



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 1013—2006

头部立体定向放射外科 γ 辐射治疗源

γ Radiation Source Used in Head Stereotactic
Radiosurgery Therapy

2006-12-08 发布

2007-03-08 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

头部立体定向放射外科 γ 辐射 治疗源检定规程

Verification Regulation of γ Radiation Source

Used in Head Stereotactic Radiosurgery Therapy

JJG 1013—2006

本检定规程经国家质量监督检验检疫总局于 2006 年 12 月 8 日批准，
并自 2007 年 3 月 8 日起施行。

归 口 单 位：全国电离辐射计量技术委员会

起 草 单 位：中国计量科学研究院

参加起草单位：广东省辐射剂量计量检定站

本规程主要起草人：

胡家成 （中国计量科学研究院）

参加起草人：

杨小元 （中国计量科学研究院）

吕雅竹 （中国计量科学研究院）

彭继伟 （广东省辐射剂量计量检定站）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语和计量单位	(1)
3.1 术语	(1)
3.2 计量单位	(2)
4 概述	(2)
5 计量性能要求	(2)
5.1 辐射等中心与机械等中心一致性	(2)
5.2 “叠加辐射野”	(2)
5.3 “叠加半影区”	(3)
5.4 头部 γ 刀输出剂量	(3)
6 通用技术要求	(3)
6.1 设备标牌	(3)
6.2 设备显示	(3)
6.3 治疗设备应符合的安全要求	(3)
7 计量器具控制	(4)
7.1 检定条件	(4)
7.2 检定项目及检定方法	(6)
7.3 检定结果的处理	(7)
7.4 检定周期	(8)
附录 A 焦点吸收剂量的计算公式	(9)
附录 B γ 刀焦点剂量测量不确定度的评定	(10)
附录 C 检定证书内页格式	(11)
附录 D 头部 γ 刀实验报告 (一)	(13)
附录 E 头部 γ 刀实验报告 (二)	(15)

头部立体定向放射外科 γ 辐射治疗源检定规程

1 范围

本规程适用于头部立体定向放射外科 γ 辐射治疗源首次检定、后续检定和使用中检验。

2 引用文献

STEREOTACTIC RADIOSURGERY SYSTEM, Report of Task Group 42 Radiation Therapy Committee. AAPM REPORT No. 54, June 1995 [《立体定向放射外科系统, 放射治疗委员会第 42 工作组报告》美国医学物理家协会 (AAPM) 第 54 号技术报告 (1995 年版)]

Absorbed dose determination in photon and electron beams, An international code of practice, Second Edition, IAEA Tech. Rer. Ser. No. 277, VIENNA 1997 [《光子和电子束的吸收剂量测定, 国际实用规定》IAEA 第 277 号技术报告 (1997 年第二版)]

JJF 1001—1998 《通用计量术语与定义》

JJF 1059—1999 《测量不确定度评定与表示》

JJG 912—1996 《治疗水平电离室剂量计检定规程》

GB 191—90 《包装贮运图示标志》

GB 4076—83 《密封放射源一般规定》

GB 5013.1—1997 《额定电压在 450/750V 及以下橡皮绝缘软电缆 第一部分: 一般规定》

GB 9706.1—1995 《医用电气设备 第一部分: 安全通用要求》

GB/T 9969.1—1998 《工业产品使用说明书 总则》

GB/T 14710—93 《医用电气设备环境要求及实验方法》

YY 0076—92 《金属制件的镀层分类、技术条件》

YY 0096—92 《钴-60 远距离治疗机》

GB/T 17857—1999 《医用放射学术语 (放射治疗、核医学和辐射剂量学设备)》

3 术语和计量单位

3.1 术语

3.1.1 准直器 collimator

限制射线束方向及束径尺寸的装置。

3.1.2 焦点 focus

射线束经准直器聚焦后的中心称为焦点。

3.1.3 “叠加辐射野”尺寸 “overlapping of irradiation field” size

由若干个按一定经纬度排列的辐射源, 所组成的三维立体“叠加辐射野”, 用剂量

分布曲线的半高宽度 (FWHM) 表示, 半高宽度是指剂量分布曲线峰值 1/2 处峰的宽度。

3.1.4 “叠加半影” “penumbra overlap”

由若干个按一定经纬度排列的辐射源, 所组成的三维立体“叠加辐射野”的剂量分布曲线中, 最大剂量值的 80%~20% 区域为“叠加半影”, 半影区的宽度称半影宽度, 简称半影。

