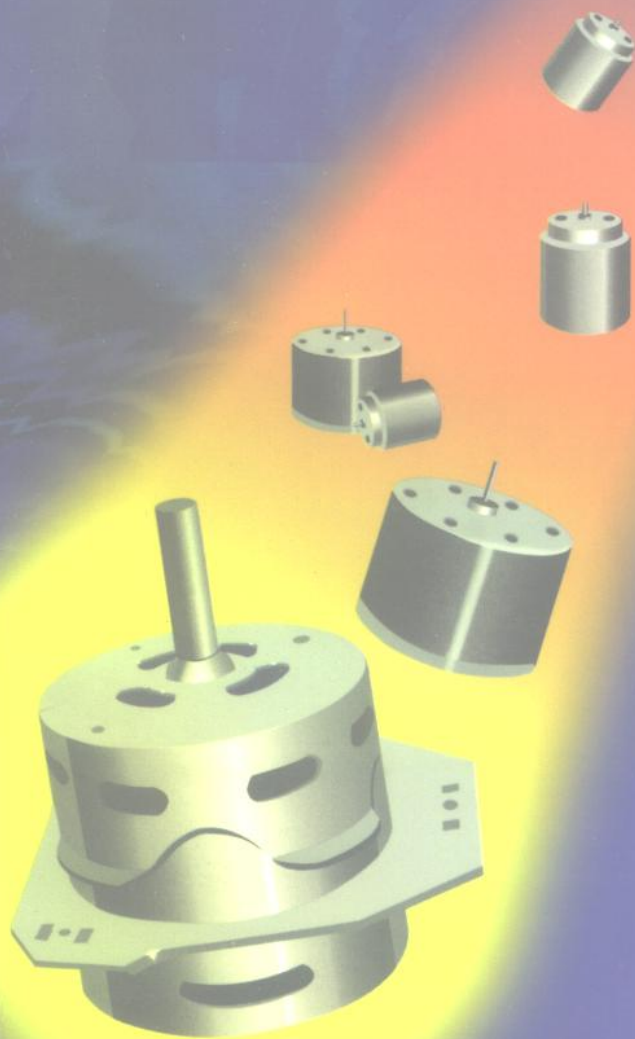


小功率电动机

选择与应用技术

庞启淮 编著



32
9



人民邮电出版社
PEOPLE'S POSTS &
TELECOMMUNICATIONS
PUBLISHING HOUSE

415496

小功率电动机选择与应用技术

庞启淮 编著

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

小功率电动机选择与应用技术/庞启淮编著. - 北京:人民邮电出版社,1998.10
ISBN 7-115-07193-4

I.小… II.庞… III.电动机,小功率-基本知识 IV.TM32

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 20134 号

小功率电动机选择与应用技术

Xiaogonglu Diandongji Xuanze yu Yingyongjishu

◆ 编 著 庞启淮

责任编辑 李少民

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

北京朝阳隆昌印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:787×1092 1/16

印张:16.5

字数:408 千字

1998 年 11 月第 1 版

印数:1-4 000 册

1998 年 11 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-07193-4/TN·1385

定价:20.00 元

内 容 提 要

本书围绕合理选择、正确使用小功率电动机的有关问题,论述了选用电动机的基本原则、程序和工作方法,简明地阐述了各类小功率电动机的原理、特性和应用范围;介绍了一般运行条件下依赖于环境、电源、负载三要素来选择电动机的原则和方法及选用电动机功率的计算;还专门介绍了诸如化工腐蚀、防爆、调速、低速、制动、节能等特殊条件下电动机的选择;较详细地论述了电动机在各类家用电器中的应用、工作特性及专用电动机的选择;阐明了电动机安全性能、热保护、电磁干扰、安全使用、维护与故障分析等实际应用问题。书中列有大量实用图表、数据和应用实例。

本书实用性强,内容丰富、新颖,数据可靠,采用最新标准。

本书可供从事小电动机使用、维护、修理人员以及设备配套、供应、生产管理人员查阅使用,也可供电动机设计、制造的技术人员及大专院校的师生参考。

前 言

近代,小功率电动机生产规模之大、应用之广、品种之多、涉及面之宽,已为国内外电工技术、经济界所注目。在国民经济和科学技术的各个领域以及人们的日常生活中,它们的应用无不处处可见:各类交、直流小功率电动机在小型机床、电动工具、农业机械、家用电器、办公器械、音响器具、计算机外围设备、食品机械、娱乐器具以及其他工农业、商业、交通乃至人们生活的许多方面,被广泛用来驱动小型工作机械以提高生产和工作效率、减轻人体劳动、提高产品质量和生活情趣。随着四个现代化的步伐、工农业生产发展和人民物质文化生活水平的提高,公务和家务电气化的普及,小功率电动机的发展和应用前景更为广阔。

