

注塑机节能控制技术的最新发展与应用

文生平 江剑强

(华南理工大学聚合物新型成型装备国家工程研究中心,广州 510640)

摘要 介绍注塑机开发设计中应用较多的比例变量泵系统、变频液压控制系统和全电动注塑机等几种节能控制技术及其结构原理和应用,分析对比了相关节能控制技术的最新特点,并讨论了注塑机节能控制系统的最新发展方向。

关键词 注塑机 节能 控制技术

注塑机是塑料加工行业的主要生产设备之一,它对各种塑料的加工具有良好的适应性,能对外形复杂、尺寸精确或设有金属嵌件的质地密致的塑料制品一次成型,且其生产能力较高,易于实现自动化,因此成为塑料机械中增长最快、生产数量最多的机种之一。据统计,目前世界范围内注塑机的生产总数占整个塑料成型设备的一半左右,注塑制品占了塑料制品总量的30%左右,注塑机成为塑料加工厂主要的能耗设备。

进入21世纪以来,随着塑料工业的发展,用户对节能与环保的要求日趋提高,注塑机节能控制技术受到普遍的重视,围绕节能控制技术的研究也有了较快的发展,节能化成为当前注塑机发展的一个重要方向。

1 传统比例流量-压力复合阀控制系统的能量消耗分析

早在20世纪80年代,为满足注塑机高输出力、快速响应、压力控制精度和重复精度的技术要求,国产注塑机几乎全部从国外引入了定量泵与比例流量-压力复合阀(PQ阀)这一阀控液压传动和电液比例控制技术。注塑机工作时,由普通异步电动机带动定量泵恒速转动提供压力油,通过注塑机电控系统输出的模拟压力、流量控制信号传递给流量压力复合阀,控制供给各执行器的流量及压力,从而实现系统压力、流量的连续并按比例控制。PQ阀系统由于满足了注塑机开-合模速度、注射速率、螺杆转速、注塑压力、保压压力、螺杆扭矩、顶出力等动作的控制要求,改善了传统注塑机采用普通泵+节流阀+溢流阀系统时只有几级速度与压力控制的状态,同时大大减少了元件数量、简化了结构,因而在注塑机液压系统中得到十分广泛的应用^[1]。

从注塑机的工作周期(见图1)和注塑工艺周期的功率消耗情况(见图2)可以看出,在注塑过程中

各阶段需要不同的工作压力和流量,但是占整个注塑机用电量70%以上的定量泵电机工作时却总是在额定转速和功率下运行,定量泵将提供恒定的流量,多余的液压油通过溢流阀回流,此过程称为高压节流。据统计,由高压节流造成的能量损失高达36%~68%^[2]。针对液压系统的这种溢流损失,后来发展了负载敏感泵系统、比例变量泵系统、多泵驱动系统、变频液压控制系统及全电动注塑机等各种形式的注塑机节能技术。现仅介绍比例变量泵系统、变频液压控制系统和全电动注塑机的节能技术。

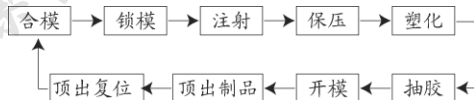


图1 注塑机的工作周期

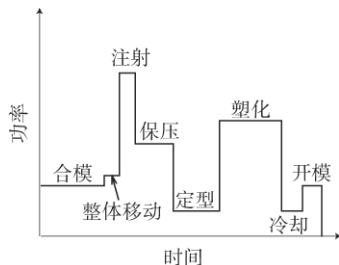


图2 注塑周期中的功率消耗情况

2 比例变量泵系统

采用变量泵供油的阀控泵电液比例控制系统,执行机构的运动速度由流经比例节流阀的流量和变量泵来加以控制,这样虽然可以消除定量泵+PQ阀控制存在的与流量有关的能量损失,但由于比例节流阀存在固定的工作压差,所以存在着较大的节流损失,特别是在高速阶段这一损失就很大。消除这一部分能量损失的方法是采用压力、流量直接闭环控制的高响应比例变量泵作为动力源来改节流调速为容积调速,实现注塑机液压系统由阀控向泵控

