



看图学修车系列丛书
KANTU XUEXIUCHE XILIE CONGSHU

彩色版



看图学修

KANTU XUEXIU

汽车 ABS

组 编 ◎东莞市凌凯教学设备有限公司
主 编 ◎谭本忠



免费赠送视频文件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

看图学修车系列丛书

看图学修汽车ABS (彩色版)

东莞市凌凯教学设备有限公司 组编

主 编 谭本忠

参 编 胡波勇 谭敦才 于海东 蔡晓兵
陈 波 李土军 陈海波 王世根
邓冬梅 胡 波 葛千红 路建国
王端平 余志刚 郑延武

机械工业出版社

本书主要介绍汽车 ABS 的结构、工作原理及维修,并讲述了 ASR 和 ESP 的构成及故障诊断方法,书中还收录了一些常见的故障案例。

本书以图附文的表达方式,向读者直观、有效地进行讲解,具有很强的实用性和指导性。本书可作为汽车维修初学者的学习用书,也可作为汽车维修技术人员提供参考。

友情赠送

我社免费赠送与学习本书相关的维修操作演示视频文件。凡购买本册图书并对该视频文件有需求的读者,请与机械工业出版社汽车分社联系。联系电话:010-88379674, 010-88379735。QQ: 591783553。

图书在版编目(CIP)数据

看图学修汽车 ABS: 彩色版/谭本忠主编. —北京:
机械工业出版社, 2012. 8
(看图学修车系列丛书)
ISBN 978-7-111-39075-6

I. ①看… II. ①谭… III. ①汽车—ABS 系统—
车辆修理—图解 IV. ①U472.41-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 151607 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 徐 巍 责任编辑: 徐 巍 孙 鹏

封面设计: 张 静 责任印制: 杨 曦

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·5.75 印张·136 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-39075-6

定价: 29.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010)68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010)88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010)88379203 封面无防伪标均为盗版

丛书序

当前,正值国家大力推行职业教育及农村劳动力转移培训工程,入门级的汽车维修自学教材的开发就变得尤为重要,本套看图学修车系列丛书正是基于此社会背景下开发出来的汽车维修培训的入门级教材。

看图学修车系列丛书主要有以下特点:

1. 简单易学,适用。本丛书摆脱了冗长的理论知识讲解,以图解为主,强调以图说话,简化技术理论,将抽象深奥的知识简单化、形象化和感性化。图解方式教学简单,易于接受并帮助记忆,使学生一看就懂,一看就明,解决了部分自学人员由于基础知识薄弱,在成套的理论面前无所适从的问题;同时也增强了读者的自学兴趣。

2. 内容实用,联系实际。在技能操作部分围绕厂家实际操作规范,强调了理论与实际的结合,在学中做,在做中学,使读者更容易掌握有用的知识。

看图学修车系列丛书的分册按汽车的系统划分,分为《看图学修汽车发动机机械系统》、《看图学修汽车手动变速传动系统》、《看图学修汽车常规制动系统》、《看图学修汽车转向系统》、《看图学修汽车空调》、《看图学修汽车发动机电控系统》、《看图学修汽车自动变速器》、《看图学修汽车ABS》、《看图学修汽车悬架系统》、《看图学修汽车防盗系统》、《看图学修汽车电脑》、《看图学修汽车音响》、《看图学修汽车电器》和《看图学用汽车维修检测设备和仪器》等。各分册内容将一般的机械系统与电子控制系统分开讲解,这样读者既可以根据自身技术程度选学,也方便他们由浅入深地学习。

本套丛书作为自学读本,紧紧围绕从原理的为什么到技能的怎么做,重点突出了内容的适用性、可读性及实操性。丛书主要以图解、概念式词解的方式讲述各系统构造及原理,技能操作部分参考了厂家规范,简单实用,读者易学易懂,可作为汽车专业学生学习的辅导教材,也可作为入行人员的自学书籍。

