



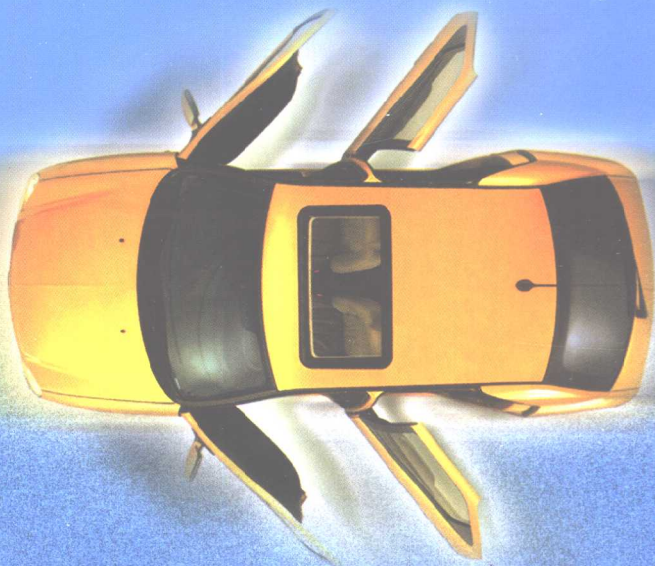
汽车维修专项技能

培 训 教 材

汽车防抱死制动系统 / 安全气囊系统

◎ 宋年秀 杜彦蕊 主编

◎ 苏 建 王耀斌 主审



QICHEWEIXIUZHUANXIANGJINENG
PEIXUNJIAOCAI



人民交通出版社
China Communications Press

汽车维修专项技能培训教材

Qiche Fangbaosi Zhidong Xitong/
Anquan Qioang Xitong

汽车防抱死制动系统/
安全气囊系统

宋年秀 杜彦蕊 主编
苏 建 王耀斌 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书重点介绍了现代汽车新技术中的防抱死系统(ABS)和安全气囊系统(SRS)的结构、工作原理和维修技术。全书共分十章,第一章至第三章对汽车防抱死系统和安全气囊系统的基础知识作了必要的介绍,其中包括防抱死系统和安全气囊系统的工作原理、结构组成、分类以及作为一般汽车维修人员所应掌握的基本维修常识。第四章至第十章则针对目前国内常见的夏利 2000、奥迪、别克、丰田佳美、三菱、日产和通用等轿车防抱死系统和安全气囊系统的结构特点、故障诊断和维修技术作了详细介绍。

本书图文并茂、内容全面、通俗易懂,不仅适合于汽车修理技术人员、驾驶人员以及汽车爱好者使用,也适合于大中专院校汽车相关专业的师生参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

汽车防抱死制动系统/安全气囊系统/宋年秀编.
北京:人民交通出版社,2003.12
ISBN 7-114-04910-2

I.汽... II.宋... III.①汽车-制动装置,防抱死②汽车-充气安全装备 IV.U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 115985 号

汽车维修专项技能培训教材 汽车防抱死制动系统/安全气囊系统

宋年秀 杜彦蕊 主编

苏 建 王耀斌 主审

责任校对:刘 芹 责任印制:张 恺

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

各地新华书店经销

北京鑫正大印刷有限公司印刷

开本:787×1092 1/16 印张:13 字数:318 千

2004 年 2 月 第 1 版

2004 年 2 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001—4000 册 定价:22.00 元

ISBN 7-114-04910-2

前 言

随着汽车工业的迅猛发展和人民生活水平的日益提高,汽车已经开始走进千家万户。当今我国汽车保有量不断增加,汽车行驶速度越来越快,由此导致交通事故频繁发生,因此,人们已经开始越来越注重汽车的安全性和行驶可靠性,其中防抱死系统(ABS)和安全气囊系统(SRS)就是电子技术在汽车上的新应用。它们在改善汽车制动性能、确保行车安全和减少正面碰撞时造成的驾驶员和乘员的伤害等方面起了重要的作用。

伴随汽车防抱死系统和安全气囊系统的普及与发展,其使用与维修问题也日益突显。广大汽车维修人员以及汽车业主都迫切希望了解汽车防抱死系统和安全气囊系统的结构原理,掌握其使用维修知识,本书正是基于此目的而编写的。

本书内容充实、通俗易懂、由浅入深,不仅全面系统地介绍了有关汽车防抱死系统和安全气囊系统的基础知识,而且以当今国内常见车型为例具体讲解了汽车防抱死系统和安全气囊系统的维修技术,因而具有较强的知识性和实用性。

本书由青岛建筑工程学院宋年秀、杜彦蕊主编,王丰元、陈立辉、王廷和任副主编,参加编写的还有:付文光、赵金先、张照文、张兆和、刘瑞昌、王建强、姜雪杰、张青松、陈正平、戴汝泉、高志斌。全书由吉林大学苏建教授和王耀斌教授主审。

本书在编写过程中,借鉴和参考了大量国内外有关书籍,在此对这些图书的作者致以诚挚的谢意!

