

● 国家自然科学基金资助项目



汽车空气动力学

傅立敏 著



机械工业出版社

国家自然科学基金资助项目

汽车空气动力学

傅立敏 著



机械工业出版社

本书系统地介绍了汽车空气动力学的基本原理及与其相关的流体力学基础，汽车空气动力学设计，汽车的外部流场，发动机冷却和驾驶室通风等内流问题，汽车空气动力特性对高速操纵稳定性的影响，汽车空气动力学噪声，降低商用汽车的气动阻力，改善燃料经济性的实例，汽车空气动力学试验及汽车空气动力学数值计算等问题。本书是作者多年研究工作的总结，对从事汽车设计、车身造型设计及汽车空气动力学试验、研究的工程技术人员有重要参考价值，也可作为高等院校汽车专业的教学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车空气动力学/傅立敏著. —北京: 机械工业出版社, 1998.9
ISBN 7-111-06763-0

I. 汽… II. 傅… III. 汽车-空气动力学 IV. U461.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 24975 号

出版人: 马九荣 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 杨民强 版式设计: 冉晓华 责任校对: 申春香

封面设计: 姚学峰 傅立敏 责任印制: 路琳

北京机工印刷厂印刷 · 新华书店北京发行所发行

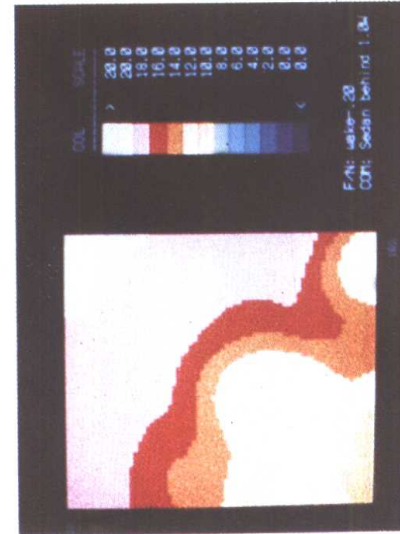
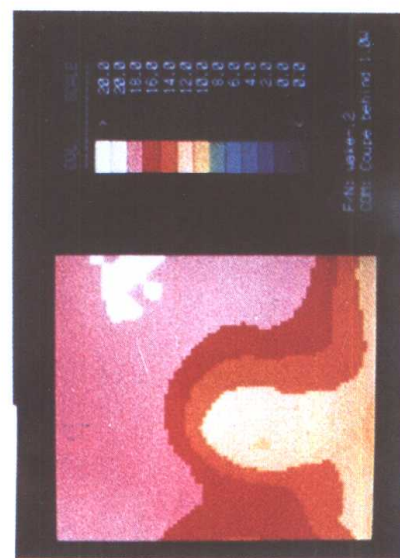
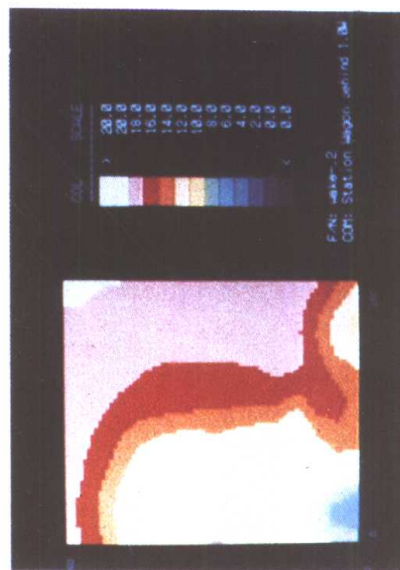
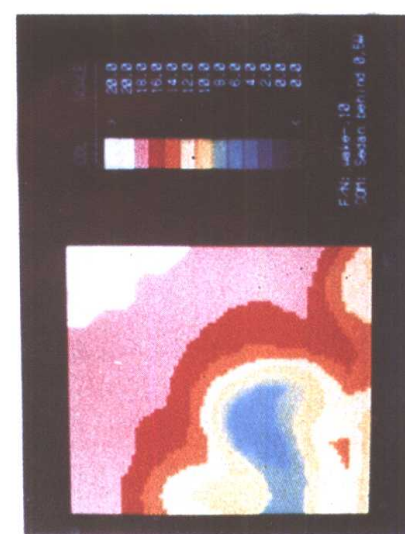
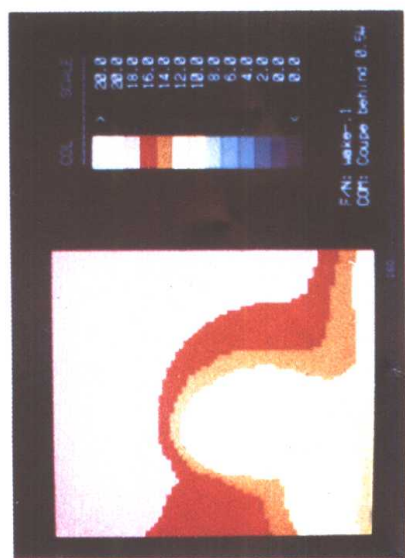
1998 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·19.5 印张·4 插页·479 千字

0 001-1 500 册

定价: 35.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换



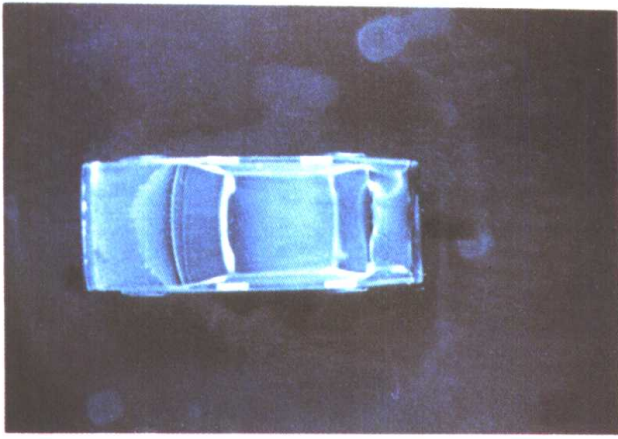
c)

b)

