

JJG

中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 775—92

γ 射线辐射加工工作剂量计

1992年2月15日批准

1993年1月1日实施

国家技术监督局

**γ 射线辐射加工工作剂量计
检 定 规 程**

**Verification Regulation of
Working Dosimeter for γ-Ray
Radiation Processing**

JJG 775—92



本检定规程经国家技术监督局于1992年2月15日批准，并自1993年1月1日起施行。

归口单位： 中国计量科学研究院

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：

李承华 (中国计量科学研究院)

参加起草人：

吴智力 (中国科学院上海原子核所)

王传楨 (核工业部第二研究设计院)

高均成 (中国计量科学研究院)

张彦立 (中国计量科学研究院)

目 录

一	概述	(1)
二	技术要求	(1)
	(一) 液体剂量计	(1)
	(二) 固体剂量计	(2)
三	检定条件	(3)
	(一) 标准剂量计	(3)
	(二) 其他检定设备	(3)
	(三) 辐照条件	(4)
四	检定项目和检定方法	(5)
五	检定结果处理和检定周期	(6)
附录		
	附录 1 名词和术语	(7)
	附录 2 检定证书内容及格式	(8)

γ 射线辐射加工工作剂量计

检 定 规 程

本规程适用于标准剂量计在 γ 射线辐照场中以替代法检定新制造、使用中和修理后的辐射加工工作剂量计。

一 概 述

γ 射线辐射加工工作剂量计（以下简称工作剂量计）是指 γ 射线辐射加工生产和研究单位为选择、控制加工工艺，保证辐照产品质量而用于测量辐照场或辐照产品中的剂量分布，进行日常剂量监测的剂量计。剂量测量系统通常由探测器和辐射响应读数仪组成。

工作剂量计通常采用液体剂量计与固体剂量计。

液体剂量计包括硫酸亚铁剂量计、重铬酸银剂量计、重铬酸钾（银）剂量计和硫酸铈-亚铈剂量计等。在 γ 射线作用下，剂量计溶液中的溶质被水的辐解产物定量地氧化或还原，用分光光度计在规定波长下测定辐照前后剂量计溶液吸光度的变化值，由校准得到的剂量响应转换因子求得吸收剂量值。

固体剂量计包括辐射显色薄膜剂量计，无色、琥珀色和红色有机玻璃剂量计，以及晶溶发光剂量计等。在 γ 射线作用下薄膜和有机玻璃剂量计产生辐射化学效应，导致颜色变化，用分光光度计或专用读数仪在规定波长下测定辐照前后剂量计吸光度的变化值，经过厚度归一，由校准曲线或相应的关系式求得吸收剂量值，辐照后晶溶发光剂量计产生一定量的稳定自由基，在溶剂中溶解时产生光讯号，由晶溶发光读数仪测读，然后从校准曲线或相应的关系式求得吸收剂量值。

二 技 术 要 求

（一）液体剂量计

1 液体工作剂量计列于表 1。

表 1 液体工作剂量计

名 称	测 量 方 法	测 量 范 围 (kGy)
硫酸亚铁剂量计	紫外分光光度 303 nm	0.04—0.4
重铬酸根剂量计	紫外可见分光光度 350, 440 nm	0.4—50
重铬酸钾(银)剂量计	可见分光光度 440 nm	4—40
硫酸钴-亚砷剂量计	紫外分光光度 320 nm	4—25

2 测量重复性 $\leq 4\%$ ($n \geq 5$)

3 测量吸收剂量的总不确定度 $\leq 10\%$ ($K = 2$)。

4 剂量计容器 采用符合国家标准 GB 2637—90 中规格为 2 ml 的 B 型易折玻璃安瓿, 内装剂量计溶液 2.8 ml, 封装后安瓿高度不超过 6 cm, 不得有裂缝或渗漏。