由于编者水平有限,书中错误和缺点在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 防抱死制动系统和安全气囊系统简介	1
第一节 防抱死制动系统概述	1
一、汽车装用防抱死制动系统的必要性	1
二、ABS 的基本调节原理	3
三、ABS 的发展史	3
四、汽车 ABS 的分类与布置形式	5
第二节 防抱死制动技术的理论基础	6
一、制动车轮运动学	6
二、附着系数的变化规律	9
三、制动车轮动力学	10
四、ABS 的工况分析	10
第三节 安全气囊系统概述	11
一、安全气囊系统的重要性	11
二、安全气囊系统的分类	13
第二章 防抱死制动系统和安全气囊系统的组成	15
第一节 防抱死制动系统概述	15
一、防抱死制动系统的基本组成	15
二、防抱死制动系统的工作原理	16
第二节 防抱死制动系统控制器	16
一、控制器的组成	16
二、控制器的功能	17
第三节 防抱死制动系统传感器	20
一、传感器的结构	20
二、传感器的工作原理	22
三、传感器的安装实例	23
四、汽车减速度传感器	23
第四节 防抱死制动系统液压控制装置	25
一、ABS 液压控制装置的组成	25
二、ABS 系统的调压工作方式	28
第五节 典型的 ABS 系统的构造与工作原理	30
一、整体式液压制动系统 ABS	30

二、分离式液压制动系统 ABS	31
三、ABS-VI	33
第六节 汽车防滑转电子控制系统简介	35
一、ASR 系统的作用和类型	35
二、ASR 系统的工作原理	36
三、ABS 和 ASR 系统的区别与联系	37
第七节 安全气囊系统的结构组成和工作原理	38
一、安全气囊系统的基本组成	38
二、安全气囊系统主要元件的结构原理	39
三、安全气囊系统的控制原理	43
第三章 防抱死制动系统和安全气囊系统的性能检验与维修	50
第一节 ABS 维修的基本内容和基本方法	50
一、ABS 维修的基本内容	50
二、ABS 维修的基本方法	50
三、ABS 维修的注意事项	51
第二节 防抱死制动系统的诊断与修理	51
一、ABS 的诊断与检查	51
二、ABS 的修理	55
第三节 安全气囊系统的检修与使用	57
一、安全气囊系统的检修要点	57
二、安全气囊系统的正确使用	58
三、安全气囊的处置	59
第四章 夏利 2000 型轿车防抱死制动系统和安全气囊系统	63
第一节 夏利 2000 型轿车防抱死制动系统	63
一、故障测试	63
二、拆卸与安装	66
三、故障检测诊断步骤	68
四、故障检测诊断	68
第二节 夏利 2000 型轿车安全气囊系统	78
一、系统零部件位置及功能	78
二、拆卸与安装	82
三、故障检测诊断步骤	86
四、故障检测诊断	86
第五章 奥迪轿车防抱死制动系统和安全气囊系统	98
第一节 奥迪轿车防抱死制动系统	98
一、奥迪 ABS 的结构	98

二、奥迪轿车 ABS 的故障诊断	99
三、奥迪轿车 ABS 的电路测试	101
四、奥迪轿车的 ABS 维修	103
第二节 奥迪轿车安全气囊系统	104
一、奥迪轿车 SRS 装置的位置	104
二、奥迪轿车 SRS 的拆卸和安装	105
三、奥迪轿车 SRS 故障检测和诊断	108
四、气囊控制模块识别的故障代码	109
第六章 别克轿车防抱死制动系统和安全气囊系统	115
第一节 别克轿车防抱死制动系统	115
一、别克轿车 ABS 元件的位置	115
二、别克轿车 ABS 故障检查	115
三、别克轿车 ABS 的故障诊断	116
四、别克轿车 ABS 零部件的更换	118
第二节 别克轿车安全气囊系统	121
一、别克轿车 SRS 零部件的更换	121
二、别克轿车 SRS 扫描工具数据	124
三、别克轿车 SRS 故障诊断系统	127
四、别克轿车 SRS 故障码诊断	129
第七章 丰田佳美轿车防抱死制动系统和安全气囊系统	138
第一节 丰田佳美轿车防抱死制动系统	138
一、丰田佳美轿车 ABS 的结构特点	138
二、丰田佳美轿车 ABS 的故障码检查	141
三、丰田佳美轿车 ABS 的主要部件检修	146
四、丰田佳美轿车 ABS 常见故障诊断与排除	151
第二节 丰田佳美轿车安全气囊系统	152
一、丰田佳美轿车 SRS 的组成与布置	152
二、丰田佳美轿车 SRS 的故障码检查	153
三、丰田佳美轿车主要部件的检修	156
第八章 日产轿车防抱死制动系统和安全气囊系统	163
第一节 日产轿车防抱死制动系统	163
一、日产轿车 ABS 的结构特点	163
二、日产轿车 ABS 的故障诊断	166
第二节 日产轿车安全气囊系统	168
一、日产轿车 SRS 的部件组成	168
二、日产轿车 SRS 的故障诊断	168

