

临床放射物理学

李 贤 富 教 授

四川省放射物理工程技术专业学组副组长
中华医学会医学工程学分会青年委员

川北医学院放射治疗学教研室

一、常用放疗设备

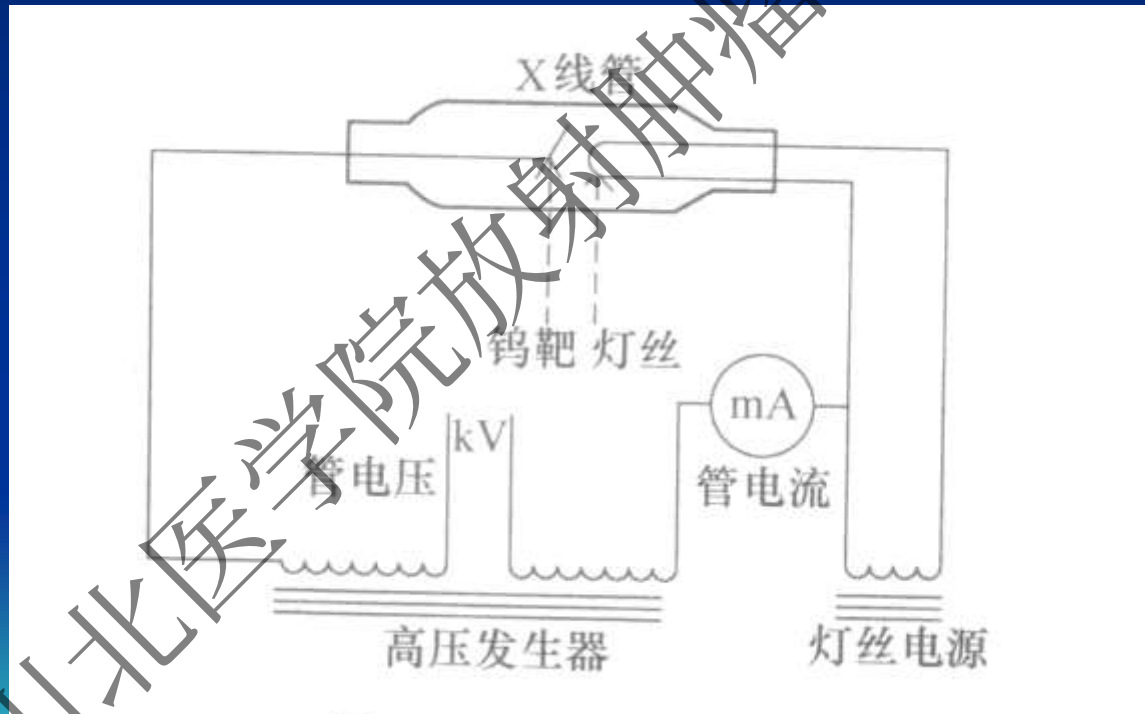
川北医学院放射肿瘤学教研室

1、 X射线治疗机

(1) 基本原理

高速运动的电子作用于钨等重金属靶，发生特征辐射、韧致辐射产生X线。

(2) 基本结构

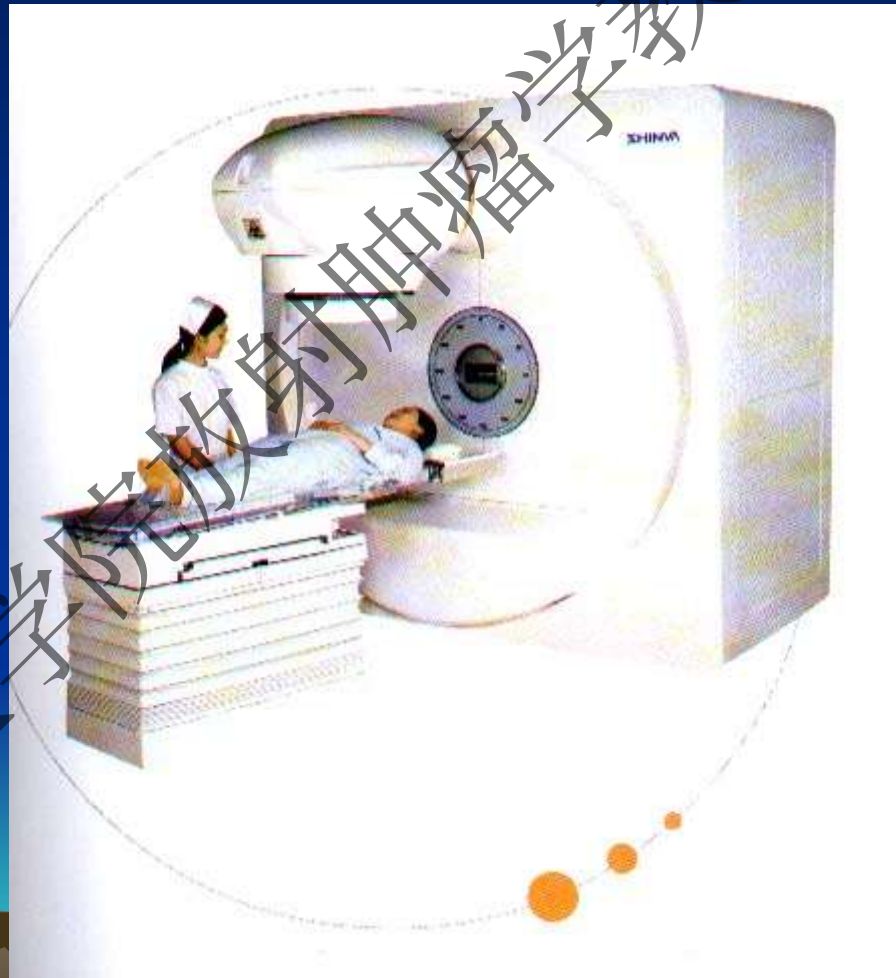


(3) 临床应用特点

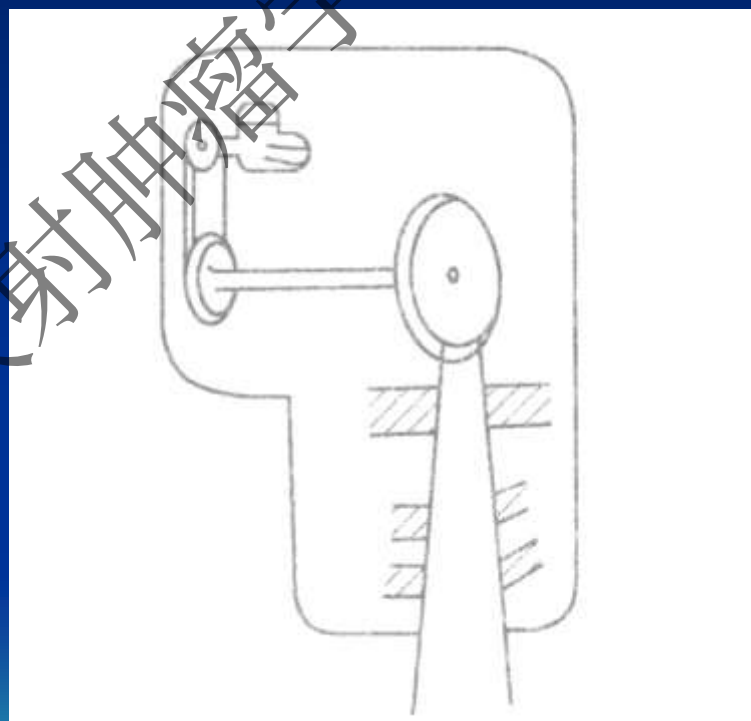
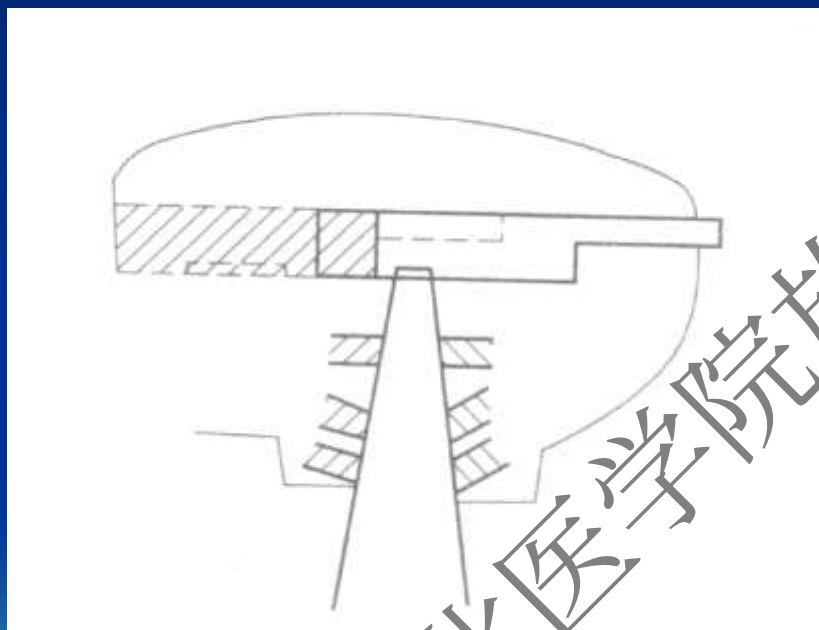
500kV以下的X射线治疗机主要用于体表肿瘤或浅表淋巴结转移性肿瘤的治疗或预防性照射

