

现代汽车
技术丛书



第2版

汽车ABS 原理与结构

周志立 徐立友 编著

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



汽车 ABS 原理与结构

第 2 版

周志立 徐立友 编著

机械工业出版社

前 言

本书是《汽车 ABS 原理与结构》一书的修订版。《汽车 ABS 原理与结构》出版后深受读者好评，先后重印四次。考虑到汽车 ABS 及相关技术在不断改进，汽车车型也在迅速换代，我们决定修订此书，以便进一步满足读者的需求。

汽车防抱死制动系统(简称 ABS; Anti-Lock Brake System)是现代汽车制动系的关键部件之一，在汽车制动过程中，该部件能防止车轮完全抱死，提高汽车在制动过程中的方向稳定性和转向操纵能力，缩短制动距离。

充分发挥轮胎与路面间的潜在附着力、最大限度地改善汽车的制动性能，以满足行车安全的需要，一直是人们追求的目标。虽然 ABS 的理论基础确立较早，但鉴于相关工业，如电子技术水平的限制，使可靠性、价格效益比成为 ABS 发展道路上的两大障碍。进入 20 世纪 70 年代以来，由于电子技术的发展，使得 ABS 的可靠性显著改善，功能也得以完善。加之汽车行驶速度的提高致使制动时车轮抱死拖滑成为行车安全的重大隐患之一，促使 ABS 使用日益广泛。

20 世纪 70 年代中后期开始，ABS 控制器采用了大规模集成电路式的计算机，这种数字计算机不易受干扰，运算速度快。不仅提高了控制器的稳定性，而且为改善 ABS 功能创造了条件。

到了 20 世纪 80 年代，车用 ABS 控制器的硬件在采用数字式电路的基础上，采用了微处理器，输入输出也朝着与汽车其他电子元件集成化、网络化的方向发展，精密液压元器件的制造技术走向成熟；在软件上 ABS 的控制逻辑向多元化方向发展，诸如最优控制、变结构控制及模糊控制得到了应用。计算机技术的发展又使 ABS 向纵深扩展，如制动防滑装置(简称 ASR; Anti-Slip-Regulation)及速度限制器等。可以说 ABS 装置是在汽车上得到最成功应用的电子技术之一。

本书的目的就是使从事汽车教学、科研和维修的人员了解汽车 ABS 系统的基本原理与构造、电子控制的知识，在此基础上，掌握典型 ABS 系统，对教学、科研和维修起到帮助作用。

全书共分 4 章，第 1 章、第 2 章由周志立编写，第 3 章、第 4 章由徐立友编写，全书由周志立修改定稿。

本书在编写过程中参阅了相关的科技著作和论文，在此向所有作者一并表示感谢。

由于编者的水平有限，书中难免出现缺点和错误，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 绪论..... 1

1.1 汽车防抱死制动系统..... 1

1.2 ABS 发展及应用..... 1

1.3 ABS 技术的理论基础..... 3

一、汽车制动时车轮的滑移(转)率..... 3

二、路面制动力、制动器制动力和附着力之间的关系..... 3

三、附着力系数..... 4

四、前、后制动器制动力的分配问题..... 5

1.4 ABS 的技术要求及评价方法..... 6

一、对 ABS 系统的设计要求..... 6

二、ABS 系统的质量准则..... 6

三、主要评价指标..... 7

第2章 ABS 基本结构和工作原理..... 8

2.1 ABS 基本组成及工作过程..... 8

一、基本组成..... 8

二、工作过程..... 11

2.2 ABS 系统的控制原理..... 15

一、汽车防抱死控制的基本理论..... 15

二、控制方法..... 16

三、控制通道..... 20

2.3 车轮转速传感器和加速度传感器..... 23

一、电磁式车轮转速传感器..... 24

二、霍尔式车轮转速传感器..... 26

三、加速度传感器..... 27

2.4 电子控制单元..... 28

一、电子控制单元的功用..... 28

二、ECU 的基本电路..... 29

三、ECU 的软件简介..... 32

2.5 ABS 执行机构..... 32

一、ABS 液压式制动压力控制装置的组成..... 33

二、液压式制动压力调节装置的工作原理..... 36

第3章 典型 ABS 系统..... 42

3.1 四轮驱动汽车 ABS..... 42

一、奥迪 100/200 四轮驱动型

轿车三通道 ABS..... 43

二、切诺基汽车用本迪克斯 ABS..... 47

3.2 两轮驱动轿车 ABS..... 50

一、奇瑞轿车 ABS..... 50

二、风神蓝鸟轿车 ABS..... 52

三、宝来轿车 ABS..... 54

四、别克世纪轿车 ABS..... 57

五、本田雅阁轿车 ABS..... 61

六、奔驰车系 ABS..... 64

七、通用车系 ABS..... 67

八、日产车系 ABS..... 70

九、丰田皇冠轿车 ABS..... 72

十、丰田佳美轿车 ABS..... 73

3.3 汽车后轮控制 ABS..... 76

3.4 商用汽车 ABS..... 80

一、概述..... 80

二、大中型客车 ABS..... 81

三、国内豪华客车 ABS..... 83

四、牵引车与挂车 ABS..... 87

五、载货车 ABS..... 90

第4章 ASR 基本结构及工作原理..... 97

4.1 ASR 基本组成及工作过程..... 98

一、ASR 基本组成..... 98

二、ASR 工作过程..... 98

三、ABS 与 ASR 的比较..... 101

4.2 ASR 控制原理..... 101

一、ASR 控制方式与基本原理..... 101

二、ASR 系统主要控制部件工作原理与结构..... 105

4.3 ABS/ASR 典型系统..... 112

一、丰田凌志 LS400 轿车防滑控制系统..... 112

二、宝马 ABS/ASC + T 驱动防滑控制系统..... 118

三、坦孚 MKIV 型防滑控制系统..... 122

四、博世 ABS/ASR 2U 防滑控制系统..... 125

五、商用车的 ASR 控制系统	128	二、电子制动力分配装置	140
4.4 ESP 的结构与工作原理	130	三、电子辅助制动系统	141
一、ESP 的概念与类型	130	四、电子控制制动系统	143
二、ESP 的结构组成及工作原理	131	附录	146
4.5 ABS/ASR 系统的发展	138	参考文献	153
一、汽车动力学控制系统	138		

第 1 章 绪 论

1.1 汽车防抱死制动系统

汽车防抱死制动系统,简称 ABS(Anti-Lock Brake System)。ABS 是现代汽车制动系的关键部件之一,它是用来在汽车制动过程中,防止车轮完全抱死,提高汽车在制动过程中的方向稳定性和转向操纵能力,缩短制动距离的一种安全装置。那么,在汽车制动过程中,为什么要防止车轮完全抱死呢?

