

7603

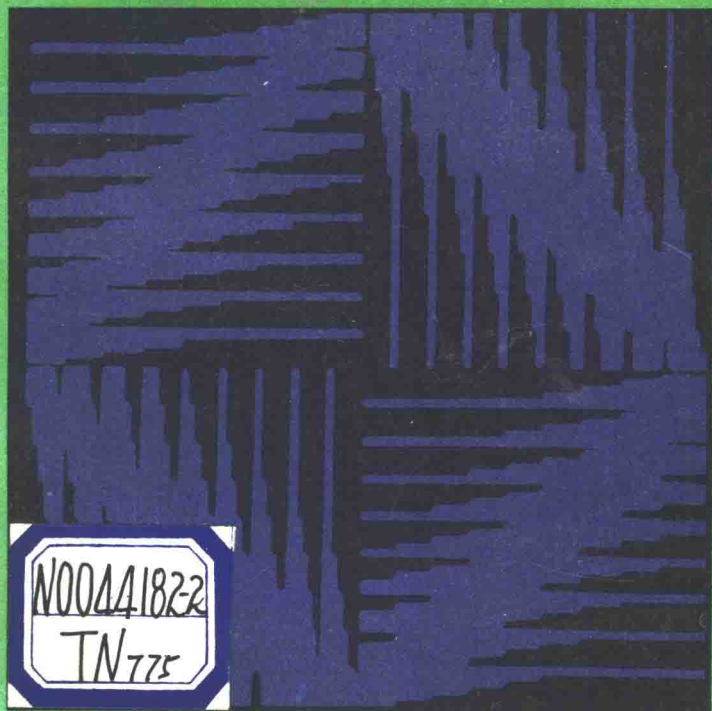
● 电子工业工人技术等级培训教材

● (电子整机专业教材)

光电线缆制造技术

● 王家祥 主 编

● 徐鲤庭 主 审



电子工业出版社

电子工业工人技术等级培训教材

(电子整机专业教材)

光电线缆制造技术

王家祥 主编

徐鲤庭 主审

电子工业出版社

(京)新登字 055 号

内 容 提 要

本书介绍了近年来飞速发展起来的高精光纤光缆的制造技术;不仅对容量大、体积小、重量轻的一代新兴的光纤光缆通信线材的设计和制造作了介绍,同时也对电子线缆所具有弱电流、高频率、小截面、薄绝缘层的制造技术及设计要求作了深入浅出的介绍;具有较强的实用性;可使从事光纤光缆和电子线缆生产的技术工人掌握光纤光缆和电子线缆的基础知识及其制造技术和生产设备的操作和维护。本书也适用于从事线缆生产的专业人员及大、中专学生和供销人员阅读。

电子工业工人技术等级培训教材

(电子整机专业教材)

光电线缆制造技术

王家祥 主编

徐鲤庭 主审

责任编辑 祖振升

*

电子工业出版社出版

北京市海淀区万寿路173信箱 (100036)

电子工业出版社发行 各地新华书店经销

北京国马印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米1/16 印张: 21.75 字数: 560千字

1995年3月第一版 1995年3月北京第一次印刷

印数: 2000册 定价: 22.80元

ISBN7-5053-2637-6/TN·775

出版说明

为了适应电子科学技术飞速发展,提高电子工业技术工人素质,劳动部与电子工业部颁发了《电子工业工人技术等级标准》。根据新标准,电子工业部组织有关省市电子工业主管部门和企事业单位有关人员成立了“电子整机专业”,“家用电子产品维修专业”,“真空电子器件、接插件、继电器、绝缘介质专业”,“半导体器件及集成电路专业”,“计算机专业”,“磁性材料、电池专业”,“电子元件专业”共七个工人技术培训教材编审委员会。制定了19个专业、311个工种的教学计划、教学大纲。并根据计划大纲的要求,制定了1993~1995年培训教材编审出版规划。列入规划的教材78种和相应的教学录像带若干种。

