

铁路职工岗位
培训统编教材

电 缆 工

(高 级)

安颖芬 主编

铁 道 部 电 务 局 审 定
铁 道 部 教 育 司

285
06

铁路职工岗位培训统编教材

电 缆 工

(高级)

安颖芬 主编

滕方奇 主审

中 国 铁 道 出 版 社

1998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。

本书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、气压遥测系统、电缆全部中断的抢修等,每章均有复习思考题。

图书在版编目(CIP)数据

电缆工:高级/安颖芬主编. —北京:中国铁道出版社,
1998.7
ISBN 7-113-01975-7

I. 电… I. 安… III. 铁路通信-电缆-技术培训-教材
N. U285.19

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 21176 号

铁路职工岗位培训统编教材

电缆工(高级)

安颖芬 主编

滕方奇 主审

*

中国铁道出版社出版发行

(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

北京市燕山联营印刷厂印

开本:787×1092 1/32 印张:5.25 插页:1 字数:113 千
1995 年 10 月 第 1 版 1998 年 8 月 第 3 次印刷
印数 7001—8500 册

ISBN7-113-01975-7/TN·80 定价:8.30 元

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、李彤等同志共同编写。第一章由安颖芬编写,第二章由安颖芬、牛毓柳编写,第三章由牛毓柳、李彤编写,第四章由牛毓柳编写,安颖芬统稿并任主编,北京铁路局滕方奇任主审,铁道部电务试验室任茂公审阅了部分稿件。在本书提纲拟定和编写过程中,得到了天津通信段毕祝同,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

目 录

第一章 通信电、光缆设备	1
第一节 通信系统的构成	1
第二节 低频电缆的加感	3
第三节 对称电缆的平衡	10
第四节 电缆通信系统的增音设备	52
第五节 新型光缆	74
第二章 施工和维护	80
第一节 电缆线路的设计与施工	80
第二节 尾缆的接续、封焊	89
第三节 新旧局改接	93
第四节 光缆线路的施工和维护	100
第三章 气压遥测系统	122
第一节 自动气压遥测系统的构成和性能	122
第二节 自动气压遥测设备工作原理	124
第三节 传感器	130
第四节 压力信号传输方式	140
第五节 意大利 NICOTRA 电缆气压 实时监测系统介绍	142
第四章 电缆全部中断的抢修	157

第一章 通信电、光缆设备

第一节 通信系统的构成

一、电通信系统的构成

传统的电通信系统的构成如图 1—1 所示。为了清楚起见,图中仅画出了一个传输方向的情况,另一个方向的传输情况完全一样。从方框图中可以看出,无论是无线通信还是有线通信,都是包括了发送设备、传输线路和接收设备三大部分。实际上由于通信一般都是双向的,因此,往往在每一端都把发送设备和接收对方送来的信号的接收设备做在同一机架内,

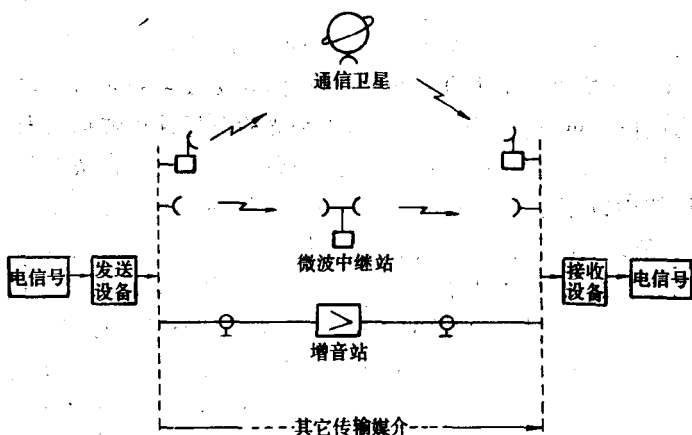


图 1—1

成为完整的传输终端设备。于是可以说,电通信系统是由传输终端设备和传输线路两大部分组成。为了增加通信距离,在传输线路中,无线(微波)通信要设微波中继器(机),有线(载波)通信要设增音机。

二、光纤通信系统的构成

光纤通信系统的构成如图 1—2 所示。与电通信系统相比较,光纤通信系统也包括了发送设备、传输线路和接收设备三大部分。所不同的是,在发送设备中有光源器件,把电信号转换为光信号送到光纤中进行传输。因此传输媒介不是无线通