凡驾驶过汽车的人都有一些体验,在被雨淋湿而带有泥土的柏油路面上或在积雪道路上紧急制动时,汽车会发生侧滑甚至调头旋转;左、右两侧车轮如果行驶在不同的路面上,例如一侧车轮在积雪路面上,而另一侧车轮在柏油路面上,紧急制动时,汽车就会失去方向控制;高速行驶在弯道上进行紧急制动时,有可能会从路边滑出或闯入对面车道;在直道上紧急制动则可能出现无法躲避障碍物等危险情况。汽车防抱死制动装置就是为了防止这些危险状况的发生而在汽车制动系统中附加的一种装置。概括起来,ABS 的功能主要有以下三点:

- ① 提高制动过程中汽车行驶的方向稳定性;
- ② 保证驾驶人在汽车制动过程中仍能控制转向盘,从而实现避开障碍物;
- ③ 缩短制动距离(由于制动距离缩短量取决于许多因素,为了保证行驶方向稳定性和控制能力,需要进行压力调节。因此,在碎石、冰雪等松散层路面上制动时,制动距离可能稍有增加)。

1.2 ABS 发展及应用

充分发挥轮胎与路面间的潜在附着力、最大限度地改善汽车的制动性能,以满足行车安全的需要,一直是人们追求的目标。虽然 ABS 的理论基础确立较早,但鉴于相关工业,如电子技术水平的限制,使用可靠性、价格效益比成为 ABS 发展道路上的两大障碍。进入 20 世纪 70 年代以来,由于电子技术的发展,使得 ABS 的可靠性显著改善,功能也得以完善。加之汽车行驶速度的提高,致使制动时车轮抱死滑移成为行车安全的重大隐患之一,这也促使了 ABS 使用日益广泛。

最早的汽车(1920 年以前)前轴并不装用制动器,汽车制动过程中对路面附着力系数的利用是很低的。随后人们经过对前、后车轮均装用制动器的汽车进行了大量试验后,在前轮也装用了制动器。但鉴于当时道路条件差,为确保汽车制动时有足够的方向控制能力,故前轮制动力分配系数与现代汽车比较起来仍显得很小时。为了充分利用制动过程中路面所能提供的附着力系数,以及解决随后遇到的后轮抱死滑移所产生的危险因素,人们对汽车制动理论的研究及制动装置的研制开展了大量的工作。汽车 ABS 装置就是为了既能充分利用制动过程中的路面附着力系数,又能避开车轮制动时抱死滑移所产生的危险工况而出现的汽车制动附加装置。

20 世纪初期人们就开始了 ABS 的技术研究。ABS 装置最早得到成功应用并不是在汽车上,而是在飞机、铁路机车上。当铁路机车的制动强度过大出现车轮抱死滑移的现象时,车轮往往不能平稳运动而产生强烈的噪声和振动,轻则影响车轮和铁轨的寿命,重则出现危险性的事故。为了避免这种现象发生,1908 年在铁路机车上安装了防抱死装置,并意外的发现制动距离也缩短了。早在 1936 年,德国博世(BOSCH)公司将电磁传感器用于测量车轮转速。当传感器探测到车轮抱死滑移时,调节装置启动,调节制动管路压力,这一思路一直延续至今。随后,1948 年美国的 Westinghouse Air Brake 公司开发了铁路机车专用的 ABS 装置。该装置利用装在车轴上的转速传感器测出车轴的减速度,然后通过电磁阀控制制动气压,实现 ABS 装置的自动控制。

飞机着陆时往往速度很高,如果此时制动强度过大,出现轮胎抱死现象,则可能发生轮胎磨损严重,从而出现破裂的危险局面。如果路面附着力系数较低,或者说路面较滑时,轮胎滑移将难以保证飞机直线行驶、保持一定的转向能力等的基本要求。为防止这些危险工况发生,ABS 装置于二战末期的 1945 年前后被尝试用于飞机上。先是德国人 Fritz Ostwald 的设计思想被美国政府用在喷气式飞机上。接着是 1948 年波音公司生产的 B—47 飞机上安装了 Hydro Aire 公司的 ABS 产品。

从 20 世纪 50 年代开始,Good Year 和 Hydro Aire 等公司分别开发出各具特点的 ABS 装置。这一时期 ABS 装置的特点是采用了初期的电子计算机,使 ABS 的性能得到了很大的改善,以至于规定所有的民航飞机都必须安装 ABS 装置。这一时期也是 ABS 装置由飞机向汽车上移植的时期。

如 1951 年,Good Year 航空公司在载货汽车上试装了飞机用 ABS。1954 年,美国福特公司首先把法国生产的民航机用 ABS 应用在林肯牌轿车上。这些尝试虽然以失败告终,但揭开了汽车应用 ABS 的序幕。

经过坚持不懈的努力,1958 年 Dunlop 公司开发出了用于载货车的 ABS,美国福特公司最终与 Kelsey Hayes 公司合作于 1968 年成功开发了车用 ABS 装置。于是,车用 ABS 装置的研究与开发受到诸如美、英等各国研究部门及政府的支持,但随后十多年 ABS 装置的研究与发展却处于一个低谷时期。这是因为这一时期的 ABS 控制器采用的是分离元件的电子线路式模拟计算机。由于电子元件多、体积大,再加上汽车速度的提高,所研制的 ABS 功能仍然较差、可靠性也较低,不能满足汽车的使用要求。

20 世纪 70 年代中后期开始,ABS 控制器采用了大规模集成电路式的计算机。这种数字计算机不易受干扰,运算速度快。不仅提高了控制器的稳定性,而且为改善 ABS 功能创造了条件,20 世纪 70 年代末,欧洲开始批量生产用于轿车和商用汽车的 ABS 系统。

