

## 中华人民共和国国家职业卫生标准

GBZ/T 257—2014

---

### 移动式电子加速器术中 放射治疗的放射防护要求

Radiological protection requirements of mobile electron  
accelerator for intraoperative radiotherapy

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

## 前 言

根据《中华人民共和国职业病防治法》制定本标准。

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准起草单位：复旦大学放射医学研究所、北京市疾病预防控制中心、复旦大学附属肿瘤医院。

本标准主要起草人：吴锦海、刘海宽、顾乃谷、马永忠、徐志勇。

# 移动式电子加速器术中 放射治疗的放射防护要求

## 1 范围

本标准规定了移动式电子加速器术中放射治疗的放射防护要求。

本标准适用于能量为 4 MeV~12 MeV 电子束用于术中放射治疗的移动式电子加速器。

## 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。

GB 18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准

GBZ 126 电子加速器放射治疗放射防护要求

GBZ 128 职业性外照射个人监测规范

GBZ 179 医疗照射放射防护基本要求

GBZ/T 201.2 放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分:电子直线加速器放射治疗机房

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**术中放射治疗 intraoperative radiotherapy**

经手术切除肿瘤病灶之后,在伤口未缝合前,对术后瘤床、残存灶和周围淋巴引流区等部位,在直视下进行单次大剂量照射的治疗方法。

### 3.2

**术中放射治疗用移动式电子加速器 mobile electron accelerator for intraoperative radiotherapy**

配置在手术室内,专门用于对手术中的肿瘤患者施以电子线放射治疗的可移动加速器装置。在本标准中简称专用加速器。

### 3.3

**术中放射治疗手术室 intraoperative radiotherapy room**

既可满足普通手术室的无菌要求,又可对开展术中放射治疗时产生的辐射予以适当屏蔽和防护的专用手术室。在本标准中简称专用手术室。

## 4 防护基本要求

4.1 应对术中放射治疗程序逐例进行正当性判断,特别应审核每例术中放射治疗患者的适应证和禁忌证。

4.2 在对术中计划受照的肿瘤病灶实施所需处方剂量的放射治疗时,应根据瘤床大小和浸润深度正确选用不同尺寸的限光筒和与其断面形状相吻合的组织补偿块,合理调节专用加速器 C 形臂旋转角度与

激光软对位系统,以及正确选择电子束能量参数,并采取适当的屏蔽措施使其周围正常组织或器官所受到的照射保持在可合理达到的尽可能低的水平。

4.3 在实施术中放射治疗时,对工作人员、其他工作人员或周围公众成员以及患者的防护应符合 GB 18871 和 GBZ 179 的要求。

## 5 专用手术室的屏蔽剂量控制要求

### 5.1 关注点的选取原则

在专用手术室外表面 30 cm 处选择人员受照的周围剂量当量(以下简称剂量)可能最大的位置作为关注点。对距专用手术室周围和放射治疗的束流投照方向上一定距离处,公众成员居留因子大、并可能受照剂量大的位置也应考虑为关注点。

### 5.2 关注点的剂量率参考控制水平

5.2.1 根据术中放射治疗周工作负荷、周治疗照射时间、关注点位置的使用因子和居留因子,可按附录 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  $\dot{H}_{c,d}(\mu\text{Sv}/\text{h})$ :

- a) 专用手术室外的工作人员:  $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ;
- b) 专用手术室外的公众成员:  $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

5.2.2 在术中放射治疗工作量每周不超过 10 人次的条件下,按照关注点人员所处场所的居留因子,分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,max}(\mu\text{Sv}/\text{h})$ :

- a) 人员居留因子  $T \geq 1/2$  的场所,  $\dot{H}_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv}/\text{h}$ ;
- b) 人员居留因子  $T < 1/2$  的场所,  $\dot{H}_{c,max} \leq 20 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

5.2.3 由 5.2.1 中的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$  和 5.2.2 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  $\dot{H}_c(\mu\text{Sv}/\text{h})$ 。

