

新型 10kV 带电作业用消弧开关简介

何建军

(常州供电公司, 江苏 常州 213003)

摘要: 消弧方式和消弧技术是配网带电作业中十分重要的技术环节。目前, 除各供电公司自行研制的消弧设备外, 专业用于配网带电作业的消弧设备非常匮乏, 最常见的为单相负荷开关、美国尤斯罗公司“菩萨”线路跨接器。前者动静触头关合与开断状态不可视, 后者为动静触头可视, 但关合或开断功能单一的消弧开关。本文所介绍的 10kV 配网带电作业用单相快分快合消弧开关, 是一种最新研发的动静触头可视、集快分快合功能合一的消弧开关。

关键词: 10kV 配网; 带电作业用; 消弧开关

0 引言

配网带电作业通过带电拆、搭空载架空线路的耐张引线或支线搭头, 使部分线路或设备退出运行后进行检修, 其断、接空载架空线路的作业比例占整个配网带电作业项目总数的80%以上。其中, 消弧方式和消弧技术是配网带电作业中十分重要的技术环节。当断接空载线路电容电流计算值小于等于0.1A以下时, 一般采用直接消弧方式, 即作业人员单手持引线迅速接通或脱离主导线, 利用空气间隙灭弧; 当电容电流计算值大于0.1A时, 应使用10kV带电作业消弧开关进行操作。

随着城市的大规模扩张, 电力电缆的广泛应用, 架空与电力电缆混合型线路越来越多, 对配网带电作业的消弧方式和消弧设备的要求也越来越高。目前, 除各供电公司自行研制的消弧设备外, 专业用于配网带电作业的消弧设备非常匮乏, 最常见的为动静触头不可视的封闭式单相负荷开关、单一关合功能的美国尤斯罗公司“菩萨”线路跨接器, 且受结构或操作机构分闸速度的限制, 均不具备开断较大容性电流的能力, 使混合型配电线路的带电作业开展受到严重制约。

为适应配电网发展, 扩大配网带电作业技术在架空混合型线路中的应用, 急需研发可开断、关合较大电容电流的配网带电作业专用消弧设备, 即配网带电作业用10kV单相便携压气式快分快合空气消弧(旁路)开关。

1 国内外消弧(旁路)开关应用现状

国内外用于带电作业的旁路开关可分为单相式和三相式两种:

单相式: 国外同类产品的典型代表是美国 Utility Solutions 公司的USLR-XLT系列空气旁路开关, 重1.9kg, 长度406mm, 高度158mm, 结构紧凑, 动静触头可视, 操作轻巧, 是目前世界上最轻便的便携式消弧(旁路)开关。但由于该产品合闸速度偏低, 分闸过程是合闸储能过程, 其实际运用过程中切断线路空载大电容电流时有可能出现触头烧损现象, 同时备品备件匮乏, 维护费用高, 使用场合受到较大限制。

国内单相小容量封闭式负荷开关, 开断、关合容量较小, 不能适应接有2km以上大截面电力电缆的混合型配电线路作业需求, 动静触头啮合状态不可视, 且带电作业时, 无可靠检测手段判别, 存在一定安全隐患。

三相式: 国外产品以日本三英社SG030为代表, 采用SF₆负荷开关的原理, 配合多种辅助快速更换接头, 以实现快速安装及更换。产品重量较轻(40kg左右), 国内上海市电力公司与常州森源开关有限公司于2005年合作开发的SF₆旁路开关, 虽然性能参数超过国外同类产品, 开关重量较重(50kg左右)。尽管三相负荷开关在功能上完全可以实践配网带电作业的作业要求, 但其体积大、重量重、三相接线桩头间距小的特征使带电作业构建旁路时面临安装、拆除三相旁路开关、三相桩头引线绝缘固定等作业步骤, 大大增加了作业人员工作强度, 降低了作业效率, 不适宜作为常规配网带电作业消弧技术应用。

