

液压硫化机的液压动力系统的性能优化与研究

虎玉荣

(双钱集团上海橡胶机械一厂有限公司, 上海 200129)

摘要: 本文通过液压硫化机的液压系统组成与功能和该系统现有存在的状况进行阐述, 针对当前系统中存在的效率低下、能耗高、噪声大以及操作复杂等不足进行深入的探讨, 并对液压系统性能优化的关键问题提出优化措施。通过采用对液压系统压力与流量控制以及自动化控制策略进行了全面优化, 并对优化后硫化机液压系统所产生的经济效益、稳定性和节能效果等进行总结。

关键词: 液压硫化机; 冗余控制; 永磁伺服电机; 节能控制; 一拖五系统

中图分类号: TQ330.47

文章编号: 1009-797X(2025)03-0032-04

文献标识码: B

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2025.03.008

0 引言

液压硫化机作为轮胎生产中的核心设备, 其性能直接影响产品质量与生产效率, 硫化机液压系统在长期运行过程中, 可能面临能耗高、发热量大、噪音大、油液易乳化等问题, 同时机械冲击和噪声也会增加机械配件的损耗, 导致维护成本上升。此外, 随着智能制造和绿色制造的发展, 对硫化机液压系统的智能化、信息化和节能性提出了更高的要求。某轮胎有限公司需要通过优化原有液压系统设计, 减少不必要的能量损失, 提高能源利用效率, 同时减少液压系统运行时的噪音, 改善工作环境, 增强硫化机运行的稳定性和响应速度, 提高轮胎的生产效率和产品质量。

1 硫化机的液压系统组成与功能

硫化机的机组液压系统主要由电动机、液压泵、执行器、控制阀(压力控制阀、流量控制阀等)、油箱、蓄能器、热交换器等部件组成。通过这些部件协同工作, 实现液压能的转换、传递和控制。本文根据某轮胎有限公司现场硫化机设备情况进行分析, 即1台液压站系统控制5台液压硫化机的运行总需求, 根据选择功率和流量足够大的液压泵, 采用多泵并联或一泵多机轮流工作的方式应用变量泵实现硫化机的实际需求调整流量和压力, 通过一个复杂的控制阀组, 包括多个方向控制阀、压力控制阀和流量控制阀, 以实现5台硫化机的独立控制和同步协调, 以及应用

PLC可编程逻辑控制器编程实现5台硫化机进行集中监控和分散控制以及同步启停、压力调节和速度控制等功能, 利用位置编码器和传感器实时监测硫化机的工作状态, 及时发现并处理异常情况。

硫化机液压站的系统功能主要由开合模系统、中心机构、加压保压系统、装胎机械手、卸胎系统等组成, 液压站的功能数是压力、流量调节功能、压力溢流功能、油温高报警功能、油位低报警功能、油堵塞报警功能、油温冷却功能、液压的系统功能参数等组成。具体如表1液压系统的主要参数。

表1 液压系统的主要参数

主要参数	数值
系统压力 /MPa	12
最大压力 /MPa	14
增压压力 /MPa	12
主泵电机总功率 /kW	37
高压泵电机功率 /kW	5.5
系统流量 / $(L \cdot \min^{-1})$	140
快进开模流量 / $(L \cdot \min^{-1})$	63
叶片泵排量 / $(mL \cdot r^{-1})$	65
柱塞泵 / $(L \cdot \min^{-1})$	250

1.1 主控制块

主控制块包含二个动作: 活络模伸缩、开合模, 具体设计参数如下表2主控制块功能设计参数。

1.2 辅助控制块

辅助控制块包含五个动作: 左、右装胎机械手的

作者简介: 虎玉荣(1980-), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事轮胎设备及相关非标设备的设计等工作。

表2 主控制块功能设计参数

名称	向上速度 / (mm·s ⁻¹)	向下速度 / (mm·s ⁻¹)	最大流量 / (L·min ⁻¹)	最小流量 / (L·min ⁻¹)	压力 / MPa
活络模油缸回路	20	9.4	24.1	10	
开合模油回路	100	180	217	63	10
开合模低速	50	41			

