

ICS 27.100
F 29
备案号: 42655-2014

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1295 — 2013

串联补偿装置用火花间隙

Spark gaps for series capacitor banks

2013-11-28 发布

2014-04-01 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 术语和符号	2
4 标志	3
5 正常运行条件	4
6 性能要求	4
7 试验方法	5
8 检验规则	9
9 包装、运输和保管	10
附录 A（资料性附录） 火花间隙的工作原理和典型构成介绍	12

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 进行编制。

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归口。

本标准起草单位：中国电力科学研究院。

本标准主要起草人：刘之方、董勤晓、李志远、李国富、张翠霞、高克利、李永亮、余辉、周玮、陈没。

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）。

串联补偿装置用火花间隙

1 范围

本标准规定了交流输电系统串联电容器补偿装置用火花间隙（以下简称火花间隙或间隙）的运行条件、性能要求、试验方法、检验规则及标志等内容。

本标准适用于控制触发型（强制触发型）火花间隙。串补装置用控制触发型火花间隙与其他保护设备配合使用，起到快速旁路（保护）电容器组和金属氧化物限压器（MOV）的作用。

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 311.1 绝缘配合 第1部分：定义、原则和规则

GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

GB/T 2423.4—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db 交变湿热（12h+12h 循环）

GB/T 2423.10—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）

GB 4208—2008 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 6115.2—2002 电力系统用串联电容器 第2部分：串联电容器组用保护设备

