



机电类 **新技师** 培养规划教材

变频调速

BIANPIN TIAOSU

中国机械工业教育协会

全国职业培训教学工作指导委员会
机电专业委员会

组编

陈立香 主编

赠送 电子教案



 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS

机电类新技师培养规划教材

变频调速

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会 组编
陈立香 主编



机械工业出版社

本套教材是根据中国机械工业教育协会、全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会组织制定的技师教学计划大纲编写的。本教材的主要内容包括通用变频器基础,通用变频器的选用、安装和维护,PLC与变频器组成的调速系统,变频器在货梯改造中的应用,变频器在金属切削机床中的应用,变频器在恒压供水系统中的应用,变频器在风机系统中的应用,变频器在中央空调系统中的应用,变频器在注塑机中的应用等知识。在每章的最后均设有小结和复习思考题,使学生能够巩固并检验本章所学知识。

本套教材的教学计划和大纲是根据《国家职业标准》中对技师的要求制定的,内容立足岗位,以必需、够用为度,符合职业教育的特点和规律。本教材配有教学计划和大纲、电子教案,部分教材还有多媒体课件和复习思考题,可供中高级技校、技师学院、高等职业院校等教育培训机构使用。

图书在版编目(CIP)数据

变频调速/陈立香主编. —北京:机械工业出版社, 2009. 8
机电类新技师培养规划教材
ISBN 978-7-111-28009-5

I. 变… II. 陈… III. 变频调速—技术培训—教材 IV. TM921.51

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第142255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:王英杰 王振国 责任编辑:罗子超

版式设计:张世琴 责任校对:李秋荣

封面设计:王伟光 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2009年10月第1版第1次印刷

184mm×260mm·14.25印张·348千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-28009-5

定价:25.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

机电类新技师培养规划教材 编审委员会

主任 郝广发 季连海

副主任 刘亚琴 徐 彤 周学奎 何阳春 林爱平 李长江 付志达
 李晓庆 王 军 赵杰士 李 涛 刘大力 张跃英 董桂桥

委员 于正明 王 德 王兆山 王英杰 冯小平 李全利 许炳鑫
 张正明 杨君伟 何月秋 何秉戌 周冠生 孟广斌 郝晶卉
 贾恒旦 徐卫东 凌爱林 奚 蒙 章振周 梁文侠 喻勋良
 曾燕燕

策划组 王英杰 徐 彤 何月秋 荆宏智

本书主编 陈立香

本书参编 宋峰青

本书主审 岳庆来

前 言

随着全球知识经济的快速发展，我国工业化建设也呈现迅猛发展之势，因而技术工人十分缺乏。为了顺应形势的发展要求，我国出台了一系列大力发展职业教育的政策：劳动和社会保障部颁布了最新《国家职业标准》，继续实行职业准入制度，并将国家职业资格由三级（初、中、高）改为五级（初、中、高、技师、高级技师），对技术工人的工作内容、技能要求和相关知识进行了重新界定。教育部根据国务院“大力开展职业教育”的精神进行了职业教育的改革，高职学院、中职学校相应地改制、扩招，以培养更多的技术工人。

经过几年的努力，技术工人在数量上的矛盾一定程度上得到缓解，但在结构比例上的矛盾却突显出来。高级工、技师、高级技师等高技能人才在技术工人中的比重远远低于发达国家，而且他们年龄普遍偏大，文化程度偏低，学习高新技能比较困难。为打破这一局面，加快数量充足、结构合理、素质优良的技术技能型、复合技能型和知识技能型高技能人才的培养，劳动和社会保障部提出了“新技师培养带动计划”，即在完成“3年50万”新技师培养计划的基础上，力争“十一五”期间在全国培养技师和高级技师190万名，培养高级技工700万名，使我国从“世界制造业大国”逐步转变为“世界制造业强国”。为此，劳动和社会保障部决定：除在企业中培养和评聘技师外，要探索出一条在技师学院中培养技师的道路来。中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会经研究决定，制定机电行业的技师培养方案。

在上述原则的指导下，中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会组织30多所高级技校、技师学院和企业培训中心等单位，经过广泛地调研论证，决定首批选定五个工种（职业）——模具工、机修钳工、电气维修工、焊工、数控机床操作工作为在技师学院培养技师的试点。对学制、培养目标、教学原则、专业设置、教学计划、教学大纲、课程设置、学时安排、教材定位、编写方式等，参照《国家职业标准》中相关工种对技师和高级技师的要求，结合各校、各地区企业的实际，经过历时三年的充分论证，完成了教学计划和教学大纲的制定和审定工作，并明确了教材编写的思想。

使用本套“机电类新技师培养规划教材”在技师学院培养技师，招收的学员必须符合的条件是：已取得高级职业资格（国家职业资格三级）的高级技校的毕业生，或具有高级职业资格证书的本职业或相近职业的人员。本套教材的编写充分体现“教、学、做”合一的职教办学原则，其特点如下：

