

液压系统功率匹配方法探讨

李传鹏¹, 和发波², 李 岳¹

(1板带厂; 2动力部)

摘 要: 针对功率不匹配造成液压系统效率低的情况, 分析了定量泵、变量泵液压系统功率匹配的方法与节能途径。

关键词: 板带生产线 液压系统 功率匹配

0 前言

传统液压系统的设计主要考虑系统的工作能力、可靠性及成本, 不太注意系统的效率。系统的效率大多在 50% 左右, 造成能量损耗过大, 因此其节能的潜力很大。而造成液压系统效率低的原因是功率不匹配, 即系统的输出压力 P_s 、输出流量 Q_s 与执行元件所需的压力 P_L 、流量 Q_L 不匹配。当流量不匹配, $Q_s > Q_L$ 时, 则产生溢流损失; 当压力不匹配, $P_s > P_L$ 时, 则产生压力损失。

1 液压系统功率匹配方法

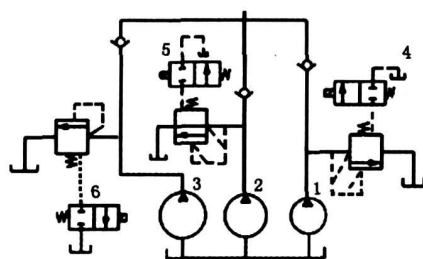
从对目前莱钢板带生产线液压系统现状的分析, 提高液压系统效率的基本途径, 是使系统的输入功率与执行元件的输出功率相匹配, 功率匹配程度愈高, 系统效率愈高。本文介绍定量泵液压系统和变量泵液压系统的功率匹配方法与节能途径。

1.1 定量泵液压系统

定量泵液压系统是定量泵供油, 用节流调速的方法调节执行元件的速度。其功率损失较大, 效率低, 但由于结构简单, 成本较低, 仍被各行业广泛应用。造成定量泵液压系统效率低的原因是定量泵的输出压力、流量与负载所需的压力、流量不匹配, 产生溢流、节流和卸荷能量损失。因此定量泵液压系统的节能途径就是尽可能的使系统的输入功率与执行元件的输出功率相匹配。

定量泵液压系统中单定量泵供油是最简单的回路。但这种回路只适用于恒压力、恒流量的载荷类

型。如果用在多负载多速度的工作循环中, 则效率在 35% 以下。因此, 根据功率匹配的原理, 对多负载多速度液压机械, 可选用多泵驱动回路。图 1 是由三个定量泵组成的驱动回路, 由控制阀 4 5 6 控制向系统供油, 可得七种流量组合 (若用四台泵, 可组合出十五种流量), 这种多泵驱动回路用于多负载、多种速度的液压机械, 比用单泵驱动可以节能 50% 以上。



1-高压小流量泵; 2 3-低压大流量泵; 4 5 6-程序控制器

图 1 三泵驱动回路

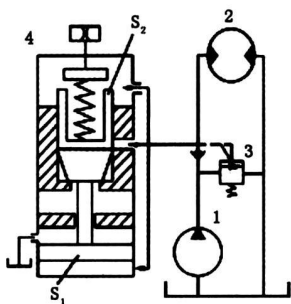
在定量泵系统, 采用恒功率调速的方法也可提高系统效率。恒功率调速的调速特性类似于恒功率变量液压系统, 但成本较低。恒功率定量泵液压系统见图 2。泵输出流量 $Q_s = \text{const}$ 泵输出压力油液 P 作用在压力自动控制节流阀的控制活塞 S_1 和节流阀芯 S_2 上。

当系统压力小于阀 4 的调定值时, 即 $P_{S1} \leq P_{S2} + kX_0$ 时, 由于节流阀口未开, 阀口通流面积 $a = 0$ 经阀口的溢流量 $Q_L = 0$ 因而进入执行元件的流量 $Q_c = Q_s - Q_L = Q_s$, 此时, 执行元件具有最大速度。

当系统压力大于阀的调定值, 即 $P_{S1} > P_{S2} + kX_0$ (S_1 : 控制活塞面积, S_2 : 节流阀芯面积, k 弹簧刚度, X_0 : 弹簧预压缩量, P : 系统工作压力) 时, 节流阀阀芯上移, 阀口开启, $a > 0$ 部份液流经节流阀口溢流, 进入执行元件的流量 $Q_c = Q_s - Q_L < Q_s$ 执

