

逆向调强放射治疗

川北医学院放射治疗学教研室

李贤富 教授



一、逆向设计优化技术

1、逆向设计的方法原理

逆向设计是根据医生所确定的目标和剂量分布要求作为出发点，通过数学方法，推导出一个可执行的实际照射方法，并满足目标剂量的分布与实际照射剂量分布的偏差趋于零的处理过程，也就是通过逆向优化计算得出最接近目标剂量分布函数的实际计划方案。

Four Beams Prostate Plan 前列腺四野照射计划

3D CRT+IMRT

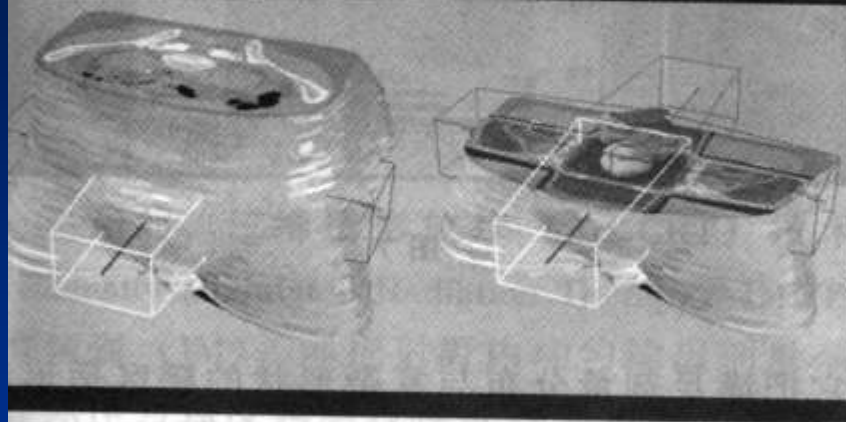


图 1

逆向设计的简单概念—问题

		2	3		
?		5	4	6	?
?		2	1	3	?
		4	3	5	?
		↑	↑	↑	
		?	?	?	

图 2

求出解

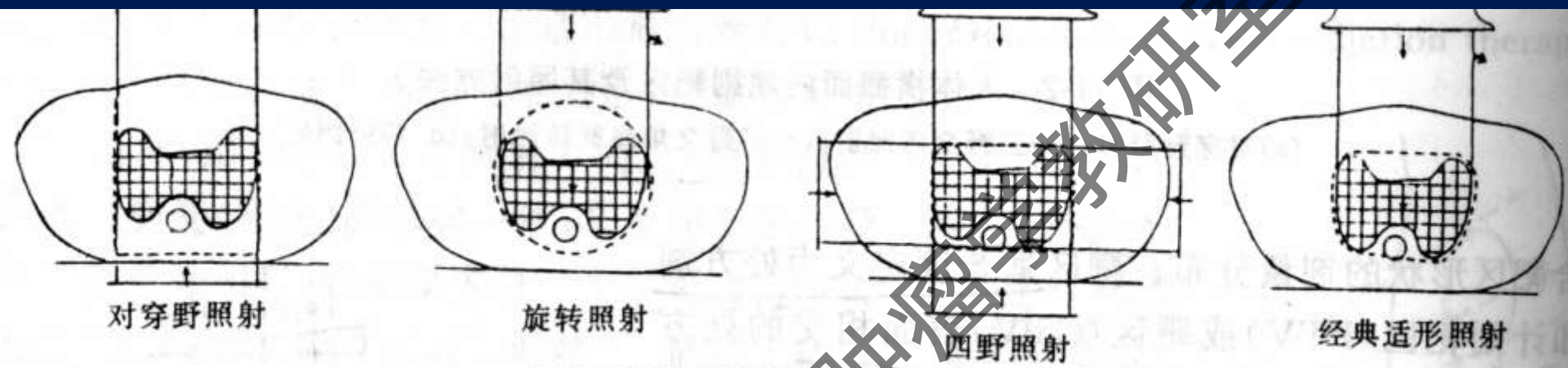
		1	0	2	
		↓	↓	↓	
1		5	4	6	3
1		2	1	3	0
2		4	3	5	1
		↑	↑	↑	
		0	0	0	

