

锻造液压机液压系统传动方式研究

华中科技大学材料学院 (430074) 陈柏金* 黄树槐

摘要 利用主控阀为三级插装阀和大通径比例阀的锻造液压机的研制以及对主控元件为正弦泵和伺服滑阀的锻造液压机电气控制系统的改造经验, 对油泵直接传动锻造液压机的 4 种传动方式及其技术水平和性能进行了分析对比。

关键词 液压机 锻造 液压系统

Research on drive mode about hydraulic servo system of forging hydraulic press

Hua Zhong University Chen Baijin Huang Shuhai

Abstract This paper analyzes the characteristic of forging hydraulic press controlled by large servo slide valve, three-stage cartridge valve, sine pump and proportional valve, and investigates the system principles

Keywords Hydraulic press Forging Hydraulic system

一、引言

锻造液压机一般有水泵——蓄势器传动和油泵直接传动两种形式。油泵直接传动比水泵——蓄势器传动效率高, 同时液压机加压速度不受锻件变形抗力的影响, 较容易实现与操作机的同步运转。除旧式锻造液压机及部分巨型锻造液压机组仍沿用水泵——蓄势器传动外, 多数为油泵直接传动。

二、液压系统的基本要求

油泵直接传动锻造液压机主要用于锻造高合金钢及特殊金属锻件, 一般要求具有较高的锻造次数和锻件尺寸控制精度, 因此对液压伺服系统有一定的要求: (1) 在计算机控制下, 能实现压机在较小行程下的快速循环, 即快速锻造; (2) 压机在较高锻造次数下, 液压系统的冲击、振动应控制在最小范围内, 即系统在高压大流量、工作循环次数较高的状态下, 能安全、正常、稳定工作; (3) 压机的

活动部分在工作转换瞬间对基础的冲击和振动应较小。

锻造液压机的液压伺服系统不论采用何种传动形式, 基本回路的构成均相似, 其性能主要由主控元件决定。

在一定流量下, 锻造液压机的快速性和平稳性主要受主控元件的开启特性影响, 即系统主缸、回程缸的进、排液速度及其规律的影响。

实际应用表明, 为了减少压力冲击, 使压机动作平稳, 主缸、回程缸的进液过程应满足先慢后快再慢的过程, 如图 1a 所示; 应使主缸卸荷过程为先慢后快, 如图 1b 所示。

主缸、回程缸进排液过程按正弦曲线组合, 可使压机动作快速而平稳。

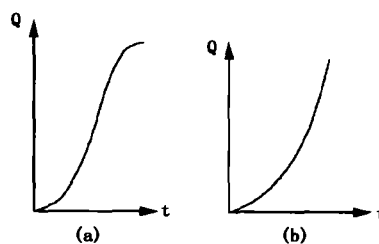


图 1 油缸进排液曲线

(a) 油缸进液阀开启曲线 (b) 油缸卸液阀开启曲线

* 男, 37 岁, 副教授

收稿日期: 2002-05-10

修改稿日期: 2003-01-15

三、液压传动方式

锻造液压机吨位大，液压系统工作在高压、大流量状态下，要求液压系统控制精度高、压力冲击小、以及节能等。因此国内外对锻造液压机的传动系统进行了广泛研究，并逐渐形成了以下几种典型的传动形式。

(1) 滑阀为主控阀的系统，这类系统由 Pahnke——三菱长崎机工株式会社研制。

主控滑阀 V1 (图 2，以 20MN 压机为例) 为大型 2/3 位专用 5 通滑阀，换向时中间位置不停为 2 位滑阀；中间位置停就是 3 位滑阀，其中间位置为 O 型机能。

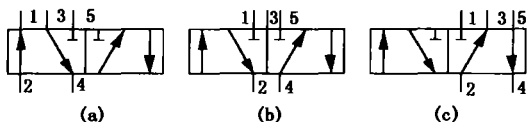


图 2 20MN 压机主控滑阀 V1
(a) 回程 (b) 中间 (c) 加压

滑阀由伺服阀直接驱动，在压机手动操作时，伺服阀由控制台上的手柄控制，主控滑阀 V1 的动作大小、快慢等与控制台上的操作手柄动作成对应关系，而在自动锻造时则取决于设定值。

