

现代电工手册

(修订本)

张占松 杨宜民 许立梓 编

广东科技出版社

粤新登字 04 号

(Xiandai Diangong Shouce)

现代电工手册

(修订本)

编著译者：张占松 杨宜民 许立梓

出版发行：广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号)

经 销：广东省新华书店

印 刷：上海商务印书馆上海印刷厂

规 格：787×1092 1/32 印张 61.5 插页 6

字数 2000000

版 次：1993 年 8 月 第 1 版

1993 年 8 月 第 1 次印刷

印 数：1-30,200 册

ISBN 7-5359-0897-7/TM·8

定 价：38.00 元

内 容 简 介

本手册是电工实用的工具书。全书分为十二章。第一章介绍电工基本知识；第二章介绍小型水电站机电设备的运行及维护；第三、四章介绍变配电设备和配电线路；第五、六、七章介绍低压电器、三相异步电动机和常见的机电设备；第八、九章介绍家用电器、照明及常用电工仪表；第十章介绍电源线路设备；第十一章介绍单片微型计算机及可编程程序控制器的基本原理及应用；第十二章介绍安全用电技术。

本手册内容比较丰富，通俗易懂，配有较多的数据图表，便于电工查用。手册中的各项技术标准采用国家规范，并尽可能采用最新资料。本手册适合电工阅读，也可供有关的技工学校、中等专业学校的师生参考。

序 言

正值《现代电工手册》面世之际，我很高兴把它介绍给广大电气技术工程工作者。愿它成为各行业的电工所欢迎的实用工具书。

电工技术广泛使用在工农业和人们的日常生活中，是现代科学技术的重要组成部分。随着时代的发展，当代的电工技术已与电子、计算机、自动控制等学科有机地渗透和结合。所以，把本书的前版《实用农村电工手册》修订扩充为容纳更多新内容的《现代电工手册》，无疑是顺应了新形势的要求。

在修订中，作者考虑了近年科学技术迅速发展的因素，适应广大电工为掌握新的电工技术的求新、知新、创新的要求；考虑了他们在工作上不仅会遇到高压、大电流的输配电，大电机的转动控制等，而且还会遇到与电子设备、仪表、家用电器和电子计算机有关的种种问题。作者象前版率先增设“家用电器”一章一样，这次修订又增设了各类电源、可编程序控制器、单片微机等内容，编写亦颇有新意。

实践—理论—实践，这是人们与大自然作斗争所必须遵循的认识规律。我期待着这本手册能成为电工所欢迎的工具书，成为对我国经济建设有一定贡献的一本书。同时，也期待广大读者如使用工具时不忘对工具的维护、保养一样，对

这本手册多提宝贵意见，从而使未来的版本能更加完善和充实。

李金祖

1991年3月

修 订 说 明

《实用农村电工手册》出版后，受到广大电工同行的欢迎，反映较佳。因此，销售告罄之后，要求再版的呼声很高。编者从出版社知道这个消息，无疑得到很大的慰藉和鼓励。同时，编者考虑到近年电工技术发展、电子电器元件日益更新，对手册作一些删改修订是必要的。因而，在广州、江门等地召开了几次座谈会，广泛征求电力部门、新华书店和读者的意见，归纳起来有如下几点：（1）供电线路和用电设备的设计、架设、运行、维护都有严格统一的标准。对城市或农村电工而言，无论是供电还是用电都没有本质的差别。经过改革开放，引进先进技术，农村电工与城市电工在采用新设备、新技术方面的差距也越来越小。因此建议书名去掉“农村”二字，扩大读者面。（2）扩充和更新原来的内容。目前国家尚未颁布电工分类及考核定级的标准，对电工工作的要求随地区、单位的不同而有很大差异。一些中小单位的电工，几乎所有电的问题全要管。因此，作为工具书，应成为各类电工的“良师益友”；（3）电力电子技术的发展使电工要应付许多新的挑战。近年来，电气设备迅速更新换代，重要的设备用上了先进的电子技术甚至微机控制，其中不乏从国外进口的，要使这些设备运转好，要求新、老电工在不同程度上进行知识更新；（4）应该推广节能设备、新的图形、符号和法定计量单位。

编者接纳了这些意见，作了如下的处理：（1）《实用农村电工手册》更名为《现代电工手册》；（2）增加工厂、矿山机电电子电力设备的内容，如各种普通机床和数控机床的电气控制等。删去了一些过时的，在应用上有局限的设备的相关内容，如地埋线、沼气发电、旧式耗能的异步电机、变压器、配电设备和常用农机等；（3）增加了“电源”和“可编程程序控制器及单片机”两章；（4）为了适应新形势的发展，在“家用电器和照明”一章，对家用电气部分增添了不少新的日用电器的内容，同时在

