



NONGCUN DIANGONG SHOUCHE

农村电工手册

李金伴 陈树人 主编



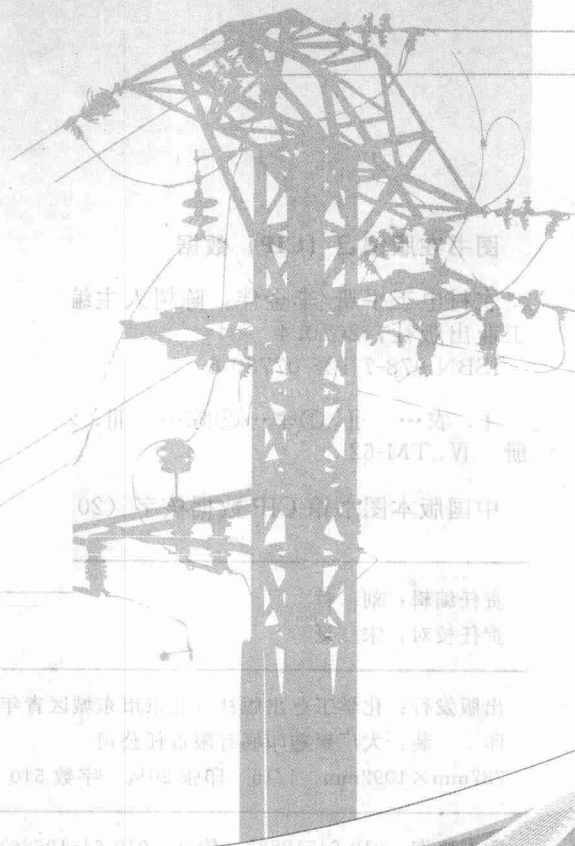
化学工业出版社



NONGCUN DIANGONG SHOUCHE

农村电工手册

李金伴 陈树人 主编



化学工业出版社

·北京·

50.00元

图书在版编目 (CIP) 数据

农村电工手册/李金伴, 陈树人主编. —北京: 化学工业出版社, 2010. 4
ISBN 978-7-122-07780-6

I. 农… II. ①李…②陈… III. 农村-电工-技术手册 IV. TM-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 027756 号

责任编辑: 刘 哲
责任校对: 宋 夏

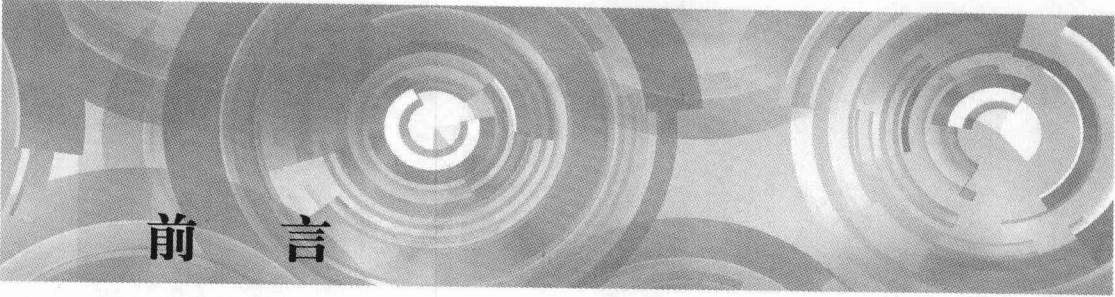
文字编辑: 孙 科
装帧设计: 张 辉

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 20 $\frac{1}{4}$ 字数 510 千字 2010 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究



前 言

建设社会主义新农村是我国现代化进程中的重大历史任务。深入实施“新农村、新电力、新服务”的农电发展战略，安全、可靠、充足、经济的电力供应，是新农村建设的重要基础和保障。随着农村供用电的迅速发展，农村用电设备不断增加，乡镇企业不断涌现，农村电工和乡镇企业电工的队伍也日益壮大，电工队伍素质需要进一步提高。为了满足广大农村电工和乡镇企业电工的工作需要，我们编写了这本《农村电工手册》。

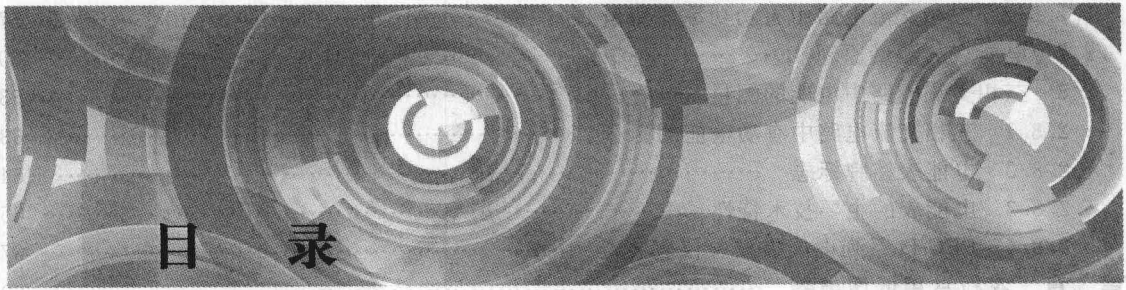
在编写过程中，我们从农村电工和乡镇企业电工的实际需要出发，在内容上力求简明实用，通俗易懂，重点介绍了农村和乡镇企业常用电气设备的基本结构、工作原理、型号规格、安装和使用维修、常见故障及其排除方法等基本知识和技术数据。手册中采用大量的数据表格和简明文字说明相结合，以便于读者理解和查找有关内容。同时，还注意到内容的实用性，手册中介绍的电工产品是从有关乡镇企业的实际需要出发，并考虑到维修工作的需要，介绍了目前最常用的产品型号。

