

思考题

1. 《电离辐射防护与辐射安全基本标准》包括哪些主要内容？
2. 比较 ICRP 1990 年建议书和《电离辐射防护与辐射安全基本标准》中的剂量限值。
3. 放射防护法规和标准应如何贯彻实施？

(李迅茹)

第十一章 放射线的屏蔽防护



学习目标

1. 掌握:外照射的防护方法;屏蔽厚度的确定方法。
2. 了解:常用屏蔽防护材料;屏蔽防护材料的屏蔽性能和散射性能。

根据源于体外或体内对人体产生的照射,电离辐射可分为外照射和内照射。医疗照射既有外照射,也有内照射。

外照射防护的基本方法有时间防护、距离防护和屏蔽防护。在实际防护工作中,3种防护手段须联合运用、合理调节。屏蔽防护是一种重要的防护措施,因为它直接关系到工作人员和公众的受照剂量和安全。因此,在屏蔽防护中必须掌握和了解常用屏蔽材料的种类、性能以及屏蔽厚度的确定方法。

内照射最根本的防护方法是尽量减少放射性物质进入人体的机会。包括制定合理的放射卫生管理制度,保持良好的通风,密闭存放放射源,安全防护操作和合理的个人防护等。本章仅介绍外照射防护。

第一节 外照射防护的基本方法

一、时间防护

时间防护是指在不影响工作质量的前提下,尽量缩短人员受照射的时间。因为受照剂量与时间成正比,缩短受照时间即可达到降低剂量的目的。为此,一切人员都应减少在辐射场内停留的时间。工作人员在操作前应做好充分准备,操作中技术熟练、准确、迅速以尽量缩短检查时间。X射线摄影应优选摄影条件,不出或少出废片,减少重复照射。在特殊情况下,工作人员不得不在大剂量照射下工作时,也应严格限制操作时间,使受照剂量控制在规定的限值以下。

二、距离防护

距离防护是指在不影响工作质量的前提下,尽量延长人员到X射线管和散射体的距离。对于点状源,若不考虑空气对射线的吸收,X射线按平方反比法则衰减,可见距离防护是十分有效的。

三、屏蔽防护

欲减少人员的受照剂量,单靠时间防护和距离防护是不够的,往往还需要采用屏蔽防护。屏蔽防护是指在放射源和人员之间,放置能有效吸收放射线的屏蔽材料,从而衰减或消除射线对人体的危害。

在屏蔽防护中主要研究的问题是屏蔽材料的选择和屏蔽厚度的确定。



第二节 射线屏蔽材料

一、对屏蔽材料的要求

一般来说,任何物质或多或少都能使穿过的射线受到衰减,但并不都适合作屏蔽防护材料。在选择屏蔽防护材料时,必须从材料的防护性能、结构性能、稳定性能和经济成本等方面综合考虑。

(一) 防护性能

防护性能主要是指材料对辐射的衰减能力,也就是说,为达到某一预定的屏蔽效果所需材料的厚度和重量。在屏蔽效果相当的情况下,成本差别不大、厚度最薄、重量最轻的材料最理想。此外,还应考虑所选材料在衰减入射线的过程中不产生贯穿性的次级辐射,或即使产生也非常容易被吸收。对于 γ 射线和中子并存的混合辐射场,所选的屏蔽材料应既屏蔽 γ 射线也屏蔽中子。

(二) 结构性能

屏蔽材料除应具有很好的屏蔽性能,还应成为建筑结构的部分。因此,屏蔽材料应具有一定的结构性能,包括材料的物理形态、力学特性和机械强度等。

(三) 稳定性能

为保持屏蔽效果的持久性,要求屏蔽材料稳定性能好,也就是材料具有抗辐射的能力,而且当材料处于水、汽、酸、碱、高温环境时,能耐高温、抗腐蚀。

(四) 经济成本

所选用的屏蔽材料还应成本低、来源广泛、易加工,且安装、维修方便。

二、常用屏蔽防护材料

(一) 对 β 射线的屏蔽材料

防护 β 射线的材料可选用铝、有机玻璃、混凝土等低原子序数的物质,它们能将韧致辐射减小到最低限度。

(二) 对X、 γ 射线的屏蔽材料

屏蔽X、 γ 射线的材料一类是高原子序数的金属,一类是低原子序数的建筑材料。

1. 铅 原子序数82,密度 $11\,350\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。具有耐腐蚀、在射线照射下不易损坏和强衰减X射线的特性,是一种良好的屏蔽防护材料。但铅价格昂贵,结构性能差,机械强度差,不耐高温,具有化学毒性,对低能X射线散射量较大。选用时需根据情况具体分析。例如,可用作X射线管管套内衬防护层、防护椅、遮线器、铅屏风 and 放射源容器等。

