

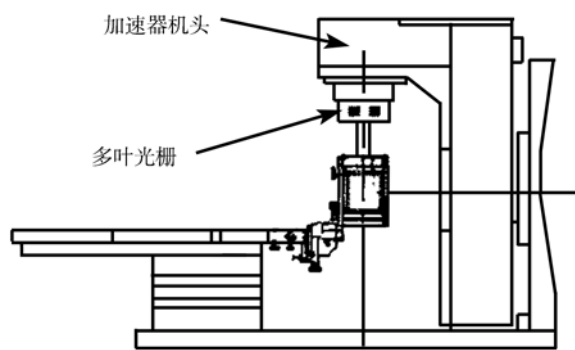


图2 外置多叶光栅的安装位置

两组叶片相向排列安装于支架上,叶片可以在支架上移动,移动的方向与射线束轴线方向垂直,每个叶片都由步进电机独立驱动;由于在叶片之间为减少运动时的相互摩擦而留有适当的间隙,为减少放射线通过此间隙的泄漏,还在两组叶片的下面各安装一个可移动的挡板,通过挡板的适当移动来遮挡泄漏的放射线。为了防止相对应的两片钨叶在闭合时发生碰撞,闭合的两片钨叶之间也留有微小的间隙,同样为了降低在此间隙泄漏的放射线,也可以在与两组钨叶相垂直的方向再安排一组防漏挡板。

在放疗过程中,治疗计划系统对输入的病人病灶 CT 扫描图像提取肿瘤轮廓数据,生成叶片驱动文件,传给叶片驱动系统来驱动叶片运动,形成肿瘤形状一致的射野,同时直线加速器产生高能射线经过光栅产生的射野孔照射到病灶区内。图3为完整的多叶光栅放射治疗系统流程图。

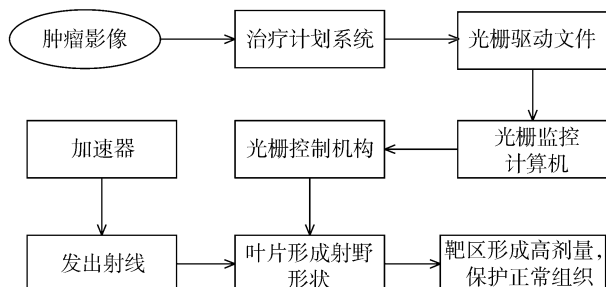


图3 多叶光栅放疗系统的工作流程

多叶光栅的工作方式

利用多叶光栅调强照射,按其叶片的运动和照射之间的相互时序关系,可分为静态调强,动态调强以及旋转动态调强三种方式。静态调强技术的特点为:每个射野(称为母野)转化为若干个子野,光栅先形成某一个子野,然后照射,只在相邻子野照射中间改变;照射过程中机架角不变,各个子野

的不同权重的强度分布叠加形成了“母野”所需要的强度分布。该技术本质上是适形技术的延伸,每个子野可以当作一个单独的射野来处理。治疗机内计算机控制系统可对每个子野的位置自动设置和验证。由于每个子野的位置都要验证,总体治疗时间相对较长。动态调强技术的特征是:照射和叶片的运动是同时进行的,照射过程中机架角不运动,光栅的相对应叶片(左,右叶片)以一定的间隔朝同一方向以不同的速度运动,其运动速度是时间的函数,叶片位置,叶片速度,输出的加速器监视器跳数值和剂量率相互影响。由于叶片运动和照射是同时进行的,动态调强的总治疗时间要比静态调强的相对较短,但这是以叶片位置外部验证机会的减少为代价的。旋转 MLC 调强是在照射过程中同时依次旋转机架和改变射野(子野)的形状进行照射;每一整个旋转,完成一组子野的照射。治疗机的 MLC 控制系统在旋转照射过程中完成相邻子野间的子野形状的转换。

上述三种调强技术都各有优缺点,对不同的技术,都有相应的、严格的检查光栅叶片运动到位精度,叶片运动速度精度,叶片运动一致性的保障机制,以及加速器监视器跳数较小照射时的机器性能等的质量保证和质量控制措施。