（1）教材内容新，贴合岗位实际，满足职业鉴定要求。当今国际经济大格局的进程加快了各类型企业的先进加工技术、先进设备和新材料的使用，作为技师必须适应这种要求。教材中也相应增加了新知识、新技术、新工艺、新设备等方面的内容。另外，教材的内容以《国家职业标准》中对技师和高级技师的知识技能要求为基础，设置的实训项目或实例从岗

位的实际需要出发,是生产实践中的综合性、典型性的技术问题,既最大限度地体现学以致用目的,又满足学生毕业考工取得职业资格证书的需要。

(2) 针对每个工种(职业),均编写一本《相关工种技能训练》。随着全球化进程的加快,我国的生产力发展水平和职业资格体系应与国际相适应。因此,技师应该是具有高操作技能的复合型人才。例如,模具工技师不应仅是模具工方面的行家里手,还应懂得车、铣、数控、磨、刨、镗和线切割、电火花等加工技术,以适应现代制造业的发展趋势。故此《相关工种技能训练(模具工)》中,就包含上述内容。其他工种与此类似。

(3) 理论和技能有机结合。劳动和社会保障部颁布的“新技师培养带动计划”中明确指出“建立校企合作培养高技能人才”的制度,现在许多技师学院从企业中聘请具有丰富实践经验的工程技术人员作为技能课教师,各专题理论与实践融合在一起的编写方式,更适于这种教学制度。

(4) 单独编写了两本公共课教材——《实用数学》和《应用文写作》。新时代对技师的要求不仅是技术技能型人才,还应是知识技能型甚至是复合技能型的高技能人才,有一定的数学理论基础和写作能力是新技师必备的素质。《实用数学》运用微积分知识分析解决生产中的实际问题,少推理,重应用;《应用文写作》除介绍普通事务文书、经济文书、法律文书、日常事务文书的写法外,还教授科技文书的写法,其中科技论文的写法对于技师论文的写作会有很大裨益。

(5) 本套教材配有电子教案。电子教案包括教学计划、教学大纲、每章的培训目标、内容简介、重点难点,教师上课的板书,本章小结、配套习题及答案等等。

(6) 练习题是国家题库及各地鉴定考题的综合归纳和提升。

本套教材的编写得到了各技师学院、高级技工学校领导的高度重视和大力支持,编写人员都是职业教育教学一线的优秀教师,保障了这套教材的质量。在此,对为这套教材出版给予帮助和支持的所有学校、领导、老师表示衷心的感谢!

本书由陈立香任主编,宋峰青参加编写,岳庆来任主审。

由于编写时间和编者水平所限,书中难免存在不足或错误,敬请广大读者不吝赐教!

**中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会**

目 录

前言

第一章 通用变频器基础	1
第一节 通用变频器的基本认识	1
一、认识三菱变频器	1
二、变频器的拆装	4
三、变频器的应用	5
四、变频器的分类	6
五、变频器的额定参数	9
六、变频器的构成	10
七、通用变频器调速的控制原理	24
第二节 变频器的基本功能操作	56
一、变频器的基本参数	56
二、参数设定方法及功能单元操作	60
三、变频器的基本功能操作训练	64
第三节 变频器的参数单元操作	66
一、参数单元操作的定义及应用实例	66
二、基本技能训练	66
三、应用实例训练	67
第四节 变频器的外部运行操作	68
一、外部运行操作的定义及应用实例	68
二、变频器接线端子	68
三、基本技能训练	71
四、应用实例训练	72
第五节 变频器的组合运行操作	72
一、组合运行操作的定义及应用实例	72
二、基本技能训练	73
三、应用实例训练	74
第六节 变频器的多段速度运行操作	75
一、多段速度运行的定义及应用实例	75
二、基本技能训练	75
三、应用实例训练	78
第七节 变频器的程序运行操作	79
一、程序运行操作的定义及应用实例	79
二、程序运行操作的基本知识	79
三、基本技能训练	81
四、应用实例训练	83
第八节 变频器的多级加减速设置操作	84
一、多级加减速的定义及应用实例	84
二、基本技能训练	84
三、应用实例训练	87
第九节 变频器的 PID 控制运行操作	88
一、PID 操作运行的定义及应用实例	88
二、PID 控制运行的基本知识	89
三、基本技能训练	89
第十节 变频器的其他功能设置操作	92
复习思考题	97
第二章 通用变频器的选用、安装和维护	99
第一节 变频器的选用	99
一、变频器的选择	99
二、变频器的外围设备及其选择	101
三、变频器的抗干扰	104
第二节 变频器的安装	105
一、变频器对安装环境的要求	105
二、变频器的发热与散热	106
三、安装变频器的具体方法和要求	107
四、变频器的接线	108
第三节 变频器调速系统的调试	110
一、变频器的通电和预置	110
二、电动机的空载试验	110
三、拖动系统的启动和停机	111
四、拖动系统的负载试验	111
第四节 变频器控制系统的故障排除	111
一、通用变频器的维护	111
二、通用变频器故障原因的分析	113
三、通用变频器的故障处理及维修方法	114
复习思考题	117
第三章 PLC 与变频器组成的调速系统	118
第一节 PLC 与变频器的连接	118
一、PLC 与变频器的 3 种连接方法	118
二、PLC 通过 RS—485 通信接口控制变频器系统	118