进入 20 世纪 80 年代,车用 ABS 装置在理论上与实践上都逐渐走向成熟。ABS 控制器的硬件在采用数字式电路的基础上,采用了微处理器,输入输出也朝着与汽车其他电子元件集成化、网络化的方向发展,精密液压元器件的制造技术也走向成熟。在软件上 ABS 的控制逻辑向多元化方向发展,诸如最优控制、变结构控制及模糊控制得到了应用。计算机技术的发展又使 ABS 向纵深扩展,如制动防滑装置 ASR(Anti-Slip Regulation)及速度限制器等。

进入 20 世纪 90 年代,ABS 的发展愈来愈快,欧洲、美国和日本等国家均在高速普及 ABS。到 1995 年,美、德、日在轿车上装用 ABS 的比例分别达 55%、50% 和 35%;在货车上装用 ABS 的比例分别达 50%、50% 和 45%。目前,德国的博世公司成为世界第一大 ABS

装置生产厂家，其生产的 ABS 装置已被装用于奥迪、宝马、通用、大众、雷诺、菲亚特、雪铁龙及法拉利等公司的各系列车型中。另外，日本也生产大量的 ABS 装置，广泛安装于丰田、日产、三菱、本田及马自达等系列车型上。可以说 ABS 装置是在汽车上得到最成功应用的电子控制装置之一。

1.3 ABS 技术的理论基础

一、汽车制动时车轮的滑移(转)率

在汽车的实际行驶过程中，车轮在路面上的纵向运动可以有两种形式——滚动和滑动，车轮相对于路面的滑动又可区分为滑移和滑转两种形式。

汽车在制动过程中，车轮可能相对于路面发生滑移，滑移成分在车轮纵向运动中所占的比例可由滑移率来表征，车轮的滑移率可通过下式确定：

$$S_y = \frac{v_0 - r\omega}{v_0} \times 100\%$$

式中 S_y ——车轮的滑移率；

r ——车轮的自由滚动半径，m；

ω ——车轮的滚动角速度，rad/s；

v_0 ——车轮中心的纵向速度，m/s。

当车轮在路面上自由滚动即作纯滚动时，车轮中心的纵向速度完全是由于车轮滚动产生的，此时为 $v_0 = r\omega$ (图 1-1)，因车轮是纯滚动与路面间没有滑移，故车轮与路面间的滑移率 $S_y = 0$ 。当车轮被制动到完全抱死在路面上作纯滑移(动)时，即车轮不转动，车轮中心的纵向速度则完全是由于车轮滑移产生的，此时 $\omega = 0$ ，车轮与路面间的滑移率 $S_y = 100\%$ 。当车轮在路面上边滚动边滑移时，车轮中心纵向速度的一部分是由于车轮滚动产生的，另一部分是由于车轮滑移产生的，此时 $v_0 > r\omega$ ，因此， $0 < S_y < 100\%$ 。车轮中心纵向速度中，车轮滑移所占的成分越高，滑移率 S_y 的数值就越大。

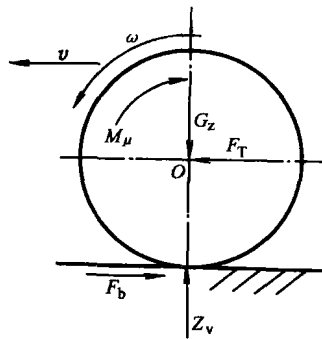


图 1-1 车轮制动受力图

汽车在驱动过程中，车轮可能相对于路面发生滑转，滑转成分在车轮纵向运动中所占的比例可由滑转率来表征，车轮的滑转率可通过下式确定：

$$S_x = \frac{r\omega - v_0}{r\omega} \times 100\%$$

式中 S_x ——车轮的滑转率。

当车轮在路面上自由滚动时，车轮中心的纵向速度完全是由于车轮滚动产生的，此时为 $v_0 = r\omega$ (图 1-1)，故此时的滑转率 $S_x = 0$ 。当车轮在路面上完全滑转时，车轮中心的纵向速度 $v_0 = 0$ ，因此，滑转率 $S_x = 100\%$ 。当车轮在路面上边滚动边滑转时，此时 $r\omega > v_0$ ，因此， $0 < S_x < 100\%$ 。车轮转动中，滑转所占的成分越高，滑转率 S_x 的数值就越大。

二、路面制动力、制动器制动力和附着力之间的关系

汽车在行驶过程中能够实施制动过程的本质原因是由于与轮胎接触的路面给相应车轮提

供了路面制动力。路面制动力是使汽车制动并减速行驶的外力。但是路面制动力取决于两个摩擦副的摩擦力：一个是制动器内制动蹄摩擦片与制动鼓间的摩擦力——制动器制动力，另一个是轮胎与路面间的摩擦力——附着力(路面制动力)。图 1-1 为车轮在制动时的受力情况示意图，路面制动力可由下式确定：

$$F_b = M_\mu / r$$

式中 F_b ——路面制动力，N；

M_μ ——制动器摩擦力矩，Nm。

上式成立的先决条件是路面制动力不超过车轮与路面间的附着力。

制动器制动力相当于将汽车架离路面，并踩住制动踏板，在轮胎周缘沿切线方向推动车轮直至它能转动所需的力，可由下式确定。

$$F_\mu = M_\mu / r$$

式中 F_μ ——制动器制动力，N。

当制动踏板力较小，制动器摩擦力矩不大，路面与轮胎之间的摩擦力——路面制动力足以克服制动器摩擦力矩而使车轮滚动。显然，车轮滚动时的路面制动力就等于制动器制动力，且随踏板力的增长而增长，如图 1-2 所示。但路面制动力是滑动摩擦的约束反力，它的值不能超过附着力，即：

$$F_b \leq F_\varphi = G_z \varphi$$

$$F_{b\max} = F_\varphi$$

式中 F_φ ——路面附着力，N；

G_z ——车轮上的垂直载荷，N；

φ ——路面附着力系数。

当路面制动力达到附着力时，车轮即抱死不转而出现纯滑移现象。此时，如果继续增大制动器踏板力(或制动管路压力)，制动器制动力将由于制动器摩擦力矩的增长而继续增长。但是，若作用在车轮上的垂直载荷为常数，路面制动力达到附着力后就不再增加。

由此可见，汽车的路面制动力首先取决于制动器制动力，但同时又受路面附着条件的限制，所以只有汽车具有足够的制动器制动力，同时路面又能提供足够高的附着力时，才能获得足够高的路面制动力。

