

一学就会
系列丛书

◎李长军 王 勇 主编

变频技术

一学就会



情景导入

学练结合

侧重应用

面向就业



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

一学就会系列丛书

变频技术 一学就会

李长军 王 勇 主编

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书从初学者的接受能力和变频器实际应用出发,以三菱 FR-A740 型、西门子 MM440 系列变频器为例,本着“工学结合”的思想,针对工程技术人员在使用变频器过程中的需要,详细介绍了变频器的主要功能、参数设置方法、典型控制电路,以及变频器的选型、安装、使用维护、应用实例等方面的内容。为了使阅读变得轻松,书中还设置了“操作实例”栏目,使读者能更准确地把握所学内容。

本书适合作为从事变频器应用的电气技术人员自学或培训教材,也可作为大中专院校、技校及职业院校电气专业的教材和参考书使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

变频技术一学就会/李长军,王勇主编. —北京:电子工业出版社,2012.1
(一学就会系列丛书)

ISBN 978-7-121-15594-9

I. ①变… II. ①李… ②王… III. ①变频技术 IV. ①TN77

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 272844 号

策划编辑:富 军

责任编辑:刘 凡

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:880×1230 1/32 印张:8.5 字数:236 千字

印 次:2012 年 1 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:29.00 元

凡所购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

变频调速技术是当今节电、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主要手段,已经逐渐取代传统的滑差调速、变极调速及直流调速等方式,在工业生产中获得了广泛的应用,被公认为最有发展前途的调速方式。变频器产业被称为“绿色朝阳产业”,显示出广阔的市场前景。

从 20 世纪 80 年代变频器引入中国开始,经过不断地推广和使用,变频器已经得到广大用户的认可,应用日益广泛。因此,了解变频器原理,正确合理使用和维护变频器,掌握和利用变频器完成生产设备的节能改造,这些都对生产一线技术人员提出了更高的要求。目前市场上的变频器有近百个品牌、上千系列。不同公司的产品各有特点,参数功能众多。本着典型性和实用性要求,本书选择三菱和西门子变频器为范例,介绍变频器的应用技术。

本书共分为变频器基础知识、三菱 FR-A700 变频器的操作、西门子 MM440 系列变频器的操作、变频器的使用与维护 and 变频器节能改造应用共 5 章内容。在内容安排上尽量做到深入浅出、循序渐进、内容精练、实用性强;在编写上,力求做到文句简练、通俗易懂、图文并茂,使之直观性强、灵活多变,引发读者兴趣,使学习变得轻松。本书还有选择地设置了“操作实例”栏目,使读者在学习过程中更有针对性,让读者学得进、用得上。

本书作为一本变频器入门自学教材,内容起点低、通俗易



懂，尤其适合初学者及从事电气技术领域的工作人员使用；同时也可用做大中专院校、技校及职业院校电气专业的教材和参考书。

本书由李长军、王勇主编，卞锦珍、李子超、周华 副主编，参加编写的还有姜修兰、徐海滨、季德松、房付华、张建国等。

编 者

目 录

第1章 变频器基础知识	1
1.1 变频调速技术概况	1
1.1.1 调速技术的发展	1
1.1.2 变频调速技术的应用意义	3
1.1.3 变频技术的发展方向	6
1.2 三相笼型异步电动机的变频调速	8
1.2.1 三相笼型异步电动机的工作原理	8
1.2.2 三相笼型异步电动机的调速方式	9
1.2.3 三相笼型异步电动机的变频调速	12
1.3 电力电子器件在变频器中的应用	14
1.3.1 电力电子器件的发展概况	14
1.3.2 变频器中常用的电力电子器件	15
1.3.3 电力半导体器件的比较	19
1.4 变频器的基本结构与原理	20
1.4.1 变频器的基本构成	20
1.4.2 变频器的工作原理	24
1.4.3 PWM 控制技术	30
1.5 变频器的分类和控制方式	32
1.5.1 变频器的分类	32



1.5.2 变频器的控制方式	36
1.5.3 变频器控制的展望	39
1.6 变频器的主要功能	40
1.6.1 系统功能	40
1.6.2 频率设定功能	42
1.6.3 加/减速时间设定功能	44
1.6.4 变频器 U/f 控制方式的选择功能	44

