



21 世纪高职高专电类系列规划教材

变频器应用技术

主 编 陶 权 吴尚庆

副主编 麦艳红 周 炳

主 审 陈可中

华南理工大学出版社



21世纪高职高专电类系列规划教材

变频器应用技术

主 编 陶 权 吴尚庆

副主编 麦艳红 周 炳

主 审 陈可中

华南理工大学出版社

·广州·

图书在版编目 (CIP) 数据

变频器应用技术/陶权, 吴尚庆主编. —广州: 华南理工大学出版社, 2007. 8
(21 世纪高职高专电类系列规划教材)
ISBN 978-7-5623-2655-7

I. 变… II. ①陶… ②吴… III. 变频器-高等学校: 技术学校-教材 IV. TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 130000 号

总发行: 华南理工大学出版社 (广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

营销部电话: 020-87113487 87111048 (传真)

E-mail: scutc13@scut.edu.cn

http: //www.scutpress.com.cn

责任编辑: 吴兆强

印刷者: 广州市穗彩彩印厂

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 10.25 字数: 263 千

版次: 2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1~3 000 册

定价: 19.00 元

版权所有 盗版必究

21 世纪高职高专电类系列规划教材

编写委员会

顾问：陈可中（广西大学教授）

熊伟建（广西职业技术学院副院长）

主任：卢勇威（广西职业技术学院）

副主任：秦培林（广西机电职业技术学院）

葛仁华（桂林航天工业高等专科学校）

唐冬雷（柳州职业技术学院）

编委：（按姓氏笔画）

方明（邕江大学）

韦抒（广西电力职业技术学院）

李兴富（桂林航天工业高等专科学校）

李崇芬（柳州运输职业技术学院）

陈光会（广西水利电力职业技术学院）

陈铁军（玉林师范学院高职院）

林勇坚（广西机电职业技术学院）

周红锴（桂林工学院南宁分院）

姚旭明（广西电力职业技术学院）

诸小丽（南宁职业技术学院）

凌艺春（广西工业职业技术学院）

陶权（广西工业职业技术学院）

梁鸿飞（广西电力职业技术学院）

总策划：范家巧 潘宜玲

执行策划：毛润政 吴兆强

总序

随着科学技术的发展,电工电子技术的应用越来越广泛,并已渗透到人们日常生活的方方面面。掌握必要的电工电子知识已成为当代大学生特别是理工类大学生必备的素质之一。而电工电子技术的教学一直存在着学时少与内容多、基本内容与新技术、理论教学与实验教学三大矛盾。如何让学生在有限的时间内学到系统而扎实的电类知识,是摆在教育工作者面前的一个重要课题。

高职高专教育是以培养应用型、工艺型人才为目标的一种教育形式,目前正处于一个全新的发展时期,对它的研究也处于探索阶段。作为高职高专教育重要的一环,其教材的编写,需要认真对待和深入研究。

高职高专教材的编写,应在保证一定的理论教学的基础上,注重培养学生的实际动手能力,为社会培养出合格的应用型人才。但是,目前我国高职高专院校之间的教学条件、教学水平、学生层次、发展模式等均不平衡,硬性规定选用统一的“规划教材”、“精品教材”显然有悖科学规律,但每个学校的教材自成体系、“自编自用”则更不现实。那么,在教材的选用和编写过程中,如何既考虑学科的前瞻性,同时又兼顾各个学校发展水平不一的现实情况,是每一位教材编写者必须首先思考的问题。在基本相似的教学背景下,联合各种优秀的教学资源,在一定的地域范围内共同研究和探讨,共同编写有一定地域特色又富有创新性的教材,则不失为一种行之有效的办法。

出于以上考虑,在华南理工大学出版社的组织和策划下,我们联合了广西、贵州两省10余所高职高专院校共同编写了“21世纪高职高专电类系列规划教材”。

为了出版一套高质量的“21世纪高职高专电类系列规划教材”,华南理工大学出版社做了大量的前期组织准备工作。他们邀请了各个参编院校中富有教学经验且负责教学管理的专家、学者担任本系列教材的编委,多次召开编委会会议,就教材内容的定位、写作的要求、参编人员的要求及组成、主编的落实、写作大纲的确定等事项进行了具体而细致的商讨。在前期准备工作基本就绪的基础上,召开了全体参编人员出版研讨会,讨论每种教材的写作大纲和具体分工。参编人员均为从事高

