

OPOC技术在北京地区配网自动化中的应用研究

光纤复合绝缘导线（OPOC）是一种将光纤与架空绝缘电力导线复合的新型光缆，具有传输电能与光通信业务的双重功能。OPOC技术将电力特种光缆的应用从输电网络延伸到配电网，可以解决电网有关问题，如保护、自动化和调度等，使传输的质量和速度得到显著提高。结合北京地区电网的实际应用，对OPOC技术的优势、结构设计、接续及接头盒性能进行了研究，并给出了北京地区OPOC技术实施方案。

刘继刚¹ 威力彦² 郝佳恺¹ 王娟¹ 康同盟¹ 李昕钰¹ 李宇婷^{1/1}. 国网北京市电力公司 2. 中国电力科学研究院



刘继刚/助理工程师

0 引言

随着智能电网建设发展，电力光纤的应用日益广泛，需要进一步从输电网络延伸到配电网，其承载的配电自动化、信息采集等业务日益重要^[1]。

光纤复合绝缘导线（OPOC）是经过绝缘化处理的一种应用于配网的新型OPPC光缆，OPOC技术是将光纤与10 kV及以下1 kV以上架空绝缘电力导线复合的新型光缆技术，适用于配网架空电力光缆的敷设。

在现有城镇配电网中，一般采用三相绝缘架空电缆传输线路电流，如果三相中的一相被OPOC替代，使现有的三相电力系统变为由两根导线和一根OPOC组成的电力系统，则可在不需要另外架设通信线路的前提下，就可以解决此类电网的保护、自动化和调度等问题，使传输的质量和速度得到显著提高。OPOC技

术提供了另一种电力通信解决方案。

另外，在我国要求实行无人值守，远程监控的变电站、配电站的大趋势下，OPOC在解决城网、农网通信改造，建设配网自动化方面提供了新的思路。运用OPOC光缆技术，将电力特种光缆的应用延伸到配网，使全部电网都能够被光纤覆盖。

目前电力特种光缆ADSS和OPGW面临着电腐蚀、遭雷击、被偷盗、线损和杆塔空间有限等诸多的弊端，而采用OPOC技术在一定程度上可以解决上述问题，给将来建设配网自动化提供了线路光缆通道。

目前在我国的农村电网和城市配网中已经出现对OPOC的需求。在电网建设和通信改造深入的同时，中低压配网自动化水平要求逐步提高，随着配网自动化的需求，OPOC将会有更加广阔的应用前景。

1 OPOC的技术优势

20世纪80年代，OPPC的设计理念首先由欧美等国提出，在150 kV以下的输电线路中尝试使用OPPC。随着技术的进步，工程服务的展开，光电分离技术的日臻成熟，目前OPOC技术在国外已有应用，主要应用于10~35 kV的线路上。

20世纪90年代初，在我国就已经对OPPC的应用进行了关注和研究，国内部分制造厂家也已研制了OPPC产品，并在10 kV、35 kV线路上得到应用，配套的安装金具、OPPC接头盒也已国产化。2005年11月，我国第1条OPPC 10 kV线路深圳老虎坑——松岗北正式挂网运行，

关键词/Keywords

OPOC ·
配网自动化 ·
接头盒 ·

全长6 km。目前在河南、青海、甘肃和贵州等地区,已经将OPPC的产品进入到正常的招投标程序中。OPOC技术在国内目前应用案例较少,只在江西、山东和四川等地区有了相关应用。

OPOC在各方面具有众多的技术优势:

(1) 将光纤通信同传输电能的完美结合。OPOC是一条满足常规输电线路设计要求的架空导线,同时也提供信号在光缆上的传输。OPOC机械特性、电气特性和光纤传输特性重要性均等。

(2) 合理利用输电线路的走廊资源以实现光通信。当地线太小难以复合进光纤或输电线路没有设计地线时,就很难采用OPGW光缆;而当输电线路对导线安全间距不足、对地安全距离受限时,也无法采用ADSS光缆;若再额外敷设杆路架设普通光缆,有可能出现维护不便、盗窃等问题。因此,现有输电走廊资源可通过OPOC技术得到充分利用。

(3) 没有给原有线路附加额外负荷带来的隐患。OPOC是一种复合型产品,而不是杆塔附加型产品,因为从性能方面的设计以及投入运行时的表现两方面来看,OPOC是同与其相邻的其他两相绝缘导线相匹配。由于这个原因,使其对杆塔的水平荷载和垂直荷载都没有很大影响。

(4) 良好的耐腐蚀性可提高OPOC的使用寿命。目前我国常规输电导线采用钢芯铝绞线(LGJ)或铝包钢芯铝绞线(JL/LB),而OPOC产品设计时都是采用铝包钢线、不锈钢管光单元、铝线绞合和外层交联聚乙烯护套组成,结构近似于铝包钢芯铝绞绝缘电缆线。在耐电化学腐蚀方面,铝包钢线比镀锌钢线有更好的表现,极大地延长了它的使用寿命。除此之外,铝包钢线的另一个优点是导电率高,减小了OPOC整体电阻率,这样一来可以提高载流量,可以达到节能的效果。