囿于编者水平,本丛书疏漏与不足之处在所难免,恳望业界专家、同仁和广大读者多多指正。

编 者

目 录 CONTENTS

丛书序

一、ABS概述.....1

ABS的功能.....1

二、ABS.....3

(一) 防抱死制动系统的控制原理.....3

(二) ABS的结构与工作原理.....3

(三) 输出执行元件.....11

(四) 广本飞度轿车ABS控制系统电路分析.....21

(五) ABS的检修.....23

(六) ABS的故障案例.....32

三、ASR.....47

(一) ASR的组成.....47

(二) ASR的工作原理.....53

(三) 本田雅阁ASR(TCS)的工作原理.....56

(四) ASR的控制方式.....61

(五) ASR的检修.....62

四、ESP.....67

(一) 概述.....67

(二) ESP的结构组成.....68

(三) ESP的工作原理.....75

(四) 奥迪A6ESP控制系统电路分析.....78

(五) ESP的检修.....82

一、ABS概述

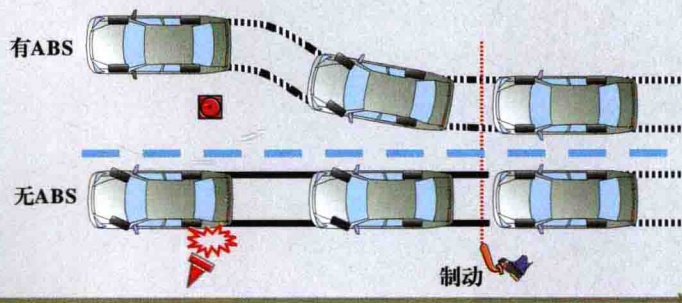
防抱死制动系统（ABS）是指车辆在任何路面上进行较大制动时防止车轮完全抱死的系统，是具有良好的制动效果的制动装置。ABS是英文Anti-Lock Braking System的缩写，其他外文说法：

- 1) Anti-Lock Brake System（防抱死制动系统）。
- 2) Anti-Skid Braking System（防滑移制动系统）。
- 3) Anti-Lock Brake（防抱死制动）。
- 4) 4-Wheel Anti-Lock Brake System（四轮防抱死制动系统）。
- 5) Electronic Skid Control（电子滑移控制）。

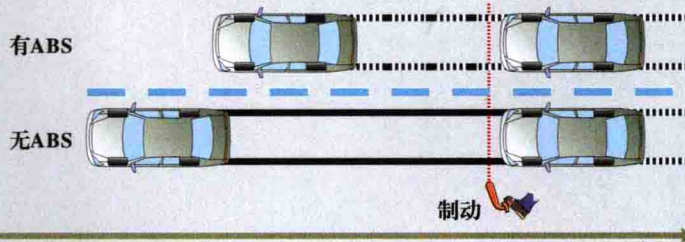
ABS的功能

在车辆制动时，防止车轮抱死在路面上滑拖（车轮与路面间产生滑移），以提高汽车制动过程中的方向稳定性和转向控制能力，缩短制动距离，使汽车制动更为安全有效。

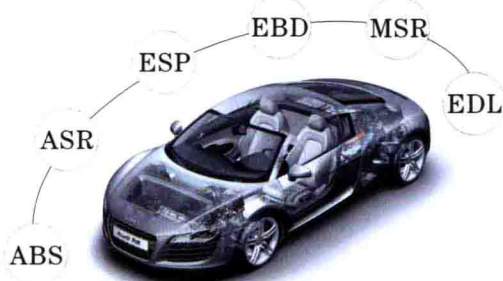
▲ 良好的操纵性



▲ 缩短制动距离



随着汽车制造工业的进步和电子技术的发展，ABS具有的功能越来越多。ABS从最初的单纯的防抱死制动（ABS）功能，发展到现在的驱动防滑（ASR）、稳定控制（ESP）、电子制动力分配（EBD）、发动机牵引力调整（MSR）和电子差速锁（EDL）等（见下表），可以预见，ABS的功能还将逐渐增多。



ABS的发展前景





系 统 名 称	缩写(德)	缩写(英)	功 能 作 用
防抱死制动系统	ABS	ABS	在制动中阻止车轮发生抱死, 并保持良好的行驶稳定性和转向性能
驱动防滑系统	ASR	TCS	通过对打滑车轮施加制动力并降低发动机转矩, 阻止驱动轮空转
电子制动力分配	EBV	EBD	根据各轴载荷对车轮施加制动力
电子差速锁	EDS	EDL	在车辆处于附着力不同的路面上时, 通过对空转的车轮施加制动实现车辆起步行驶
电子稳定程序	ESP	ESP	通过制动和对发动机管理系统施加相应的调整, 来阻止车辆的滑移
发动机牵引力调整	MSR	EBC	当加速踏板突然松开或者带着档位施加制动, 那么, MSR 将阻止由于发动机的制动而产生的驱动轮抱死

二、ABS

(一) 防抱死制动系统的控制原理

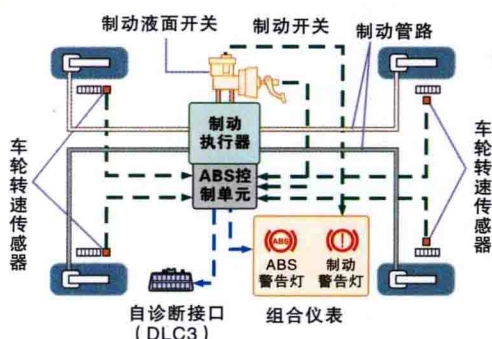
在紧急制动过程中，为防止发生车轮抱死，因而造成制动效能下降和失去转向能力的现象，最有效的措施是反复踩下和放松制动踏板。但是，在紧急制动过程中，没有足够的时间这样做。

防抱死制动系统是用ABS控制单元来检测制动过程中四个车轮的运动情况，并通过控制ABS液压控制单元调节制动轮缸的制动压力，避免车轮抱死，ABS的控制原理如下左图所示。