3.1.5 立体定向 stereotactic

利用立体定向装置、CT、核磁共振或 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的过程。

3.2 计量单位

照射量单位为 C/kg。

空气比释动能和吸收剂量单位为 Gy (戈瑞), $1\text{Gy} = \text{J/kg}$, $1\text{Gy} = 100\text{cGy}$ 。

4 概述

头部立体定向放射外科 γ 辐射治疗源系指利用若干个 ^{60}Co 源按一定的经度和纬度排列, 产生的射线束经准直后聚焦于一点 (该点中心称之为焦点), 对患者的头部病灶进行实施治疗 (辐照) 的装置。该装置 (俗称头部 γ 刀) 通常由放射手术系统 (包括: ^{60}Co γ 源、头罩、准直器和治疗床)、立体定位系统 (包括: 立体定位框架、X 向调定架和 CT/MRI 图框、适配架)、电气控制系统 (包括: 智能控制和声像监视系统) 和治疗计划系统 (TPS) 等四部分组成。

5 计量性能要求

5.1 辐射等中心与机械等中心一致性

辐射野准直器为 $\phi 4\text{ mm}$ (或最小准直器) 条件下, 辐射等中心与机械等中心的综合偏差 $\Delta r \leq 0.5\text{ mm}$, 即

$$\Delta r = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2} \leq 0.5\text{ mm} \quad (1)$$

式中: Δr ——机械等中心与辐射等中心的综合偏差;

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ ——机械等中心与辐射等中心在 X、Y 和 Z 轴向的单向偏差。

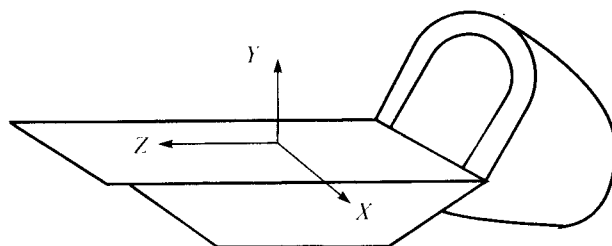


图1 头部立体定向放射外科 γ 辐射治疗源的 X、Y、Z 坐标系示意图

5.2 “叠加辐射野”

尺寸应满足表 1 要求。

表 1 “叠加辐射野”尺寸的技术要求

标称“叠加辐射野”尺寸 /mm	轴 向					
	X 轴或 Y 轴			Z 轴		
	$\leq \phi 7$ mm	$\phi 10$ mm $\sim\phi 24$ mm	$>\phi 24$ mm	$\leq \phi 6$ mm	$\phi 8$ mm $\sim\phi 21$ mm	$>\phi 22$ mm
“叠加辐射野”技术要求	± 1.5 mm	± 2 mm	± 3 mm	± 1.5 mm	± 2 mm	± 3 mm

5.3 “叠加半影区”

应满足如下要求:

标称辐射野 $<\phi 22$ mm, 叠加半影区小于 10 mm,

标称辐射野 $\geq \phi 22$ mm, 叠加半影区小于 14 mm。

5.4 头部 γ 刀输出剂量

5.4.1 重复性

在计时器限定的相同时间间隔内, 头部 γ 刀输出的吸收剂量的重复性相对标准偏差应不大于 1%。

5.4.2 线性

给出不同剂量的辐照时间之间的线性最大偏差应不超过 $\pm 2\%$ 。

5.4.3 输出剂量的符合

头部 γ 刀的治疗计划系统给出的实际输出吸收剂量与探测器实测吸收剂量应在 $\pm 5.0\%$ 内符合。

5.4.4 焦点剂量率

在 $\phi 18$ mm 准直器 (或最大准直器) 条件下, 焦点处的剂量率应不小于 1.5 Gy/min。

6 通用技术要求

6.1 设备标牌

标牌应清晰地注明治疗设备的名称、型号、产品系列号、生产厂家的国别与名称以及出厂日期。

6.2 设备显示

6.2.1 清楚地显示辐射线的种类;

6.2.2 清楚地显示出辐射治疗 (包括辐射治疗所需的时间和已辐射治疗的时间)、停止辐射治疗或故障状态。

6.3 治疗设备应符合的安全要求

下述各项须符合射线防护或电气安全要求, 并须具有有效的检验证明。

6.3.1 控制室内达到辐射防护安全要求;

6.3.2 治疗设备的产生辐射部分的辐射泄漏量达到辐射防护标准;

6.3.3 电气连锁达到安全要求;

6.3.4 与患者接触的有关设备应符合安全标准, 如治疗床、治疗机头及头盔等。

7 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中检验。

7.1 检定条件

7.1.1 环境条件

检定时，环境温度为 $(15 \sim 35)^{\circ}\text{C}$ ，大气压强为 $(80 \sim 110)$ kPa，相对湿度为 $30\% \sim 75\%$ 。