5 贮存和运输 剂量计测量前应在室温下避光保存, 辐照前后及运输过程中辐照与对照用剂量计均应置于相同环境条件。

(二) 固体剂量计

表 2 常用固体工作剂量计

名 称	测 量 方 法	剂 量 范 围 (kGy)
辐射显色染料薄膜剂量计(注 1)	可见分光光度, 550 nm	1~50
紫色辐照显色薄膜剂量计(注 2)	可见分光光度, 570, 420 nm	1~100
辐射致色薄膜剂量计(注 3)	可见分光光度, 580 nm	0.1~5
辐射变色染料尼龙薄膜剂量计(注 4)	可见分光光度, 558, 600 nm	1~100
红色有机玻璃剂量计	可见分光光度, 640 nm	5~50
琥珀色有机玻璃剂量计	可见分光光度, 651 nm	1~50
谷氨酸胺剂量计	JR 晶湾发光读数仪	0.1~10

注 1: 显色染料为副品红氰化物, 基膜为聚乙烯醇缩丁醛 (PVB)。

2: 含某种三苯基甲烷染料的隐色体, 显色剂涂在基膜上, 基膜为涤纶片。

3: 含某种隐色染料, 基膜为聚乙烯醇 (PVA)。

4: 隐色染料为副品红氰化物, 基膜为尼龙。

- 6 某些常用固体工作剂量计列于表 2。
- 7 测量重复性 $\leq 4\%$ ($n \geq 5$)。
- 8 测量吸收剂量总不确定度 $\leq 10\%$ ($K = 2$)。
- 9 固体剂量计必须有合适包装，薄膜和有有机玻璃片应表面光洁，不得有斑点、印痕和擦伤。
- 10 贮存和运输 剂量计必须在相对湿度小于 70% 的室温下避光保存，辐照前后及运输过程中辐照与对照用的剂量计均应置于相同环境条件。

三 检 定 条 件

(一) 标准剂量计

- 11 标准剂量计必须经过考核合格并由国家吸收剂量基准测量装置校准，测量吸收剂量总不确定度 $\leq 4\%$ ($K = 2$)，测量重复性 $\leq 1\%$ 。
- 12 标准剂量计见表 3。

表 3 标准剂量计

名 称	测 量 方 法	剂 量 范 围 (kGy)
硫酸亚铁剂量计	紫外分光光度, 303 nm	0.04~0.4
重铬酸银剂量计	紫外分光光度, 350 nm	0.4~5
重铬酸钾(银)剂量计	可见分光光度, 440 nm	4~40
硫酸铈-亚铈剂量计	紫外分光光度, 320 nm	4~25
丙氨酸/ESR 剂量计	电子自旋共振	0.05~40
电离室剂量计	弱电流测量	$1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-2}$ ($\leq 2.5 \text{Gy} \cdot \text{s}^{-1}$)

(二) 其他检定设备

- 13 辐照模体 校准工作必须在壁材料为有机玻璃或聚苯乙烯的水模体中，或由这些材料制成的固体模体中的校准点处进行。水模体应配有使剂量计严格定位的支架和套管，固体模体设有相应的孔道。

校准点周围材料（或水）的厚度应大于 ^{60}Co γ 射线电子平衡厚度（4 mm）。

14 温度计 最小分度值为 0.1°C ，测量范围 $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。

15 测厚仪 准确度小于所测固体剂量计薄膜（片）厚度的 2%。

16 计时器 最小分度值为 0.01 s 。

17 尺 1 m 钢尺，最小分度值为 1 mm。

18 气压计 最小分度值为 10 Pa ，测量范围 $0.1\times 10^4\sim 1.1\times 10^5\text{ Pa}$ 。

19 上述计量器具需经法定计量检定机构检定合格。

（三）辐照条件

20 辐照模体应放置在使校准点位置距辐射源几何中心 $0.5\sim 1.0\text{ m}$ 处的均匀辐射场中，严格定位，其附近不应堆放辐照物品。

21 辐射源到辐照位置的重复性 $\leq 1\%$ ($n\geq 5$)。

21.1 该项性能用标准剂量计在辐照模体的校准点处测量。以标准液体剂量计（重铬酸银剂量计）为例。取若干支剂量计，其中 n 支用于辐照，5 支用于对照。辐照时，每次校准点处均放置 1 支剂量计并照射相同时间，使每支剂量计受到相同剂量（如 2 kGy ）的照射。

