

新世纪机电工人技术手册系列

简明电工手册

JIANMING DIANGONG SHOUC

【主 编】

范逸明

【编 著】

张 坤 侯晓慧



国防工业出版社

National Defense Industry Press

新世纪机电工人技术手册系列

简明电工手册

主编 范逸明

编著 张 坤 侯晓慧

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

简明电工手册/范逸明主编;张坤,侯晓慧编著.北
京:国防工业出版社,2006.3

(新世纪机电工人技术手册系列)

ISBN 7-118-04337-0

I. 简... II. ①范...②张...③侯... III. 电工
—技术手册 IV. TM-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 003595 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

京南印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 14¼ 字数 560 千字

2006 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 24.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

为了适应技术工人岗位培训和提高操作技能水平的需要,本着加强理论基础,拓宽知识面,培养技术型、能力型的高素质人才的原则,编写了《新世纪机电工人技术手册系列》。本丛书立足于传统机械电子技术的基础知识和基本技能,结合最新的技术发展与行业要求、规范和标准,全面阐述了车工、电工、钳工、焊工、冷作钣金工和金属热处理工的常用技术。

丛书分为:简明车工手册、简明电工手册、简明钳工手册、简明焊工手册、简明冷作钣金工手册和简明金属热处理工手册。

丛书以具有高中文化水平,并具备相关基本技术知识的人员为对象,适用于车间现场工人、技工及技术人员,也可供大中专和技工学校相关专业师生参考。

在编写的过程中,编者特别注意了以下几个方面的问题。

1. 基于科学性

本丛书各个分册分别较详细地阐述了车工、电工、钳工、焊工、冷作钣金工和金属热处理工的相关基础知识,从科学的角度将这些基本技能、行业要求和规范等进行分析,使每一位读者能够对机械电子技术有一个新的层次上的认识,在工作中能够做到知其然,更知其所以然。

2. 加强基础性

千里之行,始于足下。作为一名技术工人,不管是工作在农村,还是工作在高科技的车间厂房,都应该从一点一滴做起。只有很好地掌握了常用基本技能,才能够使自己具备过硬的操作技能,进而在实际的工作中顺利完成各种任务。

3. 侧重实用性

本丛书不过分追求“新、奇、特”,其目的是使机械电子技术能够同实践紧密地结合在一起。丛书各个分册不但对基础知识有详细的介绍,而且还十分注重实际应用中一些操作常识的阐述和讲解。

4. 兼顾先进性

本丛书除了介绍传统电子技术的相关知识,考虑到技术工作者的实际需要,还收入了国外工业国家的相关工艺资料等体现时代特性的内容。

本丛书在编写前,编者对相应内容的深度、广度和体系的模块安排等进行了充分的讨论。在编写过程中,注重基本常识、基本技能和实际应用的知识,力求内容的层次由浅入深,循序渐进。同时降低内容的难度,使读者在自学过程中掌握和加深对电子技术实用知识的理解,提高应用能力。

为了能够给大家提供一本系统的、全面的机械电子技术实用书籍,编者通过自

己多年的理论和实践经验以及与众多技术工作者的讨论和请教,取得了实用有效的技术资料,在此向他们表示衷心的感谢。同时,在本书的编写过程中,也参考了网上部分资料的一些内容,在此也表示衷心的感谢。

由于编写水平有限,牵涉的知识面广,本书难免存在疏漏或者不足之处,恳请读者批评指正。

编者

目 录

第一章 电工常用资料	1
1.1 单位和计算公式	1
1.1.1 常用电工计量单位及换算	1
1.1.2 常用电工计算公式	12
1.2 电工识图及文字符号	16
1.2.1 常用电工图形符号	16
1.2.2 常用电工文字符号	32
第二章 电工基础知识	39
2.1 电子电路	39
2.1.1 整流电路	39
2.1.2 稳压电路	44
2.1.3 正弦交流电路	51
2.1.4 三相交流电路	53
2.1.5 磁路	56
2.2 电子器件	59
2.2.1 电阻器	59
2.2.2 电位器	64
2.2.3 电容器	67
2.2.4 半导体二极管	75
2.2.5 半导体三极管	83
2.2.6 MOS 功率场效应晶体管	87
2.2.7 晶闸管	91
2.2.8 集成电路	96
2.3 常用电工材料及元件	102
2.3.1 电线、电缆和低压熔丝	102
2.3.2 电刷	112
2.3.3 磁性材料	115
2.3.4 绝缘材料	115
2.3.5 电阻合金材料	116
2.3.6 其他常用材料	117
第三章 电工工具设备的使用	131

