



实用电动机 速查速算手册

方大千 朱征涛 等编著



化学工业出版社



实用电动机

速查速算手册

方大千 朱征涛 等编著



化学工业出版社

·北京·

本书较详细而系统地介绍了各类电动机的计算公式和计算方法。内容包括：电动机基本计算及试验计算；传动电动机计算和电动机功率的选择；电动机运行及保护计算与故障处理；电动机启动、制动和调速的计算；软启动器、变频器和智能控制模块的选用及计算；电动机绕组重绕计算和干燥计算共6章。

本书公式准确、简明、实用，内容丰富，并配有大量的计算实例，采用最新标准、规定及技术数据。可供电气技术人员，中高级电工、技师，电动机运行、维修人员，以及电动机控制设计人员使用，也可供大中专院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

实用电动机速查速算手册/方大千，朱征涛等编
著. —北京：化学工业出版社，2013.1

(大千电工系列)

ISBN 978-7-122-16031-7

I. 实… II. ①方…②朱… III. 电动机-技术手册 IV. TM32-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 300693 号

责任编辑：高墨荣

文字编辑：徐卿华

责任校对：顾淑云

装帧设计：尹琳琳

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011）

印 刷：北京云浩印刷有限责任公司

装 订：三河市万龙印装有限公司

850mm×1168mm 1/32 印张19½ 字数562千字

2013年4月北京第1版第1次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：78.00 元

版权所有 违者必究



前言

随着我国电气、电子技术的快速发展，新技术、新产品、新工艺不断涌现，电气化程度日益提高，各行各业从事电气工作的人员也迅速增加。电气工作者在日常工作中会经常涉及到电气工程的设计与电气计算，能正确运用电工计算公式和掌握电工计算方法，对工程计算、指导安装、调试和技改、节能工作以及新产品开发有着非常重要的意义。为满足广大电气工作者学习的要求，我们组织编写了《大千电工系列》之《实用电工速查速算系列手册》，以期在实际工作中对读者有所帮助。

本系列手册包括：《实用输配电速查速算手册》、《实用变压器速查速算手册》、《实用电动机速查速算手册》、《实用高低压电器速查速算手册》、《实用继电器保护及二次回路速查速算手册》、《实用电子及晶闸管电路速查速算手册》、《实用水泵、风机和起重机电速查速算手册》、《实用电工速查速算手册》，共八种。

本系列手册有如下特点。

特点一：便捷。本系列手册结合编著者工作实践和体会，将长期收集的国内外电工计算公式和计算方法，经整理、归纳分类、简化、校对，并将符号、单位和公式形式做了统一。书中的公式没有冗长的推导过程和繁多的参数，开门见山，拿来即可使用，旨在解决实际问题，因此能大大地提高工作效率，节省时间，适应当今时代快节奏的要求。

特点二：全面。本系列手册内容丰富，取材新颖，且密切结合生产实际，实用性较强。书中不仅列举了大量计算实例，方便读者掌握和应用电工计算公式和计算方法，同时还介绍了变频器、软启动器、LOGO!、电力电子模块、集成触发电路、风能及太阳能发电、新型保护器等新技术，适合当今电气工程设计及电气计算的需要。

《实用电动机速查速算手册》是本系列手册中的一本。本书内容包括：电动机基本参数计算和试验计算；电动机负载率、损耗及效率计算；传动电动机的选择及传动装置的计算；电动机转矩、负

载转矩的计算；各种场合电动机功率的选择；有关电动机运行的计算；频率为60Hz（或50Hz）的电动机用于50Hz（或60Hz）电源上的影响分析；电动机保护计算；直接启动和降压启动保护设备的选择；高压电动机启动计算；电动机启动、制动和调速计算；软启动器、变频器和智能控制模块的选用及计算；电动机绕组重绕计算；绕组线模的计算；单相（或三相）电动机改为三相（或单相）的方法及计算；电动机改速、改压、改频等计算；电动机干燥处理及计算。另外，还列有计算必需和维修中经常用到的一些技术数据和标准、规定；电动机的技术数据和铁芯、绕组数据；电动机常见的故障及处理。书中涉及的电动机包括：异步电动机、绕线型异步电动机、单相和三相电动机、直流电动机、电磁调速电动机、换向器电动机、同步电动机、力矩电动机、电钻、电扇等。为了帮助读者应用和掌握计算公式和计算方法，书中列举了许多计算实例。