三、日产轿车 SRS 的故障代码	170
第九章 三菱汽车防抱死制动系统和安全气囊系统	172
第一节 三菱汽车防抱死制动系统	172
一、三菱汽车 ABS 的结构特点	172
二、三菱汽车 ABS 的检查	172
三、三菱汽车 ABS 的故障诊断	174
第二节 三菱汽车安全气囊系统	176
一、三菱汽车 SRS 的故障诊断	176
二、三菱汽车 SRS 故障检查的注意事项	179
第十章 通用轿车防抱死制动系统和安全气囊系统	181
第一节 通用轿车防抱死制动系统	181
一、通用车系 ABS 的结构特点	181
二、通用车系 ABS 的故障诊断	188
三、通用车系 ABS 的维修	194
第二节 通用轿车安全气囊系统	194
一、通用轿车 SRS 的结构特点	194
二、通用轿车 SRS 的故障诊断	194

第一章 防抱死制动系统和安全气囊系统简介

随着汽车行驶速度的提高和汽车行驶安全性要求的提高,防抱死制动系统(ABS)和安全气囊系统(SRS)就应运而生。ABS的英文全称为 Anti-Lock Brake System,即防抱死制动系统,主要功用是防止汽车在紧急制动时车轮抱死。SRS的英文全称为 Supplemental restraint system,意思是辅助约束装置,由座椅安全带电动(气动)收紧机构和安全气囊两部分组成,主要功用是防止汽车碰撞时伤害成员的头部、胸部和腹部。

第一节 防抱死制动系统概述

一、汽车装用防抱死制动系统的必要性

传统的轿车制动系统一般都是利用轿车车轮抱死后的滑拖来实现制动的。衡量轿车制动性能的好坏,通常用道路试验法,即根据车轮被制动抱死后在路面上所拖出的印迹长短来加以评判。

事实证明:车轮抱死之后,轮胎在路面上必须滑移一段距离,这无疑会增大制动距离,不能保证轿车制动时的安全;另外,在车轮抱死的滑拖过程中,由于路面附着系数下降而导致其侧向附着力减小或消失,产生侧(横)向滑移,使轿车失去侧(横)向稳定性,即失去转向控制能力。也就是说,在这种状态下,轿车不但没有充分利用其纵向附着系数的峰值,而且由于侧向附着系数很小,尤其是在潮湿、较滑的路面上,若稍有侧向力的干扰,轿车就会产生侧滑而失去稳定性。例如:发生轿车制动跑偏、甩尾等现象,容易造成交通事故。据统计,我国有10%~15%以上的交通事故与轿车制动过程中的车轮抱死有关。可见,为了保证公路交通的安全,就应要求轿车尽快实现制动时车轮防抱死。

要提高轿车制动的方向稳定性,又要实现尽可能小的制动距离,就必须设法在轿车制动时使其获得较大纵向附着力的同时,又获得较大的侧向附着力。试验证明把轿车滑移率S控制在15%~25%的范围之内可以实现这一目标。这是一般轿车制动系统无法实现的,而防抱死制动系统(ABS)却容易做得到。

轿车制动时,使其实现减速行驶的外力是路面制动力。路面制动力的大小取决于两个摩擦副的摩擦力:

- (1)制动器内制动蹄片与制动鼓间的摩擦力(制动器制动力);
- (2)轮胎与路面间的附着力(摩擦力)。

由此可见,只有当轿车具有足够大的制动器制动力,同时地面又能提供较高的附着力

时,才能获得较大的路面制动力。一般情况下,轿车制动系统的制动器均能提供足够大的制动器制动力(利用气压或液压),而提高轿车制动的稳定性、制动方向性及缩短制动距离的关键,则在于如何获得较大的轮胎与路面间的附着力。

轿车附着力的最小值等于路面对车轮的垂直反作用力和附着系数的乘积。其垂直反作用力可认为是定值,而轿车在制动过程中车轮与路面的附着系数,则随车轮的运动状态不同而有变化。但如果能将轿车制动滑移率 S 控制在 $15\% \sim 25\%$ 范围内,就能保证轿车在获得较大纵向附着系数的同时也能获得较大侧向附着系数,也就能保证轿车的最好制动效果,即能防止轿车车轮在制动时抱死。

防抱死制动系统(ABS)的主要任务就是通过其控制装置,对轿车制动过程中车轮的运动状态进行监测和有效的控制,不断地调节制动系统的制动力,使车轮尽可能处于最佳运动状态,使轿车具有良好的抗侧滑能力和最短的制动距离,以提高车辆行驶的安全性。