三、PLC 与 RS—485 通信接口的连接 方式	119	应用	153
四、PLC 和变频器之间的 RS—485 通信 协议和数据定义	119	第一节 概述	153
五、程序设计	121	一、水泵供水的基本模型与主要参数	153
六、基本技能训练	122	二、供水系统的特性与工作点	154
第二节 PLC 控制变频器实现电动机的运 转	124	三、泵的特性分析与节能原理	155
一、变频器控制电动机实现正、反转的 基础知识	124	四、二次方律负载实现变频调速后是如何 得到最佳节能效果的	157
二、基本技能训练	125	第二节 变频调速恒压供水系统的实现	158
复习思考题	127	一、变频调速恒压供水系统的组成	158
第四章 变频器在货梯改造中的应用 ...	128	二、变频器的选型及功能预置	160
第一节 变频器控制货梯系统的构成及设备 选择	128	三、变频器的 PID 调节功能的实现	162
一、变频器的选择	128	四、基本技能训练	168
二、旋转编码器	128	复习思考题	169
三、可编程控制器的选用	129	第七章 变频器在风机系统中的应用 ...	170
第二节 货梯系统的改造过程	129	第一节 冲天炉风机系统的变频调速 控制	170
一、控制要求	129	一、风机系统介绍	170
二、旋转编码器脉冲个数的确定	129	二、冲天炉风机的变频调速系统	173
三、接线及程序编制	129	第二节 利用变频器对鼓风机进行程控调 速控制	177
四、基本技能训练	132	一、利用变频器对鼓风机进行程控调速 改造	177
复习思考题	133	二、节能分析	178
第五章 变频器在金属切削机床中的 应用	134	三、基本技能训练	180
第一节 变频器在车床主运动拖动系统中的 应用	134	复习思考题	181
一、卧式车床构造与拖动系统	134	第八章 变频器在中央空调系统中的 应用	182
二、变频调速拖动系统的分析	135	第一节 概述	182
三、利用变频器对车床主运动拖动系统 进行改造	138	一、中央空调系统的组成	182
四、技能训练	140	二、中央空调系统实训装置认识	183
第二节 变频器在龙门刨床拖动系统中的 应用	141	第二节 中央空调系统变频控制	184
一、原拖动系统存在的问题	141	一、循环水系统的组成	184
二、龙门刨床的工作台运动	142	二、循环水系统的特点	184
三、刨台变频调速	143	三、利用变频器控制的循环水系统	185
四、刨台改造技能训练	145	四、基本技能训练	187
五、龙门刨床的刀架变频调速系统	148	第三节 中央空调系统的改造	190
复习思考题	152	一、两种控制方法的比较	191
第六章 变频器在恒压供水系统中的		二、节能改造的可行性分析	191
		三、变频节能改造	193
		四、主要设备选型	195
		五、基本技能训练	196
		复习思考题	200

第九章 变频器在注塑机中的应用	201	四、基本技能训练	205
第一节 概述	201	复习思考题	206
一、注塑机的基本结构	201	附录	207
二、注塑机的工作过程	202	附录 A FR—A540 变频器的主要参数	207
第二节 注塑机的改造	202	附录 B FR—A540 变频器的保护功能	212
一、注塑机主电路接线	202	参考文献	216
二、注塑机的工作过程及压力变化分析	202	读者信息反馈表	
三、变频器参数的设置	203		

第一章 通用变频器基础

本章应知

1. 变频器的额定参数。
2. 变频器的基本组成和结构。
3. 变频器变频调速的控制原理。
4. 电力电子器件的相关知识。

本章应会

1. 认识变频器。
2. 变频器面板的拆装。
3. 变频器的基本操作。

第一节 通用变频器的基本认识

一、认识三菱变频器

1. 变频器的组成部件

从外部结构上看，变频器有开启式和封闭式两种。开启式的散热性能好，但接线端子外露，适用于在电气柜内进行安装；封闭式的接线端子全部在内部，不打开盖子是看不见的。这里所讲的变频器是封闭式的。

1) 变频器的外观如图 1-1 所示。中间有按键和显示窗的部件是参数单元，也叫操作单元，左上角有两个指示灯，上面的是电源指示灯，下面的是报警指示灯，电源进线和接电动机的出线孔在变频器的下部，图中看不见。

