

SHIGU CHELIANG
ZHIDONG FANGBAOSI XITONG (ABS)
GUZHANG ZHENDUAN YU FENXI

事故车辆 制动防抱死系统 (ABS) 故障诊断与分析

徐生明 著



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

事故车辆制动防抱死系统 (ABS) 故障诊断与分析

徐生明 著

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

事故车辆制动防抱死系统 (ABS) 故障诊断与分析 /
徐生明著. —成都: 西南交通大学出版社, 2009.10

ISBN 978-7-5643-0468-3

I. ①事… II. ①徐… III. ①汽车—制动装置: 防抱
装置—故障诊断 IV. ①U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 181859 号

事故车辆制动防抱死系统 (ABS)

故障诊断与分析

徐生明 著

*

责任编辑 孟苏成

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×230 mm 印张: 7.25

字数: 187 千字

2009 年 10 月第 1 版 2009 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-0468-3

定价: 20.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前言

为提高汽车行驶的安全性,制动防抱死系统(简称 ABS)在汽车上得到了广泛的应用。近年来,轿车及微型车辆也逐渐将 ABS 作为车辆的基本配置,大型客车及 16 t 以上的载货汽车已经立法要求强制安装 ABS 装置。ABS 的基本控制思路是通过调整制动轮缸(或气室)中油压(或气压)的大小,使车轮滑移率保持在理想滑移率附近,进而改善汽车在制动过程中的行驶稳定性和可操纵性,缩短制动距离,减少交通事故的发生。

本书对装备有 ABS 的事故车辆案例和 ABS 在实际应用中存在的典型问题进行了分析,对 ABS 装置的结构原理、装备有 ABS 的汽车运动动力学仿真和典型故障进行了技术分析和判断,提出了减少交通事故发生应采取的有效控制技术和相应的改进措施。具体内容包括:

(1)对装备有 ABS 的事故车辆案例和 ABS 在实际应用中存在的典型问题进行了研究和分析,提出了排除车辆 ABS 故障的方法和步骤。

(2)通过对事故车辆情况进行广泛的调查和研究,阐述了为提高 ABS 的性能,采用自适应控制、最优控制、模糊控制、预测控制等技术是 ABS 应进一步采用的控制技术,且车轮控制方式应采用 4 通道,控制参数应采用滑移率控制。

(3)为提高汽车主动安全性能,应把 ABS 与 ASR 结合为一体;ABS 控制系统向电子控制制动系统(简称 EBS 或 ELB)和动力操纵系统 ESP(电子稳定程序)发展;高级轿车向汽车电子感应制动控制系统 SBC 发展;ABS 与自动制动器组合起来;采用预测控制技术;尽量减小 ABS 装置的体积、降低重量、减少工作中的振动和噪声。

(4)阐述了 ABS 的使用特点和工作过程,通过对汽车制动性能的评价指标、制动时的受力以及运动过程的分析,建立了汽车制动的力学模型。根据对成都地区汽车维修企业的调查,获得了一些装备有 ABS 的事故车辆的案例和实际应用中存在的典型问题,建立了装备有 ABS 的汽车运动动力学仿真模型。使用 Matlab/Simulink 软件进行了仿真研究,得出了汽车制动防抱死系统对制动性能的影响和产生的作用,给出了较为合理的分析和结论。

(5)提出了对现有 ABS 装置的改进措施。为了抑制 ABS 工作过程中产生踏板行程变化,应采用带减缓踏板反应装置的压力调节器;为了减轻 ABS 工作时的振动和噪声,在制动管路系统中应设置减振容器,在液压部件安装部位应增设柔性减振装置;为了防止汽车在湿滑路面或高速转弯制动时出现侧滑,应采用 ABS 预测控制技术,增加准确识别各种路面的装置,进一步提高制动安全控制性能。

本书在编写过程中,作者参阅并吸收了公开发表的一些相关研究成果,并尽可能详细地在参考文献中一一列出,在此对各位专家、学者表示深深的谢意。由于作者水平学识所限,加之编写时间较紧,书中定有不少疏漏和不妥之处,恳请专家、读者不吝指正。

作者

2009 年 9 月

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 ABS 的应用	3
1.2 ABS 的发展历史、现状和趋势	3
1.3 国内外 ABS 研究现状分析	6
1.4 ABS 和汽车的安全性	7
1.5 ABS 在使用中存在的典型问题	8
第 2 章 汽车制动动力学分析	10
2.1 汽车制动性能分析	10
2.2 汽车制动时的运动分析	12
2.3 汽车制动的力学模型	17
第 3 章 ABS 系统的工作原理及作用特点	23
3.1 ABS 的结构与工作原理分析	23
3.2 ABS 的性能评价	33
3.3 ABS 的作用特点	34
第 4 章 事故车辆案例分析	35
4.1 ABS 存在的典型问题分析	35
4.2 装备有 ABS 的事故车辆案例分析	37
第 5 章 装备 ABS 的汽车运动动力学仿真分析	45
5.1 ABS 的汽车运动动力学仿真系统的建立	45
5.2 ABS 的汽车运动动力学仿真系统的分析	45
第 6 章 ABS 的故障诊断	59
6.1 ABS 故障检修基础	59
6.2 ABS 系统自诊断	61
6.3 ABS 的维修	63

