

「配电网」

配电网架空线路摘挂式地刀

文/佛山供电局 李正强

装设接地线历来被认为是高风险作业，主要有高空坠落和触电两大风险。据统计南方电网公司范围内2003年1月至2017年4月，因高空坠落和触电导致人身死亡数为74人（总死亡数102人），占比高达72.5%。针对上述问题，探索研制一种摘挂式地刀，在架空线路杆塔、开关或台变等含摘挂式避雷器时，实现等同于“合上或拉开地刀”的功能，具有免登杆、防触电及兼容性好等优点，以期部分替代接地线，改变传统检修接地方法，从一定程度上降低装设接地线可能带来的高空坠落和触电风险，保证工作人员生命安全，同时实现线路防雷措施与检修接地操作的双赢。

《GB 26859—2011电力安全工作规程（电力线路部分）》6.1.1规定：在线路和配电设备上工作，应有停电、验电、装设接地线等保证安全的技术措施。因此装设接地线是电力系统检修时保证人身安全的必要环节。然而近十几年来，因装设接地线造成的人身伤亡事故时有发生，安全生产局面严峻。因此，研究一种配电网架空线路检修接地新型设备迫在眉睫，摘挂式地刀改变传统检修接地方式，降低高空坠落和触电风险，正是本文写作的意义所在。

问题分析

装设地线是指在电力系统中通过接地短路线使电气设备全部或部分可靠接地的操作。

装设地线的作用主要有两个：一是保护工作人员在工作地点防止突然来电的可靠安全措施，设备断开部分的剩余电荷，亦可因接地而放尽；二是防止可能送电至停电设备的各方面或停电设备可能产生感应电压。

《电力安全工作规程（电力线路部分）》：在全部停电或部分停电的电气设备上工作，必须完成下列措施：①停电。②验电。③装设接地线、个人保安线。④悬挂标示牌和装设遮栏。第6条关于装设接地线也已明确规定：6.4装设接地线

6.4.3当验明设备确已无电压后，应立即将检修设备接地并三相短路。这就是保护工作人员在工作地点防止突然来电的可靠安全措施，同时亦可因接地而放尽残存电荷。6.4.11 a) 工作地段各端以及可能送电到检修线路工作地段的支线都要装设接地线。

近年来因装设接地线而造成的人身伤亡事故屡有发生，例如2015年某供电局“9·29”人身死亡事故（未验电就登杆挂接地线时触电死亡1人），2016年某供电局“6·20”人身死亡事故（登杆装设接地线时与邻近带电体距离不足触电死亡1人），再比如2017年某供电局“3·26”人身死亡事故（登杆装设接地线时误碰邻近带电梯触电坠落死亡1人），安全形势相当严峻。

接地是保证检修人员生命安全的重要一环，因此必须严格执行。10 kV配电架空线路杆塔、台架等检修接地方式一直采用装设接地线形式实现。其中包括接地端和导体端，成套接地线应由有透明护套的多股软铜线和专用线夹组成，接地线截面积不应小于25 mm²，并应满足装设地点短路电流的要求。装、拆接地线导体端应使用绝缘棒或专用的绝缘绳，人体不应碰触接地线。装设接地线，应先装接地端，后装导体端，拆除接地线的顺序与此相反。

日常工作中装设过程先一半必须攀登到距离

导线大于0.7 m处进行三相操作接地, 不可避免的存在高空作业坠落及触电的危险, 因此, 装设接地线一直都是高风险作业。究其原因, 主要有以下两点: 一是高空坠落风险, 因接地点多在距离地面5 m以上的线路或设备处, 势必需要登杆及高空作业, 而这一环节又是人身坠落的高危区; 二是触电风险, 对于部分停电线路装设接地线时极易与相邻带电部位安全距离不足或者误碰带电体而导致人身触电伤亡。此外, 接地线(软铜线 $15\text{ m} \times 25\text{ mm}^2$)既重且长, 高空操作不灵活, 易缠绕, 难度大, 效率低, 还极易碰触作业人员身体, 存在接地线触电风险。



图1 传统接地线装设示范



图2 传统接地线(既重且长)

血的教训和事故, 往往单纯归因于违章作业或现场不规范等管理因素, 一直未从技术层面寻求解决办法, 本文一改传统装设接地线的工具及方法, 创造性提出了以配电网架空线路摘挂式地刀部分替代接地线, 兼容摘挂式避雷器, 一定程度上降低了高空坠落及触电风险。

对策研究

本文受户外台变跌落式熔断器的操作模式启发, 设想利用含摘挂式避雷器及其接地网, 将其绝缘部分换做导电铜杆材料便可通过其接地网实现检修接地操作, 类比配电柜地刀操作模式, 故

