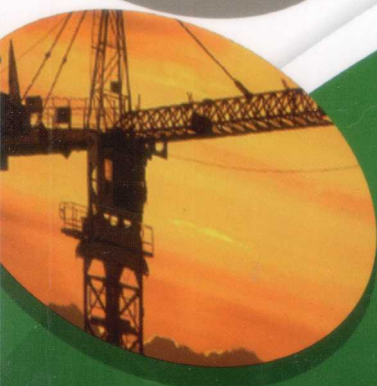


施耐德电气 变频器原理与应用

王兆宇 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



施耐德电气变频器原理与应用

王兆宇 主编



机械工业出版社

内 容 简 介

本书从实际应用的角度出发,结合施耐德电气 ATV61/71 变频器,阐述了变频器调速的基本概念和基本原理、参数设置、基本操作、应用功能模块网络通信、典型应用、谐波防治以及故障处理,在编写安排上充分考虑了广大初学者自学的需要,采用由浅入深,易于接受,由简到繁的叙述方式,使读者能够迅速地掌握电动机拖动的基础知识,并且能熟练地使用施耐德电气 ATV61/71 变频器。

本书涉及的 Modbus、CANopen、Modbus+、以太网等现场总线通信实例可在施耐德电气(中国)投资有限公司中国官方网站上下载 <http://www.schneider-electric.cn>。

本书特别适合施耐德电气变频器用户、变频器的初学者和有一定电力拖动知识的工程技术人员使用,也可以用作高等院校电机拖动、电气自动化、机电一体化等专业的教材。

图书在版编目(CIP)数据

施耐德电气变频器原理与应用/王兆宇主编. —北京:
机械工业出版社, 2009.6

ISBN 978-7-111-26954-0

I. 施… II. 王… III. 变频器 IV. TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 065794 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:林春泉 责任编辑:赵玲丽

版式设计:霍永明 责任校对:肖新民

封面设计:鞠 杨 责任印制:李 妍

北京振兴源印务有限公司印刷厂印刷

2009 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 21.25 印张 · 1 插页 · 524 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-26954-0

定价: 47.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379059

封面无防伪标均为盗版

编委名单

主 编：王兆宇

编 委（按拼音顺序）：

蔡 旺	陈伊明	陈玉辉	陈占英	储云峰
崔志达	耿立虹	管晓峰	郝庆阳	火辉忠
李红阳	刘 欣	刘 妍	刘允松	任华建
任叶挺	石彦丽	宋孝利	王江先	王香钧
邢德忠	夏正东	姚 帅	郁陈华	张建芳
郑庆海	朱志军			


序

很高兴看到《施耐德电气变频器原理与应用》一书与大家见面。在这里我首先要感谢我们的技术服务中心的全体同事以及机械工业出版社的专家们，这是你们在10个月中辛勤工作的结晶。谢谢你们！

现今世界，能源问题已成为制约经济高速发展和环境保护的核心因素。特别是对于中国这样的世界级制造大国，降低能耗，保护环境，提高产品的质量和生产效率，更是成为提高国民经济生产水平的当务之急。作为全球能效管理专家的施耐德电气，凭借其在电力与自动化领域的领先地位，始终秉承客户第一的理念，一直致力于改善客户在电力与自动化领域的绩效和日常生活水平，一直致力于为客户提供更安全、更可靠，更高效和更多产的节能增效解决方案。施耐德电气进入中国20多年以来，在为中国经济的快速发展做出杰出贡献的同时，自身也获得了快速的发展：到2008年，施耐德电气在中国已经拥有了21家制造工厂、2个研发中心、4个分公司、36个区域办事处、1个实验室和1个研修学院，共计15,000名员工。

