分布在形如球冠、纬度为14°~43°的源体上，各放射源发射的射线束经准直器引导，径向聚集于球心位置，从而在一个可控区域内形成足够强（治疗剂量）的剂量场，以损毁病灶。其中，准直体上安置有四组共120个准直器，形成相当于Φ4mm、Φ8mm、Φ14mm、Φ18mm四种规格的准直器形成的焦点，以适合病灶形状大小不同的需要。其周围为梯度扩散射线束，且由于源的旋转，对机体的穿透是瞬时扫描性照射，故可保证正常肌体组织仅受最小损伤，亦可及时恢复健康。

头部γ刀共放射源分6组置于球型头盔内，工作时形成一窄束边缘锐利的锥形γ

射线，使得其焦点位置始终位于治疗舱头保护罩中央。由于治疗舱头保护罩设计大于头体，治疗前，通过调整患者所在的三维床坐标以达到病灶与焦点的重合。

（二）工作流程

1、当病人确诊需进行伽玛刀治疗后，主治医生向病人告知可能受到的辐射危害；

2、使用 MRI 对病灶位置进行模拟定位，制定放射治疗计划，确定照射位置和照射剂量；

3、定位摆位：使用患者定位装置对患者进行固定，工作人员将病人安置在治疗床上摆位，摆位完毕后工作人员退出治疗室。

4、工作人员在控制台上确认相关参数，使用 X 射线图像引导系统进行图像引导系统拍摄放疗体位下的照射部位数字影像，与放疗计划系统进行对比，并校正放疗体位，开始对病人实施放疗。

5、治疗结束：治疗结束关机，工作人员将病人从治疗床上卸下，病人离开机房。对病情比较复杂，或治疗前一般情况较差的，可以留院观察 1-2 天。

6、定期随访：治疗完成后，患者应根据病情及医嘱定期复诊。

头部γ刀放疗工作流程及产污环节分析见图 9-3。

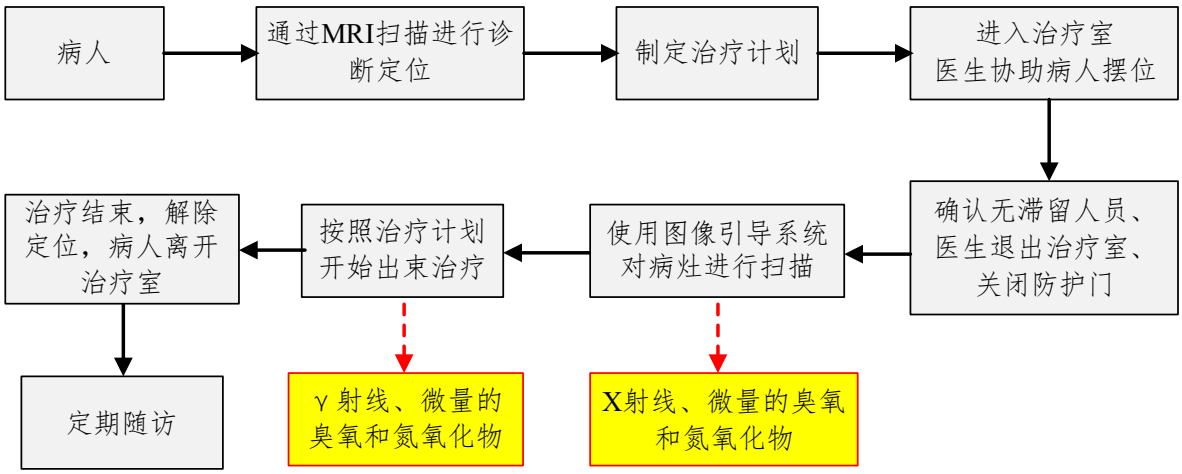


图 9-3 头部γ刀放疗工作流程及产污环节分析示意图

（三）放射源订购、使用和退役流程

本项目伽玛刀配有 30 枚 ^{60}Co 放射源，总最大装源量为 $2.2\times10^{14}Bq$，为医用 I 类放射源。因此放射源的运输和医疗使用管理均按 I 类源进行。

1、订购：医院在订购之前应向省生态环境主管部门提出申请，提交《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第十九条规定的申请材料。订购时，医院根据《辐射安全

许可证》许可的范围提出订购需求，本项目伽玛刀生产厂家提供放射源的所有技术参数和文件，并跟踪放射源的生产进度（放射源生产期间工作人员所受照射不在本评价范围内）。订购完成后，医院应当在完成之日起20日内，向省级生态环境部门备案。

2、使用：设备正常使用时，由医院负责放射源的安保工作，期间安全由医院负责。

3、退役：由放射源生产厂家负责回收退役放射源（放射源退役时应进行退役评价，工作人员所受照射不在本评价范围内），退役手续由医院办理，回收后安全由放射源生产厂家负责。

（四）倒源流程

本项目伽玛刀所用^{60}Co放射源约6年更换一次。医院在换源前应于当地公安部门、生态环境部门、卫生主管部门备案，取得他们的协助、监督和认可。倒装源工作应由有相应能力且通过辐射安全考核的专业人员进行，其他任何单位和个人不得私自进行倒源。倒装放射源时应对倒装热室周围和含源设备表面进行辐射检测，关注倒源屏蔽体的辐射防护效果和含源设备的表面污染情况，做好安装和更换的放射源清点并记录；倒源结束后对含放射源的放射治疗设备、场所与周围环境进行辐射检测。源退役时，倒源期间由负责倒装源的单位承担安全责任，源办理完成转移手续后、源由倒源单位运输离开医院后，责任由放射源生产厂家负责。

（五）人员配备情况

本项目伽玛刀投入使用后，预计日接诊量最大10人次，周工作5天，患者治疗照射时间平均按12min计，年开展工作50周。医院拟为本项目配备2名医师，负责制定放射治疗计划，患者摆位；配备1名技师，负责患者摆位，操作伽玛刀设备；配备1名物理师，负责计算患者的治疗时间，配合医师制定放射治疗计划。工作人员隔室操作，年接触射线不超过500h/人。

