

汽车制动 防抱装置 (ABS) 构造与原理

[日]ABS 株式会社 编

机械工业出版社



U463.526

Q 03

430353

汽车制动防抱装置 (ABS) 构造与原理

〔日〕 ABS株式会社 编

李朝禄 刘荣华 译



00430353



机械工业出版社

DIWSE/23
本书是一本汽车用防抱装置(ABS)方面的专著,内容翔实,图表丰富,实用性强。

全书分为6章,前3章主要介绍了ABS发展史,国外法规状况,美、日、德等国应用情况,ABS系统的组成、结构型式和工作原理,控制参数的设定选择和系统控制技术,应用在载重车、轿车等各种车上的ABS系统及其工作原理等。后3章主要介绍了组成ABS系统的三大部件的结构型式、工作原理、检测技术和系统评价理论,还介绍了ASR的基本原理等。

该书对气压系统、液压系统、气顶油系统均作了详述,对教学、科研、生产厂家的技术人员和工人都有指导作用。

自動車用ABSの研究

〔日〕 ABS株式会社

山海堂

1993

图书在版编目(CIP)数据

汽车制动防抱装置(ABS)构造与原理/〔日〕ABS株式会社编,李朝禄,刘荣华译. —北京:机械工业出版社,1995.9
ISBN 7-111-04613-7

I. 汽… I. ①日…②李…③刘… II. 汽车-制动装置-构造-理论 IV. U463.52

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第16457号

出版人:马九荣(北京市百万庄南街1号 邮政编码100037)
责任编辑:钱既佳 版式设计:王颖 责任校对:姚培新
封面设计:郭景云 责任印制:卢子祥
机械工业出版社京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
1997年9月第1版第2次印刷
787mm×1092mm¹/₃₂·5.875印张·121千字
3 001—3 000册
定价:11.00元

原 序

在我为此书写序之际，仿佛回到了过去的年代，使我想起当时的日本空气制动股份公司的情景。该公司现在叫做NABCO公司，是日本ABS股份公司的控股公司。

我原来的专业是航空学，主要研究飞行力学。战后GHQ[⊖]发出禁止研究航空学的命令，转入研究汽车动力学，主要是研究汽车操纵稳定性。当时，根据极少的文献了解到，制动时车轮阻力取决于滑移率 λ ， $\lambda = (V - R\omega)/V$ （ V 为汽车速度， ω 为车轮角速度， R 为车轮半径）；汽车曲线运动时的侧向力决定于侧滑角。在学术会议上发表了一篇论文，主要内容是对制动过程建立方程式，用Runge-Kutta数值积分法进行求解，可用椭圆积分表示出汽车紧急制动时的不规则旋转运动。这些内容收集在后来出版的《汽车工程学基础》一书的第二卷。NABCO公司非常重视这些内容，1967年选派志波保雄来东京工大近藤研究所学习。当时我明确提出：当滑移率 λ 达到最佳滑移率 λ_{opt} 时，制动力最大。该公司就把制动装置的开发目标放在这个方面。

把滑移率 λ 控制在最佳滑移率 λ_{opt} 点的关键是测出速度 V ，我热衷于采用摄影测量技术从底盘下部测出各车轮处的地面流，然后求出速度 V 的瞬时值和方向，从而得到侧滑角。尽管这种方法在实验室里是可行的，但在实际应用中还

⊖ GHQ是General Headquarters的缩写，是二次世界大战后美国驻日盟军最高统帅部。一译者

存在着问题。况且把滑移率控制在不同路面所要求的 λ_{opt} 上也是相当困难的。因此，NABCO公司回避开直接测定速度 V ，采用了通过控制车轮旋转而达到目的的方法，进行开发研究。本书在第2章（ABS的工作原理）中详细地介绍了在各种路面、各种条件下的研究结果。

我对车轮旋转控制机构的结构和作用研究得不深。旋转控制机构采用的都是精密机械和电子技术。

本书从ABS的基本原理出发，在设计、试制、试验、评价以及驱动控制装置等方面，都由各位专家执笔作了详尽介绍，图文并茂，对提高当今世界ABS技术付出了辛勤的劳动。这是一部珍贵的专业书，我相信对汽车行业的贡献是不可估量的。

