



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101905516 B

(45) 授权公告日 2013. 07. 24

(21) 申请号 201010247457. 4

EP 0870590 A2, 1998. 10. 14,

(22) 申请日 2010. 08. 05

审查员 张静

(73) 专利权人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路  
381 号

(72) 发明人 钟汉如

(74) 专利代理机构 广州市华学知识产权代理有  
限公司 44245

代理人 李卫东 黄磊

(51) Int. Cl.

B29C 45/47(2006. 01)

B29C 45/76(2006. 01)

(56) 对比文件

EP 0639444 A1, 1995. 02. 22,

CN 201752920 U, 2011. 03. 02,

CN 1427762 A, 2003. 07. 02,

CN 1947986 A, 2007. 04. 18,

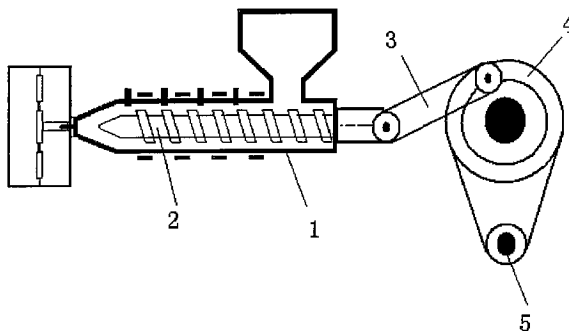
权利要求书2页 说明书21页 附图7页

(54) 发明名称

电动注塑机的曲柄滑块射胶装置及控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种电动注塑机的曲柄滑块射胶装置,包括机筒、螺杆、注射推动杆、曲柄转盘、伺服电机和控制系统,螺杆放置在机筒内,螺杆外端与注射推动杆铰接,注射推动杆与曲柄转盘铰接,伺服电机带动曲柄转盘,控制系统连接控制伺服电机。本发明的另一目的在于提供一种电动注塑机的曲柄滑块射胶装置的控制方法。本装置和方法,根据需要将螺杆的射胶速度分为N段,N为自然数,射胶速度在每一段为恒速的,此控制方法可以满足注塑制品过程中各个时段不同的射胶速度需要。



## 1. 电动注塑机的曲柄滑块射胶装置的控制方法,

所述电动注塑机的曲柄滑块射胶装置,包括机筒、螺杆、注射推动杆、曲柄转盘、伺服电机和控制系统,螺杆放置在机筒内,螺杆外端与注射推动杆铰接,注射推动杆与曲柄转盘铰接,伺服电机带动曲柄转盘,控制系统连接控制伺服电机;

所述注射推动杆为相同的 2 个,曲柄转盘为相同的 2 个,螺杆外端设有一块纵板,纵板与 2 个注射推动杆铰接,每个注射推动杆分别与一个曲柄转盘铰接,2 个曲柄转盘之间通过 2 个相同的齿轮啮合传动,伺服电机带动其中一个齿轮;

所述注射推动杆通过止推轴承与螺杆外端连接;

所述控制系统包括电脑控制器、PLC 控制器和射胶驱动器,电脑控制器、PLC 控制器通过 CAN 网络连接控制射胶驱动器,射胶驱动器连接控制伺服电机;

所述射胶驱动器为 DSP 控制器,DSP 控制器以 TMS320F2833X 控制器芯片为核心,TMS320F2833X 控制器芯片分别连接 CAN2 接口、I2C 键盘、EQEP 模块、编码器、PWM 模块与 A/D 模块,CAN2 接口连接 CAN 网络,A/D 模块连接控制伺服电机;

其特征在于:包括以下步骤:

(1) 根据模具容腔的容积量,确定螺杆的起始位置;

(2) 根据螺杆的起始位置,在电脑控制器里设定注射推动杆的起始角度;

(3) 根据需要在电脑控制器内将螺杆的射胶速度设定分为 N 段,N 为 2 ~ 10,N 为自然数,射胶速度在每一段为恒速的,射胶速度的加速和减速为瞬间变化;

(4) 根据螺杆的速度、加速度、位移和曲柄转盘的角速度、位置的函数关系,射胶驱动器的编码器计算曲柄转盘的转速与位置,曲柄转盘的转速时刻变化,射胶驱动器通过伺服电机来调节曲柄转盘的转速和位置;

(5) 当注射推动杆到达死点,注射推动杆的射胶推力最大,螺杆达到注射的最大位移,熔料全部推入模具的熔腔中,结束。

2. 根据权利要求 1 所述的电动注塑机的曲柄滑块射胶装置的控制方法,其特征在于:所述步骤(4)中,螺杆的速度、加速度、位移和曲柄转盘的角速度、位置的函数关系为:

设定曲柄转盘的中心点为 O 点,注射推动杆与曲柄转盘的接点为 A 点,注射推动杆与螺杆的接点为 B 点,曲柄转盘的半径为 R,注射推动杆长度为 L,OA 与水平线 OB 的夹角为  $\varphi$ ,曲柄转盘以角速度  $\omega$  作旋转运动,逆时针方向为正,得出螺杆的速度 V、加速度 a、位移 S 和曲柄转盘的角速度、位置的函数关系为:

$$S = R + L - R \cos \varphi - \sqrt{L^2 - (R \sin \varphi)^2}$$

$$V = R\omega \left( \sin \varphi + \frac{\cos \varphi (R \sin \varphi)}{\sqrt{L^2 - (R \sin \varphi)^2}} \right)$$

$$a = -R\omega^2 \left( \cos \varphi + \frac{R}{L} \cos 2\varphi \right), \quad \text{螺杆位移 S 以下死点为坐标原点。}$$

3. 根据权利要求 2 所述的电动注塑机的曲柄滑块射胶装置的控制方法,其特征在于:所述步骤(5)中,注射推动杆的最大射胶推力为  $F_{Ax}$ :  $F_{Ax} - f - ma = 0$ ,其中, f 为螺杆所受的摩擦力, m 为螺杆的质量, a 为螺杆的加速度。

4. 根据权利要求 2 所述的电动注塑机的曲柄滑块射胶装置的控制方法,其特征在于:

所述  $R=100\text{mm}$ ,  $L=2000\text{mm}$ ,

当  $\varphi=180^\circ$ ,  $S$  取得最大值为  $200\text{mm}$ ,

当  $\varphi=87^\circ$ ,  $V$  取得最大值为  $3145.507\text{mm/s}$ ,

当  $\varphi=180^\circ$ ,  $a$  取得最大值为  $93761.24\text{mm/s}^2$ ,

在  $\varphi$  从  $0^\circ$  到  $180^\circ$  的过程中, 当注射推动杆与曲柄转盘相切时, 设  $\varphi=\theta$ ,  $\varphi$  从  $0^\circ$  到  $\theta$  的过程中, 注射推动杆做负功,  $\varphi$  从  $\theta$  到  $180^\circ$  的过程中, 注射推动杆做正功。

5. 根据权利要求 1 所述的电动注塑机的曲柄滑块射胶装置的控制方法, 其特征在于: 所述伺服电机为永磁同步电机, 编码器为永磁同步电机自带的 2500 脉冲/转的正交式编码器, 正交式编码器安装在永磁同步电机转子轴上。

## 电动注塑机的曲柄滑块射胶装置及控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电动注塑机的射胶技术领域,具体涉及一种电动注塑机的曲柄滑块射胶装置及控制方法。

### 背景技术

[0002] 一般螺杆式注塑机的成型工艺过程是:首先将粒状或粉状塑料加入机筒内,并通过螺杆的旋转和机筒外壁加热使塑料成为熔融状态,然后机器进行合模和注射座前移,使喷嘴贴紧模具的浇口道,接着向注射缸通入压力油,使螺杆向前推进,从而以很高的压力和较快的速度将熔料注入温度较低的闭合模具内,经过一定时间和压力保持(又称保压)、冷却,使其固化成型,便可开模取出制品(保压的目的是防止模腔中熔料的反流、向模腔内补充物料,以及保证制品具有一定的密度和尺寸公差)。注射成型的基本要求是塑化、注射和成型。塑化是实现和保证成型制品质量的前提,而为满足成型的要求,注射必须保证有足够的压力和速度。同时,由于注射压力很高,相应地在模腔中产生很高的压力(模腔内的平均压力一般在 20 ~ 45MPa 之间),因此必须有足够大的合模力。由此可见,注射装置和合模装置是注塑机的关键部件。

[0003] 注塑机的动作程序:喷嘴前进→注射→保压→预塑→倒缩→喷嘴后退→冷却→开模→顶出→退针→开门→关门→合模→喷嘴前进。

[0004] 注塑机操作项目:注塑机操作项目包括控制键盘操作、电器控制柜操作和液压系统操作三个方面。分别进行注射过程动作、加料动作、注射压力、注射速度、顶出型式的选择,料筒各段温度及电流、电压的监控,注射压力和背压压力的调节等。

[0005] 1、注射过程动作选择:一般注塑机既可手动操作,也可以半自动和全自动操作。

[0006] 手动操作是在一个生产周期中,每一个动作都是由操作者拨动操作开关而实现的。一般在试机调模时才选用。

[0007] 半自动操作时机器可以自动完成一个工作周期的动作,但每一个生产周期完毕后操作者必须拉开安全门,取下工件,再关上安全门,机器方可以继续下一个周期的生产。

[0008] 全自动操作时注塑机在完成一个工作周期的动作后,可自动进入下一个工作周期。在正常的连续工作过程中无须停机进行控制和调整。在进行全自动工作时应注意:(1)要及时加料;(2)若选用电眼感应,应注意不要遮闭了电眼;(3)中途不能打开安全门,否则全自动操作中断。

[0009] 当一个周期中各个动作未调整妥当之前,应先选择手动操作,确认每个动作正常之后,再选择半自动或全自动操作。半自动及全自动的工作程序已由线路本身确定好,操作人员只需在电柜面上更改速度和压力的大小、时间的长短、顶针的次数等等,不会因操作者调错键钮而使工作程序出现混乱。

[0010] 2、预塑动作选择

[0011] 根据预塑加料前后注座是否后退,即喷嘴是否离开模具,注塑机一般设有三种选择:(1)固定加料:预塑前和预塑后喷嘴都始终贴进模具,注座也不移动。(2)前加料:喷嘴

顶着模具进行预塑加料,预塑完毕,注座后退,喷嘴离开模具。选择这种方式的目的是:预塑时利用模具注射孔抵住喷嘴,避免熔料在背压较高时从喷嘴流出,预塑后可以避免喷嘴和模具长时间接触而产生热量传递,影响它们各自温度的相对稳定。(3)后加料:注射完成后,注座后退,喷嘴离开模具然后预塑,预塑完再注座前进。该动作适用于加工成型温度特别窄的塑料,由于喷嘴与模具接触时间短,避免了热量的流失,也避免了熔料在喷嘴孔内的凝固。

[0012] 注射结束、冷却计时器计时完毕后,预塑动作开始。螺杆旋转将塑料熔融并挤送到螺杆头前面。由于螺杆前端的止退环所起的单向阀的作用,熔融塑料积存在机筒的前端,将螺杆向后迫退。当螺杆退到预定的位置时(此位置由行程开关确定,控制螺杆后退的距离,实现定量加料),预塑停止,螺杆停止转动。紧接着是倒缩动作,倒缩即螺杆作微小的轴向后退,此动作可使聚集在喷嘴处的熔料的压力得以解除,克服由于机筒内外压力的不平衡而引起的“留涎”现象。若不需要倒缩,则应把倒缩停止开关调到适当位置,让预塑停止开关被压上的同一时刻,倒缩停止开关也被压上。当螺杆作倒缩动作后退到压上停止开关时,倒缩停止。接着注座开始后退。当注座后退至压上停止开关时,注座停止后退。若采用固定加料方式,则应注意调整好行程开关的位置。

[0013] 一般生产多采用固定加料方式以节省注座进退操作时间,加快生产周期。

[0014] 3、注射速度的选择

[0015] 一般注塑机控制板上都有快速-慢速旋钮用来满足注射速度的要求。在液压系统中设有一个大流量油泵和一个小流量泵同时运行供油。当油路接通大流量时,注塑机实现快速开合模、快速注射等,当液压油路只提供小流量时,注塑机各种动作就缓慢进行。

[0016] 4、注射压力选择

[0017] 注塑机的注射压力由调压阀进行调节,在调定压力的情况下,通过高压和低压油路的通断,控制前后期注射压力的高低。

[0018] 普通中型以上的注塑机设置有三种压力选择,即高压、低压和先高压后低压。高压注射是由注射油缸通入高压压力油来实现。由于压力高,塑料从一开始就在高压、高速状态下进入模腔。高压注射时塑料入模迅速,注射油缸压力表读数上升很快。低压注射是由注射油缸通入低压压力油来实现的,注射过程压力表读数上升缓慢,塑料在低压、低速下进入模腔。先高压后低压是根据塑料种类和模具的实际要求从时间上来控制通入油缸的压力油的压力高低来实现的。

[0019] 为了满足不同塑料要求有不同的注射压力,也可以采用更换不同直径的螺杆或柱塞的方法,这样既满足了注射压力,又充分发挥了机器的生产能力。在大型注塑机中往往具有多段注射压力和多级注射速度控制功能,这样更能保证制品的质量和精度。