21.2 测量并计算 5 支对照剂量计溶液的平均吸光度值 \bar{A}_0 ，测量每支辐照剂量计溶液的吸光度值 A_i ($i=1, 2\cdots n$)，算出每次辐照产生的吸光度变化值 $\Delta A_i = \bar{A}_0 - A_i$ ($i=1, 2\cdots n$)，计算辐照产生的平均吸光度变化值 $\Delta\bar{A} = \Sigma\Delta A_i/n$ ($i=1, 2\cdots n$)，计算每次辐照吸光度变化值的相对标准偏差，用它表示辐射源到辐照位置的重复性，

$$S_{\Delta A}/\Delta\bar{A} = \left(\sqrt{\frac{\Sigma(\Delta A_i - \Delta\bar{A})^2}{n-1}} / \Delta\bar{A} \right) \times 100\% \quad (i=1, 2\cdots n)$$

(1)

21.3 若采用标准丙氨酸/ESR 剂量计或标准电离室剂量计测量，则无需使用对照剂量计，辐照方式同液体剂量计。

源到位重复性为下述形式：

$$s_z/\bar{B} = \left(\sqrt{\frac{\sum(B_i - \bar{B})^2}{n-1}} / \bar{B} \right) \times 100\% (i = 1, 2 \dots n)$$

(2)

式中, B_i 为每支丙氨酸/ESR 剂量计的归一幅度值或每次升降源电离室剂量计的校准读数值, \bar{B} 为它们相应的平均值。

22 确定校准点处吸收剂量率的标准值

22.1 将标准重铬酸银剂量计置于辐照模体校准点处, 在剂量计的量程范围内均匀地取不同时间辐照 7 支剂量计。测量辐照前后剂量计溶液的吸光度。以辐照时间 $t_i(\text{min})$ 对相应剂量计溶液的吸光度变化值 (ΔA_i) 进行无截距线性回归拟合处理。求出斜率, 即为单位时间辐照产生的吸光度变化值 ($\Delta \dot{A}_S$) 校准点处的吸收剂量率 \dot{D}_S 为:

$$\dot{D}_S = K_S \cdot \Delta \dot{A}_S \quad (3)$$

式中, K_S 为标准液体剂量计的剂量响应转换因子。

其它标准液体剂量计可分别按国家标准 GB 139—89, 国家计量技术规范 JJG 1017—90、JJG 1018—90 规定程序测定校准点处吸收剂量率的标准值。

22.2 标准丙氨酸/ESR 剂量计可按国家计量技术规范 JJG 1020—90 规定的程序, 确定吸收剂量率标准值。

22.3 标准电离室剂量计可按国家计量检定规程 JJG 735—91 规定的程序确定校准点处的吸收剂量率。

23 辐照模体的温度控制在 $20 \pm 5^\circ\text{C}$, 每次辐照前后注意监测辐照温度。

四 检定项目和检定方法

24 外观检查

24.1 液体剂量计应符合本规程第 4 条要求。

24.2 固体剂量计应符合本规程第 9 条要求。

25 所使用的读数仪需经法定计量检定机构检定合格。

26 液体工作剂量计

26.1 采用替代法液体剂量计置于按 20 条规定设置的辐照模体校准点处, 在剂量计测量范围内均匀选取 7 个不同辐照时间, 辐照 11 支剂量计。其中某个辐照时间 (约在量程 1/3 处) 重复照射 5 支剂量计。