客户关爱中心（Customer Care Center）是施耐德电气在中国的重要客户支持平台，自2003年成立以来得到了快速发展。目前，拥有130多名专业人员，通过电话，传真和网络等多通道为客户提供涵盖商务咨询、技术支持、投诉处理及售后服务等全方位服务。客户关爱中心始终把客户满意放在第一位，想客户之所想，急客户之所急，每天都在用自己的专业和热情为客户提供优质、高效的服务。通过全体同事的不懈努力，客户关爱中心不但在2006年就通过了ISO9001的质量体系认证，同时也得到了市场的认可：在2007年获得制造业“客户关怀标杆企业”称号，2008年获得“中国最佳呼叫中心金耳唛大奖”。

作为支持部门，客户关爱中心在不断为客户提供增值服务，促进业务发展的同时，还在积极履行施耐德电气的社会义务——既要对社会负责，也要对环境负责。作为客户关爱中心的高级技术支持团队，技术服务中心（Technical Service Center）秉承这一理念，高度关注被称为“绿色朝阳产业”的变频器行业，大力推广企业节能的关键技术——变频器调速技术，并编写了《施耐德电气变频器原理与应用》一书，以促进节能增效技术在全社会的广泛应用。该书着眼于变频器原理剖析及实际应用技术分享，结合多年热线技术支持及现场调试的经验，并从客户角度出发，按照入门指南方式编写，便于广大读者快速了解、熟悉和掌握变频器技术。相信本书可以成为读者朋友们了解和应用施耐德电气变频器的一个有效工具。同时，衷心希望通过这本书可以将全面的变频器产品知识、成熟的行业应用经验和完整的解决方案逐渐融入到教学、实践之中，为中国培养出更多优秀的工程技术人才，能够使更多中国人关注节能环保，为整个社会降低能耗、保护能源和环境做出更大的贡献。



王洁

施耐德电气（中国）投资有限公司
副总裁 客户支持部

2009年5月18日

前 言

变频器是工业传动控制的主要设备之一，从 20 世纪 80 年代在中国推出以来，在国民经济和日常生活中发挥着日益重要的作用，变频调速以其优异的调速和起制动性能、高效率、高功率因数和节电效果、较宽的适用范围等优点而被国内外公认为最有发展前途的调速方式，变频器已经被广泛地应用于工业生产线以及人们的日常生活中。

变频器技术也是企业提高生产力，提高工艺水平，节能的一项关键技术。因此，熟知变频器原理、操作和参数设置以及通信是电气工程师从事电气传动控制工作的必备技能之一。施耐德电气变频器的设计人员根据电动机的结构、原理及负载特性，已经设计出了带有多种智能卡的 ATV61/ATV71 变频器，用于解决多种工艺要求的传动问题。

为了更好地培养变频器应用的技术人员，编者编写了这本《施耐德电气变频器原理与应用》一书。希望读者以此为基础逐渐向更深层次的方面发展。

本书有以下几个特点：

本书采用了易于接受的、循序渐进的方式，讲述了电动机和变频器的基础知识及多种控制方式，使读者由浅入深、由简到繁地掌握 ATV61/ATV71 系列变频器的应用技术。

本书在章节编排方面，充分考虑到读者自学的特点，本着学以致用原则，在介绍了变频器的原理和功能的同时，还特别注意介绍了原理与应用的结合，使读者对变频器有深刻和形象的了解，有利于培养读者使用变频器独立地完成工程设计和进行工程调试的能力。

全书共分为 10 章。第一章着重讲述了电动机和变频器技术的基本知识，使读者能够了解变频器技术的发展和应用领域，以及变频器在工业传动控制领域中的地位。第二、三、四、五、六、七章介绍了施耐德电气 ATV61/ATV71 变频器的主要操作及控制应用功能，使读者能够掌握和正确地使用 ATV61/ATV71 变频器的各项功能。第八章结合工艺重点介绍了变频器在相关工艺上的典型应用。第九、十章介绍了变频器的干扰及故障处理。

本书中涉及的一些应用程序范例可以在施耐德电气（中国）投资有限公司中国官方网站 <http://www.schneider-electric.cn> 的“获取支持”栏目中的“下载中心”版块找到；也可以直接点击下面的链接地址进入“下载中心”版块下载。<http://www.schneider-electric.cn/sites/china/cn/support/download-center/last-documents.page>