表3 辅助控制块功能设计参数

名称	速度 / (mm·s ⁻¹)	最大流量 / (L·min ⁻¹)	最小流量 / (L·min ⁻¹)	压力 / MPa
左装胎机械手油缸回路	100	11.8	8.1	8
右装胎机械手油缸回路	100	11.8	8.1	8
左加压油缸回路	4	16.3	11.2	10
右加压油缸回路	4	16.3	11.2	10
左卸胎机械手油缸回路	100	11.8	8.1	8
右卸胎机械手油缸回路	100	11.8	8.1	8
中心机构下环油缸快速回路	60	11.3	8.4	10
中心机构上环油缸快速回路	60	11.3	8.4	10
中心机构下环油缸慢速回路	50	9.4	7.7	10
中心机构上环油缸慢速回路	50	9.4	7.7	10

升降,左、右卸胎机械手的升降、中心机构下环升降、中心机构上环升降、左、右加压油缸回路,具体设计参数如下表3辅助控制块功能设计参数。

2 硫化机液压系统的现有问题

2.1 同步性问题

本文的轮胎硫化机的液压系统是一个液压站拖五台(47")的双模硫化机设备的系统,需要精确控制各硫化机的动作时间和动作顺序,以确保硫化过程的一致性和产品质量,并且柱塞泵总流量为5XA37-FR01,250 L/min左右,在整个运行阶段,只能满足1台硫化机的运行时,如合模、硫化、开模等过程中需要不同的压力和流量,而目前该系统为5台硫化机运行设计的,在实际中当有第2台,第3台设备开合模有同时动作时,流量明显不够,直接影响开机效率。

2.2 系统复杂度

恒压变量柱塞泵与普通电机的动力源方式存在电能的浪费,其中电机为旧国标,三级能效耗能高,恒压变量泵由于存在泄露口,即使变量后耗能仍很大,硫化机液压站因5台硫化机连续工作频繁起停,启动电流很大导致控制元件和电机频繁烧毁,误工误产导致造成企业运行成本增加,同时机械冲击和噪声都较大,机械配件寿命相对减少,维护成本较高。

从设备上阀组分析,控制5台液压硫化机的液压系统具有较高的复杂度。需要综合考虑多个因素如泵的选择与配置、控制阀的设计与布置、管路与布局等,现有几个工位的精度的需要调整,缺少控制回路,比如上环定位、装胎、卸胎回路控制的快慢速、活络模缺少背压控制、合模力控制等,这都将影响设备运行

的节能效果,一拖五液压系统存在液压阀的内泄露问题,直接表现效率低,特别是用了十几年设备,明显感觉系统发热量比新设备大很多,而且对于电机功率的损耗也同时增大。

3 硫化机液压系统的优化措施

3.1 一拖五的液压系统改造为二拖二的系统

液压系统控制系统和回路需要相应的更改,主要实现各油缸动作流量和参数的设定,以及将这些信号传递给永磁同步伺服电机。能否实现一个油箱供多台硫化机供用,每一台硫化机只配一台伺服泵,但是存在的问题是需要考虑原系统的回油管路,回油过滤器以及冷却器的流通能力是否足够,因为改为“二拖二”后各个硫化机仍是独立的,油缸的动作也是随机的,但其中一个伺服泵有问题,另一个永磁同步伺服电机的伺服泵可以启动,可以满足两台硫化机设备的运行,两个永磁同步伺服电机之间形成冗余控制模式。如果存在几台硫化机开模同时动作的情况,流通能力一定是不够的。同样吸油管路的通经问题也是一样的道理。综合以上问题原因,首先优选的方案为正常的“二拖二”设计,如图1二拖二伺服液压系统和表4二拖二的系统参数。

