

电机实用技术

王季秩 陈景华 陆培庆 编著

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书从实用性出发,系统地介绍了异步电动机、直流电动机、同步电动机、步进电动机、交直流两用电动机、发电机的结构、特点和运行特性;电机使用环境;电机选用;电动机控制技术;电机使用与维修;电机设计和修理计算。书中除了详细地介绍有关电机的实用理论知识外,还有应用实例,供读者参考。

本书内容丰富、实用性强,可供从事电机工作的工程技术人员及电机工人参考,也可供大专院校电机专业师生参考。

责任编辑 郭雨水

电机实用技术

王季秩 陈景华 陆培庆 编著

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所经销 常熟第四印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 24.75 插页 4 数字 584,000

1997年 1月第 1版 1997年 1月第 1次印刷

印数 1—3,000

ISBN 7-5323-4193-3/TM·101

定价: 26.40元

前 言

有关电机的书籍已经非常多了。通常,电机书籍多半是满足从事电机的教学、科研、开发设计、制造生产和维修等方面的专业人员学习、深造和参考之用,而对电机的选用、应用、调试和维护的书籍相对少一些,尤其是涉及目前广泛应用的直流电机、步进电机、永磁电机以及电机控制系统等类产品的介绍更少。本书作者是从当前电机中缺口内容出发,以电机实际应用所碰到的问题为主要题材,编著《电机实用技术》一书。

本书按实用的要求分写成六章:第一章,电机的结构、特点和运行特性;第二章,电机使用环境;第三章,电机选用;第四章,电动机控制技术;第五章,电机使用与维修;第六章,电机设计和修理计算。上述内容均是围绕电机的实际需要,总结实际工作的经验,写出电机实用的理论基础知识,为从事电机工作的工程技术人员、科研人员和技术工人提供广泛的知识 and 信息数据。

本书第一章,第二章,第四章第一、二节和第五节的 5.1 和 5.2 由陈景华副教授编著;第三章,第五章,第六章由王季秩研究员级高级工程师编著;第四章第三、四节和第四章第五节的 5.3 和 5.4 由陆培庆高级工程师编著。

本书在编写过程中,得到上海电机工程学会理事长寒松高级工程师和常州宝马集团公司总经理韩听本高级经济师的大力支持和鼓励,深表感谢。

由于电机技术涉及面广、发展较快,本书的内容应该十分丰富,但因篇幅所限,作者只能对电机实用技术作一抛砖引玉的入门启迪。因时间仓促,书中难免有不足和错误之处,恳请读者批评指正。

编著者

1995 年 9 月

目 录

第一章 电机的结构、特点和运行特性	1
第一节 概述	1
1.1 分类	1
1.2 基本原理	1
1.3 基本特点和应用	4
第二节 异步电动机	4
2.1 三相异步电动机	18
2.2 单相异步电动机	23
第三节 直流电动机	23
3.1 概述	23
3.2 电磁式直流电动机	28
3.3 永磁式直流电动机	36
3.4 无刷直流电动机	39
第四节 同步电动机	39
4.1 概述	39
4.2 基本特性	41
4.3 永磁同步电动机	44
4.4 磁滞同步电动机	45
4.5 磁阻同步电动机	47
4.6 电磁减速式同步电动机	49
第五节 步进电动机	49
5.1 概述	49
5.2 通电运行方式	50
5.3 基本特性和性能指标	53
5.4 磁阻式步进电动机	54
5.5 永磁感应子式步进电动机(混合式步进电动机)	55
5.6 永磁爪极式步进电动机	55
第六节 交直流两用电动机	56
6.1 结构	56
6.2 基本特性	58
6.3 换向、噪声和无线电干扰	58
6.4 产品简介	59
第七节 同步发电机	60
7.1 结构和工作原理	60
7.2 基本特性	62
7.3 励磁系统	

