

苏州大学

放射治疗设备与防护

苏州大学 放射医学与公共卫生学院

讲述内容

- 设备内容讲述
- 防护内容讲述
- 复习思考题

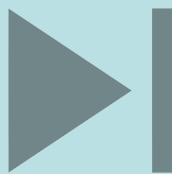
复习思考题

- 概念：内散射、外散射
- 放疗过程中灵活应用防护三原则。
- 叙述放疗过程对病人(特殊对象)的防护。
- 放疗过程医务人员自身的防护。
- 叙述肿瘤放疗整体治疗最优化的必要条件。
- 简述放疗对患者防护应遵循的基本原则。
- 腔内治疗中须考虑的防护问题。
- 间质治疗中须考虑的防护问题。



设备内容讲述

- 放射治疗技术简史
- 远距离放射治疗装置
- 近距离放射治疗装置
- 放射治疗装置电离辐射来源



放射治疗技术简史

- 放射治疗从发现X射线和镭以后不久就开始，并逐渐成为了一种治疗恶性肿瘤的常规手段。普遍认为放疗是人类在20世纪的一项重大发明。
- 1895年11月伦琴发现X射线。两个月后，有人建议用X射线治疗疾病。
- 1896年贝克勒尔发现铀盐的放射性。随后发现长时间接触电离辐射，皮肤会出现红斑、皮炎甚至溃疡，这种辐射生物反应引起了医生的注意。

- **1896年11月**，维也纳一位皮肤科医生首先用X射线治疗一名色素性多毛痣4岁女孩，病变从背部延伸到两臀上部，长达**36cm**。经过分上下两部分用X射线照射，毛发脱落，以后未再复发，但反复发生皮肤溃疡，愈合很慢。**1973年**，已**82岁**的她有一个儿子，子孙都健康，除因溃疡形成的疤痕影响了脊柱发育外，未出现其他异常。
- **1898年12月26日**居里夫妇发现天然放射性核素 ^{226}Ra 。

- **1910年美国研制成钨丝热阴极X射线管；1913年研制成140kVX射线机；1922年后陆续研制成200~1000kVX射线机，为放射治疗提供了kV级X射线治疗。**
- **根据X射线能量，分为临界(6~10kV)，接触X射线(10~60kV)，浅层X射线(60~120kV)，中层X射线(120~160kV)，深部X射线(160~400kV)。kV级X射线用于放射治疗明显感到能量仍不够，其最大剂量在皮肤表面，当位于深部的肿瘤尚未得到足够剂量时，皮肤反应已很严重。**

- **1931年**美国发明电子静电加速器。**1937年**美国和英国医院安装了**1MeV**电子静电加速器，后来提高到**2.5MeV**，高压装置体积庞大，不适合医院使用而停止。
- **1940年**美国发明电子感应加速器。**1949年**美国用电子感应加速器进行放射治疗。
- **1950年**加拿大利用反应堆生产的 ^{60}Co 制成远距离治疗机， ^{60}Co 发射**1.17MeV**和**1.33MeV**两种 γ 射线，结构简单，维护方便，现在发展中国家仍在广泛使用，我国也仍在生产。

我国放射治疗技术的发展

- 我国放疗始于**1930**年代，北京协和医院和上海中比镭锭医院进行放疗。**1932**年北京协和有**120kV**和**200kV**的X射线治疗机各一台，**200mg**的镭管和镭针。**40**年代北京大学医学院组建了放疗科。上海中比镭锭医院始建于**1931**年，并由此于**1949**年成立上海肿瘤医院。**1952**年，协和医院放疗科已具有一定的技术力量，**1958**年成立中国医学科学院肿瘤医院。
- **1968**年引进第一台医用电子感应加速器。
- **1972**年中国开展医用电子感应加速器的研究。

- **1974年**北京、上海及南京同时开展医用电子直线加速器的研究。
- **1975年**引进第一台医用电子直线加速器。
- **1977—1983年**北京、上海及南京先后研制成行波医用电子直线加速器。
- **1987年**北京研制成驻波医用电子直线加速器。
- **1986年**成立**中华医学会放射肿瘤学会**。
- **1986年**我国已有放射治疗单位**264**个，**1994年**增至**369**个，**1997年**增至**453**个，**2001年**全国共有放射治疗单位**715**个。**2001年**放射治疗专业人员达**14000**余人，呈迅猛发展态势。

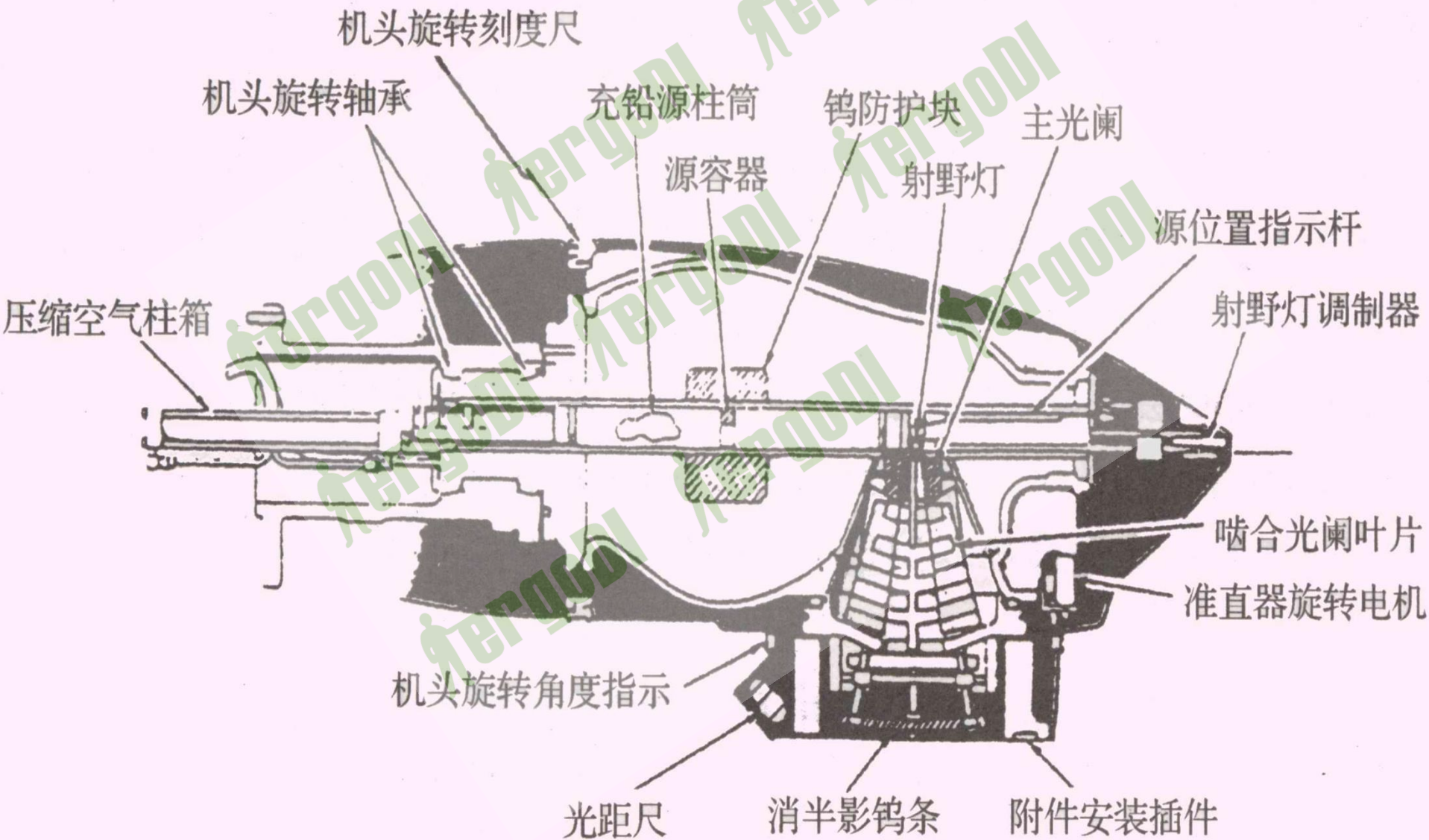
远距离放射治疗

- 最主要的放疗方式。
- 远距离放射治疗：指辐射源至皮肤间距离大于**50cm**的放射治疗。
- 远距离放射治疗的临床用途
 - 深部放疗：照射被健康组织包围的靶
 - 表浅放疗：对表浅组织(通常<1cm深度)所进行照射。
 - 全身放疗：对全身进行照射，主要用于骨髓移植或外周血干细胞移植前的预处理。
 - 全身皮肤电子束治疗：用低能(4~6MeV)电子束对全身皮肤病变进行的放射治疗。
 - 术中放疗：对术后瘤床、淋巴引流区或原发灶，在直视下一次给予大剂量电子束照射。

远距离放射治疗装置

- 1. 放射性核素远距离放射治疗机
 - ^{60}Co 远距离治疗机：发射1.17MeV和1.33MeV两种能量的 γ 辐射，相当于2.5~2.8MV的X辐射源。
 - ^{137}Cs 远距离治疗机：发射0.662MeV的 γ 射线。

