

通信线路

TONGXIN XIANLU

王 邠 王泉啸 主 编 ■
张炯韬 徐德龙 张国候 叶培欣 主 审 ■

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

通信线路

王 邠 王泉啸 主编
张炯韬 徐德龙 张国候 叶培欣 主审

中国铁道出版社

2011年·北京

内 容 简 介

本书以项目的形式系统地介绍了通信线路维护的主要内容,分为5个项目,即电缆接续、电缆测试、光缆接续、光缆测试、通信线路工程设计。每个项目包括若干模块,每个模块均包含学习目标、工作任务、阅读与理解、实践与操作、评价完成质量、相关理论知识、想一想等内容。通过学习本书内容,可以对通信线路的维护有一个较全面的了解和掌握。

本书为铁路高等职业教育及城市轨道交通企业职工培训教材,也可作为从事铁路通信信号的工程技术人员和科技人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

通信线路/王邠,王泉啸主编. —北京:中国铁道出版社,2011.7
ISBN 978-7-113-13139-5

I. ①通… II. ①王… ②王… III. ①通信线路
IV. ①TN913.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 112682 号

书 名:通信线路

作 者:王邠 王泉啸 主编

责任编辑:崔忠文 朱雪玲 电话:010-51873146 电子信箱:dianwu@vip.sina.com

编辑助理:董苗苗 李嘉懿

封面设计:郑春鹏

责任校对:张玉华

责任印制:郭向伟

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)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:三河市兴达印务有限公司

版 次:2011年8月第1版 2011年8月第1次印刷

开 本:787mm×1092mm 1/16 印张:14 字数:347千

书 号:ISBN 978-7-113-13139-5

定 价:35.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部调换。

电 话:市电(010)51873170,路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504,路电(021)73187

前 言

在专业课教学中,如何调动学生的学习积极性、主动性和创造性,将教学“寓教于乐”呢?行之有效的一种方法就是项目教学法。项目教学法是师生通过共同实施一个完整的“教学项目”而进行的教学活动。为此,我们以项目的形式编写了通信线路教材。在教材中体现“三个转变”:由以课堂为中心转变为以实训为中心;由以课本为中心转变为以项目为中心;由以教师为中心转变为以学生为中心。

本书按照项目来划分内容。每个项目包含若干模块,每个模块均包含学习目标、工作任务、阅读与理解、实践与操作、评价完成质量、相关理论知识、想一想等内容。书后附有相关的实训内容,供读者进行试验操作。

本书根据铁路通信信号、信息工作岗位职责,参考国家通信行业职业鉴定标准和铁路信号职业鉴定标准编写,是一本适合于铁路通信信号专业、电子信息类专业“通信线路”课程使用的教材。本书建议讲授课时为 90 学时。

通信线路是通信网的重要组成部分,是信息化的基础设施,因此,维护通信线路的安全就是保证通信的安全和行车的安全。本书共分 5 个项目,系统讲述了通信线路维护的各种技术。

项目一 电缆接续:学习通信电缆的类型、结构及色谱,电缆线序编排方法,完成电缆线序编排、电缆芯线的接续、电缆接头封合,培养学生正确识别电缆的能力,以及准确进行电缆线序编排、芯线接续、接头封的能力。

项目二 电缆测试:学习通信电缆单盘检测、直流电测试、交流电测试、障碍测试,培养学生电缆施工单盘检测、交直流电测试、障碍检测等工作技能。

项目三 光缆接续:学习通信光纤光缆及熔接机知识,完成光纤的熔接、光缆接续,培养学生通信光缆线路障碍维修技能。

项目四 光缆测试:学习通信光缆测试知识,完成通信光缆传输指标测试及单盘光缆测试,培养学生通信光缆线路测试技能。

项目五 通信线路工程设计:学习通信线路工程量计算知识,完成通信线路工程量及通信线路设备安装工程量计算;学习通信线路工程概、预算表格编制方法,完成通信通信线路工程量表一至表五的编制;学习通信线路工程概、预算文件说明编制方法,完成通信通信线路工程概、预算文件说明及文件编写;培养学生通信线路工程设计能力。

全书由南京铁道职业技术学院王邠、王泉啸主编,李国虎副主编,并由张炯韬、徐德龙、张国候、叶培欣主审。在本书审定和编写过程中提供大量帮助的个人有:蒋勇、袁孝钧、邓建芳、龙章勇、晏蓉、赵丽花、薄宜勇、康瑞锋、李萍、刘永林、徐漳、王予平。在本书编写过程中提供大量帮助的单位有:上海铁路局电务处、中国铁路通信信号总公司苏州光缆工艺研究所。编者在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,本书中错误、不妥之处在所难免,望读者给予提出批评指正,不断提高教材质量。

