

# 基于 AMESim 的液压挖掘机正流量系统的仿真研究\*

柳齐, 刘强

(华侨大学 机电及自动化学院, 福建 厦门 361021)

**摘要:** 以小型液压挖掘机为仿真样本, 分析了液压挖掘机的正流量系统的工作原理, 根据实际的液压元件参数, 利用 AMESim 软件的 HCD 液压元件库, 构建多路换向阀和正流量泵模型及挖掘机液压系统仿真模型, 并对其仿真结果进行分析。对比了定量泵系统和正流量系统的流量损失, 验证了正流量系统的节能性, 证明建立的仿真模型的有效性。

**关键词:** 液压挖掘机; AMESim; 正流量

中图分类号: TU621

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)15-0076-03

## Simulation study of positive system of hydraulic excavator based on AMESim

Liu Qi, Liu Qiang

(Institute of Mechatronic and Automation, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

**Abstract:** In this paper small hydraulic excavator is used as a sample, analyze the principle of the positive system of hydraulic excavator. Utilize HCD hydraulic components library of the soft AMESim build multi-passage valve, the positive pump model and excavator hydraulic system simulation model based on actual hydraulic components parameters, and analyze their simulation results which compares flow loss of fixed displacement pump system and the positive system. And the result verifies energy saving of the positive system and proves the validity of the simulation model established.

**Key words:** hydraulic excavator; AMESim; positive system

挖掘机是土石方开挖的主要工程机械, 在能源、交通、农田水利、城镇建设, 以及现代化军事工程等领域发挥着重要作用, 其国内拥有量越来越大<sup>[1]</sup>。挖掘机作为一种大功率工程机械, 其节能性也一直是国内外工程机械生产企业追求的主要目标之一。目前国内外挖掘机采用的节能系统主要有负流量系统、正流量系统、负荷敏感系统等, 许多高校和研究机构对各个系统的节能性都作出了研究。

目前国内工程机械研究人员多采用 Matlab 软件, 依靠传统的微分和差分方法对复杂的液压系统进行建模分析, 但这大大增加了建模的难度, 而且并不能很好地模拟实际运作状态。由法国 IMAGINE 公司研制开发的 AMESim 软件给工程机械用户提供了标准模型库和基本元件设计库, 极大地方便了液压系统的建模, 为研究缩短了周期。本文利用该软件对挖掘机的正流量系统进行

仿真研究<sup>[2]</sup>。

### 1 挖掘机正流量系统的工作原理

正流量系统在上世纪 70 年代用于挖掘机液压系统中, 主要目的在于用容积调速代替节流调速, 从泵源实现节能。其原理如图 1 所示, 先导压力信号一方面控制主阀阀芯的位移, 即控制通向执行器的流量; 另一方面传送给变量泵的调节机构来控制泵的排量<sup>[3-5]</sup>。这样就可以近似保证液压泵提供的流量与主控阀的通流面积成正比。当先导压力信号为零时, 主阀阀芯处于中位。此时变量泵的斜盘角也达到最小, 仅排出很小的流量,

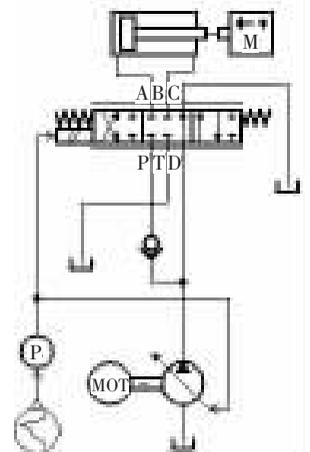


图 1 挖掘机正流量系统简图

\* 基金项目: 福建省高校产学研合作科技重大项目 (2010H6015)

## 技术与方法 Technique and Method

通过旁路节流回路回油箱；当先导压力不断增加时，主阀阀芯逐渐向左位切换，阀口 P 与 B、T 与 A 逐渐导通。与此同时变量泵的斜盘角也随之增大，增加流量满足系统的需求。

系统中正流量变量泵结构及原理如图 2 所示， $X_1$  点为多路换向阀的先导压力信号点，A/B 为多路换向阀阀口信号点， $X_3$ 、 $Y_3$  为系统外加压力信号点， $A_1$  为系统其他阀口信号点，R、U、S、 $T_1$  为系统回油信号点。

