

中国汽车工程学会汽车工程图书出版专家委员会 特别推荐

现代汽车电子控制系统构造原理与故障诊断(下)

——车身与底盘部分

(第三版)

邹长庚 主编

王光德 主审

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书着重介绍现代汽车电子控制技术,全书分上、下两册。

上册系统介绍发动机微机控制系统的结构、原理、故障诊断与维修技术。主要包括:电控燃油喷射、点火控制、怠速控制、进气控制、排放控制与排气净化、失效保护、备用系统及检测设备使用、国内常见进口车型故障诊断与检修的一般程序和发动机微机控制系统故障诊断与维修等内容。

下册的主要内容有:电子制动防抱死系统(ABS)、自动变速器、空调系统、安全气囊控制系统的结构、原理、故障诊断与检修技术。

本书可作为汽车维修人员新技术培训教材,也可作为汽车运用工程专业的中专、技校教学补充教材,也可供汽车维修人员和工程技术人员阅读参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

现代汽车电子控制系统构造原理与故障诊断. 下, 车身与底盘部分 / 邹长庚等编. —3版. —北京: 北京理工大学出版社, 2006.7

ISBN 7 - 81045 - 277 - 0

I. 现... II. 邹... III. ①汽车 - 电子控制 控制系统②汽车 - 车体 - 电子系统 控制系统③汽车 - 底盘 - 电子系统 控制系统 IV. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 083584 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 23.75

字 数 / 565 千字

版 次 / 2006 年 7 月第 3 版 2006 年 7 月第 12 次印刷

印 数 / 58001 ~ 63000 册

定 价 / 35.00 元

责任校对 / 郑兴玉

责任印制 / 李绍英

图书出现印装质量问题,本社负责调换

出版说明

为贯彻汽车工业产业政策,推动和加强汽车工程图书的出版工作,中国汽车工程学会成立了“汽车工程图书出版专家委员会”。委员会由有关领导机关、企事业单位、大中专院校的专家和学者组成,其中心任务是策划、推荐、评审各类汽车图书选题。图书选题的范围包括:学术水平高、内容有创见、在工程技术理论方面有突破的应用科学专著和教材;学术思想新颖、内容具体、实用,对汽车工程技术有较大推动作用;密切结合汽车工业技术现代化,有高新技术内容的工程技术类图书;有重要发展前景,有重大使用价值;密切结合汽车工程技术现代化需要的新工艺、新材料图书;反映国外汽车工程先进技术的译著;使用维修、普及类汽车图书。

出版专家委员会是在深化改革中,实行专业学会、企业、学校、研究所等相互结合,专家学者直接参与并推动专业图书向高水平、高质量、有序发展的新尝试。它必将对活跃、繁荣专业著作的出版事业起到很好的推动作用。希望各位同仁、专家积极参与、关心、监督我们的工作。限于水平和经验,委员会推荐出版的图书难免存在不足之处,敬请广大同行和读者批评指正。

本书由邹长庚主编,王光德主审,经专家委员会评审通过、推荐出版。

汽车工程图书出版专家委员会

《现代汽车电子控制系统构造原理与故障诊断》

编 委 会

主 任 王焕德

副主任 李玉璞 王光德

编 委 王焕德 李玉璞 王光德 顾金亭

邹长庚 钱仲兴 赵 琳 高万云

孙笑平 马伯夷 丁云泳 贾 毅

李 尧 邵群红

第二次修订说明

《现代汽车电子控制系统构造原理与故障诊断(下)——车身与底盘部分》2000年3月进行了第一次修订,使本书的先进性、实用性、系统性更加突出,深受广大读者的欢迎。

随着汽车技术的发展和广大读者对汽车电控技术的深入了解和生产实际的需求,他们需要对汽车电控技术更加全面深入地了解 and 掌握,以便更好地适应汽车技术的发展和指导生产实践。不仅ABS、电控自动变速器、空调及安全气囊在汽车上得到广泛应用,汽车驱动防滑控制系统、电控悬架系统、电动转向系统、汽车防盗系统等电控技术在汽车上也得到广泛的应用,使现代汽车开始进入由计算机全面控制的网络时代。广大读者需要进一步了解和掌握这些新技术,以便更好地适应汽车技术的发展和指导自己的生产实践。

为满足广大读者的要求,我们对下册的内容进行了第二次修订。对汽车电控系统的结构、原理、控制理论等方面的内容更全面系统地予以介绍,同时又增加了电动转向系统(EPS)、电控悬架系统、汽车防盗系统、CAN总线控制技术等新章节,使本书的系统性、理论性、先进性和实用性有了进一步提高。

希望本书第二次修订版的出版,能进一步满足广大读者的要求,也希望广大读者提出宝贵的意见和建议。

编委会
2006年1月

前 言

随着汽车技术和电子技术的迅速发展,电子技术在汽车上得到广泛应用,从发动机的燃油喷射、点火装置、怠速装置、进气控制、废气排放、故障诊断到底盘的传动系统、行驶系、转向制动系统和车身及辅助装置普遍采用了电子控制系统,机电一体化是现代汽车的显著特点。电子控制系统在汽车上的广泛应用,使汽车的动力性、燃油经济性、安全性、可靠性、舒适性都得到显著的改善和提高,尤其是汽车排气对环境的污染从根本上得到了控制。

