

汽车轮胎 行驶性能与测试

崔胜民 余群 编著



机械工业出版社

汽车轮胎行驶性能与测试

机械工业出版社

(京)新登字 054 号

本书是一本系统论述汽车轮胎行驶性能与测试的专门著作。作者从轮胎的基础知识入手,系统论述了轮胎印迹内三维应力分布、轮胎的侧偏特性、均匀性、磨损特性、包容特性、振动特性、驻波现象及轮胎噪声等重要的轮胎性能和测试方法。

本书可供从事汽车和轮胎的研究、设计、制造及汽车使用部门的技术人员,以及高等院校有关专业的教师、研究生和本科生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车轮胎行驶性能与测试/崔胜民,余群 编著. —北京:
机械工业出版社,1995
ISBN 7-111-04779-6

I. 汽… I. ①崔… ②余… II. 汽车轮胎-通过性-测试技术 IV. U463.341.07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 08625 号

出版人:马九荣(北京市百万庄南街1号 邮政编码100037)
责任编辑:蔡耀辉 版式设计:霍永明
封面设计:姚毅 责任印制:卢子祥

三河水和印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

1995年11月第1版·1995年11月第1次印刷
787mm×1092mm 1/16·11.25印张·270千字
0 001--1 500册
定价:14.50元

前 言

轮胎是汽车的重要部件之一，是汽车与地面之间的传力元件，起着承载、转向、驱动、制动等作用，其性能的优劣将直接影响到汽车的动力性、转向操纵性、制动性、行驶平顺性、越野性、乘坐舒适性及安全性等，因而是国内、外汽车和轮胎的制造、设计、研究和使用部门所关心和重点研究的课题。

目前国内有关轮胎制造和轮胎结构力学方面的书籍已经问世，但全面论述汽车行驶过程中轮胎性能方面的专著还未看到。作者根据近几年来对汽车系统动力学中有关轮胎印迹内三维应力分布和轮胎侧偏特性的研究成果，结合收集到的国内、外有关文献资料，写成此书。书中对汽车轮胎性能中的一些重要问题作了较深入的论述，反映了轮胎性能研究的最新成果，其中包括作者本人的研究成果。理论上有所创新。

近年来，国外的 H. B. Pacejka、R. S. Sharp、E. Bakker 等，国内的郭孔辉等专家学者均在轮胎的侧偏特性等方面进行了大量的研究工作，并取得显著的成果。但不可否认，至今还存在许多问题有待于研究和进一步完善。本书作者在前人研究成果的基础上，针对轮胎侧偏特性等轮胎性能进行了理论研究和试验。应用圆柱薄壳理论和复合材料结构力学理论，建立了可以计算不同结构轮胎在不同工况下垂直应力在轮胎印迹内任一点分布的数学模型，以及轮胎结构、气压、纵向力等因素对垂直应力分布的影响。本书还建立了自由滚动轮胎及制动或驱动工况轮胎的侧偏特性模型，模型中考虑了胎面和胎体的变形以及不同工况下轮胎印迹内垂直载荷分布的变化对侧偏特性的影响，这更清楚地说明了纵向力的作用方向（制动力或驱动力）对侧偏特性的影响。

除上述内容外，本书还论述了轮胎的均匀性、磨损特性、包容特性、振动特性、驻波现象及轮胎噪声等重要的轮胎性能和测试方法。

本书内容丰富、新颖，理论分析深入、正确，是国内第一本全面论述轮胎性能的专著。本书可供从事汽车和轮胎的研究、设计、制造及汽车使用部门的技术人员，以及高等院校有关专业的教师、研究生和本科生阅读参考。

限于作者学识有限，书中错误和不当之处在所难免，恳盼读者给予指正。

最后，作者对长春汽车研究所在轮胎印迹内三维应力分布和侧偏特性试验中给予的支持表示深切的感谢。

作 者

1995年1月于山东工程学院

目 录

第一章 概述	1
§ 1-1 轮胎的发展历史	1
§ 1-2 轮胎力学性能研究综述	2
第二章 轮胎的基础知识	4
§ 2-1 轮胎的分类和规格	4
§ 2-2 轮胎的结构和特征	8
§ 2-3 轮辋的结构和规格标志	11
§ 2-4 胎面花纹的类型和特点	12
§ 2-5 轮胎的额定负荷	14
§ 2-6 轮胎的选用原则	18
第三章 轮胎印迹内三维应力的分布	20
§ 3-1 轮胎的胎冠刚度	20
§ 3-2 轮胎印迹内垂直应力的分布	28
§ 3-3 轮胎印迹内三维应力分布的试验研究	39
§ 3-4 轮胎印迹内三维应力的测试	45
第四章 轮胎的侧偏特性	47
§ 4-1 轮胎侧偏的产生机理	47
§ 4-2 轮胎坐标系	49
§ 4-3 轮胎印迹形状和垂直载荷分布理论模型	50
§ 4-4 轮胎摩擦系数模型	52
§ 4-5 自由滚动轮胎的侧偏特性	54
§ 4-6 轮胎的制动-驱动特性	65
§ 4-7 制动-驱动工况下的轮胎侧偏特性	70
§ 4-8 轮胎侧偏特性的半经验模型	81
§ 4-9 轮胎的动态侧偏特性	90
§ 4-10 子午线轮胎和斜交轮胎侧偏特性对比试验研究	96
§ 4-11 轮胎侧偏特性的测试	98
第五章 轮胎的均匀性	106
§ 5-1 轮胎力的不均匀性	106
§ 5-2 轮胎不均匀性对汽车运动特性的影响	107
§ 5-3 轮胎均匀性的评价指标及测试	109
第六章 轮胎的磨损特性	110
§ 6-1 轮胎的磨损理论	110
§ 6-2 轮胎磨损的影响因素	112
§ 6-3 轮胎的偏磨损	117
第七章 轮胎的包容特性	120
§ 7-1 轮胎的径向变形方程	120
§ 7-2 轮胎包容特性的计算	121

