

无损检测用 γ 放射源

1 范围

本标准规定了无损检测用 γ 放射源的产品分类、技术要求、检验方法等内容。

本标准适用于无损检测用的各种 γ 放射源。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。在标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 1220—84 不锈钢耐酸钢

GB 4075—83 密封放射源分级

GB 4076—83 密封放射源一般规定

GB 11806—89 放射性物质安全运输规定

GB 15849—1995 密封放射源的泄漏检验方法

EJ/T 804—93 放射性同位素产品代号

3 定义

本标准采用下列定义。

3.1 空气比释动能率

不带电的电离辐射,在单位质量的空气中释放出来的全部带电粒子的初始动能的总和叫做空气比释动能,符号为 K 。空气比释动能率是指单位时间的空气比释动能,符号为 \dot{K} 。

3.2 等效活度

距某个放射源活性区中心一定距离处的空气比释动能率,如果等于一个相同放射性核素的已知活度的点源在同样距离处的空气比释动能率,则该放射源的等效活度即相当于已知点源的活度。

3.3 源辫子

指一端与源直接或间接连接,另一端与驱动钢索连接的一段有弹性和(或)有屏蔽作用的金属件。

3.4 辐射输出率

指距源 1m 处的空气比释动能率,单位为 Gy/s。

3.5 安全使用期

根据源的可能使用期而规定出的源不会发生泄漏、不会从辫子上脱落等事故的最短使用时间。

4 产品分类

4.1 无损检测用 γ 放射源的核素

根据被检测材质的密度及其厚度的不同,选用具有合适的 γ 能量、合适的半衰期,以及易得到高比活度的放射性核素。推荐采用的核素及其最佳检测厚度,见附录 C(提示的附录)。

4.2 推荐使用的无损检测用 γ 放射源及其结构

无损检测用 γ 放射源由包壳及源芯组成,并焊接密封。根据所用放射性核素的 γ 能量及半衰期,确定包壳

的材质及层数。 γ 能量高、半衰期长的核素,采用双层不锈钢包壳; γ 能量虽高,但半衰期短的核素,可以采用单层不锈钢包壳,对于 γ 能量很低的核素,不管其半衰期长短,原则上均应采用单层轻金属包壳。源芯材料选择的原则是:化学、物理稳定性好,易于得到高的比活度,来源方便等。根据以上原则,推荐采用的无损检测用 γ 放射源及其结构见表1,结构示意图见附录D(提示的附录)。

表1 推荐使用的无损检测用 γ 放射源及其结构

放射源名称	源芯材料及形式	包壳材料	包壳层数	密封方法	备注
无损检测用铯 170 γ 源	Tm ₂ O ₃ 压制烧结块	金属钛	单	钨极惰性气体保护弧焊	射线输出端的包壳壁厚不大于0.3mm
无损检测用铈 169 γ 源	Yb ₂ O ₃ 陶瓷体	金属钛			
无损检测用铈 192 γ 源	金属铈	奥氏体不锈钢	层		双层包壳均应焊接
无损检测用铯 137 γ 源	C ₁ Cl 压侧块或Cs的陶瓷体	奥氏体不锈钢	双		
无损检测用铈 152+铈 154 γ 源	Eu ₂ O ₃ 压制烧结块	奥氏体不锈钢			
无损检测用铯 134 γ 源	CsCl 压侧块或Cs的陶瓷体	奥氏体不锈钢	层		
无损检测用钴 60 γ 源	金属钴	奥氏体不锈钢			