防抱死制动系统(ABS)按其结构可以分为:采用惯性式转速传感器控制的机械式 ABS 和采用转速传感器通过电脑控制的电子式 ABS。现在世界上大多采用电子控制式 ABS 系统,并且是采用液压控制形式,例如捷达(Jetta)轿车采用的 ABS 系统。

随着高速公路的出现和汽车行驶速度的不断提高,现代轿车制动系统在结构上具有以下特点:

(1)车轮制动器盘式化或前盘后鼓化。因为轿车前轮的制动力要求较大,故多采用热稳定性好、水衰退性好、纵向稳定性好的盘式制动器。后轮常用摩擦片使用寿命长、附装驻车制动较方便的鼓式制动器。由于质心的普遍降低,加之超低压扁平胎的使用,使制动器的安装位置受到限制,特别是鼓式制动器的热衰退、水衰退及稳定性差,因此,轿车前后轮都采用盘式制动器的结构已逐渐增多。

(2)液压制动双管路化,保证在某一管路失效后,另一管路仍具有一定的制动作用,提高行车安全性与可靠性。

(3)液压制动系统中采用真空助力器,以保证足够的制动效能,同时减轻驾驶员的疲劳强度。

(4)采用制动间隙自动补偿机构。在车轮制动器上安装此装置后,只需要定时更换摩擦片,省去了繁琐的调整工作,同时也避免了由于调整疏忽而影响了制动安全性。

(5)制动系统中采用制动力调节装置。汽车在制动时,要使汽车获得尽可能大的制动力,又不发生侧滑和甩尾现象,必须使前后车轮同时达到“抱死”的边缘,即前后车轮制动力之比等于前后轮对路面垂直载荷之比。在实际行驶过程中,由于车速、车辆负荷、重心位置、道路条件等不同,理想的制动管路压力分配不同,前后轮上所需要的制动力为一个随机变化的参数。因此,在制动系统中采用一系列制动力调节装置,来调节前后车轮制动管路中的压力,使车辆获得最佳的制动效果。

(6)采用电子控制防抱死系统,即 ABS 系统。目的是充分利用轮胎与路面的附着力达到最佳制动状态,能有效地防止前轮失去转向能力和后轮侧滑导致甩尾现象。

(7)采用牵引力控制装置,以解决汽车在低摩擦系数路面上急加速时,车轮滑转而导致

汽车稳定性下降的安全问题。

防抱死制动系统(ABS)的优点有:

(1)缩短了制动距离,可获得最大的纵向制动力;在冰雪路面上,可以缩短制动距离10%~20%。

(2)增加了轿车的稳定性,可防止轿车甩尾、侧滑和丧失转向能力;在制动时,能操纵轿车躲避前方的障碍。

(3)改善轿车轮胎的磨损状况,克服了轮胎边滚边滑的状态,提高轮胎使用寿命6%~10%。

(4)提高轿车行驶的平均车速约15%。

防抱死制动系统(ABS)的缺点:

(1)ABS不能提供超越车轮与路面所能承受的制动效果。

(2)ABS不能代替驾驶员的制动操作,只能在驾驶员制动时,帮助达到较好的制动效果。

(3)ABS性能的好坏受整车制动状况的影响。

(4)在平滑的干燥路面上制动,有熟练技术的驾驶员操作常规制动系统其制动距离,要比ABS工作的制动距离短,这是因为ABS允许滑动率降低到8%左右所致。

(5)在松土或积雪较深的路面上制动时,车轮抱死制动要比ABS工作时的制动距离短,这是因为松土或积雪路面使抱死的车轮胎前部形成楔形物,更利于轿车制动。所以,装备有ABS的轿车一般在仪表板上装一个开关,以便在这种路面上行驶时,关闭ABS,使其失去ABS的作用。

二、ABS的基本调节原理

每个车轮上的车速传感器将变化的速度信号输送给ABS和电控单元ECU,电脑根据各车速传感器传来的信号,通过执行器控制轮缸的液压压力迅速变大或变小,防止车轮抱死。在一般制动情况下,驾驶员踩在制动踏板上的力较小,车轮不会被抱死,此时制动力完全由驾驶员踩在制动踏板上的力来控制。主缸里的制动液可直接通过执行器进入制动轮缸产生制动力,ABS系统不起作用。若车轮接近抱死,ABS电脑从车速传感器传来的信号中判断出哪个车轮抱死,立即向相应的执行器发出指令,执行器迅速降低轮缸压力,防止车轮抱死。当轮速达到或超过最佳值时,ABS电脑便向执行器发出指令,执行器“保持”或“增加”液压压力,始终把车轮的滑移率控制在20%左右,保证车轮的制动稳定性。

三、ABS的发展史

ABS装置最早应用于飞机、铁路机车,而在汽车上的应用则较晚。我们都知道,如果铁路机车的制动强度过大,车轮就会抱死并在道轨上滑行。由于车轮和道轨的摩擦,就会在车轮外圆上磨出一些小平面,这叫平面现象。小平面产生后,车轮就不能平稳地旋转而产生噪声和振动。为了防止这种现象的发生,1908年J·E·Francis设计了一种装置,把它安装在机车上以后,

