电控液压助力转向系统的初步匹配计算

高 峰 刘亚辉 季学武 郭晓林

(北京航空航天大学 汽车工程系, 北京 100083) (清华大学 汽车工程系, 北京 100084)

摘 要: 电控液压助力转向系统 (ECHPS)具有随车速调节的可变助力特性,可改善驾驶员的转向路感. 通过对转向器转阀及 ECHPS的分析,建立了转向器模型以及分流式 ECHPS的模型,采用简化算式对转向器及分流式 ECHPS操舵力特性曲线进行了分析. 通过改变转阀的预开隙、转阀的坡口半径、转向器扭杆刚度及电磁阀阀芯节流口形状等参数,分析了 ECHPS的影响参数. 计算结果表明分流式 ECHPS操舵力特性主要取决于转向器转阀的结构参数,并且和电磁阀阀芯开口有一定关系.

关 键 词: 电控; 液压; 转向系统; 阀; 助力特性

中图分类号: U 463. 4

文献标识码: A **文 章 编 号**: 1001-5965(2007)05-0605-03

Primary calculation of electronically controlled hydraulic power steering

Gao Feng Liu Yahui

(Dept of Automobile Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

Ji Xuewu Guo Xiaolin

(Dept of Automobile Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Electronically controlled hydraulic power steering (ECHPS) improves driver's 'road feel' because it has alterable assistance character. Steering gear model and bypass ECHPS model were built based on the hydraulic principle of the control valve and ECHPS. A simple formula suited the two models was used to analyze the assistance character of steering gear and ECHPS. The bypass ECHPS parameters' affections were analyzed by changing basic gap' width or slot's radius of the control valve, or torsion bar's stiffness of steering gear or both of basic gap' width and slot's radius. The electromagnetic valve' affection was also analyzed by changing the orifice's figure of the spool. The results show that the assistance character of the bypass ECHPS is determined mostly by the control valve of the steering gear, it has relations with the electromagnetic valve else.

Key words: electric control; hydraulic; steering; valve; character

液压助力转向系统是目前应用最为广泛的转向系统,尤其是在大型汽车上. 应用液压助力转向系统的车辆在高速行驶状态时,由于液压系统的助力,使得操舵力太小,导致车辆的高速操纵稳定性变差,驾驶员感觉车辆"发飘"难以控制. 为解决这一问题,要求助力特性能随着车速的变化而变化,即使原有的液压助力转向系统具有可变的助力特性,采用电控液压助力转向系统可以实现此要求. 目前,电控液压助力转向系统包括流量控制式、压力控制式、反力控制式及阀特性控制式等多种形式[1],作为电控液压助力转向系统的初步匹配计算,本文将分析旁通流量式电控液压助力转向系统的静特性.

1 转向器静特性分析

转向控制阀是液压助力转向器的关键元件,其特性决定着转向器的性能,并直接影响着整个转向系统的性能. 目前常见的转向器采用的是转

收稿日期: 2006-06-29

基金项目: 中国博士后科学基金资助项目(20060390457)

作者简介: 高 峰(1955 -),男,河南洛阳人,教授, gaof@buaa. edu. cn.

阀结构[2-3]. 图 1为其等效液压桥路模型[4],图中 p, Q_c 为转阀的进油压力和流量,$\Delta p_m, Q_m$ 为负载的压降和流量,$\Delta p_i, Q_i$ ($i = 1, 2, 3, 4$)为每个桥臂的压降和流量,ρ为液压油密度,C_d 为流量系数.

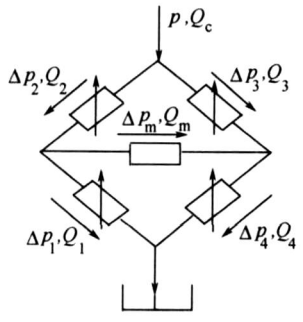


图 1 等效液压桥路模型

假设液体是不可压缩的,且不计泄漏和沿程压力损失,并假设 $Q_m = 0$,则有:

$$\Delta p_m = \frac{\rho}{8C_d^2}\left|\left(\frac{Q_c}{A_2}\right)^2 - \left(\frac{Q_c}{A_1}\right)^2\right| \qquad (1)$$

式中,A_1, A_2 为转阀的节流口节流面积,随着转阀阀芯相对转角变化而变化.

设扭杆刚度为 k,转阀阀芯的相对转角为 θ,则操舵力为

$$T_h = k \cdot \theta \qquad (2)$$

由式 (1)和式 (2)可得到转阀的操舵力静特性曲线. 但是这种方法需要 A_1, A_2 2个参变量,因此不利于求解整个系统的特性曲线.

