

EJ/T902—1994

## 硫化锌（银）闪烁体

1994-10-24 发布

1995-01-01 实施

中国核工业总公司 1994-10-24 批准

中国核工业总公司发布

### 附加说明：

本标准由全国核仪器仪表标准化技术委员会提出。

本标准由北京核仪器厂负责起草。

本标准主要起草人：陈仁林、贺宣庆、王秀芬、郑辉明。

### 1 主题内容与适用范围

本标准规定了硫化锌（银）闪烁体的分类、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输、贮存等要求。

本标准适用于各种硫化锌（银）闪烁体。

### 2 引用标准

GB/T4077 闪烁体尺寸

GB/T10257 核仪器与核辐射探测器质量检验规则

GB/T10263.1 辐射探测器环境试验基本要求与方法 总则

GB/T10263.2 辐射探测器环境试验基本要求与方法 温度试验

GB/T10263.3 辐射探测器环境试验基本要求与方法 潮湿试验

GB/T10263.8 辐射探测器环境试验基本要求与方法 振动试验

GB/T10263.9 辐射探测器环境试验基本要求与方法 冲击试验

GB/T10263.10 辐射探测器环境试验基本要求与方法 包装运输试验

### 3 术语

#### 3.1 硫化锌（银）闪烁体

含有硫化锌（银）多晶粉末并以适当的形式组成的辐射探测元件。

#### 3.2 （闪烁体的）发射谱

闪烁体发射光子数按波长或能量的分布。

硫化锌（银）闪烁体的发射波长范围为 400~500nm，峰值波长 450nm。

#### 3.3 闪烁衰减时间

从闪烁体受单次激发到其光子发射率下降到最大值的  $1/e$  所需的时间。

硫化锌（银）闪烁体的闪烁衰减时间的快成分为 200ns，慢成分为  $4.5 \mu s$ 。

#### 3.4 （闪烁体的）光输出

闪烁体发射光子的总数与被它吸收的入射能量之比。

与闪烁体标准样品的光输出值相比较给出的相对值，称之相对光输出。

硫化锌（银）闪烁体的相对光输出（相对于蒽）为 300%。

#### 3.5 探测器效率

探测器测到的粒子数与在同一时间间隔内射到探测器上的该种粒子数的比值。

#### 3.6 （闪烁体的）本底

非起因于待测物理量的信号。

3.7 刻度系数（装置系数）

输入闪烁室标准氦气的活度与测量装置所测得  $\alpha$  计数率之比值。

4 产品分类与代号

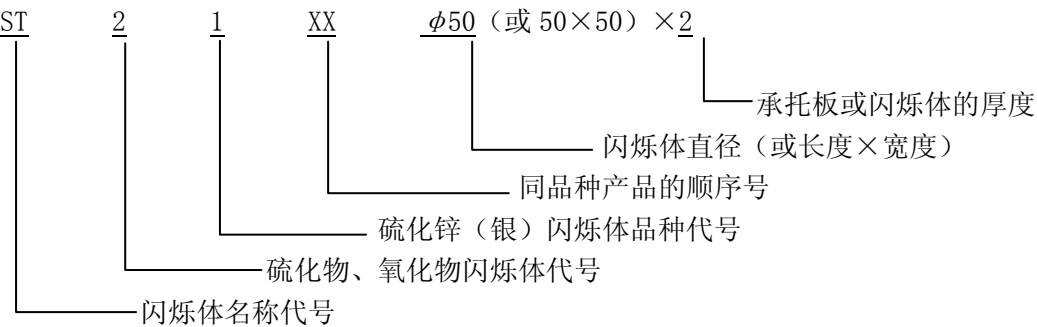
4.1 硫化锌（银）闪烁体分类

硫化锌（银）闪烁体按测量对象和形状分为：

- a. 重带电粒子类：片状；
- b. 低本底  $\alpha$  类：片状；
- c. 测氦类：球状、杯状和圆柱状；
- d. 快中子类：圆柱状、片状；
- e. 慢中子类：片状。