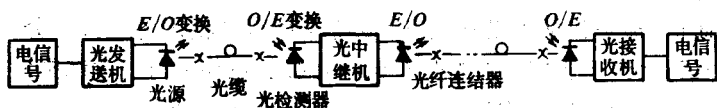


图 1—2

信中的大气,也不是有线通信中的金属线(缆),而是光纤(缆)。在接收设备中设有光检测器件,将接收到的光信号转换为电信号再进行处理。光源器件和光检测器件可统称为光有源器件。实际应用中,也将光发送设备和光接收设备做在同一机架中以便于双向通信,这就是光传输终端设备,简称光端机。所以,光纤通信系统也是由传输终端设备和传输线路两大部分组成。在光缆线路中也可设置光中继器以增大传输距离。为了便于光端机与光缆的连接,便于光缆线路的调度、调整光功率的分配,进行光的多路传输等等,还须使用光连接器(固定连接器或活动连接器)、光衰减器、光分路器、光耦合器、光分波器、光滤波器、光开关等各种光无源器件。

第二节 低频电缆的加感

在对称电缆回路中,电感很小、电容很大、有效电阻及绝缘电导也比较大,因而使得电缆回路的传输损耗比较大,直接影响到传送距离和通信质量。为了改善这种情况,除了在电缆结构尺寸设计时,采取适当措施(如适当加大线间距离、增大导线直径、选择良好的绝缘材料等)外,在低频回路上常采用增加电感的方法来减小衰减,改善传输质量。

一、加感的基本原理

在对称电缆的二次参数中,传播常数 γ 是表示电磁波沿通信电缆线路传输时能量损耗和相位改变的一个参数。它的计算公式如下:

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

式中 α ——线路的固有衰减常数;

β ——线路的固有相移常数。

如果 $R=0, G=0$, 则

$$\gamma = \sqrt{j\omega L \cdot j\omega C} = j\omega \sqrt{LC} = \alpha + j\beta$$

其中, $\alpha=0, \beta=\omega \sqrt{LC}$ 。

由此可以看出,如果使 $R=G=0$, 电磁波在线路上传输时,将不会有能量损耗。事实上,当前各种形式的通信线路总是具有 R 和 G 的,即 α 不可能等于零,没有损耗的线路是不存在的。为使 α 减小,可以减小 R , 即适当增大芯线直径;也可以减小 G , 即加大线间距离,提高绝缘材料质量等。但在电缆制造中,如果仅靠加大线径和线距的办法减小 α 值,必将造成更多的有色金属消耗,增加电缆制造成本。因此减小 R 和 G , 不是切实可行的办法,还需要寻求其他的有效途径。

通过计算得出:当回路的一次参数满足

$$\frac{R}{L} = \frac{G}{C} \quad (1-2)$$

则回路损耗 α 值最小, 这个关系式就叫最佳传输条件。将最佳传输条件的关系式代入求 γ 的计算式中, 可得

$$\alpha = \sqrt{RG}$$

$$\beta = \omega \sqrt{LC}$$

从以上两式可以看出: 在最佳传输条件下, α 仅由 R 、 G 来决定, 与频率无关; 而 β 与频率成正比。也就是说, 电磁波在这样的回路中传输时, 不产生振幅畸变和相位畸变。

各种通信电线路, 尤其是电缆线路, 在未采取任何措施之前, 存在着 $\frac{R}{L} > \frac{G}{C}$ 的关系。欲达到最佳传输条件, 用减小 R 和增大 G 均非行之有效的办法。而减少 C , 就需要加大两导线间的距离, 也就要加大总的电缆外径, 增加金属、绝缘材料的耗用量, 这显然也是不适宜的。所以, 只有加大 L 才能满足最佳传输条件。

在电缆施工时, 用人工的办法在电缆回路中串接一个电感线圈, 以增加线路的电感量, 就可以取得减小传输衰减, 增大传输距离, 改善传输质量的效果。

二、加感的方式

加感的方式有两种: 一种是均匀加感, 即在电缆制造过程中, 把电缆芯线上均匀地包上一层强磁性材料(如磁带、细钢丝或电镀上一层高导磁系数的铁磁材料等); 另一种加感方式是集中加感, 即每隔一定距离在电缆回线上串入一个加感线圈。

