

2500t自由锻造水压机操纵系统改造

李公达, 关中华

(莱芜钢铁股份有限公司 锻压厂, 山东 莱芜 271126)

摘要: 莱钢锻压厂2500t自由锻造水压机操纵控制系统原为机液伺服系统, 存在设备作业率低、故障率高、锻件尺寸控制精度低、系统快速性和精度难于同时满足等缺点。为此, 采用电液伺服系统替代原系统, 经合理分析负载及确定动力元件参数, 实现了水压机操纵系统的灵活性、准确性、快速性。系统响应速度提高12次/min, 设备作业率提高10.7个百分点, 锻件成材率提高了0.96%。

关键词: 水压机; 操纵系统; 电液伺服控制系统

中图分类号: TG315.4⁺1 文献标识码: B 文章编号: 1004-4620(2001)05-0026-03

Control System Reconstruction of 2500t Freedom Forging Hydraulic Press

LI Gong da, GUAN Zhong hua

(The Forging Plant of Laiwu Iron and Steel Group Co., Ltd., Laiwu 271126, China)

Abstract: The control system of 2500t freedom forging hydraulic press in forging plant of Laigang was machine-hydraulic servocontrol system. There existed the disadvantages of lower operation rate, higher failure ratio, lower dimension precision of forge pieces, difficult to meet the quickness and the precision at the same time etc. Therefore, the original system was substituted by electricity-liquid servocontrol system, after the load was analyzed reasonably and parameters of dynamical elements was determined, the flexibility, accuracy, quickness of control system of hydraulic press can be realized. The respond speed of system can be increased 12 times/min, the operation rate of equipment and the product rate of forging pieces can be increased 10.7% and 0.96% respectively.

Keywords: hydraulic press; control system; electricity-hydraulic servocontrol system

1 问题的提出

莱芜钢铁股份有限公司锻压厂(简称莱钢锻压厂)水压机车间2500t立式自由锻造水压机操纵控制系统, 就其控制原理来看, 属于一种机液伺服系统, 操纵手柄产生一个角位移, 带动操纵手柄右侧的进排水阀开启和关闭。高压水作用在摇摆轴两侧差压缸, 产生压力差, 使摇摆轴上下移动, 在高度方向上产生一个位移, 通过顶杆使主分配器的进、排水阀阀芯产生一个开口量, 在摇摆产生一个角位移的同时, 与摇摆轴刚性连接的机械反馈进杆带动操纵手柄产生一个反方向角位移, 从而使进、排水阀开口量减小。当两个角位移相等时, 进、排水阀关闭, 差压缸停到某一位置, 从而带动摇摆轴停在某一位置, 使主分配器上的进排水阀处于某一固定的开口量, 高压水通过主分配器上的进排水阀完成水压机本体各种动作。这种操纵控制系统结构简单, 易于维护和操作, 但缺点很明显: 一方面, 它不象电液伺服系统那样增益调整方便, 由于是机械反馈, 影响系统性能, 不像电液伺服系统易于实现校正, 系统快速性和精度难于同时满足; 另一方面, 故障率高, 维修量大, 水压机操纵系统操作人员和维修人员劳动强度大, 设备作业率低; 第三, 锻件尺寸控制精度低,

出现“肥头大耳”现象，不能满足锻件小余量的市场要求。综合以上存在问题，这种老化的操纵系统需要更新改造，随之而来的就是被电液伺服系统来替代，从而实现水压机操纵系统的灵活性、准确性、快速性。

2 电液伺服系统在水压机操纵系统中的应用

2.1 电液伺服系统的特点

电液伺服系统又称电液控制系统，是以电气信号输入，以液压信号(P、Q)为输出构成闭环控制系统。由于是电气和液压的结合，此系统可发挥二者的优点。电气信号便于测量、转换、放大、处理、校正；电气检测传感元件便于检测各种物理信号，并且具有快速和多样性；液压信号输出的功率大，速度快，其执行机构具有惯性小等优点，所以电液伺服系统具有控制精度高，响应速度快，信号处理灵活，输出功率大，结构紧凑、重量轻等优点。

