

# 光电复合光缆应用分析

段玉圃

中国移动通信集团设计院有限公司重庆分公司 重庆 401147

**摘要** 在通信工程建设中(特别是基站建设),市电引入困难、市电引入投资过大、市电电压不稳及经常停电等各种因素,一直是较难解决的问题。本文简要分析了光电复合光缆的结构特点、远程供电技术的原理及安全性设计,通过对比各种远程供电方式和分析应用场景,得出结论:对于远端基站设备市电引入困难的站点,采取光电复合光缆进行远程供电,是一种安全、经济合理的建设方式。

**关键词** 光电复合光缆; 远程供电; 传送距离; 应用范围分析

## 1 光电复合光缆

光电复合光缆的结构是将单模或多模光纤套入由高模量的聚脂材料做成的松套管中,套管内填充光纤油脂,同时加入一根或多根PVC绝缘电缆与松套管一起绞合在中心的FRP加强芯上形成缆芯。光电复合缆为1978年日本住友公司首创,开发应用于海底光电复合光缆,主要用于电力传送及通信系统中,目前在电力通信中广泛应用,比如“光纤复合架空地线”。由于光传输和电能传输是属于两种不同类型的传输方式,传输过程中并不会发生相互干扰。在公用通信建设中,光电复合光缆同时可解决设备用电及信号传输问题,它保留了普通光纤光缆的特性而且还能满足低压输电电缆的相关标准。该光缆是随远程供电技术成熟应用而开发出的新型光缆结构,光电复合光缆结构常用于架空/管道/直埋三种规格。光缆纤芯一般最大能做到48芯,电源线直径一般为0.5~2.5mm。

根据应用场合光电复合光缆可设计成单层铝带铠装护套、单层钢带铠装护套光缆,可在管道、架空或者室内敷设;如果光缆结构设计为双层护套,可直埋敷设使用。另外光电复合光缆在机房内需满足YD/T1173通信机房用阻燃耐火软电缆相关要求,阻水要求满足YD/T901-2001的规定;光电复合光缆的断面结构如图1。

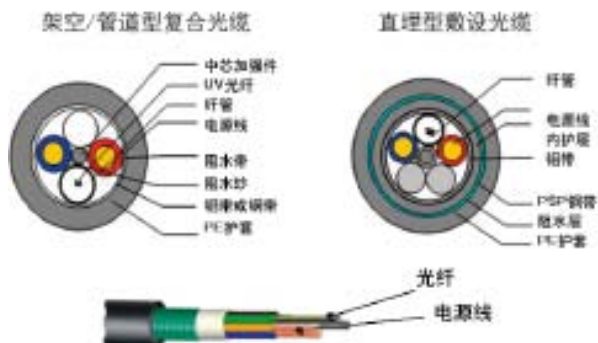


图1 光电复合光缆结构

光电复合光缆储运、运行:  $-40^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ ; 敷设:  $-15^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ ; 静态弯曲半径: 10倍缆径; 动态弯曲半径: 20倍缆径; 常用光电复合光缆技术参数见表1。

表1 常用光电复合光缆技术参数表

光纤芯数	套管规格/mm	导体规格/ $\text{mm}^2$	允许拉伸力 长期/短期 N/100mm	允许压扁力 长期/短期 N/100mm	冲击	反复弯曲	扭转
4~48	2.2	1	600/1500	300/1000			轴向张力
4~48	2.4	1.5	600/1500	300/1000	冲锤重量	负载为	150N, 受
4~48	2.7	2	600/1500	300/1000	450g, 冲	150N, 弯	扭长度
4~48	3	2.5	600/1500	300/1000	锤落高 1m	曲线次数 30	1m, 扭转
4~48	3.4	3	600/1500	300/1000		次	角度为 $\pm 90^{\circ}\text{C}$

光电复合光缆内导体符合GB/T 3956-1997中第5种软铜导体,绝缘符合GB/T 12706.1-2002中表6交联聚乙烯绝缘标称厚度,额定电压:450/750V。主要参数见表2。

表2 电缆导体主要技术参数表

项目	技术要求	备注
绝缘平均厚度/mm	≥0.7	
绝缘最薄点厚度	≥0.53	
导体单线最大直径	0.26	
平均外径/mm	3.5	
导体最高工作温度	90℃	
25℃时全年安全载流量 (每相平均值)	≤32A	单根
	≤19A	多根电缆经 成槽电光缆时
成品电缆抗拉试验/N	1000	除电缆外
成品电缆耐压试验/N	1000	电缆
20℃时导体电阻/(Ω/km)	≤7.98	
耐压试验(2000V/5min)	不击穿	