由于前一种均匀加感所需成本较高, 制造工艺复杂, 所以

很少采用。目前在铁路通信电缆工程中,都采用集中加感方式。

在集中加感方式中,两个电感线圈之间的距离叫加感节距或加感节,常用 S 表示。根据目前我国电缆的制造长度和结构情况,对线径为 0.9mm 的泡沫聚乙烯绝缘对称电缆,在以前其制造长度为 500m 时,加感节距 S 采用 1.5km。对线径为 1.2mm 的纸绝缘或泡沫聚乙烯绝缘对称电缆,在其制造长度为 850m 时,加感节距采用 1.7km。现在施工电缆 S 都采用 2.0km。加感量都是采用 100mH。

加感的终端方式有半线圈终端和半节距终端两种方式。

半线圈终端的加感方式如图 1—3(a)所示,其示意图如图 1—3(b)所示,是在加感节距 S 的两头加感,回路两端均以半个加感线圈($L_j/2$)与终端设备连接。

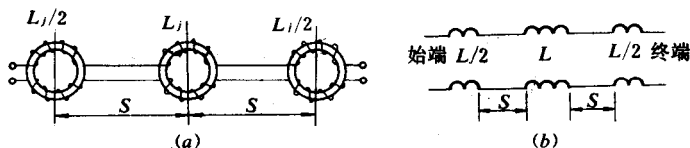


图 1—3

半节距终端的加感方式如图 1—4(a)所示。其示意图如图 1—4(b)所示。它是在每个加感节距 S 的中间加感,在回路两端都以半个加感节距($S/2$)与终端设备连接。

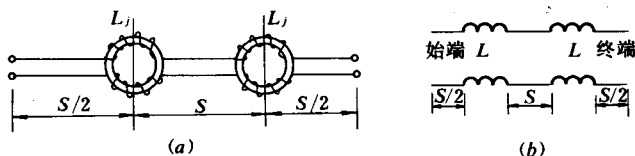


图 1—4

一般采用半节距终端加感方式,而不采用半线圈终端加感方式。因为这样可不生产半线圈的加感箱,以简化设备品种,同时每一增音段可节省一个加感箱,并使回线终端设备与电缆特性阻抗相匹配,保证传输特性的稳定。

半节距终端加感方式用在端站、有人增音站。

三、加感回路的电特性

在对称电缆回路中电容很大,线路总是呈容性的,也就是—段线路相当于一个电容。所以,一个加感节距 S 的等效电路相当于由电感和电容组成的低通滤波器,如图 1—5 所示。图中(a)为一个加感节距图,(b)为一个加感节的等效电路, L' 、 C' 表示一个加感节距内加感线圈与回路总的电感、电容之和。

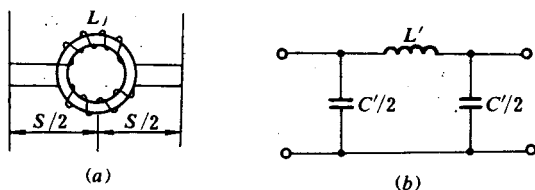


图 1—5

已知电缆的一次参数为 R 、 L 、 C 和 G ,并设加感线圈的一次参数为 L_j 、 C_j 、 R_j 和 G_j ,加感节距为 S ,那么一个加感节距内的一次参数将变为

$$\left. \begin{aligned} R' &= R + R_j \\ L' &= L + L_j \\ C' &= C + C_j \\ G' &= G + G_j \end{aligned} \right\} \quad (1-3)$$

这样,就可以把整个加感线路看成是 n 节这样的低通滤

波器按特性阻抗匹配原则链接所组成的。这就相当于若干个T型(终端方式为半线圈时)或 π 型(终端方式为半节距时)低通滤波器匹配链接。

电缆回线集中加感后,其传输特性发生了显著的变化。加感回线的特性阻抗的模值要增大很多,如图1—6所示。未加感的音频回线特性阻抗近似为 600Ω ,加感的音频回线特性阻抗近似为 1650Ω 。

