

Analysis and Improvement Research on Hydraulic Control System of Pipe End Thickening Machine

Xueyu Dai Shuikang Wu

Baosteel Steel Pipe Division, Shanghai, 201900, China

Abstract

Based on the requirements of steel pipe thickening process, this article conducts a deep analysis of the forging speed and pressure of the hydraulic control system of the thickening machine during the forging process, revealing the problems and shortcomings of the hydraulic system of the thickening machine. Through analysis and calculation, corresponding improvement measures and plans are formulated; Through practical engineering project verification, the improved system has enhanced the stability and reliability of the equipment, reduced the labor intensity of operators, improved the control accuracy of the thickening machine equipment, and improved the stability of the equipment on the basis of meeting the control requirements of the forging speed and pressure in the production process. It has achieved good results and provided improvement direction and ideas for the hydraulic control system design of this type of thickening machine.

Keywords

thickening machine; Top forging cylinder; speed

管端加厚机液压控制系统分析及改进研究

戴学余 吴水康

宝钢股份钢管事业部, 中国 · 上海 201900

摘要

本文结合钢管加厚工艺要求, 对加厚机液压控制系统在顶锻过程中的顶锻速度和顶锻压力作了深层次分析, 揭示了加厚机液压系统存在的问题和不足, 通过分析 with 计算制定了相应的改进措施与方案; 通过实际工程项目验证, 改进后的系统增强了设备的稳定性与可靠性、减轻了操作人员的劳动强度、提高了加厚机设备的控制精度, 在满足生产工艺对顶锻速度、压力的控制要求基础之上提高了设备的稳定性, 取得了良好的效果, 为该类型加厚机的液压控制系统设计提供了改进方向与思路。

关键词

加厚机; 顶锻缸; 速度

1 引言

管端加厚工艺布置方式不仅影响设备的运营成本, 而且影响设备的生产率, 因而有必要对加厚设备工艺布置进行研究, 有助于管端加厚生产线的选型。

2 钢管生产线管端加厚机的工艺要求

钢管在完成分段后, 按工艺要求将钻杆和油管运入加厚机进行加厚, 加厚的目的是为了保证管端车丝加工截面处的强度或焊接面的强度^[1]。

需加厚的钢管在感应加热小车中加热后, 由步进运输装置把钢管送入到加厚机中心的下模中, 两侧锁紧缸松开, 夹紧缸推动上夹紧装置向下, 然后保压将钢管夹紧在夹紧模

中, 随后顶锻油缸推动冲头横梁快进, 快进后转为工进, 冲头进入钢管内实现第一次加厚; 定锻缸返回、夹紧油缸压力消除返回, 前台液压缸把钢管抬起, 上、下模座移位, 使另一模位于中心, 冲头通过油缸驱动齿条齿轮下旋转, 另一冲头位于机架中心, 重复上述动作等待第二次加厚。上述动作中, 主要动作都由液压系统完成, 而最关键的动作为钢管的管端顶锻^[2]。

钢管的加厚类型可分为外加厚、内加厚及内外加厚三种形式, 图 1 表示管端经内外加厚后的示意图。

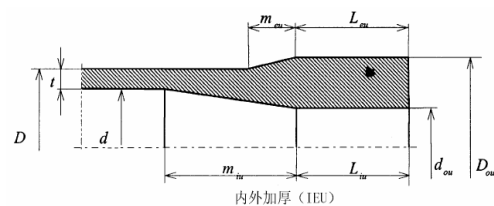


图 1 管端内外加厚后的示意图

【作者简介】戴学余 (1978-), 男, 中国江苏盐城人, 本科, 工程师, 从事液压设备的维护研究。

影响钢管管端加厚质量的因素是多方面，如来料的直度与壁厚公差、管端加厚机的顶锻中心与加厚模中心的差异、管端的加热情况等等，在液压系统方面，影响钢管管端加厚质量的主要因素为钢管管端在加厚过程中顶锻缸的速度控制及压力控制^[3]。

3 管端加厚机顶锻缸液压控制系统分析及存在问题

3.1 顶锻缸速度控制系统分析

3.1.1 液压主系排量控制

在管端加厚机液压系统中，配置有两台主工作泵，主工作泵采用了 REXROTH 公司的斜轴式变量泵 A2V500，其中变量方式采用了 HM，在 HM 控制方式中，液压泵的排量与进入变量控制油缸的油液容积成正比，如图 2 所示为排量与变量控制油缸的油液容积的线性关系图。