[0020] 注射装置:它的主要作用是使塑料均匀地塑化成熔融状态,并以足够的压力和速度将熔料注射入模具中。它主要由塑化部件(机筒、螺杆或柱塞、喷嘴等)、料斗、计量装置、螺杆传动装置(顶轴、油马达等)、射胶注射装置、移动注射座等组成。

[0021] 射胶速度是指螺杆在单位时间内的位移量,它直接影响制品的质量和生产效率:

[0022] 1、采用全程高速射胶可以减少模腔内熔料的温差,改善压力传递效果,得到密度均匀、应力小的精密制品。但注射速度过高,熔料流经浇口等处易形成不规则的流动,并造成物料烧焦以及吸入气体和排气不良等现象,从而直接影响制品的表面质量。同时,注射速

度过高也不易达到注射与保压压力稳定的切换,常因过压而使制品出现溢边。

[0023] 2、全程射胶速度慢,可以把熔料充实,但是熔料充模时间长,制品易产生冷接缝、密度不均、应力大等弊病。

[0024] 所以,为了得到密度均匀和高精度的制品,必须研究出一种有效的对射胶速度进行分段的控制方法,以满足注塑制品过程中各个时段不同的射胶速度需要。

## 发明内容

[0025] 本发明为了克服以上现有技术存在的不足,提供了一种电动注塑机的曲柄滑块射胶装置。

[0026] 本发明的另一目的在于提供一种电动注塑机的曲柄滑块射胶装置的控制方法。

[0027] 本装置和方法,根据需要把螺杆的射胶速度分为N段,N为自然数,射胶速度在每一段为恒速的,此控制方法可以满足注塑制品过程中各个时段不同的射胶速度需要。

[0028] 本发明的目的通过以下的技术方案实现:本电动注塑机的曲柄滑块射胶装置,其特征在于:包括机筒、螺杆、注射推动杆、曲柄转盘、伺服电机和控制系统,螺杆放置在机筒内,螺杆外端与注射推动杆铰接,注射推动杆与曲柄转盘铰接,伺服电机带动曲柄转盘,控制系统连接控制伺服电机。

[0029] 为了使注射推动杆能够更加平稳的前行,所述注射推动杆为相同的2个,曲柄转盘为相同的2个,螺杆外端设有一块纵板,纵板与2个注射推动杆铰接,每个注射推动杆分别与一个曲柄转盘铰接,2个曲柄转盘之间通过2个相同的齿轮啮合传动,伺服电机带动其中一个齿轮。

[0030] 所述注射推动杆通过止推轴承与螺杆外端连接。

[0031] 所述控制系统包括电脑控制器、PLC控制器和射胶驱动器,电脑控制器、PLC控制器通过CAN网络连接控制射胶驱动器,射胶驱动器连接控制伺服电机。

[0032] 所述射胶驱动器为DSP控制器,DSP控制器以TMS320F2833X控制器芯片为核心,TMS320F2833X控制器芯片分别连接CAN2接口、I2C键盘、EQEP模块、编码器、PWM模块与A/D模块,CAN2接口连接CAN网络,A/D模块连接控制伺服电机。

[0033] 所述伺服电机为永磁同步电机,编码器为永磁同步电机自带的2500脉冲/转的正交式编码器,正交式编码器安装在永磁同步电机转子轴上。

[0034] 上述的电动注塑机的曲柄滑块射胶装置的控制方法,其特征在于:包括以下步骤:

[0035] (1) 根据模具容腔的容积量,确定螺杆的起始位置;

[0036] (2) 根据螺杆的起始位置,在电脑控制器里设定注射推动杆的起始角度;

[0037] (3) 根据需要在电脑控制器内把螺杆的射胶速度设定分为N(2~10)段,N为自然数,射胶速度在每一段为恒速的,射胶速度的加速和减速为瞬间变化;

[0038] (4) 根据螺杆的速度、加速度、位移和曲柄转盘的角速度、位置的函数关系,射胶驱动器的编码器计算曲柄转盘的转速与位置,曲柄转盘的转速时刻变化,射胶驱动器通过伺服电机来调节曲柄转盘的转速和位置;

[0039] (5) 当注射推动杆到达死点,注射推动杆的射胶推力最大,螺杆达到注射的最大位移,熔料全部推入模具的熔腔中,结束。

[0040] 所述步骤(4)中,螺杆的速度、加速度、位移和曲柄转盘的角速度、位置的函数关系为:

[0041] 设定曲柄转盘的中心点为O点,注射推动杆与曲柄转盘的接点为A点,注射推动杆与螺杆的接点为B点,曲柄转盘的半径为R,注射推动杆长度为L,OA与水平线OB的夹角为 $\varphi$ ,曲柄转盘以角速度 $\omega$ 作旋转运动,逆时针方向为正,得出螺杆的速度V、加速度a、位移S和曲柄转盘的角速度、位置的函数关系为:

[0042]

$$S = R + L - R \cos \varphi - \sqrt{L^2 - (R \sin \varphi)^2}$$

[0043]

$$V = R\omega \left( \sin \varphi + \frac{\cos \varphi (R \sin \varphi)}{\sqrt{L^2 - (R \sin \varphi)^2}} \right)$$

[0044]  $a = -R\omega^2 \left( \cos \varphi + \frac{R}{L} \cos 2\varphi \right)$  , 螺杆位移S以下死点为坐标原点。

[0045] 所述 R=100mm, L=2000mm,

[0046] 当 $\varphi=180^\circ$ , S取得最大值为200mm,

[0047] 当 $\varphi=87^\circ$ , V取得最大值为3145.507mm/s,

[0048] 当 $\varphi=180^\circ$ , a取得最大值为93761.24mm/s<sup>2</sup>,

[0049] 在 $\varphi$ 从0°到180°的过程中,当注射推动杆与曲柄转盘相切时,设 $\varphi=\theta$ , $\varphi$ 从0°到 $\theta$ 的过程中,注射推动杆做负功, $\varphi$ 从 $\theta$ 到180°的过程中,注射推动杆做正功。

[0050] 所述步骤(5)中,注射推动杆的最大射胶推力为 $F_{Ax}$ : $F_{Ax}-f-ma=0$ ,其中,f为螺杆所受的摩擦力,m为螺杆的质量,a为螺杆的加速度。

[0051] 本发明相对于现有技术具有如下的优点:

[0052] 本装置和方法,根据需要将螺杆的射胶速度分为N段,N为自然数,射胶速度在每一段为恒速的,此控制方法可以满足注塑制品过程中各个时段不同的射胶速度需要,注塑出的制品,密度均匀、精度高、应力小,避免了物料烧焦、吸入气体、排气不良、产生冷接缝、出现溢边等缺陷,提高了制品的成品率,提高生产效率,降低生产成本,减少调试时间和维修时间。

[0053] 本发明具有如下特点:

[0054] 1、伺服电机有正弦函数加速度;

[0055] 2、取消滚珠丝杠导程计量误差;

[0056] 3、螺杆的最大射胶行程是两倍曲柄转盘的半径;

[0057] 4、注射推动杆有死区间隙;

[0058] 5、射胶压力非线性。

## 附图说明

[0059] 图1是本发明一种电动注塑机的曲柄滑块射胶装置的结构示意图。

[0060] 图2是伺服电机的控制框图。

[0061] 图3是曲柄滑块机构的结构简图。

[0062] 图4(a)是结点A位移曲线。

- [0063] 图 4 (b) 是结点 A 速度曲线。
- [0064] 图 4 (c) 是结点 A 加速度曲线。
- [0065] 图 5 是螺杆的分级射胶速度曲线。
- [0066] 图 6、图 7、图 8、图 9、图 10 是曲柄滑块模型分析图。
- [0067] 图 11 (a)、(b)、(c)、(d) 是图 7 四个加速度的三角分析图。
- [0068] 图 12 是控制系统的硬件组成框图。
- [0069] 图 13 是控制系统的主回路电路图。
- [0070] 图 14 是图 12 的光耦隔离电路图。
- [0071] 图 15 是正交式编码器的输出信号波形图。
- [0072] 图 16 是本发明另一种电动注塑机的曲柄滑块射胶装置的结构示意图。

### 具体实施方式

[0073] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

[0074] 实施例 1：

[0075] 如图 1 所示的电动注塑机的曲柄滑块射胶装置,包括机筒、螺杆、注射推动杆、曲柄转盘、伺服电机和控制系统,螺杆放置在机筒内,螺杆外端与注射推动杆铰接,注射推动杆与曲柄转盘铰接,伺服电机带动曲柄转盘,控制系统连接控制伺服电机。注射推动杆通过止推轴承与螺杆外端连接。

[0076] 图 1 中,1 为机筒,2 为螺杆,3 为注射推动杆,4 为曲柄转盘,5 为伺服电机。

[0077] 如图 2 所示,控制系统包括电脑控制器、PLC 控制器和射胶驱动器,电脑控制器、PLC 控制器通过 CAN 网络连接控制射胶驱动器,射胶驱动器连接控制伺服电机。

[0078] 所述电脑控制器的型号为 AMD Geode LX800,射胶驱动器为 DSP 控制器,DSP 控制器以 TMS320F2833X 控制器芯片为核心,TMS320F2833X 控制器芯片分别连接 CAN2 接口、I2C 键盘、EQEP 模块、编码器、PWM 模块与 A/D 模块,CAN2 接口连接 CAN 网络,A/D 模块连接控制伺服电机。

[0079] 所述伺服电机为永磁同步电机,编码器为永磁同步电机自带的 2500 脉冲/转的正交式编码器,正交式编码器安装在永磁同步电机转子轴上。

[0080] 电动注塑机的曲柄滑块射胶装置的控制方法,包括以下步骤：

[0081] (1) 根据模具容腔的容积量,确定螺杆的起始位置；

[0082] (2) 根据螺杆的起始位置,在电脑控制器里设定注射推动杆的起始角度；

[0083] (3) 根据需要在电脑控制器内将螺杆的射胶速度设定分为 4 段,射胶速度在每一段为恒速的,射胶速度的加速和减速为瞬间变化；如图 5 所示；

[0084] (4) 根据螺杆的速度、加速度、位移和曲柄转盘的角速度、位置的函数关系,射胶驱动器的编码器计算曲柄转盘的转速与位置,曲柄转盘的转速时刻变化,射胶驱动器通过伺服电机来调节曲柄转盘的转速和位置；

[0085] (5) 当注射推动杆到达死点,注射推动杆的射胶推力最大,螺杆达到注射的最大位移,熔料全部推入模具的熔腔中,结束。

[0086] 所述步骤(4)中,螺杆的速度、加速度、位移和曲柄转盘的角速度、位置的函数关系为：



[0087] 如图 3 所示, 设定曲柄转盘的中心点为 O 点, 注射推动杆与曲柄转盘的接点为 A 点, 注射推动杆与螺杆的接点为 B 点, 曲柄转盘的半径为 R, 注射推动杆长度为 L, OA 与水平线 OB 的夹角为  $\varphi$ , 曲柄转盘以角速度  $\omega$  作旋转运动, 逆时针方向为正, 得出螺杆的速度 V、加速度 a、位移 S 和曲柄转盘的角速度、位置的函数关系为:

[0088]

$$S = R + L - R \cos \varphi - \sqrt{L^2 - (R \sin \varphi)^2}$$

[0089]

$$V = R\omega \left( \sin \varphi + \frac{\cos \varphi (R \sin \varphi)}{\sqrt{L^2 - (R \sin \varphi)^2}} \right)$$

[0090]  $a = -R\omega^2 \left( \cos \varphi + \frac{R}{L} \cos 2\varphi \right)$  螺杆位移 S 以下死点为坐标原点。

[0091] 所述  $R=100\text{mm}$ ,  $L=2000\text{mm}$ ,

[0092] 当  $\varphi=180^\circ$ , S 取得最大值为 200mm,

[0093] 当  $\varphi=87^\circ$ , V 取得最大值为 3145.507mm/s,

[0094] 当  $\varphi=180^\circ$ , a 取得最大值为 93761.24mm/s<sup>2</sup>,

[0095] 在  $\varphi$  从  $0^\circ$  到  $180^\circ$  的过程中, 当注射推动杆与曲柄转盘相切时, 设  $\varphi = \theta$ ,  $\varphi$  从  $0^\circ$  到  $\theta$  的过程中, 注射推动杆做负功,  $\varphi$  从  $\theta$  到  $180^\circ$  的过程中, 注射推动杆做正功。

[0096] 所述步骤 (5) 中, 注射推动杆的最大射胶推力为  $F_{Ax}$ :  $F_{Ax} - f - ma = 0$ , 其中, f 为螺杆所受的摩擦力, m 为螺杆的质量, a 为螺杆的加速度。

[0097] 下面对本实施例进行详细的分析:

[0098] 采用曲柄滑块机构传动时, 机构传递的力和速度与注射推动杆的位置有关, 同时传递的运动是非线性的, 即滑块 (螺杆) 的运动速度和推力是位置的函数, 螺杆注射时的速度和注射力是变化的, 但这一特点非常适合注塑机的某些动作要求, 例如在注射过程中, 最初的充模需要高的注射速度, 而在注射将近结束时, 需要低的注射速度和高的注射压力。在设计曲柄滑块机构时, 可以根据曲柄和连杆的几何尺寸、曲柄的转动角速度和输入功率, 就可以得出滑块的移动速度、加速度、顶出力与滑块行程的相互关系, 进行结构设计和控制选择。由电机和曲柄滑块机构组成的注射驱动装置, 可以实现比液压系统驱动更高的注射速度, 所以非常适合成型薄壁制品。