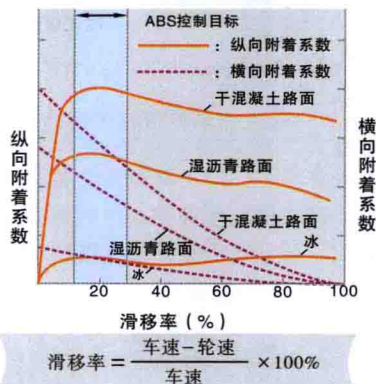
车速与车轮滚动速度之差和车速的比值称为“滑移率”。当轮速与车速之差太大时，轮胎与路面之间发生滑移。这就产生滑动摩擦。

纵向附着力与滑移率之间的关系如下右图所示。纵向附着力与滑移率不是成正比例关系，当滑移率在10%~30%之间时，制动效果处在最佳水平上。超过30%时，纵向附着力就逐步下降。因此，为了保持最佳制动效果，滑移率应自始至终保持在10%~30%的范围内。

与此同时，还必须保持高水平的横向附着力，以保持方向的稳定性。所以，防抱死制动系统应用10%~30%的滑移率，不管路况如何，设计成使制动性能达到最佳，同时还尽可能保持高的横向附着力以便保持方向的稳定性。



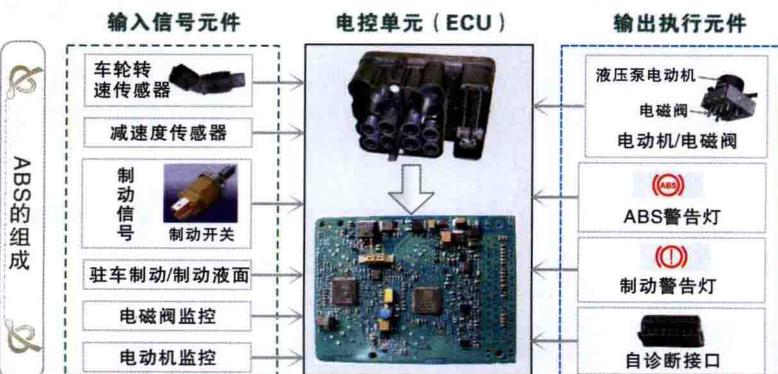
ABS的控制原理图



附着力与滑移率之间的关系

(二) ABS的结构与工作原理

ABS通常由输入信号元件、电控单元（ECU）和输出执行元件等组成。





输入信号元件

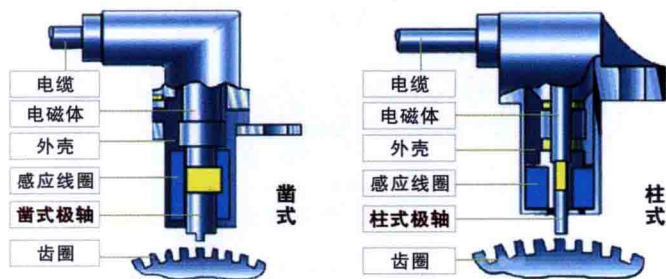
ABS的输入信号元件主要包括车轮转速传感器、制动开关、驻车制动/制动液面开关和电动机/电磁阀的监控电路。

车轮转速传感器

车轮转速传感器检测车轮的速度，并将速度信号输入ABS电控单元。目前，用于ABS的车轮转速传感器主要有电磁式和霍尔式两种。

电磁式车轮转速传感器

电磁式车轮转速传感器由永磁体、极轴和感应线圈等组成，极轴头部结构有凿式和柱式两种。



电磁式车轮转速传感器结构图

优点:

结构简单、成本低。

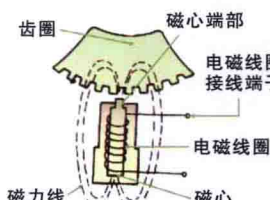
缺点:

- 1) 其输出信号的幅值随转速的变化而变化。若车速过慢，其输出信号低于1V，电控单元就无法检测。
- 2) 响应频率不高。当转速过高时，传感器的频率响应跟不上。
- 3) 抗电磁波干扰能力差。

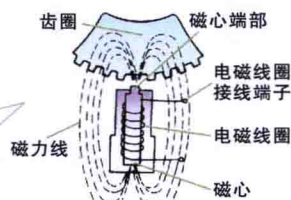
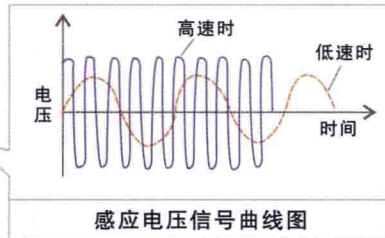
电磁式车轮转速传感器的优缺点

电磁式车轮转速传感器工作原理

齿圈旋转时，齿顶和齿隙交替对向极轴。在齿圈旋转过程中，感应线圈内部的磁通量交替变化，从而产生感应电动势，此信号通过感应线圈末端的电缆输入ABS的电控单元。当齿圈的转速发生变化时，感应电动势的频率也变化。ABS电控单元通过检测感应电动势的频率来检测车轮转速。



