

# 提高 10kV 架空线路断线处理速度

钟成伟，谭学峰

(徐州供电公司，江苏 徐州 221000)

**摘要：**在城区的配电网中，断线故障时常发生，一旦发生断线故障势必会影响到对重要用户供电的可靠性。本文对现有的 10kV 架空线路断线处理方法进行简述，并对其弊端进行分析。认为提高断线处理速度的关键在于改进断线处理施工工艺。通过对以往断线处理方法的分析，本文提出发明一种可实现“不压接”的方式将断线导线快速可靠地连接的装置——“快速断线连接器”。借助于“快速断线连接器”，缩短整个断线故障的处理时间。

**关键词：**配电网；断线故障；施工工艺；快速断线连接器

## 0 引言

随着社会的进步和经济发展，电能已经是人民日常生活的必需品，也是社会、经济发展的支柱，保证用户的正常用电是我们电力人的首要任务。在城区的配电网中电力架空裸导线已被绝缘导线代替，但由于城区电杆间距较近，导线承受应力较小，所以多数绝缘导线不带钢芯，加之本身的绝缘特性，容易遭受雷击、外力破坏和因施工工艺等造成绝缘导线本身受伤，造成的断线故障时常发生，一旦发生断线故障势必会影响到对重要用户供电的可靠性。为减少用户因绝缘导线断线故障而造成的损失、保证企业本身的经济效益，在此对绝缘导线断线的原因进行分析提出对策，并尝试改进绝缘导线断线连接工艺，以缩短绝缘导线断线故障的处理时间。

## 1 数据统计

本人用现有断线处理方法进行断线接续的试验（将断开的导线重新连接），试验结果见表 1。

表 1 短线重连时间

试验次数	实验项目	操作用时/min
第一次	断线重连	23 分 32 秒
第二次	断线重连	28 分 11 秒
第三次	断线重连	22 分 16 秒
第四次	断线重连	28 分 32 秒
第五次	断线重连	30 分 21 秒
平均用时		26 分 34 秒

从表 1 可以看出，用以往的方法处理断线故

障，平均用时 26 分 34 秒。

从表 2 以及对以往配电线路断线的故障处理记录统计中，我们发现整个故障处理抢修中不仅需要大量工作人员参与、占用大量宝贵的抢修时间，也给广大电力用户造成相当大的经济损失和不便。

## 2 现状分析

### 2.1 线路断线故障现状

断线故障是配电线路运行中最常见的故障之一，其主要原因为雷击、大风等恶劣气候环境以及外力破坏造成。国内目前对于断线故障处理的方式通常为重新更换新导线、对断裂导线进行绑扎或通过接续压接管进行压接等。

### 2.2 现有断线故障的应对措施

通常情况下处理断线故障的程序步骤：

(1) 做好故障现场安全措施，解开绝缘导线两端连接头，然后将绝缘导线落地。

(2) 剥去导线的绝缘层，清除绝缘导线待压接部分的污垢，清除长度为连接部分的 2 倍，清除铝连续管内壁的污垢，用钢丝刷将导线打磨平整，用浸过汽油的棉布擦拭并清洁导线、连续管、垫片等。待擦拭导线、铝连接管、铝芯垫片的汽油挥发后、用清洁的棉布擦拭并涂导电膏，将两导线头穿过铝连接管，并出管 30 至 50mm，然后穿入垫片。穿垫片时应贴着导线并顺直，一只手扶好垫片，另一只手用钳子头部轻轻敲击垫片端头，慢慢将垫片打入管中。

(3) 压接，一人操作压接钳，一人扶好压接

钳头部与铝连接管。对钢芯铝绞线,应从中间开始向一端上下交错压接。压接时,应对准压模中心,一侧压接完毕后,返回中间开始向另一端上下交错压接(当采用液压钳时,每压好一个模时不要马上松开模,应停留 30s 以上再松开),且两端最后一模均应压在导线的副头上。按规定的压口数和压接顺序进行压接后,按钳压标准校直钳压接续管。

