

硫化机开合模液压伺服系统设计与仿真

许金辉¹, 艾子健^{2*}, 纪联南², 魏剑²

(1. 中化(福建)橡塑机械有限公司, 福建 三明 365599;

2. 三明学院, 福建 三明 365004)

摘要: 针对硫化机的开合模液压系统, 设计了采用定量泵与节流调速的液压系统和采用伺服调速控制的液压系统, 并对两种液压系统进行了分析, 结果表明采用伺服调速控制的液压系统拥有显著的节能特性及更好的换向平稳性

关键词: 硫化机; 开合模; 液压伺服系统; AMESim

中图分类号: TQ330.47

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2024)11-0065-04

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2024.11.014

0 引言

硫化机是一种对各种橡塑制品进行硫化的机器, 具有定时锁模、自动补压、自动计时、自动控温、到时报警等功能^[1]。随着工业的发展和产业的升级, 硫化机的性能需求不断向性能稳定、高效节能的方向深入^[2], 是现代橡胶制品生产, 如橡胶轮胎、胶囊等生产加工过程中一个很重要的环节^[3]。在此背景下, 液压式硫化机逐渐显示出了独特的优点。同传统的机械式硫化机相比, 采用液压系统的硫化机结构紧凑、刚性好, 便于实现自动化控制。开合模系统是硫化机工作中最重要的一环, 硫化机开合模动作因行程较大, 在开合模过程中, 无论是上升、下降, 尤其是下降过程, 都存在速度和加速度的变化, 是整个系统中压力流量需求最大, 动作工况最恶劣的一环。开合模系统的主要功能是由液压驱动开合模油缸实现活络模具的上升和下降, 为提高生产效率和精确度, 开合模需具有快速和慢速的开合功能^[4-5]。传统的开合模液压系统采用的是由定量泵驱动和流量阀调节的系统, 用以满足系统不同阶段的需求。这种系统在运行过程中, 大部分的能量会以节流和溢流的形式消耗掉, 从而使系统消耗的功率增大, 液压油温度升高。

本文对传统的液压开合模系统进行了分析, 并在此基础上设计了由伺服系统进行控制的液压开合模系统, 并二者进行对比仿真分析, 为探究更加高效的硫化机开合模液压系统提供技术参考。

1 硫化机开合模液压系统设计

1.1 硫化机开合模液压系统设计要求

硫化机开合模的工作过程主要分为快开、慢开、快合、慢合四步。以某机型为例, 设计快开和快合的时候, 系统流量为 90 L/min, 所需系统最高压力为 10 MPa, 慢开和慢合的时候需要的系统流量为 60 L/min, 工作压力为 10 MPa, 硫化机开合模工作时的负载为 80 000 N, 运动的行程为 2 m。设计计算可得: 液压缸的缸径取 $D=100$ mm, $d=50$ mm, 快速合模时的液压缸速度为 0.191 m/s, 慢速合模时的液压缸速度为 0.127 m/s; 快速开模时的液压缸速度为 0.26 m/s, 慢速开模时的液压缸速度为 0.17 m/s。

系统一个周期额运行阶段共分为 5 个阶段, 分别为快速合模、慢速合模、静止、快速开模、慢速开模。液压硫化机在开合模的初期采用快速开合, 待液压缸快接近终点时采用慢速开合直至终点。

1.2 采用定量泵及节流调速的开合模液压系统

如图 1 所示, 当硫化机开始合膜时电磁铁 2Y、3Y、4Y 得电, 油液经过换向阀 4 后从换向阀 6 通过

作者简介: 许金辉(1970—), 男, 工程师, 主要从事工业自动化方面的工作。

基金项目: 中央引导地方科技发展专项(2022L3044); 福建省技术创新重点攻关及产业化项目(2023XQ009)

收稿日期: 2024-08-09

单向平衡阀 9 流入液压缸无杆腔，液压缸有杆腔油液流经换向阀 5 和换向阀 4 回油箱，实现快速合模；当合膜快结束时，4Y 失电，油液经过调速阀 8 通过单向平衡阀 9 进入油缸实现慢速合膜；当电磁铁 1Y、3Y、4Y 得电，油液从换向阀 5 流入液压缸有杆腔，无杆腔油液经单向平衡阀 9 及换向阀 6、4 进入油箱，实现快速开模；当快快速开模结束时，3Y 失电，油液从调速阀 8 进入液压缸有杆腔实现慢速开模的过程。由于由于快慢速开合模所需的流量不同，采用定量液压泵，输出的流量始终不变，就必须通过调速阀和溢流阀来实现不同流量的需求。

