

第2版
增订本

电线电缆手册

2

《电线电缆手册》编委会 组编

徐应麟 主编



电 线 电 缆 手 册

第 2 册

第 2 版

增 订 本

《电线电缆手册》编委会 组编
徐应麟 主编



机 械 工 业 出 版 社

《电线电缆手册》共分三册,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。

本书为电线电缆材料部分,内容包括电线电缆和光缆所用的金属、纸、纤维、带材、光纤、电磁线漆、油料、涂料、塑料、橡胶和橡皮等材料,全面介绍了各种材料的品种、组成、性能、用途、技术要求及有关性能的试验方法。新增附录为电线电缆相关标准目录,便于读者查阅。

本书可供电线电缆生产、科研、设计和使用部门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2册/《电线电缆手册》编委会组编.—2版(增订本).—北京:机械工业出版社,2014.4

ISBN 978-7-111-46325-2

I. ①电… II. ①电… III. ①电线-技术手册②电缆-技术手册
IV. ①TM246-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第064693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 张沪光 责任编辑:张沪光

版式设计:霍永明 责任校对:李秋荣

责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2014年4月第2版第1次印刷

169mm×239mm·35.75印张·1048千字

标准书号:ISBN 978-7-111-46325-2

定价:88.00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

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

增 订 说 明

《电线电缆手册》第2版自2001年出版发行以来，受到了读者的广泛欢迎和好评，由于近年来电线电缆标准更新非常快，原《手册》中有的标准已不能适应读者的需要，为了使读者在使用《手册》时避免引起误解，我们对现行电线电缆标准进行了梳理，并编辑了“电线电缆行业现行标准与代替标准”作为附录增补在《手册》中。请广大读者提出宝贵的意见和建议，以便我们对《手册》进行修订和完善。

编 者

《电线电缆手册》编委会

主任委员：高庆国

副主任委员：王家樑

第 1 册

主 编：王春江

编写人员：(排名不分先后)

王春江	刘士璋	黄豪士	余为豹	凌春华	桑纪明	楼玉英
孟庆林	王临堂	朱中柱	张轶材	吴曾权	张迪华	陈礼德
刘凤林	刘钧璧	刁湘鹏	顾 瑜	徐应麟	闫永庭	钱汝立

第 2 册

主 编：徐应麟

编写人员：(排名不分先后)

徐应麟	沈建华	袁和生	苍庆国	林静文	吴梅生	高祥萍
凌春华	王振国	钱跃新	张尔梅	徐瑞浩	严永昌	张贤灵
陈申福	刘伯洲	曾纪刚	陆志英			

第 3 册

主 编：印永福

编写人员：(排名不分先后)

印永福	李福芝	张永隆	蔡 钧	汪松滋	吴良治	贾明汉
查力仁	葛光明	魏 东	慕成斌	邱国征	栗穗强	刘钧璧
陆德铨	李蔚荪	张承威	王瑞陞	李克昌	于静荣	杨 峻
黄绳甫	黄豪士					

前 言

第1版《电线电缆手册》原分3册，第1册、第2册相继于1978年5月和1980年9月问世，第3册因故停版。《手册》的出版正好喜迎“改革开放”新时期的到来。电线电缆行业随着国民经济的迅速发展而飞速壮大，至今已拥有近5000家企业，近40万名职工的庞大的队伍。毋庸讳言，《手册》在培养行业技术人才、促进技术进步、服务经济建设等方面，起到了它应有的重要作用。

随着时间的推移，电线电缆行业新工艺、新材料、新产品、新标准的不断涌现，原手册的内容已不能满足读者的需要，电线电缆产品安装敷设、运行、维护等方面的内容已日益引起重视。为了向广大读者提供一套较完整的，可满足科研、设计、生产及使用需要的综合性读物，受机械工业出版社委托，由上海电缆研究所组织了《手册》第1册、第2册的修订、补充、更新（第2版）以及第3册（第1版）的编写工作。

本手册共分三册出版，具体内容包括：

第1册：电线电缆产品的品种、规格、性能与技术指标、设计计算、性能试验与测试设备、产品的结构与材料计算。

第2册：电线电缆和光缆所用材料的品种、组成、性能、用途、技术要求及有关性能的试验方法。材料包括：金属、纸、纤维、带材、光纤、电磁线漆、油料、涂料、塑料、橡胶和橡皮等。

第3册：架空线、电力电缆、通信电缆及光缆、电气装备用电线电缆的附件、安装敷设及运行维护。

第1册、第2册修订本是以原有版本为基础，并尽量做到由原编写人员继续执笔，对于参加第1版编写并作出卓越贡献，当时以“编写组”集体署名，本次又因种种原因没有参与的原编写人员，在这里补叙如下，并向他们致以崇高的敬意和深切的感谢（排名不分先后，除另有说明者，其余均为上海电缆研究所科技人员）：李杜、梅中原（西安交通大学）、戴荣生（上海电缆厂）、区维熙（北京邮电学院）、刘谦、王寿泰（上海交通大学）、汪景璞（哈尔滨理工大学）、周嘉佑、黄崇祺、邓木祥、梁民杰、杨锦球（上海电缆厂）、许建华、韦华达、潘海堂、许曼立、李养珠、俞成富。