第2章 三菱 FR-A740 变频器的操作 45

2.1 认识 FR-A740 变频器	46
2.1.1 外形	46
2.1.2 结构	46
2.1.3 铭牌与型号	47
2.1.4 面板的拆卸	48
2.1.5 三菱 FR-A740 型变频器性能简介	51
2.2 FR-A740 变频器端子功能与接线	51
2.2.1 标准接线图与端子功能说明	52
2.2.2 主回路接线	58
2.2.3 控制回路接线	61
2.3 FR-A740 变频器键盘面板的操作	66
2.3.1 操作面板介绍	67
2.3.2 操作面板的基本操作	68
2.4 FR-A740 变频器的功能参数预置	71
2.4.1 基本功能参数	72
2.4.2 其他功能参数	79
2.4.3 参数设定方法	84
2.5 FR-A740 变频器的运行操作	87
2.5.1 PU 操作模式	87
2.5.2 外部操作模式	90



2.5.3 组合操作模式	93
2.5.4 网络运行模式	96
2.6 变频器的故障信息、诊断及处理	97
2.6.1 变频器的故障信息	97
2.6.2 变频器故障的诊断	98
2.6.3 变频器的典型故障分析	100
2.6.4 变频器的复位方法	101
2.7 变频器的基本控制电路	102
2.7.1 变频器主电路的接线	103
2.7.2 变频器正转控制电路	104
2.7.3 变频器正/反转控制电路	108
2.7.4 变频器跳闸报警指示电路	110
2.8 PLC 控制变频器的正/反转电路	114
2.8.1 PLC 与变频器的连接	114
2.8.2 PLC 控制变频器正/反转的控制电路	120
2.9 变频与工频的切换电路	124
2.9.1 变频与工频电源的切换方式	125
2.9.2 变频与工频典型切换电路	125
2.9.3 PLC 控制的变频与工频切换电路	130
2.10 变频器的多段速度控制电路	134
2.10.1 多段速端子组合及接线	134
2.10.2 PLC 控制变频器实现多段速运行	135
2.11 变频器的 PID 功能	140
2.11.1 PID 控制原理	141
2.11.2 相关功能参数含义及设定	144
第3章 西门子 MM440 系列变频器的操作	151
3.1 MM440 系列变频器的面板操作	151
3.1.1 MM440 系列变频器的操作面板	152

3.1.2	MM440 系列变频器的快速调试	156
3.1.3	MM440 系列变频器的基本参数	161
3.2	MM440 系列变频器外部端子操作控制	165
3.2.1	标准接线与端子功能	165
3.2.2	外部运行操作	168
3.2.3	变频器工作频率的给定	170
3.2.4	变频器多段速控制方式	173
3.3	MM440 系列变频器实用控制电路	175
3.3.1	正/反转控制电路	176
3.3.2	变频器多段速控制电路	181
3.3.3	变频器 PID 控制电路	183

第 4 章 变频器的使用与维护

4.1	变频器的选用	187
4.1.1	机械负载的类型	187
4.1.2	负载对变频器的要求	189
4.1.3	变频器容量的选择	192
4.1.4	变频器输入与输出电压选择	196
4.1.5	变频器输出频率的选择	196
4.1.6	变频器保护结构及防护等级的选择	197
4.1.7	变频器产品简介	198
4.2	异步电动机的选择	199
4.2.1	笼型异步电动机的选择	199
4.2.2	变频器专用电动机的选择	201
4.3	变频器的外围设备及其选择	203
4.3.1	常规配件的选用原则	204
4.3.2	专用配件的选择	206
4.4	变频器的安装与电气柜的设计	208
4.4.1	变频器的安装环境	208



