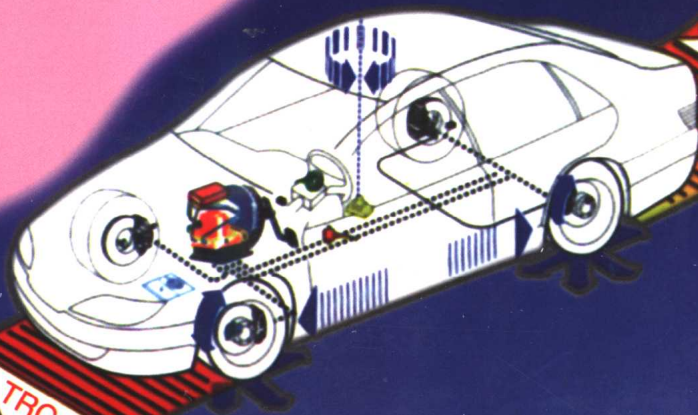


现代汽车 防抱死制动系统 和驱动力控制系统

孟嗣宗 崔艳萍 编著

- 结构
- 工作原理
- 故障诊断
- 故障排除



北京理工大学出版社

现代汽车电子控制系列丛书（工程技术类）

现代汽车防抱死制动 系统和驱动力控制系统

孟嗣宗 崔艳萍 编著

北京理工大学出版社

内 容 简 介

本书以丰田、奔驰、凌志车系为例,简要介绍了现代汽车防抱死制动系统(ABS)和驱动力控制系统(TRC)的结构、工作原理、故障诊断及维修方法等,取材新,语言通俗。可供汽车维修、管理等行业的工程技术人员和汽车爱好者学习阅读。也可作为汽车及有关专业的大学、中专和各种维修培训班的教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代汽车防抱死制动系统和驱动力控制系统/孟嗣宗,崔艳萍编著. —北京:北京理工大学出版社,1997. 7 (2001.1 重印)
(现代汽车电子控制系列:工程技术类)

ISBN 7-81045-292-4

I. 现… II. ①孟… ②崔… III. ①汽车-制动装置,防抱②汽车-驱动机构-控制系统 N. U463.52

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 10309 号

北京理工大学出版社出版发行

(北京市海淀区中关村南大街 5 号)

邮政编码 100081 电话 (010) 68912824

各地新华书店经售

北京市房山先锋印刷厂印刷

*

850 毫米×1168 毫米 32 开本 5 印张 124 千字

1997 年 7 月第 1 版 2001 年 1 月第 3 次印刷

印数:8001—11000 册 定价:7.50 元

※图书印装有误,可随时与我社退换※

前 言

随着汽车工业的发展，社会汽车保有量的不断增加，人们对汽车的行车安全性越来越重视。

汽车在转弯、遇到障碍或紧急情况时，都需要用制动的方式降低车速，或在很短的距离和时间内停车。但过度的制动将使车轮抱死，后轮抱死将使车辆的方向稳定性丧失，前轮抱死则失去了转向能力。因此，用电脑控制的防抱死制动系统（ABS），可以根据汽车的行驶状态，自动调节各车轮的制动力使其不会抱死，轮速被控制在一狭小的滑动范围内而使制动力达到最大值。这种功能不但在易滑路面上应予保证，也要在左右附着力不同的非对称路面上，以及在从非对称路面到对称路面的过渡路段上得到保证。

采用与 ABS 类似的原理，现代汽车又增加了驱动力控制系统（TRC），使汽车在易滑路面或左右附着力不同等复杂路面上起动或加速时，通过电脑自动调节发动机的输出扭矩和对各车轮的适当制动，减小车轮的滑转，保证汽车能尽快起动、加速和行驶方向的稳定。

这两项技术的采用，使汽车行驶安全性大为提高。目前已有越来越多的汽车装备了 ABS 和 TRC 系统。

本书是在参考国内外最新资料的基础上编写而成。简要而通俗地介绍了 ABS 和 TRC 系统的结构、工作原理、故障诊断和维修方法等。可供汽车维修、管理等行业的工程技术人员和汽车爱好者学习阅读，也可供汽车专业及有关专业的大学、中专和各种培训班使用。有关故障诊断和维修方法部分只提供了个别实例，但其它车型的诊断维修方法都是类似的，具体可参考每一车型的修理手册。