总之，在本《手册》的编写、修订、补充、更新的全过程中，除了编写人员付出艰辛的劳动外，还取得了行业有关单位技术人员的大力支持，特别要指出的是上海电缆研究所的各级领导和科技人员的大力支持。因此可以说，《手册》是行业共同努力的产物，行业的发展将不会忘记众多参与者为《手册》作出的贡献。

今天，《电线电缆手册》将以新的面貌出现在读者的面前，相信新的《手册》定将会行业新一轮的发展中再次发挥其重要作用。

限于编者的见识和水平，《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。

目 录

前言

第 8 篇 金属材料

第 1 章 概述 1

1.1 电线电缆用金属材料的种类 1

1.2 金属材料常用名词及其涵义 2

1.2.1 导电性能 2

1.2.2 物理力学性能 4

1.2.3 工艺性能 5

1.3 主要金属元素的基本性能 5

第 2 章 铝、铝合金及铝制品 7

2.1 铝 7

2.1.1 电线电缆用各种铝锭的技术要求 7

2.1.2 电工用铝的技术要求 9

2.1.3 铝的性能 9

2.2 铝合金 11

2.2.1 导体用铝合金的种类和化学成分 11

2.2.2 导体用铝合金的性能和用途 11

2.2.3 铝的中间合金 11

2.2.4 导体用铝合金炉前化学分析方法 13

2.2.5 导体用铝和铝合金中稀土总量炉前化学分析方法 15

2.3 铝带(箔) 16

第 3 章 铜、铜合金及其制品 17

3.1 铜 17

3.1.1 电线电缆用铜的技术要求 17

3.1.2 电线电缆用铜的性能 18

3.2 铜合金 21

3.3 铜和铜合金的制品 22

3.3.1 铜箔和铜带 22

3.3.2 铜合金带 23

第 4 章 铅和铅合金 26

4.1 铅 26

4.1.1 铅的主要物理力学性能 26

4.1.2 电线电缆用铅的牌号与化学成分 26

4.1.3 杂质对铅的性能的影响 26

4.2 铝合金 27

4.2.1 电线电缆用铝合金的种类和化学成分 27

4.2.2 电线电缆用铝合金母片的种类和化学成分 27

4.2.3 电线电缆用铝合金的炉前化学分析方法 27

第 5 章 钢丝和钢带 29

5.1 钢丝 29

5.1.1 镀锌钢丝 29

5.1.2 镀锡钢丝 34

5.1.3 涂塑钢丝 34

5.1.4 不锈钢耐酸钢丝 34

5.2 钢带 36

5.2.1 铠装电缆用冷轧钢带 36

5.2.2 铠装电缆用镀锌钢带 36

5.2.3 铠装电缆用涂漆钢带 37

5.2.4 热镀锡钢带 37

5.2.5 压花镀锌钢带 38

第 6 章 导体镀层用金属材料 38

6.1 锡 38

6.1.1 锡的主要特点 38

6.1.2 锡的技术要求 38

6.2 银 39

6.2.1 银的主要特点 39

6.2.2 银的技术要求 39

6.3 镍 39

6.3.1 镍的主要特点 39

6.3.2 镍的技术要求 39

第 9 篇 纸、纤维、带材及光纤

第 1 章 电线电缆用纸及纸制品 41

- 1.1 电线电缆用纸及纸制品的种类和用途 41

- 1.2 电线电缆用纸技术指标的常用名词及其涵义 41

- 1.2.1 物理性能 41
- 1.2.2 力学性能 41
- 1.2.3 化学性能 42
- 1.2.4 电绝缘性能 42
- 1.2.5 其他性能 42

- 1.3 电线电缆用纸及纸制品的技术要求 42

- 1.3.1 电缆纸 42
- 1.3.2 高压电缆纸和聚丙烯木纤维纸 42
- 1.3.3 通信电缆纸 43
- 1.3.4 电话纸 44
- 1.3.5 半导电电缆纸 44
- 1.3.6 金属膜复合纸 46
- 1.3.7 皱纹纸 46
- 1.3.8 浆板 47
- 1.3.9 纸绳 48

- 1.4 电线电缆用纸及纸制品的试验 49
- 1.4.1 纸样采取与试验前的处理 49
- 1.4.2 纸的试验项目 50
- 1.4.3 纸的试验方法 50

第 2 章 纤维材料 58

- 2.1 纤维材料的种类和用途 58
- 2.2 纤维材料技术指标的常用名词及其涵义 58

- 2.2.1 纤度 58
- 2.2.2 捻度 59
- 2.2.3 强力 59
- 2.2.4 回潮率(吸湿率) 59
- 2.2.5 伸长率 59
- 2.2.6 弹性模量 59

- 2.3 天然纤维材料 59
- 2.3.1 棉纱及其制品 59
- 2.3.2 天然丝 61
- 2.3.3 麻纱和麻线 62
- 2.3.4 非织造麻布 62