检定环境的辐射本底，外来电磁场和机械震动等均不应引起剂量计示值的显著偏差和不稳定。

7.1.2 检定设备

7.1.2.1 电离室型剂量仪

检定所使用的电离室型剂量仪（电离室型剂量仪主机与检定所使用的电离室），必须经国家计量检定机构检定合格，并附有效期内检定证书。电离室有效收集体积的外形尺寸，必须小于所测量辐射野尺寸的 $1/2$ 。

7.1.2.2 半导体探测器

不得使用半导体探测器测量 γ 刀的参考输出剂量，但可以使用它相对测量 γ 刀的头盔因子（或称为射野输出因子），对于小射野（如： $\phi 4.0$ mm）焦点吸收剂量可以通过头盔因子（或称为射野输出因子）而得到。

7.1.2.3 扫描仪

测量胶片的扫描仪（或光密度计及黑度计），应满足测量胶片的各项技术要求（其定位精度： <0.1 mm，几何分辨率：每 1.0 mm 应能大于 10 条线）。

7.1.2.4 球型模体

模体由聚苯乙烯或有机玻璃等材料制成，其外直径为 160 mm。利用更换球型模体中间插板的方法，可以将不同体积探测器或辐射野测量用的暗盒（或代凹槽的插板）插入模体，使其几何中心与球体中心严格的重合。利用球形模体的左右两边耳柱（为更好显示模体主要尺寸，省略了耳柱的尺寸及示意图），可以很方便地将模体固定在 γ 刀的耳轴上进行测量 γ 刀有关的剂量学参数，图 2 与图 3 为模体尺寸及模体外形示意图。

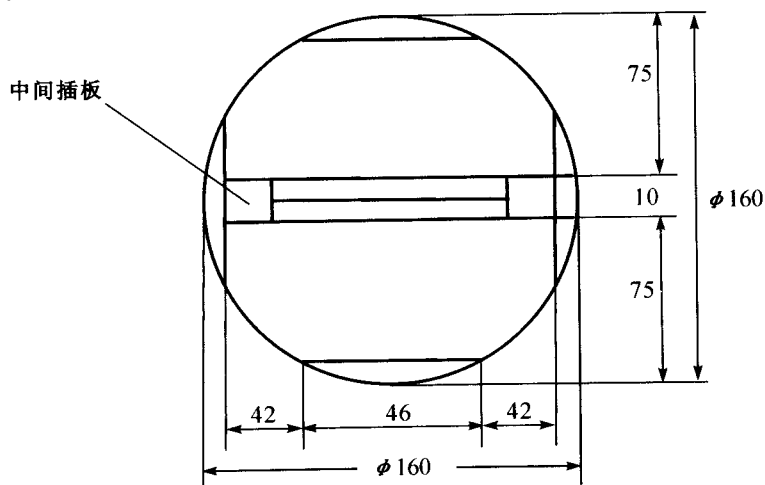


图 2 球形模体尺寸示意图 (单位: mm)