GB/T 13729—2002 远动终端设备

GB/T 15153.1—1998 远动设备及系统 第2部分：工作条件 第1篇：电源和电磁兼容性

GB/T 15153.2—2000 远动设备及系统 第2部分：工作条件 第2篇：环境条件（气候、机械和其他非电影响因素）

GB/T 16927.2 高电压试验技术 第2部分：测量系统

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验

GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度

GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验

GB/T 17626.9 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验

GB/T 17626.10 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验

GB/T 17626.12 电磁兼容 试验和测量技术 振荡波抗扰度试验

GB/T 24833—2009 1000kV 变电站监控系统技术规范

DL/Z 713—2000 500kV 变电所保护和控制设备抗扰度要求

3 术语和符号

3.1 术语和定义

GB/T 6115.2 界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1.1

火花间隙 **spark gap**

简称间隙 (GAP)。包含主间隙及触发控制系统, 在接收到串补控制保护装置发出的触发指令后能够快速旁路被保护设备的装置。

火花间隙可以仅由一个主间隙构成, 也可以根据具体需求由多个主间隙串联构成。

3.1.2

主间隙 **main gap**

封闭在一个外壳内, 由多个电极组成的放电系统。

3.1.3

触发控制系统 **triggering control system**

接收来自串补控制保护装置发出的触发指令, 并执行指令使间隙触发放电的一套控制回路。主要包括触发控制箱及其他部件。

3.1.4

闪络间隙 **flashover gap**

主间隙的组成部分之一, 放电过程起始于该间隙。

3.1.5

续流间隙 **following current gap**

主间隙的组成部分之一, 放电过程的后续部分在此间隙进行, 绝大部分故障电流通过此间隙。

3.1.6

间隙的自放电电压 **self discharge voltage of a gap**

在没有触发指令时, 主间隙在工频电压作用下的放电电压峰值。

3.1.7

间隙的可靠触发放电电压 **reliable triggering discharge voltage of a gap**

能够在触发方式下使间隙系统可靠放电的最小工频电压峰值。

3.1.8

间隙的触发允许电压 **trigger permission voltage of a gap**

为保证间隙可靠触发放电而人为设置的间隙触发电压阈值, 也称间隙的最低触发电压。

3.1.9

间隙的同步触发电压 **synchronization triggering voltage of a gap**

对于可以监测自身电压的火花间隙而言, 是指间隙触发允许电压通过分压后, 输入到间隙触发控制箱内的电压。

3.1.10

极性效应 **polarity effect**

在不同极性下的可靠触发放电电压有明显差异的现象。

3.1.11

间隙的故障电流承载能力 **fault current carrying capability of a gap**

也称间隙的通流能力。在间隙导通后, 主间隙能够承受的最大工频电流、持续时间以及放电次数。

3.1.12

间隙的放电电流承载能力 **discharge current carrying capability of a gap**

在间隙导通后，主间隙能够承受的最大电流峰值。

3.1.13

间隙的绝缘恢复强度 insulation recovery strength of a gap

间隙通过一定时间的故障电流，再断流一定时间后能够耐受的电压值。

3.1.14

间隙的绝缘恢复时间 insulation recovery time of a gap

间隙通过一定时间的故障电流后，能够耐受某一电压所需的断流时间。

3.1.15

间隙的绝缘水平 insulation level of a gap

在不考虑主间隙放电情况下的火花间隙整体工频电压耐受水平，通常等于间隙用套管的 1min 工频耐受电压值。

3.1.16

间隙的运行电压 operation voltage of a gap

间隙在运行中出现的最高长期工作电压，等于被保护的串联补偿电容器组的额定电压。

3.1.17

间隙的触发放电时延 triggered discharge delay of a gap

指间隙在触发允许电压下，从接收到触发间隙指令的时刻至主间隙导通时刻的时间差。

3.1.18

保护比 protective ratio

金属氧化物限压器（MOV）在最大电流下的残压与串联电容器组额定电压峰值的比值。

3.2 符号

U_s ——间隙的自放电电压

U_n ——间隙的可靠触发放电电压

U_{tp} ——间隙的触发允许电压

U_{sv} ——间隙的同步触发电压

I_d ——间隙的触发放电时延

P_r ——保护比

4 标志

4.1 火花间隙型号

火花间隙型号中各数字和字母代表的意义如图 1 所示。

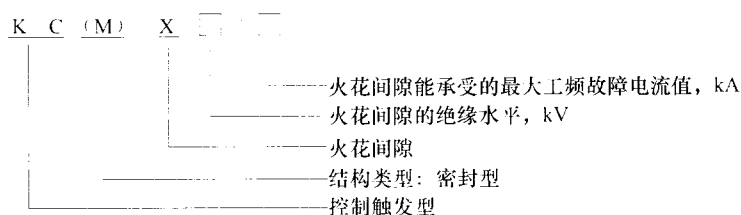


图 1 火花间隙型号定义规则

4.2 火花间隙铭牌

火花间隙的铭牌应固定在间隙外壳上，且应以下述最少资料永久地标示在火花间隙铭牌上。

——制造厂名或商标；

——型号；

- 绝缘水平；
- 触发允许电压；
- 自放电电压；
- 故障电流承载能力（最大故障电流及通流时间）；
- 质量；
- 制造年、月；
- 出厂编号。

5 正常运行条件

火花间隙在下列条件下应能正常运行：

- 环境温度： $-40^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ ；
- 太阳最大辐射：不超过 $1.1\text{kW}/\text{m}^2$ ；
- 海拔：一般不超过 1000m ；
- 交流电源的频率：不低于 48Hz ，不超过 62Hz ；
- 空气相对湿度：不超过 95% ；
- 风速：不大于 $35\text{m}/\text{s}$ ；
- 地震烈度：VII度及以下地区；
- 覆冰厚度：不大于 20mm ；
- 污秽度等级：d级。

6 性能要求

6.1 总则

间隙的自放电电压和触发允许电压应均能满足串联补偿装置对火花间隙的需求。间隙在没有接到触发指令时，应不击穿放电；当接到触发指令时，如果间隙两端的电压高于触发允许电压，则间隙应可靠触发放电。

间隙的触发放电时延应小于 1ms 。

间隙安装在串补平台上后，在正常运行时，晴天夜晚不应有可见电晕。

间隙自身（或串补控制保护装置）宜具备监测间隙两端瞬时电压是否达到触发允许电压的功能。

注：火花间隙的工作原理及典型结构参见附录 A。

6.2 间隙的自放电电压

间隙的自放电电压与闪络间隙的距离有关。应适当调整闪络间隙的距离使间隙的自放电电压不低于串补用 MOV 在最大动作电流下残压的 110% 。

在制造厂的资料中应提供闪络间隙的自放电电压与间隙距离的关系曲线。

6.3 间隙的可靠触发放电电压

间隙的可靠触发放电电压不应存在极性效应。

6.4 间隙的触发允许电压

间隙的触发允许电压应高于间隙的可靠触发放电电压，但不宜高于间隙运行电压的 1.8 倍。有特殊要求时，可根据具体工况由供需双方协商确定此电压值。

6.5 间隙的距离调整

主间隙应设有间隙距离调整机构，以便在现场调整间隙的距离，使间隙的自放电电压满足要求。

6.6 间隙的绝缘性能要求

间隙用的套管、绝缘子等部件的绝缘水平应与间隙型号中标出的绝缘水平对应，且统一爬电比距应符合设计要求。各部件应参照 GB 311.1 的要求通过相关绝缘试验考核。

6.7 间隙的故障电流承载能力

主间隙应具备下列电流承载能力：在持续时间为 500ms 的 63kA（或 40kA、50kA）工频电流通过间隙 1 次后，或者在相当于以上工况 [如 63kA（或 40kA、50kA）/200ms/5 次] 下：电极不得有明显的烧损；除各电极外，间隙的任何其他部位不应有电弧烧蚀的痕迹；间隙的机械结构各部位不得有损伤、弯曲、变形等现象；间隙的自放电电压变化应小于±10%。

