

中等职业教育国家规划教材配套教材

汽车行驶与安全系统维修专门化

【 汽车运用与维修专业 】

● 刘振楼 主编

● 李慧峰 主审

配套
教材



人民交通出版社

中等职业教育国家规划教材配套教材

Qiche Xingshi Yu Anquan Xitong Weixiu Zhuanmenhua

汽车行驶与安全系统维修专门化

(汽车运用与维修专业)

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是中等职业教育国家规划教材配套教材,全书共五篇十七章,主要内容包括:汽车电子控制制动防抱死及驱动防滑系统;汽车电子控制悬架系统,汽车安全气囊系统,汽车巡航控制系统,汽车电子控制动力转向系统。

本书作为中等职业学校汽车运用与维修专业教学用书,亦可供汽车驾管人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车行驶与安全系统维修专门化/刘振楼主编. —北京:人民交通出版社, 2003
ISBN 7-114-04700-2

I. 汽… II. 刘… III. 汽车-电子系统:控制系统-车辆修理-专业学校-教材 IV. U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 043654 号

中等职业教育国家规划教材配套教材 汽车行驶与安全系统维修专门化 (汽车运用与维修专业)

刘振楼 主编

李慧峰 主审

正文设计:孙立宁 责任校对:宿秀英 责任印制:张 恺

人民交通出版社出版

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

北京交通印务实业公司印刷

开本:787×1092 1/16 印张:19.25 字数:478 千

2003 年 7 月 第 1 版

2003 年 7 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0 001~5 000 册 定价:32.00 元

ISBN 7-114-04700-2

按照教育部提出的“面向 21 世纪职业教育课程改革和教材建设规划”的要求,交通职业教育教学指导委员会汽车运用与维修学科委员会(以下简称学科委员会)组织项目课题组,于 2001 年 11 月完成了《中等职业学校汽车运用与维修专业教学指导方案》(以下简称专业教学指导方案),2002 年 4 月专业教学指导方案经教育部颁布执行。

根据专业教学指导方案,汽车运用与维修专业课程分为主干课程和专门化课程。7 门主干课程教材被列为中等职业教育国家规划教材,并已于 2002 年 7 月由人民交通出版社出版发行。7 门主干课程是汽车运用与维修专业的基础专业课程,其中《汽车电控发动机构造与维修》和《汽车自动变速器构造与维修》各校可以根据本地区的实际情况选学相关部分或全部内容,其他 5 门专业课为必修课程。

学科委员会组织全国交通职业学校(院)的教师根据专业教学指导方案的要求,编写了与上述中等职业教育国家规划教材配套使用的 10 门专门化课程教材和 7 门实训课程教材,以及《汽车概论》课程教材,这些教材的编写融入了全国各交通职业学校(院)汽车运用与维修专业近 20 年的教学改革成果,结合了全国各地汽车维修业的生产实际,具有较强的针对性。新教材较好地贯彻了素质教育的思想,力求体现以人为本的现代理念,从交通行业岗位群的知识 and 技能要求出发,结合对学生创新能力的培养、职业道德方面的要求,提出教学目标并组织教学内容。

《汽车概论》是汽车运用与维修专业的入门教材;10 门专门化课程教材是与主干课程教材配套使用的教材,供各校根据本地区经济发展和车辆保有情况选择使用。各校可以在第三学年安排 2~3 门专门化课程。

7 门实训课程教材中的《汽车拆装实训》、《汽车发动机维修实训》、《汽车底盘维修实训》、《汽车电气设备维修实训》是与中等职业教育国家规划教材中相应课程配套使用的实训课程教材。《机电维修技术实训》是汽车维修机电基本操作技术的综合实训课程教材;《汽车驾驶实训》、《汽车维修工考工强化实训》是为学生毕业前考取驾驶证和汽车维修工等级证书而编写的实训课程教材。

《汽车行驶与安全系统维修专门化》是中等职业教育汽车运用与维修专业国家规划教材配套教材之一,内容包括:汽车电子控制制动防抱死及驱动防滑系统;汽车电子控制悬架系统;汽车安全气囊系统;汽车巡航控制系统;汽车电子控制动力转向系统。共五篇 17 章。

参加本书编写工作的有:河北交通职业技术学院刘振楼(编写第一、四篇)、河北交通职业技术学院刘志忠(编写第二篇)、河北交通职业技术学院骆孟波(编写第三篇)、河北交通职业技术学院陈建国(编写第五篇)。全书由河北交通职业技术学院刘振楼担任主编,北京市交通学校李慧峰担任主审。

限于编者经历及水平,教材内容很难覆盖全国各地的实际情况,希望各教学单位在使用教材过程中,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,以便再版修改时改正。

第一篇 汽车电子控制制动防抱死及驱动防滑系统

概述	1
第一章 汽车电子控制制动防抱死系统的结构与工作原理	2
第一节 ABS 的基础知识	2
第二节 ABS 的基本组成、控制方式和分类	6
第三节 ABS 系统的电子控制模块(电脑)	10
第四节 传感器	12
第五节 制动压力调节器	16
第二章 波许(BOSCH)ABS 2S 制动防抱死系统的结构、原理与检修	28
第一节 ABS 调压器	28
第二节 ABS 电路控制系统	30
第三节 ABS 系统的故障诊断、检查及元件测试	35
第四节 ABS 系统各部件的拆装	39
第三章 丰田凌志(LEXUS)轿车制动防抱死与驱动防滑系统的结构、原理与检修	44
第一节 不带 TRAC 的制动防抱死系统(ABS)	44
第二节 驱动防滑转控制系统(TRAC)的组成及工作过程	48
第三节 ABS/TRAC 控制系统的工作过程	53
第四节 ABS/TRAC 控制系统的电路分析	55
第五节 ABS 及 ABS/TRAC 控制系统的故障码诊断法	58
第六节 ABS 及 ABS/TRAC 控制系统故障的检查与测试	64

