

QICHEZHIDONGXING
JIANCE

◆ 王维 刘建农 何光里 编著

汽车制动性检测



人民交通出版社
China Communications Press

Qiche Zhidongxing Jiance

汽车制动性检测

王 维 刘建农 何光里 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书主要论述和分析了汽车制动过程、制动性能;汽车制动系统技术状况;制动性能检测参数、检测方法、相关的标准法规;目前各种制动检验台的结构原理、使用特点,以及车轮力(力矩)道路试验测试系统。

本书可作为汽车检测行业工程技术人员培训教材,也可供高等院校汽车运用工程专业学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车制动性能检测/王维,刘建农,何光里编著. —北京:人民交通出版社, 2005.9

ISBN 7-114-05767-9

I. 汽… II. ①王…②刘…③何… III. 汽车—制动性能—检测 IV. U461.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 106800 号

书 名:汽车制动性能检测

著 者:王 维 刘建农 何光里

责任编辑:王振军 谢 元

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)85285656, 85285838, 85285995

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京牛山世兴印刷厂

开 本:850×1168 1/32

印 张:6.75

字 数:174千

版 次:2005年10月第1版

印 次:2005年10月第1次印刷

书 号:ISBN 7-114-05767-9

印 数:0001~2000册

定 价:18.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前言 FOREWORD

制动性是保障汽车安全运行、取得预期运行效益的最基本的使用性能,因此汽车制造厂、使用者、汽车维修和管理人员都很重视车辆的制动性。

汽车制动性在制动系结构定型生产后即已确立,在使用过程中随着汽车运行里程的延续,制动系的零件、部件不可避免地会磨损、老化、变形和腐蚀,制动系技术状况因而逐渐恶化、变差,并显示为制动性逐渐衰退,制动能力逐步下降,汽车固有的制动性就在使用过程中逐渐降低,直至丧失。总体上,在用车辆的制动性水平低于新车,具体车辆之间由于车辆固有制动性水平、行驶里程、使用水平及使用条件的差异,其制动效能就有明显差异,即使同型号车辆也是各不相同,但其制动性随行驶里程的延续不断衰退却是一致的,只是衰退的进程有快有慢而已。因此,了解、掌握汽车制动性衰退程度,就成为保障车辆安全运行的重要技术措施。

检测是了解、掌握在用汽车制动性衰退程度的唯一途径。检测在用汽车制动性的目的不是评价汽车制动系结构、性能水平的高低,而是要判定制动系的技术状况能否上路运行,促使车主维持制动系处于良好技术状况。为保障汽车运行安全,强制性的定期检测车辆制动性,已是世界各国的车辆主管部门管理车辆的重要措施。据不完全统计我国有近 3000 家机动车检测企业的 4000 多条检测线受车辆主管部门委托检测在用汽车的制动性。

制动性检测什么,用什么方法检测,用什么样的参数检测,如何界定制动系技术状况能否上路运行的尺度

等,是实施制动性检测的关键所在,它们既关系到能否为汽车安全运行提供技术保障,也关系到车主的检测、维修消费,社会资源的耗费。其重要性早已是世界各国用车者、造车者和管车者的共识,但是,至今尚未建立国际上公认的制动性检测法规或标准。各个国家检测制动性的方法、检测参数、判定制动系技术状况尺度均不尽一致,其间既有共性,又有明显差异。表明建立适于各自国情的、制动性检测的方法、规范或标准,不是简单的借鉴、照搬国外、国际先进标准就能收到制动性检测的预期效益,而是要通过应用技术的基础性研究,奠定制动性检测的技术基础,建立科学合理的检测标准或规范。汽车制动技术的不断发展与进步,汽车使用水平的提高,使用条件的改善以及检测技术的进步又都在促使制动性检测方法、内容的不断更新。显然,制动性检测作为一种应用技术不应是一成不变的,而是随着科学技术的发展而不断发展、进步。

