

德国汽车理论

DEGUO QICHE LILUN

经典德国汽车理论与技术丛书



◎ 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



耿 彤

1969年 出生于上海
 1991年 上海工程技术大学机械系毕业后于上海起重运输机械厂工作
 1999年 德国勃兰登堡州立科特布斯工业大学学习德语
 2001年 德国斯图加特大学攻读汽车和发动机工程，获德国工学硕士
 Diplom -Ingenieur (Dipl.-Ing.)学位。毕业后与德国主要从事过的专业领域有：整车理论和设计、行驶动力学、车身和底盘技术。目前仍留居德国，从事汽车设计和制造专业工作。

经典德国汽车
理论与技术丛书

德国汽车理论

汽车动力与驱动系统技术

汽车车身、底盘理论及制造技术

商用车和竞技车辆技术

DEGUO QICHE LILUN

上架指导 交通运输 / 汽车设计

ISBN 978-7-111-36838-0



地址：北京市百万庄大街22号 邮政编码：100037
 电话服务 网络服务
 社服务中心：(010)88361066 门户网站：http://www.cmpbook.com
 销售一部：(010)88326294 教材网：http://www.cmpedu.com
 销售二部：(010)88379649
 读者购书热线：(010)88379203
 封面无防伪标均为盗版

ISBN 978-7-111-36838-0
 策划编辑：连景岩 / 封面设计：鞠杨

定价：58.00元

9 787111 368380 >

经典德国汽车理论与技术丛书

德国汽车理论

耿 彤 编著



机械工业出版社

本书重点介绍了汽车基本理论和基本概念,是“经典德国汽车理论与技术丛书”的技术基础部分,也为丛书后面几册做了知识上的铺垫和准备工作。本书主要内容包括汽车的基本功能及其发展、汽车基本理论和概念、车辆空气动力学、汽车声学 and 振动学、车辆热力学、车辆行驶特性和行驶动力学。本书内容丰富,基本涵盖了整个汽车理论,介绍了目前的总体技术发展状态和主要研究方向,注重理论体系的完整,概念清晰、语言精炼、图文并茂,内容由浅入深。在丛书的后几册中会继续把汽车理论的更具体、更深入的运用贯穿于全书。

图书在版编目(CIP)数据

德国汽车理论/耿彤编著. —北京:机械工业出版社, 2011. 12

(经典德国汽车理论与技术丛书)

ISBN 978-7-111-36838-0

I. ①汽… II. ①耿… III. ①汽车工程 IV. ①U461

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 270838 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:连景岩 责任编辑:连景岩

版式设计:石冉 责任校对:申春香

封面设计:鞠杨 责任印制:乔宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2012 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·19.75 印张·6 插页·302 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-36838-0

定价:58.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

销售二部:(010)88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着我国经济的快速发展，国内汽车生产水平有了很大的提高，汽车保有量也有了成倍的增长。在巨大的社会需求推动下，汽车技术获得了长足的进步，自主品牌的汽车产品开始出现。在我国汽车工业取得巨大成就的今天，纵观国内现状，仍然是引进多，消化少；生产投入多，研发投入少；外来品牌多，自主品牌少；指导汽车维修的书多，探索汽车理论的书少。这种现象是发展的必然过程。我们应与时俱进，业界应投入更多的财力和人力，大力开展汽车的研发工作，创造出过硬的自主品牌。只有如此，才能保证我国汽车工业的持续发展，方可稳固地确立汽车大国的地位。

为了提高我国的汽车技术水平，创造自主品牌，在国内尚未建立起系统而独立的现代汽车理论体系之前，熟悉欧美发达国家的汽车理论与技术经验是必要的。俗话说：“他山之石，可以攻玉”，借鉴别人的经验，有益于自己的创造。这方面的工作，许多学术前辈和同行都已作出了相当大的成绩。

笔者旅德多年，对欧系汽车，特别是德国的汽车理论与技术，有较系统的学习与研究，也作过一些考察和试验，略有心得，在汽车企业和研究所工作时曾收集了不少相关资料。现把收集到的资料和自己的心得，编撰成书，主要介绍德国的经典汽车理论和完整的道路车辆知识体系，供汽车研发设计人员和大专院校相关师生参考。这也算是笔者对国家汽车工业发展尽的一点心力。本丛书共分四册：《德国汽车理论》（基本理论、基本概念及汽车物理）、《汽车动力与驱动系统技术》（动力来源、动力传递、驱动链计算和设计）、《汽车车身、底盘理论及制造技术》（金属塑性加工基础、车身理论和加工工艺、底盘理论）、《商用车和竞技车辆技术》（货车和巴士车辆技术、运动车辆和竞赛车辆技术）。