的转变。图 3 为德国 Bosch-Rexroth 公司的 A10VSO 系列 DFR 型压力 - 流量控制型轴向柱塞斜盘变量泵的工作原理图。

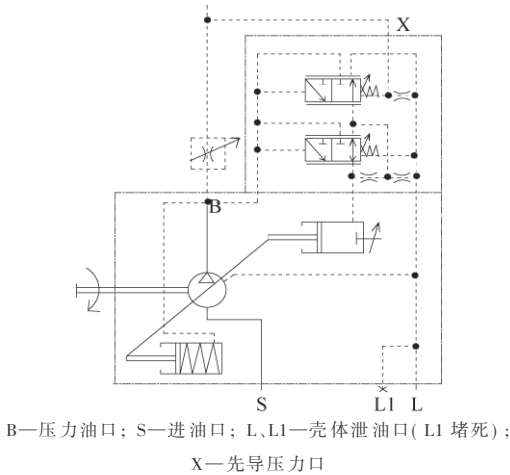


图 3 比例变量泵系统原理图

这种 DFR 型轴向柱塞斜盘变量泵采用了高响应的比例阀直接对泵的变量活塞进行位置闭环控制,它主要由斜盘式变量柱塞泵、变量活塞、高速比例阀、比例先导节流阀、压力反馈阀等组成。系统工作时,通过改变加在比例控制阀 - 比例先导节流阀上的两个输入电信号的大小使变量活塞产生相应的位移,从而对比例变量泵的斜盘倾角进行控制和调整,使其排量发生变化,因此变量泵的输出流量能连续按比例地随输入信号的大小而改变。

比例变量泵系统的节能效果比普通定量泵 + PQ 比例阀系统好,相同功率的设备可使注射速率提高 25% 以上,系统发热降低,但是比例变量泵对油的清洁度要求较高,工作噪音也较大。图 4 是 A10VSO 系列排量为 45 cm^3 的 DFR 型比例变量泵的驱动功率曲线。

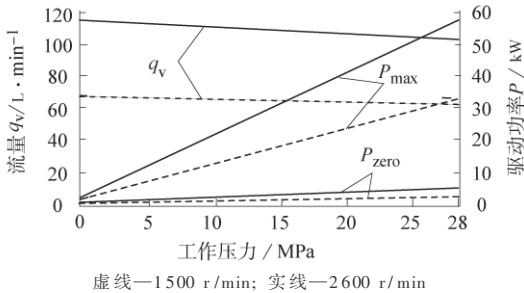


图 4 A10VSO 系列 DFR 型比例变量泵驱动功率

3 变频液压控制系统

变频液压控制技术的节能原理是通过变频器对定量泵电动机进行转速调节,实现注塑机液压系统工作流量的实时控制,使定量泵输出的流量刚好满

足注塑工艺要求的流量,从而基本达到无溢流损耗的目的。目前变频液压注塑机的动力源主要有两种变频驱动方式:一种为普通异步电动机通过变频调速与定量泵组成动力源;另一种为用高响应的交流 (AC) 伺服电动机驱动定量泵作为动力源。采用第一种节能控制方案的注塑机控制系统如图 5 所示。注塑机专用变频器通过获取比例流量阀、比例压力阀的电流控制信号及注塑机工艺流程信号来控制电机的转速。