由于作者水平有限，时间仓促，书中难免有错误和疏漏之处，
恳请读者提出批评和建议，以便今后修改。

作 者

1997年3月

目 录

第一篇 防抱死制动系统 (ABS)

1. ABS 概 述.....	(1)
1.1 什么是 ABS	(1)
1.2 滑移率与制动性能	(4)
1.3 ABS 的工作原理	(6)
1.4 ABS 的发展简史	(7)
2. ABS 控制的理论简介	(12)
2.1 制动时车轮的受力	(12)
2.2 轮胎特性	(15)
2.3 ABS 的控制过程	(24)
3. ABS 的组成	(29)
3.1 ABS 的布置	(29)
3.2 轮速传感器	(29)
3.3 减速度传感器	(33)
3.4 ABS 执行器	(38)
3.5 ABS 的电子控制单元 (ECU)	(47)
4. ABS 的优点和局限性	(53)
4.1 ABS 的优点	(53)
4.2 ABS 的局限性	(54)
5. ABS 的故障排除	(57)
5.1 常规制动系统的常见故障	(57)
5.2 ABS 的故障排除	(58)
5.3 ABS 使用维修中的注意事项	(67)
6. ABS 的诊断与检测	(69)
6.1 故障诊断系统	(69)
6.2 ABS 执行器	(80)
6.3 电控系统	(82)

第二篇 驱动力控制系统 (TRC)

7. TRC 系统概述	(95)
7.1 什么是 TRC	(95)
7.2 滑移率与滑转率	(96)
7.3 TRC 的工作原理	(99)
8. TRC 系统的控制原理和控制方法	(101)
8.1 TRC 系统的控制原理	(101)
8.2 TRC 系统的控制方法	(102)
9. TRC 系统的主要部件	(106)
9.1 TRC 系统的主要部件及其功能	(106)
9.2 TRC 系统的电路图	(108)
9.3 副节气门执行器	(109)
9.4 副节气门开度传感器	(111)
9.5 TRC 制动执行器	(112)
9.6 ABS 和 TRC 的电子控制单元 (ECU)	(121)
10. TRC 的故障诊断与检测	(129)
10.1 故障诊断系统	(129)
10.2 电控系统的检查	(133)
10.3 故障简易诊断方法	(144)
11. TRC 特有的维修	(146)
11.1 从 TRC 系统中排气	(146)
11.2 TRC 储压器的清理	(147)
11.3 TRC 的泵总成的拆装	(148)
参考文献	(151)

第一篇 防抱死制动系统(ABS)

1. ABS 概述

1.1 什么是 ABS

ABS 是防抱死制动系统的英文缩写,其英文的全称是 Anti-lock Braking System,或者 Anti-skid Braking System。该系统在制动过程中可自动调节车轮制动力,防止车轮抱死以取得最佳制动效果。

汽车的制动性能是汽车的主要性能之一,它直接关系到交通安全。重大交通事故往往与制动距离过长、紧急制动时发生侧滑等情况有关,故汽车的制动性能是汽车行驶的重要保障。改善汽车的制动性能始终是汽车设计制造和使用部门的重要任务。一辆汽车制动性能的好坏,主要从以下三个方面来进行评价:

- ①制动效能,即制动距离与制动减速度;
- ②制动效能的恒定性,即抗热或水衰退性能;
- ③制动时汽车的方向稳定性,即制动时汽车不发生跑偏、侧滑以及失去转向能力的性能。

汽车的制动效能是汽车迅速降低车速直至停车的能力。它是制动性能最基本的评价指标。评定制动效能的指标是制动距离和制动减速度。制动距离是指在一定的制动初速度下,汽车从驾驶员踩着制动踏板开始到停车为止所驶过的距离,它与制动踏板力以及路面附着条件有关。制动减速度常指制动过程中的最大减速

度，它反映了地面制动力，因此它与制动器制动力（车轮滚动时）及轮胎-道路附着力（车轮抱死拖滑时）有关。关于地面制动力、制动器制动力和轮胎-道路附着力等内容，请参看2.1节：制动时车轮的受力。

汽车制动效能的恒定性主要指的是抗热衰退性能。抗热衰退性能是指汽车在高速行驶或在下长坡连续制动时制动效能保持的程度。因为制动过程实际上是把汽车行驶的动能通过制动器吸收转换为热能，而制动器温度升高后，能否保持在冷状态时的制动效能已成为设计制动器时要考虑的一个重要问题。此外，涉水行驶时，制动器还存在水衰退问题。制动器在浸水后仍应保持其制动效能。