在各类小功率电动机应用领域中,只有那些生产量很大的成套产品或者在较重要的应用领域,在选择使用电动机时才经过严密的论证、推断、计算和试验,所选择的电动机既能满足工作机械驱动要求且技术先进、经济合理,甚至还配有专门的技术人员使用、维护。毕竟这种电动机是一种量大面广、普及型的产品,不可否认还有许许多多的应用尚不尽合理或还不很了解怎样才能合理选择、正确使用小功率电动机。因此,要在发展生产、普及应用的同时,同步地传播、普及、提高对小功率电动机应用的技术知识,指引、提高有关人员对于合理选择、保障安全、正确使用小功率电动机的理解和认识,从而提高技术水平和经济效益。此乃编写本书的目的。

本书先论述了选用电动机的基本原则、工作方法和程序,简明地分析了各类小功率电动机的原理、特性、应用范围并列出了主要系列通用和专用电动机的特征和性能参数;介绍了一般运行条件下依赖于环境影响、电源条件及系统输出效应(负载)三个要素来选择电动机的原则和方法,同时论述了常见类型的工作机械功率计算方法和按发热等效来计算电动机功率,并据此来选择电动机的电压、转速、功率、防护型式和安装方式;还专门介绍了诸如化工腐蚀、防爆、调速、低速、制动、节能等特殊条件下电动机的选择方法及如何选择使用相应的产品。专设一章较详尽地论述了电动机在洗衣机、吸尘器、电风扇、冰箱与空调器、水泵、缝纫机、食物拌碎机等家用电器的应用以及它们的工作特性、专用电动机的选择;最后一章叙述了电动机安全性能、热保护、电磁干扰、安全使用、维护与故障分析等在电动机使用中碰到的实际技术问题。书中相应章节中列入大量实用的图表、数据及应用实例,可供实际工作时查阅使用。所有的资料均引用最近生产的产品数据和最新的适用标准,正确、可靠。

本书可供从事电动机选择、使用、维护、修理人员以及设备配套、物资供应、生产管理人员查阅,也可供电动机及驱动系统设计、制造的技术人员及大专院校相关专业的师生参考。

编写本书时,参考和引用了国内外的资料及已经发表的设计、研究成果、有关国家标准和专业标准。本书的编写和出版得到了上海日用电机厂及该厂厂长马宝发高级工程师的有力支持,编者的工作单位广州电器科学研究所以及中国电器工业协会分马力电机分会和有关的同志给予了大力的支持与鼓励;并承蒙广东工业大学陈湘坤教授、原上海微型电机厂总工程师何澄源高级工程师审阅了本书书稿,提出了许多宝贵意见;郁维铭高级工程师给予很大帮助与鼓励;在此,一并表示真诚的谢意。

尽管在编写中作了很大的努力,书中可能还避免不了存在不完善或不当之处,望批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 导论	1
1.1 选用电动机的基本原则	1
1.2 选用电动机的工作程序	1
1.3 选用电动机的工作方法	2
1.4 小功率电动机产品体系	5
1.5 小功率电动机的安全性	11
第 2 章 小功率电动机的技术要求及其特性	13
2.1 电动机的基本技术要求	13
2.2 电动机的铭牌	15
2.3 三相异步电动机的基本特性	20
2.3.1 结构与原理	20
2.3.2 基本特性	24
2.3.3 产品数据	27
2.4 单相异步电动机的基本特性	30
2.4.1 单相异步电动机一般原理	30
2.4.2 单相电阻启动异步电动机	35
2.4.3 单相电容启动异步电动机	37
2.4.4 单相电容运转异步电动机	38
2.4.5 单相双值电容异步电动机	42
2.4.6 单相罩极异步电动机	43
2.5 小功率同步电动机的基本特性	45
2.5.1 磁阻同步电动机	46
2.5.2 永磁同步电动机	47
2.5.3 磁滞同步电动机	48
2.6 小功率直流电动机的基本特性	48
2.6.1 基本结构与工作原理	48
2.6.2 电磁式直流电动机	51
2.6.3 永磁式直流电动机	53
2.6.4 无刷直流电动机	55
2.7 小功率单相串励电动机的基本特性	59
2.7.1 结构与原理	59
2.7.2 基本特性	60
2.7.3 产品数据	61
第 3 章 一般运行条件下电动机的选择	63

