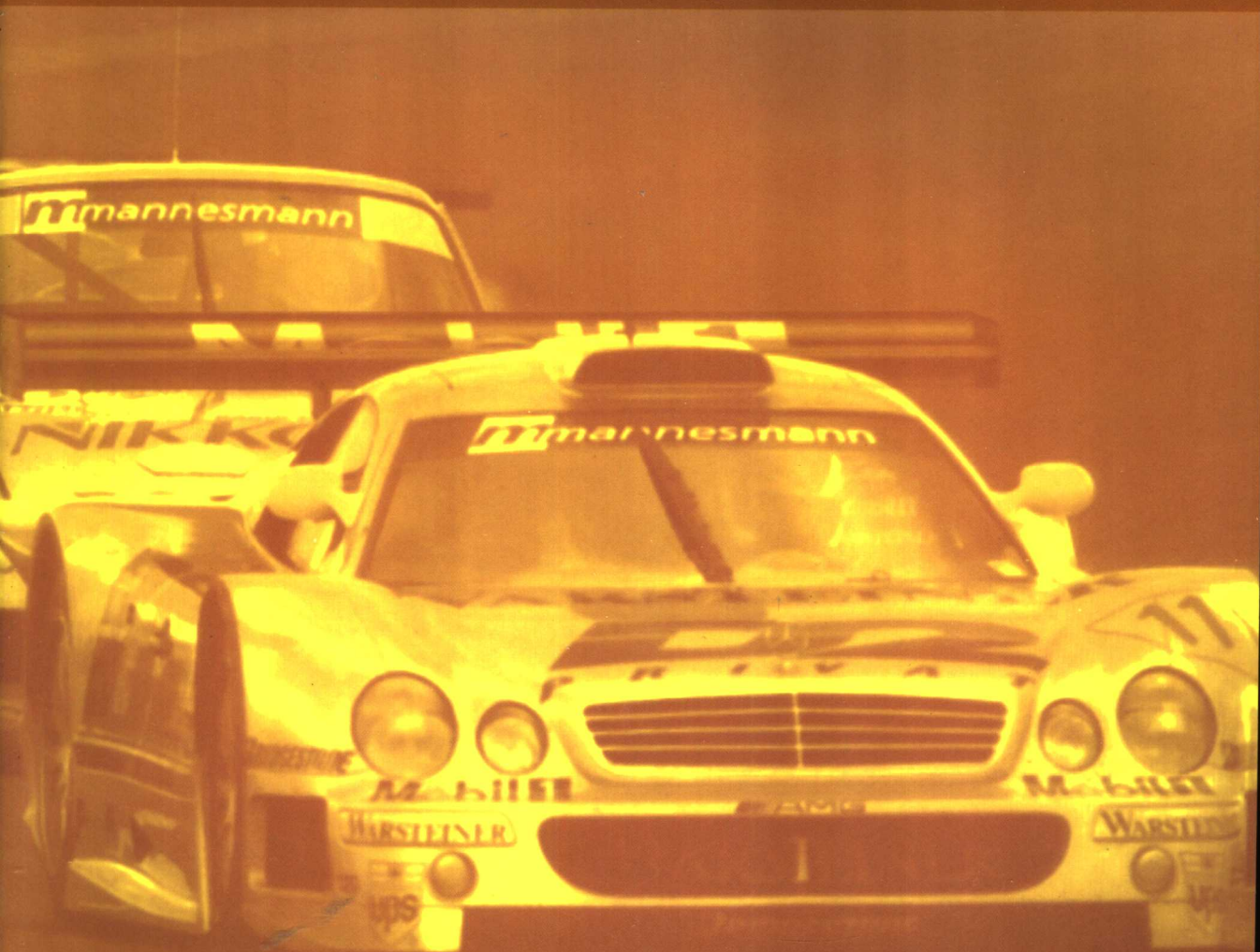


轿车新配置维修丛书

ABS/ASR 系统维修 从入门到精通

徐 森 魏建秋 主编



国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>

轿车新配置维修丛书

ABS /ASR 系统维修

从入门到精通

徐 森 魏建秋 主编

国防工业出版社

·北京·

内 容 提 要

本书以最近生产的国产轿车及部分进口轿车为例,简要地介绍了轿车 ABS(防抱死制动系统)和 ASR(防滑转控制系统)的典型结构组成及特点,详细地介绍了轿车 ABS/ASR 的检修技术及故障诊断方法,并精选大量典型维修实例加以分析,既有针对性,又有实用性,为汽车维修技术人员提供了一种清晰的思路和分析问题、解决问题的方法。本书实用性强,内容丰富,涉及车型广,所选实例具有广泛的代表性,通俗易懂,图文并茂,特别适合于高职、高专和培训学校作为汽车维修工的技能培训教材,同时也可供广大汽车维修检测人员及汽车教学人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

ABS/ASR 系统维修从入门到精通/徐森,魏建秋主编.