在本书的编写过程中，力求做到准确、简明、实用、先进和新颖。计算所涉及的标准和规定，采用最新颁布的国家标准和规定，所涉及的电机、电器产品采用新系列产品，技术数据也力求最新。全书采用法定计量单位和国家绘图标准。

本书主要由方大千、朱征涛编写。参加和协助编写工作的还有方成、方立、朱丽宁、张正昌、方亚平、方亚敏、张荣亮、方欣、许纪秋、那罗丽、那宝奎、方亚云、卢静、费珊珊、孙文燕、张慧霖。全书由方大中、郑鹏审校。

限于编者的经验和水平，书中难免有疏漏和不妥之处，希望专家和读者批评指正。

编著者



第1章 电动机基本计算及试验计算 /1

1.1 基本公式及技术数据	2
1.1.1 异步电动机的基本公式	2
1.1.2 异步电动机的工作特性	11
1.1.3 Y系列三相异步电动机的技术数据	12
1.1.4 YR系列绕线型三相异步电动机的技术数据	17
1.1.5 绕线型异步电动机转子电阻的计算	19
1.1.6 直流电机的基本公式	20
1.1.7 直流电机电枢回路电感、电阻的计算	28
1.1.8 Z2、Z4系列直流电动机的技术数据	29
1.1.9 无铭牌直流发电机额定电流的估算	39
1.1.10 电磁调速电动机的基本计算	40
1.1.11 YCT、YDCT、YCTT系列电磁调速电动机的技术 数据	44
1.1.12 部分TD系列同步电动机的技术数据	47
1.1.13 绕组温升和绝缘电阻计算	47
1.2 电动机基本计算和试验计算	54
1.2.1 异步电动机空载电流计算	54
1.2.2 异步电动机功率因数的计算	58
1.2.3 异步电动机转差率和空载、负载试验计算	60
1.2.4 异步电动机损耗及功率平衡计算	69
1.2.5 高速异步电动机损耗的计算	75
1.2.6 电动机输入功率、输出功率和效率的测算	77
1.2.7 异步电动机无功功率的计算	80
1.2.8 异步电动机最佳负载率的计算	80
1.2.9 异步电动机等效功率和等效损耗的计算	83

1.2.10	同步电动机损耗、输出功率和效率的测算	85
1.2.11	电动机通风风扇功耗及通风噪声的计算	87
1.2.12	直流电动机损耗及效率的计算	88
1.2.13	电风扇风叶的功率消耗计算	90
1.2.14	电容运转电动机启动转矩的计算	91
1.3	电动机试验要求	92
1.3.1	交流电动机试验要求	92
1.3.2	直流电动机试验要求	96

第2章 传动电动机计算和电动机功率的选择 /98

2.1	传动电动机的计算	99
2.1.1	传动电动机的选择程序	99
2.1.2	电动机过载能力及平均启动转矩计算	100
2.1.3	飞轮转矩计算	102
2.1.4	负载转矩和飞轮质量的计算	104
2.1.5	根据打滑条件允许的最大加速度计算	107
2.1.6	电动机功率的选择与校验	108
2.2	传动装置的计算	117
2.2.1	平带传动计算	117
2.2.2	三角带传动计算	123
2.2.3	直齿圆柱齿轮传动计算	125
2.2.4	传动轴直径的计算	129
2.2.5	摩擦力计算及传动效率	130
2.2.6	提高电动机与被拖动机械连接效率的计算	136
2.3	电动机功率选择的基本计算	137
2.3.1	电动机功率选择的基本原则和计算	137
2.3.2	在不同环境温度时电动机功率的计算	138
2.3.3	采用寿命期费用分析法选定电动机	139
2.4	各类电动机功率的选择	142
2.4.1	三相换向器电动机功率的选择	142
2.4.2	JZS2、YHT2系列换向器电动机的技术数据	146