更多解？

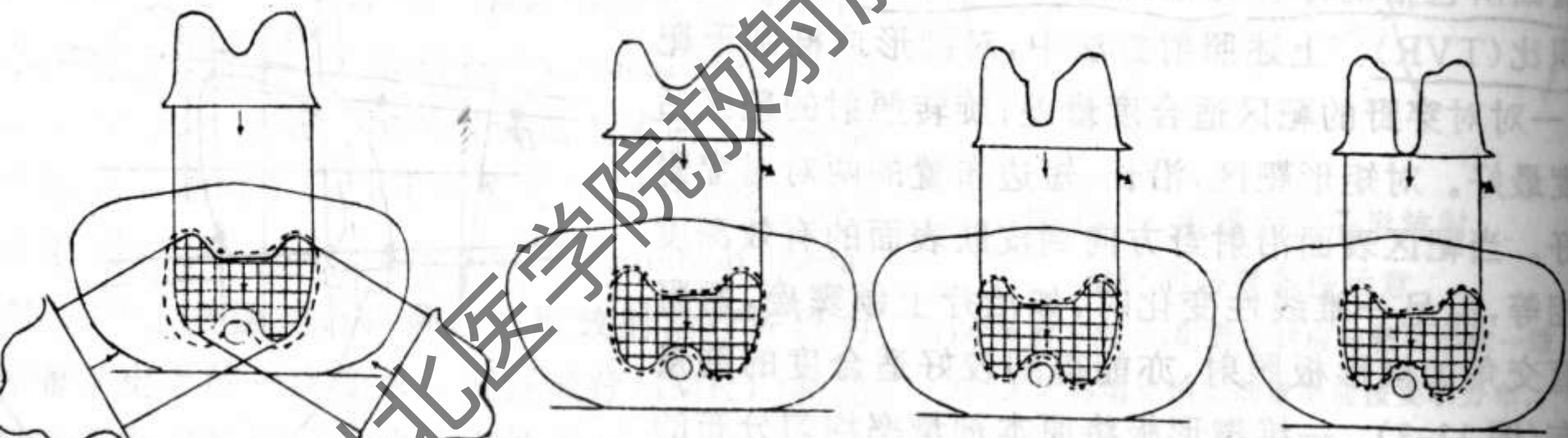
		1	0	2	
		↓	↓	↓	
1		5	4	6	3
1		2	1	3	0
2		4	3	5	1
		↑	↑	↑	
		0	0	0	
		1	0	2	
		↓	↓	↓	
1		5	4	6	3
1		2	1	3	0
2		4	3	5	1
		↑	↑	↑	
		1	0	0	

2、逆向设计的优点

- ①它把满足剂量分布与复杂形状的靶区适形以及充分的防护相邻危及器官的优化选择委托给智能化的计算机去完成，故大大节省了计划设计时间，方便了医生和物理师。
- ②对于复杂肿瘤和某些凹嵌形状的肿瘤也只有采用逆向设计及调强放射治疗技术才能达到目的。



