

体部伽玛刀 治疗原理与临床应用

主编 孙守岐 李宏斌



四川大学出版社

体部伽玛刀

治疗原理与临床应用

主 编 孙守岐 李宏斌

四川大学出版社

2001年·成都

责任编辑:刘世平
责任校对:田子华
封面设计:冯永革
责任印制:石大明

内容简介

本书对体部伽玛刀的原理与临床应用作了较全面的论述,重点介绍了体部伽玛刀的结构原理、放射物理学基础、放射生物学基础和临床初步应用。为了更好地满足临床实用的需要,作者对体部伽玛刀的有关技术细节、治疗计划制定、优化评估的原则等作了相应的详细介绍。临床应用部分附有大量病例、图例。本书内容丰富,深入浅出,实用性强。对于我国目前正在兴起的立体定向放射治疗,特别是体部伽玛刀和体部 X-刀治疗方面,有一定的帮助和较大的参考价值。

本书可作为放射外科、放射治疗科、肿瘤科等医务工作者,以及从事肿瘤放射生物学、放射物理学教学、研究人员和医学院校学生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

体部伽玛刀治疗原理与临床应用/孙守岐,李宏斌主
编,一成都:四川大学出版社,2001.5

ISBN 7-5614-2112-5

I. 体... II. ①孙... ②李... III. ① γ 射线-放射
疗法-基本知识 ② γ 射线-放射疗法-临床应用
IV. R815.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 23959 号

书 名 体部伽玛刀治疗原理与临床应用

作 者 孙守岐 李宏斌 主编

出 版 四川大学出版社

地 址 成都市一环路南一段 24 号 (610065)

印 刷 郫县犀浦印刷厂

发 行 新华书店经销

开 本 787mm $\times$ 1092mm 1/16

印 张 11.75

插 页 3

字 数 296 千字

版 次 2001 年 5 月第 1 版

印 次 2001 年 5 月第 1 次印刷

印 数 0 001~4 500 册

定 价 28.00 元

◆读者邮购本书,请与本社发行科
联系。电 话:5412526/5414115/
5412212 邮编:610064

◆本社图书如有印装质量问题,请
寄回印刷厂调换。

版权所有◆侵权必究

编 委 会

主 编 孙守岐 李宏斌

主 审 洪元康 杨和清

编 者 (按姓氏笔划排列)

王德昌 主任医师

成都市第一人民医院

邓开鸿 教 授

华西医科大学附属第一医院

孙守岐 教 授

泸州医学院附属成都 363 医院

刘 红 主管护师

泸州医学院附属成都 363 医院

吕风华 高级工程师

深圳奥沃国际科技发展有限公司

李宏斌 讲 师

泸州医学院附属成都 363 医院

萧世群 高级工程师

深圳奥沃国际科技发展有限公司

周家全 教 授

泸州医学院附属成都 363 医院

罗卫华 副教授

泸州医学院附属成都 363 医院

陈 兢 讲 师

泸州医学院附属成都 363 医院

陈朝江 工程师

泸州医学院附属成都 363 医院

唐汉军 讲 师

泸州医学院附属成都 363 医院

黄家银 主管护师

泸州医学院附属成都 363 医院

曾兴炳 副教授

成都军区总医院

序

立体定向放射治疗是一门发展迅速的年轻学科，已成为治疗恶性肿瘤的重要手段之一。立体定向放射治疗的特点是：高精度、高剂量、高疗效、低损伤。

1995年深圳奥沃国际科技发展有限公司在国内首创“立体定向旋转式伽玛射线头部治疗系统（头部伽玛刀）”，1998年又研制了“立体定向旋转式伽玛射线全身治疗系统（体部伽玛刀或称全身伽玛刀）”样机，在山东省肿瘤医院试用。经国家MDA通过的首台伽玛刀于2000年元月在泸州医学院附属成都363医院四川全身伽玛刀肿瘤治疗中心正式投入使用。在省、市医院及医学院校多学科专家组成的“体部伽玛刀治疗研究”小组指导下，该中心一年多来，开展治疗胸、腹、盆腔等恶性肿瘤400多例并做了大量动物试验研究，积累了一定经验。《体部伽玛刀治疗原理与临床应用》就其结构原理及性能特点，伽玛刀治疗的放射物理学基础及体部伽玛刀治疗计划、步骤、剂量及质量控制和保证等结合临床加以阐述，为体部伽玛刀的临床应用，提供了可贵的参考资料，既可供同行参阅借鉴，也可作为肿瘤基础研究工作者及医学院校学生参考书。

