

铁路职工岗位
培训统编教材

电 缆 工

(中 级)

安颖芬 主编

铁 道 部 电 务 局
铁 道 部 教 卫 司 审 定

铁路职工岗位培训统编教材

电 缆 工

(中级)

安颖芬 主编

滕方奇 主审

中国铁道出版社

2001年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书是根据铁道部教育司、劳资司教职(1991)38号文件精神,按照铁路工人技术标准对电缆工的专业知识和技能的要求,由部电务局、教育司共同组织编写的。

本教材适用于铁路运营部门电缆工岗位培训和考工时学习参考。书中内容包括通信电缆设备、施工和维护、充气维护、测量和故障处理、附属设备等,每章均附有复习思考题。

图书在版编目(CIP)数据

电缆工. 中级/安颖芬主编. —北京:中国铁道出版社, 1995.8 (2001.5重印)
铁路职工岗位培训统编教材
ISBN 7-113-01973-0

I. 电... II. 安... III. 电气化铁道—电缆—技术培训—教材 IV. U22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 034638 号

铁路职工岗位培训统编教材

书 名: 电缆工(中级)

著作责任者: 安颖芬 主编

出版发行: 中国铁道出版社 (100054, 北京市宣武区右安门西街8号)

责任编辑: 高 剑

封面设计: 赵敬宇

印 刷: 北京市彩桥印刷厂

开 本: 787×1 092 1/32 印张: 6.375 插页: 1 字数: 139 千

版 本: 1995 年 8 月第 1 版 2001 年 5 月第 3 次印刷

印 数: 7 501~9 500 册

书 号: ISBN 7-113-01973-0/TN·78

定 价: 8.50 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

前 言

“岗位培训是对从业人员按照岗位需要在一定政治、文化基础上进行的以提高政治思想水平,工作能力和生产技能为目标的定向培训。”

岗位培训的专业教材应具有针对性和实用性。针对性,就是要从岗位的实际需要出发,教材的内容应当包括岗位职责要求,技术装备现状和生产管理要求;实用性,就是从培训对象的实际出发,教材所给的知识含量是必备的,而且要体现以提高技能为中心。

为了给铁路运营系统主要工种的工人岗培提供一套适用性较好、可读性较强的教材,以进一步提高培训的质量和效益,更好地为铁路运输安全生产服务,根据铁道部教育司、劳资司教职[1991]38号文件精神,由铁道部各业务局和教育司共同牵头组织统编铁路运营系统工人岗位培训教材。

这套教材包括或覆盖铁路运输(车务、客运、货运、装卸)、机务、车辆、工务、电务部门的133个工种(职名),计划在“八五”期间基本完成。这次统编教材是以新颁《铁路工人技术标准》为依据,以专业知识为主要内容,本着针对性强、实用性好,并突出技能训练的原则组织编写的。它既可以作为工人新职、转岗、晋升的规范化岗位培训教材,适用于各级职工学校、站段教育室教学,也可以作为适应性岗位培训的选学之用,还可作为职工自学的课本,同时,每章后面列复习、思考、练习题,作为考工的参考题。总之,这套教材的出版力图促进培训、

考工一体化的目标,得以逐步实现。

本书由安颖芬、牛毓柳等同志共同编写。第一章由安颖芬、牛毓柳编写,第二、三、四章由牛毓柳编写,第五章由安颖芬编写,全书由安颖芬统稿并任主编,北京铁路局滕方奇任主审,铁道部电务试验任茂公审阅了部分稿件。在本书提纲拟定和编写过程中,得到天津通信段毕祝同,北京铁路局电务处宋凤岭,铁道部电务局沈兴善、田蒙等同志的大力协助,在此一并致谢。