作者简介: 李传鹏 (1982-), 男, 2005年毕业于佳木斯大学机械设计制造及其自动化专业。现为板带厂助理工程师, 主要从事机械液压技术维修工作。

行元件的速度将随系统压力的增加和溢流量 Q_L 的加大而减小。



1-定量泵; 2-定量马达; 3-卸荷阀; 4-节流阀

图 2 恒功率定量泵液压系统

由上述过程可知, 在阀 4 动作以后, 可使负载流量 Q_C 随负载压力 P 的增、减而相应减、增, 从而使执行元件近似保持恒功率的运转特性, 在具有近似恒功率工作循环的液压机械中, 有较好的节能效果。

在莱钢宽带生产线的液压系统中, 存在一定的定量泵, 而定量泵在运行过程中由于能源利用率偏低, 造成管路中出现噪音和管路振动, 室油温升高过快, 大大缩短了备件的使用寿命, 通过改造后, 加大能源利用率, 管路中的噪音和振动明显减少, 油温温升大幅下降, 延长了备件的使用寿命。

表 1 宽带生产线对定量泵的改造对比

	能源利用率	效 果
改造前	35%	系统中有噪音、振动, 部件易发热
改造后	80%	噪音、振动和发热现象明显减少

1.2 变量泵液压系统

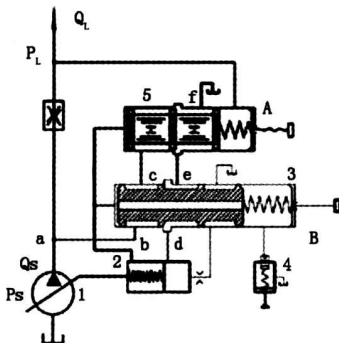
在负载变化的系统中, 采用定量泵不会有很高的效率, 此时可采用变量泵来调节其压力与流量, 使其尽可能满足负载的需要。如限压式变量泵驱动回路, 具有按负载压力自动调节流量的特性, 是一种流量匹配回路, 容积效率较高; 而恒功率变量泵驱动回路, 是利用恒功率变量泵实现流量自动跟随泵的输出压力变化, 可给出近似恒功率输出特性。

图 3 所示的功率匹配回路是在变量泵的基础上安装功率匹配阀的功率匹配回路, 这种回路可实现泵的输出压力、流量分别和负载需要的压力、流量相匹配。

1) 流量匹配过程: 当泵的输出流量 Q_s 大于负载需要的流量 Q_L 时, 节流阀两端压力差增大, 负载传感阀 A 的阀芯被推向右端, 压力补偿阀 B 的阀芯不动, 这时压力油经油路 a h c e d 进入变量缸, 推

动活塞左移, 使斜盘式轴向柱塞泵的斜盘倾角减小, 泵的流量相应减少, 实现了泵的流量与负载流量相匹配; 反之当 $Q_s < Q_L$ 时, A 阀阀芯在弹簧力的作用下复位, B 阀阀芯位置不动, 油路 d e f 连通并接油箱, 变量缸活塞在弹簧力的作用下右移, 斜盘倾角增大, 泵的流量随之增大, 仍保持流量匹配。

2) 压力匹配过程: 当执行元件的负载增大时, A 阀的阀芯左移, B 阀阀芯位置不动, 按照压力取决于负载的原则, 泵的输出压力相应增加, 但 P_s 与 P_L 始终保持节流阀的差值, 即 $P_s = P_L + \Delta P$, 如果 P_s 增加到先导阀 4 的调定压力, 则阀 4 开口溢流, B 阀阀芯右移, 压力油经 a h d 油道进入变量油缸右腔, 使斜盘倾角减小, 泵只输出补充泄漏的微小流量, 同时泵保持先导阀设定的最高压力, 实现限压和保压。反之, 当执行元件负载减小时, A、B 阀阀芯均不动, 泵输出压力相应降低, P_s 和 P_L 仍保持 ΔP 的差值。因此, 负载传感功率匹配回路除了在工作状态能按负载要求输出相适应的功率外, 更重要的是限制了待命状态时压力和流量以及保压状态时的流量, 从而控制和降低了功率消耗。功率匹配回路有多种形式, 但其基本原理都是由负载传感阀 A 与压力补偿阀 B 相组合, 对变量泵进行组合控制。当回路工作时, 负载传感阀 A 分别对 P_s 和 P_L 进行检测, 将压差提供的反馈信号, 引入变量泵, 实现泵的输出功率与负载功率相适应。



