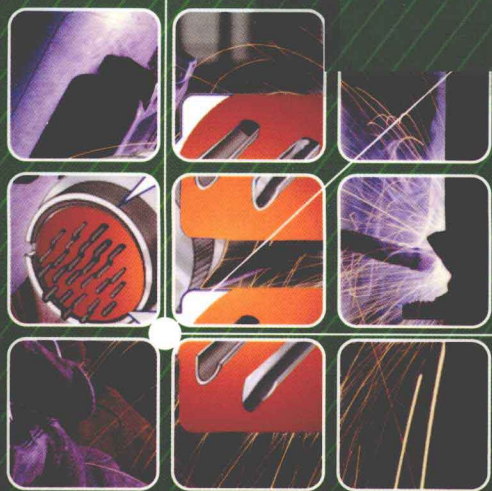


电子装联工艺技术丛书

多芯电缆

装焊工艺与技术

李晓麟 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

电子装联工艺技术丛书

多芯电缆

装焊工艺与技术

李晓麟 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

多芯电缆也即电子装联技术中常说的“低频电缆”，本书将电缆的制作从导线加工开始到线束的组成、穿套、装配、焊接、压接等方面，从设计要求、工艺要求及是否合格的接受条件和判定方法等方面，作了图文并茂的论述。另外，对热缩套管在制作中的工艺处理、电缆标识及检验、包装运输及储存等也提出了相应的要求。

本书适合电路设计师、电装工艺师、无线电装接工等读者阅读及使用，也可以作为多芯电缆制作、验收的相关培训教材。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

多芯电缆装焊工艺与技术 / 李晓麟编著. —北京: 电子工业出版社, 2010.11

(电子装联工艺技术丛书)

ISBN 978-7-121-12224-8

I. ①多… II. ①李… III. ①电缆—装配(机械)—工艺②电缆—焊接—工艺 IV. ①TM246

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 217098 号

广告许可证号京海工商广字第 0258 号

策划编辑: 李 洁 (lijie@phei.com.cn)

责任编辑: 李 洁

印 刷: 北京市铁成印刷厂

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 11 字数: 278 千字 彩插: 20

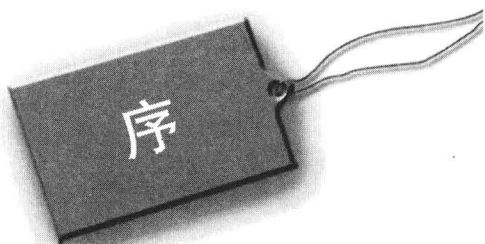
印 次: 2010 年 11 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 49.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。



制造技术是产品形成的关键，电子装备制造技术又是制造技术当中发展最为迅速，最代表制造技术先进性的组分，在当今世界上的发展更是日新月异。在中国正成为世界上最大的电子产品生产和加工基地，快步与国际市场接轨的今天，电子装备制造技术在我国电子信息产业中所发挥的作用越来越突出，地位越来越重要。

电子装联技术是电子装备制造基础支撑技术，是电子装备实现小型化、轻量化、多功能化和高可靠性的关键技术。面对中国正从全球的制造业大国向制造业强国转化，逐步由劳动密集型向技术密集型过渡，尤以工业化和信息化两化融合为重点的形势下，作为电子装备制造的关键和核心技术之一，我国在电子组装产业的投入和产出大幅度增长，电子装备中的电子组装产业正处于千载难逢的历史机遇！我曾经在电子产品研发和制造第一线从事过电子装联工作，深切感受到工艺技术的重要性，电子装联工艺技术水平的高低，直接影响着实现产品功能的指标，关系到产品的可靠性，也决定着产品的质量。因此，提高电子装联工作者整体工艺技术水平，是提高我国电子信息产品竞争力的关键因素之一。尽快弥补我们电子组装行业在产业结构、核心技术、管理水平、综合效益、设计人员水平、技术工人素质等方面同国际先进水平的差距，满足日新月异的现代电子科技发展需求，需要电子装联领域所有参与者的共同努力。