第二篇 汽车电子控制悬架系统

第一章 汽车电子控制悬架系统的结构与原理	73
第一节 概述	73
第二节 电子控制悬架系统的结构与原理	79
第二章 丰田凌志轿车电子控制悬架系统	93
第一节 TOYOTA LEXUS LS400 电子控制悬架系统的组成与工作原理	93
第二节 TOYOTA LEXUS LS400 电子控制悬架系统的故障诊断	100
第三章 日产风度轿车电子控制悬架系统	116
第一节 日产风度(NISSAN CEFIRO)轿车电子控制悬架系统的组成与工作原理	116
第二节 日产风度(NISSAN CEFIRO)轿车电子控制悬架系统的故障诊断	119

第三篇 汽车安全气囊系统(SRS)

第一章 汽车安全气囊系统(SRS)的结构与原理	131
-------------------------	-----

第一节 汽车安全气囊系统的组成与分类	131
第二节 安全气囊系统电控部分的结构和工作原理	137
第三节 机械部分	144
第四节 电子控制装置的控制原理	149
第二章 安全气囊系统的正确使用与处置	160
第一节 安全气囊系统的正确使用	160
第二节 安全气囊系统的故障诊断	162
第三节 自诊断系统(以丰田车系为例)	168
第四节 安全气囊的处置	171
第三章 机械式安全气囊系统和两次动作的安全气囊系统	175
第一节 机械式安全气囊系统	175
第二节 两次动作的安全气囊系统	178
第四章 丰田佳美安全气囊系统的结构与检修	182
第一节 概述	182
第二节 系统部件的位置及功用	183
第三节 检查项目与部件更换要求	188
第四节 零部件的拆卸与安装	190
第五节 故障诊断与排除	193

第四篇 汽车巡航控制系统

第一章 汽车巡航控制系统的组成及工作原理	210
第一节 汽车巡航控制系统的作用与基本原理	210
第二节 汽车巡航控制系统各组成元件的作用及其工作原理	211
第三节 汽车巡航控制系统的使用	215
第二章 丰田凌志、佳美巡航控制系统的结构及工作过程	218
第一节 丰田凌志、佳美巡航控制系统的组成与结构	218
第二节 电控单元的基本功能及巡航系统的工作过程	222
第三章 丰田凌志、佳美巡航控制系统的检修	226
第一节 故障代码的读取与清除	226
第二节 巡航系统执行元件的检修	227
第三节 巡航系统电路的检查及故障诊断	228

第五篇 汽车电子控制动力转向系统

概述	235
第一章 传统液压动力转向系统的结构、工作原理与检修	238
第一节 传统液压动力转向系统的组成、工作原理与分类	238

第二节	液压动力转向系统的构造与工作原理	241
第三节	液压动力转向系统的使用与维修	248
第二章	液压式电子控制动力转向系统	256
第一节	流量控制式 EPS	256
第二节	反力控制式 EPS	260
第三节	阀增益(灵敏度)控制式 EPS	263
第三章	电动式电子控制动力转向系统	268
第一节	电动式 EPS	268
第二节	电动——液压式电控动力转向系统	278
第三节	电子控制 4 轮转向系统(4WS)	281
第四章	电子控制动力转向系统的故障诊断与检修	289
第一节	故障码的读取与清除方法	289
第二节	主要元件的检测	292
第三节	电控动力转向系统常见故障的诊断、检查与调整	293
参考文献		299

第一篇 汽车电子控制制动防抱死及驱动防滑系统

概 述

汽车防抱死制动系统(Anti-Lock Brake System),简称 ABS。它是汽车上的一种制动安全装置,其作用是在汽车制动时,防止车轮抱死在路面上滑拖,以提高汽车制动过程中的方向稳定性、转向控制能力和缩短制动距离,使汽车制动更为安全有效。

随着汽车行驶速度的提高、道路行车密度的增大,人们对汽车行驶安全性的要求越来越高,ABS 已经成为汽车上的一种重要安全装置。早在 20 世纪 30 年代,ABS 就运用在铁路机车的制动中,其目的是防止列车制动时车轮抱死后在钢轨上滑行造成局部摩擦,致使车轮、钢轨早期损坏和车轮不能平稳旋转而产生噪声和振动。20 世纪 40 年代,为了防止飞机着陆时制动跑偏、甩尾和轮胎剧烈磨损,以及缩短滑行距离,在飞机上开始采用 ABS,并很快成为飞机上的标准装备。20 世纪 50 年代被开发引用到汽车上。进入 20 世纪 70 年代后,随着电子技术的进步,数字电子技术、大规模集成电路的发展和微机的运用,电子控制式 ABS 日趋成熟,成本不断降低,并且体积小、质量轻、控制精度高,其安全效能十分显著,普遍受到人们的欢迎,为其迅速普及创造了条件。20 世纪 80 年代初仅在部分高级轿车上采用,进入 20 世纪 90 年代后,在欧洲、美国、日本和韩国等国家,ABS 的装车率大幅度提高,加之法规的推动作用,ABS 已成为汽车上标准装备或选择装备。我国对 ABS 的研究始于 20 世纪 80 年代初,目前国内一些院校、科研单位和生产厂家,正在加快技术攻关和技术引进步伐。上海汽车制动系统有限公司引进并合资生产的 ABS 产品已于 1997 年 2 月顺利投产,其他也有个别厂家小批量生产。我国生产的奥迪、桑塔纳、捷达轿车已部分装用 ABS。预计不久的将来,我国自己生产的汽车上都会装用 ABS。