^{60}Co 治疗机头结构



^{60}Co 远距离治疗机

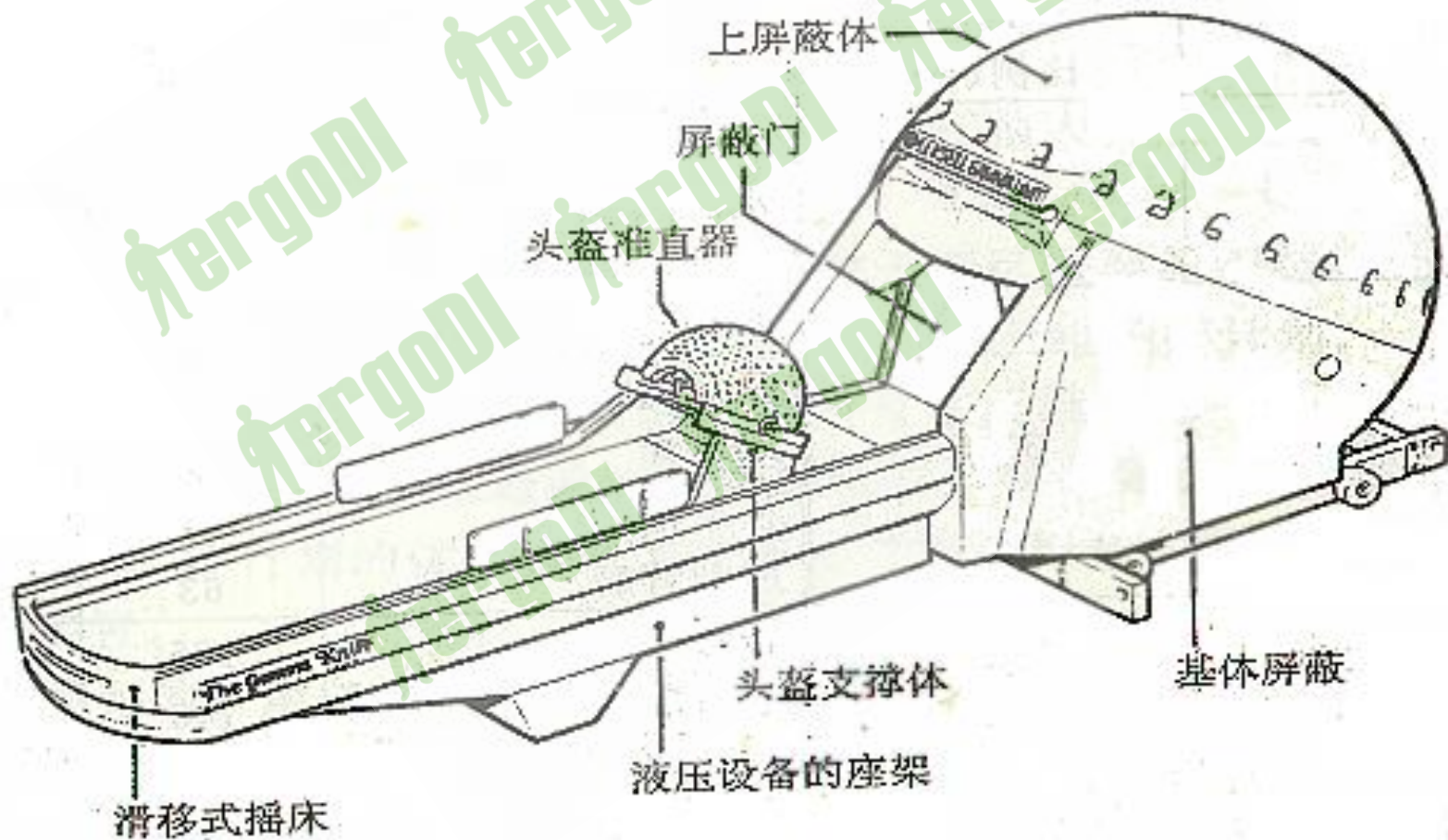


^{60}Co 远距离治疗机

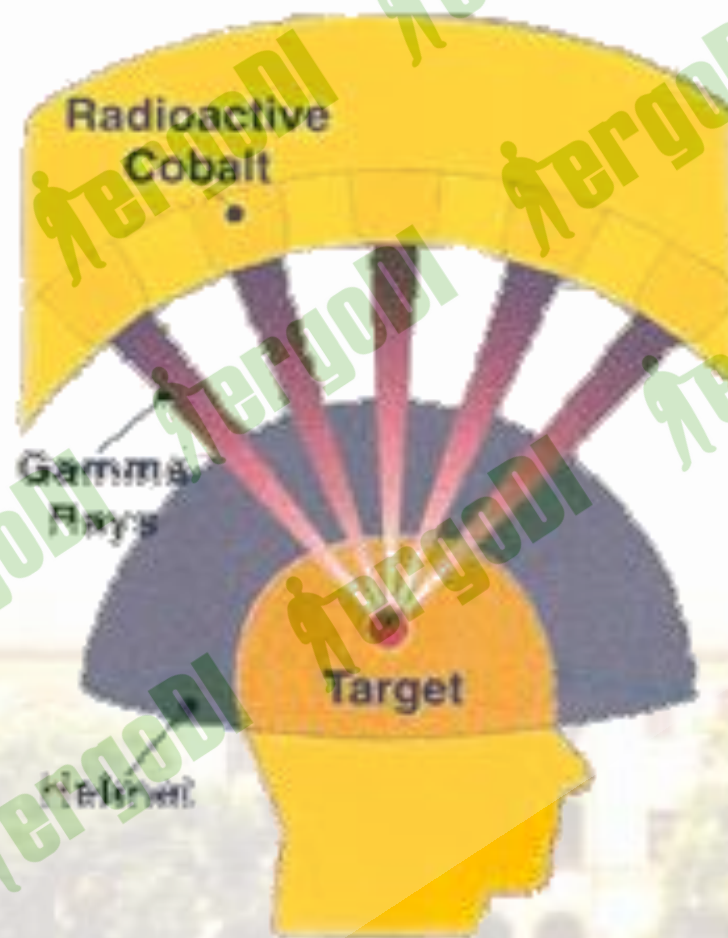


γ -刀的组成

- γ -刀由六部分组成
放射系统；校准系统(头盔)；手术台；控制台；
液压系统和计算机治疗计划系统。



医科达伽玛刀的治疗原理

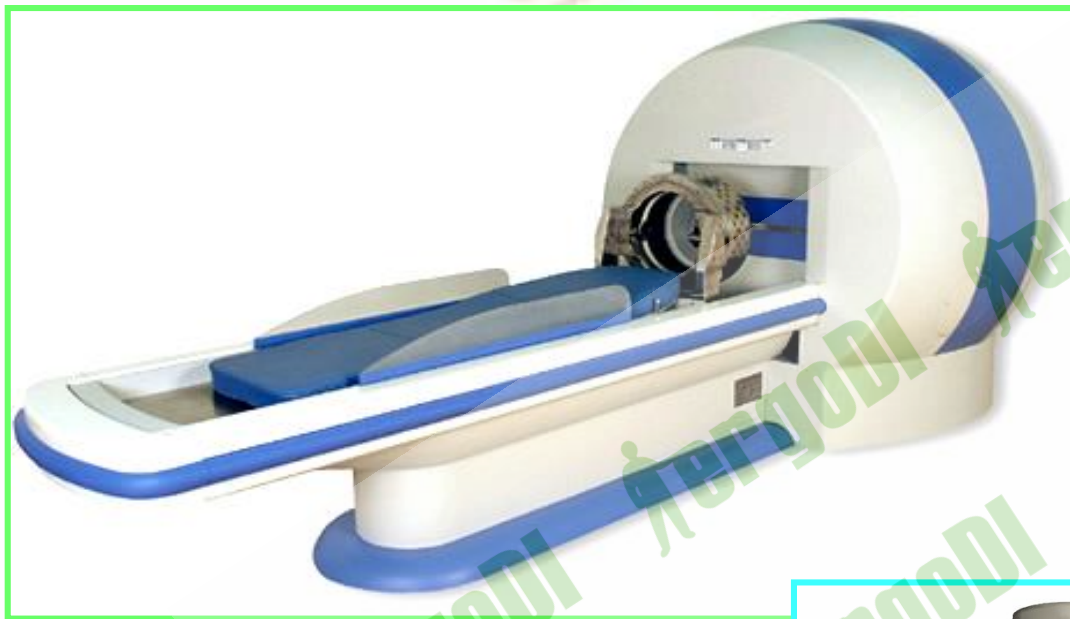


苏州大学

医科达伽玛刀

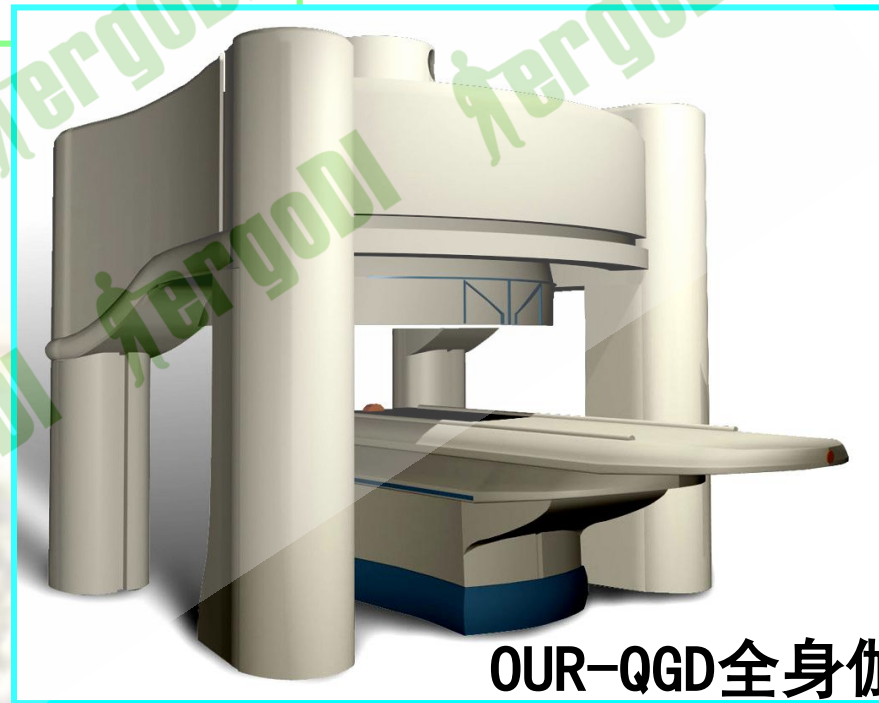


第一代伽玛刀



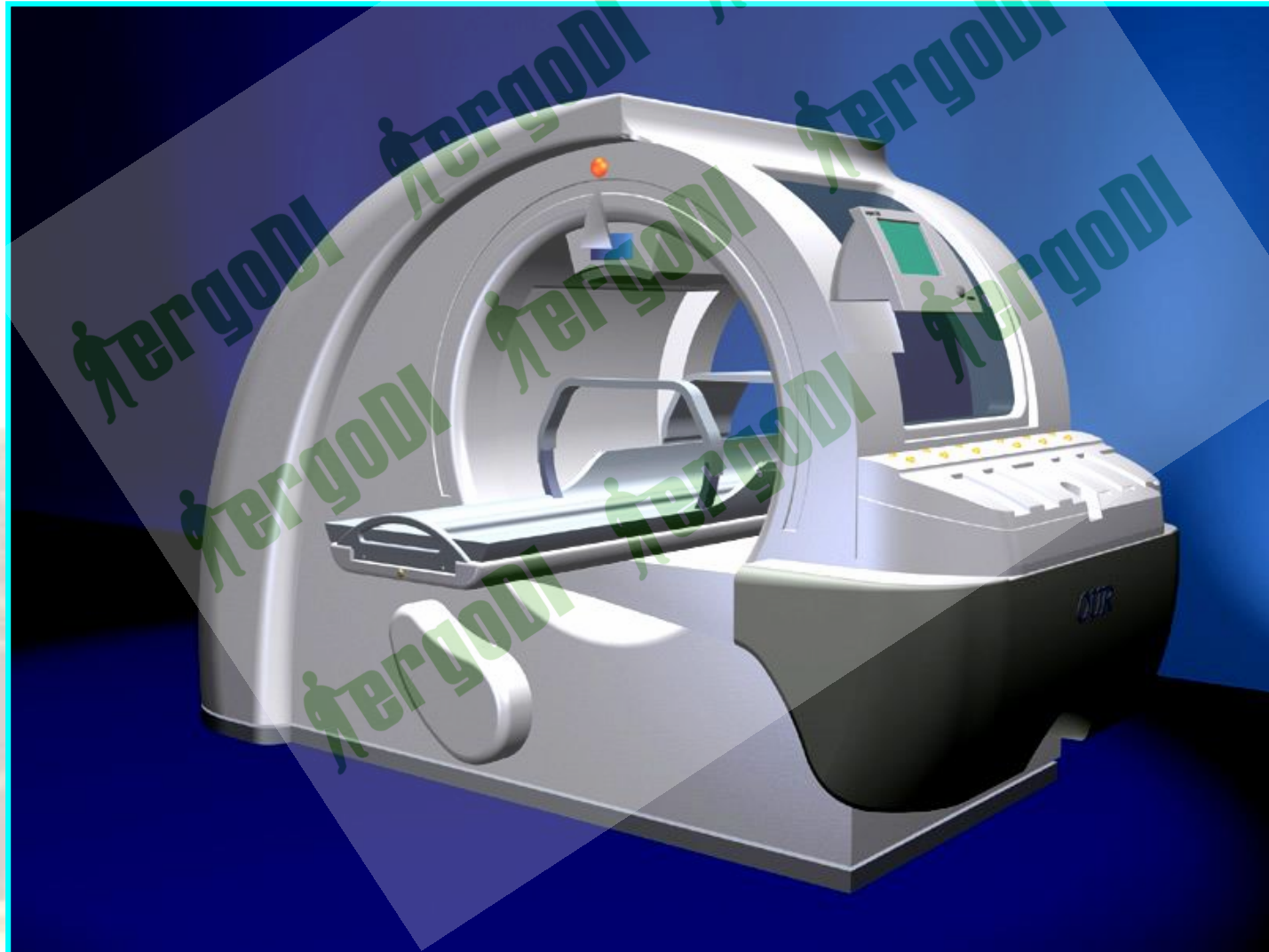
第二代伽玛刀

玛西普-伽玛头部伽玛刀

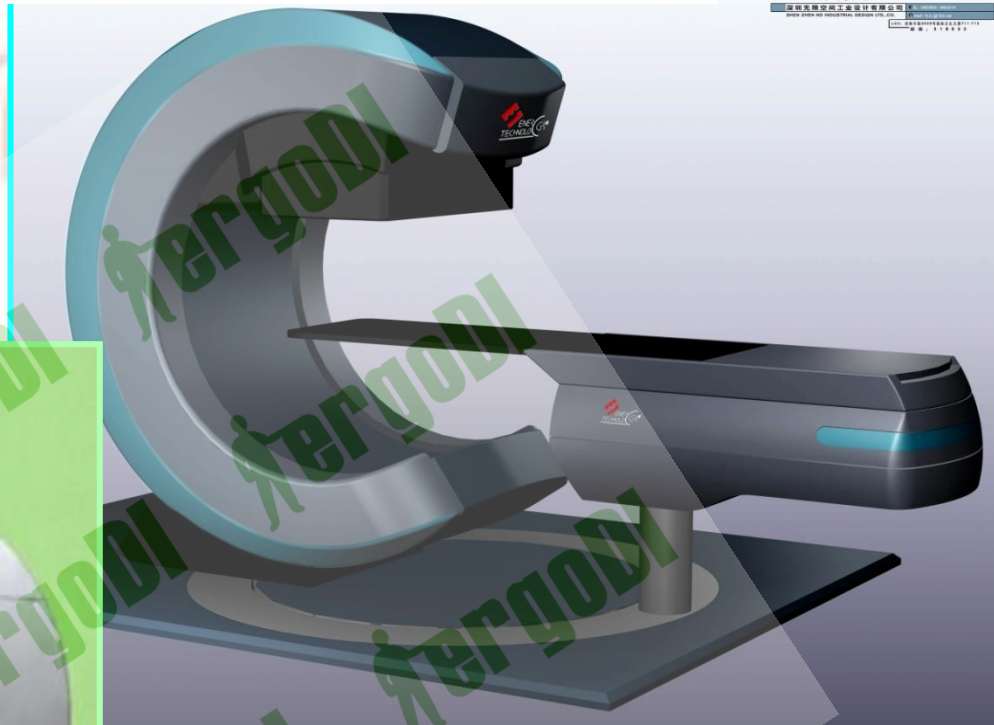


OUR-QGD全身伽玛刀

第三代伽玛刀 (OUR-SGD超级伽玛刀)



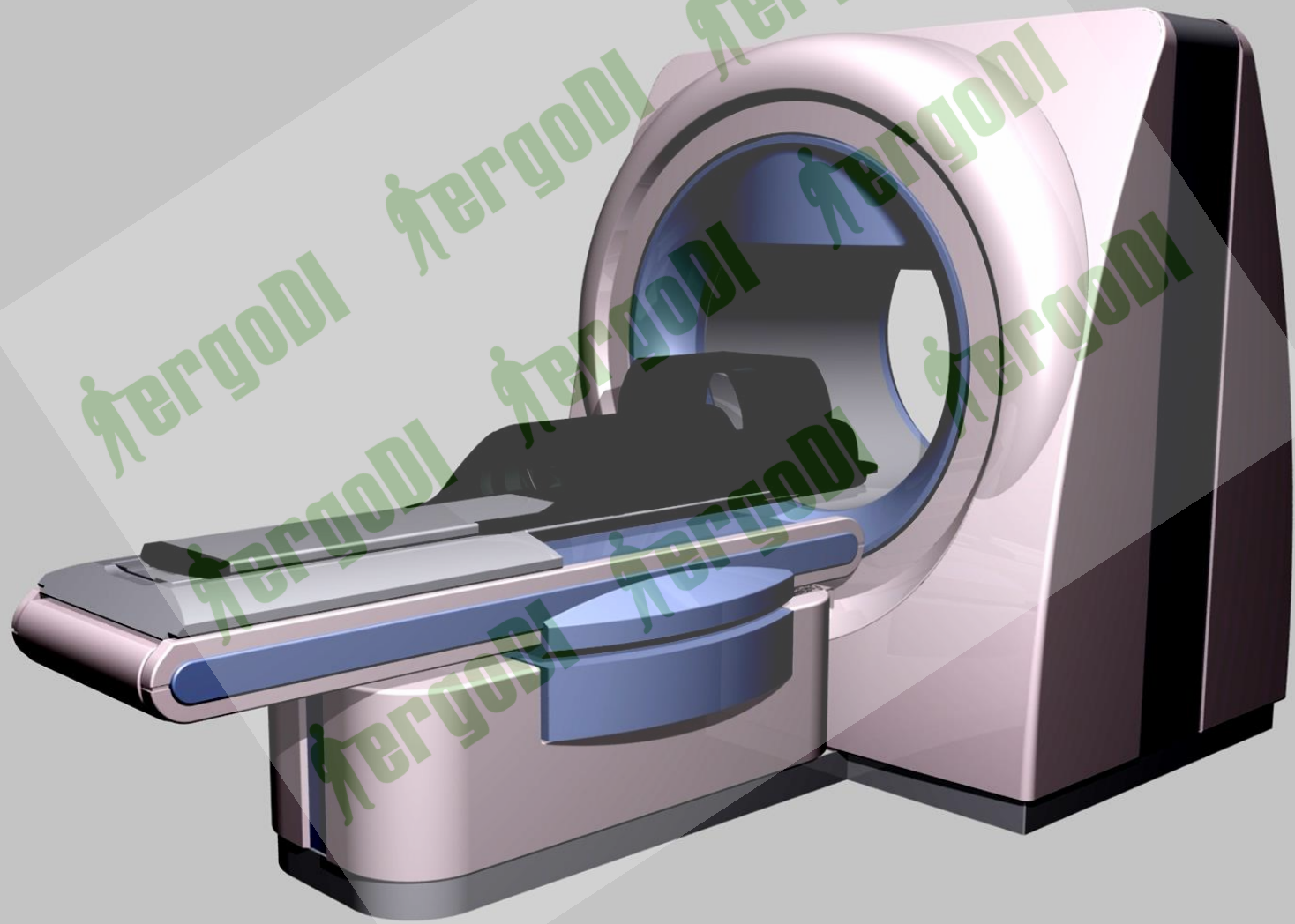
月亮神伽玛刀



CT机器人伽玛刀

第四代伽玛刀

第五代伽玛刀(伽玛星一号)



• 2. X射线治疗机

—接触治疗机：

治疗皮肤癌，管电压**10—60**千伏；

—表层治疗机

治疗浅层，管电压**60—140**千伏；

—中层治疗机

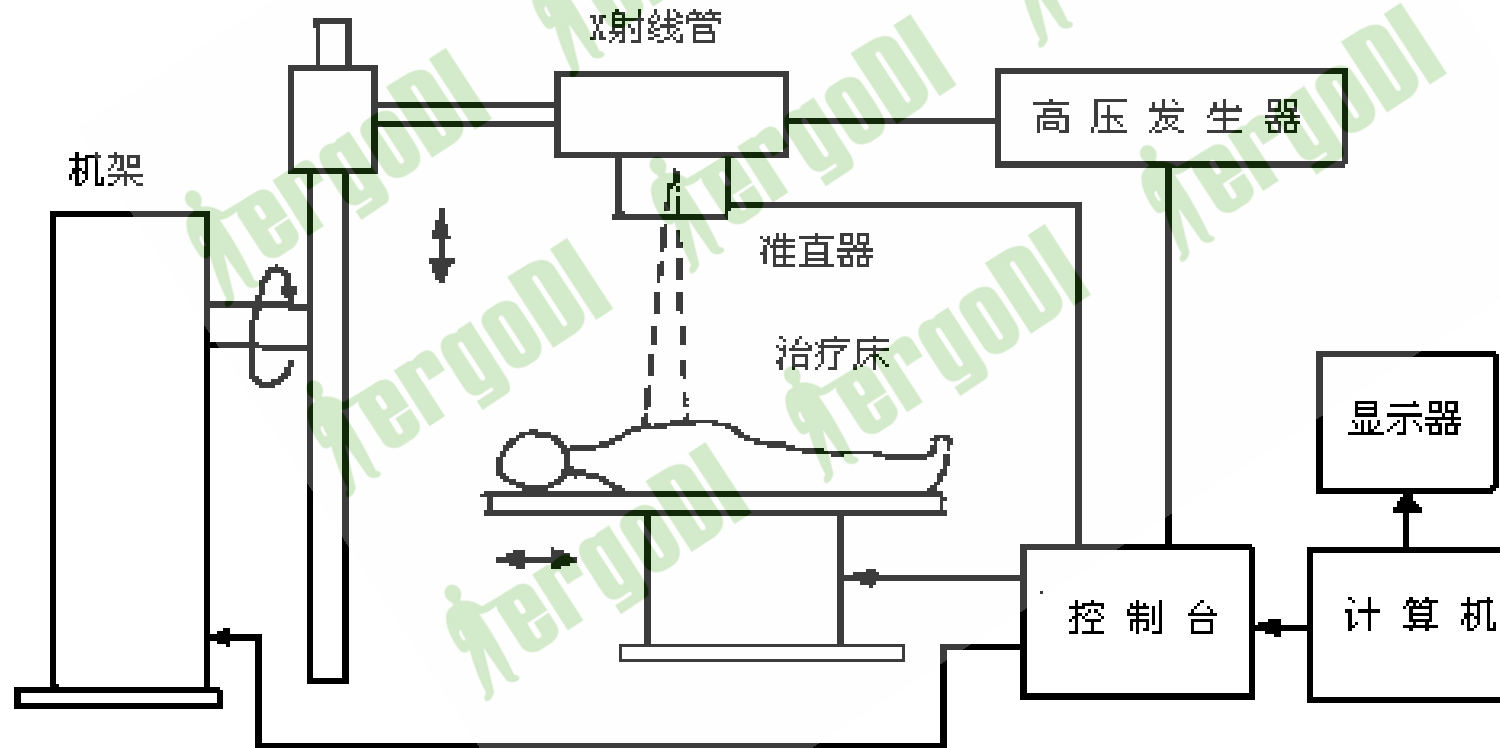
治疗皮下中层组织，管电压**140—180**千伏；

—深部治疗机

治疗组织深部的病灶，管电压**180—250**千伏。

X射线治疗机

X射线治疗机：由X射线管、高压发生器、三维移动机架及计算机控制系统组成。



X射线治疗机 (WEIDA)

