

伺服电机液压系统在密炼机上的应用

张志强, 蔡翔, 蔡超, 杨凡

(益阳橡胶塑料机械集团有限公司, 湖南 益阳 413000)

摘要: 针对密炼机节能环保的发展趋势, 公司联合供应商开发了新型的密炼机伺服电机液压系统, 代替常规的异步电机比例阀液压系统。该液压系统能根据密炼机的各个动作按需提供压力和流量, 具有噪音低、对油液清洁度要求低、节能明显等优点。

关键词: 伺服电机液压系统; 异步电机比例阀液压系统; 密炼机; 节能

中图分类号: TQ330.493

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2024)09-0067-04

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2024.09.015

密炼机是密闭式炼胶机的简称, 它是橡胶生产中的重要设备, 主要用于树脂、塑料、橡胶、硬橡胶制品、密封件、模制品和聚氯乙烯原料以及其它各种塑料制品原料的塑炼、混炼和终炼。它的工作原理是通过一对具有特定形状并相对回转的转子, 对橡胶产生高剪切力来将橡胶高分子链打断、并将各种填充剂、抗氧化剂等粉料与橡胶重新混合, 以获得具有特定性能、便于加工的胶料。密炼机主要是由混炼室、转子、转子密封装置、加料装置、压料装置、卸料装置、传动装置及机座等部分组成。现在使用最广泛的密炼机, 加料装置的加料门开关、压料装置的上顶栓升降、卸料装置的卸料门开关及锁销的锁紧与松锁等, 都是通过液压系统提供动力, 驱动液压油缸执行动作的。密炼机的液压系统一般分为两部分: 一部分是上顶栓回路, 包括上顶栓的升降控制和炼胶时上顶栓对胶料的压力控制; 另一部分是辅助回路, 包括加料门打开与关闭、卸料门的打开与关闭、锁销的锁紧与松锁等。

1 密炼机异步电机比例阀液压系统

常规的密炼机异步电机比例阀液压系统是一种采用异步电机、柱塞泵、比例阀及放大板等的阀控液压系统, 以下简称阀控液压系统^[1], 如图1所示。工频异步电机与柱塞泵是液压系统的动力源, PLC输出 $\pm 10\text{V}$ 的模拟量信号给放大板, 放大板把输入的模拟量信号转换成比例阀所需的信号来控制先导式比例方向阀。通过调节PLC输出模拟量信号的大小, 就可以控制上顶栓升降运动的快速慢速切换, 实现上顶栓升

降平稳运动。改变模拟量信号的正负极性, 上顶栓升降运动的方向就随之改变。炼胶过程中, 上顶栓在下位给胶料提供压力时, 由于胶料对上顶栓存在反作用力, 液压系统必须持续跟踪控制上顶栓油缸的有杆腔和无杆腔的压差, 控制上顶栓对胶料的压力始终维持在压力设定值附近。上顶栓压力控制时, 比较上顶栓压力传感器的实际值与压力设定值之间的差值, 通过PLC的PID程序连续控制调节比例阀的开口大小和方向, 实现压力实际值持续跟踪压力设定值。密炼机炼胶时, 大部分时间上顶栓在下位对胶料进行压力控制, 此时的上顶栓维持压力所需要的流量较小, 泵提供的大部分流量直接溢流回油箱。密炼机辅机部分是间歇工作的, 动作时间短, 泵提供的大部分流量也是直接溢流回油箱。密炼机的这种阀控液压系统存在的主要问题: 采用了高频响先导式比例方向阀, 对油液清洁度的敏感度高; 采用了放大板, 接线复杂, 密炼机使用环境较恶劣, 线路和放大板易出故障; 电机始终以工频额定转速运转, 易造成液压油温升快, 液压油冷却装置所需的冷却水用量多; 系统流量不能按需控制, 系统的流量损失多, 能源浪费较多。

