

# 新编实用电工计算手册

第 2 版

赵家礼 安顺合 编



机械工业出版社

本手册是一本广大电气工人及从事电工专业的工程技术人员当前所需的实用工具书。

本手册内容包括：电磁基本概念及其应用计算；各种交、直流电路计算；电子、通信电路计算；单、三相交流电动机计算；直流电机计算；变压器计算；电工仪表计算以及常用电气设备的选用和计算等。

本手册特点是理论联系实际，内容丰富，通俗易懂，手册中列举了大量的数据表格及计算例题，对广大从事电工专业工作的工人及工程技术人员，解决生产实际问题及计算能力的提高，起着十分重要的作用，同时也可供从事电工培训的教师及考工晋级出题参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

新编实用电工计算手册 / 赵家礼, 安顺合编. — 2 版. — 北京: 机械工业出版社, 2004.5

ISBN 7-111-13850-3

I. 新... II. ①赵...②安... III. 电工—计算—手册  
IV. TM11-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 003018 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)  
责任编辑:高金生 版式设计:霍永明 责任校对:刘志文  
封面设计:张静 责任印制:

印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 5 月第 2 版·第 1 次印刷

850mm×1168mm<sup>1</sup>/<sub>32</sub>·22.875 印张·611 千字

11001—册

定价: 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换  
本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

## 修 订 前 言

为了帮助广大从事电工专业工作的工人及工程技术人员，解决在生产实践中所遇到的各种电工计算问题及生产技术问题，以及电工培训和晋升考工所需的教材，我们于 1996 年编写了这本《实用电工计算手册》。

本手册所列举的各种数据表格及计算实例，均从广大电工专业人员在生产实践中所遇到的技术问题总结精选出来的，因此理论密切结合实际，实用性较强。在阐述基本理论和概念时，深入浅出，通俗易懂。因此，本手册自出版以来深受广大读者的欢迎。

这次修订是在本手册第 1 版的基础上，删去陈旧内容，并根据我国近年来科学技术的发展，补充了许多新技术、新计算方法。这次修订的特点是：

- (1) 对例题进行精选，选用典型的例题，起到举一反三的效用；
- (2) 叙述简明扼要，图、表数据可靠；
- (3) 增加一部分电工计算的急需的新内容；
- (4) 全手册采用了最新术语、符号以及国家标准。

本手册共分十章，其中第一、二、七、八、九、十章由安顺合编写，第三、四、五、六章由赵家礼编写，并负责全手册的统稿工作。安勇、朱景会、安翔、徐晓丽、赵捷、何青、王立庆、赵健等也参加了手册的部分编写工作。

由于编者水平有限，编写时间仓促，书中难免有不妥和错误之处，恳请广大读者批评指正。

# 目 录

## 修订前言

第一章 直流电路计算 .....	1
第一节 欧姆定律、电阻和电导 .....	1
一、欧姆定律 .....	1
二、导体电阻的计算 .....	4
三、电导、电导率 .....	4
第二节 电池组电路计算 .....	7
一、电池组的串联 .....	7
二、电池组的并联 .....	7
三、电池组的混联 .....	8
第三节 焦耳-楞次定律、电功和电功率计算 .....	12
一、电功 .....	12
二、电功率 .....	13
三、电能 .....	13
四、焦耳-楞次定律 .....	13
第四节 简单直流电路计算 .....	14
一、电阻串联电路 .....	14
二、电阻并联电路 .....	17
三、电阻混联电路 .....	19
第五节 复杂直流电路计算 .....	26
一、基尔霍夫定律的应用 .....	26
二、回路电流法 .....	31
三、星形和三角形联结电路等值换算 .....	35
四、戴维南定理 .....	40
五、叠加原理 .....	47
第六节 电容器计算 .....	51
一、电容器的并联 .....	52

