

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2014.03.029

注塑机驱动系统节能的研究现状及前景

冯刚¹, 张朝阁¹, 江平²

(1. 浙江工业职业技术学院, 浙江绍兴 312000; 2. 浙江舟山职业技术学校, 浙江舟山 316000)

摘要:介绍了注塑机工作过程及驱动特点。分析了全液压驱动系统、全电动驱动系统、电液混合驱动系统各自的特点,并归纳了国内外在三种不同驱动系统的注塑机节能的研究现状,对我国注塑机发展方向进行展望。我国全自动注塑机关键零部件同世界先进国家相比,在技术上存在较大的差距,我国注塑机主流仍是液压式注塑机,同时指出必须把节能技术作为提高注塑机技术之一进行创新开拓,才能使我国注塑机不断发展。

关键词: 注塑机; 驱动系统; 节能; 前景

中图分类号: TQ320.5+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2014)03-0127-04

Research Status and Prospect of Energy-Saving Injection Molding Machine Driving System

Feng Gang¹, Zhang Chaoge¹, Jiang Ping²

(1. Zhejiang Industry Polytechnic College, Shaoxing 312000, China; 2. Zhejiang Zhoushan Polytechnic College, Zhoushan 316000, China)

Abstract: The working process and driving characteristics of injection molding machines described. The characteristics of hydraulic drive system, electric drive system and electro-hydraulic hybrid drive system were analysed. And the research present situation of three different energy-saving driving system of injection molding machine was summarized, the development direction of injection molding machine was outlooked. Compared with world's advanced countries, there is a big gap in technology of key components of automatic injection molding machine, hydraulic injection molding machine is still the mainstream of China's injection molding machine. Only developing energy efficiency technology as one of injection molding machine technology for innovative development, China's injection molding machine can evolve.

Keywords: injection molding machine; drive system; saving energy; prospect

近些年来,随着新型合成材料的大量涌现,以及绿色环保意识的日益增强,能源问题日渐受到人们的重视,塑料行业对注塑机的要求也在逐渐提高,各种新型的注塑机不断涌现,今后注塑机发展的趋向是把节能、环保放在第一位。注塑机的能耗主要集中在驱动、塑化、成型等过程^[1],由于注塑机整体能耗的80%以上都消耗在驱动系统中,这一部分的节能潜力是最大的,因此,减少动力驱动系统本身的能量消耗是注塑机节能发展的重要方向^[2]。随着科学技术的不断发展,注塑机驱动系统也在不断发展创新,各种新型的驱动系统不断出现。早期,全液压式注塑机占主要的市场,由于技术工艺的发展以及节能环保的需要,电液混合式注塑机以及全电动式注塑机应运而生,并且其应用越来越广泛。只有在对这三类不同驱动系统注塑机的特点进行比较的基础上,才能更好地完善注塑机节能技术,并展望未来注塑机的发展趋势。基于此,笔者从分析三种主要注塑机驱动系统的特点和发展现状着手,并展望了其未来的应用前景。

1 注塑机工作过程及驱动特点

注射过程通常分为以下几个步骤:锁模、注射、保压、冷

却、开模等,注射成型是一个循环的过程,在这个过程中各个阶段需要的压力与流量是不同的。其动力驱动系统主要包括液压驱动系统、全电动驱动系统和电液混合驱动系统。由于各自的特点和各国注塑行业的发展水平不同,这三种驱动系统驱动的注塑机在各国的应用情况不同,日本更多地采用全电动驱动注塑机,而欧美国家则倾向于使用电液混合驱动注塑机。由于技术条件等方面的限制,液压驱动系统注塑机目前仍然是我国主要采用的注塑机类型。在一定程度上,注塑机的驱动系统决定了其生产效率和生产成本。因此,注塑机技术发展与其驱动系统的发展和革新存在着很大联系。各种不同的注塑机在节能方面的表现各不相同,这就要求对三种不同类型的驱动系统的特点进行分析,了解其各自的优缺点,才能更好地做好注塑机节能工作。下面分析三类注射机的特点。