[0099] 1、注塑机射胶机构

[0100] 全电动注塑机射胶伺服电机曲柄滑块机构是曲柄转盘旋转运动转变为螺杆的直线运动, 实现全电动注塑机射胶工艺。同时, 采用伺服电机驱动实现力的放大作用 (即滑块载荷随着  $\cos \varphi$  角的减少实现注射力增大作用), 满足射胶工艺瞬时峰值的要求。在曲柄滑块机构设计中, 动力学分析是注射机构非线性注射力分析基础。

[0101] 2、曲柄滑块机构运动特点分析

[0102] 在注塑机充模阶段, 注射速率和模腔压力是重要的控制参数。注射速率、模腔压力及注塑量可以通过控制螺杆的运动速度及运动位置来控制, 因此只有对螺杆移动电机实施精确控制才可完成注射过程的准确控制。由于曲柄滑块机构射胶电机注塑过程的非线性特点, 注射成型变为复杂控制。

[0103] 2.1 运动简图

[0104] 如图 3 所示, O 点——曲柄旋转中心, A 点——连杆与曲柄的接点, B 点——连杆与滑块的连接点, OA——曲柄半径 R, AB——连杆长度 L。图中, 曲柄以角速度  $\omega$  作旋转运动, 通常设逆时针方向为正。

[0105] 2.2 坐标系建立

[0106] 按曲柄滑块机构工作状态建立坐标系: 滑块位移 S 以下死点为坐标原点; 在同一个直角坐标系中, 速度 V 向下为正(同工作方向一致), 加速度 a 的正方向与速度方向相同。以曲柄的转角  $\varphi$  为  $0^\circ$  时的 A 为死点, 按逆时针方向递增。

[0107] 2.3 公式推导

[0108] 滑块位移、速度和加速度方程为:

$$[0109] \quad \vec{S} = \overline{B_0 B} \vec{V} = \frac{d\vec{S}}{dt} \vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt} \vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt}$$

[0110]

$$S = \sqrt{(R+L)^2 - (R \cos \varphi + L \cos \beta)} \quad (1)$$

[0111]

$$L \sin \beta = R \sin \varphi \quad (2)$$

[0112] 联立(1)、(2)解得:

[0113]

$$S = \sqrt{(R+L)^2 - R \cos \varphi - \sqrt{L^2 - (R \sin \varphi)^2}} \quad (3)$$

[0114]

$$V = -\frac{dS}{dt} = -\frac{dS}{d\varphi} \frac{d\varphi}{dt} \quad (4)$$

[0115]

$$= -(R \sin \varphi + \frac{R \cos \varphi (R \sin \varphi)}{\sqrt{L^2 - (R \sin \varphi)^2}}) \frac{d\varphi}{dt} \quad (4)$$

[0116]

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} \quad (5)$$

[0117] 联立式(4)、(5)得:

[0118]

$$V = R\omega(\sin \varphi + \frac{\cos \varphi (R \sin \varphi)}{\sqrt{L^2 - (R \sin \varphi)^2}}) \quad (6)$$

[0119]

$$a = \frac{dV}{dt} = \frac{dV}{d\varphi} \frac{d\varphi}{dt}$$

[0120] 为简化计算, 在实际应用中, 由于 R 相对于 L 很小, 可令式(6)中:

[0121]

$$\sqrt{L^2 - (R \sin \varphi)^2} \approx L$$

[0122]

$$a = -R\omega^2 \left( \cos \varphi + \frac{R}{L} \cos 2\varphi \right) \quad (7)$$

[0123] 由上可见,曲柄滑块机构的位移、速度、加速度,可分别按式(3)、(6)、(7)方程计算。

[0124] 滑块(螺杆)的位移、速度、加速度方程则有:

[0125]

$$S = R + L - R \cos \varphi - \sqrt{L^2 - (R \sin \varphi)^2}$$

[0126]

$$V = R\omega \left( \sin \varphi + \frac{\cos \varphi (R \sin \varphi)}{\sqrt{L^2 - (R \sin \varphi)^2}} \right) \quad (8)$$

[0127]

$$a = -R\omega^2 \left( \cos \varphi + \frac{R}{L} \cos 2\varphi \right)$$

[0128] 2.4 运动曲线与速度特征

[0129] 当电动注塑机曲柄半径  $R=100\text{mm}$ , 连杆长度  $L=2000\text{mm}$ , 曲柄转速  $n=300\text{r/min}$ , 将结点 A 的位移、速度、加速度方程用曲线表示为图 4 所示。

[0130] 从位移曲线图、速度曲线图和加速度曲线图可以看出,这种位移、速度和加速度特征,对其受力特征同样会有影响。在注塑机射胶行程工作区间内,由电机驱动螺杆射胶位移从下表看出, $\varphi$ 从  $0^\circ - 180^\circ$  产生射胶位移 S 数值。

[0131]

| 角度<br>$\varphi$ | 位移<br>S (mm) | 速度 V<br>(mm/s) | 加速度 a<br>(mm/s <sup>2</sup> ) | 角度<br>$\varphi$ | 位移<br>S (mm) | 速度 V<br>(mm/s) | 加速度 a<br>(mm/s <sup>2</sup> ) |
|-----------------|--------------|----------------|-------------------------------|-----------------|--------------|----------------|-------------------------------|
| 0               | 0            | 0              | -103631                       | 91              | 104.246      | 3138.37        | 6654.28                       |
| 1               | 0.015992     | 57.56935       | -103613                       | 92              | 105.9885     | 3134.193       | 8367.224                      |
| 2               | 0.063962     | 115.1187       | -103559                       | 93              | 107.7283     | 3129.067       | 10073.12                      |
| 3               | 0.143894     | 172.6279       | -103469                       | 94              | 109.465      | 3122.996       | 11771.47                      |
| 4               | 0.25576      | 230.0771       | -103342                       | 95              | 111.1981     | 3115.983       | 13461.76                      |
| 5               | 0.399521     | 287.4463       | -103180                       | 96              | 112.9271     | 3108.033       | 15143.51                      |
| 6               | 0.575126     | 344.7154       | -102982                       | 97              | 114.6513     | 3099.152       | 16816.24                      |
| 7               | 0.782516     | 401.8647       | -102749                       | 98              | 116.3704     | 3089.344       | 18479.47                      |
| 8               | 1.021617     | 458.8742       | -102479                       | 99              | 118.0838     | 3078.615       | 20132.74                      |
| 9               | 1.292346     | 515.7242       | -102174                       | 100             | 119.7909     | 3066.97        | 21775.59                      |
| 10              | 1.59461      | 572.395        | -101834                       | 101             | 121.4913     | 3054.416       | 23407.56                      |
| 11              | 1.928304     | 628.867        | -101458                       | 102             | 123.1845     | 3040.958       | 25028.23                      |
| 12              | 2.293311     | 685.1206       | -101047                       | 103             | 124.87       | 3026.603       | 26637.15                      |
| 13              | 2.689505     | 741.1363       | -100602                       | 104             | 126.5473     | 3011.358       | 28233.91                      |
| 14              | 3.116748     | 796.8949       | -100122                       | 105             | 128.2158     | 2995.23        | 29818.08                      |
| 15              | 3.574893     | 852.3772       | -99606.7                      | 106             | 129.8751     | 2978.225       | 31389.27                      |
| 16              | 4.063779     | 907.564        | -99057.7                      | 107             | 131.5248     | 2960.351       | 32947.07                      |

[0132]

|    |          |          |          |     |          |          |          |
|----|----------|----------|----------|-----|----------|----------|----------|
| 17 | 4.583239 | 962.4364 | -98474.6 | 108 | 133.1643 | 2941.615 | 34491.09 |
| 18 | 5.133091 | 1016.976 | -97857.9 | 109 | 134.7931 | 2922.026 | 36020.97 |
| 19 | 5.713147 | 1071.163 | -97207.6 | 110 | 136.4108 | 2901.591 | 37536.31 |
| 20 | 6.323204 | 1124.98  | -96524.2 | 111 | 138.0169 | 2880.319 | 39036.77 |
| 21 | 6.963052 | 1178.408 | -95808   | 112 | 139.611  | 2858.217 | 40521.99 |
| 22 | 7.632471 | 1231.429 | -95059.2 | 113 | 141.1926 | 2835.294 | 41991.62 |
| 23 | 8.331228 | 1284.026 | -94278.2 | 114 | 142.7612 | 2811.56  | 43445.32 |
| 24 | 9.059084 | 1336.179 | -93465.3 | 115 | 144.3164 | 2787.023 | 44882.78 |
| 25 | 9.815787 | 1387.873 | -92621   | 116 | 145.8577 | 2761.692 | 46303.67 |
| 26 | 10.60108 | 1439.089 | -91745.6 | 117 | 147.3848 | 2735.576 | 47707.67 |
| 27 | 11.41468 | 1489.81  | -90839.4 | 118 | 148.8971 | 2708.686 | 49094.49 |
| 28 | 12.25633 | 1540.019 | -89902.9 | 119 | 150.3943 | 2681.029 | 50463.84 |
| 29 | 13.12572 | 1589.699 | -88936.6 | 120 | 151.8759 | 2652.618 | 51815.42 |
| 30 | 14.02256 | 1638.835 | -87940.7 | 121 | 153.3415 | 2623.46  | 53148.97 |
| 31 | 14.94654 | 1687.409 | -86915.8 | 122 | 154.7907 | 2593.567 | 54464.21 |
| 32 | 15.89735 | 1735.406 | -85862.3 | 123 | 156.2231 | 2562.948 | 55760.88 |
| 33 | 16.87466 | 1782.81  | -84780.6 | 124 | 157.6383 | 2531.615 | 57038.74 |
| 34 | 17.87814 | 1829.606 | -83671.3 | 125 | 159.0359 | 2499.577 | 58297.53 |
| 35 | 18.90744 | 1875.777 | -82534.9 | 126 | 160.4155 | 2466.845 | 59537.02 |
| 36 | 19.96222 | 1921.31  | -81371.7 | 127 | 161.7767 | 2433.43  | 60756.98 |
| 37 | 21.04211 | 1966.189 | -80182.4 | 128 | 163.1192 | 2399.343 | 61957.19 |
| 38 | 22.14675 | 2010.401 | -78967.4 | 129 | 164.4425 | 2364.594 | 63137.44 |
| 39 | 23.27576 | 2053.93  | -77727.2 | 130 | 165.7464 | 2329.196 | 64297.51 |
| 40 | 24.42876 | 2096.763 | -76462.5 | 131 | 167.0304 | 2293.159 | 65437.22 |
| 41 | 25.60537 | 2138.888 | -75173.6 | 132 | 168.2942 | 2256.495 | 66556.37 |
| 42 | 26.80517 | 2180.289 | -73861.3 | 133 | 169.5375 | 2219.214 | 67654.77 |
| 43 | 28.02777 | 2220.955 | -72526   | 134 | 170.7599 | 2181.33  | 68732.26 |
| 44 | 29.27276 | 2260.873 | -71168.2 | 135 | 171.9611 | 2142.852 | 69788.64 |
| 45 | 30.53971 | 2300.03  | -69788.6 | 136 | 173.1407 | 2103.794 | 70823.77 |
| 46 | 31.82821 | 2338.415 | -68387.8 | 137 | 174.2985 | 2064.167 | 71837.48 |
| 47 | 33.13781 | 2376.016 | -66966.3 | 138 | 175.4341 | 2023.982 | 72829.63 |