早在 20 世纪 70 年代初,我国公路交通系统就对当代汽车制动性检测技术逐步开展了全行业性的大规模研究,力图尽快地用先进的检测技术取代按路试制动拖印长短凭经验判定汽车制动性的检测作业,以提高运输车辆运行的安全保障。交通部公路科学研究所率先在国内开展了汽车制动检测技术的多方面研究,从制动性台架检测技术入手,先后开发、研制成功反力式和惯性式滚筒制动台、自动加载式制动台、大吨位制动台,直至 2004 年研究开发的适于检测 ABS 的多功能制动台;开展了制动性检测参数、参数限值等检测技术基础性的研究和起草相关标准等制动检测技术的基础性工作。为推动当代制动检测技术在国内的应用,20 世纪 80 年代“交通科技杂志社”先后召开了多次全国性的制动性技术研讨会。与此同时,制动检测设备生产厂家快速发展,又为制动检测技术推广应用创造了

物资条件。当代制动检测技术开始用于国内汽车维修、检测作业,并陆续建立了以制动性检验台为中心的汽车检测站。为适应分散汽车制动检测的需要,石家庄华燕汽车检测设备厂率先在国内开发、生产了结构简单、便携式的“动板式制动检验台”,广泛用于流动检测车。到 20 世纪 90 年代,现代检测技术已普遍应用于汽车制动性年检。所有这些围绕制动检测开展的工作,都在不同程度上促进了我国制动性检测技术的形成与发展。

我们在完成多功能制动台科研项目时,萌发了把有关制动检测的科研成果、积累的资料向行业介绍的想法,便着手撰写了《汽车制动性检测》这本书,希望它能有助于汽车制动检测技术的应用与发展。

较之制动性检测技术的内涵,撰写的这本书仅涉及到制动检测技术理论与应用技术中的几个主要方面问题,再者,我们进行过的制动性检测科研工作、所积累的资料甚是有限,在论述中难免有片面、不当之处,敬请读者指正。

在本书撰写过程中,交通部公路科学研究所的全晓平、田国华、何勇、任亚华、曾德斌、白立等副研究员和东南大学张为公教授提供了他们的科研成果和有关资料,石家庄华燕汽车检测设备厂提供了制动台产品生产试验数据和资料,热情鼓励、支持我们的撰写工作。现借这本书出版之机,谨向帮助、支持我们工作的同志、朋友致谢。

编 著 者

二〇〇五年四月于北京

目 录 CONTENTS

第1章 汽车制动过程	1
1.1 汽车制动力学	1
1.1.1 路面制动力	1
1.1.2 路面附着系数	4
1.1.3 汽车制动时的受力	7
1.2 汽车车轮的制动特性	12
1.3 汽车制动减速过程	15
参考文献	17
第2章 汽车制动性	18
2.1 汽车制动效能	18
2.1.1 制动距离	18
2.1.2 制动减速度	22
2.2 制动效能的稳定性	27
2.2.1 制动效能的热衰退	27
2.2.2 制动效能的水衰退	29
2.3 制动时的方向稳定性	31
2.3.1 制动跑偏	31
2.3.2 前轮抱死时的方向稳定性	34
2.3.3 后轮抱死时的方向稳定性	36
2.3.4 汽车列车制动时的方向稳定性	36
2.4 汽车制动性的评价	38
2.4.1 行车制动性的评价	39
2.4.2 驻车制动性的评价	42
参考文献	44
第3章 制动装置的技术状况	45
3.1 技术状况参数	46