2、 ^{60}Co 钴治疗机

(1)基本原理

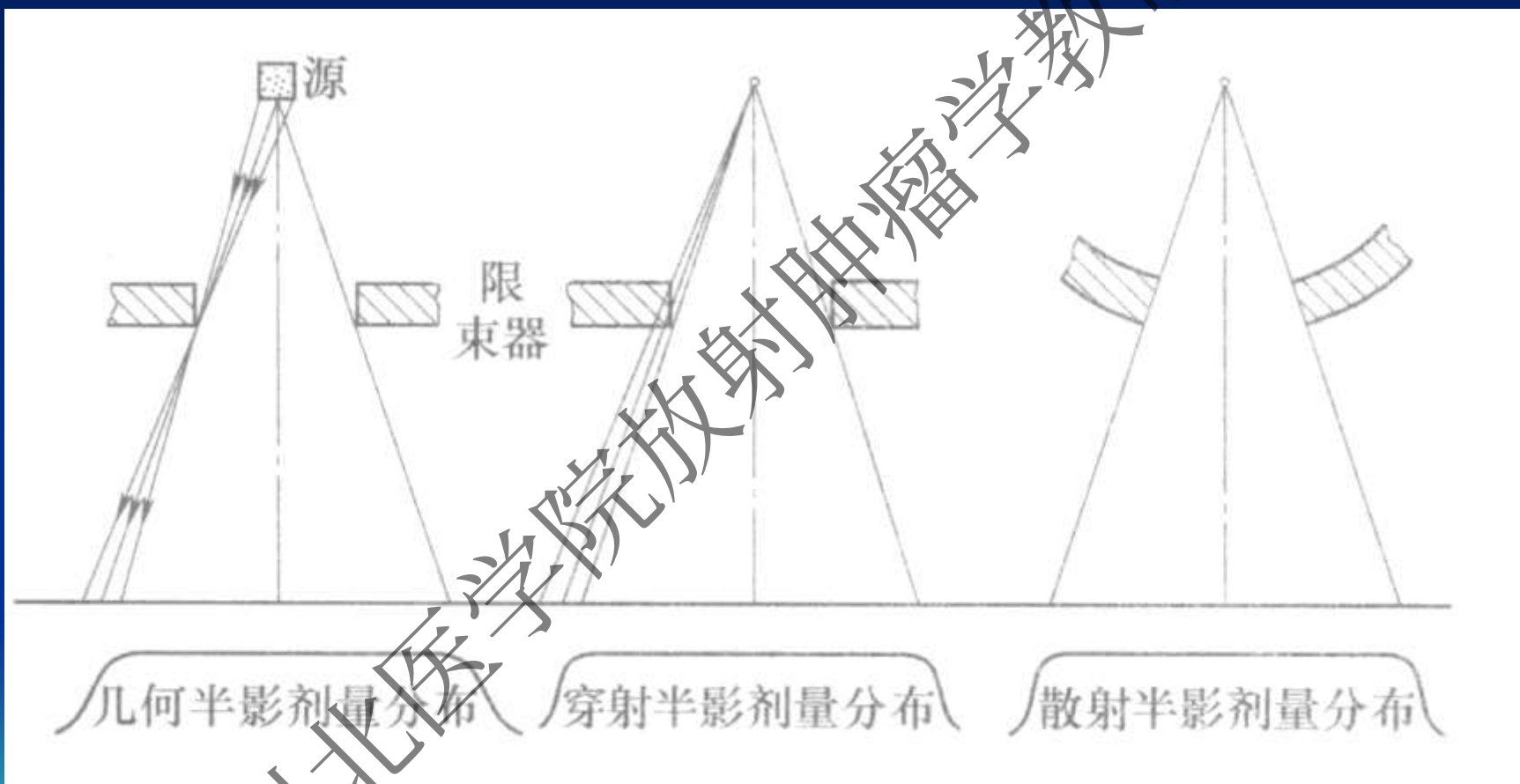


(2) 基本本结构



半影:

