

T/CASME

中国中小商业企业协会团体标准

T/CASME XXXX—2023

10kV 交流输电线路用复合外套带串联固定 间隙金属氧化物避雷器

Metal oxide arrester with fixed gap in series with composite jacket for 10kV AC
transmission line

2023 - XX - XX 发布

2023 - XX - XX 实施

中国中小商业企业协会 发布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 标准额定值 1

5 运行条件 2

6 技术要求 2

7 试验方法 6

8 试验规则 21

9 标志、随行文件、包装、贮存和运输 23

前 言

本文件依据GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由恒大电器有限公司提出。

本文件由中国中小商业企业协会归口。

本文件起草单位：XXX。

本文件主要起草人：XXX。

10kV 交流输电线路用复合外套带串联固定间隙金属氧化物避雷器

1 范围

本文件规定了 10 kV 交流输电线路用复合外套带串联固定间隙金属氧化物避雷器的术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则等内容。

本文件适用于 10 kV 交流输电线路用复合外套带串联固定间隙金属氧化物避雷器（以下简称避雷器），该避雷器只用于限制线路雷电过电压，保护线路绝缘免受雷电过电压引起的闪络或击穿。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB 311.1 高压输变电设备的绝缘配合
- GB 775.3 绝缘子试验方法第 3 部分：机械试验方法
- GB/T 2900.12 电工名词术语避雷器
- GB/T 2900.19 电工术语高电压试验技术和绝缘配合
- GB 6553 评定在严酷条件下使用的电气绝缘材料耐漏电起痕性和耐电蚀损的试验方法
- GB/T 11032—2020 交流无间隙金属氧化物避雷器
- GB/T 16927.1 高电压试验技术第一部分：一般试验方法
- GB/T 16927.2 高电压试验技术第二部分：测量系统
- GB/T 32520 交流 1kV 以上架空输电和配电线路用带串联间隙金属氧化物避雷器（EGLA）
- DL/T 815-2012 交流输电线路用复合外套金属氧化物避雷器
- JB/T 9673 绝缘子产品包装

3 术语和定义

GB/T 2900.12、GB/T 2900.19、GB/T 11032、GB/T 32520、DL/T 815界定的术语和定义适用于本文件。

4 标准额定值

4.1 额定电压

避雷器的额定电压为13 kV。

注：其他额定电压值由供需双方协商，但应满足GB/T 11032中额定电压极差的规定。

4.2 额定频率

避雷器的额定频率为50 Hz。

4.3 标称放电电流

避雷器的标称放电电流为10 kA。

5 运行条件

5.1 正常运行条件

符合本标准的避雷器在下述正常运行条件下应能正常运行：

- a) 环境温度在 $-40^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ 范围内；
- b) 太阳光辐射；

注：最大太阳辐射（ $1.1\text{kW}/\text{m}^2$ ）的影响通过在型式试验中把试品预热的方法予以考虑。如果在避雷器附近有其他热源，避雷器的使用经供需双方协商。

- c) 海拔不超过 1000 m；
- d) 交流系统的频率不低于 48 Hz，不超过 62 Hz；
- e) 长期施加在避雷器端子间的工频电压应不超过避雷器的持续运行电压；
- f) 风速 $\leq 35\text{ m/s}$ ；
- g) 地震烈度Ⅶ度及以下地区；
- h) 覆冰厚度不大于 20 mm；
- i) 垂直安装。

5.2 异常运行条件

异常运行条件与GB/T 11032—2020附录A相同。在异常运行条件下，避雷器的设计、制造及使用应特殊考虑。在异常运行条件下，本标准的使用应经供需双方协商。

6 技术要求

6.1 外观、间隙距离与爬电距离

6.1.1 EGLA 外套的外观

避雷器外套的外观检查应符合7.3.1规定。

外套的表面单个缺陷面积（如缺胶、杂质、凸起等）不应超过 25 mm^2 ，深度不大于1 mm，凸起表面与合缝应清理平整，凸起高度不得超过0.8 mm，粘接缝凸起高度不应超过1.2 mm，总缺陷面积不应超过复合外套总表面0.2%。

6.1.2 间隙距离

间隙距离应为 $45\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$ 。避雷器的间隙距离检查应符合7.3.2规定。

6.1.3 爬电距离

爬电距离检查按照7.3.3要求进行。

本体部分与绝缘部分爬电距离均不小于 $U_m \times 17\text{ mm/kV} = 204\text{ mm}$ ，本体部分与绝缘部分的爬电比距均不小于 17 mm/kV （爬电距离/ U_m ）或统一爬电比距均不小于 29.4 mm/kV （爬电距离/ $U_m\sqrt{3}$ ）， $U_m = 12\text{ kV}$ 。

6.2 绝缘耐受

6.2.1 SVU 外套的绝缘耐受

SVU复合外套应能耐受在干燥条件下避雷器通过雷电冲击电流和操作冲击电流时的残压，以及预期的最大工频过电压。

外套的外绝缘耐受能力应按7.4.2进行验证，雷电冲击电压为75 kV。

注1：系数1.4包括大气条件及高达3倍标称放电电流的变化。

注2：避雷器工作环境的海拔超过1000m时需根据标准修正。

6.2.2 SVU 故障时避雷器的绝缘耐受

SVU故障时，避雷器应有下述绝缘耐受能力：

- a) 即使SVU因过载（故障）而被短路，避雷器也应耐受制造商宣称的操作冲击耐受电压；
- b) 即使SVU因过载（故障）而被短路，避雷器也应在最长持续时间下能够耐受最大相对地暂时过电压。

SVU故障时避雷器绝缘耐受能力应按7.4.3进行验证，工频电压（湿）为15.6 kV，耐受时间1 min。

6.3 残压

残压应按7.5进行试验。残压试验是为了考核SVU在雷电冲击下的残压是否符合宣称值。

测量残压的目的是为了获得各种规定的电流和波形下某种给定设计的最大残压。这些残压可从型式试验数据中得到，也可从制造商规定的和公布的例行试验用的雷电冲击电流下的最大残压中得到。

对于任何电流和波形，某种给定的避雷器设计的最大残压可从型式试验时被试的避雷器本体比例单元的残压乘以规定的比例系数，再加避雷器本体、间隙、连接导线上的电感电压降而来计算。比例系数等于公布的最大残压（例行试验时已被检验）与在同样电流和波形下比例单元所测残压之比。

在标称放电电流下避雷器的残压值分别乘以6.1.1中的系数，应低于被保护线路绝缘的最小闪络电压。

对于标称放电电流为10kV的避雷器，雷电残压值应小于等于36 kV。

6.4 放电电压

6.4.1 雷电冲击放电能力

当避雷器安装在有架空地线的线路上时，其电阻片应具有耐受几十微秒电流波下的雷电放电能力；当避雷器安装在无架空地线的线路上时，其电阻片应具有耐受几百微秒电流波下的雷电放电能力。

相关的试验已包含了多重雷击的影响。

对于标称放电电流为10 kV的避雷器，避雷器雷电冲击50%放电电压（峰值）小于等于95 kV。

6.4.2 工频电压耐受能力

对避雷器应进行7.6.2规定的工频耐受电压试验，其试验值应与线路绝缘水平相配合，以保证避雷器在雷电过电压下放电，而在工频过电压下不放电。

对于标称放电电流为10 kV的避雷器，避雷器工频耐受电压（有效值）应大于等于26 kV，耐受时间为1 min。

6.5 大电流冲击耐受能力

电阻片和整只避雷器均应能耐受2次大电流冲击的放电动作。大电流要求值100 kA/(4/10) μ s。试验应符合7.7的要求。

6.6 雷电冲击放电能力

应按照7.8要求进行试验。对于电阻片，放电电荷值应不低于0.4 C；对于整只避雷器，放电电荷值应不低于0.4 C。

6.7 续流遮断

续流遮断能力应通过7.9要求的试验进行验证。在续流遮断试验中，等值盐密应为 0.06 mg/cm^2 ，等值灰密应为 0.30 mg/cm^2 ，工频电压峰值应为 $(13 \times 1.414) \text{ kV}$ 。

