

虞启淮 主编

小功率电动机 应用技术手册

机械工业出版社

小功率电动机应用技术手册

庞启淮 主编



机械工业出版社

本手册汇集了小功率电动机（曾称分马力电动机）应用的有关基础资料 and 选择与安全使用电动机的应用资料，还全面介绍了一般用途（包括基本系列及派生系列）小功率异步电动机、同步电动机、交流换向器电动机、直流电动机、步进电动机以及适用于日用电器及各种电动器具的规定用途、特殊用途小功率电动机的原理、结构、性能、用途、试验、包装、运输、维修、安全等方面的知识；收录了100个系列近200种不同型号的产品的技术数据；主要产品还附有铁心绕组数据、外形及安装尺寸。所介绍的产品包含了我国目前所生产小功率电动机产品的大多数，覆盖面很广。

本手册采用最新标准，内容丰富、数据可靠、实用性强。

本手册供工农业各部门与应用小功率电动机有关的设计、制造、维修技术人员和电工查阅使用，也可供物资供应、设备配套、生产管理的业务人员备用，更可供从事电机设计、制造的技术人员、有关大专院校师生参考。

小功率电动机应用技术手册

庞启超 主编

责任编辑：牛新国 版式设计：霍永明

封面设计：刘代 责任校对：熊天荣

责任印制：王国光

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

北京市密云县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/8}$ ·印张 $20^{1/8}$ ·插页2·字数528千字

1996年3月第1版第5次印刷

印数 14 751—17 750·定价：26.00元

*

ISBN 7-111-02145-2/TM·296

编 者 的 话

小功率电动机(曾称分马力电动机)作为驱动各种小型机具的动力,随着国民经济的发展以及人民物质文化生活水平的提高,其应用已经逐渐普及到所有用电的地方。这类电动机门类之多、生产规模之大、应用之普及、涉及面之广,已为国内外电工技术、经济界所注目。据报导,一些工业发达国家每个家庭所使用的小功率电动机平均已达60~80台之多。而在各种电动器具、自动化生产线、农业机械等方面的应用则比比皆是。为适应制造、选用、修理小功率电动机技术人员的需要,本手册系统地把小功率电动机产品基础资料、各类一般用途(包括基本系列和派生系列)、规定用途和特殊用途电动机原理、结构、性能、特性参数、用途、外形及安装尺寸、铁心绕组数据、试验方法以及选用维护指南——与电动机应用有关的资料汇集于一册,便于阅读、备查。本手册可供工农业各部门的设计、制造、维修技术人员使用,也可供物资供应、设备配套、生产管理的业务人员在选用、供应电动机时查阅,更可供从事电动机设计、制造的技术人员和大专院校有关专业的师生参考。

根据上述宗旨编写实用专业手册是一项新的尝试。作为一种应用技术手册,集工程手册和产品样本的优点于一身,而在广度、深度和侧重点方面又与它们有明显的区别。因此,本手册兼顾了对各类电动机原理、性能、用途进行系统、简明的叙述,又汇集一些具体型号的产品资料、数据。在取材方面,着重于那些量大面广的、方向性的、关键性的产品,而那些非主要产品的资料则比较简略。而且,对每一项产品只选入一种符合近期标准的、较先进的产品作为代表,而不一一列出各厂家所生产产品的某些区别。至于一些还没有更新的产品,只好选入老产品作为代表了。

不过那些量大面广的产品，将其淘汰的老产品数据作为附录列入本手册中，供维修、设计产品时参考。

在内容编排方面，本手册采用了纵横结合的方式。在纵线上，除一些基础性、共性的原理、资料、数据外，按电动机的工作原理进行分类，综述产品的原理、特性，并辅以基本系列和派生系列产品资料。在横向方面，则按规定用途和特殊用途电动机来组织本手册内容。应该指出，大量的规定用途和特殊用途产品是小功率电动机特点之一。本手册强调了这二类产品的应用特点，同时也介绍了与之配套的工作机械或器具的原理和运行特性，旨在使读者了解整机情况以及这两类产品与整机的依从关系。此外，按我国目前的习惯，小功率电动机只包括各种异步电动机(感应电动机)、同步电动机、直流电动机和交流换向器电动机等四类产品；考虑到国外不少的专著、手册已将步进电动机与上述四类产品并列于同一手册中，故为适应更多读者的需要，本手册也列入了步进电动机一章。