职高专教学工作多年的老师，他们熟知高职高专的教学现状，对未来高职高专的发展方向有深刻的认识和研究。

全体参编人员按照编委会提出的“理论适度、注重实操、切合实际”的编写原则，以高度负责的态度对待教材的出版工作。我相信，“天道酬勤”，经过华南理工大学出版社的精心策划，经过广大作者的辛勤劳动，该套教材会成为一套比较理想的、切合高职高专教学实际的教材。该套教材的出版，对推动高职高专电类专业的教学改革具有积极的意义。

高职高专教育正处于一个探索和发展的阶段，我们编写的“21世纪高职高专电类系列规划教材”肯定还存在一些疏漏与不足，我们将依据高职高专发展的趋势，充分把握科学发展的最新动态，不断修订和完善本系列教材。同时，我们也衷心希望使用本套教材的同仁们不吝赐教，更欢迎加入到本系列教材的后续出版工作或修订再版的作者队伍中来，共同促进高职高专人才培养事业的发展。

衷心祝愿本系列教材出版成功。

广西大学教授 陈可中

2007年5月于南宁

前言

本书在内容编排上以应用为重点,以6个模块,共27个项目构成本课程内容,每个项目都有其明确的项目目标,并针对各自目标展开相关知识的介绍及技能训练、技能测试。在选型上,以目前国内自动化产品占有率比较高的西门子公司生产的MM420为机型进行介绍。主要内容包括变频器基础知识,变频器操作及主要参数设定,变频器常用控制功能,变频器的工程应用、选型、维护,变频器实训等。

本书力求体现以下特点:

- (1) 应用性:有丰富的工程应用例子。
- (2) 实践性:本教材安排了5个实训项目,并且每个模块都有技能测试。
- (3) 针对性:教材内容针对西门子MM420通用型变频器。

本书可作为高职高专院校电气自动化技术专业、生产过程自动化专业、机电一体化技术专业、自动控制技术专业及相关专业的教材,也可作为企业相关技术人员的参考资料。

本书由广西工业职业技术学院陶权、吴尚庆任主编,南宁职业技术学院麦艳红和广西水电水利职业技术学院周炳任副主编,其中吴尚庆老师编写了模块二、模块六;周炳老师编写了模块一、模块五;其余的模块、每章节的习题及全书的统稿由陶权老师负责;广西机电职业技术学院的黄守宁老师、邕江大学的方民工程师对本书的大纲内容及编写提出了宝贵的意见,在此表示感谢。

由于编者水平有限,不妥之处,请广大读者批评指正。

编 者

2007.6

目 录

模块一 变频器基础知识	(1)
项目 1 变频器的认识	(1)
项目 2 变频器的组成、结构框图、基本原理	(8)
项目 3 变频器中的开关器件	(13)
项目 4 变频器的控制方式	(16)
习题一	(19)
模块二 变频器的操作及参数设定	(21)
项目 1 西门子变频器的操作与运行	(21)
项目 2 变频器的给定功能	(29)
项目 3 变频器的各种参数及设定	(36)
习题二	(42)
模块三 变频器的常用控制功能	(44)
项目 1 变频器的基本控制	(44)
项目 2 变频器的多段速度控制电路	(47)
项目 3 变频器的工频/变频切换电路	(48)
项目 4 变频器的 PID 闭环控制	(52)
习题三	(56)
模块四 变频器的工程应用	(58)
项目 1 恒压供水	(58)
项目 2 风机的变频调速	(64)
项目 3 压缩机的变频调速	(68)
项目 4 变频器在生产线传送带上的应用	(72)
项目 5 变频器在制糖业分离机上的应用	(75)
项目 6 变频器在注塑机节能改造中的应用	(78)
项目 7 S7-200 PLC 和 MM440 变频器之间的通信	(83)
习题四	(89)
模块五 变频器选用、安装与维护	(91)
项目 1 负载的类型及拖动系统与传动机构	(91)
项目 2 变频器的选择	(94)