2 密炼机伺服电机液压系统

密炼机伺服电机液压系统是一种采用电液伺服驱

作者简介: 张志强 (1985-), 男, 工程师, 电气设计, 本科, 主要从事橡胶机械设备产品的电气设计开发工作。

收稿日期: 2024-01-18

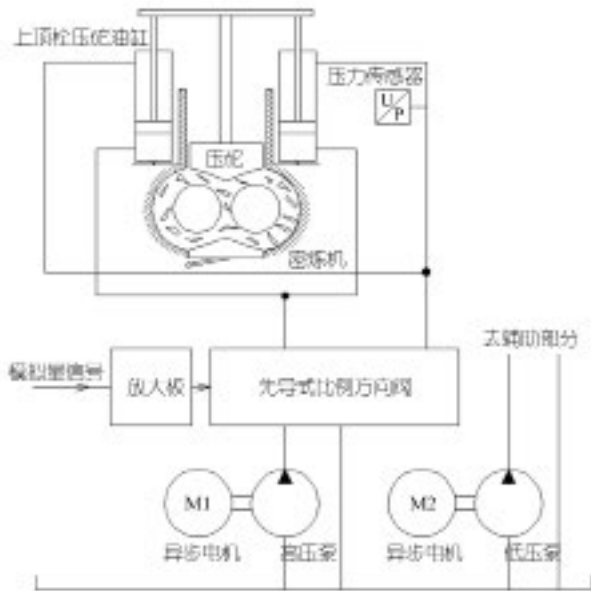


图1 密炼机异步电机比例阀液压系统的框图

动的油冷伺服电机、齿轮泵、压力传感器、高分辨率编码器组成的压力流量控制系统。典型的密炼机伺服电机液压系统，如图2所示。伺服电机与齿轮泵是系统的动力源。PLC给伺服驱动器压力指令和流量指令，伺服驱动器接收编码器的电机转速反馈信号和压力传感器的压力反馈信号，通过比较实际值与设定值的差值，自动调节伺服电机的转速，从而实现控制液压系统的压力和流量。

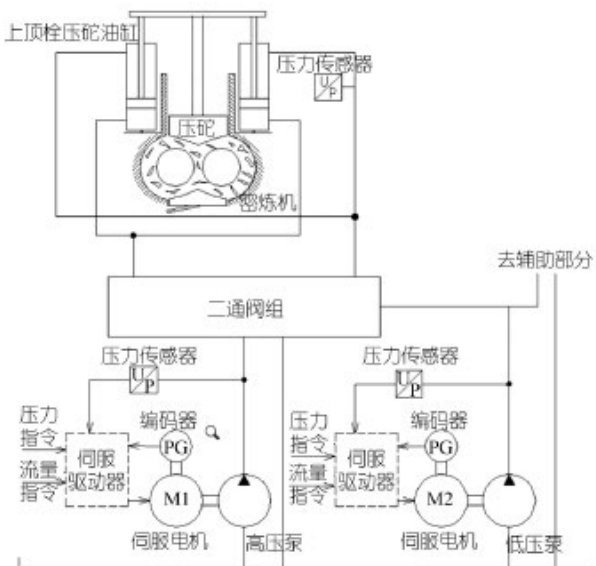


图2 密炼机伺服电机液压系统的框图

2.1 电液伺服驱动器及其运行模式

常规的伺服驱动器主要用于高精度位置控制。密

炼机伺服液压系统采用的是电液伺服驱动器，是专门用于油压控制的。它接收压力指令和流量指令，并通过压力传感器和编码器反馈压力信号和转速信号，形成一个压力和流量的双闭环控制。它的运行模式有压力模式和流量模式。流量指令和伺服电机的转速是线性对应的，最大流量指令对应伺服电机最大转速，最小流量指令对应伺服电机最小转速。电液伺服驱动器以压力模式运行时，它首先按给定的流量指令对应的转速驱动伺服电机，此时系统压力不断上升，压力达到设定值后，再根据压力给定值和实际值的差值进行PID运算动态调整转速给定值，以维持系统压力在设定值附近，压力流量模式实际上是一种恒压力限流量控制模式^[2-3]。电液伺服驱动器以流量模式运行时，伺服电机一直是在流量指令对应的转速下运行。