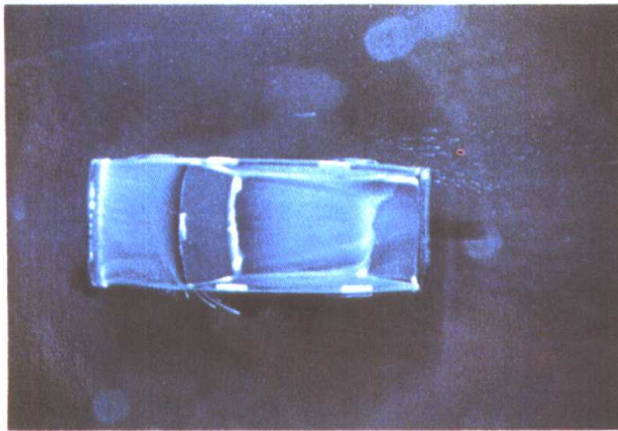
a)

图11-43 $X/W=0.5, X/W=1$ 的速度分布

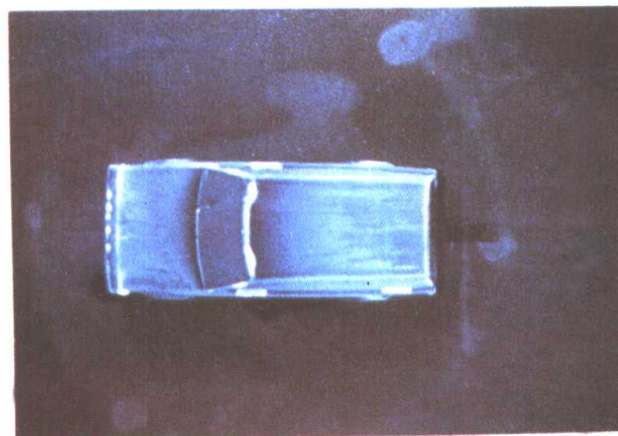
a) 阶背式 b) 快背式 c) 直背式



a)



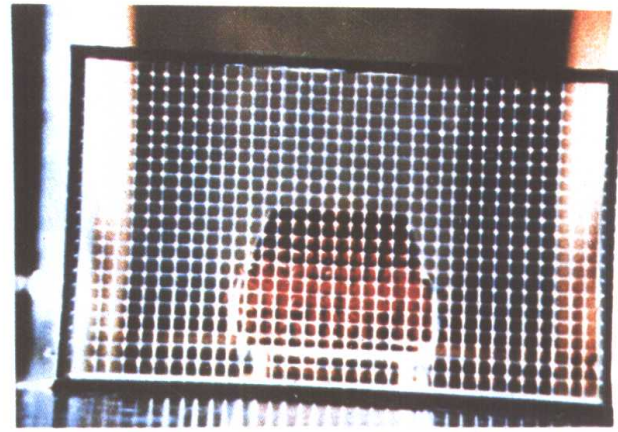
b)



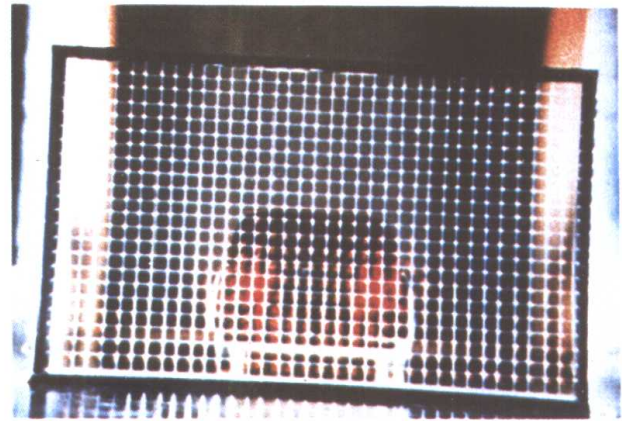
c)

图11-45 用荧光油膜法对三种车型
进行流态显示试验

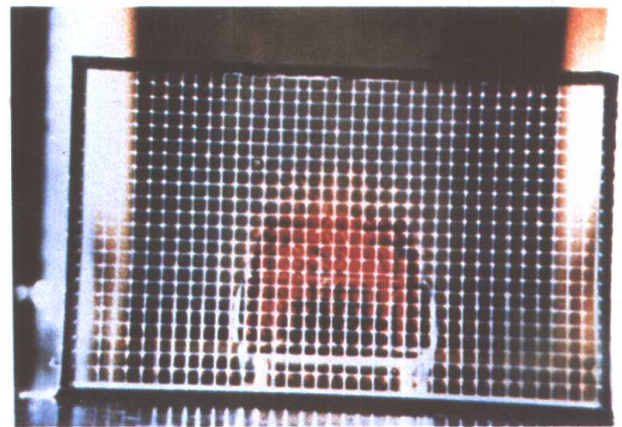
a) 阶背式 b) 快背式 c) 直背式



a)



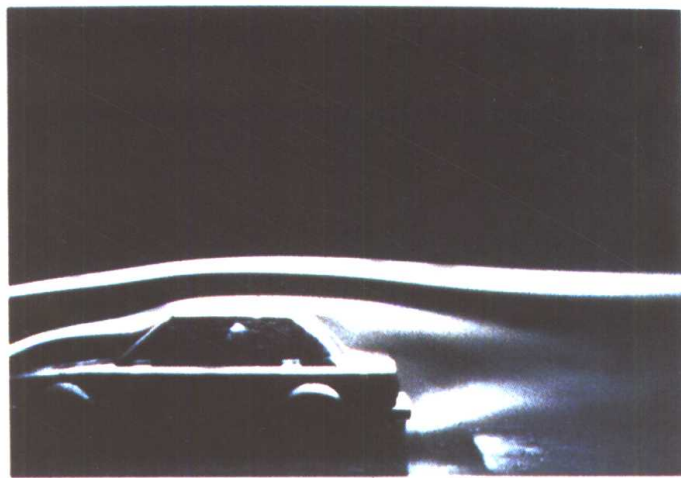
b)