- 2.3.5 隔火阻燃布带 63

- 2.4 无机纤维材料 63

- 2.4.1 玻璃丝及其制品 63
- 2.4.2 阻燃玻璃丝布 65
- 2.4.3 石棉纱及其制品 66

- 2.5 合成纤维材料 67

- 2.5.1 聚丙烯网状撕裂纤维 67
- 2.5.2 聚丙烯弹性索 67
- 2.5.3 非织造布(无纺布) 67
- 2.5.4 涤纶丝 67
- 2.5.5 锦纶丝和线 68
- 2.5.6 芳纶丝 68
- 2.5.7 碳素纤维 68
- 2.5.8 其他合成纤维 68

- 2.6 纤维材料的试验 70

- 2.6.1 棉纱、天然丝和合成纤维的试验方法 70
- 2.6.2 电缆麻纱和麻线的试验方法 70
- 2.6.3 玻璃纤维及其制品的试验方法 72

第 3 章 带材 74

- 3.1 带材的种类和用途 74
- 3.2 带材技术指标常用名词及其涵义 74

- 3.2.1 力学性能 74
- 3.2.2 物理性能 75
- 3.2.3 电绝缘性能 75
- 3.2.4 其他性能 76

- 3.3 压敏性胶粘带 77

- 3.3.1 压敏性胶粘带的构成 77
- 3.3.2 聚氯乙烯胶粘带 78
- 3.3.3 聚乙烯胶粘带 79
- 3.3.4 聚酯胶粘带 79
- 3.3.5 聚四氟乙烯胶粘带 79
- 3.3.6 绝缘胶布带 79

- 3.4 自粘性橡胶带 80

- 3.4.1 普通自粘性绝缘带 80
- 3.4.2 丁基自粘性绝缘带 81
- 3.4.3 乙丙自粘性绝缘带 81
- 3.4.4 半导体自粘带 82

3.4.5 电应力控制带	83	4.2.1 光纤预制棒制法	90
3.4.6 自粘性丁基阻燃带	83	4.2.2 光纤制棒用原材料	92
3.4.7 自粘性乙丙无卤阻燃带	84	4.3 石英系列光纤	94
3.4.8 自粘性抗电碳痕带	84	4.4 光纤被覆材料	97
3.4.9 自粘性硅橡胶带	84	4.4.1 光纤一次涂覆材料	97
3.5 金属塑料复合带	85	4.4.2 光纤着色料	97
3.5.1 铝塑复合带	85	4.4.3 光纤带用涂料	101
3.5.2 铅塑复合带	85	4.4.4 光纤二次被覆用材料	101
3.5.3 钢塑复合带	85	4.5 光缆用加强件材料	103
3.6 防火包带及其他	85	4.5.1 光缆用钢丝	104
3.6.1 耐火云母带	85	4.5.2 光缆用芳纶纤维	104
3.6.2 阻燃氯丁橡皮带	86	4.5.3 纤维增强塑料 (FRP)	104
3.6.3 沥青醇酸漆布带	87	4.6 光缆用填充料	105
3.6.4 交联聚乙烯带 (XLPE 带)	87	4.6.1 光缆用填充膏	105
3.6.5 吸水膨胀带	87	4.6.2 光缆用止水带、止水绳、 止水纱	105
第 4 章 光缆用光纤和材料	88	4.6.3 光缆用其他填充料及包带	105
4.1 光缆用光纤和材料的种类和 用途	88	4.7 光缆护层用材料	109
4.2 制造光纤预制棒用材料	90		

第 10 篇 电磁线漆、油料、涂料

第 1 章 电磁线漆	111	1.4.5 阻燃性自粘性漆	132
1.1 概况	111	1.4.6 无磁性漆	132
1.1.1 电磁线漆的分类和组成	111	1.4.7 耐冷冻剂漆	132
1.1.2 电磁线漆的常用理化性能名词 及其涵义	113	1.4.8 高固体含量漆	133
1.2 一般漆包线漆	113	1.4.9 无溶剂热熔树脂	133
1.2.1 聚酯漆	113	1.4.10 高速涂线用漆	134
1.2.2 缩醛漆	116	1.4.11 水性漆	134
1.2.3 聚氨酯漆	119	1.5 纤维绕包线漆	136
1.2.4 环氧漆	122	1.5.1 醇酸漆	136
1.2.5 油性漆	122	1.5.2 有机硅漆	137
1.3 耐高温漆包线漆	125	1.5.3 二苯醚漆	138
1.3.1 聚酰亚胺漆	125	1.5.4 聚胺-酰亚胺漆	139
1.3.2 聚酰胺酰亚胺漆 (酰氯法)	126	1.5.5 环氧亚胺漆	139
1.3.3 改性聚酰胺酰亚胺漆 (异氰 酸酯法)	127	1.5.6 油改性聚酯漆	139
1.3.4 聚酯亚胺漆	128	1.5.7 油改性聚酯亚胺漆	139
1.4 特种漆包线漆	130	1.6 制漆用原材料	140
1.4.1 E 级自粘性漆	130	1.6.1 制造漆基树脂用原材料	140
1.4.2 B 级自粘性漆	130	1.6.2 溶剂和稀释剂	142
1.4.3 F 级自粘性漆	130	1.7 漆的储运、调配、净化及劳动 保护	144
1.4.4 自粘直焊漆	131	1.7.1 漆的储存和运输	144
		1.7.2 漆的调配及净化	145