4.2 硫化锌（银）闪烁体的代号

硫化锌（银）闪烁体型号与规格表示方法如下：



5 技术要求

5.1 尺寸和公差

各种型号产品的尺寸应符合 GB/T4077 的有关规定，厚度公差按各种型号的产品标准规定执行。非标准尺寸由用户与厂家协商确定。

5.2 外观要求

5.2.1 承托板或承托体要求光滑、平整、透气、无气泡，表面无明显划痕和老化龟裂。

5.2.2 硫化锌（银）闪烁体的表面应洁白，无花纹、无流痕、无划痕、无针孔、无脱落，颗粒度均匀。应无大于  $\phi$ 1mm 的斑点和有色杂质；不大于  $\phi$ 1mm 的有色杂质或斑点不能超过二个。

5.3 技术性能

5.3.1 用于重带电粒子强度测量类和低本底  $\alpha$  粒子强度测量类的硫化锌（银）闪烁体的核性能要求见表 1。

5.3.2 用于氦气测量的容积为 500mL 的硫化锌（银）闪烁室探测氦的刻度系数  $K$  值为 1.3~1.4Bq·s，本底不大于  $6\text{min}^{-1}$ 。对于其他规格闪烁室的刻度系数  $K$  值和本底由产品标准规定。其重复性测量误差不大于 5%。

闪烁室密封性能要良好，其真空度由产品标准规定。

5.3.3 用于快中子及慢中子强度测量的硫化锌（银）闪烁体的核性能要求见表 2。

表 1

类 型	直径 ( $\phi$ ) mm	探测器效率 (对 $^{239}\text{Pu}$ $\alpha$ 源) %	本底 计数率 $\text{min}^{-1}$	涂层不均匀性 引起的探测效 率变化 %	探测器效率 重复性测量 误差 %
重带电粒子类	75 以下标准尺寸	$\geq 80$	$\leq 0.1$	—	$\leq 3$
	100		$\leq 0.15$	—	
	125, 150		$\leq 0.18$	$\leq 1$	

	160~300 标准尺寸		$\leq 0.2$	$\leq 3$	
低本底 $\alpha$ 类	$\Phi 45/\Phi 50$		$\leq 0.05$	—	

注：①  $\phi 45/\phi 50$  含意是分子  $\phi 45$  为闪烁体有效直径，分母  $\phi 50$  为承托板有效直径。

②用于重带电粒子强度测量，直径为  $\phi 300\text{mm}$  以上标准尺寸闪烁体的核性能指标可与厂家协商确定。

表 2

类型	形状	构成	测量中子能量	探测器效率 (对镅-铍源)%	探测器效率重 复性测量误差%
快中子类	片状	硫化锌(银)粉与有机玻璃粉混合热压	500keV 以上	$\geq 2$	$\leq 10$
	圆柱状	硫化锌(银)粉嵌入有机玻璃光导里面	500keV 以上	$\geq 5$	
慢中子类	片状	硫化锌(银)粉与高丰度的 $^{10}\text{B}$ 混合	1eV 以下	$\geq 30$	
	片状	硫化锌(银)粉与天然硼混合	1eV 以下	$\geq 20$	

注：①上表中的指标是在  $\gamma$  辐射场不大于  $3.14 \times 10^{-3}\text{Gy/h}$ ，并且基本甄别掉该辐射场造成的计数的情况下测量的。

②在测量慢中子类硫化锌(银)探测器效率时，其镅-铍源必须经 12cm 厚石蜡或聚乙烯慢化。

#### 5.4 产品对环境条件的适应性

产品在非工作条件下经下列环境条件考验后，外观与性能不变化（即在重复性测量误差范围内，探测器  $K$  值不变，本底符合 5.3 条的要求）。

5.4.1 经高温  $55 \pm 2^\circ\text{C}$  和低温  $-20 \pm 3^\circ\text{C}$  各 8h 的温度试验后，外观仍符合 5.2 条的要求，性能不变。

5.4.2 在相对湿度为 95%（温度  $40 \pm 2^\circ\text{C}$ ）的环境下，放置 8h 后，外观仍符合 5.2 条的要求，性能不变。

5.4.3 经  $19.6\text{m/s}^2$  的加速度，振动频率为 30~55Hz，在与闪烁体轴线平行，垂直两个方向各振动 1h 后，无涂层脱落和裂纹，性能不变。

