ICS 29.240.99
CCS K49

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 2110—2020

交流架空线路防雷用自灭弧并联间隙选用导则

Guideline of self arc-extinguishing parallel gaps used for lightning protection of AC overhead lines

2020－10－23 发布　　2021－02－01 实施

国家能源局　　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 2
5　工作条件 3
6　技术要求 4
7　试验方法 5
8　检验规则 8
9　标识、包装、运输、贮存 10
10　选用、安装与运行维护 11
附录 A　（资料性附录）　自灭弧并联间隙工作原理及安装方式 13
附录 B　（资料性附录）　固相气流灭弧并联间隙本体 15
附录 C　（资料性附录）　压缩灭弧并联间隙本体 17
附录 D　（规范性附录）　自灭弧并联间隙绝缘配合要求 19
附录 E　（规范性附录）　型号命名 20

前　言

目前尚无针对架空线路防雷用自灭弧并联间隙的国家标准和行业标准，为了保证系列装置在电网运行的有效性、稳定性与安全性，在归纳总结技术研究成果和应用经验的基础上，参照有关架空线路雷电过电压防护的国家标准及行业标准，制定出本行业标准，为本行业架空线路防雷用自灭弧并联间隙的使用提供指导。

本标准按照GB1.1—2009编制。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业过电压与绝缘配合标准化技术委员会（DL/TC 38）归口。

本标准负责起草单位：国网辽宁省电力有限公司电力科学研究院、广西大学、中国电力科学研究院有限公司

本标准参与起草单位：广西电网有限责任公司电力科学研究院、南方电网科学研究院有限责任公司、广州供电局有限公司电力试验研究院、国网陕西省电力公司电力科学研究院、国网四川省电力公司检修分公司、国网河南省电力公司电力科学研究院、西安交通大学、南宁超伏电气科技有限公司

本标准主要起草人：金鑫、王巨丰、沈海滨、李冠华、李籽剑、迟丹一

本标准参加起草人：熊易、赵霞、张搏宇、王嫡蕾、田树军、贺子鸣、赵义松、李胜川、刘刚、刘劲松、雷超平、刘洋、毛小虎、丁国军、张科、李江涛、张建志、鲁旭臣、李斌

本标准为首次发布。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

交流架空线路防雷用自灭弧并联间隙选用导则

1 范围

本标准规定了交流架空线路防雷保护用自灭弧并联间隙的术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志、选用、安装与运行维护等要求。

本标准适用于10kV至220kV交流架空线路防雷用自灭弧并联间隙。其他电压等级的交流架空线路防雷用自灭弧并联间隙可参照本标准执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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/T 3505 产品几何技术规范（GPS） 表面结构 轮廓法 术语、定义及表面结构参数

GB/T 11032—2010 交流无间隙金属氧化物避雷器

GB/T 16927.1 高压试验技术第一部分：一般定义及试验要求

GB/T 22079—2008 标称电压高于1000V使用的户内和户外聚合物绝缘子 一般定义、试验方法和接受准则

JB/T 8177 绝缘子金属附件热镀锌层通用技术条件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 自灭弧并联间隙 self arc-extinguishing parallel gap; SAG

并联连接在线路绝缘子的两端，用于限制线路上的雷电过电压，并能在雷电冲击过程中启动固相气流灭弧方式或压缩灭弧方式，快速熄灭系统工频续流电弧，避免线路跳闸的一种防雷装置，自灭弧并联间隙由本体和串联间隙两部分构成。

3.2 自灭弧并联间隙本体 arc-extinguishing unit of self arc-extinguishing parallel gap; AUS

系SAG的一部分，利用雷击闪络弧道能量能够快速激活本体内的灭弧功能，通过固相气流灭弧方式或压缩灭弧方式产生灭弧气流，将工频续流电弧从间隙本体的单个或多个喷气口吹出并拉长，可在短时间内熄灭电弧。

3.3 固相气流灭弧方式 solid phase arc-extinguishing method

雷击造成SAG闪络动作时，同步激活AUS内的固体灭弧材料并使其气化，产生高速气流，在灭弧喷口处吹出电弧并将其截断，使工频电弧在短时间之内熄灭。用于66kV及以上电压等级线路的自灭弧并联间隙主要通过此种方式灭弧。

3.4 压缩灭弧方式 compressing arc-extinguishing method

AUS由多个串联的压缩管道和电极组成，雷击闪络后，每一个压缩管道内产生自膨胀气流将雷击诱发的电弧从管道端部的喷口喷出，长电弧被分割为多段短电弧，可使工频电弧在短时间之内熄灭。灭弧过程不存在介质损耗。用于10kV和35kV电压等级的自灭弧并联间隙主要通过此种方式灭弧。

3.5 串联间隙 series gap

系SAG的一部分，由一对被空气隔离的金属电极（导线本身也可作为一个电极）组成，用于降低AUS长时承担的工频电压并限定雷击闪络发生在SAG上。

3.6 额定电压 rated voltage

允许长时施加在SAG两端的最大工频电压有效值，并在此电压下能可靠熄灭工频续流。

3.7 额定熄灭工频续流峰值 rated follow current peak of arc-extinguishing

SAG在承受额定电压下能够可靠熄灭的最大工频续流峰值。

3.8 额定熄灭工频续流时间 rated follow current extinguishing time

在额定电压下从SAG动作到电弧可靠熄灭的时间。

3.9 比例单元 section of a SAG

一个完整的、组装好的SAG。对某些特定试验，该部件能够代表整只SAG的特性。

4 标准额定值

4.1 标准额定电压

SAG的额定电压典型值参见表1。也可根据装置灭弧能力选用其他额定电压值，但不得低于表1规定值。

表1 SAG 的标准额定电压典型值

系统标称电压（kV，有效值）	标准额定电压（kV，有效值）
10	13.2
35	40.5
66	96
110	102
220	204

4.2 标准额定熄灭工频续流峰值及时间

标准额定熄灭工频续流峰值及时间见表2。也可选用其他额定电流值，但不得低于额定熄灭工频续流峰值标准值；熄灭工频续流时间不得大于额定熄灭工频续流时间标准值。

表2 SAG 的标准额定熄灭工频续流峰值

系统标称电压（kV，有效值）	标准额定熄灭工频续流峰值（kA）	标准额定熄灭工频续流时间，不大于（ms）
10	1	10
35	5	10
66	31.5	10
110	40	10
220	40	10