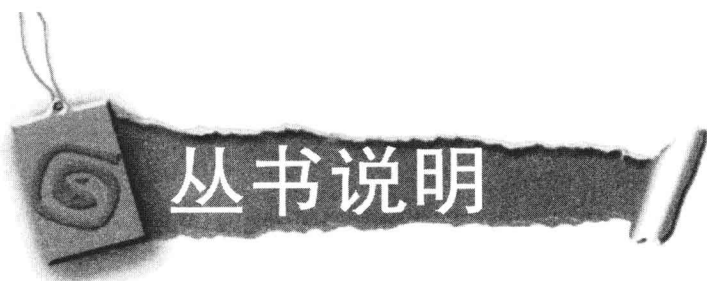
本丛书作者在从事电子装联技术工作中积累了丰富的实践经验。总结在电子装联工艺工作中的创新理念、研究成果和实际体会，加以推广，是作者多年的夙愿。在总结作者几十年工作经验的基础上，丛书按照针对性强，简明实用的原则，突出了电子装联在电子产品制造中的作用和意义。从基础知识、电子装联工艺技术的规范化、标准化和实用性入手，运用作者所提供的工艺技巧和数据，站在读者更容易掌握并效法实施的角度，以图文并茂的讲解，引导读者进入一个领悟工艺技术的境界。相信该书的出版对电子装联工艺技术一定会具有很强的指导意义，同时也将对我国电子信息产品质量的把关和提升起到积极的促进作用。

我作为作者过去的同事和现仍工作在电子信息领域的一员，对此书的出版，表示热烈的祝贺！对为这套丛书付出大量心血的作者表示衷心的感谢！希望电子装备制造行业的专家学者也能够像作者一样，将自己的一得之见加以总结，抛砖引玉，资源共享，推进我国电子信息产业的技术进步。

电子工业出版社为我们呈现这样一套丛书，是为电子信息产业，特别是电子制造技术领域又做的一件大好事，更为电子装联领域的技术人员提供了一个研究和尝试的好工具。希望这套丛书能像其他好的科技丛书一样，不仅具有传播和应用的价值，更能够为我们的社会在培养人才方面做出贡献。

刘心宏

——中国电子信息产业集团公司总经理
研究员级高级工程师，享受“国务院政府特殊津贴”专家
中国电子学会常务理事
2010年11月



无处不在的电子产品已经改变了人类的社会和生活，它不仅促进了国民经济的飞速发展，同时也提高了人们的生活质量，在给人们提供享受的同时，也常常潜藏着不少隐患——电子产品质量的可靠性问题。

为了尽量减少这些隐患，提高电子产品的制造质量与可靠性，“电子装联工艺技术丛书”从电子装联用材料、元器件、板级电路、模块电路、线缆装焊到整机电子设备的布线及可靠性焊接，全方位地将电子产品装联中常用的技术与操作，结合彩色图片做了较为详细地讲解与评说。

电子产品是由阻容元件、变压器、线圈、大的晶体管及带散热器的晶体管组件、电源模块、微波组件（或模块）、母板型机箱底座的连线、各种印制电路板插座，焊/压接电缆座的连线等电子元器件和零部件组成。怎样将这些电子产品按设计图纸要求进行组装连接，以满足设计电路各项电气指标性能的最大实现，这就是装联工艺技术，即生产制造技术。它是图纸无法表达的一种专门技术，它把设计要求的質量有效地体现在产品上，从而使产品获得稳定的质量。瞩目世界制造业，同样一张图纸，同样是生产电视、冰箱、空调、电子设备，可装焊后的整机，有的好调，不费事，不费时，而有的就是调不出来，或技术指标达不到设计要求，以此造成电子设备的寿命指标和可靠性产生极大的差异，这种现象在装联界具有一定的普遍性，是电子产品制造业中的“常见病”、“多发病”。因此，要避免或减少这些“病因”的产生，就必须从装联工艺技术、生产制造技术的环节来提高产品的制造质量。

低素质的员工是很难生产出高质量的产品的，因此，必需大力发展面向“世界工厂”的职业教育 and 培训，建立一支庞大的技工队伍，培养出大量技术娴熟、手艺高超的一线操作人员，才能生产出高质量的产品，才能打造出更多“中国制造”的产品来。而技能人才是国家人力资源的重要组成部分，他们的进步在某种程度上代表着国家的进步。一个人具有 90% 的技能是在工作岗位中获得的，现代社会知识更新换代快，因而对工人进行不断的、甚至是终身的培训是必不可少的。实践已充分证明，在企业职工的技术培训上，一份投入可以换回十倍乃至一百倍的效益。

对专业人材的教育和培训离不开教材，为了更好地为企业提供大量有用、好用的技能人才，笔者在毕身从事的电子装联技术工作的基础与经验上，编写了这套“电子装联工艺技术丛书”。以期为职业教育、技能人才提高劳动力素质，为电子装联业内人士们提高技能，为工艺工作上的参考与方便，提供一份可指导性、可操作性、有价值的彩色图文并茂的工艺技术书籍。

