

工业产品设计与表达



普通高等教育“十五”国家级规划教材

北京科技大学、华南理工大学、西安交通大学等院校 编

窦忠强 续丹 陈锦昌 主编



高等教育出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材

“十五”普通高等教育国家级规划教材
清华大学出版社
ISBN 7-302-12580-1

工业产品设计与表达

北京科技大学、华南理工大学、西安交通大学等院校编

窦忠强 续丹 陈锦昌 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材,是根据教育部2005年制订的“普通高等院校工程图学课程教学基本要求”,并总结近年来多所重点院校教学改革的经验编写而成的。本书以三维表达为中心,二维投影理论为基础,将二维投影制图和三维设计方法有机地结合起来,三维设计表达部分以基于特征设计的参数化 Autodesk Inventor 8 软件为教学平台。

本书主要包括:工业产品的设计与表达概述、几何实机的构成分析、零件的构形分析、创建装配体、技术制图国家标准的基础知识、工业产品的二维制图基础、轴测图和徒手绘图、工业产品设计的二维表达方法、标准和常用件表达、二维的零件图和装配图表达、创建三维实体模型的基础知识、简单零件的三维设计过程实例、三维零件的草图设计、三维零件的设计方法、三维零件的度量 and 零件的物理特性、三维实体装配设计、部件分解表达设计、工程图设计等。书后附有三维设计范例与习题答案光盘。

与本书配套的习题集由高等教育出版社同时出版,可供选用。

本书适合于普通高等学校机械类、近机类专业学生使用,也可供其他专业师生及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工业产品设计与表达/窦忠强,续丹,陈锦昌主编.

—北京:高等教育出版社,2006.5

ISBN 7-04-019214-4

I.工… II.①窦…②续…③陈… III.工业产品—设计—高等学校—教材 IV.TB472

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第057789号

策划编辑 肖银玲 责任编辑 李瑞芳 封面设计 张志 责任绘图 朱静
版式设计 张岚 责任校对 王效珍 责任印制 陈伟光

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网址	http://www.hep.edu.cn
总机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landrace.com
印刷	北京印刷一厂		http://www.landrace.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开本	787×1092 1/16	版次	2006年5月第1版
印张	33.25	印次	2006年5月第1次印刷
字数	810 000	定价	45.00元(含光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 19214-00

前 言

用三维设计系统做工业产品的设计和表达,在今天已经不是一件“可望而不可及”的事情了。

计算机图形学的发展、计算机数据库的进步和计算机的性能的提高,使得设计师和学生使用三维设计软件系统做产品的设计表达成为可能。这对工程图学的教学体系、教学的指导思想乃至教材的内容都带来前所未有的冲击。

本书就是在上述背景下,试图改造传统的工程图学教材,将三维设计表达的最新方法和技术与二维投影制图结合,编写出一本有特色、更实用的教材。

本书内容包括:几何实体的构成分析、零件的构形分析、创建装配体、技术制图国家标准的基础知识、工业产品的二维制图基础、轴测图和徒手绘图、工业产品设计的二维表达方法、二维的零件图和装配图表达、简单零件的三维设计过程实例、三维零件的草图设计、三维零件的设计方法、三维零部件的度量和零件的物理特性、三维实体装配设计、部件分解表达设计、工程图设计、课程设计和教学建议等。

本书的特点是:

① 将“三维设计与表达教学”贯穿于整个教学的各个阶段,体现以“三维设计表达为主线、以二维投影制图为重点”的教学指导思想。

② 精简了传统画法几何教学的主要内容,如点、线、面和体的投影、辅助投影、轴测投影和徒手绘图、截交和相贯、组合体等,增加了构形设计的内容。

③ 突出了徒手绘制工程草图的教学份量。

④ 保留了传统制图教学中的国家标准简介、机件常用表达方法、标准件和常用件、零件图和装配图等内容。

⑤ 增加了体现教学实践的章节——课程设计。

⑥ 教材的最后一章给出了供教师参考的教学建议书。

⑦ 编写了与教材配套的习题集和全部参考答案。

本书可作为高等学校机械类、近机类各专业的教材,也可供函授大学、电视大学、网络学院、成人高校等相关专业选用。

本书由窦忠强、续丹、陈锦昌主编。参加本书编写的人员有:北京科技大学 窦忠强(第1章、第11章至第18章和第20章),西安交通大学 续丹(第2章至第4章),华南理工大学 陈锦昌(第5章至第7章)、陈炽坤(第8章、第10章),北京科技大学 曹彤(第9章),张苏华(第19章)。

本书书后配有一张光盘。光盘的内容有:

① Inventor 8.0 软件:由 Autodesk 公司赠送的正版软件。

② 例题文件:本书中和“三维设计与表达”有关章节中的例题文件。

③ 习题答案:与本教材配套使用的《工业产品设计与表达习题集》的习题参考答案,答案图形是.pdf 格式,需要工具软件。

④ 教学素材:供教师使用的一些教学素材。

⑤ 阅览工具: 阅览查看“习题参考答案”的工具软件。

建议使用此光盘时,将光盘所有内容全部复制到本地计算机上,并创建一个“工业产品设计与表达”文件夹,将光盘保留起来。

这是一部探索性的教材,没有多少可以借鉴的经验和资料,在编写过程中得到很多前辈和同行的鼓励,华中科技大学常明教授对本书进行了认真细致的审阅,提出了许多宝贵的意见和建议,美国 Autodesk 公司为本书配送了正版软件在此一并致谢。