三、附着力系数

附着力系数为路面附着力与垂直载荷之比。在不同的滑移(转)率时，附着力系数也不同，试验表明其规律呈图 1-3 所示特征。附着力系数的最大值称为峰值附着力系数 φ_p ，而滑移(转)率为 100% 时的附着力系数称为滑动附着力系数 φ_s 。显然，路面为与之接触的车轮所能提供的附着力不会仅仅限于行驶方向，而是各个方向的，定义轮胎所受侧向力与相应轮胎的垂直载荷之比为侧向力系数。

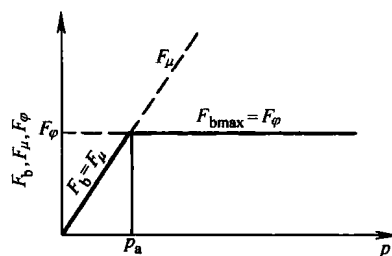


图 1-2 路面制动力、制动器制动力及附着力的关系

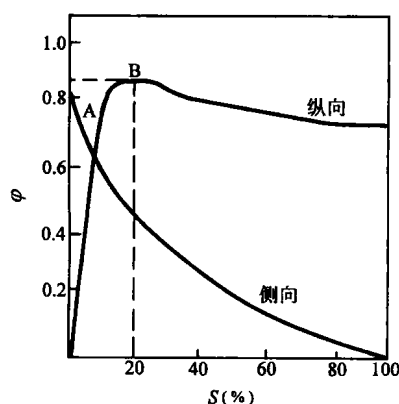


图 1-3 附着力系数 φ —滑移(转)率 S 关系

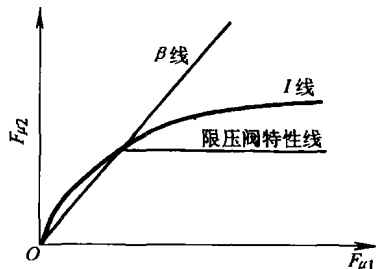
同一轮胎在与路面的接触运动过程中,其附着力系数、侧向力系数及滑移(转)率之间的关系如图 1-3 所示。图中曲线表明,滑移(转)率越低,同一侧偏角条件下的侧向力系数越大,即轮胎保持转向、防止侧滑的能力越大。所以,制动时若能使滑移(转)率保持在较低值,便可使轮胎同时获得较大的附着力系数与较高的侧向力系数。这样,制动性能最好,侧向稳定性也好。

装一般制动器的汽车在制动过程中为缩短制动距离而一味增加制动器制动力,很容易造成轮胎抱死(轮胎滑移率达到 100%)。由图 1-3 可知,此时,不仅侧向力系数最低,即路面所能提供给车轮的侧向抵抗力最低,车轮即使受到微弱的侧向力也可轻易造成轮胎侧滑,出现危险工况。而且,此时的附着力系数也不是最大,即车轮抱死纯滑移的状况下,路面附着条件没有充分利用,所获得的制动距离也不是最短的。

制动防抱死装置就是用来在制动的过程中,使滑移率保持适当的数值(如图 1-3 中 $S \approx 15\% \sim 20\%$ 处),使制动车轮既能获得较高的附着力系数,又能获得较大的侧向力系数,从而显著地改善汽车制动时的制动效能与方向稳定性。

四、前、后制动器制动力的分配问题

由于制动减速度的作用,制动过程中,汽车前、后轮的垂直载荷始终在发生变化。因此,路面对前、后轮能提供的附着力也在不断变化。这就要求前、后轮的制动器制动力也应该随着路面附着力的不同而不同,以避免制动过程中,盲目增加制动器制动力。很明显,制动时前、后轮均将同时抱死的工况,对路面附着条件的利用及制动时汽车的方向稳定性均较为有利。这种工况所需条件是:前、后轮制动器制动力之和等于附着力,并且前、后轮制动器制动力分别等于各自附着力。据此可导出此时的前、后轮制动器制动力 $F_{\mu 1}$ 、 $F_{\mu 2}$ 的关系曲线,常称为理想的前、后轮制动器制动力分配曲线,或简称为 I 曲线。如图 1-4 中粗实线所示。



实际前、后制动器制动力之比很难严格满足图中曲线要求。最简单的一种情况是前、后制动器制动力之比等于图 1-4 前、后制动器制动力分配曲线常数,即图中的 β 线。 β 线与 I 线交点处的附着力系数为同步附着力系数,所对应的制动减速度称为临界减速度。同步附着力系数是由汽车结构参数决定的、反映汽车制动性能的一个参数。前、后制动器制动力之比为固定值的汽车,只有在一种附着力系数,即具有同步附着力系数的路面上制动时才能使前、后轮同时抱死。显然,实际情况要复杂得多,前、后制动器制动力之比为固定值的汽车在大多数情况下是不能满足理想的制动力分配要求的。

为了改善上述情况,人们在制动系统中增加了限压阀、比例阀、感载阀等型式多样的装置来调节前、后制动器制动力之比,以使前、后制动器制动力之比尽量接近理想的制动力分配曲线。如在制动管路中装用限压阀后,可使前、后促动管路压力同步增长到一定值后,自动对后制动管路的促动压力的增长限制在一个恒定值,如图 1-4 中折线所示。与不装用任何制动力调节装置时的实际前、后制动轮缸的液压或气室的气压分配特性直线—— β 线相比,折线不仅位于理想分配特性曲线—— I 线的下方,而是也更接近于 I 线。质心高度和轴距的比值较大的轻型汽车,在制动时轴荷转移量较大,比较适宜安装限压阀。其他的比例阀、感载阀、惯性阀等与限压阀的原理是一样的,都是在制动管路中增加一些装置,使得制动器制

动力分配尽量接近理想的制动力分配曲线。

上述装置并不能完全解决车轮制动时的抱死问题，而且无法感知制动轮的运动状况，制动轮缸或气室压力不能相应调节，制动轮得不到相应的控制。而汽车制动防抱死装置可感知制动轮制动过程中每一瞬时的运动状态，相应地调节制动器制动力矩的大小，其前、后轮制动器制动力分配曲线为瞬时变化的极接近于 I 线的一条曲线。一方面避免出现车轮抱死的危险现象，另一方面可使汽车在制动时维持行驶方向的稳定性、充分利用路面附着力系数从而缩短制动距离，有效地提高行车安全性。