制动时汽车的方向稳定性是指汽车在制动过程中维持直线行驶或按预定弯道行驶的能力。制动时汽车自动向左或向右偏驶称为制动跑偏。侧滑是指制动时汽车的某一轴或两轴发生横向移动。失去转向能力是指弯道制动时，汽车不再按原来弯道行驶而沿弯道切线方向驶出和直线行驶制动时转动方向盘汽车仍按直线方向行驶的现象。制动跑偏、侧滑和失去转向能力是造成交通事故的重要原因。

因此，我们所说的一辆汽车的制动性能好通常是指其制动距离短，制动减速度大，抗热衰退性能好且在制动过程中不发生跑偏、侧滑以及不失去转向能力。

通常，汽车在制动过程中存在着两种阻力：一种阻力是制动器摩擦片与制动鼓或制动盘之间产生的摩擦阻力，这种阻力称为制动系统的阻力，由于它提供制动时的制动力，因此也称为制动系制动力；另一种阻力是轮胎与道路表面之间产生的摩擦阻力，也称为轮胎-道路附着力。如果这两种力之间存在着以下关系：制动系制动力小于轮胎-道路附着力，则汽车制动时会保持稳定状态，如图1-1所示。反之，若：制动系制动力大于轮胎-道路附着力，则汽车制动时会出现车轮抱死和滑移，如图1-2所示。

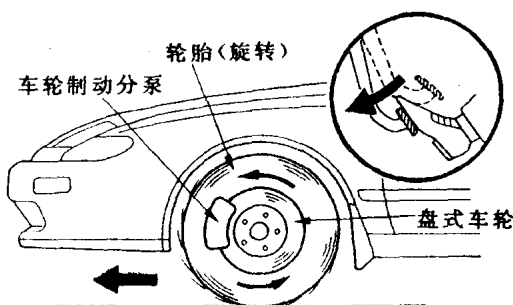


图 1-1 汽车正常行驶

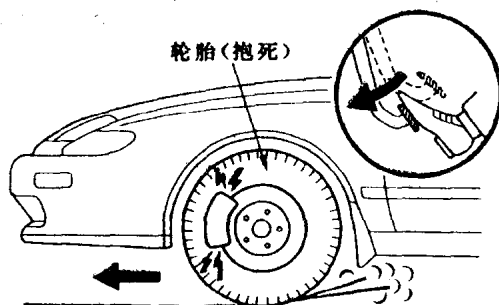


图 1-2 汽车车轮抱死

如果前轮抱死，汽车基本上沿直线向行驶，汽车处于稳定状态，但汽车失去转向控制能力，这样驾驶员在制动过程中躲避障碍物、行人以及在弯道上所应采取的必要的转向操纵控制等就无法实现；如果后轮抱死，汽车的制动稳定性变差，在很小的侧向干扰力下，汽车就会发生甩尾，甚至调头等危险现象。尤其是在某些恶劣路况（诸如路面湿滑或有冰雪）下，车轮抱死将难以保证汽车的行车安全。另外，由于制动时车轮抱死，从而导致轮胎局部急剧摩擦，将会大大降低轮胎的使用寿命。

ABS 通过控制作用于车轮制动分泵上的制动管路压力，使汽

车在紧急刹车时车轮不会抱死，这样就能使汽车在紧急制动时仍能保持较好的方向稳定性。在没有装备 ABS 的汽车上，如果在雪地上刹车，汽车很容易失去方向稳定性；同时，驾驶员如果想停车，必须使用液压调节器（又称执行器）。反之，若汽车上装备有 ABS，则 ABS 能自动向液压调节器（即执行器）发出控制指令，因而能更迅速、准确而有效地控制制动。

1.2 滑移率与制动性能

当汽车匀速行驶时，汽车的实际车速与车轮滚动的圆周速度（有时也称为车轮速度）是相同的，也即轮胎没有滑移。然而，当驾驶员踩制动踏板使车轮的转速降低时，车轮滚动的圆周速度（即轮胎胎面在路面上移动的速度）也就降低了，但由于汽车自身的惯性，汽车的实际车速与车轮的速度不再相等，也即轮胎与地面之间产生相对滑移，同时轮胎与地面之间产生阻力作为制动力来降低汽车的速度。汽车的实际车速与车轮滚动的圆周速度之间的差异就称为滑移率。汽车的滑移率用如下公式计算：

$$S_b = \frac{V - V_c}{V} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中： S_b ——制动时车轮的滑移率；

