



中华人民共和国国家标准

GB/T 11682—2008
代替 GB/T 11682—1989

低本底 α 和/或 β 测量仪

Low background alpha and/or beta measuring instruments

2008-07-02 发布

2009-04-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

前 言

本标准代替 GB/T 11682—1989《低本底 α 测量仪》。

本标准与 GB/T 11682—1989 相比作了如下修改：

- 标准名称修改为《低本底 α 和/或 β 测量仪》；
- 增加了测量低本底 β 的内容；
- “规范性引用文件”中增加了引用的标准；
- “术语和定义”中增加了“串道比”的内容；
- 增加 α 与 β 的相互干扰指标，即串道比指标；
- 增加了仪器电磁兼容的要求和试验方法；
- 增加了对仪器软件的通用要求；
- 删除了“表 1 仪器分级”中本底稳定性的技术指标；
- 删除了“表 2 改变影响量的项目和要求”中变化限值和本底计数率的技术要求。

本标准的附录 A 为规范性附录。

本标准由中国核工业集团公司提出。

本标准由全国核仪器仪表标准化技术委员会(SAC/TC 30)归口。

本标准起草单位：中核(北京)核仪器厂。

本标准主要起草人：杨彬华、文建生、吴炳麟。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 11682—1989。

低本底 α 和/或 β 测量仪

1 范围

本标准规定了低本底 α 和/或 β 测量仪的技术要求、试验方法和检验规则。

本标准适用于测量弱 α 、 β 放射性活度或表面发射率的仪器,也适用于多用途仪器中的测量弱 α 或 β 放射性的部分。

本标准不适用于测量 α 或 β 能谱类型的仪器。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 4078 放射性测量用样品托盘、瓶子和试管的尺寸

GB/T 8993—1998 核仪器环境条件与试验方法

GB/T 10257—2001 核仪器和核辐射探测器质量检验规则

GB/T 17799.1—1999 电磁兼容 通用标准 居住、商业和轻工业环境中的抗扰度试验

GB/T 19661.1—2005 核仪器及系统安全要求 第1部分:通用要求

GB/T 19661.2 核仪器及系统安全要求 第2部分:放射性防护要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

本底 background

非起因于待测物理量的信号。

3.2

仪器本底 instrumental background

仪器在正常工作条件下,样品盘中无放射源时,仪器的指示值。

3.3

空白样品 blank sample

由无外加放射性但与样品相同的物质,按正常程序制作的待测平面样品。

3.4

空白样品本底 background of blank sample

仪器在正常工作条件下,测量空白样品的指示值。

3.5

本底计数 background count

在没有被测样品存在的条件下,测量装置的固有计数。这些计数来自宇宙射线、周围环境中的放射性物质和探测器本身的放射性污染等。

3.6

本底计数率 background count rate

单位时间内的本底计数。

3.7

(放射性)活度 activity

在给定时刻,处于特定能态的一定量的某种放射性核素的活度 A 是 dN 除以 dt 而得的商:

$$A = dN/dt$$

式中:

dN ——在该时间间隔 dt 内,该核素从该能态发生自发核跃迁数的期望值。

3.8

表面发射率 surface emission rate

对于一个给定的放射源,在单位时间内由该表面发射出给定类型的粒子数。

3.9

低本底 α 和/或 β 测量仪 low background alpha and/or beta measuring instruments

测量弱 α 、 β 放射性活度或表面发射率的仪器。

3.10

探测效率 detection efficiency

在一定的探测条件下,探测器测得的粒子数与在同一时间间隔内辐射源发射的该种粒子数的比值。

3.11

几何因子 geometry factor

探测效率在一定几何条件下的极限值,它可由探测器灵敏面与放射源之间的几何关系计算出来。

3.12

效率比 efficiency ratio

探测效率测量值与几何因子之比,即除几何因子以外其他决定探测效率的各种因素之积。

3.13

串道比 interfere ratio

仪器测量单一 α 或 β 参考源时,在 β 道或 α 道的计数与 α 道和 β 道总计数的之比。

3.14

干扰辐射 interference radiation

仪器预定测量辐射以外的其他辐射。

3.15

探测器窗 window of a detector

探测器中使待测辐射易于穿透的部位。

3.16

探测器灵敏面积 sensitive surface of a detector

探测器中对辐射灵敏并用于探测的那部分面积。

4 技术要求

4.1 一般要求

低本底 α 和/或 β 测量仪的基本组成包括探测部件和屏蔽体、测量和数据处理单元、电源等部件,这些部件可组装成一个整体,也可分成几个部分用电缆连接。

4.1.1 探测部件和屏蔽体

探测部件由一个或多个探测器以及有关电路组成,其设计应满足如下要求:

- 探测器在工作时,探测器窗与待测样品表面之间的距离一般应小于 10 mm;
- 设计探测器时,应考虑尽量不受其他电离辐射的影响;
- 探测器所用的屏蔽体应注意材料的选用,其结构应易于拆装、搬运。

制造厂应说明探测器的类型和灵敏面积的尺寸。如果使用反符合探测器,还应给出反符合探测器的类型、尺寸等。

探测器工作时如需要供给工作气体时,制造厂应说明所用的气体成分、纯度和供气流量值等。

探测部件的结构应易于去污。

样品盘应符合 GB/T 4078 的有关规定。

4.1.2 测量和数据处理单元

仪器的指示值可用预定时间的计数表示,也可用预定计数的时间表示。定时装置的最长预定时间应不小于 24 h,并可分成若干档。定数装置的最大预定计数容量应不小于 1 000,也可分为若干档。时间的准确度应达到 0.1%。

仪器应有自检、数据储存、历史数据查询、报表打印、数据传输等功能。

仪器应尽可能降低外界干扰的影响。

4.1.3 电源

仪器可用交流或直流供电。

交流供电:电源应为 220 V,50 Hz,并应设有停电指示,也可附加防止数据丢失的措施。

直流供电:由一次电池或二次电池供电,其有效使用期应不小于 250 h,具体时间由制造厂给出。在电池有效使用期间,仪器性能应满足本标准规定的技术要求。仪器应具有更换电池的明显警戒标记。仪器上应清楚地标出电池安装的正、负极性。

4.2 放射源

4.2.1 参考源

参考源应经国家计量部门认可的校准装置进行测量,其不确定度应不大于 5%。

对于 α 测量,推荐使用 ^{241}Am 、 ^{239}Pu 等作为参考源。

对于 β 测量,推荐使用 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 、 ^{204}Tl 、 ^{14}C 等作为参考源。

当仪器用于测量最大能量小于 250 keV 的 β 粒子时,应选用 ^{14}C 作为参考源(使用流气式正比计数管的仪器对 ^{14}C 的 β 效率应不小于 40%)。

4.2.2 检查源

检查源仅用于检查仪器是否正常工作 and 稳定性,可选用长寿命的 α 或 β 放射源。

为了使测量准确,制造厂应给出仪器在测量时的几何参数,特别是所用参考源或检查源的尺寸。

4.3 仪器分级

低本底 α 和/或 β 测量仪的本底计数率、效率比、效率稳定性和串道比是仪器的四个主要指标,根据这四项指标将仪器分为 I、II、III 级,见表 1。仪器应同时满足表中所列的各级四项指标的规定,如果仪器的某项指标不满足某一分级中的要求,则应认为归属下一级。

表 1 仪器分级

技术指标		I 级	II 级	III 级
单位面积的平均本底计数率/ (计数·cm ² ·h ⁻¹)	α	≤0.1	≤0.3	≤1.0
	β	≤3.0	≤9.0	≤30.0
效率比	α	≥90%	≥80%	≥70%
	β	≥60%	≥50%	≥40%
效率稳定性	α	≤3%	≤5%	≤10%
	β	≤5%	≤10%	≤15%
串道比	α 射线对 β 道	≤1%	≤3%	≤5%
	β 射线对 α 道	0%	≤0.5%	≤1.0%
注:分级测量 α 参考源用 ^{241}Am 或 ^{239}Pu ,参考源活性区为 $\phi 25\text{ mm}$,表面粒子发射率为 $(10^2\sim 10^3)$ 粒子数/(min·2 π); β 参考源用 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$,参考源活性区为 $\phi 20\text{ mm}$,表面粒子发射率为 $(10^2\sim 10^3)$ 粒子数/(min·2 π)。				

