

内高压成形换模小车驱动系统

李立丰,姜万录

(燕山大学 机械工程学院,河北 秦皇岛 066004)

摘要:利用换模小车液压系统功率质量比和扭矩惯量比大的优点,采用了液压马达作为动力元件,去驱动模具链条和小车行走。对换模小车驱动系统进行了深入的研究,并利用面向工程设计的高级建模软件AMESim对小车驱动系统建模,对其行走过程动态特性进行了仿真分析,最后设计了小车驱动的电气控制系统。

关键词:机械设计;换模小车;驱动系统;AMESim;电气控制系统

中图分类号:TH122 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5497(2012)Sup. 1-0081-05

Driving system of hydroforming die change vehicle

LI Li-feng, JIANG Wan-lu

(College of Mechanical Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao 066004, China)

Abstract: Taking the advantages of big power mass ratio and torque inertia of hydraulic system, the hydraulic motor was employed by the die change vehicle as power to drive the mold chain and trolley. The driving system of the die change vehicle was studied in detail, and the driving system model was put forward by advanced modeling software AMESim. The dynamic characteristics of vehicle walking process was simulated, and the electrical control system of the vehicle driving system was designed.

Key words: mechanical design; die change vehicle; driving system; AMESim; electrical control system

模具更换是压力机冲压线中的一个重要环节,目前机械式压力机冲压线广泛采用了MB、MBC 和 MF 等工作台移动方式,可以很方便地将模具从压力机内部移进、移出,大大提高了生产效率^[1]。

内高压成形过程中合模公称压力主要靠工作台实现,它和底座成形压力缸是一个整体,因此无法采用移动工作台技术^[2]。为了进行模具更换,需设计一种新型的内高压成形换模小车。换模小车可承载 16~40 t 的模具,能沿预定的钢制轨道从后面、侧面等不同方向靠近机身,利用车身的桥架结构可以很方便的和压力机工作台实现对接,

模具链条和滚动导轨结构能实现模具从工作台到换模小车的移动,四点定位机构在小车和机身对接后可以牢固的将小车和地面固定在一起,这些都构成了本小车独特的功能^[3-4]。

内高压成形机换模小车驱动系统的设计包括小车行走、模具链驱动和定位缸的控制,传统设计中换模车驱动依靠电机和减速机构,可实现变频调速^[5]。随着小车功能的增加如果采用一套减速机,则机械传动系统非常复杂,采用多套减速机不但安装空间受限制,而且性价比太低,因此这种方案不能满足设计要求。液压系统动力机构的功率质量比和扭矩惯量比大,这是其他系统所不能比

收稿日期:2011-11-23.

基金项目:“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项项目(2011ZX04001-011).

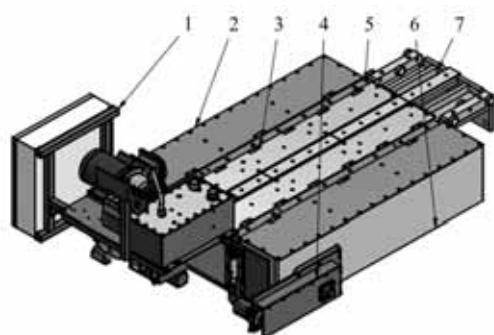
作者简介:李立丰(1980-),男,博士研究生.研究方向:内高压成形装备设计与制造. E-mail:244398459@qq.com

拟的,因此液压系统具有加速性能好、结构紧凑、尺寸小、质量小等优点,而且控制系统频带宽、响应快,所以本小车驱动系统选择了液压马达作为动力元件。

1 换模小车机构

换模小车根据功能要求,主要有以下几个部分组成,包括小车本体、模具链驱动单元、小车行走驱动单元、模具进给链、模具夹持头、模具连接板等,如图 1 所示。

液压控制泵站放在小车后边的平台上为液压马达和定位缸提供动力,液压马达来控制小车在其导轨上运动和模具链的移动,模具链可以将模具推离和拉到小车上。小车的位置通过装在小车框架上的传感器来确定,不同的停车位置和加速位置、减速位置可以在程序中编程控制。当小车到达指定位置后,两个液压定位缸会将小车锁定在地面上。由于模具链驱动和小车行走驱动有共同的传动形式,因此本文选择小车行走驱动系统作为研究对象。



