

某工业库房高能 X 射线辐射剂量率的计算

李 涛, 吴育峰, 赵 锴, 王 丽

中图分类号: R144 文献标识码: B 文章编号: 1004 - 714X(2007)02 - 0168 - 01

【摘要】 目的 为制定科学合理的射线检测防护方案, 构建某工业库房高能 X 射线检测现场的辐射模型, 并计算检测现场的辐射剂量率。方法 根据国家标准对各监测点进行了剂量率实测。结果 结果证明计算的辐射剂量率是正确的。结论 该辐射剂量率计算方法具有科学性和有效性, 为加强辐射防护管理提供了重要依据。  
【关键词】 高能 X 射线检测; 无损探伤; 辐射防护; 剂量率计算

高能 X 射线检测技术在大型工件制造、管道安装、压力容器检测等工业领域得到了日益广泛的应用。在工业 X 射线探伤过程中, 由于伴有散射线和漏射线的产生, 就会对现场放射工作人员的健康和周围环境有一定影响, 存在不同程度的潜在危害<sup>[1]</sup>。因此计算出工作现场及其周围环境的 X 射线辐射剂量率, 对于制定工作现场的射线防护方案和加强辐射防护管理是非常必要的。

利用 9M eV 驻波式电子直线加速器实施工业探伤任务, 图 1 为某工业库房的平面布局图。库房长 48m, 宽 25m, 暗室位于工业库房东南方向约 50m。暗室和工业库房之间建有一堵长 5m、高 4m、厚 1m 的防护砖墙。库房西侧紧靠山体, 东、南、北三面为普通砖墙。其中, 东侧外墙厚 0.30m, 内墙厚 0.36m, 南侧内墙厚 0.75m, 外墙厚 0.3m, 北墙厚 0.4m。在进行射线检测过程中, 需要安装门机联锁安全装置和放射警示指示器。

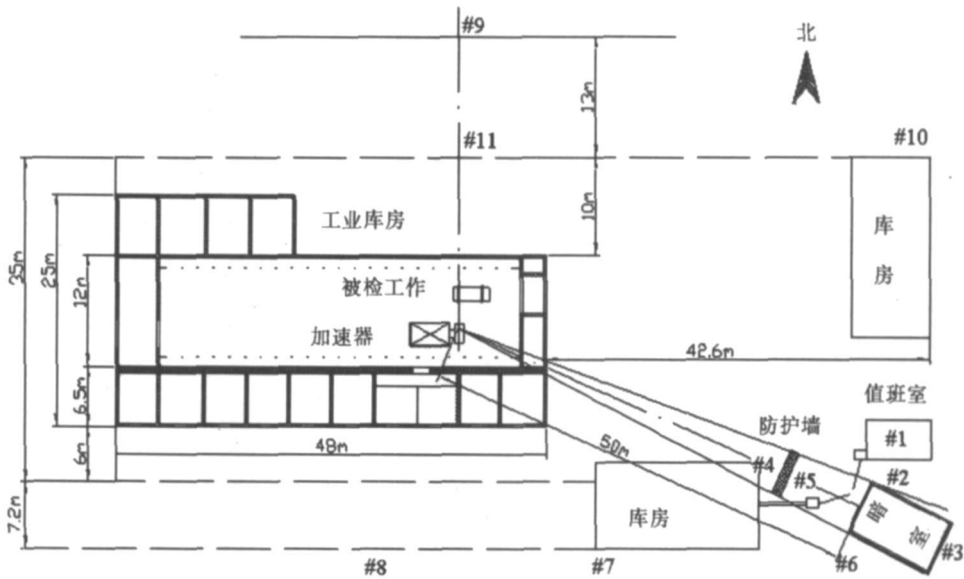


图 1 某工业库房平面布局图

1 辐射剂量率的计算

1.1 辐射计算条件 辐射剂量率计算的输入参数主要包括加速器源项的描述参数和射线参数, 基本条件如下: ①安全边界剂量率, 4μGy/h; ②加速器能量, 9M eV; ③剂量率, 距离靶点 1m 处空气比释动能率为 30Gy/h, 即 1.8×10<sup>9</sup>μGy/h; ④射线泄漏率, 加速器主束以外方向小于 0.1%; ⑤加速器主束最大照射野, 10度矩形; ⑥ 9M eV 宽束 X 射线 1/10 值层厚度, 普通砖墙 463mm, 混凝土 374mm, 土壤 587mm, 铅 55mm, 空气 445m。