本套丛书共分四册，分别为《整机电子装联工艺技术》；《印制电路组件装焊工艺技术》；《多芯电缆装焊工艺与技术》；《装联常用元器件及选用要求》。

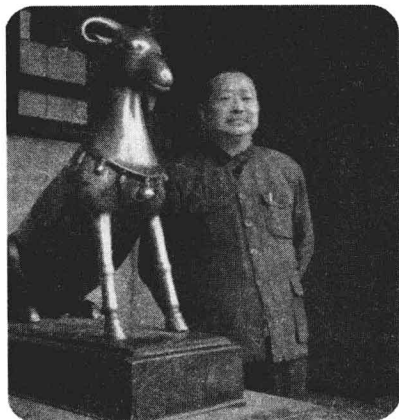
丛书说明

本丛书是笔者近三十年电装工艺实践的总结，也是笔者退休后受工程技术界专业培训机构——北京中际赛威文化发展有限公司的邀请，在其举办的“电装工艺系列高级研修班”中所主讲课程的升华，以及在广大工程师、电子装联业界内众多同仁、曾经的同事、朋友们的帮助支持和期盼下完成的。同时得到了中国电子信息产业集团公司总经理刘烈宏的热情鼓励、关心与支持，在此向他表示诚挚的谢意！

借本丛书出版之际，向我的父亲李维先教授——中国十名中等专业教育专家之一（教育科学出版社 1983 年“中华人民共和国教育大事记 1949—1982”中：1979 年 12 月 30 日按照联合国教科文组织的要求，我国向该组织提供十名中等专业教育专家人名录。他于 1993 年心肌梗塞突然离开了我们），深深地鞠上一躬，是他的在天之灵激励着我，给我智慧，鼓舞着我完成了他的心愿。永远思念着的父亲，在飘渺天际的您一定能看见女儿这套丛书中闪现着您的智慧之光！

本丛书大量精美的图片由美术设计师王宇先生完成。是他高超的专业技能与对本书技术内容深刻的理解和悟性，得以使本书熠熠生辉！

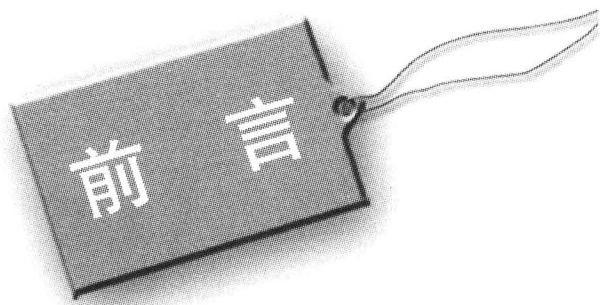
在此，还要感谢为本丛书提供帮助的宋冬、肖剑锋、扬红云、薛树满等的大力支持。



李维先教授

李晓麟

2010 年 9 月于成都



在现代电子产品的设计中，由于系统庞大，为便于组装、维修和更换，通常采用分立的电路单元或分立的分机结构形式。在单元与单元、分机与分机、分机与机柜、机柜与机柜之间，多采用各种类型的接插件、电连接器组装成多芯电缆进行设备的电气连接。这些连接形式利用了电连接器的各种结构形式，使单机/机箱或机柜紧凑、连接快速、电气可靠、维修方便，利于生产。特别是在车载、舰载、航空、航天平台中大量使用这种多芯电缆，应用范围极广。同时它是保证电气信号传输正确和可靠的关键产品，尤其在恶劣的环境条件下（如强振动冲击、高低温、盐雾腐蚀等）显得尤为重要，而电缆装焊质量和可靠性的高低又直接影响着整机和系统的可靠性。

因此可以说，多芯电缆可以好比电子设备、飞机、雷达、飞船的中枢神经，一条细微神经短路，都会带来大的系统故障。因为，系统中任何一根电缆中的任何一个接触不良或焊接不好都会对整个电子系统产生影响，轻者使电子设备、飞机、雷达、飞船性能下降，产生误动作，不能完成预定任务，严重的将发生机毁人亡的重大事故。所以多芯电缆的装配焊接过程必须把关每一道加工工序，只有这样才能获得整根电缆的高效、高寿命、高质量的电性能传输。