7.4 产品简介	63
第二章 电机使用环境	65
第一节 环境基本条件	65
1.1 概述	65
1.2 一般环境条件	65
1.3 温升限值的修正	66
第二节 电源条件	66
2.1 一般(工频)交流电源	66
2.2 调速电动机用交流电源	68
2.3 一般直流电源	70
2.4 调速直流电动机用电源	71
第三节 防护、冷却和安装	72
3.1 外壳防护形式	72
3.2 冷却方法	74
3.3 安装结构及安装形式	75
第四节 噪声、振动和无线电干扰	78
4.1 噪声	78
4.2 振动	79
4.3 无线电干扰	83
第三章 电机选用	85
第一节 选用电机准则	85
第二节 电机的负载	86
2.1 电动机的负载	86
2.2 发电机的负载	89
第三节 电动机选用	89
3.1 选用指南	89
3.2 电动机选择	91
3.3 电动机性能选择	118
3.4 转速与位置调节	132
3.5 节能与高效率	142
3.6 电动机选用小结	144
第四节 发电机选用	144
4.1 额定电气数据和电气特性	144
4.2 交、直流电源的质量要求	145
4.3 其它要求	145
第五节 选用实例	146
5.1 风机与电动机	146
5.2 家用吸尘器与电动机	147
5.3 泵与电动机	148
5.4 增量控制运动系统与电动机	149
5.5 振动器与电动机	153

第四章 电动机控制技术	155
第一节 直流电动机控制技术	155
1.1 概述	155
1.2 相控晶闸管直流调速系统	157
1.3 PWM 直流调速系统	174
第二节 交流变频调速系统	184
2.1 概述	184
2.2 转速开环恒压频比控制的变频调速系统	184
2.3 转速闭环转差频率控制的变频调速系统	192
2.4 矢量控制变频调速系统	194
第三节 无刷直流电动机控制技术	198
3.1 基本组成	198
3.2 位置传感器	200
3.3 电动机的驱动电路与绕组形式	204
3.4 无刷直流电动机控制技术	206
第四节 步进电动机控制技术	209
4.1 基本组成	209
4.2 脉冲发生器	209
4.3 脉冲分配器	210
4.4 驱动线路	212
4.5 直流功率电源	215
4.6 微步运行	215
4.7 步进电动机的计算机控制	217
第五节 应用举例	218
5.1 专用集成电路在 PWM 直流控制系统中的应用	218
5.2 风机、水泵类通用机械的节能技术	225
5.3 激光打印机用无刷直流电动机的锁相控制	229
5.4 舞台用黄金电脑灯用步进电动机微步运行控制	231
第五章 电机使用与维修	233
第一节 电机运行和维护	233
1.1 电机运行前检查	233
1.2 电机安装	235
1.3 运转前检验	237
1.4 电机运行和维护	238
第二节 电机检修	243
2.1 异步电动机检修	243
2.2 电磁式直流电机检修	252
2.3 永磁式直流电动机检修	261
2.4 交直流两用电动机特殊检修	272
2.5 步进电动机检修	274
第三节 电机检修试验	276
3.1 电机修理试验项目和要求	276

3.2 一般性检查和试验	281
3.3 一般性检查试验方法	282
3.4 特殊项目检查、试验及试验方法	290
第六章 电机设计和修理计算	297
第一节 异步电动机计算	297
1.1 三相异步电动机设计计算方法	297
1.2 单相异步电动机设计计算方法	307
1.3 罩极式单相异步电动机设计计算	312
1.4 定子绕组的改制和重绕计算	313
1.5 三相电动机改为单相电动机设计计算	316
第二节 直流电动机计算	318
2.1 永磁式直流电动机设计计算	318
2.2 电磁式直流电动机设计计算	328
2.3 直流电动机改制计算	330
第三节 永磁同步电动机计算	332
3.1 主要技术指标	332
3.2 主要尺寸	332
3.3 定子	333
3.4 转子	333
3.5 磁路计算	334
3.6 磁导及磁钢空载工作点	334
3.7 参数	335
3.8 工作特性	336
第四节 步进电动机计算	337
4.1 磁阻式步进电动机设计计算	337
4.2 永磁感应子式步进电动机设计计算	340
4.3 永磁爪极式步进电动机设计计算	348
第五节 交直流两用电动机计算	353
5.1 主要技术指标	353
5.2 主要尺寸	353
5.3 电枢、定子及换向	355
5.4 磁路计算	356
5.5 定子绕组(串励绕组)	357
第六节 微小型永磁式发电机设计计算	359
6.1 主要技术指标	359
6.2 直流电源变为交流电源的技术指标	359
6.3 主要尺寸	359
6.4 电枢	360
6.5 转子和转子漏磁导	361
6.6 外磁路的空载特性	362
6.7 电枢绕组参数	363
6.8 特性	365