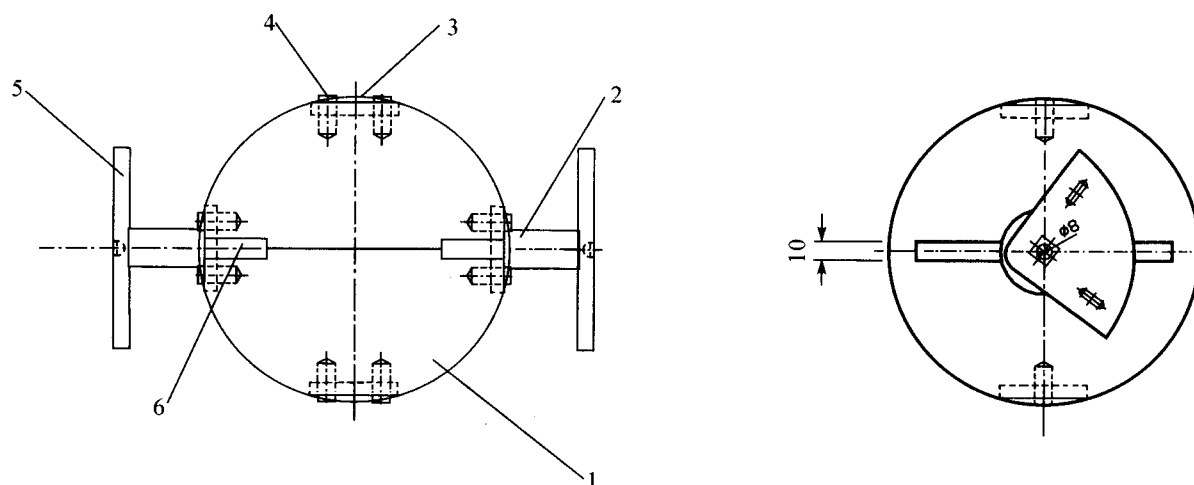


图3 模体外形示意图

1—球体；2—耳轴连接杆；3—侧面连接杆堵头；4—定位销；5—耳轴连接板；6—中间插板

7.1.2.5 焦点测量棒

图4为焦点测量棒示意图，由铝棒制成，测量棒为 γ 刀配件，通常由测量用户提供。

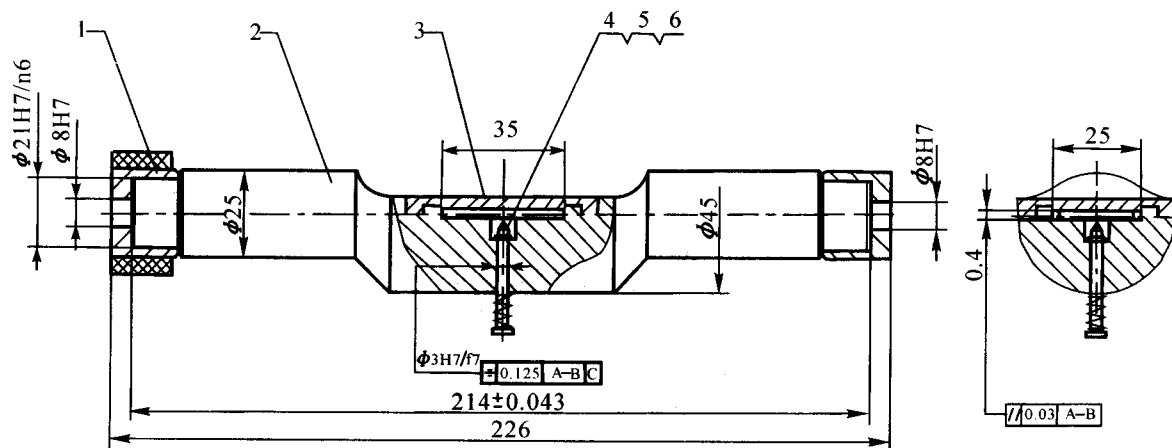


图4 焦点测量棒示意图

1—定位堵头；2—测量棒主体；3—暗盒盖；4—顶针；5—复位弹簧；6—挡圈

7.1.2.6 其他计量器具

检定中用的其他计量器具见表2。

表2 检定用的其他计量器具

名 称	要 求
温度计	(0~50)℃，最小分度 0.1℃
气压计	(80~110) kPa，最小分度 0.1kPa

7.2.1 检定项目一览表

头部 γ 刀治疗系统检定项目见表3。

表3 头部 γ 刀治疗系统检定项目表

序号	检定项目	首次检定	后续检定	使用中检验
1	辐射等中心与机械等中心一致性	+	+	+
2	叠加辐射野		-	-
3	辐射野叠加半影	+	-	-
4	γ 刀输出剂量			
	输出剂量重复性			+
	输出剂量线性	+	-	+
	输出剂量符合	+	+	+
	焦点剂量率		+	+

注：表中“+”代表在相应的检定中需要检定。“-”代表在相应的检定中不需要检定。

7.2.2 辐射等中心与机械等中心的一致性

- a) 将剪裁好的胶片装入焦点测量棒的暗盒，并上好暗盒；
- b) 把焦点测量棒安装在立体定位支架的耳轴上，并将测量棒中心调整在 X 轴标尺中心处，使胶片处在 X—Y（或 X—Z）平面上。按压细针，在胶片上扎一个小孔（认为此小孔为机械的中心）；
- c) 随治疗床将焦点测量棒送入辐射野，采用最小剂量率进行照射（辐照时间根据 γ 刀的 ^{60}Co γ 源的剂量率及胶片性能而定）；
- d) 胶片显影后，在扫描仪（或黑度计）上可以分别得出辐射中心与机械中心之间的单向偏差距离读数（mm）。机械中心与辐射中心的总偏差为： $\Delta r = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2} \leq 0.5 \text{ mm}$ ，应满足 4.1 款中的要求（ $\Delta r \leq 0.5 \text{ mm}$ ）。

7.2.3 “叠加辐射野”

