

实用电工计算手册

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

实用电工计算手册/赵家礼，安福合编. —北京：机械工业出版社，1995.9

ISBN 7-111-04645-5

I. 实… II. ①赵… ②安… III. 电工-计算-技术手册 IV. TM11-62

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第00174号

出版人：马九荣（北京市百万庄南街1号 邮政编码100037）

责任编辑：高金生 版式设计：张世琴 责任校对：张 力

封面设计：郭景云 责任印制：卢子祥

北京交通印务实业公司印刷·新华书店北京发行所发行

1995年11月第1版第1次印刷

850mm×1168mm^{1/32}·31印张·820千字

0 001—7 000册

定价：38.00元

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，我们编写了《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，因此使广大读者能在较短的时间内领会较多的内容。

本手册共分九章，其中第一、二、七、八、九章由安顺合编写，第三、四、五、六章由赵家礼编写，并负责全手册的统稿工作。

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

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	7
三、电导、电导率	7
第二节 电池组电路计算	13
一、电池组的串联	13
二、电池组的并联	14
三、电池组的混联	14
第三节 焦耳-楞次定律、电功和电功率计算	21
一、电功	21
二、电功率	21
三、电能	21
四、焦耳-楞次定律	21
第四节 简单直流电路计算	23
一、电阻串联电路	23
二、电阻并联电路	25
三、电阻混联电路	28
第五节 复杂直流电路计算	39
一、基尔霍夫定律应用	39
二、回路电流法	45
三、星形和三角形联结电路等值换算	52
四、戴维南定理	59
五、叠加原理	68
第六节 电容器计算	74

一、电容器的并联	75
二、电容器的串联	75
三、电容器的混联	76
第七节 磁路定律、电磁感应及楞次定律	82
一、磁路定律	82
二、电磁感应及楞次定律	89
第八节 直流输电线路计算	92
一、基本公式	93
二、计算实例	93
第二章 交流电路计算	101
第一节 交流电基本概念	101
一、交流电的周期、频率和角频率	101
二、交流电的瞬时值、最大值、有效值和平均值	102
三、相位、初相位和相位差	103
第二节 简单正弦交流电路计算	107
一、纯电阻电路	107
二、纯电感电路	109
三、纯电容电路	111
四、电阻、电感串联电路	114
五、电阻、电容串联电路	124
六、电阻、电感、电容串联电路	128
七、电阻、电感并联电路	132
八、电阻、电容并联电路	134
九、电阻、电感、电容并联电路	136
十、电阻、电感串联与电容并联电路	139
十一、电阻、电感、电容的混联电路	145
第三节 三相交流电路计算	154
一、常用术语	154
二、负载的星形联结	154
三、负载的三角形联结	159
第四节 交流电路谐振计算	166
一、串联谐振	166

二、并联谐振	172
三、串并联谐振	181
第五节 交流输电线路计算	183
一、单相输电线	183
二、三相输电线	184
三、线路电压损失计算	192
第三章 三相异步电动机	203
第一节 三相异步电动机基本概念	203
一、三相异步电动机铭牌意义、同步转速、转差率	203
二、三相异步电动机转子电磁场转速和转子频率	206
三、定子绕组及绕组系数计算	208
四、三相异步电动机损耗、功率及效率计算	214
五、交流绕组电动势及电流计算	226
六、转矩及机械特性	238
第二节 三相异步电动机的起动、调速、制动计算	247
一、三相异步电动机起动方法及计算	247
二、绕线转子异步电动机起动电阻计算	261
三、异步电动机调速方法及计算	264
四、单速绕组改多速绕组的计算	276
五、三相异步电动机制动方法及计算	295
第三节 三相异步电动机经济运行及节电计算	308
一、空载电流的估算	308
二、电动机负载率的计算	312
三、电动机在任意负载率下的效率计算	314
四、电动机在任意负载率下的功率因数计算	314
五、电动机在任意负载率下的损耗计算	316
六、额定电压下连续工作的电动机经济负载率的计算	319
七、更换电动机的节电计算	321
八、电动机调节电压的节电计算	327
九、电源质量对电动机性能影响的计算	330
十、更换合理电动机的节电计算	340
十一、磁性槽泥节电计算	345