项目 3 变频器的安装、布线及抗干扰	(96)
项目 4 变频器的保护功能及故障处理	(102)
习题五	(106)
模块六 变频器应用实训	(107)
项目 1 基本功能实训	(107)
项目 2 多段速度控制	(116)
项目 3 工频/变频切换运行	(123)
项目 4 闭环 PID 控制	(127)
项目 5 变频器的 PLC 控制实训	(133)
附录 1 MM420 变频器的参数	(136)
附录 2 MM420 变频器的故障显示	(149)
参考文献	(152)

模块一 变频器基础知识

项目1 变频器的认识

项目目标

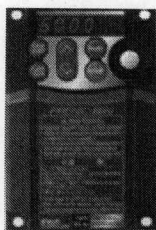
1. 熟悉各种品牌的变频器。
2. 了解变频器在各种行业上的应用。

相关知识

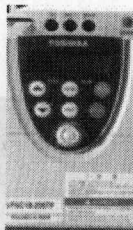
一、变频器的发展

在实际的生产过程中离不开电力传动。生产机械通过电动机的拖动来进行预定的生产方式。20 世纪 50 年代前,电动机运行的基本方式是转速不变的定速拖动。对于控制精度要求不高以及无调速要求的许多场合,定速拖动基本能够满足生产要求。随着工业化进程的发展,对传动方式提出了可调速拖动的更高要求。

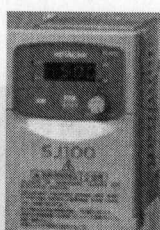
用直流电动机可方便地进行调速,但直流电机体积大、造价高,并且无节能效果。而交流电动机体积小、价格低廉、运行性能优良、重量轻,因此对交流电动机的调速具有重大的实用性。使用调速技术后,生产机械的控制精度可大为提高,并能够较大幅度地提高



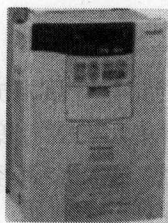
富士变频器



东芝变频器



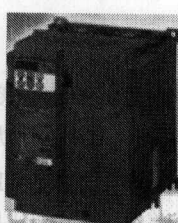
日立变频器SJ100



三菱变频器



日立变频器



L300富士变频器

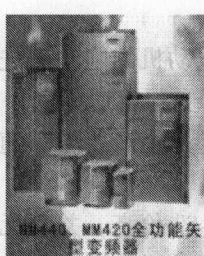
图 1-1 日本品牌变频器

劳动生产率和产品质量,且对诸多生产过程实施自动控制。通过大量的理论研究和实验,人们认识到:对交流电动机进行调速控制,不仅能使电力拖动系统具有非常优秀的控制性能,而且在许多生产场合中,还具有非常显著的节能效果。鉴于此,交流变频调速技术获得了迅速发展和广泛的应用。

自从 20 世纪 80 年代以来,交流电动机变频调速技术在工业化国家已开始了规模化的应用。目前,国外许多优秀的变频调速系统和成套设备已大举进入中国市场。

日本品牌如三肯、三菱、松下、富士、日立、东芝、安川等,如图 1-1 所示,日本变频器进入中国比较早,最初的日本品牌变频器占据中国变频器市场的绝大多数份额。有关资料显示,20 世纪 80 年代,仅富士、三菱两家就占据当时中国变频市场的 90% 以上。而中小容量变频器的 85% 为日本产品占领,伴随欧美知名变频器品牌进入中国市场,日本变频器在中国市场的霸主地位受到威胁,虽然如此,日本品牌的变频器在中国市场仍具优势。

欧美品牌,如瑞士的 ABB、德国的西门子、丹麦的丹佛斯、法国的施耐德、LG、美国的罗宾康、英国的瓦萨等变频器系列,如图 1-2 所示。这些国家的厂商除直接提供成套设备外,还有良好的售后服务。欧美品牌的变频器多集中在大功率变频器方面。



