

# 液压冲床油缸泄漏研究与仿真

李 硕 胡军科 南现伟 周友中

(中南大学机电工程学院, 湖南 长沙 410075)

**摘 要:**为解决液压冲床工作中辅助液压缸泄漏问题,对其液压系统回路进行了分析,得出了辅助液压缸泄漏是由于电磁换向阀换向时间设置不合理,致使液压缸中压力过高所造成的结论。通过运用 AMESim 仿真软件对液压系统回路进行仿真,验证了结论的正确性,并在此基础上提供了合理的换向时间,为实际问题的解决提供了理论依据。

**关键词:** 液压冲床 液压缸泄漏 AMESim 仿真

**中图分类号:** TH137 **文献标识码:** A

## Simulation and Study of Hydraulic Punching Machine's Hydro-cylinder Leakage

LI Shuo, HU Junke, NAN Xianwei, ZHOU Youzhong

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Central South University, Changsha 410075, CHN)

**Abstract:** To solve the problem of hydraulic punching machine's hydro-cylinder leakage, the hydraulic punching machine's hydraulic circuit was analysed, and then having the conclusion that high pressure result in leakage of the assistant hydro-cylinder. Then the simulation of the hydraulic system is achieved using the AMESim. The simulation proved the validity of the conclusion and a solution is brought forward, that provide a foundation for the leakage problem solve.

**Keywords:** Hydraulic Punching Machine; Hydro-cylinder Leakage; AMESim Simulation

液压冲床是用来进行板料冲孔、成形及拉深成形等工序的。由于液压冲床在压力、行程以及速度等参数的调节及过载保护方面都比较简单、易行且可靠,所以在冲压成形加工中,液压冲床得到了较大的发展<sup>[1]</sup>。文中所研究的液压冲床用于对汽车轮毂进行冲孔,在使用过程中存在着辅助液压缸与主液压缸活塞杆连接处出现泄漏的问题。目的是要通过通过对液压回路进行分析,找出泄漏产生的原因,并在此基础上应用仿真软件对液压系统回路进行仿真,在理论上,对液压缸的泄漏问题提出解决方案。

AMESim 仿真软件是法国 IMAGINE 公司于 1995 年推出的专门用于液压/机械系统的建模、仿真及动力学分析的优秀软件。它为用户提供了一个系统工程设计的完整平台,可以建立复杂的多学科领域系统的数学模型,并在此基础上进行仿真计算和深入的分析。在液压机械的仿真研究方面,AMESim 软件有着很强的针对性和优越性,它可以大大地缩短产品的开发周期,降低产品的开发成本,提高产品的竞争力<sup>[2]</sup>。所以本文采用 AMESim 仿真软件对液压冲床部分液压系统回路进行分析和仿真研究。

技术、后处理、加工刀具及加工工艺等多方面知识。多轴仿真技术在生产实践中有很强的经济性和实用性,有很好的应用前景。Vericut 是一种基于机床的几何仿真,无法根据刀具及加工材料对加工过程中的切削力、温度、热流、残余应力、变形及切屑进行分析,随着仿真技术及有限元(FEM)技术的不断发展,切削过程的微观仿真技术也会越来越成熟。

### 参 考 文 献

[1] 李云龙,曹岩.数控机床加工仿真系统 VERICUT[M].西安:西安交通大学出版社,2005.

[2] 安杰,邹显章.UG 后处理技术[M].北京:清华大学出版社,2003.

[3] 李朝光,谢龙汉.UGNX5 多轴加工应用实例[M].北京:清华大学出版社,2007.

[4] 王庆林,李莉敏,韦纪祥.UG CAM 应用案例集(NX 版)[M].北京:清华大学出版社,2003.

