

电线电缆手册

3

上海电缆研究所

中国电器工业协会电线电缆分会 组编

中国电工技术学会电线电缆专业委员会

张秀松 主编



电线电缆手册

第3册

第3版

上海电缆研究所

中国电器工业协会电线电缆分会

中国电工技术学会电线电缆专业委员会

组 编

张秀松

主 编



机械工业出版社

《电线电缆手册》第3版共分四册,汇集了电线电缆产品设计、生产和使用中所需的有关技术资料。

本书为第3册,根据电线电缆组成的材料特性,共分为四篇,包括金属及导电材料,纸、纤维、带材、电磁线漆、油料、涂料,塑料,橡胶和橡皮,内容包括品种、组成(配方)、性能、成型工艺、技术指标、试验方法及测试设备等。

本书可供电线电缆的生产、科研、设计、商贸以及应用部门与机构的工程技术人员使用,也可供大专院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电线电缆手册. 第3册/上海电缆研究所,中国电器工业协会电线电缆分会,中国电工技术学会电线电缆专业委员会组编;张秀松主编. —3版.
—北京:机械工业出版社,2017.8
ISBN 978-7-111-57398-2

I. ①电… II. ①上… ②中… ③中… ④张… III. ①电线-手册
②电缆-手册 IV. ①TM246-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第149007号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:付承桂 责任编辑:章承林等

责任校对:张晓蓉 刘志文 封面设计:鞠杨

责任印制:常天培

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2017年8月第3版第1次印刷

184mm×260mm·39.75印张·3插页·1304千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-57398-2

定价:180.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066 机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294 机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203 金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

《电线电缆手册》第3版 编写委员会

主任委员：魏 东

副主任委员：毛庆传

委 员：（排名不分先后）

第1册 主编 毛庆传

郑立桥 鲍煜昭 高 欢 谢书鸿 江 斌
姜正权 刘 涛 周 彬

第2册 主编 吴长顺

陈沛云 周 雁 王怡瑶 黄淑贞 李 斌
房权生 孙 萍

第3册 主编 张秀松

张举位 汪传斌 唐崇健 孙正华 朱爱荣
杜 青 吴 畏 庞玉春 单永东 项 健

第4册 主编 魏 东

姜 芸 蔡 钧 张永隆 徐 操 刘 健
蒋晓娟 柯德刚 于 晶 张 荣

编写委员会秘书：倪娜杰

总 前 言

《电线电缆手册》是我国电线电缆行业和众多材料、设备及用户行业的长期技术创新、技术积累及经验总结的提炼、集成与系统汇总，更是几代电缆人的智慧与知识的结晶。本手册自问世以来，为促进我国电线电缆工业的发展、服务国家经济建设产生了重要影响，也为指导行业技术进步和培养行业技术人员发挥了重要作用。本手册已经成为电线电缆制造行业及其用户系统广大科技人员的一部重要的专业工具书。

《电线电缆手册》第2版自定稿投入印刷至今已近20年了。近20年来，随着时代的进步、科学技术的飞速发展以及全球经济一体化的快速推进，世界电线电缆工业的产品制造及其应用发生了很大变化，我国的线缆工业更是发生了翻天覆地的变化，新技术迅猛发展、新材料层出不穷、新产品不断开发、新应用遍地开花、新标准持续涌现、新需求强劲牵引……在电线电缆制造与应用方面，我国已成为全球制造和应用大国，在工业技术及应用上与发达国家的距离也大大缩小，在一些技术和产品领域已经跻身于国际先进行列。

为了总结、汇集和展示线缆新技术、新产品、新应用和新标准，同时为了方便和服务于线缆制造业及用户系统广大科技人员的查阅、学习、参考及应用，由上海电缆研究所、中国电器工业协会电线电缆分会、中国电工技术学会电线电缆专业委员会联合组成编写委员会，在《电线电缆手册》第2版基础上进行修订编写，形成《电线电缆手册》第3版。新版内容主要是以新技术为引导，以方便实用为目的，增加新技术、新产品和新应用介绍，同时适当删除过时、落后的技术及产品。这是一项服务行业、惠及社会的公益性工作，也是一项工作量繁杂浩大的系统工程。

为了更好地编写新版《电线电缆手册》，由上海电缆研究所作为主要负责方，联合行业协会及专业学会共同组织，邀请行业主要企业及用户的相关专家组成编写委员会，汇集行业之智慧、知识、经验等各项技术资源，在组编方的统一组织策划下，在各相关企业及广大科技人员的大力支持下，经过编委会成员的共同努力，胜利完成了手册第3版的编写工作。在此，谨向为本手册编写做出贡献的各位专家及科技人员以及所在的企业、机构表示深深的谢意。同时，特别感谢上海电缆研究所及其各级领导和科技人员给予的人力、智力、物力及财力的大力支持。可以说，本手册的编写成功是线缆行业共同努力的结果，行业的发展是不会忘记众多参与者为手册编写做出的贡献的。

《电线电缆手册》第2版分为三册，即电线电缆产品、线缆材料和附件与安装各为一册。鉴于近20年线缆产品发展迅速，品种增加很多，因而，将第1册的线缆产品分为两册，从而使《电线电缆手册》第3版共分成四册出版，具体内容包括：

第1册：裸电线与导体制品、绕组线、通信电缆与电子线缆以及光纤光缆四大类产品的品种、用途、规格、设计计算、技术指标、试验方法及测试设备等。

第2册：电力电缆和电气装备用线缆产品的品种、规格、性能与技术指标、设计计算、性能试验与测试设备等。

第3册：电线电缆和光缆所用材料的品种、组成、用途、性能、技术要求以及有关性能的检测方法。材料包括金属、纸、纤维、带材、电磁线漆、油料、涂料、塑料、橡胶和橡皮等。

第4册：电力用裸线、电力电缆、通信电缆与光缆以及电气装备用电线电缆的附件、安装敷设及运行维护。

今天，《电线电缆手册》第3版将以新的面貌出现在读者面前，相信新的手册定将会在我国线缆行业转型升级的新一轮发展中发挥更加重要的作用。

限于编者的知识、能力和水平，手册中难免有不合时宜的内容和谬误之处，诚恳期待读者的批评和指正。

同时，科学技术的不断发展与进步，相关标准的持续更新与修订，也将使手册相关内容与届时不完全相符，请读者查询并参考使用。

《电线电缆手册》第3版编写委员会

总 论

1. 电线电缆的分类

电线电缆的广义定义为：用以传输电（磁）能、信息和实现电磁能转换的线材产品。广义的电电线电缆亦简称为电缆，狭义的电缆是指绝缘电缆。它可定义为由下列部分组成的集合体：一根或多根导体线芯，以及它们各自可能具有的包覆层、总保护层及外护层。电缆亦可有附加的没有绝缘的导体。