[0133]

|    |          |          |          |     |          |          |          |
|----|----------|----------|----------|-----|----------|----------|----------|
| 48 | 34.46808 | 2412.822 | -65524.7 | 139 | 176.5473 | 1983.253 | 73800.06 |
| 49 | 35.81857 | 2448.821 | -64063.6 | 140 | 177.6377 | 1941.99  | 74748.64 |
| 50 | 37.18884 | 2484.003 | -62583.7 | 141 | 178.705  | 1900.207 | 75675.23 |
| 51 | 38.57842 | 2518.358 | -61085.4 | 142 | 179.7489 | 1857.915 | 76579.71 |
| 52 | 39.98686 | 2551.875 | -59569.5 | 143 | 180.7692 | 1815.126 | 77461.95 |
| 53 | 41.41368 | 2584.545 | -58036.5 | 144 | 181.7656 | 1771.854 | 78321.84 |
| 54 | 42.85842 | 2616.359 | -56487.1 | 145 | 182.7378 | 1728.11  | 79159.26 |
| 55 | 44.32059 | 2647.307 | -54921.9 | 146 | 183.6857 | 1683.907 | 79974.12 |
| 56 | 45.79971 | 2677.382 | -53341.5 | 147 | 184.6088 | 1639.258 | 80766.3  |
| 57 | 47.29529 | 2706.574 | -51746.6 | 148 | 185.507  | 1594.175 | 81535.72 |
| 58 | 48.80685 | 2734.876 | -50137.7 | 149 | 186.38   | 1548.67  | 82282.27 |
| 59 | 50.33388 | 2762.281 | -48515.5 | 150 | 187.2276 | 1502.758 | 83005.88 |
| 60 | 51.87588 | 2788.78  | -46880.6 | 151 | 188.0497 | 1456.449 | 83706.46 |
| 61 | 53.43235 | 2814.368 | -45233.7 | 152 | 188.8458 | 1409.758 | 84383.93 |
| 62 | 55.00279 | 2839.038 | -43575.5 | 153 | 189.616  | 1362.697 | 85038.22 |
| 63 | 56.58667 | 2862.783 | -41906.5 | 154 | 190.3599 | 1315.278 | 85669.25 |
| 64 | 58.18348 | 2885.598 | -40227.3 | 155 | 191.0773 | 1267.516 | 86276.96 |
| 65 | 59.79271 | 2907.477 | -38538.7 | 156 | 191.7682 | 1219.422 | 86861.3  |
| 66 | 61.41384 | 2928.415 | -36841.3 | 157 | 192.4322 | 1171.01  | 87422.19 |
| 67 | 63.04633 | 2948.408 | -35135.6 | 158 | 193.0692 | 1122.293 | 87959.58 |
| 68 | 64.68967 | 2967.451 | -33422.4 | 159 | 193.6791 | 1073.284 | 88473.42 |
| 69 | 66.34332 | 2985.54  | -31702.2 | 160 | 194.2617 | 1023.996 | 88963.67 |
| 70 | 68.00676 | 3002.672 | -29975.8 | 161 | 194.8169 | 974.4422 | 89430.27 |
| 71 | 69.67945 | 3018.842 | -28243.6 | 162 | 195.3444 | 924.6354 | 89873.18 |
| 72 | 71.36085 | 3034.049 | -26506.4 | 163 | 195.8442 | 874.5892 | 90292.36 |
| 73 | 73.05043 | 3048.289 | -24764.8 | 164 | 196.3161 | 824.3166 | 90687.78 |
| 74 | 74.74766 | 3061.561 | -23019.4 | 165 | 196.7601 | 773.8308 | 91059.39 |
| 75 | 76.45199 | 3073.861 | -21270.8 | 166 | 197.1759 | 723.1451 | 91407.18 |
| 76 | 78.16288 | 3085.19  | -19519.6 | 167 | 197.5635 | 672.2728 | 91731.1  |
| 77 | 79.8798  | 3095.544 | -17766.4 | 168 | 197.9228 | 621.2271 | 92031.13 |
| 78 | 81.60219 | 3104.925 | -16011.9 | 169 | 198.2537 | 570.0213 | 92307.25 |

[0134]

|                 |              |                |                               |                 |              |                |                               |
|-----------------|--------------|----------------|-------------------------------|-----------------|--------------|----------------|-------------------------------|
| 79              | 83.32953     | 3113.33        | -14256.6                      | 170             | 198.5562     | 518.6686       | 92559.43                      |
| 80              | 85.06127     | 3120.76        | -12501.2                      | 171             | 198.83       | 467.1825       | 92787.66                      |
| 81              | 86.79686     | 3127.214       | -10746.2                      | 172             | 199.0752     | 415.5762       | 92991.9                       |
| 82              | 88.53577     | 3132.694       | -8992.2                       | 173             | 199.2917     | 363.863        | 93172.16                      |
| 83              | 90.27745     | 3137.2         | -7239.8                       | 174             | 199.4795     | 312.0563       | 93328.41                      |
| 84              | 92.02137     | 3140.732       | -5489.58                      | 175             | 199.6385     | 260.1694       | 93460.64                      |
| 85              | 93.76698     | 3143.293       | -3742.1                       | 176             | 199.7686     | 208.2157       | 93568.85                      |
| 86              | 95.51374     | 3144.884       | -1997.91                      | 177             | 199.8698     | 156.2086       | 93653.02                      |
| 87              | 97.26111     | 3145.507       | -257.583                      | 178             | 199.9421     | 104.1613       | 93713.14                      |
| 88              | 99.00857     | 3145.164       | 1478.339                      | 179             | 199.9855     | 52.08735       | 93749.22                      |
| 89              | 100.7556     | 3143.859       | 3209.313                      | 180             | 200          | 3.66E-13       | 93761.24                      |
| 90              | 102.5016     | 3141.593       | 4934.802                      |                 |              |                |                               |
| 角度<br>$\varphi$ | 位移<br>S (mm) | 速度 V<br>(mm/s) | 加速度 a<br>(mm/s <sup>2</sup> ) | 角度<br>$\varphi$ | 位移<br>S (mm) | 速度 V<br>(mm/s) | 加速度 a<br>(mm/s <sup>2</sup> ) |

[0135] 因此,  $\varphi$  在  $90^\circ - 0^\circ$  时, 急进特征越大。这种结构可用于电动注塑机射胶工艺要求速度需要放慢, 而接近  $180^\circ$  的速度慢时需要射胶速度加快。当然, 不论  $\varphi$  在什么角度, 滑块一个工作周期的时间相等 ( $t = \frac{\pi}{\omega}$ )。

[0136] 射胶行程 S 与半径 R 有关, 最大射胶行程是 R 的两倍, 射胶位移与  $\varphi$  角是非线性关系, 相应的速度与加速度也是与  $\varphi$  角成非线性关系, 见公式 (8)。

[0137] 3、射胶速度分析

[0138] 在填充阶段, 注射速度的控制是最重要的一个环节。注射速度, 也就是融化的胶体进入模腔的速度。诸如溶结纹, 飞边, 打不满等问题都和注射速度密切相关。根据模具的不同设计合理的注射速度曲线可以得到具有最小热变型和良好填充力的产品。同时合理的注射速度曲线可以减少生产时间, 提高生产效率。如图 5 所示, 在 1 阶段, 为了缩短填充时间, 应使熔胶以较高的速度填满注射流道。在 2 阶段, 当熔胶通过模腔口时为了防止喷射, 应使注射速度下降。然后在 3 阶段, 加快注射速度使胶体迅速充满模腔。最后, 在 4 阶段, 为了防止过度填压和飞边, 降低注射速度。

[0139] 如图 6 所示: 运动学分析, 滑块做平动, 连杆 AB 做平面运动, BC 杆做定轴转动。

[0140] ◆速度合成分析

[0141] 首先对 AB 杆做速度合成, 求 B 点的速度, 假设以 A 点为基点, 所以 AB 的运动可分解为: 随 A 的平动和绕 A 的转动, 由点的速度合成定理可以得到:

$$[0142] \quad V_B \sin \alpha = V_A + V_{AB} \sin \beta \quad (2-18)$$

$$[0143] \quad V_B \cos \alpha = V_{AB} \cos \beta \quad (2-19)$$

[0144] 其中,  $V_A$  是滑块平动的速度;

[0145]  $V_B$  是 B 点的速度；

[0146]  $V_{AB}$  是 B 点相对 A 点的相对运动速度；

[0147] 由正弦定理可知：

$$[0148] \frac{L_{BC}}{\sin \beta} = \frac{L_{AB}}{\sin(\pi - \alpha)} \quad (2-20)$$

[0149] 由 (2-18)、(2-19)、(2-20) 得 B 点的速度大小为：

$$[0150] V_B = \frac{V_A \sqrt{L_{AB}^2 - L_{BC}^2 \sin^2 \alpha}}{\sin \alpha \sqrt{L_{AB}^2 - L_{BC}^2 \sin^2 \alpha} - L_{BC} \sin \alpha \cos \alpha} \quad (2-21)$$

[0151] 由于  $V_B = L_{BC} \omega_{BC}$ ，所以 BC 杆的角速度为：

$$[0152] \omega_{BC} = \frac{V_A \sqrt{L_{AB}^2 - L_{BC}^2 \sin^2 \alpha}}{\sin \alpha L_{BC} \sqrt{L_{AB}^2 - L_{BC}^2 \sin^2 \alpha} - L_{BC}^2 \sin \alpha \cos \alpha} \quad (2-22)$$

$$[0153] V_{AB}^2 = \frac{V^2 L_{AB}^2 \cos^2 \alpha}{\sin^2 \alpha (L_{AB}^2 - L_{BC}^2 - 2L_{BC} \cos \alpha \sqrt{L_{AB}^2 - L_{BC}^2 \sin^2 \alpha})} \quad (2-23)$$

[0154] 又因为  $V_{AB} = L_{AB} \omega_{AB}$ ，代入 (2-23) 得 AB 杆的角速度为：

$$[0155] \omega_{AB}^2 = \frac{V^2 \cos^2 \alpha}{\sin^2 \alpha (L_{AB}^2 - L_{BC}^2 - 2L_{BC} \cos \alpha \sqrt{L_{AB}^2 - L_{BC}^2 \sin^2 \alpha})} \quad (2-25)$$

[0156] 其中  $\omega_{BC}$  是 BC 杆的转动角速度， $\omega_{AB}$  是 AB 杆的转动角速度。

[0157] ◆加速度合成分析

[0158] 如图 7 所示，再对 AB 杆做加速度合成分析，对 B 点做加速度分析。B 点绕 C 点做定轴转动。

[0159] 根据加速度合成定理，投影到 x, y 轴上得到方程：

$$[0160] a_{Bn} \cos \alpha + a_{B\tau} \sin \alpha = a_A + a_{ABn} \cos \beta + a_{AB\tau} \sin \beta \quad (2-26)$$

$$[0161] a_{Bn} \sin \alpha + a_{B\tau} \cos \alpha = a_{ABn} \sin \beta + a_{AB\tau} \cos \beta \quad (2-27)$$

[0162] 其中， $a_A$  为 A 点的加速度；

[0163]  $a_{B\tau}$  为 B 点的切向加速度；

[0164]  $a_{Bn}$  为 B 点的法向加速度；

[0165]  $a_{AB\tau}$  为 B 点相对 A 点的切向加速度；

[0166]  $a_{ABn}$  为 B 点相对 A 点的法向加速度。

[0167] 又因为：

$$[0168] a_{ABn} = \omega_{AB}^2 L_{AB} \quad (2-28)$$

$$[0169] a_{Bn} = \omega_{BC}^2 L_{BC} \quad (2-29)$$

[0170] 由 (2-26)、(2-27)、(2-28)、(2-29) 可求得 B 点的加速度：

$$[0171] a_{B\tau} = f(a_A, \alpha) \quad (2-30)$$

$$[0172] a_{AB\tau} = f(a_A, \alpha) \quad (2-31)$$



[0173] 上式为隐式表达式,可以看出  $a_{B\tau}$  为关于  $a_A$  与  $\alpha$  的函数,  $a_{AB\tau}$  为关于  $a_A$  与  $\alpha$  的函数。

[0174] 4、注射压力分析

[0175] ◆动力学分析

[0176] 如图 8 所示,滑块、连杆 AB 及 BC 的受力分析。对滑块,假设摩擦系数为  $\mu$ ,有摩擦力  $f$ 。

[0177] 所以由动静法得到:

$$[0178] \quad N - F_{Ay} - mg = 0 \quad (2-32)$$

$$[0179] \quad F_{Ax} - f - ma_A = 0 \quad (2-33)$$

[0180] 又因为摩擦力:

$$[0181] \quad f = N\mu \quad (2-34)$$

[0182] 由 (2-32)、(2-33)、(2-34) 得到:

[0183]  $F_{Ax} = ma_A + (f_{Ay} + mg)\mu$ , 即:

$$[0184] \quad F_{Ax} = f(a_A, F_{Ay}) \quad (2-35)$$

[0185] 连杆 AB 的动力学分析,由动静法得:

$$[0186] \quad F_{Bx} - F_{Ax} - m_{AB} \left( \frac{1}{2} a_{B\tau} \sin\alpha + \frac{1}{2} a_{Bn} \cos\alpha \right) = 0 \quad (2-36)$$

$$[0187] \quad F_{By} - F_{Ay} - m_{AB} \left( \frac{1}{2} a_{B\tau} \cos\alpha + \frac{1}{2} a_{Bn} \sin\alpha \right) = 0 \quad (2-37)$$

$$[0188] \quad F_{Bx} L_{AB} \sin\beta - F_{By} L_{AB} \cos\beta - m_{AB} g L_{AB} \cos\beta / 2 - J_{AB} \varepsilon = 0 \quad (2-38)$$

[0189]  $\varepsilon$  为 AB 的角加速度,为  $a_{B\tau} / L_{AB}$ , 由 (2-35)、(2-36)、(2-37)、(2-38) 得到:

$$[0190] \quad F_{Ay} = f(a_A, \alpha) \quad (2-39)$$

$$[0191] \quad F_{By} = f(a_A, \alpha) \quad (2-40)$$

$$[0192] \quad F_{Bx} = f(a_A, \alpha) \quad (2-41)$$

[0193] 对 BC 杆做动力学分析,假设电机经过减速器后的扭矩为  $M$ 。

$$[0194] \quad M - F_{Bx} L_{BC} \sin\alpha - F_{By} L_{BC} \cos\alpha - m_{BC} g L_{BC} \cos\alpha / 2 - J_{BC} \varepsilon_{BC} = 0 \quad (2-42)$$

$$[0195] \quad \varepsilon_{BC} = a_{B\tau} / L_{BC} \quad (2-43)$$

$$[0196] \quad \text{得到: } M = f(a_A, \alpha) \quad (2-44)$$

[0197] 可以看出,  $M$  为关于  $a_A$  与  $\alpha$  的函数。

[0198] ◆进一步讨论

[0199] 下面结合注射过程,分析程序的算法,以达到控制的要求:

[0200] 如图 9 和图 10 所示,对于速度控制,在射胶过程中,螺杆的速度是设定的,即  $V_A$  是给定的,根据

$$[0201] \quad \omega_{BC} = \left( V_A \sin\alpha - \frac{V_A L_{BC} \cos\alpha \sin\alpha}{\sqrt{L_{AB}^2 - L_{BC}^2 \sin^2\alpha}} \right) / L_{BC} \quad (2-22)$$

[0202] 可知,对于曲柄滑块机构,BC 杆与水平线不同的夹角  $\alpha$ ,对应电机不同的转速。这是一组时变、非线性关系,根据不同的  $\alpha$  来改变电机转速,从而使机构输出接近设定的螺

杆速度。

[0203] 对于压力控制,在射胶过程中,料筒内的注射压力是设定的,即  $P$  为设定值。根据 (2-33)  $F_{Ax} - f - ma_A = 0$ , 又因为:

$$[0204] \quad F_{Bx}/S=p \quad (2-45)$$

[0205] 其中,  $S$  为螺杆的截面积。

$$[0206] \quad \text{所以可得到: } a_A = f(p, \alpha) \quad (2-46)$$

$$[0207] \quad \text{所以由 (2-44) 可得到: } M=f(p, \alpha) \quad (2-47)$$

[0208] 通过上述隐式关系,对于曲柄滑块机构,  $BC$  杆与水平线不同的夹角  $\alpha$ , 对应电机不同的转矩。这同样也是一组时变、非线性关系,可以通过不同的  $\alpha$  来改变电机的扭矩(电机工作在扭矩模式下),从而使机构输出接近设定的料筒内的压力。

[0209] 如果从能量的角度去分析注射的运动过程,电机运动提供的能量等于滑块带动负载运动动能和摩擦损耗,注射功之和。可以用下式表示:

$$[0210] \quad E = PV_c - f l + \int M d\alpha \quad (2-48)$$

[0211] 式中,  $E$  包含螺杆的动能,传动机械的动能;  $PV_c$  为注射功,其中  $V_c$  为注射容积;  $f l$  为摩擦力做功,  $M$  为电机转矩。

[0212] 图 11 的四个三角形表示图 7 的各加速度的关系,设  $C$  表示  $a_{B\tau}$ ,  $C'$  表示  $a_{Bn}$ ,  $c$  表示  $a_{ABn}$ ,  $c'$  表示  $a_{AB\tau}$ 。由图中可以看出,图 a 和图 b 中的三角形为相似三角形,图 c 和图 d 中的

三角形也同样为相似三角形。设  $x = \frac{a_{B\tau}}{a_{Bn}}$ ,  $y = \frac{a_{AB\tau}}{a_{ABn}}$ 。则根据式 (2-26) 和 (2-27),

可以得到如下关系:

$$[0213] \quad \frac{x B^1 + A^1}{x A^1 + B^1} = \frac{a_A + a + y b}{b + y a} \quad (2-47)$$

$$[0214] \quad \text{则 } xy = \frac{a_{B\tau}}{a_{Bn}} \cdot \frac{a_{AB\tau}}{a_{ABn}} \quad \text{它反映了动能传递过程中,用于绕定轴运动和直线运动的}$$

能量分配关系。结合式 (2-28)、式 (2-29)、式 (2-47) 就可以得到电机所需要做功总和。

[0215] 5、电动注塑机伺服电机、射胶驱动器主要参数

[0216] 射胶位置控制:精确到 0.01mm

[0217] 电机齿轮减速箱传动比 1:30

[0218] 射出机构采用非线性系统,无需滚珠丝杆。噪音低,保压压力和时间不受限制。比较传统的丝杆射出机构有优势。全电动注塑机动力源为伺服电机驱动,与液压驱动的同等机型比较,耗电量约减少 50%。

[0219] 50 吨射胶机械主要设计参数:

[0220]

| 项目   | 单位 | 参数 |
|------|----|----|
| 螺杆直径 | mm | 20 |

|        |      |      |
|--------|------|------|
| 螺杆长径比  |      | 24.2 |
| 实际射出量  | g    | 95   |
| 最大射出压力 | MPa  | 250  |
| 最大射出速度 | mm/s | 315  |
| 塑化能力   | g/s  | 3.8  |
| 螺杆转速   | rpm  | 366  |

[0221] 50 吨电动注塑机伺服电机参数 :永磁同步电机

[0222] 额定电压 :325V, 额定电流 :23.3A, 额定功率 :5.9KW, 最大转速 :3000rpm。

[0223] 额定输出电流 : $I_{out\ nom}$ :25Arms 最大输出电流 : $I_{out\ max}$ :70A

[0224] 电压恒定 :0.891Vs IP :64

[0225] 控制扭矩 :36.0NM 背压峰值 :105NM

[0226] 要求 :速度闭环控制 ;扭矩闭环控制(与压力传感器配合) ;角度(位置)闭环控制 ;堵转扭矩输出控制。

[0227] 6. 控制系统的硬件设计

[0228] 本专利以 TMS320F2833X 为核心控制器的控制系统硬件电路的设计,包括主回路电路、功率驱动回路、速度和位置检测电路以及通讯接口电路的设计,包括选用主控芯片的特点和性能,分主回路和控制系统两部分介绍相对应实现过程。

[0229] 射胶驱动器采用了全数字化系统结构,控制系统的主要控制理论也采用了现代的矢量控制思想,它实现了电流向量的幅值控制和相位控制。

[0230] 本专利主要内容是基于 DSP 芯片 TMS320F2833X 的永磁电机数字交流伺服控制系统的硬件设计,控制系统主要由主电路、控制电路、驱动电路和辅助电路等构成。

[0231] 主电路采用交-直-交电压型电路,由整流电路、滤波电路以及智能功率模块 IPM 逆变电路组成,控制部分以 TMS320F2833X 控制器芯片为核心,用来完成电流环、位置环、速度环的算法实现、空间矢量(SVPWM)的产生等。辅助电路由速度检测电路、电流检测电路、键盘、LED 显示以及串行通信电路等组成,实现交流电动机的转速检测、电流检测以及上位机的监控,其总体框架如图 12 所示。

[0232] 从图 12 中可以看出,DSP 控制器负责电流检测 A/D 转换、根据编码器计算伺服电机的转速和位置,最后运用矢量控制算法,得到电压空间矢量的 SVPWM 控制信号,再经过光耦隔离电路后,驱动 IPM 功率开关器件。DSP 控制器还负责系统的监控,外围接口电路通讯。

[0233] TMS320F2833X 芯片数字信号处理器是 TI 公司的一款浮点 DSP 控制器。作为 C2000 家族的首款浮点内核的数字信号处理器,它具有实时高精度的浮点数处理能力,丰富的外设模块如 PWM(Pulse Width Modulation)、DAC(Digital-to-Analog Converter)来完成相应的控制功能,以及完善的通信能力。先进的内部和外设结构使得该处理器特别适合性能伺服系统、有源电力滤波器等大量浮点运算的场合。

[0234] TMS320F2833X 采用 176 引脚,88 个可编程复用 IO 口。其主要性能如下 :

[0235] DSP 电压:高性能静态 CMOS 技术,内核电压为 1.8V,主频 150MHz (指令周期 6.67ns),芯片使用 3.3V 电源供电,芯片的功耗更低;

[0236] CPU:TMS320F2833X 指令集 C28x 为内核 32 位 CPU,有 8 级流水线指令结构,最高频率 150MHz。

[0237] FPU:支持 IEEE-754 单精度(32 位)浮点运算。

[0238] 存储器:片上集成 256K×16 的 FLASH 存储器,34K×16Bit 的 SARAM 存储器,1K×160TPROM,8K×16 数学运算表的 Boot ROM。外部总线控制接口 XINTF,支持 2M×16 片外存储器寻址空间。

[0239] 中断:CPU 内核有 INT1 ~ 14 及 NMI 共 15 个中断源,F2833X 通过中断管理单元 PIE 复用中断。

[0240] PWM 模块:可实现 6 对共 12 路 PWM 输出;支持 6 通道 12 路互补 PWM 输出,具有死区设置功能;最多支持 6 路高分辨率脉宽调制模块(HRPWM)输出、6 路外部事件捕获输入以及 2 通道正交编码调制模块。

[0241] A/D 模块:集成 16 个转换通道的 12 位 A/D 转换器,16 通道采用两组 8 通道的多路复用方式,每组通道具有 1 个采样保持器,支持单组采样和两组同步采样的工作模式。ADC 转换时间 80ns。

[0242] TMS320F2833X 集成了 2 通道 CAN2 接口,3 路带有 16 级 FIFO 的全双工异步串口,3 通道 I2C 总线接口,1 通道 SPI 接口,2 通道 McBSP 接口以及 1 个看门狗定时器。

[0243] TMS320F2833X 采用事件管理器,用 TMS320F2833X 的 EQEP 模块捕捉单元可方便实现不同方式的测速。

[0244] 控制系统主回路

[0245] 控制系统主回路是进行能量交换、驱动电机工作的强电电路,主电路通常采用交-直-交电压型逆变器形式,先将交流电变成直流电(整流、滤波),再将直流电转变成频率可调的正弦波交流电(逆变)。主要部分有整流滤波和逆变环节,其电路图如图 13 所示。

[0246] 图 12 的整流滤波:

[0247] 整流电路可分为单相桥式和三相桥式两种形式,采用单相 220V 交流电输入,主要是由图 12 的逆变器所驱动的伺服电机的功率和额定电流决定的,选择系列中合适的型号并一定注意两倍的裕量。

[0248] 系统整流桥采用 GBJ2510,参数选择标准如下:

[0249] 额定电流:通常在相电流峰值的 2 倍。

[0250] 额定电压:通常在经二极管不可控整流、滤波后得到的直流电压 Ud 的 2 倍裕量。

[0251] 该整流模块可以满足电机瞬时高达 350A 电流,耐压达 1000V。

[0252] 滤波电容 Cr (图 13):经整流电路输出的电压是脉动的直流电压,必须通过滤波电容加以滤波。滤波电容的作用是:除了稳压和滤除整流后的电压脉动,还可对逆变部分及负载变化产生的电压脉动经行滤除。这里选用的滤波电容是耐高压的大容量的电解电容。

[0253] 在每个周期根据电容吸收的能量可以计算出电容的容量:

$$[0254] \quad E = \frac{P_{out}}{nf} = \frac{1}{2} C_m (U_{pk}^2 - U_{min}^2) \quad (3-1)$$

[0255] 式中,Pout 为电机输出功率,U<sub>pk</sub> 为峰值电压,C<sub>m</sub> 为滤波所需的电容值,n 为电源功

率因数。

[0256] 主回路(图 13)工作时,由于 IGBT (图 12)的开关频率很高,开关动作时会在直流环节上引起电流突变,同时由于主电路杂散电感的存在,会在 IGBT 的发射极和集电极以及直流母线上会出现高频的尖峰电压毛刺,会影响系统的工作,严重时还会损耗 IGBT,所以在直流环节上加了一个吸收电路,由电阻  $R_L$  (图 13)和电容  $C_L$  (图 13)串联组成。

[0257] 另外由于输入电压高,电容容量大,因此在接通电网瞬间会产生很大的浪涌冲击电流,一般浪涌电流值为稳态电流的数十倍。所以在整流桥后加入由限流电阻  $R_a$  (图 13)和继电器  $K$  (图 13)组成的输入软启动电路,在刚接通电源的一段时间里,在电路内串入限流电阻,作用是:将电容器的充电电流限制在允许的范围内。经过一定延时以后,用继电器动作来切断电阻。

[0258] 此外,伺服电机制动运行时,电机转子轴系上的动能和电机电感的贮能都要以电能的形式回馈到直流电源给电容  $C_r$  充电,导致电容电压迅速升高,若此电压升高得过多,会造成主回路开关器件和电容  $C_r$  的损坏。现在的 IPM 模块都集成能耗制动回路。

[0259] PWM 模块(功率驱动模块):

[0260] 功率变换部分是控制系统的重要组成部分,在功率变换单元的设计中,功率电子开关的选择很重要,其 PWM 调制方式、开关频率及饱和压降直接关系电机定子电流的谐波含量,从而对伺服电机的性能产生影响。除此之外,整个控制系统的可靠特性主要取决于功率变换单元的安全保护。

[0261] 在大功率电力电子器件应用中,IGBT 已取代 GTR 和 MOSFET 成为主流。IGBT 的优点在于输入阻抗高、开关损耗小、饱和压降低、通断速度快、热稳定性能好,耐高压且承受大电流、驱动电路简单。目前,由 IGBT 单元构成的功率模块正在向智能功率模块 IPM(Intelligent Power Module)发展。