作者:徐刚,男,1980 年生,工程师,硕士,研究方向为数字化产品的开发与制造。

(编辑 孙德茂) (收稿日期:2010-10-23)

文章编号:110210

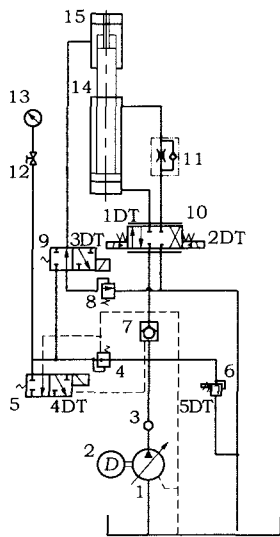
如果您想发表对本文的看法,请将文章编号填入读者意见调查表中的相应位置。

## 1 液压系统回路分析

液压冲床的部分液压系统回路如图1所示。系统工作时,电磁换向阀9电磁铁先得电,泵输出的液压油经单向阀3,通过减压阀4(设定压力为5 MPa)和电磁换向阀9进入辅助液压缸15,推动辅助油缸朝着夹紧轮毂的方向运动。在辅助油缸夹紧轮毂后,电磁换向阀5电磁铁4DT和比例换向阀10的电磁铁1DT得电,控制油经电磁换向阀4打开液控单向阀7,使得液压油通过比例换向阀10左位进入主液压缸14的无杆腔,主液压缸在高压液压油的作用下完成对轮毂冲孔的工作。此时,控制电磁换向阀9的失电时间,辅助液压缸中的高压油一部分经电磁换向阀9,通过溢流阀8溢流回油箱。设定溢流阀的溢流压力为10 MPa,保证辅助液压缸对工件的夹持力。主液压缸有杆腔中的液压油通过单向节流阀11和比例换向阀10流回油箱。溢流阀6的作用是控制主油路上的压力不高于设定压力28 MPa。

通过对液压系统回路分析知,在主液压缸活塞杆伸出完成对轮毂冲孔的过程中,必然导致辅助液压缸中的压力升高,这就要求要很好地控制电磁换向阀9的换向时间。换向时间过早,辅助液压缸中的压力过低,导致液缸对轮毂的夹持力不够,容易造成主液缸冲孔偏斜的事故;换向时间过晚,辅助液缸中的压力迅速升高。当辅助液缸中的压力过高,辅助液缸与主液缸活塞杆连接处由于液缸压差升高出现泄漏就无法避免。因此,要避免辅助液缸由于压力过高而导致的泄漏就必须合理地安排电磁换向阀9的换向时间。

在计算液缸压差作用下的泄漏量之前,先假定:液体不可压缩,质量力忽略不计,粘度不变。油液在隙缝中的流动受粘性力的控制,通常为层流流动,其流动速度沿隙缝断面的分布规律为



1-液压泵; 2-电动机; 3-单向阀;  
4-减压阀; 5-二位四通电磁换向阀;  
6-溢流阀; 7-液控单向阀;  
8-溢流阀; 9-电磁换向阀;  
10-比例换向阀; 11-单向节流阀;  
12-截止阀; 13-压力表;  
14-主液缸; 15-辅助液缸。

图1 液压冲床部分液压系统原理图

$$V = -\frac{z}{2\mu}(h-z)\frac{dp}{dx} \quad (1)$$

隙缝泄漏量为

$$Q = \int_0^h Vb dz = -\frac{b}{2\mu}\frac{dp}{dx}\int_0^h z(h-z) dz = -\frac{bh^3}{12\mu}\frac{dp}{dx} \quad (2)$$

式中: $\mu$ 为动力粘度; $h$ 为两板之间的间隙高度,此处即为活塞杆与套筒之间的间隙量; $z$ 为间隙中一点相对底板位置高度; $b$ 为两板宽度,此处即为液缸中的活塞杆周长。

由此得: $dp/dx = -12\mu Q/(bh^3) = \text{常数}$ ,即在隙缝中,沿套筒方向的压力梯度是一常数。如果沿套筒 $L$ 的长度内压力由 $P_1$ 降至 $P_2$ ,则: $dp/dx = (P_2 - P_1)/L = -(P_1 - P_2)/L = -\Delta P/L$ ,代入式(2)得:

$$Q = (bh^3 \Delta P)/(12\mu L) \quad (3)$$

式中: $L$ 为套筒长度。

由式(3)知,油缸的泄漏量 $Q$ 与油缸套筒两端的压差 $\Delta P$ 成正比。

## 2 液压系统的建模仿真

利用AMESim软件进行液压系统仿真需要完成4个模式,即草图模式(Sketch Mode)、子模型模式(Sub-model Mode)、参数模式(Parameter Mode)、运行模式(Run Mode)<sup>[4]</sup>。