长期以来，在电子装联业界中，对多芯电缆的制作普遍是以对某型号电子设备中所使用的多芯电缆编制成“ $\times\times\times$ 典型加工工艺”（业内称为“典加”），因此业内各种“典加”层出不穷，大同小异，使得工艺人员重复劳作，劳而无功。更重要的是，用户没有一个可以作为依据的“标准”对多芯电缆装焊质量进行验收。

笔者认为，多芯电缆的制作与加工无论是什么型号或采用什么电子设备，只是针对电子设备工作环境的不同选择的制作材料不同而已，它们的制作工艺技术要求 and 验收标准应该一样。从1992年原航天工业部发布了QJ 603《电缆组装件制作通用技术条件》行业标准以来，一直没有一个新的标准来指导和规范多芯电缆的制作和验收。但随着科技水平的快速发展，电子材料不断更新，使得多芯电缆在制作上可以大量使用这些材料，但却没有依据，使得这些使用成为“非法”。

鉴于以上因素，由笔者主笔的国军标GJB《多芯电缆装焊工艺要求》在2010年2月已报批，本书关于多芯电缆制作的主要内容即来自这个标准。因此，读者不仅可以参考本书的工艺技术，而且可以在制作上作为“依据”引用，标准一旦实施颁布，只要在电缆制作工艺文件上直接标明标准号即可。

为使读者能更好、更方便地理解书中内容，本书附有与文中相对应的彩色图片，见彩插部分。

李晓麟

第 1 章 组装多芯电缆的通用技术要求	(1)
1.1 多芯电缆的常用术语	(1)
1.2 环境场地要求	(2)
1.3 操作人员要求	(3)
1.4 材料要求	(3)
1.5 工具和设备的要 求	(3)
1.6 多芯电缆导线要求	(4)
1.6.1 常用导线规格	(4)
1.6.2 导线载流量要求	(4)
1.6.3 导线的其他要求	(5)
第 2 章 电缆线束的加工工艺	(6)
2.1 线束下线长度控制技巧	(6)
2.2 普通导线加工要求	(7)
2.3 屏蔽导线加工步骤和要求	(10)
2.4 屏蔽导线屏蔽层末端的处理	(12)
2.5 镀膜导线的加工方法和要求	(13)
2.6 导线端头的搪锡要求和方 法	(14)
2.7 多芯电缆线束的组成	(16)
2.7.1 电缆线束公差要求	(16)
2.7.2 电缆线束的组合要求	(16)
2.7.3 电缆线束的绑扎要求	(17)
2.8 线束中导线的转接方法和要求	(19)
2.8.1 导线转接工艺要求	(19)
2.8.2 屏蔽导线转接工艺要求	(19)
2.8.3 同轴电缆导线转接工艺要求	(22)
第 3 章 多芯电缆线束的保护工艺	(23)
3.1 多芯电缆护套的种类与选用要求	(23)
3.1.1 聚氯乙烯套管	(23)
3.1.2 防雨布套管	(24)

3.1.3	氯磺化聚乙烯套管	(24)
3.1.4	尼龙编织网套	(24)
3.1.5	热缩套管	(25)
3.1.6	模缩套	(26)
3.1.7	防波套	(26)
3.1.8	热缩屏蔽套管	(27)
3.1.9	高温材料	(27)
3.2	穿套护套时对线束端口的处理	(28)
3.3	绝缘材料做护套时端口的处理工艺	(28)
3.4	金属材料做护套时端头的处理工艺	(29)
3.4.1	电连接器带屏蔽环时的处理工艺	(29)
3.4.2	使用自制接地环的处理工艺	(30)
3.4.3	使用钛镍环的处理工艺	(32)
3.4.4	替代工艺	(34)
3.4.5	无接地环时防波套末端的处理工艺	(37)
3.5	多芯电缆无护套保护时对线束的处理	(37)
3.6	护套的穿套技巧	(38)
3.6.1	多层护套	(38)
3.6.2	使用热缩套管	(38)
3.6.3	没有伸缩性套管的穿套方法	(39)
第 4 章	分叉多芯电缆的制作	(40)
4.1	分叉多芯电缆导线束的制作	(40)
4.2	用防波套金属材料穿套分叉电缆的处理工艺	(40)
4.3	用绝缘材料穿套分叉电缆的处理工艺	(43)
4.4	具有两层护套分叉电缆的处理工艺	(45)
4.5	分叉电缆分叉处的保护工艺	(46)
第 5 章	多芯电缆的装焊工艺	(48)
5.1	电缆装焊的通用要求	(48)
5.2	焊接型电连接器的装焊要求	(49)
5.2.1	插装工艺要求	(49)
5.2.2	电连接器接触偶预处理工艺	(49)
5.2.3	电连接器接触偶焊接工艺	(50)
5.2.4	电连接器尾部增加元器件的规定	(51)
5.3	电连接器接触偶间的导线绝缘要求	(52)
5.4	电缆线束中屏蔽导线屏蔽层的处理工艺要求	(53)
5.4.1	少数屏蔽导线屏蔽层的处理工艺	(53)
5.4.2	多根屏蔽导线屏蔽层的处理工艺	(54)
5.4.3	电缆线束全是屏蔽导线时其屏蔽层的处理工艺	(55)
5.4.4	线束中屏蔽导线的屏蔽层剥离要求	(56)
5.5	防波套做护套的接地处理	(58)