2) 变频器前盖板及操作面板，如图 1-1 所示。

拆卸前盖板和操作面板后的结构如图 1-2 所示。

2. 功能单元简介

通用变频器的功能单元根据变频器生产厂家的不同而千差万别，但是它们的基本功能相同。主要功能有以下几个方面：

- 1) 显示频率、电流、电压等参数。
- 2) 设定操作模式、操作命令、功能码等。
- 3) 读取变频器运行信息和故障报警信息。
- 4) 监视变频器运行状况。
- 5) 变频器运行参数的自整定。
- 6) 故障报警状态的复位。

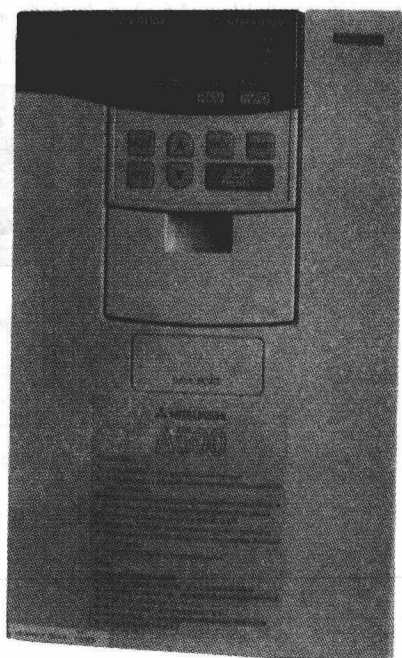


图 1-1 变频器的外观

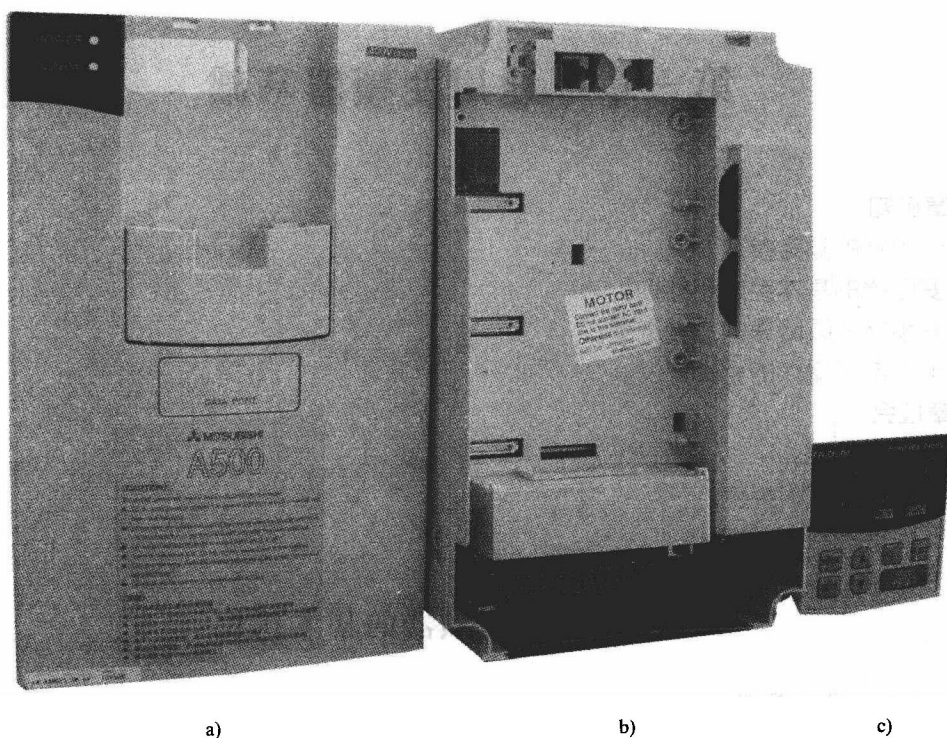


图 1-2 拆去盖板后的结构

a) 前盖板 b) 主机 c) 参数单元

三菱公司 FR—A500 系列变频器的操作面板 (FR—DU04) 的名称和功能如图 1-3 所示, 各按键的功能及单位显示和操作状态显示见表 1-1 和表 1-2。

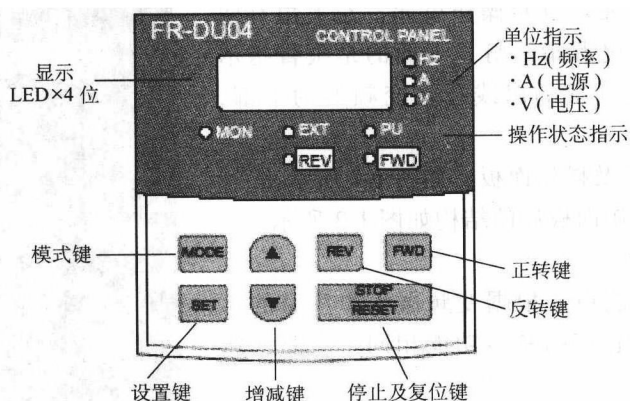


图 1-3 操作面板 (FR—DU04) 的名称和功能

表 1-1 各按键的功能

按 键	功能说明
键	可用于选择操作模式或设定模式

(续)