西门子 MM420、MM430、MM440 变频器

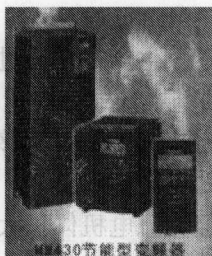
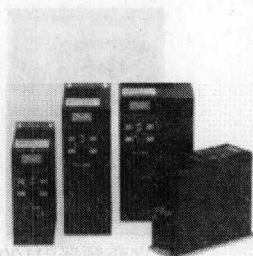
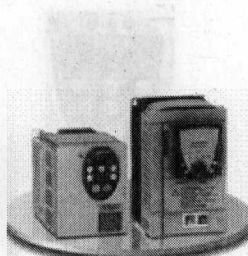


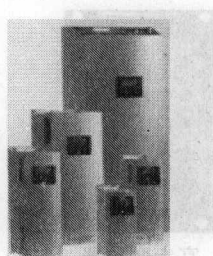
ABB 变频器



丹佛斯变频器



施耐德变频器



瓦萨变频器

图 1-2 欧美品牌变频器

国内目前也生产了几种变频调速设备,其质量可与国外的变频器产品相抗衡,如佳灵公司的佳灵变频器、深圳华为公司的 ENYDRIVE 变频器、希望集团的森兰变频器、山东烟台的惠丰变频器等,如图 1-3 所示。变频调速技术在我国的发展及应用经历了一个曲折的过程:20 世纪 80 年代以前,由于国产的可控硅元件在安全性、可靠性、大功率化方面都没有过关,极大地限制了国内变频调速技术的发展。直至 20 世纪 80 年代初,我国的可控硅生产制造技术才取得了实质性的重大进展,生产出了能够长时间稳定、可靠、安全

工作的大功率可控硅元件。1982 年我国首次使用核潜艇发射（潜射）远程火箭，使用的电力系统就是国产的可控硅元件。自此之后，使用国产元件研制出的性能较好的变频调速设备陆续问世。



图 1-3 国产变频器

从总体上看，我国在变频调速设备所用的元器件生产技术、成套设备的生产技术与国外先进水平相比，还有较大的差距。相信在不久的将来，我国的变频调速技术及应用将赶上国际先进水平。

与传统的调速技术如直流电动机调速相比，变频调速具有极大的优越性，整个调速系统体积小、重量轻、控制精度高、保护功能完善、工作安全可靠、操作过程简便、通用性广，使传动控制系统具有优良的性能。用变频调速装置驱动电动机去拖动风机、水泵及其他机械时，与常规的不调速电机拖动相比，节能效果十分可观。几十年来工业领域应用的一些单项节能技术，其数量级一般为几个百分点，而采用变频调速技术后，在泵类及机械类工作运行中，可产生 30%~40% 的节能效果，使节能数量发生了飞跃。

二、变频器的分类

变频器即电压频率变换器，是一种将固定频率的交流电变换成频率、电压连续可调的交流电，以供给电动机运转的电源装置。目前国内外变频器的种类很多，可按以下几种方式分类。

1. 按变换环节分类

(1) 交—直—交变频器。交—直—交变频器首先将频率固定的交流电整流成直流电，经过滤波，再将平滑的直流电逆变成频率连续可调的交流电。由于把直流电逆变成交流电的环节较易控制，因此在频率的调节范围内，以及改善频率后电动机的特性等方面都有明显的优势，目前，此种变频器已得到普及。

(2) 交—交变频器。交—交变频器把频率固定的交流电直接变换成频率连续可调的交流电。其主要优点是没有中间环节,故变换效率高。但其连续可调的频率范围窄,一般为额定频率的 1/20 以下,故它主要用于低速大容量的拖动系统中。

2. 按电压的调制方式分类

(1) PAM (脉幅调制)。所谓 PAM,是 Pulse Amplitude Modulation 的简称,它是通过调节输出脉冲的幅值来调节输出电压的一种方式,调节过程中,逆变器负责调频,相控整流器或直流斩波器负责调压。目前,在中小容量变频器中很少采用,这种方式基本不用。