本书在编写过程中得到了施耐德电气（中国）投资有限公司变频器市场部、售后服务部、Helpdesk、ADE、AAD、PAE、PST 等部门同事的大力支持，如变频器市场部的郁陈华、朱志军、PAE 的刘允松承担了本书的主要审核工作，宋孝利、刘妍、姚帅、崔志达、石彦丽、蔡旺、王江先、耿立虹、管晓峰和郑庆海为本书提出了许多宝贵的建议，在此对这些同事表示深深地谢意。

最后，欢迎各位专家、读者不吝赐教，为本书多提宝贵意见和建议。

王兆宇

施耐德电气（中国）投资有限公司
TSC 技术服务中心

2009 年 3 月

目 录

序

前言

第一章 变频器技术	1
第一节 概述.....	1
第二节 电动机基础.....	1
一、电动机的种类.....	1
二、交流电动机的结构和调速方法.....	2
第三节 变频器原理和控制方式.....	12
一、变频器原理.....	12
二、变频器的控制方式.....	19
第四节 负载类型及特性.....	30
一、机械负载的种类.....	30
二、机械负载特性.....	30
第五节 变频器容量和类型的选择.....	32
一、变频器容量的选择.....	32
二、常用负载类型及变频器类型的选型.....	33
第六节 变频器的节能原理.....	34
一、变频器用于风机和泵的节能原理.....	34
二、恒转矩负载的节能计算.....	39
三、变频器调速与传统调速方式的节能比较.....	39
四、ECO8 节能计算软件.....	39
第二章 ATV61/71 变频器的产品特点、显示终端	43
第一节 ATV61/71 系列变频器产品介绍.....	43
一、变频器的容量范围.....	43
二、ATV61/71 系列变频器的型号.....	44
三、ATV61/71 系列变频器的环境适应能力.....	44
四、ATV61 型变频器的专用功能特点.....	45
五、ATV71 型变频器的专用功能特点.....	45
六、人机接口.....	45
七、系统集成及通信.....	45
第二节 ATV61/71 变频器显示终端及应用.....	45
一、集成显示终端.....	46
二、图形终端面板.....	48

第三章 变频器的调试软件和可选卡	59
第一节 Powersuite 调试软件	59
一、Powersuite 软件所调试的设备和作用	59
二、安装 Powersuite 的硬件需求和软件需求	59
第二节 变频器的硬件可选卡	60
一、可选卡的安装	60
二、可选卡的特性介绍	61
第四章 ATV61/71 系列变频器的基本操作	84
第一节 变频器安装	84
一、变频器起动前的准备工作和注意事项	84
二、变频器安装	85
第二节 变频器接线	86
一、动力部分的接线	87
二、控制部分的接线	89
三、变频器上电	91
四、小电动机或无电动机测试	91
五、并联电动机	91
第三节 变频器调试	92
一、回到出厂设置	92
二、按照流程图进行快速调试	94
三、功能调试	104
第五章 变频器的 PID 控制功能	127
第一节 PID 控制器的原理	127
一、比例 (P) 控制	127
二、积分 (I) 控制	128
三、微分 (D) 控制	128
第二节 ATV71 变频器的 PID 功能	128
一、ATV71 变频器启动 PID 调节器的方法	130
二、ATV71 变频器的 PID 功能的应用	131
三、ATV71 系列变频器的 PID 功能的典型设置流程	136
第三节 ATV61 变频器的 PID 功能的应用	137
一、ATV61 变频器的 PID 的启动	137
二、ATV61 变频器的 PID 功能的参数设置	137
三、功能间的关联	140
第六章 ATV61/71 变频器的应用功能	145
第一节 ATV61/71 变频器的输入继电器功能	145
一、ATV61/71 变频器在没有使用输入继电器功能时的工作方式	145
二、ATV71 变频器在使用输入继电器功能时的工作方式	145