[0262] IPM 按是否集成制动回路可以分为六单元 IPM 和七单元 IPM。六管功率桥的上桥臂(P-side)三个功率管的栅极驱动必须使用三组独立的电源供应,下桥臂的三只功率管则共用一组独立电源。这四组独立电源由开关电源板来提供。

[0263] 使用集成功率模块 IPM,由于 IGBT 栅极驱动电路已经集成在模块内,驱动电路设计非常简单,只需利用高速光耦器件的集电极开路电路提供逻辑电平即可驱动。光耦起到两个作用:一是隔离强电电路和弱电电路,防止强电对弱电电路的干扰;二是电平转换,把 DSP 逻辑电平提升到 10 ~ 15V 的 IGBT 驱动电平,从而也提高了驱动能力,图 12 的光耦隔离电路具体见图 14。考虑到光耦合器件的寄生延时而加大 PWM 模块死区的时间,这样会导致输出正弦波形发生畸变,为提高控制信号传输速度,选用逻辑门光耦 HCPL-3150,开关信号的延迟时间在 0.5us 以内。

[0264] 系统控制回路采用 TI 公司新一代控制电机专用 DSP 浮点芯片 TMS320F2833X 作为控制核心,由 TMS320F2833X 芯片及其相应的辅助电路所组成,控制回路电压、电流反馈检测、转子位置及速度检测、通讯接口及其他辅助功能。

[0265] 模拟量输入检测:

[0266] 需要采集的模拟量信号包括永磁同步电机两相定子电流和直流母线电压。空间矢量变换要求知道电机定子三相电流,由三相电流平衡,实际检测其中的两相即可,第三相可以计算得出。

[0267] 电流的检测及过流保护采用基于霍尔效应工作的霍尔电流传感器,其特点是测量精度高,线性度好,响应速度快,电隔离性能好。工作原理是当外电路供给其电流时,将产生磁场,垂直穿过霍尔元件,同时在信号电压输出端有霍尔效应电压场线性输出。实际应用中采用 2 个霍尔传感模块分别检测 a、b 相电流,并根据所采用的永磁同步电机的额定电流选择合适的量程,待测信号通过采样电阻经霍尔传感器输出的信号为  $\pm 5V$ 。由于 TMS320F2833X 的 A/D 转换带有六路  $\pm 5V$  电压采样输入通道,无需电平转换,为减少高频信号以及负载的干扰,信号需要滤波处理。

[0268] 转子位置及速度检测:

[0269] 在矢量控制中,需要知道转子的位置才能计算出定子电流指令的相位,从而保证定子磁场和转子磁场正交。本专利采用的是永磁同步电机自带的 2500 脉冲/转的正交式编码器,它有三相输出,分别为 A、B、Z 相,A、B 为两相正交方波脉冲信号,Z 相为零位脉冲,电机每旋转一圈,Z 相发出一个脉冲信号,利用 Z 相和 A、B 相的相对位置可以精确定位电机的磁极位置。

[0270] 正交式编码器安装在电机转子轴上,这样编码器必然会受到较强的电磁干扰,为提高系统的抗干扰性能,编码器发出的脉冲是差动信号,即 A、B、Z 又各自分成 A<sub>±</sub>、B<sub>±</sub>、Z<sub>±</sub> 两种信号,正交式编码器输出信号波形如图 15 所示。因此需要先经过差动输入之后,才能进行处理。通过利用差分收发器 MC34860 把上述信号转换成 ENCA、ENCB、ENCZ,然后连接到 DSP 的捕获单元接口,如图 12 所示。

[0271] TMS320F2833X 事件管理模块具有增强型正交解码脉冲电路(EQEP 电路)。当该电路被使能后,上述经过处理后得到的 ENCA、ENCB、ENCZ 脉冲信号,分别接 DSP 的事件管理器的 GP24/ECAP1/EQEP2A/MDXB、GP25/ECAP2/EQEP2B/MDVRSB 和 GP26/ECAP3/EQEP2I/MCLKXB 引脚,并进行解码和计数。

[0272] 检测到得正交编码脉冲是两个频率正交变化(相差 1/4 周期)的脉冲序列,当电动机轴上的正交式编码器产生正交编码脉冲时,通过检测两个序列中的哪一个序列领先,就可以测出电动机的转向,转子位置和速度可以通过脉冲计数和脉冲的频率测出。

[0273] 经内部译码逻辑单元产生内部四倍频后的脉冲信号 CLK 和转向信号 DIR。对脉冲信号 CKL 的计数可由计数器完成。计数器的计数方向由 DRI 信号决定。当 ENCA 输入超前时,所选计数器加计数;当 ENCB 输入超前时,计数器减计数。计数器的状态字中有专门的一位用于保存计数方向信息,这实际即为电机的转向信息。每旋转一圈位置计数器将被 EQEP2I 信号脉冲清零,这样保证零位置与 EQEP2I 脉冲信号被放在一起。

[0274] 使用光电码盘两路正交编码脉冲计算转速的方法有 M 法、T 法和 M/T 法 3 种。M 法测速是在规定时间间隔 T 内,利用产生的脉冲数  $m_1$  来计算速度,计算每分钟转数  $n = 60m_1 / (PT)$ ,P 为码盘一圈所产生的脉冲数。该方法仅在被测转速较高时有较高的测量精度。T 法测速通过测量相邻两个输入脉冲之间的时间来确定被测速度。用已知频率 f 的时钟脉冲向计数器发送脉冲,由该脉冲的两个相邻脉冲控制计数器起始和终止,若该计数器读数为  $m_2$ ,则  $n = 60f / (Pm_2)$ 。该方法只有在被测转速较低时才有较高的测量精度。M/T 法则兼具两者之长,可同时测量检测时间和该时间内产生的脉冲数来确定转速。用 T 之后的第一个测速脉冲去终止计数器,由计数  $m_2$  确定检测时间,即  $n = 60fm_1 / (Pm_2)$ 。利用 TMS320F2833X 的 EQEP 模块中的位置计数单元与捕捉单元可方便地实现上述 3 种测速法,根据不同的转速选

择不同的测速法,可大大提高控制精度。

[0275] 通讯接口电路:

[0276] 随着数字技术的发展和计算机日益广泛的应用,现在一个系统往往由多台计算机组成,需要解决多站、远距离通信的问题。系统中涉及到的通讯方式主要有 SCI 和 I2C,下面分别讨论他们的硬件实现:

[0277] SCI 模块:

[0278] 常见的通讯方式有并行通信和串行通信,其中串口通信具有线路简单、应用灵活、可靠性高等优点,长期以来得到广泛应用。计算机串口通信在数据采集、数据通讯、故障检测、计算机远程监控等方面有广泛的实用价值。

[0279] 串行通信接口(SCI)是采用发送、接受双线制的异步串行通信接口,即通常所说的 UART 口,它的收发器都带有 16 级深度的 FIFO,可以减小通信时 CPU 开销,并且收发器都有独立的使能和中断位,可以被设置成半双工(Half Duplex)模式下独立操作,也可以在全双工(Full Duplex)模式下同时操作。SCI 模块采用标准非归零(NRZ)格式,可以与其他数据格式相同的外设之间进行通信。

[0280] TMS320F2833X 片上集成了 3 路带有 16 级 FIFO 的 SCI 模块,在进行电气平台设计时,将 SCIA 设计成 RS-232 口,电平转换采用 MAX232。RS-232 是美国电子工业协会正式公布的标准,它的逻辑电平以公共地为对称,使用正负极性的双电源,与 TMS320F2833X 的 SCI 模块 TTL 电平 3.3V 不兼容。

[0281] TMS320F2833X 的 SCIB 设计成 RS-485 口,电平转换芯片采用 MAX485。RS485 是一种多点、双向、平衡传输规范,被命名为 TIA/EIA-485-A 标准。RS485 由 RS232 发展而来,它改进了 RS232 通信距离短、速率低的缺点。RS-485 标准采用平衡式发送,差分式接收的数据收发器来驱动总线,传输速率最高可达 10Mbit/s,最大传输距离约为 1219m,并允许在一条平衡总线上连接最多 32 个设备。RS485 的共模输出电压是 -7V ~ +12V。RS485 标准只对接口的电气特性作出规定,而不涉及插件、电缆或协议。但是,RS485 是半双工的,比起 RS232,需要多加一个 I/O 口来控制 RS485 的方向,该 I/O 口在发送数据时置高,接收数据时置低。

[0282] I2C 模块:

[0283] 芯片间总线(I2C)属于同步串行通信方式,I2C 总线是一种由 Philips 公司开发的两线式串行总线,用于连接控制器及其外围设备。I2C 总线数据传输用 2 个引脚:SCLA 引脚作为时钟线,SDAA 引脚作为数据线。系统设计用于人机接口的 LED 数码管显示,通过广州周立功单片机有限公司的 ZLG7290 进行驱动,可以同时驱动 8 路共阴极数码管。

[0284] 电源有以下几部分组成:

[0285] 第一部分是 220V 交流电,经整流逆变后为伺服电机提供动力;

[0286] 第二部分为 DSP 板级系统提供 5V 电源,经 TI 专用电源芯片可以产生 3.3V 和 1.9V。

[0287] 第三部分功率驱动模块(PWM 模块)供电为 20V。

[0288] 第四部分为霍尔传感器提供  $\pm 15V$  电源。

[0289] 实施例 2:

[0290] 如图 16 所示,为了使注射推动杆能够更加平稳的前行,注射推动杆为相同的 2 个,曲柄转盘为相同的 2 个,螺杆外端设有一块纵板,纵板与 2 个注射推动杆铰接,每个注射推动杆分别与一个曲柄转盘铰接,2 个曲柄转盘之间通过 2 个相同的齿轮啮合传动,伺服电机

带动其中一个齿轮。

[0291] 图 16 中,1 为机筒,2 为螺杆,3 为注射推动杆,4 为曲柄转盘,6 为纵板。

[0292] 上述具体实施方式为本发明的优选实施例,并不能对本发明进行限定,其他的任何未背离本发明的技术方案而所做的改变或其它等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围之内。



