



# 中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 912—1996

---

## 治疗水平电离室剂量计

Ion Chamber Dosimeters  
Used in Radiotherapy

1996-10-18 发布

1997-05-01 实施

---

国家技术监督局 发布

# 治疗水平电离室剂量计

## 检 定 规 程

V. R. of Ion Chamber Dosimeters

Used in Radiotherapy

JJG 912—1996

代替 JJG 373—1985

JJG 374—1985

JJG 394—1985

JJG 395—1985

JJG 582—1988

本检定规程经国家技术监督局于1996年10月18日批准，并自1997年05月01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

本规程技术条文由起草单位负责解释

**本规程主要起草人：**

- 田中青 （中国计量科学研究院）  
刘德成 （北京市计量科学研究所）  
刘树林 （上海市计量科学研究所）  
孙彩波 （湖北省计量测试研究所）

## 目 录

一 概述 .....	( 1 )
二 技术要求 .....	( 1 )
三 检定条件 .....	( 3 )
四 检定项目 .....	( 3 )
五 检定方法 .....	( 5 )
六 检定结果的处理和检定周期 .....	( 7 )
附录 1 本规程中使用的名词 .....	( 9 )
附录 2 建议辐射场使用的 X 射线规范及其辐射质 .....	(10)
附录 3 一个计算总不确定度的示例 .....	(11)

## 治疗水平电离室剂量计检定规程

本规程适用于新制造、使用中和修理后的以空气电离室为探测元件的治疗水平剂量计的检定。检定在HVL为0.027 mmAl至3.00 mmCu的中低能X射线和 $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 射线辐射场中用照射量或空气比释动能进行。

### 一 概 述

#### 1 用途

治疗水平电离室剂量计(以下简称剂量计)是常用剂量学测量仪器,广泛用于辐射剂量学量的量值传递、医学放射治疗、射线探伤及工业、农业和科学研究用辐射场的剂量测量。

#### 2 原理和构造

2.1 剂量计由电学测量单元和一个或数个电离室组成,有时亦包括一个或数个检验源装置。如果仪器的参数必须调整到某种状态才能正确工作时,则记载这种状态的文件必须视为仪器的一部分。

2.2 剂量计电离室的有效测量体积为一个大气压左右的空气,该部分可以与外界完全连通,也可以是封闭的。其周围是由导电的空气等效材料或组织等效材料构成的极化电极,中心是收集电极,二极管加一定的电压形成电场。电离室受到电离辐射照射时,在电离室壁产生次级电子,次级电子使电离室内的空气电离,离子在电场的作用下向二极管运动,到达收集极的离子被收集,形成电离电流信号输出给测量单元。

2.3 测量单元将电离室输出的信号转换为可以读出的形式显示。它还应提供电离室所需的极化电压。

2.4 检验源装置主要用于检验剂量计的响应有无重大变化。检验源有时亦用于产生调整剂量计灵敏度的参考信号。

### 二 技 术 要 求

#### 3 一般要求

3.1 剂量计应全面满足有关标准的要求

3.2 剂量计分为标准剂量计、工作级剂量计,其技术要求见表1。

剂量计测量单元配用不同的电离室和不同的平衡帽,适用的能量范围和剂量范围不同,达到的准确度也不同。因而剂量计指标一定对应特定的电离室。同一台测量单元配用不同电离室时可能属于不同的等级。

表 1 剂量计的技术要求

编 号	项 目	标准剂量计	工作级剂量计
1	分辨力	0.25%	0.5%
2	测量重复性	0.2%	0.5%
3	示值非线性	±0.5%	±0.5%
4	长期稳定性	±0.5%/年	±1.0%/年
5	X 能量响应	4.0%	4.0%
6	X、 $\gamma$ 能量响应	±4.0%	±4.0%
7	漏电	±0.5%	±1.0%
8	零点漂移	±0.5%	±1.0%
9	零点位移	±0.5%	±1.0%
10	计时器分辨力	0.01 s	0.1 s
11	电离室旋转影响	±0.5%	±0.5%
12	电离室倾斜影响	±1.0%	±1.0%

3.3 标准剂量计的电离室必须是石墨壁指形电离室，有效测量体积在  $0.2 \sim 1.0 \text{ cm}^3$  之间，且是与外界连通的，配以适当材料和壁厚的平衡帽以满足  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  射线测量时的电子平衡。

