

刘光启 于立涛 主编

电工手册

DIANGONG SHOUCE

电动机卷



化学工业出版社

刘光启 于立涛 主 编
栾永先 陈秀霞 副主编

电工手册

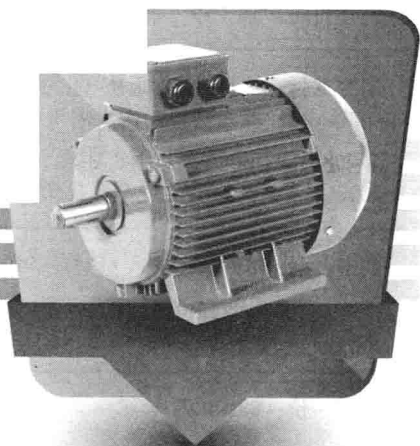
DIANGONG SHOUCE

电动机卷



化学工业出版社

· 北 京 ·



图书在版编目 (CIP) 数据

电工手册·电动机卷/刘光启, 于立涛主编. —北京: 化学工业出版社, 2014.9
ISBN 978-7-122-20984-9

I. ①电… II. ①刘…②于… III. ①电工-技术手册②电动机-技术手册 IV. ①TM-62②TM32-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 131473 号

责任编辑: 高墨荣

文字编辑: 徐卿华

责任校对: 宋 玮 李 爽

装帧设计: 刘丽华

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 装: 北京云浩印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张 19 $\frac{3}{4}$ 字数 575 千字

2015 年 1 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: 88.00 元

版权所有 违者必究

《电工手册》编委会

主 任 刘光启

副主任 于立涛 张式雷 陈沛云 栾永先 王克业

编 委 (按姓氏拼音排序)

陈沛云 陈秀霞 丁曙光 韩同雪 刘光启

栾永先 孟磊松 穆晓鹏 田宝森 王克业

夏晓宾 解宏双 姚 政 于立涛 于兆峰

张式雷 张秀娟 张艳玲

《电动机卷》分册编写人员

主 编 刘光启 于立涛

副主编 栾永先 陈秀霞

参 编 宋丽超 冷传照 焦 浩

前言

随着电气技术的不断进步,电气工业发展日新月异、产品层出不穷。无论是电气行业本身,还是机械、石化、轻工、纺织、食品、建筑、冶矿、运输、军工行业,直至人们生活方方面面,都离不开电能和电器,当然也就离不开传输电的材料、中间设备(如变压器、高低压电器等)和把电能变成机械能的电动机。由于电气行业技术和设备更新速度快,涉及的知识面广,且规模宏大,所以从业人员众多,他们在日常应用、学习、开发和研究中,经常需要查阅各种电工数据和资料,他们迫切需要能反映新标准、新规范和新知识的实用电工工具书,以适应我国经济建设发展的形势,促进电气工业的发展。为此,我们组织编写了这套电工手册。

本套手册分为基础卷、高低压电器卷、变压器卷、电动机卷及工矿用电卷,每卷单独成册。

本套手册的特点如下。

1. 实用。本套手册采用法定计量单位制,注重引用最新的国家或行业标准,兼顾理论和技能,注意介绍新产品资料和剔除落后产品资料,因而有较强的实用性。

2. 速查、速算。本套手册内容简明扼要、数据准确可靠,取材新颖,尽量避免不必要的理论叙述,以常用数据资料为主线,采用表格的形式,同时介绍一些作者自行设计的常用速算图供读者使用。

本书为电动机卷,内容包括:第1章电动机常用资料,第2章三相异步电动机,第3章单相异步电动机,第4章同步电动机,第5章直流电动机,第6章控制电机,第7章专用和特种电动机。

参加本书编写工作的有大学院校老师、专业生产单位和研究所

的专家、技术人员以及实际使用人员，审稿工作由编写人员交叉完成。李勇、于杰、丁娜、唐惠平、陈照伟、王永全、宫汝峰、于善清、王迎夏、张玲玲、田圣涛、刘丙臣、李健、刘振芳、冯云飞、田伟等也做了大量工作。