## 2 光电复合光缆应用安全性分析

远程供电技术原理：远电源局端安放在基站机房，获取机房稳定的DC-48V，将该电源变换处理为250V~410V的直流电源，通过光电复合光缆中的电源线传输出去，供给远供电电压远端，远供电电压远端安放在通信设备远端的旁边或远端机箱内的空余空间，给通信设备远端供电，如图2。

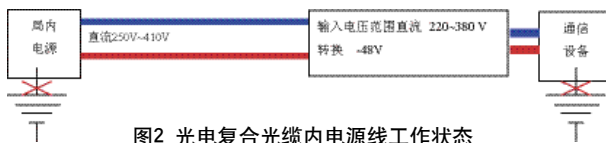


图2 光电复合光缆内电源线工作状态

### 2.1 远程供电安全性设计

#### 2.1.1 局端模块功能安全设计

- 1) DC/DC隔离升压功能；
- 2) 输出电压：采用隔离升压技术，保证直流电压输出对地处于悬浮状态；
- 3) 输出电压可根据传输距离和负载的大小进行调整，调整范围为：250~410V；
- 4) 具有输出过压保护功能，保护时间≤30ms；
- 5) 具有输出过载保护功能，保护时间≤50ms；
- 6) 具有输入过压、欠压保护功能；
- 7) 开路保护：当传输线路(正极或负极电缆)部分或全部被破坏时，为确保维护人员与设备安全，系统告

警，切断高压输出；

8) 短路保护：当传输线路中，某处电缆的正极与负极短接时，为了保证设备和线路的安全，系统告警，切断高压输出；

9) 漏电保护：当远供传输线路中任何一处对地绝缘阻抗下降，产生对地电流时(≥15mA)，系统告警，切断高压输出；

10) 强电入侵保护：当局端设备检测到有市电与远供传输线路产生搭接时，系统告警，切断局端的高压输出；

11) 防雷保护：局端输出端具有防雷、防浪涌功能，防雷等级不小于20kA；

12) 报警功能：当系统保护时，具有声、光报警功能，可实现不同的保护状态，并对应不同的指示灯，方便维护人员查障。

#### 2.1.2 远端模块功能安全设计

- 1) 宽范围直流输入、DC/DC降压功能；
- 2) 输出短路、过压、过流保护功能；
- 3) 直流输入端防雷保护(等级20kA)。

### 2.2 远程供电技术分析

通过上述远程供电模块功能的安全设计特点，远程供电应用中最为我们关注的以下主要安全问题已解决。

- 1) 完善的人体安全保护功能：在输电端设备上采取输出电压正负极对地悬浮设计，当人体意外碰触单根导线时，不会发生对地触电事故。
- 2) 完善的线路安全防护功能：在输电线路开路、短路时，设备可以侦测并提供关机及报警功能，及时发现线路故障避免隐患。
- 3) 完善的设备自身安全保护功能：设备具有过载保护功能，可有效防止设备过载损坏；具有过热保护、欠压输入、过电压输出等常规保护功能；具有专业的防雷保护功能等。

## 3 远程供电光电复合光缆场景应用

不管是在城市还是农村，如商场、宾馆、写字楼、住宅、机场、码头、车站、体育馆、娱乐厅、地铁、隧道等；以及自然环境的阻隔，如旅游景点、高速公路、



其建设路由与其他建筑物的隔距需复合规范要求，其隔距要求见表7、表8、表9。

表7 杆路与其它设施的最小水平净距表

其它设施名称	最小水平净距/m	备注
地面上已有其他杆路	其他杆高的 4/3	地面高度
市区树木	0.5	线缆到树干水平距离
郊区树木	2	线缆到树干水平距离
房屋建筑	2	线缆到房屋建筑的水平距离

表8 架空电缆架设高度表

名称	与线路方向平行时		与线路方向交叉时	
	架设高度/m	备注	架设高度/m	备注
郊区树木			1.5	最低线缆到树枝垂直距离
其它通信线缆			0.5	一方最低线缆到另一方最高线缆
与同杆已有电力线路	0.2~0.3	线缆到线缆		

表9 直埋电缆与地下设施和树木、建筑物间的最小净距表

设施名称	最小净距/m	
	平行时	交叉时
排水沟	0.2	0.5
电力电缆 35KV 以下	0.5	0.5
电力电缆 35KV 及以上	2	0.5

1) 直埋敷设：电力电缆与光缆平行距离为0.5m(电力电压35kv以下时)，交叉净距为0.5m。在工程建设中需同时开挖光电缆沟敷设光缆、电缆；工程实施时减少协调费用，能够保证光缆、电缆同步完成。