按 键	功 能 说 明
 键	用于确定频率和参数的设定
 键	<ul style="list-style-type: none"> • 用于连续增加或降低运行频率，按下这个键可改变频率 • 在设定模式中按下此键，则可连续设定参数
 键	用于给出正转指令
 键	用于给出反转指令
 键	<ul style="list-style-type: none"> • 用于停止运行 • 用于保护功能动作输出停止时复位变频器

表 1-2 单位显示和操作状态显示

显 示	说 明
Hz	显示频率时点亮
A	显示电流时点亮
V	显示电压时点亮
MON	监视显示模式时点亮
PU	PU 操作模式时点亮
EXT	外部操作模式时点亮
FWD	正转时闪烁
REV	反转时闪烁

3. 通用变频器的铭牌

通用变频器的铭牌如图 1-4 所示。

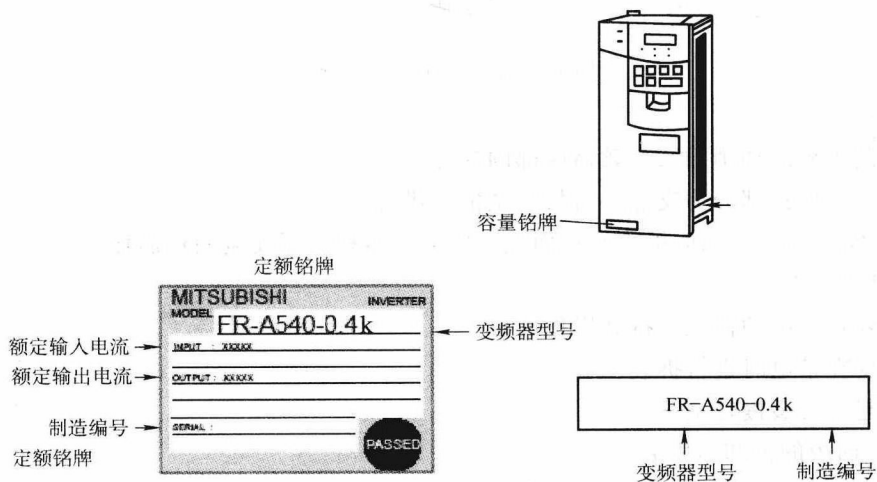


图 1-4 通用变频器的铭牌

4. 外观和结构

变频器的外观和结构如图 1-5 所示。

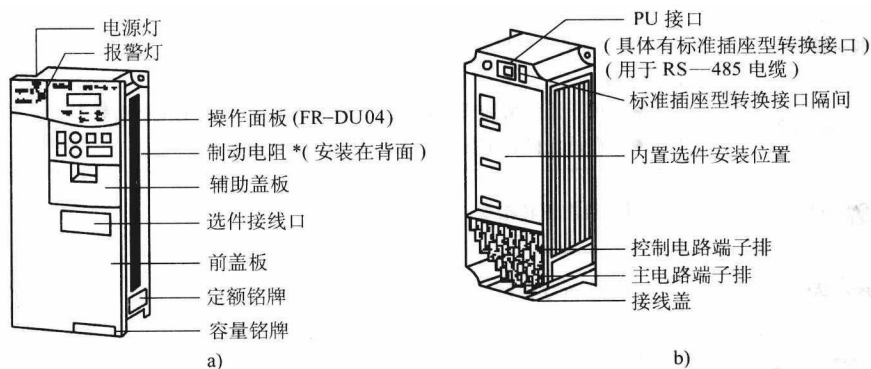


图 1-5 变频器的外观和结构

a) 前视图 b) 无前盖板

注: 7.5kW 以下变频器装有内置制动电阻

二、变频器的拆装

1. 前盖板的拆卸与安装

(1) 拆卸

1) 手握着前盖板上部两侧向下用力推。

2) 握着向下前盖板向身前拉, 就可将其拆下, 即使带着 PU 单元 (FR-DU04/FR-PU04) 时也可以连参数单元一起拆下, 如图 1-6 所示。

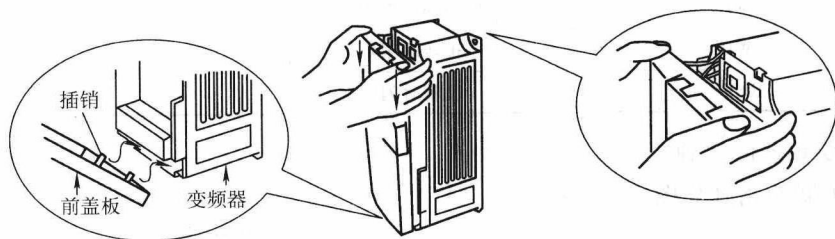


图 1-6 前盖板的拆卸与安装

(2) 安装

1) 将前盖板的插销插入变频器底部的插孔中。

2) 以安装插销部分为支点将盖板完全推入机身。

注意: 安装前盖板前应拆去操作面板, 安装好盖板后再安装操作面板。

(3) 注意事项

1) 不要在带电的情况下拆卸操作面板。

2) 不要在带电时进行拆装。

3) 抬起时要缓慢轻拿。

2. 操作面板的拆卸与安装

(1) 拆卸 一边按着操作面板上部的按钮, 一边拉向身前, 就可以拆下, 如图 1-7 所示。

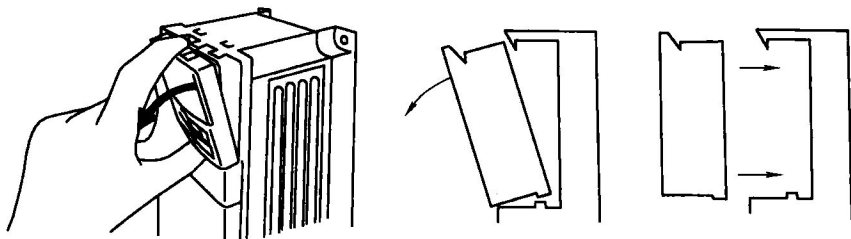