东京工业大学名誉教授 工学博士

日本汽车研究所顾问（原代所长）

近藤 政市

前 言

1990年末我接受山海堂编辑部的委托编写此书，随后得到了ABS公司有关人员给予咨询的承诺。我们编集此书的目的旨在完善ABS的基本理论。

回顾一下ABS的开发史可以看到，20世纪初期ABS用在铁路机车上，到了20世纪中叶被用于飞机，继而用在了汽车上。近年来，随着电子技术的迅速发展，ABS的开发速度很快，ABS的性能、质量不断提高。

本书首先介绍了ABS装置的梗概，详细地讲述了ABS的主要技术。也涉及到了ABS的性能评价方法和提高可靠性的关键技术。关于ABS的实例，在篇幅允许的范围内尽可能详细地介绍了轿车、载货汽车和摩托车用装置，还对最新的驱动控制技术作了介绍。

ABS装置是控制汽车操纵性、安全性的一个辅助系统，作者有幸，希望本书能对读者理解ABS技术有所帮助。我们非常希望广大读者多提出一些建议，并准备进一步做好本书的修订工作。

正当本书出版之际，Robert·Bosch公司提出了一些好的建议。在ABS开发过程中，东京工业大学名誉教授近藤 政市先生自始至终对汽车操纵稳定性的研究工作给予了大力指导，并审定了本书的校样，还为本书写了评价很高的序言，在此深表谢意。

最后，我们全体执笔和编写人员对山海堂编辑部的诸位

给予的大力支持表示感谢。

执笔代表 中西 顺三

1993年4月

译 序

100多年前，当汽车以其粗陋的形态出现在马路上时，不难想象大多数人对它的反感和恐惧，汽车特有的机器噪声打破了人们习惯的“平静”，庞然的行走车体威胁着人的行路安全。汽车诞生后100多年的今天，尽管在人们的不懈努力下汽车的面貌、性能和生产技术水平发展达到了几乎完美的程度。事实证明，人们仍然消除不了这种忧虑和不安。汽车对人类社会生态环境的破坏和危及交通安全的问题，愈来愈受到全世界科学界的重视。

汽车的发明和汽车工业的发展对人类文明社会的贡献是功不可灭的。今后的社会物质文明进步也不可能离开汽车。可以预见，随着工业技术的发展和高科技成果的应用推广，汽车的性能和功能将会发生很大的改观。新能源和新型动力装置的开发，使汽车的能耗更节省，排放更清洁，运转更“平静”。得益于电子技术的应用，汽车的驾驶将会变得更安全、更惬意。我们已经看到，汽车安全技术（安全带、缓冲结构设计、制动防抱装置、安全气囊、汽车雷达等）的发展，在近几十年内非常显著。汽车防抱装置（即ABS系统）在1990年的装备率约30%，预计到2000年可达到98%~100%。这种普及趋势，是和电子技术发展应用的推动及世界各国重视车辆安全立法的影响分不开的。中国的汽车工业虽然起步较晚，也要奋力在最短的时间内，赶上国际汽车工业水平。

ABS的研究和应用,多年来,在我国某些高校、科研单位及生产厂家已经做了大量工作,但成熟、有效地在汽车批量生产中应用还尚未报道。ABS系统属制动安全方面的先进技术,它不仅能改善汽车制动性和车辆操纵性,而且在延伸发展为ABS/ASR系统后,还能提高汽车的牵引性能。李朝禄、刘荣华两同志合译的这本关于ABS的专著,是日本ABS株式会社最新出版的专著。这本书从ABS的初始原理、结构、试验、评价等方面作了系统论述,非常适合专业工作者和这方面的爱好者参阅。我们希望这本书的出版,对我国发展和普及ABS技术发挥有效作用。

从译者处获悉,日本ABS株式会社的土地喜一郎先生代表其本部支持和鼓励该书译本在中国出版。我本人为这种交流和沟通表示祝贺和高兴。

任振武

译 者 的 话

当今世界上，汽车技术在飞速发展。为了追求汽车的经济性、动力性、安全性、舒适性等先进指标，世界各国都在运用先进的科技、花大力气开发电、气、机一体化的先进装置应用于汽车上，如电子喷射装置、自动变速装置、防撞装置、间隙自动调整装置、制动防抱装置（即ABS装置）等，这些装置从根本上改善了汽车的性能，进一步满足了人们的生活需要和国民经济发展的需求。

ABS装置是由电子控制器、速度传感器和压力调节器三大件组成的一个制动控制系统，它使汽车的安全性大大提高，车祸事故大大减少，产生了极大的经济效益和社会效益。世界发达国家已把该装置列为必备装置，不少国家将它列为选用装置。然而，我国还处于试验、研制阶段，还没有真正开发出来为国内汽车所用，特别是这方面的理论不完善，远远达不到指导生产的要求。

