

中华人民共和国国家职业卫生标准

GBZ/T 201.3—2014

放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第3部分： γ 射线源放射治疗机房

Radiation shielding specification for radiotherapy room—
Part 3: Radiotherapy room of γ -ray sources

2014-10-13 发布

2015-03-01 实施

中华人民共和国
国家卫生和计划生育委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 治疗机房的剂量控制要求与屏蔽考虑	2
5 γ 射线源远距治疗机房的屏蔽计算	4
6 后装治疗机房的屏蔽计算	10
7 γ 刀治疗机房的屏蔽计算原则与注意事项	11
附录 A (规范性附录) 导出剂量率参考控制水平的方法	12
附录 B (资料性附录) γ 射线源放射治疗装置的参数与性能示例	13
附录 C (资料性附录) 辐射屏蔽估算用的典型参数	14
附录 D (资料性附录) 头部 γ 刀治疗机房参考图	16
附录 E (资料性附录) ^{60}Co 放射源远距治疗机房屏蔽估算示例	17
附录 F (资料性附录) γ 射线源近距离后装治疗机房屏蔽估算示例	20

前 言

根据《中华人民共和国职业病防治法》制定 GBZ/T 201 的本部分。

GBZ/T 201 的本部分按照 GB/T 1.1—2009 规则起草。

GBZ/T 201《放射治疗机房的辐射屏蔽规范》按部分发布,分为以下五部分:

- 第 1 部分:一般原则;
- 第 2 部分:电子直线加速器放射治疗机房;
- 第 3 部分:γ 射线源放射治疗机房;
- 第 4 部分:中子源放射治疗机房;
- 第 5 部分:质子加速器放射治疗机房。

本部分是 GBZ/T 201 的第 3 部分。

本部分起草单位:北京市疾病预防控制中心、中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所、中国医学科学院北京协和医院。

本部分主要起草人:娄云、马永忠、万玲、王时进、冯泽臣、孟庆华、程金生、张福泉。

放射治疗机房的辐射屏蔽规范

第 3 部分: γ 射线源放射治疗机房

1 范围

GBZ/T 201 的本部分规定了应用 γ 射线源的放射治疗机房的剂量控制要求、机房的辐射屏蔽厚度计算与评价。

本部分适用于 γ 射线源远距治疗、高剂量率(HDR)后装近距离治疗和立体定向放射治疗三类机房的屏蔽防护。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GBZ/T 201.1 放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分:一般原则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

关注点 focus of attention

通常在治疗机房外、距机房外表面 30 cm 处,选择人员受照的周围剂量当量(以下简称为剂量)可能最大的位置作为关注点。在距治疗机房一定距离处,公众成员居留因子大并可能受照剂量大的位置也应作为关注点。

3.2

源表观活度 apparent activity

A_{app}

当放射源在某处的空气比释动能率与同种核素忽略自吸收的可视为点状放射源在同位置的空气比释动能率相同时,则把该可视为点状放射源的活度看作该种核素放射源的源表观活度(也叫名义活度或等效活度),本部分所涉及的活度(A)均指源表观活度。

3.3

γ 射线源后装近距离治疗 γ -ray sources afterloading brachytherapy

依照临床要求,采用后装技术,使 γ 射线源在人体自然腔、管道或组织间驻留而达到预定的剂量及其分布的一种放射治疗手段(简称后装治疗),本部分特指高剂量率(HDR)后装近距离治疗。

3.4

γ 射线源远距治疗 γ -ray sources teletherapy

利用放射源组件中的放射源发出的 γ 射线,在放射源至皮肤之间的距离不小于 50 cm 的几何条件下实施的体外放射治疗,本部分专指 ^{60}Co γ 射线源远距治疗。

3.5

多源 γ 射线立体定向放射治疗 multi-source γ -ray stereotactic radiotherapy

多源 γ 射线立体定向放射治疗(俗称 γ 刀治疗)是指配合使用立体定向装置、CT、磁共振或 X 射线数字减影等影像设备及三维重建技术,确定病变组织和邻近重要器官的准确位置及范围,采用多源 γ 射