本手册可供电工及电气技术人员使用，也可供大中专院校相关专业师生参考。

在编写本手册过程中，参考相关图书资料，并得到青岛供电公司和青岛红旗电机有限公司领导的大力支持，在此向他们一并致谢。

虽然经过多次修改和审稿，但由于电工涉及面广，而我们水平有限，难免会存在疏漏和不妥之处，真诚欢迎广大专家和读者批评指正。

编者

目录

第1章 电动机常用资料 1

1.1 电动机的分类和代号	1
1.1.1 电动机的分类	1
1.1.2 电动机的产品代号	3
1.1.3 电动机的规格代号	4
1.1.4 Y系列电动机功率与型号对应关系	6
1.2 三相异步电动机的计算	7
1.2.1 常用计算公式	7
1.2.2 电动机的额定电流和空载电流	8
1.3 电机的防护等级	10
1.3.1 电机外壳的防护等级	10
1.3.2 电机的防爆形式和级别	12
1.4 电动机绝缘等级	13
1.5 旋转电机的冷却方法代号	15
1.6 电动机基本安装形式	16
1.7 交流电动机功率等级和机座号、凸缘号	17
1.8 电动机的常用接线图	18
1.8.1 三相电动机的常用接线图	18
1.8.2 三相绕组改变接线后的电压比	24
1.8.3 单相电动机的常用接线图	25
1.8.4 直流电动机的常用接线图	26

第2章 三相异步电动机 27

2.1 三相异步电动机简述	27
2.1.1 基本构造	27

2.1.2	常用三相异步电动机的型号、结构特点和应用场合	29
2.1.3	电机工作制	33
2.1.4	电动机的能效等级	34
2.2	交流电动机产品的型号	36
2.3	三相异步电动机技术数据	37
2.3.1	Y2 系列三相异步电动机	37
2.3.2	Y3 系列电动机	41
2.3.3	YX3 系列高效异步电动机	51
2.3.4	YX 系列大型高效高压三相异步电动机	59
2.3.5	YE3 超高效系列三相异步电动机	78
2.3.6	YR 系列绕线式三相异步电动机	97
2.3.7	YS 系列三相异步电动机	104
2.3.8	YD 系列多速三相电动机	112
2.3.9	YVP2 系列变频调速异步电动机	126
2.3.10	YCT 系列电磁调速三相异步电动机	127
2.3.11	YEJ2 系列电磁制动异步电动机	134
2.3.12	YLJ 系列电磁力矩异步电动机	137
2.3.13	YA 系列增安型电动机	141
2.3.14	YB 系列隔爆电动机	146
2.3.15	YCJ 齿轮减速三相异步电动机	150
2.3.16	YWP 宽频三相异步电动机	150
2.3.17	YTE 系列三相异步电动机	158
2.3.18	FYQ 系列高启动转矩三相异步电动机	181
2.4	电动机的选择	181
2.4.1	种类	182
2.4.2	过载能力	182
2.4.3	环境条件	182
2.4.4	功率	183
2.4.5	所需的转矩特性	184
2.4.6	转速	185
2.4.7	安装结构形式	185
2.5	电动机的安装	188
2.5.1	建造底座基础	188

2.5.2	电动机的检查	189
2.5.3	电动机的校正	189
2.5.4	电动机的接地与接零	190
2.5.5	空载试运行	192
2.6	电动机的启动	192
2.6.1	启动前检查	192
2.6.2	启动方法	193
2.6.3	启动电路	196
2.6.4	启动装置	206
2.6.5	电动机的控制	266
2.6.6	电动机的调速	273
2.6.7	电动机的制动	277
2.7	电动机的运行监视	281
2.7.1	温度监视	281
2.7.2	电流监视	282
2.7.3	电压监视	284
2.7.4	状态监视	285
2.8	电动机保护与维护	286
2.8.1	电动机保护器	286
2.8.2	异步电动机继电保护	296
2.8.3	异步电动机的保护电路	300
2.8.4	单台电动机的无功补偿容量	308
2.9	电动机的故障与对策	309
2.9.1	三相异步电动机常见故障及对策	309
2.9.2	电动机检修记录	314
2.10	常用电动机速算图	314

第3章 单相异步电动机 333

3.1	单相异步电动机的型号	335
3.1.1	型号标注方法	335
3.1.2	额定功率与机座代号	335
3.2	单相异步电动机的主要技术数据	336
3.2.1	YU 系列电阻启动异步电动机	336

3.2.2	YC 系列电容启动异步电动机	338
3.2.3	YCL 系列电容启动异步电动机	340
3.2.4	YY 系列电容运行异步电动机	341
3.2.5	YL 系列双值电容异步电动机	347
3.2.6	YJ 系列罩极异步电动机	348
3.2.7	G 系列单相串励电动机	353
3.2.8	家电用单相电动机	354
3.2.9	单相微型电动机	358
3.3	常见故障及对策	360