5.6	双绞导线在电连接器中的装配规定	(58)
5.7	电连接器尾部线束处理要求	(59)
5.7.1	尾部线束弯曲要求	(59)
5.7.2	尾部线束整理	(60)
5.8	外购成品线缆护套的处理工艺	(64)
第6章	多芯电缆的压接连接工艺	(65)
6.1	压接连接技术简介	(65)
6.1.1	压接技术概述	(65)
6.1.2	坑压式压接、模压式压接	(65)
6.2	压接准备工作	(67)
6.2.1	压接前的准备要求	(67)
6.2.2	压接对导线的要求和导线的选用	(68)
6.2.3	如何选择压接用工具	(70)
6.2.4	压接工具的验收和校准	(77)
6.2.5	压接工具的验收和校准方法	(78)
6.3	压接工艺	(82)
6.3.1	压接的简单原理	(82)
6.3.2	压接型电连接器的优缺点	(84)
6.3.3	为什么压接要采用多股绞合的芯线	(85)
6.3.4	压接连接技术的工艺要求	(86)
6.3.5	导线和压线筒的匹配要求	(86)
6.3.6	导线在压线筒内的位置要求	(87)
6.3.7	压接操作	(88)
6.3.8	扁平带状电缆的压接与判定	(91)
6.4	高速数据传输电连接器的压接工艺	(97)
6.4.1	差分电连接器概述及应用	(97)
6.4.2	差分电连接器简介	(98)
6.4.3	差分接触件导线、压接工具的选用	(100)
6.4.4	差分接触件的装配	(101)
6.4.5	差分接触件的装卸工艺要求	(105)
6.5	压接质量要求	(107)
6.5.1	压接件的性能要求	(107)
6.5.2	压接技术质量保证	(109)
6.5.3	压接件合格与否的判定	(110)
6.5.4	压接型电连接器中备用孔位的要求	(120)
6.6	压接工艺中的故障分析	(121)
6.6.1	来自设计的问题	(122)
6.6.2	导线与压接筒不匹配问题	(129)
6.6.3	关于压接技术中的隐含质量问题	(131)
6.6.4	如何应对工程中的压接问题	(136)

第7章 热缩套管在多芯电缆制作中的使用工艺	(139)
7.1 热缩套管的选用须知	(139)
7.1.1 热缩套管的温度匹配	(139)
7.1.2 电子装联中常用的热缩套管	(140)
7.1.3 热缩套管尺寸选用	(141)
7.2 热缩套管在多芯电缆头部的保护工艺	(141)
7.2.1 保护长度要求	(141)
7.2.2 电缆头部热缩保护的合格判定	(142)
7.3 多芯电缆整根线束的热缩套管保护工艺	(143)
7.4 热缩套管在分叉线束处的保护工艺	(144)
7.5 热缩套管在多芯电缆标识中的应用	(145)
第8章 多芯电缆的标识工艺	(147)
8.1 标识材料的种类	(147)
8.2 标识材料的选用工艺	(147)
8.2.1 聚氯乙烯材料	(147)
8.2.2 热缩套管材料	(148)
8.2.3 聚乙烯氯磺化套管	(148)
8.2.4 卷标套管	(149)
8.2.5 标识牌	(149)
8.3 标识排列规定与操作要求	(150)
8.3.1 标识排列要求	(150)
8.3.2 标识操作要求	(150)
8.4 电缆标识的合格与否判定	(151)
8.4.1 合格的标识要求	(151)
8.4.2 不合格的判定	(152)
第9章 多芯电缆的检验	(153)
9.1 常规终检的要求	(153)
9.2 检验方法及内容	(154)
9.2.1 导通检查	(154)
9.2.2 绝缘电阻检查	(154)
9.2.3 绝缘强度要求	(154)
9.2.4 电缆外观检查	(155)
9.2.5 电缆标识检查	(155)
9.2.6 电缆焊点检查	(155)
9.2.7 电缆接触偶检查	(156)
9.2.8 电缆尺寸检查	(157)
9.2.9 电缆返工后的检查	(158)
9.3 压接件检验	(158)
9.4 电缆标识检验	(159)
9.4.1 标识位置要求	(159)

