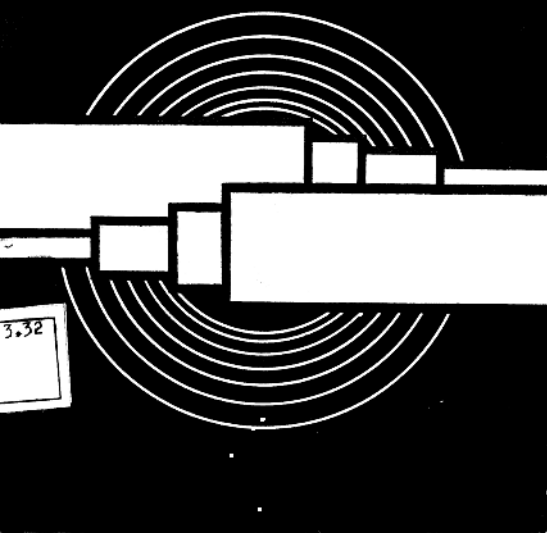


长途通信电缆的接续与封焊



内 容 提 要

本书是系统介绍通信电缆封焊接续方法的实用通俗读物，从机理上和方法上说明对称线对和同轴线对的接续，以及铅护套、铝护套和塑料护套的密封技术及其保护方法。取材以新技术为主，例如对同轴管接续除了传统的套管压接法以外，着重介绍电阻钎焊和火焰钎焊法；除了铅护套的四六焊锡封焊外，着重介绍铝护套的反应钎焊、无溶剂低温钎焊和树脂粘结密封的方法。对于往往不为人们重视而又十分重要的接口保护问题，也专门做了阐述；并介绍了如热缩管之类的新的保护方法。

书中基本上包括了国内长途电缆接续技术的新成果，插图多，通俗实用。

长途通信电缆的接续与封焊

郑 史 春 编 著

人 民 邮 电 出 版 社 出 版

北京东长安街27号

河南省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本：787×1092 1/32 1985年12月第一版
印张：7 页数：112 1985年12月河南第一次印刷
字数：157千字 插页2 印数：1—4,500册
统一书号：15045·总3144—教716 定价：1.40元

序

长途通信电缆具有信息容量大，传输可靠、保密性好等许多优点，正在逐步取代架空明线而成为全国有线通信网的主干线路。长途电缆的接续技术是影响工程建设质量，保证电缆线路性能良好和长期稳定的关键工序。我国从事长途电缆科研、制造、设计、施工和维护工作的同志通过长期的努力，使我国长途通信电缆的接续技术不断取得进展，形成了具有我国特色、适应我国情况的一整套新工艺、新技术。作者根据多年来从事通信电缆施工技术研究和实际工作的心得体会及积累的一些实用数据资料，结合国内的先进经验编著了这本书，目的是比较全面地向从事长途电缆建设工作的同志介绍国内各种长途通信电缆的接续方法。书中以使用最广泛，经济效益较高的综合小同轴电缆为重点，比较系统地从理论上和实际应用上介绍了通信电缆铝护套无溶剂低温钎焊技术，这项新技术近年来正在全国推广使用，本书详细阐述了用低熔点合金钎焊通信电缆铝护套的机理及操作方法；介绍了电缆接头各种保护层的制作方法。希望对正在迅速发展的长途电缆建设事业和铝护套在长途电缆上的进一步推广应用起一点促进作用，向从事长途电缆施工、维护工作的同志提供详尽而且实用的接续技术以供选择使用。为了说清楚各种方法的来源和机理，也简明地阐述了一些有关的理论，并提供一些必要的数字，对从事长途电缆设计、科研、制造工作的同志及学习通信电缆技术的人员也有一定参考价值。