主控滑阀 V1 完成液压系统主要流量的分配，其它辅助阀完成锻造过程中液体的分流；调节 V1 某一通道的相角超前，可改善 V1 的流量梯度，有目的地降低传动刚度，减少上下转换点位置超程，有效减少液压冲击，使压机运行平稳。

(2) 三级插装阀（逻辑阀）为主控阀的系统，这类系统是应用最为广泛的系统，Towler, SMS, SPA 及华中科技大学与兰州石油机器总厂，以及西安重型机器研究所研制的系统均属此类。

二级插装阀是采用先导电磁阀直接控制主阀的启闭，由于先导电磁阀的额定流量有限，对于大规格的主阀启闭时间超过 1000ms，无法满足高压大流量的要求，而三级插装阀组件，最突出的优点是能在极短的时间内平稳地开启和关闭，因此在锻造液压机中采用三级插装阀组件来满足液压系统的大流量、快速换向的工作要求。

图 3 为三级插装阀的工作原理。当电磁球阀 3 断电时，先导插装阀 2 关闭，主阀 1 也跟着快速关闭。当球阀 3 通电时，阀 2 快速开启，于是主阀 1 快速开启。阀 2 和阀 1 的行程调节器与液阻可以改

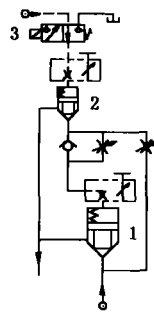


图 3 三级插装阀原理图

变阀 2 的启闭速度与阀 1 的控制腔排油量，从而能够控制主阀启闭的平稳性，减缓液压系统的换向冲击。对于进液阀组，形成先慢后快再慢的主阀开启曲线；对于主缸卸荷阀组，与阻尼阀配合使用，使主阀卸荷时开启先慢后快。

(3) 正弦泵传动系统，这类系统由德国 Pahnke 公司研制。

图 4 是正弦泵的控制原理图。

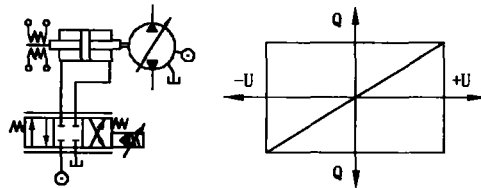


图 4 正弦泵控制原理图

这种泵由伺服阀通过伺服油缸来驱动定子按一定规律偏摆，泵按所需曲线输出流量，泵的实际偏转位置由反馈传感器检测，并构成位置闭环控制。因此泵的流量能按给定规律连续变化，对于排量为 505L/min 的泵，流量从 0~100% 的转换时间为 65ms。

(4) 比例阀传动系统，这类系统由华中科技大学与兰州石油机器总厂研制，代表泵直接传动锻造液压机的最新技术水平。

大通径比例阀由比例电磁铁、先导液压控制桥路及插装式功率级主阀等组成。如图 5 所示，一个标准的比例节流阀作为先导控制阀，主阀芯上的窄槽与阀套内侧节流棱边在阀的进口与主阀芯上部容腔之间形成可变节流口，随主阀芯的开启而变化，提供内部位置反馈。

当先导阀打开后，主阀上部容腔中压力降低，主阀芯在液压力作用下上移，通过反馈液阻的流量随着主阀芯位移 x 的增大而增大，直至平衡位置。如果先导阀流量减少，则主阀芯力平衡被打破而主阀芯向下运动，减小窄槽面积并减小进入上腔的流量，直到恢复力平衡为止。主阀芯位移仅取决于比