污染源项描述

一、放射性污染

（一）辐射：伽玛刀未使用时，放射源处于屏蔽位，少量的γ射线会穿透屏蔽体，对进入伽玛刀机房的人员及室外公众等产生照射。

伽玛刀在治疗过程中，机房治疗室内来自放射源的直射、散射和漏射γ射线、图像引导系统扫描时产生的X射线会穿透屏蔽墙及防护门，对机房外的工作人员和公众产生外照射影响。

本项目拟配备的头部γ刀内含30枚^{60}Co放射源，总活度为2.2×10^{14}Bq。核素^{60}Co是一种人工生产的放射性核素，主要由^{59}Co在核反应堆中经中子轰击后生成，半衰期为5.27年。^{60}Co核素衰变过程中发射出0.315MeV的β射线和能量分别为1.173MeV和1.332MeV的两种γ射线，平均能量为1.25MeV。^{60}Co放射源特性见表9-2，衰变纲图见图9-4。

（二）放射性固体废物：^{60}Co放射源使用到一定年限后产生退役的放射源，可能会对周围环境产生一定的危害。

二、非放射性污染

（一）废气：伽玛刀治疗过程中发射的γ射线、图像引导系统扫描时发射的X射线，会使机房内的空气产生电离，产生臭氧和氮氧化物。

（二）废水：主要是工作人员产生的生活污水。

（三）固体废物：主要是工作人员产生的生活垃圾。

表9-2 ^{60}Co放射性核素特性

核素名称	半衰期	衰变类型及分支比（%）	主要α、β辐射能量（keV）与绝对强度（%）	主要γ、X射线能量（keV）与绝对强度（%）	空气比释动能率常数（$\mu Gy\cdot m^2\cdot MBq^{-1}\cdot h^{-1}$）
^{60}Co	5.27a	β^-	-	β^-：0.315（99.74%） γ：1.173（99.87%） γ：1.332（99.98%）	0.308

注：空气比释动能率常数取自《发射光子的放射性核素各向同性点源的剂量学常数-李士骏》（辐射防护第19卷第4期，1999年7月）。

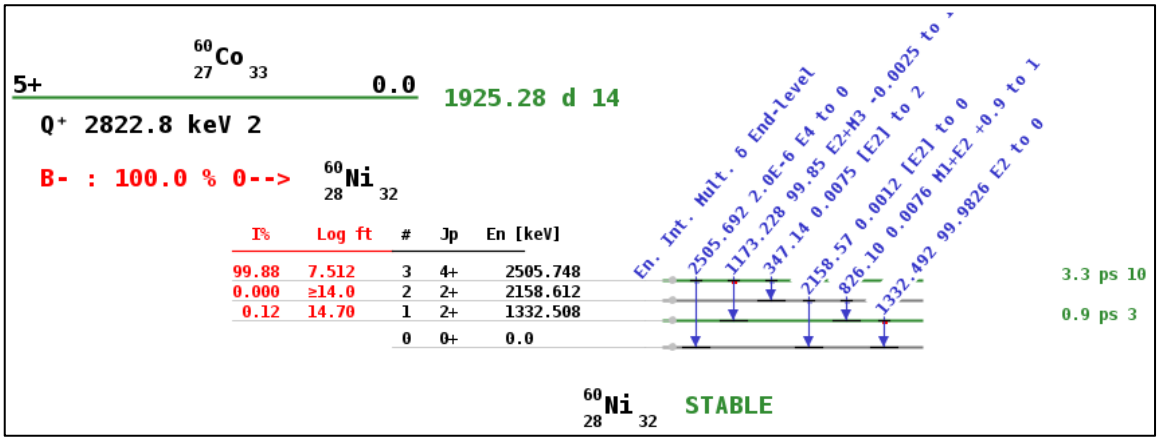


图9-4 ^{60}Co衰变纲图

表 10　辐射安全与防护

项目安全措施

一、工作场所布局及分区

本次新建伽玛刀治疗项目位于医技楼负 3 楼，医技楼四周为院内道路。本项目伽玛刀机房位于医技楼负 3 楼，伽玛刀机房东侧为土层，南侧为过道，西侧为控制室、设备间、走道，北侧为空调机房，上方为停车场，下方为土层。

本项目控制室与治疗室分开设置。满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中关于选址与布局的规定。

医院拟对机房进行分区管理，将伽玛刀机房划为控制区，与机房相邻的控制室、设备间划为监督区，并在控制区边界张贴电离辐射警告标志。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。本项目伽玛刀机房周围布置及分区示意图见图 10-1。

二、辐射工作场所分区管理

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），关于控制区与

监督区的防护手段与安全措施，建设单位应做到：

（一）控制区防护手段与安全措施

（1）在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合 GB 18871-2002 附录 F（标准的附录）规定的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示；

（2）运用行政管理程序和实体屏障（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区；

（3）制定辐射防护与安全措施，包括适用于控制区的规则和程序；

（4）在进入控制区有个人防护用品、工作服等；

（5）定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段安全措施或该区的边界。

（二）监督区防护手段与安全措施

（1）在监督区入口处的适当地点设立监督区标识或电离辐射警告标志；

（2）无实体边界的监督区应采用适当的手段（如警示线）划出监督区的边界；

（3）定期检查该区的条件，运行期间应加强对该区域的验收检测、日常检测和年度检测，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

三、辐射防护屏蔽设计

本项目 1 座伽玛刀机房采用混凝土浇筑结构，治疗室东西长 7.45m、南北长 7.8m，机房顶部屏蔽内表面至地面约 3.5m。本项目伽玛刀机房具体屏蔽设计参数见表 10-1。

表 10-1 本项目伽玛刀机房屏蔽设计一览表

屏蔽位置	屏蔽设计参数（厚度及材质）[1)]
东墙[2)]	[redacted]
南墙	[redacted]
西墙	[redacted]
北墙	[redacted]
屋顶[3)]	[redacted]
防护门	[redacted]

注：[redacted]

四、辐射安全和防护措施

（一）电线电缆布设：医院在伽玛刀机房已经预留地埋式沟槽，伽玛刀机房的控制电缆均拟布设于电缆沟内。电缆沟埋设在地下，经伽玛刀西墙穿出，未破坏治疗室墙体的屏蔽效果，射线经多次散射后，电缆进出口处辐射剂量率将在控制范围内。

（二）防护门搭接方式：机房防护门设计制作时，除要考虑足够的防护厚度外，拟考虑防护门与周围墙壁及地面的重叠搭接，以防止门缝处射线泄漏。本项目伽玛刀机房门与墙之间的间隙小于 1cm，门与墙之间间隙与搭接比值小于 1/10，可有效防止门缝处射线泄漏。