本书在编写中广泛吸收了有关单位的资料和先进经验，在此对提供资料的单位和同志们表示深切的感谢！

由于长途通信电缆的接续技术还在迅速发展之中，加上作者的水平所限，书中不当之处在所难免，希望广大读者批评指正。

郑史春 于邮电部二公司 施工技术研究所

1984年9月

目 录

第一章 长途通信电缆的基本知识.....	(1)
第一节 长途通信电缆的结构组件.....	(1)
一、缆芯.....	(2)
二、内护套.....	(12)
三、外护层.....	(15)
第二节 长途电缆的型号和端别.....	(17)
一、长途通信电缆的型号.....	(17)
二、通信电缆的端别线对序号.....	(26)
第二章 缆芯接续.....	(29)
第一节 概述.....	(29)
第二节 小同轴电缆的缆芯接续.....	(32)
一、接续前的准备工作.....	(35)
二、套管压接法.....	(39)
三、蓄电池供电电阻钎焊法.....	(50)
四、酒精灯吹氧火焰钎焊法.....	(61)
五、氢气火焰吹焊法.....	(70)
六、气闭接头、平衡接头、分歧接头、加感接头 的缆芯接续.....	(72)
第三节 中同轴电缆缆芯接续.....	(79)
一、综合中同轴电缆缆芯接续.....	(80)
二、铝外导体单管中同轴电缆缆芯接续.....	(92)
第四节 微同轴电缆缆芯接续.....	(102)

第五节 高频对称电缆的缆芯接续.....	(103)
一、接续前的准备工作.....	(104)
二、缆芯接续操作.....	(105)
三、信号器安装、气闭套管和分歧接续.....	(111)
第三章 金属护套的连接密封.....	(111)
第一节 铝护套接头封焊.....	(113)
第二节 铝护套接头反应钎焊法.....	(119)
一、概述.....	(119)
二、反应钎焊法的运用.....	(121)
第三节 铝护套接头无溶剂低温钎焊法的机理及焊料.....	(126)
一、机理.....	(126)
二、无溶剂低温钎焊的铝焊料.....	(130)
三、低熔点焊锡.....	(144)
第四节 铝护套接头无溶剂低温钎焊的方法.....	(145)
一、纸绝缘铝护套电缆接头.....	(145)
二、塑料绝缘铝护套电缆接头.....	(150)
三、铝护套无溶剂低温钎焊接头的性能.....	(157)
四、铝护套接头低温钎焊缝故障原因分析.....	(160)
五、封焊中安全注意事项.....	(162)
第五节 环氧树脂粘结法密封.....	(163)
一、铝护套接头环氧树脂灌注法.....	(164)
二、环氧树脂玻璃丝带绕包法.....	(166)
三、存在的问题.....	(171)
四、安全施工注意事项.....	(174)
第六节 橡胶圈密封法.....	(175)
一、橡胶圈密封铝护套接头操作方法.....	(175)

二、橡胶圈法的主要存在问题.....	(176)
第四章 电缆接头的保护	(179)
第一节 保护电缆接头的必要性.....	(179)
第二节 保护电缆接头常用材料.....	(180)
一、防机械损伤材料.....	(180)
二、防腐蚀用材料.....	(184)
第三节 接头保护层的制做.....	(195)
一、木盒灌沥青混合物保护层.....	(195)
二、涂刷30号胶粘剂绕包塑料带保护层.....	(198)
三、涂刷沥青绕包塑料带保护层.....	(200)
四、绕包塑料胶粘带保护层.....	(202)
五、自粘性橡胶带, 塑料胶粘带联合绕包的保 护层.....	(202)
六、塑料外护套热熔连接保护层.....	(203)
七、聚乙烯热缩管接头保护层.....	(208)
八、硬塑料管接头保护层.....	(210)
第四节 监测线的安装.....	(212)
一、在接头处安装监测线.....	(213)
二、在电缆上开天窗安装监测线.....	(213)

第一章 长途通信电缆的基本知识

第一节 长途通信电缆的结构组件

长途通信电缆一般由缆芯，密封护套（内护层）和外护层三部份组合而成。缆芯是传输电信号的部份，由各种金属线对和线对外的绕包物（包带层）组成。包带层的作用是固定线对的位置，保证线对电气性能的稳定，并使缆芯具有一定的隔热耐高温能力。缆芯外是密封护套，它的作用是保护缆芯免受外界的机械损伤，防止水份及其他有害物质侵入缆芯破坏缆芯的电气性能。外护层在电缆的外部，一般由铠装层、防水层和外被层三部份组成。外护层的作用是弥补内护层或密封护套在机械、电气性能方面的不足，以适应各种敷设环境对电缆的要求。电缆接续的目的，主要是要求实现下面三个要求：