2) 管道敷设：敷设光缆在通信管道内正常施工，电力电缆一般不允许在通信管道内敷设，所以电力电缆需要新建电力通道，其建设施工周期长，并保持与通信管道的平行间距(电力电压25kv以下为0.5m)，交叉净距为0.5m。光缆与电力电缆敷设完成时间差别较大。

3) 杆路敷设：当光缆与电力电缆同杆路敷设时，需做好保护措施，当电力电缆电压在10kv以上时，光缆与其电力电缆间距需为2.5m。同杆路敷设光缆及电缆，施工周期短，能够保证光缆、电缆同步完成。光缆与电力电缆不同杆路敷设时，新建杆路需要倒杆距离，对地形要求较高。

4) 墙壁敷设：墙壁敷设对光缆与电力电缆间距要求较小，一般平行敷设时为0.2m。

传输光缆及电力电缆建设方案可分为三种方案建设，建设方案见图4至图6。

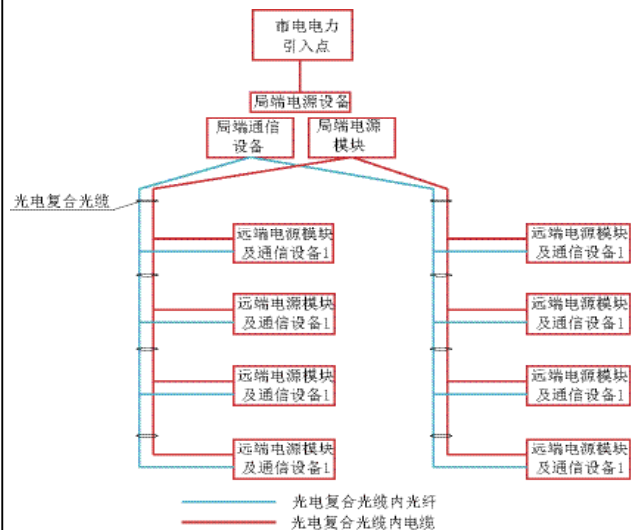


图4 远程供电-光电复合光缆

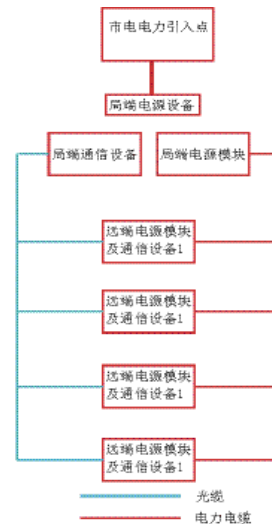


图5 远程供电-光缆电力电缆分别敷设

方案一：采用光电复合光缆方式，实现电力传输与传输信号同缆传输，节省了市电引入的投资，但目前关于光电复合光缆的相关标准没有出台，由于缺少相关国家标准依据，对于工程规范质量控制难度较大。

方案二：采用光缆+电力电缆分别同路由敷设，光缆与电力电缆均有国家标准规范，工程实施质量可按相关规范要求控制，比单独引入市电减少部分投

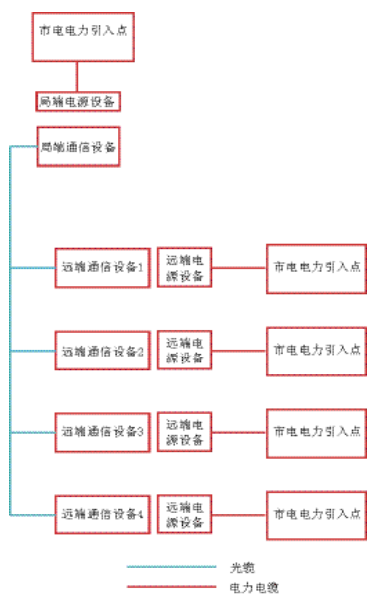


图6 市电引入

资。缺点是投资仍然比采用复合光缆高；同杆路敷设时电力电缆可与光缆保持规范要求间距，同一路由建设两个杆路对市政环境影响较大，部分地段达不到间距要求；通信管道内敷设电力电缆时不符规范要求。

