

# 浅谈变频技术在高速磨床设备中的应用

林金泉

(四川工商职业技术学院, 四川 都江堰 611830)

**【摘要】**变频调速及控制方式,使变频技术在机床设备中较为广泛的应用,研究了高速磨床自身的结构及工作特点、高速磨床高速调速对变频器具有的特殊要求。分析两种高速磨床变频调速拖动系统组成、工作性能,并提出了变频器使用中应注意事项。

**【关键词】**调速;变频器;控制方式;高速磨床

**【中图分类号】**TG580

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1008-1151(2011)01-0085-02

## (一) 变频调速基本原理及控制方式

据电机学原理可知,交流电动机的同步转速为

$$n_0 = \frac{60f_0}{p}$$

若以  $n$  表示异步电动机的转速,并以同步转速  $n_0$  为基准,将异步电动机的转差率定义为

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0}$$

则异步电动机的实际转速  $n$  为

$$n = \frac{60f_0(1-s)}{p}$$

式中,  $f_0$  为定子供电频率;

$p$  为电动机磁极对数;

从上式中可以看出,改变  $f_0$ 、 $p$ 、 $s$  任意一个参数即可调整电动机的转速。因此,如果可以连续改变供电频率  $f_0$  的话,则可以平滑地改变电动机的同步转速和相应实际转速。在变频调速技术中,向电动机提供频率可变的电源并控制电动机转速的装置称为变频器。

变频调速时,需要同时调节输出电压和频率,以保证电机主磁通的恒定,按输出电压调节方式分类主要有两种方式 PAM 方式和 PWM 方式。

### 1. PAM 控制

PAM 控制是 Pulse Amplitude Modulation (脉冲振幅调制) 控制的简称,这种方式是在整流电路部分对输出电压(电流)幅值进行控制,而在逆变电路部分对输出频率进行控制,由于这类逆变电路换流器件的开关频率就是变频器的输出频率,因此是一种同步调速方式。由于逆变电路换流器件的开关频率(简称载波频率)较低,这类变频器调速驱动电动机时具有噪声低、效率高的特点。

### 2. SPWM 控制

PWM 控制是 Pulse Width Modulation (脉冲宽度调制) 控制的简称,是在逆变电路部分同时对输出电压(电流)的幅值和频率进行控制的方式。这种控制方式使逆变电路的开

关器件以较高频率通断,并通过改变输出脉冲的宽度来达到控制电压(电流)的目的。

为了使异步电动机在调速运转时能够更加平滑,目前变频器中多采用正弦波 PWM 控制方式,即通过改变 PWM 输出的脉冲宽度,使输出电压的平均值接近于正弦波。这种方式也称为 SPWM 控制方式。

这类变频器具有能降低高次谐波的不良影响,转矩波动小,控制电路简单等特点,

## (二) 高速磨床

### 1. 高速磨床拖动系统的结构和工作特点

#### (1) 高速磨床的主拖动电机

高速磨床主拖动系统使用的电机不同于普通的异步电动机而称为电主轴。其外形结构较普通电机细长,内部一般均有冷却水腔,电主轴高速运转时可以很好散热。采用油雾润滑轴承,正常使用时油雾压力保持在 0.1~0.12MPa 范围。电主轴系统如图 1 所示。

#### (2) 电主轴对电源的要求

由于电主轴的输入电压和频率的稳定性直接影响加工件的粗糙度及成品合格率,因此其变频器不同于通用型变频器,而是有一些特殊要求:

①如工频输入电压在+10%~-15%范围内变化,则要求输出电压变化在±5%以内,频率精度及稳定度允许误差为±1%,这时必须引入电压反馈环节;

②磨床电主轴工作环境较差,受潮后易造成对地绝缘降低,甚至引起对地短路,同时,功率器件过流能力也差,为提高整机安全性能,必须有高可靠的过电流及对地短路保护;

③国内电主轴产品电压规格较多,一般在 220~350V 之间,从西欧国家进口的设备中电主轴电压标准等级通常为 350V;

