

注塑拉丝机组中挤出与卷绕电机线速度匹配控制研究

蒋正炎

(常州轻工职业技术学院,常州 213164)

摘要 在分析注塑拉丝机中挤出电机和卷绕电机线速度匹配产生误差原因的基础上,对卷绕电机转速的物理构成和参数选择进行设定,并利用数学模型建立了控制策略,从经济成本上考虑了控制电路的选择。

关键词 注塑拉丝机组 线速度匹配 物理构成 数学模型 控制策略

丝状塑料的挤出拉伸生产是在注塑拉丝机组上利用挤出模具连续生产的成型工艺。生产过程中要对多台设备进行协调控制,从而在获得最佳制品的同时取得最高的生产效率。特别是对挤出电机和卷绕电机线速度匹配的控制要求上,如各参数的精确、及时、可靠等方面的控制要求越来越高,对整条生产线的运行状态的检测和适时调整成为生产过程中的关键。笔者现将注塑拉丝机组中挤出与卷绕电机线速度匹配控制作一介绍。

1 挤出电机与卷绕电机线速度匹配误差的原因分析

当2个电机的线速度需要在较长的运转时间内精确匹配时,如果期望二者按照一定比例的固定转速来实现,几乎是不可能的。原因有以下几点:

(1) 电机转轴线速度的获得依赖于对电机转轴半径与角速度的乘积计算,而电机转轴半径的精确度是有极限的,计算得出的线速度参数与实际数值是有误差的;

(2) 无论如何设定两个电机的转速比,这个转速比的精确度总是有极限的;

(3) 电机转轴边沿所受切向拉力(转力矩)在较长的运转时间内不可能始终保持精确恒定,其转速总是会有微小波动的。

(4) 由于以上3种甚至更多原因造成的综合线绕长度误差,在较短时间内可以忽略不计,但经过较长时间后的不断累积,总会在某个时间后超出所能允许的误差极限。

假设两个电机的线速度匹配精度能够达到0.2 mm/min(这已经是很高的精度了),那么1 h后的误差就会达到12 mm,连续运行10 h,就会累积到120 mm。由此可见,每隔一段时间,为了消除线绕长度的较大误差,必须对其中一个电机的转速进行修正。

2 卷绕电机线绕长度误差的解决思路

根据以上分析,笔者设想出如下解决思路:当2

个电机的线速度要求在较长时间内精确匹配时,将其中一个电机定义为主电机,另一个定义为从电机。设定挤出电机为主电机(选择伺服电机控制),卷绕电机为从电机(变频器控制)。主电机采取固定转速 ω_1 运行,从电机按照固定转速 ω_2 加随机修正值 $\sigma(t)$ 的方式进行跟随响应。也就是说,主电机转速固定,从电机采取固定转速+误差修正的动态跟随模式运行。

从电机的固定转速 ω_2 按照以下要求来设定:

(1) 在不进行从电机转速修正的情况下,主、从电机的线速度能够在尽可能长的时间内达到较好的匹配效果。总之, ω_2 是通过人工精心调整所能够实现的最佳值,把 ω_2 叫做人工最佳转速。

(2) 假设有一个理想化的从电机转速值 ω_2' ,如果从电机能够按照该转速进行运转,那么不论经过多长时间,从电机的线绕长度都能够保持与主电机的线绕长度精确一致。把 ω_2' 叫做理论最佳转速。

(3) 要求 ω_2 比 ω_2' 略微小一些。这样,将只对从电机进行转速正修正,不进行负修正。这样做的好处是使得为获得较理想的动态跟随效果而设计的软件、硬件变得简单一些,也就是减轻系统开发的难度和工作量,同时也能够降低系统的复杂性,提高运行可靠性。

那么问题的关键是如何实现从电机转速的随机修正值 $\sigma(t)$ 。这需要设计具体的控制系统及建立自动控制的数学模型并编写测控程序。

3 卷绕电机转速控制的物理构成与受控参数选择

在拉丝机的挤出端到卷绕电机的转轴之间增加一个托辊,这个托辊不要转动。托辊托在塑料布正下方或斜下方,但必须与塑料布可靠接触。在托辊上面从左到右等间距地安装3个灵敏而精密的压力传感器。当塑料布有一定的张力时,在压力传感器