2.2 改造方案

在保持原水压机操纵系统中的六阀分配器和四阀分配器基础上，剩余部分全部去掉，包括操纵手柄、进、排水阀、差压缸、机械杠杆反馈等部件，取而代之是一套电液伺服系统。此系统根据工作缸和提升缸伺服系统工作原理，通过模拟手柄发出指令信号给伺服放大器和伺服阀，完成对接力油缸的控制，实现系统正常换向。其基本控制环节是接力油缸的位置闭环控制系统，另外根据对国内外同类装置的有关数据资料的分析，认为选用典型的阀控缸位置控制系统，可以满足设计任务所确定的性能要求，其职能方块图见图1。

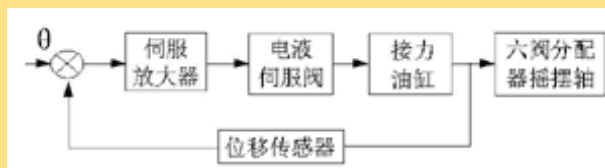


图1 控制系统职能方块图

2.3 静态计算

2.3.1 主要工艺参数要求

最大换向工作推力F: $3 \times 10^4 \text{N}$

最多锻造次数: 50次/min

接力油缸最大行程: 50mm

行程定位精度: 0.5mm

摇摆轴的总质量: 180kg

系统幅值比频宽 f : 0.3~0.5Hz

2.3.2 负载分析 接力油缸负载力的大小是由水压、水阀阀芯的有效作用面积、摩擦阻力和水阀开口度等因素决定的。其中水阀开口度是不断变化的，所以负载力可以认为是一个随机的变量。为了保证系统可靠工作，可以认为系统只承受一恒定的负载力，即用最大推力 F_{max} 来确定负载轨迹，负载轨迹如图2所示。



图2 负载轨迹图

根据系统设计要求：幅值50mm，液压缸以50 mm振幅作正弦运动，工作速度可按下式求得：

$$x = 50 \sin \omega t$$

$$v = x' = 50 \omega \cos \omega t$$

因此液压缸在频率 ω 下的最大工作速度 V_c 为94.2~157mm/s， V_c 大于 V_1 (83mm/s)，由设计要求的最快锻造次数50次/min推算出油缸的线速度。

2.3.3 确定动力元件的参数

(1) 油源压力 P_s ：根据未改前差压缸的工作压力 P_0 为20MPa，确定油源压力 P_s 为12MPa。

(2) 确定液压缸尺寸参数：由于液压压下系统的负载轨迹比较简单，可以用下式算出匹配参数：

$$F_L = A_p \cdot P_L$$

式中 F_L ——负载力，N；

A_p ——液压缸活塞的有效面积， m^2 ；

P_L ——伺服阀工作压力，Pa。

其中： $F_L = F_{\max} / 2$

由零开口四边阀输出的最大功率点： $F_L = 2/3 P_s \cdot A_p$ 求出 P_L 为 $2/3 P_s$ ，则 A_p 为 $3.75 \times 10^{-3} m^2$ 。

根据原六阀分配器的结构特点，进行液压缸设计。材料选用45#钢。根据：

$$Q = \sqrt{3} A_p \times V_c \text{ 代入数据，得D为69mm，取D为65mm，则} A_p \text{为} 0.00332 m^2。$$

油缸最小壁厚 δ_0 为32.5mm，理论壁厚：

$$Q = \sqrt{3} A_p \times V_c$$

式中 δ_n ——缸体壁厚；

$[\sigma]$ ——缸体材料许用应力，Pa， $[\sigma] = \sigma_b / n$ ；

τ_b ——材料抗拉强度，Pa；

n ——安全系数，一般取 $n=5$ ， σ_b 为600MPa；

P ——液压缸最大工作压力，Pa，取 $P = P_s$ 。

代入数据，则： $\delta_n \geq 0.003$ (m) $\delta_0 > \delta_n$ ，所以缸体强度远满足要求。

(3) 选择电液伺服阀：由于按系统频宽要求的液压缸最大工作速度 V_c 远大于工艺要求的最大速度 V_1 ，所以伺服阀的流量只要满足油缸的最大工作速度 V_c 即可。

$$Q = \sqrt{3} A_p \times V_c \text{ 代入数据，得} Q \text{为} 54 L/min。$$

因此选用SV8F63型电液伺服阀， Q_0 为63L/min，额定压力 P_s 为12 MPa，额定电流 I_e 为300mA。

2.3.4 选择位移传感器及伺服放大器 由于行程精度，选取传感器型号WYD-50，其参数为：行程 ± 50 mm，满量程输出电压 ± 5 V，线性精度0.5%，伺服放大器选用科鑫SA4200-2型。