6.8 机械性能

6.8.1 总则

对安装在输电杆塔上的避雷器，应考核其耐受风压、导线振动、安装过程中的异常负荷与潮气浸入等引起的拉伸、弯曲和/或振动负荷等机械特性。

拉伸和弯曲负荷的施加值应由供需双方确定。

避雷器本体应能耐受运行期间的预期振动负荷。

注：包括间隙元件和安装件的完整避雷器应能耐受至少同样的机械力。

6.8.2 弯曲负荷

避雷器应能耐受制造商宣称的弯曲负荷而不损坏，并可靠运行。当确定施加在避雷器上的机械负荷时，用户应考虑风、覆冰及电磁力对安装的影响。

装箱的避雷器应能够耐受由用户规定的运输负荷。

应按照7.10.1对避雷器进行弯曲负荷试验。

对于标称放电电流为10kV的避雷器，长期负荷（SLL）应大于等于0.2kN，短时负荷（SSL）应大于等于0.4kN。

6.8.3 振动负荷

SVU应能耐受运行期间的预期振动负荷而不损坏。应按照7.10.2规定对避雷器进行振动负荷试验。

6.9 避雷器本体的参考电压

6.9.1 总则

在参考电流下测量避雷器本体比例单元或元件的参考电压（ U_{ref} ）。测量应在环境温度 $20 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15 \text{ K}$ 下进行，并记录实际的温度。

6.9.2 避雷器本体的工频参考电压

每只避雷器本体（或避雷器本体元件）的工频参考电压应在制造商选定的工频参考电流下测量。在例行试验中，应规定选用的工频参考电流下的避雷器本体最小工频参考电压值，并应在制造商的资料中公布。试验应按照7.11.1的要求进行。

注：作为可接受的近似，可以取电压峰值瞬间的电流瞬时值作为电流阻性分量的峰值。

对于标称放电电流为10kV的避雷器，工频参考电流应为1mA，工频参考电压应大于等于 14 kV （峰值/ $\sqrt{2}$ ）。

6.9.3 避雷器本体的直流参考电压

在1mA直流参考电流下的直流参考电压值，应在20 kV~21.5 kV之间。试验应按照7.11.2进行。

6.10 避雷器本体的0.75倍直流参考电压下泄漏电流

应按照7.12要求，对SVU施加0.75倍直流参考电压进行试验。

避雷器本体的0.75倍直流参考电压下漏电流应不超过30 μ A。

6.11 避雷器本体的持续电流

应按照7.13要求进行试验。在0.75倍的工频参考电压的试验电压下，通过避雷器本体的持续电流应不超过规定值。阻性电流应小于等于180 μ A，全电流应小于等于650 μ A。

6.12 内部局部放电

试验应按照7.14的要求进行。避雷器本体的内部局部放电水平应不超过8 pC。

6.13 SVU的气候老化

6.13.1 密封性

避雷器本体应有足够密封性，能够耐受运行中出现的环境影响。不应因密封不良而影响避雷器本体的运行性能。应按7.15.2要求进行密封试验。

试验评估按GB/T 32520—2016中8.15.4相关要求进行。

6.13.2 气候老化

6.13.2.1 冷热循环

避雷器本体能够耐受运行中出现的冷热交替环境影响。

应按7.15.3.1规定进行冷热循环试验。

6.13.2.2 盐雾耐受

应按7.15.3.2规定进行盐雾试验，通过试验程序来考核避雷器本体的密封系统不被环境条件所损害。

6.13.3 抗紫外线辐射

对避雷器本体的复合外套，抗紫外线辐射应按7.15.5规定进行抗紫外线辐射试验。

6.14 避雷器冲击伏秒特性

制造商应提供避雷器的冲击伏秒特性曲线（放电时间为1 μ s~10 μ s），并应比被保护的线路标准线路绝缘[包括绝缘子（串）和空气间隙]的冲击伏秒特性曲线至少低10%。应按照7.16要求进行试验。

6.15 避雷器本体的短路电流特性

制造商应宣称避雷器本体的短路额定电流值。

应按照7.17对避雷器进行短路试验，试验中额定短路电流值不应引起避雷器本体的粉碎性爆破。试验期间如有明火，应在规定的时间内自熄灭。

对于标称放电电流为10 kV的避雷器，额定短路电流值应为600 A，1 s。

注：与避雷器本体串联的间隙不承受短路试验，其短路特性应单独验证，试验方法正在考虑中。在避雷器承受了额定短路电流后，间隙应能够保持机械完整性，且其放电电压不应减小。

6.16 线路绝缘[包括绝缘子（串）和空气间隙]耐受和 EGLA 保护水平间的配合

线路绝缘[包括绝缘子（串）和空气间隙]的闪络特性与避雷器的波前冲击放电电压、标准雷电冲击的放电电压、标称放电电流下残压之间的正确配合应予以考核。试验应按照7.18要求进行。

对雷电冲击电压的任何放电动作应发生在避雷器的外串间隙里，而不引起被保护线路绝缘[包括绝缘子（串）和空气间隙]的任何闪络。

雷电冲击放电电压 U 应低于 $U_{50, \text{绝缘子}}$ 减去 X 倍的被保护绝缘子串的标准偏差（ $U_{50, \text{绝缘子}} - X \cdot \sigma$ ），其中： $\sigma = 0.03$ ， X 是制造商和用户一致同意的参数，推荐值为 $X = 2.5$ 。

$$U < (U_{50, \text{绝缘子}} - X \cdot \sigma)$$

6.16.1 支撑件陡波冲击电压

支撑件应按照7.18.2要求，进行陡波冲击电压试验。

支撑件应能通过陡度为 $1000 \text{ kV}/\mu\text{s} \sim 1500 \text{ kV}/\mu\text{s}$ ，正、负机型各5次的陡波前冲击电压试验，不击穿、不损坏。

6.16.2 支撑件工频耐受电压试验

支撑件应按照7.18.2要求进行工频耐受电压试验。支撑件应能耐受工频电压 17.2 kV ， 1 min 。

6.17 电磁兼容

避雷器对电磁干扰不敏感，无需进行抗干扰试验。

在正常工作条件下，避雷器不应发射明显的干扰。

整只避雷器无线电干扰电压试验（RIV）应作为一项验收试验（见6.18）。

6.18 无线电干扰电压及可见电晕

在正常工作条件下，避雷器不应发射明显的干扰。整只避雷器无线电干扰电压试验（RIV）应作为一项型式试验。在最大持续相对地系统电压（ $U_m/\sqrt{3}$ ）下避雷器的最大无线电干扰水平应不超过 $2500 \mu\text{V}$ 。应按7.19进行试验。

6.19 包装、运输和保管

避雷器的包装、运输和保管应符合9的要求。

7 试验方法

7.1 测量设备及准确度

测量设备应满足GB/T 16927.2的要求，其准确度应符合有关试验条款要求。

除另有规定外，所有工频电压试验的交流电压频率在 $48 \text{ Hz} \sim 62 \text{ Hz}$ 之间，且近似于正弦波。

7.2 试验样品

试验样品具体要求见GB/T 32520-2016。除另有规定，对每个试验项目，完整试验顺序应在同样样品上完成。试验样品及数量见第8章。

试品应是新的、干净的、装配完整的并按照能模拟运行条件布置。

当试验在比例单元上或元件上进行时，应满足以下条件：

- a) 整只避雷器的额定电压与比例单元的额定电压比定义为 n 。
- b) 试品中所用电阻片的体积应不大于整只避雷器所用的全部电阻片中的最小体积除以 n 。被试比例单元的避雷器本体的参考电压等于避雷器本体的最小参考电压除以 n 。如果被试比例单元本体的参考电压大于整只避雷器的本体的最小参考电压除以 n ，系数 n 应相应减小。如果被试比例单元本体的参考电压小于整只避雷器的本体的最小参考电压除以 n ，则不允许使用被试比例单元。
- c) 避雷器比例单元的负极性 50%雷电冲击放电电压不大于制造商宣称的避雷器最小间隙距离时的负极性 50%雷电冲击放电电压除以 n ，且 U_i 应不小于 90 kV。

试品的系数 n 应记录在试验报告中。

7.3 外观、间隙距离与爬电距离检查

7.3.1 EGLA 外套的外观

检查复合绝缘外套表面的缺陷（如缺胶、杂质、凸起等），缺陷面积应符合 6.1.1 的规定。

7.3.2 间隙距离检查

避雷器的间隙尺寸及其公差范围检查方法应依据 DL/T 815—2012。

出厂时，应检查每只带间隙避雷器的串联间隙的距离尺寸，以保证带间隙避雷器放电特性。对于需要现场安装后才能确定的间隙尺寸，应明确安装要求，并确保间隙尺寸在所宣称的范围之内。