1-电器控制箱;2-小车台面平板;3-模具行走导轨平面;
4-小车行走驱动系统;5-模具移动滚轮;6-换模小车本体;
7-模具结合桥架部分

图 1 换模小车结构

Fig. 1 Structure of die change vehicle

2 系统主要参数的确定

换模小车要求能够承载最大重量 40 t,所以依据小松标准选择 63 型压力机移动工作台作为设计依据^[6],换模小车整体框架刚度和车轮不用重新设计,车轮直径为 260 mm,小车行走采用液压马达驱动,依靠钢制车轮在固定轨道上运动,最大行走速度要求 8 m/min。模具应满足最大尺寸 3000 mm×2000 mm、最大吨位模具(40 t)的要求,换模小车台面通过钢制滚轮与模具接触,避免在换模过程中的产生滑动摩擦,根据承载力和行

走速度要求可以计算:

车轮角速度:

$$\omega = \frac{\nu}{\pi D} = \frac{8}{\pi \times 0.26} = 9.8 \text{ r/min} \quad (1)$$

式中: ω 为小车角速度; ν 为小车行走速度; D 为车轮直径。

小车平面行走抵抗力的模型如图 2 所示。

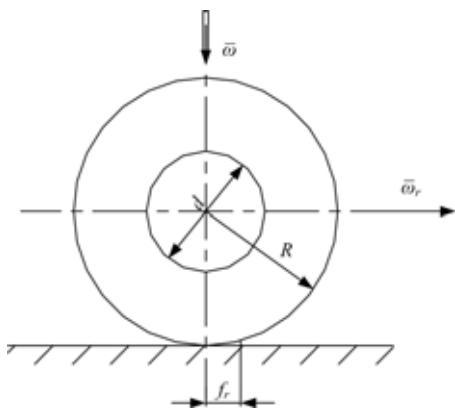


图 2 小车驱动阻力计算模型

Fig. 2 Driving resistance model of die change vehicle

根据小松设计标准^[6],小车平面行走抵抗力:

$$\bar{w}_r = \frac{\bar{w}}{R} \left(\mu \frac{d}{2} + f_r \right) = 19075 \text{ N} \quad (2)$$

式中: \bar{w} 为车轮承受重量; \bar{w}_r 为小车行走时抵抗力; R 为车轮半径; d 为轴承外径和内径的平均值; μ 为轴和轴承之间的摩擦因数, $\mu \in [0.01]$; f_r 为导轨压痕长度的一半。

机械传动系统形式和各个传动轮的规格见图 3,为得到比较大的传动比和考虑到马达的安装结构,系统采用两级传动,第一级为链轮链条传动,第二级为齿轮传动,传动系统总传动比为 4.9。

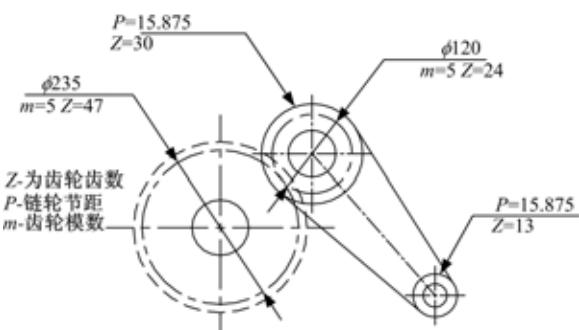


图 3 小车行走传动系统

Fig. 3 Driving system of the die change vehicle

根据小车行走所受抵抗力和机械传动系统的传动比,本小车选用 DANFOSS 厂家的 OMT500 系列马达作为动力元件,马达在系统压力为 9

MPa, 转数为 48 r/min 下, 输出扭矩为 650 N·m, 满足设计要求。由此也可确定液压系统电机泵功率为 7.5 kW, 额定转速为 1400 r/min, 泵几何排量 27 cc/rec。

