维普资讯 http://www.cqvip.com

物理·自然·技术·社会

物理学在现代汽车ABS上的应用

吕兴行,朵丽华,郝立宁
(河北机电职业技术学院,河北 邢台 054048)

摘要:随着汽车行驶速度的提高,道路行车密度的增大,对于汽车行驶安全性能的要求也越来越高.汽车的防抱死制动系统(ABS)应运而生,它是以传统制动系统为基础,采用电子控制技术,在制动时防止车轮抱死的一种机电一体化系统.其中应用了许多力学、电学、磁学、液压等物理学理论,通过对ABS的讨论了解物理学在现代技术中的应用.

关键词:防抱制动;物理学;应用

中图分类号:O 39;U 463.52^{+}6　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-0712(2008)04-0048-03

1 "防抱制动系统"的力学原理

1.1 防抱制动系统概述

汽车防抱制动系统,又称防抱死,是现代中高档轿车必不可少的装备,被称为"ABS"."ABS"是英文antilock braking system的缩写,中文译为"防死锁刹车系统".在遇到紧急情况时,未安装该系统的汽车来不及分步缓刹,只能一脚踩死,由于惯性的存在,可继续向前滑冲,便可能发生侧滑、跑偏、方向不受控制等危险状况.汽车防抱制动系统能使车轮即将到达锁死点时,通过轮胎上的传感器给电脑一个信号,然后电脑让刹车系统不再刹车,使刹车在抱死和不抱死之间.电子式防抱死刹车在1 s内可作用60至120次(机械式6至12次),相当于不停地刹车、放松,相似于机械的"点刹".防抱制动系统可以避免在紧急刹车时方向失控及车轮侧滑,保证行车安全,使刹车距离缩短.其结构组成如图1所示.

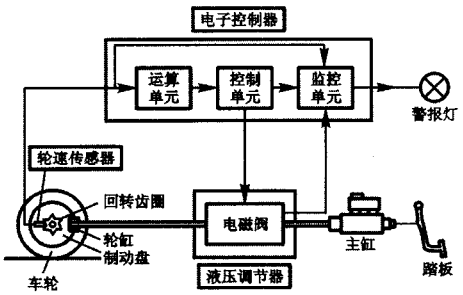


图1 结构组成示意图

1.2 汽车制动的力学原理

根据物理学中的动力学和运动学理论,无论是研究汽车的行驶还是刹车,汽车都是作为一个运动的整体看待的,只有当它获得外力的时候才能改变自己的运动状态.而与汽车行驶直接相关的外力只有通过与汽车相接触的物体才能获得,地面就是主要的施力物体.造成汽车侧滑的原因很多,例如行驶速度、地面状况、轮胎结构等,但最根本的原因是汽车在紧急制动时出现抱死,即车轮轮胎与地面的滚动摩擦会突然变为滑动摩擦,轮胎的抓地能力几乎丧失,失去了方向控制.针对产生侧滑、甩尾现象的根本原因,汽车专家研制出车用ABS防滑制动装置.

1)纵向制动力系数与滑移率的关系

纵向刹车距离取决于制动力.汽车刹车时受到地面的摩擦阻力我们称之为制动力.最大制动力与车重的比值称为制动力系数,在同样的路况下制动力系数与滑移率有关.

实验证明,当轮胎在地面上产生滑动时,将改变轮胎与地面之间的附着系数(附着系数是指汽车轮胎与路面之间附着能力的大小,相当于摩擦系数.它的大小与轮胎和地面之间产生的滑移情况有关),从而也改变了汽车的制动力系数.汽车制动时不论抱死或不抱死,车速与和地面接触的轮胎上点的线速度之间都有速度差,这个速度差称为滑移,滑移的程度用滑移率λ表示,即

$$\lambda=\frac{v-v_{\tau}}{v}\times 100\%$$

收稿日期:2007-03-02;**修回日期**:2007-08-15

作者简介:吕兴行(1957—),男,河北邢台人,河北机电职业技术学院副教授,主要从事物理学的教学和研究工作.

维普资讯 http://www.cqvip.com

式中 v 为汽车的行使速度；v_τ 为与地面接触的轮胎上某点的线速度，它的大小等于车轮的角速度 ω 与车轮半径 r 的乘积，即 $v_\tau=\omega r$. 经测试，制动力系数与滑移率 λ 的关系如图 2 所示.