内容上重新进行了编写或补充；(5) 为了推广新图形符号、法定计量单位，在第一章末提供了详细的对照表和换算表。

本手册在编写过程中，得到广东省电力工业局、水电厅、电子局、一机局、农机厅、省电力勘测设计院、广州电机厂、南洋电器厂、广州、江门市及佛山、汕头地区供电局等单位的大力支持并提供资料。书稿的第一、六、九章和第七、八章分别由广东工学院黄维国、张振昭等同志审校；第三、四章由省电力工业局谢培康、罗文远、程继亚等同志审校；第五、十章由省电力勘测设计院陈以利、黄娟超等同志审校；第二章由省水电厅机械施工公司纪经利同志审校。新增的“电源”一章由广州供电局赵宝现同志审校；“可编程序控制器及单片机”由华南理工大学宋庭熙同志审校。

编写修订时得到广东工学院、广东省电力局、广州供电局、广东省电力设计院、广州东区供电局、江门供电局、佛山供电局、中山供电局、中国科学院广州电子研究所、广州电器科学研究所、广州机电研究所、广州机床厂、广州南洋电器厂、广州自控研究所、广州电控设备厂等单位领导和有关同志的支持；周昭仲、王会文、朱龙昌、何炜恩、陈俊强、郭莲芬等同志还对有关章节的初稿进行了审校，在此一并表示衷心的感谢。

修订的时间仓促，编者水平也有限，不足之处恳请读者批评指正。

编 者

1991年3月15日

目 录

第一章 电工基本知识1

一、电工和电子学基础.....1

(一)电工基础.....1

电荷、导体、绝缘体、半导体(1) 摩擦生电、感应生电、雷电(1) 电流(2) 电位、电压、电源和电势(2) 电阻(2) 欧姆定律(3) 负载(4) 短路(4) 串联(5) 并联(5) 复联(5) 电功率(5) 电能(电功)(5) 电热效应(5) 热电效应(5) 额定值(6) 磁极(6) 磁场(6) 均匀磁场(6) 磁阻(6) 磁通量(7) 磁通量密度(7) 电流的磁效应(7) 磁动势(7) 磁场强度(7) 磁滞(8) 剩磁(8) 磁屏蔽(8) 电磁感应现象(右手定则)(8) 涡流(9) 自感应电势(9) 互感应(10) 互感应电势(10) 对应端(同名端)(10) 总电感(11) 电动机定则(左手定则)(11) 单相交流电(11) 周期、频率(12) 交流电的有效值和平均值(12) 正弦交流电流(13) 相位差、同相、反相(13) 电容器(13) 电容器的串联(13) 电容器的并联(13) 纯电容电路(13) 容抗(13) 感抗(13) 电抗(14) 阻抗(14) 交流电路的计算(14) 有功功率(14) 视在功率(14) 功率因数(14) 无功功率(15) 基本电路计算(15) 三相电的产生(15) 星形联接(15) 三角形联接(17) 对称三相电路的计算(18)

(二)电子学基础.....18

电路的谐振(18) 混频(19) 变频(19) 差频(19) 高频(19) 中频(19) 低频(19) 音频(19) 电压放大电路(19) 功率放大

器(19) 甲类(A类)放大器(19) 乙类(B类)放大器(19) 甲乙类(AB类)放大器(19) 灵敏度(19) 选择性(20) 自动增益控制(20) 输出功率(20) 交流声(20) 调制交流声(调幅交流声)(20) 机震(20) 天线增益系数(20) 接收天线的方向性(20) 特性衰减(20) 对称性(20) 特性阻抗(21) 天线的输入阻抗(21) 吸收作用(21) 天电干扰(21) “雪花”干扰(21) 网纹干扰(21) 脉冲干扰(21) 电源干扰(21) 非线性失真(21) 线性失真(21) 高传真(22) 电平(22) 输入电平(22) 输出电平(22) 信号噪声比(22) 噪声电平(杂音电平)(22) 噪声系数(22) 增益(22) 反馈(22) 耦合(22) 退耦(22) 自激(23) 通道(23) 通频带(23) 扫描(23) 帧(23) 场(23) 消隐(23) 鉴相器(23) 鉴频器(频率检波器)(23) 同步范围(23) 清晰度(23) 灰度(24) 对比度(24) 分解力(24) 扫描非线性失真(24) 几何失真(24) 拖尾(24) 重影(24) 镶边(24) 偏转角(24) 会聚(24) 纯化(24) 消色器(24)