26.2 用分光光度计在规定波长下测量辐照与未辐照剂量计溶液的吸光度值, 得到一系列辐照样品的吸光度变化值。

26.3 参照式 (1) 计算重复照射测量结果的重复性。

26.4 以辐照时间对相应的吸光度变化值进行有截距或无截距线性回归拟合, 其斜率即为单位时间辐照产生的吸光度变化值 ($\Delta \dot{A}_w$)。

26.5 液体工作剂量计的剂量响应转换因子 K_w 为:

$$K_w = \dot{D}_s / \Delta \dot{A}_w (\text{Gy}) \quad (4)$$

式中, \dot{D}_s 为校准点处吸收剂量率的标准值, 见式 (3)。

27 固体工作剂量计

27.1 参照 26.1 款规定辐照剂量计 (薄膜剂量计每次辐照至少 3 片)。剂量计前后用有机玻璃条夹紧, 不留空隙, 剂量计的几何中心 (测量点) 应与校准点重合。

27.2 用分光光度计或专用读数仪测量规定波长下辐照前后剂量计的吸光度, 得到不同剂量下吸光度的变化值。在双对数坐标纸上, 以吸收剂量为横坐标, 以单位厚度吸光度变化值为纵坐标, 绘制剂量响应校准曲线。

27.3 谷氨酸胺剂量计按 26.1 款规定辐照。用晶溶发光读数仪测量辐照后一定质量谷氨酸胺溶解时发出的光产额。以吸收剂量为横坐标, 以单位质量光产额为纵坐标, 在双对数坐标纸上绘制剂量响应校准曲线。

27.4 参照式 (1) 计算重复照射测量结果的重复性。

五 检定结果处理和检定周期

28 送检工作剂量计经检定合格者, 发给检定证书, 检定不合格者, 发给检定结果通知书。

29 工作剂量计检定周期为一年。

附 录

附录 1

名 词 和 术 语

1 吸收剂量 D 是 $d\bar{\epsilon}$ 除以 dm 所得的商。其中 $d\bar{\epsilon}$ 是电离辐射授与质量为 dm 物质的平均能量，即，

$$D = d\bar{\epsilon}/dm \quad (1)$$

吸收剂量的单位是 $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，专门名称是戈(瑞)，符号为 Gy。

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1} \quad (2)$$

2 吸收剂量率 \dot{D} 是 dD 除以 dt 所得的商，其中 dD 是在时间间隔 dt 内吸收剂量的增量，即

$$\dot{D} = dD/dt \quad (3)$$

吸收剂量率的单位是 $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ，专门名称是戈(瑞)每秒，符号为 $\text{Gy}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

$$1 \text{ Gy}\cdot\text{s}^{-1} = 1 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1} \quad (4)$$

3 校准点 在辐照场中为校准剂量计所规定的辐照模体内的固定点。对于 ^{60}Co 和 ^{137}Cs γ 射线，它位于距水模体前表面 5 cm 或固体模体前表面 15 mm 平行平面的中心点。

4 替代法 将被检的工作剂量计放置在预先用标准剂量计准确测定剂量率的校准点中辐照，以授与确定的吸收剂量值，这种检定方法称为替代法。

5 辐照模体 校准剂量计用，是替代法传递吸收剂量量值的专用设备。有水模体和固体模体两种，水模体壁与固体模体可以由聚苯乙烯或有机玻璃制成。辐照模体应配有使剂量计准确处校准点位置的支架和套管或孔道，并提供足够的电子平衡厚度。

6 剂量响应转换因子 K 实际上是液体剂量计的校准因子，其物理含义是该剂量计在给定分光光度计规定波长下测得的吸光度变化值为 1 时所对应的吸收剂量值，其单位是 Gy。

附录 2

检定证书内容及格式

(一) 检定条件

1 标准剂量计

名称

测量仪器

总不确定度 ($K=2$)

2 辐照

辐照模体

辐照温度

校准点位置

校准点剂量率标准值

3 辐射源

放射性核素

辐射源活度

辐射源排列方式及尺寸

源到辐照位置的重复性

(二) 检定结果

4 被检工作剂量计

名称

测量仪器

4.1 测量重复性

4.2 剂量响应校准曲线

4.3 剂量响应转换因子