9.4.2	分叉电缆标识位置要求	(160)
9.4.3	标识的其他检验要求	(160)
9.5	电连接器端头有热缩套管的检验要求	(160)
第 10 章	多芯电缆包装、运输和储存要求	(161)
10.1	电连接器的包装要求	(161)
10.2	电缆组件包装、运输和储存要求	(162)
10.3	多芯电缆的质量要求及注意事项	(163)
参考文献	(164)

第 1 章

组装多芯电缆的通用技术要求

1.1 多芯电缆的常用术语

为了方便对多芯电缆装焊工艺技术在电子装联界中得到更好的应用,也为了方便下面章节中对电缆制作的描述所涉及的专业概念,给出以下术语。

多芯电缆 Multiword cable: 由多根导线、电缆线,装焊有电连接器具一定长度的单组或多组线束组成的线缆,用以传输电能、电子信息和实现电磁能转换并具有使用功能的线材产品。

电缆束 Harness: 由多根电缆或多根导线组合成束状的半成品。

电缆束毛坯 Semifinished harness : 由电缆、电缆束经过加工后形成一定几何尺寸的半成品。

电缆组装件 Cable assemble: 电缆束毛坯与部件、电子元器件装配连接成一个整体,并具有使用功能的制品。

导线转接 Wires transfer connection: 对电缆束毛坯中的导线借助专用工具和指定材料改变导线根数或截面积的方法。

死接头 Permanent crimp splice: 一种金属筒,筒的两端均可借助专用工具压接,筒的中部有观察孔,用于导线根数、导线截面积转接的压接件。

坑压式压接 Indent crimp: 通过压头将压线筒压成坑式窝点的压接法。

模压式压接 Formed crimp: 通过压模将压线筒压成规定尺寸和形状的压接法。

压接连接 Crimped connection: 用压接法形成的连接。

压接连接件 Crimped termination device: 用压接法使导线和压接件形成的电连接组装件。

压接件 Crimp termination device: 用压接法连接于导线端头,以便导线能和其他电子元器件或导线实现可靠电连接的导电金属件。通常由压接导线的压线筒及可和其他电子元器件或导线连接的外接端组成。

压线筒 Crimp barrel: 为压接连接专门设计的可适配一种或几种导线截面尺寸的金属导电筒(槽)。

压接工具 **Crimping tool**: 进行压接连接所采用的机械装置。

工具基体 **Basic tool**: 压接工具卸去压模或压头后的部分。通常包括手柄等驱动压模或压头的传力机构和全周期控制机构等。

压头 **Indenter**: 在坑压式压接工具中直接用来压接的部分。工具基体驱动压头完成坑压式压接。

压模 **Crimping die**: 在模压式压接工具中直接完成压接的部分。工具基体驱动压模, 将压线筒压成能保证压接性能的尺寸和形状。通常包括上、下模和定位装置。

压接全周期 **Full crimping cycle**: 从压接工具的压模、柄处在完全张开的位置时, 对工具手柄施加作用力开始, 到压模压合面闭合到规定的间歇, 手柄、压模重新返回到完全张开位置时结束, 这样一个完整的压接过程。

线芯压线筒 **Conductor barrel**: 压线筒用于压接导线线芯的部分。

绝缘支撑 **Insulate support**: 压线筒延伸出线芯压线筒的部位, 其部位包裹被压导线绝缘层的部分。压接时, 绝缘支撑同时被压模压缩时, 使其包裹被压导线绝缘层, 起一定的抗振支撑作用。

抗振绝缘支撑 **Insulate grip**: 压线筒的一个附加部分, 压接时抗振绝缘支撑同时被压模压缩使其可靠地夹紧被压导线绝缘层, 起抗振支撑作用。压线筒和抗压绝缘支撑可以是整体式也可以是装配式。