第四节 三相异步电动机应用计算	350
一、三相异步电动机改电压计算	350
二、改接绕组联结方式适应电源电压变化的计算	360
三、圆导线代用计算	365
四、电动机现场烘干计算	371
五、电动机改极计算	376
六、改频、改压、改极重绕计算	384
七、甩线圈法的计算	389
八、改制三相正弦绕组的计算	392
九、三相异步电动机改成三相异步发电机的计算	404
十、三相异步电动机空壳铁心配定子绕组的简易计算	408
第四章 直流电机常用参数计算	422
第一节 直流电机的基本概念	422
一、直流电机结构、工作原理和铭牌数据	422
二、直流电机励磁方式	423
三、直流电动机和直流发电机的平衡方程式	424
四、直流电机可逆原理	428
五、直流电动机工作特性和机械特性	429
第二节 直流电机计算实例	429
一、他励直流发电机	429
二、他励直流电动机	431
第三节 直流电动机调速及计算	448
一、并励直流电动机调速计算	448
二、串励直流电动机调速计算	458
三、复励直流电动机调速计算	465
第四节 直流电动机起动及计算	466
一、概述	466
二、起动电阻的计算	466
第五节 直流电动机的机械特性及计算	473
一、基本概念	473
二、机械特性计算	474
第六节 直流电动机制动方式及计算	479

一、直流电动机制动概念	179
二、计算实例	482
第七节 直流电动机改压重绕计算	481
一、改电压目的和原则	484
二、励磁绕组改压计算	485
三、电枢绕组及换向极绕组改压重绕计算	487
第八节 直流发电机计算	497
一、直流发电机接线及电流、电压关系式	497
二、直流电枢绕组及励磁绕组	498
三、发电机的基本方程式	501
四、计算实例	503
第五章 变压器的计算	514
第一节 基本概念	514
一、变压器工作原理及结构特点	514
二、变压器铭牌数据	515
三、感应电动势计算	521
第二节 变压器运行	524
一、变压器空载运行	524
二、变压器负载运行	527
三、变压器运行特性计算	532
四、变压器能量流程图	540
第三节 变压器联结组别及并联运行计算	541
一、绕组的标记及极性	541
二、三相变压器绕组的联结	544
三、三相变压器绕组的联结组别	547
四、变压器并联意义及并联条件	553
五、并联变压器要求额定电压相等	554
六、并联变压器要求短路电压接近相等	564
七、并联运行变压器的容量比	581
八、确定并联变压器的最佳台数	589
第四节 变压器计算	610
一、小型壳式变压器计算	610

二、小型心式变压器计算	622
三、三相小型变压器计算	632
第五节 变压器试验及计算	637
一、变压器线圈直流电阻的测试	637
二、三相变压器的变压比测试	642
三、工频耐压试验	649
四、变压器空载试验	654
五、感应高压试验	670
六、变压器短路试验	673
第六章 其他电气设备计算	682
第一节 单相异步电动机重绕计算	682
一、改电压计算	682
二、简易重绕计算	685
第二节 电阻炉计算	696
一、电阻炉额定值计算	696
二、电阻炉用线材直径和带材尺寸计算	697
三、简易计算法	706
四、碳化硅电阻炉计算	713
第三节 常用低压电器的选择计算	719
一、交流接触器的选择计算	719
二、热继电器选择计算	722
三、断路器选择	723
四、熔断器选择计算	724
五、低压开关及刀形转换开关的选择	727
六、磁力起动器选择	728
第四节 自耦变压器计算	732
一、概述	732
二、铭牌数据及计算	733
第五节 弧焊变压器计算	739
一、概述	739
二、增大漏磁的弧焊变压器结构形式	740
三、弧焊机绕组联结法	741