（三）本项目伽玛刀机房拟设计有通风装置，伽玛刀治疗室内拟采用机械进、出风，通风换气频率为不低于 4 次/h。进风口和排风管道未破坏治疗室墙体的屏蔽效果，射线经多次散射后，进出风管道进出口处辐射剂量率将在控制范围内。

（四）门-机联锁：设计安装门-机联锁装置。只有在防护门关闭的情况下，才能开机出源治疗；在治疗状态下，如果人为将防护门打开，联锁装置会自动启动关源程序、快速中止辐射。伽玛刀机房拟设置从室内开启治疗机房门的装置，防护门拟设有防挤压功能。

（五）警示灯、警示标志：在伽玛刀主机外壳、控制台、治疗室防护门外均设计安装与伽玛刀出束联锁的具备“预备”、“照射”工作状态指示灯，门外设置醒目、规范的电离辐射警告标志。

（六）紧急停止按钮：在伽玛刀控制台、机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧及伽玛刀主机外壳上分别设计安装紧急停止按钮，紧急情况下，按紧急停止按钮后，设备自动启动关源程序、快速中止辐射，保证辐射安全。

（七）固定式辐射剂量监测仪：在伽玛刀治疗室内设计安装固定式辐射剂量监测仪。该报警装置数字显示装置安装在控制室内，剂量检测探头安装在治疗室内东墙、西墙处，医务人员可在控制室内实时了解治疗室内的辐射水平。当辐射剂量超过预定水平时，系统的音响和（或）灯光警告装置发出警告信号。

（八）视频监控和对讲系统：在伽玛刀治疗室内设计安装摄像头，并配备对讲装置，在治疗过程中工作人员可以在控制室内通过实时监控装置及时观察患者情况，与患者交流，防止意外情况的发生。

（九）其它：伽玛刀系统设计配备 UPS，断电情况下可持续供电 30 分钟以上，保证关源步骤的完成，确保患者和技术人员的辐射安全；控制室操作台上配置紧急情

况下的快速手动关源装置，当自动关源系统出现故障时，可通过该装置将放射源迅速关闭，保证安全。

五、检测仪器和防护用品

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，开展放射诊疗的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和检测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射检测等仪器。

徐州和佳医院有限公司已配备辐射巡测仪 1 台、拟为本项目配备固定式辐射剂量监测仪 1 套、个人剂量报警仪 2 台。辐射工作人员工作时将佩带个人剂量计，以检测累积受照情况。医院拟定期组织放射工作人员进行健康体检，并将按相关要求建立辐射工作人员个人剂量检测档案和职业健康监护档案。

三废的治理

一、放射性“三废”

放射性固体废物：^{60}Co 放射源使用到一定年限后产生退役的放射源，医院已承诺在设备购销合同中签订废旧放射源返回厂家的协议，将退役 ^{60}Co 放射源交由放射源生产厂家回收处理（见附件 4）。

二、非放射性“三废”

（一）废水、固体废物

工作人员和部分患者产生的生活污水，由医院污水处理系统统一处理。工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理。

（二）废气

伽玛刀机房内的空气在γ射线、X射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，通过动力排风装置排入大气。本项目伽玛刀机房内设有通风装置，采用机械排风方式。伽玛刀机房采用上进下出的通风系统，进风口与排风口各一个，进风口位于治疗室西南角吊顶处，排风口位于治疗室东北角，距机房地面 30cm。风管采用“Z”型穿墙设计，未破坏治疗室墙体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。本项目伽玛刀机房容积约174.3m^3，其排风机的设计排风量不小于700m^3/h，每小时通风换气次数不小于4次/h，能够满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中“放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于4次/h”的要求。

表 11　环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本次新建伽玛刀治疗项目机房建设时主要工作为建筑施工与内饰装潢，将产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，建设施工时对环境会产生如下影响：

一、大气：本项目在建设施工期需进行的墙体浇筑等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：及时清扫施工场地，设立围挡，并保持施工场地一定的湿度。

二、噪声：整个建筑施工阶段，如墙体浇筑等施工中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）的标准，尽量采用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

三、固体废物：项目施工期间，会产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

四、废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排放或回收用于施工场地洒水降尘。

医院在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在医院内部，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

徐州和佳医院有限公司拟在预留伽玛刀机房内配备 1 台 SMD-XGD/AR 型头部多源 γ 射束立体定向放射治疗系统（内含 30 枚 ^{60}Co 放射源，总活度为 $2.2\times10^{14}Bq$）。本项目伽玛刀配备 X 射线图像引导系统，主要用于三维成像，其最大管电压为 140kV、最大管电流为 200mA，产生的射线能量远小于 ^{60}Co 放射源能量，故本项目伽玛刀机房防护条件在满足头部 γ 刀屏蔽要求的情况下，机房屏蔽体完全可以满足对图像引导系统产生 X 射线的防护。

根据《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/T 201.3-2014）中“4.2.3 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，包括治疗射线和准直器的泄漏辐射的散射。自γ刀治疗焦点至γ刀可开启的治疗装置屏蔽门的张角相应的屏蔽墙区和部分屏蔽顶区域为一次散射辐射区。散射辐射与入射辐射的夹角通常为60°~120°，其他区域为二次散射辐射区。治疗室入口门处于治疗装置后部二次散射辐射区，辐射能量接近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漏辐射”、“7c）头部γ到治疗机房依据厂家提供的最大准直器照射条件下的散射辐射场，以最接近机房墙内表面的散射辐射剂量按照距离平方反比关系计算机房外关注点的剂量率”。

本项目部分东墙为一次散射辐射区，其余区域为二次散射辐射区。

依据设备厂家提供的设备机房内的辐射剂量分布图，本项目采用该辐射剂量分布图来预测机房治疗室屏蔽防护能力。辐射屏蔽防护及估算点位示意图见图 11-1（预测点位取墙体或者防护门外 30cm 处）。