(a) 常规及经典适形照射



115%

110%

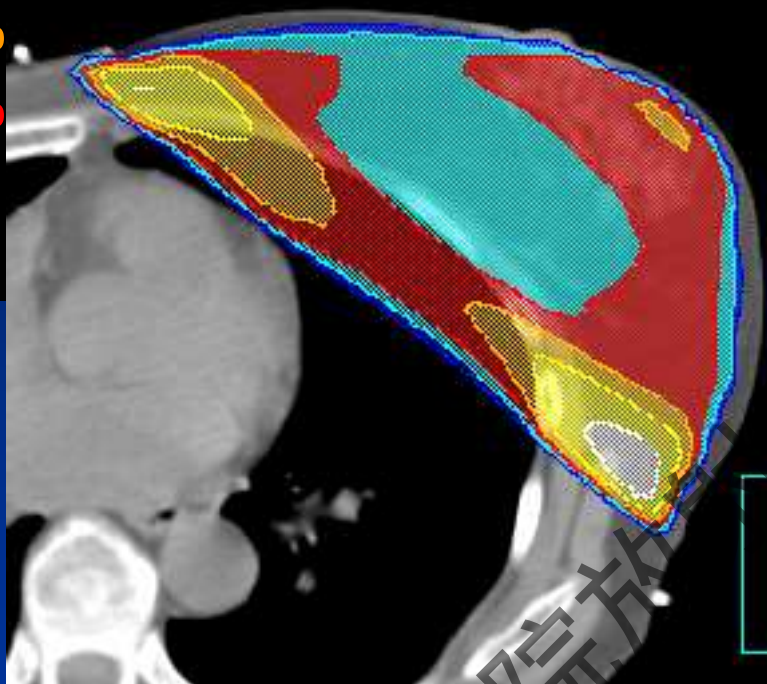
105%

100%

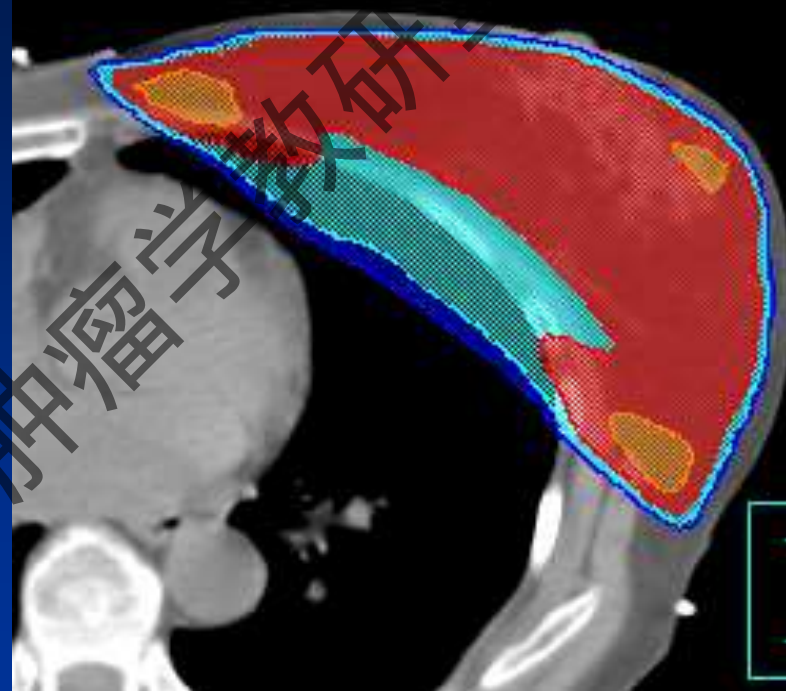
95%

90%

Wedges



IMRT



Conformity improved and hot spots eliminated with IMRT

115%

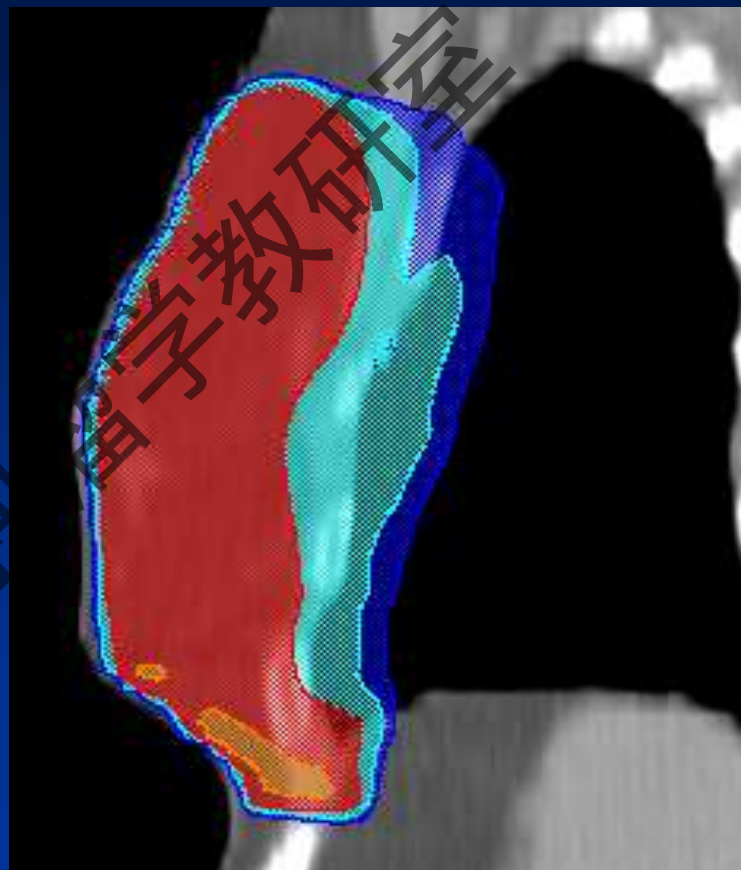
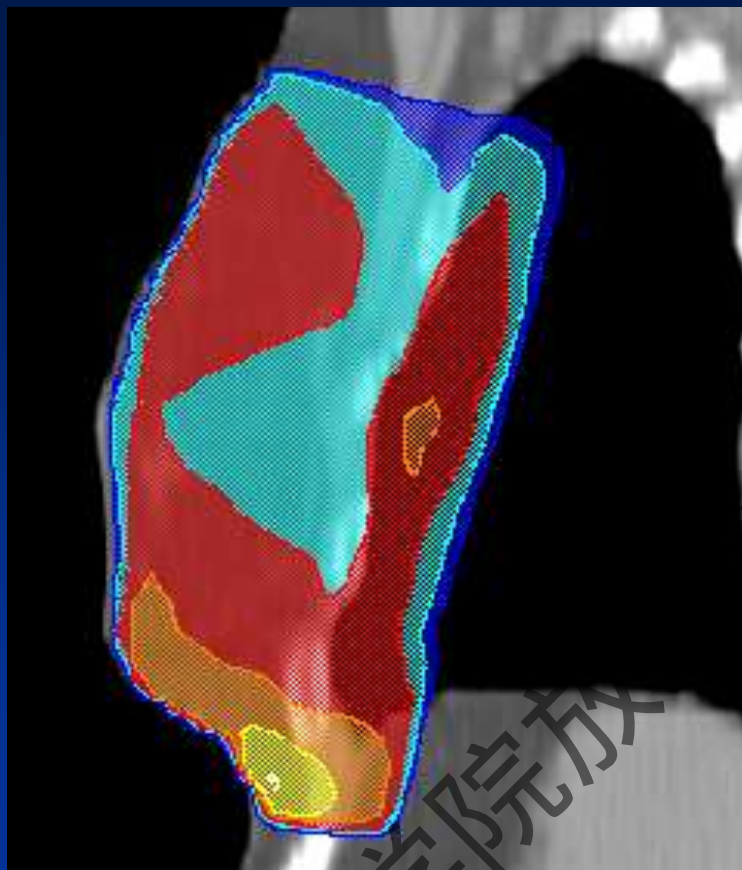
110%

