



轮胎理论与技术

[美] A. N. Gent [美] J. D. Walter 编
危银涛 李 勇 冯希金 叶立林 等译
蒋中凯 陈亚龙 熊志远 等 审校

清华大学出版社

轮胎理论与技术

[美] A. N. Gent [美] J. D. Walter 编
危银涛 李 勇 冯希金 叶立林 等译



The Pneumatic Tire

A. N. Gent, J. D. Walter

DTNH22-02-P-07210

Copyright © <2005> by The National Highway Traffic Safety Administration

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

轮胎理论与技术/(美)詹特(Gent,A.N.), (美)沃特(Walter,J.D.)编;危银涛等译.--北京:清华大学出版社,2013

书名原文: The pneumatic tire

ISBN 978-7-302-33047-9

I. ①轮… II. ①詹… ②沃… ③危… III. ①轮胎 IV. ①TQ336.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第145952号

责任编辑:冯昕 赵从棉

封面设计:傅瑞学

责任校对:王淑云

责任印制:杨艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:31 插 页:4 字 数:769千字

版 次:2013年10月第1版 印 次:2013年10月第1次印刷

印 数:1~2500

定 价:78.00元

产品编号:043100-01

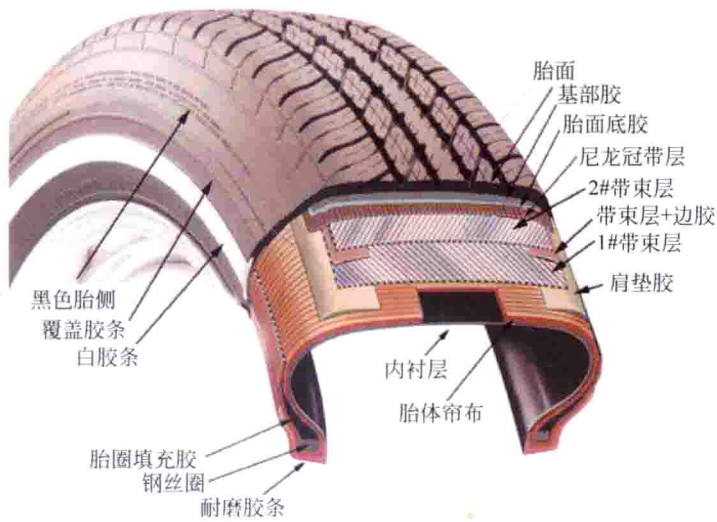


图 1.3 子午线轮胎部件

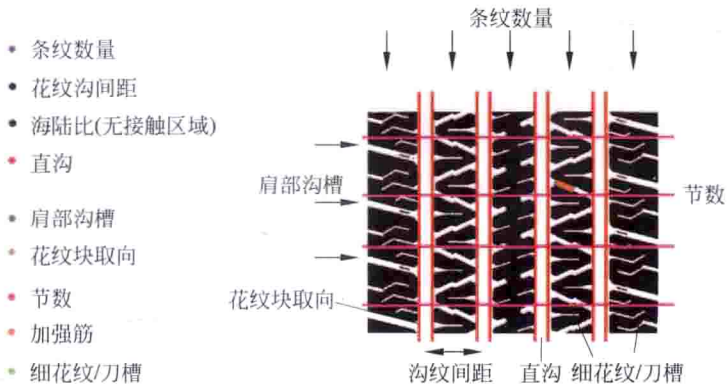


图 1.5 胎面花纹设计



图 1.6 噪声优化

- (1) 中间节距
- (1) 小节距
- (1) 中等节距
- (1) 大节距
- (1) 中间节距
- (3) 小节距

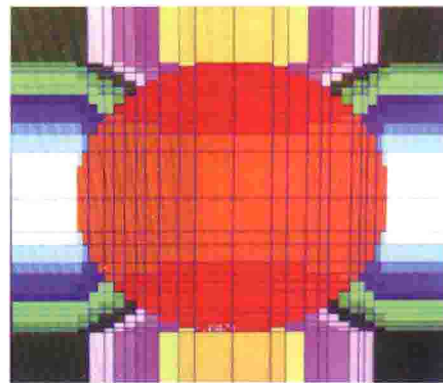


图 4.47 采用单胞法对橡胶基体中的轮胎帘线局部离散及其结果

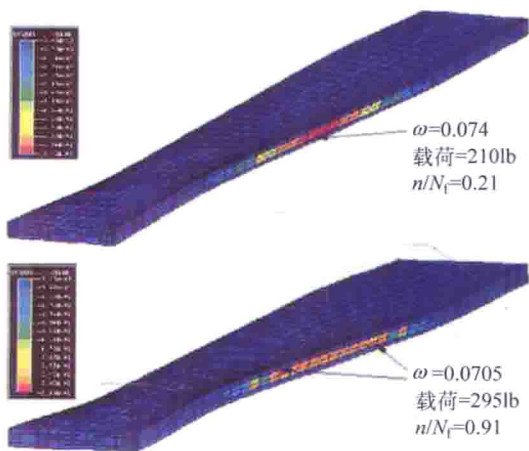


图 4.67 连续介质损伤力学有限元模型的损伤演化

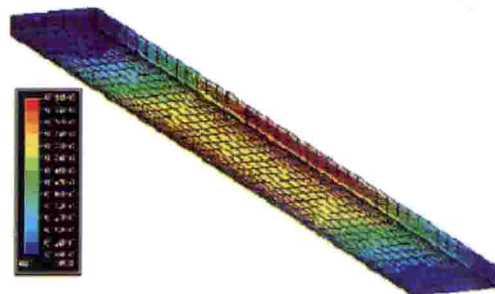


图 4.68 双层帘线/橡胶复合材料的温度分布

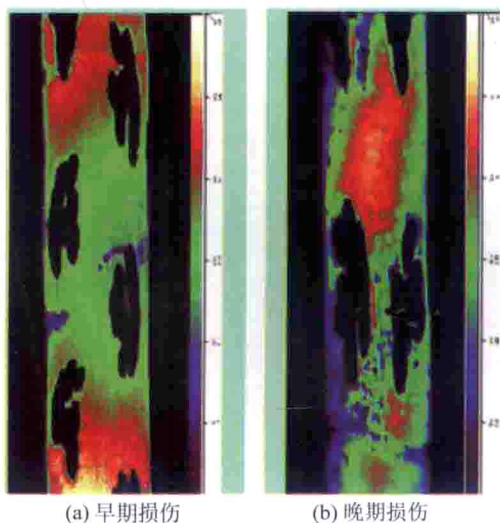


图 4.69 双层复合材料边缘的热像



图 7.14 Smithers Scientific Services 公司安装的固定框架、移动床身和平带试验机^[14]



图 7.15 由 MTS 和普利司通/凡士通联合制造的现代移动框架、固定床身和平带试验机

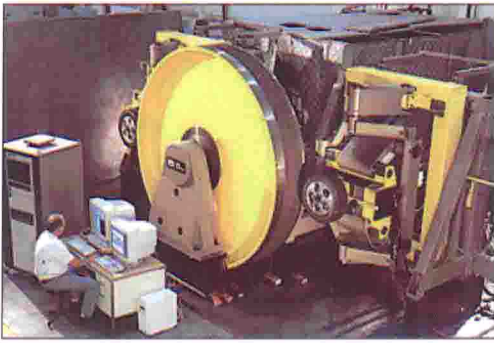


图 7.16 MTS 的 860 RoadWheel™ 曲面试验机

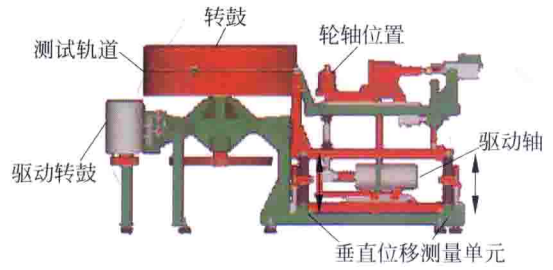


图 7.18 大陆公司采用“随机接地印痕测量技术”研制的转鼓试验设备^[16]