4.3 标准额定 4/10 μs 大电流冲击耐受值

标准额定4/10 μs大电流冲击耐受值见表3。

表3 SAG 的标准额定 4/10 μs 大电流冲击耐受值

系统标称电压（kV，有效值）	4/10μs冲击电流（kA，峰值）
10	65
35	100
66	100
110	100
220	100

5 工作条件

5.1 正常工作条件

自灭弧并联间隙的工作条件要求如下：

a) 环境温度在-40℃至+40℃范围内；
b) 海拔不超过 1000m；
c) 长期施加在自灭弧并联间隙端子间的工频电压不超过其额定电压；
d) 风速不大于 34m/s；
e) 抗震设防烈度 7 度及以下；
f) 覆冰厚度不大于 20mm。

5.2 异常工作条件

在异常运行条件下，自灭弧并联间隙在制造和使用时需要特殊考虑。在异常运行条件下，本标准的使用需经供需双方协商。下述是自灭弧并联间隙典型的异常工作条件：

a） 环境温度高于+40℃或低于-40℃范围内；
b） 海拔超过 1000m；
c） 风速大于 34m/s；
d） 抗震设防烈度大于 7 度；
e） 覆冰厚度大于 20mm；
f） 异常运输和贮存；
g） 能引起绝缘表面或安装金具劣化的烟气或蒸汽；

h） 因烟气、灰尘、烟雾或其他导电物引起的严重污秽；
i） 粉尘、气体或烟气的爆炸混合物。

6 技术要求

6.1 外观要求

自灭弧并联间隙外观应满足以下要求：
a） 自灭弧并联间隙本体的外壳绝缘材料无明显的凹陷、变形；
b） 应检查每组自灭弧并联间隙上下电极形状尺寸，以保证其放电性能；
c） 串联间隙电极和安装金属附件表面各种凸起的缺陷高度不应大于 1mm，不得影响电极和安装附件的装配及安装连接互换，所有镀锌件应符合 JB/T 8177 的规定；
d） 铭牌标志正确、易辨、清晰。

6.2 雷电冲击放电电压

SAG的雷电冲击50%放电电压应与线路绝缘水平相配合，以保证SAG在雷电冲击下优先于被保护绝缘子（串）闪络。SAG雷电冲击50%放电电压试验推荐值见表4。

6.3 耐受电压

应对整只SAG进行工频耐受电压试验，试验数值应与线路绝缘水平相配合，以保证自灭弧并联间隙在工频过电压下不放电动作。工频湿耐受电压试验用来确定SAG串联间隙的最小距离。表4给出了工频湿耐受电压的试验推荐值。

另外，还应对压缩灭弧AUS短接后的SAG进行工频湿耐受电压试验，以验证AUS因故障而被短路的最坏情况下SAG耐受工频电压的能力。AUS短路情况下SAG的工频湿耐受电压试验值见表4。

表4 SAG 雷电冲击 $U_{50\%}$放电电压和工频耐受电压试验要求值

系统标称电压（kV，有效值）	正极性雷电冲击 50%放电电压，不大于（kV，峰值）	工频湿耐受电压，不小于（kV，有效值）	AUS 短路情况下 SAG 的工频湿耐受电压（kV，有效值）
10	100	26	16
35	250	82	49
66	425	147	115
110	560	185	122
220	960	370	245

6.4 雷电冲击伏秒特性

对整只SAG进行雷电冲击伏秒特性试验，自灭弧并联间隙雷电冲击伏秒特性曲线应比被保护线路绝缘子（串）雷电冲击伏秒特性曲线至少低20%。

6.5 工频电弧熄灭能力

对整只SAG或SAG的比例单元进行工频电弧自熄灭试验，试品在承受额定工频电压下，应具有连续多次（固相气流灭弧并联间隙不少于10次，压缩灭弧并联间隙不少于10次）在规定时间内可靠切断额定工频续流的能力。

6.6 大电流冲击耐受性能

AUS应具有耐受连续2次大电流冲击的能力。对AUS或比例单元进行大电流冲击耐受试验，试验电流波形为4/10μs，试验电流值应不小于表3规定值。试验后，AUS试品外套应无击穿、闪络、明显开裂等损坏痕迹，试品内部电极不得有明显烧蚀痕迹，各个部件应不发生移位，摇动时无异响。

6.7 耐受气候老化性能

对整只AUS或比例单元进行加速气候试验，验证其耐受运行中出现的环境影响的能力。AUS应能耐受1000h紫外光试验。试验后外套材料应清晰可辨，不允许有表面降解。

同时，自灭弧AUS内部结构与复合外套间应具有足够的粘接强度。还应对自灭弧AUS或比例单元进行水煮试验，再进行大电流冲击耐受试验。经42h水煮处理的试品耐受1次4/10 μs大电流冲击，试验电流值不小于表3规定。试验后检查试品外套应无击穿、闪络、明显开裂等损坏痕迹，试品内部结构应稳固嵌于复合外套中，不发生移位。