(4) 绝缘处理,采用热缩护套或冷缩护套对导线恢复绝缘。

(5) 恢复导线,将对接好和恢复绝缘的导线重新挂到电杆上,以便于紧线和收线操作,验收后拆除现场安全措施。

### 2.3 现有断线故障应对措施的弊端

重新更换导线虽然能够使配电线路恢复供电,但故障处理时间长,且耗费人力物力较多;对断裂的导线进行手工绑扎虽然投资成本较低,但经手工缠绕绑扎后的断裂导线接头处不紧固,增加了断裂导线间的接触电阻,过流能力随之下降,导线接头处如持续发热可能会引起更为严重的断线事故;通过连续压接管进行对断裂导线的压接需要在具有专业工器具的基础上才能进行,但工器具在抢修现场携带不方便,同时压接接触面大小和压接模数受人因素决定,随意性大且处理过程耗时较多。

## 3 快速断线连接器的研制

经过讨论和查阅相关资料,打算发明一种可实现“不压接”的方式将断线导线快速可靠地连接的装置-----“快速断线连接器”。借助于“快速断线连接器”,缩短整个断线故障的处理时间,大幅节省了抢修时间,减少了人力和财力的消耗,在提高了施工质量的同时也快速地恢复了供电。

### 3.1 确定“快速断线连接器”的紧固接线结构

关于该装置的接线结构,本文提出三种接线结构:卡扣结构、拉紧结构、带弹簧的导线闭锁结构。并对其各自的优缺点进行分析。

卡扣结构连接断线是指将两根断线头部重叠一部分,然后用卡扣卡死,完成断线的连接。这种方法的优点:易于操作,成本低。缺点:1)从电气性能分析,这种卡扣连接的方式接触不紧密,导电性差,接触电阻变大;2)从机械强度方面分析,这种连接方式很容易脱扣,连接点机械强度不够。

3)从使用寿命方面分析,这种卡扣平均使用寿命都不长;

拉紧结构连接断线是指将断线的两端分别与拉紧器的两端压接连接,然后将拉紧器拉紧,最终实现断线的连接。这种方法的优点:操作简单,,连接稳固,成本低。缺点:1)从电气性能分析,这种拉紧器两端与导线连接的部分不够紧密,这样会导致接触电阻增加,长期运行会使导线发热,存在安全隐患;2)从使用寿命方面分析,使用寿命短,更换频繁;3)从压接方面分析,压接工器具在抢修过程中携带不方便和人为随意化作业等因素的影响,可增加故障处理后配电设备运行的可靠性。

带弹簧的导线闭锁结构是指在一个管型装置内将断线(配合导向帽使用)两端同时往相对的方向移动,然后到达指定位置,通过弹簧将导线闭锁,结构将紧贴导线,该结构内表面带有与导线相符的锯齿槽卡爪,能够紧卡导线,通过闭锁,使导线不能往反方向移动。该装置位于管型外壳内,配合导向帽使用。导线夹紧器(锯齿槽卡爪)夹紧并包裹导线使其不滑脱,压缩弹簧使导线夹紧器复位并闭锁断线导线。这种方法优点:1)从电气性能分析,导线夹紧器(锯齿槽卡爪)与导线有足够的接触面积、接触电阻小、过流能力强;2)从机械性能分析,该结构根据力学原理设计,使导线与导线夹紧器(锯齿槽卡爪)形成独立自锁,永久保持紧固连接状态,夹紧力恒定,免维护。3)从使用寿命方面分析,该装置使用寿命长,受周围环境影响小。缺点:结构稍微有些复杂,成本略高。

综上对比分析,确定装置的紧固接线结构为带弹簧的导线闭锁结构

### 3.2 确定“快速断线连接器”的外壳形状及绝缘恢复方式

#### 3.2.1 外壳形状

本文结合查阅相关资料,提出三种外壳方案:

外壳形状一:长方体外壳

分析:长方体外壳将断线连接处包裹在里面,能够满足断线处机械性能的要求,比较稳固。但是当架空线受到环境影响导致架空线震动时,由于长方体外壳是水平的,而导线是有弧度的,结果会导致导线在震动的过程中受损。

