

汽车防抱制动系统 结构原理与检修

柯愈治 谢怀暄 王千雄 编著



人民交通出版社

437673

Qiche Fangbao Zhidong Xitong
Jiegou Yuanli yu Jianxiu

汽车防抱制动系统 结构原理与检修

柯愈治 谢怀暄 王千雄 编著



00437673



民交通出版社

内 容 提 要

本书全面系统地介绍了现代汽车 ABS 防抱制动装置的概念、结构原理、基本功能、质量准则、性能试验规程、使用注意事项及典型故障诊断与维修方法,并配有 92 幅插图和若干实例,介绍了编者从事防抱制动装置的研究成果与维修实践经验。全书内容充实、通俗实用,是驾驶员、维修技工和技术人员较好的必读书,也可供大专院校有关专业师生和从事汽车制动系统设计研究的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车防抱制动系统结构原理与检修/柯愈治等编

著. 北京:人民交通出版社,1998

ISBN 7-114-02876-8

I. 汽… II. 柯… III. ①汽车-制动装置,防抱-构造

②汽车-制动装置,防抱-车辆检修 IV. U463.52

中国版本图书馆 CIP 数据核字()第 29679 号

汽车防抱制动系统结构原理与检修

柯愈治 谢怀喧 王千雄 编著

版式设计:崔凤莲 责任校对:刘高彤 责任印制:张 凯

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号)

各地新华书店经销

北京京东印刷厂印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张:7.125 字数:166 千

1998 年 4 月 第 1 版

1998 年 4 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001—3000 册 定价:13.00 元

ISBN 7-114-02876-8

U·02049

常用符号说明

制动器摩擦力矩	M_p	$\text{N} \cdot \text{m}$
制动器制动力	F_p	N
路面制动力	F_b	N
附着力	F_φ	N
车轮半径	r	m
汽车行驶速度	V	m/s 或 km/h
汽车曲线运动时的惯性力	F	N
制动系工作效率	η_b	
汽车总质量	G, G_n	N
前轮路面法向反力	Z_1	N
后轮路面法向反力	Z_2	N
惯性力	F_i	N
轴距	L	m
质心高	h_s	m
质心至前轴距离	a	m
质心至后轴距离	b	m

轮胎与路面间的附着系数	φ	
制动器制动力分配系数	β	
同步附着系数	φ_0	
制动压力	P	MPa
制动减速度	j	m/s ²
重力加速度	g	m/s ²
车轮转动角速度	ω	rad/s
制动因素(制动强度)	Z	
车轮相对路面的滑移速度	V_b	m/s
滑移率	S	
车轮转动角加速度	$\dot{\omega}$	rad/s ²
车轮转动角加速度变化率(增量)	$\ddot{\omega}$	rad/s ³
车轮转动速度	$\omega \cdot r$	m/s
峰值附着系数	φ_p	
滑动附着系数	φ	
车轮转动惯量	I	kg · m ²
附着系数利用率	ϵ	
挂车总质量	G_B	N
峰值附着系数对应的车轮滑移率	S_A	

前 言

随着汽车工业的迅猛发展和高速公路的不断修建,汽车的行驶安全性越来越为人们重视。为了全面满足制动过程中汽车对制动的要求,使制动器制动力分配调节更趋合理,防抱制动装置(简称为 ABS)这项 80 年代末期以来汽车制动安全性的最大成就,已越来越多地应用在汽车上。

实践表明,装用防抱制动装置的汽车在各种行驶条件下制动,特别是紧急制动时,不仅能较好地利用轮胎与路面之间的潜在附着力,提高汽车抗侧滑的方向稳定性,并保持转向操纵性,而且还能充分发挥制动效能,缩短制动距离。