## 6 专用手术室的防护要求

6.1 专用手术室应设在医院手术区的最内侧,并和相关工作用房(如控制室或专用于加速器调试、维修的储存室)形成一个相对独立区域。

6.2 专用手术室各侧防护墙、顶棚和地坪应有屏蔽防护措施,应能满足 5.2.1 和 5.2.2 的关注点剂量率参考控制水平要求。

6.3 专用加速器的控制台应与专用手术室分离,实行隔室操作,控制台可设在控制室或控制走廊内。

6.4 专用手术室的使用面积应不小于  $36 \text{ m}^2$ ,层高应不低于 3.5 m。专用加速器在专用手术室内的安置应满足放射治疗的中心点距各侧墙体最近距离不小于 3 m。

6.5 专用手术室门外醒目处应安设红色工作指示灯和电离辐射警告标志,专用手术室门应与加速器联锁。

6.6 穿越专用手术室防护墙的导线、导管等均不得影响所在墙体的屏蔽防护效果。

6.7 专用手术室应设观察窗或和控制台之间应安装监视和对讲设备。

6.8 设址在二楼或更高楼层的专用手术室,其楼下的工作用房人员居留因子  $T$  应小于 1/2。

## 7 专用加速器的运行安全要求

7.1 专用加速器的结构和技术参数参见附录 B。

7.2 专用加速器的治疗剂量控制应设主、次双道剂量检测系统,其中一道剂量监测系统发生故障时,应保障另一道能正常工作。每道剂量检测系统都应能独立地终止照射。主道剂量检测系统应为治疗剂量设置预选值,当达到预选值时能终止照射;次道剂量检测系统应在超过主道预选值 $\pm 5\%$ 时自动终止照射。

7.3 控制台应具有时间显示的出束控制计时器,并独立于其他任何控制出束的终止系统。在每次出束前系统应检查计时器是否复零,只有当计时器复零后才能启动下一次照射。出束控制计时器在超过时间预置值 $\pm 5\%$ 时,专用加速器应自动终止照射。

7.4 照射启动应与控制台显示的照射参数预置值联锁,控制台在选择各类照射参数之前,出束照射不能启动。

7.5 控制台和专用手术室应安装紧急停机开关。

7.6 专用加速器的其他运行安全要求参见 GBZ 126。

## 8 工作人员的安全操作要求

8.1 实施术中放射治疗的医疗单位应配置有合格的放射治疗执业医师、放疗物理人员和操作技术人员。所有相关工作人员应经加速器操作专业知识和放射防护基本知识培训,并应考核合格,持证上岗。

8.2 术中放射治疗前,工作人员应对专用加速器运行的相关参数,包括电子束能量、输出剂量率和处方剂量等进行逐一检查与核对。

8.3 术中放射治疗时,工作人员应在确认所选用的限光筒类型与计划照射所设定的限光筒一致时,方能启动专用加速器出束。

8.4 工作人员应在确认专用手术室内除患者外无其他人员后,方可启动加速器出束。

8.5 专用加速器的工作人员应遵守安全操作规程。

8.6 术中放射治疗期间应有 2 名工作人员协调操作,认真做好记录,并应密切注意患者监控设备、专用加速器的控制台仪表以及患者状况,发现异常情况立即停止照射并及时处理,工作人员不应擅自离开岗位。

8.7 从事术中放射治疗的工作人员应佩戴个人剂量计,其个人剂量检测应按 GBZ 128 的要求执行。

## 9 放射防护检测

9.1 专用手术室竣工后,专用加速器安装完毕或重大维修后以及运行参数和屏蔽条件等发生改变时,应由具有相应检测资质的技术服务机构进行工作场所和周围区域的放射防护检测及辐射屏蔽防护剂量检测,并据此作出放射防护评价。

9.2 在专用加速器正常运行期间,使用单位应委托具有相应检测资质的技术服务机构开展对工作场所和周围区域进行每年 1 次的常规放射防护检测。

9.3 辐射屏蔽防护剂量检测的检测位置、检测仪器、检测结果与评价,参见 GBZ/T 201.2 的相关规定要求。

附录 A  
(资料性附录)

周工作负荷、周治疗照射时间和导出剂量率参考控制水平的示例

A.1 周工作负荷(W)与周治疗照射时间(t)

