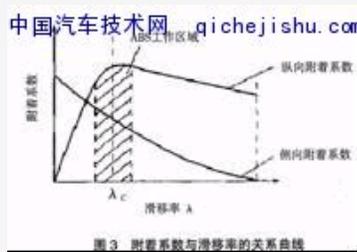


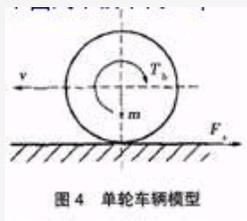


图2 基本结构

本文所研究的基于盘式制动器的电磁制动系统，是电子机械制动系统中的一种方式。电子机械制动系统按照作动器的不同可以分为电磁式和电动机式。其中电磁式的电子机械制动系统又可以分为两种方式，一种是基于鼓式制动器，另一种是基于盘式制动器（关系如图1所示）。与传统的制动系统不同，电磁制动系统以电子元件代替部分机械元件，成为机电一体化的制动系统。基本结构是使用电磁体代替液压缸作为执行机构（如图2所示），其工作原理类似以前马车采用的楔块制动方法，马车制动时，在马车车轮与轮罩之间塞入一楔型块，由于摩擦力作用将导致楔块与车轮的锁止。此种电磁制动器正是沿用了这一思路，制动时控制电磁体推动楔型块，由于利用了汽车的部分动能进行制动，只需要较小的电磁力。通过电制动控制单元（ECU）来的控制电磁体的动作，在电子控制系统中设计相应程序，操纵电控元件来控制制动力的大小及制动力的分配，可完全实现使用传统控制元件所能达到的ABS功能。与传统的ABS相比具有以下优点：结构布置上要灵活，省去了复杂的管路系统；省去了传统制动系统中的制动油箱、制动主缸、助力装置、液压阀等部件，使整车的重量降低；易于改进，稍加改进就可以增加各种电控功能；制动响应时间短，提高制动性能。



## 2 汽车ABS控制的基本原理



汽车在制动过程中，其制动力受轮胎与路面之间附着系数的影响。试验表明，表征轮胎与路面之间的附着系数与滑移率有图3所示的关系。从图中看出，当滑移率为15%-20%时，纵向附着系数达到最大值，侧向附着系数也处于较高水平，车辆的制动效果最佳，同时又具有一定的横向稳定潜能。汽车ABS控制正是利用这种关系，在制动过程中将车轮的滑移率控制在最佳滑移率的附近。

## 3 车辆系统模型的建立

### 3.1 电磁制动系统模型

电磁制动系统中，电磁体的电磁力与电磁体线圈中的通电电流和匝数有关，基本上与安匝数成线性关系。当线圈的匝数一定时，改变线圈中通电电流，电磁体的磁力随之改变。不同于普通摩擦制动器，电磁制动器不需要压力调节器，而直接控制电流。由于使用电流调节器代替了压力调节器，所以减少了系统的非线性。制动时电磁体磁力首先要克服回位弹簧的回位拉力，在磁力大于弹簧力的情况下，推动楔型块使摩擦块与制动盘接触，产生制动力矩。假定克服弹簧力所需斥力为 $F_0$ ，电磁体产生的斥力为 $F$ ，则制动力矩可以表达为：

$$T = k_b u_f r (F - F_0) \quad (1)$$

式中， $T$ 表示产生的制动力矩； $k_b$ 为制动效能因数，是车辆速度的函数，这里近似看为常数； $u_f$ 是摩擦块与制动盘的平均摩擦系数； $r$ 为制动盘摩擦半径， $F$ 是随时间线性变化，对(1)式求导得：

$$\dot{T} = k_b u_f \dot{F} = U \quad (2)$$

式中， $U$ 为制动力矩的变化速率。当制动力矩增加时 $U = a$ ，（ $a$ 为正常数）；当制动力矩减少时， $U = -a$ ；当制动力矩保持不变时， $U = 0$ 。

3.2 车辆动力学模型  
单轮制动时的受力分析如图4所示，简化分析忽略滚动摩擦阻力及空气阻力，其运动微分方程如下：

## 最新产品列表

## 频道推荐图片与文章



日本制定...



日产全球...



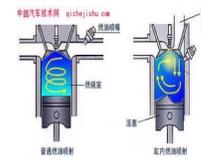
马自达AT...

### 推荐文章

- 走出1.8T误区 浅谈...
- AMT换挡品质的研究...
- 带您真正去了解汽...
- 带您真正去了解汽...
- 带您真正去了解汽...
- 带您真正去了解汽...
- 带您真正去了解汽...

### 热门文章

## 栏目最新专题



带您真正去了解汽车...  
随着当代汽车行业的飞速发展，其技术含量越来越高。当今汽车的制造和使用都应用了大量的尖端科学技术，其中包括上个世.....