射线能量:

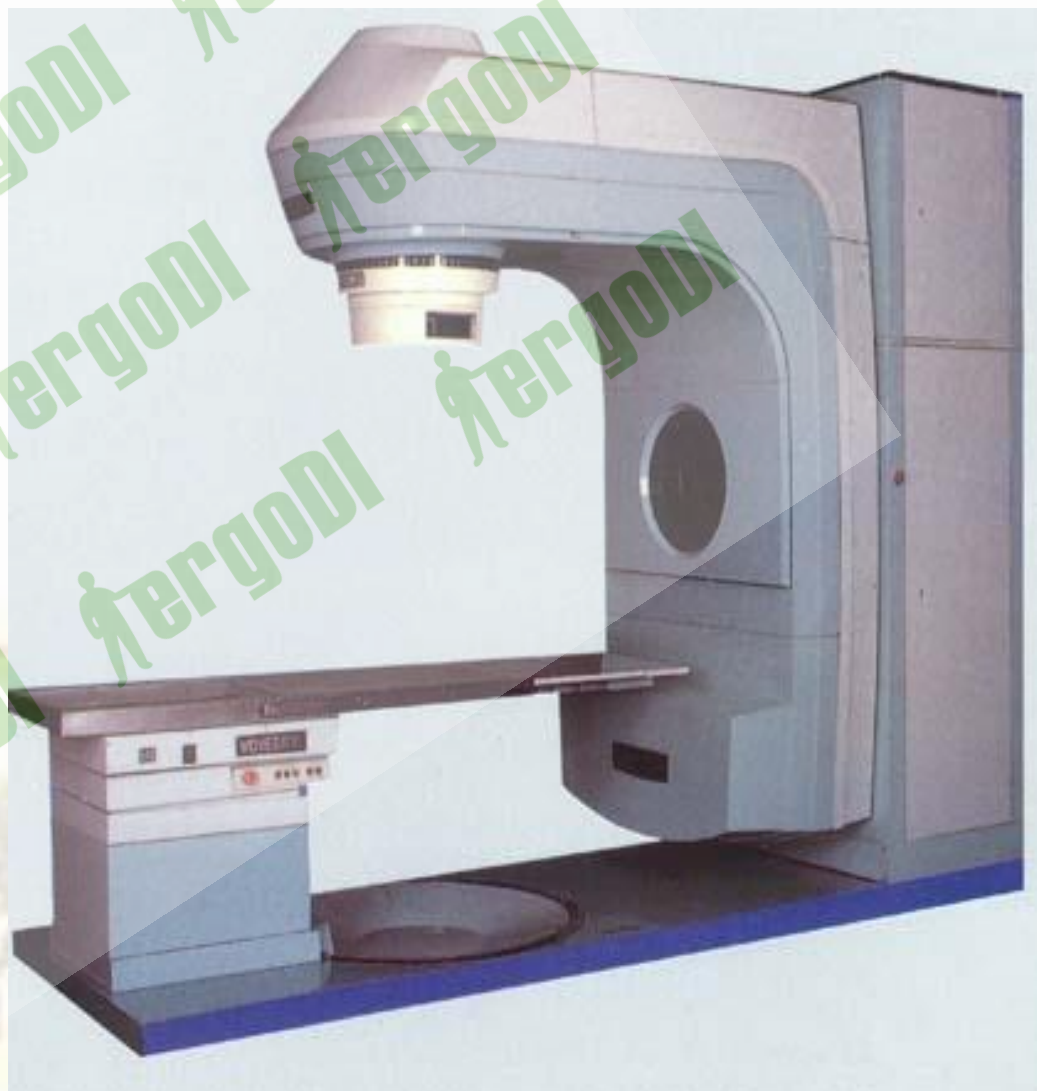
6MeV(X-ray)

剂量率:

2Gy/min

照射野:

2×2~35×35cm



• 3. 医用加速器

- **医用电子加速器**：可直接产生电子线和间接产生X射线。

- a. 电子直线加速器：用射频场加速电子，电子束中心轨道为一直线；
- b. 电子回旋加速器：用射频场加速电子，轨道为半径不断增加的圆；
- c. 电子感应加速器。

- **医用质子加速器**：治疗用能量范围在50~250MeV，加速流强20nA左右，以达到2Gy/min的剂量率。

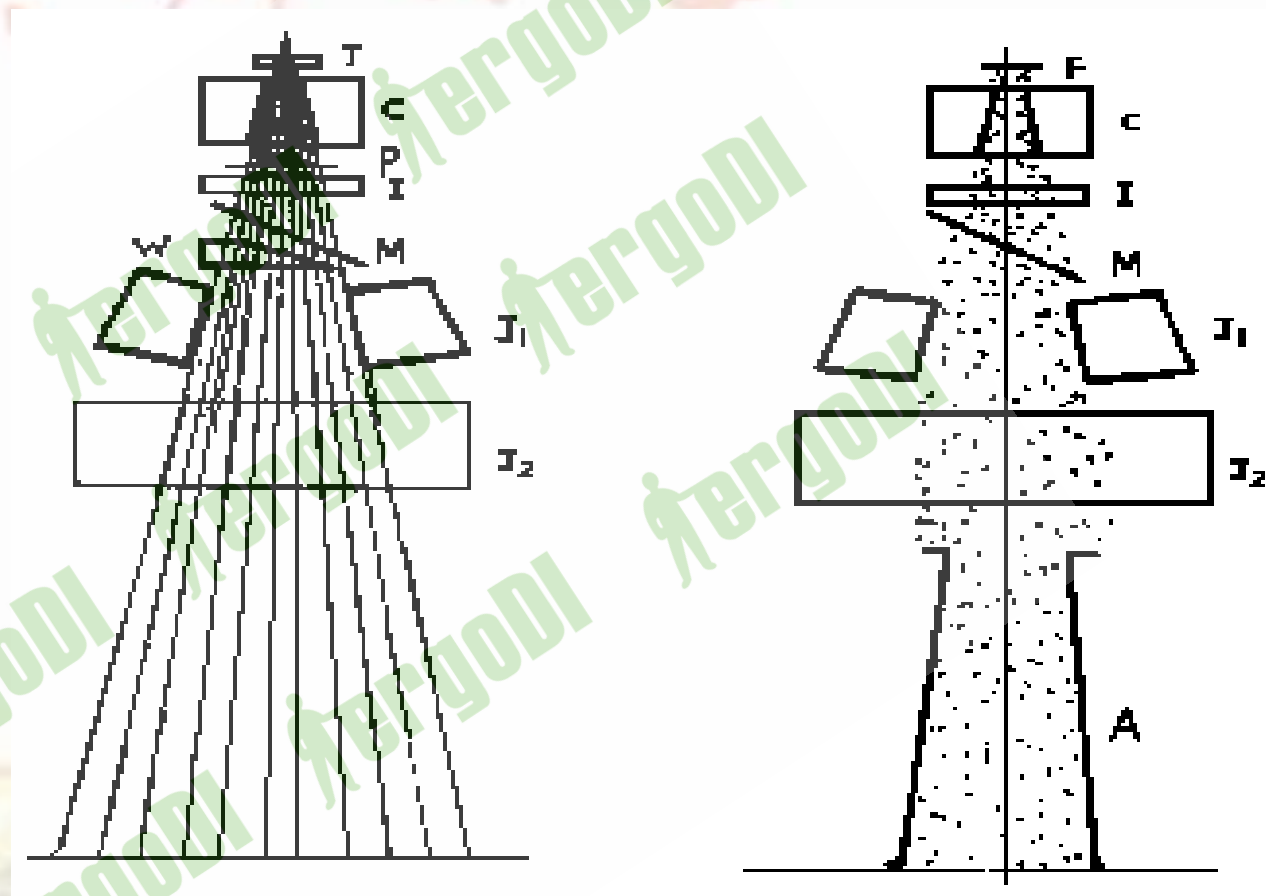
- a. 质子回旋加速器；
- b. 质子等时性回旋加速器；
- c. 质子同步回旋加速器；
- d. 质子同步加速器。

- **医用重离子加速器**：在加速器技术中，氦以后的离子为重离子，如 ^4He 、 ^{14}C 、 ^{14}N 、 ^{16}O 等，重离子是有明显射程的粒子，为了能到达人体深部，需要能量范围在**50~450MeV/u**(u为被加速离子的粒子数)，相同能量，不同种类的重离子射程不同。加速重离子的方法与加速质子基本相同。主要有：
 - a. 医用重离子等时性回旋加速器
 - b. 医用重离子同步加速器
- **医用中子发生器**：中子不能直接加速，因此是间接产生的粒子。
 - a. 以密封中子管为基础的医用中子治疗装置：利用(d,T)反应产生单能中子辐射(14MeV)。
 - b. 以回旋加速器为基础的医用中子治疗装置：利用加速的p、d打靶产生中子。

医用电子直线加速器

	X射线能量范围 及能量分档	电子射线能 量范围及能 量分档	应用范围
低能 机	4~6MeV, 1档	无	深部肿瘤
中能 机	8~10MeV, 1档	5~15MeV, 3~5档	大部分深部肿 瘤、 部分表浅肿瘤
高能 机	6~10MeV, 15~25MeV, 1档	5~25MeV, 5~8档	同上