常规的术中放射治疗工作量设为 10 人次/周,平均每人照射剂量为 20 Gy,则周工作负荷  $W = 20 \text{ Gy} \times 10 \text{ 人次/周} = 200 \text{ Gy/周}$ 。

设专用加速器照射野中心处常用最高治疗剂量率为  $D_0$  (Gy/min),则周治疗照射时间(t),见式(A.1):

$$t = \frac{W}{D_0} \dots\dots\dots (A.1)$$

当  $D_0 = 10 \text{ Gy/min}$ ,平均每名患者照射时间为 2 min,相应周工作负荷  $W = 200 \text{ Gy/周}$ ,则周治疗照射时间  $t = 20 \text{ min/周}$ ,即 0.33 h/周。

A.2 导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$

关注点的周剂量参考控制水平为  $H_c$  时,该关注点的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )见式(A.2):

$$\dot{H}_{c,d} = \frac{H_c}{t \cdot U \cdot T} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

$H_c$  ——周剂量参考控制水平,见 5.2.1 的 a),单位为微希每周( $\mu\text{Sv/周}$ );

$t$  ——治疗装置周治疗照射时间,单位为小时每周(h/周);

$U$  ——有用线束向关注未知的方向照射的使用因子,对泄漏辐射, $U = 1$ ;

$T$  ——人员在相应关注点驻留的居留因子。

设场所关注点的公众人员周剂量参考控制水平为  $H_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ ,周治疗照射时间  $t$  为 0.33 h/周,且令  $U = 1$ ,则按式(A.2)即可估算出不同居留因子  $T$  的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )见表 A.1。

表 A.1 不同居留因子时的  $\dot{H}_{c,d}$  值

$T$	$\dot{H}_{c,d}$ $\mu\text{Sv/h}$
1/2	30
1/4	60
1/8	120

然后再将  $\dot{H}_{c,d}$  和 5.2.2 中的最高剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,max}$  比较,可选择其中较小者作为关注点的剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )。

## 附录 B

(资料性附录)

## 专用加速器结构与技术参数示例

## B.1 专用加速器的结构组成

B.1.1 专用加速器由三部分组成:控制单元(专用加速器远程控制系统及 BEV 监控系统)、调制单元(电源系统)和治疗单元(射线发生装置)。

B.1.2 专用加速器治疗单元(机头)安装在 C 形臂机架上,在电动机带动下,机头既能沿 C 形臂作等中心旋转(包括在 AB 平面内旋转 $\pm 45^\circ$ 与 GT 平面内旋转 $\pm 30^\circ$ ,还可以前后左右各 $\pm 5$  cm 范围幅度的平移)。机头还可以在垂直方向按 $\pm 15$  cm 距离升降,详见图 B.1。

B.1.3 治疗机头下方安放有联动射线阻挡装置。

B.1.4 治疗用限光筒全部为圆形,按其断面可分为 $0^\circ$ 、 $15^\circ$ 与 $30^\circ$ 三个角度,直径范围 3 cm~10 cm,按 0.5 cm 等差递增,共 15 种。限光筒通过适配底座与固定系统相连,再通过固定系统固定在手术床上。限光筒还配有一套大小与限光筒断面形状相同,厚度分别为 0.5 cm 与 1.0 cm 的组织补偿块,用于提高表面剂量。

