

电工速算手册

方大千 编著



福建科学技术出版社

电工速算手册

方大千 编著



福建科学技术出版社

TM11-52
T11

图书在版编目(CIP)数据

电工速算手册 方大千编著. —福州:福建科学技术出版社,2003.4
ISBN 7-5335-2086-6

I. 电… II. 方… III. 电工—计算—手册
IV. TM11-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 071185 号

书 名	电工速算手册
作 者	方大千
出版发行	福建科学技术出版社(福州市东水路 76 号,邮编 350001)
经 销	各地新华书店
排 版	福建新华印刷厂
印 刷	福建新华印刷厂
开 本	850 毫米×1168 毫米 1/32
印 张	24
插 页	4
字 数	820 千字
版 次	2003 年 4 月第 1 版
印 次	2003 年 4 月第 1 次印刷
印 数	1—4 000
书 号	ISBN 7-5335-2086-6/TN·270
定 价	48.00 元

书中如有印装质量问题,可直接向本社调换

前 言

电气工作者经常涉及电气的计算。编者在10年前编写出版的《电工计算手册》深受读者厚爱。同时,不少读者来信对该书提出一些宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。本手册以中、高级电工和技师为主要读者对象,对《电工计算手册》进行了删减增补,特别是删去过于专业的、不常用的及过时的内容,进一步突出实用性。本手册没有冗长的推导过程和过多的参数,使用起来方便、快捷。

编者是长期从事电气工作的工程技术人员,根据自己的实践经验体会,在本手册的内容编排上突出实用性,力求准确、简明、实用,并注重内容的先进性和新颖性。例如,介绍了软起动器、变频器、ME型断路器、固体继电器、切换电容专用接触器等的选择与计算,介绍了住宅电气负荷的新的计算方法,以及滚球法计算避雷装置的保护范围等内容。手册中还列有计算所必须的技术参数,并配有许多计算实例,以便于读者理解和掌握计算公式和计算方法。手册中采用法定计量单位和国家绘图标准。

全书由方大中高级工程师审校。协助和参加编写工作的还有鲍俏伟、黄建华、郑鹏、方立、张荣亮、蒋寿岳、方欣和那罗丽等。

限于编者的经验和水平,书中难免有错误和不妥之处,希望读者批评指正。

编 者

2003年1月

目 录

第一章 基本资料和电工学基本计算	(1)
第一节 基本资料和电工数学基础	(1)
一、常用物理量的单位符号和换算	(1)
二、三角函数及计算	(6)
三、正弦量、复数及矢量	(8)
四、对称分量法及其应用	(12)
第二节 电工学基本公式	(15)
一、正弦交流电基本量及计算	(15)
二、电阻、电感和电容在电路中的计算	(18)
三、电工学常用公式	(20)
四、网络变换的基本方式和计算	(24)
五、电路的串联谐振和并联谐振计算	(25)
六、非正弦交流电计算	(31)
七、含电容电感电路的瞬变现象	(48)
八、媒质处于交变磁场中的损耗计算	(51)
第三节 电感和电容的计算	(53)
一、电感计算	(53)
二、电容计算	(57)
第二章 输配电	(61)
第一节 电路参数计算	(61)
一、导线、电缆的电阻、电抗和电容的计算	(61)
二、常用导线、电缆的电阻和电抗	(71)
第二节 线损和电压降计算	(72)
一、直流线路计算	(72)
二、配电线路损耗计算	(73)
三、配电线路电压损失允许值及电压波动对设备的影响	(83)
四、交流线路电压损失计算	(86)
五、380/220V 系统中零线电位升高的计算	(96)

