

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410081270.6

[51] Int. Cl.

A61B 6/04 (2006.01)

A61B 6/08 (2006.01)

A61N 5/00 (2006.01)

[43] 公开日 2006年5月31日

[11] 公开号 CN 1778275A

[22] 申请日 2004.11.19

[21] 申请号 200410081270.6

[71] 申请人 吴大可

地址 610041 四川省成都市人民南路四段 55
号四川省肿瘤医院 8 幢 2 单元 7 号

共同申请人 吴大怡

[72] 发明人 吴大可 吴 兰

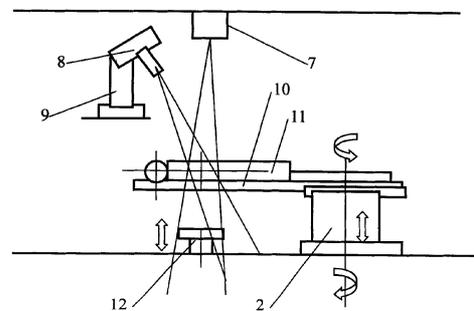
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 7 页

[54] 发明名称

自控动态立体定向放射治疗系统

[57] 摘要

本发明是医疗设备领域中的自控动态立体定向放射治疗系统，该系统由正、逆向放射治疗计划系统(1)、三维数控治疗床(2)、实时影像自动跟踪系统(3)、机器人系统(4)、射线源(5)、剂量验证及质量保证系统(QA)(6)六大模块组成。本发明将现代放射治疗中的模拟定位、治疗计划、图像引导、精确照射、适形治疗完全集成在一起，达到了减少放疗设备、缩短治疗过程、提高治疗精度、降低治疗成本的目的。同时，采用了独自发明的自动控制可变野准直器，解决了传统加速器 X 刀和 Cyberknife 在一次照射过程中，只能使用一种直径的圆形准直器进行数次小野照射，不能进行调强放射治疗的难题。



1. 一种自控动态立体定向放射治疗系统, 其特征在于由正、逆向放射治疗计划系统(正、逆向 TPS) (1)、三维数控治疗床(2)、实时影像自动跟踪系统(3)、机器人系统(4)、射线源(5)、剂量验证及质量保证系统(QA)(6) 六大模块组成; 其中, 正、逆向放射治疗计划系统(正、逆向 TPS) (1)分别与三维数控治疗床(2)、实时影像自动跟踪系统(3)、机器人系统(4)、射线源(5)、剂量验证及质量保证系统(QA) (6)相连, 三维数控治疗床(2)与实时影像自动跟踪系统(3)相连, 实时影像自动跟踪系统(3)与机器人系统(4)相连, 机器人系统(4)与射线源(5) 相连, 射线源(5)与剂量验证及质量保证系统(QA) (6)相连。

2. 根据权利要求 1 所述的自控动态立体定向放射治疗系统, 其特征在于正、逆向放射治疗计划系统 (正、逆向 TPS) (1)由正向放射治疗计划和逆向放射治疗计划两大模块组成; 其中, 正向放射治疗计划包括用于可变野圆形(方形)准直器头部、体部和常规治疗时的软件; 逆向放射治疗软件用于可变野方形准直器作调强放射治疗(IMRT) 时使用; 在正、逆向放射治疗计划系统(正、逆向 TPS) (1)数据库中还存在有治疗病人的有关医学影像(CT、MRI (核磁共振)、SPECT (正电子扫描)、PET/CT、US (超声) 等) 资料, 治疗机的物理剂量学数据以及 PACS 会诊资料; 正、逆向放射治疗计划系统(正、逆向 TPS) (1) 通过放疗网络系统和医生工作站、实时影像自动跟踪系统(3)、剂量验证及质量保证系统(QA)(6)相连接, 随时对放疗计划进行检查、调整和验证。

3. 根据权利要求 1 所述的自控动态立体定向放射治疗系统, 其特征在于三维数控治疗床(2) 由定位装置和控制系统组成; 定位装置是固定病人头部和体部的专门设备, 其三维位移运动精度小于 0.1mm; 三维数控治疗床(2)的控制系统和实时影像自动跟踪系统(3)、机器人系统(4) 以及射线源(5) 的控制系统互动连接, 根据靶区位置和优化后的照射条件确定运动参数。

4. 根据权利要求 1 所述的自控动态立体定向放射治疗系统, 其特征在于实时影像自动跟踪系统(3) 由一台低能 X 线(80~150Kv) 发生

器(7)、一套 DR 数字接受器或影像增强器(12)、图像采集及跟踪系统和跟踪控制系统组成；由低能 X 线(80~150Kv) 发生器(7)和图像采集系统，通过立体平移及变角的方法，可以实时获得病人的体位和靶区的三维准确图像，并使跟踪系统从病人(11)处获得的影像资料测定的结果，通过控制计算机，控制机器人(9)的位移位置，使加速器(8)准确地对病人(11)进行各种技术方式的照射。

5. 根据权利要求 1 所述的自控动态立体定向放射治疗系统，其特征在于机器人系统(4)由控制系统和机器人(9)组成，其中，机器人(9)必须具有 6 个自由度，每个关节上均装有编码器，射线源(5)中的可变野准直器(13)的位置和旋转角度，能通过机器人(9)的几何模型和关节编码器的瞬时值计算出来，精度应达到 0.1~0.5mm 之间，其运动轨迹的半径为 1 米，机器人臂负重能力在 150 公斤左右；机器人(9)的控制系统和实时影像自动跟踪系统(3)及加速器(8)的控制系统相联系，协同作用。

6. 根据权利要求 5 所述的自控动态立体定向放射治疗系统，其特征在于机器人(9)可采用国内外市售通用工业机器人。

7. 根据权利要求 1 所述的自控动态立体定向放射治疗系统，其特征在于射线源(5)由控制系统和带有可变野准直器(13)的 6 MV 直线加速器(8)组成；其中，加速器(8)安装在机器人(9)上，为常规 6MV 医用直线加速器，要求驻波加速管更短，重量更轻，其剂量率应大于 300MU/分，对距离 800 毫米的靶目标，RMS 定位误差小于 0.5 毫米，RMS 随病人移动追踪误差小于 1 毫米。

8. 根据权利要求 7 所述的自控动态立体定向放射治疗系统，其特征在于可变野准直器(13)由四片由螺杆控制自由运动的贫铀或钨合金挡块(14)组成；它可以通过用计算机调节不同挡块(14)位移的方式实现射线的遮挡和通过，并通过机器人(9)的精准灵活运动(等中心、非等中心、步进、螺旋)及在不同位置驻留时间长短变化，实现照射野大小的变化和射线剂量传输强度的调节，从而达到调强放射治疗的目的；实现治疗照射的照射野数量取决于靶体积的大小和可变野准直器面积的组合方案；最小射野光栅为 5×5mm，最大射野光栅为 50×50mm，中间为无级变速调节，可组合成多种长方形和正方形照射野模式，其实际照射野面积可大于 40×40cm。