束聚束照射靶点,进行大剂量三维立体定向照射的技术。

多源 γ 射线立体定向放射治疗的装置俗称 γ 刀装置。仅用于头部肿瘤等疾病治疗的 γ 刀称为头部 γ 刀,可用于头部以外的肿瘤治疗的 γ 刀称为体部 γ 刀。

3.6

平衡锤 counterweight

平衡防护屏

γ 射线源远距治疗装置上的一个部件。在治疗装置机架旋转时,起平衡机头重量的作用。它有两种形式,一种只起平衡作用;另一种还能衰减治疗线束对治疗机房的直接照射。本部分提到的平衡锤,是指既起平衡作用又起射线屏蔽作用的平衡锤。

4 治疗机房的剂量控制要求与屏蔽考虑

4.1 剂量控制要求

4.1.1 治疗机房墙外和入口门外关注点的周围剂量当量率参考控制水平

治疗机房墙和入口门外关注点的周围剂量当量率(以下简称剂量率)应不大于下述 a)、b)和 c)所确定的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c :

- a) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子,可以依照附录 A,由以下周剂量参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$):
放射治疗机房外控制区的工作人员: $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$;
放射治疗机房外非控制区的人员: $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。
- b) 按照关注点人员居留因子(T)的不同,确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,\max}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$):
人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所: $\dot{H}_{c,\max} \leq 2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$;
人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所: $\dot{H}_{c,\max} \leq 10 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。
- c) 由上述 a)中的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ 和 b)中的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,\max}$,选择其中较小者作为关注点的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)。

4.1.2 治疗机房顶的剂量控制要求

治疗机房顶的剂量应按下述 a)、b)两种情况控制:

- a) 在治疗机房正上方有建筑物或治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自放射源点到机房顶内表面边缘所张立体角区域时,距治疗机房顶外表面 30 cm 处和(或)在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处,可以根据机房外周剂量参考控制水平 $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 和最高剂量率 $\dot{H}_{c,\max} \leq 2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$,按照 4.1.1 求得关注点的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)加以控制。
- b) 除 4.1.2 中 a)的条件外,应考虑下列情况:
 - 1) 天空散射和侧散射辐射对治疗机房外的地面附近和楼层中公众的照射。该项辐射和穿透机房墙壁辐射在相应处的剂量率的总和,应按 4.1.2 中的 a)确定关注点的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)加以控制;
 - 2) 穿透治疗机房屋顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射,以年剂量 250 μSv 加以控制;
 - 3) 对无人员停留并只有借助工具才能进入的机房顶,考虑上述 1)和 2)之后,机房顶外表面 30 cm 处的剂量率参考控制水平可按 100 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 加以控制(可在相应处设置辐射告示牌)。

4.2 γ 射线源治疗装置与机房屏蔽相关的性能与参数

4.2.1 γ 射线源治疗装置的使用核素和性能参数

γ 射线源远距治疗装置和多源 γ 射线立体定向放射治疗装置(γ 刀)使用⁶⁰Co 放射源,后装治疗装置使用 4π 发射的¹⁹²Ir、¹³⁷Cs 或⁶⁰Co 放射源,其性能与参数示例见附录 B。

4.2.2 治疗装置所用核素的辐射特性

γ 射线源治疗装置常用放射性核素的主要辐射特性列于附录 C 的表 C.1。

4.2.3 治疗机房一般屏蔽要求

除需满足 GBZ/T 201.1 的要求外, γ 射线源放射治疗机房屏蔽应考虑下列内容:

- 后装治疗按 4π 发射的点源考虑机房屏蔽,应在治疗机房的地板标识出相应机房外可能受照射量最高的使用位置,作为计算屏蔽时的辐射源参考位置。
- γ 射线源远距治疗机房墙和顶的屏蔽除考虑有用线束(或称主射线束,下同)和泄漏辐射外,在主屏蔽与次屏蔽接合处还应考虑患者的 30° 人体散射辐射,有用线束屏蔽区宽度计算参见 GBZ/T 201.1。
- 头部 γ 刀治疗机房可不设迷路,参考图见附录 D。该机房屏蔽只需考虑散射辐射,包括治疗射线和准直器的泄漏辐射的散射。自 γ 刀治疗焦点至 γ 刀可开启的治疗装置屏蔽门的张角相应的屏蔽墙区和部分屏蔽顶区域为一次散射辐射区。散射辐射与入射辐射的夹角通常为 $60^\circ \sim 120^\circ$,其他区域为二次散射辐射区。治疗机房入口门处于治疗装置后部二次散射辐射区,辐射能量接近 0.2 MeV。门的防护还应考虑在治疗装置屏蔽门关闭的贮源状态下的泄漏辐射。
- 体部 γ 刀治疗机房墙、顶和门的屏蔽主要应考虑装置治疗状态下的泄漏辐射、准直器的泄漏辐射和有用线束的一次散射辐射,散射辐射与入射辐射的夹角通常为 $40^\circ \sim 140^\circ$ 。对个别体部 γ 刀(或称全身 γ 刀)需考虑旋转照射时单个源的有用线束。
- 后装治疗机房、 γ 远距治疗机房和体部 γ 刀治疗机房应设置迷路。
- 散射辐射的能量可按式(1)计算,表 C.2 列出了放射治疗装置常用 γ 射线源散射辐射能量的典型值。

$$E_s = \frac{E}{1 + 1.96(1 - \cos\varphi)} E \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

E_s ——散射辐射的能量,单位为兆电子伏(MeV);

E ——入射辐射的能量,单位为兆电子伏(MeV);

φ ——入射辐射与散射辐射的夹角,单位为度($^\circ$)。

当式(1)中 E 为入射辐射最高能量时,计算出的 E_s 为散射辐射最高能量。

- 生产厂家给出的放射源治疗装置性能不低于国家标准的产品指标时,可依其指标计算机房屏蔽。尤其是对 γ 刀治疗机房,需详细分析生产厂家给出的有关准直器的几何条件、源准直器在治疗中的移动或转动、准直束和准直器的泄漏辐射等详尽资料,确定散射面积、散射角度、散射辐射强度与剂量。当获得生产厂家提供的治疗装置周围的散射辐射剂量场数据时,屏蔽计算中宜尽可能利用这些实际数据。
- γ 远距治疗装置机头可以偏转,当设置具有 10^{-3} 屏蔽透射因子的可伸缩平衡锤时,治疗束仍有可能偏离平衡锤并照射到机房墙与顶,治疗机房仍应按屏蔽有用线束设计与建造,但对有用线束照射附加一个使用因子(例如 $U=1/10$)。

4.3 辐射源至关注点的距离

辐射源至关注点的距离按如下估算:

- a) 直接与治疗机房连接的区域,关注点为距治疗机房(包括治疗机房顶)外表面 30 cm 的相应位置;
- b) 对于 γ 射线源远距治疗机房主屏蔽区,辐射源到关注点的距离为等中心位置至关注点的距离与源轴距(SAD)之和;
- c) 除 b)外的辐射源位置:对后装治疗机房,为治疗源在机房内的参考位置;对 γ 射线源远距治疗机房,为等中心位置;对 γ 刀治疗机房,为治疗束焦点。