- a) 将裁好的胶片放入直径 160 mm 的球形模体的盒内（或暗盒）；
- b) 将球形模体安置在立体定位架上的耳轴上，并将 X 轴标尺调定在中心处，并使胶片位于 X—Y（或 X—Z）平面；
- c) 将装有胶片的球模体送入 γ 刀的辐射野进行辐照，照射剂量应在剂量-灰度线性区域内；
- d) 胶片显影后，在扫描仪（或黑度计）上可以得出焦点处“叠加辐射野”，尺寸应满足 5.2 的要求。

7.2.4 “叠加半影区”

测量方法同 7.2.3, “叠加半影区”应满足 5.3 款的要求。

7.2.5 输出量

7.2.5.1 重复性

将插有电离室的球形模体置于 γ 刀耳轴上, 使模体中心与头部 γ 刀等中心重合, 利用电离室测量 γ 刀输出剂量。选取 $\phi 18$ mm 准直器, 由计时器限定相同的时间间隔 (一般选 1 min~2 min), 第 i 次测得的剂量值为 D_i , 则剂量值的相对实验标准差 v 为

$$v = \frac{1}{\bar{D}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2} \times 100\% \quad (2)$$

式中, $\bar{D}$ 为 n 次测量剂量的平均值, 一般 $n \geq 10$ 。按式 (2) 计算出的 v 应符合 5.4.1 款的要求。

7.2.5.2 线性

检定方法同上, 预置时间 t_0 , 测出此时时间间隔内测出的吸收剂量为 D_0 (一般取 3 Gy 以上), 然后取 t_j (j 一般取 1~4), 测出相应吸收剂量为 D_j (j 同 t_j 的 j)。将 t_j 与 D_j 用最小二乘法拟合出的线性方程为

$$t_c = a + bD \quad (3)$$

式中: t_c ——由最小二乘法计算出的时间值;

a ——最小二乘法拟合直线

b ——上述直线与纵坐标截

D ——时间预置值为 t 时的剂量值。

根据式 (3) 计算出的 t_{cj} 与剂量 D_j 时的时间预置值 t_j 的最大偏差为

$$S_{\max} = [(t_{cj} - t_j)_{\max} / t_{cj}] \times 100\% \quad (4)$$

该偏差应符合 5.4.2 要求。

7.2.5.3 输出吸收剂量的符合

将插有电离室的球形模体置于 γ 刀耳轴上, 使模体中心与 γ 刀等中心重合。利用电离室测量 $\phi 18$ mm 准直器条件下 γ 刀治疗计划的实际输出剂量, 应符合 5.4.3 的要求。

7.2.5.4 焦点剂量率

将插有电离室的球形模体置于 γ 刀耳轴上, 模体中心与 γ 刀等中心重合。利用电离室测量 $\phi 18$ mm 准直器 (或最大射野) 的 γ 刀输出剂量率应符合 5.4.4 款的要求。

7.3 检定结果的处理

在检定中 (含首次检定、后续检定或使用中检验), 须按 7.2.1 条规定的检定项目逐项检定。如检定中, 如 5.4.4 (焦点剂量率) 或 5.4.3 款 (输出剂量符合) 中有一款不合格, 视为不合格, 出具检定结果通知书, 用户必须停止使用 γ 刀治疗, 待用户更换新 ^{60}Co γ 源、调试并检定合格后, 方可投入使用。

在检定中, 5.4.4 和 5.4.3 款合格, 其他项目有一项不合格, 经调试 (调试次数不得超过 3 次) 后亦为合格, 则为合格的 γ 刀 (头部刀) 辐射治疗源, 发给检定证书。经

调试后检定仍不合格,判为不合格 γ 刀(头部刀)辐射治疗源,发检定结果通知书,注明不合格项目,并给出规程的要求与实际检定结果,并在该 γ 刀的醒目处张贴不许在临床上使用的明显标识。不合格的 γ 刀辐射治疗源修理后,必须经检定合格,有检定证书方可在临床上使用。

7.4 检定周期

γ 刀(头部刀)辐射治疗源的检定周期一般为1年,后续检定和使用中检定按表3中项目进行。新安装的 γ 刀辐射治疗源、更换 ^{60}Co γ 源及修理后更换关键的部件(能改变其剂量学性能指标),必须按首次检定对待。