带您真正去了解汽车...  
汽车的附属设备主要包括仪表、照明及信号装置、车窗刮水及清洗装置、防盗装置等。同样，这些附属设备都是维持汽车正常行.....

## 汽车百科

|      |                           |
|------|---------------------------|
| 电子电器 | · 传感器  继电器  仪表            |
| 底盘总成 | · 火花塞和电热塞  启动马达  点火系统     |
| 动力总成 | · 蓄电池  空调系统  汽车线束         |
| 车身附件 | · 汽车车灯  报警器  车窗玻璃洗涤器      |
| 内饰外饰 | · 电动顶窗  车载影音设备  车载导航/通讯装置 |
| 其他   |                           |

## 汽车百科

|      |                   |
|------|-------------------|
| 百科热点 | ·  汽车概述 动力系统 汽车底盘 |
| 汽车概述 | ·  电子电气 车身内饰 工程材料 |
|      | ·  维修保养 维修常识 保养常识 |

$$J\ddot{\omega} = \mu mgr - T_b \quad (4)$$

式中m-车辆质量

$\dot{v}$ -车身加速度

$F_x$ -地面制动力

J-车轮转动惯量

$\dot{\omega}$ -车轮角加速度

r-车轮半径

$T_b$ -制动器扭矩

$\mu$ -纵向附着系数定义滑移率为:

$$\lambda = 1 - \omega r / v$$

式中 $\lambda$ —滑移率  $\omega$ —车轮角速度

r—车轮半径

v—车身速度

### 3.2 基于路面附着系数的控制算法

目前ABS系统大都采用逻辑门限控制和基于车轮滑移率的控制，如滑模控制、PID控制、模糊控制、模糊PID控制等，逻辑门限控制的控制逻辑比较复杂，控制也不够平稳，各类车型之间的互换性不佳，因为具体控制参数值的选取往往根据具体车型而定。采用车轮滑移率控制算法可以克服逻辑控制的缺陷，它能使车轮的滑移率迅速收敛到设定目标，但很容易引起控制系统的不稳定，导致车轮滑移率以较大幅值波动，同时不能充分利用路面的附着系数，导致制动器的效能降低。基于路面附着系数的防抱死制动系统控制算法能够适应各种路面变化，只需车轮转速，不需车身的速度，降低了ABS装置的成本。根据如下表达式[3]:

$$\frac{d\mu}{d\lambda} = -\frac{J\ddot{\omega} + T_b}{mgr} \times \frac{v}{r\dot{\omega}} \quad (6)$$

式(6)中v、r、m均为正数， $\frac{d\mu}{d\lambda}$ 的正负号由 $-\frac{J\ddot{\omega} + T_b}{\dot{\omega}}$ 的正负号决定。

当 $-\frac{J\ddot{\omega} + T_b}{\dot{\omega}} > 0$ 时， $\frac{d\mu}{d\lambda} > 0$ ，需增大电流；

当 $-\frac{J\ddot{\omega} + T_b}{\dot{\omega}} < 0$ 时， $\frac{d\mu}{d\lambda} < 0$ ，需减小电流；

当 $-\frac{J\ddot{\omega} + T_b}{\dot{\omega}} = 0$ 时， $\frac{d\mu}{d\lambda} = 0$ ，需保持电流不变。

### 4 仿真分析

在MATLAB的SIMULINK环境下，建立了制动系统仿真模型见图5。

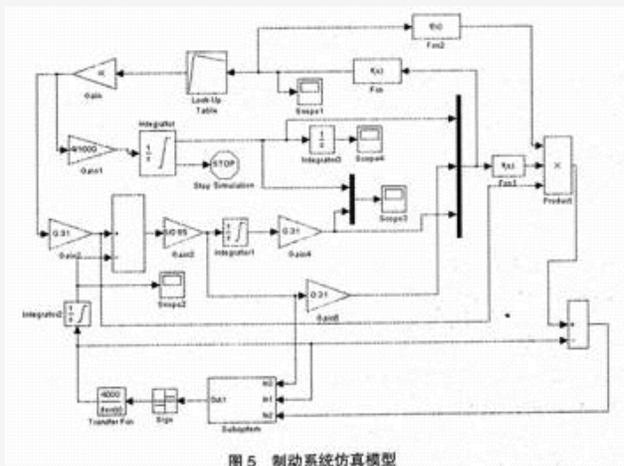


图5 制动系统仿真模型

仿真模型的参数：整车质量1000kg；车轮半径0.31m；车轮转动惯量0.65 kg m<sup>2</sup>；制动初速度20m/s.在混凝土路面的路况条件下（当滑移率为0.2时，峰值附着系数为0.85），

|      |  |
|------|--|
| 动力底盘 | ·  化学制剂 汽车工业 汽车文化  |
| 车身电子 | ·  汽车标志 汽车运动 汽车竞赛 <br>·  汽车之最 组织机构 汽车运动                                |
| 汽车文化 | ·  汽车贸易 汽车交通 机械生产  |
| 汽车工业 | <input type="text" value="输入关键字"/> <input type="button" value="百科搜索"/> |