④电主轴与标准电机相比,其转动惯量小,低频时阻抗小,工作电流大,不适合长期低频运行,加速时间不能过长,起、制动不能太频繁,应注意选择合适的起动频率。

**【收稿日期】**2010-10-23

**【作者简介】**林金泉(1954—),男,四川工商职业技术学院机电工程系副教授,从事机电专业教学与研究。

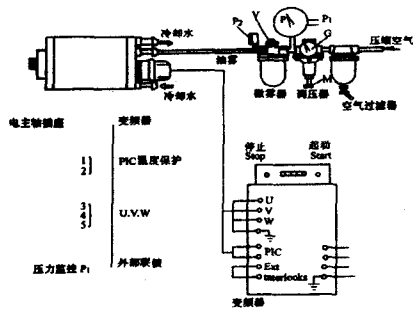


图1 高速磨电主轴系统

## 2. 高速磨床 PAM 控制的变频调速拖动系统

### (1) 高速磨床的变频调速系统原理

高速磨床 PAM 的变频调速系统框图如图 2 所示。

#### ①主电路

本系统使用一台电压型 PAM 方式晶体管变频器，输出电压的调整由二相半控整流桥对三相工频交流电源可控整流后得到，输出频率的调整则由六路大功率晶体管组成的逆变桥部分完成。

#### ②给定与控制电路

A. 电压给定：编码板（PR 板）所接电阻的大小决定送到直流放大器电压的大小，从而控制三相半控整流桥的移相触发电路，调整变频器输出电压。

B. 频率给定：所接电阻的大小也决定送到  $V/F$  转换器的电压的大小，通过电压—频率的转换，得到一个所需的频率。

C. 变频器采用软起动方式：通过积分电路，起动时电压和频率同时上升，保持  $V/F$  值不变，以得到在起动过程中的恒转矩运行。

D. RP 板上的补偿电阻：阻值一般为  $2.7M\Omega$ ，使电机在频率很低的时候也能得到较大的起动转矩。

E. 速度调节电位器：用来控制电机的升速和降速；电位器在最大位置时，电机速度等于其额定转速。

F. 电机制动：送到电机的频率和电压按同样的积分规律下降，同时变频器接入制动电阻，变频调速系统进入能耗制动状态，制动时间通常为 10s 左右。

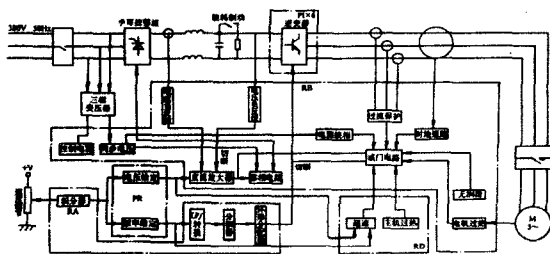


图2 高速磨床 PAM 的变频调速系统框图

#### ③保护电路

当变频器及输出电流超出额定值时，整流板上的直流电流互感器的电流信号使得晶闸管导通角减小，直流侧电压下降，限制负载电流的增长。变频器交流输出端接有中频电流互感器，分别监测过电流及对地短路故障；另外，电路还设有工频电压瞬间过压吸收保护、电流缺相保护、变频器过热、缺少润滑、电机过热及超速保护等电路。只要任一故障动作，

立即切断中频输出及整流触发脉冲，有效保护负载及变频器本身不被损坏。同时，面板上将显示相应故障类别，用户可据此进行检查维修。

## 3. 高速磨床 SPWM 的变频调速拖动系统

高速磨床使用的第一代变频器通常是 PAM 方式或非正弦的 PWM 方式，其特点前已述及。由于此类变频器输出电压谐波含量大，在低速运行时所驱动电动机波动较大，转矩脉动严重；随着变频技术的发展和 IGBT、MOSFET 器件的广泛使用，使得高频 SPWM 成为可能，驱动电主轴运行更为平稳。

这里简单介绍一种由 8098 单片机和 SLE4520 芯片产生高速磨床 SPWM 调制波的方法。

SLE4520 是一种可编程器件，与单片机及相应软件配合使用，能以很简单的方式产生三相逆变器所需要的六路 SPWM 控制信号，载波频率高达 20kHz，设计的电主轴专用变频器最高输出频率可达 2000Hz，输出电压可在  $100\sim 350V$  之间任意设定，并具有完善的保护功能。

变频器的数字控制器由 8098 单片机、SLE4520 芯片、信号检测电路、驱动与保护电路等组成，高速磨床 SPWM 的变频调速拖动系统框图如图 3 所示。

8098 是控制系统核心，接收外部控制信号，按预定算法实时计算三相 SPWM 波形数据并定时送至 SLE4520，控制 SLE4520 产生三相逆变器所需要的六路 SPWM 信号，再经驱动模块驱动功率器件完成三相 SPWM 波输出。