这套教材的编写是按“技术工人要按岗位要求开展技术等级培训”的要求,以文化课为专业课服务,专业课为提高工人实际操作和分析解决生产实际问题的能力服务为原则。教材既注重了电子工业技术工人要有一定专业理论知识的要求,又克服了以往工人培训教材片面强调理论的倾向;既保证了必要的知识传授,又强调了技能培训和解决生产实际问题能力的培养。

这套教材在认真研究了311个工种的共性基础知识要求的基础上,编写了八种统编教材,供311个工种工人进行基础知识培训时选用;并以19个专业为基础,根据每个专业共性的专业知识、专业技能编写了70种教材供311个工种工人进行专业知识、专业技能培训时使用。

每种教材在反映初、中、高三级技术工人培训的不同要求的基础上,注意了基础知识、专业知识、专业技能培训的系统性。因此,多数教材是初、中、高三级合在一起的,更好地体现由浅入深、由低及高的教学规律。

在教材编写上,针对工人培训的特点,突出教材的实用性、针对性,力求文字简练、通俗易懂、内容上紧密结合教学大纲要求,在讲授理论知识的同时还注意了对生产工艺和操作技能的要求,使教师易于施教,工人便于理解和操作。知识性强的教材,每章后配有练习题和思考题,以便巩固应掌握的知识。技能性强的教材,配有适当的技能训练课目,以便提高工人操作技能。在有关工艺和设备的教材中,主要介绍了通用性较强的内容和典型产品、设备,对于使用这类教材的工厂企业,由于各自的产品、设备不同可自编相应的补充讲义与教材结合起来进行培训。另外,为适应技术发展、工艺改革、设备更新的需要,这套教材在编写中还注意了新技术、新工艺、新设备及其发展趋势,以拓宽工人的知识面。

参加这套教材编审工作的有北京、天津、上海、江苏、陕西五省市电子工业主管部门和河北、河南、山东、山西、辽宁、江西、四川、广东、湖南、湖北等十个省市的有关单位的专家、技术人员、教师等。在此谨向为此付出艰辛劳动的全体编审人员和各地、各单位支持这项工作的领导表示衷心感谢。

由于电子工业的迅速发展,这套教材的涉及面广、实用性强,加之编写时间仓促,教材中肯定有不妥之处,恳请使用单位提出宝贵意见,以便进一步修订,使之更加完善。

电子工业部

1993年7月

电子整机专业教材编审委员会

主 任 沈权清

副主任 赵学信 张秉文 李宝才 韩卫东
戴恩虎

秘书长 吴长庚

秘 书 杨 婧

委 员	施永台	范传立	施祖恩	钟 材
	刘克信	孟庆林	许建寅	陈文江
	余百强	李昌国	杨立臣	徐士佐
	任帜烈	陈申甫	刘学山	王佐明
	田玉玲	汪根源	林克聪	孙蔚晴
	张卫国	尹自由	苏万清	顾永福
	贾秉权	冯学敬	刘 开	韩智恒
	贾海勇	蔡陵钦	胡东水	刘洪富

编者说明

《光电线缆制造技术》一书是依据电子工业部教育司要开拓技术工人的技术知识面,做到一专多能的要求,为配合技术工人等级标准中的有关技术培训工作的要求而编写的一本培训教材。

本书为适应光纤光缆和电子线缆制造的要求,介绍了近年来飞速发展起来的高精光纤光缆的制造技术,不仅对容量大,体积小,重量轻的一代新兴的光纤光缆通信线材的设计和制造作了介绍,同时也对电子线缆所具有弱电流、高频率、小截面、薄绝缘的制造技术及设计要求作了深入浅出的介绍,使从事光纤光缆和电子线缆生产的技术工人掌握光纤光缆和电子线缆的基础知识、了解光电线缆的行业特点和技术特点、产品的主要用途、产品型谱的命名方法、从而了解光电线缆产品所涉及到的主要原材料的特点、种类,以及如何用专业加工设备对其主要生产工序进行加工和生产。

本书编者力图结合国内企业现有设备的实际情况,结合编者多年来从事光电线缆设计和制作的生产实践,系统地介绍光电线缆的制作要点和设计要点,可帮助从事线缆生产的专业人员了解产品性能,质量要求以及操作和维护设备的规程,不但适用于技术工人的培训,也适用于从事线缆专业生产的专业人员及大、中专学生和供销人员阅读。