北京:国防工业出版社,2004.9

(轿车新配置维修丛书)

ISBN 7-118-03497-5

I. A... II. ①徐...②魏... III. ①轿车—制动装置,防抱死—维修②轿车—防滑—装置—维修
IV. U469.110.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 042960 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 14½ 332 千字

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月北京第 1 次印刷

印数:1—5000 册 定价:24.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前言

改革开放以来,汽车工业尤其是轿车工业正以前所未有的规模飞速发展,特别是 20 世纪 90 年代以来,汽车工业作为我国国民经济发展的支柱产业,正进入一个蓬勃发展的时期。一方面,经过引进,消化和吸收外国的先进技术;另一方面,探索以市场为导向发展的道路,有力地推进了我国汽车工业的发展。在此背景下,从事汽车运用、检测和维修等工作的各类职业人员日益增多。然而,随着多种新配置在汽车上的应用,现代汽车无论从结构与原理上,还是汽车的使用与维修上均与传统汽车有着根本区别。传统的汽车维修技术和工艺已远远不能适应现代汽车工业的发展。为此,我们组织编写了这套丛书,以期向希望从事汽车维修职业的读者提供一套图文并茂、通俗易懂的轿车新配置维修自学和培训教材。此套丛书包括:

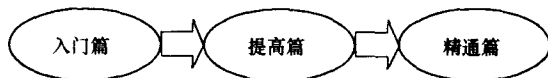
《ABS/ASR 系统维修从入门到精通》

《安全气囊系统维修从入门到精通》

《电控防盗系统维修从入门到精通》

《全自动空调系统维修从入门到精通》

本套丛书的编写宗旨是力求通俗易懂、实用好用,指导初学者快速入门、逐步提高、直至精通,成为汽车维修的行家里手。因此,丛书在编写过程中,既考虑了初学者的“入门”(结构原理及维修基础),又突出了一般维修人员的“提高”(应会维修技术及工艺),同时还兼顾了中等层次维修人员的“精通”(综合维修及案例分析)。



该套丛书与同类出版物相比较,具有以下与众不同的鲜明特点:

1. 实用性强。汽车维修是一门操作性和实践性比较强的工作,很多维修方法和技巧是在传统的教科书中所学不到的。而本套丛书的作者都是汽车维修的行家里手,他们既有比较扎实的理论基础,又有丰富的维修实践经验,书中所介绍的维修技术及工艺,都是作者经多年实践总结出来的“看家本领”,具有很强的指导性和可操作性。

2. 构思新颖。本套丛书在编写过程中做了大胆的尝试,每章首先列出本章要点,对重点提示、特别注意用图案来标识,全书图文并茂,条理清晰,别具一格。

3. 题材广泛。本套丛书涉及车型广泛,同时,所选案例具有广泛的代表性,使读者举一反三。

《ABS/ASR 系统维修从入门到精通》实用性强,内容丰富,涉及车型广,所选实例具有广泛的代表性,通俗易懂,图文并茂,特别适合于高职、高专和培训学校作为汽车维修工的技能培训教材,同时也可供广大汽车维修检测人员及汽车教学人员阅读参考。

本书由徐森、魏建秋同志主编,参加编写的有徐森、魏建秋、吴华宝、葛剑、王元龙、杨昌明、高群钦、李金学、张献琛、赵学鹏、王新华等同志。本书在编写过程中参考了大量的资料和出版物,同时得到众多维修专家的大力指导和帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏和错误之处,诚望广大读者不吝赐教,批评指正。