四、变压器空载和短路运行分析	742
五、弧焊机参数的调整	744
六、弧焊变压器计算	745
第六节 起重电磁铁线圈导线代用计算	748
一、提高起重电磁铁起重量的代用计算	748
二、保持电磁铁吸力不变功率可降低的计算	750
三、保持功率和安匝不变的代用计算	752
第七章 电工仪表及测量计算	753
第一节 电表量程的扩大	753
一、分流器	753
二、附加电阻	757
三、电压表盘上“每伏多少欧”表示的意义	758
第二节 多种测量范围电表	759
一、多量限的直流电流表和分流电阻的计算	759
二、多量限的直流电压表和附加电阻的计算	761
三、多量限的交流电压表和附加电阻的计算	763
第三节 功率测量的计算	767
一、直流电功率的测量	767
二、交流电功率的测量	769
第四节 功率因数校正的计算	780
一、基本公式	780
二、计算实例	780
第五节 有功电度数计算	784
一、不经互感器的电度表	785
二、经互感器接入时电度数计算	785
第六节 电阻的测量计算	786
一、用电压表和电流表测量电阻	787
二、用比较法测量电阻	788
三、用欧姆表测量电阻	791
四、用电压表测量绝缘电阻	792
五、用电桥测量电阻	795
第七节 交流电参数的测量	797

一、用三表法测量交流阻抗	797
二、用电流表和电压表测量电感	798
三、电感电桥法	800
四、用电流表和电压表测量电容	802
五、用电容电桥法测量电解电容	803
第八节 温度补偿的计算	804
一、串联温度补偿线路	804
二、串并联温度补偿	807
第九节 电气测量仪表的误差及准确度	810
一、误差的几种表达形式	810
二、仪表准确度	811
第八章 电子电路计算	818
第一节 整流电路计算	818
一、单相整流电路	818
二、三相整流电路	825
三、整流元件的串联和并联	828
第二节 晶闸管交流器计算	830
一、晶闸管的选择	830
二、单相半波晶闸管整流电路	831
三、单相全波晶闸管整流电路	834
四、单相桥式晶闸管整流电路	835
第三节 放大器电路计算	838
一、交流放大电路	838
二、直流放大电路	858
三、反馈放大电路	867
四、功率放大电路	874
第四节 晶体管开关电路计算	881
一、单管延时开关	881
二、双稳态电路	883
三、单稳态电路	886
四、射极耦合双稳态电路	889
五、无稳态电路	890

第五节 门电路计算	892
一、二极管与门电路	892
二、二极管或门电路	895
三、非门电路	897
四、与非门电路	900
第六节 直流稳压电源计算	903
一、硅稳压管稳压电路	904
二、串联型晶体管稳压电源	906
第九章 各种机械设备动力计算	910
第一节 电动机容量的选择方法	910
一、连续工作制电动机容量的选择	910
二、短期工作制电动机容量的选择	912
三、周期性断续工作制电动机容量的选择	913
第二节 金属切削机床用电动机功率计算	914
一、金属切削机床的主轴、进给和辅助电动机功率计算	914
二、几种主要金属切削机床用的电动机功率计算	916
三、用统计法计算电动机功率	922
第三节 起重机电动机功率计算	924
一、起重机各机构所需电动机功率计算	924
二、起重机用吊车电动机功率计算	926
第四节 输送机电动机功率计算	927
一、普通带式输送机	927
二、钢绳牵引带式输送机	929
三、带式输送机	930
四、悬挂输送机	931
五、螺旋输送机	932
六、气力输送装置	932
七、卷扬机	933
八、埋刮板输送机	933
九、架空索道	934
十、叉车	936
第五节 电梯及自动扶梯电动机功率计算	938

一、电梯用电动机功率计算	938
二、自动扶梯用电动机功率计算	938
第六节 风机及空气压缩机电动机功率计算	940
一、风机用电机的功率计算	940
二、空气压缩机用电动机功率计算	940
第七节 制冷设备电动机功率计算	945
一、活塞式制冷压缩机	945
二、离心式制冷机	946
三、螺杆式制冷机	947
第八节 离心机电动机功率计算	948
一、功率消耗的计算	948
二、轴功率计算	950
三、电动机功率计算	952
第九节 泵用电动机功率计算	953
一、离心泵用电动机功率计算	953
二、往复泵用电动机功率计算	953
三、齿轮泵用电动机功率计算	954
四、螺杆泵用电动机功率计算	954
五、液环泵用电动机功率计算	955
六、水轮泵用电动机功率计算	955
七、射流深井泵用电动机功率计算	955
八、射流式泥浆泵用电动机功率计算	956
九、真空泵用电动机功率计算	956
第十节 农业机械电动机功率计算	957
一、旋耕机电动机功率计算	957
二、收获机械电动机功率计算	958
三、喷灌设备电动机功率计算	960
四、畜牧机械电动机功率计算	960
五、钻机电动机功率计算	962
六、拖拉机电动机功率计算	963
第十一节 矿山机械电动机功率计算	965
一、凿岩机电动机功率计算	965