3.4 指形电离室的有效测量中心为电离室轴线上有效测量体积几何中心。

3.5 如剂量计配用了其他形状的电离室，用户应提供该电离室有效测量中心位置的说明，否则由检定该仪器的实验室在检定证书中指明检定时采用的有效测量中心。

3.6 剂量计如果有开机检验或须调整到某特定状态后才能正确工作，则要求的检验都必须正常，并可以调整到所要求的状态。

#### 4 外观要求

剂量计应外观完好、配套正确，电离室与测量单元的标记与编号必须完整可辨，电离室与测量单元连接的插头插座不得松动，电离室必须完好无损。

#### 5 检验源装置

如果剂量计配备了检验源装置，则送检时应同时提供该装置或提供该装置在 20 日内的测量数据。

标准剂量计必须配有检验源装置。

### 三 检定条件

#### 6 标准装置与辐射场

6.1 检定标准剂量计必须用国家基准。国家基准的总不确定度由基准证书给出。

6.2 检定工作级剂量计用标准剂量计，标准剂量计的总不确定度由其检定证书给出。

6.3 剂量计在中低能 X 射线和<sup>60</sup>Co γ 射线辐射场中检定。X 射线的规范见附录 2。其中参照附表 2-1 中编号为 6 和附表 2-2 中编号为 13 的规范产生的 X 射线分别为低能和中能 X 射线的参考辐射质。

6.4 辐射场应为限束场，检定时电离室所在位置与射束轴垂直的照射野内剂量率变化应不大于 ±1%。

6.5 检定用辐射场的剂量率应在  $5 \times 10^{-4} \sim 0.1 \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ （照射量率）或  $0.02 \sim 4 \text{ Gy} \cdot \text{min}^{-1}$ （空气比释动能率）之间。

6.6 被检定剂量计的电离室所在的位置周围 1.5 m 内不得放置任何无关物体。

#### 7 实验室条件

7.1 实验室温度应为 15~25 ℃。

7.2 实验室的相对湿度应控制在 80% 以下。

7.3 实验室内的杂散电离辐射应满足辐射防护有关国家标准的要求。

#### 8 其他检定设备

8.1 电离室的定位装置：电离室的定位装置应能稳固地夹持电离室，并将其精确定位于辐射场中，定位装置可能暴露于辐射场的部分，应主要采用低原子序数材料制造。

8.2 测距装置：用于测量电离室到辐射源距离，可以是尺或其他装置，准确度应好于 0.5 mm。

8.3 射束轴定位装置：可以是光学或机械装置，以便确定电离室相对辐射束的位置。

8.4 温度计：测量范围 0~50 ℃，最小分度值不大于 0.2 ℃。

8.5 气压计：测量范围 86~106 kPa，最小分度值不大于 0.1 kPa。

8.6 计时器：测量范围不小于 1 000 s，最小分度值不大于 0.01 s。

### 四 检定项目

#### 9 分辨力

分辨力以剂量计表盘的最小分度值与额定最小有效测量值之比或剂量计显示的平均步进值与其额定最小有效测量值之比表示。分辨力应好于表 1 要求。

#### 10 测量重复性

以 10 次测量的相对标准偏差表示, 相对标准偏差  $V$  由式 (1) 计算。

$$V = \frac{1}{\bar{R}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (R_i - \bar{R})^2}{10 - 1}} \times 100\% \quad (1)$$

式中:  $R_i$ ——第  $i$  次读数;

$\bar{R}$ ——10 次读数的平均值。

相对标准偏差不应超过表 1 的要求。

#### 11 示值非线性

剂量计的示值非线性用有效量程范围中任意一点与参考点之间的相对误差  $V_i$  表示。

$$V_i = \left( \frac{R_i}{R_r} \cdot \frac{t_r}{t_i} - 1 \right) \times 100\% \quad (2)$$

式中:  $R_i$ ——第  $i$  个测量点的读数;

$t_i$ ——达到读数  $R_i$  所用的时间间隔;

$R_r$ ——参考测量点的读数, 参考测量点一般取为满刻度的 50% 左右;

