



21世纪交通版

高等学校车辆工程专业教材



汽车空气动力学

Qiche Kongqi Donglixue

◎ 谷正气 主编



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书较详细地介绍了国内外汽车空气动力学的形成与发展,汽车空气动力学的基础理论,汽车空气动力学产生机理与分析,气动力对汽车性能(包括动力性、燃油经济性、高速操纵稳定性、安全性、侧风稳定性等)的影响,各种车型的气动造型规律与应用实例,汽车空气动力学设计,汽车内外流场特性,汽车表面尘土污染,汽车气动噪声,汽车通风、散热、空调及发动机冷却,汽车空气动力学附加装置以及汽车空气动力学的试验技术与研究方法。力图较系统全面地反映国内外本领域的研究成果与最新进展。

本书不仅可以作为高等院校车辆工程专业高年级本科生和研究生的教材,也可供其他从事汽车设计与汽车空气动力学研究的科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车空气动力学 / 谷正气主编. —北京: 人民交通出版社, 2005.7

ISBN 7-114-05642-7

I. 气… II. 谷… III. 汽车—空气动力学
IV.U461.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 074802 号

高等学校车辆工程专业教材

书 名: 汽车空气动力学

著 作 者: 谷正气

责任编辑: 钟 伟

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: 北京宝莲鸿图科技有限公司

开 本: 787×980 1/16

印 张: 17.5

字 数: 345 千

版 次: 2005 年 8 月 第 1 版

印 次: 2005 年 8 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN7-114-05642-7

印 数: 0001—4000 册

定 价: 26.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



高等学校车辆工程专业教材

21 世纪交通版高等学校车辆工程专业教材 编委会名单

编委会主任

陈礼璠(同济大学)

编委会副主任(按姓名拼音排序)

陈南(东南大学)

杜子学(重庆交通学院)

方锡邦(合肥工业大学)

谷正气(湖南大学)

编委会委员(按姓名拼音排序)

陈明(同济大学)

陈全世(清华大学)

陈鑫(吉林大学)

戴汝泉(山东交通学院)

邓亚东(武汉理工大学)

杜爱民(同济大学)

冯崇毅(东南大学)

冯晋祥(山东交通学院)

龚金科(湖南大学)

关家午(长安大学)

过学迅(武汉理工大学)

韩英淳(吉林大学)

何丹娅(东南大学)

何仁(江苏大学)

何耀华(武汉理工大学)

黄韶炯(中国农业大学)

金达锋(清华大学)

李晓霞(长安大学)

刘晶郁(长安大学)

鲁植雄(南京农业大学)

栾志强(中国农业大学)

罗虹(重庆大学)

任恒山(湖南大学)

谭继锦(合肥工业大学)

王国林(江苏大学)

温吾凡(吉林大学)

吴光强(同济大学)

席军强(北京理工大学)

张红(中国农业大学)

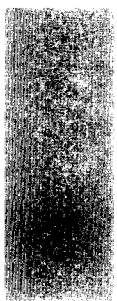
张启明(长安大学)

赵福堂(北京理工大学)

钟诗清(武汉理工大学)

教材策划组成员名单

刘敏嘉 白 峻 钟 伟 翁志新 黄景宇



前 言

汽车空气动力学特性不仅直接影响汽车高速性能而且也是当今世界各大汽车厂家争夺国际汽车市场份额的重要的技术手段。随着我国颁布新的《汽车产业发展政策》，为适应加入世贸组织后国内外汽车产业发展的新形势和要求，增强我国自主开发能力、提升我国自主开发汽车产品的技术含量、参与国际竞争，将是我国汽车制造商和汽车科学技术工作者们所面临的挑战。

进入 21 世纪，我国高速公路通车里程跃居世界第二位，汽车实用车速大大提高，系统地开展汽车空气动力学特性研究是摆在我们面前一个刻不容缓的课题。我国在该领域与世界各汽车工业大国之间的差距已成为我国自主开发汽车新产品的瓶颈技术之一。随着人们对汽车高速气动性能要求的不断提高以及严格的法规出台，汽车空气动力学将在我国得到越来越多的重视。