5.4.4 经  $39.2\text{m/s}^2$  的加速度，驱动振幅为 0.3mm，冲击脉冲持续时间为  $6 \pm 1\text{ms}$ ，在与闪烁体轴线平行和垂直两个方向各冲击 100 次后，应无涂层脱落、无裂纹，性能不变。

5.4.5 经包装后在三级公路上，以 25~40km/h 的车速、行驶 150~350km（或相当的模拟条件）的运输试验后，应无涂层脱落和裂纹，性能不变。

### 6 试验方法

#### 6.1 尺寸和公差的检验

根据 5.1 条规定的产品尺寸和公差的要求，选作合适的量具或卡具进行检验。

#### 6.2 外观检验

外观检验应在正常照明条件下，用目测配合适当的量具或卡具进行检验。

#### 6.3 主要核性能测试

##### 6.3.1 测试的一般要求

6.3.1.1 各项核性能指标测试的基准条件见 GB/T1026.1—88 第 4 章的规定。

6.3.1.2 所使用的各种放射源应满足下列要求：

- $\alpha$  面源、 $\gamma$  源、中子源应是密封放射源；
- 标准液体镭源应有较好的封闭装置；
- 各种放射源的主要特性见表 3。

6.3.1.3 所使用的测量仪器属于计量器具的，应符合有关国家计量器具的规定，须经计量部门检定合格。

##### 6.3.2 测量设备

6.3.2.1 探头要求:

- a. 闪烁探头包括待测闪烁体、光电倍增管、光屏蔽外壳,光电倍增管分压器和匹配级;
- b. 探头工作在脉冲工作状态,光电倍增管输出回路的时间常数应在  $1\sim 10\mu s$  之间;
- c. 使用射极跟随器作为匹配级。脉冲传递过程中,匹配级的幅度损失应不大于 20%。

6.3.2.2 测量仪器包括:

- a. 高压稳压电源;
- b. 线性脉冲放大器;
- c. 幅度甄别器;
- d. 定标器;
- e. 低压电源;
- f. 扩散器。

6.3.3 测试系统方框图

测试系统方框图如图 1 所示,闪烁室送气装置示意图如图 2 所示。

表 3

类别	核素	半衰期	能量 MeV	活度	有效面积 mm
$\alpha$	$^{239}\text{Pu}$	24400a	5.156	不小于 3000Bq	源直径为 $\phi 25\sim \phi 30$
中子	$^{241}\text{Am-Be}$	433a	连续能谱平均能量 为 <sup>1)</sup>	中子发射率为 $1\times 10^7/\text{s}$	—
			热中子 <sup>2)</sup>	—	—
$\gamma$			0.186	$3.7\times 10^8\text{Bq}$	—
标准液体镭源 $^{226}\text{Ra}$		氦及氦子体 3.823d	氦及氦子体的 $\alpha$ 粒 子为 5.49	氦及氦子体活度为 10Bq	—