本书第一章至第六章、第八章、第十一章、第十三章、第十四章由王家祥高级工程师编写,第七章由侯建明工程师编写,第九章由李金平工程师编写。第十章由郭金星工程师编写,第十二章由杨宇工程师编写。其中,钱琳工程师参加了第八章的编写,林建工程师参加了第十三章的编写。全书由王家祥主编并统稿。

本书经徐鲤庭高级工程师主审;刘开工程师,贾海勇工程师,刘洪富同志为本书的出版做了大量的工作,编者在此一并表示感谢。

鉴于编者水平有限,不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

1993. 12

目 录

第一章 光电线缆概论	(1)
第一节 光电线缆主要性能要求	(1)
第二节 光电线缆的分类	(2)
第三节 裸线类	(3)
第四节 电气装备用电线电缆	(4)
第五节 通信电缆	(8)
第六节 射频电缆	(11)
第七节 野战电缆	(14)
第八节 信号电缆和控制电缆	(16)
第九节 计算机用电缆	(18)
第十节 特种线缆	(19)
第十一节 光纤光缆	(19)
第二章 光电线缆用金属材料及其性能	(22)
第一节 光电线缆常用金属材料	(22)
第二节 金属材料常用名词及其物理意义	(23)
第三节 主要金属元素的基本性能	(25)
第四节 导体镀层用金属材料及其性能	(30)
第三章 光电线缆常用的绝缘、护层材料及其性能	(32)
第一节 常用的塑料品种及性能	(32)
第二节 常用塑料的介绍	(35)
第三节 涂层、包带及屏蔽材料	(41)
第四章 光电线缆一般结构计算	(43)
第一节 产品材料重量计算公式	(43)
第二节 束绞线及有关束绞线的几个基本参数	(44)
第三节 普通绞线、组合绞线、束绞线和复合绞线	(46)
第四节 绝缘层结构计算	(50)
第五节 保护层结构计算	(55)
第五章 通信电缆设计的主要参数及电性能计算	(57)
第一节 概 述	(57)
第二节 通信电缆的等效电路	(58)
第三节 均匀传输线方程简介	(59)
第四节 对称通信电缆传输一次参数的计算	(62)
第五节 同轴通信电缆一次电气参数的计算	(69)
第六节 对称电缆及同轴电缆传输二次参数的计算	(71)
第七节 串音及交叉平衡	(75)
第八节 通信电缆的屏蔽	(78)
第九节 波阻抗不均匀性	(80)
第十节 通信电缆的基本电性能试验	(84)

第十一节 通信电缆设计要点	(85)
第六章 光纤和光缆基础知识	(87)
第一节 光通信的基本原理	(87)
第二节 光通信和其他传输介质优缺点的比较	(88)
第三节 光纤种类及光的传播理论	(92)
第四节 光纤的损耗	(95)
第五节 光纤的色散	(96)
第六节 光纤及光缆设计的基本要点	(98)
第七章 制模工艺及技术	(102)
第一节 拉线模的种类及型号	(102)
第二节 拉线模孔结构及各区域名称和作用	(103)
第三节 拉线模孔质量与拉伸的关系	(105)
第四节 拉线模模坯材料性质及其镶套工艺	(106)
第五节 拉线模加工要点	(111)
第六节 拉线模的技术要求和检验方法	(112)
第七节 磨料的种类及其使用要点	(114)
第八节 拉线模的使用寿命及修复	(115)
第九节 线模制造的新材料、新工艺介绍	(116)
第八章 拉线工艺及技术	(119)
第一节 线材拉制的特点	(119)
第二节 线材拉伸原理及影响线材拉伸的因素	(119)
第三节 拉线机的分类及拉伸特点	(123)
第四节 拉线机的传动系统	(128)
第五节 拉线辅助设备	(131)
第六节 拉线配模及其拉伸力的测试和计算	(135)
第七节 润滑剂对拉线的影响及其润滑作用	(140)
第八节 润滑剂的配制、使用和化验	(143)
第九节 黑杆酸洗及无氧铜杆的使用	(144)
第十节 初炼工艺及设备	(145)
第十一节 拉线操作规程	(151)
第十二节 拉线工序废品产生的原因及解决办法	(151)
第九章 绞制工艺及技术	(154)
第一节 光电线缆用束绞线设备及其使用	(154)
第二节 束绞线工艺	(157)
第三节 束绞线节距、外径、进线角度及其张力控制方法	(160)
第四节 成缆机介绍	(165)
第五节 成缆工艺及模具、盘具的选择	(169)
第六节 绞制产品的质量控制	(171)
第十章 混塑工艺及技术	(175)
第一节 光电线缆用聚氯乙烯塑料的组成	(175)
第二节 光电线缆用聚乙烯塑料的组成	(187)
第三节 塑料配方及性能测试	(189)
第四节 原材料处理及配料	(196)