1.4 ABS 的技术要求及评价方法

一、对 ABS 系统的设计要求

评价 ABS 的主要指标是转向能力、稳定性和最佳制动距离。由此对 ABS 提出下述要求：

- 1) 在调节制动过程中，汽车转向能力和行驶稳定性必须得到保证；
- 2) 即使左右车轮的附着力系数不相等，无法避免的转向反应应尽可能小；
- 3) 必须在汽车的整个速度范围内进行调节；
- 4) 调节系统应该最有效地利用车轮在路面上的附着性，这时保持转向能力的考虑优先于缩短制动距离的目标；
- 5) 调节装置应极快地适应路面传递能力的变化；
- 6) 在波状路面上给以任意强的制动，汽车都能被完全控制住；
- 7) 调节装置必须能识别出覆水路面，并对此做出正确的反应；
- 8) 调节装置只能附加在常规制动装置上，如果出现损坏，安全通路必须自动断开调节装置而不出现不良作用，这时常规制动装置必须能全功能工作；
- 9) 所有这些对调节装置的要求，在所有路面上用所有各自汽车允许的轮胎都必须得到满足。

二、ABS 系统的质量准则

高质量的 ABS 必须有高的可靠性、广泛的适应性及良好的性能。评判一个 ABS 系统应该遵循的质量准则概述如下。

1. 良好的行驶稳定性

为使汽车有良好的行驶稳定性，ABS 必须在汽车制动时使后轮具有足够大的侧向抵制能力，以抵抗足够大的外界侧向力，不至于发生后轴侧滑的不稳定制动工况。

2. 良好的转向能力

ABS 在汽车制动时，应使转向轮具有足够大的侧向控制力，而不至于发生侧滑，且转向轮不抱死滑移，保持汽车有良好的转向能力。

3. 高附着力系数利用率

汽车装用 ABS 制动时，应有高的附着力系数利用率，即合理的利用轮胎与路面间的潜在附着力。在一般情况下，装用 ABS 的汽车应具有良好的制动效能，即较短的制动距离和较高的制动减速度。

4. 舒适性良好

在汽车制动时如 ABS 对制动压力控制得不理想，发生严重的过制动或欠制动现象，会

使汽车发生前后窜动的现象，制动舒适性很差，而且制动效能也不佳，这是不允许的。

汽车行驶条件复杂多变，振动冲击大。ABS 的工作环境恶劣，且 ABS 又是制动系的一个组成部分，因此，ABS 必须具有高的可靠性。国内外的正反两个方面的经验告诫人们，ABS 产品的可靠性必须满足苛刻的汽车使用条件的要求，否则 ABS 产品不会有市场。

三、主要评价指标

ABS 系统直接关系到汽车的制动性、操纵稳定性以及安全性等性能。因此，对 ABS 系统性能的评价必须是多指标的综合评价，并且必须通过严格的试验检测后才可装车使用。装有 ABS 的汽车制动性能的主要评价指标如下。

1. 良好的抗外界电磁场干扰的能力

ABS 系统是一个典型的电子控制系统，如不能抗外界电磁场的干扰，工作时就可能对制动压力进行误调节，从而出现危险情况。因此，要求 ABS 系统有良好的抗外界电磁场干扰的能力。但是，此规定目前并不严谨，欧洲经济委员会汽车制动法规(ECER13) 中仅对此项指标提出了性能要求，而对评价指标未作具体规定(参见附录)。我国目前的做法是依照国家标准 GB 13594—1992(等效采用 ECER13 标准) 中规定，只要按本标准的规定做完了道路性能试验，即认定所测 ABS 系统抗外界电磁场干扰的能力满足要求。

2. 基本功能(制动车轮不抱死)

装有 ABS 的汽车制动时，ABS 直接控制的车轮(依据自身的运动状态来调节其制动压力的车轮) 不能抱死滑移，但允许有短暂的车轮抱死，也允许车速低于 15km/h 时车轮抱死。

当汽车在高附着力系数路面上制动时，可通过轮胎在路面上的印痕来判断车轮运动状态；而汽车在湿滑的低附着力系数路面上制动时，车轮制动印痕较难分辨，采用观察车轮印痕的方法受到限制。因此，也常采用录像观察法，即在车轮外侧用明显的颜色(一般用白色) 涂料作记号，汽车制动时用录像机记录车轮运动全过程。通过观看录像带，可判断车轮在制动过程中的运动状态。另外一种办法是用车轮运动状态记录仪测量车轮运动状态。所需专用仪器虽较昂贵，但能精确测量车轮制动时的滑移率。

3. 附着力系数利用率

装用 ABS 的汽车在附着力系数均匀的路面上制动时，附着力系数利用率不得小于 0.75。装用 I 类 ABS 的汽车在左、右车轮位于不同附着力系数的路面上制动时，附着力系数利用率也要足够大。附着力系数利用率的定义及其测试方法见相关标准方法。

4. 对道路条件突变的适应性

装有 ABS 的汽车制动过程中，路面附着力系数突变，附着力系数由高($\varphi \geq 0.5$) 到低($\varphi_2 < \varphi_1, \varphi_1/\varphi_2 \geq 2$) 或由低到高，ABS 直接控制的车轮不得抱死，且制动减速度应急速变化。一般来讲，要求制动行驶中通过附着力系数突变分界线的车速在 50km/h 左右。

5. 产生电器故障可解除 ABS 的工作

如前所述，ABS 电器出现故障，如 ABS 继续参与工作，可能对制动压力进行误调节，这是十分可怕的。因此 ABS 电器系统一旦出现故障，必须能迅速终止 ABS 的工作，而 ABS 的调节器必须使常规制动管路畅通。

第2章 ABS 基本结构和工作原理

2.1 ABS 基本组成及工作过程

汽车 ABS 系统在汽车制动过程中防止车轮发生抱死，使汽车保持最佳的制动效率，使被控制车轮获得尽可能大的附着力，以保证制动的安全性，并实现最短的制动距离。

一、基本组成

汽车制动系统随车型的不同而不同，同样 ABS 系统也因车型而异。因此 ABS 的类型较多，但基本都是由电子控制单元(ECU)、制动压力调节装置、车轮转速传感器等组成。在不同的 ABS 系统中，电子控制单元 ECU 的内部结构和控制逻辑可能不尽相同，制动压力调节装置的结构形式和工作原理也往往不同。图 2-1 为一种较为典型的汽车 ABS 系统组成的原理图，图 2-2 为汽车 ABS 系统组成的实物图。