注: 1) 不经慢化。

2) 经 12cm 厚石蜡或聚乙烯慢化。

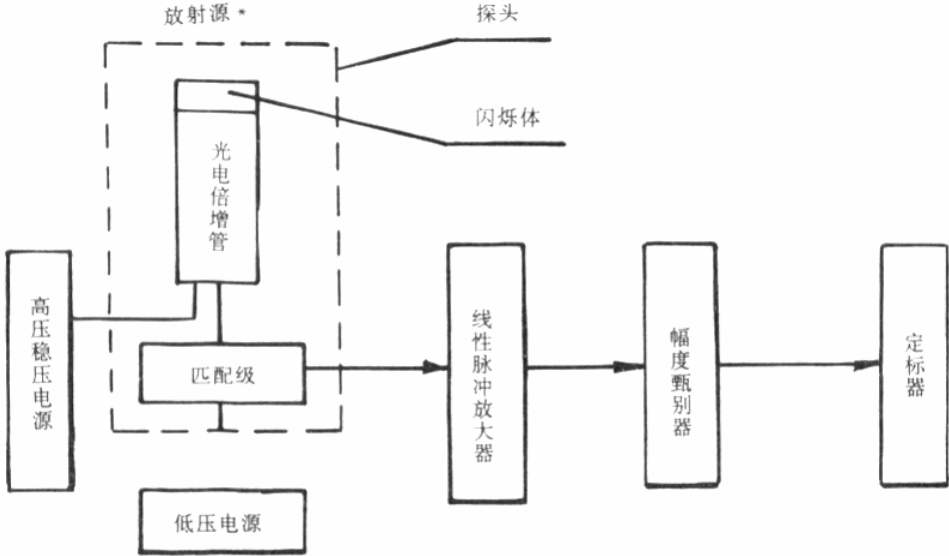


图 1 闪烁体测试系统方框图

注: 测量重带电粒子及低本底  $\alpha$  类闪烁体时,放射源应在探头屏蔽壳内,闪烁体表面上。

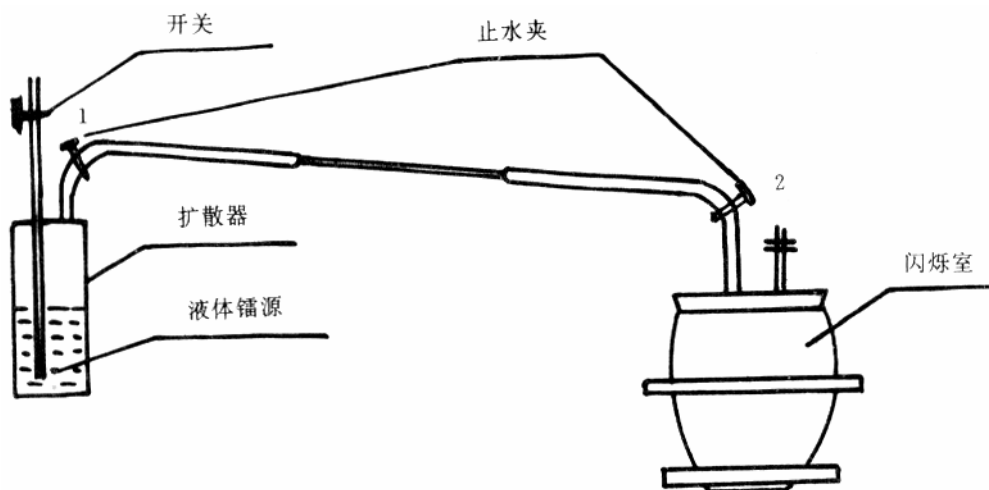


图2 闪烁室送气装置示意图

容积为 500mL 闪烁室的扩散器容积为 70mL；闪烁室与扩散器连接管容积应小于 10mL。

#### 6.3.4 重带电粒子及低本底 $\alpha$ 类闪烁体的测量

##### 6.3.4.1 本底及探测器效率的测量

6.3.4.1.1 按图 1 连接测量装置。将待测闪烁体放置在光电倍增管光阴极窗面中心位置。

6.3.4.1.2 使闪烁体及光电倍增管处于避光状态，并给光电倍增管加上工作电压（工作电压选择在“坪”曲线的前三分之一区）。

6.3.4.1.3 调节甄别器的甄别阈值（阈值一般选择在能消除光电倍增管噪声的位置上）。

6.3.4.1.4 测量并记录本底计数，共测三次，每次测量时间不少于 10min，求出三次测量的平均本底计数率  $N_b$ ，即为本底。

6.3.4.1.5 去掉光电倍增管高压，将  $^{239}\text{Pu}$   $\alpha$  源放置在闪烁体中心位置，重新屏蔽闪烁体及光电倍增管，在与本底测量的相同工作条件下，测量并记录总计数，每次测量 1min，求出三次测量的平均计数率为  $N_a$ 。