1.2 漏射剂量率计算公式

$$\dot{D} = \frac{\dot{D}_0}{r^2 \prod_{i=1}^n 10^{d_i / TVT_i}} \quad (1)$$

式中:  $\dot{D}$ ——计算点剂量率, (μGy/h);  $\dot{D}_0$ ——源项剂量率, (μGy/h);  $r$ ——计算点到源点的距离 (m);  $d_i$ ——第  $i$  种屏蔽体

的厚度 (cm);  $TVT_i$ ——第  $i$  种屏蔽体的 1/10 值层厚度, (cm)。

1.3 散射剂量率计算公式

$$\dot{D}_{\text{散射}} = \frac{\dot{D}_0 \cdot \omega}{r^2 r_R^2} \quad (2)$$

式中:  $\dot{D}_{\text{散射}}$ ——计算点散射剂量率, (μGy/h);  $\dot{D}_0$ ——源项剂量率, (μGy/h);  $\omega$ ——散射体面积, (m<sup>2</sup>);  $\alpha$ ——反射系数;  $r$ ——源点到散射点的距离, (m);  $r_R$ ——散射点到计算点的距离, (m)。

1.4 剂量率计算结果 在辐射剂量率计算中, 只考虑漏射和工件散射两部分, 忽略墙体反散射和天空漫散射等情况。对于工作散射辐射部分, 由于被检工件的形状并不规则, 很难给出合适的反射系数。经过多次实验验证, 将反射系数确定为 0.01。在仅有库房砖墙防护的情况下, 主束范围外射线衰减到小于 4μGy/h 的距离, 北侧为 250m, 东侧为 100m, 南侧为 50m。依据上述方法计算图 1 中 #1、#2、#3 和 #4 等点的辐射剂量率, 计算结果详见表 1。由于工业库房的南墙装有门窗, 导致辐射

作者单位: 中国人民解放军 96630 部队, 北京 100085  
作者简介: 李涛 (1977~), 男, 河北阜平人, 工程师, 从事射线检测工作。

6MV 医用电子加速器机房屏蔽厚度计算的优化设计

栾耀君, 王雪航, 万路远

中图分类号: R148 文献标识码: B 文章编号: 1004 - 714X( 2007) 02 - 0169 - 02

【摘要】 根据辐射防护基本原则及相关法规标准, 对 6MV 医用电子直线加速器机房屏蔽厚度进行了计算, 并与现场检测数据进行了对比, 从而给出一种 6MV 医用电子直线加速器机房屏蔽厚度的计算方法。  
【关键词】 医用电子加速器; 机房屏蔽厚度; 计算方法

1 机房屏蔽设计和设备参数

黑龙江省某单位新建的放射治疗室包括: 医用电子直线加速器机房, 使用面积为 61. 45m<sup>2</sup>; 机房平面布局见图 1 选用某放疗装备有限公司生产的 GK - 06 - 100 医用电子直线加速器 1 台。射线种类 X 射线, X 射线为连续谱, 谱中最高能量为 6MeV (即打靶电子能量为 6MeV)。X 射线的穿透性在正常治疗距离 (100cm) 处, 用 10cm × 10cm 照射野时, 水下 10cm 处的吸收剂量为最大吸收剂量处吸收剂量 (67 ± 2)%。在正常治疗距离 (100cm) 处, 最大剂量率为 3. 5Gy /min 出厂的每台加速器输出的剂量都略高于此值。防护计算时可按 4Gy /min 计算。在正常的治疗距离处, 最大照射野尺寸为 40cm × 40cm, (在防护计算时也可按初准直锥角度 2 × 14° 计算)。机架可绕主轴做 60° 旋转, 辐射束方向是变化的。最大辐射束外面的泄漏辐射平均不超过主射线的 0. 1%。由于该加速器能量较低, 设计防护时不考虑中子的产生; 不考虑感生放射性; 也不需要考虑空气中氧氮被激活产生的放射性。加速器在对病人开机治疗时, 会产生 X 射线, 主射线束方向为东西方向, 并作 360° 旋转。治疗病人数量为每天最多 100 人设计。每人平均照射时间 1min 平均每次每人剂量 200cGy