本手册共 14 章，内容包括农村常用低压电器、农村电气照明、农村常用电工仪表、电工材料、农村小型电力排灌站、柴油发电机组、农村电力网、农村常用电动机、拖拉机和联合收割机电气设备、电焊机与电动工具以及农村安全用电知识等。

本手册由李金伴、陈树人主编。手册的第 1、2 章由李捷辉编写，第 3~5 章由李金伴编写，第 6 章由郎涛编写，第 7 章由汤东编写，第 8、13 章由陈树人、杨洪博、张林林编写，第 9、14 章由王纪章编写，第 10~12 章由左志宇编写，全书由李捷明审稿，在审阅中对书稿提出许多宝贵意见，表示衷心感谢。在编写过程中，参阅了有关资料，在此对有关专家、学者和作者表示衷心感谢。

本手册涉及面很广，限于编者水平，书中难免会有疏漏和欠妥之处，诚恳希望读者的批评指正。

编 者



第 1 章 常用电工材料	1
1.1 导电材料	1
1.1.1 导电用铜及铜合金	2
1.1.2 导电用铝及铝合金	4
1.1.3 复合金属导体	5
1.2 绝缘材料	6
1.2.1 绝缘材料的种类、用途	6
1.2.2 电工绝缘材料型号编制方法	7
1.2.3 绝缘漆的种类及特性	8
1.2.4 漆包线漆	11
1.2.5 硅钢片漆	12
1.2.6 绝缘漆布	13
1.2.7 绝缘纸	14
1.2.8 云母制品	14
1.2.9 绝缘粘带	18
1.2.10 电工用橡胶	19
1.2.11 电工薄膜	20
1.3 磁性材料	22
1.3.1 磁性材料的分类及其主要特性	22
1.3.2 永磁材料	22
1.3.3 软磁材料	26
第 2 章 常用电工测量仪表	31
2.1 常用电工测量仪表的分类	31
2.1.1 常用电工仪表分类、型号和表面标记	31
2.1.2 电工指示仪表的型号及表面标记	32
2.1.3 电工仪表主要技术指标	34
2.1.4 常用电工仪表选择	35
2.2 常用开关板式电流表、电压表的规格型号和技术参数	36
2.3 万用表的结构、分类和原理	41
2.4 绝缘电阻、接地电阻测量仪	49
2.5 频率、相位和功率因数的测量方法	55
2.6 功率的测量方法	56
2.6.1 功率表的测量原理	56

2.6.2	三相交流电路中有功功率的测量	57
2.7	电能表的测量原理	60
2.8	三相交流电路中电能的测量	63
2.8.1	三相交流电路中有功电能的测量	63
2.8.2	电能表铭牌标志	64
2.8.3	电能表的主要技术特性	65
2.8.4	PEC-D 系列电能表校验仪表装置	67
第3章	农村常用低压电器	69
3.1	低压电器的定义、分类及用途	69
3.2	刀开关和转换开关	72
3.3	熔断器	74
3.4	自动开关	76
3.5	继电器	80
3.6	主令电器	84
3.7	接触器	87
3.8	凸轮控制器	89
第4章	农村常用电动机	91
4.1	电动机的分类	91
4.2	三相异步电动机的结构及工作原理	92
4.2.1	三相异步电动机的结构	92
4.2.2	三相异步电动机的工作原理	94
4.2.3	三相异步电动机的铭牌、型号和主要技术数据	95
4.2.4	农用电动机的选择	104
4.3	三相异步电动机的常用电气控制与保护电路	110
4.3.1	直接启动电气控制电路	110
4.3.2	减压启动电气控制电路	111
4.3.3	联锁控制电路	113
4.3.4	电动机的保护电路	114
4.4	三相异步电动机安装与维护	115
4.4.1	三相异步电动机的安装	115
4.4.2	三相异步电动机的运行与维护	119
4.5	三相异步电动机常见故障原因和处理方法	121
第5章	农村电力网	124
5.1	概述	124
5.2	农村变配电所	126
5.2.1	农村变配电所的电气设备	126
5.2.2	农村变配电所的电气线路图	127
5.2.3	农村中心变配电所主接线图和配电装置的最小安全净距	129
5.2.4	农村配电变压器的安装布置图	132
5.3	高压断路器	133
5.3.1	少油断路器	134
5.3.2	真空断路器	137