若忽略面积逐渐增大的阀口的节流作用,可得到较为简单的阀特性计算方法:

$$\Delta p_m = \frac{\rho Q_c^2}{2C_d^2 A^2} \qquad (3)$$

式中,A 为阀芯转动方向一侧的转阀节流口的总节流面积.

若阀槽数为 z,设 $a = \frac{A}{z}$, $Q_1 = \frac{Q_c}{z}$. a 为单个阀槽节流面积,Q_1 为单个阀槽的液压油流量,则有

$$\Delta p_m = \frac{\rho Q_c^2}{2C_d^2 A^2} = \frac{\rho Q_1^2}{2C_d^2 a^2} \qquad (4)$$

本文采用式 (4)和式 (2)计算转阀的静特性.

2 电控液压转向系统的静特性

旁通流量控制式电控液压助力转向系统是在转向控制阀油路旁并联一个比例电磁阀泄流回路. Q_t 为系统总流量,Q_e 为电磁阀回路流量,工作油路示意图如图 2所示.

系统根据车速信号来控制电磁阀阀芯位移,从而改变其节流面积 A_e,进而控制泄流量,达到系统助力值随车速增高而减小 (操舵力随车速升高而增大)的目的.

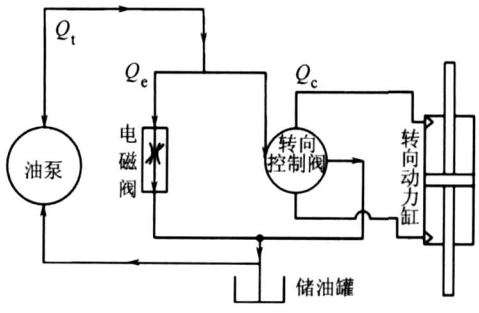


图 2 系统油路示意图

系统操舵力特性中压力的最终计算公式为

$$\Delta p_m = \frac{\rho Q_t^2}{2C_d^2 (A + A_e)^2} \qquad (5)$$

结合式 (2),通过改变式 (5)中 A_e 可得到不同车速的系统操舵力特性曲线簇.

3 实例计算和分析

某一助力转向系统的相关参数如下: Q_t = 16L /min, $z = 6$, $\rho = 900\ kg/m^3$, k = 120. 623 (N · m) / rad, C_d = 0. 62;系统额定压力 14MPa.

由式 (2)、式 (4)可得到转向器的操舵力特性曲线,见图 3. 由于液流的惯性等因素,实际特性曲线为理论曲线的近似切线,无尖角突起,见图 3中放大部分.

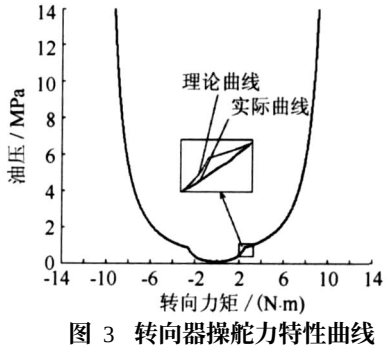


图 3 转向器操舵力特性曲线

由式 (2)、式 (5)得到电控液压系统的操舵力特性曲线,见图 4. 图 4是通过改变电磁阀阀芯位

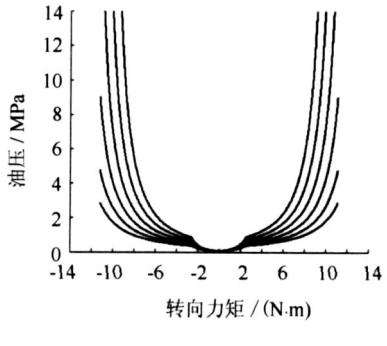


图 4 系统操舵力特性曲线

移,从相应的 A_e 值得到的,曲线由内向外对应的车速依次升高,车速和阀芯位移成正比.从图 4可以看到,随着车速的增加,特性曲线逐渐向外扩展,压力逐渐降低,操舵力逐渐增大,从而实现了对助力的控制,改善了车辆的操纵稳定性.

4　有关参数对操舵力特性的影响

4.1　转阀参数的影响

针对上面的例子,通过改变转阀的参数对转向器特性曲线的主要影响因素进行分析,结果见图 5.