◆当齿圈齿隙正对磁心时输出为最低电压信号



◆当齿圈齿顶正对磁心时输出为最大电压信号

电磁感应式车轮转速传感器的检测方法

1. 检测传感器的输出电压

使被检轮离地，松开驻车制动器，以30r/min的转速转动车轮，用万用表测量传感器的输出电压，应满足标准规定值；若输出电压与标准值不符，则应继续检测，看传感器是否损坏。

2. 检测传感器的电阻

拆下传感器连接器插头，用万用表测量传感器两接线端子间的电阻值，其值应符合标准规定值，若电阻过大或过小，则传感器已损坏，应进行更换。

3. 检测传感器磁头与齿圈的间隙

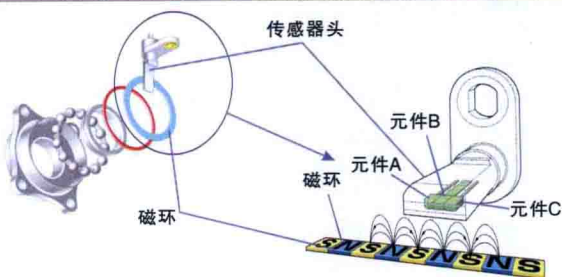
用塞尺测量传感器头与齿圈之间的间隙，应满足标准规定值，若不在此范围内应进行调整。



霍尔式车轮转速传感器

霍尔式车轮转速传感器结构图

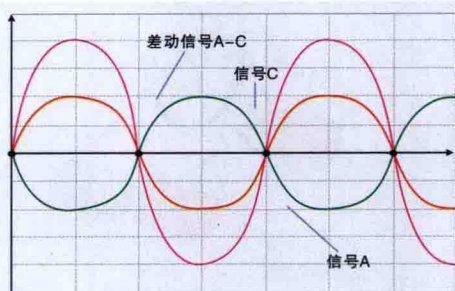
霍尔式车轮转速传感器也是由传感器头和磁环组成。传感器头内部有三个霍尔元件，分别是元件A、元件B、元件C，三者要错开布置。



霍尔式车轮转速传感器工作原理

磁环随着车轮一起旋转，磁通穿过三个霍尔元件。由于磁环上布置有若干对N/S磁极，因此在磁环旋转时穿过三个霍尔元件的磁通量时刻发生变化。

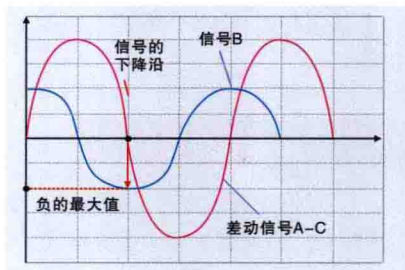
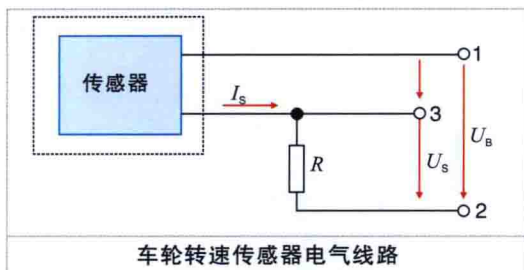
当元件C检测出的磁通量最小时，元件A检测出的磁通量最大，此时传感器内部会产生一个差动信号A-C，如右图所示。



霍尔元件B布置在元件A和元件C之间，当信号A和C以及差动信号都为零时，元件B检测出的磁通量最大，如下图所示。信号B到达最大值（正最大或负最大）就作为判定车轮旋转方向的依据。如：如果差动信号A-C过零点是由信号的下降沿得到的，且信号B为负的最大值，则认为车轮在逆时针旋转，见下图。

轮速传感器通过一个电流接口与ABS控制单元相连，ABS控制单元内装有一个低电阻的测量电阻 R 。轮速传感器有两个电插头，它与测量电阻一起构成一个分压器。

插头1和2之间的电压就是蓄电池电压 U_b 。传感器信号在测量电阻上会产生一个电压降 U_s 。这个信号电压由ABS控制单元来进行分析。



霍尔式车轮转速传感器工作原理

霍尔效应式车轮转速传感器的检测方法

对于霍尔式车轮转速传感器，可用检测其输出电压信号的方法来判断其工作好坏，具体步骤如下：

➤关闭点火开关，将车支起，使每个轮胎离地10cm左右，然后拔下车轮转速传感器的导线连接器插头，并用导线将线束插头与轮速传感器插头的电源端子相连，用万用表（交流电压档）的两表笔分别搭在车轮转速传感器的信号输出端子间，测量传感器的输出电压。

➤接通点火开关，用手转动车轮，万用表应显示7~14V范围内波动的交流电压；若电压不在此范围内，应检查传感器与齿圈之间的间隙，标准值应为0.2~0.5mm，否则应进行调整。