压痕 **Indentation**: 压接后压模或压头在压线筒上形成的痕迹。

耐拉力 **Tensile strength**: 在外来轴向拉力下, 使导线从压线筒内拉脱所需的力。

1.2 环境场地要求

多芯电缆是电子设备中的重要部件, 它的制作中常常会比其他电子装联产品的制作产生更多的多余物, 如长长短短的电缆、制作中所需的各种材料、加工所用工装及工具等, 因此对它的加工制作应和其他电子产品一样, 要求有一个整洁干净的场地。不能因为做电缆“脏”, 对生产场地就马虎(实际中常有这种情况), 根据电缆的制作情况一般有如下要求:

(1) 厂房应用良好的通风、照明条件。

(2) 厂房内温度应保持在 $25\pm 5^{\circ}\text{C}$, 相对湿度不应超过 75%。

(3) 进入工作场地应按要求穿戴工作服。

(4) 厂房有良好的接地系统, 接地电阻要满足电缆加工过程的使用要求。一般来讲接地电阻越小越好, 最好不大于 10Ω 。

(5) 工作台要保持整洁, 电缆制作过程中所用工具较多, 应将工具摆放整齐, 方便拿放。不要把与加工无关的工具和材料或暂时不用的东西放在工作台上。

(6) 厂房内应划分工作区和非工作区, 对线材、连接器、电缆所用辅助材料、专用设备 etc 要有归类标识并有专门保管。

(7) 由于多芯电缆的制作过程相对整机装配会产生更多的多余物, 因此对生产过程中多余物的控制要制订较详细的操作规范要求, 可参考国军标 GJB—5296—2004《电子产品多余物控制》。对每天产生的多余物要进行清扫, 并对随时产生的多余物有归处, 不能任意抛弃。

- (8) 多芯电缆的制作对静电防护可不作要求。
- (9) 工作场地只作整洁干净的要求，对洁净度不作要求。

1.3 操作人员要求

多芯电缆的制作是装联生产中的一环，操作人员必须持有无线电装接工的有效合格证件，并有上岗证后才能进行电缆的制作。

另外，多芯电缆制作过程中所用辅助材料很多，设计图纸上的型号规格与实际需要常常有差异，因为设计图纸上填写的型号规格往往不准确。因此，这个岗位上的操作人员必须熟悉电缆的设计图纸并同时能看懂工艺文件，在看明白要求后，才能着手操作。因为电缆的返工是非常麻烦费时的，有的返工是有成本代价的（热缩套管一经收缩，返工必须剪掉；压接型电缆一返工插针就报废）。所以，即使是正规的电装工，如从未从事过多芯电缆的装焊，也必须在上岗前进行培训。同时操作人员还必须遵守工作现场的各项规章制度。

1.4 材料要求

由于科学技术的飞速发展，在电子工业中有越来越多的新材料出现，比如各式各样的热收缩材料，有绝缘的、也有金属材料的。电缆的外护套材料也有多种多样的，耐高温、不耐高温、非金属、金属、具静电防护、耐摩擦、满足“三防”要求与不满足“三防”要求等。因此在制作多芯电缆时，面对这些繁多的辅助材料，选取时要根据电缆的使用场合和使用寿命要求来进行取用。由于工序复杂，特别是分叉电缆的制作，在选取材料时，要考虑临时使用和永久使用的加工情况，并且还要有成本意识地来对这些材料进行选取，因为有的材料特别昂贵（如焊锡环、钛镍环）。

所以制作电缆的设计师、工艺人员对多芯电缆在制作中所用的各种器材，其规格、型号、牌号、产品性能和相关技术指标均应按总设计大纲要求来进行选取，能满足综合要求即可，不要一味追求高性能。对临时所用调试电缆，在满足使用要求的情况下，应尽量以降低使用费用的原则进行制作。

1.5 工具和设备的要求

装焊多芯电缆使用的电烙铁应有接地要求，最好是控温可调的，这是主要工具。在制作电缆线束时会碰到大量的线材，因此，工具和设备除电烙铁外就是线材的加工了。根据对多芯电缆的制作工作量，可选择剪钳、手动剥线钳（国产或进口）、自动下线机等手动工具和专用设备。对要求严格的产品（如航天电子设备）可考虑使用热脱器，将导线的绝缘层用加热方式熔化掉。这种方法无论怎么操作是不会损伤导线芯线的，但是这种方法的效率较低。

