

● 任国雄 任致程 编

特种变频器 实用手册

- ★ 特种变频器的各项技术参数与功能说明
- ★ 特种变频器维护与常见故障诊断
- ★ 变频器外围选配件
- ★ 特种变频器应用范例



中国电力出版社
www.cepp.com.cn



任国雄 任致程 编

特种变频器 实用手册



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本手册收集了数十种特种变频器,涵盖了高压、中压、低压变频器,高频、中频变频器、提升机变频器、恒转矩变频器、抽油机节能变频器、络筒机专用变频器、注塑机专用变频器、中频加热电源、智能变频器、工程型变频器等,它们广泛应用于工农业生产等方面,在航空航天、军事、科学实验等诸多领域也有所应用。

本书共分七部分。第一章综述。叙述了特种变压器常识;第二章为特种变频器荟萃,在众多的特种变频器中精选了十五种,将它们的型号、用途、外形尺寸以及安装、基本配线、操作方法等逐一进行了介绍;第三章讲述了特种变频器的常见故障,介绍了诊断和维修技术;第四章着重描述了变频器的外围选配件,以满足某种更为特殊的需要;第五章为应用设计范例和实用范例。此外,附录中收录了四十多种高、中、低压电动机和特种电机以及特种变频器的规格和技术参数,以供读者参考。

本手册既可供工矿企业电工、设备操作工学习参考,也可供电气工程师和机械工程师使用,还可作为有关变频器安装、调试、使用和维护保养人员的教材和自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

特种变频器实用手册/任国雄,任致程编. —北京:
中国电力出版社, 2005
ISBN 7-5083-3627-5

I. 特… II. ①任…②任… III. 变频器-技术手册
IV. TN773-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 113492 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 [http://www. cepp. com. cn](http://www.cepp.com.cn))

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2006 年 1 月第一版 2006 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 32 印张 865 千字

印数 0001—3000 册 定价 50.00 元

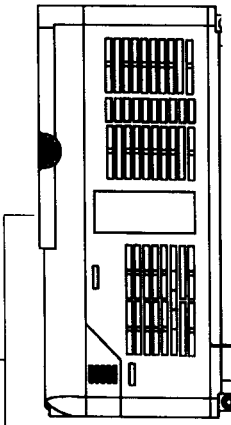
版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

画说特种变频器



国防装备也用得着它。



高频变频器可用于高速磨床、高速气流纺机。

到底用在哪些地方呢？

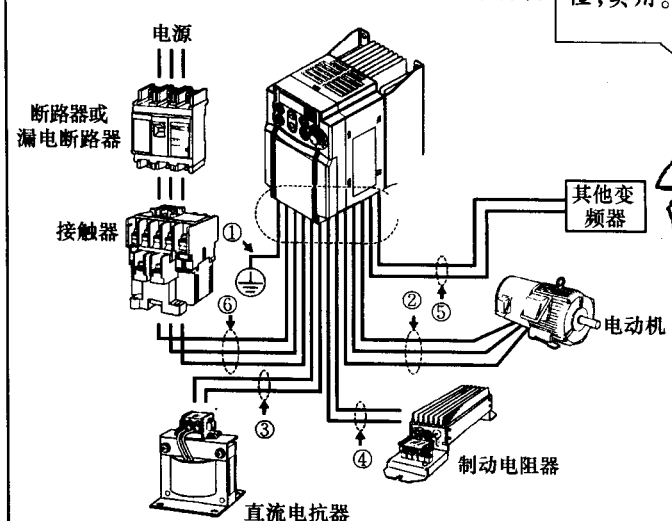
你看书就明白啦。

工程型变频器用途广阔。

《特种变频器实用手册》指导读者选型、安装、调试、操作、维护、和保养，还有大量资料。

《特种变频器实用手册》好懂，实用。

啊哈，特种变频器到处都用得上！



要想富，多看书！

姐，工作难找，致富无门啊！

有了《特种变频器实用手册》就解决问题了！

师兄，“变频器说明书”丢了，咋办？

前言



特种变频器俗称专用变频器。它与通用变频器的区别在于其具有某种“特殊功能”，以服从于设备的需要，而它的主回路与通用变频器大同小异。

目前，常见的特种变频器颇多，如高频变频器、中频变频器、高压变频器、中压变频器、工程型变频器、中压泵类变频器、水泵风机类变频器、提升机变频器、络筒机专用变频器、注塑机专用变频器、中频加热电源、防爆变频器等等，其应用范围之广泛，远远超过人们的想象。但是，目前很少有专门的书籍来讲述这部分的内容，在此情况下，《特种变频器实用手册》一书应运而生。

本书共分七部分，着重讲述应用方面的问题。第一章是综述，介绍特种变频器的应用常识；第二章是特种变频荟萃，是本手册的重点，从浩如烟海的变频器实例中精选十五例，详细地介绍它们的使用方法；第三章介绍在使用时遇到故障如何诊断和排除的问题；第四章叙述的是特种变频器选配件，以满足实用之需要；第五章列举了应用设计范例和实用范例，以供读者参考；第六部分是附录，列举四十五种高、中、低压电动机和特种电动机，以及特种变频器资料，可供读者设计、维修选用时参考；第七部分是“厂商名录”和参考文献，读者碰到问题时，可向厂商的技术人员咨询。