本书较系统地介绍了ABS的构成、结构原理和控制理论等方面的知识，内容翔实、图文并茂。这本书的出版如果能使汽车界的同仁对理解ABS装置有所帮助，我们将是非常高兴的。在翻译过程中，始终得到了山东省汽车总公司的任振武总工、山东省汽车设计研究院杨德润副院长、山东工业大学的罗远荣教授的指导，在此表示感谢。译文中存在的缺点错误恳请读者批评指正。

译者

1994.8.20

目 录

原序.....	IV
前言.....	V
译序.....	VI
译者的话	X
第 1 章 ABS概述	1
1.1 防抱制动系统.....	1
(1) 车轮抱死的产生.....	1
(2) ABS的种类.....	2
(3) ABS的名称.....	2
1.2 ABS的发展史.....	3
1.2.1 车轮防抱装置的产生.....	3
(1) 30年代前.....	3
(2) 40年代期间.....	3
(3) 50年代以后.....	4
1.2.2 ABS在汽车上的应用.....	4
1.2.3 日本的ABS研究.....	5
1.2.4 后控制ABS.....	6
1.2.5 美国的ABS法规与撤消过程.....	7
1.2.6 日本车用后控制ABS装置.....	8
1.2.7 四轮控制ABS的开发.....	8
1.2.8 综合系统的开发.....	9
1.3 ABS和汽车安全性.....	9
(1) ABS的必要性.....	9
(2) ABS的作用	10

(3) ABS的效果	10
1.4 ABS与法规制度	11
(1) 安全政策的发展	11
(2) 装备ABS的义务	11
1.5 ABS与工业所有权	12
(1) 提高汽车控制性能的专利	12
(2) 提高生产率的专利	14
(3) 提高舒适性的专利	14
1.6 ABS现状与发展趋势	16
(1) 轿车ABS的现状	16
(2) 载货车ABS的普及现状	18
(3) ABS的发展	19
参考文献	20
第2章 ABS的工作原理	21
2.1 制动时汽车的运动	21
2.1.1 汽车运动受力分析	21
(1) 制动产生的力	21
(2) 侧滑摩擦力	21
(3) 车轮抱死时的汽车运动情况	23
2.1.2 载荷的转移	25
(1) 制动力引起的载荷变化	26
(2) 离心力引起的载荷变化	26
2.2 滑移率	27
(1) 滑移率的定义	27
(2) 滑移率与附着系数的关系	27
2.3 汽车制动与车轮的旋转	28
2.3.1 车轮减速度和加速度	29
2.3.2 车轮减速度和 $\mu-\lambda$ 特性	29
2.4 理想的制动控制过程	32
2.5 影响控制技术的主要因素	36

2.5.1 实际的 $\mu_B - \lambda$ 特性	36
2.5.2 车轮转动惯量和发动机转动惯量的影响	40
2.6 ABS控制技术	42
2.6.1 预测控制技术	42
(1) 仅以车轮减速度为控制参数的 控制方式及其优缺点	42
(2) 仅以滑移率为控制参数的控制方式及其优缺点	45
(3) 以车轮减速度和加速度为控制参数的 控制方式及其优缺点	49
(4) 以车轮减速度、加速度及滑移率 为控制参数的控制方式	54
2.6.2 实用的控制技术	60
(1) 制动装置的滞后问题	60
(2) 传动轴的振动问题	61
2.6.3 模仿控制技术	66
(1) 路面的识别	67
(2) 对不同滞后量和转动惯量的修正	67
参考文献	71
第3章 ABS的基本结构	72
3.1 ABS的结构	72
3.1.1 ABS的组成及其作用	72
(1) 轮速传感器	72
(2) 电子控制器	72
(3) 液压调节器	72
3.1.2 ABS的型式	74
(1) 四传感器四通道式	74
(2) 三传感器三通道式	74
(3) 四传感器三通道式	74
(4) 四传感器二通道式	75
(5) 二传感器二通道式	75

