

文章编号: 1002-2068 (2001) 03-0094-03

# 汽车驱动防滑控制系统的干预模式

张明星, 宋健, 赵六奇, 石磊, 王会义  
(清华大学 汽车安全与节能国家重点实验室, 北京 100084)

**摘要:** 防滑控制系统是新型实用汽车安全技术。本文介绍了防滑控制系统的发展简况和驱动防滑的控制方式。

**关键词:** 汽车; 驱动防滑; 控制方式

**中图分类号:** U461

**文献标识码:** A

## Control Pattern of Anti-slip Regulation System of Automobile

ZHANG Ming-xing, SONG Jian, ZHAO Liu-qi, SHI Lei, WANG Hui-yi

(State Key Laboratory of Automobile Safety and Energy Conservation Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** The ABS/ASR is a new practical automotive safety technology. The development course of ABS/ASR and control pattern of ASR are presented and discussed in the paper.

**Key words:** Automobile; Anti-slip regulation; Control pattern

ABS 是对防止车轮发生制动抱死的控制系统(制动防抱死系统)的多种称谓中使用较为普遍的一种<sup>[1]</sup>。ASR(Anti-Slip Regulation)和 TCS(Traction Control System)是对防止驱动车轮发生驱动滑转的控制系统使用较为普遍的两种称谓<sup>[2]</sup>, 在本文中将其称为驱动防滑系统。由于制动防抱死系统和驱动防滑系统都是通过对作用于车轮上的力矩进行控制, 防止车轮相对于路面发生滑动的控制系统, 而且这两个系统在结构和控制方法上也是相互联系的。因此, 本文中制动防抱死系统和驱动防滑系统统称为防滑控制系统。

每年中国都有大量汽车交通事故发生, 防滑控制系统作为一种安全装置日益受到人们的重视, 汽车防滑控制系统能够提高行驶方向稳定性, 保持转向操纵能力, 缩短制动距离, 并且能够提高加速性能和爬坡能力。国家标准规定自 2003 年 10 月 1 日起, 有关汽车必须装备符合 GB13594 中规定的防抱死制动装置。

特定环境下特定车辆的全自动运营已经在发达国家成为现实, 汽车的智能化是大势所趋。汽车与环境之间最重要的是车轮和路面的摩擦面, 摩擦状态必须处于可控状态。驱动力和制动力是可主动控制的两个

汽车纵向力, 防滑控制是汽车智能化的必由之路。

### 1 汽车防滑控制系统发展简史及其现状

历史上, 防抱死制动系统首先用在火车和飞机上。初期的汽车防抱死制动系统只控制后两轮, 控制器经历了从模拟电路到数字电路, 从分立元件到集成电路的发展过程。在防抱死制动系统基础上发展了防滑控制系统<sup>[1]</sup>。

如表 1 所示, 目前, 防抱死制动系统已经是汽车的标准装备, 驱动防滑系统正在改进推广中, VDC(Vehicle Dynamics Control)也已经实用化。汽车正沿着智能化的方向发展。中国的防抱死制动系统处于自主开发和引进推广使用的阶段, 驱动防滑系统的研究正在起步, VDC 的研究也在进行跟踪。

### 2 汽车驱动防滑控制的基本原理及其控制模式

汽车在路面上行驶时, 其驱动力取决于传递到驱动轮的发动机输出扭矩和轮胎与路面之间的附着极限。传递到驱动轮的发动机输出扭矩是由发动机的外特性和传动系的传递特性(速比、传动效率、驱动轮

现状与发展 表 1

制动防抱 <sup>[3]</sup>	标准装备 经济、可靠(如:波许ABS 2E到ABS 5.0到ABS 5.3)
防滑控制 <sup>[4]</sup>	高档轿车(宝马、凌志、皇冠、克尔维特、凯迪拉克等) 典型防滑控制系统: 宝马(BMW)ABS/ASC+T(宝马850i) 波许(BOSCH)ABS/ASR 2U(雪弗莱·克尔维特) 丰田(TOYOTA)ABS/TRAC(丰田·凌志IS400) 戴维斯(ITT-TEVES)MK IV(克莱斯勒·鹰·远景)
动力学控制 <sup>[5]</sup>	1996年戴姆勒·奔驰,1998年凌志等
智能化	美、欧、日智能交通系统
中国	
制动防抱 <sup>[6]</sup>	国内装配: MK20I汽车防抱制动系统1997年2月下线 (1998年3月开始装备“时代超人”桑塔纳2000GSI) 选配国外产品: 红旗轿车ABS(凯尔海斯公司生产的EBC430)等 自主开发: 济南重汽、清华大学等
防滑控制 <sup>[7]</sup>	系统研究、仿真、译介、综述
动力学控制 <sup>[8]</sup>	仿真、译介