三、参数设置	147
四、功能间的关联	147
第二节 ATV61/71 变频器的输出继电器功能	147
一、ATV61/71 变频器输出继电器的接线图和功能应用	147
二、ATV71 变频器的输出继电器的参数设置	148
第三节 ATV61/71 变频器的配置切换和电动机切换功能	150
一、ATV71 变频器的参数组切换功能的参数设置	150
二、ATV71 变频器的多配置切换功能的参数设置	152
三、ATV71 变频器的多电机设置功能的参数设置	153
第四节 ATV71 变频器的跳频功能	154
一、共振的物理原理	155
二、ATV71 变频器的避免共振的跳频功能的参数设置	155
三、软件版本 V2.5 的跳频功能的参数设置	155
四、软件版本 V2.5 以下的跳频功能的参数设置	155
第五节 ATV71 变频器的高速提升功能	155
一、ATV71 变频器的高速提升功能的参数设置	156
二、绳松功能	158
三、功能间的关联	159
第六节 ATV71 变频器的传感器定位功能	159
一、ATV71 变频器的传感器定位功能的参数设置	160
二、碰到减速开关后按设定的距离进行停车	161
三、功能间的关联	162
第七节 ATV71 变频器的摆频功能	162
一、ATV71 变频器的摆频功能的参数设置	163
二、反相摆频同步功能	165
第八节 负载称重功能	166
一、启动负载称重功能	167
二、功能间的关联	168
第九节 图形终端的多点连接功能	168
一、概述	168
二、ATV61/71 变频器的多点连接的设置	168
第十节 ATV71 变频器的撤离功能	170
一、撤离功能的接线图	171
二、撤离功能的设置	171
第十一节 ATV71 变频器的断电安全功能	172
一、断电安全功能介绍	172
二、ATV71 变频器的断电安全功能	172
三、功能间的关联	173

第十二节	ATV71 变频器的编码器闭环功能	173
一、	ATV71 变频器的编码器闭环功能介绍	173
二、	编码器闭环功能的作用	173
三、	ATV71 变频器的编码器闭环功能的参数设置	174
四、	编码器与编码卡特殊接线图	176
五、	功能间的关联	176
第十三节	ATV71 变频器的制动器控制功能	176
一、	ATV71 变频器的制动器控制功能概述	176
二、	ATV71 变频器的制动器控制功能的参数设置	177
三、	功能间的关联	179
第七章	ATV61/71 变频器与 PLC 和触摸屏的通信	180
第一节	ATV61/71 变频器与工控设备通信的基础知识	180
一、	ATV61/71 变频器的 DSP402 配置文件和 DSP402 状态表	180
二、	速度给定的两种分辨率	185
三、	通过通信方式修改变频器的参数	185
四、	I/O Scanner 的选择	186
第二节	ATV61/71 变频器与 Premium PLC 的 Modbus 通信	187
一、	Modbus 通信协议	187
二、	ATV61/71 变频器支持的 Modbus 协议的功能码	192
三、	ATV61/71 变频器 Modbus 通信故障的管理	192
四、	变频器的 Modbus 网络口的位置和接口的针脚定义	192
五、	Premium PLC 与变频器进行 Modbus 通信的接线	193
六、	设置 ATV61/71 变频器 Modbus 通信参数	193
七、	PLC 硬件组态	194
八、	软件编程实例	195
九、	使用 I/O Scanner input /output 提高 Modbus 通信的效率	201
第三节	ATV61/71 变频器与 Twido 的 CANopen 通信	201
一、	CANopen 概述	202
二、	CAL 协议	202
三、	CANopen	203
四、	ATV61/71 变频器的 CANopen 介绍	209
五、	Twido CANopen 介绍	212
六、	ATV61/71 变频器与 Twido PLC 进行 CANopen 通信	213
七、	Twido PLC 的软件编程和变频器的参数设置	218
八、	CAN_CMD 指令	220
九、	Twido PLC 与 ATV61/71 变频器的 SDO 通信	222
第四节	ATV61/71 变频器与触摸屏的 Modbus 串行通信	224
一、	XBTGT 系列触摸屏功能介绍	225