V ——实际车速；

V_c ——车轮滚动的圆周速度。

显然，当汽车的实际车速等于车轮滚动的圆周速度时，即 $V = V_c$ 时，滑移率为 0，车轮自由滚动；当车轮滚动的圆周速度为零时，即 $V_c = 0$ 时，滑移率为 100%，车轮作纯滑动，即完全抱死；当滑移率在 0~100% 之间时，车轮既滚动又滑动。

在制动过程中车轮被抱死的原因是作用于制动系统的阻力（即制动器制动力）大于轮胎-道路附着力。因此，影响车轮滑移率的因素有：

- ①车辆的载荷质量；
- ②路面种类；
- ③路面状况；
- ④车辆各轴间的载荷质量分布；
- ⑤轮胎-道路附着状况有无突然变化；
- ⑥所施加制动力的大小与其增长速率。

汽车的纵向、侧向附着系数与滑移率有很密切的关系，如图 1-3 所示。

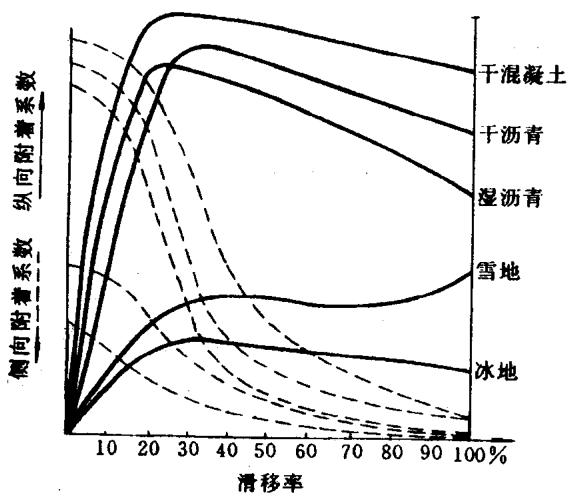


图 1-3 不同路面上纵向、侧向附着系数与滑移率的关系曲线（虚线所示路面种类注释上下顺序与实线标注相同）

由图 1-3 可知，在干路面或湿路面上，当滑移率在 15%~30% 时，车轮具有最大的纵向附着系数，即可产生的制动力最大，制动效果最好。在雪地或冰地上，最佳的滑移率范围为 20%~50%。如果滑移率超过这个范围，则车轮的纵向附着系数下降，产生的制动力也随之下降，从而使制动距离增长。几乎在所有的情况

下,当在纵向附着系数最大的滑移范围内制动时,制动距离最短。

由图 1-3 又可知,与制动过程方向稳定性有直接关系的侧向附着系数也随着滑移率的增加而急剧下降。当车轮抱死,滑移率为 100% 时,侧向附着系数变得极小,特别是在潮湿的路面上,稍有侧向干扰力,汽车就会因侧滑而失去稳定性。

因此,为了达到最好的制动效果,应将滑移率控制在最佳的范围内。ABS 的功能就是利用传感器、控制器和液压调节器组成的系统对汽车制动过程中车轮的运动状态进行迅速、准确而有效的控制,使车轮尽可能保持在最佳的滑移率范围内运动,这时车轮纵向附着系数处于峰值,同时侧向仍保持着较高的附着系数,从而使汽车具有良好的制动性能。

1.3 ABS 的工作原理

ABS 系统根据车轮转动情况,随时调节制动力,来防止车轮抱死。图 1-4 所示的就是一个典型的 ABS 系统。

汽车制动时,装在汽车各车轮轮侧的轮速传感器产生交变的电流信号,其频率随着车轮转动的角速度的增加而升高,以此来检测车轮速度任何瞬间的变化,并不断向电子控制单元(简称 ECU)输入这些轮速信号。电子控制单元则不断地监视这些信号,并与预先储存的信息相比较。如果信号的频率急剧下降,表明该车轮即将抱死,电子控制单元则指示执行器降低该车轮制动分泵的制动液压。当传感器的信号表明车轮又正常转动时,电子控制单元又发出指令允许升高车轮制动分泵的制动液压。而执行器则根据电子控制单元的指令“降低”、“升高”或“保持”各车轮制动分泵的制动液压,从而以脉冲形式(每秒约 4~10 次)进行制动压力的调节,始终将车轮的滑移率控制在最佳滑移率的范围内,这样就尽量发挥了制动系制动力而又防止车轮抱死,最大限度地保证了制动时汽车的稳定性,增大了安全性,缩短了制动距离。