4.4.2	变频器的散热通风	211
4.4.3	变频器的安装	212
4.5	变频器的接线与调试	215
4.5.1	主电路导线	215
4.5.2	控制电路导线	216
4.5.3	通电前的检查	219
4.5.4	变频器的调试	220
4.6	变频器的维护与保养	221
4.6.1	变频器的日常维护	221
4.6.2	变频器的定期维护	222
4.7	变频器的故障分析与处理	224
4.7.1	变频器常见故障分析	224
4.7.2	变频器中常用元件的检测与处理	225
第5章 变频器节能改造应用		232
5.1	变频调速在恒压供水系统中的应用	232
5.1.1	恒压供水的目的	233
5.1.2	恒压供水系统常用方案	234
5.1.3	变频-工频互切换的恒压供水系统	236
5.1.4	变频恒压供水系统的运行效果分析	242
5.2	变频调速在货物升降机系统中的应用	243
5.2.1	货物升降机的基本结构及控制要求	244
5.2.2	货物升降机控制系统	245
5.2.3	货物升降机变频调速系统运行效果分析	252
附录 A		253

第1章 变频器基础知识

.....

变频器是一种将固定频率的交流电转变成连续可调的交流电的装置。变频器的问世，对电气调速领域具有十分重要的意义。交流电动机变频调速技术在节能、改善生产流程、提高产品质量和易于实现自动控制等方面有许多优势，是目前国际公认的最有发展前途的调速方式。

1.1 变频调速技术概况



1.1.1 调速技术的发展

我们知道，几乎所有的生产机械在传动时都需要调速。调速传动在最初以蒸汽源为主时，只能采用低效的蒸汽式机械调速传动（如图 1-1 所示）。当内燃机发明后，调速传动的工作效率也仍然很低。

自从电出现后，因为具有输送容易、使用方便、维修简单、效率高等特点，电气调速传动便得到迅速的发展。

其中，直流电动机拖动和交流电动机拖动先后诞生于 19 世纪，距今已有 100 多年的历史，并已成为动力机械的主要驱动装置。由于结构和技术上的原因，在很长一段时期内，不变速拖动系统约 80% 采用的是交流电动机，但是在需要调速控制的系统

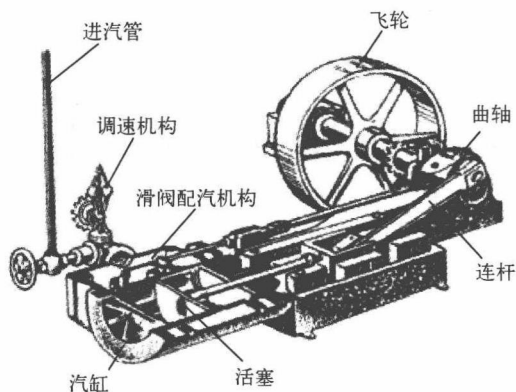


图 1-1 蒸汽机模型

中基本上采用的都是直流电动机。由于直流电动机存在维护保养困难、寿命短等缺点（其结构如图 1-2 所示），一直以来，人们希望在很多场合下能够用可调的交流电动机来代替直流电动机。

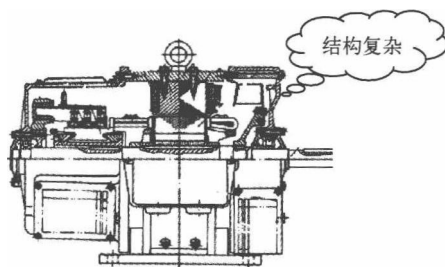


图 1-2 直流电动机结构示意图

然而，要实现对交流电动机的高性能调速远比直流电动机调速困难得多。从 20 世纪 30 年代开始，人们就致力于交流调速技术的研究。器件的更新促进了电力电子变换技术的不断发展，自 20 世纪 60 年代以后，特别是 70 年代以来，随着新型自关断电力电子器件、智能功率集成电路的问世，以及现代控制理论的发展和计算机技术的应用，新的控制策略不断涌现，交流调速技术得到了迅猛发展。

最近十多年来发展起来的交流电动机新型变频调速装置,具有调速精度高、响应快、保护功能完善、过载能力强、节能显著、智能化高、易于实现复杂控制等优点,广泛应用于冶金、机械、电气、纺织、食品等行业中。交流变频调速正以其显著的节电效果、优良的调速性能以及广泛的适用性逐步取代直流调速的地位,成为电气传动领域发展的主流方向。



1.1.2 变频调速技术的应用意义

1. 变频调速传动的优点

与其他调速系统相比,应用变频调速技术的优点有如下几方面:

(1) 实现电动机无级调速,可以大大提高生产设备的加工精度、工艺水平及工作效率等,从而提高产品的质量和数量。

(2) 可以大大减小生产机械的体积和质量,从而减少金属的耗用量。

(3) 可以对电动机实现软启动(平滑启动运行),避免启动时对电网的冲击。

(4) 对于风机和泵类负载,其节电率可达20%~60%。

(5) 在机械允许的情况下可通过提高变频器的输出频率提高工作速度。

(6) 可以非常方便地接入通信网络控制,实现生产自动化控制。

(7) 保护功能完善,能自诊断显示故障所在,维护方便。

变频器传动的特点及其效果和用途见表1-1。

表1-1 变频器传动的特点及其效果和用途

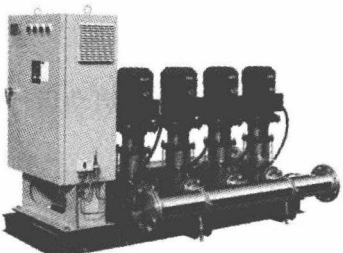
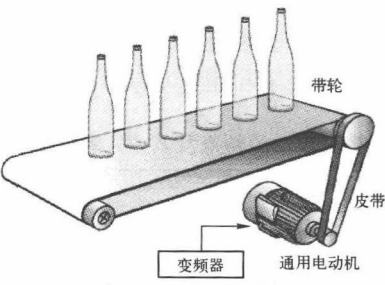
变频器传动特点	效 果	用 途 举 例
(1) 可以使用标准电动机调速	可以使用原有电动机调速	空调机、机床、泵、风机、输送机
(2) 可以连续调速	可以经常选择最佳转速	机床、搅拌机、泵、风机

续表

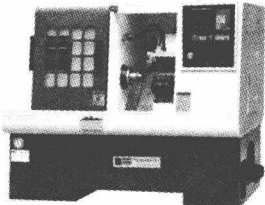
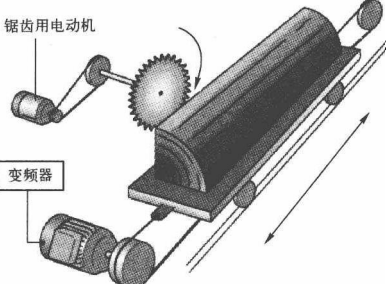
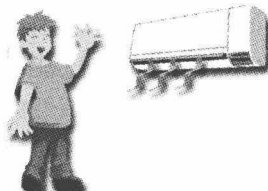
变频器传动特点	效 果	用 途 举 例
(3) 启动电流小	电源设备容量可以小	压缩机、泵、风机、输送机
(4) 最高速度不受电源影响	最大工作能力不受电源频率影响	泵、风机、输送机、机床、搅拌机
(5) 防爆容易	防爆电动机体积小、生产成本低	药品机械、化学工厂
(6) 可以调节加减速大小	能防止重物倒塌	运送机械
(7) 可以使用笼型异步电动机	不需要维护电动机	生产流水线、车辆、电梯

2. 变频调速在代表性行业和设备中的应用 (见表 1-2)。

表 1-2 变频调速在一些代表性行业和设备中的应用

应用领域	应用实例	应用方法	应用效果
风机、泵类设备	 变频恒压供水装置	(1) 调速运转 (2) 采用工频电源恒速运转与采用变频器调速相结合	节能 提高质量
搬运机械	 变频控制皮带输送机	(1) 多台电动机以比例速度运转 (2) 联动运转, 同步运转 (3) 低速启动、低速停止	省力 自动化 提高效率

续表

应用领域	应用实例	应用方法	应用效果
机床设备	 机床主轴变频调速控制	(1) 简化变速机构 (2) 精细设定主轴转速	小型化 自动化 提高加工精度
木工机械	 变频控制的木工机械	(1) 低速启动保护 (2) 调速为最佳工作状态	提高效率
空调机	 变频空调	采用压缩机调速运转, 进行连续温度控制	提高舒适性

提示

变频器的节能运转是从泵、风机等较大容量机械开始应用的, 最近已广泛应用于空调压缩机等家用电器产品中。

目前, 变频调速技术已成为节能、改善工艺流程、提高产品质量和改善环境、推动技术进步的有效措施。变频调速以其优异的调速和启动、制动性能, 高效率、高功率因数和节能效果, 广



