

刘光启 于立涛 主编

电工手册

DIAN GONG SHOU CE

基础卷



化学工业出版社

刘光启 于立涛 主 编
陈沛云 姚 政 副主编

电工手册

基础卷



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

电工手册·基础卷/刘光启, 于立涛主编. —北京:
化学工业出版社, 2014. 7
ISBN 978-7-122-20493-6

I. ①电… II. ①刘…②于… III. ①电工-技术手册
IV. ①TM-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 081226 号

责任编辑: 高墨荣

文字编辑: 徐卿华

责任校对: 宋 玮

装帧设计: 刘丽华

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: 北京云浩印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张 15 字数 414 千字

2015 年 1 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: 58.00 元

版权所有 违者必究

《电工手册》编委会

主 任 刘光启

副主任 于立涛 张式雷 陈沛云 栾永先 王克业

编 委 (按姓氏拼音排序)

陈沛云 陈秀霞 丁曙光 韩同雪 刘光启

栾永先 孟磊松 穆晓鹏 田宝森 王克业

夏晓宾 解宏双 姚 政 于立涛 于兆峰

张式雷 张秀娟 张艳玲

《基础卷》分册编写人员

主 编 刘光启 于立涛

副主编 陈沛云 姚 政

参 编 丁曙光 王长春 赵新院 丁振生

撒奥洋 刘 虎 张 陶

前言

随着电气技术的不断进步，电气工业发展日新月异、产品层出不穷。无论是电气行业本身，还是机械、石化、轻工、纺织、食品、建筑、冶金、运输、军工行业，直至人们生活方方面面，都离不开电能和电器，当然也就离不开传输电的材料、中间设备（如变压器、高低压电器等）和把电能变成机械能的电动机。由于电气行业技术和设备更新速度快，涉及的知识面广，且规模宏大，所以从业人员众多，他们在日常应用、学习、开发和研究中，经常需要查阅各种电工数据和资料，他们迫切需要能反映新标准、新规范和新知识的实用电工工具书，以适应我国经济建设发展的形势，促进电气工业的发展。为此，我们组织编写了这套电工手册。

本套手册分为基础卷、高低压电器卷、变压器卷、电动机卷及工矿用电卷，每卷单独成册。

本套手册的特点如下。

1. 实用。本手册采用法定计量单位制，注重引用最新的国家或行业标准，兼顾理论和技能，注意介绍新产品资料和剔除落后产品资料，因而有较强的实用性。

2. 速查、速算。本手册内容简明扼要、数据准确可靠，取材新颖，尽量避免不必要的理论叙述，以常用数据资料为主线，采用表格的形式，同时介绍一些作者自行设计的常用速算图供读者使用。

本书为基础卷，内容包括：第1章电工基础知识，第2章电工仪表和工具和第3章电工材料（导电材料、绝缘材料、磁性材料和特殊导电材料）。

参加本书编写的有大学院校老师、专业生产单位和研究所的专家、技术人员以及实际使用人员。审稿工作由编写人员交叉完成。张俊凯、胡超、冀长勇、董志鲁、张兆阳、徐小亮、扈庆宁、孙友娟、沈玉刚、池永利、刘明、管清山、张建、范鹏等也做了大量工作。

本书可供电工及电气技术人员使用，也可供大中专院校相关专业师生参考。

在本书编写过程中，参考了相关图书资料，并得到青岛供电公司和青岛汉缆股份有限公司领导的大力支持，在此表示感谢。

虽然经过多次修改和审稿，但由于电工涉及面广，而编者水平有限，难免会存在疏漏和不妥之处，真诚欢迎广大专家和读者批评指正。

编者

目录

第1章 电工基础知识

1

1.1 常用计量单位	1
1.2 电气简图用图形符号	4
1.2.1 限定符号和其他常用符号	4
1.2.2 导体和连接器件	8
1.2.3 基本无源元件	11
1.2.4 电能的发生与转换	14
1.2.5 开关、控制和保护器件	16
1.2.6 测量仪表、灯和信号器件	21
1.2.7 电气施工图上的电气符号	25
1.2.8 建筑安装平面图上的电气符号	26
1.3 电气设备常用文字符号	37
1.3.1 基本文字符号	37
1.3.2 辅助文字符号	44
1.3.3 线路敷设和照明灯具安装文字符号	45
1.3.4 特殊用途字母符号	45
1.3.5 电气线路及设备的标注	45
1.4 标准电压、电流及频率	49
1.4.1 标准电压	49
1.4.2 标准电流等级	51
1.4.3 直流电力牵引额定电压	52
1.4.4 标准频率	53