编者

2011 年 6 月于南京

目 录

项目一 电缆接续	1
模块一 全塑通信电缆的线序编排	1
模块二 全塑电缆芯线的接续	27
模块三 全塑电缆接头的封合	38
项目二 电缆测试	58
模块一 通信电缆的单盘检测	58
模块二 通信电缆直流电测试	65
模块三 通信电缆交流电测试	70
模块四 通信电缆障碍测试	75
项目三 光缆接续	90
模块一 光纤熔接	90
模块二 光缆接续	106
项目四 光缆测试	120
项目五 通信线路工程设计	134
模块一 工程量的计算	134
模块二 概、预算表格的编制	161
模块三 概、预算文件的编写	169
附 录	198
实训一 电缆芯线接续	198
实训二 电缆接头封合	200
实训三 电缆的单盘检验	200
实训四 线路绝缘电阻测试	203
实训五 电缆线路障碍测试	204
实训六 用万用表测试电缆线路	205
实训七 接地电阻测试	207
实训八 电缆串音测试	207
实训九 环路电阻、不平衡电阻测试	209
实训十 光纤熔接	210
实训十一 光缆测试	212
实训十二 通信线路工程概、预算	214
参考文献	216

项目一 电 缆 接 续

通信电缆接续是通信电缆线路施工与维护的重要工作之一。为保证通信线路的传输质量,必须按照国家通信行业标准认真完成通信电缆的接续。

学习目标

- (一)掌握电缆的结构、种类及特性;
- (二)掌握电缆接续规定;
- (三)掌握电缆接续方法。

工作任务

- (一)会用模块接续机进行电缆接续;
- (二)会用接线子进行电缆接续。

模块一 全塑通信电缆的线序编排

一、学习目标

- (一)掌握电缆对号、放音、编号原理;
- (二)能识别电缆端别;
- (三)能识别电缆的类型;
- (四)能识别电缆的型号。

二、工作任务

- (一)会用开剥工具开剥电缆;
- (二)能识别电缆的色谱;
- (三)能进行电缆芯线对号;
- (四)能准确进行线序编排。

三、阅读与理解

- (一)通信对称电缆的分类和型号

从事通信电缆工程设计、施工和维护等工作,首先应对通信电缆产品要有清晰、准确的认识。

1. 全塑电缆的分类

全塑市内通信电缆无论是芯线绝缘还是成缆后的包层和护套,均采用聚烯烃塑料制成。

全塑市内通信电缆的常见类型为:

- (1)按电缆结构类型分类——非填充型和填充型;
- (2)按导线材料分类——铜导线和铝导线;
- (3)按芯线绝缘结构分类——实心绝缘、泡沫绝缘和泡沫/实心皮绝缘;
- (4)按线对绞合方式分类——对绞式和星绞式;
- (5)按芯线绝缘颜色分类——全色谱和普通色谱;
- (6)按缆芯结构分类——同心式(层绞式)、单位式、束绞式和 SZ 绞;
- (7)按屏蔽方式分类——单层涂塑铝带屏蔽、多层铝及钢金属带复合屏蔽,而屏蔽带又分绕包和纵包;
- (8)按护套分类——单层塑料护套、双层塑料护套、综合护套、粘接护套、密封金属/塑料护套和特种护套;
- (9)按外护层分类——单层、双层钢带铠装和钢丝铠装塑料护层;
- (10)按用途分类——传输模拟信号和传输数字信号;
- (11)按敷设方式分类——架空、管道、直埋、水底电缆等。

2. 全塑电缆的型号

电缆型号是识别电缆规格程式和用途的代号。按照用途、芯线结构、导线材料、绝缘材料、护层材料、外护层材料等,分别用不同的汉语拼音字母和数字来表示,称为电缆型号。按照原邮电部行业标准(YD 2001—92),全塑电缆型号的表示方法和意义见表 1—1。

表 1—1 电缆型号中各代号的含义

类别、用途	导体	绝缘层	内护层	特征	外护层	派生
H 市话电缆	G 钢	M 棉纱	A 铝—聚乙烯 综合粘接护层	B 扁、平行 C 自承式	02 聚氯乙烯套 03 聚乙烯套	—1 第一种 —2 第二种
HE 长途通信电缆	L 铝	V 聚氯乙烯 Y 聚乙烯	BM 棉纱编织 G 钢管	J 交换机用 P 屏蔽	20 裸钢带铠装 (21)钢带铠装纤维外被	—252 252 kHz
HJ 局用电缆	T 铜	YF 泡沫聚乙烯	GW 皱纹钢管 L 铝管	T 填充石油膏	22 钢带铠装聚氯乙烯套 23 钢带铠装聚乙烯套	—120 120 kHz
HP 配线电缆	(省略不标)	Z 纸(省略不标) YP 聚乙烯发泡带实心皮	LW 皱纹铝管 Q 铅包(省略不标) S 钢—铝—聚乙烯 V 聚氯乙烯 Y 聚乙烯 AG 表示铝塑综合粘接护层的复合铝带是轧纹的	Z 表示综合电缆兼有高、低频线对	30 裸细圆钢丝铠装 (31)细圆钢丝铠装纤维外被 32 细圆钢丝铠装聚氯乙烯套 33 细圆钢丝铠装聚乙烯套 (40)裸粗圆钢丝铠装 41 粗圆钢丝铠装纤维外被 (42)粗圆钢丝铠装聚氯乙烯套 (43)粗圆钢丝铠装聚乙烯套 441 双粗圆钢丝铠装纤维外被 241 钢带—粗圆钢丝铠装纤维外被 2441 钢带—双粗圆钢丝铠装纤维外被	

