

⑬ -76-78

2T 气液锤系统动态特性仿真

Simulation for Dynamical Characteristics of the System with the 2T Air-Hydraulic Hammer

<u>朱才朝</u>	<u>秦大同</u>	唐中一	谢志江
Zhu Caichao	Qin Datong	Tang Zhongyi	Xie Zhijiang

(重庆大学机械一系, 重庆, 630044; 第一作者 28 岁, 男, 讲师, 博士生)

TG 316.4
TH 137.7

1+

摘要 对被改造的 2T 气液锤系统进行了详细分析, 应用功率键合图和状态空间分析法, 就其提升过程进行了计算机仿真, 取得了与实际一致的结果。

关键词 锻锤; 功率流; 计算机化仿真 / 气液锤

中国图书资料分类法分类号 TG316.4; TH137.7

ABSTRACT The detailed analysis has been done for the dynamical characteristics of the system with the 2T air-hydraulic hammer. The computer digital simulation has been done for the elevating course of the air-hydraulic hammer using the method of the power bond graph and the states space analysis. The results obtained from digital simulation are agreeable with the experimental results.

KEYWORDS forging hammer; power circuit; computerized simulation; / air-hydraulic hammer

1 液压系统动态特性数字仿真方法

评价一个液压系统的好坏, 除了要从其能否完成动作循环及静态特性如何这两点来衡量外, 还要从其动态特性来衡量。液压系统中有时出现的振动、爬行、压力冲击、噪声等, 都是由于其动态特性不良所致。随着对液压系统工作介质、工作质量的要求日益提高, 液压系统动态特性的理论研究越来越得到重视并得以迅速发展。

液压系统动态特性的理论研究, 过去主要借助于古典控制理论中的传递函数分析法, 它具有一定的局限性。现代控制理论及计算机技术的发展, 给液压系统动态特性的研究开辟了新的途径。现代控制理论中的状态空间法给液压系统动态特性的理论分析提供了新的思路, 而功率键合图又是建立系统数学模型的有力工具。它适用于线性或非线性系统, 可较方便地考虑任何形式的非线性因素。因此在系统不允许线性化、存在非线性因素时, 可以保留各种非线性因素, 因而提高了仿真精度。

* 收文日期 1995-06-29
重庆市科技兴渝项目资助

2 气液锤液压系统工作原理

笔者设计的 2T 气液锤是重庆市科技兴渝项目,其液压系统如图 1。

当锤头 14 提升时,操纵手柄 23 向左移动,使伺服阀 12 右位接通,这时从油泵 2 出来的油经滤油器 21,单向阀 5 和伺服阀 12,流入多功能阀 11 左腔,推动其阀芯右移,使多功能阀 11 左边接通油路。从油泵 1 出来的油经单向阀 4 软管 25,流入多功能阀 11,并经管道 24 流入油缸 13,推动活塞上移,从而实现锤头 14 的提升。

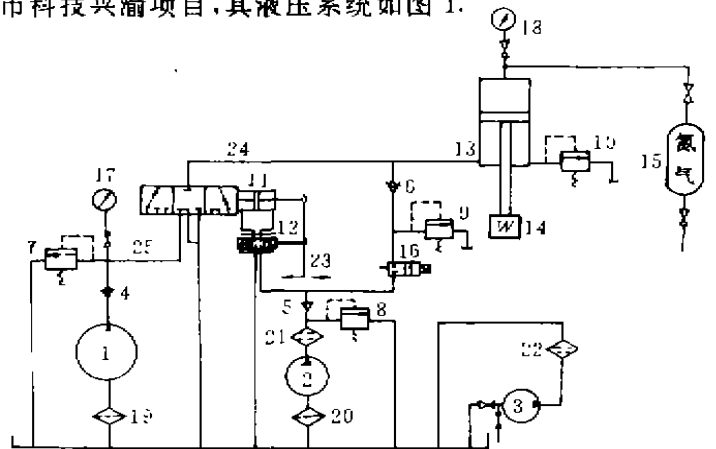


图 1 气液锤液压系统图

该系统中最重要的一部分是多功能伺服操纵装置*（由图中 2、20、21、5、8、12、11 组成），它集锻锤 14 各部功能于一体，能够完成打击、提升、急停、对模、卸荷等功能。

3 功率键合图

功率键合图(Power Bond Graph)是研究机械、液压、电气等系统模型的有力工具。它用于表示系统功率流程,即表示系统在各种因素作用下,在动态过程中,功率的流向、汇集、分配和能量的转移等关系。

由于所研究的系统中所包含的元件较多,为避免状态方程阶数过高,仅考虑各元件的主要因素,如泵的泄漏、阀的泄漏、活塞的摩擦、泵中飞轮转动惯量、活塞及锤头质量、软管和油气缸的液容、活塞杆及橡胶垫柔度、油气缸气体阻力等。建立如图 2 所示的键图模型。