方案三：采用常规建设方式，每个站点采用市电分别引入，传输光缆分别建设。该方案工程建设投资最高，优点为光缆及电力电缆敷设均符合国家规范要求。

### 5.2 投资分析

在通信系统建设过程中，传输光缆与电力的建设在投资占比中往往比较大，下面以新建微站及光纤直放站为例进行建设投资分析，如图7。新建光纤数字直放站时，传输光缆占34%左右。新建微站时，传输光缆占15%左右。

从上分析可看出，无论在光纤直放站建设模式，还是在微站建设模式，虽然在建设直放站应用时总投资减小，但是传输光缆及市电引入投资却没有减小。

采用光电复合光缆建设时，光纤直放站建设光电复合缆投资占56%，微站建设时，光电复合缆投资占21%。考虑到直放站设备功耗一般比较小，根据复合光缆的常用制造规格，采用光电复合光缆对多个光纤直放站等设备远程供电在技术上是可行的，且显著降低投资，如图7。

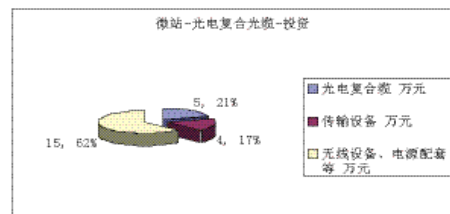
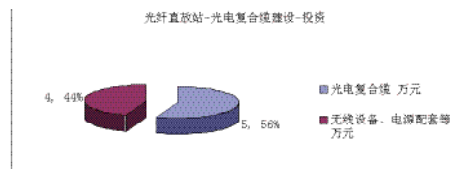
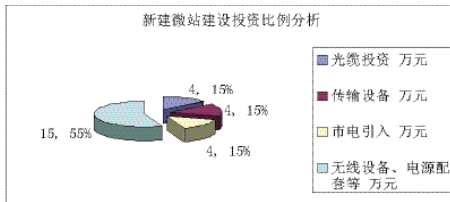
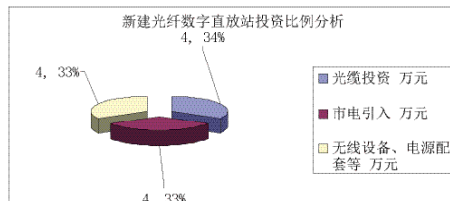


图7 投资比例分析

以上投资分析建设规模按照每个站建设投资单价估列，数据为以往工程建设数据平均数值，光缆按照1.5km24芯光缆计列规模，投资单价见表10。

表10 投资单价预估表

项目	单价(万元/站)
光电复合缆	5
光缆投资	4
传输设备	4
市电引入	4
无线设备、电源配套等	15

表11为采用光电复合光缆与普通光缆+电力电缆建设单位投资对比。

表11 光电复合光缆与普通光缆+电力电缆单位投资比较

序号	对比内容	建设方式		备注
		光电复合光缆 (万元/km)	普通光缆+电力电缆 (万元/km)	
1	直埋敷设	5	8	
2	管道敷设	2	23	需要新建电力通道
3	杆路敷设	3.5	7	新建杆路
4	墙壁敷设	3	6	

### 5.3 综合对比分析

从表12中可以看出：远程供电比传统供电在电力引入费用、停电影响、管理维护方面具有较大优势，同时在建设时具有投资少、周期短等优势。

对通信服务商提供不间断业务的优点感知不明显。

## 7 光电复合光缆在国内研发及应用

近年来，随着普通光缆竞争的加大，光缆价格逐年

表12 综合对比分析

序号	项目	市电供电	直远供电
1	电源管理	电源取用点太多、太散，不易管理 没有电源的监控 安装的ups等设备需要经常维护	集中在基站机房管理 电源集中监控管理，可监控电压、电流、过载、短路等 基本不需要维护
2	引线问题	取电远址难 取电协调周期长，影响建站的时间	从基站取电，没有压降 从基站取电，与光缆同步敷设，能够快速建站
3	供电问题	保护功能弱，安全性差，容易给维护人员或偷盗人员造成人身伤害 不稳定，市电停电多，电压波动幅度大。 市电含有谐波，闪变、瞬变、浪涌等干扰	保护功能强大，消除安全隐患，保护人员和设备不受伤害 隔站输出稳定，同时取用的电源是稳定电源 直远传输，无干扰
4	断电问题	存在人为断电，如节能里大楼人走断电，业主无故断电等	不存在这个问题。
5	传输问题	不能远距离传输或需要非同相的电缆	直流传输电压<410V，传输距离远，损耗低，电缆细
6	供电方式	市电供电不灵活，只有AC220V一种电压	远端模块输出不同电压满足通信设备的供电需求
7	施工问题	协调时间长，受业主的限制，施工周期长	远端模块输出不同电压满足通信设备的供电需求
8	应急逃生	大楼内市电停电无法与外界联络	保证通讯设备供电，确保可与外界联络