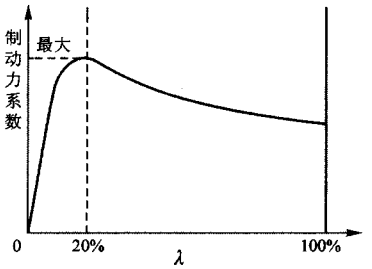


图 2　制动力系数与滑移率特性

由图可以看出制动力系数随着滑移率的增加而变化，制动力系数开始迅速上升，在滑移率达到 20% 时制动力系数达到最大，随着滑移率继续增加，制动力系数开始下降，滑移率达到 100% 时，地面制动力随之下降 1/4～1/3. 停车距离相对增加.

2）横向侧滑力与滑移率的关系

在汽车制动时，车体本身已经具有了一定的运动惯性，当左右车轮所受地面制动摩擦力相等时，汽车能沿着行进方向停下来，当左右制动力不相等时，可绕汽车质心产生一个转动力矩，此力矩会使汽车跑偏或者甩尾. 制动时，轮胎不仅受到运动方向上的纵向摩擦力，还要受到横向的侧滑摩擦力，该力又称为侧向力. 汽车转弯时，使车轮产生一个转角，也会产生侧向力. 能否克服转弯时惯性离心力的作用，维持正常的曲线运动，决定于侧向力的大小. 侧向力的作用是保持汽车行进方向的稳定性. 汽车转弯时随驾驶员的操作而改变行进方向，侧向力越大，汽车行进越稳定，操作性越好，反之侧向力很小或消失时，汽车就无法按照驾驶员的意图正常行使. 侧向摩擦力的大小与摩擦系数密切相关，该摩擦系数又称为侧向力系数，该系数越大，侧向力就越大.

图 3 给出了侧向力系数与滑移率关系的测试结果. 由图可见，开始阶段，随滑移率的上升，侧向力系数开始下降，下降速度相对较慢，当滑移率继续上升到超过 20% 后，侧向力系数开始急速下降，当滑移率接近 100% 时，侧向力系数趋于平缓并接近于零. 当车轮被抱死时，滑移率增到 100%，这时侧向力基本为零，使车辆丧失了抗侧滑能力，由于路面不均匀或制动力不对称等原因，直行的汽车就会产生侧偏，转弯时会完全失控，处于危险状态，严重时会出现汽车调头的现象.

根据图 2、图 3 的分析，为了在急刹车时具有最

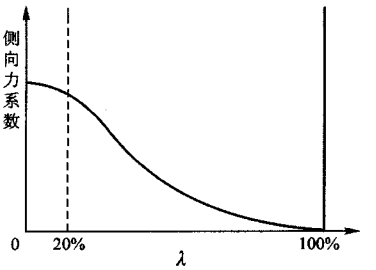


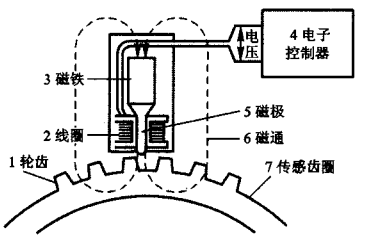
图 3　侧向力系数与滑移率特性

好的制动效果，应当充分利用制动力、侧滑力与滑移率的特性，即在滑移率为 20% 左右的区域，既可以获得最大的制动力，也具有较大的抗侧滑能力. 这就是 ABS 设计的基本理论依据.

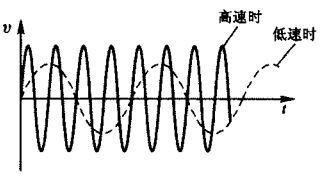
2　“防抱制动系统”的电磁控制原理

2.1　轮速传感器

ABS 分为机械式和电子式两种. 由于机械式不论是精度还是实际效果都比不上电子式，所以目前轿车上的 ABS 大多数是电子式的. 它利用轿车上的液压制动系统，加上车轮转速传感器，电子控制器和电磁调节器组成. 其中轮速传感器要和一种叫“齿圈”的元件配对使用，组成 ABS 的传感机构. 轮速传感器被安装在旋转的齿圈附近并与齿圈对准. 其基本结构如图 4(a) 所示，它主要由磁铁、线圈和磁极 3 部分组成. 轮速传感器中的永久磁铁产生一定强度的磁场，当安装在车轮轮轴上并与车轮一同旋转的齿圈在磁场中旋转时，齿圈外周细轮齿齿顶与磁极之间的间隙就以与车轮转速相应的速度变化，从而使齿圈外周与磁极组成的磁路中的磁阻发生相应变化，磁通量也发生与车轮转速相应的周期性增减，在线圈两端产生正比于磁通量增减速度（与车轮转速



