

XIANDAI JIAOCHE CHESHEN SHEJI

现代轿车 车身设计

吴亚良 编

邵振麒 陈寿昌 审



上海科学技术出版社

现代轿车车身设计

吴亚良 编

邵振麒 陈寿昌 审

上海科学技术出版社

现代轿车车身设计

吴亚良 编

邵振麒 陈寿昌 审

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所经销

商务印书馆上海印刷股份有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 12 插页 4 字数 280 000

1999 年 3 月第 1 版 1999 年 3 月第 1 次印刷

印数 1—3500

ISBN 7-5323-4911-X/U·140

定价: 25.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向承印厂联系调换

本书由上海发展汽车工业教育基金会资助出版

内 容 提 要

本书系统地阐述了在德国如何运用新的设计过程,来设计现代轿车车身整体(第1章至第3章)及车身前部(第4章)、客厢(第5章)、车身后部(第6章)、客厢内部布置与装饰(第7章),同时给出设计范例(第9章)。根据轿车发展趋势,对安全性、轻量化设计、新型材料、环境保护等予以定性或定量地论述(第8章)。书后附有各国汽车法规及近年来近百种新颖而有代表性的各国轿车的数据和结构尺寸图。有些内容系国内首次介绍,文字精练,图文并茂,很有参考价值。

本书可作汽车研究开发、设计制造专业人员的实用参考书;亦可作高等院校汽车专业的教材及各类人员的自学用书。

1984.9/10

序

当前全世界的汽车工业,尤其是轿车行业,随着市场竞争的日趋激烈,呈现出以下特点和趋势。

(一) 汽车零部件配套的专业化和全球化 汽车大国早已形成了专业配套网。这些颇具实力的专业公司与主机厂配合默契,能为主机厂承担科研、开发和设计任务,可向主机厂提供完全符合其要求的一流零部件,甚至可以按系统(如制动、转向、空调等)供货。发展至今各大汽车公司出于对质量、价格和供货的考虑,便实行跨国性的全球采购,而自己则致力于维持其命脉的车型、发动机的开发和生产。

(二) 普及型轿车市场前景看好 形势促使一些颇具声誉的专业高级、豪华轿车制造公司跨越其优势范围,纷纷放下架子竞相推出普及型新型车、概念车,意在抢占普及型轿车这块大市场,这就使车型之战更加激烈。

(三) 全球汽车公司的跨国兼并 为了生存,一些步履艰难的大公司,顾不上国内舆论界的反对实行跨国兼并。兼并后仍保持各自车型的品牌,结果是优势互补,继续发扬其传统风格和品牌的优势,增强了竞争力。

(四) 轿车的开发、换型周期大大缩短 各大汽车公司无不利用现代手段、方法缩短其换型开发的周期,以求尽快、尽早地推出新产品抢占市场。有的公司竟宣称开发新车型只需两年,与此同时各公司又不遗余力地宣称要减少其生产的平台(Platform)数,以利组织生产和降低成本。

(五) 主机厂重视车型及发动机的开发设计 国外有许多著名的汽车专业设计公司。这些设计公司可以代客从事造型及工程设计,并可承担工装设计及制造。但也只能揽到一些无关紧要的修改任务。很少有哪家主机厂愿将车型的开发设计拱手相委。

由此可见,国外的汽车工业无论是采取缩短换型周期、强强联合或跨国兼并,还是扩大产品范围等手段,都是为了竞争和生存。各大汽车公司宁愿将零部件乃至系统的开发设计和供货留给其专业配套网,而将关系其品牌、款式的车型和发动机的开发设计牢牢地掌握在自己手中。而车型的开发又与车身的设计密切相关。

我国汽车工业的〈产业政策〉亦鼓励强强联合形成强有力的集团公司。要求大力加强汽车零部件的开发和生产,并强调在技术引进的同时培养独立自主的开发能力。结合实际情况,国内各大集团公司均将车身开发设计作为近期的奋斗目标,且已实施若干款式车身的联合开发,逐步向自主开发过渡。

目前,国内尚缺乏有关车身设计的专业著作或教科书,可参考的资料亦不多见。本书作者有感于此,将国外有关资料汇集起来,并结合作者在德国亚环技术大学(RWTH-Aachen)留学深造,以及在科隆福特汽车公司实习的心得体会,补充了国内有关资料系统