照射野边缘的剂量随离开中心轴距离的增加而发生急剧的变化，这种变化的范围即为半影(penumbra)。临床上有三种原因造成钴-60半影

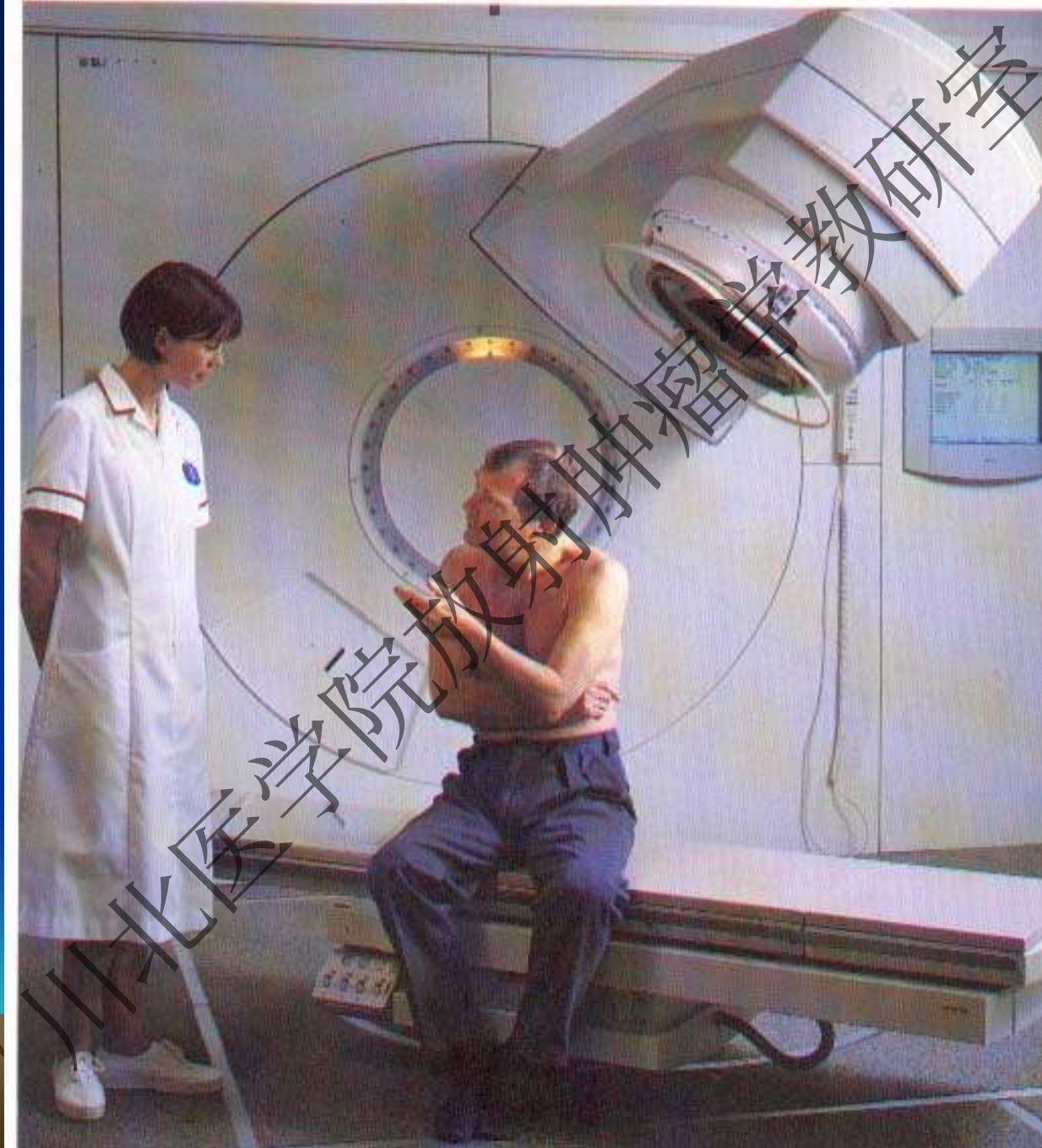


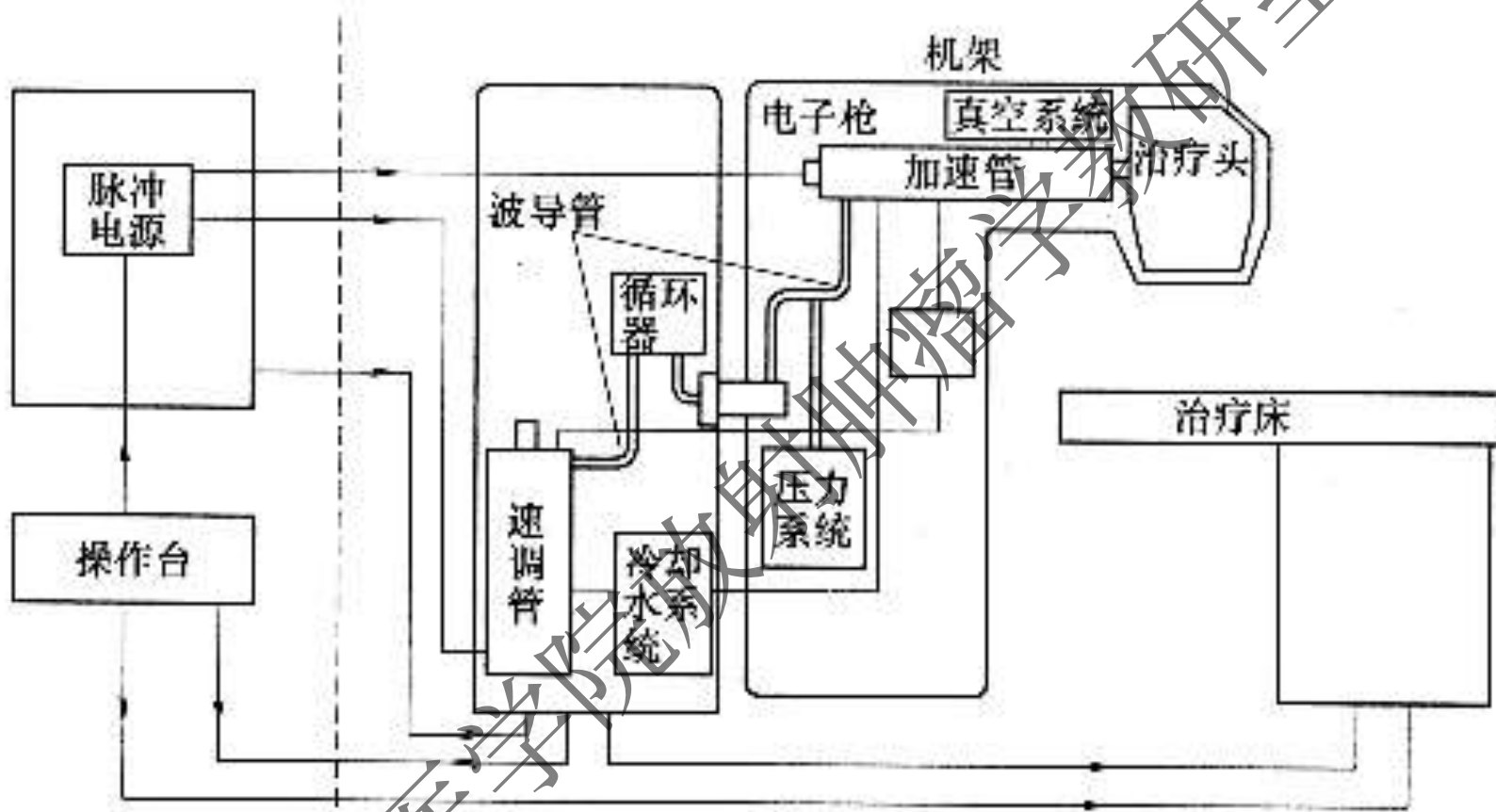
3、 医用电子直线加速器

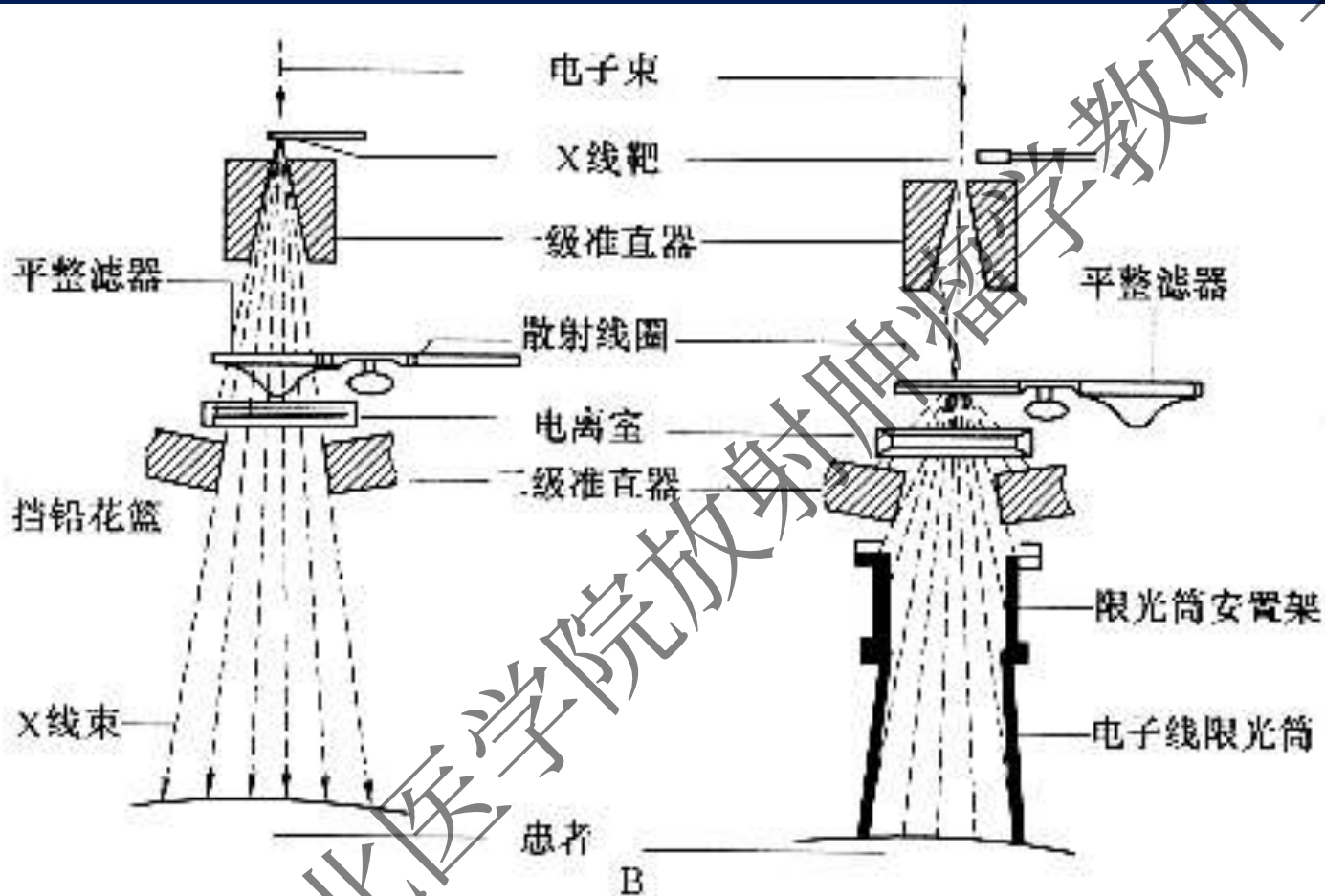
(1) . 基本原理

(2) . 基本结构

川北医学院放射肿瘤学教研室







(3) . 临床应用特点

- ①能产生不同能量的电子，便于治疗浅表部位病变，同时有效保护深部组织。
- ②可根据病变深度选择一定能量的X线，对于体部病变亦能达到较理想的剂量分布。
- ③设野方便，照射野均匀性好。
- ④便于改装成X刀，进一步提高疗效。
- ⑤缺点是维修相对复杂

4、 近距离后装治疗机

特点：

- ①放射源微型化和程控步进电机驱动：源微型化实现操作的微创性、损伤小。程控步进电机驱动可任意控制源的贮留位置及贮留时间，以实现理想的剂量分布。

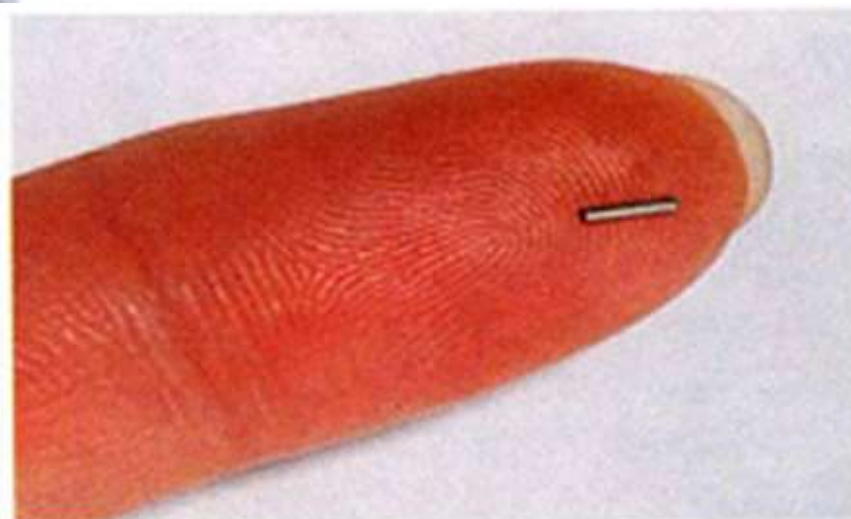
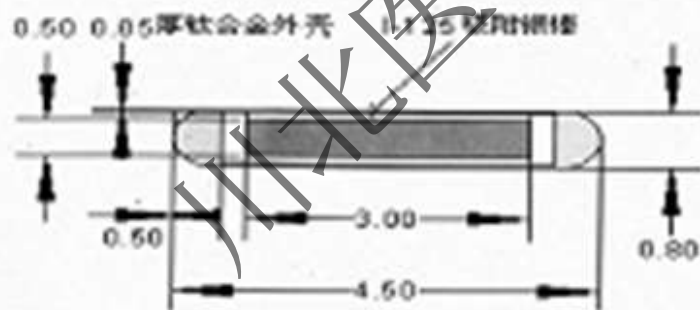
②高活度放射源形成高剂量率治疗。