5.3.3	六氟化硫 (SF ₆) 断路器	138
5.3.4	操动机构	140
5.3.5	断路器的运行与维护	142
5.4	高压隔离开关和负荷开关	147
5.4.1	高压隔离开关	147
5.4.2	负荷开关	151
5.5	互感器	154
5.5.1	电压互感器	154
5.5.2	电流互感器	158
5.6	电力电容器	164
第6章	农村小型电力排灌站	167
6.1	农村电力排灌设备的基本结构和分类	167
6.1.1	单级单吸离心泵基本结构	168
6.1.2	蜗壳式混流泵基本结构	168
6.1.3	立式轴流泵基本结构	168
6.1.4	污水污物潜水电泵基本结构	168
6.1.5	潜水轴流泵基本结构	169
6.1.6	并用潜水电泵基本结构	169
6.2	农村电力排灌站水泵选型	170
6.2.1	水泵选型的基本原则	170
6.2.2	水泵类型的选择	170
6.2.3	水泵结构形式比较	171
6.2.4	水泵台数的选择	171
6.3	农村小型电力排灌设备的型号和主要技术参数	172
6.3.1	中小型轴流泵主要技术参数	172
6.3.2	IS型单级单吸离心泵主要技术参数	173
6.3.3	WQ系列污水污物潜水电泵主要技术参数	176
6.3.4	潜水轴流泵主要技术参数	179
6.3.5	QJ系列并用潜水泵主要技术参数	182
6.4	农村电力排灌设备的安装、运行与维护方法	188
6.4.1	卧式水泵机组的安装、运行与维护	188
6.4.2	并用潜水泵的安装、运行与维护	189
6.4.3	污水污物潜水电泵的安装、运行与维护	190
6.4.4	潜水轴流泵的安装	193
6.5	农村电力排灌设备的常见故障及其排除方法	195
6.5.1	离心泵、混流泵运行中常见的故障及排除方法	195
6.5.2	潜水泵的常见故障及排除方法	197
6.5.3	污水污物潜水电泵的常见故障及排除方法	199
第7章	农用柴油发电机组	200
7.1	农用柴油发电机组的特点、组成和技术参数	200
7.1.1	农用柴油发电机组的特点	200
7.1.2	农用柴油发电机组的组成	200

7.1.3	农用柴油发电机组的型号及技术参数	201
7.2	柴油发电机组的选择	202
7.2.1	柴油机发电站总容量的选择	202
7.2.2	柴油发电机组台数的选择	202
7.2.3	柴油发电机组形式的选择	202
7.2.4	柴油发电机组单机容量的选择	203
7.3	简易柴油发电机组	204
7.3.1	简易柴油发电机组的形式和选择方法	204
7.3.2	功率匹配、转速匹配的性能参数	205
7.4	农用柴油机	206
7.4.1	柴油机的类型和结构	206
7.4.2	柴油机的工作原理	207
7.5	农用交流同步发电机	208
7.5.1	交流同步发电机的结构与励磁方式	208
7.5.2	T2 系列三相交流同步发电机的主要技术参数	208
7.5.3	ST2 系列单相交流同步发电机的主要技术参数	210
7.6	柴油发电机组的使用及保养方法	210
7.6.1	柴油发电机使用前的准备工作	210
7.6.2	柴油发电机组的启动、运行和停机	212
7.6.3	柴油机的保养	213
7.7	柴油发电机组的常见故障及排除方法	215
第 8 章	农用发电机与新型农机具	216
8.1	发电机及调节器的类型、结构和技术参数	216
8.1.1	硅整流发电机	218
8.1.2	硅整流电机的调节器	220
8.2	启动电动机及控制电路的主要技术参数	222
8.2.1	串励式直流电动机的构造及工作原理	222
8.2.2	启动电动机的传动机构和控制装置	224
8.2.3	启动电动机的正确使用方法	225
8.2.4	启动电动机的常见故障及排除方法	226
8.3	磁电机和火花塞及控制电路	226
8.3.1	磁电机	226
8.3.2	火花塞	227
8.3.3	磁电机点火装置的正确使用方法	227
8.3.4	磁电机点火装置的常见故障及排除方法	228
8.4	新型农机具的典型电路图	228
8.5	新型农机具的传动方式和技术参数	229
8.5.1	新疆-2 谷物联合收割机传动方式	229
8.5.2	新疆-2 型联合收割机主要技术参数	231
8.6	新型农机具的使用与保养方法	231
8.7	新型农机具的常见故障及排除方法	232
第 9 章	农用电焊机与电动工具	234

