

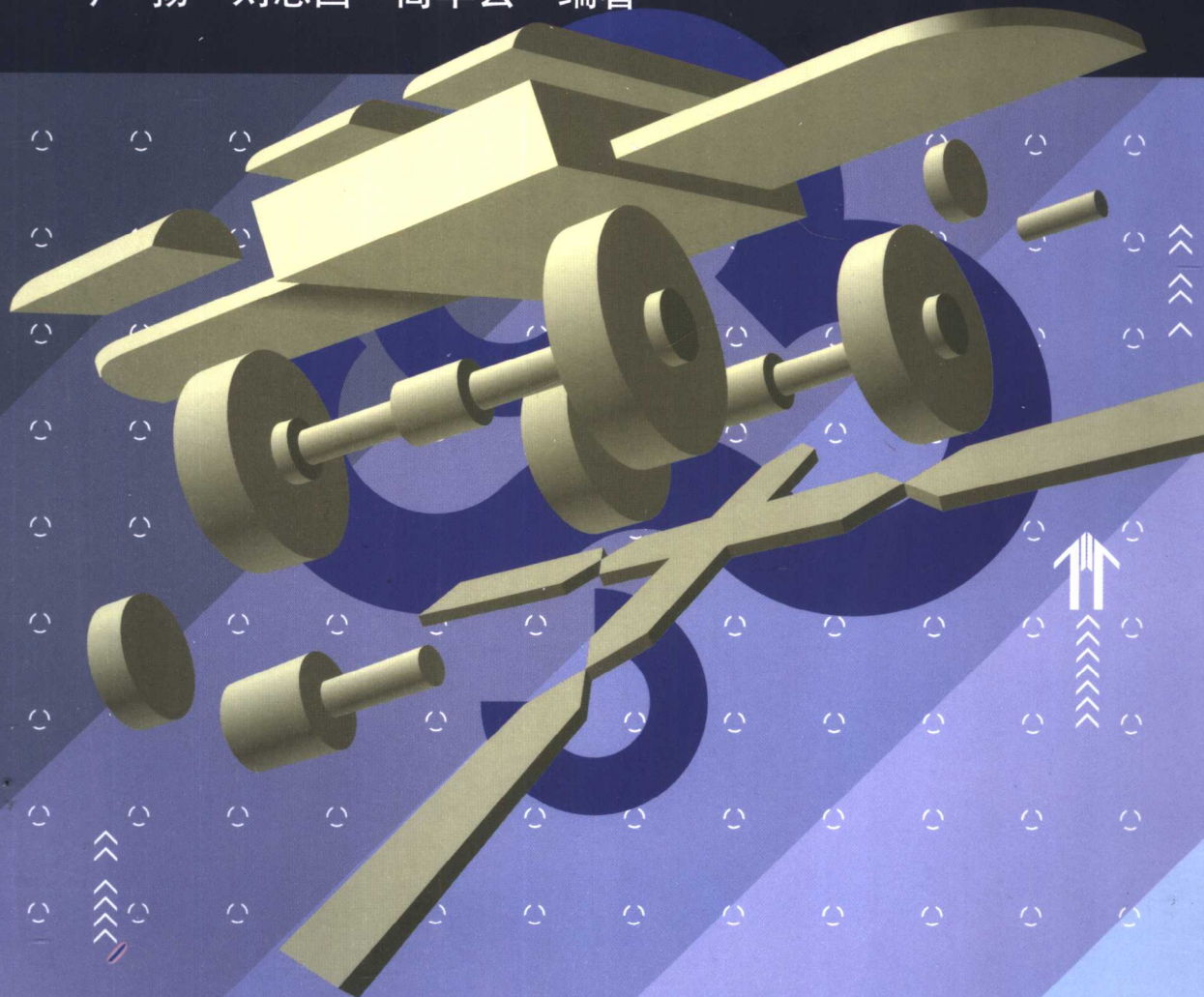


北京市高等教育精品教材立项项目

工业设计系列教材 · 项目主编 鲁晓波

汽车造型设计概论

严扬 刘志国 高华云 编著



清华大学出版社



北京市高等教育精品教材立项项目

工业设计系列教材 · 项目主编 鲁晓波



汽车造型 设计概论



严 扬 刘志国 高华云 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

交通工具形态的形成演化受到来自自然与社会的多重影响。从这个意义上讲,汽车造型这样一个看似单纯的创造活动背后,却隐藏着深刻的道理。本书从人类需求、社会生产力与生产方式变化、技术进步等多个角度,解释了交通工具形态形成和发展的内部因素和外部因素,必然因素和偶然因素,特别较为系统地介绍了目前应用于汽车工业的造型设计的程序、方法和具体技术。

本书可以作为工业设计、汽车设计专业学生了解汽车设计过程和技术入门教材,也可以作为从事上述行业的工程技术人员的专业参考书。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

汽车造型设计概论/严扬,刘志国,高华云编著. —北京:清华大学出版社,2005.7
(工业设计系列教材)

ISBN 7-302-11099-9

I. 汽… II. ①严…②刘…③高… III. 汽车—造型设计—教材 IV. U462.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第052518号

出版者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦
http://www.tup.com.cn 邮 编:100084
社总机:010-62770175 客户服务:010-62776969

组稿编辑:甘莉
文稿编辑:宋丹青
封面设计:陈磊
版式设计:陈磊 谢青 于婷 于艳 高丽娜
印装者:北京嘉实印刷有限公司
发 行 者:新华书店总店北京发行所
开 本:175×260 印张:7.25 字数:157千字
版 次:2005年7月第1版 2005年7月第1次印刷
书 号:ISBN 7-302-11099-9/J·66
印 数:1~3000
定 价:29.00元