本书在详细介绍国内外汽车空气动力学形成与发展和理论的基础上，探讨了汽车空气动力学研究内涵与特点，研究了气动力产生机理和对汽车性能的影响，分析了各种车型的气动造型规律与美学造型之间的关系，阐述了汽车空气动力学的试验技术与研究方法。力图较系统全面地反映国内外本领域的研究成果与最新进展。

作者曾两次赴汽车空气动力学发源地同时也是目前在研究领域研究水平居世界领先地位的德国进行客座研究，近 20 年来一直从事汽车空气动力学的教学与科研工作，主持两项国家自然科学基金、教育部资优计划项目、湖南省自然科学基金、国家经贸委以及参加交通部和企业相关的科研课题 10 余项。这些工作的积累和研究成果的总结与心得是成书的基础。

本书是在湖南大学校内第二版教材基础上修订而成，莫志姣、王代雨、王和毅、肖朕毅、容哲、战培国等参与了本书的书稿整理和图片处理等工作。

由于作者水平有限，本书难免有欠妥和谬误之处，恳请读者指正。

编 者



目 录



第 1 章 绪论	1
1.1 汽车空气动力学概述	1
1.1.1 汽车空气动力学的作用及重要性	1
1.1.2 汽车空气动力学的研究方法	2
1.1.3 汽车空气动力学的研究内容	3
1.1.4 汽车空气动力学的研究特点	4
1.2 汽车空气动力学的形成与发展	5
1.2.1 汽车空气动力学的历史沿革	5
1.2.2 汽车空气动力学的发展阶段	10
1.2.3 汽车空气动力学的发展趋势	22
第 2 章 空气动力学基本理论	25
2.1 空气动力学的基本概念	25
2.2 空气的基本物理属性	26
2.2.1 空气的连续介质模型	26
2.2.2 空气密度、温度和压强	26
2.2.3 空气的粘性	28
2.2.4 空气的压缩性、膨胀性和流动性	29
2.2.5 作用在气流微团上的力	31
2.3 气流运动的有关基础	31
2.3.1 气流运动的数学描述方法	31
2.3.2 描述气流运动的基本概念	35
2.3.3 绝对坐标系和相对坐标系	39
2.3.4 体系与控制体	40
2.4 气流运动的基本方程	41
2.4.1 连续方程	42
2.4.2 动量方程	44



2.4.3	伯努利方程	47
2.5	粘性流基础	49
2.5.1	层流和湍流	49
2.5.2	雷诺数	50
2.5.3	附面层	51
2.6	阻力理论	54
第3章	汽车的气动力	56
3.1	汽车气动力和气动力矩	56
3.1.1	气动力和力矩的产生	56
3.1.2	气动力和力矩的计算	57
3.2	汽车气动6分力	58
3.2.1	气动阻力	58
3.2.2	气动升力	70
3.2.3	气动侧力	72
3.2.4	横摆气动力矩	75
3.2.5	纵倾气动力矩	77
3.2.6	侧倾气动力矩	78
第4章	气动力对汽车性能的影响	80
4.1	汽车动力学基本方程	80
4.1.1	汽车的运动行驶方程	80
4.1.2	汽车的功率平衡方程	81
4.2	气动力对汽车动力性的影响	81
4.2.1	气动力对最高车速的影响	81
4.2.2	气动力对加速度的影响	82
4.2.3	气动力对最大爬坡度的影响	83
4.3	气动力对燃油经济性的影响	83
4.3.1	汽车运动阻力	83
4.3.2	消耗于气动阻力的功率	83
4.3.3	气动阻力与燃油经济性	84
4.4	气动力对汽车操纵稳定性的影响	86
4.4.1	影响汽车操纵稳定性的力	86
4.4.2	汽车运动稳态方程	89
4.4.3	汽车直线高速运动的临界速度	90
4.4.4	气动力对汽车转向特性的影响	93
4.4.5	计及侧倾影响的气动稳态运动特性	96
4.4.6	实际气动扰流对汽车操纵稳定性的影响	101