这样，本手册一共收录介绍了 100 个系列、包括近 200 种不同型号的产品的技术数据，覆盖了我国当前生产的小功率电动机产品的绝大多数。当然，还可能有一些产品未收录入本手册中，或者还有一些比本手册已经收录的产品更为先进、用途更为广泛的产品未被发现而没有收录进来，编者谨向这些产品的生产厂家表示歉意，同时也恳切希望这些厂家提供必需的资料，以便在本手册再版时补正。

本手册遵循实用、正确、数据可靠的原则，所引用的产品数据都在附录中注明出处，一方面作为向这些提供资料的厂家表示谢意，另一方面也便于读者查阅。本手册尽量采用了近期颁布的最新标准，而那些尚未修订的标准不得不采用了老标准的数据，但其中一些参数(例如转矩)则由编者近似地折算为法定计量单位的数据，而不是标准的原始数据。鉴于本手册仍收录了小部分未更新的产品以及由于产品所遵循的标准体系不同，或者由于其它的原因致使手册中有些产品型号编制方法不尽统一，也只好忠实

于现状了。

本手册的编写及出版得到了分马力电机行业很多生产厂家的大力支持,先后参加撰写本手册书稿以及草拟初稿或提供资料的有徐俊(第5章以及7.6.4、7.7、7.9.1、7.9.3)、夏祖宇、毛毓安、韩志华、柏德利(第9章)、陈湘坤(4.4.2、4.5、6.6、6.7)、刘基(2.8.2~2.8.4、7.1.2~5)、刘秋荣(10.1)、杜明新(10.2~10.4)以及林文硕(3.3)、陈瑞华(3.6.1)、张英杰(3.6.2、3.6.3)、席文亨(3.6.4)、李振堂(3.6.5、3.6.6.3、8.5)、姜吉琪、李奉贤、康国立(3.6.6.2、3.6.7)、徐裕项(3.6.8)、张安(4.2~4.4)、方一鸣(6.3~6.5)、黄世观(7.2)、刘尤达、杨建伟(7.3.1)、张镇峰(7.4.2)、方德庆(7.5)、王纲毅(7.8)、徐志朝、容启恒(8.2)、叶雍权(8.3)、陈岱军(8.4)、周亚忠(8.7)、张美琼(8.9)、周孝达(8.8)等,何湘吉同志改写了3.6.1~5、8.8及10.1节。庞启淮同志除主编本手册外,还为本手册上述未列到的各章节撰稿,并补充、整理了本手册的上述各章节。

机械工业出版社鲁学平同志对发起、组织本手册的编写付出了辛勤的劳动,陈永校教授、武书鼎高级工程师仔细地审阅了本手册书稿,提出了许多宝贵的意见,还有不少关心本手册编写、出版的同志,编者在此对他们表示真诚的谢意。

虽然尽了很大的努力,本手册还会有不少不完善或不当之处,望读者批评指正。

目 录

编者的话

第1章 基础	1
1.1 发展与体系	1
1.1.1 发展	1
1.1.2 产品特点及分类	2
1.1.3 产品体系	3
1.2 产品型号	4
1.3 铭牌	6
1.4 转矩转速特性	10
1.5 电动机起动、加速与制动	12
1.6 调速	14
1.6.1 类型	14
1.6.2 调速系统的性能指标	19
1.6.3 调速方法	19
1.7 外壳防护分级、冷却方法、结构及安装型式	19
1.7.1 外壳防护分级	19
1.7.2 冷却方法	22
1.7.3 结构及安装型式	24
1.8 电机尺寸及公差	26
1.8.1 尺寸符号	26
1.8.2 尺寸	28
1.9 工作制、定额和温升	31
1.9.1 工作制	31
1.9.2 定额	33
1.9.3 温升	35
1.10 噪声与振动	36
1.10.1 噪声限值	36