105%

100%

95%

90%



Conformity improved and hot spots eliminated
with IMRT

3, 逆向设计的局限性

- ①如果限制条件苛刻, 则计算时间冗长, 甚至拒绝计算。
- ②由于肿瘤形状的差异, 不同医生对肿瘤治疗的要求千差万别, 对目标函数的提法可能不正确、要求不尽合理, 导致最终难以实现这一事实。
- ③由于在杀死肿瘤和保护正常组织、危及器官之间存在着一种合理的, 科学的, 甚至是带有某种经验折中选择。

二、调强放疗 (IMRT Intensity Modulated Radiotherapy)

调强放疗(IMRT)：

在放射治疗中,把每一个射野内诸点的输出剂量率按要求的
方式进行调整, 最终让高剂量区剂量分布的形状在三维方
向上与病变的形状一致, 这样的放射治疗技术就叫调强放疗
IMRT。

调强：射野内均匀输出剂量率转变成所需要的非均匀输出
剂量率，这过程称为强度调制过程或调强过程。实现调强
的物理或机电装置称为强度调制器或调强器。如物理补偿
器、多叶准直器MLC、电磁扫描装置。

IMRT Step and Shoot



1、调强方法

A、物理补偿器

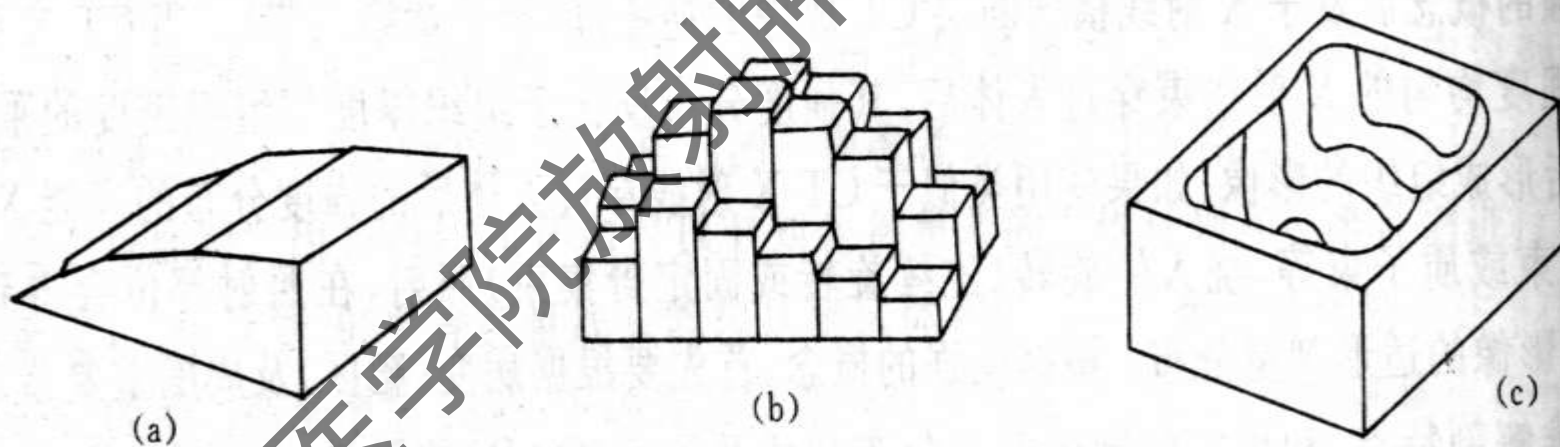


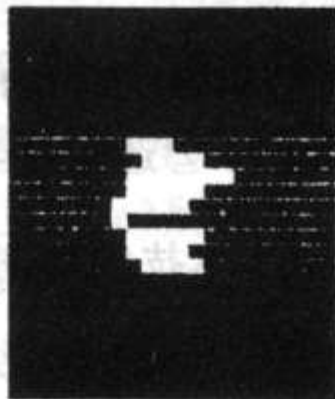
图 11-11 物理补偿器示意图

(a)一维补偿器；(b)铅块或铅片叠放式补偿器；(c)补偿器生成器生成的二维补偿器。

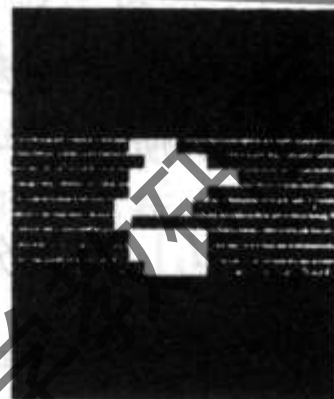
B、多叶准直器静态调强

将射野要求的强度分布进行分级，利用MLC形成的多个子野进行分步照射（stop and shot）