$t_r$ ——达到参考测量读数所用的时间间隔。

所有  $V_i$  均不应大于表 1 要求。

#### 12 零点漂移和零点位移

剂量计预热 15 min 后, 在没有受到辐照的情况下处于调零状态 (也可以是测量状态) 并保持该状态, 剂量计读数的变化率与额定最小有效剂量率之比即零点漂移。

当剂量计由调零状态进入测量状态或由测量状态转换为保持状态的瞬间, 读数的变化与额定最小有效测量值之比即零点位移。

零点漂移和零点位移应满足表 1 要求。

#### 13 漏电

剂量计的漏电分为 2 种情况, 一种是零点附近的漏电, 另外一种是在充电后的漏电。漏电与额定最小有效剂量率之比不应超过表 1 的要求。

#### 14 校准因子

剂量计的校准因子是实际值与剂量计测量值之比

$$N_c = \frac{\dot{D}_s}{\dot{D}_m} \quad (3)$$

式中:  $N_c$ ——剂量计的校准因子;

$\dot{D}_s$ ——实际值;

$\dot{D}_m$ ——经过温度、气压修正后的剂量计测量值。

#### 15 校准因子的总不确定度

校准因子的总不确定度由标准的不确定度、被检剂量计的不确定度、检定过程各种



影响量的不确定度，按 A、B 二类估计合成后乘以因子 2 给出。

#### 16 能量响应

剂量计的能量响应主要取决于电离室。

计算指形电离室能量响应时，以中能 X 射线参考辐射质下的响应为参考值，X 射线能量响应的值应包括 HVL 在 2 mmAl~3 mmCu 范围内的至少 5 个测量点，且应包括最高和最低点，能量响应不应超过表 1 要求； $^{60}\text{Co}$  与参考辐射质的响应之差不应大于表 1 要求。

平板形电离室能量响应以低能 X 射线参考辐射质下的响应为参考值，能量响应在 HVL 为 0.05~2 mmAl 的范围内不应超过表 1 要求。

#### 17 长期稳定性

剂量计的长期稳定性以参考辐射质和  $^{60}\text{Co}$  的校准因子为考核依据。两次检定之间校准因子的变化不应超过表 1 的规定值。

#### 18 电离室的旋转与倾斜

指形电离室绕其轴在 360° 内旋转，其响应变化不得超过表 1 要求；平行板电离室向任何方向倾斜 5° 以内时的响应变化不得超过表 1 要求。

## 五 检定方法

#### 19 验收检查

19.1 送检的剂量计外观和各种标记应符合第 4 条要求，并提供详细的技术资料，包括使用说明书、上次检定证书等。

19.2 根据剂量计使用说明书的要求，通电检查仪器的一般状态有无明显异常，如不能动作、显著漏电等。

#### 20 通电预热

20.1 待剂量计与实验室环境达到平衡后，将电离室置于待测量位置，然后将其与测量单元连接好，连通电源或装新电池。

20.2 打开电源，按使用说明书的要求仔细查看仪器的每一项检验是否正确。调整零点。

20.3 将剂量计置于复位或调零状态，预热不少于 15 min。

#### 21 检验源装置数据的测量

如果送检者提供了检验源装置，则按说明书要求进行检验源装置数据测量。检验源装置的数据也可以由送检者提供 20 日以内的测量数据。

#### 22 零点漂移、零点位移

22.1 将剂量计充分调零后开始计时，至少 5 min 后观察仪器零点的变化，若零点的变化大于表 1 的规定，则用上述方法再观察至少 10 min，如仍然大于表 1 的规定，应停止检定，移交维修。

22.2 重新调零。将剂量计测量开关打到测量状态，观察当仪器由复位或调零状态进入

测量状态后或由测量状态进入保持状态后其读数的变化。反复进行上述操作 3~5 次，如零点位移大于表 1 的规定，应停止检定，移交维修。

### 23 漏电

除了用生产厂规定的方法检查漏电外，还应用充电检查法检查漏电。

使辐射源辐照电离室。将剂量计打到测量状态，待其读数达到某一值  $R_0$  时，使辐射源不再辐照电离室，并开始计时。至少 5 min 后，同时记录剂量计的读数  $R'_0$  和时间间隔  $t$ ，仪器的漏电  $I_L$  为：

$$I_L = \frac{R'_0 - R_0}{t} \quad (4)$$

### 24 测量重复性

此项检定可以在任何恒定辐射场内进行，例如<sup>60</sup>Co 辐射场或检验源装置中。将电离室稳固地置于辐射场中，进行 11 次测量，舍去第 1 个读数。测量读数应在所使用量程满刻度读数的 20% 以下。按第 10 条的要求计算测量结果。