编者

2004 年 5 月

目 录

○ 入门篇

第一章 概述.....	2
第一节 ABS 系统简介	2
一、ABS 系统的提出	2
二、ABS 系统的优点	3
三、ABS 系统的分类	3
四、ABS 系统的发展趋势	5
第二节 ABS 系统原理简介	6
一、滑移率	6
二、汽车制动与车轮的旋转	6
第二章 ABS 系统基本结构组成	9
第一节 ABS 系统电控单元 ECU	9
一、概述	9
二、ECU 的基本结构	9
三、安全保护电路	11
四、ECU 的工作原理	13
第二节 车轮转速传感器	15
一、车轮转速传感器基本结构	15
二、车轮转速传感器信号产生原理	15
三、车轮转速传感器的工作原理	15
四、车轮转速传感器的安装实例	16
五、汽车减速度传感器	16
第三节 液压控制装置	18
一、ABS 系统液压控制装置的组成	19
二、典型调节器的工作过程	22
三、博世 ABS 系统的工作	26
四、德科(VI)ABS 系统的工作	27
第四节 驱动防滑控制系统(ASR)简介	29
一、驱动防滑控制系统	29
二、ASR 的原理	30
三、ASR 的控制方法	30

第三章 ABS 系统维修基础知识	32
第一节 ABS 系统的正确使用	32
一、驾驶 ABS 汽车的注意事项	32
二、汽车加装 ABS 的注意事项	32
三、制动液的更换及补充	33
第二节 ABS 系统维修基础知识	35
一、ABS 系统检修的基本内容	35
二、ABS 系统维修注意事项	36
第三节 ABS 系统的检修	36
一、ABS 系统的卸压	36
二、ABS 系统电控单元(ECU)的更换	37
三、轮速传感器的检修	37
四、液压控制装置(总成)的修理	39
五、ABS 线束的更换	40
第四节 ABS 系统常见故障诊断	41
一、故障诊断的原则及安全措施	41
二、ABS 系统故障检测与诊断	42
三、ABS 系统故障诊断表	44
四、故障自诊断	45
五、ABS 系统的快速检查	46
六、ABS 系统常见故障排除	47

○ 提高篇

第四章 国产轿车 ABS 系统的检修	52
第一节 桑塔纳 2000Gsi 轿车、捷达轿车 ABS 系统	52
一、结构特点	52
二、故障诊断	55
三、维修作业	60
第二节 上海别克轿车 DBC7 型 ABS 系统	67
一、结构特点	67
二、故障诊断	71
三、维修作业	72
第三节 上海帕萨特 B5 轿车 ABS/ASR 系统	78
一、结构特点	78
二、故障诊断	78
三、维修作业	83
第四节 奥迪 A6 轿车 ABS/ASR 系统	87
一、结构特点	87

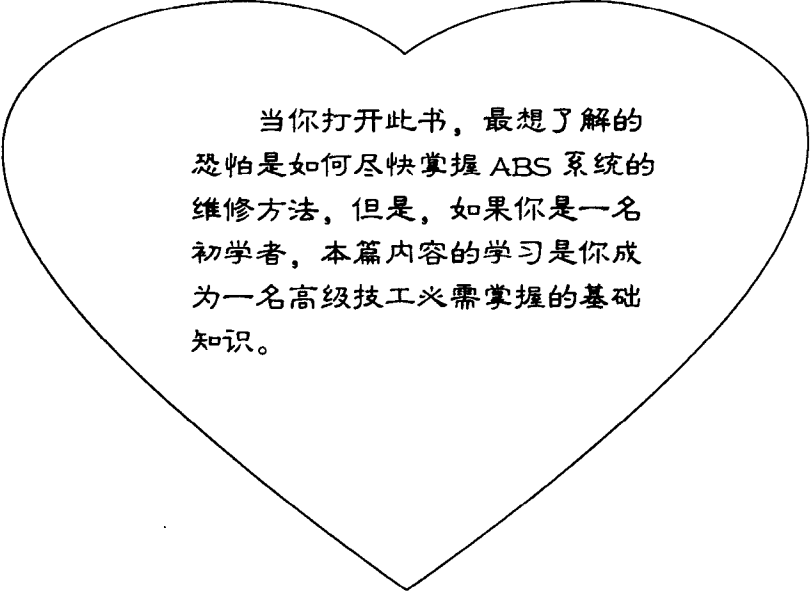
二、故障诊断	88
三、维修作业	104
第五节 红旗系列轿车 ABS 系统	109
一、结构特点	109
二、故障诊断	110
三、维修作业	112
第六节 宝来轿车 ABS 系统	116
一、结构特点	116
二、故障诊断	117
三、维修作业	127
第五章 日本车系 ABS 系统的检修	129
第一节 丰田车系 ABS 系统	129
一、结构特点	129
二、故障诊断	135
三、维修作业	138
第二节 本田车系 ABS 系统	146
一、结构特点	146
二、故障诊断	147
三、维修作业	151
第三节 日产车系 ABS 系统	155
一、结构特点	155
二、故障诊断	157
三、维修作业	159
第四节 马自达车系 ABS 系统	160
一、结构特点	160
二、故障诊断	163
三、维修作业	164
第六章 欧美车系 ABS 系统的检修	169
第一节 通用车系 ABS 系统	169
一、结构特点	169
二、故障诊断	171
三、维修作业	177
第二节 福特车系 ABS 系统	179
一、结构特点	179
二、故障诊断	181
三、维修作业	183
第三节 大众车系 ABS 系统	185
一、结构特点	185
二、故障诊断	186