无论使用什么工具对导线进行加工，都要求这些工具不能损伤导线的线芯。装联中所用导



线都是由多股导线绞合而成的，如果切割工具稍有使用不当，很容易使这些股线断掉一根或更多，即使没有切断，绝缘皮切深损伤到芯线，特别是多芯电缆使用压接型电连接器时，对电缆线束的耐拉脱力指标影响很大。因此，对导线的切割工具、设备，工艺上一定要有明确控制要求。

另外，由于电路中电性能的需要，在多芯电缆线束中常会有同轴电缆导线的使用，对这种线材就不能使用一般的刀片和剥线钳了，因为同心度和线材周界的平、齐是保证同轴电缆实现电参数的重要指标，所以最好使用“同轴电缆切割机”，它是一种专用设备，只要把同轴电缆需切割的尺寸输入设备，就可一次切好整根电缆的外绝缘层尺寸、屏蔽层尺寸、介质尺寸、内导体尺寸。图 1-1 是切割好的同轴电缆示意图。

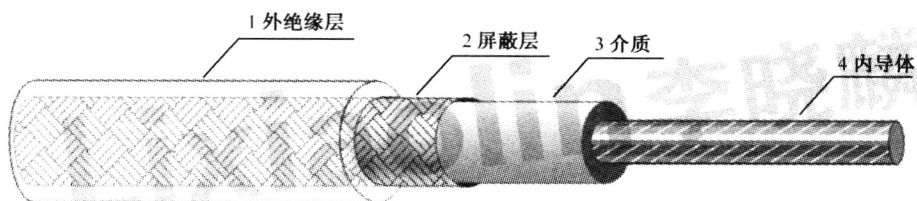


图 1-1 切割好的同轴电缆示意图

在多芯电缆的制作中，有时需要一些自制或仿制的工具和设备，对这种工具或设备必须经严格的技术鉴定，才能保证加工质量、操作安全可靠，以满足产品使用要求。

导线加工的工具和设备必须具有合格证，还要按规定要求进行定期鉴定，并在鉴定的有效期内使用。对多芯电缆中的各种测试、试验的设备、计量器具和仪表，也必须有合格证明和定期鉴定卡。

1.6 多芯电缆导线要求

1.6.1 常用导线规格

多芯电缆所用的导线基本上和电子装联中整机所用导线具有一样的要求。装联中常用的导线型号一般有：ASTVR、ASTVRP（带屏蔽层）、AF-200、AF-250（高温导线可耐 250°）、AFP-250（带屏蔽层）、AFR-250（高温缠绕线）、AFS-250（高温双绞线）、ARS(双绞导线)、瑞侃 55 号系列导线（美国进口）等。这些导线在多芯电缆的制作中都是常用的，使用时要根据产品需求进行选用。

1.6.2 导线载流量要求

导线载流量是一个重要的指标，而导线载流量的大小主要取决于导线的截面积、绝缘材料的耐温等级等。多芯电缆往往都比整机内的导线有更长的路径，因此，设计时应注意是否有影

响导线载流量的因素，比如工作环境温度、压降、导线根数、导线所处的高度、浪涌电流时的电路情况等。所以选择导线截面积时必须留有一定的安全余量。在通常情况下，导线内铜芯线通过的电流值应小于 $5\sim 7\text{A}/\text{mm}^2$ ；长期允许工作温度应比环境温度至少高 10°C 。

在考虑导线载流量时，还应注意导线的工作电压。比如导线的最大工作电压（包含瞬间高压）会有多大，选导线规格时就要给工作电压留出足够的安全余量。通常导线的额定工作电压应不小于最大工作电压的 $1.5\sim 2.0$ 倍。

1.6.3 导线的其他要求

当电子设备有尺寸和质量的考虑时，在多芯电缆的制作用导线上一定要给予注意。首先应考虑选用轻薄型的导线，但是追求轻薄型的同时还要考虑其耐压与绝缘机械强度能否满足电子设备工作条件的要求。比如，对成品电缆当安装到大型用户时（飞机、舰船等），往往在装机过程中，常发生将多芯电缆内导线拉断的情形。因此，除在装焊电缆时有特殊处理外，对导线的机械强度也要有所考虑。因此，在满足敷设和使用条件下，为保证导线有足够的机械强度，导线的截面积不能太小。

另外，导线选取还要有防火要求，即应选用阻燃型导线。

对导线的颜色也应有要求，一般应按电路特性进行颜色的选取，可按 GB—2681 标准的规定来确定。