4.4.7 闭环情况下的汽车瞬态响应	111
第5章 汽车空气动力学设计	116
5.1 汽车气动造型	116
5.1.1 气动造型的演变历程	116
5.1.2 气动造型与气动阻力系数	123
5.1.3 气动造型与流谱	128
5.1.4 气动造型与表面压强	136
5.2 汽车空气动力学设计原则	138
5.2.1 汽车空气动力学设计程序	138
5.2.2 汽车空气动力学优化设计原则	139
5.3 轿车空气动力学设计	140
5.3.1 轿车前部气动造型设计	140
5.3.2 轿车客舱气动造型设计	145
5.3.3 轿车尾部气动造型设计	146
5.3.4 车身底部气动造型设计	149
5.4 高性能车空气动力学设计	152
5.4.1 高性能车种类	152
5.4.2 F-1赛车的结构演变	155
5.4.3 减小气动升力的主要措施和方法	156
5.4.4 进、出气口的设置	165
5.4.5 车轮对气动力的影响	167
5.4.6 改善侧风稳定性的主要措施和方法	171
5.5 商用汽车空气动力学设计	173
5.5.1 大客车空气动力学设计	174
5.5.2 货车空气动力学设计	179
第6章 汽车车身表面污染与气动噪声	192
6.1 汽车车身表面污染	192
6.1.1 汽车前部的污染	192
6.1.2 汽车侧壁和侧窗的污染	194
6.1.3 汽车背部的污染	196
6.2 汽车的气动噪声	198
6.2.1 气动噪声的定义及构成	199
6.2.2 气动噪声的研究概况	199
6.2.3 气动噪声的测定	201
6.2.4 气动噪声的产生机理	204
6.2.5 气动噪声与车身外形的关系	208

第7章 汽车空气动力学试验	212
7.1 汽车风洞试验	212
7.1.1 汽车风洞的类型	213
7.1.2 汽车风洞的构造	214
7.1.3 汽车风洞试验设备和仪器	219
7.1.4 世界主要汽车风洞	234
7.1.5 汽车风洞试验技术要求	242
7.1.6 汽车风洞试验内容	248
7.2 汽车空气动力学道路试验	256
7.2.1 气动阻力系数道路试验	256
7.2.2 侧风稳定性试验	257
7.2.3 会车试验	259
附录	261
参考文献	265





第1章 绪 论

本章主要介绍了汽车空气动力学的作用与重要性、研究方法、研究内容和研究特点,给出了汽车空气动力学的定义,综述了国内外汽车空气动力学的历史沿革和发展过程以及今后的发展趋势。

1.1 汽车空气动力学概述

1.1.1 汽车空气动力学的作用及重要性

汽车空气动力学是研究汽车与空气运动之间相互作用规律以及气动力对汽车各性能影响的一门科学。

汽车空气动力特性是汽车的重要特性之一,它直接影响汽车的动力性、燃油经济性、操纵稳定性、舒适性和安全性。由于汽车的气动阻力与车速的平方成正比,且气动阻力所消耗的功率与燃油又与车速的立方成正比。因而通过汽车空气动力学研究来降低汽车气动阻力、提高发动机燃烧效率、改进发动机冷却效果,不仅可以提高汽车动力性,而且还可改善其燃油经济性。对于高速行驶的汽车,因为气动力对其各性能的影响占主导地位,所以良好的空气动力稳定性(如侧风稳定性、高速操纵稳定性)以及通过空气动力学途径提高制动器制动效能是汽车高速、安全行驶的前提。改善车身内部流场品质和散热、取暖、除霜等特性,减少尘土污染和降低气动噪声,则是舒适性的基本保证。

汽车空气动力学的重要性在于:在确定汽车外形初步方案阶段,就需对汽车的空气动力学特性进行估计,在进行汽车造型设计和确定汽车的式样时,应当综合考虑美学造型和气动造型,在实验样车进行结构设计和试制之前,应先解决空气动力学特性问题,并在全尺寸模型上进行验证。否则很难,甚至不可能预言汽车的性能和一般道路特性。

汽车空气动力学的许多研究成果业已使得汽车各种性能大大改善,随着我国汽车工业和高速公路的迅猛发展,汽车实用车速大大提高,汽车空气动力学研究亦日益重要,也必将在我国汽车工程技术领域发挥更大的作用。





1.1.2 汽车空气动力学的研究方法

汽车空气动力学的研究方法按研究手段可以分为:实验研究、理论分析、数值计算。

实验研究是目前汽车空气动力学中的主要研究方法。它能在与所研究的问题完全相同或大体相同的情况下进行研究,直观且可信度高。但它受限于实验手段、方法、设备及经费等客观条件,此外有些问题尚无法在实验中得以解决。

