

液压压下复合厚度调节系统应用研究

纪平

Study on Hydraulic Draught Multiple Thick Control Technology Application

Ji Ping

(甘肃广播电视大学,甘肃 兰州 730030)

摘要:该系统采用计算机控制快速液压压下系统,综合前馈、常规监控和快速监控组合的新型复合厚度调节方法,克服了测量滞后造成的有关参数不能直接测量,难以进行实时控制的缺陷,实现了计算机厚度自动控制。实验结果表明,液压复合厚度调节方法由数字伺服液压缸作为执行系统,响应速度快、定位精度高,改善了动态品质特性,达到了工作机对厚度控制精度的要求。

关键词:计算机控制;复合厚度;DHCSC

中图分类号:TH137 文献标识码:B 文章编号:1000-4858(2007)10-0048-03

1 厚度控制系统

本系统采用计算机控制的高精度快速液压压下复合厚度调节系统,即前馈-反馈复合控制系统(FFC-FBC, Feedback of front control & Feedback of bonded control),FBC由常规监控(主环)和快速监控(付环)组成,由计算机对FFC-FBC系统进行综合控制。主要解决由于无法在线检测,造成测量的滞后,使得目标厚度既是长度位置的函数,又是速度的函数,不能进行实时的问题控制。

1.1 FFC控制(预控)

FFC是直接对扰动量控制的开环环节。系统中扰动源较多,如坯料厚差、材质硬度变化、负载变化、张力波动、温差等,不仅每一扰动因素的数学模型复杂,而且彼此之间相互耦合,理论数学模型构建难以符合实际情况,所以要对成品影响最大和无法预估的坯料厚差做FFC控制,避免来料误差波动引起对工作机的突跳性冲击。

系统压力-流量参数,执行机构负载-位移参数的变量液压泵变频压力-流量复合控制和定量液压泵变频压力-流量复合控制的闭环伺服控制。系统电液变频容积控制,液压机构体积结构紧凑,输出功率随负载自适应调节,运行平稳连续响应高,无溢流、节流损失,输出功率大、效率高,拉削力可高达4000~10000 kN;同时进一步凸现拉削机床的同一工件的内孔、外形尺寸结构、同一加工工序的叠加安装,一次性加工成形拉削的高

FFC采用定长采样、排队控制的方法,由计算机采集并存储预测差值,排队输出,误差点到调节区时,输出前馈控制量进行控制。前馈量决定控制精度,一般前馈量由预控采样长度 L_1 、厚度调节值 Δh 和输出调节量的提前时间 T 所决定,其计算公式:

$$\left. \begin{aligned} L &= L/M \\ \Delta h &= \Delta h(n) - \Delta h(n-1) \\ T &= L/V_r - (J_t + \Delta h/K_\omega T_f) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中: L 为预控测厚仪到工作辊中心线的距离,即基本长度; M 为基本长度预控采样分段数; V_r 为工作前区速度; J_t 为液压系统总惯量; K_ω 为脉冲当量(工作辊行程/脉冲); T_f 为采样节拍。

计算机按 L_1 采样, M 越大,调节次数越多,控制精度就越高。光电脉冲发生器(5400pulse/r)将脉冲送

收稿日期:2007-03-27

作者简介:纪平(1956—),男,河北新乐人,教授,研究方向:计算机应用及流体传动与控制。

效率、精度高的加工工艺特性的优势。

参考文献:

- [1] 刘金琪. 机床电气自动控制[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2001.
- [2] 路甬祥. 液压气动技术手册(第1版)[M]. 北京:机械工业出版社,2003.
- [3] 何存兴,张铁华. 液压与气压传动(第2版)[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2000.

至 L_1 定长计数器做减法运算。计数器计够 L_1 值时, 计算机接受随机中断信号, 通过软件延时 60 ms, 然后启动外围 A/D 对预控制厚仪的输出信号进行同点多采集及排队储存, 经数字滤波及均值处理, 计算机按提前时间 T 把 Δh 输入到步进电机的脉冲分配器, 按调节量改变步进电机运行频率, 使得在各节拍中, 当调节节点离开轧区时全部消除误差。

1.2 FBC 控制(监控)

FBC 是用于消除慢变化厚差的闭环控制, 它用 1 个控制回路解决多个干扰问题。常规主环监控是由计算机对厚差进行采样、均值、逐点逼近和分时控制, 其目的是将闭环分解为开环处理。经实测, 坯料厚差的变化周期约为 2~3 m, 每个调节区的厚差随时间呈坡形, 取 $V = 1.00 \text{ m/s}$, $L = 540 \text{ mm}$, $M = 10$, 则可得出采样频率 $f = V \times M / L = 1000 \times 10 / 540 = 18.5 \text{ Hz}$, 即采样频率远远高于带材厚差变化率, 采样数据能不失真地再现带材厚差变化情况。调节方法按增量型调节, 计算机对测量值累加求平均值, 使调节执行机构快速跟随爬坡, 斜率随厚差变化, 不产生快速突跳现象。