在X射线防护的特殊需要中,还常采用含铅制品,如铅橡皮、铅玻璃等。铅橡皮可制成铅橡胶手套、铅橡胶围裙、铅橡胶活动挂帘和各种铅橡胶个人防护用品等;铅玻璃保持了玻璃的透明特性,可做X射线机透视荧光屏上的防护用铅玻璃,以及铅玻璃眼镜和各种屏蔽设施中的观察窗。

2. 铁 原子序数26,密度 $7800\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。铁的机械性能好,价廉,易于获得,有较好的防护性能,因此是防护性能与结构性能兼优的屏蔽材料,通常多用于固定式或移动式防护屏蔽。对100kV以下的X射线,大约6mm厚的铁板就相当于1mm厚铅板的防护效果。因此,可在很多地方用铁代铅。

3. 砖 价廉、通用、来源容易。在医用诊断X射线能量范围内,一砖厚(24cm)实心砖墙约有2mm的铅当量。对低管电压产生的X射线,砖的散射量较低,故是屏蔽防护的好材料,但在



施工中应使砖缝内的砂浆饱满,不留空隙。

4. 混凝土 由水泥、粗骨料(石子)、砂子和水混合做成,密度约为 $2300\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$,含有多种元素。混凝土的成本低廉,有良好的结构性能,多用作固定防护屏障。为特殊需要,可以通过加进重骨料(如重晶石、铁矿石、铸铁块等),以制成密度较大的重混凝土。重混凝土的成本较高,浇注时必须保证重骨料在整个防护屏障内的均匀分布。

5. 水 有效原子序数 7.4,密度为 $1000\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。水的结构性能和防护性能较差,但成本低、透明、可流动,常以水池的形式储存放射源。在强辐射的情况下,水会分解生成有害气体,所以用于辐射屏蔽的水以无离子水为好。

(三) 各种屏蔽材料厚度的折算

若在现有建筑内安装 X 射线机或其他放射源,在屏蔽计算时应考虑建筑物中原有的砖、灰浆、石料等建筑材料对屏蔽的贡献。这些材料都是由低原子序数物质构成的,可用经验公式(11-1)将它们实际厚度($d_{\text{材料}}$)折合成等效的混凝土厚度($d_{\text{混凝土}}$)。

$$d_{\text{混凝土}} = d_{\text{材料}} (\rho_{\text{材料}} / \rho_{\text{混凝土}}) \tag{11-1}$$

式(11-1)中, $\rho_{\text{材料}}$ 、 $\rho_{\text{混凝土}}$ 分别为某建筑材料和混凝土的密度。X、 γ 射线常用屏蔽材料的密度在表 11-1 中列出。

表 11-1 X、 γ 射线常用屏蔽材料的密度($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

材料	平均密度	材料	平均密度
混凝土:		砂子灰泥	1540
普通混凝土	2350	花岗石	2650
重晶石混凝土	3600	石灰石	2460
钛铁矿骨料混凝土	3850	硫酸钡(天然重晶石)	4500
砂子(干燥、压实)	1600~1900	水	1000
泥土(干燥、压实)	1500	木头	500~900
砖(软)	1650	铅玻璃:	
砖(硬)	2050	普通铅玻璃	3270
瓷砖	1900	高密度铅玻璃	6220

(四) 铅当量

为了便于比较各种防护材料的屏蔽性能,通常用铅当量作为比较标准。把达到与一定厚度的某屏蔽材料相同屏蔽效果的铅层厚度,称为该一定厚度屏蔽材料的铅当量(单位:mmPb)。屏蔽材料的铅当量不是固定不变的,它不仅随射线能量、材料厚度而变化,还与照射野大小有关。因此,凡谈到防护材料的铅当量,必须说明是什么材料,厚度是多少,在多大射线能量下的铅当量。

说明材料的屏蔽性能还可以用比铅当量的概念。所谓比铅当量,是指单位厚度(mm)防护材料的铅当量。几种 X 射线防护材料的比铅当量列于表 11-2 中。

表 11-2 几种 X 射线防护材料的比铅当量推荐值

防护材料	比铅当量* ($\text{mmPb} \cdot \text{mm}^{-1}$ 材料)
铅橡胶	0.2~0.3
铅玻璃	0.17~0.30
含铅有机玻璃	0.01~0.04
填充型安全玻璃(半流体复合物)	0.07~0.09



续表

防护材料	比铅当量* ($\text{mmPb} \cdot \text{mm}^{-1}$ 材料)
橡胶类复合防护材料:	
软质(做个人防护用品)	0.15~0.25
硬质(做屏蔽板)	0.30~0.50
玻璃钢类复合防护材料	0.15~0.20
建筑用防护材料(防护涂料、防护砖及防护大理石)	0.1~0.3