3.1 电动机的一般运行条件	63
3.1.1 环境条件	63
3.1.2 电气条件	65
3.2 电动机类型的选择	65
3.3 外壳防护等级的选择	71
3.3.1 外壳防护分级	71
3.3.2 外壳防护等级的选择	73
3.4 结构及安装型式的选择	74
3.5 工作制和定额的选择	76
3.5.1 工作制	76
3.5.2 定额	77
3.5.3 工作制和定额的选用	77
3.6 转速的选定	78
3.6.1 直接驱动时电动机转速的选定	78
3.6.2 变速驱动的机械传动方式选择	80
3.7 功率选定与转矩校核	83
3.7.1 功率的选定	83
3.7.2 转矩的校核	85
第4章 选用电动机功率的计算	88
4.1 驱动系统动力学	88
4.1.1 机械特性	88
4.1.2 机组的运动	90
4.1.3 电动机的四种运行状态	93
4.2 摩擦性负载的功率计算	94
4.2.1 直线运动方式的计算	95
4.2.2 旋转运动的计算	98
4.3 风机和泵驱动功率的计算	100
4.4 小型提升、运输、金属切削机械功率的计算	102
4.5 按发热等效条件计算电动机的功率	103
4.5.1 发热与温升	103
4.5.2 短时工作制电动机功率的计算	106
4.5.3 非恒定负载下电动机功率的计算	109
4.5.4 周期工作制电动机功率的计算	111
4.6 笼型异步电动机允许每小时启动次数	113
第5章 特殊工作条件下电动机的选择	115
5.1 户外、化工腐蚀环境工作电动机的选择	115
5.1.1 应用范围及环境条件分级	115
5.1.2 防护措施及环境适应性试验	116
5.2 爆炸性环境工作电动机的选择	118
5.2.1 防爆标志	119

5.2.2 结构特征	121
5.2.3 电动机选用	128
5.3 调速驱动装置的选择	128
5.3.1 一般原则	128
5.3.2 直流电动机调速装置	131
5.3.3 电磁调速异步电动机	135
5.3.4 异步电动机变频调速	139
5.4 低速驱动用电机的选择	144
5.4.1 齿轮减速电动机	144
5.4.2 永磁式电磁减速同步电动机	150
5.4.3 交流力矩电动机的应用	154
5.4.4 爪极式永磁同步电动机	157
5.5 自制异步电动机的应用	157
5.6 根据节能原则选用电动机	162
第6章 电动机在家用电器中的应用	165
6.1 洗衣机用电动机	165
6.1.1 波轮式洗衣机电动机	165
6.1.2 脱水机用电动机	172
6.1.3 滚筒式洗衣机用电动机	174
6.2 干衣机用电动机	176
6.3 真空吸尘器用电风机	177
6.3.1 应用	177
6.3.2 结构与性能	180
6.4 电风扇用电动机	182
6.4.1 类型及技术要求	183
6.4.2 扇叶特性与电动机的选配	185
6.4.3 调速方法	189
6.4.4 结构与技术数据	191
6.5 密封式制冷压缩机用电动机	196
6.5.1 电动机的工作条件	196
6.5.2 结构与性能特征	201
6.5.3 电动机的控制与保护	204
6.6 空调器风扇用电动机	206
6.6.1 一般技术要求	206
6.6.2 钢板壳空调器风扇用电动机	207
6.6.3 空调器风扇用塑封式电动机	209
6.7 微型水泵	210
6.7.1 微型清水泵	211
6.7.2 单相潜水电泵	213
6.8 音像设备及照相机用电动机	215

6.9 其他家用电器用电动机	217
6.9.1 普及型永磁直流电动机	217
6.9.2 家用食物拌碎机用单相串励电动机	218
6.9.3 家用缝纫机用电动机	221
6.9.4 电吹风用电动机	222
6.9.5 电冰箱蒸发器风扇用电动机	223
第7章 电动机的使用与维护	225
7.1 电动机的安全性能	225
7.1.1 结构的安全保障	225
7.1.2 载流件的安全性	227
7.1.3 绝缘物与非金属件的安全性	228
7.1.4 综合安全性能	232
7.1.5 安全性能检测	233
7.2 电动机装入式热保护	234
7.2.1 热保护和热保护器	234
7.2.2 热保护在电动机中的应用	239
7.3 电动机的电磁干扰	240
7.3.1 干扰特性	241
7.3.2 干扰源及抑制干扰的方法	241
7.4 使用电动机的安全事项	244
7.5 维护与故障诊断	246
7.5.1 维护	246
7.5.2 故障诊断	246
附录 小功率电动机的基本技术要求	249
参考文献	254

第1章 导 论

1.1 选用电动机的基本原则

小功率电动机,即功率在1.1kW以下的各类小电动机,作为驱动各种小型机具的动力,其应用已经普及到所有用电的地方。各种小电动机在小型机床、电动工具、农业机械、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各个场所和各行各业的应用十分广泛。当今,这类电动机规格之多、生产规模之大、应用之普及、涉及面之广,已为电工技术、经济界所注视。所以,在这样广泛的应用对象及这么繁多的产品门类面前,科学经济的选择、正确合理的使用好电动机,确实不是一件容易的事。

虽然在商品经济发达的时代,电动机制造厂商总是千方百计设计制造满足不同用户各种需要的电动机,并将电动机的性能、用途、适应性详细地介绍给用户,但电动机使用者更关心的是选择什么样的电动机才能满足实际的使用需要而又最经济;所以,必须把了解使用要求与了解电动机的性能、用途相结合,才能正确选择、使用电动机。

皆知,电动机的应用,总是由驱动工作机械的电动机与控制保护装置一起组成电力传动控制系统,按规定的指令及时控制电动机的启动、运转、停机、调速、加速、制动、反转等过程以及故障显示、保护,来完成工作机械及生产工艺过程的要求。虽然因应用场合的不同,系统的大小、复杂程度、精度、响应速度、自动化程度、可靠性、效率和经济性等都有所不同,甚至相差悬殊,但是选用电动机的基本原则是大体相同的。

那么,正确选用电动机的基本原则是什么呢?