2.4.3	力矩电动机的选择	146
2.4.4	各种设备的电动机功率的选择	148

第3章 电动机运行及保护计算与故障处理 /160

3.1	有关电动机运行的计算	161
3.1.1	异步电动机一般工作条件的规定和要求	161
3.1.2	电动机用润滑脂和机械润滑油的选择	162
3.1.3	电机用电刷的技术性能与电刷牌号的选择	164
3.1.4	电压变动对电动机性能的影响	167
3.1.5	频率为 60Hz(或 50Hz)的电动机用于 50Hz(或 60Hz)的电源上的影响分析	172
3.1.6	额定电压与电网电压不同的电动机使用分析	176
3.1.7	电动机寿命的预测	177
3.1.8	三相异步电动机改为单相使用时的计算	179
3.1.9	改变电动机绕组接线的简易计算	184
3.2	电动机保护计算	185
3.2.1	异步电动机保护方式及规定	185
3.2.2	异步电动机保护电器的选用及整定	190
3.2.3	异步电动机启动、保护设备及导线的选择	191
3.2.4	机床设备电源线及其保护的选择	191
3.2.5	热敏电阻电动机保护计算	199
3.2.6	异步电动机断相保护计算	202
3.2.7	热继电器电动机保护计算	206
3.2.8	电动机负序电压断相保护的计算	212
3.2.9	零序电压(电流)电动机保护的计算	214
3.2.10	电动机故障信号检测用电流互感器的设计	217
3.2.11	使用电流互感器和热继电器的电动机过电流保护元件的选择	218
3.2.12	直流电动机失磁及过电流保护计算	219
3.3	电动机的常见故障及处理	221
3.3.1	三相异步电动机的常见故障及处理	221

3.3.2	绕线型异步电动机滑环、电刷的常见故障及处理	225
3.3.3	单相异步电动机的常见故障及处理	227
3.3.4	直流电动机的常见故障及处理	229

第4章 电动机启动、制动和调速的计算 /232

4.1	电动机启动的计算	233
4.1.1	异步电动机直接启动功率的确定	233
4.1.2	电动机直接启动器的类型和使用场合	234
4.1.3	高压异步电动机直接启动功率的确定	236
4.1.4	异步电动机降压启动方式的选择	237
4.1.5	磁力启动器的选择	239
4.1.6	星-三角启动器的选择与计算	244
4.1.7	自耦减压启动器的选择与计算	254
4.1.8	延边三角形启动法的计算	263
4.1.9	Y系列异步电动机降压启动设备的选择	266
4.1.10	异步电动机电阻降压启动的计算	267
4.1.11	电阻器及其允许负载电流的计算	270
4.1.12	异步电动机阻容复合降压启动的计算	272
4.1.13	大容量电动机能否克服阻转矩而顺利启动的计算	275
4.1.14	电动机平均启动转矩相对值的计算	278
4.1.15	电动机启动时间的计算	279
4.1.16	无限容量系统中高压电动机全压启动计算	279
4.1.17	无限容量系统中变压器-电动机组全压启动计算	283
4.1.18	无限容量系统中高压电动机电抗器降压启动计算	286
4.1.19	无限容量系统中高压电动机自耦变压器降压启动计算	289
4.1.20	有限容量系统中高压电动机启动计算	290