本书经铁道部电务局、教育司审定,作为全路运营系统电缆工的培训、考核依据。

铁道部电务局

铁道部教育司

1995 年

目 录

第一章 通信电缆、光缆设备	1
第一节 同轴电缆.....	1
第二节 光缆.....	6
第三节 电缆终端设备	27
第二章 施工和维护	30
第一节 施工	30
第二节 各种电缆头的接焊	70
第三节 电缆的成端.....	124
第四节 电缆线路的接地.....	133
第三章 充气维护.....	144
第一节 充气柜.....	144
第二节 空压机.....	153
第四章 测量和故障处理.....	156
第一节 电缆的测量.....	156
第二节 电缆故障处理.....	180
第五章 附属设备(区间电话).....	192

第一章 通信电、光缆设备

第一节 同轴电缆

一、同轴电缆的结构

在同轴电缆里采用同轴对(或称同轴管)作为信息的传输回路。同轴对的中心是一根圆柱形的铜线,称为内导体,外面是一个空心铜质圆筒,称为外导体。内、外导体间用绝缘物隔开,使内、外导体的轴心重合,便构成了同轴对,如图 1-1 所示。

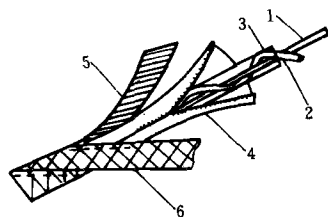


图 1-1

- 1—内导体;2—泡沫聚乙烯内扎绳;
3—聚乙烯空管;4—外导体;
5—内层钢带;6—外层钢带。

(一) 同轴对的内导体

同轴对的内导体必须是圆形的导体,它具有优良的导电率、足够的机械强度和一定的柔韧性。中、小同轴对的内导体均由导电性能良好的实心铜线制成,目前采用的小同轴内导体为直径 1.19mm 的软铜线,中同轴内导体为直径 2.6mm 的半硬铜线。为保证其电特性,内导体直径公差不能超过 $\pm 0.005\text{mm}$ 。

(二) 同轴对的外导体

外导体的理想结构是全长均匀的空心圆筒,要制造这种具有足够柔韧性且无纵缝的外导体,在工艺上是难以实现的。在实际生产中,采用纵包铜带来构成同轴对的外导体。根据纵缝的形式,有皱边式和锁齿式,分别如图 1-2(a)、(b)所示。

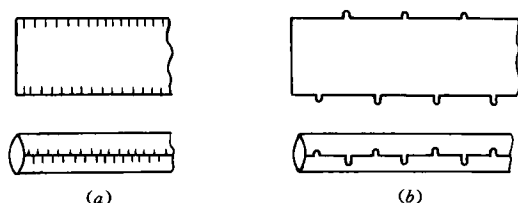


图 1-2

皱边式用于中、小同轴对,铜带的两边缘上压有反向锯齿形波纹,以便纵包成形时两边缘的波纹互相顶住,以保持圆筒的直径和形状稳定。锁齿式采用边上有齿的铜带,两边的齿互相错开,纵包时两边的齿互相咬住而形成圆筒状,锁齿式仅用于中同轴对。目前我国小同轴对外导体的铜带厚 0.15mm、宽 14.3mm,而中同轴对外导体的铜带厚 0.25mm、宽 30.6mm。

(三) 同轴对的绝缘

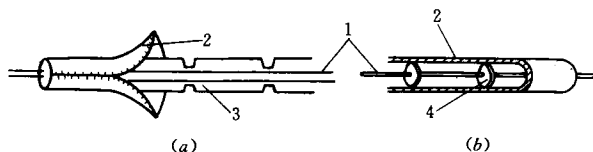


图 1-3

1—内导体;2—外导体;3—管状鱼泡绝缘;4—垫片绝缘。

同轴对的内导体通过一定的绝缘介质,才能正好处于外导体的轴线上。长途干线用的同轴电缆,均采用聚乙烯和空气混合绝缘。其绝缘方式很多,有泡沫聚乙烯内扎绳空管式(如图 1-1 所示)、管状鱼泡式、垫片式(如图 1-3(a)、(b)所示)等。