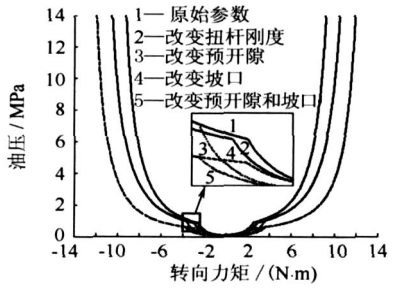


图 5　转阀中各参数对操舵力的影响

在图 5中看到在系统流量恒定的情况下,转向特性随着转阀结构参数的变化而变化:

1) 预开隙:对比图中 1和 3可以看出,3的盆底宽度大于 1的盆底宽度,由此可知预开隙主要影响曲线盆底宽度的大小.

2) 扭杆直径:对比图中 1和 2可以看出扭杆刚度影响特性曲线的开度,即最大操舵力,而对曲线斜率几乎没有影响,因为此时控制阀并没有改变,扭杆刚度与操舵力之间只存在比例关系.

3) 坡口半径:对比图中 1和 4可以看出,坡口半径对曲线的影响是整体的,同时影响曲线开度和盆底形状.

4) 同时改变预开隙、坡口半径:从图中可以看出,5和 4部分曲线重合,就如同图中 3围绕 1变化一样,因此可以进一步验证预开隙只影响曲线盆底形状,而一旦控制阀的坡口半径确定,则曲线的基本形状被确定.

以上是在转阀阀芯坡口轴向长度相同的条件下得到的结论.

4.2　电磁阀参数的影响

不同的电磁阀节流口对系统特性将会产生影响.图 6和图 7分别是具有三角形节流口和矩形节流口电磁阀的系统操舵力特性,曲线由内到外显示车速逐渐增加.对比图 6、图 7可知随着阀芯位移的变化面积变化量较为显著的矩形节流口电磁阀,相同车速时操舵力较大.

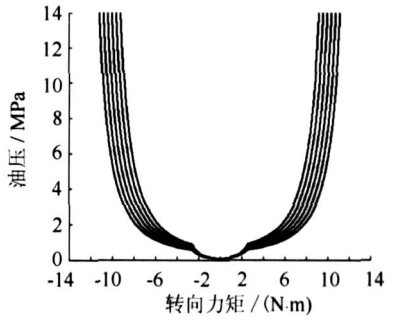


图 6　具有三角形节流口电磁阀的系统操舵力特性

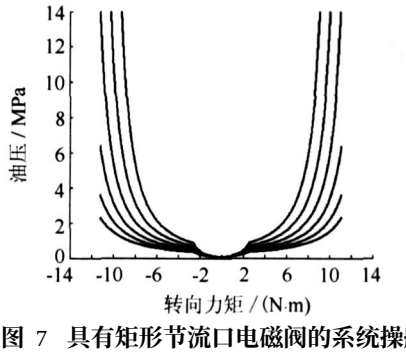


图 7　具有矩形节流口电磁阀的系统操舵力特性

5　结　论

由以上分析可知,转向控制阀本身的结构参数决定了液压助力转向系统操舵力特性的基本形状和零车速 (电磁阀关闭)下的曲线;电磁阀节流口的大小最终决定了系统在最高车速时的静特性曲线,其节流面积与阀芯位移的变化关系决定了曲线的疏密程度.为了得到较为理想的静特性,可通过改变上述参数中的某几项参数来达到目的.

参考文献 (References)

[1] 杨妙梁.电子控制动力转向系 [J].上海汽车,1995(2): 50 - 62
Yang Miaoliang　Electro control power-steering system [J]. Shanghai Auto, 1995(2): 50 - 62 (in Chinese)

[2] 汤望.大客车转向系统设计探讨 [J].城市车辆,2001 (3): 27 - 29
Tang Wang　A discussion of bus steering system design[J]. Urban Vehicles, 2001(3): 27 - 29 (in Chinese)

[3] 毕大宁.汽车转阀式动力转向器的设计与应用 [M].北京:人民交通出版社,1998: 41 - 45
Bi Daning　Design and application of automotive rotary valve power steering gear[M]. Beijing: China Communications Press, 1998: 41 - 45 (in Chinese)

[4] 曾迥立,刘嵘.汽车动力转向器任意切边矩形阀口压力静特性的计算分析 [J].汽车技术,2003(12): 14 - 16
Zeng Jongli, Liu Rong　Calculation and analysis of static pressure characteristics at the arbitrary-curve-trimmed rectangular valve port of automotive power steering gear [J]. Automobile Technology, 2003(12): 14 - 16 (in Chinese)

(责任编辑:张　嵘)