2. 辐射系统
X射线及电子射线的辐射系统如图所示，其主要组成有：靶、均整块、散射箔、准直器、上下光阑等。

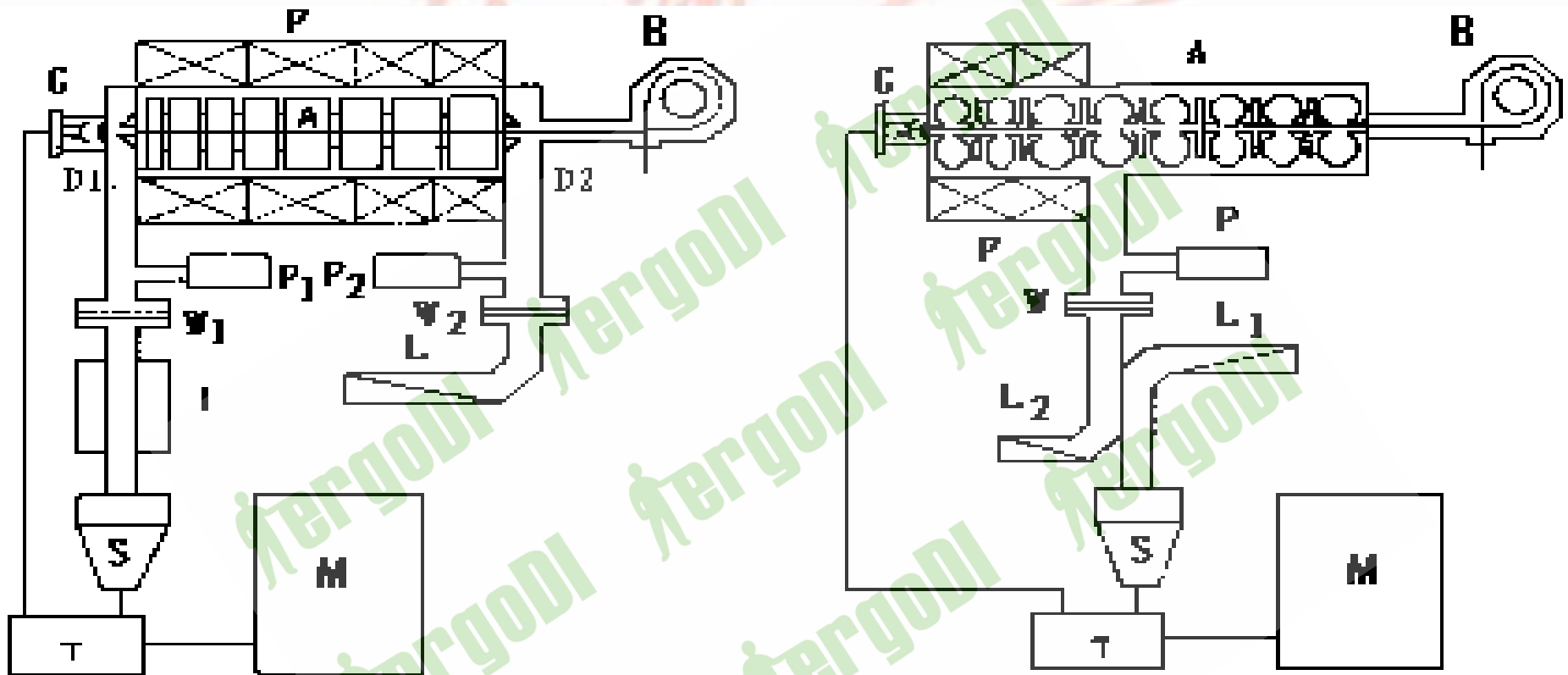


a) X射线辐射系统

b) 电子射线辐射系统

A-限束器 C-准直器 F-散射箔 I-电离室 J-光阑 M-
反射镜 P-均整块 T-靶 W-楔形过滤器

辐射系统结构示意图



(a) 行波加速系统

(b) 驻波加速系统

a-加速结构

B-引出系统

C-环流器

D-耦合波导

E-聚焦及导向线圈

G-电子枪

I-隔离器

L-吸收负载

M-高压脉冲调制器

P-离子泵

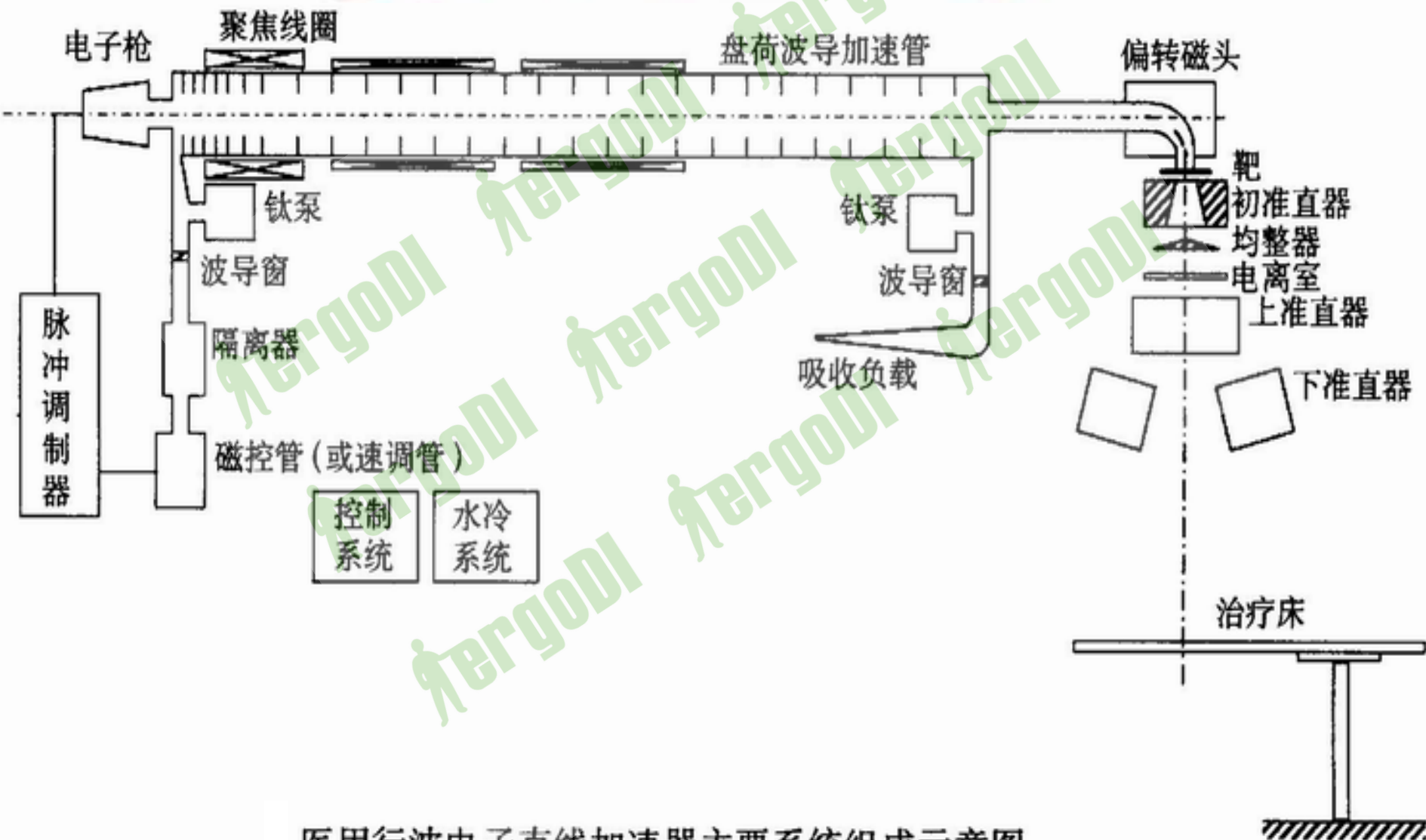
S-微波功率源

T-脉冲变压器

W-波导窗

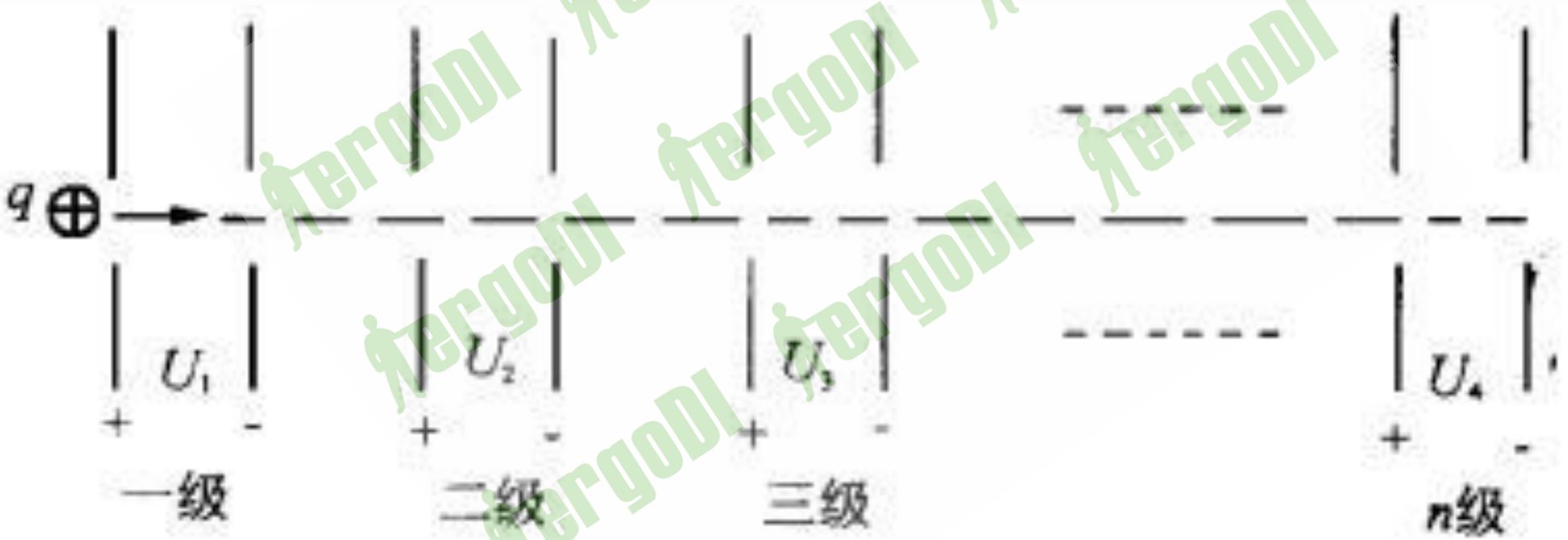
医用电子直线加速器加速系统

医用行波电子直线加速器组成示意图

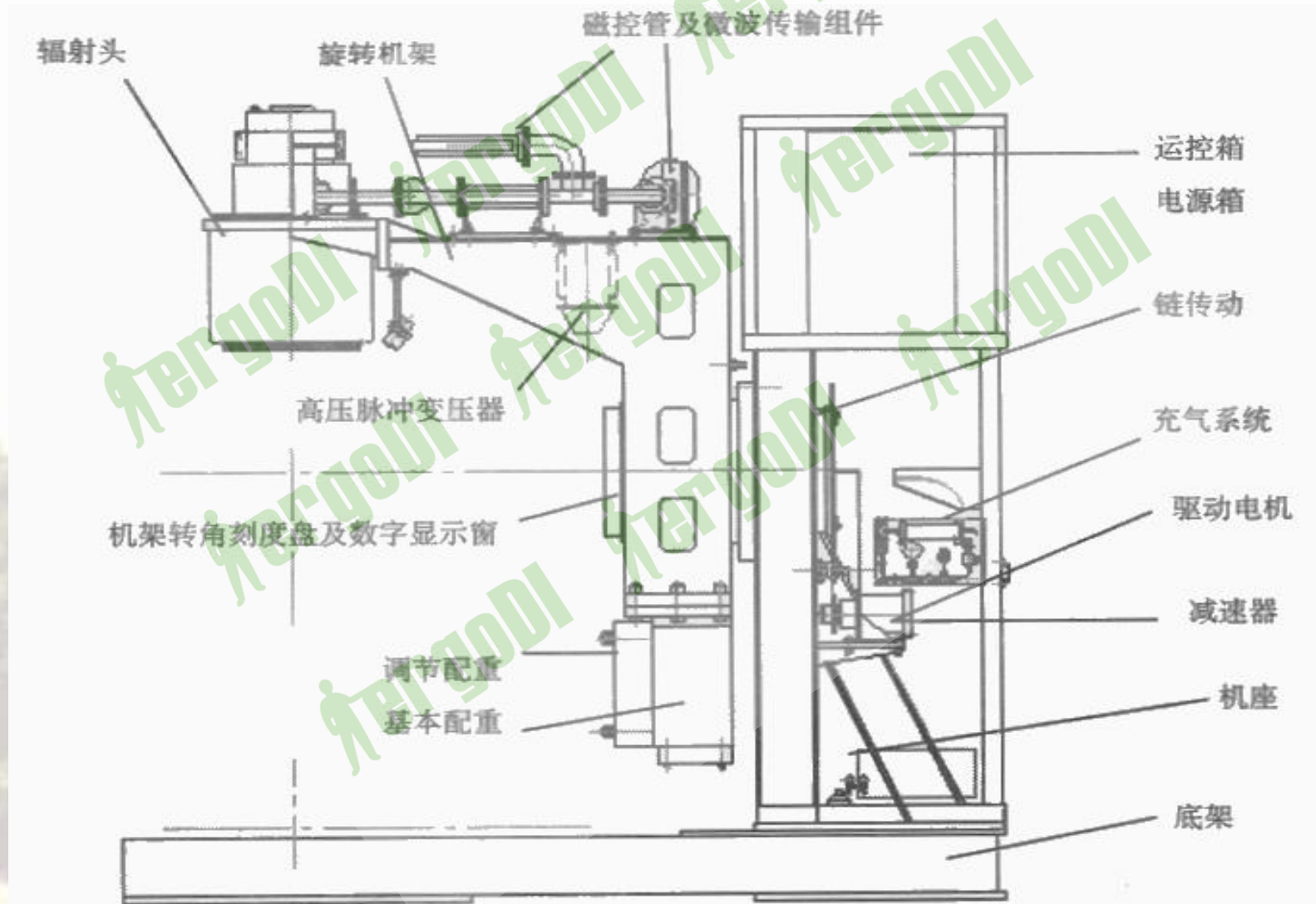


医用行波电子直线加速器主要系统组成示意图

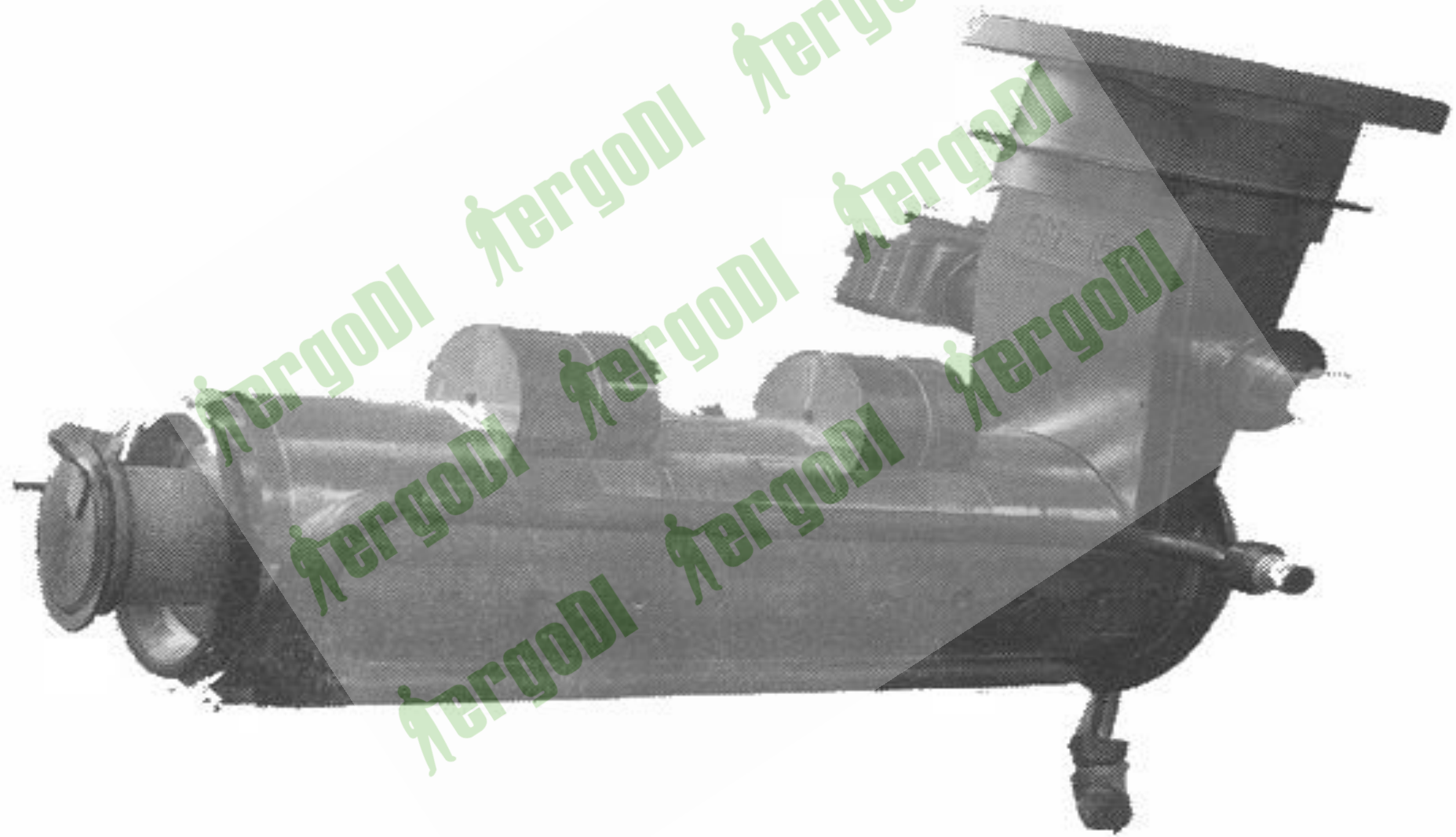
行波加速原理



支臂式旋转机架加速器示意图

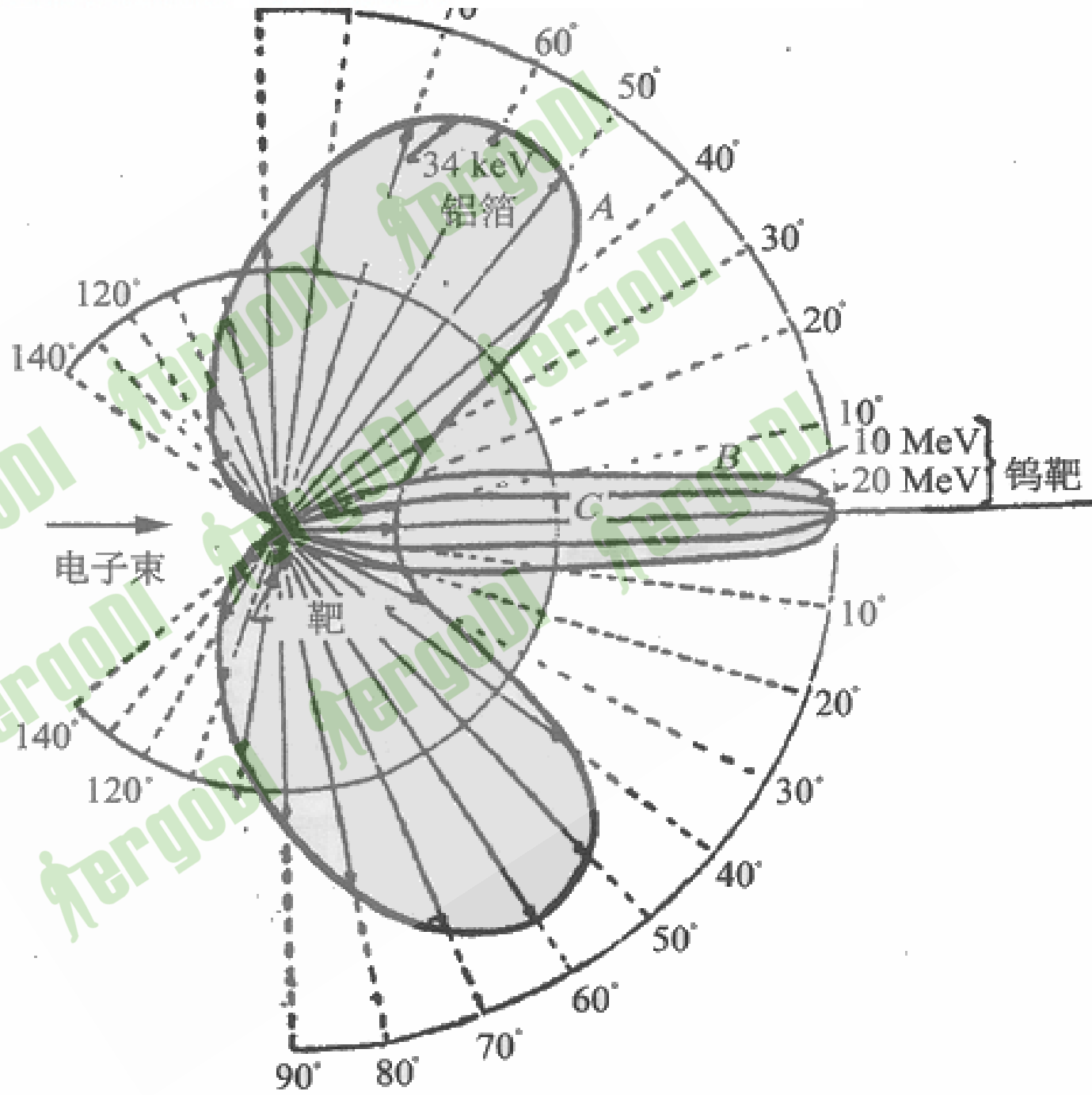


蘇州大學

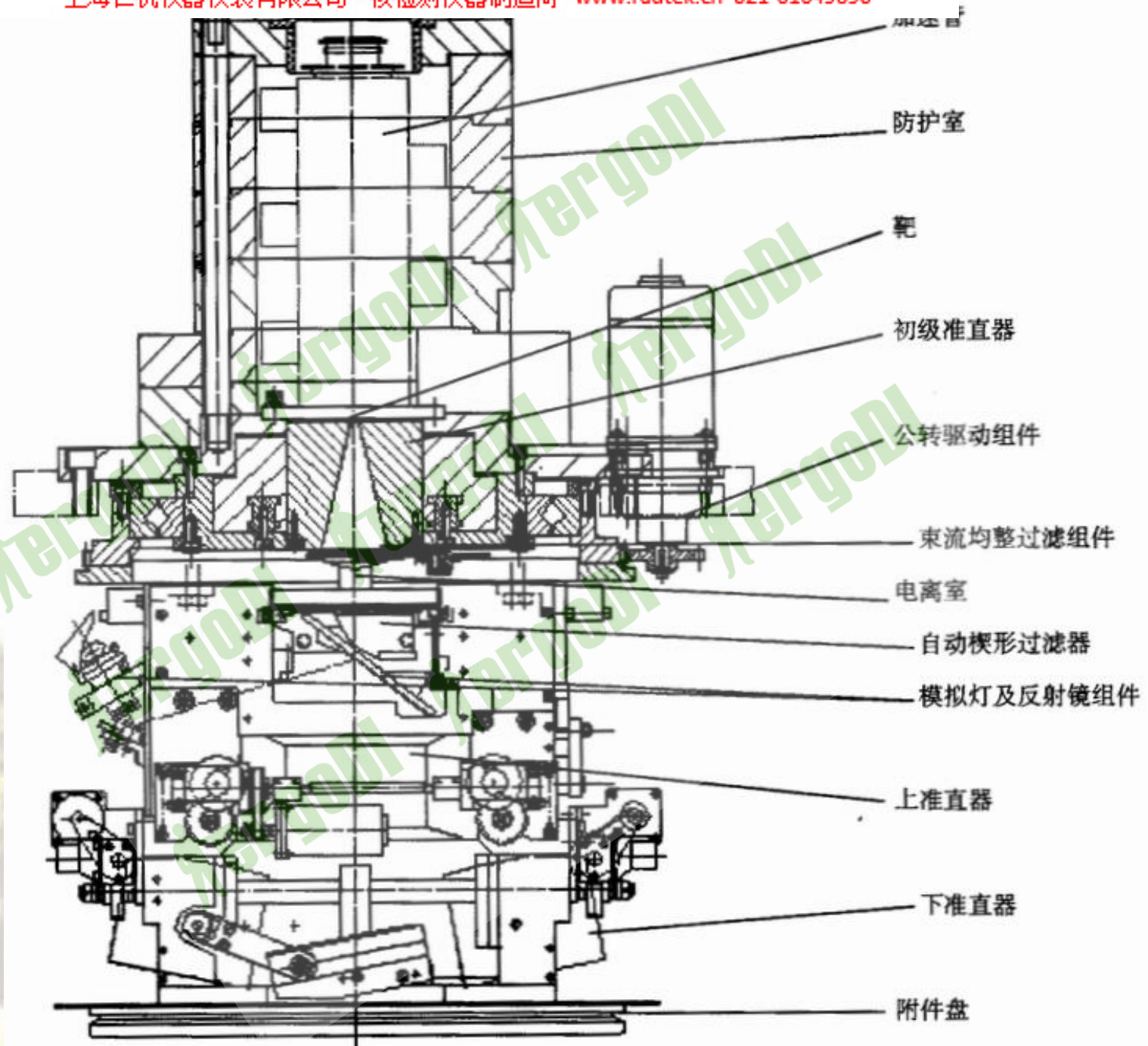


国产 6MeV 驻波加速管外形图

不同能量电子打靶
产生X射线角分布



机头结构图



电子回旋加速器



X 刀 治 疗 示 意 图



X-刀 (STAR 系列)