目前使用的小同轴对,绝缘方式多数采用泡沫聚乙烯内扎绳空管式及管状鱼泡式。

泡沫聚乙烯内扎绳空管式绝缘是在直径为 1.19mm 的内导体上,螺旋地绕扎一根泡沫聚乙烯绳,然后通过挤塑机,挤包上一定厚度的聚乙烯空管,组成空气和聚乙烯的混合绝缘,其介电常数 $\epsilon \approx 1.1705$,刚好能满足波阻抗的要求。鱼泡式绝缘也是在直径为 1.19mm 的内导体上,通过挤塑机挤包上一定厚度的聚乙烯空管,但在挤塑机刚刚挤出,尚带有热塑性时,马上通过轧印设备,每隔一定的距离,在空管上周期性地轧印上收缩印,形成鱼泡形,使空管以内导体为轴心,固定在内导体上,组成空气和聚乙烯的混合绝缘,其介电常数 $\epsilon \approx 1.1705$,亦刚好能满足波阻抗的要求。垫片式的绝缘方式是把圆形聚乙烯垫片按一定的节距周期性地固定在内导体上。这种方式在中同轴电缆里得到广泛的应用。

(四) 同轴对的屏蔽钢带

为使同轴对具有足够的机械强度,防止同一条电缆中的同轴对间、同轴对与对称四芯组间的相互串音,在同轴对外导体的外面,再绕包两层镀锡钢带作为屏蔽。小同轴对采用厚 0.1mm、宽 10~12mm 的镀锡钢带,内层钢带是间隙绕包的,外层镀锡钢带是反向重叠绕包的。中同轴对采用厚 0.15mm、宽 14.3mm 的镀锡钢带。为了改善电缆的弯曲性能,中同轴对两层钢带均同向间隙绕包。在镀锡钢带外面,再绕包一或二层厚 0.25mm 的聚氯乙烯带或电缆纸带,以保持同轴对间的

相互绝缘,并提高靠近同轴对的其他电缆芯线的对地耐压强度。

二、同轴电缆的类型和常用的几种同轴综合电缆

(一) 同轴电缆的类型

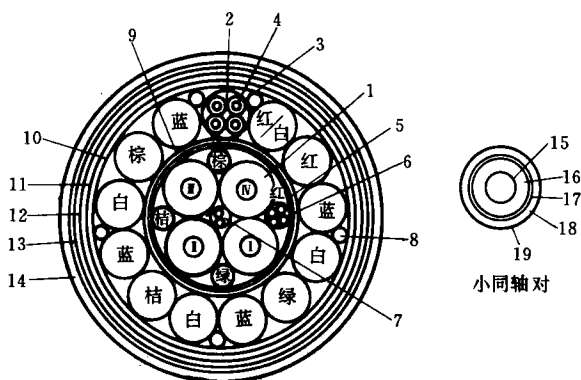


图 1-4

1—1.2/4.4 小同轴对;2—高、低频四线组(其中红、绿、桔、棕色为高频组,其他均为低频组及信号线);3—0.9 毫米芯线;4—泡沫聚乙烯绝缘;5—0.6 毫米四线组;6—0.6 毫米芯线;7—0.6 毫米线对;8—0.6 毫米单根芯线;9—聚乙烯包带;10—聚乙烯包带;11—K-17 电缆纸;12—铝护套;13—沥青浸渍纸层;14—聚氯乙烯护套;15—小同轴对内导体;16—聚乙烯管及聚乙烯绳;17—小同轴对外导体;18—镀锡钢带;19—聚氯乙烯塑料带。

根据同轴对内、外导体的标称尺寸,同轴电缆分为大、中、小、微四种类型。大同轴电缆中的内导体直径为 5mm,外导体内径为 18mm。中同轴电缆的内导体直径为 2.6mm,外导体内径为 9.5mm。小同轴电缆的内导体直径为 1.2mm,外