1.5	各种设备及材料的最高允许温度和允许温升	53
1.5.1	各种设备的最高允许温度和允许温升	53
1.5.2	各种材料的最高允许温度和温升	59
1.6	电工产品的基本使用环境条件	60
1.6.1	普通电工产品基本使用环境条件	60
1.6.2	高压电工产品	61
1.6.3	低压电工产品	61
1.6.4	特殊使用环境条件	62
1.7	对接地电阻的要求	63
1.7.1	对电源系统接地电阻的要求	63
1.7.2	对石化接地电阻的要求	63
1.7.3	对计算机系统接地电阻的要求	64
1.7.4	对民用闭路监视电视系统接地电阻的要求	65
1.7.5	对移动通信系统接地电阻的要求	65
1.7.6	对防雷接地电阻的要求	65
1.8	电工常用计算图表	66
1.8.1	电工常用数表	66
1.8.2	基本电工计算公式	69
1.8.3	电工常用计算图	75

第2章 电工仪表和工具

110

2.1	电工仪表基本常识	110
2.1.1	电工仪表的分类	110
2.1.2	测量仪表的表面标记	111
2.1.3	仪表的型号组成	112
2.2	电工仪表主要技术数据	115
2.2.1	指针式电流表和电压表	115
2.2.2	数字安装式电工测量仪表	121
2.2.3	数字便携式电工测量仪表	123
2.2.4	钳形电流表	124
2.2.5	兆欧表	131

2.2.6	万用表	136
2.2.7	功率表	145
2.2.8	功率因数表	147
2.2.9	安装式频率表	148
2.2.10	高频 Q 表	149
2.2.11	电能表	150
2.2.12	万能电能表	151
2.2.13	示波器	152
2.2.14	信号灯	153
2.3	仪器功能扩展的测量计算	155
2.4	电工工具	173
2.4.1	电烙铁	173
2.4.2	测电笔	173
2.4.3	电工刀	173
2.4.4	电工钳	174
2.4.5	剥线钳	174
2.4.6	紧线钳	175
2.4.7	液压紧线钳	175
2.4.8	液压钳	176
2.4.9	导线钳	176
2.4.10	压线钳	177
2.4.11	断线剪	177
2.4.12	电钻	179
2.4.13	电工组合工具包	183
2.4.14	绝缘操作杆	184
2.4.15	验电器	184

第 3 章 电工材料 186

3.1	导电材料	186
3.1.1	导电用铜和铝	186
3.1.1.1	铜和铜合金	186

3.1.1.2	铝和铝合金	187
3.1.2	裸电线及其制品	188
3.1.2.1	类别和特征代号	188
3.1.2.2	制品的型号	189
3.1.2.3	圆单线	191
3.1.2.4	铜编织线	196
3.1.2.5	扁线	200
3.1.2.6	铜带	200
3.1.2.7	母线	200
3.1.2.8	铝绞线	205
3.1.2.9	铜绞线	235
3.1.2.10	钢绞线和镀锌钢绞线	239
3.1.3	绕组线	243
3.1.3.1	型号表示方法	244
3.1.3.2	耐热等级	245
3.1.3.3	绕组线的分类和规格范围	245
3.1.3.4	漆包线	245
3.1.3.5	绕包线	251
3.1.4	电气装备用电线电缆	254
3.1.4.1	电气装备用电线电缆	254
3.1.4.2	电线电缆规格	256
3.1.5	电力电缆	310
3.1.5.1	型号组成	311
3.1.5.2	电力电缆制品	311
3.1.6	通信电缆和通信光缆	344
3.1.6.1	普通通信电缆	344
3.1.6.2	光纤通信电缆	357
3.2	绝缘材料	360
3.2.1	绝缘材料的功用和分类	360
3.2.2	绝缘材料的型号	361
3.2.3	电气绝缘耐热性分级	363

3.2.4	气体电介质	364
3.2.5	绝缘油和漆	364
3.2.6	绝缘纸	373
3.2.7	绝缘纸板	386
3.2.8	纸管	391
3.2.9	钢纸管	392
3.2.10	电工用压纸板	393
3.2.11	热塑性塑料	398
3.2.12	热固性塑料	405
3.2.13	电工薄膜	407
3.2.14	常用粘带	407
3.2.15	浸渍纤维	407
3.2.16	云母制品	412
3.3	磁性材料	413
3.3.1	软磁材料的分类和应用	413
3.3.2	软磁合金材料	425
3.3.3	硬(永)磁合金材料	429
3.3.4	硬(永)磁材料产品	433
3.4	特殊导电材料	445
3.4.1	电工纯铁	445
3.4.2	熔体合金	445
3.4.3	电阻合金	448
3.4.4	高电阻电热合金	455
3.4.5	热电偶合金	459