外壳形状二:圆柱体外壳

分析：圆柱体外壳将断线连接处包裹在里面，也能够满足连接处的机械性能要求，比较稳固，而且圆柱体更加接近于导线的形状。但是圆柱体外壳依然不能解决当导线受到环境影响震动时受损的情况。

外壳形状三：双漏斗形外壳

分析：当导线振动时，“快速断线连接器”双漏斗形外壳具有非常有效的减震效果，以最大限度的消耗导线振动能量，减少应力，解决导线疲劳难题，不损伤导线。从而不会降低导线的连接性能。

综上，本文采用方案三。

### 3.2.2 绝缘恢复方式

根据多年现场经验以及查阅相关文献，最终确定断线连接处的绝缘恢复方式依然采用原来的冷缩技术。冷缩技术，采用机械手段将成型的橡胶体在弹性范围内预先撑开，然后套入塑料螺旋条支撑物加以固定，现场安装时，只需将螺旋条支撑物抽去，弹性橡胶体便迅速收缩并紧箍于“快速断线连接器”，使其恢复绝缘，延长连接器的使用寿命。

### 3.3 完成“快速断线连接器”的研制

最终我们终于研究出本次课题的装置--“快速断线连接器”。具体结构及使用方法如下：

“快速断线连接器”在结构上主要包括进线端口、导向帽、导线夹紧器（锯齿槽卡爪）、弹簧和双漏斗形外壳。图 1、图 2 和图 3 分别展示了“快速断线连接器”的外观图、内结构图和插入导线后的“快速断线连接器”示意图。



图 1 “快速断线连接器”外观图

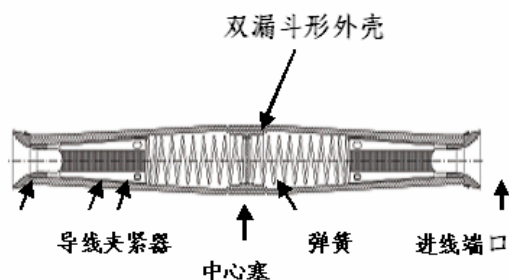


图 2 “快速断线连接器”内结构图

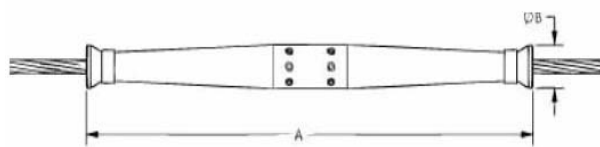


图 3 插入导线后的“快速断线连接器”示意图

“快速断线连接器”使用方法：

(1) 首先对断线的导线端头进行绝缘层剥离，用钢丝刷沿导线端头方向进行对断线导线的打磨平整处理、用浸过汽油的棉布擦拭清洁导线，然后在导线表面涂匀导电膏。

(2) 用力分别将打磨平整后的导线插入断线连接器的两个进线端口，使导向帽包裹并保护导线不使其散股，导线和导向帽在外力的作用下撑开导线夹紧器向“快速断线连接器”的中心塞推进，导线和导向帽在越过导线夹紧器锯齿槽卡爪之后，导线夹紧器在弹簧的反作用力下立刻夹紧导线，此时导线需沿推进方向继续前进至中心塞，如外力拉伸导线，在锯齿槽卡爪的作用下导线将被牢牢锁死，以此实现闭锁导线的功能。