供需双方可根据具体工况协商确定间隙的故障电流承载能力。

6.8 间隙的放电电流承载能力

主间隙应具备耐受规定电流峰值的放电电流承载能力，以免在实际工作中损坏。

供需双方可根据具体工况协商确定间隙的放电电流承载能力。

6.9 间隙的绝缘恢复性能

在线路带串补重合闸时，间隙不应自击穿。

一般情况下，间隙在通过 50ms（或 60ms~100ms）的故障电流 63kA（或 40kA、50kA）后，间隔 500ms~650ms 时，间隙应至少能耐受 1.8 倍的间隙运行电压。

供需双方可根据具体工况协商确定间隙的绝缘恢复性能指标。

6.10 触发控制箱的功能

间隙触发控制箱内的电路应能在间隙各种运行条件下可靠工作，并通过光纤与地面串补控制保护进行通信。

在正常运行时，间隙的触发控制电路应能通过光纤向地面控制保护系统发送自身的工作状态信息，以便地面串补控制保护实时了解间隙的工作状态；当需要间隙动作时，触发控制电路接收来自地面串补控制保护装置发来的触发间隙指令，并应可靠执行触发指令。

6.11 触发控制箱的绝缘性能

触发控制箱的各输入输出信号线缆对参考电位（串补平台）的绝缘强度，应在正常和湿热环境下满足 GB/T 2423.4—2008 的相关要求。

6.12 触发控制箱的环境适应性能

触发控制箱应能满足标准 GB/T 15153.2—2000 中规定的气候条件和机械条件等。

6.13 触发控制箱的电磁兼容性能

触发控制箱内的电路应能通过 GB/T 15153.1—1998、GB/T 17626、GB/T 24833—2009 和 DL/Z 713—2000 中规定的最高级别的电磁干扰试验。试验后，电路应工作正常，不发生元器件损坏，不发生误触发，不发生拒触发。

在条件允许的情况下，供需双方可协商补充进行一些特殊的强度更高的电磁干扰试验。

7 试验方法

7.1 总则

测量装置和准确度应满足 GB/T 16927.2 的要求及有关试验条款的要求。

除有特殊说明外，全部型式试验应在新的部件上或者由新的部件组成的间隙系统上进行，而这些试品不进行除了评价目的以外的任何预试。

火花间隙试验分为主间隙试验、触发控制系统试验、间隙整体试验。

对于本标准中未提及的间隙其他部件，应分别按照或参照相应标准进行试验。

7.2 主间隙的自放电电压试验

主间隙的自放电电压试验，即闪络间隙的自放电电压试验。在闪络间隙的有效调节范围内，测量闪络间隙的自放电电压与间隙距离的关系曲线。

试验方法：在一定间隙距离下，在间隙上施加工频电压，用调压器使这一工频电压逐渐升高直到闪络间隙自然放电，记录放电时的工频电压峰值。在每一个间隙距离下，本项试验应至少进行 15 次，

取绝对值的平均值作为间隙的自放电电压。

应根据试验时的实际气象条件，把实测自放电电压校准为标准气象条件下的自放电电压。

7.3 主间隙附件的工频电压耐受试验

试验前应拆除部分间隙电极组件，以确保在整个试验期间，主间隙不放电。

在间隙上施加其值不低于间隙绝缘水平的工频电压，持续时间为 1min。间隙本体不应有放电现象。

7.4 主间隙的故障电流试验

7.4.1 说明

本试验应至少进行一次。试验电流的幅值应为通过间隙的最大工频故障电流有效值（如 63kA、50kA、40kA）。

该试验数据可以按照 I^2t （ I 为电流， t 为持续时间）近似等效。一般情况下，在给定的试验电流下，试验参数选择为 500ms/1 次，或 200ms/5 次（两次试验之间的时间间隔取 20min~40min）。

