

图解电工

应用手册

朱照红 主编

*Engineering and Technology
of the 21st Century*



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



图解电工应用手册

主 编 朱照红
副主编 姜盛东 邵泽强
参 编 季 敏 赵 云
朱良军 吴茂林



机械工业出版社

本手册以图表为主要表现形式,并配以简明扼要的文字,通俗易懂、言简意赅地讲述了现代电工及其相关技术人员必须掌握的电工知识和操作技能。本手册主要包括:电工材料、电子元器件、低压电器、常用电机、常用变压器、常用电源、配电与照明、典型机电设备继电器—接触器控制、常用仪表。

本手册可供维修电工中级以上专业技术人员,以及从事电气设备安装、维修、选型的专业技术人员、工程师参考与使用,也可供大中专学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

图解电工应用手册/朱照红主编. —北京:机械工业出版社, 2011. 8

ISBN 978-7-111-35298-3

I. ①图… II. ①朱… III. ①电工—图解 IV. ①TM-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第150476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:荆宏智 王振国 责任编辑:王振国

版式设计:张世琴 责任校对:程俊巧

封面设计:鞠杨 责任印制:杨曦

北京京丰印刷厂印刷

2012年1月第1版·第1次印刷

130mm×184mm·19.875印张·578千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-35298-3

定价:48.00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

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

封面防伪标均为盗版

前 言

进入 21 世纪，人类文明程度提高的重要标志之一就是电气时代的到来。小到通信设备、家用电器，大到楼宇控制、交通能源、加工制造等无不与电气技术紧密关联。随着计算机信息技术和传感器技术的进一步发展，基于单片机技术、PLC 控制技术、变频技术和网络通信技术发展平台的现代智能电工技术对电气工程设计人员、安装维护人员等提出了更高的要求。为此，我们组织全国行业专家编写了《图解电工应用手册》和《图解智能控制系统应用手册》。

《图解电工应用手册》详细解说了常用电工产品，如电工材料、电机与变压器、电源开关、主令电器、仪器仪表等的分类、选型、结构、原理、安装、调试与维护等应用常识和实用技能。《图解智能控制系统应用手册》则解说了各种传感器、PLC、单片机、DDC、变频器、触摸屏等智能检测与控制设备的选用和安装、维护技术，并在此基础上深入浅出地介绍了智能电工产品在典型机电设备、典型加工机床、自动化生产线及楼宇智能控制系统中的经典应用案例。

这两本手册具有科学规范、新颖实用、速查速学、通俗易懂、图文并茂等鲜明特点。在手册编写过程中曾得到国内诸多行业专家和教育名师的指导和帮助，以他们多年丰富的电气工程实践经验为基础，以最新国家标准、操作规程、验收规范为依据，以涵盖发电、变电、配电、供电、

负荷等电能系统各环节电气设备及机电工程应用为内容，以大量的图解说明为表现形式精心编撰而成。相信，它们一定会成为广大电气爱好者继续学习提高、电气工程技术人员进行安装维修的良师益友。这两本手册还为社会电工实用技术培训和中专学生电气设计提供了大量的生动详尽的参考案例。

为尊重电气设备生产厂家技术资料的严肃性和准确性，手册在编写过程中参考了部分电气设备的用户手册、使用说明书及用户软件，在此一并表示衷心的感谢，如在转述过程中有不尽周详之处恳请见谅。

此外，手册在编撰过程中还借鉴了部分书刊中的相关内容和观点，在此一并向原作者表示诚挚谢意；并向关心、支持手册编撰的各级领导和专家学者致以崇高敬意。

由于时间仓促加之编者知识面不够宽泛，书中疏漏和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 电工材料	1
第一节 常用电工材料	1
一、绝缘材料	1
二、磁性材料	6
三、电热材料	14
四、光纤材料	17
五、压电材料	19
第二节 导线和电缆	23
一、软导线	26
二、硬导线	33
三、电力电缆	39
四、控制电缆	45
五、光纤电缆	48
六、同轴电缆	50
第三节 接线端子与连接器	52
一、压接连接器	52
二、光纤连接器	56
三、接线板	60
第二章 电子元器件	62
第一节 基本元件	62
一、电阻器	62
二、电容器	68
三、电感器	76
第二节 半导体器件	79