意外地发现制动距离也缩短了。1936 年德国 Robert Bosch 公司取得了 ABS 专利权。

1948 年美国的 Westinghouse Air Brake 公司开发了铁路机车专用的 ABS 装置。该装置利用安装在车轴上的转速传感器测出车轴的减速度(用飞轮控制检测开关),然后,使电磁阀动作控制制动气压,防止车轴磨损。

飞机着陆时如果制动强度过大,车轮抱死,导致轮胎磨损严重,有破裂的危险。如果跑道上结冰,车轮打滑,难以保持直线行驶性能,飞机会产生侧滑或机体旋转等不规则运动。为防止这种危险工况的出现,真正应用 ABS 装置还是在第二次世界大战的末期,即 1945 年。最初,德国 Friz Ostwald 的设计思想被美国政府用在喷气式飞机上,后来也在轿车、载货车和摩托车上采用了。接着是 1948 年,波音公司生产的 B-47 飞机装上了 Hydro Aire 公司的 ABS 初期产品。该装置利用脉冲进行控制,转速传感器测出车轮开始抱死的时刻,电磁阀动作使液压下降,车轮转动后液压又上升,反复上述动作。

从 20 世纪 50 年代后半期到 1960 年,Good Year 公司和 Hydro Aire 公司分别开发出各有特点的 ABS 装置。这种装置不是像开关一样,把液压控制在零或最大,而是根据车轮的减速情况,阶段性地控制液压,采用了初期的电子计算机,使 ABS 的性能得到了很大的改善。目前,在北美,规定所有的民航飞机都必须安装 ABS 装置。

ABS 系统首次在汽车上的应用是 1954 年美国 Ford 公司把法国生产的民航机用 ABS 应用在林肯牌轿车上。这次试装虽然以失败而告终,但揭开了汽车应用 ABS 的序幕。同一时期,Kelsey Hayes 公司与 Hydro Aire 公司联合生产货车用 ABS。1957 年,Ford 公司与 Kelsey Hayes 公司开始联合开发 ABS,1968 年达到了预期目的。

1960 年上半年,Harry Ferguson Research 公司把 Maxaret ABS 组合成四轮控制式,安装在试验车上,并于 1965 年向英国 Jensen 公司提供了 Ferguson 制造的四轮控制 ABS 样机。

同一时期,美国政府倡导在国产轿车、载货车上安装 ABS,鼓励开发 ABS。之后,Kelsey Hayess 公司、Bendix 公司开始开发研制,TRW 公司也对开发 ABS 表现出浓厚的兴趣。1969 年福特汽车公司首先推出后二轮控制方式的防抱死制动系统,并在美国、日本的高级轿车上得到应用,但是在此后约 10 年中却没有获得较大的进展。随着电子控制技术及精密液压元器件加工制造技术的进步,逐渐奠定了复杂而精确的控制技术的基础,1978 年奔驰公司首次推出四轮控制的防抱死制动系统。

防抱死制动系统的发展趋势是:

传感器等附加装置。现在许多防抱死制动系统只备有车轮速度传感器,只用这种信号进行控制,这很难确保不同车辆的防抱死制动性能。为了补偿控制的下降,在车辆上增加了检测前后或横向减速度的 G 传感器(减速度传感器),不仅能补偿控制功能的不足,而且可以提高整个装置的功能。

低成本化。防抱死制动装置已从高级轿车逐渐向中低档轿车普及。今后,为了向普及型轿车和商用车普及,要求 ABS 小型化、低成本,特别要减少执行元件的数量和传感器的通道数,并简化结构。

将来动向。可以预计,今后最新的控制技术是推动传感器技术的高性能,所增加新功能

的高级化,尽量向确保必要功能、简化结构以降低成本的二级化方向发展。

四、汽车 ABS 的分类与布置形式

1. 按组合形式分

(1)分离式:制动总泵和制动压力调节装置(执行元件),分别为独立的总成。管路布置灵活,可并装 ASR 系统,使用广泛。

(2)整体式:制动总泵和制动压力调节装置(执行机构)组为一体。结构紧凑,管路少,成本高,如图 1-1 所示。

2. 按制动助力形式分

(1)总泵上有真空助力器的:结构简单,便于维修,使用广泛。

(2)总泵上无真空助力器的:利用储能器对总泵中的助力活塞进行助力,不受发动机熄火的影响,有 20 次以上的助力制动。它的液压油泵和电机受压力开关的控制,与电脑无关,所以有多次制动的助力功能。有的利用转向助力泵油压,产生制动助力油压和 ABS 系统的控制油压,称为“液压助力式 ABS 系统”,如图 1-2 所示。