2.2 伺服电机液压系统的控制原理

伺服电机液压系统，高压泵采用的是高压小流量泵，低压泵采用的是低压大流量泵。上顶栓部分由高压泵组和低压泵组共同提供动力源^[4]，辅助部分由低压泵组提供动力源。流量 $Q=Vn$ ， V 为泵的排量， n 为伺服电机的转速。伺服驱动器接收压力指令和流量指令，控制两个泵组的伺服电机转速，满足液压系统的高压力和大流量需求。上顶栓上升和下降时，高压泵给上顶栓油缸提供需要的压力和一定的流量，低压泵给上顶栓油缸提供大流量，两个泵一起提供液压油，实现上顶栓快速运动时的大流量要求。上顶栓快速上升和快速下降时，给伺服驱动器最大工作压力指令和流量指令，伺服电机高速运转；上顶栓慢速上升和慢速下降时，相应降低压力指令和流量指令，伺服电机低速运转，通过相应电磁阀的得电失电切换来控制上顶栓的动作方向。上顶栓在下位压胶进行压力控制时，由于需要的压力高而流量较小，用高压泵组对其进行控制。PLC直接给伺服驱动器炼胶工艺需求的压力指令和相应的流量指令，伺服驱动器通过比较压力传感器反馈的实际值和PLC给定的压力设定值之间的差值，由伺服驱动器的油压PID算法动态调节伺服电机的转速，从而实现实际压力值连续跟踪压力设定值^[5-6]。辅助部分动作时，只需用低压泵组控制压力和流量，通过切换相应滑阀的得电和失电控制液压油路，实现加料门的打开与关闭、卸料门的打开与关闭和锁销的锁紧与松锁等。辅助部分不动作，上顶栓在下位压胶进行闭环压力控制时，低压泵可以停止运行。

2.3 密炼机伺服电机液压系统的特点及优势

(1) 采用某优质品牌的内啮合齿轮泵, 具有脉动小、效率高、噪音小, 使用寿命长等特点。

(2) 采用国产某优质品牌的油冷伺服电机, 主要特点包括以下几个方面: 高精度的转速控制; 响应速度非常快, 响应时间通常在毫秒级内; 全调速范围内高转矩; 过载能力高, 非常适合密炼机间歇动作的特点, 高可靠性和稳定性等。由于采用的伺服电机是油冷电机, 可与液压系统共用油路, 直接用液压系统的液压油冷却, 没有冷却风扇, 液压系统噪声明显降低。

(3) 采用国产某优质品牌的专用伺服驱动器, 具有高性能的矢量控制技术、免调谐等多种高性能编码器、参数设置友好, 油压控制性能高、体积较小等优点。液压系统的压力和速度响应更快、稳态压力波动更小。

(4) 伺服电机液压系统的整体效率更高, 整个液压系统的装机功率小一些。

(5) 采用大通径二通阀, 取消了先导式比例方向阀, 抗污能力较强, 对油液清洁度要求敏感度降低。取消放大板, 故障率降低。

(6) 通过伺服驱动器, 可以方便地获取伺服电机的各项运行数据, 系统出现故障时更容易判断。

(7) 由于系统的节流损失小, 液压油的温升低, 液压系统油液冷却装置所需的热交换器面积更小, 液压系统所消耗的冷缺水也更少。油温降低, 可以延长液压系统和机台阀组的使用寿命。

(8) 液压系统的压力和流量可以按需工作, 在密炼机的工况下节能效果非常明显。

2.4 伺服电机液压系统的测试

典型的伺服电机液压系统实物图片如图3所示。



图3 密炼机伺服电机液压系统实物图片

此液压系统采用的高压泵伺服电机功率 27 kW, 转速 2 000 r/min, 转矩 150 N·m。低压泵伺服电机功率 42 kW, 转速 2 000 r/min, 转矩 200 N·m。以往同规格的阀控液压采用的异步电机功率为 55 kW+22 kW。经过实际测试, 密炼机采用伺服电机液压系统, 伺服电机转速响应快, 上顶栓升降动作速度更快, 升降时间由 5~6 s 缩短到 4 s 左右。上顶栓闭环压力控制精准, 压力响应速度快, 没有液流动作时, 液压系统噪音很低, 这种根据负载变化主动调节系统压力和流量的控制方式^[7], 特别适合密炼机液压系统间歇工作的工况。上顶栓由升降运动动作切换为对胶料的压力控制时, 只需要高压泵工作。此时, 压栓在下位, 所需要的流量小, 转速较低, 伺服电机自动调节转速, 保持上顶栓的压力稳定。测试的上顶栓压力和电机转速、功率的关系如图4所示。上顶栓压力控制过程中, 只有高压泵在工作, 保压压力 40 bar 时, 伺服电机转速 90 r/min, 功率 0.3 kW 左右; 保压压力 80 bar 时, 伺服电机转速 139 r/min, 功率 1.1 kW 左右; 保压压力 120 bar 时, 伺服电机转速 205 r/min, 功率 1.9 kW 左右; 保压压力 160 bar 时, 伺服电机转速 285 r/min, 功率 3.2 kW 左右。随着上顶栓保压压力的上升, 高压泵伺服电机的转速上升, 功率增加。可以看出, 在上顶栓压力控制的过程中, 高压泵的功率较小, 能耗比较低。根据客户对采用上述两种液压系统的密炼机使用对比后的反馈, 密炼机采用伺服电机液压系统, 相比阀控液压系统节能 60% 以上, 节能效果非常明显。

