



通信装备操作使用训练教材

训练教材
列入移交

光缆引接车操作使用教程

中国人民解放军总参谋部通信部

解放军出版社

通信装备操作使用训练教材

训练教材
列入移交

光缆引接车操作使用教程

中国人民解放军总参谋部通信部

解放军出版社

京新登字 117 号

书 名: 光缆引接车操作使用教程

编著者: 中国人民解放军总参谋部通信部

出版者: 解放军出版社

[北京地安门西大街 40 号/邮政编码 100035]

印刷者: 军事医学科学院印刷厂

发行者: 解放军出版社

开 本: 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张: 11.5

字 数: 269 千

版 次: 2005 年 4 月第 1 版

印 次: 2005 年 4 月(北京)第 1 次印刷

统一书号: 55065·2231

(如有印装差错, 请与本社调换)

内 容 提 要

本书在介绍光纤通信基础知识的基础上,比较系统地讲述了 TCZ—406 型光缆引接车系列通信设备的组成、性能、原理,重点规范装备的操作使用、情况处理以及野战条件下开设、撤收的方法。内容深入浅出,叙述通俗易懂,可供野战光纤通信专业人员使用。

编 审 人 员

主 编：李科海

参加编写：马毅芬 袁建星 夏和生

主 审：杨富印

通 知

现将《光缆引接车操作使用教程》印发全军部队使用。望各单位在训练实践中,注意总结经验,提出意见,以便再版时充实完善。

总参谋部通信部

二〇〇五年四月

目 录

第一章 数字光纤通信知识.....	(1)
第一节 数字光纤通信系统概述.....	(1)
一、数字光纤通信基本概念	(1)
二、数字光纤通信系统的组成	(1)
三、光纤和光缆	(2)
第二节 PDH 数字光纤通信系统	(8)
一、准同步数字复接(PDH)系列帧结构	(8)
二、PDH 数字光纤传输系统	(10)
第三节 SDH 光同步数字传输系统	(12)
一、SDH 光同步数字传输系统的概念及特点	(12)
二、同步数字复接(SDH)系列帧结构	(14)
三、SDH 的开销(OH)功能	(15)
四、SDH 系列的复用	(17)
五、SDH 设备	(22)
六、SDH 传送网概念	(28)
第二章 光缆引接车概述	(32)
第一节 用途与组成	(32)
一、用途.....	(32)
二、组成.....	(32)
第二节 主要技术性能	(36)
一、车辆技术性能.....	(36)
二、通信设备性能.....	(37)
第三节 运用方式及接口	(38)
一、TCQ—302 型野战 PDH 光端机	(38)
二、TCN—111 型野战 PCM 终端机	(40)
三、YWJ—10B 型数字微波接力机.....	(42)
第四节 供电控制系统	(42)
一、概述.....	(42)
二、电路基本原理.....	(44)
三、TCY—704C 车载综合电源的操作使用	(46)
四、TCY—704C 型车载通信电源的故障分析与检修	(48)
第三章 TCN—111 型野战 PCM 终端机	(50)
第一节 数字通信系统概述	(50)

一、数字通信系统模型结构	(50)
二、数字通信系统的主要性能指标	(51)
三、数字复接技术	(53)
四、数字传输信号的处理	(57)
五、数字信号的调制与解调	(65)
第二节 TCN-111 型野战 PCM 终端机概述	(72)
一、主要功能	(72)
二、技术指标	(72)
三、面板概况	(73)
第三节 工作原理	(77)
一、设备管理	(77)
二、设备组成	(81)
第四节 设备使用、管理和维护	(92)
一、安装与开通	(92)
二、设备管理操作	(93)
三、使用及维护设备	(102)
第四章 TCQ-302 型 PDH 光端机	(103)
第一节 概述	(103)
一、用途特点	(103)
二、主要技术参数及指标	(103)
三、整机构成与使用条件	(105)
第二节 基本工作原理	(105)
一、PDH 光盘信号流程	(105)
二、野战群路盘信号流程	(106)
三、电源盘工作原理	(106)
第三节 使用与维护	(106)
一、设备的安装	(106)
二、设备的操作	(106)
三、维护与修理	(111)
第五章 YWJ-10B 型数字微波接力机	(112)
第一节 微波通信基础知识	(112)
一、微波中继通信的概念	(112)
二、微波中继通信系统的组成	(113)
三、微波中间站的转接方式	(116)
四、数字微波中继通信系统的接口、调制方式及频率配置	(118)
五、微波传播特性	(124)
第二节 YWJ-10B 型数字微波接力机概述	(128)
一、用途与特点	(128)
二、主要技术参数及指标	(128)