地总结了车身设计的各个细节,文字精练,图文并茂。书后还编录了大量具有代表性的新款车型结构及技术参数。本书不仅可作汽车研究开发、设计制造专业人员的实用参考书,亦可作为高校汽车专业的教材和各类人员的自学用书。

王祎垂

前 言

自 1984 年成立上海大众汽车有限公司,合资生产桑塔纳轿车以来,我国的轿车工业获得了迅速地发展。尤其是进入 90 年代以来,通过引进技术和合资,逐步形成了“三大三小二微”的骨干轿车生产企业。经过国产化工作,基本掌握了引进车型的生产技术。虽然我们经过十几年的消化吸收,形成年产七、八十万辆轿车的大规模生产能力,但我们还没有充分掌握现代轿车的设计开发技术。国家产业政策鼓励各企业尽快形成开发能力。企业也深感为适应国内外两个市场激烈竞争的需要,必须不断更新车型,开发自己的品牌,能设计制造适应顾客个性需求的各种轿车产品是提高竞争力的必由之路。

市场需要的新品开发有赖于掌握必要的开发技术,而学习掌握开发技术的一个重要前提是为从事或将要从事汽车开发工作的人们提供既新又好的技术书籍。国内至今还没有一本专门介绍当代轿车设计的高等教育用或可供设计人员实际开发参考的书籍。轿车技术的发展本身又是日新月异。几年前的书本,今天可能显得有些陈旧。编者根据自己留学德国期间的体会和近年来收集整理的资料,编写了本书,意在“抛砖引玉”。希望能给关注的人们提供一点参考,期盼能早日见到指导我国工程技术人员开展轿车设计的参考书。

作为本书主要参考文献之一的由德国宝马(BMW)汽车公司编著的《轿车车身设计》,是现今德国高等学校汽车专业的教材之一。以前德国的汽车公司大多采用封闭式培养自己的开发设计人材及内部积累经验。宝马汽车公司编著此书的目的,是为了扩大在德国大学培养所需人材。除了吸收其精华之外,本书还注意不断跟踪吸收近年来国外汽车发展的最新技术。较多文献来自德国,个别为美国及日本文献。并增加了“汽车空气动力学的应用”、“车身的轻量化设计及安全性”、“部分车型车身设计及技术数据”等三个章节。内容力求能反映国外轿车开发设计的最新进展。如计划于 2000 年上市的美克莱斯勒汽车公司的 CCV 型车、尚未面世的奥迪 A2 型车、1998 年 10 月供货的德国大众汽车公司的新甲壳虫(Beetle)型车、即将上市的奔驰 Smart 型车及已于 1997 年 10 月投产的奔驰 A 级车、1997 年上市的奥迪 A6 型车、1995 年投产的奔驰 E 级车等,均超前报道或阐述了这些车型的设计特点、先进性、主要性能参数等。其中一些车型还回顾了它如何运用新的设计开发过程,进行开发设计,指出其设计要点。书中介绍了 1998 年 1 月开始实施的欧洲汽车碰撞法规,便于读者掌握最新国际动态,有的放矢地进行开发设计。鉴于汽车法规对噪声的控制日趋严格,增补了“汽车声学”一节。书中所采用的专业名词及术语,尽量符合中国有关标准。为了验证一些数据的可信度,如第三章中列出的车身本体或整辆汽车的固有振动频率的目标值数据,根据本单位的模态试验分析,得到国外型车的实测数据。列于其中供分析。它山之石,可以攻玉。当然,不能生搬硬套。由于轿车属高技术密集型产业,为使我国自行开发设计的轿车早日跻身世界水平,尤其需要国内高等学校、科研单位及企业等多方面密切配合,加强合作和交流。

本书是在留德博士邵振麒教授倡导下编写的。邵振麒教授及陈寿昌高级工程师对本书进行了认真地审校。同时也得到教授级高级工程师王仕达先生、高级工程师张新权先生、教

授级高级工程师张振华先生、高级工程师陶培泉先生和高级工程师潘耀曾先生的支持和帮助。在编写过程中,工程师邱凌峰女士、陈虹女士、韦震女士、韩月英女士及许多同事,都给予了大力支持和帮助,在此一并表示衷心感谢。