4.4 环境适应性

不论属于哪一级的低本底 α 和/或 β 测量仪,其环境适应性应符合 GB/T 8993—1998 中 I a 组仪器的要求,各影响量项目及技术要求见表 2。

表 2 改变影响量的项目和要求

影响量		影响量的数值	探测效率相对变化 ^a
环境温度	低温	10℃	$\leq 10\%$
	高温	35℃	$\leq 10\%$
	贮存	-25℃~55℃	正常工作,不考虑误差
最大相对湿度		75%(30℃)	$\leq 10\%$
电源电压		(88%~110%) U_N ^b	$\leq 10\%$
运输试验		三级公路上,以时速 25 km/h~40 km/h 运输 200 km	$\leq 10\%$
^a 该影响量变化前后测量值的相对变化,也可用平均计数率的相对变化来表示。			
^b U_N 为标称电压。			

4.5 安全要求

电气安全要求满足 GB/T 19661.1—2005 的规定。

放射性防护要求满足 GB/T 19661.2 的规定。

4.6 电磁兼容性要求

电磁兼容性应满足 GB/T 17799.1—1999 中表 4 的规定。

5 试验方法

5.1 参考条件和标准试验条件

仪器试验的参考条件和标准试验条件见表 3。

表 3 参考条件和标准试验条件

影响量	参考条件	标准试验条件
预热时间/min	30	≥ 30
环境温度/℃	20	18~22
相对湿度/%	65	55~75
大气压力/kPa	101.3	86.0~106.0
电源电压	U_N	$(1\pm 1\%)U_N$
电源频率/Hz	50	(50 ± 0.5)
电源波形	正弦波	总谐波畸变 $<5\%$
γ 辐射本底/ $(\mu\text{Gy/h})$	空气比释动能率为 0.2	空气比释动能率 <0.25
外来电磁场	可忽略	小于引起干扰的最低值
外界磁场感应	可忽略	小于地磁引起干扰的两倍
放射性污染	可忽略	可忽略

5.2 本底计数率试验

仪器在标准试验条件下,放置一无污染的样品盘,连续测量本底 24 h(8 h),其本底计数率应符合表 1 规定。

对于单功能低本底 α 测量仪或低本底 α 和/或 β 测量仪中仅使用弱 α 测量功能的, 应进行 24 h 测量。

对于单功能低本底 β 测量仪或低本底 α 和/或 β 测量仪中仅使用弱 β 测量功能的, 应进行 8 h 测量。

5.3 效率比试验

在 5.2 相同的试验条件下, 分别将 α 参考源、 β 参考源置于样品盘中心位置, 测量计数 10 次, 使得每次测量的累计计数不小于 1 000, 代入式(1)计算出探测效率 η :

$$\eta = \frac{\bar{n}_i - \bar{n}_b}{n_s} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

\bar{n}_i ——仪器对参考源测得的平均计数率;

\bar{n}_b ——仪器本底的平均计数率;

n_s ——参考源表面发射率的约定真值。

按式(2)计算出效率比 $\eta_{\text{比}}$

$$\eta_{\text{比}} = \eta/G \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

G ——几何因子, 见附录 A。

计算结果应符合表 1 的规定。

5.4 效率稳定性试验

在标准试验条件下, 将受试仪器调整到正常工作状态, 将参考源或检查源置于样品盘中心位置, 测量效率 10 次, 取其平均值。然后, 连续通电 24 h, 再测量效率 10 次, 求其平均值, 按式(3)计算效率稳定性:

$$\text{效率稳定性} = \frac{|\eta_2 - \eta_1|}{\eta_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

η_1 ——24 h 前的效率平均值;

η_2 ——24 h 后的效率平均值。

计算结果应符合表 1 中的规定。

5.5 串道比试验

5.5.1 α 射线对 β 道

仪器在正常工作状态下, 将 α 参考源置于样品盘中心位置, 测量计数 10 次, 使得每次测量的累计计数不小于 1 000, α 射线对 β 道的串道比为 $\eta_{\alpha\beta}$, 按式(4)计算:

$$\eta_{\alpha\beta} = \frac{\bar{n}_\beta}{n_\alpha + n_\beta} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

\bar{n}_α —— α 道内计数的平均值;

\bar{n}_β —— β 道内计数的平均值。

计算结果应符合表 1 中的规定。

5.5.2 β 射线对 α 道

仪器在正常工作状态下, 将 β 参考源置于样品盘中心位置, 测量计数 10 次, 使得每次测量的累计计数不小于 1 000, β 射线对 α 道的串道比 $\eta_{\beta\alpha}$, 按式(5)计算:

$$\eta_{\beta\alpha} = \frac{\bar{n}_\alpha}{n_\alpha + n_\beta} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