前言




由清华大学美术学院教师编著的北京市高等教育精品教材立项项目中的教材，从现在起将陆续出版发行。

清华大学美术学院（原中央工艺美术学院）是我国从事艺术教育的著名高等学府，自1956年创办以来，聚集了一批在国内有影响的艺术专业学术带头人，拥有雄厚的师资力量。经过长期实践积累，形成了优良的学术传统与平实求是的学风，注重艺术与科学的结合，建构了较完善的学科布局，形成了具有中国特色的研究型艺术教育体系，并取得了丰硕的教学成果，培育了一届又一届优秀的艺术人才，为国家经济和文化建设做出了重要贡献。目前，学院设有设计分部、美术分部和史论分部，10个专业系。具有设计艺术学和美术学两个学科的硕士和博士学位授予权，设有艺术学博士后科研流动站。2002年1月，“设计艺术学”被教育部评为全国高等学校重点学科。

改革开放以来，全国高等教育中艺术设计教育的发展速度很快，各高校纷纷开设此类专业，作为直接为国家经济建设培养艺术设计人才的学科，肩负着更大的责任。艺术设计已成为增强国家竞争力的一种重要手段，发展艺术设计教育，为国家建设培养高级艺术专业人才，是国家经济建设和社会可持续发展的需要。

随着社会的发展，艺术教育将面临前所未有的挑战和机遇，面对新的形势，更需要进一步深化教育改革。教育改革和学科建设的重要方面是抓好课程建设和教材建设，本项目系列精品教材涉及到艺术设计、绘画、雕塑、艺术史论及工艺美术等诸学科，反映了学院优良的学术传统和学术优势，体现了我们致力于建构有中国特色的艺术教育体系的不懈努力。清华大学美术学院从建院伊始就将“为人民大众的生活而设计”作为艺术教育的主旨，确立了艺术为生活服务、为国家的经济和文化建设服务的办学思想。从20世纪50年代参与北京十大工程的设计与建设、70年代北京机场壁画创作到80、90年代一系列国家重大工程的设计与建设项目，学院始终将教学和艺术实践与国家的经济和文化建设相结合，并在社会实践中得到提高和发展。



近五十年来，学院一直在探索一条既具现代性又具民族性的艺术教育发展之路。一方面立足于本民族传统，自觉以民族文化艺术为基础，继承中国工艺美术的优秀传统，注重向民间艺术学习；一方面关注国际相关学科的发展，在全国最早引入现代设计教学理念和教学体系，借鉴国外先进的设计、创作经验，并融合到现代艺术教学与设计、创作之中。经过几十年的努力，通过不断探索、改革，学院的教学体系、内容、方法以及教材不仅具备了一定的前瞻性，而且具备了中国文化艺术的深厚底蕴，更加适应新的时代要求。

我希望通过本项目系列教材的出版，为广大师生提供更多的选择和参照。教材中存在的不足之处，还希望得到大家的批评指正。



清华大学美术学院院长 王明旨
2004.7

序

人类没进化出能在天空中翱翔的翅膀、能在水中游弋的鳍尾，但人类却借助勤于思索的头脑和灵巧的双手，创造出了交通工具，从而达到了任何陆地动物无法达到的奔跑速度，任何鸟类无法达到的飞行高度，和大多数鱼类未能达到的潜水深度。交通工具形态的形成、变化和发展受到了科学原理、技术手段和人类需求等必然因素的制约，也受到了工具演进过程中无数种偶然因素的影响。本书试图从人类需求、社会变迁、技术进步等不同的角度，探讨交通工具形态形成和发展的内因和外因。

本书最初设想以探讨车辆等陆地交通工具的造型设计问题为主，适当延伸到除陆地交通工具以外的其他类型交通工具的造型设计问题，并根据这样的构想确定了本书的书名——《交通工具造型设计概论》。但是动笔之后却发现，不要说空中和水上交通工具造型设计所涉及到的专业领域已经超出了作者的知识范围，就是陆地交通工具造型设计的范围也是本书的篇幅难以承载的，因此最后决定把书名修改为《汽车造型设计概论》。汽车造型设计过程是所有交通工具造型设计中最典型的，由汽车工业发展出来的造型设计理论与方法具有举一反三的功效，可以较顺利地移植应用到其他交通工具设计领域。因此，本书以介绍汽车造型设计的理论与方法为主。同时力图避免被汽车这种具体的交通工具形式所束缚，提倡从人类对“移动”的需求和未来生活方式的梦想等更加广泛的视角评价交通工具的功能、结构和式样。

迄今为止，中国的汽车设计教育基本上是以汽车工程设计为主。大多数能够看到的冠以“汽车设计”名称的著作或教材中介绍的内容主要是汽车工程设计原理，有些著作也谈及造型设计，但基本停留在“形式美法则”、“造型设计一般流程”和“效果图”的水平，可以说是隔靴搔痒，不能解决实际问题。汽车造型设计教育与教材的这种状况与长期以来中国汽车工业较低的自主开发水平有关。从20世纪50年代开始，中国通过引进国外成品汽车的方式建立了自己的汽车组装工业，所需要的是能够胜任使我国制造的汽车在质量、成本和技术水平上接近或达到国外水平的技术型人才。近二十年来，尽管中国的汽车生产规模和制造能力获得较快的增长，但是中国汽车开发水平与国外的差距不仅没有缩小，反而越来越大。随着中国汽车消费市场的日渐成熟，中国汽车工业也开始迈上了自主开发的艰难历程，对于以工业设计为学科基础的汽车设计人才的需求正在变得越来越迫切。本书即是针对这样的教学目的所编写的，是设想中的这个领域教材系列丛书中的第一本。希望本书将使读者在以下方面获得收益：