在编写过程中,还得到原上海大众汽车公司产品工程部经理、上海通用汽车公司高级顾问、教授级高级工程师王祎垂先生的指导和审定,谨此表示衷心的感谢。

本书系上海发展汽车工业教育基金会资助项目,在此也表示感谢。

由于水平有限,时间匆促,本书难免有不当之处,敬请读者批评指正。

泛亚汽车技术中心有限公司 吴亚良

目 录

第一章 车身设计基础知识	1
1.1 概述	1
1.2 车身设计的原则	1
1.2.1 离地间隙	1
1.2.2 离地间隙包含的内容	2
1.2.3 负载状态	4
1.3 车身设计制造中的 CAD 及 CAM	4
1.4 人体工程学的要求	5
1.4.1 概述	5
1.4.2 视觉关系及头部运动	7
1.4.3 头部空间、头部运动线(T 点).....	8
1.4.4 固定座椅的头部运动样板	8
1.4.5 可调座椅的头部运动样板	9
1.4.6 试验假人	9
1.5 车身设计过程及设计任务书.....	11
1.5.1 概述.....	11
1.5.2 车身边界及总布置方案.....	11
1.5.2.1 驱动系(发动机及变速箱)前置前轮驱动	11
1.5.2.2 驱动系前置后轮驱动	11
1.5.2.3 驱动系后置后轮驱动	11
1.5.3 基型开发.....	11
1.5.4 批量开发.....	13
1.5.5 设计任务书.....	14
1.6 效果图及胶带图.....	14
1.7 模型.....	15
1.7.1 外模型.....	15
1.7.2 内模型.....	17
第二章 汽车空气动力学的应用	19
2.1 概述.....	19
2.2 行驶中的气流和散热性.....	19
2.2.1 行驶中的车内外气流.....	19

2.2.2 轿车的热平衡·····	22
2.3 行驶阻力·····	22
2.4 行驶稳定性及舒适性·····	26
2.4.1 行驶稳定性·····	26
2.4.2 振动舒适性·····	27
2.4.3 减少车身的易脏性·····	27
2.4.4 轿车声学·····	29
2.4.4.1 车身总刚度·····	30
2.4.4.2 对车身各部位的优化措施·····	30
2.5 汽车的风洞试验·····	33
第三章 车身本体 ·····	40
3.1 车身本体设计·····	40
3.2 车身结构及设计要点·····	42
3.2.1 设计要点·····	42
3.2.2 车身本体的初始结构·····	44
第四章 车身前部 ·····	48
4.1 前保险杠与前大灯·····	48
4.1.1 前保险杠·····	48
4.1.2 车身覆盖件、附件及底板·····	50
4.1.3 前大灯·····	51
4.2 发动机罩及前轮罩·····	52
4.2.1 发动机罩·····	52
4.2.2 发动机罩内板·····	54
4.2.3 发动机罩与前悬架弹性支承的最小间隔距离·····	56
4.2.4 前轮罩-轮胎跳动的影响·····	58
4.2.5 由轮胎包络面确定前轮罩·····	59
第五章 轿车客厢 ·····	62
5.1 风窗玻璃(即前挡风玻璃)·····	62
5.1.1 风窗玻璃及前柱的真实图形·····	62
5.1.2 风窗玻璃边缘的表达·····	63
5.2 刮水器的刮刷面积·····	65
5.3 前围板·····	66
5.4 前柱、中柱及后柱·····	67
5.4.1 概述·····	67
5.4.2 前柱遮挡视线的允许位置·····	68
5.4.3 水平剖面 A-A 的设计·····	69