9.1	农用电焊机的类型、结构和技术参数	234
9.2	农用电动工具用单相串励电动机的类型、结构和参数	240
9.3	农用电动工具的类型和主要技术参数	243
第 10 章	农村电气照明	250
10.1	白炽灯的类型和参数	250
10.1.1	白炽灯的类型	250
10.1.2	农村常用白炽灯参数	250
10.2	荧光灯的类型和参数	251
10.2.1	荧光灯的类型	251
10.2.2	农村常用荧光灯参数	252
10.2.3	紧凑型荧光灯	252
10.3	高压汞灯的类型和参数	253
10.3.1	高压汞灯的类型	253
10.3.2	高压汞灯的参数	253
10.4	卤钨灯的类型和参数	255
10.5	黑光灯的类型和参数	256
10.6	照明线路的安装方法	257
10.6.1	照明基本电路	257
10.6.2	瓷夹板线路的安装	257
10.6.3	槽板线路的安装	258
10.6.4	塑料护套线路的安装	260
10.6.5	管内布线的安装	261
第 11 章	农村接地装置与防雷保护	264
11.1	农村接地装置的结构	264
11.2	农村防雷保护设备主要参数和选择	267
11.2.1	防雷保护设备的主要参数	267
11.2.2	防雷保护设备的选择	270
11.3	避雷器的运行维护	271
11.4	避雷器的故障处理	272
第 12 章	农村安全用电	274
12.1	农村触电的形式	274
12.2	农村电工安全知识和安全用电知识	275
12.2.1	电工安全知识	275
12.2.2	安全用电知识	276
12.3	农村触电救护	277
12.4	农村漏电保护器设备的安装和选择	279
12.4.1	漏电保护器设备的安装	279
12.4.2	漏电保护器设备的选择	282
12.5	电气安全组织措施	283
12.6	电气火灾消防	284
12.6.1	电气防火措施	284
12.6.2	灭火措施	285

第 13 章 GPS 在农业生产中的应用	286
13.1 农用 GPS 的型号、结构、参数和选择	286
13.1.1 AgGPS132 接收机	287
13.1.2 Trimble AgGPS332 接收机	288
13.1.3 Magellan GPS315/GPS320 接收机	288
13.1.4 4600LS GPS 测量型接收机	289
13.2 GPS 在联合收割机谷物测产中应用	291
13.2.1 谷物测产系统基本组成	291
13.2.2 DGPS 定位原理	292
13.2.3 NMEA-0183 语句格式	292
13.2.4 谷物产量分布图	292
13.3 GPS 在现代农业信息中的应用	293
第 14 章 农村大棚自动控制	295
14.1 农村大棚的结构和特点	295
14.2 农村大棚的控制设备的结构	297
14.3 农村大棚的自动控制设备的安装和选择	301
14.4 农村大棚的典型电路图	305
参考文献	310

第1章 常用电工材料

1.1 导电材料

金属中导电性能最好的是银，其次是铜、铝。由于银价格昂贵，除在特殊场合及特殊用途外，一般都把铜和铝用作导电金属材料。导电材料应具有高的导电性、足够的机械强度、不易氧化、不易腐蚀、容易加工和容易焊接等特性，其电阻率为 $10^{-8} \sim 10^{-6} \Omega \cdot m$ 。常用导电金属的性能和用途见表 1-1。

表 1-1 导电金属的性能和用途

名称	符号	密度 /(g/ cm ³)	熔点 /℃	抗拉 强度 /MPa	电阻率 (20℃) /($\times 10^{-8}$ $\Omega \cdot m$)	电阻温 度系数 (20℃) / $\times 10^{-3} \text{℃}^{-1}$	主要特性	主要用途
银	Ag	10.50	961.93	156.8~ 176.4	1.59	3.80	有最好的导电性和导热性，抗氧化性好，易压力加工，焊接性好	航空导线、耐高温导线、射频电缆等导体和镀层，瓷电容器极板等
铜	Cu	8.90	1084.5	196~ 215.6	1.69	3.93	有好的导电性和导热性，良好的耐蚀性和焊接性，易压力加工	各种电线、电缆用导体，母线和载流零件等
金	Au	19.30	1064.43	127.4~ 137.2	2.40	3.40	导电性仅次于银和铜，抗氧化性特好，易压力加工	电子材料等特殊用途
铝	Al	2.70	660.37	68.6~ 78.4	2.65	4.23	有良好的导电性、导热性、抗氧化性和耐蚀性，密度小，易压力加工	各种电线、电缆用导体、母线、载流零件和电缆护层等
钠	Na	0.97	97.8		4.60	5.40	密度特小，延展性好，熔点低，活性大，易与水作用	有可能作实用的导体
钼	Mo	10.20	2620	686~ 980	4.77	3.30	有高的硬度和抗拉强度，耐磨，熔点高，性脆，高温易氧化，需特殊加工	超高温导体、电焊机电极、电子管栅极丝及支架等
钨	W	19.30	3387	980~ 1176	5.48	4.50	抗拉强度和硬度很高，耐磨，熔点高，性脆，高温易氧化，需特殊加工	电光源灯丝、电子管灯丝及电极、高温导体和电焊机电极等
锌	Zn	7.14	419.58	107.8~ 147	6.10	3.70	耐蚀性良好	导体保护层和干电池阴极等
镍	Ni	8.90	1455	392~ 490	6.90	6.0	抗氧化性好，高温强度高，耐辐照性好	高温导体保护层、高温特殊导体、电子管阳极和阴极等零件