3.1.1	结构参数	46
3.1.2	工作过程输出参数	47
3.1.3	伴随过程参数	47
3.2	技术状况分类	48
3.2.1	完好技术状况	48
3.2.2	不良技术状况	48
3.2.3	工作能力状况	49
3.2.4	故障状况	49
3.3	行车制动系技术状况变化原因	54
3.3.1	技术状况变化征兆	54
3.3.2	技术状况变化原因	54
3.4	技术状况变化规律	60
3.4.1	技术状况随行程的变化过程	61
3.4.2	技术状况随机变化过程	64
第4章	制动系检测参数	67
4.1	检测参数的必备条件	68
4.2	制动系状况参数分析	70
4.2.1	制动距离和制动跑偏量	71
4.2.2	制动减速度	73
4.2.3	制动时间	75
4.2.4	制动蹄、鼓配合间隙	78
4.2.5	制动踏板自由行程	79
4.2.6	制动力	80
4.2.7	制动系密封性	80
4.2.8	轮制动特性	81
4.3	制动系检测参数	85
4.3.1	制动距离、制动跑偏	85
4.3.2	制动减速度	86
4.3.3	制动力	87
4.3.4	制动器作用时间	88

4.3.5 车轮制动特性图	88
4.3.6 检测用的结构参数	89
4.3.7 制动系密封性的检测参数	89
4.4 防抱死制动系检测参数	89
第5章 制动性检测方法及相关标准、法规	92
5.1 制动性的检测方法	93
5.1.1 路试检测法	93
5.1.2 台试检测法	95
5.2 制动系检测的国家标准要点	96
5.2.1 行车制动性能	96
5.2.2 驻车制动性能检验	99
5.2.3 制动系技术状况的其他检测参数	99
5.3 国外制动系检测的相关法规、标准	100
5.3.1 日本国制动系检测的相关法规要点	100
5.3.2 美国制动系检测的相关法规	104
5.3.3 俄罗斯制动系检测的相关法规	111
5.4 制动性检测参数限值的探讨	115
5.4.1 有关检测标准规定的制动性检测参数	115
5.4.2 制动性检测参数限值	119
第6章 汽车制动检验台	128
6.1 平板式制动检验台	129
6.1.1 结构原理	129
6.1.2 平板台的类别	131
6.1.3 优点和不足	133
6.2 滚筒反力式制动检验台	135
6.2.1 检测原理	135
6.2.2 总体构造	141
6.2.3 结构、技术参数与性能	146

6.2.4	优点和不足	160
6.3	滚筒惯性式制动检验台	162
6.3.1	检测原理	162
6.3.2	总体构造	167
6.4	汽车制动检验台的新发展	168
6.4.1	测力式惯性滚筒台	168
6.4.2	多功能汽车制动性能检验台	172
第7章	多功能汽车路试制动测试系统	180
7.1	汽车路试制动测试系统的构成	181
7.1.1	系统硬件	181
7.1.2	系统软件	182
7.1.3	系统功能	183
7.2	系统元、器件结构原理	184
7.2.1	车轮转矩传感器	184
7.2.2	车轮转速传感器	193
7.2.3	数据采集箱	195
7.2.4	数据采集计算机	196
7.3	多功能汽车路试制动测试系统应用示例	196
附录	GB 12676—1999《汽车制动系统结构、性能和试验方法》选录	200



第 1 章

汽车制动过程

1.1 汽车制动力学

汽车制动的目的是使汽车从一定的车速制动到较低的速度或直至停车,以保障汽车安全行驶。为此,就必须使汽车受到一个与行驶方向相反的外力的作用。这个外力只能由空气和路面提供。汽车行驶时受到了空气阻力和滚动阻力等路面阻力的作用,但是,汽车行驶时的空气阻力和路面阻力是随机的、不可控的,虽然作用在汽车上的这些阻力能起到制动作用,可用于制动却显太小,靠它们实现不了制动的目的。因此,还必须由路面提供汽车制动所需的阻力,这个阻力便称之为路面制动力。为在路面生成制动力,就在汽车上设置了制动装置,以确保路面能生成汽车制动时所需要的制动力。