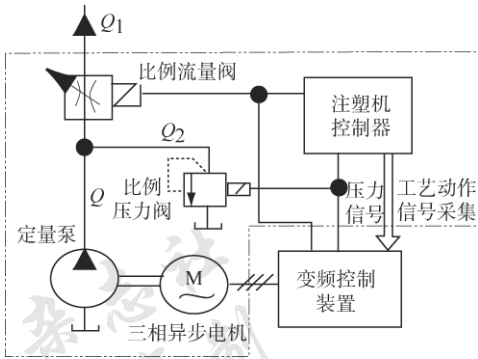


图 5 变频液压调速控制系统

针对注塑机液压系统特有的大负荷超载、响应要求高、低速转矩大、AC 异步电动机加减速时间长的特点,在控制过程中应用 PLC 控制器引入各电液换向阀的信号,由 PLC 根据这些信号来鉴别注塑机的工艺流程,提前对变频器给出加速和减速指令,实现工艺过程与调速控制的最佳配合,可基本保证系统原有的动态响应与调速精度,从而较好地解决以前变频调速系统因采用通用型变频器造成的系统响应速度慢的缺点,既能大幅降低注塑机液压系统的溢流损耗,又能较好地保持原来阀控系统的快速响应性,从而达到高效节能的目的。当采用 AC 伺服电动机驱动定量泵作为动力源时,电动机成本较高,但 AC 伺服电动机响应速度快、过载能力高,压力和流量均可通过改变电动机转速来进行闭环控制,适合于动态响应要求高的场合^[3,4]。

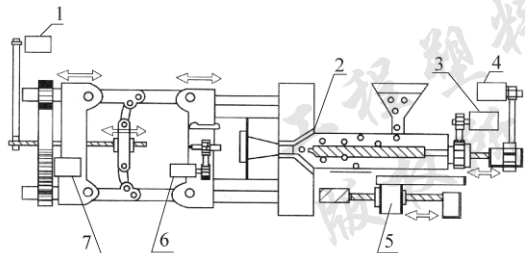
变频液压控制系统的特点是,能基本消除高压节流能量损失,节电率达到 25% ~ 60%;将电网功率因素由 0.6 ~ 0.8 提高到 0.95 以上,提高电网质量和供电效率;使用变频器可实现电动机完全意义上的软启动,且启动平滑无冲击,延长电动机、机械和模具的使用寿命;减少液压油发热,降低冷却水的消耗量,减缓液压元器件的老化速度;设备故障率降低,设备可靠性提高。

注塑机变频液压控制系统的主要问题为:一是

油泵存在最低稳定转速限制使得低速节能效果不理想。如果液压泵的转速过低,自吸能力下降,则容易造成吸油不充分而形成气蚀,引起噪音和流量脉动,影响速度的稳定性及液压泵的寿命;二是低速过载能力差,特别是电动机制动时速度慢,不能很好满足控制系统的要求^[5]。解决前者的办法是,变频控制装置可通过获取比例压力阀的控制电流信号得到当前系统压力,与预先存储的电机在不同压力下的最低可靠稳定运行转速曲线相比较,得到在当前压力下电机运行的最低频率,从而避免出现压力脉动的情况。因此,油泵存在一个最低稳定转速限制问题,使得变频液压系统在小流量的状态下节能效果并不理想。如何解决后者尚未得出结论。

4 全电动注塑机

全电动注塑机摒弃了传统液压驱动注塑机存在的油压控制损失、管损、阀阻等流动损失及油泵容积效率、摩擦损失等缺陷,通常采用多台 AC 伺服电动机,配以滚珠丝杠、同步带或齿条、齿轮等元器件来驱动各个运动机构,如图 6 所示。



1—模具开闭 AC 电机；2—加热器；3—计量 AC 电机；

4—注射 AC 电机；5—射台移动 AC 电机；

6—顶出 AC 电机；7—模厚调整电机

图 6 全电动注塑机结构图

由于 AC 伺服电动机运转时无流动损失、控制损失等,且待机时不转动,所以能耗低,且与速度无关,加之它使用滚珠螺杆将 AC 伺服电动机的旋转运动转换成直线运动,而滚珠螺杆的摩擦阻力远低于油压缸,且无任何冷却系统,因此整体效率远远超过油压机械。图 7 示出全电动注塑机与日本制钢所采用节能回路的液压式注塑机的电力消耗对比。图 7 表明,全电动注塑机比同等的传统液压式设备可省电 1/3 (包括加热部分,如不包括加热部分,其耗电仅是传统注塑机的 1/8 ~ 1/10)。以一台合模力为 800 kN、注射量为 100 g 的注塑机为例,液压式注塑机生产一个 60 g 的 ABS 制品,每分钟 3 模,耗电约 9 kW/h;而生产同样制品、同样效率的全电动注塑机的耗电约为 6.5 kW (其中加热功率