首先，提供给读者一个从更本质的角度思考“车”对于人的意义的机会。这样的思考角度将有助于设计师学会从“事”着眼看待“物”的意义。

其次，提供给读者一个不同于其他著作的看待汽车样式发展变化的新视角，尽可能地挖掘影响这些变化背后的诸多因素，以及剖析这些因素之间的关系。

第三，提供给读者尽可能准确的、系统的、实用的，仍然在时效之内的汽车开发设计的概念、流程、方法与具体技术。

实际的撰写工作比计划多花了一倍多的时间，在不得不交稿的时候仍然觉得离设想的目标有一定距离。比如全书的结构层次还不够合理，可能存在部分章节主题不明确、内容有脱节或者重复的现象；作为“概论”性质的教材，有些方面没有论述到，而另一些内容又论述得过于具体；有关汽车开发程序与技术方面的内容存在不确定、不全面的现象；按照编辑及出版的要求，全书的中外文人名、公司名、车名应完整统一，但是由于资料有限无法完全做到。希望上述问题的存在不至于影响到读者阅读的兴趣。如果您发现本书的不足请通过出版社向我们指出，我们把这种指教看作对我们的最大帮助。如果本书能够出修订版的话，这些内容将被反映进去。

本书第1、第4和第5章由严扬撰写，第2、第3章由高华云撰写初稿，严扬进行了少量的文字修改，第6章由刘志国撰写。在本书的撰写过程中，几位作者不同程度地得到了来自国内外汽车设计行业、汽车专业媒体的朋友们的大力协助。《中国汽车画报》杂志社的总编辑吴道予女士把杂志社近年来搜集的几乎所有开放版权的广告，用图片提供给我们任意选用。本书中的许多汽车设计知识和技术来自于世界知名华裔汽车设计师、清华大学美术学院客座教授陈聪仁先生，他从2002年起多次在清华大学美术学院给学生上课，使几位作者对于当今国际汽车工业中使用的设计方法有了更系统透彻的了解。现在在英国继续深造的清华大学美术学院硕士毕业生陈雷，历时两年的硕士论文工作给本书第6章的写作奠定了一定研究基础。我们还部分选用了清华大学美术学院工业设计系交通工具造型设计专业研究生和本科生近年来的作业和设计创作作为插图。

本书作者的部分知识来自于多年来与国内外汽车设计界朋友们的交流与闲谈，他们是德国梅塞德斯汽车公司前景设计部副总裁、清华大学美术学院名誉教授哈罗德·莱西克先生、清华大学汽车工程系吕振华教授、张扬军教授、上海同济同捷科技股份有限公司设计总监陈群一先生，以及上海泛亚汽车技术有限公司江漫青先生。

最后要感谢清华大学美术学院柳冠中教授，多年来他所倡导的设计思维观念已经渗透到本书的每段字里行间。

清华大学美术学院工业设计系

严扬

2005年2月18日

目录

	第1章 移动与沟通	
	——交通工具与人类社会	
1	1.1 马车时代	
	1.1.1 从双脚到车轮	
	1.1.2 马车的起源	
	1.1.3 马车的形制	
5	1.2 交通与城市建设	
	1.2.1 农业时代的城市交通	
	1.2.2 蒸汽机对城市交通的影响	
	1.2.3 电气对城市交通的影响	
	1.2.4 内燃机对城市交通的影响	
	第2章 影响汽车造型的技术因素	
11	2.1 汽车发动机的技术进步	
	2.1.1 多汽缸发动机	
	2.1.2 点火技术与进气技术	
	2.1.3 冷却技术	
	2.1.4 发动机增压技术	
	2.1.5 柴油机	
	2.1.6 转子发动机	
15	2.2 汽车总布置方式的演变	
	2.2.1 前置发动机加后轮驱动 (FR形式)	
	2.2.2 前置发动机加前轮驱动 (FF形式)	
	2.2.3 全轮驱动	
	2.2.4 其他车辆的总布置	
17	2.3 其他与造型设计相关技术的发展	
	2.3.1 车身材料及其成型技术	
	2.3.2 汽车玻璃	
	2.3.3 汽车灯具	
	2.3.4 汽车显示装置	
	2.3.5 汽车操纵装置	
	2.3.6 汽车安全装置	
	2.3.7 汽车电气	
	2.3.8 车轮与轮胎	
	第3章 汽车造型演变的趋势	
25	3.1 汽车造型发展的基本脉络	
	3.1.1 早期的汽车造型——无马的马车 (19世纪末至20世纪初)	
	3.1.2 马车车身的逐步完善——厢式车 (20世纪初至20世纪20年代)	
	3.1.3 发动机功率竞争的产物——长鼻汽车 (20世纪20至30年代)	
	3.1.4 空气动力学的介入和汽车车身向流线型的初步发展 (20世纪30至50年代)	
	3.1.5 汽车造型设计的风格化、地域化时期 (20世纪40年代中期至70年代)	
	3.1.6 日本汽车的崛起和制造技术的廉价化 (20世纪70至80年代中期)	
32	3.2 需求与欲望——造型变化永远的原动力	
	3.2.1 需求的具体化、深入化	
	3.2.2 需求的个性化、多样化	
33	3.3 影响汽车造型演变的偶然因素	
	3.3.1 设计大师的影响	
	3.3.2 品牌形象对汽车造型设计的促进和制约	
	第4章 汽车工业中的造型设计活动	
39	4.1 汽车工业生产方式的形成	
40	4.2 为销售而设计	
41	4.3 车辆造型设计部门的确立与发展	
42	4.4 汽车开发的一般程序	
	4.4.1 汽车开发的风险与复杂性	
	4.4.2 汽车造型设计的一般流程	
	第5章 交通工具造型设计方法与技术(一)	
55	5.1 汽车造型设计方法概述	
55	5.2 确定汽车Package的方法	
	5.2.1 眼椭圆位置的确定方法	
	5.2.2 用眼椭圆确定驾驶员视野	
	5.2.3 驾驶员与乘员坐姿的确定方法	
62	5.3 车辆平面造型设计表现技术	
	5.3.1 效果图绘制	
	5.3.2 胶带图制作	
66	5.4 汽车油泥模型制作	