全塑市内通信电缆型号中各代号的排列次序如图 1—1 所示。

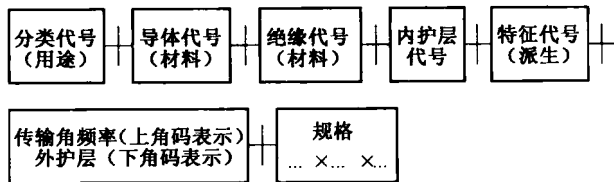


图 1-1 电缆型号构成

示例:HYA-100×2×0.5。

HYA-100×2×0.5 表示铜芯、实心聚烯烃绝缘、涂塑铝带粘接屏蔽、容量 100 对、对绞式、线径为 0.5 mm 的全塑市内通信电缆。

(二)通信对称电缆的主要电气参数

1. 全塑电缆的一次参数

全塑电缆的一次参数包括回路有效电阻 R 、电感 L 、电容 C 和绝缘电导 G 。

(1)回路有效电阻 R

全塑市内通信电缆回路的有效电阻 R 由直流电阻 R_0 和交流电阻 $R_{\sim}$ 组成。

$$R = R_0 + R_{\sim} \quad (1-1)$$

全塑市内通信电缆常用于 5 000 Hz 以下,电缆回路的有效电阻 R 近似等于回路的直流电阻 R_0 (单位为 Ω/km),计算公式为

$$R \approx R_0 = \lambda \rho \frac{8\,000}{\pi d^2} \quad (1-2)$$

式中 ρ ——导线的电阻系数,在 20℃ 时铜和铝的电阻系数分别为 0.017 5 和 0.023 8;

d ——导线直径,mm;

λ ——电缆芯线总绞合系数,即扭绞电缆芯线的实际长度与电缆标称长度之比,一般总绞合系数为 1.005~1.070。

当环境温度不是 20℃ 时,回路电阻可用下式换算:

$$R_t = R_{20} [1 + \alpha(t - 20)] \quad (1-3)$$

式中 R_t ——温度为 t 时的回路电阻;

R_{20} ——温度为 20℃ 时的回路电阻;

α ——导体的电阻温度系数(铜为 0.003 93,铝为 0.004 10);

t ——计算时的环境温度,℃。

(2)回路电感 L

电缆回路的电感决定于导线的相对位置、材料和形状等。全塑电缆传输音频信号时,回路电感(单位为 H/km)的近似值可用下式计算:

$$L = 4 \ln \frac{2a}{d} \times 10^{-4} \quad (1-4)$$

式中 a ——两导线中心间的距离,mm;

d ——线径,mm。

(3)回路电容 C

电缆回路两根导线相当于电容器的两个极板,线间绝缘相当于介质,电缆芯线间的电容是均匀分布的,回路电容分为工作电容和部分电容(分布电容),由于任何相邻芯线间和芯线与屏

蔽间都会有分布电容存在,因此一次参数中的电容是指工作电容。

a、b 线间电容为部分电容,而 a、b 线间总的分布电容之和为工作电容,它是决定传输质量的重要参数之一,全塑市内通信电缆的工作电容(单位为 F/km)可按式(1-5)计算:

$$C \approx \frac{\epsilon_r}{36 \ln \frac{\alpha \cdot 2D}{d}} \times 10^{-6} \quad (1-5)$$

式中 ϵ_r ——绝缘媒质的相对介电常数;

α ——由于芯线扭绞形式而决定的校正系数(对绞式为 0.94,星绞式为 0.74);

D ——两根芯线间的距离,mm;

d ——芯线直径,mm。

(4) 绝缘电导 G

电缆芯线虽然包有绝缘物质,但任何绝缘物质都不可能绝对不导电,因此回路上总存在着一定的漏电通道,漏电回路是并联的,所以用电导参数。电缆回路的绝缘电导(单位为 S/km)由直流电导 G_0 和交流电导 $G_{\sim}$ 组成,可用式(1-6)表示:

$$G = G_0 + G_{\sim} \quad (1-6)$$

其中 G_0 是由于介质的绝缘不完善对直流造成泄漏而引起的, $G_{\sim}$ 则是由于介质产生循环极化而引起的。实际上 $G_0 \ll G_{\sim}$, 直流绝缘电导 G_0 忽略不计,因此绝缘电导可按式(1-7)计算:

$$G \approx G_{\sim} = \omega C \tan \sigma \quad (1-7)$$

式中 ω ——传输信号的角频率,rad/s;

C ——回路电容,F/km;