6.8 拉伸负荷性能

应对AUS进行拉伸负荷试验。AUS应能承受15倍自重的额定拉伸负荷1min不损坏。

例行试验时，AUS应能耐受50%的额定拉伸负荷10s试验而不损坏。

6.9 固相气流灭弧并联间隙机械结构动作性能

应对固相气流灭弧SAG进行机械结构动作特性检查。固相气流灭弧并联间隙的机械机构应能连续多次（不少于15次）可靠切换灭弧单元。

7 试验方法

7.1 外观检查

用量具仔细检查AUS的表面缺陷，检查结果应符合本标准第7.1条的规定。用量具测量SAG的串联间隙的尺寸，其值应符合设计规定。对镀锌金属件，试验检测方法应符合JB/T 8177的规定。

7.2 雷电冲击放电电压试验

试验的目的是确定雷电冲击电压下SAG的50%放电电压。试品为整只SAG，试验应在制造商宣称的最大串联间隙距离下进行，试验波形采用标准雷电冲击1.2/50μs，试验方法按照GB/T 16927.1规定的升降法进行。

7.3 工频耐受电压试验

试品为整只SAG，试验应在制造商宣称的最小串联间隙距离下进行，试验方法按照GB/T 16927.1规定的工频湿耐受电压试验方法进行。

7.4 AUS 故障时 SAG 绝缘耐受试验

应在模拟AUS故障的条件下进行工频湿耐受电压试验。试验的目的是验证在AUS因故障而被短路的情况下SAG能够耐受所宣称的最大工频过电压。

试验按下述规定执行：

a) 试品：

试品为AUS短路后的SAG。AUS短路故障可通过敷设在外套表面的金属导线短路模拟，同时金属导线状况应满足供需双方的规定。试验时串联间隙距离不大于制造商规定的最小间隙距离。

b） 试验电压和试验条件：

1） 耐受电压应考虑实际线路的工频过电压水平，按表 3 进行试验；

2） 淋雨特性应符合 GB/T 16927.1 的要求；

3） 按照 GB/T 16927.1 规定的工频湿耐受电压试验方法进行试验。

c） 试验判定：

如果试品耐受试验电压1min无闪络发生，则SAG通过了试验。

7.5 雷电冲击伏秒特性试验

试品为整只SAG，试验应在制造商宣称的最大串联间隙距离下进行，试验方法应符合GB/T 16927.1的规定。

7.6 工频电弧自熄灭试验

7.6.1 总则

试验用于验证SAG熄灭雷击闪络诱发的工频续流电弧的能力，试品是一个完整的SAG或SAG的比例单元。考虑到两种SAG的结构差异性，对于固相气流灭弧并联间隙，采用敷设熔丝的方法模拟雷击闪络通道，灭弧试验按照试验方法A（见7.6.2）进行；对于压缩灭弧并联间隙，利用冲击电压击穿形成闪络通道，灭弧试验按照试验方法B（见7.6.3）进行。

7.6.2 试验方法 A

a） 试验目的：

验证试品连续多次熄灭续流电弧的能力。

b） 试验回路：

试验回路输出工频电压应至少满足在SAG熄灭续流电弧后，施加在试品两端的第一个反向电压半波峰值经核算后不小于制造商规定的额定电压乘以$\sqrt{2}$。同时，试验回路输出的预期工频电流峰值应不小于制造商规定的额定熄灭工频续流峰值。

c） 试验程序：

将试品并联安装在相应的绝缘子两端。用直径大约0.01mm的熔丝经试品上电极穿过AUS灭弧室和串联间隙连接至试品下电极，将试品短接。试品的下电极接高压端，上电极接地。工频试验电源应产生指定数值工频电流，在工频电压半波峰值前30°～0°闭合断路器，对试品进行试验并采集试品两端电压电流波形等数据。

以上步骤重复10次。

注1：由于实验条件限制，同时满足高电压和大电流情况难以实现时，可制作 SAG 比例单元进行试验。整只 SAG 或 SAG 比例单元承担的电压为 AUS 承担电压与串联间隙承担电压之和。制作比例单元前应确定全尺寸全电压工况下 AUS 所占电压值。试验时，在保证 AUS 承担不小于此电压值的前提下通过缩短串联间隙距离降低串联间隙部分所承担的电压，比例单元两端电压（试验回路输出电压）也将同时减小，得以满足实际试验条件。这样相当于从严考核了 AUS 的灭弧能力，弱化了串联间隙的灭弧能力，在实际 SAG 产品串联间隙大于实验值条件下一定可满足灭弧需求。制造商需根据实际试验条件提供串联间隙长度的最大值。

d） 试验判定：

10次放电动作续流应在标准额定熄灭工频续流时间内熄灭，且随后没有进一步的放电。试验后试品的雷电冲击50%放电电压值变化不得超过±5%。

7.6.3 试验方法 B

a） 试验目的：

验证试品在雷电冲击作用下导通后是否能连续多次熄灭工频续流电弧且不出现重燃。

b） 试验回路：

试验回路输出工频电压应至少满足在SAG熄灭续流电弧后，施加在试品两端的第一个反向电压半波峰值不小于制造商规定的额定电压乘以$\sqrt{2}$。同时，试验回路输出的工频电流应至少满足SAG击穿动作后，预期流过试品的第一个电流半波峰值不小于制造商规定的额定熄灭工频续流峰值。

c） 试验程序：

1） 空气间隙调整为制造商规定的最小距离。施加雷电冲击（正极性）使试品放电。在雷电冲击点火之前给试品施加足够时间的试品额定电压；
2） 雷电冲击极性与实际工频电压半波同极性，并在工频半波峰值前 30°～0°施加；
3） 工频电压半波正负极性的放电各施加 5 次雷电冲击，使试品击穿放电动作；
4） 测量记录试品两端工频电压和电流的波形。试验波形应能显示电压和电流的全过程，即从冲击施加前的第一个电压波完整循环到电流最终熄灭后的 10 个电压波的完整循环。最后续流电弧熄灭应发生在施加冲击的半波内。后续试品不应有进一步的放电。

d） 试验程序：

10次放电动作续流应在标准额定熄灭工频续流时间内熄灭，且随后没有进一步的放电。试验后试品的雷电冲击50%放电电压值变化不得超过±5%。

7.7 大电流冲击耐受试验

该试验用于验证在近区雷击作用下自灭弧并联间隙承受雷电冲击大电流的能力。试品为AUS或AUS比例单元。试品应耐受2次同样极性的4/10μs大电流冲击，两次冲击试验时间间隔50s～60s。试验波形调整范围应符合GB/T 11032—2010中第8.19条的规定，试验电流值应不小于表3中规定值。