一、二极管	79
二、晶体管	92
三、场效应晶体管	103
四、晶闸管	108
五、电力晶体管	115
六、光敏管	118
第三节 常用集成电路	120
一、集成电路概述	120
二、模拟集成电路	124
三、数字集成电路	134
第四节 常用电子接口电路	143
一、基本 I/O 接口电路	143
二、并行接口 8255A	151
三、串行接口 8251	154
四、D/A、A/D 转换接口	158
第三章 低压电器	165
第一节 低压开关	165
一、刀开关	165
二、熔断器式刀开关	170
三、负荷开关	173
四、转换开关	176
第二节 主令电器	180
一、按钮	180
二、行程（限位）开关	187
三、主令控制器	190
第三节 断路器	195
一、塑壳式断路器	195
二、漏电断路器	198
三、万能断路器	203
四、限流断路器	207

第四节 熔断器	209
第五节 接触器	213
一、交流接触器	213
二、直流接触器	221
第六节 继电器	226
一、时间继电器	226
二、热继电器	233
三、中间继电器	240
四、电流继电器	243
五、电压继电器	245
六、差动继电器	252
七、信号继电器	254
八、接地继电器	254
九、自动重合闸装置	257
十、干簧继电器	259
十一、固态继电器	261
十二、速度继电器	265
第四章 常用电机	268
第一节 三相异步电动机	268
第二节 单相异步电动机	292
第三节 直流电机	305
第四节 控制微电机	320
一、测速发电机	320
二、伺服电动机	324
三、步进电动机	331
第五章 常用变压器	338
第一节 变压器	338
一、概述	339
二、油浸式变压器	345
三、干式变压器	348

四、中频变压器	358
五、脉冲变压器	360
六、控制变压器	363
第二节 电焊机	367
一、BX 型交流弧焊机	369
二、ZX5 型晶闸管直流弧焊机	373
三、UN 系列对焊机	374
四、DN 系列点焊机	377
五、ZXE1 系列交直流两用弧焊机	379
六、一体化悬挂式点焊机	383
第三节 调压器	385
一、环形接触调压器	385
二、感应调压器	388
第四节 互感器	390
一、电压互感器	391
二、电流互感器	396
第六章 常用电源	411
第一节 交流稳压电源	411
一、概述	411
二、磁饱和式稳压电源	412
三、调压器式稳压电源	415
四、晶闸管式稳压电源	418
五、电子交流稳压电源	418
第二节 直流稳压电源	422
一、概述	422
二、串联型稳压电源	422
三、开关型稳压电源	426
四、三端集成稳压器	432
第三节 应急电源	443
一、不间断电源	443

二、应急发电机组	449
第四节 各种电池	456
一、碱性电池	456
二、锂电池	459
三、铅酸蓄电池	463
四、镍镉电池	470
五、镍氢可充电电池	481
六、太阳能电池	490
第七章 照明与配电	493
第一节 照明配电箱	493
第二节 动力配电箱	499
第三节 配电屏	505
一、GGD 型低压配电屏	505
二、GCK 型低压配电屏	506
三、CI 型绝缘配电盘	507
第四节 手车式开关柜	510
一、KYN—10 型手车式高压开关柜	510
二、GBC—35 型手车式高压开关柜	511
第五节 母线制作与安装	514
第八章 典型机电设备继电器—接触器控制	521
第一节 电动机常用控制电路	521
一、点动控制电路	521
二、联锁控制电路	522
三、正反转控制电路	524
四、减压起动控制电路	525
五、制动控制电路	526
六、调速控制电路	528
七、电动机保护控制电路	528
第二节 混凝土搅拌机的电气控制	531
第三节 卷扬机的电气控制	533

第四节 起重机的电气控制	536
第五节 挖掘机的电气控制	545
第六节 普通机床的电气控制	563
第七节 组合机床的电气控制	571
第九章 常用仪表	578
第一节 万用表	578
第二节 钳形电流表	586
一、指针式钳形电流表	587
二、数字式钳形电流表	589
第三节 绝缘电阻表	592
一、手摇式绝缘电阻表	592
二、数字式绝缘电阻表	595
第四节 功率表	599
一、指针式功率表	599
二、数字式功率表	609
第五节 Q 表	616
参考文献	621