由于各种原因,汽车 ABS 防抱制动装置的优越性,及其原理与检修尚未为国内驾、修人员所了解。

本书全面系统地介绍了现代汽车 ABS——防抱制动装置的发展,结构原理,分类,质量准则,性能试验方法,典型防抱制动装置的故障诊断与维修,及其使用注意事项。同时对控制参数、调节器的选用原则与机械设计还作了详细的分析。具体介绍了美、德、日、瑞典及我国的通用车系、克莱斯勒车系、福特车系、奔驰及桑塔纳轿车、丰田车系、日产车系、三菱车系、沃尔沃车系及东风 EQ1090 型载货汽车所用多种 ABS——防抱制动装置的故障诊断方法,具有较强的实用性。为方便检测,书后还附有以上车系 ABS 电路图。

本书在编写过程中,参考并引用了国内外有关文献、图纸资料;同时也总结并引用了作者参与东风 EQ1090 型载货汽

车防抱制动装置的研究、试验成果,以及使用与维修实践经验。在此,谨对同行们表示衷心的感谢。

囿于编著者水平,错误和不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

作 者

1998年3月

目 录

第一章 概述	1
第一节 汽车的普通制动系统.....	1
第二节 汽车制动系防抱制动装置	26
第三节 ABS 的发展历程	34
第二章 防抱制动技术的理论基础	38
第一节 制动车轮运动学	38
第二节 附着系数的变化规律	41
第三节 制动车轮动力学	43
第四节 ABS 的工作分析	47
第三章 ABS 的控制器	50
第一节 用车轮角加速度作控制参数	50
第二节 用滑移率作控制参数	53
第三节 用角加速度变化率作控制参数	53
第四节 控制器的硬件结构	60
第四章 ABS 的传感器	62
第一节 ABS 传感器的一般特性	62
第二节 ABS 传感器的结构	64
第五章 ABS 的调节器	66
第一节 调节器的特征	66
第二节 典型气压调节器的构造	72
第三节 典型液压调节器的构造	80
第六章 ABS 制动器热力学分析	91

第一节 制动过程的能量转换	91
第二节 ABS 对制动能量转换的影响	93
第七章 ABS 的质量准则及检验	95
第一节 ABS 的质量准则及分类	95
第二节 ABS 性能试验方法	102
第三节 ABS 性能试验实例	109
第八章 ABS 的使用	119
第一节 ABS 使用注意事项	119
第二节 ABS 的日常维修	121
第九章 ABS 的故障及维修	133
第一节 故障类别及应急处治	133
第二节 故障诊断与排除	136
第三节 ABS 维修实践	145
第十章 ABS 的自诊系统	152
第一节 ABS 自诊系统的分类	152
第二节 ABS 电器故障诊断方法实例	155
附录一 联合国欧洲经济委员会汽车制动法规(ECE R13)	
附件 13 采用防抱制动装置汽车的试验要求	
.....	185
附录二 ABS 电路图	197
后记	217
参考文献	219

第一章 概 述

众所周知,汽车上都装有制动系,它的性能直接关系到人民生命财产的安全,也是在安全行驶的条件下提高汽车行驶速度而获得尽可能高的运输生产率的重要保障。

汽车的制动性能通常用制动效能、制动效能的恒定性、制动时汽车的方向稳定性等项指标评价。

制动效能是指汽车以某一速度行驶制动时,迅速降低行驶速度直至停车的制动距离或制动减速度。

制动效能的恒定性主要指车轮制动器的抗热衰退性能;而车轮制动器的抗热衰退性能是指汽车高速行驶或下长坡连续制动时,制动效能保持的程度。

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的能力,或按预定弯道行驶的能力。制动时汽车若发生跑偏、侧滑或失去转向能力,则汽车必将偏离原来行驶的轨迹。

为了全面满足人们对汽车制动性能的这些要求,确保制动安全可靠,汽车界经过长期不懈的努力,在形式、构成、部件的具体结构,以及材质等方面都得到不断改进、完善和提高。但直至汽车制动防抱死装置的完善,并得以推广应用后,在提高汽车制动安全性方面才有了又一重大进展。