1.1 全液压驱动系统的特点

液压动力驱动系统是最传统的一种注塑驱动系统,也

联系人:冯刚,副教授,主要从事塑料成型机械及设备研究

收稿日期:2014-01-03

是注塑机中最普遍使用的动力驱动系统。在全液压注塑机的注塑过程中,各项工作的完成主要依靠液压传动完成。为了保证每道工序压力控制的精确性,尤其是在注射阶段,全液压式注塑机主要采用直压式锁模。同时,其采用定量泵供油,通过流量、压力复合控制阀调节系统所需要的流量与压力,用开关阀控制各个执行器。液压控制油泵耗电量占整个设备耗电量的比例高达50%~65%,因而极具节能潜力。

液压注塑机之所以能被广泛使用,因为其具有以下优点:首先,液压式注塑机与电动式注塑机相比在成型形状复杂、精密制品等方面具有独特的优势^[3];其次,液压注塑机结构简单,调试方便;再次,它具有成本低廉的优点,这也是液压式注塑机最主要的优点。

但与此同时,它也存在很多缺点:首先,能源消耗与浪费大。由于定量泵在一定条件下输出的能量是一定的,但是,不同的注射阶段所需要的流量不同,因此,在注射过程中就造成多余的流量流失,能量大量浪费;其次,控制技术难度大,控制精度不高。液压式注塑机的整个控制是由一个开关控制,而开关阀在启动与关闭的过程中有时会延时数十甚至数百毫秒。同时,提高运动速度的难度也很大;再次,液压式注塑机的噪音很大,这样就使得工作人员长期处于噪音之中,工作环境恶劣。

1.2 全电动驱动系统的特点

全电动式注塑机是电动式注塑机的主要机型。全电动式注塑机的驱动系统主要由伺服电机或者步进电机和各种机械传动机构组成,使用滚珠丝杠、同步带以及齿轮等元器件来驱动各个机构,其工作信号直接反馈给各伺服马达。其最根本的特点是所有驱动模块全为电动式,在整个注射成型的过程中没有任何液压元件的参与,全部采用电动机驱动来完成工作。

全电动注塑机具有液压注塑机无法比拟的优点,特别是在节能环保方面^[4],首先,全电动注塑机能量消耗少。据统计,与传统的液压式注塑机相比,全电动式注塑机节电量可以达到70%以上。其次,对工作环境友好。由于全电动注塑机采用全电动化的驱动系统,没有漏油和漏水现象,同时,减少了噪音,这样可以为工作人员提供一个良好的工作环境。因此,对于像医疗用品等对洁净度有着特殊要求的产业,选择全电动式注塑机成为发展的必然;再次,精度及可靠性高。在全电动注塑机的塑化过程中,螺杆的转动全部由伺服电机来驱动,由于伺服电机具有转矩特别稳定的优点,因此全电动注塑机精度及可靠性提高。

但是,全电动式注塑机的传动部分为机械传动,机械磨损比较严重,使用寿命比较短。而且为了保证全液压式注塑机的注射精度,需要使用伺服阀,由于伺服阀的价格比较高,

目前全电动式注塑机的价格要比液压式注塑机的价格高约三成左右,由此使全电动式注塑机的使用成本加大。同时,由于价格低廉的大型伺服电动机的缺乏,全电动式注塑机的大型化也在一定程度上受到限制。

1.3 电液混合驱动系统的特点

电液混合式注塑机是从传统的液压式注塑机改进而来,电液混合式注塑机提供锁模力和进行模具的开闭是由液压系统来完成,而其塑化与注射等动作则是由伺服电机来完成^[5],是集液压和电动的优点于一体的新型注塑机。

电液混合式注塑机的优点主要表现在以下三个方面:首先,注塑机成型过程中,约有70%的能量消耗在塑化阶段,电液混合式注塑机主要采用高效率的伺服电机完成塑化过程,因此,其能量损耗十分低。其次,为了保证注射工作的顺利完成,电液混合式注塑机采用多个驱动器,这样可以实现多个程序的同时运作,从而缩短了注射成型的周期。再次,电液混合式注塑机的成本与全电动式注塑机相比较低。

由于在运行过程中要协调液压和电动两个不同系统的工作,电液混合式注塑机的缺点主要表现在:其结构比较复杂、控制难度大等方面。

2 注塑机驱动系统节能的开发及应用前景

2.1 全液压式注塑机节能的研究现状

目前,液压式注塑机仍然在我国塑料行业占主要的市场,由于其能源消耗与浪费大,因此,从长远目标来看,全电动注塑机代表着注塑机节能技术未来发展的总方向。但是,目前因为成本技术等方面的原因,在现有技术的基础上对液压式注塑机进行革新,使其达到节约能源、降低能耗的目的,逐渐成为我国众多消费者和生产商共同追求的一大目标。