路面制动力

汽车制动时,制动器的制动片就产生一个摩擦力矩(M_{μ}),其方向与车轮旋转方向相反。制动器将该力矩传到车轮后,由于车轮与路面间有附着作用,车轮对路面作用一个向前的周缘力(F_{μ}),同时路面也对车轮作用一个向后的反作用力,即路面制动力(F_{xb})。 F_{xb} 就是通常所说的(汽车)制动力。路面制动力由车轮经车桥和悬架传给车架及车身,迫使整部汽车产生一定的减速



度。显然,路面制动力越大,汽车制动减速度也越大。汽车制动时车轮、路面和车身上的力和力矩有如图 1-1 所示的关系。图中的 F_t 为车轴对车轮的推力, F_z 为路面对车轮的法向反作用力, F_w 为车轮垂直载荷。车轮的滚动阻力偶矩、减速时的惯性力和惯性力偶矩在图中均忽略未计。

汽车制动时,车轮制动器的摩擦矩(M_μ)通过车轮传给路面的周缘力称为制动器制动力(F_μ)。制动器制动力是相当于把汽车架离地面促动制动装置后,在车轮周缘沿切线方向推动车轮直至车轮能转动所需的力,显然:

$$F_\mu = M_\mu / r \quad (\text{N}) \quad (1-1)$$

式中: M_μ ——制动器的摩擦矩, $\text{N} \cdot \text{m}$;

r ——车轮半径, m 。

由式可知,制动器制动力仅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、制动器摩擦副的摩擦系数以及车轮半径。

制动器制动力是生成路面制动力的源泉。因此,在汽车制动时,路面制动力的大小,首先取决于制动器制动力,只有足够的制动器制动力才能产生足够的路面制动力。但是,路面制动力又是车轮与路面间滑动摩擦的约束反力,受车轮与路面间的摩擦条件制约,其最大值受车轮与路面间的摩擦力的限制。由于车轮与路面间摩擦的特殊性、复杂性,汽车工程将车轮与路面间的摩擦条件称为附着条件,将其间的摩擦力称为附着力(F_ϕ),将其间的摩擦系数称为附着系数(ϕ)。这样,路面制动力既取决于制动器制动力,又受路面附着力的制约,其间有图 1-2 所示的关系。

从图可见,当制动系管路压力或制动踏板力较小,未达到某

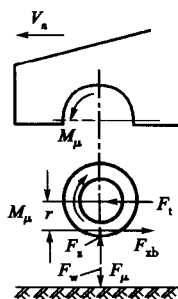


图 1-1 汽车制动时车轮、路面和车身上的力和力矩

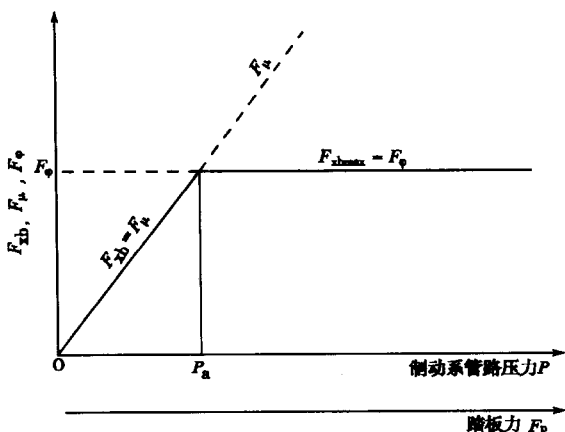


图 1-2 汽车制动过程中,路面制动力、制动器制动力及路面附着力的关系

一限值时,制动器摩擦力矩不大,路面制动力足以克服制动器摩擦力矩推动车轮滚动。此时,路面制动力就等于制动器制动力,并随制动系管路压力(制动器制动力)的增长成正比地增大,直至某一限值,路面制动力便不再随制动管路压力继续增加,而达最大值,制动器制动力却随制动管路压力继续增大。这是由于路面附着力制约了路面制动力的继续增大。路面附着力便成了路面制动力的极限,路面制动力(F_{xb})不可能大于路面附着力(F_{ϕ}),即

$$F_{xb} \leq F_{\phi} = F_z \cdot \varphi \quad (1-2)$$

最大路面制动力(F_{xbmax})为

$$F_{xbmax} = F_z \cdot \varphi \quad (1-3)$$

路面制动力达最大值,即等于路面附着力时,车轮将“抱死”停转而拖滑。此时若要继续提高路面制动力以使汽车具有更大的制动能力,就只有靠改善车轮与路面间的附着条件,提高附着系数了。