第一节 汽车的普通制动系统

汽车上通常装有两套独立工作的制动装置,即行车制动

装置和驻车制动装置。行车制动装置由驾驶员通过脚踏板操纵,故俗称脚制动装置,在汽车行驶中用来降低车速或停车。驻车制动装置由驾驶员通过手拉杆操纵,故俗称手制动装置,用于保证汽车停驶后能停留在任何地方而不滑溜,或汽车行驶中配合行车制动装置紧急停车。经常在山区行驶的汽车还具备有辅助制动装置,用以稳定汽车下坡时的行驶速度,防止行车制动装置的车轮制动器因长期使用过热而降低制动效能。

在汽车发展的早期,行车制动系和驻车制动系都是人力机械式的,后来,机械式行车制动系才逐渐被液压式、气压或液压动力式和伺服式(人力和发动机动力兼用控制)制动系所代替。但是,人力机械式驻车制动系至今仍被大多数汽车采用,只有少部分汽车采用了动力式驻车制动系。

1. 普通行车制动系的结构原理

普通行车制动系的结构原理大家都很熟悉,下面仅以液压式行车制动系(图 1-1)作一简单介绍。

汽车正常行驶时,制动蹄 10 连同摩擦片 9 在回位弹簧 13 的拉力下,与固定在车轮轮毂上的制动鼓 8 之间保持有一定的间隙,使制动鼓能随车轮轮毂一同自由转动。

欲使行驶中的汽车减速或停车时,驾驶员只要踩下制动踏板 1,就可使机体的制动能源通过推杆 2 和制动主缸 4 中的活塞 3,使主缸内的制动液加压流入制动轮缸 6,并通过两个轮缸活塞 7 推动两个制动蹄 10 连同摩擦片 9 绕支承销 12 转动,使摩擦片的外圆面压紧在制动鼓 8 的内圆面上。这样,固定不旋转的制动蹄摩擦片就对旋转着的制动鼓作用一个摩擦力矩 M_{μ} ,其方向与车轮旋转方向相反。制动鼓将该制动器制动力矩传到车轮后,由于车轮与路面的附着作用,车轮对路面作用一个向前的周缘力,即制动器制动力 F_{μ} 。同时,路面也

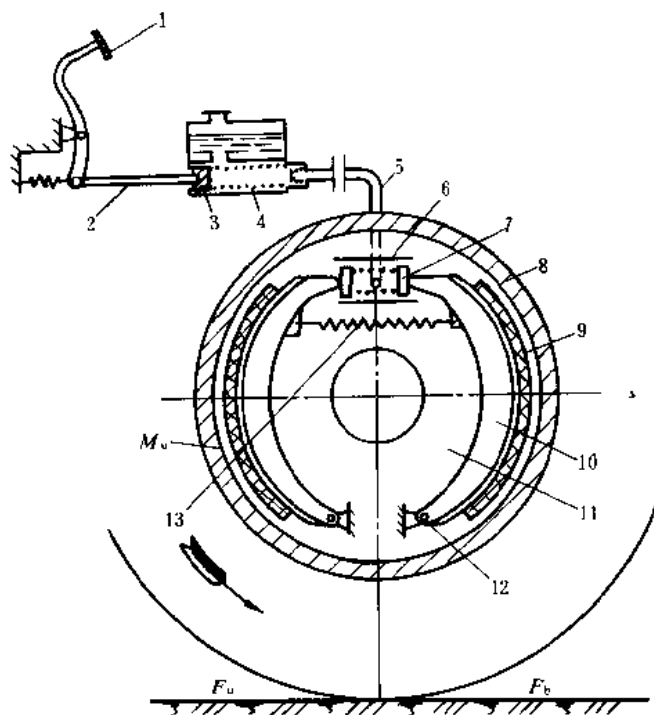


图 1-1 液压行车制动系统结构原理

1-制动踏板;2-推杆;3-主缸活塞;4-制动主缸;5-油管;6-制动轮缸;7-轮缸活塞;8-制动鼓;9-摩擦片;10-制动蹄;11-制动底板;12-支承销;13-制动蹄回位弹簧