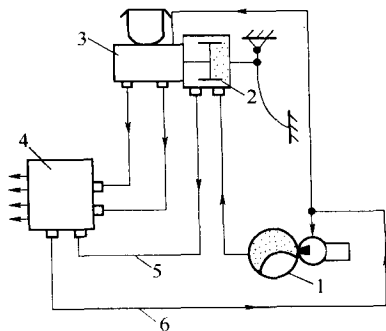


图 1-2 无真空助力器的 ABS 系统

1-储能器和油泵电机;2-助力活塞;3-制动总泵 4-执行元件(动压力调节装置);5-助力油路;6-回油管路

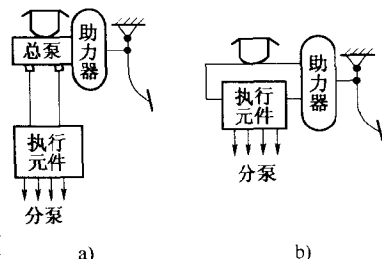


图 1-1 ABS 系统的组合型式

a)分离式;b)整体式

3. 按轮速传感器和控制通道分

防滑控制系统,多以轮速传感器和车轮的减速度或加速度来进行调节,由于制动管路的布置形式不同和制动力的分配各异,方案有多种,常见的有两种形式如图 1-3 所示:

(1)H 型:4 个轮速传感器 A 个电磁阀、4 个控制通道、各车轮单独调节。适合于各种制动管路型式和前后轮驱动的汽车。有较好的制动稳定性和操纵性。

(2)Y 型:三个轮速传感器、3 个电磁阀、3 个控制通道,前两轮单独调节,后两轮共用一个管路调节。或 4 个轮速传感器、3 个电磁阀、3 个控制通道,都可称为 Y 型。

前轮驱动的汽车,制动时因质量的转移,使前轮的附着力较大(可达 80%),后轮附着力较小(仅 20%),为提高前轮附着力的利用率,多采用比例控制(比例阀),用一个轮速传感器感测两后轮的平均转速即可满足需求。

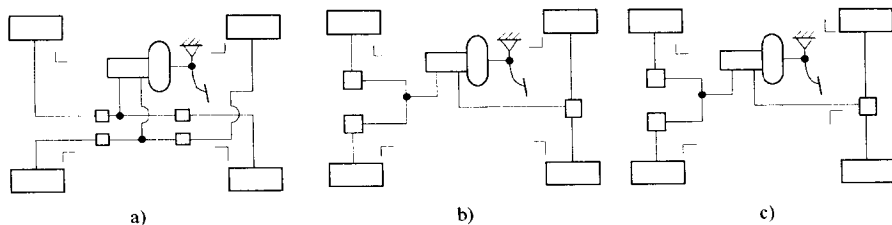


图 1-3 H型和Y型排列方案

a) H型 4/4; b) Y型 4/3; c) Y型 3/3r

L-轮速传感器; □-调压器的控制通道

第二节 防抱死制动技术的理论基础

一、制动车轮运动学

(一) 汽车运动受力分析

1. 制动产生的力

对行驶着的汽车施加适当的制动时,汽车就会受地面制动力、惯性力,有时还受到旋转力矩,如图 1-4 所示。制动过程中在轮胎和地面之间产生的与行进方向相反的摩擦力又叫作地面制动力,与地面制动力相关的摩擦系数叫作制动附着系数。附着系数越大,地面制动力越大,能在较短距离内使汽车停下。与各车轮地面制动力的合力大小相等、方向相反、作用在汽车质心上的力叫作惯性力,其大小等于质量与加速度或减速度的乘积。当左右地面制动力相等时,汽车能够沿着行进方向停住;左右地面制动力不等时,绕汽车质心产生一个

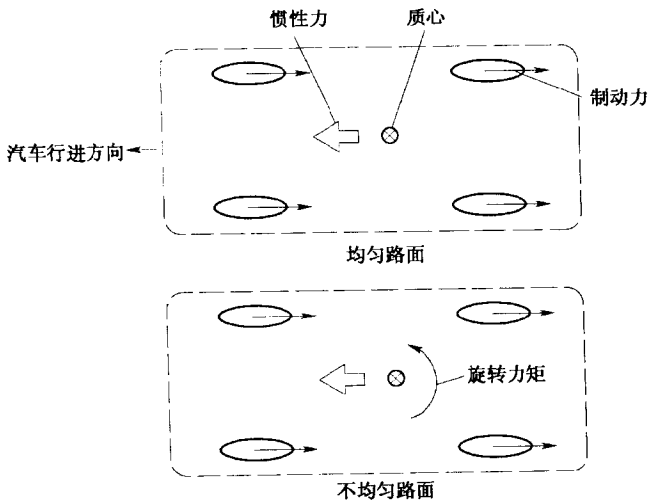


图 1-4 制动时产生的力

旋转力矩,会使制动跑偏。

2. 侧滑摩擦力

在轮胎和地面的接触面上还存在着另外一个摩擦力,它与地面制动力不同,作用在车轮横向上,这个力叫作侧滑摩擦力(也叫侧向力或转弯力)。汽车转弯时,转动方向盘使车轮产生一个转角,相应地产生了侧滑摩擦力,能克服离心力的作用维持汽车的曲线运动。决定侧滑摩擦力大小的摩擦系数叫作侧向附着系数。