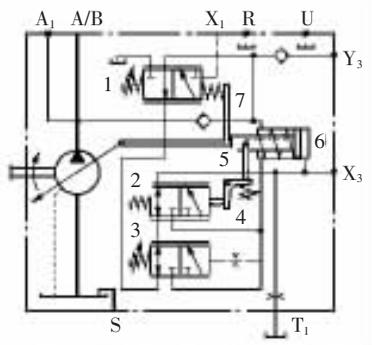


图2 正流量变量泵的结构原理图

1.正流量控制阀;2.LR功率控制阀;3.压力切断阀;4.反馈杠杆;5.杠杆顶杆;6.变量活塞缸;7.变量活塞反馈机构

正流量变量泵的控制原理：多路换向阀（图2中未画出）的先导压力信号通过  $X_1$  信号点引入到正流量控制阀1的右端。当先导压力为零时，多路换向阀阀芯位移为零，正流量控制阀1工作在左位，泵输出的压力油通过单向阀、正流量控制阀1的左位、压力切断阀3的左位、LR功率控制阀2的左位流至活塞缸的无杆腔，推动活塞向左移动，使泵的排量调至最小；当先导压力逐渐增加时，多路换向阀阀芯移动，系统负载流量需求逐渐增加，此时正流量控制阀阀芯逐渐切换至右位，压力油通过单向阀进入活塞缸的有杆腔，推动活塞向右移动，使泵的排量增加，而无杆腔的液压油则通过压力切断阀3的左位、LR功率控制阀2的左位、正流量控制阀1的右位流回油箱。

### 2 挖掘机正流量系统的建模

整个系统主要由正流量变量泵、多路换向阀、液压缸、溢流阀等组成，下面将对主要元件进行分析，并确定参数建立相应的仿真模型。

#### 2.1 多路换向阀的建模

本文研究的多路阀为三位六通的液压先导式换向阀。它的原理是通过先导油液压力推动多路阀阀芯来改变各个油路的通断状态从而控制油液的流通方向和流量。

根据三位六通阀的工作原理，利用 AMESim 软件提供的 HCD 库中合适的组件构建出系统的多路换向阀，如图3所示。

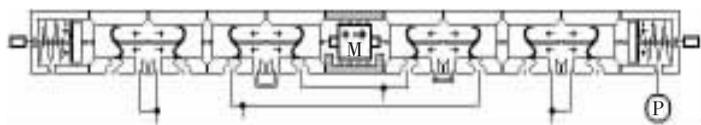


图3 多路换向阀模型

多路换向阀的主要参数为：阀芯重量为 0.1 kg，弹簧的弹性系数为 30 N/mm，弹簧的预紧力为 30 N。多路换向阀阀口的面积特性对于建立多路换向阀模型是必不可少的，阀口面积特性由 txt 文本参数写入模型，阀口面积特性如图4所示。

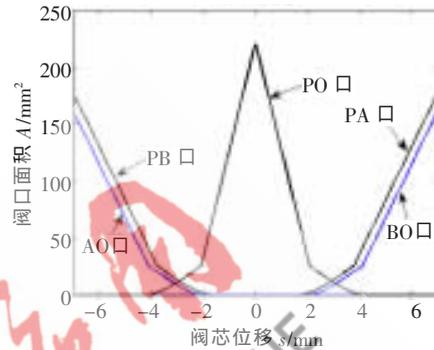


图4 阀口面积特性

#### 2.2 正流量变量泵的建模

AMESim 软件中提供的泵模型主要有：单向定量泵、双向定量泵、单向变量泵、双向变量泵和压力调节泵，本文根据正流量变量泵的结构原理图，在单向变量泵的基础上构建正流量变量泵模型如图5所示。主要参数为：泵转速为 1500 r/min，排量为 30 cc/r，正流量控制阀、LR功率控制阀及压力切断阀阀芯位移均为 1 mm，变量活塞缸中活塞位移为 22 mm。