5.4.4 前柱遮挡视线的解法步骤	75
5.4.5 中柱	76
5.4.6 后柱	78
5.5 门、门铰链及门锁	79
5.5.1 门内板	80
5.5.2 关门时的变形	84
5.5.3 门的综合防撞系统	84
5.5.4 顶盖前侧上边梁断面	85
5.5.5 门铰链系统	85
5.5.6 门锁的要求	86
5.6 玻璃升降器	87
5.7 顶盖	89
第六章 车身后部	92
6.1 后翼板及后轮罩	92
6.1.1 后翼板	92
6.1.2 后轮罩	93
6.2 行李厢盖	93
6.2.1 概述	93
6.2.2 行李厢盖内板	96
6.2.3 后围板	98
6.3 后保险杠	99
第七章 客厢内部布置与装饰	101
7.1 内饰	101
7.2 操纵件及仪表板	101
7.2.1 操纵件	101
7.2.2 仪表板	104
7.3 仪表板的视认性	105
7.4 门内饰及座椅	105
7.4.1 门内饰	105
7.4.2 座椅	105
7.5 上、下车的方便性	108
第八章 车身的轻量化设计及安全性	110
8.1 概述	110
8.2 可再生利用的新型材料及制造新技术	110
8.2.1 铝合金	110
8.2.2 镁合金	113

8.2.3 泡沫金属	113
8.2.4 高强度钢	114
8.2.5 纤维增强塑料	116
8.2.6 制造新技术	117
8.3 轻量化设计	118
8.4 汽车碰撞试验(正面、侧面、后面及顶盖)	121
8.4.1 第一种典型轿车的耐碰撞试验设计	121
8.4.2 第二种典型轿车的耐碰撞设计	122
8.4.3 微型轿车的设计安全长度	123
8.4.4 正面及侧面等碰撞法规	123
第九章 部分车型车身设计及技术数据	127
9.1 奔驰 E 级车	127
9.1.1 基础开发设计	127
9.1.2 批量开发设计	127
9.1.3 被动安全性	128
9.1.3.1 车身正面碰撞	128
9.1.3.2 车身侧面碰撞	128
9.1.3.3 车身后部碰撞	129
9.2 奥迪 A6 型车	129
9.2.1 概述	129
9.2.2 开发设计	130
9.2.3 轻量化设计	130
9.3 奔驰 A 级车	131
9.3.1 开发设计	131
9.3.2 结构特点	134
9.3.3 提高稳定性	138
9.4 90 年代部分轿车的车身技术数据及结构尺寸	139
9.4.1 车型目录	139
9.4.2 技术数据及结构尺寸	142
附录 1 各国汽车法规(1989)一览表	172
附录 2 缩略语	175
参考文献	177

第一章 车身设计基础知识

1.1 概 述

车身是指各种汽车底盘上构成的乘坐空间及有关的技术装备。现今,它主要用钢板冲压件经焊接、粘接或螺纹连接而成。在承载式车身中,驱动部分和底盘部分用较小的辅架,固定到加强的部位。对于小批量的,试制汽车或车身某些单个零件,越来越多地用塑料制造,它优先用玻璃纤维增强的聚脂。对于非承载式车身,底盘被悬挂于截面为异形或闭矩形,管子或平板的框架上,这些框架由纵向、横向与对角元件经焊接或铆接组成。

车身的造型,必须考虑空间的充分利用、制造技术、发生车祸时乘员的安全性、空气动力学及流行趋势。

有待开发的车身的技术图样表达借助于画法几何。

所有种类的车身,都是由同一个基本模式演变而来的。将这些内容表达出来是本书的宗旨。这里的重点放在轿车上,因为它特别复杂,堪作其他所有汽车的典范。

1.2 车身设计的原则

1.2.1 离地间隙

在汽车制造中设计原则的任务是将今后产品投入使用的细节表达给设计师,这些细节是设计师在他的工作中必须考虑到的。这里推荐,作为所有这类细节中的第一个,即离地间隙。与其相应的准则是先确定最小离地间隙。作为它的根据可参考下列资料:

(1) 关于最小地板离地高度的法规(澳大利亚:ADR43/00)。

(2) 道路建筑法规,它对于构思汽车是重要的(例如,汽车库的配置及街沿石的设置准则)依据。

(3) 有关的 SAE 准则(SAE J 689)。

为了兼顾轿车、双人轿车及其他变形车的各种不同的功能、风格及空气动力学要求,注意到用户能接受的程度,应规定双人轿车及运动变形车允许的最小离地间隙,分别相应定出三种轿车类别的准则。

为了避免轿车零件在不恰当使用中受到损害(例如从高的人行道边沿开动汽车,开车越过停车界限及隔离界限),出于这样的综合考虑,汽车驱动装置的配置关系必须经试验认证。作为准则,开始设计时,轿车最低凸出部位所要求的最小离地高可取 240mm(参考值)。同样,当轿车用铁路、卡车装运时,对装卸平台的通过性必须经试验验证。