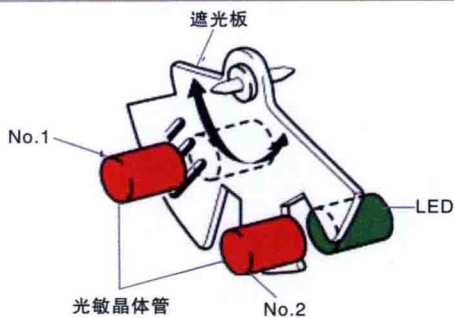
减速度传感器

减速度传感器即加速度为负的加速度传感器，其功用是检测汽车制动时的减速度大小，并将其转化为电信号输入ABS ECU，以便ABS ECU判断路面状况并采取相应的控制方式（汽车在高附着系数路面上制动时，减速度很大；在低附着系数路面上制动时，减速度很小）。

汽车的减速度传感器有的安装在行李箱内，有的安装在发动机室内，主要有光电式、水银式、差动变压器式、惯性压阻式及开关式几种。

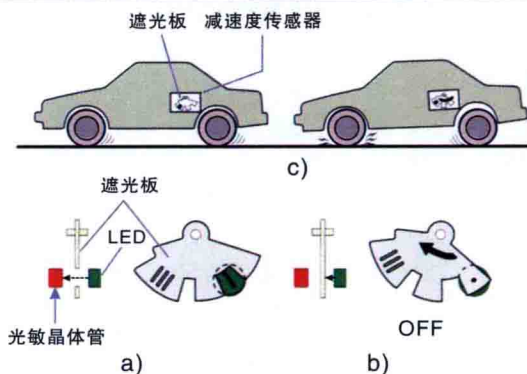
光电式减速度传感器

光电式减速度传感器结构



光电式减速度传感器由两只发光二极管（LED）、两只光敏晶体管、一块透光板和信号处理电路等组成。

光电式减速度传感器工作原理



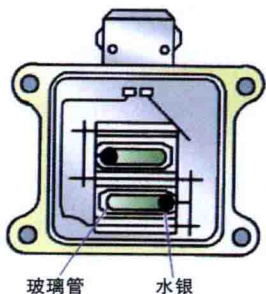
遮光板位于发光二极管和光敏晶体管的中间，如右上图所示，它的上面有开口。随着遮光板的摆动，发光二极管发出的光或透过遮光板（右上图a所示），或被遮光板挡住（右上图b所示），从而使光敏晶体管导通或截止，从而向外输出电压信号。

汽车匀速行驶时，透光板静止不动，传感器无信号输出。当汽车减速时，透光板沿汽车纵向摆动，如右上图c所示。减速度大小不同，透光板摆动角度就不同，两只光敏晶体管的“导通”与“截止”状态也就不相同。减速度越大，透光板摆动角度就越大。根据两只光敏晶体管的输出信号，就可将汽车减速度划分为4个等级。ABS ECU接收到传感器信号后，就可判定出路面状况，从而采取相应的措施。

水银式减速度传感器

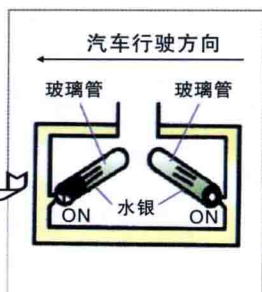
水银式减速度传感器的结构

水银式减速度传感器的结构如下图所示，由玻璃管和水银等组成。



水银式减速度传感器的工作原理

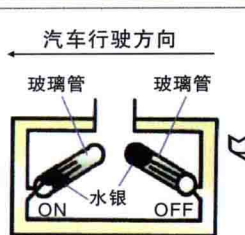
当汽车在低附着系数路面上制动时，汽车减速度小，水银在玻璃管内基本不动，此时传感器电路接通，如右图所示。ABS ECU便按低附着系数路面上的控制程序控制制动系统工作。



续下页



(续) 水银式减速度传感器的工作原理



当汽车在高附着系数路面上制动时, 汽车减速度大, 传感器玻璃管内的水银在惯性力作用下前移, 此时玻璃管内电路断开, 如左图所示。ABS ECU便按高附着系数路面上的控制程序控制制动系统工作。

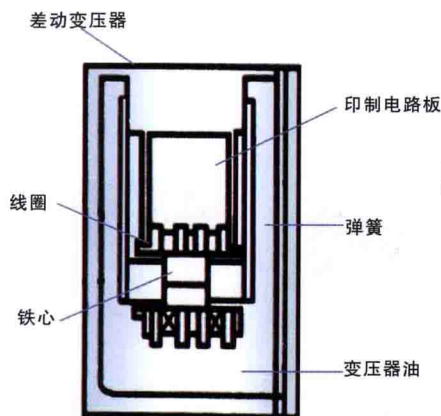
由水银式减速度传感器的结构可知, 它可检测前、后或左、右两个方向的加、减速度, 可作为横向加速度传感器使用。当汽车的横向加速度低于设定值时, 水银在玻璃管内基本不动, 玻璃管内电路接通

