

车辆液力减速器仿真计算研究

杨凯华, 阎清东

Simulink Study of Vehicle Hydraulic Retarder

Yang Kai-hua, Yan Qing-dong

(北京理工大学车辆与交通工程学院, 北京 100081)

摘 要: 基于束流理论建立了液力减速器设计计算的数学模型, 用 Matlab 作为仿真工具, 建立了液力减速器和车辆传动系统的动力学仿真模型。对液力减速器的特性进行了仿真计算, 并对车辆减速制动过程进行了仿真计算分析, 得到了有意义的仿真结果, 对车辆液力减速器的选型、布置和使用控制具有参考价值。

关键词: 液力减速器; 液力传动; 车辆制动

中图分类号: 文献标识码: B 文章编号: 1000-4858(2002)07-0024-03

1 前言

现代车辆动力性能的提高和人们对车辆安全性和舒适性的要求使人们对车辆的减速制动性能提出了更高的要求^[1]。液力减速器高速制动力矩大, 制动平稳, 噪声小, 寿命长, 而结构体积较小, 在现代车辆上得到了日益广泛的应用。传统的研究液力减速器的方法是通过反复的试制和试验, 研制周期长, 耗资耗时。本文用束流理论建立了液力减速器的数学模型, 用 Matlab 对使用液力减速器的车辆传动系统进行了仿真研究。

2 数学模型

液力减速器内部流场是复杂的三维流动^[2], 由于目前的三维流动理论尚不成熟, 不能用来对液力减速器的内部流场进行精确的计算和分析; 目前经常用来对液力元件进行分析和计算的理论还是束流理论。根据束流理论^[3], 可以得到计算液力减速器轴面速度、循环流量、转子力矩等的公式。

转子制动力矩 T_R :

$$T_R = \rho Q (v_{uR2} R_{R2} - v_{uS1} R_{S1}) \quad (1)$$

式中 R_{R2} 、 R_{S1} ——分别表示液力减速器转子出口和定子入口半径

ρ ——为工作液体密度

Q ——工作轮中的循环流量

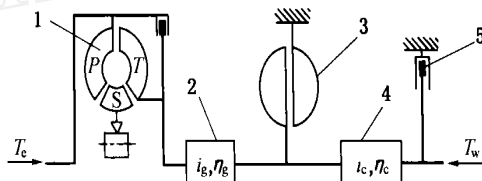
v_u ——液流绝对速度在牵连速度 u 方向

上的投影

3 车辆系统模型

图 1 所示为某车辆传动系统简化的模型, 系统输入有发动机的牵引力矩 T_e 和外界的阻力矩 T_w 。阻力矩可由车辆行驶阻力除以履带车辆主动轮半径换算得到, 车辆行使阻力主要包括空气阻力 F_1 、道路阻力

F_2 , 车辆加速行驶时的加速阻力 F_3 , 车辆行使过程中各种阻力按照下面公式计算^[4]:



1. 液力变矩器 2. 变速箱 3. 液力减速器
4. 主减速器 5. 制动器

图 1 车辆传动系统简化模型

$$F_1 = \frac{1}{2} C_D \rho v_r \quad (2)$$

式中 C_D ——空气阻力系数, 对履带车辆取 0.6 ~ 0.8

ρ ——空气密度, 一般 $\rho = 1.2258 \text{ N} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-4}$

A ——车辆迎风面积, 单位为 m^2

v_r ——车辆与空气相对速度, 即车速与风速代数和, 单位为 m/s

$$F_2 = fmg \cos \theta \pm mg \sin \theta \quad (3)$$

式中 f ——车辆滚动阻力系数, 对履带车辆, $f \approx 0.06$

m ——车辆总质量, 单位为 kg

θ ——斜坡角度(锐角), 下坡取负, 上坡取正

$$F_3 = \delta m \frac{dv}{dt} \quad (4)$$

式中 δ ——车辆质量换算系数 ($\delta > 1$)

$\frac{dv}{dt}$ ——车辆行驶加速度, 单位为 m/s^2

收稿日期: 2002-05-13

作者简介: 杨凯华 (1972—), 男, 汉族, 湖南省宁乡县县人, 博士生, 主要从事车辆传动系统及其控制方面的研究。

4 仿真模型

根据前面建立的数学模型,针对图 1 描述的车辆系统,用 Matlab 建立仿真模型如图 2 所示^[5]。在仿真研究过程中,重点研究车辆高速行驶时液力减速器的制动效能,因此仿真过程中假设车辆机械制动器不使用,仿真过程中不考虑减速器充液时间的影响,不考虑油温对工作液体密度的影响。车辆的档位和车速在仿真时作为参数输入,其他参数如主动轮半径、车辆质量、减速器至驱动轮转速比,根据车辆实际数据输入。