体部 X 刀



调强-X刀



支臂式旋转机架加速器透视图



电子直线加速器



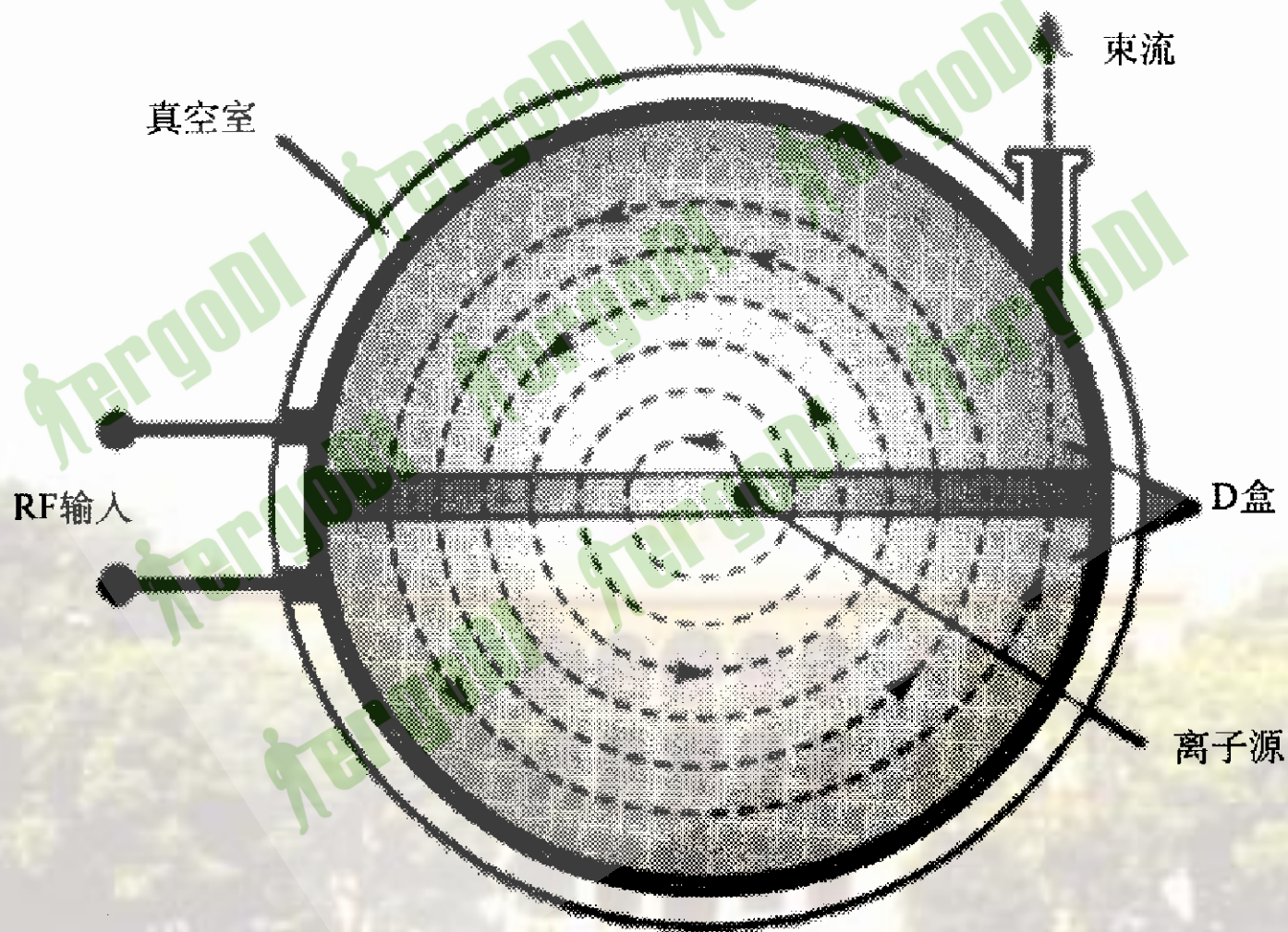
电子直线加速器



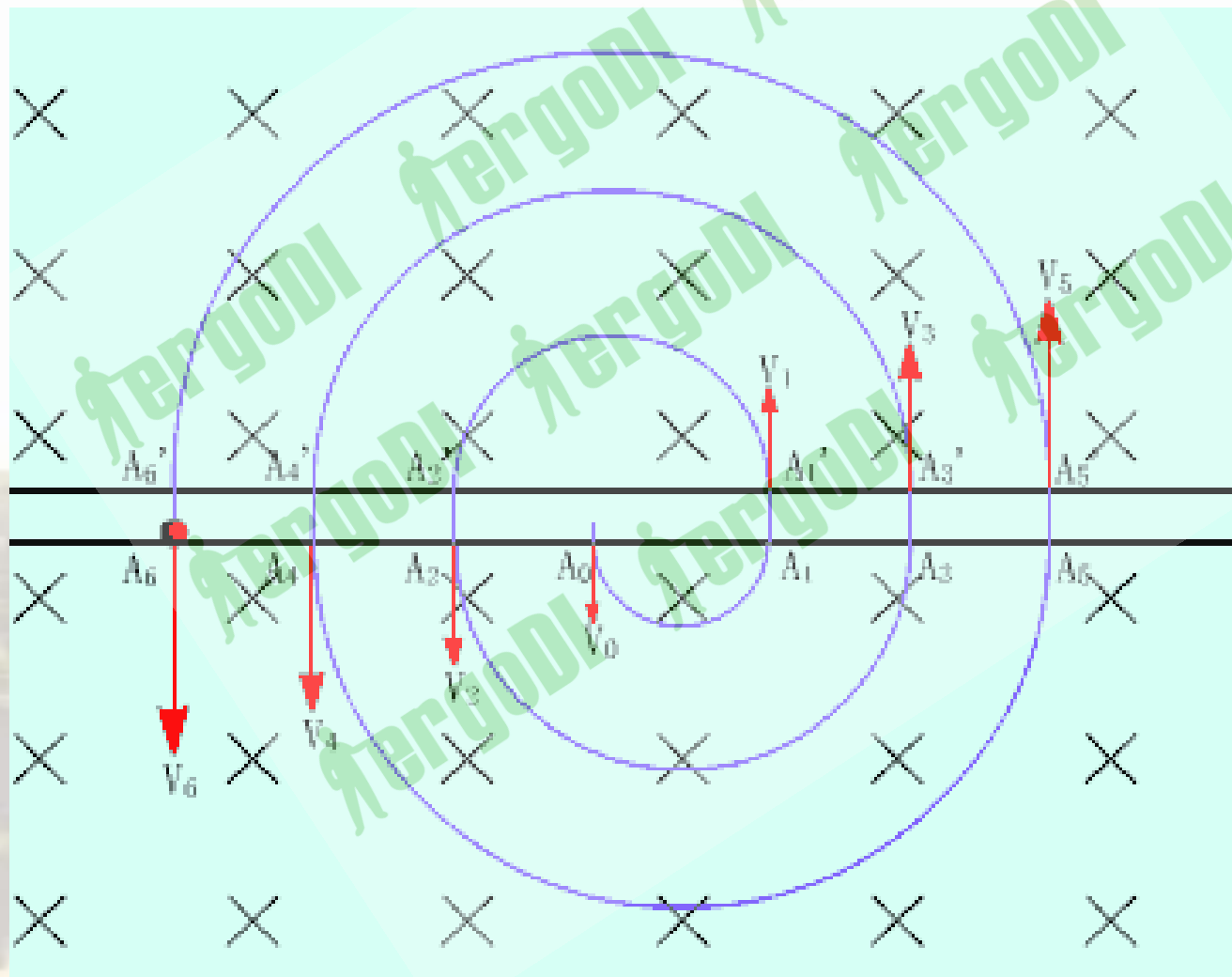
苏州大学



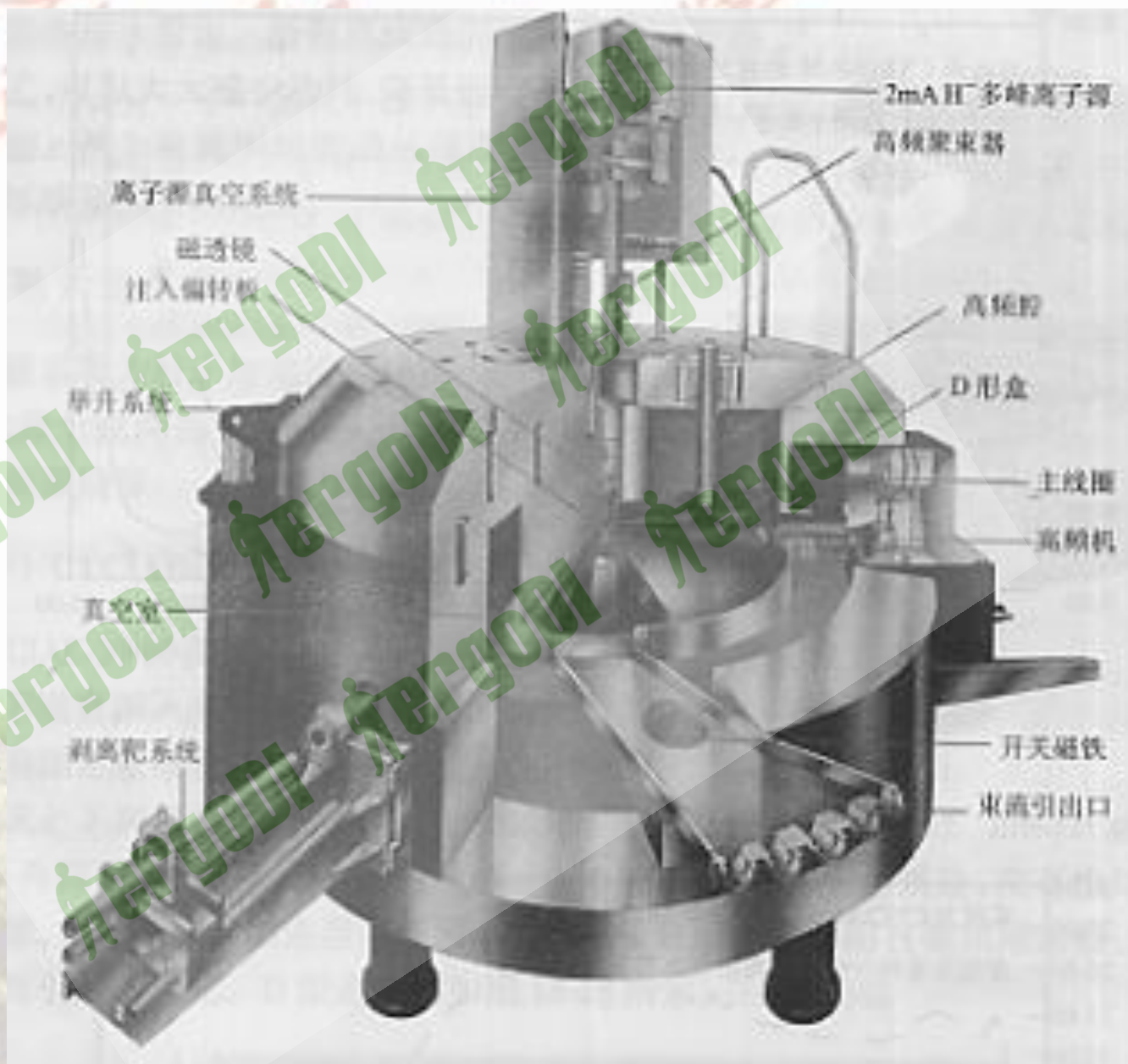
回旋加速器原理图



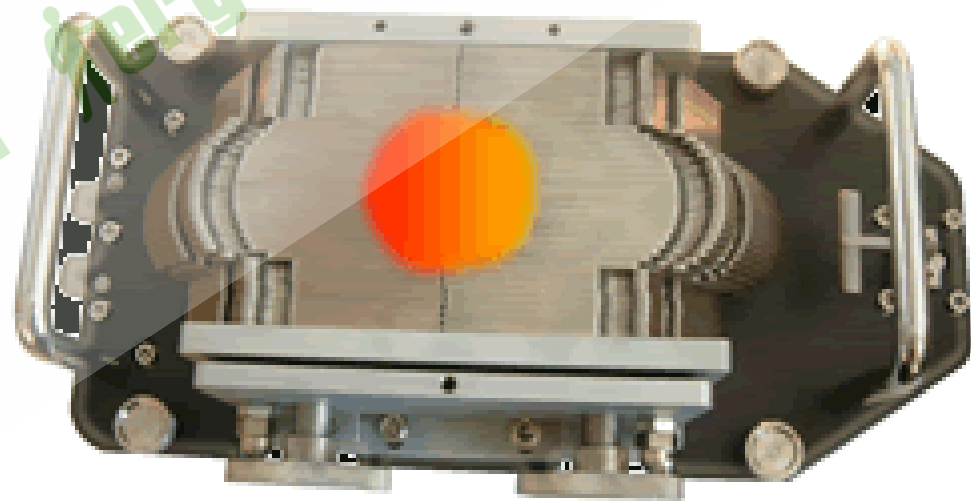
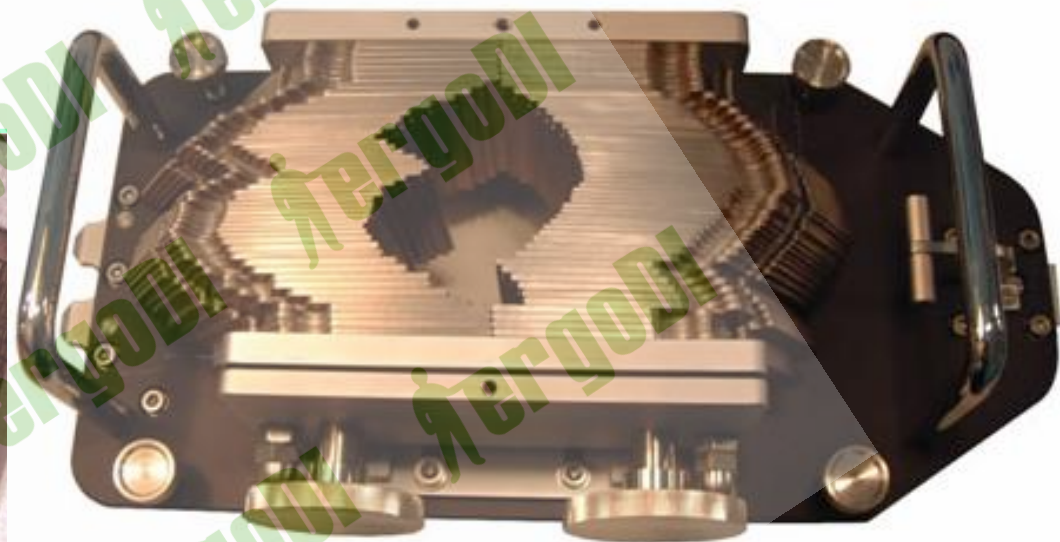
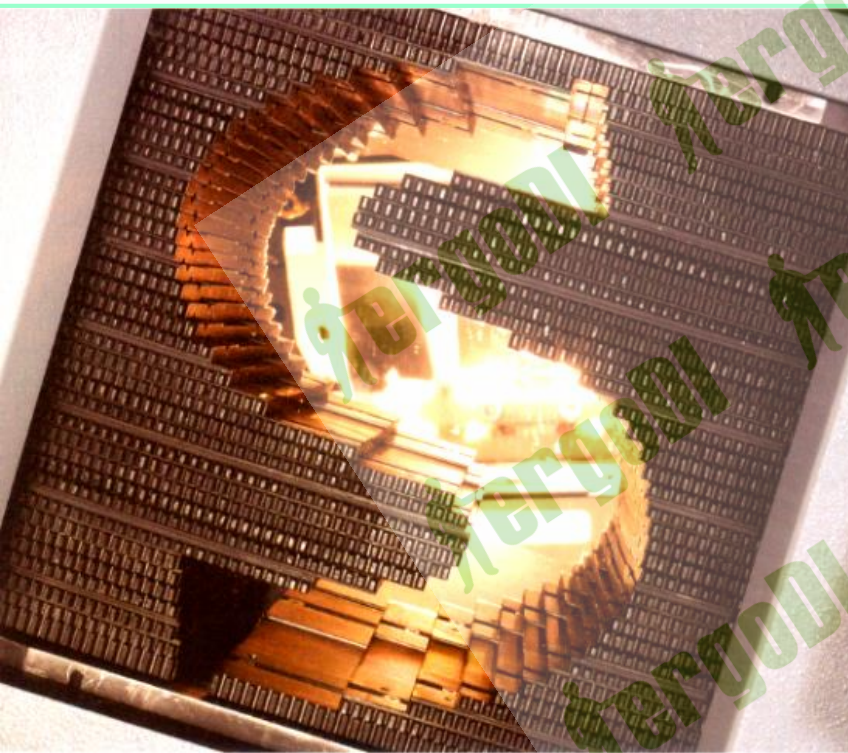
回旋加速器原理图



回旋加速器磁铁结构图

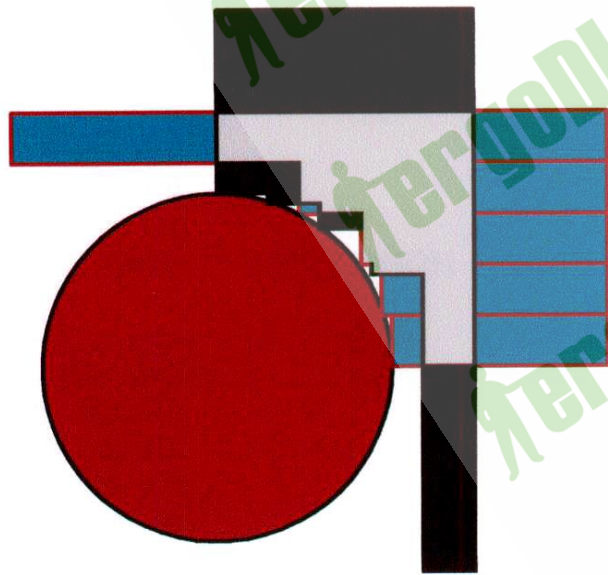
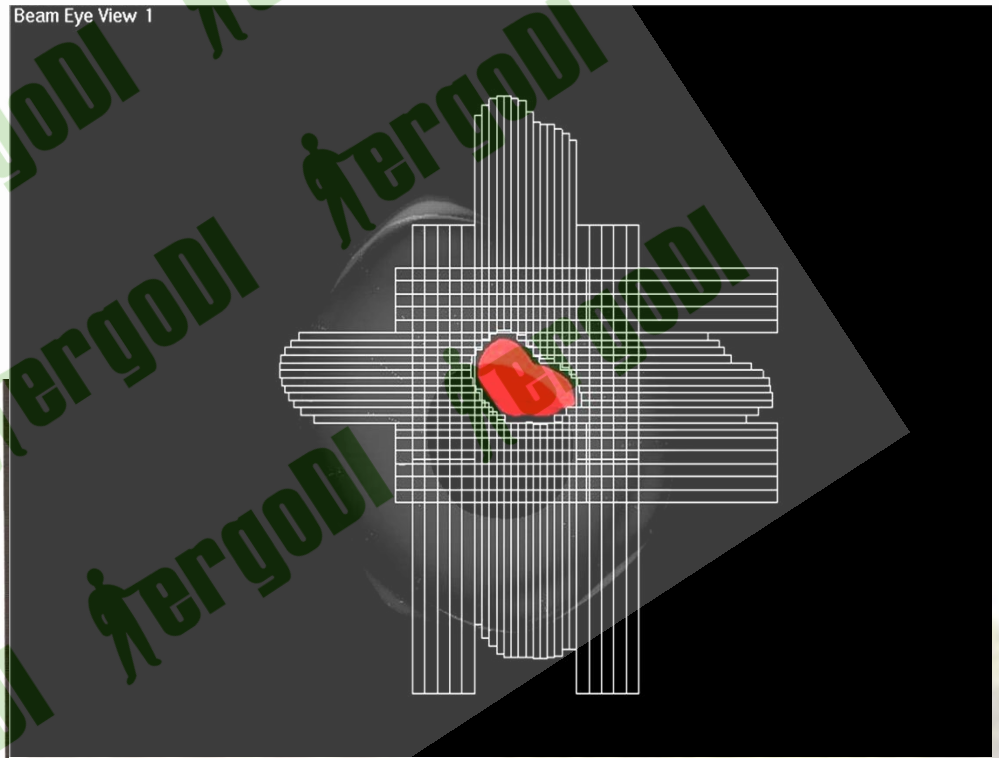