1.1.2 路面附着系数

汽车制动过程中,路面附着系数不是固定不变的,不是常数,而是随制动车轮的运动状况变化,即与车轮的滑动程度有关。制动时车轮的滑动状况常用滑移率(λ)表征。滑移率(λ)定义为汽车速度与车轮速度之差对汽车速度之百分比,其值可按下式计算:

$$\lambda = \frac{(v - \omega \cdot r)}{v} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中: v ——汽车速度, m/s;

ω ——车轮转速, rad/s;

r ——车轮滚动半径, m。

实验证明,当车轮在路面上滑动时,车轮与路面间的附着系数(φ)与滑移率(λ)有如图 1-3 所示的关系。图中 φ_B 为沿车轮旋转平面方向的附着系数,称为纵向附着系数,即通常所说的附着系数。 φ_S 为垂直于车轮旋转平面方向的附着系数,称为横向附着系数。从图可见,附着系数随滑移率(λ)的增大近似直线上升,达最大值后,便随滑移率(λ)继续增大逐渐减小。这是由于车轮与路面间的滑动摩擦系数小于静摩擦系数,因此路面附着系数在达到最大值后就逐渐降低。

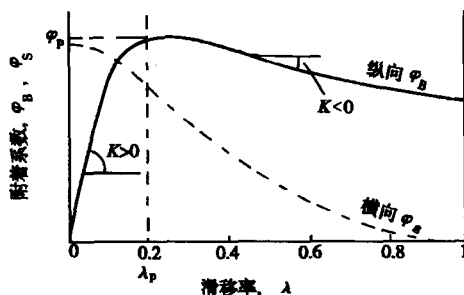


图 1-3 路面的附着系数(φ)与滑移率(λ)特性



附着系数的最大值称为峰值附着系数(φ_p)。峰值附着系数在滑移率(λ)0.2左右生成,对应的滑移率称为峰值滑移率(λ_p)。在峰值滑移率左边,虽然有一定的滑移率,但车轮并没有同路面发生真正的相对滑动。滑移率大于零的原因是轮胎的滚动半径变大。当出现路面制动力时,轮胎前面即将与路面接触的胎面受到拉伸而伸长,轮胎滚动半径与路面制动力成正比增大,直至峰值滑移率后,轮胎接地面积中才出现局部的相对滑移。

在峰值滑移率的左边,路面附着力能跟随汽车制动力矩的增加,提供足够的路面制动力(矩),而这时的横向附着系数(φ_s)也较大,具有足够的抗侧滑能力,故一般称峰值滑移率的左边为制动稳定区。

在峰值滑移率的右边,附着系数(φ)随滑移率(λ)的增大而减小,即随着车轮制动器摩擦力矩的继续增大,路面制动力反而在逐渐减小。制动器摩擦力矩与路面制动力差值的急剧扩大,就使车轮迅速减速而趋向“抱死”停转,发生拖滑。从峰值滑移率(λ_p)增长到100%滑移率的这一过程几乎是瞬间完成的,仅需0.1s左右的时间。在滑移率达到100%时,纵向附着系数(φ_B)大约降低1/3~1/4。横向附着系数却按图1-3中的虚线趋势递减而接近于零。从而,不但降低了汽车的制动效果,还使汽车丧失了抗侧滑的能力。因此,称峰值滑移率右边的这一区域为制动不稳定区。