半径等)决定的,它按照驾驶员的操作表现出一定的规律控制。而轮胎与路面之间的附着极限与轮胎结构、路面状况、天气条件和车速等诸多因素有关,是一个变化范围很广的不确定量。大量的试验表明,表征轮胎与路面之间附着极限的附着系数与驱动滑转率(驱动滑转率为正值,制动时此系数被称为制动滑移率,为负值,两者可统称为滑动率)有图1所示的关系。从图中可以看到,当驱动滑转率从0开始增加时,附着系数也随之急剧增大,当滑转率达到某一值 $S_T$ (一般介于0.08~0.30之间)时,附着系数达到最大值 $\varphi_{max}$ ,此后,随着滑转率的继续增加,附着系数反而下降。滑转率在0与 $S_T$ 之间,即曲线的上升段为稳定区,在该区可稳定驱动,在 $S_T$ 与纯滑转(即驱动滑转率为100%)之间,即曲线的下降段为非稳定区,在该区不能稳定驱动,所以从牵引性能来

考虑,驱动轮的纵向滑转率最好在 $S_T$ 处。另一方面,轮胎与路面之间的侧向附着系数随滑转率的增大而急剧减小。所以从侧向稳定性考虑,车轮纵向滑转率应越小越好,若汽车失去侧向附着,则将失去转向操纵能力,若汽车后驱动轮失去侧向附着能力,则将失去方向稳定性,易发生甩尾。由此可见,理想的驱动轮纵向滑动率应略小于 $S_T$ ,即约在0.05~0.15之间(这个数值与ABS所控制的滑动率范围不同,ABS通常将车轮滑动率控制在0.10~0.20之间)。因此,汽车驱动防滑控制就是在驱动力和汽车稳定性、转向操纵性之间取得平衡。

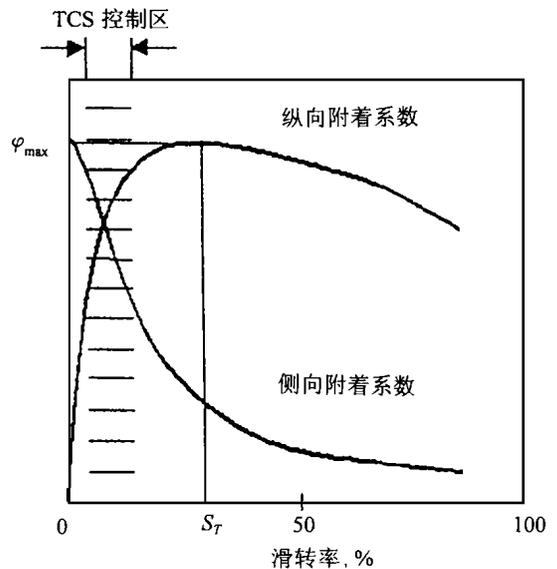


图 1 车轮滑转率与路面附着系数的关系

汽车驱动防滑控制可以分为以下几种控制方式:发动机输出扭矩调节、驱动轮制动干预、差速器锁止控制、离合器和变速器控制等。表2简单列举了它们的优缺点,正如表3所示,实际应用中它们常被结合在一起使用。

驱动防滑控制模式的比较

表 2

控制模式	优点	缺点	备注
发动机输出扭矩调节	点火参数调节	反应快	发动机不正常工作;影响发动机和传动系的寿命
	燃油供给调节	电控内燃机便于实现	发动机不正常工作,影响发动机和传动系的寿命;排放恶化
	节气门开度调节	工作比较平衡;易于和其他控制方式配合使用	响应较慢;需要与其他控制方式配合使用
差速器锁止控制	高附着一侧驱动轮的驱动力得以充分发挥	成本高;影响操纵性,不利于转弯	一般是指减小点火提前角,也包括暂时中断点火 减少供油或暂停供油 一般是指在原节气门体的基础上,串联一个副节气门 需要时,用锁止阀一定程度地锁止差速器
离合器控制	本身就是可部分相对滑动的	反应较慢;磨损	减弱离合器的结合程度
变速器控制	可以利用自动变速器控制系统	反应较慢;变化突然	控制换挡时机
制动干预	反应快;动力性好	功率损耗	在驱动轮上施加制动力矩

