



变频器初级培训教材

培训目标

- 了解电气传动的基本概念
- 掌握变频器的基本工作原理
- 能初步理解变频器宣传资料
- 能向用户进行简单的技术交流和宣传性介绍
- 了解变频器的基本应用和选型原则
- 了解变频器的市场竞争状态

目录

- 电气传动基础知识
- 通用变频器的构成
- 通用变频器保护功能
- EMERSON公司产品情况
- 变频器应用简介
- 变频器选型
- 中国市场竞争情况

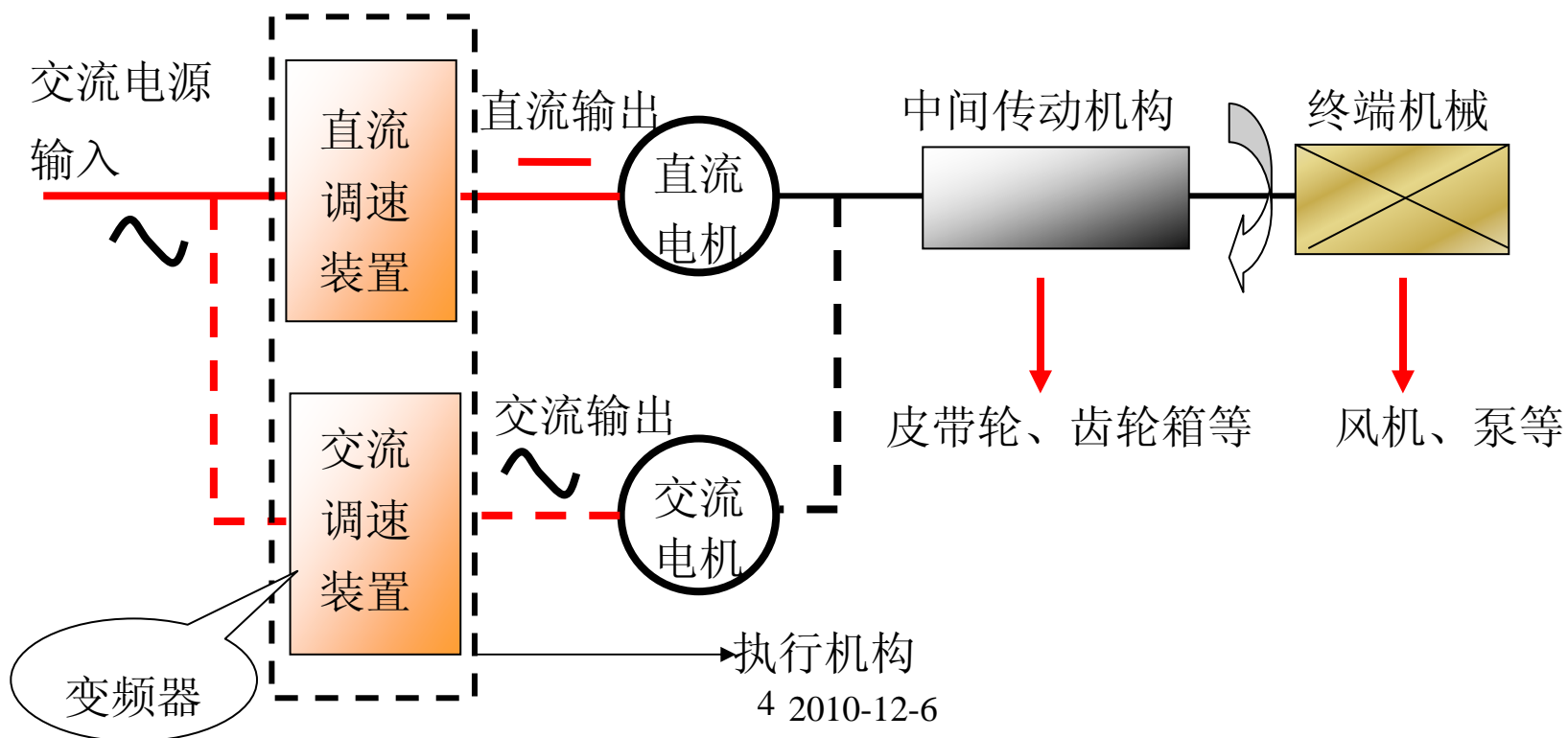


电气传动基础知识——电气传动系统概述

定义

以交流（直流）电动机为动力拖动各种生产机械的系统我们称之为交流（直流）电气传动系统，也称交流（直流）电气拖动系统

构成



电气传动基础知识——电气传动的目的和意义

目的

根据设备和工艺的要求通过改变电动机速度或输出转矩改变终端设备的速度或输出转矩

意义

● **WWW.PLCWORLD.CN**

序号	意义	有代表意义的行业或设备
1	节能	风机、水泵、注塑机
2	提高产品质量	机床、印刷、包装等生产线
3	改善工作环境	电梯、中央空调

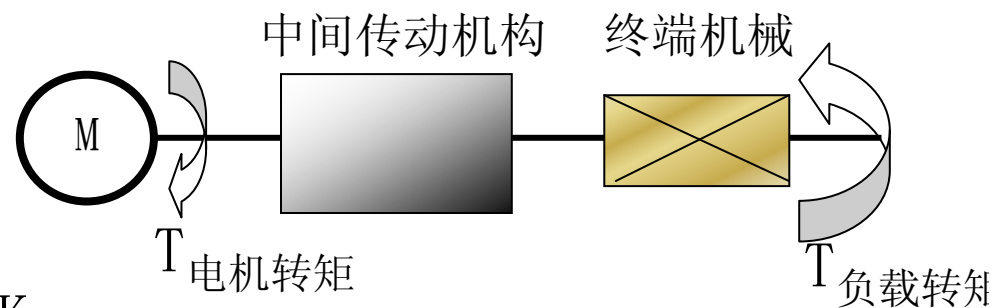
注：并不是所有的设备使用电气传动装置后都可以节能

电气传动基础知识——电气传动系统基本工作原理

电力传动系统运动方程式

$$T_{\text{电机转矩}} - T_{\text{负载转矩}} = J \frac{dn}{dt}$$

$$P_{\text{电机功率}} = T_{\text{电机转矩}} \times N_{\text{电机速度}} \times K_{\text{常数}}$$



- $T_{\text{电机转矩}} > T_{\text{负载转矩}}$ —— 加速运行

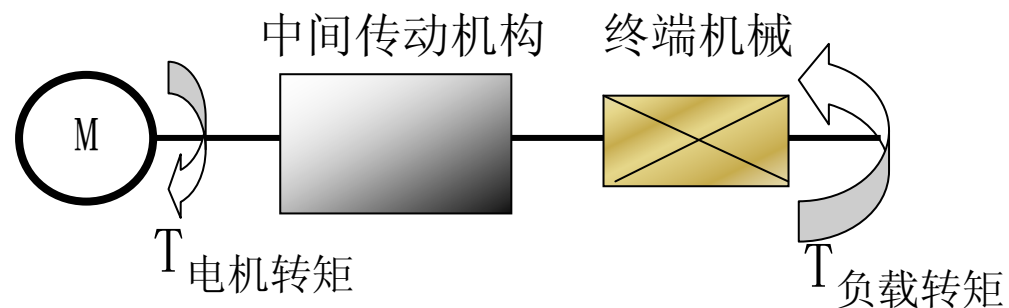
- $T_{\text{电机转矩}} < T_{\text{负载转矩}}$ —— 减速运行

- $T_{\text{电机转矩}} = T_{\text{负载转矩}}$ —— 恒速运行

- 电机转矩控制性能是影响电气传动系统性能高低的最重要因素
- 加减速时间和电机转矩、负载转矩以及系统惯量有关

电气传动基础知识——电气传动系统工作原理

$$T_{\text{电机转矩}} - T_{\text{负载转矩}} = J \frac{dn}{dt}$$



- 速度模式：

以保持转速恒定为目的，如常规调速系统（电梯、各类生产线）。控制设备根据速度要求自动调整电机转矩适应外部的负载变化，恒速时电机转矩肯定等于负载转矩

- 转矩模式

以控制电机转矩恒定为目的，如：开卷/收卷，恒速时电机转矩肯定等于负载转矩，但电机的运转速度不确定。

如果电机转矩始终大于负载转矩，则速度持续上升直至设备限速或损坏

如果电机转矩始终小于负载转矩，则速度为0或最低（下限）速度

为保证系统安全，必须额外考虑限速或超速保护

电气传动基础知识—交（直）流电气传动系统的特点

直流电气传动系统特点：

- 控制对象：直流电动机
- 控制原理简单，一种调速方式
- 性能优良，对硬件要求不高
- 电机有换向电刷（换向火花）
- 电机设计功率受限
- 电机易损坏，不适应恶劣现场
- 需定期维护

交流电气传动系统特点：

- 控制对象：交流电动机
- 控制原理复杂，有多种调速方式
- 性能较差，对硬件要求较高
- 电机无电刷，无换向火花问题
- 电机功率设计不受限
- 电机不易损坏，适应恶劣现场
- 基本免维护

- 70年代以前直流占统治地位
- 交流调速只在大功率电机调速上使用

变频器基础知识—交流电气传动系统的发展历程

交流异步电机的机械特性公式

$$n = 60f / p(1-s)$$

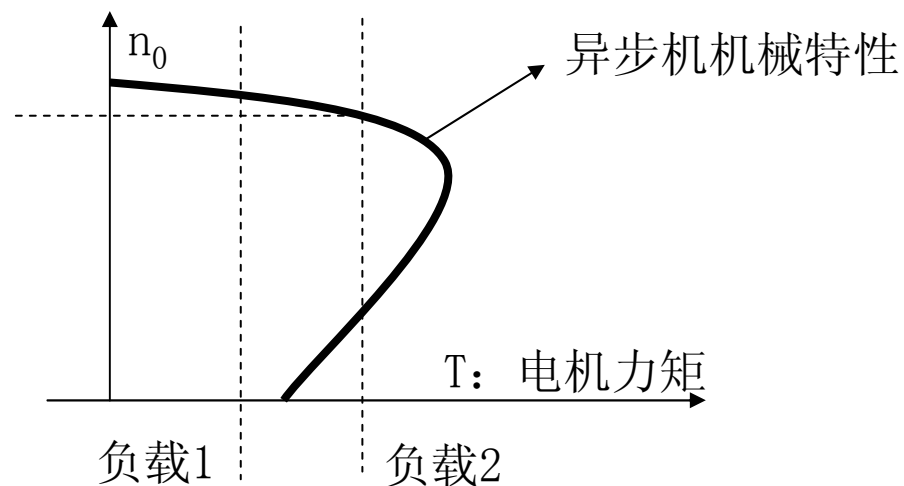
n: 电机转速

f: 给电机供电的交流电频率

p: 电机极对数

s: 转差率

N: 速度



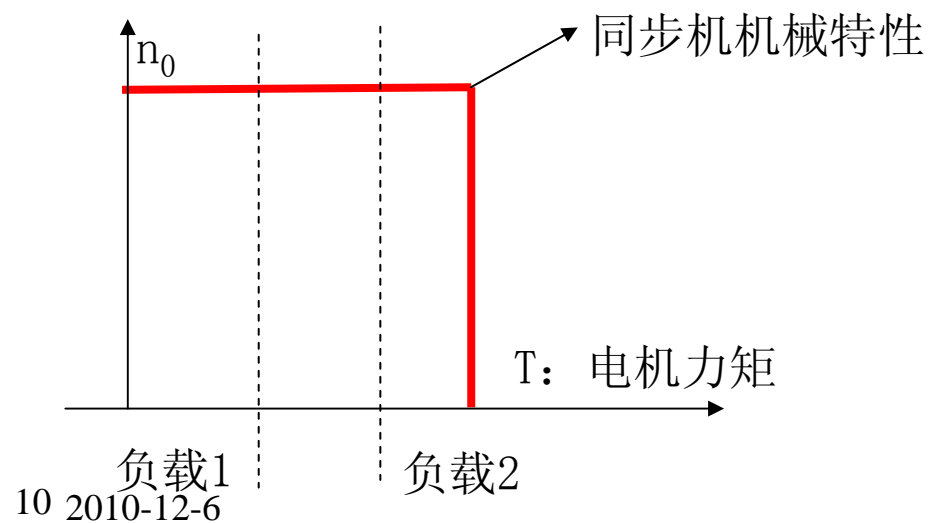
交流同步电机的机械特性公式

$$n = 60f / p$$

n: 电机转速

f: 给电机供电的交流电频率

p: 电机极对数



变频

—交流电动机系统

调速方式名称	控制对象	特点
变极调速	交流异步电动机	有级调速，系统简单，最多4段速
调压调速		无级调速，调速范围窄 电机最大出力能力下降，效率低 系统简单，性能较差
转子串电阻调速		
变频调速	交流异步电动机 交流同步电动机	真正无级调速，调速范围宽 电机最大出力能力不变，效率高 系统复杂，性能好 可以和直流调速系统相媲美

早
发展
时间
晚

- 变频出同步电机无调速能，能速动
- 相交流电机调速性能不，低
性能较低动

变频器基础知识—变频器及其特点

变频器

变频器是交流电气传动系统的一种,是将交流工频电源转换成电压、频率均可变的适合交流电机调速的电力电子变换装置,英文简称VVVF (Variable Voltage Variable Frequency)

变频器的控制对象

三相交流异步电机和三相交流同步电机,标准适配电机极数是2/4极

变频调速的优势 (与其它交流电机调速方式对比)

序号	优点
1	平滑软启动,降低启动冲击电流,减少变压器占有量,确保电机安全
2	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
3	无级调速,调速精度大大提高
4	电机正反向无需通过接触器切换
5	非常方便接入通讯网络控制,实现生产自动化控制

变频器基础知识—变频调速的发展历程

	60年代	70年代	80年代	90年代	00年代
电机控制 算法	V/F控制		矢量控制	无速度矢量控制 电流矢量V/F	算法优化
功率半 导体技术	SCR	GTR	IGBT	IGBT大容量化	更大容量 更高开关频率
计算机 技术			单片机 DSP	高速DSP 专用芯片	更高速率和容量
PWM技术		PWM技术	SPWM技术	空间电压矢量 调制技术	PWM优化 新一代开关技术
	大功率传 动使用变 频器，体 积大，价 格高	变频器体 积缩小， 开始在中 小功率电 机上使用	超静音变频器开始流行 解决了GTR噪声问题 变频器性能大幅提升 大批量使用，取代直流		未来发展方向 完美无谐波 如：矩阵式变频器

变频器基础知识——变频器分类

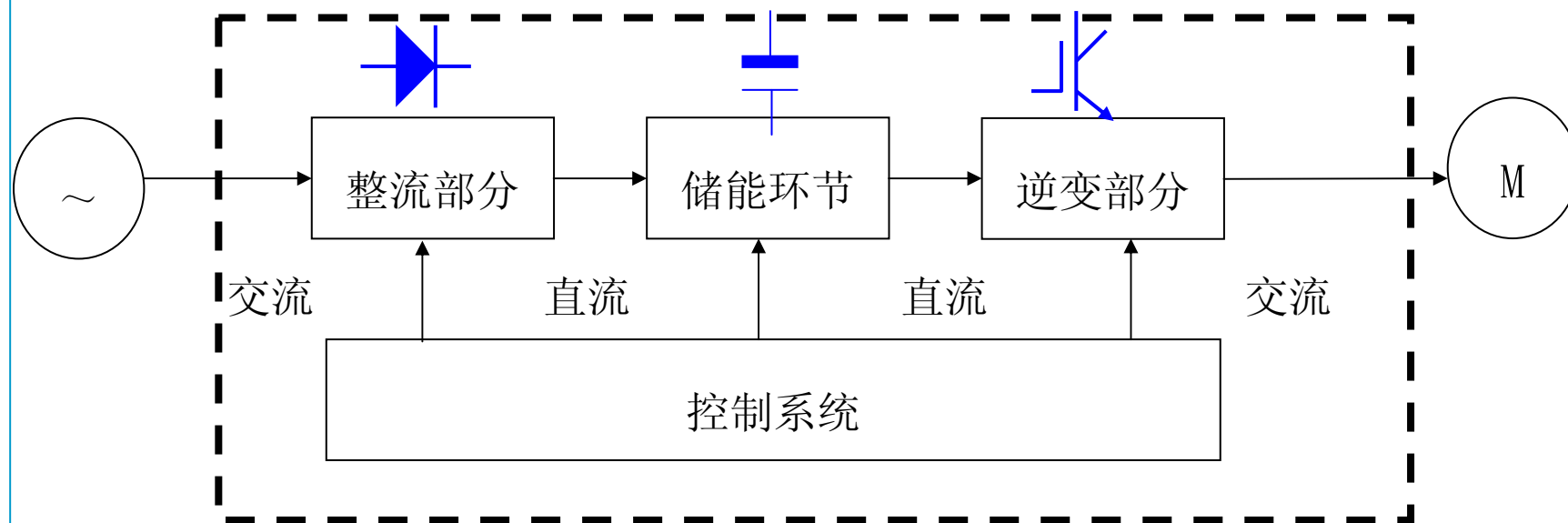
供电电源	低压	220V/1PH、220V/3PH、380V/3PH
	高压	3000、6000、10000V/3PH
控制算法	通用	内置V/F控制方式，简单，性能一般
	高性能	内置矢量控制方式，复杂，高性能
变换方法 (拓扑结构)	交直交	电压型（储能环节为电解电容）
		电流型（储能环节为电抗器）
	交交	无储能环节

注：

- 交直交电压型变频器因结构简单，功率因素高，目前广泛使用
- 常用设计功率在315KW

变频器基础知识——简要工作原理

交流低压交直交通用变频器系统框图

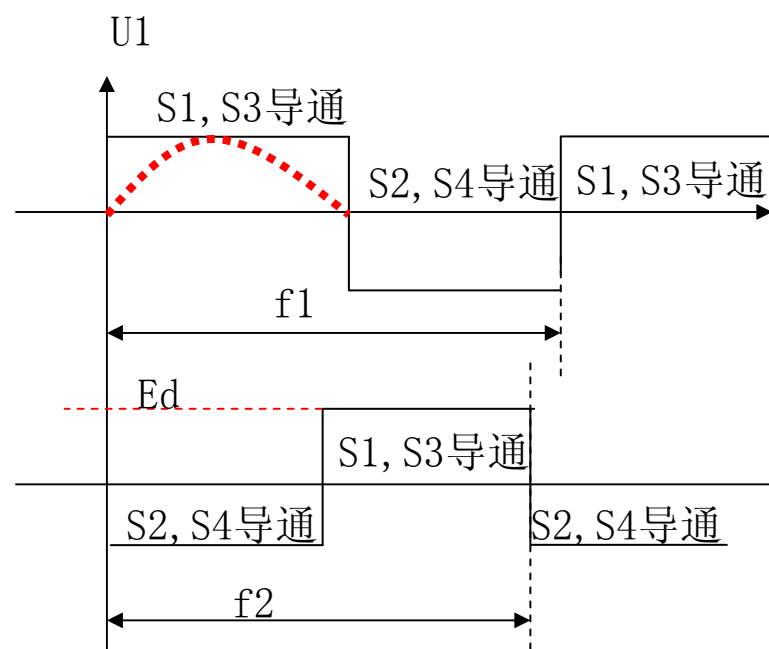
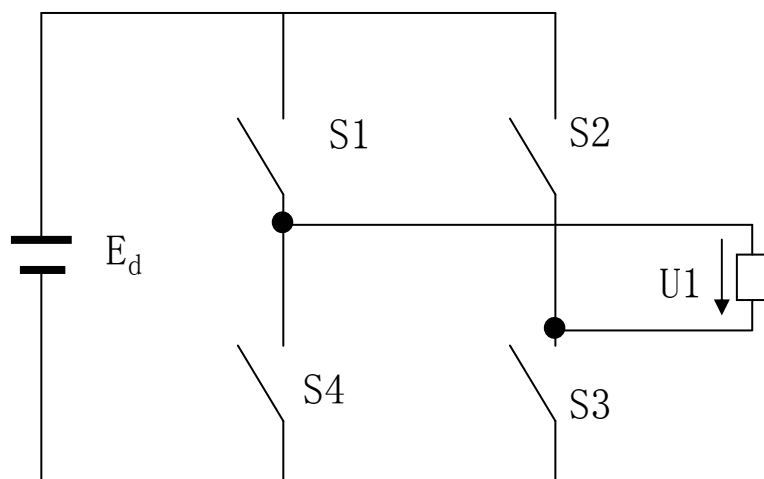


整流器：将交流电变换成直流的电力电子装置，其输入电压为正弦波，输入电流非正弦，带有丰富的谐波

逆变器：将直流电转换成交流电的电力电子装置，其输出电压为非正弦波，输出电流近似正弦

变频器基础知识——简要工作原理

单相逆变电路工作原理



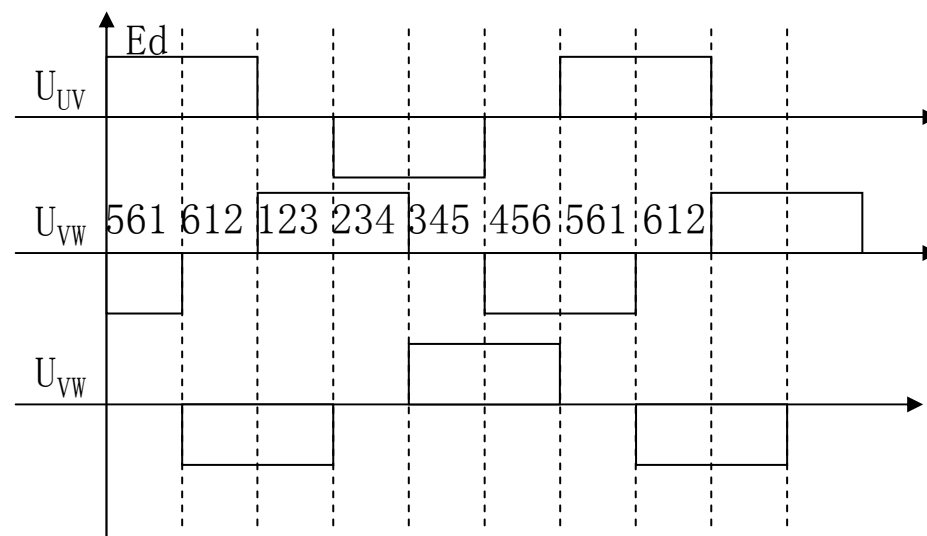
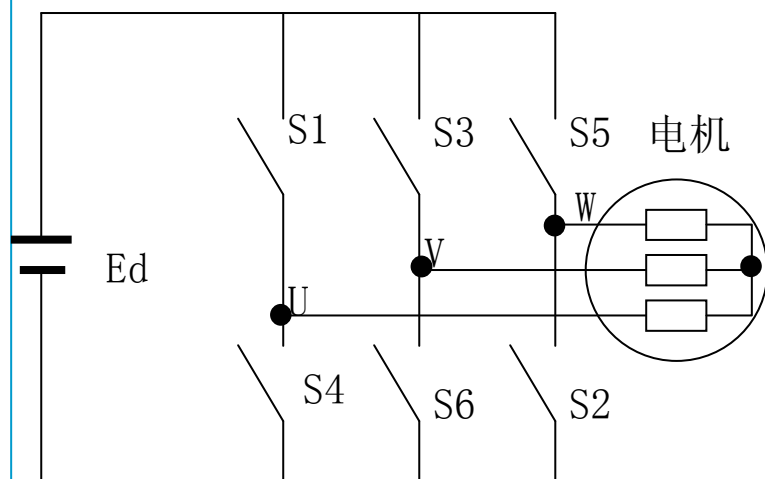
逆变器的功能:

- 通过改变开关管导通时间改变输出电压的频率
- 通过改变开关管导通顺序改变输出电压的相序



变频器基础知识——简要工作原理

三相逆变电路



缺点:

- 输出电压的谐波分量太大
- 电机谐波损耗增加，发热严重甚至烧坏电机
- 转矩脉动较大，低速运行时影响转速的平稳
- **直到从通信技术中采用PWM调制才大大的缓解了以上问题**

变频器基础知识—简要工作原理

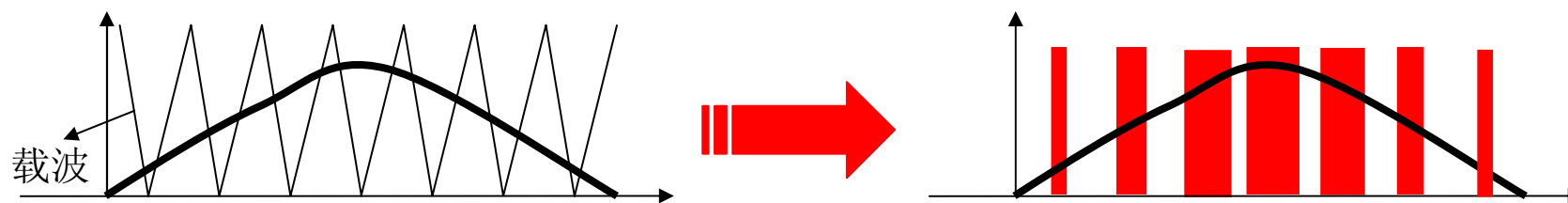
调制解调器

调制解调器 的英文是MODEM，其作用是利用模拟信号传输线路传输数字信号。电子信号分两种，一种是“模拟信号”，一种是“数字信号”。我们使用的电话线路传输的是模拟信号，而PC机之间传输的是数字信号。所以当你想通过电话线把自己的电脑连入Internet时，就必须使用调制解调器来“翻译”两种不同的信号。连入Internet后，当PC机向Internet发送信息时，由于电话线传输的是模拟信号，所以必须要用调制解调器来把数字信号“翻译”成模拟信号，才能传送到Internet上，这个过程叫做“调制”。当PC机从Internet获取信息时，由于通过电话线从 Internet传来的信息都是模拟信号，所以PC机想要看懂它们，还必须借助调制解调器这个“翻译”，这个过程叫作“解调”。合起来就是“调制解调”。

变频器基础知识—简要工作原理

PWM (Pulse Width Modulation) 调制

- **PWM调制是：**利用半导体开关器件的导通和关断把直流电压调制成电压可变、频率可变的电压脉冲列。
- **SPWM调制是：**采用三角波和正弦波相交获得的PWM波形直接控制各个开关可以得到脉冲宽度和各脉冲间的占空比可变的呈正弦变化的输出脉冲电压电压，能获得理想的控制效果：**输出电流近似正弦**
- 载波频率必须高，才能保证调制后得到的波形与调制前效果相同
- GTR变频器由于开关频率太低，电机噪声较大，IGBT有效的解决了这个问题



SPWM调制 2-6

变频器基础知识—控制算法

交流调速的控制核心是：

只有保持电机磁通恒定才能保证电机出力，才能获得理想的调速效果

V/F控制——简单实用，性能一般，使用最为广泛

- 只要保证输出电压和输出频率恒定就能近似保持磁通保持恒定

例：对于380V 50Hz电机，当运行频率为40Hz时，要保持V/F 恒定，则

$$40\text{Hz时电机的供电电压} : 380 \times (40/50) = 304\text{V}$$

- 低频时，定子阻抗压降会导致磁通下降，需将输出电压适当提高

矢量控制——性能优良，可以与直流调速媲美，技术成熟较晚

- 模仿直流电机的控制方法，采用矢量坐标变换来实现对异步电机定子励磁电流分量和转矩电流分量的解耦控制，保持电机磁通的恒定，进而达到良好的转矩控制性能，实现高性能控制。性能优良，控制相对复杂，直到90代计算机技术迅速发展才真正大范围使用

变频器基础知识—控制算法

项目	通用变频器	高性能变频器
控制算法	V/F控制+转矩提升 同步机异步机控制算法基本相同	开环矢量控制（无速度传感器矢量控制） 闭环矢量控制（有速度传感器矢量控制） 异步机和同步机需要不同的控制算法
调速范围	<1:40	1:100（开环矢量），1:1000（闭环矢量）
启动转矩	无要求	180% 0.5Hz（开环矢量）， 200% 0速（闭环矢量）
稳速精度	与转差有关（2-3%）	0.5%（开环矢量），0.05%（闭环矢量）
转矩控制	无	有
控制算法	简单	复杂
电机参数	不依赖电机参数，支持同时驱动不同类型不同功率的电机	电机参数对控制性能的影响较大，一般只能驱动一台电机