均为 6 kW)。

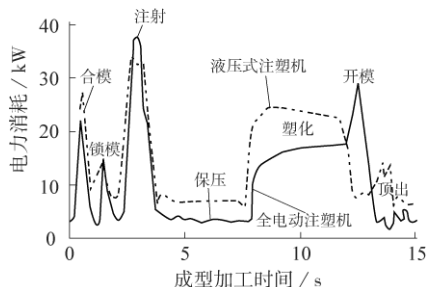


图 7 全电动注塑机与液压式注塑机的耗电量对比

新型全电动注塑机的其它优势为^[6,7]: ①采用 AC 伺服电机和滚珠丝杠驱动,精度高、重复性好;速度控制范围宽,响应性好,能极大地提高生产效率;②全电动的设计克服了液压油特性随温度的变化对操作、控制精度带来的影响,控制系统的精度及可靠性大为提高;③生产环境优良,驱动系统全电动化,排除了液压油的污染,消除了操作噪声,可获得最佳的环保型作业环境;④性能价格比高,在获得高性能的同时,使电力、冷却水量等能源消耗及运转经费大幅降低。

5 结语

目前采用比例变量泵系统的油压式注塑机占据了国内注塑机生产的主流,而全电动注塑机在环保、节能和控制方面都具有独特的优势,未来发展空间巨大,代表着注塑机节能技术总的发展趋势^[8]。但全电动注塑机在国内的研究开发起步较晚,伺服电机、专用控制器等核心技术还没掌握,整体技术上与日本等先进国家相比还存在着较大的差距。因此,我国注塑机节能控制技术的研发重点应在改进、提高比例变量泵系统水平的同时,积极引进和自主开发高技术含量的全电动注塑机,努力降低全电动注塑机的生产成本,早日把我国建设成为一个注塑机生产强国。

参考文献

- 饶启琛,张涛. 比例变量泵系统在注塑机上的应用. 橡塑技术与装备, 2002, 28(4): 53
- 钟汉如. 注塑机控制系统. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- Helduser S. Improved Energy Efficiency in Plastic Injection Molding Machines. Tampere: The Eighth Scandinavian International Conference on Fluid Power, 2003. 1 219
- Helbig A. Injection molding machine with electric-hydrostatic drives. 3rd International fluid power conference. Aachen: Shaker Verlag, 2002. 67
- 曹建伟,翁振涛,顾临怡,等. 基于工艺流程的液压注塑机的变频节能控制研究. 机床与液压, 2003(6): 81
- 林宏权,蒋卫东,林达. 全电动式注塑机的发展现状及展望. 塑料

工业, 2005, 33(4): 1

8 Snyder M R. All-electric machines get bigger and bigger. Modern

7 广惠章利. 全电动注塑机的近期进展. 轻工机械, 1994(2): 15

Plastics, 2000, 77(4): 34

THE LATEST DEVELOPMENT AND APPLICATION OF ENERGY SAVING CONTROL TECHNIQUE FOR INJECTION MOLDING MACHINE

Wen Shengping, Jiang Jianqiang

(The National Engineering Research Center of Novel Equipment for Polymer Processing,

South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

ABSTRACT Several energy saving control techniques such as ratio variable delivery pump system, variable frequency hydraulic control system and fully automatic injection molding machine and their application, working principle in development and design of injection molding machines are presented. The advantages and disadvantages of related energy saving control techniques are analyzed and compared. Some suggestions are proposed about the research of energy saving control techniques of injection molding machines in China.