图 1-7 操作面板的拆卸与安装

(2) 安装 安装时，垂直插入并牢固装上。

3. 连接电缆的安装

1) 拆去操作面板。

2) 拆下连接标准插座转换接口（将拆下的标准插座转换接口放置在标准插座转换接口隔间处）。

3) 将电缆的一端牢固插入机身的插座上，将另一端插到 PU 单元上，如图 1-8 所示。

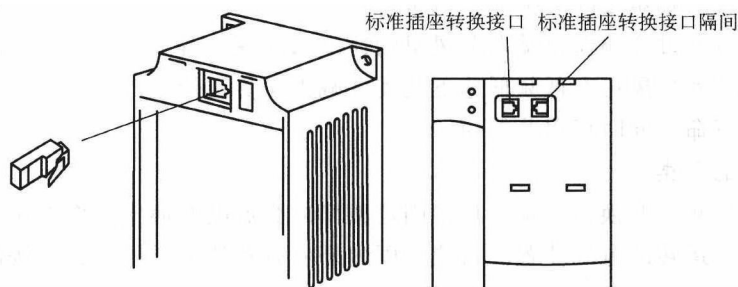


图 1-8 连接电缆的安装

注意：请不要在拆下前盖板的状态下安装操作面板。

三、变频器的应用

变频调速已被公认为最理想、最有发展前途的调速方式之一，它的应用主要在以下几个方面。

1. 在节能方面的应用

风机、泵类负载采用变频调速后，节电率可以达到 20% ~ 60%，这是因为风机、泵类负载的耗电功率基本与转速的三次方成比例。当用户需要的平均流量较小时，风机、泵类采用变频调速使其转速降低，节能效果非常可观。而传统的风机、泵类采用挡板和阀门进行流量调节，电动机转速基本不变，耗电功率变化不大。在此类负载上使用变频调速装置具有重要的意义。以节能为目的变频器的应用，在最近十几年来推广发展非常迅速，据有关方面统计，我国已经进行变频调速改造的风机、泵类负载约占总容量的 5% 以上，年节电约 800 亿 kW·h。由于风机、水泵、压缩机在采用变频调速后，可以节省大量电能，所需的投资在较短的时间内就可以收回，因此，在这一领域中变频调速应用得最多。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。特别值得指出的是恒压供水，由于使用效果很好，现在已形成典型的变频控制模式，广泛应用于城乡生活用水、消防、喷灌等。恒压供水不仅节省大量电能，而且延长了设备的使用寿命，使用操作也更加方便。一些家用电器，如冰箱、空调采用变频调速，节能也取得了很好的效果。

2. 在自动化系统中的应用

由于变频器内置有 32 位或 16 位的微处理器，具有多种算术逻辑运算和智能控制功能，输出频率精度高达 0.1% ~ 0.01%，还设置有完善的检测、保护环节，因此，在自动化系统中获得广泛的应用。例如，化纤工业中的卷绕、拉伸、计量、导丝；玻璃工业中的平板玻璃退火炉、玻璃窑搅拌、拉边机、制瓶机；电弧炉自动加料、配料系统以及电梯的智能控制等。