变频器基础知识—变频器关键技术指标

输入侧

额定工作电压：给变频器供电的额定工作电压，各国家不完全一样。

中国是220V/单相/50HZ或380V/3相/50HZ

电压允许波动：限制变频器的最高和最低工作电压，避免损坏变频器

当电压超过最高值时变频器并没有保护能力

频率波动范围：50/60Hz ± 5%

输出侧

额定输出电压：变频器的最大输出电压，由额定工作电压决定

额定电流：变频器能够长期输出的最大电流

过载能力：变频器的输出电流允许超过额定电流的倍数和时间，由逆变模块决定

最大输出频率：变频器能够输出的最大工作频率

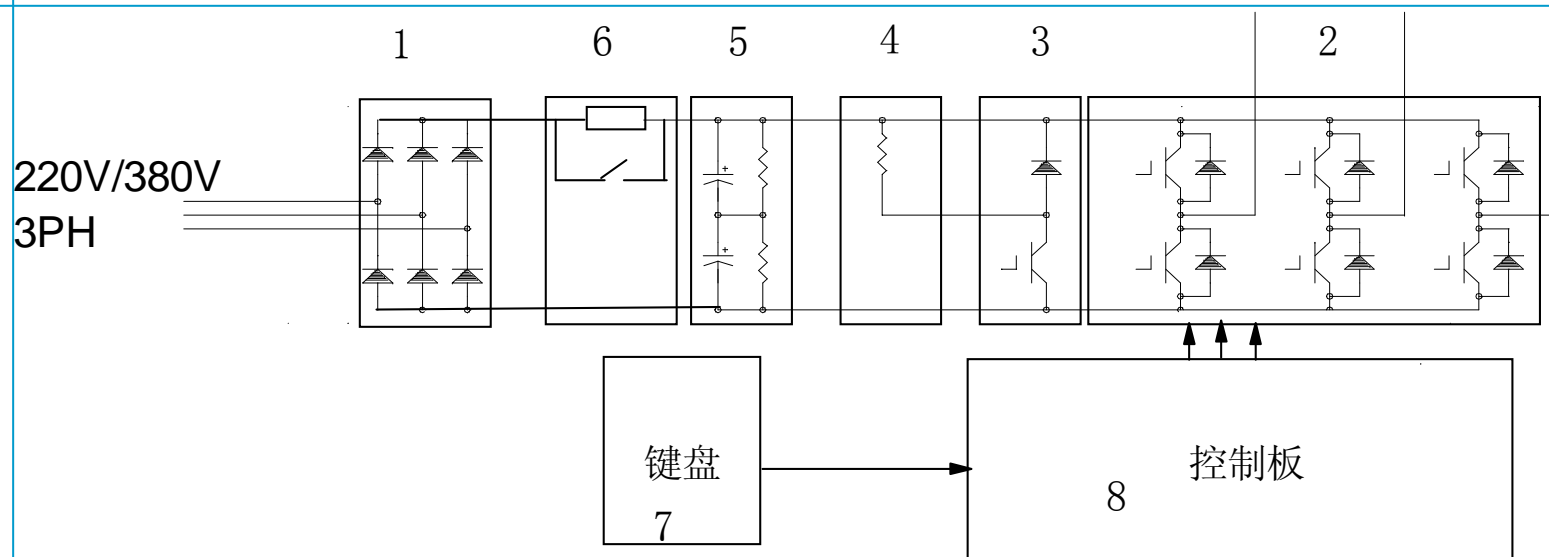
频率精度：输出频率的准确度（相对于设定频率）

频率分辨率：指给定运行频率的最小改变量

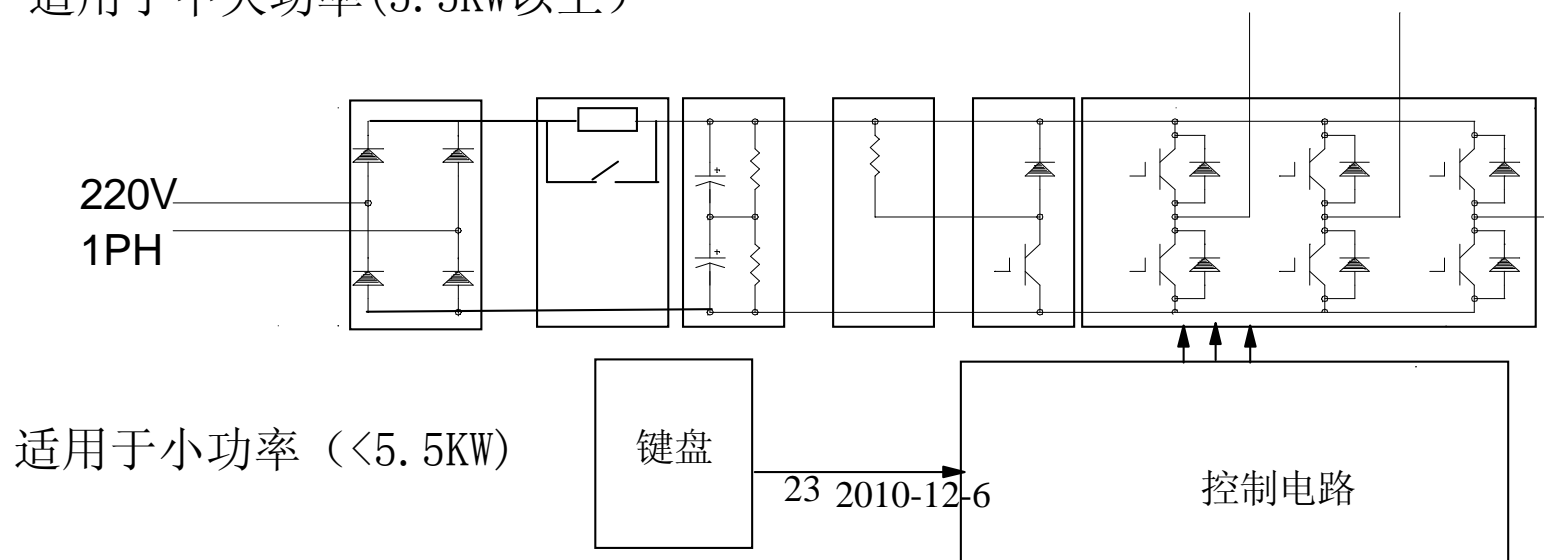
防护等级

IP20(不防水)

变频器的构成——实用原理框图



适用于中大功率 (5.5KW以上)



适用于小功率 (<5.5KW)

变频器的构成——实用原理框图

类别		作用	主要构成器件
主回路	整流部分1	将工频交流变成直流，输入无相序要求	整流桥
	逆变部分2	将直流转换为频率电压均可变的交流电，输出无相序要求	IGBT
	制动部分3/4	消耗过多的回馈能量，保持直流母线电压不超过最大值	单管IGBT 和制动电阻，大功率制动单元外置
	上电缓冲6	降低上电冲击电流，上电结束后接触器自动吸合，而后变频器允许运行	限流电阻和接触器
	储能部分5	保持直流母线电压恒定，降低电压脉动	电解电容和均压电阻
控制回路	键盘7	对变频器参数进行调试和修改，并实时监控变频器状态	MCU(单片机)
	控制电路8	交流电机控制算法生成，外部信号接收处理及保护	DSP(或两个MCU)

变频器的构成——实用原理框图

类别		作用
结构件	散热器	将整流桥、逆变器产生的热量散发出去
	温度传感器	检测散热器温度，确保模块工作在允许温度环境下
	风扇	配合散热器，将变频器内部的热量带走，有直流风扇（24V）和交流风扇两种



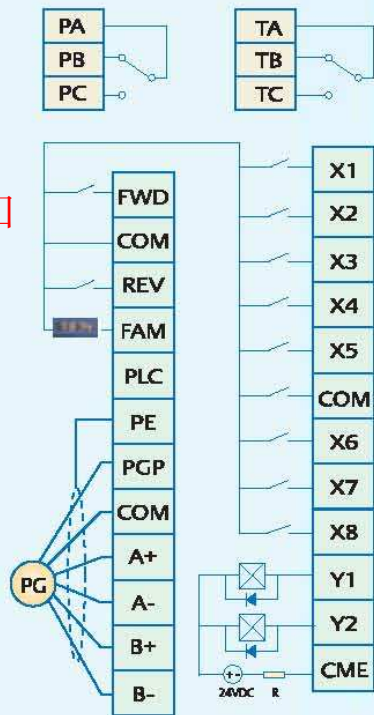
变频器的构成——用户接口

控制回路接口

开关量输入

开关量输出

编码器接口



三相输入电源
380V 50/60Hz

DCL直流电抗器
(需外配)

制动电阻
(需外配)

M

接地

接地

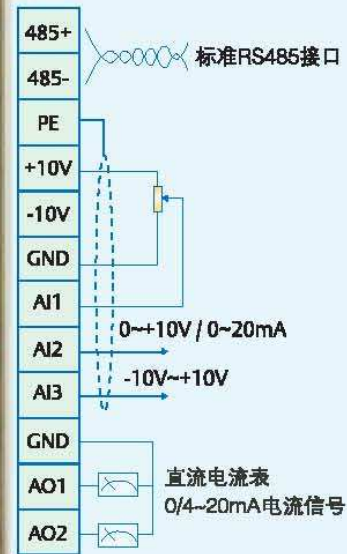
主回路接口

控制回路接口

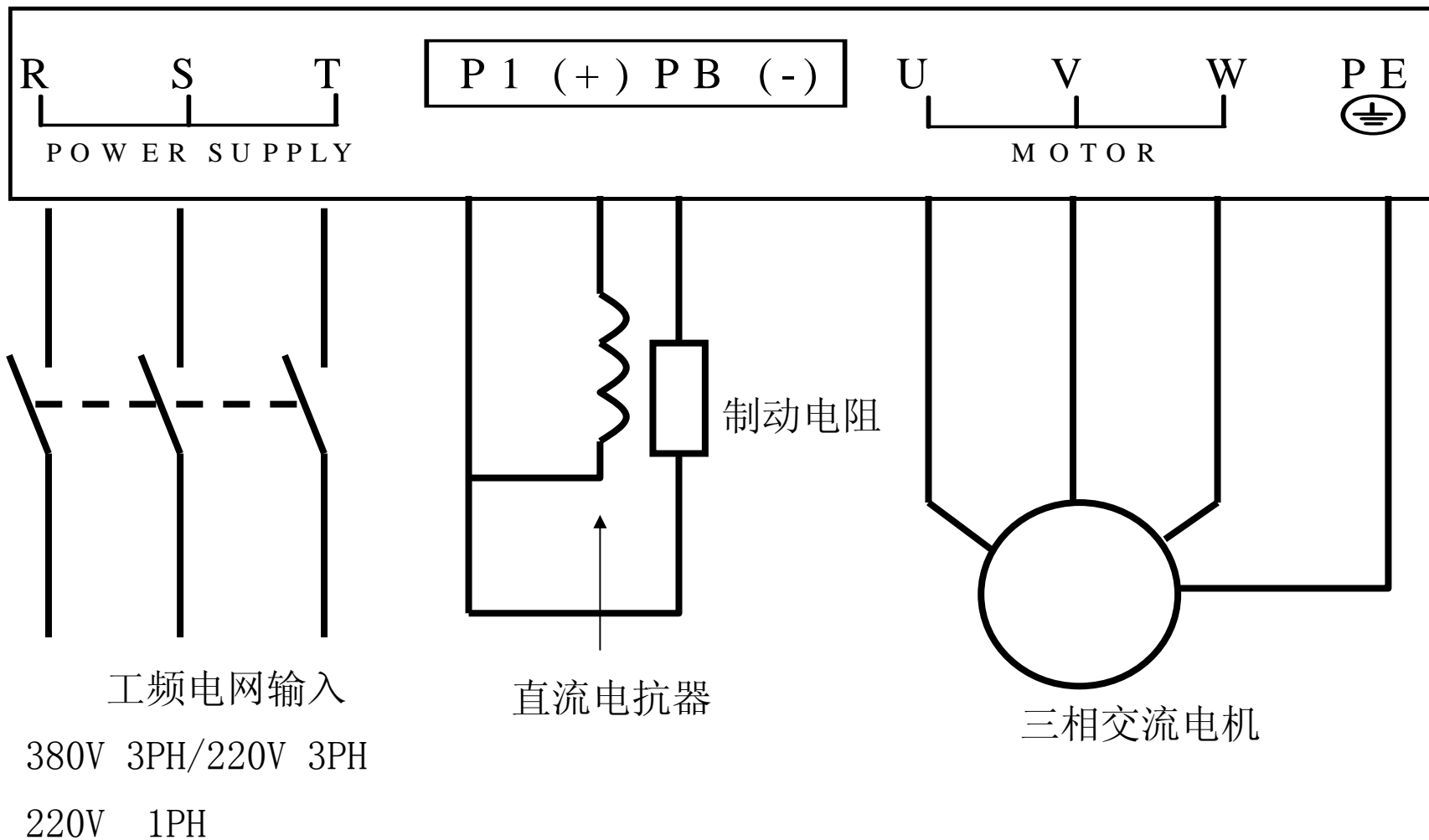
模拟量输入

模拟量输出

通讯接口



变频器的构成——主回路接口



变频器的构成——控制回路接口

接口类型	主要特点	主要功能
开关量输入	无源输入，一般由变频器内部24V供电，	启/停变频器，接收编码器信号、多段速、外部故障等信号或指令
开关量输出	集电极开路输出、继电器输出	变频器故障、就绪、达速等，参与外部控制
模拟量输入	0-10V/4-20mA	频率给定/PID给定、反馈，接收来自外部的给定或控制
模拟量输出	0-10V/4-20mA	运行频率、运行电流的输出，用于外界显示仪表和外部设备控制
脉冲输出	PWM波输出	功能同模拟量输出（只有个别变频器提供）
通讯口	RS485/RS232	组网控制

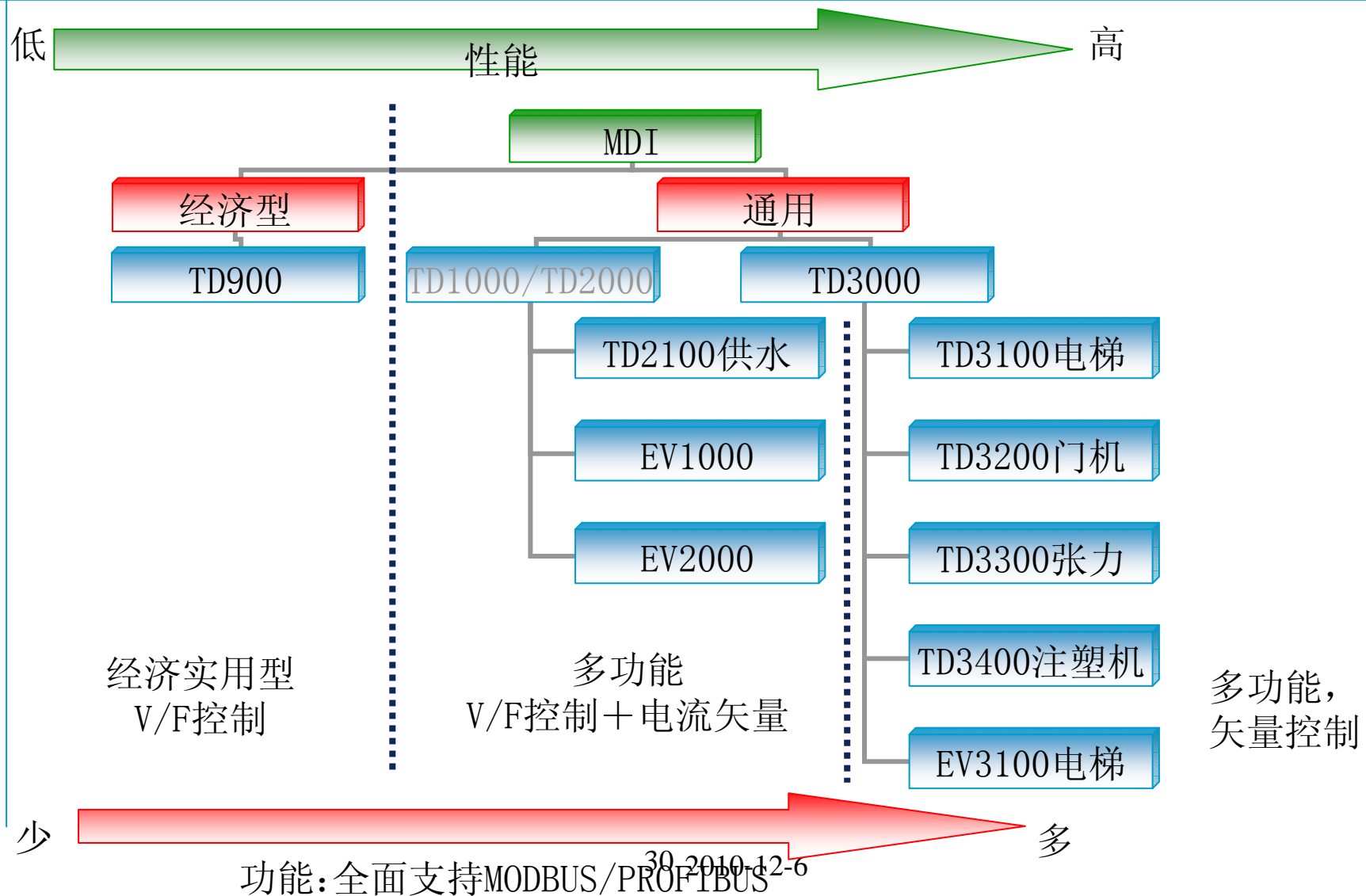
以上端子均可自由编程

变频器保护功能

由于变频器大量的使用了各种半导体器件，如整流桥、IGBT、电解电容等，要想保证变频器长期稳定工作，则必须保证各器件工作在其允许条件下。超出条件则必须立刻或延时停止变频器工作，待异常条件消失后才能重新开始工作，如保护失效或动作延迟将导致变频器出现不可恢复性损害。

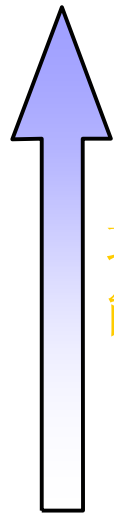
保护类型		原因
缺相	输入缺相	输入电压值相差超过允许值
	输出缺相	输出电流三相不平衡
过流	加速/减速/恒速	超过变频器允许的最大电流（2倍额定）
过载		超过变频器允许的过载范围
过压	加速/减速/恒速	直流母线电压超过允许值
过热		散热器温度超过允许值
欠压		电网电压过低

EMERSON 公司产品情况—产品系列



EMERSON 公司产品情况——产品系列

多



功能

0.4-5.5KW

TD900



TD3000 2.2-75KW

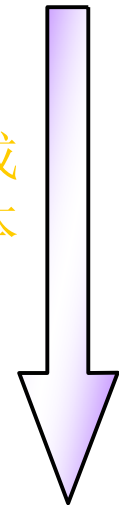
TD3100

TD3300

高



成本



低



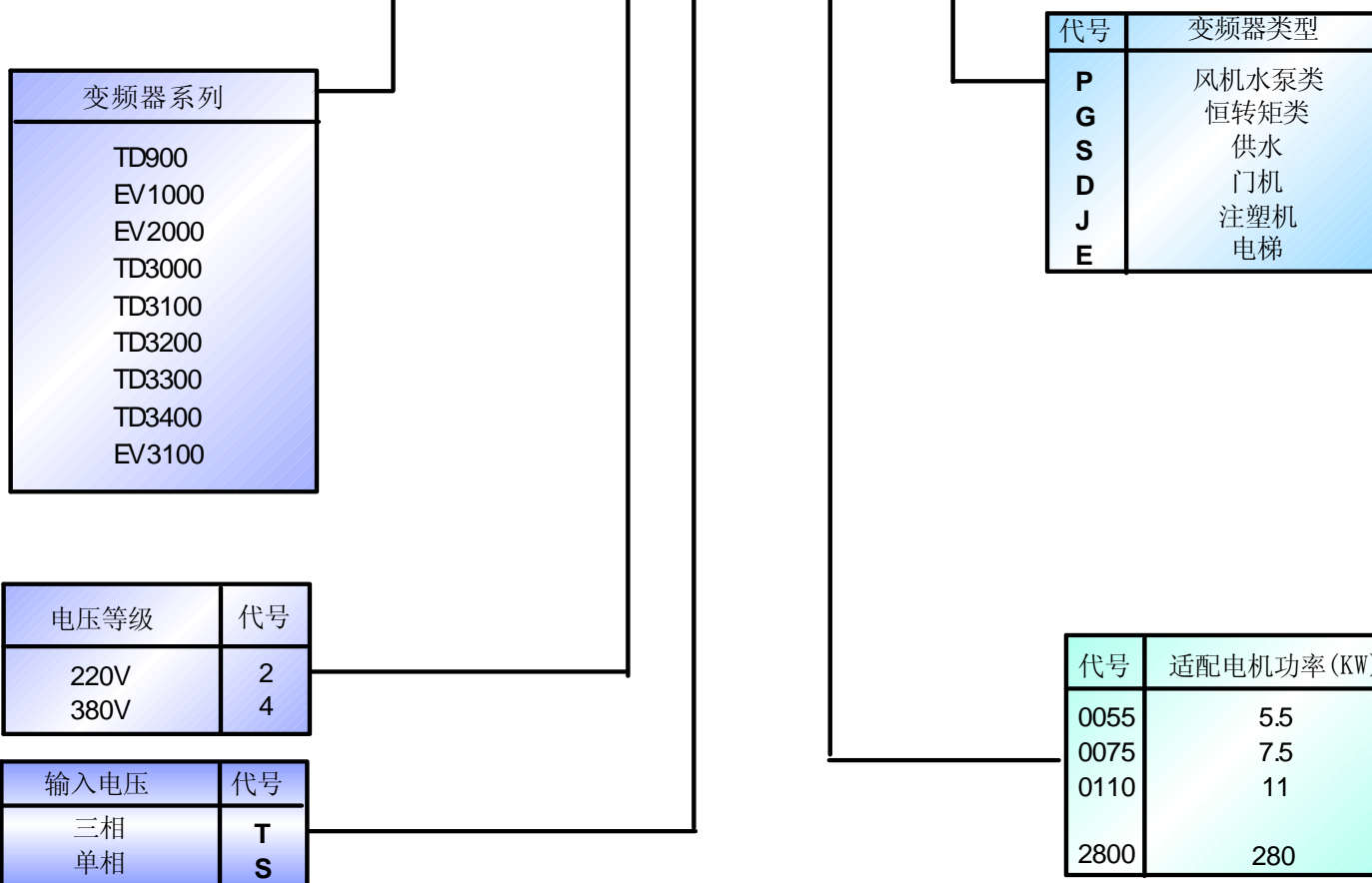
TD2100 供水专用



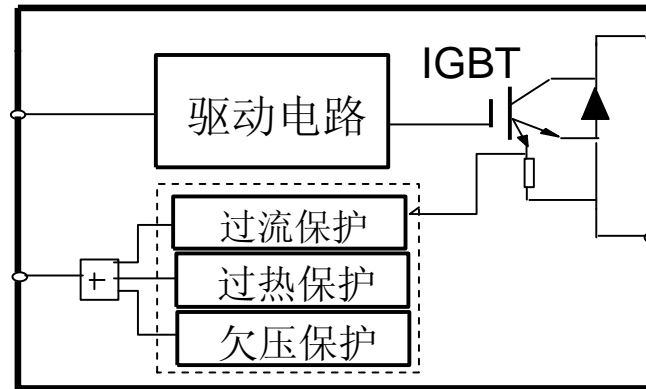
门机

EMERSON 公司产品情况—系列命名规则

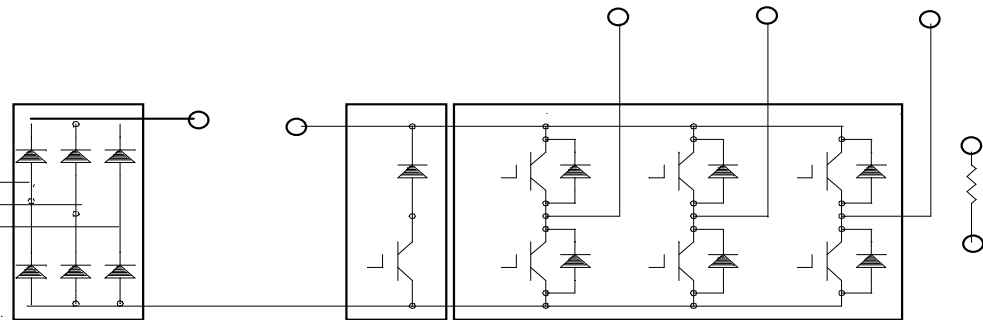
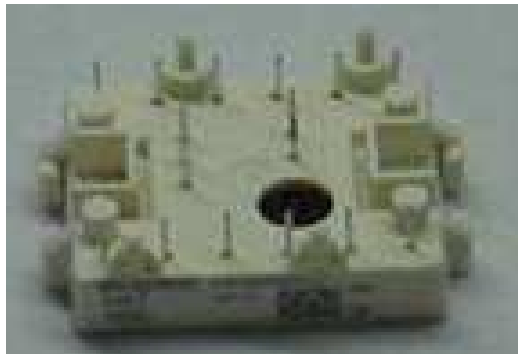
EV2000 - 4 T 0075 G



EMERSON 公司产品情况—主回路关键器件



IPM (智能功率模块)



PIM (功率集成模块)

目前以IGBT 和PIM使用较多

EMERSON 公司产品情况—控制回路关键器件

DSP— 电机控制专用CPU

TI公司产品

实时控制，快速处理数据

同一机器周期同时处理多条指令

CPLD— 大规模可编程逻辑阵列，

XILINX产品

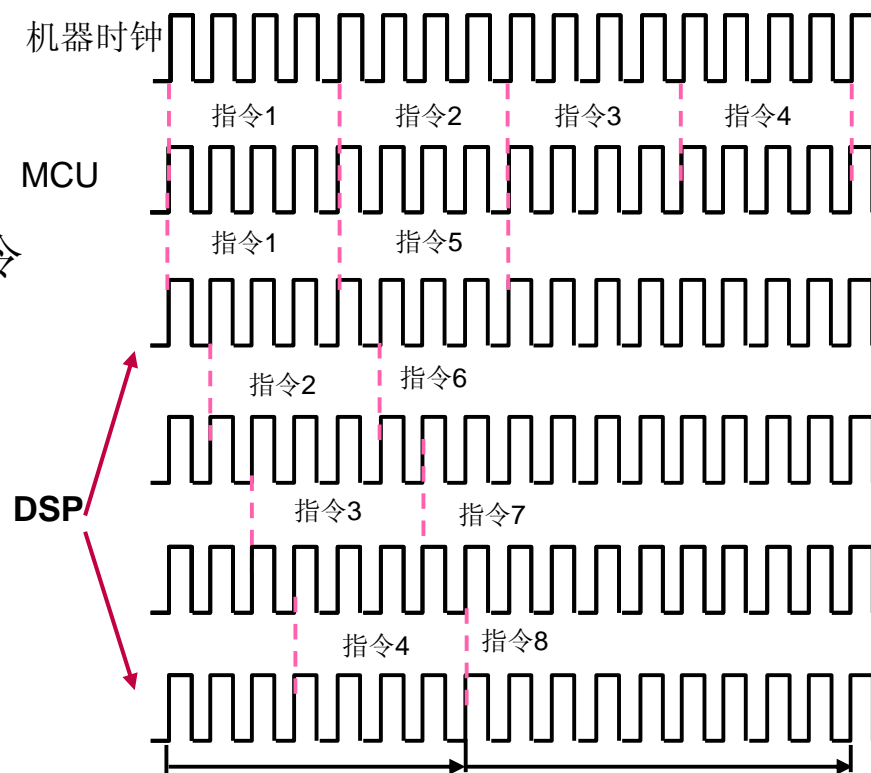
系统逻辑构成和保护电路

简化数字逻辑

MCU— 单片机

ATMEL公司产品

显示与键盘



● WWW.PLCWORLD.CN

EMERSON 公司产品情况—关键器件使用情况

器件类型	TD900	EV1000	EV2000	EV3100	TD3XXX	TD3200
整流桥	无	无	IXYS IR	IXYS IR	IXYS IR	无
IGBT	无	无	18.5G以上	无	无	无
IPM	无	无	11/15KW	11-30KW	11-75KW	无
PIM	全系列	全系列	5.5-7.5KW	5.5-7.5KW	2.2-7.5KW	全系列
控制CPU	MCU	DSP	DSP	DSP	DSP	DSP
键盘CPU	无	无	ATMEL	ATMEL	ATMEL	无

EMERSON 公司产品情况——TD900系列规格

变频器型号	额定容量 (kVA)	额定输出电流 (A)	适配电机 (kW)
TD900-2S0004G	1.0	2.5	0.4
TD900-2S0007G	1.5	4.0	0.75
TD900-2T0015G	3.0	7.0	1.5
TD900-2T0022G	4.0	9.0	2.2
TD900-4T0007G	1.5	2.3	0.75
TD900-4T0015G	2.5	3.7	1.5
TD900-4T0022G	3	5.0	2.2

注:

- 2T系列产品对于单相220V电源的条件也可适用，但要降额使用
- 2S系列产品可以平滑接入3相220V电源，选型无需降额

EMERSON 公司产品情况——TD900关键技术指标

项目	子项目	技术指标
输入	额定电压, 频率	三相: 380V、220V, 单相: 220V, 50Hz/60Hz
	变动容许范围	电压: -15% ~ +10%, 电压失衡率: <3%, 频率: ±5%
输出	电压	三相: 0~380V/220V;
	频率范围	0Hz~650Hz
	过载能力	150%额定电流1分钟, 180%额定电流3秒/1秒
环境	使用场所	室内, 无尘埃、腐蚀性和可燃性气体、油雾、水蒸汽等
	环境温度	-10℃~+40℃
结构	防护等级	IP20 (在选用状态显示单元或键盘操作面板的状态下)
安装方式		壁挂式, 柜内安装

EMERSON 公司产品情况—EV1000系列规格

变频器型号	额定容量 (kVA)	额定输出电流 (A)	适配电机 (kW)
EV1000-2S0004G	1.0	2.5	0.4
EV1000-2S0007G	1.5	4.0	0.75
EV1000-2S0015G	3.0	7.5	1.5
EV1000-2S0022G	4.0	10.0	2.2
EV1000-4T0007G	1.5	2.3	0.75
EV1000-4T0015G	3.0	3.7	1.5
EV1000-4T0022G	4.0	5.0	2.2
EV1000-4T0037G	5.9	8.8	3.7
EV1000-4T0037P			
EV1000-4T0055G	8.9	13.0	5.5
EV1000-4T0055P			

注：

EV1000—2SXXXX 可平滑接入3相220V电源，变频器无需降额使用

EMERSON 公司产品情况—EV1000关键技术指标

项目		技术指标
输入	额定电压, 频率	EV1000-4Txxxxx: 380V; 50Hz/60Hz EV1000-2Sxxxxx: 200V; 50Hz/60Hz
	变动容许范围	-15%~+10%; 电压失衡率: <3%; 频率: ±5%
输出	电压; 频率	EV1000-4Txxxxx: 0~380V; 0Hz~650Hz EV1000-2Sxxxxx: 0~200V; 0Hz~650Hz
	过载能力	G型: 150%额定电流1分钟, 180%额定电流3秒/1秒 P型: 120%额定电流1分钟
	起动转矩	1Hz时150%额定转矩
环境	使用场所	室内, 无尘埃、腐蚀性和可燃性气体、油雾、水蒸汽等
	环境温度	-10℃~+40℃, 40℃以上降额使用
结构	防护等级	IP20
安装方式		壁挂式

G 和 P的差别就在于两种机型的过载不一样, P型机同样可以用于恒转矩场合

EMERSON 公司产品情况—EV2000系列规格

变频器型号（55P及以下）	额定容量 (kVA)	额定输出电流 (A)	适配电机 (kW)
EV2000-4T0055G/0075P	8.5/11	13/17	5.5/7.5
EV2000-4T0075G/0110P	11/17	17/25	7.5/11
EV2000-4T0110G/0150P	17/21	25/32	11/15
EV2000-4T0150G/0185P	21/24	32/37	15/18.5
EV2000-4T0185G1/0220P1	24/30	37/45	18.5/22
EV2000-4T0220G1/0300P1	30/40	45/60	22/30
EV2000-4T0300G1/0370P1	40/50	60/75	30/37
EV2000-4T0370G1/0450P1	50/60	75/90	37/45
EV2000-4T0450G1/0550P1	60/72	90/110	45/55