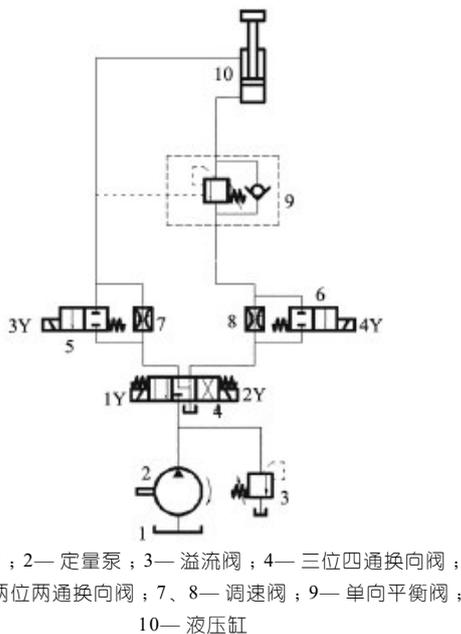


图 1 传统开合模液压系统原理图

1.3 硫化机开合模伺服液压系统设计

如图 2 所示，该系统采用伺服控制的变量泵对液压系统进行控制，与传统节流系统相比，减少了两路单向节流系统，通过伺服系统，根据快速、慢速合模和据快速、慢速开模的运行速度需求，实时控制伺服电机的输出转速，从而控制变量泵的输出流量，以适应不同工况流量的需求。

伺服控制系统的控制原理为：伺服系统通过流量传感器获得流量信号，与设定的所需流量信号进行实时匹配，根据 PID 算法，实时调整伺服电机的输出转速，使变量泵的输出流量时刻与所需流量相匹配，从而达到控制执行元件运行速度的目的。

2 硫化机开合模液压伺服系统仿真

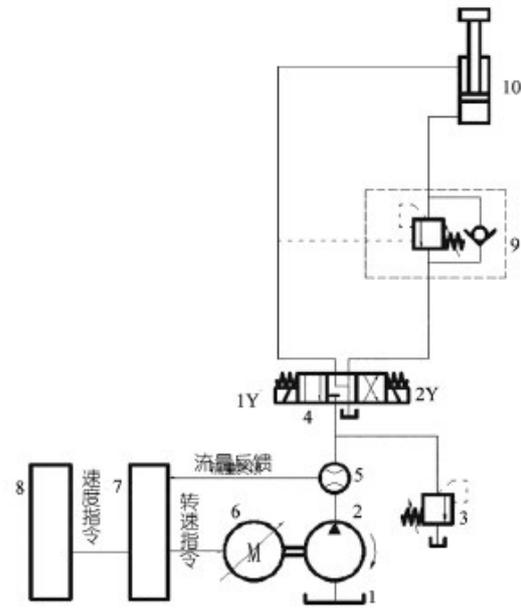


图 2 开合模液压伺服系统原理图

2.1 液压系统仿真及参数设置

仿真过程中，设置系统仿真时间 (Final time) 为 30 s，采样时间 (Print interval) 为 0.001 s，一共设置了 5 个阶段的信号，每个阶段的运行时间为 6 s，其对应的阶段分别为快速合模、慢速合模、静止、快速开模、慢速开模。图 3(a) 为常规液压系统仿真图，通过设置两个节流阀实现液压缸运动速度，分别为：快合、慢合、快开、慢开时的速度分别为 0.190 3 m/s、0.12 7 02 m/s、0.252 3 m/s、0.189 61 m/s，接近所需速度。图 3(b) 图为伺服控制液压系统仿真图，依据液压缸所需速度计算液压缸所需流量，再根据泵的排量计算电机所需转速，通过在快速开合模和慢速开合模阶段对电机输入不同的转速从而达到控制调控系统流量的目的。相关元件的其他参数设置表 1 所示。

2.2 结果分析

图 4 为液压缸的位移图，液压缸在 0~6 s 期间进行快速合模；6~12 s 的时候进行慢速合模运动，并运动到最大位移 2 m 处；在 18~24 s 期间进行快速开模，24~30 s 内进行慢速开模运动，并在 27 s 左右完成开模。