（一）计算模式

根据《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），在给定的屏蔽物质厚度 X（cm）时，首先按照公式 11-1 计算有效厚度 X_e（cm），按照公式 11-2 计算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B，依据设备厂家提供的辐射剂量分布图，选取最靠近机房墙内表面的最大剂量率考虑距离衰减后再按照公式 11-3 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率（μSv/h）。

$$X_e = X/cos\theta = X \cdot sec\theta \qquad \text{公式 11-1}$$

式中：X—设计屏蔽厚度，cm；

θ—斜射角。

$$B = 10^{-(X_e+TVL-TVL_1)/TVL} \qquad \text{公式 11-2}$$

式中，TVL_1（cm）和 TVL（cm）为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度，当未指明 TVL_1 时，TVL_1=TVL。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_{图} \cdot R_{图}^{\ 2}}{R^2} \cdot B \qquad \text{公式 11-3}$$

式中：$\dot{H}_{图}$—依据设备厂家提供的辐射剂量分布图，选取最接近机房墙内表面的最大辐射剂量率，单位为 μSv/h；

$R_{图}$—依据设备厂家提供的辐射剂量分布图，选取的点位距辐射源点的距离，单位为米（m）；

R—辐射源点至关注点的距离，单位为米（m），本项目参考点均为相应墙外 30cm。

（二）参数选取

依据设备厂家提供的辐射剂量分布图，选取最接近机房墙体内表面、距地面 1m 高度处的辐射水平最大值预测四侧墙体及防护门外关注点的剂量率（南墙辐射水平最大值为 768μSv/h，西墙、防护门辐射水平最大值为 31μSv/h，北墙辐射水平最大值为 337μSv/h），选取距地面 3.5m 高度处的辐射水平最大值（为 522μSv/h）预测顶部墙体外关注点的剂量率。

查 GBZ/T201.3-2014 的附录 C 表 C.6，^{60}Co γ 射线的患者散射辐射在混凝土（密度为 2.35t/m^3）中的 *TVL* 取 189mm（散射角为 60°）；在 *d* 处的散射辐射能量取 0.2MeV，铅（密度为 11.3t/m^3）的 *TVL* 取 5mm。