注: * X射线线质 80~120kV; 2.5mmAl; 所列比铅当量数值为该种防护材料常用型号数值

第三节 射线屏蔽厚度的确定方法

为防御放射线的危害,需要各种屏蔽防护,不论是机房的建筑等固有防护设施,还是工作人员、被检者的个人防护用品,均需按一定要求对所用屏蔽材料的防护厚度进行计算。另外,剂量监督部门在进行防护监测中,以及使用单位在考虑防护设备是否满足防护要求时,也需要进行必要地计算,以判断屏蔽厚度是否能达到将照射量控制在允许范围的目的。

一、确定屏蔽厚度的依据

从放射线的衰减理论来讲,经屏蔽后的放射线剂量永远不会变成零。因此,放射线的屏蔽设计,并不在于确定一个完全吸收放射线的物质层厚度,而是设法找到穿过屏蔽层的放射线剂量降低若干倍,并满足剂量限值的屏蔽层厚度。做到既安全可靠,又经济合理。

(一) 当量剂量限值和最优化

医用射线的屏蔽计算,首先应根据剂量控制原则进行,工作人员和公众的受照剂量均不得超过规定的当量剂量限值,并按最优化原则处理,即在考虑了经济和社会因素后,使辐射照射保持在可以合理做到的最低水平。

(二) 屏蔽用途和距离

被屏蔽的射线分为有用射线、散射线和漏射线。防御有用射线的屏蔽为初级防护屏;防御散、漏射线的屏蔽为次级防护屏。应根据屏蔽用途、放射线源的类型、放射线源的能量、放射线源的活度以及和放射源距离的远近,设计防护放射线的各种防护设施和防护用品的防护厚度。

(三) 屏蔽材料的防护性能

由于屏蔽材料的种类、密度不同,它们的防护性能也不同,因此,对于同一屏蔽设施所需的屏蔽厚度也各不一样。

(四) 工作负荷(W)

工作负荷(工作量)W,指周工作负荷,在数值上等于每周(W^{-1})X射线机的曝光时间 t (分钟)与管电流 I (毫安)的乘积,即 $W=It$ 。单位: $\text{mA} \cdot \text{min} \cdot \text{W}^{-1}$ 。W一般取数个月或1年工作量的平均值。它表征X射线机使用的频繁程度,同时也是输出量多少的一种标志。若是 γ 射线源,是指1m处线束(有用线束和漏射线)1周的空气吸收剂量,单位: $\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ (也可用Sv代替Gy)。

(五) 居留因子(T)

在控制区外,只要有人居住、逗留,对辐射源均应设置足够的防护屏障,以使非工作人员受到的照射控制在相应的限值以下。而人们在控制区外逗留的时间只是辐射源总的开启时间的一个份额,这个份额称为居留因子。



对于非职业人员来说,在工作区(如办公室、实验室、病房、值班室)、生活区以及附近建筑有人居住的地方,属全部居留区域, T 取 1;在走廊、休息室、电梯等处属部分居留区域, T 取 1/4;在候诊室、卫生间、楼梯等处属偶然居留区域, T 取 1/16。而职业性照射人员所在区域的 T 值一般认为等于 1。

(六) 利用因子(U)

人员受到的照射还与辐射束的朝向有关。在屏蔽设计中,把源开启时间内,辐射束对准所关心的那个方向所占时间的分数,称为这一方向对辐射束的利用因子。

利用因子只是在源的朝向有变化时,对工作负荷进行修正的一个因子,朝向不能改变的辐射源和非直接从源发出的辐射则无需考虑此项修正。一般按屏蔽点被有用射线照射的情况可取地板为 1,墙壁为 1/4,天花板为 1/16。

二、屏蔽厚度的计算

屏蔽防护的目的在于通过设置合适厚度的屏蔽体,使我们所关心的某一空间位置上,由辐射源造成的当量剂量不超过相应的剂量控制限值。

(一) X 射线屏蔽厚度计算

1. 透射量计算法 对 X 射线的初级防护屏蔽厚度可用式(11-2)计算

$$B = \frac{Pd^2}{WUT} \quad (11-2)$$

式(11-2)中, B 为有用射线的最大允许透射量,单位是 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA} \cdot \text{min}^{-1}$ (也可用 mGy 代替 mSv); P 为周剂量限值,对工作人员: $P=1\text{mSv} \cdot \text{W}^{-1}$,对公众: $P=0.1\text{mSv} \cdot \text{W}^{-1}$; d 为参考点到焦点的距离,单位: m ; WUT 为有效工作负荷,其中 W 为周工作负荷,单位: $\text{mA} \cdot \text{min} \cdot \text{W}^{-1}$; U 为利用因子; T 为居留因子。