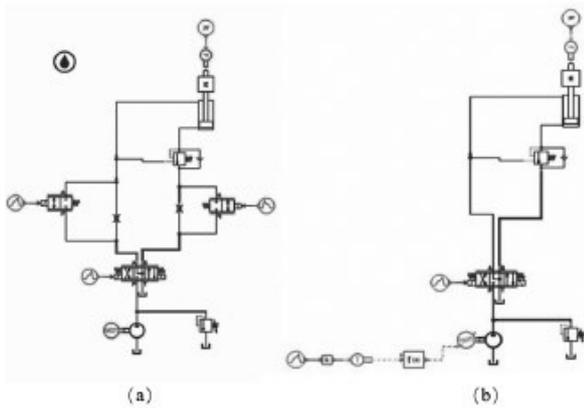


图3 两种液压系统的仿真原理图

表1 元件仿真参数的设置

元件名称	参数名称	参数设置
液压泵	maximum displacement	40 cc/rev
顺序阀	setting pressure	200 bar
	pilot differential pressure for maximum opening	50 bar
电机	shaft speed	2 250 rev/min
节流阀	equivalent orifice diameter	2.33 m
溢流阀	relief valve cracking pressure	630 bar
液压缸	piston diameter	100 mm
	rod diameter	50 mm
	length of stroke	2 m
	total mass being moved	1 kg
	angle rod makes with horizontal	90°
负载	constant value	80 000 N

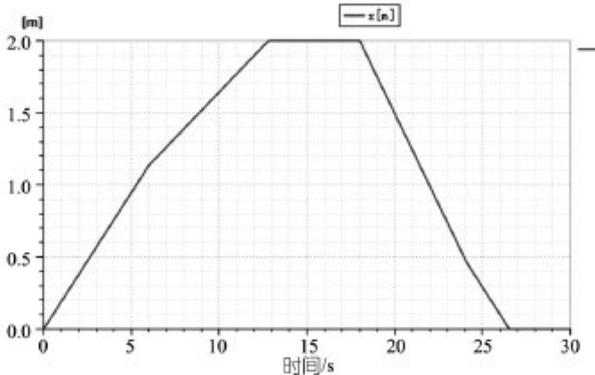


图4 液压缸的位移曲线图

图5为两种液压系统的泵输出功率对比，图中P1为传统硫化机系统的液压泵输出功率，P2为采用伺服系统的液压泵输出功率。由图可知，在快速合模和快速开模阶段，系统所需工作压力较小，液压缸以最快速度运行，此时传统硫化机系统不存在节流损失与溢流损失，两系统泵功率消耗基本相同。但在慢速开合模与等待环节，系统压力较大，传统系统的液压泵输出功率一直保持着最大输出功率为5.6 kW，而伺服系统液压泵的输出功率显著降低。伺服系统在慢速动作

和等待环节，不存在节流损失与溢流损失，整周期系统功率消耗降低了近65%。

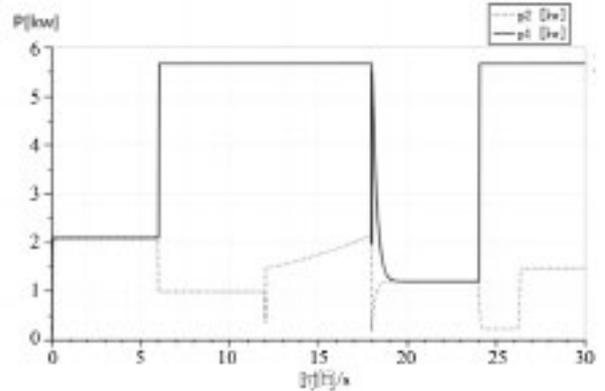


图5 两种液压系统的泵功率输出对比图

图6和图7为由快速合模变为慢速合模，快速开模变为慢速开模时不同系统的的液压缸加速度曲线；其中a₁为采用传统系统的加速度曲线，a₂为采用伺服系统的加速度曲线。由图可知，采用伺服系统的液压缸比采用传统系统的液压缸在变速时产生的震动比的更小，产生震动的时间更短，有效提高了系统的平稳性。

