

一种以机床主轴转速为变量的冷却液伺服供给系统

王冠军,郑凯

(西安交通工程学院,陕西 西安 710300)

摘要:以改变传统机床冷却液供给系统不够灵活为目标,在对传统冷却液供给系统进行分析的基础上,阐述新系统的控制要点及思路。以机床主轴转速为变量,通过传感器与变送器输出对应比例的电流信号,利用转变后的电流信号控制以电磁比例换向阀为控制核心的比例伺服液压系统完成冷却液的流量控制,运用 AMESim 软件建立新系统的仿真模型并进行仿真分析,验证所设计系统的适用性。

关键词:机床;主轴转速;冷却液;比例伺服;供给系统

中图分类号:TP391.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2022)06-0198-04

A Coolant Servo Supply System with Spindle Speed as Variable

WANG Guanjun, ZHENG Kai

(Xi'an Traffic Engineering Institute, Xi'an 710300, China)

Abstract: With the aim at improving the poor flexibility of the traditional coolant supply system for machine tools, the control points and ideas of the new system are expounded on the basis of the analysis of the traditional coolant supply system. With spindle speed as variable, the proportional current signal is output through the sensor and transmitter. The switched current signal is applied to control the servo hydraulic system with proportional electromagnetic directional valve as the control core to complete the cooling fluid flow control. The new system simulation model is built and simulation analysis is conducted by AMESim software, which verifies the applicability of the designed system.

Keywords: machine tools; spindle speed; cooling fluid; proportional servo; supply system

0 引言

机床冷却液供给系统在工业设备、机械加工中应用广泛。机床冷却液供给系统的市场需求在不断增大,但传统的冷却液供给系统无法根据机床加工的实际情况主动调整供给流量,在实际使用中需要操作人员根据经验进行冷却液的流量控制,造成了控制不够灵活等问题^[1-2],特别是在精密机床与精密零件的加工中极易造成冷却液供给不必要的流量损失。本文设计了一种以机床主轴转速为变量的冷却液伺服供给系统,以期改良传统冷却液供给系统的不足。

1 传统冷却液供给系统的结构与性能分析

1.1 传统冷却液供给系统的结构

传统的机床冷却液供给系统主要由冷却液箱、冷却液泵、出水管道、回水管道、开关、喷嘴等部分组成^[3-4]。传统机床冷却液供给系统的结构如图 1 所示,对应的技术参数如表 1 所示。



图 1 传统机床冷却液供给系统

表 1 传统机床冷却液供给系统的技术参数

技术参数	数值
泵功率/W	90
泵电机转速/(r/min)	2 800
水箱尺寸/mm	380×250×210
有效容积/L	13
扬程/mm	7 000
水管长度/mm	1 500

基金项目:陕西省教育厅科研计划资助项目(20JK0743)

第一作者简介:王冠军(1980—),男,陕西西安人,副教授,硕士,研究方向为电子信息工程。

1.2 传统冷却液供给系统的性能分析

图2为液供给系统原理图。由图2可知,传统冷却液供给系统的输出流量主要取决于泵的转速与功率^[5-9]。这样的冷却系统无法根据加工要求,如刀具、工件的加工速度进行调整,只能依赖于操作人员的经验。这不仅给冷却液的合理供给增加了难度,同时在精密机床与精密零件的加工中,造成了不必要的流量损失,降低了系统的使用效率。

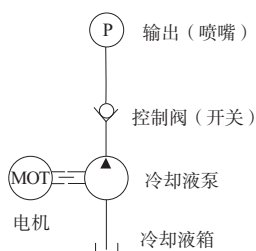


图2 液供给系统原理图

2 伺服供给系统的设计

在分析原有冷却液供给系统的基础上,新系统将机床主轴的转速作为变量参数。将转速变量经传感器采集并经过速度变送器转化后,对应输出为一定比例大小的电流信号。最后,将电流信号输入到以电磁比例换向阀为核心的比例伺服供给系统,完成输出。新系统的设计思路如图3所示。