钟知强

2001年4月

前 言

肿瘤是一种常见病、多发病，严重危害人类的健康和生命。放射治疗是当今治疗恶性肿瘤的主要手段之一，在国内约有 70% 以上的恶性肿瘤病人需要放射治疗。放射治疗能杀死肿瘤细胞，但同时对照射区域内的正常组织细胞也可产生一定的杀伤效应。放射治疗的原则是对肿瘤区实施高剂量照射，而对病灶周围的正常组织尽可能减少照射。但现有常用的放射治疗设备在进行常规放射治疗时，很难达到这个目的。

近年来，随着高新科技的飞速发展，放射设备和放射源的不断更新，加之计算机技术在放射物理学中的广泛应用，放射治疗肿瘤技术取得了突破性的进展。深圳奥沃国际科技发展有限公司顺应了世界无创伤外科的潮流脱颖而出，首创立体定向旋转式伽玛射线头部治疗系统（简称头部旋转式伽玛刀）和立体定向旋转式伽玛射线体部治疗系统（简称体部旋转式伽玛刀，也称全身伽玛刀）等先进的立体定向放射治疗设备，在临床上具有不开刀、不流血、无痛苦、高精度、高剂量、高疗效、低损伤的特点。我们经过一年多来运用体部伽玛刀治疗恶性肿瘤 400 多例的临床实践和大量的动物实验研究，尝试从治疗原理和临床应用两个方面来探讨这种全新的对肿瘤区实施高剂量照射，对病灶周围的正常组织仅有微量照射的放射治疗肿瘤的新方法。为此我们编写了这部《体部伽玛刀治疗原理与临床应用》，旨在介绍体部伽玛刀治疗肿瘤的原理，总结经验，普及专业知识，并交流体部伽玛刀治疗过程中的科技信息。全书共计八章，约 20 万字，内容包括体部伽玛刀结构原理、性能特点、动物实验和临床应用。本书实用性强，是从事体部伽玛刀治疗工作者（医师）的必备参考书，也是从事肿瘤基础研究工作者和医学院校学生的参考书。

本书在编写出版过程中，得到深圳奥沃国际科技发展有限公司惠小兵先生的全力支持，也得到四川大学医学图书编辑部刘世平、蒋长亨等同志的鼎力相助，同时，得到原华西医科大学肿瘤研究中心肖帮良教授和国家医药管理局四川抗生素研究所药理研究室张舒主任的帮助，在此一并致谢。本书缺点和错误在所难免，敬请各界专家和读者提出宝贵意见，以便今后修订补充。

编者

2001 年 4 月于成都

目 录

第一章 体部伽玛刀的结构原理与性能特点	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 体部伽玛刀的组成	(2)
一、主机	(2)
二、立体定位系统	(6)
三、治疗计划系统	(9)
四、电气控制系统	(10)
第三节 体部伽玛刀的工作原理	(15)
第二章 体部伽玛刀治疗的放射物理学基础	(16)
第一节 核物理一般概念	(16)
一、原子结构	(16)
二、原子能级	(16)
三、核能级	(16)
四、电磁辐射	(16)
五、质能关系	(17)
六、放射性同位素	(17)
第二节 放射线的种类	(17)
第三节 射线与物质的相互作用	(17)
一、电子与物质的相互作用	(17)
二、光子与物质的相互作用	(17)
三、中子与物质的相互作用	(18)
四、射线与物质相互作用的临床意义	(19)
第四节 临床上常用的剂量单位	(21)
第五节 立体定向伽玛射线体部治疗系统	(23)
第六节 体部伽玛刀治疗的剂量学	(23)
一、钴-60 伽玛射线的特点	(23)
二、体部伽玛刀剂量场的特点	(24)
三、体部伽玛刀剂量学参数的测量	(24)
四、体部伽玛刀等剂量曲线	(27)
五、体部伽玛刀传送剂量	(28)
第三章 体部伽玛刀等效生物剂量转换的放射生物学基础	(30)
第一节 临床放射生物学基本概念	(30)
一、放射线的生物效应	(30)