### 25 示值非线性

示值非线性检定可以在任何恒定辐射场内进行，例如<sup>60</sup>Co 辐射场或检验源中。检定应包括所有量程，每一量程至少应选择 5 个点，这 5 个点必须包括参考点、额定最小有效测量值和额定最大有效测量值。用 (2) 式计算所有检定点与参考点的相对误差。

### 26 电离室旋转与倾斜

26.1 将平行板电离室安放于辐射场中，与辐射源的距离不少于 50 cm，选择额定最高和最低能量，分别以电离室轴与辐射束轴夹角为 0° 和 5° 的条件辐照电离室，并进行测量。

26.2 将指形电离室安放于 X 射线辐射场中，以带标记的方向正对辐射源为参考方向，记为 0°。选择 X 射线参考辐射的规范，分别在电离室绕其轴旋转 0°，90°，180° 和 270° 时进行测量。

### 27 校准因子

27.1 将电离室安放于辐射场中，电离室的轴线垂直于射束轴或按使用说明书要求，电离室的有效测量中心位于射束轴上，电离室有效测量中心与射线源的距离应与上级标准测量该辐射场时相同。

27.2 读取温度、气压的值，并做记录。如果剂量计可以用键盘输入温度气压的值进行修正，则应将温度气压用键盘输入剂量计，并在检定记录上注明“键盘修正”，否则应计算温度气压修正因子并做记录。对不需要做温度气压修正的剂量计也应注明“未做温度气压修正”等字样。

27.3 打开辐射束使之辐照电离室，操作剂量计至少进行 2 次测量。测量可以以预置剂量、预置时间或手动测量方式进行，但是测量的读数应尽量接近所使用量程满刻度读数的 50%，并不得小于最小有效测量值或大于满量程的 90%。

两次测量读数的差别若超过  $\pm 0.4\%$ ，应当补充测量以确定测量无误。

27.4 剂量计的校准因子  $N_c$  由式 (3) 确定。但是在计算校准因子之前必须完成对测量值必要的处理, 如温度气压修正、量程因子换算等。

27.5 对不同的辐射场或辐射质重复 27.1 至 27.4 条的步骤。

## 28 能量响应

首先根据电离室的类型按第 16 条的要求, 选择确定能量响应的参考辐射质。计算所有要求能量范围 X 射线的响应, 用最大响应值减去最小响应值, 然后除以参考辐射质下的响应。对指形电离室还应计算使用了合适的平衡帽后,  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  射线的响应与参考辐射质下响应之差, 然后除以参考辐射质下的响应。

## 29 校准因子的总不确定度

剂量计校准因子的不确定度至少应考虑下列因素:

- a) 标准装置的不确定度
- b) 标准装置的长期稳定性
- c) 被检剂量计的测量重复性
- d) 被检剂量计示值非线性
- e) 距离测量
- f) 温度、气压测量
- g) 电离室扰动
- h) 时间测量
- i) 辐射场

校准因子的合成不确定度由上述各分项按 A 类、B 类用方和根法确定。

校准因子的总不确定度由合成不确定度乘以因子 2 得出, 其置信度为 95%。

## 30 长期稳定性

取剂量计上次检定证书中参考辐射质和  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  射线的校准因子与本次检定的结果比较, 二次检定之间的时间间隔应大于 6 个月。

## 六 检定结果的处理和检定周期

### 31 首次检定

新制造的和重大修理 (如更换电离室部件、前置放大器维修等) 后的剂量计应进行首检。

首检的剂量计应进行第四章中除长期稳定性外的全部项目。首检合格发给检定证书。

标准剂量计首检不合格, 但能符合工作级剂量计指标的, 按工作级剂量计发给检定证书。任何等级剂量计不能满足工作级剂量计指标的, 认定为不合格, 发给检定结果通知书。

### 32 随后检定

随后检定包括第四章的第 12, 13, 14, 15, 16, 17 条所规定的项目。检定全部合

格，发给检定证书。

第 12 至 16 条中所规定的项目中任意一项不合格的，发给检定结果通知书或降级使用。

除第 17 条规定的项目外，其他项目均合格的，发给检定证书，但须在 8 个月内再用同一标准对第 17 条规定的项目复检。复检仍不合格的，发给检定结果通知书或降级使用。

### 33 检定证书的内容

检定证书应当包括下述内容：

- a) 检定方法的描述，包括检定所用标准名称、检定方法等；
- b) 检定条件的描述，如电离室与源的几何关系及环境温度气压等；
- c) 射线质的详细描述和对应的校准因子；
- d) 其他检定数据，如测量重复性、示值非线性、检验源装置的测量值和测量时间及总不确定度等；
- e) 剂量计达到的等级。