国内外研究现状

国外研究起步较早,自20世纪90年代开始,多叶光栅的叶片运动算法,放射线屏蔽选材,机械加工,控制系统等一系列问题得到解决,瓦里安、诺莫斯、西门子、博医来、飞利浦、医科达等公司推出了设计形式上各自不同的多叶光栅。如瓦里安公司设计的多叶光栅就有50/80/120个叶片等多种规格,叶片高度6厘米,单叶最大行程16厘米,叶片端部采用半径8厘米的圆弧设计,在加速器中心平面上产生的最大射野可达到40厘米×40厘米,可用于三维适形放疗、静态调强、动态调强放疗等场合。

国内的多叶光栅研究起步较晚,但随着调强放射治疗的临床应用的愈加广泛,相关的关键技术研究也开始走向深入。拓能公司生产的自动多叶光栅叶片数目为27对,最小叶片厚度为3毫米,在加速器等中心面产生的最大射野达14厘米×16厘米,可用于适形放疗、静态调强、动态调强等方面,叶片漏射率小于1.8%。此外,大恒公司、大连现代、深圳一体等也先后推出了有各自专利技术的实用多叶



同步辐射光打开显微世界的大门

杨先碧

2009 年 4 月 29 日，我国迄今最大的大科学装置“上海同步辐射光源”正式在上海张江高科技园区竣工。该装置于 2004 年 12 月 25 日开工建设，总投资约 12 亿元人民币。该光源发出的超强 X 光将对微观世界的认知带来一场成像革命，为许多前沿学科领域的研究提供一种先进的工具（图 1）。



图 1 上海同步辐射光源外观

由废变宝的同步辐射

同步辐射光这个词听起来很神秘而高深，其实它不过就是一种特殊的人造光而已。我们生活中的光分为两种，一种是自然光，比如太阳发出的光；

一种就是人造光，比如我们家里的蜡烛和电灯发出的光就是人造光。上面所列举的几种光都是我们看得见的光，其实还有许多我们看不见的光在科学研究和工农业生产中的应用更为广泛，比如传播电视节目和手机通话等通信信号用到的微波，就是一种看不见的人造光。严格来说，同步辐射光源也不是用来制造我们肉眼可见的光，而是发出从远红外线到硬 X 射线的不同波长的电磁波。

那么，为什么称这种光为“同步辐射光”呢？这与它的来源有关系。1947 年，美国通用电器公司的 4 位研究人员在同步加速器上发现了这种特殊的光，因而被命名为“同步辐射光”。研究人员利用同步辐射加速器加速电子时，当电子束以接近光速运动并改变运动方向后，这种奇特的光沿着电子运动轨迹的切线方向产生了。由于产生同步辐射光会损耗能量，会让同步加速器的加速能力减弱，因此研究人员很讨厌它，希望想办法除掉这种不受欢迎的副产物。现在想想，要是当初研究人员除掉了这个副产物，这对科学研究该是多么大的损失啊！

光栅放疗系统。

对放射治疗来说，肿瘤（靶区）与周围重要器官解剖位置关系可以分成两大类：第一类为凸型靶区即肿瘤（靶区）外形为凸形，重要器官位于靶区周围。对这类肿瘤的治疗，用适形照射技术基本上可以实现对肿瘤的高剂量照射，而周围重要器官的剂量不会超过其最高耐受剂量。第二类为凹形靶区，即靶区内含有重要器官，如头颈部鼻咽癌和腹部前列腺癌等，要给肿瘤（靶区）较高的致死剂量，势必引起靶内或靶附近重要器官的严重的放射性损伤。对凹形肿瘤，需要使用调强适形照射技术。而多叶光栅对于凹形靶区的治疗是目前调强适形照射技术中的最佳选择。它能够有效地提高放射治疗的治疗增益比，有效地将放射线的剂量集中到肿

瘤，从而避免对周围重要器官的过量照射。随着相关技术的进步，叶片运动速度，到位精度和叶片漏射率等物理指标的不断改进，多叶光栅有望进一步提高调强适形放射治疗的疗效，给病患带来更大的福音。对生物适形放射治疗等当今国际上放疗研究领域的热点问题，多叶光栅可以基于功能影像（如核磁共振成像）与解剖影像的图像融合技术，对肿瘤区域及危及器官亚区域进行精确划分，为后续生物适形放射治疗研究工作打下基础。

（安徽省合肥市合肥工业大学应用物理系 230031）

[基金项目]国家“973”计划项目（2006CB708307），国家自然科学基金（60872112 和 10805012），安徽省自然科学基金项目（070413081），浙江省自然科学基金项目（Z207588）