出束状态下距地面 1m 高度处、测量间隔为 0.5m 的辐射剂量分布图（由厂家提供，见附件 7）如下图所示：

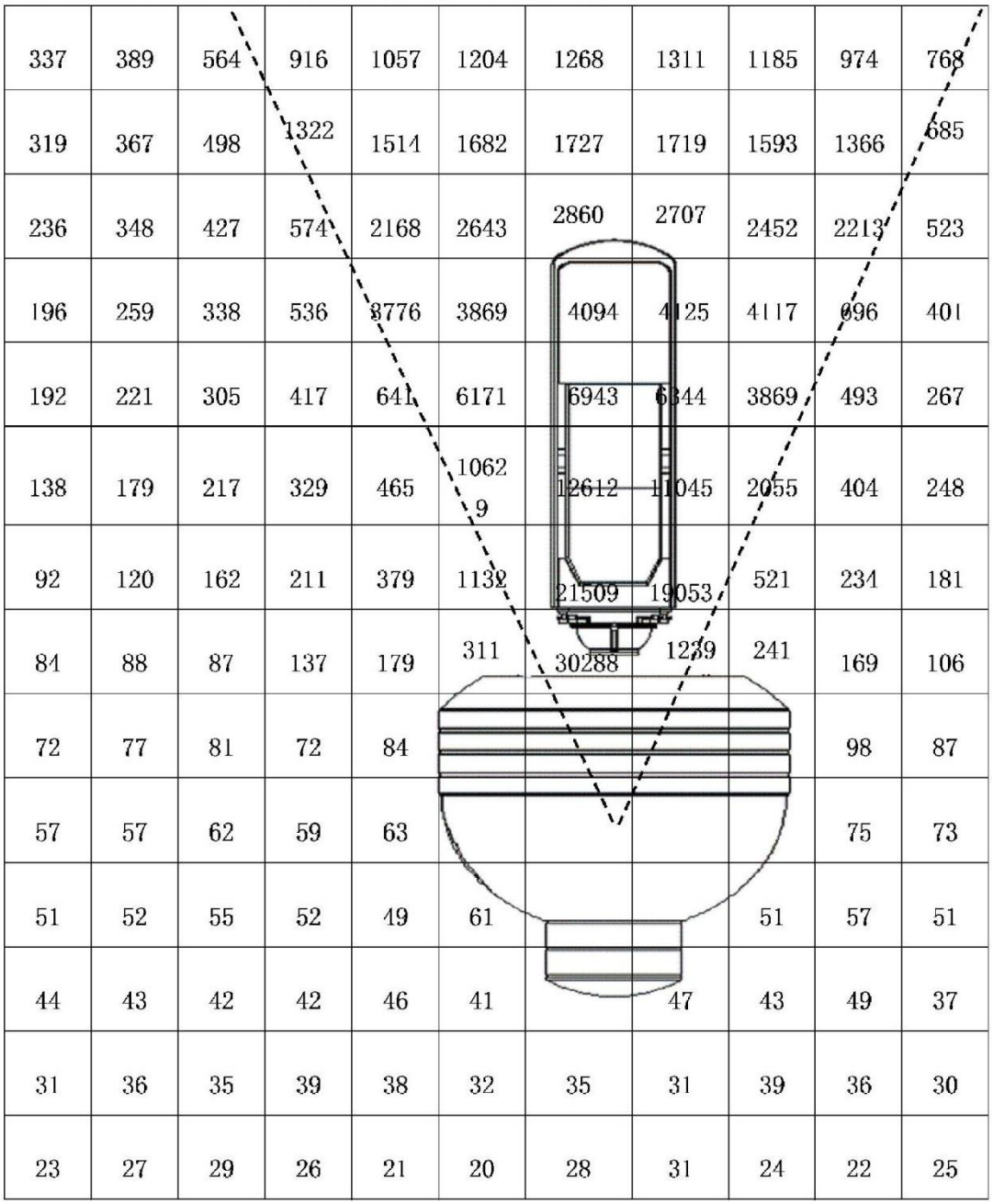


图 11-2 出束状态下距地面 1m 高度处、测量间隔为 0.5m 的辐射剂量分布图（单位：μSv/h）

穿过设备中心轴垂直平面内出束状态下、测量间隔为 0.5m 的辐射剂量分布图（由厂家提供，见附件 7）如下图所示：

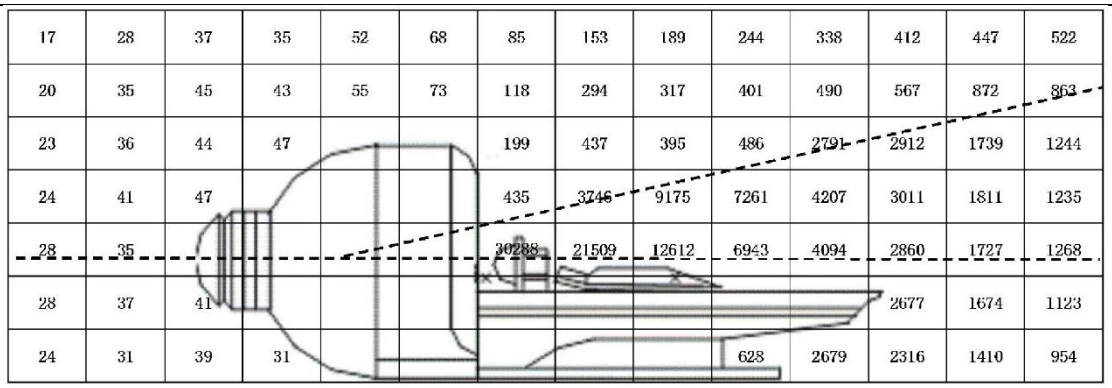


图 11-3 穿过设备中心轴垂直平面内出束状态下、测量间隔为 0.5m 的辐射剂量分布图（单位：μSv/h）

3、预测计算结果

依据设备厂家提供的辐射剂量分布图，选取最靠近机房墙内表面的最大剂量率再考虑距离衰减后，将相应屏蔽厚度得出的辐射屏蔽透射因子 B 值代入，按照公式 11-3 得到相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率（μSv/h），计算结果见表 11-1，其中 X_e、R 的取值由 CAD 图纸上读取。

计算结果表明，治疗装置正常运行工况下，机房四周墙体、顶部及防护门处的辐射剂量率为（0.009~0.180）μSv/h，满足《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/T 201.3-2014）的要求。

依据《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/T 201.3-2014），本设备贮源状态下距源 1m 处的空气比释动能率不超过 20μGy/h，则贮源状态下屏蔽体外关注点的剂量率（μSv/h）计算结果见表 11-2。

4、门缝、通风系统及电缆沟辐射防护评价

机房防护门设计制作时，除要考虑足够的防护厚度外，拟考虑防护门与周围墙壁及地面的重叠搭接，以防止门缝处射线泄漏。本项目伽玛刀机房门与墙之间的间隙小于 1cm，门与墙之间间隙与搭接比值小于 1/10，可有效防止门缝处射线泄漏。

伽玛刀机房采用上进下出的通风系统，进风口与排风口各一个，进风口位于治疗室西南角吊顶处，排风口位于治疗室东北角，距机房地面 30cm。风管采用“Z”型穿墙设计，未破坏治疗室墙体的屏蔽效果，射线经多次散射后，风管穿墙口处辐射剂量率将在控制范围内，能够满足辐射防护要求。

医院在伽玛刀机房已经预留地埋式沟槽，伽玛刀机房的控制电缆均拟布设于电缆沟内。电缆沟埋设在地下，经伽玛刀西墙穿出，未破坏治疗室墙体的屏蔽效果，射线经多次散射后，电缆进出口处辐射剂量率将在控制范围内。

伽玛刀机房上方辐射剂量率较小，再加上距离衰减，本项目伽玛刀运行时对机房上方停车场产生的辐射影响较小。

5、预测计算结果汇总及评价

综上所述，伽玛刀机房墙、顶、门外理论估算结果汇总见表 11-3。

6、保护目标有效剂量评价

$$H_c = H_{c,d} \cdot t \cdot T \cdot U$$ 公式 11-4

式中：H_c—年受照剂量，mSv/a；

$H_{c,d}$—辐射剂量率，μSv/h；

T—居留因子，无量纲；

t—年受照时间；

U—使用因子。

将表 11-3 伽玛刀机房外各典型参考点处的辐射剂量率估算值代入公式 11-4，伽玛刀周治疗时间约为 10h，年运行时间约 500h，根据各考察点处年受照时间，并考虑周围公众及辐射工作人员的居留因子，则伽玛刀机房外辐射剂量预测结果见表 11-4。

在进行放射治疗前，工作人员需进入机房对患者进行摆位，此时放射源处于贮存状态，摆位处的辐射剂量率实测值为 1.7μGy/h（简化估算：1mGy 近似为 1mSv），平均每位患者摆位/解除摆位 0.5min，年门诊量最大 2500 人次，则辐射工作人员摆位过程中年最大有效剂量为 0.071mSv。根据表 11-4 理论计算结果，控制室辐射工作人员年剂量估算值 0.005mSv，叠加后本项目伽玛刀辐射工作人员年最大有效剂量为 0.076mSv；根据表 11-4 结果分析知，本项目伽玛刀运行后周围公众年有效剂量最大值为 0.006mSv，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

二、放射性“三废”影响分析

医院已承诺在设备购销合同中签订废旧放射源返回厂家的协议，将退役 ^{60}Co 放射源交由放射源生产厂家回收处理（见附件 4）。

三、非放射性“三废”影响分析

伽玛刀机房内的空气在 γ 射线、X 射线作用下，分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，通过动力排风装置排入大气，臭氧常温下约 50 分钟可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

工作人员和部分患者产生的普通生活污水，由院内污水处理站统一处理，对周围环境影响较小。

工作人员产生的一般生活垃圾，收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

事故影响分析

本项目涉及的伽玛刀内配备的 ^{60}Co 放射源（最大装源活度为 $2.2\times10^{14}Bq$）为医疗使用Ⅰ类聚集放射源，医院在开展放射治疗和诊断过程中，如果安全管理或防护不当，可能对人员产生误照射。

一、主要事故风险分析

本项目伽玛刀在出源治疗期间及放射源处于裸源状态下时，会释放出较强的γ射线，因此，新建伽玛刀治疗项目辐射事故多为人员误留或误入机房产生的误照射事故，主要有：

（一）伽玛刀工作状态下，未按工作流程进行清场，人员误留、误入机房内，导致发生误照射。

（二）伽玛刀机房门机联锁失效，导致防护门无法自动关闭，开机时防护门外工作人员或公众受到误照射。

（三）实施治疗期间突然断电或因电气故障、机械故障等，致使放射源不能回归源体内，工作人员须进入治疗室内用应急手动装置关源，这将对患者及进入治疗室的工作人员造成不必要的照射。