KEYWORDS injection molding machine, energy saving, control technique

国家质检总局监督抽查塑料制品合格 89.4%

最近国家质检总局发布了对塑料制品质量国家监督抽查结果。结果显示, 平均抽样合格率为 89.4%。

质检总局近期组织对塑料菜板、塑料碗、塑料水壶、塑料桶、塑料瓶(矿泉水瓶)及塑料食品包装膜、袋等塑料制品进行国家监督抽查。此次共抽查了北京、天津、河北、辽宁、吉林、黑龙江、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东等 12 个省市 165 家企业生产、销售的 216 种样品, 平均抽样合格率为 89.4%。其中, 家庭日常生活用塑料制品(餐饮具盒、塑料菜板、塑料碗、吸管等)共抽查了 55 种样品, 平均抽样合格率为 76.4%; 塑料桶、瓶共抽查了 43 种样品, 全部合格; 食品包装膜、袋共抽查了 118 种样品, 平均抽样合格率为 91.5%。

抽查中发现的主要质量问题包括: 一是脱色试验不合格。脱色试验是考核食品包装材料遇到酒、油、酸性物质等情况时制品的脱色情况。二是蒸发残渣不合格。蒸发残渣是考核塑料制品在使用过程中接触水、醋、酒、油等液体时可

能析出化学物质的量, 这些化学物质可能是低分子量的添加剂或无机填充物如碳酸钙、滑石粉等。三是高锰酸钾消耗量不合格。通过测定高锰酸钾消耗量可测算出塑料制品中还还原性有机物的溶出情况。这种制品在使用过程中可能会致使不明成分有机物进入食物而影响人体健康。(中化)

大连齐化聚碳酸酯项目将于年内投产

大连齐化公司投资 8 亿元建设的 6 万 t/a 聚碳酸酯项目有望于年内竣工投产。该项目采用环保的非光气法生产工艺。据介绍, 传统的光气法生产工艺技术成熟、建设成本低, 但需以剧毒品光气为原料, 生产污染严重; 而非光气法是以清洁的环氧乙烷、CO₂ 为原料, 几乎不产生污染, 但建设成本较高。经综合分析, 齐化公司还是选择了非光气法生产工艺, 这比采用光气法要增加投资 2 亿元。我国目前是聚碳酸酯消费大国、生产弱国, 现代化规模装置仅有日本帝人公司建于浙江的 5 万 t/a 装置。齐化公司作为国内环氧树脂的重要生产商在新领域又领先跨出了一步。(环氧在线)

北京星贝达化工材料有限公司

美国大湖化学公司指定经销商: 十溴联苯醚、十溴二苯乙烷(环保阻燃剂)、四溴双酚 A(适于 ABS)、聚溴化苯乙烯(PBS-64HW)(适于尼龙、聚酯, 热稳定性好, 不析出)、苯氧基四溴双酚 A 碳酸酯齐聚物(BC-58、BC-52)(适于 PC、PBT、PET、PC/ABS 合金, 且热稳定性好)、磷酸酯(无卤阻燃 PC 用)系列阻燃剂; 抗氧剂: 1010、168、DSTP、330、GP-45(245)、TBM6(300)。

湖南嘉星铋业公司专售商: 三氧化二铋、铋酸钠(塑料用)、硫化铋(粉/块)、铋锭。

阿托菲纳(阿科玛)指定经销商: 核-壳增韧剂 MBS(E-920, C223)/ACR(D440, D320)和三元共聚增韧剂(聚酯或尼龙专用)(AX8900, LOTADER4700, LOTADER3210), EMA, EBA 等。

本公司还销售: POE、乙丙胶、SBS、SEBS、EAA、超韧尼龙增韧剂、PC/ABS 合金相容剂、接枝 PP、接枝 PE。

总公司地址: 北京上地信息路 1 号国科创业园 1-802(100085)

电话: 010-82895069 82895074

http://www.starbetter.com

E-mail: sales@starbetter.com, info@starbetter.com

广州办事处: 东圃商业大厦 A-802(510660)

电话: 020-82580538 82580439

上海湖盟化工公司: 中山北路 2918 号 1-1415(200063)

电话: 021-62164991 51272622