六、相序对线路电流的影响计算	(98)
第三节 民用住宅电气负荷的计算	(101)
一、单位建筑面积法	(101)
二、户为基准法	(102)
三、设计标准法	(102)
四、留有二三十年用电发展裕量的计算方法	(103)
五、小康型住宅的计算方法	(105)
第四节 工厂用电量计算	(107)
一、用电设备、车间和全厂计算负荷的确定	(107)
二、工厂年电能需要量的计算	(119)
第五节 导线、电缆的选择及计算	(121)
一、经济电流密度及计算	(121)
二、导线截面的选择	(125)
三、电力电缆的选择	(138)
四、电力电缆绝缘电阻的换算	(150)
五、电缆故障点的测算	(150)
六、常用电工线材重量的快速计算	(154)
第三章 变压器	(156)
第一节 基本原理及计算	(156)
一、变压器原理及基本参数	(156)
二、变压器电压变动率及效率计算	(158)
三、自耦变压器基本计算	(159)
四、V/V 联结的变压器功率和利用率计算	(162)
五、变压器负载率计算	(163)
六、变压器损耗计算	(164)
七、变压器空载试验和短路试验计算	(164)
第二节 变压器经济运行计算	(168)
一、变压器并联运行计算	(168)
二、变压器年电能损耗计算	(173)
三、判定负荷过轻的临界条件	(174)
四、变压器经济运行节电效益的计算	(174)
五、变压器过负荷计算	(175)
六、干式变压器使用条件及温升限值	(177)

七、10kV 变压器进风口有效面积查算表	(178)
第三节 特殊变压器的设计与计算	(178)
一、干式电力变压器的基本计算	(178)
二、整流变压器设计与计算	(188)
三、单相小型变压器设计与计算	(195)
四、小型变压器骨架的制作	(213)
五、自耦变压器设计	(220)
六、电动机起动用自耦变压器设计	(221)
七、脉冲变压器设计	(224)
八、音频变压器设计	(231)
第四节 铁磁谐振稳压器设计	(234)
一、电厂、变电所整流装置用稳压器的设计	(234)
二、小型铁磁谐振稳压器设计	(238)
第五节 电抗器的设计与计算	(243)
一、滤波电抗器计算	(243)
二、交流电抗器计算	(246)
三、均流电抗器计算	(247)
四、空心电抗器计算	(248)
五、平衡电抗器计算	(250)
第四章 电容器及无功补偿	(252)
第一节 电容器和无功补偿容量的计算	(252)
一、电容器运行规定和技术性能	(252)
二、自愈式并联电容器的技术条件	(257)
三、电容测算和保护元件计算	(257)
四、功率因数和无功补偿容量的计算	(264)
五、采用电容补偿调压的计算	(272)
第二节 设备的无功补偿计算	(273)
一、企业内无功经济当量的计算	(273)
二、几种设备的无功补偿容量的确定	(276)
第三节 提高功率因数与降损及改善电压关系的计算	(281)
一、提高功率因数与降损关系的计算	(281)
二、功率因数降低与电网元件(线路和变压器)损耗增加的关系	

.....	(282)
三、提高功率因数与降低线损的关系	(282)
四、提高功率因数与降低变压器铜损的关系	(283)
五、提高功率因数与改善电压关系的计算	(285)
第四节 提高功率因数与增加设备容量的计算	(287)
一、增加线路供电能力的计算	(287)
二、增加变压器供电能力的计算	(288)
第五章 电动机	(290)
第一节 三相异步电动机基本原理计算	(290)
一、转差率与电势方程	(290)
二、异步电动机的机械特性	(294)
三、异步电动机的工作特性	(296)
四、绕线型异步电动机转子电阻的计算	(296)
第二节 直流电动机的基本公式	(298)
一、电枢电动势	(298)
二、直流电动机转矩特性	(298)
三、电压平衡方程	(299)
四、直流电动机的转速特性	(299)
五、直流电动机的机械特性	(300)
六、功率平衡方程	(300)
七、直流电机电枢回路电感、电阻的计算	(302)
第三节 传动电动机的选择	(303)
一、传动电动机的选择程序	(303)
二、电动机过载能力及平均起动转矩计算	(303)
三、飞轮力矩计算	(304)
四、根据打滑条件允许的最大加速度计算	(304)
五、电动机功率的校验	(312)
六、电动机功率的选定	(317)
第四节 电动机起动计算	(319)
一、异步电动机直接起动功率的确定	(319)
二、异步电动机降压起动方式的选择	(320)
三、磁力起动器的选择	(324)
四、星-三角起动器的选择	(325)