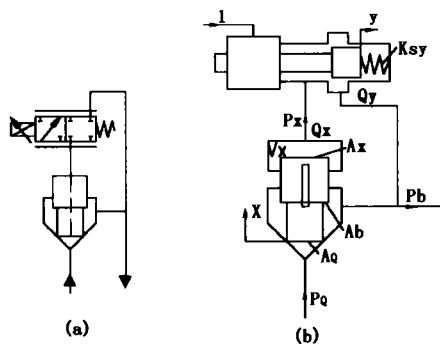


图5 大通径比例阀及其控制原理

例电磁铁的输入电流。阀的控制流量返回到主阀出口，因此该阀的能量效益高；由于没有内部电反馈回路，结构简单，成本效益高，使用维护方便；同时主阀芯位置受一个闭环系统控制，该阀的动态控制效果好。

四、性能比较

(1) 滑阀式控制系统采用一大型滑阀来控制系统的流量和方向，同时采用多个辅助阀完成锻造过程中液体的分流，系统的控制基本上近似于继电器控制。该滑阀组成的液压机传动系统简单，类似一般滑阀控制系统，滑阀行程有闭环控制回路。虽然滑阀系统已成功地应用于大型液压机组，但大流量液体在阀口和腔室间的节流冲刷，造成系统能量损失大、发热严重、阀口易损坏，同时更换滑阀成本高，系统压力波动大，平稳性差。从耐振、耐冲击、耐久性以及减漏损方面来看，滑阀系统的适应性已达极限。

(2) 三级插装阀控制采用多个不同通径的插装阀组成不同级别的系统，并能按工艺需要灵活调整和控制。由于逻辑元件具有动作时间短、成本低，密封可靠、制装简单、系统紧凑、标准零件的维修更换比较方便、便于控制等优点，所以逻辑阀系统得到了普遍应用与发展。但由于系统为开关控制模式，油缸压力波动较大，系统压力冲击较大，调试困难，故障检查比较复杂。

(3) 正弦泵控制系统采用多个相同或不同规格的正弦泵组成系统。由于正弦泵是一种可逆回转式径向柱塞变量泵，泵的排油方向可以在排量为0时进行转换，由正弦泵传动的锻造液压机的加压速度随泵的排量变化而变化，而加压和回程的方向变换由泵本身的转换来实现，不需要其它液压系统常用的充液阀和换向阀。因此压机上升下降、加压和回程转换时没有冲击，完全消除系统中因压力冲击引

起的振动；同时，由于不用充液阀和换向阀，省去了大部分的操纵和控制液压阀，减少了这些阀门加压、卸压时间及节流的能量耗损，大大提高了传动效率，不仅增加了每分钟的行程次数，而且减少了维修工作，提高了运转率。压机压下与回程动作及其速度与泵的排量精确地成比例，因而压机反应灵敏，控制精度高；同时由于泵的排量可变，使用多台泵组合可得到适合于不同锻造工艺的运动曲线。其缺点是这种系统的成本与使用维护费用高。

(4) 大通径比例阀控制系统采用多个比例阀来组成系统，系统的控制完全由计算机进行，通过压力与位移反馈进行修正即可获得满意的加载及卸载曲线，完全排除了人为调节因素的影响，使得调试过程从传统的人工定性调节转变为计算机定量控制；由于采用电液比例控制技术，输出信号按预定规律变化，连续成比例地调节主缸、回程缸的进、排油，在不同动作之间能平稳过渡，有效地减弱了冲击与振动强度，有利于提高锻造次数与控制精度，不仅改善了系统的控制性能，而且简化了液压系统，提高了可靠性。