目录

5.4.1	油泥模型在交通工具造型设计流程中的作用	86	6.2	计算机辅助汽车造型设计的基本方法
5.4.2	油泥模型材料、制作工具与设备		6.2.1	曲面造型技术的发展
5.4.3	油泥模型加工程序		6.2.2	创建汽车曲面模型的基本方法
73	5.5 汽车空气动力学简介	95	6.3	CAS相关技术介绍
5.5.1	汽车周围的力场及其基本性质	6.3.1	虚拟现实技术	
5.5.2	适合空气动力学的汽车形态	6.3.2	逆工程技术	
5.5.3	小客车造型与空气动力学性能	6.3.3	并行工程和CIMS技术	
	第6章 交通工具造型设计方法与技术(二)	99	6.4	CAS技术存在的几个问题
81	6.1 汽车设计流程的发展	6.4.1	学习软件的周期比较长	
6.1.1	什么是CAS, CAS与CAD、CAID的关系	6.4.2	现有软件尚不能完全表达设计师的创作意图	
6.1.2	CAS技术与“传统汽车造型设计流程”的关系	6.4.3	用软件设计容易产生“工具思维”定式	
6.1.3	CAS技术的优势	6.4.4	用“虚拟”实体表现真实实体的先天不足	
6.1.4	实现CAS方法应具备的条件	102	参考文献	

第1章 移动与沟通——交通工具与人类社会

1.1 马车时代

1.1.1 从双脚到车轮

远古时期，人类一直依靠双腿在陆地上移动，依靠手提肩扛搬运生产与生活资料。关于轮子是如何发明的已经无据可考，一个合情合理的推测是人类从类似的自然物如原木或者卵石块得到启示。可能人们在搬运物体时，偶然发现在滚动的圆木上拖拽重物非常轻松，并逐渐加深了截面越圆的物体滚动起来越容易这样一种感性认识，进而产生有意识地选择和加工（如把树干截短、把树枝去掉）这类容易滚动的物体的主动行为。这种在散落的树干或卵石上拖拽重物的行为，可能在人类历史上持续了相当长的一段时间。发明轮子的关键在于对“圆心”的位置和作用的主动意识。以今天的几何知识当然很容易认识到圆心是圆内到圆的边缘任意一点的距离都相等的惟一位置，但在远古时期，人们主要通过对自然现象（如水上的涟漪或圆截面的年轮线）形成的经验意识到圆心位置的与众不同之处。

第一次在车轮（多半是一截较短的实心圆木）的圆心处钻一个洞，插上车轴（另外一截直径小得多的圆木），并把这个装置固定在车体（可能是由几根树干捆绑成的架子）上的行为，无疑是人类历史上真正伟大的创举之一。这样一个行为的特殊之处在于：由于绝大多数自然界中的转动现象都是无轴的转动，当时的人类不太可能从可以见到的已有自然物中得到任何借鉴。依靠放置在地面上的、散落的圆木运输物体，需要多根长度超过被搬运物体宽度的圆木，还需要不断把落在物体后面的圆木移动到物体前面的位置。而把滚动的圆木插上车轴安装到支架上，则可以使上述劳动大大减轻，这样一种后来被叫做“车”的装置使得滚动的部分随着被运送的物体运动，通过障碍的能力和运行的距离大大增加。最初的车肯定是由人拖动或推动的用于运送货物的实心木轮车，后来使用经过驯化的牲畜如牛拖动车辆，这种实心木轮的车辆叫做“辘车”（图1-1）。

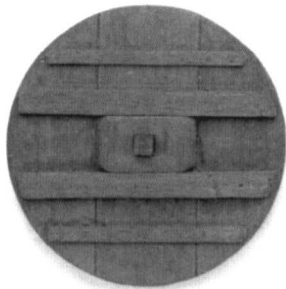


图 1-1 早期辘车实心木板轮的复制品

生物为什么没有进化出类似于车轮的肢体器官，是自然史学界一直感兴趣的话题，人们探讨几乎每一个“为什么不”的可能性。一些观点认为，由于轮子不断地向着一个方向旋转，不利于血管输送旋转器官需要的养分，因此轮轴结构的特殊形式是自然进化不可逾越的障碍。反驳的观点认为，考虑到自然界既然能够进化出像眼睛这样至今人类无法复制的精密复杂的器官，上述观点的证据并不可靠。近代生物学研究进一步发现，存在于深海中的一种微小生物的确是依靠一种很类似于车轴的鞭毛不断旋转驱动前进的，这一发现进一步证实了第二种观点。一个比较合理的解释是，生物界之所以没有进化出轮状器官不是因为不能，而是

因为不适合。只要设想一下骑着自行车攀爬岩石，这种解释就十分容易理解了。最能发挥轮子效用的环境是大面积平整坚实的地面，而在人类大规模活动之前的地球表面，这种环境并不常见。动物进化出的是能够广泛适合其生存环境的、灵活而可靠的行走器官，而轮子不符合这种要求。

1.1.2 马车的起源

约在五千年前，人类学会了骑马，这使得人类首次能够以大大高于自身奔跑速度的速度行动。后来发明的挽具和马镫使骑手更容易驾驭马匹，进而对战争和大规模民族迁徙产生了巨大作用。可以说直到汽车发明之前的几千年内，马匹是人类惟一的快速交通工具，马因此成为人类最亲密的动物朋友之一。