子野 1



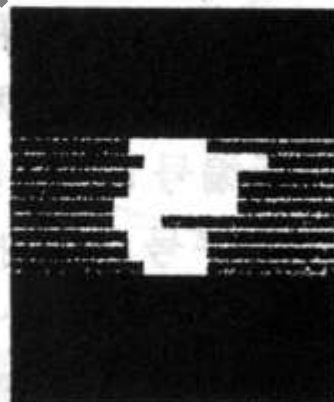
子野 4



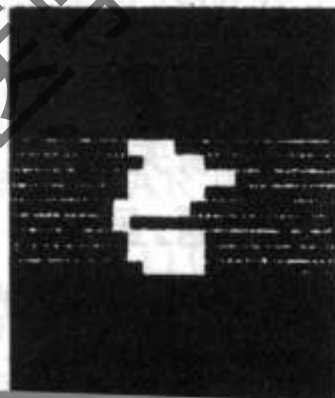
子野 2



子野 5



子野 3



子野 6





C、多叶准直器动态调强

利用多叶准直器（MLC）的相对应的一对叶片的相对运动，实现对射野强度的调节。其特征是叶片运动的过程中射线一直处于“ON”的状态。

D、断层治疗

利用特殊设计的MLC形成的扇形束绕患者体纵轴旋转照射，完成一个切片治疗，然后利用床的步进，完成下一个切片的治疗。

(一) 步进方式

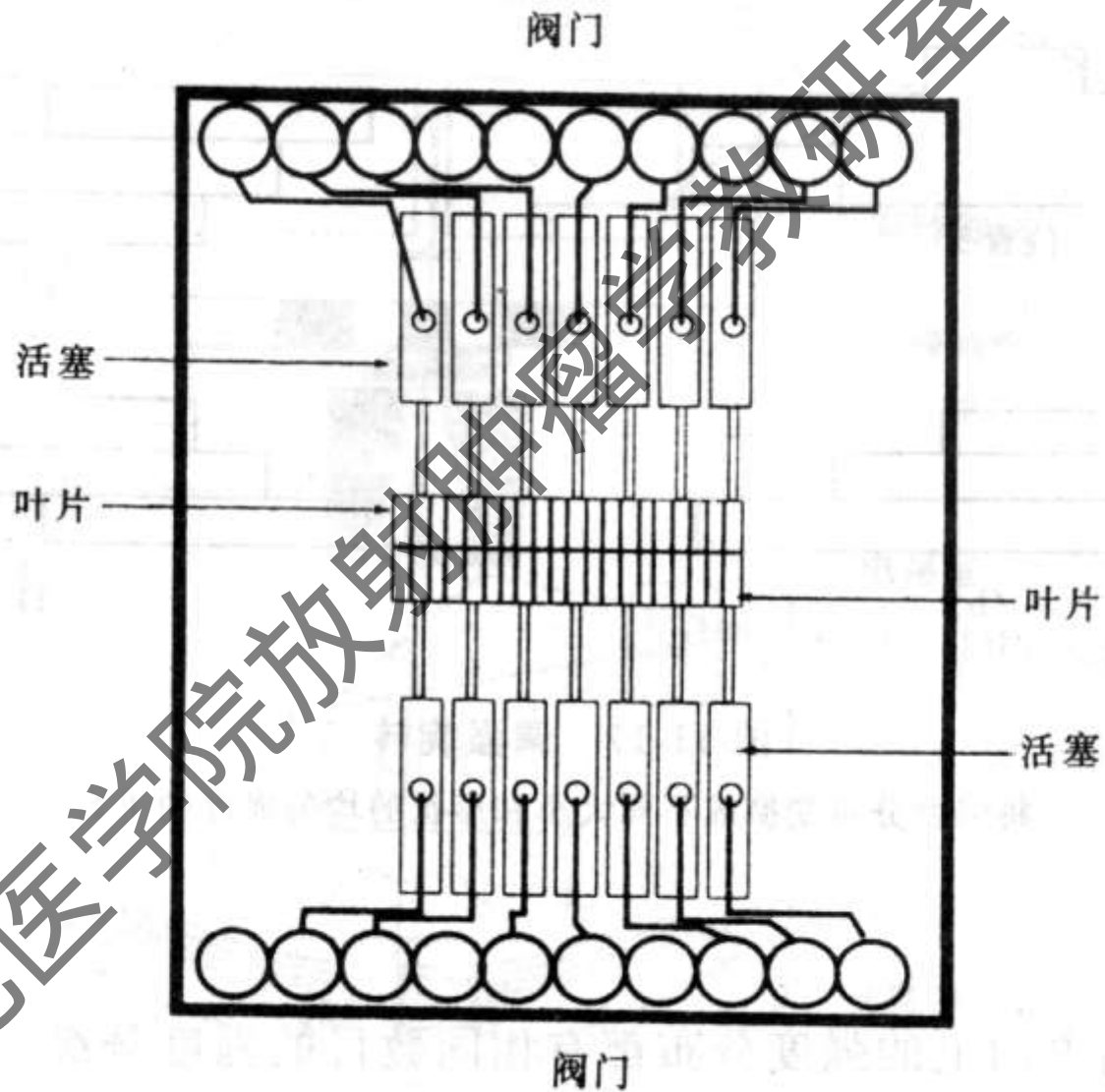
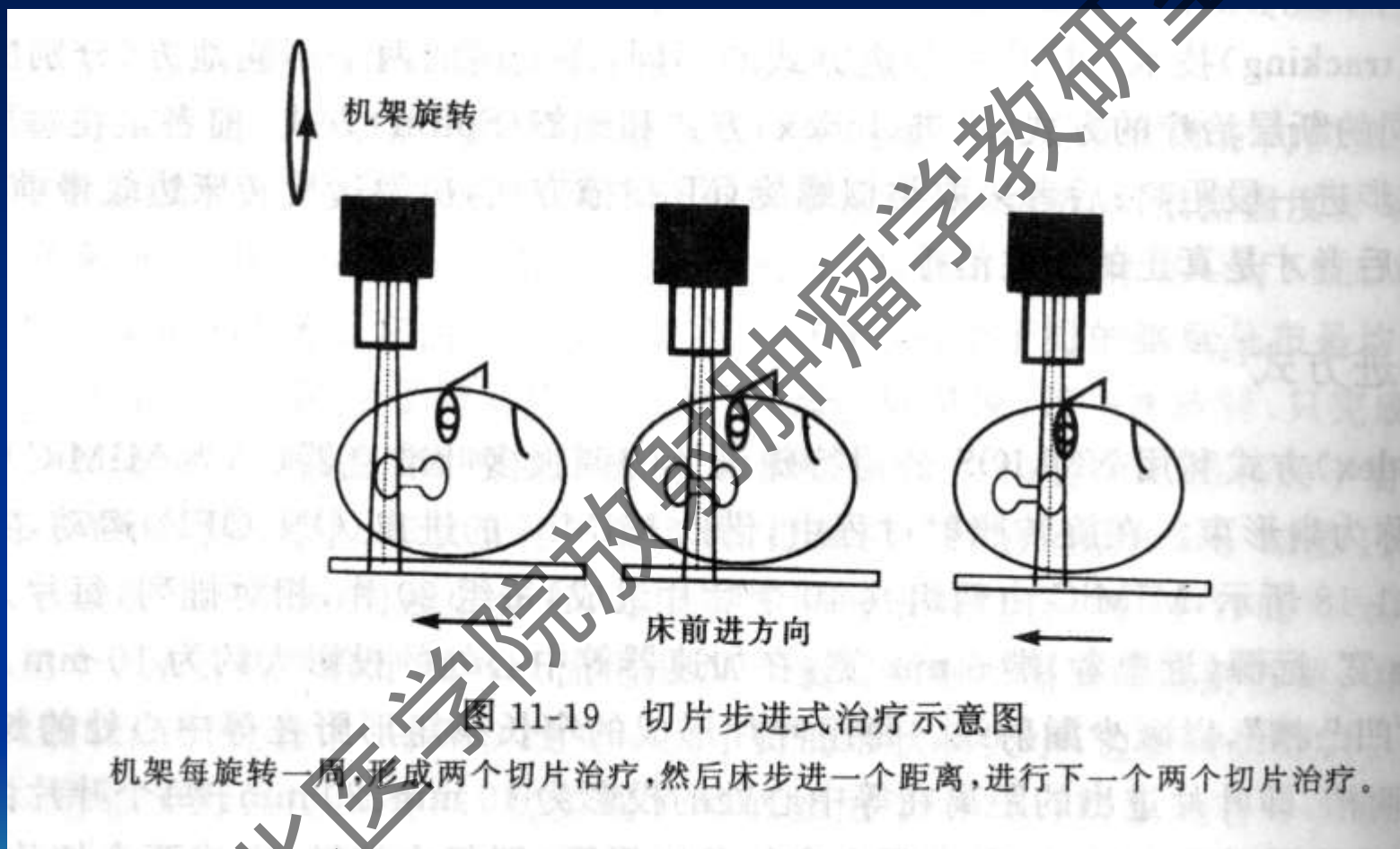