3.1 电工常用工具	131
3.1.1 拆装工具	131
3.1.2 焊接工具	134
3.1.3 其他用具	139
3.2 电工常用测量仪表与测量	143
3.2.1 电工仪表的一般知识	144
3.2.2 常用电工测量仪表	147
3.2.3 常用携带式电工仪表	155
第四章 常用电机	162
4.1 常用电机的种类和构造	162
4.1.1 定子	162
4.1.2 转子	163
4.1.3 端盖	163
4.1.4 接线盒	163
4.2 三相异步电动机的工作原理、常用计算公式以及基本系列和选择	164
4.2.1 三相异步电动机的工作原理	164
4.2.2 异步电动机的常用计算公式	164
4.2.3 三相异步电动机基本系列	165
4.2.4 三相异步电动机的选择	166
4.3 电动机的安装、运行和维护	167
4.3.1 电动机的安装、拆卸与装配	167
4.3.2 电动机运行中的监视	170
4.3.3 三相异步电动机启动与维护	173
4.4 三相异步电动机的常见故障与修理	174
4.4.1 三相异步电动机常见故障及其原因和处理方法	174
4.4.2 三相异步电动机绕组故障的检修	177
4.4.3 电动机绕组的重绕	181
4.5 三相异步电动机的简易计算	183
4.5.1 确定电动机的容量	183
4.5.2 确定电动机的额定工作电流	184
4.5.3 每槽导线根数的计算	185
4.5.4 每极磁通的计算	186
4.5.5 气隙磁通密度的计算	187
4.5.6 定子齿部磁通密度的计算	188
4.5.7 定子轭部磁通密度的计算	188
4.5.8 定子导线截面积的计算	189

4.5.9	槽满率的计算	189
4.5.10	转子齿磁通密度的计算	190
4.5.11	转子轭磁通密度的计算	190
4.6	三相异步电动机的接线方法	191
4.6.1	Y系列小型三相异步电动机绕组展开图	191
4.6.2	Y系列小型三相异步电动机接线原理图	192
4.6.3	Y系列小型三相异步电动机的接线方法	195
4.7	特殊用途电动机及其运用	196
4.7.1	电梯电动机	196
4.7.2	牵引电动机	199
4.7.3	电动工具电动机	201
4.8	变压器及其运用	203
4.8.1	电力变压器	203
4.8.2	控制变压器	211
4.8.3	电子变压器	213
4.8.4	电源变压器	215
第五章	常用电器及应用	220
5.1	开关	220
5.1.1	低压刀开关	220
5.1.2	负荷开关	221
5.1.3	空气断路器	222
5.1.4	封闭式刀开关	223
5.1.5	组合开关	224
5.2	自动开关	225
5.2.1	框架式自动开关	225
5.2.2	塑料外壳式自动开关	227
5.2.3	漏电保护开关	233
5.2.4	自动开关的选择	234
5.3	低压熔断器	235
5.3.1	RTO系列有填料封闭管式熔断器	235
5.3.2	RT14系列有填料封闭管式圆筒形帽熔断器	235
5.3.3	RM7系列无填料封闭管式熔断器	236
5.3.4	瓷插式熔断器	237
5.3.5	螺旋式熔断器	237
5.3.6	熔断器的选择	238
5.4	继电器	239
5.4.1	时间继电器	239

5.4.2	中间继电器	245
5.4.3	通用继电器	245
5.4.4	热继电器	247
5.4.5	漏电继电器	250
5.5	接触器	250
5.5.1	电磁系统	251
5.5.2	触头系统	252
5.5.3	灭弧系统	253
5.5.4	直流接触器	253
5.5.5	交流接触器	253
5.5.6	接触器的选择	257
5.6	启动器	258
5.6.1	用于鼠笼型异步电动机全压启动的电器	258
5.6.2	用于鼠笼型异步电动机减压启动的电器	260
5.6.3	用于绕线式异步电动机启动的电器	263
5.6.4	启动器的选择	268
5.7	主令电器	269
5.7.1	控制按钮	269
5.7.2	主令控制器	271
5.7.3	万能转换开关	273
5.7.4	行程开关	275
5.8	高压电器	277
5.8.1	高压断路器	277
5.8.2	高压负荷开关	279
5.8.3	高压隔离开关	281
5.8.4	高压熔断器	282
5.9	低压电器的常见故障处理方法	284
5.9.1	磁力启动器、接触器和电磁继电器的常见故障及其处理方法	284
5.9.2	自动开关常见故障及其处理方法	286
5.9.3	手控电器的常见故障及其处理方法	288
5.9.4	启动器的常见故障及其处理方法	288
5.9.5	低压电器修理	290
第六章	低压线路、家用电器与照明设备	291
6.1	户内低压线路	291
6.1.1	户内低压线路的敷设方式和导线的选择	291
6.1.2	配线	293