二、电容器的串联 .....	52
三、电容器的混联 .....	53
第七节 磁路定律、电磁感应及楞次定律 .....	59
一、磁路定律 .....	59
二、电磁感应及楞次定律 .....	65
第八节 直流输电线路计算 .....	67
一、基本公式 .....	67
二、计算实例 .....	68
第二章 交流电路计算 .....	72
第一节 交流电基本概念 .....	72
一、交流电的周期、频率和角频率 .....	72
二、交流电的瞬时值、最大值、有效值和平均值 .....	73
三、相位、初相位和相位差 .....	74
第二节 简单正弦交流电路计算 .....	77
一、纯电阻电路 .....	77
二、纯电感电路 .....	79
三、纯电容电路 .....	81
四、电阻、电感串联电路 .....	82
五、电阻、电容串联电路 .....	88
六、电阻、电感、电容串联电路 .....	91
七、电阻、电感并联电路 .....	94
八、电阻、电容并联电路 .....	95
九、电阻、电感、电容并联电路 .....	97
十、电阻、电感串联与电容并联电路 .....	99
十一、电阻、电感、电容的混联电路 .....	102
第三节 三相交流电路计算 .....	106
一、负载的星形联结 .....	106
二、负载的三角形联结 .....	110
第四节 交流电路谐振计算 .....	115
一、串联谐振 .....	115
二、并联谐振 .....	118
三、串并联谐振 .....	122
第五节 交流输电线路计算 .....	124

一、单相输电线 .....	124
二、三相输电线 .....	126
三、线路电压损失计算 .....	129
第三章 异步电动机计算 .....	138
第一节 单相异步电动机重绕计算 .....	138
一、串励电动机改电压计算 .....	138
二、罩极电动机改电压计算 .....	140
三、电容起动分相电动机改电压计算 .....	140
四、罩极电动机重绕计算 .....	142
五、电容电动机重绕计算 .....	155
六、分相起动电动机重绕计算 .....	165
七、串励电动机重绕计算 .....	175
第二节 三相异步电动机技术参数计算 .....	181
一、额定功率、同步转速、转差率计算 .....	181
二、转子电磁场转速和转子频率 $f_2$ 计算 .....	183
三、定子绕组参数及绕组系数计算 .....	184
四、三相异步电动机损耗、功率及效率计算 .....	189
五、交流绕组电动势、磁动势计算 .....	198
六、转矩计算及机械特性分析 .....	206
第三节 三相异步电动机的起动、调速、制动计算 .....	212
一、笼型异步电动机直接起动计算 .....	212
二、笼型转子减压起动 .....	214
三、绕线转子异步电动机起动及起动电阻计算 .....	219
四、异步电动机调速方法及计算 .....	221
五、单速绕组改多速绕组的计算 .....	227
六、三相异步电动机制动方法及计算 .....	235
第四节 三相异步电动机经济运行及节电计算 .....	240
一、空载电流的估算 .....	240
二、电动机负载率的计算 .....	241
三、电动机在任意负载率下的效率计算 .....	244
四、电动机在任意负载率下的功率因数计算 .....	245
五、电动机在任意负载率下的损耗计算 .....	246
六、额定电压下连续工作的电动机经济负载率的计算 .....	249

七、更换电动机的节电计算 .....	251
八、电动机调节电压的节电计算 .....	258
九、电源质量对电动机性能影响的计算 .....	260
第五节 三相异步电动机应用计算 .....	271
一、三相异步电动机改电压计算 .....	271
二、圆导线代用的计算 .....	281
三、电动机改极重绕计算 .....	287
四、改频、改压、改极重绕计算 .....	293
五、甩线圈法的计算 .....	297
六、三相异步电动机改成三相异步发电机的计算 .....	300
七、应用类比法进行重绕计算 .....	303
第四章 变压器的计算 .....	321
第一节 基本概念 .....	321
一、变压器工作原理及结构特点 .....	321
二、变压器铭牌数据 .....	321
三、感应电动势计算 .....	326
第二节 变压器运行及计算 .....	327
一、变压器空载运行 .....	327
二、变压器负载运行 .....	329
三、变压器运行特性计算 .....	332
四、变压器能量流程图 .....	336
第三节 变压器联结组别及并联运行计算 .....	337
一、绕组的绕向及出线端标志 .....	337
二、绕组的极性 .....	338
三、三相绕组的连接 .....	341
四、三相绕组联结组标号 .....	344
五、绕组联结组别的画法及判定 .....	346
六、变压器并联意义及并联条件 .....	352
七、并联变压器要求额定电压相等 .....	353
八、并联变压器要求阻抗电压接近相等 .....	360
九、并联运行变压器的容量比的要求 .....	363
十、确定并联变压器的最佳台数 .....	367
第四节 小型变压器计算 .....	372