为方便读者学习使用，本书在编写过程中注重图文并茂、基本理论与实用技术并举，尽量避免大量公式的推导和繁缛的叙述，注重知识的深度和广

度，尽量扩大汽车知识面。书中引用了若干文献和图表，其出处可查本书的参考文献。

由于本书涉及的专业面广，篇幅较长，加之笔者水平有限，疏漏和谬误之处在所难免，诚望读者、专家批评指正。

耿彤
于德国斯图加特

目 录

前言

第 1 章 汽车的基本功能及其发展	1
1.1 概述	1
1.2 汽车分类和基本尺寸	3
1.3 汽车发展简史	8
第 2 章 汽车基本理论和概念	18
2.1 车身	18
2.2 驱动方式	38
2.3 车辆能源消耗	50
2.4 功率提供	58
2.5 功率需求	60
2.6 行驶功率	81
2.7 行驶极限	88
2.8 车轮和轮胎	95
2.9 制动	109
2.10 动力传递	124
2.11 底盘和转向机构	134
第 3 章 车辆空气动力学	146
3.1 概述	146
3.2 车辆空气动力学发展简史	149
3.3 流体力学的基础问题	160
3.4 绕流	162
3.5 过流	174
3.6 个人乘用车空气动力学	177

3.7 商用车的空气动力学	200
3.8 风洞技术	211
第4章 汽车声学 and 振动学	218
4.1 汽车声学概述	218
4.2 行驶噪声	219
4.3 发动机噪声	221
4.4 滚动噪声	226
4.5 风噪声	227
4.6 电子设备声	229
4.7 外部噪声	229
4.8 振动舒适性	231
第5章 车辆热力学	234
5.1 车辆热力学概述	234
5.2 发动机冷却系统	234
5.3 乘员室的加热和冷却	238
第6章 车辆行驶特性和行驶动力学	242
6.1 引言	242
6.2 行驶特性	242
6.3 轮胎特性对行驶动力学的影响	246
6.4 悬架系统对车辆行驶稳定性的影响	252
6.5 横向动力学	278
6.6 垂直动力学	291
参考文献	305

第 1 章

汽车的基本功能及其发展

1.1 概述

运动是自然界的永恒主题，帕斯卡说：我们的自然界属于运动，完全不动的只有死亡。人类久远以来，都希望能快速移动，像鸟一样飞翔、像鱼一样游泳、像猎豹一样飞奔……随着技术的不断进步，人们探索世界的领域越来越广，本领越来越强。通过风帆行驶船只，通过畜力驱动车辆。在 170 年前开创了第一条铁路，125 年前，伟大的交通工具——汽车被发明了，新的交通时代到来了。今天，汽车作为运用最广的灵活交通工具，可以在任意时刻，到达几乎所有想去的地方。今日德国的私人交通，80% 以上依赖于汽车。

汽车的德文表达为 Automobil，其字根来源于希腊语，auto = selbst，意为自己的，mobilis 意为移动。定义为：自行驶的交通工具，不依赖于轨道，不需要人力、畜力牵引，自身带有驱动装置在道路上行驶。这个定义也适用于二轮摩托车，但通常是指多轮迹的个人乘用车。

现在的汽车基本由三大系统组成：

- 1) 发动机、驱动、动力传递等，综合为动力系统；
- 2) 轮胎、轴、转向系统、弹簧、减振等，综合为底盘系统；
- 3) 车身、座椅、内部设备等，综合为车身系统。

汽车的三大系统组成了车辆行驶所必须具备的动力性、安全性和舒适性。

乘用车考虑车辆的主要因素是：功率和运载能力、安全性、价格、可靠性和质量、废气和噪声、舒适性、油耗、回收性。

这同时也是汽车设计者和制造商要时时关注的问题，其中更详细的有以下点：

1) 关于舒适性的有以下几点：

- ① 转向柱可调节；
- ② 伺服转向；
- ③ 座椅可调节、加热、通风；
- ④ 自动档驱动；
- ⑤ 空调；
- ⑥ 速度控制和距离保持系统；
- ⑦ 主动减振。