二、常用半导体器件及基本线路24

(一)PN结与晶体二极管24

本征半导体(24) 杂质半导体(25) P型半导体(25) N型半导体(25) PN结(25) 晶体二极管(26) 二极管的特性(28) 二极管的主要参数(29) 稳压二极管(30) 稳压管的主要参数(30) 发光二极管(31) 光敏二极管(31) 光电元件主要参数(31)

(二)晶体三极管32

晶体三极管的结构和型号(32) 三极管的电流放大作用(33) 三极管的特性曲线(33) 三极管的主要参数(35) 三极管管脚的判别方法(37) 三极管的简易测试方法(39) 使用三极管注意事项(40)

(三)场效应晶体管40

场效应晶体管(40) 结型场效应管的结构和原理(41) 绝缘栅(MOS型)场效应管的结构和原理(41) 场效应晶体管的主要参

数(44) 场效应管的特性曲线(44) 场效应管使用注意事项(46)

(四)单结晶体管.....46

单结晶体管的结构和特点(46) 单结晶体管的伏安特性曲线(46)

单结晶体管的主要参数(48)

(五)电力半导体器件.....48

电力半导体器件(48) 普通硅晶闸管(可控硅)(50) 晶闸管的伏安特性曲线(51) 普通晶闸管的主要参数(51) 晶闸管(可控硅)使用注意事项(52) 特殊硅晶闸管(53)

(六)半导体器件组成的基本线路.....53

放大器的三种组态(53) 三极管的偏置电路(53) 交流放大器的级间耦合(53) 正弦波振荡器(53) 晶体管的几种脉冲电路(53) 场效应管偏置电路(53) 单结晶体管弛张振荡器(64) 二极管整流电路(65) 二极管使用注意事项(66) 晶闸管(可控硅)整流电路(67) 晶闸管整流线路的比较(68) 晶闸管的触发电路(69) 晶闸管线路的保护(69) 晶闸管使用注意事项(69)

三、常用各种量的单位及换算.....70

(一)常用电工计量单位及换算.....70

(二)常用单位换算系数表.....71

1.长度(71) 2.面积(72) 3.平面角(73) 4.角速度、旋转速度(73) 5.速度(74) 6.质量(75) 7.力、重力(76) 8.压力、压强、应力(77) 9.能量、功、热(78) 10.功率(79) 11.磁场强度(80) 12.磁通量密度、磁感应强度(80)

四、常用数据和资料.....81

(一)倍数和分数计量单位的词冠及代号.....81

(二)面积、体积计算公式.....82

(三)常用三角公式.....	83
(四)三角函数化简公式(部分).....	84
(五)几种特殊的三角函数值.....	84
(六)小型壳式变压器铁芯、线圈有关数据.....	85
(七)小功率变压器常用标准铁芯每匝伏数表.....	86
(八)汉字拼音字母.....	87
(九)拉丁字母及读音.....	87
(十)希腊字母及读音.....	87
五、电气技术中的文字符号.....	90
(一)电气设备常用基本文字符号.....	90
(二)常用辅助文字符号.....	96
六、我国常用电气图形符号新旧对照表.....	98
七、常用电工材料性能与用途	115
1.常用裸电线型号、机械特性和用途	115
2.漆包线的品种、型号和主要用途	116
3.绝缘材料的耐热等级	117
4.常用绝缘漆的主要特性及用途	118
5.漆布的品种性能和用途	119
6.电工常用薄膜的性能和用途	121
7.电工常用粘带的特性和用途	121
8.复合制品的性能和用途	122
9.常用绝缘层压板、印刷电路板的型号、特性和用途	123
10.常用云母制品的规格和用途	125
11.常用硅钢片的规格及电磁性能	127
12.硬磁性材料的主要品种,磁性能及用途	128

第二章 小型水电站的机电设备	130
一、小型水轮机	130
(一) 水轮机的类型、适用范围和型号	130
(二) 水轮机的参数	133
1. 工作水头	133
2. 流量	133
3. 出力(功率)和效率	134
4. 比转速	134
(三) 水轮机性能及配套设备表	134
(四) 水轮机的辅助设备	167
1. 小型调速器	167
2. 小型阀门	169
二、小型水轮同步发电机	170
(一) 小型水轮发电机的结构及工作原理	170
1. 小型水轮发电机的基本结构	170
2. 水轮发电机的工作原理	171
(二) 小型水轮发电机的型号含意及额定数据	171
(三) 小型水轮发电机的励磁系统	177
1. 直流励磁机励磁	177
2. 半导体励磁	178
(四) 小型水轮发电机的控制屏和继电保护	185
1. 容量在60千瓦及以上的小型发电机的电气测量仪表的装设	