从交通工具的实际效用来看，从实心木轮的轻车到空心轮马车的使用，是人类交通史上一个巨大的飞跃：空心轮大而轻（直径80~160cm，比实心轮大30~80cm），车辆在路面上走得更加平稳轻快，适合使用跑得较快的马拖拽。这一特点增加了人类文明的传播速度，并使得马车成为真正的战争工具。关于马车的起源，考古学界目前有两种观点。一种是西亚起源说，另一种为欧亚草原起源说。著名考古学家柴尔德（Childe），以及荷兰学者李特尔（Littauer）和克伦威尔（Crouwel）是西亚起源说的代表人物，他们认为马车最早起源于两河流域的美索不达米亚地区，即今天的叙利亚、伊拉克周边地区，时间为公元前1950年到1850年，距今约四千年。随后分别向北传入欧洲，向西传入非洲，向东传入欧亚草原、印度和中国。英国考古学家皮格特（S.Piggott）根据20世纪50年代对前苏联有关地区考古发现，提出了马车最早起源于欧亚草原，即今天的乌拉尔山以东，俄罗斯的车里亚宾斯克以南，哈萨克斯坦境内的托博尔河与伊欣河之间的窄小地区，属于青铜时代的文化，其时间为公元前2200年到公元前1800年，距今4200年到3800年。

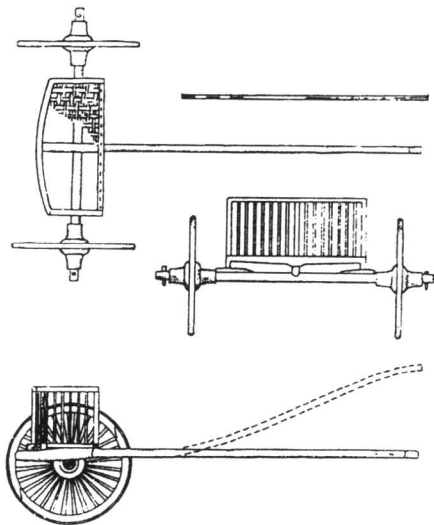


图 1-2 欧亚草原出土的马车复原图

近年来皮格特把自己的观点修正为欧亚草原和西亚同时起源说（图1-2）。

对于中国马车的产生也有两种不同学术观点：西方大多数学者和部分中国学者，倾向于中国的马车是从西亚传入的学术观点，还有些中国学者则持本土起源说。本土起源说依据的部分证据来自于中国古文献中对于“车”的描述，如《左传·定公元年》说，薛的始祖奚仲曾经当过夏的车正，车正即是夏朝管理车辆的官职。文献描述的时间为夏朝（距今4100年到3600年），但是文献中描述的这个时

代的车或许不是马车，而是实心木轮的轮车，是用人力或者其他动物如牛拖动的。中国最早的空心轮实物马车的证据发现于殷墟，是距今三千六百年左右的商代早期。这一时间比西亚或者欧亚草原的发现晚五百年左右。所以从时间来看，确实不能排除中国马车是从国外传来的可能性。

1.1.3 马车的形制

早期的马车无论是在东方还是西方，包括车轮、车轴、车舆（即车厢）、车辕的绝大部分均采用当时能够得到的惟一可用材料——木材制作，只在局部的部分装有金属（早期是铜，后来以铁器代之）和皮革。随着冶铁技术的发展，铁制部件的应用越来越多，但是主要用于摩擦易损的部位，铜制部件和皮革则更多地应用于装饰，一直到20世纪初制作马车的材料一直是木材。由于史料与篇幅有限，本节无意详细地讨论马车形制发展的种种细节，而仅仅通过一些片断展示一下马车形制发展的脉络。

1. 马车的整体形状特征

尽管考古发现了更多早期的双轮马车，但仍无法就此断定双轮马车比四轮马车年代更久远。可以推断，马车究竟是双轮还是四轮，并不存在制作技术难度上的差别，选择的依据主要是其适用性，即适合环境的能力。双轮马车更轻巧灵活，运行速度也较快，可能比四轮马车更能适应崎岖不平的路面以及战事的需要；而四轮马车更平稳，载货量也更多，可能更多地用于运输。实际上无论是双轮还是四轮马车，都一直沿用到近代，这一事实说明了这两种形式都有坚实的进化发展的理由。马车从产生那一天起就已经具有了近代马车所具有的所有主要特征：轻而大的车轮，坚固的车轴，适用于不同用途的、形状各异的车厢（车舆），以及伸出车前的车辕。这些马车的基本功能部件几千年来基本没有什么变化。

从整体形状来看，似乎中国的马车更加短小紧凑，基本上还是以双轮为主（图1-3、图1-4）。西方的近代马车则以四轮车为主要特征，为王室贵族们使用的马车前后轮的距离很远，车厢位于前后轮之间，形成了如同欧洲童话中表现出的豪华样式（图1-5）。