导体内径为 4.4mm。微同轴电缆的内导体直径为 0.65mm，外导体内径为 2.8mm。通常表示为 5/18、2.6/9.5、1.2/4.4、0.65/2.8(分子代表内导体直径,分母代表外导体内径,单位毫米)。

同轴电缆具有传输频带宽、抗干扰性能强、高频时能量损耗小等优点,因此近年来在我国发展十分迅速。根据铁路通信的特点,目前大都采用小同轴综合电缆。

(二) 小同轴大综合通信电缆

小同轴大综合通信电缆兼有小同轴对、高频四线组、低频四线组。小同轴对可传输长距离多路通信,高频四线组可作为小同轴对的辅助之用,低频四线组可作为区段通信之用,图 1-4 所示为四管小同轴大综合通信电缆($4 \times 1.2/4.4$ 同轴对 + $4 \times 4 \times 0.9$ 高频 + $9 \times 4 \times 0.9$ 低频 + $4 \times 4 \times 0.6 + 1 \times 2 \times 0.6 + 5 \times 1 \times 0.6$)的断面结构图。

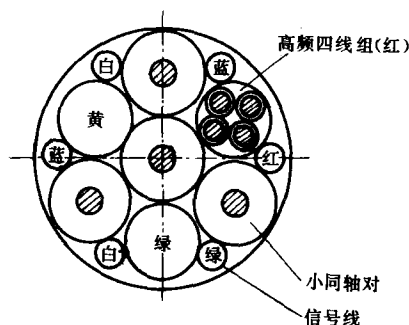


图 1-5

(三) 小同轴小综合通信电缆

该电缆内含小同轴对和高频四线组,组成铁路干、局线长

途通信,图 1-5 所示为四管小同轴小综合通信电缆($4 \times 1.2/4.4$ 同轴对 + $3 \times 4 \times 0.9$ 高频 + $6 \times 1 \times 0.6$ 信号线)的断面结构。一般情况除敷设一条小综合电缆外,尚需要另敷设一条低频电缆,以解决区段低频通信使用。

第二节 光 缆

一、光纤与光纤通信的特点

光纤是导光纤维的简称。

光纤通信是以光波为载频,以导光纤维为传输媒质的一种通信方式。

由于光纤通信是利用导光纤维传输光信号来实现通信的,因此比起其他通信方式有许多突出的优点。

(一) 传输频带宽、通信容量大

由信息理论知道,载波频率越高通信容量越大,因目前使用的光波频率比微波频率高 $10^3 \sim 10^4$ 倍,所以通信容量约可增加 $10^3 \sim 10^4$ 倍。

(二) 损耗低

目前实用的光纤均为 SiO_2 (石英)系光纤,要减小光纤损耗主要是靠提高玻璃纤维的纯度来达到,由于目前制成的 SiO_2 玻璃介质的纯净度极高,所以光纤的损耗极低。在光波长 $\lambda = 1.55\mu\text{m}$ 附近,衰减有最低点,可低至 0.2dB/km ,已接近理论极限值。