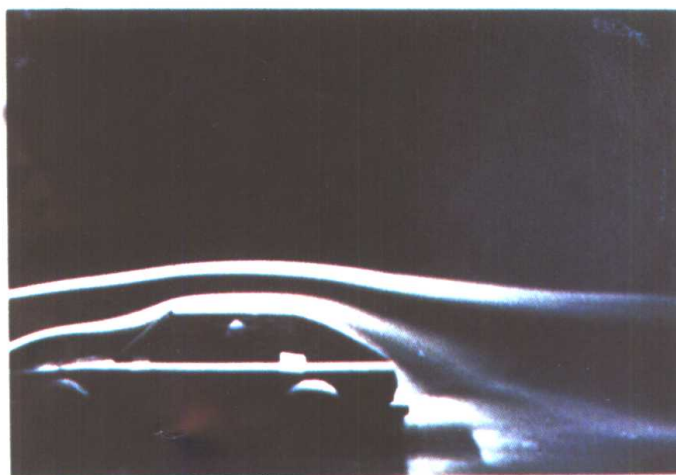
c)

图11-46 用网格丝带法对三种车型
进行流态显示试验

a) 阶背式 b) 快背式 c) 直背式



a)



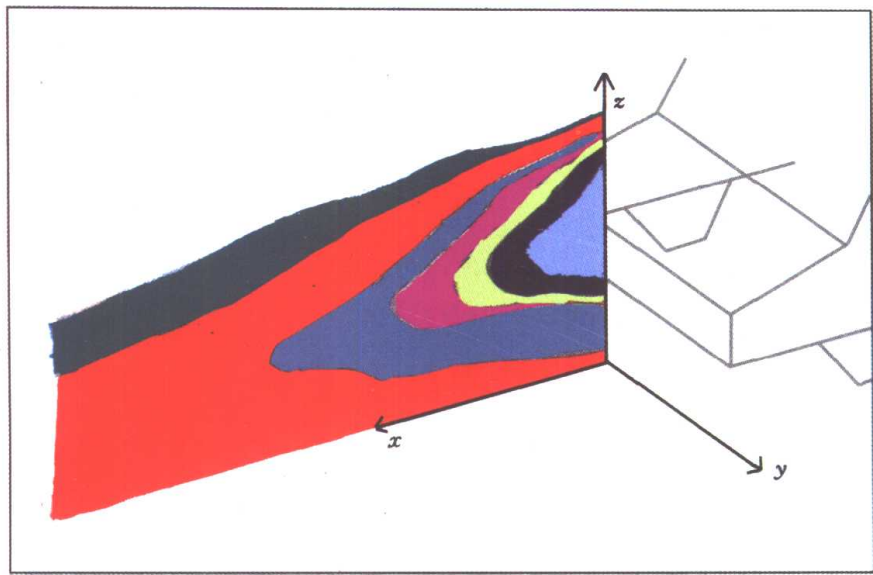
b)



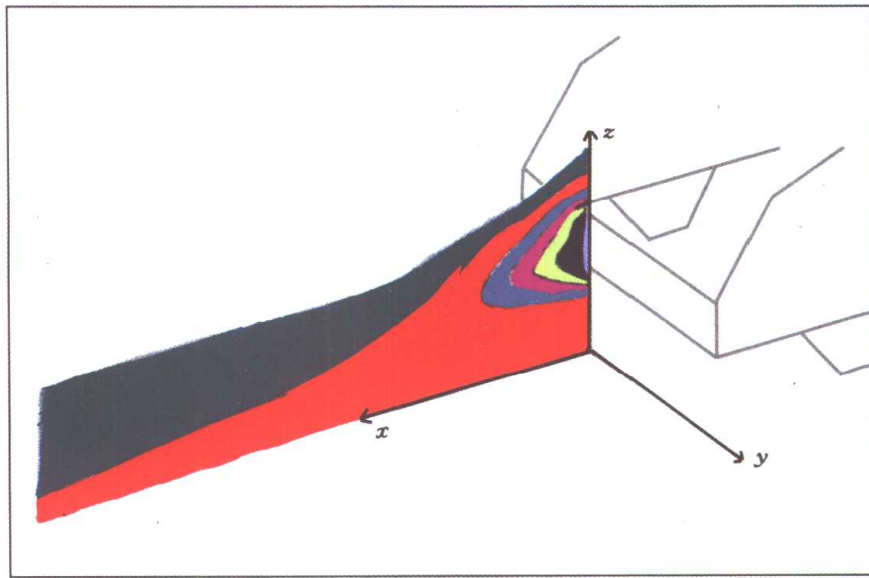
c)

图11-47 用烟流法对三种车型进行
流态显示试验

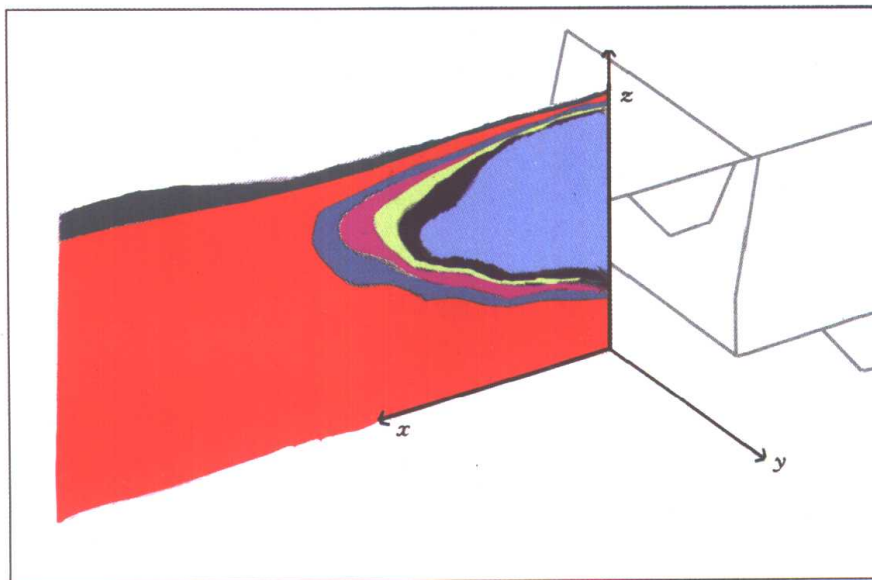
a) 阶背式 b) 快背式 c) 直背式



a)



b)



c)