第五节	捏合	(200)
第六节	塑炼	(204)
第七节	切粒与成袋	(213)
第八节	联合连续混塑技术	(215)
第十一章	挤塑工艺及技术	(219)
第一节	塑料挤压原理	(219)
第二节	挤塑机的基本构造和特征	(221)
第三节	挤塑工艺参数	(225)
第四节	挤塑机的模具设计	(228)
第五节	泡沫塑料电缆及其挤塑工艺	(230)
第六节	挤塑排胶量与螺杆特性曲线的关系	(233)
第七节	氟塑料挤塑工艺	(234)
第八节	火花检验	(240)
第九节	挤塑产品直径测量和控制	(243)
第十节	挤塑工序的质量要求及常见质量疵病的预防措施	(244)
第十一节	几种先进的挤塑机介绍	(246)
第十二章	编织工艺	(248)
第一节	编织材料概述	(248)
第二节	编织材料的技术要求及性能	(250)
第三节	编织材料的一般检验试验方法	(254)
第四节	编织设备	(257)
第五节	编织工艺	(260)
第十三章	电镀工艺	(266)
第一节	电镀基本装置及电镀液的基本构成	(266)
第二节	溶液的配制及调整	(271)
第三节	线材的镀前预处理	(274)
第四节	镀锡(含热镀)工艺	(277)
第五节	镀银工艺简介	(280)
第六节	镀铜工艺简介	(283)
第七节	镀镍工艺简介	(284)
第八节	合金电镀工艺简介	(286)
第九节	镀层质量的检验	(288)
第十节	电镀液的槽液分析	(291)
第十一节	环境污染的保护及其预防	(293)
第十二节	线材镀层常见的质量问题及解决方法	(294)
第十四章	光纤和光缆制造技术	(296)
第一节	光纤材料及其提纯	(296)
第二节	光纤预制棒的熔炼工艺	(298)
第三节	光纤的拉制和一次涂覆	(301)
第四节	光纤的筛选和着色	(307)
第五节	光纤的二次被覆	(309)
第六节	光缆结构及工艺要点	(312)
第七节	光缆的附加损耗	(320)

第八节 光缆的成缆和护套挤出工序	(322)
第九节 光缆的防潮材料	(323)
第十节 光缆的接续	(326)
第十一节 光缆的机械性能及其试验	(328)
第十二节 光纤光缆常见的质量疵病及其采取的措施	(334)

第一章 光电线缆概论

第一节 光电线缆主要性能要求

电线电缆是用以传输电力、传递信息和实现电磁能量转换的一大类电工线材产品。凡是生产和应用电能的情况一般都离不开电线电缆。电线电缆，犹如人体之血管和神经系统，随着四化建设的实施，改革开放的需要，在国民经济和国防建设中将发挥日益巨大的作用。