二、细胞存活曲线	(30)
三、细胞存活曲线的临床意义	(31)
四、正常组织及肿瘤组织放射效应	(32)
五、氧增强比	(32)
六、传能线密度 LET 和相对生物效应	(33)
七、治疗比	(34)
八、放射效应预测	(34)
第二节 放射损伤及修复	(35)
一、放射反应与放射损伤	(35)
二、放射损伤类型	(36)
三、放射损伤的修复	(36)
第三节 时间、剂量和分次数学模型	(38)
一、名义标准剂量	(38)
二、线性-二次模式	(38)
第四节 影响肿瘤和正常组织放射反应性的生物学因素	(40)
一、影响放射反应性的生物学因素	(40)
二、放疗中应注意从生物学角度考虑正常组织的合理防护	(41)
第五节 体部伽玛刀的分次治疗	(42)
一、分次立体定向放疗的应用现状	(42)
二、分次立体定向放射治疗的优势	(43)
第六节 根据辐射剂量-生物效应的量效关系设定处方剂量	(43)
一、常规分割与非常规分割的生物等效换算	(43)
二、X(γ)射线立体定向照射(X-刀、 γ -刀)的生物等效换算	(44)
第七节 体部伽玛刀放射生物学动物实验研究	(46)
一、伽玛刀不同剂量一次性照射对小鼠 H ₂₂ 肝癌的疗效动态观察	(46)
二、小鼠 H ₂₂ 肝癌和正常兔肝对伽玛刀照射所致损伤的敏感性对比研究	(48)
三、伽玛刀治疗小鼠 H ₂₂ 肝癌对荷瘤小鼠生存期的影响	(49)
四、体部伽玛刀照射原发性肝癌的动物实验与病理学观察研究	(52)
五、立体定向 γ 射线照射兔正常肝组织急性放射损伤的研究	(54)
六、 γ -射线照射所致肝组织损伤性质的观察	(56)
七、体部伽玛刀不同剂量照射兔正常肝组织后相同时间组织的病理学改变	(57)
第四章 体部伽玛刀治疗计划与治疗步骤	(60)
第一节 体部伽玛刀治疗计划及优化评估	(60)
一、计算机屏幕上常见术语	(60)
二、制定放射治疗计划时应考虑的因素	(61)
三、制定治疗计划的原则及注意事项	(61)
四、治疗计划中涉及的相关概念	(61)
五、制定治疗计划	(67)
六、治疗计划的评估	(69)

第二节 体部伽玛刀治疗的基本步骤	(70)
一、CT 定位扫描	(70)
二、制定治疗计划	(70)
三、实施治疗	(71)
第五章 体部伽玛刀治疗的质量保证和质量控制	(72)
第一节 概述	(72)
第二节 体部伽玛刀治疗的质量保证和质量控制的意义	(72)
第三节 体部伽玛刀部门 QA 的主要内容	(73)
第四节 体部伽玛刀临床 QA 的主要内容	(74)
一、治疗方针的确定	(74)
二、体部伽玛刀治疗计划的制定	(75)
三、体部伽玛刀治疗计划的执行	(76)
四、体部伽玛刀治疗疗效评价及随访	(76)
第六章 常见肿瘤的影像学诊断	(78)
第一节 影像学在肿瘤诊断、鉴别诊断、临床分期和治疗中的作用	(78)
第二节 原发性支气管肺癌	(78)
一、病因	(78)
二、病理	(78)
三、扩散方式	(79)
四、临床表现	(79)
五、影像学诊断	(79)
六、其他检查和诊断方法	(84)
七、主要鉴别诊断	(84)
八、肺癌的 TNM 分期	(84)
第三节 继发性肺癌	(86)
一、常规 X 线表现	(86)
二、CT 和 MRI 表现	(86)
第四节 肺门和纵隔转移性淋巴结肿大	(87)
一、常规 X 线表现	(88)
二、CT 和 MRI 表现	(88)
第五节 食管癌	(89)
一、病因	(89)
二、病理	(89)
三、扩散方式	(89)
四、临床表现	(89)
五、影像学诊断	(90)
六、其他检查和诊断方法	(92)
七、主要鉴别诊断	(92)

八、食道癌的 CT 分期	(92)
第六节 原发性肝癌	(93)
一、病因	(93)
二、病理	(93)
三、临床表现	(93)
四、影像学诊断	(93)
五、其他检查和诊断方法	(96)
六、主要鉴别诊断	(96)
第七节 继发性肝癌	(96)
一、CT 表现	(96)
二、MRI 表现	(96)
第八节 胰腺癌	(97)
一、病因	(98)
二、病理	(98)
三、扩散方式	(98)
四、临床表现	(98)
五、影像学诊断	(98)
六、其他检查和诊断方法	(99)
七、胰腺癌的影像学诊断方法比较	(100)
八、主要鉴别诊断	(100)
第九节 膀胱癌	(100)
一、病理	(100)
二、扩散方式	(100)
三、临床表现	(101)
四、影像学诊断	(101)
五、其他检查和诊断方法	(101)
六、主要鉴别诊断	(102)
七、膀胱癌的病理分期与 TNM 分期	(103)
第十节 直肠癌	(103)
一、病因	(103)
二、病理	(103)
三、扩散方式	(104)
四、临床表现	(104)
五、影像学诊断	(104)
六、其他检查和诊断方法	(105)
七、主要鉴别诊断	(105)
八、直肠癌 CT 分期	(105)

第七章 体部伽玛刀的临床应用	(106)
第一节 胸部肿瘤的伽玛刀治疗	(106)