续表

名称	符号	密度 (g/cm ³)	熔点 /°C	抗拉 强度 /MPa	电阻率 (20°C) /(×10 ⁻⁸ Ω·m)	电阻温 度系数 (20°C) /×10 ⁻³ °C ⁻¹	主要特性	主要用途
铁	Fe	7.86	1541	245~ 323.4	9.78	5.0	机械强度高,易压力加工,电阻率比铜大6~7倍,交流损耗大,耐腐蚀性差	在输送功率不大的线路上作广播线、电话线和爆破线等
铂	Pt	21.45	1772	137.2~ 156.8	10.5	3.0	抗氧化性和抗化学剂性特好,易压力加工	精密电表及电子仪器的零件等
锡	Sn	7.30	231.96	14.7~ 26.5	11.4	4.20	塑性高,耐蚀性好,强度和熔点低	导体保护层、焊料和熔丝等
铅	Pb	11.37	327.5	9.8~ 29.4	21.9	3.90	塑性高,耐蚀性好,密度大,熔点低	熔丝蓄电池极板和电缆护层等
汞	Hg	13.55	-38.87		95.8	0.89	液体,沸点为357°C,加热易氧化,蒸汽对人体有害	汞弧整流器、汞灯和汞开关等

1.1.1 导电用铜及铜合金

铜具有高的导电性和导热性,足够的机械强度,良好的耐蚀性,无低温脆性,便于焊接,易于压力加工成各种型材,是最广泛应用的导电材料。纯铜外观应呈紫红色,一般称为紫铜。铜质愈纯,导电性愈好。导电用铜常选用含铜量为99.90%的工业纯铜,在特殊条件下,可选用无氧铜或无磁性高纯铜。导电用铜的品种及其主要用途见表1-2,常用导电铜合金的品种、成分、加工特性、性能和主要用途见表1-3。

表 1-2 导电用铜的品种及其主要用途

类别	品种	代号	含铜量(不小于)/%	主要用途
普通纯铜	一号铜	T ₁	99.95	各种电线电缆用导体
	二号铜	T ₂	99.90	仪器、仪表开关和一般导电零件
无氧铜	一号无氧铜	Tu ₁	99.97	电真空器件、电子管和电子仪器用零件、耐高温导体微细丝等,真空开关触头
	二号无氧铜	Tu ₂	99.95	
无磁性高纯铜		TWC	99.95	作无磁性漆包线的导体,制造高精度仪器、仪表的动圈

表 1-3 导电铜合金的品种、成分、加工特性、性能和主要用途

名称	成分/%	强化方式	加工特性	室温性能			高温性能		主要用途	
				抗拉强度 (N/mm ²)	伸长率 /%	硬度 HB	电导率 IACS /%	软化 温度 /°C		高温强度 (N/mm ²)
硬铜	99.9Cu	冷作硬化	500~700°C退火1h后,冷加工	350~450	2~6	80~110	98	150	200~400 (200°C)	整流子片,架空导线、电车线
银铜	Cu-0.2Ag	冷作硬化	800°C退火1h后,冷加工	350~450	2~4	95~110	96	280	250~270 (290°C)	整流子片、点焊电极、发电机转子绕组、通信线、引线、导线、电子管材料

续表

名称	成分/%	强化方式	加工特性	室温性能				高温性能		主要用途
				抗拉强度 (N/mm ²)	伸长率 /%	硬度 HB	电导率 IACS /%	软化 温度 /℃	高温强度 (N/mm ²)	
银铬铜	Cu-0.5Cr-0.1Ag	时效硬化	1000℃保温1h 淬火, 475℃时效4h	400~420	24	130	82	500		点焊电极和缝焊轮
稀土铜	Cu-0.1 (Ce、La 或混合稀土)	冷作硬化	800℃退火1h后, 冷加工	350~450	2~4	95~110	96	280		整流子片、导线
镉铜	Cu-1Cd	冷作硬化	800℃退火1h后, 冷加工	600	2~6	100~115	85	280		点焊电极、缝焊轮、焊机零件、大跨距架空导线、高强度绝缘导线、通信线、滑接导线
铬镉铜	Cu-0.3Cr-0.3Cd	时效硬化	950℃保温1h 淬火, 480℃时效4h	600	6~9	100~120	85	380		点焊电极、架空导线、电车线、野战通信电缆、飞机用电缆
铬铜	Cu-0.5Cr	时效硬化	1000℃保温1h 淬火, 480℃时效4h	450~500	15	110~130	80~85	500	310 (400℃)	点焊电极、缝焊轮、电机支承座、开关零件、电子管零件
铬铝镁铜	Cu-0.5Cu-0.2Al-0.1Mg	时效硬化	1000℃保温1h 淬火, 冷加工, 480℃时效4h	400~450	18	110~130	70~75	510		点焊电极和缝焊轮
锆铜	Cu-0.2Zr	时效硬化	950℃保温1h 淬火, 冷加工, 450℃时效1h	400~450	10	120~130	90	500	350 (400℃)	整流子片、开关零件、导线、点焊电极
	Cu-0.4Zr	时效硬化	950℃保温1h 淬火, 冷加工, 450℃时效1h	450~500	10	130~140	85	500	370 (400℃)	整流子片、开关零件、导线、点焊电极
	Cu-1Zr	时效硬化	950℃保温1h 淬火, 冷加工, 450℃时效1h	500~550	9	135~160	80	500		点焊电极、缝焊轮、铜线连续退火的电极轮
铬锆铜	Cu-0.5Cr-0.3Zr	时效硬化	950℃保温1h 淬火, 冷加工, 450℃时效1h	500~550	10	140~160	80~85	520		整流子片、点焊电极、缝焊轮、开关零件、导线