试验后首先检查试品外观，允许灭弧喷口局部有轻微灼烧痕迹，但试品整体应无击穿、闪络、明显开裂等损坏的痕迹；对于压缩灭弧并联间隙，进一步解剖试品，其内部压缩管道与金属电极不得脱离原有位置，电极不应有明显烧蚀痕迹。试验后试品的雷电冲击50%放电电压值变化不得超过±5%。

注1：当试验在比例单元上进行时，比例单元试品应满足以下条件：

a） 整只 SAG 的额定电压与比例单元的额定电压比定义为 n，n 应不大于 3；
b） 比例单元试品中压缩灭弧管道的结构尺寸和材料应与 AUS 完全相同，前者的压缩灭弧管道数量为后者的压缩灭弧管道数量除以 n 并向小值侧取整数；
c） 比例单元的串联间隙电极的尺寸和形状不需按比例缩放，连接金具应与 SAG 相同。

7.8 气候老化试验

7.8.1 1000h 紫外光试验

该试验用于验证自灭弧并联间隙复合外套材料耐受运行环境影响的能力。选择3个包含外套材料（包括标记）的样片，按照GB/T 22079—2008第9.3.2.1条规定的试验方法之一进行1000h紫外光试验。外套上的标记应直接暴露在紫外光下。

试验后外套材料和标记应清晰可辨，不允许有表面降解如裂纹和凸起。如果对这样的降解判定有疑问时，应在每个样片上测量两次表面粗糙度。粗糙度Rz按GB/T 3505的定义，测量至少应沿抽样长度进行2.5mm。Rz不应超过0.1mm。

7.8.2 水煮试验

试品为自灭弧AUS或AUS比例单元。将试品浸没到盛满沸腾的去离子水的容器中42h，水中NaCl的初始含量为0.001g/cm^3。沸腾结束后，试品应保持在容器中直到水冷却到约50℃，将试品从水中取出进一步冷却到环境温度。对经过水煮处理的试品施加1次4/10μs冲击大电流，试验电流值应不小于表3中规定值。

同时应检查试品外观，并进一步解剖试品检查内部电极，如果达到如下要求，则判断试品合格：

a） 外套无击穿、闪络、明显开裂等损坏痕迹，但允许灭弧喷口局部有轻微裂纹；

b） 所有压缩管道和电极稳固嵌于复合外套中，未脱离原有位置。

注1：比例单元制作方法参照 8.7。

7.9 拉伸负荷试验

对整只AUS，应进行拉伸负荷试验。该试验验证生产商宣称SAG耐受拉伸负荷的能力。型式试验时，试验负荷为额定拉伸负荷；例行试验时，试验负荷为额定拉伸负荷的50%。

试验按下述规定执行：

a）试品：

试验在AUS上进行。试品悬挂安装在试验机的安装面上，负载施加于试品的自由端，负载的方向应为试品的纵轴方向。

b）试验程序：

应在30s～90s时间内将拉伸负荷平稳增加到试验负荷值并保持稳定。在此期间测量伸长。达到规定的耐受时间后平稳释放负荷，并记录残余伸长。

c）试验判定：

试验后，如果达到如下要求，则判断试品合格：

1） 无可见的机械破坏；

2） 作用力—伸长曲线无突变；

3） 去掉拉伸负载后试品的残余伸长保持在施加拉伸负载前试品高度的±5%以内。

7.10 固相气流灭弧并联间隙机械结构动作特性检查

该试验用于验证固相气流灭弧并联间隙机械结构动作可靠性。

a）试品：

试品为整只固相气流灭弧并联间隙。

b）试验程序：

在试品两端施加冲击电压使其上下电极间击穿闪络并触发固相气流灭弧并联间隙的灭弧单元动作。

以上步骤重复15次，每一次冲压应严格对应一次试品上下电极间的击穿闪络。

c）试验判定：

15次闪络固相气流灭弧并联间隙机械结构应能连续可靠切换灭弧单元。

8 检验规则

8.1 型式试验

新产品试制定型时,应按表5进行全部型式试验。如果试品全部符合要求，则该种产品为合格。

表5 SAG 型式试验项目

序号	试验名称	试验依据	试验方法	试品及数量
1	外观及尺寸检查	6.1	7.1	整只 SAG，1 只
2	雷电冲击放电电压试验	6.2	7.2	整只 SAG，1 只
3	工频耐受电压试验	6.3	7.3	整只 SAG，1 只
4	AUS 故障时 SAG 绝缘耐受试验	6.3	7.4	整只 SAG，1 只
5	雷电冲击伏秒特性试验	6.4	7.5	整只 SAG，1 只
6	工频电弧自熄灭试验	6.5	7.6	整只 SAG 或比例单元，3 只
7	大电流冲击耐受试验	6.6	7.7	AUS 或比例单元，3 只
8	气候老化试验	6.7	7.8	整只 SAG 或比例单元，1 只
9	拉伸负荷试验	6.8	7.9	AUS，1 只
10	固相气流灭弧并联间隙机械结构动作特性检查[a]	6.9	7.10	整只 SAG，1 只
[a] 仅为固相气流灭弧的 SAG 试验项目。				

