

文章编号:1001-5132(2009)02-0297-04

# 刹车器动网格方法优化设计

王瑞敏, 章文英, 吴杰

(金华职业技术学院 三维计算机辅助设计研究所, 浙江 金华 321007)

**摘要:** 针对目前液压刹车器钳体设计大多凭感性经验这一问题, 采用 Fluent 软件, 对液压刹车钳体管路设计进行仿真模拟, 选择合适的数学模型和网格方法, 分别选择 3 种下油道管径, 在不同握力下, 对活塞腔内压力和刹车钳体入口速度进行分析. 研究结果发现, 初始条件相同, 不同下油道直径下钳体入口速度和活塞腔体的压强不一样. 最后从稳定性、可靠性等角度确定刹车钳体应选择的合适管道内径, 从而达到优化设计的目的.

**关键词:** 刹车器; 动网格方法; 优化设计

中图分类号: TH122

文献标识码: A

Fluent 软件采用先进的 CFD(计算流体动力学)技术, 仿真流体、热、传质以及湍流、化学反应和多项流中的各种现象, 它的多物理场方面的模拟能力使其应用范围非常广泛. 为深入研究刹车器中刹车油流动过程中的流场特性, 应用 Fluent 软件, 采用 UDF 函数和 VC++ 语言编程, 在确定刹车器的初始条件后, 采用动态网格法, 计算不同刹车握把力的情况下, 仿真刹车器中油液流场的变化, 探究刹车器活塞腔内的压力变化和入口处油液的速度变化, 根据仿真结果, 选定优化设计原则, 为刹车器管路结构设计提供理论依据.

## 1 刹车器研究现状

电动自行车目前的刹车系统通常存在如下问题: (1)由于电动自行车的车速大多高于国家行业标准  $20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  的速度, 使现有电动自行车的刹车

系统无法满足超速刹车的要求, 大大增加了电动自行车行驶的安全隐患. (2)豪华电动车和电动摩托车的开发增加了电动自行车的自重, 使现行刹车存在刹车力不足现象. (3)现有的单缸液压刹车器, 因刹车起始阶段受力不均匀, 特别是在湿刹状态下, 很容易发生侧滑现象, 大大缩短了断碟刹盘的使用寿命. (4)不论涨刹、抱刹等都无法避免刺耳的尖叫声.

为弥补目前刹车系统存在的不足, 有关研究人员从不同的方面致力于新型电动自行车液压碟式刹车器的研究, 如上海易维电动车有限公司的带碟刹装置的电动车轮毂电机, 该碟刹刹车器包括一碟刹盘、一液压缸和一对刹车片, 利用液压缸中的活塞运动带动刹车片夹持碟刹盘, 从而起到明显的制动作用, 但还不能解决刹车初始阶段两面受力不匀的问题. 台湾利奇机械工业股份有限公司设计了一种自行车碟刹手动油量补偿装置,

当刹车片磨损后,转动外端的旋动钮头部,即可推动活塞前进,使刹车片与刹车盘维持适当的间距保证刹车性能,解决刹车间距调整的问题.台湾的铁乐福雷斯车业有限公司对自行车油压刹车碟刹盘的结构进行了改进,该刹车盘在圆形盘面上设置有数个贯穿孔,以及在该碟刹盘的正反面的周边面上对称刻有数条槽沟,以此提高刹车的灵敏度,且易排水和异物,这种结构可提高碟刹盘的散热性能,一定程度上消除了噪声.根据2006年浙江省科技信息研究院查新结果,未见有我国内地单位生产应用于电动自行车上的液压盘式刹车装置的文献报道,对刹车器设计采用动网格方法进行优化设计也鲜有报道.

基于上述现状,我们致力研究一种双面受力均匀、制动力大、且钳体固定不动的液压盘式刹车器,即所谓的双缸液压刹车器.两活塞分布于碟刹盘的两侧,采用筒体液压缸的工作原理,并同时应用于电动自行车的前后轮刹车,以提高刹车器的制动灵敏度和稳定性,延长碟刹盘的使用寿命,并在一定程度上消弱刹车噪声等,克服了现行电动自行车刹车系统存在的一些不足.

## 2 刹车器管道模型建立和程序设计

为了寻求合适的刹车器管道尺寸,寻求刹车器油液流动速度、活塞所受压强的大小与刹车器管道尺寸的关系,应用Fluent软件对刹车器管道尺寸进行了仿真分析.首先,根据刹车器、刹车系统的初始条件,建立实体模型如图1所示,并应用Fluent软件动网格与网格动态自适应相结合的技术,分析刹车器活塞腔内压力和管内入口处油液的流速.