本手册在编写过程中，得到了西安春日电气有限公司总经理钟彦儒教授、山东风光电子有限责任公司何洪臣总经理及李明伦经理、无锡东元电机有限公司 SA 技术处廖朝旭处长以及技术处开发课马小亮同志、烟台惠丰电子有限公司、时代集团北京时代新纪元技术有限公司王梦婉同志、成都希望森兰变频器制造有限公司陈斌总经理及钱晓静同志、北京北科机械电子材料高技术公司潘晓晴同志、欧姆龙（中国）有限公司孟强经理以及《走近惠丰》杂志社的鼎力支持，提供了宝贵的科技资料，在此一并表示衷心的感谢。

同时，还要真诚地向广大电气同仁、广大电工师傅致意，由于作者才疏学浅水平有限，加上时间仓促，错误在所难免，特恳请读者批评指正。

任国雄

御景·城市花园

2005 年 12 月 1 日

目 录



画说特种变频器
前言

第一章 综述	1
第一节 变频器常识	1
一、工作原理(1) 二、输出电路能否串接交流接触器(3) 三、变频器对工作环境的要求(4)	
第二节 变频器的控制形式	7
一、压/频控制又称 U/f 控制(7) 二、空间电压矢量控制又称 SVPWM 控制(7) 三、矢量控制又称 VC 控制(8) 四、直接转矩控制又称 DTC 控制(8) 五、多种方式控制于一机(9) 六、优化 PWM 矢量控制正弦脉宽调制(10) 七、PWM 的调制方式控制(10) 八、按电动机 U 形特性曲线与 U/f 配合的控制方式(10) 九、采用 DSP 数字信号处理器控制(11) 十、模糊控制(FUZZY)(11) 十一、自整定控制(11) 十二、双 PWM 控制(11)	
第三节 变频器的谐波及其抑制	11
一、低压变频器的谐波(11) 二、低压变频器谐波的解决途径(13) 三、低压变频器在工程中实际抗干扰措施(13)	
第四节 高压变频器的谐波及其检验	16
一、高压变频器的谐波(16) 二、高压变频器谐波有关标准(20) 三、谐波值的确定(20)	
第五节 变频器与电动机的选配	21
一、电动机的效率(21) 二、变频器输出谐波对电动机效率的影响(21) 三、电动机与变频器配合时的注意事项(23) 四、变频器的选用(24)	
第六节 变频器与电动机制动	28
一、直流制动方式(28) 二、能耗制动方式(28) 三、再生制动方式(29) 四、共用直流母线方式(29)	
第七节 变频器参数的设定	29
一、常用参数的设定(30) 二、参数设定排故障(30)	
第八节 变频器警示标志	31
一、常见变频器警示标志(31) 二、警示标志在变频器上的位置(32) 三、低压变频器安全注意事项及其警示标志(32) 四、高压变频器安全注意事项及警示标志(35)	
第九节 变频器的保管	36
一、短期保管(37) 二、长期保管(37) 三、保管时间在一年以上(37)	

第二章 特种变频器荟萃 38

第一节 惠丰 F1500 - P 系列水泵风机专用变频器	38
一、F1500 - P 系列型号说明 (38) 二、F1500 - P 系列外形尺寸与安装 (39) 三、F1500 - P 系列基本配线 (40) 四、F1500 - P 系列的操作 (44) 五、F1500 - P 系列功能/参数 (功能码) 分区表 (46) 六、F1500 - P 系列功能/参数说明 (46) 七、F1500 - P 系列功能码速查表 (62) 八、485 通信控制盒 (70) 九、F1500 - P 系列调速方式及工作模式 (70)	
第二节 惠丰 W500 系列多泵供水专用变频器	73
一、W500 系列型号说明 (73) 二、W500 系列外形尺寸及安装 (73) 三、W500 系列基本配线 (75) 四、W500 系列操作 (80) 五、W500 系列的功能/参数 (83) 六、W500 系列功能/参数说明 (85) 七、W500 系列保护功能 (90) 八、W500 系列调试 (91) 九、供水应用指南 (92)	
第三节 惠丰 ZS500 系列注塑机专用变频器	94
一、注塑机与注塑机专用变频器简介 (94) 二、ZS500 系列型号说明 (97) 三、ZS500 系列外形尺寸与安装 (97) 四、ZS500 系列基本配线 (97) 五、ZS500 变频器操作 (101) 六、ZS500 系列功能/参数 (104) 七、SZ500 系列功能参数说明 (112)	
第四节 惠丰 LT1000 系列络筒机专用变频器	129
一、LT1000 系列型号说明 (129) 二、LT1000 系列外形尺寸与安装 (129) 三、LT1000 系列基本配线 (130) 四、LT1000 系列变频器的操作 (132) 五、LT1000 系列功能/参数 (133) 六、LT1000 系列功能/参数说明 (134) 七、LT1000 系列变频器调试与应用 (136)	
第五节 惠丰 CY500 型抽油机节能增油变频柜	137
一、CY500 型号说明 (138) 二、CY500 型系统组成 (138) 三、CY500 型变频柜安装及配线 (140) 四、CY500 型变频柜的操作 (142)	
第六节 时代 TVF2000 系列恒转矩变频器	144
一、TVF2000 系列型号说明 (144) 二、TVF2000 系列的主要性能 (144) 三、TVF2000 系列外形尺寸与安装 (146) 四、TVF2000 系列基本配线 (151) 五、TVF2000 系列的操作 (154) 六、TVF2000 系列数字输入端功能 (159) 七、TVF2000 系列变频器的应用宏 (160) 八、TVF2000 系列功能/参数 (菜单描述表) (173) 九、TVF2000 系列功能/参数说明 (菜单功能描述) (179) 十、TVF2000 系列 Modbus 串行通讯 (203) 十一、TVF2000 变频器对泵类和风机的应用 (207)	
第七节 时代 TVF1000 系列恒转矩小功率变频器	209
一、TVF1000 系列型号说明 (209) 二、TVF1000 系列的主要性能 (209) 三、TVF1000 系列外形尺寸及安装 (211) 四、TVF1000 系列基本配线 (212) 五、其他 (213)	
第八节 时代 TVF5000 系列恒转矩单相小功率变频器	214
一、TVF5000 系列型号说明 (214) 二、TVF5000 系列主要性能 (214) 三、TVF5000 系列外形尺寸及安装 (214) 四、TVF5000 系列变频器基本配线 (216) 五、TVF5000 系列变频器的操作 (218) 六、TVF5000 系列的功能/参数 (221) 七、TVF5000 系列功能/参数说明 (223)	
第九节 风光 JD - BP 低压系列泵类风机变频器	231
一、JD - BP 低压系列型号说明 (232) 二、JD - BP 低压系列外形与安装 (232) 三、JD - BP 低压系列基本配线 (233) 四、JD - BP 低压系列的操作 (235) 五、JD - BP 低压系列的运行 (239) 六、JD - BP 低压系列变频器在供水系统中的应用 (242) 七、JD - BP 低压系列的保护功能 (243)	
第十节 风光 JD - BP 中压系列泵类负载变频器	246
一、JD - BP 中压系列的型号说明 (246) 二、JD - BP 中压系列变频器外形与安装 (247) 三、JD - BP 中压系列变频器原理 (248) 四、JD - BP 中压系列的基本配线 (248) 五、JD - BP 中压系列变频器的操作 (250) 六、JD - BP 中压系列变频柜的开机与停机 (254) 七、JD - BP 中压系列变频柜的运行 (255)	