$\tan \sigma$ ——介质损耗角的正切。

从式(1-7)可知, G 与传输信号的频率 ω 、电缆回路工作电容 C 和绝缘介质的介质损耗角的正切 $\tan \sigma$ 成正比。

全塑市内通信电缆验收时经常测试每根绝缘导线与其他导线和屏蔽地之间的绝缘电阻和绝缘耐压试验。

全塑电缆回路的一次参数 R, L, C, G 随频率及两导线之间的距离 a 和导线直径 d 而变化,其关系如图 1-2、图 1-3、图 1-4 所示。

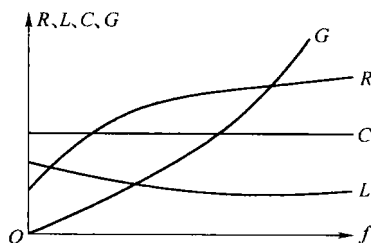


图 1-2 一次参数与频率的关系

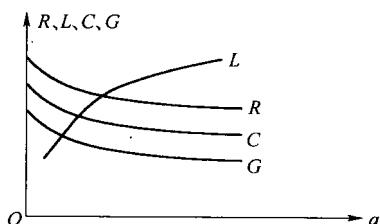


图 1-3 一次参数与两导线间距离的关系

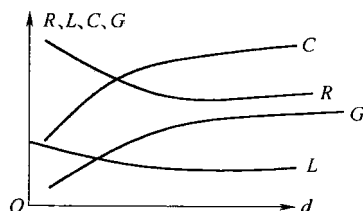


图 1-4 一次参数与两导线直径的关系

2. 全塑电缆的二次参数

二次参数由一次参数确定,它是一次参数的函数。二次参数有特性阻抗 Z_c 、传输常数 γ 。

(1)特性阻抗 Z_c

电磁波在终端匹配的均匀回路中传播时,回路上电压波幅与电流波幅的比值叫做特性阻抗。特性阻抗可用式(1-8)表示:

$$Z_c = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \quad (1-8)$$

由式(1-8)可见,特性阻抗只与电缆回路的一次参数和传输信号的频率有关,而与回路的长度无关,也就是说,一定形式的电缆线路在某个频率下具有一定的特性阻抗。

由于市内通信电缆一般在音频范围内使用,800 Hz 时市内通信电缆回路的 $R \gg \omega L$ 、 $\omega C \gg G$,因此(1-8)式中的 $j\omega L$ 和 G 两项可以省略得:

$$Z_c = \sqrt{\frac{R}{j\omega C}} \quad (1-9)$$

(2)传输常数 γ

由于回路上存在着回路电阻、电感、电容和电导,电磁能在回路上传播时,其能量逐渐减小,电压和电流的振幅逐步减小,相位也逐步滞后。电磁能沿着无反射均匀回路传播 1 km 时,其电压或电流振幅的衰减和相位的变化称为该回路的传输常数,可以用式(1-10)表示:

$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} = \alpha + j\beta \quad (1-10)$$

从式(1-10)中可以看出传输常数是复数,它的实部 α 称为衰减常数,表示每公里回路对传输信号引起的损耗,单位为 dB/km;它的虚部 β 为相移常数,表示每公里回路对传输信号引起初相角的变化,单位是 rad/km。

原邮电部部颁标准规定的全塑电缆主要电气特性见表 1-2。

表 1-2 原邮电部部颁标准规定的全塑电缆主要电气特性

序号	项目名称		指 标					换算系数	备 注
1	导线直流电阻最大值, 20℃ (Ω/km)		导线直径(mm)					L/1 000	
			0. 32	0. 4	0. 5	0. 6	0. 8		
			236. 0	148. 0	95. 0	65. 8	36. 6		
2	绝缘电阻, 20℃, 每根绝缘导线与其余导线和屏蔽接地之间最小值(MΩ · km)		填充: 3 000 非填充: 10 000 (直流电压: 100~300 V, 充电 1 min 后)					1 000/L	
3	工作电容(nF/km)		高电容		低电容		L/1 000	高电容 10 对以上可暂时 允许下列两个 指 标 中 的 一 个; 平均值为 52±2 或不 大于 53	
	平均值	10 对	/		/				
		10 对以上	51±2		不大于 42				
	最大值	10 对	61		49				
		10 对以上	与该盘电缆工作电容平均值 之比不大于 1. 09						
4	绝缘强度, 直流电压(kV)		实心		泡沫			导线直径为 0. 32 mm 的 电 缆, 导线与 导线间的耐压 指 标 与 泡 沫 绝 缘 电 缆 相 同	
			3 s	60 s	3 s	60 s			
	导线与导线间		2	1	1. 5	0. 75			
	导线与屏蔽间		6	3	6	3			
	导线与高频隔离带间(内屏蔽 电缆)		5	2. 5	5	2. 5			