6.3.4.1.6 按公式（1）计算出闪烁体的探测器效率  $\eta$ 。

$$\eta = \frac{N_a - N_b}{N_0} \dots\dots\dots (1)$$

式中： $N_0$ —— $^{239}\text{Pu}$   $\alpha$  源在单位时间内射到闪烁体上的粒子数， $\text{s}^{-1}$ 。

##### 6.3.4.2 涂层均匀性的测量

对于直径大于 100mm 的重带电粒子类闪烁体需进行涂层均匀性的测量。

将闪烁体较均匀地划分为  $n$  个测试区，用  $\phi 30\text{mm}$  的  $\alpha$  源按照 6.3.4.1 规定的方法分别测量  $n$  个测试区的探测器效率，则大面积闪烁体涂层均匀性可按公式（2）计算：

$$|\eta_i - \bar{\eta}| < \text{规定值 (见表 1)} \dots\dots\dots (2)$$

式中： $\eta_i$ ——第  $i$  个测试区的探测器效率，%；

$\bar{\eta}$ —— $n$  个测试区探测器效率的平均值，%。

#### 6.3.5 测氦类闪烁室氦气灵敏度的测量（以刻度系数 $K$ 表示）

##### 6.3.5.1 测量步骤

###### 6.3.5.1.1 封闭标准液体镭源

按图 2 所示，将装有标准液体源的扩散器的出气口用橡胶管与真空泵连接，排除液体镭

源及扩散器中的残余气体，排气时间约为 20min。然后关闭扩散器开关，同时用止水夹 1 将扩散器出气口的橡胶管夹紧。此时，扩散器内的镭源已处于封闭状态，封源时间约为 24h。

#### 6.3.5.1.2 测量本底计数

在规定的工作电压和甄别阈值条件下，测量本底计数，测量时间为 100s，求出三次测量的平均本底计数率为  $N_b$ 。

#### 6.3.5.1.3 送氦气

将待测氦气闪烁室抽气，使室内形成负压（其压强约为  $1.33 \times 10^4 \text{Pa}$ ）。

按图 2 连接扩散器和闪烁室。打开止水夹 1 和 2，用开关控制送气速度，一般约在 15min 内，把扩散器内积累的氦气送入闪烁室内。此时，扩散器与闪烁室内的氦气已达到平衡，立即关闭止水夹 1 和 2。

#### 6.3.5.1.4 测量氦气计数

闪烁室送气后，放置约 55min。在与本底测量的相同工作条件下，立即进行计数测量，连续测三次，每次测量 100s，求出计数率的平均值为  $N_a$ 。

#### 6.3.5.2 刻度系数计算

刻度系数  $K$  按公式 (3) 求得：

$$K = \frac{Q_{As} \cdot (1 - e^{-\lambda t})}{\overline{N}_a - \overline{N}_b} \dots\dots\dots (3)$$

式中： $K$ ——刻度系数， $\text{Bq} \cdot \text{s}$ 。

$Q_{As}$ ——标准液体镭源的活度， $\text{Bq}$ ；

$\lambda$ ——氦的衰变常数， $\text{h}^{-1}$ ；

$t$ ——氦的积累时间， $\text{h}$ ；

$(1 - e^{-\lambda t})$ ——氦的积累系数；

$\overline{N}_a$ ——闪烁室  $\alpha$  平均计数率， $\text{s}^{-1}$ ；

$\overline{N}_b$ ——闪烁室平均本底计数率， $\text{s}^{-1}$ 。

### 6.3.6 快中子闪烁体探测器效率测量

#### 6.3.6.1 测量要求：

- 探头周围应无散射体，探头支架避免使用轻元素材料；
- 探头放置的位置应离开地面和墙壁 1m 以上；
- 应在挡锥条件下测量本底。

#### 6.3.6.2 测量步骤：

a. 按图 1 连接测量装置。将待测闪烁体用光学耦合剂耦合到光电倍增管光阴极中心位置，将闪烁体和光电倍增管避光，并给光电倍增管加上工作电压（工作电压选择在“坪”曲线的前三分之一区）；

b. 使线性脉冲放大器的积分和微分时间常数选择在最佳状态；

c. 将探头置于  $^{226}\text{Ra}$   $\gamma$  放射源的  $\gamma$  辐射场中，使快中子闪烁体外表面中心位置的吸收剂量率为  $3.14 \times 10^{-3} \text{Gy/h}$ ，调节甄别器的甄别阈，记录定标器计数随甄别阈值的变化，直至计数趋近于零，在坐标纸上绘出计数率随甄别阈变化的曲线；