第十一节 风光 JD-BP 高压系列变频器	257
一、JD-BP 高压系列型号说明 (258) 二、JD-BP 高压系列外形尺寸与安装 (258) 三、JD-BP 高压系列的基本配线 (259) 四、JD-BP 高压系列变频器原理 (262) 五、JD-BP 高压系列变频器的电脑操作 (263) 六、JD-BP 高压系列变频器的键盘操作 (273) 七、JD-BP 高压系列变频器外控方式下的运行 (278) 八、JD-BP 高压系列变频器运行注意事项 (279)	
第十二节 风光 JD-BP 提升机变频器	279
一、JD-BP 提升机变频器型号说明 (280) 二、JD-BP 提升机变频器外形 (281) 三、JD-BP 提升机变频器原理 (281) 四、JD-BP 提升机变频器的基本配线 (282) 五、JD-BP 提升机变频器的键盘操作 (284) 六、安装变频器后原操作系统的操作 (288)	
第十三节 风光 BPDY 系列中频加热电源	289
一、BPDY 系列型号说明 (289) 二、BPDY 系列外形与安装 (290) 三、BPDY 系列中频电源原理 (290) 四、BPDY 系列中频变频器的基本配线 (291) 五、BPDY 系列中频电源的显示屏及键盘操作 (292) 六、BPDY 系列中频电源的操作方法与运行 (292)	
第十四节 春日 KVFC 系列智能型变频器	294
一、KVFC 系列型号说明 (294) 二、KVFC 系列外形尺寸与安装 (295) 三、KVFC 系列基本配线 (295) 四、KVFC 系列变频器的操作 (301) 五、KVFC 系列的运行 (305) 六、KVFC 系列变频器的功能/参数 (306) 七、KVFC 系列变频器的功能/参数说明 (314)	
第十五节 森兰 SB80 工程型变频器	332
一、SB80 变频器的型号说明 (332) 二、SB80 变频器外形及操作面板安装盒尺寸 (335) 三、SB80 变频器的基本配线 (337) 四、SB80 变频器的操作 (343) 五、SB80 变频器的功能/参数 (345)	
第三章 变频器故障诊断与维修	348
第一节 常规检查与维修	348
一、变频器运行检查维护 (348) 二、变频器定期检查 (350) 三、变频器的故障诊断 (354) 四、变频器的维护与检修 (361)	
第二节 惠丰变频器故障诊断与维修	363
一、F1500-P 系列水泵风机专用变频器常见故障的处理 (363) 二、W500 系列多泵供水专用变频器常见故障的处理 (365) 三、ZS500 系列注塑机专用变频器常见故障的处理 (369) 四、CY500 型抽油机节能增油变频柜的保养与维护 (369)	
第三节 时代变频器故障诊断与维修	370
一、TVF2000 系列变频器常见故障的处理 (370) 二、TVF1000 系列变频器常见故障的处理 (374) 三、TVF500 系列变频器常见故障的处理 (374)	
第四节 风光变频器故障诊断与维修	377
一、维护性检查 (377) 二、低压变频器常见故障及排除 (377) 三、高压变频器的故障分类 (379) 四、高压变频器常见问题的处理 (379) 五、风光变频器 LED 显示屏显示的故障代码 (381)	
第五节 春日变频器故障诊断与维修	382
一、KVFC 系列变频器端子盖、盖面的装取 (382) 二、KVFC 系列故障显示一览表 (383) 三、KVFC 系列故障保护动作一览表 (383) 四、KVFC 系列故障诊断 (384) 五、KVFC 系列变频器的检查与部件更换 (388)	