(1) 电动机的机械特性、启动、制动、调速及其它控制性能应满足工作机械特性和生产工艺过程的要求,电动机工作过程中对电源供电质量的影响(如电压波动、谐波干扰等),应在容许的范围内;

(2) 按预定的工作制、冷却方法及负载情况所确定的电动机功率,电动机的温升应在限定的范围内;

(3) 根据环境条件、运行条件、安装方式、传动方式,选定电动机的结构、安装、防护型式,保证电动机可靠工作;

(4) 综合考虑一次投资及运行费用,整个驱动系统经济、节能、合理、可靠和安全。

1.2 选用电动机的工作程序

选用电动机的简明工作程序见图1-1。图中列出选择电动机的依据及由此而得的电动机选择条件,这是选用电动机的基本思路。

选用电动机的人员要根据工作机械的使用环境、工作条件和要求(启动、加速、负载、转速、

工作制等)确定电源种类和电压、电动机功率、转速、传动方式、工作制、防护等级、安装方式,最终确定电动机的型号和规格,选定电动机。

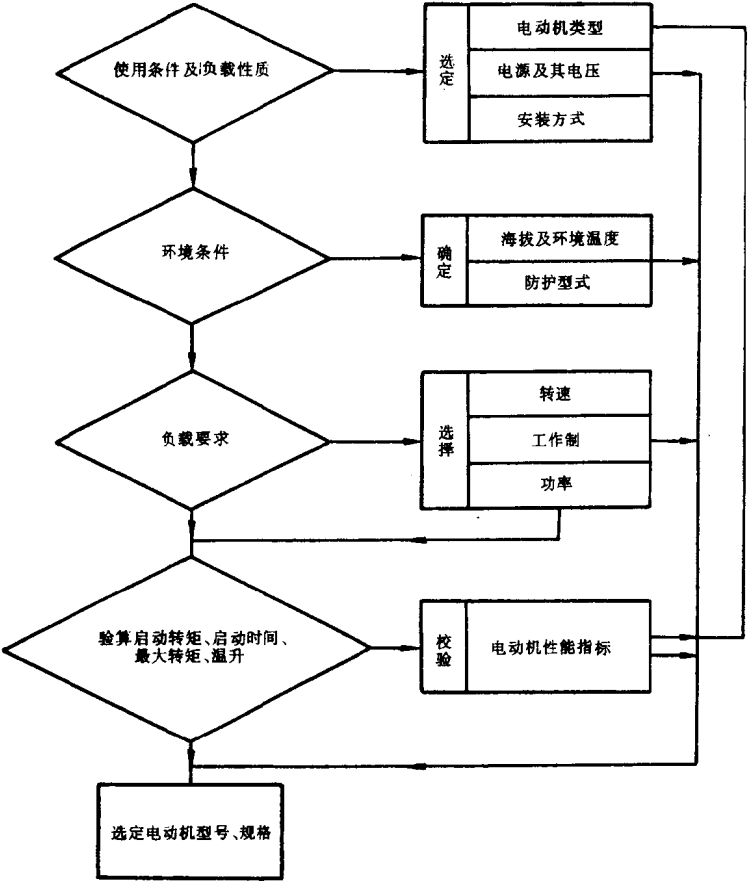


图 1-1 选用电动机的工作程序

图 1-2 和图 1-3 给出了具体的、可供操作的选用电动机程序,图 1-2 是电动机结构安装型式选择程序,图 1-3 是根据电气机械特性选择电动机程序。这两个程序,同时也是阅读本书的引导和备查的纲目。

对特殊或专用的电动机,可编制简化的专用的程序,以便更科学、快捷地选用电动机。

1.3 选用电动机的工作方法

选择电动机的方法,多依赖于分析、判断和计算。有时候,特别是对一些工作于不稳定负载的电动机功率的确定,计算难以得到令人满意的结果。近代,辅以统计分析或类比的方法,验证所选电动机的正确性。统计分析或类比法,就是通过统计、分析一系列相同或类似的工作机械所配用电动机的型式和功率,得出电动机功率与工作机械某一参数的关系(例如车床的工件直径与配用电动机的功率),建立近似的数学模型,借此来分析其他规格或新发展规格的工作机械所配用的电动机参数。

