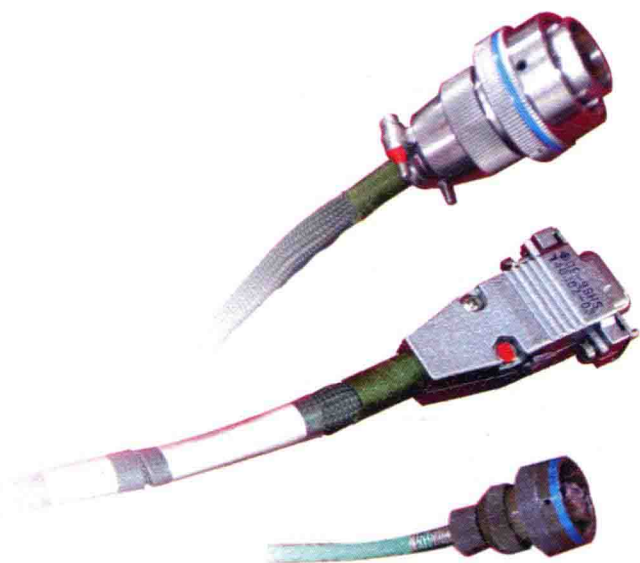


装备用低频电缆 组件组装工艺

ZHUANGBEI YONG DIPIN DIANLAN
ZUJIAN ZUZHUANG GONGYI

马 蓉 龙贵林 著



电子科技大学出版社

装备用低频电缆 组件组装工艺

ZHUANGBEI YONG DIPIN DIANLAN
ZUJIAN ZUZHUANG GONGYI

马 蓉 龙贵林 著



电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

装备用低频电缆组件组装工艺 / 马蓉, 龙贵林著

.. 成都: 电子科技大学出版社, 2017.1

ISBN 978-7-5647-3863-1

I. ①装… II. ①马… ②龙… III. ①低频—电缆—
组件—电子装联—研究 IV. ①TM246

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 205762 号

装备用低频电缆组件组装工艺

马蓉 龙贵林 著

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)
策划编辑: 徐守仁 万晓桐
责任编辑: 万晓桐
主 页: www.uestcp.com.cn
电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn
发 行: 新华书店经销
印 刷: 三河市明华印务有限公司
成品尺寸: 185mm×260mm 印张 10.75 字数 271 千字
版 次: 2017 年 1 月第一版
印 次: 2017 年 1 月第一次印刷
书 号: ISBN 978-7-5647-3863-1
定 价: 46.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83201495。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

随着电子技术的不断发展，电子装联技术也不断进步。电缆组件看似简单，往往不容易得到有关方面的重视，但装备中其失效率却是最高的。据有关统计，电缆与电连接器的互连问题是造成大多数装备和电子设备功能失效的主要原因之一。

本书是根据作者多年从事电缆组件装联的研究与实际经验编写而成。作者通过对装备用低频电缆组件材料选型及装配连接工艺技术、生产过程中主要故障问题的讨论分析，介绍了装备用低频电缆组件的装联工艺技术。书中内容既有系统性，又具有先进性与实用性。

本书可供电子装联相关领域的工艺工程师、质量工程师、操作人员等阅读与参考，也可以作为高等学校理工类学生的参考书。

本书主编马蓉、龙贵林。具体编写分工为：第七章、第八章由王蔡、张波编写，第九章由魏葳编写，第十章、第十九章由胡秋兰编写，第十三章、第十四章由孙晓冬编写，第十五章、第二十章由赖伯平编写，其余章节由马蓉编写。

本书初稿编写完成后，国营第七八三厂蔡成德、洪健、何孟君和工艺技术部全体同仁以及中国工程物理研究院徐嘉靖博士校阅了书稿。在此向他们表示衷心的感谢。

在本书编写过程中，参考了许多规范、标准以及业界专家们的书籍与论文。在此，谨向本书所引用论文与书籍的作者表示诚挚的谢意！

限于编写人员水平，书中疏漏、欠妥之处恳请广大读者批评指正。

序

近年来，电连接器、电线电缆的技术进步及武器装备的高技术要求，使得电缆组件的结构越来越复杂，功能越来越多。设备的装机使用环境条件日趋恶劣，连接技术和可靠性要求越来越高，电缆组件的可靠性也越来越重要，尤其是在恶劣环境条件（如强振动冲击、高温、强盐雾腐蚀等）下的高可靠性。电子技术的发展，引发电磁干扰问题越来越严重，设备之间连接用的电缆组件在作为传输信号重要途径的同时，给干扰信号进入系统提供了载体和通道，成为影响整个系统电磁兼容性的一个重要因素。这些新的挑战和要求对电缆组件装联工艺技术的提升提供了更多的需求和机会。