4.1.21	绕线型异步电动机转子串接电阻启动的计算	292
4.1.22	绕线型异步电动机转子串接频敏变阻器启动的计算	298
4.1.23	水电阻启动器的计算	316
4.1.24	同步电动机启动方式的选择及直接启动计算	317
4.1.25	同步电动机电抗器降压启动计算	320
4.1.26	同步电动机自耦变压器降压启动计算	321
4.1.27	直流电动机启动计算	323
4.2	电动机制动的计算	330
4.2.1	异步电动机常用制动方式的比较	330
4.2.2	异步电动机反接制动计算	332
4.2.3	异步电动机桥式整流能耗制动计算	338
4.2.4	利用电容储能放电的能耗制动计算	345
4.2.5	异步电动机单管整流能耗制动计算	346
4.2.6	单相异步电动机能耗制动线路的元件选择	348
4.2.7	异步电动机自励能耗制动计算	349
4.2.8	异步电动机短接制动防接触器触点粘连的去磁电容器的选择	351
4.2.9	同步电动机能耗制动计算	352
4.2.10	直流电动机反接制动计算	354
4.2.11	直流并励电动机能耗制动计算	355
4.2.12	直流串励电动机能耗制动计算	357
4.3	电动机调速的计算	358
4.3.1	异步电动机调速方法的选择	358
4.3.2	绕线型异步电动机调速方法的选择	362
4.3.3	绕线型异步电动机转子附加电阻调速的计算	362
4.3.4	绕线型异步电动机机械回馈式串级调速的计算	366
4.3.5	绕线型异步电动机采用辅助电源的无级调速的计算	368
4.3.6	直流电动机调速方法的选择及计算	370
4.3.7	直流电动机电枢串电阻调速的计算	373

4.3.8	直流电动机改变励磁电流调速的计算	374
4.3.9	小功率电动机无级调速器的性能及配置	376

第5章 软启动器、变频器和智能控制模块的选用及计算 /378

5.1	软启动器的选用	379
5.1.1	软启动器的特性	379
5.1.2	软启动器的正确应用	379
5.1.3	软启动器的性能数据	381
5.1.4	软启动器的接线	387
5.2	变频器的选用及计算	393
5.2.1	变频器的运行环境条件	393
5.2.2	变频器的选用	394
5.2.3	高压(中压)变频器的选用	403
5.2.4	变频器的技术数据	405
5.2.5	变频器的接线及使用注意事项	411
5.2.6	变频器对多台电动机进行速控的计算	421
5.2.7	变频器能耗制动电阻的计算	422
5.2.8	变频器主回路和控制回路电线的选择	423
5.3	智能电动机控制模块	425
5.3.1	智能电动机控制模块的特点和型号规格	425
5.3.2	智能电动机控制模块的技术数据	428
5.3.3	智能电动机控制模块的选用与测试	429
5.3.4	智能电动机控制模块的功能设定	430
5.3.5	智能电动机控制模块保护元件的选择	435

第6章 电动机绕组重绕计算和干燥处理及计算 /438

6.1	绕组的概念及计算	439
6.1.1	绕组的基本概念及展开图	439
6.1.2	交流电动机绕组形式及适用范围	442
6.1.3	三相异步电动机定子绕组的计算	444
6.2	绕组线模的计算	459

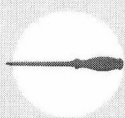
6.2.1	单层交叉式绕组线模的计算	459
6.2.2	单层链式绕组线模的计算	465
6.2.3	单层同心式绕组线模的计算	465
6.2.4	单层交叉式、单层链式和单层同心式绕组线模的 简易计算	468
6.2.5	双层叠绕式绕组线模的简易计算	469
6.3	电动机绕组重绕计算	470
6.3.1	单相异步电动机绕组重绕计算	470
6.3.2	BO2系列单相异步电动机的技术数据及绕组排 列图	477
6.3.3	CO2系列单相异步电动机的技术数据及绕组排 列图	480
6.3.4	DO2系列单相异步电动机的技术数据及绕组排 列图	480
6.3.5	三相异步电动机改为单相电动机绕组重绕 计算	487
6.3.6	三相空壳电动机绕组重绕的简易计算	488
6.3.7	单相电动机改为三相电动机绕组重绕计算	491
6.3.8	Y系列三相异步电动机铁芯、绕组的技术 数据	493
6.3.9	YR系列绕线型异步电动机绕组的技术数据	493
6.3.10	YD系列变极多速异步电动机铁芯、绕组的技术 数据	493
6.3.11	直流电机电枢绕组类型及展开图	493
6.3.12	直流电动机电枢绕组重绕计算	516
6.3.13	直流电动机励磁绕组和换向极绕组重绕计算	522
6.3.14	Z2系列直流电动机铁芯、绕组的技术数据	527
6.3.15	罩极式电动机绕组重绕估算	527
6.3.16	分相启动电动机绕组重绕计算	538
6.3.17	电容运转电动机绕组重绕计算	542
6.3.18	分相启动电动机和电容运转电动机的电容器 计算	543