理论分析的特点在于科学的抽象,从而利用数学方法求出理论结果,清晰地、普遍地揭示出空气运动、汽车气动力产生机理以及对汽车性能影响的内在规律。它主要包括以下几个步骤:

(1)通过实验找出对所研究问题的影响因素,并分清主次影响因素,然后抓住主要因素忽略次要因素对所研究问题进行简化和近似处理,总结出基本规律。

(2)抽象出合理的理论模型,建立相应的经验公式和封闭的方程组以及相应的初始条件和边界条件。

(3)利用各种数学工具准确地或近似地解出方程组。

(4)求出方程组的解后,对解进行分析以揭示出由解所表示出来的物理意义和相应变化规律,并将它与实验结果进行比较,确定解的准确度及适用范围。

(5)考虑次要影响因素对结果进行必要的修正。

但理论分析受数学工具和求解方法的限制,往往只能建立较为简单的近似模型和工程经验公式,无法满足研究分析更复杂、更符合实际的现象。

随着数值分析和计算机的发展,复杂的偏微分方程组求解得以实现,从而使得计算流体力学 CFD(Computer Fluid Dynamics)得以长足发展,因而数值计算方法在汽车空气动力学研究方法中的作用和地位不断提高,目前已成为与实验研究和理论分析具有同等重要的研究方法。

数值计算能够解决理论研究方法所无法解决的复杂流动问题。和实验相比,它不仅能模拟部分实验结果,替代部分实验环节,且省时省工,同时它还能分析和揭示一些实验无法处理的复杂流动问题和现象。它可以进行纯二维模拟实验,且具有不受实验环境、实验器材干扰、流场品质等客观因素的影响,实验参数选择性大等优点。但它依赖于理论模型模拟实际流场的精确度以及通过实验揭示出的空气运动真实的机理和规律,同时也依赖于相应的初始、边界条件和各数学模型中相关参数的处理等。目前主要应用的是欧拉方程和纳维·斯托克斯方程,是一个非常具有发展前景的方法。

实验研究、理论分析、数值计算这三种方法各有利弊、相辅相成。实验研究是理论分析和数值计算的基础,并用来检验理论结果的正确性和可靠性,不论理论分析和数值方法发展得如何完善其作用都是不可替代的;理论分析能指导实验和数值计算,使它们更加富有成效,并且可以把部分实验结果推广到一整类没有做过实验的现象当中去,它在大量的





实验基础上,归纳和总结出相应的规律,同时通过理论自身的发展反过来指导实验,并为数值计算提供理论模型;数值计算可以弥补实验研究和理论分析的不足,这样相互作用,共同促进汽车空气动力学的发展。

1.1.3 汽车空气动力学的研究内容

汽车空气动力学对汽车性能有广泛的影响(图 1-1),寻求这十几项性能的改善正是本学科的主要目的。

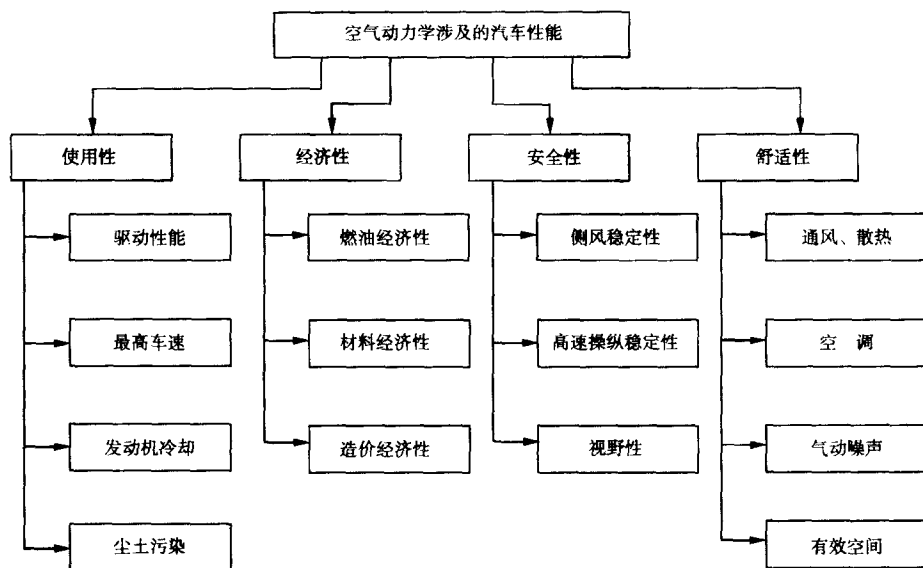


图 1-1 汽车空气动力学涉及的有关汽车性能

具体来说,汽车空气动力学的研究内容主要包括以下几个方面(图 1-2):