图3 新系统的整体框图

2.1 主轴转速检测电路

检测电路选用霍尔式转速传感器,经补偿电路补偿后,输出稳定的电压信号^[9],如图4所示。

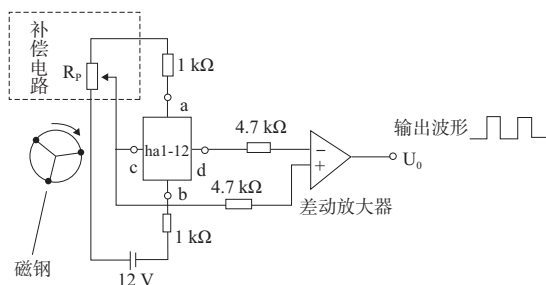


图4 主轴转速检测电路

2.2 检测信号的变送

由2.1输出的电压信号,经变送器转化后输出标准的4~20 mA电流信号。电压信号的变送过程如图5所示。

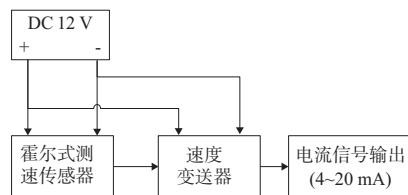


图5 检测信号的变送

本文选取台湾某公司 TAIK 系列 S4-RT 型速度变送器,依据其使用说明节选了低速、中速、高速 3 种速度模式下被测转速与变送电流的对应关系,如表 2 所示。注意:不同类型的速度变送器,其被测转速与变送电流的关系会有差别,技术人员可以结合具体的工程来选择。

表 2 主轴转速与变送电流(部分)

速度模式	主轴转速/(r/min)	变送电流/mA
低速	≤500	4
	1 000	6
中速	1 500	10
	2 000	15
高速	2 500	17
	≥5 000	20

2.3 伺服供给系统的基本原理

将 2.2 中变送后的电流信号作为控制变量,输入到电磁比例换向阀的输入端,最终通过比例液压伺服系统实现流量控制^[10-11]。比例伺服供给系统如图 6 所示。

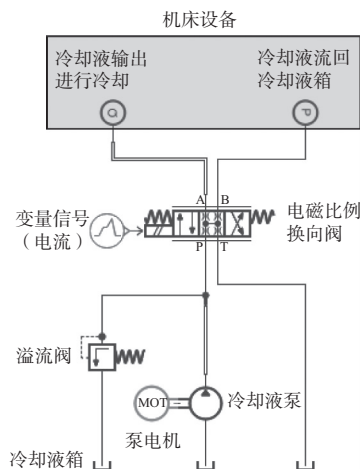


图6 比例伺服供给系统

3 伺服供给控制系统的设计

本文以 PID 算法中的比例环节为基础,选用 Micro-chip 公司具有较高响应速度的 DSPIC30F2010 数字信号处理器为控制核心进行控制。

如图 7 所示,控制系统的主要功能是通过速度传感器得到速度变化,同时通过比例反馈环节向比例换向阀输入适当强度的电流,完成系统流量的控制,进而达到提高系统稳定性、实现自适应调节的目的。

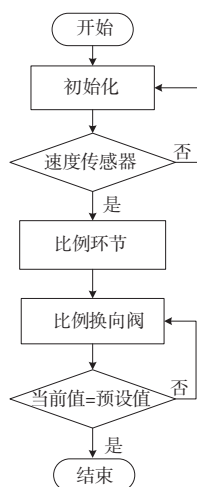


图7 控制系统流程

4 伺服供给系统的仿真与分析

由上文可知以电流信号为控制变量,可通过比例液压伺服系统实现流量控制。本文运用 AMESim 软件建立了冷却液伺服供给系统的仿真模型,模拟了在不同变量(电流)控制信号下的冷却液输出过程,并得到了相应的流量曲线。