(6) 一传感器一通道式	75
3.2 各种型式的特点	75
(1) 四传感器四通道系统/四轮独立控制方式	75
(2) 四传感器四通道系统/前轮独立-后轮 选择控制方式	76
(3) 四传感器三通道系统/前轮独立-后轮低 选择控制方式	77
(4) 三传感器三通道系统/前轮独立-后轮低 选择控制方式	77
(5) 四传感器二通道系统/前轮独立控制方式	77
(6) 四传感器二通道系统/前轮独立-后轮低选择 控制方式	78
(7) 二传感器二通道系统	79
(8) 二传感器二通道系统/摩托车用装置	80
(9) 一传感器一通道系统/后轮近似低选择控制方式	80
3.3 四轮驱动车用系统	81
3.4 摩托车用系统	86
3.5 后控制式ABS装置	88
3.5.1 后控制式ABS的构造	88
(1) 轮速传感器	88
(2) 调节器	89
(3) 控制器	89
3.5.2 后控制式ABS的特点	90
3.6 载货车用ABS系统	90
3.6.1 日本国内载货车用ABS系统	90
3.6.2 载货车用ABS系统	91
(1) 调节器的种类和控制对象	91
(2) 控制系统	92
3.6.3 气压制动汽车用ABS系统	92
(1) 大型公共汽车用ABS	92

(2) 汽车列车用ABS	93
(3) 半挂车用ABS	95
3.6.4 气顶液制动汽车用ABS系统	97
(1) 空气液压助力器的输入气压控制方式	97
(2) 空气液压助力器的输出液压控制方式	98
(3) 气顶液制动三轴车用ABS系统	99
参考文献	102
第4章 ABS的部件结构及工作过程	103
4.1 轮速传感器	103
4.1.1 轮速传感器概述	103
4.1.2 基本结构	103
4.1.3 信号产生原理	104
4.1.4 轮速传感器的安装实例	105
4.1.5 汽车减速度传感器	107
4.2 电子控制器	109
4.2.1 ECU概述	109
4.2.2 ECU的基本构造	110
(1) 轮速传感器的输入放大电路	111
(2) 运算电路	112
(3) 电磁阀控制电路	113
(4) 稳压电源、电源监控电路、故障反馈电路和 继电器驱动电路	114
4.2.3 安全保护电路	114
(1) 接通电源时的初始检查	114
(2) 汽车起步时的检查	115
(3) 行驶中的定时检查	115
(4) 自行诊断显示	116
4.3 调节器	117
4.3.1 液压式调节器	117
(1) 电磁阀	118

(2) 循环式调节器	119
(3) 可变容积式调节器	124
(4) 其它可变容积式调节器	129
(5) 整体式调节器	131
4.3.2 机械式调节器	134
(1) 调节器的构造	134
(2) 调节器的工作过程	134
4.3.3 真空式调节器	136
(1) 真空式调节器的构造	136
(2) 真空式调节器的工作过程	137
4.3.4 空气压力式调节器的种类	139
(1) 公共汽车、牵引车等气压制动系统用调节器	139
(2) 空气液压助力器输出液压控制调节器	139
4.4 ABS的可靠性	142
4.4.1 电子部件及电子控制器的可靠性	142
4.4.2 机械部件的可靠性	143
(1) 液压部件	143
(2) 轮速传感器	145
参考文献	146
第5章 ABS的性能和存在的问题	147
5.1 ABS的性能	147
5.1.1 直线行驶制动性能	147
(1) 在均匀路面上的制动距离	147
(2) 附着利用率	149
(3) 在附着系数不同路面上的制动性能	150
5.1.2 操纵性及方向稳定性	152
(1) 躲避障碍物试验	152
(2) 雪路制动试验	153
(3) 雨路制动试验	154
(4) 曲线制动试验	154

5.1.3 在各种路面上的制动性能	154
(1) μ 阶跃路制动试验	154
(2) 交错 μ 路及市松路制动试验	155
(3) 强化路试验	155
5.1.4 人工强化试验	155
5.1.5 性能评价标准	155
5.2 ABS装置存在的问题及其解决方法(踏板 反冲和工作噪声)	155
第6章 驱动控制简介	159
6.1 驱动控制装置	159
6.2 ASR的原理	161
6.3 ASR的控制方法	162
6.3.1 发动机扭矩调整方式	162
6.3.2 驱动轮制动控制方式	162
6.3.3 LSD控制	163
6.4 ASR的液压系统	165
6.5 ASR的效果	166
6.6 货车用ASR	167
6.6.1 制动控制方式	163
6.6.2 发动机控制方式	169
(1) 用于机械调速器的发动机控制系统	169
(2) 用于电子调速器的发动机控制系统	169
参考文献	171