一、小型壳式变压器计算 .....	372
二、小型心式变压器计算 .....	380
三、三相小型变压器计算 .....	387
第五节 变压器试验及计算 .....	392
一、变压器绕组直流电阻测试方法及计算 .....	392
二、三相变压器的电压比测试及计算 .....	396
三、工频耐压试验 .....	403
四、变压器空载试验 .....	406
五、感应高压试验 .....	418
六、变压器短路试验 .....	421
第五章 直流电机计算 .....	428
第一节 直流电机基本参数计算 .....	428
一、直流电机工作原理及铭牌数据 .....	428
二、直流电机励磁方式及计算公式 .....	429
三、直流电机的平衡方程式 .....	430
四、直流电机可逆原理 .....	433
五、直流电动机工作特性和机械特性 .....	434
第二节 直流电机计算示例 .....	435
一、他励直流发电机 .....	435
二、他励直流电动机 .....	436
第三节 直流电动机调速及计算 .....	440
一、并励直流电动机调速计算 .....	440
二、串励直流电动机调速计算 .....	443
三、复励直流电动机调速计算 .....	445
第四节 直流电动机起动及计算 .....	446
一、限制起动电流的方法 .....	446
二、并励直流电动机起动电阻的计算 .....	446
三、串励直流电动机起动电阻的计算 .....	448
四、他励直流电动机起动电阻的计算 .....	450
第五节 直流电动机的机械特性及计算 .....	450
一、基本概念 .....	450
二、机械特性计算 .....	451
第六节 直流电动机制动方式及计算 .....	453

一、直流电动机制动概念 .....	453
二、能耗制动的计算 .....	454
三、电源反接制动计算 .....	455
四、倒拉反接制动计算 .....	456
五、回馈制动计算 .....	457
第七节 直流电动机改压重绕计算 .....	458
一、直流电动机励磁绕组改电压计算 .....	458
二、直流电动机换向极绕组改电压计算 .....	460
三、电枢绕组改电压的重绕计算 .....	461
四、直流电枢绕组及励磁绕组计算 .....	463
第六章 其他电气设备计算 .....	469
第一节 电阻炉计算 .....	469
一、电阻炉额定值计算 .....	469
二、电阻炉用线材直径和带材尺寸计算 .....	470
三、简易计算法 .....	476
四、碳化硅电阻炉计算 .....	481
第二节 自耦变压器计算 .....	487
一、概述 .....	487
二、铭牌数据及计算 .....	489
第三节 弧焊变压器计算 .....	494
一、概述 .....	494
二、增大漏磁的弧焊变压器结构形式 .....	495
三、弧焊机绕组联结法 .....	499
四、变压器空载和短路运行分析 .....	499
五、弧焊机参数的调整 .....	501
六、弧焊变压器计算 .....	502
第四节 起重电磁铁线圈计算 .....	505
一、起重电磁铁增加起重能力的计算 .....	505
二、保持电磁铁吸力的节能降温计算 .....	507
三、保持功率和安匝不变的代用计算 .....	509
第五节 电机现场烘干计算 .....	510
一、单相低压烘干法计算 .....	510
二、铁损耗烘干法的计算 .....	511