7.4.2 试验前的准备

如需在闪络间隙敷设熔丝，熔丝应采用不同于电极的材料。

试验前应确认试验回路在合闸后可以提供本试验所需的电流值和持续时间。

7.4.3 试验记录

试验中应测量并记录电流的波形、有效值、峰值以及持续时间。

7.4.4 试验后的检查

在试验后，应停电，检查间隙各电极的烧蚀情况以及对间隙本体的影响。

间隙各电极不应发生过度的烧蚀，其他部位不应损坏。

7.5 主间隙的放电电流试验

7.5.1 说明

本试验一般应重复 10 次。试验电流的第一峰值：系统计算中考虑电容器组放电电流和最大工频故障电流瞬时值叠加后通过间隙的电流最大值。试验频率可选择实际放电频率或工频半波。如果采用工频半波，则电流幅值可以降低 10%。

如果用户有特殊要求，试验次数可由供需双方协商确定。

7.5.2 试验前的准备

如需要在闪络间隙敷设熔丝，熔丝应采用不同于电极的材料。

试验前应确认试验回路在合闸后可以提供本试验所需的电流值和持续时间。

7.5.3 试验记录

试验中应测量并记录典型的电流波形、峰值、有效值以及持续时间。

7.5.4 试验后的检查

在每次试验后，应停电，检查间隙各电极的烧蚀情况以及对间隙本体的影响。在确认情况正常后，经过 15min 后可进行下一次试验。

在整个试验中主间隙不应出现机械损坏，间隙电极无过度损伤。

7.6 主间隙的恢复电压试验

7.6.1 说明

本试验应进行一次。首先让间隙通过一定时间的故障电流，间隔规定时间后，再在间隙两端施加规定的工频电压，间隙应能耐受该电压值 100ms。

具体试验参数可由供需双方协商确定。

7.6.2 试验前的准备

如需要在闪络间隙敷设熔丝，熔丝应采用不同于电极的材料。

试验前应确认电流试验回路在合闸后可以提供本试验所需的电流值和持续时间。

试验前应确认电压试验回路在合闸后可以在间隙上施加本项试验所要求的工频电压。

试验前应确认接入工频电压的回路保护正确，电压接入时间应满足本试验的要求。

7.6.3 试验记录

试验中应测量并记录电流波形、电流的有效值以及持续时间，应同时测量电压的波形和电压接入的时间。

7.7 触发控制箱的绝缘性能试验

7.7.1 绝缘电阻试验

应检测触发控制箱各输入输出信号线缆对控制箱外壳的绝缘电阻。

正常试验大气条件下绝缘电阻应不小于 100MΩ。

依据 GB/T 2423.4—2008，在温度+40℃±2℃，相对湿度 93%±3%的环境条件下，绝缘电阻不应小于 1.5MΩ。

试验时应采用 2500V 及以上绝缘电阻表。

7.7.2 介质强度试验

触发控制箱介质强度的试验电压有效值不应低于 2500V，持续时间 1min。

7.7.3 冲击电压试验

在正常工作大气条件下，触发控制箱的各输入和输出端口对参考电位点，以及回路之间，应能承受 1.2/50μs，开路试验电压为 5kV 的标准雷电波的短时冲击电压，冲击试验后，触发控制箱应无绝缘损坏和器件损坏，各项功能均正常。