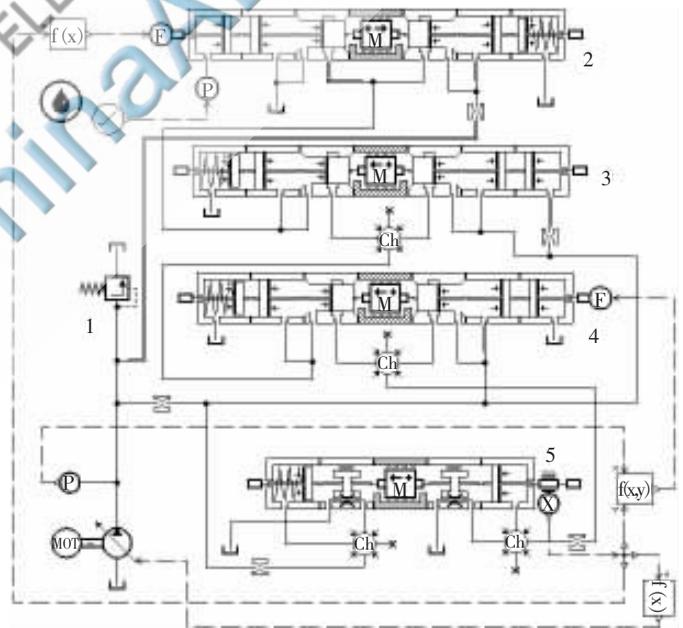


图5 正流量变量泵模型

1.模拟负载;2.正流量控制阀;3.压力切断阀;4.LR功率控制阀;5.变量活塞缸

图6为液压挖掘机正流量系统的 AMESim 模型，系统主要参数为：液压缸活塞行程为 800 mm，缸径为 70 mm，活塞杆径为 50 mm。

#### 3 正流量系统的仿真结果分析

液压挖掘机的正流量系统的原理是先导压力直接

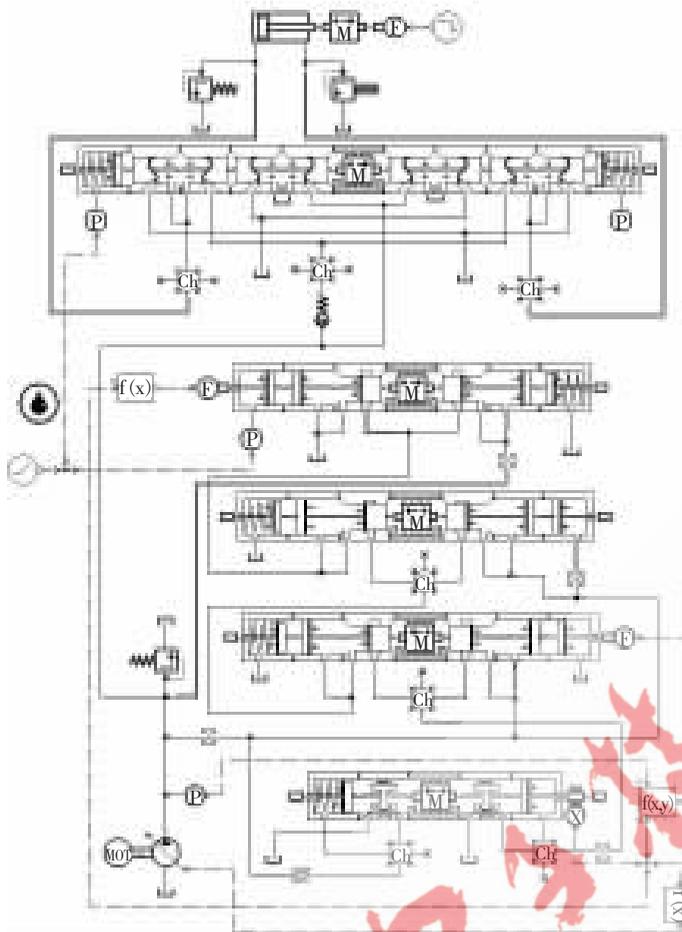


图6 挖掘机正流量系统模型

控制变量泵的排量,在控制中,随着先导压力的增加,泵排量也相应的增加。泵的排量和先导操作压力成正比。图7为力士乐正流量泵的排量调节图,图中的阴影部分代表用户根据需求所设定的调节范围。