1.10.2 振动限值	39
1.11 无线电干扰	41
1.11.1 干扰特性	41
1.11.2 干扰源及其干扰允许值	42
1.12 电动机一般运行条件	44
1.12.1 环境条件	44
1.12.2 电气条件	48
1.13 标准	49
1.13.1 国外标准化组织	49
1.13.2 标准级别与种类	50
1.13.3 标准号	52
第2章 选择和安全使用	55
2.1 选用电动机的原则和程序	55
2.2 根据使用条件选择电动机	56
2.2.1 根据环境条件选用电动机	56
2.2.2 根据电源条件选用电动机	57
2.3 根据负载要求选用电动机	60
2.3.1 电动机类型的选择	60
2.3.2 电动机功率的计算	68
2.3.3 转矩校核	69
2.4 电动机转速的选择	71
2.5 特殊工作条件下电动机的选择	74
2.5.1 变负载时功率的计算	74
2.5.2 频繁起动场合电动机的选择	75
2.5.3 非正常环境条件下电动机的选择	76
2.6 电动机选用实例	76
2.7 小功率电动机的安全使用	81
2.7.1 结构的安全性	81
2.7.2 安装的安全考虑	86
2.7.3 运行时的安全	87
2.7.4 产品安全认证	87
2.8 装入式热保护	90
2.8.1 定义和型式	90

2.8.2 热保护器	93
2.8.3 热保护器的选择	99
2.8.4 热保护器接线	104
第3章 小功率异步电动机基本系列及其派生系列	112
3.1 概述	112
3.2 工作原理	114
3.2.1 气隙磁场与电磁转矩	114
3.2.2 等效电路	119
3.2.3 主要性能计算	123
3.3 结构	123
3.3.1 结构分类及零部件	123
3.3.2 定子绕组	127
3.3.3 起动开关	134
3.3.4 电容器选配	137
3.3.5 线端标记及接线	139
3.4 小功率异步电动机基本系列	141
3.4.1 小功率三相异步电动机	142
3.4.2 单相电阻起动异步电动机	144
3.4.3 单相电容起动异步电动机	150
3.4.4 单相电容运转异步电动机	155
3.4.5 单相双值电容异步电动机	163
3.5 单相罩极异步电动机	165
3.6 小功率异步电动机主要派生系列	171
3.6.1 船用小功率异步电动机	171
3.6.2 小功率交流力矩电动机	173
3.6.3 短时工作异步电动机	176
3.6.4 变压器风扇电动机	178
3.6.5 水泵用小功率异步电动机	181
3.6.6 小功率防爆异步电动机	186
3.6.7 轴流风机用三相异步电动机	194
3.6.8 多速异步电动机	198
3.7 异步电动机老产品数据	209
3.7.1 AO、BO、CO、DO系列异步电动机	209

X

3.7.2 JW、JX、JY、JZ系列异步电动机	219
第4章 小功率同步电动机	221
4.1 概述	221
4.2 磁阻同步电动机	222
4.2.1 结构与原理	222
4.2.2 特性	225
4.2.3 产品数据	227
4.3 磁滞同步电动机	232
4.3.1 结构与原理	232
4.3.2 特性	234
4.3.3 产品数据	236
4.4 永磁同步电动机	240
4.4.1 异步起动永磁同步电动机	240
4.4.2 自起动永磁同步电动机	245
4.5 电磁减速同步电动机	253
4.5.1 结构与原理	253
4.5.2 特性	256
4.5.3 产品数据	257
第5章 单相换向器电动机	259
5.1 类型	259
5.2 单相串励电动机的结构	261
5.2.1 结构类型	261
5.2.2 绕组	264
5.3 工作原理和性能	268
5.3.1 工作原理	268
5.3.2 相量图	269
5.3.3 特性	270
5.3.4 换向与火花	273
5.3.5 噪声	273
5.3.6 无线电干扰	275
5.3.7 泄漏电流	276
5.4 调速	277
5.4.1 调速原理	277

5.4.2 调速器.....	282
5.5 单相串励电动机基本系列.....	285
5.5.1 标准.....	285
5.5.2 G系列单相串励电动机.....	287
5.6 交直流两用电动机.....	294
5.7 单相排斥电动机.....	297
5.8 老产品技术数据.....	299
第6章 小功率直流电动机	307
6.1 类型与结构.....	307
6.1.1 类型.....	307
6.1.2 结构.....	309
6.2 工作原理.....	313
6.2.1 基本电磁关系.....	313
6.2.2 特性.....	314
6.2.3 起动.....	315
6.2.4 调速与稳速.....	316
6.2.5 反转.....	317
6.2.6 晶闸管变流器供电.....	317
6.3 电磁式直流电动机.....	318
6.3.1 类型.....	318
6.3.2 特性和用途.....	318
6.3.3 产品数据.....	320
6.4 永磁直流电动机一般原理.....	323
6.4.1 结构特征.....	323
6.4.2 磁钢工作图.....	327
6.4.3 充磁与磁稳定处理.....	328
6.4.4 特性与产品选用.....	332
6.5 永磁直流电动机.....	334
6.5.1 铝镍钴永磁直流电动机.....	334
6.5.2 铁氧体永磁直流电动机.....	340
6.6 无刷直流电动机.....	354
6.6.1 结构基本环节和工作原理.....	354
6.6.2 性能.....	364