(2) PWM (脉宽调制)。所谓 PWM,是 Pulse Width Modulation 的简称,它是通过改变输出脉冲的宽度和占空比来调节输出电压的一种方式,调节过程中,逆变器负责调频调压。目前,普遍应用的是脉宽按正弦规律变化的正弦脉宽调制方式,即 SPWM 方式。中小容量的通用变频器几乎全部采用此类型的变频器。

3. 按滤波方式分类

(1) 电压型变频器。在交—直—交变压变频装置中,当中间直流环节采用大电容滤波时,直流电压波形比较平直,在理想情况下可以等效成一个内阻抗为零的恒压源,输出的交流电压是矩形波或阶梯波,这类变频装置称做电压型变频器。一般的交—交变压变频装置虽然没有滤波电容,但供电电源的低阻抗使它具有电压源的性质,也属于电压型变频器。

(2) 电流型变频器。在交—直—交变压变频装置中,当中间直流环节采用大电感滤波时,直流电流波形比较平直,因而电源内阻抗很大,对负载来说基本上是一个电流源,输出交流电流是矩形波或阶梯波,这类变频装置称作电流型变频器。有的交—交变压变频装置用电抗器将输出电流强制变成矩形波或阶梯波,具有电流源的性质,它也是电流型变频器。

4. 按输入电源的相数分类

(1) 三进三出变频器。变频器的输入侧和输出侧都是三相交流电,绝大多数变频器都属于此类。

(2) 单进三出变频器。变频器的输入侧为单相交流电,输出侧是三相交流电,家用电器里的变频器都属于此类,通常容量较小。

5. 按控制方式分类

(1) U/F 控制变频器。U/F 控制是在改变变频器输出频率的同时控制变频器输出电压,使电动机的主磁通保持一定,在较宽的调速范围内,电动机的效率和功率因数保持不变。因为是控制电压和频率的比,所以称为 U/F 控制。它是转速开环控制,无需速度传感器,控制电路简单,是目前通用变频器中使用较多的一种控制方式。

(2) 转差频率控制变频器。转差频率控制需检测出电动机的转速,构成速度闭环。速度调节器的输出为转差频率,然后以电动机速度与转差频率之和作为变频器的给定输出频率。转差频率控制是指能够在控制过程中保持磁通 Φ_m 的恒定,能够限制转差频率的变化范围,且能通过转差频率调节异步电动机的电磁转矩的控制方式。与 U/F 控制方式相比,加减速特性和限制过电流的能力得到提高。另外,还有速度调节器,它是利用速度反馈进行速度闭环控制。速度的静态误差小,适用于自动控制系统。

(3) 矢量控制方式变频器。上述的 U/F 控制方式和转差频率控制方式的控制思想都建立在异步电动机的静态数学模型上, 因此动态性能指标不高。采用矢量控制方式的, 主要是为了提高变频调速的动态性能。

6. 按电压等级分类

(1) 低压型变频器。这类变频器电压单相为 220~240 V、三相为 220 V 或 380~460 V。通常用 200 V 类、400 V 类标称这类变频器。容量为 0.2~280 kW, 多则达 500 kW。因此, 这类变频器又称做中小容量变频器。本书所介绍的就是此类变频器。

(2) 高压大容量变频器。它有两种形式, 一种采用升降压变压器形式的, 称之为“高一低一高”式变频器, 亦称做间接高压变频器; 另一种采用高压大容量 GTO 晶闸管或晶闸管功率元件串联结构, 无输入、输出变压器, 也称做直接高压变频器。因本书主要是介绍低压型变频器, 所以对高压大容量变频器从略。

7. 按用途分类

(1) 通用型变频器。低频下能输出大力矩功能, 载频任意可调, 调节范围为 1~12 kHz。有很强的抗干扰能力, 噪声小。也有采用空间电压矢量随机 PWM 控制方法的, 功率因数高, 动态性能好, 转矩大, 噪声低。还有的设三段速、四段速、八段速调节, 具有转速提升功能和失速调节功能, 能模拟通道及端子触发方式选择功能。通用型变频器是用途最为广泛的变频器, 是本书介绍之重点。