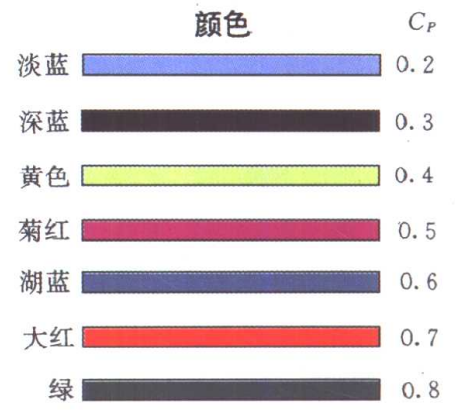


图11-49 各种车型层流的总压分布

前 言

汽车空气动力特性对汽车的动力性、经济性、操纵稳定性和舒适性有重要影响，降低汽车的气动阻力是改善燃料经济性的重要前提。由于高等级公路的发展、燃油价格的上涨以及严格的法规，在激烈的市场竞争中，汽车的空气动力特性占有着越来越重要的地位。

汽车空气动力学专家从航空学、造船学等相关学科吸取了很多经验和启示，并应用上述学科的结论，在汽车空气动力学领域取得了巨大的成就。然而由复杂的汽车外形决定的其周围流场的复杂性，使汽车空气动力学不同于上述学科。汽车空气动力学是一门独立的学科，但是其完整的理论至今尚未形成。

我国汽车空气动力学研究工作起步较晚，为适应我国“以汽车工业为支柱产业”、“自主开发轿车”的国民经济产业政策的需要，应尽快缩小我国在汽车空气动力学领域中与先进国家的差距。

本书内容包括：汽车空气动力学的基本原理及与其相关的流体力学基础；汽车空气动力学设计原则；有关汽车风洞、风洞试验技术等问题。本书不仅揭示了汽车的外部流场，介绍了发动机冷却和驾驶室空调等内流问题，同时介绍了汽车空气动力特性对汽车高速操纵稳定性的影响及汽车空气动力学噪声等问题。在分析汽车外形对空气动力特性的影响后，以商用汽车为例说明降低气动阻力带来的经济效益。

汽车空气动力学是一门经验科学 (Empirical Science)，其大量研究成果和重要结论，几乎都是以风洞试验数据为依据的。本书第十章介绍了有关汽车风洞试验技术问题，第十一章介绍了作者在国内外风洞中进行的轿车、小公共汽车、载货汽车的空气动力学研究成果，以及近年来进行的国家自然科学基金资助课题（“汽车三维分离流动特性的研究”，批准号 19672021）、机械工业部课题、清华大学及吉林工业大学国家重点实验室开放基金课题的研究成果。第十二章介绍了汽车空气动力学数值计算方法。虽然数值计算不能完全解决汽车空气动力学问题，但可用它验证和指导汽车风洞试验。第十章中作者结合研究课题介绍了用航空风洞进行汽车空气动力学试验应注意的问题以及将 FD-09 风洞改造为汽车模型风洞的关键技术。本书不仅可以作为高等院校汽车空气动力学专业的教材，也可供其他从事汽车设计及汽车空气动力学研究的工程技术人员参考。

作者在近 30 年的工作中，得到了中国工程院院士、吉林工业大学副校长郭孔辉教授、第一汽车集团公司研究员级高工徐兴尧副总经理的指导和帮助；作者在以访问学者和高级访问学者身份赴日本研修期间，得到了日本同行的指导和帮助；作者 20 年前在北京航空学院（现北京航空航天大学）进修期间，也得到该院同行的指导，为作者从事本专业工作打下了基础；作者多年工作中还得到研究员级高工张大壮以及北京空气动力研究所、中国空气动力学研究中心、航天部六二七所、北京大学、北京航空航天大学的前辈和同行的指导、帮助，并得到长春汽车研究所课题组同志的大力协助。吉林工业大学轿车车型开发中心靳春宁、方进等同志为本书图稿整理做了不少工作。上述诸多方面的因素终使作者有条件完成本书。在

VII

此一并向以上前辈、同行和朋友致以诚挚的谢意。

由于作者水平有限，本书内容难免有错误或不妥之处，希望读者批评指正。

傅立敏

1997年10月

目 录

前 言

第一章 绪论	1
第一节 汽车空气动力学的重要性	1
一、汽车空气动力特性对动力性的影响	1
二、汽车空气动力特性对经济性的影响	2
三、汽车空气动力特性对操纵稳定性的影响	4
第二节 汽车空气动力学的发展	5
一、汽车空气动力学发展的历史阶段	5
二、商用汽车的发展	15
三、汽车空气动力学的发展趋势	17
参考文献	23
第二章 汽车空气动力学概述	24
第一节 气动力和力矩	24
一、气动力和力矩	24
二、车身表面压力分布	30
第二节 汽车的阻力特性	30
一、阻力分类	30
二、压差阻力与表面摩擦阻力	31
三、诱导阻力	31
第三节 与汽车相关的流场	33
一、与汽车相关的流场的分类	33
二、汽车外部流场	33
三、汽车的内部流场	33
第四节 汽车空气动力学的特点	34
第五节 汽车空气动力学的相关学科	35
一、建筑空气动力学	35
二、火车(列车)空气动力学	35
三、船舶空气动力学	36
第六节 汽车外形与空气动力特性的关系	36
一、前端形状对空气动力特性的影响	36
二、挡风玻璃与发动机罩形状对空气动力特性的影响	37
三、顶盖外形对空气动力特性的影响	39
四、车身侧面外形对气动力特性的影响	40
五、后窗周围形状对气动力特性的影响	41
六、车身底部外形对气动力特性的影响	41