三、维修作业	187
第四节 奔驰车系 ABS 系统	188
一、结构特点	188
二、故障诊断	190
三、维修作业	194
第五节 宝马车系 ABS 系统	195
一、结构特点	195
二、故障诊断	196
三、维修作业	199

○ 精通篇

第七章 ABS/ASR 系统典型维修案例分析	202
------------------------------	-----

入 门 篇



当你打开此书，最想了解的可能
恐怕是如何尽快掌握 ABS 系统的
维修方法，但是，如果你是一名
初学者，本篇内容的学习是你成
为一名高级技工必需掌握的基础
知识。

第一章 概 述



本章要点

- ABS 的优点、分类
- ABS 的工作原理
- ABS 基本组成
- ABS 的应用及发展趋势

第一节 ABS 系统简介

一、ABS 系统的提出



汽车防抱死制动系统是汽车在任何路面上进行较大制动力制动时,防止车轮完全抱死的系统,是具有良好的制动效果的制动装置,简称 ABS(Anti-Lock Brake SyStem)系统或 ABS。这种系统利用电子电路自动控制车轮制动力,可以充分发挥制动器的效能,提高制动减速度和缩短制动距离,并有效地提高车辆制动的稳定性,防止车辆侧滑和甩尾,减少车祸,因此被认为是当前提高汽车行驶安全性的有效措施之一。目前国外高级轿车和客车上已广泛使用。

凡驾驶过汽车的人都有一些经验,在被雨淋湿的柏油路上或在积雪道路上紧急制动时,汽车会发生侧滑,严重时调头旋转。如果是在有车辙的雪路上行驶,左右车轮分别行驶在雪地上或露出的地面上,产生剧烈旋转的危险性更大。在这种路面上行驶时,若紧急制动,汽车方向会失去控制。若是弯道就有可能从路边滑出或闯入对面车道,即使不是弯道也无法躲避障碍物。防抱死制动装置就是为了防止这些危险状况的发生而研制的装置。

ABS 装置最早是应用于飞机、铁路机车,而在汽车上的应用较晚。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。

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 ABS 装置。这种装置是根据车轮的减速情况,阶段性地控制液压,并采用了初期的电子计算机,使 ABS 的性能得到了很大的改善。

1954 年美国 Ford 公司首次把法国生产的民航机用 ABS 应用在林肯牌轿车上,虽然未获成功,但拉开了汽车应用 ABS 的序幕。

1958 年 Dunlop 公司开发出了用于载货车的 Maxaert ABS,1965 年 Harry Ferguson Research 公司向英国 Jensen 公司提供了 Ferguson 制造的四轮控制 ABS 样机。

1969年福特汽车公司首先推出了后二轮控制方式的防抱死制动系统,并在美国和日本的高级轿车上得到应用。在此后的10年间电子控制技术飞速发展,1978年奔驰公司首次推出具有现代电子技术的四轮控制防抱死制动系统。

二、ABS系统的优点

ABS系统的原理是充分利用轮胎和地面的附着系数,提高汽车制动能力。它主要采用控制制动液压压力的方法,给各车轮施加最合适的制动力,以实现这一目的。ABS系统具有以下优点:

(1)ABS系统能缩短制动距离。这是因为在同样的紧急制动情况下,ABS系统可以将滑移率控制在20%左右,即可获得最大的纵向制动力,缩短制动距离。

(2)ABS系统增加了汽车制动时的稳定性。汽车在制动时,四个轮子上的制动力是不一样的,如果汽车的前轮抱死,驾驶员就无法控制汽车的行驶方向,这是非常危险的;倘若汽车的后轮先抱死,则会出现侧滑、甩尾,甚至使汽车整个调头等严重事故。ABS系统可以防止四个轮子制动时被完全抱死,提高了汽车行驶的稳定性。资料表明,装有ABS系统的车辆,可使因车轮侧滑引起的事故比例下降8%左右。