1. 气动力及其对汽车性能影响

主要研究作用于汽车上的气动力、气动力矩及其产生机理和气动力、气动力矩对汽车各性能的影响。

2. 流场与表面压强

流场是速度场、压强场、能量场、密度场、温度场等的总称。通过整车和局部流场的研究,更直观地了解汽车内外气流的运动规律和情形,从而进一步研究车身整体气动造型和局部优化气动造型,分析气流分离和尾流现象与机理。

3. 发动机和制动器的冷却特性

通过研究发动机和制动器的冷却气流来提高发动机和制动器的性能和冷却效率。

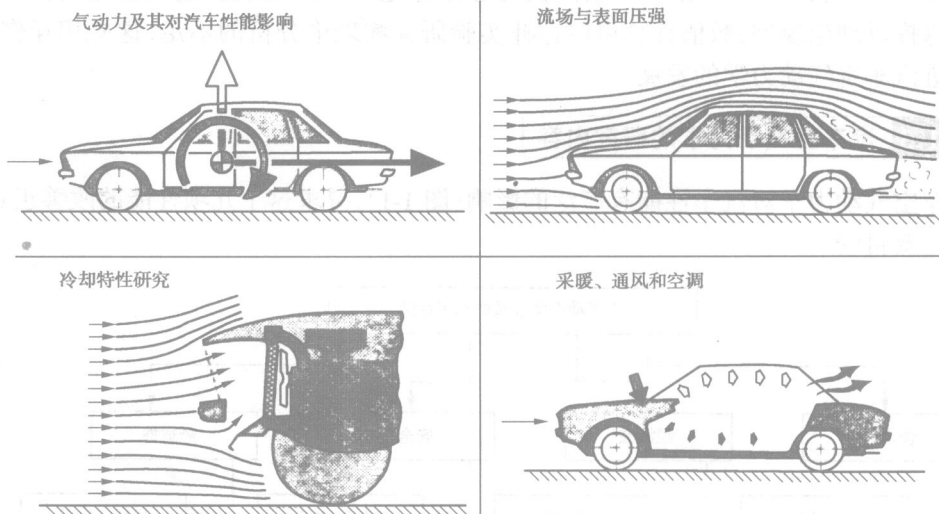


图 1-2 汽车空气动力学研究内容

4. 通风、采暖和制冷

为了改善汽车乘坐舒适性,通常要进行通风、采暖和制冷的研究。通过对空气进出口位置、风量、风速、风路以及空调选型与布置来优化车身内部气流环境。这种研究要求考虑空气的温度、湿度以及太阳照射等因素。

5. 汽车空气动力学专题研究

除上述四种研究内容以外,还有改善雨水流径、减少表面尘土污染、降低气动噪声、侧向风稳定性以及刮水器上浮等专题研究。

1.1.4 汽车空气动力学的研究特点

空气动力学是物理学的一个分支,而汽车空气动力学与铁道车辆、建筑桥梁、船舶舰艇、锅炉、电机等又构成工业空气动力学。由于汽车空气动力学与航空空气动力学有诸多相似之处,如:良好的气动造型、高性能的驾驶或运动特性、各种作用力的平衡以及确保横向稳定性,并且汽车空气动力学中的许多方面研究直接源于航空空气动力学的研究成果。因而现就汽车空气动力学与航空空气动力学相比较来叙述汽车空气动力学自身的特点,简要说来主要有以下几个方面:

1. 研究对象

飞行器多为细长流线型体;而汽车则近似于“钝形体”,其长宽比一般约为 2~4。

2. 运动环境

飞行器既要考虑升降时地面影响问题,又要考虑空中飞行时的问题;而汽车,除“飞车”