为便于选用及提高产品的适用性，我国的电线电缆产品按其用途分成下列五大类。

(1) 裸电线与导体制品 指仅有导体而无绝缘层的产品，其中包括铜、铝等各种金属导体和复合金属圆单线、各种结构的架空输电线以及软接线、型线和型材等。

(2) 绕组线 以绕组的形式在磁场中切割磁力线感应产生电流，或通以电流产生磁场所用的电线，故又称电磁线，其中包括具有各种特性的漆包线、绕包线、无机绝缘线等。

(3) 通信电缆与通信光缆 用于各种信号传输及远距离通信传输的线缆产品，主要包括通信电缆、射频电缆、通信光缆、电子线缆等。

通信电缆是传输电话、电报、电视、广播、传真、数据和其他电信信息的电缆，其中包括市内通信电缆、数字通信对称电缆和同轴（干线）通信电缆，传输频率为音频~几千兆赫。

与通信电缆相比较，射频电缆是适用于无线电通信、广播和有关电子设备中传输射频（无线电）信号的电缆，又称为“无线电电缆”。其使用频率为几兆赫到几十吉赫，是高频、甚高频（VHF）和超高频（UHF）的无线电频率范围。射频电缆绝大多数采用同轴型结构，有时也采用对称型和带型结构，它还包括波导、介质波导及表面波传输线。

通信光缆是以玻璃纤维（光纤）作为光波传输介质进行信息传输，因此又称为纤维光缆。由于其传输衰减小、频带宽、重量轻、外径小，又不受电磁场干扰，因此通信光缆已逐渐替代了部分通信电缆。按光纤传输模式来分，有单模和多模两种。按光缆结构来分，有层绞式、骨架式、中心管式、层绞单位式、骨架单位式等多种形式。按其不同的使用环境，光缆可分为直埋光缆、管道光缆、架空光缆、水下或海底光缆等多种形式。

电子线缆在本手册中将其归类在通信线缆大类中。该类线缆产品主要用于电子电器设备内部、内部与外部设备之间的连接，通常其长度较短，尺寸较小。主要用于 600V 及以下的各类家用电器设备、电子通信设备、音视频设备、信息技术设备及电信终端设备等。由于这些设备种类繁多、要求各异，因此，对该类线缆要求具备不尽相同的耐热性、绝缘性、特殊性能、机械性能以及外观结构等。

(4) 电力电缆 在电力系统的主干（及支线）线路中用以传输和分配大功率电能的电缆产品，其中包括 1~500kV 的各种电压等级、各种绝缘形式的电力电缆，包括超导电缆、海底电缆等。

(5) 电气装备用电线电缆 从电力系统的配电点把电能直接传送到各种用电设备、器具的电源连接线路用电线电缆，各种工农业装备、军用装备、航空航天装备等使用的电气安装线和控制信号用的电线电缆均属于这一大类产品。这类产品使用面广，品种多，而且大多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。因此，除大量的通用产品外，还有许多专用和特种产品，统称为“特种电缆”。

为了便于产品设计和制造的工程技术人员查阅，本手册将电气装备用电线电缆简单分为两大类：电气装备用绝缘电线和绝缘电缆，并按产品类别和名称直接分类。

本手册将按上述分类法介绍各类电缆产品，在第 1 册及第 2 册中分别叙述。在其他场合，例如专利登记、查阅、图书资料分类等，也有按电缆的材料、结构特征、耐环境特性等其他方式分类的。

2. 电线电缆的基本特性

电线电缆最基本的性能是有效地传播电磁波（场）。就其本质而言，电线电缆是一种导波传输线，电磁波在电缆中按规定的导向传播，并在沿线缆的传播过程中实现电磁场能量的转换。

通常在绝缘介质中传播的电磁波损耗较小，而在金属中传播的那部分电磁波往往因导体不完善而损耗变成热量。表征电磁波沿电缆回路传输的特性参数称为传输参数，通常用复数形式的传播常数和特性阻抗两个参数来表示。

电缆的另一个十分关键的基本特性是它对使用环境的适应性。不同的使用条件和环境对电线电缆的耐高温、耐低温、耐电晕、耐辐照、耐气压、耐水压、耐油、耐臭氧、耐大气环境、耐振动、耐溶剂、耐磨、抗弯、抗扭转、抗拉、抗压、阻燃、防火、防雷和防生物侵袭等性能均有相应的要求。在电缆的标准和技术要求中，均应对环境要求提出十分具体的测试或试验方法，以及相应的考核指标和检验办法。对一些特殊使用条件工作的电缆，其适用性还要按增列的使用要求项目考核，以确保电缆工程系统的整体可靠性。

正因为电线电缆产品应用于不同的场合，因此性能要求是多方面的，且非常广泛。从整体来看，其主要性能可综合为下列各项：

(1) 电性能 包括导电性能、电气绝缘性能和传输特性等。

导电性能——大多数产品要求有良好的导电性能，有的产品要求有一定的电阻范围。

电气绝缘性能——绝缘电阻、介电常数、介质损耗、耐电压特性等。

传输特性——指高频传输特性、抗干扰特性、电磁兼容特性等。

(2) 力学性能 指抗拉强度、伸长率、弯曲性、弹性、柔软性、耐疲劳性、耐磨性以及耐冲击性等。

(3) 热性能 指产品的耐热等级、工作温度、电力电缆的发热和散热特性、载流量、短路和过载能力、合成材料的热变形和耐热冲击能力、材料的热膨胀性及浸渍或涂层材料的滴落性能等。