五、自耦减压起动器的选择与计算	(328)
六、延边三角起动法的计算	(331)
七、三相鼠笼型异步电动机起动电阻的计算	(333)
八、绕线型异步电动机起动电阻的计算	(333)
第五节 电动机制动计算	(336)
一、异步电动机反接制动计算	(336)
二、异步电动机能耗制动计算	(340)
三、异步电动机电容-电磁制动的电容计算	(343)
四、直流他励电动机反接制动计算	(344)
五、直流他励电动机能耗制动计算	(345)
第六节 电动机软起动及调速计算	(346)
一、绕线型异步电动机转子附加电阻调速的计算	(346)
二、绕线型异步电动机机械回馈式串级调速的计算	(346)
三、直流电动机不同调速方法比较	(348)
四、电阻器和频敏变阻器的计算	(348)
五、软起动器的选用	(359)
六、变频器的选用及计算	(364)
七、国产佳灵 JP6C-T9、J9 型变频器的技术参数	(370)
八、变频器的抗干扰措施	(376)
第七节 电动机干燥计算	(377)
一、定子铁心涡流干燥法的计算	(377)
二、电机外壳涡流干燥法的计算	(379)
三、热风干燥法的计算	(380)
四、干燥温度和其他参数的检测	(381)
第六章 高、低压电器	(382)
第一节 电气设备的选用	(382)
一、高海拔地区电气设备的选用	(382)
二、有火灾和爆炸危险场所电气设备的选用	(384)
三、电气设备发热计算	(387)
四、电气设备动稳定和热稳定校验	(403)
五、电器接触头压力及接触电阻的计算	(404)
六、电气设备电流密度的选择	(406)
七、电气设备的绝缘、绝缘材料及有关计算	(409)

八、母线选择及计算	(417)
九、电流互感器的选用及计算	(433)
十、电压互感器的选用及计算	(440)
第二节 高压断路器的选用及计算	(449)
一、高压断路器的选用	(449)
二、SF ₆ 断路器的选用	(455)
三、高压真空断路器的选用与试验	(456)
四、抑制真空断路器操作过电压的元件的选择	(459)
第三节 高压隔离开关和负荷开关的选用及计算	(460)
一、高压隔离开关的选用	(460)
二、高压隔离开关电动操作机构电动机功率的计算	(460)
三、高压负荷开关的选用	(462)
第四节 高压熔断器的选用及计算	(462)
一、高压熔断器的选用	(462)
二、对高压熔断器熔体熔断时间的规定	(464)
第五节 低压开关与熔断器的选用及计算	(464)
一、低压电器的选择条件	(464)
二、低压电器产品推荐	(464)
三、断路器的选用及计算	(465)
四、ME 型低压断路器的选用	(484)
五、住宅用小型断路器的选用	(490)
六、漏电保护器的选用	(492)
七、S ₆₅ 型导线保护开关的选用	(496)
八、断路器与熔断器的配合使用	(501)
九、刀开关和转换开关的选用	(501)
十、熔断器的选用	(502)
十一、熔断器的级间配合	(508)
第六节 热继电器的选用及计算	(511)
一、热继电器的选用	(511)
二、热继电器主要技术参数	(516)
三、热继电器双金属片的自由行程和有效行程的计算	(517)
第七节 接触器的选用及计算	(517)
一、交流接触器的选用及损耗估计	(517)

二、直流接触器的选用	(523)
三、切换电容器专用接触器的选用	(524)
四、60Hz 的电磁线圈用于 50Hz 电源上的影响分析	(528)
第八节 交、直流接触器线圈重绕与改压	(530)
一、交流接触器线圈重绕计算	(530)
二、直流接触器线圈重绕计算	(534)
三、交、直流接触器改压计算	(534)
四、交流接触器短路环计算	(535)
第九节 交流接触器和电磁铁直流无声运行元件的选择	(536)
一、交流接触器直流无声运行元件的选择	(536)
二、交流电磁铁直流无声运行元件的选择	(538)
三、无声节能接触器直流线圈的计算	(539)
第十节 电磁铁的计算及选用	(540)
一、磁路基本计算公式	(540)
二、电磁铁气隙磁导的计算	(541)
三、电磁铁吸力基本计算公式	(543)
四、电磁铁吸力的近似计算	(544)
五、电磁铁的选用及计算	(548)
六、交、直流电磁铁线圈的简单计算	(554)
第十一节 交、直流线圈的简捷设计	(560)
一、直流线圈的简捷设计	(560)
二、交流线圈的简捷设计	(563)
三、合闸电磁铁的计算	(566)
第十二节 保护继电器和时间继电器的选用	(567)
一、保护继电器的选用	(567)
二、时间继电器的选用	(569)
三、继电器加速与延缓电路	(569)
第十三节 继电器熄火花电路	(577)
一、常用熄火花电路	(577)
二、熄火花电路效果示例	(582)
第十四节 固体继电器的选用及保护元件选择	(582)
一、固体继电器的选用	(583)