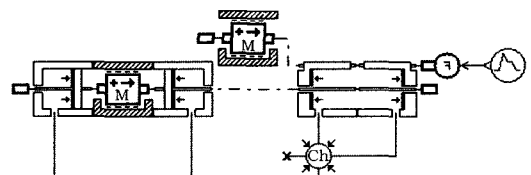


图2 液压冲床油缸子模型

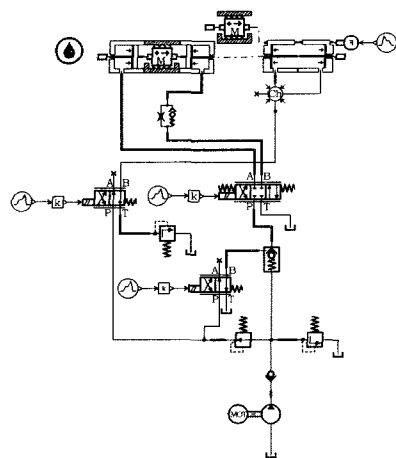


图3 液压冲床部分液压系统AMESim仿真模型

首先在草图模式下建立液压冲床的系统模型,在搭建系统过程中,由于主液压缸和辅助液压缸在标准元件库中找不出与之相匹配的模型,故需利用 HCD 元件库构建此元件,构建出的模型如图 2 所示<sup>[5]</sup>。其它液压元件则可直接从标准元件库中进行选择。最后构建出如图 3 所示的系统模型。

其次,在子模型模式下,为搭建好的系统元件选择理想模型。在此系统子模型模式下,对各元件子模型都选择系统提供的优先子模型(Premier Submodel)。

接着在参数模式下对系统各元件参数进行设置。元件参数设置合理与否直接关系到最后仿真结果的正确与否,所以参数的设置是 4 个模式中尤为重要的一步。在参数设置过程中,对于那些对系统仿真影响较小的参数,可通过估算或暂不考虑来实现相应的仿真结果,对直接影响系统性能的参数则需要通过查找相应资料来获得准确的数据。利用 HCD 库设计的液压缸模型参数根据其结构原理图上尺寸设置为:主液压缸活塞直径为 200 mm,活塞杆直径为 140 mm,行程为 320 mm;辅助液压缸直径为 200 mm,活塞杆直径为 140 mm,行程为 125 mm。比例换向阀和电磁换向阀参数设置见表 1、表 2,其他主要元件参数设置见表 3。

最后在运行模式下对构建的系统进行仿真。对本系统进行仿真的目的是要通过通过对液压系统原理图中电

表 1 比例换向阀主要设置参数

参数名称	参数值
阀口 P 到阀口 A 的额定流量	325 L/min
阀口 P 到阀口 A 相应的压降	1 MPa
阀口 B 到阀口 T 的额定流量	325 L/min
阀口 B 到阀口 T 相应的压降	1 MPa
阀口 P 到阀口 B 的额定流量	325 L/min
阀口 P 到阀口 B 的相应压降	1 MPa
阀口 A 到阀口 T 的额定流量	325 L/min
阀口 A 到阀口 T 相应的压降	1 MPa
阀额定电流	24 mA
阀固有频率	50 Hz

表 2 二位四通电磁换向阀的主要设置参数

参数名称	参数值
阀口 P 到阀口 A 的额定流量	120 L/min
阀口 P 到阀口 A 相应的压降	0.85 MPa
阀口 B 到阀口 T 的额定流量	120 L/min
阀口 B 到阀口 T 相应的压降	0.78 MPa
阀口 P 到阀口 B 的额定流量	120 L/min
阀口 P 到阀口 B 的相应压降	0.85 MPa
阀口 A 到阀口 T 的额定流量	120 L/min
阀口 A 到阀口 T 相应的压降	0.75 MPa
阀额定电流	40 mA
阀固有频率	50 Hz

