

光纤复合架空绝缘导线 (OPOC) 在10 kV 及以下配电线路上的设计

用OPOC替代配电网中绝缘架空电缆三相中的一相，形成由两根导线和一根OPOC组合而成的三相电力系统，无须另外架设通信线路就可以解决这类电网的自动化、调度和保护等问题，并可大大提高传输的质量和速度。OPOC技术提供了另一种电力通信解决方案。

郝佳恺 高鹏 刘继刚 张小亚/国网北京市电力公司

设计理念如图1所示。

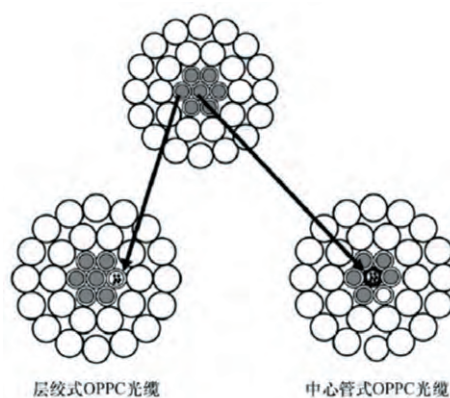


图1 OPPC光缆的结构和设计理念

0 引言

我国电力通信骨干通信网中的传输光缆以光纤复合架空地线 (OPGW) 为主，以全介质自承式光缆 (ADSS)、光纤复合架空相线 (OPPC) 为辅^[1]。但采用光纤复合架空绝缘导线 (OPOC) 技术在一定程度上可以解决目前ADSS 和OPGW遭遇的电腐蚀、雷击、被偷盗、线损和杆塔空间有限等诸多弊端，给将来建设配电网自动化提供了线路光缆通道。



郝佳恺/高级工程师

1 OPOC技术综述

OPPC复合光缆充分利用了电力系统传输网自身的线路资源^[2]，无须单独架设通道，具有传输电能与通信业务的双重功能。

OPPC光缆的技术设计理念最早出现于20世纪80年代的欧美地区，该技术将传统输电导线中的一根或多根钢线替换为不锈钢管光单元，使不锈钢管光单元与(铝包)钢线绞合成为中心加强芯，外层绞合铝(合金)线成为导电基体，实现通能和通信的双重功能^[3]。OPPC光缆的结构

OPOC是经过绝缘化处理的一种应用于配电网的新型OPPC光缆，将光纤与1~10 kV架空绝缘电力导线复合的新型光缆技术，适用于配电网架空电力光缆的建设。

OPOC光缆在工程应用中，是将三相架空绝缘导线中的一相(或一根)更换为OPOC光缆，使其既满足线路输电的要求，又同时满足系统对通信信号的要求。其中涉及到导线间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将光纤复合到全绝缘配电线路中，通过特殊金具与线路其他元件相连接，是为配电网电力线路设计的光缆结构，具有电能输送和光通信的双重功能，适用于农村电网建设和城市电网中低压配电网建设及改造。

关键词/Keywords

OPOC ·
配电网 ·
电力通信 ·
OPPC ·

OPOC典型结构如图2所示。



图2 OPOC典型结构

1.1 OPOC的优势

OPOC与OPPC相比较存在一定的差别，其对比情况如下表所示。

表 OPOC与OPPC对比

	OPOC	OPPC
电压等级	适用于1~10 kV	10~500 kV
应用情况	目前国内使用线路较少，多为试点项目	应用范围较广，部分省市已经开始大范围使用
加工工艺	加工困难，护套挤出控制要求高	与OPGW工艺相近，比OPOC相对简单
结构特点	有护套，结合工艺可行性，光缆设计有一定难度	无护套，光缆截面范围大，设计易与原线匹配
施工工艺	接续、布放空间有限	操作平台宽