第4章 同步电动机 **362**

4.1	电励磁同步电动机	365
4.1.1	TK、TDK 系列同步电动机	365
4.1.2	TDMK 系列三相大型同步电动机	366
4.1.3	TL 系列同步电动机	366
4.1.4	大型三相同步电动机的故障和对策	376
4.2	永磁体励磁同步电动机	381
4.2.1	自启动永磁同步电动机	381
4.2.2	正弦波控制永磁同步电动机	382
4.2.3	微型永磁同步电动机	407
4.3	磁阻同步电动机	418
4.4	磁滞同步电动机	420

第5章 直流电动机 **424**

5.1	直流电动机简述	424
5.1.1	直流电动机的分类和构造	424
5.1.2	直流电动机的功率和电压等级	426
5.1.3	直流电动机的基本方程式和运行特性	426
5.1.4	直流电动机的型号	429
5.2	直流电动机的主要技术数据	430
5.2.1	Z2 型直流电动机	430
5.2.2	Z3 型直流电动机	434
5.2.3	Z4 型直流电动机	441
5.2.4	ZD2 系列中型直流电动机	451

5.2.5	ZF2 系列中型直流电动机	452
5.2.6	SZ 系列直流控制电动机	454
5.2.7	SL、SY 系列直流伺服电动机	463
5.2.8	M 系列精密永磁直流电动机	463
5.2.9	ZZJ-800 系列轧机辅传动直流电动机	464
5.3	直流电动机的启动、调速和制动	469
5.3.1	直流电动机的启动	469
5.3.2	直流电动机的调速	470
5.3.3	直流电动机的反转	473
5.3.4	直流电动机的制动	474
5.4	直流电动机的运行	478
5.4.1	使用前的检查	478
5.4.2	运行注意事项	478
5.4.3	直流电动机的故障与对策	479

第 6 章 控制电机 **484**

6.1	控制电机的分类和额定电压	484
6.1.1	控制电机的分类和结构形式	484
6.1.2	控制电机的额定电压和频率	486
6.2	控制电动机的型号	486
6.2.1	控制电动机的机座号	486
6.2.2	控制电动机的产品名称代号	486
6.2.3	控制电动机的性能参数代号	490
6.3	控制电动机的技术数据	493
6.3.1	直流控制电动机	493
6.3.2	直流测速发电机	501
6.3.3	交流测速发电机	508
6.3.4	自整角机	509
6.3.5	步进电动机	513
6.3.6	旋转变压器	521

第 7 章 专用和特种电动机 **527**

7.1	Y-F、WF 系列化工防腐蚀型三相异步电动机	527
7.1.1	型式和技术参数	527

7.1.2	机座号与同步转速及功率的对应关系	528
7.1.3	主要技术数据	529
7.2	起重和冶金用电动机	533
7.2.1	YZ、YZR 系列	533
7.2.2	YZB 系列	555
7.2.3	JZ2 系列	560
7.2.4	JZR2 系列	560
7.2.5	YZRDW 系列	561
7.2.6	YZTD 系列	563
7.2.7	ZZY 系列	565
7.3	磨煤机用电动机	566
7.3.1	磨煤机用三相异步电动机技术数据	567
7.3.2	磨煤机用三相异步电动机外形及安装尺寸	568
7.4	纺织用三相异步电动机	569
7.4.1	FO 系列三相异步电动机	569
7.4.2	FO2 系列高力能指标三相异步电动机	570
7.4.3	FO3 系列三相异步电动机	571
7.4.4	JFO2、JFO3 系列三相异步电动机	572
7.4.5	FXD 系列高效三相异步电动机	574
7.4.6	FYQQ 系列喷气织机用主电机	576
7.4.7	YXJ 系列减速机电动机	577
7.5	YSL 系列水利、生化行业用三相异步电动机	578
7.6	YQS 系列井用潜水三相异步电动机	582
7.7	JTD、YTD 系列电梯专用电动机	587
7.8	工业用微电机	588
7.8.1	汽车用微电机	588
7.8.2	轻便电动车用电机系列	590
7.8.3	工业用无刷电机	591

附录 GB 30253—2013 中规定的永磁同步电动机能效等级和效率限定值

61

参考文献

61

第 1 章

1

电动机常用资料

电动机是日常工作中最常见的设备，它能把电能转换成机械能，带动各种机械运转。无论是在工农业生产、交通运输、国防工业，还是在商业、家电、医疗设备，直至玩具等各方面都得到广泛应用。