第 1 章

1

⚡ 电工基础知识

1.1 常用计量单位

电工常用 SI 单位、可与国际单位制并用的法定单位、工业上常见的非法定单位和计量单位的词头分别见表 1-1~表 1-4。

表 1-1 SI 单位

量的名称		量的符号	单位名称	单位符号	SI 制表示式
时间和空间	长度	L	米	m	$1\text{m}^3=1000\text{L}$ $1\text{m}^3=1000\text{L}$
	面积	A, S	平方米	m^2	
	体积	V	立方米	m^3	
	容积	V	立方米	m^3	
		V	升	L	s^{-1} $1\text{r/min}=0.16667\text{r/s}$
	时间	t	秒	s	
	时间常数	τ	秒	s	
	频率	f	赫[兹]	Hz	
	速度	v	米/秒	m/s	
	转速	n	转/分	r/min	
	平面角	θ	弧度	rad	
	角频率	ω	弧度/秒	rad/s	
	角加速度	a	弧度/秒 ²	rad/s ²	
力学	密度	ρ	千克/米 ³	kg/m ³	$1\text{kg}\cdot\text{m/s}^2$ $\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s}^2), \text{N/m}^2$
	力(重力)	$F(G)$	牛[顿]	N	
	力矩	M	牛·米	N·m	
	压力、压强、应力	p	帕	Pa	
	质量	m	千克(公斤)	kg	$\text{N}\cdot\text{m}$
	质量流量	q_m	千克/秒	kg/s	
	体积流量	q_v	米 ³ /秒	m ³ /s	
	功	W	焦	J	

续表

量的名称		量的符号	单位名称	单位符号	SI制表示式
热学	能量、热量	Q	焦	J	$\text{N}\cdot\text{m}$
	热容	C	焦/开	J/K	
	比热容	c	焦/(千克·开)	J/($\text{kg}\cdot\text{K}$)	
	温度	T	开, 摄氏度	K, $^{\circ}\text{C}$	
	传热系数	λ	瓦/(米 ² ·开)	W/($\text{m}^2\cdot\text{K}$)	
电学和磁学	电荷, 电量	Q	库	C	$\text{s}\cdot\text{A}$
	电荷面密度	σ	库/米 ²	C/ m^2	
	电荷密度	$\rho(\eta)$	库/米 ³	C/ m^3	
	电通密度, 电位移	D	库/米 ²	C/ m^2	
	电极化强度	P	库/米 ²	C/ m^2	
	电通量	Φ	库	C	$\text{s}\cdot\text{A}$
	电流	I, i	安	A	
	电阻	R	欧	Ω	V/A, $\text{kg}\cdot\text{m}^2/(\text{s}^3\cdot\text{A}^2)$
	阻抗(复数阻抗)	Z	欧	Ω	
	阻抗模(阻抗)	$ Z $	欧	Ω	
	电抗	X	欧	Ω	
	电阻率	ρ	欧·米	$\Omega\cdot\text{m}$	
	电导	G	西	S	Ω^{-1} , $\text{s}^3\cdot\text{A}^2/(\text{kg}\cdot\text{m}^2)$
	导纳(复数导纳)	Y	西	S	
	导纳模(导纳)	$ Y $	西	S	
	电纳	B	西	S	
	电导率	ν	西/米	S/m	
	电容	C	法	F	C/V, $\text{s}^4\cdot\text{A}^2/(\text{kg}\cdot\text{m}^2)$
	自感互感	L	亨	H	Wb/A, $\text{kg}\cdot\text{m}^2/(\text{s}^2\cdot\text{A}^2)$
	互感	M, L_{12}	亨	H	Wb/A, $\text{kg}\cdot\text{m}^2/(\text{s}^2\cdot\text{A}^2)$
	电流密度	J, ρ	安/米 ²	A/ m^2	
	电位、电压、电动势	E, U	伏	V	W/A, $\text{kg}\cdot\text{m}^2/(\text{s}^3\cdot\text{A})$
	电场强度	E	伏/米	V/m	1V/m=1N/C
	(交流)有功功率	P	瓦	W	$P=UI\cos\varphi$
	(交流)无功功率	Q	乏	var, $\text{V}\cdot\text{A}$	$Q=UI\cos\varphi$
	(交流)视在功率	S, P_s	伏·安	$\text{V}\cdot\text{A}$	$S=UI$
	磁通量	Φ	韦	Wb	$\text{V}\cdot\text{s}$, $\text{kg}\cdot\text{m}^2/(\text{s}^2\cdot\text{A})$
	磁阻	R_m	亨 ⁻¹	H^{-1}	
	磁位差	U_m	安	A	
	磁感强度, 磁通密度	B	韦/米 ²	T	Wb/ m^2 , $\text{kg}/(\text{s}^2\cdot\text{A})$
	磁场强度	H	安/米	A/m	

