

(第二版)

简明电工手册



上海电气(集团)总公司 主编
《机电工人技术丛书》编委会

刘光源
陈国春 编
杨换荣



机
电
工
人
技
术
丛
书

JIDIAN

GONGREN JISHU CONGSHU



上海科学技术出版社

机电工人技术丛书

简明电工手册

(第二版)

上海电气(集团)总公司 主编
《机电工人技术丛书》编委会
刘光源 陈国春 杨换荣 编

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本手册是为了帮助工矿企业的广大电工解决日常生产实践中所遇到的一些技术难题而编写的。本手册的特点是内容新,如常用电工图形符号的新旧对比、用新国标的电气图形和文字符号编写的电气控制线路等内容。此外,手册中还详细地介绍了机床电气控制线路的常见故障排除及检修方法。

本手册内容包括:电工基本知识、三相异步电动机、直流电动机、变压器、低压电器、常用机床电气设备控制线路、内外线安装及安全用电。

本手册内容丰富、简明、实用,文字通俗易懂,图文并茂,可供工矿企业的电工使用,也可供电气技术人员参考。

机电工人技术丛书

简明电工手册

(第二版)

上海电气(集团)总公司 主编

《机电工人技术丛书》编委会

刘光源 陈国春 杨焕荣编

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路450号 邮政编码200020)

新华书店上海发行所经销 上海书刊印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/32 印张 20.25 字数 449 000

1987年8月第1版

1999年11月第2版 2001年6月第8次印刷

印数 107 001—112 000

ISBN 7-5323-4901-2/TM·114

定价:31.80元

本书如有缺页、错装和损坏等严重质量问题,

请向本社出版科联系调换

《机电工人技术丛书》编委会名单

吴志清 顾林凡

杨仁江 陈家芳

第二版前言

《机电工人技术丛书》全套 14 种手册自 1985 年编写出版以来,深受广大机电工人欢迎,使他们增长了知识,提高了技术,在生产实际中解决了很多技术问题,为改革开放、发展生产作了一定贡献。

随着新工艺、新技术、新材料的不断出现,新的国家标准不断颁布,再就业工程的实施等,提高劳动者素质刻不容缓,为此,我们再次组织长期从事技术工作的工程技术人员和培训工作的专业教师对这套丛书进行修订,增补了大量新内容,删去了不太适应当前技术发展的内容,以满足广大读者,特别是初、中级技术工人的需要。

列入第一批修订的有《简明电工手册》、《简明焊工手册》、《简明钳工手册》、《简明车工手册》等四本。修订时力求简明实用,但限于作者水平,还会存在不妥之处,敬请广大读者批评指教,以便今后改正。

本手册第一版由刘光源、王巍、金士信、林可为编写,第二版由刘光源、陈国春、杨焕荣编写,汤元龙审阅。

上海电气(集团)总公司

《机电工人技术丛书》编委会

目 录

第一章 电工基本知识	1
一、电工基础资料	1
1. 常用电工法定计量单位及换算	1
2. 电气图常用图形符号及电气技术常用文字符号	9
二、电工常用计算公式及基本定律	48
1. 电工常用计算公式	48
2. 基本定律	60
三、常用电工仪表和电工测量	64
1. 常用电工仪表的结构和原理	64
2. 电工仪表的分类	67
3. 电工仪表的符号	68
4. 常用电工仪表	72
5. 电工测量	88
6. 示波器的应用	100
四、电子基础知识	108
1. 国产半导体器件型号命名法	108
2. 晶体二极管	110
3. 稳压二极管	119
4. 单结晶体管	124
5. 晶体三极管	128
6. 晶闸管	140
7. 电源电路	149
8. 放大电路	167
9. 集成电路	172
10. 数字电路	178