6.1.3	低压配电装置	302
6.1.4	低压接线	307
6.2	家用电器技术参数	312
6.2.1	电视机	312
6.2.2	电冰箱	318
6.2.3	洗衣机	322
6.3	照明设备	325
6.3.1	常用照明电光源	325
6.3.2	照明附件	331
6.3.3	照明设备的检修	337
第七章	微机和可编程控制器的应用	340
7.1	微机基本知识	340
7.1.1	微机的种类和结构	340
7.1.2	微机的工作原理	343
7.1.3	微机的应用	343
7.2	微机的主要组成部件	346
7.2.1	中央处理器(CPU)	346
7.2.2	存储器	348
7.2.3	接口电路	351
7.2.4	输入/输出设备	357
7.2.5	总线	360
7.3	可编程控制器	363
7.3.1	可编程控制器的特点、功能和工作原理	363
7.3.2	可编程控制器的编程语言	370
7.3.3	可编程控制器的应用设计	372
第八章	高层建筑的供配电系统	375
8.1	高层建筑负荷的确定	375
8.1.1	电力负荷的种类	375
8.1.2	电力负荷对供电的要求	379
8.1.3	高层建筑负荷的特点	380
8.1.4	电力负荷的计算	382
8.1.5	用需要系数法确定计算负荷	384
8.2	高层建筑的配电系统	386
8.2.1	高、低压配电设备	386
8.2.2	高压配电系统	392
8.2.3	低压配电系统	396
8.2.4	继电保护系统	398

第九章 安全用电	406
9.1 触电和电流对人体的伤害	406
9.1.1 发生触电事故的原因及预防措施	406
9.1.2 电流对人体的影响	409
9.2 漏电保护器	412
9.2.1 用途	412
9.2.2 工作原理	413
9.2.3 主要技术参数	415
9.2.4 漏电保护装置的选择	415
9.3 接地、接零以及防雷保护	418
9.3.1 保护接地	418
9.3.2 保护接零	421
9.3.3 接地和接零装置	426
9.3.4 雷电的危害	428
9.3.5 防雷措施	429
9.3.6 电气设备的防雷装置	430
附录 电工电子学常用英文缩写	439
参考文献	444

第一章 电工常用资料

1.1 单位和计算公式

1.1.1 常用电工计量单位及换算

一、国际单位制的基本单位

表 1-1 国际单位制的基本单位

量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克(公斤)	kg
时间	秒	s
电流	安【培】	A
热力学温度	开【尔文】	K
物质的量	摩【尔】	mol
发光强度	坎【德拉】	cd

注：①【】内的字，是在不致引起混淆的情况下，可以省略的字，下同；
②（）内的字为前者的同义语，下同

二、国际单位的辅助单位

表 1-2 国际单位的辅助单位

量的名称	单位名称	单位符号
【平面】角	弧度	rad
立体角	球面度	sr

三、国际单位制中具有专门名称的导出单位

表 1-3 国际单位制中具有专门名称的导出单位

量的名称	单位名称	单位符号	其他表示例
频率	赫【兹】	Hz	s^{-1}
力	牛【顿】	N	$kg \cdot m/s^2$
压力,压强,应力	帕【斯卡】	Pa	N/m^2
能【量】,功,热量	焦【耳】	J	$N \cdot m$

(续)

量的名称	单位名称	单位符号	其他表示示例
功率,辐【射能】通量	瓦【特】	W	J/s
电荷【量】	库【仑】	C	A·s
电压,电动势,电位,(电势)	伏【特】	V	W/A
电 容	法【拉】	F	C/V
电 阻	欧【姆】	Ω	V/A
电 导	西【门子】	S	A/V
磁通【量】	韦【伯】	Wb	V·s
磁通【量】密度,磁感应强度	特【斯拉】	T	Wb/m ²
电 感	亨【利】	H	Wb/A
摄氏温度	摄氏度	℃	K
光通量	流【明】	lm	cd·sr
【光】照度	勒【克斯】	lx	lm/m ²
【放射性】活度	贝可【勒尔】	Bq	s ⁻¹
吸收剂量	戈【瑞】	Gy	J/kg
剂量当量	希【沃特】	Sv	J/kg