2) 关于安全性的有以下几点：

- ① 辅助制动系统；
- ② ABS、EDS、ESP 等；
- ③ 雨量传感器；
- ④ 视野和灯光、动态前照灯、转向随动前照灯；
- ⑤ 行驶轨迹保持；
- ⑥ 儿童座椅；
- ⑦ 辅助停车系统；
- ⑧ 冲击安全性。

3) 关于通信功能的有以下几点：

- ① RDS、TMC；
- ② 动态导航；
- ③ 防盗；
- ④ 紧急呼救等。

对于整车来说，很多共性的东西是需要加以定义和标准化的，由此世界上各生产厂商制定了几个大的设计分类原则，如车身基本形状分类、车身尺寸分类、驱动和设备布置方式分类。

对汽车设计师来说，采用何种分类并确定设计方案，必须综合考虑影响车辆设计的各种因素，如市场竞争(今天和将来的市场定位)、使用条件(休

闲、商用、运动、旅游、越野)、车型柔性生产、冲击实验下的耐冲击性、座位数、人机工程、设备通用性和驱动方案等。

1.2 汽车分类和基本尺寸

根据德国工业标准 DIN 70010, 在道路上行驶的车辆分类为动力车辆、车辆综合体、挂车、其他道路行驶车辆四大类, 如图 1-1 所示。

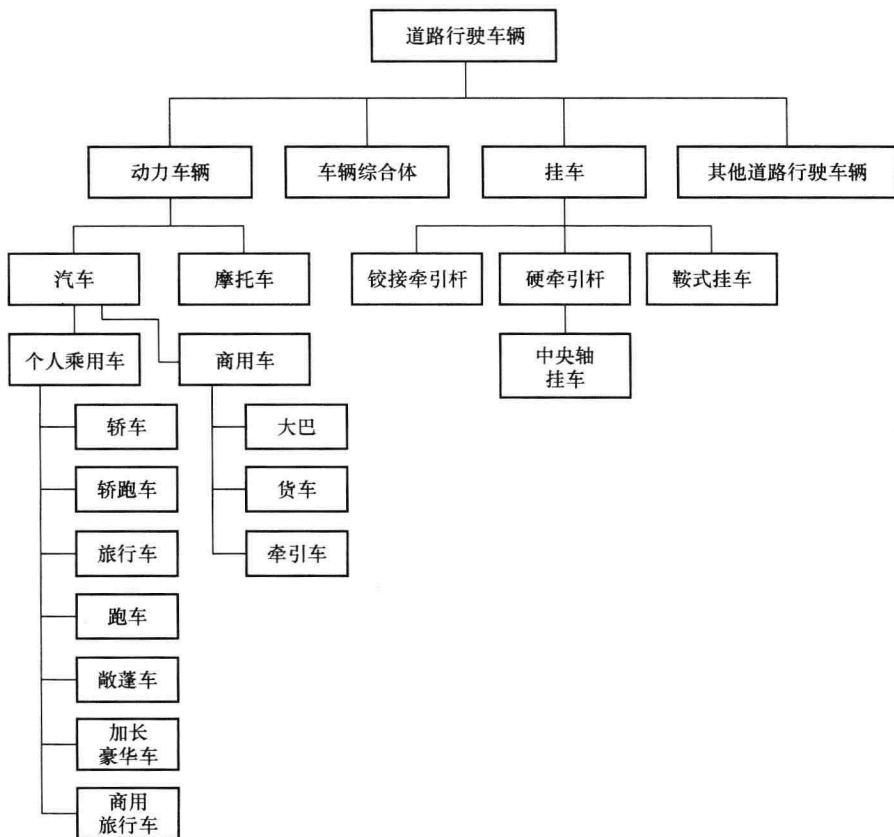


图 1-1 根据德国工业标准 DIN 70010 的汽车分类

在本书中除非特别指出, 一般的车辆和汽车的概念是指个人乘用车, 大部分情况是讲轿车。

图 1-2、图 1-3 给出具体车辆外形定义尺寸, 来说明个人乘用车几何尺寸的定义, 及车辆的长、宽、高、轴距等作为分类依据的常用数据。这些都

是汽车设计的最基本定义。 H 、 L 、 W 及其带的下标是有固定含义的，为国际通用定义。

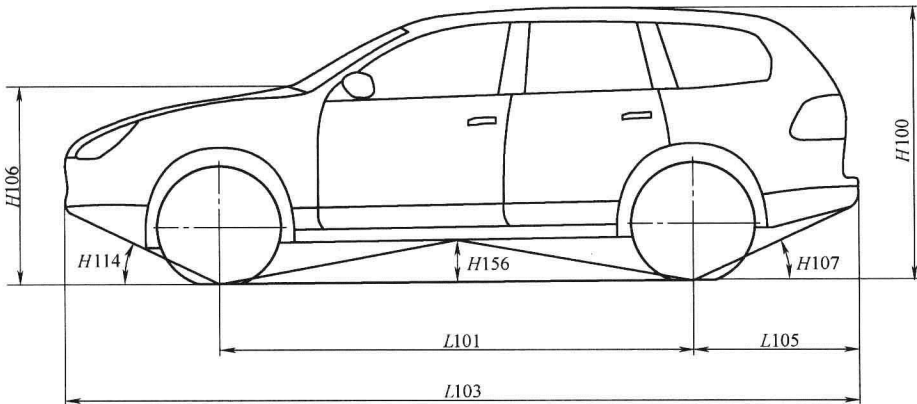


图 1-2 车辆在 X/Z 方向上的外形定义尺寸

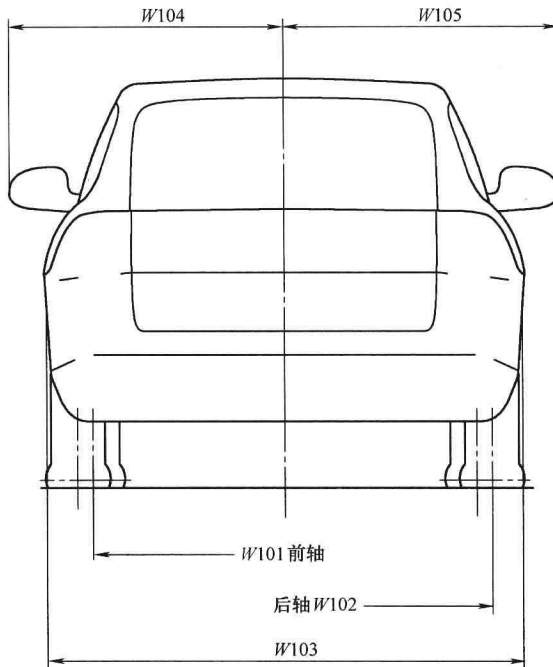


图 1-3 车辆 Y 方向上的外形定义尺寸

表 1-1 说明各个级别的个人乘用车的几何尺寸分类数据，并举了与之对应的常用代表车型。

表 1-1 相对应的个人乘用车型分类数据

车辆级别	MINI 车	紧凑型	中低级	中级	中高级	豪华车	Van	SUV