重要的是,弄清负载(工作机械)的工作条件和要求以及电动机产品的现状,作为正确选用电动机的前提条件。这就是说,弄清楚“需要些什么?”和“能供给些什么?”才是至关重要的。

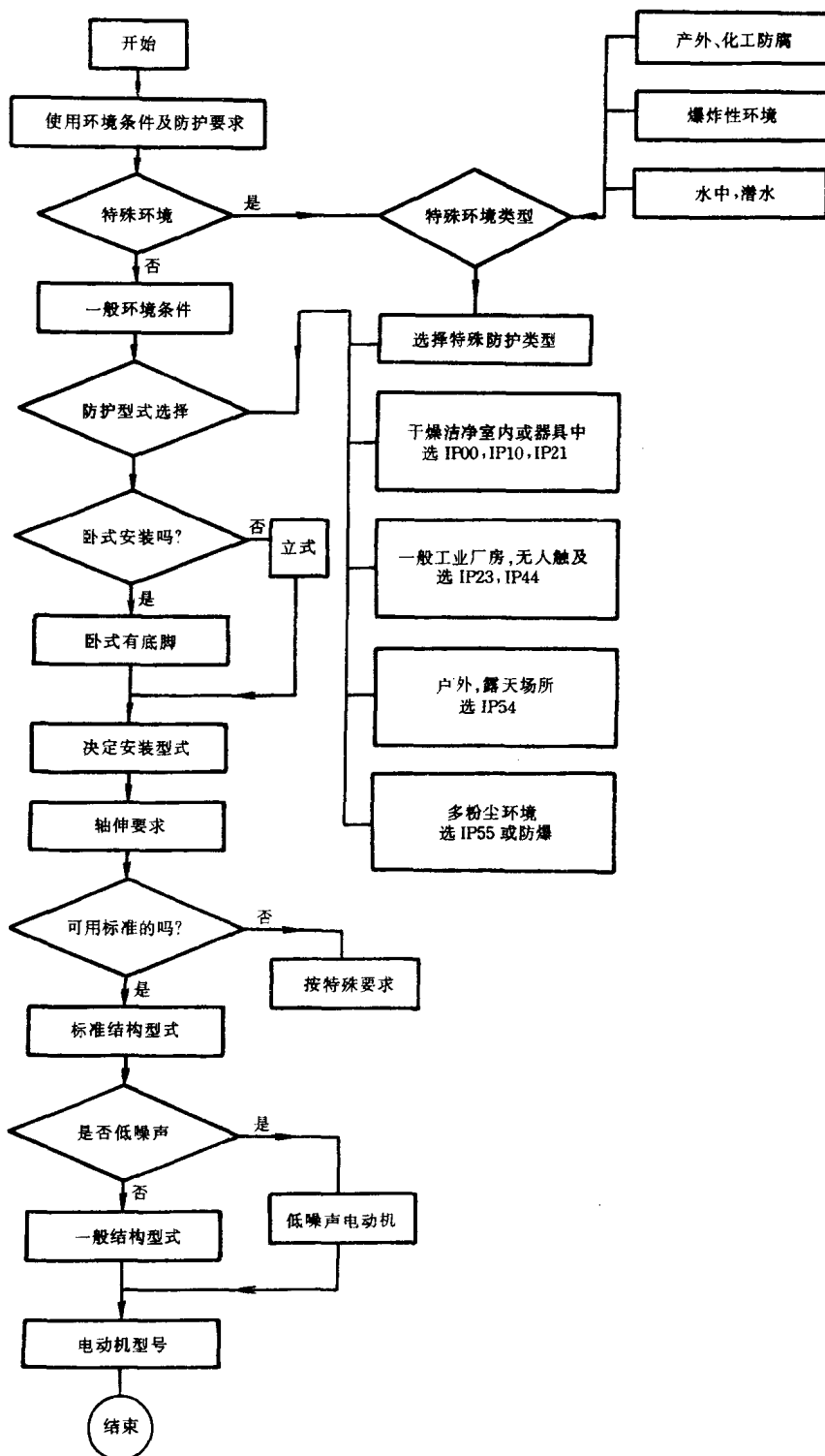


图 1-2 电动机结构安装型式选择程序

首先决定选用通用电动机或是专用电动机。要注意,在小功率电动机诸多产品中,专用电动机的应用和生产规模处于突出的地位。通常只要有适当的专用电动机就优先选择专用电动机。