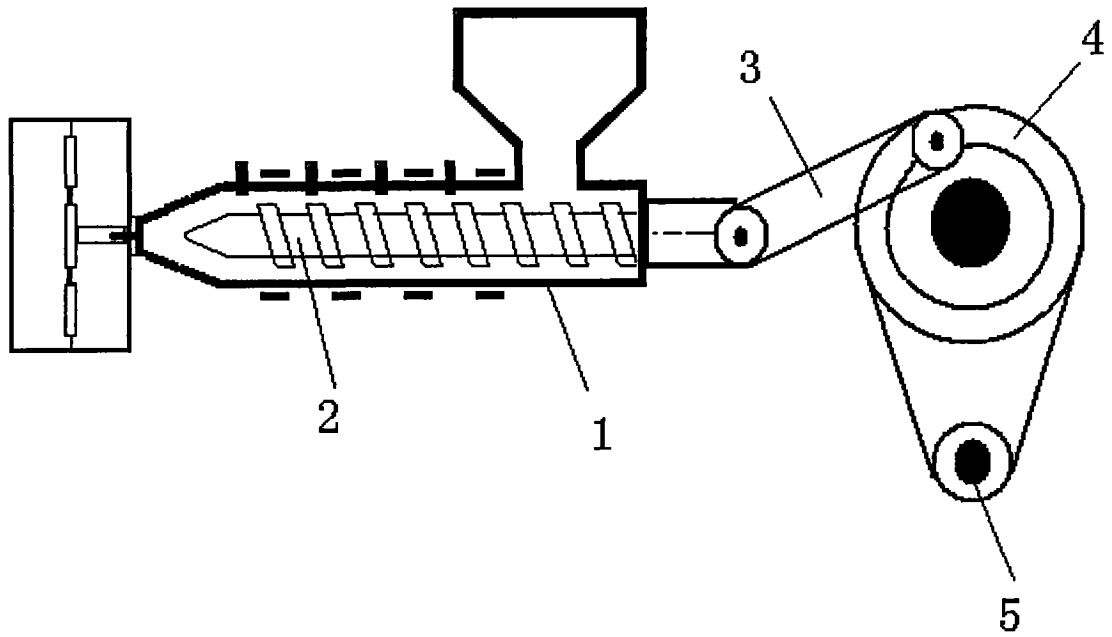


图 1

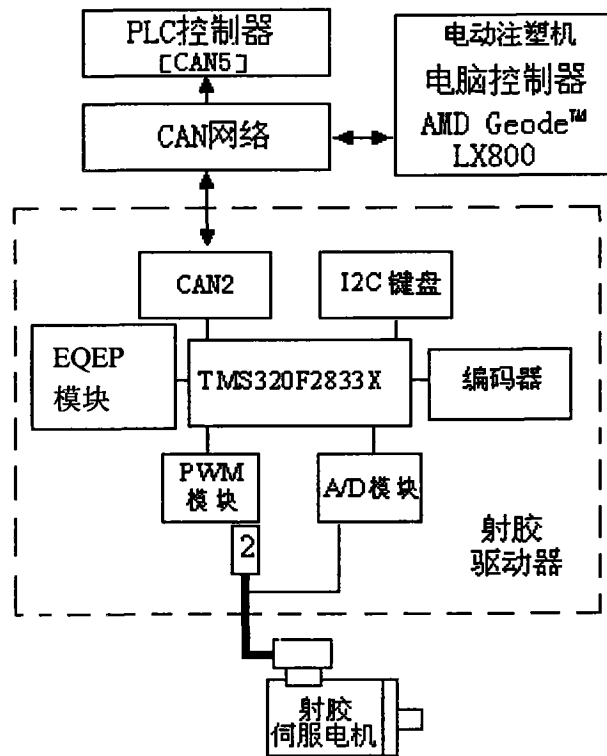


图 2

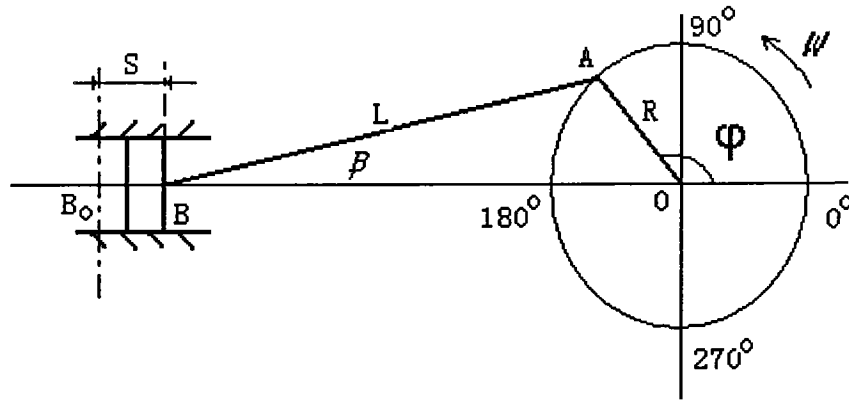


图 3

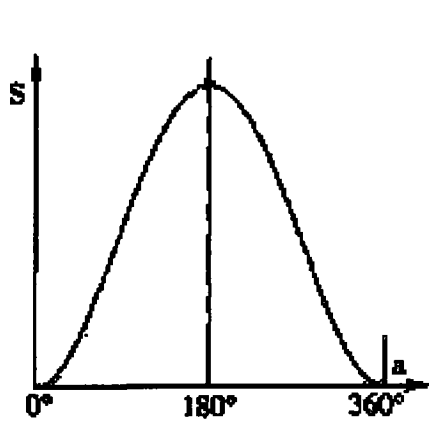


图 4(a)

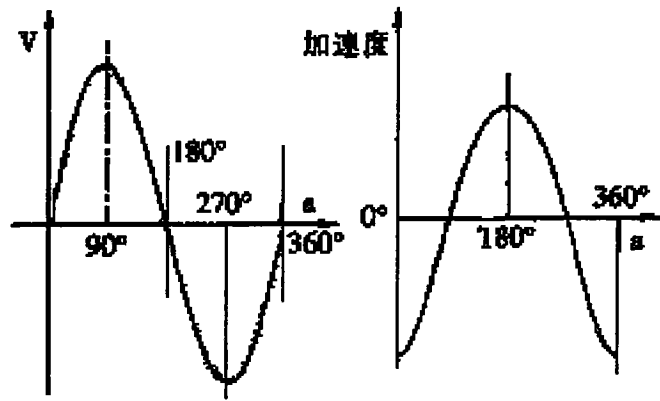


图 4 (b)

图 4 (c)