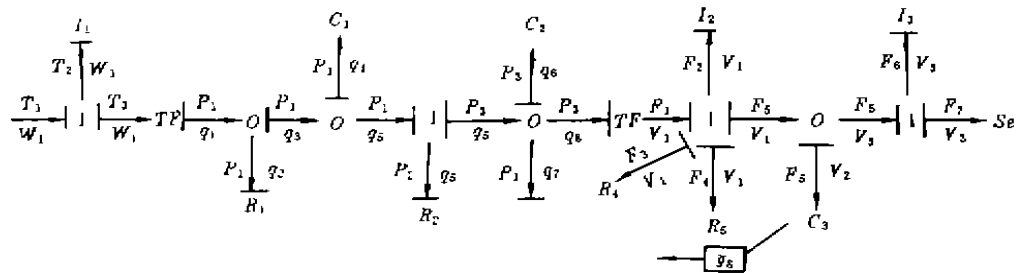


图 2 气液锤液压系统键图模型

图中所用符号说明如下：

c_1 ——软管液容； c_2 ——油缸有杆腔液容； c_3 ——活塞杆及橡胶垫柔度； I_1 ——泵、飞轮的转动惯量； I_2 ——活塞质量； I_3 ——锤头质量； R_1 ——泵的泄漏系数； R_2 ——换向阀的泄漏系数；

* 该装置已获国家实用新型专利(专利号:2L93220092)。

R_3 —— 阀的泄漏系数; R_4 —— 活塞的摩擦系数; R_5 —— 气体阻力系数; q_s —— 输入力源。

图2中键上的半箭头表示功率流向, 每根键上的油压 p 、流量 q 或作用力 F 、速度 v 或转矩 T 、转速 ω 表示构成功率两个变量, 即力变量与流变量。‘0’ 结点表示其周围各键上的变量为并联连接, ‘1’ 结点表示其周围各键上的变量为串联关系。‘TF’ 表示不同能量形式间的变换器, 半键头键上的短横杠表示该键上两变量间的因果关系, 全箭头表示控制关系。

4 状态方程式

系统状态方程是一组一阶微分方程, 在液压系统键图模型中, 取容性元 C 和惯性元 I 的键上自变量的积分为该系统的状态变量, 分别为: $T_2(P_1)$ 、 $q_1(V_1)$ 、 $q_4(V_4)$ 、 $F_2(P_2)$ 、 $v_2(x_2)$ 、 $P_6(P_6)$ 。

状态变量中 P 为动量, x 表示位移, v 表示油液体积, 各状态变量与因变量有如下关系:

$$w_1 = P_1/I_1, \quad p_1 = v_1/c_1, \quad p_3 = v_3/c_2, \quad v_1 = P_2/I_2, \quad F_5 = x_2/c_3, \quad v_5 = P_6/I_3$$

根据这些关系式及整个系统功率流程和结构特性, 可以从键合图推出系统的状态方程 (补充两个位移方程: $\dot{x}_1 = v_1 = P_2/I_2$, $\dot{x}_3 = v_3 = P_6/I_3$),

$$\begin{cases} \dot{P}_1 = a - (bP_1)/I_1 - BM_1 * P_1/I_1 - v_1 * v/c_1 \\ \dot{v}_1 = v/I_1 * P_1 - R_1 * v_1/c_1 - K_1 * K_2 * \text{SQR}(v_1/c_1 - v_3/c_2) \\ \dot{v}_3 = K_1 * K_2 * \text{SQR}(v_1/c_1 - v_3/c_2 - v_3/R_2 * 1/c_1 - P_2 * A_1/I_2) \\ \dot{P}_2 = v_1 * A_1/c_2 - x_2/c_3 - A_2 * PQ_0 * (1 + A_2 * x_1/rQ_0)^{-1} - P_2 * BM_2/I_2 \\ \dot{x}_1 = P_2/I_2, \quad \dot{x}_2 = P_2/I_2 - P_6/I_3, \quad \dot{P}_6 = x_2/c_3 - Se_1, \quad \dot{x}_3 = P_6/I_3 \end{cases}$$

5 状态方程时域解

根据所编制的程序, 上机计算, 得仿真结果曲线如图3, 其步长为 0.0002(s)。

从仿真结果可以看出, 多功能阀阀芯开启需一段时间, 给整个系统带来约 0.15(s) 时间滞后; 在油气缸刚提起时, 有一个压力峰值 (约 9.5 MPa); 系统中油缸压力存在着振荡, 在设计规定的 0.65 (s) 内, 锤头提升位移能达到规定的 900 mm 的要求。

综上所述, 说明 2T 气液锤液压系统设计是可行的, 基本能达到规定要求, 在工程实际中值得推广。

参 考 文 献

- 1 Rosenberg R C. Reflections on Engineering systems and Bond Graphs. Tran. ASEM J. Dyn. Sys. Meas. and Control, 1993, 115(7), 242~251
- 2 卡诺普 D C 著, 罗森堡 R C. 系统动力学——应用键合图方法. 北京, 机械工业出版社, 1985. 87~156
- 3 张尚才. 工程系统的键图模拟与仿真. 北京, 机械工业出版社, 1993. 54~77
- 4 倪文波. 2T 气液锤多功能伺服操纵装置的设计与研究. [学位论文]. 重庆, 重庆大学, 1993

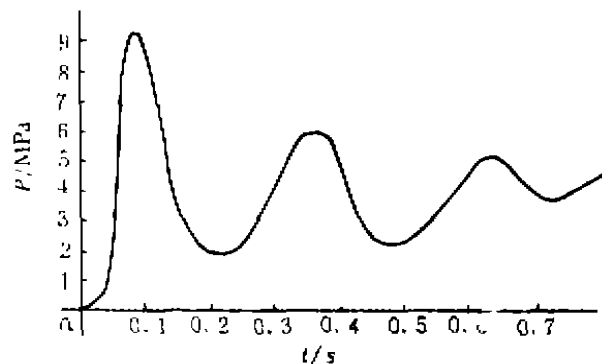


图3 气液锤仿真曲线