5 γ 射线源远距治疗机房的屏蔽计算

5.1 治疗机房不同关注点应考虑辐射

5.1.1 应考虑辐射束

治疗机房的屏蔽设计与评价,应考虑辐射束为治疗装置的有用线束、泄漏辐射和散射辐射(见图 1~图 4)。

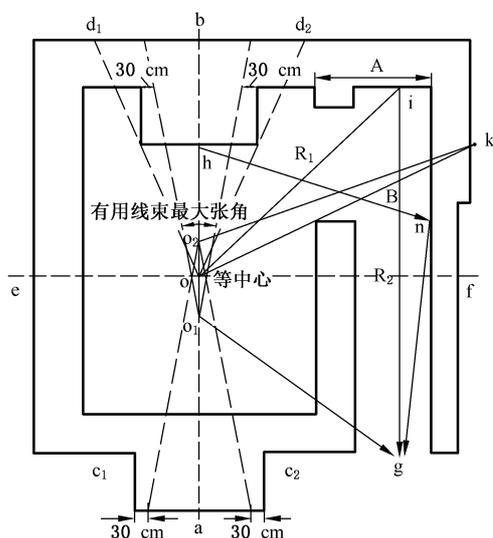


图 1 治疗机房的关注点和其主要照射路径示意图 (直迷路,有用线束不向迷路照射)

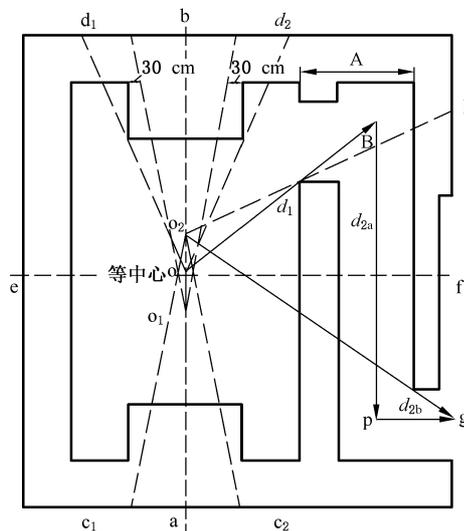


图 2 治疗机房的关注点和其主要照射路径示意图 (L型迷路,有用线束不向迷路照射)

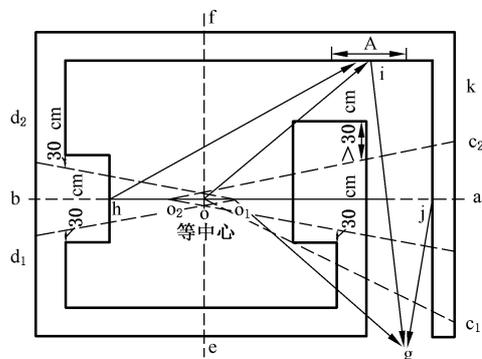


图 3 治疗机房迷路散射路径示意图 (直迷路,有用线束向迷路照射)

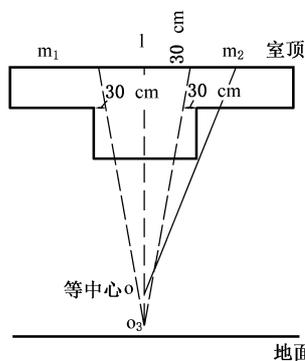


图 4 治疗机房顶的关注点局部纵剖面示意图

5.1.2 治疗机房不同位置应考虑辐射束

5.1.2.1 主屏蔽区

治疗机房中,有用线束的照射方向见图 1~图 4。图 1~图 3 中的 a、b 点及图 4 中的 l 点的屏蔽厚度应按有用线束估算。

5.1.2.2 与主屏蔽区直接相连的次屏蔽区

图 1~图 2 中的 c_1 、 c_2 、 d_1 、 d_2 和图 3 中的 c_1 、 d_1 、 d_2 , 以及图 4 中的 m_1 、 m_2 点的屏蔽厚度应按下列辐射束估算:

- 有用线束水平照射或向顶照射(使用因子 $U=0.25$)时人体的散射辐射,以等中心位置 o 为散射体中心,散射角 θ 接近 30° ,屏蔽墙的斜射角与散射角相同。示例散射路径见图 1 中“ o_1-o-d_2 ”和图 4 中“ o_3-o-m_2 ”;
- 治疗装置的泄漏辐射以位置 o 为中心,使用因子 $U=1$,屏蔽墙的斜射角接近 30° ,示例路径见图 1 中“ $o-d_2$ ”。一般情况,该辐射相对 a)项较小,保守地不考虑 a)项辐射的人体吸收时,可忽略此 b)项。