一般来说，电线电缆也如大多数电气产品一样，可分为强电类和弱电类，主要可分为三个大类产品。

电 线 电 缆	{	强电类——送配电用电力电缆
		弱电类 { 光电线缆（通信和电子设备用） 电磁线

光电线缆是光纤光缆与电子线缆的总称，主要含通信用线缆和电气装备用线缆，前者主要是传输音频及音频以上各种电讯信息用的电线电缆产品，包括市内电话电缆，程控电话电缆，长途通信电线，电话设备用电缆以及各种通信线。光纤光缆是近年发展起来的新的技术产品；是以石英、塑料为基材，以光传输信息；具有容量大、体积小、重量轻等优点，从90年代起已逐步替代长途通信同轴电缆。

电气装备用的电线电缆，是从配电站把电能直接传送到各种用电设备、器具的电源连接线路用的线缆，各种电气装备中的安装线、安装电缆和信号控制电缆均属于这一类产品。此类产品使用面广、品种繁多，而且大多数要结合所用装备的特性和使用环境条件来确定产品的结构、性能。产品除通用的绝缘电线外，还包含安装线、安装电缆、信号控制电缆、计算机用电缆、无线电装置用线、探测用电缆及野外工作用的电线电缆等等品种。

一般说来，电子线缆不同于传输强电类的电力电缆，它具有弱电流、高频率、小截面、薄绝缘等特点，以满足迅速发展的高科技电子产品在不同频率下有不同特性要求的专用线材。

光电线缆产品应用的场合十分广泛，对其性能的要求也是多方面的，从整体来看，主要性能要求可综合为以下几项：

一、电 性 能

导电性能——大多数产品要求有良好的导电性能，要求产品有一定电阻阻值。

电绝缘性能——对产品的绝缘电阻、介电系数、介质损耗、耐电压特性有一定的要求。

传输性能——要求产品有一定的高频传输特性、防干扰特性以及信号延时传输特性等。对光纤光缆产品则要求有一定的传输带宽和色散，以及单位长度损耗的要求。

二、机械性能

机械性能是指产品的抗拉强度、伸长率、弯曲性、柔软性、耐振动性、耐磨性以及产品的耐机械冲击等方面的性能。

三、热性能

热性能是指产品的耐温等级、工作温度、产品的过载能力、合成材料的热变形性和耐热冲击的能力、以及材料的热膨胀性。

四、耐腐蚀和耐气候性能

耐磨蚀和耐气候性能是指产品耐电化腐蚀、生物和细菌的侵蚀，耐化学药品如酸、碱、油、化学溶剂等物品的侵蚀，以及耐盐雾、耐光、耐寒以及产品的防潮特性。