1.7.3 劳动防护	146	2.7.8 水分的测定	187
1.8 漆的试验方法	146	2.7.9 介质损耗角正切的测定	188
1.8.1 漆的理化性能试验方法	146	2.7.10 介电强度的测定	189
1.8.2 漆膜的特性试验方法	147	2.7.11 电场析气性测定	190
第2章 电缆油和浸渍剂	148	2.7.12 不滴流浸渍剂滴点的测定	192
2.1 概况	148	2.7.13 不滴流浸渍剂收缩率的测定	193
2.1.1 电缆油和浸渍剂的作用和要 求	148	2.7.14 不滴流浸渍剂针入度的测 定	193
2.1.2 分类	150	2.7.15 不滴流浸渍剂吸收指数的 测定	194
2.1.3 电缆油和浸渍剂基本性能名词 及其涵义	151	2.7.16 不滴流浸渍剂的热老化试 验	195
2.2 石油质电缆油的组成和精制	152	第3章 涂料	195
2.2.1 石油质电缆油的基本组成	152	3.1 电线电缆用涂料的种类及用途	195
2.2.2 油的精制要点	154	3.2 电线电缆用涂料的常用技术指标 名词及其涵义	195
2.3 低压电缆用粘性浸渍剂	156	3.3 沥青系涂料	196
2.3.1 粘性浸渍剂的组分与性能要 求	156	3.3.1 电缆外护层用沥青涂料	196
2.3.2 粘性浸渍剂用基油和松香	156	3.3.2 橡皮绝缘编织电线用沥青 涂料	196
2.3.3 粘性浸渍剂的熬煮与去气处 理	160	3.3.3 地质探测电缆用沥青涂料	196
2.3.4 影响粘性浸渍剂性能的主要 因素	160	3.3.4 电缆麻和纸用半沥青浸渍 剂	196
2.4 中低压电缆用不滴流浸渍剂	162	3.3.5 钢管电缆用煤焦油环氧涂 料	197
2.4.1 不滴流浸渍剂的组成与性能 要求	162	3.4 防腐型钢芯铝绞线用橡胶系涂 料	197
2.4.2 不滴流浸渍剂用原材料	164	3.5 硝化纤维漆涂料	197
2.5 自容式充油电缆油	166	3.5.1 电线编织层用硝化纤维漆	197
2.5.1 石油质自容式充油电缆油	166	3.5.2 油井加热电缆用硝化纤维漆 涂料	198
2.5.2 十二烷基苯自容式充油电缆 油	171	3.6 防火涂料	198
2.5.3 阻燃性自容式充油电缆油	174	3.6.1 非膨胀型防火涂料	198
2.6 其他电缆油和浸渍剂	175	3.6.2 膨胀型防火涂料	199
2.6.1 钢管压气电缆浸渍剂	175	3.7 防生物涂料	200
2.6.2 钢管充油电缆浸渍剂	175	3.7.1 防鼠涂料	200
2.6.3 直流海底电缆粘性浸渍剂	176	3.7.2 防蚁涂料	200
2.7 电缆油和浸渍剂的试验	177	3.7.3 防霉涂料	200
2.7.1 运动粘度的测定	177	3.8 半导体涂料	200
2.7.2 恩氏粘度的测定	181	3.9 涂料的试验	201
2.7.3 闪点的开口杯法测定	182	3.9.1 软化点的环球法测试	201
2.7.4 闪点的闭口杯法测定	183	3.9.2 针入度的测试	201
2.7.5 凝固点的测定	184		
2.7.6 酸值的测定	185		
2.7.7 机械杂质的测定	186		

3.9.3 延度的测试	202
3.9.4 粘附性的测试	203
3.9.5 冷冻弯曲性的测试	203
3.9.6 冻裂点的测试	204
3.9.7 热稳定性的测试	204

3.9.8 溶解度的测试	204
3.9.9 灰分的测试	204
3.9.10 环烷酸铜的铜含量测试	204
3.9.11 浸渍电缆麻(纸)环烷酸铜 含量的测试	205

第 11 篇 塑 料

第 1 章 概述

1.1 电线电缆用塑料的种类、性能及 用途	207
1.1.1 电线电缆用塑料的种类	207
1.1.2 电线电缆常用塑料的性能	208
1.1.3 电线电缆用主要塑料的特性 和用途	208
1.2 塑料基本性能的名词及其涵义	211

第 2 章 塑料配合剂

2.1 防老剂	213
2.1.1 抗氧化剂	213
2.1.2 稳定剂	213
2.1.3 紫外线吸收剂	218
2.1.4 光屏蔽剂	218
2.2 增塑剂	222
2.2.1 增塑剂的种类	222
2.2.2 电线电缆用增塑剂的特性和 用途	222
2.2.3 电线电缆用增塑剂的技术要 求	228
2.3 阻燃剂	230
2.3.1 阻燃剂的种类	230
2.3.2 阻燃剂的阻燃效应	231
2.3.3 电线电缆用阻燃剂	232
2.3.4 消烟剂及抑酸剂	236
2.3.5 国产阻燃剂一览	236
2.4 填充剂	240
2.5 润滑剂	241
2.6 着色剂	241
2.6.1 无机颜料	241
2.6.2 有机颜料	242
2.6.3 软聚氯乙烯常用颜料的颜色 稳定性	243
2.7 交联剂	244
2.8 偶联剂	246
2.9 发泡剂	247