国营第七八三厂是军工电子整机系统研发、制造的专业生产厂，深切感受到连接设备用的电缆组件对保障整机可靠性的重要性。电缆组件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。

本书作者长期从事工厂的产品设计、工艺技术工作，直接在科研、生产一线进行装备用电缆组件的研究工作多年，积累了丰富的实践经验。鉴于新型装备对整机系统布线、结构、体积重量、高可靠性和电磁兼容性等不断提出的新要求，作者对装备用低频电缆组件的传统装联工艺进行了深入研究，对低频电缆组件传统制作工艺进行了革新和优化。作者将这些技术总结、归纳、编辑成书，对从事装备用低频电缆组件装联工艺技术的人员有很好的指导意义，能为从事电缆组件设计、制造的技术人员和操作人员有所裨益。

国营第七八三厂 谭源泉

目 录

第一章 概 述

第 1 章 简介	2
1.1 用途	2
1.2 要求	2
1.3 分类	4
第 2 章 工艺流程	6
第 3 章 工具设备	8
第 4 章 简介	10
第 5 章 电连接器	12
5.1 分类	12
5.2 选型	13
5.3 命名	14
5.4 标准	14
5.5 尾部附件	15
5.6 电镀处理	21

第二篇 材 料

第 6 章 电线电缆	24
6.1 特性	24
6.2 基本结构	24
6.3 选用原则	28
第 7 章 防波套	29
7.1 概述	29
7.2 分类	29
7.3 指标	31
7.4 要求	32
7.5 发展方向	33

第 8 章 防护套	34
8.1 锦纶丝编织套	34
8.2 耐高温防护套	35
8.3 硫化布套管	36
8.4 尼龙编织网套	36
8.5 耐火防护套	37
8.6 芳纶阻燃防护套	37
8.7 热缩防护套	38
第 9 章 标识	40
9.1 种类	40
9.2 要求	41
9.3 热缩标识套管	41
9.4 标签	43
9.5 标识方向	44
第 10 章 热缩套管	46
10.1 用途	46
10.2 分类	46
10.3 选择	47
10.4 使用	48
第三篇 制作工艺	
第 11 章 刻字	50
11.1 刻字要求	50
11.2 刻字操作	50
11.3 注意事项	51
第 12 章 下料	53
12.1 电缆、导线下料长度确定	53
12.2 电连接器内伸入长度	55
12.3 下料设备、工具	56
第 13 章 组缆	57
13.1 设备组缆	57
13.2 手工组缆	58
13.3 综合缆	60

第 14 章 剥头	61
14.1 剥头工具	61
14.2 剥头长度	65
14.3 剥头操作	68
第 15 章 压接	70
15.1 压接和焊接工艺技术比较	70
15.2 压接方式	71
15.3 接触件	72
15.4 导线	73
15.5 压接工具	74
15.6 压接操作	76
15.7 压接质量检查	79
第 16 章 焊接	84
16.1 分类	84
16.2 焊接工具	86
16.3 焊料及助焊剂	87
16.4 焊前处理	88
16.5 导线与接触件的连接	90
16.6 导线连接	93
16.7 合格焊接	96
16.8 焊接处保护	98
16.9 注意事项	100
16.10 常见焊接故障	100
第 17 章 导线与接触件的匹配	102
17.1 压接连接	102
17.2 焊接连接	103
17.3 载流量	103
第 18 章 屏蔽层处理	106
18.1 单根电缆屏蔽层接地处理	106
18.2 多根屏蔽层接地处理	108
18.3 不接地的屏蔽层处理	111
第 19 章 分支处理	112
19.1 分支屏蔽层搭接处理	112
19.2 分支防护套搭接处理	114

19.3	分支点加强保护	115
19.4	在线编织	118
第 20 章	线束与连接器的连接装配	119
20.1	接插件装卸	119
20.2	线束在连接器中的处理	125
20.3	屏蔽层端头处理	127
20.4	屏蔽层与尾部附件的搭接处理	129
20.5	防护套端头处理	136
20.6	增强保护	137
20.7	涂胶	142
第 21 章	热缩	143
21.1	工具及设备	143
21.2	热缩套管长度	144
21.3	热缩操作	145
第 22 章	三防	149
22.1	电连接器表面处理	149
22.2	接触件表面处理	151