图 11-18 NOMOS MIMiC 调强多叶准直器结构示意图



(二) 螺旋方式

机架边旋转治疗床边缓慢前进，实现扇形束的调强切片治疗。

川北医学院放射肿瘤学教研室

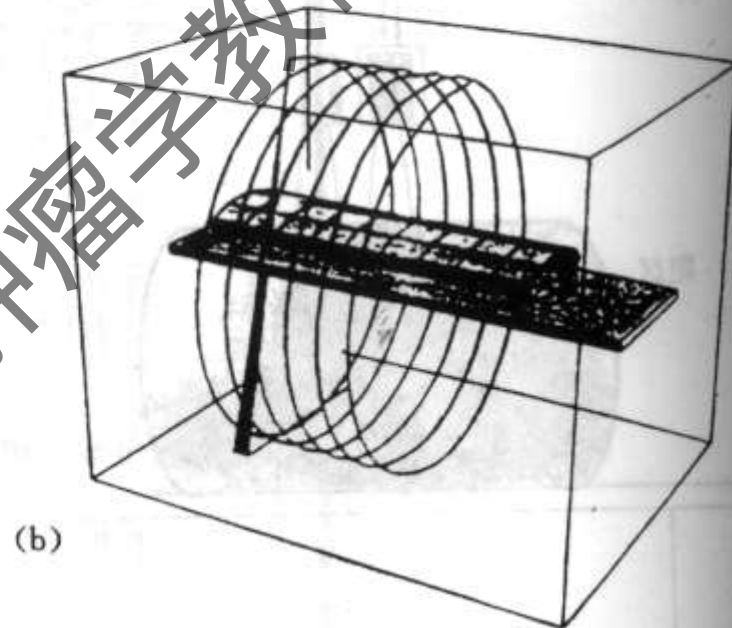
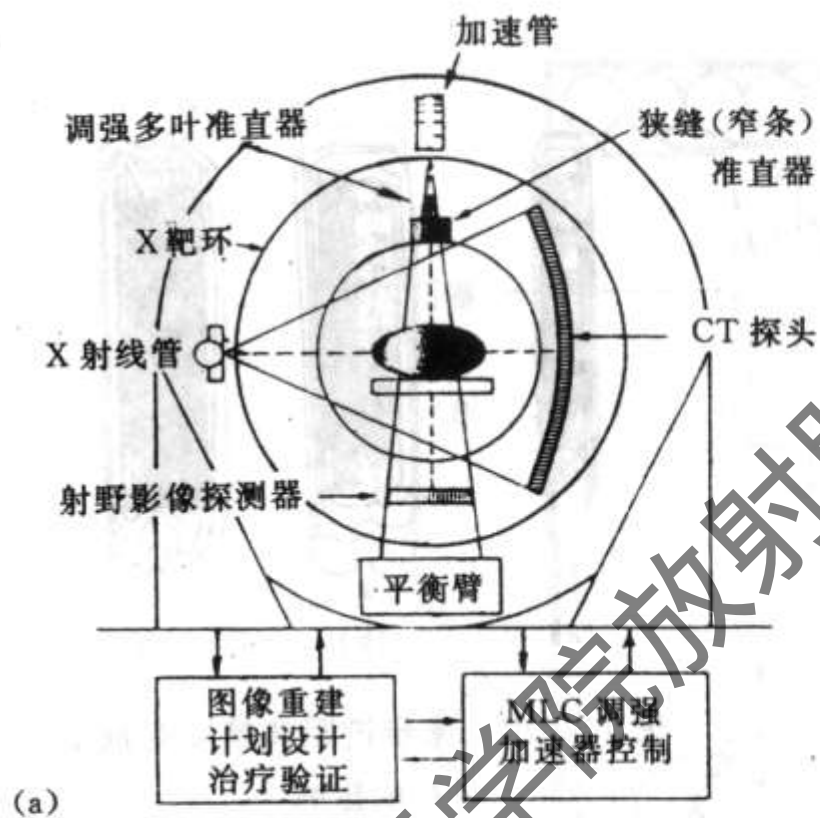