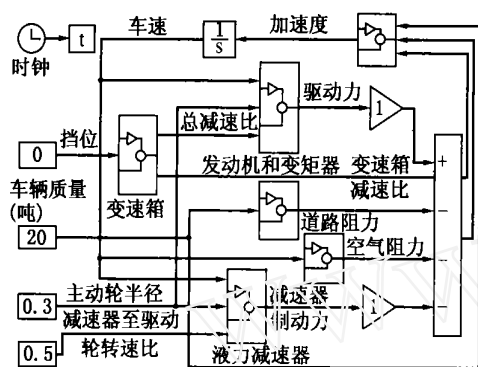


图 2 车辆系统仿真模型

5 仿真结果及分析

5.1 减速器特性仿真计算

D380 液力减速器循环圆有效直径为 338 mm,循环圆最小直径为 205 mm,叶片前倾 30°,转子叶片数为 20,定子叶片数为 24。

应用建立的液力减速器仿真计算模型对 D380 液力减速器进行计算,得到 D380 液力减速器充满工作液体时的制动力矩特性,计算特性与试验特性比较见图 3a;改变充液量,得到部分充液工况下的力矩特性见图

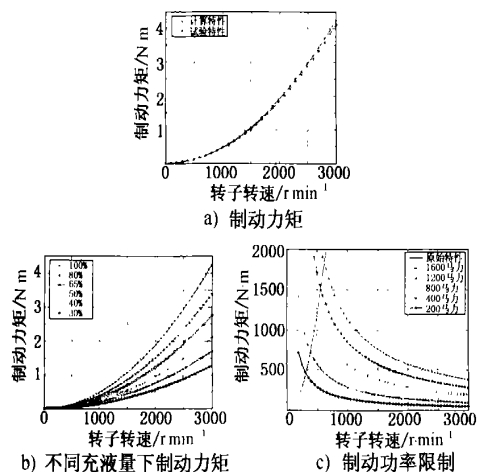


图 3 特性曲线

3b;当散热功率为定值时,液力减速器在不同散热功率限制下的制动特性曲线见图 3c。

通过对 D380 液力减速器特性的仿真计算,可以得到以下结论:

(1) 从试验特性和计算的比较可以看出,通过仿真计算得到的 D380 液力减速器力矩特性与试验特性基本吻合,这说明计算机模型合理,用 Matlab 建立的液力减速器仿真计算模型正确;

(2) 从不同充液量下的制动力矩特性可以看出,液力减速的制动力矩随充液量的减小而减小,通过控制充液量可以有效地控制液力减速器的制动力矩;

(3) 从恒功率制动特性可以看出,液力减速器的连续制动力矩大小受散热器散热能力的限制,要提高液力减速器的连续制动性能就必须提高散热器的散热能力,液力减速器连续制动性能受散热器的性能制约。

5.2 车辆制动过程仿真

图 4 是用图 2 所示的仿真模型进行仿真计算得到的重 20 t、初始车速为 72 km/h 的某车辆在良好路面上的紧急制动特性,不考虑机械制动器的制动力,不考虑液力减速器的充液时间。图 5 为全充液条件下下 30° 斜坡的连续制动的速度特性和制动功率特性。

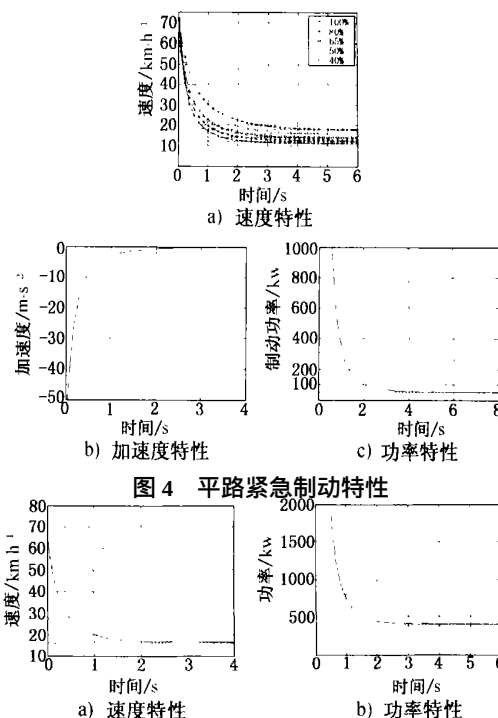


图 5 30° 斜坡制动特性

(下转第 49 页)