如图 3 所示为液压泵变量控制示意图，主要有泵主体（包括变量油缸）、比例放大器、比例方向阀、摆角检测电位器组成，当比例放大器的某个指令值作用时，比例放大器输出一个电流值作用到比例方向阀，比例方向阀换向，压力油推动变量油缸运动，使泵离开零位，泵缸体与泵轴形成一个角度，而角度的大小由摆角检测电位器检测，并把检测值反馈到比例放大器，与指令值比较，纠正泵摆角与指令值之间的差异，对一个确定的摆角，泵就输出一定的流量。如图 4 所示为液压泵摆角控制的方块图。

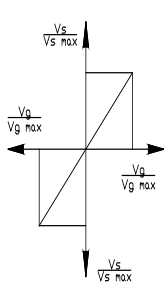


图 2 排量与容积关系图

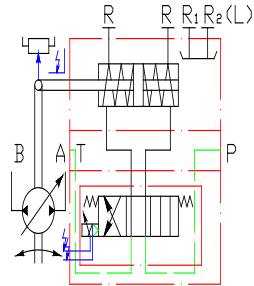


图 3 液压泵控制原理图

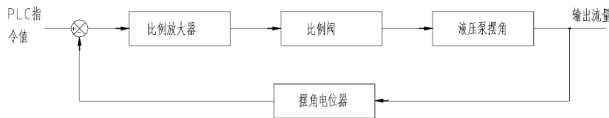


图 4 泵摆角控制的方块图

在加厚机液压系统中，比例放大器通过指令电位器的切换能输出三个指令值，分别对应液压泵的三个排量，其指令值大小为 100%、50%、20% 的液压泵全排量，在工作中还可以调节指令电位器改变设定值。

3.1.2 顶锻缸速度控制

顶锻缸在加厚过程中，在不同阶段有不同的速度，能实现 4 个不同速度，分别为第一快进速度、第二快进速度、

第一工进速度和第二工进速度。参见系统图，当 PLC 发出顶锻缸快进信号后，液压泵流量指令值转换为 100% 流量，同时通过相关逻辑阀的启闭，油缸有杆腔油液进入无杆腔，系统实现全流量差动回路，顶锻缸以第一快进速度前进；当油缸前进行程开关 S4 位置时（此时油缸已走过大部分的空行程），逻辑阀的再次组合启闭，油缸有杆腔油液回油箱，顶锻缸以第二快进速度继续前进；当顶锻缸所带冲头快进到接近工件前的行程开关 S3 位置后，液压泵流量指令值转换为 50% 流量，顶锻缸速度转为第一工进速度，冲头以此速度进入钢管管端；当顶锻冲头进入到约加厚长度 1/2 处的行程开关 S2 时，液压泵流量指令值转换为 20% 流量，顶锻冲头以第二工进速度前进，直到油缸顶锻压力达到设定压力，保压 0.3 秒，顶锻缸退回。

3.1.3 顶锻缸速度控制存在问题

顶锻缸速度控制是典型的容积调速，泵控油缸系统，所以顶锻缸的速度特性完全取决于泵容积调速性能。在本系统中，采用的液压元件型号如下：

液压泵 A2V500HM

比例方向阀 4WRZ10E85-3X

比例放大器 VT3006

摆角电位器 MCP40RA P/N

由于系统采用了比例方向阀 4WRZ10E85-3X，系统必须配置比例放大器 VT3006，而比例放大器 VT3006 不带反馈环节，系统在现有基础上无法构成闭环控制。为构成闭环控制，采取了对比例放大器 VT3006 进行改装，增设一反馈环节，改变了反馈的放大倍数，使得放大器输出值在一定范围内振荡，如图 5 所示，从而使液压泵的输出流量也存在振荡，油缸速度特性差，对钢管的加厚质量产生负面影响。