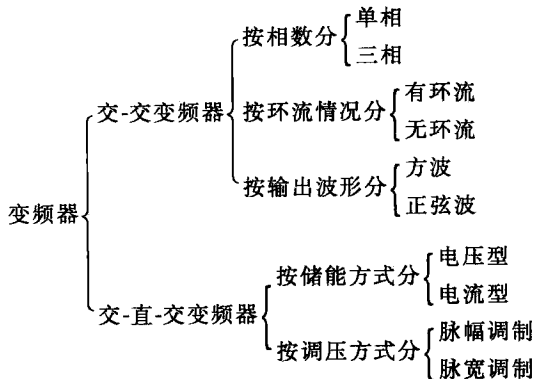
3. 在提高工艺水平和产品质量方面的应用

变频器还可以广泛应用于传送、起重、挤压和机床等各种机械设备控制领域，它可以提高工艺水平和产品质量，减少设备的冲击和噪声，延长设备的使用寿命。采用变频调速控制后，使机械系统简化，操作和控制更加方便，有的甚至可以改变原有的工艺规范，从而提高了整个设备的功能。例如，纺织和许多行业用的定型机，机内温度是靠改变送入热风的多少来调节的。输送热风通常用的是循环风机，由于风机速度不变，送入热风的多少只有用风门来调节。如果风门调节失灵或调节不当就会造成定型机失控，从而影响成品质量。循环风机高速起动，传送带与轴承之间磨损非常厉害，使传送带变成了一种易耗品。在采用变频调速后，温度调节可以通过变频器自动调节风机的速度来实现，解决了产品质量问题；此外，变频器能够很方便地实现风机在低频低速下起动并减少了传送带与轴承之间的磨损，还可以延长了设备的使用寿命，同时可以节能 40%。

四、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. 按变频的原理分类



(1) 交-交变频器 单相交-交变频器的原理框图如图 1-9a 所示。它只有一个变换环节就可以把恒压恒频 (CVCF) 的交流电源转换为变压变频 (VVVF) 电源，因此，称为直接变频器，或称为交-交变频器。

电路由 P (正) 组和 N (负) 组反并联的晶闸管变流电路构成，两组变流电路接在同一交流电源，Z 为负载。两组变流器都是相控电路，P 组工作时，负载电流自上而下，设为正向；N 组工作时，负载电流自下而上，为负向。让两组变流器按一定的频率交替工作，负载就得到该频率的交流电，如图 1-9b 所示。改变两组变流器的切换频率，就可以改变输出到

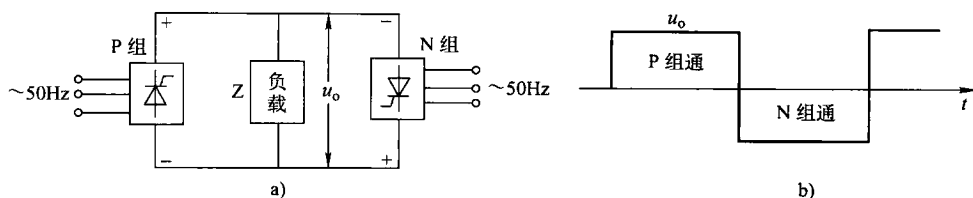


图 1-9 单相交-交变频器电路及输出电压波形

负载上的交流电压频率，改变交流电路工作时的触发延迟角 α ，就可以改变交流输出电压的幅值。

对于三相负载，其他两相也各用一套反并联的可逆电路，输出平均电压相位依次相差 120° 。这样，如果每个整流电路都用桥式，共需 36 个晶闸管。因此，交-交变频器虽然在结构上只有一个变换环节，但所用的器件多，设备投资大。另外，交-交变频器的最大输出频率为 30Hz，其应用受到限制。

(2) 交-直-交变频器 交-直-交变频器又称为间接变频器，它是先将工频交流电通过整流器转换成直流电，再经逆变器将直流电变成频率和电压可调的交流电。图 1-10 所示为交-直-交变频器的原理框图。

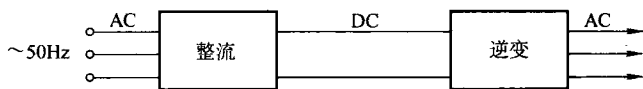


图 1-10 交-直-交变频器的原理框图

1) 交-直-交变频器根据直流环节的储能方式，又分为电压型和电流型两种。

① 电压型变频器。在电压型变频器中，整流电路产生的直流电压，通过电容进行滤波后供给逆变电路。由于采用大电容滤波，故输出电压波形比较平直，在理想情况下可以看成是一个内阻为零的电压源，逆变电路输出的电压为矩形波或阶梯波。电压型变频器多用于不要求正反转或快速加减速的通用变频器中。电压型变频器的主电路结构如图 1-11a 所示。

② 电流型变频器。当交-直-交变频器的中间直流环节采用大电感滤波时，直流电流波形比较平直，因而电源内阻很大，对负载来说基本上是一个电流源，逆变电路输出的交流电流是矩形波。电流型变频器适用于频繁可逆运转的变频器和容量的变频器。电流型变频器的主电路结构如图 1-11b 所示。