的接触面上会产生压力 P_r 。这样,塑料的张力就转化成了压力。对应压力 P_r ,压力传感器产生电信号 P_s 。3个压力传感器的电信号 P_{s1} 、 P_{s2} 、 P_{s3} 送到3个相配套的压力变送器上,由变送器转换为 $0 \sim 5\text{ V}$ 或 $4 \sim 20\text{ mA}$ 的标准模拟量信号 P_{v1} 、 P_{v2} 、 P_{v3} ($0 \sim 5\text{ V}$ 或 $4 \sim 20\text{ mA}$ 模拟信号与一定范围的压力 $X_0 \sim X_1$ 成线性对应关系)。模拟量信号 P_{v1} 、 P_{v2} 、 P_{v3} 接到一个转速微调控制模块上,系统的物理构成示意图见图1。

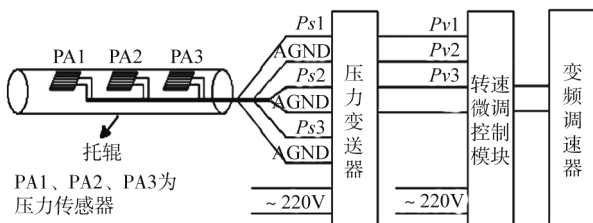


图1 从电机转速控制原理示意图

转速微调控制模块将不断地采集 P_{v1} 、 P_{v2} 、 P_{v3} 数值,并将 P_{v1} 、 P_{v2} 、 P_{v3} 作平均值处理,每 0.5 s (数据采集与控制周期定为 0.5 s) 采集 5 批次共 15 个数据,每批次 3 个数据都作平均值处理,作为本周期的测量结果,然后进行控制量计算和输出。

转速微调控制模块控制的目标参数是托辊所受的压力,因此,转速控制模块实际上相当于压力控制仪表。通过对压力的控制达到控制电机转速的目的,进而达到控制电机卷绕长度的目的。

温度、压力、液位、流量等参数都是做过程参数,这几种参数的控制模式极为相似,其控制量计算所依赖的数学模型、算法程序等几乎完全一样,只是所采用的传感器及执行器件不相同而已。并且这几种参数的传感器技术、信号处理技术、控制的理论和技术手段都非常成熟。

控制托辊上的压力,就是控制塑料布的张力,这正是所需要的效果。而控制压力的手段,就是控制卷绕电机的转速。转速与压力的对应关系很明确:转速加快,则压力加大;转速减小,则压力减小。这和控温很相似:加热功率增大,则温度上升;加热功率减小,则温度下降。

4 卷绕电机转速控制的目标值设定与数学模型

变频调速器有手动控制和自动控制 2 种工作模式。在手动控制模式下,可以人工设定其输出电压的频率,并且电压频率是固定的;在自动控制模式下,变频器接收 $0 \sim 5\text{ V}$ (或 $1 \sim 5\text{ V}$, $0 \sim 10\text{ mA}$, $4 \sim 20\text{ mA}$ 的任一种) 控制信号,根据该信号的大小,自动

调整输出电源的频率。当频率变化时,变频器的负载电机的转速也就改变。

当变频器在手动模式工作时,只要设定合适的输出频率值,总能够使卷绕电机的转速在一定时间内较好地匹配挤出电机的速度。假设这个合适的固定频率为 F_0 ,对应卷绕电机的固定转速 ω_0 。

假设变频器在自动控制模式下,接收的控制信号为 $U = 0 \sim 5\text{ V}$,输出频率范围是 $F_1 \sim F_2$,那么在自控控制模式,当输入给变频器的控制电压为 $U_0 = 5F_0 / (F_2 - F_1)$ 时,变频器的输出频率即为 F_0 ,对应卷绕电机的固定转速 ω_0 。

过程参数的控制需要一个设定值,也就是控制所要达到的目标值。另外,为实现控制策略,需要建立一个数学模型来计算所需要输出的控制量。

(1) 控制目标值的获得与设置

首先不使用压力控制仪的控制信号,只让它进行压力测量和显示。给变频器提供固定电压 U_0 作为控制信号,变频器输出固定频率 F_0 的电压,从电机按照最合适的固定转速 ω_0 运转。在电机开启后的一段时间内,总能够使得塑料布松紧度适宜。在这个时候,观察压力控制仪上显示出的压力值 P_v 并作记录,选取最合适的压力值 P_{v0} (对应最合适的塑料布松紧度),然后将压力控制仪的控制目标值设定为 P_{v0} 。然后启用压力控制仪的控制信号,对电机转速进行自动控制。