7.8 触发控制箱的环境条件影响试验

7.8.1 控制箱的 IP 防护等级试验

依据 GB 4208—2008 对间隙触发控制箱本体进行等级代码为 IP54 的环境防护性能试验。

7.8.2 振动性能试验

依据 GB/T 2423.10—2008 对间隙触发控制箱进行振动性能试验。试验严酷等级如表 1 所示。试验期间触发控制箱可处于非通电状态。

表 1 触发控制箱振动性能试验等级要求

频率范围 Hz	加速度 m/s ²	扫频循环数
10~150	10	20

在振动试验后，对触发控制箱进行功能试验，回检信息应正常，不应发生元器件损坏，不应出现误触发或拒触发，以及其他异常现象。

7.8.3 低温性能试验

依据 GB/T 2423.1—2008 对间隙触发控制箱进行低温耐受试验，严酷等级选定温度为-40℃，持续时间为 4h。

在试验期间，触发控制箱应处于通电状态，回检信息应正常，不应发生元器件损坏，不应出现误触发或拒触发，以及其他异常现象。

7.8.4 高温性能试验

依据 GB/T 2423.2—2008 对间隙触发控制箱进行高温耐受试验，严酷等级选定温度为+70℃，持续时间为 4h。

在试验期间，触发控制箱应处于通电状态，回检信息应正常，不应发生元器件损坏，不应出现误触发或拒触发，以及其他异常现象。

7.9 触发控制箱的电磁兼容性能试验

参照 GB/T 13729—2002、GB/T 24833—2009 及 DL/Z 713—2000，结合间隙控制箱安装在户外串补

平台上的实际工况，选定的间隙控制箱需完成的电磁兼容试验项目及等级要求如表 2 所示。

在试验期间，触发控制箱应处于通电状态，报送信息应正常，不应发生器件损坏，不应出现误触发或拒触发，以及其他异常现象。

表 2 火花间隙控制箱的电磁兼容试验项目及等级要求

序号	试 验 项 目	等级要求	试 验 方 法
1	静电放电抗扰度	4 级	参照 GB/T 17626.2
2	射频电磁场辐射抗扰度	3 级	参照 GB/T 17626.3
3	电快速瞬变脉冲群抗扰度	4 级	参照 GB/T 17626.4
4	浪涌（冲击）抗扰度	4 级	参照 GB/T 17626.5
5	射频场感应的传导骚扰抗扰度	4 级	参照 GB/T 17626.6
6	工频磁场抗扰度	5 级	参照 GB/T 17626.8
7	脉冲磁场抗扰度	5 级	参照 GB/T 17626.9
8	阻尼振荡磁场抗扰度	5 级	参照 GB/T 17626.10
9	振荡波抗扰度试验	3 级	参照 GB/T 17626.12

7.10 触发控制箱的功能试验

7.10.1 试验要求

试品应为组装完整的间隙触发控制箱，试验回路里还应至少包括与控制箱直接电气连接的触发回路其他部件，以便直观地判断触发控制箱的触发功能。

试验前，间隙触发控制箱通过光纤与串补控制保护装置连接，并且正常工作。

7.10.2 触发功能试验

7.10.2.1 触发控制箱不具有监测间隙自身电压的功能

由串补控制保护装置向触发控制箱发送触发指令，则控制箱在接到触发指令后应能可靠输出。

本试验应进行至少 20 次，每一次接收到触发指令应对应一次输出。

7.10.2.2 触发控制箱具有监测间隙自身电压的功能

a) 可靠触发的试验。

通过计算，得出间隙的同步触发电压值 U_{sv} 。

将输送到控制箱的间隙电压从零升高到 U_{sv} ，由串补控制保护装置（或具有相同功能的装置）向触发控制箱发送触发指令，则控制箱应能可靠输出。

本试验应进行至少 20 次，每一次触发指令应对应一次输出。

b) 可靠不触发的试验。

试验时，将输送到触发控制箱的间隙电压从零升高到 $90\%U_{sv}$ ，向控制箱发送触发指令，试图让控制箱输出触发脉冲，但控制箱应不输出。

本试验应进行至少 20 次，对每一次触发指令，控制箱均应拒绝执行。

7.10.3 状态监测功能试验

应模拟控制箱已经实现在线监测的工作状态，检查串补控制保护装置（或具有相同功能的装置）收到的回检信息是否正确，以检验控制箱是否能实现预期的状态监测功能。

7.11 完整的间隙系统试验

7.11.1 试验要求

试验过程中间隙的距离应保持不变。间隙距离应按假设的某一工程的参数进行整定，试验中使用

的触发控制箱应与该假设参数相适应。

7.11.2 外观及尺寸检查

间隙系统组装和试验前，均应检验火花间隙的各组部件的外观，外观均应正常；安装尺寸应符合技术要求。

间隙系统试验前，应测量主间隙的距离，确认间隙距离在整定范围内。

7.11.3 间隙的工频电压耐受试验

对试品施加工频电压，电压值为 $1.05 \times U_{cr} \times P_r$ ，并维持 1min。试验中试品不得有放电现象。

7.11.4 间隙的工频自放电试验

试验方法：对整个间隙系统施加工频电压，用调压器使这一工频电压逐渐升高到间隙系统自放电，记录放电时的工频电压峰值。本项试验应至少进行 5 次，取平均值作为间隙系统的自放电电压。应根据试验时的实际气象条件，把实测自放电电压校准为标准气象条件下的自放电电压。

该自放电电压与对应的主间隙的自放电电压值相比较，偏差不应大于 $\pm 5\%$ 。

7.11.5 间隙的触发放电试验

7.11.5.1 说明

该项试验包括三个试验内容：确认触发可靠放电的试验；确认不触发的试验；触发放电时延试验。

试验中，为触发电路提供间隙实测电压的分压器应该是间隙系统的组成部分，或者与实际间隙系统中使用的分压器特性一致。

若触发控制箱不具备监测间隙自身瞬时电压的功能，无需进行 7.11.5.3 试验。

7.11.5.2 确认触发可靠放电的试验

试验中向整个间隙系统施加工频或直流电压 U_{ip} ，然后向触发控制箱发出触发指令。本试验应至少进行 20 次，每一次触发指令对应于主间隙的一次放电。

应记录本项试验的试验波形。

7.11.5.3 确认不触发的试验

试验中向整个间隙系统施加工频或直流电压 $0.9U_{ip}$ ，然后向触发控制箱发出触发指令。本试验应至少进行 20 次，对每一次触发指令，控制电路应拒绝执行，主间隙不应发生放电。