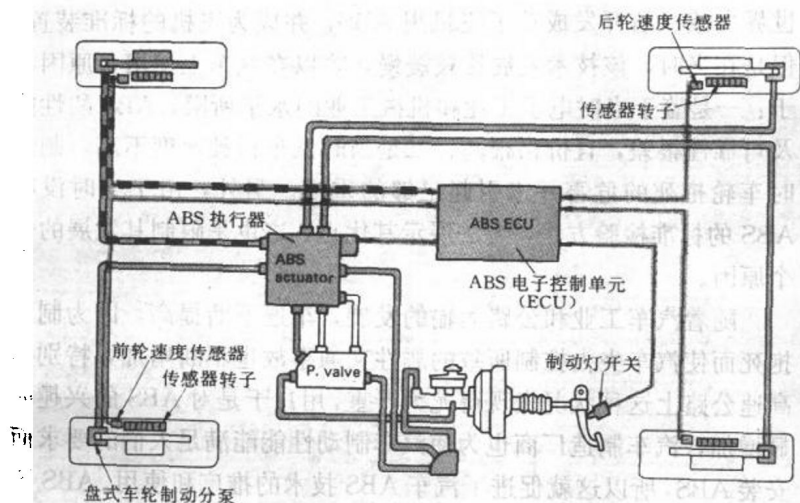


图 1-4 一个典型 ABS 系统的示意图
(图中 P. valve 为比例阀)

ABS 系统除了具有以上的基本功能外，还有另外两种功能：
一是 ABS 系统只有在车轮抱死或即将抱死时才开始工作，在其余的所有时间内，ABS 系统只是处于准备状态而并不干涉常规制动（即完全由制动踏板操纵的制动）；另一种功能如果是 ABS 系统出现故障，则制动系统脱开 ABS 防抱装置而恢复原来的制动系，进行常规制动，同时通过仪表盘上的警示灯提醒驾驶员 ABS 系统出了故障。

1.4 ABS 的发展简史

1.4.1 国际上 ABS 的研究和发展情况

20 世纪初期，原始的 ABS 装置就安装在汽车挂车上。1920 年，ABS 技术由英国人霍纳摩尔研制成功并申请了专利。第二次

世界大战以后开发成功了飞机用 ABS，并成为飞机的标准装置。但是在当时，该技术发展比较缓慢，难以在汽车上使用，原因在于：一是鉴于当时电子工业和机械工业的水平所限，ABS 的性能及可靠性很差，且价格很高；二是当时汽车行驶速度不高，制动时车轮抱死的危害并未引起足够的重视。另外，由于当时没有 ABS 的标准检验方法，无法展示其优点，这也是限制其发展的一个原因。

随着汽车工业和公路运输的发展，车速不断提高，因为制动抱死而使汽车失去控制所致的恶性交通事故也不断增加，特别是高速公路上这种状况表现得尤为严重，用户于是对 ABS 的兴趣明显增加，汽车制造厂商也为使汽车制动性能能满足人们的要求而安装 ABS，所以这就促进了汽车 ABS 技术的推广和使用。ABS 不仅提高了汽车的主动安全性和操纵性，而且有助于制动效能的改善。

美国采用 ABS 系统是在 60 年代末。美国德尔科公司 (Delco) 1991 年后研制的新型、低成本的 ABS 系统已应用在雪佛兰、别克、庞帝克等车系上，并且还要为我国桑塔纳 2000 型轿车装配 ABS 系统。其它汽车公司如福特 (Ford)、通用 (GM)、本迪克斯 (Bendix)、凯尔西海斯 (Kelsey Hayes) 等也都在自己生产的汽车上安装了 ABS 系统。

日本本田公司于 80 年代就在其生产的十几种车型上安装了自己开发研制的防抱死制动系统。日本的三菱和日产等公司也都在他们的汽车上安装了防抱死制动系统。

在欧洲，德国的博世公司 (Bosch) 从 70 年代初就一直从事 ABS 技术的研制工作，并获得多项专利，它是目前世界上最大的 ABS 生产厂。该公司不仅给本国的奔驰、宝马车系提供 ABS 系统，还给其它国家近 30 个汽车厂的 50 余种汽车配备了防抱死制动系统；德国生产 ABS 装置的厂家还有伟布柯公司 (Wabco)、戴维斯公司 (Teves)。英国的卢卡斯格林公司 (Lucas · Girling) 生