(2) 自动控制的数学模型

输入给变频器的控制信号 $U(t)$ 、变频器输出频率 $F(t)$ 、卷绕电机转速 $\omega(t)$ 的对应关系为:

$$U(t) = U_0 + V(t) \quad (1)$$

$$F(t) = F_0 + \beta(t) \quad (2)$$

$$\omega(t) = \omega_0 + \sigma(t) \quad (3)$$

式中: U_0 对应变频器的频率 F_0 , F_0 对应电机的固定转速 ω_0 ; $V(t)$ 对应变频器的频率修正量 $\beta(t)$, $\beta(t)$ 对应电机的转速增量 $\sigma(t)$ 。

(3) 数学模型各参数的说明

控制所依赖的数学模型是非常简单的。在大部分时间里,电机是不需要提速的,就是说,卷绕电机以固定转速 ω_0 运转时,在较长的一段时间内能够保证线速度与挤出速度的较好匹配。

控制模块不断测量 3 个压力变送器的输出信号 P_{v1} 、 P_{v2} 、 P_{v3} ,将一个周期测得的结果值 P_v ,与理想数值 P_{v0} 进行差值计算。压力负偏差值记为 $\Delta P_v = P_{v0} - P_v$ 。定义 $\Delta\sigma$ 为允许的压力负偏差极限。当

$\Delta P_v < \Delta \sigma$ 时,控制模块输出的控制信号为 0,输入给变频器的控制信号 $U(t) = U_0$,变频器的输出频率 $F(t) = F_0$,卷绕电机的转速为 $\omega(t) = \omega_2$ 。

当 $\Delta P_v \geq \Delta \sigma$ 时,控制模块输出的控制信号为 $V(t)$,输入给变频器的控制信号 $U(t) = U_0 + V(t)$,变频器的输出频率 $F(t) = F_0 + \beta(t)$,卷绕电机的转速变为 $\omega(t) = \omega_2 + \sigma(t)$ 。

卷绕电机的转速增量 $\sigma(t)$ 将消除压力负偏差,也就是使塑料布的张力恢复到正常值。

为了使卷绕电机的转速平稳,限制其提速增量 $\sigma(t) \leq \omega_2 \times 5\%$,对应地,限制 $V(t) \leq U_0 \times 5\%$ 。

5 实现卷绕电机转速控制的电子电路

在上面所确立的控制数学模型的基础上,需要设计出一个能够将固定控制量 U_0 与随机修正量 $V(t)$ 进行加法运算的电子线路。利用集成运算放大器的加法电路能够实现上述目的。图 2 是实现固定控制量 U_0 与微调修正量 $V(t)$ 加法运算的电子线路图。

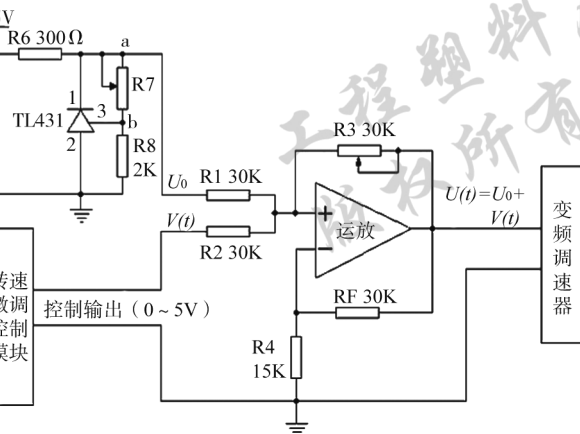


图 2 变频器的实际控制电路原理图

图 2 的左上角部分是固定电压 U_0 的发生电路。TL431 是一个电压基准器件,它能产生精密稳定的电压。1 脚接电压源,2 脚接电源地,3 脚产生精密基准电压 V_{ref} , $V_{ref} = 2.5\text{ V}$ 。该电压基准不随电源电压波动而波动,是非常稳定而精密的。根据电阻分压原理可知:

$$U_0 = V_{ref} \left(1 + \frac{R7}{R8} \right) = 2.5 \left(1 + \frac{R7}{R8} \right) \quad (4)$$

必须精确调整 $R7$, 使得 U_0 值能够满足卷绕电

机转速为恒定值 W_2 的要求。 U_0 不可能大于 5 V, 所以, 必须有: $R7 < R8$ 。另外, 如果 U_0 必须小于 2.5 V, 那么 U_0 的发生电路中需要加上分压电路。