加速器光栅

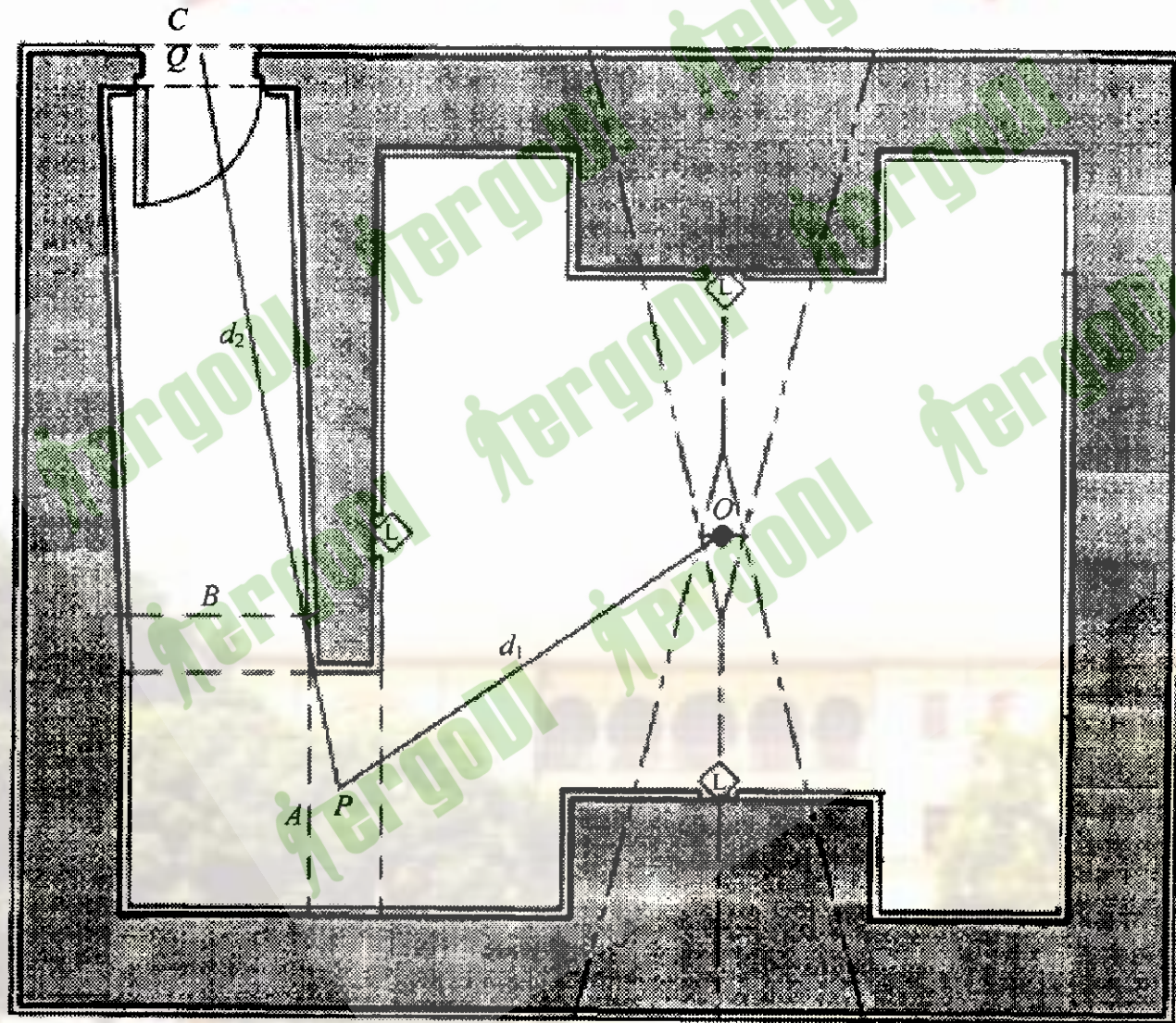


光栅的作用

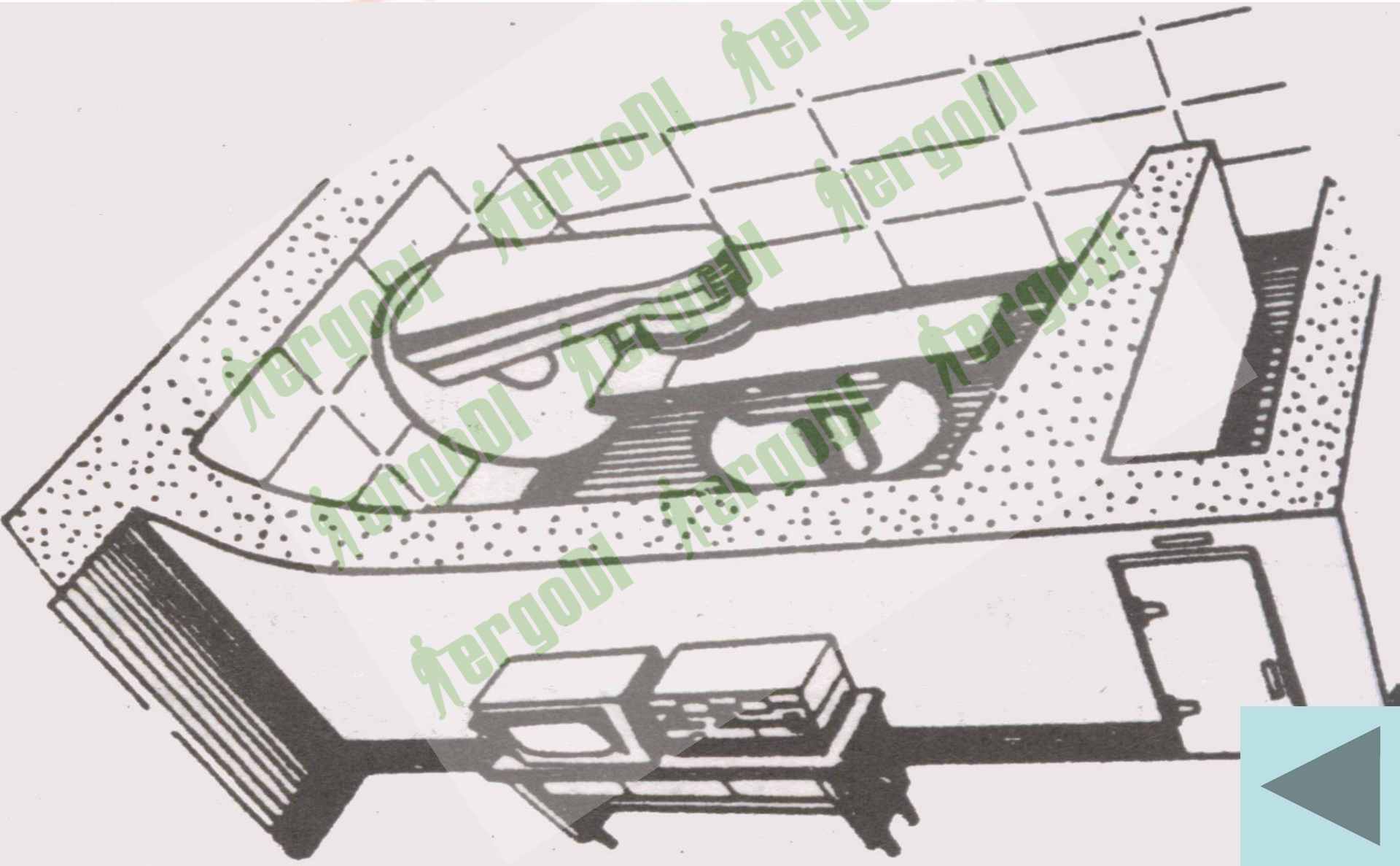
Beam Eye View 1



加速器机房屏蔽示意图



加速器机房示意图



近距离放射治疗

- 近距离放疗是用一个或多个辐射源在患者腔内、组织间或表浅部位进行照射，一般作为远距离放疗的辅助手段。
- 近距离放射治疗的临床用
 - **腔内放射治疗**：用施源器，将一个或多个辐射源通过自然的或人造的开口引入人体腔内的放射治疗。
 - **组织间放射治疗**：用密封辐射源植入患者靶区体积内的放射治疗。
 - **管内放射治疗**：血管腔内近距离治疗以防止血管成形手术后狭窄等。
 - **表面敷贴治疗**：将辐射源按规定排列，置于病灶表面进行放射治疗。
 - **放射性粒子植入治疗**：将多个短半衰期放射性核素“种子”永久性植入病变部位进行放射治疗。