（1）在保证回路传输性能的原则下使导线在整个电缆线路上实现可靠的电气上的连接；

（2）保持电缆全长的防潮和气闭密封性能；

（3）保持电缆线路原有的抗压、抗拉能力，以及对于外界电磁干扰和腐蚀的防护作用。

因此，下面对电缆的三个部份作一些必要的介绍。

一、缆芯

缆芯由传输电信号的通信回路组成，一般分为对称回路和同轴回路两大类。凡通信回路是由同质，同径，同样绝缘结构导线成双成对对称组合而成的回路，称为对称回路。同轴回路的通信元件是同轴线对，也称同轴管。同轴管是以实心铜线为内导体，外包绝缘层，再纵包铜管或铝管作为外导体，同心组合而成的线对。

(一)对称回路

对称线对由两根导线组成，在有交流电信号通过时，回路周围就产生电场和磁场，使邻近导线受电磁感应而产生波形与电信号相同的电压或电流，把电信号串到了邻近的导线上，引起串音。信号频率愈高、这种现象愈显著，使对称线对的最高使用频率受到严格的限制。为了尽可能减低对称线对相互之间的干扰，对称电缆的所有芯线也都像架空明线用交叉以减轻串音一样，作有规律的扭绞。根据扭绞的型式，有下列三种不同的线组：

1. 对绞线组

二条导线每隔一定节距扭绞一次。对绞回路主要在城市中，近郊区，大型厂矿企业内部用作区域性音频电话线路。一般只传输话音信号（300—3400赫）。因此芯线直径比较细，国产市话电缆的芯线直径为0.4—0.9毫米；国外最细到0.32毫米。采用纸或塑料绝缘。芯线对绞后分层或分单元（一般每50

对或100对为一单元)排列。芯线外用纸或塑料绝缘,采用铅、铝或塑料护套。

2. 星绞四线组

以四条导线为一组,按正方形排列,对角上的两条导线组成一个回路,每隔一定距离扭绞一次即成为星绞四线组。为了使结构稳定,四条导线的中间填有纸绳或塑料线。这样排列的两个回路位置互相对称,在理想情况下,组内两个回路间的串音耦合能被完全抵消,回路间不存在串音干扰。实际上线对不可能做得完全对称,串音干扰还是会有,但较一般对绞线对低得多,因此长途对称电缆的导电回路多采用这种形式。星绞四线组根据其用途的不同,又可分为低频四线组和高频四线组两种。用低频四线组作缆芯的低频对称电缆、主要用于长途电话局到市内电话局的中继线路,长途架空明线的引入电缆、无线电台到中央控制室和终端机室的传音(遥控)电缆及铁路调度线路上。这类电缆虽然也只传输音频信号,但其传输频带比市话电缆宽,一般可达10000赫以上。传输衰耗比较低,可以不设中间增音机而把信号传输到较远地区。为了适应上述需要,这类电缆的芯线直径较大,一般为0.8—1.2毫米;采用纸绳—纸或泡沫聚乙烯绝缘。芯线按其外包物的不同,又分为:

(1)非屏蔽四线组:星绞组外疏绕一条纱绳或纸绳,再重叠绕包一层电缆纸。

(2)加强四线组:星绞组外重叠绕包三层电缆纸。

(3)屏蔽四线组:星绞组外重叠绕包二层电缆纸及一层金属化纸作为芯线的屏蔽层,可用于传输数字信号,因此含有一般四线组又含有屏蔽四线组的电缆也称模/数综合通信电缆。

高频四线组采用0.9—1.2毫米铜线,用纸带、纸绳—纸带

或泡沫聚乙烯绝缘后，每四根线绞成一组，中间用纸绳或塑料线填充、呈稳定的星形结构。这种四线组的传输频率从12千赫起，最高可以到108, 123, 156, 252千赫，分别可以开通24、36或60路载波电话。这种电缆的信息容量比较大，一般作为省间、省内地、县间的长途干线通信、铁道沿线通信及电力网调度通信使用。