(4) 耐腐蚀和耐气候性能 指耐电化腐蚀、耐生物和细菌侵蚀、耐化学药品（油、酸、碱、化学溶剂等）侵蚀、耐盐雾、耐日光、耐寒、防霉以及防潮性能等。

(5) 耐老化性能 指在机械（力）应力、电应力、热应力以及其他各种外加因素的作用下，或外界气候条件下，产品及其组成材料保持其原有性能的能力。

(6) 其他性能 包括部分材料的特性（如金属材料的硬度、蠕变，高分子材料的相容性等）以及产品的某些特殊使用特性（如阻燃、耐火、耐原子辐射、防虫咬、延时传输以及能量阻尼等）。

产品的性能要求，主要是从各个具体产品的用途、使用条件以及配套装备的配合关系等方面提出的。在一个产品的各项性能要求中，必然有一些主要的、起决定作用的，应该严格要求；而有些则是从属的、一般的。达到这些性能的综合要求与原材料的选用、产品的结构设计和生产过程中的工艺控制均有密切关系，各种因素又是相互制约的，因此必须进行全面的分析和研究。

电线电缆产品的使用面极为广泛，必须深入调查研究使用环境和使用要求，以便正确地进行产品设计和选择工艺条件。同时，必须配置各种试验设备，以考核和验证产品的各项性能。这些试验设备，有的是通用的，如测定电阻率、抗拉强度、伸长率、绝缘电阻和进行耐电压试验等所用的设备、仪表；有的是某些产品专用的，如漆包线刮漆试验机等；有的是按使用环境的要求专门设计的，如矿用电缆耐机械力冲击和弯曲的试验设备等，种类很多，要求各异。因此，在电线电缆产品的设计、研究、生产和性能考核中，对试验项目、方法、设备的研究设计和改进同样是十分重要的。

3. 电线电缆生产的工艺特点

电线电缆的制造工艺有别于其他结构复杂的电气产品的制造工艺。它不能用车、钻、刨、铣等通用机床加工，甚至连现代化的柔性机械加工中心对它的加工亦无能为力。电线电缆加工方法可简洁地归纳为“拉一包一绞”三大少物耗、低能耗的专用工艺。

通常用拉制工艺将粗的导体拉成细的；包是绕包、挤包、涂包、编包、纵包等多种工艺的总称，往往用于绝缘层的加工和护套的制作；绞是导线扭绞和绝缘线芯绞合成缆，目的是保证足够的柔软性。

实际的电线电缆专用生产设备与流水线分为拉线、绞线、成缆、挤塑、漆包、编织六大类。在 JB/T 5812~5820—2008 中，对上述设备的型式、尺寸、技术要求及基本参数都做了详细的规定。而在这些设备中大量采用的通用辅助部件，主要是放线、收线、牵引和绕包四大基本辅助部件，在 JB/T 4015—2013、

JB/T 4032—2013 及 JB/T 4033—2013 中也对这些设备的型式、尺寸、技术要求及基本参数都做了相应的规定。

电线电缆盘具是一种最通用的电缆专用设备部件,也是电线电缆产品不可缺少的包装用具。在我国已对电线电缆的机用线盘(PNS型)、大孔径机用线盘(PND型)和交货盘(PL型)分别制定了JB/T 7600—2008、JB/T 8997—2013和JB/T 8137—2013标准;在JB/T 8135—2013中,还对绕组线成品的各种交货盘(PC、PCZ型等)以及检测试验方法做出了具体规定。

实用的现代化电线电缆专用设备是将上述六类设备尽可能合理组合而成的流水线。

本手册中,尚未包括电线电缆生产工艺设备及其技术要求。

在改进产品质量和发展新品种时,必须充分考虑电线电缆产品的生产特点,这些生产特点主要如下:

(1) 原材料的用量大、种类多、要求高 电线电缆产品性能的提高和新产品的发展,与选择适用的原材料以及原材料的发展、开发和改进有着密切的关系。

(2) 工艺范围广,专用设备多 电线电缆产品在生产中要涉及多种专业的工艺,而生产设备大多是专用的。在各个生产环节中,采用合适的装备和工艺条件,严格进行工艺控制,对产品质量和产量的提高,起着至关重要的作用。

(3) 生产过程连续性强 电线电缆产品的生产过程大多是连续的。因此,设计合理的生产流程和工艺布置,使各工序生产有序协调,并在各工序中加强半制品的中间质量控制,这对于确保产品质量、减少浪费、提高生产率等都是十分重要的。

4. 电线电缆材料及其特点

电线电缆所用材料主要包括:金属材料、光导纤维(光纤)、绝缘及护套材料以及各种各样的辅助材料。在本手册第3册中具体叙述。

(1) 金属材料 电线电缆产品所用金属材料以有色金属为主,其绝大部分为铜、铝、铅及其合金,主要用作导体、屏蔽和护层。银、锡、镍主要用于导体的镀层,以提高导体金属的耐热性和抗氧化性。黑色金属在线缆产品中以钢丝和钢带为主体,主要用作电缆护层中的铠装层,以及作为架空输电线的加强芯或复合导体的加强部分。

(2) 塑料 电缆工业用的塑料,几乎都是以合成树脂为基本成分,辅以配合剂如防老剂、增塑剂、填充剂、润滑剂、着色剂、阻燃剂以及其他特种用途的药剂而制成。由于塑料具有优良的电气性能、物理力学性能和化学稳定性能,并且加工工艺简单、生产效率较高、料源丰富,因此,无论是作为绝缘材料还是护套材料,在电线电缆中都得到了广泛的应用。

(3) 橡胶和橡皮 橡胶和橡皮具有良好的物理力学性能,抗拉强度高,伸长率大,柔软而富有弹性,电气绝缘性能良好,有足够的密封性,加工性能好以及某些橡胶品种的各种特殊性能(如耐油和耐溶剂、耐臭氧、耐高温、不延燃等),因而在各类电线电缆产品中广泛地用作绝缘和护套材料。

(4) 电磁线漆 电磁线漆是用于制造漆包线和胶粘纤维绕包线绝缘层的一种专用绝缘漆料。用于电磁线的绝缘材料还有纸带、玻璃丝带、复合带等。

(5) 光纤 光纤主要用作光波传输介质进行信息传输。光纤的主要材质可分为石英玻璃光纤和塑料光纤。石英玻璃光纤主要是由二氧化硅(SiO_2)或硅酸盐材质制成,已经开发出多种可用的石英玻璃光纤(如特种光纤等)。塑料光纤(POF)主要是由高透光聚合物制成的一类光纤。光纤由中心部分的纤芯和环绕在纤芯周围的包层组成,不同的材料和结构使其具有不同的使用性能。