随着对汽车性能要求的提高,不仅要求在制动过程中防止车轮抱死,而且要求在驱动过程中(特别是在起步、加速和转弯过程中),防止驱动车轮滑转,使汽车在驱动过程中的方向稳定性、转向控制能力和加速性能也都得到提高,因而有的装用一种驱动防滑转系统(德语为 Antriebs Schlupf Regelung,英语为 Acceleration Slip Regulation),简称 ASR,也有的译为加速防滑控制系统。由于驱动防滑转系统多是通过调节驱动车轮的驱动力(或牵引力)实现控制的,因而有的叫驱动力(或牵引力)控制系统(Traction Control System),简称 TCS,在日本则简称 TRC 或 TRAC。可以说 TRAC 或 ASR 是 ABS 的完善和补充,也可以说是 ABS 的延伸。TRAC 或 ASR 可以独立设立,但多数是与 ABS 组合在一起的,两个系统一体化,常用 ABS/TRAC 或 ABS/ASR 表示,统称防滑控制系统,该系统既具有制动防抱死功能,又具有驱动防滑转功能。

第一章 汽车电子控制制动防抱死系统的 结构与工作原理

学习目标

1. 理解制动性能的主要评价指标、附着系数与滑移率的关系及 ABS 的优点；
2. 掌握 ABS 的基本组成、控制方式和分类；
3. 了解 ABS 电脑的控制功能；
4. 掌握轮速传感器、减速度传感器的结构及工作原理；
5. 掌握制动压力调节器的分类及主要部件的结构与工作原理。

第一节 ABS 的基础知识

为了对采用 ABS 的必要性有所了解,现介绍以下与 ABS 有关的基础知识。

一、汽车制动性能的主要评价指标

对汽车的制动性能有多方面的要求,因而有多方面的评价指标,一般常提到以下三个方面。它们是:

1. 制动效能

制动效能主要指制动距离与制动减速度,通常实用中多指制动距离。制动距离是指驾驶员开始踩制动踏板到汽车完全停车所行驶的距离。制动距离越短,越有利于避免交通事故的发生,它是制动性能最基本的评价指标。

2. 制动时汽车的方向稳定性

制动时汽车的方向稳定性,一般是指制动过程中维持汽车直线行驶和按预定弯道行驶的能力。如果汽车制动时发生侧滑、甩尾、严重时出现调头,都会使汽车失去方向稳定性;如果汽车在弯道行驶中制动时,汽车不再按原来弯道行驶,出现冲入其他车道或冲出路面,或者即使是直线行驶,也无法避开障碍物,操纵转向盘也不起作用,则为汽车失去转向控制能力(转向操纵性)。汽车制动过程中,失去方向稳定性和失去转向控制能力,都是造成交通事故的重要原因。

3. 制动效能的恒定性

制动效能的恒定性,主要指抗热衰退性能。抗热衰退性能是指汽车在繁重工作条件下制动时(如下长坡时长时间连续制动),制动器温度升高后,其制动效能的保持程度。它是设计制动器及选材中必须认真考虑的一个重要问题。

以上三项指标中,前两项指标采用 ABS 装置后,其性能都会有明显的改善和提高,对避免交通事故的发生能起到很好的作用,因此 ABS 是汽车上十分重要的制动安全装置。

二、制动时附着系数与滑移率的关系

1. 附着力

附着力是地面阻止车轮滑动所能提供的切向反作用力的极限值,常用 F_{Φ} 表示。在一般硬实路面上,轮胎与路面间的附着力可近似认为是轮胎与路面间的最大静摩擦力。轮胎与路面间的附着力取决于地面对轮胎的法向反作用力与附着系数,其关系为:

$$F_{\Phi} = F_z \phi \quad (1-1-1)$$

式中: F_{Φ} ——轮胎与路面间的附着力(N);

F_z ——地面对轮胎的法向反作用力(N);

ϕ ——地面与轮胎间的附着系数。

由于地面制动力 F_x 要受到附着力的限制,所以最大地面制动力 $F_{x\max}$ 不能超过附着力 F_{Φ} 。即:

$$F_x \leq F_{\Phi} = F_z \phi \quad (1-1-2)$$

或

$$F_{x\max} = F_z \phi$$

由此可见,汽车制动过程中,地面制动力的大小首先取决于制动器制动力,但又受到地面附着条件的限制,所以为了达到最佳的制动效果,不仅要获得足够的制动器制动力,同时又希望有较大的附着力。

在汽车制动时,除车轮旋转平面的纵向附着力外,还有垂直于车轮旋转平面的横向附着力。汽车在制动过程中,纵向附着力决定汽车纵向运动,影响汽车的制动距离,而横向附着力则决定汽车的横向运动,影响汽车的方向稳定性和转向控制能力。

由(1-1-1)式可知,附着力是由地面对轮胎的法向反作用力与附着系数的乘积决定的。而它们两者又随较多因素变化。

地面对轮胎的法向反作用力随载客或载物重量变化外,还受前后轴荷分布、汽车重心的高度、制动减速度的大小、汽车上坡或下坡等因素改变。

车轮与路面间的附着系数也不是固定值。影响附着系数的因素很多,如车轮滑移率、路面的性质和状况、车速、轮胎的结构和气压、车轮偏转角等,下面重点介绍制动时车轮滑移率对附着系数的影响。