第四章 变频器的外围选配件	391
第一节 常规外围选配件用途及其连接	391
一、断路器 (391) 二、交流电抗器 (394) 三、交流接触器 (396) 四、噪声滤波器 (396) 五、制动电阻 (399) 六、直流电抗器 (402) 七、输出交流电抗器 (403) 八、过滤罩 (404) 九、电容箱 (404) 十、计算机控制用软件及通信适配器 (404) 十一、变频器一拖多扩展板 (407)	
第二节 惠丰 CY500 变频柜外围选配件	407
第三节 时代 TVF 系列变频器的外围选配件	407
一、TVF2000 系列变频器外围选配件 (407) 二、TVF1000 系列变频器外围选配件 (408)	
第四节 风光变频器的外围选配件及易损件	409
一、风光变频器的外围设备系统图 (409) 二、风光变频器常用选配件 (409) 三、易损件 (410)	
第五节 春日变频器的外围选配件	410
一、变频器配备设备的导线选择 (410) 二、制动电阻和制动单元 (411) 三、远距离操作单元 (413) 四、电抗器的选用 (413) 五、RS485 通信 (413)	
第五章 变频器应用设计与实用范例	414
第一节 变频器应用设计范例	414
例 1. 变频器对注塑机行业的改造方案 (414) 例 2. HF1500 - P 变频器在供水领域中的应用方案 (417) 例 3. 专用变频器恒压供水方案 (420) 例 4. PLC 控制变频器恒压供水设计方案 (423) 例 5. 一台变频器两台水泵恒压供水方案 (426) 例 6. 供暖锅炉变频恒压补水设计方案 (429) 例 7. 音控喷泉应用变频器的设计方案 (430) 例 8. 静电喷涂制粉设备应用变频器方案 (432) 例 9. 门座式起重机应用变频器改造方案 (434) 例 10. 高炉探尺应用变频器设计方案 (436) 例 11. 机床应用变频器方案 (437) 例 12. 中央空调应用变频器设计方案 (439) 例 13. 低压变频控制柜的设计方案 (442)	
第二节 变频器实用范例	445
例 1. 变频器在深井泵系统的应用 (445) 例 2. 中频变频器在高速内圆磨床上的应用 (445) 例 3. 变频器在煤气发生炉增压机上的应用 (446) 例 4. 变频器在鞋材机上的应用 (446) 例 5. 水泥行业应用变频器节电率高达 60% (447) 例 6. 空压机应用变频器节能显著 (447) 例 7. 惠丰变频器在焦炉煤气输送系统的应用 (448) 例 8. 风光 JD - BP 中压潜油螺杆电泵专用变频器能提高功率因数 (449) 例 9. 风光 JD - BP 提升机变频器用于绞车改造不但节约电能, 减轻维修费用, 而且改善了操作环境 (450) 例 10. 变频器在陶瓷厂的应用 (450)	
附录	453
附录 1 Y 系列 (IP44) 三相异步电动机	453
附录 2 Y 系列中型高压三相异步电动机 (6kV)	455
附录 3 Y 系列中型高压三相异步电动机 (10kV)	458
附录 4 SZY 系列注塑机专用三相异步电动机	461
附录 5 YLB 系列深井水泵用三相异步电动机	462
附录 6 YQSH 系列潜海水泵用三相异步电动机	463
附录 7 YQS 系列井用潜水三相异步电动机	464

附录 8	YQWG 系列潜污水三相异步电动机	465
附录 9	VF 系列变频调速异步电动机	466
附录 10	FO、FYQ 系列纺织用电动机	467
附录 11	铁路机车、地铁、有轨电车、石油钻机用的电动机	467
附录 12	TM 系列球磨机用同步电动机	468
附录 13	YB2 系列隔爆型三相异步电动机	469
附录 14	F1500 - P 变频器一览表	472
附录 15	F1500 - P 系列变频器性能指标	473
附录 16	W500 系列变频器技术数据	473
附录 17	W500 系列变频器产品一览表	474
附录 18	ZS500 系列变频器技术数据	475
附录 19	ZS500 系列变频器产品一览表	475
附录 20	LT1000 系列络筒机专用变频器通用参数	476
附录 21	惠丰 LT - 1000 系列络筒机专用变频器性能描述	476
附录 22	惠丰 LT1000 系列络筒机专用变频器一览表	476
附录 23	惠丰 CY500 型产品一览表	477
附录 24	惠丰 CY500 型通用技术指标	477
附录 25	时代 TVF2000 系列恒转矩变频器技术参数	478
附录 26	时代 TVF1000 系列恒转矩变频器技术参数 (220V)	480
附录 27	时代 TVF1000 系列恒转矩变频器技术参数 (380V)	480
附录 28	时代 TVF500 系列恒转矩单相小功率变频器技术参数	481
附录 29	风光 JD - BP 低压泵类风机变频器技术参数	481
附录 30	风光 JD - BP 中压泵类负载变频器技术参数	482
附录 31	风光 JD - BP 高压系列变频器技术参数	483
附录 32	风光 JD - BP 提升机变频器技术参数	484
附录 33	风光 BPDY 系列中频加热电源技术参数	485
附录 34	春日 KVFC 系列智能型变频器技术参数	486
附录 35	春日 C ⁺ 变频器技术指标	487
附录 36	春日 KVFG - H 系列高频变频器技术指标	488
附录 37	春日 KVFE 系列矢量型变频器技术指标	489
附录 38	春日 KVFR - HV 系列 660V 变频器	489
附录 39	春日 KVFCP 系列平方降低转矩负荷专用变频器	490
附录 40	森兰 SB80 工程型变频器公共技术规范	490
附录 41	森兰 SB80 工程型变频器技术指标及规格	491
附录 42	东元 7200GS 省能源大功率变频器基本规格	492
附录 43	东元 7200GS 省能源大功率变频器共通规格	492
附录 44	东元 7200MA 小功率变频器基本规格	493
附录 45	东元 7200MA 小功率变频器共通规格	494
附录 46	关于变频器安装使用环境的要求 (摘抄)	495
特种变频器部分厂商名录		497
参考文献		499