(6) 各种辅助材料 包括纸、纤维、带材、油料、涂料、填充材料、复合材料等,满足电线电缆各种性能的需求。

5. 电线电缆选用及敷设

由于电线电缆品种规格很多,性能各不相同,因此对广大使用部门来说,在选用电线电缆产品时应该注意以下几个基本要求。

(1) 选择产品要合理 在选择产品时应充分了解电线电缆产品的品种规格、结构与性能特点,以保证产品的使用性能和延长使用寿命。例如,选用高温的漆包线,将可提高电机、电器的工作温度,减小结构尺寸;又如在绝缘电线中,有耐高温的、有耐寒的、有屏蔽特性的,以及不同柔软度的各种品种,必须根

据使用条件合理选择。

(2) 线路设计要正确 在电线电缆线路设计的线路路径选择中,应尽量避免各种外来的破坏与干扰因素(机械、热、雷、电、各种腐蚀因素等)或采用相应的防护措施,对于敷设中的距离、位差、固定的方式和间距、接头附件的结构形式和性能、配置方式、与其他线路设备的配合等,都必须进行周密的调查研究,做出正确的设计,以保证电线电缆的可靠使用。

(3) 安装敷设要认真 电线电缆本体仅是电磁波传输系统或工程中的一个部件,它必须进行端头处理、中间连接或采取其他措施,才与电缆附件及终端设备组成一个完整的工程系统。整个系统的安装质量及可靠运行不仅取决于电线电缆本身的产品质量,而且与电线电缆线路的施工敷设的质量息息相关。在实际电线电缆线路故障率统计分析中,由于施工、安装、接续等因素所造成的故障率往往要比电缆本身的缺陷所造成的大得多,因此,必须对施工安装工艺严格把关,并在选用电缆时应特别注意电缆与电缆附件的配套。对光缆亦如此。

(4) 维护管理要加强 电线电缆线路往往要长距离穿越不同的环境(田野、河底、隧道、桥梁等),因此容易受到外界因素影响,特别是各种外力或腐蚀因素的破坏。所以,加强电缆线路的维护和管理,经常进行线路巡视和预防测试,采取各种有效的防护措施,建立必要的自动报警系统,以及在发生事故的情况下,及时有效地测定故障部位、便于快速检修等,这些都是保证电线电缆线路可靠运行的重要条件。

电线电缆制造部门,应在广大使用部门密切配合下,不断改进接头附件的设计。电线电缆的接头附件包括电线电缆终端或中间连接用各种终端头、连接盒,安装固定用的金具和夹具以及充油电缆的压力供油箱等。它们是电缆线路中必不可少的组成部分。由于接头附件处于与电缆完全相同的使用条件下,同时接头附件又必须解决既要引出电能,又要对周围环境绝缘、密封等一系列问题。因此,它的性能要求和结构设计往往比电缆产品本身更为复杂。同时,接头附件基本上是在现场装配,安装条件必然相对工厂的生产条件差,这给保证电缆接头附件的质量带来了一些不利因素。因此,研究改进接头附件的材料、结构、安装工艺等工作应引起制造和使用部门的极大重视。

电线电缆的附件及安装敷设技术要求在本手册的第4册中叙述。

本 册 前 言

本册为《电线电缆手册》第3版第3册，共分为四篇，主要包括金属及导电材料，纸、纤维、带材、电磁线漆、油料、涂料，塑料，橡胶和橡皮，内容包括品种、组成（配方）、性能、成型工艺、技术指标、试验方法及测试设备等。

本册由张秀松担任主编并统稿。

第9篇 金属及导电材料。由唐崇健、汪传斌、宗曦华、徐睿、姚大伟负责编写。主要包括概述，铜及铜合金，铝、铝合金及铝制品，钢丝和钢带，镀层材料，超导材料，铅和铅合金，双金属，金属材料测试及分析技术，废铜回收再生技术共10章，以及相关章节备注的参考标准和参考文献。

第10篇 纸、纤维、带材、电磁线漆、油料、涂料。由汪传斌、凌春华、于晶、杜青、鲍煜昭、邓长胜负责编写。主要包括电线电缆用纸及纸制品，纤维材料，带材，光缆用材料，电磁线漆，电缆油和浸渍剂，涂料，碳纤维复合芯材料共8章，以及相关章节备注的参考标准和参考文献。

第11篇 塑料。由项健、陈沛云、朱爱荣、吴畏、孙正华、庞玉春、单永东负责编写。主要包括概述，塑料配合剂，聚氯乙烯塑料，聚乙烯及其共聚物，氟塑料，其他塑料，热塑性弹性体，塑料的试验方法共8章，以及相关章节备注的参考标准和参考文献。

第12篇 橡胶和橡皮。由张举位、曾纪刚、史建设负责编写。主要包括概述，橡胶配合剂，电线电缆常用橡胶和橡皮，电缆用橡皮加工技术，橡胶和橡皮的试验方法共5章，以及术语、缩写及商品化名称和相关章节备注的参考标准及参考文献。

参与本册编写或提供相关资料并做出贡献的科技人员还有（排名不分先后）：

夏俊峰、张李晶、严波、党朋、蔡西川、丁晓青、王新营、仲伟霞、郑秋、胡清平、唐伟、韩永进、张新江、陆燕红、代娜、李福、洪宁宁、潘国樑、倪勇、黎阳、颜俊等。在此，一并致以诚挚的谢意，并对其所在的企业及部门给予的大力支持表示感谢。