2. 车轮滑移率

汽车正常行驶时,车速 v (即车轮中心的纵向速度)与车轮速度 v_w (即车轮圆周速度)相同,可以认为车轮在路面上作纯(完全)滚动运动。当驾驶员踩下制动踏板时,由于地面制动力的作用,使车轮速度减小,车轮处在既滚动又滑动的状态,实际车速与车轮速度不再相等,人们将车速和车轮速度之间出现的差异称为滑移。随着制动管路中制动液或制动气体压力的增加,车轮已不在转动,汽车车轮在地面上作纯(完全)滑动。

为了表征滑移成分所占比例的大小,常用滑移率 S 表示。

$$S = \frac{v - v_w}{v} \times 100\% = \frac{v - r\omega}{v} \times 100\% \quad (1-1-3)$$

式中: S ——车轮滑移率;

v ——车速(车轮中心纵向速度, m/s);

v_w ——车轮速度(车轮瞬时圆周速度 $v_w = r\omega$, m/s);

r ——车轮半径(m);

ω ——车轮转动角速度(rad/s)。

车轮在路面上纯滚动时, $v = v_w$, 车轮滑移率 $S = 0$; 车轮抱死时即在地面上纯滑动时, $\omega = 0$, 车轮滑移率 $S = 100\%$; 车轮在路面上边滚动边滑动时, $v > v_w$, 则车轮滑移率 $0 < S < 100\%$ 。车轮滑移率越大, 说明车轮在运动中滑移成分所占的比例越大。

3. 附着系数和滑移率的关系

车轮滑移率的大小对车轮与地面间的附着系数有很大影响。通过试验, 附着系数与滑移率的关系如图 1-1-1 所示。

从图中可以看出:

(1) 附着系数随路面性质不同呈大幅度变化。干燥路面附着系数大, 潮湿路面附着系数小, 冰雪路面附着系数更小。

(2) 在各种路面上, 附着系数都随滑移率的变化而变化。各曲线的趋势大致相同, 只有积雪路滑移率在靠近 100% 时会上升。

为了方便说明附着系数与滑移率的关系, 现以典型的干燥硬实路面上附着系数与滑移率的关系进行介绍, 如图 1-1-2 所示。图中实线为制动时纵向附着系数和车轮滑移率的一般关系。

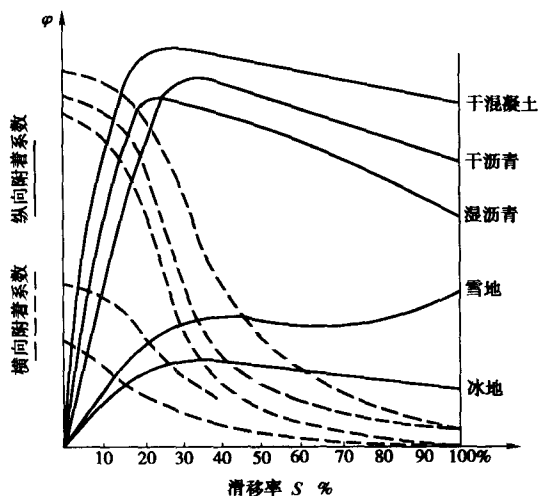


图 1-1-1 附着系数与滑移率的关系
(虚线所示路面种类上下顺序与实线标注相同)

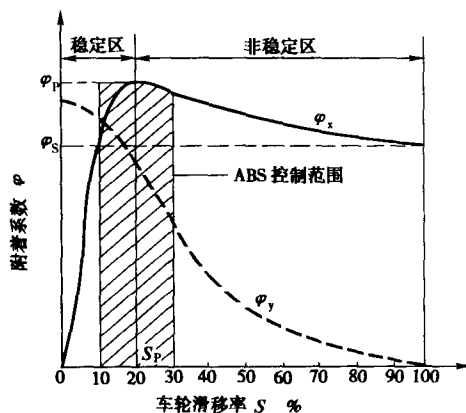


图 1-1-2 干燥硬实路面上附着系数与滑移率的一般关系
 φ -附着系数; φ_x -纵向附着系数; φ_y -横向附着系数;
 S -车轮滑移率; φ_p -峰值附着系数; S_p -峰值附着系数
时的滑移率; φ_s -车轮抱死时纵向滑动附着系数

通常, 当滑移率 S 由 $0\% \sim 10\%$ 增大时, 附着系数 φ_x 迅速增大。当滑移率处于 $10\% \sim 30\%$ 的范围时, 附着系数有其最大值(图 1-1-2 中显示滑移率在 20% 时, 纵向附着系数最大)。该最大值称为峰值附着系数, 用 φ_p 表示, 此时与其相对应的车轮滑移率称为峰值附着系数滑移率, 用 S_p 表示。由图中看出, 当滑移率继续增大时, 附着系数逐渐减小。当车轮抱死时, 即完全滑动时的附着系数, 一般称为滑动附着系数, 用 φ_s 表示。车轮抱死时的滑动附着系数 φ_s 一般总是小于峰值系数 φ_p , 通常在干燥硬实路面上, φ_s 比 φ_p 要小 $10\% \sim 20\%$; 在潮湿的硬实路面上, φ_s 比 φ_p 要小 $20\% \sim 30\%$ 。

根据前述附着力 F_ϕ 与附着系数 φ 的关系 ($F_\phi = F_z \varphi$), 当地面对车轮的法向反作用力 F_z 一定时, 则滑移率 S 大约在 20% 左右时具有最大附着力, 因而也只有此时车轮与路面间才能