附着系数的数值主要取决于道路的材料、路面的状况、轮胎结构、胎面花纹、轮胎材料和汽车行驶的速度等因素。

路面对附着系数的影响是显而易见的,不同的路面材料、不同的路面状况就会形成不同的附着系数。路面的清洁度,路面上的细砂、尘土、油污、泥等都会影响附着系数。作为示例在图1-4列出了不同路面对附着系数的影响。从图可见,路面虽然不同,附着系数与滑移率的特性是一致的,只是附着系数的数值不同而已。表1-1列出了几种路面的平均附着系数。

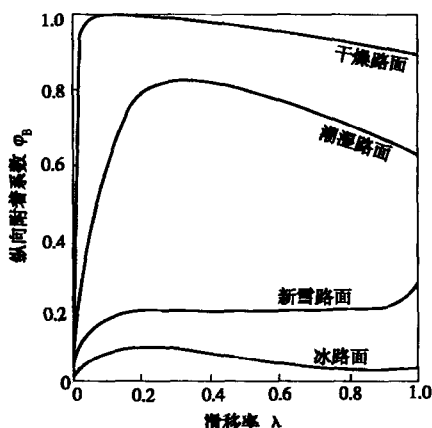


图 1-4 不同路面的附着系数与滑移率

几种路面的平均附着系数

表 1-1

路 面	峰值附着系数 φ_p	滑动附着系数 φ_B
沥青或混凝土(干)	0.8 ~ 0.9	0.75
沥青(湿)	0.5 ~ 0.7	0.45 ~ 0.6
混凝土(湿)	0.8	0.7
砾石	0.6	0.55
土路(干)	0.68	0.65
土路(湿)	0.55	0.4 ~ 0.5
雪(压紧)	0.2	0.15
冰	0.1	0.07

注:滑动附着系数是指滑移率 100% 时的纵向附着系数。

轮胎对附着系数有重要的影响,胎面花纹影响轮胎的“抓地”能力、排水能力。增大轮胎与其地面的接触面积会提高附着性能,因此低气压、宽断面的轮胎和子午线轮胎的附着系数就较一般轮胎高。轮胎的磨损会影响轮胎的附着能力,轮胎的附着系数将随胎面花纹深度的减低显著下降。作为示例在图 1-5 示出了胎



面花纹深度对附着系数的影响。图中曲线编号 1、2、3、4、5、6 分别表示胎面花纹深为 0、1、2、4、6、8mm。图示关系是在潮湿的沥青混凝土路面上的试验数据, 图上还标示了汽车行驶速度对附着系数的影响。从图可见, 附着系数随胎面花纹深度的减小而降低, 随车速的增高而降低。

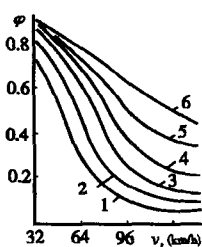


图 1-5 轮胎胎面花纹深度对附着系数的影响

汽车的行驶速度对附着系数的影响也较明显。行驶速度越高, 附着系数就越低。图 1-6 示出了载货汽车行驶速度与附着系数的关系。

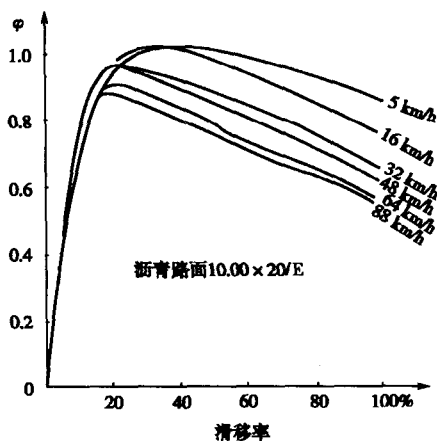


图 1-6 汽车行驶速度与附着系数的关系

1.1.3 汽车制动时的受力

汽车在水平路面上制动时的受力情况, 如图 1-7 所示。图中忽略了汽车的滚动阻力偶矩、空气阻力和转动质量减速时产生的惯性力偶矩。