第 7 章 ABS 产品改进意见及驱动防滑装置 ASR 简介	73
7.1 ABS 产品设计改进意见	73
7.2 提高汽车制动性能和制动稳定性需进一步考虑的问题及其发展	75
7.3 驱动防滑装置 ASR	79
参考文献	107

第1章 绪论

随着我国国民经济的持续快速发展,汽车业发展更是突飞猛进,汽车已成为人们日常生活和工作中不可缺少的重要交通工具,汽车工业也成了我国国民经济的支柱产业。

经过 50 多年的发展,我国汽车总量迅速增长,产业规模显著扩大。自我国政府在“十五”规划中提出“鼓励轿车进入家庭”的政策以来,我国汽车市场每年平均以 25% 的增幅快速增长。根据相关权威咨询机构的统计:2005 年,我国民用汽车保有量已超过 2 900 万辆,汽车年产量达到 570 万辆;2006 年,我国民用汽车保有量已超过 4 985 万辆,汽车年产量达到 650 万辆以上,汽车需求增长了 15% 以上,生产能力增长了 20%,已经成为全球第三大汽车生产国。按照国家汽车制造业发展战略,2010 年我国汽车年产量预计将达 1 000 万辆,到 2020 年,我国汽车年产量将达到 1 400 万~1 800 万辆,我国将成为全世界最大的汽车市场和最大的汽车生产国,并迈向世界汽车产业强国^[38]。我国汽车年产量变化如图 1.1 所示。

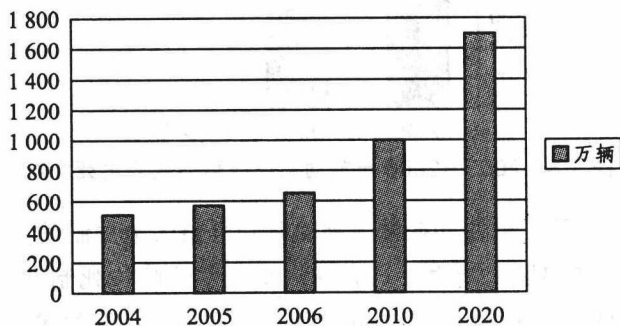


图 1.1 我国汽车年产量变化

但是汽车的增加也带来了不少社会问题:汽车的废气和噪声会造成环境污染,汽车引发的交通事故则会对人民的生命财产带来危害等。对汽车的使用应如何扬长避短成为全社会关注的问题之一。据公安部交管局统计:2005 年全国共发生道路交通事故 450 254 起,造成 98 738 人死亡、469 911 人受伤,直接财产损失 18.8 亿元;2006 年全国共发生道路交通事故 378 781 起,共造成 89 455 人死亡。2005 年和 2006 年全国道路交通事故次数与死亡人数如图 1.2 所示。在交通事故死亡人数总体下降的情况下,因机械故障导致的交通事故死亡人数略有

上升。全年因机械故障造成的死亡人数为 4 527 人,比 2005 年多死亡 377 人,上升幅度为 9.1%。机械故障主要是制动失效和制动不良,此两项分别造成 1 389 人和 1 972 人死亡,分别比 2005 年多死亡 138 人和 134 人,增长幅度分别为 11.0% 和 7.3%。2005—2006 年制动系统故障造成人员死亡数如图 1.3 所示。可见制动系统在汽车行驶的安全性中的重要地位。