第一章 电工材料

第一节 常用电工材料

一、绝缘材料

电工绝缘材料是指不导电或导电甚微的物质,在直流电压作用下其电阻率在 $10^7 \sim 10^{20} \Omega \cdot \text{m}$ 以上。绝缘材料主要用作隔离带电的或不同电位的导体。如隔离变压器绕组与铁心,隔离高、低压绕组,隔离导体以保证人身安全等;用于制造电容器时,又能起到储能的作用。有时,绝缘材料还起机械支撑、保护导体和防电晕、灭弧等作用。

1. 电工绝缘材料的分类

电工常用绝缘材料种类繁多,具体分类见表 1-1。

表 1-1 电工绝缘材料分类

分类状态	材料类型	举 例
物理状态 不同	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
	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
	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、复合制品和黏带;电工用层压制品;电工用塑料和橡胶等
化学性质 不同	无机绝缘材料	有云母、石棉、大理石、瓷器、玻璃和硫磺等。主要用作电机和电器绕组绝缘、开关的底板和绝缘子等
	有机绝缘材料	有矿物油、虫胶、树脂、橡胶、棉纱、纸、麻、蚕丝和人造丝等,大多用于制造绝缘漆、绕组和导线的被覆绝缘物等
	混合绝缘材料	由无机绝缘材料和有机绝缘材料经加工后制成的各种成形绝缘材料,用作电器的底座、外壳等

2. 绝缘材料的特性

电工绝缘材料的质量一般用其电气、力学、物理和化学性能来衡量。电工产品的质量和使用寿命,在很大程度上取决于绝缘材料的性能。绝缘材料特性主要有电介质击穿强度、绝缘电阻、耐热性和力学性能等。

1) 电介质击穿强度。绝缘材料在高于某一极限数值的电场强度作用下,通过电介质的电流与施加在介质上的电压关系就不再符合欧姆定律了,电流将会突然猛增。这时绝缘材料被破坏而失去了绝缘性能,这种现象称为电介质的击穿。电介质发生击穿时的电压称为击穿电压。电介质被击穿时的电场强度,称为击穿强度,单位为 kV/mm 。固体绝缘的击穿,常发生在电极边缘,一般分为热击穿、电击穿和局部放电击穿三种形式。

2) 绝缘电阻。绝缘材料并不是绝对不导电的材料,在一定的直流电压作用下,绝缘材料中会流过非常微弱的电流,并随时间增长而逐渐减小,最后趋于一个稳定的数值。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。工程上常以绝缘电阻值的大小来判断电机、电器、变压器等设备的受潮程度,并决定能否运行。在检查低压电动机绕组对机座的绝缘时,一般绝缘电阻在 $0.5\text{M}\Omega$ 以上时,说明该电动机的绝缘尚好,可以继续使用。若在 $0.5\text{M}\Omega$ 以下,则说明该电动机已受潮,或绕组绝缘很差。

3) 耐热性。耐热性是指绝缘材料承受高温而不改变介电性能,以及力学、理化等特性的能力。由于各种因素的长期作用,绝缘材料在使用过程中,会发生化学变化和物理变化,使电气性能和力学性能变坏,这种变化称为老化。使用时温度过高会加速绝缘材料的老化过程。因此对各种绝缘材料都规定了其在使用过程中的极限温度。绝缘材料的耐热性,按其长期正常工作所允许的最高温度共分为 7 个耐热等级,见表 1-2。

4) 力学性能。力学性能主要是指绝缘材料的硬度和强度。硬度表示绝缘材料表面承受压力后不变形的能力;强度包括抗拉强度、抗压强度、抗弯强度以及冲击强度等。由绝缘材料构成的各种绝缘零件和绝缘结构,在使用中都要承受一种或同时承受多种机械负荷,如拉伸、扭

曲、弯折、振动等多种形式力的作用，因此，要求绝缘材料本身应具有一定的机械硬度和机械强度。

表 1-2 电机、电器用绝缘材料耐热等级

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
0	Y	90	在 90℃ 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（脲醛树脂）
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、醋酸乙烯耐热漆包线
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黏合或浸涂后的云母、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

(续)

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
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	G	>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	不采用任何有机胶黏剂及浸渍剂的无机物,如石英、石棉、云母、玻璃和电瓷材料等