电子控制技术在汽车上的广泛应用,机电一体化使汽车从总体结构、工作原理、使用维修等方面都发生了根本性的变化。为了帮助汽车使用与维修人员和从事汽车专业教学的师生系统掌握现代汽车电子控制系统的结构、原理、使用维修与故障诊断等方面的内容,以适应汽车技术发展的需要,中国机动车辆安全鉴定检测中心、公安大学、北京市交通学校、北京理工大学出版社共同组织有关专家、教师和工程技术人员编写了这套教材。本教材在编写过程中充分考虑到工人、驾驶员、中专技校学生的知识水平和接受能力,注意到全套教材专业知识的程度要求,力争突出教材的科学性、系统性、完整性和实用性,做到理论联系实际,符合循序渐进的要求。

本教材内容新、系统性强、程度适中、通俗易懂、图文并茂、实用性强,适合广大汽车修理人员、汽车驾驶员、车辆管理人员和汽车专业的师生阅读。

本教材上册由北京市交通学校邹长庚、赵琳主编,中国机动车辆安全鉴定检测中心王焕德主审。下册由北京市交通学校邹长庚主编,中国人民公安大学王光德主审。

由于编者水平有限,谬误疏漏之处在所难免,竭诚欢迎读者批评指正。

编委会

目 录

第一章 汽车防滑控制系统.....	(1)
第一节 概述.....	(1)
第二节 防滑控制系统的作用.....	(1)
第三节 防滑控制系统对汽车行驶性能的影响.....	(4)
第四节 防滑控制系统的基本结构及工作原理.....	(7)
第五节 防抱死制动系统的控制方式及控制原理.....	(8)
第六节 防抱死制动系统(ABS)的组成及布置形式.....	(11)
第七节 ABS 主要组成件的结构及工作原理(一)——轮速传感器.....	(17)
第八节 ABS 主要组成件的结构及工作原理(二)——制动压力调节器.....	(20)
第九节 ABS 主要组成件的结构及工作原理(三)——电子控制单元(ECU).....	(33)
第十节 ASR 的基本组成及工作过程.....	(37)
第十一节 主要车型 ABS 及 ASR 系统的组成及控制电路.....	(40)
第十二节 ABS/ASR 系统的故障诊断.....	(62)
第二章 自动变速器.....	(72)
第一节 概述.....	(72)
第二节 液力偶合器与液力变矩器.....	(75)
第三节 行星齿轮变速器.....	(89)
第四节 液力自动换挡操纵及控制系统.....	(99)
第五节 电子控制液压换挡控制系统.....	(118)
第六节 典型自动变速器实例.....	(133)
第七节 液力自动变速器的使用与故障诊断.....	(147)
第三章 汽车空调系统.....	(170)
第一节 制冷循环和制冷剂.....	(170)
第二节 汽车空调设备的主要部件.....	(172)
第三节 空调系统的控制装置.....	(183)
第四节 汽车空调系统的控制系统.....	(185)
第五节 汽车空调系统的维护.....	(198)
第四章 安全气囊(SRS).....	(208)
第一节 安全气囊系统的组成与工作原理.....	(208)
第二节 安全气囊系统的故障诊断.....	(222)
第五章 电子控制转向系统.....	(232)
第一节 概述.....	(232)
第二节 动力转向系统的结构与工作原理.....	(232)



第六章 电子控制悬架系统.....	(247)
第一节 概述.....	(247)
第二节 电子控制悬架系统主要组成部分的结构与工作原理.....	(247)
第三节 电子控制悬架系统的种类、组成与工作原理	(255)
第四节 电子控制悬架系统的故障诊断与检测.....	(295)
第七章 汽车防盗系统.....	(301)
第一节 概述.....	(301)
第二节 主要车型遥控、防盗系统实例	(304)
第八章 CAN 总线控制技术	(360)
第一节 概述.....	(360)
第二节 CAN 数据传输系统	(361)
第三节 典型 CAN 数据传输系统	(367)

第一章 汽车防滑控制系统

第一节 概 述

汽车防滑控制系统包括制动防抱死控制系统(ABS)和驱动防滑转控制系统(ASR、TCS)。

1. 制动防抱死控制系统(ABS)

制动防抱死控制系统是在汽车制动过程中自动调节车轮制动力,防止车轮抱死以获得最佳的制动效果。

2. 驱动防滑转控制系统(ASR、TCS)

驱动防滑转控制系统是通过调节驱动轮的牵引力,来实现驱动轮滑转的控制。由于驱动防滑转控制系统是通过调节驱动轮的牵引力来实现驱动轮滑转的控制,因此也称为牵引力控制(TCS)。

汽车防滑控制系统就是制动防抱死控制系统(ABS)和驱动防滑转控制系统(ASR、TCS)的统称。

第二节 防滑控制系统的作用

在汽车行驶过程中,驾驶员、汽车和环境三者所组成的闭环系统中,汽车与环境之间的基本联系是轮胎与路面之间的作用力。由于汽车的行驶状态主要是由轮胎与路面的纵向作用力决定的,因此驾驶员对汽车的控制实质上是在控制车轮与路面之间的作用力。但是,车轮与路面之间的作用力则要受轮胎与路面之间附着力的限制,而汽车的加速和减速运动主要受轮胎与路面纵向附着力的限制,而汽车的转向运动和抵抗外界横向作用力的能力则主要受车轮横向附着力的限制。