目 录

总前言	
总 论	
本册前言	

第9篇 金属及导电材料

第1章 概述	2	第3章 铝、铝合金及铝制品	32
1.1 电线电缆用金属材料的种类	2	3.1 铝	32
1.2 金属材料常用名词及其含义	3	3.1.1 电线电缆用铝锭的技术要求	32
1.2.1 导电性能	3	3.1.2 电工用铝的技术要求	33
1.2.2 物理力学性能	4	3.1.3 铝的性能	34
1.2.3 工艺性能	6	3.1.4 电工圆铝杆	35
1.3 重要金属元素的基本性能	6	3.2 铝合金	36
第2章 铜及铜合金	8	3.2.1 导体用铝合金的种类和化学成分	36
2.1 铜	8	3.2.2 导体用铝合金的性能和用途	36
2.1.1 电线电缆用铜的技术要求	8	3.2.3 铝的中间合金	38
2.1.2 电线电缆用铜的性能	9	3.2.4 导体用铝合金炉前化学分析方法	39
2.2 铜合金	12	3.2.5 导体用铝和铝合金中稀土总量炉前化学分析方法	41
2.3 铜及铜合金制品	13	3.2.6 铝和铝合金光谱分析方法	41
2.3.1 圆铜线	13	3.3 电工用铝及铝合金线产品	41
2.3.2 铜母线	14	3.3.1 电工圆铝线	41
2.3.3 铜箔和铜带	17	3.3.2 架空绞线用硬铝线	42
2.3.4 铜合金带	20	3.3.3 架空绞线用铝-镁-硅合金圆线	42
2.3.5 圆铜管	22	3.3.4 架空绞线用耐热铝合金线	42
2.3.6 梯形铜排及铜合金排	24	3.3.5 架空绞线用中强度铝合金线	42
2.3.7 七边形铜排	25	3.3.6 架空导线用软铝型线	42
2.3.8 凹形排	25	3.3.7 电缆导体用铝合金线	42
2.3.9 哑铃形铜排	26	3.3.8 电缆屏蔽用铝镁合金线	43
2.3.10 矩形空心铜导线	26	3.3.9 线缆编织用铝合金线	43
2.3.11 铜及铜合金扁线	28	3.3.10 电工用铝扁线	43
2.4 单晶铜	29	3.4 电工用铝及铝合金母线	44
2.4.1 单晶铜的主要分类及其性能	29	3.4.1 电工用铝及其合金母线	44
2.4.2 单晶圆铜线坯	30	3.4.2 铝及铝合金管形导体	44
2.4.3 单晶圆铜线	30	3.5 铝带(箔)	44
2.4.4 单晶圆铜线及线坯的技术要求	31		
参考标准	31		
参考文献	31		

3.6 电缆铠装用铝带	45	Y123)	70
3.7 电缆铠装用铝合金带	47	6.5 铁基超导材料	71
3.8 电缆屏蔽用纳米膜复合铝合金带	48	6.6 超导材料常用检测方法	71
3.8.1 纳米材料结构组成	48	参考文献	72
3.8.2 主要技术指标	48	第7章 铅和铅合金	73
参考标准	49	7.1 铅	73
参考文献	49	7.1.1 铅的主要物理力学性能	73
第4章 钢丝和钢带	50	7.1.2 电线电缆用铅的牌号与化学成分	73
4.1 钢丝	50	7.1.3 杂质对铅的性能的影响	73
4.1.1 镀锌钢丝	50	7.2 铅合金	74
4.1.2 镀锡钢丝	55	7.2.1 电线电缆用铅合金的种类和化学成分	74
4.1.3 涂塑钢丝	56	7.2.2 电线电缆用铅合金母片的种类和化学成分	74
4.1.4 不锈钢酸钢丝	56	7.2.3 电线电缆用铅合金的炉前化学分析方法	74
4.1.5 殷钢丝	57	参考标准	76
4.1.6 铝包钢线	57	第8章 双金属	77
4.2 钢带	58	8.1 铝包钢线	77
4.2.1 铠装电缆用冷轧钢带	58	8.1.1 铝包钢线的优点及用途	77
4.2.2 铠装电缆用镀锌钢带	58	8.1.2 铝包钢线的种类	77
4.2.3 铠装电缆用涂漆钢带	59	8.1.3 铝包钢线的性能	78
4.2.4 热镀锡钢带	59	8.2 铜包钢线	79
4.2.5 压花镀锌钢带	60	8.2.1 铜包钢线的规格及性能	79
4.2.6 非磁性不锈钢带	60	8.2.2 硬拉铜包钢线	80
参考标准	61	8.2.3 退火铜包钢线	81
第5章 镀层材料	62	8.2.4 电气用镀银铜包钢线	81
5.1 锡	62	8.3 铜包铝线	82
5.1.1 锡的主要特点	62	8.3.1 铜包铝线的型号	82
5.1.2 锡的技术要求	62	8.3.2 铜包铝线的质量要求	83
5.2 银	62	8.3.3 屏蔽及通信电缆导体用铜包铝合金线	84
5.2.1 银的主要特点	62	8.3.4 电工用铜包铝母线	84
5.2.2 银的技术要求	62	参考标准	86
5.3 镍	63	第9章 金属材料测试及分析技术	87
5.3.1 镍的主要特点	63	9.1 金属材料成分分析	87
5.3.2 镍的技术要求	63	9.1.1 铜及铜合金的化学成分分析	87
第6章 超导材料	64	9.1.2 铝及铝合金的化学成分分析	89
6.1 概述	64	9.1.3 测试方法介绍	90
6.2 常用名词及含义	65	9.2 力学性能试验	91
6.3 超导材料的主要应用	65	9.2.1 拉伸试验	91
6.4 实用化的超导材料及其加工原理	66	9.2.2 扭转试验	91
6.4.1 铌钛合金 (NbTi)	67	9.2.3 弯曲试验-反复弯曲	92
6.4.2 铌三锡 (Nb ₃ Sn)	67	9.2.4 弯曲试验-单向弯曲	94
6.4.3 铌三铝 (Nb ₃ Al)	67		
6.4.4 二硼化镁 (MgB ₂)	69		
6.4.5 Bi系高温超导材料 (Bi ₂ Sr ₂ Ca ₂ Cu ₃ O ₁₀ , Bi ₂ Sr ₂ CaCu ₂ O ₉)	69		
6.4.6 钇钡铜氧 (YBaCuO/YBa ₂ Cu ₃ O ₇ /			