Inlet 设置为 pressure-inlet(压力入口); moveface1, moveface2, deform1, deform2 设置为 wall; volume1, elements 选择为 Tet/Hybrid; type 设置为 TGrid; volume2, volume3, elements 均选择为

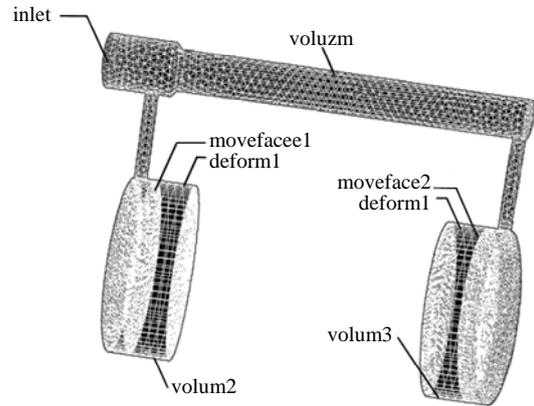


图1 实体模型网格划分图

Hex/Wedge; type 设置为 cooper; deform1 与 deform2, 类型设置为 deforming, definition 选择为 cylinder; moveface1 与 moveface2 均为移动的面, 设置为 rigid body, 朝内部移动, 移动速度为  $0.000463 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (假设在刹车片接触刹车盘后的刹车过程中有一个相对小的速度), 移动前和移动后活塞腔内流体的网格对比如图2所示, 对应的2个UDF编译文件如下.

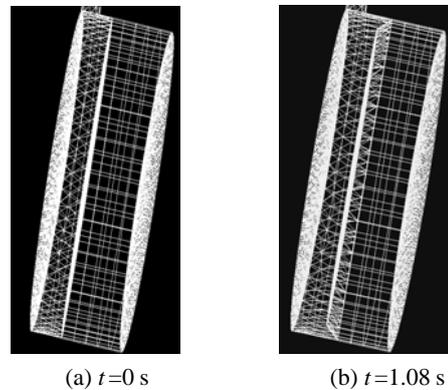


图2 动网格网格对比

```
#include<stdio.h>
#include"udf.h"
DEFINE_CG_MOTION(valve, dt, cg_vel,
cg_omega, time, dtime)
{
If (time<=5.0)
cg_vel[2]=0.000463;
else
cg_vel[2]=0.0;
```

```

}
#include<stdio.h>
#include"udf.h"
DEFINE_CG_MOTION(valve, dt, cg_vel,
cg_omega, time, dtime)
{
If (time<=5.0)
cg_vel[2]= - 0.000 463;
else
cg_vel[2]=0.0;
}
    
```

### 3 刹车器压力和流速仿真分析

以目前市场上常用的电动自行车小 AJ 上泵总成为例, 初始条件是管道内径 3.2 mm; 采用 JG3 液压油, 其比重为  $0.78 \sim 0.8 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , 粘性在  $-40$  时小于  $1500 \text{ mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $100$  时大于等于  $1.5 \text{ mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ; 握把手握力从 3 kg 至 11 kg, 即入口处压强从 9 ~ 35 MPa. 在上油道 3 mm 不变的情况下, 下油道分别取 1.5 mm, 2 mm 和 2.5 mm. 根据这些初始条件, 使用 Fluent 软件对建立模型进行仿真分析, 寻求手握力变化时刹车器腔内压强和上油道入口处油液流速的变化规律, 仿真结果见图 3.

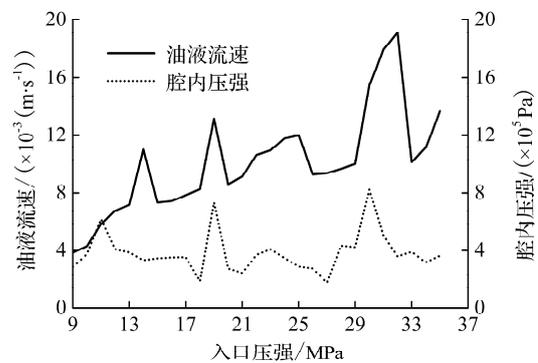
### 4 仿真数据分析和优化设计

图 3(a)表明, 当下油道直径为 1.5 mm 时, 刹车器上油道油液流速随握把力的增大而增大, 流速曲线呈现锯齿形, 不够光滑; 随握把力的增大, 刹车器腔内压强变化趋势较好, 但也呈锯齿形, 不够稳定.