为了便于理解,把后轮的侧滑摩擦力叫作侧向力,把前轮的侧滑摩擦力叫作转弯力。侧向力的作用是保持汽车行进方向,转弯力的作用是根据驾驶员的操作而改变汽车行进方向。严格地讲,作用在前后车轮垂线方向上的力叫作侧向力;与车轮行进方向成直角的作用力叫转弯力。转向角较小时,可以认为两者基本相等。

一般来说,侧向力越大汽车的方向稳定性越好;转弯力越大,操纵性越好。反之,侧向力和转弯力很小或消失时,汽车就无法按照驾驶员的意图行驶。汽车在冰、雪道路上制动时,会发生跑偏或掉头现象,不能按照驾驶员的操作行驶就是一个例子。

3. 直线行驶中车轮抱死时的汽车运动情况

直线行驶的汽车所有车轮全部抱死时的运动情况,如图 1-5。车轮抱死后,侧滑附着系数基本为零,保持方向稳定性的车轮侧向力也接近于零。这种状态很不稳定,对汽车只要施加很小的偏转力矩,汽车就会产生不规则运动并沿着瞬时行驶方向急速驶出,这也是很危险的。

4. 曲线行驶中车轮抱死时的汽车运动情况

为汽车沿曲线运动时强力制动并使车轮抱死的情况,如图 1-6 所示。当只有前轮抱死时,由于前轮的转弯力基本为零,无法进行正常的转向操作,这时汽车滑行方向是行驶曲线的切线方向。

当只有后轮抱死时,后轮的侧向力接近于零,如图 1-7 所示。汽车不能保持原来的行驶方向,由于离心力和前轮转向力的作用,汽车将一面旋转一面沿曲线行驶。

所有的车轮全部抱死时,转弯力、侧向力均接近于零,汽车完全失去操纵性和方向稳定性,如图 1-8 所示,兼有前、后轮单独抱死时的两种运动,即一面作与驾驶无关的不规则运动,一面沿曲线的切线方向滑行。

(二)汽车制动力的变化

汽车质量是靠各个车轮来支承的。在轮胎和路面的接触面上有一个垂直方向的作用力,这个力叫作轮胎载荷。轮胎载荷随着制动力和转弯时的惯性力而变化。

1. 制动力引起的载荷变化

汽车制动时作减速运动。制动时所产生的地面制动力等于车轮载荷与附着系数之积。制动时所产生的惯性力与总制动力大小相等、方向相反,指向行驶方向,并作用在汽车质心

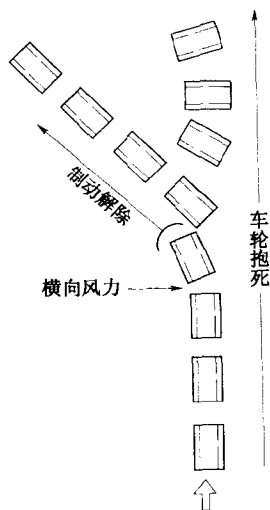


图 1-5 直线行驶中车轮抱死时的汽车运动情况

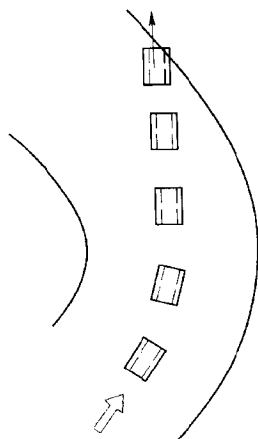


图 1-6 前轮抱死的汽车运动情况

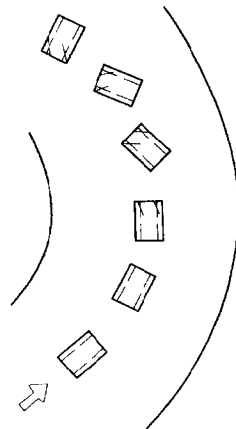


图 1-7 后轮抱死的汽车运动情况

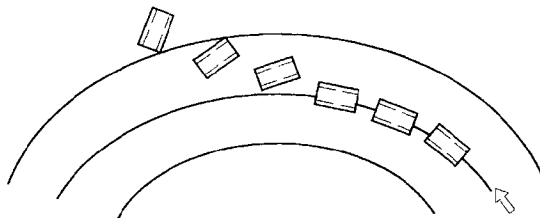


图 1-8 所有车轮全部抱死的汽车运动情况

上。这两个力将使汽车产生一个前倾力偶矩,使前轮载荷增加 ΔW_b ,后轮载荷减少面 ΔW_b 。假定附着系数为 μ_B 、车重 W 、轴距 L 、质心高度 H ,则 $\Delta W_b = \mu_B WH/2L$ 。即质心越高、轴距越短,载荷转移的幅度越大。