XI

6.6.3 产品数据	364
6.7 其他型式直流电动机	365
6.7.1 盘式永磁直流电动机	365
6.7.2 杯形转子直流电动机	367
第7章 规定用途小功率电动机	370
7.1 风扇电动机	370
7.1.1 一般特性	370
7.1.2 交流台扇电动机	379
7.1.3 吊扇电动机	384
7.1.4 转页式风扇和换气扇用电动机	389
7.1.5 空调器风扇电动机	392
7.1.6 吹风机用电动机	395
7.2 洗衣机电动机	398
7.2.1 波轮式洗衣机用电动机	399
7.2.2 脱水机用电动机	404
7.2.3 全自动波轮式洗衣机用电动机	407
7.2.4 滚筒式洗衣机用电动机	409
7.3 音像设备用电动机	410
7.3.1 盒式录音机用电动机	410
7.3.2 电唱盘用电动机	414
7.3.3 录像机用电动机	419
7.4 真空吸尘器用电动机	420
7.4.1 吸尘器用永磁直流电动机	420
7.4.2 吸尘器用单相串励电动机	420
7.5 密封式制冷压缩机用电动机	423
7.5.1 应用	425
7.5.2 结构特征	428
7.5.3 产品数据	432
7.6 其他家用电器用电动机	432
7.6.1 电动玩具用电动机	432
7.6.2 电动剃须刀用电动机	434
7.6.3 电吹风机用电动机	434
7.6.4 家用缝纫机电动机	437

7.6.5 家用食物粉碎机用单相串励电动机	439
7.7 电动工具用单相串励电动机	441
7.7.1 应用	441
7.7.2 结构特征	441
7.7.3 产品数据	450
7.8 纺织用电动机	450
7.8.1 一般问题	450
7.8.2 纺织用异步电动机	452
7.8.3 纺织用同步电动机	457
7.8.4 纺织用力矩电动机	460
7.9 其它器具专用的电动机	461
7.9.1 医用牙钻电动机	461
7.9.2 液压推动器用异步电动机	462
7.9.3 断路器用交直流两用电动机	463
第8章 特殊用途小功率电动机	466
8.1 齿轮减速电动机	466
8.1.1 应用	466
8.1.2 圆柱齿轮减速异步电动机	468
8.1.3 行星齿轮减速异步电动机	471
8.2 离合器电动机	472
8.3 机床冷却用电泵	480
8.3.1 三相电泵	480
8.3.2 单相电泵	483
8.4 单相潜水电泵	485
8.5 微型电泵	489
8.6 电机式测功机	500
8.6.1 一般问题	500
8.6.2 同步电机型测功机	503
8.6.3 异步电机型测功机	506
8.6.4 制动器型测功机	507
8.7 调压调速单相异步电动机	511
8.8 外转子异步电动机	514
8.9 自制动异步电动机	518

8.10 三相盘式异步电动机	524
8.11 井下仪用小功率电动机	527
第9章 步进电动机	531
9.1 总论	531
9.1.1 用途	531
9.1.2 类型和结构特征	532
9.1.3 工作原理和特性	533
9.1.4 主要性能指标	538
9.2 磁阻式步进电动机	539
9.2.1 结构与工作原理	539
9.2.2 产品数据	547
9.3 永磁感应子式步进电动机	547
9.3.1 结构与工作原理	547
9.3.2 产品数据	552
9.4 永磁式步进电动机	552
9.4.1 结构与工作原理	552
9.4.2 产品数据	554
9.5 步进电动机驱动电源	555
9.5.1 驱动电源的组成	555
9.5.2 驱动电源产品数据	561
9.6 步进电动机应用	561
9.6.1 外形及安装尺寸	561
9.6.2 选择	561
9.6.3 典型应用实例	566
9.6.4 安装与维修	568
第10章 包装、维修与试验	570
10.1 包装、运输与贮存	570
10.1.1 包装	570
10.1.2 运输	581
10.1.3 贮存	581
10.2 维护及常见故障的处理方法	581
10.2.1 电动机通电前的检查	581
10.2.2 电动机运行中的维护	582