3 系统分析及仿真

为研究换模小车行走过程系统动态性能, 先建立了液压控制系统的数学模型, 分析了系统的稳态误差, 确定了改善系统性能的控制算法, 进而选择 AMESim(Advanced Modeling Environment for Performing Simulations of Engineering Systems) 仿真软件作为手段对系统动态过程进行分析。该软件提供了一个机电液系统工程设计的完整平台, 使得用户可以在同一平台上建立本控制系统的完整模型^[7]。

3.1 小车行走控制系统分析

阀控液压马达伺服系统的简图如图 4 所示, 该控制系统由电气控制模块、电液比例节流阀、液压马达、速度编码器等组成。编码器轴与车轮轴通过联轴节相联, 用于检测换模小车的速度, 检测到的速度信号与设定信号的差值构成反馈控制信号, 反馈误差信号经比例阀的放大器进行功率放大, 产生电流用来控制电液比例节流阀的阀芯位置, 改变比例阀的输出压力油量来控制液压马达速度。

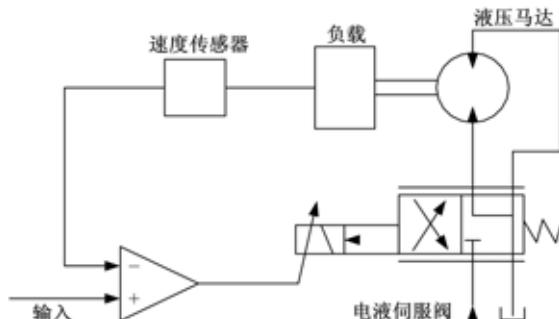


图 4 电液伺服控制系统

Fig. 4 Eletro-hydraulic servo control system

根据传递函数^[3]:

$$\dot{\theta}_m = \vartheta_m = \frac{\frac{K_x}{D_m}x - \frac{K_m}{D_m^2} \left(\frac{V}{4\beta_e K_m} s + 1 \right)}{\frac{s^2}{\omega_h^2} + \frac{2\xi_h}{\omega_h} s + 1} \quad (3)$$