产的货车 ABS 系统是先进的，货车制动器产品已占欧洲市场的 50% 以上。

现在，ABS 技术已日趋成熟完善，其制造成本不断降低，所以该装置的普及率将越来越高。1990 年美国仅有 2%~5% 的轻型货车和轿车上装备了 ABS，可到 1995 年，ABS 的普及率达到了 90% 以上。专家们预测到 2000 年时，美国汽车将全部装备 ABS，全世界将有 90% 以上的汽车装备 ABS。

调查表明，随着对行车安全的认识日益加深，人们对 ABS 的需求也成为必然。例如，日本对用户作了调查，驾驶员强烈要求普及 ABS，妇女的 26.1%，50 岁年龄组的 37.6%，20 岁年龄组的 53.8% 要求装备 ABS。为了更有效地普及 ABS 技术，人们制定了相应的法规来加以促进。1987 年欧洲共同体颁布的法规规定：自 1989 年起，欧共体成员国汽车厂凡申请新车型许可证时，该车型必须装备 ABS，并自 1991 年开始，重型车必须装备 ABS，禁止未装备 ABS 的车辆进口。美国保险公司宣布：凡装备 ABS 的车辆可减收保险费。日本运输省也准备通过修订标准，实施中、重型车 ABS 的普及。日本从 1991 年 10 月起，所有大型货车均装备 ABS。

ABS 技术的更新发展很快，目前它的型式和牌号很多，比较流行的有博世 (Bosch) 2、戴维斯 (Teves Mark) 4、德尔科 (Delco Moraine) 等。美国车大多采用戴维斯、本迪克斯和德尔科型 ABS，欧洲和日本车大多采用博世 2 的各种变型。

现在国际上通用的检验 ABS 产品的标准有：联合国欧洲经济委员会 (ECE) 的汽车制动法规 (R13) 的附件 13《采用制动防抱装置的车辆的试验要求》。国际标准化组织 (ISO) 的道路车辆技术委员会的制动分委会也等效采用了该标准：即 ECE 的 R13 的附件 13。

1.4.2 我国 ABS 的研究和发展情况

我国对 ABS 的研究开始于 80 年代初, 现在已进入产品试制和在车辆上试装的阶段。同时已着手制定车辆安全性方面的法规, 并将使其成为强制性法规, 决定首先在重型车和大客车上安装防抱死制动装置 (ABS)。

国内 ABS 的研究单位现在已有不少, 如: 东风汽车公司、交通部重庆公路研究所、重庆宏安 ABS 有限公司、陕西兴平 514 厂、西安交通大学和清华大学等。我国“九五”科技攻关计划中也列入了 ABS 的研究项目。

东风汽车公司是我国从事 ABS 研究较早的厂家之一。从 80 年代初就开始研究, 而且有一个专门的 ABS 研究机构, 对伟布科公司 (WABCO) 的 ABS 产品进行剖析, 并进行了大量的试验。将该公司的 ABS 安装在 EQ-145 型汽车上, 在各种路况下进行试验, 采集信号并进行分析处理。另外, 博世公司 (Bosch) 和科诺尔公司 (KNORR) 也纷纷表示愿意与东风汽车公司合作, 并希望采用 Bosch 和 KNORR 的产品。东风汽车公司现阶段对 ABS 研究的主要目标仍是对国外的产品进行消化吸收, 并进行自主开发。

重庆公路研究所先后开发了两代 ABS 产品。第一代 ABS 中的电子控制单元 (ECU) 采用了 Z80 芯片。第二代 ABS 产品为 FKX-AC1 型, 适用于中型汽车。其中央处理器 CPU 采用了美国 INTEL 公司的 MCS-96 系列 8098 单片机, 控制软件、传感器和执行器都由他们自己研制, 现已在部分车辆上试装。该研究所对于防抱死制动理论进行了较为深入的研究, 并编制出成套的控制软件。

重庆宏安公司是我国较早批量生产 ABS 的厂家。1993 年投产的当年就生产 ABS 5000 套。目前, 该公司正投资 6000 万元在重庆璧山建设一个试验生产基地, 预计竣工后将会实现年生产 30 万套 ABS 的生产能力。