8.2 定期试验

为了控制产品质量,对于生产的产品必须5年做1次定期试验,长期停产后恢复生产时应做定期试验。定期试验的试品从正常生产的产品中抽取。试验项目见表6。

表6 SAG 定期试验项目

序号	试验名称	试验依据	试验方法	试品及数量
1	雷电冲击放电电压	6.2	7.2	整只 SAG，1 只
2	工频电弧自熄灭试验	6.5	7.6	整只 SAG，3 只
3	大电流冲击耐受试验	6.6	7.7	AUS 或比例单元，3 只
4	气候老化试验	6.8	7.9	整只 SAG 或比例单元，1 只

8.3 抽样试验

抽样试验应按批次按1.5%的比例（不少于三只）抽取样品，试验项目见表7。如果试件全部符合要求，则该批产品为合格。如果有一件不合格允许在同批产品中加倍抽样对该项进行复检，若仍不符合要求，则判该批产品为不合格。两件或者更多的试件不能通过同一项试验，则该批产品为不合格。

表7 SAG 抽样试验项目

序号	试验名称	试验数据	试验方法	试品及数量
1	外观及尺寸检查	6.1	7.1	整只 SAG，3 只
2	雷电冲击放电电压试验	6.2	7.2	整只 SAG，1 只
3	固相气流灭弧并联间隙机械结构动作特性检查[a]	6.9	7.10	整只 SAG，1 只
[a] 仅为固相气流灭弧的 SAG 试验项目。				

8.4 例行试验

出厂的每只SAG产品应按表8规定进行试验，若有不满足表8所规定的任何一项要求时，则该只SAG产品为不合格。

表8 SAG 例行试验项目

序号	试验名称	试验数据	试验方法	试品及数量
1	外观及尺寸检查	6.1	7.1	整只 SAG
2	固相气流灭弧并联间隙机械结构动作特性[a]	6.8	7.9	AUS，1 只
[a] 仅为固相气流灭弧的 SAG 试验项目。				

8.5 验收试验

当订货者在订货协议中规定有验收试验时，应进行下述规定试验项目；经供需双方协商，试验可以在制造商工厂内进行。

a) 按供货 SAG 产品数量抽取大于立方根的最小整数，按本标准第 8.1 条进行外观检查；

b) 在供货 SAG 产品中随机抽取 3 只，按本标准第 8.3 条进行耐受电压性能检测。

9 标识、包装、运输、贮存

9.1 标识

产品应在铭牌上标识以下信息:

a) 产品名称;
b) 产品型号;
c) 出厂编号;
d) 出厂年月;
e) 制造厂名;
f) 产品生产标准号。

9.2 包装

在装箱时，检查好产品的铭牌，出厂凭证报告，合格证，和AUS，注意产品的卡位保险钉是否到位，以保证在运输过程中产品内部关键部位不变形。

9.3 运输

产品各部件的包装设计应便于装卸、运输，运输应充分考虑运输途中可能受到的冲撞等因素，保证产品的安全和完整。产品应适于陆运、空运、水运（海运），运输装卸按包装箱上的标志进行操作。

9.4 贮存

包装完好的装置应满足GB/T 191中的条款规定的贮存运输要求，长期不用的装置应保留原包装，在相对湿度不大于80%的库房内贮存，室内无酸、碱、盐及腐蚀性、爆炸性气体和灰尘以及雨、雪的侵害。

10 选用、安装与运行维护

10.1 选用

距变电站电气距离小于1km的出线线路段，不宜采用压缩灭弧并联间隙作为防雷措施。

对于10kV和35kV架空线路，可分别按照表2选用相应熄灭工频续流能力的SAG产品，在以防护感应雷为主的线路（段），可采用每基电杆两个外相安装的方式；在地闪密度较高的线路（段），可采取逐基电杆三相均安装的方式。

对于66kV、110kV和220kV的架空线路（段），可分别按照表2选用安装相应熄灭工频续流能力的SAG产品，采取差异化防雷安装的方式，选择性在地闪密度较高地区的杆塔三相均安装。

在10kV及以上的单回线路可参照10.1.2和10.1.3的选用方式进行选用。

在35kV及以上同塔不同电压等级的双回线路建议按照表2在低压回路选用安装相应熄灭工频续流能力的SAG，减少雷击引起双回线路同时闪络跳闸的概率。

在35kV及以上同塔相同电压等级的双回线路建议按照表2在两侧回路同时安装相应熄灭工频续流能力的SAG。

10.2 安装

安装前，应进行外观检查。在登塔前应进行预组装，检查自灭弧并联间隙和各类金具连接是否可靠，按组装图纸调整各部件的安装位置，SAG的安装示意图见附录A。

安装时，自灭弧并联间隙吹弧喷气口应背离被保护绝缘子，同时避免喷气口正对其他线路设备，喷气口的朝外侧斜下方。

自灭弧并联间隙安装后，应测量上下电极间的实际距离确认满足附录D的要求，并记录。

10.3 运行维护

SAG产品挂网运行后，运行单位应建立起产品档案，详细记录产品生产厂家、型号、挂网时间、线路名称、杆号、相别、巡检情况、事故和处理情况等信息

在SAG产品设计使用寿命内，运行单位除了在线路发生故障后应及时安排故障巡检外，还应对产品进行定期巡检（外观检查），定期巡检周期应保证每年一次，宜安排在雷雨季节前，可与常规设备巡检工作一并进行。

巡检中，利用望远镜等工具，对有计数器功能的SAG，检查指针式计数器，当剩余灭弧次数少于5次时，需更换灭弧单元。对无计数功能的SAG重点检查：AUS有无明显烧蚀变形、开裂；组成部件有无松动、移位、缺失；安装金具是否变形、锈蚀。对检查发现的产品缺陷应予及时修复或整体更换。