一、原发性肺癌的体部伽玛刀治疗·····	(106)
二、转移性肺癌的体部伽玛刀治疗·····	(129)
三、食管癌的体部伽玛刀治疗·····	(132)
四、纵隔转移肿瘤的体部伽玛刀治疗·····	(139)
第二节 腹部肿瘤的体部伽玛刀治疗·····	(141)
一、原发性肝癌的体部伽玛刀治疗·····	(141)
二、转移性肝癌的体部伽玛刀治疗·····	(145)
三、胃癌的体部伽玛刀治疗·····	(149)
四、胰腺癌、胆囊癌和胆管癌的体部伽玛刀治疗·····	(150)
五、腹膜后转移性肿瘤的体部伽玛刀治疗·····	(154)
第三节 盆腔肿瘤的伽玛刀治疗·····	(155)
一、膀胱癌的体部伽玛刀治疗·····	(155)
二、宫颈癌的体部伽玛刀治疗·····	(157)
三、直肠癌的体部伽玛刀治疗·····	(158)
第四节 体部伽玛刀临床应用小结·····	(160)
一、体部伽玛刀治疗体部恶性肿瘤 416 例初步报告·····	(160)
二、201 例原发性肺癌体部伽玛刀治疗后近期疗效观察·····	(162)
三、体部伽玛刀治疗肺癌 132 例疗效的影像学评价·····	(164)
四、立体定向 γ 射线治疗原发性肺癌原发灶及 CT 观察·····	(166)
第八章 体部伽玛刀围治疗期的处理·····	(168)
第一节 治疗前准备·····	(168)
一、治疗前的检查·····	(168)
二、全身情况评估·····	(168)
三、其他伴发疾病的治疗·····	(169)
四、心理准备·····	(169)
第二节 治疗中的观察及处理·····	(170)
一、治疗观察·····	(170)
二、实验室监测·····	(170)
三、治疗反应处理·····	(170)
第三节 体部伽玛刀的后续治疗·····	(171)
一、后续常规放射治疗·····	(171)
二、其他辅助治疗·····	(171)
第四节 复诊与随访·····	(172)
附录 体部伽玛刀 CT 定位初探·····	(173)

第一章 体部伽玛刀的结构原理与性能特点

第一节 概述

1951年,瑞典神经外科专家 Leksell 教授首先提出了立体定向放射手术的概念,即用多个小野三维集束射线单次大剂量照射颅内不能手术的,诸如脑动静脉畸形(AVM)病等良性病变。20世纪50年代后期,Leksell 与 Leppsata 大学的放射生物学家 Larsson 合作,采用回旋加速器所产生的质子射线进行了一系列动物实验和临床研究,为寻求放射外科的不同方式及不同放射线的应用奠定了良好的基础。

1967年,Leksell 教授与其同事共同设计并安装了第一代头部伽玛刀,该机采用179个钴-60放射源,并对1例颅咽管瘤进行了治疗。1974年,Leksell 设计的第二代头部伽玛刀采用了201个钴-60放射源,201个钴-60放射源经准直后聚焦于一点,该点称为焦点,通过切换不同准直器可获得射野处大小为4,8,14,18mm的焦点,该机除更适合于功能性神经外科手术外,也适用于治疗颅内其他多种疾病,并可对脑血管畸形(AVM)、听神经瘤、垂体肿瘤和颅咽管瘤进行治疗。

1984年,Bunge 在瑞典设计生产出了第三代头部伽玛刀,第一台安装在阿根廷的布宜诺斯艾利斯市。1985年以后,随着CT、MRI等影像技术和电子计算机技术的发展,头部伽玛刀配备了先进的电子计算机及图像分析仪,使放射剂量计算、方案选择等免除了人工计算,从而使其治疗更加精确。

深圳奥沃国际科技发展有限公司在瑞典静态式伽玛刀的基础上,通过多年的努力,于1995年设计生产了国际上第一台旋转式头部伽玛刀,1996年通过国家鉴定,1997年在美国通过FDA认证。旋转式头部伽玛刀在静态式伽玛刀的基础上做了重大改进,设计更加先进合理。旋转式头部伽玛刀采用的是旋转聚焦工作原理,装在旋转式源体上的30个钴-60放射源绕病灶中心做锥面旋转聚焦运动。由于射线束从非固定路径穿越健康组织,健康组织所受的照射剂量更为分散,每单位体积的健康组织只受到瞬时照射,因此健康组织得以保护。旋转式头部伽玛刀在计算机治疗计划系统、立体定位准直系统的设计上也更为先进,具有结构合理、操作简便、定位准确、安全可靠的特点。

1997年,深圳奥沃国际科技发展有限公司又研制出了世界上首台体部伽玛刀(样机),于同年安装在山东省肿瘤防治研究院,至2001年元月已治疗了胸腔、腹腔、盆腔多种肿瘤400多例,有效率达90%,后通过国家MDA认证,经主管部门批准临床应用。投放市场的首台体部伽玛刀于2000年元月在泸州