某些特殊情况下,始终不离开地面,作用于汽车上的所有气动特性都受地面效应的影响。

3. 速度范围

飞行器的速度范围很大,往往历经亚音速、跨音速、超音速乃至高超音速的飞行阶段;而汽车的速度范围则在亚音速内(个别创记录车除外)。

4. 流谱特性

飞行器的表面气流分离区较少;而汽车四周的气流分离区和涡流区较多。

5. 升阻特性

飞行器一般希望升阻比越大越好,即要求阻力尽可能小,升力尽可能大;而汽车的升阻比则多小于1,不仅要求阻力小,而且要求升力也小。有时还希望出现负升力。

6. 操纵特点

飞行器通常是通过操纵各翼面从而改变各翼面上的气动力来实现飞行状态的控制;汽车则是通过操纵汽车车轮来实现行驶状态的控制,但气动力也影响汽车操纵性。

7. 稳定性

飞行器对自行恢复原运动状态的要求很高,即希望飞行器在某瞬间受到外界气流小扰动时,飞行器具有很强的自动通过气动力恢复力矩来恢复原运动状态的能力,而不需要驾驶员采取任何动作;汽车这样的稳定性则较弱,一般都依赖于驾驶员的修正动作。

1.2 汽车空气动力学的形成与发展

1.2.1 汽车空气动力学的历史沿革

自从1886年德国人高特立勃·戴姆勒(Gottlieb·Daimler)和卡尔·奔驰(Karl·Benz)(图1-3)创造了世界上第一辆以内燃机为动力的现代汽车以来,汽车的发展给人类社会带来巨大而深刻的变化,汽车已成为现代文明的主要标志。

汽车空气动力学是伴随着人们对汽车完美艺术造型和卓越的性能之追求而逐渐形成和发展起来的。

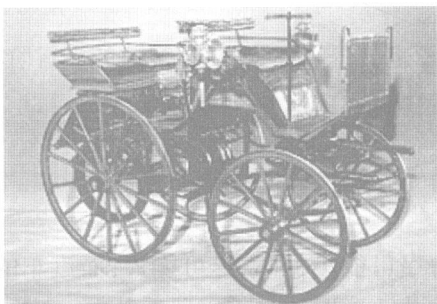
在汽车发明后的最初十几年,由于大多数局限于解决机械问题,且车速很低,汽车空气动力学问题并没有真正的提到议事日程。

从某种意义上说,空气动力学起源于研究道路车辆的气动阻力问题(参考文献4)。但它却是在航空航天领域内得以飞速发展,直至今日有许多航空航天领域所取得的研究成果都是直接移植至汽车领域。

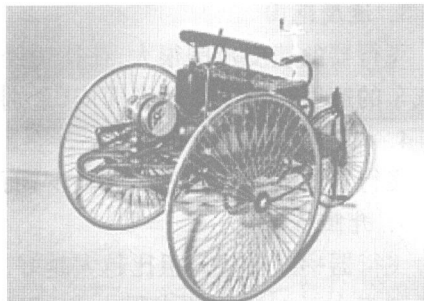
今天看来,最早按照空气动力学观点设计的汽车是1899年由比利时人卡米勒·詹那兹(Camille·Jenatzy)设计的状如炮弹型的汽车(图1-4)。该车基本就是在一个炮弹外形车身上加装行驶系统,车身高宽比为4:1。随后,又相继出现了几个“炮弹型车”(如后面提



到的法国伽特的电动车,其外形也相类似)。



a)



b)

图 1-3 世界上第一辆以内燃机为动力的汽车

a)戴姆勒 1 号车;b) 奔驰 1 号车

较为系统的有关汽车空气动力学的研究工作始于 1911 年。这一年,德国的里德勒(Riedler)在分析车辆阻力的时候引入了气动阻力的概念(参考文献 1),之后普朗德(Prandtl)、艾菲尔(Eiffel)和奥斯通(Aston)(参考文献 3)等对汽车气动阻力产生机理作了更深入的研究。并揭示了由于地面效应,简单的轴旋转体不适合作汽车车身外形这一现象。1920 年有关车身外形与气动阻力的实验工作在德国的腓特烈港(Freidrechshafte)的策佩林(Zeppelin)工厂的大风洞中进行,1922 年一系列有关实验的首批论文正式刊登于德国的技术文献上,其中如克兰普尔(W. Klemperer)的“汽车气动阻力的研究”论文为代表作之一(参考文献 5)。