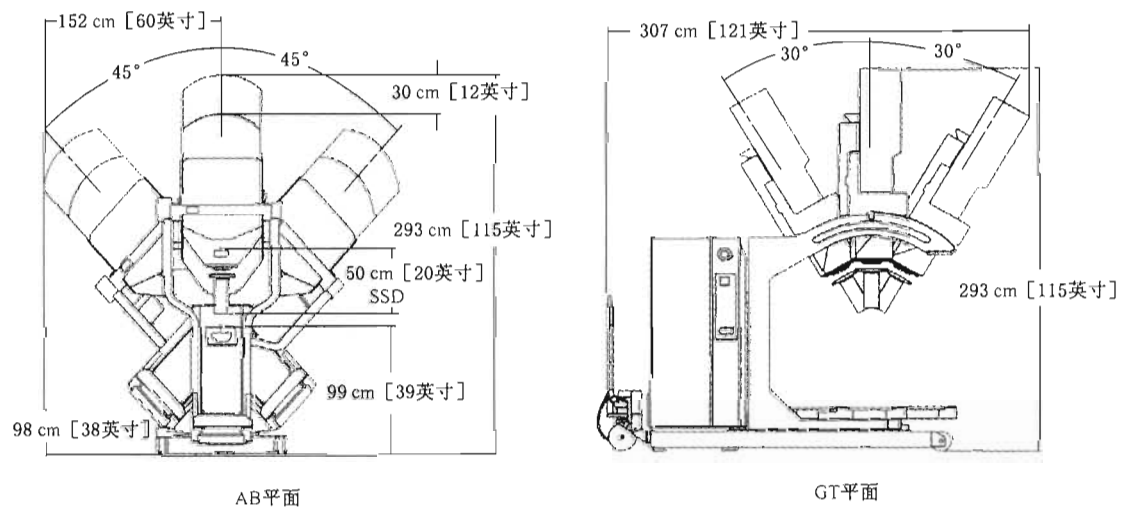


图 B.1 专用加速器旋转治疗范围示意图

## B.2 专用加速器的技术指标与参数

专用加速器的技术指标与参数见表 B.1。

表 B.1 加速器技术指标与参数

技术指标	规格参数
能量	4 MeV、6 MeV、9 MeV、12 MeV
剂量率	10 Gy/min
SSD	50 cm
限光筒	直径 3 cm~10 cm, 0.5 cm 递增; 0°、15°、30°等 3 种端面
限光筒平坦度对称性	平坦度 $\leq\pm 5\%$ , 对称性 $\leq\pm 2\%$
组织补偿块	形状与限光筒相配, 厚度分别为 0.5 cm、1 cm
旋转范围	机架 $\pm 45^\circ$ , C形臂 $\pm 30^\circ$
平移范围	前后 $\pm 5$ cm, 左右 $\pm 5$ cm, 上下 $\pm 15$ cm



## 参 考 文 献

- [1] Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X-and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities. NCRP report 151, 2007
- [2] NCRP Report No.144 Radiotherapy Production for Particle Accelerator Facilities, 2003
- [3] AAPM Radiation Therapy Committee. Intraoperative radiation therapy using mobile electron linear accelerators[R]. AAPM Radiation Therapy Committee Task Group:70
- [4] A. S. Beddar and S. Krishnan, "Intraoperative radiotherapy using a mobile linear electron accelerator: A retroperitoneal sarcoma case," J. Appl. Clin. Med. Phys. 6, 2005. 95-107
- [5] Beddar AS, Biggs PJ, Chang S, et al. Intraoperative radiation therapy using mobile electron linear accelerators. Report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 72. Med Phys, 2006, 33(5): 1476-1489
- [6] Mario C, Guido P, Roberto O, et al. Radiation survey around a Liac mobile electron linear accelerator for intraoperative radiation therapy [J]. Journal of Applied Clinical Medical Physics, 2009, 10(2): 131-135
- [7] Jodi L Dave, Michael D Mills. Shielding assessment of a mobile electron accelerator for intraoperative radiotherapy [J]. Journal of Applied Clinical Medical Physics, 2001, 2(3): 165-167
- [8] 李明辉, 符贵山等. 移动式术中放射治疗 Mobetron 加速器的测试. 中华放射肿瘤学杂志, 2009, 18(4): 322-325
- [9] L. L. Gunderson et al. (eds.), Intraoperative Irradiation: Techniques and Results, Current Clinical Oncology, Springer Science+Business Media, LLC 2011
- [10] 姜瑞瑶, 黄国锋, 熊霏, 等. 术中放射治疗深度剂量、表面剂量及漏射线的剂量研究. 中国医学物理学杂志, 2007, 3: 168-169
- [11] 马永忠, 万玲, 娄云, 等. 移动式加速器术中放射治疗辐射场剂量水平的测量与分析. 首都公共卫生, 2012, 6(4): 150-154
-