四、我国选定的非国际单位制单位

表 1-4 我国选定的非国际单位制单位

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系及说明
时 间	分 【小】时 日(天)	min h d	1 min = 60 s 1 h = 60 min = 3 600 s 1 d = 24 h = 86 400 s
【平面】角	【角】秒 【角】分 度	(^o) ([']) (^o)	1 ^o = ($\pi/648\,000$) rad (π 为圆周率) 1 ['] = 60 ^o = ($\pi/10\,800$) rad 1 ^o = 60 ['] = ($\pi/180$) rad
旋转速度	转每分	r/min	1 r/min = (1/60) s ⁻¹
长 度	海里	n mile	1 n mile = 1 852 m (只用于航行)
速 度	节	kn	1 kn = 1 n mile/h = (1 852/3 600) m/s (只用于航行)
质 量	吨 原子质量单位	t u	1 t = 10 ³ kg 1 u $\approx$ 1.660 540 $\times$ 10 ⁻²⁷ kg

(续)

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系及说明
体积、容积	升	L, (l)	$1\text{ L} = 1\text{ d m}^3 = 10^{-3}\text{ m}^3$
能	电子伏	eV	$1\text{ eV} \approx 1.602\,177 \times 10^{-19}\text{ J}$
级差	分贝	dB	—
线密度	特【克斯】	Tex	$1\text{ tex} = 1\text{ g/km}$

注:① 角度单位度、分、秒的符号在组合单位中或不处于数字后时,用括弧;
 ② r为“转”的符号;
 ③ 升的符号中,小写字母l为备用符号

五、常用部分物理量及其单位

表 1-5 常用部分物理量及其单位(参照 GB3102.1~10—93)

量的名称		量符号	单位名称	单位符号
时间和空间	【平面】角	$\alpha, \beta, \gamma, \theta, \varphi$ 等	弧度	rad
	立体角	Ω	球面度	sr
	长度	$l, (L)$	米	m
	宽	b	米	m
	高	h	米	m
	厚	d, δ	米	m
	半径	r, R	米	m
	直径	d, D	米	m
	程长	s	米	m
	距离	d, r	米	m
	面积	$A, (S)$	平方米	m^2
	体积	V	立方米	m^3
	时间,时间间隔,持续时间	t	秒	s
	角速度	ω	弧度每秒	rad/s
	角加速度	α	弧度每二次方秒	rad/s^2
	速度	v, u, ω, c	米每秒	m/s
	加速度	a	米每二次方秒	m/s^2
	重力加速度, 自由落体加速度	g	米每二次方秒	m/s^2

(续)

量的名称		量符号	单位名称	单位符号
力学	质量	m	千克	kg
	密度, 体积质量	ρ	千克每立方米	kg/m ³
	相对密度	d	-	1
	线质量, 线密度	ρ_l	千克每米	kg/m
	动量	p	千克米每秒	kg·m/s
	动量矩, 角动量	L	千克二次方米每秒	kg·m ² /s
	转动惯量	$J, (I)$	千克二次方米	kg·m ²
	力	F	牛【顿】	N
	重量, 重力	$W, (P, G)$	牛【顿】	N
	力矩	M	牛【顿】米	N·m
	转矩, 力偶矩	M, T	牛【顿】米	N·m
	压力, 压强	p	帕【斯卡】	Pa
	弹性模量	E	帕【斯卡】	Pa
	摩擦因数	$\mu(f)$	-	1
	功	$W, (A)$	焦【耳】	J
	能【量】	E	焦【耳】	J
	势能, 位能	$E_p, (V)$	焦【耳】	J
	动能	$E_k, (T)$	焦【耳】	J
	功率	P	瓦【特】	W
周期	周期	T	秒	s
	时间常数	τ	秒	s
	频率	f, ν	赫【兹】	Hz
	旋转频率(转速)	n	每秒	s ⁻¹
			转每分	r/min
			弧度每秒	rad/s
热学	角频率	ω	每秒	s ⁻¹
	热力学温度	$T, (\theta)$	开【尔文】	K
	摄氏温度	t, θ	摄氏度	℃
	线【膨】胀系数	α_l	每开【尔文】	K ⁻¹
	热, 热量	Q	焦【耳】	J
	热流量	Φ	瓦【特】	W
	热导率(导热系数)	$\lambda, (\kappa)$	瓦【特】每米开【尔文】	W/(m·K)
	表面传热系数	$h(a)$	瓦【特】每平方米开【尔文】	W/(m ² ·K)
	热容	C	焦【耳】每开【尔文】	J/K
	比热容	c	焦【耳】每千克开【尔文】	J/(kg·K)
	熵	S	焦【耳】每开【尔文】	J/K

(续)