图 2 的中间部分是加法运算放大器电路。 $R1$ 、 $R2$ 、 $R3$ 、 $R4$ 、 RF 必须满足下列约束关系:

$$R1 \cup R2 \cup R3 = R4 \cup RF \quad (5)$$

亦即:

$$\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} = \frac{1}{R4} + \frac{1}{RF} \quad (6)$$

图 2 中的 $R1$ 、 $R2$ 、 $R3$ 、 $R4$ 、 RF 值是满足式 (6) 的。在式 (6) 成立的前提下, 运放的输出电压为:

$$U(t) = \frac{RF}{R1} U_0 + \frac{RF}{R2} \psi(t) = U_0 + V(t) \quad (7)$$

由于控制模块产生的控制量信号 $V(t)$ 是正的数值(和温控仪的控制输出量一样), 它能够消除实际压力与目标压力的负偏差, 不能消除正偏差。上面提到的要求卷绕电机的人工最佳转速 ω_2 比理论最佳值 ω_2' 略微小一些, 也就是宁可产生压力负偏差, 不要产生压力正偏差, 就是这个原因。

6 控制系统的成本预测

压力与温度等过程参数的控制技术及产品都相当成熟, 不论是传感器还是控制仪表, 价格都不会特别高。因此, 控制系统的成本不会太高。不过, 由于压力控制不如温度控制应用得广泛, 所以成本肯定会比温控系统要高一些, 但应该是可以承受的。另外, 压力传感器的类型选择、灵敏度、精确度、测量范围等参数的选择, 都对价格有较大影响。在实际选型时需综合考虑适用条件、技术参数及价格等因素。

参考文献

[1] 富兰克林, 鲍威尔, 那谈尼, 等. 自动控制原理与设计 [M]. 5 版. 北京: 人民邮电出版社, 2007.

[2] 秦亿. 现代交流伺服系统 [M]. 长沙: 中南大学出版社, 1995.

[3] 陈德传, 黎琦. 一种新型的多电机同步变频传动控制系统 [J]. 杭州电子科技大学学报, 2005 (1): 68 - 70.

[4] 林平, 胡长生, 李明峰, 等. 基于模型参考自适应系统算法的速度估算的研制 [J]. 中国机电工程学报, 2004, 24 (1): 118 - 123.

[5] 吴瀛, 姜明, 于殿泓, 等. 模糊控制在光纤拉丝机中的应用 [J]. 光通信研究, 2008 (1): 39 - 41.

STUDY ON SPEED MATCHING OF DRAWING MOTOR AND WINDING LINE IN INJECTION DRAWING MACHINE

Jiang Zhengyan

(Changzhou Institute of Light Industry Vocational Technology, Changzhou 213164, China)

ABSTRACT On the basis of analyzing the error of speed matching of drawing motor and winding line in injection drawing machine, the setting of physical composition and parameters of winding motor is set, and the control strategy is established using mathematical models. The choice of the control circuit is considered from economic cost aspect.

KEYWORDS njection drawing machine, speed matching, physical composition, mathematical model, control strategy

埃克森美孚为新款雪佛兰 Beat 提供高性能聚烯烃

近日,埃克森美孚化工开始为通用汽车(GM)提供 Exxtral™ 高性能聚烯烃,作为其全球销售的新款车型雪佛兰 Beat 内外饰件的原料。雪佛兰 Beat 由 GM 印度公司在马哈拉施特拉邦的 Talegaon 工厂制造,是首款在新兴市场选用 Exxtral™ 聚烯烃的车辆。每辆车中 Exxtral™ 聚烯烃的用量为 28 kg,约占一辆普通车辆中聚合物质量的 25%。

Exxtral™ 聚烯烃牌号可满足严格的全球标准。凭借全球资源,埃克森美孚化工可为全球汽车行业提供技术支持和服务。

在外饰件方面,Exxtral™ 聚烯烃被选用于前后保险杠面板和后保险杠蒙皮。Exxtral™ 聚烯烃牌号表现出良好的加工性能、高刚性、高冲击强度及低收缩率。它们还具有良好的尺寸稳定性,可确保高品质的“配合度与完整性”。由于较高的熔体流动速率,Exxtral™ 聚烯烃可提供较宽的加工条件,生产出令人悦目的外观,而且不存在“流痕”或“虎皮纹”。在保险杠面板应用中,它们还可提供卓越的可涂覆性。