举例	Fiat seicento Mcc smart VW lupu	Toyota Yaris Fiat punto VW polo	Mercedes A 系列 Opel Astra Ford Focus	Ford Mondeo Mercedes C 系列 BMW3 系列	Opel Omega BMW 5 系列 Mercedes E 系列 Audi A6	Jaguar XJ BMW 7 系列 VW phaeton S-KL	Fiat Ulysse VW sdllaran	BMW X5 Mercedes MLK Porsche cayenne
座位数	4/2	5/2	5/2	5/2	5/2	5/2	7/2	5/2
外形尺寸								
长(L103) /mm	2500 ~ 3600	3600 ~ 3900	3900 ~ 4400	4300 ~ 4600	4500 ~ 4900	4800 ~ 5200	4600 ~ 5000	4400 ~ 4900
宽(W103) /mm	1500 ~ 1650	1550 ~ 1670	1670 ~ 1740	1670 ~ 1770	1770 ~ 1850	1800 ~ 1900	1800 ~ 1950	1800 ~ 1950
高(H100) /mm	1330 ~ 1550	1350 ~ 1480	1330 ~ 1440	1360 ~ 1430	1360 ~ 1450	1400 ~ 1500	1500 ~ 2000	1650 ~ 1950
轴距(L101) /mm	1800 ~ 2400	2350 ~ 2500	2400 ~ 2700	2500 ~ 2800	2600 ~ 2900	2700 ~ 3200	2700 ~ 3200	2700 ~ 3000
离地间隙 H156/mm	100 ~ 150	100 ~ 150	100 ~ 150	100 ~ 150	110 ~ 150	110 ~ 150	120 ~ 170	170 ~ 250
接近角 H114/(°)	12 ~ 50	15 ~ 20	12 ~ 20	12 ~ 20	12 ~ 20	12 ~ 20	12 ~ 20	24 ~ 35
离去角 (H167)/(°)	15 ~ 50	15 ~ 20	15 ~ 20	12 ~ 70	12 ~ 20	12 ~ 20	12 ~ 20	14 ~ 35