五、电线电缆及电工绝缘材料	181
1. 电线电缆	181
2. 电工绝缘材料	195
第二章 三相异步电动机	203
一、Y 系列电动机的主要参数	203
1. 三相异步电动机的型号	203
2. Y 系列电动机的技术数据	206
二、三相异步电动机的选用	211
1. 电动机电压的选择	211
2. 电动机转速的选择	211
3. 电动机结构形式的选择	211
4. 电动机种类的选择	211
5. 电动机容量的选择	211
三、三相异步电动机定子绕组的展开图	212
1. 单层绕组	212
2. 双层绕组	212
四、三相异步电动机的常见故障及修理	221
1. 三相异步电动机的维护	221
2. 三相异步电动机的拆装与注意事项	224
3. 三相异步电动机的常见故障与修理	226
五、三相异步电动机修复后的试验	234
1. 一般检查	234
2. 绝缘电阻的测定	234
3. 直流电阻的测定	235
4. 耐压试验	235
5. 空载试验	236
6. 首、尾判别	237
六、三相异步电动机改制的计算	239
1. 空壳重绕的简易计算	239
2. 改极计算	242

3. 改压计算	243
第三章 直流电动机	246
一、直流电动机的主要技术数据	246
二、直流电动机励磁方式及出线端标志	251
1. 直流电动机的励磁方式	251
2. 直流电动机的接线方式	252
3. 直流电动机的出线端标志	252
三、直流电动机的运行	254
1. 直流电动机的起动	254
2. 直流电动机的调速	255
3. 直流电动机的制动	255
四、直流电动机的维修和常见故障处理	258
1. 直流电动机的维修	258
2. 直流电动机的常见故障处理	260
五、直流电动机的修复试验	270
1. 绕组的极性及连接正确性检查试验	270
2. 绕组绝缘电阻的测定	272
3. 绕组直流电阻的测定	272
4. 电刷中性线位置的调整	273
5. 耐压试验	274
6. 空载试验	274
六、常用直流弧焊机	275
1. 裂极式直流弧焊机	275
2. 换向极去磁式直流弧焊机	277
3. 差复励式直流弧焊机	277
第四章 变压器	283
一、电力变压器	283
1. 常用电力变压器的技术数据	283
2. 变压器绕组的连结组标号	292
3. 电力变压器的维护与检修	296

二、控制变压器	298
1. 技术数据	298
2. 小型控制变压器的计算	302
三、特种变压器	305
1. 电炉变压器	305
2. 自耦变压器	309
3. 互感器	310
4. 恒压变压器	314
5. 弧焊变压器	317
第五章 低压电器	320
一、低压开关	320
1. 板用刀开关	320
2. 负荷开关	325
3. 组合开关	329
二、空气断路器	333
1. 技术数据	334
2. 电气图形和文字符号	341
3. 选择	341
4. 使用与维护	342
5. 空气断路器的常见故障分析	342
三、熔断器	344
1. 技术数据	345
2. 电气图形和文字符号	349
3. 选择	349
4. 使用与维护	349
5. 熔断器的常见故障分析	350
四、接触器	350
1. 技术数据	350
2. 电气图形和文字符号	358
3. 选择	358

4. 使用与维护	359
5. 接触器的常见故障分析	359
五、继电器	361
1. 中间继电器	361
2. 热继电器	364
3. 时间继电器	372
4. 过电流继电器	382
5. 速度继电器	385
六、主令电器	386
1. 按钮	387
2. 位置开关	394
3. 万能转换开关	398
第六章 机床电气设备控制线路	402
一、交流电动机的电气控制线路	402
1. 三相笼型异步电动机的电气控制线路	403
2. 三相绕线式异步电动机的控制线路	439
二、常用机床电气控制线路的维修	445
1. 机床电气控制设备的维护及检修方法	448
2. 常用机床电气控制线路的检修	461
第七章 内外线安装	513
一、室内配线	513
1. 室内配线的一般要求和配线工序	513
2. 瓷夹板配线	516
3. 瓷瓶配线	521
4. 护套线配线	525
5. 线管配线	529
6. 滑触线配线	545
7. 导线的连接与封端	545
二、室外架空线路	555
1. 架空线路的组成	555

2. 架空线路的安装	564
3. 架空线路的维修	581
三、照明线路的安装和维修	582
1. 常用照明附件	582
2. 常用照明电光源特点、适用场合及技术数据	582
3. 常用照明装置的接线原理图	582
4. 照明装置的安装规程	584
5. 照明电路常见故障及检修	595
四、电缆的敷设	600
1. 电缆的型号、结构及选择	600
2. 电缆的敷设	603
3. 电缆的试验	614
4. 电缆的维护与检修	617
第八章 安全用电与防雷技术	620
一、安全用电	620
1. 人体触电的种类	620
2. 电流对人体的危害	621
3. 人体电阻及安全电压	623
4. 安全用电	624
5. 触电急救	625
二、防雷技术	630
1. 防雷措施	630
2. 防雷装置	631