本文运用 AMESim 软件,通过绘制系统草图、建立子模型、参数设置、运行仿真4个环节,进行了仿真实验。

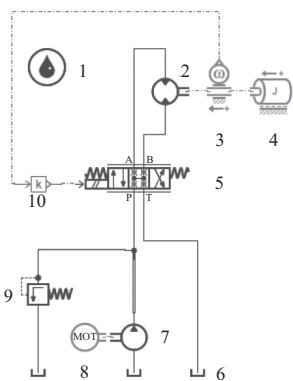
4.1 系统仿真模型的建立

1) 绘制系统图。分别从“Signal, Control”电子器件库、“Mechanical”机械库选取相应的“元件”进行系统草图的绘制;建立子模型^[12]。

2) 选择“首选子模型”赋予“元件”具体的物理特性。本系统所用“元件”均来自于 AMESim 软件的标准库。

3) 设置参数。为各个“子模型”设置参数,就是为子模型中的系数赋予具体的“值”^[13]。

4) 运行仿真。查看相应元件仿真结果,绘制动态曲线。所建立的仿真模型如图8所示。



1—介质属性;2—液压马达;3—速度传感器;
4—转轴;5—比例换向阀;6—冷却液箱;7—冷却液泵;
8—泵电机;9—溢流阀;10—比例反馈环节。

图8 伺服供给系统的仿真模型

4.2 系统仿真模型的参数设置

该步骤的主要任务是为各个子模型设置参数,也就是为上一步设定的方程组中的系数赋予具体的值。以文中表1与表2的技术参数为基础,依次设置相应元件的参数。具体的参数设置如表3所示。

表3 仿真系统的参数设置

元件名称	技术参数	数值
介质	冷却液运动黏度(30℃时)/(kg/m ³)	300
泵电机	转速/(r/min)	2 800
溢流阀	安全阀破裂压力/MPa	35
比例换向阀	端口 P 到 A 最大阀门开度时的流速/(L/min)	20
	端口 P 到 A 的压降/MPa	0.5
	端口 B 至 T 最大阀门开度时的流速/(L/min)	20
	端口 B 到 T 的压降/MPa	0.5
	端口 P 到 B 最大阀门开度时的流速/(L/min)	20
	端口 P 到 B 的压降/MPa	0.5
	端口 A 至 T 最大阀门开度时的流速/(L/min)	20
	端口 A 到 T 的压降/MPa	0.5

4.3 系统仿真结果与分析

依照表3对相应元件的参数进行设置后,就可以对系统进行运行仿真并得到运行结果,判断系统的可行性^[13]。

1) 低速、中速、高速3种模式独立运行

将低速(4 mA)、中速(15 mA)、高速(20 mA)3种电流信号,依次独立输入到“伺服供给系统”进行仿真,运行时间均为10 s。3种模式独立运行的输出流量曲线如图9所示。

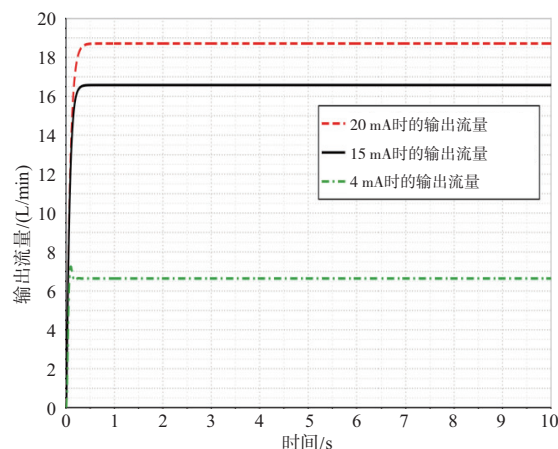


图9 低速、中速、高速独立运行的仿真结果

由图 9 可知,该系统在相应控制信号(电流)的控制下,能够持续稳定输出与控制信号(电流)成正比例的供给流量,实现伺服供给。

2) 低速、中速、高速 3 种模式连续运行

将表 2 中的低速(4 mA/6 mA)、中速(10 mA/15 mA)、高速(17 mA/20 mA),共 6 个电流信号,以一定周期及一定顺序连续输入到“比例伺服供给系统”进行仿真。本文主要研究以下 2 种连续运行的情况:递增模式,主轴由低速工作状态向高速工作状态转变;递减模式,主轴由高速工作状态向低速工作状态转变。

① 递增模式

将表 2 中的低速(4 mA/6 mA)、中速(10 mA/15 mA)、高速(17 mA/20 mA)这 6 个控制变量(电流)信号,按照递增关系,相隔 5 s 依次连续输入到比例伺服供给系统进行仿真,主轴转速连续递增时的输出流量曲线如图 10 所示。