阀控马达速度控制系统为典型的零型有差系统, 它的输出速度偏差会随着速度的增大而增大, 还可能使系统稳定裕量变小或者变得不稳定, 系

统稳定性变差, 过渡过程变长, 为了改善系统性能通常在主通道中串联一个积分放大器, 使之成为 I 型系统, 使系统在阶跃信号作用下无静态误差。

换模小车在使用过程中要先进行定义, 图 5 以图示方式定义了小车行走状态。

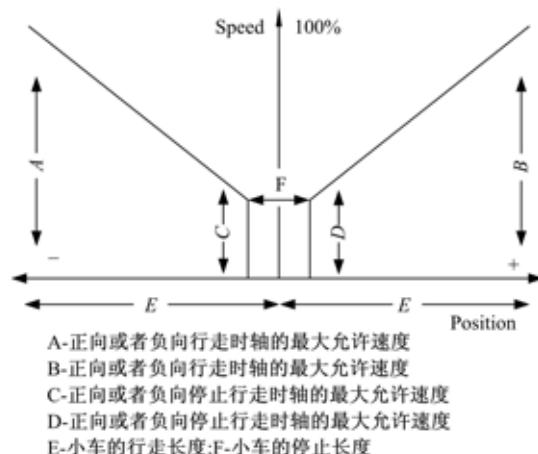


图 5 小车行走位置、速度变化

Fig. 5 Position and velocity change of die change vehicle

3.2 系统建模及仿真

AMESim 是一种专门用于液压系统仿真的软件, 通过调用封装好的液压元件库根据系统原理图即可建立系统的仿真模型, 设置完元件的参数即可完成系统的建模, 系统各个元件参数如下: 电机泵功率为 7.5 kW, 额定转速为 1400 r/min, 泵几何排量为 27 cc/rec; KTG4V-3-33B20N-Z-MU-HA7-60 比例节流阀; OMT500 马达; 车轮负载的外干扰力矩为 300 N·m; 转动惯量为 50 kg·m²; DGMC-3-PT-CW-B-41 型溢流阀, 设定压力 10 MPa。仿真模型见图 6, 参数赋值过程中要根据系统外力矩、车轮和马达的旋转方向来确定参数的正负, 保证所建立的模型和换模小车实际行走过程一致。最后进入在运行模式(run mode)中的运行参数(runparam eters)设置运行时间为 15 s, 采样周期为 0.01 s。

仿真过程中, 输入信号由分段线性信号源按照图 7 进行设定, 系统在 1 s 后开始, 启动和停止时速度设定为 20 r/min, 最大行走速度设定为 48 r/min, 设定曲线见图 8。

从图 8 中可以看出, 小车行走可以跟随设定速度, 动态跟踪误差在 13 r/min 内, 稳态误差为 0 r/min, 响应时间很短, 反应很快, 说明系统参数选择比较正确, 对小车行走系统的仿真, 证明所设计系统的正确性, 其中应用的控制策略可以通过电气可编程序实现。

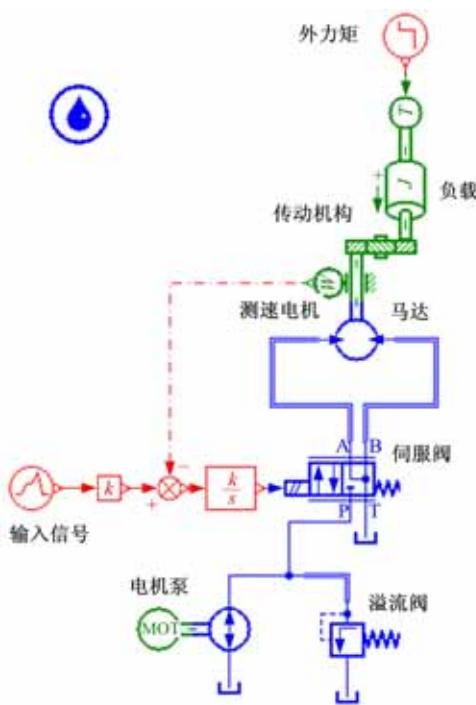


图 6 小车电液伺服速度控制仿真模型

Fig. 6 Eletro-hydraulic servo control simulation model of die change vehicle

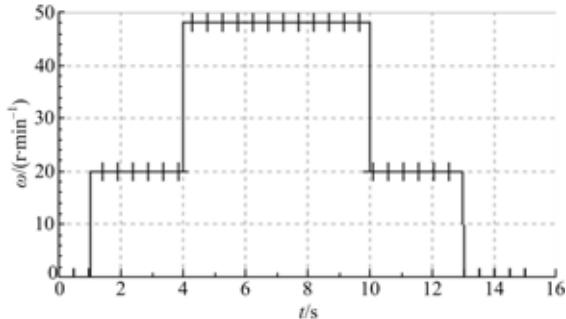


图 7 小车行走速度设定

Fig. 7 Velocity setting of die change vehicle

4 电气控制系统

图 9 为电气控制系统原理图,电气系统通过 Siemens ET200S 将各个部分连接起来,系统通过 Profibus 进行通信网络,你可以通过 MPI/Profibus 将程序下载到 PLC 中。小车控制可以实现自动和手柄手动控制两种方式。

小车行走依靠位置传感器准确定位,并和地基定位装置固定小车位置,模具移动通过相连在模具链轴的编码器进行位置控制和速度检测,手动控制器可手动控制小车行走和模具更换,通过 Siemens ET200S 可以将液压系统和电气系统结合到一起。