一辆汽车的离地间隙取决于负载状况。为了清楚地标志初始值—离地间隙,需对负载状态的特征作出定义。

1.2.2 离地间隙包含的内容

离地间隙线是所有各个范围高度线概括而成的总曲线,它由下列组成(见图 1-1):

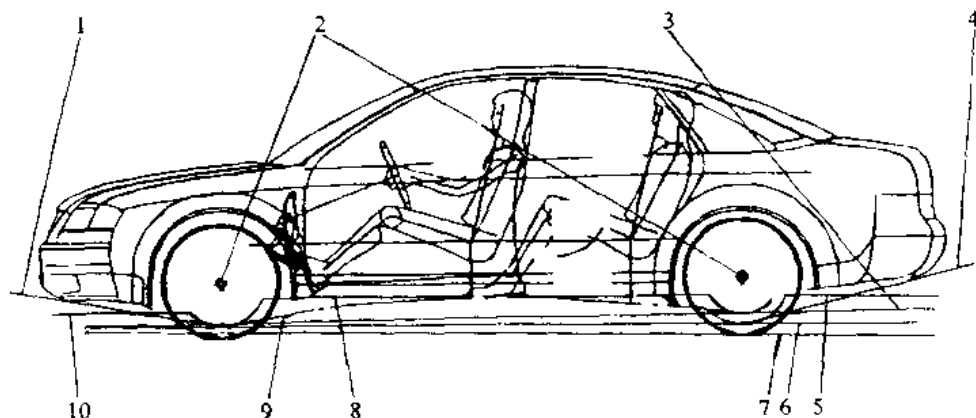


图 1-1 离地间隙线

1—接近角; 2—负载状态 2 的车轮中心; 3—负载状态 3 的路面; 4—离去角; 5—后方街沿高; 6—负载状态 2 的路面; 7—负载状态 1 的路面; 8—底板高; 9—纵向通过角的包络线; 10—前方街沿高

(1) 前方街沿高(见图 1-2)。

(2) 后方街沿高(见图 1-2)。

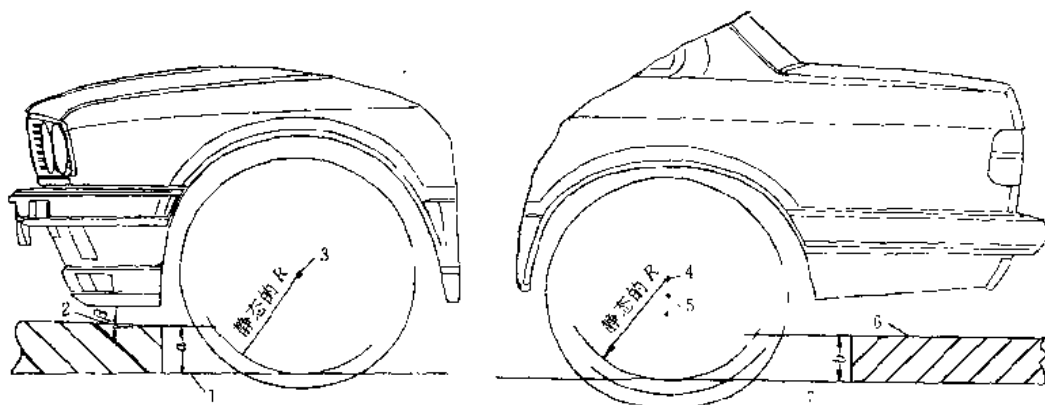


图 1-2 前方及后方街沿

(a)

(b)

- | | | |
|----------|------------------|-----------------|
| ① 轿车 | $a=185\text{mm}$ | $\beta=2^\circ$ |
| ② 双人轿车 | $a=155\text{mm}$ | $\beta=2^\circ$ |
| ③ 跑车及其变型 | $a=125\text{mm}$ | $\beta=2^\circ$ |

- | | |
|----------|------------------|
| ① 轿车 | $b=155\text{mm}$ |
| ② 双人轿车 | $b=155\text{mm}$ |
| ③ 跑车及其变型 | $b=125\text{mm}$ |