近些年来,在对传统的全液压式注塑机节能改造方面取得了重大成就,当前的全液压式注塑机节能技术研究主要集中在注塑机比例变量泵系统、变频液压控制系统等方面。

杨智韬等^[6]将自行研制的蓄能器节能模块加入传统的全液压注塑机。发现蓄能器在储存能量、将储存的能量用于注塑机的工作等方面具有重大作用。加入蓄能器节能模块的注塑机同传统的未改造的注塑机相比,能量消耗明显降低,能实现预期的节能降耗目的,具有较强的现实意义与实用价值。

张友根^[6]利用双比例控制与定量泵节能控制系统对传统液压注塑机进行改造,设计出了合模力8000 kN的注塑机,其泵源共有五个定量泵组构成,其中有排量分别为76和152 cm³/r的两个双泵,为了保证各个工况所需流量都在比例斜线上进行,两个双泵的两个泵的流量根据工作状况形成一条流量比例斜线,从而减少了流量的能量损失。

焦志伟等^[7]全面深入地分析了新型全液压内循环二板

式注塑机的结构与性能特点。通过对内循环二板式注塑机与其它机型的比较及分析,得出新型二板式注塑机采用内循环式的合模油缸,省去液压油外部循环过程并简化液压系统结构,节能、节材效果显著,将成为下一代注塑机的发展方向。

王昌焱^[8]通过分析全液压式注塑机液压系统功率损耗,针对各种能耗提出了各项节能措施,如,采用比例变量泵系统,合理选择液压组件,控制压力阀的压力等等。同时指出加热器的节能主要在于保护罩的绝缘性能、保护罩的温度低。

钟汉如等^[9]针对传统液压注塑机存在诸多问题,通过建模分析了液压伺服泵注塑过程和工作原理,提出了一种优化流量与压力解耦控制的方法,对于提高液压注塑机注塑精度具有重要的意义。

何芳^[10]介绍了变频节能在传统液压注塑机中的应用,对变频器控制信号的选取、注塑机变频器的选型等进行了详细分析。对国内液压注塑机的微机化、节能具有一定的借鉴作用。

YUKEN 公司在传统注塑机的基础上,改变已被广泛使用的由定量泵与 PQ 阀组成的比例控制系统,使用比例负载敏感控制型油泵的比例变量泵系统。完成了系统要求的流量由阀控向泵控的转变,实现了巨大的节能效应^[11]。

2.2 全电动式注塑机节能的研究现状

鉴于传统注塑机液压系统造成的能源浪费等问题,采用全电动驱动节能系统代替原有的液压系统成为注塑机行业新兴的发展方向。全电动式注塑机具有节能环保、生产效率高、可重复性好、精度控制高、动态性能优异等优点^[12],已被广泛应用于中小功率的高性能注塑生产中。但是,由于成本、技术等方面的问题,我国对于全电动式注塑机的研发远远落后于美国与日本等国家。

1983 年日本的 FANUC 公司成功研发出世界上第一台全电动式注塑机,全电动式注塑机自研发成功至现在已经有 30 年的历史。全电动式注塑机在 20 世纪 80 年代中期得到了进一步的发展。目前,世界上生产全电动式注塑的厂家主要集中在美国和日本,如日本的 FANUC 公司、美国的辛辛那提公司排在世界全电动式注塑机行业的前列^[13-15]。

美国的 DIMA 公司成功研制了系列直流电矢量逆变驱动式注塑机,由于其配备一个特制直流电机同驱动器共同工作,以便驱动器能够快速改变瞬时电流强度,使液压马达的转速能够受到精确控制,因此,该系列注塑机同传统的全液压式注射机相比,其节能、减耗可以达到 40%~70%。