7.11.5.4 触发放电时延试验

试验中向整个间隙系统施加直流电压 U_{ip} ，然后向触发控制箱发出触发指令。本试验应至少进行 5 次，每次试验记录间隙接收到触发指令时刻（或触发指令发出时刻）至间隙导通时刻之间的时间差。

取时间差的最大值作为间隙的触发放电时延 T_d 。

7.11.6 间隙的电晕试验

试品是组装完整的间隙系统，或者是至少包含支撑绝缘子、间隙外壳及其屏蔽件等可能对电晕试验有影响的零部件的间隙试品。

试验时，如果试验条件允许，试品应安装于真型串补平台上进行试验；如果没有真型串补平台，则可以搭建一个模拟串补平台代之。

施加在间隙顶部的工频试验电压，应选取串补平台最高运行电压的 1.1 倍。

试验中，间隙在晴天夜晚应无可见电晕。

8 检验规则

8.1 一般规定

制造厂家对火花间隙的检验分为型式试验、出厂试验和现场检验。其试验方法应符合本标准的规定。试品应是新的、装配完整的、清洁的，并尽可能按实际运行情况安装布置。

8.2 型式试验

新产品试制定型时，应按表 3 规定进行全部型式试验。型式试验通过后，在设计和工艺有变更并

且对产品性能有影响时，应对有关试验项目重新进行试验。若火花间隙仅在间隙距离上不同，可认为是同一设计。

表3 火花间隙型式试验项目

序号	试验名称	试验方法	试品及数量
1	主间隙的自放电电压试验	7.2	主间隙，1台
2	主间隙附件的工频电压耐受试验	7.3	主间隙，1台
3	主间隙的故障电流试验	7.4	主间隙，1台
4	主间隙的放电电流试验	7.5	主间隙，1台
5	主间隙的恢复电压试验	7.6	主间隙，1台
6	触发控制箱的绝缘性能试验	7.7	触发控制箱，1台
7	触发控制箱的环境条件影响试验	7.8	触发控制箱，1台
8	触发控制箱的电磁兼容性能试验	7.9	触发控制箱，1台
9	触发控制箱的功能试验	7.10	触发控制箱，1台
10	外观及尺寸检查	7.11.2	间隙系统，1套
11	间隙的工频电压耐受试验	7.11.3	间隙系统，1套
12	间隙的工频自放电试验	7.11.4	间隙系统，1套
13	间隙的触发放电试验	7.11.5	间隙系统，1套
14	间隙的电晕试验	7.11.6	间隙系统，1套

8.3 出厂检验

对于出厂的每套火花间隙应按表4规定进行出厂检验。

表4 火花间隙出厂检验项目

序号	试验名称	试验方法	试品及数量
1	外观及尺寸检查	7.11.2	每套间隙
2	触发控制箱的功能试验	7.10	每台触发控制箱

8.4 现场检验

对于在现场安装完毕的每套火花间隙应按表5规定进行现场检验。

表5 火花间隙现场检验项目

序号	试验名称	试验方法	试品及数量
1	外观及尺寸检查	7.11.2	每套间隙
2	触发控制箱的功能试验	7.10	每台触发控制箱

9 包装、运输和保管

9.1 包装

产品的包装应保证其在正常运输中，不因包装不良而使产品损坏。在有包装箱时，在包装箱上应注明下列内容：

- 制造厂名称、产品名称及型号；
- 发货单位、收货单位及详细地址；
- 产品净重、毛重、体积等；
- “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。

9.2 运输和保管

9.2.1 产品或部件的包装应满足运输、装卸的要求。同时，运输和装卸应遵守“小心轻放”的原则，应无严重震动、颠簸和冲击现象发生。

9.2.2 产品及部件严禁与酸碱等腐蚀性物品放在同一车厢内运输。

9.2.3 产品及备件应存放在通风、干燥、防潮的库房中保管，不得与酸碱等腐蚀性物品放在同一库房中。

附录 A

(资料性附录)