第四篇 检 测

第 23 章	检测	153
23.1	电连接器	153
23.2	电线电缆	155
23.3	组件检验	157

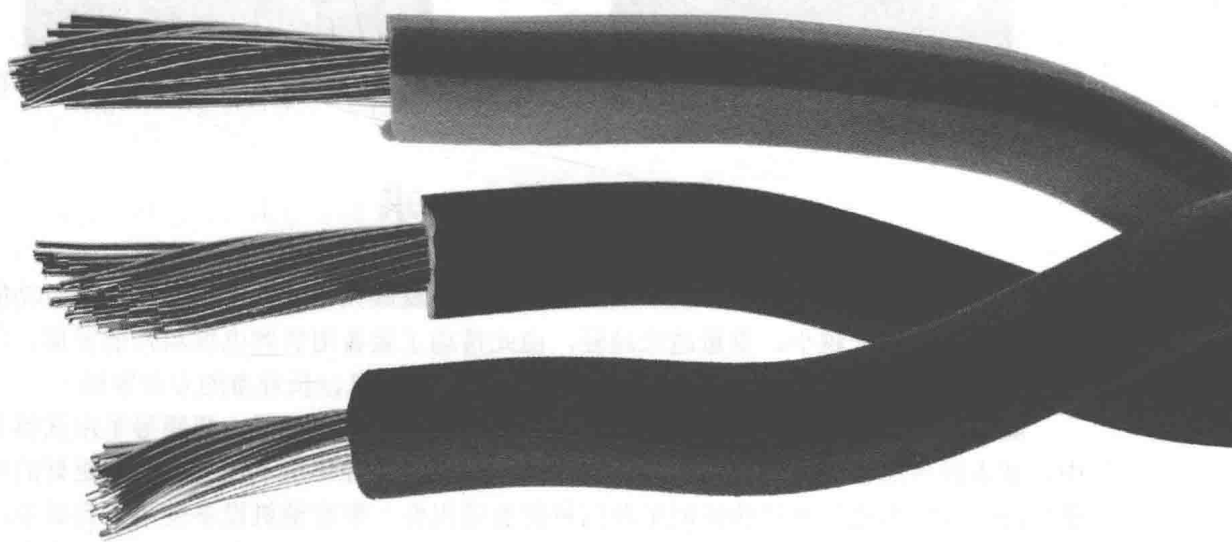
第五篇 综 述

引用文件及参考文献	162
-----------------	-----

第一篇

概 述

GAISHU



第1章 简介

1.1 用途

各类电气设备和设备之间、仪器和仪器之间，一般要通过电连接器来实现电气的连接和分离。而电连接器和设备之间、电连接器和电连接器之间一般通过导线或电缆或光缆等进行连接。装备用低频电缆组件就是将电连接器和线缆采用一定的端接方式及防护方法直接作为一体的组件产品，它在装备中电器设备与设备之间、仪器与仪器之间、通信单元之间架起沟通的桥梁，是传输低频电能、信息和实现电磁能转换功能重要的核心基础元器件，被称为电器设备、仪器、通信单元系统的“神经”和“血管”，广泛应用于航空、航天、电子、兵器、通信和舰船等领域。

装备用低频电缆组件是电子设备中不可缺少的部件，在设备内和设备外都要使用。如图 1-1 是设备外实现设备和设备之间连接用的电缆组件，图 1-2 是设备内部连接用的电缆组件。