用式(11-2)计算出透射量后,可从图 11-1 或图 11-2 中查得用混凝土或用铅作屏蔽材料时所需的屏蔽厚度。

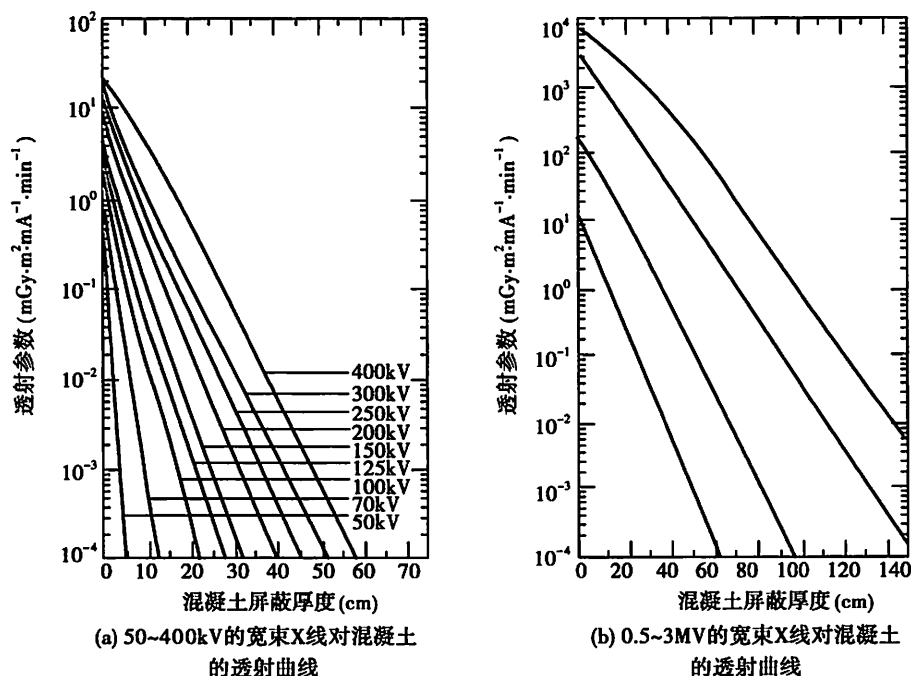


图 11-1 宽束 X 射线对混凝土的透射曲线

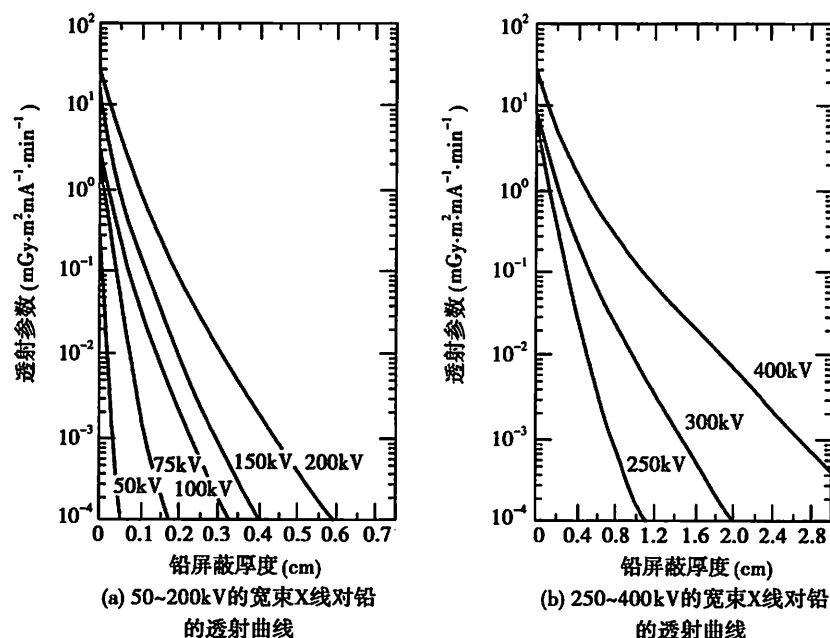


图 11-2 宽束 X 射线对铅的透射曲线

【例 1】一台工作电压为 200kV 的 X 射线机,管电流 30mA,每周工作 5 天,每天工作 4 小时,参考点与源的距离为 3m,试计算初级防护屏混凝土屏蔽墙厚度是多少? 若用铅,厚度又是多少? (设 $T=1, U=1/4$)