(3)ABS系统改善了轮胎的磨损状况。车轮抱死会造成轮胎杯形磨损,轮胎面磨耗也会不均匀,使轮胎磨损消耗费增加。经测定,汽车在紧急制动时,车轮抱死所造成的轮胎累加磨损费,已超过一套ABS系统的造价。因此,装用ABS系统具有一定的经济效益。

(4)ABS系统使用方便,工作可靠。ABS系统的使用与普通制动系统的使用几乎没有区别。制动时只要把脚踏在制动踏板上,ABS系统就会根据情况自动进入工作状态,如遇雨雪路滑,驾驶员也没有必要用一连串的点制动方式进行制动,ABS系统会使制动状态保持在最佳点。应该注意的是:ABS系统工作时,驾驶员会感到制动踏板有颤动,并听到轻微噪声,这些都属于正常现象。ABS系统工作十分可靠,并有自诊断能力。如果它发现系统内部有故障,就会自动记录,并使ABS故障警告灯点亮,让普通制动系统继续工作。维修人员可以根据ABS电控系统记录的故障(以故障码的形式输出)进行修理。

三、ABS系统的分类

1. 按控制方式分

目前ABS按控制方式可分为两种:模仿控制方式和预测控制方式。

模仿控制方式是在控制过程中,记录前一控制周期——即从制动减压到增压过程中的各种参数,再按这些参数规定出下一控制周期的控制条件。此种控制方式更接近理想的制动控制,它能对制动过程中各种因素(如制动时的路面条件、使用的挡位等)的影响及时修正,在各种路面或行驶条件下紧急制动时,使车轮滑移率的变化范围更窄。

预测控制方式是预先规定控制参数和设定值等控制条件,然后再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,采用预测控制方式的ABS又可分为下列四种形式:

(1)以车轮减速度为控制参数的ABS。此种形式的ABS通过轮速传感器检测轮速,并对其进行微分计算求得车轮减速度,然后与ABS电脑中预先设定的车轮减速度限值进行比较,根据比较结果向执行机构发出指令以增加或减小制动压力,对制动过程进行控制。

(2)以车轮滑移率为控制参数的 ABS。此种形式的 ABS 通过传感器检测的车速和轮速计算求得车轮的滑移率,然后与 ABS 电脑中预先设定的车轮滑移率限值进行比较,根据比较结果向执行机构发出指令以增加或减小制动压力,对制动过程进行控制。轮速传感器可准确检测轮速,而准确检测车速比较困难,目前 ABS 中应用最多的检测车速的方法是根据车轮速度近似计算车速。

(3)以车轮减速度和加速度为控制参数的 ABS。此种形式的 ABS 通过轮速传感器检测轮速,并计算求得车轮减速度和加速度,在 ABS 电脑中预先设定有车轮减速度限值和加速度限值,ABS 电脑对车轮减速度或加速度与设定值进行比较,对制动过程进行控制。当车轮减速度超过其设定值时,ABS 电脑向执行机构发出指令减小制动压力,此后车轮将加速旋转;当车轮加速度超过其设定值时,ABS 电脑向执行机构发出指令增加制动压力,此后车辆将减速旋转;如此反复实现 ABS 控制。



重点提示

(4)以车轮减速度、加速度和滑移率为控制参数的 ABS。此种控制方式的 ABS 采用多参数控制,综合了上述三种控制方式的优点,对制动过程的控制更准确,目前多数 ABS 均采用此种控制方式。

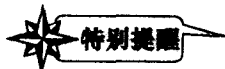
2. 按 ABS 的布置形式分类

ABS 的布置形式是指轮速传感器的数量、制动压力调节器控制的通道数和对各车轮制动器制动压力的控制方式。以下分类仅对双轴四轮汽车而言,不包括汽车、列车。

(1)四传感器、四通道、四轮独立控制的 ABS。此类 ABS 适用于双制动管路为前、后轮独立布置形式的汽车,具有四个轮速传感器和四个控制通道,系统根据各轮速传感器的信号分别对各车轮进行单独控制。

采用此类 ABS 的汽车,制动效能和制动时的操纵性最好,但在左、右车轮所处的路面条件不同时,汽车制动时的方向稳定性较差,主要原因是在此种路面上同轴左、右车轮的制动力不等,易造成汽车制动跑偏。

(2)四传感器、四通道、前轮独立—后轮低选择控制的 ABS。此类 ABS 适用于双制动管路为交叉形式(X形)布置的汽车,具有四个轮速传感器和四个控制通道,系统根据各轮速传感器的信号分别对两前轮进行单独控制,而对两后轮按选择方式控制,且一般采用低选择控制,即以易抱死的后轮为标准对两后轮进行控制。