2. 离心力引起的载荷变化:

汽车转弯时,由汽车质量 W/g 、速度 v 和曲率半径 R 所决定的离心力 $Wv/(gR)$ 作用在汽车的质心上。如图 1-9 所示的侧倾力偶矩产生后,使外侧轮胎载荷增加 ΔW_c ,内侧轮胎减少 ΔW_c 。假定轮距为 B 、离心力所产生的力偶矩对每个车轮平均分配,则 $\Delta W_c =$

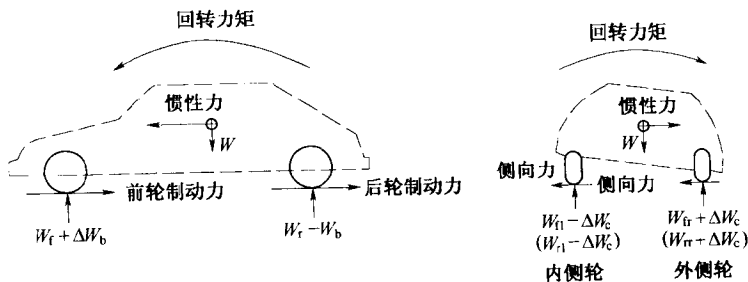


图 1-9 车轮承受的载荷

$Wv^2H/(2gRB)$ 。

总之,由于制动时引起的车轮大小的变化,就使得前轮制动力最大,后轮制动力最小。同样道理,汽车转弯时前外车轮的制动力最大,后内车轮的制动力最小。

二、附着系数的变化规律

(一)滑移率的定义

汽车是利用地面与轮胎之间的摩擦力来减速的。制动时车轮速度减小,在车速和轮速之间产生一个速度差,如图 1-10 所示。车速和轮速之间存在着速度差称为滑移现象,此时,车轮既有滚动又有滑动。滑移的程度用滑移率 S 表示,即

$$\text{滑移率} = [(\text{车速} - \text{轮速}) / \text{车速}] \times 100\%$$

从上式可以看出,当车速等于轮速时滑移率 S 为零。汽车制动时两者差别越大,滑移率越大。停车之前车轮抱死时,轮速为零,滑移率达到 100%。从开始制动到滑移率达到某一数值,在这个过程中附着系数是随滑移率的增加而增大的。

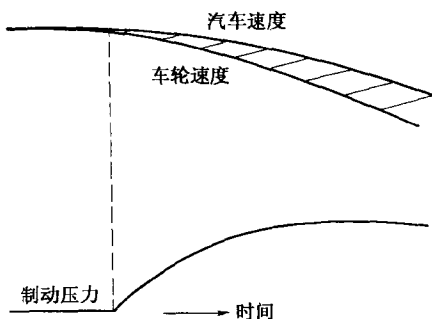


图 1-10 车速与轮速

(二)滑移率与附着系数的关系

制动附着系数 μ_B 、侧向附着系数 μ_s 和滑移率 S 之间存在着密切的关系,通常具有图 1-11 所示的特性。即:非制动状态下 ($S=0$),制动附着系数 $\mu_B=0$;制动状态下,滑移率达到某个数值时制动附着系数 μ_B 最大,之后随着滑移率的增大制动附着系数 μ_B 反而减小。制动附着系数 μ_B 最大时的滑移率叫作 S_{opt} 。

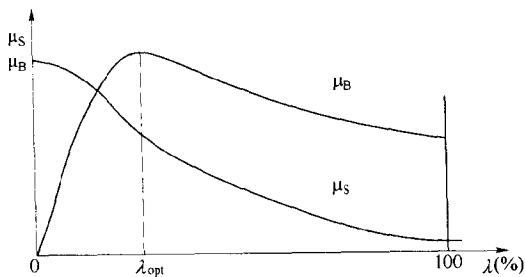


图 1-11 $\mu-\lambda$ 特性

当 $S=0$ 时,侧向附着系数 μ_s 最大,之后随着 S 的增大而减小,当汽车车轮完全抱死, $S=100\%$ 时, $\mu_s=0$,汽车的方向稳定性和转向能力将完全丧失。

如图 1-11 所示,附着系数与滑移率 (S) 的关系是:纵向附着系数 μ_B 随滑移率 (S) 的加大而下降。因而制动距离随 S 值的加大而延长,其最佳区是在 $15\% \sim 30\%$ 处,这是弹性轮胎变形所致。其横向附着系数当 $S=0$ 时为最大;当 $S=30\%$ 时,横向附着系

数将下降近一半。随着 S 值的加大,它的下降率远大于纵向,这是发生侧滑的主要原因,也是制动时方向稳定性变坏的关键。

试验证明,当滑移率处于 $15\% \sim 30\%$ 时,其纵向附着系数处于最大值,制动力可达最大值。横向附着系数也处于较大值状态。ABS 的设计,就是保证在各种路面状态保持这一滑