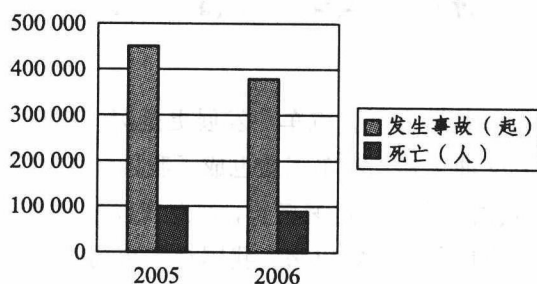


图 1.2 2005 年和 2006 年全国道路交通事故次数与死亡人数

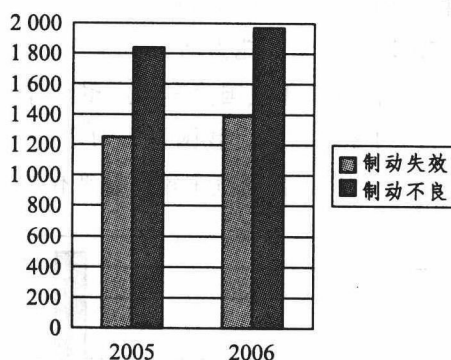


图 1.3 2005—2006 年制动系统故障造成人员死亡数

目前,为提高汽车行驶安全性,在紧急制动时获得最大地面制动力,缩短制动距离,提高汽车的方向稳定性和转向操纵能力,只有在汽车上安装防抱死制动系统 (Antilock Brake System, ABS)。ABS 是一项在 20 世纪 80 年代末才兴起应用的新技术,现在已经成为一般轿车的必装件了。据统计,汽车突然遇到紧急情况刹车时,百分之九十以上的驾驶者往往会一脚将刹车踏板踩到底来个急刹车,这时候的汽车十分容易产生滑移并发生侧滑,即人们俗称的“甩尾”,这是一种非常容易造成车祸的现象。造成汽车侧滑的原因很多,例如行驶速度、地面状况、轮胎结构等都可能是造成侧滑的原因,但最根本的原因是汽车在紧急制动时车轮轮胎与地面的滚动摩擦会突然变为滑动摩擦,轮胎的抓地力几乎丧失,此时此刻驾驶者尽管扭动方向盘也会无济于事。针对这种产生侧滑现象的根本原因,汽车专家研制出了车用 ABS,提高了汽车制动时的主动安全性。

1.1 ABS 的应用

制动防抱死系统 (Antilock Brake System, 简称 ABS) 在 20 世纪初期用在铁路机车上, 到了 20 世纪中叶被用于飞机上, 随着汽车行驶速度的提高, 道路行车密度增大, 对于汽车行驶安全性能的要求也越来越高, ABS 开始在汽车上得到应用。作为第一个 ABS 生产厂家的德国博世 (BOSCH) 公司于 1978 年首次推出汽车上使用的电子 ABS。20 世纪 80 年代后期, ABS 在汽车上得到了广泛应用, 许多国家对新定型汽车及进口汽车都将 ABS 列为标准配置。目前世界上已有 300 多种汽车装上了 ABS, 在我国, 像长安之星、捷达王、桑塔纳时代超人、本田飞度、丰田威驰等品牌低中档汽车上也开始装备 ABS, 并呈迅速推广趋势。

ABS 是以传统制动系统为基础, 采用电子控制技术, 在汽车制动过程中防止因车轮抱死而造成轮胎在地面上滑移的一种机、电、液控制装置。由试验得知, 汽车车轮的滑移率在 15%~20% 时, 轮胎与路面间有最大的附着系数。所以为了充分发挥轮胎与路面间的这种潜在的附着能力, 提高制动过程中的操纵稳定性并同时缩短制动距离, 提高行驶安全性, 防止在汽车紧急制动时车轮抱死, 目前在许多汽车上都安装了 ABS, 它是主动安全性技术的代表。

1.2 ABS 的发展历史、现状和趋势

制动力调整装置设计思想的提出是在 20 世纪 20 年代末, 最早官方记录的汽车制动系统调整装置是英国 1932 年发布的专利 382241, 题目是“制动时防止车轮压紧转动车轮的安全装置”。世界上第一台制动防抱死系统 ABS 在 20 世纪 50 年代问世, 它首先是被应用在航空领域的飞机上, Knorr 公司 (位于慕尼黑, 该公司是世界上最大的以生产制动系统著称的公司) 的制动防抱死装置则开始用于火车。这个时期的 ABS 都是机械式的, 而且在汽车上起到的效果不是很好。1936 年, 博世公司 (BOSH) 申请的一项电液控制的 ABS 装置专利促进了制动防抱死系统在汽车上的应用。

1954 年美国福特汽车公司将飞机用制动防抱死系统移置于林肯轿车上; 1957 年凯尔塞·海伊斯公司对“Automatic”制动防抱死系统进行了试验研究, 研究发现该装置可以在制动过程中防止汽车失去方向控制, 并且能够缩短制动距离; 同期, 克莱斯勒公司也对“Skid Control”制动防抱死系统进行了试验研究。这一时期, 各种制动防抱死系统采用的都是机械式车轮转速传感器和机械式制动压力调节装置, 因而其转速信号不精确, 制动压力调节的适时性和精确性也难以保证, 控制效果并不理想。

20 世纪 60 年代后期到 70 年代初期, 一些电子控制的制动防抱死系统开始进入产品化阶段。60 年代末, 凯尔塞·海伊斯公司研制生产了“Sure-Track”两轮制动防抱死系统, 并在 1969