第七节 汽车外形的细部优化对空气动力特性的影响	43
第八节 汽车最佳气动外形的设计途径	44
一、细节优化	44
二、从低阻外形开始的优化	44
参考文献	45
第三章 汽车空气动力学基础	46
第一节 不可压流体特性	46
一、密度	46
二、粘度	46
三、热导率	46
第二节 流体阻力的理论	47
一、流体阻力的实验现象	47
二、流体运动的基础方程	48
三、钝体物体的阻力理论	51
第三节 汽车的绕流特性	52
一、外部流问题	53
二、流场中颗粒运动	61
三、内部流问题	62
四、汽车外部绕流与内部绕流的关系	66
参考文献	66
第四章 汽车空气动力学设计	67
第一节 汽车空气动力学设计准则	67
一、对汽车造型的要求	67
二、汽车造型设计与空气的流态	67
第二节 汽车空气动力学设计方法	68
一、汽车空气动力学设计程序	68
二、汽车气动阻力的估算	69
三、气动阻力的估算值转换为实车的值	72
四、车身表面压力分布的计算	73
五、汽车空气动力学试验	74
第三节 最佳气动外形	74
一、最佳造型	74
二、汽车造型的发展变化	75
参考文献	78
第五章 汽车发动机冷却系的空气动力特性	79

第一节 发动机冷却系分析	79	二、空腔共鸣与窗开口共鸣声	110
一、发动机室内的温度分布	79	三、尖叫声	111
二、发动机室外和室内的气流流态	80	四、风扇噪声	111
三、发动机室内的压力分布	80	五、管系的噪声	112
四、发动机的冷却气流与空气动力特性 的关系	81	第三节 气动噪声的测定	113
第二节 降低发动机冷却系气动阻力	82	一、气动噪声的测定仪器和装置	113
一、格栅的开口面积	82	二、声响强度(简称 AI)测量系统	114
二、冷却阻力	83	三、压力计、热线风速仪以及油流流态 显示试验法	114
三、散热器的气流分布	85	四、实车道路试验	115
四、对冷却系前端开口的设计及冷却 气流流量的确定	87	五、实车风洞试验	116
五、进气冲击气流	87	六、模型风洞试验	117
六、冷却气流与冷却性能的关系	88	第四节 典型的噪声研究数据	118
七、散热分析	88	一、快背式轿车与阶背式轿车的噪声 分析	118
八、冲击气流修正因子	88	二、气动噪声与车身外形的关系	120
九、冷凝器温度升高值	89	第五节 汽车周围的流场与汽车的气动 噪声	122
十、散热计算及前端冷却开口面积的确定	89	一、汽车的外部流场	122
第三节 汽车发动机冷却系的设计原则	89	二、汽车的内部流场	123
一、滞点位置对发动机冷却性能的影响	89	参考文献	123
二、发动机冷却系性能的提高	90	第八章 空气动力学措施对现代商用汽 车燃料经济性及动力性的影响	125
附录 本章术语缩写和定义	91	第一节 商用汽车空气动力特性的改进	125
参考文献	91	一、商用汽车的空气动力特性	125
第六章 汽车驾驶室的通风与空调	92	二、轻型厢式车	126
第一节 对驾驶室的环境要求	92	三、空气动力学措施对商用汽车动力性及 经济性改进实例	127
一、对车室环境舒适性的评价	92	第二节 用空气动力学附加装置降低国产 载货汽车气动阻力的研究	140
二、保障车室环境舒适性的措施	93	一、商用汽车上采用空气动力学附加装置 的概况	140
第二节 节能空调系统	93	二、CA141 载货汽车装空气动力学附加装 置的经济效益	141
一、节能空调系统的工作原理	93	第三节 商用汽车气动阻力分析	144
二、用数值计算法进行性能预测	95	一、对燃料经济性的评价	144
三、节能空调系统的构成和工作概况	99	二、商用汽车的气动阻力成分	145
四、节能空调系统的控制装置	100	三、降低商用汽车气动阻力的分析	147
五、节能空调系统的性能试验	100	参考文献	149
参考文献	102	第九章 空气动力特性对汽车操纵稳定 性的影响	150
第七章 汽车空气动力噪声	103	第一节 汽车的侧风稳定性	150
第一节 流场中的声源	103		
一、流场中声源的分类	103		
二、流场的状态与气动噪声	105		
三、汽车的气动噪声分布情况	107		
四、外形的突起物对气动噪声的影响	108		
五、流场中的声源与气动噪声的关系	109		
第二节 汽车气动噪声分析	110		
一、汽车气动噪声的定义与分类	110		