附录	366
附表 1 电磁线常用数据表	366
附表 2 各种槽形单位漏磁导计算	368
附表 3 正弦绕组每槽导线数分配和基波绕组系数 K_{dp1} 表	372
附图 1~19 交流异步电动机计算用系数和常数的曲线	373
参考文献	383

第一章 电机的结构、特点和运行特性

第一节 概 述

1.1 分类

电机有电动机、发电机和信号电机三大类。根据使用电源、电机性能和结构,发电机可分为直流发电机和交流发电机两种;电动机可分为交流电动机(异步电动机、同步电动机、交流伺服电动机)、直流电动机、交直流两用电动机、步进电动机和开关磁阻电动机等多种;信号电机可分为测速发电机、自整角机、旋转变压器和感应整步器等。其中,电动机是电机的主要门类。表1-1列出了主要电机的分类。

当然,电机还有其它许多分类方式,这里不一一列举了。

1.2 基本原理

电机是机电能量和机电信号相互转换的电气机械。其工作原理建立在下述基本定律和原理基础上的:

法拉第电磁感应定律(阐述感应电势是怎样产生的);

安培全电流定律(阐述磁场是怎样产生的);

比-萨电磁力定律(阐述电磁转矩是怎样产生的);

基尔霍夫定律(阐述电路参数间应遵循的定律);

能量守恒原理(阐述能量转换过程中应遵循的原则)。

当电功率从电源输入电动机后,通过电动机内部的电磁作用产生电磁转矩,驱动机械负载旋转做功。在电功率转换为机械功率的过程中,在电动机内部产生铜损、铁损和机械损耗。这些损耗引起电动机发热和能量递减。当原动机驱动发电机转子旋转后,通过发电机内部的电磁作用,在定子绕组内产生电势和电流,为电气负载提供电功率。在原动机的机械功率转换为电功率的过程中,在发电机内部同样产生各种损耗,引起发电机发热和能量递减。

电机的效率为

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - \sum P}{P_1} = 1 - \frac{\sum P}{P_1}$$

式中: P_1 为电机输入功率; P_2 为电机输出功率; $\sum P$ 为电机总的损耗。

损耗引起电机发热。电机最易热损坏的部分是绕组绝缘。电机的额定数据、工作制和环境条件等,都受绕组允许温度的制约。

1.3 基本特点和应用

1.3.1 异步电动机

异步电动机特别是鼠笼异步电动机,由于结构简单、运行可靠、维修方便和价格便宜等特点,广泛用于国民经济和日常生活的各个领域,是生产量最大、应用面最广的电机。在有

表 1-1 电机分类

电 机	交 流 电 机	异 步 电 动 机	三相异步电动机	
			单相异步电动机	电阻起动单相异步电动机 电容起动单相异步电动机 电容运转单相异步电动机 双值电容单相异步电动机 罩极单相异步电动机
		同 步 电 动 机	直流励磁式同步电动机 永磁同步电动机 磁滞同步电动机 磁阻同步电动机 电磁减速式同步电动机	
		交流伺服电动机		
	直 流 电 机	电磁式直流电动机		他励直流电动机 并励直流电动机 串励直流电动机 复励直流电动机
		永磁直流电动机 直流伺服电动机 直流力矩电动机 无刷直流电动机		
		交直流两用电动机		单相串励电动机 交直流两用电动机 三相交流换向器电动机
		步进电动机	磁阻式步进电动机 永磁式步进电动机 混合式步进电动机	
	发 电 机	开关磁阻电动机		
		交流发电机	励磁式同步发电机 永磁同步发电机 异步发电机	
直流发电机		直流发电机 电子整流器式直流发电机		
信 号 电 机	速度信号电机	交流测速发电机 直流测速发电机		
	位置信号电机	自整角机 旋转变压器 感应整步器		