年装于福特公司的雷鸟和大陆·马克Ⅲ轿车上。该装置由电子控制装置根据电磁式传感器输入的后轮转速信号对制动过程中后轮的运动状态进行判定,通过控制由真空驱动压力调节器对后制动轮缸的制动压力进行调节。1971年,克莱斯勒公司与迪克斯公司合作研制的“Sure-Brake”四轮制动防抱死系统开始装备于帝国轿车上。波许公司和坦威公司在同期都研制了各自的第一代电子控制的制动防抱死系统。1975年,瓦布科公司和奔驰公司合作,首次将制动防抱死系统装备在气压制动的载货汽车上。

这一时期,各种制动防抱死系统都采用模拟电子控制装置。由于该装置存在反应速度慢、控制精度低、易受干扰等缺陷,致使各种制动防抱死系统均未达到预期的控制效果。20世纪70年代后期,数字式电子技术和大规模集成电路技术的迅速发展为制动防抱死系统的实用化奠定了基础。德国波许公司在1978年率先推出了采用数字电路控制的制动防抱死系统,并将其装备于奔驰轿车上,从而拉开了现代制动防抱死系统发展的序幕。此后,欧、美、日许多制动器专业公司和汽车公司也相继研制出了形式多样的制动防抱死系统。

1981年,瓦布科公司和奔驰公司合作,推出了大客车和载货车用的气压现代制动防抱死系统。坦威斯公司于1984年也首次推出了整体式制动防抱死系统,并在1985年首先应用于福特公司生产的林肯大陆·马克Ⅱ型轿车上。该系统将制动防抱死压力调节装置与制动主缸和液压制动助力器组合为一个整体。1988年,凯尔塞·海伊斯公司推出了适用于轻型货车和客货两用的后轮制动防抱死系统。德尔科公司也于1990年推出了更为经济的四轮制动防抱死系统(德尔科ABSⅥ)。

制动防抱死系统极大地提高了汽车的主动安全性,所谓“主动安全性”可以理解为防患于未然,就是避免发生交通事故。这项技术被认为是汽车上采用安全带技术以来在安全性方面所取得的最为重要的技术成就。在20世纪80年代初期还只是部分高级轿车上才选装的制动防抱死系统,到80年代后期已成为所有高级轿车和多数中级轿车的标准装备。进入90年代,制动防抱死系统的普及速度更为迅速。1990年,在世界范围内已有25%新生产的轿车和轻型货车将制动防抱死系统作为标准装备或选择装备,一些汽车公司(如通用、奔驰、宝马、波尔舍等)已在其生产的轿车上100%地装备了制动防抱死系统;到1994年,在全世界范围内新生产的轿车和轻型货车中已有50%以上将制动防抱死系统作为标准装备或选择装备。在大型客车和货车上,制动防抱死系统也迅速地得到普及。

我国从事汽车制动防抱死系统的研究始于20世纪80年代初,现已进入产品试制和在车辆上试装的阶段。我国已着手制定车辆安全方面的法规,使其成为强制性法规,并在重型车和大客车上装备制动防抱死系统。

东风汽车公司是我国从事ABS研究较早的厂家之一。该公司从20世纪80年代初开始ABS的研究,有一个专门的ABS研究机构。

重庆的汽车ABS厂家先后开发了两代ABS产品。第一代ABS装置的电子控制单元(ECU)采用Z80芯片;第二代ABS装置为FKX-ACI型,适合于中型汽车。其中微处理器CPU采用

了美国 INTEL 公司的 MCS-96 系列 8096 芯片。

在研制飞机制动防抱死系统的基础上,西安的厂家研制了两代汽车制动防抱死系统,并将该产品在客车和 EQ-1090E 型汽车上使用,效果较好。

“防抱制动装置关键技术研究”是国家科委“九五”科技攻关项目,东风汽车公司和南京汽车厂生产的两种车型所匹配的制动防抱死装置研究课题已完成。

随着 1992 年我国检验制动防抱死系统的国家标准 GB 13594—92《汽车防抱制动系统性能要求和试验方法》的出台,国内许多高校、研究机构及相应的生产部门都在对汽车制动防抱死系统进行研究。