3 结语

本文介绍的密炼机伺服电机液压系统, 用于替代传统的异步电机比例阀液压系统。该系统可以根据密炼机的各个动作的负载变化, 通过调整伺服电机的转速来控制泵的工作状态与负载相适应, 按需提供压力和流量, 有效降低了液压系统的溢流和节流损失。该系统具有噪音低、对油液清洁度要求降低、节能效果明显等优点。特别是其节能效果明显的优点, 已应用于公司各种规格的密炼机上和众多客户的旧密炼机液压站改造的项目上, 提高了公司密炼机产品的竞争力, 具有明显的经济效益, 深受客户的欢迎。随着炼胶工艺的发展进步, 客户对设备的节能、环保、精确控制等需求越来越高, 期待更多先进的技术能够被开发出来, 服务于社会。

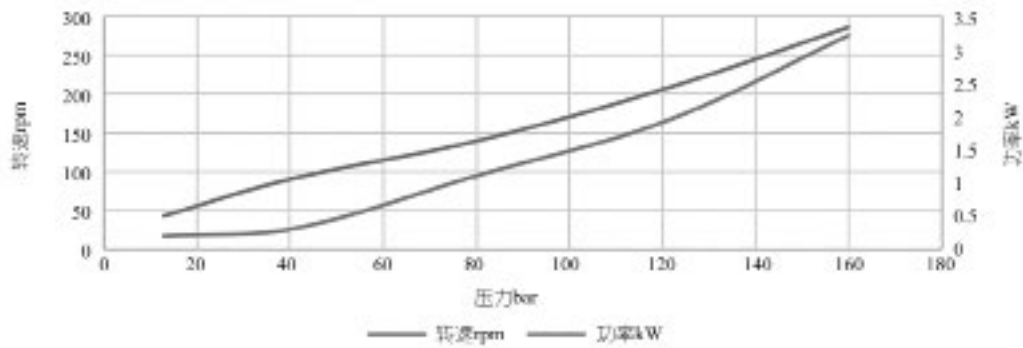


图 4 不同上顶栓保压压力下的高压泵伺服电机转速功率曲线

参考文献：

<p>[1] 高俊, 喜冠南. 伺服电机控制高压大流量双泵液压动力系统研究 [J]. 液压与气动, 2018(6):35-39.</p> <p>[2] 张忠远, 汪峰. 液压节能技术 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2012.</p> <p>[3] 金义慧, 方崇智. 过程控制 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1996.</p>	<p>[4] 许梁, 杨前明. 现代电液控制技术中的应用与发展 [J]. 现代制造技术与装备, 2007(3):72-76.</p> <p>[5] 许贤良, 王传礼. 液压传动系统 [M]. 北京: 国防工业出版社. 2015.</p> <p>[6] 梁利华. 液压传动与电液伺服系统 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2015.</p> <p>[7] 余崇俊. 国内外液压轮胎硫化机水平浅析 [J]. 橡塑技术与装备, 2001,27(6):7-14.</p>
---	--

Application of servo motor hydraulic system in mixing machine

Zhang Zhiqiang, Cai Xiang, Cai Chao, Yang Fan

(Yiyang Rubber Plastic Machinery Group Co. LTD., Yiyang 413000, Hunan, China)

Abstract: In response to the development trend of energy conservation and environmental protection in internal mixers, our company has collaborated with suppliers to develop a new type of servo motor hydraulic system for internal mixers, which can replace the conventional asynchronous motor proportional valve hydraulic system. This hydraulic system can provide pressure and flow as needed according to the various actions of the mixer, and has the advantages of low noise, low requirements for oil cleanliness, and energy saving.

Key words: servo motor hydraulic system; asynchronous motor proportional valve hydraulic system; internal mixer; energy saving

(R-03)