从图1—6中可以看出:加感电缆的特性阻抗还与终端方式有关。在接近截止频率 f_j 的较高频段上,当半节距终端时,特性阻抗的模值和辐角随着频率的增加而增大。当半线圈终端时,特性阻抗的模值和辐角随着频率的增加而减小。但两种终结方式在

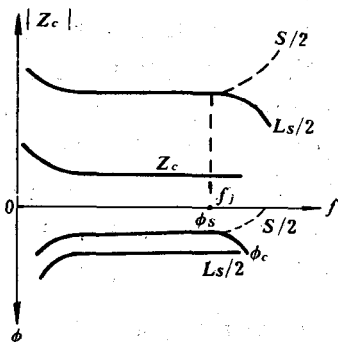


图 1—6

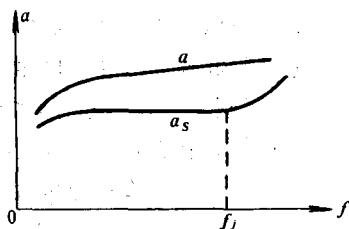


图 1—7

主要工作频段上都是相当平稳的,特性阻抗的辐角变化也较小。

回路加感后,电磁能沿通信回路传输时可以提高传输电压,从而降低电磁能在金属中的损耗,因此加感回路比未加感回路的衰减小,如图1—7所

示。从图中可以看出：加感后，低频时衰减减小，高频时衰减大，在通频带内 α 大致为一常数。所以电缆回线加感后，其损耗将大大降低，并且，在整个音频频带内损耗特性都比较平坦，从而大大改善了通话质量。

但是回线加感也会带来副作用。其一，由于加感回线为一个低通滤波器，高频不能通过，在接近截频 f_c 处其损耗急剧增大，因而限制了回线的通频带宽度。其二，加感后，由于相位常数 β 是频率的复杂函数，将使传输信号产生相移畸变。对于短距离的音频电话来说，此相移畸变不会产生太大影响。但是，对于数字通信来说，相移畸变的增大将是不能允许的，也就是说数字通信不能在加感回线上传输。

四、加感箱的种类、结构和性能

加感箱有市话电缆加感箱和长途电缆加感箱之分。

市话电缆加感箱常用的有 CZJ-50 型及 CZJ-100 型两种，适用于市话电缆加感。其内衬有铅套管，加感线圈装在铅套管中。铅套管外面再罩一钢管作外壳，以加强其机械强度。两层之间用环氧树脂填充密封，加感箱附有两条尾巴电缆，每根长度约 2 米左右，其结构如图 1—8 所示。

长途电缆加感箱常用的有 CZJ-10 型(10 回线)及 CZJ-18 型(18 回线)两种，适用于长途对称电缆低频回线和小同轴大综合电缆低频回线的加感。它由两个半圆形合在一起，用螺栓连接成一个完整的圆柱体结构，故可在不中断非加感线对的情况下，将电感线圈接入电缆回线中，并便于装设在电缆接头铅套管中。如图 1—9 所示。其结构是：(1)中间有边长 23 毫米的方孔，可通过同轴管和非加感线对。(2)加感箱不附带尾巴电缆，引出线可直接与电缆芯线扭绞焊接。(3)加感箱出线

板的出线孔按四线组排列,红、白、蓝、绿为一组,红白为一对,蓝绿为一对,A、B 两端同一位置的同一线色为一根。(4)引出线长约 150mm,采用 0.6mm 线径的聚乙烯线或 0.9mm 线径的泡沫聚乙烯线。(5)加感箱的外径不超过 52 毫米(CZJ-10 型)或 96mm(CZJ-18 型),安装时外面应套以直径为 100mm