对车轮作用着一个向后的反作用力,即路面制动力 F_b ,这就是制动时迫使汽车减速行驶直至停车的外力。路面制动力愈大,汽车减速度也就愈大。当驾驶员松开制动踏板时,回位弹簧 13 即将制动蹄拉回原位,摩擦片的外圆面与制动鼓的内圆面之间恢复原有间隙,摩擦力矩 M_u 和制动力 F_b 解除,制动作用也就终止。

综上所述不难看出,阻止汽车行驶的路面制动力 F_b 不仅取决于制动器制动力 F_μ 的大小,而且还受到轮胎与路面间附

着条件的限制。也就是说,汽车制动系只有具备了足够的制动器制动力 F_{μ} ,同时路面又能提供大的附着力 F_{ϕ} 时,才能获得较大的路面制动力 F_b 。

2. 普通行车制动系的组成

普通行车制动系通常由供能装置、控制装置、传动装置和制动器等四个基本部分组成,只是这四个基本部分的内涵随着汽车制动技术的发展而变得更为丰富。例如早期汽车的制动力源完全靠驾驶员的肌体供能,现在发展到包括供给、调节制动所需能量以及改善传能介质状态的各种部件;又例如控制装置,早期采用最简单的制动踏板机构,现在发展到包括产生制动动作和控制制动效果的各种部件;再例如传动装置,早期采用机械杆系,现在发展到包括将制动能量传送到制动器的各个部件;至于制动器,早期只装在汽车后轴的左右车轮上,且结构简单、形式单一,现代汽车不但前后轴车轮均装有制动器,而且形式多样,结构日趋完善合理。

早期汽车的前轴车轮之所以不装备制动器,其主要原因有:

(1)当时的车速低,仅后轴车轮装用制动器即可满足行车安全的要求。

(2)尽量简化机械杆系制动传动机构,提高传动可靠性。

(3)防止质心高、轴距短的汽车在制动时发生前倾翻事故,提高汽车的纵向稳定性。

(4)适应当时道路条件差的状况,确保汽车制动时仍具有好的转向能力。

随着汽车技术的发展和道路条件的改善,汽车单靠后轴制动所带来的问题也日趋增多和严重,汽车工作者在本世纪初期开始对汽车前轴同时装上制动器进行了一系列探索,结果表明这一方案不但可行,而且有利于提高汽车的制动效能。

1920 年前后,汽车前轴同时装用了制动器。但汽车前后轴都装上制动器在制动时制动力(大小及作用时间)如何分配,即如何保证制动时汽车的方向稳定性,在以后一段比较长的时期内,又成为人们研究的关键技术。这就是本书要介绍的内容。