轮胎与路面之间的附着力取决于其间的垂直载荷和附着系数,其关系如式(1-1)所示。

$$F_{\varphi} = N\varphi \quad (1-1)$$

式中 F_{φ} 为轮胎与路面之间的附着力, N 为轮胎与路面间的垂直载荷, φ 为轮胎与路面之间的附着系数。

在实际行驶过程中,轮胎与路面间的垂直载荷和附着系数会随许多因素而变化,因此,轮胎与路面间的附着力是经常变化的。在影响附着力的诸多因素中,轮胎相对路面的运动状态对附着力的影响极大,特别是在湿滑的路面上其影响更为明显。

一、车轮滑动率对附着系数的影响

在汽车的行驶过程中,车轮在路面上的运动状态可以为两种形式——滚动和滑动,车轮相对与路面的滑动又可分为滑移和滑转两种形式,我们用车轮滑动率 s 来表征在车轮纵向运动中滑动成分所占的比例。

汽车在制动过程中,车轮可能相对路面产生滑移,滑移成分在车轮纵向运动中所占的比例我们用负滑动率 S_B 来表征,负滑动率 S_B 由式(1-2)来确定:

$$S_B = \frac{r\omega - v}{v} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 S_B 为车轮的负滑动率; r 为车轮的自由滚动半径, m ; ω 为车轮的转动角速度, rad/s ; v 为车轮中心的纵向速度, m/s 。

当车轮在路面上自由滚动时,车轮中心的纵向速度完全是由于车轮滚动产生的,此时, $v = \omega r$,此时滑动率 $S_B = 0$;当车轮在制动抱死时,车轮在路面上纯滑移,车轮中心的纵向速度完全是由于车轮滑移产生的,此时 $\omega = 0$,因此滑动率 $S_B = -100\%$;当车轮在路面上一边滚动一边滑移时,车轮中心纵向速度的一部分是由于车轮滚动产生的,另一部分则是由于车轮滑移产生的,此时 $\omega r < v$,因此, $100\% < S_B < 0$,车轮一边滚动一边滑移,车轮中心纵向速度中,车轮滑移所占的成分越多,滑动率 S_B 的数值就越大。

汽车在驱动过程中,驱动车轮可能相对于路面产生滑转,滑转成分在车轮纵向运动中所占的比例可由正滑动率 S_A 来表征,车轮的正向滑动率可由式(1-3)来决定:

$$S_A = \frac{r\omega - v}{r\omega} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中 S_A 为车轮的正滑动率; r 为车轮的自由滚动半径, m ; ω 为车轮的转动角速度, rad/s ; v 为车轮中心的纵向速度, m/s 。

当车轮在路面上自由滚动时,车轮中心的纵向速度完全是由车轮滚动产生的,此时 $v = \omega r$,因此滑动率 $S_A = 0$;当车轮在路面上完全滑转时,车轮中心的纵向速度 $v = 0$,因此滑动率 $S_A = 100\%$;当车轮在路面上一边滚动一边滑动时, $\omega r > v$,因此, $0 < S_A < 100\%$,在车轮转动中,滑转所占的比例越大,车轮滑动率 S_A 的数值也就越大。

车轮滑动率可以综合为式(1-4)所示的一般关系:

$$S = \begin{cases} \frac{\omega r - v}{v} \times 100\% & (\text{车轮滑移时}) \\ 0 & (\text{车轮自由滚动时}) \\ \frac{\omega r - v}{\omega r} \times 100\% & (\text{车轮滑转时}) \end{cases} \quad (1-4)$$

实验证明,在坚实的路面上,弹性轮胎与路面间的附着系数 φ 和滑动率 S 存在着如图 1-1 所示的一般性关系。

通常当车轮滑动率在 $15\% \sim 20\%$ 范围内时,轮胎与路面间的纵向附着系数 φ_x 最大,该最大值称为峰值附着系数 φ_{opt} ,与其相对应的车轮滑动率称为峰值附着系数滑动率 S_{opt} 。当车轮在路面上自由滚动时,由于轮胎与路面之间没有产生相对运动趋势,其间纵向附着系数(即摩擦系数)为零,当车轮滑动从零增大到峰值附着系数滑动率 S_{opt} 时,尽