9.2.5 卷绕试验	95	10.3 再生回收废铜原材料	106
9.2.6 硬度试验-布氏法	96	10.3.1 废铜按其生产的阶段分类	106
9.3 电阻特性测量	97	10.3.2 废铜按照含铜量分类	107
9.3.1 试验设备	97	10.3.3 电线电缆行业废铜回收利用 范围	107
9.3.2 试样制备	97	10.3.4 废铜原材料标准	107
9.3.3 试验程序	97	10.4 废铜直接再生制杆产品及相关 标准	107
9.3.4 试验结果及计算	99	10.4.1 国内外涉及废铜直接再生制杆 产品的标准	107
9.3.5 试验记录	99	10.4.2 废铜直接再生制杆产品的相关 性能	107
9.4 材料组织分析	99	10.5 测试/评估技术	109
9.4.1 光学显微试验	99	10.5.1 生产设备	109
9.4.2 电子显微试验	100	10.5.2 检验设备	110
9.5 其他分析测试技术	102	10.5.3 关键工艺控制点	110
9.5.1 铝合金抗压蠕变试验方法	102	10.5.4 成品的性能测试项目及指标	110
9.5.2 铜粉量测定方法	103	参考标准	111
9.5.3 铜杆的氧化膜厚度试验方法	103	参考文献	111
9.5.4 铜杆螺旋伸长试验	104		
参考标准	105		
第10章 废铜回收再生技术	106		
10.1 概述	106		
10.2 废铜回收再生工艺路线概况	106		

第10篇 纸、纤维、带材、电磁线漆、油料、涂料

第1章 电线电缆用纸及纸制品	114	1.4.1 纸样采取与试验前的处理	120
1.1 电线电缆用纸及纸制品的种类和 用途	114	1.4.2 纸的试验项目	121
1.2 电线电缆用纸技术指标的常用名词 及其含义	114	1.4.3 纸的试验方法	121
1.2.1 物理性能	114	第2章 纤维材料	129
1.2.2 力学性能	114	2.1 纤维材料的种类和用途	129
1.2.3 化学性能	115	2.2 纤维材料技术指标的常用名词及其 含义	129
1.2.4 电绝缘性能	115	2.2.1 纤度	129
1.2.5 其他性能	115	2.2.2 捻度	130
1.3 电线电缆用纸及纸制品的技术要求	115	2.2.3 强力	130
1.3.1 电缆绝缘纸	115	2.2.4 回潮率(吸湿率)	130
1.3.2 高压电缆纸和聚丙烯木纤维 复合纸	116	2.2.5 伸长率	130
1.3.3 半导电电缆纸	117	2.2.6 弹性模量	130
1.3.4 耐高温工艺隔离绝缘纸	117	2.3 天然纤维材料	130
1.3.5 陶瓷纤维纸	117	2.3.1 棉纱及其制品	130
1.3.6 铝箔屏蔽绝缘纸	118	2.3.2 天然丝	132
1.3.7 皱纹纸	118	2.3.3 麻纱和麻线	132
1.3.8 变压器匝间绝缘纸	119	2.3.4 非织造麻布	133
1.3.9 纸绳	119	2.3.5 隔火阻燃布带	133
1.4 电线电缆用纸及纸制品的试验	120	2.4 无机纤维材料	133
		2.4.1 玻璃丝及其制品	133
		2.4.2 阻燃玻璃丝布	135

2.4.3 石棉纱及其制品	135	3.5.1 半导体尼龙带	156
2.5 合成纤维材料	137	3.5.2 半导体涤纶带	156
2.5.1 聚丙烯网状撕裂纤维	137	3.5.3 半导体阻水带	156
2.5.2 聚丙烯弹性索	137	3.5.4 半导体缓冲阻水带	156
2.5.3 阻水填充绳	137	3.5.5 半导体布带	156
2.5.4 半导体填充绳	138	3.5.6 半导体无纺布带	157
2.5.5 半导体阻水填充绳	138	3.5.7 半导体阻燃布带	158
2.5.6 耐高温填充绳	139	3.5.8 半导体阻水型金属屏蔽阻燃 编织带	158
2.5.7 耐高温阻燃填充绳	139	3.5.9 半导体铜丝织造带	158
2.5.8 非织造布(无纺布)	139	3.6 金属塑料复合带	158
2.5.9 涤纶丝	140	3.6.1 铝塑复合带	158
2.5.10 锦纶丝和线	140	3.6.2 铜塑复合带	159
2.5.11 芳纶丝	140	3.6.3 钢塑复合带	160
2.5.12 碳素纤维	140	3.6.4 铅塑复合带	160
2.5.13 其他合成纤维	141	3.7 防火包带	161
2.6 纤维材料的试验	142	3.7.1 耐火云母带	161
2.6.1 棉纱、天然丝和合成纤维的试验 方法	142	3.7.2 阻燃氯丁橡皮带	161
2.6.2 电缆麻纱和麻线的试验方法	142	3.7.3 低烟无卤高阻燃带	162
2.6.3 玻璃纤维及其制品的试验方法	144	3.7.4 薄型阻燃带	162
第3章 带材	146	3.8 其他包带	162
3.1 带材的种类和用途	146	3.8.1 沥青醇酸漆布带	162
3.2 带材技术指标常用名词及其含义	147	3.8.2 交联聚乙烯带(XLPE带)	162
3.2.1 力学性能	147	3.8.3 吸水膨胀带(阻水带)	163
3.2.2 物理性能	147	3.8.4 新型聚酯薄型无纺布带	163
3.2.3 电绝缘性能	148	3.8.5 高温分色带	163
3.2.4 其他性能	148	3.8.6 耐高温塑化绝缘纸带	163
3.3 压敏性胶粘带	149	3.8.7 PETD 绕包带	164
3.3.1 压敏性胶粘带的构成	149	3.8.8 聚酰亚胺薄膜(PI膜)	164
3.3.2 聚氯乙烯胶粘带	150	第4章 光缆用材料	166
3.3.3 聚乙烯胶粘带	151	4.1 光缆用材料的种类和用途	166
3.3.4 聚酯胶粘带	151	4.2 光纤被覆材料	167
3.3.5 聚四氟乙烯胶粘带	151	4.2.1 光纤一次涂覆材料	167
3.3.6 绝缘胶布带	151	4.2.2 光纤着色料	167
3.4 自粘性橡胶带	152	4.2.3 光纤带用涂料	168
3.4.1 普通自粘性绝缘带	152	4.2.4 光纤二次被覆用材料	168
3.4.2 丁基自粘性绝缘带	152	4.3 光缆用加强件材料	170
3.4.3 乙丙自粘性绝缘带	153	4.3.1 光缆用钢丝和钢绞线	170
3.4.4 半导体自粘带	154	4.3.2 光缆用芳纶纤维	171
3.4.5 电应力控制带	154	4.3.3 纤维增强塑料(FRP)	171
3.4.6 自粘性丁基阻燃带	154	4.4 光缆用填充料	171
3.4.7 自粘性乙丙无卤阻燃带	155	4.4.1 光缆用填充膏	171
3.4.8 自粘性抗电碳痕带	155	4.4.2 光缆用阻水带、阻水绳、 阻水纱	173
3.4.9 自粘性硅橡胶带	155	4.4.3 光缆用其他填充料及包带	173
3.5 半导体带	156		