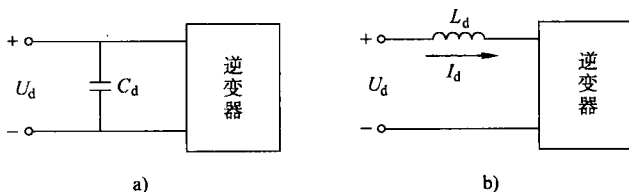


图 1-11 电压型和电流型变频器的主电路结构

a) 电压型变频器 b) 电流型变频器

2) 根据调压方式的不同，交-直-交变频器又分为脉幅调制和脉宽调制两种。

① 脉幅调制 (PAM)。PAM (Pulse Amplitude Modulation) 方式，是一种改变电压源的电压 E_d 或电流源的电流 I_d 的幅值进行输出控制的方式。因此，在逆变器部分只控制频率，整流器部分只控制输出电压或电流。采用 PAM 调节电压时，变频器的输出电压波形如图 1-12 所示。

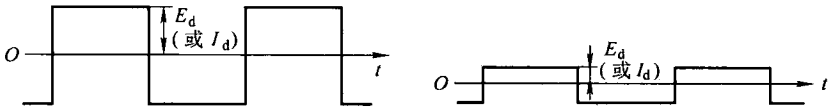


图 1-12 用 PAM 方式调压

② 脉宽调制 (PWM)。PWM (Pulse Width Modulation) 方式, 指变频器输出电压的大小是通过改变输出脉冲的占空比来实现的。目前, 使用最多的是占空比按正弦规律变化的正弦波脉宽调制, 即 SPWM 方式。用 PWM 方式调压输出的波形如图 1-13 所示。

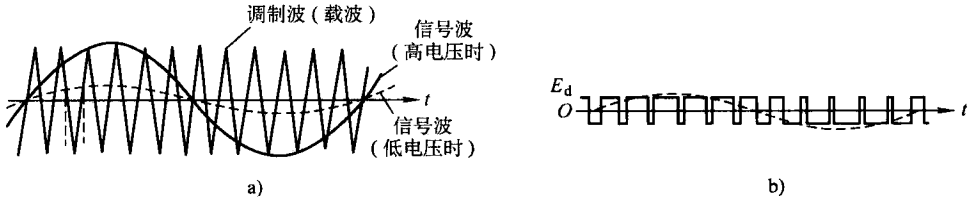


图 1-13 用 PWM 方式调压输出的波形

a) 调制原理 b) 输出电压波形

2. 按变频器的控制方式分类

(1) U/f 控制变频器 U/f 控制又称为压频比控制。它的基本特点是对变频器输出的电压和频率同时进行控制。在额定频率以下, 通过保持 U/f 恒定使电动机获得所需的转矩特性。这种方式控制电路成本低, 多用于精度要求不高的通用变频器。

(2) SF 控制变频器 SF 控制即转差频率控制, 是在 U/f 控制基础上的一种改进方式。采用这种控制方式, 变频器通过电动机、速度传感器构成速度反馈闭环调速系统。变频器的输出频率由电动机的实际转速与转差频率之和来自动设定, 从而达到在调速控制的同时也使输出转矩得到控制。该方式是闭环控制, 故与 U/f 控制相比, 调速精度与转矩特性较优。但是由于这种控制方式需要在电动机轴上安装速度传感器, 并需依据电动机特性调节转差, 故通用性较差。

(3) VC 变频器 VC (Vector Control) 即矢量控制, 是 20 世纪 70 年代由德国人 Blaschke 首先提出来的对交流电动机一种新的控制思想和控制技术, 也是异步电动机的一种理想调速方法。矢量控制的基本思想是, 将异步电动机的定子电流分解为产生磁场的电流分量 (励磁电流) 和与其相垂直的产生转矩的电流分量 (转矩电流), 并分别加以控制。由于在这种控制方式中必须同时控制异步电动机定子电流的幅值和相位, 即控制定子电流矢量, 所以这种控制方式被称为矢量控制。

矢量控制方式使异步电动机的高性能成为可能。矢量控制变频器不仅在调速范围上可以与直流电动机相匹敌, 而且可以直接控制异步电动机转矩的变化, 所以已经在许多需要精密或快速控制的领域得到应用。

3. 按用途分类

对一般用户来说更为关心的是变频器的用途, 根据用途的不同对变频器进行如下分类。

(1) 通用变频器 顾名思义, 通用变频器的特点是其通用性。随着变频技术的发展和市场需求的不断扩大, 通用变频器也在朝着两个方向发展: 一是低成本的简易型通用变频器; 二是高性能多功能的通用变频器。它们分别具有以下特点。