注：

- 对于G/P合一机型，由功能码F0.08 决定实际应用型号，0：G型，1：P型
- 对于型号后坠为**G1**的变频器，主要是将缓冲接触器替换成可控硅

EMERSON 公司产品情况—EV2000系列规格

变频器型号 (55G及以上)		额定容量 (kVA)	额定输出 电流 (A)	适配电机 (kW)
恒转矩负载	风机水泵负载			
EV2000-4T0550G	—	72	110	55
EV2000-4T0750G	EV2000-4T0750P	100	152	75
EV2000-4T0900G	EV2000-4T0900P	116	176	90
EV2000-4T1100G	EV2000-4T1100P	138	210	110
EV2000-4T1320G	EV2000-4T1320P	167	253	132
EV2000-4T1600G	EV2000-4T1600P	200	304	160
EV2000-4T2000G	EV2000-4T2000P	250	380	200
EV2000-4T2200G	EV2000-4T2200P	280	426	220
—	EV2000-4T2800P	342	520	280

注：75G以上产品标准配置直流电抗器

EMERSON 公司产品情况—EV2000关键技术指标

项目		技术指标
输入	额定电压, 频率	三相, 380V; 50Hz/60Hz
	允许波动范围	电压: 320V~460V; 电压失衡率: <3%; 频率: ±5%
输出	电压; 频率	0~380V; 0Hz~650Hz
	过载能力	G型: 150%额定电流1分钟, 200%额定电流0.5秒; P型: 110%额定电流1分钟; 150%额定电流1秒
	起动转矩	0.5Hz时180%额定转矩
环境	使用场所	室内, 无尘埃、腐蚀性和可燃性气体、油雾、水蒸汽等
	环境温度	-10℃~+40℃
结构	防护等级	IP20
安装方式		壁挂式

EMERSON 公司产品情况——TD3000系列规格

变频器型号	额定容量(kVA)	额定输出电流(A)	适配电机(kW)
TD3000-4T0022G	3	5	2.2
TD3000-4T0037G	5.5	8	3.7
TD3000-4T0055G	8.5	13	5.5
TD3000-4T0075G	11	17	7.5
TD3000-4T0110G	17	25	11
TD3000-4T0150G	21	32	15
TD3000-4T0185G	24	37	18.5
TD3000-4T0220G	30	45	22
TD3000-4T0300G	40	60	30
TD3000-4T0370G	50	75	37
TD3000-4T0450G	60	90	45
TD3000-4T0550G	72	110	55
TD3000-4T0750G	100	152	75

EMERSON 公司产品情况——TD3000关键技术指标

项目		技术指标
输入	额定电压, 频率	三相, 380V; 50Hz/60Hz
	变动容许值	电压: $\pm 20\%$, 电压失衡率 $<3\%$; 频率: $\pm 5\%$
输出	电压; 频率	三相, 0~380V; 0~400Hz
	过载能力	150%额定输出电流2分钟, 180%额定输出电流10秒
控制性能	速度控制精度	有PG反馈: $\pm 0.05\%$; 无PG反馈: $\pm 0.5\%$
	调速范围	有PG反馈1: 1000; 无PG反馈: 1: 100
	起动转矩	有PG反馈: 200%/0rpm; 无PG反馈: 150%/0.5Hz
	转矩控制精度	$\pm 5\%$
环境	使用场所	室内, 无尘埃、腐蚀性和可燃性气体、油雾、水蒸汽等
	环境温度	$-10^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$
结构	防护等级	IP20
安装方式		壁挂式

EMERSON 公司产品情况—功能介绍

启动方式

从启动频率启动

变频器输出由0直接变化为启动频率对应的交流电压，而后在此基础上按照加速曲线逐步提高输出频率和输出电压直到设定频率到达。

注：启动频率不宜过大，否则会造成启动冲击或过流

先制动后从启动频率再启动

变频器先给电机通脉冲直流，使电机保持在停止状态，然后再按照从启动频率方式直接启动。

注：一般应用在负载初始状态不确定的场合

转速跟踪启动

直接将正在自由旋转的电机或负载由当前速度驱动到预定速度

注：非常适用于水泵的工频变频切换或重要设备的异常停机后的快速恢复

EMERSON 公司产品情况—功能介绍

停车方式

减速停车

变频器接到停止命令后按照减速时间对应曲线逐渐减小输出频率，到0后停机。

注：这种方式最常用，当直流母线电压过高时会自动启动能耗制动，此时需配置制动单元，否则会报减速过电压

自由停车

变频器接到运行停止命令后，立刻中止输出，负载靠自然阻力停止。

注：变频器故障时的停车方式就是自由停车

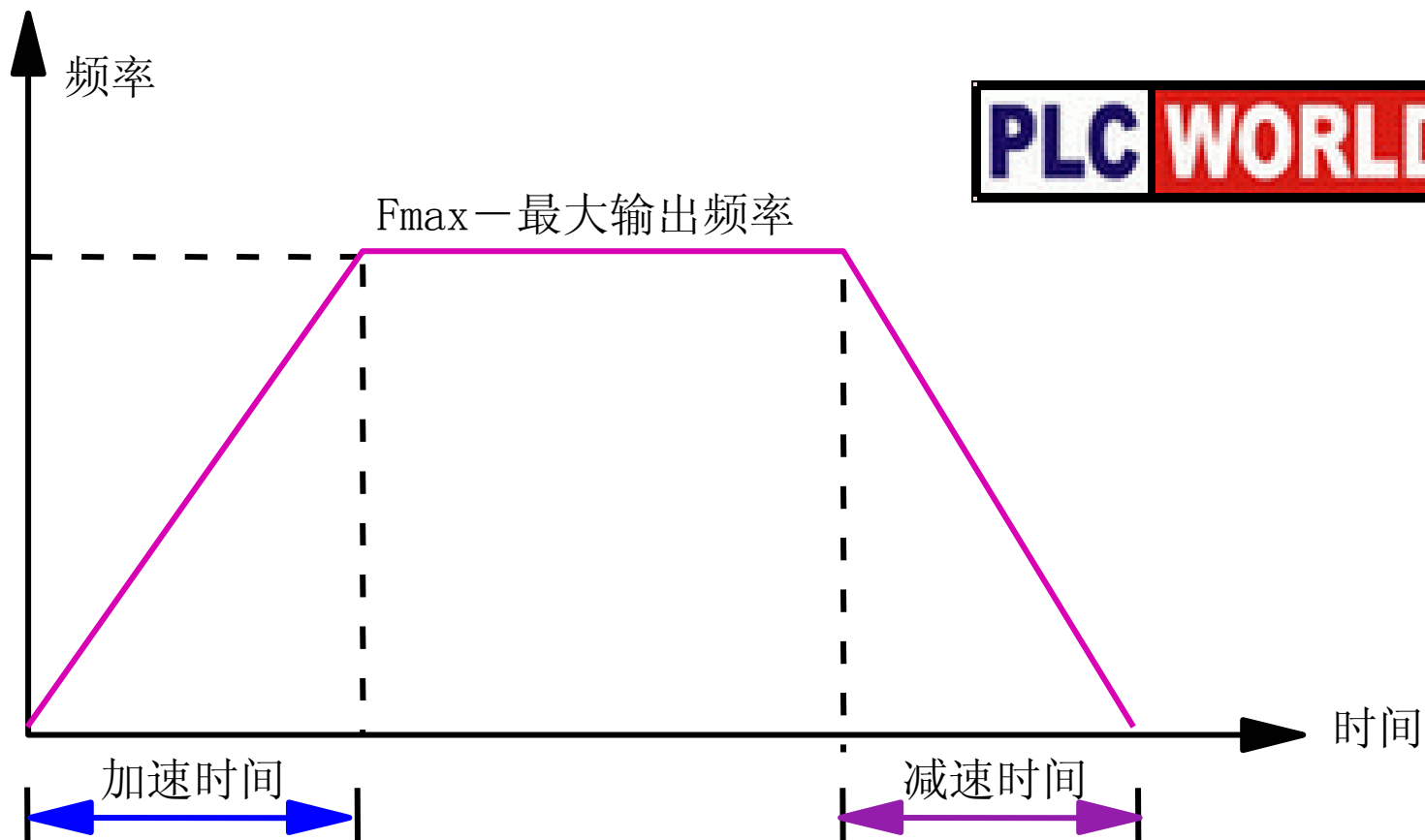
减速+直流制动停车

变频器接到运行停止命令后，按照减速时间对应曲线逐渐减少输出频率，当到达某一预设频率，即开始直流制动（通脉冲直流）停车，防止电机爬行

注：对于大惯量负载或有定位要求的场合非常适用

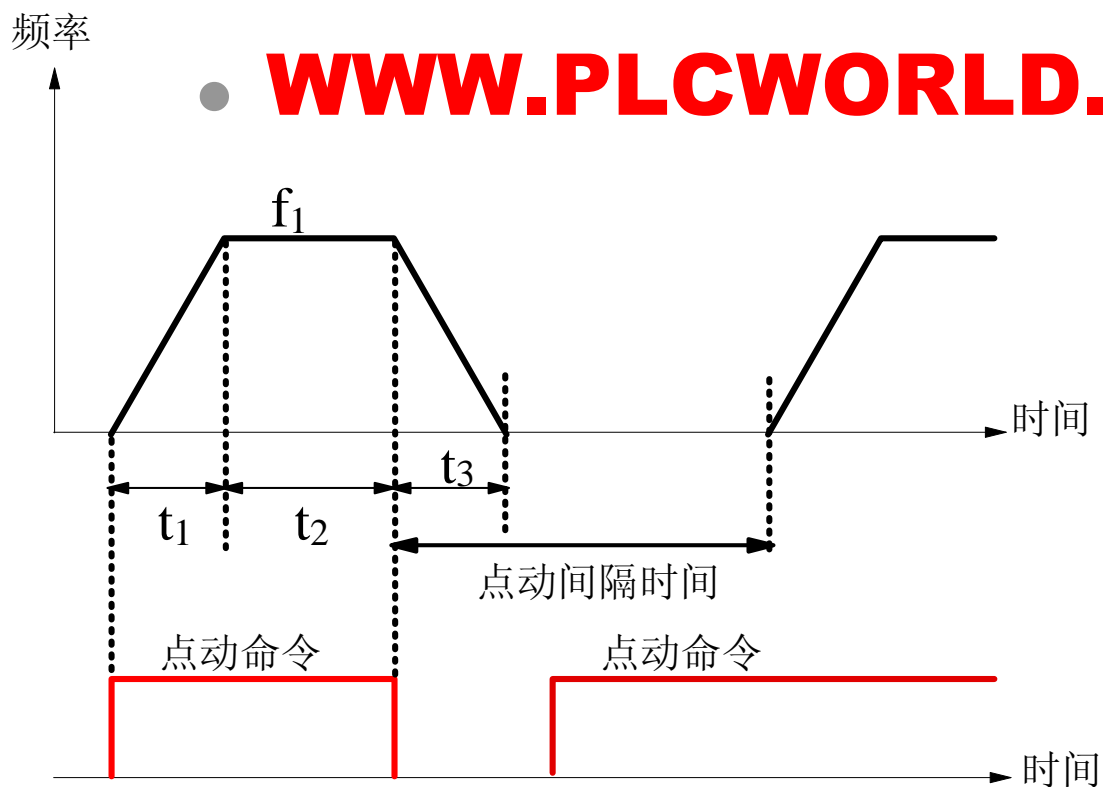
EMERSON 公司产品情况—功能介绍

加减速时间 (S/min)



EMERSON 公司产品情况—功能介绍

点动



注：一般在调试时使用，如：确定运转方向、反向倒车等

EMERSON 公司产品情况—功能介绍

功能	功能简介
控制算法	交流电机的控制方案，包括V/F控制、增强V/F控制、矢量控制
多段速	用外部端子组合选择多个内部已预设的频率作为运行频率
内置PID	闭环控制必选功能
PLC运行	由用户自由编程的多段定时自动变速功能
加减速曲线	确定目标设备的加减速时间，有直线和S曲线两种
跳跃频率	为避免机械谐振特设的变频器不能长期稳定运行的指定频率带
AVR	根据电网电压自动调整输出电压
自动限流	电流超过预设值后变频器自动调整输出频率和电压防止跳闸
过压失速	加减速过程中直流母线电压过高后变频器自动停止加减速
过流失速	加减速过程中电流超过预设值后变频器自动停止加减速
转速跟踪	直接将正在自由旋转的电机由当前速度驱动到预定速度
载频自动调整	变频器根据噪声和自身温度自动调整载频到最佳值
音调调整	改变电机发出的声音以适应现场要求

EMERSON 公司产品情况——通用产品功能对照表

功能	TD900	EV1000/EV2000	TD3000
控制算法	V/F控制	V/F控制/电流矢量	开环矢量/闭环矢量
多段速	8段	8段	8段
内置PID	√	√	√
PLC运行		√	√
加减速曲线	1条	4条	4条
S曲线		√	√
跳跃频率	1段	3段	3段
AVR	√	√	√
自动限流		√	√
过压失速		√	√
过流失速		√	√
转速跟踪		√	√
载频自动调整		√	无
音调调整		√	无

EMERSON 公司产品情况——供水专用变频器

TD2100系列规格

变频器型号	额定容量 (kVA)	额定输出电流 (A)	适配电机 (kW)
TD2100—4T0055S	8.5	13	5.5
TD2100—4T0075S	11	17	7.5
TD2100—4T0110S	17	25	11
TD2100—4T0150S	21	32	15
TD2100—4T0185S	24	37	18.5
TD2100—4T0220S	30	45	22
TD2100—4T0300S	40	60	30
TD2100—4T0370S	50	75	37
TD2100—4T0450S	60	90	45
TD2100—4T0550S	72	110	55
TD2100—4T0750S	100	152	75

EMERSON 公司产品情况—供水专用变频器

TD2100系列关键技术指标

项目		技术指标
输入	额定电压；频率	三相，380V；50Hz/60Hz
	变动容许值	电压，±20%，电压失衡率<3%；频率：±5%
输出	电压；频率	三相，0~380V；0Hz~400Hz
	过载能力	120%额定电流1分钟，150%额定电流1秒
环境	使用场所	室内，无尘埃、腐蚀性和可燃性气体、油雾、水蒸汽等
	环境温度	-10℃~+40℃（开盖后，可工作在50℃）
结构	防护等级	IP20
安装方式		壁挂式

EMERSON 公司产品情况——供水专用变频器

TD2100系列主要功能

- 可灵活配置常规泵、消防泵、排污泵、休眠泵，最大实现7台变频固定泵和4台循环泵方式

变频固定泵方式：有且只有一台泵变频运行，其他泵只能工频运行

循环泵方式：所有的泵都可以根据需求变频或工频运行

- 支持6段压力运行，并能指定节假日压力，以适应供水压力的变化需求
- 优化工频休眠泵和零流量停机功能，不用水自动停机，最大限度地节水节电
- 内置时钟芯片，可实现泵定时启停和轮换，均衡工作时间，防止泵锈死
- 内置消防控制功能，即使变频器故障时，仍能自动启动消防泵
- 自带管网超/欠压、火警/水池缺水等多种保护，保障供水安全；
- 故障自动电话拨号功能，实现泵房无人职守运行。

EMERSON 公司产品情况—— 电梯专用变频器

EV3100系列规格

变频器型号	额定容量(kVA)	额定输出电流(A)	适配电机(kW)
EV3100-4T0055E	8.5	13	5.5
EV3100-4T0075E	11	17	7.5
EV3100-4T0110E	17	25	11
EV3100-4T0150E	21	32	15
EV3100-4T0185E	24	37	18.5
EV3100-4T0220E	30	45	22
EV3100-4T0300E	37	60	30

● WWW.PLCWORLD.CN

EMERSON 公司产品情况—电梯专用变频器

EV3100系列关键技术指标

项目		技术指标
输入	额定电压、频率	三相, 380V, 50Hz/60Hz
	变动容许值	电压, $\pm 15\%$, 电压失衡率 $<3\%$; 频率: $\pm 5\%$
输出	电压、频率	三相, 0~380V; 0Hz~99.99Hz
	过载能力	150%额定输出电流2min, 180%额定输出电流10s
	速度控制精度	有PG时 $\pm 0.1\%$ 最高速度
环境	使用场所	室内, 无尘埃、腐蚀性和可燃性气体、油雾、水蒸汽等
	环境温度	$-10^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ (大于 40°C 时降额使用)
结构	防护等级	IP20
安装方式		壁挂式

EMERSON 公司产品情况—电梯专用变频器

主要特点

- 采用TI公司最新DSP，工作时钟50MHz，高速处理
- 丰富灵活的可编程接口
 - ◆ 14路开关量输入，2路集电极开路输出，3路继电器输出
 - ◆ 2路模拟输入，分别作为速度源和称重输入
 - ◆ 内置编码器和分频接口，最大分频128
 - 内置双PG接口和双编码器电源(12V/5V)，支持业界常用编码器：
 - 异步：集电极开路/推挽/差动编码器
 - 同步：不带串行通讯的SINCOS编码器和带UVW位置信号的正交增量型编码器
- 内置同步机和异步机矢量控制算法
- 支持距离控制、多段速控制及模拟速度控制，自带楼层自学习功能
- 内置接触器抱闸功能
- 内置停电应急运行功能

EMERSON 公司产品情况—— 电梯门机专用变频器

TD3200系列规格和技术指标

变频器型号	额定容量 (kVA)	额定输出电流 (A)	适配电机 (kW)
TD3200-2S0002D	0.5	1.3	0.2
TD3200-2S0004D	1.0	2.5	0.4

项目	子项目	技术指标
输入	电压, 频率	单相, 180V~264V, 50Hz±5%, 60Hz±5%
输出	电压范围, 频率	三相: 0~220V, 0Hz~400Hz
	过载能力	150%额定电流2分钟, 180%额定电流10秒
	转速精度	有速度: 0.5%; 无速度: 1%
环境	使用场所	室内, 无尘埃、腐蚀性和可燃性气体、油雾、水蒸汽
	工作温度	-10℃~+50℃
结构	防护等级	IP20 (选配TDP-LED02或TDP-LED03的情况下)
安装	壁挂式, 柜内安装	

EMERSON 公司产品情况——电梯门机专用变频器

TD3200系列特点:

- 高性能，精确控制速度和转矩，防止频繁跳闸
- 内置完整的门机解决方案和逻辑控制
 - ◆ 内置距离控制和速度控制两种控制算法
 - ◆ 内置门机自学习功能和门机演示功能
 - ◆ 自带光幕、触板检测信号以及阻转矩检测功能，确保异常状态下的人身安全
- 先进的系统配置：DSP+PIM
- 16K载频，实现全面静音运行
- 提供两种人机界面，优化系统成本
 - ◆ 键盘——可读写、监控各项参数
 - ◆ 状态显示板——只显示变频器的状态（故障、运行），不能读写任何参数
- 符合GB7588-1995电梯制造和安全规范（EN81-1:1998）

EMERSON 公司产品情况——张力控制专用变频器

TD3300变频器主要特点:

- 硬件配置、功率等级与TD3000完全相同，在其基础上增加了张力控制功能
- 内置卷径计算功能，支持三种卷径计算方法
 - ◆ 线速度计算
 - ◆ 绕圈算法
 - ◆ 外接卷径传感器
- 内置三种张力控制方式
 - ◆ 开环张力模式，变频器工作在转矩模式下，必须选用编码器
 - ◆ 闭环张力模式，变频器工作在转矩模式下，必须选用编码器
 - ◆ 闭环张力速度模式，变频器工作在速度模式下，编码器可选
- 内置张力锥度控制
- 内置断带检测功能



EMERSON 公司产品情况——选配件

定义

由于不同客户对变频器都有各自独特的要求，鉴于成本和体积，不可能把这些功能全部做到变频器中去，因此变频器厂家将这些常用的功能分类做成独立于变频器并能和变频器配合使用的可选配设备

分类

调试———LCD键盘，中文显示

抑制电网谐波——交流输入电抗器，直流电抗器、输入滤波器

抑制输出谐波——交流输出电抗器、输出滤波器

快速刹车用———制动单元、制动电阻，两者必须配合使用

通讯选配件———PROFIBUS总线适配器、远程控制盒

EMERSON 公司产品情况—选配件

选配件	TD900	EV1000	EV2000	EV3100	TD3XXX	TD3200
LED键盘	标配	标配	标配	×	标配	√
LCD键盘	×	×	√	标配	√	×
状态显示单元	√	√	×	×	×	√
交流输入电抗器	×	×	√	√	√	×
交流输出电抗器	×	×	√	√	√	×
直流电抗器	×	×	√	√	√	×
POFIBUS总线适配器	×	√	√	√	√	×
外置制动单元	×	×	√	√	√	×
制动电阻	一般都需要客户外配，我司只能提供3种类型功率电阻					
远程控制盒 EVO-RC03	×	√	√	√	×	×

注：

“√” 表示该系列变频器支持或有对应选配件

“×” 表示该系列变频器不支持或没有对应选配件

EMERSON 公司产品情况—选配件

交流输入电抗器/直流电抗器作用

- 高次谐波电流抑制
- 抑制合闸等浪涌电压，保护变频器的输入电路
- 抑制变频器上电时的尖峰电流
- 抑制三相电压不平衡对变频器产生的影响（交流输入电抗器效果最好）
- 提高功率因素（交流输入电抗器：0.9，直流电抗器：0.95），提高供电变压器的利用率

注：EV2000 75G以上变频器产品标准配置直流电抗器

交流输出电抗器作用

- 高次谐波电流抑制
- 漏电流抑制
- 降低电机噪声

EMERSON 公司产品情况—选配件

PROFIBUS总线适配器TDS-PA01

作用

通过TDS-PA01现场总线适配器能将艾默生变频器无缝接入任意支持PROFIBUS DP现场总线网络中，此时变频器作为一个从站（只被动接收主站命令，不能访问其他任何站点），允许主站对变频器进行如下操作：

- 向变频器发送控制命令，如：启动、停止、故障复位等
- 修改变频器的输出频率，读取变频器的各种运行和状态参数
- 修改变频器的功能码

适用机型

TD2100、EV1000/EV2000、EV3100、TD3000、TD3300

关键技术指标

24VDC 供电，最高波特率12MBPS₆₃ 2010-12-6

EMERSON 公司产品情况—选配件

EVO-RC03远程控制盒

作用

我司独有通讯主站，支持MODBUS协议，可和我司多台变频器组网使用，组网的变频器台数不超过32台

主要控制功能

- 向变频器发送控制命令，如：启动、停止、故障复位等，
- 修改变频器的输出频率，读取变频器的各种运行和状态参数
- 修改变频器的功能码

特点：

较少的投入就可替代昂贵的PLC实现常用的通讯控制

适用机型

EV1000/EV2000、EV3100

关键技术指标

24VDC 供电，最高波特率38400bps，最大距离1000m

EMERSON 公司产品情况—选配件

制动单元型号	适配制动电阻	适配变频器	备注:
TDB-4C01-0150	TDB-R01-0015-0400	<22KW	超过90KW, 请用 TDB-4C01-0550KW制 动单元直接并联
TDB-4C01-0300	TDB-R01-0030-0200	30KW/37KW	
TDB-4C01-0550	TDB-R01-0050-0100	55KW/75KW	
项目	TDB-4C01-□□□□		
输入电压及波动范围	560V直流 (-50%~50%)		
动作电压	660V和710V (出厂)		
制动使用率	四种, 通过拨码选择, 10% (出厂) /25%/75%/100%		
最大持续使用时间	10s		
环境	环境温度	-10℃~40℃	
	安放地点	室内, 无尘埃、腐蚀性和可燃性气体、油雾、水蒸汽	
防护	IP20		

变频器应用简介—变频器运行的两大要素

一个状态正常的变频器要运行，以下两个要素条件必须满足：

运行命令

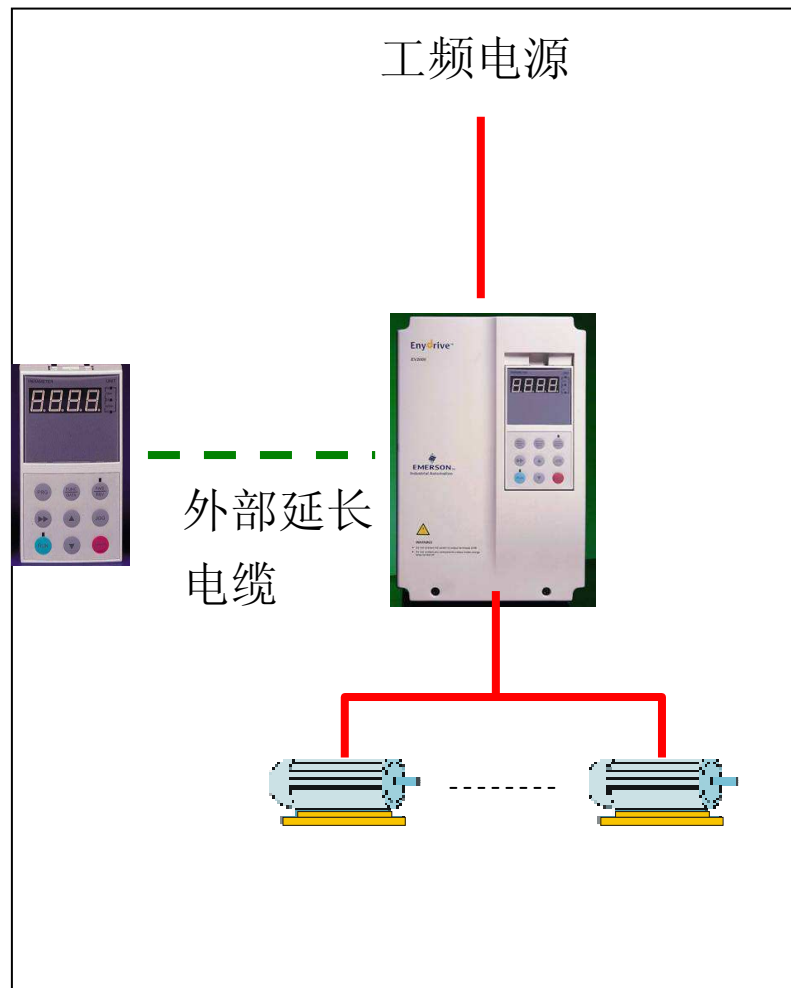
- 决定电机的运行方向
- 决定变频器是启动还是停止

运行给定

- 决定速度大小
(直接速度给定、多段速、PID结果)

序号	运行命令	运行给定	变频器状态
1	无运行命令	×	停机
2	有正向或反向运行命令	给定为0	零速运行
3	有正向运行命令	有非0给定	正向运行
4	有反向运行命令	有非0给定	反向运行
5	有正向或反向运行命令	给定由非0变为0	减速而后保持零速运行
4	运行中直接方向命令切换	有非0恒定给定	减速到0后反向运行

变频器应用简介—键盘控制



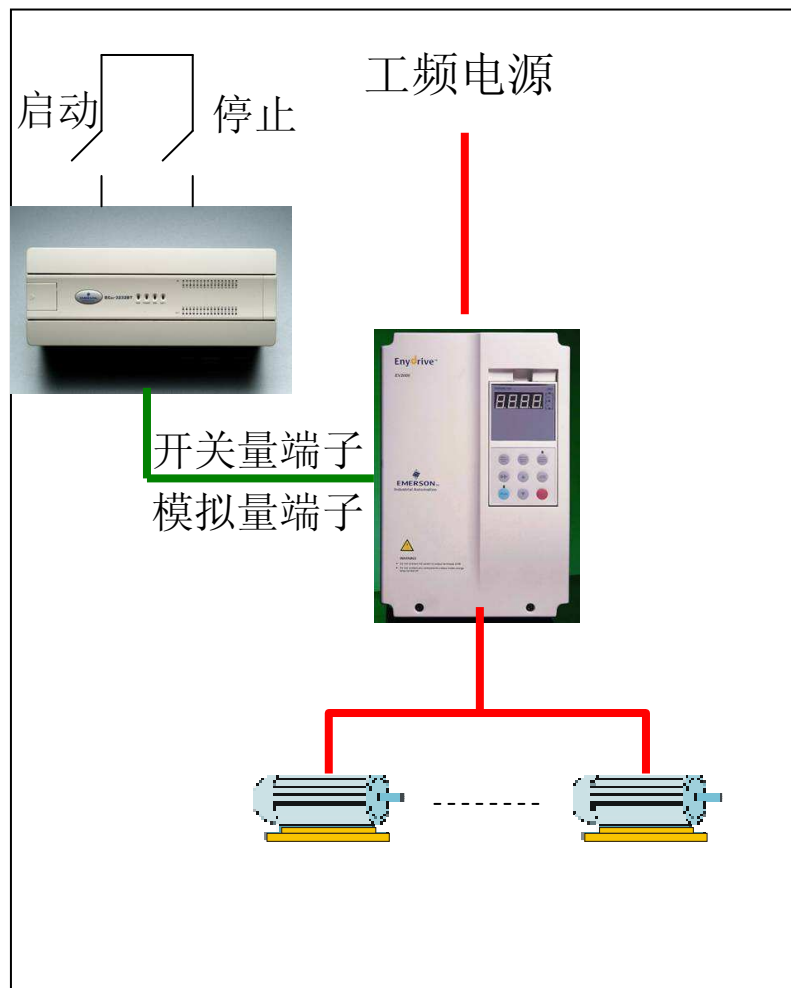
特点:

- 运行命令由键盘上的RUN和STOP决定
- 运行方向一般由变频器内部参数决定
- 运行给定由键盘修改特定功能码完成
- 方便快捷

适用场合

- 在设备调试时广泛使用
- 应用在简单且实时性不强的单机场合

变频器应用简介—外部端子控制（单机）

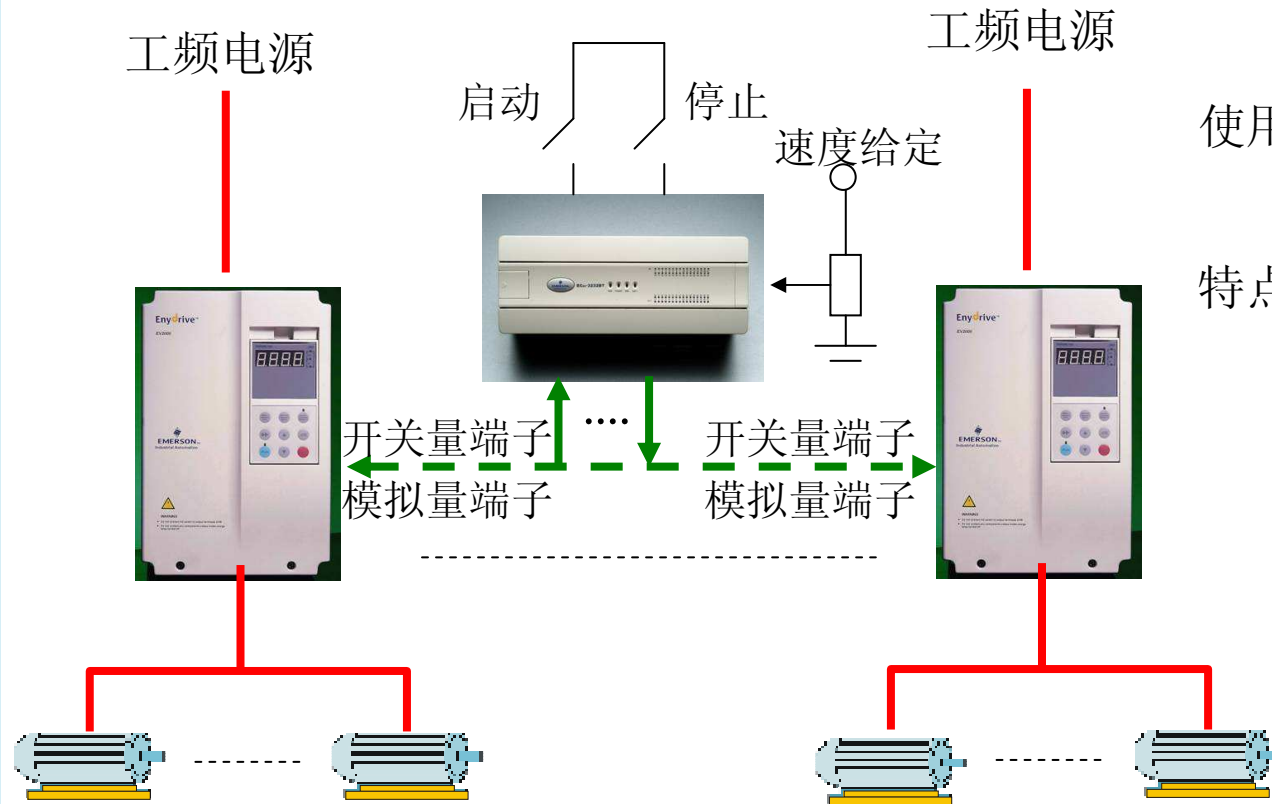


特点:

- 运行命令由外部启停按钮决定，通过变频器外部端子FWD/REV决定运行方向
 - 运行给定一般由外部模拟端子决定：
PLC 模拟输出
电位器
 - 常与外部逻辑电路或PLC共同控制变频器
- 适用场合
- 应用在实时性较强独立系统
 - 使用范围最广



变频器应用简介—外部端子控制（多机）



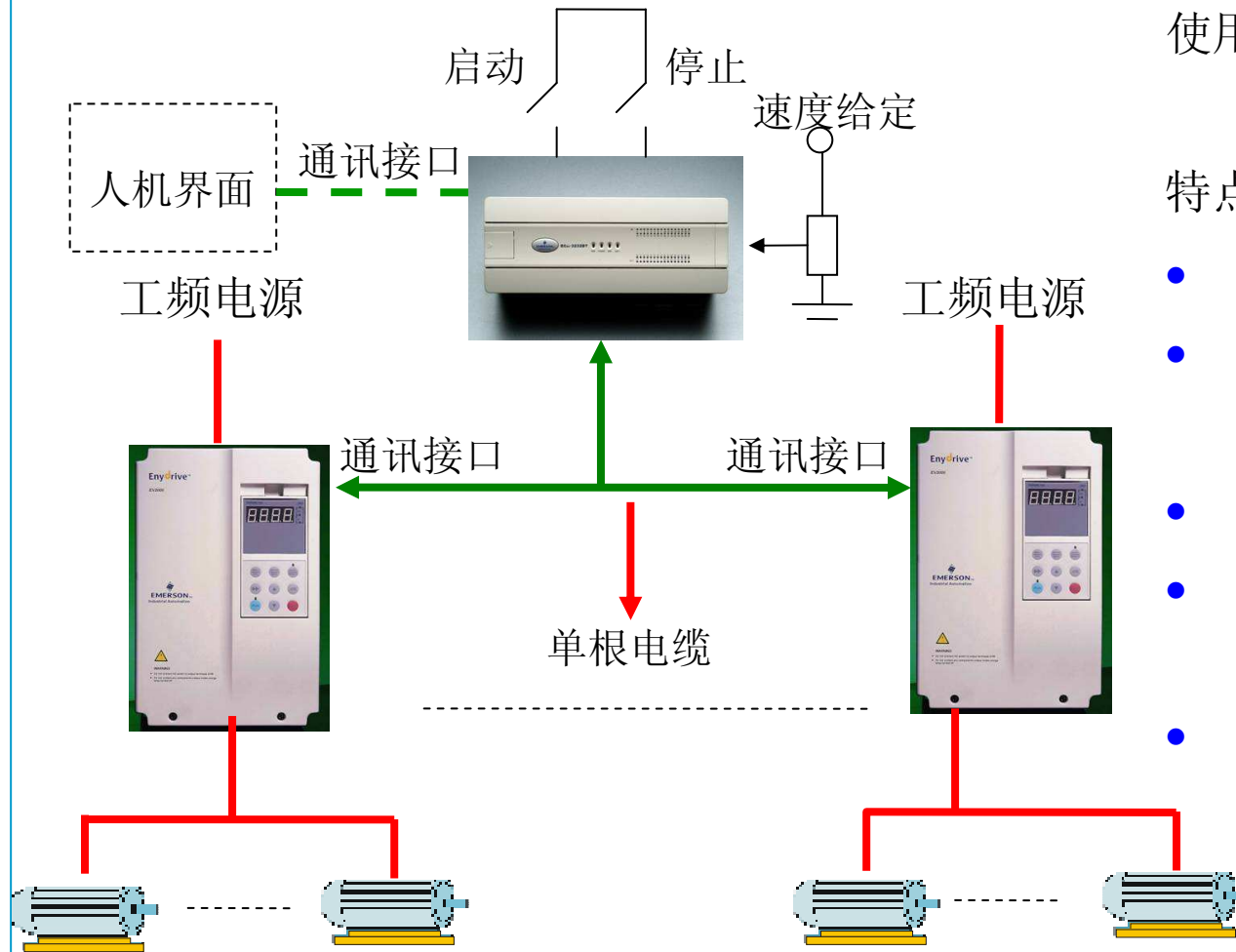
使用场合：

各类小型生产线或系统

特点：

- 实时性好
- 调试维护方便
- 线路复杂，抗干扰能力差

变频器应用简介—通讯控制



使用场合:

各类中大型生产线或系统

特点:

- 所有控制均通过通讯电缆
- 线路相对简单, 自动化水平高, 信息交换量大
- 实时性好, 抗扰能力强
- 为防止网络故障, 特设独立急停功能
- 投入大, 调试维护困难

变频器选型——选型原则

考虑变频器运行的经济性和安全性，变频器选型保留适当的余量是必要的。

要准确选型，必须要把握以下几个原则：

- 充分了解控制对象性能要求。一般来讲如对启动转矩、调速精度、调速范围要求较高的场合则需考虑选用矢量变频器，否则选用通用变频器即可
- 了解负载特性，如是通用场合，则需确定变频器是G型还是P型
- 了解所用电机主要铭牌参数：额定电压、额定电流。
- 确定负载可能出现的最大电流，以此电流作为待选变频器的额定电流。如果该电流小于适配电机额定电流，则按适配电机选择对应变频器，考虑成本因素，如选用的是通用变频器，则可以选择P型机
- 以下情况要考虑容量放大一档：
 - 1、长期高温大负荷
 - 2、异常或故障停机会出现灾难性后果的现场
 - 3、目标负载波动大
 - 4、现场电网长期偏低而负载接近额定
 - 5、绕线电机、同步电机或多极电机（6极以上）

变频器选型——选型原则

充分了解各变频器支持的选配件是正确选配的基础。

对于变频器的选配件选配，必须要把握以下几个原则：

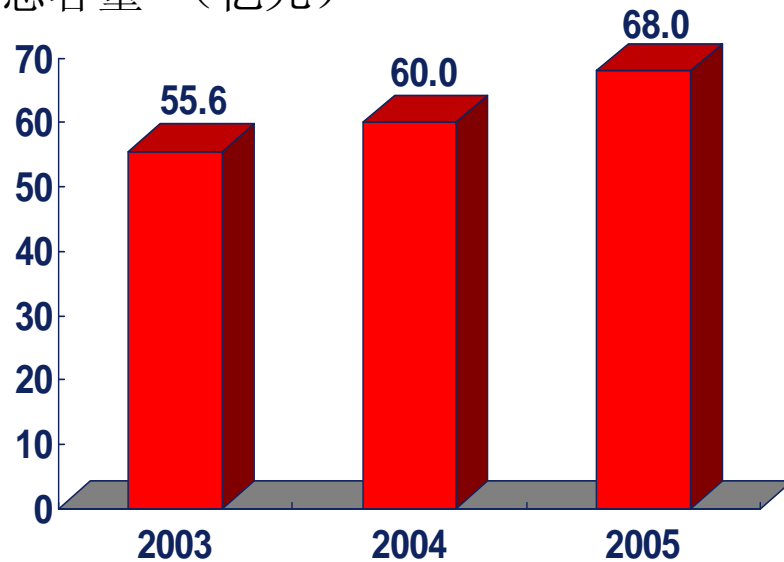
- 以下情况要选用交流输入电抗器、直流电抗器
民用场合，如：宾馆中央空调、电机功率大于55KW以上
电网品质恶劣或容量偏小的场合
如不选用可能会造成干扰、三相电流偏差大，变频器频繁炸机
- 以下情况要选用交流输出电抗器
变频器到电机线路超过100米（一般原则）
- 以下情况一般要选用制动单元和制动电阻
提升负载
频繁快速加减速
大惯量（自由停车需要1min以上，恒速运行电流小于加速电流的设备）

变频器选型——选型原则

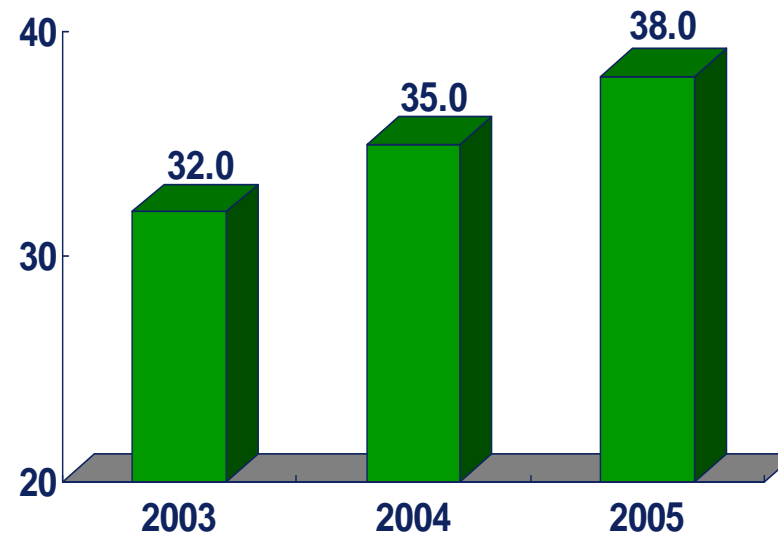
使用通用变频器的行业和设备	使用矢量变频器的行业和设备
纺织绝大多数设备	纺织有张力控制场合需使用
冶金辅助风机水泵、辊道、高炉卷扬	冶金各种主轧线、飞剪
石化用风机、泵、空压机	
电梯门机、起重行走	电梯、起重提升
供水	
油田用风机、水泵、抽油机、空压机	
电厂风机水泵、传送带	
市政锅炉、污水处理	
部分拉丝机牵引	拉丝机的收放卷
	凹版印刷
水泥、陶瓷、玻璃生产线全线	
传送带矿山风机泵	矿山提升机
卷烟制丝	卷烟成型包装
低速造纸及配套风机水泵、制浆	高速造纸、切纸机、复卷机

中国市场竞争情况—市场需求

总容量（亿元）



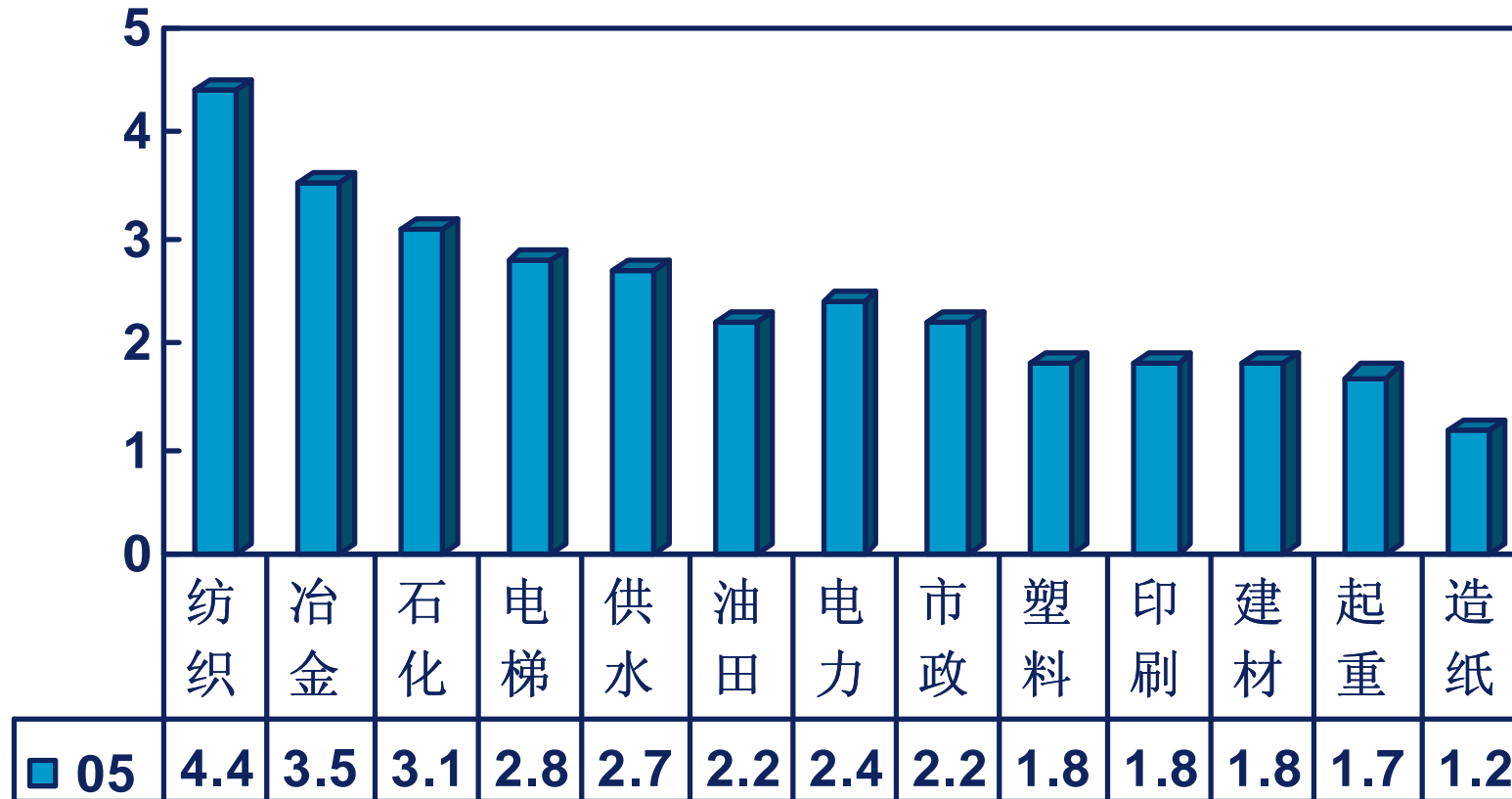
有效容量（亿元）



- 剔除690V以上高电压等级产品
- 剔除设备成套进口
- 剔除交直交以外型式变频器（如：交—交、电流型）
- 高防护等级（如：IP65/防爆）

中国市场竞争情况—重点行业需求

重点行业情况（单位：亿元）



总计：31.6亿

中国市场竞争情况一竞争品牌

欧美品牌

西门子、科比、伦茨、施耐德、ABB

丹佛斯、ROCKWELL、VACON、AB、西威

日本品牌

富士、三菱、安川、三垦、日立、欧姆龙

松下电器、松下电工、东芝、明电舍

国产品牌

安邦信、佳灵、森兰、英威腾、康沃、科姆龙、惠丰

港台品牌

台达、普传、台安、东元、美高

韩国品牌

LG、现代、三星、收获

● WWW.PLCWORLD.CN

红色：主要对手

蓝色：需关注的对手

第9章 PLC与变频器综合实训

9.1

变频器实训

9.2

PLC与变频器的综合实训

● WWW.PLCWORLD.CN

9.1 变频器实训

实训课题12 变频器基础实训

实训28 A500系列变频器的基本操作

一、实训目的

- (1) 了解变频器的基本结构及工作原理；
- (2) 理解变频器各参数的意义；
- (3) 掌握变频器操作面板的基本操作。

●WWW.PLCWORLD.CN

二、实训器材

- (1) 变频器1台（三菱FR-A540）；
- (2) 电动机1台（Y-112-0.55）；
- (3) 电工常用工具1套；
- (4) 导线若干；
- (5) 实训控制台1台。

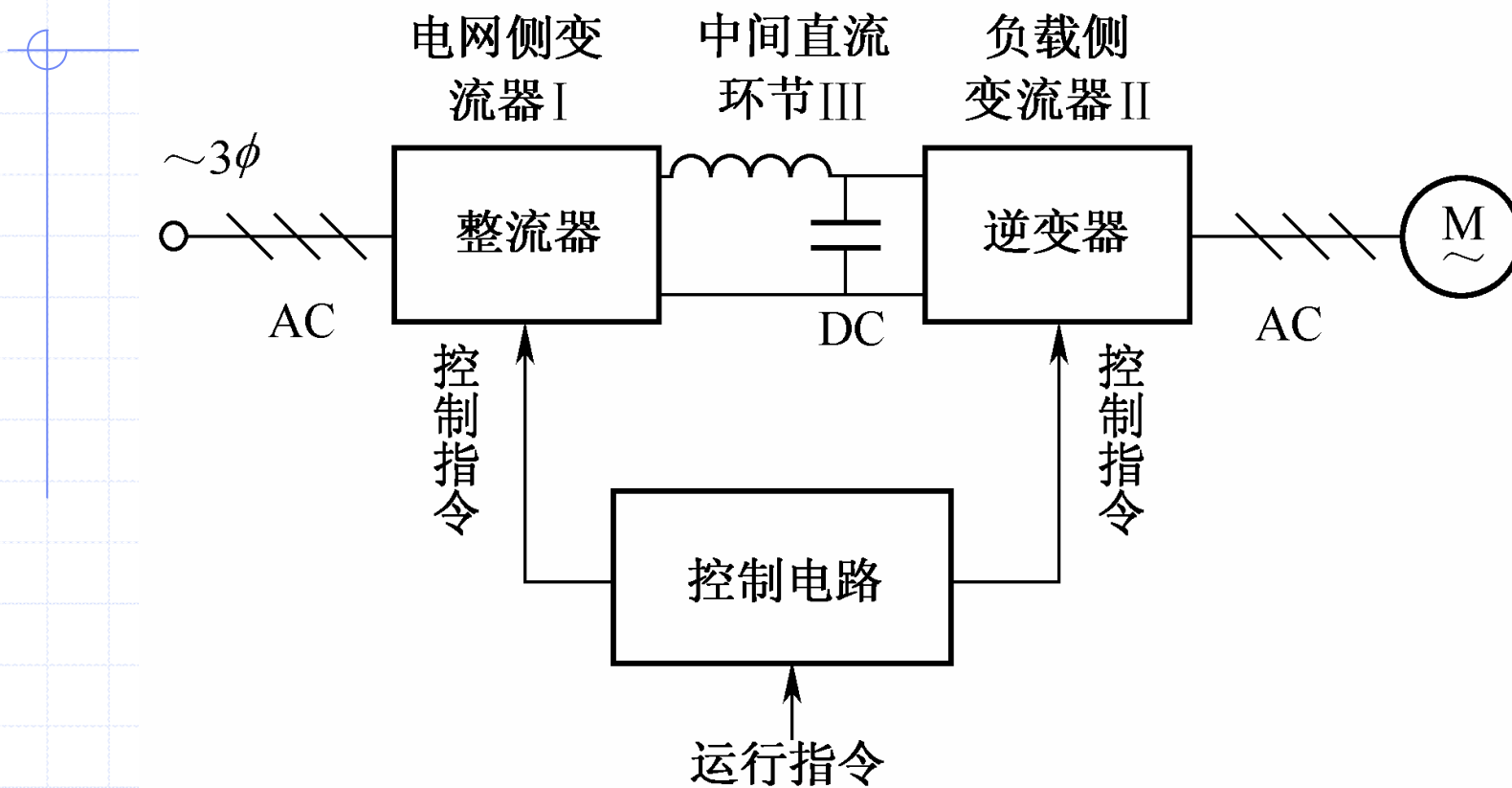


图9-1 交一直一交变频器的基本构成



三、基础知识

1. 变频器的基本构成
2. 变频器的调速原理

因为三相异步电动机的转速公式为



式中 n_0 ——同步转速；
 f ——电源频率，单位为Hz；
 p ——电动机极对数；
 s ——电动机转差率。

从公式可知，改变电源频率即可实现调速。

根据三相异步电动机定子每相电动势的有效值为

式中 f_1 ——电动机定子频率，单位为Hz；

N_1 ——定子相绕组有效匝数；

Φ_m ——每极磁通量，单位为Wb。

从公式可知，对 E_1 和 f_1 进行适当控制即可维持磁通量不变。

因此，异步电动机的变频调速必须按照一定的规律同时改变其定子电压和频率，即必须通过变频器获得电压和频率均可调节的供电电源。

3. 变频器的额定值和频率指标

(1) 输入侧的额定值

● WWW.PLCWORLD.CN

(2) 输出侧的额定值

- ① 输出电压 U_N ,
- ② 输出电流 I_N ,
- ③ 输出容量 (kVA) S_N , S_N 与 U_N 、 I_N 关系为 $U_N I_N$
- ④ 配用电动机容量 (kw) P_N ,
- ⑤ 过载能力

(3) 频率指标

- ① 频率范围，
- ② 频率精度，
- ③ 频率分辨率，

●WWW.PLCWORLD.CN

四、实训指导

1. 变频器的基本参数

(1) 输出频率范围 (Pr.1、Pr.2、Pr.18)，Pr.1为上限频率，

(2) 多段速度运行 (Pr.4、Pr.5、Pr.6、Pr.24~Pr.27)，



(3) 加减速时间 (**Pr.7**、**Pr.8**、**Pr.20**)，

(4) 电子过电流保护 (**Pr.9**)，**Pr.9**用来设定电子过电流保护的电流值，以防止电动机过热，故一般设定为电动机的额定电流值。

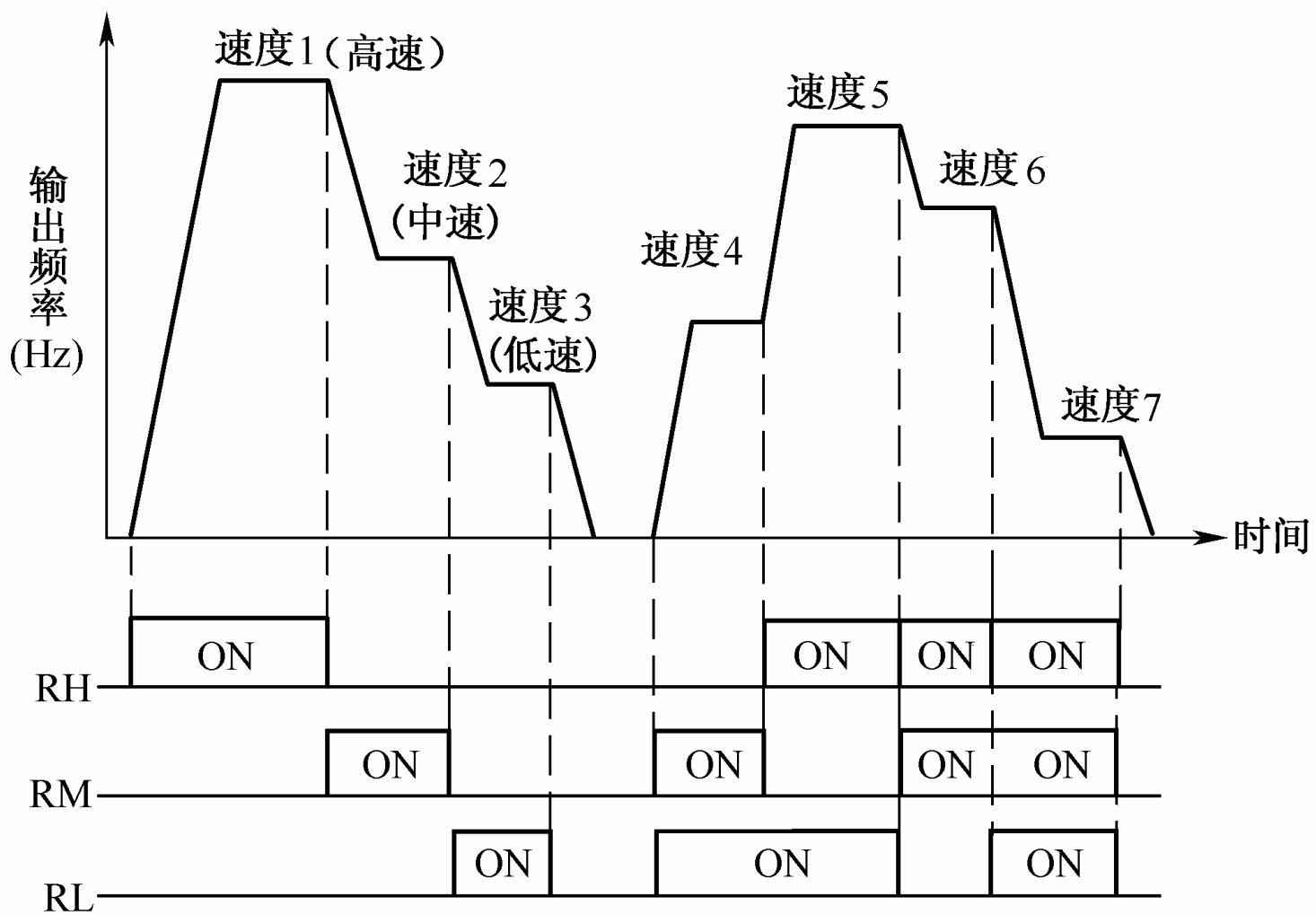


图9-2 七段速度对应的端子

● WWW.PLCWORLD.CN

- (5) 起动频率 (Pr.13) ,
- (6) 适用负荷选择 (Pr.14) ,
- (7) 点动运行 (Pr.15、Pr.16) ,
- (8) 参数写入禁止选择 (Pr.77) ,
- (9) 操作模式选择 (Pr.79) ,



2. 变频器的主接线

3. 变频器的操作面板

FR-A540型变频器一般需通过**FR-DU04操作面板**或**FR-PU04参数单元**来操作（总称为**PU操作**），操作面板外形如图9-4所示，操作面板各按键及各显示符的功能如表9-1、表9-2所示。

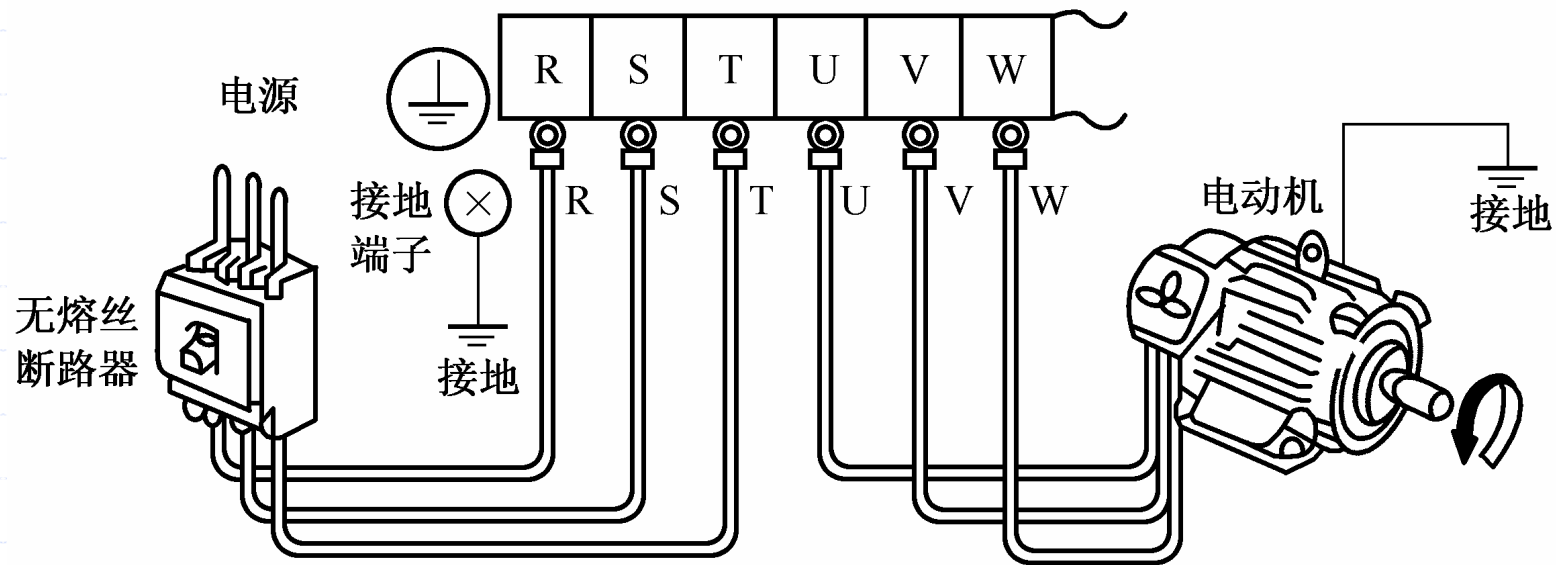


图9-3 变频器的主接线

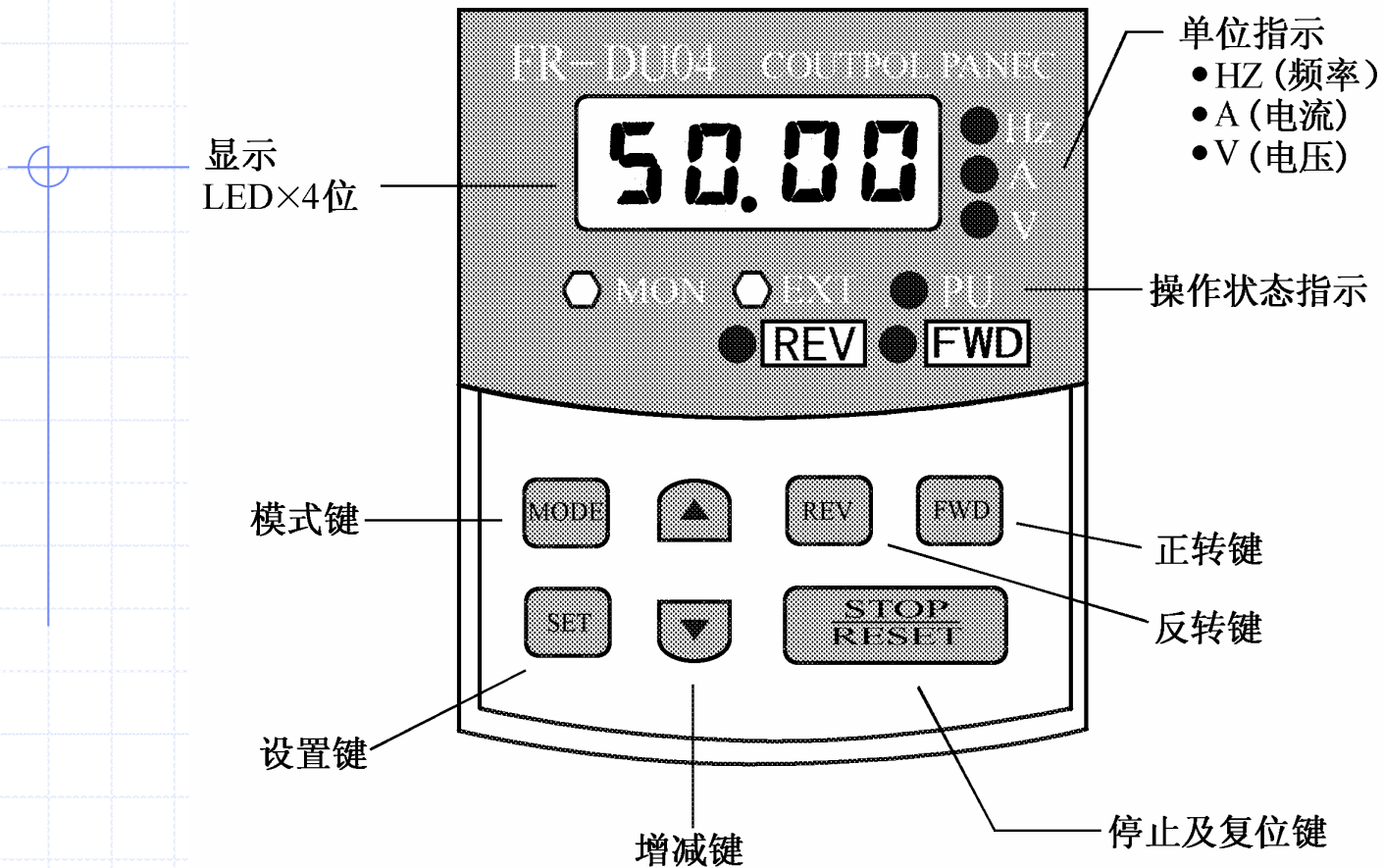


图9-4 操作面板外形图

表9-1

操作面板各按键的功能

按 键	说 明
	可用于选择操作模式或设定模式
	用于确定频率和参数的设定
	<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
	用于给出正转指令
	用于给出反转指令
	<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（用于主要故障）