二、井下装载机电动机功率计算	965
三、潜孔钻机电动机功率计算	967
四、牙轮钻机电动机功率计算	967
五、矿用挖掘机电动机功率计算	968
六、采煤设备电动机功率计算	969
七、矿井提升机电动机功率计算	970
八、破碎机电动机功率计算	970
九、磨碎机电动机功率计算	973
十、振动筛电动机功率计算	973
十一、重力选矿电动机功率计算	974

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

$$U = IR$$

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

式中 I ——支路电流(A)；
 U ——支路两端电压(V)；
 R ——电阻(Ω)。

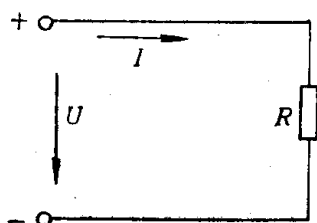


图1-1 一段无源支路

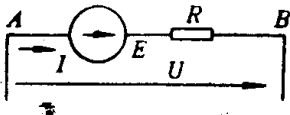
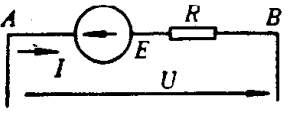
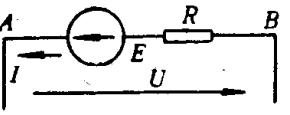
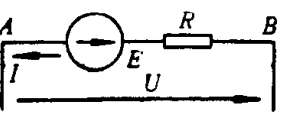
2. 一段含源支路的欧姆定律

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

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

式中 E ——回路的电动势(V);

ΣR ——回路中的总电阻(Ω);

$$\Sigma R = R_0 + R_1 + R$$

R_0 ——电源内阻(Ω);

R_1 ——回路中连线的电阻(Ω);

R ——负载电阻(Ω)。

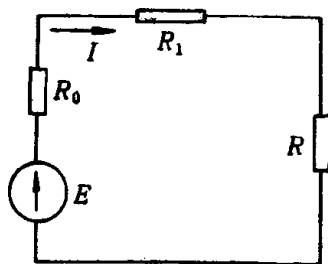


图1-2 闭合全电路

(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 Ω , 求流过灯丝的电流。

由欧姆定律可知, 电流为

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

例1-2 已知电炉的炉丝电阻为 5Ω ，如接在 220V 电路上，求电流是多少；如改接到 380V 电路上，电流又是多少。

当电压为 220V 时，起动电流为

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

如改接到 380V 电路上，电流为

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

例1-3 某直流电动机电枢内阻 $R_a = 0.5\Omega$ ，电动机额定电压 $U_e = 220\text{V}$ ，如果电动机直接起动，求起动电流 I_a 是多少。

由欧姆定律可知起动电流为

$$I_a = \frac{U_e}{R_a} = \frac{220}{0.5} = 440\text{A}$$

例1-4 已知送话器的电阻 $R_1 = 50\Omega$ ，由电压为 3V 的电源供电，当有人讲话时它的电阻 $R_2 = 40\Omega$ ，求送话器在无人讲话时和有人讲话时的电流是多少。

无人讲话时，电流为

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{3}{50} = 0.06\text{A} = 60\text{mA}$$

有人讲话时，电流为

$$I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{3}{40} = 0.075\text{A} = 75\text{mA}$$

例1-5 在图1-3晶体管电路中，已知 E_c 为 12V ， R_b 为 $120\text{k}\Omega$ ，求基极偏流 I_b 为多少。

因为基极 b 和发射极 e 间电阻比偏流电阻 R_b 小得多，可忽略不计，由欧姆定律得

$$I_b = \frac{E_c}{R_b} = \frac{12}{120 \times 10^3} = 1.0 \times 10^{-4}\text{A} = 100\mu\text{A}$$

例1-6 在图1-4中，已知 E 为 110V ，发电机内阻 r_0 为 0.4