续上表

序号	项目名称		指 标					换算系数	备 注
5	电容不平衡(pF/km)							L/1 000	
	线对—线对 最大值		350						
	线对—地	最大平均值 (10 对电缆除外)	570 490(仅对 0.6、0.8 mm 实心绝缘)						
		最大个别值	2 630						
		允许个别 最大变异	3 940(泡沫、泡沫/实心底) 3 280(实心)						
6	固有衰减(20℃)		导线直径(mm)					L/1 000	* 填充电缆 为 15.8, 标出 值为高电容电 缆之值, 低电 容电缆的值 待定
			0.32	0.4	0.5	0.6	0.8		
	150 kHz, 标称值(dB/km)不大于		15.5	11.7	8.6	6.9	5.4		
	1 024 kHz, 标称值(dB/km)不大于		31.1	26.0	21.4	17.6	13.0		
	与标称值偏 差,百分数	10 对	-10~+15						
		10 对以上	-10~+5						
		允许最 大变异	+15						
7	远端串音防卫度 (dB/km) 同 层相邻及间隔线对间和中心线 对与它的相邻层各线对间均方 根值*, 不小于		非内屏蔽电缆 (150 kHz)		内屏蔽电缆 (1 024 kHz)			$-10\lg \frac{L}{1\ 000}$	* 今后改定 为平均值
			68		51				
	任意线对组合, 不小于		58		41				
	允许个别最大变异		52		/				
8	近端串音衰减, 1 024 kHz 非内屏蔽电缆 (长度大于或等于 300 m)		M-S(dB)					$-10\lg \left(\frac{1-10^{-\frac{aL \times 10^{-3}}{5}}}{1-10^{-\frac{a \times 0.3}{5}}} \right)$ 其中: a 是用 dB 表示的 单位长度的衰减	()内值为 10 对电缆值 M—平均值; S—标准差
	(1) 10 对电缆和子单位内不 小于		54(53)						
	(2) 20 对电缆及基本单位内, 不小于		58						
	(3) 相邻基本单位间, 不小于		63						
	(4) 相邻基本单位时, 不小于		64						
	(5) 不相邻单位所有线对间, 不小于		79						
	内屏蔽电缆, 长度大于或等于 300 m(高射隔离带两侧的线对 间) 电缆内线对总数:		M-S(dB)						
10 对, 不小于		70							
20 对, 不小于		66							
30 对, 不小于		80							
等于或大于									
50 对, 不小于		84							

续上表

序号	项目名称	指 标	换算系数	备 注
9	线心断线、混线	不断线, 不混线		
备注	1. 表中 L 为被测电缆长度, 单位为 m 。 2. 线对对地电容不平衡的测量: 在没有超单位的电缆内测试线对对地电容不平衡时, 电缆内所有非被测线对均应与屏蔽连接接地, 在有超单位的电缆内将该单位内所有被测线对与屏蔽连接接地。 3. 绝缘强度试验: 对内屏蔽电缆, 测量导线与隔离带之间的绝缘强度时, 电缆的屏蔽带和铠装层应悬空, 测量导线与屏蔽之间的绝缘强度时, 电缆的隔离带应悬空			
说明	根据我国法定计量单位使用方法的国家标准。 毫微法/千米改为纳法/千米; 微微法/千米改为皮法/千米			

(三) 通信对称电缆的结构

1. 缆芯结构

全塑市内通信电缆的缆芯主要由芯线、芯线绝缘、缆芯绝缘、缆芯扎带及包带层等组成。

(1) 芯线

芯线由金属导线和绝缘层组成。导线是用来传输电信号的, 要求具有良好的导电性能、柔软性和机械强度, 同时还要求便于加工、敷设和使用。导线的线质为电解软铜, 铜线的线径主要有 0.32 mm 、 0.4 mm 、 0.5 mm 、 0.6 mm 、 0.8 mm 这 5 种。导线的表面应均匀光滑, 没有毛刺、裂纹、伤痕和锈蚀等缺陷。芯线绝缘层简称绝缘, 芯线绝缘的优劣对于信号传输和使用是十分重要的。理想的电缆芯线绝缘应介电常数低、介质损耗小和绝缘强度高, 并具有一定的机械强度、耐老化和性能稳定等特点。

① 绝缘材料

全塑市内通信电缆的芯线绝缘主要采用高密度的聚乙烯、聚丙烯或乙烯—丙烯共聚物等高分子聚合物, 称为聚烯烃塑料。其优点是对各种溶剂具有较好的稳定性, 防潮性能好, 机械强度高, 有较好的弹性和延展性, 加工方便。

② 绝缘结构

全塑市内通信电缆芯线绝缘主要有实心聚烯烃绝缘、泡沫聚烯烃绝缘、泡沫/实心皮聚烯烃绝缘 3 种, 如图 1-5 所示。

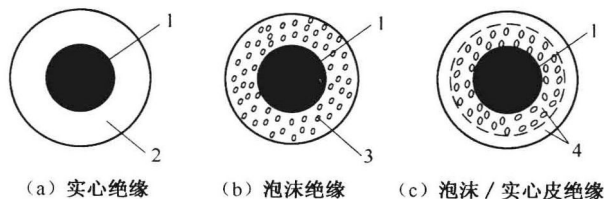


图 1-5 全塑市内通信电缆芯线绝缘

1—金属导线; 2—实心聚烯烃绝缘层; 3—泡沫聚烯烃绝缘层; 4—泡沫/实心皮聚烯烃绝缘层。

(2) 芯线扭绞

全塑市内通信电缆线路为双线回路, 因此必须构成线对(组), 为了减少线对之间的电磁耦合, 提高线对之间的抗干扰能力, 便于电缆弯曲和增加电缆结构的稳定性, 线对(或四线组)应当进行扭绞。