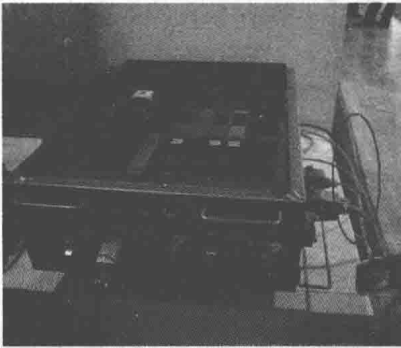


图 1-1 设备电缆组件和设备间连接用

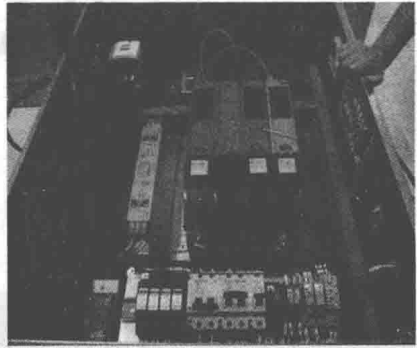


图 1-2 设备内连接用电缆组件

1.2 要求

近年来随着电子技术的不断发展，低频连接器及低频电缆结构越来越复杂、功能越来越多、外形越来越小、重量越来越轻，由此带动了装备用低频电缆组件的发展，使装备用低频电缆组件朝着集成化、小型化、标准化、高可靠、长寿命的方向发展。

随着整机使用环境不断恶劣化，特别是在航空、航天、兵器、舰艇等军用武器装备中，要求设备能在强振动冲击、高低温交变、盐雾腐蚀等环境下使用，具有更好的环境适应性。而作为电气连接传输能量和信号的电缆组件，配套整机设备使用，也必须遵从这一变化，适应发展要求。为此装备用低频电缆组件的性能要求也不断提高，要求具有较严格的制造加工和装配精度，坚固可靠的结构，并能经受高等级的试验等，对产品的

可靠性和电磁兼容性要求更高。

1.2.1 电磁兼容

装备用低频电缆组件的电磁兼容(EMC)包括两个方面要求:一方面是指设备在正常运行过程中,电缆组件中的电能和信号传递,不能对所在环境产生超过一定限值的电磁干扰;另一方面是指电缆组件中的电能和信号传递,不能受到所在环境中的电磁干扰影响,具有一定程度的抗扰度。

对于设备之间连接、进行信号和能量传输的装备用低频电缆组件来说,电连接器和线缆成为漏入和漏出电子系统的主要电磁干扰源。由于线束中传输的信号种类较多,导线之间的干扰、线束与电连接器装联中的接地处理等,任意一项没有处理好都有可能引入干扰或抗干扰能力弱,并最终影响系统设备的正常工作。随着电子技术的发展,电子设备增多,电磁频谱日趋密集,同时高低电平器件或设备大量的混合使用等因素,导致整机系统电磁环境日益恶化,电磁干扰严重影响着电子设备的正常运行。因而装备用低频电缆组件的电磁兼容性就显得更为突出,成了装备用低频电缆组件重要的特性之一。

电磁兼容设计的关键技术是对电磁干扰源的控制,从电磁干扰源处控制其电磁发射才是治本的方法。对于连接设备的装备用低频电缆组件,可在电缆组件设计时选取抗干扰的电连接器、线缆,装联时采取屏蔽防护、屏蔽接地、电连接器与线束之间“无缝”连接等工艺技术,增强电缆组件的电磁兼容性,进行干扰控制。

(1) 布线设计

对于装备机内用低频电缆组件,在设备中的布线应遵循满足系统要求前提下,电源线尽量靠近地线平行布线,布线尽可能短、成直线布置的原则,这样不仅能避免引入干扰,同时可节约线缆的使用量。

(2) 线缆选取

①尽量按实际需求选取所需芯数的线缆芯数,不在线束中预留多余的导线;

②尽量选取抗干扰能力强的线缆降低干扰。如采用屏蔽线,用金属编织网作为屏蔽层将导线包围并采用接地处理,从而可保护线路不受外界电场的影响,同时也防止导线产生的电力线向外界泄漏,成为静电感应的噪声源;如信号电缆选用带屏蔽的双绞线,信号电流在导线上流动,噪声电流在金属屏蔽层里流动,公共阻抗的耦合被消除,并且任何干扰会同时感应在两根导线上,使噪声相消。

(3) 电连接器选取

①电连接器选用金属外壳、带屏蔽的结构,壳体电阻尽可能小;

②电连接器外壳与线缆屏蔽层连接在一起;

③电连接器与线缆相匹配。如避免选用外径较大的线缆配接尾部内孔较小的电连接器,使线束无法伸入电连接器内,在线束与电连接器连接处易漏入和漏出电磁干扰。

(4) 增加防护

①导线组成线束后再在线束外穿一层金属防波套;

②根据电子设备系统对屏蔽效能的要求,尽量选用导电性能好的材料编织的防波套;