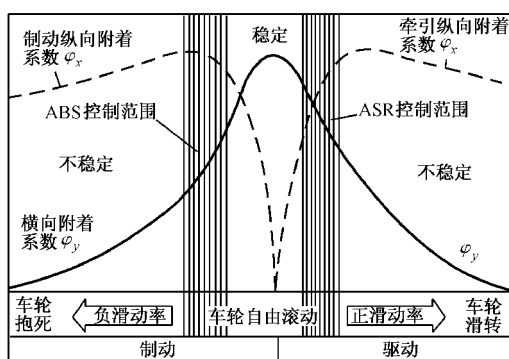


图 1-1 附着系数与滑动率的关系



管车轮滑动率不等于零,但轮胎与路面之间并没有发生真正的滑动,此时滑动率不等于零,只是由于轮胎弹性变形所至。因此,当车轮滑动率处于这一范围时,轮胎与路面间纵向附着系数就是其间静摩擦系数的表现,所以,随着轮胎与路面之间纵向相对滑动趋势的增加,其间的纵向附着系数就会迅速增大,当车轮滑动率达到峰值附着系数滑动率 S_{opt} 时,弹性轮胎与路面之间即将发生相对滑动,此时其间的纵向附着系数就是最大静摩擦系数的表现。此后,直到车轮将完全滑动($|S| = 100\%$)的范围内,轮胎与路面之间的纵向附着系数就是从最大静摩擦系数到滑动摩擦系数的过渡,轮胎与路面间的纵向附着系数将是不稳定的。当车轮在路面上完全滑动时,轮胎与路面间的纵向附着系数称为滑动附着系数 φ_s ,由于物体间的滑动摩擦系数总是小于最大静摩擦系数,故轮胎与路面间的滑动附着系数 φ_s 总是小于峰值附着系数 φ_{opt} 。通常,在干燥硬实的路面上, φ_s 比 φ_{opt} 小 10% ~ 20%,在湿滑硬实的路面上 φ_s 比 φ_{opt} 小 20% ~ 30%。在各种路面条件下轮胎与路面间峰值附着系数 φ_{opt} 和滑动附着系数 φ_s 的平均值如表 1-1 所示。

表 1-1 峰值附着系数 φ_{opt} 和滑动附着系数 φ_s 的平均值

路面种类及状况	峰值附着系数	滑动附着系数 m
沥青路面和水泥路面(干)	0.8 ~ 0.9	0.75
沥青路面(湿)	0.5 ~ 0.7	0.45 ~ 0.6
水泥路面(湿)	0.8	0.7
石子路	0.6	0.55
土路(干)	0.68	0.65
土路(湿)	0.55	0.45 ~ 0.5
雪(压实)	0.2	0.15
冰	0.1	0.07

从图 1-1 可以看出,车轮在路面自由滚动时,其间的横向附着系数 φ_y 最大,随着车轮滑动率 S 的增大,横向附着系数 φ_y 将迅速减小,当轮胎在路面上完全滑动时($|S| = 100\%$),轮胎的横向附着系数几乎减小到零,轮胎与路面之间的横向附着力也就接近于零,车轮将完全丧失抵抗外界横向作用力的能力,此时,如果车轮受到横向外力的作用(如汽车重力的横向分力、路面不平产生的横向力、横向风力等)车轮将会在路面上产生侧滑。

从图 1-1 还可以看出,当车轮的滑动率处于峰值附着系数滑动率 S_{opt} 的附近范围内时,横向附着系数约为最大横向附着系数的 50% ~ 75%。如果将车轮的滑动率控制在这一范围内时,车轮的纵向附着系数最大,车轮的横向附着系数也较大,最大的纵向附着系数可使汽车获得制动和驱动所需的纵向附着力最大,而较大的横向附着系数可使汽车获得转向或防止横向滑移所需的横向附着力。

二、防滑控制系统的作用

为使汽车获得较大的纵向和横向附着力,现代汽车已经广泛地装备了防滑控制系统(其中以制动防抱死系统为主),其作用就是使汽车能够自动地将车轮控制在纵向和横向附着系数都

很大的滑动率范围内。制动防抱死系统在制动过程中,通常将车轮的滑动率控制在 10% ~ 20% 的范围内,驱动防滑转系统在驱动过程中,通常将驱动车轮的滑动率控制在 5% ~ 15% 的范围内。控制车轮的滑动率是通过控制作用于车轮上的力矩(制动力矩或驱动力矩)实现的,即控制作用于车轮上的力矩与车轮所能获得的最大纵向附着力相适应。

车轮所能获得的纵向附着力取决于轮胎与路面间的垂直载荷和附着系数,这两个方面又会受到许多因素的影响,其中的一些因素在汽车的实际行驶过程中又是随机变化的。如附着系数除了受到车轮滑动率的影响外,还要受到轮胎结构、轮胎表面花纹、轮胎胎压、路面种类、路面状况、车轮偏转角、汽车行驶速度等因素的影响。而垂直载荷除了受汽车的实际装载质量及静态分布情况影响外,各车轮的垂直载荷在汽车行驶过程中还会发生动态变化。例如,汽车上坡时,前轮的垂直载荷会减小,而后轮的垂直载荷会增大,汽车下坡时则相反;汽车转弯时,内侧车轮的垂直载荷会减小,而外侧车轮的垂直载荷会增大;汽车加速时,前轮的垂直载荷会减小,而后轮的垂直载荷会增大,汽车减速时则相反。此外,空气的作用和路面干扰引起的车轮跳动也会使车轮的垂直载荷发生变化。

由于车轮附着力受到诸多随机因素的影响,因此,车轮的附着力实际上是一个随机变量。所以,为了控制车轮的滑动率,就要对作用于车轮上的力矩进行实时的自适应调节,即要求防滑控制系统具有足够快的反应速度和足够高的调节精度,否则就难以将车轮的滑动率控制在理想的狭窄范围内。