4.3 目前常用的无损检测用 γ 放射源及其优先采用的规格

目前常用的无损检测用 γ 放射源的规格见表2。根据需要,在满足无损检测质量要求的条件下,也可生产表2以外规格的无损检测用 γ 放射源。

4.4 产品代号

按照 EJ/T 804 规定的原则,目前常用无损检测用 γ 放射源的产品代号见表3。

表2 目前常用的无损检测用 γ 放射源及其优先采用的规格

放射源名称	外形尺寸(直径×长及) mm	源芯尺寸(直径×长度) mm	等效活度下限 GBq
无损检测用铯 170 γ 源	4×6	1×1	40
	4×6	2×2	200
无损检测用铈 169 γ 源	4×6	0.5×0.5	20
	4×6	1×1	100
无损检测用源 192 γ 源	5×8	2×1	600
	5×8	2×2	1100
	5×8	3×1.6	1500
	5×8	3×2	1900
	5×8	3×2.4	2200
	5×8	3×3	2600
无损检测用铯 137 γ 源	8×12	3×3	100
	8×12	4×4	200
	10×14	6×6	500
无损检测用钴 60 γ 源	7.2×10, 7.2×16	3×2	400
	7.2×10, 7.2×16	3×3	600
	7.2×10, 7.2×16	4×2	750
	7.2×10, 7.2×16	4×4	1500

表 3 目前常用的无损检测用 γ 放射源的产品代号

放射源名称	源芯尺寸 (直径 \times 长度) mm	产品代号	代号各部分含意					
			放射源 大类代 号	放射 性 核素质 代号	放射 性 核素质 量代号	γ 放射源 代号	柱状放 射源代 码	源芯尺 寸代号
无损检测用 铊 170 γ 源	1 \times 1	RSTM1702211	RS	TM	170	2	2	11
无损检测用 铊 169 γ 源	2 \times 2	RSTM1702222						12
无损检测用 铊 169 γ 源	0.5 \times 0.5	RSYB1692205	RS	YB	169	2	2	05
无损检测用 铊 169 γ 源	1 \times 1	RSYB1692211						11
无损检测用 铯 137 γ 源	2 \times 1	RSIR1922221	RS	IR	192	2	2	21
	2 \times 2	RSIR1922222						22
	3 \times 1.6	RSIR1922316						316
	3 \times 2	RSIR1922232						32
	3 \times 2.4	RSIR1922324						324
	3 \times 3	RSIR1922233						33
无损检测用 铯 137 γ 源	3 \times 3	RSCS1372233	RS	CS	137	2	2	33
	4 \times 4	RSCS1372244						44
	6 \times 6	RSCS1372266						66
无损检测用 钴 60 γ 源	3 \times 2	RSCO0603323	RS	CO	060	2	2	32
	3 \times 3	RSCO0602233						33
	4 \times 2	RSCO0602242						42
	4 \times 4	RSCO0602244						44

5 技术要求

5.1 原材料纯度要求

目前常用的无损检测用 γ 放射源的源芯材料及包壳材料的纯度要求见表 4。

5.2 γ 放射性杂质

在出厂时, 钴 60、铯 137、和铯 192 γ 源的 γ 放射性杂质, 不得大于源的总放射性活度的 1%; 铊 170 和铊 169 γ 源的中、高能 γ 放射性杂质, 不得大于源的 γ 发射率的 0.1%。

5.3 外径限制

放射源焊接密封后, 其实际外径尺寸不应超出源的名义外径尺寸 0.2mm。

表 4 目前常用无损检测用 γ 放射源的原材料纯度要求

放射源名称	源芯材料		包壳材料	
	材料名称	纯度	材料名称	纯度
无损检测用铊 170 γ 源	Tm ₂ O ₃	光谱纯	金属铊	不小于 99.99%
无损检测用铊 169 γ 源	Yb ₂ O ₃	光谱纯	金属铊	不小于 99.99%
无损检测用铯 192 γ 源	金属铯	不小于 99.9%	奥氏体不锈钢	成分级成应符合 GB 1220-84 规定
无损检测用铯 137 γ 源	¹³⁷ CsCl	核纯度不小于 99%		
无损检测用钴 60 γ 源	金属钴	不小于 99%		

注: 推荐采用的奥氏体不锈钢牌号为: 00Cr17Ni13Mo2 (相当于美国 316L 不锈钢) 或 00Cr18Ni10 (相当于美国 304L 不锈钢)。

5.4 等效活度不确定度

源的放射性活度用等效活度表示。铯 192 γ 源、铯 137 γ 源和钴 60 γ 源的等效活度总不确定度应在 10%(K=3) 以内; 铊 170 和铊 169 γ 源的等效活度总不确定度应在 15%(K=3) 以内。