(2) 风机、泵类专用变频器。这类变频器具有无水、过压、过流、过载等保护功能。水泵控制时采用“一拖一”、“一拖二”控制模式。U/F 补偿曲线更加适合风机泵类的负载特性, 内置 PID 调节器和软件制动功能模块。变频器运行前的制动保护功能, 保护变频器和风机泵类不受损害。

(3) 注塑机专用变频器。注塑机专用变频器具有更强的过载能力, 有更高的稳定性和更快的响应速度, 且抗干扰性强。具有隔离双通道模拟输入, 提供电压型或电流型分离变量的加权比例控制, 控制灵活。具有模拟量输入输出补偿的电流补偿功能, 可提供丰富多彩的补偿方法和补偿参数。

(4) 其他专用变频器如电梯专用变频器、能量回馈型变频器、地铁机车变频器、络纱机专用变频器等。

三、变频器的应用

1. 变频器在节能方面的应用

风机、泵类负载采用变频调速后, 节电率可达 20%~60%, 这是因为风机、泵类负载的实际消耗功率基本与转速的 3 次方成比例, 以节能为目的的变频器的应用, 在最近几十年来发展非常迅速, 据有关方面统计, 我国已经进行变频改造的风机、泵类负载的容量占总容量的 5% 以上, 还有很大的改造空间。由于风机、泵类负载在采用变频调速后可以节省大量的电能, 所需的投资在较短的时间内就可以收回, 因此在这一领域的应用最广泛。目前, 应用较成功的有恒压供水、各类风机、中央空调和液压泵的变频调速, 如图 1-4、图 1-5、图 1-6 所示。