1-变量泵; 2-变量缸; 3-压力补偿阀 B; 4-先导阀; 5-负载传感阀 A

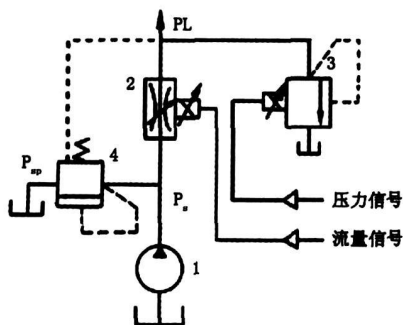
图 3 功率匹配回路

1.3 电液比例控制驱动回路

电液比例控制回路能按输入给比例电磁铁的电信号, 连续、按比例地控制泵的输出压力、流量, 使与负载需要的压力、流量匹配。

图 4 是一种定量泵与比例先导阀组成的压力匹配回路。比例先导阀按输入电信号, 经由主溢流遥

控口, 控制泵的输出压力 P_s , 使之与负载压力 P_L 相匹配; 比例节流阀按输入电信号, 控制节流口通流面积 a 从而控制通过节流阀的流量, 使之与负载流量相匹配。



1-定量泵; 2-比例节流阀; 3-比例先导阀; 4-主溢流阀

图 4 电液比例控制回路

变量泵系统中的电液比例控制功率匹配回路, 是指用比例技术控制变量泵实现功率匹配, 按照泵的输出参数不同, 可分为电液比例控制的流量泵、压力泵和压力-流量复合泵。

图 5 为电液比例控制流量泵的工作原理图。

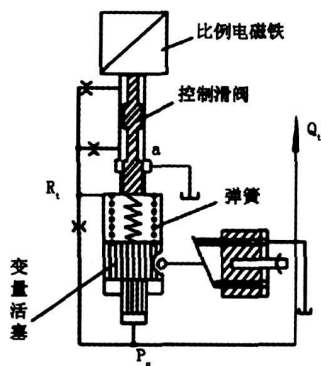


图 5 电液比例控制流量泵

该回路由变量泵和电液比例控制机构两部份组成。当电讯号输入比例电磁铁时单边控制滑阀使节流口 a 增大, 由图可见变量活塞上腔的压力下降。在下腔压力作用下, 变量活塞上移, 通过杠杆使斜盘倾角减小, 即泵的流量减少, 实现了泵的输出流量跟随输入信号变化。另一方面, 活塞的位移, 经弹簧力

反馈, 使节流口 a 关小而恢复平衡。同时, 弹簧力与电磁力相平衡, 变量活塞达到一个新的平衡位置。

莱钢厚板生产线液压系统中, 液压负载在时刻变化, 变量泵的应用便显得顺理成章, 但功率的不匹配, 使得系统压力波动太大, 常常出现溢流和吸空现象, 反复的冲击极易出现喷油现象, 所以在深挖潜能的基础上, 对变量泵进行改造势在必行, 主要以电液比例控制技术对变量泵的匹配效率进行进一步的优化, 而事实证明进行这样的改造后确实能起到很大的作用, 较好地解决了原系统能耗大、效率低、故障高的问题。

2 结论

1) 在定量泵液压系统中可采用多泵驱动和恒功率调节的方式, 使系统的输出功率与执行元件的输入功率相匹配, 达到节能的目的;

2) 在变量泵液压系统中, 负载传感功率匹配系统能按负载要求输出相适应的功率, 有较好的节能效果;

3) 通过电气控制的电液比例控制回路, 在定量泵和变量泵驱动回路中均能达到节能的目的, 并可以采用远距离控制、程序控制及计算机控制, 易于实现机电一体化。

在对莱钢厚板和宽带生产线泵站的改造后, 大大提高了泵的利用效率, 减少了能源损耗, 特别是对一些管路的震动和噪音问题起到了良好的改善, 而且对溢流阀的溢流问题进行了解决, 从而解决油温升高过快的问题, 延长了油液的寿命。

参考文献

- [1] 雷秀. 节能与液压系统 [J]. 液压与气动, 1991, (3): 41-42
- [2] 雷天觉. 液压工程手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1990
- [3] 官忠范. 液压传动系统 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1987
- [4] 工立艳. 液压传动与气动 [M]. 兵器工业出版社, 2001

特邀编辑: 李柱明

Probe into Ways for Power Matching of Hydraulic System

Li Chuanpeng¹, He Fabo², Li Yue¹

(1 The Plate/Strip Plant, 2 The Dynamic Dept)

Abstract Aimed at mismatching of power giving rise to low efficiency of a hydraulic system, ways of power matching in hydraulic systems of constant-delivery and variable pumps and approaches to energy saving

Key words sheet strip production line; hydraulic system; power matching