4.5 光缆护层用材料	173	5.7.3 劳动防护	203
第5章 电磁线漆	175	5.8 漆的试验方法	203
5.1 概况	175	5.8.1 漆的理化性能试验方法	203
5.1.1 电磁线漆的分类和组成	175	5.8.2 漆膜特性试验方法	204
5.1.2 电磁线漆的常用理化性能术语 及其含义	176	参考标准	205
5.2 一般漆包线漆	177	参考文献	205
5.2.1 聚酯漆	177	第6章 电缆油和浸渍剂	206
5.2.2 缩醛漆	180	6.1 概况	206
5.2.3 聚氨酯漆	181	6.1.1 电缆油和浸渍剂的作用和要求	206
5.2.4 环氧漆	184	6.1.2 电缆油和浸渍剂的分类	207
5.2.5 油性漆	184	6.1.3 电缆油和浸渍剂的基本性能 术语及其含义	208
5.3 耐高温漆包线漆	186	6.2 石油质电缆油的组成和精制	209
5.3.1 聚酰亚胺漆	186	6.2.1 石油质电缆油的基本组成	209
5.3.2 聚酰胺酰亚胺漆(酰氯法)	187	6.2.2 油的精制要点	211
5.3.3 改性聚酰胺酰亚胺漆(异氰 酸酯法)	188	6.3 低压电缆用粘性浸渍剂	213
5.3.4 聚酯亚胺漆	188	6.3.1 粘性浸渍剂的组分与性能要求	213
5.4 特种漆包线漆	190	6.3.2 粘性浸渍剂用基油和松香	213
5.4.1 缩醛自粘性漆	190	6.3.3 粘性浸渍剂的熬煮与去气处理	216
5.4.2 环氧自粘性漆	190	6.3.4 影响粘性浸渍剂性能的主要 因素	217
5.4.3 聚酰胺自粘性漆	190	6.4 中低压电缆用不滴流浸渍剂	218
5.4.4 自粘直焊漆	191	6.4.1 不滴流浸渍剂的组成与性能 要求	218
5.4.5 阻燃性自粘性漆	191	6.4.2 不滴流浸渍剂用原材料	220
5.4.6 无磁性漆	192	6.5 自容式充油电缆油	221
5.4.7 耐冷冻剂漆	192	6.5.1 石油质自容式充油电缆油	221
5.4.8 高固体含量漆	192	6.5.2 十二烷基苯自容式充油电缆油	225
5.4.9 无溶剂热熔树脂	193	6.5.3 阻燃性自容式充油电缆油	228
5.4.10 高速涂线用漆	193	6.6 其他电缆油和浸渍剂	228
5.4.11 水性漆	193	6.6.1 钢管压气电缆浸渍剂	228
5.4.12 耐电晕漆	195	6.6.2 钢管充油电缆浸渍剂	229
5.5 纤维绕包线漆	195	6.6.3 直流海底电缆粘性浸渍剂	230
5.5.1 醇酸漆	195	6.7 电缆油和浸渍剂的试验	230
5.5.2 有机硅漆	195	6.7.1 运动粘度的测定	230
5.5.3 二甲醚漆	196	6.7.2 恩氏粘度的测定	233
5.5.4 聚胺-酰亚胺漆	196	6.7.3 闪点的开口杯法测定	234
5.5.5 环氧亚胺漆	197	6.7.4 闪点的闭口杯法测定	235
5.5.6 油改性聚酯漆	197	6.7.5 凝点的测定	236
5.5.7 油改性聚酯亚胺漆	197	6.7.6 酸值的测定	237
5.6 制漆用原材料	197	6.7.7 机械杂质的测定	238
5.6.1 制造漆基树脂用原材料	197	6.7.8 水分的测定	239
5.6.2 溶剂和稀释剂	199	6.7.9 介质损耗角正切的测定	240
5.7 漆的储运、调配、净化及劳动保护	201	6.7.10 介电强度的测定	242
5.7.1 漆的储存和运输	201	6.7.11 电场析气性测定	244
5.7.2 漆的调配及净化	202		

6.7.12 滴点的测定	245	7.7.1 防鼠涂料	254
6.7.13 收缩率的测定	246	7.7.2 防蚁涂料	254
6.7.14 针入度的测定	247	7.7.3 防霉涂料	255
6.7.15 不滴流浸渍剂吸收指数的 测定	248	7.8 半导体涂料	255
6.7.16 不滴流浸渍剂的热老化试验	248	7.9 涂料的试验	255
第7章 涂料	249	7.9.1 软化点的环球法测试	255
7.1 电线电缆用涂料的种类及用途	249	7.9.2 针入度的测试	255
7.2 电线电缆用涂料的常用技术指标名词 及其含义	249	7.9.3 延度的测试	256
7.3 沥青系涂料	249	7.9.4 粘附性的测试	256
7.3.1 电缆外护层用沥青涂料	250	7.9.5 冷冻弯曲性的测试	257
7.3.2 橡皮绝缘编织电线用沥青涂料	250	7.9.6 冻裂点的测试	258
7.3.3 地质探测电缆用沥青涂料	250	7.9.7 热稳定性的测试	258
7.3.4 电缆麻和纸用半沥青浸渍剂	250	7.9.8 溶解度的测试	258
7.3.5 钢管电缆用煤焦油环氧涂料	251	7.9.9 灰分的测试	259
7.4 防腐型钢芯铝绞线用橡胶系涂料	251	7.9.10 环烷酸铜的铜含量测试	259
7.5 硝化纤维漆涂料	251	7.9.11 浸渍电缆麻(纸)环烷酸铜 含量的测试	259
7.5.1 电线编织层用硝化纤维漆	251	参考标准	260
7.5.2 油井加热电缆用硝化纤维漆 涂料	251	第8章 碳纤维复合芯材料	262
7.6 防火涂料	252	8.1 概述	262
7.6.1 非膨胀型防火涂料	252	8.2 碳纤维复合芯的原材料	263
7.6.2 膨胀型防火涂料	253	8.2.1 树脂	263
7.6.3 防火涂料技术要求	254	8.2.2 碳纤维	263
7.7 防生物涂料	254	8.2.3 玻璃纤维	263
		8.2.4 其他材料	263