仿真才用变步长5阶龙格-库塔法进行，仿真结果如图6~图9所示。图6为车速和轮速的变化曲线，可以看出车辆轮速并不是很快减小为零，而是随车速一起缓慢变化，提高制动时的安全性。图7为汽车在混凝土路面上仿真的滑移率变化曲线，从仿真结果上可以看出，使用基于路面附着系数的控制方式，可以保证车辆滑移率在最佳滑移率附近，使汽车能够充分利用路面的附着力，从而提高汽车的制动性能和操纵性能。表明本文电磁制动器以基于路面附着系数控制方式建立的模型是正确的，可以为实际ABS系统的开发提供参考。

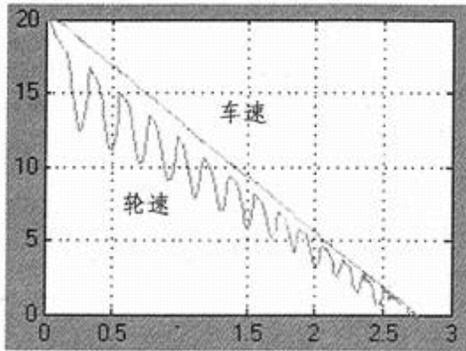


图6 车速和轮速随时间变化曲线

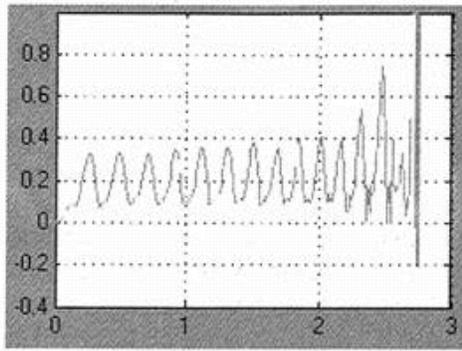


图7 滑移率变化曲线

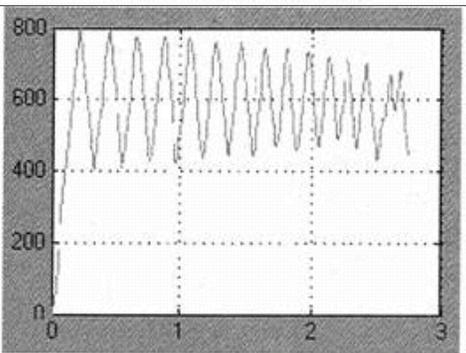


图8 制动力矩输出曲线

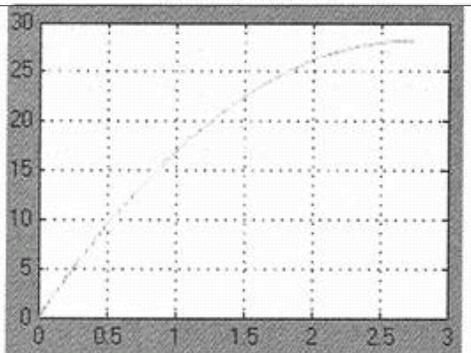


图9 制动距离输出曲线

## 5 结论

电磁制动器改善了现有制动器的诸多缺点，特别是由于采用电路控制代替传统制动动作系统减少了制动滞后，也减少了制动系统的非线性因数，使得制动过程更稳定。基于路面附着系数的控制方式，能很好的解决其他控制方式的缺点，使车辆能根据路面情况的变化而变化，保证车辆的安全稳定性。本文的不足之处在于没有与其他的控制方式进行仿真比较，特别是传统液压ABS系统的比较，还需要进一步进行量化的研究，同时需进一步用实验来证明。

[发表评论](#)
[加入收藏](#)
[告诉好友](#)
[打印本页](#)
[关闭窗口](#)
[返回顶部](#)

## 今日图片故事



技术论坛 [FINANCE & MONEY](#)

技术论坛

技术论坛

技术论坛

技术论坛

- 中国汽车技术论坛
- 中国汽车百科网
- 中国汽车人才网
- 中国汽车视频网
- 中国汽车技术网

## 今日图片故事



丰田AURIS: ...



丰田AURIS: ...



一汽-奥迪今...



[试驾]: 车...



[试驾]: 外...

搜索论坛:

**搜索**

[进入论坛](#) [精彩更多](#)

[Top](#)

[友情链接](#) | [诚聘英才](#) | [关于我们](#) | [加入我们](#) | [汽车翻译](#) | [站点地图](#) | [广告服务](#) | [联系我们](#) | [版权声明](#) | [加入我们](#) |

版权所有 © 2005-2008 中国汽车技术网 [www.qichejishu.com](http://www.qichejishu.com)

闽ICP备06043450号