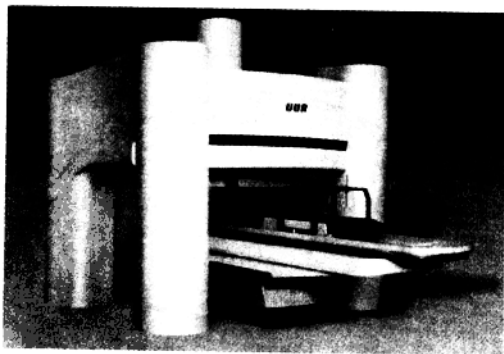


图 1.1 主机外观

医学院附属成都 363 医院——四川伽玛刀治疗研究中心正式投入运行，参见图 1.1。同时，深圳奥沃国际科技发展有限公司将四川伽玛刀治疗研究中心确定为体部伽玛刀国内培训基地。四川伽玛刀治疗研究中心是全国第一家既有头部伽玛刀又有体部伽玛刀的治疗研究和培训“中心”。

第二节 体部伽玛刀的组成

体部伽玛刀又称立体定向伽玛射线全身治疗系统，也称为全身伽玛刀，由主机、立体定位系统、治疗计划和电气控制系统四部分组成。

一、主机

主机共分放射准直系统、钴-60 密封放射源、屏蔽门、机架、治疗床、外罩、y 轴测量、限位装置等七个部分。

(一) 放射准直系统

放射准直系统由源体、准直体和屏蔽体三个部分组成（图 1.2）。

1. 源体 源体由镍铸铁（不锈钢）制造而成，是一个球冠壳体，其内径为 SR395mm，外径为 SR510mm。源体上安有按一定经纬度规律分布的 31 个径向通孔，其中 1 个孔为定位销孔，该孔与准直体上的销孔相匹配。当两孔对准插入定位销时，准直体装有屏蔽棒的 30 个孔与源体的 30 个孔一一对应，这个位置被定义为“零位”，其余 30 个孔供安装预准直器使用，钴-60 密封放射源装在预准直器的源腔中。源体固定在空心轴上，用轴承支撑在屏蔽体内。源体由伺服电机经蜗轮机构驱动，源体旋转时 30 束伽玛射线形成 30 个锥顶角不等的射线锥面。源体下部设有环形槽，内以重金属铅充填，以提高辐射防护性能。源体上孔位分布参见图 1.3。

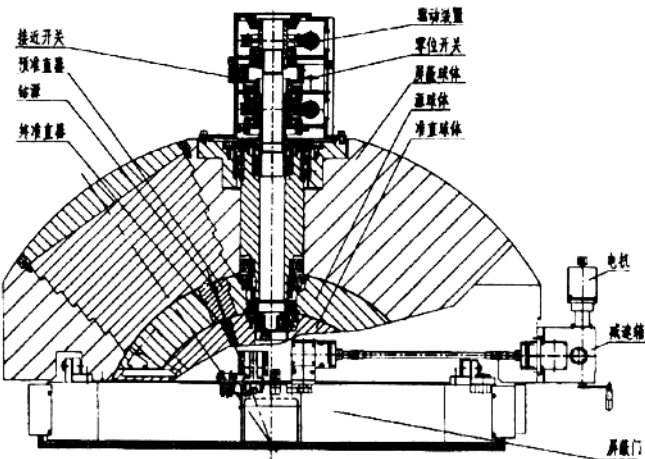


图 1.2 放射准直系统示例

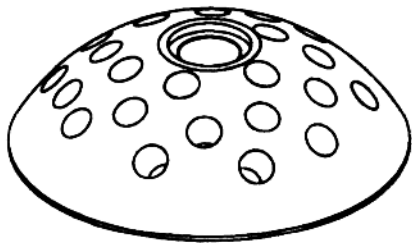


图 1.3 源体上孔位分布图示例

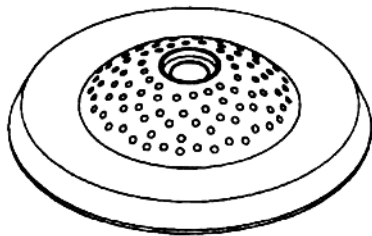


图 1.4 准直体示例

2. 准直体 准直体由镍铸铁（不锈钢）制成，它是内径为 SR275mm、外径为 SR395mm 的球壳体（图 1.4）。准直体上有 121 个通孔，其中 1 个为定位销孔，与源体上的销孔相匹配，其余 120 个孔分四组，每组孔之间在经度上相隔 90 度。每组中的 30 个孔，在相对旋转后都可以与源体上的 30 个预准直孔的轴线对齐。四组孔中的三组供安装内孔径不同的终准直器，以引导伽玛射线在焦点处聚焦（聚焦形成的焦点近似为一橄榄球体，故又称之为焦斑）；另一组供安装屏蔽棒，在非治疗状态时与源体准直通道对位，屏蔽伽玛射线进入空间，与屏蔽门一起达到双重屏蔽的效果。