二、固体继电器保护元件的选择	(587)
第七章 电焊机	(589)
第一节 基础知识及计算	(589)
一、弧焊机的基本计算	(589)
二、电焊机熔敷金属量、有效能及效率计算	(592)
三、电焊机耗电量计算	(594)
第二节 电焊机选择	(596)
一、弧焊机的特点和适用范围	(596)
二、电阻焊机电源容量计算	(597)
三、阻焊变压器的设计程序及参数确定	(601)
第三节 电焊机运行	(603)
一、电焊机电源干线计算工作电流及熔断器与电缆的选择	(603)
二、交流弧焊机加装节电器后的节电效果计算	(605)
第八章 照明	(607)
第一节 基础知识	(607)
一、照明术语、单位及计算	(607)
二、关于照明质量的一些要求	(610)
三、常用电光源特性比较及对电源的要求	(613)
四、灯具的选择	(615)
五、灯具的分类、配光曲线和效率	(616)
六、常用材料的反射、透射和吸收率	(619)
第二节 照度标准及灯具布置计算	(621)
一、照度标准	(621)
二、灯具布置计算	(627)
第三节 照度计算	(631)
一、各类光源的照度计算	(631)
二、逐点法计算照度	(639)
三、利用系数法计算照度	(649)
四、单位容量法计算照度	(668)
第四节 生产厂房及室外照明的设计	(673)
一、生产厂房照明的设计	(673)
二、道路照明的设计	(674)
三、投光灯照明计算	(679)

第五节 照明线路、设备及其他	(680)
一、照明导线截面的选择	(680)
二、电感式镇流器的计算	(683)
三、荧光灯和附件的技术参数及计算	(688)
四、感容式镇流器和自耦漏抗变压镇流器的设计	(691)
第九章 接地接零	(695)
第一节 基础知识及计算	(695)
一、接地与接零的种类	(695)
二、保护接地与保护接零的范围	(696)
三、接触电压、跨步电压和对地电压等的计算	(698)
四、等化对地电压的计算	(706)
五、屏蔽的种类和要求	(708)
六、接地电阻允许值的规定	(709)
七、土壤和水的电阻率	(713)
第二节 接地体接地电阻的计算	(715)
一、人工接地体的接地电阻计算	(715)
二、人工接地坑和接地沟的流散电阻的计算	(721)
三、防雷保护接地电阻的计算	(722)
四、对接地装置截面的要求	(727)
五、保护接零计算	(729)
第十章 防雷保护	(731)
第一节 基础知识及防雷要求	(731)
一、基础知识	(731)
二、各种防雷设施的要求和规定	(734)
三、关于避雷装置的一些要求	(743)
第二节 避雷装置及计算	(745)
一、滚球法与折线法的不同	(745)
二、避雷针保护范围的计算	(746)
三、避雷线保护范围的计算	(750)
四、部分特殊建筑物和构筑物的防雷要求	(752)
主要参考文献	(754)

第一章 基本资料和电工学基本计算

第一节 基本资料和电工数学基础

一、常用物理量的单位符号和换算

表 1-1~表 1-11 列出电工在工作中常涉及的计量单位及其换算。

表 1-1 常用物理量名称、符号和单位

名 称	符 号	单 位
长度	$l(L)$	米 m
面积	S	米 ² m ² 公顷 hm ²
体积	V	米 ³ m ³ 升 l, L
时间	$t(T)$	秒 s 分 min 小时 h
质量	m	千克 kg
力	F	牛〔顿〕 N
力矩	M	牛〔顿〕米 N·m
压力、压强	p	帕〔斯卡〕 Pa
频率	f	赫〔兹〕 Hz
角频率	ω	弧度/秒 rad/s
波长	λ	米 m
周期	T	秒 s
光通量	Φ	流〔明〕 lm
发光强度	I	坎〔德拉〕 cd
亮度	L	坎〔德拉〕/米 ² cd/m ²

(续表)