2.10 防霉剂	248
2.11 驱避剂	248
2.11.1 防蚁剂	248
2.11.2 避鼠剂	250

第 3 章 聚氯乙烯塑料

3.1 聚氯乙烯树脂	251
3.1.1 分子结构	251
3.1.2 主要性能	251
3.1.3 电线电缆用聚氯乙烯树脂的 技术要求	252
3.2 聚氯乙烯塑料组分的选择	253
3.2.1 树脂	253
3.2.2 增塑剂	254
3.2.3 稳定剂	258
3.2.4 抗氧化剂	259
3.2.5 填充剂	260
3.2.6 润滑剂	262
3.2.7 着色剂	263
3.2.8 阻燃剂	264
3.2.9 共混改性剂	264
3.3 电线电缆用聚氯乙烯塑料品种和 配方	265
3.3.1 电线电缆用聚氯乙烯塑料品 种、用途和要求	265
3.3.2 绝缘用聚氯乙烯塑料	266
3.3.3 护层用聚氯乙烯塑料	266
3.3.4 半导体聚氯乙烯塑料	267
3.3.5 共混掺和物	267
3.3.6 交联聚氯乙烯	267
3.3.7 阻燃聚氯乙烯塑料	267
3.4 电线电缆用聚氯乙烯塑料的生产 工艺	268

第 4 章 聚乙烯及其共聚物

4.1 聚乙烯的制造与分类	272
4.1.1 聚乙烯的制造	272
4.1.2 聚乙烯的分类与命名	274

4.1.3 我国聚乙烯树脂生产简介	276	5.2.5 聚全氟乙丙烯在电线电缆中的应用	322
4.2 聚乙烯的结构和性能	278	5.3 四氟乙烯-乙烯共聚物	322
4.2.1 聚乙烯的结构	278	5.3.1 四氟乙烯-乙烯共聚物的结构特点	323
4.2.2 聚乙烯的性能	278	5.3.2 四氟乙烯-乙烯共聚物的性能	323
4.2.3 影响聚乙烯性能的主要因素	282	5.3.3 四氟乙烯-乙烯共聚物的技术要求	323
4.3 主要的乙烯共聚物及其性能	285	5.3.4 四氟乙烯-乙烯共聚物的挤出工艺要点	323
4.3.1 乙烯-醋酸乙烯共聚物 (EVA)	285	5.3.5 F-40 电线的辐照交联	324
4.3.2 乙烯-丙烯酸乙酯共聚物 (EEA)	287	5.3.6 F-40 在电线电缆中的应用	324
4.3.3 乙烯-甲基丙烯酸酯共聚物 (EMA)	287	5.3.7 国内外主要商品名和生产厂家	324
4.3.4 乙烯-丙烯酸丁酯共聚物 (EBA)	287	5.4 四氟乙烯-全氟烷基乙烯基醚共聚物	324
4.3.5 乙烯-丙烯酸共聚物 (EAA)	287	5.4.1 PFA 的结构特点	324
4.3.6 乙烯-甲基丙烯酸共聚物 (EMAA)	288	5.4.2 PFA 的性能	324
4.4 电线电缆用聚乙烯及其共聚物	288	5.4.3 PFA 的技术要求	325
4.4.1 聚乙烯护套料	288	5.4.4 PFA 的挤出工艺要点	326
4.4.2 聚乙烯绝缘料	292	5.4.5 PFA 在电线电缆中的应用	326
4.4.3 交联聚乙烯电缆料	296	5.5 聚偏氟乙烯	326
4.4.4 半导电聚烯烃屏蔽料	302	5.6 聚三氟氯乙烯	327
4.4.5 阻燃聚烯烃	305	第 6 章 其他塑料	329
第 5 章 氟塑料	306	6.1 聚丙烯	329
5.1 聚四氟乙烯	307	6.1.1 聚丙烯的结构特点	329
5.1.1 聚四氟乙烯的种类、用途及国内外牌号	307	6.1.2 聚丙烯的性能	329
5.1.2 聚四氟乙烯的结构特点	313	6.1.3 聚丙烯在电缆工业中的应用及加工工艺要点	331
5.1.3 聚四氟乙烯的性能	313	6.2 聚苯乙烯	331
5.1.4 聚四氟乙烯树脂和薄膜的技术要求	317	6.2.1 聚苯乙烯的技术要求	332
5.1.5 聚四氟乙烯在电线电缆中的应用	318	6.2.2 聚苯乙烯的性能	332
5.1.6 聚四氟乙烯塑料推挤工艺要点	318	6.3 氯化聚醚	333
5.2 聚全氟乙丙烯	319	6.3.1 氯化聚醚的结构特点	333
5.2.1 聚全氟乙丙烯的结构特点	319	6.3.2 氯化聚醚的性能	333
5.2.2 聚全氟乙丙烯的性能	319	6.3.3 氯化聚醚的工艺要点	334
5.2.3 聚全氟乙丙烯的技术要求	320	6.4 聚酰胺	335
5.2.4 聚全氟乙丙烯挤出工艺要点	321	6.4.1 聚酰胺的种类和技术要点	335
		6.4.2 聚酰胺的结构特点	335
		6.4.3 聚酰胺的性能	336
		6.4.4 聚酰胺的挤包工艺要点	339
		6.5 聚酰亚胺	339