获得最大地面制动力,具有最佳制动效果。通常,称纵向附着系数最大时的滑移率 S_p 为理想滑移率,也有的叫最优滑移率。如果滑移率超过理想滑移率(即 $S > S_p$)时,附着力和地面制动力反而逐渐减小,使制动效能变差、制动距离增长,因此一般称从理想滑移率到车轮抱死完全滑动段为非稳定区。

图 1-1-2 不仅给出车轮的纵向附着系数 φ_x ,而且也给出车轮的横向(侧向)附着系数 φ_y ,如图中虚线所示。横向附着系数是研究汽车行驶稳定性的重要参数之一。横向附着系数越大,汽车制动时的方向稳定性和转向控制能力越强。从图中看出,当滑移率为零时,横向附着系数最大;随着滑移率的增加,横向附着系数越来越小。

4. 汽车制动时车轮抱死的危害

当车轮抱死时,纵向附着系数几乎为零,此时也导致横向附着力几乎为零,其危害是较大的,主要是:

(1)方向稳定性差。由于横向附着力很小,汽车失去抵抗横向外力的能力,后轮很容易产生横向滑移和使汽车发生甩尾、旋转等危害,使汽车失去方向稳定性。

(2)失去转向控制能力。在汽车进行转向行驶时,尽管驾驶员此时在操纵转向盘,但前轮抱死后已不在滚动,且前轮维持汽车转弯运动能力的横向附着力也丧失,汽车将仍按原来惯性行驶方向滑动,可能冲入其他车道或冲出路面,汽车已不能按驾驶员的意图行驶,失去转向控制能力。

三、ABS 的优点

由上述分析可知,汽车在制动过程中,车轮抱死时危害较大,只有滑移率在 20%左右时,车轮与路面间的纵向附着系数最大,可获得最大地面制动力,能最大程度地缩短制动距离;同时当滑移率在 20%左右时,车轮与路面间横向附着系数也较大,使汽车制动时能较好地保持方向稳定性和转向控制能力。为了确保行车安全,获得最佳制动性能,制动时防止车轮抱死,并将车轮滑移率控制在理想滑移率附近的狭小范围内,人们才大力开发、研制和推行防抱死制动系统即 ABS。

ABS 是在原传统制动系统的基础上,增加了一套防止车轮制动抱死的控制系统。该装置在制动过程中,当车轮趋于抱死,即车轮滑移率进入非稳定区时,会迅速降低制动系统压力,使车轮滑移率恢复到靠近理想滑移率的稳定区内,通过自动、高频率地对制动系压力进行调节(其频率高达每秒十多次),使车轮滑移率保持在理想滑移率附近的狭小范围内,以达到充分利用车轮与路面间纵向峰值附着系数和较高的横向附着系数,实现防止车轮抱死和获得最佳制动性能。

应当指出的是,采用传统的制动系统进行制动时,尽管驾驶员也知道间歇性的踩、放制动踏板防止车轮抱死,但再有经验的驾驶员也无法做到精确地判断和控制,特别是在紧急制动时,都不可能将车轮滑移率控制在理想范围之内,往往会使车轮抱死,尤其是汽车在冰雪、下雨打滑的路面上制动时,很容易产生侧滑、甩尾和失去转向控制能力,此时驾驶员往往产生一种紧张情绪,缺乏安全感。

概括起来 ABS 的优点是:

- (1)制动时保持方向稳定性;
- (2)制动时保持转向控制能力;
- (3)缩短制动距离(松散的沙土和积雪较深的路面除外,因为在这些路面上车轮制动抱死

时,其地面物质如积雪会被铲起并堆在车轮前面,形成一种阻力,使制动距离变短,而在装有ABS的汽车上,由于车轮不会抱死,反而没有这种效果);

- (4)减少轮胎磨损;
- (5)减少驾驶员紧张情绪。

第二节 ABS 的基本组成、控制方式和分类

一、ABS 的基本组成

现代 ABS 尽管采用的控制方式、方法以及结构形式各不相同,但除原有传统的常规制动装置外,一般 ABS 都是由传感器、电子控制器和执行器三大部分组成。其中,传感器主要是车轮转速传感器,执行器主要指制动压力调节器,如图 1-1-3 所示。

1. 车轮转速传感器

车轮转速传感器是 ABS 中最主要的一个传感器。车轮转速传感器常简称为轮速传感器,其作用是对车轮的运动状态进行监测,获得车轮转速(速度)信号。

2. 电子控制器

ABS 的电子控制器(Electronic Control Unit),常用 ECU 表示,俗称 ABS 电脑。它的主要作用是接收轮速传感器等输入信号,计算出轮速、参考车速、车轮减速度(加速度)、滑移率,并进行判断、输出控制指令,控制制动压力调节器等进行工作。另外,ECU 还有监测等功能,如有故障时会使 ABS 停止工作并将 ABS 警示灯点亮。

3. 制动压力调节器

制动压力调节器是 ABS 中的主要执行器。其作用是接受 ECU 的指令,驱动调节器中的调压电磁阀动作(或调压电动机转动等),调节制动系分泵内的压力,使之增大、保持或减小,实现制动系压力的控制功能。

由于 ABS 是在原来传统制动系统基础上增加一套控制装置形成的,因此 ABS 也是建立在传统的常规制动过程的基础上进行工作的。在制动过程中,车轮还没有趋于抱死时,其制动过程与常规制动完全相同,此时 ABS 不起作用;只有车轮趋于抱死时,ABS 才会对趋于抱死车轮的制动压力进行调节。

通常,ABS 只有在汽车速度达到一定数值(如 5km/h 或 8km/h)时,才会对制动过程中趋于抱死车轮的制动压力进行调节。当汽车速度降到一定数值时,因为车速很低,车轮制动抱死对汽车制动性能的不利影响很小,为了使汽车尽快制动停车,ABS 就会自动终止防抱死制动压力调节,其车轮仍可能被制动抱死。