一、影响汽车操纵稳定性的气动力	150	第七节 非定常气动力的测定试验	213
二、气动力和力矩在汽车上的作用点	150	第八节 驾驶室通风试验	215
第二节 实际侧风问题	155	一、GB1334-77《载货汽车和越野汽车	
一、交通路线、防风带	155	道路试验方法》	215
二、自然和人工模拟的侧向阵风	156	二、驾驶室通风试验及空调试验	215
第三节 侧风下汽车的空气动力特性	156	参考文献	216
一、驾驶员反应	156	第十一章 国产汽车空气动力特性研究	217
二、气动力对侧向侧偏的影响	157	第一节 国产小公共汽车空气动力特性	
三、安全限值	159	研究	217
四、展望	160	一、试验风洞	217
第四节 空气动力特性参数与汽车高速操纵		二、试验模型	217
稳定性的关系	161	三、试验风速及模型姿态	217
一、 C_L 、 C_{L_f} 、 C_{L_r} 接地负荷与汽车高速		四、试验结果及分析	217
行驶直进性的关系	161	五、小结	220
二、 C_{Y_M} 、 C_S 与侧风特性的关系	164	第二节 国产轿车空气动力特性研究	220
三、对以上分析的小结	166	一、红旗 CA774 轿车第一期改型方案的	
参考文献	167	空气动力特性研究	220
第十章 汽车空气动力学试验	168	二、红旗 CA774 轿车第二期改型方案的	
第一节 汽车空气动力学试验技术概述	168	空气动力特性研究	229
一、汽车空气动力学试验技术及其作用	168	三、Audi100 轿车空气动力特性分析	231
二、汽车空气动力学试验的内容	169	四、红旗 CA774 轿车与 Audi100 轿车空气	
三、汽车空气动力学试验的基本方法	170	动力特性的对比及其分析	235
第二节 汽车风洞试验	172	五、Audi100 轿车的压力分布试验分析	236
一、汽车风洞试验的目的	172	六、红旗 CA774 轿车尾流速度测量试验	
二、汽车风洞试验设备及测量仪器	172	分析	239
三、汽车风洞试验模型	185	七、典型外形汽车尾流结构的研究	243
四、汽车风洞试验的准则与规范	187	第三节 国产载货汽车空气动力特性研究	254
五、风洞间的试验数据相关分析	192	一、解放平头载货汽车选择气动外形试验	
第三节 汽车空气动力学流态显示试验	193	研究	254
一、汽车空气动力学流态显示试验的		二、解放 CA10B 载货汽车改型试验研究	255
特点	193	三、解放 CA141 载货汽车空气动力特性	
二、汽车空气动力学流态显示试验方法	193	研究	261
第四节 用航空风洞进行汽车空气动力学		四、在改造后的 FD-09 风洞进行的国产	
试验的技术研究	197	载货汽车模型风洞试验分析	267
一、对汽车风洞性能的基本要求	197	五、国产载货汽车驾驶室通风、换气实车	
二、汽车风洞的特点	198	道路试验研究	267
三、改建 FD-09 风洞的技术研究	200	第四节 用侧风发生器进行侧风稳定性	
第五节 汽车空气动力学道路试验	209	试验	270
一、用滑行试验法测试汽车的气动阻力		一、试验设备	270
系数	209	二、试验方法	270
二、侧向风稳定性试验	210	三、试验结果及分析	270
第六节 实车道路试验与实车风洞试验的		第五节 解放 CA1091P、CA1091KP 载货	
数据对比分析	212	汽车空气动力特性研究	275

一、试验设备及研究对象	275	准则	286
二、试验研究内容及试验分析	275	五、空气的两种近似法	287
参考文献	278	第三节 非粘流方法	288
第十二章 汽车空气动力学数值计算 ...	280	一、控制方程	288
第一节 空气动力学数值计算的实质	280	二、作为欧拉方程解的无旋流场	288
一、空气动力学的研究方法	280	三、无旋流	288
二、CFD的一般方法	281	四、涡格法和面元法的基本概念	291
三、计算流体力学的发展过程	282	五、涡格法	291
四、CFD的理论基础及现状	282	六、面元法	293
第二节 CFD在汽车空气动力学中的应用 ...	284	七、非粘性无粘流方法	295
一、汽车流场数值模拟的难点	284	第四节 N—S方程的简化	298
二、汽车流场数值模拟的特点	285	第五节 N—S方程的解法	304
三、流场中作用的力	285	第六节 结语	306
四、流场不考虑粘性和可压缩性时的		参考文献	307

第一章 绪 论

第一节 汽车空气动力学的重要性

汽车空气动力学是研究空气流经汽车时的流动规律及其与汽车相互作用的一门科学。

汽车空气动力特性是汽车的重要性能，它是指汽车在流场中所受到的以阻力为主的包括升力、侧向力的三个气动力及其相应的力矩（即六分力）的作用而产生的车身外部和内部的气流特性、侧风稳定性、气动噪声特性、泥土、灰尘的附着和上卷、刮水器上浮以及发动机冷却、驾驶室内通风、空气调节等特性。概括地说，汽车的流场包括车身外部流场和内部流场。

由于高等级公路的发展、汽车车速的提高对汽车的操纵稳定性、安全性、舒适性提出了越来越高的要求，特别是由于世界能源危机，石油价格上涨，使改善汽车的燃料经济性成为汽车技术的重要课题。汽车空气动力特性对汽车的动力性、经济性和操纵稳定性有直接的影响。设计空气动力特性良好的汽车，是提高汽车动力性、经济性的重要途径，而高速汽车的空气动力稳定性是汽车高速、安全行驶的前提。改善驾驶室的内流特性（发动机冷却系空气动力特性、驾驶室内通风及空调特性），在减阻的同时，提高发动机、制动器部件的效能，降低空气动力噪声，则是保障舒适性的前提。

关于空气动力特性对汽车性能的影响，本书中将分别进行叙述，这里仅对空气动力特性与汽车动力性、经济性以及操纵稳定性的关系进行简要分析。

一、汽车空气动力特性对动力性的影响

汽车的最高车速、加速时间和最大爬坡度是评价汽车动力性的主要指标。

（一）气动阻力与最大车速

在水平路面上等速行驶的汽车，驱动力全部用来克服滚动阻力和气动阻力。假设汽车前后车轮的滚动阻力相同、汽车的重力和气动升力均匀地分布在四个车轮上，汽车的最大车速可表示为

$$v_{\max} = \left[\frac{F_{\max} - Gf}{\frac{1}{2}\rho A (C_D - 2C_{Lf})} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1-1)$$

式中 v_{\max} ——最高车速；
 F_{\max} ——最大驱动力；
 G ——车重；
 f ——滚动阻力系数；
 ρ ——空气密度；
 A ——汽车正面投影面积；
 C_D ——汽车气动阻力系数；

C_L ——汽车气动升力系数。

可见在最大驱动力 F_{\max} 时，在一定的车重 G 及其他因素不变的情况下，最高车速 v_{\max} 取决于气动阻力系数 C_D 和气动升力系数 C_L 。减小气动阻力系数，可使最高车速提高。由于升力对汽车操纵稳定性的影响，不能简单地用增大 C_L 来分析对 v_{\max} 的影响。

(二) 气动阻力与汽车加速度

汽车的加速度可表示为

$$\frac{dv}{dt} = \frac{dP_t}{dt} \frac{3600\eta_T}{Gf + \frac{3}{2}\rho C_D A v_a^2} \quad (1-2)$$