下面我们用线框图举例说明各种分类的乘用车型的内部和外部尺度比较。

1) MINI 车(微型车)。图 1-4 所示为奔驰汽车的 Smart 系列微型车。

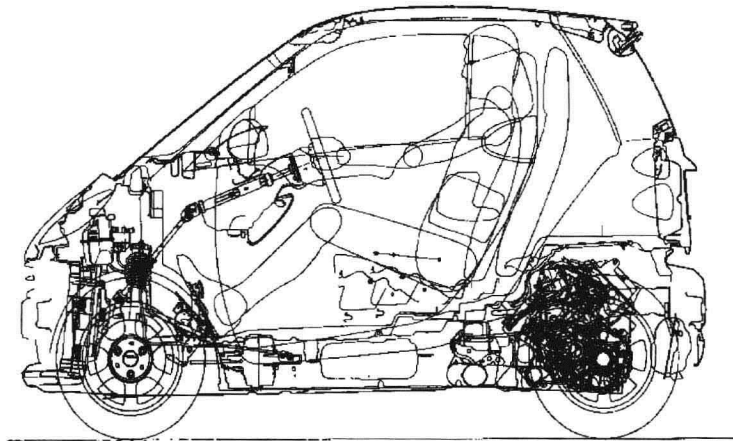


图 1-4 奔驰汽车的 Smart 系列微型车

2) 中低级车。图 1-5 所示为奔驰汽车的 A 系列中低级车。

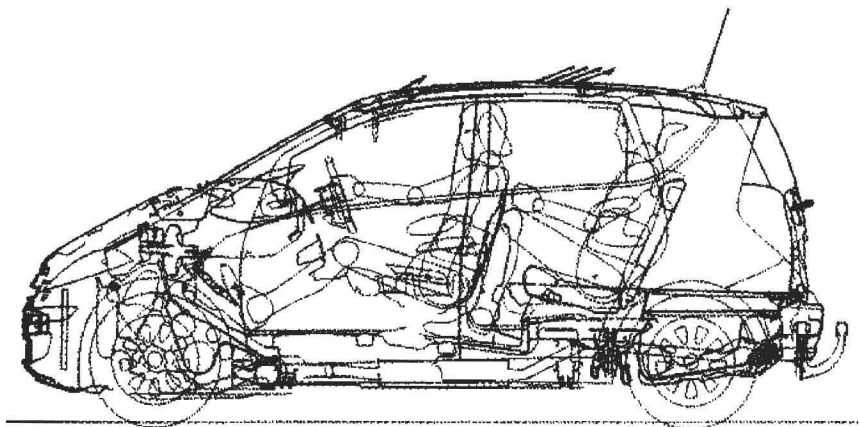


图 1-5 奔驰汽车的 A 系列中低级车

3) 中级车。图 1-6 所示为宝马汽车 3 系列中级车。

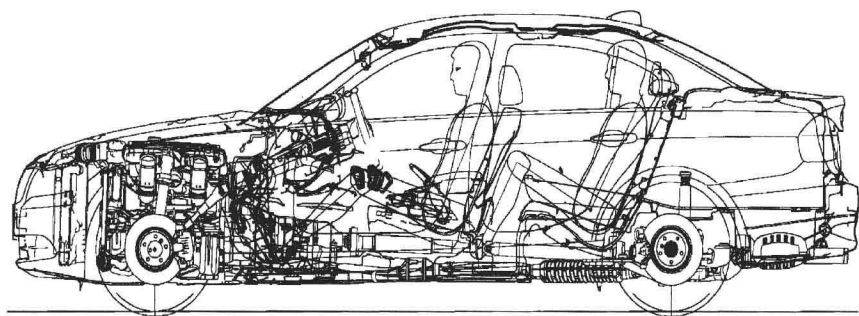


图 1-6 宝马汽车 3 系列中级车

4) 中高级车。图 1-7 所示为奥迪汽车的 A6 中高级车。

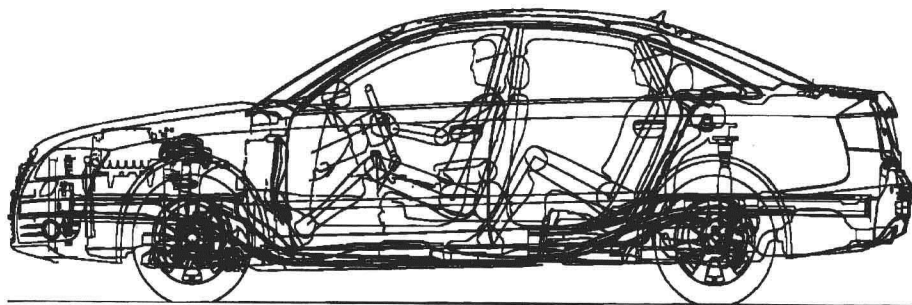


图 1-7 奥迪汽车的 A6 中高级车

5) 豪华车。图 1-8 所示为迈巴赫 62 豪华车。

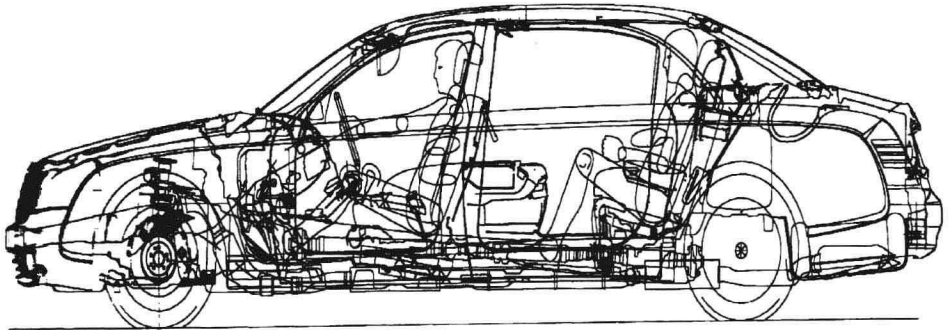


图 1-8 迈巴赫 62 豪华车

6) SUV。图 1-9 所示为保时捷 Cayenne Turbo SUV。

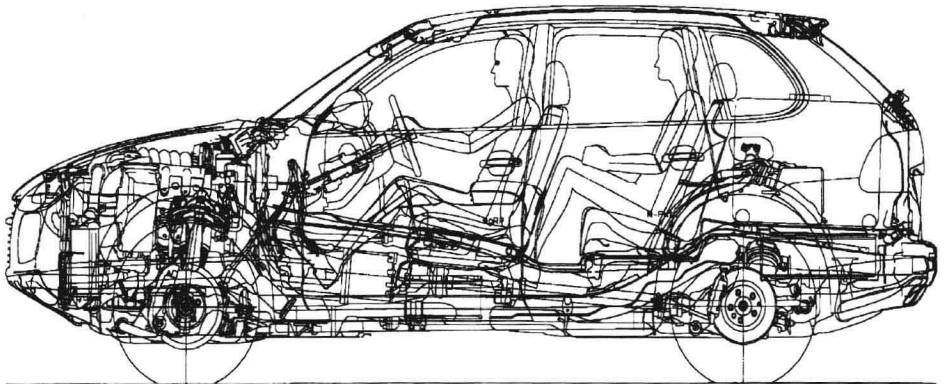