附录 A

焦点吸收剂量的计算公式

依据国际原子能机构 (IAEA) 的 277 号报告 (1997 年第二版), 在直径 160 mm 有机玻璃球模体中, 测量 γ 刀焦点处水的吸收剂量, 可以用如下公式进行计算:

$$D_{\text{水}} = M \cdot N_x \cdot (W/e) \cdot K_{\text{att}} \cdot K_{\text{m}} \cdot K_{\text{TP}} \cdot K_{\text{h}} \cdot K_{\text{s}} \cdot S_{\text{w.air}} \cdot P_{\text{u}} \cdot P_{\text{cel}} \quad (\text{A1})$$

$$D_{\text{水}} = M \cdot N_k \cdot (1 - g) \cdot K_{\text{att}} \cdot K_{\text{m}} \cdot K_{\text{TP}} \cdot K_{\text{h}} \cdot K_{\text{s}} \cdot S_{\text{w.air}} \cdot P_{\text{u}} \cdot P_{\text{cel}} \quad (\text{A2})$$

$$D_{\text{水}} = M \cdot N_D \cdot K_{\text{TP}} \cdot K_{\text{h}} \cdot K_{\text{s}} \cdot S_{\text{w.air}} \cdot P_{\text{u}} \cdot P_{\text{cel}} \quad (\text{A3})$$

式中: M ——剂量仪的读数;

N_x ——电离室的照射量的校正因子, $\text{C} \cdot \text{kg}^{-1}$;

N_k ——电离室的空气比释动能的校正因子, Gy;

N_D ——电离室空气吸收剂量的校正因子, Gy;

g ——次极电子消耗于韧致辐射的能量占其初始能量总和的份额;

W/e ——在干燥空气中产生一个离子对所消耗的平均能量, $33.97 \text{ J} \cdot \text{C}^{-1}$;

K_{att} ——光子在电离室材料 (包括平衡帽) 中的吸收与散射的修正因子;

K_{m} ——电离室材料非空气等效的修正因子;

K_{TP} ——温度气压的修正因子;

K_{h} ——空气湿度修正因子, 相对湿度 20% ~ 70% 时, 温度在 (15 ~ 25)℃ 时其值为 0.997;

K_{s} ——为离子收集非饱和修正因子;

$S_{\text{w.air}}$ ——水对空气的组织本领比, 对 ^{60}Co γ 射线其值为 1.136;

P_{u} ——扰动修正因子, 通常取值为 1.000;

P_{cel} ——电离室的中心电极的非空气等效的修正因子, 通常取值为 1.000。

注: $N_k = N_x \cdot (W/e) \cdot (1 - g)^{-1}$

$N_D = N_x \cdot (W/e) \cdot K_{\text{att}} \cdot K_{\text{m}}$

附录 B

 γ 刀焦点剂量测量不确定度的评定

本规程 5.4.3 中规定头部 γ 刀的治疗计划系统给出的实际输出吸收剂量与探测器实测吸收剂量应在 $\pm 5.0\%$ 内符合。这是辐射治疗剂量学的基本要求（例如，参照 ICRU REPORT 42 《Use of computers in External Beam Radiotherapy Procedures with High-Energy Photons and Electrons》，1987）。

焦点处吸收剂量测量不确定度是由三个过程的不确定度合成，第一过程是计量部门在校准治疗水平电离室型剂量仪时的不确定度；第二过程是在检定头部 γ 刀时的不确定度。具体分析如下：

1 计量部门在校准治疗水平电离室型剂量仪时的不确定度
通常用小体积电离室（如：0.015 cm³、0.1 cm³、0.125 cm³）测量头部 γ 刀的焦点剂量率。由于其有效收集体积小，测量数据波动大，所以其校正因子通常不确定度为 3%（ $k=2$ ），所以校正因子不确定度分量为： $U_{\text{校}}=4\% \div 2=2\%$ 。

2 检定头部 γ 刀时的不确定度

2.1 各种相互作用参数系数的不确定度

按 IAEA 277 号报告，依据方程 (A2) 和 (A3) 计算焦点剂量率，其中的参数（如： W/e 、 K_{at} 、 K_{m} 、 K_{TP} 、 K_{F} 、 K_{s} 、 $S_{\text{w,air}}$ 和 P_{cel} 等）对 ^{60}Co γ 射线不确定度 $U_{\text{参}}=2.4\%$ 。

2.2 测量中的不确定度

我们对 10 台不同厂家与型号的头部 γ 刀的焦点剂量率进行测量，每把刀分别定位 10 次，每次定位后焦点剂量率测量 10 次，然后计算出每台刀的焦点剂量率的相对标准偏差，最后计算出 10 把刀的焦点剂量率的不确定度 $U_{\text{测}}=1.5\%$ 。

2.3 传输（附加）剂量的不确定度

中华人民共和国医药行业标准中“ γ 射束立体定向放射治疗系统”（报审稿）要求传输剂量小于 5 cGy， γ 刀通常治疗时间为（3~4）min，而其焦点剂量率为 300 cGy/min， $[5/(3.5 \times 300) \times 100 = 0.48\% \approx 0.5\%]$ ，所以传输剂量的不确定度 $U_{\text{传}}=0.5\%$ 。