5.1.2.3 侧屏蔽墙

图 1 和图 2 中的 e 点及图 3 的 e、f 点的屏蔽厚度可不考虑对散射辐射的屏蔽,而应按治疗装置的泄漏辐射估算,以位置 o 为中心,使用因子 $U=1$ 、调强因子 $N=5$ (调强治疗时)。示例路径见图 3 中“ $o-e$ ”和“ $o-f$ ”。

5.1.2.4 迷路外墙

迷路外墙(k 点)的屏蔽应考虑如下:

- 当有用线束不向迷路内墙照射时(见图 1 和图 2),k 点的屏蔽厚度应考虑下列情况:
靶点位于 o_2 (如偏离 o 点 0.8 m)时,k 点辐射剂量率最大,泄漏辐射起决定性作用。 o_2 至 k 的泄漏辐射的斜射角较小,通常以 0° 垂直入射保守估算。
在按附录 A 计算 k 处的导出剂量率时,使用因子 U 为:
 - 自位置 o 至 k 的泄漏辐射没有受到迷路内墙的屏蔽时, $U=1$ 。
 - 自位置 o 至 k 的泄漏辐射得到迷路内墙的屏蔽时, $U=0.25$ 。
- 当有用线束向迷路内墙照射时(见图 3),迷路外墙在 k 处的厚度同位置 a 处的厚度。

5.1.2.5 治疗机房迷路入口

5.1.2.5.1 有用线束不向迷路内墙照射时的迷路入口

有用线束不向迷路内墙照射的情景见图 1 和图 2,相应迷路入口处的辐射剂量考虑如下:

- 图 1~图 2 的迷路入口 g 点包括下列辐射:
 - 受有用线束向下照射时,人体散射至 i 点的辐射并再次受墙的二次散射至 g 处的辐射,散射路径为“辐射源-o 点人体-i-g”;
 - 至 i 点的泄漏辐射受墙散射至 g 处的辐射,散射路径为“ o_1-i-g ”;
 - 有用线束穿出人体达到位置 h,受主屏蔽墙的散射至 n 处迷路外墙再次散射,到达 g 处的辐射。散射路径为“ $o_1-h-n-g$ ”(此项相对较小,可忽略);
- 图 1~图 2 的 g 点,也需核算治疗装置的泄漏辐射(以偏离 o 的位置 o_1 为中心)经迷路内墙屏

蔽后在迷路入口 g 的辐射剂量。示例路径见图 1 中的“ o_1-g ”。当屏蔽内墙为斜型时,还应以位置 o_2 为中心,重复核算泄漏辐射在 g 处的剂量。示例路径见图 2 中的“ o_2-g ”。核算结果应为 g 处的参考控制水平的一个分数(应小于 $1/4$)。若此项辐射剂量值较高,应增加迷路内墙的屏蔽厚度。当治疗机房主屏蔽区加厚屏蔽部分凸向屏蔽墙外表面或凸向屏蔽墙内表面时, o_1 至 g 的泄漏辐射射入迷路内墙的斜射角有所不同,通常以 30° 斜射角保守估计。

5.1.2.5.2 有用线束向迷路内墙照射时的迷路入口

有用线束向迷路内墙照射的情景见图 3,相应迷路入口处的辐射剂量考虑如下:

- a) 入射至 i 墙的辐射散射至 g 处的辐射中, i 墙的入射辐射可能来自:
 - 1) 泄漏辐射;
 - 2) 患者散射;
 - 3) 向 b 处照射的有用线束穿过患者身体并射入屏蔽墙内表面 h 处的散射辐射;
- b) 应核算穿过迷路内墙的有用线束受迷路外墙散射至 g 处的辐射剂量。示例路径见图 3 中“ o_2-j-g ”。此项值应为 g 处的参考控制水平的一个分数(一般小于 $1/4$)。若此辐射剂量值较高,应增加迷路内墙的屏蔽厚度;
- c) g 处也需核算泄漏辐射(以位置 o_1 为中心)在 g 处的剂量。示例路径见图 3 中的“ o_1-g ”。核算结果应为 g 处的参考控制水平的一个分数(应小于 $1/4$)。若此项辐射剂量值较高,应增加迷路内墙的屏蔽厚度。