7.3.3 爬电距离检查

爬电距离检查按 GB/T 11032—2020 中 8.23 要求进行。应采用不会伸长的胶布带（或金属丝），在试品两电极间，沿绝缘件表面量得的最短距离，由多个绝缘件组成的避雷器，则为其各绝缘件最短距离的总和。

爬电距离要求见 6.1.3。

7.4 绝缘耐受试验

7.4.1 总则

这些试验考核干燥条件下 SVU 外套的雷电冲击耐受能力，以及在湿润条件下当 SVU 故障并被短路时 EGLA 承受系统最大预期操作冲击和工频过电压的耐受电压能力。

7.4.2 SVU 外套的绝缘耐受试验

该试验主要考核干燥条件下 SVU 外套的雷电冲击耐受能力。

与 GB/T 11032—2020 中 8.2.6 相同，SVU 外套应承受标准雷电冲击电压干试验：

试品：试验应在单位长度上比电压最大的 SVU 外套上进行。应拆除非线性金属氧化物电阻片或用绝缘材料件替代。

在试验电压值下，对每一极性施加 15 次连续冲击。

试验电压按照 6.2.1，等于 1.4 倍标称放电电流下避雷器本体的残压。

按照 GB 311.1 的规定，每 15 次冲击为一组，如果每组发生的外部破坏性放电不超过 2 次，则认为 SVU 通过了试验。

7.4.3 SVU 故障时避雷器的绝缘耐受试验

7.4.3.1 总则

模拟SVU故障时进行操作冲击湿耐受电压试验和工频湿耐受电压试验。试验目的是考核SVU因故障而被短路的最坏条件下能耐受所宣称的最大操作冲击和工频过电压。

7.4.3.2 操作冲击湿耐受电压试验

试验程序如下：

试品：EGLA的SVU短路故障可用一个金属线将SVU短路来模拟，同时电极状况应满足供需双方的规定。试验最小外串间隙长度由制造商规定。

试验电压和试验条件：

- 考虑到线路的实际操作冲击耐受电压水平，耐受电压值由制造商宣称或供需双方协商确定。
- 在短路 SVU 的 EGLA 上，按照 GB/T 16927.1 用升降法对每个极性测量 50% 闪络电压 ($U_{50, EGLA}$)。试验电压波形是 250/2500。

- 淋雨特性按照 GB/T 16927.1 的要求。

判据：EGLA的耐受电压按下式计算：

$$U_{10, EGLA} = U_{50, EGLA} (1 - 1.3 \times \sigma)$$

50%闪络电压为测量值，标准偏差为 σ 并假定操作冲击电压的 σ 为6% ($\sigma = 0.06$)。如果耐受值等于或高于宣称值或协商值，则EGLA通过了试验。

注：对于正态分布，正如此处所假设的10%的概率值由50%概率值减去1.3倍的标准偏差得到。

7.4.3.3 工频湿耐受电压试验

试验程序按以下：

试品：EGLA的SVU短路故障可用一个金属线将SVU短路来模拟。试验最小外串间隙长度和间隙电极的状态由制造商或供需双方规定。

试验电压和试验条件：

- 按照 GB/T 16927.1 工频湿耐受电压试验在短路 SVU 的 EGLA 上进行。
- 试验电压是 1.2 倍 EGLA 额定电压。
- 淋雨特性符合 GB/T 16927.1 的要求。

判据：如果试品耐受试验电压1 min，则EGLA通过了试验。

7.5 残压试验

7.5.1 总则

残压试验是为考核SVU在雷电冲击下的残压是否符合宣称值。

具体试验方法见GB/T 32520-2016的8.3。所有的残压试验都在同样3个SVU比例单元上进行。放电之间的时间应允许样品冷却到接近环境温度。SVU的残压值是由所测量的SVU比例单元的残压乘以一个比例系数。

注：由于“系列X”避雷器不必考虑电感电压降，因此SVU的残压和EGLA的残压可以看成一致的。

7.5.2 雷电冲击残压试验

应对3只试品的每1只试品施加3次雷电电流冲击，其幅值分别约为EGLA标称放电电流的0.5倍、1倍和2倍。按照GB/T 32520-2016的表1，避雷器电流波形为8/20。设备调整对冲击电流的偏差应限定在以下冲击电流的测量值：

对8/20电流冲击：

——视在波前时间从 $7\ \mu\text{s}\sim 9\ \mu\text{s}$;

——波尾半峰值时间从 $18\ \mu\text{s}\sim 22\ \mu\text{s}$ 。

确定的残压最大值画成残压与放电电流曲线。

注：如果整只SVU例行试验采用在标称放电电流下测量整只SVU残压的方法不能进行时，则可补充进行电流在0.01倍~0.25倍的标称放电电流范围内某一电流下的试验，以便与整只SVU进行比较。

7.6 放电电压试验

7.6.1 雷电冲击放电能力

本试验应在无绝缘子串下进行。

试验的目的是确定雷电冲击电压下EGLA的50%放电电压。试品是规定设计的具有最大间隙距离的EGLA，没有绝缘子串。

波形是1.2/50，50%放电电压（ $U_{50, EGLA}$ ）的要求值小于等于100kV。

注1：如果供需双方同意，EGLA的闪络电压与被保护绝缘子串的闪络电压之间的保护范围，应由 $U_{50, EGLA}$ 加上 X 倍标准偏差（ $U_{50, EGLA} + X \cdot \sigma$ ）不高于被保护绝缘子串的 $U_{50, insulator}$ 减去 X 倍标准偏差（ $U_{50, insulator} - X \cdot \sigma$ ）来得到。 X 由供需双方同意。标准偏差（ σ ）对1.2/50冲击是3%。

注2： X 的推荐值是2.5。

注3：试验期间的经验表明，紧邻的绝缘子串会影响EGLA的放电电压。

7.6.2 工频电压耐受试验

试验方法应符合GB/T 16927.1的规定。工频耐受电压要求值应大于等于26 kV，工频耐受试验间隙距离应为制造方宣称的最小值。

7.7 大电流冲击耐受试验

7.7.1 试品的选择

试验将在SVU的3只比例单元上进行。比例单元应为制造商宣称的标称放电电流下残压最高者。为符合这些规定，应满足以下要求：

- 整只SVU与比例单元在标称放电电流下的残压之比定义为 n ，用于试品电阻片的体积应不大于所有整只SVU电阻片的最小体积除以 n 。
- SVU比例单元的参考电压 U_{ref} 应等于EGLA的SVU的最小参考电压除以 n 。如果SVU比例单元的参考电压大于整只EGLA的SVU的最小参考电压，因数 n 将相应地减少，如果SVU比例单元的参考电压小于整只EGLA的SVU的最小参考电压除以 n ，这种比例单元将不允许使用。

注：建议比例单元的额定电压不小于6 kV。

7.7.2 试验程序

应对3个比例单元施加按照6.5规定的峰值（偏差 $\left(\begin{smallmatrix} +10\% \\ 0\% \end{smallmatrix}\right)$ ）和波形的2次或3次同样极性的大电流冲击。施加冲击的间隔时间应使试品冷却到环境温度。

设备调整的偏差应限定在以下电流冲击的测量值：

对4/10电流冲击：

——视在波前时间 $3.5\ \mu\text{s}\sim 4.5\ \mu\text{s}$;

——波尾半峰值时间 $9\ \mu\text{s}\sim 11\ \mu\text{s}$ 。

7.7.3 试验判定

- a) 试验前后测量的标称放电电流下残压变化在 $(-2\% \sim +5\%)$ 内。
- b) 试验后试品外观检查试品上应无击穿、闪络、开裂或其他明显损害的痕迹。如果金属氧化物电阻片不能从试品中取出进行外观检查,应进行下面附加的试验以确保试验中没有损害发生。在残压试验 b) 后,对试品施加 2 次标称放电电流冲击。第一次冲击应在试品有足够时间冷却到环境温度后施加。第二次冲击在第一次冲击后 50s~60s 施加。2 次冲击期间,电压和电流的示波图都不显示任何击穿,试验前最初测量与试验后 2 次冲击最后之间的残压差异应不招过 $(-9\% \sim +50\%)$ 的范围。