特别提醒

采用此类 ABS 的汽车,制动时的操纵性和方向稳定性均较好,但制动效能稍差。其原因是在各种路面上,两后轮获得的制动力均相等,但制动力的大小以易抱死的后轮为标准,另一侧后轮不能获得最大的制动力。

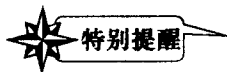
(3)四传感器、三通道、前轮独立—后轮低选择控制的 ABS。此类 ABS 适用于双制动管路为前、后轮独立布置形式的汽车,采用四个轮速传感器实现两前轮的单独控制和两后轮的低选择控制。

与类型(2)相比,对各车轮制动器制动压力的控制方式相同,其性能也相同,制动时的操纵性和方向稳定性均较好,但制动效能稍差。但在制动管路为前、后轮独立布置形式的汽车上,两后轮是同一个制动管路,所以用一个控制通道即可满足两后轮的低选择控制。

(4)三传感器、三通道、前轮独立—后轮低选择控制的 ABS。此类 ABS 仅适用于双制动管路为前、后轮独立布置形式且采用后轮驱动的汽车,后轮的速度信号由装在差速器上的一个测速传感器检测,按低选择方式对两后轮进行制动控制,其他特点及性能与类型

(3)相近。

(5)四传感器、两通道、前轮独立控制的 ABS。此类 ABS 是一种简易的防抱死制动系统,两前轮独立控制,通过 PV 阀(比例阀)按一定比例将制动压力传至后轮。



此类 ABS 一般用于双制动管路为交叉形式(X形)布置的汽车上。采用此类 ABS 的汽车在不对称路面(左、右车轮所处的路面条件不同)上制动时,处于附着系数较高的路面一侧的前轮制动压力较高,与其对角的后轮也将获得较高的制动压力,但该侧后轮处于附着系数较低的路面一侧,该侧后轮易抱死,处于另一对角上的前、后轮则与此相反。这样对保持汽车制动时的方向稳定有利,但与前述三通道和四通道的 ABS 相比,后轮的制动力有所降低,汽车的制动效能稍有下降。

(6)四传感器、两通道、前轮独立—后轮低选择控制的 ABS。此类型 ABS 的布置形式与类型(5)基本相同,只是用 SLV 阀(低选择阀)代替类型(5)中的 PV 阀,这样可使汽车在不对称路面上制动时,通过 SLV 阀传至处于低附着系数路面一侧的后轮的制动压力只升至与低附着系数路面一侧的前轮相同,从而防止处于低附着系数路面一侧的后轮抱死,其效果更接近三通道或四通道控制的 ABS。

(7)一传感器、一通道、后轮近似低选择控制的 ABS。此类 ABS 适用于制动管路为前、后轮独立布置形式且采用后轮驱动的汽车,通过一个装在差速器上的轮速传感器和一个通道,只对两后轮进行近似低选择控制。

此类 ABS 不对前轮进行制动控制,其制动效能和制动时的操纵性均较差,应用较少。

3. 按 ABS 的结构及原理分类



(1)液压制动系统 ABS。液压制动系统广泛应用于轿车和轻型载货汽车上,目前液压制动系统中装用的 ABS,按其液压控制部分的结构原理不同主要可分为整体式、分离式和 ABS-VI 三种类型。其主要区别是:整体式 ABS 中,制动压力调节器与制动主缸结合为一个整体,其结构更为紧凑,在美国车上常装用此类型 ABS;分离式 ABS 中,制动压力调节器与制动主缸分别为独立的总成,日本丰田公司生产的各型车装用的 ABS 一般均属此类型;ABS-VI 在美国通用公司生产的各型车和韩国大宇车上常用,它装有三个带控制阀的活塞泵(制动压力调节器),两前轮各用一个、两后轮共用一个。

(2)气压制动系统 ABS。气压制动系统主要用于中、重型载货汽车上,所装用的 ABS 按其结构原理主要分为两种类型:用于四轮后驱动气压制动汽车上的 ABS 和用于汽车列车上的 ABS。

(3)气顶液制动系统 ABS。气顶液制动系统兼有气压和液压两种制动系统的特点,应用于部分中、重型汽车上。气顶液制动系统 ABS 按其结构原理又可分为两种类型:一种是通过气顶液动力缸输入空气压力来控制制动压力的 ABS;另一种是直接控制由气顶液动力缸输出到各车轮制动器的制动液压力的 ABS。

