

爬坡直埋光缆施工中有关问题的浅析

王翔

2010年7月

1. 背景

随着光纤通信的发展，光纤网络不断延伸，铺设环境越来越复杂化。在多山或丘陵地区铺设光缆，不可避免地要使用爬坡直埋光缆。由于这些地区一般地形陡峭、树木多、石多土少，所以视野较短，施工时需要非常好的指挥与协调，否则极易出现光缆打背扣、光缆绊在树桩或障碍物上和被大石头砸压等故障现象，使施工质量得不到保障。

国内现用的爬坡直埋光缆多为在普通直埋光缆基础上加上单层钢丝铠装结构。这种光缆抗拉、抗压扁性能优越，对于石头砸压及拉力过大等有一定的承受能力。但是，在光缆被打背扣或受到严重扭转时，会发生光缆中光纤断裂或出现衰减台阶等问题。

本文对爬坡直埋光缆在打背扣时的状态进行了分析，通过对现场施工进行仔细的观察和操作，找出了施工中爬坡直埋光缆打背扣的原因，并由实验证实了有关分析及提出了解决问题的方法。

2. 爬坡直埋光缆的结构及性能

目前按照设计规定，爬坡直埋光缆是在普通直埋光缆外加单层（图1）或双层钢丝铠装（图2）。

在标准中对1吨的爬坡直埋光缆的机械性能指标的规定为：光缆长期拉力不低于4000N，短期拉力不低于10000N；光缆长

期压扁力不低于3000N/100mm，短期压扁力不低于5000N/100mm。但对扭转、弯折等无明确要求。

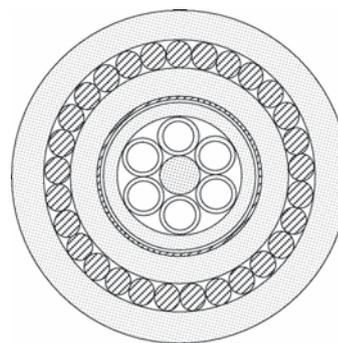


图1 单层钢丝铠装爬坡直埋光缆

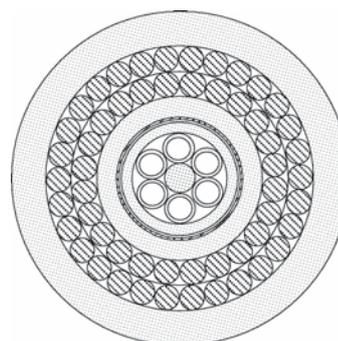


图2 双层钢丝铠装爬坡直埋光缆

由于单层钢丝往往能够满足上述要求，厂家往往采用单层钢丝以节约成本，减小光缆直径和重量。如图1所示结构，若直埋缆芯直径为14mm，钢丝直径为1.5mm，则可绞合钢丝30根。若钢丝的强度不低于40kg/mm²，钢丝在伸长率等于光缆自由伸长率（光纤不受力时的伸长率）0.5%时的拉力不小于300Mpa，钢丝绞合角度为76°，则：

$$\begin{aligned} & \text{光缆拉力} \\ & = 30 \text{ 根钢丝拉力} + \text{中心加强芯拉力} \\ & = 30 \times 300 \times 3.14 \times 0.75^2 \times \sin 76^\circ + 3000 \\ & = 12000\text{N} \end{aligned}$$

从以上的计算可以看出，该设计是满足标准要求的。

实验证明，这种结构也满足标准中所要求的压扁强度及抗冲击性能。如果按光缆施工的技术要求进行布放，这种光缆能保证在施工过程中承受的拉力及弯曲半径不超出光缆的允许值范围时，布放后光缆没有任何问题，完全满足设计要求。

3. 爬坡直埋光缆打背扣的现象分析

由于现场施工条件比较恶劣，加上施工人员来源较杂，对布放这种光缆的要点掌握不够，在施工爬坡直埋光缆中常常碰到打背扣的现象。这是因为目前单盘光缆长度一般为 2~3km，施工布放时受人员及地形等因素的影响，放缆时要在中间做盘“∞”字处

理，若解“∞”字时不是逆着打“∞”字的方向解开，这样就会把扭力带到“∞”字的最后并产生小圈，又因钢丝铠装光缆自重较大，这种因应力造成的小圈很难自动弹开，强行拉缆就会将小圈拉成死扣，即背扣。

层绞式光缆在打成死扣时，中心加强芯会变形向外顶，而外层钢丝在背扣处节距变小，向内挤压，致使松套管被压扁，管中光纤受力出现衰减台阶或断裂。严重时，多处的扭力会集中到某一点，变形的中心加强芯甚至能穿透缆内多层护套及外层绞合钢丝，伸出光缆的外护套，造成光缆结构彻底被破坏。