Y. Inaba 等^[16-17]对全电动注塑机伺服机械的压力控制进行了研究,在肘杆式注塑机的结构上用伺服电机取代了所

有油缸。其在节约能源与保护环境等方面有一系列优点。

Y. Inaba^[16] 介绍分析了 ELION 系列全电动注塑机,ELION 系列全电动注塑机采用伺服电机,把注塑过程产生的能量应用于驱动机器,大大减少了能量消耗,ELION 系列注塑机能耗比常规的全电动注塑机能耗低 10% 以上。

全电动注塑机在国内的研发起步较晚,目前,我国在全电动节能注塑机的研发与应用方面还处于刚刚起步阶段,关键零部件尚需引进,但是其发展速度比较快。宁波海天从 2000 年开始研发全电动式注塑机,2006 年开始面向市场,到今天已累计销售近 200 台,填补了我国自主生产全电动注塑机的空白。从 2008 年开始,海天成为亚洲地区除日本外的,唯一可量产全电动注塑机的厂商。同时,台湾震雄现在也推出了全电动式注塑机。

2.3 电液混合式注塑机节能的研究现状

一般来讲,液压式注塑机虽然在运行过程中存在着能源消耗与浪费大、控制精度不高、噪音大的缺点,然而其在成型精密、形状复杂的制品方面有许多独特优势,而且其结构简单、成本低廉。全电动式注塑机在节能环保方面具有优势,但是其成本较高。电液混合式注塑机是集液压和电动于一体的新型注塑机,不但在节能减耗方面具有优势而且其成本也比较低,因此,电液混合式注塑机在我国塑料行业的推广速度比较快。

Engel 公司积极研制与开发的 VictoryElectric 系列注塑机,实现了把更低成本的液压锁模机构同全电动注塑机的精确度结合在一起,进一步完善了电液混合注塑机,不但使其减耗效果更明显,而且增加了其工作精度^[13]。

意大利的 BMB 公司设计出了新型电液混合注塑成型机——Elepack 系列。在注射过程中通过采用具有完备动态液压油蓄能器的液压系统来控制注射质量与注射速度。为了减短注射周期、节省能量, Elepack 系列的塑化步骤主要采用电机来驱动^[13]。

广东泓利机械有限公司在对电液混合式注塑机的各项性能进行科学检测与分析的基础上,自主研发了国内首台“超节能注塑机”Y 系列。Y 系列机型是泓利公司与国外研究机构合作开发的一款节能、低噪音型电液混合式注塑机,节能 50% 以上,兼具全电动注塑机环保、节能、精密的特性与全液压注塑机高注射速度^[18-20]。

宁波沃龙公司研发的混合式注塑机,其由伺服电机、伺服控制器和齿轮泵等组成伺服电液节能系统,与相同型号的液压式注塑机相比,节约能量可以达到 70%。由于其在节能环保等方面的优势,已在我国注塑机行业得到广泛应用^[21]。

何雪松^[22]结合课题“250E 电液伺服注塑机控制系统的开发”,开发了基于 TFT 液晶触摸屏和微机控制系统,实

现了电液混合式注塑机的节能,同时,为进一步精确研究电液伺服注塑机提供了重要的理论依据,进一步完善了对有非对称缸体的混合式注塑机的非线性建模。

穆格研制了专门用于混合式注塑机的 PowerShot TM 注射系统全闭回路驱动器。PowerShot TM 结合电动和液压技术于一体,无需外加动力驱动,机器性能比传统液压注塑机更快速、更紧凑,功率更大。PowerShot TM 成为目前我国注塑机行业研制电液混合式注塑机发展的标准配置^[6]。

3 注塑机驱动系统节能发展前景

在塑料机械等领域是采用全电动式注塑机,还是仍采用液压式注塑机,是当前仍在研讨、争论的话题。液压式注塑机、电动式注塑机与电液混合式注塑机三种机型各具特点,技术兼容性正在不断改进之中。目前,由于全电动式注塑机节能效果明显,迎合了市场节能环保的需要,在发达国家开发速度很快。我国注塑机行业对这方面也极为关注,很多厂家开始对全电动注塑机进行研制与开发,并推出了一些样本。但是,就目前国内情况来看,全电动注塑机在国内的研究开发起步较晚,尚未形成产业化,关键零部件尚需引进,同世界上先进国家相比在技术上还存在比较大的差距。我国注塑机生产的主流仍然是采用比例变量泵系统的液压式注塑机。