③微机治疗计划设计：可提高治疗的质量，同时微机还能提供更好的优化方案。

现代后装治疗机主要包括治疗计划系统和治疗系统两部分。



植入粒子模式图

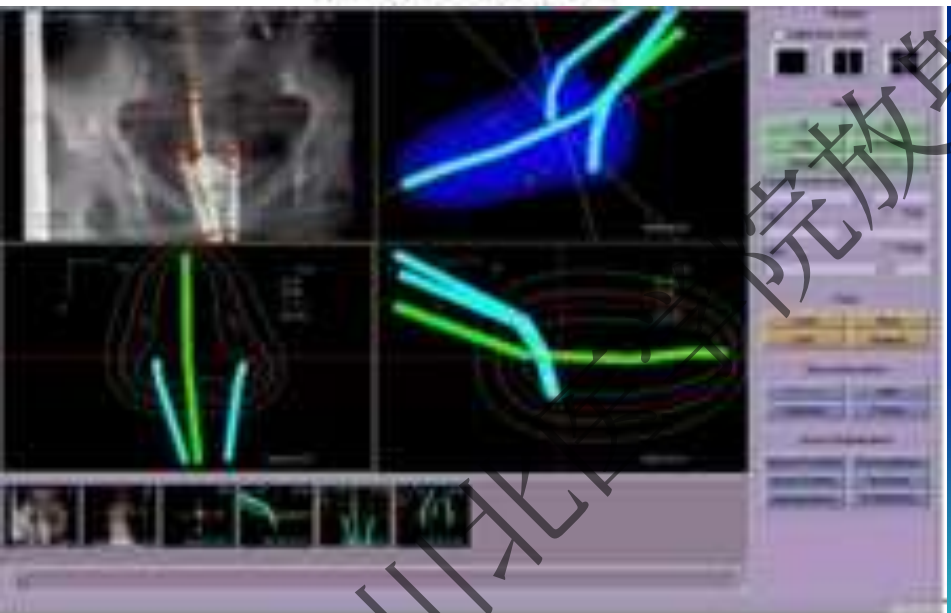




后装施源器



后装治疗前放置施源器



后装三维计划



后装治疗中

5、 PET-CT

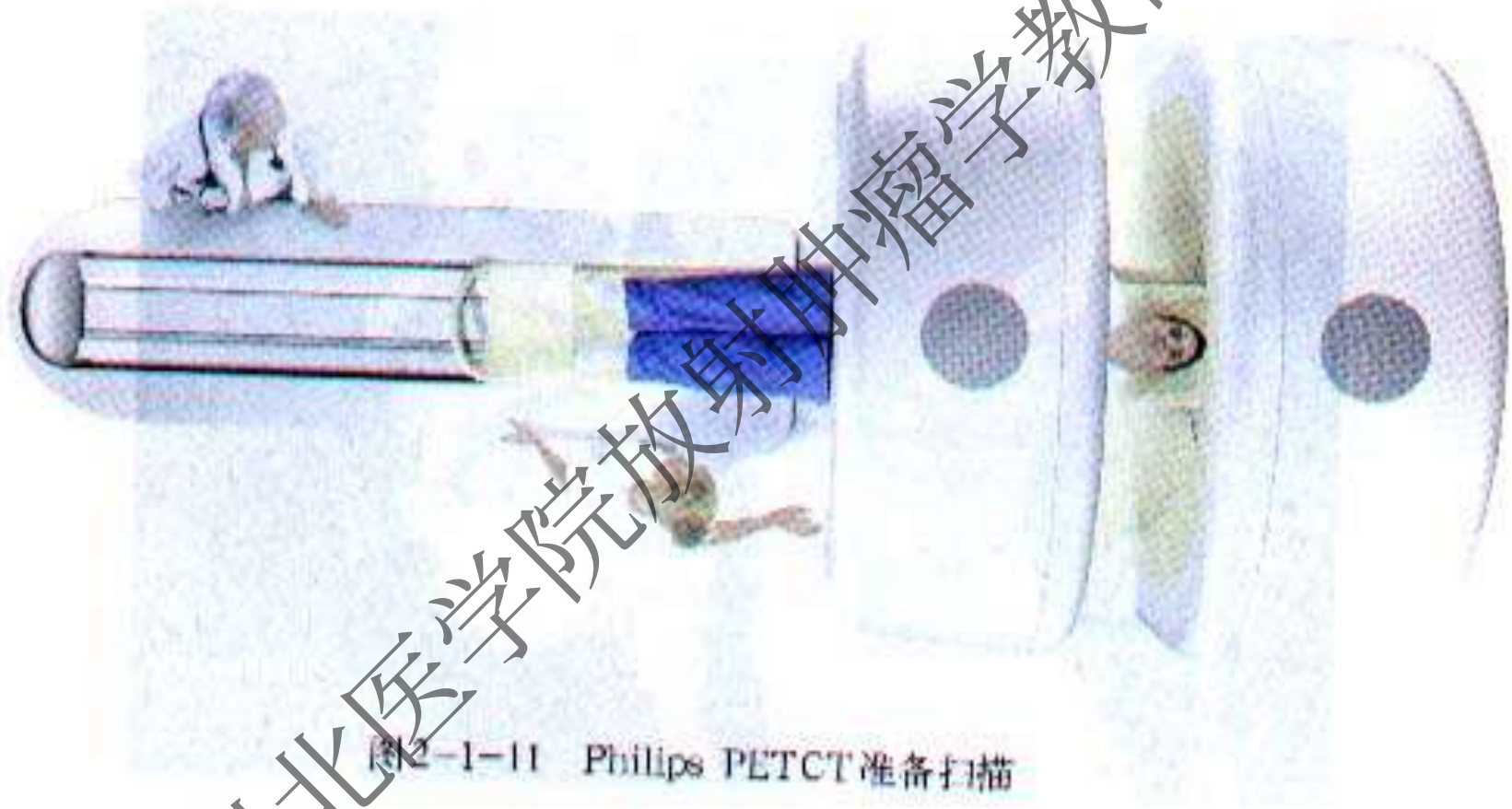
(1) . 基本原理

(2) . 基本结构

川北医学院放射肿瘤学教研室



图 2-1-10 Philips PETCT 一体机





(3) . 临床应用特点

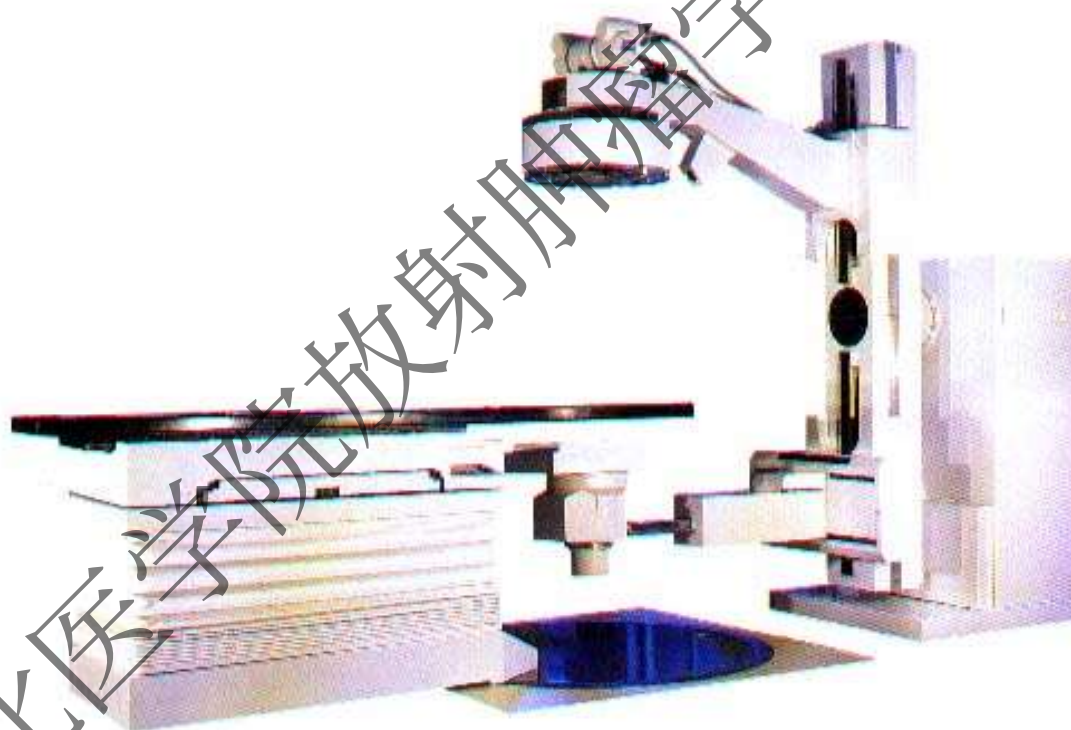
- ①良、恶性肿瘤的定位、诊断、鉴别诊断;
- ②寻找不明来源转移性肿瘤的原发灶;
- ③准确判断肿瘤范围、指导放射治疗靶区画;
- ④评估肿瘤治疗疗效;
- ⑤区分肿瘤残留、复发与放射性纤维化、坏死

6、模拟定位机

X线模拟定位机(Simulator): 是用来模拟加速器或钴-60治疗机机械性能的专用X线诊断机

- (1)、基本原理
- (2)、基本结构
- (3)、数字化模拟定位机

SL-IC 型 放射治疗模拟机



SL-IC 型放射治疗模拟机是在 SL-I 型的基础上推出的具有图像处理功能和病案管理系统，采用计算机控制的设备。

主要特点

7、CT模拟机

CT模拟机(CT simulator): 利用CT ‘获取患者

图像并进行三维重建，进而对肿瘤实现精确定位的专用CT 系统。

(1)、基本原理

(2)、基本结构

SIEMENS

SOMATOM
Sensation Open

SOMATOM Sensation Open

— 西门子 20 排大孔径 CT 模拟定位机

注册号：国食药监械(进)字 2004 第 3302581 号 计算机断层扫描系统
国药管械(进) 2002 第 3320435 号 PRIMUS 型医用直线加速器
国食药监械(进)字 2004 第 3321211 号 医用直线加速器
广告号：京西械广审(文)第 2006040149 号

(3)、临床应用特点

CT模拟机主要用于获取患者的图像信息，并利用相关的图像信息进行靶区的精确定位，同时可以将图像传给放射治疗计划系统用于治疗计划的设计。CT模拟机也能接受治疗计划系统输出数据用来进行靶区复位及验证。

8、 治疗计划系统

治疗计划系统(treatment planning system):
指在计算机平台上利用患者三维图像信息
设计射野方向、形状并计算剂量分布, 经评
估和验证生成实际治疗计划的系统。



Pinnacle³ 放射治疗计划系统

(1) .基本原理

在计算机上由专用的治疗计划软件将患者的CT、MR等图像信息重建生成对应解剖部位及肿瘤的三维信息，在此基础上对肿瘤及危及器官进行勾画，然后设计治疗计划，通过各种相应工具进行计划评估，生成用于实际患者治疗的治疗计划。

(2) . 基本结构

治疗计划系统由硬件和软件两大部分构成。

硬件主要包括：高性能计算机系统、数字化仪、专用扫描仪、激光彩色打印机、大容量存储设备、与图像系统和治疗系统连接的相关网络设备、不间断电源等。

软件主要包括：①计算算法、射野设计、非均匀校正、图像处理部分。②治疗机机械数据与射束数据获取及存储部分、患者数据获取与存储部分。③计划评估验证部分。

3.重要性

治疗计划系统是实现精确放疗的必须设备，由于其涵盖多个学科且系统较为复杂，因此放射治疗物理师应对整个系统进行验收及质量保证，放疗医生进行靶区和危及器官的勾画需要经过培训，治疗计划的设计则需要由经过系统培训的剂量师来进行，这样才能降低误差提高计划的精度。