OPOC具有以下优势：

1) 北京地区10 kV线路绝大多数已经绝缘化，与电力绝缘导线复合，符合北京市城市治理要求。

2) 敷设高度等同于架空导线，相对于架空光缆，安全系数高。

3) 带电运行，防盗性能好。

4) 与导线同时完成施工敷设，施工成本低；与电力线路同走廊，满足到变台、柱上开关的要求，采用合适的接续方式可以实现全线绝缘。

1.2 OPOC技术要求

OPOC作为一种新型技术，为了满足其可行性，在技术和设计上要满足一定的要求。

1.2.1 OPOC与导线技术参数匹配

OPOC承担着线路的电能量输送任务，具有永久性电流通过，这种永久性电流的存在，必然会引起线路温度的上升；为了与相邻绝缘导线的弧

垂、拉伸和机械特性等保持一致，OPOC的一些重要参数应尽量与相邻导线的参数相符（如直径、重量和截面积等）^[4]；同时，为保证远端电压变化并保持三相平衡，OPOC的电阻特性也应与相邻导线相似。因此OPOC光缆的各种参数要接近绝缘导线。

1.2.2 OPOC光纤保护及余长控制

为保证光纤在使用过程中不被拉伸破坏，在设计光纤时，光单元中应采取预留光纤长度的措施，也就是所谓的光纤余长控制。OPOC光缆在施工过程中不可避免地要经过放线、过滑轮和紧线等环节，很容易造成结构伸长；此外运行过程中由于电流的过大会产生温度升高的现象以及热胀冷缩和塑性变形产生的蠕变伸长现象，各结构组成的变形系数不一样，因此对光纤余长控制要求很严格。为保证光纤具有良好的传输性能，应避免光纤光单元受到外力挤压，良好的机械保护性能设计也是必不可少的。光纤通道应处于密闭状态，或采取其他有效的防潮措施^[5]，以避免潮气侵入而影响光纤的使用寿命，同时光纤的色谱要按标准进行配置。

1.2.3 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，“验算导线允许载流量时，导线的允许温度：钢芯铝绞线和钢芯铝合金绞线一般采用+70℃，必要时可采用+80℃，大跨越可采用+90℃；钢芯铝包钢绞线（包括铝包钢绞线）可采用+80℃，大跨越可采用+100℃，或通过试验来确定^[6]。”OPOC光缆结构型式类似于（铝包）钢芯铝（合金）绞线，因此，其载流运行温度可设定为70~90℃。对于长期载流运行，该运行温度不会影响OPOC光缆组成材料的性能，也不会影响OPOC的使用寿命。

2 OPOC金具关键技术

在OPOC光缆的耐张金具设计上，通常采用预绞丝结构，该金具特点是在不超过光缆抗侧压强度、不对光单元造成挤压的前提下，对光缆本身具有较大的握着力，能承受较大的张力，其握着力不低于光缆额定抗拉强度（RTS）的95%，尤其是在OPOC光缆上使用，由于OPOC光缆具有全绝缘的外

护套，不存在ADSS光缆使用中出现的脱皮现象，该金具安装简单，施工方便，无须特殊专用工具。

2.1 耐张线夹

OPOC耐张金具采用双层预绞丝耐张金具，预加耐磨橡胶套，每个杆塔配两套耐张金具，构架终端配一套，其设计如图3所示。

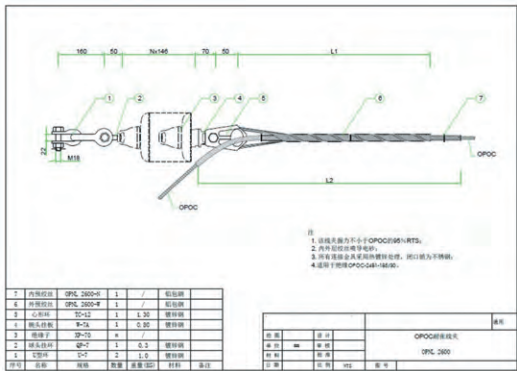


图3 耐张线夹设计

2.2 悬垂线夹

悬垂线夹分为单悬垂和双悬垂设计，都预加耐磨橡胶套，用来将OPOC 光缆吊挂在杆塔上，起支撑作用，每个直线塔配一套。在一般的直线杆塔上也可以采用同线路另外两相的安装方式，光缆线路正常。其设计结构如图4和图5所示。