§ 7-3	影响轮胎包容特性的因素	123
§ 7-4	轮胎在平面上滚动时的挠度计算	124
第八章	轮胎的振动特性	127
§ 8-1	轮胎的刚度	127
§ 8-2	轮胎的振动频率	132
§ 8-3	轮胎的径向振动理论	136
§ 8-4	轮胎振动特性的测试	142
第九章	轮胎的驻波理论	147
§ 9-1	轮胎的驻波现象	147
§ 9-2	斜交轮胎的驻波理论	147
§ 9-3	子午线轮胎的驻波理论	152
第十章	轮胎噪声	157
§ 10-1	轮胎噪声的分类及产生机理	157
§ 10-2	轮胎噪声的影响因素	159
§ 10-3	轮胎噪声的控制	161
§ 10-4	轮胎花纹噪声的模拟	161
§ 10-5	轮胎噪声的测试	168
参考文献		171

第一章 概 述

§ 1-1 轮胎的发展历史

轮胎发展至今已有 100 多年的历史。早在 1845 年,英国人 R. W. Thompson 首先发明了空气轮胎。这种轮胎是充气轮胎的原形,它的负载能力较小,无法充气,没有达到实用化的程度。1888 年,英国人 J. B. Dunlop 发明了充气轮胎,用于竞赛自行车上,并且取得了专利。虽然这种轮胎比空气轮胎前进了一大步,但骨架材料使用的是帆布,轮胎质量很差,特别容易脱层,使用寿命一般在 2000~3000km。1893~1895 年,法国米其林公司首先将充气的有帘布轮胎应用到汽车上。1900 年,第一次采用棉帘布代替帆布作骨架材料,促进了轮胎质量的提高。但棉帘线的强度低,而且耐高温和耐冲击性能较弱,用它制造的轮胎不能满足汽车的使用要求。1938 年,美国轮胎工业采用人造丝代替棉帘线,轮胎的质量和性能得到了很大提高,并且很快被其它国家采用。随着汽车对轮胎质量和性能要求的不断提高,人们相继开发出一些新的骨架材料,如尼龙帘线、聚酯纤维、钢丝帘线、玻璃纤维等。骨架材料的发展对轮胎质量和性能的提高起着重要作用。

目前正在全世界范围内迅速发展、广泛使用的子午线轮胎,早在 1913 年英国人就提出了设想并取得了专利。但因当时的骨架材料和制造设备不能满足子午线轮胎的要求,因而未能生产。1948 年,法国米其林公司生产出第一条全钢丝轿车子午线轮胎,以后不断发展和改进这种轮胎,使其在技术上保持领先地位,同时取得了 15 年专利。因为子午线轮胎与斜交轮胎相比,耐磨性可以提高 50%~100%,滚动阻力降低 20%~30%,可以节油 6%~8%,耐机械损伤,生热低,适合高速下行驶,缓冲性能好,提高了乘坐舒适性,减少了汽车零件的损坏等,所以,60 年代以来,欧洲开始大批量生产子午线轮胎,并在汽车上使用。但由于子午线轮胎的生产设备投资较大,工艺要求较高,所以,美国没有马上研究生产子午线轮胎。1967 年,美国固特异公司生产出带束斜交轮胎。这种轮胎的质量比斜交轮胎好,耐磨性提高 35%~50%,滚动阻力减小,70 年代初期,在美国占主要生产地位。但因为带束斜交轮胎的质量和综合性能不如子午线轮胎,特别是耐磨性和滚动阻力比子午线轮胎差,所以 70 年代末期,美国的汽车轮胎也逐渐被子午线轮胎代替。日本也在 70 年代初开始发展子午线轮胎。80 年代,西欧的轿车和货车已全部使用子午线轮胎,预计 90 年代末,美国等发达工业国家的汽车将全部使用子午线轮胎,一些发展中国家,如南朝鲜、巴西和印度等国家,也将达到 70% 以上的汽车使用子午线轮胎。子午线轮胎生产历史仅 40 多年,而欧洲国家、美国和日本等先进国家,轮胎的生产已子午线化,这与高速公路的迅速发展和汽车时速的不断提高有着密切关系,因为斜交轮胎不能满足汽车时速提高的要求,子午线轮胎已经成为汽车轮胎的发展方向。

我国于 1919 年在广州成立了中国广东兄弟橡胶公司。1921 年,中国上海江湾模范工厂设立橡胶部,进行橡胶轮胎的生产。1931 年,在上海建立了轮胎制造厂。但直到 40 年代,也只能生产几种规格轮胎。从 50 年代开始,轮胎工业才获得了生机。在 60 年代,由于当时我国生产