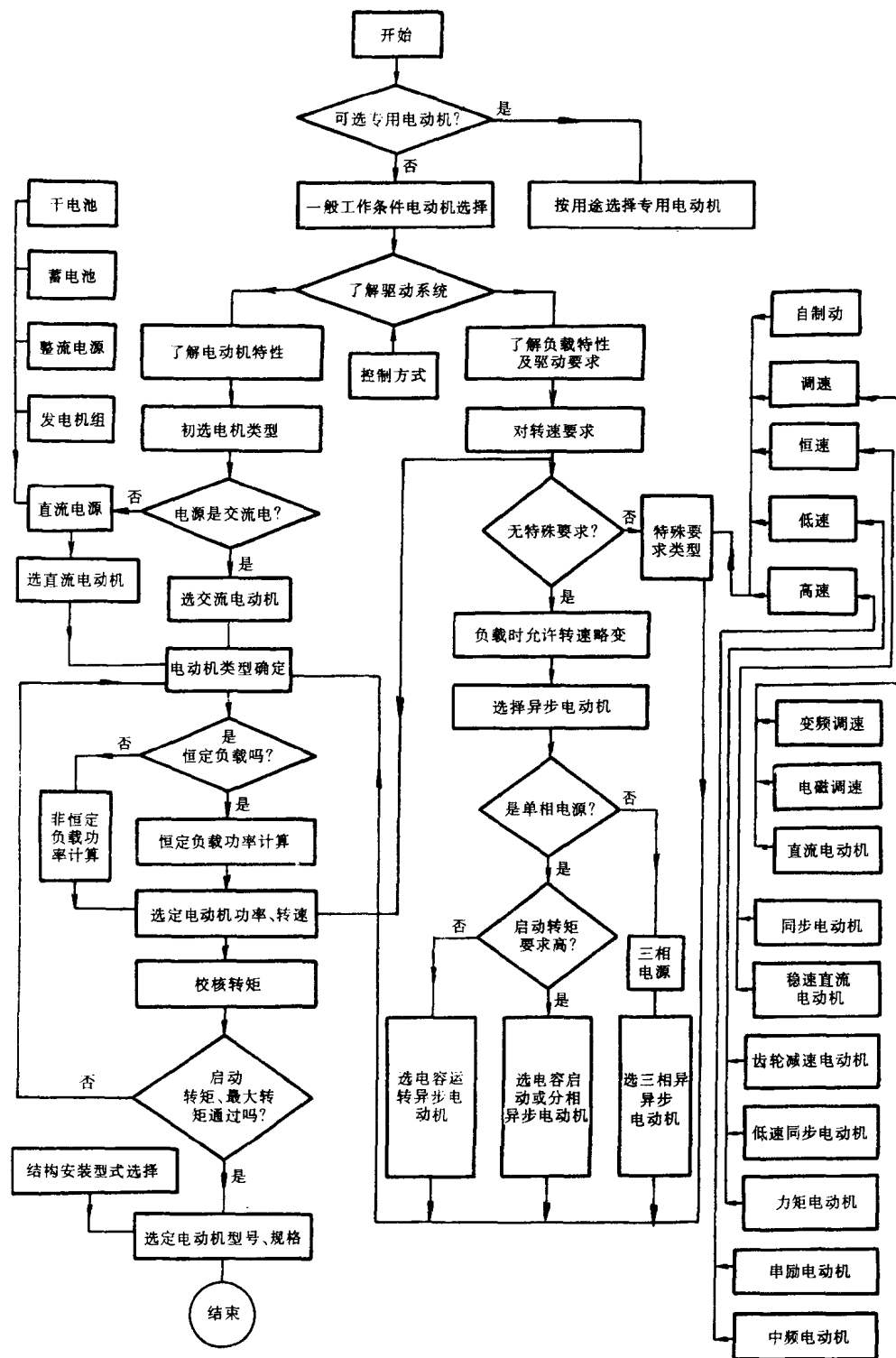


图 1-3 根据电气机械特性选用电动机程序

机而不去选用通用电机。这不仅简化了选择电动机的考虑,更能方便地选择到更合需要的、廉价的电动机。例如选择配用于洗衣机的电动机,首先考虑从洗衣机电机系列中选用,此时只要

从转矩、功率、安装尺寸的核对符合需要即可。这是因为专用电机的环境适应性、安装方式、结构、性能都已充分考虑了规定的工作机械的特点和要求,且对其安全性、噪声、振动、可靠性、工作期限、无线电干扰等都与通用电机的要求有所不同;另外,专用电机的生产规模较大,价格比同功率的通用电机低许多。