7.8 雷电冲击放电能力试验

7.8.1 试品选择

试验在3只试品上进行。这些试品可以是整只SVU、SVU比例单元或金属氧化物电阻片,除了为评估本试验的目的而必要的试验之外没有进行过任何预先的试验。

雷电冲击放电能力试验选择的试品应为制造商宣称的标称放电电流下残压最高者。此外,对多柱避雷器,应考虑不均匀电流分布的最大值。为符合这些规定,应满足以下要求:

- a) 整只 SVU 在标称放电电流下残压与比例单元在标称放电电流下残压之比定义为 n 。用于试品电阻片的体积应不大于所有整只 SVU 电阻片的最小体积除以 n 。
- b) SVU 比例单元的参考电压 U_{ref} 应等于 EGLA 的 SVU 的最小参考电压除以 n 。如果 SVU 比例单元的参考电压大于整只 EGLA 的 SVU 的最小参考电压,因数 n 将相应地减少,如果 SVU 比例单元的参考电压小于整只 EGLA 的 SVU 的最小参考电压除以 n ,这种比例单元将不允许使用。

7.8.2 试验程序

试验开始前,为评估的目的,应测量每只试品的标称放电电流残压和参考电压。

雷电冲击放电能力试验由18次放电冲击组成,分成6组,每组3次。2次冲击间隔时间为50 s~60 s,2组之间的间隔时间应使试品冷却到接近初始环境温度。

进行了18次放电冲击且在试品冷却到接近环境温度后,重复进行残压试验和参考电压试验并与试验前获得的值比较,其值变化不超过 $(-2\% \sim +5\%)$ 。

试验后,检查试品外观,应无击穿、闪络、开裂或其他明显损害的痕迹。

若电阻片不能从试品中取出进行外观检查,在试品冷却到环境温度后应进行下面附加的试验。如果试品耐受了第19次放电冲击而不损坏(通过示波图记录检查),则试品通过了试验。

7.8.3 雷电冲击放电能力试验参数

制造商选择的电流峰值获得部分放电能量和电荷电流冲击波形应接近正弦。冲击电流的瞬时值大于峰值5%的时间周期应为 $200 \mu s \sim 230 \mu s$ 。任何反极性电流波的峰值应小于电流峰值的5%。每个试品上每次冲击电流峰值应在所选峰值的100%~110%之间。

7.8.4 雷电冲击放电能力试验的测量

每次冲击电荷和峰值电流以及冲击电流的瞬时值大于峰值5%的时间周期都应在报告中。典型的施加电压、电流波形的示波图应标在同样时间刻度上。

7.8.5 额定雷电冲击放电能力

平均的峰值电流、电荷应从18次放电冲击中计算。

避雷器额定雷电冲击放电能力由下列步骤确认：

- a) 3 只试品中平均峰值电流的最小值；
- b) 额定电荷值应为 0.4 C，该值小于或等于 3 只试品中平均电荷值的最小值。

7.9 续流遮断试验

7.9.1 总则

试验是用于验证雷电冲击下串联间隙放电后 EGLA 的续流遮断动作。试品是一个完整 EGLA。

试验也用于验证由于存在湿的污秽层，在污秽条件下电流流过 SVU 外套表面时 EGLA 的性能。

试验污秽等级为 e 级。依据 GB/T 32520—2016 中 8.8.1 要求，续流遮断试验按照 GB/T 32520—2016 中 8.8.3 “试验方法 B” 进行。

7.9.2 试验过程

7.9.2.1 试验回路要求

工频电压源阻抗在续流流过期间，在 EGLA 端测量的工频电压峰值应不低于试品额定电压的峰值，且在续流遮断后峰值电压不超过额定电压峰值的 10%。试验回路的例子见 GB/T 32520—2016 中附录 C。

7.9.2.2 试验程序和顺序

EGLA 试品按以下准备，试品及试验参数见 6.7：

- a) 试品为 EGLA 的比例单元或整只 EGLA。
- b) 非线性金属氧化物电阻部分应是一个完整的 SVU；比例系数 n （整只 EGLA 与 EGLA 试品的额定电压之比）应不高于 5。EGLA 比例单元的 50% 雷电冲击放电电压等于制造商宣称的 EGLA 最小间隙距离时的 50% 雷电冲击放电电压除以 n ，且 U_r 应不小于 90 kV。
- c) 用作试品的电阻片体积应不大于整只 SVU 所有电阻片最小体积除以 n 。
- d) 试品比例单元 SVU 的参考电压 U 应等于 EGLA 的 SVU 的最小参考电压除以 n 。如果试验比例单元 SVU 的参考电压大于整只 EGLA 的 SVU 的最小参考电压除以 n ，因数 n 将相应地减少，如果试验比例单元 SVU 的参考电压小于整只 EGLA 的 SVU 的最小参考电压除以 n ，这种比例单元将不允许使用。
- e) 外串联间隙应与 EGLA 用同样的金具连接。间隙距离不大于制造商规定的最小间隙距离，间隙电极的尺寸和形状不需按比例缩放。

污秽浆液按 GB/T 4585—2004 或其他等效方法准备，污秽浆液电导率由规定的 SDD 值确定。

试验如下进行：

SVU 外套应是清洁、干燥并在环境温度下。可以用洗涤剂清洗以去除油污，但洗涤剂应用水冲洗干净。

SVU 表面憎水性应完全清除以模拟在规定的污秽条件下最坏情况时预期表面漏电流。

未通电时，污秽应加到 SVU 全部绝缘表面，包括伞下。污层表现为一层连续的膜。污秽涂层可以用喷雾、浸渍或浇筑的方法施加。

注 1：建议用下面的方法暂时去除试验中复合外套（特别是硅橡胶）表面，不损坏表面或在污秽中增加额外化学品：

- a) 准备浆液，1 L 水中包含 1 kg 高岭土或 1 kg 砥石粉；
- b) 尽可能均匀在外套表面喷浆液；
- c) 在自然环境温度下干燥污秽表面；
- d) 用如自来水大体上洗掉沉淀的砥石粉或高岭土。这个过程过后表面会留有一定数量的砥石粉或高岭土，这些物质会暂时阻止憎水性复原。

注 2：试验前，在同样设计的复合外套表面检查按以上程序制成的盐密。

注 3：一旦按照注 1 去除了憎水性，试验需要在 1 天内完成，以避免憎水性的恢复。

染污后，在雷电冲击点火之前给试品施加足够时间的额定电压，在 3 min~3.5 min 内施加雷电冲击以使试品放电。

雷电冲击可以与实际交流电压半波同极性或反极性，并在工频半波峰值前 30°~0° 施加。为了证明工频源能够提供并保持规定的续流，正式试验前，预调试验应在间隙足够小时进行。然后，间隙长度应调整到最小规定值。交流电压半波正负极性的放电各施加 5 次。如果续流没有建立，施加更多的放电冲击直到正负极性续流各建立 5 次。

每次放电冲击后应更新污层。

伴随着每次放电记录工频电压和续流的永久示波图。示波图应显示试品电压和电流的全过程，即从冲击施加前的第一个完整循环到续流最终遮断后的 10 个完整循环。最后续流遮断应发生在施加冲击的半波内。在后续任意半波中试品不应有进一步的放电。

注：对这个试验，放电动作间的中断时间不需要规定。

7.9.3 试验判定

试验合格，如果：

- a) SVU 表面无闪络发生；
- b) 10 次放电动作续流应在工频电压第一半波内遮断，且在随后半波没有进一步的放电。

7.10 机械性能试验

7.10.1 弯曲负荷试验

7.10.1.1 总则

本试验验证 SVU 耐受制造商宣称的机械负荷值（SLL 和 SSL）的能力。试验在 3 个整只避雷器上进行。具体试验程序见 GB/T 32520—2016 的 8.9。

试验在具有单元最高额定电压的 SVU 单元上进行。对单节 SVU 设计，试验在设计最高额定电压的最长元件上进行。当 SVU 含有多于一个元件，或当 SVU 的两端具有不同的规定的弯矩值时，应该用按照 GB/T 32520—2016 中 B.1 节确定的负荷值来进行试验以评价每一个不同的弯矩值。然而，若最长元件长度大于 800 mm，可以使用一个较短的元件，并按以下要求提供：