3 头部 γ 刀的焦点剂量测量的合成不确定度

$$\begin{aligned} U_{\text{合}} &= [(U_{\text{校}})^2 + (U_{\text{参}})^2 + (U_{\text{测}})^2 + (U_{\text{传}})^2]^{1/2} \\ &= [(2\%)^2 + (2.4\%)^2 + (1.5\%)^2 + (0.5\%)^2]^{1/2} \\ &= 3.5\% \end{aligned}$$

附录 C

检定证书内页格式

检定证书内页格式如下：

根据 JJG 1013—2006 国家计量检定规程，对 (按实际情况选择 5.1~5.4 条款的名称) 对辐射源进行 (首次检定、后续检定或使用中检验)。

设备名称： 设备编号： 生产厂家：

检定条件：环境温度 25.0 ℃ 大气压强 103.1 kPa

标准剂量器具： 型标准剂量计，系列号

型电离室，系列号

型模体，系列号

检定项目根据 5.1~5.4 条的规定将检定项目与检定结果逐条列出。

各项检定都合格，本辐射源为合格的 辐射源。

检定项目内容示范：

1 定位精度 (准直器为 $\phi 4$ mm)

坐标轴	X	Y	Z
偏差/mm	$\Delta X = 0.13$	$\Delta Y = 0.05$	$\Delta Z = 0.03$
总偏差 Δr /mm	$\Delta r = (0.13^2 + 0.05^2 + 0.03^2)^{1/2} = 0.14$		

2 辐射野及半影宽度测量结果

准直器	坐标轴	辐 射 野/mm		半影宽度/mm	
		标称辐射野	实测辐射野	左	右
$\phi 4$	X	7.0	6.70	3.70	3.80
	Y	7.0	6.80	3.70	3.80
	Z	6.0	5.10	2.00	2.10
$\phi 8$	X	10.0	10.10	5.20	5.20
	Y	10.0	10.10	5.00	5.08
	Z	8.0	7.60	2.20	2.30
$\phi 14$	X	16.0	16.30	6.86	7.37
	Y	16.0	16.18	7.10	7.50
	Z	12.0	11.60	2.60	2.20
$\phi 18$	X	24.0	24.73	10.90	10.50
	Y	24.0	24.14	10.16	10.90
	Z	18.0	18.00	3.39	2.79

表 (续)

准直器	坐标轴	辐 射 野/mm		半影宽度/mm	
		标称辐射野	实测辐射野	左	右
φ22	X	28.0	30.30	13.13	14.06
	Y	28.0	31.33	13.30	13.30
	Z	22.0	22.20	4.10	2.90

5 输出剂量 (在 φ18 mm 准直器, φ100 mm 有机玻璃球室条件下进行测量)

a) 重复性: 0.4%

b) 线性: 1.0%

c) 输出剂量符合:

治疗计划预置输出剂量 (Gy): 5.0

实测输出剂量 (Gy): 4.9

相对偏差 (%): -2.0

d) 焦点剂量率:

准直器尺寸/mm	焦点剂量率 $\dot{D}_w/\text{Gy}\cdot\text{min}^{-1}$	相对射野因子/%
φ4	250.2	0.857
φ8	270.9	0.927
φ14	286.8	0.982
φ18	292.1	1.000
φ22	302.2	1.035

4 结论

该头部 γ 刀可以作为辐射治疗源使用

检定结果通知书证书内页格式如下:

根据 JJG 1013—2006 国家计量检定规程, 对 (按实际情况选择 5.1~5.4 条款的名称) 对辐射源进行 (首次检定、后续检定或使用中检验)。

设备名称: 设备编号: 生产厂家:

检定条件: 环境温度 23.0 ℃ 大气压强 103.9 kPa

标准剂量器具: 型标准剂量计, 系列号

型电离室, 系列号

型模体, 系列号

检定项目根据 5.1~5.4 条的规定将检定项目与检定结果逐条列出。

检定中有如下项目不合格:

(1) 辐射等中心与机械等中心的一致性 (准直器为 φ4 mm): 2.2 mm (要求 ≤0.5 mm)

(2) 输出剂量符合: 7.5% (要求 ±5.0% 内符合)

其他项目检定合格, 本辐射源为不合格的 辐射源。

附录 D

头部 γ 刀实验报告 (一)

设备名称: 瑞典 CH1218 头部 γ 刀

测量设备: 德国 PTW-UNIDOS 剂量仪, 0.015 ml 电离室, 半导体探测器和 $\phi 160$ mm 有机玻璃球形模体

1 辐射等中心与机械等中心的一致性 (准直器为 $\phi 4$ mm)