续表

名称	成分/%	强化方式	加工特性	室温性能				高温性能		主要用途
				抗拉强度 (N/mm ²)	伸长率 /%	硬度 HB	电导率 IACS /%	软化 温度 /℃	高温强度 (N/mm ²)	
铬铜	Cu-0.4Zr-0.2As	时效硬化	900℃保温半小时淬火,冷加工,400℃时效1h	500~550	10	150~170	90	520		整流子片、点焊电极和缝焊轮
锆铜	Cu-0.1Zr-0.6Hf	时效硬化	950℃保温1h淬火,冷加工,400℃时效1h	520~550	12	150~180	70~80	550	430 (400℃)	整流子片、点焊电极和缝焊轮
铜氧化铝	Cu-3.5Al ₂ O ₃ (体积)	弥散硬化	用30~95%冷变形量挤压成产品	480~540	12~18	130~140	85	900	200 (800℃)	点焊电极、导电弹簧、电子管结构零件、高温导电零件
铜氧化铍	Cu-0.8BeO (体积)	弥散硬化	用30~95%冷变形量挤压成产品	500~560	10~12	125~135	85	900		点焊电极、导电弹簧、电子管结构零件、高温导电零件
铅铜	Cu-1Pb	冷作硬化	冷拉成棒材	300~350	12	80~85	97~99	150		易切削导电连接件

1.1.2 导电用铝及铝合金

铝是一种银白色的轻金属,其特点是密度小(2.7g/cm³),约为铜的30%;良好的导电性,当截面积和长度相同时,约为铜的64%(若按质量计算,则实际上大大超过了铜,相当于铜的2倍);导热性好,铝的热导率约为铜的56%;铝耐酸,但不耐碱和盐雾腐蚀;塑性好,易于加工,可抽成细丝或压成薄片;铝的资源丰富,价格比铜低,因此除对导体尺寸及力学性能等有特殊要求的场合外,应优先采用铝作导体材料。导电用铝通常选用含铝量在99.5%以上的工业纯铝。导电铝合金的品种、成分、性能和主要特征及用途见表1-4。

表1-4 导电铝合金的品种、成分、性能和主要特征及用途

名称	成分/%	状态	抗拉强度 (N/mm ²)	伸长率 /%	屈服强度 (N/mm ²)	电导率 (IACS)/%	主要特征及用途
铝镁硅	Al-0.6Mg-0.6Si	硬	300~360	4		53	高强度,用于架空导线
铝镁	Al-0.75Mg	硬	230~260	2		53~56	中等强度,用于架空导线和电车线
铝镁铁	Al-0.3Mg-0.85Fe	软	115~120	15	52	58~60	电线电缆线芯和电磁线
铝镁铁铜	Al-0.2Mg-0.55Fe -0.28Cu	软	115~120	15	52	50~60	电线电缆线芯和电磁线
铝镁硅铁	Al-0.95Mg-0.4Si -0.4Fe	软	115	17	50	53	电线电缆线芯和电磁线
铝铅	Al-0.1Zr	硬	180~190	2		58~60	耐热,用于架空导线和汇流棒
铝铁	Al-0.65Fe	软	90	30		61	强度比铝略高,需连铸连轧工艺生产,使用范围同铝
铝硅	Al-0.75Si	硬	260~330	0.5~1.5		50~53	加工性能好,可控制成特细线,用于电子工业连接线