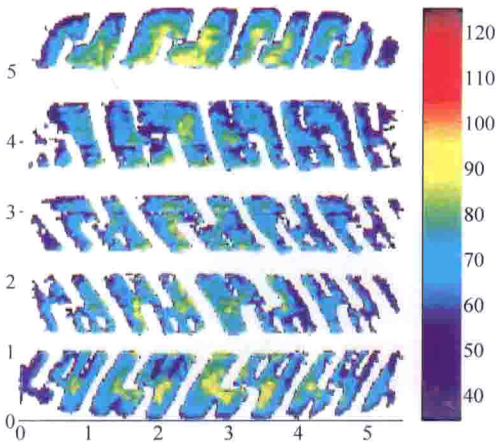


图 7.21 利用受抑全内反射方法测量得到的接地印痕压力分布图

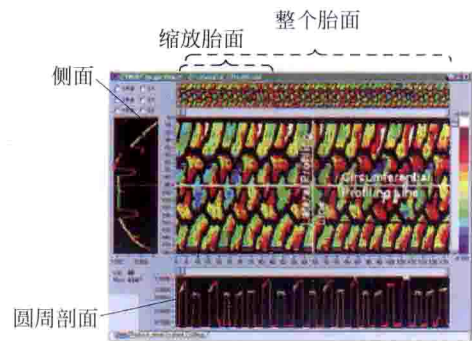
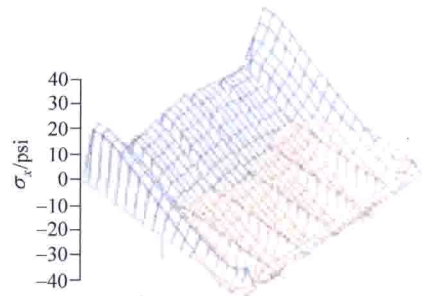
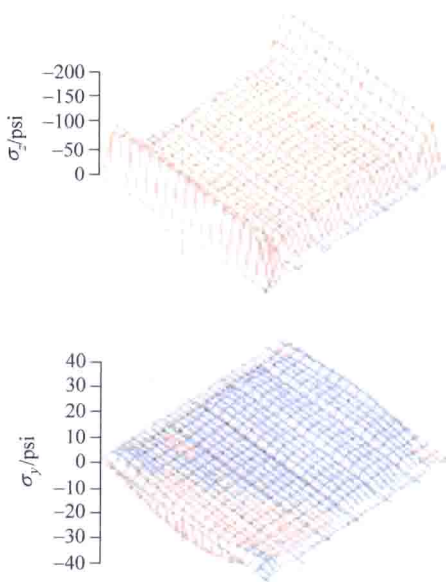


图 7.30 激光三角测量胎面形状



注：
这里没有凹槽。
• 浅色是负的。
• 深色是正的。

图 7.34 轿车胎在 0°侧偏角、0°外倾角时的横向、纵向和法向轴测图

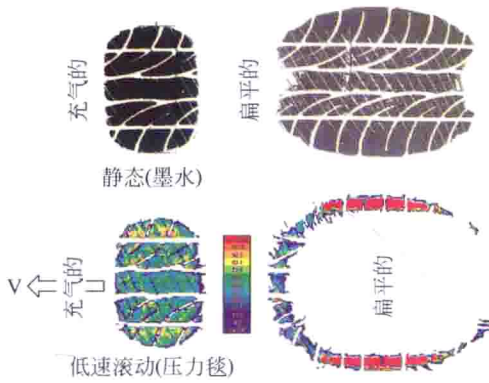


图 7.43 自支撑轮胎的静止(墨水)和低速滚动(压力毯)印痕(数据来源: Smithers 公司)

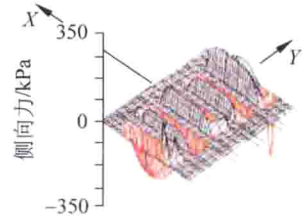


图 7.55 纵向花纹沟轮胎的纵向应力轴测图

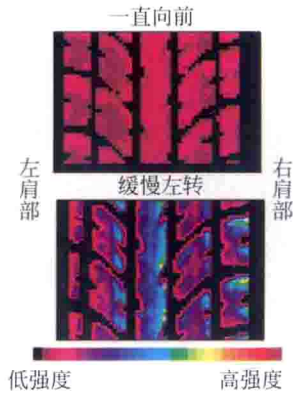


图 7.58 侧偏角和剪切能密度^[7]

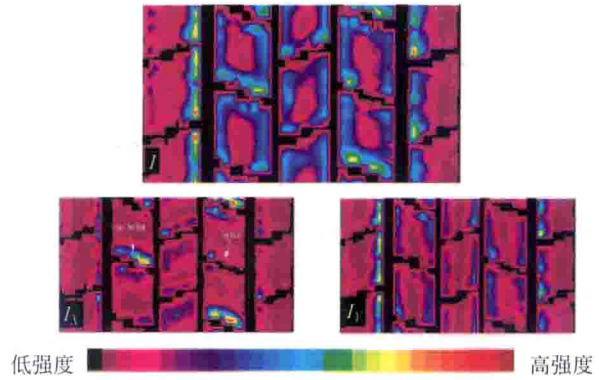


图 7.59 胎面花纹对剪切能密度的影响^[7]



图 7.62 室内磨损试验设备的特点^[30]