6.6 有机硅-聚酰亚胺共聚物	341	度)	358
6.7 聚酯	342	7.2.2 熔体流动速率	359
6.7.1 聚对苯二甲酸乙二醇酯	342	7.2.3 热延伸	360
6.7.2 聚对苯二甲酸丁二醇酯	343	7.2.4 差热分析	360
6.8 环氧树脂	345	7.2.5 200℃热稳定时间	360
6.8.1 环氧树脂的种类	345	7.2.6 热变形	361
6.8.2 环氧树脂的结构特点	345	7.2.7 聚乙烯耐环境应力开裂	361
6.8.3 环氧树脂的性能	345	7.2.8 聚乙烯耐热应力开裂	363
6.8.4 环氧树脂的固化	346	7.2.9 低温冲击脆化温度	363
6.8.5 环氧树脂用稀释剂、增塑剂和 其他添加剂	349	7.2.10 耐化学药品性	364
第7章 塑料的试验方法	351	7.2.11 耐油试验	366
7.1 物理力学性能测试	351	7.3 燃烧性能测试	366
7.1.1 密度	351	7.3.1 氧指数	366
7.1.2 吸水性	352	7.3.2 闪燃温度和自燃温度	367
7.1.3 交联度	352	7.3.3 氯化氢含量	368
7.1.4 发泡塑料的表观密度	353	7.3.4 烟密度	368
7.1.5 抗拉强度和断裂伸长率	353	7.4 电性能测试	368
7.1.6 薄膜拉伸	354	7.4.1 体积电阻率和表面电阻率	368
7.1.7 直角撕裂	355	7.4.2 工频电气强度	369
7.1.8 薄膜和薄片耐撕裂性	355	7.4.3 相对介电常数和介质损耗因 数	370
7.1.9 邵氏硬度	356	7.5 老化性能测试	371
7.1.10 炭黑含量	356	7.5.1 空气箱热老化	371
7.1.11 炭黑分散度	358	7.5.2 自然气候曝露	371
7.2 热性能和耐油性测试	358	7.5.3 氙灯光源曝露	371
7.2.1 热塑性塑料软化点(维卡温 度)	358		
第12篇 橡胶和橡皮			
第1章 概述	373	1.2.7 断裂伸长率	380
1.1 橡胶和橡皮的种类、用途和 特性	373	1.2.8 定伸强度	380
1.1.1 橡胶的种类、用途和特性	373	1.2.9 弹性	381
1.1.2 橡皮的组成	374	1.2.10 永久变形	381
1.1.3 电线电缆用橡皮的分类和 性能要求	377	1.2.11 抗撕裂强度	381
1.2 橡胶和橡皮的基本性能名词及其 涵义	380	1.2.12 耐磨性	381
1.2.1 门尼粘度	380	1.2.13 绝缘电阻和绝缘电阻率	381
1.2.2 硫化	380	1.2.14 介电常数	381
1.2.3 正硫化点	380	1.2.15 介质损耗角正切	381
1.2.4 焦烧	380	1.2.16 击穿强度	381
1.2.5 威氏塑性	380	1.2.17 耐热性	381
1.2.6 抗拉强度	380	1.2.18 热延伸	381
		1.2.19 耐寒性	381
		1.2.20 阻燃性	381
		1.2.21 耐气候性	381