二、软硬件环境和接线	226
三、参数设置要点	226
第五节 ATV61/71 变频器与西门子 S7-300 系列 PLC 的 Profibus 通信	231
一、概述	232
二、Profibus 可选卡的硬件设置	234
三、变频器 I/O Scanner 的选择	237
四、Profibus-DP 网络组态 (Step-7)	237
五、软件编程实例	244
第六节 ATV61/71 变频器的 Modbus Plus 卡与昆腾 PLC 的通信	247
一、Modbus Plus 概述	248
二、Modbus Plus 网络操作	250
三、Modbus Plus 通信卡	251
四、Unity-Pro 的硬件设置网络组态	252
第七节 ATV61/71 变频器与 Twido PLC 的以太网通信	257
一、以太网概述	257
二、ISO/OSI 参考模型	259
三、以太网协议	259
四、总线拓扑	259
五、MAC 地址	262
六、IP 地址	262
七、以太网组网的硬件	264
八、与以太网有关的变频器的参数设置	265
九、Twido PLC 与变频器以太网通信	269
第八章 变频器在不同工艺中的典型应用	274
第一节 ATV71 变频器和 CI 卡在卷取控制中的应用	274
一、概述	274
二、中心卷取的张力控制	276
三、张力闭环力矩限幅控制	277
四、开环间接张力控制	278
五、张力锥度控制	282
六、恒线速度控制	283
第二节 变频器在共直流母线连接中的应用	283
一、变频器通过一个外部直流电源供电的直流母线方案	283
二、几台变频器并联在直流母线上的应用方案	286
三、额定值相同的变频器直流母线应用方案	286
第三节 ATV71 变频器的 ENA 系统	287
一、概述	287
二、ENA 系统功能的设置	288

第四节	ATV61 变频器 3502 卡在多台泵的恒压供水中的应用	289
一、	概述	289
二、	普通多泵卡的安装和接线	290
三、	多泵卡的接线原理图	291
四、	参数设置要点	291
五、	功能间的关联	293
第五节	ATV61 变频器的高级多泵卡在恒压供水中的应用	294
一、	概述	294
二、	高级多泵卡的特点	294
三、	高级多泵卡的三种工作模式	296
四、	变频器参数的预设置	296
五、	高级多泵卡的使用	297
六、	定速泵的切换	299
七、	定速泵的切入方法	300
八、	定速泵的切出	300
九、	休眠功能	301
十、	故障处理	305
十一、	故障检测	305
十二、	故障复位	306
十三、	保护	306
十四、	定时起停功能	308
第六节	ATV71 变频器防摇卡在起重行业中的应用	308
一、	防摇卡简介	308
二、	防摇卡的防摇原理和控制方案	308
三、	防摇卡的其他功能	310
四、	参数设定要点	311
第七节	ATV71 变频器实现转矩均衡控制	311
第九章	变频器的谐波抑制和干扰处理	314
一、	变频器谐波是如何产生的?	314
二、	谐波的危害	315
三、	干扰信号的传播方式	315
四、	减少变频器谐波的解决方案	316
五、	变频调速系统的抗干扰对策	317
六、	抑制谐波干扰实例	319
第十章	变频器故障处理	320
附录		324
附录 A	英文面板显示的字母与实际英文字母的对照表	324
附录 B	菜单结构表	327

附录 C 变频器功能兼容性表	325
参考文献	326

第一章 变频器技术

第一节 概 述

随着电力电子技术、微处理器控制技术和自动控制技术的迅速发展,尤其有了静止的电力电子器件以后,交流调速技术迅猛发展,从而解决了非静止变频器的体积较大、成本较高、效率较低等问题。微处理器控制技术的发展与进步也实现了复杂的矢量控制算法,并且随着硬件设计不断的规范化,在降低成本的同时,也提高了变频器工作的可靠性。同时,矢量控制的运用,也提高了交流调速系统的静态和动态的性能,使变频器的性能可与直流调速系统的性能相媲美,并可进行更复杂的运算。交流调速取代直流调速和计算机数字控制技术取代模拟控制技术已经成为当前的发展趋势。另外,运动控制系统的拖动的交流化,功率变换器的高频化,控制的数字化、智能化和网络化的发展,使变频器这个运动控制系统的功率变换单元和执行部件,已经能够为电动机提供可控的高性能的变压变频的交流电源。