图 11-21 螺旋扫描式断层治疗机结构示意图
(a)断层治疗机(tomotherapy unit);(b)螺旋扫描示意^[60]。

E、电磁扫描调强

所有的扫描技术中，电磁偏转扫描技术是实现调强治疗的最好方法。光子利用率高，治疗时间短，可实现电子束、质子束的调强治疗。

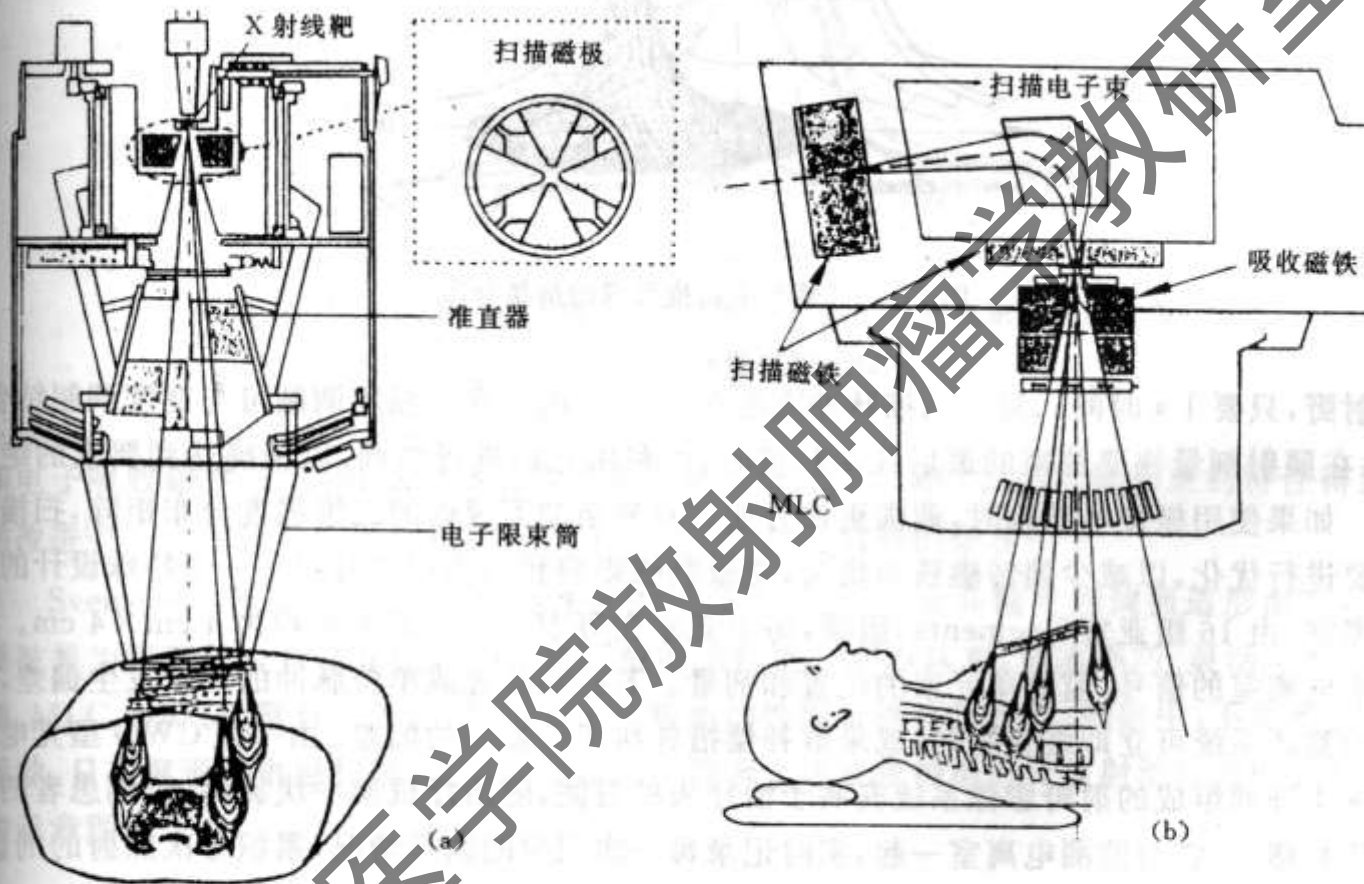


图 11-23 电磁偏转扫描示意图^[68]

(a) 电子束扫描治疗；

(b) 电子束、X 射线扫描治疗。

F、二维调强准直器

棋盘式准直器

川北医学院放射肿瘤学教研室

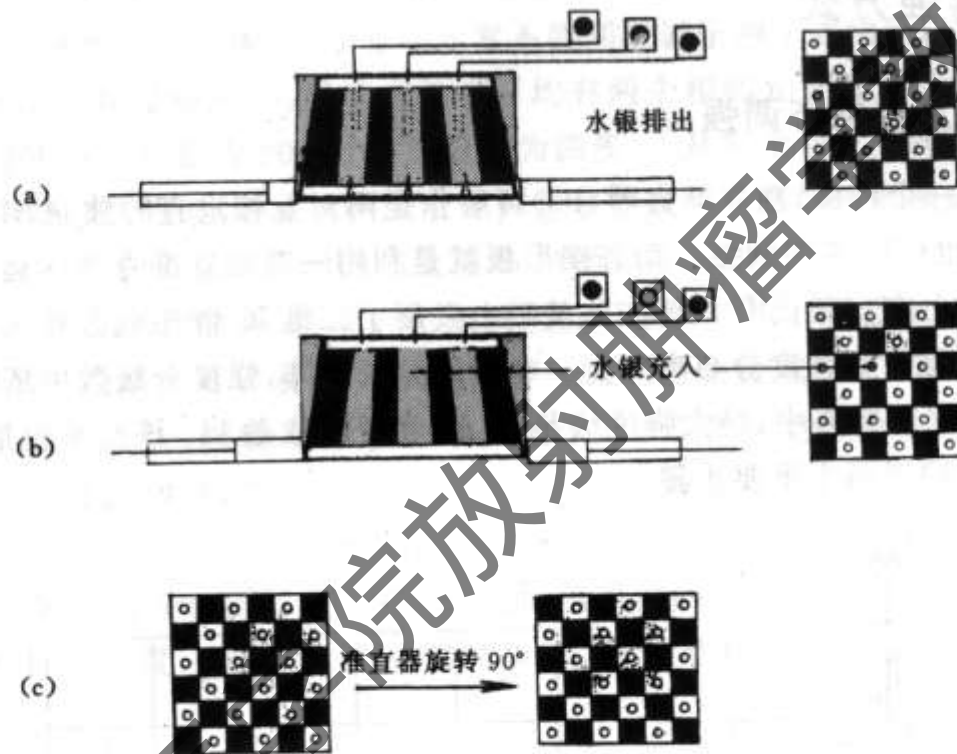


图 11-27 NOMOS 二维调强准直器