近距离放疗常用的放射性核素物理特性表

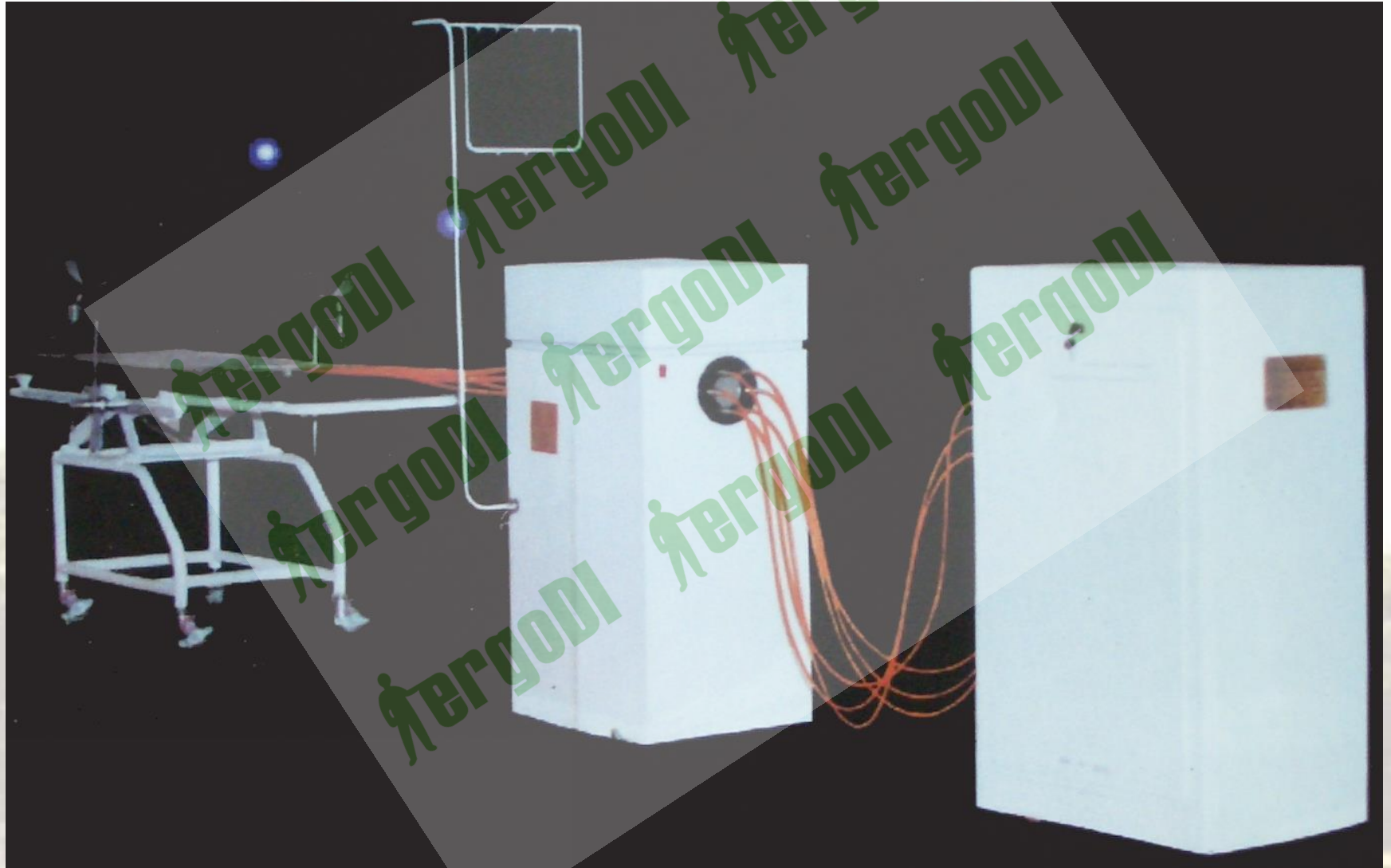
放射性核素	半衰期	治疗射线	平均能量 /MeV	照射量率常数 /(Rcm ² / mCi·h)	$\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$ /MBq·h	穿透力 (HVL_{Pb})	
镭	²²⁶ Ra	1590 年	γ	0.83	8.25	0.195	1.3cm
铯	¹³⁷ Cs	33.0 年	γ	0.662	3.32	0.079	0.65cm
钴	⁶⁰ Co	5.27 年	γ	1.25	13.1	0.309	1.27cm
铱	¹⁹² Ir	74.2 天	γ	0.38	4.9	0.1157	0.21cm
碘	¹²⁵ I	59.6 天	γ	0.028	1.45	0.033	0.008mm
金	¹⁹⁸ Au	2.7 天	γ	0.412	2.32	0.0548	0.3cm
锶	⁹⁰ Sr	28.1 年	β	2.28			$R_{\text{最大}} = 1100\text{mg}/\text{cm}^2$
铀	²⁵² Cf	2.65 年	中子	2.35			$HVL_{\text{水}} = 5\text{cm}$
镅	²⁴¹ Am	432 年	γ	0.06			0.124mm
磷	³² P	14.3 天	β	0.69			
钌	¹⁰⁶ Ru	367 天	β	0.039			
铑	¹⁰⁶ Rh	130 分	β	0.925			
钽	¹⁸² Ta	118 天	γ	1.17	6.77	0.16	1.2cm
钯	¹⁰³ Pd	17.0 天	γ	0.022	1.48	0.035	0.011mm

近距离放射治疗装置

- 1. 遥控自动驱动式 γ 辐射后装机
 - 目前遥控自动驱动式 γ 辐射后装机常用辐射源有 ^{137}Cs (γ 辐射源活度40mCi左右)、 ^{60}Co (γ 辐射源活度12Ci左右)及 ^{192}Ir (γ 辐射源活度10-12Ci)等。
 - 按辐射强度分为：
 - (1)低剂量率(LDR)(0.4~2Gy/h)
 - (2)中剂量率(MDR)(2~12Cy/h)
 - (3)高剂量率(HDR)(>12Cy/h)

- **2. 遥控自动驱动式中子辐射后装机**
 - 中子辐射源有 ^{252}Cf ，人工放射性核素，中子平均能量**2.35MeV**，半衰期**2.65年**。
- **3. 放射性粒子植入治疗机**
 - 用于粒子植入治疗的放射性核素有： ^{125}I 、 ^{103}Pd 、 ^{192}Ir 等。

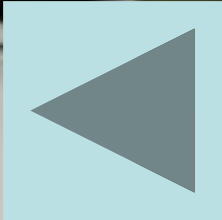
后装机



后装机施源器配件



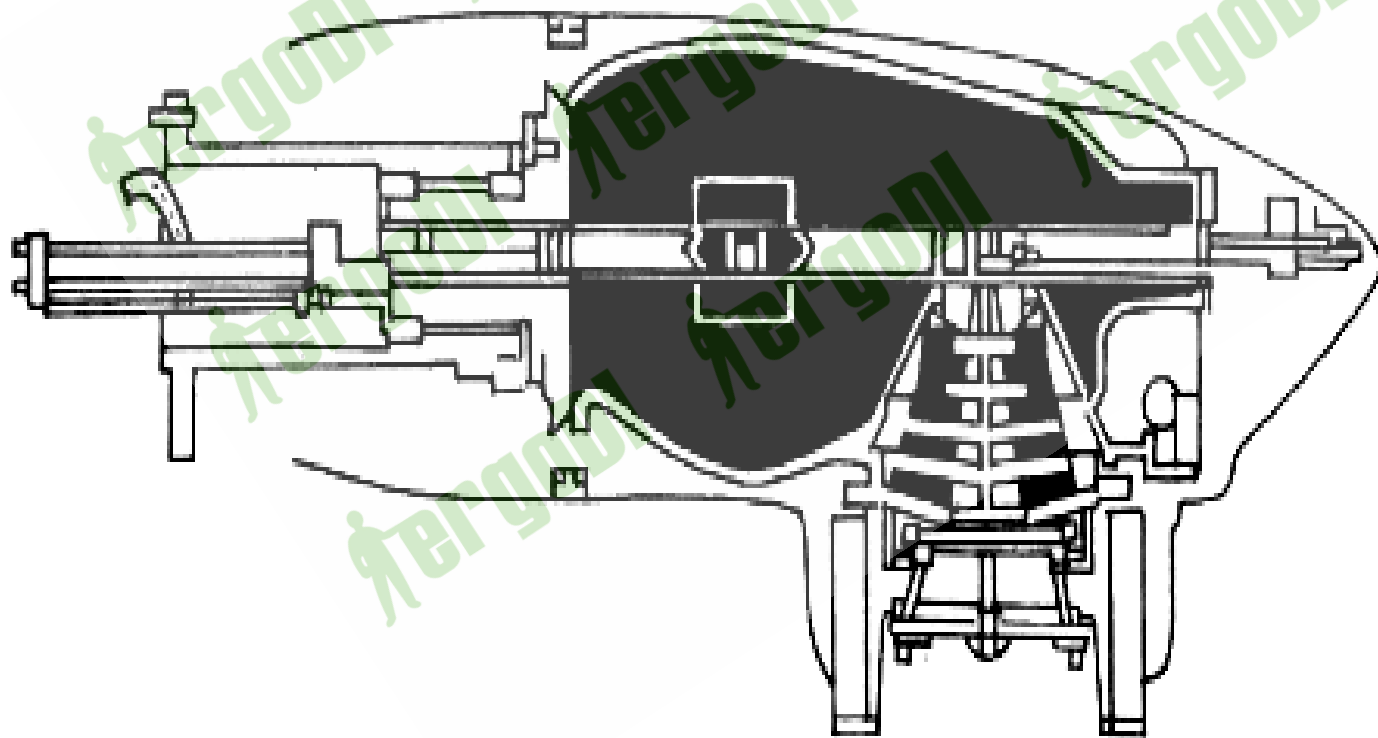
后装机



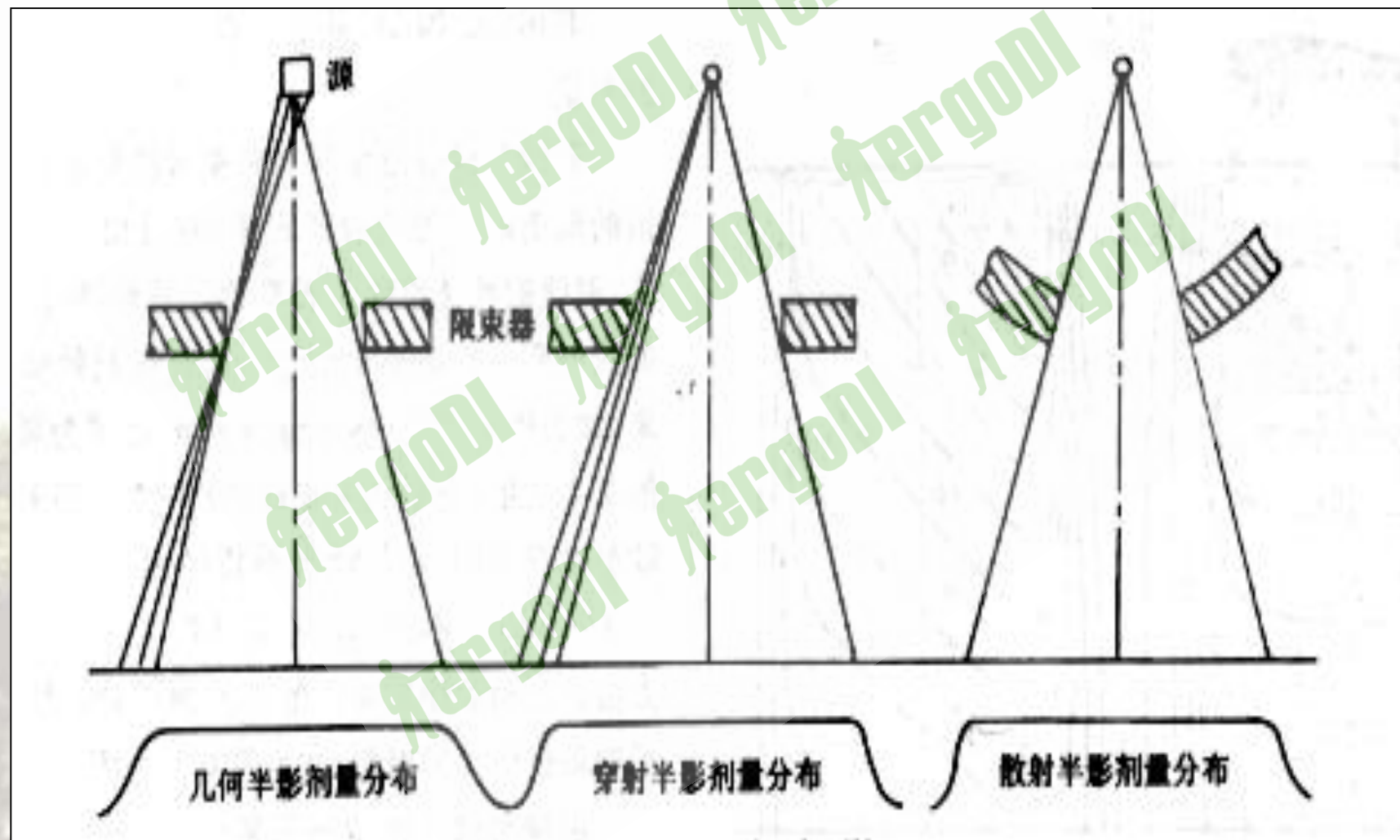
^{60}Co 机电离辐射来源

机头漏射线
机头构件散射线

射野内物体散射
射野外物体散射



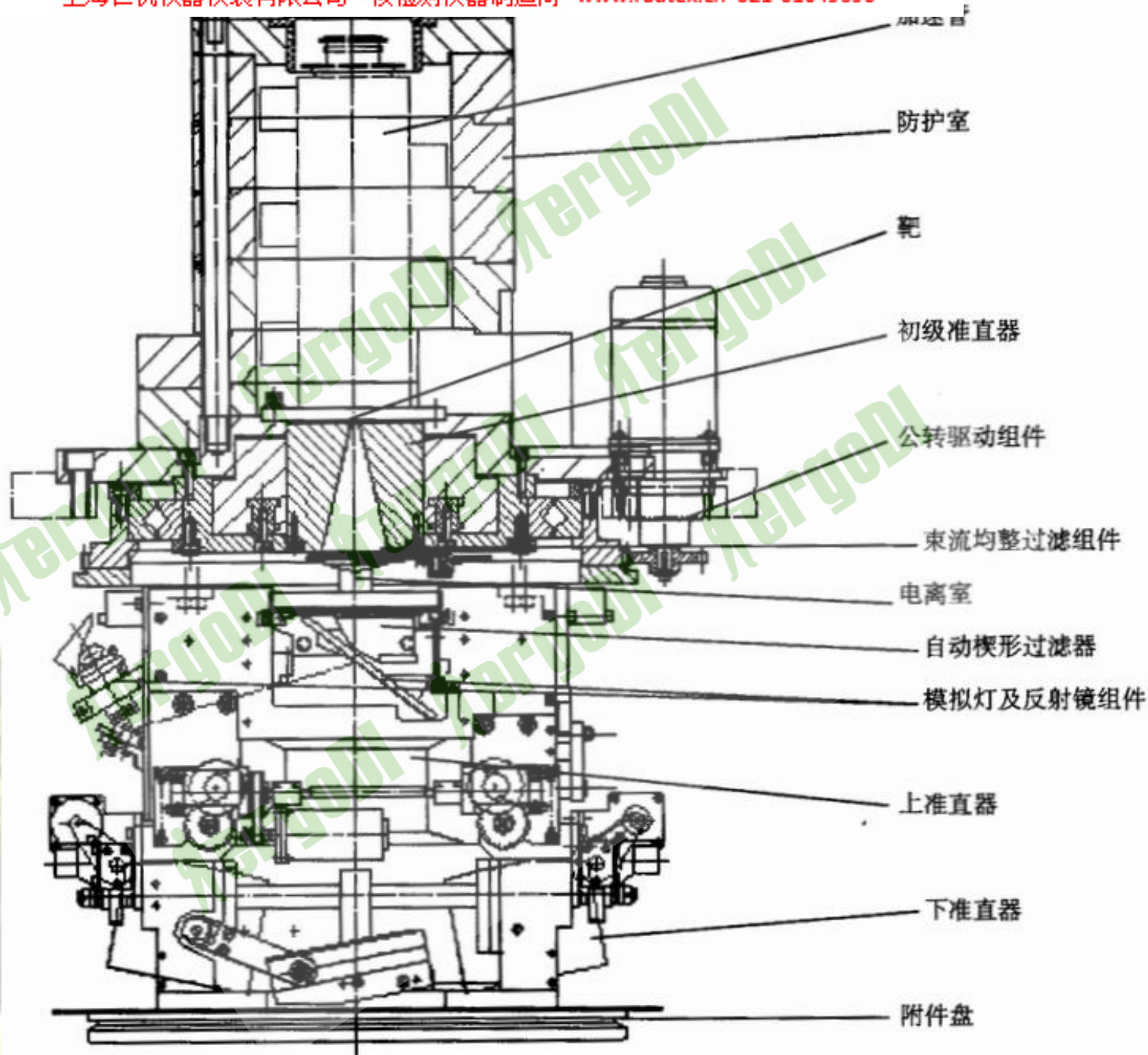
放射学



加速器电离辐射来源

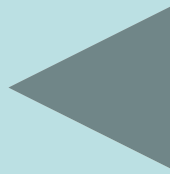
- 机头漏射线
- 机头构件散射线
- 射野内物体散射
- 射野外物体散射
- 感生放射性(电子能量>10MeV)