对运行中SAG产品发生击穿损坏故障的，应收集残留物，并保存现场照片。

附 录 A
（资料性附录）
自灭弧并联间隙工作原理及安装方式

自灭弧并联间隙主要由自灭弧并联间隙本体和串联间隙两部分组成，与线路绝缘子（串）并联安装。

自灭弧并联间隙是用于限制线路上雷电过电压的装置，其工作原理为：雷电过电压下，自灭弧并联间隙通过绝缘配合使雷电优先在灭弧通道闪络并对建弧过程进行深度抑制，使闪络点在断路器跳闸之前恢复正常。装置通用结构示意图见图A.1。与普通并联间隙相比，自灭弧并联间隙的最大优点在于具有抑制系统工频续流建弧能力，雷击造成线路绝缘闪络后系统不跳闸。

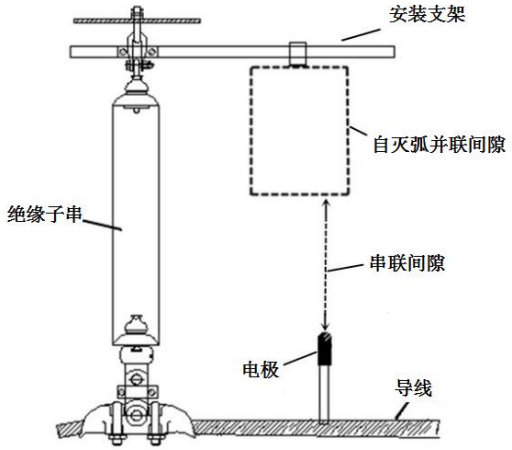


图 A.1 SAG 通用安装示意图

图A.2、图A.3和图A.4分别给出了固相气流灭弧并联间隙和压缩灭弧并联间隙的结构型式，供参考。在满足基本工作原理和生产工艺可实现条件下，自灭弧并联间隙结构不限于本附录所列型式。

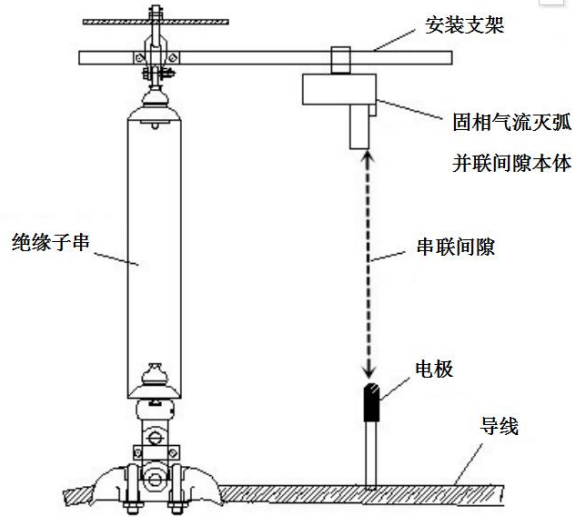


图 A.2 110kV、220kV 固相气流灭弧并联间隙结构示意图

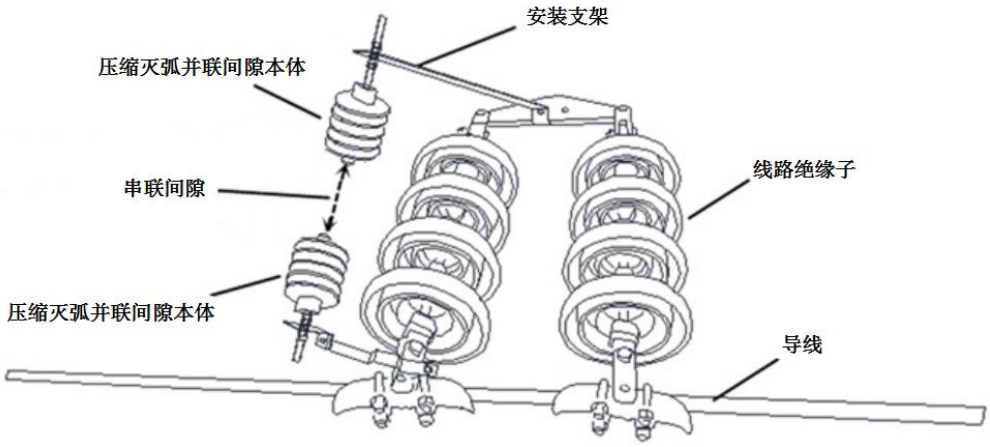


图 A.3　35kV 压缩灭弧并联间隙结构示意图

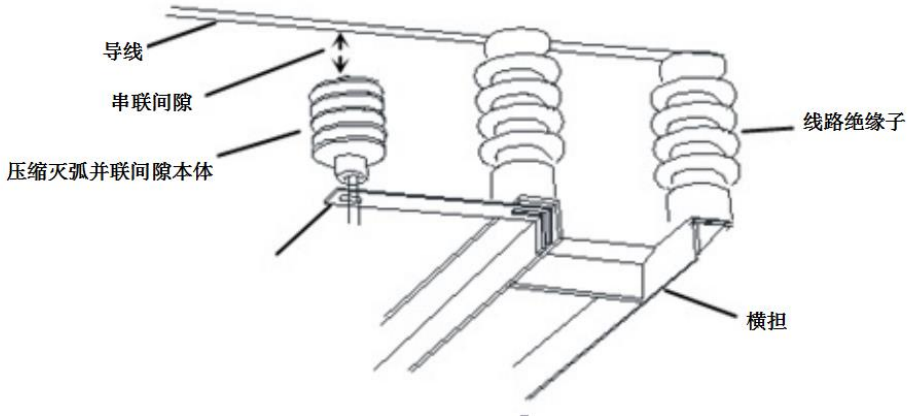
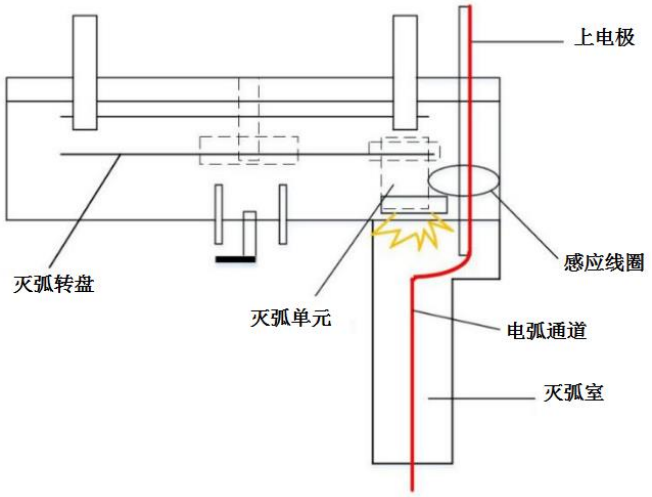