（四）伽玛刀进行维修时，若发生联锁失效或强行出源等情况，导致维修人员可能受到不必要的照射。

（五）因工作人员违反操作规程或误操作或者设备发生故障，在设备安装、更换放射源或维修设备时，发生放射源跌落，造成操作人员收到意外照射。

（六）由于保管或管理工作不到位，导致 ^{60}Co 放射源的丢失、被盗，使公众受到误照射。

（七）设备使用时间较长或因外力使源包壳出现破损时，放射源泄漏，使人员或公众受到误照射。

（八）卡源、电气系统失控事故。

（九）倒源流程过程中的意外情况。

二、辐射事故处置方法及预防措施

针对本项目可能发生的辐射事故，可采取以下处理措施：

（一）发生误照射（人员误留、误入机房内；操作人员违反操作规程或误操作；机房门-机联锁装置失效，导致防护门无法自动关闭），应立即按下急停开关，确保伽玛刀执行紧急收源程序。

（二）迅速安排受照人员接受医学检查和救治；

（三）对发生事故的装置，请有关供货单位或相关检测部门进行检测或维修，分析事故发生的原因，并提出改进意见。

（四）医院应定期对伽玛刀机房辐射安全措施进行检查、维护，发现问题及时请相关单位进行维修；每次工作前均应检查相应辐射安全装置的有效性，定期对工作场所进行检测。

（五）医院应加强辐射安全管理，在项目运行前应制定相关操作规程和辐射安全管理制度，并在实际工作中不断对其完善；医院还应在平时工作中加强工作人员的辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。

（六）当发生放射源丢失、被盗情况，医院应立即启动辐射事故应急措施，采取必要的防范措施。根据《江苏省辐射污染防治条例》的要求，发生辐射事故的，立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告；积极配合政府管理部门做好事故调查和善后工作。

（七）本项目伽玛刀所指的卡源是指同轴旋转的准直体和源体不能回归零位，即治疗结束后源始终处于照射状态。出现这种情况是由于控制系统失控或同轴旋转的源体和准直体之间出现故障。这种故障的出现与机器的磨损、维护、检修以及质量有关系。在这种情况下，工作人员可立即用控制室的手动系统将源摇回准直体屏蔽位置，人员可不必进入治疗机房，若手摇也无法将源回归零位，则工作人员在佩戴个人剂量报警仪、个人剂量计，携带辐射巡测仪的情况下，迅速进入治疗机房将病人撤离，然后手动将屏蔽门关闭，再找专业人员或厂家修理。

（八）当正在治疗时电气系统失控，不能关机时，工作人员同样采取手动的方式完成关源、退床、关闭屏蔽门等程序。

（九）本项目钴-60 放射源每隔 6~8 年须更换一次。医院在换源前应于当地公安、生态环境部门、卫生健康部门备案，取得他们的协助、监督和认可。倒源需使用专门

的工具，有关操作必须由设备厂家派出的具有专门资格证书的专业人员进行，其他任何单位和个人不得私自进行倒源。

表 12　辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

徐州和佳医院有限公司拟对院区内医技楼负 3 楼东北部新建一座伽玛刀机房，并配备 1 台 SMD-XGD/AR 型（带有 X 射线图像引导系统，最大管电压 140kV，最大管电流 200mA）头部 γ 刀，内含 30 枚 ^{60}Co 放射源，总活度为 $2.2\times10^{14}Bq$），用于开展肿瘤的放射治疗。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用Ⅰ类聚集放射源的单位，应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，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核。

目前，徐州和佳医院有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。医院应根据本次新建伽玛刀治疗项目修订相关文件，明确医院相关辐射项目的管理人员及其职责，将该项目辐射安全管理纳入全院的辐射安全管理工作中。辐射工作人员须通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，本项目辐射工作人员为新聘人员，操作人员需参加“放射治疗”辐射安全与防护考核，辐射防护管理人员需参加“辐射安全管理”辐射安全与防护考核，考核合格后方可上岗，辐射培训证书到期人员需及时参加生态环境部的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行学习并通过考核。

辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关要求，使用放射源的单位要“有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施”。徐州和佳医院有限公司已制定《关于成立辐射安全领导小组的通知》《放射防护应急处理预案》《应急演练制度》《放射诊断质量保证措施》《放射诊断规章制度》《放射诊

断设备状态及防护检测制度》《放射设备检修维护制度》《放射设备管理、保养制度》《设备安全防护管理制度》《放射诊断场所放射防护安全管理制度》《操作规程》《放射诊断工作人员职责》《放射工作人员教育培训制度》《放射工作人员个人剂量监测管理制度》《放射工作人员职业健康管理制度》《放射工作人员健康监护档案管理制度》等相关制度，医院现有管理制度内容较为全面，具有一定的针对性和可操作性，基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。建议根据新建伽玛刀治疗项目的特点及以下内容制定并完善相关制度，并落实到实际工作中，严格执行，加强辐射安全管理。

一、操作规程：拟制定伽玛刀操作规程，明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤。重点是：

（一）确保开展辐射工作时所有辐射屏蔽措施均已到位，严格按照规定操作流程操作，防止发生辐射事故；

（二）从事辐射工作时必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪；

（三）在工作场所严禁吸烟、进食。

二、岗位职责：医院拟制定岗位职责，应针对本项目放射源进行完善，明确放射源使用工作人员、台账管理人员及辐射安全管理人员的岗位责任，并落实到个人，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任。

三、辐射防护和安全保卫制度：医院拟根据放射源操作的具体情况制定相应的辐射防护和安全保卫制度，重点是：

（一）定期检查相关的辐射安全装置及检测仪器，发现问题及时修理或更换，确保辐射安全联锁装置、个人剂量报警仪、环境辐射剂量监测仪保持良好工作状态；

（二）工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护。

四、设备维修制度：医院拟制定设备检修维护制度，明确放射源和辐射检测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，并做好记录。确保放射源、安全措施（联锁装置、警示标志、工作状态指示灯、急停按钮）、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

五、人员培训计划和健康管理制度：医院拟制定人员培训计划和健康管理制度，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。相关辐射工作人员应及时学习最新的国家政策法规及标准，熟练掌握