电动机的种类繁多，用途各异，功率相差悬殊。常用电动机大部分是交流电动机（可以是异步电动机或同步电动机），其次是直流电动机，也有交直流两用电动机。

1.1 电动机的分类和代号

1.1.1 电动机的分类

电动机的分类方法有很多，见表 1-1。

表 1-1 电动机的分类

分类方法		类 别
按工作电源		交流电动机(包括单相电动机和三相电动机) 直流电动机
按结构及工作原理	交流电动机	异步电动机(包括异步电动机和交流换向器电动机。前者有三相型、单相型和罩极型,后者有单相串励型、交直流两用型和推斥型) 同步电动机(包括永磁同步电动机、磁阻同步电动机和磁滞同步电动机)
	直流电动机	有刷直流电动机(分永磁型和电磁型。前者又有稀土永磁式、铁氧体永磁式和铝镍钴永磁式;后者又有串励式、并励式、他励式和复励式) 无刷直流电动机

续表

分类方法		类 别
按结构及工作原理	交直流两用电动机	内在结构与单纯的直流电机差异不大。使用中只要切换开关将磁场线圈反接,即能实现电机转子的逆转和顺转。在洗衣机、吸尘器、排风扇等家用电器中应用较为广泛
按系列产品用途	基本系列	产量最大,使用范围最广的通用电机系列,如 Y 系列(已淘汰)、Y2 系列、Y3 系列小型三相异步电动机
	派生系列	为满足不同使用要求,在基本系列的基础上作部分改动而派生的系列产品,其零部件与基本系列有较高的通用性和一定程度的统一性,如 YR 系列绕线转子电动机,YB 系列隔爆型电动机,Y-WF 系列户外防腐型电动机
	专用系列	为满足特殊使用要求而专门设计制造的系列产品,如 YZR、YZ 系列起重冶金用电动机
按启动与运行方式		电容启动式电动机;电容运转式电动机; 电容启动运转式电动机;分相式电动机
按运行工作制		有连续工作制 S1,短时工作制 S2,周期性工作制 S3~S10,详见 2.1.3 节电机工作制
按用途		驱动用电动机(包括电动工具用型、家电用型及其他通用小型机械设备用型) 控制用电动机(包括步进电动机和控制电动机等)
按转子结构		笼型异步电动机;绕线转子异步电动机
按运转速度		高速电动机(有交流和直流电动机,交流的最高转速是 2960r/min,直流的牙钻电机可达 10000r/min,微型压电陶瓷电机可达 51000r/min) 低速电动机(齿轮减速、电磁减速、力矩电动机和爪极同步电动机等) 恒速电动机(有级恒速、无级恒速) 调速电动机(电磁调速、直流调速、PWM 变频调速和开关磁阻调速)
按功率等级		$\leq 250\text{kW}$ (功率等级应符合表 1-17 的规定) $> 250\text{kW}$ (必要时, $> 1000\text{kW}$ 者可按 GB 321 中的 R40 数系选用)
按外壳防护等级		IP23、IP44、IP54、IP55、IP56、IP65 等
按电动机尺寸		大型:定子铁芯外径 $D > 1000\text{mm}$ 或机座中心高 $H > 630\text{mm}$ 中型: $D = 500 \sim 1000\text{mm}$ 或 $H = 355 \sim 630\text{mm}$ 小型: $D = 120 \sim 500\text{mm}$ 或 $H = 80 \sim 315\text{mm}$
按安装形式(IM)		卧式:有 IMB3(底脚安装)、IMB5(凸缘端盖安装)、IMB35(底脚+凸缘端盖安装)等 立式:有 IMV1(轴伸朝下无底脚)、IMV15(轴伸朝下带底脚)、IMV2(轴伸朝上无底脚)等
按冷却方式		自冷式、自扇冷式、他扇冷式等



1.1.2 电动机的产品代号

电动机的产品代号由电动机类型代号、电动机特点代号、设计序号和励磁方式代号四个小节顺序组成。

类型代号	特点代号	设计序号	励磁方式代号
见表 1-2	B—隔爆； R—绕线型； EJ—电磁制动； D—变极多速式； H—高滑差	O—封闭式； K—高速； VP—变频调速； Q—高启动转矩；	S—3次谐波励磁 J—晶闸管励磁 X—相复励磁
		用阿拉伯 数字表示 (第一次设计 不标注序号)	