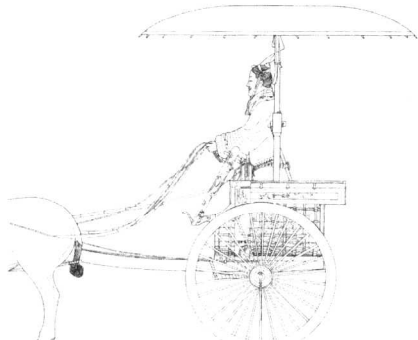


图 1-3 秦始皇1号铜车

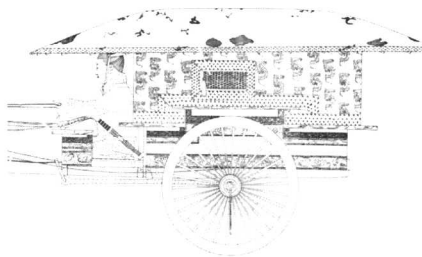


图 1-4 秦始皇2号铜车

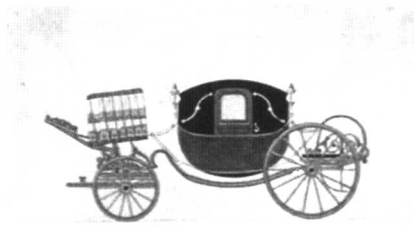


图 1-5 欧洲皇家马车样式



图 1-6 古代木制车轮样式

2. 行走系统

(1) 车轮

包括车轮与车轴在内的行走系统是古代马车上最重要的部件，制作马车的技艺水平主要体现在行走系统上。制作水平高的行走系统坚固轻快，经久耐用，可以想像这一点对于生产资料十分匮乏的古人来讲有多么珍贵（图1-6）。

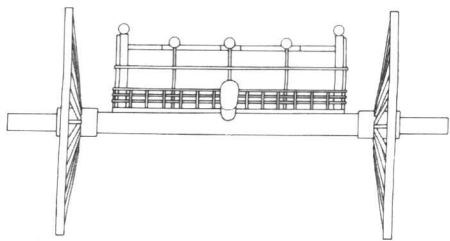


图 1-7 辉县出土的战国马车轮毂结构

由欧亚草原出土的车轮直径在90~100cm，个别出土的车轮直径甚至达到160cm。埃及出土的车轮直径略小一些，70~100cm。我国殷商时期出土的车轮直径120~150cm。这一时期典型的的车轮结构如图1-7所示。

车轮的外缘部分叫做轮牙，通常由几片人工弯曲成弧状的木条对接而成，在其径向内侧开有榫眼以便插入轮辐。轮牙的径向厚度（牙高）8~10cm，轴向厚度（牙厚）4~6cm。轮牙是车轮直接接触地面的部分，工作条件恶劣，是车轮制造最重要的部分之一。其中弯曲木条的衔接处又是重中之重，有多种衔接方式。有些车辆还在此处安装了金属加强件，在埃及出土的车轮更是包裹了皮革或桦树皮轮胎以增加耐磨性。

在轮牙和轮毂中间的放射形部分叫做轮辐。轮辐多者有8~12根（欧亚草原出土），少者有4~8根（埃及出土）。

车轮的中央部分叫做轮毂，是车轮与车轴连接的套桶形部分。轮毂是由耐磨的硬木制作而成，形状分为圆柱形和鼓形两种。轮毂外部包有防止断裂的加强部分，内部灌有动物油脂润滑，有的内部还装有皮革轴瓦以减少摩擦。可以说除了所用的材料以外，当时的轮毂部分的构造与后来的滑动金属轴承没有什么差别。

(2) 车轴

车轴是由坚硬致密的硬木制造，这种材料制成的车轴在磨损到很细的时候也能保持不断裂，是当时能够找到的最适合的天然材料。一直到20世纪仍然可以在广大的北方农村看到用枣木制作的车轴。由于材料尺寸限制，车轴是分段制作而不是两轮共用。车轴的端部装有防止润滑油溢出的油封和饰件。

3. 车辕

车辕是拴套牲畜的部分，早期的马车为单辕，只能由两匹马同时拖拽。这种车马和车的连接不紧凑，车辕必须较长才能保证较快速地奔跑。后来中国人

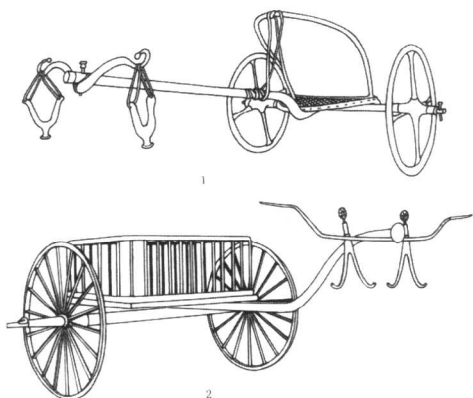


图 1-8 埃及古马车(1号)与中国古马车(2号)的车轭比较

发明了双辕车，两根辕杆之间安装一个叫做“轭”的弯曲部件架在马的肩上，这个装置使得一匹马就可以拖拽一辆车，提高了运输的经济性。车轭的形状与马的系驾方法密切相关，在马车发展的历史上中国和外国均有多种不同的系驾方法，因此车轭的形制也是多种多样的(图1-8)。

4. 车厢

车厢(古称车)是马车上最具多样性的部分，从架在车轴上最简单的架子，到带有皮革和金属复杂装饰的豪华木制车厢，考虑到马车在人类交通史上独一无二的特殊地位，可以认为马车车厢的形制决不会比今天的汽车种类更少。作为畜力交通时代的主要交通工具，马车是个人财富、权力的重要象征物。上层阶级使用的马车尺寸庞大、材料考究、制作精良，欧洲贵族马车的形态对早期汽车的造型设计产生了巨大影响(图1-9、图1-10)。



图 1-9 英国伊丽莎白一世的豪华马车复制品
(1560年)