向ABS ECU输入一个高电平信号; 当汽车高速急转弯时, 横向加速度超过设定值, 水银在惯性作用下移动, 玻璃管内电路断开, 向ABS ECU输入一个低电平信号。ABS ECU接收到横向加速度超过设定值的信号后, 立即发出控制指令, 修正左、右车轮制动轮缸压力, 从而提高ABS的制动性能。横向加速度传感器在高级轿车和赛车中的应用较为广泛。

差动变压器式减速度传感器

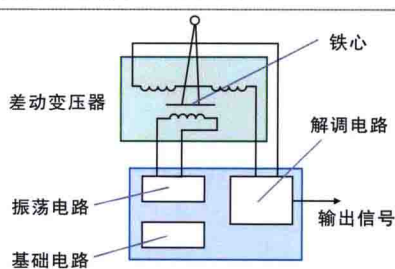
差动变压器式减速度传感器的结构

差动变压器式减速度传感器主要由线圈、铁心、弹簧和印制电路板等组成。

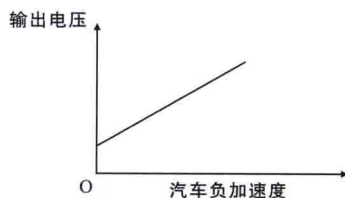


差动变压器式减速度传感器的工作原理

差动变压器式减速度传感器的工作原理及输出电压随加速度变化的特性如下图所示。



a) 工作原理



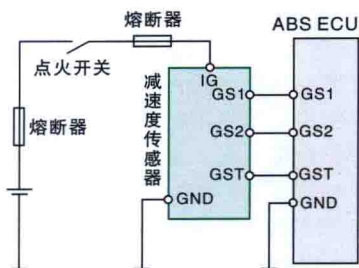
b) 输出特性

汽车正常行驶时, 差动变压器线圈内的铁心处于线圈中部位置, 当汽车制动减速时, 铁心在惯性力作用下往前移动, 从而导致差动变压器线圈内的磁通量发生改变, 也就是线圈上产生的感应电压发生改变, 该感应电压作为输出信号。ABS中的减速度感受元件铁心所产生的惯性力大小与汽车的加速度(或减速度)的大小成正比, 方向相反。因减速度感受元件产生的惯性力不同, 所以它在线圈中所处的位置也不同, 即减速度传感器输出的电压信号也就不同。



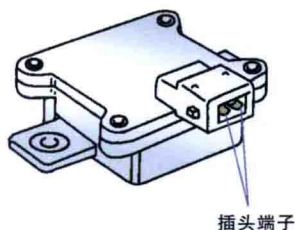
惯性压阻式减速度传感器和开关式加速度传感器

惯性压阻式减速度传感器的结构与原理



惯性压阻式减速度传感器由惯性压阻元件组成的电桥、恒压电路、抗干扰及温度补偿电路等组成。紧急制动时，传感器上的质量块随减速度的大小产生相应的惯性力，施加在压阻元件上，电桥的电阻发生改变，破坏了电桥电路的平衡，使传感器输出的电压信号发生变化，即输出一个随减速度变化的电压差。丰田陆地巡洋舰汽车ABS便采用了这种形式的减速度传感器，它与ECU的连接电路如左图所示，图中GS1输出4~6V的电压，GS2输出4~6V或7~12V的电压。

开关式加速度传感器的结构与原理



博世公司ABS 2S系统采用的开关式加速度传感器如左图所示。它用来感测汽车的横向加速度，故也称横向加速度开关。在横向加速度开关中，串联有两对开启方向相反的开关触点，当汽车的横向加速度低于限定值时，两对触点都处于闭合状态，插头两端子通过开关内部构成通路；当汽车的横向加速度超过限定值时，开关中的一对触点在自身惯性力的作用下处于开启状态，插头两端子之间在开关内部形成断路。

制动开关

制动开关安装在制动踏板上，如右图所示。

当制动踏板被踩下时，制动开关导通，给制动灯送电，制动灯点亮，同时将制动信号送到ABS ECU。

ABS ECU接收到制动开关信号，则判定制动系统开始工作，车轮随时可能出现抱死，ABS进入准备工作状态。如果制动开关损坏或者制动灯熔断器熔断，制动信号送不到ABS ECU，这时如果车轮抱死，ABS控制单元会产生车轮意外抱死的故障码，同时ABS警告灯点亮，ABS失去作用。



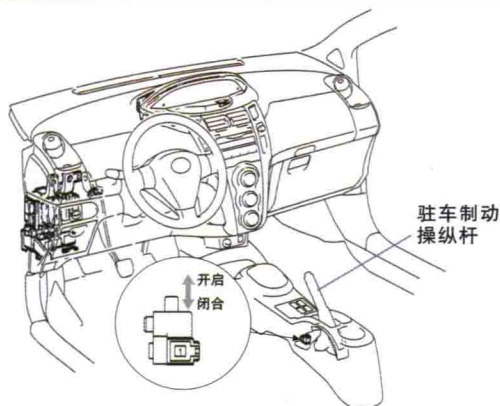
制动开关

驻车制动/制动液面开关

当拉起驻车制动操纵杆或制动液不足时，仪表板上的驻车制动指示灯亮起，同时这个信号送到ABS ECU。如果该信号持续一定的时间，ABS ECU将控制ABS失效。ECU停止工作的同时点亮琥珀色的ABS故障警告灯。在这种情况下，红色故障警告灯比琥珀色故障警告灯先亮。