在图 2-1 所示的 ABS 系统中，在汽车的每个车轮上各安装了一个车轮转速传感器，将各个车轮的转速信号输入给电子控制单元，电子控制单元根据各车轮转速传感器输入的信号对各个车轮的运动状况进行分析判断，并形成相应的控制指令，发送给制动压力调节装置。制动压力调节装置主要由调压电磁控制阀总成、电动泵总成和储液器等组成，通过制动管路与制动主缸和各制动轮缸相连。制动压力调节装置受

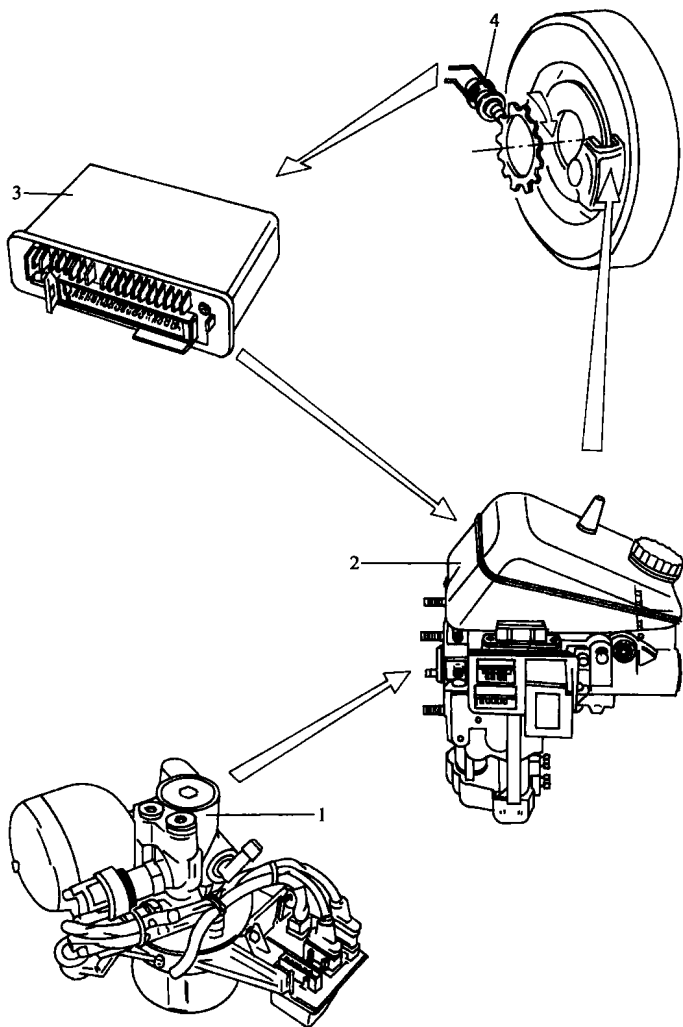


图 2-1 汽车 ABS 系统的基本组成原理图

1—制动压力调节装置 2—制动器总成 3—ECU 4—车轮转速传感器

电子控制单元的控制, 对各制动轮缸的制动压力进行调节。

在正常工作时, 所有 ABS 系统都和传统的助力制动系统相似。在强力制动时, ABS 根据车轮的速度调节通向每个车轮的制动液压力。

ABS 根据其对制动压力的控制方式可分为机械式和电子式。目前大多数的 ABS 都是电子控制式的。目前流行的 ABS 可按以下分类。

1. 根据制动压力调节装置的布置分类

将制动压力调节装置和制动主缸组成总成的 ABS 称为整体式 ABS, 如图 2-3 所示。它主要由制动主缸、制动助力器(液压助力)、制动压力调节装置、电动泵总成及压力调节回路等组成。电动泵总成为回路提供高压, 同时也用于主动助力。

具有独立的制动压力调节装置和独立的制动主缸的 ABS 类型称为分置式, 如图 2-4 所示。它主要由带助力器(真空或液压助力)的制动主缸以及分置的压力调节单元等组成。制动主缸产生的制动压力通过制动管路分配给各个车轮的制动器, 压力调节装置独立地调节各个车轮制动器的制动压力, 而不受制动踏板上作用力大小的影响。

2. 根据制动管路的布置方式分类

根据 ABS 制动管路布置方式的不同进行分类, 可分成单通道、双通道、三通道或四通道的两轮系统和四轮系统。

(1) 两轮系统

两轮系统仅对后轮提供防抱死制动性能, 对前轮不提供防抱死制动性能。两轮系统常见于轻型货车。两轮 ABS 系统如图 2-5 所示。

两轮 ABS 系统可以是单通道系统或双通道系统。

在单通道系统中, 同时调节左、右两侧后车轮的制动器, 控制滑移。单通道系统依靠放在中央的 ABS 转速传感器的输入信号。该转速传感器通常位于差速器齿圈上、变速器上或分动箱上。