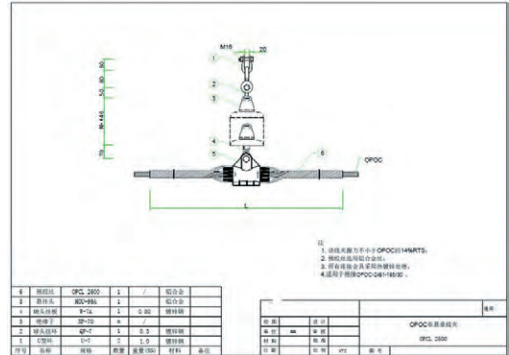


图4 单悬垂线夹设计

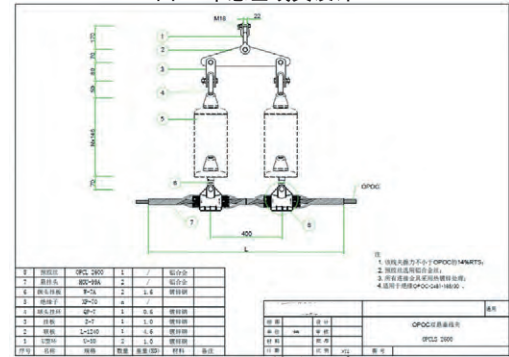


图5 双悬垂线夹设计

2.3 防振锤

线路受风、冰和低温等气象条件的作用会产生振动和舞动^[7]，这种振动的特点是振动频率较高而振幅很小，会使OPOC架空光缆悬点处反复被拗折，易引起材料疲劳，最后导致绝缘脱落、光缆断股、断线或业务中断等事故。为减少和避免线路自振以及消除风等引起的谐振，需加装防振锤。适用于OPOC线路的防振锤如图6所示。

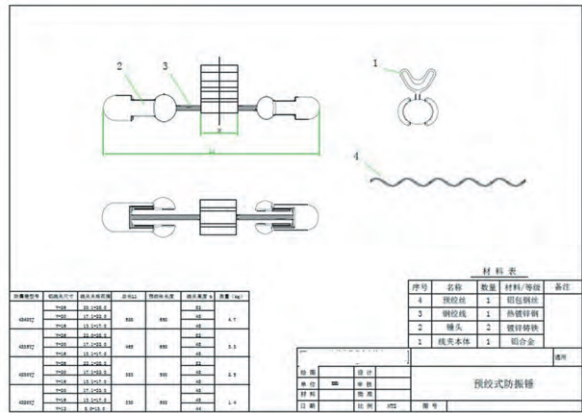


图6 防振锤设计

防振锤的安装如图7所示。通常第一个防振锤安装在防振锤线夹中心距离耐张（悬垂）线夹内层绞丝1 100 mm处，100~560 m档距安装2个，560~700 m档距安装4个，700~1 000 m档距安装6个，1 000~1 200 m档距安装8个。

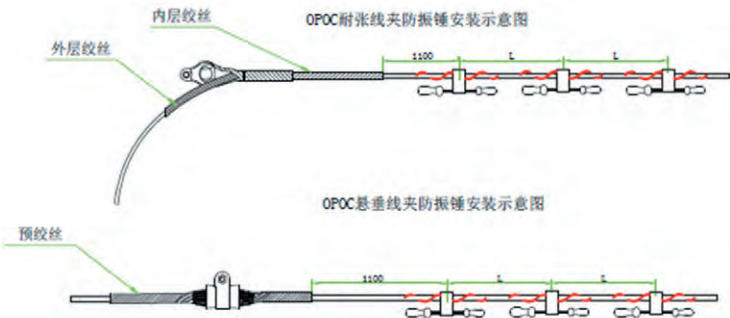


图7 防震锤安装示意图

3 光缆接头盒

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，主要技术难点是在OPOC的接续方面，这也是整个工程最为重要的部分。

相对其他电力光缆（如ADSS、OPGW和OPPC）的接续有许多不同的地方，包括接头盒安装方式、接续方法等，均比其他光缆要求高得多。

OPOC在线路接头采用全绝缘接头盒，接头盒通常安装在两个耐张绝缘子串间，该接头盒为非金属全绝缘^[8]。它用强弱电分开隔离，同时对跳线的长度有严格的控制，接头盒对地（塔材）的间距必须十分准确。在终端与导引光缆的接头采用高压隔离绝缘接头盒，并实现光电分离，终端接头盒通常安装在专用的绝缘支架上。另外，接头盒和配套金具的绝缘要求与相对应的铁塔绝缘指标应达到相应电压等级的绝缘测试要求。