制动防抱死系统都是在制动过程中通过调节制动轮缸(或制动气室)的制动压力使作用于车轮的制动力矩受到控制,而将车轮的滑动率控制在较为理想的范围之内。而驱动防滑转系统在驱动过程中通常可以通过调节发动机的输出扭矩、传动系的传动比、差速器的锁紧系数等控制作用于驱动车轮的驱动力矩,以及通过调节驱动车轮制动轮缸(或制动气室)的制动压力控制作用于驱动车轮的制动力矩,实现对驱动车轮牵引力矩的控制,将驱动车轮的滑动率控制在较为理想的范围之内。

第三节 防滑控制系统对汽车行驶性能的影响

由于防滑控制系统能够使被控制的车轮获得较大的纵向和横向附着力,从而改善了汽车的行驶性能。

一、提高行驶方向稳定性

汽车行驶方向稳定性是指汽车阻止外界干扰保持行驶方向的能力。如果外界的干扰消除后,汽车能够迅速恢复稳定的行驶方向,汽车的行驶方向稳定性就好;如果外界的干扰已经消除,但汽车仍在越来越大地偏离原来的行驶方向,则汽车的行驶方向稳定性就差。外界干扰力可能来自横向风力、道路不平整或车轮偏转产生的横向作用力、制动力或驱动力不平衡等方面。

如果在制动时汽车的车轮抱死,由于横向附着系数下降为零,横向附着力为零,汽车将产生侧滑。如果后轮先抱死,汽车处于非稳定状态,侧滑会急剧增大,出现汽车甩尾和掉头现象。如图 1-2 所示。

汽车在驱动过程中,如果后驱动车轮发生滑转,致使后轮的横向附着力大幅度减小,当汽

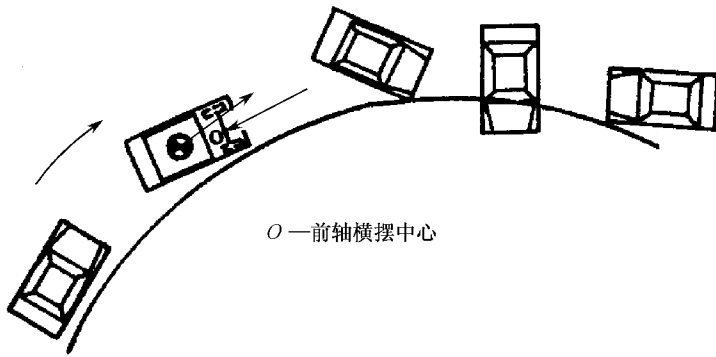


图 1-2 后轮先制动抱死时汽车的运动状态

车受到稍大的外界横向力作用时,汽车也将丧失行驶方向的稳定性。

如果在制动时汽车的前轮抱死,导致前轮发生横向侧滑,但汽车由此产生的惯性力却会相对于后轮横摆中心产生回正力矩,回正力矩将有助于汽车回到直线行驶方向,所以是一种稳定状态,汽车的行驶方向稳定性较好。但由于转向轮丧失横向附着力,汽车将会失去转向操纵能力。

ABS 制动防抱死系统的首要作用是防止后轮在制动过程中丧失横向附着力产生侧滑,以保证汽车在制动过程中具有良好的方向稳定性。在一些后轮驱动的高级轿车上装备的驱动防滑转系统,则可以保证汽车在驱动过程中后轮也保持较大的横向附着力,使汽车在驱动过程中也具有良好的方向稳定性。

当汽车在湿滑的路面上进行起步、加速、转弯或者在附着系数分离路面(即汽车两侧车轮所处路面的附着系数相差较大)上行驶等驱动过程中显得尤为重要。汽车在附着系数分离的路面上(即两侧车轮在不同附着系数的路面上)进行制动时,对车轮不进行防抱死控制和进行防抱死控制情况下汽车的方向稳定性如图 1-3 所示。

二、保持转向操纵能力

汽车在转向行驶时,需要通过偏转的转向车轮从路面获得足够的横向作用力,如果转向车轮的横向附着力不足以提供汽车转向所需的横向作用力,此时,即使转向车轮已经发生了偏转,汽车也不会按预期的方向行驶,汽车就丧失了转向操纵能力。此外,汽车在转向过程中,如果非转向车轮的制动力或牵引力不平衡也会影响汽车的转向操纵性能,导致转向不足或转向过度,转向车轮在其旋转平面内所受的作用力(制动力或牵引力)不平衡也会产生同样的问题。汽车转向过度极易向丧失行驶方向稳定性转化,因此,汽车转向过度也是

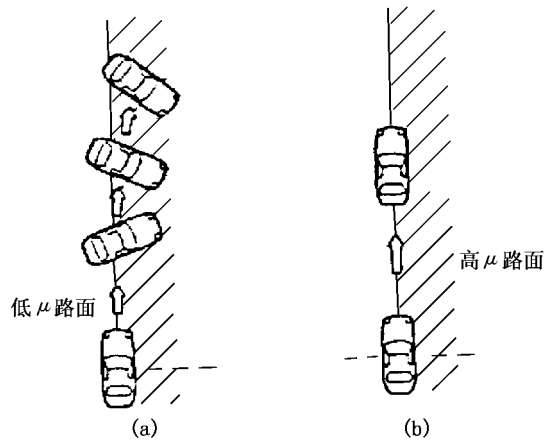


图 1-3 在附着系数分离的路面上汽车行驶方向稳定性比较

(a) 不进行防抱死控制;(b) 进行防抱死控制

一种非常危险的运动状态。

如果在制动过程中防止汽车前轮被制动抱死,使其保持较大的横向附着力,那么,汽车在制动过程中就仍能保持转向操纵能力。汽车在制动过程中不进行防抱死控制和进行防抱死控制情况下转向操纵能力的比较如图 1-4 所示。