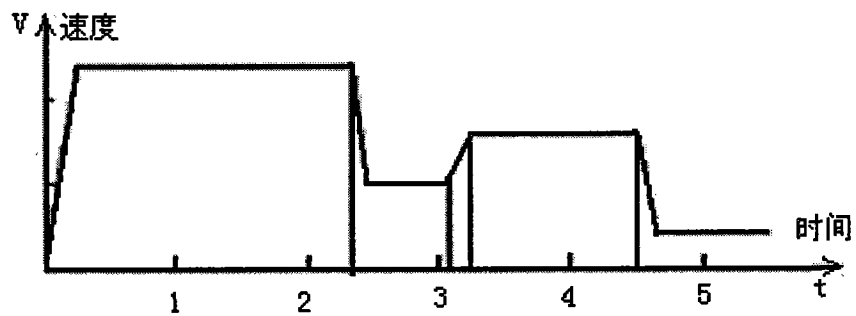


图 5

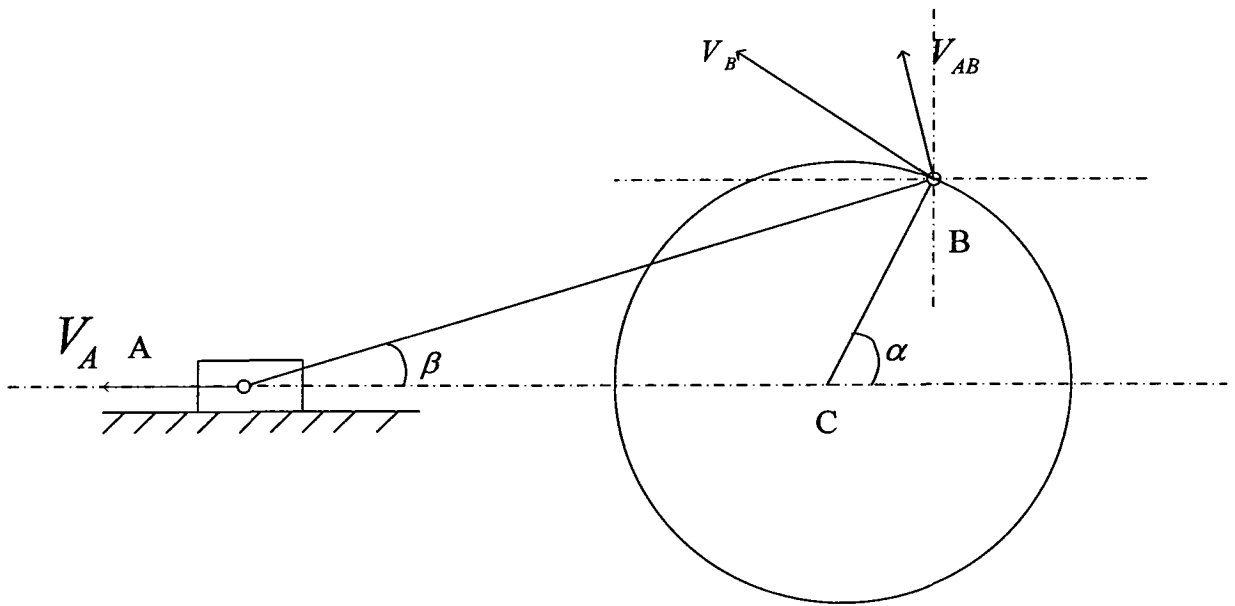


图 6

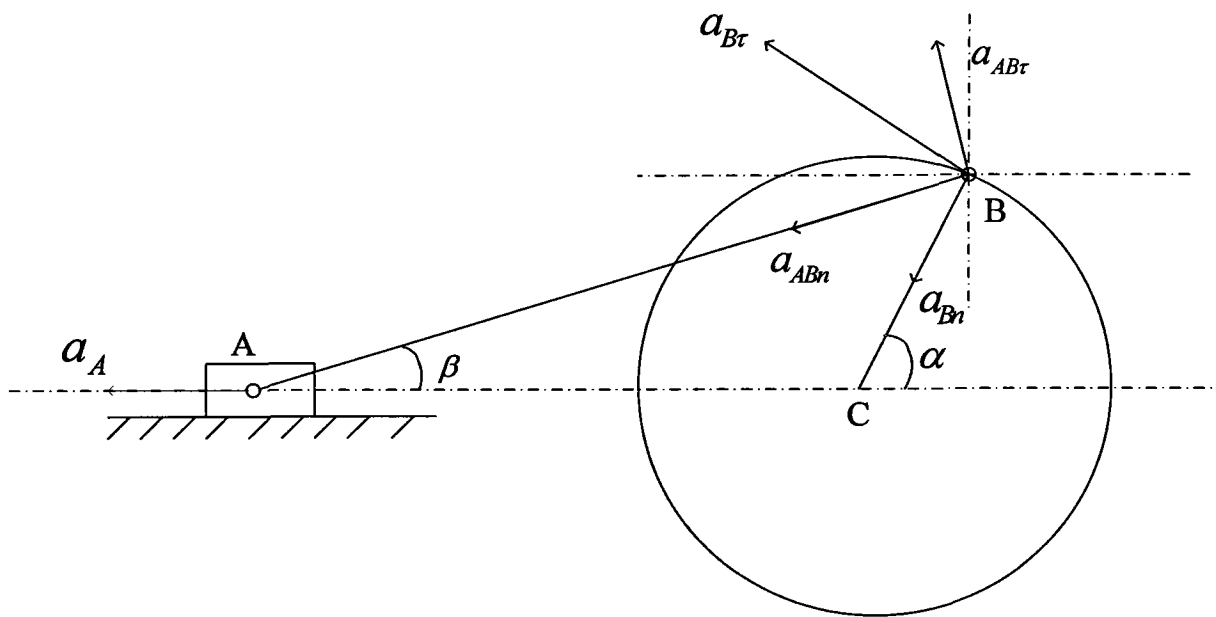


图 7

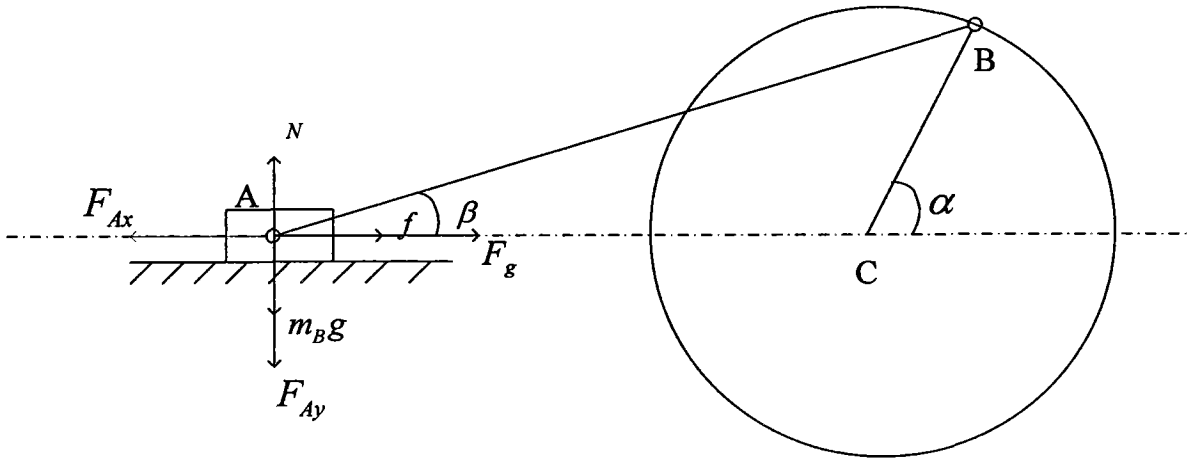


图 8

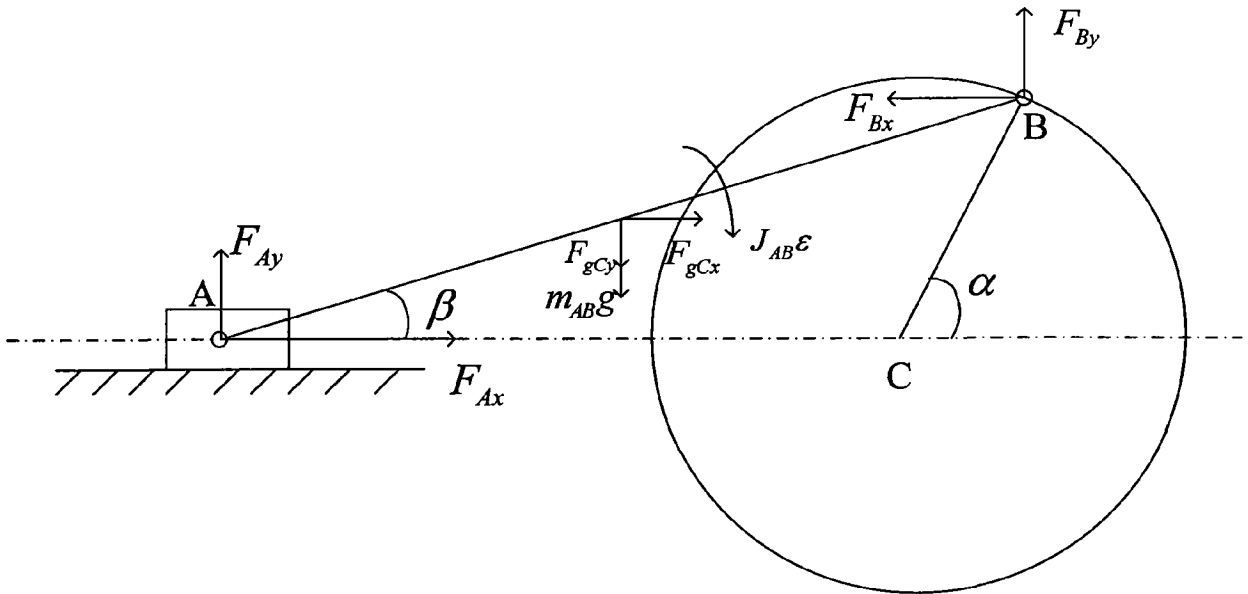


图 9

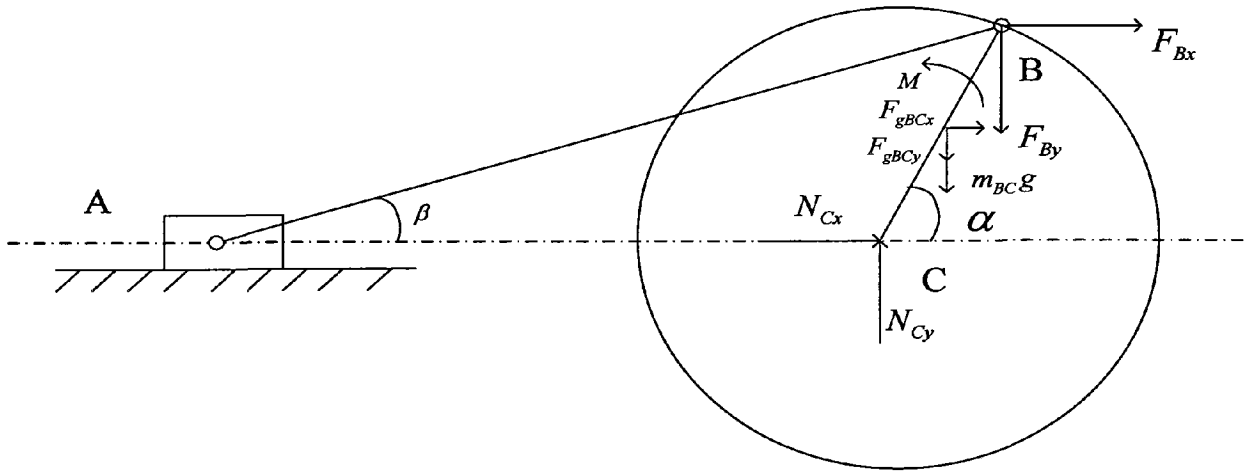


图 10

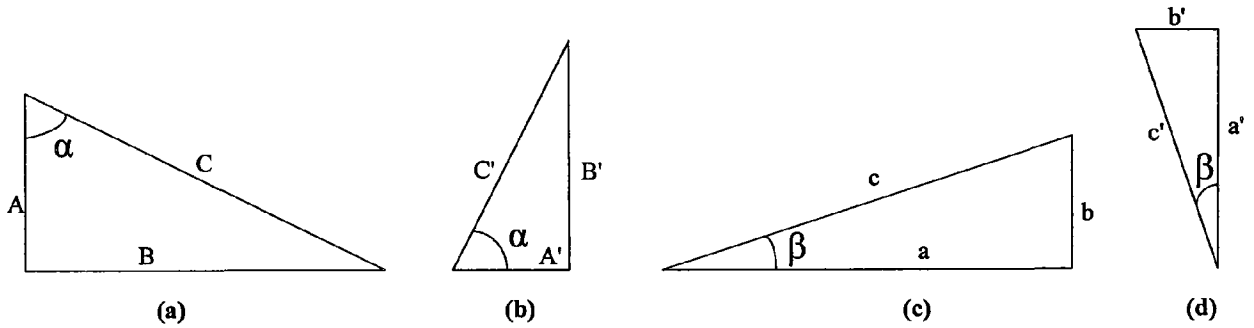


图 11

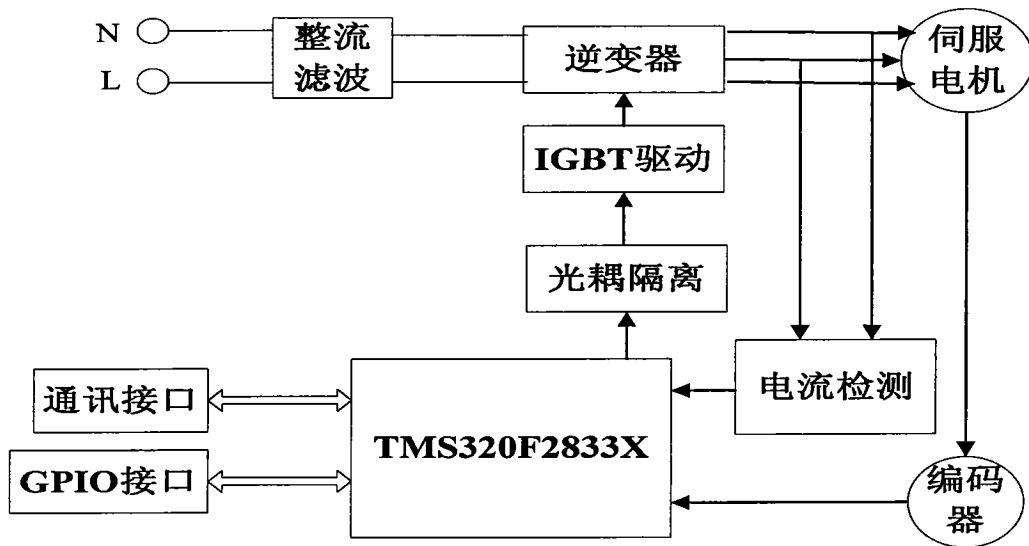


图 12

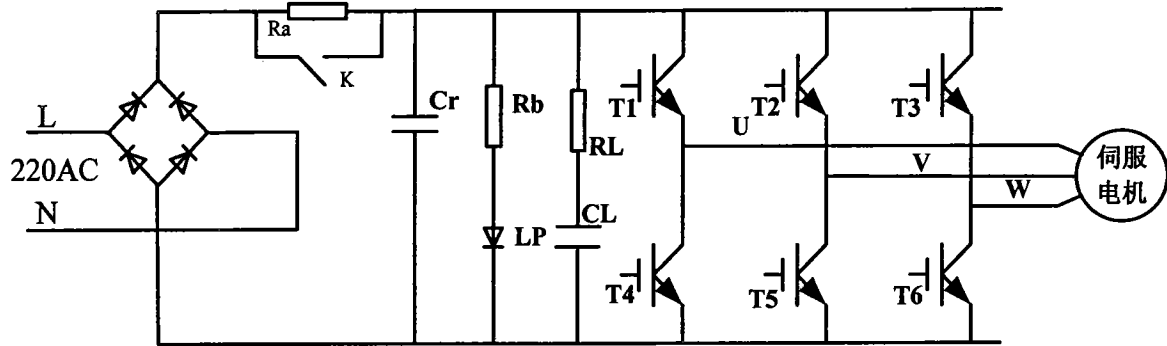


图 13

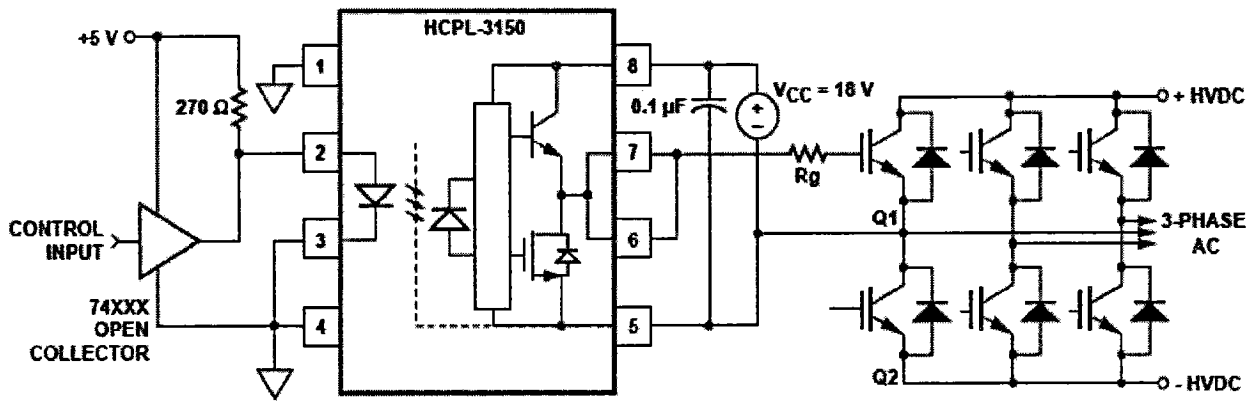


图 14

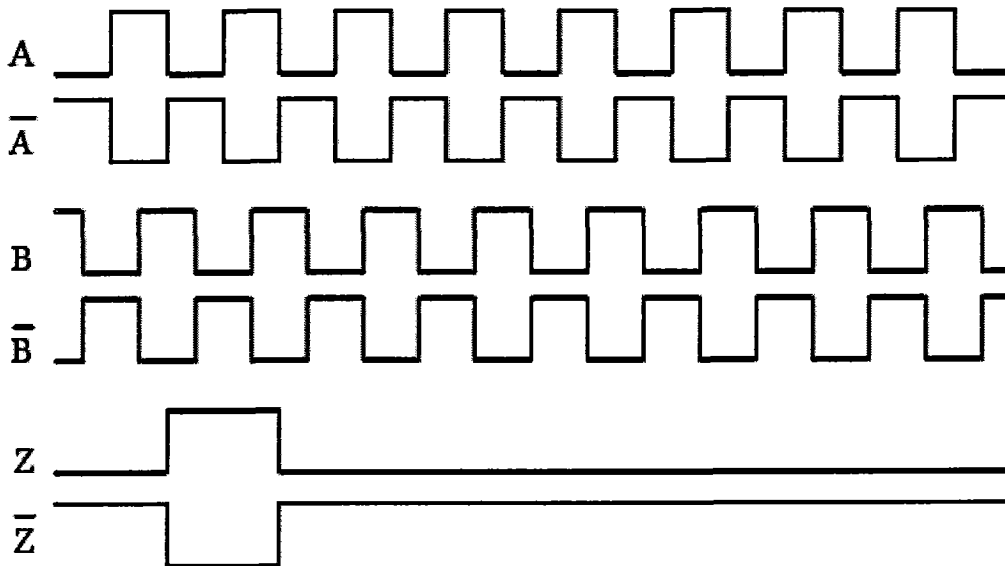


图 15

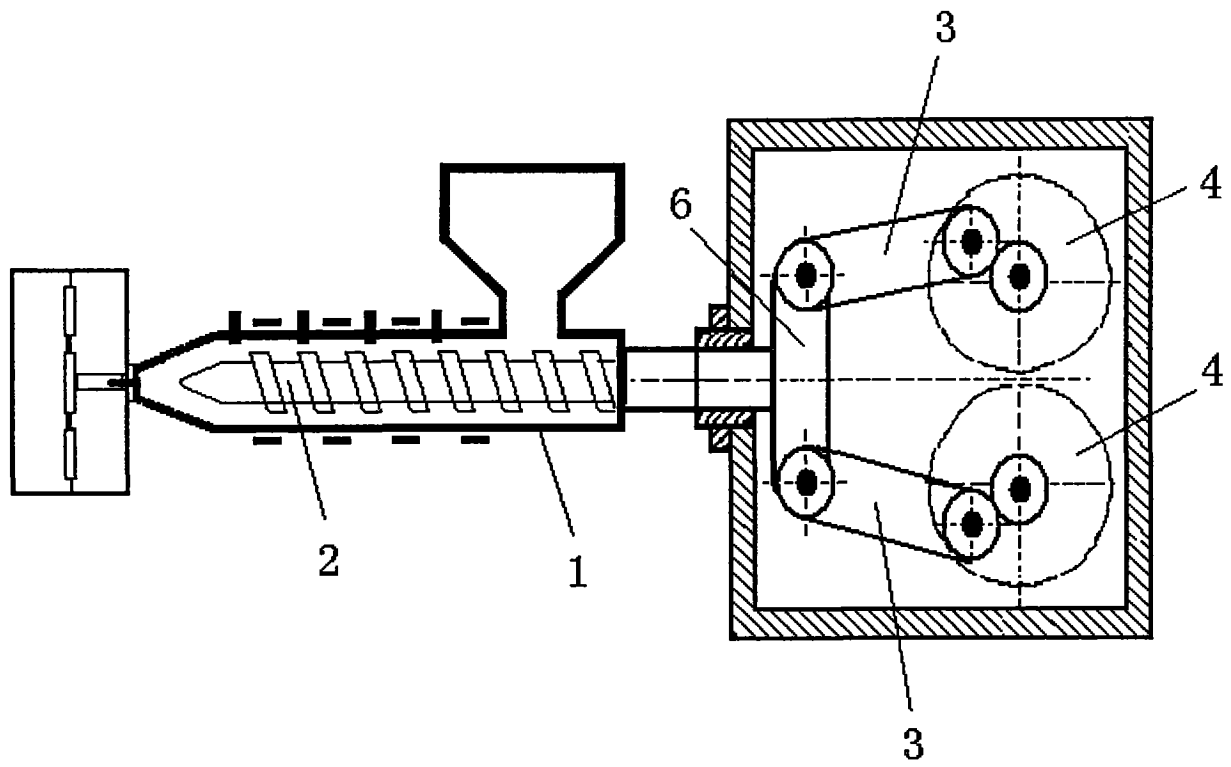


图 16