9. 根据权利要求 8 所述的自控动态立体定向放射治疗系统, 其特征在于挡块 (14) 的运动方式为滚珠滑动; 调节控制为微电机控制螺纹丝杆。

自控动态立体定向放射治疗系统

所属技术领域：本发明涉及医疗设备领域，具体是一种自控动态立体定向放射治疗系统。

背景技术：放射治疗是治疗肿瘤疾病最主要手段之一。目前世界上放射治疗方法和设备的主要发展方向是：一，追求“三精”（精确定位、精确计划、精确治疗）治疗原则，尽量减少对健康组织或敏感组织的损伤；二，设备集成化，专业化，网络化，以降低成本；三，力求设备的功能多样性，能满足目前多种发展的放疗技术。螺旋 X 射线断层放疗(Tomotherapy)系统、Cyberknife 立体定向放射治疗（手术）系统、肿瘤定位与治疗一体化系统(Exact Targeting)的出现正体现了这种发展趋势。

螺旋 X 射线断层放疗系统是将病灶的实时成像与放射治疗有机地结合在一起，在一台设备上实现。成像与治疗都使用的是高能 X 射线，即将 CT（X 线断层摄影）和加速器的功能系于一身，CT 随时为治疗装置服务，相当于治疗设备上配有的专用实时精确定位工具，其目的是为了更逼真地实施调强适形放疗(IMRT)，更有效地保护敏感组织的安全，为病人提供尽可能完善和尽可能经济的放射治疗。该产品的主要优点是：1)精确计划：配有治疗计划优化软件，比传统治疗计划系统的使用更方便；2)精确定位：在对患者的肿瘤实施每个断层治疗之前，使用特殊的兆伏级 CT 精确验证其位置，使得医生能够及时调整计划，保证射线束流真正作用于病灶；3)精确治疗：与传统放疗比较，可采用束流的螺旋传输实现复杂的调强放疗，使放射剂量完全集中于肿瘤，避免对周围健康组织的伤害；4)精确验证：医生在治疗过程中验证放射剂量，根据需要调整剂量；5)系统集成：将传统的加速器中的模拟机、治疗计划系统、适形块和补偿器及部分图像系统集成在一起，简化了流程，降低了治疗成本，提高了工作效率。

Cyberknife 立体定向放射治疗（手术）系统由美国 Accuray 公司

与斯坦福大学共同开发，又称赛博刀。用于治疗头、颈、颈与脊椎结合部的实体肿瘤。也可用于肺、肝、前列腺、胰腺等实体肿瘤。该系统定位精确和无需支架的优势使其应用范围还可扩展到治疗其它类型肿瘤的患者。该设备的主要特点是将 6MeV 直线加速器置于 6 自由度的大型机器人手臂上，以图像导引系统取代刚性的立体定向用的框架，加速器的等中心可以随靶区的变化而同步变化，核心技术是机器人和图像导引系统。主要优点是解决了不使用头盔和定位框架，及照射时脏器生理位移运动问题。其特点表现在以下几个方面：1) 能够靠近和覆盖任何目标体；2) 临床应用广泛，包括：用其他系统无法治疗到的颅脑内或其周围的肿瘤，例如较低的后部凹处和枕骨大孔处的疾患；提高了保护敏感组织能力；能够治疗颈部脊椎处肿瘤；能够治疗较大体积的肿瘤；能够治疗不宜手术的肿瘤；有治疗全身肿瘤的可能性；3) 适形剂量传输程度高；4) 由于克服了刚性立体定向用框架需要重复定位的困难，可采用分次治疗选择；5) 一次可同时治疗多个位置的肿瘤。目前，该机尚不能作调强技术治疗。

肿瘤定位与治疗一体化系统(Exact Targeting)装置将 CT 和直线加速器置于同一房间，用于放射治疗时对肿瘤的精确定位使用该装置后，医生能依据肿瘤的大小、位置、肿瘤的形状以及周围组织的情况对放射治疗进行精确的调整。Exact Targeting 装有一种被称为 Exact Couch with Indexed Immobilization 的定位装置，Exact Couch 将 GE 公司的 HiSpeed CT 扫描仪和瓦里安公司的 Clinac 直线加速器及 Ximatron 模拟机有机地连为一体，病人不需移动，只需移动治疗床面。原则上实现了放射治疗时病人的体位与治疗前成像时的体位完全一致。瓦里安的 RPM 门控系统可保证使患者呼吸引起的肿瘤移动产生的影响减小到最小程度。Ximatron 模拟机则能提供从最简单到最复杂的 IMRT 治疗技术，来自模拟机的 XimaVision 图像和 DRR（数字重建影像）被用作加速器上输入图像的基准。该系统每 50ms 快速调整放射束流和多叶光栅的能力使 IMRT 治疗达到最快最精确的程度。在治疗前和治疗期间得到的 DRR 和输入图像的自动匹配保证了患者 IMRT 计划的重复进行。PortalVisionXI 系统得到的相关剂量测定图像可与由治疗计划得到的预定剂量分布进行比较。传统上放射治疗的进行都要依赖于治疗前所获得的图像，有了 Exact Targeting 后，肿瘤的确切、治疗计

划的拟定、病人的定位、治疗情况的验证等一系列的措施就会得到更好地协调。这些工作流程会在一种更加连续、更加理想化的环境中完成。

随着 PET/CT 技术和分子生物学影像技术的发展，以图像引导的自适应放疗（ART）和生物适形多维放疗（BCRT）技术和方法正在进入放射治疗领域，对肿瘤放射治疗设备提出了更新、更高的要求。

发明内容：本发明的目的是为了克服现有放疗设备技术的缺陷，提供一种自控动态立体定向放射治疗系统(**Robort Stereotactic Radiotherapy System**)，将现代放射治疗中的模拟定位、治疗计划、图像引导、精确照射、适形治疗完全集成在一起，以达到减少放疗设备、缩短治疗过程、提高治疗精度、降低治疗成本的目的。

本发明的目的是通过下述技术方案来实现的：

本发明的自控动态立体定向放射治疗系统由正、逆向放射治疗计划系统(正、逆向 TPS) (1)、三维数控治疗床(2)、实时影像自动跟踪系统(3)、机器人系统(4)、射线源(5)、剂量验证及质量保证系统(QA)(6)六大模块组成；其中，正、逆向放射治疗计划系统(正、逆向 TPS) (1)分别与三维数控治疗床(2)、实时影像自动跟踪系统(3)、机器人系统(4)、射线源(5)、剂量验证及质量保证系统(QA) (6)相连，三维数控治疗床(2)与实时影像自动跟踪系统(3)相连，实时影像自动跟踪系统(3)与机器人系统(4)相连，机器人系统(4)与射线源(5)相连，射线源(5)与剂量验证及质量保证系统(QA) (6)相连。