在制动过程中,如果常规制动系统发生故障,ABS 会随之失去控制作用。若只是 ABS 发生故障、而常规制动系统正常时,汽车制动过程仍像常规制动过程一样照常进行,只是失去防抱死控制作用。现代 ABS 一般都能对系统的工作情况进行监测,具有失效保护和自诊断功能,一旦发现影响 ABS 正常工作的故障时,将自动关掉 ABS,恢复常规制动,并将 ABS 警示灯

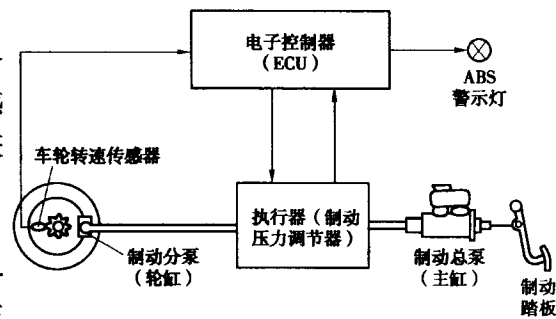


图 1-1-3 制动防抱死系统(ABS)的基本组成

(或 Anti - Lock 警示灯)点亮,向驾驶员发出警示信号,提醒驾驶员及时进行修理。

二、ABS 的控制方式

ABS 为了在制动时将滑移率控制在理想滑移率附近的狭小范围之内,就要对制动系压力进行反复调节,其控制方式直接决定 ABS 的控制效果。

1. 控制方式

目前提出的控制方式很多,主要有逻辑门限值控制、最优控制和滑动模态变结构控制等。ABS 发展至今,大多数产品广泛采用的仍是逻辑门限值控制方式。

所谓逻辑门限值控制,通常是预先选择一些运动参数作为控制参数并设定相应的控制门限值,在制动时,将监测的实际参数与 ECU 内设定的门限值进行比较,按照一定的逻辑,根据比较的结果,适时地对制动系压力进行控制和调节。这种控制方式不涉及具体的数学控制模型,避免了大量的数学计算,所需的控制参数也比较少,尤其是省去了车速传感器,使结构简单,成本降低。另外,这种控制方式的执行器也比较容易实现。该种控制方式的缺点是系统的控制逻辑比较复杂,控制不够平稳,但人们经过大量的实践和实验,只要在控制逻辑中多考虑一些实际情况,控制参数的门限值选得合适,并通过微处理器进行控制,其效果还是相当理想的。

2. 逻辑门限值控制方式的控制参数

控制参数的选用是否得当,不仅关系到 ABS 的逻辑和性能,而且关系到 ABS 的结构和成本。

在逻辑门限值控制方式中,普遍选用的控制参数有:车轮减速度(或角减速度)、加速度(或角加速度)和车轮滑移率。

在 ABS 的实际控制中,一般很少单独采用其中某一种参数的门限值进行控制,多是以车轮加、减速度门限和滑移率门限多种参数结合进行控制。因为单独采用其中任何一种参数门限进行控制都存在较大的局限性。例如,仅以车轮加、减速度作为控制门限,当汽车在低附着系数的路面上高速行驶过程中进行紧急制动时,在车轮滑移率离进入非稳定区域还较远时,车轮减速度就达到控制门限值,使反应时间过快,分泵减压提前,实际利用的附着系数低,会严重影响控制效果。如果仅以车轮滑移率作为控制门限时,由于汽车行驶路面情况不同,峰值附着系数不同,其对应的理想滑移率会在一定范围内变化,此时仅以固定的滑移率门限值作为控制门限,就很难适应各种路面,不能保证在各种路面情况下都能获得最佳制动效果。因此,一般多采用车轮加、减速度和滑移率的门限值进行综合控制,它具有较高的自适应控制能力,能保证在各种行驶状态和不同路面情况下,都能较好地实现制动防抱死控制。实用中,通常是将车轮的减速度和加速度作为主要控制门限,而将车轮滑移率作为辅助控制门限。只有在低附着系数路面上且低速行驶情况下制动时,转而以滑移率作为主要控制门限,车轮减、加速度作为辅助控制门限。

逻辑门限值控制方式中参数的测定:

(1)车轮加速度和减速度:可由电子控制器根据轮速传感器输入的信号经过计算确定。

(2)滑移率:要确定车轮的实际滑移率,必须首先确定汽车的实际速度,然而现在汽车上的车速传感器并非是实际车速传感器,实用中多数 ABS 都是由电子控制器根据轮速传感器输入的信号,按照一定的逻辑计算确定出参考车速,然后再根据参考车速和车轮角速度计算出车轮滑移率。由于参考车速并不是实际车速,只是实际车速的一种近似,因此通常将计算出的车轮

滑移率称为参考滑移率。

在逻辑门限值控制方式中,车轮减速度、加速度和滑移率等控制参数门限值的确定,都是针对某一车型并在各种车速和各种附着系数路面等条件下,通过反复试验获得的经验数据。

在逻辑门限值控制方式中,一般都具有路面状态自动选择功能,以适应路面附着系数变化的能力。它能够根据车轮减速度、加速度的变化大小,按照一定的逻辑,判定出车轮处于某种附着系数的路面上,如高附着系数路面、低附着系数路面,以及高、低附着系数路面跃变等情况,以便实现不同控制。