对于前轮驱动的汽车,如果作为转向和驱动车轮的前轮发生驱动滑转,会导致前轮的横向附着力大幅度减小,也会严重地影响汽车在驱动过程中的转向操纵能力。如果装备了驱动防滑转系统,就能提高汽车在驱动过程中的转向操纵能力。目前,驱动防滑转系统只装备在一些高级轿车或大型客车上,而高级轿车和大型客车多采用后轮驱动方式,所以,对前轮进行驱动防滑转还很少见到。

三、缩短制动距离

汽车的制动距离主要取决于制动过程中的平均减速度,如果汽车能够充分有效地利用各个车轮的最大纵向附着力进行制动,汽车就能够在最短的距离内制动停车。

轿车在制动过程中,前轮的附着力通常约占汽车全部附着力的 70% ~ 80%,因此,充分利用前轮的最大附着力进行制动是缩短制动距离的关键。由于四轮制动防抱死系统能够有效地利用各个车轮的最大纵向附着力,使汽车获得更大的制动力,所以,一般情况下都能使制动距离缩短,特别是在湿滑的路面上,制动距离的缩短就更为显著。后轮制动防抱死系统不能充分地利用前轮的最大附着力进行制动,而后轮附着力在汽车总附着力中所占的比例又比较小,所以,并不能使汽车的制动距离显著缩短。

四、提高加速性能和爬坡能力

如果汽车装备了驱动防滑转系统,就能充分地利用驱动车轮的最大附着力,使汽车获得更大的驱动力,从而提高了汽车的加速性能和爬坡能力。

虽然采用四轮驱动形式或采用高摩擦差速器也可以充分地利用驱动车轮的附着力获得更大的驱动力,但是,采用四轮驱动会使汽车的结构变得更为复杂,采用高摩擦差速器又会损害

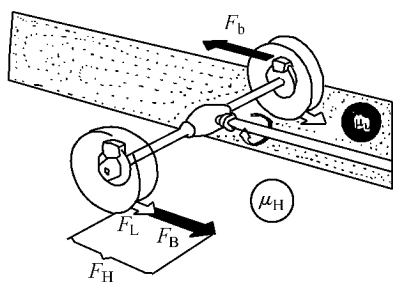


图 1-5 驱动防滑转系统的差速锁紧作用

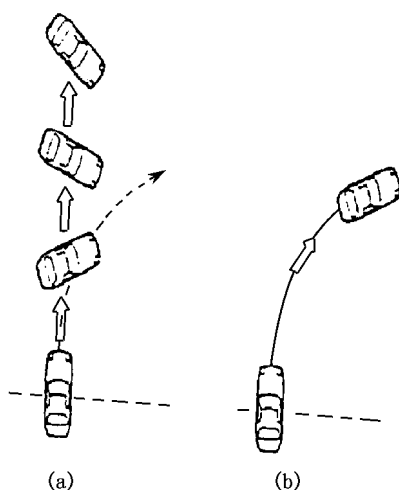


图 1-4 制动过程中汽车转向操纵能力的比较

(a) 不进行防抱死控制; (b) 进行防抱死控制

汽车的转向性能。而采用驱动防滑转系统可以利用汽车上已有的发动机电子控制系统和制动防抱死系统,通过调节发动机的输出转矩和驱动车轮的制动力矩即可控制驱动车轮的滑动率,也可使汽车获得更大的驱动力。装备有驱动防滑转系统的汽车在附着系数分离的路面上行驶时,可以对处于低附着系数路面的驱动车轮施加一定的制动力矩,使处于高附着系数路面的驱动车轮产生更大的驱动力,如图 1-5 所示。

对于处于低附着系数路面的驱动车轮没有施加制动



力矩时,受普通齿轮式差速器转矩分配特性的制约,处于高附着系数路面上的驱动车轮所能产生的驱动力与处于低附着系数路面上的驱动车轮的驱动力是相等的,都等于 F_L ,汽车的总驱动力就等于 $2F_L$ 。对处于低附着系数路面上的驱动车轮施加一定的制动力 F_B 以后,尽管处于低附着系数路面上的驱动车轮所能产生的驱动力仍然等于 F_L ,但处于高附着系数路面上的驱动车轮却可以产生 $F_L + F_B$ 的驱动力,此时,汽车的总驱动力可以达到 $2F_L + F_B$,从而提高了汽车的驱动力,由于驱动防滑转系统可以对施加于驱动车轮的制动力 F 进行调节,所以,相当于差速器的锁紧系数是可变的。

装备驱动防滑转系统的两轮驱动汽车与未装备驱动防滑转系统的两轮驱动汽车和四轮驱动汽车在附着系数分离路面上的爬坡能力如图 1-6 所示。装备驱动防滑转系统汽车的爬坡能力明显高于未装备驱动防滑转系统汽车的爬坡能力。装备驱动防滑转系统汽车的加速性能也同样优于未装备驱动防滑转系统汽车的加速性能。