计算结果应符合表 1 中的规定。

5.6 环境适应性试验

5.6.1 温度试验

在标准试验条件下,将放有合适放射源的受试仪器置于恒温箱中,并调整到正常工作状态,测量计数率 10 次,求其平均值。然后使受试仪器保持通电状态,恒温箱以温度变化小于 $20\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ 的速率使温度降低到 $10\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或升高到 $35\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。受试仪器在此状态下的热平衡时间不小于 30 min,继而恒温 4 h。在恒温试验结束前 30 min,再次测量计数率,求其平均值。试验前后的测量值变化应符合表 2 有关规定。

5.6.2 湿度试验

在标准试验条件下,将放有合适放射源的受试仪器置于潮湿箱中,并调整到正常工作状态,测量计数率 10 次,求其平均值。然后使受试仪器处于断电状态,将潮湿箱子温度上升到 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$,使相对湿度达到 $75\%\pm 2\%$,受试仪器在此状态下保持 48 h。在试验结束前通电预热 1 h,并提前 30 min 开始按上述方法再次测量计数率,求其平均值。试验前后的测量值变化应符合表 2 的规定。

5.6.3 贮存温度试验

受试仪器在分别完成高温或低温试验后,处于断电状态,恒温箱以温度变化小于 $20\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ 的速率使温度升高到 $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或下降到 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$,保持 4 h,再将恒温箱温度以上述温度变化速率下降或升高到标准试验条件,恢复 4 h 后,仪器应能正常工作。

5.7 电源电压变化试验

在标准试验条件下,把受试仪器调整到正常工作状态,将检查源置于样品盘中,测量 10 次,求其平均值。然后依次将电压从标称值 U_N 升到 $(1+10\%)U_N$ 或降低到 $(1-12\%)U_N$,分别各测 10 次计数,求出平均值。试验前后的测量值变化应符合表 2 的规定。

5.8 安全试验

电气安全试验按照 GB/T 19661.1—2005 的 5.6、5.7 和 5.8 进行介电强度、可触及电流和绝缘电阻试验。

放射性防护试验按照 GB/T 19661.2 相关规定进行。

5.9 电磁兼容性试验

按照 GB/T 17799.1—1999 规定进行试验。

5.10 运输试验

将受试仪器按设计规定完整包装后,进行表 2 规定的试验,试验前后各测量计数 10 次,求其平均值,试验前后的测量值变化应符合表 2 的规定。

6 检验规则

6.1 型式试验

6.1.1 型式试验项目和顺序按表 4 规定。

有下列情况之一时应进行型式试验:

- 新产品开发或老产品转厂生产需要定型鉴定时;
- 正式生产后,如结构、材料、工艺有较大改变,可能影响产品性能时;
- 产品长期停产后恢复生产时;
- 正常生产时,定期或积累一定生产量后;
- 验收试验结果与上次型式试验有较大差异时;
- 国家质量监督机构提出进行型式试验要求时。

型式试验的项目按表 4 的规定进行。必要时经过协商可增加其他测试项目。

表 4 检验项目分组及顺序

组别	检验项目	型式试验	常规试验	试验方法	判定规则
A 组	外观检查	●	●	制造厂规定	制造厂规定
	本底计数率试验	●	●	5.2	表 1
	效率比试验	●	●	5.3	表 1
	效率稳定性试验	●	●	5.4	表 1
	串道比试验	●	●	5.5	表 1
	安全试验	●	●	5.8	4.5
B 组	高温试验	●	●	5.6.1	表 2
	低温试验	●	●	5.6.1	表 2
	湿度试验	●	●	5.6.2	表 2
	贮存温度试验	●	○	5.6.3	表 2
	电源变化试验	●	●	5.7	表 2
	电磁兼容试验	●	○	5.9	4.6
	运输试验	●	○	5.10	表 2
注：●——必检项目；○——选检项目。					

6.1.2 型式试验的产品数量为 1 台～3 台。

6.2 常规试验

6.2.1 A 组检验

常规试验项目和顺序按表 4 规定进行。

该检验批为 100% 检验。判为合格的批，剔除批中出现的不合格品，修复成合格品，整批验收；判为不合格的批，整批退回生产单位，找出原因，全部返修、返工为合格品后，重新交验。