3. 复对绞四线组

若干对已作对绞的线对组合在一起，每隔一定距离再扭绞一次。

在对称通信电缆中，常用的是对绞组和星绞组。

(二)同轴回路

我国目前生产的同轴电缆，按同轴管尺寸大小分为大同轴、中同轴、小同轴和微同轴四种。中同轴管和小同轴管已经定型。中同轴管的尺寸为：内导体直径2.6毫米，外导体内径9.5毫米（2.6/9.5毫米同轴管）。小同轴管的尺寸为：内导体直径1.2毫米，外导体内径为4.4毫米（1.2/4.4毫米同轴管）。大同轴和微同轴管尚未定型。大同轴管常见的规格有两种：一种内导体直径为3.7毫米，外导体内径为13.5毫米（3.7/13.5毫米同轴管）；另一种内导体直径为5毫米，外导体内径为18毫米（5/18毫米同轴管），微同轴管已制成的尺寸为：内导体直径0.6—0.8毫米，外导体内径2.8—3.0毫米（0.6—0.8/2.8—3.0毫米同轴管）。

同轴线对通过交流电信号时，由于内外导体间电磁场的相互作用，所产生的电磁场几乎都被封闭在内外导体之间，或仅

有极少一部份漏泄出去，对其他回路几乎不产生电磁感应、引起的串音很少，而且传输的频率愈高、漏泄出去的电磁场强度愈弱，基本上就可以不再考虑同轴线对间的串音现象，所以可以传输频带很宽的电信号。但在传输频率较低的电信号时，外导体外表面仍会有一定的电流密度，干扰邻近的导线；频率越低干扰越大，因此对传输的最低频率有一定的限制。由于同轴电缆具有这一特性，使它较对称电缆具有明显的优点：

(1) 传输频率高、通信容量大。一个对称电缆回路通常只能传输60个电话回路的信号，而一对中同轴管可开通10800个电话回路。

(2) 不需进行线对平衡，方便了施工。

(3) 在开通同样数量电路的情况下，同轴电缆比对称电缆省材料、省投资，而且可以减少日常维护工作量。

因此在长途干线通信线路中采用同轴电缆的愈来愈多。中同轴电缆在我国已作为干线通信线路使用。每一个中同轴管开通1800个单向电话电路或一路彩色电视，并且已完成了开通4380路电话的试验工程。国外最多可以开通10800个电话电路，最高复用频率达60兆赫，小同轴电缆的最高复用频率已达12兆赫，可开通2700个电话电路。更高复用频率的小同轴电缆（如开通3300个电话电路的小同轴电缆）也正在研制之中。国内在用的小同轴电缆线路、有复用频率为1.3兆赫和4兆赫的两种，可分别开通300个和1960个单向话路。由于小同轴电缆的尺寸小，耗用材料少，投资省，而信息容量却比对称电缆大，因此有逐渐取代对称电缆的趋势。无论在省间、省内的邮电通信，电气化铁道沿线的通信或军事通信中，小同轴电缆都愈来愈被当作一种主要通信手段采用。微同轴电缆主要用于数字通信，可用于开通120个电话电路或240个电话电路的脉码调制通信—P

CM电路，是一种经济实用而有发展前途的省内通信用电缆。

我国已敷设的同轴电缆以小同轴电缆为最多；电缆的程式、规格以小同轴电缆为最多、最全；结构上的差别也比较大；所以通过对小同轴电缆结构特点的了解，便可以知道其他同轴电缆结构的大致情况。下面对我国长途通信中常用的中、小同轴管分别进行介绍。