综 述



变频器是一种静止的频率变换器，它把配电网 50Hz（或 60Hz）恒定频率的交流电，变成可调频率的交流电，供普通交流异步电动机作为电源用，从而实现变速、稳速（恒速）。由于变频器具有高效率的驱动性能和很好的控制性能，所以自问世以来，各行各业竞相应用，大大改善了机械产品的使用性能和品牌价值，同时对电工和设备操作人员的素质也提出了更高的要求，毫不夸张，二十一世纪的电工不懂变频器，那是不称职的。

变频器的生产厂家颇多，型号各异，用途很广，但概括起来无非有两种：通用变频器和特种变频器。特种变频器亦叫专用变频器，它是在通用变频器原理的基础上略增某个（或某些）功能而成。也就是说它不仅作通用变频器使用，而且能用于某种要求更特别的机械设备，所以应用范围更为广泛。

通常，在不区分特种变频器和通用变频器的“身份”时，我们把它们统称为“变频器”。本书虽是介绍“特种变频器”，但在书中大多情况下都以“变频器”相称。

第一节 变频器常识

一、工作原理

变频器可理解为能改变施加于交流电动机出线端头上的电源频率值及电压值的调速装置。它由电力电子器件（例如整流模块、IGBT）、电子器件（集成电路、开关电源、电阻、电容器等）和微处理器（CPU）等组成。变频器使用时串接在电源输出端（R、S、T）和电动机输入端（U、V、W）之间，见图 1-1-1。通常变频器的功率范围为 0.75~500kW（大于此功率值建议选用中压电动机及中压变频器）。

三相交流异步电动机 M 是用来把交流电能转化为机械能的，通过定子的旋转磁场和转子感应电流的相互作用，使转子转动。它有笼型和绕线型（较少使用）两种。由于异步电动机具有结构简单、体积小、价格低廉、经久耐用和维修量小等优点，而被大量地使用在交流传动上。

异步电动机定子旋转磁场的转速又称同步转速 $n_0 = 60f/p$ (r/min)。这里 f 为频率， p 为电动机极对数。极对数与同步转速 n_0 的关系见表 1-1-1。

表 1-1-1

n_0	3000	1500	1000	750
p	1	2	3	4



图 1-1-1 变频器应用电路

异步电动机的实际转速 n 总是小于 n_0 。转差率 $s = (n_0 - n) / n_0$ 。一般 s 在 0.01~0.05 范围内，它决定于气隙大小、硅钢片质量、铜耗、铁耗、风阻、摩擦、电动机结构等因素。异步电动机转速 $n = 60(1 - s)f/p$ (r/min)

可知, 只要改变 f 、 s 和 p 中任意一个参数即可改变电动机转速。改变 p 的调速是有级的, 即选用多极电动机, 电动机绕组较复杂; 改变 s 的调速是不经济的 (如转子串电阻调速), 且只适用于绕线型电动机; 改变频率 f 调速对笼型电动机既是经济的又是无级的。异步电动机变频调速具有高精度、高速控制、大的调速比等优点, 优于以往其他一切调速装置, 如直流调速、转差调速、串级调速、整流子电动机调速和液力耦合调速等。

那么, 变频时为什么还要变压呢? 这是因为:

(1) $f \leq 50\text{Hz}$ 时, 电动机定子绕组内的感应电势

$$E_1 = 4.44f_1 W K_{w1} \Phi_1$$

式中 W ——定子绕组的匝数;

K_{w1} ——定子绕组系数;

Φ_1 ——定子每极磁通。

定子电压 U_1 与定子绕组的感应电势 E_1 的关系为

$$U_1 = E_1 + I_1 Z_1$$

式中 I_1 ——定子绕组相电流;

Z_1 ——定子绕组相阻抗。

若忽略定子压降 $I_1 Z_1$, 则 $U_1 = 4.44f W K_{w1} \Phi_1$, 所以 $\Phi_1 \propto U_1/f$ 。当 f 下降时, 若 U_1 不变, 则 Φ_1 要上升, 要产生磁通饱和现象。为使磁通不变, 必须在 f 下降时, U_1 同时下降, 并保持 $U_1/f = C$ (常数), 这样电磁转矩 T 与 $(U_1/f)^2$ 成正比, 保持不变, 即电动机拖动负载能力不发生改变, 所以变频同时要变压。这种恒磁通变频变压调速方式, 又称恒转矩调速。恒转矩调速的机械特性见图 1-1-2。

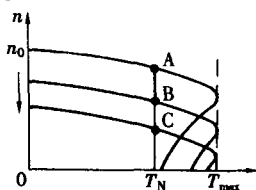


图 1-1-2 恒磁通
变频变压调速曲线

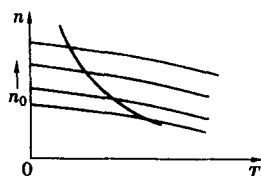


图 1-1-3 恒功率
调速机械特性

(2) 在 $f > 50\text{Hz}$ 时, U_1/f 下降, 由于 U_1 不能高于电动机的额定电压, 这样 f 的增加, U_1 不变, 则 Φ_1 变小, 电磁转矩亦变小, 但 f 上升, 电动机转速 n 增加。若角速度 $\omega = 2\pi f$, 则电动机的功率 $P = T\omega$, 即 $T = P/\omega$ 。所以 ω 上升时, T 下降, 从而使功率 P 不变, 这种升频定压调速称为恒功率调速。恒功率调速的机械特性如图 1-1-3 所示。