③线束与电连接器装联时,线束外穿入的防波套应与电连接器外壳和线缆的屏蔽层

连通,实现线束与电连接器“无缝”连接。

(5) 接地处理

①线束中屏蔽导线的屏蔽层和防波套应进行接地处理,屏蔽层和防波套应两端接地;需要特别注意的是,屏蔽层和防波套的接地一定要牢固,若在组装过程中接地不良,会导致电缆组件线束外加屏蔽体后,干扰变得更大。

②电缆组件在装联时线束中屏蔽线缆的屏蔽层和防波套尽量延伸到电连接器内部,屏蔽层端头尽可能靠近剥离出的芯线;但要注意必须处理好屏蔽层的端头,避免屏蔽层与导线芯线和电连接器接触件短路;

③线束内屏蔽线的屏蔽层与连接器外壳以及设备的地线连接在一起,可以提高低频电缆组件的电磁兼容性。但需要注意在某些装备系统中,设备的电源地线和信号地线是不能接在一起的,这时屏蔽层接地是指屏蔽层与连接设备的信号地线接在一起,而不是与电源地线接在一起的。

1.2.2 装联工艺

在组成装备系统的所有电子元器件中,低频电缆组件看似结构简单,一般不容易得到系统设计、工艺等有关方面的重视。但根据多年工作经验总结及市场调研统计和分析,电子设备或仪器出现的故障,90%以上都是因为连接设备或仪器的电缆组件因质量故障而导致设备工作的不正常。在电缆组件的质量故障中,因电连接器或线缆选型不当导致电缆组件出现故障的情况相对较少,大多数是因为电缆组件在组装生产过程中工艺方法存在缺陷、操作不当。

装备用低频电缆组件性能是否能达到技术指标和使用要求,产品是否可靠耐用、电磁兼容性好,电连接器和线缆、电连接器与线缆之间连接组装工艺技术是主要影响因素。目前,行业中装备用低频电缆组件的装联生产,手工操作的工序较多,如果在各工序操作中处理不当,电缆组件将出现电连接器与线缆连接处松动、电连接器与线缆连接断开、线束中导线之间短路、接地悬空、屏蔽层连接不好等问题。这些问题将使设备在使用过程中出现短路、干扰、连接瞬断等故障,严重时将导致设备不能正常工作,甚至烧毁等重大事故。

随着电子技术的不断发展,电缆组件的装联技术也不断进步。从事电缆组件装联的技术人员需要对电连接器和线缆等材料的选型、电连接器与线缆之间连接组装工艺技术进行不断研究和总结,优化装备用低频电缆组件的装联工艺,更加有效地提高电缆组件的传输可靠性,确保产品质量,为整机的可靠性设计提供支撑和技术保障。

1.3 分 类

按结构形式装备用低频电缆组件可分为“直线型”、“分支型”两种。

“直线型”电缆组件是将两个电连接器放置在电缆束左右两端连接,其结构示意图1-3。

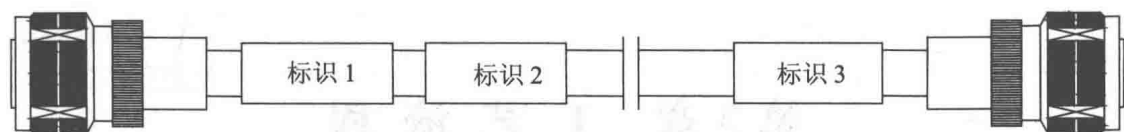


图 1-3 “直线型” 电缆组件结构示意图

“分支型” 电缆组件根据使用要求，可以是一个主头电连接器连接多个分支电连接器的结构形式，如图 1-4 的结构示意图；也可以是多个分支电连接器连接多个分支电连接器的结构形式，如图 1-5 的结构示意图。