(3) 使用冷缩型绝缘套管对进“快速断线连接器”行绝缘恢复。

### 3.4 对“快速断线连接器”进行相关测试

“快速断线连接器”如在国内大规模投用前需经历包括电气性能、机械性能和环境性能、现场处理断线故障等相关方面的测试。

#### 3.4.1 “快速断线连接器”电气性能测试

(1) 接触电阻试验：接触电阻测试是测试“快速断线连接器”静态的接触性能，即接触电阻应不大于一定的数值。

(2) 工频耐压试验：工频耐压试验是测试“快速断线连接器”外壳应能否承规定的暂态或短时工频过电压。在试验期间，不得出现闪络或击穿等现象。

(3) 冲击耐压试验：冲击耐压试验是测试“快速断线连接器”外壳应能否承受规定的瞬态过电压。试验过程中应无破坏性放电。

(4) 电压降试验：电压降试验是测试“快速断线连接器”的动态接触性能。电压降应不大于一定的数值。

(5) 温升试验：温升试验是测试“快速断线连接器”在正常使用时，其温升不能超过规定值，其温度的升高不能超过环境温度的 30℃。

通过以上试验,本装置均满足要求。

### 3.4.2 “快速断线连接器”机械性能测试

压线可靠性试验:压线可靠性试验的目的是为了测试“快速断线连接器”是否能夹紧导线而又不会过度损伤导线。用“快速断线连接器”接上规定类型和额定截面积的导线,挂上一定的重物,以每分钟 10 转( $10\pm 2r/min$ )的速度旋转,持续 30min。经测试后,如果导线没有滑出导线夹紧器(锯齿槽卡爪),也没有在导线夹紧器(锯齿槽卡爪)附近断裂,则断线连接器的导线夹紧器(锯齿槽卡爪)可靠性是合格的。如果有导线断裂或者脱落后断线连接器的卡爪闭锁机构,则是不合格的。经试验,本装置符合要求。

### 3.4.3 “快速断线连接器”环境性能测试

(1) 包装振动试验:包装震动试验是模拟“快速断线连接器”的包装在承受运输时振动的能力,经测试后,包装内的“快速断线连接器”不得有影响有损坏。

(2) 风振试验:风振试验是模拟“快速断线连接器”在使用时承受震动的能力。将“快速断线连接器”的前后、左右、上下面依次固定在震动台上,分别对端子的 X、Y、Z 三轴方向,施加规定的模拟量,经测试后断线连接器不得有损坏。

(3) 材料的阻燃试验:阻燃试验是测试“快速断线连接器”材料阻燃的性能。在测试的过程中,将标准样条夹在仪器测试的夹持座上,移动火源到规定位置点火燃烧到规定时间后移开火源,如果火源移开后,样品条还仍然燃烧或者其滴落物点燃样品条下方的棉花,则阻燃性是不合格的,如果火源移开后,样品条自己熄灭,则阻燃性合格。

(4) 耐老化试验:耐老化试验是测试“快速断线连接器”能否在一定高温下正常使用。将端子放置在老化试验箱中,施加 105℃或 120℃高温,持续 7 天,如果被测端子没有老化,则为合格。

(5) 交变湿热试验:交变湿热试验是测试“快速断线连接器”能否承受在正常使用中可能出现的

潮湿条件。金属部件如出现锈蚀,则为不合格。

经过上述试验,本装置满足要求。

## 4 成效对比

经统计,徐州供电公司配电运检室每年需处理约为 50 起的 10 kV 配电线路断线故障。如果使用“快速断线连接器”,以每个断线故障减少停电时间 5 h、用户平均负荷为 5000 kW 来计算,则相对以往每次处理断线故障可多提供 2.5 万 kWh 电量。按平均电价 0.5 元/kWh 来计算,每年将直接为公司减少损失 62.5 万元;原来需要 8 至 10 名施工人员才能处理的断线事故现在最多只要 3 人就可以完成,减少了处理断线故障时的人力、财力、物力的耗费和施工不安全因素,直接增加了企业的效益。

## 5 结论

综上所述,通过使用“快速断线连接器”处理配电线路断线故障,可实现对断线导线的快速连接。相比于传统的断线故障处理过程,“快速断线连接器”使用时将有效避免“压接”、“拆搭导线连接头”等一系列繁琐的施工程序,方便施工,大幅缩短断线抢修时间,减少维修费用,它的使用将有助于提高城市配电网的“供电可靠性”。

### 参考文献:

- [1] 丁荣,王书孟,佟岩冰.10kV 及以下配电线路典型故障分析与预防[M].北京:中国电力出版社,2005..
- [2] 何金良,傅芳伟,陈水明,等,10kV 绝缘导线配电线路断线机理分析[J].电力建设,2001,22(07):6-7.

### 作者简介:

钟成伟(1987—),男,江苏徐州人,工程师,从事配电线路运检工作;

谭学峰(1990—),男,江苏徐州人,中级工,从事配电线路运检工作。