因此,改进与提高液压式注塑机发展水平的同时,自主研发和积极引进技术含量高、成本低、节能环保的全电动注塑机、电液混合式注塑机是我国注塑机节能技术发展的主要方向。从我国注塑机行业目前的发展情况来看,一方面,根据我国的国情,发展适合我国国情的注塑机;另一方面,要紧跟世界注塑机发展的先进水平,必须把节能技术作为提高注塑机技术之一进行创新开拓,早日把我国建设成为一个注塑机生产强国。

参考文献

- [1] 张友根. 包装工程, 2008, 29(3): 207-209.
Zhang Yougen. Packaging Engineering, 2008, 29(3): 207-209.
- [2] 张友根. 包装工程, 2008, 29(4): 172-174.
Zhang Yougen. Packaging Engineering, 2008, 29(4): 172-174.
- [3] 贾丽萍. 工业技术, 2007(11): 81.
Jia Liping. Industry technology, 2007, (11): 81.
- [4] 文生平, 等. 工程塑料应用, 2006, 34(5): 59-61.
Wen Shengping, et al. Engineering Plastics Application, 2006, 34(5): 59-62.
- [5] 杨智韬, 等. 四川大学学报, 2010, 42(1): 243-248.
Yang Zhitao, et al. Journal of Sichuan University, 2010, 42(1): 243-248.
- [6] 张友根. 液压气动与密封, 2008(3): 1-4.
Zhang Yougen. Hydraulics Pneumatics & Seals, 2008(3): 1-4.
- [7] 焦志伟, 等. 橡塑技术与装备, 2010, 36(1): 38-41.
Jiao Zhiwei, et al. China Rubber / Plasticss Technology and Equipment, 2010, 36(1): 38-41.
- [8] 王昌焱. 液压气动密封, 2007(2): 1-3.
Wang Changyan. Hydraulics Pneumatics & Seals, 2007(2): 1-3.
- [9] 钟汉如, 等. 机械与电子, 2012(6): 54-56.
Zhong Hanru, et al. Machinery and Electronics, 2012(6): 54-56.
- [10] 何芳. 景德镇高专学报, 2006, 21(4): 44-45.
He Fang. Jingdezhen Comprehensive College Journal, 2006, 21(4): 44-45.
- [11] 倪卫涛. 橡塑技术与装备, 2004, 30(12): 21-23.
Ni Weitao. China Rubber / Plasticss Technology and Equipment, 2004, 30(12): 21-23.
- [12] 杜青林. 液压注塑机伺服泵控制方法研究 [D]. 华南理工大学, 2010: 1-3.
Du Qinglin. Research on servo-pump control method of hydraulic plastics injection molding machine [D]. South China University of Technology, 2010: 1-3.
- [13] 宋春华. 高性能注塑机关键技术的研究 [D]. 西南交通大学, 2006: 12-16.
Song Chunhua. Research on key technology of high-performance plastics injection molding machine [D]. Southwest Jiaotong University, 2006: 12-16.
- [14] 宋春华. 中国塑料, 2011, 25(11): 94-97.
Song Chunhua. China Plastics, 2011, 25(11): 94-97.
- [15] 宋春华. 机床与液压, 2012, 40(2): 122-129.
Song Chunhua. Machine Tool & Hydraulics, 2012, 40(2): 122-129.
- [16] Inaba Y, et al. Journal of JSPE, 1999, 65(6): 805-809.
- [17] Inaba Y, et al. Journal of JSPE, 1999, 65(4): 542-548.
- [18] 刘维. 机械、装备与设计, 2011, 14(3): 36-43.
Liu Wei. Machinery, Equipment and Design, 2011, 14(3): 36-43.
- [19] 张涛, 等. 机电工程技术, 2010, 39(8): 73-75.
Zhang Tao, et al. Mechanical & Electrical Engineering Technology, 2010, 39(8): 73-75.
- [20] 林克伟, 等. 工程塑料应用, 2011, 39(8): 84-87.
Lin Kewei, et al. Engineering Plastics Application, 2011, 39(8): 84-87.
- [21] 文生平, 等. 工程塑料应用, 2006, 34(5): 59-62.
Wen Shengping, et al. Engineering Plastics Application, 2006, 34(5): 59-62.
- [22] 何雪松. 高速电液伺服注塑机精密注塑控制策略的研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2005: 1-15.
He Xuesong. Research on accurate injection control tactics of high-speed electric & hydraulic servo plastics injection molding machine [D]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2005: 1-15.