第11篇 塑 料

第1章 概述	266	1.2.11 软化温度	269
1.1 电线电缆用塑料的种类、特性及 用途	266	1.2.12 熔体流动速率	269
1.1.1 电线电缆用塑料的种类	266	1.2.13 氧指数	269
1.1.2 电线电缆用塑料的特性和用途	267	1.2.14 闪燃温度、着火温度和自燃 温度	269
1.2 电线电缆用塑料的主要性能	268	1.2.15 发烟性	269
1.2.1 体积电阻率	268	1.2.16 阻燃性	269
1.2.2 表面电阻率	268	1.2.17 交联度	270
1.2.3 介电常数	269	1.2.18 耐热变形性	270
1.2.4 介质损耗及介质损耗因数	269	1.2.19 耐寒性	270
1.2.5 介电强度	269	1.2.20 耐热老化性能	270
1.2.6 耐漏电痕性	269	1.2.21 耐气候性	270
1.2.7 耐电晕性	269	1.2.22 耐油性、耐溶剂性和耐药品 (酸、碱、盐)性	270
1.2.8 密度	269	1.2.23 耐水性及耐湿性	270
1.2.9 拉伸强度和断裂伸长率	269	1.2.24 耐环境应力开裂性	270
1.2.10 玻璃化转变温度	269		

第2章 塑料配合剂	271	3.1 聚氯乙烯树脂	309
2.1 防老剂	271	3.1.1 分子结构	309
2.1.1 抗氧化剂	271	3.1.2 电线电缆用聚氯乙烯树脂的技术要求	309
2.1.2 稳定剂	276	3.2 聚氯乙烯塑料性能及组分的选择	310
2.1.3 紫外线吸收剂	278	3.2.1 聚氯乙烯塑料的主要性能	310
2.1.4 光屏蔽剂	281	3.2.2 聚氯乙烯塑料组分的选择	311
2.2 增塑剂	282	3.3 电线电缆用聚氯乙烯塑料品种和配方	321
2.2.1 增塑剂的种类	282	3.3.1 电线电缆用聚氯乙烯塑料品种、用途和要求	321
2.2.2 电线电缆用增塑剂的特性和用途	283	3.3.2 绝缘用聚氯乙烯塑料	322
2.2.3 电线电缆用增塑剂的技术要求	287	3.3.3 护层用聚氯乙烯塑料	322
2.3 阻燃剂	290	3.3.4 半导体聚氯乙烯塑料	323
2.3.1 阻燃剂的种类	290	3.3.5 交联聚氯乙烯	323
2.3.2 阻燃剂的阻燃效应	291	3.3.6 阻燃聚氯乙烯塑料	323
2.3.3 电线电缆用阻燃剂	291	3.3.7 环保型聚氯乙烯塑料	324
2.3.4 消烟剂及抑酸剂	295	3.4 电线电缆用聚氯乙烯塑料的生产工艺	325
2.4 填充剂	295	参考标准	325
2.5 润滑剂	295	第4章 聚乙烯及其共聚物	326
2.6 着色剂	296	4.1 聚乙烯的制造与分类	328
2.6.1 无机颜料	296	4.1.1 聚乙烯的制造	328
2.6.2 有机颜料	297	4.1.2 聚乙烯的分类与命名	330
2.6.3 软聚氯乙烯常用颜料的颜色稳定性	298	4.1.3 我国聚乙烯树脂生产概况	332
2.7 交联剂	299	4.2 聚乙烯的结构和性能	332
2.8 偶联剂	301	4.2.1 聚乙烯的结构	332
2.8.1 原理	301	4.2.2 聚乙烯的性能	333
2.8.2 种类	301	4.2.3 影响聚乙烯性能的主要因素	337
2.9 发泡剂	302	4.3 主要的乙烯共聚物及其性能	340
2.9.1 偶氮二甲酰胺 (AC)	302	4.3.1 乙烯-醋酸乙烯共聚物 (EVA)	340
2.9.2 偶氮二异丁腈 (N)	302	4.3.2 乙烯-丙烯酸乙酯共聚物 (EEA)	342
2.9.3 苯磺酰肼 (BSH)	302	4.3.3 乙烯-甲基丙烯酸酯共聚物 (EMA)	342
2.9.4 二(苯磺酰肼)醚 (OB)	303	4.3.4 乙烯-丙烯酸丁酯共聚物 (EBA)	342
2.9.5 重氮氨基苯 (AN)	303	4.3.5 乙烯-丙烯酸共聚物 (EAA)	342
2.9.6 N, N'-二亚硝基五次甲基四胺 (H, BN, DPT)	303	4.3.6 乙烯-甲基丙烯酸共聚物 (EMAA)	342
2.10 防霉剂	303	4.4 电线电缆用聚乙烯及其共聚物	342
2.10.1 水杨酰苯胺 ($C_{13}H_{11}O_2N$)	303	4.4.1 聚乙烯绝缘料	343
2.10.2 8-羟基喹啉铜 [$(C_9H_6ON)_2Cu$]	303	4.4.2 聚乙烯护套料	347
2.10.3 可溶性8-羟基喹啉铜	303	4.4.3 交联聚乙烯电缆料	350
2.10.4 三乙基硫酸锡 (S57)	303	4.4.4 半导体聚烯烃屏蔽料	360
2.10.5 二氯苯并恶唑酮 ($C_7H_3Cl_2NO$)	303		
2.11 驱避剂	303		
2.11.1 防蚁剂	304		
2.11.2 避鼠剂	307		
第3章 聚氯乙烯塑料	309		