放射性防护知识、最新的操作技术。根据18号令及《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，辐射工作人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并通过考核。

六、监测方案：医院拟购置相应的检测设备，明确检测频次和检测项目。检测结果定期上报生态环境行政主管部门。为了确保放射源的辐射安全，该单位应制定检测方案，重点是：

（一）明确检测项目和频次；

（二）辐射工作人员个人剂量检测数据应建立个人剂量档案，依据《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正），在日常检测中发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到检测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生和健康部门调查处理；

（三）医院应当按照有关标准、规范的要求定期对工作场所及周围环境进行检测或者委托有资质的机构进行检测，发现异常情况的，应当立即采取措施，并在1小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告；

（四）委托有资质检测单位对本单位的放射源的安全和防护状况进行年度检测，每年1月31日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

辐射监测

根据辐射管理要求，徐州和佳医院有限公司已配备辐射巡测仪1台、拟为本项目配备个人剂量报警仪2台，固定式辐射剂量监测仪1套，用于辐射防护检测和报警，同时结合本项目实际情况，拟制定并完善如下检测计划：

一、委托有资质的单位定期对项目周围环境X-γ辐射剂量率进行检测，周期：1～2次/年；

二、辐射工作人员配备个人剂量计检测累积剂量，定期（不少于1次/季）送有资质机构进行个人剂量检测，建立个人剂量档案；

三、定期使用辐射检测仪器对项目周围辐射环境进行自检，并保留自检记录；

四、所有辐射工作人员上岗前进行职业健康体检，以排除职业禁忌症。开展辐射工作后，定期开展职业健康体检（不少于1次/2年），并建立个人职业健康档案；

五、出现外照射事故，立即采取应急措施，并在1小时之内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

医院辐射工作场所检测计划一览表见表12-1。

医院拟根据上述检测计划，明确检测项目，定期（不少于1次/季）使用辐射检测仪器对项目周围辐射环境进行自检，并保留自检记录，每年委托有资质的单位定期对项目周围环境X-γ辐射剂量率进行检测，检测结果上报生态环境行政主管部门。医院已委托徐州久强检测技术有限公司开展了2024年度辐射工作场所的辐射安全与防护年度检测，检测结果均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）等国家相关标准要求，均未出现剂量率超标的情况。

医院已为现有辐射工作人员配备个人剂量计，组织辐射工作人员进行个人剂量检测（1次/季）和职业健康体检（1次/2年），已指定专人负责全院辐射工作人员个人剂量的收发和管理以及职业健康监护、个人剂量检测档案的存放保管。医院已委托徐州久强检测技术有限公司完成了2024年度辐射工作人员的个人剂量检测，所有辐射工作人员检测结果均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）等国家相关标准要求，均未出现异常。

医院每年编写射线装置安全和防护状况年度评估报告，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，每年1月31日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

根据医院《2024 年度安全和防护状况年度评估报告》显示，2024 年度医院未发生辐射事故，医院辐射安全和防护设施运行良好，定期开展维护工作，定期检查防护情况，发现的隐患及时处理；医院已制定和完善了相应辐射安全和防护制度及措施，各项制度和措施得到了落实。医院自开展核技术利用项目以来未发生过辐射事故，暂无需要改进完善的情况。

辐射事故应急

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定，辐射事故应急方案应明确以下几个方面：

一、应急机构和职责分工；

二、应急的具体人员和联系电话；

三、应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；

四、辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；

五、辐射事故调查、报告和处理程序。

假若本项目发生了辐射事故，医院应迅速、有效地采取以下应急措施：

一、一旦发现有其他无关人员误入机房内，辐射工作人员应立即利用最近的紧急停机开关切断设备电源。误入人员应在最短的时间内撤离机房，尽量缩短受照时间。同时，事故第一发现者应及时向医院的辐射事故应急处理领导小组及上级领导报告。辐射事故应急处理领导小组在接到事故报告后，应以最快的速度组织应急救援工作，迅速封闭事故现场，禁止无关人员进入该区域，严禁任何人擅自移动和取走现场物件（紧急救援需要除外）。

二、对可能受到超剂量照射的人员，尽快安排其接受检查和救治，并在第一时间将事故情况通报当地生态环境部门、卫生健康行政部门等主管部门。

三、迅速查明和分析发生事故的原因，制订事故处理方案，组织专业技术人员，尽快排除故障。

四、事故的善后处理，总结事故原因，吸取教训，采取补救措施。

对于在医院定期检测或委托检测时发现异常情况时，应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，在 1 小时之内向所在地生态环境和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的还应当同时

向卫生健康部门报告。在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，同时向当地卫生健康行政部门报告。

徐州和佳医院有限公司已制定辐射事故应急处理方案，该预案包括成立辐射事故应急处理领导小组、应急预案领导小组的职责、放射性事故应急处理的责任划分、放射性事故应急处理程序和放射性事故的调查等内容。由辐射事故应急处理领导小组组织辐射工作人员，定期（1次/年）开展应急培训演练，在物资、通讯、技术、人员、经费等准备方面均加以落实。

表 13　结论与建议

结论

一、项目概况

医院拟在医技楼负 3 楼东北部新建一座伽玛刀机房，并配备 1 台 SMD-XGD/AR 型（带有 X 射线图像引导系统，最大管电压 140kV，最大管电流 200mA）头部多源γ射束立体定向放射治疗系统（内含 30 枚 ^{60}Co 放射源，总活度为 $2.2\times10^{14}Bq$），用于开展肿瘤的放射治疗。配合头部 γ 刀使用的 MRI（型号：飞利浦 Ingeina3T）位于医技楼负 1 楼。本项目伽玛刀投入使用后，预计日接诊量最大 10 人次，周工作 5 天，患者治疗照射时间平均按 12min 计，年开展工作 50 周；医院拟为本项目配备 2 名医师、1 名技师、1 名物理师。

二、项目建设的必要性与项目产业政策符合性分析

本项目的建设，可为医院提供多种诊断、治疗手段，有着重要临床应用价值，可为患者提供放射治疗及介入诊疗服务，并可提高当地医疗卫生水平。

本项目不属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年修改）中“限制类”、“淘汰类”项目，项目符合国家产业政策。

三、实践正当性

本项目的运行，具有良好的社会效益和经济效益，经辐射防护屏蔽和安全管理后，本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够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》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