五、老化性能

老化性能是指产品在机械应力、辐照作用、热应力以及其他各种外加因素的作用下或外界气候条件的作用下，产品及其组成材料能保持其原有性能的能力。

六、其他性能

产品表面的硬度、高分子材料的相容性以及某些特殊使用性，如产品的阻燃性（不延燃性）耐鼠咬、耐原子辐射等等性能也是一些光电线缆产品的技术要求。

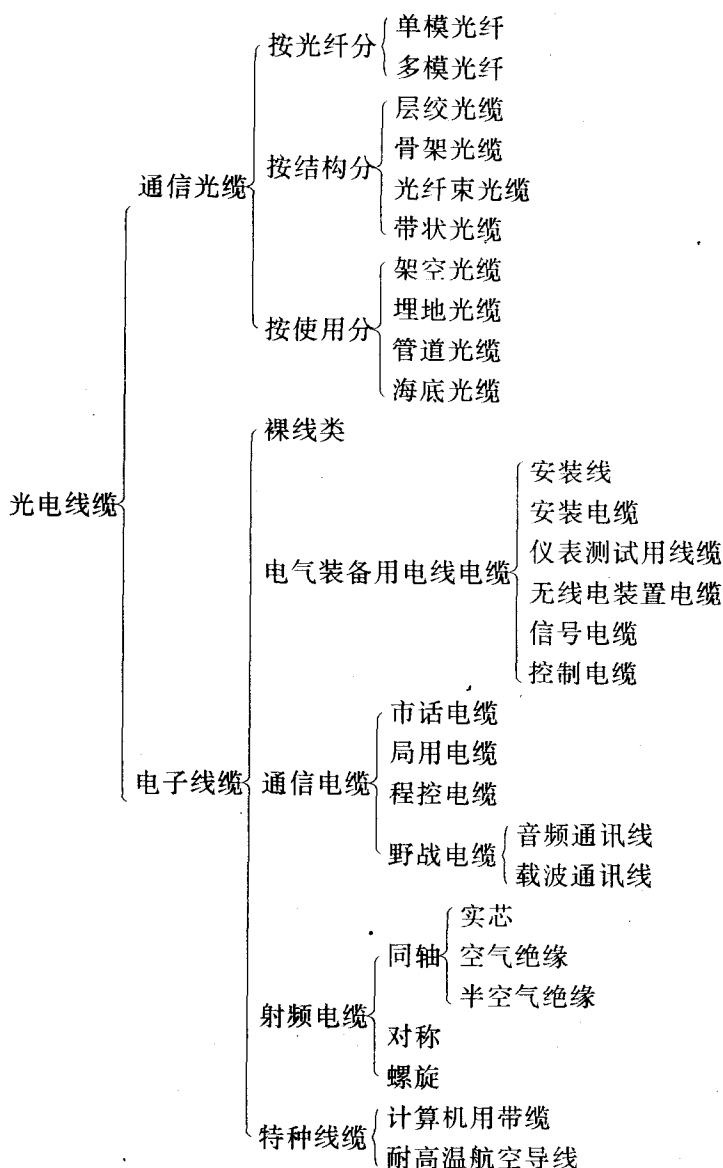
综上所述，光电线缆产品使用面极广，产品技术要求繁多，在产品设计时，除深入研究产品的使用要求和使用环境要求外，还要考虑选择最佳的产品加工工艺并进行严格的工艺管理，才能生产优质产品。

光电线缆产品属于大长度的产品，其生产过程连续性强，因此既要合理地设计产品生产流程，进行合理的工艺布置，以使产品各工序生产计划协调、同时在生产中加强对在制品、半成品的中间质量控制、加强工艺监督，使产品处于受控状态，是确保产品质量、减少浪费，提高劳动生产率的重要途径。

本课程的目的是使从事光电线缆生产的技术工人掌握光电线缆的基础知识，了解电子线缆和光纤光缆的行业特点，产品的主要用途，产品型谱的命名原则；同时了解光电线缆产品所涉及到的主要原材料的特性、种类，以及如何使用光电线缆专业加工设备对其主要工序进行加工、生产，从而在提高技术工人理论水平的同时，提高其专业加工技术水平。

第二节 光电线缆的分类

光电线缆品种繁多，按其用途不同，主要分类如下：



第三节 裸 线 类

一、产 品 概 况

裸电线和裸导体制品是电子线缆中的一大类基本产品，如圆单线、铜、铝绞线、扁线，是提供线缆作线芯用的，它也可在电机、电器、变压器等装备中作构件使用。裸电线产品的特点是仅有导体部分，没有绝缘和护层结构，因此命名为裸电线或裸导体制品。

按裸电线的产品形状和结构可分为四个主要品种，即圆单线、裸绞线、软接线和型线。其中圆单线和裸绞线主要为构成各种电子线缆的半成品；软接线为柔软的铜绞线和裸绞线或各种类型的编织线，供各种要求柔软连接场合的电气设备使用，如天线等等；型线基本上是非

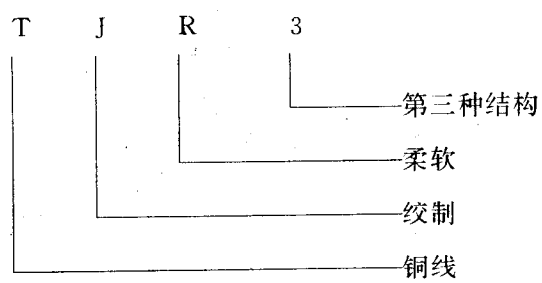
圆形截面的裸电线和裸导体制品。电子线缆产品主要使用铜导体，但由于铝比重轻、资源丰富、价格低廉，近年来在某些产品上也有所应用。