1.1.3 复合金属导电体

复合金属导体的分类、产品名称、特性和用途见表 1-5。

表 1-5 复合金属导电体的分类、产品名称、特性和用途

分类	产品名称	包覆金属	基体金属	特性	主要用途
高强度	铝包钢线	铝	镀锌钢线	抗拉强度高、耐腐蚀性好。抗拉强度 900~1300N/mm ² , 电导率 29%~90%IACS, 伸长率≥1.5%	输配电线, 载波避雷线, 通信线及制造大跨越架空导线
	钢铝电车线	钢	铝	钢耐磨, 截面 85mm ² , 拉断力为 30150N 以上, 截面 100mm ² , 拉断力为 40000N 以上	电车线
	铜包钢线和棒	铜	钢	抗拉强度高: 650~1500N/mm ² , 电导率为 30%~40% IACS, 伸长率≥1%, 耐腐蚀性好	高频通信线, 输电线, 大跨越及盐雾等特殊地区的架空导线。可作小型电机整流子片、直流电机用电刷弹簧、配电装置中的汇流排、刀闸的栏条等
高导电	铜包铝线和棒	铜	铝	电导率比铝高, 连接与铜一样方便; 抗拉强度 210N/mm ² (硬态); 工作温度不能高于 250℃, 废品处理困难	高频通信线, 电视电缆, 电磁线, 高频屏蔽配电网。可作电机整流子片导电排等
	银覆铝	银	铝	电导率高, 接触性好	航空用导线, 波导管
高弹性	铜覆镀铜	铜	铍铜	弹性好, 导电性高	导电弹簧
	弹簧钢覆铜	弹簧钢	铜	高弹性, 高导电, 耐高温腐蚀	导电弹簧
耐高温	铝覆铁	铝(另一面镀镍)	铁	抗高温氧化性好	电子管阳极
	铝簧铜覆铜	两面覆铝黄铜	铜	抗高温氧化性好, 电导率可达 80%IACS	作高温大电流导体, 如电炉配电网用汇流排
	镍包线	镍	铜	抗高温氧化性好, 电导率高, 可达 89%IACS	在 400~600℃ 范围内作高温导线
	镍包银	镍	银	抗高温氧化性好, 电导率高, 可达 85%~91%IACS	在 400~650℃ 范围内作高温导线 (10%镍层可用于 100℃, 20%镍层可用于 650℃)
	耐热合金包银	耐热合金(镍铬合金)	银	抗高温氧化性好, 电导率高	在 650~800℃ 范围内作高温导线
耐腐蚀	不锈钢覆铜	不锈钢	铜	耐蚀性、导热性和成型性好, 电导率为 73%IACS	大功率真空管用零件
	银包(或镀银)铜线	银	铜	电导率高、抗氧化性高、接触性好, 易焊接	高温用线圈, 雷达电缆用编织导体, 高温导线线芯
	镀锡铜线	镀锡	铜	耐蚀性好, 焊接性好	橡皮绝缘电线电缆, 仪器仪表连接线, 编织线和软接线等
其他	铁镍钴合金包铜	铁镍钴合金	铜	导电性和导热性好, 线胀系数与玻璃相近	与玻璃密封的导电导热材料

常用的复合方法的特点和应用见表 1-6。

表 1-6 常用复合方法的特点和应用

	名称	特点和应用	
		名称	特点和应用
利用塑性加工进行复合	热复合	热轧	应用最早, 适用于多数复合制品
		热挤压	适用于异型制品, 能将热加工性能较差的材料复合成线、棒
		粉末烧结	可使线材的复合连续进行
	冷复合	冷轧	适用于能强烈变形的材料, 容易得到均匀的复合厚度, 适用于薄板复合, 能大量生产
		爆炸复合	适用于不易复合的材料, 如钛等, 也适用于厚板、管材、线材接头和容器内壁等特殊形状的复合
		冷拉	适用于各种管、线和异形制品的复合
		粉末冶金	适用于高熔点导电金属的复合

续表

名称	特点和应用
利用热扩散进行复合	固相扩散复合 适用于厚板复合
	铸造复合 适用于熔点、塑性等相差较大的金属的复合
利用镀层进行复合	热镀 搪锡、锌,镀层均匀度较差
	电镀 镀镍、银和铜等,镀层厚度均匀
	喷涂(或镀) 适用于耐高温、耐磨、耐蚀等复杂形状元件的复合

1.2 绝缘材料

1.2.1 绝缘材料的种类、用途

(1) 电工绝缘材料的基本分类

电工绝缘材料是指不导电或导电甚微的物质。它在直流电压作用下,电阻率大于 $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 。电工常用的绝缘材料种类繁多。按其物理状态来分,可以分为以下三种。

- ① 气体绝缘材料 常用的有空气、氮气、二氧化硫和六氟化硫(SF_6)等。
- ② 液体绝缘材料 常用的有变压器油、断路器油、电容器油、电缆油等。
- ③ 固体绝缘材料 常用的有绝缘漆、胶和熔敷粉末;纸、纸板等绝缘纤维制品;漆布、漆管和绑扎带等绝缘浸渍纤维制品;绝缘云母制品;电工用薄膜、复合制品和粘带;电工用层压制品;电工用塑料和橡胶等。按其化学性质不同,可分为无机绝缘材料、有机绝缘材料和混合绝缘材料。

(2) 电工绝缘材料的用途

绝缘材料的主要作用是隔离不同电位的导体,使电流能按一定的方向流动。其次是在不同的电工产品中,根据电工产品技术要求的需要,还起着散热冷却、灭弧、储能、机械支承、防晕、防潮、防霉以及保护导体等不同作用。

电工产品的性能、体积、价格、质量和使用寿命,很大程度上取决于绝缘材料的电、热、力学和理化性能。如采用 SF_6 绝缘的500kV组合电器,其体积仅为空气组合电器的50%;广泛使用的采用F级绝缘的中小型异步电机,比同机座号的B级绝缘异步电机功率升高1~2级,重量减轻25%,体积缩小30%,但相应的其价格也有所增加。