3. 逻辑门限值控制方式的控制过程

现以博世 ABS 为例,说明采用逻辑门限值控制方式在高附着系数路面上的控制过程。在高附着系数路面上的控制过程,如图 1-1-4 所示。

由图 1-1-4 可见,在制动的最初阶段,随着制动分泵内制动压力的增大,车轮速度下降,同时车轮减速度也在增大。直至车轮的减速度达到设定的控制门限值 $-a$ 时(第 1 阶段末,取此瞬时车轮速度为初始参考车速,然后按给定的斜率计算或确定参考车速 v_{REF} ,由参考车速计算出任一时刻的车轮滑移率),由于一般在高附着系数路面上达到减速度门限值时滑移率比较小,为了避免车轮仍处于稳定区域的滑移率范围内就提前进入车轮制动压力减小阶段,此时需要对车轮的参考滑移率与设定的滑移率门限值进行比较。如果车轮的参考滑移率小于门限值 S_1 ,说明车轮滑移率偏小,则进入制动压力保持阶段(第 2 阶段),以使车轮充分地进行制动。当车轮参考滑移率大于门限值 S_1 ,说明车轮已进入不稳定区域,便进入车轮制动压力减小阶段(第 3 阶段)。由于车轮制动力的下降,车辆在惯性的作用下开始加速。当车轮减速度小于控制门限值 $-a$ 时,就进入制动压力保持阶段(第 4 阶段)。此后,由于汽车惯性的作用,车轮仍在回升加速,直至超过设定的第一个加速度控制门限值 $+a$,为了适应可能出现的路面附着系数突然增大的情况,设定了第二个加速度控制门限值 $+A$,如果在设定的压力保持时间内,车轮的加速度未能超过第一个加速度控制门限值 $+a$,则判定路面情况为低附着系数,此时控制过程将按低附着系数路面上的控制过程进行。如果车轮的加速度超过第一个加速度门限值 $+a$,则继续保持制动压力。如果因路面附着系数突然增大而使车轮加速度超过第二个加速度控制门限值 $+A$ 时,应使制动压力再次进入增大阶段(第 5 阶段),使车轮加速度下降,直至车轮加速度低于控制门限值 $+A$,然后再进入制动压力保持阶段(第 6 阶段),直至车轮加速度又回落到 $+a$ 以下,表明车轮回复到稳定区域且制动压力稍有不足。为了使车轮在更长的时间内处于稳定区域且靠近理想滑移率 S_0 附近,将对制动压力进行增大和保持的快速转换(第 7 阶段),使制动压力具有较小的阶梯升高率。直至车轮减速度再次超过控制门限值 $-a$ 时,又开始进入制动压力减小阶段(第 8 阶段),此时,不再考虑参考滑移率是否超过控制门限值 S_1 ,从而进入下一个控制循环。

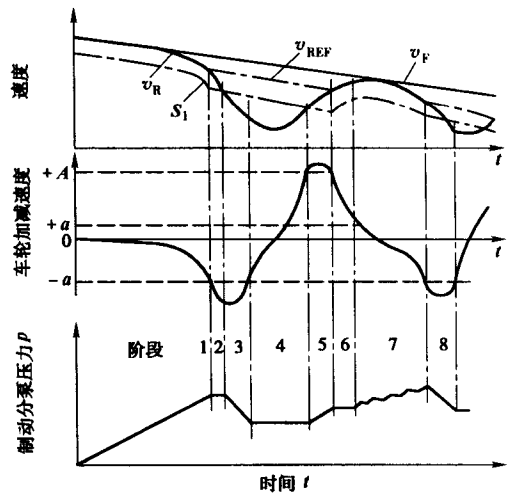


图 1-1-4 在高附着系数路面上的制动防抱死控制过程
 v_F -车速; $+a$ 、 $+A$ -车轮加速度门限值; v_{REF} -参考车速;
 $-a$ -车轮减速度门限值; v_R -车轮速度; p -制动分泵压力; S_1 -滑移率门限值。

三、ABS 的分类

过去人们常将 ABS 分为两大类,即机械式 ABS 和电子式 ABS。目前机械式 ABS 已趋于淘汰,因此本教材提到的现代 ABS,一般都是机电一体化的电子控制式 ABS。

现代 ABS 的种类很多,分类方法各异。现将有关情况介绍如下:

1. 按生产厂家分类(主要有)

(1)博世(BOSCH)ABS,由德国博世公司生产(博世又称为波许)。

(2)戴维斯(TEVES)ABS,由德国戴维斯公司生产。

上述两种是欧、美、日、韩轿车上采用最多的 ABS。

(3)德尔科(DELCO)ABS,由美国德尔科公司生产。在美国通用、韩国大宇等轿车上采用。

(4)本迪克斯(BENDIX)ABS,由美国本迪克斯公司生产。在美国克莱斯勒公司生产的汽车上采用最多。

以上四种 ABS 在小轿车上应用最为广泛,而且每种 ABS 都在不断发展、更新和换代,因此即使同一厂家生产的轿车,生产年代不同,装用车型不同,ABS 的型号也可能不一样。还有一些国家的生产厂家也生产其他型号的 ABS,其中有的则是从上述厂家技术引进,并在其基础上进行单独开发或合作开发生产,有相当部分 ABS 属于上述四种中的某一种的变型。另外,还有德国伟布科(WABCO)公司、英国卢卡斯·格林(Lucas Girling)公司、日本本田——住友(Honda Sumitomo)和美国凯尔塞·海斯(Kelsey Hayes)公司生产的 ABS 数量也较大,它们当中有相当部分是在载货汽车或大型客车上广泛采用。