1.2.22 耐日光性	381	剂	399
1.2.23 耐电晕性	382	2.7 补强剂	402
1.2.24 耐臭氧性	382	2.7.1 补强剂的基本作用	402
1.2.25 耐辐照性	382	2.7.2 电线电缆橡皮常用的补强剂	402
1.2.26 耐湿性	382	2.8 填充剂	404
1.2.27 防霉性和防生物性	382	2.8.1 滑石粉	404
1.2.28 耐油性和耐溶剂性	382	2.8.2 轻质化学碳酸钙	405
1.2.29 耐老化性	382	2.8.3 活性轻质碳酸钙	405
1.3 橡皮的配方设计	382	2.9 特殊用途加入剂	405
1.3.1 配方设计的基本要求	382	2.9.1 导电剂	405
1.3.2 配方设计的步骤	383	2.9.2 抗静电剂	406
1.3.3 配方的表示方法	383	2.9.3 阻燃剂	406
第2章 橡胶配合剂	384	第3章 电线电缆常用橡胶和橡皮	406
2.1 硫化剂	384	3.1 天然橡胶和橡皮	406
2.1.1 硫磺	385	3.1.1 分类、特性和用途	406
2.1.2 含硫化合物	385	3.1.2 橡皮配方	410
2.1.3 过氧化物	386	3.1.3 工艺要点	418
2.1.4 醌类	387	3.2 丁苯橡胶和橡皮	419
2.1.5 树脂类	387	3.2.1 分类、特性和用途	419
2.1.6 胺类	388	3.2.2 橡皮配方	426
2.2 硫化促进剂	388	3.2.3 工艺要点	428
2.2.1 噻唑类	388	3.3 乙丙橡胶和橡皮	428
2.2.2 胍类	389	3.3.1 分类、特性和用途	428
2.2.3 秋兰姆类	389	3.3.2 橡皮配方	446
2.2.4 硫脲类	390	3.3.3 工艺要点	458
2.2.5 次磺酰胺类	391	3.4 丁基橡胶和橡皮	459
2.2.6 二硫代氨基甲酸盐类	391	3.4.1 分类、特性和用途	459
2.3 活化剂(促进助剂)	392	3.4.2 橡皮配方	459
2.3.1 无机活化剂	392	3.4.3 工艺要点	465
2.3.2 有机活化剂	393	3.5 氯丁橡胶和橡皮	465
2.4 防焦剂(硫化延缓剂)	394	3.5.1 分类、特性和用途	465
2.4.1 N-亚硝基二苯胺	394	3.5.2 橡皮配方	467
2.4.2 水杨酸(邻羟基苯甲酸)	394	3.5.3 工艺要点	470
2.4.3 邻苯二甲酸酐	394	第4章 电缆用特种橡皮	471
2.4.4 N-亚硝基苯基-β-萘胺	394	4.1 硅橡胶和橡皮	471
2.4.5 二氯二甲基乙内酰脲	394	4.1.1 特性、分类和用途	471
2.5 防老剂	394	4.1.2 橡皮配方	473
2.5.1 防老剂的选用要点	394	4.1.3 工艺要点	475
2.5.2 电线电缆橡皮常用的防老剂	395	4.2 氯磺化聚乙烯及其橡皮	475
2.6 软化剂(增塑剂)	399	4.2.1 分类、特性和用途	476
2.6.1 对软化剂的要求	399	4.2.2 橡皮配方	478
2.6.2 电线电缆橡皮常用的软化			

4.2.3 工艺要点	483	5.1.4 胶料硫化指数(焦烧)	503
4.3 氯化聚乙烯及其橡皮	484	5.1.5 胶料硫化特性(圆盘振荡硫化 仪法)	504
4.3.1 特性和用途	484	5.1.6 橡胶威廉氏塑性和弹性复 原性	505
4.3.2 橡皮配方	486	5.1.7 磁化橡胶力学性能	506
4.3.3 工艺要点	488	5.1.8 撕裂强度	507
4.4 氯醚橡胶和橡皮	490	5.1.9 橡皮邵氏 A 硬度	508
4.4.1 分类、特性和用途	490	5.1.10 橡皮回弹性	508
4.4.2 橡皮配方	491	5.2 热性能和耐油性能测试	509
4.4.3 工艺要点	493	5.2.1 橡皮热空气老化	509
4.5 氟橡胶和橡皮	494	5.2.2 橡皮热延伸	509
4.5.1 分类、特性和用途	494	5.2.3 耐油试验	510
4.5.2 橡皮配方	495	5.3 其他性能测试	510
4.5.3 工艺要点	500	附录 电线电缆行业现行标准与代替 标准	511
第 5 章 橡胶和橡皮的试验方法	501	参考文献	547
5.1 物理力学性能测试	501		
5.1.1 一般要求	501		
5.1.2 密度(天平法)	502		
5.1.3 粘度(用门尼粘度计)	502		

第8篇 金属材料

第1章 概述

1.1 电线电缆用金属材料的种类

金属材料在电线电缆工业中应用非常广泛，是电线电缆的主要材料。通常分为有色金属和黑色金属两大类；或分为轻金属、重金属、贵金属、稀有金属等。

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，以及作为架空导线的加强芯或复合导体的加强部分。

电线电缆产品常用金属材料的种类及其主要用途见表 8-1-1。

表 8-1-1 电线电缆用金属材料的种类及用途

金属种类		材料形态	主 要 用 途
铜及铜合金	纯铜	阴极铜 铜线锭 圆线 型线 带(箔)材 管材	熔铸铜线锭、生产连铸连轧铜杆、上引杆、浸涂杆 轧制铜杆及铜母线等 裸绞线、绝缘电线电缆的导电线芯、编织屏蔽层等 电磁线、电缆的导电线芯、电车线(接触线)、母线和异型排 电缆的屏蔽层、同轴电缆外导体等 氧化镁电缆护套等
	铜合金	圆线 型线 带材	高强度电线的导电线芯、电磁线、架空线 电机换向器用梯形排、电车线(接触线) 高压充油电缆护层中的加强层、特种电缆的铠装
铝及铝合金	纯铝	铝锭 铝线锭 圆铝锭 圆线 型线 带(箔)材 管材	熔制铝线锭和圆铝锭，生产连铸连轧铝杆 轧制铝杆及铝母线等 挤制电缆铝护套、铝杆及型线 架空输电线及绝缘电线电缆的导电线芯 电磁线、电缆的导电线芯、电车线(接触线)、母线等 电缆的屏蔽层、通信电缆综合护层、同轴电缆外导体等 氧化镁电缆护套、通信电缆内导体等
	铝合金	圆线 型线	架空输电线及绝缘电线电缆的导电线芯 电车线(接触线)，变压器用换位导线
铅及铅合金		铅锭	电力电缆及通信电缆的铅包护层
钢		钢丝	钢芯铝绞线的加强芯，电缆护层中的编织或铠装层，特殊电线电缆的导电线芯加强材料，铜包钢线及铝包钢线线芯等
		钢带	电缆护层中的铠装层，同轴电缆的外屏蔽，通信电缆的综合护层
锡		锭(板)	镀锡铜线
银		板	镀银铜线
镍		板	镀镍铜线