式中 $\frac{dP_t}{dt}$ ——发动机功率随时间的增长率；

v_a ——车速；

η_T ——汽车传动系效率。

由上式可见汽车的加速能力首先取决于发动机的加速特性，同时还与汽车的气动阻力系数 C_D 近似成反比关系，减小汽车的气动阻力，就可增加汽车的加速度。

气动阻力增加，会导致加速能力下降，当汽车达到最大速度 v_{\max} 时，其加速度的值就降低为零。

二、汽车空气动力特性对经济性的影响

(一) 气动阻力占总阻力的比例

行驶汽车的总阻力 T 可表达为

$$T = \frac{1}{2}\rho v^2 A C_D + 2(G_F - L_F)f_F + 2(G_R - L_R)f_R \quad (1-3)$$

式中 $F = \frac{1}{2}\rho v^2 A C_D$ ——气动阻力；

$2(G_F - L_F)f_F + 2(G_R - L_R)f_R$ ——总的滚动阻力；

G_F 、 G_R ——作用在前、后轴上的汽车重力分配值；

L_F 、 L_R ——作用在前、后轴上的气动升力；

f_F 、 f_R ——前后轮胎的滚动阻力系数。

图 1-1 为气动阻力占总阻力的比例。图中表明，大约在车速 $v = 60\text{km/h}$ 时，气动阻力与滚动阻力几乎相等；但当 $v = 150\text{km/h}$ 时，气动阻力相当于滚动阻力的 2~3 倍。

(二) 消耗于气动阻力的功率

汽车的气动阻力是由发动机产生的牵引力克服的。消耗于克服气动阻力的功率是发动机所作的功中相当大的一部分，因此气动阻力直接影响到所需的功率，这一点可用燃料消耗量来表示。

消耗于气动阻力的功率为

$$N = \frac{1}{\eta^5} \frac{1}{2} C_D \rho v^3 A \quad (1-4)$$

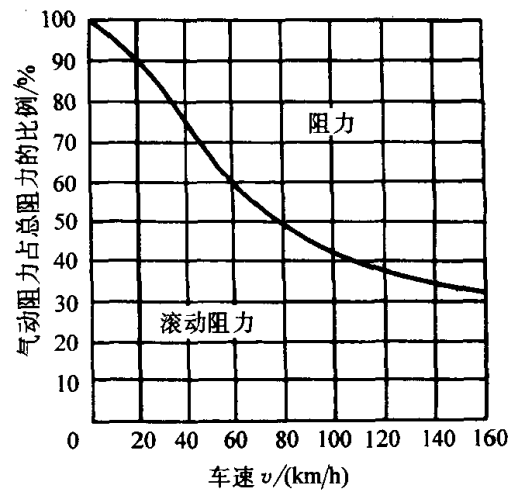


图 1-1 气动阻力占总阻力的比例

可见，消耗于气动阻力的功率与速度的三次方成正比，图 1-2 为消耗于气动阻力的功率。

(三) 气动阻力与燃料消耗量

图 1-3 为各种车辆的每 100km 的燃料消耗量。小型客车用于克服气动阻力的燃油消耗量为 50% 左右，比例最大，其次是普通货车，占 32% 左右。

笔者曾进行过国产轿车、小公共汽车和载货汽车的降低气动阻力的研究。研究表明，国产汽车降低气动阻力大有潜力。通过空气动力学特性改进，红旗 CA774 轿车气动阻力系数可从 0.42 降到 0.25，首都 630、红星 621、沈阳 622B

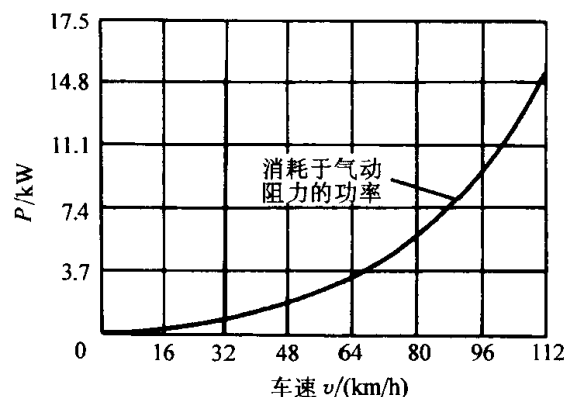


图 1-2 消耗于气动阻力的功率

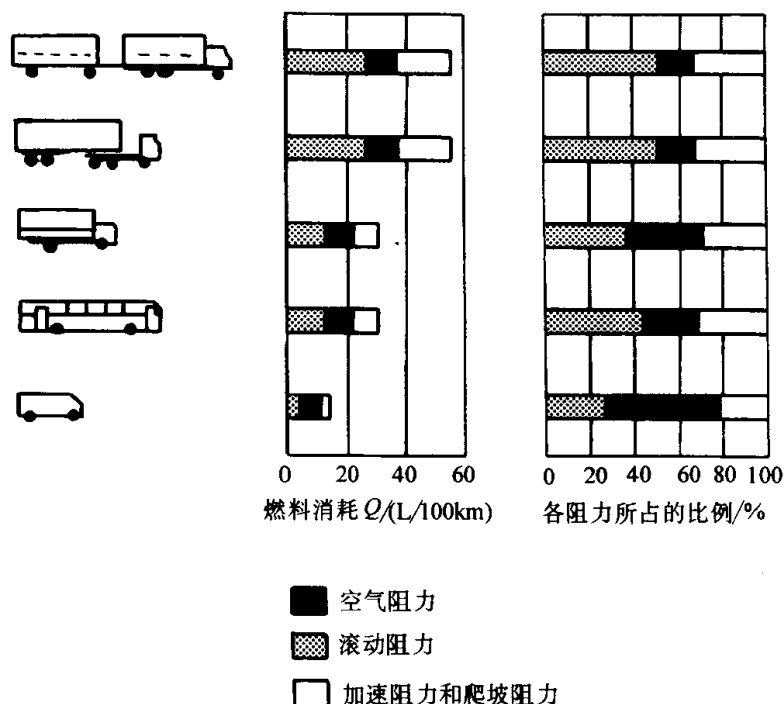


图 1-3 各种车辆每 100km 的燃料消耗量

小公共汽车气动阻力系数可从 0.62、0.481、0.77 分别降低到 0.44、0.40、0.44。降低气动阻力系数对燃料经济性的改善是极其可观的。例如，轿车 C_D 从 0.42 降到 0.30，在混合循环时，燃料经济性可改善 9% 左右，而当以 150km/h 惯速行驶时，燃料经济性竟能改善 25% 左右。