2 10kV 单相便携压气式快合快分空气消弧（旁路）开关的关键技术

灭弧室小型化：带电作业用空气旁路开关受小体积、悬挂安装、操作轻巧、空气灭弧的制约，需解决触头烧损的飞溅对绝缘的影响。

操作机构小型化：对设备连接的便捷性，要求该开关既要达到操作轻巧、响应灵敏，又要保证质量稳定、动作可靠、结构合理。

压气式负荷开关目前最大额定电流630A，开断电流1100A，现有的灭弧结构存在体积大，分闸速度要求高，需要3.5m/s以上的速度，这样的操作机构要求在带电作业消弧开关中是难以实现的。

分合闸功能一体化：由于分闸簧采用压簧，合闸簧采用拉簧，在同一轴心上两个弹簧作用力相反，需解决作用力相反的分闸储能和合闸储能问题，这是本项目最关键的技术。

3 解决方案

3.1 灭弧室

借鉴美国USLR-XLT系列空气旁路开关，重新设计灭弧室的结构，重点提高开断额定电压充电开断电流性能和额定线路充电开断电流性能，采用了锯齿台状圆形结构的静触头，在其外切面开槽处理，利用动触头调整运动瞬间产生的气流，撞击静触头时空气的离散性，在静触头开槽部分消散达到瞬间熄弧的功能，有效提高了吸弧能力。综合考虑触头烧损的飞溅对绝缘的影响，动、静触头分别采用铜钨合金WCU70和铜铬合金材质。

3.2 外壳

国内单相小容量封闭式负荷（消弧）开关（图1），开断、关合容量较小，不能适应接有2km以上大截面电力电缆的混合型配电线路作业需求，动静触头啮合状态不可视，一旦发生拒分、拒合或啮合不到位时，将给作业人员带来一定的安全威胁。



图1 小容量单相负荷（消弧）开关

为此，本开关在多次试验验证后，最终选用具

有绝缘、透明、高强度、耐高温、不吸潮特性的加强型聚碳酸酯作为主套筒材质，解决了动静触头动作过程及啮合情况不可视的安全隐患。

3.3 操作机构小型化及分合闸功能一体化

操作机构小型化：对设备连接的便捷性和悬挂架空导线上的特殊性，要求开关重量轻、体积小，既要达到操作轻巧、响应灵敏，又要保证质量稳定、动作可靠、结构合理。

分合闸功能一体化：由于分闸簧采用压簧，合闸簧采用拉簧，在同一轴心上两个弹簧作用力相反，需解决作用力相反的分闸储能和合闸储能问题，因此，需研发设计储能压簧和拉簧同轴的纵向结构离合器，以实现分合闸功能一体化。