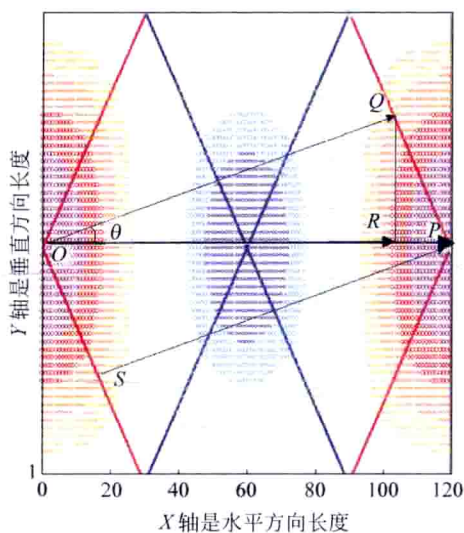


图 10.3 两个相互交叉的平面波所形成的基波

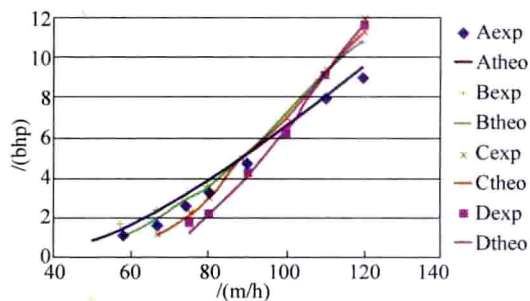


图 10.5 3.50~18 摩托车赛车轮胎能量消耗的测量值和计算值^[3]

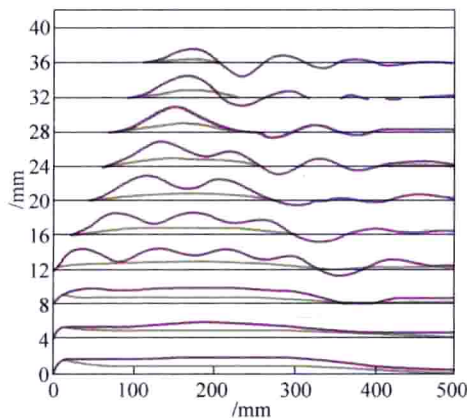


图 10.8 轮胎以 50m/s 的速度在转鼓上滚动时的位移情况

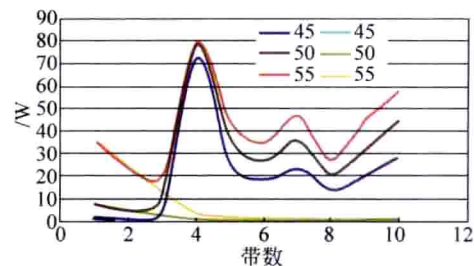


图 10.9 利用时域模型预测 155/80R13 轮胎在转鼓上滚动时的能量消耗率

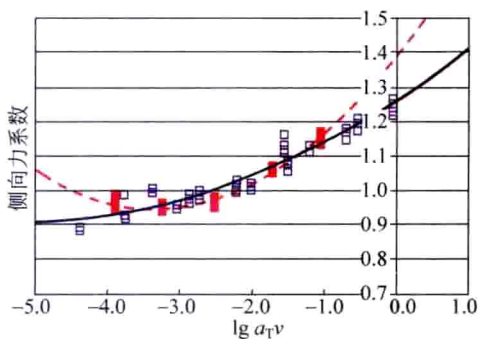


图 11.44 胶料 A(一种 OE-SBR 填充炭黑的轮胎胎面胶料)在湿纯氧化铝 180 上的侧向力系数,表示为 $\lg a_{Tv}$ 的函数,用二次方程在 3 个速度和 5 个温度(空心方块)下获得,与数据拟合(黑实线)。红色标记点是在五种温度的一个速度时获得,红色虚线是最佳拟合二次方程,表示从一组有限数据外推的风险