——长度至少大于：

- 800 mm；
- 与端部附件交界处外套（不包含伞裙）外径的 3 倍；

——单元是一个设计通常使用的单元种类，不是为试验特别制造的；

——单元具有设计单元的最高额定电压。

试验分 2 步，应按以下在 3 个试品上依次进行：

- 2 个样品上进行试验负荷等于规定短时负荷（SSL）的静态弯矩试验，如 B.2 的 100% 值，以及第 3 个样品按 8.9.1.2.3.1 进行的机械预处理试验；
- 按 8.9.1.2.3.2 对所有 3 个试品进行水煮试验。

规定负荷的偏差在 $\left(\begin{smallmatrix} +5\% \\ -50\% \end{smallmatrix}\right)$ 。

注：如果超过 5%，应经制造商同意。

7.10.1.2 样品准备

试品需要包含内部元件。

试验前，每只试品应进行如下试验：

——按以下顺序的电气试验：

- 0.7 倍 U_{ref} 下功耗，环境温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ K}$ ；
- 按 7.14 进行内部局部放电试验；
- 在 0.01 倍~1 倍标称放电电流下的残压试验，电流波形是 $T1/T2 = (4 \sim 10) / (10 \sim 25)$ μs ；一对具有封闭气腔和独立密封系统的 SVU，按 7.15.2 进行密封泄漏检测。

如果按 7.14 进行的内部局部放电试验和按 7.15.2 进行密封泄漏检测试验在例行试验中完成，在这里不必重复进行。

试品的一端牢固地安装在试验设备刚性安装台面上，负荷施加到试品的另一端（自由端），在固定端产生所要求的弯矩。负载的方向应该通过 SVU 的纵轴并且垂直于它。如果 SVU 对于弯曲强度不是轴对称的，制造商应提供非对称强度的信息，负荷应以一个角度施加以使 SVU 最薄弱部分承受最大弯矩。

7.10.1.3 试验程序

试验在 3 个试品上进行。试验分 2 步。

第 1.1 步：

2 个试品进行弯曲试验。在 30 s~90 s 之内弯曲负荷慢慢增加到 SSL。负荷达到后，保持 60 s~90 s。期间测量偏移量。负荷再慢慢去除。

试验期间最大偏移量和任何残余偏移量应记录。残余偏移量应在负荷去除后的 1 min~10 min 内测量。

第 1.2 步：

第 3 只样品按 7.10.1.3.1 进行机械/热预处理。

第 2 步：

按 7.10.1.3.2 对所有 3 个样品进行水煮试验。

7.10.1.3.1 7.10.1.3.1 机械/热预处理

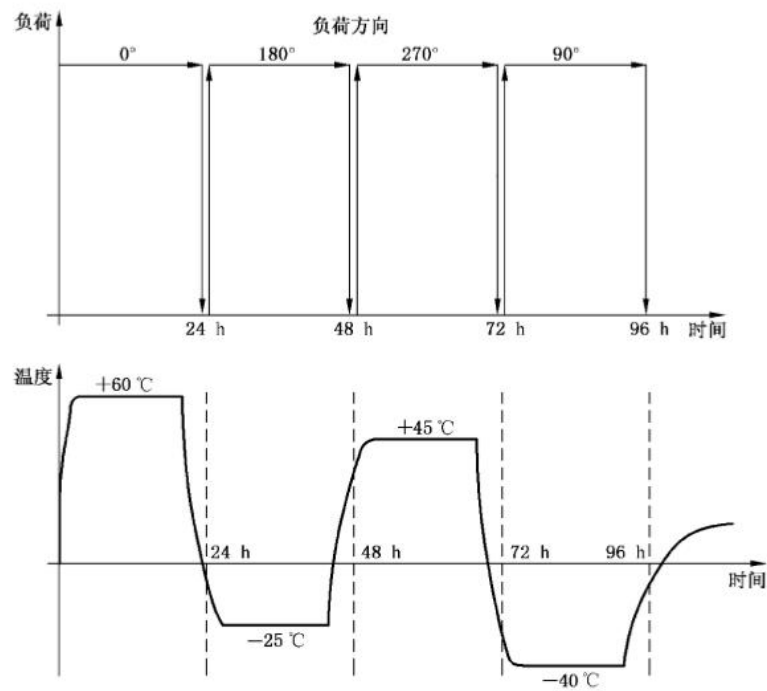
本预处理为 7.10.1.3 试验程序构成部分，并在 7.10.1.3 确定的 1 个试品上进行。

a) 端部扭转预处理

制造商规定的 SVU 端部扭矩施加到试品上并保持 30 s。

b) 热-机械预处理

这个试验仅对宣称弯曲强度的 SVU 进行。所示试品应承受 4 个方向的规定的长期负荷（SLL）并进行如图 1 和图 2 所示的热循环。



注：在具体应用中，如果其他负荷占优势，应由相关负荷来替代。整个试验时间和温度循环应保持不变。

图 1 热机试验

如图 1 所示，温度变化循环包括两个 48 h 的冷热循环。冷热阶段的温度分别至少保持 16 h，试验应在空气中进行。

施加的静态机械负荷等于制造商规定的 SLL，其方向在温度从热变冷或从冷变热时每隔 24h 变化一次，如图 2 所示。

试验可能会因维护而中断，但中断时间不超过 4 h，中断结束后应立即恢复试验，循环可认为有效。

测量到的相对于初始无负载情况下的任何残余偏移量都应记录下来。残余偏移量应在负荷去除后的 1 min~10 min 内测量。

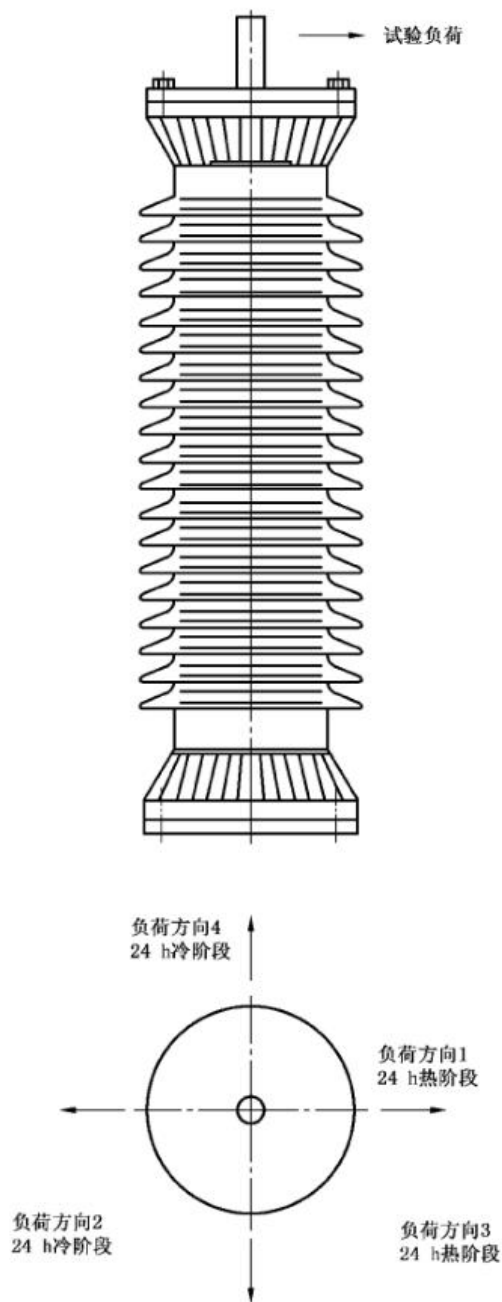


图 2 热机试验和弯曲负荷方向试验布置示例

c) 热预处理

这个试验仅对宣称无弯曲强度的SVU进行。

试品没有任何负荷的情况下按图1进行热变化循环处理。

热变化循环处理包括两个48 h的按图1冷热循环。冷热阶段的温度分别至少保持16 h，试验应在空气中进行。

7.10.1.3.2 7.10.1.3.2 水煮试验

将SVU浸没到盛满沸腾的去离子水的容器中42 h，水中NaCl的含量为1 kg/m3。

注 1：上述水的特性为试验开始时测量值。

注 2：如果供方声称其密封材料无法耐受沸水 42 h，经供需双方同意，水温（沸水）也可降到 80 ℃（最少持续 52h）。
经供需双方同意后，52 h 这个值也可扩大到 168 h（一周）。