5.5 安全性能等级

钴 60 γ 源和铯 137 γ 源的安全性能等级不应低于 GB 4075/C63535; 铯 192 γ 源的安全性能等级不应低于 GB 4075/C53535; 铊 170 γ 源和镱 169 γ 源的安全性能等级不应低于 GB 4075/C43313。

5.6 表面放射性污染

源的表面放射性污染水平应符合 GB 4076 的规定。

5.7 泄漏

无损检测用 γ 放射源必须是密封放射源, 放射源的泄漏应满足 GB 15849 的规定。

5.8 放射源与源辫子连接的牢固性

放射源与源辫子的连接必须牢固。铊 170 γ 源和镱 169 γ 源应能承受 300N 拉力; 铯 192 γ 源应能承受 500N 拉力; 铯 137 和钴 60 γ 源应能承受 700N 拉力。以确保在安全使用期内(正常使用条件下)放射源不会脱落。

5.9 放射源的安全使用期限

在正常使用条件下, 放射源的安全使用期如下:

- a) 铯 137 γ 源不小于 15a;
- b) 钴 60 γ 源不小于 10a;
- c) 铊 170 γ 源不小于一年
- d) 铯 192 γ 源不小于六个月
- e) 镱 169 γ 源不小于三个月

6 检验方法

6.1 原材料检验

根据原材料的级分及对原材料的纯度要求, 选用合适的国家标准、行业标准, 或者与之等效的检验方法进行分析。

6.2 γ 放射性杂质检验

取适量辐照达到制源要求的源芯材料(对于钛包壳源, 应包括源芯和包壳材料), 采用半导体探测器多道 γ 仪检验 γ 放射性杂质。

6.3 外径尺寸检验

用一个内径比放射源的名义外径大 0.20 ~ 0.25mm, 长度不小于放射源的长度 1.5 倍的专用管规检验, 放射源应能顺利通过。

6.4 等效活度测量

采用电离室剂量仪, 测量放射源在一定距离(应满足点源条件)处的空气比释动能率, 按附录 A(标准的附录)公式, 计算源的等效活度。

6.5 安全性能等级检验

按 GB 4075 规定的方法检验。

6.6 表面污染检验

按 GB 4076 规定的浸泡法检验。

6.7 泄漏检验

按 GB 15849 规定的方法检验。推荐采用浸泡法。

6.8 放射源与源辫子连接牢固性检验

用假源与源辫子直接或间接连接后, 在拉力机上进行检验, 但连接方法与工艺必须与真源的连接方法相同。

7 检验规则

7.1 型式检验

6.1 ~ 6.8 为型式检验项目。

6.1 和 6.2 对每一批号的原材料进行抽样检验,样品数不小于三个;6.5 每三年复检一次,当源的结构、材料和生产工艺任一项有重大改变时,应随时检验;6.8 每二年复检一次,当连接方法与工艺有改变时,应随时检验。

7.2 出厂检验

6.3, 6.4, 6.6, 6.7 为出厂检验项目。均为全检。

7.3 检验结果的判定

出厂检验结果应符合本标准的技术要求。有一项不合格者,判为该件产品不合格。

7.4 检验证书

经检验合格的每个放射源,均应填写检验证书。证书的格式见附录 B(标准的附录)。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

放射源的标志按 GB 4076 规定执行。

8.2 包装和运输

将放射源与源辫子连接成整体后,装入专用换源容器内或直接装入无损检测设备内,不需源辫子的放射源直接装入无损检测设备内,紧固好所有紧固件或锁住源的出口处,表面放射性污染和表面辐射水平应符合 GB 11806 规定。对于体积和重量均比较小的包装件,还应有外包装箱。