中国上海汽车制动系统有限公司生产的 ABS,是从戴维斯(TEVES)公司引进并合资生产的。

2. 按控制通道和传感器数目分类

实用中常按控制通道和轮速传感器的数目进行区分。为便于说明,先介绍一下控制通道的概念。

在 ABS 系统中,我们对能够独立进行制动压力调节的制动管路称为控制通道。如果某个车轮的制动压力占用一个控制通道且可以单独地进行调节,我们称它为独立控制或单轮控制。如果两个车轮的制动压力是同时进行调节的(共同占用电子控制器的一个控制通道),我们称它为同时控制或一同控制。如果同时控制的两个车轮在同一轴上,常叫同轴控制或轴控制。

汽车在左右附着系数不同的路面上行驶时,由于两边车轮与路面间的附着力不一样,在制动时两个车轮制动抱死的时机则不一样,附着系数小的车轮先抱死,附着系数大的车轮后抱死。在两个车轮一同控制时,如果以保证附着系数较小的车轮不发生抱死为原则进行制动压力调节,这两个车轮就是按低选原则一同控制;如果以保证附着系数较大的车轮不发生抱死为原则进行制动压力调节,这两个车轮就是按高选原则一同控制。因此,在一同控制中,有低选原则和高选原则之分。

(1)四通道式:四通道 ABS 有 4 个轮速传感器,在通往 4 个车轮制动分泵的管路中,各设一个制动压力调节分装置(如调压电磁阀),进行独立控制,构成四通道控制形式。

由于四通道 ABS 是根据各车轮轮速传感器输入的信号,分别对各个车轮进行独立控制的,因此附着系数利用率高,制动时可以最大程度地利用每个车轮的最大附着力。四通道控制方式特别适用汽车左右两侧车轮附着系数相近的路面,不仅可以获得良好的方向稳定性和转向控制能力,而且可以得到最短的制动距离。但是,如果汽车左右轮附着力相差较大,如行驶

在附着系数对分的路面或汽车左右两侧载荷相差较大时,制动时两个车轮的地面制动力就相差较大。因此会产生横摆力矩,使车身向制动力较大的一侧跑偏,不能保持汽车按预定方向行驶,会影响汽车的方向稳定性,且成本价格高。

(2)三通道式:一般三通道 ABS 是对两前轮进行独立控制,两后轮按低选原则进行一同控制,因此有的称它为混合控制。

两后轮按选低原则进行一同控制时,可以保证汽车在各种条件下左右两后轮的制动力相等,即使两侧车轮的附着力相差较大,两个车轮的制动力都限制在附着力较小的水平,使两个后轮的制动力始终保持平衡,保证汽车在各种条件下制动时都具有良好的方向稳定性。当然,在两后轮按低选原则进行一同控制时,可能出现附着系数大的一侧后轮的附着力不能充分利用的问题,使汽车的总制动力有所减小。但应该看到,在紧急制动时,由于发生轴荷前移,在汽车的总制动力中,后轮的制动力所占的比重较小,尤其是小轿车,使前轮的附着力比后轮的附着力大得多,通常后轮制动力只占总制动力的 30% 左右。因此,后轮附着力未能充分利用的损失对汽车的总制动力影响不大。

对两前轮进行独立控制,主要考虑到小轿车,特别是前轮驱动的汽车,前轮的制动力在汽车总制动中所占的比例较大(可达 70% 左右),可以充分利用两前轮的附着力。一方面使汽车获得尽可能大的总制动力,利于缩短制动距离,另一方面可使制动中两前轮始终保持较大的横向附着力,使汽车保持良好的转向控制能力。尽管两前轮独立控制可能导致两前轮制动力不平衡,但可以通过驾驶员的转向操纵对由此造成的影响进行修正。因此,三通道 ABS 在小轿车上被普遍采用。

(3)二通道式:二通道 ABS 常叫双通道 ABS。为了减少制动压力调节分装置的数量,降低系统成本,也有采用双通道 ABS。

由于篇幅限制,双通道 ABS 的工作性质不再分析,但总的来说,双通道 ABS 难以在方向稳定性、转向操纵性和制动效能各方面得到兼顾,目前采用的很少。

(4)一通道 ABS:一通道 ABS 常叫单通道 ABS,它在后轮制动器总管中设置一个制动压力调节器,在后桥主减速器上安装一个轮速传感器(也有在两后轮上各安装一个)。

单通道 ABS 一般都是对两后轮按低选原则进行一同控制。单通道 ABS 不能使两后轮的附着力得到充分利用,因而制动距离不一定会明显缩短。另外前轮制动分泵的压力并未进行控制,制动时前轮仍会出现制动抱死,因而转向操纵能力也未得到改善,但由于制动时两后轮并未抱死,能够显著地提高制动时的方向稳定性,在安全上是一大优点,加之具有结构简单、成本低等优点,所以单通道 ABS 目前在一些轻型载货车上仍被应用。

对于 ABS,除上述分类方法外,还有一些分类方法,如按照制动压力调节器的动力来源分为液压式和气压式;按照制动压力调节器调压方式分为流通式和变容式;按照制动压力调节器与制动总泵的结构关系分为整体式和分离式;按照 ABS 与 TRAC(或 TCS)是否一体化分为 ABS 式或 ABS/TRAC 式等,这些内容以后都会介绍到。

第三节 ABS 系统的电子控制模块(电脑)

电子控制模块(电脑)是 ABS 系统的控制中心,它的本质是微型数字计算机,一般是由两个微处理器和其他必要电路组成的不可分解的整体单元。电脑的基本输入信号是四个轮速传感器送来的轮速信号,输出信号是:给液压控制单元(制动压力调节器)的控制信号、输出的自