三、整机构成与使用条件	(130)
第三节 基本工作原理	(130)
一、整机的工作原理	(130)
二、各部分基本原理	(132)
三、监控器	(135)
四、供电电源	(137)
五、发信机	(140)
六、收信机	(141)
七、双工器	(142)
第四节 调整使用	(142)
一、开通前检查	(142)
二、开通使用	(144)
三、异常情况处理	(146)
第六章 光缆引接车的操作使用	(147)
第一节 系统的连接与应用	(147)
一、通信系统与连接	(147)
二、电源系统与连接	(148)
第二节 系统的开设	(150)
一、系统开设前的准备工作	(150)
二、系统开通	(150)
三、系统的调整	(151)
第三节 撤收与转移	(159)
一、转移的时机	(159)
二、转移的方法	(159)
三、转移程序	(159)
四、转移的组织与实施	(160)
五、撤收与转移	(161)
第七章 附属设备	(163)
第一节 YGD-3 型光端机	(163)
一、概述	(163)
二、主要插头座功能	(163)
三、自环检查	(164)
四、设备使用	(164)
五、注意事项	(164)
第二节 TCP-702B 型野战被复线数字传输设备	(164)
一、概述	(164)
二、主要技术指标	(165)
三、设备的方框组成及简要工作过程	(166)
四、设备操作	(166)

第三节 TBH—608 型野战电话机的使用	(167)
一、使用前的准备工作	(167)
二、使用方法	(168)
第四节 GP88 对讲机的使用	(169)
一、天线安装	(169)
二、电池的安装与更换	(169)
三、电池充电器的操作	(169)
四、对讲机通信操作	(169)
参考资料	(171)

第一章 数字光纤通信知识

第一节 数字光纤通信系统概述

一、数字光纤通信基本概念

数字光纤通信,是以光波运载数字信号,以光导纤维为传输媒介的一种通信方式。1996年,美籍华人“光通信之父”高锟(C. K. KILLO)博士根据介质波导理论提出了光纤通信的概念。光纤通信有如下的显著特点。

1. 线径细,重量轻

由于光纤的直径小,只有0.1mm左右,所以制成光缆后与电缆比要细得多,因而重量轻,有利于长途和市话干线布放,而且便于制造多芯光缆。

2. 损耗极低

由于技术的发展,现在制造出的光纤介质纯度很高,因而损耗极低。光波导1.55mm窗口的衰减低于0.18 dB/km。由于损耗极低,这就大大减少了数字传输系统中中继站的数目,也可提高通信质量。

3. 传输的频带宽、信息容量大

由于光波频率高,因此用光来携带信号则信息量大。现在已经发展到几十千兆比特/秒的光纤通信系统,它可传输几十万路电话和几千路彩色电视节目。

4. 不受电磁干扰、防腐和不会锈蚀

因光纤是非金属材料,它不会受到电磁干扰,也不会发生锈蚀,具有防腐的能力。

5. 不怕高温,防爆、防火性能强

因光纤是石英玻璃材料,熔点高达2000℃以上,所以不怕高温,有防火的性能。因而可用于矿井下、军火仓库、石油、化工等易燃易爆的环境中。

6. 光纤通信保密性好

由于光纤在传输光信号时向外泄漏小,不会产生串话等干扰,因而光纤通信保密性好。

二、数字光纤通信系统的组成

数字光纤通信系统与一般通信系统一样,它由发送设备、传输信道和接收设备三大部分构成。现在普遍采用的数字光纤通信系统,采用数字编码信号经强度调制—直接检波的数字通信系统。这里的强度是指光强度,即单位面积上的光功率。强度调制是利用数字信号直接调制光源的光强度,使之与信号电流成线性变化。直接检波,是指信号在光接收机的光频上检测出数字脉冲信号。光纤通信系统组成原理方框图如图1.1所示。

在发送设备中,有源器件把数字脉冲电信号转换为光信号(E/O变换),送到光纤中进行传输。在接收设备中,设有光检测器件,将接收到的光信号转换为数字脉冲信号(O/E变换)。