德国人保尔·贾瑞(P. Jaray)对早期的汽车空气动力学作出了卓越的贡献。1921 年,通过风洞对著名的卓别林号飞艇进行气动阻力研究后,他发现前端方正的物体比前圆后尖的物体的空气阻力系数要大得多,实际上这已涉及到压差阻力概念。之后,他提出的“最小阻力的外形是以流线体的一半构成的外形”和“只有消除汽车尾部气流分离,才能降低阻力”等论点大大推动了汽车空气动力学的发展(参考文献 6、7)。他与克兰普瑞合作在进行一系列与汽车有关的几何形状的风洞试验后,提出了所谓“合成型车身”概念(或称为“J”型车)(图 1-5)。“J”型车的风洞实验从 1921 年的克兰普尔一直延续到 1938 年哥廷根空气动力学研究院的路德维格·普朗特领导下的研究组,最终导致了朗哥车型(Lange car)(图 1-6)。该车气动阻力系数达 $C_D = 0.14$ (参考文献 9)。后由胡克(W. H. Hucho)等

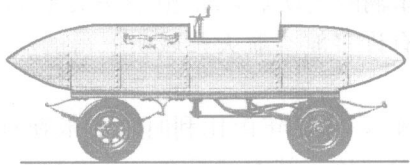


图 1-4 卡米勒·詹那兹的炮弹形车

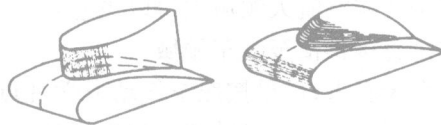


图 1-5 “J”型车



人通过 1:5 模型风洞确认该车气动阻力系数 $C_D = 0.16$ 。该模型完全光滑,高长比为 1:3.52,但缺少轮罩、风窗等细节(参考文献 10)。

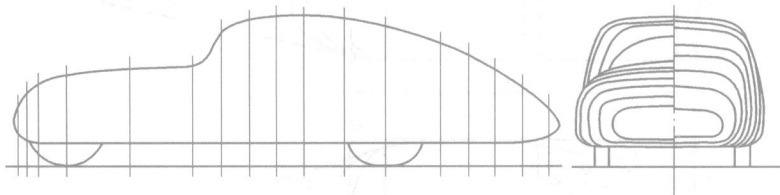


图 1-6 朗哥车型(Lange car)

“J”型车的造型思想对当时汽车设计产生了巨大的影响,以至于后人将从“J”型车概念的提出到第二次世界大战结束这一时期称为“J”型车时代。图 1-7 是 1934 年由克里尔(E. Kleyer)设计的阿德勒·特伦普(Adler·Trumpf)车,该车是当时“J”型造型典型的代表作之一。

1930 年美国克莱斯勒汽车(Chrysler)公司开始从事有关汽车空气动力学研究工作,并于 1934 年推出“气流”牌(Air Flow)汽车(图 1-8),该车是首次推出的大量生产的流线型实用车。它的出现在美国掀起了一股流线型风潮,以至当时的建筑、家具等都引入了流线型概念。以往,发动机罩、前翼子板、大灯等都是分散布置的,而“气流”牌车却使之成为一体。它宣告了汽车造型进入了一个新时代。“气流”牌车虽然借鉴了部分空气动力学研究成果,但毕竟不成熟,且由于超越了时代的欣赏能力,销售十分不理想。