(a) 轮速传感器的基本结构



(b) 轮速传感器产生的感应电压信号

图 4　轮速传感器

维普资讯 http://www.cqvip.com

相应)的感应电压(如图4(b)),这个电压信号被送到电子控制器.电子控制器是一种微电子计算机,它根据各个轮速传感器的电流脉冲信号测出各个车轮的运动速度、加速度、滑移率等数值,当这些数值超出正常值的范围时就会发出指令给电磁调节器.电磁调节器里面的柱塞会依照指令上下移动,调节输入各个车轮制动分泵的油量,起到一个阀门的作用.

2.2 电磁阀控制器

图5所示的电磁控制器是一种再循环式的调压控制器.根据传感器提供的电压信息,经电子控制器提供给控制线圈大小不同的电流,在电磁力作用下,控制柱塞(可移动铁心)的位置.柱塞分上中下3个位置,改变3个阀口之间的通路,从而起到增压、保压、减压的作用.

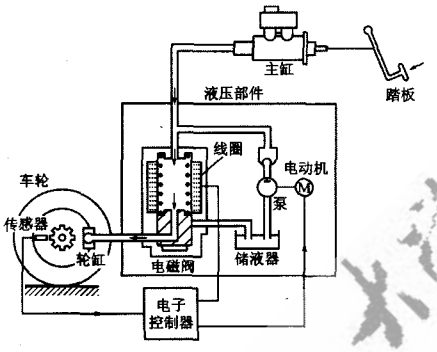


图5 ABS电磁控制器示意图

1) 常规制动过程

常规制动过程电磁阀线圈不通电,柱塞位于下部,柱塞中心通道与制动轮缸油路直接连通,制动主缸可直接控制制动轮缸的制动压力,电机与泵不工作,如图6(a)所示.

2) 保压过程

给电磁阀输入较小电流,柱塞位移到中部位置,3条油路均截断不通,制动压力维持不变,如图6(b)所示.

3) 减压过程

给电磁阀线圈输入额定最大电流,柱塞位移至上部电磁阀内,如图6(c)所示,制动轮缸与储油器接通,制动液回流储油器,轮缸减压.与此同时,电机与泵启动,把储油器中的低压油加压后输送至制动主缸,为下一防抱增压阶段作好准备.

4) 加压过程

电磁阀断电后,柱塞在回位弹簧的作用下,位移至初始位置,主缸和轮缸再次接通,如图6(a)所示.如制动踏板上持续维持压力不变,主缸高压再次进入轮缸,轮缸压力又迅速提高.

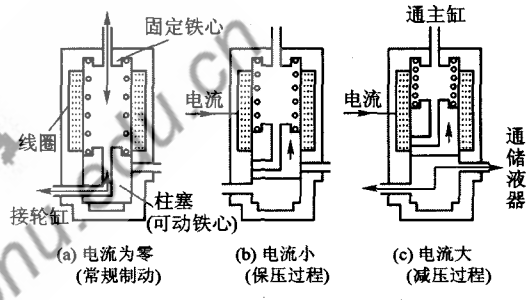


图6 再循环式电磁阀简图

参考文献:

[1] 刘惟信.汽车设计[M].北京:清华大学出版社,2001:750—762.

[2] 魏春源.汽车电器与电子[M].北京:北京理工大学出版社,2004:517—519.

[4] 魏朗,望囤.现代汽车制动防抱死系统使用技术[M].北京:人民交通出版社,2001:9—11.

Application of physics on modern automobile ABS

LV Xing-hang, DUO Li-hua, HAO Li-ning

(Hebei Mechanical and Electrical Professional Technology Institute, Xingtai, Hebei 054048, China)

Abstract: With the vehicle speed increased, the density of road traffic increased, the safety car performance requirements have become more sophisticated. Vehicle anti-lock braking system (ABS) came into being, it is based on the traditional basis of the braking system, electronic control technology, the wheel brake to prevent the wheel holds dead electromechanical integration of a system. Many of them applied mechanics, electricity, magnetism, such as hydraulic theory of physics, through the discussion of ABS understanding of the physics of modern technology application.

Key words: anti-lock braking; physics; application