在其传输的路途中,当距离较远时,采用光中继设备,把信号经过中继再生处理后传输。实用系统是双向的,其结构图如图 1.2 所示。

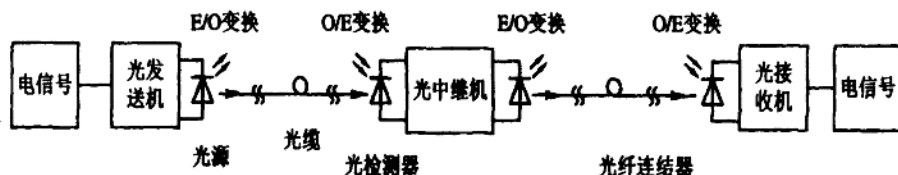


图 1.1 光纤通信系统组成原理方框图

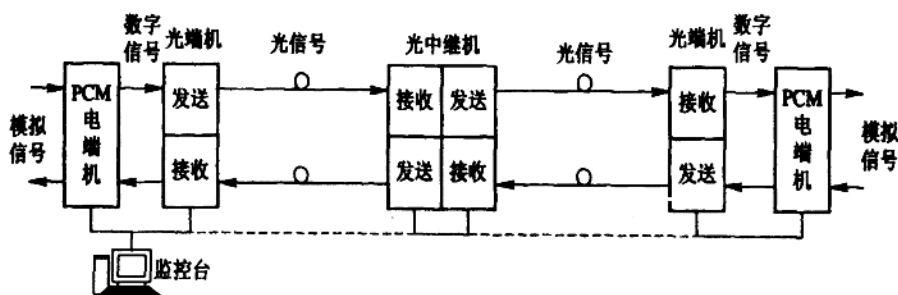


图 1.2 数字光通信传输系统结构方框图

图中,数字端机主要是把用户各种数字信号,包括数字程控交换机和数字接口,通过复用设备组成一定的数字传输结构(帧结构),不同速率等级的数字信号流送至光端机,光端机把数字端机送来的数字信号进行处理,变成光脉冲送入光纤进行传输,接收端进行相反的变换。

光端机主要由光发送、光接收、信号处理及辅助电路组成。在光发送部分完成电/光变换,在光接收部分主要完成光/电变换。信号处理,主要指把数字端机送来的数字脉冲信号再处理,以及各种码型变换,使之适应光传输及其他目的。辅助电路主要包括告警、公务、监控及区间通信等等。

光中继机的作用,主要是将光纤长距离传输后,受到损耗及色散畸变的光脉冲信号,转换为电信号后经放大整形、定时、再生还原为规则的数字脉冲信号。经过再调制光源,变为光脉冲信号送入光纤继续传输,达到延长传输距离的目的。

三、光纤和光缆

1. 光纤

光纤就是导光的玻璃纤维的简称,是石英玻璃丝,它的直径只有 0.1mm,如同人的头发丝粗细。在通信中,它和原来传送电话的明线、电缆一样,是一种新型的信息传输介质,但它比以上两种方式传送的信息量要高成千上万倍,可达到上百千兆比特/秒,而且损耗极低。

2. 光纤的导光原理

光纤为什么能够导光,能传送大量信息呢? 这要研究其传输理论,但其传输理论涉及的数学、物理知识相当广,它要用到微分方程、场论等等高等数学知识及物理的微电子学、光学等

高深理论。这里我们用简单的比喻,从物理概念上来说明,以加深对光纤传输信息的理解。

光纤是利用光的全反射特性来导光的。在物理中学习过光从一种介质向另一种介质传播,由于它们在不同介质中传输速率不一样,因此,当通过两个不同的介质交界面就会发生折射。若现在有两种不同介质,其折射率分别为 N_0 和 N_1 ,而且 $N_1 > N_0$,设界面为 XX' ,折射率小的称光疏媒质,折射率大的称光密媒质。若使光束从光密媒质射向光疏媒质时,则折射角大于入射角,如图 1.3 所示。假定光线从光疏媒质射向光密媒质,其折射情况如图 1.4 所示。图中,入射角为 θ_0 ——入射光线与法线 YY' 夹角,折射角为 θ_1 ——折射光线与 YY' 夹角,由图可见, $\theta_1 < \theta_0$ 。