四、ABS 系统的发展趋势

(1)传感器等附加装置。现在许多 ABS 系统只备有车轮转速传感器(也称轮速传感器),只用这种信号进行控制,很难确保不同车辆的 ABS 性能。为了补偿控制功能的下降,在车辆上增加了检测前后轮或横向减速度的 G 传感器(减速度传感器)改善了发动机

怠速升高功能。如果能确保可靠性,这是一项极其有效的措施,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。

(2)复合化。梯维斯(ATE)防抱死制动系统的动力源是电动泵,内装执行元件。该动力源被应用在油压增压器中,形成动力源、油压增压器、制动主缸、电磁阀为一体的集中系统。几乎相同的装置被应用在凯迪拉克阿兰特轿车上,这就是博世公司的 ABSIII 型 ABS 系统,奔驰汽车公司则采用在加速一侧利用 ABS 系统的电磁阀和节流阀来控制车轮滑移率的防侧滑系统并装用在批量生产的车型中。

(3)低成本化。ABS 系统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 系统小型化、低成本,特别要减少执行组件的数量和传感器的通道数,并简化结构。

可以预计,今后最新的控制技术是提高传感器技术的性能,增加新功能,普及型 ABS 则尽量向确保必要功能、简化结构以降低成本的方向发展。

今后的汽车通过信息收集处理,在安全性、经济性诸方面,可向驾驶员提供尽量多的信息和最佳的适应方法,在这方面,ABS 系统担负着重要的使命。

第二节 ABS 系统原理简介

一、滑移率

1. 滑移率的定义

首先对地面制动力所产生的滑移率作一简要说明。如前所述,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 1-1 所示。车速和轮速之间存在着速度差称为滑移现象。滑移的程度用滑移率表示,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为零。汽车制动时两者差别越大,滑移率越大,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。

2. 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 λ 之间存在着密切的关系,通常具有图 1-2 所示的特性。即:非制动状态下($\lambda=0$),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最佳滑移率(λ_{opt})。



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

二、汽车制动与车轮的旋转

1. 车轮减速度和加速度

如图 1-3 所示,对正在旋转的车轮施加制动,随着制动压力的升高,在车轮旋转的相

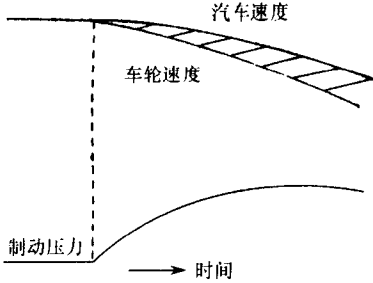


图 1-1 车速与轮速

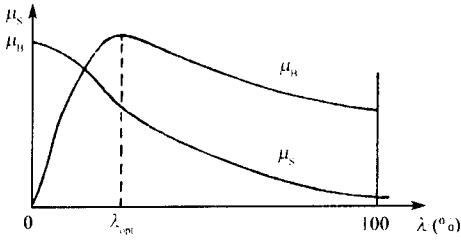


图 1-2 $\mu-\lambda$ 特性

反方向上将产生制动力矩,轮速减小并产生滑移。制动完全解除时,制动力矩消失,车轮从滑动状态恢复到滚动状态,即车轮速度逐步增加至汽车速度。像这种在单位时间内轮速增加或减少的变化量叫作车轮的加速度或减速度。一般讲,制动强度越大,车轮减速度越大;在滑动状态下,解除制动越快,车轮加速度越大。

2. 车轮减速度和 $\mu-\lambda$ 特性

汽车制动时,影响车轮旋转的主要因素是制动力矩和车轮转矩。所谓的车轮转矩就是作用于轮胎和地面之间的地面摩擦力使车轮向制动力矩相反方向旋转的力矩,如图1-4所示。它的大小取决于车轮载荷 W 、车轮半径 r 和侧附着系数 μ_s 。即:

$$\text{车轮转矩} = \mu_s \cdot W \cdot r$$

在静态下, W 和 r 是定值,车轮转矩与 μ_s 成正比。两个力矩的大小决定了两种旋转状态。

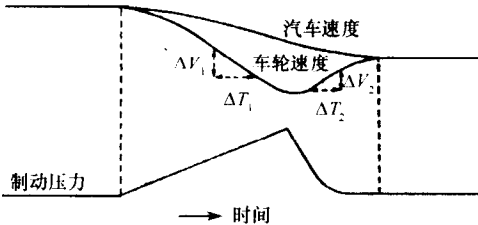


图 1-3 车轮的减速度和加速度

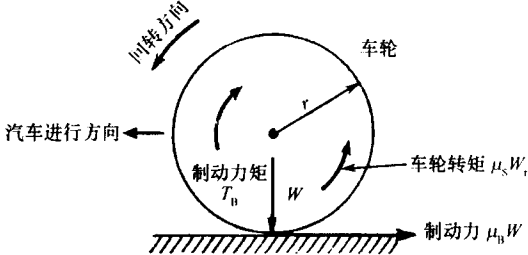


图 1-4 制动力矩和车轮转矩

(1)制动力矩大于车轮转矩时,轮速降低,车轮减速度与制动力矩和车轮转矩之差成正比。

(2)制动力矩小于车轮转矩时,轮速增加,车轮加速度与车轮转矩和制动力矩之差成正比。用车轮转动方程式表示上述关系,则:

$$I(d\omega/dt) = \mu_B \cdot W \cdot r - T_B$$

式中 $d\omega/dt$ ——车轮旋转角加速度;

I ——车轮转动惯量;

T_B ——制动力矩。

图 1-5 是汽车制动后,车轮减速过程与典型的 $\mu-\lambda$ 特性的关系。

对汽车施加制动后,制动压力上升,制动力矩随之增加,车轮速度开始降低,滑移率和

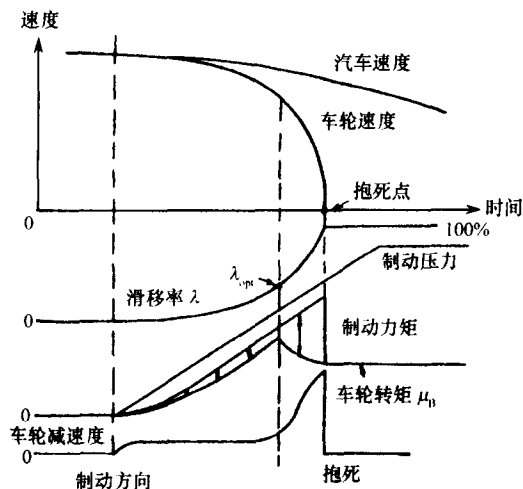


图 1-5 车轮抱死过程

车轮转矩(即 μ_B)增大。可以认为在滑移率达到 λ_{opt} 之前,车轮转矩和制动力矩是同步增长的。因此,一般认为,该阶段车轮减速度和制动力矩增长速度成正比。但是,继续增大制动力矩,滑移率超过 λ_{opt} 时, μ_B 反而下降,车轮转矩随之减小,与制动力矩之差急剧增大。最终使车轮速度大幅度减小直至车轮抱死。这期间的车轮减速度非常大。根据这个过程可以得出如下的结论:



①滑移率达到 λ_{opt} 之前,能够通过制动力矩即通过制动压力来控制车轮稳定旋转。超过 λ_{opt} 后,车轮转速对制动力矩很敏感,不能通过制动压力来控制车轮的旋转,车轮很容易抱死。

②如果把制动过程的滑移率 λ 控制在 λ_{opt} 处,则 μ_B 可以保持最大值,那么制动距离可以缩短。这是因为:

$$\text{制动距离} = (\text{汽车开始制动时的初速度})^2 / (2\mu_B/g)$$

③滑移率始终保持在 λ_{opt} 处,侧向附着系数 μ_s 也可保持较大值,能够确保汽车方向的稳定性和操纵性。如图 1-5 所示,如果滑移率 λ 超过 λ_{opt} ,则车轮就很容易抱死,所以把 $0 \leq \lambda \leq \lambda_{opt}$ 叫作稳定区域, $\lambda_{opt} \leq \lambda \leq 100(\%)$ 叫作非稳定区域,如图 1-6 所示。实际上,根据试验求 $\mu-\lambda$ 特性时, λ 超过 λ_{opt} 后立即抱死,采集 $\lambda_{opt} \sim 100\%$ 区间的数据是很困难的。

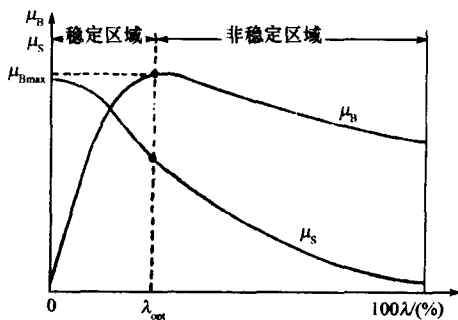


图 1-6 稳定区域和非稳定区域