三、利用转轴励磁烘干法计算 .....	512
第六节 常用低压电器的选择及计算 .....	515
一、交流接触器的选择计算 .....	515
二、热继电器选择计算 .....	517
三、断路器选择 .....	519
四、熔断器选择计算 .....	520
五、低压开关及刀形转换开关的选择 .....	522
六、磁力起动器选择 .....	524
第七章 电工仪表及测量计算 .....	527
第一节 电表量程的扩大 .....	527
一、分流器 .....	527
二、附加电阻 .....	530
三、电压表盘上“每伏多少欧”表示的意义 .....	531
第二节 多种测量范围电表 .....	531
一、多量限的直流电流表和分流电阻的计算 .....	531
二、多量限的直流电压表和附加电阻的计算 .....	533
三、多量限的交流电压表和附加电阻的计算 .....	534
第三节 功率测量的计算 .....	538
一、直流电功率的测量 .....	538
二、交流电功率的测量 .....	540
第四节 有功电能数计算 .....	546
一、不经互感器的电能表 .....	547
二、经互感器接入时电能数计算 .....	547
第五节 电阻的测量计算 .....	548
一、用电压表和电流表测量电阻 .....	548
二、用比较法测量电阻 .....	550
三、用欧姆表测量电阻 .....	553
四、用电压表测量绝缘电阻 .....	554
五、用电桥测量电阻 .....	557
第八章 电子电路计算 .....	560
第一节 整流电路计算 .....	560
一、单相整流电路 .....	560
二、三相整流电路 .....	566

三、整流元件的串联和并联 .....	569
第二节 晶闸管变流器计算 .....	571
一、晶闸管的选择 .....	571
二、单相半波晶闸管整流电路 .....	572
三、单相全波晶闸管整流电路 .....	575
四、单相桥式晶闸管整流电路 .....	575
第三节 放大器电路计算 .....	578
一、交流放大电路 .....	578
二、直流放大电路 .....	593
三、反馈放大电路 .....	601
四、功率放大电路 .....	607
第四节 晶体管开关电路计算 .....	610
一、单管延时开关 .....	610
二、双稳态电路 .....	612
三、单稳态电路 .....	614
四、射极耦合双稳态电路 .....	616
五、无稳态电路 .....	618
第五节 门电路计算 .....	619
一、二极管与门电路 .....	620
二、二极管或门电路 .....	623
三、非门电路 .....	625
四、与非门电路 .....	627
第六节 直流稳压电源计算 .....	631
一、硅稳压管稳压电路 .....	631
二、串联型晶体管稳压电源 .....	632
第九章 各种机械设备动力计算 .....	635
第一节 金属切削机床用电动机功率计算 .....	635
一、金属切削机床的主轴、进给和辅助电动机功率计算 .....	635
二、几种主要金属切削机床用的电动机功率计算 .....	637
三、用统计法计算电动机功率 .....	643
第二节 起重机电动机功率计算 .....	645
一、起重机各机构所需电动机功率计算 .....	645
二、起重机用吊车电动机功率计算 .....	647

第三节	电梯及自动扶梯电动机功率计算 .....	648
一、	电梯用电动机功率计算 .....	648
二、	自动扶梯用电动机功率计算 .....	648
第四节	风机及空气压缩机电动机功率计算 .....	650
一、	风机用电机的功率计算 .....	650
二、	空气压缩机用电动机功率计算 .....	651
第五节	农业机械电动机功率计算 .....	653
一、	旋耕机电动机功率计算 .....	653
二、	收获机械电动机功率计算 .....	654
三、	喷灌设备电动机功率计算 .....	655
四、	蓄牧机械电动机功率计算 .....	656
五、	钻机电动机功率计算 .....	657
六、	拖拉机电动机功率计算 .....	658
第十章	实用电工快速估算 .....	661
第一节	负荷电流的计算 .....	661
一、	三相电动机电流 .....	661
二、	三相电热电容变压器电流 .....	662
三、	单相 220V 负荷电流 .....	662
四、	单相 380V 负荷电流 .....	663
五、	单台电容器与三相电容器组的电流 .....	663
六、	电焊机支路配电电流 .....	664
第二节	交流电路视在功率的计算 .....	665
一、	单相交流电路 .....	665
二、	三相交流电路 .....	666
第三节	熔丝的选择 .....	666
一、	单台电动机的熔丝选择 .....	666
二、	多台电动机的熔丝选择 .....	667
三、	三相电力变压器的熔丝选择 .....	667
四、	减压起动时笼型电动机的熔丝选择 .....	669
五、	电焊机的熔丝选择 .....	669
六、	电容器的熔丝选择 .....	670
第四节	电动机直接起动的计算 .....	671
一、	电动机能否直接起动 .....	671