1. 小同轴管

小同轴管的结构如图1—1、1—2、1—3所示。

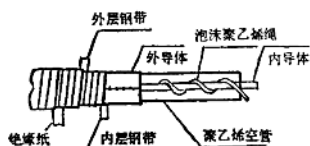


图 1—1 泡沫内扎绳空管绝缘式小同轴管结构示意图

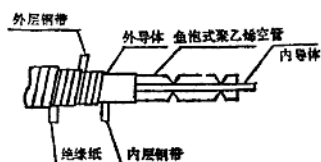


图 1—2 鱼泡绝缘式小同轴管结构示意图

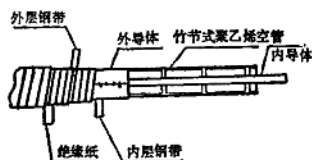


图 1—3 竹节式空管绝缘小同轴管结构示意图

这是三种最常见的小同轴管的结构形式，其中图1—1所示的是泡沫内扎绳空管绝缘式小同轴管，图1—2所示的是鱼泡绝缘式小同轴管，图1—3所示是竹节绝缘式小同轴管。图中泡沫内扎绳，塑料空管、鱼泡式空管及竹节式空管的制作材料都是聚乙烯塑料（有一部份竹节式空管用聚苯乙烯塑料制做）。

内导体是一根实心初炼软铜线，标称直径为1.19毫米，实际直径各厂产品稍有不同，但都在1.18—1.20毫米范围之内。外导体是用0.15毫米厚的初炼铜带纵包而成的空心铜管。为了纵包成管时，纵缝两

边的铜带能互相顶住（防止因铜带薄而互相错口、叠压）而保持圆筒的直径和形状稳定，铜带边缘多压成连续的皱纹或每隔一定距离轧压一个长方形点状压纹。小同轴管外导体的内径是4.4毫米，铜带展开宽度为14.3毫米。

内外导体之间采用泡沫内扎绳空管绝缘时，在内导体外先疏绕一条直径1.7—1.9毫米的泡沫聚乙烯绳，绕绳节距为14—16毫米，再在泡沫绳外用挤塑机挤出一个聚乙烯空管，外径为4.2—4.45毫米，然后再纵包铜带，卷成外导体。

内外导体间采用鱼泡式空管绝缘时，在内导体外先用挤塑机挤成一聚乙烯空管，外径4.35—4.43毫米，厚0.26—0.32毫米，随即通过轧印设备，趁热每隔15—20毫米轧印一道，使空管互相粘接并粘接到内导体上，形成鱼泡式绝缘层。为了使“鱼泡”更加圆整丰满，还在鱼泡内充了气，然后再纵包铜带卷成外导体。

内外导体间采用竹节式空管绝缘时，成型的方法有两种：一种先将聚乙烯塑料热挤压成半圆形竹管，中间留下半圆形开口，然后把两个半圆形竹管包在内导体外面，焊接边缘即成。另一种方法是先在内导体上每隔一定距离浇注上一只聚乙烯垫片，在外面纵包一层聚乙烯带或聚苯乙烯带形成竹节式空管绝缘层，然后再在外面用铜带纵包成外导体成为同轴管。

三种小同轴管都具有良好的电性能，但由于鱼泡式和竹节式生产效率高，因此应用得较多。

为了提高同轴管的抗干扰能力，防止低频段电流穿透外导体干扰其他回路，同轴管外尚需绕包屏蔽钢带。国内一般采用两层宽10.5—12.5毫米，厚0.1毫米的镀锡钢带，两层的绕向相反，使同轴管经受弯曲后屏蔽性能变化最小。钢带表面镀锡，使相邻两层钢带在叠接处只有很小的接触电阻，因此绕包的钢

带像纵包的圆筒一样具有良好的屏蔽效果。用二层镀锡钢带绕包成的屏蔽层还能大大增加同轴管的硬度，有利于回路电性能的稳定。

屏蔽钢带外绕包一层厚0.2毫米聚乙烯带，或3—4层0.17毫米厚的电缆纸带，使同轴管与金属护套和其他同轴管之间互相绝缘。

2. 中同轴管

中同轴管的外导体采用锁齿式纵包缝。铜带的厚度为0.25毫米，展开宽度为34毫米（包括齿高度）。内外导体间采用“垫片式”绝缘层，即在内导体上穿上垫片用以支承外导体并使内外导体间保持固定的距离，垫片是开口的聚乙烯圆片，厚2—2.2毫米，垫片间距为30毫米。