1.4 小功率电动机产品体系

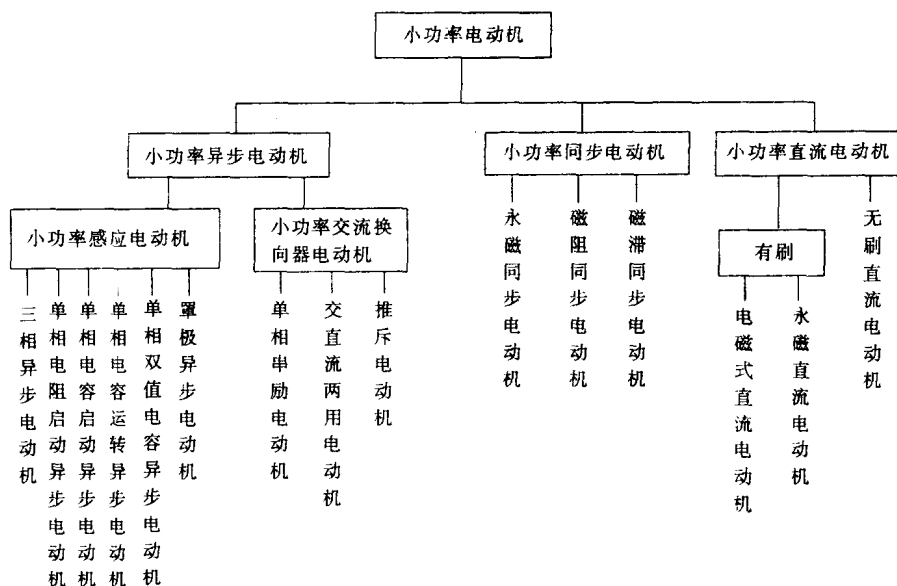
小功率电动机,指折算至 1500r/min 时连续额定功率不超过 1.1kW 的电动机,曾称分马力电动机。按目前的电动机制造水平,上述功率范围的电动机,其几何尺寸约相当于机壳外径不大于 160mm 或轴中心高不大于 90mm。

根据电动机的工作原理和结构来区分,小功率电动机的主要类型见表 1-1^①。各主要类型小功率电动机的原理线路、机械特性、性能特点常见的功率范围、转速、相对价格约数以及其典型应用见表 1-2。

根据电动机的用途来区分,可以分为一般用途电动机、规定用途电动机和特殊用途电动机。通常,把前者称为通用电动机,把后二者称为专用电动机。

表 1-1

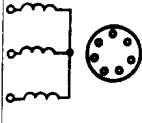
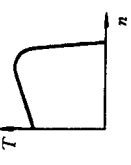
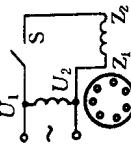
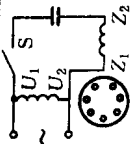
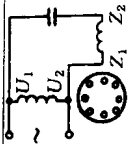
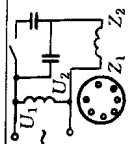
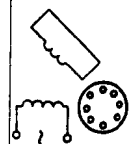
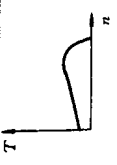
小功率电动机的分类



一般用途电动机指按标准额定值进行设计和制造的电动机,其运行特性和机械结构适用于一般的工作条件,而限于某一特定用途或某一类型的用途。就是说,这是一类在标准、特性和结构方面都不带特殊应用条件限制的通用电动机,国外也常称为标准电动机。我们常见的一般用途小功率三相异步电动机、单相电容启动异步电动机等等都属这一类。规定用途电动机是指按标准额定值设计和制造,但其运行特性和机械结构适宜于某一特定类型用途的电动机。由于这类电动机专为某一规定用途而设计制造,产品的功能和经济性都具有较优良的指标,因而它在小功率电动机的品种和产量、生产规模都处于行业的突出地位。这一类产品如

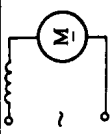
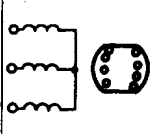
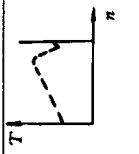
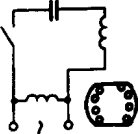
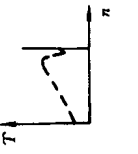
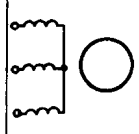
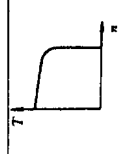
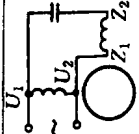
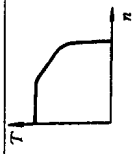
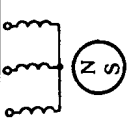
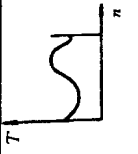
^① 感应电动机是异步电动机的一种,在不致于引起误会的场合,通常也把感应电动机称为异步电动机。