扭绞是将一对线的两根导线或一个四线组的四根导线均匀地绕着同一轴线旋转。电缆芯

线沿轴线旋转一周的纵向长度称为扭绞节距。

芯线扭绞常用对绞和星绞两种,如图 1-6 所示。

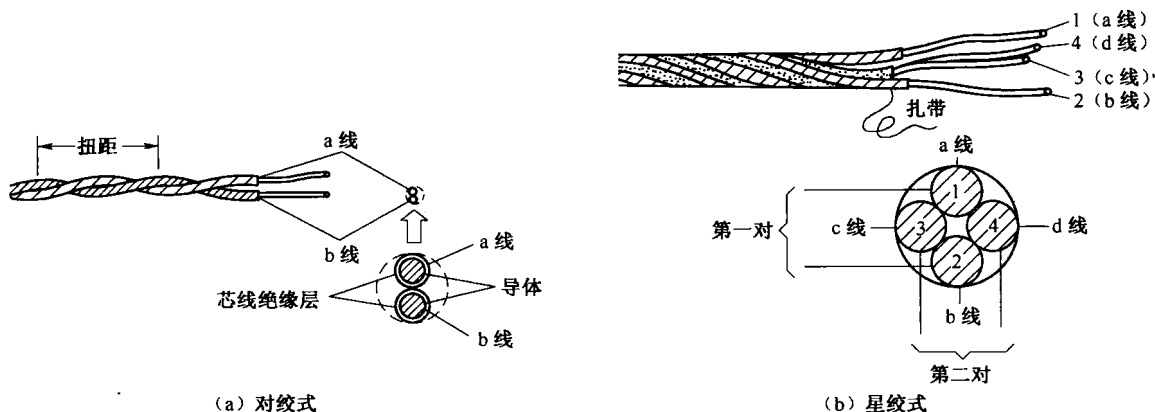


图 1-6. 芯线扭绞

要求对绞式的扭绞节距(简称扭距)在任意一段 3 m 长的线对上均不超过 155 mm,相邻线对的扭距均不相等,电缆制造时要适当搭配,使线对间串音最小。

星绞式的扭绞节距平均长度一般不大于 200 mm,星绞组组内的两对线处于互为对角线的位置,由分布电容构成的电桥接近于平衡,所以串音较小,一般多用于长途通信电缆。线对是传输信号的回路,为了保证导电可靠、绝缘良好、串音最小,扭绞时应使芯线张力不过松或过紧,应松紧一致而且平衡,便于成缆。

(3) 缆芯

芯线扭绞成对(或组)后,再将若干对(或组)按一定规律绞合(即绞缆)成为缆芯。常用对绞式缆芯和星绞式缆芯。

① 对绞式缆芯

对绞式全塑市内通信电缆的缆芯结构有同心式、单位式、束绞式和 SZ 绞 4 种。

a. 同心式缆芯

同心式缆芯也称为层绞式缆芯。中心层一般为 1、2 或 3 对,然后每层大约依次增加 6 个线对,绞绕若干层,同层相邻线对扭距不同。为减少邻层线对间的串音和使线束绞绕得较为紧凑,电缆便于弯曲及芯线接续时分线方便,邻层的层绞方向相反。

同心式缆芯结构稳定,但在层数较多时寻找线号不便,所以用于对数较少(800 对以下)的全塑电缆。同心式缆芯各层线对数排列见表 1-3。

普通色谱电缆的单位束一般是 50 对或 100 对。单位式市内通信电缆的缆芯组成单位均用非吸湿性带色扎带疏扎加以区分,并要求颜色鲜明易辨,在规定条件下不褪色,不污染相邻芯线。

组成同一基本单位的子单位扎带颜色是相同的。当电缆内既有 50 对又有 100 对超单位时,若用 100 对超单位序号计数,2 个 50 对超单位占一个序号;用 50 对超单位序号计数时,1 个 100 对超单位则要占用两个序号;全塑市内通信电缆的导线直径与对数见表 1-4。

b. 单位式缆芯

单位式缆芯是把 10、25(12+13)、50、100 个线对采用编组方法分成单位束,然后再将若干个单位束分层绞合而成单位式缆芯。

表 1-3 同心式缆芯各层线对数排列

线对数		各层线对数															
标称	实际	中心	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
5	5	5															
10	10	2	8														
15	15	4	11														
20	20	1	6	13													
25	25	2	8	15													
30	30	4	10	16													
50	50	3	9	16	22												
80	81	4	10	16	22	29											
100	101	1	6	13	20	27	34										
150	151	3	9	15	22	28	34	40									
200	202	4	10	16	22	28	34	41	47								
300	303	3	9	15	21	27	33	39	46	52	58						
400	404	1	6	12	18	24	31	37	43	49	55	61					
500	505	3	9	15	21	27	33	39	45	51	57	63	68	74			
600	606	3	9	16	22	28	34	40	46	53	59	65	71	77	83		
700	707	5	11	17	23	29	35	41	47	53	59	65	71	77	84	90	
800	808	5	11	17	23	29	35	41	47	54	60	66	72	78	84	90	96

根据芯线绝缘的颜色可将全塑市内通信电缆分为普通色谱单位式缆芯和全色谱单位式缆芯。

全色谱单位式缆芯的单位束可根据单位束内线对的多少,将这些单位束分为子单位(12对和13对)、基本单位(10对或25对,代号为U)和超单位(50对,代号为S、SI或SJ;100对,代号为SD;150对,代号为SC;200对,代号为SB)。全色谱电缆是先把单位束分为基本单位或子单位,再由基本单位或子单位绞合成超单位。