的汽车多数采用 9.00-20 轮胎,因此,有些单位也开始研究 9.00R20 规格的子午线轮胎。我国研究的子午线轮胎主要有两种结构,一种是全钢丝子午线轮胎,主要在上海大中华轮胎厂生产;另一种是人造丝胎体、钢丝束层的半钢丝子午线轮胎,由青岛第二橡胶厂生产。80 年代后期,我国加快了开发和推广应用子午线轮胎的步伐,从国外成套引进子午线轮胎生产线,轮胎规格及生产厂家逐渐增多。但我国推广使用子午线轮胎的步伐较慢,这主要是因为我国汽车行驶速度不高,子午线轮胎的优越性没有完全体现出来,国产子午线轮胎的质量也有待进一步提高。随着我国高速公路的发展,汽车轮胎也必将子午线化。

§ 1-2 轮胎力学性能研究综述

轮胎作为汽车与道路之间力的支承和传递单元,它的力学性能直接影响汽车的运动性能,因此,轮胎力学性能的研究是和汽车运动性能研究同步进行的。

轮胎印迹内三维应力的分布直接影响轮胎的侧偏特性和磨损特性,特别是轮胎印迹内垂直应力的分布,国外从 60 年代就开始进行理论研究和试验研究。1965 年,Clark^[1]利用圆柱薄壳理论,分析了轮胎印迹内垂直应力的一维分布,指出轮胎印迹前端的垂直应力分布稍大于印迹后端的垂直应力分布。1980 年,Kabe 和 Akasaka^[2]利用薄膜—壳理论,分析了轮胎印迹内垂直应力的二维分布,但分析结果和试验结果有较大差别。1990 年,Akasaka^[3]等人又在以前研究的基础上,修改了轮胎印迹内垂直应力二维分布模型,利用该模型分析了轮胎胎冠中心和胎肩处的垂直应力分布,指出轮胎印迹内垂直应力分布随着垂直载荷的增加,其分布变化在胎冠中心,从轻微的凸变成深深的凹,而在胎肩处,仍保持凸。目前,对轮胎印迹内垂直应力分布的研究主要是针对自由滚动的子午线轮胎。

我国是从 80 年代开始从事轮胎印迹内三维应力分布的研究。北京橡胶研究设计院和长春汽车研究所都建立了测量轮胎印迹内三维应力分布的试验装置。通过对不同结构、不同花纹轮胎的测试,找出影响轮胎印迹内三维应力分布的主要因素,为轮胎结构设计提供了参考数据^[4,5]。但要每种轮胎都进行试验是很困难的,而且影响轮胎印迹内三维应力分布的诸多因素难以在试验中全部反映出来。这就需要建立一个能够比较真实地反映轮胎印迹内三维应力分布的数学模型,从理论上分析影响轮胎印迹内三维应力分布的各种因素。笔者根据复合材料结构力学理论和圆柱薄壳理论,通过分析轮胎非接地部分和接地部分的受力和变形,建立了自由滚动轮胎和制动-驱动工况下的轮胎印迹内垂直应力分布的通用数学模型,为建立精确的轮胎侧偏特性模型奠定了理论基础,并对自由滚动轮胎印迹内三维应力的分布进行了试验研究^[6,7]。

轮胎侧偏特性是研究汽车操纵稳定性的基础,国外早在 30 年代就开始研究轮胎侧偏特性^[8-10],但对轮胎侧偏特性进行理论研究是从 50 年代开始。1954 年,德国学者 Fiala^[11]提出了行驶带理论,他首先分析了轮胎在侧偏角下滚动时,胎面上某一单元所经历的过程。他指出从进入轮胎接地面起,胎面上某一单元不仅随轮胎滚动向后拉移,而且还由于侧偏角引起轮胎侧向变形,从而使该单元发生侧向位移。随着该单元进一步进入接地面,由于弹性变形引起的侧向位移逐渐增大,当该单元的侧向应力大于它的侧向摩擦应力时就开始侧向滑移,于是侧向变形随之而减少,到了离开接地面后,该单元又回到它的初始位置。接着他假设在附着区内,由轮胎侧向变形引起的位移与该单元进入接地面的距离成线性地增加;而在滑移区,两者成线性地

减少。由此推导出了著名的轮胎弹性梁模型,用此模型计算轮胎的侧向力较接近试验结果,但回正力矩有较大差别。由于它是最早能够描述轮胎侧偏特性的模型,所以已成为研究轮胎侧偏特性的理论基础。但是由于该模型与轮胎实际情况差别较大,如它把轮胎弹性集中在胎面,假设垂直力和侧向力在轮胎接地宽度上是均匀分布的,而且认为摩擦系数和垂直载荷无关等,所以后来人们在此基础上又作了大量的研究工作,弥补该模型的不足。1961年, Bergma^[12]首次对轮胎制动时的侧偏特性进行了理论研究。通过引入摩擦圆概念,分析了制动力对侧向力的影响,但这种研究只限于小滑移率范围内。1965年, Flank^[13]在弹性梁的基础上,分析了梁的弯曲对轮胎侧偏特性的影响。1966年, Savkoor^[14]指出橡胶的摩擦系数受滑移速度和温度的影响较大,在轮胎侧偏特性研究中,必须考虑橡胶摩擦系数的变化。1969~1970年, Livingston 和 Brown^[15~17]分析了轮胎印迹内三种不同垂直载荷分布(均匀分布、椭圆分布和抛物线分布)对轮胎侧偏特性的影响。1977年, Bernard, Segel 和 Wild^[18]假设轮胎印迹内垂直载荷分布为梯形分布,提出了在制动-驱动工况下的轮胎纵向力和侧向力模型。1980年, Macadani^[19]等人在轮胎力学性能试验的基础上,提出了制动-驱动工况下的轮胎侧偏特性半经验模型,它是对 Bernard 等人所提出的轮胎侧偏特性模型的改进。1981~1982年, Sakai^[20~23]对轮胎侧偏特性进行了理论研究和试验研究。他把轮胎的侧偏特性描述为滑移率、侧偏角及其它轮胎动态参数的函数。通过试验研究,模型中考虑了轮胎侧偏角、滑移率、外倾角、垂直载荷、气压、速度、温度和转鼓曲率等参数对轮胎胎面摩擦系数和变形的影响。用数值积分可以较精确地求出轮胎所受的三个力和三个力矩。1987年, 酒井秀男^[24]提出了在制动-驱动工况下垂直载荷分布为抛物线分布的轮胎侧偏特性模型。Pacejka, Bakker^[25]等人提出了用于车辆动力学研究的轮胎侧偏半经验模型,虽然这种模型只限于纯制动或纯侧偏工况,但它为进一步研究制动和侧偏联合工况下的轮胎半经验模型奠定了基础。1989年, Pacejka, Bakker^[26]等人又提出了制动-驱动工况下的轮胎侧偏半经验模型。1990~1991年, Gim^[27~29]分别对轮胎纯纵滑、纯侧偏、纯外倾、纵滑-侧偏、侧偏-外倾、纵滑-侧偏-外倾等各种工况下的轮胎侧偏特性进行了理论研究。在研究中假设轮胎印迹内垂直载荷分布为抛物线分布,轮胎弹性集中在胎面。