副采用碳纤维增强的高分子材料与陶瓷组合,其中 APP40R 型寿命达几千小时,汉堡工业大学试制的轴向柱塞泵中滑靴、缸体和斜盘全部使用了陶瓷。从已有的使用情况看,陶瓷多与不锈钢或工程塑料组成摩擦副,较少单独使用,且使用陶瓷的元件尺寸较小。

3 工程陶瓷用于水压元件尚存在的问题及解决策略

脆性是现有工程陶瓷在应用时的最大弱点,脆性断裂和剥落是其主要失效方式,限制了它在高速高压条件下的使用。离子键和共价键的微观组织结构使它不易在受力时发生类似金属中的晶间滑移,相反在工程陶瓷成形制作过程中形成的大量气孔、夹杂、位错和微观断裂纹等缺陷将成为应力集中源,当元件的尺寸增大时,各种缺陷与之俱增,元件的可靠性也随之降低。较之金属和高分子材料低得多的弯曲强度和抗冲击强度,使工程陶瓷也不宜用于工作中存在振动冲击的元件,而受柱塞腔压力脉动、马达或泵启闭、柱塞腔进回水交变等内外在因素的影响,冲击常常不可避免。我们的试验中发现整体陶瓷斜盘件的碎裂仍是限制其可靠性的首要因素。从设计的角度,使元件处于受压

状态,尽量减少拉应力和剪切应力,使元件结构上避免出现尺寸突变,增加过渡圆角等都是行之有效的措施。还可以改进陶瓷的成形工艺,使元件组织尽可能均匀致密,减少各种缺陷的存在。设计理论和设计方法的不成熟是限制工程陶瓷广泛应用的另一个因素。由于陶瓷的各主要力学性能参数具有概率分布特性,适于金属的设计准则用于陶瓷将不再适用,可靠性设计和模糊设计等现代设计方法更具实用价值。还有一个限制工程陶瓷应用的因素是它的加工工艺性。陶瓷元件一般是通过制模、高温烧结成形,再进行机械加工制成,因此难以制做结构形状复杂的零件,硬而脆的特点使得它很难用通常的机加工装备加工,而当它与工程塑料构成摩擦副时,又必须具备很高的表面加工精度,否则微凸峰对塑料表面有强烈的切削作用,故实际使用时往往要通过金刚石磨或抛光,这就增加了制造成本。

受材料研究水平的制约,整体工程陶瓷元件在水压传动中的广泛和有效使用尚待时日,开展陶瓷涂层及其他适用的表面工程技术在水压元件中的应用研究在现阶段具有重要的现实意义。 □

(上接 51 页)

分析仿真结果可以得到以下结论:

(1) 从图 4a 可以看出,液力减速器工作腔全充满工作液的情况下,车速可以在 1 s 之内由 72 km/h 降至大约 17 km/h,在 2 s 时降至 12 km/h,充液量越大,车速下降越快,最终稳定车速越低;

(2) 从图 4b 可以看出,在开始制动的瞬间可以产生非常大的减速度,随车速的迅速降低,减速度绝对值迅速降低至零;

(3) 从图 4c 可以看出,制动功率也随车速和制动减速度的迅速降低而降低,最后稳定在 50 kW 左右。虽然在开始制动瞬间制动功率极大但是由于时间较短,并不会产生过多的热量,在车辆紧急制动时基本不用考虑发热的影响;

(4) 下 30° 斜坡时,在散热功率大于 400 kW 的条件下可以使车辆以 17 km/h 的速度匀速下坡,这也是车辆能匀速驶下 30° 斜坡的最低车速。

6 结论

(1) 对 D380 液力减速器进行了试验特性和计算

特性的比较,证明了模型的正确性,并通过仿真计算得到了液力减速器的部分充液特性和恒功率制动特性;

(2) 通过仿真计算证明了液力减速可以有效使车辆在短时间内达到降低车速的要求,可以有效地控制车速;

(3) 对减速器用于车辆下长坡的连续制动过程进行了仿真计算和分析,结论合理,有参考价值。

参考文献:

- [1] Heimut Schreck, Heinz Kücher and Bernhard Reisch. ZF retarder in commercial vehicles[J]. SAE Paper 922452.
- [2] R. R. By. Navier-stokes analysis of the pump flow field of an automotive torque converter[J]. Transactions of the ASME, Journal of Fluids Engineering, March 1995, Vol. 117, pp. 116 - 122.
- [3] 朱经昌,等. 车辆液力传动(上)[M]. 北京:国防工业出版社,1982.
- [4] 余志生. 汽车理论[M]. 北京:机械工业出版社,1990. 5.
- [5] 张志涌. 精通 MATLAB[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2000. 8.