表9-2

操作面板各显示符的功能

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	监示显示模式时点亮
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

4. 变频器的基本操作

(1) **PU显示模式**，在**PU模式**下，按**MODE**键可改变**PU显示模式**，其操作如图9-5所示。

● **WWW.PLCWORLD.CN**

• WWW.PLCWORLD.CN

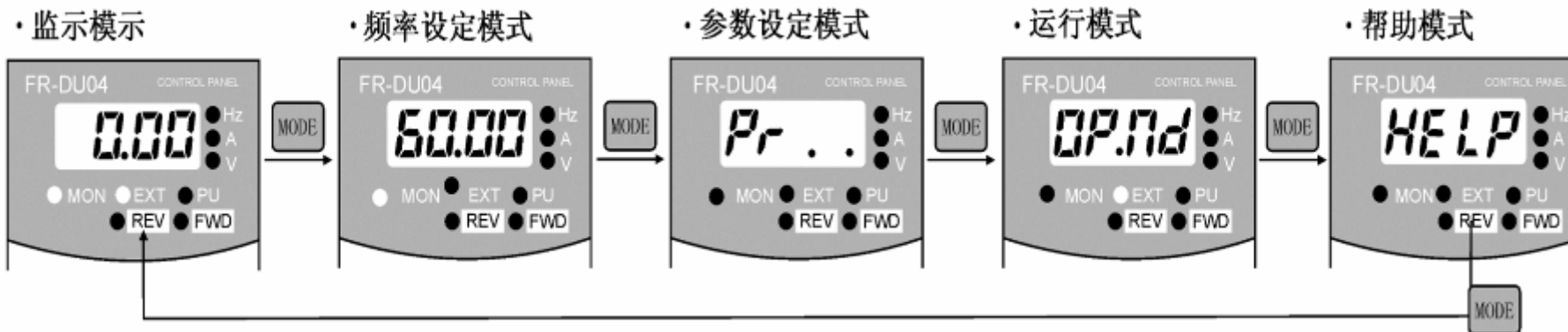


图9-5 改变PU显示模式的操作

(2) 监视模式，在监视模式下，按SET键可改变监视类型，其操作如图9-6所示。

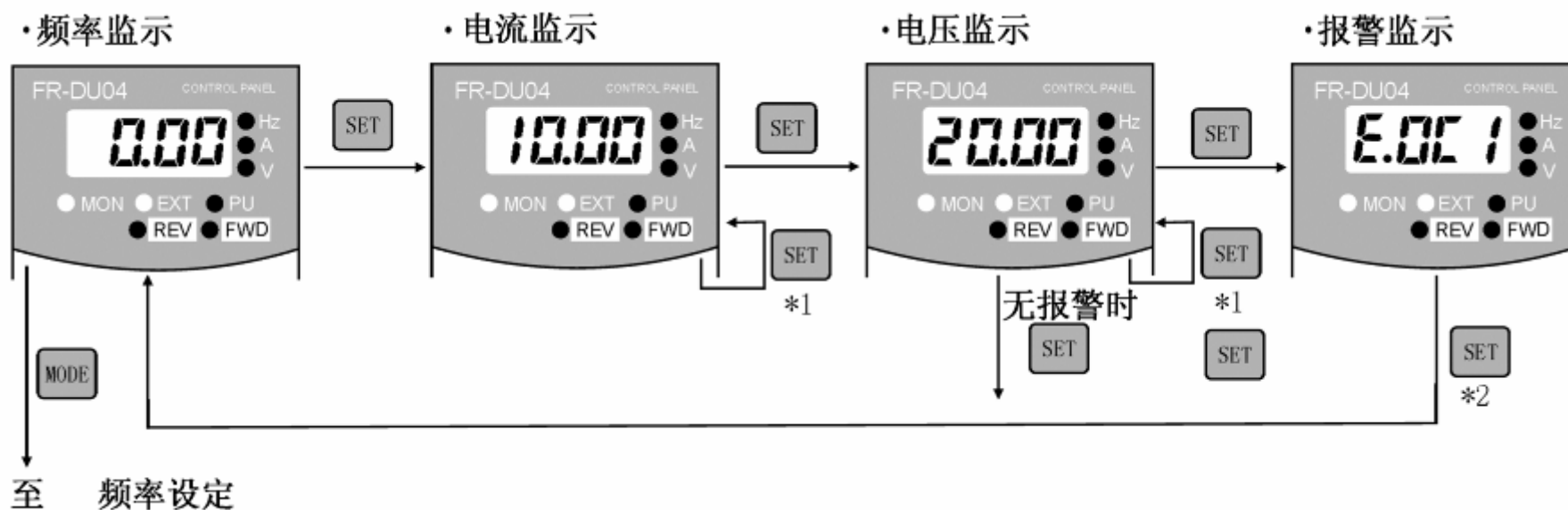


图9-6 改变监视类型的操作

- 说明：
1. 按下标有*1的SET键超过1.5s时，能将当前监视模式改为上电模式。
 2. 按下标有*2的SET键超过1.5s时，能显示包括最近4次的错误。

(3) 频率设定模式，在频率设定模式下，可改变设定频率，其操作如图9-7所示（将目前频率60Hz设为50Hz）。

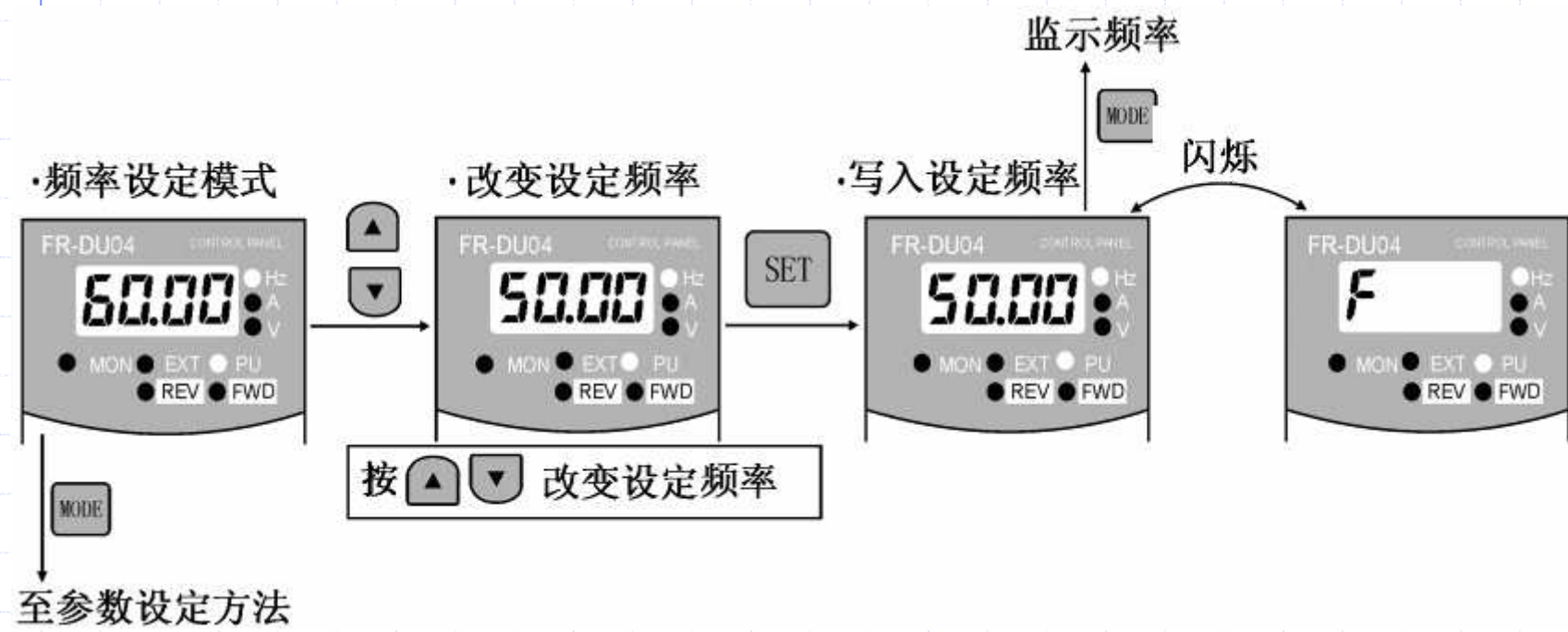




图9-7 改变设定频率的操作

(4) 参数设定模式，在参数设定模式下，改变参数号及参数设定值时，可以用  或  键增减来设定，其操作如图9-8所示（将目前Pr.79=2改为Pr.79=1）。

●WWW.PLCWORLD.CN

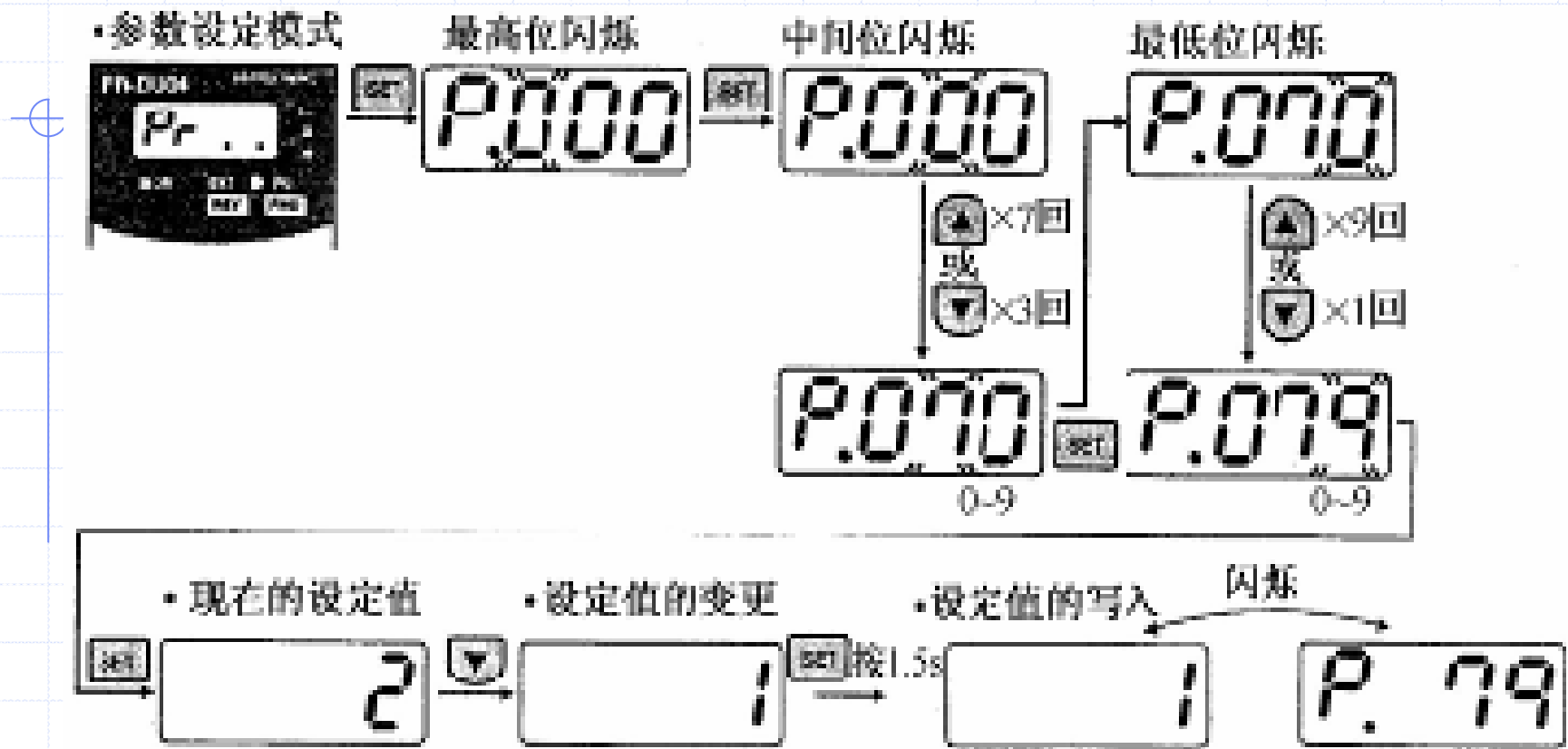




图9-8 参数设定的操作

(5) 运行模式，在运行模式下，按  或  键可以改变操作模式，其操作如图 9-9 所示。

● WWW.PLCWORLD.CN

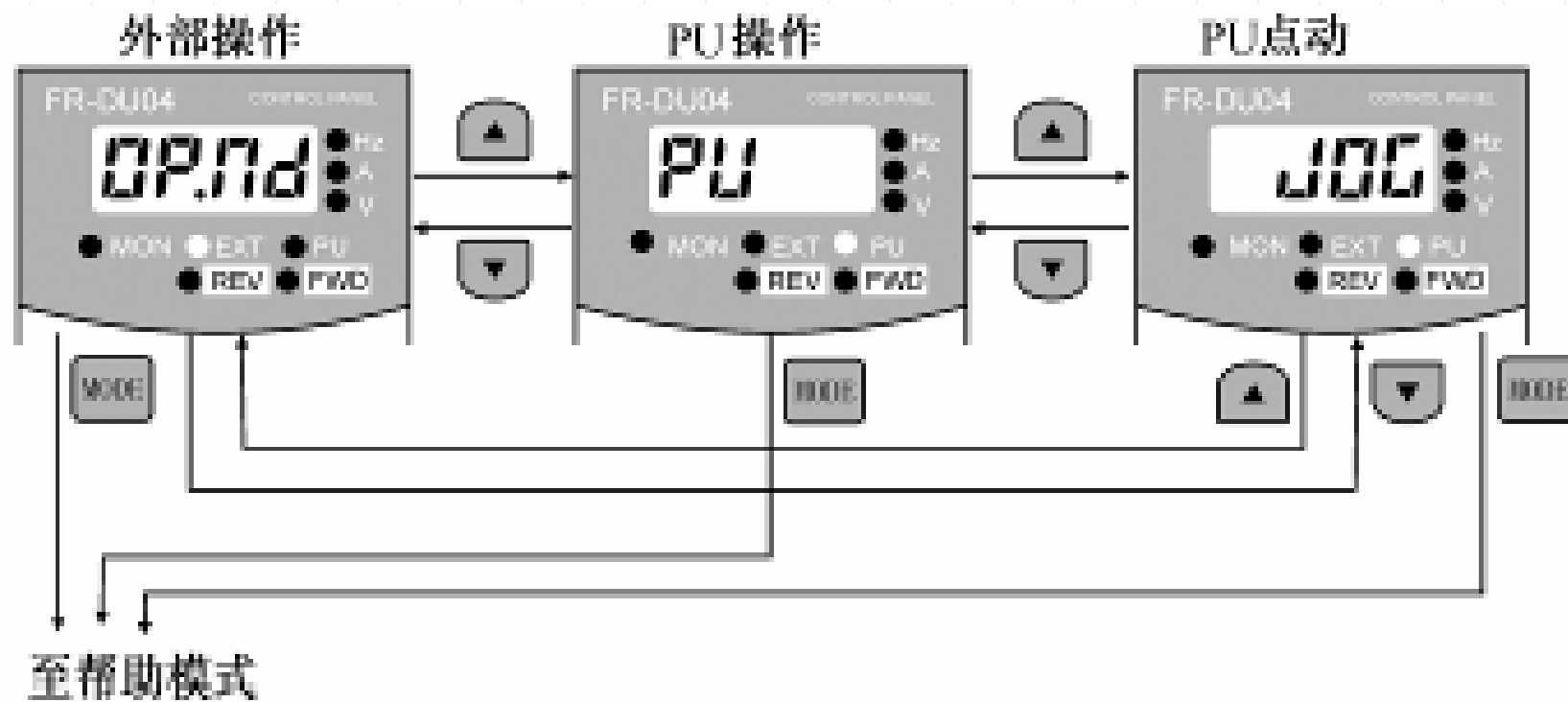




图9-9 改变操作模式的操作

(6) 帮助模式，在帮助模式下，按  或  键可以依次显示报警记录、清除报警记录、清除参数、全部清除、用户清除及读软件版本号，其操作如图9-10所示。

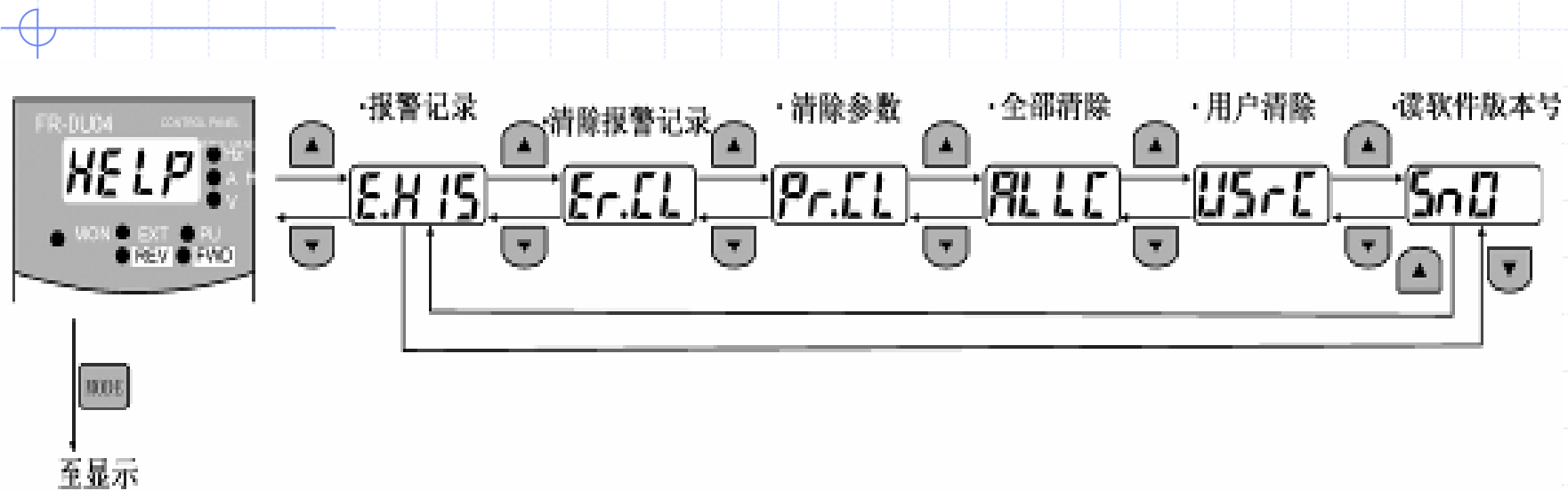


图9-10 帮助模式的操作

① 报警记录清除的操作如图9-11所示。

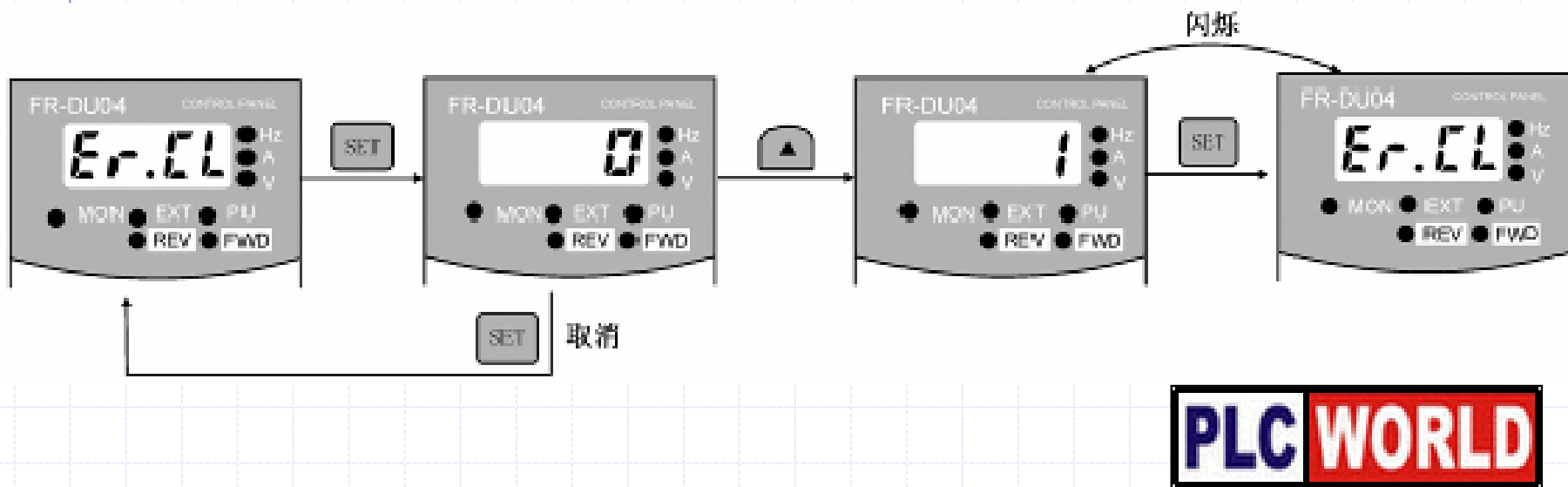


图9-11 报警记录清除的操作

② 全部清除的操作如图9-12所示。

其他的操作，如报警记录、参数清除、用户清除的操作与上述操作相似。

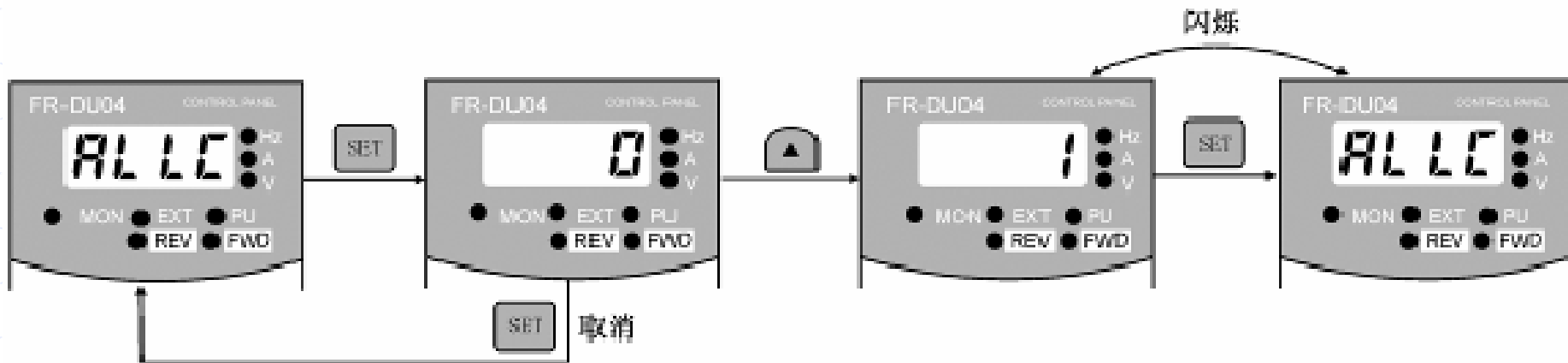


图9-12 全部清除的操作

五、实训内容

变频器的**PU**操作。即在频率设定模式下，设定变频器的运行频率；在监示模式下，监示各输出量的情况；在参数设定模式下，改变各相关参数的设定值，观察运行情况的变化。

● WWW.PLCWORLD.CN

- (1) 按图9-3连接好变频器。
- (2) 按MODE键，在“参数设定模式”下，设Pr.79=1，这时，“PU”灯亮。
- (3) 按MODE键，在“频率设定模式”下，设F=40Hz。
- (4) 按MODE键，选择“监示模式”。

(5) 按**FWD**或**REV**键，电动机正转或反转，监示各输出量，按**STOP**键，电动机停止。

(6) 按**MODE**键，在“参数设定模式”下，设定变频器的有关参数。

Pr.1=50Hz

Pr.2=0Hz

Pr.3=50Hz


Pr.7=3s

Pr.8=4s

Pr.9=1A

(7) 分别设变频器的运行频率为**35、45、50Hz**，运行变频器，观察电动机的运行情况。

(8) 单独改变上述一个参数，观察电动机的运行情况有何不同。

(9) 按MODE键，回到“运行模式”，再按“”键，切换到“点动模式”，此时显示“JOG”，运行变频器，观察电动机的点动运行情况。

● WWW.PLCWORLD.CN

(10) 按MODE键，在“参数设定模式”下，设定Pr.15=10Hz，Pr.16=3s，按FWD或REV键，观察电动机的运行情况。

●WWW.PLCWORLD.CN

(11) 按MODE键，在“参数设定模式”下，分别设定Pr.77=0、1、2，在变频器运行和停止状态下改变其参数，是否成功。

六、实训报告

9.2 PLC与变频器的综合实训

实训课题13 变频器多段调速的应用

实训30 三相异步电动机多速运行的综合控制

一、实训目的

- (1) 了解PLC和变频器综合控制的一般方法；
- (2) 了解变频器外部端子的作用；

(3) 熟悉变频器多段调速的参数设置和外部端子的接线；

(4) 能运用变频器的外部端子和参数实现变频器的多段速度控制。

● WWW.PLCWORLD.CN



二、实训器材

- (1) 变频器1台（三菱FR-A540）；
- (2) 电位器1个（2W/1kW）；
- (3) 可编程控制器1台（FX2N-48MR）；

● WWW.PLCWORLD.CN



- (4) 手持式编程器 (FX-20P) 或计算机 (已安装GPP软件) 1台;
- (5) 电动机1台 (Y-112-0.55) ;
- (6) 电工常用工具1套;

- (7) 按钮开关2个;
- (8) 导线若干;
- (9) 实训控制台1台。



三、实训要求

用**PLC**、变频器设计一个电动机的三速运行的控制系统。其控制要求如下：

按下起动按钮，电动机以**30Hz**速度运行，**5s**后转为**45Hz**速度运行，再过**5s**转为**20Hz**速度运行，按停止按钮，电动机即停止。

四、软件设计

1. 设计思路

2. 变频器的设定参数

- (1) 上限频率Pr1=50Hz;
- (2) 下限频率Pr2=0Hz;
- (3) 基底频率Pr3=50Hz;

- (4) 加速时间Pr7=2s;
- (5) 减速时间Pr8=2s;
- (6) 电子过电流保护Pr9=电动机的额定电流;
- (7) 操作模式选择（组合）Pr79=3;

(8) 多段速度设定 (1速)

Pr4=20Hz;

(9) 多段速度设定 (2速)

Pr5=45Hz;

(10) 多段速度设定 (3速)