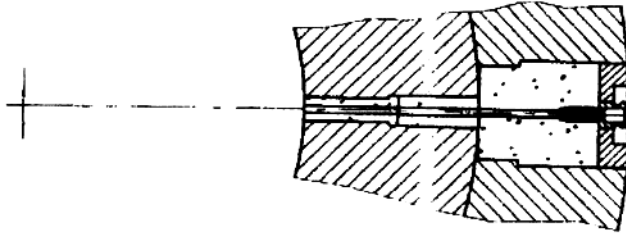


图 1.5 准直通道示意图

安装在源体上的预准直器和安装在准直体上的终准直器构成准直通道（准许射线通过的孔道）（图 1.5）。不同准直器的内孔具有不同的形状和直径，预准直器内孔为直孔；终准直器内孔有三组，为不同孔径的锥形孔。源体和准直体装配后可构成同心的球冠壳体，并分别通过伺服电机实现它们的跟踪转动。治疗时，源体、准直体同步旋转和相对转动，实现准直器更换；通过准直器的更换可得到 $\phi 13$ ， $\phi 33$ ， $\phi 57$ 三种规格的焦点剂量场。

3. 屏蔽体 屏蔽体是放射准直系统三层球冠壳体的最外层，由铸铁制成，其内径为 SR510mm，外径为 SR930mm，高 775mm。它是对射线进行屏蔽，保证工作环境安全的重要部件。放射准直系统的传动机构固定在屏蔽体上。屏蔽体球面上有一个能在纬度上覆盖所有放射源、供装换放射源的阶梯状窗口。非装换放射源时该窗口由一阶梯状屏蔽块封堵，以屏蔽伽玛射线。屏蔽体两侧，沿着与传动轴垂直的方向装有两根耳轴，放射准直系统通过这两个轴安装在机架横梁上。装换放射源时，放射准直系统绕该轴翻转 54.5 度，装源口呈水平位；非装换源状态时，放射准直系统的转轴轴线与地面垂直。

（二）钴-60 密封放射源

钴-60 密封放射源为伽玛刀射线发生器（图 1.6）。源仓为双层不锈钢容器，内装有若干 $\phi 1\text{mm} \times 1\text{mm}$ 的钴-60 颗粒。为加强屏蔽效果，容器的口部用钨合金封堵，最外面焊以不锈钢封头。钴-60 密封放射源的一端还设有供机械手抓取的凹槽和安装固定的卡槽。

放射源包壳经过跌落、穿刺等破坏性试验，每件钴-60 密封放射源在装配封焊完成后，外壳经过彻底清洗，以避免放射性粉尘可能带来的污染。

体部伽玛刀共装有 30 个钴源，钴源在源体的分布纬度在 39.5 度~69.5 度范围内，钴-60 密封放射源的安全性能等级不低于 GB4075 规定的 E63534。

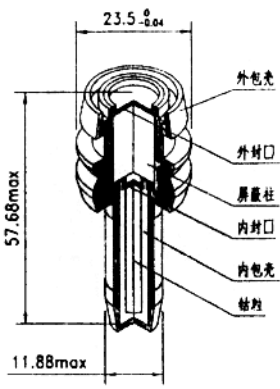


图 1.6 钴-60 密封放射源示例

(三) 屏蔽门

体部伽玛刀具有双重屏蔽安全保护设计, 非治疗状态下, 除了准直体处于屏蔽位, 放射准直系统下面的两扇 170mm 厚的铸铁屏蔽门 (图 1.2) 也处于关闭状态。

屏蔽门为平拉式, 每扇门分别以两根承重导轨悬挂在屏蔽体下。两扇屏蔽门由步进电机、减速箱和连杆机构传动。屏蔽门和治疗床间有运动互锁功能, 用以防止设备误动作对人员可能造成的伤害。屏蔽门上装有供处理紧急情况的手柄。当出现系统瘫痪等必须人工处理的紧急情况时, 通过手柄直接推屏蔽门, 即可将其关闭, 确保安全。

(四) 机架

机架是支撑、固定放射准直系统的构件。装换放射源时, 在机架上装上专用绞车, 便可进行放射源装换。装在机架后侧的定位角铁用于在正常状态下定位和固定放射准直系统 (图 1.7)。