a) 制动液面开关

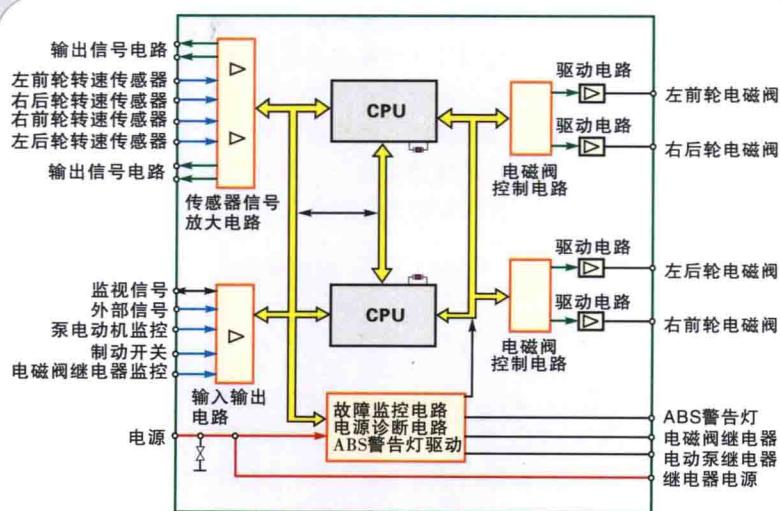


b) 驻车制动开关

驻车制动开关和制动液面开关的安装位置

ABS控制单元

ECU由车轮转速传感器信号放大电路、运算电路、电磁阀控制电路、稳压电源、电源监控电路、故障反馈电路和继电器驱动电路等组成，内部结构如下图所示。



电磁阀控制电路

接受来自运算电路的减压、保压或增压信号，控制电磁阀的电流。

安全保护电路

ECU的安全保护电路具有故障状态外部显示功能。系统发生故障时，点亮仪表板上的ABS警告灯，提示整个系统处于故障状态；同时停止ABS工作，恢复常规制动状态。

内部结构图

ABS控制单元

在蓄电池供给ECU内部所用稳压电压的同时，上述电路监控着12V和5V电压是否在规定范围内，并对车轮转速传感器输入放大电路、运算电路和电磁阀控制电路的故障信号进行监视，控制着电动机继电器和电磁阀。出现故障信号时，关闭电磁阀，停止ABS工作，返回常规制动状态，同时仪表板上的ABS警告灯点亮，让驾驶人知道有异常情况发生。

稳压电源、电源监控电路、故障反馈电路和继电器驱动电路



10

为了防止这种现象，在锁定边缘的车轮恢复速度时，电子控制模块把电磁阀交替设定到“压力增加”方式和“压力保持方式。”

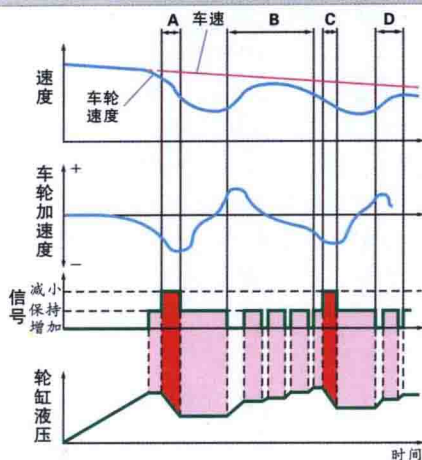
C区

当ABS控制单元(B区)逐步增加轮缸里的液压，车轮又趋于抱死状态。

因此ABS控制单元又把电磁阀转换到“压力减小”方式上来减小轮缸内的液压。

D区

由于轮缸里的液压又下降(C区)，ABS控制单元又开始增大压力。



速度控制原理

(三) 输出执行元件

输出执行元件主要有：ABS故障警告灯、电动机/电磁阀继电器、电动机、电磁阀、ABS液压调节装置等。

ABS系统故障警告灯

ABS系统带有两个故障警告灯，一个是红色制动故障警告灯，另一个是琥珀色ABS故障警告灯，如右图所示。

两个故障警告灯正常闪亮的情况如下：当点火开关打开时，红色制动灯与琥珀色ABS灯几乎同时亮，制动灯亮的时间较短，ABS灯会亮得长一些（约3s）；起动汽车发动机后，蓄压器要建立系统压力，此时两灯泡会再亮一次，时间可达十几秒甚至几十秒。红色制动灯在施加驻车制动时也应亮。如果在上述情况下灯不亮，就说明故障警告灯本身及线路有故障。