(5) 具有良好的热稳定性,保证光通信不受影响。在热稳定性上,我国对输电导线设计的长期耐热温度维持在70℃,短期维持在90℃。而对于光纤来说,长期和短期分别能达到85℃和100℃,光纤油膏和缆膏的滴点全都不低于200℃,铝包钢线和铝线在耐热性能方面的表现也极其出色,可达120℃。交联聚乙烯护套耐热温度也在

90℃以上,因此,传输电能和光纤通信均不受影响。

(6) 雷击断股、短路电流过热的事故隐患小。OPOC是一种输电导线,高级以下电压等级线路较不容易被雷击和短路,并且在外层有一层交联聚乙烯护套对它进行保护,这样一来,减少了断股等事故隐患的发生几率。

(7) 与OPGW相比,能减少因OPGW逐塔接地带来的电能损耗。

(8) 与OPGW和ADSS相比,接头盒是带电体,在长期的运行中,是极其安全可靠的,能减少因接头盒被盗而引起的大量的维护工作。

(9) OPOC充分利用线路资源,可做到全线绝缘。

2 OPOC结构设计

2.1 OPOC结构

OPOC光缆在工程中应用时,是将三相架空绝缘导线中的一相(或一根)更换为OPOC光缆,使其即满足线路输电的要求,同时满足系统对通信信号的要求。其中涉及到导线间的机械性能与电气绝缘性能的配合、光纤部分通信信号的传输、缆线的熔接、光电信号的隔离、绝缘金具的配合使用以及与其余通信线路(OPGW、ADSS等)的通信信号互通等关键技术。

OPOC是一种具有双重功能的光缆结构,将光纤复合到绝缘相线中,通过接头连接到线路的其他元件,它被设计用于电力线电缆结构中,不仅能传输电能,还可以进行光通信,适合农村电网建设和城市电网中低压配网建设和改造。

OPOC结构如下图所示,包括:铝包钢芯、不锈钢管光纤单元、铝单丝、导体屏蔽层(不包含

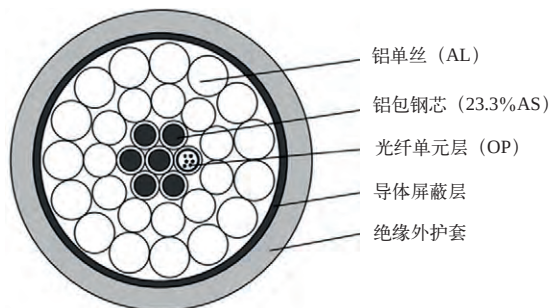


图 OPOC典型结构图

轻型薄绝缘)和绝缘外护套。

2.2 OPOC与导线技术参数匹配

OPOC对三相系统中的永久性电流进行传导,所以温度是持续的并且参数值是一定的。除此之外,考虑到弧垂张力特性要与相邻绝缘导线一致,OPOC的直径、重量、截面积和机械特性等参数要符合相邻导线的这些参数。另外,为了防止远端的电压发生变化,并且维持三相平衡,OPOC的直流电阻也应该和相邻导线相差不大。因此OPOC光缆的各种参数要接近绝缘导线。

2.3 OPOC光纤保护及余长控制

光纤在光纤单元中要留有一定富余长度,来确保使用中的光纤不能够拉伸。对OPOC来说,由于存在以下两个方面原因,在施工过程中严格要求光纤余长,一是在放线、过滑轮和紧线等施工过程中导致的结构伸长及由于运行中而造成温度增加而导致的膨胀伸长、由于塑性变形而导致的蠕变伸长。光纤单元需要具备良好的机械保护性能,以确保光纤不会受到挤压变形。由于潮气对光纤寿命会产生很大的影响,所以较好的防潮办法就是将光纤置于封闭的管道当中,再结合其他的管控措施加以防范。再根据标准来对光纤色谱进行分配。

2.4 长期耐热性能

遵照DL/T 5092-1999《110~500 kV架空送电线路设计技术规程》规定,复核导线最大载流量时,其允许温度:钢芯铝合金绞线与钢芯铝绞线大多数使用70℃,特殊情况下需使用80℃;大跨越需使用90℃;钢芯铝包钢绞线(包括铝包钢绞线)需使用80℃(大跨越能够使用100℃),或经试验决定^[2]。OPOC光缆结构型式类似于(铝包)钢芯铝(合金)绞线,因此,其载流运行温度为70~90℃。长期载流的运行温度不会影响OPOC的组成材料性能,从而也不会影响OPOC的使用寿命,这是由于:

(1) 铝、钢材料长期在70~90℃的温度,这对它们的性能不产生影响:主要表现为材料的组织结构不会被改变,且不会造成不可逆转的塑性变形。

(2) OPOC无须具有耐高温性能的光纤来制作,传统通信光纤就能符合长期使用所需的温

度。传统光纤的涂覆层是UV涂覆层,光纤着色层是由UV辐射固化物组成的,UV涂覆层光纤可承受的长时间工作温度能够达到85℃。

(3) 用于OPOC的光纤油膏拥有较好的稳定性。在高温(80℃)的情况之下不滴流、在低温(-40℃)也不会变硬,油膏具有良好的粘度-温度性能和锥入度-温度性能,就是说纤膏的粘度、锥入度随温度变化要小。光纤油膏的滴点大于200℃,闪点大于230℃。此外纤膏的物理特性也非常稳定。