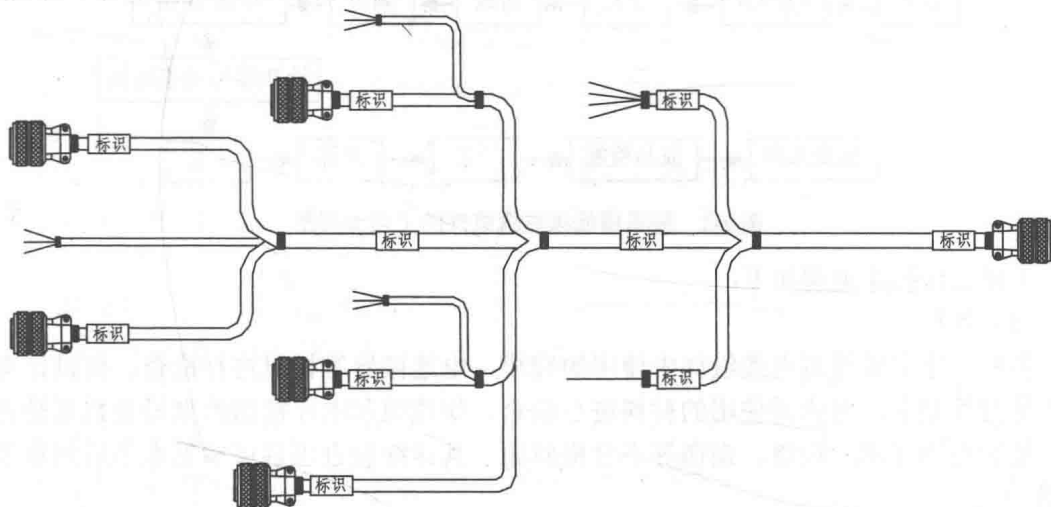


图 1-4 “分支型” 电缆组件结构示意图 1

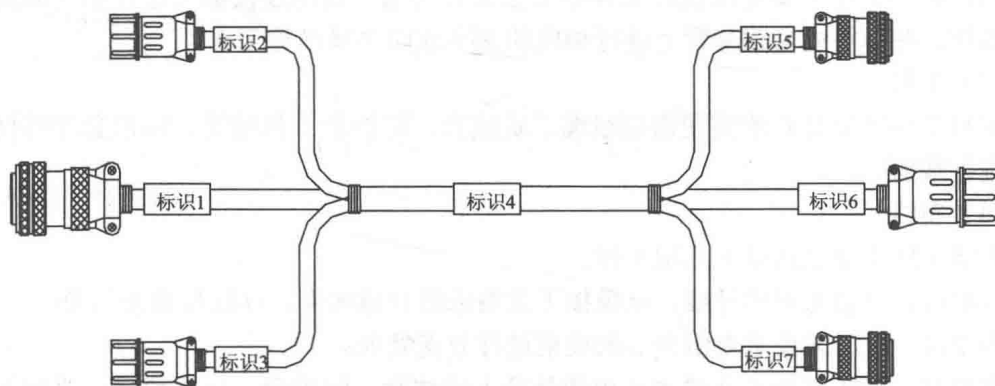


图 1-5 “分支型” 电缆组件结构示意图 2

第2章 工艺流程

装备用低频电缆组件的装联生产，主要包括剥头、焊接、压接、电连接器与线束的连接等工序，产品整个工艺流程如图 2-1。

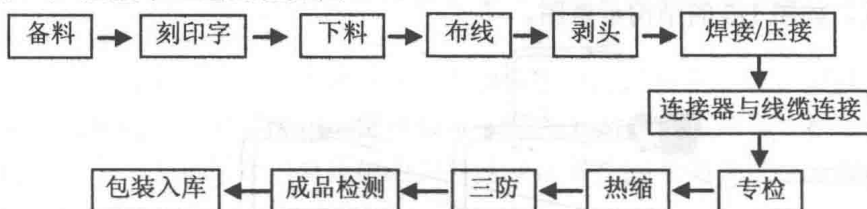


图 2-1 装备用低频电缆组件的工艺流程图

主要工序操作说明如下：

(1) 备料

备料工序主要是对电缆组件中使用的线缆、电连接器等材料进行检查。按设计文件和工艺文件要求，对所需使用的材料进行检查，如线缆和电连接器的型号及数量是否符合、是否有不导通、短路、损伤等不合格问题，其详细检查项目可参见本书后面章节的介绍。

(2) 刻、印字

刻、印字工序主要是按设计文件和工艺文件要求，在电连接器上进行相应的刻字或印字操作、在标签或标识套管上进行相应的刻字或印字操作等工作。

(3) 下料

下料工序主要是对所需使用的线缆、防波套、防护套、热缩管、标识套管等材料按要求进行裁剪。

(4) 布线

布线工序主要包括以下几项工作。

需要时，将裁剪好的导线、电缆按工艺要求组合成线束，该过程称为组缆；

需要时，按工艺要求对组合后的线束进行分支处理；

需要时，按工艺要求在线束或电缆外穿上防波套、防护套、标识套管、透明保护套管、尾部热缩管等；分支型电缆组件，还需要在分支处对防波套、防护套端头进行搭接固定处理，若有要求时还需在分支处穿上专用分支模缩套管。