火花间隙的工作原理和典型构成介绍

A.1 火花间隙系统的典型构成

火花间隙系统的典型构成如图 A.1 所示。

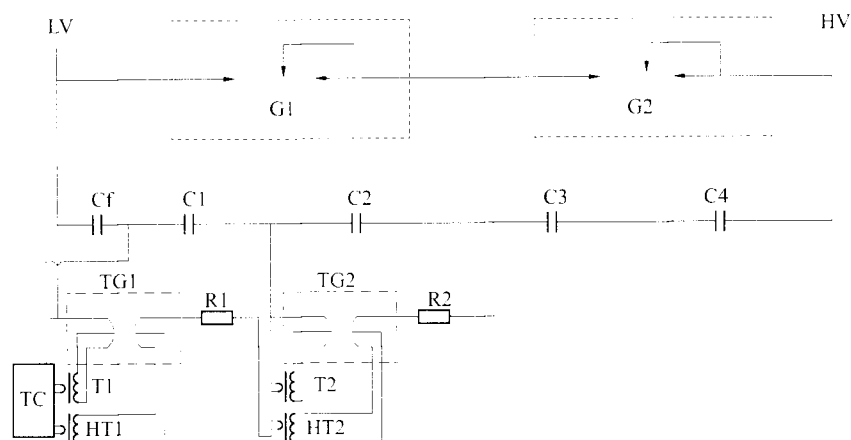


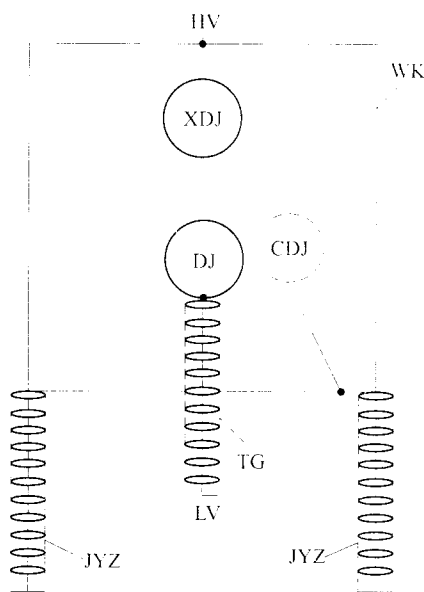
图 A.1 火花间隙系统原理图

火花间隙系统由下列主要部件构成：

- a) 自放电型主间隙 2 台，G1 和 G2；
- b) 触发放电型密封间隙 2 台，TG1 和 TG2；
- c) 限流电阻器 2 只，R1 和 R2；
- d) 脉冲变压器 2 个，T1 和 T2；
- e) 高绝缘脉冲变压器 2 台，HT1 和 HT2；
- f) 均压电容器 4 台，C1、C2、C3 和 C4；
- g) 分压电容器 1 台，Cf；
- h) 触发控制箱 1 台，TC。

图 A.1 中，Cf 被称为分压电容器。由 C1、C2、C3、C4 及 Cf 构成了一个电容分压器，分压器的二次输出电压输入给间隙控制箱 TC，即该间隙具有判断自身瞬时电压的功能。

主间隙（G1、G2）内部结构示意图如图 A.2 所示，主间隙内部由闪络间隙（由电极 DJ 和 CDJ 构成）和续流间隙（由电极 DJ 和 XDJ 构成）组成。闪络间隙是主间隙中的放电起始间隙，具有稳定的自放电电压。闪络间隙的距离将根据其自放电电压和触发允许电压的要求进行适当调整，既能保证间隙在满足触发条件下能可靠触发，又能保证间隙在没有触发的情况下且在最大可能经受的过电压下不会自放电。续流间隙的自放电电压很高且耐电弧烧蚀能力很强，当闪络间隙击穿放电后，在电动力和热效应等作用下，电弧迅速转移到续流间隙间进行燃烧，即放电过程的后续部分在续流间隙进行，绝大部分故障电流通过续流间隙。主间隙的这种结构保证了火花间隙不仅具有很好的放电稳定性并且具有很强的通流能力。



WK—间隙外壳；JYZ—支柱绝缘子；TG—套管；HV—高压端；LV—低压端；DJ、CDJ、XDJ—电极

图 A.2 主间隙内部结构示意图

A.2 火花间隙系统的工作原理

为了确保间隙在接到触发命令后，一次触发放电成功，上述间隙触发控制箱（TC）内部设有一套电压判断回路，火花间隙只有同时满足两个条件才能进行最后的触发放电。一个条件是通过光纤接收到来自串补控制保护的触发间隙指令，另一个条件是火花间隙两端电压达到设定的触发阈值（即间隙的触发允许电压）。

假设某串补工程的串联电容器组额定电压 $U_{cr}=110\text{kV}$ ，触发允许电压 $U_{tp}=1.8\text{p.u.}$ ，串补保护水平为 2.3p.u. 。