有的中同轴管以铝带为外导体材料。这种同轴管目前只用于制造单管同轴电缆。其结构情况如图1—14所示。同轴管的内导体是半硬铜线，直径2.6毫米。外导体是由0.9—1.0毫米厚的铝带纵包后用惰性气体保护焊焊接纵缝而成的铝管，内径9.7毫米。内外导体之间采用聚乙烯竹节式绝缘层，壁厚0.4毫米，节距28.34毫米。外导体兼作电缆的金属护套，内外导体间可采用充气维护，外导体外加包一层塑料外护层。标称厚度为2毫米，铝外导体与塑料护套间填满沥青混合物，也可以加包塑料带。

中、小同轴管内外导体间绝缘方式的不同，主要是由于传输远供电的需要。同轴电缆线路上，从有人站送出通过同轴管输送到无人站的远距离供电电压很高，在中同轴电缆线路上

注(1)、外导体铝带厚0.9—1.0毫米是我国实际生产情况，比CCITT建议厚度稍大。

最高可达直流1000伏；小同轴电缆线路上的远供电压稍低，但也达700—800伏；而在开关闭合或切断时，形成的暂态电压脉冲最大值可达正常供电电压值的两倍。为了保证线路的正常工作，要求同轴管内外导体间要有足够的耐压绝缘强度。对中同轴电缆，用3500伏直流电压作制造长度（单盘）绝缘强度测试；对小同轴电缆用2800伏直流电压作单盘绝缘强度测试。小同轴管内外导体间的空隙只有1.6毫米，在2800伏直流电压产生的电场下，间隙中的空气可能被击穿而发生火花放电。因此内外导体间的绝缘层必须包括一层能完全分隔开空气隙的固体绝缘物，以阻止火花放电的发生。所以小同轴管内外导体间宜采用泡沫内扎绳空管、鱼泡式空管或竹节式空管等有纵向连续隔离层的绝缘层，而不能采用垫片式绝缘层。中同轴管内外导体间的空隙有3.45毫米，即使在3500伏直流电压作用下也不会被击穿而发生火花放电，因此可以采用不带纵向连续隔离层的垫片式绝缘层。但如同轴管发生凹瘪变形间隙减小、或间隙中混入导电的杂物，都可能降低内外导体间的耐压绝缘强度，使之在3500伏测试电压下发生火花放电，因此施工，接续中必须特别注意。

（三）信号线

为了传递维护中的各种电信号（如气压降压告警等安全信号），长途电缆（特别是对称回路组成的电缆）中一般还设有若干专门的信号线。信号线用0.6或0.9毫米线径的软铜线用纸带或实心聚乙烯绝缘后，单根布放在四线组之间的空隙中，用于在终端站和各增音站之间互相传递电信号。纸绝缘高频对称电缆的信号线中，有两根是涂了绝缘漆的漆包线，一旦电缆进

水，纸绝缘因浸水而损坏时，利用漆包线仍可以保持站间通信联络。

(四) 缆芯的组合

把通信回路和信号线按一定的规律组合在一起，便形成缆芯的主要部份——芯线束。通信回路一般按同心方式分层绞合，称为同心层式电缆；至于线对较多的，如对绞市话电缆和低频长途电缆，也常先以若干对回路（例如25对，50对或100对）组成一个单位，再把若干个单位分层绞合，称为单位式电缆。

有的缆芯由同一类型的（电性能相同的）通信回路组成。但为了满足不同通信业务的需要，有的缆芯，特别是长途电缆的缆芯往往含有两种或两种以上的通信回路。例如：一部份用以开放3.4千赫以下标准话音频带的语音信号，另一部份用以开放6或10千赫的广播信号；一部份用以模拟信号的传输。另一部份用于数字信号的传输；或者一部份是传输频率在兆赫以上的同轴管，另一部份是开放载波或音频信号的四线组；这一类电缆叫做综合电缆。特别需要指出：同轴电缆一般都采用综合电缆的方式，缆芯中除包含有不同数量的同轴管之外，还包含有下列几种线对的一部份或全部。

1. 高频四线组

由泡沫聚乙烯绝缘的0.9毫米铜线组成，外用塑料线或棉纱疏绕，复用频率为156千赫，用于12路载波系统，以满足沿途区间通信的需要。也有的电缆以高频线对的形式配置在缆芯中。