琥珀色ABS故障警告灯常亮，说明电控单元发现ABS系统中有问题，要及时检修。



故障警告灯

电动机/电磁阀继电器

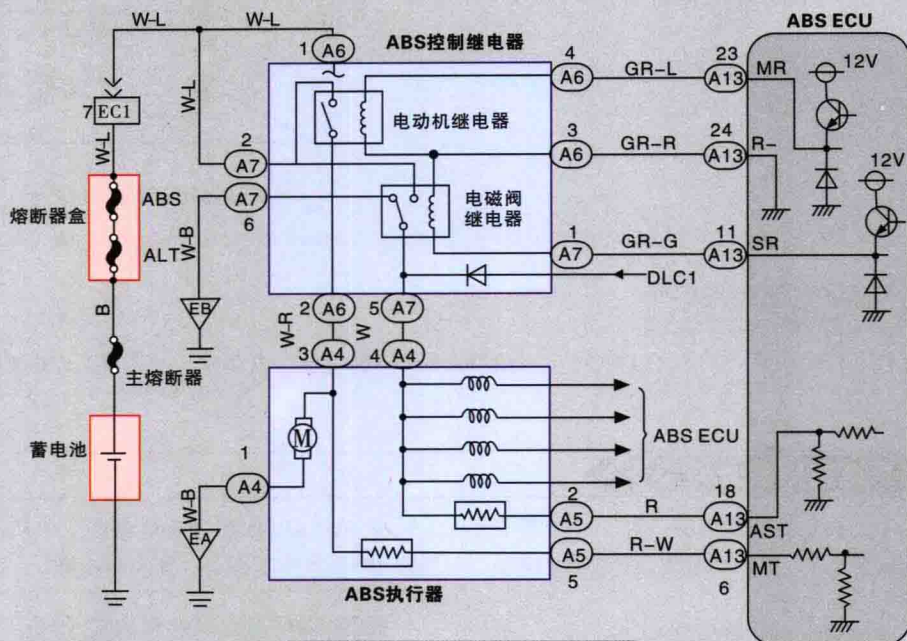
电动机继电器给电动机供电，控制电路如下图所示。从图中可知，ABS控制单元的MR端子输出蓄电池电压，R-端子接地。ABS电动机继电器的线圈通电，触点吸合，蓄电池电压加到电动机上，电动机运转。当蓄电池电压加到电动机上时，蓄电池电压经与电动机并联的电阻到达ABS控制单元的MT端子，MT端子电路为电动机的监控电路。



若ABS控制单元电动机继电器工作, MT端子不是蓄电池电压, ABS控制单元将立刻断开电动机继电器的控制, 点亮ABS警告灯。

电磁阀继电器给电磁阀供电, 控制原理电路如图所示。从图中可知, ABS控制单元的SR端子输出蓄电池电压, R-端子接地。ABS电磁阀继电器的线圈通电, 触点吸合, 蓄电池电压加到电磁阀左端上。电磁阀另一端与ABS控制单元相连, 是电磁阀的控制端。当蓄电池电压加到电磁阀时, 蓄电池电压同样经电磁阀总成内的并联电阻到达ABS控制单元的AST端子, ATS端子电路为电磁阀的监控电路。

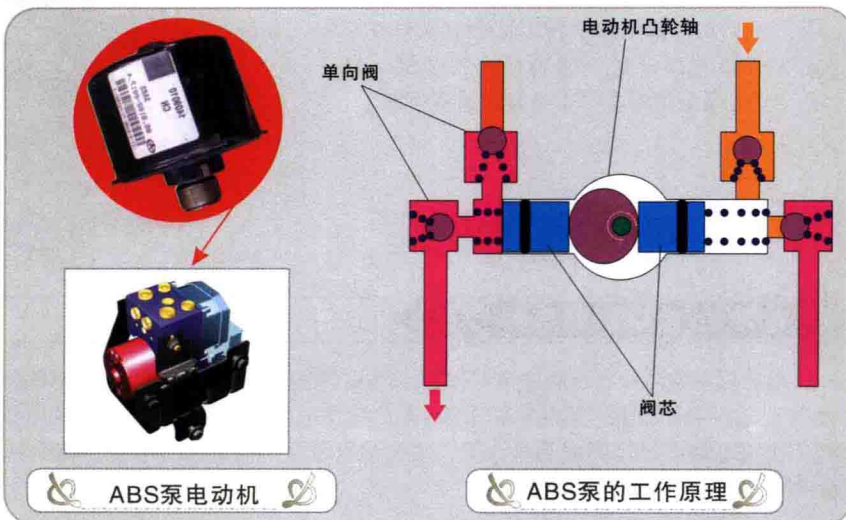
若ABS控制单元电磁阀继电器工作, AST端子不是蓄电池电压, ABS控制单元将立刻断电磁阀开继电器的控制, 点亮ABS警告灯。



电动机/电磁阀继电器

电动机/ABS泵

电动机是用来驱动ABS泵的。ABS泵是一个高压泵, 如图所示, 它可在短时间内将制动液加压到14~18MPa, 并给整个液压系统提供高压制动液体, ABS泵的工作原理如右图所示。



ABS泵电动机

ABS泵的工作原理