几种典型防滑控制系统的比较

表 3

名称	ABS/TRAC	ABS/ASC+T	MK TV	ABS/ASR 2U
制造公司	日本丰田公司	德国宝马公司	美国 ITT Teves 公司	德国博世公司
驱动防滑控制方式	节气门开度调节 驱动轮制动干预	节气门开度调节 点火延迟调节 变速器换挡时机调节 驱动轮制动干预	驱动轮制动干预	节气门开度调节 点火延迟调节 驱动轮制动干预
传感器数量	4 个轮速传感器 主、副节气门开度传感器	4 个轮速传感器 1 个节气门开度传感器	4 个轮速传感器 1 个制动踏板行程传感器	4 个轮速传感器 1 个节气门开度传感器
ECU 所用单片机数量	3 个八位单片机	—	2 个单片机相互容错	2 个单片机相互容错; 1 个单片机负责控制节气门开度

注: “—” 表示该项内容不清楚。

### 3 制动干预模式

驱动轮制动干预就是在发生打滑的驱动轮上施加制动力矩, 使车轮转速降至最佳的滑转率范围内。因为制动干预直接对驱动轮施加制动力矩, 可以提供最快的反应时间。从表 2 可以看出, 所列的控制方式大多不具备迅速响应能力, 难以及时防止驱动轮的过度滑转。它们单独使用难以保证把滑转率控制在稳定区域, 因此难以很好地实现汽车起步、加速过程中的防滑目的。

制动干预的一个重要功能就是差速锁止效应, 即在两侧附着系数分离且差别较大的路面上, 若只有一侧驱动轮打滑(低附着系数一侧)时, 可以通过对此驱动轮施加制动力矩, 造成差速锁止效应, 从而适当降低打滑车轮的滑转率, 增加牵引力。从表 2 来看, 尽管差速器锁止控制方式也可起到类似作用, 但它的功能单一; 其他的几种控制方式在这一点上都有欠缺, 它们不能对两个驱动轮进行各自独立的控制, 因此也就不可能最大限度地充分发挥每个驱动轮的附着能力的作用。

从表 3 来看, 几种比较典型的防滑控制系统大多数是采用几种方式的组合, ABS/ASC+T 系统采用的控制方式比较多, 包括节气门开度调节、点火延迟调节、变速器换挡时机调节和驱动轮制动干预 4 种方

式。这几种系统的控制方式组合中都包括制动干预模式, 也有的只有制动干预模式(例如美国 ITT Teves 公司的 MK IV 系统)。

### 4 结束语

汽车防滑控制系统是在汽车制动防抱死控制系统基础上发展起来的。驱动防滑控制系统可以采用制动干预模式, 也可以采用制动干预和其他控制模式的组合。制动干预具有反应速度快和充分利用两个驱动轮附着力的优点, 是汽车驱动防滑控制的重要模式。

#### 参考文献:

- [1] 李朝禄, 刘荣华译. 汽车制动防抱装置 (ABS) 构造与原理. 机械工业出版社, 1995-09.
- [2] 司利增. 汽车防滑控制系统——ABS 与 ASR. 人民交通出版社, 1996.
- [3] M Maier, K Muller. ABS 3; The New and Compact ABS 5 Unit for Passenger Cars. SAE 950757.
- [4] Herbert DemeL, Herbert Hemming. ABS and ASR for Passenger Cars—Goals and Limits. SAE 890834.
- [5] A Van Zanten, R Erhard, G Pfaff. VDC, The Vehicle Dynamics Control System of Bosch. SAE 950759.
- [6] 陈在峰. 制动器耗散功率最大为目标的 ABS 控制方法研究与系统实现. 清华大学博士学位论文, 2000.
- [7] 王德平. 汽车驱动防滑控制与动力学稳定性控制的控制逻辑与算法研究. 吉林工业大学博士学位论文, 1998.
- [8] 程军. 车辆动力学控制的模拟. 汽车工程, 1999 (4).