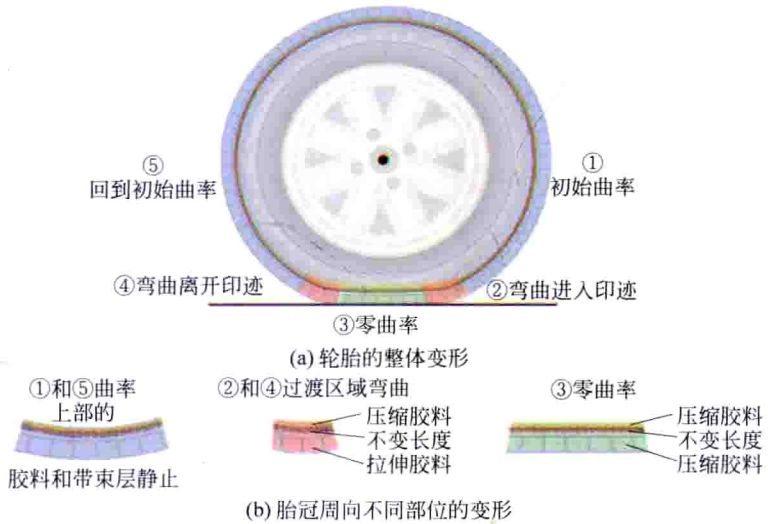


图 12.5 胎冠的纵向变形

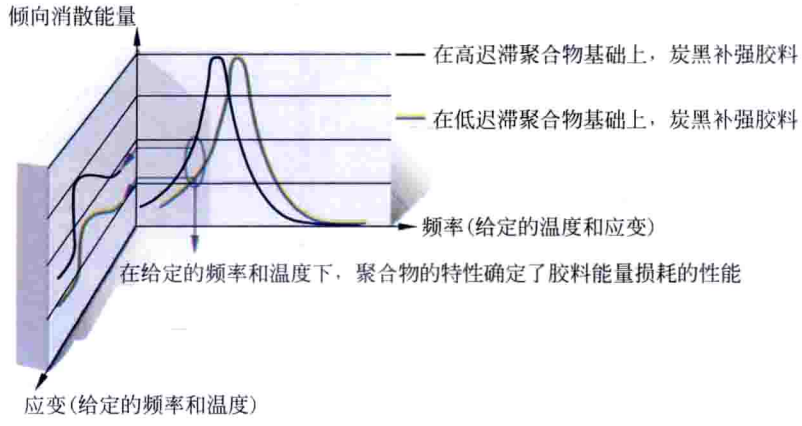


图 12.18 橡胶中使用的高分子材料对能量耗散性能的影响

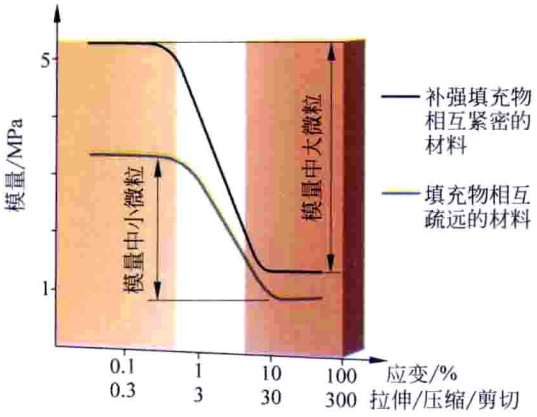


图 12.19 填充物聚集的间距对非线性的影响

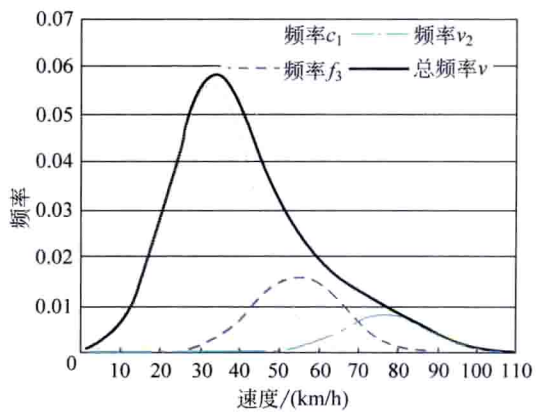


图 13.50 速度和载荷分布的计算机仿真中用到的理论上的三种分布函数(高度比例: 城镇路 0.7, 郊区路 0.2, 高速路 0.1)