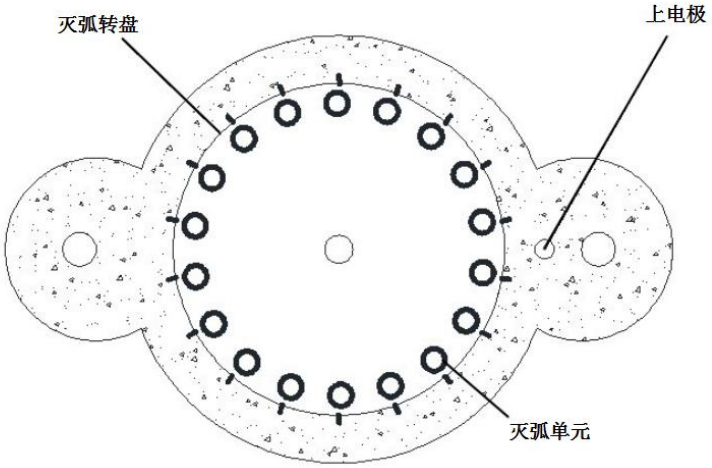
图 A.4　10kV 压缩灭弧并联间隙结构示意图

附 录 B
（资料性附录）
固相气流灭弧并联间隙本体

固相气流灭弧并联间隙本体是实现熄灭工频续流的核心部件，主要由灭弧转盘、上电极、灭弧室、灭弧单元、感应线圈等组成；所述灭弧转盘安装在防雷器壳体内部，并且在灭弧转盘中央位置设有推动灭弧转盘转动的弹簧；所述灭弧转盘沿圆周方向设有若干灭弧单元，灭弧单元上侧与上电极相连，其下侧为灭弧室，雷电由上电极引入，通过感应线圈触发灭弧单元。图 B.1 和 B.2 为一种典型的固相气流灭弧并联间隙本体内部结构。



图B.1 固相气流灭弧并联间隙本体主视图



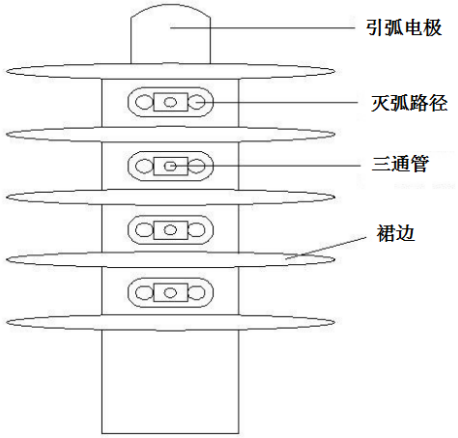
图B.2 固相气流灭弧并联间隙本体俯视图

研究表明，雷电过电压下，固相气流灭弧并联间隙本体处优先于绝缘子建立闪络电弧，雷电流在极短时间内就能触发灭弧单元，灭弧单元瞬间产生高强度固相气流截断还处于早期极其脆弱的暂态电弧

(<1kA)。截断电弧气流破坏了自持放电的条件，电荷密度经过截断后的复合、对流、辐射、传导作用趋零，其值远小于自持放电阈值，最终熄灭电弧。

附 录 C
（资料性附录）
压缩灭弧并联间隙本体

压缩灭弧并联间隙本体是实现熄灭工频续流的核心部件，本体内部装设有若干压缩灭弧管道，每个灭弧管道中间设有一个导弧电极，整体灭弧管道呈现Z形循环排布，从而形成了灭弧路径；第一段灭管道入口处与引弧电极相连接，最后一段灭弧管道出口处与外部金具相连接；相邻的灭弧管道的连接处设有三通管，其两端分别也设有一个导弧电极；该导弧电极的一端伸入三通管中，另一端与临近的灭弧管道直接接触连接或者通过导线连接。图C.1为一种典型的压缩灭弧并联间隙本体外观示意图。