1.2 金属材料常用名词及其涵义

1.2.1 导电性能

1. 体积电阻率 ρ_{i0} 体积电阻率为单位长度与单位截面积的导体金属的电阻, 在标准温度为 t_0 时, 可用式 (8-1-1) 计算

$$\rho_{i0} = \frac{A_{t_0}}{L_{1t_0}} \cdot R_{t_0} \quad (8-1-1)$$

式中 ρ_{i0} ——标准温度 t_0 时的体积电阻率;

R_{t_0} ——标准温度 t_0 时标距长度内试样的电阻;

A_{t_0} ——标准温度 t_0 时试样的截面积;

L_{1t_0} ——标准温度 t_0 时试样的标距长度。

当标准温度为 20°C 时, 体积电阻率可用 ρ_{20} 表示。体积电阻率常简称为材料的电阻率或电阻系数。体积电阻率是仅与材料有关的物理量, 其单位为 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 。

2. 质量电阻率 δ_{t_0} 质量电阻率为单位长度和单位质量的导体的电阻, 在标准温度为 t_0 时, 可用式 (8-1-2) 计算

$$\delta_{t_0} = \frac{m}{L_{2t_0}} \cdot \frac{R_{t_0}}{L_{1t_0}} \quad (8-1-2)$$

式中 δ_{t_0} ——标准温度 t_0 时的质量电阻率;

R_{t_0} ——标准温度 t_0 时标距长度内试样的电阻;

m ——试样的质量;

L_{1t_0} ——标准温度 t_0 时试样的标距长度;

L_{2t_0} ——标准温度 t_0 时试样的总长度。

质量电阻率和体积电阻率均是衡量导电材料导电性能优劣与否的技术参数。体积电阻率是从单位体积来衡量, 质量电阻率是从单位质量来衡量。

质量电阻率的单位为 $\Omega \cdot \text{g}/\text{m}^2$ 。质量电阻率与体积电阻率可相互换算, 二者与材料密度存在式 (8-1-3) 关系

$$\delta_{t_0} = d_s \cdot \rho_{i0} \quad (8-1-3)$$

式中 d_s ——材料密度。

3. 电导率 体积电阻率的倒数称为电导率, 单位为 $\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$ 。

4. 电导率百分值 电导率百分值为国际退火铜标准 (International Annealed Copper Standards, 缩写为 IACS) 规定的电阻率 (体积或质量) 与相同单位的试样电阻率之比值。用来表示材料的导电性能, 直观性较强。

电导率百分值用 %IACS 表示。

通常在已知 20°C 时的体积电阻率 ρ_{20} 后, 电导率百分值按式 (8-1-4) 计算

$$\% \text{IACS} = \frac{0.017241}{\rho_{20}} \quad (8-1-4)$$

式中 ρ_{20} ——在 20°C 时的体积电阻率 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)。

表 8-1-2 为在 20°C 时国际退火铜电导率百分值及相应体积电阻率、质量电阻率和电导率标准值的关系。

表 8-1-2 在 20°C 时国际退火铜的标准值

电导率百分值	100.00 %IACS
体积电阻率	$0.017241 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
质量电阻率	$0.15328 \Omega \cdot \text{g}/\text{m}^2$
电导率	$58 \text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$

5. 电阻温度系数 α_{Rt_0} 导体材料在温度 t 和标准温度 t_0 时的电阻 R 、体积电阻率 ρ 和质量电阻率 δ 分别有式 (8-1-5)、式 (8-1-6) 和式 (8-1-7) 的关系

$$R_t = R_{t_0} [1 + \alpha_{Rt_0} \cdot (t - t_0)] \quad (8-1-5)$$

$$\rho_t = \rho_{t_0} [1 + (\alpha_{\rho t_0} + \gamma) \cdot (t - t_0)] \quad (8-1-6)$$

$$\delta_t = \delta_{t_0} [1 + (\alpha_{\delta t_0} - 2\gamma) \cdot (t - t_0)] \quad (8-1-7)$$

式中 α_{Rt_0} ——在标准温度 t_0 时材料的电阻温度系数;

γ ——材料的热膨胀系数。

电阻温度系数表示当温度变化 1°C 时, 电阻或电阻率的变化量与标准温度 t_0 时的电阻或电阻率的比值。当标准温度为 20°C 时, α_{Rt_0} 可写成 α_{R20} 或 α_{20} 。

式 (8-1-5)、式 (8-1-6)、式 (8-1-7) 呈线性关系, 对于通常的导体材料, 仅在接近金属熔点或接近绝对温度零度时才不符合, 而热膨胀系数 γ 对大部分材料均比电阻温度系数 α_R 小得多, 当 t