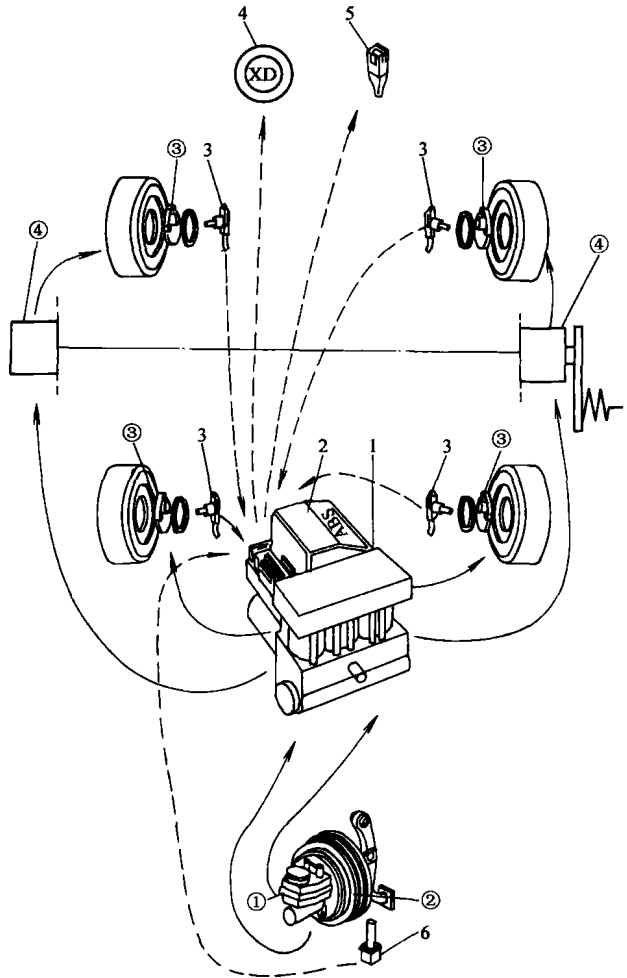


图 2-2 汽车 ABS 系统组成的实物图

- 1—附加式制动压力调节器 2—ECU 3—车轮转速传感器
4—ABS 故障指示灯 5—ABS 故障测试接头 6—制动灯开关
①—制动主缸 ②—真空助力器 ③—制动器
④—后制动补偿器(载荷感应器)