称为“配电网架空线路摘挂式地刀”(简称“线路地刀”)(见图3)。

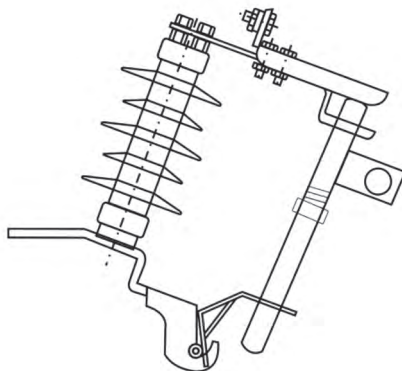


图3 线路地刀设计图

线路地刀包括绝缘支柱(兼容摘挂式避雷器)、铜杆和套管三部分。

技术原理: 线路地刀的铜螺杆上端与导电电压板可抵靠或分离, 通过绝缘棒拉合使其与导电电压板抵靠或分离, 即可实现等同于“合上或拉开地刀”的功效, 无需登高操作, 同时由于铜螺杆设于套管内, 并可沿套管轴向移动, 铜螺杆和套管的整体长度可调节, 从而能满足不同型号避雷器绝缘支柱的需求。线路地刀利用已有摘挂式避雷器设备, 没有增加附属设备, 投资省, 成本低, 避雷措施与接地操作实现双赢, 最大限度利用已有设备实现更多功能, 符合节能增效的理念。

使用方法:

1) 检修接地。当拟检修线路停电后, 在接地点先用绝缘棒逐相取下3组摘挂式避雷器, 再在避雷器底座处装上3组线路地刀, 最后用绝缘杆逐相“合上”线路地刀, 即可完成拟检修线路的安全接地措施。

2) 拆除接地及正常运行。当线路正常运行或检修工作结束后, 逐相“拉开”线路地刀, 用绝缘杆将其取下, 再装上原避雷器, 即可完成拆除接地操作, 恢复线路正常运行方式。

3) 日常管理。按照《电力安全工作规程(电力线路部分)》、《南方电网有限责任公司电力安全工作规程》、《南方电网有限责任公司电气操作导则》、《南方电网有限责任公司工器具管理规定》等纳入“接地刀闸”或“接地线”管理, 并修订相关条款制度, 仓储应按相关要求执行。

测试鉴定: 线路地刀委托广东电网有限责任



图4 两种型号的线路地刀实物

公司电力科学研究院开展了工频耐压试验、温升试验、机械寿命试验、主回路电阻测量及短路电流试验，全部合格，并出具测试报告一份。

创新优点：线路地刀可部分替代配电网架空线路传统接地线，增加了一种新型检修接地方式，实现了无需登高便可进行线路的接地操作，省却了登杆作业环节，从一定程度上杜绝了高空坠落和触电危险，大大提高了工作效率，保证人员生命安全。

鉴于线路地刀推广转化需要，注重知识产权保护，截至目前，2017年3月8日已经授权实用新型专利“一种配电线路可摘挂式地刀”（ZL201620865145.2）1项；2016年11月16日发明专利“一种配电线路可摘挂式地刀”（ZL201610654178.7）1项也已经进入实审。计划将于2018年开始专利许可第三方，实施转化，进而产生更大价值。

1) 免登杆。针对含摘挂式避雷器的开关、杆塔及变台台架，线路地刀可以在地面上使用绝缘棒实现装取、合上和拉开的操作，免去了攀登杆塔装设接地线的步骤，一定程度上杜绝了高空坠落的风险。

2) 防触电。操作人员只需在地面即可完成接地操作，免去了攀登杆塔装设接地线的步骤，装设接地过程中始终与带电体保持足够大的安全距



图5 张文峰总经理点评线路地刀

离，也就完全不存在触电的可能性。

3) 兼容性。线路地刀长度设计沿轴向可调节，用来满足不同型号摘挂式避雷器的需求，兼容性好，适应范围更广。

线路地刀自2016年在佛山供电局局部试点应用以来，相较于传统地线，它轻便易携带，省却了登杆环节，节省了操作时间（由原来的一回线路装设接地线所需15 min降低至5 min），提高了工作效率67%以上，在某些特定停电（单一配变）中，还可减少了停电范围，提高供电可靠性。从一定程度上杜绝了高空坠落和触电危险，大大提高了工作效率，保证人员生命安全，效果非常好。

结束语

线路地刀可用于配电网架空线路停电检修时部分替代传统接地线使用，即在配电网架空线路杆塔、开关或台变等含摘挂式避雷器时，用绝缘棒装取线路地刀，即可完成拟检修线路安全接地措施操作。

“拉合线路地刀”等同于传统装设接地线操作，但却无需攀登杆塔即可安装，免登杆和防触电恰好解决了高空坠落和触电风险的难题，同时避雷器和线路地刀的安装支架及接地网（必要时对不合格的进行整改）兼容通用，大大提高了设备利用率，实现双赢。

线路地刀相较于传统地线，它轻便易携带，省却了登杆环节，节省了操作时间，提高了工作效率。无论在可靠性、安全性，还是经济性、操作性方面都不失为一种值得行业全面推广的新设备。



图6 现场应用展示举例

鉴于大规模转化生产需要更成熟化的商品，线路地刀下一步计划将完善其工业设计及商品化流程，争取尽快投入市场产生价值，也为电力行业安全生产增加一个有力保障。EA

（收稿日期：2017.06.18）

（编辑：白文亭）