快速付环监控是按等体积原理间接测定带材厚度进行反馈控制, 调节速度比主环快 10 倍左右, 能够弥补 FFC 和主控环的不足, 起到快速辅助调节作用。计算机按等体积原理导出的方程进行数据采集、计算、修正数学模型系数以及输出调节, 其产品厚差辅助调节方程为:

$$\Delta H = K [L_1 / L_U (H_1 + \Delta h_1) - H_0] \quad (2)$$

式中 K ——数模系数修正值

L_U —— L_1 时间内的轧后输出长度

H_1, H_0 ——坯料和成品名义尺寸

Δh_1 ——坯料相对名义尺寸厚差

计算机采样 L_U 和出口侧厚差 $\Delta h_{o(n)}$, 按 $\sum \Delta h_{o(n)} / n$ 作均值滤波, 滤去厚度变化的高频部分, 留下漂移引起的缓变厚差值, 液压压下伺服控制系统按该值进行微调。

2 计算机控制系统

计算机厚控系统采用 SPC(Set point computer) 二级控制。计算机在控制伺服液压缸初始调节厚度的大小时, 还要根据控制机构的弹性变形量进行调整, 以补偿传力系统的弹跳量以及各种抗力和变形。为了使整个系统可靠性高, 采用计算机和常规数字系统混合控制, 一旦计算机系统发生故障, 数模混合控制系统维持

正常工作, 不致停产。

2.1 控制功能

计算机控制系统是一个具有时变、非线性和带有纯滞后的前馈——串级控制系统, 其控制方法是随机、多外中断和分时实时控制, 其功能如下(见图 1)。

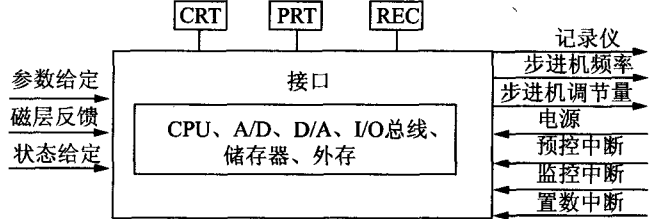


图 1 控制功能图

参数给定主要是确定分段数、厚度、长度、死区和硬度值, 按其参数量输入。状态给定分为工作制和控制方式, 按手动或自动方式选择工作制; 按预控、监控、快控、轧向、自适应进行控制方式选择。

计算机控制系统主要完成多路 A/D、D/A 转换, 数字滤波及预处理, 随机多中断逻辑判断和实时控制, FFC-FBC 控制, 数模方程计算及最佳调节校正运算, 现场实时控制跟踪显示、参数值与状态随机变更等功能。计算机通过 CRT 逐点跟踪并显示现场液压伺服控制系统在各节拍所作的最佳调节状况。如果重叠出现, 计算机按中断级别进行排队顺序控制, 使各中断信息互不干扰, 亦不丢失, 从而实现计算机多环控制。

2.2 软件结构

本系统由 1 个主程序、5 个中断服务程序和 23 个子程序组成, 见图 2。主程序主要是实现系统初始化, 测取外部状态信息并将其对应的常数值存入指定单元, 采样给定值以及各种功能的逻辑控制。中断服务程序为控制程序, 用 CTC 作随机外中断入口, PIO 作多逻辑信号扫描判断处理入口, 总线扩展数据口作离散参量的输入输出, 12 位 A/D、D/A 作模拟量的输入

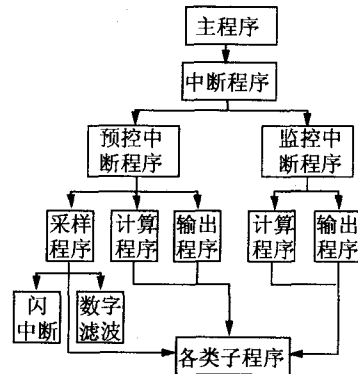


图 2 应用程序框图

输出,然后进行控制算法运算,直到控制量输出。系统软件的主要算法另文再述。

3 数字伺服液压缸控制系统

数字伺服液压缸控制(DHCSC, Digital hydraulic cylinder servo control)作为计算机控制的执行环节,对厚控性能及表面控制质量有决定性的影响。DHCSC系统的控制结构框图如图3a所示。