(3) 在低频段, 即 $f < 20\text{Hz}$ 时, 定子绕组电阻引起的压降不可忽视, 表现为输出转矩减小。为此一般变频器都要在低频区进行电压补偿, 避免电动机输出转矩下降。

额定输出频率为 50Hz 的变频器的工作特性曲线如图 1-1-4 所示。从图 1-1-4 可知: $0 \sim 50\text{Hz}$ 是恒转矩区即 $T = C$, 这时功率 P 呈线性上升; 大于 $50 \sim 400\text{Hz}$ 是恒功率区, 即 $P = C$, 这时转矩 T 呈缓慢非线性下降。在实际使用变频器时, 必须要注意负载的机械特性应与变频器的工作特性很好地匹配, 才能更好地发挥变频器的应有作用。

变频器的外特性也是不可忽视的。

变频器的外特性是指其输出电压与频率之间的关系, 即 $U = F(f)$ 曲线, 如图 1-1-5 所示。

这里 U 为输出电压； f 为输出频率； F 为函数，一般是线性关系。常用的有： $U = 400\text{V}$ ， $f = 60\text{Hz}$ ， $U/f = 400/60 = 6.67$ ，见图 1-1-5 所示曲线 A； $U = 380\text{V}$ ， $f = 50\text{Hz}$ ， $U/f = 380/50 = 7.6$ ，见图 1-1-5 所示曲线 B； $U = 380\text{V}$ ， $f = 60\text{Hz}$ ， $U/f = 380/60 = 6.3$ ，见图 1-1-5 所示曲线 C。为了配合不同负载使用要求， U/f 曲线可认为设定选用，以更好地发挥变频器的使用功效。

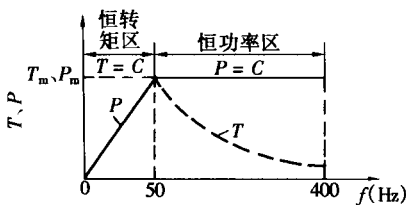


图 1-1-4 $P-T$ 曲线

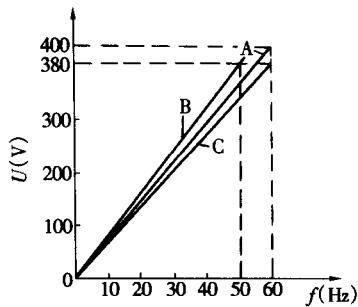


图 1-1-5 U/f 曲线

变频器的应用范围是相当大的，广义讲，凡是使用交流三相异步电动机的电气传动的地方都可装设变频器。对某台设备来讲，使用变频器的目的如下。

(1) 对电动机实现节能。这时使用频率是 $0 \sim 50\text{Hz}$ ，节能多少与设备类型、工况条件有关。

(2) 对电动机实现调速。这时使用频率 $0 \sim 400\text{Hz}$ ，具体多大按工艺要求而定，受电动机允许最大频率的制约。

(3) 对电动机实现软启动、软制动以及实现平滑地速度调节。

若要确定使用变频器后减速器还要否，需要作如下判断。

首先要明确一般传动系统，都不是电动机直联生产机械的，中间都有一个不同型式的减速器（又称减速箱）。使用减速器的目的，一是改变从动轴的速度（有恒速比或可调速比）；二是增大从动轴的转矩。当使用变频器后若去掉减速器，这样往往要使变频器功率加大，造成投资的增加。在这种情况下，应充分考虑到变频器工作频率过低时（例如 $\leq 10\text{Hz}$ 以下）输出转矩变小，且可能有波动现象发生，会影响使用。经验表明，通常不能去掉减速器，若一定要去掉，则要通过周密核算（包括技术、经济两个方面）后才能确定。

变频器的结构及选用见表 1-1-2。

变频器的结构形式外观如图 1-1-6 所示。

二、输出电路能否串接交流接触器

一般情况下，应采用直联的方式，如图 1-1-7(a) 所示。但在必要时，在一定条件下，亦是可以的，通常有以下两种情况。

(1) 工频—变频切换。如图 1-1-7 (b) 所示，接触器 KM1 、 KM2 同时合上处于变频运行，这时接触器 KM3 断开，并要连锁。 KM3 合上处于工频运行，这时 KM1 、 KM2 断开，并要连锁。操作时先选运行方式，再启动变频器。停止时先停变频器再切换 KM1 、 KM2 或 KM3 。不论 KM1 、 KM2 或 KM3 只能起线路隔离的作用，不能带负荷操作通断，以确保变频器的使用安全。

(2) 1 台变频器拖 2 台（或多台）时的应用，如图 1-1-8 所示。 KM1 闭合，电动机 M1 变频

表 1-1-2 变频器的结构及选用

结构符号	保护方式	适用场所
IP00	开启式	专用于电控室内
IP20	一般封闭	干燥、清洁、无尘的环境
IP54	密封型	有一定尘埃，一般的湿、热环境
IP65	密闭型	较大尘埃，且有较高的湿、热及腐蚀性气体环境