上述方案中，正、逆向放射治疗计划系统 (正、逆向 TPS) (1)由正向放射治疗计划和逆向放射治疗计划两大模块组成；其中，正向放射治疗计划包括用于可变野圆形（方形）准直器头部、体部和常规治疗时的软件；逆向放射治疗软件用于可变野方形准直器作调强放射治疗(IMRT) 时使用；在正、逆向放射治疗计划系统(正、逆向 TPS) (1)数据库中尚存贮有治疗病人的有关医学影像(CT、MRI（核磁共振）、SPECT（正电子扫描）、PET/CT、US（超声）等) 资料，治疗机的物理剂量学数据以及 PACS 会诊资料；正、逆向放射治疗计划系统(正、逆向 TPS) (1) 通过放疗网络系统和医生工作站、实时影像自动跟踪系统(3)、剂量验证及质量保证系统(QA)(6)相连接，随时对放疗计划进行检查、调整和验证。

上述方案中，三维数控治疗床(2)由定位装置和控制系统组成；定位装置是固定病人头部和体部的专门设备，其三维位移运动精度小于 0.1mm；三维数控治疗床(2)的控制系统和实时影像自动跟踪系统(3)、机器人系统(4)以及射线源(5)的控制系统互动连接，根据靶区位置和优化后的照射条件确定运动参数。

上述方案中，实时影像自动跟踪系统(3)由一台低能 X 线(80~150Kv)发生器(7)、一套 DR 数字接受器或影像增强器(12)、图像采集及跟踪系统和跟踪控制系统组成；由低能 X 线(80~150Kv)发生器(7)和图像采集系统，通过立体平移及变角的方法，可以实时获得病人的体位和靶区的三维准确图像，并使跟踪系统从病人(11)处获得的影像资料测定的结果，通过控制计算机，控制机器人(9)的位移位置，使加速器(8)准确地对病人(11)进行各种技术方式的照射。由于低能 X 线(80~150Kv)发生器(7)和 DR 数字接受器或影像增强器(12)以同一圆心运动，其位移精度和图像配准精度、重建精度、以及器官移动误差测量精度都很高。

上述方案中，机器人系统(4)由控制系统和机器人(9)组成，其中，机器人(9)必须具有 6 个自由度，每个关节上均装有编码器，射线源(5)中的可变野准直器(13)的位置和旋转角度，能通过机器人(9)的几何模型和关节编码器的瞬时值计算出来，精度应达到 0.1~0.5mm 之间，其运动轨迹的半径为 1 米，机器人臂负重能力在 150 公斤左右；机器人(9)的控制系统和实时影像自动跟踪系统(3)及加速器(8)的控制系统相联系，协同作用。

上述方案中，机器人(9)可采用国内外市售通用工业机器人。

上述方案中，射线源(5)由控制系统和带有可变野准直器(13)的 6 MV 直线加速器(8)组成；其中，加速器(8)安装在机器人(9)上，为常规 6MV 医用直线加速器，要求驻波加速管更短，重量更轻，其剂量率应大于 300MU/分，对距离 800 毫米的靶目标，RMS 定位误差小于 0.5 毫米，RMS 随病人移动追踪误差小于 1 毫米。

上述方案中，可变野准直器(13)由四片由螺杆控制自由运动的贫铀或钨合金挡块(14)组成；它可以通过用计算机调节不同挡块(14)位移的方式实现射线的遮挡和通过，并通过机器人(9)的精准灵活运动(等中心、非等中心、步进、螺旋)及在不同位置驻留时间长短变化，

实现照射野大小的变化和射线剂量传输强度的调节，从而达到调强放射治疗的目的；实现治疗照射的照射野数量取决于靶体积的大小和可变野准直器面积的组合方案；最小射野光栅为 $5 \times 5\text{mm}$ ，最大射野光栅为 $50 \times 50\text{mm}$ ，中间为无级变速调节，可组合成多种长方形和正方形照射野模式，其实际照射野面积可大于 $40 \times 40\text{cm}$ 。

上述方案中，挡块（14）的运动方式为滚珠滑动；调节控制为微电机控制螺纹丝杆。

本发明提出的自自动态立体定向放射治疗系统 (Robot Dynamic Stereotactic Radiotherapy System) (RSRT)，是一种集成放射治疗系统。它在放射治疗中提出了人工智能 (Robot) 的概念，并将这种全新的设计思路 and 理念贯穿治疗过程的始终，突破了三自由度治疗模式，采用六个自由度治疗技术结合动态可变野准直器把现代放射治疗的主要工作：模拟定位、治疗计划、图像引导、精确照射、适形治疗，多、快、好、省的集成结合在一块，使现代放射治疗技术有了全新的变化。此外，本发明和 CyberKnife 最大的差别是，采用了独自发明的自动控制可变野准直器，解决了传统加速器 X 刀和 CyberKnife 在一次照射过程中，只能使用一种直径的圆形准直器进行数次小野照射，不能进行调强放射治疗的难题。

表一给出了本发明 (RSRT) 和几种现放射治疗设备技术功能的比较。

附图说明：

图 1 是本发明的示意图。

图 2 是本发明实施例的示意图。

图 3 是图 2 的左视及运动示意图。

图 4 是本发明实施例的可变射野准直器剖视示意图。

图 5 是图 4 的俯视示意图。

图 6 是 15 度时的子野强度传输图。

图 7 是 48 度时的子野强度传输图。

图 8 是 137 度时的子野强度传输图。

图 9 是 283 度时的子野强度传输图。

图 10 是需要的照射野。

图 11 是将图 10 分割开来的子野之一。

图 12 是将图 10 分割开来的子野之二。
 图 13 是将图 10 分割开来的子野之三。
 图 14 是将图 10 分割开来的子野之四。
 图 15 是将图 10 分割开来的子野之五。
 图 16 是将图 10 分割开来的子野之六。
 图 17 是本发明的系统控制流程图。
 图 18 是本发明的工作流程图。

表一 RSRT 和 IMRT、Tomotherapy、X 刀及 CyberKnife 功能比较

设备	RSRT	IMRT	Tomotherapy	X 刀	CyberKnife
适用治疗部位	全身	全身	全身	头部	全身
放射源种类	6MV X 线	6—20MV X 射线	6MV X 线	6MV X 线	6MVX 线
靶区实时监视及射线方位修正	有	无	无	无	有
固定头/体架	不需	必备	必备	必备	不需
分次治疗	可以	不宜	不宜	不宜	可以
治疗过程	<ul style="list-style-type: none"> • 治疗计划 • 治疗 • 结束 	<ul style="list-style-type: none"> • 固定头(体)架 • MR(或 CT) 扫描 • 治疗计划 • 治疗 • 拆头架 • 结束 	<ul style="list-style-type: none"> • 固定头(体)架 • CT 扫描 • 治疗计划 • 治疗 • 拆头架 • 结束 	<ul style="list-style-type: none"> • 固定头(体)架 • MR(或 CT) 扫描 • 治疗计划 • 治疗 • 拆头架 • 结束 	<ul style="list-style-type: none"> • MR(或 CT) 扫描 • 治疗计划 • 治疗 • 结束
多部位肿瘤同时治疗	可以	不可以	可以	不可以	可以
实时动态放疗	可以	需另购门控系统	需另购门控系统	不可以	可以
3D IMRT 放疗	可以	可以	可以	不可以	不可以
治疗操作技术	简单	复杂	复杂	复杂	简单
配套设备	1.CT、MRI、PET	1.CT、MRI、PET; 2. 模拟定位机/CT-Sim; 3. MLC; 4. 正、逆向 TPS; 5. 实时定位验证系统; 6. 剂量验证系统	1.MRI、PET; 2. 正、逆向 TPS	1. CT、MRI、PET; 2. 模拟定位机/CT-Sim; 3. MLC; 4. 正、逆向 TPS; 5. 实时定位验证系统; 6. 剂量验证系统	1. CT、MRI、PET;