图 1-9 保时捷 Cayenne Turbo SUV

7) Van。图 1-10 所示为大众汽车的夏朗 Van。

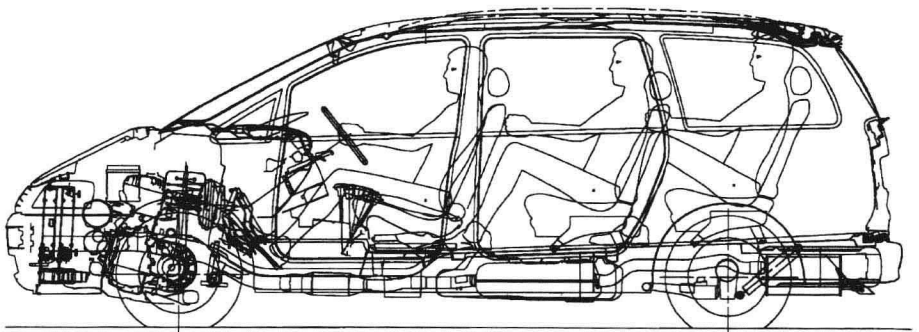


图 1-10 大众汽车的夏朗 Van

在讨论汽车理论前，先简略回顾一下汽车发展的道路。

1.3 汽车发展简史

下文简要介绍一下汽车技术的发展史，并介绍一些汽车发展史上的最重要人物。正是这些伟大的先驱们开创了近现代汽车理论，并引导了那个时代的实践活动，加上无数的工程师的心血和努力，才有了我们今天汽车业的发展。

按照年代的次序，我们记录了在汽车发展史上的一些标志性发明和大事：

- 1769年 蒸汽机；
- 1845年 充气轮胎(Thomson)；
- 1867年 煤气机(Otto)；
- 1876年 四冲程煤气机(Otto)；
- 1885年 动力自行车带快速运转发动机和点火装置(Daimler)；
- 1886年 电子点火的三轮车(Benz)；
- 1897年 柴油机；
- 1908年 Henry Ford 的 T 型车，15 000 000 辆；
- 1924年 货车用柴油机(Benz-MAN)；
- 1934年起 德国开始建造高速公路网；
- 1936年 汽油喷射技术；
- 1950年 带涡轮驱动；
- 1954年 量产车带水平控制；