二、电离辐射的剂量测量

1、辐射量和单位

(1) .吸收剂量

$D = dE/dm$ ，电离辐射在单位介质中沉积的平均能量。SI单位：戈瑞Gy

$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg} = 100 \text{ cGy} = 100 \text{ rad}$

适用范围：任何类型辐射，任何物质

(2) .照射量

$X=dQ/dm$ 受到X (γ) 光子照射, 单位质量的空气中产生的同种符号的离子总电荷的绝对值。单位: C/kg, 伦琴 (R)

$$1R=2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$$

适用范围: X (γ) 光子、空气

(3) .放射性活度:放射源在某时刻的衰变率

单位: s^{-1} , Bq, MBq, GBq, TBq

$1\text{Ci}=3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$

半衰期 $T_{1/2}=\ln 2/\lambda$ 单位: s,min,d,a

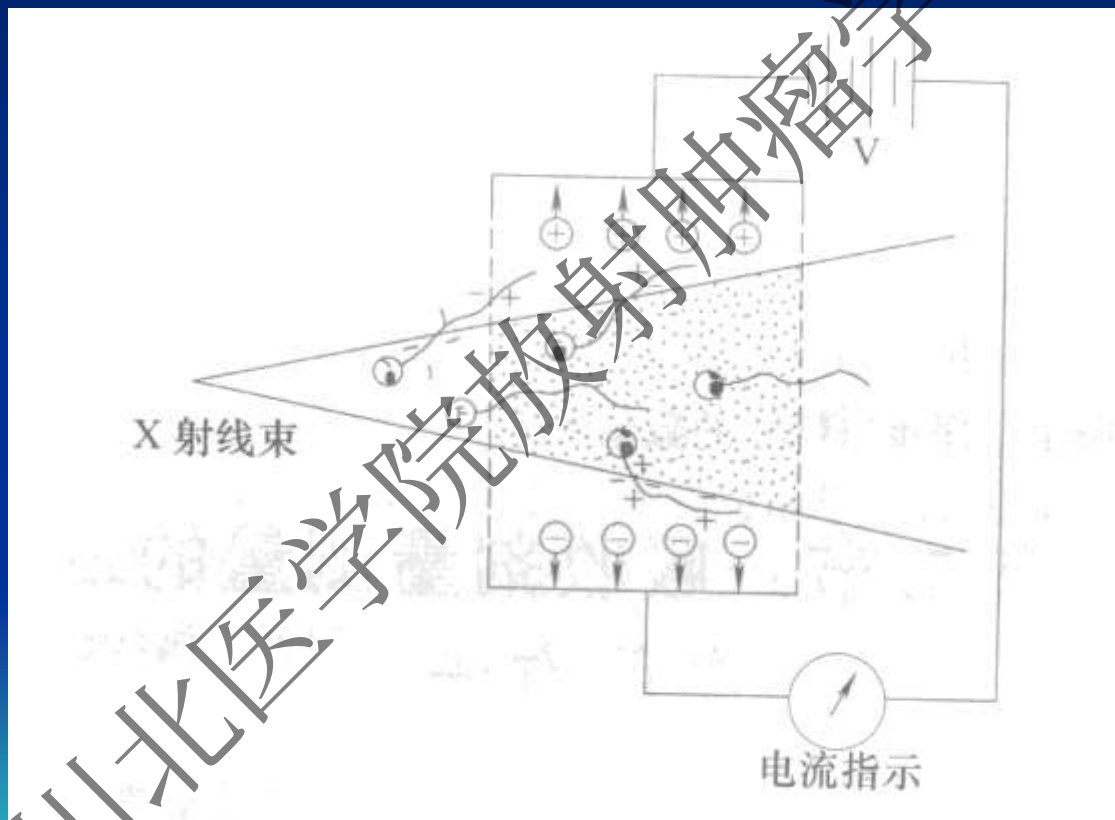
2、吸收剂量测量的常用方法

1、电离室法

(1) . 基本结构



2. 基本原理



三、 $X(\gamma)$ 线剂量学

1、 辐射源种类和照射方法

(1)、辐射源种类

(2)、照射方法



体外照射：亦称远距离照射，是指放射源位于体外一定的距离的照射。放射线经过皮肤和部分正常组织集中照射身体内的某一部位，是目前临床中使用的主要照射方法。

体内照射：亦称近距离照射，它与体外照射的区别是将密封放射源直接放入被治疗的组织内或放入人体的天然腔内如鼻咽、食管、气管、宫腔等部位进行照射。内照射技术有五大类：腔内、管内、组织间插入、术中和敷贴治疗。

2、X(γ)射线与物质的相互作用特点

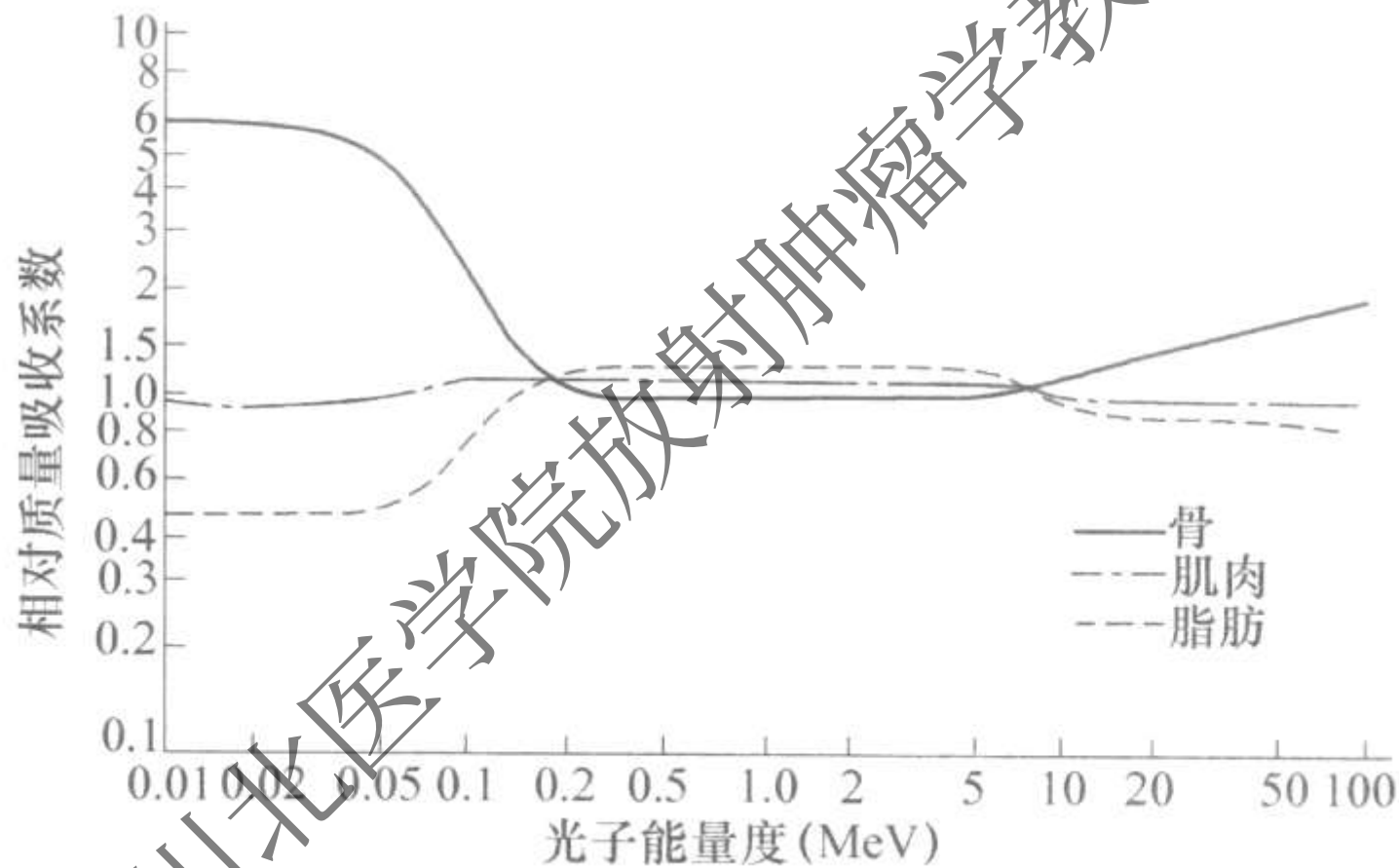
光电效应：入射光子与原子中的束缚电子发生相互作用，光子把全部能量转移给束缚电子，使其从原子中发射出去，而入射光子本身消失。光电效应中发射出来的电子称为光电子。