运输按 GB 11806 规定执行。

8.3 贮存

放射源的非使用期间应贮存在无损检测设备内或其他屏蔽容器内,并锁紧或紧固好放射源的出口。贮存源的场所不应有腐蚀性气体,并具备通风、防火和防盗条件。

无损检测用 γ 放射源等效活度的计算

无损检测用 γ 放射源的等效活度按下式计算：

$$A = C \frac{\dot{K} \cdot r^2}{\Gamma} \dots\dots\dots (A1)$$

式中：A——放射源的等效活度，Bq；

C——修正系数；

\dot{K} ——距源 1m 处的空气比释动能率，Gy/s；

r ——源的活性中心到电离室中心的距离，m；

Γ ——核素的空气比释动能率常数(见附录 C)， $Cy \cdot m^2 / (s \cdot Bq)$ 。

无损检测用 γ 放射源检验证书格式

无损检测用_____ γ 源检验证书

制造厂名称

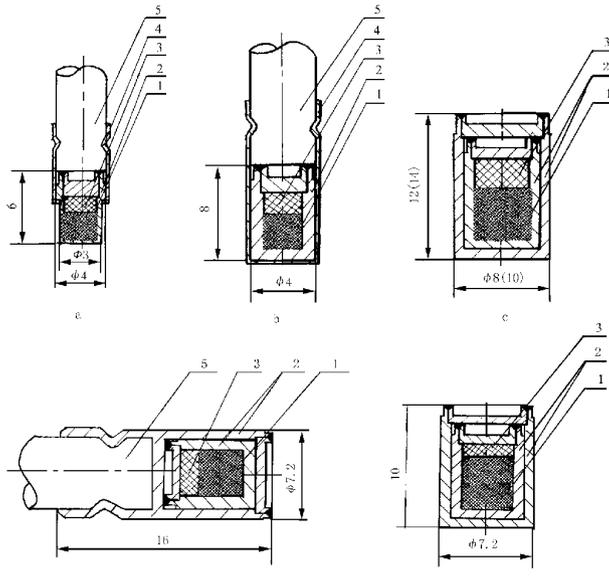
证书编号

核素名称	放射源编号		产品代号		
包壳材料	包壳层数		密封方法		
源的外形尺寸(直径×长度)	mm ×	mm	源芯尺寸(直径×长度)	mm ×	mm
源芯材料及形式	安全性能等级		γ 放射性杂质 < %		
源的辐射输出率	Gy/s	测量时间	年	月	日
源的等效活度	Bq	测量时间	年	月	日
表面污染检验方法及结果		测量时间	年	月	日
泄漏检验方法及结果		测量时间	年	月	日
检验人			年	月	日
复核人			年	月	日
检验部门及负责人(签章)			年	月	日

无损检测用 γ 放射源推荐采用的放射性核素及其对各种材料的最佳检测厚度

核素名称	半衰期	γ 能量 MeV	空气比释动能 率常数 $Gy \cdot m^2 / (s \cdot Bq)$	最佳检测厚度		
				钢	铁	轻合金 其他材料
				mm	mm	g/cm^2
铯 170	128.6d	0.052, 0.084	1.63×10^{-19}	2.5 ~ 12.5	7.5 ~ 37.5	2 ~ 10
铯 169	32d	0.008 ~ 0.308	8.16×10^{-18}	2.5 ~ 15	7.5 ~ 45	2 ~ 12
铯 192	74.2d	0.206 ~ 0.612	3.17×10^{-17}	2.5 ~ 62.5	40 ~ 190	10 ~ 50
铯 137	30.17d	0.662	2.15×10^{-17}	25 ~ 100	75 ~ 300	20 ~ 80
钷 152 + 钷 154	13a	0.122 ~ 1.408	3.85×10^{-17}	25 ~ 100	75 ~ 300	20 ~ 80

铯 134	2.06a	0.48 ~ 1.40	5.68×10^{-17}	50 ~ 100	150 ~ 300	40 ~ 80
钴 60	5.27a	1.17, 1.33	8.56×10^{-17}	50 ~ 150	150 ~ 450	40 ~ 120

几种无损检测用 γ 放射源结构示意图

a 铯 170 γ 源和铯 169 γ 源(含辫子); b 铯 192 γ 源(含辫子);

c 铯 137 γ 源(辫子结构和连接方法同 b);

d e 钴 60 γ 源(e 的辫子结构和连接方法同 b);

1—源芯; 2—包壳; 3—垫片(金属); 4—源套; 5—辫子

图 D1 无损检测用 γ 放射源结构示意图