图 1-2 所示为汽车普通人力液压制动系基本组成示意图。图 1-3 所示为东风 EQ1090 型汽车制动系(气压)基本组成示意图。

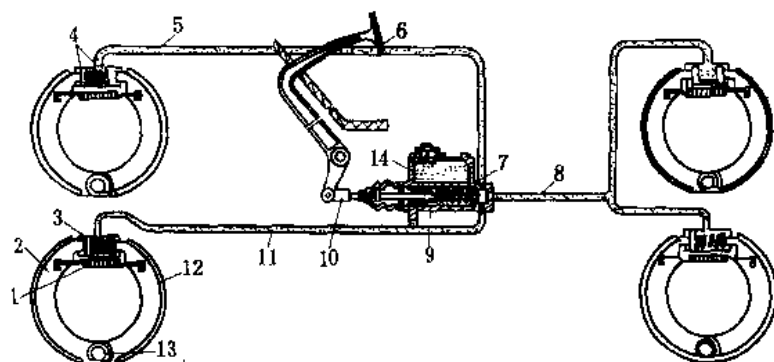


图 1-2 人力液压制动系示意图

1-回位弹簧;2-制动蹄;3-制动轮缸;4-轮缸活塞;5、8、11-油管;6-制动踏板;7-制动主缸;9-主缸活塞;10-主缸推杆;12-摩擦片;13-支承销;14-贮液室
成示意图。图 1-4 为真空助力伺服制动系组成示意图。如前所述,伺服制动系是在人力液压制动系的基础上加装一套动力(气压能、真空能或液压能)伺服系统形成的。目前,液压制动双管路的汽车几乎全部采用这种伺服制动系统。在正常情况下,这种制动系的制动能量大部分由动力伺服制动系统提供,而当动力伺服系统一旦失效时,可完全由驾驶员的肌体供给,即由伺服制动转变为人力制动。

3. 普通行车制动系存在的主要问题与改进措施

普通行车制动系存在的主要问题是针对汽车制动性能的各项评价指标而言的。

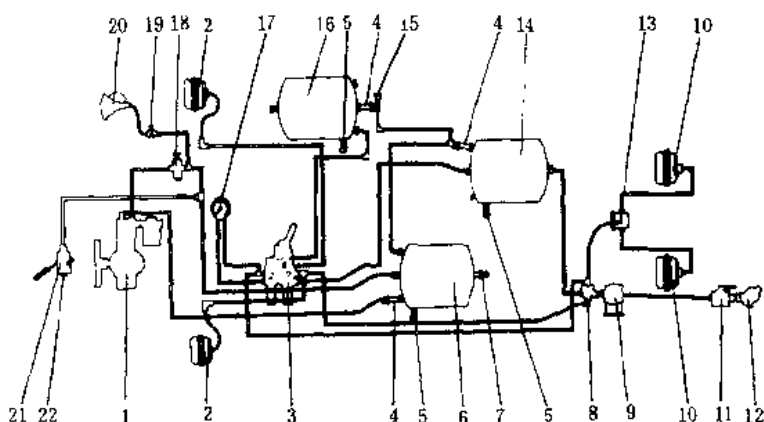


图 1-3 东风 EQ1090 型汽车制动系示意图

1 空气压缩机;2-前制动气室;3-双腔制动阀;4-取气简单向阀;5-放水阀;6 湿贮气筒;7-安全阀;8-双向阀;9 挂车制动阀;10-后制动气室;11-挂车分离开关;12 连接头;13 快放阀;14 前轴贮气筒;15-取气阀;16-后轴贮气筒;17 气压表;18-气压调节阀;19 气喇叭开关;20 气喇叭;21 刮水器总成;22-刮水器开关

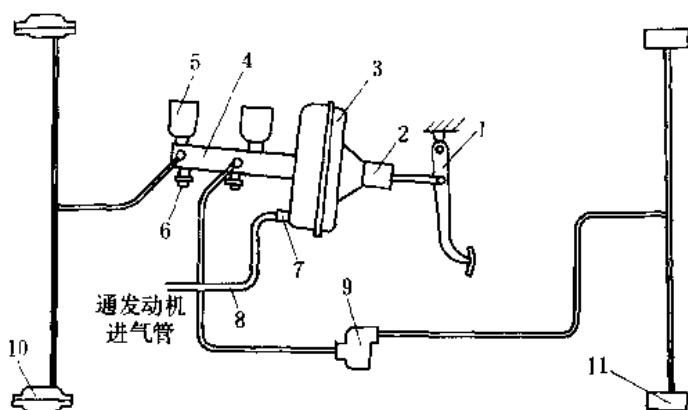


图 1-4 真空助力伺服制动系示意图

1-制动踏板;2 控制阀;3 真空助力气室;4-制动主缸;5-贮液室;6 制动信号灯液压开关;7-真空单向阀;8-真空管路;9 比例阀;10-前轮缸;11-后轮缸