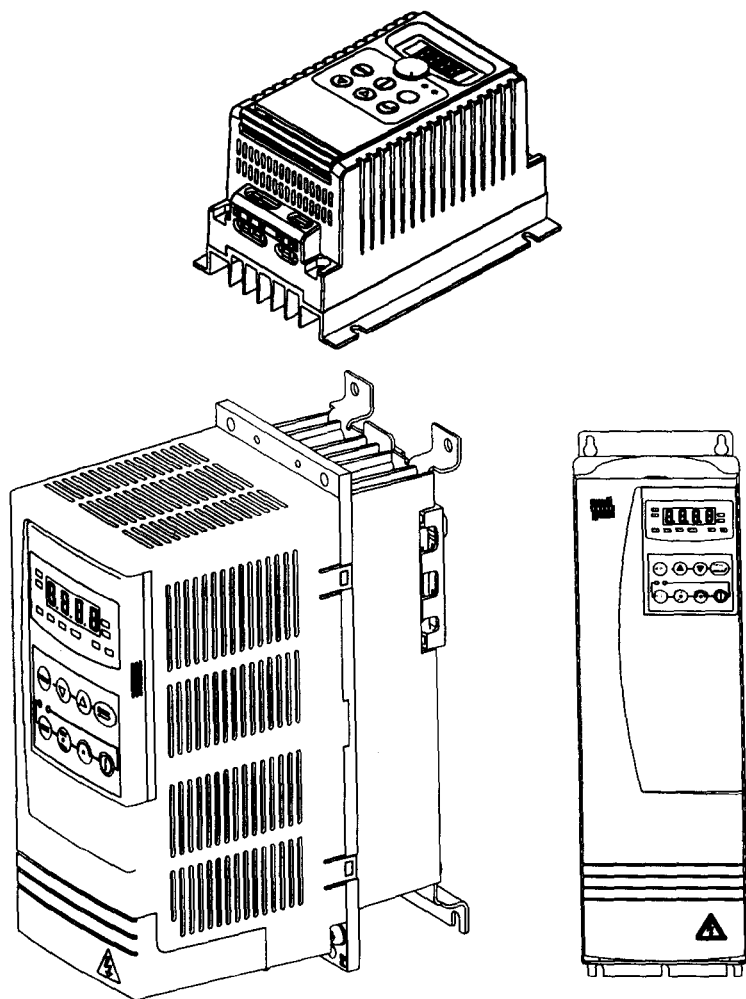


图 1-1-6 常见变频器外形

运行；KM2 闭合，电动机 M2 变频运行，操作程序是先选 KM1（或 KM2）再起动变频器，停止时先停变频器再断 KM1（或 KM2），以确保变频器的安全。

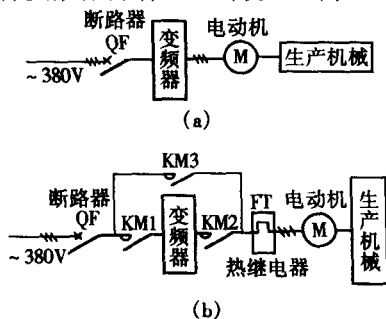


图 1-1-7 变频器输出电路

(a) 直联；(b) 工频—变频切换图

值得一提的是，图 1-1-7 (a) 所示电路，是绝不允许在变频器与电动机之间串接交流接触器的，否则极易损坏变频器。

三、变频器对工作环境的要求

(一) 变频器使用环境

变频器对工作(安装场所)环境的要求见表 1-1-3。

(二) 正确处理变频器与环境的关系

1. 变频器与海拔高度的关系

一般变频器的说明书中都指出只适用于海拔 1000m 以下工作。我国地域广阔，地貌复杂，尤其云贵、青藏高原

表 1-1-3 使用环境

项 目	要 求
场 所	室内
周围温度	-10 ~ +50℃
周围湿度	5% ~ 98% (不结露)
空 气	没有尘埃、直射阳光、腐蚀性气体、可燃性气体、油雾、蒸汽、水滴。不含有太多盐分 (一年中在 0.01mg/cm ² 以下)。不会由于急剧的温度变化造成结露
海拔高度	1000m 以下
气 压	860 ~ 1060 hPa
振 动	3mm (最大振幅) 2 ~ 9Hz 以下
	9.8m/s ² 9 ~ 20Hz 以下
	2m/s ² 20 ~ 55Hz 以下
	1m/s ² 55 ~ 200Hz 以下

的海拔都在 2000m 以上, 甚至更高。由于高原空气稀薄, 散热条件变差, 因此, 变频器要降低输出电流后才行, 以确保安全可靠。海拔高度与输出电流关系见图 1-1-9。在海拔 1000m 以上, 一般每升高 1000m, 电流下降值为 5%。变频器使用的最高海拔高度不应超过 4000m。

2. 变频器与环境温度的关系

一般变频器的环境温度允许长期工作在 40 ~ 50℃, 但实际使用时, 一般以 40℃ 为界限。当大于 40℃ 时, 因温差减小, 造成散热条件变差, 必须降低输出电流, 以确保安全可靠。环境温度与输出电流关系见图 1-1-10。环境温度大于 40℃ 后, 每升高 1K, 输出电流值下降约 2.5%。最高环境温度不应超过 55℃。