三相电源的地区,宜用力能指标高、运行性能好的三相异步电动机;在没有三相电源只有单相电源的农村、城镇、山区和家庭等地方,则采用小功率单相异步电动机。目前,世界各国异步电动机的年耗电量约占电网总负荷的 50%~60%。而异步电动机的功率因数都是滞后的,要求电网提供大量滞后无功功率,这就明显地增加了电网负荷和降低了异步电动机的运行效率。此外,异步电动机的调速性能较差。这些都是人们一直关注的问题。

1.3.2 同步电动机

由于同步电动机结构比较复杂、起动比较困难和价格比较高,在一般应用场合不能跟异步电动机相竞争。但同步电动机的转速与电源频率保持严格正比的关系,在电源频率不变的情况下,转速不受电源电压和负载变化的影响。因此,在要求恒速驱动的电气设备中广泛采用同步电动机。

调节同步电动机的励磁可改变其功率因数。永磁同步电动机由于效率高、功率因数可超前等优点,可在许多场合代替异步电动机实现节能的目的。许多国家都在致力于这方面的开发推广工作,其发展前途是很大的。

1.3.3 直流电动机

直流电动机具有优异的起动、调速等运行性能。但由于有电刷换向器,使电动机结构复杂、运行不可靠、成本较高;以及需采用直流电源等,限制了它在许多场合的应用。

尽管如此,长期以来占整个电力拖动容量 20% 左右的高性能、可变速电力拖动系统,几乎都采用电磁式直流电动机。对小功率永磁直流电动机,除了用于调速、稳速等要求较高的场合,还可与电池等独立电源配套,作为便携式或移动式电子电气设备的驱动电动机。而空心杯电枢、印制电枢、绕线盘式电枢等永磁直流电动机,既是自动控制系统中精密的伺服电动机,又可在频繁起停和正反转运行的应用场合作驱动电动机。

无刷直流电动机既具有一般直流电动机优异的运行性能,又消除了电刷换向器的固有缺点,在性能要求高、工作环境恶劣的场合,得到了广泛应用。

必须指出,小功率直流电机在汽车、飞机等领域,有着广泛的应用。

1.3.4 交直流两用电动机

交直流两用电动机的机械特性很软,具有调速和起动性能好、过载能力大、可采用交流和直流电源供电等特点。特别适用于需要高速旋转、要求体积小、重量轻、便于手提或移动等电气器械。

异步电动机的最高转速,不能达到 8000 r/min (电源频率 50 Hz),因此当需要高于 3000 r/min 转速的交流电动机时,就须选用交直流两用电动机。

1.3.5 步进电动机

步进电动机是在输入电脉冲信号直接作用下步进运行的电动机。是数字控制系统中的执行电动机和数字电子装置中的驱动电动机。一般电动机都无法替代步进电动机的这种独特作用。由于步进电动机通常用于开环数字控制系统中,它的性能基本上决定了系统的性能,是系统的关键元件。

1.3.6 伺服电动机

交流或直流伺服电动机,是高精度速度和位置闭环伺服系统中的执行元件。和普通电动机相比,在基本原理和结构上没有特别明显的差别。但由于它是控制系统的伺服元件,在性能要求上和普通电动机截然不同。它必须具有灵敏度高(电动机始动电压小)、动态响应快(电动机机械时间常数和电磁时间常数小)、机械特性和调节特性线性度高等控制性能。它常常在堵转附近作伺服运行,因此对堵转性能有明确要求。而普通电动机的额定数据和效率等力能指标,对它不是主要的,甚至没有多大意义的。

1.3.7 小型发电机

小型同步发电机与内燃机和汽油机等原动机配套,可组成小型移动或固定电站,作为工

矿企业、医院、旅馆、船舶、铁路工程建筑、林木业、城镇、农村、牧区和军队等的自备电源。既可作照明、动力、通讯和日用电器等一般用途的电源，又可作应急备用电源。

特别是我国有三亿左右的农、牧、渔民，生活在远离电网的无电少电地区。而这些地区的风力资源一般又较丰富。近年来发展起来的小型风电装置及其风力永磁发电机，大多以单机单户形式，为牧区、山区、海岛的照明、家用电器及小型动力设备等提供了电源，其发展潜力和社会经济效益是巨大的。