Pr6=30Hz。

3. PLC的I/O分配

根据系统的控制要求、设计思路和变频器的设定参数，PLC的I/O分配如下：

X0：停止（复位）按钮， **X1**：起动按钮；

Y0：运行信号（STF），

Y1：1速（RL）， **Y2**：2速（RM），

Y3：3速（RH）， **Y4**：复位（RES）。

4. 控制程序

五、系统接线

根据控制要求及I/O分配，其系统接线图如9-18所示。

● WWW.PLCWORLD.CN

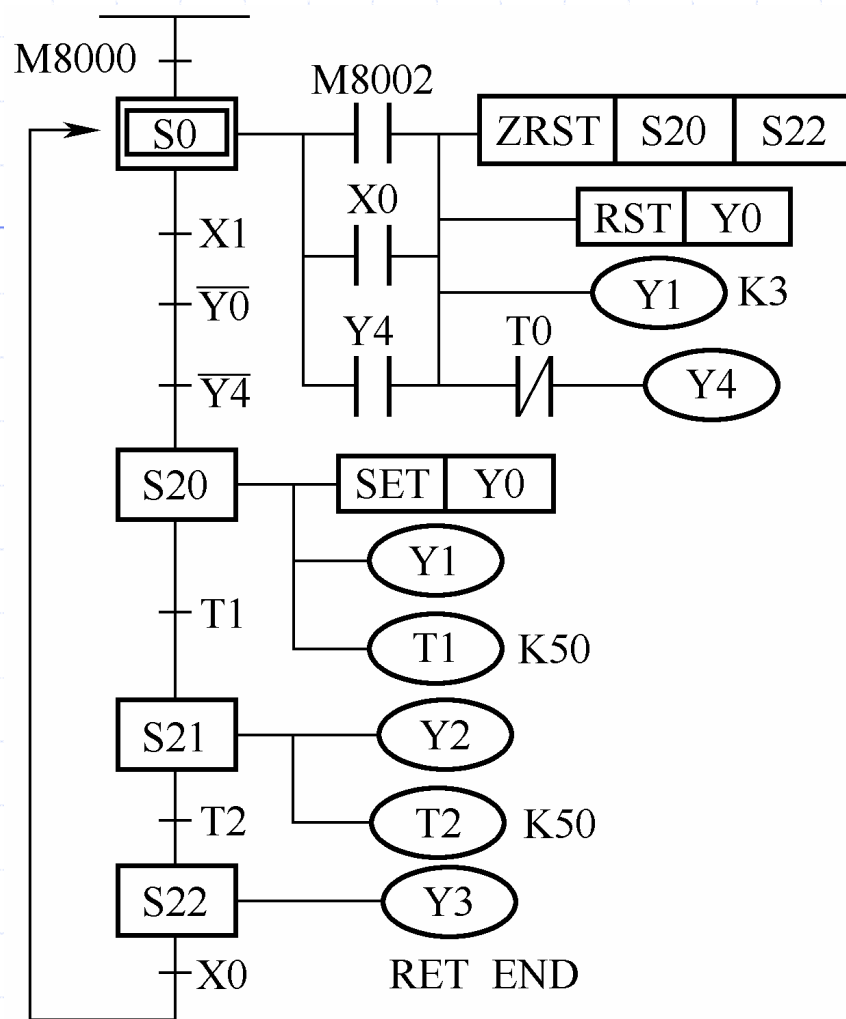


图9-17 电动机多速运行的控制程序状态转移图

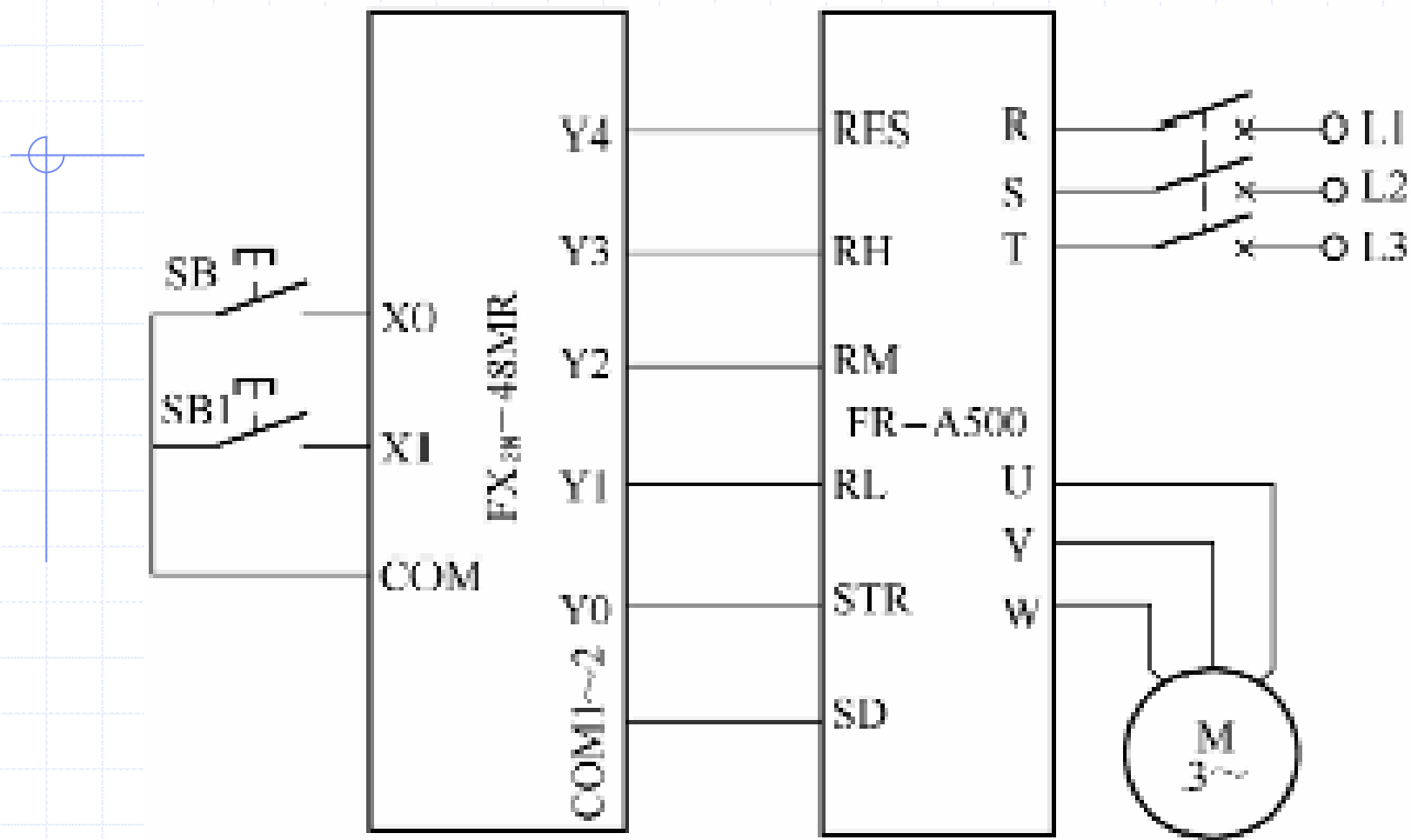


图9-18 电动机多速运行的系统接线图

● WWW.PLCWORLD.CN

六、系统调试

- (1) 设定参数，
- (2) 输入程序，
- (3) **PLC**模拟调试，
- (4) 空载调试，
- (5) 系统调试，。

七、实训报告



实训课题14 变频器程序运行的应用

实训32 工业洗衣机的综合控制

一、实训目的

- (1) 进一步掌握PLC与变频器综合控制的思路；
- (2) 能运用步进指令编制较复杂的控制程序；

(3) 掌握变频器程序运行参数的设置和外部端子的接线；

(4) 能运用变频器的外部端子和参数实现变频器的程序运行。

二、实训器材

- (1) 变频器1台（三菱FR-A540）；
- (2) 电位器1个（2W/1kW）；
- (3) 可编程控制器1台（FX2N-48MR）；
- (4) 手持式编程器或计算机1台；

- (5) 电动机1台（Y-112-0.55）；
- (6) 电工常用工具1套；
- (7) 导线若干；
- (8) 实训控制台1台。

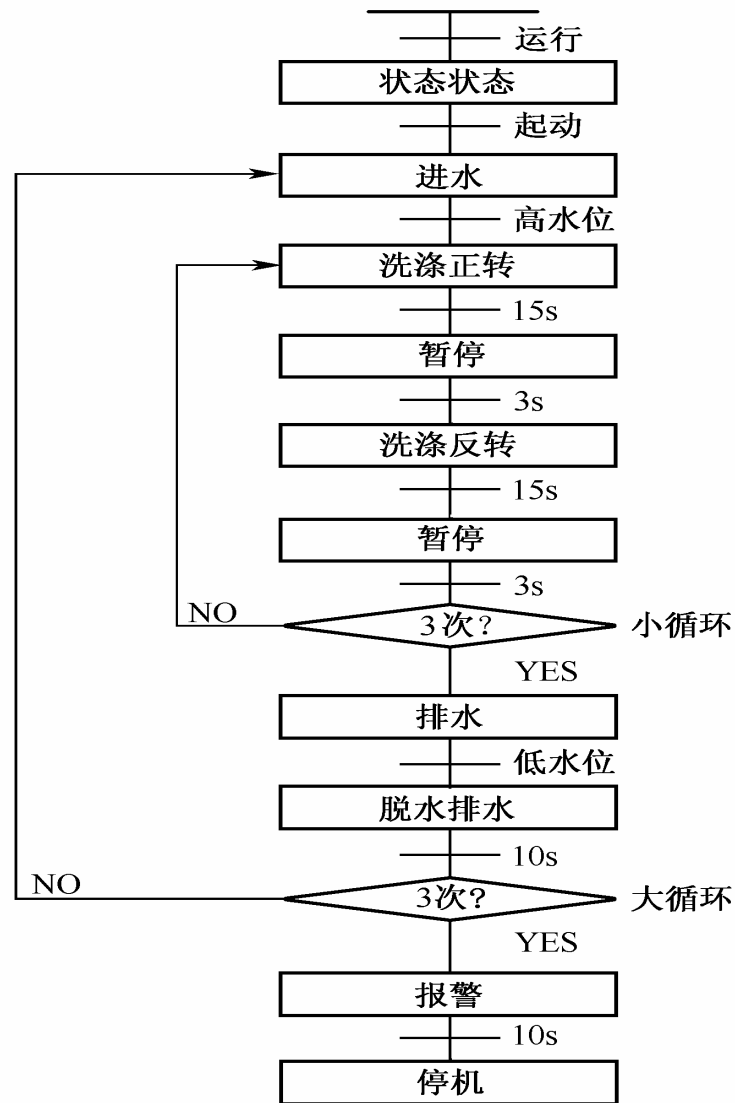


图9-24 工业洗衣机的控制流程

●WWW.PLCWORLD.CN

三、实训要求

用**PLC**、变频器设计一个工业洗衣机的控制系统。其控制要求如下。

工业洗衣机的控制流程如图**9-24**所示。系统在初始状态时，按起动按钮则开始进水。到达高水位时，停止进水，并开始洗涤正转。洗涤正转**15s**暂停**3s**，洗涤反转**15s**暂停**3s**（为一个小循环）。

若小循环未**满3次**，则返回洗涤正转开始下一个小循环；若小循环**满3次**，则结束小循环开始排水。水位下降到低水位时，开始脱水并继续排水，脱水**10s**即完成一个大循环。

若大循环未**满3次**，则返回进水进入下一次大循环；若完成**3次**大循环，则进行洗完报警，报警**10s**后结束全部过程，自动停机，其实训要求如下：

(1) 洗衣机的 洗涤正转15s → 暂停3s
→ 洗涤反转15s → 暂停3s，要求使用
FR-A540变频器的程序运行功能实现。

(2) 用变频器驱动电动机，洗涤和脱水时的变频器输出频率为**50Hz**，其加减速时间根据实际情况设定。

(3) 实训时PLC控制的执行机构（如电磁阀）用指示灯代替。

四、软件设计

1. 设计思路
2. 程序运行功能



表9-7

Pr200的功能

设定值	功能	Pr231的设定范围
0	选择min/s时间单位，电压监视	最大99min59s
1	选择h/min时间单位，电压监视	最大99h59min
2	选择min/s时间单位，基准时间监视	最大99min59s
3	选择h/min时间单位，基准时间监视	最大99h59min



● WWW.PLCWORLD.CN

Pr201~Pr230为程序运行参数，每十个参数为一组，即**Pr201~Pr210**为第一组，**Pr211~Pr220**为第二组，**Pr221~Pr230**为第三组。每个参数必须设定旋转方向（0表示停止，1表示正转，2表示反转）、运行频率（0~400，9999）、开始时间（00~99：00~59）。**Pr231**用来设定开始程序运行的基准时钟，其设定范围如表9-7所示。

变频器程序运行时，除设定上述参数外，还必须通过变频器的控制端子来控制。如**RH**用于选择第一组程序运行参数，**RM**用于选择第二组程序运行参数，**RL**用于选择第三组程序运行参数；**STR**用于复位基准时钟，即基准时钟置**0**；**STF**用于选择程序运行开始信号。

若设定**Pr76=3**，则**SU**为所选择的程序运行组运行完成时输出信号；**IPF**为第三组运行时输出信号；**OL**为第二组运行时输出信号；**FU**为第一组运行时输出信号。

3. 变频器的设定参数

根据控制要求，变频器的具体设定参数如下：

- (1) 上限频率Pr1=50Hz;
- (2) 下限频率Pr2=0Hz;
- (3) 基底频率Pr3=50Hz;

- (4) 加速时间**Pr7=3s**;
- (5) 减速时间**Pr8=3s**;
- (6) 电子过电流保护**Pr9=**电动机的额定电流;
- (7) 操作模式选择（程序运行）**Pr79=5**;

(8) Pr200=2（选择min/s为时间单位，基准时间监视）；

(9) Pr201=1（正转），**50**（运行频率），**0: 00**（**0min0s**开始正转运行）；

(10) Pr202=0（停止），**00**（运行频率），**0: 12**（**0min12s**开始停）；

(11) Pr203=2（反转），**50**（运行频率），**0: 18**（**0min18s**开始反转运行）；

● WWW.PLCWORLD.CN

(12) Pr204=0 (停止), 00 (运行频率), 0: 30 (0min30s开始停);

(13) Pr211=1 (正转), 50 (运行频率), 0: 00 (0min0s开始正转运行);

(14) Pr212=0 (停止), 00 (运行频率), 0: 7 (0min7s开始停)。

4. PLC的I/O分配

根据系统的控制要求、设计思路和变频器的设定参数，PLC的I/O分配如下。

X0: 起动按钮， **X1**: 停止， **X2**:
高水位， **X3**: 低水位；

Y0: 进水电磁阀, **Y1:** 排水电磁阀,
Y2: 脱水电磁阀, **Y3:** 报警指示,
Y4: **STF** (变频器运行), **Y5:** **RH** (选
择第一组程序), **Y6:** **RM** (选择第二组
程序)。

● **WWW.PLCWORLD.CN**

5. 控制程序

五、系统接线

根据控制要求及I/O分配，其系统接线图如9-26所示。

六、系统调试

七、实训报告

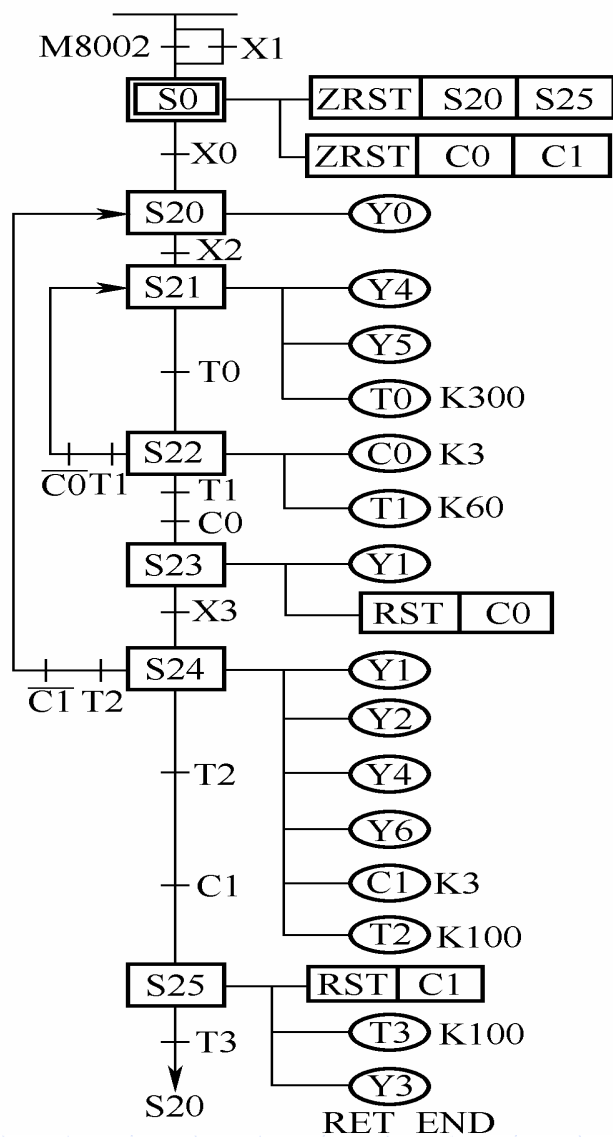


图9-25 工业洗衣机的控制程序状态转移图

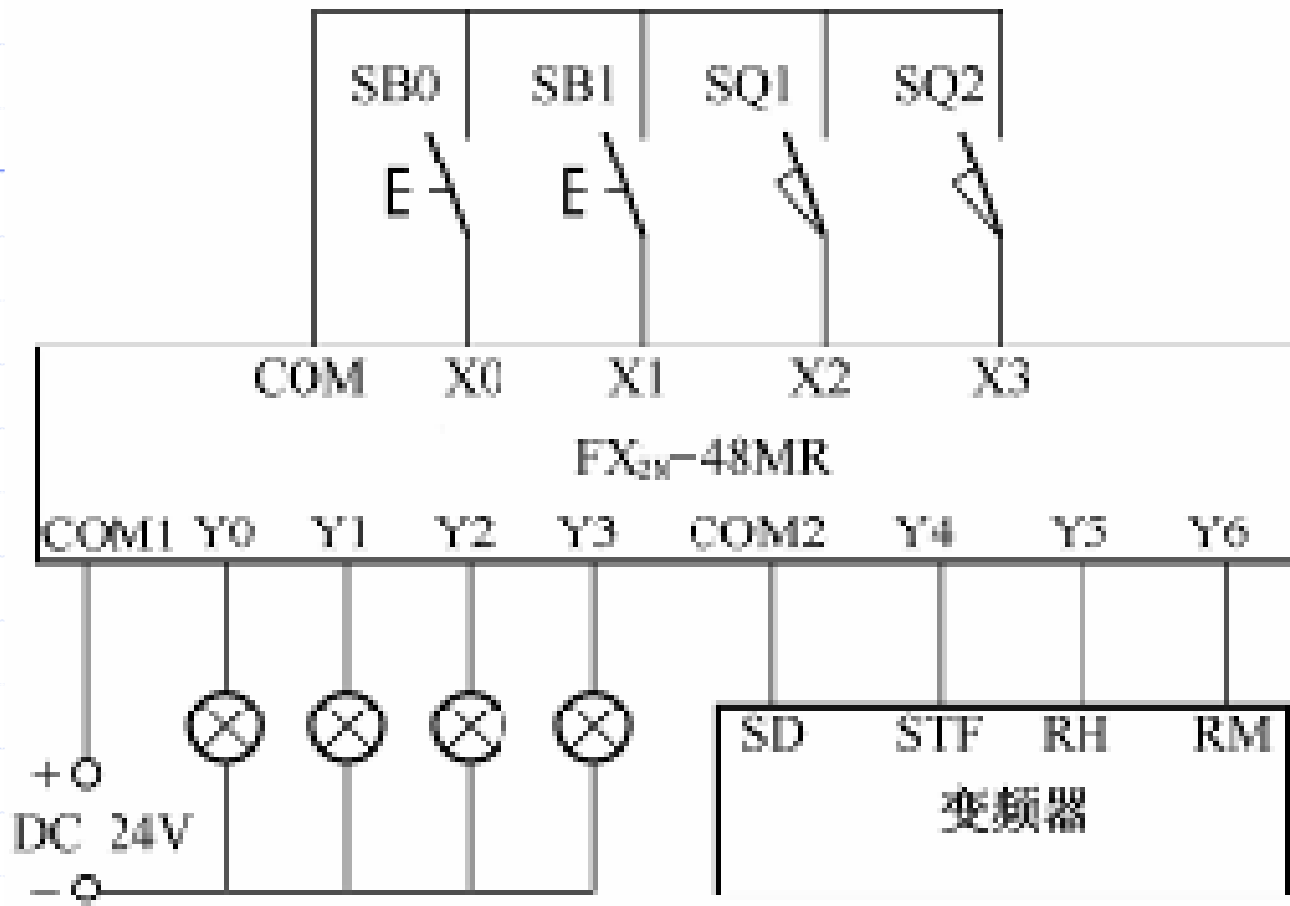


图9-26 恒压供水系统的控制电路接线图

实训课题15 PLC与变频器在电梯上的综合应用

实训34 PLC与变频器在三层电梯中的综合控制

一、实训目的

(1) 了解电梯的基本结构及控制要求；



(2) 熟悉**PLC**、变频器综合控制的有关参数的确定和设置；

(3) 能应用基本逻辑指令编制复杂的控制程序；

(4) 能设计**PLC**、变频器和外部设备的电气原理图。

●WWW.PLCWORLD.CN

二、实训器材

可用一台成套的“三层微型教学电梯”，也可用下列设备及材料（括号内所列设备及材料仅供参考），具体操作时，可根据实际情况进行选择。



- (1) 可编程控制器1台（FX2N-48MR）；
- (2) 变频器1台（FR-A540-1.5k）；
- (3) 三层电梯1台（三层电梯显示模块）；
- (4) 三相笼型异步电动机1台（Y-112-0.55）；

- (5) 七段数码管（共阴极）；
- (6) 可调电阻1个（1kW 1/2w）；
- (7) 实训控制台1个；

● WWW.PLCWORLD.CN

- (8) 电工常用工具1套;
- (9) 连接导线若干。

三、实训要求

用**PLC**、变频器设计一个三层电梯的控制系统。其控制要求如下：

- (1) 电梯停在一层或二层时，按**3AX**（三楼下呼）则电梯上行至**3LS**停止；
- (2) 电梯停在三层或二层时，按**1AS**（一楼上呼）则电梯下行至**1LS**停止；

(3) 电梯停在一层时，按**2AS**（二楼上呼）或**2AX**（二楼下呼）则电梯上行至**2LS**停止；

(4) 电梯停在三层时，按**2AS**或**2AX**则电梯下行至**2LS**停止；

(5) 电梯停在一层时，按**2AS**、**3AX**则电梯上行至**2LS**停止 t 秒，然后继续自动上行至**3LS**停止；

(6) 电梯停在一层时，先按**2AX**，后按**3AX**（若先按**3AX**，后按**2AX**，则**2AX**为反向呼梯无效），则电梯上行至**3LS**停止 t 秒，然后自动下行至**2LS**停止；

(7) 电梯停在三层时，按**2AX**、**1AS**则电梯运行至**2LS**停 t 秒，然后继续自动下行至**1LS**停止；

(8) 电梯停在三层时，先按2AS，后按1AS（若先按1AS，后按2AS，则2AS为反向呼梯无效），则电梯下行至1LS停 t 秒，然后自动上行至2LS停止；

(9) 电梯上行途中，下降呼梯无效；
电梯下行途中，上行呼梯无效；

(10) 轿厢位置要求用七段数码管显示，上行、下行用上下箭头指示灯显示，楼层呼梯用指示灯显示，电梯的上行、下行通过变频器控制电动机的正反转。

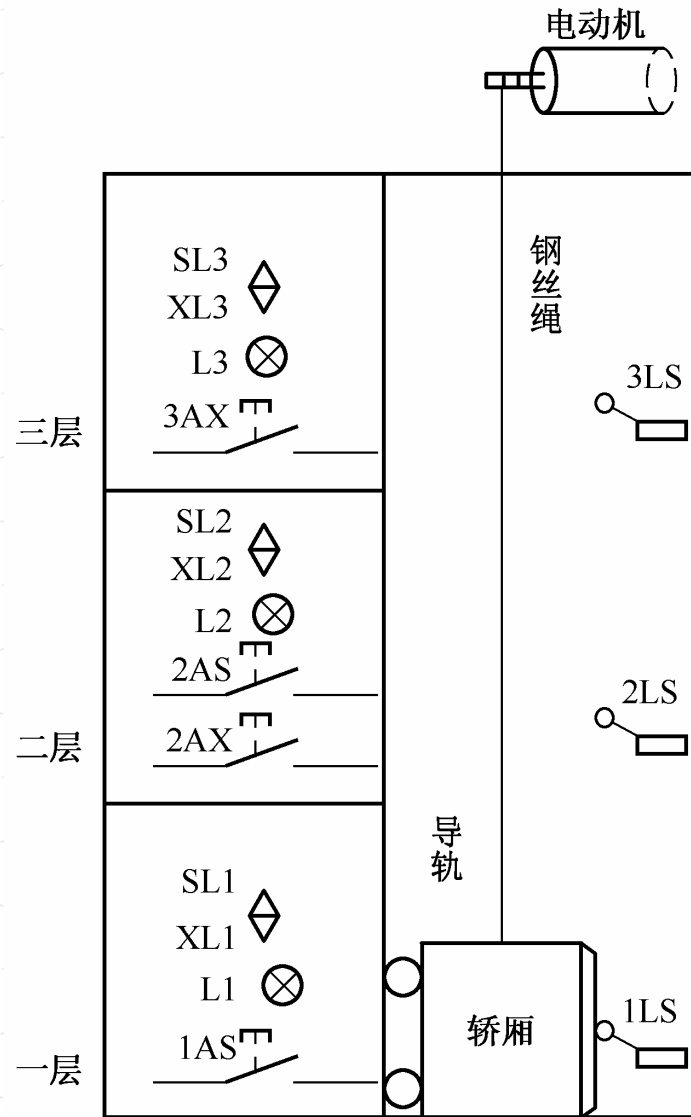


图9-29 三层电梯的示意图

● **WWW.PLCWORLD.CN**

四、软件设计

1. 工作原理
2. I/O分配

其I/O设备及分配如表9-8所示。



表9-8

I/O设备及分配表

输入设备	输入点	输出设备	输出点
按钮1AS	X1	一楼呼梯指示灯 (L1)	Y1
按钮2AS	X2	二楼呼梯指示灯 (L2)	Y2
按钮2AX	X10	三楼呼梯指示灯 (L3)	Y3
按钮3AX	X3	上行指示灯SL1~SL3	Y4
一楼限位开关1LS	X5	下行指示灯XL1~XL3	Y5
二楼限位开关2LS	X6	上升STF	Y11
三楼限位开关3LS	X7	下降STR	Y12
		七段数码管	Y20~Y26