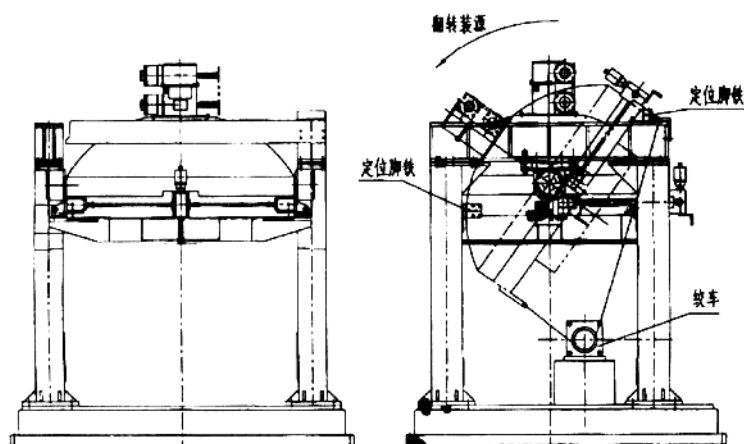


图 1.7 机架结构图示例

(五) 治疗床

治疗床的作用是承载、固定病员, 并能按治疗计划的要求将病员任意部位的靶点 (医生确定的伽玛刀治疗的病灶部位) 准确无误地送至伽玛刀焦点 (图 1.8)。

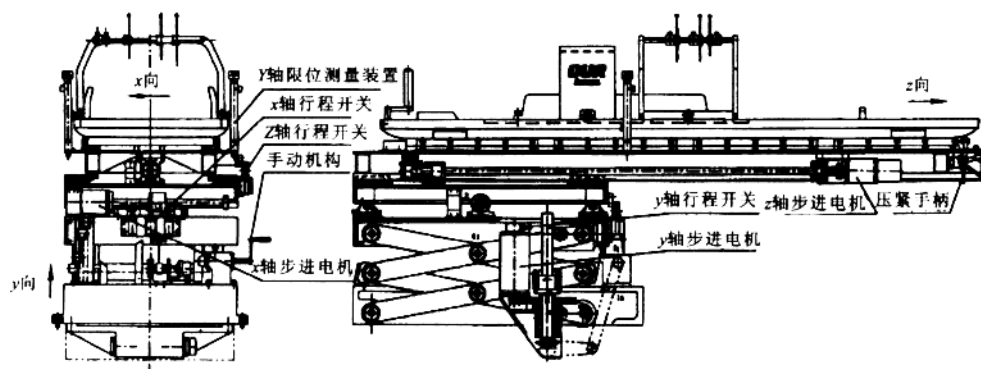


图 1.8 治疗床结构图示例

治疗床分上、中、下三层，可分别作 x 、 y 、 z 三个方向的运动（人体冠状面为 x 、 z 平面，其中头、脚方向定义为 z 方向，横断面为 x 、 y 平面）。上层采用步进电机 + 滚珠丝杠的直接传动方式，中层采用步进电机 + 滚珠丝杠的减速传动方式，下层则采用了步进电机 + 蜗轮蜗杆减速 + 剪刀架的传动方式。三层运动支撑均采用直线滚动导轨，它具有运动刚性好、传递运动准确的特点。治疗床的 y 轴区装有一套紧急手动机构供维修人员使用，维修人员可用手动方式将治疗床升高或降低。

治疗床的最上层（ z 层）沿 z 轴方向对称地布置了四排滚轮，主要起支撑和定位作用（ x 、 y 方向）。另外，在图 1.9 y 轴测量及限位装置图示例床的头端和脚端分别设有定位挡块或快速压紧手柄，用来对治疗床 z 轴的定位和固定。治疗床各轴均设有行程开关，作为行程限位和零位设定，参见图 1.8。

（六） y 轴测量及限位装置

伽玛刀的所有运动部件和运动都采用了隔离保护措施或安全保护装置。为确保病员的安全，治疗床的 z 轴床面上还装有两个 y 轴测量、限位装置（参见图 1.8）。测量装置用于在治疗前确认病员的体表最高点，在治疗中，机器一旦出现意外故障时，限位装置（内有一只限位开关）能对病员的安全起到最后和最可靠的保障作用。

治疗前，先将病人定位，然后松开 y 轴限位装置的锁紧螺母（图 1.9），打开激光器并扫描病人体表，找到最高点后将锁紧螺母锁紧。

注意： y 轴限位装置属被动保护装置。为了确保定位和治疗成功，定位时应使病灶位于治疗床的有效治疗空间内（图 1.10），并应同时确认病灶最低点到病员体表最高点的垂直距离不能超过 175mm（ $\leq 175\text{mm}$ ），否则应放弃治疗。