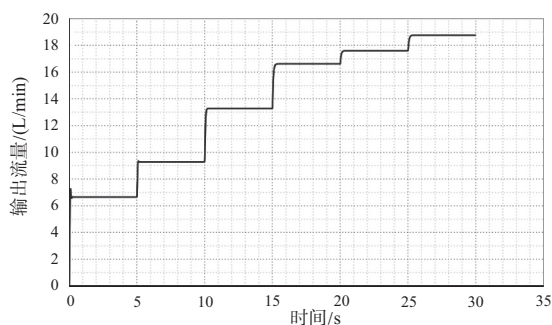


图 10 主轴转速连续递增时的输出流量曲线

② 递减模式

将表 2 中的高速(17 mA/20 mA)、中速(10 mA/15 mA)、低速(4 mA/6 mA)这 6 个控制变量(电流)信号,按照递减关系,相隔 5 s 依次连续输入到比例伺服供给系统进行仿真,主轴转速连续递减时的输出流量曲线如图 11 所示。

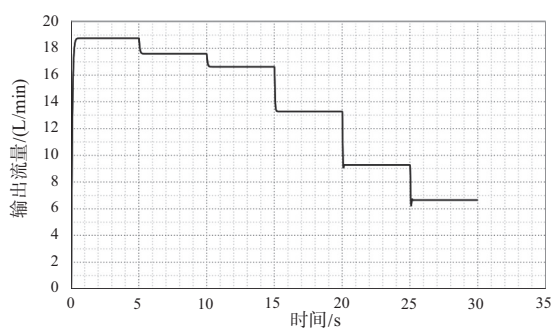


图 11 主轴转速连续递减时的输出流量曲线

由图 10、图 11 可知,该系统在相应控制信号(电流)的连续控制下,依然能够持续稳定输出与控制信号成正比例的供给流量,实现伺服供给。

5 结语

本文针对传统冷却液供给系统调整不够灵活的问题,将机床主轴转速作为变量,通过传感器与变送器将主轴转速转化为易于控制的电信号。在完成电信号转化的基础上,以电磁比例换向阀为控制核心设计了冷却液伺服供给液压系统,并利用 AMESim 软件进行了系统仿真。通过系统仿真,证实新系统在控制信号的单独控制与连续控制中,都能够输出与主轴转速(电流控制信号)成正比例的液体流量。

本设计提高了冷却液供给系统的使用效率,减少了不必要的流量损失,增强了冷却液供给系统的适用性,同时为多个冷却系统的联合使用及一体化控制提供了思路。

参考文献:

- [1] 贾超凡,朱昱,倪红军,等. 数控机床主轴静态特性分析与优化设计[J]. 组合机床与自动化加工技术,2019(8):12-15.
- [2] 郭聪,史安娜,任伟萌,等. 机床主轴温升性能验证与改善[J]. 光电技术应用,2019,34(4):64-68.
- [3] 程智勇. 并联数控机床主轴冷却系统的研究[J]. 机电工程技术,2019,48(5):74-76.
- [4] 夏云才,赵雷鸣. 主轴高转速机床热变形误差的补偿机制[J]. 工业技术创新,2018,05(6):14-19.
- [5] 张延虎. 机床冷却系统的技术发展[J]. 科技风,2019(14):146.
- [6] 洪钧,杨红卫. 关于切削液使用过程中的管理和维护[J]. 现代制造技术与装备,2019(3):154-155.
- [7] 祝建孙,肖笃飞. 一种机床用冷却液过滤装置改进设计[J]. 装备制造技术,2017(7):264-265.
- [8] 王海龙. 机械加工中切削液的使用[J]. 南方农机,2017,48(9):108-109.
- [9] 张军. 一种简易冷却系统的设计与应用[J]. 机械管理开发,2016,31(11):30-31.
- [10] 王润林,徐兵,王迪,等. 基于比例换向阀的智能流量控制方法[J]. 北京理工大学学报,2020,40(5):486-490.
- [11] 刘国文,金亮亮,路瑶,等. 电液比例换向阀的发展概况及前景展望[J]. 液压气动与密封,2018,38(3):1-4.
- [12] 恭飞,王雪婷,杜奕. 基于 AMESim 的液压系统建模与仿真[J]. 软件,2020,41(1):42-45.
- [13] 赵亚英. 基于 AMESim 仿真的液压压力控制系统研究与应用[J]. 陕西国防工业职业技术学院学报,2019(4):34-38.

收稿日期:2021-08-11