### 34 检定周期

剂量计的检定周期为 1 年。

## 附录 1

## 本规程中使用的名词

## 1 响应

指示值除以实际值的商。

响应是校准因子的倒数。

## 2 额定有效测量范围

额定有效测量范围是指在该范围内剂量计能达到所规定的技术指标。

## 3 额定最小有效测量值

额定最小有效测量值是额定有效测量范围的最小值。

## 4 额定最小有效剂量率

剂量计能够满足所规定的技术指标的最小剂量率限值，称额定最小有效剂量率。

## 5 治疗水平

指适用于放射治疗范围的辐射值，一般为  $10^{-4} \sim 10^{-1} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  或  $10^{-2} \sim 10 \text{ Gy} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

## 附录 2

## 建议辐射场使用的 X 射线规范及其辐射质

建议使用下列规范检定剂量计。然而由于 X 光机等设备的不同，实际上很难得到与附表中完全相同的规范及辐射质，因此合理的近似是允许的。

附表 2-1 低能 X 射线规范表

规范 编 号	管 电 压 /kV	固定过滤 /mmBe	附 加 过 滤		半值层/mmAl		同 质 系 数
			/mmAl	/mm 空气	第 一	第 二	
1	7.5	1.0	—	500	0.027	0.028	0.96
2	10	$t + 3.6$	—	750	0.036	0.041	0.88
3	20	$t + 3.6$	0.15	750	0.12	0.16	0.74
4	30	$t + 3.6$	0.52	750	0.38	0.60	0.63
5	40	1.0	0.80	700	0.70	1.07	0.65
6*	50	1.0	1.03	700	1.04	1.57	0.66
7	60	$t + 3.6$	3.20	700	2.42	3.25	0.74

注：固定过滤一栏中的  $t$  是由监测电离室和探测器构成，材料及厚度 (mm) 为：0.075 聚酰亚胺 + 0.04 石墨 + 0.2 铍 + 0.000 05 钨。

附表 2-2 中能 X 射线规范表

规范 编 号	管 电 压 /kV	附 加 滤 片/mm			第 一 半 值 层	
		Sn	Cu	Al	/mmAl	/mmCu
8	60	—	—	—	2.0	0.06
9	100	—	—	4.0	4.0	0.11
10	105	—	0.1	1.0	—	0.20
11	130	—	0.25	1.0	—	0.50
12	180	—	0.5	1.0	—	1.00
13*	220	—	1.2	1.0	—	2.00
14	250	—	1.5	1.0	—	2.50
15	250	0.60	0.25	1.0	—	3.00

## 附录 3

## 一个计算总不确定度的示例

假定一台剂量计在二级标准实验室用标准剂量计检定，根据标准剂量计的检定证书和被检剂量计的检定数据可以估计检定结果的总不确定度。一般说来，由于检定所使用的设备不同，检定条件不同，被检仪器及其性能不同等因素，每次检定的总不确定度也不同。下表仅作为估计总不确定度的一个例子，供计算总不确定度时参考。

项 目		不确定度		备 注
		A类/(%)	B类/(%)	
标准 剂 量 计	校准因子		0.75	检定证书总不确定度的 1/2
	稳定性	0.17		稳定性技术要求的 1/3
	距离测量	0.1	0.01	B类来自量具，A类来自测量
	能量响应	0.05	0.2	与标准剂量计检定时能量不一致等
	重复性	0.18	—	一般为实测，亦可为最近数据
	辐射场	—	0.2	与标准剂量计检定时的差别
	计时误差	0.05	0.01	B类来自量具，A类来自测量
	温度气压	0.2	0.05	B类来自量具，A类来自测量
	方向性	—	0.1	与检定时方向的不一致
被 检 剂 量 计	距离测量	0.05	—	只考虑与标准测量时的不一致
	辐射场	0.1	—	短期重复性等
	温度气压	0.2	—	用相同温度气压计量器具不同人测量
	重复性	0.35	—	实测
	漏电影响	0.05	0.1	实测，有漏电才存在
	计时误差	0.1	0.01	B类来自量具，A类来自测量
	方向性	0.1	—	与参考方向之差别
A、B二类的平方和		0.31	0.82	
总不确定度		1.74		A、B二类不确定度的方和根乘以因子 2

**附加说明**

本检定规程经全国电离辐射计量技术委员会审定通过。