(5) 剥头

剥头工序主要是按工艺要求进行电缆外护套的剥除、导线绝缘层的剥除。

(6) 焊接/压接

该工序主要是进行电连接器接触件与导线的连接。电连接器接触件端接方式为压接时，导线与接触件采用压接方式连接在一起；电连接器接触件端接方式为焊接时，导线

与接触件采用焊接方式连接在一起。

(7) 连接器与线缆的连接

该工序主要有下述工作：

线束中使用屏蔽电缆时，应对屏蔽电缆的屏蔽层端头进行接地处理；

导线与接触件采用压接方式连接在一起后，接触件按要求装入电连接器安装板内；

线束外穿入的防波套，要进行端头处理和接地处理；

电连接器内部装入的线束捆扎处理；电连接器尾部附件与电缆屏蔽层和防波套的连接处理；

防护套端头处理；需要时还有电连接器与线缆连接处的灌胶、注塑等处理；

分支处和电连接器与线缆连接处的注塑处理、线束外标识处理等工作。

(8) 热缩

热缩工序主要是对线束上穿入的热缩标识套管和透明保护套管进行热缩处理，对电连接器尾部热缩套管进行热缩处理，对分支处的模缩套管进行热缩处理等。

(9) 三防

三防工序主要是在电连接器的金属外壳上涂覆一层“三防漆”增强保护，在电连接器的接触件上涂覆电接点保护剂。

(10) 检测

检测工序主要是对组装制作完成后的成品电缆组件进行合格检测，包括外观检查、电气性能检测。外观检查主要有电连接器和线缆外观检查、型号与工艺文件相符性检查，组件长度相符检查，标识内容、外观检查，装配后电连接器是否满足要求检查，是否按要求进行三防处理及处理效果是否满足要求检查等；电气性能检测主要有导通性检测、绝缘电阻检测、耐压检测等项目。

(11) 包装入库

包装工序主要将检验合格的电缆组件成品按设计文件和工艺文件要求进行包装、入库。

本书后续章节将针对装备用低频电缆组件装联制作过程中使用的主要原材料以及主要工序的制作方法和要求进行重点介绍。

第3章 工具设备

在装备用低频电缆组件的装联生产中，需要使用生产设备、工具和仪器仪表进行生产制作的辅助。常用的生产设备及工具主要有标识打印机、激光刻字机、电脑下线机、热剥器、调温电烙铁、剪刀、斜口钳、卷尺、开缆刀、剥线钳、钢片尺、压接钳、起子（梅花、平口）、尖嘴钳、镊子、扳手、压接工具钳、热风枪、毛刷、天平、注塑机等，表 3-1 中列举了常用生产设备的用途。

表 3-1 常用生产设备表

序号	设备名称	用途
1	打印设备	在标识套管上打印字
2	刻字设备	电连接器上刻字、标签上刻字、标识管上刻字
3	裁线设备	电缆和导线裁剪（含电缆护套剥头）
4	裁管设备	热缩套管等绝缘套管的成段裁剪
5	剥头设备	电缆护套、导线绝缘层的剥除
6	焊接设备	导线与导线焊接连接、导线与接触件焊接连接
7	压接设备	导线与接触件压接连接、电连接器尾部附件与线缆连接
8	灌胶设备	电连接器与线缆连接处灌胶固定
9	注塑设备	电连接器与线缆连接处注塑固定、分支点注塑固定

装备用低频电缆组件在装联生产中，还需要进行性能指标的检测，常用的检测器具和仪器表见表 3-2。

表 3-2 常用检测仪器

序号	设备名称	用途
1	卷尺	组件长度测量
2	钢片尺	导线剥头长度的测量
3	拉力计	接触件与导线的压接可靠性测试
4	电压表	接触件与导线的压接可靠性测试
5	恒流源	接触件与导线的压接可靠性测试
6	低阻表	接触件与导线的连接后接触电阻测试
7	通断测试仪	电路导通性测试
8	绝缘电阻测试仪	各芯线之间、芯线与屏蔽层之间、芯线与电连接器外壳之间的绝缘电阻测试
9	耐压测试仪	各电路对电连接器外壳、屏蔽层之间和所有断开电缆之间的绝缘强度测试