2005 年 11 月,哈弗 B3 加装新技术 ABS 已在德国完成强检试验。两款命名为哈弗 B3 的车型从 11 月 8 日起开始全面投放市场。这两款(两驱、四驱)哈弗 CUV 加装了 BOSCH(博世) 8.0 的 ABS。在高档车型中,加装 ABS 安全气囊也许并不新鲜,但哈弗 CUV 的 ABS 却不同寻常:哈弗 B3 采用国际上最好的 ABS,它是国内品牌唯一一款装配了博世公司(BOSCH) 8.0 版 ABS 的车型,这款 ABS 目前仅在蒙迪欧、标致 307 等为数不多的高档轿车上装备,技术含量、可靠性、稳定性远远高于国内常见的 4.0、5.0、5.3 等版本,它的 EBD(电子制动力分配)辅助系统集成在 ABS 系统内部,平衡了每一个轮的有效地面抓地力,极大地提高了 ABS 的功效。

目前针对汽车防抱死制动系统(ABS),国际上流行的控制方法有逻辑门限值控制、PID 控制、滑模变结构控制、最优控制、模糊控制和神经网络控制等控制方法。国内开发 ABS 用的控制方法还主要是最基本的逻辑门限值控制方法。国内研究 ABS 的院校及机构很多,具有代表性的有以下几个:东风汽车公司、重庆公路研究所、北京理工大学、清华大学、上海汽车制动系统有限公司和山东重汽集团等。

由于 ABS 产品为机电一体化的高新技术产品,又是涉及制动的主要安全部件,其研制制作门槛较高。自 20 世纪 80 年代初,国内的科技人员已开始从事这方面的研究工作,尽管起步比国外晚了一些,但随着电子、电子计算机技术的飞速发展,ABS 的开发速度变得很快,ABS 的性能、质量不断提高。经过 20 多年的努力,现在国内自主研发的 ABS 已开始批量装备车辆了。但是产品的可靠性、精确性和适应性等方面与国外发达国家制造的同类产品还有差距。

目前在国外,汽车 ABS 已经很成熟,广泛地应用于汽车的制动系统上。ABS 的生产厂家在国外有几十家,产品性能稳定,市场占有率较高的有德国的博世(BOSCH)、戴维斯(TEVES)、瓦布科(WABCO),美国的凯尔塞·海伊斯(KELSEY HAYES)、达科(DELCO)、邦迪克斯(BENDIX),日本的本田-住友等,其中在小轿车上应用较为广泛的是 BOSCH、TEVES、DELCO、BENDIX 及本田等。从 20 世纪 30 年代,德国的 Robert Bosch 公司取得 ABS 专利起,ABS 装置不断地得到改进。最早的 ABS 装置是由装在车轮上的电磁式转速传感器和控制液压的电磁阀组成。制动液压力上升,车轮抱死时,传感器输出为零,电磁阀动作,关闭进液口,使液压制动力下降。由于车辆的惯性,车轮再次旋转,液压随之上升,再次制动,如此循环

达到了控制制动的目的。美国 Ford 公司于 20 世纪 50 年代首先将法国生产的民航机用的 ABS 用于林肯轿车上, 这次实验虽然失败了, 但揭开了应用 ABS 的序幕。1966 年, Harry Foruson 公司把四轮制动的 ABS 装在野马-8 型车上, 并在底特律举行试车仪式, 取得了空前的成功, 试验车的制动性能和方向操纵性得心应手。从那以后, 美国政府倡导在国产轿车载货汽车上安装 ABS 装置, 鼓励开发 ABS 装置, 发展到现在, 在 ABS 系统中采用自适应控制、最优控制、模糊控制等技术^[9]。车轮控制方式有 2 通道、3 通道、4 通道, 控制参数采用加减速度门限值、加减速度门限值加参考滑移率和最佳滑移率等。ABS 的功能更趋广泛, 安全性、可靠性更趋完善, 生产厂商、研究机构众多。

在 2002 年 9 月德国法兰克福国际零部件展览会上, 博世与戴-克集团联合开发的电液制动系统 SBC 被评为“创新奖”。奔驰 SL500 是世界上第一部采用 SBC 电子感应制动控制系统的汽车, 之后, SBC 迅速成为奔驰 E 系列所有车型的标准配置。在新 Maybach 62 中也装备了 SBC 系统。SBC 是集成了汽车制动防抱死系统和驱动防滑系统的电子控制系统, 以 Intel6 位单片机为主芯片的电子控制单元 (ECU), 采集踏板行程模拟器中踏板行程传感器、踏板压力传感器的信号, 以及车轮转速、转向角度、回转率、横向加速度等其他电子辅助系统 (如 ABS、ESP) 的各路传感器信号, 根据车辆行驶状态计算出每个车轮的最大制动力, 再发出指令给执行器的液力储压罐执行车轮制动, 以达到最佳制动效果。最近出现的电动液压制动系统 EHB 是实现 SBC 的第一步, 这一产品已在 2003 年的市场上出现在 (MB SL-Class) 电动液压制动系统中。第二代即 SBC 系统将于 2007 年左右开始投产。根据密西根大学在 2000 年做的预测, SBC 系统在 2009 年会有 5% 左右的市场^[26]。