## 6 应用范围分析

1) 由于2G/3G/WALN基站业务主要为大量移动终端设备提供无线信号，移动终端一般为手机、笔记本等，其终端电池的续航能力一般为几个小时至数天。所以保持远端基站设备电源的稳定非常重要，对2G/3G/WALN进行覆盖区域而建设的直放站、RRU站进行远供电源，光电复合光缆是一种安全、经济合理的建设方式。

2) 在写字楼、集团单位、住宅小区等集团专线、专网工程中，主要以有线传输方式为用户提供安全、保密性强、业务流量大等特点的业务；终端设备一般采用交流电源(主要由用户提供且与用户设备采用同一电源)。当用户端停电时，用户的通信设备亦不能正常工作，用户

降低，普通光缆生产利润已逐渐下滑到低点。所以国内很多光缆厂家投入大量人力研究、开发光电复合光缆，目前光电复合光缆的生产技术及产品已逐步成熟。表13列出了3个厂家的光电复合光缆。

表13 国内光电复合光缆生产情况表

序号	厂家	光电复合光缆型号
1	烽火通信科技股份有限公司	GYTA-(B-4B)B12*0.5-2)
2	浙江富春江光电科技股份有限公司	GYFTS 4*6+24B1
3	深圳深信	GYTY 23-4B1-RY*2.5

光电复合光缆应用案例。1) 贵阳市区肺科医院与世纪之星，新建GSM与TD-SCDMA网络，因附近供电电压不稳，经常断电。本工程采用烽火通信科技股份有限公司生产的光电复合光缆(GYTA-8B1-2\*0.5)，成功解决了GSM干放和TD-SCDMA-RRU共4套设备

用电需求(干放设备功率100W, RRU设备功率80W)。

2) 中国移动贵州公司六盘水分公司铁路隧道覆盖新建GSM网络光纤直放站设备2套, 设备负载200W, 铁路电网不让取电或答应取电, 但费用太高、协调困难。工程采用烽火通信科技股份有限公司生产的光电复合光缆(GYTA-8B1-2×1.5), 成功解决了光纤直放站设备用电需求。

## 8 结束语

因光电复合光缆内同时传送电力, 在通信行业中属于高压线路, 为安全及便于维护、识别, 建议光电复合光缆外护套颜色采用“黄色”醒目警示颜色。

在远端基站设备、驻地网等市电引入困难站点, 市电引入代价高昂的站点, 采取通过光电复合光缆进行远程供电的技术, 是一种安全、经济合理的建设方式, 在国家相关标准成熟后将会得到大量的应用。

## 参考文献

- [1] 陆春良. 光电复合缆远程供电系统简析[J]. 光电线缆, 2010(7):10
- [2] 中华人民共和国工业和信息化部. YD-5102-2010 通信线路工程设计规范[S]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2010
- [3] 国电通信中心. DL/T 832-2003 光纤复合架空地线[S]. 2004
- [4] 国家技术监督局. GB/T 3956-1997. 电缆的导体[S]. 北京: 中国标准出版社, 1998
- [5] 卢致皓. 光电复合缆的新应用[J]. 光纤与电缆及其应用技术. 1986(01): 71
- [6] IEC 60794-4-10-2006. Optical fibre cables-Part 4-10: Aerial optical cables along electrical power lines-Family specification for OPGW(Optical Ground Wires)

## 作者简介



### 段玉圃

就职于中国移动通信集团设计院有限公司重庆分公司传输部, 研究方向为有线传输。

## Analysis of Optical Fiber-power Composite Cable

**Duan Yupu** | China Mobile Group Design Institute Co.,Ltd Chongqing Branch, Chongqing 401147, China

**Abstract** In communication engineering construction, especially in base station construction, many electricity problems arise, including difficult electricity-introduction, too much investment, unstable voltage, frequent power off and so on. It is difficult to solve them. In this paper, the structure characteristics of optical fiber composite electricity cable, the principle of remote-power-supply, and security design are discussed, and various kinds of remote-power-supply modes and their application scene are analyzed. In conclusion, it is a secure, saving and reasonable mode to apply optical fiber-power composite cable to supply power remotely for the remote base stations equipment with problems in electricity-introduction.

**Keywords** Optical Fiber-Power Composite Cable; Remote-Power-Supply; Transmission Distance; Analysis of Application Area