第一章 电工基本知识

一、电工基础资料

1. 常用电工法定计量单位及换算

我国在 1986 年颁布的《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》中规定在全国统一实行国际单位制为基础的法定计量单位,同时根据我国的实际情况,还选定了 15 个非国际单位制单位,以适应我国国民经济、文化教育事业的发展,以及推进科学技术进步和扩大国际经济、文化交流的需要。

1) 国际单位制的基本单位、辅助单位及具有专门名称的导出单位 国际单位制的基本单位、辅助单位及具有专门名称的导出单位如表 1-1~表 1-3 所示。

表 1-1 国际单位制的基本单位和辅助单位

类 别	量 的 名 称	单 位 名 称	单 位 符 号
基本单位	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
辅助单位	[平面]角	弧度	rad
	立 体 角	球度	sr

表 1-2 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	其他表示式例
频率	赫[兹]	Hz	s^{-1}
力,重力	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	$N \cdot m$
功率,辐射通量	瓦[特]	W	J/s
电荷[量]	库[仑]	C	$A \cdot s$
电压,电动势,电位	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	$V \cdot s$
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]	$^{\circ}C$	
光通量	流[明]	lm	$cd \cdot sr$
[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

表 1-3 用于构成十进倍数和分数单位的 SI 词头

所表示的因数	词头名称	词头符号
10^{18}	艾[可萨]	E
10^{15}	拍[它]	P
10^{12}	太[拉]	T
10^9	吉[咖]	G
10^6	兆	M
10^3	千	k
10^2	百	h
10^1	十	da
10^{-1}	分	d
10^{-2}	厘	c
10^{-3}	毫	m
10^{-6}	微	μ
10^{-9}	纳[诺]	n
10^{-12}	皮[可]	p
10^{-15}	飞[母托]	f
10^{-18}	阿[托]	a

2) 可与 SI 并用的我国法定计量单位 可与 SI 并用的我国法定计量单位如表 1-4 所示。

表 1-4 可与 SI 并用的我国法定计量单位

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
时 间	分	min	$1\text{min}=60\text{s}$
	[小]时	h	$1\text{h}=60\text{min}=3600\text{s}$
	日,(天)	d	$1\text{d}=24\text{h}=86400\text{s}$
平 面 角	[角]秒	($''$)	$1''=(\pi/648000)\text{rad}$ (π 为圆周率)
	[角]分	($'$)	$1'=60''=(\pi/10800)\text{rad}$
	度	($^{\circ}$)	$1^{\circ}=60'=(\pi/180)\text{rad}$
旋转速度	转每分	r/min	$1\text{r/min}=(1/60)\text{s}^{-1}$
长 度	海里	n mile	$1\text{n mile}=1852\text{m}$ (只用于航程)
速 度	节	kn	$1\text{kn}=1\text{n mile/h}$ $= (1852/3600)\text{m/s}$ (只用于航行)
质 量	吨	t	$1\text{t}=10^3\text{kg}$
	原子质量单位	u	$1\text{u}\approx 1.6605655\times 10^{-27}\text{kg}$
体积,容积	升	L,(l)	$1\text{L}=1\text{dm}^3=10^{-3}\text{m}^3$
能	电子伏	eV	$1\text{eV}\approx 1.6021892\times 10^{-19}\text{J}$
级 差	分贝	dB	
线 密 度	特[克斯]	tex	$1\text{tex}=1\text{g/km}$