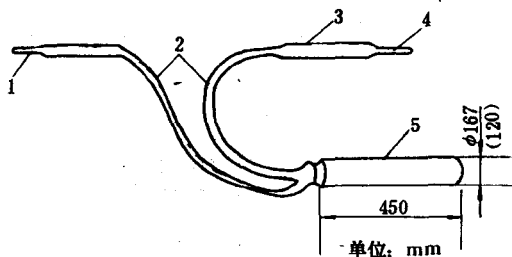


图 1—8

1—主干电缆;2—加感箱附带的尾巴电缆;3—与主干电缆连接的套管;4—主干电缆;5—加感箱。

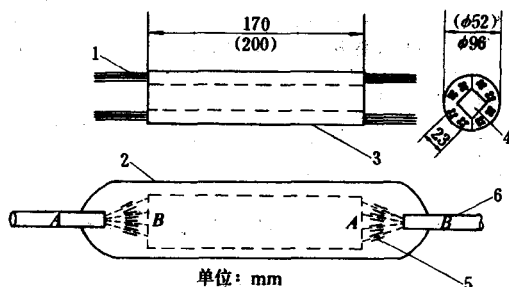


图 1—9

1—加感线圈的引出线;2—电缆接续铅套管;3—加感箱;
4—非加感线对由此孔直接通过;5—芯线接续绝缘套管;6—长途电缆。

以上的铅套管,并应和两侧电缆护套封焊。(6)加感线圈安装在内架上,箱内为环氧树脂填充密封。

几种常用加感箱的电气性能见表 1—1。

几种常用加感箱的电气性能

表 1—1

序号	电气性能		测试频率	测量单位	CZJ-18 CZJ-10	CZJ-100 CZJ-50
1	电 感	正常值	1kHz	mH	100	100 或 70
		正常值允许误差	1kHz	%	$< \pm 1.5$	$< \pm 1.5$
		两个半线圈差异度 (电感差/有效电感)	1kHz	%	$\leq \pm 0.1$	$\leq \pm 0.1$
		通以直流后电感量变化	1kHz	有效值的 %	$< \pm 3$	$\leq \pm 3$
2	直流电阻			Ω	≤ 9	$\leq 9/7$
3	两线圈直流电阻不平衡度		直流	Ω	< 0.1	< 0.1
4	工作电容		1kHz	pF	< 60	< 60
5	耦合电容 $k_1 \sim k_2, e_1 \sim e_2$		1kHz	pF	< 40	< 40
6	加感箱内线圈间的近端串音衰减		1kHz	dB	> 91.2	> 78.2
7	线圈之间的绝缘强度		0.05kHz	V(2min)	1000	500
8	线圈对地的绝缘强度		0.05kHz	V(2min)	1800	500
9	线圈间及对地屏蔽层的绝缘电阻		160V 直流	M Ω	> 25000	> 10000

第三节 对称电缆的平衡

由于对称电缆电磁场的特点,使得某一回路通话时,其他回路必然地处在它的电磁场范围内,受到它的串音影响。

为了减小回路间的串音,在对称电缆制造过程中采用了一些措施。例如,对电缆内四线组的四根芯线采取了星形排

列,各个四线组又采用了不同的扭距,以消除组内和组间的串音。可是,由于电缆制造工艺及其材料的限制,仍然存在着电缆芯线扭绞节距不均匀、绝缘厚度不均匀、绝缘介质的质量不纯、部分结构变形等,使电缆制成后的部分电容、互感及芯线阻抗仍存在着不平衡,而引起串、杂音。因此,在电缆施工中,必须采取一些措施,例如合理配盘、芯线间施行交叉、加入平衡元件等。这些措施统称为对称电缆的平衡。电缆平衡的目的就在于使电缆内的所有回路间和与外界干扰回路间均具有足够的串音防卫度。

一、平衡原理

对称电缆的平衡有交叉平衡和集总平衡两种方法。

(一)交叉平衡法

在两段制造长度电缆的接续点上改变芯线相互间位置,使两段电缆中的串音相互抵消或减小,这种方法称交叉平衡法。

交叉平衡法的原理如图 1—10 所示。将主串回路 I 和被串回路 II 均分成两个相等的小段,其长度为 l 。当回路 I 通过信号电流 i 时,若两回路都不做交叉,则在回

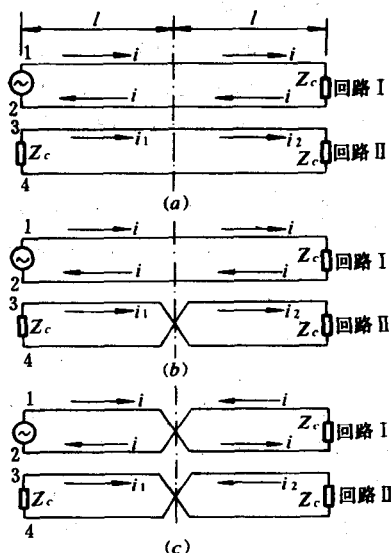


图 1—10