具体实施方式:

下面结合附图及实施例进一步详述本发明,但本发明不仅限于所述实施例。

附图中,各数字的含义为:1:正、逆向放射治疗计划系统(正、逆向 TPS);2:三维数控治疗床;3:实时影像自动跟踪系统;4:机器人系统;5:射线源;6:剂量验证及保证系统(QA);7:低能 X 线射线源;8:带有动态变野准直器的 6 MV 直线加速器;9:六自由度机器人;10:治疗床面;11:病人;12:可移动 DR 影像增强器;13:可变野准直器;14:挡块。

如图 1、图 2 和图 3 所示,本发明的自自动态立体定向放射治疗系统由正、逆向放射治疗计划系统(正、逆向 TPS) (1), 三维数控治疗床(2), 实时影像自动跟踪系统(3), 机器人系统(4), 射线源(5), 剂量验证及保证系统(QA) (6) 六大模块组成,其中,正、逆向放射治疗计划系统(正、逆向 TPS)(1)分别与三维数控治疗床(2)、实时影像自动跟踪系统(3)、机器人系统(4)、射线源(5)、剂量验证及保证系统(QA) (6)相连,三维数控治疗床(2)与实时影像自动跟踪系统(3)相连,实时影像自动跟踪系统(3)与机器人系统(4)相连,机器人系统(4)与射线源(5)相连,射线源(5)与剂量验证及保证系统(QA) (6)相连。

正、逆向放射治疗计划系统(正、逆向 TPS) (1)由正向放射治疗计划和逆向放射治疗计划两大模块组成;其中,正向放射治疗计划包括用于可变野圆形准直器头部、体部和常规治疗时的软件;逆向放射治疗软件用于可变野方形准直器作调强放射治疗(IMRT)时使用;在正、逆向放射治疗计划系统(正、逆向 TPS) (1)中还存贮有治疗病人的有关医学影像(CT、MRI、SPECT、PET/CT、US 等)资料,治疗机的物理剂量学数据以及 PACS 会诊资料;正、逆向放射治疗计划系统(正、逆向 TPS) (1)通过放疗网络系统和医生工作站、实时影像自动跟踪系统(3)、剂量验证及保证系统(QA) (6)相连接,随时对放疗计划进行检查、调整和验证。

三维数控治疗床(2)由定位装置和控制系统组成;定位装置是固定病人头部和体部的专用设备,其三维位移运动精度小于 0.1mm;三维数控治疗床(2)的控制系统和实时影像自动跟踪系统(3)、机器人系统(4)以及射线源(5)的控制系统互动连接,根据不同靶区位置和优化后

的照射条件确定其运动参数。

实时影像自动跟踪系统(3)是整个系统的关键装置,采用和 CyberKnife 完全不同的方法和技术,由一台低能 X 线(80~150Kv) 发生器(7)、一套 DR 数字接受器或影像增强器(12)、图像采集及跟踪系统和跟踪控制系统组成;从低能 X 线(80~150Kv) 发生器(7)和图像采集系统通过立体平移及变角的方法,可以实时获得病人的体位和靶区的三维准确图像,并使跟踪系统从病人(11)处获得的测量结果,通过控制计算机,控制机器人(9)的位移位置,用加速器(8)准确地对病人(11)进行各种技术方式的照射。由于低能 X 线(80~150Kv) 发生器(7)和 DR 数字接受器或影像增强器(12)以同一圆心运动,其位移精度和图像配准精度、三维重建精度、以及器官移动误差测量精度都很高。

机器人系统(4)由控制系统和机器人(9)组成,其中,机器人(9)必须具有 6 个自由度,每个关节上均装有编码器,射线源(5)中的可变野准直器(13)的位置和旋转角度,能通过机器人(9)的几何模型和关节编码器的瞬时值计算出来,精度应达到 0.1~0.5mm 之间,其运动轨迹的半径为 1 米,机器人臂负重能力在 150 公斤左右;机器人(9)的控制系统和实时影像自动跟踪系统(3)及加速器(8)的控制系统相联系,协同作用。

机器人(9)可采用国内市售通用工业机器人。

射线源(5)由控制系统和带有可变野准直器(13)的 6 MV 直线加速器(8)组成,其中,加速器(8)安装在机器人(9)上,为 6MV 医用直线加速器,要求驻波加速管更短,重量更轻,其剂量率应大于 300MU/分,对距离 800 毫米的靶目标,RMS 定位误差小于 0.5 毫米,RMS 随病人移动追踪误差小于 1 毫米。

如图 4、图 5 所示,可变野准直器(13)由四片由螺杆控制自由运动的钨合金挡块(14)组成;它可以通过计算机调节不同挡块(14)位移的方式实现射线的遮挡和通过,并通过机器人(9)的精准灵活运动(等中心、非等中心、步进、螺旋)和在不同位置驻留时间长短变化,实现照射野大小的变化和射线剂量传输强度的调节,从而达到调强放射治疗的目的;实现治疗照射的照射野数量取决于靶体积的大小和可变野准直器射野面积的组合方案;最小射野光栅为 5×5mm,最大射野光栅为 50×50mm,中间为无级变速调节,可组合成多种长方形和

正方形照射野模式，其实际照射野面积可大于 $40 \times 40 \text{cm}$ 。

挡块（14）的运动方式为滚珠滑动；调节控制为电控螺纹丝杆。

可变野准直器（13）的工作方式可以采用类似动态螺旋步进调强方式。

例如，在 TPS 设计时，采用在 180 度~270 度弧段内对人体进行可变弧度旋转照射，这可以使远离等中心的剂量大大降低。在以 270 度弧段照射时，将 270 度分成 55 段，每段 5 度，计算出各弧段下可变野准直器要实施的强度分布。为了在 5 度范围内实现预定的强度分布，可变野准直器每隔 0.25 度改变其状态，于是实际强度分级数可达 20 级，误差小于 5%。TPS 把处理结果输出给可变野准直器系统，成为运行系统的控制文件。在治疗时，系统的控制文件指令控制可变野准直器运行速度和机器手在不同角度位置时，准直器挡块应处的状态，确保射线照射治疗时的准确性。图 6~图 9 给出了在 15 度、48 度、137 度 283 度不同角度时，子野强度传输的变化。