量的名称		量的符号	单位名称	单位符号	SI 制表示式
电学和磁学	磁通势	F_m	安·匝	$A \cdot t$	
	电偶极矩	p	库·米	$C \cdot m$	
	磁矢位	A	韦/米	Wb/m	
	磁导	$\Delta(P_i)$	亨	H	
	磁导率	μ	亨/米	H/m	
	(面)磁矩	m	安/米 ²	A/m^2	
	磁化强度	$M(H_i)$	安/米	A/m	
	磁极化强度	$J(B_i)$	特	T	
	相位差	ϕ	弧度	rad	
	介电常数	ϵ	法拉/米	F/m	
	品质因数	Q	—	—	
	辐射通量	P	瓦	W	$J/s, kg \cdot m^2/s$
	电能	W	焦耳或千瓦时	J 或 $kW \cdot h$	
光学	发光强度	I	坎	cd	
	光通量	Φ	流	lm	$1lm = 1cd \cdot sr$
	光亮度	L	坎/米 ²	cd/m^2	
	照度	E	勒	lx	$1lm/cm^2 = 10^4lx$

表 1-2 可与国际单位制并用的法定单位

量的名称	单位符号	单位名称	与 SI 制的关系
时间	min	分	$1min = 60s$
	h	时	$1h = 60min = 3600s$
	d	天	$1d = 24h = 86400s$
体积	L, l	升	$1L = 1dm^3 = 10^{-3}m^3$
质量	t	吨	$1t = 1000kg$
温度	$^{\circ}C$	摄氏度	$1^{\circ}C = 1K, 0^{\circ}C \longleftrightarrow 273.15K$
平面角	$^{\circ}$	度	$1^{\circ} = (\pi/180)rad = 0.017453rad$
	'	分	$1' = (1/60)^{\circ} = (\pi/10800)rad$
	"	秒	$1'' = (1/60)' = (\pi/648000)rad$
线密度	tex	特	$1tex = 1g/km$
能量、功	$W \cdot h$	瓦·时	$1W \cdot h = 3600J$
级差	dB	分贝	

表 1-3 工业上常见的非法定单位

量的名称	单位符号	单位名称	与 SI 制的关系
重力	kgf	千克力	1kgf=9. 807N
	tf	吨力	1tf=9807N
压力	at(kgf/cm ²)	工程大气压	1kgf/cm ² =98. 07kPa
	atm	标准大气压	1atm=101325Pa
	mmHg	毫米汞柱	1mmHg=133. 32Pa
	mmH ₂ O	毫米水柱	1mmH ₂ O=9. 807Pa
热量	cal	卡	1cal=4. 187J
能、功、热	kgf·m	千克力·米	1kgf·m=9. 807J
功率	kgf·m/s	千克力·米/秒	1kgf·m/s=9. 807W
	hp	米制马力	1hp=735. 5W=75kgf·m/s
温度	°F	华氏度	°F=9/5°C+32
			K=°C+273. 15

表 1-4 计量单位的词头

符号	名称	倍数	符号	名称	倍数	符号	名称	倍数
E	艾	10 ¹⁸	—	万	10 ⁴	m	毫	10 ⁻³
P	拍	10 ¹⁵	k	千	10 ³	μ	微	10 ⁻⁶
T	太	10 ¹²	h	百	10 ²	n	纳	10 ⁻⁹
G	吉	10 ⁹	da	十	10 ¹	p	皮	10 ⁻¹²
—	亿	10 ⁸	d	分	10 ⁻¹	F	飞	10 ⁻¹⁵
M	兆	10 ⁶	c	厘	10 ⁻²	a	阿	10 ⁻¹⁸

注：亿和万常用于我国书刊传媒和口语中。

1.2

电气简图用图形符号

1.2.1 限定符号和其他常用符号（表 1-5）

表 1-5 限定符号和其他常用符号（GB/T 4728. 2—2005）

名 称		符 号
直流		— — —
交流	交流	~(可示出频率)
	低频(工频)	~
	中频(音频)	≈
	高频(超声频、载频或射频)	≈≈



续表

名 称		符 号
具有交流分量的整流电流		
正极		+
负极		-
中性线		N
中间线		M
可调节性	一般符号	
	非线性	
可变性	一般符号	
	非线性	
预调		
预进动作		
步进调节		
连续可变性		
连续可变性, 预调		
自动控制		
自动增益控制放大器		
直线运动	单向	
	双向	
环形运动	单向	
	双向	
	双向限制	
振动		
传送	单向	
	双向	
	双向, 非同时	
发送		
接收		
能量从母线输出		