我国对轮胎侧偏特性的研究始于80年代。虽然起步较晚,但目前已取得了令人瞩目的成果。长春汽车研究所的郭孔辉高级工程师在这方面作出了卓越的贡献。1983年,长春汽车研究所建成了我国第一台平板式轮胎静特性试验台。1986年,郭孔辉^[30]等人在轮胎试验研究的基础上,提出了基于试验的轮胎侧偏特性的半经验模型。1987年,对这个模型进行了改进。1990年,郭孔辉^[32]提出了基于任意载荷分布与胎体变形规律的轮胎侧偏特性的一般理论模型。1992年,郭孔辉^[33]提出了基于任意载荷分布的用于汽车制动、驱动和转向运动的轮胎侧偏特性模型。笔者通过在轮胎印迹内垂直载荷分布模型中引入垂直载荷分布形状参数和修正系数两个概念,对自由滚动轮胎和制动-驱动工况下的轮胎侧偏特性进行了较详细的理论研究^[34~38],从理论上解释了以往没有获得较好解释的一些试验现象。另外,清华大学、北京理工大学和北京橡胶工业设计研究院,在轮胎侧偏特性研究方面也做了不少工作。

第二章 轮胎的基础知识

§ 2-1 轮胎的分类和规格

一、轮胎的分类

轮胎可以按其组成、用途、帘布材料、断面、胎面花纹、气压及结构等进行分类。按组成可分为有内胎轮胎和无内胎轮胎；按用途可分为载货汽车轮胎、轿车轮胎、工程轮胎、工业轮胎、农业轮胎、林业轮胎、摩托车轮胎、航空轮胎、畜力车轮胎、力车轮胎、自行车轮胎等；按帘布材料可分为棉帘布轮胎、人造丝轮胎、尼龙轮胎、钢丝轮胎、聚酯轮胎、玻璃纤维轮胎、无帘布轮胎等；按断面可分为窄基轮胎、宽基轮胎、普通断面轮胎、低断面轮胎和超低断面轮胎等；按胎面花纹可分为普通花纹轮胎、越野花纹轮胎、混合花纹轮胎等；按气压可分为高压轮胎、低压轮胎和超低压轮胎等；按结构可分为斜交轮胎、带束斜交轮胎和子午线轮胎等。

最大负荷和最高速度是描述轮胎使用条件的两个重要参数。最大负荷是轮胎在最高允许气压下的额定负荷，可用负荷指数(LI)表示，轮胎负荷指数和最大负荷的对应关系如表 2-1 所示。最高行驶速度是按标准规定的使用条件、允许轮胎行驶的极限速度，可用速度符号(GSY)表示，轮胎速度符号和最高行驶速度之间的对应关系如表 2-2 所示。轮胎最高行驶速度应符合表 2-3 的规定。

表 2-1 轮胎负荷指数和最大负荷对应表(部分)

LI	kg	LI	kg	LI	kg	LI	kg	LI	kg	LI	kg
50	190	60	250	70	335	80	450	90	600	100	800
51	195	61	257	71	345	81	462	91	615	101	825
52	200	62	265	72	355	82	475	92	630	102	850
53	206	63	272	73	365	83	487	93	650	103	875
54	212	64	280	74	375	84	500	94	670	104	900
55	218	65	290	75	387	85	515	95	690	105	925
56	224	66	300	76	400	86	530	96	710	106	950
57	230	67	307	77	412	87	545	97	730	107	975
58	236	68	315	78	425	88	560	98	750	108	1000
59	243	69	325	79	437	89	580	99	775	109	1030

表 2-2 轮胎速度符号和最高行驶速度对应表(部分)

GSY	km/h	GSY	km/h	GSY	km/h	GSY	km/h	GSY	km/h	GSY	km/h
B	50	E	70	J	100	M	130	Q	160	T	190
C	60	F	80	K	110	N	140	R	170	U	200
D	65	G	90	L	120	P	150	S	180	H	210