泛的适用范围及其他许多优点而被国内外公认为最有发展前途的调速方式，其重要性日益得到世界各国的重视。在世界能源紧缺的今天，开展变频调速技术的研究、推广其应用，有着非常重大的现实意义和巨大的经济效益及社会效益。



1.1.3 变频技术的发展方向

总体上来讲，变频技术已从整流逆变装置进化为驱动控制、I/O 逻辑现场编程、通信组网等连接为一体，可以适应不同应用场合的过程控制单元，并在工业自动化生产线和许多领域中得到广泛应用。从市场需求和技术发展趋势来看，在今后一段时期内，变频器技术将会在以下几个方面得到进一步发展。

(1) 大容量和小体积化。近年来，随着 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor, 绝缘栅双极型晶体管) 等器件的发展和以 IGBT 为开关器件的 IPM 智能功率模块、单片 IPM 等新型功率器件的发展以及热设计技术的进步，变频器的容量越来越大，体积越来越小，而在温升等关键指标上并未下降。除了不断推出大容量的新型变频器产品外，许多厂家都在小功率段推出了所谓“迷你”型产品，以满足不同用户的实际需要。

(2) 多功能和高性能化。多功能和高性能电力电子器件和控制技术的不断进步，使变频器向多功能和高性能化方向发展。特别是微机的应用，以其简单的硬件结构和丰富的软件功能，为变频器多功能化和高性能化提供了可靠的保证。人们总结了交流调速电气传动控制的大量实践经验，并不断融入软件功能。日益丰富的软件功能也使变频器的适应性不断增强。

8 位 CPU、16 位 CPU 奠定了通用变频器全数字控制的基础，32 位数字信号处理器 (Digital Signal Processer, DSP) 的应用又将通用变频器的性能提高了一大步，实现了转矩控制，推出了“无跳闸”功能。目前出现了一种“多控制方式”通用变频器，还有一种所谓“工程型”高性能变频器，特别适合用于现代计

算机控制系统中作为传动执行机构。

(3) 网络化与智能化。尽管目前变频器单独适用的场合仍占多数,但作为工业生产过程中一个重要执行单元,变频器具有网络化运行的能力将成为工业自动化的趋势。目前,许多变频器厂商的新产品都具有网络连接能力,通过选件形式支持多种现场总线,通过 PC 方便地完成频率设定、参数设置、工作状态给定及在线监测、系统维护、远程诊断等工作。变频器在现场总线的应用如图 1-3 所示。

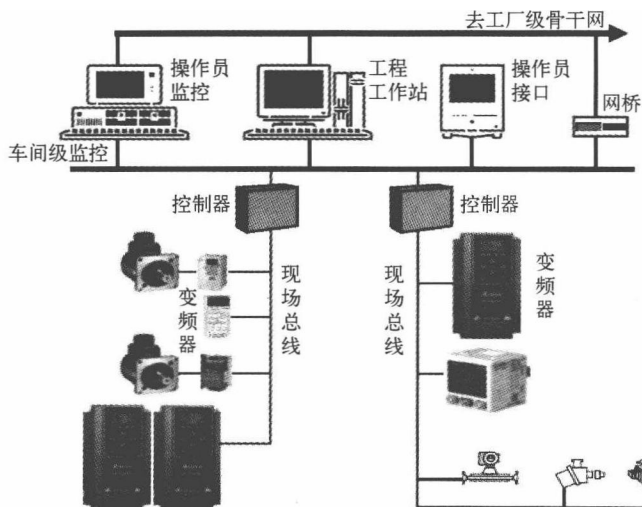


图 1-3 变频器在现场总线的应用

提示

变频器不仅可以单台独立工作,也可以多台分别控制各种不同的被控对象。并可以与计算机连接,进行相互通信,形成连续生产线的调速控制系统。

为了满足用户不同需要,新型变频器产品的智能化程度将进一步提高,这主要体现在变频器将本身具有的功能提供给用户选择。用户可根据自身需要,在变频器预先设定的多种功能的基础上进行编程,以满足具体应用的需要。