可变野准直器（13）的工作方式也可以采用类似步动(Step and Shoot)式或串列断层(Serial Tomotherapy)调强方式。

例如，对于图 10 所示的照射野，首先，把受照靶区调强照射野分割成若干较小强度的平野(子野)，用叠加的不规则平野的剂量分布来近似调强照射野的剂量分布。在照射过程中，一个平野照射完后，关闭加速器，当第二个射野形成后，再打开加速器继续照射，直到照完所有的子野。上图给出了在同一层面上的全部子野构成的不规则的平野，所有层面的不规则平野构成了实际照射时可变野准直器的射野序列。在实际治疗过程中，按上述原则，在不同序列子野可选用不同大小的可变野准直器的照射野，调节机器手的距离位置和准直器的角度，如法照射，直至按计划设计要求照完所有子野。图 11~图 16 给出了 6 个不同子野的形状。

自控动态立体放射治疗系统在正式治疗照射之前必须通过剂量验证系统(6) 检验，对治疗计划设计方案与用体模和胶片剂量计、电离室、TLD(热释光剂量计)、半导体探测器等实测结果数据相比较，应达到一定误差精度(一般应小于 3%)计划方可执行，否则应返回重新检查设计方案。

本发明的整个系统控制的流程图如图 17 所示，整个系统的工作是

通过放疗网络把模拟定位、治疗计划、图像引导、精确照射、适形治疗有机结合在一起，形成了一个闭环的自动控制系统。

本发明的工作流程如图 18 所示,当医生对肿瘤病人的以前病史询问和病理资料分析后,确定该病人是将进行何种治疗治疗方法:常规放疗、自控动态立体定向放疗还是其它方法(手术、化疗、中医等)。对要进行自控动态立体定向放疗的病人,首先应作 CT 或 MRI、SPECT、US、PET/CT 等医学影像检查,确定肿瘤的部位、大小、周围的危及器官和组织。然后用这些资料通过正、逆向放射治疗计划系统(正、逆向 TPS) (1) 做出病人的自控动态立体定向放射治疗的(正向或逆向)优化设计方案。作完放射治疗计划设计的病人马上即可送入治疗室进行放射治疗。不需要像传统放射治疗方法那样,进行模拟定位(或 CT 模拟定位)。在病人躺在治疗床(2) 上后,用简单的体位固定方法稍加固定后,便用实时影像自动跟踪系统(3) 对病人的体位和肿瘤靶区进行图像采集、三维重建、建模并和从 CT 等影像资料得到的图像进行比较、融合、配准。当建立了以病人骨形解剖结构为坐标系的定位系统后,通过控制系统对靶区进行实时跟踪。机器人(9) 根据跟踪数据不断调整、修正各个关节和手臂的位移、角度参数使加速器的准直器的大小和方位,始终按治疗计划设计的方案执行治疗照射。在治疗过程中,并可根据体位变化和器官运动修正照射参数,一旦出现意外或重大误差,即可通过自动控制系统中止照射。每次在正式照射治疗前,都应用剂量验证系统对方案进行检验,当设计计划方案与实测结果误差小于 3%时,认为方案可行。当结果大于 3%时,便要对方案进行检查和修正。每次照射治疗完后,全部技术参数资料和验证资料一起归档备查。