小型同步发电机可以是交流电源，也可以通过电子整流器变为直流电源。

此外，直流发电机在汽车和飞机等设备中，也有广泛的应用。

第二节 异步电动机

在我国和其他许多国家，80%~90%的电气原动力为异步电动机，其用电量占电网总负荷的50%~60%左右。根据美国能源署的一项调查报告，到1991年美国1~120马力的电动机已超过125亿台；53%~58%的电能消耗在这些电动机上；与其它设备相比，1~5马力的异步电动机所拖动的工业设备更多。

2.1 三相异步电动机

2.1.1 概述

三相异步电动机分基本系列、派生系列、专用系列和小功率系列。

基本系列是具有一般性能和一般用途的电动机系列。其中Y(IP44)和Y(IP43)是三相异步电动机中产量最大应用最广的小型异步电动机系列。Y(IP44)系列电动机为封闭式结构，功率范围为0.55~160 kW，机座号为H80~315 mm。Y(IP23)系列电动机为防护式结构，功率范围为5.5~250 kW，机座号为H160~355 mm。

派生系列是为适应电力拖动系统和环境条件的某些要求，在基本系列上作部分改变而导出的系列，分电气派生、结构派生和特殊环境派生系列。电气派生系列有YX系列高效率异步电动机、YH系列高转差率异步电动机、YD系列变极多速异步电动机等。结构派生系列有YR系列绕线转子异步电动机、YOCJ系列齿轮减速异步电动机、YZO系列低振动低噪声异步电动机等。特殊环境派生系列有Y-W系列户外型异步电动机、Y-F系列化工防腐型异步电动机、YB系列隔爆型异步电动机、Y-H系列船用异步电动机等。

专用系列是具有特殊使用和防护要求而专门设计制造的电动机系列。这类电动机针对性强，其工作和维护更为经济和适用。如专用于木工机床配套的YM系列木工用异步电动机，专用于电动阀门配套的YD系列电动阀门用电动机，专用于交流客货电梯及其它各类升降机的YTD、YTD₂系列电梯用异步电动机，以及适用于石油、化工、煤矿等有爆炸危险场合的防爆异步电动机等。

小功率系列是折算至1500 r/min连续额定功率不超过1.1 kW的电动机系列。其几何尺寸大约相当于机壳外径不大于160 mm或轴中心高不大于90 mm。其基本系列为AO2三相异步电动机。派生系列有AO2-H系列船用三相异步电动机、BAO2系列隔爆型三相异步电动机、YSF系列轴流风机用三相异步电动机等。

表1-2列出了Y系列小型三相异步电动机一览表。

2.1.2 结构

图 1-1 为小型三相异步电动机的结构图。

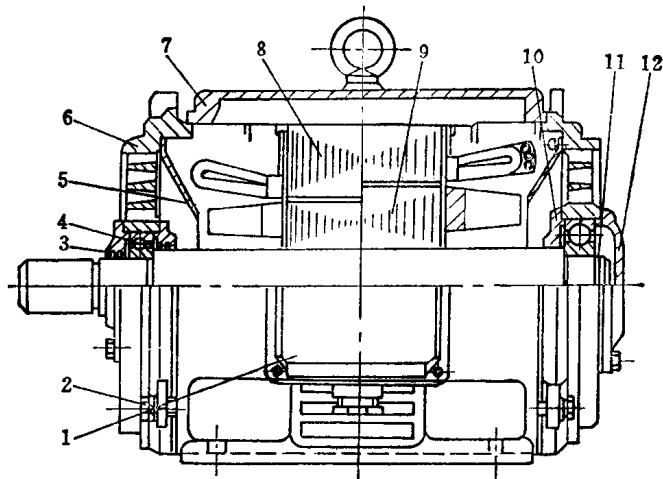


图 1-1 小型三相异步电动机结构

1—接线盒； 2—紧固件； 3—轴承外盖； 4—轴承； 5—挡风板； 6—端盖； 7—机座； 8—定子铁心；
9—转子； 10—轴承内盖； 11—轴用挡圈； 12—轴承外盖