表 2-3 不同名义直径的轮胎最高行驶速度

轮胎结构	速度级别	不同名义直径的轮胎最高行驶速度(km/h)		
		10	12	≥ 13
斜交轮胎	P	120	135	150
子午线轮胎	Q	135	145	160
子午线轮胎	S	150	165	180
子午线轮胎	H	—	595	210

轮胎断面宽度和高宽比(扁平比)是描述轮胎尺寸的两个重要参数。轮胎主要尺寸如图 2-1 所示。轮胎断面宽度是指轮胎按规定充气后,一、两外侧之间的最大距离,一般以 5mm 为一个单位进行划分,但新胎断面宽度公差是 $\pm 3\%$ 。轮胎断面高度是指轮胎按规定充气后,外直径与轮辋名义直径之差的一半。轮胎高宽比(H/B)是轮胎断面高度(H)与断面宽度(B)的比率,经圆整后用百分数表示,一般是 5 的倍数,如轿车子午线轮胎可以分为 60、65、70、75、80 系列。轮胎高宽比不同,其断面形状不同,它们的印迹形状也不同,图 2-2 是四种不同系列轮胎的印迹形状。

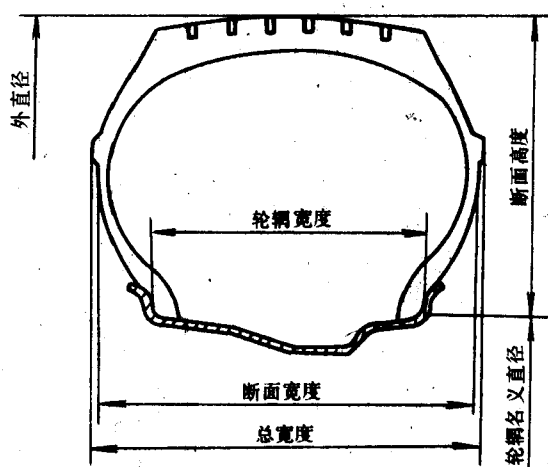


图 2-1 轮胎主要结构尺寸

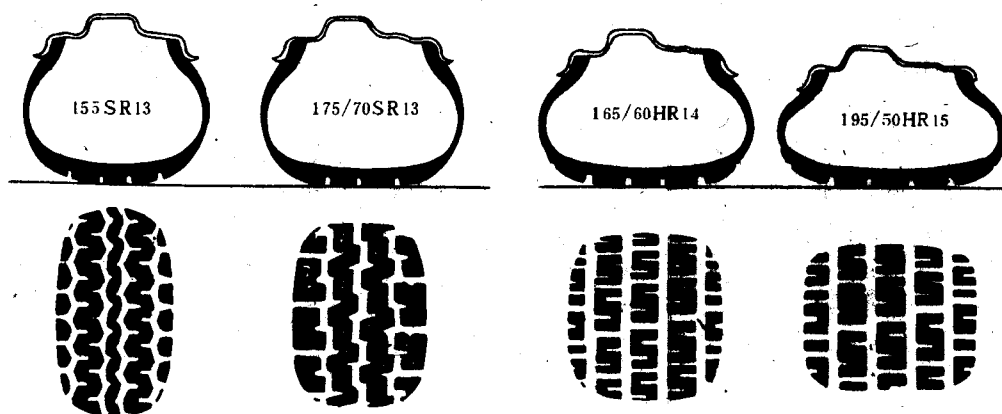


图 2-2 不同系列轮胎的印迹形状

二、轮胎的规格标志

轮胎作为世界各国具有互换性的产品,应该尽量使用统一的规格标志。但由于轮胎结构和

形状多样化,欧洲和美国等都采用各自的规格标志。我国轮胎的规格标志主要分为英制规格标志和公制规格标志。

1. 英制规格标志

一般普通断面载货汽车轮胎和轿车斜交轮胎使用这种规格标志,它主要由以下部分组成:

- ① 轮胎名义断面宽度,单位为 in
- ② 轮胎结构标志
- ③ 轮辋名义直径,单位为 in
- ④ 层级

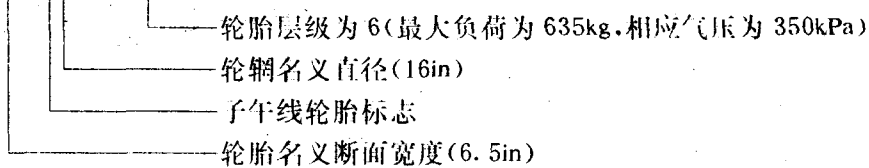
轮胎名义断面宽度是指轮胎安装在理论轮辋上的断面宽度,它是实际轮胎断面宽度的近似值。子午线轮胎的结构标志用“R”表示,斜交轮胎的结构标志用“-”表示。轮辋名义直径是指标准轮辋的直径。层级是指轮胎在规定的使用条件下,能够承受最大负荷的特定强度标志,它不一定代表帘布层的实际层数。例如:9.00 规格 12 层级的轮胎,可以有以下几种实际层数,但其最大负荷同为 2050kg。

用 1260D/2 尼龙帘线时,采用 8 层实际层数;

用较粗的 1680D/2 尼龙帘线时,采用 6 层实际层数;

用全钢丝子午线轮胎 9.00R20,胎体只需 1 层。

例如: 6.50R16 6P. R.