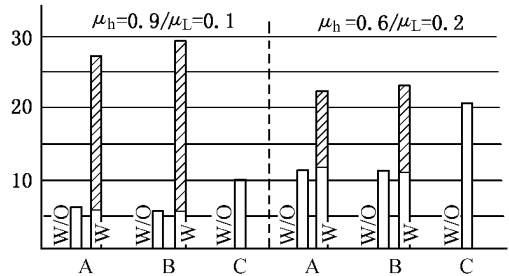


图 1-6 汽车爬坡能力比较

A—前轮驱动汽车;B—后轮驱动汽车;C—四轮驱动汽车;
W/O—未装备驱动防滑转系统,W—装备驱动防滑转系统

制动防抱死系统和驱动防滑转系统除了能够极大地改善汽车的行驶性能以外,还能在很大程度上使驾驶员从驾驶员—汽车—环境的闭环系统中解脱出来,也使轮胎的磨损大为减轻。

第四节 防滑控制系统的基本结构及工作原理

汽车防滑控制系统包括制动防抱死控制系统(ABS)和驱动防滑转控制系统(ASR、TCS)。

制动防抱死控制系统在制动过程中防止被控制车轮制动抱死。驱动防滑转控制系统在驱动过程中防止驱动轮产生驱动滑转,其作用都是将被控制车轮滑动率控制在峰值附着系数滑动率的附近范围内,使被控车轮获得尽可能大的纵向附着力和较大的横向附着力。

汽车防抱死制动系统即 Antilock Braking System,缩写为 ABS。

1. 理想的制动控制过程

图 1-7 所示的制动过程即最理想的制动过程。制动开始时让制动压力骤升,滑移率达到 S_{opt} 的时间,即 φ_s 达到最大值 φ_{Bmax} 的时间最短。当达到 S_{opt} 后,随即适当降低制动压力,并使滑移率 S 保持在 S_{opt} ,纵向附着系数 φ_B 保持在最大值 φ_{Bmax} 时,这样即可得到最短的制动距离。这种制动控制称为最佳控制。

2. ABS 的功用

ABS 防抱死制动系统的功用就是使实际制动过程控制在接近理想制动过程,如图 1-8 所示。

在制动时,当车轮滑移率刚刚超过 S_{opt} ,出现抱死趋势时(即从稳定区域进入非稳定区域),ABS 迅速适当降低制动压力,减小车轮制动力矩,使车轮滑移率恢复至靠近稳定界限 S_{opt} 的稳定区域内。随后再次将制动压力提高到使 S 稍微超过稳定界限,又再次迅速降低制动压力,使 S 又恢复至靠近 S_{opt} 的稳定区域内。如此反复将车轮滑移率 S 控制在 S_{opt} 附近的狭小范

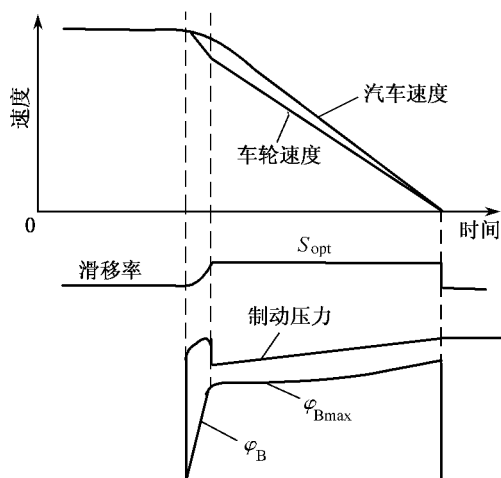


图 1-7 理想的制动控制过程

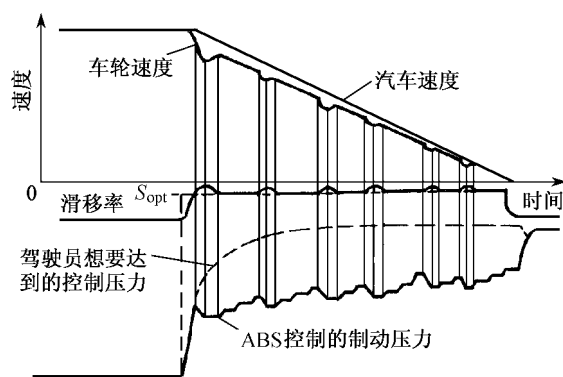


图 1-8 ABS 的理想制动控制过程

围内,以获得最佳的制动效能和制动时的方向稳定性和转向操纵能力。

第五节 防抱死制动系统的控制方式及控制原理

从前面的介绍可知,ABS 的功用就是在汽车制动过程中,根据车轮的滑移率和车轮减速度是否达到某一设定值来判别车轮是在稳定区还是在非稳定区域转动,进入非稳定区域后是保压还是降压,从而实现理想控制。由于车轮与路面的附着特性 $\varphi-s$ 特性的类型和汽车变速器挡位所确定的转动惯量对控制过程的影响很大,而现有的技术还解决不了 $\varphi-s$ 特性的预测和挡位惯性变化的影响,所以目前 ABS 所采用的控制方法只能实现近似的理想控制。ABS 目前所用的控制方式主要有预测控制方式和模仿控制方式两种。