二、7kW 以下电动机能否直接起动 .....	672
三、开关的选择 .....	672
第五节 电动机容量的计算 .....	673
一、空气压缩机电动机的功率 .....	674
二、水泵电动机功率 .....	674
三、风机电动机功率 .....	675
第六节 电动机的电磁线互换 .....	675
一、多股电磁线互换 .....	676
二、原星形联结改为三角形联结 .....	676
三、原三角形联结改为星形联结 .....	677
四、铜线与铝线互换 .....	677
第七节 电动机制动的计算 .....	678
一、能耗制动的直流电源计算 .....	678
二、反接制动的限流电阻计算 .....	679
三、电容器制动电容的计算 .....	680
第八节 变压器的计算 .....	681
一、三相变压器额定电流 .....	681
二、单相变压器额定电流 .....	682
三、变压器绕组的匝数 .....	683
四、变压器铁心的截面积 .....	683
五、重绕变压器绕组的匝数 .....	684
第九节 电磁开关的计算 .....	685
一、重新绕制线圈的估算 .....	685
二、电磁线圈在不同电压下的换算 .....	686
第十节 补偿电容量的计算 .....	687
一、电动机就地补偿电容量 .....	687
二、三相用电设备应补偿的电容量 .....	688
第十一节 电容器参数的计算 .....	689
一、电容器无功容量计算 .....	689
二、电容器放电电阻的选择 .....	689
第十二节 断路器整定电流的计算 .....	690
一、单台电动机瞬时动作脱扣器的整定电流 .....	691
二、配电干线回路瞬时动作脱扣器的整定电流 .....	691

三、热脱扣器的整定电流 .....	692
四、延时脱扣器的整定电流 .....	692
五、变压器瞬时动作脱扣器的整定电流 .....	693
第十三节 电杆、拉线及横担的参数计算 .....	693
一、电杆埋设深度 .....	693
二、拉线长度及股数 .....	693
三、横担长度 .....	696
第十四节 导线质量的计算 .....	697
一、单根导线质量 .....	697
二、绞线质量 .....	698
第十五节 导线电阻的计算 .....	699
一、单股圆线电阻 .....	699
二、绞线电阻 .....	700
三、导线电阻 .....	701
第十六节 导线安全电流的计算 .....	702
一、架空裸导线的安全电流 .....	702
二、绝缘导线的安全电流 .....	703
三、导线穿管时的安全电流 .....	704
四、母线排的安全电流 .....	705
第十七节 导线截面积的计算 .....	707
一、电动机供电铝导线截面 .....	707
二、架空线路铝导线截面 .....	708
三、供电线路铜导线截面 .....	710
四、按经济电流密度选择导线截面 .....	710
第十八节 照明线路电流的计算 .....	711
一、白炽灯电流 .....	711
二、荧光灯电流 .....	712
第十九节 高低压送电能力的计算 .....	712
一、高压架空线路送电能力 .....	712
二、低压架空线路送电能力 .....	713
第二十节 电压损失的计算 .....	713
一、三相 380V 线路 .....	714
二、单相 220V 线路 .....	714
三、铜线电压损失 .....	715

# 第一章 直流电路计算

## 第一节 欧姆定律、电阻和电导

### 一、欧姆定律

它是说明电阻、电压和电流之间关系的客观规律，是分析和计算电路的重要基本定律。

#### 1. 一段无源支路的欧姆定律

当导体的温度不变时，通过电阻中的电流与加在电阻两端的电压成正比，而与电阻成反比。当电流与电压的参考方向一致时，如图 1-1 所示，欧姆定律表示的电压、电流、电阻之间关系为

$$I = \frac{U}{R}$$

或

$$U = IR$$

$$R = \frac{U}{I}$$

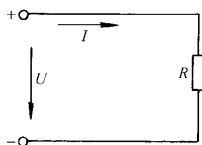


图 1-1 一段无源支路

式中  $I$ ——支路电流 (A)；

$U$ ——支路两端电压 (V)；

$R$ ——电阻 ( $\Omega$ )。

#### 2. 一段含源支路的欧姆定律

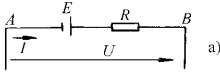
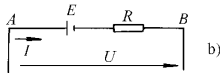
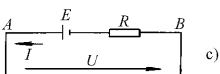
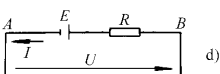
当导体的温度不变时，通过一段含源支路的电流不仅与支路的端电压有关，还与支路的电动势有关。同时取决于电动势  $E$ 、电压  $U$  与电流  $I$  参考方向的选择，见表 1-1。