5.2 治疗机房屏蔽计算方法

5.2.1 使用什值层(十分之一层厚,TVL)的计算方法

5.2.1.1 有效屏蔽厚度

当 γ 射线束以 θ 角斜射入厚度为 X (mm) 的屏蔽物质时,射线束在斜射路径上的有效屏蔽厚度 X_e (mm) 计算见式(2)、式(3):

$$X_e = X \cdot \sec\theta \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$X = X_e \cdot \cos\theta \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

θ ——斜射角,即入射线与物质平面的法线的夹角。

5.2.1.2 屏蔽厚度 X (mm) 与屏蔽透射因子 B 的相应关系

屏蔽厚度 X (mm) 与屏蔽透射因子 B 相互计算:

- a) 对于给定的屏蔽物质的厚度 X (mm),按式(2)计算有效屏蔽厚度 X_e (mm),相应的辐射屏蔽透射因子 B 的计算见式(4):

$$B = 10^{-(X_e+TVL-TV L_1)/TVL} \quad \dots\dots\dots(4)$$

- b) 对于计算出的屏蔽透射因子 B ,按式(5)计算所需的有效屏蔽厚度 X_e (mm),并按式(3)计算所需屏蔽厚度 X (mm):

$$X_e = TVL \cdot \lg B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

TVL_1 ——辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度(见表 C.1),单位为毫米(mm);

TVL ——辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度(见表 C.1),单位为毫米(mm)。

当未指明 TVL_1 时, $TVL_1 = TVL$ 。

5.2.2 不同辐射的屏蔽计算方法

5.2.2.1 有用线束和泄漏辐射的屏蔽与剂量估算

以下列方法进行有用线束和泄漏辐射的屏蔽与剂量估算：

- a) 关注点达到剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 时,设计的屏蔽所需要的屏蔽透射因子 B 按式(6)计算,并按式(5)计算所需要的有效屏蔽厚度 X_e ,再按式(3)获得屏蔽厚度 X (mm):

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{\dot{H}_0 \cdot f} \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

\dot{H}_c ——按 4.1.1 和附录 A 确定的剂量率参考控制水平,单位为微希每时($\mu\text{Sv/h}$);

R ——辐射源至关注点的距离(见 4.3),单位为米(m);

f ——对有用线束为 1;对 γ 射线源远距治疗装置的泄漏辐射为泄漏辐射比率;

\dot{H}_0 ——活度为 A 的放射源在距其 1 m 处的剂量率,按照式(7)计算,单位为微希每时($\mu\text{Sv/h}$):

$$\dot{H}_0 = A \cdot K_\gamma \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

A ——放射源的活度,单位为兆贝可(MBq);

K_γ ——放射源的空气比释动能率常数(或称 K_γ 常数),在屏蔽计算中以周围剂量当量作为空气比释动能的近似,此时, K_γ 的单位记为 $\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$,见表 C.1。

- b) 在给定的屏蔽物质厚度 X (mm)时,首先按式(2)计算有效厚度 X_e (mm),按式(4)计算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B ,再按式(8)计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$):

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中:

\dot{H}_0 ——活度为 A 的放射源在距其 1 m 处的剂量率,单位为微希每时($\mu\text{Sv/h}$);

f ——对有用线束为 1;对 γ 射线源远距治疗装置的泄漏辐射为泄漏辐射比率;

R ——辐射源至关注点的距离(见 4.3),单位为米(m)。

5.2.2.2 患者一次散射辐射的屏蔽与剂量估算

患者一次散射辐射的屏蔽与剂量以下列方法估算:

- a) 关注点达到剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 时,设计的屏蔽所需要的屏蔽透射因子 B 按式(9)计算,然后按式(5)计算所需要的有效屏蔽厚度 X_e (mm),再按式(3)转换为屏蔽厚度 X (mm):