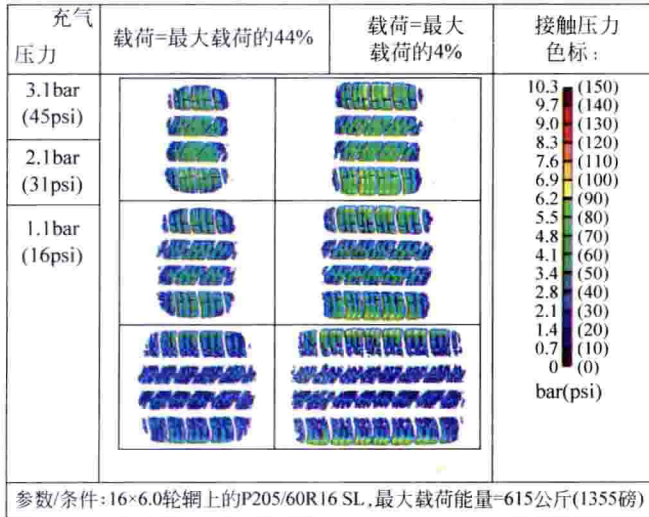


图 15.4 轿车胎的平整表面接触状况

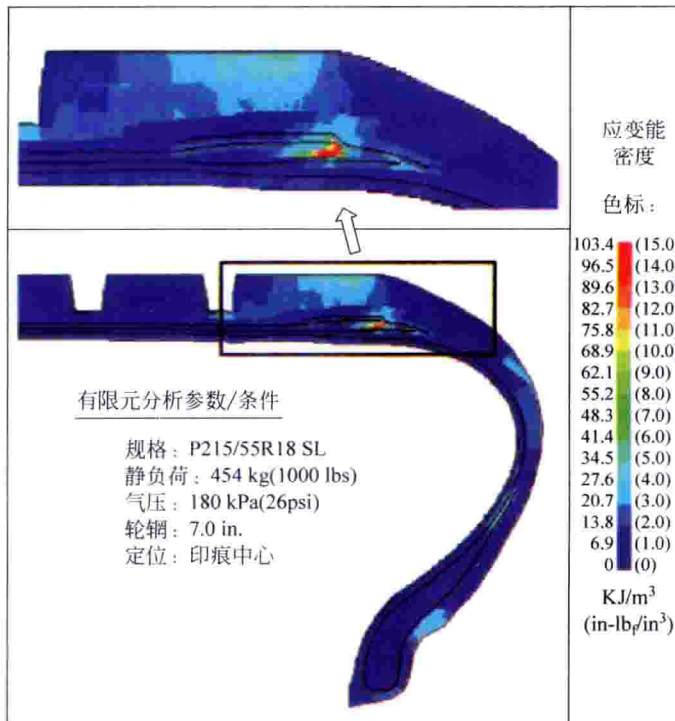


图 15.5 FEA 实体元素周期性应变能密度的实例

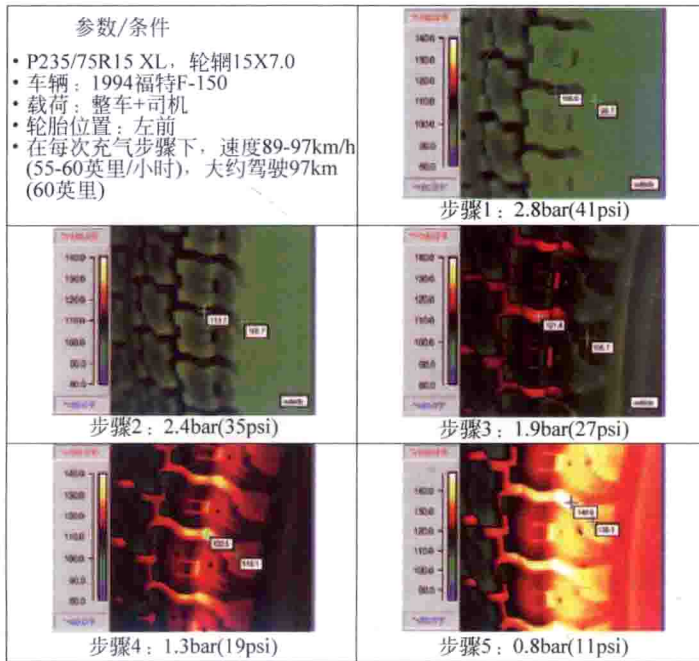


图 15.6 轮胎在持续降低的充气压力下运行的热像图片^[23]

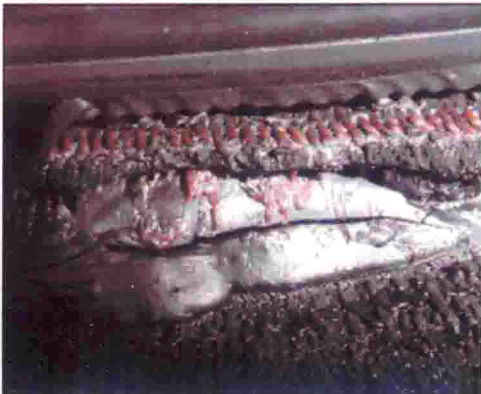


图 15.8 熔融聚酯帘线(下胎侧)

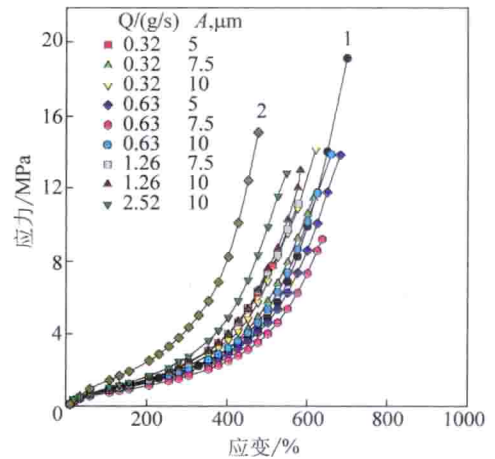


图 18.7 在不同流量和振幅(间隙为 2.54mm, 机筒温度为 120℃)条件下, 同轴反应装置中经脱硫处理的未填充天然橡胶(NR)硫化胶的应力-应变曲线

英文版前言

FOREWORD



多年来,轮胎工程师依靠 S. K. Clark 编辑的《充气轮胎力学》专著来获取轮胎设计和使用的详细信息。此书最初由美国国家标准局和商务部于 1971 年出版,在 1981 年由美国国家公路交通安全管理局和运输部修订后,没有再版。自此以后,在广度和深度上再也没有能与之比肩的教科书或专题著作出现。这两版书的许多章节包含的权威性综述至今仍举足轻重,但它们是在斜交胎和带束斜交胎在美国盛行的时期著成的,所以并没有全面地讨论最新的轮胎技术,特别是现在普遍采用的子午线结构。因此,美国国家公路交通安全管理局的 H. K. Brewer 博士和 R. Owen 博士提议国家公路交通安全管理局牵头出版一部关于乘用车轮胎的电子版新书,以满足现代轮胎科学家、工程师、设计师和用户的需要。此书即是大家共同努力的结晶。