二、裸电线产品型号的编制及其字母涵义

汉语拼音字母在裸电线类产品型号中排列次序及表示的涵义，一般遵循下列规则：

类别、用途 (或以导体区分)	特 征			派 生
	形 状	加 工	软、硬	
T——铜线 L——铝线 T——天线 M——母线 C——电车用 ……等	Y——圆形 G——沟形	J——绞制 X——镀锡	R——柔软 Y——硬 F——防腐 G——钢芯	A 或 1——第一种 B 或 2——第二种 3——第三种

例如



第四节 电气装备用电线电缆

一、概 况

电气装备用线缆是电子线缆中使用范围最广、品种最多的一大类产品。该类产品是将电能直接传送到各种用电设备，或器具或电源连接线路用的电线电缆。各种电气装备内部的安装线以及电子工业仪表用线缆均属于该类产品。电气装备用线缆在工业、农业、交通运输业、医药卫生以及家电工业等各个领域中被广泛采用。

由于这类产品涉及面广，在大类中又设立了各种通用系列的产品，以满足一般环境和绝大多数使用条件的需求。随着工农业的发展，针对许多特殊的使用环境，又设计和生产了多种专用产品，当专用产品发展到一定的阶段和生产规模，伴随标准化、系列化、通用化工作的开展，其中某些品种又会转化成相应的通用产品。目前，该大类产品的主要品种有：

- 1. 通用型的电线电缆（安装线及安装电缆）
- 2. 仪表测试用线缆
- 3. 无线电装置电缆

4. 信号电缆

5. 控制电缆

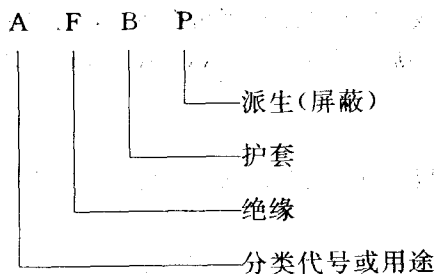
由于电气装备用电线电缆是直接与电子工业中各种设备、器材连接或在内部架设，对其性能的要求是多方面的，这些性能要求又与使用环境、使用条件密切相关，故对该类产品性能要求与使用条件之间关系的研究，以及对测试方法的探讨，是这类产品求得发展的重要任务。

二、电气装备用电线电缆型号编制方法

(一) 型号字母代号及代表意义

分类代号或用途		绝 缘		护 套		派 生	
符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义
A	安装线缆	V	聚氯乙烯	V	聚氯乙烯	P	屏蔽
B	布电线	F	氟塑料	H	橡胶套	R	软
F	飞机用低压线	Y	聚乙烯	B	编织套	S	双绞
Y	一般工业移动电器用线	X	橡皮	L	腊克	B	平行
T	天线	ST	天然丝	N	尼龙套	D	带形
HR	电话配线	SE	双丝包	SK	尼龙丝	T	特种
HP	配线	VZ	阻燃聚氯乙烯	VZ	阻燃聚氯乙烯	P ₁	缠绕屏蔽
I	电影用电缆	R	辐照聚乙烯				
SB	无线电装置用电缆	B	聚丙烯				