由于光纤的损耗低,因此中继距离可以很长,在通信线路中可减少中继站的数量,降低成本且提高了通信质量。

(三) 不受电磁干扰

因为光纤是非金属的介质材料,因此它不受电磁干扰。

(四) 串音小、保密性好

光在光纤中传输时,向外泄漏的光能很小,因此数根光纤之间不会产生干扰,既不产生串话,又难以被窃听,因此光纤通信比传统的无线、有线通信有更好的保密性能。

(五) 线径细、重量轻

由于光纤的直径很小,只有 0.1mm 左右,因此制成光缆后,直径要比电缆细,而且重量也轻,这样在长途干线或市内干线上,空间利用率高,而且便于制造多芯光缆。

(六) 资源丰富

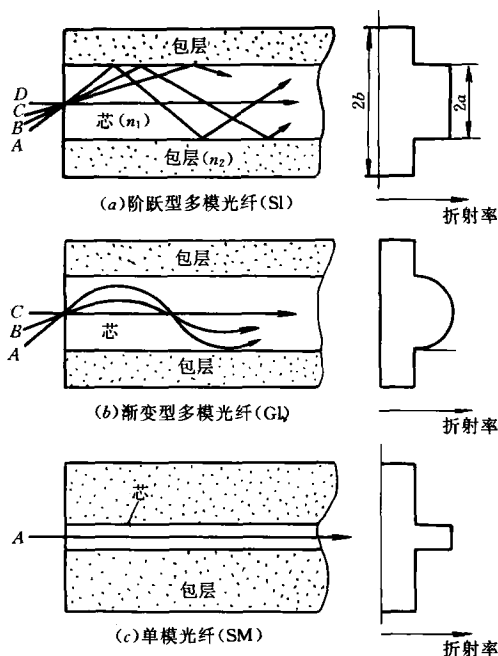


图 1-6

光纤通信除上述主要优点外,还有抗化学腐蚀等特点,因而在国内外获得了飞速的发展和广泛的应用。由光纤通信取代传统的电通信已成为不可逆转的大趋势。

二、光纤的结构与分类

(一) 光纤的结构

目前通信用的光纤是用石英玻璃(SiO_2)制成的横截面很小的双层同心圆柱体。未经涂覆和套塑时称为裸光纤,其示意图如图 1-6 所示。它由纤芯和包层组成,折射率高的中心部分叫做纤芯,其折射率为 n_1 ,直径为 $2a$;折射率低的外围部分称为包层,其折射率为 n_2 ,直径为 $2b$ 。

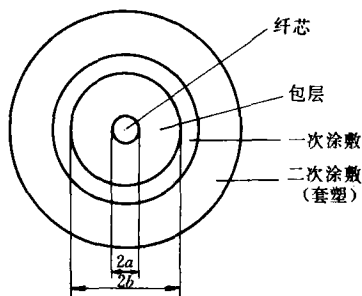


图 1-7

由于石英玻璃质地脆、易断裂,为了保护光纤表面,提高抗拉强度以及便于使用,一般需在裸光纤外面进行两次涂覆而构成光纤芯线,如图 1-7 所示。光纤芯线是由纤芯、包层、涂覆层及套塑四部分组成。

包层的外面涂覆一层很薄的涂覆层,涂敷材料为硅酮树脂或聚氨基甲酸乙酯,涂敷层的外面套塑(或称二次涂覆),套塑的原料大都采用尼龙、聚乙烯或聚丙烯等塑料。

(二) 光纤的分类

1. 按光纤的材料分类

(1) 石英光纤:一般由掺杂石英芯和掺杂石英包层组成

的光纤,通常用化学气相沉积法制成。这种光纤有很低的损耗和中等程度的色散,有阶跃折射率和渐变折射率两种光纤。主要用于光通信。

(2) 全塑光纤:这是一种新型光纤,尚在研制中,其损耗较石英光纤大。

全塑光纤是阶跃折射率多模光纤,纤芯较大,直径 $100\sim 600\mu\text{m}$, NA 也较大,一般为 $0.3\sim 0.5$,可与光斑较大的光源耦合使用。制造成本较低,适合于很短长度的应用,如计算机室内和船舶等。