四、选址合理性

徐州和佳医院有限公司位于徐州市云龙区民富路 39 号，医院东侧为云龙区反邪教主题公园，南侧为云龙玉兰苑，西侧为兴云路，北侧为民富路。

本次新建伽玛刀治疗项目位于医技楼负 3 楼，医技楼四周为院内道路。本项目伽玛刀机房位于医技楼负 3 楼，伽玛刀机房东侧为土层，南侧为过道，西侧为控制室、设备间、走道，北侧为空调机房，上方为停车场，下方为土层。

本次新建伽玛刀治疗项目周围 50m 评价范围东至云龙区反邪教主题公园，北至民富路，其余方向均位于医院范围内，项目运行后的环境保护目标主要为医院辐射工作

人员、医院内的其他医护人员、病患及陪同家属、公园及民富路公众等。

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号）、《江苏省"三线一单"生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49 号）要求，经江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目所在地块位于云龙区中心城区重点管控单元（编码：ZH32030320014）内，不在徐州市生态保护红线内，评价范围内均不涉及优先保护单元和一般管控单元。

本项目伽玛刀机房控制室与治疗室分离，区域划分明确；有用线束不直接朝控制室和其他居留因子较大的用室照射。本项目选址与布局符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的要求。

五、辐射环境现状评价

徐州和佳医院有限公司新建伽玛刀治疗项目拟建址室内周围环境γ辐射剂量率在（51~60）nGy/h 之间，位于江苏省建筑物室内 γ 辐射（空气吸收）剂量率本底水平（50.7~129.4）nGy/h 范围；道路环境天然γ辐射剂量率为（23~27）nGy/h，位于江苏省道路γ辐射（空气吸收）剂量率本底水平（18.1~102.3）nGy/h 范围内。

六、环境影响评价

根据理论估算结果，徐州和佳医院有限公司新建伽玛刀治疗项目在做好个人防护措施和安全措施的情况下，项目对辐射工作人员及周围的公众产生的年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

七、"三废"的处理处置

^{60}Co 放射源使用到一定年限后产生退役的放射源，医院已承诺在设备购销合同中签订废旧放射源的返回厂家的协议，将退役 ^{60}Co 放射源交由放射源生产厂家回收处理。

伽玛刀机房内的空气在γ射线、X 射线作用下，分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，通过动力排风装置排入大气，臭氧常温下约 50 分钟可自行分解为氧气；工作人员和部分患者产生的普通生活污水，由院内污水处理站统一处理；工作人员产

生的生活垃圾，收集后，将交由城市环卫部门处理。对周围环境影响较小。

八、主要污染源及拟采取的主要辐射安全防护措施

徐州和佳医院有限公司拟配备的头部γ刀（带有X射线图像引导系统，最大管电压140kV，最大管电流200mA）内含30枚^{60}Co放射源，总活度为$2.2\times10^{14}Bq$。伽玛刀在治疗及储源过程中，机房治疗室内来自放射源的直射、散射和漏射γ射线、X射线会穿透屏蔽墙及防护门，对机房外的工作人员和公众产生外照射影响。

伽玛刀机房入口处拟设置“当心电离辐射”警告标志，工作状态灯和门机联锁装置，机房内外均设置有急停按钮及监控装置，控制室通过监视器与对讲机与治疗室联络。在伽玛刀机房内设置固定式辐射剂量监测仪，其显示单元拟设置在控制室内，伽玛刀机房拟设置从室内开启治疗机房门的装置，防护门拟设有防挤压功能，开门状态下不能出源照射，出源照射状态下若开门放射源自动回到伽玛刀治疗设备的安全位置，符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）的相关要求。医院^{60}Co放射源由生产厂家负责放射源运输、换装。医院承诺退役^{60}Co放射源委托原厂家回收处理，符合放射源安全管理要求。

九、辐射安全管理评价

徐州和佳医院有限公司已设立辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以医院内部文件形式明确其管理职责。医院已制定辐射安全管理制度，建议根据本报告的要求，对照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，增补相应内容，建立符合本院实际情况的、完善可行的辐射安全管理制度，并在日常工作中落实。

徐州和佳医院有限公司需为本项目辐射工作人员配置个人剂量计，定期送有资质部门检测个人剂量，建立个人剂量档案；定期进行健康体检，建立个人职业健康监护档案。徐州和佳医院有限公司已配备辐射巡测仪1台、拟为本项目配备固定式辐射剂量监测仪1套、个人剂量报警仪2台。

综上所述，徐州和佳医院有限公司新建伽玛刀治疗项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

一、该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

二、定期进行辐射工作场所的检查及检测，及时排除事故隐患。

三、医院取得本项目环评批复后，应及时重新申领辐射安全许可证，按照法规要求开展竣工环境保护验收工作，环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月，最长不超过 12 个月。

辐射污染防治“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施		预期效果	预计投资（万元）
辐射安全管理机构	建立辐射安全与环境保护管理机构，或配备不少于 1 名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作。医院已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。		满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。	/
辐射安全和防护措施	屏蔽措施：伽玛刀机房四侧墙体、顶部采用混凝土结构进行辐射防护，防护门采用铅防护门。详见表 10-1。		满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求。	■
	安全措施	伽玛刀机房防护门设置门机联锁，开门状态下不能出源照射，若出源照射状态开门放射源自动回到伽玛刀设备的安全位置。治疗室外防护门上方拟设置工作状态显示，机房入口设置电离辐射警告标志，机房内及控制室内安装急停按钮，配备监视器及对讲装置，伽玛刀机房拟设置从室内开启治疗机房门的装置，防护门拟设有防挤压功能，在治疗室内设置固定式辐射剂量监测仪。	满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）的相关要求。	
人员配备	辐射安全管理人员和辐射工作人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核，考核合格后上岗。		满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。	■
	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（两次检测的时间间隔不应超过 3 个月），加强个人剂量检测，建立个人剂量档案。			
	辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立放射工作人员职业健康档案。			
监测仪器和防护用品	已配备辐射巡测仪 1 台。		满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》有关要求。	■
	拟配备固定式辐射剂量监测仪 1 套。			
	拟配备个人剂量报警仪 2 台。			
辐射安全管理制度	制定操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施等制度：根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、		满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许	/

	内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。	可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关要求。	
总计	/	/	[redacted]

以上污染防治的措施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

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