表 3 其他主要元件的仿真设置参数

参数名称	参数值
电动机转速/(r/min)	1 500
泵额定排量/(mL/r)	190
高压溢流阀设定压力/MPa	28
减压阀设定压力/MPa	5
控制增益	50
液控单向阀额定流量/(L/min)	350
单向节流阀额定流量/(L/min)	300

磁换向阀 9 换向时间的控制来仿真出辅助液压缸中的压力值。在运行模式下,设置仿真时间为 8 s,通信间隔为 0.1 s,设置电磁换向阀 9 的控制信号,对辅助液压缸通过其行程所需时间进行仿真,仿真结果见图 4。当辅助液压缸位移达 0.125 m 时,所需时间为 2 s。

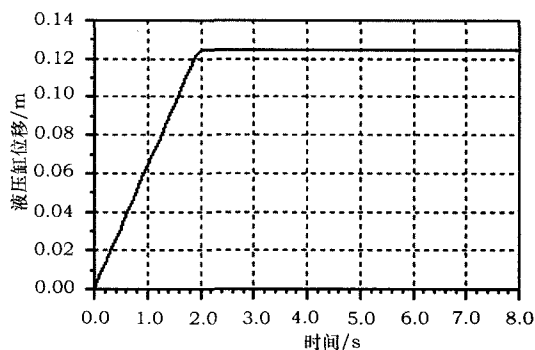


图4 辅助液压缸位移曲线

设置电磁换向阀 5 和比例换向阀 10 的控制信号。由辅助液压缸通过其行程所需的时间设定在第 3 s 电磁换向阀 5 和比例换向阀 10 得电,主液压缸开始对工件进行冲孔。图 5~8 是通过设定电磁换向阀 9 不同的失电时间得到辅助液压缸压力的结果。

由图 5~8 可知,电磁换向阀 9 失电时间越晚,辅助液压缸中的压力值越大,在第 6 s 换向时,辅助液压缸中的压力可达到 22 MPa 左右(图 8)。而换向阀在第 3s 换向时,压力值有一个瞬间降低(图 5),造成这

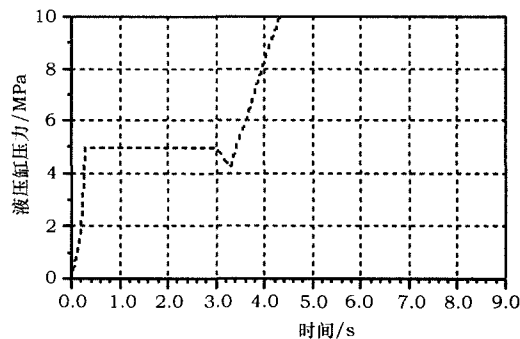


图5 第3s失电时辅助液压缸压力曲线

一现象的原因是因为在仿真时考虑了辅助液压缸和管路的容积效应。当辅助液压缸夹持工件压力过低时容易造成主液压缸冲孔偏斜,故辅助液压缸中压力也不能太低,要保持在一个合理范围内。综合考虑,当电磁换向阀9在第4s失电时,辅助液压缸中的压力最为合理(图6),能有效避免泄漏的发生。