为了保证成品电缆具有完好的标称对数,100对及以上的全色谱(80对及以上的同心式电缆)单位式电缆中设置备用线对(又叫做预备线对),其数量均为标称对数的1%,最多不超过6对(其中0.32及以下线径最多不超过10对),备用线对作为一个预备单位或单独线对置于缆芯的间隙中。

c. 束绞式缆芯

束绞式缆芯是许多线对以一个方向绞合成束状结构,其特点是生产效率高,但束内线对位置不固定,相互有挤压。束绞式缆芯可作为单位式缆芯中的一个单位,也可单独使用于市内通信电缆中。

d. SZ绞缆芯

SZ绞是一种专门缆芯绞合工艺,它是将被绞合的绝缘线对按顺时针及逆时针方向旋转,从而得到左向及右向的绞合,所以SZ绞又称为左右绞。

表 1—4 全塑市内通信电缆的导线直径与对数

导线直径(mm)	0.8	0.6	0.5	0.4	0.32
缆芯中线对系列 (对) (300 对及以下可以 制作成自承式电缆)	10	10	10	10	
	15	15	15	15	
	20	20	20	20	
	30	30	30	30	
	50	50	50	50	
	100	100	100	100	
	200	200	200	200	
	300	300	300	300	
	400	400	400	400	
	600	600	600	600	
缆芯中线对系列 (对) (300 对及以下可以 制作成自承式电缆)		800	800	800	
		900	900	900	
		1 000	1 000	1 000	
			1 200	1 200	
			1 600	1 600	
				1 800	
				2 000	2 000
				2 400	2 400
					2 700
					3 000

②星绞电缆缆芯

星绞电缆结构缆芯是由若干星绞组绞合而成,有同心式和单位式之分。同心式如图 1—7 所示。

星绞单位式缆芯通常是以 5 个星绞组(10 对)、25 个星绞组(50 对)或 50 个星绞组(100 对)为单位分层绞合而成。

(4)全塑电缆规格程式

全塑电缆的规格程式(芯线总绞合方式)可分为基本单位、子单位、50 对超单位、100 对超单位。

基本单位由 10 对线对或 25 对线对组成;子单位把一个基本单位 25 对分为 12 对和 13 对(12 对+13 对=25 对),称为 2 个子单位(或半单位);50 对超单位由 2 个基本单位(25 对)组成;100 对超单位由 4 个基本单位(25 对)或 10 个 10 对的基本单位组成。

(5)缆芯包层

在总绞缆完成后,为保证缆芯结构的稳定性,必须在缆芯外面重叠绕包或纵包一、二层非吸湿性的绝缘材料带(聚乙烯或聚酯薄膜带)作为缆芯包层,然后再用非吸湿性的扎带疏扎牢

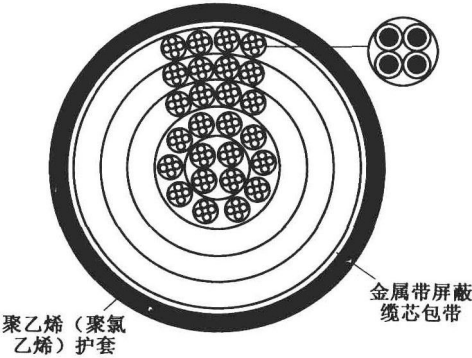


图 1—7 星绞同心式缆芯

固。缆芯包层应隔热性能好,机械强度高,以保证缆芯在加屏蔽层和挤压塑料护套后以及在使用过程中不会遭到损伤、变形或粘接。

在缆芯包层的外表面,有的电缆还附加纵向标志带,带上印有产品规格、制造长度、制造厂名和制造年月日等(有的电缆印在外护套上)。

2. 色谱

电缆的缆芯色谱可分为普通色谱和全色谱两大类。

(1) 普通色谱

普通色谱对绞同心式缆芯线对的颜色有蓝/白对、红/白对(分子为 a 线色谱,分母为 b 线色谱)两种,每层中有一对特殊颜色的芯线作为该层计算线号的起始标记,这一对线称为标记(或标志)线对,作为本层最小线号,其他线对称为普通线对。100 对及以上的市内通信电缆设置备用线对,备用线对数为电缆对数的 1%,色谱与普通线对相同。

图 1-8 为对绞同心式缆芯。普通色谱对绞单位式缆芯的单位束一般是由若干个 100 对同心式缆芯组成的,其线对颜色与同心式缆芯相同。

在单位式缆芯中,每一层的第一个单位称为标志单位,其他为普通单位。在标志单位中,每层的第一对线(即标记线)色谱为红/白,其余普通线对为蓝/白,在普通单位中每一层的第一对(标志线)色谱为蓝/白,其余普通线对为红/白。为分辨单位,每个单位均疏扎白色扎带。普通色谱星绞同心式缆芯和单位式缆芯,每个四线组色谱均为红(a 线)、黄(白)(b 线)、蓝(c 线)、绿(d 线)。