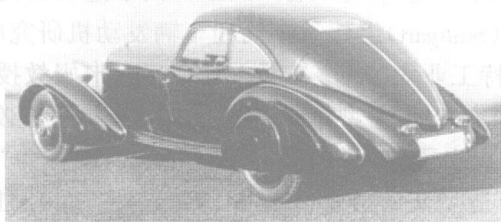


图 1-7 Adler·Trumpf 汽车

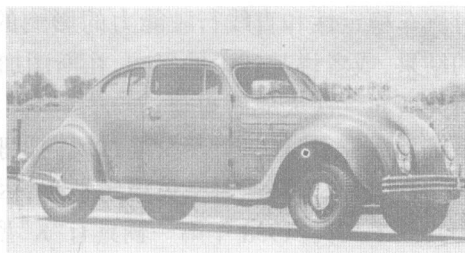


图 1-8 克莱斯勒公司的“气流”型汽车

1933 年美国雷依教授(W. E. Lay)在密执根大学进行可更换的各种头部和尾部组成的积木式汽车模型(图 1-9)风洞试验,较详细地分析了车身后主要参数对气动阻力的影响和前后流场的相互作用与影响(参考文献 11)。该试验指出:如果汽车头部不是干净利落的顺滑,良好的尾部造型就没有多大意义;陡的前风窗会使气动阻力明显增加,但如果较差的尾部在产生较大气动阻力时,陡的前风窗影响就不明显了;短钝的尾部与长的逐渐变小的尾部相比,气动阻力增加不大。这次实验的意义在于:它不只是就某一个具体车型,而是根据不同的车头和车尾的组合进行较系统的风洞实验,积累了原始实验数据,得出了一些较为有实际指导意义的结论。但不足的是,该积木式汽车模型的两侧壁是平面,没有研究车身两侧壁参数对气动阻力的影响。

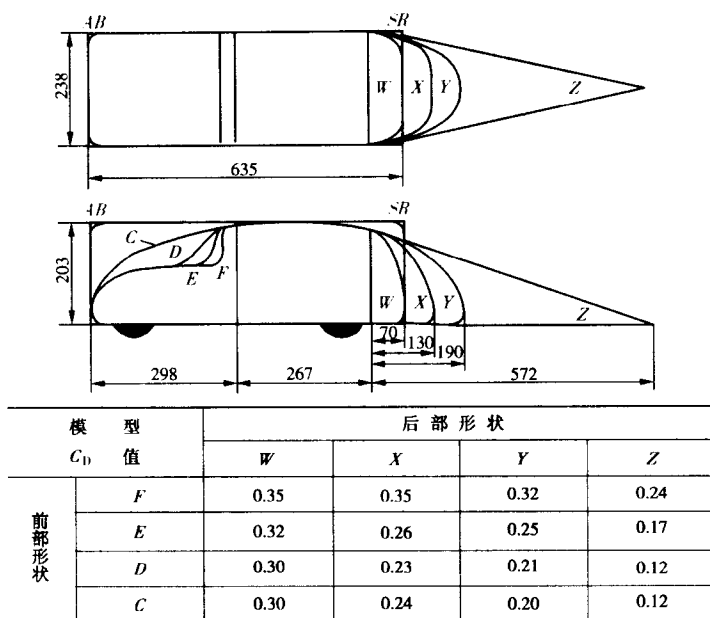


图 1-9 雷依积木式汽车模型与部分

20 世纪 30 年代初,德国人卡姆(W. Kamm)领导科学工作者就开始着手进行有关气动力对汽车稳定性和直线行驶能力的影响的系统研究(参考文献 13、14),由于这项研究工作的结果,或者说其理论的影响,在斯图加特(Stuttgart)组建了车辆和车辆发动机研究所。该研究所在二次大战后重建,目前是斯图加特工业大学的一部分。1934 年,卡姆教授开始系统地研究车身尾部设计,通过风洞试验研究表明“J”型车的长而尖的尾部并不是必不可少的,而且汽车高速时横风稳定性差,因而提出了有名的“短尾”造型概念(或称为“K”型车)(图 1-10)。1938 年第一辆具有“K”型车造型艾沃林车(Everling Car)(图 1-11)问世。目前世界上的汽车技术人员对汽车性能进行的很多研究,其基本思想和试验方法,几乎都是由卡姆教授指导下的技术班子开创的。卡姆所著的《理论汽车工程》和《汽车工程实验方法》被誉为这方面的经典著作。

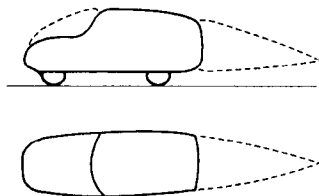


图 1-10 K 型车

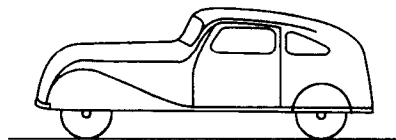


图 1-11 艾沃林车