解: $W = It = 30 \times 4 \times 5 \times 60 \text{ mA} \cdot \text{min} \cdot \text{W}^{-1} = 36\,000 \text{ mA} \cdot \text{min} \cdot \text{W}^{-1}$

$WUT = 36\,000 \times 1/4 \times 1 \text{ mA} \cdot \text{min} \cdot \text{W}^{-1} = 9000 \text{ mA} \cdot \text{min} \cdot \text{W}^{-1}$

若取 3/10 周剂量限值作为屏蔽计算时的控制水平,则

$$P = 0.3 \text{ mSv} \cdot \text{W}^{-1}$$

由式(11-2)有

$$B = \frac{Pd^2}{WUT} = \frac{0.3 \times 3^2}{9000} \text{ mSv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = 3 \times 10^{-4} \text{ mSv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

由图 11-1(a)查得混凝土的厚度为 36cm,由图 11-2(a)查得铅的厚度为 0.52cm。

若考虑 2 倍安全系数,可分别加上一个半价层厚度。从表 11-3 中查得 200kV 时混凝土和铅的半价层厚度分别为 2.6cm 和 0.042cm,则实际所需混凝土厚度为 $36\text{cm} + 2.6\text{cm} = 38.6\text{cm}$;或所需铅的厚度为 $0.52\text{cm} + 0.042\text{cm} = 0.562\text{cm}$ 。

表 11-3 不同管电压下铅和混凝土的半价层(cm)

管电压(kV)	铅的半价层	混凝土的半价层
50	0.005	0.4
70	—	1.0
75	0.015	—
100	0.025	1.6
125	—	1.9
150	0.029	2.2
200	0.042	2.6
250	0.086	2.8



续表

管电压(kV)	铅的半价层	混凝土的半价层
300	0.17	3.0
400	0.25	3.0
500	0.31	3.6

2. 查表法 初、次级防护屏厚度的确定也可用查表法得到。表 11-4 和表 11-5 是在符合周剂量限制的前提下,通过理论计算和实际测量得到的铅和混凝土的初、次级防护厚度。

表 11-4 有用射线在周剂量限值以下的防护厚度*

管电压 (kV)	有效工作负荷 (mA · min · W ⁻¹)	与源相距下列距离时所需 铅厚度(cm)				与源相距下列距离时所需 混凝土厚度(cm)			
		1m	2m	4m	8m	1m	2m	4m	8m
50	500	0.04	0.03	0.02	0.01	3.4	2.5	1.6	0.9
	125	0.03	0.02	0.01	0.01	2.5	1.6	0.9	0.4
	30	0.02	0.01	0.01	—	1.6	0.9	0.4	—
	8	0.01	0.01	—	—	0.9	0.4	—	—
75	500	0.10	0.08	0.05	0.03	9.7	7.4	5.0	3.0
	125	0.08	0.05	0.03	0.02	7.4	5.0	3.0	1.2
	30	0.05	0.03	0.02	—	5.0	3.0	1.2	—
	8	0.03	0.02	—	—	3.0	1.2	—	—
100	1000	0.24	0.19	0.14	0.09	17.0	13.6	10.4	7.1
	250	0.19	0.14	0.09	0.05	13.6	10.4	7.1	4.1
	60	0.14	0.09	0.05	0.03	10.4	7.1	4.1	1.5
	16	0.14	0.05	0.03	—	7.1	4.1	1.5	—
150	1000	0.30	0.25	0.19	0.14	25.5	21.5	16.8	12.3
	250	0.25	0.19	0.14	0.09	21.1	12.3	12.3	8.0
	60	0.19	0.14	0.09	0.05	16.8	8.0	8.0	4.0
	16	0.14	0.09	0.05	0.02	12.3	4.0	4.0	0.8
200	40 000	0.66	0.58	0.51	0.43	46.3	41.0	35.9	30.6
	10 000	0.58	0.51	0.43	0.35	41.0	5.0	36.0	25.4
	2500	0.51	0.43	0.35	0.28	35.5	30.6	25.4	20.1
	625	0.43	0.35	0.28	0.20	30.6	25.4	20.1	15.0
250	40 000	1.26	1.09	0.91	0.74	51.8	46.5	41.0	35.4
	10 000	1.09	0.91	0.74	0.59	46.5	41.0	35.4	29.8
	2500	0.91	0.74	0.59	0.44	41.0	35.4	29.8	24.1
	625	0.74	0.59	0.44	0.31	35.4	29.8	24.1	18.6