10.2.3 电动机常见故障及处理方法	583
10.3 电动机修理	585
10.3.1 异步电动机定子绕组的修理	585
10.3.2 已坏绕组的拆除及重绕	587
10.3.3 绝缘处理	592
10.3.4 单相串励电动机绕组的重绕	594
10.3.5 换向器故障与修理	595
10.3.6 轴承更换	596
10.4 三相电动机由单相电源供电运行	599
10.5 试验	600
10.5.1 试验规则	600
10.5.2 试验方法要点	605
10.5.3 负载试验与温度测量	606
10.5.4 泄漏电流的测量	609
附录一 本书收录的小功率电动机产品一览表	611
附录二 部分生产小功率电动机的企业简介	615
参考文献	626

第1章 基 础

1.1 发展 与 体系

1.1.1 发展

本世纪 20 年代以来,家用电器和各种小型机具在工业发达国家迅速普及并向其它国家扩散,为这些器械配套的小于 1 hp (分数马力)的各类电动机的生产规模,以异乎寻常的速度发展,逐渐形成了分(数)马力电动机的概念和体系,并奠定了它作为电机产品类别中一个分支的地位。经过半个多世纪的发展,当前这类电动机在一些工业发达国家其产量之大、产值之高、应用面之广已为电工技术和经济界所关注。

由于生产这类产品的工业首先在美国,尔后在英国发展起来,所以一开始就按英制度量而使用了“分马力电动机”一词,后来还相继使用过微型电动机、亚分马力电动机、极小电动机等含义相近的术语。随着国际单位制(SI)的推行,“马力”这一计量单位被“瓦”所取代,越来越多的国家已在标准文件中使用“小功率电动机”一词了。近 20 年来,原先使用英制的国家也加速了公制化计划的推行,因而“分马力电动机”一词只是由于其影响深远而作为习惯用语保留着,与“小功率电动机”词语并用。在我国,过去除使用“分马力电动机”一词外,也曾使用“驱动微电机”、“微型驱动电机”之类的词语。随着国家标准 GB2900.27—85《电工名词术语 小功率电动机》的发布,遂统一使用“小功率电动机”一词了。

按照国际标准和我国现行的标准,小功率电动机指折算至 1500r/min 时连续额定功率不超过 1.1kW 的电动机;而分马力电动机指折算至 1000r/min 时连续额定功率不超过 1 hp 的电动机。显然,二者的实质性含义是相同的。而按当前的电机制造技

术水平,上述功率范围的电动机,其几何尺寸约相当于机壳外径不大于160mm或轴中心高不大于90mm。

小功率电动机品种繁多,从航天飞机到家家户户的炉灶设备、在国民经济和科学技术各部门以及人们日常生活中,它的应用无不处处可见。据一些工业发达国家统计,这类电动机的总用电量占了该国全部电动机用电量的80~90%。各类小功率电动机在小型机床、电动工具、农业器械、园艺工具、军事装备、车辆电器、医疗器械、家用电器、办公器械、音响器具、计时及定时器、计算机外围设备、轻工机械以及其它工农业、商业、交通乃至人们日常生活的许多领域中用来驱动小型工作机械,其应用极为广泛。随着工农业生产的发展以及人民物质文化生活水平的提高、家务电气化的普及,小功率电动机的发展前景十分广阔。

1.1.2 产品特点及分类

(1) 特点 小功率电动机除功率和尺寸较小外,其特点为:

1) 结构及安装型式、尺寸、外壳防护分级、冷却方法、功率等级、额定值、性能及试验方法等标准都从属于 IEC 标准体系;

2) 专用产品多,电机的功能、结构、性能、尺寸、安装等都依据于工作机械的要求;

3) 结构简化、轻型,多用冲压成型或注塑成型零件,机械化大批量生产,成本较低;

4) 强调安全性,产品的使用者大多是无电工专业知识人员,要把人身安全放在重要地位;家用电器配套电机,还强调人们居住环境对电机性能(例如噪声、振动)的要求;

5) 产品大多适用于单相交流电源或低压直流电。

(2) 分类 各种小功率电动机有着不同的服务目的、使用条件、运行特性和技术要求,按不同的原则进行分类:

1) 按产品工作原理及结构分类 根据电机的工作原理和结构来区分,小功率电动机的主要类型如表 1-1 所示。

2) 按产品用途分类 按电动机的用途来区分,分为一般用