在第十一章将介绍笔者进行的国产 CA141 载货汽车加与不加空气动力学附加装置的公路实车百公里油耗试验，得出的百公里油耗降低量如表 1-1 所示。试验表明，加前阻风板、篷和导流罩等空气动力学附加装置，可使 CA141 汽车油耗降低 2~4L/100km。

表 1-1 百公里油耗降低量 (L/100km)

	车速 $v/(km \cdot h^{-1})$	加前阻风板	带篷	加货箱及保险架辅助板	加篷及导流罩
满载	45	0.5~0.8	3~3.5	0.2~0.5	3~4

(续)

	车速 $v / (\text{km} \cdot \text{h}^{-1})$	加前阻风板	带篷	加货箱及保险架辅助板	加篷及导流罩
空载	45	0.2~0.5	2~3	0.15~0.2	2~3.5
	65	1~2	3.5~3.9	1~1.5	3.5~4.2

如上述附加装置能采用, 一辆 CA141 载货汽车年油耗节省量可这样估算: 假设货车以 45km/h 的平均车速, 每天行驶 3h, 每年使用 260 天则每年行驶里程为 81900km, 采用空气动力学附加装置后年油耗节省量为 1638~3272L。由此可见节油效果是非常可观的。

国产汽车通过空气动力特性改进, 使油耗降低的效果为:

大型载货汽车、载重拖挂车, 当气动阻力系数降低 30%, 并以 80km/h 的车速行驶时, 可降低油耗 12%~13%; 当气动阻力系数降低 20% 时, 可降低油耗 7%~9%; 当气动阻力系数降低 10% 时, 可降低油耗 3%~5%。气动阻力系数对燃料消耗的影响见图 1-4、图 1-5。

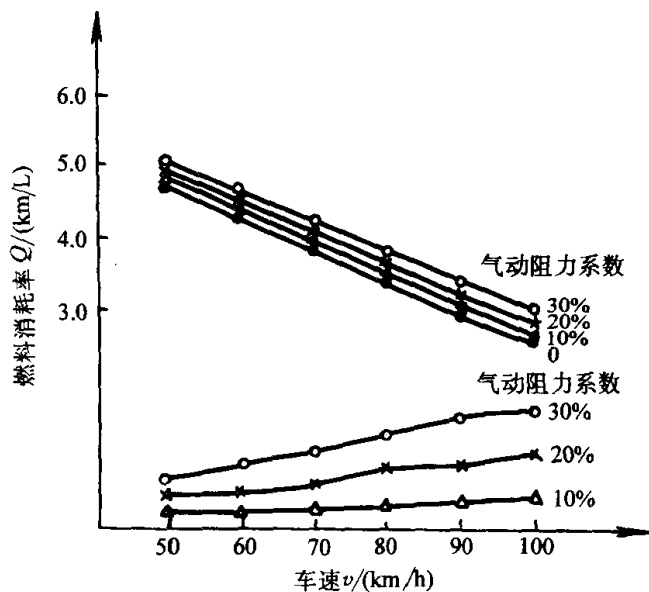


图 1-4 总质量 20t 的载货汽车 6 个月的燃料消耗率与气动阻力系数

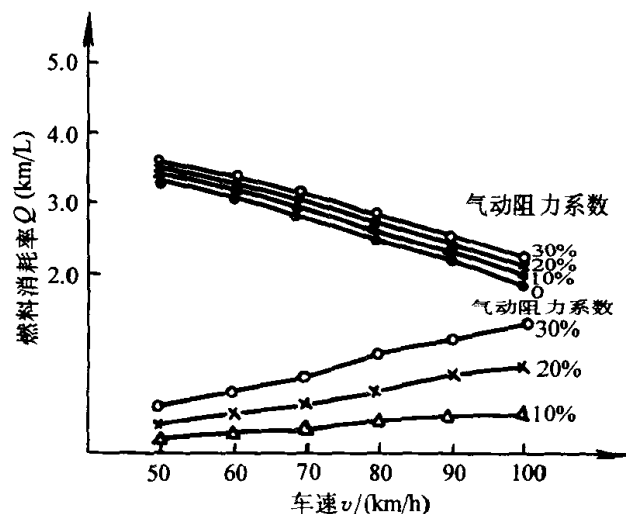


图 1-5 总质量 32t 的拖挂载货车 5 个月的燃料消耗率和气动阻力系数

三、汽车空气动力特性对操纵稳定性的影响

(一) 升力与纵倾力矩对操纵稳定性的影响

升力和纵倾力矩都将减小汽车的附着力, 因而使转向轮失去转向力, 使驱动轮失去牵引力, 影响汽车的操纵稳定性。

质量轻的汽车, 特别是重心靠后的汽车, 对前轮的升力特别敏感。这个情况对行驶中的汽车非常危险, 即当前轮有升力使汽车上浮时, 升力又随着车速的增加而继续增加, 由于前轮失去附着力而使汽车失去控制。升力和俯仰力矩对于高速行驶汽车的操纵稳定性影响很大, 对于轿车来说, 如果在设计阶段没有充分考虑升力的问题, 升力在强风时可达几百甚至几千 N。这一附加的力使前轮减轻了负荷, 从而破坏了汽车的操纵性; 减少了后轮负荷, 使驱动力减小。产生的升力与侧向力的合力具有两次曲线式的增加趋势, 对侧风稳定性的影响很大。