4 10kV 配网带电作业用单相快分快合空气旁路（消弧）开关结构及操作原理

4.1 10kV 配网带电作业用单相快分快合空气旁路（消弧）开关结构

10kV 配网带电作业用单相快分快合空气旁路（消弧）开关总体结构如科2、3所示。

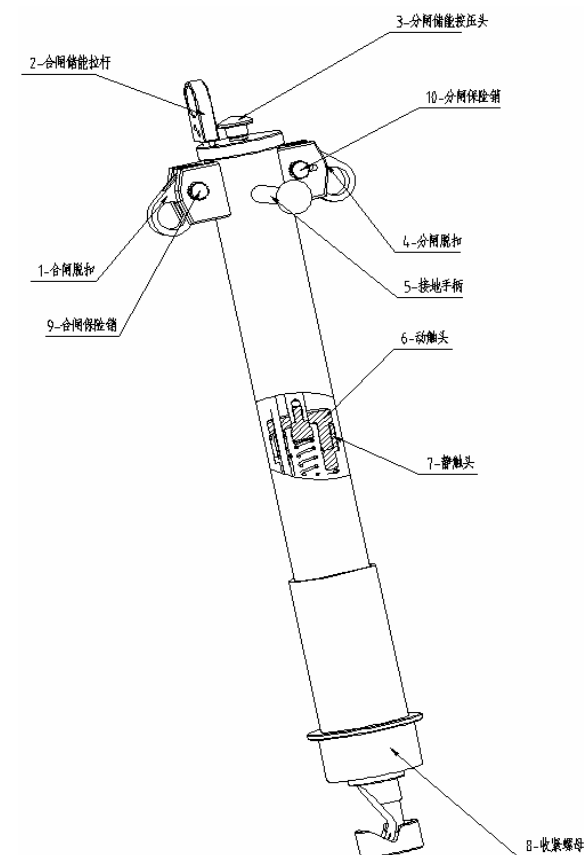


图2 10kV 配网带电作业用单相快分快合空气旁路（消弧）开关结构图一

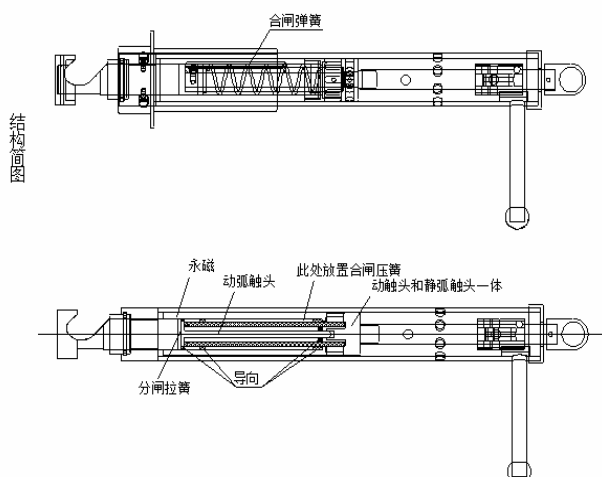


图 3 10kV 配网带电作业用单相快分快合空气旁路（消弧）开关结构图二

10kV 配网带电作业用单相快分快合空气旁路（消弧）开关总体结构采用单相纵向布置的形式。壳体组件、定位组件、导电回路组件、离合器组件、合闸组件和分闸组件；壳体组件包括主套筒、绝缘套管、法兰套和底盖；定位组件包括定位螺母，定位架和定位柱；导电回路组件包括导电端盖、上导电杆，压套、连接螺母、导电套管、静触头、动触头和下导电杆；合闸组件包括合闸储能拉杆、合闸簧、合闸锁定销、合闸脱扣和内套管；分闸组件包括小轴、分闸簧、挡块、分闸储能轴、连接杆、分闸储能按压头、分闸锁定销和分闸脱扣。导电回路组件的主体设于壳体组件内。