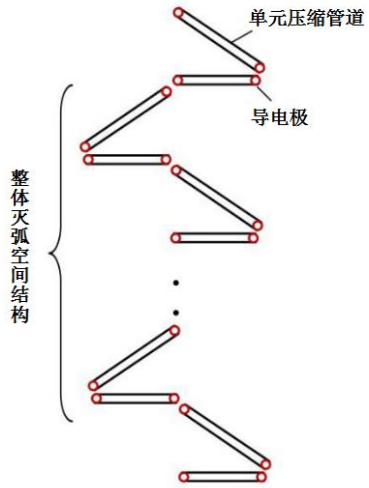


图C.1 一种典型的压缩灭弧并联间隙本体外观示意图

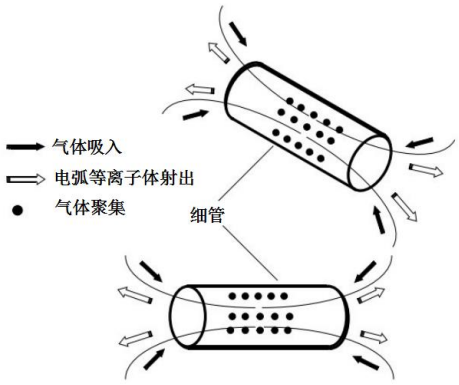
压缩灭弧并联间隙本体内部结构如图C.2所示。研究表明，雷电过电压下，压缩灭弧并联间隙优先于绝缘子建立闪络电弧，依靠电动力牵引，使闪络后的高温电弧轨迹将被约束在压缩细管内，瞬间产生由细管结构限定的机械压缩效应。随即电弧直径大尺度变细，密度和温度大幅度提升，电弧在压缩管道内散热被严重阻滞，使压缩段电弧密度、温度和压力大于非压缩段，形成电弧爆炸并定向喷射断裂的压爆效应。同时，电弧还将受到自身磁场产生的电磁压缩效应。这三种效应均为伴随性压缩效应，整个灭弧过程的起点与终点仅发生在雷电冲击阶段。电弧被急剧压缩后，压缩段电弧在细管内将发展成为一个高温高密热源，而细管出口处非压缩段电弧温度和密度较低，形成了温度和密度梯度。因此，从一根细管中心到其出口处，电弧轴向方向将出现压力梯度。在压力梯度驱动下，压缩段电弧等离子流体将向外压爆喷射，摧毁电弧通道。与此同时，细管口附近的气体将被大量的抽吸到细管内，并在此积聚，由此补充细管电弧因外射而流失的等离子介质，如图C.3所示。

随后，细管内积聚的气体被高温热源（压缩段电弧）剧烈加热而定向喷射。各个细管内的喷射气体同时沿两端管口高速喷出，相邻细管之间的气流将形成对吹，导致管口处的离散电弧能量首先耗散殆尽，相邻管口变成孤立的电弧断口，得不到工频续流的能量补充而表现出无源性与脆弱性。

由于整体压缩细管道呈螺旋锯齿状分布，在相邻细管间形成若干拐点，在拐点处的电弧压爆和气流喷射，破坏电弧连续性，拉长并撕裂电弧，形成多断口。最终，剩余电弧能量随着喷射气体的冲击载荷的衰减而完全弥散，实现对工频建弧的深度抑制。



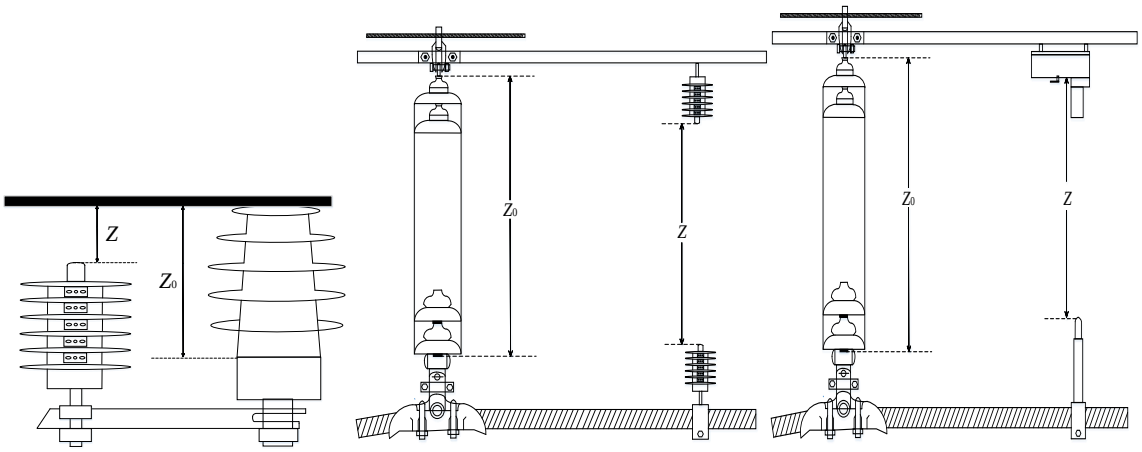
图C.2　一种典型的压缩灭弧并联间隙本体内部结构



图C.3　压缩效应与自膨胀气流对吹过程

附 录 D
（规范性附录）
自灭弧并联间隙绝缘配合要求

附录D所规定的自灭弧并联间隙绝缘配合在我国架空线路上已有运行经验，具备现场应用条件。图D.1中Z_0为绝缘子串长度，Z为自灭弧并联间隙上下电极间距，Z_0/Z为绝缘配合比。



（a）10kV 压缩灭弧并联间隙外形结构　（b）35kV 压缩灭弧并联间隙外形结构　（c）66、110、220kV 固相气流灭弧并联间隙外形结构

图D.1　自灭弧并联间隙外形结构

表 D.1　　10kV 至 220kV 自灭弧并联间隙推荐绝缘配合参数

型式	Z（mm）	Z/Z_0
10kV 压缩灭弧并联间隙	80	/
35kV 压缩灭弧并联间隙	根据实际绝缘子长度确定	0.8
66kV 固相气流灭弧并联间隙	根据实际绝缘子长度确定	0.8
110kV 固相气流灭弧并联间隙	根据实际绝缘子长度确定	0.8
220kV 固相气流灭弧并联间隙	根据实际绝缘子长度确定	0.8

附 录 E
（规范性附录）
型号命名

SAG产品型号命名由产品型式、 结构特征、特征数字的汉语拼音字母或阿拉伯数字组成。型号结构为：

（1）—（2）/（3）

其中各个单元代表的含义如下：

1） —产品型式。代号由两个字母表示，固相气流灭弧并联间隙用“SD”表示，压缩灭弧并联间隙用“CD”表示。

2） —特征数字。额定电压（单位为：kV）。

3） —特征数字。额定熄灭工频续流峰值（单位为：kA）。

型号示例：

“SD—102/40”，表示额定电压为102kV、额定熄灭工频续流峰值为40kA、本体为固相气流灭弧并联间隙的自灭弧并联间隙。