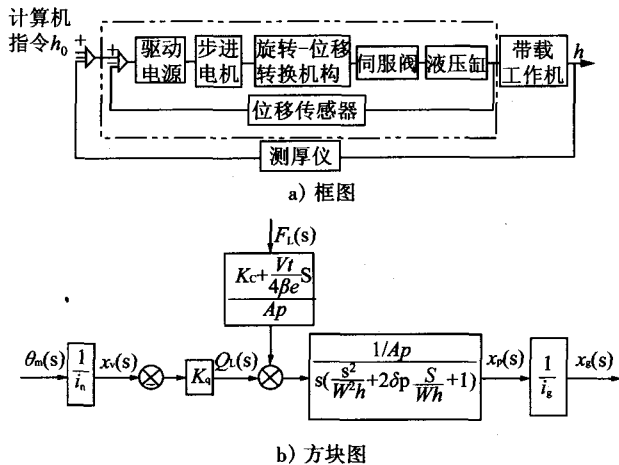


图3 数字伺服液压缸控制系统

厚度基准作为控制器的设定值,液压缸位置信号和出口厚度信号作为反馈值,计算机按两信号比较后产生的厚度偏差调节量,发出需要的脉冲序列,经驱动电源放大后,步进电机按信号动作。步进电机每得到一个脉冲,便以 1000 g·cm 的输出力矩和固定的步距角(0.75°)带动齿轮减速机构,使伺服阀阀芯移动一定的位移,伺服阀控制液压缸流量,从而控制活塞杆的位置,以至达到控制产品厚差的目的。

3.1 指令机构

步进电机是 DHCSC 系统中一个重要的数/模指令转换器,其中对它有两个至关重要的要求。

(1) 步进电机每步使工作机位移量应小于产品厚度偏差,保证液压压下厚控精度,步进电机输出转角到工作机辊系位移之间应满足以下关系:

$$X_g = \theta_m(i_g \times i_z) < \Delta H \quad (3)$$

式中 θ_m ——步进电机步距角(0.75°)

i_g ——辊系传动比(12~15)

i_z ——指令机构传动比(4)

ΔH ——产品厚度偏差(0.0025 mm)

经实际计算, $X_g = 0.0002725 \text{ mm} < \Delta H = 0.0025 \text{ mm}$, 步进电机每步使工作机辊系的位移量为: $X_g = (1/9)\Delta H$, 满足厚控精度要求。

(2) 提高传动链的定位精度,防止步进电机丢步,产生失控。一方面,系统中的光电脉冲发生器以 5400 pluser/r 的输出精度与步进电机的最高起动频率 3500 Hz、最高运行频率 24000 Hz 相匹配;另一方面,步进电机输出 1000 g·cm 力矩时,DHCSC 伺服阀中的压靠弹簧使齿轮减速机构处于无间隙啮合状态,加上负载后,定位刚度增大。以上系统从参数匹配和部件结构上保证了步进电机不丢步,使得液液压下位移与指令脉冲数成正比,压下速度与指令脉冲频率成正比,从而使伺服液压缸在很大速度变化范围内做指令跟随运动。

3.2 DHCSC 系统分析

根据图 3a 可以构造 DHCSC 系统的数学模型,由方块图 3b 可以分析 DHCSC 动静态品质特性。

经无纹波最小拍校正和最优时间控制方法的数字仿真与计算,系统频率稳定特性的增益裕量为 10.5 dB,相位裕量 87°,频宽达 28.6 Hz,具有较好的系统稳定性和快速响应性。在外负载 F_L 作用下,稳态误差仅仅限于 DHCSC 某些环节中的死区和零漂,伺服阀的阀芯和液压缸以及反馈机构均为刚性连接,经测定,液压缸定位精度小于 5 μm ,实际运行结果表明,数学模型计算与检测结果比较一致,是计算机厚控较理想的执行机构。

4 结束语

计算机厚控系统通过 DHCSC 较好地实现了 FFC 和 FBC。在 FFC 中,计算机在随机中断信号下,按调节量改变步进电机运行频率,从而有效地把快变化厚差(来料误差波动)消除在调节点离开工作区之前。在 FBC 中,计算机按数学增量方程调节,消除慢变化厚差(负载干扰)。DHCSC 作为计算机控制的执行机构,定位精度高,响应速度快,动态品质特性好,采取的控制方法和应用程序满足了厚控性能要求。

参考文献:

- [1] 张殿华,王君,李建平.中厚板平面形状计算机控制系统[J].钢铁,2000,35(5):40-43.
- [2] 纪平.计算机控制高精度液压伺服系统研究.第八届流体控制工程与机器人学术会议论文集[C].郑州:河南科学技术出版社,1996.123-127.
- [3] Jiping. Investigation of control performance of hydraulic draught servosystem of rolling mill with digital servo-valve[R]. Proceeding of the first international conference on mechanical engineering, Beijing: China machine press, 2000:453-454.
- [4] 邓卫丰,李建华. CSP 生产线轧机过程控制计算机系统[J].冶金自动化,2004(4).