Clark 教授同意担任由轮胎行业泰斗组成的编委会的主任,对作者和题目的选择提出建议,并对内容提出了详细修正意见。在撰写和修订此书的漫长过程中,我们非常感谢 Clark 教授和编委会的其他成员提出的专业性指导和建设性意见。我们尤其要感谢由 D. R. Dryden 博士及其固铂轮胎橡胶公司的同事提出的细致、深入的建议。当然,措辞和内容最终由我们决定。

各章的作者都是轮胎科技界公认的权威。他们对乘用车轮胎的设计、制造和使用的不同方面进行了学术性的、最新的综述,并且在各章节中加入了测试题。所以此书既可以用作自学,也可以作为工程师和其他人员进入轮胎行业的教材。

M. Caprez-Overholt 女士将各章不同风格和格式的手稿合并,使之成为一部完整的、富有吸引力的专著。我们敬佩她和她的同事——《橡胶世界》的 Don Smith 先生的敬业精神。

Alan N. Gent and Joseph D. Walter
阿克隆大学

2005 年 8 月

出版前言



FOREWORD

轮胎是汽车唯一的接地部件,轮胎和地面相互作用形成的界面提供了汽车运动需要的所有力和力矩。所有汽车底盘工程师和科学家都知道轮胎力学对于汽车是多么的重要。轮胎也是一个复杂的、具有黏弹特性的、几何形状复杂的复合材料结构,其结构分析与设计对任何一个工程师都是一个挑战。所有优秀的轮胎设计工程师都希望掌握轮胎力学的分析方法。遗憾的是由于轮胎理论与技术的复杂性、非线性和交叉性,轮胎工程师常常难以得到系统和深入的技术资料,从事轮胎相关研究的学生和专业人士也为缺乏可靠的信息来源而苦恼。有鉴于此,清华大学汽车系轮胎技术课题组决定组织翻译这本在国际上广为流传的《The Pneumatic Tire》著作。清华大学出版社站在支持汽车轮胎学术出版的高度热情支持这一决定,美国阿克隆大学和美国交通部也决定免费提供中文版权。原著 699 页,涵盖了从材料、结构、振动噪声、六分力、安全等轮胎技术的各个方面。为此我们组织了一个精干的团队投入此项工作,团队成员包括清华大学轮胎技术组的老师和学生,他们是危银涛、李勇、冯希金、谷存涛、沈筱亮、叶进雄、郑小刚、张文飞、熊志远、陈亚龙、项大兵、刘源、金壮兵、王昊。贵州轮胎股份有限公司的黄舸舸总经理非常支持这一有利于整个行业的工作,组织了一个强有力的队伍一起奋斗,包括黄舸舸、叶立林、蒋中凯、张新、黄红楠、吴新民、高洁。山东恒宇科技集团的高升日也参与了第 7 章的翻译工作。经过 2 年左右的时间,设想终于变成现实。在此非常感谢清华大学出版社的杨倩和赵从棉编辑,她们非常细心地审阅了本书的每个细节。

原书的主编,美国工程院院士 A N Gent 教授在病床上为本书的中文版写了序言,可惜由于疾病缠身,他无法亲自签名;更可惜的是,本书还未付梓,Gent 教授却已仙逝。现在本书的出版,就是对 Gent 教授永恒的纪念。

我们希望此书的出版,对我国汽车、轮胎和橡胶工业的工程师与研究人员起到一些参考和启迪的作用。

对此书有任何建议和疑问,请和我们电邮联系: weiyt@tsinghua.edu.cn。

《轮胎理论与技术》编委会

免 责 申 明

This publication is distributed by the U. S. Department of Transportation, National Highway and Traffic Safety Administration, in the interest of information exchange. The opinions, findings and conclusions expressed in this document are those of the author(s) and not necessarily those of the Department of Transportation or the National Highway Traffic and Safety Administration. The United States Government assumes no liability for its content or the use thereof. If trade or manufacturer's names or products are mentioned, it is because they are considered essential to the object of the publication and should not be construed as an endorsement. The United States Government does not endorse products or manufacturers.