一般认为,在加上电压1min后所测的电流为漏导电流,依此计算出来的电阻即为绝缘电阻。一般绝缘电阻在 $0.5\text{M}\Omega$ 以上时,说明该电机的绝缘尚好,可以继续使用。若在 $0.5\text{M}\Omega$ 以下,则说明该电机已受潮或绕组绝缘很差。

绝缘材料承受高温而不改变介电、力学、理化等特性的能力,因此对各种绝缘材料都规定了它们在使用过程中的极限温度,以延缓绝缘材料的老化过程,保证电工产品的使用寿命。绝缘材料的耐热性,按其长期正常工作所允许的最高温度分为7个耐热等级,见表1-7。

表 1-7 电机电器用绝缘材料的耐热等级

等级代号	耐热等级	极限工作温度/ $^{\circ}\text{C}$	耐热等级定义	绝缘材料类别
0	Y	90	在 90°C 极限温度下能长期使用的绝缘材料或其组合物所组成的绝缘结构	木材、棉花、纸、纤维等天然纺织品;以醋酸纤维和聚酰胺为基础的纺织品;易于热分解和熔点较低的塑料(酚醛树脂)

续表

等级代号	耐热等级	极限工作温度/℃	耐热等级定义	绝缘材料类别
1	A	105	在 105℃ 极限温度下能长期使用 的绝缘材料或其组合物 所组成的绝缘结构	工作于矿物油中的 Y 级材料;用油或油 树脂复合胶浸过的 Y 级材料;漆包线、漆 布、漆丝的绝缘漆及油性漆、沥青漆等
2	E	120	在 120℃ 极限温度下能长期 使用的绝缘材料或其组合物 所组成的绝缘结构	聚酯薄膜和 A 级材料复合、玻璃布、油性 树脂漆;聚乙烯醇缩醛高强度漆包线、乙酸 乙烯耐热漆包线
3	B	130	在 130℃ 极限温度下能长期 使用的绝缘材料或其组合物 所组成的绝缘结构	聚酯薄膜、经合适树脂粘合或浸涂后的 云母、玻璃纤维、石棉制品等;聚酯漆、聚酯 漆包线
4	F	155	在 155℃ 极限温度下能长期 使用的绝缘材料或其组合物 所组成的绝缘结构	以有机纤维材料补强和石棉带补强的云 母片制品、玻璃丝和石棉纤维为基础的层 压制品;以无机材料作补强和石棉带补强 的云母粉制品;化学热稳定性较好的聚酯 和醇酸类材料、复合硅有机聚酯漆
5	H	180	在 180℃ 极限温度下能长期 使用的绝缘材料或其组合物 所组成的绝缘结构	无补强或以无机材料为补强的云母制 品、加厚的 F 级材料、复合云母、有机硅 云母制品、硅有机漆、橡胶聚酰亚胺复合玻璃 布、复合薄膜、聚酰亚胺漆等
6	C	>180	在超过 180℃ 极限温度下能 长期使用的绝缘材料或其组 合物所组成的绝缘结构	不采用任何有机黏合剂及浸渍剂的无机 物,如石英、石棉、云母、玻璃和陶瓷材料等

1.2.2 电工绝缘材料型号编制方法

电工绝缘材料产品按统一命名原则进行分类和型号编制。产品型号由四位数字组成,必要时可增加附加代号(数字或字母)。电工绝缘材料的产品型号编制见表 1-8。

表 1-8 电工绝缘材料的产品型号编制方法

项目		说 明									
型号的组成		<div style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> </div> 大类代号 小类代号 参考工作温度代号 顺序号 专用附加号									
大类代号		注:必要时在第四位数字后增加一位数字或字母(即专用附加号)表示产品品种顺序号									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
		漆、树脂和胶类	浸渍纤维制品类	层压制品类	云母制品类	塑料类	薄膜、粘带、复合制品类				
小类代号	漆、树脂和胶类	0 有溶剂浸渍漆类	1 无溶剂浸渍漆类	2 覆盖漆类	3 瓷漆类	4 胶黏漆树脂类	5 熔敷粉末类	6 硅钢片漆类	7 漆包线漆类	8 胶类	
	浸渍纤维制品类	0 棉纤维漆布类	1 —	2 漆绸类	3 合成纤维漆布类	4 玻璃纤维漆布类	5 混织纤维漆布类	6 防电晕漆布类	7 漆管类	8 绑扎带类	
	层压制品类	0 有机底材层压板类	1 —	2 无机底材层压板类	3 防电晕及导磁层压板类	4 覆铜箔层压板类	5 有机底材层压管类	6 无机底材层压管类	7 有机底材层压棒类	8 无机底材层压棒类	
	云母制品类	0 云母带类	1 柔软云母板类	2 塑料云母板类	3 —	4 云母带类	5 换向器云母板类	6 —	7 衬垫云母板类	8 云母箔类	9 云母管类