表 1-2 Y 系列小型三相异步电动机一览表

系列名称	机座号与功率范围	外壳防护型式	冷却方式	安装方式	特点与应用
Y (IP44) 基本系列小型三 相异步电动机 (封闭式)	0.55~160 kW H80~H315	IP44	IC0141	IMB3 IMB35 IMV1	一般用途鼠笼三相异步电动机。用于对起动、调速性能及转差无特殊要求的设备。IP44 型外壳防护结构为封闭式，适用于灰尘多、水土飞溅的场所。
Y (IP23) 基本系列小型三 相异步电动机 (防护式)	11~250 kW H160~H355	IP23	IC01	IMB3 IMB35	IP23 型外壳防护结构为防护式，适用于周围环境较干净、防护要求较低场合
YX 派生系列高 效率三相异步电 动机	2.2~90 kW H100~H280	IP44	1C0141	IMB3 IMB35 IMV1	电动机效率指标较基本系列平均提高 3%。适用于运行时间较长、负荷率较高的场合，能较大幅度节能节电
YD 派生系列变 极变速三相异步 电动机	0.55~90 kW H80~H280	IP44	IC0141	IMB3 IMB35 IMV1	适用于变级调速的场合。电机转速有双速、三速、四速三种类型
YZC 派生系列 低振动、低噪声 三相异步电动机	0.55~15 kW H80~H160	IP44	IC0141	IMB3 IMB35 IMV1	主要用于精密机床等设备，可满足 JB1180-71《精密机床用小型电动机的振动和噪声》的有关要求

(续表)

系列名称	机座号与功率范围	外壳防护型式	冷却方式	安装方式	特点与应用
YH 派生系列高转差率三相异步电动机	0.9~66kW (FC=25%) H80~H280	IP44	IC0141	IMB3 IMB35 IMV1	转子采用小槽、深槽结构,电机转差率高、机械特性软、堵转转矩较高和堵转电流较小。电机负载持续率(FC)分为15%、25%、40%、60%四种。适用于拖动飞轮力矩较大、具有冲击性的负载以及启动和反转较多的设备
YB 派生系列隔爆型三相异步电动机	0.55~160kW H80~H315	IP44 或 IP54	IC0141	IMB3	电机结构具有隔爆功能,用于具有燃性气体或蒸气与空气形成的爆炸性混合物的场所。为适应煤矿需要,电源电压220/380V或380/660V, F级绝缘,但温升作B级考核
YA* 派生系列增安型三相异步电动机	0.55~90kW H80~H280	IP54	IC0141	IMB3 IMB35	定子温升限值要求比基本系列低10℃(电阻法不超过70K),并规定转子堵转温升限值,定子绕组配置保护装置。适用于Q ₂ 类爆炸危险场合(在正常情况下没有爆炸危险,仅在不正常或事故情况下,爆炸性混合物可达到爆炸浓度的场所)
YCT 派生系列电磁调速三相异步电动机	0.55~90kW H112~H355	电动机 IP44	IC0141	IMB3	由电磁离合器和电动机组成一体。是一种恒转矩无级调速电动机。调速比达1:2~1:10;转速变化率精度可达<3%
YCY 派生系列齿轮减速三相异步电动机	电动机: 0.55~15kW 减速器: 9~3400N·m 15~600r/min	IP44	IC0141	IMB3	由Y系列电动机与齿轮减速器直接耦合而成。专用于低速大转矩机械传动的驱动装置
YEP 派生系列旁磁制动三相异步电动机	0.55~11kW H80~H160	IP44	IC0141	IMB3 IMB35	由电动机与分磁块、制动装置组成一体。具有快速制动的特点。适用于要求迅速准确停车的场合,如启动运输机械等。电动机为断续工作方式
YEJ 派生系列电磁铁制动三相异步电动机	0.55~45kW H80~H225	电动机 IP44 制动装置 IP23	IC0141	IMB3 IMB35	由电动机与电磁铁制动器组成。电动机为连续工作方式。用途同上

(续表)