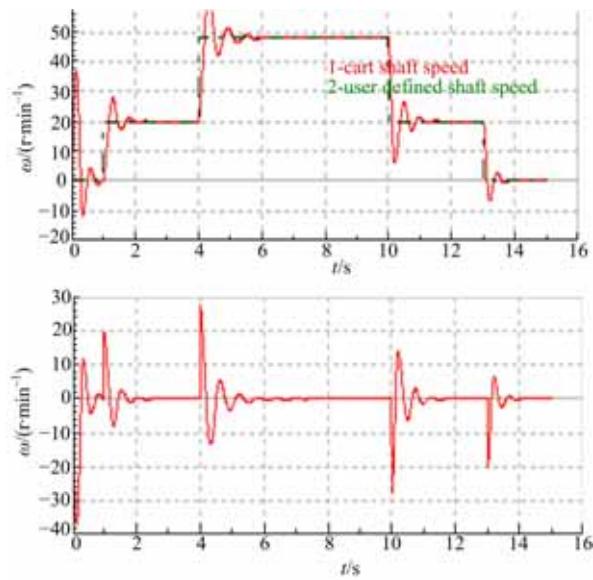


图 8 小车行走仿真

Fig. 8 Driving simulation of die change vehicle

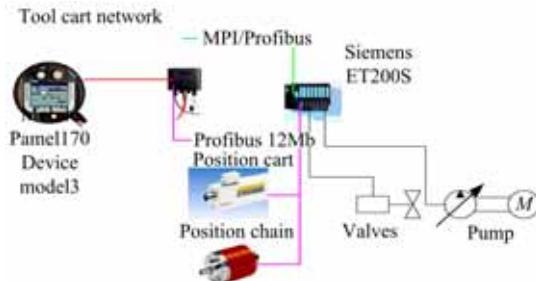


图 9 小车电控系统

Fig. 9 Electrical system of die change vehicle

图 10 为小车运行参数设置面板,通过它可以设定小车速度、加速度等各项参数,小车运行过程中的实时速度和位置也可以通过它显示。



图 10 小车设置界面

Fig. 10 Setting interface of die change vehicle

5 结束语

我国内高压成形技术起步较晚,内高压成形设备在国内的研究也很少,关键配套设备的研究开发更少,本文所设计的换模小车是为一汽轿车

内高压成形液压机 HPF-6000/3000X2000 配套的关键设备,换模小车动力系统采用先进的液压比例控制系统,基于 AMESim 软件为系统分析和仿真提供了理论研究手段,所设计的驱动系统结构紧凑,安装空间小,机械传动形式简单可靠,电气控制系统采用 Profibus 通信和 Siemens ET200S 有效地将系统各个部分控制和系统参数设置结合在一起。

参考文献:

- [1] 奚蒙,吕宗乐,叶朝晖. 新型快速换模装置的应用 [J]. 机械工程师,2001(9):26.
Xi Meng, Lü Zong-le, Ye Zhao-hui. Application of new fast model replacing device[J]. Mechanical Engineer,2001(9):26.
- [2] Abe H. The state of the art in tube hydroforming technology in Japan[C]// Proceedings of the TUBE-HYDRO, Japan,2003:42-43.
- [3] Dohman F, Hartl C. Tube hydroforming research and practical application[J]. Journal of Materials Processing Technology, 1997,71:174-186.
- [4] Zhang S H. Developments in hydroforming [J]. Journal of Materials Processing Technology, 1999, 91:236-244.
- [5] 朱铮涛. 移动工作台的计算机控制系统设计[J]. 机床与液压,2001,21(3):1-3.
Zhu Zheng-tao. The design of computer control system for moving workbench[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2001,21(3):1-3.
- [6] 齐齐哈尔二机床压力机室,译. 日本小松压力机零部件标准 KPS[M]. 1978.
- [7] 马长林,黄先祥,郝琳. 基于 AMESim 的电液伺服系统仿真与优化研究[J]. 液压气动与密封,2006(1): 42-43.
Ma Chang-lin, Huang Xian-xiang, Hao Lin. Simulation and optimization studies of electro-hydraulic servo system based on AMESim [J]. Hydraulics Pneumatics & Seals, 2006(1): 42-43.