### 3 结语

通过对液压冲床建模与仿真结果表明:辅助液压

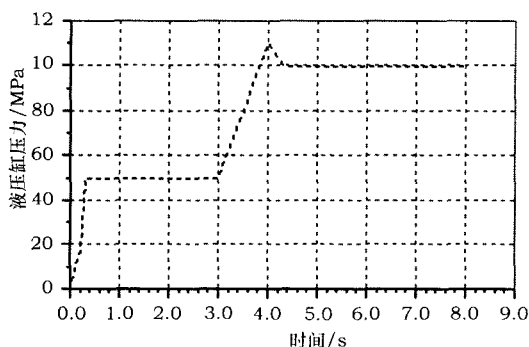


图6 第4s失电时辅助液压缸压力曲线

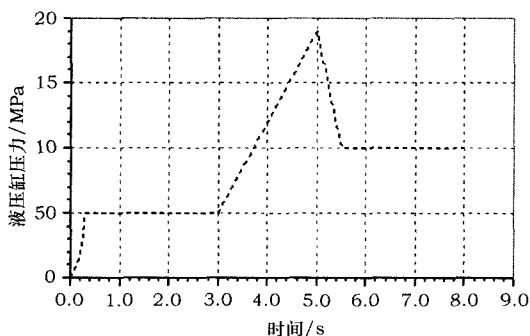


图7 第5s失电时辅助液压缸压力曲线

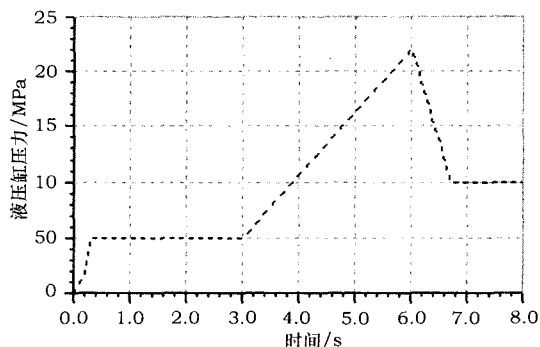


图8 第6s失电时辅助液压缸压力曲线

缸的泄漏确实与电磁换向阀9换向时间设置的不当而造成压力过高有关。同时通过仿真为电磁换向阀确定了一个合理换向时间,为实际工作中解决辅助液压缸泄漏提供了很好的理论指导。

### 参考文献

- [1]孙凤勤,阎亚林. 冲压与塑压成形设备[M]. 北京:高等教育出版社, 2006.
- [2]付永领,祁晓野. AMESim 系统建模和仿真——从入门到精通[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2006.
- [3]何大钧,王孝培. 液压泄漏控制[M]. 重庆:科学技术文献出版社重庆分社, 1989.
- [4]刘仕平,杨非,雷金柱. 基于 AMESim 的工程车辆液压悬架系统仿真[J]. 华北水利水电学院学报, 2008, 29(1).
- [5]章宏甲,黄谊,王积伟. 液压与气压传动[M]. 北京:机械工业出版社, 2000.

第一作者:李硕,男,1985年生,硕士研究生,主要研究方向为液压传动与控制。

(编辑 谭弘颖)

(收稿日期:2010-10-22)

文章编号:110211

如果您想发表对本文的看法,请将文章编号填入读者意见调查表中的相应位置。

### · 书讯 ·

实用机床设计手册 隋秀凜,高安邦主编

邮购价:178.00元

本手册以简明实用为原则,对机床设计的内容进行了全面系统的介绍。全书共分6篇38章,主要介绍机床设计的基本要求、方法和步骤、方案的选择、典型的布局、机床型号编制方法、技术要求、检验标准,机床液压与气动系统设计,机床电力拖动及控制系统设计,机床数字控制系统设计,机床传动系统和辅助系统设计等。本手册适合于从事机床产品和机械制造装备的开发、设计、改造与研究的工程技术人员、研究人员使用,也可供机床产业管理人员参考,对高等院校有关专业的师生也具有很高的参考价值。

数控机床安装调试与维护保养技术 严峻编著

邮购价:51.00元

本书按照数控机床装配与调试工作过程,结合数控机床安装、调试与维修保养的有关要求,以数控机床的调试与装配生产为案例,阐述数控机床安装调试与维护保养技术。内容包括:机械部件的装配、调整要点;电气控制元器件的选择、性能测试与装接;CNC控制单元的电气连接与调试;进给驱动系统和主轴驱动系统的安装、调试;机床现场安装与验收;以及数控机床整机调试技术。并以目前我国常用的几类数控系统为例,着重讲述数控系统的连接、调整、参数的设置、保存与恢复、数控机床的维护和保养等几个方面内容。本书具有理论与实践相统一,并且重在实践的特点。适合于企业数控机床维修人员使用,也可供从事数控机床技术研究的工程技术人员、生产管理人员、数控机床的使用者及职业技术学院的学生使用。

来款请寄:北京市朝阳区望京路4号,机床杂志社收,邮编:100102