- 1959年 NSU-汪克尔-汽车；
- 1955~1965年 货车用柴油机直喷技术；
- 1961年 加利福尼亚排放法规；
- 约1965年 美国安全法规；
- 1971~1972年 安全实验车；
- 1975年 欧洲汽车噪声法规；
- 1983年 无铅汽油；
- 2003年 加州10%的汽车实现零排放；

2005年 德国二氧化碳排放比1990年减少25%~30%。

在这些年代中产生了很多具有非凡影响力的科学家、工程师、技师，正是他们相继推动了一百多年来整个汽车工业发展的过程。图1-11~图1-21所示为一些最重要的人物和他们的主要成就。



Eugen Langen

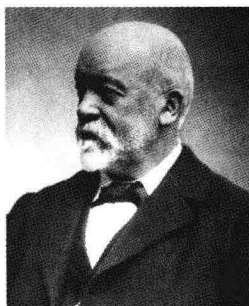


Nicolaus Otto (汽油机发明者)

图1-11 Langen 和 Otto(二人合作建立 N. A. Otto & Cie 公司)



Karl Benz



G. Daimler



W. Maybach

图1-12 汽车发展史上最伟大的三位人物

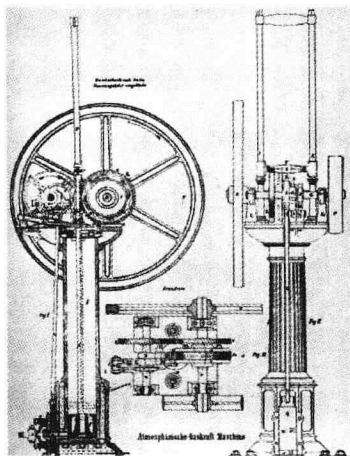


图1-13 1864年的汽油机

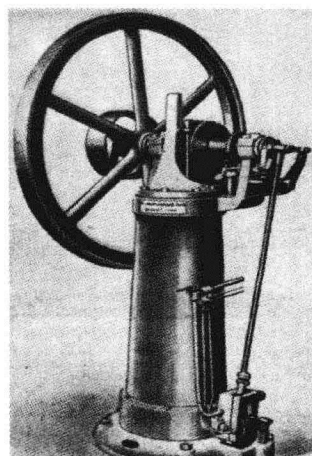


图1-14 1874年的汽油机