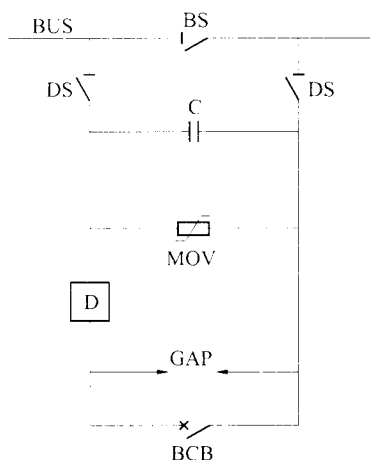
间隙系统的工作原理参见图 A.1。

在串补装置以额定电压 110kV 正常运行时，两个串联连接的主间隙（G1、G2）各承担串补电容器组额定电压的 $1/2$ （即 55kV ）。在线路出现接地故障时，由于限压器的作用，使电容器组的电压最高上升到保护水平 2.3p.u. （即电压峰值为 358kV ），主间隙 G1 和 G2 在动作前各承担的电压约为 1.15p.u. （即电压峰值 179kV ）。

当输电线路出现接地故障时，首先由金属氧化物限压器（MOV）将电容器组的过电压限制在一定水平。当串补控制保护通过各种判断，需要对 MOV 和电容器组进行旁路时，就会立即发出触发间隙的指令。当火花间隙的触发控制箱 TC 通过光纤接收到触发命令时，由控制箱 TC 判断此时电压是否达到间隙的触发允许电压 1.8p.u. （即电压瞬时值是否达到 280kV ），判定达到触发要求后，将同时向脉冲变压器 T1 和 HT1 的一次绕组发出点火脉冲，使密封间隙 TG1 在高、低压侧的两个电极上同时产生火花放电，放电产生的小火花将迅速促使密封间隙 TG1 击穿。TG1 击穿后，均压电容器 C1 将通过脉冲变压器 T2 和 HT2 的一次绕组以及限流电阻 R1 放电，在脉冲变压器 T2 和 HT2 的二次绕组产生的高压脉冲将使密封间隙 TG2 在高、低压侧的两个电极上同时产生火花放电，放电产生的小火花将进一步迅速促使密封间隙 TG2 击穿，并使均压电容器 C2 通过限流电阻 R2 放电。当均压电容器 C1 和 C2 的电压迅速降低时，主间隙 G2 上的电压也将迅速升高到自放电水平并击穿放电，紧接着主间隙 G1 上的电压也将迅速升高到自放电水平并击穿放电。至此，两个串联连接的主间隙全部放电。使串补电容器组经阻尼装置被旁路。

火花间隙在固定串补装置中的应用如图 A.3 所示。由于该型式的火花间隙不具备自息弧能力，因

此工程中与火花间隙并联一个旁路开关（BCB），当发给火花间隙触发指令的同时，发给旁路开关闭合指令。由于间隙能够在极短的时间（约 1ms）内导通，先于旁路开关闭合，所以电容器组及 MOV 先由火花间隙经阻尼装置（D）旁路，火花间隙承受着起初的线路故障电流和电容器组放电电流（统称故障电流）。旁路开关的合闸时间一般在几十毫秒，即当间隙导通几十毫秒后，旁路开关闭合，流过火花间隙的电流停止，火花间隙工作在被旁路状态，由旁路开关承受后续的故障电流。



BUS—母线；BS—旁路隔离开关；DS—隔离开关；C—串联电容器组；
MOV—金属氧化物限压器；D—阻尼装置；GAP—火花间隙；BCB—旁路开关

图 A.3 固定串补装置的典型电气主接线图

A.3 火花间隙的应用

火花间隙在 220kV 和 500kV 系统中已有大量应用。2011 年，火花间隙已经成功地应用于特高压串补工程中。图 A.4 是特高压串补工程在人工接地故障试验时，火花间隙放电瞬间的照片。



图 A.4 人工接地故障试验时火花间隙放电瞬间



关注我,关注更多好书

中华人民共和国
电力行业标准
串联补偿装置用火花间隙
DL/T 1295—2013

*

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京九天众诚印刷有限公司印刷

*

2014年4月第一版 2014年4月北京第一次印刷

880毫米×1230毫米 16开本 1印张 31千字

印数 0001—3000册

*

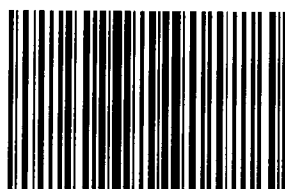
统一书号 155123·1722 定价 9.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



155123.1722