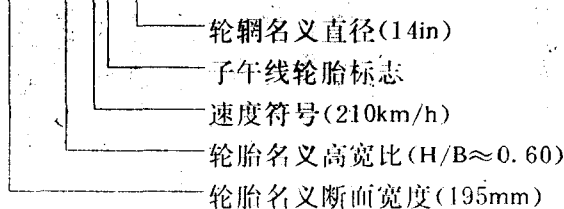
2. 公制规格标志

一般子午线轿车轮胎使用这种表示,它主要由以下部分组成:

- ① 轮胎名义断面宽度,单位为 mm
- ② 轮胎名义高宽比
- ③ 速度符号
- ④ 轮胎结构标志
- ⑤ 轮辋名义直径,单位为 in

轮胎名义高宽比是指轮胎安装在理论轮辋上的断面高度与断面宽度之比。

例如: 195/60HR14



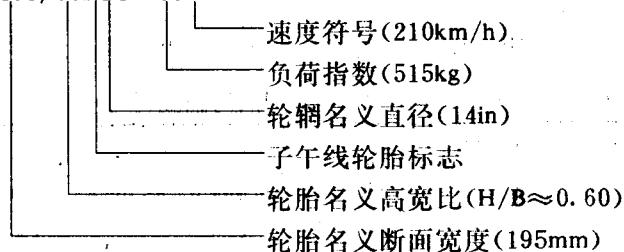
对于“82”系列子午线轿车轮胎,轮胎名义高宽比可以省略,例如:165SR13。

为了统一世界各国轮胎的规格标志,国际标准化组织(ISO)规定了新的轮胎规格标志方法,它主要由以下部分组成:

- ① 轮胎名义断面宽度,单位为 mm

- ② 轮胎名义高宽比
- ③ 轮胎结构标志
- ④ 轮辋名义直径,单位为 in
- ⑤ 负荷指数
- ⑥ 速度符号

例如: 195/60R14 85H



关于轮胎规格、基本参数、主要尺寸、气压与负荷和速度与负荷的对应关系,可参照国家标准 GB2977—89 和 GB2978—89。表 2-4 和表 2-5 分别摘录了国家标准 GB2977—89 和 GB2978—89 中有关载货汽车和客车以及轿车轮胎的实例。

表 2-4 载货汽车和客车轮胎

轮胎规格	基本参数			主要尺寸						
	层级	标准轮辋	允许使用轮辋	新胎充气后			最大使用尺寸		双胎最小中心距	
				断面宽度	外直径		负荷下静半径	断面宽度		外直径
				普通花纹	越野花纹					
9.0R20	10,12,14	7.0	7.00T,7.0T5°,7.5,7.50V	259	1018	1013	476	277	1043	306
10.0R20	12,14,16	7.5	7.50V,8.0,8.00V,8.0V5°	278	1055	1065	493	297	1081	328

气压与负荷对应表

负荷(kg)	轮胎规格	气压(kPa)							
		(kgf/cm ²)	390	420	460	490	530	560	600
			(3.9)	(4.2)	(4.6)	(4.9)	(5.3)	(5.6)	(6.0)
9.00R20	D		1505	1595	1675	1755	1835 ⁽¹⁰⁾	1905	1980
	S		—	1615	1710	1815	1910	2000	2095 ⁽¹⁰⁾
10.00R20	D		1700	1800	1895	1985	2075	2160 ⁽¹²⁾	2245
	S		—	1945	2055	2160	2265	2365	

(续)

负荷(kg) 轮胎规格	气压(kPa) (kgf/cm ²)	630	670	700	740	770	810	840
		(6.3)	(6.7)	(7.0)	(7.4)	(7.7)	(8.1)	(8.4)
9.00R20	D	2050 ⁽¹²⁾	2120	2190	2255 ⁽¹⁴⁾	—	—	—
	S	2175	2255	2340 ⁽¹²⁾	2415	2495	2575 ⁽¹⁴⁾	—
10.00R20	D	2325	2405 ⁽¹⁴⁾	2480	2555	2630 ⁽¹⁶⁾	—	—
	S	2465 ⁽¹²⁾	2560	2650	2740 ⁽¹⁴⁾	2830	2915	3000 ⁽¹⁶⁾

注:1. “D”表示双胎并装时的负荷;“S”表示单胎使用时的负荷。

2. 表中方括号内数字表示轮胎层级;粗黑体数字表示该层级轮胎在相应气压下的最大负荷。

表 2-5 轿车轮胎

轮胎规格	基本参数		主要尺寸					
	标准轮辋	允许使用轮辋	新胎充气后				最大使用尺寸	
			断面宽度	外直径		负荷下 静半径	断面宽度	外直径
				普通花纹	越野花纹			
175/70 * R14	5J	5 $\frac{1}{2}$ JJ	165	606	278	292	190	623
185/70 * R14	5J	5 $\frac{1}{2}$ JJ	186	624	285	301	201	643

气压与负荷对应表

负荷(kg) 轮胎规格	气压(kPa) (kgf/cm ²)									
	140 (1.4)	160 (1.6)	180 (1.8)	190 (1.9)	200 (2.0)	210 (2.1)	220 (2.2)	230 (2.3)	240 (2.4)	250 (2.5)
175/70 * R14	375	405	425	440	450	460	475	485	495	505
185/70 * R14	415	440	470	480	495	505	520	530	540	555