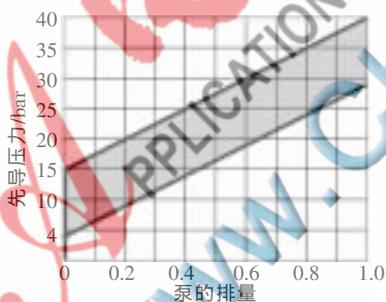


图7 力士乐正流量泵排量调节范围

仿真中,给先导压力加以0~40 bar的斜坡信号,得到图8和图9的仿真结果。图8中通过设定正流量控制阀不同的弹簧预紧力得到不同的排量调节曲线,泵的排量变化正比于泵的先导压力和阀芯位移,正确地反映了正流量泵的排量调节特性。阀PA口的开口面积随着阀芯位移的增加而增大。正流量系统减少了过剩的流量损失,具有明显的节能效果。

图9中的曲线1和曲线2分别为定量泵系统和正流量系统的流量损失随阀芯位移的变化曲线。可以看出系统主要的流量损失是由于从0~5 s时多路阀PO阀口打开,油液直接流回油箱所造成的,而正流量系统在这

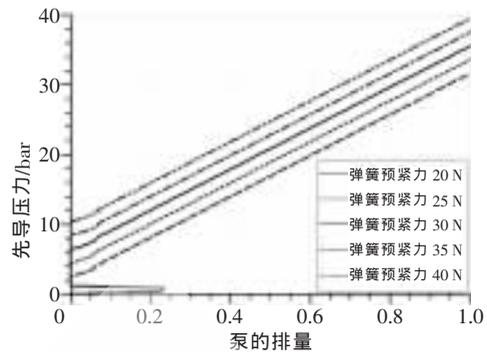


图8 正流量泵排量变化曲线

段时间内由于泵的排量受先导压力的控制,泵的流量相应减小,流量损失明显低于定量泵系统,体现了正流量系统良好的节能性。

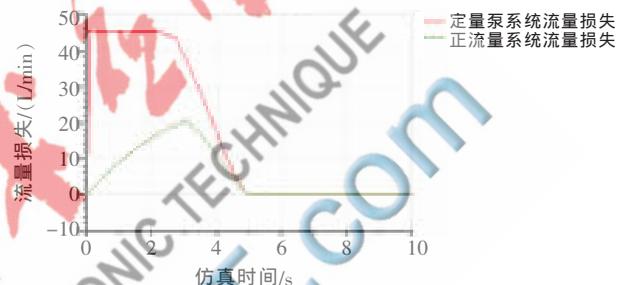


图9 定量泵和正流量泵系统流量损失对比

利用AMESim图形化的建模方法对挖掘机液压系统进行仿真,避免了繁琐的公式推导,显示了AMESim是一个方便、高效、直观的动态系统建模和仿真分析工具。

本文通过建立挖掘机正流量系统的AMESim模型,得出仿真结果表明:(1)正流量系统的泵的排量正比于主阀的先导压力和阀芯位移;(2)通过设定正流量控制阀不同的弹簧预紧力,得到泵不同的排量调节特性,证明了所建模型的正确性;(3)正流量变量泵的排量与多路换向阀阀口开度相适应,减少了流量损失,具有明显的节能效果,为后续的研究提供仿真平台。

#### 参考文献

- [1] 王涛,陶薇.基于AMESim的液压挖掘机运动及控制仿真[J].金属矿山,2008(10):92-96.
- [2] 冀谦.基于AMESim的小型液压挖掘机液压回路仿真研究[J].机械研究与应用,2009(5):42-44.
- [3] 张栋.基于功率匹配的挖掘机节能控制技术的研究[D].长春:吉林大学,2005.
- [4] 冯双昌.挖掘机工作装置液压系统的动态特性的建模与仿真研究[D].贵阳:贵州大学,2007.
- [5] 韩慧仙,曹显利.挖掘机正流量液压系统的控制性能分析[J].机床与液压,2012(8):100-102.

(收稿日期:2013-05-14)

#### 作者简介:

柳齐,男,1989年生,硕士研究生,主要研究方向:液压挖掘机动作序列识别的仿真及试验。