康普顿效应： 入射光子与核外电子发生非弹性碰撞，光子的一部分能量转移给电子使它反冲出来，而散射光子的能量和运动方向发生变化。

川北医学院放射医学教研室

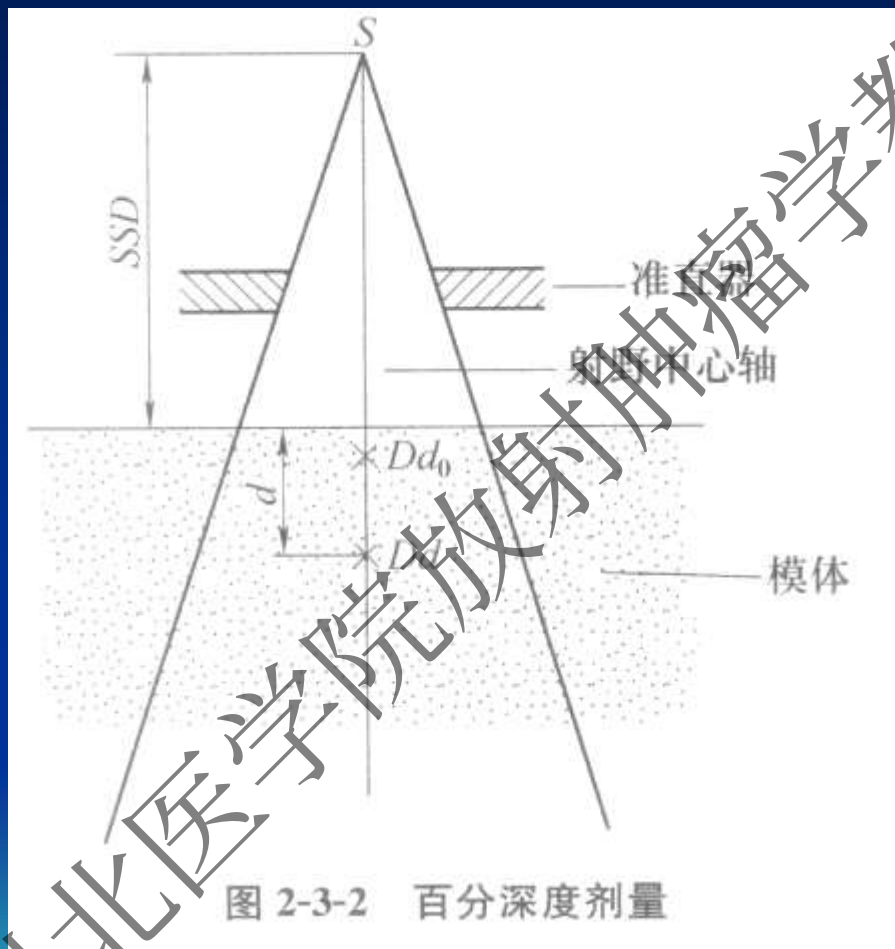
电子对效应：入射光子与原子核库伦场作用，光子转化为一个正电子和一个负电子的过程。