表 1-2 电动机的类型代号

电动机类型	代号	电动机类型	代号
异步电动机(笼型及绕线型, 详见表 1-3)	Y	纺织用电动机	F
同步电动机(详见表 1-4)	T	起重机电机	ZD
直流电动机(详见表 5-1)	Z	交流换向器电动机	H
轴流通风机上用异步电动机	T	采煤机电机	C[M]

表 1-3 异步电动机产品代号

代号	电动机名称	代号	电动机名称
Y	三相异步电动机	YQ	三相异步电动机(高启动转矩)
YS	分马力三相异步电动机	YH	高转差率(滑差)三相异步电动机
YR	绕线转子三相异步电动机	YD	多速三相异步电动机
YLS	立式三相异步电动机(大中型)	YDT	通风机用多速三相异步电动机
YRL	绕线转子立式三相异步电动机(大中型)	YZP	中频三相异步电动机
YK	大型二级(快速)三相异步电动机	YSR	制冷机用耐氟三相异步电动机
YRK	大型绕线转子二级(快速)三相异步电动机	YUR	制冷机用耐氟电阻启动单相异步电动机
YU	电阻启动单相异步电动机	YCR	制冷机用耐氟电容启动单相异步电动机
YC	电容启动单相异步电动机	YYR	制冷机用耐氟电容运转单相异步电动机
YY	电容运转单相异步电动机	YLR	制冷机用耐氟双值电容单相异步电动机
YL	双值电容单相异步电动机	YP	屏蔽式三相异步电动机
YJ	罩极单相异步电动机	YPJ	泥浆屏蔽式三相异步电动机
YJF	罩极单相异步电动机(方形)	YPL	制冷屏蔽式三相异步电动机
YX	三相异步电动机(高效率)	YPG	高压屏蔽式三相异步电动机
YUX	电阻启动单相异步电动机(高效率)	YPT	特殊屏蔽式三相异步电动机
YCX	电容启动单相异步电动机(高效率)	YLJ	力矩三相异步电动机
YYX	电容运转单相异步电动机(高效率)	YDJ	力矩单相异步电动机
YLX	双值电容单相异步电动机(高效率)		

续表

代号	电动机名称	代号	电动机名称
YUJ	装入式三相异步电动机	YEJ	制动三相异步电动机(附加制动器)
YEP	制动三相异步电动机(旁磁式)	YEZ	锥形转子制动三相异步电动机
YEG	制动三相异步电动机(杠杆式)		

注：1. 黑体字表示与代号相对应的关键汉字，下同。

2. 对于防爆电机，代表防爆类型的字母 A（增安型）、B（隔爆型）、ZY（正压型）应标于电机特点代号首位，即紧接在电机类型代号后面标注。

表 1-4 同步电动机产品代号

产品代号	产品名称	产品代号	产品名称
T	三相同步电动机	TYJ	减速永磁式三相同步电动机(齿轮)
TL	立式三相同步电动机	TJQ	减速永磁式三相同步电动机(齿轮速制动器)
TG	二极(高速)三相同步电动机	TZJ	轧机用三相同步电动机
TD	多速三相同步电动机	TM	磨机用三相同步电动机
TJ	减速三相同步电动机	TK	空气压缩机用三相同步电动机
TDP	低频三相同步电动机	TTF	通风机用三相同步电动机
TZP	中频三相同步电动机	TZY	正压机用三相同步电动机
TC	磁阻式三相同步电动机	TA	增安型三相同步电动机
TU	磁阻式单相同步电动机	TB	隔爆型三相同步电动机
TDZ	多速磁阻式三相同步电动机	TBK	空气压缩机用隔爆型三相同步电动机
TZS	磁滞三相同步电动机	TYD	同步异步电动机
TZ	磁滞式单相同步电动机	TS	亚同步电动机
TDC	多速磁滞三相同步电动机	TDH	电钟同步电动机
TZC	磁滞式三相同步电动机(低噪声)	TDD	定时器同步电动机(洗衣机控制程序用)
TJN	减速磁滞三相同步电动机(内转子)	TT	同步调相机
TJW	减速磁滞三相同步电动机(外转子)	TTQ	氢冷同步调相机
TYC	永磁式三相同步电动机		
TY	永磁式单相同步电动机		

1.1.3 电动机的规格代号

电动机的规格代号用中心高、铁芯外径、机座号、机壳外径、轴伸直径、凸缘代号、机座长度、铁芯长度、功率、电流等级、转速或极数等来表示。

主要系列产品的规格代号按表 1-5 的规定。其他系列产品如确有需要采用上列以外的其他参数来表示时，应在该产品的标准中说明。