作者单位: 黑龙江省卫生监督所, 黑龙江 哈尔滨 150001  
作者简介: 栾耀君 (1964 -), 男, 黑龙江省人, 从事放射防护监督工作。

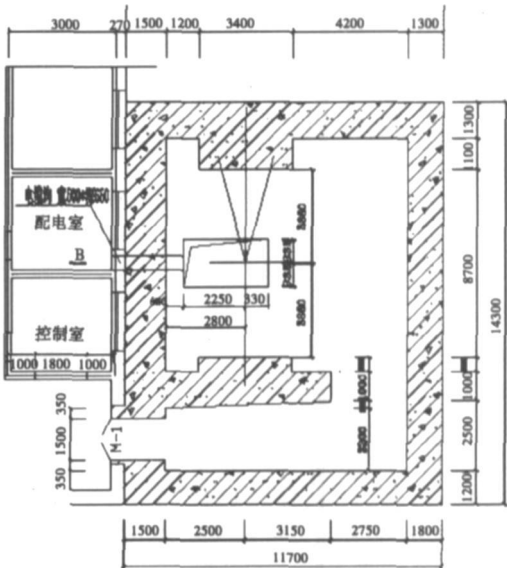


图 1 加速器机房平面示意图

2 机房屏蔽厚度的计算

2. 1 主射线屏蔽厚度计算 主屏蔽是针对主射线的防护。本项目是天棚和东西墙的部分位置。主射线屏蔽范围计算: 根据设计参数, 主射线照射在地板、天棚、东、西墙四个方向上, 主射线的出束角度为 28°。

防护效果不一致, 所以 #8 点附近的剂量率计算值为 12. 4 ~ 55μGy /h 鉴于有些监测点与加速器靶点之间的物体无法确定, 所以没有进行剂量率计算。

2 实测结果

2. 1 测试仪器和方法

2. 1. 1 仪器 经过标准源校正的 SG - 102 型环境剂量监测仪。

2. 1. 2 方法 按照国家标准《工业 X 射线探伤放射卫生防护标准》的要求<sup>[2]</sup>, 对实施射线检测的工作现场及周围环境进行辐射剂量率实测。

2. 2 实测结果 在工业库房周围选择 11 个监测点进行辐射剂量率实测, 实测结果详见表 1。通过对比计算值与实测值, #2、#3 和 #8 点基本符合, #9 点相差较大, 这是因为部分射线泄漏以及泄漏的射线经过反射到达了 #9 点。实测结果表明, 给出的辐射剂量率计算方法是切实可行的。

表 1 环境辐射剂量率的计算值和实测值

监测点	计算剂量率 (μGy /h)	实测剂量率 (μGy /h)	备注
#1	—	3. 0	1. 当地天然本底: 0. 15μGy /h 2. 加速器剂量率: 30Gy /min 3. 准直器水平开度: 10° 4. 准直器垂直开度: 10° 5. 监测点位置见图 1
#2	16. 4	14	
#3	1. 4	1. 1	
#4	—	5. 8	
#5	—	0. 7	
#6	—	2. 0	
#7	—	1. 5	
#8	12. 4 ~ 55	12	
#9	256	882	
#10	—	18	
#11	7. 600	4. 722	

参考文献:

[ 1 ] 刘之峰, 栾耀君, 栾瑞香. 工业 X 射线探伤辐射防护剂量调查[ J ]. 中国辐射卫生, 2004, 10( 3): 143  
[ 2 ] GB 16389 - 1996 工业 X 射线探伤放射卫生防护标准[ S ]. (收稿日期: 2007 - 1 - 29)