从变频器技术的发展来看,电动机交流变频调速技术将成为今后工业自动化的主要发展对象之一,是当今节能增效、改善工艺流程以及提高产品质量和改善环境、推动技术进步的一种重要手段。

第二节 电动机基础

变频器技术是为满足现代化生产高效低耗的要求,逐步发展起来的。它主要是使用变频器控制电动机,按照生产工艺的要求进行工作,以满足生产和生活的需要,所以本节要先后介绍电动机的种类、常用电动机的结构、原理和控制方法等内容,只有深入了解电动机的原理和调速方式,才能更好地掌握变频器技术。

电动机,英文称为 Motor,它是利用通电线圈在磁场中受力转动的现象制成的,是将电能转变为机械能的一种装置,电动机能提供从毫瓦级到上万千瓦级的功率范围。电动机的使用很方便,它的控制特点具有自起动、加速、反转、制动等工作能力,能满足各种工艺的运行要求;同时电动机的工作效率也较高,没有烟尘,安装较为方便,不污染环境,噪声也较小,所以电动机在工农业生产、生活、交通运输、国防、商业及家用电器、医疗电气设备等领域中得到广泛的应用。

一、电动机的种类

随着科学技术的不断进步,电动机的原理和制造已经趋于成熟,根据不同的工艺要求,现已研制开发了适用多种不同工作场合的电动机。从不同的角度出发,电动机有不同的分类方法,以下是常用的电动机的分类:

1. 按输入电源分类

根据电动机输入电源的不同,可分为直流电动机和交流电动机。其中,交流电动机还分为单相电动机和三相电动机。

2. 按结构及工作原理分类

交流电动机按结构及工作原理,可分为异步电动机和同步电动机。

3. 按工作时的转速分类

电动机按转速可分为高速电动机、低速电动机、恒速电动机和调速电动机。

4. 按转子的结构分类

异步电动机按转子的结构可分为笼型异步电动机和绕线转子异步电动机。

5. 按用途分类

电动机按用途可分为驱动用电动机和控制用电动机。

二、交流电动机的结构和调速方法

交流电动机是我们生活和工业生产中最常使用的电动机种类之一。其中,使用变频器进行调速的电动机都是三相交流电动机,所以,本节着重介绍三相交流电动机的结构、工作原理和调速方式等内容。

从能量转换的角度来看,三相交流电动机实际上就是一个电磁能量转换器,在不同的工况下,即可以作电动机运行,三相交流电动机以电动机方式运行时,它将电能转化为机械能,而以发电机方式运行时,也可以作发电机运行,此时将机械能转变为电能。

(一) 交流异步电动机

交流异步电动机在我们的生活中随处可见,电梯升降、水泵等都可选择三相异步电动机作为执行部件,由于它的结构简单、经济耐用、制造容易、运行可靠等诸多优点,已经在很多领域被广泛应用。

1. 交流异步电动机的结构

交流异步电动机主要由定子和转子两大部分组成,在定子和转子之间形成气隙,此外,交流异步电动机的其他部件还有端盖、轴承、机座、风扇等。

(1) 定子 异步电动机的定子铁心是由表面涂有绝缘漆的薄硅钢片叠压而成的,薄硅钢片是一种含碳量极低的硅铁软磁合金,厚度为 $0.35\sim 0.5\text{mm}$,含硅量一般在 $0.5\%\sim 4.5\%$ 之间,加入硅可提高铁电阻率和磁导率,从而降低矫顽力、铁心损耗(铁损)和磁损耗。为了减少交变磁通通过而引起的铁心涡流损耗,制作的薄硅钢片一般都较薄,并且硅钢片的片与片之间是绝缘的,定子绕组就是镶嵌在定子铁心内圆的槽里面的,这些铁心内圆的槽是均匀分布的。