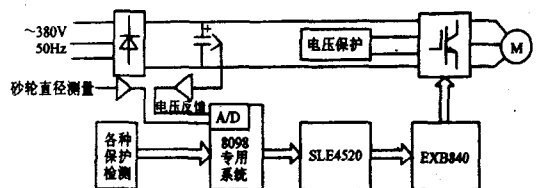


图3 高速磨床 SPWM 的变频调速拖动系统框图

变频器稳定运行后，如由于某种干扰（如电网波动）造成直流电压波动，控制系统将根据对直流侧电压采样的结果进行电压补偿以维持输出电压稳定；磨削过程中砂轮会磨损或被修整，导致砂轮线速度降低，控制系统将根据对砂轮直径变化的采样结果进行频率补偿（或跟踪），以维持砂轮的恒线速度。这两类信号的采样均由 8098 片载 A/D 转换器完成。

为减小电主轴起动电流及其对电网的影响，同时减少变频器无功损耗，采用软起动方式，使电主轴在起动过程中处于恒转矩运行状态。

变频器运行参数可通过键盘预置。8098 系统包括一片 EEPROM，能记忆预置信息，无须掉电重置。

一般把额定转速超过 3600r/min 的交流异步电动机称为高速电动机，电主轴便是变频调速的高速电动机。目前，高频电主轴及变频器正向着高转速、大功率、高效率、小体积的方向发展。在国外，电主轴的最高转速已达到 260000r/min；国内最高转速仅达 180000r/min。电主轴功率仅在 15kW 以下，近年来也有 19kW 和 30kW 的产品问世。目前，随着各项技术的发展，输出频率达到 5000 Hz 的高频变频器已经投入市场。这些为满足高速磨床拖动系统的要求提供了有力保障。

## 4. 高速磨床变频器的使用及注意事项

变频器编码板必须与所用电主轴配套使用，根据电主轴的额定频率、电压和电流等，在编码板上配（下转第 101 页）

防止胆汁的损害川连具有促进胆汁分泌,拮抗胃黏膜损伤的作用。认为胃炎饮可显著改善胆汁反流性胃炎大鼠胃黏膜病理形态学变化,减轻胃黏膜损伤、减少炎细胞浸润,具有促进胆汁反流性胃炎大鼠胃黏液的分泌改善胃黏膜AB/PAS阳性层厚度的作用,从而具有保护胃黏膜的作用。韩俊岭等应用免疫组化方法探讨清热理气冲剂(黄芩、旋复花、柿蒂、枳壳等)对实验性胆汁反流性胃炎大鼠细胞因子TNF- $\alpha$ 的影响,结果发现清热理气冲剂可能一方面直接作用于胃黏膜加强防御功能,同时通过调节胃黏膜TNF- $\alpha$ 的表达而发挥胃黏膜保护作用,对消除或减轻胃黏膜充血和水肿,炎性细胞浸润、胃小凹增生以及肠上皮化生有良好的作用。电镜下观察到清热理气冲剂可明显改善胆汁所造成的胃黏膜上皮细胞表面微绒毛短小、稀疏,细胞间紧密连接疏松等超微结构的损害。姚妮在研究加减四逆散(柴胡、白芍、香附、黄芩、甘草等)对大鼠胆汁反流性胃炎治疗作用的实验研究中发现加减四逆散能通过提高胃窦黏膜6-keto-PGF<sub>1</sub>含量,从而增强胃黏膜的防御机能,产生细胞保护作用。现代药理研究也证明,柴胡具有防止胆汁返流作用、抗炎作用,对炎症渗出、毛细血管通透性增加、炎症介质的释放、白细胞游走、结缔组织增生都有一定的抑制作用。甘草可增加胃的黏液合成,保护胃黏膜,减轻胆汁的损害,对组织胺引起的胃酸分泌过多有抑制作用,还能抑制胃黏膜磷酸二酯酶而增加胃黏膜内cAMP含量。裴昱对大鼠胆汁反流性胃炎模型予疏肝和胃方(柴胡、黄芩、白芍、瓜蒌、半夏、黄连、蒲公英、郁金、荔枝核、苏叶、枳实、陈皮、鸡内金)后观察胃黏膜发现可有效减轻胃黏膜损伤,加强胃黏膜营养和防御机能。杨华等在研究荆花胃康胶丸对胆汁反流大鼠的实验研究中发现,中药组对胃黏膜屏障损伤具有一定的保护作用,主要是通过增加胃黏液的生成,促进胃黏膜氨基己糖和磷脂的合成以及提高内源性PGE<sub>2</sub>合成实现的。