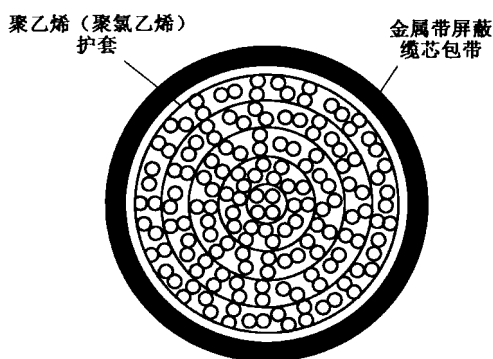


图 1-8 对绞同心式缆芯

(2) 全色谱

全色谱的含义是指电缆中的任何一对芯线都可以通过各级单位的扎带颜色以及线对的颜色来识别,换句话说给出线号就可以找出线对,拿出线对就可以说出线号。

① 全色谱对绞同心式缆芯

全色谱对绞同心式缆芯是由若干个规定色谱的线对按同心方式分层绞合而成,其线对色谱见表 1-5。

从表 1-5 中可看出,全色谱对绞同心式缆芯每层的第一对线为橘(黄)白,最后一对线为绿/黑,其余偶数线对为红/灰,奇数线对为蓝/棕重复循环排列构成。

表 1-5 全色谱对绞同心式缆芯市内通信全塑电缆芯线色谱

线对号	1	2	3	4	5	其他线对号		最末线对号
						偶数号	奇数号	
芯线	a, b	a, b	a, b	a, b	a, b	a, b	a, b	a, b
1 对	橘(黄)/白							
5 对	橘(黄)/白	红/灰	蓝/棕	红/灰	绿/黑			

续上表

线对号			1	2	3	4	5	其他线对号		最末线对号
								偶数号	奇数号	
5 对 以 上	中 心 层	1 对	橘(黄)/白							
		2 对	橘(黄)/白	绿/黑						
		3 对	橘(黄)/白	红/灰	绿/黑					
	其他层		橘(黄)/白	红/灰	蓝/棕	红/灰	蓝/棕	红/灰	蓝/棕	绿/黑

全色谱对绞同心式缆芯每层均疏扎特定的扎带,扎带的色谱见表 1-6。

表 1-6 扎带的色谱

层的位置	中心及偶数层	奇数层
扎带颜色	蓝	橘

②全色谱对绞单位式缆芯

全色谱对绞单位式缆芯色谱在全塑市话电缆中使用最多。它是由白(W)、红(R)、黑(B)、黄(Y)、紫(V)作为领示色(代表 a 线),蓝(Bl)、橘(O)、绿(G)、棕(Br)、灰(S)作为循环色(代表 b 线),10 种颜色组成 25 对全色谱线对,见表 1-7。

表 1-7 全色谱与线对编号色谱

线对编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
a 线	白	白	白	白	白	红	红	红	红	红	黑	黑	黑
b 线	蓝	橘	绿	棕	灰	蓝	橘	绿	棕	灰	蓝	橘	绿
线对编号	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
a 线	黑	黑	黄	黄	黄	黄	黄	紫	紫	紫	紫	紫	
b 线	棕	灰	蓝	橘	绿	棕	灰	蓝	橘	绿	棕	灰	

已知全色谱单位式缆芯的基本单位有 25 对和 10 对两种,其中 25 对基本单位线对色谱如图 1-9 所示,10 对基本单位线对色谱取表 1-7 中的前 10 对色谱如图 1-10 所示。

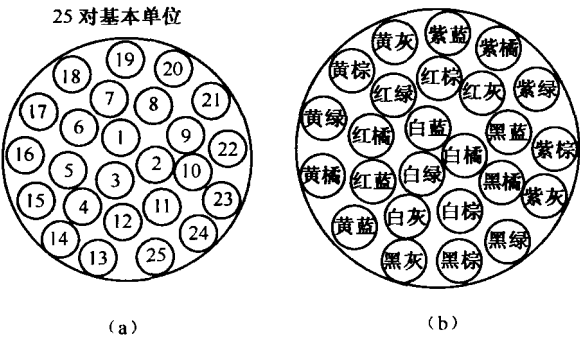


图 1-9 25 对基本单位线对色谱

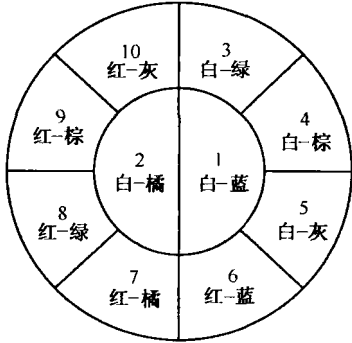


图 1-10 10 对基本单位线对色谱

基本单位采用 25 对,超单位为 100 对,由若干超单位组成的大对数电缆内超单位序号和扎带色谱见表 1-8。表 1-8 中可看出,超单位的扎带色谱有 6 个白色、6 个红色、6 个黑色、6 个黄色和 6 个紫色。超单位的序号是从中心层顺次向外层排列的、扎带色谱顺序为白、红、黑、黄、紫。但要在同色扎带的超单位中识别出先后顺序,则要根据基本单位的扎带色谱来判断。