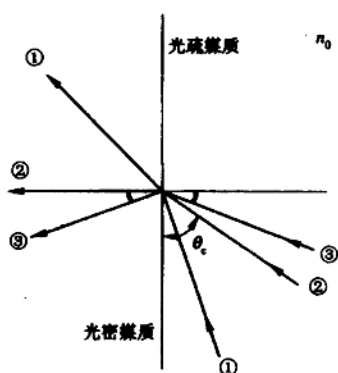


图 1.3 光的折射示意图

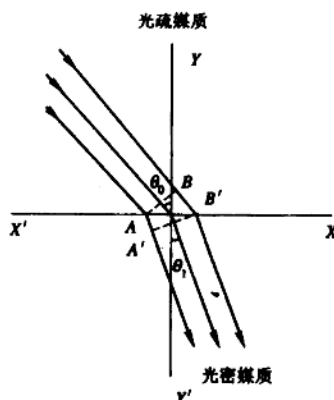


图 1.4 临界角和光线的全反射

如果不断增大 θ_0 可使 θ_1 折射角达到 90° ,这时的 θ_1 称为临界角。如果继续增大 θ_1 ,则折射角会大于临界角,使光线全部返回光密媒质中,这种现象称为光的全反射。当光线从光密媒质射向光疏媒质,且入射角大于临界角时,就会产生全反射现象,光纤就是利用这种全反射来传输光信号的。

根据这一原理,在制造光纤时,使光纤芯的折射率高,在外面涂上一包屏层可使折射率降低,当选择一定的角度 θ_0 时,射入纤芯的光束将会全部返回纤芯中。这就要制造一种像水管一样的光导管,在光导管壁及光纤芯包的边界使之形成光束的全反射,从而达到将光束都集中在光纤芯部传输而不向外泄漏,就似水管中的水流那样,使之永远在水管中流动。要做成这样的光导管,除了对光纤芯部的折射率有要求以外,还要使靠近纤芯与包层的边沿具有极小的光损耗,使能量都集中在光芯中传播。

当然,这就对光纤材料提出了很高的要求。由于石英玻璃质地脆、易断裂,为了保护光纤表面,提高抗拉强度,以便于实用,一般都在裸光纤外面进行两次涂覆而构成光纤芯线。光纤芯线结构如图 1.5 所示。

光纤的芯线由纤芯、包层、涂覆层、套塑四部分组成。包层的外面涂覆一层很薄的涂覆层,涂覆的材料为硅酮树脂或聚氨基甲醚乙脂,涂覆层的外面套塑,套塑的原料大都采用尼龙、聚乙烯或聚本烯等塑料。

3. 单模光纤及特性参数

根据波导传输波动理论分析,光纤的传播模式可分为多模光纤和单模光纤。

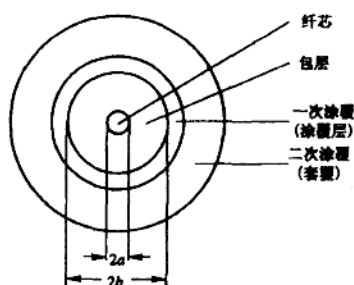
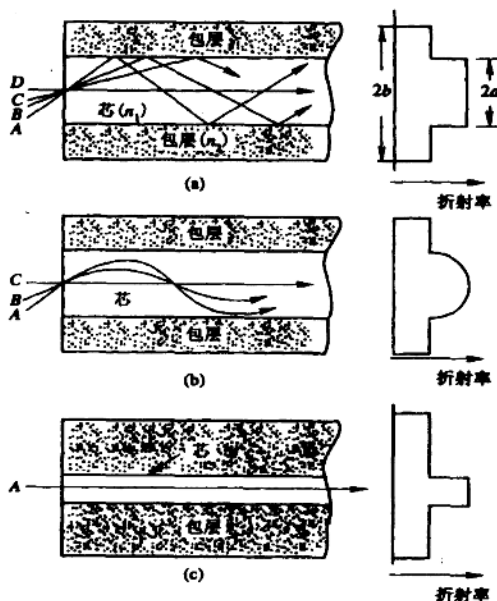