系列名称	机座号与功率范围	外壳防护型式	冷却方式	安装方式	特点与应用
YLB 派生系列 立式深井泵用三 相异步电动机	5.5~132kW H132~H280	IP23 (H160~H280) IP44 (H132)	IC01 IC0141	IMV6	是驱动立式深井泵的专 用电动机,适用于广大农 村及工矿吸取地下水
YR(IP44) 派生系列绕线转 子三相异步电动 机	4~132kW H132~H280	IP44	IC0141	IMB3	转子为绕线式,具有碳 刷集电环结构,能在转子 回路中外接电阻,具有较 好的起动性能和能在小范 围内调速。YR(IP44)为 封闭结构,可用于灰尘较 多、水土飞溅的场所。YR (IP23)为防护式结构,可 用于周围环境较干净的场 所
YR(IP23) 派生系列绕线转 子三相异步电动 机	7.5~132kW H160~H280	IP23	IC01	IMB3	
Y-W派生系列 户外型三相异步 电动机	0.55~90kW H80~H280	IP54 或 IP55	IC0141	IMB3 IMB35 IMV1	适用于一般户外环境气 候条件及户内有腐蚀性气 体或腐蚀性粉尘的场所。 有户外、轻腐蚀、中等腐 蚀、强腐蚀四种防护类型
Y-F派生系列化 工防腐型三相 异步电动机					
Y-H派生系列船 用三相异步电动 机	0.55~90kW H80~H280	IP44 或 IP54	IC0141	IMB3 IMB35	在结构与材料上考虑了 船舶使用的特点。适用于 在海洋、江河航运的一般 船舶
YZ 专用系列起 重冶金三相异步 电动机	1.5~30kW H112~H250	IP44 (一般环境用) IP54 (冶金环境用)	IC0041 (H112 ~H132) IC0141 (H160以上)	IMB3 IMB35 IMV1	本系列电动机专用于冶 金辅助设备及各种起重 电力拖动用动力设备。断 续工作制方式。对电机工 作可靠性要求很高
YZR 专用系列 起重冶金三相异 步电动机	1.5~200kW H112~H400				

1. 定子铁心

由定子冲片装压后用扣片或其它方法扣紧,形成定子铁心。定子冲片用硅钢片冲制而成。冲片表面应进行绝缘处理,如涂绝缘漆或在冲片表面进行氧化膜处理,以减少铁心涡流损耗和增强抗腐蚀和防锈性能。定子铁心是电机的主要磁路部分,且槽内嵌有定子绕组,它是电机的关键部件之一。

2. 定子绕组

定子绕组由匝数相等、空间互差 120 电角度的三相对称绕组组成。它可接成 Y 或 Δ 连接型式。按电动机极数和槽数,小型三相异步电动机定子绕组常采用单层链式、单层同心式和单层交叉式三种型式。导线采用耐热漆包圆铜线。常用的定子单层绕组绝缘结构,包括:槽绝缘、相间绝缘、槽楔、引接线绝缘和绕组浸渍漆绝缘处理。当三相电源电压加到定子三

相绕组后,在电动机内部形成一个圆形旋转磁场。在该旋转磁场作用下产生转矩,使电动机带着机械负载转动,实现电能和机械能的转换。因此,定子绕组是电机的关键部件之一。

3. 铸铝转子

鼠笼型异步电动机采用铸铝转子。由转子冲片叠装成转子铁心。转子铸铝时,由熔化铝液铸成由导条和端环组成的铝笼,以及端环上的风叶片和平衡柱。转子应校平衡,以削弱电机的噪声和振动。转子铁心是电机主要磁路部分,鼠笼导条和端环是转子绕组。导条和旋转磁场作用,产生转矩驱动电动机旋转。因此,铸铝转子是异步电动机的关键部件之一。

4. 机座

机座是电机的主要结构件。其选型应满足对防护型式、冷却方式和安装型式的要求。常用铸铁、铸铝和钢板制成。其中,铸铁机座多用于小型异步电动机,铸铝机座和钢板机座常用于小功率异步电动机。

5. 端盖

端盖是支承轴承并承受径向和轴向负荷的重要结构件。多采用铸铁端盖(小型异步电动机),也有用铸铝端盖(小功率异步电动机)。端盖结构应符合外壳防护等级要求。端盖与机座、端盖与轴承室配合面的加工和装配,是保证电机性能的关键之一。

2.1.3 基本特性

1. 基本公式

从电网输入电动机的电功率

$$P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi \quad (\text{W}) \quad (1-1)$$