6.3.19	JY 系列和 JY 新系列电容启动电动机的技术 数据及绕组排列图	546
6.3.20	ZJ 系列和 JZ 新系列电阻启动电动机的技术 数据及绕组排列图	551
6.3.21	电钻绕组重绕计算	554
6.3.22	电动工具用电动机铁芯、绕组的技术数据	561
6.3.23	电扇绕组重绕计算	561
6.3.24	常用电扇电动机铁芯、绕组的技术数据	562
6.3.25	钻石牌电钟绕组计算	563
6.4	电动机调速、改压、改频等计算	566
6.4.1	单速电动机改为双速电动机的计算	566
6.4.2	电动机绕组导线代用计算	572
6.4.3	异步电动机改压计算	579
6.4.4	电动机改频计算	584
6.4.5	电动机改变极数重绕计算	586
6.4.6	铸铝转子改为铜条转子的计算	589
6.4.7	直流电动机改压计算	590
6.4.8	串励直流电动机改为并励的计算	592
6.5	电动机干燥处理及计算	594
6.5.1	电动机浸漆工艺	594
6.5.2	定子铁芯涡流干燥法的计算	596
6.5.3	电动机外壳涡流干燥法的计算	599
6.5.4	电动机电流干燥法的计算	601
6.5.5	电炉或远红外电热器、干燥法的计算	602

职业技能鉴定丛书

第 1 章

电动机基本计算及试验计算



1.1 基本公式及技术数据

1.1.1 异步电动机的基本公式

(1) 定子绕组直流电阻

任意温度 t 下测得的定子每相绕组的直流电阻换算到 75°C 时的直流电阻，可由下列公式计算：

$$\text{铜绕组} \quad R_{75\text{Cu}} = \frac{234.5 + 75}{234.5 + t} R_t = K_t R_t$$

$$\text{铝绕组} \quad R_{75\text{Al}} = \frac{225 + 75}{225 + t} R_t = K_t R_t$$

式中 t ——测试时定子绕组的温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

R_t —— t ($^{\circ}\text{C}$) 时定子绕组的直流电阻， Ω ；

K_t ——换算系数，铜绕组见表 1-1，铝绕组见表 1-2。

以上公式是对于 A、E、B 级绝缘的电动机而言。对于 F、H 级绝缘的，则应换算到 115°C ，只要将以上公式中的 75 改成 115 即可。

■ 表 1-1 铜绕组直流电阻各种温度下的 K_t 值

$t/^{\circ}\text{C}$	K_t	$t/^{\circ}\text{C}$	K_t	$t/^{\circ}\text{C}$	K_t	$t/^{\circ}\text{C}$	K_t
-9	1.373	4	1.298	17	1.231	30	1.170
-8	1.366	5	1.292	18	1.226	31	1.166
-7	1.360	6	1.287	19	1.221	32	1.161
-6	1.354	7	1.282	20	1.216	33	1.158
-5	1.349	8	1.276	21	1.211	34	1.152
-4	1.343	9	1.271	22	1.207	35	1.148
-3	1.337	10	1.266	23	1.202	36	1.144
-2	1.331	11	1.261	24	1.197	37	1.140
-1	1.325	12	1.256	25	1.193	38	1.136
0	1.320	13	1.251	26	1.188	39	1.132
1	1.314	14	1.245	27	1.184	40	1.128
2	1.309	15	1.240	28	1.179		
3	1.303	16	1.236	29	1.175		