1—负载状态 2 的路面; 2—前方街沿; 3—负载状态 2 的车轮中心; 4—负载状态 3 车轮中心; 5—负载状态 2 的车轮中心; 6—后方街沿; 7—负载状态 3 的路面

(3) 底板高(见图 1-3)。

(4) 接近角(见图 1-4)。

(5) 离去角(见图 1-4)。

(6) 纵向通过角(见图 1-5)。

(7) 油箱高度线, 发动机及发动机辅助部件的最低边界线(见图 1-6)。

确定离地间隙时, 以上各项必须一一计及。

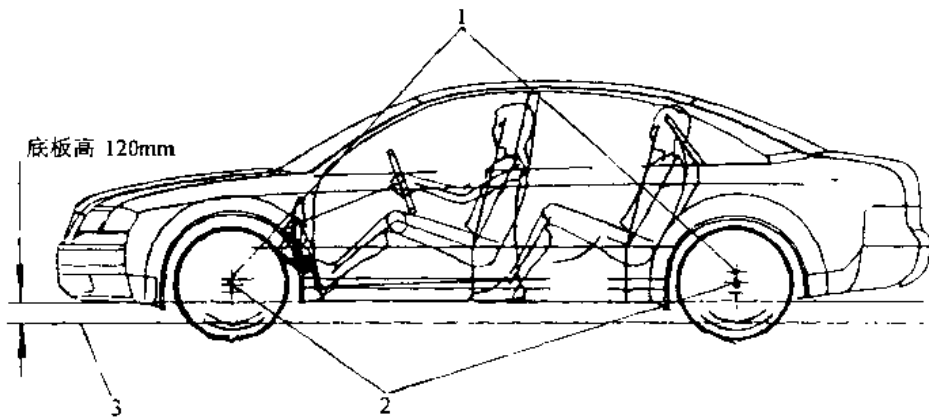


图 1-3 地板高

1—负载状态 3 车轮中心；2—负载状态 2 的车轮中心；3—负载状态 3 的路面

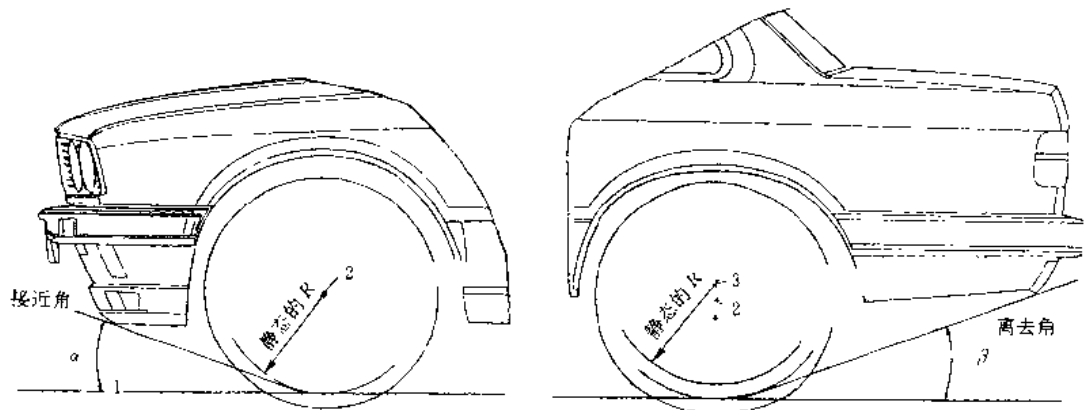


图 1-4 接近角及离去角

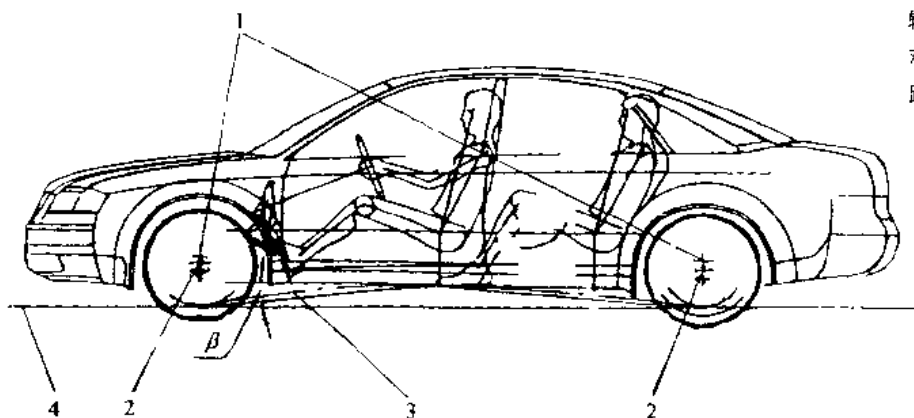
(a) 接近角

- ① 轿车 $\alpha = 17^\circ$
- ② 双人轿车 $\alpha = 15^\circ$
- ③ 跑车及其变型 $\alpha = 12^\circ$

(b) 离去角

- ① 轿车 $\beta = 14^\circ$
- ② 双人轿车 $\beta = 14^\circ$
- ③ 跑车及其变型 $\beta = 12^\circ$

1—负载状态 2 的路面；2—负载状态 2 的车轮中心；3—负载状态 3 车轮中心



- 轿车 $\beta = 10^\circ$
- 双人轿车 $\beta = 10^\circ$
- 跑车及其变型 $\beta = 10^\circ$

图 1-5 纵向通过角

1—负载状态 3 车轮中心；2—负载状态 2 车轮中心；3—纵向通过角的包络线；4—负载状态 3 的路面

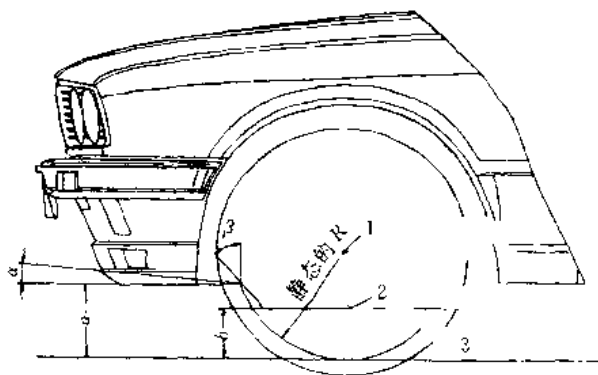