复杂的机头结构



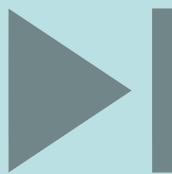
放射治疗的利与弊

- 利：
 - 及时、有效地治疗疾病；
- 弊：
 - 接受额外的辐射照射，随机性效应概率增高，患者常常出现确定性损伤效应。二次原发肿瘤概率增高。
- 兴利除弊的方法：
 - 严格执行职业人员和患者的辐射防护



防护内容讲述

- 医院的责任与义务
- 医务人员的责任与义务
- 对患者的防护措施



医院的责任与义务

- 建造合格的建筑
- 提供合格的仪器和防护设备
- 配备合格的人员

治疗室的建筑、防护要求1

- 治疗室设置在独立的建筑或建筑物底层的一端。
- 治疗室与控制室分开，X线机房面积 $\geq 24\text{m}^2$ ； γ 机房面积 $\geq 30\text{m}^2$ ；加速器机房面积足够大。层高不低于3.5m。后装治疗室面积 $\geq 20\text{m}^2$ 。
- 治疗室和控制室之间必须安装监视和对讲设备。
- 治疗室应安装强制中止辐照设备。
- 治疗室门的设置应避开有用线束的照射。无迷道的治疗室门必须与同侧墙具有等同的屏蔽效果。

治疗室的建筑、防护要求2

- 治疗室内门旁有应急开启治疗室门的部件。
- 治疗室门必须安装联锁设备，门外有醒目照射状态指示灯和电离辐射警告标志。
- 治疗室保持良好通风，每小时换气3~4次。
- 电缆、管道等穿墙孔道应避开控制台，采用弧状孔、曲路或地沟。
- X射线标称能量超过10MeV的加速器，屏蔽设计应考虑中子辐射防护。

合格的仪器和防护设备1

- **辐射源**：应符合国家的有关规定，设备的散射、漏射线符合要求；
- **防护设备**：为职业人员和受检者分别配备个人防护用品

合格的仪器和防护设备2

- 医用X射线治疗卫生防护标准
- 医用 γ 射线远距治疗设备放射卫生防护标准
- 医用电子加速器放射卫生防护标准
- 后装 γ 源近距离治疗放射卫生防护标准

医用X射线治疗卫生防护标准

治疗状态下X射线源组件泄漏辐射控制值

X射线管额定电压, kV	空气吸收剂量率, mGy/h
>150	距源组件表面50mm 300
	距X射线管焦点1m 10
≤150	距X射线管焦点1m 1
	距源组件表面50mm 1
≤50	距源组件表面50mm 1

除X射线源组件外, 距X射线机的任一部件表面50mm 的任何位置上, 空气比释动能率不得超过0.02mGy/h。

医用X射线治疗卫生防护标准

- 治疗机控制台应具有下列安全控制设备：
 - (1)主电源锁。
 - (2)预置的照射条件的确认设备。
 - (3)确认照射条件无误后启动照射设备。
 - (4)在紧急情况下中断照射的设备。
 - (5)辐射安全与联锁装置
- 防止人员误入治疗室

医用 γ 射线远距治疗设备 放射卫生防护标准1

- γ 治疗设备的技术要求
 - 放射源强度 $\geq 37\text{TBq}(1000\text{Ci}, 3000\sim 7000\text{Ci})$ 。
 - 距源1m处有用射线空气吸收剂量率的监测值与标称值之间相对误差 $< 10\%$ 。
 - 照射野内有用射线空气吸收剂量率的不对称性 $< 5\%$ 。
 - 计时器走时误差 $\leq 1\%$ 。
 - 治疗机同中心位置的距离误差 $\leq 4\text{mm}$ 。
 - 中心轴指示器指示中心位置的距离误差 $\leq 2\text{mm}$ 。
 - 经修整的半影区宽度 $< 10\text{mm}$ 。
 - 灯光野与照射野边界线之间的距离 $\leq 3\text{mm}$ 。
 - 源皮距指示误差 $\leq 3\text{mm}$ ；治疗时源皮距 $\geq 60\text{cm}$ 。

医用 γ 射线远距治疗设备 放射卫生防护标准2

- γ 治疗设备的安全防护要求
 - 贮源位时，机头泄漏射线限制值为：距机头表面5cm， $\leq 200\mu\text{Gy/h}$ ；距源1 m， $50\mu\text{Gy/h}$ 。
 - 照射位时，距源1 m处机头泄漏射线不大于距源1 m处有用射线空气吸收剂量率的**0.1%**(源小于5000Ci)；或不大于**0.05%** (源大于5000Ci)。
 - 准直器对有用射线的透过率不大于**2%**。
 - 平衡锤对有用射线的透过率不大于**0.1%**。
 - γ 源盒表面 **β 污染水平**必须小于 **3.7Bq/cm^2** 。
 - 气路系统必须保证放射源抽屉在每日连续**100次送源**过程中不出现卡刹或中途停留现象。
 - 停电或事故中断治疗时，源能自动回到贮存位置。

医用电子加速器放射卫生防护标准

• 为防止超剂量照射

- 辐照启动必须与控制台显示的辐照参数预选值联锁。
- 必须装备两道独立的能单独终止辐照剂量监测系统。
- 控制台配置带有时间显示的辐照控制计时器，并独立于其他任何控制辐照终止系统。
- 当吸收剂量相对偏差超过 $\pm 10\%$ 时自动终止辐照。
- 必须装备检查所有安全联锁的设施，用于在辐照间歇期间检查安全联锁。
- 控制台和治疗室内必须分别安装紧急停机开关。
- 用于监视联锁或作为测量线路、控制线路一部分的计算机一旦发生故障，必须终止辐照。

医用电子加速器放射卫生防护标准

- 有用线束外泄漏辐射限制
 - 在正常治疗距离上，漏射线吸收剂量与有用线束吸收剂量之比：
 - X射线治疗时，在 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ 的照射野内不得超过2%。
 - 电子束治疗时，最大不得超过10%。
 - 最大有用线束外的漏射线限制：
 - 在正常治疗距离上，垂直于射轴半径为2m的圆上漏射线不得超过有用线束中心轴吸收剂量的0.2%(最大)和0.1%(平均)。
 - 距电子轨道1m处的漏射线不得超过正常治疗距离上有用线束中心轴吸收剂量的0.5%，
 - 最大有用线束外的中子泄漏辐射：
 - X射线标称能量大于10MeV的加速器，中子泄漏辐射不得超过有用线束中心轴吸收剂量的0.05%(最大)和0.02%(平均)。
 - 距电子轨道1 m处的中子泄漏辐射不得超过正常治疗距离上有用线束中心轴吸收剂量的0.05%。

医用电子加速器放射卫生防护标准

- 感生放射性限制

- X射线标称能量大于10MeV的加速器，距设备表面5cm和1m处感生放射性所造成的吸收剂量率分别不得超过 $0.2\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ 和 $0.02\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

后装 γ 源近距离治疗放射卫生防护标准

• 放射源

- 后装放射治疗用 γ 放射源，必须符合国家规定。
- 放射源使用前必须有法定计量机构认可的参考点空气比释动能率，其总不确定度不大于 $\pm 5\%$ 。
- 放射源的更换必须由合格的专业技术人员，在放射防护人员监督下进行。
- 退役放射源必须及时退还原生产厂家或送指定的放射性废物库统一处理或妥善保存。

后装 γ 源近距离治疗放射卫生防护标准

• 贮源器

- 贮源器表面必须标有核素名称，最大容许装载活度和电离辐射警告标志。
- 距离贮源器表面**5cm**处泄漏辐射 $\leq 100\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ；
距离贮源器表面**100cm**处泄漏辐射 $\leq 10\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。
- 贮源器必须存放在放射治疗室或专用贮源库内。

• 施源器

- 施源器应适应靶区解剖特点，保证放射源正常驻留或运动，并按照剂量学原则，形成各种预定的剂量分布，最大限度地防护周围正常组织器官。

后装 γ 源近距离治疗放射卫生防护标准

• 放射源控制与传输

- 能有效控制放射源启动、传输、驻留及返回贮源器。
- 应有安全锁等多重保护和联锁装置。
- 当发生停电、卡源或意外中断照射时，放射源必须能自动返回工作贮源器。当自动回源装置功能失效时，必须有手动回源措施进行应急处理。
- 控制照射时间的计时误差必须小于1%。
- 放射源传输到施源器内驻留位置的偏差超过 $\pm 1\text{mm}$ 。

合格的放射工作人员

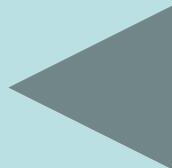
- 有娴熟的专业技术
- 有扎实而全面的辐射防护知识
 - 工作人员均需参加放射防护培训；
 - 目的是提高工作人员对放射安全的认识，增强防护意识，掌握防护技术，减少不必要照射，避免事故发生，保障各类人员健康；
 - **上岗前**必须接受放射防护培训，考核合格后获得放射工作资格；**在岗期间**应定期接受再培训。

合格的放射工作人员

- 加速器使用单位必须有经放射防护培训合格的放疗医生、物理人员及操作技术人员。
- 操作人员必须遵守各项操作规程，认真检查安全联锁，禁止任意去除安全联锁。
- 辐照期间，必须有两名操作人员值班，认真做好当班记录，严格执行交接班制度。
- 严禁操作人员擅自离开岗位，必须密切注视控制台仪表及患者状况，发现异常及时处理。
- 必须防止各类事故，万一发生意外，立即停止辐照，及时将患者移出辐射野，并注意保护现场，便于正确估算患者受照剂量，作出合理评价。

事故性照射的预防和调查

- 应采取一切合理的措施，不断提高所有人员的安全文化素养，防止发生潜在事故照射。
- 应对下列事件及时进行调查：
 - 各种放射性照射事件，如剂量明显大于预计值的放射治疗；
 - 各种可能造成患者的受照剂量与所预计值显著不同的设备故障、事故或其他异常偶然事件。



蘇州大學

医务人员的责任与义务



放射治疗的正当性判断

- 通过权衡利弊，证明放射治疗给患者个人或社会所带来的利益大于可能引起的辐射危害时，照射才是正当的。
- 对于复杂的治疗，应注意逐例进行正当性判断。
- 注意根据医疗技术与水平的发展，对过去认为是正当的或不正当的放射治疗重新进行正当性判断。

放射治疗的正当性判断

- 因时而异
 - 头癣、狐臭
- 因地而异
 - 医院软硬件
- 因人而异
 - 肿瘤：手术、放化疗的选择

辐射防护最优化

- 在考虑了经济和社会因素之后，源的设计与利用及与此有关的实践，应保证将辐照保持在可合理达到的尽量低的水平。
- 对于放疗，在保证治疗效果的前提下，积极采取各种措施，对患者使用尽可能小的照射剂量。

还应保证

- 在实施计划照射的同时采用器官屏蔽等措施，保护正常组织；
- 除有明显临床指征，避免对怀孕或可能怀孕的妇女施行腹部或骨盆的放射治疗；
- 周密计划对孕妇施行的放射治疗，以使胚胎或胎儿所受到的照射剂量减至最小；
- 将放射治疗可能产生的危险通知患者。

并且保证进行下列临床剂量测定并形成档案文件

- 对于利用外照射束放射治疗设备进行治疗的患者，计划靶体积的最大与最小吸收剂量，以及有关部位(例如靶体积中心或开具处方的执业医师选定的其他部位)的吸收剂量；
- 在使用密封源的近距离治疗中，每位患者的选定部位处的吸收剂量；
- 在各种放射治疗中，有关器官的吸收剂量。
- 计划靶体积的说明、靶体积中心的剂量和靶体积所受的最大与最小剂量、其他器官剂量、分次剂量和总治疗时间；
- 放射治疗所选定的有关物理与临床参数的校准和定期核对的结果。

放射治疗的剂量指导水平

- 根据患者具体情况，参照放射学、剂量学等因素综合制定患者的治疗剂量，此治疗计划的确定必须在最优化原则基础上进行。

远距离放疗处方剂量 Gy

国家*	白血病	淋巴瘤	乳房肿瘤	肺胸部肿瘤	妇科肿瘤	良性疾病
阿根廷 ^a	14	36	60	66	50	15~75
加拿大 ^a	25	40	50	40	45	6~20
爱尔兰 ^a	30	30~60	45	40~50	40	—
马达加斯加 ^c	24	40	45	45	45	—
摩洛哥 ^c	24	36	50	30~70	46	—
苏丹 ^c	30	50	45	45	55	20~30
坦桑尼亚 ^d	30	30	50	30	64	6

近距离放射治疗处方剂量 Gy

国家*	头颈部肿瘤	胸部肿瘤	妇科肿瘤	前列腺癌
阿根廷	75	—	60	70
加拿大	60	40	70	—
爱尔兰	30	30	15	—
新西兰	45	15	70	—
阿联酋	10	—	20	—
俄罗斯	30~50	20~40	20~40	—
摩洛哥	24	—	24	—
苏丹	—	—	35	—

体外放疗中患者防护基本原则

- 放疗医师必须根据临床检查结果，对患者肿瘤诊断、分期和治疗方式利弊进行分析，选取最佳治疗方案，并制定**最佳治疗计划**。
- **良性疾病**尽量不采用放射治疗。
- 在保证肿瘤得以有效抑制或消除的前提下，采用适当技术措施，**保护射野内外正常组织**。
- 定期检查患者，根据病情变化调整治疗方案。注意**放射反应和放射损伤**，采取必要的保护措施。
- 放疗用设备、场所和环境必须符合有关**辐射安全标准**。

放疗诱发的预期危险

- 正常组织或器官的确定性效应
 - 放射性脊髓炎
- 诱发癌症(随机性效应)
 - 诱发**第二原发癌**。靶区外累积剂量超过**0.1Gy**时，已有能证明辐射致癌的直接证据。
 - 大多数癌症的**潜伏期或诱发期**都很长，直到**30年或30年以上**。

靶区以外器官屏蔽

- 对靶区以外正常器官或组织适当的屏蔽，至少可使其受照剂量减少70%。
- 只要患者接受，则可以考虑采用适宜的阴影屏蔽方法对靶区以外的重要器官或组织进行屏蔽。
- 屏蔽厚度可依据治疗设备使用的辐射能量不同，通过实验确定。

表 16.1

靶区剂量率 1Gy 的等效剂量率 靶区位于颈部, 5×5cm² 同轴相对野 (mGy)靶区位于颈部, 5×5cm² 同轴相对野

辐射类型	200kVp X 线 1.8mmCu HVT		⁶⁰ Co γ 射线		8MV X 线	
	有效能量 115keV		1.25MeV		6.62MeV	
器官或组织	男性	女性	男性	女性	男性	女性
脑	6.7	6.6	1.9	1.7	1.5	1.4
乳腺(女性)	—	1.0	—	0.3	—	0.3
肾	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
眼晶体	4.1	5.3	2.7	2.0	1.8	1.8
肺	4.6	5.0	0.9	0.9	0.8	0.8
胰 腺	0.3	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1
红骨髓(全身) ^a	17.6	18.3	15.6	16.2	15.9	16.1
脾	0.3	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1
辜 丸	0.1	—	0.1	—	0.1	—
甲状腺	在射束内	在射束内	在射束内	在射束内	在射束内	在射束内
子 宫	—	0.1	—	0.1	—	0.1
卵 巢	—	0.1	—	0.1	—	0.1

* a: 部分在射束内。