注:* 未考虑空气造成的衰减



表 11-5 散漏射线在周剂量限值以下的防护厚度*

管电压 (kV)	有效工作负荷 (mA · min · W ⁻¹)	与源相距下列距离时所需 铅厚度(cm)				与源相距下列距离时所需 混凝土厚度(cm)			
		1m	2m	4m	8m	1m	2m	4m	8m
50	500	0.02	0.01	0	0	1.0	0.3	0	0
	125	0.01	0	0	0	0.3	0	0	0
75	500	0.06	0.02	0.01	0	3.1	1.1	0.1	0
	125	0.02	0.01	0	0	1.1	0.1	0	0
	30	0.01	0	0	0	0.1	0	0	0
100	1000	0.08	0.04	0.02	0	5.5	2.7	0.3	0
	250	0.04	0.02	0	0	2.7	0.3	0	0
	60	0.02	0	0	0	0.3	0	0	0
150	1000	0.11	0.06	0.03	0	8.9	4.9	1.3	0
	250	0.06	0.03	0	0	4.9	1.3	0	0
	60	0.03	0	0	0	1.3	0	0	0
200	40 000	0.40	0.32	0.24	0.16	26.9	21.6	16.4	11.3
	10 000	0.32	0.24	0.16	0.09	21.9	16.4	11.3	6.4
	2500	0.24	0.16	0.09	0.04	16.4	11.3	6.4	2.0
	625	0.16	0.09	0.04	0	11.3	6.4	2.0	0
250	40 000	0.78	0.61	0.45	0.28	30.6	25.1	19.4	13.9
	10 000	0.61	0.45	0.28	0.14	25.1	19.4	13.9	8.5
	2500	0.45	0.28	0.14	0.05	19.4	13.9	8.5	3.4
	625	0.28	0.14	0.05	0	13.9	8.5	3.4	0

注: * 计算本表考虑的典型条件是: X射线管焦点到散射体的距离为 50cm; 90° 方向散射; 有用射线入射到散射体的照射量率与散射到 1m 处的照射量率之比是 0.1%; 50~150kV 时, 距焦点 1m 处的漏射线为 1mGy · h⁻¹, 在 200~400kV 时为 10mGy · h⁻¹; 未考虑空气造成的衰减

【例 2】有一台 200mA X 射线机, 最高管电压为 150kV, 平均周工作量是 1000mA · min · W⁻¹, 焦点到防护墙的距离为 2m, 求初级和次级防护墙的厚度各是多少?

解: 从表 11-4 和表 11-5 中分别查得初级、次级混凝土防护墙的厚度各是 21.1cm 和 4.9cm。

(二) γ 射线远距离治疗室的屏蔽计算

1. 初级防护屏蔽计算 计算有用线束的透射量, 同样可以用式(11-2)计算, 式中 B 为 γ 射线的透射量, 相应于 B 的屏蔽厚度可由图 11-3 和 11-4 中的透射曲线读出; W 为有用线束的工作负荷, 单位是 Gy · m² · W⁻¹。其余物理量的意义同式(11-2)。

【例 3】某 ⁶⁰Co 治疗机, 每周有效工作负荷为 600Sv · m² · W⁻¹, 治疗机操纵台距 ⁶⁰Co 源 3m, 计算用混凝土或铅做初级防护屏时的防护厚度分别是多少?

解: 取 $P=1\text{mSv} \cdot \text{W}^{-1}$

$$B = \frac{Pd^2}{WUT} = \frac{1 \times 10^{-3} \times 3^2}{600} = 1.5 \times 10^{-5}$$