图 1-6 油箱高度线

① 轿车	$a=185\text{mm}$	② 双人轿车	$a=185\text{mm}$	③ 跑车及其变型	$a=185\text{mm}$
	$b=150\text{mm}$		$b=150\text{mm}$		$b=150\text{mm}$
	$\alpha=5^\circ$		$\alpha=5^\circ$		$\alpha=5^\circ$
	$\beta=40^\circ$		$\beta=40^\circ$		$\beta=40^\circ$

1—负载状态 2 的车轮中心；2—油箱高度线；3—负载状态 2 的路面

1.2.3 负载状态

负载状态 1 是空载质量, (按国家标准相应为整车整备质量), 该质量是指干的轿车, 按制造厂规定, 还带有正常行驶用的全套装备, 若汽车制造厂成批生产时随车供货的话, 还包括致冷液及至少加至 90% 的油箱及灭火器, 调整楔及整套标准工具。

负载状态 2, 是设计质量, 它是空载质量 (负载状态 1) 及下述座位上负载之总和:

(1) 对于 2 至 3 座 前座 2 人。

(2) 对于 4 至 5 座 前座 2 人及 1 人在第 2 排座位上 (双人轿车及轻型轿车按 2 至 3 座的负载计)。

(3) 对于 6 至 7 座 前座 2 人及 2 人在第 2 排座位上。

(4) 对于 8 至 9 座 前座 2 人及 3 人在最后一排座位上 (若该排仅有 2 个座位, 则 1 人可直接坐在前一排位置上)。

每一位乘客的质量取 68kg, 加上每人在行李箱中放 7kg 行李 (这两项数值为德国标准。中国标准为 GB5910-86, 数值相同)。

负载状态 3, 根据充分利用所允许的后轴负载而定义, 是允许的总质量, 按国家标准称为允许最大总质量, 它必须与以后出现的汽车装载质量相对应。

(注: 这两项数值为德国标准。中国标准为 GB5910-86, 数值相同。)