2. 改善调节胃黏膜血流。在胃黏膜防御机制中,胃黏膜血流为细胞代谢提供充足的氧源和能源,使组织内pH值维持恒定,从而实现对胃黏膜的保护作用。李俊玫等通过清胃降逆方(蒲公英、黄连、连翘、冬凌草、柴胡、黄芩、八月札、枳实、三七粉、延胡索、白芍、半夏)治疗胆汁反流性胃炎,

其中黄连泻火解毒,有较强的消炎抑菌作用,与半夏配伍清热燥湿、和胃降逆;连翘清胃中郁热;冬凌草清热并促使异常细胞逆转;四药合用可加快胆汁反流致胃黏膜充血水肿、糜烂等炎症的吸收恢复。研究证明中药治疗组可促进因胆汁反流致胃黏膜充血水肿、糜烂等炎症的吸收恢复,改善胃黏膜血流增加胃黏膜防御能力。顾庆华等应用胆胃宁颗粒对胆汁反流性胃炎模型大鼠进行灌服,光镜下观察胃黏膜病理改变发现中药治疗组胃黏膜炎性浸润减少,腺体增生与肠上皮化生较少;测定其胃黏膜血流量,并用酚红作稀释指示剂,配制含Na<sup>+</sup>和H<sup>+</sup>试验液,灌注空胃,测定灌注15min前后该液的H<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>和酚红含量,算出屏障功能参数。结果表明胆胃宁颗粒剂能减轻胃黏膜炎性反应、显著升高胃黏膜血流,增强胃黏膜的屏障功能。

胃腔为酸性环境,由于胆汁逆行使胃黏膜屏障被破坏。目前,现代医学多采用促进胃动力、保护胃黏膜、抑制胃酸分泌等药物治疗本病,从临床报道来看,比较而言中药复方治疗胆汁反流性胃炎从根本上保护胃黏膜,疗效显著尚未发现副作用,且复发率低。综上中药复方制剂通过增强胃黏膜屏障、改善调节胃黏膜血流机制达到保护胃黏膜的作用,为中药防治胆汁反流性胃炎、抗胃黏膜损伤的临床应用提供有效途径。

#### 【参考文献】

- [1] 林金坤,曾志荣,高修仁等.十二指肠胃反流与胃黏膜炎症关系探讨[J].中华消化杂志,2004,24(2):87-88.
- [2] 杨新魁.80例胆汁反流性胃炎内镜检查分析[J].当代医学,2008,140:66.
- [3] 姜东春,韩俊岭,李莉,等.原发性病理性十二指肠胃反流疾病的因素分析[J].2009,49(25):7-10.
- [4] 姚春,赵炜.浅谈胆汁反流性胃炎的发病机制[J].辽宁中医药大学学报,2008,10(10):15-16.
- [5] 周军丽.小柴胡汤合丹参饮加减治疗胆汁反流性胃炎[J].光明中医,2008,23(7):972.

(上接第86页)接合适的电阻及连线。

变频器使用时应注意以下几点:

①电主轴与中频变频器的电气指标应相符。

由于一般中频变频器有多种 $V/f$ 曲线供用户选择,而电主轴电压等级较多,在调试中应使电主轴额定电压与选择的额定频率交汇点落在变频器 $V/f$ 恒转矩特性曲线上;若考虑电网影响,可适当偏移。

②根据电主轴结构和特性对变频器进行预置。

如考虑到电主轴不适合长期低频运行,则加速时间不能过长,起动力不能太频繁,因此,要注意不同类型电主轴选择合适的起动力率。

③不同使用环境选择不同安装方式。

一般环境下,中频变频器可安装在保护等级为IP23的金属机箱内,箱内通风且加过滤装置;多尘、潮湿或有腐蚀性气体环境下,应选用IP54等级的专用金属机箱。由于电主轴配有水冷设备、油雾润滑及磨头冷却系统,产生的水、油汽遇

冷易凝结,所以设备长时间断电时,应自动启动变频器机箱内的箱体加热系统,使箱内温度略高于箱外,即使设备停运,变频器仍需处于通电状态,以达到防冷凝目的。

#### (三)结束语

综上所述,基于变频原理及控制方式、研究高速磨床结构和工作特点,了解高速磨床高速调速对变频器的特殊要求,分析高速磨床两种变频调速拖动系统特点、性能,并提出变频器在使用中所需注意的事项,对变频技术在高速磨床的应用,实现良好的调速性能十分重要。

#### 【参考文献】

- [1] 周宗明.金属切削机床[M].清华大学出版社,2004.9.
- [2] 魏召刚.工业变频器原理及应用[M].电子出版社,2006.9.
- [3] 王廷才.变频器原理及应用[M].机械出版社,2009.1.