一、预测控制方式

预测控制方式是预先规定控制参数和设定值等控制条件,然后根据检测的实际参数与设定值进行比较,对制动过程进行控制。根据控制参数不同,预测控制可分为下列几种形式。

1. 以车轮减速度为控制参数的控制方式

该形式的 ABS 控制方式是以车轮的减速度为控制参数。通过轮速传感器检测轮速(以下称 V_R)对其微分可求出车轮减速度 a_R 。如果在 ECU 中预先设定一车轮减速度门限值 $-a_0$,当通过轮速传感器所测得的车轮减速度 a_R 与 $-a_0$ 作比较,可获得车轮减速度信号 $-a$,如图 1-9 所示。在车轮减速度信号 $-a$ 出现期间,降低制动压力,而在其余时间增加制动压力,只要制动压力的减压速度合适,就能实现如图 1-10 所示的以车轮减速度为控制参数的控制过程。此种控制方式在高速挡或空挡进行紧急制动的特定条件下,防止车轮抱死效果较好,但汽车以低速挡行驶时,由于制动时驱动轮的 a_R 达不到设定值 $-a_R$,系统将无法对车轮进行控制,从而将出现抱死的现象。同时此种控制方式由于在确定轮速 V_R 是否恢复到稳定区域的过程中,无法进行制动控制,因此汽车在低附着系数的路面或由高附着系数的路面进入低附着



系数的路面行驶时,也就是在附着系数急剧变化的情况下,制动压力不能及时降低,无法根据滑移率的变化进行制动控制而导致车轮抱死。

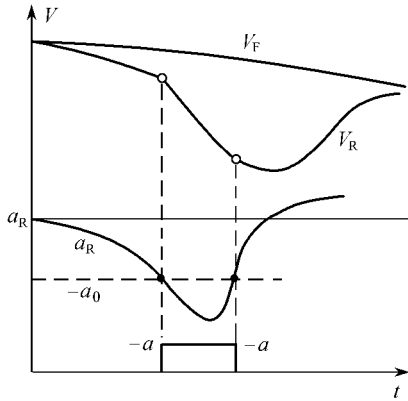


图 1-9 车轮减速度信号 - a

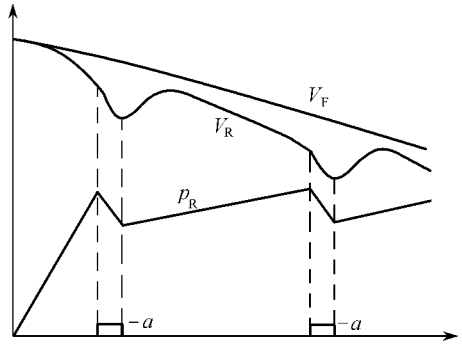


图 1-10 以车轮减速度为控制参数的控制

2. 以车轮滑移率为控制参数的控制方式

该形式的 ABS 控制方式是以车轮的滑移率 S 为控制参数。滑移率可以通过检测汽车速度 V_F 和轮速 V_R 计算得到。

轮速 V_R 可由轮速传感器准确检测得到。而车速的准确检测则比较困难,可采用下述几种方法:

(1) 采用非接触式测速传感器如多普勒测速雷达检测车速。但测速雷达成本较高,技术复杂,用得少。

(2) 采用加速度传感器检测出汽车减速度 a_f ,然后计算出车速 v_f ,此种方法检测车速,由于加速度传感器受道路坡度的影响,误差较大,控制精度差,用得少。

(3) 根据车轮速度 V_R 计算出汽车速度 V_{F0} 。由于车速 V_F 和轮速 V_R 的变化趋势相同,当车轮减速度 a_R 达到某一特定值时,以该瞬间的 V_R 为初始值,根据 V_R 按固定斜率(用 V_{Ref} 表示)变化的规律,近似计算出汽车速度 V_F ,如图 1-11 所示。并将 V_{Ref} 当作 V_F 计算滑移率 S ,当滑移率数值超过设定值 S_0 (相当于 S_{opt})时,发出滑移率信号 - S 。此种控制方法,只在滑移率信号 - S 发出期间,才降低制动压力,其余时间增大制动压力,其控制过程如图 1-12 所示。

只要 a_R 能达到某一特定值,斜率 V_{Ref} 满足下述条件: V_{Ref} 必须稍大于 φ_{Bmax} 所对应的汽车减速度。在所有路面上都能确保车轮旋转恢复到稳定区域。根据 V_R 计算车速 V_F ,由于需要根据路面情况改变斜率 V_{Ref} ,故还需一套测定汽车减速度的装置,实用性差。 S_0 为一特点值,在不同路面上不一定都与 S_{opt} 相对应,所以不可能准确地检测出车轮的稳定界

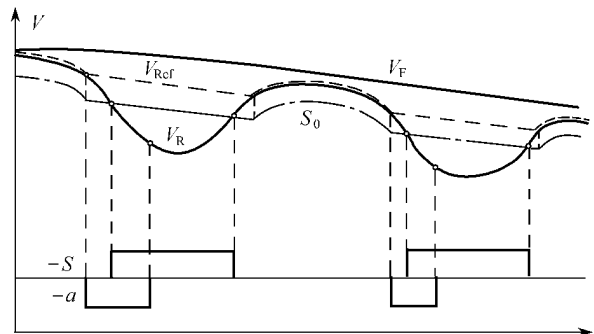


图 1-11 汽车速度的计算