虽然 ABS 可提高汽车的主动安全性, 但装备有 ABS 的汽车发生交通事故也时有发生, 给驾乘人员的生命和财产安全带来了一定的威胁。因此, 对装备有 ABS 的典型事故车辆的现象进行分析, 找出实际应用中存在的典型问题, 对 ABS 的作用性进行研究和分析, 并提出相应的改进方法和措施就显得非常重要。

1.3 国内外 ABS 研究现状分析^[48]

汽车防抱死制动系统 (ABS) 是 20 世纪在汽车安全电子产品方面最重要的发明成果之一, 现在全球有 65% 的汽车装了 ABS。我国从 20 世纪 80 年代也开始研究 ABS, 目前在 ABS 理论研究和产业化方面已经取得显著成果。目前国内有 30 多家企业从事汽车 ABS 的研发和生产, 其中有一定配套规模的企业不足 10 家。外资品牌主导着我国汽车 ABS 市场的配套与生产。在乘用车领域, 外资品牌占有配套市场份额超过 97%。在商用车领域, 外资品牌的配套市场份额占到 70%, 国产品牌在中低端市场上具有一定的竞争力。国内 ABS 生产企业的特点是企业规模小、市场配套量小、技术成熟的少, 但国内企业通过自身不断的努力, 已经涌现出如广州

科密、浙江亚太机电等一批具有自主知识产权的企业代表。在客车配套领域,国产品牌已经能够做到和国外品牌抗争天下的能力。我国汽车 ABS 行业目前刚处于起步阶段,有着比较广阔的发展前景和空间。2005 年,我国汽车 ABS 市场需求量是 221 万套,占汽车产量的 40%左右,其中液压 ABS 需求量为 215 万套,气动 ABS 需求量为 6 万多套,市场规模约 34.2 亿元。据预测,到 2010 年,我国汽车 ABS 的总需求量将超过 600 万套,未来几年市场年平均增长速度将超过 30%。

1987 年,欧共体颁布了一项法规,要求从 1991 年起,欧共体成员国生产的所有新车型均需装备制动防抱死装置,同时规定凡载重 16 t 以上的货车必须装备制动防抱死装置,并且禁止无此装置的汽车进口。日本规定,从 1991 年起总质量超过 13 t 的牵引车、总质量超过 10 t 的运送危险品的拖车、在高速公路上行驶的大客车都必须安装制动防抱死装置。

美国福特汽车公司生产的货车,制动防抱死系统的配备率达 94%,而通用汽车公司 1994 年生产的货车和客车则全部装备了这种装置。据统计,世界范围内制动防抱死装置在汽车上的装有率已超过了 80%。

国内汽车 ABS 制造商尚未形成自己的品牌,也没有专门研究交通事故车辆 ABS 的专业机构,科研院所、高等院校以及民间社团对交通事故中 ABS 的作用性深入研究的热情高涨,但缺乏相关法规的有效支持,更缺少研究经费支持。

国内方面,对 ABS 的研究起步较晚。目前国内对于 ABS 进行研制开发的科研单位与企业已有几家,如陕西博华公司、广州科密公司、焦作制动器公司以及重庆聚能公司等。在国内,济南开发区捷特汽车电子技术研究所申报了国家发展改革委的专项资金,开发的挂车气动防抱死制动系统技术先进,制动效果佳,经济效益和社会效益显著,市场前景广阔。但国内的 ABS 在可靠性、精确性和适应性上还存在一些缺点,与国外成熟产品相比较存在很大差距。而国内对汽车制动防抱死系统的作用性和实用性研究很少。近年来,随着国内高等级公路和高速公路的发展,车速大大提高,对汽车制动性能的要求相应提高,迫切需要开发出适合于国产车辆的价廉、可靠的 ABS 产品,对 ABS 的作用性研究就显得尤为重要了。

国外对 ABS 研究的机构很多,但对汽车制动防抱死系统作用性研究与分析的不多,对 ABS 产品性能评价的很少,且不够深入。因此,随着 ABS 产品在轿车、微型汽车、大型客车及 16 t 以上的载货汽车上的广泛应用,对 ABS 作用性研究和分析越来越重要,应用领域越来越广泛。

1.4 ABS 和汽车的安全性

汽车制动时,一旦车轮抱死就会甩尾侧滑或方向失控,特别是在高速行驶或湿滑路面制动时常酿成车祸,直接危及驾乘人员生命、财产的安全。迄今为止,解决这一问题最有效的手段是安装制动防抱死系统(ABS)。因此,2004 年 10 月 1 日生效的国家标准《机动车运行