3.2 二拖二的控制系统的原理

伺服系统的组成由可编程控制器,模拟量模块,数字量模块,触摸屏,伺服驱动器,永磁同步伺服电机,再生制动电阻,压力传感器,流量传感器等,如图2伺服液压系统控制原理。

3.3 控制阀路的更换

将原有的装胎、卸胎阀组中增加快慢速阀组、平

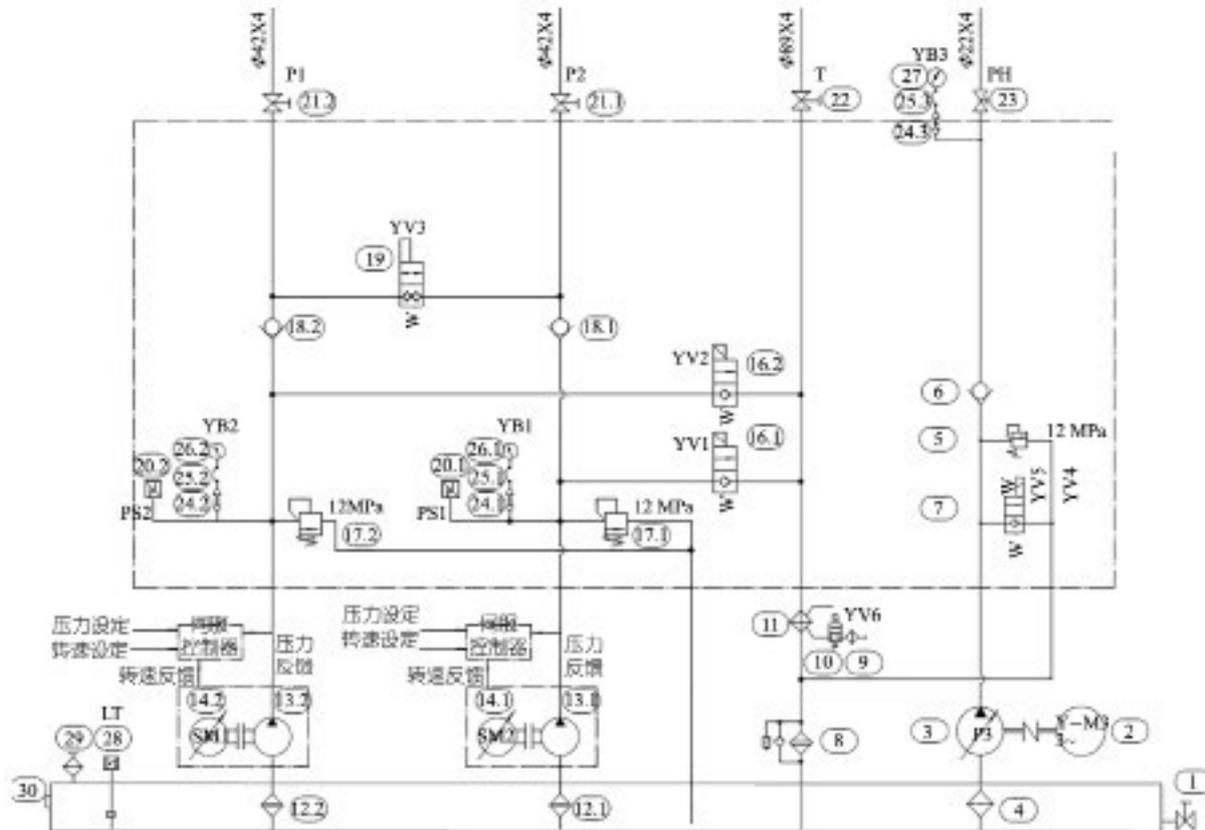


图 1 二拖二伺服液压系统

表 4 二拖二的系统参数

系统参数	数值
中压泵功率 /kW	30
高压泵功率 /kW	5.5
中压流量 / $(L \cdot \min^{-1})$	240
中压压力 /MPa	12
高压压力 /MPa	12
高压流量 / $(L \cdot \min^{-1})$	24

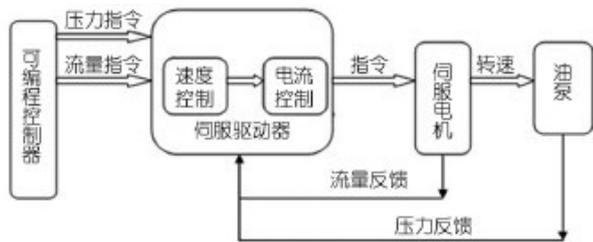


图 2 伺服液压系统控制原理

平衡使其定位准确稳定，以及将中心机构上环换向阀更换为比例换向阀等。恒压变量泵与普通电机的节能降耗问题，通过“二拖二”采用伺服电机与伺服泵的泵源形式，将耗能降至最低，这样不仅提高了系统的控制精度，而且系统发热量也很小，同时降低了冷却水的使用量，最重要的是采用二拖二控制后，可以按照各个运作，分别匹配流量和压力参数，从根源提高了系统的安全性能和各种液压冲击现象。