■ 表 1-2 铝绕组直流电阻各种温度下的 K_t 值

$t/^\circ\text{C}$	K_t	$t/^\circ\text{C}$	K_t	$t/^\circ\text{C}$	K_t	$t/^\circ\text{C}$	K_t
-9	1.389	4	1.310	17	1.240	30	1.176
-8	1.382	5	1.304	18	1.235	31	1.172
-7	1.376	6	1.299	19	1.230	32	1.167
-6	1.370	7	1.293	20	1.224	33	1.163
-5	1.364	8	1.288	21	1.220	34	1.158
-4	1.357	9	1.282	22	1.215	35	1.154
-3	1.351	10	1.277	23	1.210	36	1.149
-2	1.345	11	1.271	24	1.205	37	1.145
-1	1.339	12	1.266	25	1.200	38	1.141
0	1.333	13	1.261	26	1.195	39	1.136
1	1.327	14	1.255	27	1.190	40	1.132
2	1.322	15	1.250	28	1.186		
3	1.316	16	1.245	29	1.181		

(2) 转差率

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1}; \quad n_1 = \frac{60f}{p}$$

式中 s ——转差率；

n_1 ——同步转速，r/min；

n ——转子转速，r/min；

f ——电源频率，Hz；

p ——电动机极对数。

异步电动机转速与磁极的关系，见表 1-3。

■ 表 1-3 异步电动机转速与磁极的关系

极对数 p	1	2	3	4
同步转速 n_1 /(r/min)	3000	1500	1000	750
转子转速 n /(r/min)	2900 左右	1450 左右	960 左右	730 左右

(3) 额定转差率

$$s_e = \frac{n_1 - n_e}{n_1}$$

式中 n_e ——电动机额定转速，r/min。

(4) 临界转差率

$$s_{lj} = s_c (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}) \approx 2s_c \lambda$$

式中 λ ——电动机过载系数（异步电动机的过载系数一般在1.8~2.5之间，Y系列电动机为1.7~2.2，J₂和JO₂系列为1.8~2.2，JO₃系列为2.0~2.2，对于特殊用途的电动机，如起重、冶金用异步电动机（如JZR型），可达3.3~3.4或更大）， $\lambda = M_m / M_c$ ；

M_m ——电动机最大转矩，N·m；

M_c ——电动机额定转矩，N·m。

(5) 电动势方程

① 定子绕组产生的感应电动势：

$$E_1 = k_e U_1 = 4.44 k_{dp1} f_1 W_1 \Phi$$

$$\Phi = B_{pj} S$$

式中 E_1 ——定子绕组产生的感应电动势，V；

k_e ——降压系数，又称电动势系数（小型电动机可取0.86，中型电动机可取0.90，大型电动机可取0.91）；

U_1 ——外加电源电压，V；

k_{dp1} ——定子的绕组系数；

f_1 ——电源频率，Hz；

W_1 ——定子绕组每相串联线圈匝数；

Φ ——每极磁通，Wb；

B_{pj} ——气隙中平均磁通密度，它与气隙中最大磁通密度 B_δ 的关系为 $B_{pj} = \frac{2}{\pi} B_\delta = 0.637 B_\delta$ ，T；

S ——每极下的气隙面积，m²。

最大磁通密度（气隙） B_δ 可由表1-4中选取，电机容量较大的取较大值；容量较小的取较小值。Y系列电动机为0.57~0.86T；J、JO型电动机的 B_δ 值为0.60~0.70T，J₂、JO₂型电动机为0.65~0.75T，1kW以下电动机为0.40~0.60T。

定子轭部磁通密度 B_c 可由表1-5选取，一般为1.2~1.5T（如2极为1.2~1.7T；4、6、8极为1.0~1.5T），改极时不应超过1.7T。