原则	185
2. 成套发电机控制屏(箱)	186
3. 同步发电机的保护	192
(五) 小型水轮发电机的运行及维护	201
1. 起动前的检查项目	201
2. 起动试运行	201
3. 小型水轮发电机的并列运行	203
4. 小型水轮发电机运行时应注意的事项	206
5. 正常运行时的停机操作及紧急停机	209
6. 小型水轮发电机的维护	210
7. 小型水轮发电机常见的故障及处理	213
(六) 水轮发电机的试验	221
1. 发电机绝缘电阻的测量	221
2. 直流电阻的测量	223
3. 发电机的干燥	224
4. 发电机短路特性和空载特性的测量	227
5. 交流耐压及直流耐压试验标准	228
三、异步发电机	231
(一) 利用电容器激磁的异步发电机	231
1. 原理	231
2. 并联电容器容量的选择	231
3. 运行中注意事项	232
(二) 利用电网无功电流励磁的异步发电机	233
第三章 10千伏变配电	234
一、电力变压器	234
(一) 电力变压器的构造及额定数据	234
1. 变压器的构造	234

2. 变压器的额定数据	235
(二) 变压器的基本计算公式	236
1. 变压比 n	236
2. 电压和电流的关系	236
3. 电势、匝数和铁心截面的关系	236
(三) 变压器的技术数据及常用连接组	236
1. 变压器的技术数据	236
2. 变压器的常用连接组	248
(四) 配电变压器容量的选择	251
(五) 配电变压器的保护	252
(六) 变压器的运行及维护	252
1. 变压器的合闸、拉闸及调整分接开关	252
2. 变压器的 并联运行	253
3. 变压器的允许温升及使用年限	253
4. 变压器的事故过负荷时间	254
5. 变压器的不平衡电流	254
6. 变压器运行中的检查及事故处理	254
7. 变压器的检修	256
(七) 变压器的试验	256
1. 测量线圈的绝缘电阻和吸收比	256
2. 线圈直流电阻的测量	257
3. 泄漏电流的测量标准	258
4. 交流耐压试验标准	259
5. 绝缘油的试验	259
(八) 变压器安装工程交接验收规范及质量检验评定标准	263
1. 工程交接验收规范	263

2. 工程质量检验评定标准	264
二、配电装置	265
(一) 高压隔离开关	265
(二) 高压断路器	269
1. 高压油断路器	270
2. 真空断路器	273
3. 六氟化硫断路器	274
4. 油断路器及其操动机构安装调整及交接验收规范	274
(三) 高压负荷开关	279
1. 常用高压负荷开关	279
2. 负荷开关、隔离开关的安装及调整规范	283
(四) 操动机构	286
(五) 高压熔断器	289
1. RN1、RN3型高压熔断器	290
2. RN2、RN4型高压熔断器	290
3. 户外跌落式熔断器	294
4. 高压熔断器的安装要求	298
(六) 互感器	298
1. 电流互感器	298
2. 电压互感器	310
3. 电压电流组合互感器	317
(七) 母线	319
(八) 电站用高压支柱绝缘子及穿墙套管	322
1. 高压支柱瓷绝缘子	322
2. 高压穿墙套管	329

(九)并联电容器及静电电容器屏	334
1. 并联电容器	334
2. 并联电容器的选择	341
3. 并联电容器的应用	345
4. 电容器的保护装置	346
5. 电容器的运行和维护	346
6. 静电电容器屏	347
(十)高压开关柜	349
1. GG-1A(F)高压开关柜	349
2. KYN型金属铠装式手车开关柜	355
3. VC型金属封闭式真空开关柜	357
(十一)低压配电屏	358
三、6、10千伏变(配)电所	364
(一)变(配)电所位置的选择	364
(二)变电所的布置及选型	364
1. 有高压配电室的常用布置方案	364
2. 无高压配电室的常用布置方案	365
3. 6、10千伏露天变电所选型	365
4. 6、10千伏户内变电所选型	365
(三)变电所电气设备选择表	365
(四)户外变压器装置	372
1. 安全的基本要求	372
2. 户外地上变压器台	372
3. 户外柱上变压器台	382
(五)户内变压器室	383
1. 一般要求	383