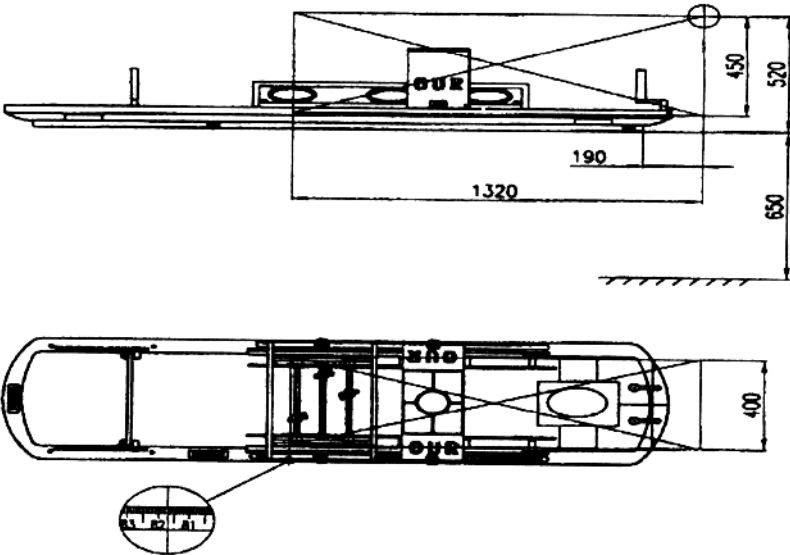
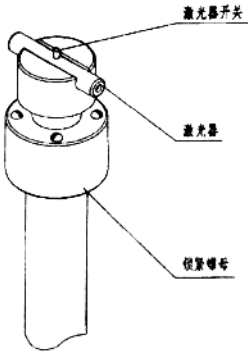


图 1.10 治疗床的有效定位/治疗空间（单位 mm）

（七）外罩

为了使全身伽玛刀装置与医院环境相协调，给病人以舒适安全的感觉，它配有专门的外罩。外罩包括主机、治疗床两部分。维修或装换放射源时外罩的拆卸须由专门人员进行（参见图 1.1）。

二、立体定位系统

立体定位系统是体部伽玛刀重要的组成部分，它是一个三维坐标系，且完全无创伤。定位时，将病员与立体定位系统中的定位部件相对固定，经 CT/MRI 扫描，可获得有关病灶（位置、形状、大小、体表投影）及周围敏感组织的详细情况，为治疗计划提供必要的依据。治疗时将病灶恢复到定位时的位置，从而实现高精度、多次重复的立体定向治疗。

（一）立体定位系统的组成

体部伽玛刀立体定位系统由治疗床、定位标尺、重复定位尺、负压袋、屏蔽保护装置和辅助设施（头枕、脚蹬、手柄、腹带）等部分组成（图 1.11）。主要用于胸、腹、盆腔病灶的定位。

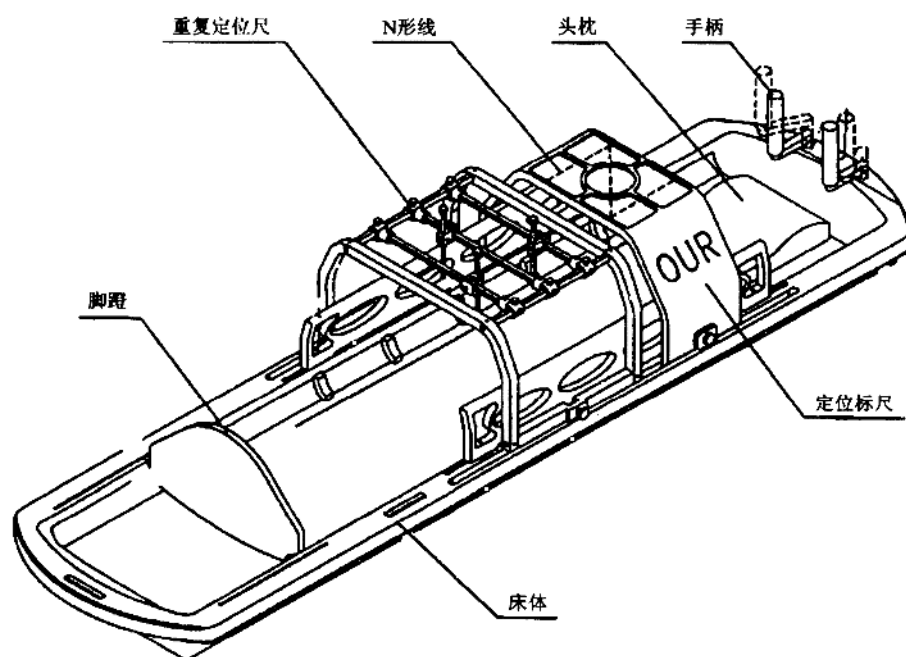


图 1.11 立体定位系统

1. 治疗床 床体用轻质高强度的碳纤维复合材料制成。左右床沿上安装有护板，在护板外侧的床沿上分别有一平底槽和“V”形槽组成一副移动用导轨，用于定位标尺、重复定位尺和屏蔽保护装置的安装及重复定位（图 1.12）。

治疗床床沿头端有两个六方柱孔，用以安装手柄，床沿的脚端有两根滑杆，用于安装和调整脚蹬的位置。治疗床底的一侧还设有两个可上下调整的挡块（即 CT 适配器），用于诊