注:1. “*”是轮胎速度符号的记号,包括Q、S、H。

2. 表中气压适用于速度级分别为Q及其以下者,S级和H级轮胎应按表中规定分别增加30kPa和60kPa。

3. 表中粗黑字为该规格轮胎的最大气压对应的最大负荷。

§ 2-2 轮胎的结构和特征

一、轮胎的结构

轮胎主要由胎冠、胎肩、胎侧、胎体和胎圈等部分组成,如图 2-3 所示。

胎冠是指外胎两胎肩之间的整个部位,包括胎面、缓冲层(或带束层)和帘布层等。胎面是指胎冠部位缓冲层(或带束层)或帘布层以上的外胎胶层,它是轮胎滚动时和地面接触的重要部分。其主要作用是保护胎体,防止早期磨损和受机械损伤,增加轮胎与路面之间的附着力,向

路面传递驱动力和制动力,减弱来自路面的冲击和振动以及来自汽车本身的振动。缓冲层是指斜交轮胎胎面与胎体之间的胶布层或胶层,它的主要作用是缓和与部分吸收路面障碍物对轮胎的正面冲击。带束层是指在子午线轮胎和带束斜交轮胎的胎面基部下,沿胎面中心线圆周方向箍紧胎体的材料层。它的主要作用是增强轮胎的周向刚度和侧向刚度,承受65%~75%的胎面应力。帘布层是指胎体中由覆胶平行帘线组成的布层,它是胎体的基本骨架,支撑着外胎各部分。

胎侧是指胎肩至胎圈之间的贴在胎体侧壁部位的橡胶层,它的主要作用是保护胎体,防止受机械损伤。

胎体是指由一层或数层帘布与胎圈组成整体的充气轮胎的受力结构。斜交轮胎的胎体帘线彼此交叉排列,各与胎冠中心线成 $35^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 的交角,主要作用是承受法向、切向和侧向负荷;子午线轮胎的胎体帘线互相平行、成弓形地从一侧胎圈绕至另一侧胎圈,按轮胎子午线方向排列,主要作用是保护胎压,保持断面形状,承受由法向负荷产生的横向拉伸应力。

胎圈是指轮胎安装在轮辋上的部分,由胎圈芯和胎圈包布等组成。它的主要作用是防止轮胎脱离轮辋。

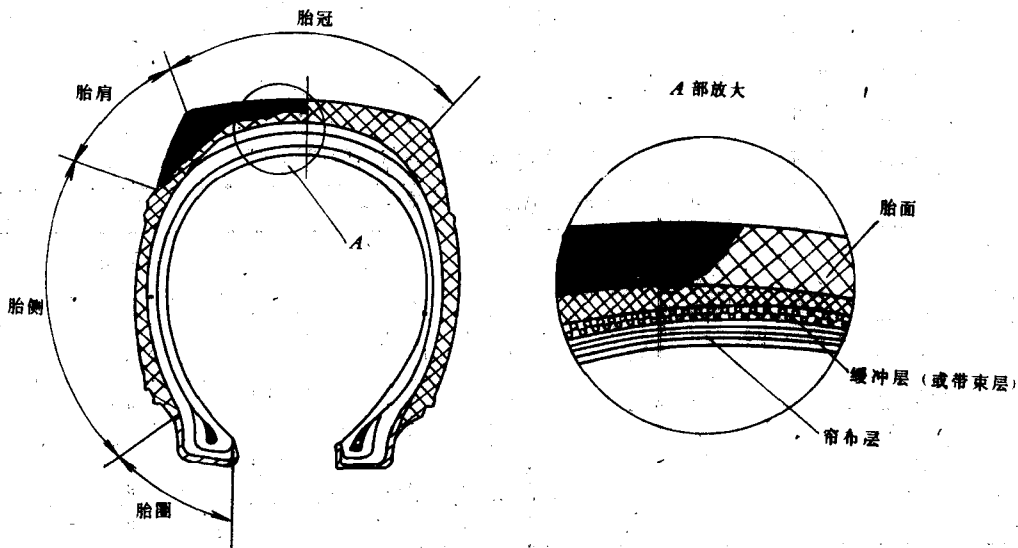


图 2-3 轮胎结构简图

二、轮胎的特征

轮胎的性能特征取决于轮胎的结构特征。斜交轮胎的结构特征主要表现在胎体是主要受力部件,胎体帘线按一定角度排列,各层间帘线相互交叉,构成无数个菱形网格结构。子午线轮胎的结构特征主要表现在带束层是主要受力部件,胎体帘线由一胎圈到另一胎圈与径向成 0° 角排列,带束层与胎体帘线成一个较大的角度($70^{\circ}\sim 80^{\circ}$)排列,胎体帘线与带束层帘线从三个方向交叉构成无数个三角形网格结构。图 2-4 是斜交和子午线轮胎断面结构简图。

由于斜交轮胎的结构特征和子午线轮胎的结构特征不同,所以它们的性能特征也不同。子

午线轮胎与斜交轮胎相比,其性能特征主要表现在如下几方面:

1. 滚动阻力小,节约燃料

滚动阻力是汽车行驶阻力中最基本、最重要的阻力,它直接影响汽车的经济性和动力性。滚动阻力所消耗的功率占发动机输出功率的30%~40%。根据粗略统计,滚动阻力减少10%,燃油经济性可提高2%。滚动阻力产生的根本原因是轮胎滚动受载变形所造成的能量损失。子午线轮胎的周向刚度大和稳定的三角形网格结构使