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R_s^2 \cdot R_0^2}{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{\text{ph}} \cdot (F/400)} \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中:

\dot{H}_c ——按 4.1.1 和附录 A 确定的剂量率参考控制水平,单位为微希每时($\mu\text{Sv/h}$);

R_s ——患者(位于等中心点)至关注点的距离,单位为米(m);

R_0 ——放射源与等中心位置之间的距离,单位为米(m);

- \dot{H}_0 ——活度为 A 的放射源在距其 1 m 处的剂量率,单位为微希每时($\mu\text{Sv/h}$);
- α_{ph} ——患者 400 cm^2 面积上垂直入射 γ 射线散射至距其 1 m(关注点方向)处的剂量相对于等中心处剂量的份额,又称 400 cm^2 面积上的散射因子,见表 C.3;
- F ——治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积,单位为平方厘米(cm^2)。

b) 在给定屏蔽物质厚度 X (mm)时,首先按式(2)计算有效厚度 X_e (mm),再按式(4)计算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B ,并按式(10)计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$):

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{\text{ph}} \cdot (F/400)}{R_s^2 \cdot R_0^2} \cdot B \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中:

- \dot{H}_0 ——活度为 A 的放射源在距其 1 m 处的剂量率,单位为微希每时($\mu\text{Sv/h}$);
- α_{ph} ——患者 400 cm^2 面积上垂直入射 γ 射线散射至距其 1 m(关注点方向)处的剂量相对于等中心处剂量的份额,又称 400 cm^2 面积上的散射因子,见表 C.3;
- F ——治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积,单位为平方厘米(cm^2);
- R_s ——患者(位于等中心点)至关注点的距离,单位为米(m);
- R_0 ——放射源与等中心位置之间的距离,单位为米(m)。

c) α_{ph} 与放射源的核素及散射角(散射方向与入射方向的夹角)有关,其值见表 C.4~表 C.5。散射辐射在混凝土中的 TVL 值见表 C.6。

5.2.2.3 穿过患者或迷路内墙的有用线束在屏蔽墙上的一次散射辐射剂量

有用线束穿过患者或迷路内墙,垂直射入屏蔽墙并散射至计算点的辐射剂量率按式(11)计算:

$$\dot{H} = \dot{H}_0 \cdot \frac{(F/10^4)}{R^2} \cdot \alpha_w \cdot B_p \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中:

- \dot{H} ——计算点的辐射剂量率,单位为微希每时($\mu\text{Sv/h}$);
- \dot{H}_0 ——活度为 A 的放射源在距其 1 m 处的剂量率,单位为微希每时($\mu\text{Sv/h}$);
- F ——治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积,单位为平方厘米(cm^2);
- 10^4 ——1 m^2 面积转换为 10^4cm^2 ;
- R ——散射体(有用线束在屏蔽墙上的投影区)中心点与计算点的距离,单位为米(m);
- α_w ——散射因子,单位面积(1 m^2)散射体散射到距其 1 m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。 α_w 与入射角和反散射角(入射方向和反散射方向相对散射体垂线的夹角)有关,45°和 0°入射辐射在混凝土散射体上的 α_w 分别见表 C.4 和表 C.5;
- B_p ——有用线束射入散射体(屏蔽墙)前的屏蔽透射因子。对于患者吸收, B_p 接近 0.15,有时忽略该项,保守取为 1。对于有用线束向迷路墙照射时的迷路内墙, B_p 依内墙的屏蔽厚度按式(4)计算。

5.2.2.4 泄漏辐射在屏蔽墙上的一次散射辐射剂量

入射到屏蔽墙上的泄漏辐射被散射至计算点的辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)按式(12)计算:

$$\dot{H} = \frac{f \cdot \dot{H}_0 \cdot S \cdot \alpha_w}{R_L^2 \cdot R^2} \quad \dots\dots\dots(12)$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/448011037143006104>