沸腾结束后，SVU应保持在容器中直到水冷却到约50 ℃，并保持这个温度，直到按照如下顺序进行验证试验。SVU从水中取出并冷却到环境温度不超过3个试品的热时间常数的时间。仅当需要延迟验证试验时，才有必要让水温保持在50 ℃直到如图3所示的浸水试验结束。评估试验在7. 10. 1. 4规定的时间内完成。从水中取出试品后，可以用自来水清洗。

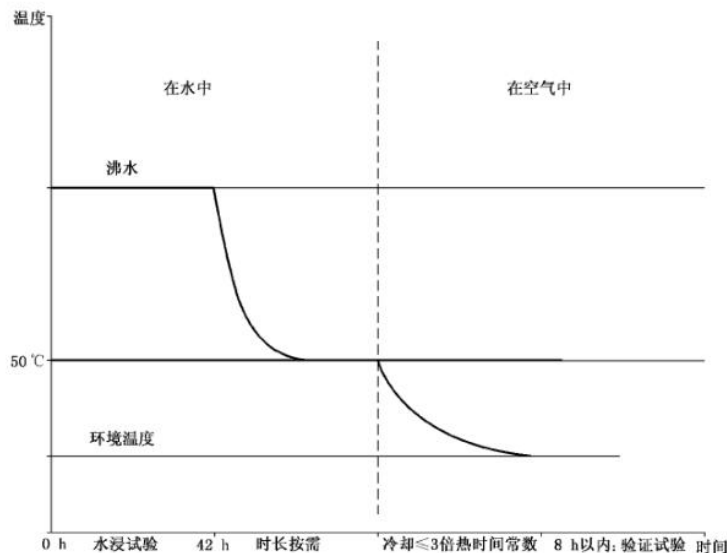


图 3 浸水试验的试验顺序

7. 10. 1. 4 实验判定

按7. 10. 1. 2对每只试品重复进行试验。

如果以下被验证，则SVU通过了试验：

第1步后：

- 无可见的机械损伤；
- 对于第 1. 1 步，力-偏移量曲线的斜率直到 SSL 值都保持正值，除了不超过 SSL 的 5%的下降。

数字测量设备采样率至少是 10s^{-1} ，截止频率不小于 5 Hz。

第1步最大偏移量和任何永久偏移量应予报告。

第2步后：

按图3确定的冷却后8h：

- 在 0.7 倍 U_{ref} 下和环境温度偏离不超过 3 K，功耗增加不大于 20 mW/kV（0.7 倍 U_{ref} ）或 20%；
- 在 0.7 倍 U_{ref} 下测量内部局部放电不超过 10 pC。

以上功耗和内部局部放电后的任何时间：

- 对具有封闭气腔和独立密封系统的 SVU，样品按 8. 15 通过了密封泄漏检测。
- 与初始测量同样的电流幅值和波形测得的残压变化不超过 5%。
- 2 次连续标称放电电流下的冲击电压变化不超过 2%，且电压和电流示波图未显示试品任何部分或全部的击穿。电流波形范围在 $T_1/T_2 = (4 \sim 10) / (10 \sim 25) \mu\text{s}$ ；且冲击间隔 50 s~60 s。
- 2 次残压试验前后参考电压变化不超过 2%。

注：假如在过长SVU本体中电阻片可拆卸，残压试验可在单个电阻片或者电阻片柱上进行。如果电阻片不能被拆卸，

可采用在SVU绝缘体上钻一个洞与金属垫块上的电阻片柱连接的有效方法，用这种方法可以对较短SVU比例单元进行试验。

7.10.2 振动负荷试验

7.10.2.1 总则

试验验证SVU耐受制造商规定的振动特性。试验在1只整只SVU上进行。试验验证整只SVU以及与SVU相连的外串间隙电极、安装件能够耐受运行中预期的振动特性。

注：振动试验也应在放电间隙上进行。机械应力与SVU所要求的应力应可比较，试品安装条件应由供需双方同意。

7.10.2.2 试验程序和试验条件

- a) 安装条件：按最严格的方式安装；
- b) 负荷：最大规定重量的负荷或实际电极；
- c) SVU 自由端的加速度：1g；
- d) 摆动数： 1×10^6 （1 百万）；
- e) 频率：SVU 的共振频率；
- f) 摆动方向：相对试品轴线最严格方向。

注：供需双方同意，可以规定其他不同于1 g的加速度值。

7.10.2.3 试验判定

- a) 试验前后参考电压变化不超过 5%；
- b) 按照 7.14 成功通过了局部放电试验。
- c) 试验前后在 0.01 倍~1 倍标称放电电流和电流波形范围在 $T_1/T_2 = (4 \sim 10) / (10 \sim 25) \mu s$ 测量的残压变化在 $-2\% \sim +5\%$ 。
- d) 试验后试品外观检查试品上应无击穿、闪络、开裂或其他明显损害的痕迹。如果金属氧化物电阻片不能从试品中取出进行外观检查，应进行下面附加的试验以确保试验中没有损害发生。在残压试验 c) 后，对试品施加 2 次标称放电电流冲击。第一次冲击应在试品有足够时间冷却到环境温度后施加。第二次冲击在第一次冲击后 50 s~60 s 施加。2 次冲击期间，电压和电流的示波图都不显示任何击穿，试验前最初测量与试验后 2 次冲击最后一次的残压差异应不超过 $-2\% \sim +5\%$ 的范围。

7.11 参考电压试验

7.11.1 工频参考电压试验

对SVU（或SVU元件）施加工频电压，当通过试品的阻性电流等于工频参考电流时，测出试品上的工频电压峰值。参考电压等于该工频电压峰值除以 $\sqrt{2}$ ，如参考电压与极性有关时，取低值。试验环境温度为 $20^\circ\text{C} \pm 15\text{K}$ 。

注：可近似认为，试验电压峰值处对应的全电流瞬时值为阻性电流分量的峰值。

7.11.2 直流参考电压试验

对SVU（或SVU元件）施加一直流电压，当通过试品的电流等于直流参考电流时，测出试品上的直流电压值。如参考电压与极性有关时，取低值。

直流电压脉动部分应不超过 $\pm 1.5\%$ 。

试验环境温度为 $20^\circ\text{C} \pm 15\text{K}$ 。

7.12 0.75 倍直流参考电压下泄漏电流试验

对SVU施加0.75倍直流参考电压，测量通过SVU的漏电流，如漏电流与极性有关，取高值。

7.13 持续电流试验

试验应在整只避雷器上进行，对试品施加的持续运行电压为0.75倍的工频参考电压，测量通过试品的全电流和阻性电流。

如果在SVU的元件上进行时，所施加的持续运行电压按整只避雷器的额定电压与元件额定电压的比例计算。

试验环境温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ K}$ 。工频参考电压为 $(13 \times 0.75)\text{ kV}$ 。

注：例行试验可在整只SVU或SVU元件上进行。

7.14 内部局部放电试验

试验时，施加在试品上的工频电压应升至额定电压，保持 $2\text{ s} \sim 10\text{ s}$ ，然后降到试品的1.05倍持续运行电压，在该电压下，按照GB/T 7354—2003规定测量局部放电，测得的内部局部放电值不应超过 10 pC ，试品可不带外串联间隙。

试验电压 U_1 为 13 kV ， U_2 为 $(13 \times 0.75 \times 1.05)\text{ kV}$ 。

例行试验时，内部局部放电试验在整只SVU上进行，也可采用其他灵敏的方法检验每只SVU的局部放电。

7.15 气候老化试验

7.15.1 样品准备

环境试验用加速试验程序验证SVU密封系统和外露金属件在环境条件下不会损坏。试验在1只整只避雷器与3个样片上进行。在实验前，试品按制造商采取的任何灵敏的方法进行密封泄漏检测。

7.15.2 密封试验

为了验证整只避雷器的水密性，按JB/T 7618，采用沸水煮法进行试验。将避雷器浸入沸腾的去离子水溶液中煮 42 h ，水中NaCl的含量为 1 kg/m^3 。试验评估按GB/T 32520—2016中8.15.4相关要求进行。