3) 电工常用法定计量单位及换算 电工常用法定计量单位及换算如表 1-5 所示。

表 1-5 电工常用法定计量单位及换算

量的名称和符号		单位的名称和符号		应废除的单位名称和符号	换算或说明
名称	符号	名称	符号		
长度	$l(L)$	米	m	公尺, M	1km=1000m
宽度	b	分米	dm	公寸	1m=10dm
高度	h	厘米	cm	公分, 米厘, c/m	1dm=10cm
厚度	$\delta(d, t)$	毫米	mm	公厘, MM, m/m	1cm=10mm
半径	R, r	微米	μm	公微, $\mu, \mu\text{M}, \mu\text{u}$	1mm=1000 μm
直径	D, d				用公×称呼的单位除公斤、公里之外, 其余全部废除
距离	s				
面积	$A(S)$	平方米	m^2	平方公尺, 平米, M^2	
体积	V	立方米	m^3	公方, 立米, M^3	1L=10 ⁻³ m ³
容积		升	L	立升, 公升	1mL=10 ⁻³ L
		毫升	mL	cc, c. c	
平面角	$\alpha, \beta, \gamma, \varphi, \theta$ 等	弧度	rad	𡗗	“度”应优先使用 十进制小数, 其符号标于 数字之后, 例如 15.27°
		度	°		
		分	'		
		秒	"		
立体角	Ω, ω	球面度	sr		
时间	t	日	d		1d=24h=86400s
		[小]时	h	hr	1h=60min=3600s
		分	min	(')	1min=60s
		秒	s	sec, (")	
旋转速度	n	转每分	r/min	rpm, r. p. m	
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		

(续)

量的名称 和符号		单位的名 称和符号		应废除的单位 名称和符号	换算或说明
名称	符号	名称	符号		
速度	v	米每秒	m/s		
加速度	a	米每二 次方秒	m/s ²	M/s ²	
质量	m	吨 千克, [公斤]	t kg	公吨, T KG, KgS, Kg	1t=1000kg 人民生活 and 贸易中, 质 量习惯称为重量
周期	T	秒	s		$T = \frac{1}{f}$
频率	f	赫[兹] 千赫 [兹] 兆赫 [兹]	Hz kHz MHz	周, C 千周, kC 兆周, MC	1MHz=10 ³ kHz 1kHz=10 ³ Hz $f = \frac{1}{T}$
角频率	ω	弧度 每秒	rad/s		$\omega = 2\pi f$
密度	ρ	千克每 立方米 吨每立 方米 千克 每升	kg/m ³ t/m ³ kg/L		1t/m ³ =1000kg/m ³ 1kg/L=1000kg/m ³ $\rho = \frac{m}{V}$
力 重力	F $W(P,$ $G)$	牛[顿]	N	nt, 公斤, kg, 公斤 力, kgf, 吨力, tf, 达因, dyn	1N=1kg·m/s ² 1kgf=9.80665N
力矩 转矩 力偶矩	M T T	牛[顿] 米	N·m	kgf·m, 公斤力· 米	1kgf·m=9.80665N·m

(续)

量的名称和符号		单位的名称和符号		应废除的单位名称和符号	换算或说明
名称	符号	名称	符号		
压力	P	帕[斯卡]	Pa	kgf/cm ² , 公斤力/厘米 ² 标准大气压, atm	1Pa=1N/m ² 1MPa=1N/mm ²
压强	p				1kgf/cm ² =9.80665×10 ⁴ Pa ≈0.1MPa
正应力	σ			毫米汞柱, mmHg 毫米水柱, mmH ₂ O 达因每平方厘米, dyn/cm ²	1atm=101325Pa 1mmHg=133.322Pa 1mmH ₂ O=9.80665Pa 1dyn/cm ² =0.1Pa
切(剪)应力	τ				
功	$W(A)$	焦[耳]	J	绝对焦耳, J _{ab}	1J=1N·m
能(量)	$E(W)$	电子伏	eV	尔格, erg	1kW·h=3.6MJ 1eV≈1.6021892×10 ⁻¹⁹ J
热, 热量	Q	千瓦时	kW·h	1kW·h=1度电 卡, cal	1cal=4.1868J 1erg=10 ⁻⁷ J
功率	P	瓦[特]	W	绝对瓦特, W _{ab}	1W=1J/s
		千瓦[特]	kW	国际瓦特, W _{int} 尔格每秒, erg 马力, PS	1W _{int} =1.00019W 1erg/s=10 ⁻⁷ W 1马力=75kgf·m/s ≈735.499W
有功功率	P	瓦[特]	W		var 暂可继续使用
无功功率	$Q(P_Q)$	乏	var		VA 暂可继续使用
视在功率 (表观功率)	$S(P_S)$	伏安	VA		
电流	I	安[培]	A	绝对安培 A _{ab} 国际安培 A _{int}	1A _{int} =0.99985A
电荷[量]	$Q(q)$	库[仑]	C	国际电荷, C _{int}	1C=1A·s 1C _{int} =0.99985C