6.2.2 B 组检验

6.2.2.1 抽样

在 A 组检验合格的产品中，按以下抽样方式抽样：

- a) 采用一次正常检查抽样方案；
- b) 检查水平(II)为一般检查水平 II；
- c) 合格质量水平 AQL=6.5。

6.2.2.2 转移规则

产品检验的放宽或加严的转移规则按 GB/T 10257—2001 的 4.1.9.1、4.1.9.2 和 4.1.9.3 的规定实施。

6.2.2.3 B 组检验周期

批量生产的产品，生产周期时间大于 6 个月时，每批都应进行 B 组检验；连续生产的产品每年进行一次 B 组检验。

6.2.2.4 不合格品的处理

检验不合格批退回生产单位，进行 100% 返修，修复后重新抽取样本进行 B 组检验，抽样按加严检验一次抽样方案处理，如果检验结果仍不合格，则判本批检验不合格。

7 标志、包装、运输、贮存

7.1 标志

仪器外部的所有操作机构应有名称(符号)和操作标记，仪器外部适当位置应有铭牌，包括制造厂名

称、仪器名称、型号、商标、编号、计量器具生产许可标志和产品出厂日期等。

7.2 包装

为了保证在规定运输和贮存条件下不损坏该仪器的技术性能,其包装应有防振、防潮措施。

包装箱上应有“精密仪器”、“小心轻放”、“禁止倒置”、“严禁淋雨”等标记。

7.3 运输

仪器在完整包装条件下,允许以汽车、火车、轮船或飞机等任何方式运输。

对运输有特殊要求的部件应分别包装,并在说明书中说明专门的运输要求。

7.4 贮存

在规定的贮存温度范围内,无酸、碱等有害气体的腐蚀,其包装的承受贮存期至少为 6 个月,制造厂应保证在此期间内,启开包装箱,仪器能正常使用。

8 产品出厂文件

8.1 说明书

每台出厂仪器应附有使用说明书和维修说明书。它至少包括以下资料:

- a) 仪器的用途;
- b) 工作特性指标,其中包括探测器种类、灵敏面积的大小和位置、本底平均值、在某种特定条件下的探测效率平均值;
- c) 使用环境,包括温度和湿度范围;
- d) 使用说明、操作步骤、注意事项;
- e) 完整的电路工作原理方框图;
- f) 仪器质量、外形尺寸。

8.2 产品合格证书

每台出厂仪器应附有产品合格证书,至少包括以下资料:

- a) 制造厂名、型号、序号;
- b) 检验员专用标志;
- c) 如配有放射源,应附有放射源合格证。

附录 A
(规范性附录)
几何因子

在进行探测效率测试中,因放射源尺寸的不同,源与探测器间的距离不同,致使源对探测器构成的几何因子也就不同。几何因子是决定探测效率的主要因素之一。如图 A.1 所示平面源与圆平面型探测器的相对位置示意图,其几何因子可用下列级数求近似值,见式(A.1)。

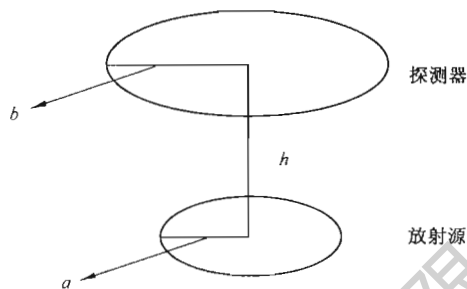


图 A.1 平面源与圆平面型探测器的相对位置示意图

$$G = 1 - \frac{1}{(1+B^2)^{1/2}} - \frac{3}{8} \frac{A^2 B^2}{(1+B^2)^{5/2}} + A^4 \left[\frac{5B^2}{16(1+B^2)^{7/2}} - \frac{35B^4}{64(1+B^2)^{9/2}} \right] - A^6 [\dots] + \dots (A.1)$$

式中:

$$A = a/h; B = b/h。$$

式(A.1)要求 $A \leq B$, 当 $A = B$ 时,其误差在 10% 左右。

北京中科核安科技有限公司

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
低本底 α 和/或 β 测量仪
GB/T 11682—2008

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 20 千字
2008 年 10 月第一版 2008 年 10 月第一次印刷

*

书号: 155066 · 1-33674 定价 16.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



GB/T 11682-2008