7.15.3 气候老化试验程序

以下规定的试验应在同1个试品上依次进行。

7.15.3.1 冷热循环试验

按照GB/T 2423.22—2012进行试验。高温至少为 $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，但不超过 $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。低温至少为高温周期内实际施加的温度以下 85 K ，但是低温的最低温度不能低于 $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

- 温度变化梯度： 1 K/min ；
- 每个温度等级持续时间： 3 h ；
- 循环次数： 10 次 。

7.15.3.2 盐雾试验

该试验按照GB/T 2423.17—2008进行：

- 盐溶液浓度： $5\% \pm 1\%$ （重量）；
- 试验周期： 96 h 。

7.15.4 试验评价

如果试品通过了7.15.2的密封泄漏检测，则SVU通过了试验。

7.15.5 抗紫外线辐射试验

7.15.5.1 总则

对于复合外套SVU，其抗紫外线辐射应通过按照7.15.5.2和7.15.5.3的试验来验证。如果按照GB/T 11032—2020中10.8.24的5000h—试验（系列B）的气候老化试验报告适用本设计，经供需双方同意，可替代UV试验。

7.15.5.2 程序

本试验选择3个伞和外套材料（包括标记）的样片，绝缘外套材料用下列方法之一进行1000 h UV光照试验。外套上的标记（如果有）应直接暴露在UV光下。

- 氙弧光方法：GB/T 16422.1—2006 和 GB/T 16422.2—2014，采用无黑暗期的方法 A，标准波浪循环，黑标准/黑通道温度 65℃，光照 550 W/m²。
- 萤光 UV 光方法：GB/T 16422.1—2006 和 GB/T 16422.2—2014，用 1 型萤光 UV 灯，曝光方法 1 或 2。

注：UV试验的修订由Cigre WG D1.14正在考虑中。

7.15.5.3 判断依据

试验后，伞和外套材料上的标记应易读，不允许表面劣化如裂纹和凸起。如对劣化有疑义，在3个样片的每个上进行2次表面粗糙度测量。ISO 4287定义的粗糙度R_z应沿采样长度至少2.5 mm测量，R_z不超过0.1 mm。

注：ISO 3724详细给出了表面粗糙度测试仪器。

7.16 冲击伏秒特性试验

试验方法应符合GB/T 16927.1的规定。

7.17 短路电流试验

7.17.1 总则

制造商宣称的SVU额定短路电流值，按照本条款进行短路试验。具体试验方法见GB/T 32520—2016的8.7。

试验应表明SVU的故障不会导致SVU外套粉碎性爆破，并且使发生的明火（如果有）在规定的时间内自动熄灭。每种SVU需进行4个短路电流值的短路试验。如果SVU装配了其他装置以代替常规压力释放装置，试验时应包括该装置。

短路试验电流的频率应在48 Hz～62 Hz之间。

7.17.2 试品准备

应用标准SVU单元进行试验。SVU单元用工频过电压进行电气的预故障。过电压应施加在完整的SVU装配单元上。在预故障击穿和实际短路电流试验之间单元不能有任何物理改变。制造商提供的过电压应超过参考电压。该电压应使SVU在（5±3）min内发生故障。当电阻片两端的电压降到初始施加电压的10%之下时，可视为电阻片故障。预故障试验回路的短路电流不应超过30 A。

7.17.3 试品安装

被试SVU单元按照图1的安装布置可直接安装在底座上或按照制造厂的安装推荐悬挂安装。试验安装的选择由制造厂决定。对于悬式安装的SVU的底部应与圆形围栏的上沿等高。

对于座式安装的SVU，安装的布置见图4。从绝缘平台和导线到地的距离应按图1所示。

对于非座式安装的SVU（例如，杆塔安装的SVU），试品应按典型的真实运行安装方式，使用安装支架及金属构件安装在非金属的杆塔上。以试验为目的，安装支架应认为是SVU基座的一部分。如果上述情况与制造商的使用说明书不同时，SVU应当按照制造商推荐的安装方法。基座和电流传感器之间的全部导线应当有至少1000 V的绝缘强度。试品的顶端应装配同SVU设计一样的基座装置或顶盖。

对于座式安装SVU，试品的底部部件应安装在同环形或方形围栏等高的试验台上。试验台应为绝缘材料或者当试验台的表面尺寸小于避雷器底部部件时可采用导电材料。试验台和围栏应安装在绝缘平台的顶部，如图1所示。对于非座式安装SVU，SVU的底部采用同样的要求。顶部盖板和除SVU基座以外的任何其他金属物体之间的电弧距离应该至少为SVU试品高度的1.6倍，但不低于0.9 m。围栏应由非金属材料制成，并且相对于试品轴对称分布。围栏高度应为 (40 ± 10) cm，直径（如果是正方形围栏，为边长）应按式(1)选取，但最小直径为1.8 m。在试验期间，围栏不允许打开或移动。

$$D = 1.2 \times (2 \times H + D_{\text{svu}})$$

式中：

H ——试验SVU的高度，单位为米（m）；

D_{svu} ——试验SVU的直径，单位为米（m）。

复合外套SVU应根据图4安装。除非供需双方达成其他的协议，试品应垂直安装。

注1：在短路试验期间，SVU 的安装，特别是导体的路径必须代表运行中最不利的条件。

如图4所示，对于所有复合外套SVU，接地导线的方向应和高压进线的方向相反。这样在短路电流的整个持续时间期间，电弧将靠近SVU。这样就创造了关于着火危险的最不利的条件。

注2：如果由于试验室空间的限制，不能设置规定尺寸的围栏时，制造商可选择较小的围栏尺寸。

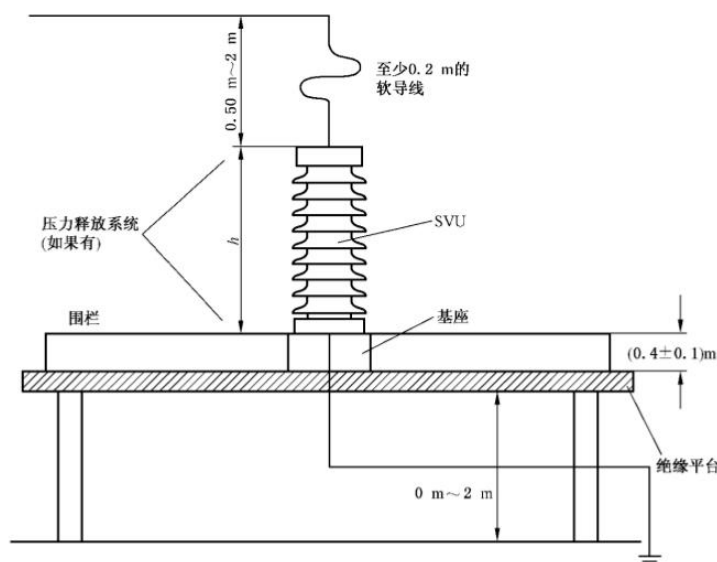


图4 短路试验回路布置（所有引线和压力释放系统在同一平面上）

7.17.4 短路试验

按GB/T 32520-2016中8.7相关规定进行试验。

7.17.5 试验结果评估

如果满足下列3种判据可视为试验通过：

- a) 无强烈的粉碎性爆炸。
- b) 除复合材料的柔软部件，试品的任何部件都应不允许在围栏外找到。
- c) SVU 应在试验后 2min 内自动熄灭明火。任何喷出的部件（围栏内或外）必须在 2min 内自动熄灭明火。

注 1：满足判据 b) 和判据 c) 的试品结构失效是允许的。

注 2：如果 SVU 在试验结束时没有明显的压力释放应小心，因为试验后外套可能还有压力。该注释适用于所有的电流水平，但特别适用于短路试验的低电流试验。

注 3：对于喷出部件自熄灭明火的更短持续时间可由供需双方协商同意。

注 4：对于 SVU 故障后仍然要求机械完整及具有一定强度的情况，试验程序和评估可由供需双方共同协商确定（例如：可能要求试验后的避雷器应能利用顶部将它举起并移动）。