得轮胎滚动时的周向变形小,胎面对地面的滑移小,生热低,能量消耗少。一般子午线轮胎的滚动阻力比斜交轮胎小20%~30%,油耗降低6%~8%。

轮胎滚动阻力的大小可用轮胎的滚动效率来描述。滚动阻力越小,滚动效率越高。滚动效率定义为

$$\eta = \frac{R_r}{R_0} \quad (2-1)$$

式中 R_r —— 轮胎滚动半径;

R_0 —— 轮胎自由半径。

表 2-6 是 6.50R16 和 6.50-16 轮胎滚动效率的试验结果。

表 2-6 轮胎滚动效率的试验结果

		6.50-16	6.50R16
自由半径 R_0 (mm)	前轮	380.4	379.3
	后轮	382.0	379.3
滚动半径 R_r (mm)	前轮	366.5	369.7
	后轮	366.5	369.6
滚动效率 η (%)	前轮	96.3	97.5
	后轮	95.9	97.4

2. 耐磨性好,寿命长

轮胎滚动时,印迹内胎面不仅产生变形,而且产生滑移,这种滑移大大加速了胎面的磨耗。速度越高,滑移越大,胎面磨耗也急剧增加。子午线轮胎胎冠刚度大,滚动过程中胎面变形小,胎面与路面之间的滑移磨耗量也小,再加上子午线轮胎的胎面较宽,接地面积大,单位压力小而且均匀,从而减小了胎面磨耗程度,延长了轮胎的使用寿命,行驶里程比斜交轮胎高30%~50%。

3. 高速性能好,安全性提高

子午线轮胎高速旋转时,变形和滑移较小,生热较低,散热较快,行驶温度比斜交轮胎低30℃左右,产生驻波的临界速度比斜交轮胎高,高速行驶的安全性得到提高。

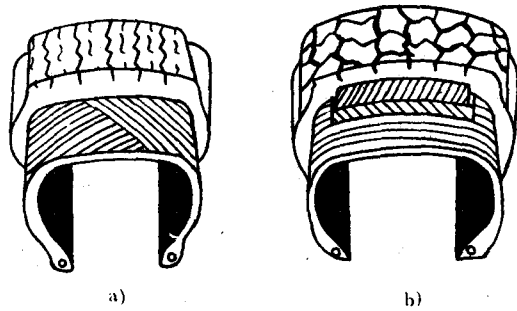


图 2-4 斜交和子午线轮胎断面结构简图

a) 斜交轮胎 b) 子午线轮胎

4. 加速性,制动性,操纵稳定性增强

因为子午线轮胎具有接地面积大,单位压力小,胎面与路面相对滑移小,胎面不易磨损等特点,所以它的附着系数在各种不同道路条件下都比斜交轮胎的显著增大,从而使汽车的加速性、制动性和操纵稳定性得到改善。

除此之外,子午线轮胎还具有缓冲性能好、承载能力大、耐刺伤、高速行驶噪声低等优点。

子午线轮胎与斜交轮胎相比,其缺点主要表现在:胎侧变形大,容易受损伤,包容性小,低速时乘坐舒适性较差,设备投资大,生产技术要求高,成本比斜交轮胎略高。

§ 2-3 轮辋的结构和规格标志

轮胎安装在轮辋上,并充满一定压力的空气,才能发挥自己的作用,影响汽车的性能。不同汽车的轮胎,采用的轮辋形式不同,轮胎和轮辋必须按标准配合。

一、轮辋的分类

根据 GB3487—89,汽车轮辋主要分为以下 5 类:

- (1) 深槽轮辋(DC),主要用于微型汽车和轻型汽车;
- (2) 深槽宽轮辋(WDC),主要用于轿车和轻型汽车;
- (3) 半深槽轮辋(SDC),主要用于轻型汽车;
- (4) 平底宽轮辋(WFB),主要用于中、重型载货汽车,自卸汽车和大客车;
- (5) 全斜底轮辋(TB),主要用于重型自卸汽车和重型越野汽车。

二、轮辋的结构

轮辋主要由轮缘、胎圈座和轮辋槽等部分组成。比较典型的轿车用深槽宽轮辋(WDC)结构形状如图 2-5 所示,其各部分名称和尺寸如表 2-7 所示。

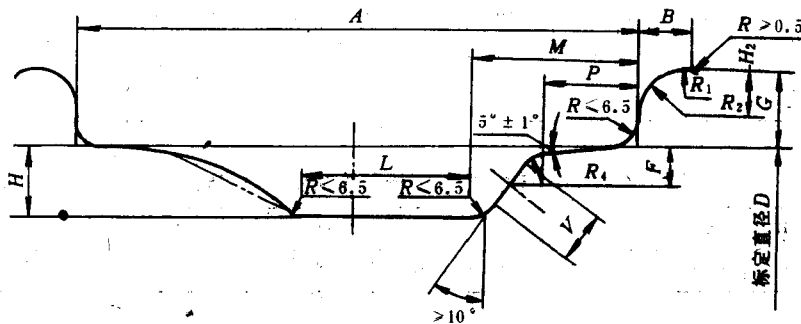


图 2-5 深槽宽轮辋(WDC)形状

轮辋结构尺寸中最主要的是轮辋宽度和轮辋直径。一般轮辋宽度的表示方法用轮辋宽度(mm)除以 25.4 后圆整,轮辋直径的表示方法用轮辋直径(mm)除以 25.4 后圆整,轮缘的形状用符号 B、C、D...表示,它代表轮缘的高度,如表 2-8 所示。

三、轮辋的规格标志

国际标准化组织(ISO)规定了轮辋的规格标志方法,它主要由轮辋直径、轮辋宽度和轮缘