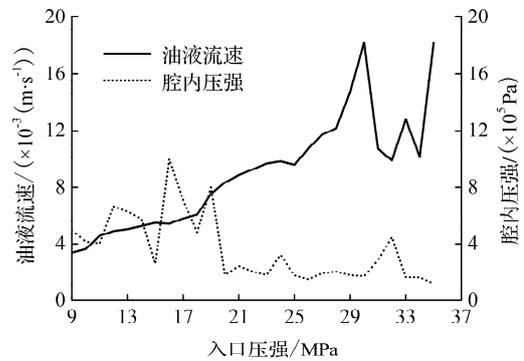
图 3(b)表明, 当下油道直径为 2.0 mm 时, 刹车器上油道油液流速随握把力的增大而增大, 压力管道内传递压强在 9 ~ 29 MPa 之间时, 流速曲线比较光滑; 随着握把力的增大, 压力管内压强在 9 ~

19 MPa 之间时, 刹车器腔内压强在  $0.4 \sim 1 \text{ MPa}$  之间变化, 在入口压强大于 19 MPa 以后, 刹车器腔内压强较好地稳定在 0.2 MPa 附近.

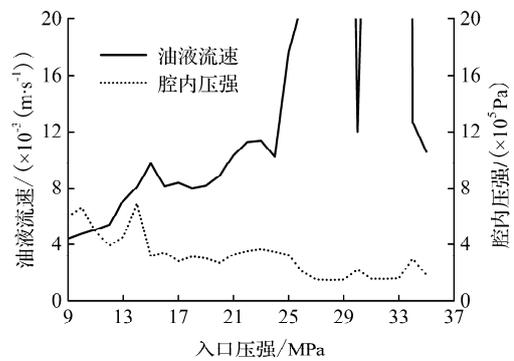
图 3(c)表明, 当下油道直径为 2.5 mm 时, 刹车器上油道油液流速随握把力的增大而增大, 入口压强 25 MPa 之前流速曲线略呈现锯齿形, 入口压强大于 25 MPa 之后流速曲线发生突变, 极不稳定; 随握把力的增大, 刹车器腔内压强变化趋势较好, 曲线较平缓.



(a) 下油道直径为 1.5 mm



(b) 下油道直径为 2.0 mm



(c) 下油道直径为 2.5 mm

图 3 不同下油道直径时握力与油液流速和腔内压强的关系

从图 3 结果看, 3 种下管道设计都能满足刹车钳体在动作时的压力要求. 但分析刹车器入口油液流速可发现, 下油道直径选择为 2 mm 时, 该流速总是比其他情况的腔内油液流速要小, 而且流速变化较平稳. 为了使电动自行车在骑行过程中, 紧急刹车时尽可能避免应流速不稳产生振动和不产生抱死, 根据液体内部尽可能不产生湍流原则, 选取 2 mm 下油道直径设计来控制制动时平稳性, 在保证刹车压力满足的情况下, 既能及时让活塞推动刹车片接触刹车盘, 产生制动作用, 又能在之后的施力过程中不产生剧烈的振动和过快的刹车速度. 结合减速度、反冲力和压强 3 个要素, 以及仿真结果, 认为选择 2 mm 下油道直径最为合适.

## 5 结论

通过应用 Fluent 软件对刹车器管道尺寸进行仿真分析, 首先进行实体建模, 采用动态网格法计

算刹车器中油液流场, 反映油液流动速度、活塞所受压强的大小随不同管道直径、不同刹车握把力的变化规律, 从刹车油液流速、压强变化等综合因素分析得出所设计的刹车器下油道选择直径为 2 mm 时最为合适, 为刹车器结构设计提供了理论依据. 该设计方法、思路可为类似的结构设计提供借鉴.

### 参考文献:

- [1] 温正, 石良辰, 任毅如. FLUENT 流体计算应用教程 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.
- [2] 许佑正, 邬城钧, 刘林根. 带碟刹装置的电动车轮毂电机: 中国, 99240293.X[P]. 2000-10-25.
- [3] 卓锦煌. 自行车碟刹手动调钮油量补偿装置: 中国, 00265918.2[P]. 2001-10-31.
- [4] 安东尼·芮. 自行车油压刹车碟刹盘之结构改良: 中国, 00253915.2[P]. 2001-08-29.
- [5] 王瑞敏, 章文英. 整体对称液压缸: 中国, 200720156689.2 [P]. 2008-07-09.

## Optimal Design for Brakes Using Moving Grid Method

WANG Rui-min, ZHANG Wen-ying, WU Jie

(Three-dimensional Computer Aided Design Institute, Jinhua College of Profession and Technology, Jinhua 321007, China)

**Abstract:** Using Fluent Software, in this research a simulation design is conducted on the Brake Pipe Clamp Body under fluid pressure. With the appropriately selected mathematical models and grid method, different pressure on piston and the speed of the entrance is analyzed, and the pipeline diameter of Brake Clamp Body is identified based on its stability and reliability so as to optimize the design.

**Key words:** brakes; moving grid method; optimal design

**CLC number:** TH122

**Document code:** A

(责任编辑 史小丽)