7.18 绝缘子耐受和 EGLA 保护水平间的配合试验

7.18.1 总则

对实际系统被保护最短绝缘距离典型绝缘子串的 EGLA，试验验证陡波和标准雷电冲击放电电压的正确性。

试品是整只 EGLA 带并联连接的绝缘子（串）。

7.18.2 支撑件陡波冲击电压试验

依据GB/T 32520—2016的10.5.2与DL/T 815—2012中7.23要求，支撑件应进行陡波冲击放电试验。支撑件应耐受1000 kV/ μ s~1500 kV/ μ s，正负极性各5次。

7.18.3 支撑件工频耐受电压试验

支撑件应进行工频耐受电压试验。

试验电压值由制造商根据产品串联间隙耐受电压试验值来确定。

本体短路，淋雨条件下施加工频电压直至放电，放电路径应为两个电极之间，而不能沿固定间隙支撑部分的表面放电。

依据DL/T 815-2012的7.22，试验电压值由制造方提供。试验电压值必须保证至少高于串联间隙（不带避雷器本体）耐受电压试验值的10%，以保证支撑件在运行中不发生击穿或闪络。

7.19 无线电干扰电压试验及可见电晕试验

试验方法应符合GB/T 2317.2的规定。

带被保护绝缘子串的 EGLA 应按GB/T 11032-2020以及GB/T 2317.2进行试验。试验电压是运行中最大持续相对地系统电压 ($U_s/\sqrt{3}$)。

带绝缘子串的 EGLA 应假定模拟实际系统安装来装配。试验在具有最高额定电压最长的 EGLA 上进行。试验电压施加到 EGLA 两端。

试验电压下带绝缘子串的 EGLA 的最大无线电干扰水平应不超过2500 μ V。

8 试验规则

8.1 试验分类

试验分为例行试验、型式试验、验收试验、抽样试验和定期试验。

8.2 型式试验

表1确认的型式试验应在完整的EGLA或SVU元件上进行。

新产品投产前应进行型式试验。当设计或工艺有所变更对产品性能有影响时，应对有关项目进行试验。

表 1 型式试验

序号	试验项目		技术要求	试验方法	试品及数量
1	复合外套外观检查		6.1.1	7.3.1	整只避雷器，3只
2	绝缘耐受试验	SVU外套的绝缘耐受	6.2.1	7.4.2	避雷器外套，1只
		SVU故障时的EGLA耐受	6.2.2	7.4.3	整只避雷器，1只
3	残压试验		6.3	7.5	避雷器或比例单元，3只
4	放电电压试验		6.4	7.6	整只避雷器，1只
5	大电流冲击耐受试验		6.5	7.7	电阻片和整只避雷器，各3只
6	雷电冲击放电能力试验		6.6	7.8	电阻片和整只避雷器，各3只
7	续流遮断试验		6.7	7.9	整只避雷器，1只
8	机械性能	弯曲负荷试验	6.8.2	7.10.1	整只避雷器，3只
		振动负荷试验	6.8.3	7.10.2	整只避雷器，3只
9	参考电压试验		6.9	7.11	整只避雷器，3只
10	0.75倍直流参考电压下泄漏电流试验		6.10	7.12	整只避雷器，3只
11	持续电流试验		6.11	7.13	整只避雷器，3只
12	SVU的气候老化试验	密封试验	6.13.1	7.15.2	整只避雷器，3只
		气候老化试验	6.13.2	7.15.3	整只避雷器1只，样片3只
		抗紫外线辐射试验	6.13.3	7.15.5	整只避雷器1只，样片3只
13	冲击伏秒特性试验		6.14	7.16	整只避雷器，3只
14	短路试验		6.15	7.17	避雷器本体，1只
15	无线电干扰电压及可见电晕试验		6.18	7.19	整只避雷器，3只

8.3 例行试验

验收试验具体规定见GB/T 32520-2016第9章。

出厂的每只EGLA（或电阻片）应按表2的规定进行检查。若EGLA（或电阻片）有不满足表3验收试验的任何1项要求时，则此EGLA被认为不合格。

表 2 例行试验

序号	试验项目	试验依据	试验方法	试品及数量
1	复合外套外观检查	6.1.1	7.3.1	整只避雷器, 3 只
2	残压试验	6.3	7.5	避雷器或比例单元, 3 只
3	参考电压试验	6.9	7.11	整只避雷器, 3 只
4	0.75 倍直流参考电压下泄漏电流试验	6.10	7.12	整只避雷器, 3 只
5	局部放电试验	6.12	7.14	整只避雷器, 1 只
6	密封试验	6.13.1	7.15.2	整只避雷器, 3 只

8.4 验收试验

验收试验具体规定见GB/T 32520-2016第10章。

采购商在采购协议中规定验收试验时, 试验应在下面的试验中选择。表3给出了试品准备的数量和方法, 这里“A”代表所供应的EGLA数量的最小立方根数量。

表 3 验收试验

试验项目	试品及数量	EGLA 有 (w) 或无 (wo) 绝缘子 (串)	EGLA 比例单元有 (w) 或无 (wo) 绝缘子 (串)	SVU	试验依据	试验方法
参考电压试验	整只避雷器, 3 只				6.9	7.11
局部放电试验	整只避雷器, 1 只				6.12	7.14
绝缘子耐受和 EGLA 保护水平间的配合 ^a	整只避雷器, 3 只	要求 (W)			6.16	7.18
RIV 试验	整只避雷器, 3 只	要求 (W)			6.18	7.19
^a 如果未按照 7.6 的要求进行型式试验, 则本试验是强制性的。						

8.5 抽样试验

抽样试验具体见GB/T 32520-2016中11.1要求。

抽样试验主要对电阻片和EGLA进行, 应按批次抽取试品, 试验项目、试品数量见表5。抽样试验用试品不应再供给用户。

表 4 抽样试验

序号	试验项目	试验依据	试验方法	试品及数量	备注
1	放电电压试验	6.4	7.6	整只避雷器, 1 只	按批抽取
2	大电流冲击耐受试验	6.5	7.7	电阻片和整只避雷器, 各 3 只	半年抽取 1 次
3	雷电冲击放电能力试验	6.6	7.8	电阻片和整只避雷器, 各 3 只	半年抽取 1 次

4	密封试验	6.13.1	7.15.2	整只避雷器，3只	按批抽取
---	------	--------	--------	----------	------

8.6 定期试验

定期试验具体见GB/T 32520-2016中11.2要求。

为了监视产品质量，对于制造企业应每3年做一次定期试验，长期停产后恢复生产时也应作定期试验。定期试验是从正常生产的产品中抽取，并按表6的要求进行试验。

表 5 定期试验

序号	试验项目	试验依据	试验方法	试品及数量
1	残压试验	6.3	7.5	避雷器或比例单元，3只
2	大电流冲击耐受试验	6.5	7.7	电阻片和整只避雷器，各3只
3	雷电放电能力试验	6.6	7.8	电阻片和整只避雷器，各3只
4	弯曲试验	6.8.2	7.10.1	整只避雷器，3只
5	气候老化试验	6.13	7.15	整只避雷器1只，样片3只

9 标志、随行文件、包装、贮存和运输

9.1 标志

EGLA应以下述最少资料，永久地标志在避雷器的铭牌上：

- 额定电压 U，kV；
- 额定频率 Hz；
- 系列分类信息（如“X1”）；
- 额定短路电流 I_s，kA；
- 制造商名或商标；避雷器型号；
- 制造年份；
- 编号；
- 额定雷电放电能力，C；
- 间隙距离。

9.2 随行文件

随产品应提供的技术文件包括：

- a) 包装清单；
- b) 产品出厂合格证明书；
- c) 安装、使用说明书（每组 EGLA 附 1 份）。

9.3 包装

EGLA的包装应保证在运输中，不因包装不良而使产品损坏。复合外套EGLA的包装应符合JB/T 9673的规定。在包装箱上应标明：

- a) 制造商名、产品名称及型号；
- b) 发货单位、收货单位及详细地址；

- c) 产品净重、毛重、体积等；
- d) “小心轻放”“向上”“防潮”等字样和标记，字样和标记应符合 GB/T 191 的要求。

9.4 贮存和运输

整只产品或分别运输的部件和包装，都要适用运输、装卸的要求。如果产品对运输、装卸和保管有其他特殊要求时，制造商应在包装箱上明确标志。

复合外套EGLA在运输时严禁与酸碱等腐蚀性物品放在同一车厢内运输。保管时不应与酸碱等腐蚀性物品放在同一库房中。