除上述基本性能外,在实际选择应用时,绝缘材料的极化、损耗、老化、吸湿性;液体绝缘材料的黏度、酸值和干燥时间等也都是一些重要的技术指标,在选用时必须加以考虑。

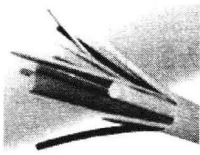
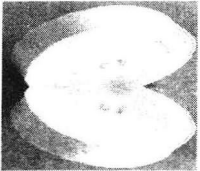
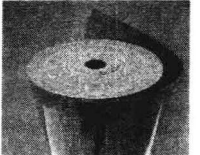
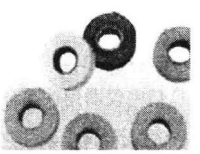
3. 常用绝缘材料的选用

电工生产和实践中常用的绝缘材料主要有绝缘浸渍漆、电缆浇注胶、浸渍纤维制品、层压制品、绝缘纸、黑胶布带和聚氯乙烯带等,选用指导见表 1-3。

表 1-3 常用绝缘材料选用指导

名称	外形	选用指导
2432 醇酸玻璃漆布(带)		其电气性能、耐油性和耐潮性都较好,且机械强度较高,具有一定的防霉性能,可用于油浸式变压器、油断路器等线圈的绝缘

(续)

名称	外形	选用指导
2730 醇酸玻璃漆管		具有良好电气性能和力学性能,耐油性、耐潮性较好,但弹性较差。主要用作电机、电器和仪表的引出线或连接线的绝缘套管
绑扎带		脂浸渍无碱玻璃纤维绑扎带是由无碱玻璃纤维带浸渍专用树脂处理而成,主要用于绑扎变压器铁心和电机转子绕组端部,可使电机、电器获得更优良的绝缘性能
绝缘纸		通常称为青壳纸,可用于绝缘保护材料和耐振绝缘零部件
黑胶布带		用于低压电线、电缆接头的绝缘包扎
聚氯乙烯带		其绝缘性能较好,耐潮性及耐蚀性好。其中电缆用特种软聚氯乙烯带是专门用来包扎电缆接头的,常制成黄色(U相)、绿色(V相)、红色(W相)、黑色(零线)等几种颜色,又称为相色带

二、磁性材料

磁性材料是电工技术中实现能量转换及信号耦合、变换、记录等的关键媒质。根据磁性材料所表现出的外部磁性不同,可分为抗磁性物质、顺磁性物质、铁磁性物质、反铁磁性物质、亚铁磁性物质和变磁性物质。其中铁磁性物质和亚铁磁性物质为强磁性物质,其他均为弱磁性物质。根据磁性材料的矫顽力大小,一般分为软磁材料和永磁(硬磁)材料。

1. 金属及合金磁性材料

常用的金属及合金磁性材料有电工用纯铁及低碳钢、电工硅钢片、铁镍合金、铁铝合金、铝镍钴合金、钕铁硼合金等,外形如图 1-1 所示。

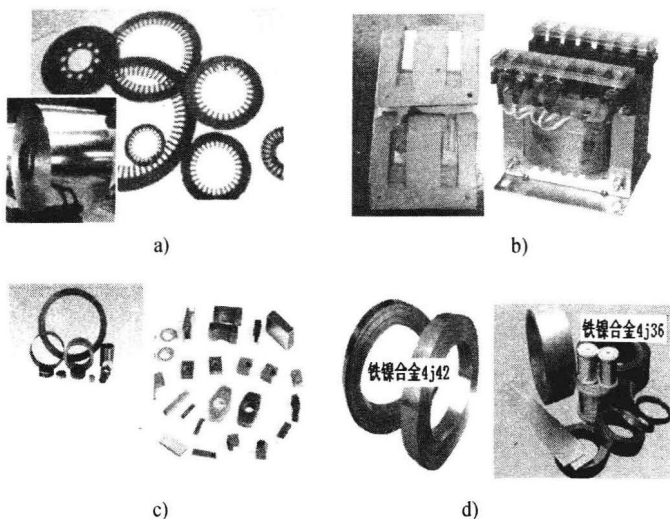


图 1-1 金属及合金磁性材料

- a) 电机用硅钢片 b) 变压器用硅钢片
c) 电机、仪表用铝镍钴合金 d) 精密仪器用铁镍合金

金属及合金磁性材料的种类、特性及应用见表 1-4。