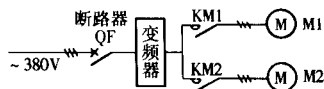


图 1-1-8 交流接触器应用电路

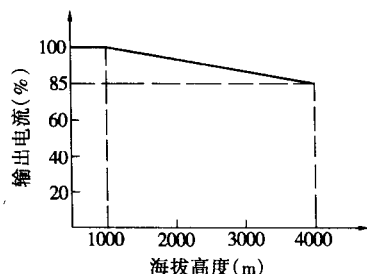


图 1-1-9 海拔高度与变频器输出电流的关系

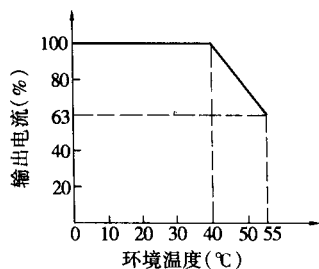


图 1-1-10 环境温度与变频器输出电流的关系

3. 海拔高度与环境温度的关系

海拔升高, 空气稀薄, 散热条件变差。因此, 变频器环境温度允许值随之下降。海拔高度与环境温度关系见图 1-1-11。在海拔 1000m 以上, 一般每上升 1000m, 环境温度允许值要下降 3.3℃, 以保证变频器安全可靠地使用。

(三) 正确认识输入电压、输出电流、输出频率

1. 变频器输入电压与输出电流的关系

变频器通常允许在 $\pm 15\%$ 额定电压下正常工作, 在这段电压范围内保护电路中的欠电压或过电压不应动作。然而, 在实际运行时, 过电压产生的影响更大些, 因此必须随电压的升高相应降低输出电流值。输入电压与输出电流关系见图 1-1-12。

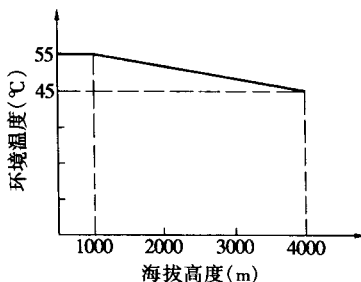


图 1-1-11 海拔高度与环境温度的关系

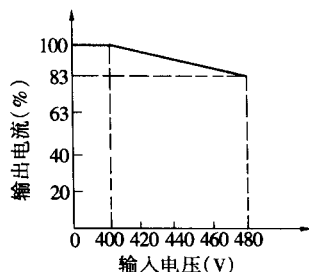


图 1-1-12 变频器输入电压与输出电流关系

输入电压在 400V 以上, 一般电压每高出额定值 1V, 电流下降为 0.22%。额定电压 400V 的变频器输入电压值最高不应超过 480V。

2. 变频器载波频率与输出电流的关系

变频器的载波频率是可调的, 范围从 2~16kHz。制造单位的出厂值一般较低, 约 2~5kHz 不等。实际运行时, 应按电动机功率的大小、线路的长短以及电动机噪声、输出电流波形、漏电流、干扰大小、 dU/dt 、振动、电动机发热、变频器 IGBT 的功耗、温度等诸多因素, 合理选择载波频率值。

(1) 载波频率高或低对运行造成的影响, 如表 1-1-4 所示。

(2) 载波频率与变频器出线长度的关系, 如表 1-1-5 所示。

(3) 电动机功率与载波频率的关系, 如表 1-1-6 所示。

表 1-1-4

载波频率	高	低
电动机噪声	小	大
输出电流波形	好	差
漏电流	大	小
干扰	大	较小
dU/dt	大	小
振动	小	大
电动机发热	小些	大些
变频器功耗	大些	小些

表 1-1-5

载波频率 (kHz)	15	10	5	1
线路长度 (m)	< 50	> 50 ~ < 100	> 100 ~ < 150	> 150 ~ < 200

表 1-1-6

载波频率 (kHz)	15	12.5	10	6	5	3
电动机功率 (kW)	≤5.5	≤18.5	≤37	≤75	≤160	≤280

(4) 载波频率与输出电流的关系。从实验得知, 载波频率从 2kHz 提高到 16kHz (即增长 8 倍), 则 IGBT 的功耗约增加 1~1.5 倍, 发热增大。为保证在较高载波频率运行时 IGBT 的安全可靠, 建议要降低输出电流值。载波频率与输出电流关系见图 1-1-13。载波频率从 2kHz 上升到 16kHz 时, 即增长 8 倍, 建议输出电流值下降到 50% I_N (I_N 为频率 2kHz 时变频器的额定电流)。从图 1-1-13 可知, 在低载波频率下, 相对电流值大, 这样转矩亦大, 利于起动或带动负载的需要。

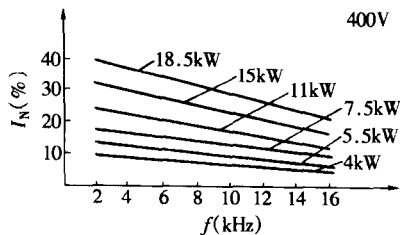


图 1-1-13 载波频率与输出电流的关系

载波频率的高低, 影响诸多的运行性能。因此, 在选择载波频率时一定要兼顾对相关性能带来的影响, 选取一个较为合理的载波频率值。

(四) 正确认识和处理振动、接地和防雷

变频器是精密的电力电子设备, 为了确保其安全可靠的运行, 在使用过程中还应注意以下事项。

1. 振动与冲击

变频器在受到机械振动和冲击时, 会引发电气接触不良, 因此变频器安装的场所应远离振动源和冲击源。同时还应使用减振橡胶垫固定控制柜内电磁开关之类易产生振动的元器件。设备运行一段时间后, 应对其进行检查和维护。

2. 工作温度

变频器内部是大功率的电力半导体元件, 极易受工作温度的影响, 为了保证其工作安全、可靠, 使用时工作温度应控制在 40℃ 以下。变频器一般安装在柜体上部, 并要严格遵守产品说明