图 1.5 光纤芯线的剖面构造

1) 多模光纤

多模光纤即能承受多个模式的光纤,如图 1.6(a)、(b)所示。这种光纤结构简单、易于实现,接头连接要求不高,用起来方便,也较便宜。因而在早期的数字光纤通信系统(PDH 系列)中采用。但这种光纤传输带宽窄、衰耗大、时延差大,因而已逐步被单模光纤代替。



(a)阶跃型多模光纤(SI);(b)梯度型多模光纤(GI);(c)单模光纤(SM)

图 1.6 裸光纤结构示意图

2) 单模光纤

单模光纤即只能传送单一基模的光纤,如图 1.6(c)所示。这种光纤从时域看不存在时延差,从频域看,传输信号的带宽比多模光纤宽得多,有利于提高码率信息长距离传输。单模光纤

的纤芯直径一般为 $4\sim 10\ \mu\text{m}$,包层即外层直径一般为 $125\ \mu\text{m}$,比多模光纤小得多。

3) 单模光纤的主要特性

光纤的特性参数及定义相当复杂。在一般数字光纤工程中,单模光纤所需的主要参数有:模场直径、衰减系数和工作波长或截止波长等。

(1) 截止波长 λ_c 。截止波长通常是判断光纤是否在单模工作的一个重要参数,只有当工作波长大于截止波长时才能保证光纤在单模工作。

(2) 模场直径 D 。模场直径是单模光纤的一个重要参数。到目前为止,模场直径的确切定义还没有明确规定。从物理概念上我们可理解为,对于单模光纤,基模场强在光纤横截面近似为高斯分布,如图 1.7 所示。通常将纤芯中场分布曲线最大值 $1/E$ 处所对应的宽度定义为模场直径,用 D 表示。

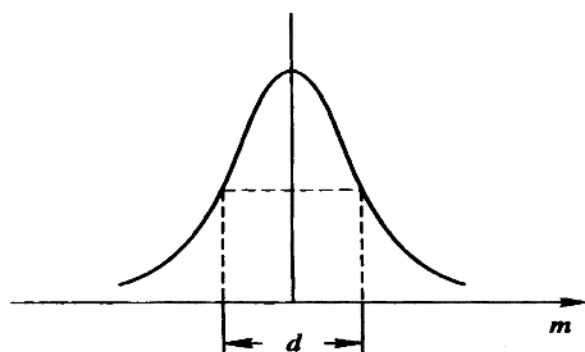


图 1.7 基模场强分布曲线

(3) 衰减系数 α 。衰减系数是在工程上设计光纤通信系统时,必须要用到的一个重要参数。它是指沿光纤传播方向光信号的损耗,它是决定光纤中继段长度的重要因素。衰减量的大小通常用衰减系数 α 来表示,单位是 dB/km ,其定义为:

$$\alpha = \frac{10}{L} \lg \frac{P_i}{P_o} \quad (1.1)$$

式中, P_i 为输入光纤的光功率; P_o 为光纤输出的光功率; L 为光纤的长度(单位为 km)。

4. 光缆

为了使光纤能在工程中实用化,能承受工程中拉伸、侧压和各种外力作用,还要具有一定的机械强度才能使性能稳定。因此,将光纤制成不同结构、不同形状和不同种类的光缆以适应光纤通信的需要。