在内饰件方面,Exxtral™ 聚烯烃被选用于仪表板、立柱、门板、上下内饰板。对于内饰应用,由于原材料已着色,Exxtral™ 聚烯烃牌号可提供精美的外观,并且具有很好的耐刮擦性能。对每个关键应用区域使用统一的牌号规格,可帮助汽车主机厂(OEM)在满足性能标准的同时,获得更加和谐的内饰外观。(慧聪网)

氯化聚乙烯专用料可工业化生产

扬子石化公司开发的氯化聚乙烯用 YEC-5515T 专用料日前首次实现了工业化生产,质量指标达到设计要求。连同原已开发生产的氯化聚乙烯用 YEC-5505T 专用料在内,该公司已初步形成了氯化聚乙烯专用料系列牌号的生产能力。

氯化聚乙烯广泛应用在塑钢门窗、电线电缆、汽车部件等领域,需求量也呈现逐年上升的势头,特别是作为塑钢门窗的原料更是供不应求。但是我国生产氯化聚乙烯的原料——高密度聚乙烯专用料主要依靠进口,并且来源渠道少、数量有限,远远不能满足市场需求。扬子石化结合聚乙烯装置的特点,进行了专用料研究开发,并成功进行了工业化生产。(慧聪网)

再生塑料是 21 世纪的黄金产业

随着经济的发展,环境与资源的矛盾日益突出,已成为制约经济发展的瓶颈。众所周知,塑料原料是由石油提炼出的化工产品,但石油又是一种不可再生资源,面对石油即将被开采完的危机,现在各国都在努力开发新能源来应付能源危机。因此通过废旧塑料的循环运用,既减少了新能源的开

采,又减少了废物对环境的污染,而且从替代角度来看,再生塑料相当于石油再生。因此在适应客观需求的前提下,再生塑料市场也被越来越多的国家所重视。

现在国际上形象地将废弃物转换成再生资源的行业称为“静脉产业”,就是说,假如把循环经济比作人体的血液循环,那么传统经济是整个血液循环中的动脉,将新鲜血液从心脏送到身体各部的血管,而再生资源行业就相当于把血液从身体的各部再运送回心脏,起到了静脉作用,也真因此构建起了经济发展和资源环境的良性循环。

此外,再生塑料市场的形成也带动了多数地区尤其是乡镇企业的发展,带动了当地市场经济;在原油价格不断高攀带动原料市场成本走高的情况下,再生塑料市场为下游制品厂家降低了成本,利润空间的拉升也为再生塑料的发展提供了良好的机遇。

现阶段,我国废塑料回收企业以中小型企业为主,技术上目前仍以物理回收为主,工序主要为收集、分类分离、清洗、干燥、破碎或造粒,经过改性再加工成适合市场需求的产品或与新料混合使用。由此可以看出,废塑料回收再利用是一个较复杂的技术处理过程。伴随这技术的发展,我国废塑料再生制品正在由低质量、高能耗向高质量、低能耗、多品种、高技术的方向发展。越来越多的厂家正在通过技术革新、产品及产业结构调整,提升企业在市场的竞争能力和生存能力。我国废塑料回收再利用交易、加工市场也在不断规范经营。

根据行业发展和人们对环境保护的需要,相信废塑料回收再利用行业的发展越来越会受到有关部门领导的重视,废塑料回收再利用一定会成为我国的重要环保产业而蓬勃发展。(中聚网)

新型复合材料门窗可减少约 30% 供暖费用

Fiberline Composites 公司及丹麦奥尔堡大学的土木工程及机械工程系共同研究开发出具有高绝缘性能的复合材料型材。该研究项目,旨在消除居室中的热桥、凝结及霉变现象。使用具有高绝缘性能的新型材料制成的窗户框可极大减少房屋中的热量流失。当最终的项目成果付诸使用时,欧洲窗户及屋面生产商可使用这种新型材料。

使用这种新型的型材,生产商们可生产适于窗户、门及屋面的外观轻巧的窗框及门槛结构,且使用这种型材生产的产品具有较高强度,无需维修。

Fiberline 公司将为欧洲门窗及屋面生产商提供复合材料的新理念,生产商可使用该技术开发出适于现有建筑物以及新建筑物、绝缘成本较低的窗户。他们还可创建他们自己的设计解决方案。(复合材料)