#### 3. 全电路的欧姆定律

通过闭合回路的电流与回路的电动势成正比，而与回路的全部电阻成反比。当回路电动势  $E$  与回路电压  $U$  的方向一致时，

如图 1-2 所示。

表 1-1 一段含源支路的欧姆定律

电 路	欧姆定律 表达形式	说 明
	$I = \frac{E + U}{R}$	$E$ 、 $U$ 的方向与 $I$ 的方向一致
	$I = \frac{-E + U}{R}$	$E$ 与 $I$ 的方向相反, $U$ 与 $I$ 的方向一致
	$I = \frac{E - U}{R}$	$E$ 与 $I$ 的方向一致, $U$ 与 $I$ 的方向相反
	$I = \frac{-E - U}{R}$	$E$ 、 $U$ 的方向与 $I$ 的方向相反

$$I = \frac{E}{\sum R}$$

式中  $E$ ——回路的电动势 (V);

$\sum R$ ——回路中的总电阻 ( $\Omega$ );

$$\sum R = R_0 + R_1 + R$$

$R_0$ ——电源内阻 ( $\Omega$ );

$R_1$ ——回路中连线的电阻 ( $\Omega$ );

$R$ ——负载电阻 ( $\Omega$ )。

(1) 已知电压、电阻求电流

[例 1-1] 某白炽灯的额定电压是 220V, 灯丝电阻为 484 $\Omega$ , 求流过灯丝的电流。

由欧姆定律可知, 电流为

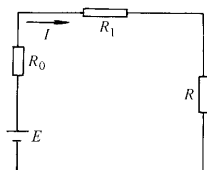


图 1-2 闭合全电路

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{484} \text{A} \approx 0.455 \text{A}$$

[例 1-2] 已知电炉的炉丝电阻为  $5\Omega$ ，如接在  $220\text{V}$  电路上，求电流是多少；如改接到  $380\text{V}$  电路上，电流又是多少。

当电压为  $220\text{V}$  时，起动电流为

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{5} \text{A} = 44 \text{A}$$

如改接到  $380\text{V}$  电路上，电流为

$$I = \frac{U}{R} = \frac{380}{5} \text{A} = 76 \text{A}$$

(2) 已知电流、电阻求电压

[例 1-3] 发电机的端电压为  $115\text{V}$ ，经过电阻为  $0.1\Omega$  的导线输送给电动机，如果这台电动机的电流为  $50\text{A}$ ，求电动机输入端的电压是多少。

由欧姆定律可知，电阻上压降为

$$U = IR = 50 \times 0.1 \text{V} = 5 \text{V}$$

电动机输入端电压为

$$U_M = (115 - 5) \text{V} = 110 \text{V}$$

[例 1-4] 如果人体电阻最小为  $800\Omega$ ，已知通过人体的电流超过  $0.05\text{A}$  就会发生危险，试求安全工作电压是多少。

由欧姆定律可知，安全工作电压为

$$U = IR = 0.05 \times 800 \text{V} = 40 \text{V}$$

因此安全电压应  $< 40\text{V}$ 。

[例 1-5] 电工仪表的内阻  $R_g$  为  $1.2\text{k}\Omega$ ，使表针满偏转电流  $I_g$  为  $100\mu\text{A}$ ，求此仪表两端电压是多少。

由欧姆定律可知，仪表两端电压为

$$U = I_g R_g = 100 \times 10^{-6} \times 1.2 \times 10^3 \text{V} = 0.12 \text{V}$$

(3) 已知电流、电压求电阻

[例 1-6] 手电筒的电池电压为  $3\text{V}$ ，通过电珠的电流为  $150\text{mA}$ ，求电珠的电阻。