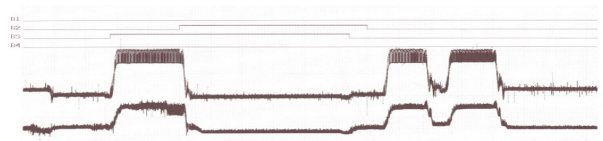


图 5 比例放大器的输出曲线

3.2 顶锻缸顶锻压力控制分析

3.2.1 顶锻缸压力控制系统分析

顶锻压力控制系统可简化为图 6，如前所述，顶锻缸在第二工进速度下进行顶锻，直到顶锻压力达到设定值，即金属变形已充满模锻腔，这时设定值先导溢流阀开始溢流，主回路上逻辑阀也开始溢流，压力控制实际上是一直动式溢流阀作先导阀、逻辑阀作主阀构成的先导式溢流阀。

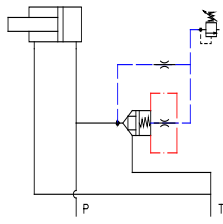


图 6 顶锻压力控制回路示意图

3.2.2 顶锻缸压力控制存在问题

先导控制部分的不足：从图 7 中可以看出，顶锻压力的调整实际上由直动式溢流阀完成，针对不同规格的钢管，顶锻压力都需要由操作人员调整，而溢流阀设置在地下液压站，为一个规格的钢管设定压力，操作人员需来回设定几次，增加了操作人员的劳动强度。

压力控制逻辑主阀存在问题：在本系统中逻辑主阀采用的是方向控制型阀，其型号为 LC40A 型，即 $A1:A2=2:1$ ，根据主阀芯的力可推出

$$p_A=1.5p_{st}$$

式中：

P_A ——A 腔压力，即顶锻压力

P_{st} ——先导压力，既直动式溢流阀的设定压力

这就是顶锻压力在实际生产中比设定压力高许多的根本原因所在，严重影响了钢管的加厚质量。

4 管端加厚机顶锻缸液压控制系统改进措施

4.1 顶锻缸速度控制系统的改进

如前所述，顶锻缸的速度控制是泵控油缸系统，在管端加厚过程中，控制了液压泵的排量即完成油缸速度控制，改进方案如下：

采用 A4VSO500E02 型液压泵，泵摆角由 4WRE10E32-1X/24ZM-S093 比例阀和 VT5035 比例放大器控制，同时通过传感器 IW9-03-01 检测泵摆角，构成闭环控制，通过 VT5035 上的不同指令电位器实现油缸的不同速度，如图 7 所示为液压泵控制原理图。

4.2 顶锻缸压力控制系统的改进

图 8 为顶锻缸压力控制系统改进后回路系统图。

把原型号为 LC40A 型方向控制逻辑主阀改为压力控制功能（溢流）逻辑主阀，具体型号为 LC40DB，由于主阀芯两端面积一致，实现 A 口压力与先导压力相等，消除了压

力放大现象，稳定了顶锻压力

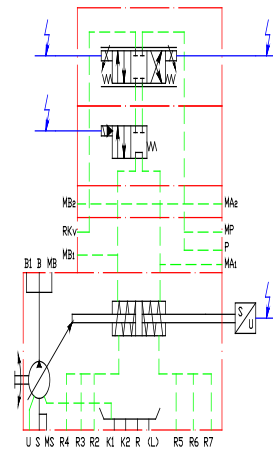


图 7 液压泵原理图

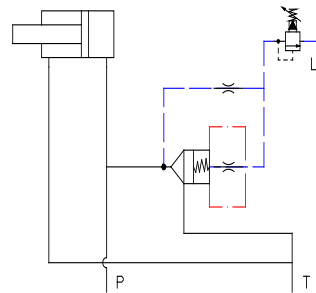


图 8 压力控制系统改进后回路示意图

5 结语

综上所述，通过对加厚机顶锻油缸速度及压力控制系统的分析，揭示了液压系统存在的不足和问题，并分别制定了相应的改进方案，待系统全部改进后，在提高了设备装备水平的同时，势必也提高设备精度，满足了生产工艺对顶锻速度和顶锻压力的要求。

参考文献

- [1] 马辉,高国杰,秦伟超等.大规格油套管管端加厚机的研发[J].钢管,2023,52(3):33-37
- [2] 李俊辉,杜学斌,徐能惠等.钢管管端加厚工艺布置研究[J].重型机械,2014, (04):25-28.
- [3] 雷刚,徐能惠,郑文达等.油管加厚生产线常见运行故障分析及解决方案[J].重型机械, 2012(3):171-174