坐标轴	X	Y	Z
偏差/mm	$\Delta X=0$	$\Delta Y=0.02$	$\Delta Z=0$
总偏差 Δr /mm	$\Delta r=(0+0.02^2+0)^{1/2}=0.02$		
注：在 $\phi 160$ mm 有机玻璃球形模体放置 MD-55 胶片测量。			

2 辐射野及半影宽度测量结果

准直器尺寸/mm	辐射野/mm			半影宽度/mm		
	X	Y	Z	X	Y	Z
$\phi 4$	6.49	5.17	6.56	4.88	1.85	3.49
$\phi 8$	11.83	11.73	9.40	5.84	5.94	2.17
$\phi 14$	19.89	20.36	15.65	9.22	8.51	3.10
$\phi 18$	24.85	24.98	19.74	11.27	10.42	3.31

3 输出剂量 (在 $\phi 18$ mm 准直器, $\phi 160$ mm 有机玻璃球型模体中进行测量)

a) $\phi 160$ mm 有机玻璃球型模体焦点剂量率 ($\dot{D}_w$):

准直器尺寸/mm	焦点剂量率 $\dot{D}_w/\text{Gy}\cdot\text{min}^{-1}$ 0.015 ml 电离室测量	利用半导体测量相对头盆因子 计算得到剂量率 $\dot{D}_w/\text{Gy}\cdot\text{min}^{-1}$
$\phi 4$	1.01	1.39
$\phi 8$	1.54	1.55
$\phi 14$	1.65	1.65
$\phi 18$	1.68	1.68

b) 重复性: 以 $\phi 8$ mm 准直器, 测量时间为 60 s 重复测量 10 次, 重复性: 0.4%。

c) 线性: 使用 $\phi 18$ mm 准直器分别辐射 1, 3, 5, 10 min, 线性回归的相关系数 $r = 1.0000$, 模体中的吸收剂量 [$Y(\text{Gy})$] 与照射时间 [$X(\text{min})$] 的关系为: $Y = 0.25 + 1.58 X$ 。

d) 相对头盖 (或称射野因子) 因子: 以 $1\text{ mm} \times 1\text{ mm} \times 0.5\text{ mm}$ 的半导体测量的各准直器相对 $\phi 18\text{ mm}$ 准直器的焦点剂量率比值 K 为: $K(14/18) = 0.985$, $K(8/18) = 0.925$, $K(4/18) = 0.825$ 。

e) 输出剂量符合:

治疗计划预置输出剂量 (Gy): 6.0

实测输出剂量 (Gy): 5.9

相对偏差 (%): -1.7

4 焦点剂量测量结果的扩展不确定度: 5% ($k=2$)

附录 E

头部 γ 刀实验报告 (二)

设备名称: 深圳玛西普头部 γ 刀, 型号: SRRS。

测量设备: 德国 PTW-UNIDOS 剂量仪, 0.015 ml 电离室、半导体探测器和 $\phi 160$ mm 有机玻璃球形模体

1 辐射等中心与机械等中心的一致性

表 1 辐射等中心与机械等中心的一致性 (准直器为 $\phi 4$ mm)

坐标轴	X	Y	Z
偏差/mm	$\Delta X=0.2$	$\Delta Y=0.2$	$\Delta Z=0.1$
总偏差 Δr /mm	$\Delta r=(0.2^2+0.2^2+0.1^2)^{1/2}=0.3$		
注：在 $\phi 160$ mm 有机玻璃球形模体放置 MD-55 胶片测量。			

2 输出剂量 (在 $\phi 160$ mm 有机玻璃球型模体中进行测量)a) 焦点剂量率 ($\dot{D}_w$) 及头盔因子表 2 头盔因子与焦点剂量率 ($\dot{D}_w$)

辐射野/mm	$\phi 22$	$\phi 18$	$\phi 14$	$\phi 8$	$\phi 4$
射野因子	1.000	0.980	0.943	0.885	0.703
焦点剂量率 $\dot{D}_w/\text{Gy}\cdot\text{min}^{-1}$	2.811	2.755	2.595	2.488	1.976

b) 重复性: 0.1% ($\phi 22$ mm 准直器)

c) 线性: 0.06% ($\phi 22$ mm 准直器)

线性回归的相关系数 $r = 0.999999999$, 模体中的吸收剂量 $[Y(\text{Gy})]$ 与照射时间 $[X(\text{min})]$ 的关系为: $Y = 0.0373 + 2.795X$ 。

d) 附加剂量 (或传输剂量): 3.73 cGy

3 焦点剂量测量结果的扩展不确定度: 5% ($k = 2$)