量的名称		量符号	单位名称	单位符号
热学	比熵	s	焦【耳】每千克开【尔文】	$\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
	热力学能,内能	U	焦【耳】	J
	焓	H	焦【耳】	J
	比热力学能,比热能	u	焦【耳】每千克	J/kg
	比焓	h	焦【耳】每千克	J/kg
电学和 磁学	电流	I	安【培】	A
	电荷【量】	Q	库【仑】	C
	电荷【体】密度	$\rho, (\eta)$	库【仑】每立方米	C/m^3
	电荷面密度	σ	库【仑】每平方米	C/m^2
	电场强度	E	伏【特】每米	V/m
	电位(电势)	V, φ	伏【特】	V
	电位差(电势差),电压	$U, (V)$	伏【特】	V
	电动势	E	伏【特】	V
	电通【量】密度,电位移	D	库【仑】每平方米	C/m^2
	电通【量】,电位移通量	Ψ	库【仑】	C
	电容	C	法【拉】	F
	介电常数(电容率)	ϵ	法【拉】每米	F/m
	真空介电常数(真空电容率)	ϵ_0	法【拉】每米	F/m
	电极化强度	P	库【仑】每平方米	C/m^2
	电偶极矩	$p, (p_e)$	库【仑】米	$\text{C}\cdot\text{m}$
	电流密度,面积电流	$J, (S)$	安【培】每平方米	A/m^2
	电流线密度,线电流	$A, (a)$	安【培】每米	A/m
	磁场强度	H	安【培】每米	A/m
	磁位差(磁势差)	U_m	安【培】	A
	磁通势(磁动势)	F, F_m	安【培】	A
	磁通【量】密度,磁感应强度	B	特【斯拉】	T
	磁通【量】	Φ	韦【伯】	Wb
	磁矢位(磁矢势)	A	韦【伯】每米	Wb/m
	自感	L	亨【利】	H
	互感	M, L_{12}	亨【利】	H
	磁导率	μ	亨【利】每米	H/m
	真空磁导率	μ_0	亨【利】每米	H/m
	【面】磁矩	m	安【培】平方米	$\text{A}\cdot\text{m}^2$
	磁化强度	$M, (H_i)$	安【培】每米	A/m
	磁极化强度	$J, (B_i)$	特【斯拉】	T
	【直流】电阻	R	欧【姆】	Ω
	【直流】电导	G	西【门子】	S

(续)

量的名称		量符号	单位名称	单位符号
电学和 磁学	电阻率	ρ	欧【姆】米	$\Omega \cdot m$
	电导率	γ, σ	西【门子】每米	S/m
	磁阻	R_m	每亨【利】	H^{-1}
	磁导	$\Delta, (P)$	亨【利】	H
	绕组的匝数	N	—	l
	相数	m	—	l
	相【位】差, 相【位】移	φ	弧度	rad
	阻抗(复数阻抗)	Z	欧【姆】	Ω
	阻抗模(阻抗)	$ Z $	欧【姆】	Ω
	电抗	X	欧【姆】	Ω
	【交流】电阻	R	欧【姆】	Ω
	品质因数	Q	—	
	导纳(复数导纳)	Y	西【门子】	S
	导纳模(导纳)	$ Y $	西【门子】	S
	电纳	B	西【门子】	S
	【交流】电导	G	西【门子】	S
	功率, 有功功率	P	瓦【特】	W
	无功功率	Q, P_Q	乏	var
	视在功率(表观功率)	S, P_S	伏安	$V \cdot A$
	电能【量】	W	焦【耳】或千瓦【特】小时	J 或 $kW \cdot h$
物理化学 和分子物 理学	物质的量	$N, (\nu)$	摩【尔】	mol
	摩尔质量	M	千克每摩【尔】	kg/mol
	摩尔体积	V_m	立方米每摩【尔】	m^3/mol
	摩尔热力学能	U_m	焦【耳】每摩【尔】	J/mol
	扩散系数	D	平方米每秒	m^2/s
	元电荷	e	库【仑】	C
光	发光强度	$I, (I_v)$	坎【德拉】	cd
	光通量	$\Phi, (\Phi_v)$	流【明】	lm
	光量	$Q, (Q_v)$	流【明】秒	$lm \cdot s$
	【光】亮度	$L, (L_v)$	坎【德拉】每平方米	cd/m^2
	光出射度	$M, (M_v)$	流【明】每平方米	lm/m^2
	【光】照度	$E, (E_v)$	勒【克斯】	lx
	曝光量	H	勒【克斯】秒	$lx \cdot s$
	光视效能	K	流【明】每瓦【特】	lm/W
	折射率	n		l