OPOC接头盒分为中间接头盒和终端接头盒，并分别采用相应的绝缘子。中间接头盒在线路中间，起到光纤接续、保护和电力传输的作用；终端接头盒实现光电的最终分离。在环网柜、配电房和柱上开关等接入点的应用场合，具有光缆接续、熔接、交换、分纤和分路等功能，通过 ONU 实现对接入点电力终端设备的双向通信和管理。根据使用场景可分为室外抱杆式、管道竖井式等。

OPOC光单元引入接头盒体应具有良好的机械保护性能，保护光纤不受挤压；为保证光纤具有良好的传输性能，应避免光纤光单元受到外力挤压，良好的机械保护性能设计是必不可少的。光纤接入接头盒应处于密闭状态，或采取其他有效的防潮措施，以避免潮气侵入而影响光纤的使用寿命，接头盒体的电气绝缘性能应达到相应电压等级要求；接头盒体的选材要能够应对极端天气，耐环境、耐老化性能必须加以考虑；此外，应实现OPOC线路的全线贯通，在接头盒处应实现光电分离，通常在钢塔上使用带绝缘护套引流线，并对两端并沟线夹做相应的绝缘保护。

城域配电网架空线路具有电力通道空间狭小、易遭树木覆盖和建筑物密集等特点，为保障安全，部分线路必须做到全线绝缘，盒体为矩形设计，外观简洁美观，体积较小，极大地节约了10 kV线路上金具安装的空间，符合配电网的环境要求，满足城域配电网线路绝缘要求^[9]。全绝缘接头盒如图8所示。

4 结束语

光纤复合架空绝缘导线作为一种新型的电力



图8 全绝缘接头盒

通信技术，得到了越来越多的重视。本文对OPOC技术进行了综述，对其发展和优势做了详细的介绍，并结合北京市10 kV配电网的发展需要，对OPOC施工所需的金具和接头盒进行了详细介绍，为北京地区配电网通信系统改造提供了技术支持，同时提供了另一种电力通信解决方案。

参考文献

- [1] 栗鸣, 何仓平, 徐拥军, 等. 10 kV光纤复合架空绝缘电缆及其快速修复技术[J]. 电力系统通信, 2013(2): 64-69.
- [2] 陈广生, 巩凤国. 光纤复合架空相线 (OPPC) 的应用[J]. 电力系统通信, 2006, 27(3): 76-80.
- [3] 谢书鸿, 谢志民, 吴斌. OPPC 光缆: 一种新兴电力通信解决方案[J]. 电力设备, 2009 (12).
- [4] 许高雄, 陈希, 赵大平, 等. 光纤复合相线的电气性能研究与试验方法探讨[J]. 电力系统通信, 2010(5): 47-51.
- [5] 曹佩荣, 曹君, 曹锦. 光纤复合架空地线 (OPGW) 结构设计中的几个问题[J]. 电力建设, 2010, 27(8): 8-0.
- [6] 1999 D L T. 中华人民共和国电力行业标准. 110~500 kV 架空送电线路设计技术规范 [S][D]. 1999.
- [7] 白伟光. 防滑型预绞式防震锤在农网改造中的应用[J]. 农村电气化, 2012(4): 035.
- [8] 杜强, 王华广, 武志刚, 等. OPPC在10kV配电线路上的设计与应用[J]. 电力系统通信, 2012, 33(9): 43-47.
- [9] 苏海芳, 邓伟锋, 何文栋, 等. 10kV全绝缘OPPC接头盒的研制及工程应用[J]. 电力系统通信, 2013(2): 82-85.

(收稿日期: 2015-05-26) EA

作者简介

郝佳恺 (1972-), 男, 高级工程师, 主要从事光缆线路运行维护及管理工作。

高鹏 (1988-), 通信作者, 男, 硕士, 助理工程师, 主要从事智能电网、电力通信方面的研究。