例如：耐高温薄膜安装线型谱说明



(二) 典型产品介绍

布电线类

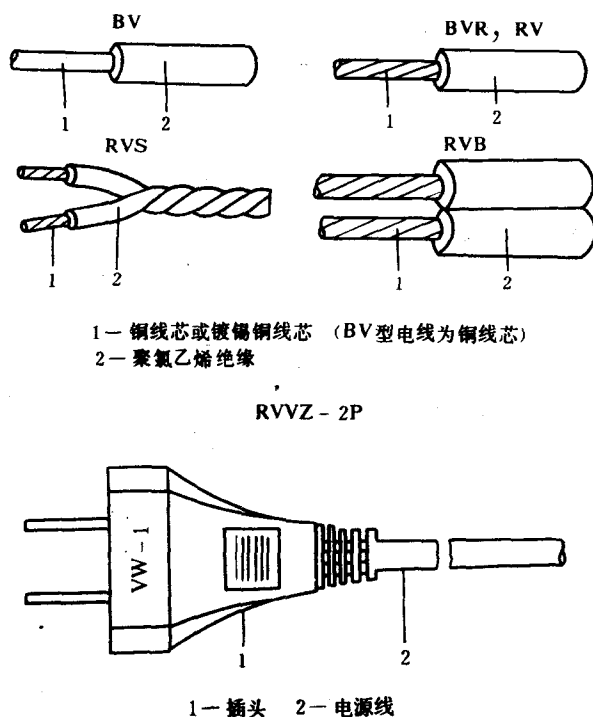


图 1-1 布电线结构示意图

通用类产品中的布电线及电源线，其结构较简单，通常是在导电线芯上、挤包一层绝缘层，有的再加上一层护套，常用的聚氯乙烯绝缘电线如型号为 BV、BVR、RV、RVB、RVS、RVVZ-2P 产品均属此类。

仪器仪表设备用线

仪器仪表设备用电线，形状和结构因用途而异，有单根、双绞、平行之分。其绝缘材料有聚氯乙烯、聚四氟乙烯薄膜等多种，如 AV、ASTVRP, RJV, ARDV 系列及 AF-200, AF-250 均属此类。

安装电缆

多芯安装电缆主要用于电信设备之间的连接，如 AVV, AVPV, AVP-55 型均属此类产品。

无线电装置用电缆

无线电装置用电缆为连接电源和无线电装置设备用，典型产品有 SBH 类，为无线电装置用橡皮绝缘橡胶套电缆，SBHP 为无线电装置用橡皮绝缘橡胶套屏蔽电缆，工作电压有交流 250V、500V、3000V 等三种，一般在环境温度为 $-45 \sim +50^{\circ}\text{C}$ 的条件下使用。

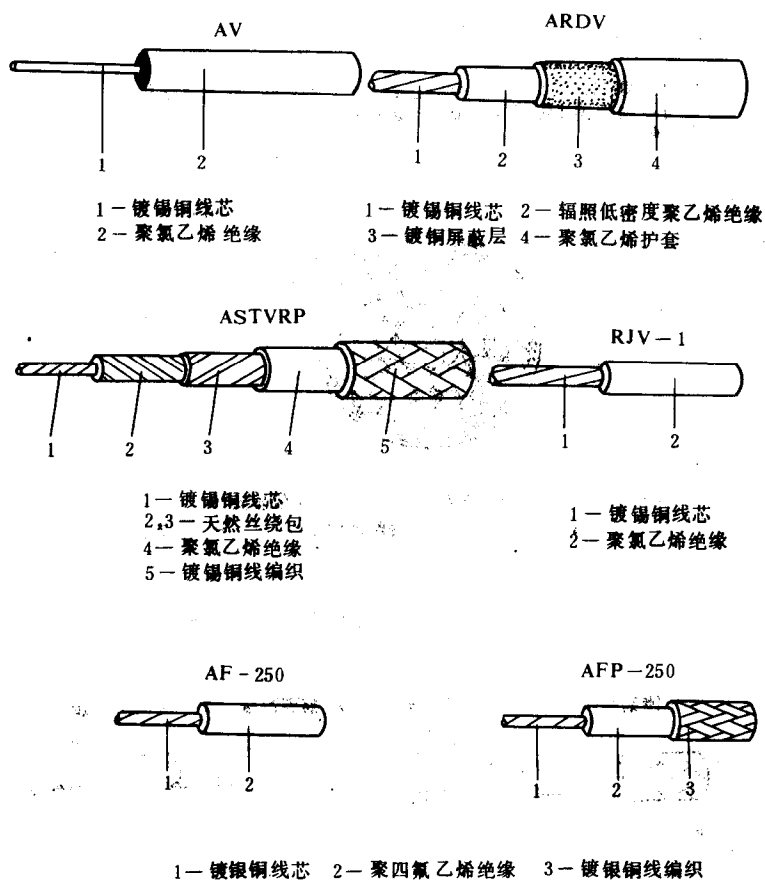


图 1-2 仪器仪表设备用线材