查图 11-3 得出铅的厚度 20cm, 查图 11-4 得出混凝土的厚度为 108cm。



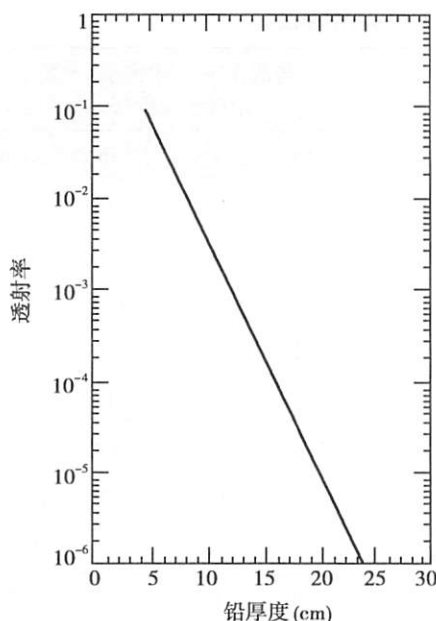


图 11-3 ^{60}Co 宽束 γ 射线穿过密度为 $11.35\text{g} \cdot \text{cm}^{-1}$ 的铅时的透射曲线

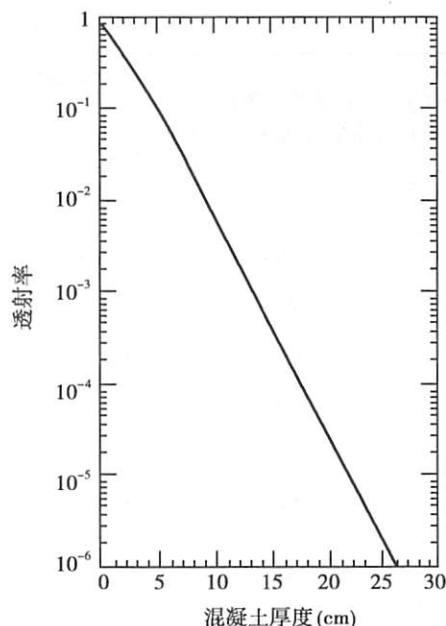


图 11-4 ^{60}Co 宽束 γ 射线穿过密度为 $2.35\text{g} \cdot \text{cm}^{-1}$ 的混凝土时的透射曲线

2. 次级防护屏蔽计算

(1) 散射线的屏蔽计算: 用式(11-3)可计算散射线的透射量

$$B_s = \frac{100Pd_s^2}{WTS} \quad (11-3)$$

式(11-3)中, B_s 为散射线的透射量; d_s 是从散射体到考察点的距离, 单位: m; S 为入射辐射被散射到 1m 处的百分吸收剂量率, 其值可从表 11-6 中查出; W 为有用线束的工作负荷, 单位: $\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ 。若 γ 源到散射体之间的距离不是 1m, 应该按平方反比法则加以修正; P 、 T 含义同式(11-2)。

表 11-6 ^{60}Co γ 射线被 400cm^2 的等效体模散射至 1m 处的吸收剂量率的百分数

测量条件	15	30	45	60	90	120	135	150
条件一*	—	—	0.18	0.14	0.07	0.05	0.04	—
条件二**	0.48	0.27	0.14	0.08	0.04	0.03	0.02	0.02

注: * 指椭圆形体模, 长轴 36cm, 短轴 20cm, 照射野面积和散射角参考体模中心, 线束沿长轴方向; ** 指照射于球形体模, 等效体模质量 0.9~30kg

从患者体模上以不同角度散射的 ^{60}Co 宽束 γ 射线穿过密度为 $11.35\text{g} \cdot \text{cm}^{-1}$ 的铅时的透射曲线, 见图 11-5。从患者体模上以不同角度散射的 ^{60}Co 宽束 γ 射线穿过密度为 $2.35\text{g} \cdot \text{cm}^{-1}$ 的混凝土时的透射曲线, 见图 11-6。

用式(11-3)计算出 γ 射线的散射线透射量后, 可从图 11-5 或图 11-6 的透射曲线中查得用铅或用混凝土作屏蔽材料时所需的屏蔽厚度。

(2) 漏射线的屏蔽计算: γ 射线漏射线的屏蔽计算, 可用式(11-4)计算漏射线的 N_{TVT} 值, 用该值乘以表 11-7 给出的 1/10 值层数值, 即为该漏射辐射的屏蔽厚度。

$$N_{\text{TVT}} = \log_{10} \frac{W_L T}{d^2 P} \quad (11-4)$$

式(11-4)中, N_{TVT} 为屏蔽材料的 1/10 值厚度数, W_L 为距源 1m 处漏射 γ 辐射在空气中每周的比释动能率; T 、 d 、 P 的含义同式(11-2)。



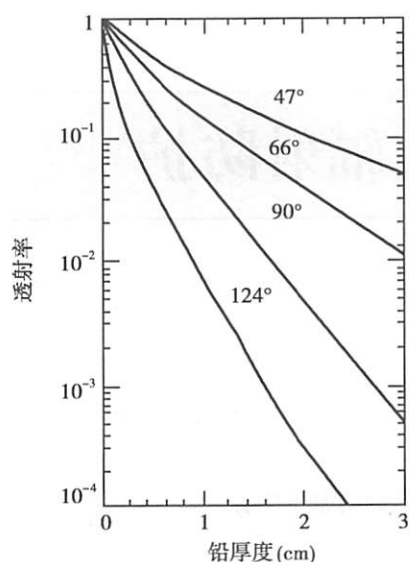


图 11-5 从患者体模上以不同角度散射的 ^{60}Co 宽束 γ 射线穿过密度为 $11.35\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 的铅时的透射曲线