3. 控制方案

(1) 各楼层单独呼梯控制。其梯形图如图9-30所示。

(2) 同时呼梯控制。其梯形图如图9-31所示。

(3) 上升、下降运行控制。其梯形图如图9-32所示。

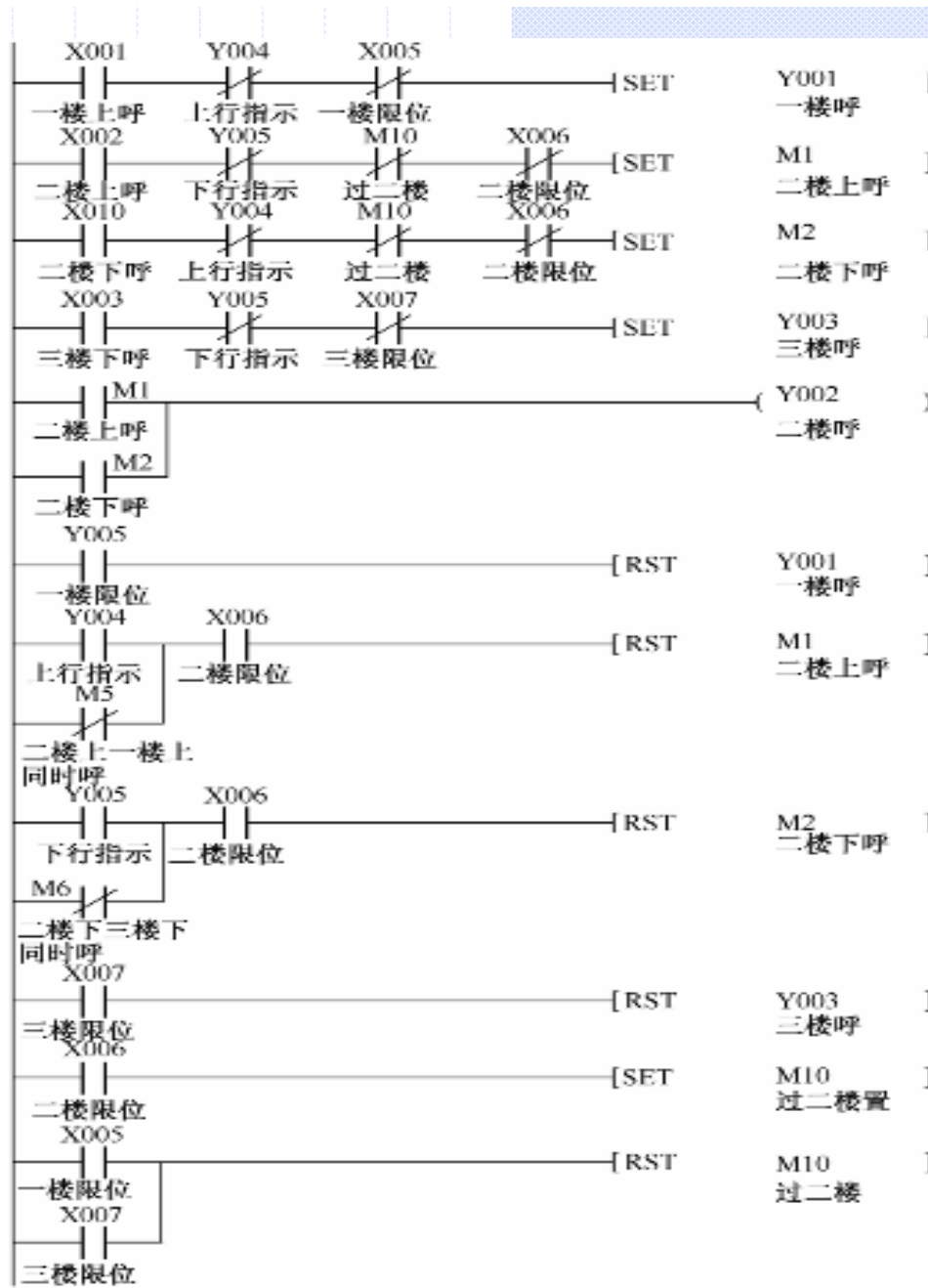


图9-30

图

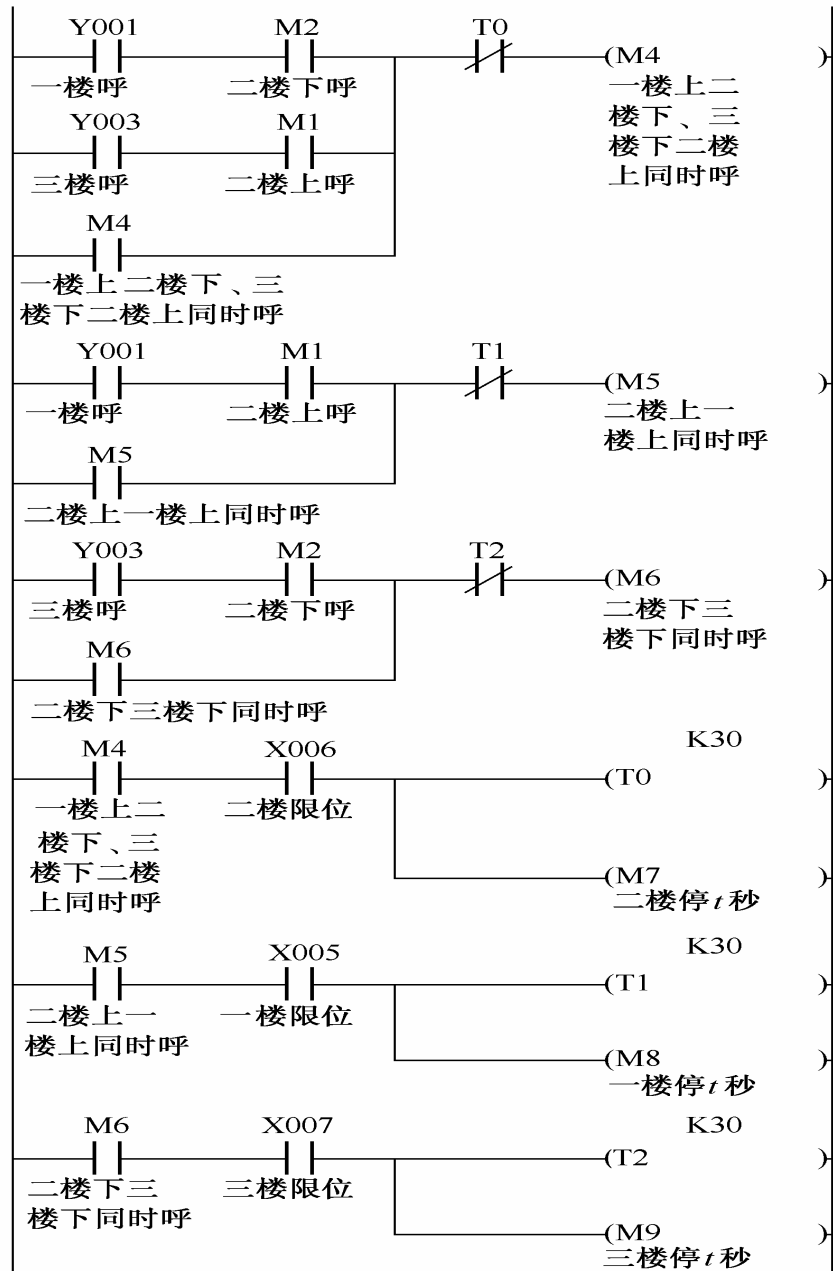


图9-31

图

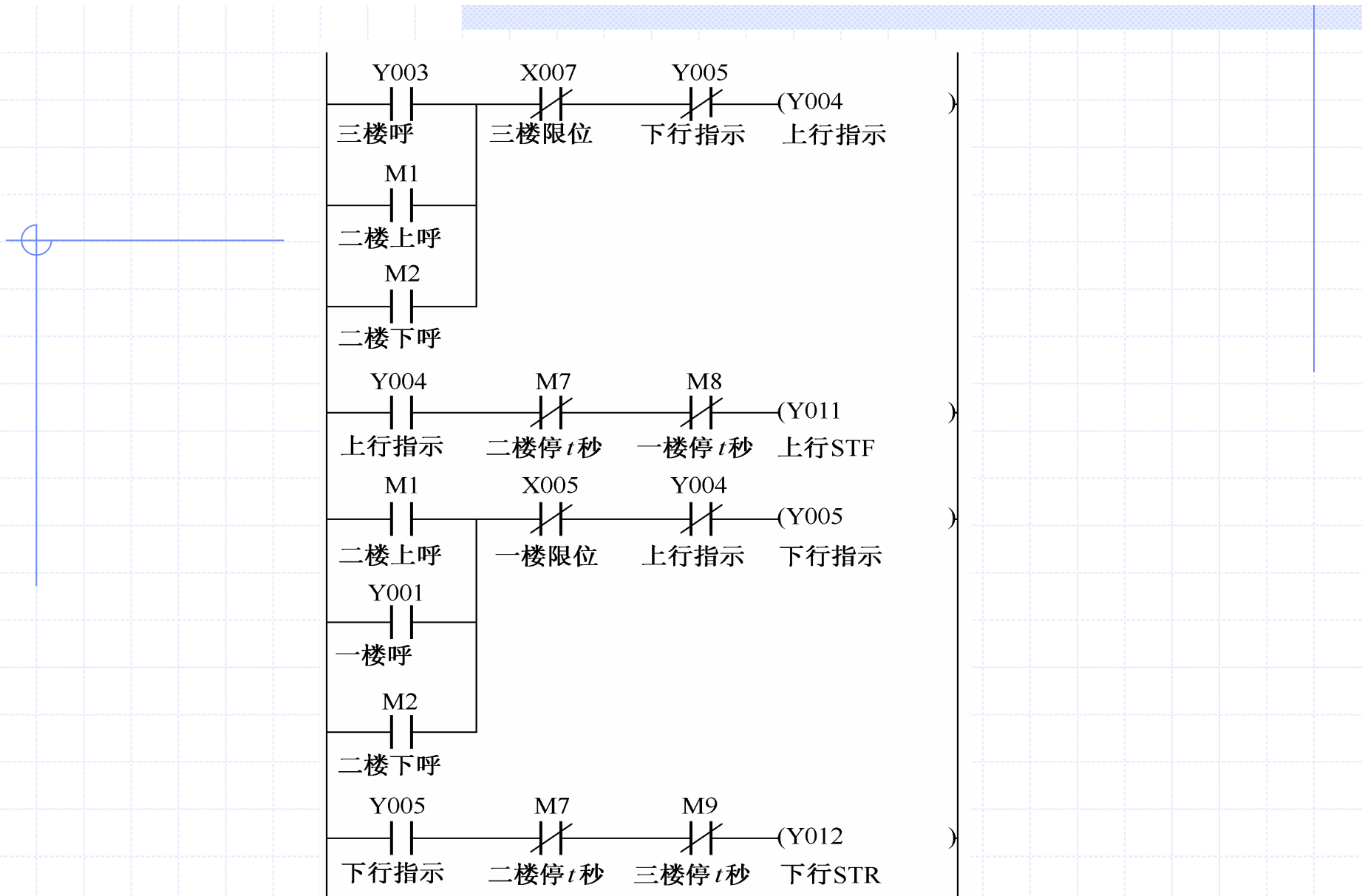


图9-32 上升、下行运行梯形图

(4) 轿厢位置显示。轿厢位置用编码和译码指令通过七段数码管来显示，其梯形图如图9-33所示。

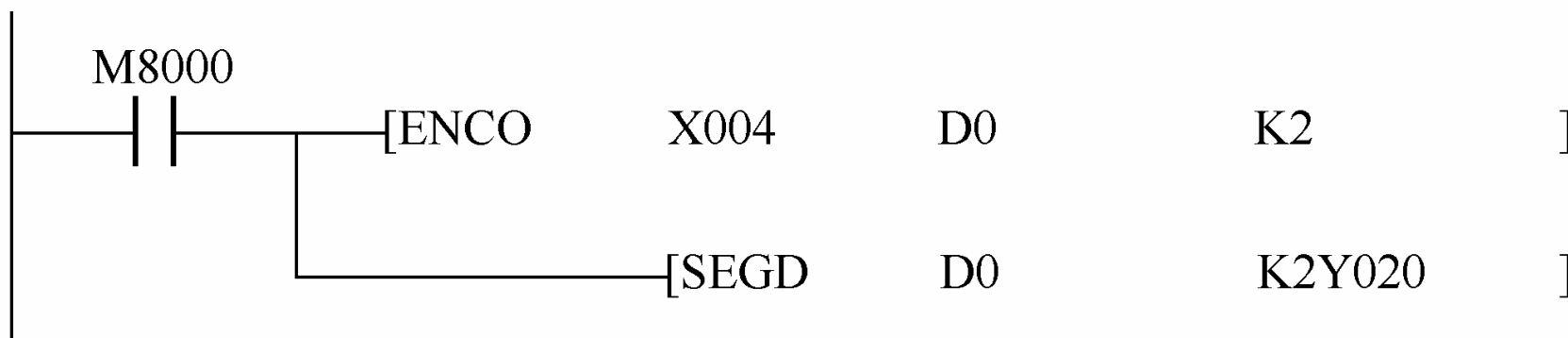


图9-33 轿厢位置显示梯形图

(5) 电梯控制梯形图。根据以上控制方案的分析，三层电梯的梯形图如图9-34所示。

● WWW.PLCWORLD.CN

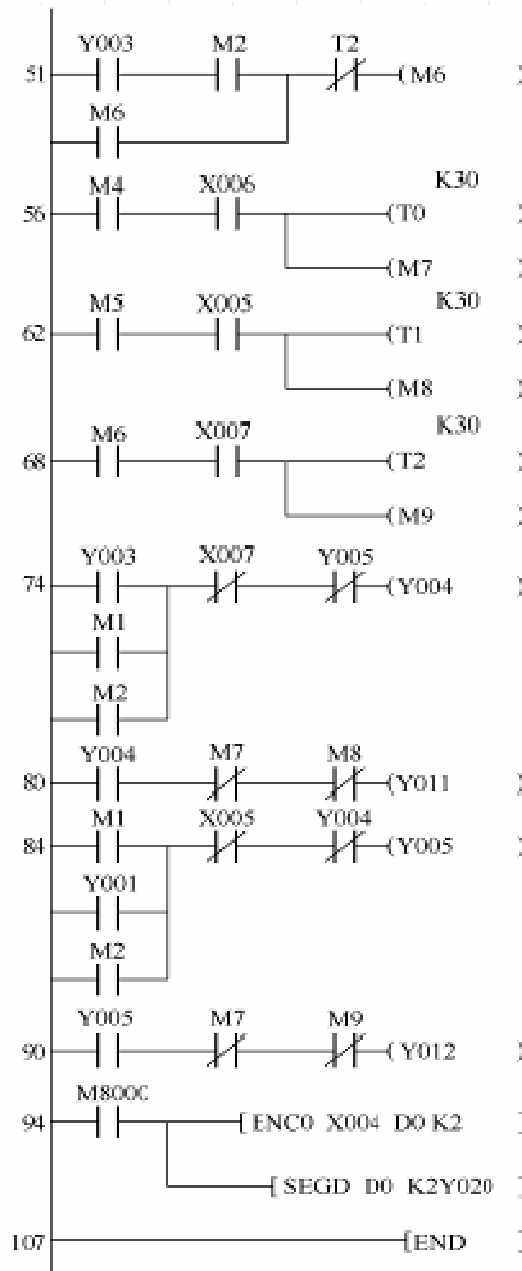
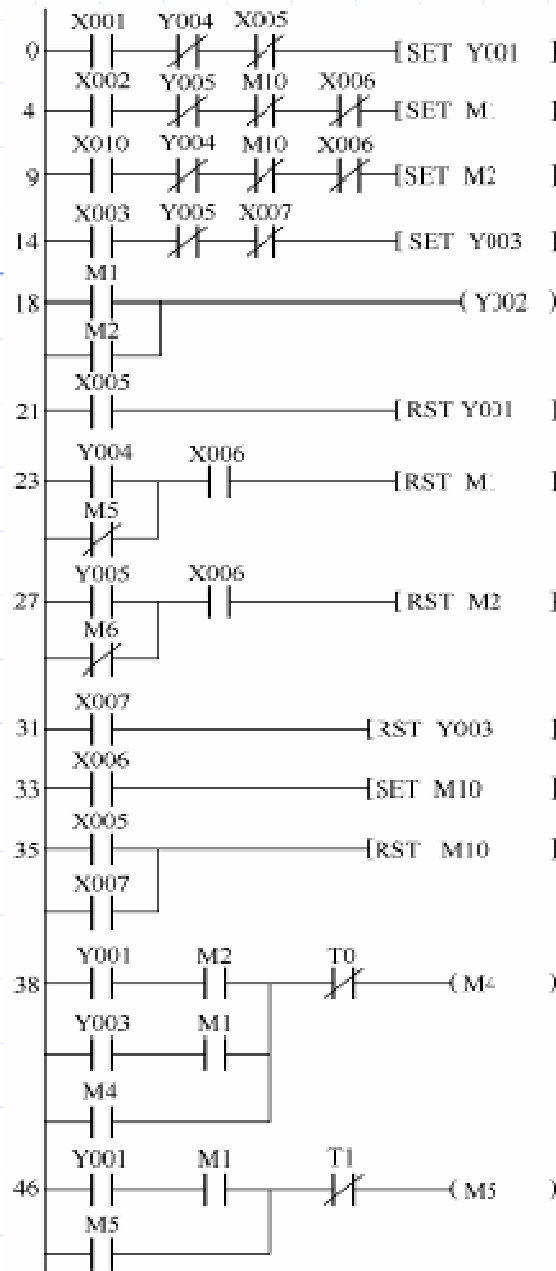


图9-34

图

4. PLC、变频器参数的确定和设置

为使电梯准确平层，增加电梯的舒适感，发挥PLC、变频器的优势，必须设定如下参数（括号内为参考设定值）：

● WWW.PLCWORLD.CN

- (1) 上限频率Pr1 (50Hz) ;
- (2) 下限频率Pr2 (5Hz) ;
- (3) 加速时间Pr7 (3s) ;

● WWW.PLCWORLD.CN

- (4) 减速时间Pr8 (4s) ;
- (5) 电子过电流保护Pr9 (等于电动机额定电流) ;
- (6) 起动频率Pr13 (0Hz) ;
- (7) 适应负荷选择Pr14 (2) ;

- (8) 点动频率Pr15 (5Hz) ;
- (9) 点动加减速时间Pr16 (1s) ;
- (10) 加减速基准频率Pr20 (50Hz) ;
- (11) 操作模式选择Pr79 (2) ;

●WWW.PLCWORLD.CN

(12) PLC定时器T0的定时时间（T0
定时时间= t +变频器的制动时间=6s）。

以上参数必须设定，其余参数可默认为出厂设定值，当然，实际运行中的电梯，还必须根据实际情况设定其他参数。

五、系统接线

六、系统调试

七、实训报告

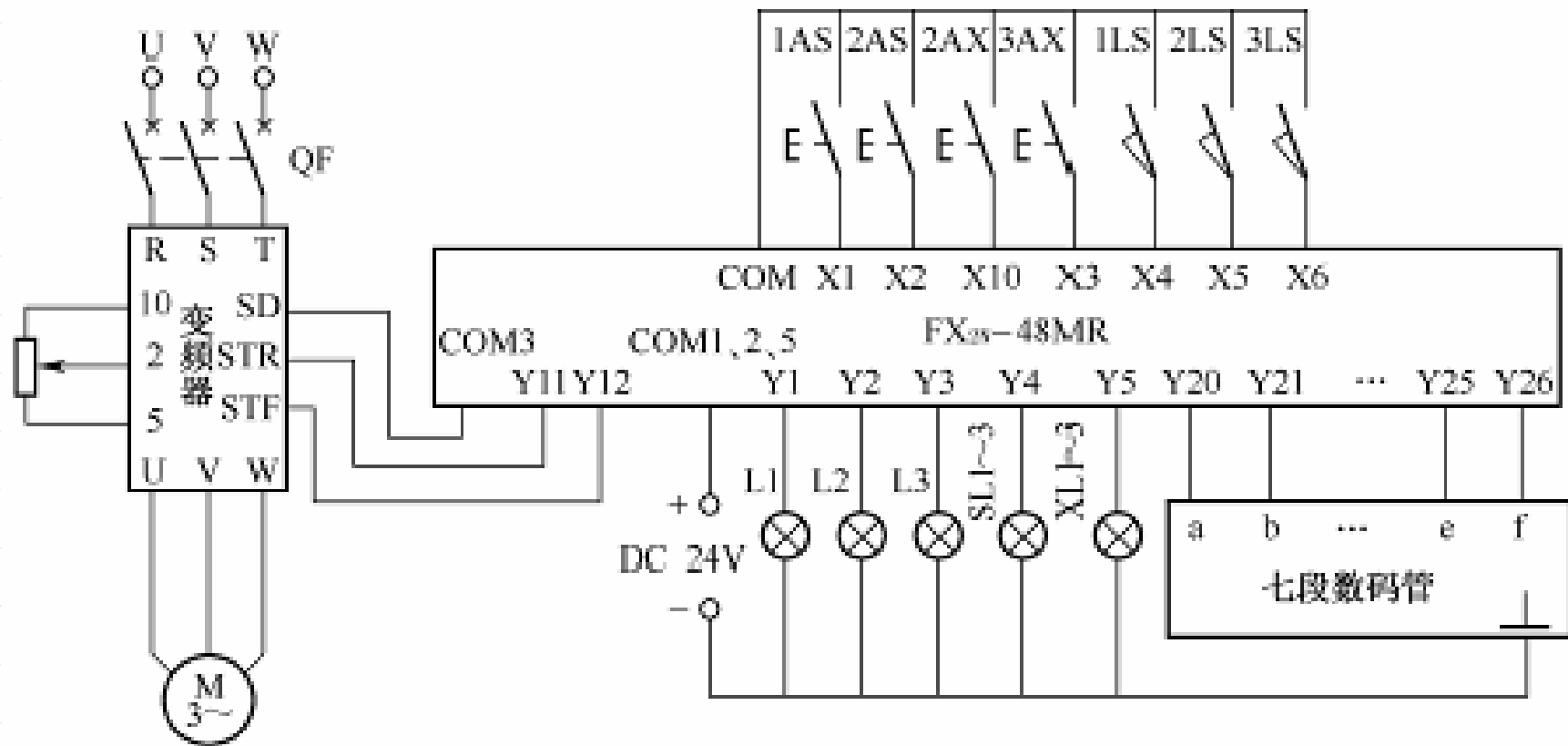


图9-35 三层电梯系统接线图

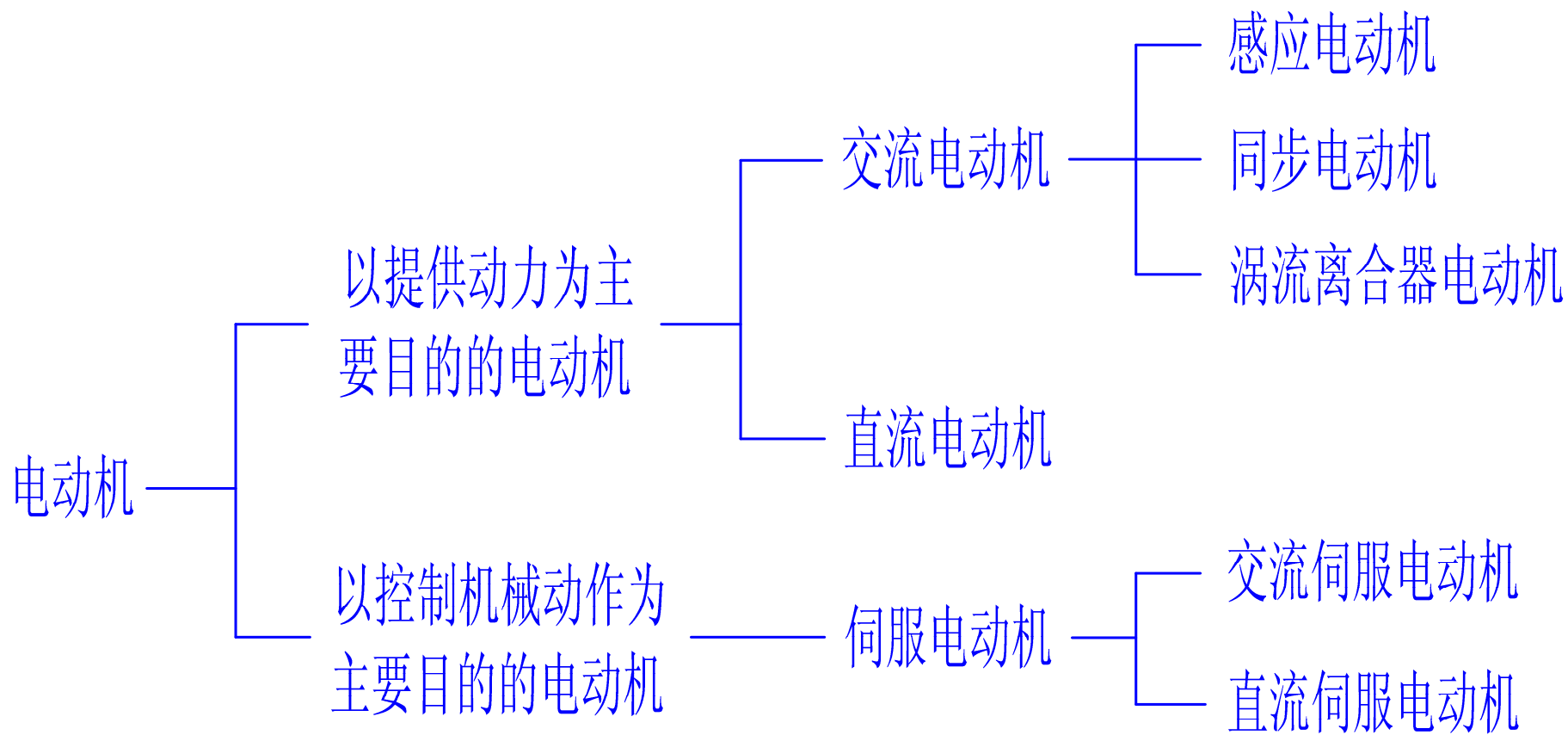



变频器故障分析与处理

● WWW.PLCWORLD.CN

一、预备知识

- 电动机的种类





某公司II套常减压装置配有75KW减底泵电动机2台，工作方式为一用一备。由于生产装置产量提高，1台减底泵已不能满足生产要求，据工艺车间测算也就是差3~5m³/h（该泵设计流量为50m³/h，输入功率计算值为67KW，扬程200m，转速2950r/min；配电动机型号：YB280S-2,75KW,转速2970r/min），也就是说开1台泵刚好不够。为了不影响生产，只能暂时开2台减底泵运行。

调速：

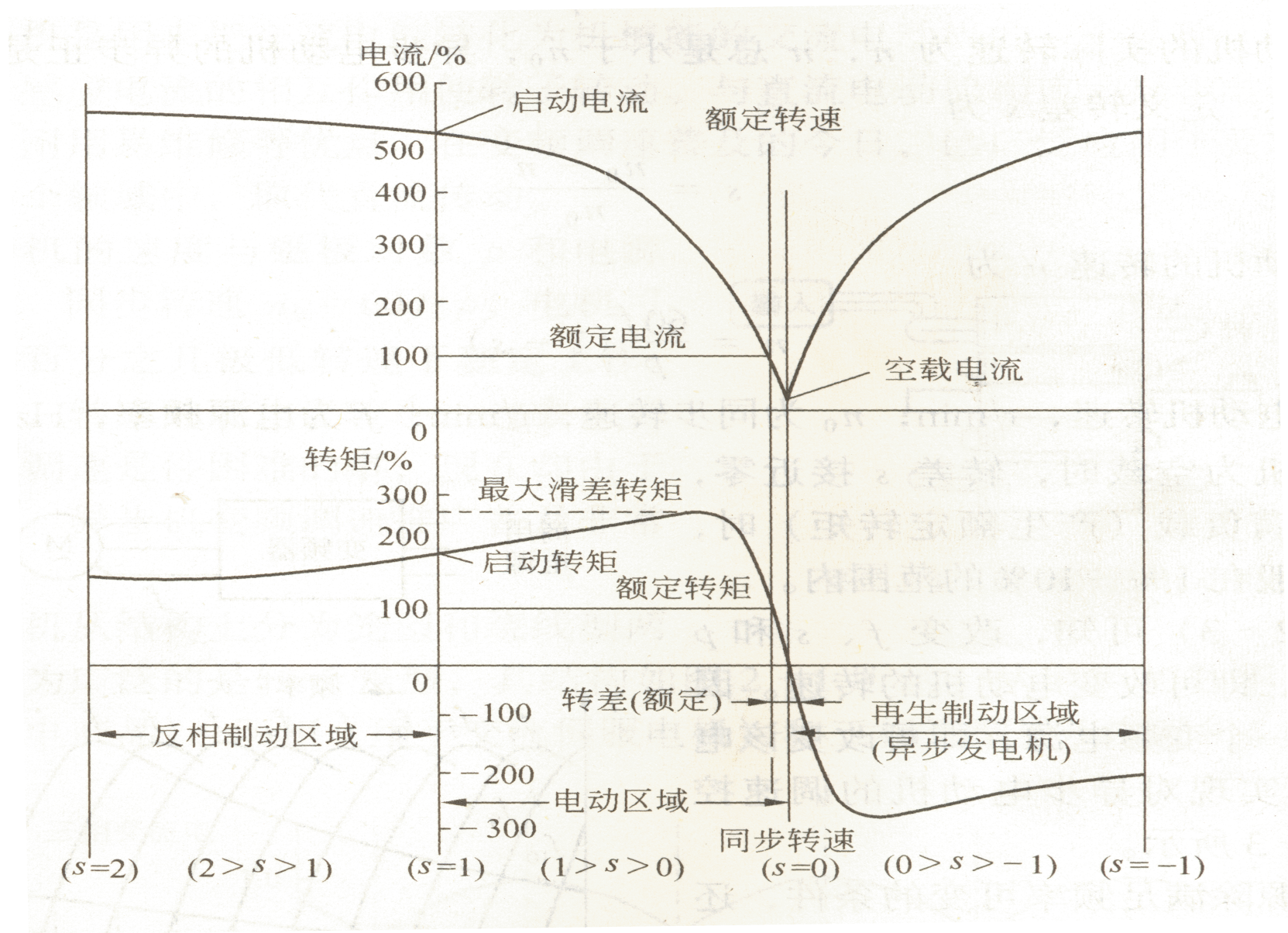
根据工况需要调整设备运行速度，以达到节能、减少磨损、按需生产等目的

异步电动机的实际转速：

由公式可以看出异步电动机的实际转速小于同步转速。

而由公式可以看出，改变f、s和p中任意一个即可改变电动机的转速。

$$n = \frac{60f}{p} (1 - s)$$



异步电动机的机械特性

电机启动方式

鼠笼电动机启动方式

直接启动

星三角启动

定子串电阻启动

自耦变压器启动

延边三角启动

变频启动

软启动

绕线电机启动方式

逐级切电阻启动

频敏变阻器启动

变频器原理及内部电路

什么是变频器？

变频器是利用电力半导体器件的通断作用将工频电源变

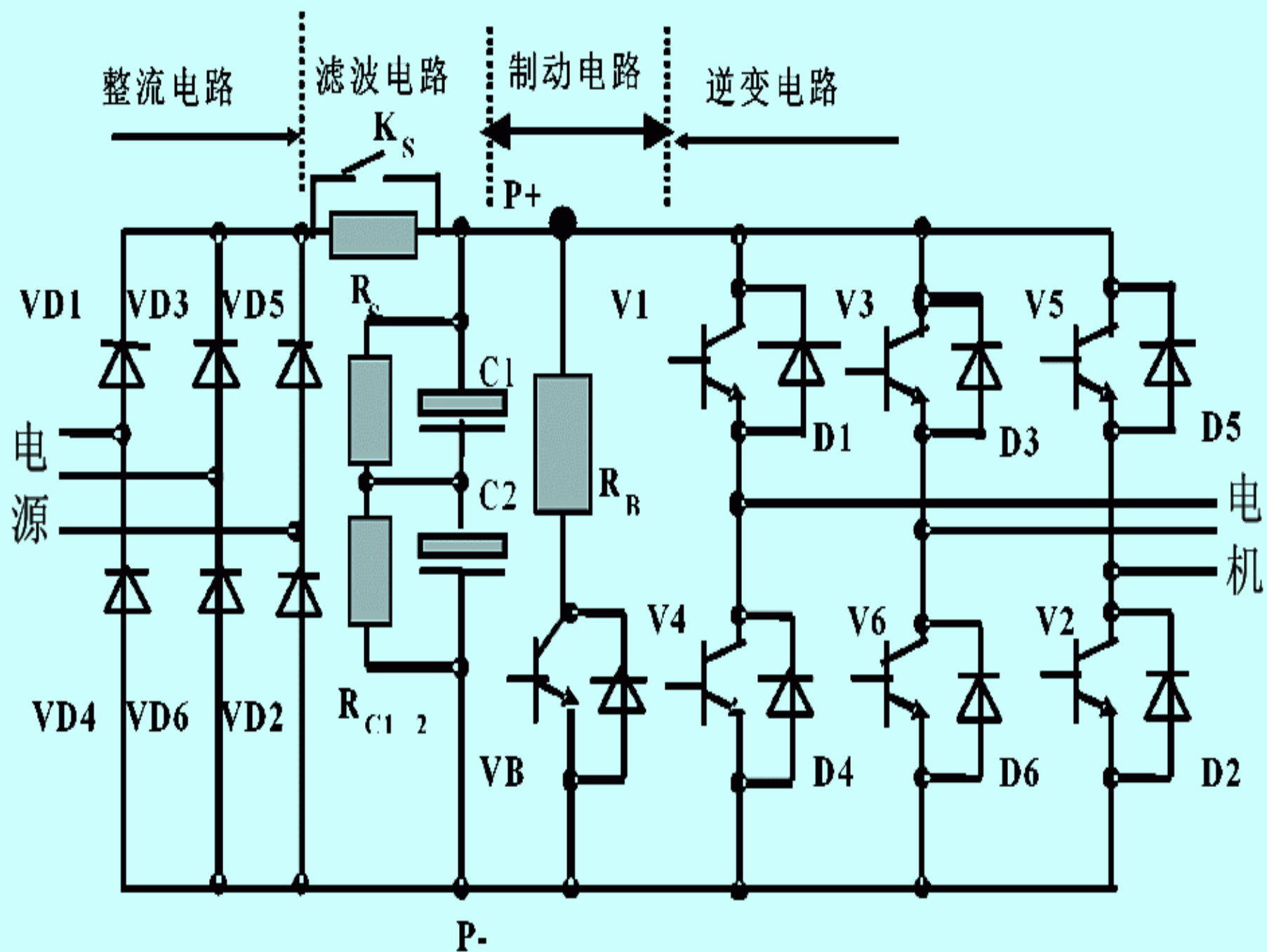
换为另一频率的电能控制装置。

变频器的工作可以分为两个基本过程

- 1、先将三相（或单相）交流电经整流桥整流成直流（交一直变换）

- 2、再把直流电“逆变成频率可任意调节的三相（或单相）交流电（直—交变换）

$$E_1 = 4.44 f_1 N_1 \theta_m$$



一般通用型变频器大致包括以下几个部分

- (1)整流电路：由VD1~VD6组成
- (2)滤波电路：由C1、C2组成
- (3)制动电路：由R_R、VB组成
- (4)逆变电路：由V1~V6、D1~D6组成
- (5)控制电路：单片机继电器晶闸管等组成