2.4 电液伺服系统原理的确定

根据SV8电液伺服阀性能结合原水压机操纵系统控制性能的要求，确定电液伺服系统工作原理如图3所示。

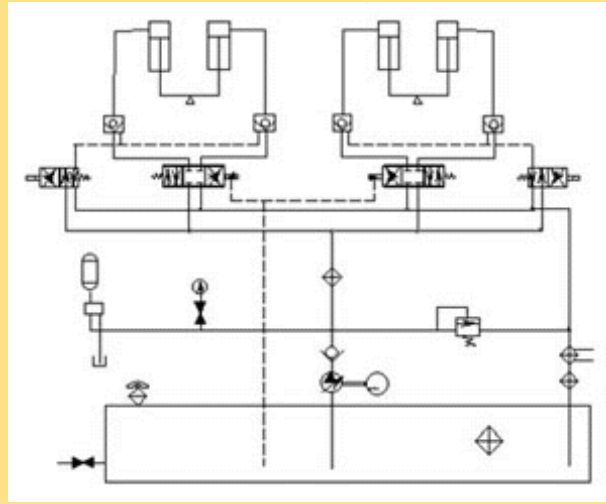


图3 电液伺服系统工作原理图

2.4.1 工作原理 启动总控制电源后，启动液压站油泵，将系统压力调至12MPa，操纵模拟手柄，产生一角位移 θ ，并将角位移 θ 转化成直线位移电信号 e_i ，通过位移变送器送至伺服放大器将电信号 e_i 放大，作用在电液伺服阀上。伺服阀打开后，高压油经过伺服阀作用在六阀分配器摇摆轴油缸接力器上，产生一直线位移，此直线位移经过位移传感器产生电信号 e_f ，两电信号 e_i 、 e_f 经过伺服放大器比较，当 $e = e_i - e_f = 0$ 时，电液伺服阀的主阀芯调到中间零位，油缸接力器的高压油既不进也不出，此时油缸接力器停留在某一固定位置上，从而带动摇摆轴停留在某一位置上，六阀分配器的某一级压力的进排水阀开启在某一高度上，高压水通过六阀分配器完成水压机的空程向下、加压、回程、悬空等动作。

2.4.2 电液伺服系统说明

(1) 伺服阀对系统压力稳定要求很高，因此选择恒定变量泵和蓄能器系统组合，压力飘移小于2%。

(2) 为了提高伺服阀的响应速度，伺服阀采用正开口，负叠盖量，这样伺服阀在开环或失电状态下，内泄量很大。为保证操纵系统的可靠性和安全性，在回路上设置液控单向阀和电磁换向阀组合。伺服阀工作时，液控单向阀打开；伺服阀不工作时，液控单向阀锁死。

(3) 伺服阀系统对油液清洁度要求较高，最低需要NAS8级，为保证可靠性，系统中采用压力油口过滤器 $10\mu\text{m}$ ，回油过滤器 $20\mu\text{m}$ 。

(4) 在控制柜内加设UPS电源，确保突然停电状态下，控制电路正常供电，确保六阀分配器进、排水阀关闭，从而保证水压机本体停止在任意位置。

3 效果分析

水压机操纵系统改造后，实现了以下效果：(1)水压机操纵系统控制精度有了明显提高，锻造尺寸公差范围由 $\pm 20\text{mm}$ 提高到 $\pm 15\text{mm}$ 。(2)响应速度加快，基本达到设计锻造次数，比原来提高12次/min，达到47次/min。(3)设备有效利用率达到91.40%，比原来提高10.7个百分点。(4)故障停机率大幅度减小，由1.09%降低至0.95%，同比减小0.14%，维修量降低。(5)锻件产品质量提高了一个档次。(6)劳动强度大大降低。(7)经济效益明显，锻件成材率由的61.50%提高到62.46%。

[返回上页](#)