安全技术条件》(GB 7258—2004) 强制规定了:“总质量大于 12 000 kg 的长途客车和旅游客车、总质量大于 16 000 kg 允许挂接总质量大于 10 000 kg 的挂车的货车及总质量大于 10 000 kg 的挂车必须安装符合 GB/T 13594—2003 规定的防抱死系统。”但是, 由于 ABS 产品为机电一体化的高新技术产品, 又是涉及制动的主要安全部件, 其研制制作门槛较高。虽然这一产品在国外发达国家已是成熟的产品, 但国内自行开发研制自主知识产权的 ABS 产品较少。自 20 世纪 80 年代初, 国内的科技人员已开始从事这方面的研究工作, 尽管起步比国外晚了一些, 但随着电子技术、电子计算机的飞速发展, 研究的起点还是较高的, 经过 20 多年的努力, 现在国内自主研发的 ABS 已开始批量装备车辆了。但是产品质量、性能、可靠性方面与国外发达国家制造的同类产品还有些差距, 在使用中还存在一些问题, 如 ABS 制动系统在制动踏板与执行机构之间以传统的机械方式连接, 使执行机构略显迟滞, 从执行机构反馈到制动踏板的弹力会使没有经验的驾驶员产生错觉, 甚至做出抬起制动踏板的误动作, 这是很危险的。另外, 使用中有些驾驶员为了增加制动力, 采用多踩几脚制动踏板的方法, 对装有 ABS 的汽车是一种不正确的操作方法, 多踩几脚制动踏板, 会使 ABS 电脑得不到正确的制动信号, 导致制动效果不良, 行车中出现危险。一些典型的事故现象证明了即使汽车装备有制动防抱死系统 (ABS), 也不能保证制动时不侧滑, 哪怕车速不太高时也是这样。因此, 由于使用环境和使用条件等因素的变化, 应在 ABS 产品的设计上重新考虑一些问题, 并对 ABS 产品进行相应的改进。

作者利用意大利 EV 公司生产的 (ABS) 防抱死制动系统试验台、南京理工大学研制的 ABS 试验台、单车轮 ABS 制动试验台、四轮汽车制动/驱动性能检测试验台、电子示波器、信号发生器、编译器等仪器设备以及四川西华机动车司法鉴定所提供的丰富的事故车现场勘验条件和事故处理数据, 对装备有 ABS 的事故车辆进行了汽车动力学仿真, 并查阅了国际国内的相关文献, 深入成都汽车维修企业和车辆事故处理大队调查研究, 多方面收集信息, 拓展思路, 积极思考, 结合目前装备有 ABS 的事故车辆案例和 ABS 在实际应用中存在的典型问题进行了研究和分析; 对装备有 ABS 的典型事故车辆进行了技术分析和判断, 对如何减少交通事故的发生提出了应采取的有效控制技术; 列举实例, 分析了典型事故车辆的 ABS 装置的结构原理、故障诊断方法和步骤; 对改善汽车在制动过程中的行驶稳定性和可操作性, 缩短制动距离, 减少交通事故的发生提出了相应的改进措施。

1.5 ABS 在使用中存在的典型问题

(1) 制动踏板反冲现象。如 ABS 制动系统在制动踏板与执行机构之间以传统的机械方式连接, 使执行机构略显迟滞, 从执行机构反馈到制动踏板的弹力会使没有经验的驾驶员产生错觉, 甚至做出抬起制动踏板的误动作, 这是很危险的。

(2) 多踩几脚制动踏板导致制动效果不良。使用中有些驾驶员为了增加制动力,采用多踩几脚制动踏板的方法,对装有 ABS 的汽车是一种不正确的操作方法。多踩几脚制动踏板,会使 ABS 电脑得不到正确的制动信号,导致制动效果不良,行车中出现危险。

(3) 工作振动和噪声。包括:柱塞泵输出液压的脉动产生的噪声;电磁阀的开闭使液压力急剧变化产生的脉动噪声;制动管路的振动向车身传播的噪声;液压元件本身的工作噪声;放大器、液压泵、电机等的支承部件振动和噪声。

(4) 在积水或砂石路面上,装有 ABS 车辆的制动距离反而要比不带 ABS 的车辆制动距离长。

ABS 系统在车辆制动时可以防止车轮被抱死,最大限度地保证转向控制性能和整车稳定性,同时缩短制动距离。因为在同样紧急制动的情况下,ABS 系统可以将滑移率控制在 20% 左右,也就是说,在正常的道路上行驶时,装有 ABS 车辆的制动距离要比不装 ABS 的车辆的制动距离短。

第 2 章 汽车制动动力学分析

2.1 汽车制动性能分析

2.1.1 汽车制动性能的评价指标

随着汽车行驶速度的提高,以及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。据统计,40% 的交通事故是由于制动距离太长、制动侧滑和制动跑偏造成的,故汽车的制动性能是汽车安全行驶的重要保障,也是汽车的主要性能之一。汽车的制动性能主要由以下三方面来评价:

- (1) 制动效能,即制动距离和制动减速度。
- (2) 制动效能的恒定性,即抗热衰退性能。
- (3) 制动时汽车方向的稳定性,即制动时汽车不发生跑偏、侧滑以及失去转向能力的性能。

制动效能是指在良好路面上,汽车以一定的初速度制动到停车的制动距离或制动时汽车的减速度。它是制动性能最基本的评价指标。抗热衰退性能是指汽车高速行驶或下长坡连续制动时制动效能保持的程度。汽车制动时的方向稳定性常用制动时汽车按给定路径行驶的能力来评价。

2.1.2 汽车制动的效能及其恒定性

汽车的制动效能是指汽车迅速降低车速直至停车的能力,评定制动效能的指标是制动距离和制动减速度。制动距离与制动踏板力、路面附着条件、车辆载荷、发动机是否结合等诸多因素有关。制动减速度是制动时车速对时间的导数。它反映了制动力的大小,因此与制动器制动力(车轮滚动时)及附着力(车轮抱死拖滑时)有关。

制动时,制动器对车轮施加的制动力矩 T_{μ} ,只有通过轮胎与路面的附着作用才能产生路面对车轮的制动力 F_{xb} ,从而使车辆减速。换句话说,地面制动力不仅与制动器的摩擦力矩有关,而且还受到车轮与场面的附着系数的制约。即:最大地面制动力 $F_{xb\max} \leq \varphi_0 F_z = \varphi_0 W$ (φ_0 为地面纵向附着系数; F_z 为地面对车轮的法向反作用力; W 为车轮垂直载荷);最大地面防侧滑力 $F_{x\max} \leq \varphi_1 F_z = \varphi_1 W$ (φ_1 为地面横向附着系数)。从上面两个式子可以看出,在汽车紧

急制动时, 制动性能取决于地面纵向附着系数和横向附着系数。车轮地面附着系数的影响因素较多, 如车轮滑移率、车速、轮胎的结构和气压等, 较突出的是车轮相对于地面的滑移率。

车轮完全抱死时, 车轮滑移率 $S=100\%$; 车轮纯滚动时, $S=0$ 。干燥硬实路面上的地面附着系数与滑移率之间的关系如图 2.1 所示。

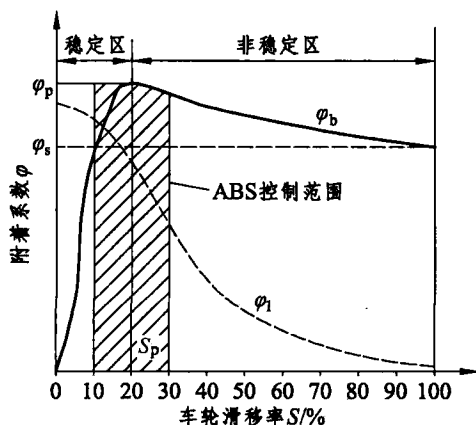


图 2.1 滑移率与地面附着系数

从图 2.1 中的曲线可知, 当车轮滑移率在 S_p 处 (滑移率 20%) 时, 纵向附着系数 ϕ_p 最大, 可得到最大的制动力, 同时横向附着系数 ϕ_s 也保持较大值, 使汽车具有良好的抗侧滑能力及制动时的转向操纵能力, 因而得到最佳的制动效果。 $0 \leq S \leq S_p$ 称为稳定域, $S_p < S \leq 100\%$ 称为非稳定区域。

普通制动器在紧急制动时, 地面制动力迅速增长而达到车轮与地面的附着极限, 车轮完全“抱死”在地面上产生滑移, 滑移率为 100%, 由图 2.1 看出, 此时纵向附着系数 ϕ_s 较小, 侧向附着系数 ϕ_s 几乎为零, 制动力将随着纵向附着系数变小而下降, 从而延长制动距离; 同时, 地面对车轮的侧向反作用力也几乎为零, 将使车轮产生侧滑及甩尾, 失去转向操纵能力。

普通制动器单车轮在制动时受力分析如图 2.2 所示, 在不同路面上, 由于地面制动力为:

$$F_{xb} = \phi_b G \quad (2.1)$$

故汽车能达到的减速度 (m/s^2) 为:

$$a_{b\max} = \phi_b g \quad (2.2)$$

若允许汽车的前、后车轮同时抱死, 则

$$a_{b\max} = \phi_s g \quad (2.3)$$

若装有 ABS 来控制汽车的制动, 则制动减速度为:

$$a_{b\max} = \phi_p g \quad (2.4)$$