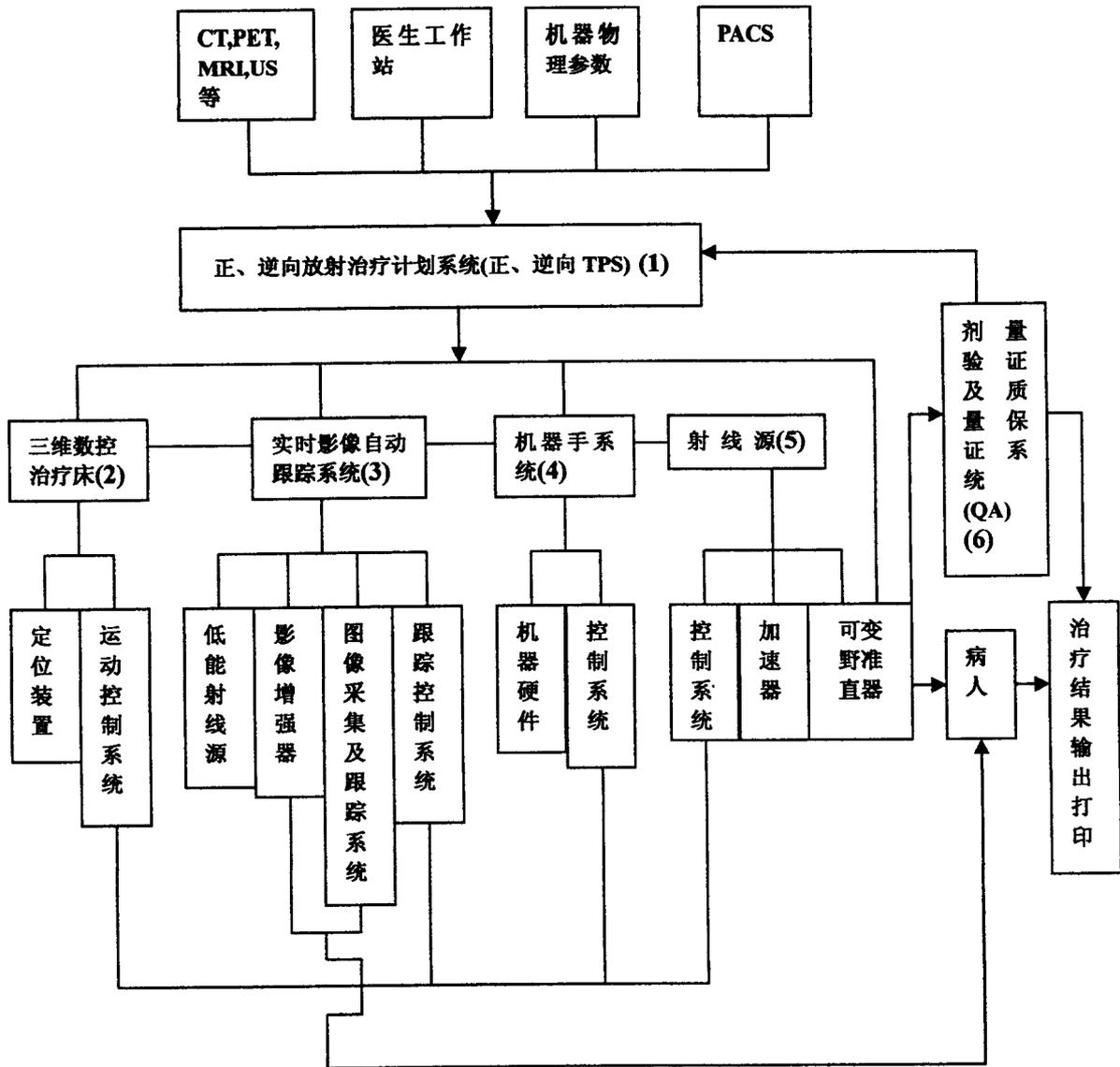


图 1

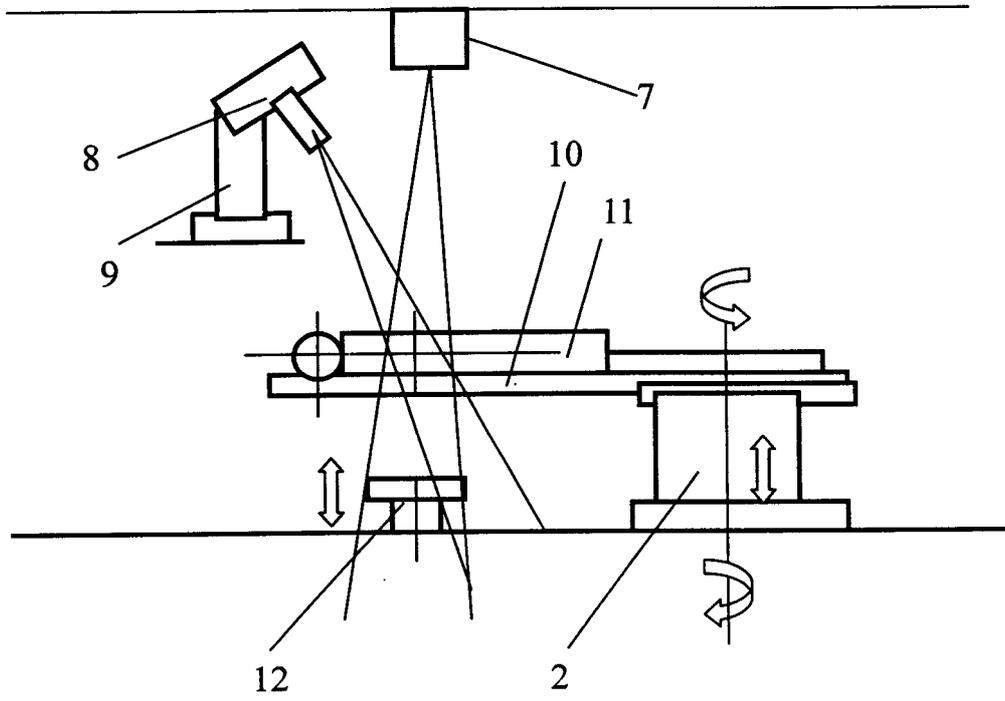


图 2

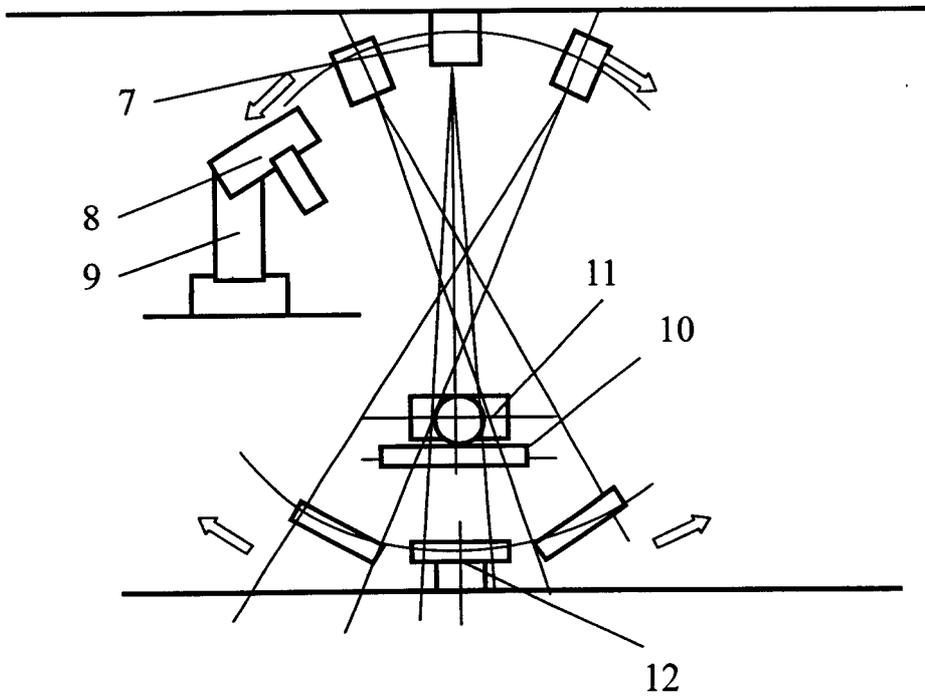


图 3

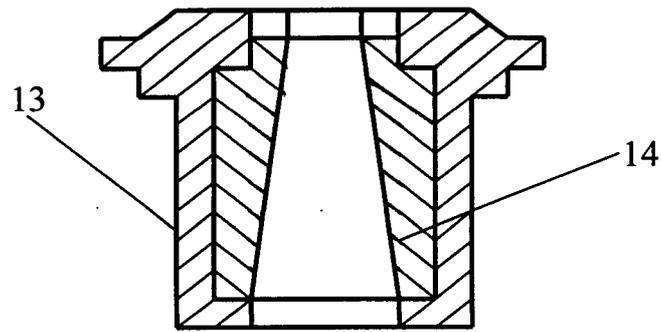


图 4

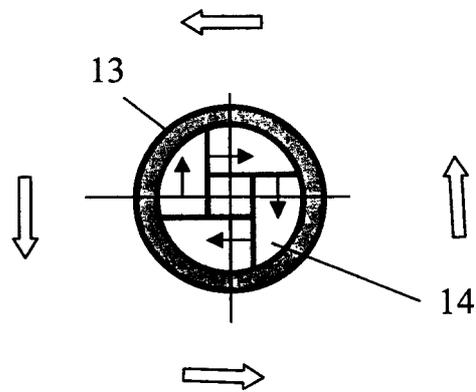


图 5

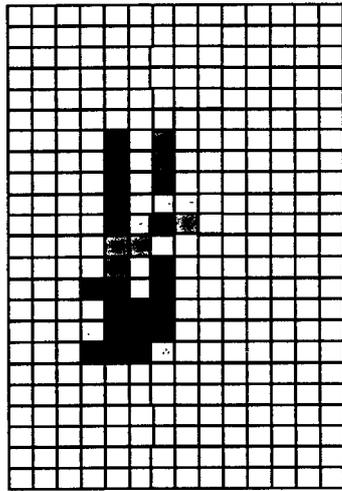


图 6

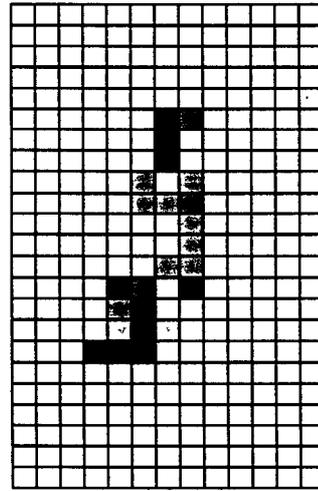


图 7

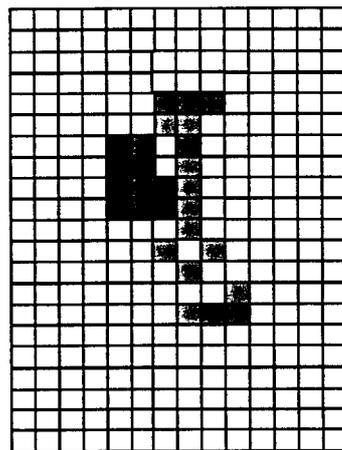


图 8

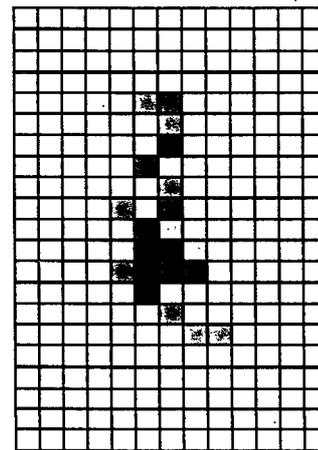


图 9

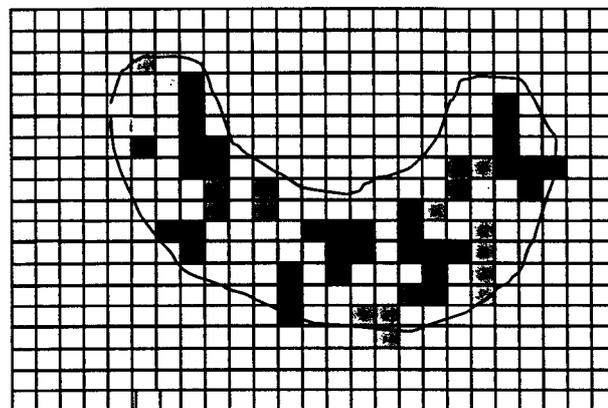