电动机轴上输出的机械功率

$$P_2 = \frac{T n}{9.55} \quad (\text{W}) \quad (1-2)$$

电动机效率

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = 1 - \frac{\sum P}{P_1} \quad (1-3)$$

电动机机械特性(转矩-转速特性)实用表达式

$$T = \frac{2T_m}{\frac{s}{s_m} + \frac{s_m}{s}} \quad (\text{N} \cdot \text{m}) \quad (1-4)$$

电动机转差率

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \quad (1-5)$$

式中

m_1 ——定子相数;

U_1 ——定子相电压(V);

I_1 ——定子相电流(A);

$\cos \varphi$ ——电动机功率因数;

T_2 ——电动机轴上输出转矩(N·m);

n ——电动机转速(r/min);

$\sum P$ ——电动机总损耗(W);

T ——电动机电磁转矩(N·m);

T_m ——电动机最大电磁转矩(N·m),

s_m ——电动机临界转差率,

n_s ——同步转速(r/min),

$$n_s = \frac{60 f_1}{p} \quad (1-6)$$

其中 f_1 ——电网频率(Hz);

p ——电动机极对数。

2. 工作特性

异步电动机的工作特性是输入功率 P_1 、定子电流 I_1 、效率 η 、功率因数 $\cos \varphi$ 及转差率 s , 与输出功率 P_2 的关系曲线。即 $P_1 = f(P_2)$ 、 $I_1 = f(P_2)$ 、 $\eta = f(P_2)$ 、 $\cos \varphi = f(P_2)$ 、 $s = f(P_2)$ 曲线, 如图 1-2 所示。

3. 机械特性(转矩-转速特性)

机械特性是异步电动机的主要特性, 描述转矩 T 和转速 n 的关系。它与负载机械特性相配合, 决定了电动机的选择以及电力拖动系统的运行性能、设备投资和运行经费等。

式(1-4)为异步电动机机械特性实用表达式, 最适用于机械特性的工程计算。式中 T_m 和 s_m 可从电动机产品目录中查得的最大转矩倍数 $\lambda_M = \frac{T_m}{T_N}$ 、额定功率 P_N (W)、额定转速 n_N (r/min) 求得

$$\therefore T_N = 9.55 \frac{P_N}{n_N} \quad (\text{N} \cdot \text{m})$$

$$s_N = \frac{n_s - n_N}{n_s}$$

$$\therefore T_m = \lambda_M T_N$$

$$s_m = s_N (\lambda_M + \sqrt{\lambda_M^2 - 1})$$

把上述计算结果代入式(1-4), 即可画出电动机的机械特性。

【例】一台 AO2-8024 异步电动机, 查得 $P_N = 0.75 \text{ kW}$, $n_N = 1400 \text{ r/min}$, $\lambda_M = 2.4$ 。

则

$$T_N = 9.55 \frac{P_N}{n_N} = 9.55 \times \frac{750}{1400} = 5.12 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$s_N = \frac{n_s - n_N}{n_s} = \frac{1500 - 1400}{1500} = 0.0667$$

$$T_m = \lambda_M T_N = 2.4 \times 5.12 = 12.29 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$s_m = s_N (\lambda_M + \sqrt{\lambda_M^2 - 1}) = 0.0667 \times (2.4 + \sqrt{2.4^2 - 1}) = 0.306$$

$$T = \frac{2T_m}{\frac{s_m + s}{s} + \frac{s}{s_m}} = \frac{24.58}{\frac{0.306 + s}{s} + \frac{s}{0.306}}$$

由上式即可画出 AO2-8024 异步电动机的机械特性曲线 $T = f(s)$ 或 $T = f(n)$ 。

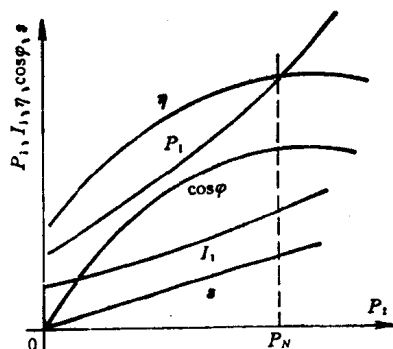


图 1-2 异步电动机工作特性