根据不同的用途和条件,制成的光缆种类很多,但其基本结构是相同的。光缆主要由缆芯、护套和加强元件组成。

1) 缆芯

缆芯是由光纤芯组成的,它可分为单芯和多芯两种。单芯型缆芯和多芯型缆芯结构的比例如表 1.1 所示。

单芯型由单根二次涂覆处理后的光纤组成。

多芯型由多根经二次涂覆处理后的光纤组成,它又分为带状结构和单位式结构。

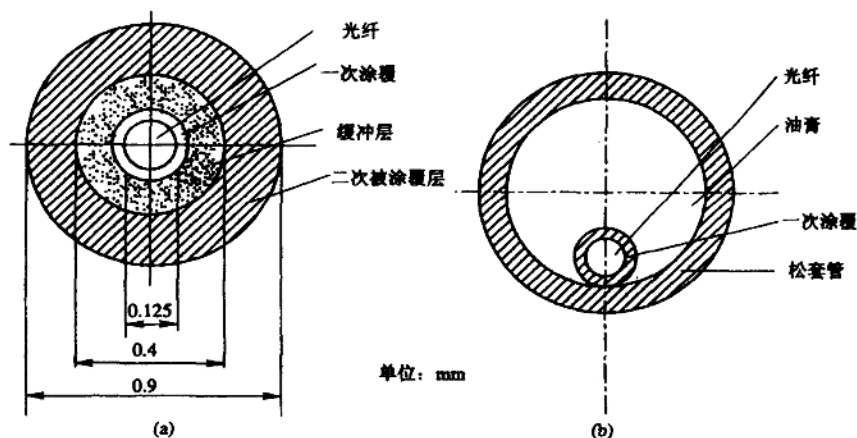
表 1.1 缆芯结构

结 构		形 状	结构尺寸及光纤数
单 芯 型	充实型 ①2 层结构 ②3 层结构	 	外径: 0.7~1.2mm 缓冲层厚度: 50~200 μ m
	管 型	 空气、硅油	外径: 0.7~1.2mm
多 芯 型	带 状		节距: 0.4~1mm 光纤数: 4~12
	单位式	 	外径: 1~3mm 光纤数: 6

目前国内外对二次涂覆主要采用下列两种保护结构:

(1) 紧套结构。如图 1.8(a) 所示,在光纤与套管之间有一个缓冲层,其目的是为了减少外面应力对光纤的作用。缓冲层一般采用硅树脂,二次被覆用尼龙口。这种光纤的优点是:结构简单、使用方便。

(2) 松套结构。如图 1.8(b) 所示,将一次涂覆后的光纤放在一个管子中,管中充油膏,形成松套结构。这种光纤的优点是:机械性能好,防水性好,便于成缆。



(a) 紧套光纤结构示意图 (b) 松套光纤结构示意图

图 1.8 紧套与松套光纤结构示意图

2) 强度元件

由于光纤的材料比较脆,容易断裂,为了使光缆便于承受敷设安装时所加的外力等,在光缆内中心或四周要加一根或多根加强元件。加强元件的材料可用钢丝或非金属的纤维—增强塑料(FRP)等。

3) 护层

光缆的护层主要是对已形成的光纤芯线起保护作用,避免受外部机械力和环境损坏。因此,要求护层具有耐压力、防潮、湿度特性好、重量轻、耐化学侵蚀、阻燃等特点。

光缆的护层又分内护层和外护层,内护层一般采用聚乙烯或聚氯乙烯等,外护层可根据敷设条件而定,要采用由钴带和聚乙烯组成的 LAP 外护套加钢丝铠装等。

4) 光缆的种类

在公用通信网中用的光缆结构如表 1.2 所示。

表 1.2 公用通信网中的光缆结构

种 类	结 构	光纤芯线数	必 要 条 件
长途光缆	层绞式	<10	低损耗、宽频带,可用单盘盘长的光缆来敷设,骨架式有利于防侧压力
	单位式	10~200	
	骨架式	<10	
海底光缆	层绞式	40~100	低损耗、耐水压、耐张力
	单位式	40~100	
用户光缆	单位式	<200	高密度,多芯和低、中损耗
	带状式	>200	
局内光缆	软线式 带状式 单位式	2~20	重量轻、线径细,可挠性好

下面介绍几种有代表性的光缆结构形式。

(1)层绞式光缆。它是将若干根光纤芯线以强度元件为中心绞合在一起的一种结构,如图 1.9(a)所示。特点是成本低,芯线数不超过 10 根。

(2)单位式光缆。它是将几根至十几根光纤芯线集成为一个单位,再由数个单位以强度元件为中心绞合成缆,如图 1.9(b)所示,其芯线数一般适用于几十芯。

(3)骨架式光缆。这种结构是将单根或多根光纤放入骨架的螺旋槽内,骨架中心是强度元件,骨架上的沟槽可以是 V 型、U 型或凹型,如图 1.9(c)所示。由于光纤在骨架沟槽内具有较大空间,因此当光纤受到张力时,可在槽内作一定的位移,从而减少了光纤芯线的应力应变和微变,这种光纤具有耐侧压、抗弯曲、抗拉的特点。

(4)带状式光缆。它是将 4~12 根光纤芯线排列成行,构成带状光纤单元,再将多个带状单元按一定方式排列成缆,如图 1.9(d)所示。这种光缆的结构紧凑,采用此种结构可做成上千芯的高密度用户光缆。