(1) 制动效能

路面制动力 F_b 是使汽车制动时减速行驶或停车的外力, 从力矩平衡可得知

$$F_b = \frac{M_x}{r} \quad \text{N} \quad (1-1)$$

式中: r ——车轮半径, m。

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 F_φ 。可见, 路面制动力取决于两个摩擦副的摩擦力: 一是制动器内部的制动蹄摩擦片外圆面与制动鼓内圆面间的摩擦力, 即制动器制动力 F_μ ; 一是车轮与路面间的摩擦力, 即附着力 F_φ 。

路面制动力大, 汽车才会有高的减速度。

制动器制动力与制动器摩擦力矩的关系为

$$M_x = r \cdot F_\mu \quad \text{N} \cdot \text{m} \quad (1-2)$$

制动器制动力取决于制动器的结构参数, 即取决于制动器的形式、结构尺寸、摩擦副的摩擦系数及车轮半径等。一般情况下, 制动器制动力的大小随制动踏板力的大小, 即制动系的液压或气压的高低成正比的增减。

现代汽车制动器的结构参数经长期不断研究改进, 已日趋完善。例如制动器的形式就有两大类: 鼓式及盘式。在汽车上广泛应用的内张型鼓式制动器(见图 1-1)。根据对制动蹄端加力使制动蹄转动装置的不同, 又有轮缸式、凸轮式和楔块式等制动器形式。其中以液压轮缸使制动蹄转动的轮缸式制动器按其结构及制动蹄受力情况不同, 还有非平衡式(领从蹄式)、平衡式(双领蹄式、双向双领蹄式、双从蹄式和双向双从蹄式)、单向和双向自增力式等多种制动器结构形式。制动器形式不同, 优缺点各异, 但为不同类型的汽车对制动性能的不同要求, 提供了选择的条件。过去只用作汽车中央驻车制动的

盘式制动器与鼓式制动器相比,由于制动效能较稳定、浸水后对制动效能影响小、尺寸和质量小(输出制动器制动力矩相同的情况下)、摩擦副间隙易实现自动调整、结构简单、维修作业方便,特别是有利于提高汽车制动时的方向稳定性。所以,目前一些高性能轿车的全部车轮均采用了盘式制动器,一般轿车(如国产奥迪、桑塔纳、夏利等)还只用作前轮制动器。总之,现代汽车的制动器及其控制装置,如果单就产生制动器制动力而言,完全可大到足以抱死车轮,即制动器制动力可大于车轮与路面间的附着力极限。

车轮与路面间的附着性能主要决定于道路的材料、路面的状况与轮胎结构、胎面花纹、材料以及汽车行驶的速度等因素,也与制动时车轮运动状态有关。一般讲,车轮抱死拖滑时车轮与路面间的附着力不是最理想的。

通过以上对制动器制动力、路面制动力、附着力以及它们之间相互关系的描述,就有三个问题提出来。第一个问题是,汽车制动时如何获取最大的路面制动力,以获得最佳的制动效能?第二个问题是,制动时车轮抱死拖滑,车轮与路面间的附着性能不是最理想的,制动时将车轮运动状态控制在何种程度最为有利?第三个问题是,现代汽车的普通制动系统能不能保证汽车制动时获取最佳的制动效果,能不能保证制动车轮处于最佳的运动状态?

装用普通制动系的汽车在紧急制动时,制动器制动力瞬间就能超过附着力的极限而达到它自己的最大值,使车轮很快抱死在路面上拖滑,且几乎在接近保持不变的情况下直到汽车停止。

经验丰富的驾驶员在滑路上行驶遇障碍时,往往采用连续点制动的方法,以获得理想的制动效果,而又不致使汽车车轮抱死拖滑以确保行车的安全。