异步电动机的定子绕组由三套彼此独立的绕组组成,一套绕组就是电动机的一相,每两相绕组在空间相差 120° 电角度。每个绕组都由很多线圈连接而成,线圈多使用绝缘铜导线或绝缘铝导线进行绕制。定子三相绕组的6个出线端在绕制时引出到电动机的接线盒上,首端分别标为 U_1 、 V_1 、 W_1 ,末端分别标为 U_2 、 V_2 、 W_2 。这6个出线端在接线盒里的排列如图1-2-1和图1-2-2所示,可以接成星形(Y)或三角形(Δ)。

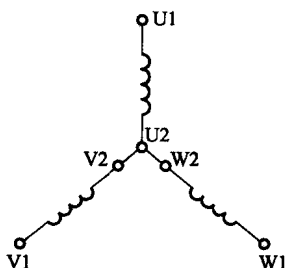


图 1-2-1 星形联结

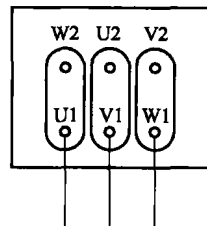
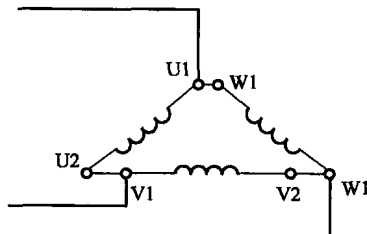
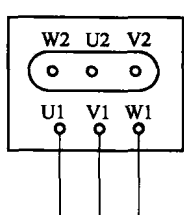


图 1-2-2 三角形联结

异步电动机定子绕组的接线方法：电动机的定子绕组有 6 个引出线，读者打开接线盒就可看见其首末端，通常情况下，在接线盒的端盖上会给出接线图，也就是说，根据电动机铭牌标明的接线方法接线即可。

这里需要说明的是：当电动机铭牌标明电压为 380/220V、Y/ Δ 联结时，如果电源电压是 AC380V 时，要用 Y 联结。电源电压是 220V 时，则需要用 Δ 联结。当电动机铭牌标明电压是 380V、 Δ 联结时，只有 Δ 这一种接线方法，但我们可以通过外部的星三角起动的控制方法，即在起动过程中接成星形，起动完成后，恢复 Δ 联结，来解决起动电流过大的问题。

对于一些高压电动机，端子盒中只有三根引出线，接线时只要电源电压符合电动机铭牌即可。

(2) 转子 异步电动机的转子是由转子铁心、转子绕组和转轴组成。异步电动机转子铁心和定子铁心一样，也是由硅钢片叠压成的。转子绕组的形式主要有绕线转子和笼型转子两种。

1) 绕线转子的转子绕组与定子绕组一样，也是一个三相绕组，通常按星形联结，三相引出线分别接到转轴上的三个与转轴绝缘的集电环上，图 1-2-3 是绕线转子的联结示意图，可通过电刷装置与外电路相连，这样，就可在转子电路中串接电阻来改善电动机的起动和运行性能。