(4) OPOC的交联聚乙烯绝缘护套采用干式法交联化学交联,其利用过氧化物分解产生游离基与聚乙烯中的氢原子结合,交联聚乙烯护套耐热温度也在90℃以上。

综上所述,OPOC无论是在光缆的机械性能上还是电气性能上都表现良好,并且在实际运行中可以长时间的工作在高温情况下,可以满足要求。

3 光缆接续及接头盒性能要求

OPOC施工安装架设技术与传统的架空电力线架设安装方式基本一致,在技术上最难实现的就是OPOC的接续方面,恰恰也是整个工程中最重要的一部分。在接续方面,和ADSS、OPGW及OPPC这些电力光缆相比存在诸多不同,主要体现在接头盒安装方式、接续方法等,都要比这些光缆要求严格。

OPOC在线路接头采用“全绝缘接头盒”,使用的材料是非金属,将其应用在两个耐张绝缘子串间。并且接头盒对地的间距要严格把控。在终端与导引光缆的接头采用“高压隔离绝缘接头盒”,在线路终端需将光电分离,通常终端接头盒安装在绝缘支架上。另外,接头盒和金具与相对应的铁塔的绝缘指标一定要达到对应线路电压等级的绝缘测试要求。

OPOC线路全绝缘接头盒性能要求:

(1) 机械性能。光纤复合绝缘导线与接头盒间能承受不小于1 600 N的轴向拉伸力,引入光缆与接头盒间能承受不小于800 N的轴向拉伸力;接头盒盒体应能承受能量不小于16 N·m的冲击,冲击三个点,试验后检查结构件应无开裂,松动,

密封无失效；光纤复合绝缘导线与接头盒固定连接处应能承受50 N·m的扭矩，10次循环的扭转；光纤复合绝缘导线与接头盒固定连接处能承受弯曲张力负荷150 N，10次循环的弯曲。

(2) 电气性能。在光纤复合绝缘导线中，由于电流和通信信号是在一根线缆中传输，如果接头盒中通信信号不连接到零电位水平，高电压和信号就不会安全可靠地隔离。所以OPOC接头盒接续需要将相线中的光纤单元分离出来，并且不影响电流的传输。

(3) 光学性能。光纤曲率半径不小于30 mm^[3]，盘留光纤长度不小于1.5 m，光纤盘留附加损耗不大于0.02 dB。

(4) 密封要求。接头盒密封操作完毕后，盒内充气(100±5) kPa，浸泡在常温的水容器中稳定观察15 min应无气泡逸出，或稳定观察24 h气压表指示应无变化。

此外，OPOC不能像OPGW接头那样预留余缆，需要在杆塔进行光纤熔接，工程设计中要将接头盒固定架考虑在内，这个支架同时作为以后的通信线路运维的平台。具体操作时在杆塔上距离导线横档2~3 m处接续安装一个接头盒固定支架，将OPOC接线盒安装在支架上。

4 北京地区OPOC技术实施方案

光纤复合绝缘导线(OPOC)技术是一种类似OPPC，将光纤与10 kV及以下1 kV以上架空绝缘电力导线复合的新型光缆技术，适用于配网架空电力光缆的建设，具有以下应用特点：

(1) 10 kV线路绝大多数已经绝缘化。

(2) 与电力绝缘导线复合，符合北京市城市治理要求。

(3) 敷设高度等同于架空导线，相对于架空

光缆安全系数高。

(4) 带电运行，防盗性能好。

(5) 与导线一次完成施工敷设施工，施工成本低，没有二次赔偿问题。

(6) 与电力线路同走廊，满足到变台、到柱上开关的要求，采用合适的接续方式可以实现全线绝缘。

因此，OPOC可以作为北京地区配网光缆网建设的必要方案之一，尤其适合基改建线路。

5 结束语

由于城市配电网的复杂多样性，本文利用低压特点，提出了一种基于光纤复合绝缘导线技术的解决方案，使之能够适用于配网光缆组网要求。

光纤复合绝缘导线既是导线又是光缆，运行中还需要界定不同专业间的维护界面，确定配合流程及接口，全面提升维护水平，进一步拓展OPOC技术的工程应用。

参考文献

- [1] 赵丙镇，李伟良，王一蓉，等. 终端通信接入网建设[J]. 电力系统通信，2011, 32(5): 89-94.
- [2] DL/T 5092—1999. 110~500 kV架空送电线路设计技术规程[S]. 北京：中国电力出版社，1999.
- [3] YD/T 814.1—2013. 光缆接续盒第1部分：室外光缆接续盒[S]. 北京：人民邮电出版社，2004.

(收稿日期：2015-05-15) EA

作者简介

刘继刚(1979-)，男，助理工程师，主要从事光缆线路运行维护及管理工作。

戚力彦(1969-)，女，硕士，高级工程师，主要研究方向为光纤通信、电力特种光缆。