d. 将探头置于镅（铍）中子场中，探头中心对准中子源并使闪烁体表面距源约 50cm，调节甄别器的甄别阈，记录定标器计数随甄别阈的变化，在记录  $\gamma$  源计数的同一张坐标纸上绘出曲线。如果所使用的中子源中子发射率加大，则应适当调整闪烁体距源的距离，以保持上述中子场强；

- e. 比较两条曲线, 找出  $\gamma$  计数较低, 且约为中子计数的十分之一处的甄别阈值, 并固定该甄别阈;
- f. 用已定好的甄别阈, 在 d 条所述的中子场中测量中子计数率三次, 取其平均值为  $N_0$ ;
- g. 在闪烁体对源所张的立体角内挡锥 (石蜡或聚乙烯锥), 测量本底计数率三次, 取其平均值为  $N_b$ ;
- h. 按照公式 (4) 计算入射到闪烁体上的总中子注量率  $N$ ;

$$N = \frac{N_0 \cdot S}{4\pi L^2} \dots\dots\dots (4)$$

式中:  $N_0$ ——中子源的中子发射率;  $s^{-1}$ 。

$S$ ——闪烁体的面积,  $cm^2$ ;

$L$ ——闪烁体外表面距源的距离,  $cm$ 。

- i. 按照公式 (5) 计算出闪烁体的探测器效率  $\eta$ 。

$$\eta = \frac{N_a - N_b}{N} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

### 6.3.7 慢中子闪烁体探测器效率测量

#### 6.3.7.1 测量设备和要求:

a. 除 6.3.3 条图 1 所示测试系统中规定的仪器之外, 还有金 (或钢) 激活片及  $\gamma$  活度测量装置;

b. 除 6.3.1.2 条表 3 规定的  $^{226}\text{Ra}$   $\gamma$  源及经石蜡或聚乙烯慢化的中子源外, 需使用反应堆热中子孔道。

#### 6.3.7.2 测量步骤:

a. 按图 1 连接测量装置;

b. 将待测闪烁体用光学耦合剂耦合到光电倍增管的光阴极中心位置, 使闪烁体及光电倍增管处于避光状态, 并给光电倍增管加上工作电压 (工作电压选择在“坪”曲线的前三分之一处);

c. 将探头置于  $^{226}\text{Ra}$   $\gamma$  源的  $\gamma$  辐射场中, 使闪烁体外表面中心位置的吸收剂量率为  $3.14 \times 10^{-3} \text{Gy/h}$ , 调节甄别器的甄别阈, 使闪烁体给出每平方厘米的计数率小于 10/s, 固定此甄别阈;

d. 将激活片 (金或钢) 贴在探头端面, 将探头放入反应堆热中子孔道内, 记录探头对热中子的计数率  $N$ , 通过激活片及活度测量装置测出探头所在位置的热中子注量率, 计算闪烁体总面积上的热中子注量率  $N_0$ , 按下式 (6) 算出闪烁体的探测器效率  $\eta$ ;

$$\eta = \frac{N}{N_0} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

e. 在没有反应堆热中子孔道测量探测效率的情况下, 可采用标样相对比较方法, 即先在反应堆热中子孔道上测量标样闪烁体的探测器效率, 然后在经石蜡或聚乙烯慢化的中子源上, 将待测闪烁体与标样闪烁体进行相对比较测量, 以确定待测闪烁体的性能。在相对比较测量时, 应保证各种测量条件相同。标样闪烁体应定期复测, 对性能降低的标样应及时更换。

### 6.3.8 重复性测量误差的确定

6.3.8.1 重带电粒子类、低本底  $\alpha$  类、快中子类及慢中子类硫化锌 (银) 闪烁体的探测器效率测量方法见 6.3.4、6.3.6 及 6.3.7 条的有关规定。其重复性测量次数不少于五次, 其测量误差  $E$  按公式 (7) 计算:

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

式中：X<sub>i</sub>——第*i*次测量的探测器效率，%；  
 $\bar{X}$ ——*n*次测量的探测器效率的算术平均值，%；  
*n*——测量次数。

测量结果应符合表1和表2的有关要求。

**6.3.8.2** 测氦类闪烁室测量氦的灵敏度（刻度系数*K*值）的方法见6.3.5条规定。其重复性测量次数不少于五次，测量结果误差*E*按公式（8）计算：

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n |K_i - \bar{K}|}{n \cdot \bar{K}} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

式中：K<sub>i</sub>——第*i*次测量的刻度系数值，Bq·s；  
 $\bar{K}$ ——*n*次测量的刻度系数的算术平均值，Bq·s；  
*n*——测量次数。

测量结果应符合5.3.2条的要求。

## **6.4 硫化锌（银）闪烁体在非工作状态下的环境试验方法**

### **6.4.1 高、低温试验**

本产品高、低温试验属于不带温度冲击的试验。试验时，其温度变化率不超过20℃/h，热平衡时间不少于1h。其试验方法按GB/T10263.2-88中3.1、3.3条和第4章、第5章规定执行。

### **6.4.2 潮湿试验**

潮湿试验时，热、湿平衡时间不少于1h。其试验方法按GB/T10263.3-88中3.1、3.3条和第4章、第5章规定执行。

### **6.4.3 振动试验**

只做耐预定频率振动试验。试验方法按GB/T10263.8-88中3.1、3.2、4.1、4.3.4条及第5章规定执行。

### **6.4.4 冲击试验**

冲击试验方法按GB/T10263.9-88中3.1条和第4章、第5章规定执行。

### **6.4.5 包装运输试验**

只做公路运输试验。试验方法按GB/T10263.10-88中第2.1、2.3、3.1条及第4章规定执行。

## **7 检验规则**

除本标准规定的具体要求外，按GB/T10257的有关规定执行。

### **7.1 检验的分类和检验、试验项目的分组**

检验的分类和检验、试验项目的分组见表4。

### **7.2 型式检验**

型式检验的项目见表4。型式检验的实施与要求见GB/T10257-88第10.1条的规定。

### **7.3 交收检验**

交收检验的项目和实施要求见表4和GB/T10257-88第11章的规定。

## **8 标志、包装、运输及贮存**



### 8.1 标志

每一个出厂的硫化锌（银）闪烁体均要有合格证，合格证上要有：

- 制造厂商标及厂名；
- 硫化锌（银）闪烁体的名称、型号、规格；
- 制造年、月；
- 检验部门的印章。

### 8.2 包装

硫化锌（银）闪烁体装入软质塑料袋中，平放于包装盒内，用软泡沫塑料填充塑料袋与包装盒之间的空隙。包装盒内装有产品合格证。

### 8.3 运输

产品按 8.2 条包装后，可以用任何方式运输。运输过程中应防止雨淋、水浸。

### 8.4 贮存

硫化锌（银）闪烁体应避光保存，严禁曝晒。产品应在室温下存放，存放场地的空气中应无酸、碱及有机溶剂的气体存在，通风良好。

表 4

组别	检验、试验项目名称	检验的分类		抽样方案类型及严格性	检验水平	AQL	检查周期	
		型式检验	交收检验					
A	尺寸和外观	●	●	全检，剔除不合格品（批合格率95%以上）	—	—	—	
	漏气							
	探测效率							
	本底							
	刻度系数 $K$ 值							
C <sub>1</sub>	不均匀性		●	二次、正常	II	1.5	原材料、工艺改变或用户提出要求时必须做，一般情况每年做一次	
C <sub>2</sub>	高温试验				S—2	6.5		
	低温试验							
	潮湿试验							
	振动试验							
冲击试验	○							
C <sub>3</sub>	包装运输试验		●	一次正常		2.5		

注：①●——必须进行试验、检验的项目和组别。

②○——可根据用户需要选做的项目和组别。

③不同类型的硫化锌（银）闪烁体根据 5.3 条性能要求做 A、B 及 C 组的有关项目。