名 称	符 号	单 位
照度	E	勒〔克斯〕 lx
绝对(热力学)温度	T	开〔尔文〕 K
摄氏温度		摄氏度 $^{\circ}\text{C}$
华氏温度		华氏度 $^{\circ}\text{F}$
电荷量	Q	库〔仑〕 C
电流	I	安〔培〕 A
电流密度	$J(\delta)$	安〔培〕/平方毫米 A/mm^2
电压、电位	V	伏〔特〕 V
电动势	E	伏〔特〕 V
电场强度	E	伏〔特〕/米 V/m
电阻	R	欧〔姆〕 Ω
(复)阻抗	Z	
电抗	X	
电导	G	西〔门子〕 S
(复)导纳	Y	
电纳	B	
电阻率	ρ	欧〔姆〕/米 Ω/m
电导率	r	西〔门子〕/米 S/m
电容	C	法〔拉〕 F
电感、自感	L	亨〔利〕 H
互感	$M(L_{12})$	
磁通量	Φ	韦〔伯〕 Wb
磁感应强度、磁通密度	B	特〔斯拉〕 T
磁场强度	H	安〔培〕/米 A/m
磁阻	R_m	1/亨〔利〕 $1/\text{H}$
磁导	Δ	亨〔利〕 H

(续表)

名 称	符 号	单 位
磁导率	μ	亨[利]/米 H/m
真空磁导率	μ_0	
相对磁导率	μ_r	量纲无
介电常数	ϵ	法[拉]/米 F/m
真空介电常数	ϵ_0	
相对介电常数	ϵ_r	量纲无
(有功)功率	P	瓦[特] W
无功功率	Q	乏 var
视在(表现)功率	S	伏安 V·A
电能	W	千瓦小时(度) kW·h

表 1-2 公制长度单位及换算

单 位	旧 名 称	符 号	换 算
公里(千米)		km	1km=1000m
米	公 尺	m	
分 米	公 寸	dm	1dm=10cm=0.1m
厘 米	公 分	cm	1cm=10mm=0.01m
毫 米	公 厘	mm	1mm=0.001m
微 米	公 忽	μm	1 μm =0.001mm=0.000001m

表 1-3 长度单位换算表

单位	m	cm	mm	yd	ft	in	英分
m	1	100	1000	1.09361	3.281	39.37	315
cm	0.01	1	10	0.0109361	0.03281	0.3937	3.15
mm	0.001	0.1	1	0.0010936	0.00328	0.0394	0.315
yd	0.9144	91.44	914.4	1	3	36	288
ft	0.3048	30.48	304.8	0.33333	1	12	96
in	0.0254	2.54	25.4	0.027778	0.08333	1	8
英分	0.00317	0.31746	3.1746	0.003472	0.01042	0.125	1

表 1-4 面积单位换算表

单位	m ²	in ²	ft ²	yd ²	acre
m ²	1	1550	10.76	1.196	2.471×10^{-4}
in ²	6.452×10^{-4}	1	6.944×10^{-3}	7.716×10^{-4}	1.594×10^{-7}
ft ²	9.29×10^{-2}	144	1	0.1111	2.296×10^{-5}
yd ²	0.8361	1296	9	1	2.066×10^{-4}
acre	4.047×10^3	6.273×10^6	4.356×10^4	4840	1

表 1-5 体积单位换算表

单位	m ³	dm ³	in ³	ft ³	UKgal	USgal
m ³	1	1000	6.102×10^4	35.31	220.0	264.2
dm ³	0.001	1	61.02	3.531×10^{-2}	0.220	0.2642
in ³	1.639×10^{-5}	1.639×10^{-2}	1	5.787×10^{-4}	3.605×10^{-3}	4.329×10^{-3}
ft ³	2.832×10^{-2}	28.32	1728	1	6.229	7.481
UKgal	4.546×10^{-3}	4.546	277.4	0.1605	1	1.201
USgal	3.785×10^{-3}	3.785	231	0.1337	0.8327	1

液量单位 1UKpt=0.57L=1/2UKqt=1/8UKgal

表 1-6 质量单位换算表

单位	kg	g	lb	oz
kg	1	1000	2.205	35.27
g	0.001	1	2.205×10^{-3}	3.527×10^{-2}
lb	0.454	454	1	16
oz	2.835×10^{-2}	28.35	6.25×10^{-2}	1

注：①金衡制中，1lb=12oz。

②1 克拉(钻石的重量单位)=0.2 克。