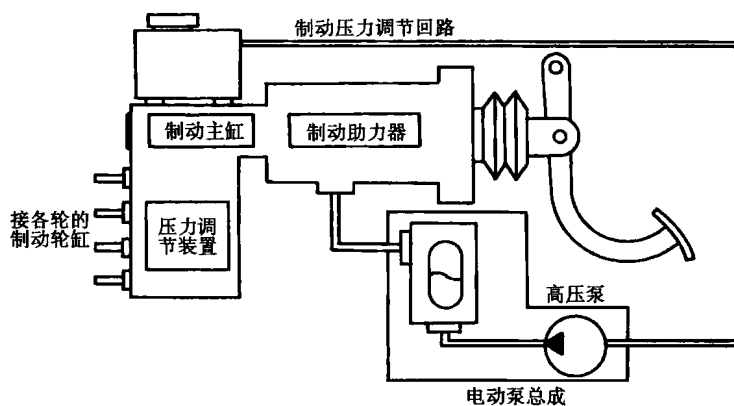


图 2-3 整体式 ABS 组成原理图

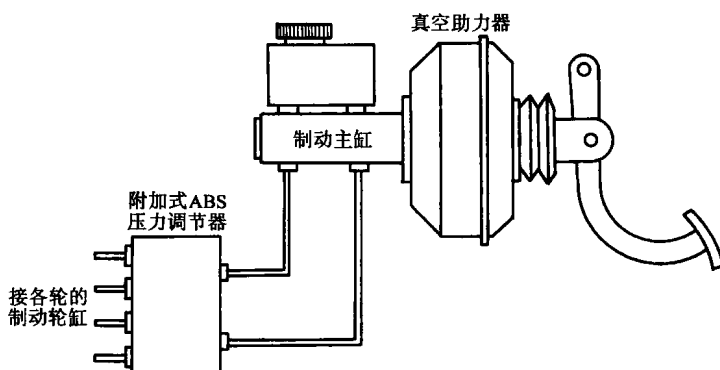


图 2-4 分置式 ABS 组成原理图

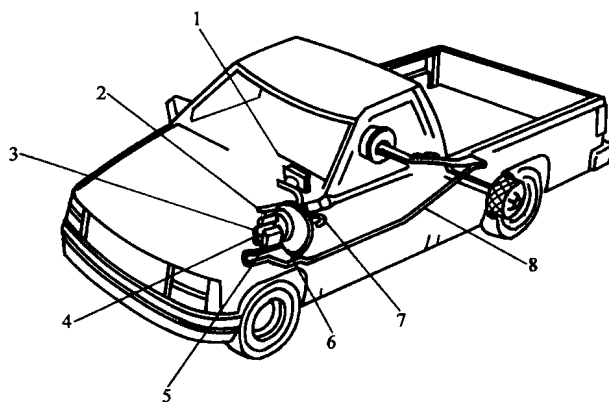


图 2-5 两轮 ABS 系统

- 1—制动警告灯 2—储液器 3—制动主缸 4—控制阀 5—组合阀
6—ECU 7—车轮转速传感器(变速器上) 8—后制动通道

双通道两轮 ABS 系统相互独立地调节每个后轮的液压力。在每个车轮上都装有轮速传感器，根据转速传感器传来的速度信号来控制压力调节。

(2) 对角分路式系统

这种系统用两个转速传感器的读数调整所有四个车轮的车轮转速。一个传感器输入控制右前轮，另一个传感器输入控制左前轮。

对应后轮的制动压力同时由其位于对角线上的前轮控制着。例如，右后轮与左前轮接受同一传输指令，左后轮与右前轮接受同一指令。

这种系统比两轮系统要好，因为它可提供制动时的转向控制。

(3) 前/后轮分路式系统

这种系统如图 2-6 所示，这种系统具有三通道回路。对每个前轮有单独的液压回路，对后轮有一条液压回路。

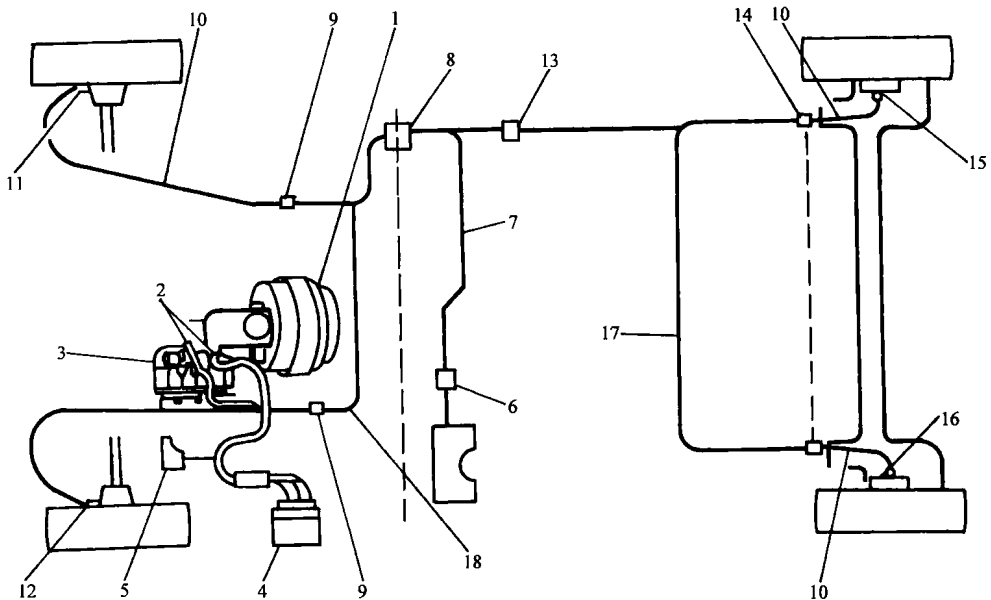


图 2-6 前/后轮分路式 ABS 系统

- 1—制动主缸 2—调压电磁阀 3—ABS 压力调节器总成 4—电子制动控制模块
 5—ABS 继电器（左侧继电器盒内） 6—灯驱动模块 7—仪表板接头 8—前照灯至仪表板接头
 9—前照灯至前轮转速传感器 10—ABS 跨接线束 11—右前轮转速传感器
 12—左前轮转速传感器 13—至仪表板接头插座 14—后插座穿通接头
 15—右后轮转速传感器 16—左后轮转速传感器 17—配线壳体 18—前向导引线

(4) 全轮(四轮)系统

全轮系统是最有效的 ABS 系统，它是四路系统，如图 2-7 所示，每个车轮都有转速传感器监控。ABS 电子控制单元以连续的信息保证每个车轮接受正确的制动力来保持防抱死控制和转向控制。

二、工作过程

图 2-8 为一典型的 ABS 系统结构图，它的工作过程可以分为常规制动、制动压力保持、制动压力减小和制动压力增大等阶段。

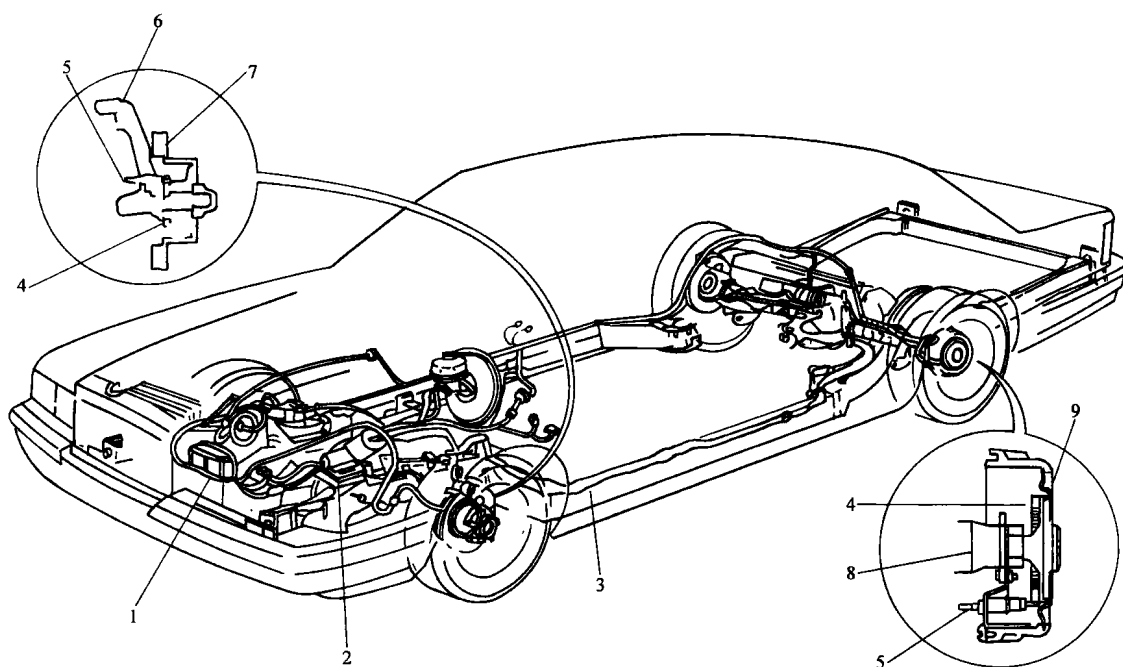


图 2-7 四通道 ABS 系统

- 1—用于 ABS/ETC 的扩展模块 2—液压控制装置 3—制动管
4—防抱死传感器感应环 5—防抱死传感器 6—前转向节
7—制动盘 8—后轴 9—后制动鼓

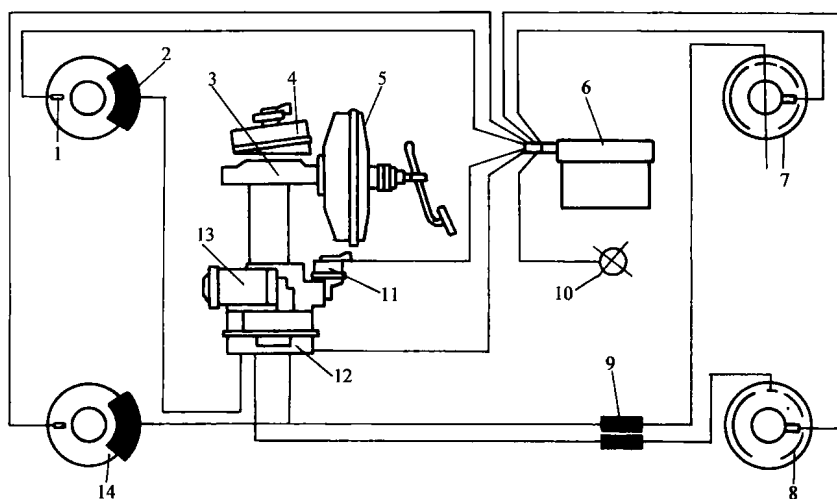


图 2-8 典型的 ABS 系统结构图

- 1—车轮转速传感器 2—右前制动器 3—制动主缸 4—储液室
5—真空助力器 6—电子控制装置 (ECU) 7—右后制动器
8—左后制动器 9—比例阀 10—ABS 警示灯 11—储液器
12—调压电磁阀总成 13—电动泵总成 14—左前制动器