川北医学院放射肿瘤学教研室



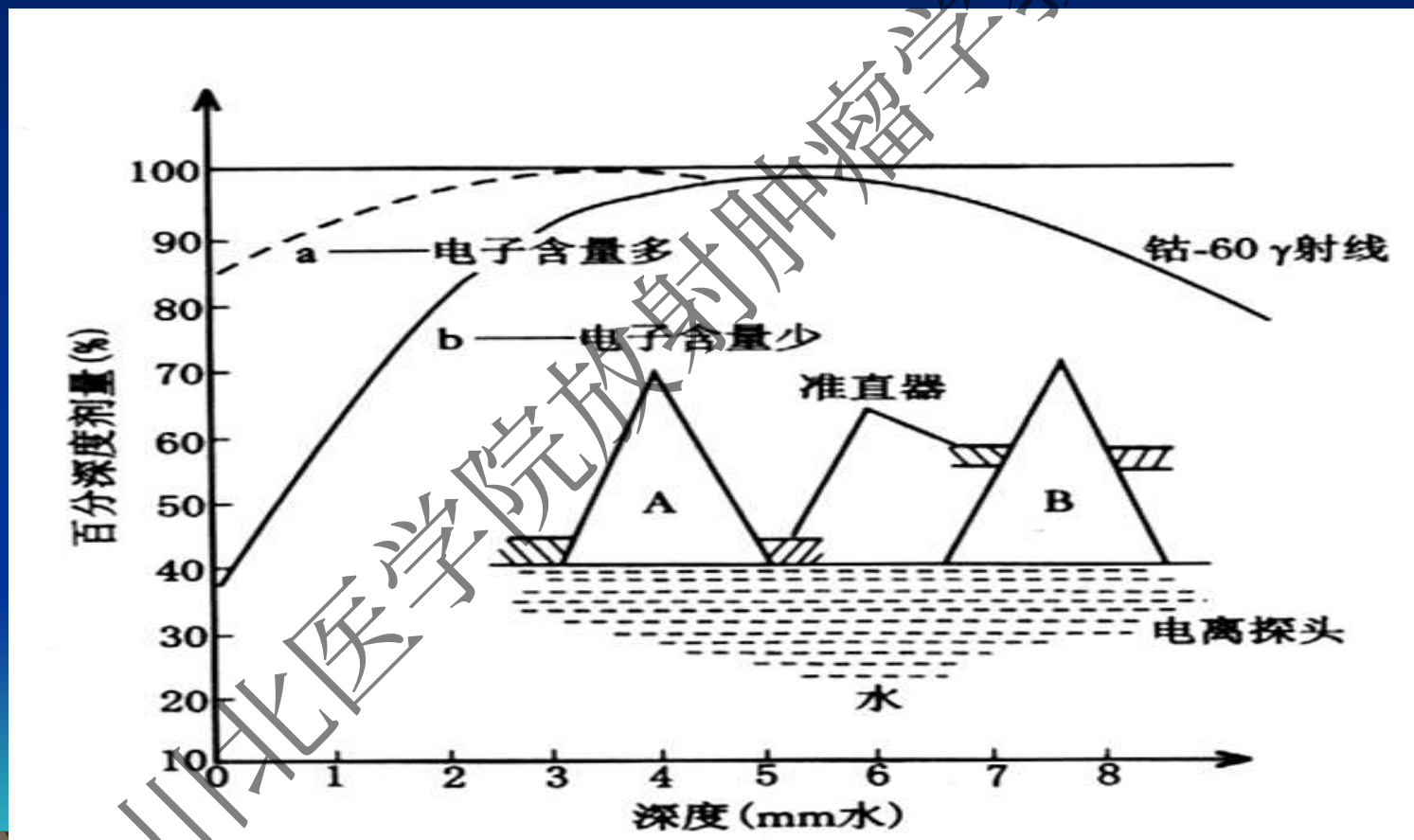
3、中心轴上深度剂量分布

(1) . 百分深度剂量PDD的定义：模体内照射野中心轴上任一深度 d 处的吸收剂量 D_d 与参考点深度 D_{d0} 之比的百分数。

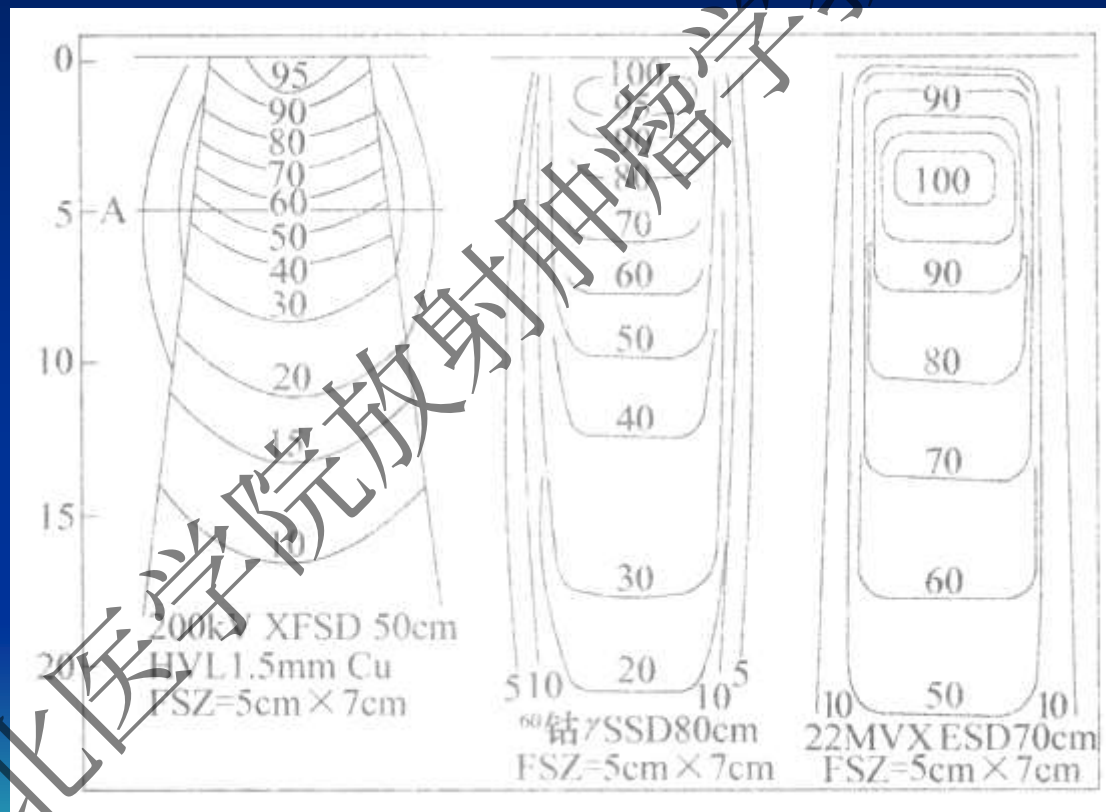


(2) . 建成效应

剂量建成区域：从表面到最大剂量深度区域



4、等剂量曲线



5、楔形板照射技术

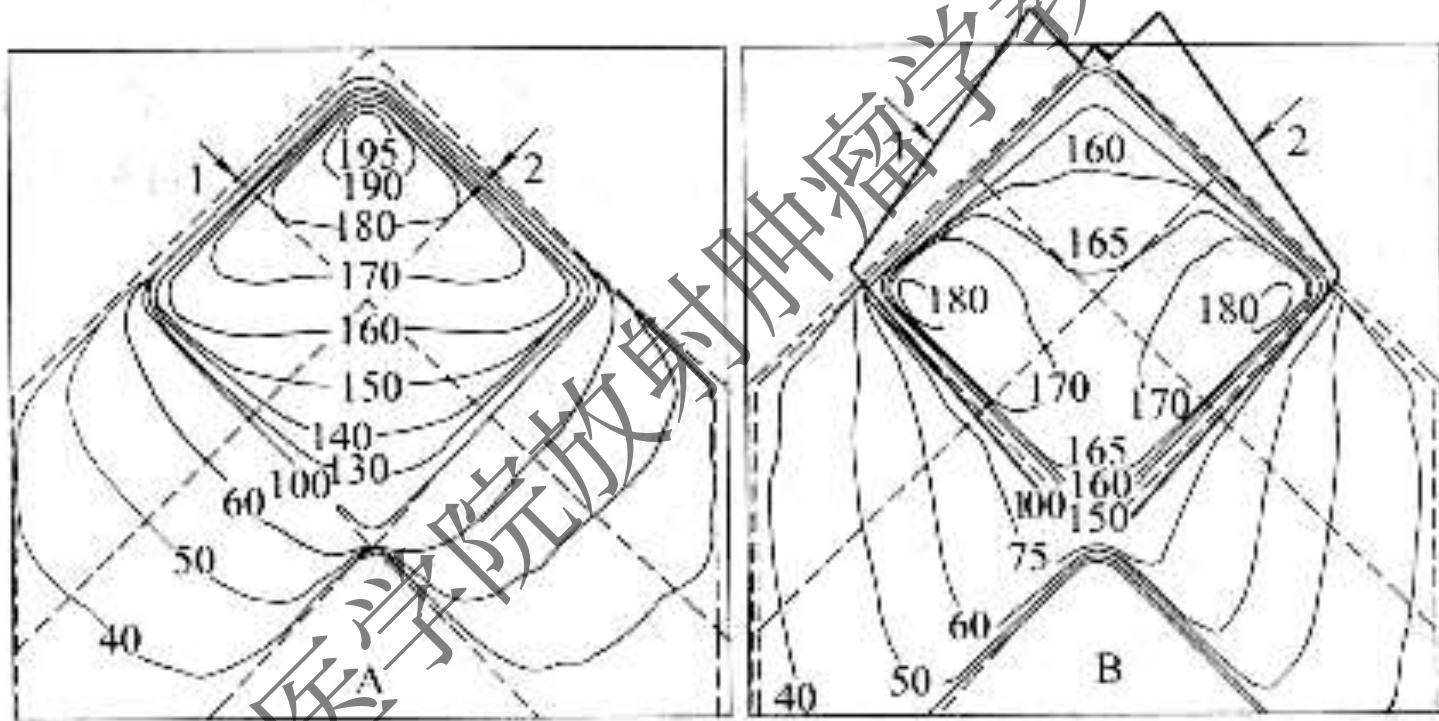
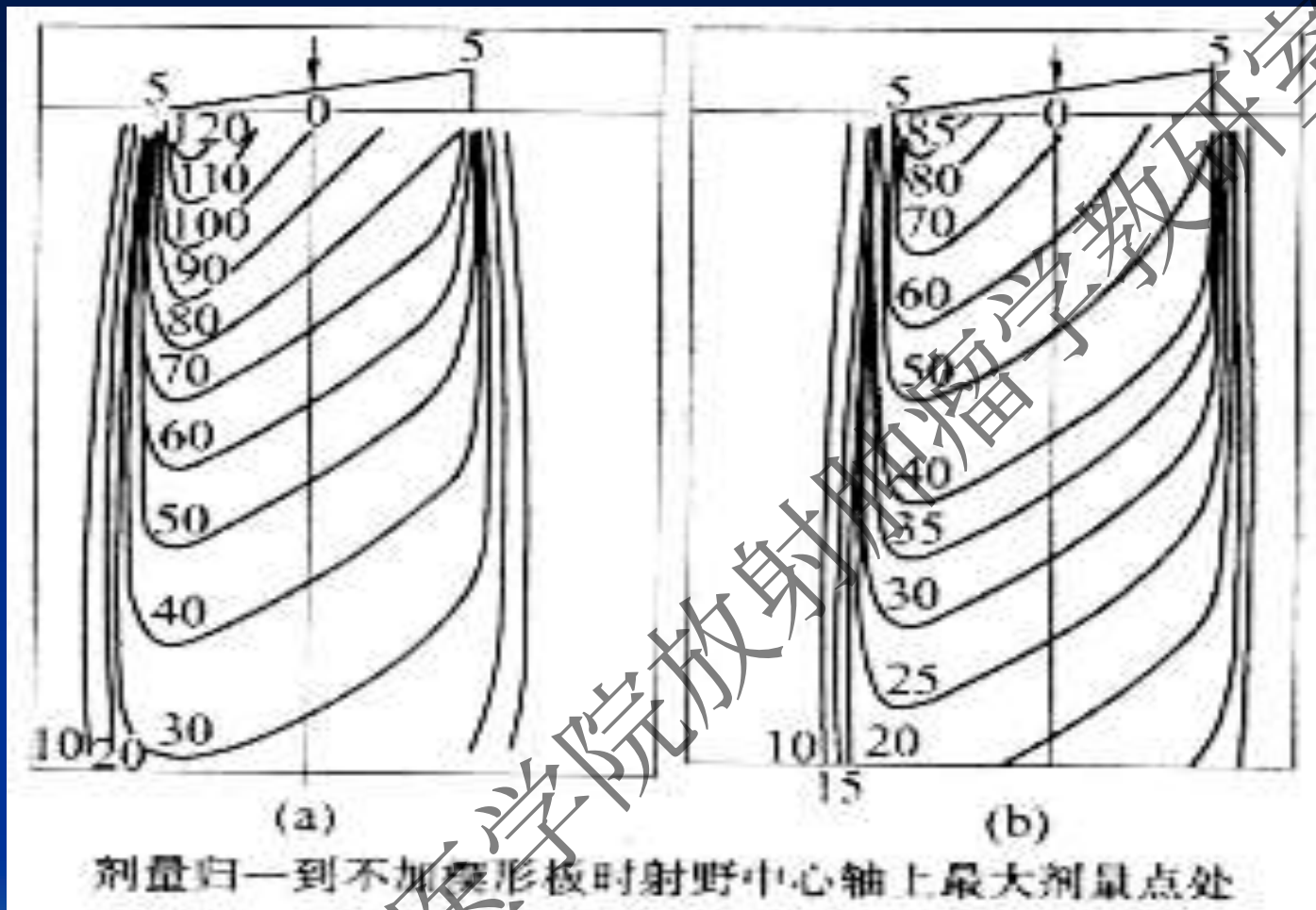
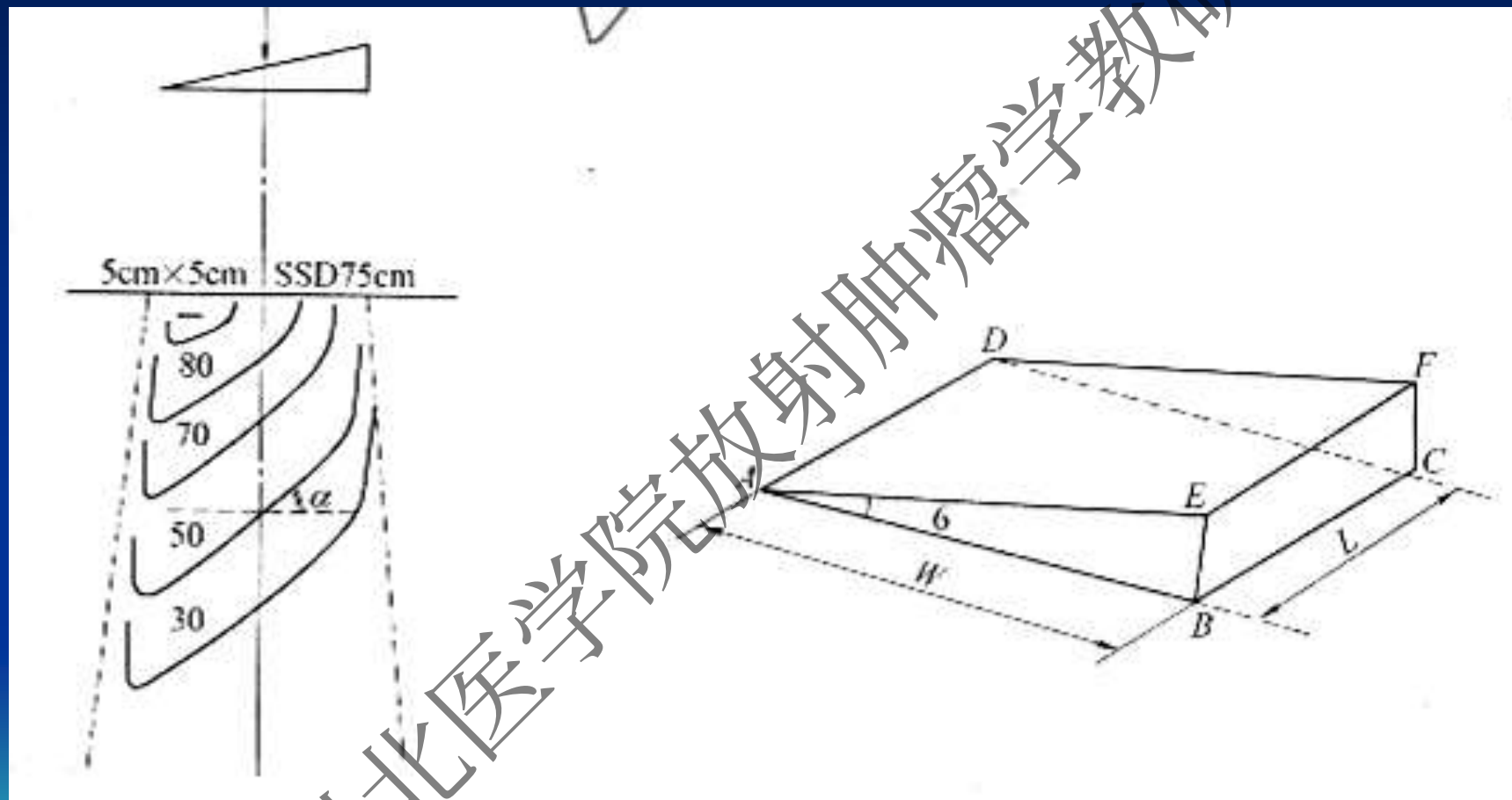