本书由美国交通部国家公路交通安全局出于信息公开和知识传播之目的而发行。书中所表达的观点、发现和结论属于各章作者的意见,而不一定是国家公路交通安全局的看法。美国政府对这些内容以及采用这些内容导致的结果不承担责任。如果品牌和厂商的名字被提及,那仅仅是因为在文中必须提及论述的对象,而不代表美国政府对特定品牌的背书。美国政府不背书特定的品牌和厂商。

We are very pleased that Dr. Wei and his colleagues have prepared a translation into Chinese of our book; “The Pneumatic Tire”. They have also added valuable chapters on finite element methods. The original purpose of the book was to teach engineers entering the tire industry about the basic principles of tire design and construction. The new Chinese edition will reach a much wider audience and will also provide a greater insight into this fascinating field of engineering science.

Alan N. Gent
Joseph D. Walter
The University of Akron, Ohio, USA
March 8, 2012

我们非常高兴危博士和他的团队将我们的书《The Pneumatic Tire》翻译成中文。危博士的团队在有限元方法方面做出了有价值的贡献。我们这本书的初衷是对进入轮胎行业的工程师进行基本的轮胎设计和构造原理培训。本书的中文版将惠及更多的读者，也提供了工程科学这一令人着迷的分支更深入的洞见。

Alan N. Gent
Joseph D. Walter
阿克隆大学, 俄亥俄州, 美国
2012年3月8日

原书编委会名单

Keith Brewer H. 博士

国家公路交通安全局, 人本研究办公室主任
美国交通部, 华盛顿特区 D. C. 20590

Clark Samuel. K. 教授 (主席)

精密测量公司总裁
密歇根州, 安娜堡市, 885 Oakdale Road, MI 48105

Gent Alan N. 教授 (共同主编)

阿克隆大学高分子科学系
俄亥俄州阿克隆市 OH 44325-3909

Gingo Joe M. 先生

技术与全球产品规划部高级副总裁
固特异轮胎与橡胶公司
俄亥俄州阿克隆市 AKRON OH 44316

Hermann Clarence (Red) 先生

米其林北美公司
南卡罗来纳州格林维尔市,
One Parkway South, P. O. Box 19001, GREENVILLE SC 29602-9001

Hochschwender J. Michael 先生

总裁和 CEO
史密斯科学服务公司
俄亥俄州阿克隆市 425 West Market Street, AKRON OH 44303-2099

Stephens D. Richard 先生

总裁
库珀轮胎橡胶公司
俄亥俄州芬德利市 701 Lima Avenue, FINDLAY OH 45840

Walter Joseph D. 教授 (共同主编)

阿克隆大学土木和机械工程系
俄亥俄州阿克隆市 AKRON OH 44325-3905

各章原著、翻译和校对人员名单

第1章 轮胎技术概述

Lindenmuth B. E. 著,李勇译,张新校

第2章 橡胶力学性能

Gent A. N. 著,张文飞译,李勇校

第3章 轮胎帘线和帘线-橡胶黏合

McDonel E. T. 著,叶立林译,李勇校

第4章 帘线/橡胶复合材料力学

Assaad M. C. Ebbott T. G. 与 Walte J. D. 著,李勇译,叶立林校

第5章 轮胎负荷能力

Padula Stephen M. 著,叶立林译,叶进雄校

第6章 轮胎应力分析

Trinko M. J. 著,叶进雄译,黄红楠校

第7章 接地印痕现象

Pottinger M. G. 著,高升日 冯希金译,李勇校

第8章 充气轮胎的六分力

Pottinger M. G. 著,沈筱亮译,郑小刚校

第9章 轮胎的噪声和振动

Marshall K. D. 著,冯希金译,沈筱亮校

第10章 滚动轮胎的驻波现象

Turner D. M. 著,冯希金译,吴新民校

第11章 橡胶摩擦和轮胎牵引力

Grosch K. A. 著,叶立林译,叶进雄校

第12章 滚动阻力

LaClair T. J. 著,叶进雄译,冯希金校

第13章 橡胶的磨损和轮胎的磨耗

Grosch K. A. 著,叶进雄译,冯希金校

第14章 轮胎性能对车辆操纵稳定性的影响

Walter Joseph D. 著,郑小刚译,高洁校

第15章 轮胎安全、耐久性和破坏分析介绍

Gardner J. D. 和 Queiser B. J. 著,黄红楠译,张文飞校

第16章 无损检测

Popio J. A. 和 Dodson T. M. 著,吴新民译,张文飞校

第17章 轮胎标准及规范

Walter Joseph D. 著,张新译,叶进雄校

第18章 轮胎材料的回收与再利用

Isayev A. I. 和 Oh J. S. 著,高洁译,李勇校