1.3 车身设计制造中的 CAD 及 CAM

一个汽车制造厂最重要的任务之一, 是在最短的时间内研制出优质的及市场适销的汽车。为了保持竞争能力和高产品质量, 能够对市场需求及法规要求迅速作出反应, 新型汽车的制造中必须应用最现代化的设计技术及制造技术 (见图 1-7, 图 1-8)。这里, 现代化的计算机所给予的帮助是不可估量的。最常用的是计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助制造 (CAM)、计算机辅助计划 (CAP)、计算机辅助质量保证 (CAQ) 及计算机集成制造 (CIM) 等。

根据德国的一些汽车制造厂的经验,仅有计算机辅助设计而没有计算机辅助制造,投资上是极不经济的。只有将计算机辅助设计配以计算机辅助制造,相得益彰,才会发挥最大的技术及经济效益。

需要指出的是,只有设计人员掌握了车身设计基础,计算机才能完成作为辅助设计工具的任务。鉴于此,后面的章节中阐述较多的都是人工设计车身的例子。

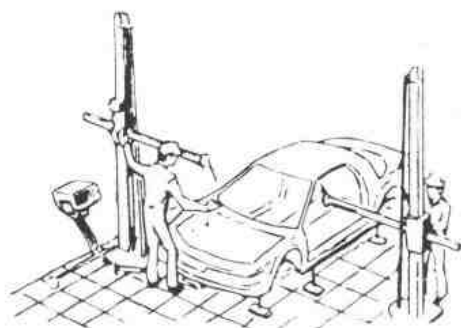


图 1-7 三维数据收集

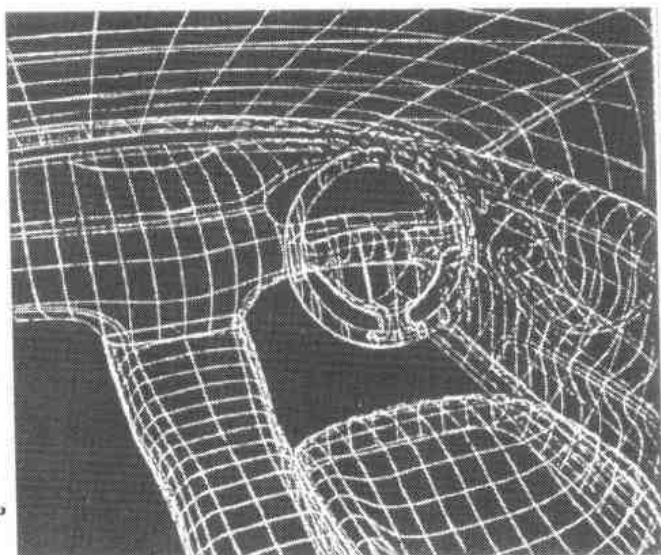


图 1-8 计算机的车内造型

最近几年,作为一种工具的计算机在世界上车身设计中发挥了异常特殊的作用。使设计的准确性、经济性及安全性等各方面质量大为提高。因此,在车身设计时,既可按现有条件办事,可能的话,也要创造条件逐步过渡。

1.4 人体工程学的要求

1.4.1 概述

一辆汽车的设计必须首先处理好“人、汽车及道路”三者的关系。首先是要设计一辆汽车,它是必须“围绕”人而建造的。要研制这样的汽车,使人驾驶时感到方便、舒适,不易疲劳。这就是人体工程学的任务。

人体工程学的定义是关于工作着的人工作效能的可能性,极限与他的工作条件的科学。更简要地说,人体工程学是描述塑造适宜于人的工作场所的科学。

人体工程学的基本要求是操纵方便。即人对操纵件的良好可及性(见图 1-9)。如驾驶员的位置从脚踩在油门踏板上算起,高大的驾驶员比矮小的更要靠后坐,则手臂长度与腿高长度的增加量相比相对较小,因此一个高大男人比一个娇小女人,手难以够得着仪表板。假设第五个百分位的妇女身高为 147cm,而第九十五个百分位的男子的身高为 182cm(为德国标准),对于固定的油门踏板,人们只考虑 5% 的娇小妇女和 95% 高大男子的手臂触及范围。

因此,对于仪表板的可及性,高大男子的臂长是一个决定性的准则。伸展的手臂运动,既