图 2-3-5 45 度楔形板对剂量分布的影响





楔形角：

50%等剂量曲线与照射野中心轴垂直线的
夹角

川北医学院放射肿瘤学教研室

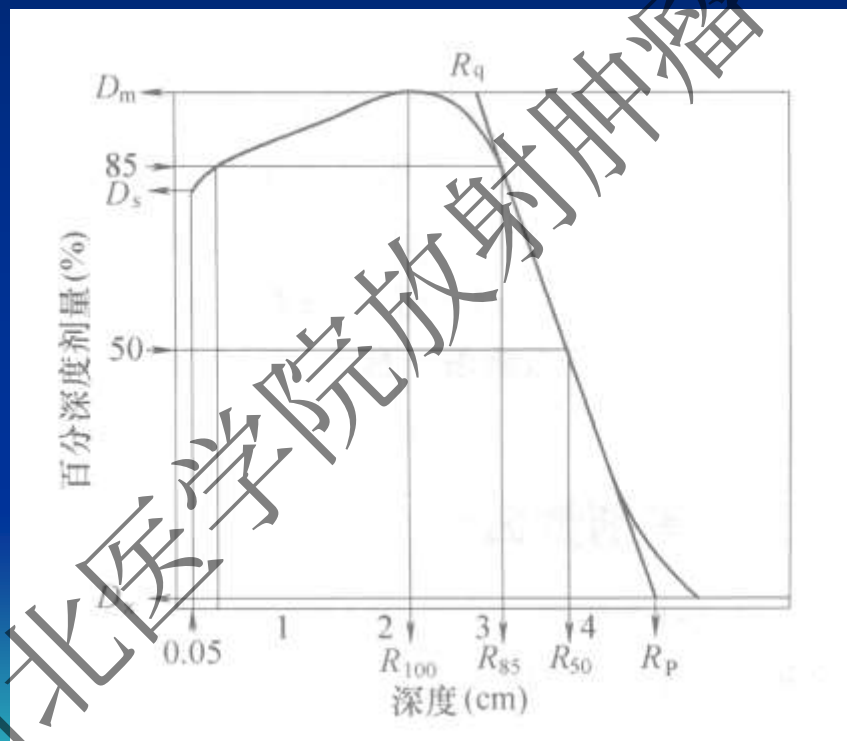
四、 高能电子束剂量学

用途:

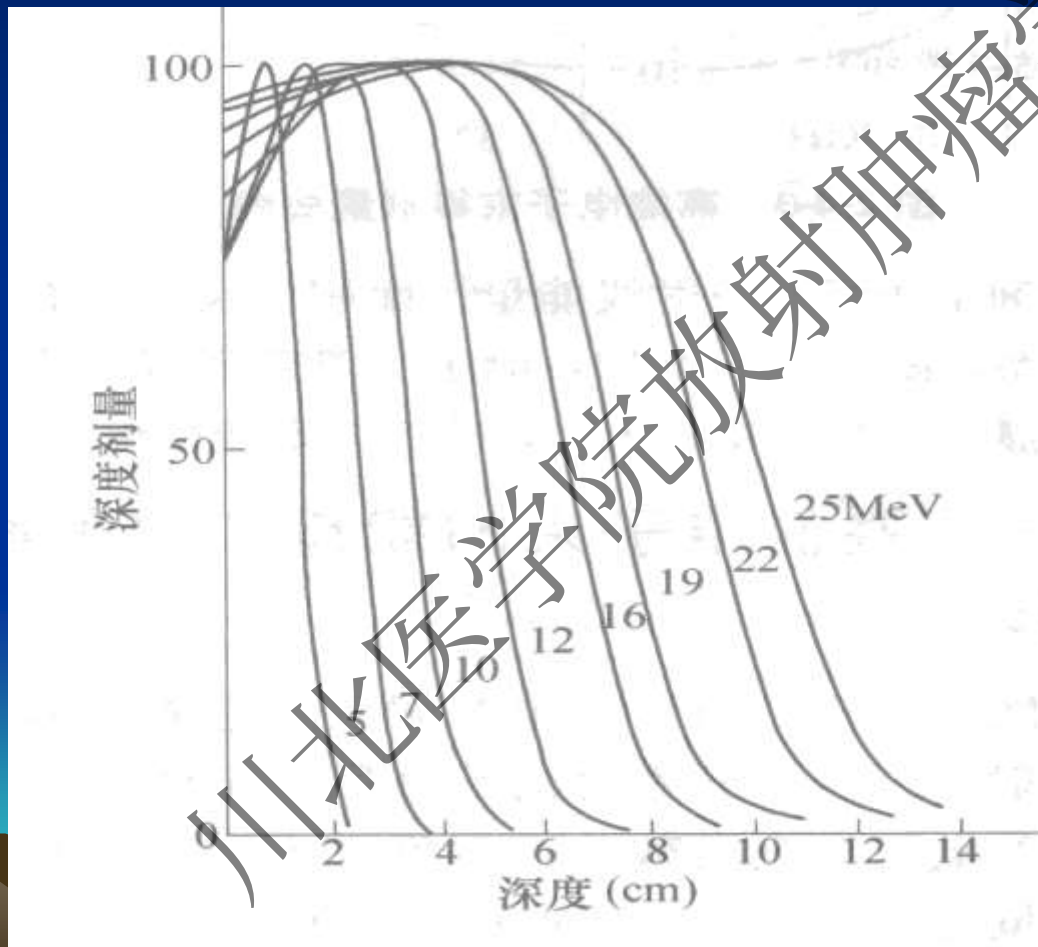
主要用于治疗皮肤表面或偏中心部位的肿瘤以及局部转移的淋巴结。能单野照射或者与高能X线结合照射以获得均匀的剂量分布。

电子束的基本特点

1、中心轴百分深度剂量分布



能量对百分深度剂量分布影响

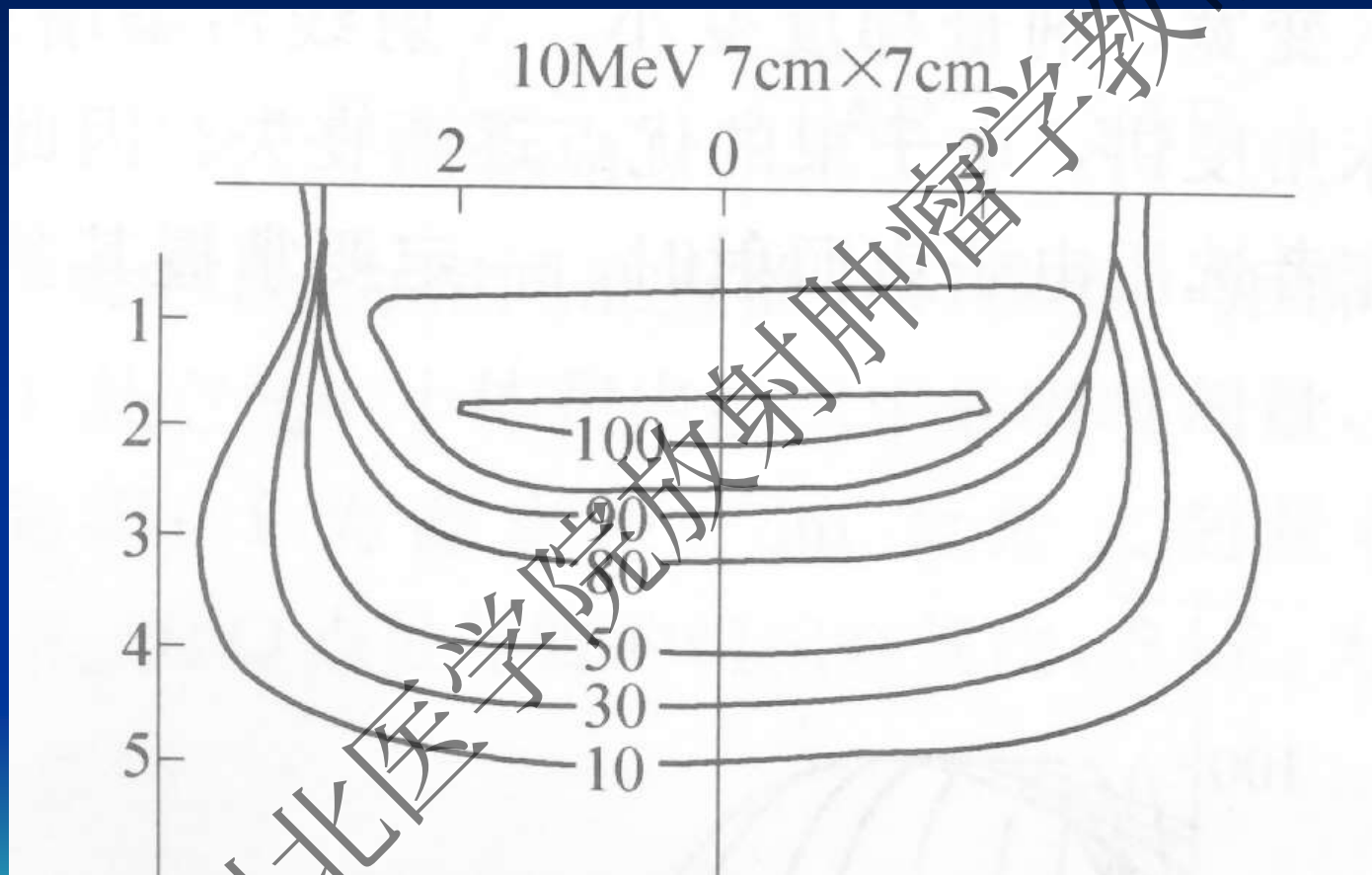


高能电子束百分深度剂量可分四部分：

- (1) 、剂量建成区（不明显）
- (2) 、高剂量坪区
- (3) 、剂量跌落区
- (4) 、 X射线污染区

川北医学院放射肿瘤学教研室

2、等剂量曲线



3、高能电子束的能量和照射野的选择

有效治疗深度(cm)约为 $1/3 \sim 1/4$ 电子束能量(MeV)

将靶区最深部分的宽度适当扩大，一般在表面位置都向两侧外放0.5~1.0 cm