2. 变频器在精度自控系统中的应用

由于控制技术的发展, 变频器除了具有基本的调速控制之外, 更具有了多种算术运算

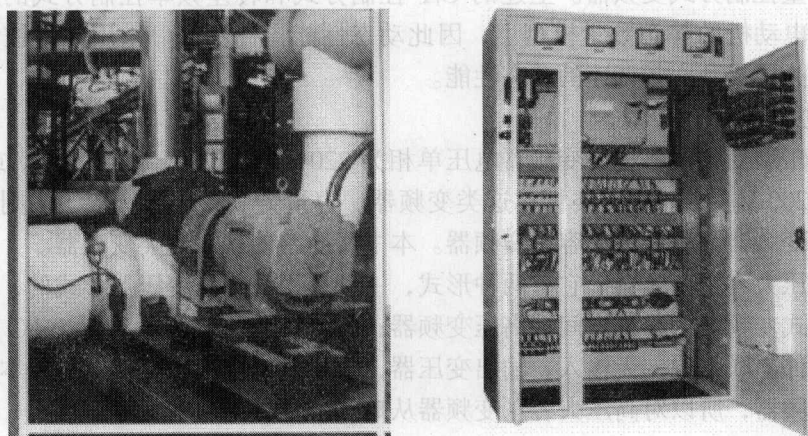


图 1-4 变频器在风机上的应用

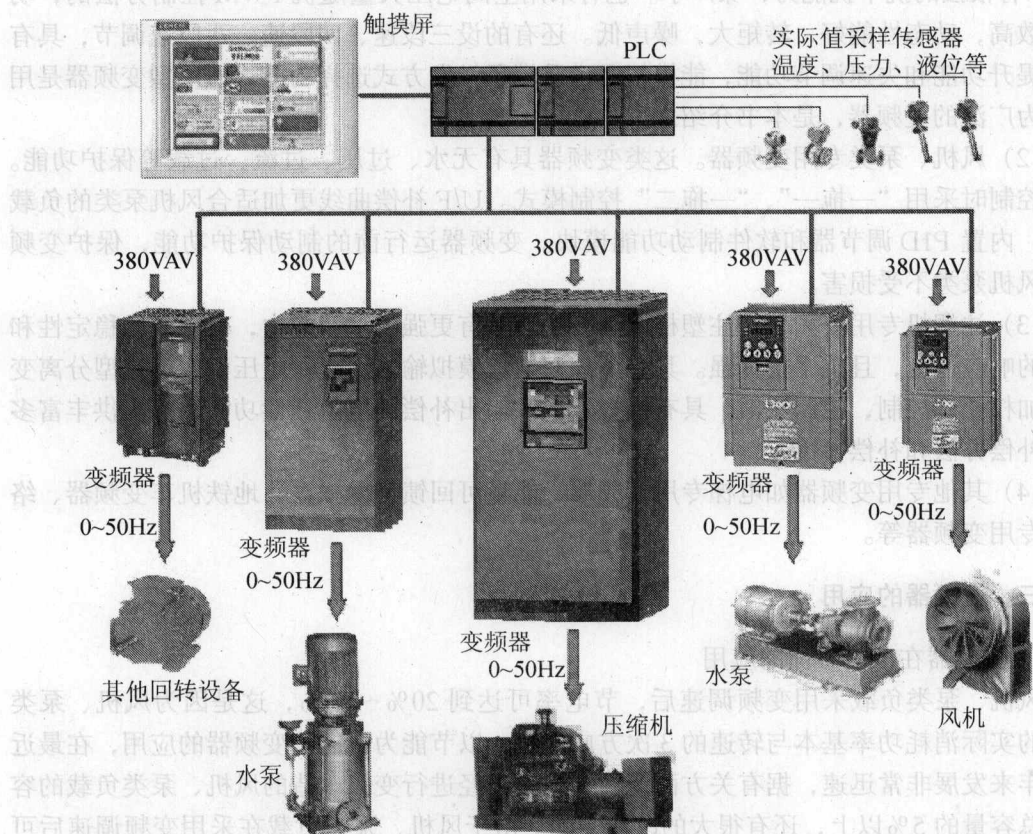


图 1-5 变频器在中央空调系统中的应用

和智能控制功能，输出精度高达 $0.1\% \sim 0.01\%$ 。它还设置有完善的检测、保护环节，因此在自动化系统中得到了广泛的应用。例如在印刷、电梯、纺织、机床、生产流水线等行业进行速度控制，如图 1-7 所示。

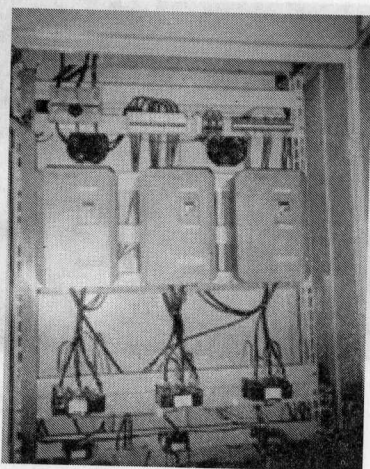
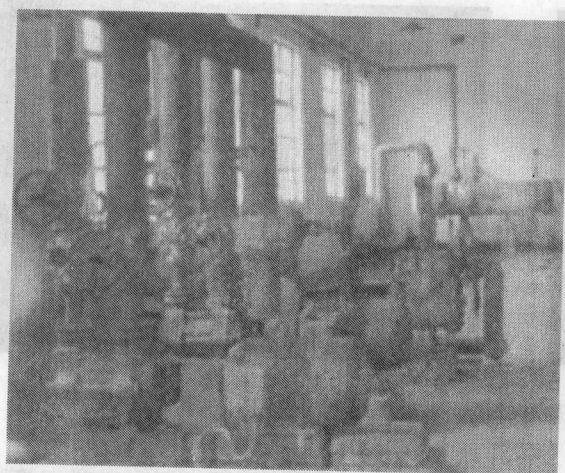