● WWW.PLCWORLD.CN

整流与滤波

- 整流电路的功能是把交流电源转换成直流电源。三相线电压为380V时，整流后峰值为电压537V，平均电压为515V，最高不能超过760V，整流器件一般采用整流二极管或模块；
- 整流桥与滤波电容之间，有 R_s 为充电（限流）电阻，当变频器刚拉入电源的瞬间，将有一个很大的冲击电流经整流桥流向滤波电容，使整流桥可能因此而受到损坏。如果电容量很大，不会使电源电压瞬间下降而形成对电网的干扰； K_s 为短路开关或晶闸管组成的并联电路，充电电阻如长期接在电路内，会影响直流电压 U_D 和变频器输出电压的大小。所以，当 U_D 增大到一定程度时， K_s 接通把 R_s 切出电路。 K_s 有用晶闸管也有用继电器触点构成；
- C_1 和 C_2 应是并联、串联的电容器组，由于 C_1 和 C_2 的电容量不能完全相等（承受电压较高一侧电容器组容易损坏），因此并联一个阻值相等的均压电阻 R_1 和 R_2 ，使得 U_{D1} 、 U_{D2} 电压相等；

制动电路

在变频调速系统中，电动机的降速和停机，是通过逐渐减小频率来实现的。在频率刚减小的瞬间，电动机的同步转速随之下降，而由于枢机惯性的原因，电动机的转速未变，当同步转速低于转子转速时，转子绕组切割磁力线的方向相反了，转子电流的相位几乎改变180度，使电动机进入发电状态，也称为再生制动状态。

- 电动机再生的电能经续流二极管（D1~D6）全波整流后反馈到直流电路中，由于直流电路的电能无法回输给电网，只能由C1和C2吸收，使直流电压升高。过高的直流电压将使变流器件受到损害。因此，直流电压超过一定值时，就要提供一条放电回路。
- 能耗电路由制动电阻 R_B 、和制动单元VB构成，当直流回路电压 U_D 超过规定值时，VB导通，使直流电压通过 R_B 释放能量，降低直流电压。而当 U_D 在正常范围内时VB截止，以避免不必要的能量损失。

逆变电路

逆变电路同整流电路相反，逆变电路是将直流电压变换为所要频率的交流电压，根据确定的时间相应功率开关器件导通和关断。从而可以在输出端U、V、W三相上得到相位互相差 120° 的三相交流电压。

- 逆变电路由开关器件V1~V6构成，目前大部分使用IGBT管
- 续流电路由D1~D6组成作用是为电动机绕组的无功电流返回提供通道；为再生电能反馈提供通道；为寄生电感在逆变过程中释放能量提供通道。
- 缓冲电路：当逆变管在判断和导通的瞬间，其电压和电流的变化率是很大的，有可能使逆变管受到损伤。因此每个逆变管旁还应接入缓冲电路，以减缓电压和电流的变化率。

控制电路

现代变频器基本采用**16位、32位**单片机为控制核心，从而实现全数字化控制。

- 变频器是输出电压、频率可调的调速装置。提供控制信号的回路称为主控制电路，控制电路由以下电路构成：频率、电压的“运算电路”，主电路的“电压、电流检测电路”，电动机的“速度检测电路”。运算电路控制信号放大的“驱动电路”以及变频器和电动机的“保护电路”，
- 控制电源：控制电源为各部分提供**0~ + 5V、0~ + 10V、0~ + 24V**稳定电压。
- 采样电路：提供控制用的数据给主控电路进行控制运算；将采样值提供给各保护电路与有关的极限值和设定值进行比较，必要时采取跳闸等保护措施。
- 驱动电路：用于驱动各逆变管。
- 其他还有控制面板、外接给定与输入端子、外接输出控制端子。

如何维修变频器

维修的原则：先静后动

静是指不通电状态，动是指通电后的工作状态。检修开始时，要先静下来，不要盲目动手，应多问。例如：问清是否违反操作规程、出现故障时的现象、是否更改过内部参数等，根据情况对故障作客观的、大致的分析，再根据变频器显示的故障提示，判断故障部位。检修时，应先仔细阅读变频器说明书，了解其检修注意事项。

- 不要贸然通电，通过眼观、手摸、鼻嗅等先做必要的安全检查，以免引发新的故障。
- (1) 检查快熔FU是否烧断；
- (2) 检查线路板上元件引线间有无碰锡、碰线或细金属落在二线间；
- (3) 检查电容器、整流桥、逆变桥、集成电路等元件有无明显烧坏的痕迹；
- (4) 检查线路板上是否有水滴（尤其在潮湿环境中使用的变频器）；
- (5) 检查线路板上是否有灰尘。

变频器的测量

- 静态测试

- 测试整流电路

- 找到变频器内部直流电源的P端和N端，将万用表调到电阻X10档，红表棒接到P，黑表棒分别依到R、S、T，应该有大约几十欧的阻值，且基本平衡。相反将黑表棒接到P端，红表棒依次接到R、S、T，有一个接近于无穷大的阻值。将红表棒接到N端，重复以上步骤，都应得到相同结果。如果有以下结果，可以判定电路已出现异常，**A.**阻值三相不平衡，可以说明整流桥故障。**B.**红表棒接P端时，电阻无穷大，可以断定整流桥故障或启动电阻出现故障。

- 测试逆变电路

- 将红表棒接到P端，黑表棒分别接U、V、W上，应该有几十欧的阻值，且各相阻值基本相同，反相应该为无穷大。将黑表棒接到N端，重复以上步骤应得到相同结果，否则可确定逆变模块故障

- 对于IGBT模块，最简单的测量方法（专业不是这样测量）用指针万用表电阻10k档表棒去触发GwEw（黑笔碰Gw，红笔碰Ew）则P到W可导通。当Gw Ew短路，P到W则关闭，其它各管引脚同理。

■ 动态测试

- 在静态测试结果正常以后，才可进行动态测试，即上电试机。在上电前后必须注意以下几点：

- 上电之前，须确认输入电压是否有误，将380V电源接入220V级变频器之中会出现炸机（炸电容、压敏电阻、模块等）。

- 检查变频器各接播口是否已正确连接，连接是否有松动，连接异常有时可能导致变频器出现故障，严重时会出现炸机等情况。

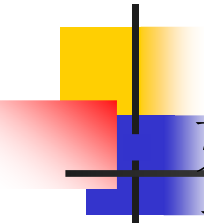
- 上电后检测故障显示内容，并初步断定故障及原因。

- 如未显示故障，首先检查参数是否有异常，并将参数复归后，进行空载(不接电机)情况下启动变频器，并测试U、V、W三相输出电压值。如出现缺相、三相不平衡等情况，则模块或驱动板等有故障。

- 在输出电压正常（无缺相、三相平衡）的情况下，带载测试。测试时，最好是满负载测试。

变频器的故障与分析

- 变频器故障分类：根据变频器发生故障或损坏的特征，一般可分为两类；
 - 一种是在运行中频繁出现的自动停机现象，并伴随着一定的故障显示代码，其处理措施可根据随机说明书上提供的指导方法，进行处理和解决。这类故障一般是由于变频器运行参数设定不合适，或外部工况、条件不满足变频器使用要求所产生的一种保护动作现象；
 - 另一类是由于使用环境恶劣，高温、导电粉尘引起的短路、潮湿引起的绝缘降低或击穿等突发故障（严重时，会出现打火、爆炸等异常现象）。这类故障发生后，一般会使变频器无任何显示，其处理方法是先对变频器解体检查，重点查找损坏件，根据故障发生区，进行清理、测量、更换，然后全面测试，再恢复系统，空载试运行，再加载运行，达到解决故障的目的。



如果从故障部位来看又可分为：

- 主电路故障
 - 整流块故障
 - 充电电阻
 - 逆变器模块故障
- 辅助控制电路故障
 - 驱动电路故障
 - 开关电源损坏
 - 反馈、检测电路故障

● WWW.PLCWORLD.CN



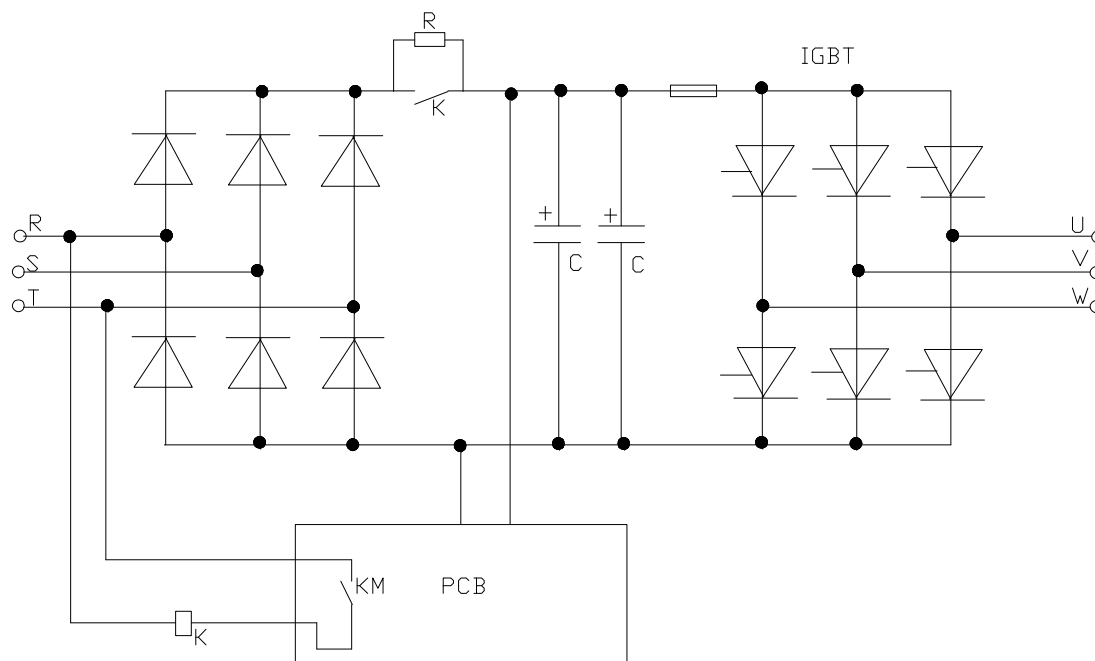
主电路故障

根据对变频器实际故障发生次数和停机时间统计，主电路的故障率占**60%**以上；运行参数设定不当，导致的故障占**20%**左右；控制电路板出现的故障占**15%**；操作失误和外部异常引起的故障占**5%**。从故障程度和处理困难性统计，此类故障发生必然造成元器件的损坏和报废。是变频器维修费用的主要消耗部分。

例1

- 故障现象

- 某变频器系统停电检修上，待检修完毕送电时，发现变频器主控制板PCB上的充电信号灯不亮，测量变频器无输出电压。



故障检查

开始怀疑是PCB板损坏，为此换一块新的上去，开机后故障依旧。检查PCB连接线路，发现其电源是从变频主回路的直流母排上取出的，而直流电压是通过三相整流桥获得的，其主回路如图所示。此变频器内配380/220V三相电源变压器，即R、S、T间的线电压为220V。交流接触器K的220V线圈电压是通过PBC板上的触点（微型继电器KM）控制的。通电后，用万用表直流电压档测量，电容C两端直流电压很低，约4.5V至12V间振荡变化，始终建立不起高的直流电压，而主回路触点K断开其左侧整流电压很高，约为320V。洞察一切触点K上并联的一大功率水泥电阻R，型号为40F68 Ω K（68 Ω,40W）。将其拆下，测量其阻值已达100K Ω 以上，仔细观察该电阻表面发现有多处细长裂纹，判定其已损坏。

- 故障分析：

- 正常情况下，三相交流电经整流后通过R给C充电。R的参数要选取合适，以获得恰当的电压、电流上升率，否则，可能损坏整流桥电路等。当充电电压达到一定值后，PCB因内部形状电源起动，开始工作，使PCB上的KM吸合，K闭合将R短接，变频器进入正常的整流逆变工作过程，当主回路充电时间常数非常大，而放电回路充电时间常数非常小，使C上的直流电压建立不起来，PCB就不能工作。这样看似PCB问题，实为主回路上的故障。

- 故障处理：

- 市面无此型号大功率电阻，功率最大仅有10W270Ω，为尽快恢复生产，将4只10W270Ω电阻并联后使用，上机送电，则PCB板上的译电信号灯亮，K吸合，变频器输出正常。



例2

- 逆变器模块烧坏

中、小型变频器现在一般使用三组IGBT；大容量的机种均采用多组IGBT并联，故测量检查时应分别逐一进行检测。IGBT的损坏也可引起变频器OC保护功能动作。逆变器模块的损坏原因很多：如输出负载发生短路；负载过大，大电流持续运行；负载波动很大，导致浪涌电流过大；冷却风扇效果差，致使模块温度过高，导致模块烧坏、性能变差、参数变化等问题，引起逆变器输出异常。

例3

一台FRN22G11S-4CX变频器，输出电压三相相差为106V，解体在线检查逆变模块（6MBP100RS-120）外观，没发现异常，测量6路驱动电路也没发现故障，将逆变模块拆下测量发现有一组模块不能正常导通该模块参数变化很大（与其它两组比较）更换之后，通电运行正常。

例4

故障现象：一台安川616G5-55KW变频器，刚开始是变频器能通电、有显示，无输出，经拆下前盖检查发现：有一个快熔断了（三相各有一个快熔），维修人员可能是没有经验，也没有检查模块是否有问题，当时没有快熔备件，又一时找不到其他快熔代替，就用一条铜线代替，开机后发出一声巨响。两个模块炸裂，吸收回路坏，驱动板坏并无法维修，需要换新板，造成重大损失！

- 故障分析：快速熔断器作为保护硅整流元件和晶闸管半导体元件之用。而其它类型熔断器不能用作电子元件短路保护，更不用说用铜线代替。当铜线代替作为保险使用时短路，铜线动作速度慢，并且烧熔的铜又会喷射到其他地方，而造成更多的元件损坏。
- 故障处理

例5

故障现象：某矿井下一变频器，某日正常停车，再开车时不能正常起动。检查时发现操作面板显示屏显示“OC”（过电流），复位后还是不能起动，显示屏依旧显示“OC”，打开前盖闻到一股焦味。经厂商来人检查发现有一IGBT损坏，换上新的后一切正常。事隔不久，又一台变频器操作面板显示屏又出现“OC”显示，不能使用。厂商来人打开前盖检查发现：输入端整流桥炸裂，IGBT也损坏。在以后近2个月时间内，又间断坏了5次，故障现象同上。

- 故障分析：矿井下温度很大，变频器运行时产生热量，停车后很快冷却。在起、停过程中，变频器就产生了空气热交换，设备内部产生凝露而造成放电短路而损坏器件。
- 故障处理：问题找到了，主要是解决防潮和结露问题，单独建一电气室，并要保持电气室内的干燥和温度，使其波动区间不能太大。

例6

故障现象


- 在一次10KV切换35KV的过程中，工作人员在较短的时间内就完成了停电——再起动的操作，变频器内部出现了“扑扑”两声，并伴有烟雾产生，电动机不能运转。
- 故障分析
- 因为有烟雾应该来说变频器内部有元器件损坏，不可以进行在次上电检查，而应该切断变频器输入电源，打开变频器前盖板，待直流端放电完毕后，进行静态检查与测量
- 故障处理



辅助控制电路故障

- 变频器驱动电路、保护信号检测及处理电路、脉冲发生及信号处理电路等控制电路称为辅助电路。辅助电路发生故障后，其故障原因较为复杂，除固化程序丢失或集成块损坏（这类故障处理方法一般只能采用控制板整块更换或集成块更换）外，其他故障较易判断和处理。

驱动电路故障




驱动电路用于驱动逆变器IGBT，也易发生故障。一般有明显的损坏痕迹，诸如器件（电容、电阻、三极管及印刷板等）爆裂、变色、断线等异常现象，但不会出现驱动电路全部损坏情况。处理方法一般是按照原理图，每组驱动电路逐级逆向检查、测量、替代、比较等方法；或与另一块正品（新的）驱动板对照检查、逐级寻找故障点。处理故障步骤：首先对整块电路板清灰除污。如发现印刷电路断线，则补线处理；查出损坏器件即更换；根据经验分析，对怀疑的元器件，进行测量、对比、替代等方法判断，有疑的器件需要离线测定。驱动电路修复后，有条件的还要应用示波器观察各组驱动电路信号的输出波形，如果三相脉冲大小、相位不相等，则驱动电路仍然有异常处（更换的元器件参数不匹配，也会引起这类现象），应重复检查、处理。大功率晶体管工作的驱动电路的损坏也是导致过流保护功能动作的原因之一。驱动电路损坏表现出来最常见现象是缺相，或三相输出电压不相等，三相电流不平衡等特征。

开关电源损坏



开关电源损坏的一个比较明显的特征就是变频器通电后无显示。如：富士G5S变频器采用了两级开关电源，其原理是主直流回路的直流电压由500V以上降为300V左右，然后再经过一级开关降压，电源输出5V，24V等多路电源。开关电源的损坏常见的有开关管击穿，脉冲变压器烧坏，以及次级输出整流二极管损坏，滤波电容使用时间过长，导致电容特性变化（容量降低或漏电电流较大），稳压能力下降，也容易引起开关电源的损坏。富士G9S则使用了一片开关电源专用的波形发生芯片，由于受到主回路高电压的窜入，经常会导致此芯片的损坏，由于此芯片市场很少能买到，引起的损坏较难修复。另外，变频器通电后无显示，也是较常见的故障现象之一，引起这类故障原因，多数也是由于开关电源的损坏所致。如MF系列变频器的开关电源采用的是较常见的反激式开关电源控制方式，开关电源的输出级电路发生短路也会引起开关电源损坏，从而导致变频器无显示。

反馈、检测电路故障

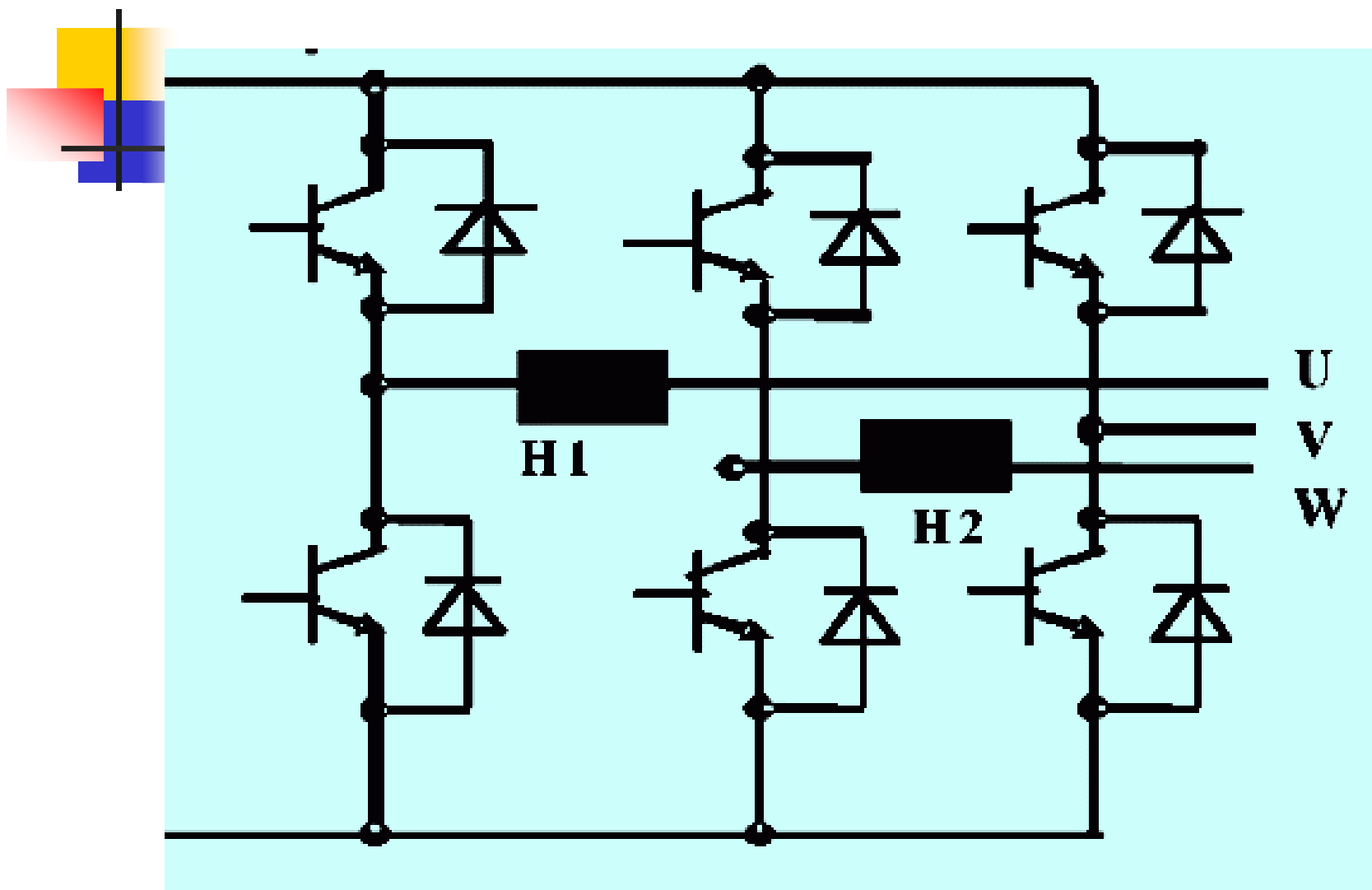


在使用变频器过程中，经常会碰到变频器无输出现象。驱动电路损坏、逆变模块损坏都有可能引起变频器无输出，此外输出反馈电路出现故障也能引起此类故障现象。有时在实际中遇到变频器有输出频率，没有输出电压（实际输出电压非常小，可认为无输出），这时则应考虑一下是否是反馈电路出现了故障所致。在反馈电路中用于降压的反馈电阻是较容易出现故障的元件之一；检测电路的损坏也是导致变频器显示OC保护功能动作的原因，检测电流的霍尔传感器由于受温度、湿度等环境因素的影响，工作点容易发生飘移，导致OC报警。

例7

故障现象

- 某厂精整区域3#剪切机前辊道，是一组由20台单机单辊组成的辊道，为保证可靠性和生产连续性，该组辊道的奇数序号的电机和偶数序号的电机分别由2台艾默生EV2000-4T0550G变频器控制，2台变频器的输出线分别引入2个电机分配箱，再通过安装在电机分配箱中的相应的电机断路器，使10台奇数序号的电机和10台偶数序号的电机分2组并联运行。控制偶数序号电机的变频器出现故障，使精整区域生产节奏变慢，需迅速排查、处理故障，使生产恢复正常。



■ 故障分析

出现故障的变频器操作面板显示的故障代码为**E019**，且按下复位键无法消除该故障，变频器停止工作；经查故障代码是**E019**的故障为电流检测电路故障。**EV2000-4T0550G**变频器的电流检测元件为霍尔元件，霍尔元件安装示意图如附图所示，附图中只画出了变频器的逆变电路部分，通过**H1**、**H2**和**H3**这3个霍尔元件检测变频器的三相输出电流，经相关电路转换成线性电压信号，再经过放大比较电路输入到**CPU**，**CPU**根据该信号大小判断变频器是否过电流，如果输出电流超过保护设定值，则故障封锁保护电路作，封锁**IGBT**脉冲信号，实现变频器的过流保护功能。

- 一般说来，变频器会由于控制板连线或插件松动、电流检测元件损坏和电流检测放大比较电路异常导致电流检测电路故障，第一种情况需检查控制板连线或插件有无松动；第二种情况需更换或处理电流检测元件；第三种情况为电流检测IC芯片或IC芯片工作电源异常，可通过更换IC芯片或修复变频器辅助电源解决。
- 切断变频器输入电源，打开变频器前盖板，待直流端放电完毕后，检查控制板连线和插件，均无松动和异常现象。进一步检查霍尔元件是否损坏，EV2000-4T0550G变频器的霍尔元件连线为插头—插座结构，首先拔掉H3上的插头，重新送电后，操作面板显示E019；再次停电，待放电完毕后，拔掉H2上的插头，送电后，操作面板仍显示E019；重新停电，待放电完毕后，拔掉H1上的插头，分别插上H2、H3上的插头，操作面板上的故障显示消失，显示正常，说明电流检测电路故障排除。



故障处理

■ 由于采用的 $v/f \approx c$ 控制方式，是一种开环控制方式，电流检测线路主要完成电流检测、电流显示和过流保护功能，而不真正参与控制，所以，拔掉已损坏的霍尔元件H1上的插头，变频器仍能恢复正常工作，只是在原线路不变的情况下，利用H2和H3两个霍尔元件进行电流检测，变频器显示的电流值比利用三个霍尔元件进行电流检测时显示的电流值小。需要注意的是：在变频器重新投入使用后，须尽快更换缺损的霍尔元件。

例8



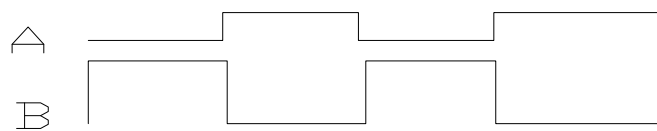
故障现象

- 某厂高压聚乙烯装置一台变频器（2800KVA）调速的挤压机电动机（1400KW）转速突然从正常运行的900r/min左右降到10r/min（变频器设定的最低转速）左右，变频器柜面没有任何故障指示。调节现场速度设定，电动机转速没有变化，将速度设定转到控制柜上，用控制柜上的速度调节电动机转速，电动机转速依然不变。打开变频器柜门检查，变频器运行信号正常，再仔细检查，发现在运行测速板A通道灯未亮。

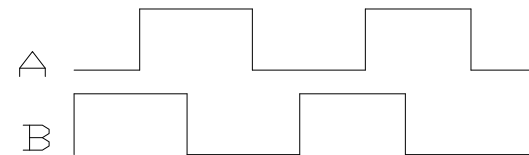
■ 故障分析

维修人员停掉变频器，拆下变频器编码器。该编码器的型号为**14-14401/1024**，工作电压为**11-30V**。用示波器对编码器进行波形检查，发现编码器**A**通道波形异常，如图所示。表现为：信号很弱，只有**V**左右。编码器工作电压为**24V**，波形正常幅值应为**24V**左右；**A**通道波形与**B**通道波形在相位上相差**180°**（即反相）。

- 正常波形如图所示，**A**波形与**B**波形相差**90°**。因此，检修售货员初步判断是编码器损坏，导致变频器速度闭环无法正常工作，只能维持在设定的最低转速上运行。



故障波形



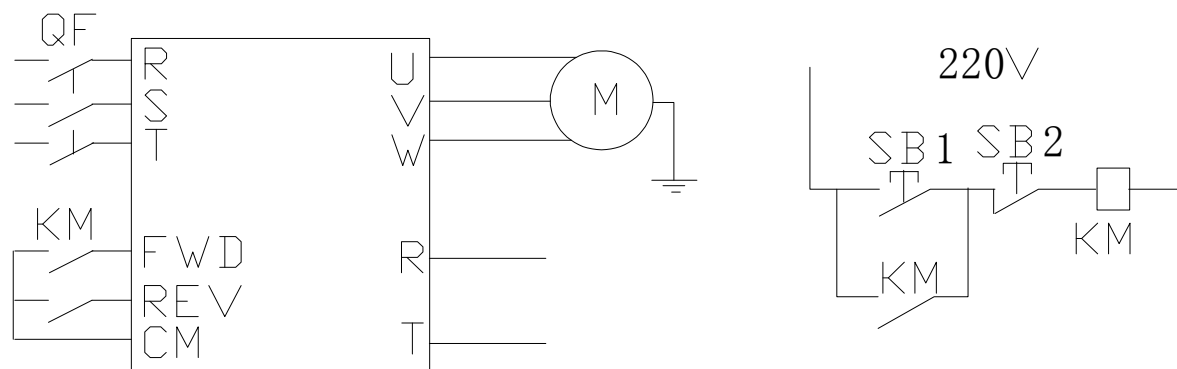
正常波形

例9

- **故障现象:**某变频器，在运行中突然发生跳闸现象，操作人员立即进行复位，并使变频器再次运行，大约运行5min以后，又发生跳闸，复位，运行多次，触摸面板均显示为FL代码。
- **故障分析:**由于触摸面板均显示为FL代码，显然是主器件自保护工作了，主器件自保护诊断内容为短路、接地、过电流、散热器过热等。因此，我们用兆欧表对负载侧进行检测，未有短路、接地现象。检查机组运转声音、振动均正常，并且运转灵活，无卡滞现象。在工艺条件不变的情况下，不会造成超载，因此，过电流亦不可能。排除上述故障后，余下可能是过热故障。仔细检查内部冷却风扇，发现顶部一只冷却风扇已不在运转。检查时要特别留心，由于底部冷却风扇在运行，顶部风扇也有可能被风带动，因而顶部风扇的运转情况要仔细分析检查。
- **故障处理:**问题找到了，可是没有备件，风扇不能马上修复，只好临时用其他排风设备在外部代用。

例10

故障现象：一台FRN7.5G9S-4型恒压供水系统变频器在启动时电动机没有反应，变频器LED无故障代码显示。此台变频器安装在控制室内，变频器与电动机相距60m，变频器利用外部端子控制起停，FRN7.5G9S-4型变频器启动按钮自身无保护功能，变频器接线如图



- 故障分析：这种故障首先考虑是变频器本身问题还是外部故障。在控制室卸下变频器前面板，将正向运转和停止指令端子**FWD**与**CM**短接，将功能码**01**由**1**（基于外部信号**FWD**，**REV**端子的运转指令）更改为**0**（用触摸面板**RUN**键**STOP**键输入运转指令），此时按下**RUN**键电动机运转，恒压供水系统正常。初步认为可能是外部起动按钮接触不良所致。断开断路器**QF**，打开按钮，检查发现按钮接触良好，再进一步检查线路、接触器、触点均完好。看来该变频器端子与接口电路可能有问题。通过仔细阅读该变频器使用说明书：**FWD**与**CM**通为正转指令，断则为停止指令，而**REV**与**CM**通为反转指令，断为停止指令。考虑到水泵为单向负载，只有一个运转方向，可否用反转指令让电动机转进来，再调节电动机电源相序，使电动机保持原有的方向运转。将变频器输出线拆除，使用**REV**与**CM**反转指令，空试变频器，合**QF**，变频器通电，一切正常，按下**SB1**，接触器**KM**工作，测量变频器输出正常。
- 故障处理：断**QF**，接上负载，只把**FWD**上的控制线转接到**REV**上，同时原负载相序调整一下，不花一分费用解决生产实际问题。