表 1-2 主要类型的小功率电动机性能特点及其典型应用

分 类	产 品 名 称	原 理 线 路	机 械 特 性 $T=f(n)$	性 能 特 点				功 率 范 围 (W)	转 速 ^① (r/ min)	同 机 座 号 电 机 功 率 约 数	同 功 率 的 电 机 价 格 约 数	典 型 应 用
				启 动 转 矩	力 能 指 标	转 速 特 点	其 他					
异 步 电 动 机	三 相 异 步 (感 应) 电 动 机			较大 $T_{ao} > 2.2$	高	变化 不大	可逆转	> 10	3000, 1500, 1000	100	100	有三相电源的场合, 如小型机床、泵、电钻、风 机
	单 相 阻 抗 启 动 异 步 电 动 机			中等 $T_{ao} = 1.1 \sim 1.6$	不高	变化 不大	可逆 转, 启 动 电 流 大	60 ~ 370	3000, 1500	50	120	低惯量、不常启动、 转速基本不变的场合, 如 小车床、鼓风机、医疗器 械
	单 相 电 容 启 动 异 步 电 动 机			大 $T_{ao} = 2.5 \sim 2.8$	不高	变化 不大	可逆 转, 启 动 电 流 中 等	120 ~ 3000	3000, 1500	50	135	驱动空压机、泵、制 冷压缩机等要求重载启 动的机械
	单 相 电 容 运 转 异 步 电 动 机			小 $T_{ao} = 0.35 \sim 0.6$	高	可调 速	噪 声 低, 不 宜 轻 载 运 行	6 ~ 180	3000, 1500	75	110	直接与工作机械连 接并要求低噪声的场合, 如风扇、通风机、洗衣机
	单 相 双 值 电 容 异 步 电 动 机			大 $T_{ao} > 1.0$	高	可调 速 噪 声 低		180 ~ 3000	3000, 1500	100	125	负载启动及要求噪声低、 年使用时数高的场合, 如 泵、机床、食品机械、木工 机械、农业机械
	罩 极 异 步 电 动 机			小 $T_{ao} < 0.5$	低	可调 速	不 能 逆 转	2 ~ 40	3000, 1500	25	60 ~ 70	对启动转矩要求不 高、工作时间较短的场 合, 如小风扇、排气机、电 动模型、复印机

① 异步电动机指其同步转速。

续表

分 类	产 品 名 称	原 理 线 路	机 械 特 性 $T = f(n)$	性 能 特 点				功 率 范 围 (W)	转 速 (r/ min)	同 机 座 号 电 机 功 率 约 数	同 功 率 的 电 机 价 格 约 数	典 型 应 用
				启 动 转 矩	力 能 指 标	转 速 特 点	其 他					
异 步 电 动 机	单 相 串 励 电 动 机			很 大	高	转 速 高, 调 速 宽	机 械 特 性 软	8 ~ 750	4000 ~ 20000	110 ~ 160	110	转 速 随 负 载 大 小 而 变 化 或 是 高 速 驱 动, 如 电 动 工 具、吸 尘 器、搅 拌 器 等
	三 相 磁 阻 同 步 电 动 机			中 等	不 高	恒 定	可 逆 转	10 ~ 750	1500	67	115	用 于 功 率 较 大 的 恒 转 速 驱 动, 如 摄 影 机、大 型 复 印 机、通 信 设 备
同 步 电 动 机	单 相 磁 阻 同 步 电 动 机			中 等	不 高	恒 定		3 ~ 10	1500	32 ~ 50		用 于 单 相 电 源 的 恒 速 驱 动
	三 相 磁 滞 同 步 电 动 机			较 大	较 低	恒 定	牵 入 同 步 性 能 好	6 ~ 80	3000, 1500	45 ~ 50		自 动 记 录 装 置、音 响 装 置、仪 表 等 驱 动
	单 相 磁 滞 同 步 电 动 机			较 大	较 低	恒 定	牵 入 同 步 性 能 好	0.6 ~ 60	3000, 1500	35 ~ 40		录 音 机、自 动 记 录 装 置、音 响 设 备、仪 器 仪 表 等 驱 动
	三 相 自 启 动 永 磁 同 步 电 动 机			不 大	高	恒 定	稳 定 性 好	250 ~ 4000	3000, 1500, 1000	80 ~ 100		恒 速 连 续 工 作 机 械 的 驱 动, 如 化 纤、纺 织 机 械

续表

分 类	产 品 名 称	原 理 线 路	机 械 特 性 $T=f(n)$	性 能 特 点				功 率 范 围 (W)	转 速 (r/ min)	同 机 座 号 电 机 功 率 约 数	同 功 率 的 电 机 价 格 约 数	典 型 应 用
				启 动 转 矩	力 能 指 标	转 速 特 点	其 他					
同 步 电 动 机	单相自启动永 磁同步电动机			不大	较高	恒定	稳定性好		3000, 1500, 1000	50~70		恒速连续工作机械 的驱动,如化纤、纺织机 械
	单相爪极式永 磁同步电动机			小	低	恒定	低速大 转矩	<3	375, 500			低速及恒速的驱动, 如转页式风扇、自动记录 仪表定时器等
直 流 电 动 机	永磁直流电动 机			较大	高	可调速	机械特 性硬	0.15~75	1500~ 3000, 3000~ 12000	65~70		小功率直流驱动,如 电动玩具、电动工具、音 响设备、汽车电器等
	无刷直流电动 机			较大	高	可调速	无火花 噪声小					要求低噪声、无火花 的场合,如宇航设备、摄 影机等
	并(他)励直流 电动机			较大	高	易调速	负载变 化转速 变化不 大	25~750 及以上	600~ 6000			用于相对功率较大、 要求调速的场合,如自动 焊接机