图 1-10 对汽车造型产生影响的近代
欧洲豪华马车

1.2 交通与城市建设

1.2.1 农业时代的城市交通

一般情况下，多数城市都是人口的聚集地自然发展扩大而形成的。古代的人们通常依山傍水而居，一条河流加上一片肥沃的土地便成了一个家庭、几户亲朋安营扎寨的最好选择。随后其他人纷至沓来，几户人家发展成了村庄，村庄发展成了市镇。如果这个地方恰巧拥有了某种相对的资源优势，比如处于交通要道，或是重要大宗货物的集散地，又或具有某种地表或地下的天然资源，这些市镇就有条件发展成为城市。一旦一个市镇具有了一定的人口规模，封建领主和地方势力会以此为根据地建立更加强大的政权势力，组建军队、修造城池，城市规模会呈现加速发展的趋势。有时地势险要、交通不便也能够成为建造城市的理由，但这种城市的主要功能是用做军事关隘。

在农业经济时代，农村是社会经济的主体，粮食、蔬菜、纺织品与燃料等基本生活物资由农村提供，这些原因决定了以消费为主的农村不能发展到周边农村

经济无力支撑的规模。按照美国学者詹姆斯·特拉菲尔（James Trefil）的见解，另一个限制城市规模的主要原因是交通，他把这个规律叫做“45分钟定律”，即城市的规模基本限制在以当时的交通方式45分钟内可以由市中心到达城内任何一点的范围内。以步行5km/h推算，作为“步行城市”的古代市镇的半径应当在3.7km左右，也许是巧合，这个距离恰巧相当于从北京的天安门到旧城墙（今天的二环路）的平均距离。不论“45分钟定律”是否准确，交通方式决定城市规模是确定无疑的。

这个定律是说，大部分的人都不愿花费45分钟以上的时间，在工作和购物的交通上。从幼发拉底河到哈德逊河，45分钟定律一直主宰了都市的规模。

詹姆斯·特拉菲尔《未来城》

古代城市的道路主要是给马车和步行者建造的，道路的铺装材料主要有土和石两种，在少数城市的少数道路上，有砖或木铺就的地面。除去个别具有象征意义的道路之外，一般道路的宽度以今天的标准衡量只能算是小街道。好在农业经济时代的城市不存在“高峰时间”，所以交通拥堵不会像今天的城市这样成为一个严重的社会问题。平面的城市、平面的道路，构成了农业经济时代城市的一般形态。

1.2.2 蒸汽机对城市交通的影响

可以从无数角度讨论蒸汽机对人类社会的影响。就城市来说，蒸汽机基本确立了城市在社会经济中的主体地位。农业经济时代能量的主要来源是自然能，如水能、风能、生物质能（树木、麦秸、稻草等）和肌肉能，这种能源的利用是小规模的、分散式的和不稳定的。蒸汽机开创了集中、稳定、大规模地利用能源的模式。以蒸汽机为动力的纺织工业、钢铁工业、机械工业的发展使城市由消费主体变成生产主体，人口密集的城市在工业时代第一次成为资源优势。17世纪后半叶，欧洲的城市开始迅速膨胀，到19世纪中叶的时候，巴黎和伦敦的城市人口已经上百万。除了规模以外，蒸汽机还直接对城市的面貌进行了大规模的改造：巨大而肮脏的厂房，林立的烟囱，滚滚的蒸汽与黑烟，纵横交错的铁路线与成群结队的上班人群成就了工业城市的新景观。英语中第一次出现了rush hour（高峰时间）这个词。人口的增加催生了城市公共交通系统，世界上第一条公交线路诞生在法国的南特市（Nante）。1826年，一个名叫亨利·鲍德里（Henry Baudry）的人开辟了一条称为Omnibus（欧尼巴士）的绕城定期马车线路。到19世纪中叶，这种公共运输系统已经被应用在欧美所有主要城市，并且有些马车线路还安装了铁轨。

对城市格局影响较大的是铁路上运行的蒸汽车辆。早年的蒸汽机是一堆铸铁和钢构成的庞然大物，虽动力强大但尺寸惊人。1769年法国人尼古拉·屈尼奥制造了世界上第一辆蒸汽机动车辆（图1-11），时速不到3英里（1英里

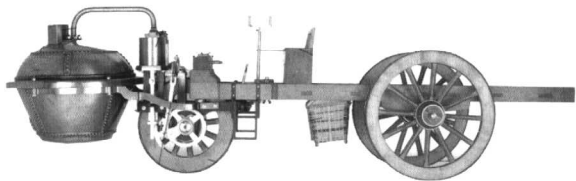


图 1-11 尼古拉·屈尼奥制造的世界第一辆蒸汽机动车辆

=1.609km), 无法作为商用车辆投入运营。到19世纪后期, 经过一个世纪改良的蒸汽机已经小到足以安装到车辆上, 又能有足够的动力推动车辆运行很长距离, 但是离开了专门铺设的铁轨, 其效率、速度和可靠性都会大打折扣。在权衡了经济性与灵活性之后, 沿着车辆的可到之处铺设长长的铁轨成为不得不接受的选择。从1830年开始, 铁路运输成为真正具有实用价值的大众运输系统(图1-12)。由于

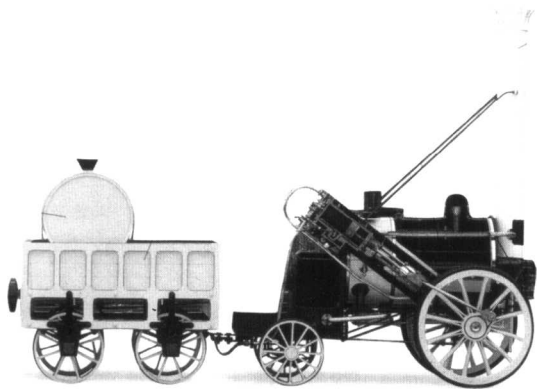


图 1-12 第一辆投入商业运营的蒸汽汽车“火箭号”