图 1-6 锅炉恒压/恒液位供水系统上的应用

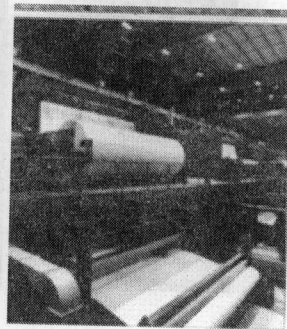
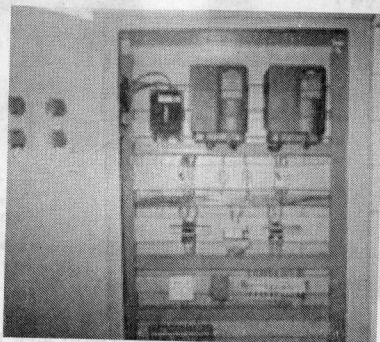
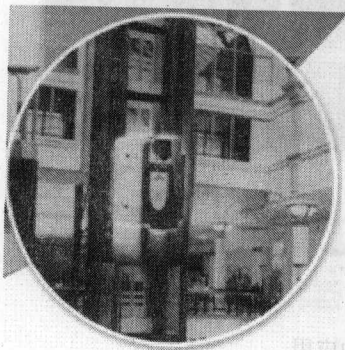


图 1-7 变频器在造纸、电梯上的应用

3. 变频器在提高工艺水平和产品质量方面的应用

变频器还广泛地应用于传送、起重、挤压和机床等各种机械设备的控制领域，它可以提高工艺水平和产品质量，减少设备冲击和噪声，延长设备使用寿命。采用变频控制后，可以使机械设备简化，操作和控制更具人性化，有的甚至可以改变原有的工艺规范，从而提高整个设备的功能，如图 1-8、图 1-9 是变频器在生产线上的应用。

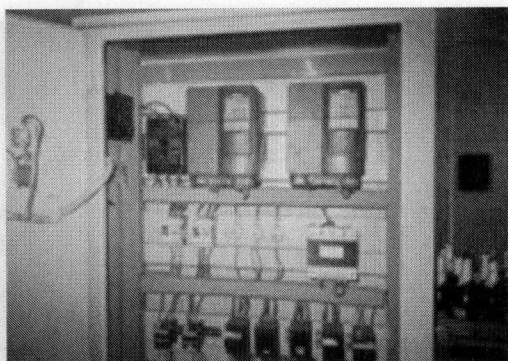
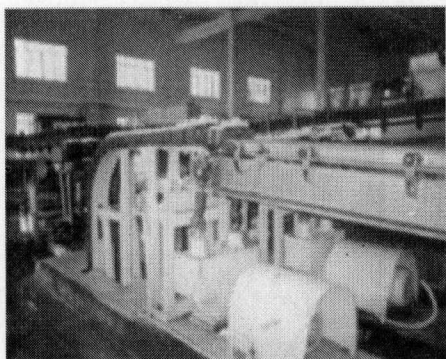


图 1-8 变频器在啤酒厂水处理线上的应用

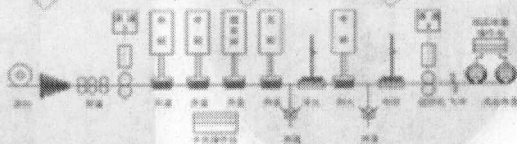
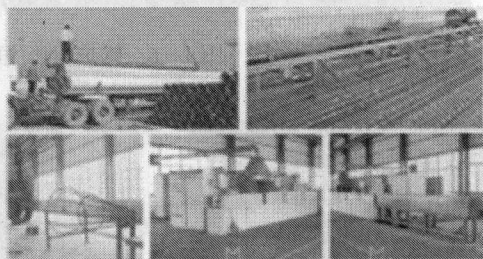
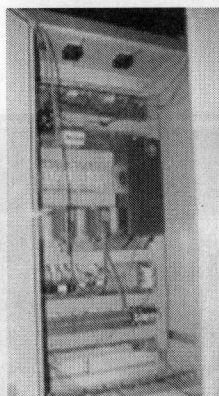


图 1-9 变频调速在螺纹钢生产线上的应用

项目 2 变频器的组成、结构框图、基本原理

项目目标

1. 了解通用变频器的组成及其各部分的功能。
2. 掌握通用变频器的基本结构及其各部分的作用。
3. 理解通用变频器的基本工作原理。

相关知识

一、变频器的组成

变频器是把电压、频率固定的交流电变成电压、频率可调的交流电的一种电力电子装置，其实际电路相当复杂，图 1-10 所示为变频器的内部组成框图。