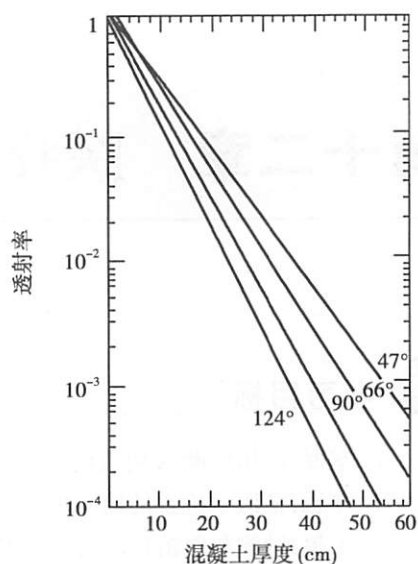


图 11-6 从患者体模上以不同角度散射的 ^{60}Co 宽束 γ 射线穿过密度为 $2.35\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 的混凝土时的透射曲线

表 11-7 ^{60}Co 宽束 γ 射线的近似半价层和 1/10 价层

材料	半价层(cm)	1/10 价层(cm)
铅	1.2	4.0
混凝土	6.1	20.3



本章小结

外照射防护有 3 种基本方法：时间防护、距离防护和屏蔽防护。时间防护就是要求在给受检者实施射线检查时，应在各个环节尽量缩短照射时间；由于射线对于距离按平方反比法则进行衰减，因此一切人员尽量远离射线是一种有效的防护方法；物质可以吸收射线，根据需要采用不同的屏蔽材料进行防护为屏蔽防护。对于屏蔽射线材料的选择，应从材料的防护性能、结构性能、稳定性能和经济成本等方面进行综合考虑。在确定屏蔽厚度时，应考虑多种因素，可通过公式进行计算，也可通过查表确定。

思考题

1. 防护外照射的方法有哪些？
2. 选择屏蔽防护材料应从几方面考虑？衡量屏蔽防护材料的防护性能好与不好的标准是什么？
3. 常用屏蔽 X 或 γ 射线的材料有哪些？它们各自的主要用途是什么？

(李迅茹)



第十二章 医疗照射的辐射防护



学习目标

1. 掌握:医用诊断 X 射线的防护原则。
2. 熟悉:核医学检查的辐射防护方法和放射防护监测的基本内容。
3. 了解:肿瘤放射治疗的防护基本要求。

第一节 医用诊断 X 射线的防护

一、防护原则

正当性和最优化是医疗照射防护的基本原则,也是医学诊断 X 射线检查所必须遵循的原则。

1. 严格遵守诊断 X 射线检查的最优化原则 临床各科医师要十分重视患者防护,严格掌握各种医疗照射的适应证,尽量避免对患者造成不必要的照射。在必须采用射线诊断的前提下,也要尽量选择最佳方法,并把医用辐射设备工作条件调节到最优化状态,从而将射线剂量合理降到最低水平。要掌握好 X 射线检查的适应证,正确合理使用 X 射线诊断的医疗照射;尽量避免不必要的重复检查;尤其要慎重进行妇女与儿童施行 X 射线诊断检查的正当性判断。确认照射检查对被检者的病情诊治和健康有好处,也就是得到的效益明显大于付出的全部代价时,所进行的放射性工作就是正当的,是值得进行的。

2. 诊断 X 射线检查的防护最优化应从诊断 X 射线设备的规范操作及质量保证与质量控制入手。规范操作可以避免不必要的重复照射,严格的质量保证与质量控制可以保证 X 射线装置处在最优化的工作状态,为医学诊断提供最佳影像。

二、诊断 X 射线机防护性能的要求

医用 X 射线的有效防护,重点在于 X 射线机本身的固有安全防护和 X 射线机房的固定防护设施。其中,对 X 射线机的要求有:X 射线管必须装在配有限束装置的 X 射线管套内,构成 X 射线源组件的一部分,才可以使用;X 射线管组件辐射窗不能比指定应用所需要的最大射线束所需要的大。必要时可借助接近焦点装配的光阑,将辐射窗限制到合适的尺寸上;除了牙科 X 射线机外,当 X 射线源组件在相当于规定的最大输入能量加载条件下以标称 X 射线管电压运行时,源组件的泄漏辐射距焦点 1m 处,在任一 100cm² 区域内的平均空气比释动能应不超过 1.0mGy·h⁻¹;各种医用诊断 X 射线机,对于可在正常使用中采用的一切配置,投向患者体表的 X 射线束的第一半价层必须分别满足表 12-1 的要求。

除了乳腺摄影 X 射线机外,X 射线管组件中遮挡 X 射线束材料的质量等效过滤必须符合如下规定:在正常使用中不可拆卸的材料,应不小于 0.5mmAl;必须用工具才能拆卸的固定附加过滤片与不可拆卸材料总过滤,应不小于 0.5mmAl。