2) 笼型转子在转子的每个槽内放置一根铜条或铝条，在放置的铜条或铝条两端各用一

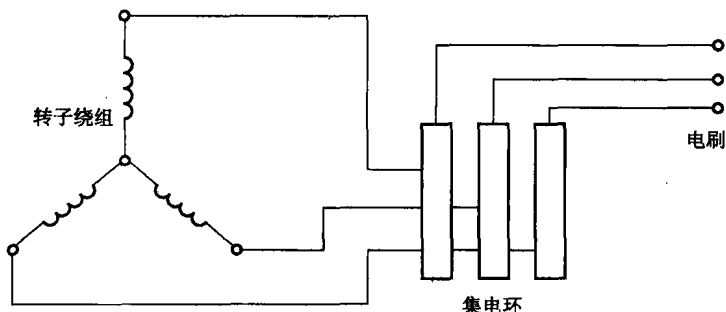


图 1-2-3 绕线转子绕组联结

个铜环或铝环把这些导条连接起来，形成一个短路的绕组，并且整个绕组的形状像个松鼠笼子，所以我们形象地称这种电动机为笼型电动机。小功率的异步笼型电动机为节省成本，一般采用铸铝的方法生产笼型转子，将熔化的铝液直接浇铸在转子铁心的槽里，连同转子导条和铝环、风扇叶片一次浇铸而成。

(3) 气隙 气隙是定子和转子间很小的间隙。在中小型异步电动机中，气隙一般为0.2~1.5mm。定子与转子之间的气隙不能太大或太小，因为如果气隙较大，在保证同样磁通的条件下，所要求的励磁电流也就变大了，这样会影响电动机的功率因数；同样，气隙也不能太小，否则定子和转子会发生摩擦和碰撞而损坏。

2. 交流异步电动机工作原理

交流异步电动机的工作原理是由于定子绕组在接通电源后，建立旋转磁场，依靠电磁感应作用，在转子绕组中感应电动势并产生电流。这样，转子电流与磁场相互作用，就产生电磁转矩，从而实现能量变换。

为了更形象地介绍电磁转矩的产生，我们将一对闭合线圈放入一对永磁铁之间。如图1-2-4所示，用手摇动连接磁铁的手柄，使磁铁旋转，随着磁铁的旋转，原来静止的线圈也随着磁铁旋转起来，磁铁转动得快，线圈也转动得快，磁铁转得慢，线圈也转动得慢。并且，

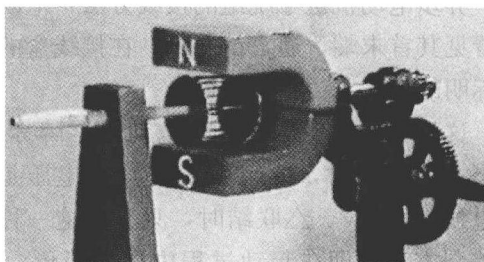


图 1-2-4 一对永磁铁中放入闭合线圈

线圈旋转的方向与磁铁相同，但转速比磁铁慢一些。

线圈随磁铁一起转动的原因是手动使磁铁旋转后，闭合线圈切割了磁力线，在线圈内部就产生了感应电动势。 $E = Blv$ （其中， E 代表感应电动势， B 代表磁感应强度， l 代表导线长， v 代表切割速度），根据右手定则可以判断感应电势的方向。线圈内部产生的感应电动势将在闭合线圈中产生电流，这个电流在磁场中会产生力，而力的大小可按下述公式计算： $F = Bli$ （其中， B 代表磁感应强度， l 代表导线长， i 代表电流）。力的方向由左手定则确定。该力产生的力矩会使线圈旋转起来，其转向与磁铁的转向一致。

这个闭合线圈就相当于异步电动机的转子，由于这个转子的电流是感应而产生的，因此，异步电动机又称为感应电动机。

对于异步电动机来讲，转子转速总是略低于旋转磁场的转速，即同步转速，这是因为如果两者相同，则转子导体和旋转磁场间相对静止，转子就不会切割磁力线，导体的感应电动势为零，因而也就不会产生电磁转矩。所以定子旋转磁场和转子转速总存在差异，只有这样，异步电动机才能产生转矩。

这个速度差与定子旋转磁场——同步转速之间的比值，称为转差率，额定转差率是衡量异步电动机性能的一个重要参数。我们可以通过改变异步电动机转差率进行调速，具体调速方法见后面介绍的串级调速方法、定子调压调速方法、绕线转子电动机转子串电阻调速方法、电磁转差离合器调速方法。

在了解了交流异步电动机的工作原理后，下面要分析一下两个重要关系，才能更好地理解变频器在调速中所起的作用。