4.2 分闸状态时状态简图及操作原理

4.2.1 开关状态图

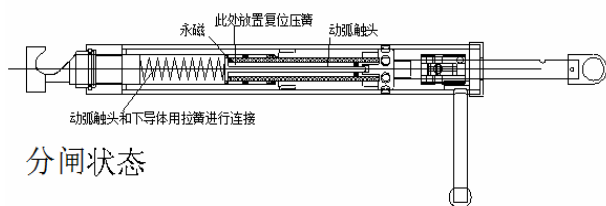


图 4 分闸状态时状态简图

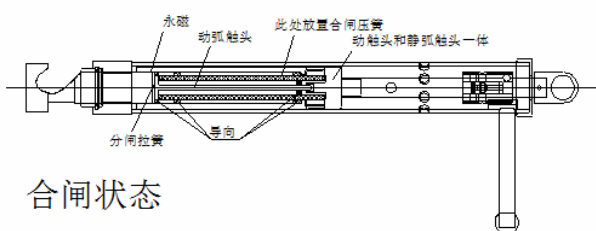


图 5 合闸状态时状态简图

图4、图5分别为开关分闸与合闸状态时的状态简图。

4.2.2 开关操作步骤及原理

储能：

开关处于合闸状态时（如图5），合闸未储能，处于分闸储能位置；操作开关前，必须先拉动分闸脱扣4，释放开关分闸簧能量，使开关处于分闸状态。此时，严禁拉动合闸储能；

当分闸能量释放完成以后，储能时必须严格按照先分闸储能-后合闸储能的顺序；若顺序相反，则会造成开关损坏；

下压分闸储能环3，当听到咔一声表明分闸储能到位，此时开关既不在分闸位置，也不是合闸位置；

注意：此时，严禁拉动分闸脱扣，使开关分闸。仅允许以下步骤：

拉动合闸储能环2至“吧嗒”一声，此时，合闸储能完毕；注意：合闸储能时，需轻拉合闸脱扣解除锁止，否则无法实现合闸储能；

操作开关务必遵守以下顺序：先合闸—后分闸，严禁顺序相反，否则损坏开关机构；

合闸：

初始状态为合闸状态（由合闸保险销锁止）

操作步骤：拔出分闸保险销10—拉动分闸脱扣4—按下分闸储能环3—拔出合闸保险销9—拉动合闸储能环2—拉动合闸脱扣1；

动作原理：拉动1（合闸脱扣）带动分闸限位销滑出绝缘拉杆上的限位孔，此时内部被压缩的合闸簧释放能量，通过导向棒拉动动触头实现快速合闸。

分闸：

初始状态为合闸状态（由合闸保险销锁止）

操作步骤：拔出分闸保险销10—拉动分闸脱扣4—按下分闸储能环3—拔出合闸保险销9—拉动合闸储能环2—拉动合闸脱扣1—拉动分闸脱扣10；

动作原理：拉动拉环10进行分闸，导向棒上的永磁体吸住动弧触头，压缩动弧触头复位拉簧，当复位拉簧的力值大到能够克服永磁体吸力时，动弧触头脱离静弧触头，快速回位，实现快速分闸。

5 主要技术参数



图 6 10kV 配网带电作业用单相快分快合空气旁路（消弧）开关

图 6 为 10kV 配网带电作业用单相快分快合空气旁路（消弧）开关实物图。

5.1 使用环境条件

- 环境湿度
- 日平均相对湿度：≤95%
- 月平均相对湿度：≤90%
- 日平均蒸气压：≤ 2.2×10^{-3} MPa
- 月平均蒸气压：≤ 1.8×10^{-3} MPa
- 海拔高度：不超过 1000m；

5.2 主要规格及技术参数

主要技术参数见表 1。

表 1 主要技术参数

序号	名称	单位	数值
1	额定电压	kV	12
2	额定绝缘水平 1min 工频耐受电压	断口 kV	42
	雷电冲击耐受电压		75
3	额定频率	Hz	50
4	额定电流	A	400
5	额定短时耐受电流（2s）	kA	20
6	额定峰值耐受电流（峰值）	kA	50
7	额定短路关合电流	kA	20
8	额定短路持续时间	s	2
9	机械寿命	次	1200
10	有功负载电流	A	400
11	配电线路闭环电流	A	400
12	电缆充电电流	A	10
13	线路充电电流	A	1
14	短路关合电流	kA	
15	接地故障电流	A	
16	接地故障条件下的额定电缆充电电流	A	

6 结束语

单相便携式 10kV 配网带电作业用空气旁路

（消弧）开关，是目前国内第一台能满足国家电网公司 2013 年 3 月发布的《10kV 带电作业消弧开关技术条件》的消弧开关。项目成功研发了储能压簧和拉簧同轴的纵向结构离合器，实现该单相便携式空气旁路开关分合闸功能一体化，弥补了美国尤斯罗公司“菩萨”线路跨接器单一关合功能的短板，提高了带电拆引线后短时恢复引线作业的工作效率及作业过程的安全保障。该开关灭弧室采用压气式结构，创造性发明了新型内锯齿台状圆形结构静触头，明显提高吸弧能力。外壳首次采用透明绝缘聚碳酸酯材料，可清晰地观察动触头动作情况及动静触头啮合状态，可有效防止拒动及动静触头啮合不到位时，作业人员被电弧灼伤的安全隐患。项目成果有效解决了国产小容量负荷开关容量小、分合不可视的安全隐患，弥补了“菩萨”线路跨接器单一关合功能的局限性，为配网带电旁路作业断、接混合型线路提供了可靠装置，具有广泛的推广应用价值，并将为提高配网带电作业的覆盖率发挥重要作用。

参考文献：

[1] GB3804-2004, 3.6~40.5kV 高压交流负荷开关[S].
[2] GB/T11022-1999, 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求[S].
[3] GB/T 16927.1-1997, 高电压试验技术第一部分：一般试验要求[S].
[4] GB3309-1989, 高压开关设备常温下的机械试验[S].
[5] DL/T593-2006, 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求[S].
[6] IEC60265-1, 高压负荷开关[S].

作者简介：

何建军（1956-），男，江苏常州人，工程师，从事输配电带电作业工作。