3.4 伺服液压系统的优点

采用永磁同步伺服电机功率密度高，外形尺寸比普通电机小，空间位置占用小，节能性能比恒压变量泵少大约 8%~10%。推出更强响应和冲击抑制的软件算法，可以达到的指标为：14 MPa 压力下，油泵转速为 20 r/min 时压力波动控制 0.35 MPa，17.5 MPa 全速全压响应为 47 ms，压力超调为 5 MPa 啊，泄压时间为 112 ms，压力振荡为 1 MPa，在调解性能上明显优于恒压变量泵，可以实现有控制的快慢速，达到某些油缸要求的定位精度和减少液压冲击的效果。降低噪音，改善车间环境，伺服电机的噪音一般比普通电机低于 10 dB 左右，由于伺服电机一般转速比普通电机要高很多，所有选用泵的排量也较小一些，因而噪音相对低一些。降低设备维护成本。特别是一些重要的，流量大压力高的场合，往往选用进口的油泵，而大排量的变量柱塞泵的采购加工比较高，这时如果换成伺服控制系统，则可以选用价格较低的定量泵。

4 液压系统优化后产生的效益

永磁同步伺服电机驱动系统在进行压力控制的同时，引入流量控制信号，限制压力控制调节器的速度

指令输出,达到流量的自如控制,压力闭环的柔性调节输出,无溢流损失,无节流损耗,油缸、阀门、管道无冲击,操作数字化,使得运行过程非常平滑,整体系统运行非常稳定可靠。

维护成本降低和降低冲击,由于控制系统简单精简,在停机检修时定期紧固螺丝、除尘等保养。伺服电机就能保证设备在启停的过程中工作平稳,而当液压站在无液压输出时,电机低速运转也降低了设备机

械磨损等,从而做到了降低机械冲击,延长机械配件和电机使用寿命、减少备品备件的采购成本等。

一般情况永磁同步伺服电机驱动系统的节能效果平均要比三相异步电机高 10% 以上,在设备改造前后,通过生产 100 条轮胎的伺服液压站与传统液压站装电表的均值进行统计计算,具体如表 5 电能能耗参考统计表。

从上表可知一台硫化机一年的生产的轮胎的数量

表 5 电能能耗参考统计表

序号	动作名称	压力 /MPa	运行时间 / (条 · s ⁻¹)	传统液压均值 / (kW · h)	伺服液压均值 / (kW · h)
1	开模	10	22	9.0	9.0
2	活络模上	10	5	2.0	0.8
3	中心机构上	10	6	2.4	1.0
4	卸胎	8	10	3.2	1.2
5	装胎	8	12	4.0	1.4
6	活络模下	10	5	2.1	0.8
7	中心机构下	10	6	2.4	1.0
8	合模	10	22	9.0	0.8
9	加压	10	2	0.1	0.1
合计				34.2	24.1

大约为 30 000 条,年节约电量为 3 000 kW · h,依据标准煤和 CO₂ 排放量的计算公式,每年至少节约 0.85 t 标准煤和减少 CO₂ 排放量约 2 t。

5 结论与展望

综上所述,经过优化液压泵站的配置与参数设置,采用了流量和压力的双闭环控制,电机转速和转矩可以快速调整,从而实现对油泵的流量和压力输出联系精确控制,因此在节能、降噪及提高液压硫化机运行

平稳性方面等有明显的优势,伺服液压控制系统将会在液压硫化机中得到广泛的应用。根据永磁同步电机的负荷自动调节转速,降低维护工作量和维护费用等所隐含的经济效益也是不容忽视的。使企业实现设备稳定运行,不仅减少生产成本提高生产效益,而且节能减排的目标增大企业的竞争力。实施表明了该方案能够显著提升系统的生产效率与自动化水平同时降低能耗提高产品质量。

Performance optimization and research of hydraulic power system of hydraulic curing press

Hu Yurong

(Double Coin Group Shanghai Rubber Works No.1 Co. LTD., Shanghai 200129, China)

Abstract: This article elaborates on the hydraulic system composition, functions and existing problems of hydraulic vulcanizing machines, and discusses indepth about the shortcomings of current system, such as low efficiency, high energy consumption, excessive noise, and complex operation, and proposed optimization measures. Through the overall optimization of the pressure and flow control and automatic control strategy of the hydraulic system, this paper summarizes the remarkable improvement of the optimized curing press hydraulic system in terms of economic benefits, stability and energy-saving effects.

Key words: hydraulic curing press; redundant control; permanent magnet servo motor; energy saving control; one drags five system

(R-03)