城市经济的发展使市区内的地价、税率飞涨, 一些人口开始迁移到相对便宜的郊区居住, 每天依赖铁路系统上下班。由于铁路车辆受到铁轨线的限制, 而且比较适合远距离运输, 所以这种由铁路运输造成的人口迁移使得城市沿着铁路线呈放射状向四周延伸。原来的中心团状城市变成了以旧城为中心的

“鸡爪型”卫星城市群。城市交通系统逐渐形成了以铁路为主的城际交通和以马车为主的城内交通两级结构。火车站有幸有资格与市政厅、议会厅、教堂一起成为围绕城市中心广场的主要建筑。

蒸汽机车最大的缺点是体积大、噪音和污染, 这些缺点使得它难以承担城市内交通运输的职责。从18世纪后半叶到19世纪前半叶, 寻找更加合适动力来源的工作一天也没有停止。

1.2.3 电气对城市交通的影响

电是人类获得又一个改变世界面貌的强大手段, 更确切地说, 是获得了一种迄今为止仍然是最有效的远距离输送能源的形式。人们可以把强大的自然能(如水能、风能和生物质能)通过发电机转化成电能输送到几千千米外的四面八方, 再通过电动机还原成机械能来驱动工作母机、车辆与其他机械装备。与蒸汽机相比, 使用电动机驱动的车辆更快、更清洁、更安静也更小巧, 这些特点使得电动车辆有资格成为替代马车在城市内运行的交通工具。1881年德国西门子(Siemens)公司生产了世界上第一辆有轨电车, 并在柏林投入使用。1884年美国工程师亨利制造了世界第一辆由架空电缆供电的无轨电车。1890年德国和美国先后制造成功了电力牵引机车。众多电力车辆投入使用使得火车、电车、马车和行人相互混杂, 城市道路变得拥挤而危险, 人们开始考虑把城市交通系统向空中和地下延伸。

1860年伦敦建设了世界上第一条地下铁路, 列车使用蒸汽机车牵引, 冒出的烟尘搞得地铁里乌烟瘴气。1890年电力机车投入使用后, 才真正使地铁成为解决城市交通拥堵问题的有效途径。与地铁同时开始的还有城市内高架铁路车辆, 或称轻轨的城市交通系统。从20世纪初到21世纪初的一百年来, 由地铁和轻轨构成的城市轨道交通系统一直担当世界大城市公共交通的主力。得益于这样一个优秀

的交通系统，今天的世界主要大城市的面积比一百年前扩大了几十倍，城市也由平面形态发展成了立体形态。

轨道车辆固然有快速、准时、大运量的优点，但是其缺点也很明显：无法提供像马车那样自由的、门到门的交通服务。从电动机被发明出来开始，人们就不断试图制造出由车载能源——电池驱动的车辆。最早开发电池电动车辆的是英国和法国，1881年法国人古斯塔夫·特鲁夫(Gustave Trouve)制造了世界上第一辆三轮车参加了巴黎国际电器博览会，车上安装了直流电动机和1859年伽斯顿·普兰特(Gaston Plante)发明的多次性铅酸充电电池。这辆车的图片资料已经无据可查，但是法国作家阿伯·莫埃格尼(Abbe Moigne)在一篇文章里对它有较详细的描述：

“三轮车有两个转向轮和一个简单的大驱动轮，这个大轮一定是应用英国技术制造的，看上去很笨重。连接两个小转向轮的轴底下装有两个像拳头那么大的小电机，这两个电机用两根链条连接，两根链条的链轮分别与大链轮的两侧相啮合。车座后面的轴上有六个新做的粗糙木盒，盒子里装有六节二次电池，这些电池与普兰特发明的电池很相似，用来驱动两个电机。车座的左边是个制动手柄，手柄上有个开关，骑乘人可以随时停车或启动。

这就是1881年4月8日那辆三轮车的大概轮廓。从后面看，有些像古代推销员用的车。值得补充的是，这辆三轮车采用了英国技术，很笨重，大约有55公斤，加上电池和骑乘人，总重量可能有160公斤。两个电机所产生的有用功率达到每秒钟7公斤米（相当于1/10马力）。”

《电动汽车发展史——电池动力车辆》

[美]Ernest H.Wakefield

从1881年起，在法国、英国和美国，各种尺寸样式的电动车设计层出不穷。人们受到各种新发明所鼓舞，憧憬着用电动汽车代替落后的马车成为主要的交通工具的美好前景，强烈的愿望成为电动车发展的巨大动力。1896年，美国工程师莫里斯(Morris)和萨罗姆(Salom)用自己组装的一批电动车在纽约组建了出租车队，开始了电动汽车的商业应用。仅仅几年时间全美国已经有12000辆电动汽车，电动汽车呈现出良好的发展前景。如果不是由于内燃机汽车的出现，也许今天人类社会会有一个完全不一样的城市交通系统。

1.2.4 内燃机对城市交通的影响

内燃机车辆的发明使人类在电池汽车方面的探索中断了几十年。在1876年以后，德国发明家奥托(Otto)制造了世界第一台内燃机(图1-13)。与同时代的电动机相比，内燃机的显著优势首先在于单位容积和重量下所能够携带的能源更多，可以推动汽车行驶更长的距离。其次，与寿命有限而且昂贵的蓄电池组

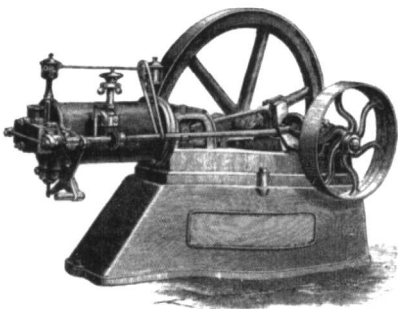


图 1-13 法国人勒鲁瓦制造的世界第一台实用的内燃机