2. 按光芯折射率剖面分类

(1) 阶跃光纤:其纤芯和包层的折射率成台阶型突变,如图 1-6(a)所示。目前,单模光纤多属此类,最早的多模光纤也属此类。

(2) 渐变光纤:其纤芯的折射率分布近似为抛物线型,如图 1-6(b)所示。目前多模光纤均为此类。

(3) 其他型光纤:有纤芯的折射率呈三角型的三角型光纤,还有双包层型、四包层型光纤(其包层折射率各层不同)。这几种类型均为新型单模光纤。

3. 按传输的模式分类

(1) 多模光纤:其传输光波的模式很多。目前,通信用的多模光纤的折射率剖面为渐变型。它适用于中容量、中距离通信。

(2) 单模光纤:其传输光波的模式仅一个,纤芯的直径仅几微米。它适用于大容量长距离通信。

三、光纤导光的原理

(一) 光的折射和全反射

光在均匀介质中是直线传播的,而且传播速度与该介质的折射率成反比,即

$$v = \frac{c}{n} \quad (1-1)$$

式中 c 是光在真空中的传播速度,为 $2.9979 \times 10^8 \text{ km/s}$ 。空气的折射率为 1.00027,因此光在空气中的传播速度应为 $2.997 \times 10^8 \text{ km/s}$;而石英玻璃的折射率约为 1.45,因此光在其中的传播速度将是 $2 \times 10^8 \text{ km/s}$ 。

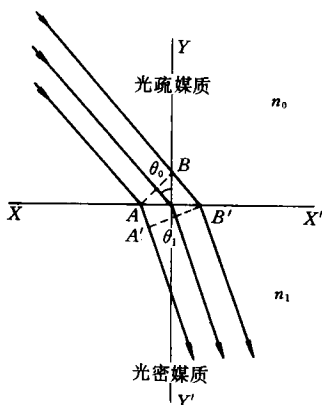


图 1-8

由于光在不同介质中的传播速度不同,因此当光线经过两种不同介质的交界面时,就会发生偏折现象,一般称之为光的折射。如图 1-8 所示,现有折射率分别为 n_0 和 n_1 的两种介质,且 $n_1 > n_0$,其界面为 XX' ,假定有一束光线与此界面的法线(即界面的垂线) YY' 成 θ_0 角度射入,我们将入射光线与界

面法线构成的角称为入射角,这里的入射角就是 θ_0 ;经界面后,光线将折向更靠近法线方向。由此可见,介质的折射率越大,光线与其界面法线所成的角度越小。其原因由图 1-8 可见:在 n_0 介质中,光线将同时到达 A 、 B 两点,经过 Δt 的时间间隔, B 点的光线将继续以 v_0 的速度在 n_0 中传播并到达 B' 点; A 点的光线则以 v_1 的速度在 n_1 中传播而到达 A' 点。由于 $v_1 < v_0$,其传播距离 AA' 将小于 BB' ,从而使光线朝法线方向

偏折。如同操练中一列横队保持整齐的排面改变前进方向一样。光线折射的定量关系可由光学中的斯奈尔定理给出：

$$n_1 \sin \theta_1 = n_0 \sin \theta_0 \quad (1-2)$$

反过去也一样。一般将折射率较大的介质称为光密媒质，折射率较小的称为光疏媒质。当光线由光密媒质射向光疏媒质时，由(1-2)式可知，其折射角将比入射角大，如图 1-9 中的光线①，如果不断增加入射角 θ_1 ，可使折射角 θ_0 达到 90° ，如图 1-9 中的光线②，这时，(1-2)式变为

$$\sin \theta_1 = \frac{n_0}{n_1} \quad (1-3)$$

这时的 θ_1 称为临界角。因此临界角的大小与界面两边介质的折射率之比有关

$$\theta_c = \arcsin \left(\frac{n_0}{n_1} \right) \quad (1-4)$$

对于石英玻璃和空气界面，临界角为 43.7° 。如果继续增大入射角，使其大于临界角，则光线将全部返回到光密媒质中，如图 1-9 中的光线③，这种现象我们称之为全反射。

从上面的分析可以知道，当光线由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。光纤就是利用光的这种全反射特性来导光的。

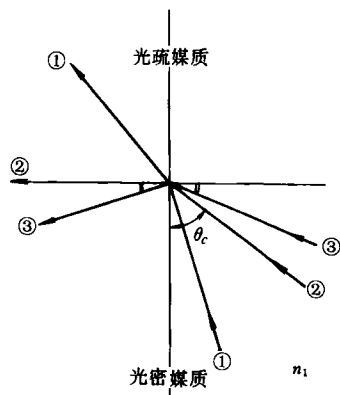


图 1-9