通过多次随现场布放爬坡直埋光缆，我们观察到光缆布放后发生光纤断裂或出现衰减台阶的地方一般都在放缆中间打“∞”字点的附近。

为了验证上述现象，我们对钢丝铠装爬坡光缆进行了打背扣实验，实验结果见表 1：

表 1 钢丝铠装爬坡光缆打背扣实验

实验光缆芯数	实验光缆长度 (m)	实验人数	实验方法	实验结果
36	400	30	将光缆打成 10m 一个的“∞”字 35 个，把“∞”字翻身后向前拉放，逆着打“∞”字的方向解开“∞”字。	“∞”字最后未产生扭力，光纤无衰减台阶。
36	400	30	将光缆打成 10m 一个的“∞”字 35 个，把“∞”字翻身后向前直接拉放。	“∞”字最后产生扭力形成死扣，光纤出现衰减台阶。

同时，我们还做了将钢丝铠装光缆打成不同直径的小圈后强行拉直的实验，以观察钢丝铠装光缆弯曲半径在低于 20 倍光缆外

径（即光缆施工过程中所允许的弯曲半径）时，缆内松套管是否被压扁，实验结果见表 2。

表 2 钢丝铠装光缆打圈后的强行拉直实验

光缆直径 (mm)	小圈半径 (mm)	缆径倍数	实验方法	套管是否 被压扁
21.0	630	30	将小圈强行拉直后，解剖样品观察	否
21.0	420	20	将小圈强行拉直后，解剖样品观察	否
21.0	210	10	将小圈强行拉直后，解剖样品观察	否
21.0	100	5	将小圈强行拉直后，解剖样品观察	是

4. 爬坡直埋光缆的施工建议

(1) 光缆布放前，应对施工及相关人员就施工应注意的事项进行适当的培训，如：放缆方法要领和安全等内容，并确保施工人员服从指挥；

(2) 由于爬坡直埋光缆较重，且布放地形复杂，因此施工比较困难，所需人工较多。建议在施工爬坡直埋光缆时，应配备足够人员（建议人员 110~140 人）；

(3) 光缆布放时，工程队技术人员应配备必要的通信设备，如对讲机、喇叭等。技术人员应分布在光缆盘“∞”字处、穿越障碍点、地形拐弯处和光缆前端引导等处，控制光缆放出的速度以避免出现“浪涌”现象或在中间光缆出现积留时急拉造成打“背扣”的现象；

(4) 光缆穿过 PVC 管时，应指导放缆人员将光缆直穿进 PVC 管，避免出现光缆扭曲。以避免光缆在放出一段距离后，在 PVC 管附近积成小圈，进而继续拉直光缆，造成光缆严重扭曲；

(5) 打“∞”字时，应选择合适的地形，将“∞”字尽量打大。为避免解“∞”字时产生问题，应在情况允许的前提下，尽量少打“∞”字；

(6) 解“∞”字时应正确操作，将“∞”字逆着打“∞”字的方向解开。若出现因“∞”字翻转不当，造成在“∞”字将本资料条款的最终解释权属于长飞公司

解尽时仍有应力产生的小圈不能解开的情况下，切勿将小圈拉直，应在小圈积留处作预留处理；

(7) 回土之前应由工程队技术员将光缆理顺，使其成自然平直状态，避免在光缆未理顺时（如竖弯状态）回土。

5. 爬坡直埋光缆出现衰减台阶后的修复方法

(1) 用 OTDR 测出台阶的位置，精确测定出台阶点的光纤的长度（最好用小的测试脉宽，如 20ns），然后用测定的光纤长度 $F_1 - F_1 \times n$ （光缆的绞合率，如 4 芯~36 芯， $n=1.2\%$ ）定出故障点的光缆长度，再根据测试点的起始米标找出光缆的印标长度；

(2) 根据光缆米标的急剧翻转找出故障点后，将光缆外护套去掉 300~400mm，然后再将铠装的钢丝去掉（必须注意不要损伤内护套），此时应该用 OTDR 监测，如果发现光纤台阶点的衰减变小，则证明此故障点可用下述方法修复；

(3) 保证打开处光缆的平直，由于一般光缆护套及松套管的熔点都大于 180℃，所以可用汽油喷灯加热，让热量传入缆芯内使松套管中纤膏膨胀。喷灯必须离缆有 20~30cm 的距离对故障点处均匀加热，加热时间应不少于 3~5 分钟，同时用 OTDR 监测，如果故障点光纤台阶消失，光纤衰减恢

复到正常值，则表明压扁的松套管已膨胀变圆；

(4) 等光缆完全冷却之后，可在修复处加上热可缩套管，光缆放入沟底回填 30cm 土后再复测所有光纤；

(5) 在修复处根据地理位置对光缆做一定预留，防止光缆受力并以备将来万一需要

修复时使用。

为了验证此方法的可靠性和实用性，我们对打了背扣但未断纤的光缆按以上方法做了几次试验，经过对光缆样品解剖后验证，原来光缆中压扁变形的松套管已基本上复原到不影响光纤的程度。

长飞光纤光缆股份有限公司

股票代码：601869.SH 06869.HK

地址：中国武汉光谷大道9号(邮编:430073)

电话：027-67887650 邮箱：sales_spu@yofc.com

www.yofc.com