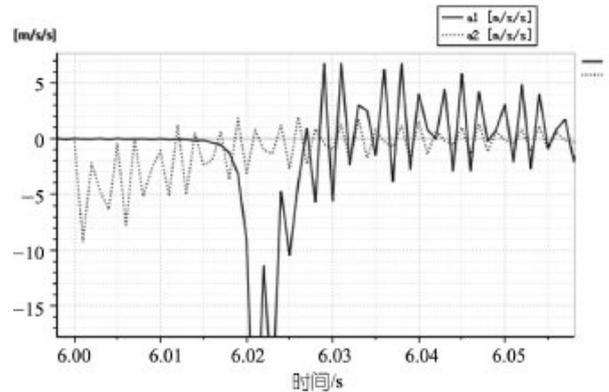


图6 合模变速时液压缸加速度对比图

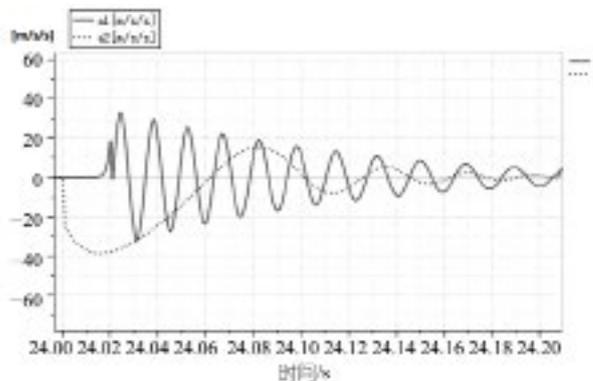


图7 开模变速时液压缸加速度对比图

3 结论

本文对硫化机的开合模液压系统进行了设计与计算,对比了采用定量泵与节流调速的液压系统与采用伺服调速的液压系统的性能,结果表明:采用伺服调速控制的液压系统在慢速开合模、停止等待阶段所消耗的功率更低,拥有良好的节能特性,在快慢变速时产生的速度冲击越小,拥有更好的平稳性。

参考文献:

[1] 艾同辉,姚宁,张令,等. HFST 伺服液压系统在轮胎硫化机

中的应用研究 [J]. 橡塑技术与装备, 2016,42(19):60-66.

[2] 吴畏,伍先安,杨卫民,等. 轮胎硫化设备及工艺研究进展 [J]. 橡胶工业, 2018,65(06):711-716.
 [3] 邵炳燕,杨健,李颖,等. 80 MN 胶囊硫化机液压系统设计 [J]. 机床与液压, 2016,44(08):34-36.
 [4] 王超群. 航空子午胎硫化机伺服液压系统中开合模控制的优化设计思路 [J]. 橡塑技术与装备, 2019,45(21):54-61.
 [5] 韩青,叶选林,任杉,等. 液压轮胎定型硫化机液压系统设计与仿真 [J]. 机床与液压, 2014,42(01):116-119.

Design and simulation of hydraulic servo system for opening and closing mold of vulcanizing machine

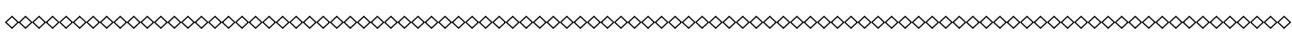
Xu Jinhui¹, Ai Zijian^{2*}, Ji Liannan², Wei Jian²

(1. Sinochem (Fujian) Rubber Machinery Co. LTD., Sanming 365599, Fujian, China;
 2. Sanming University, Sanming 365004, Fujian, China)

Abstract: Regarding the hydraulic system for opening and closing molds of vulcanizing machines, this article designs hydraulic systems using quantitative pumps and throttle valves for speed regulation, as well as hydraulic systems using servo speed control, and analyzes the two hydraulic systems. The results indicate that hydraulic systems using servo speed control have significant energy-saving characteristics and better directional stability.

Key words: vulcanizing machine; opening and closing molds; hydraulic servo system; AMESim

(R-03)



台塑与中国台湾纺织研究所合作研发回收碳纤维 /PC 热塑性复合材料

Formosa Plastics Group collaborates with TTRI to develop recycled carbon fiber/PC thermoplastic composite materials

近日,台塑集团宣布与中国台湾纺织研究所(TTRI)合作开发了一种新型回收碳纤维(rCF)/聚碳酸酯(PC)热塑性复合材料。采用最先进的PC纤维纺丝技术,将干式均质混合无纺布技术与回收碳纤维相结合,制成中间材料。

除了使用回收的碳纤维外,这种组合还可以用于消费后回收的PC和阻燃PC。PC纤维承担了用于浸渍和固化的聚合物基体的作用,这意味着不再需要添加额外的基体树脂。

该材料易于回收和重塑,重量轻、强度高,可满足客户对消费电子产品和体育用品等应用的要求,支持通过热压工艺一步制造出复杂的形状,或者结合片材成型与注射成型技术,而无需进一步的零件生产步骤,有助于缩短生产周期、降低制造成本,还能减少二氧化碳的排放,对产品的生命周期评估产生积极影响。

摘编自“中国国际复合材料展览会”

(R-03)