图 10

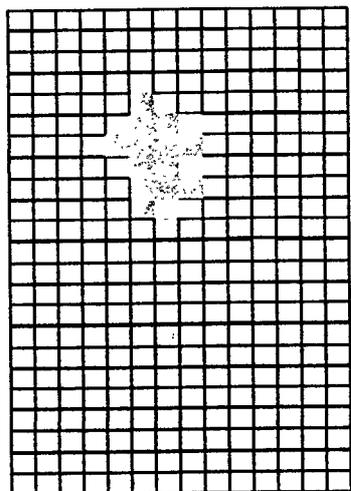


图 11

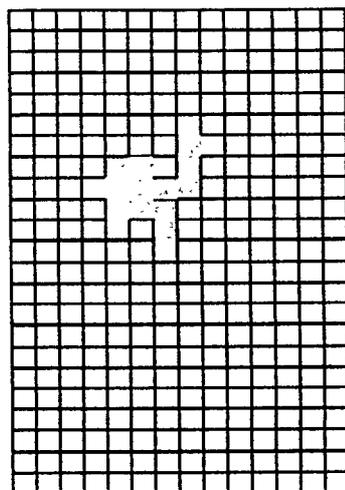


图 12

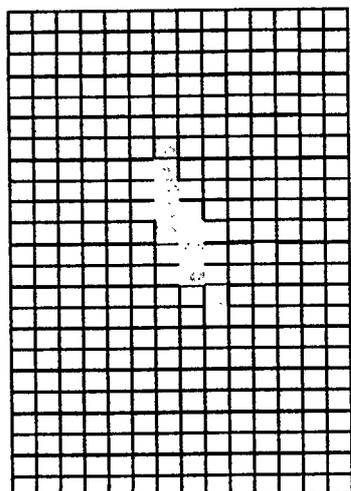


图 13

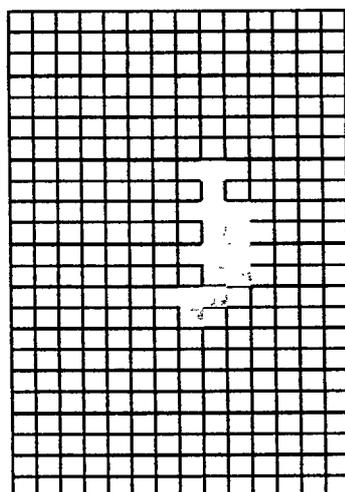


图 14

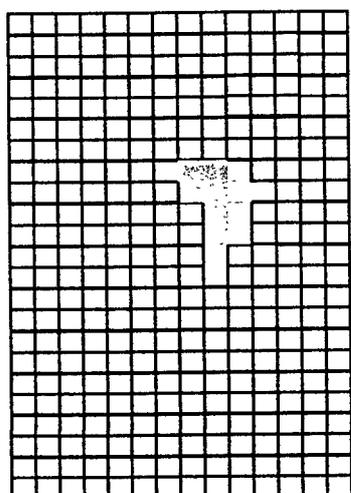


图 15

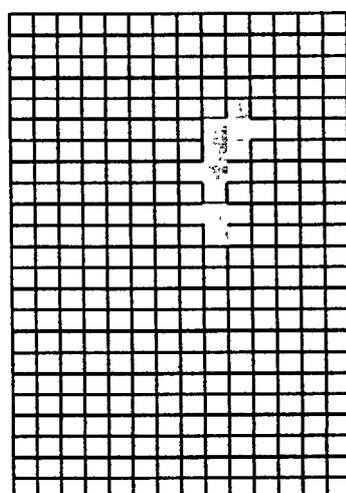


图 16

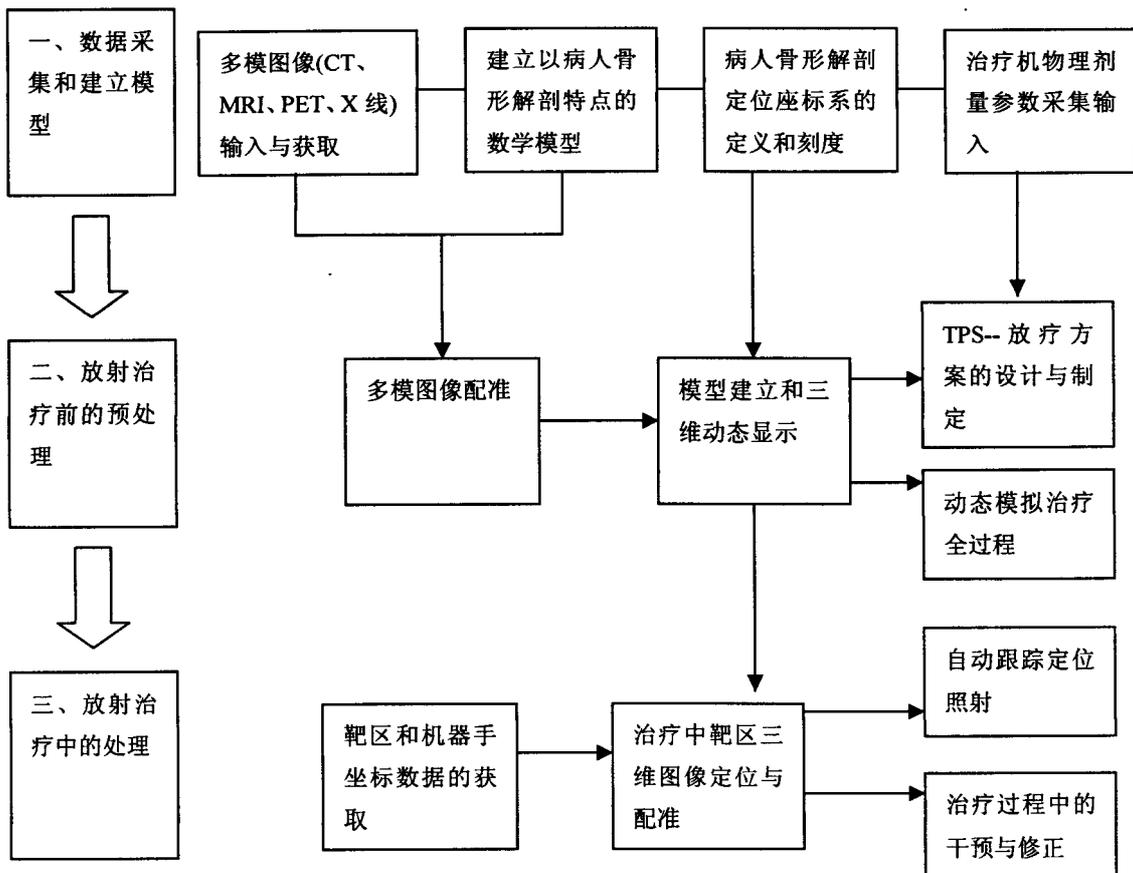


图 17

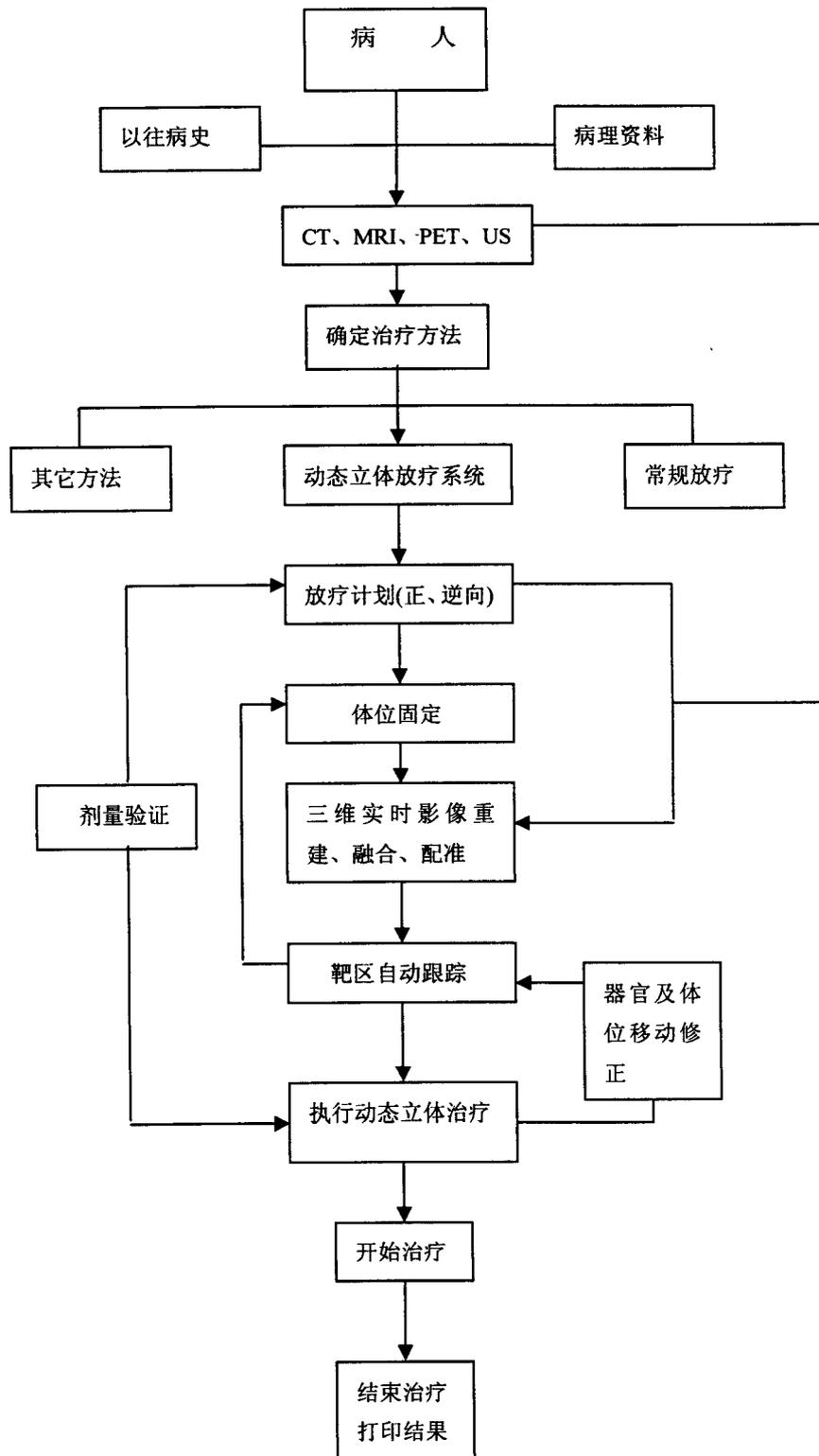


图 18

专利名称(译)	自控动态立体定向放射治疗系统		
公开(公告)号	CN1778275A	公开(公告)日	2006-05-31
申请号	CN200410081270.6	申请日	2004-11-19
[标]申请(专利权)人(译)	吴大可		
申请(专利权)人(译)	吴大可 吴大怡		
[标]发明人	吴大可 吴兰		
发明人	吴大可 吴兰		
IPC分类号	A61B6/04 A61B6/08 A61N5/00		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明是医疗设备领域中的自控动态立体定向放射治疗系统，该系统由正、逆向放射治疗计划系统(1)、三维数控治疗床(2)、实时影像自动跟踪系统(3)、机器人系统(4)、射线源(5)、剂量验证及质量保证系统(QA)(6)六大模块组成。本发明将现代放射治疗中的模拟定位、治疗计划、图像引导、精确照射、适形治疗完全集成在一起，达到了减少放疗设备、缩短治疗过程、提高治疗精度、降低治疗成本的目的。同时，采用了独自发明的自动控制可变野准直器，解决了传统加速器X刀和Cyberknife在一次照射过程中，只能使用一种直径的圆形准直器进行数次小野照射，不能进行调强放射治疗的难题。