图6是这几种锻造液压机的运动曲线对比。

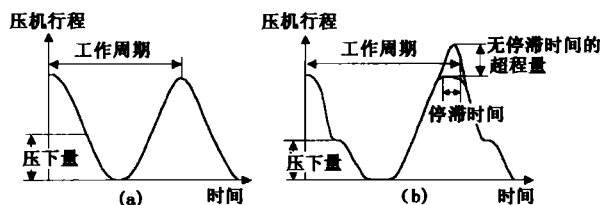


图6 几种类型锻造液压机运动曲线

(a) 上弦泵及比例阀控制系统 (b) 滑阀及三级插装阀控制系统

正弦泵控制系统和比例阀控制系统不仅能控制液流的流量，而且能控制流量的大小，因此系统能平稳无冲击地运转，同时由于压机的回程速度可按操作机的性能调整，上死点不需停滞时间，行程较小，因此工作周期短；而滑阀控制系统和应用较广的多级插装阀控制系统，采用的是多级开关阀控制，属多级继电器控制模式，阀的启闭为开关动作，液压系统的冲击现象较严重，压机运行过程中动作不平稳，同时为提高行程次数，必须增大下降、回程速度，而要保证操作机的操作时间，必须增加停滞时间，因而延长了周期时间，锻造次数无法提高。

五、结论

锻造液压机的4种传动方式中，技术水平最高

变频调速在轧钢机张力控制系统中的应用

上海交通大学模具 CAD 国家工程研究中心 (200030) 王有庆* 田涌涛 李从心

摘要 将 PLC 控制的变频调速同步系统用于轧钢机的张力控制, 阐述了用 PLC 实现变频调速控制的关键技术, 包括定时中断、速度反馈值的采样及 PI 控制算法的具体实现。

关键词 变频调速 张力控制 轧钢机 PLC

Study on tension control of rolling machine with inverter

Shanghai Jiaotong University Wang Youqing Tian Yongtao Li Congxin

Abstract In this paper, a new device is introduced, in which inverter is used as a driver to adjust velocity of motor, PLC is used as controller, high-speed-counter is used for feedback. And a general program frame of closed loop control with PLC is provided and how to realize PI algorithm with PLC is discussed.

Keywords Inverter Tension control Rolling machine PLC

一、引言

在轧钢过程中, 为了保证产品质量和生产过程的稳定, 轧制工艺要求主机架与开卷机和卷取机一般均设计为恒张力控制系统。传统的轧机一般通过

齿轮的机械传动来实现卷取机构的同步, 达到恒张力控制的目的, 如图 1 所示。随着微处理器技术和大功率电力电子器件的飞速发展, 采用变频调速的电机同步取代机械同步已成为一个趋势, 与传统的机械传动相比, 它具有结构简单, 安装维修方便, 工作时噪声低等优点。在研制多电机同步的轧钢机过程中, 作者选用 OMRON 的 C200HE 型 PLC 作为控制器, 成功地实现了多电机速度同步控制, 达到了恒张力控制的目的。本文将具体阐述在轧机中采用 PLC 实现变频调速的关键技术。

* 男, 28 岁, 博士研究生

收稿日期: 2002-03-16

的系统是正弦泵传动系统, 其结构最为简单, 应用最为广泛的是三级插装阀系统, 而滑阀控制系统基本上已停止发展。正弦泵传动液压系统投资大, 使用维护成本较高, 其应用受到了价格的制约; 由三级插装阀组成的液压系统, 价格低廉, 但其属多级开关控制, 系统压力冲击较大, 同时每个插装阀的开启幅度由人工确定, 调试困难, 系统性能指标不高; 而大通径比例插装阀控制系统由于应用比例控制技术, 其可控性好, 控制性能远高于多级插装阀式系统, 可达到近似于正弦泵传动的效果, 锻造次数与锻造精度容易实现, 同时液压反馈式比例节流阀结构简单, 参数整定工作由控制系统完成, 系统的调试时间与维修工作、难度减少, 应用环境无特

殊要求, 使用与维护成本较低, 是一种既具有正弦泵系统的性能又具有三级插装阀系统价格的系统, 具有较好的推广与应用价值。

参考文献

- 1 俞新陆, 杨津光. 液压机的结构与控制. 北京: 机械工业出版社, 1989.
- 2 邢维才. 从日本引进的 2000tf 快锻液压机简介. 重型机械, 1987 (5).
- 3 吴道美等. 快速锻造液压系统的实验研究. 重型机械, 1991 (4).
- 4 陈柏金等. 泵直接传动式锻造液压机计算机控制. 机床与液压, 2000 (5).