对本书中的不妥之处,敬请读者指教。

编者

2005年12月

目 录

第1章 绪论	1	6.3 点的投影	60
1.1 设计与表达溯源	1	6.4 直线的投影	63
1.2 现代设计表达方法	8	6.5 平面的投影	70
1.3 工业产品的设计与表达	9	6.6 基本立体的投影	76
1.4 本课程的任务	13	6.7 立体表面的交线	79
1.5 本课程的学习方法	14	6.8 组合体的投影	92
思考题	14	思考题	107
第2章 几何实体的构成分析	15	第7章 轴测图和徒手绘图	109
2.1 几何实体的分类	16	7.1 轴测图	109
2.2 简单几何体的构成	17	7.2 徒手绘制平面草图	115
2.3 复杂几何体的构成	21	7.3 徒手绘制立体草图	120
2.4 几何体的构成分析实例	24	思考题	122
思考题	26	第8章 工业产品设计的二维	
第3章 零件的构形分析	27	表达方法	123
3.1 零件常见工艺结构	27	8.1 视图	123
3.2 典型零件的构形	29	8.2 剖视图	127
思考题	35	8.3 断面图	139
第4章 创建装配体	36	8.4 规定画法和简化画法	142
4.1 零件间装配关系分析	36	思考题	145
4.2 零件的装配	38	第9章 标准件和常用件的表	
4.3 创建虎钳装配体	40	示法	147
思考题	42	9.1 螺纹的画法	148
第5章 技术制图国家标准的		9.2 螺纹紧固件的画法	157
基础知识	43	9.3 键及销连接表示法	164
5.1 图纸幅面和格式	43	9.4 滚动轴承表示法	167
5.2 比例	45	9.5 弹簧表示法	170
5.3 字体	46	9.6 齿轮表示法	173
5.4 图线	48	思考题	178
5.5 尺寸标注法	50	第10章 二维的零件图和装配图	
思考题	54	表达	180
第6章 工业产品的二维制图基础	55	10.1 零件图	180
6.1 投影法的基本知识	55	10.2 装配图	206
6.2 三投影面体系与三视图	58	思考题	221

第 11 章 创建三维实体模型的	
基础知识	222
11.1 参数化设计	222
11.2 特征设计	227
11.3 工业产品的三维实体设计的 基本方法	229
11.4 基于特征的参数化 CAD 系统 Autodesk Inventor 8 简介	231
11.5 Inventor 8 设计环境	234
思考题	241
第 12 章 简单零件的三维设计	
过程实例	242
12.1 零件的三维设计流程	242
12.2 简单零件的三维设计要求与 形体构成分析	242
12.3 板形零件的设计过程与 步骤	243
思考题	253
第 13 章 三维零件的草图设计	254
13.1 草图设计	254
13.2 绘制草图	257
13.3 编辑草图	264
13.4 草图约束	270
13.5 草图设计实例	283
思考题	285
第 14 章 三维零件的设计方法	286
14.1 零件的三维设计过程	286
14.2 零件特征设计方法	287
14.3 草图特征	288
14.4 放置特征	318
14.5 定位特征	344
14.6 零件的三维设计综合举例	350
思考题	357
第 15 章 三维零部件的度量和零件的 物理特性	358
15.1 三维零部件的度量	358
15.2 零部件的物理特性	360
思考题	362
第 16 章 三维实体装配设计	363
16.1 三维装配设计的目的	363
16.2 三维装配设计的过程	363
16.3 三维装配设计中的约束	365
16.4 “自下向上”的三维装配 设计	380
16.5 “自上向下”的三维装配 设计	386
16.6 三维装配设计方法—— 自适应设计	393
16.7 三维装配模型的剖视表达	398
思考题	399
第 17 章 部件分解表达设计	400
17.1 设计分解的表达图	400
17.2 表达视图的动态演示	407
思考题	411
第 18 章 工程图设计	412
18.1 工程图的设计过程	412
18.2 工程图的视图表达设计	414
18.3 工程图的尺寸	443
18.4 工程图的符号	450
18.5 工程图的技术要求	451
18.6 工程图的标题栏	452
18.7 在工程图中修改零件尺寸	454
18.8 部件装配工程图	455
思考题	461
第 19 章 课程设计	462
19.1 概述	462
19.2 课程设计示例	465
19.3 课程设计题目	474
思考题	481
第 20 章 教学建议	482
20.1 教材性质	482
20.2 教学对象、教学模式和 教学学时	482
20.3 教学的几个阶段	483
20.4 关于“三维实体设计与表达”和 “二维制图”教学内容的结合	486

20.5	本课程与二维计算机绘图 教学的关系	487	附录一	几何作图方法	489
20.6	关于习题和课程设计	487	附录二	螺紋和标准件	493
20.7	关于使用三维软件	488	附录三	极限与配合	516

第 1 章

绪 论

1.1 设计与表达溯源

设计(Design)一词是 designare 而来,是“画上記号”的意思,相当于“制图”、“计划”的意义。在古代的中国的文献《周礼·考工记》的“设色之工,画、绩、锺、筐……”中的“设”字,就是“制图”和“计划”之意。这表明,为实现自己的愿望而进行的创造性活动是人类共同特性。

设计的历史和人类发展的历史是同步的。设计的产生和发展无不与人类当时的生产力水平、社会环境、科学知识发展相关。

50 万年前的远古时代,先民们已经能够加工出如图 1-1 所示的石凿、骨针、石斧、骨刀、骨锯等原始工具以及搭建自身居住的房屋等。其实,这些就是与当时人类生存直接相关的器具的发明和制作的过程,就是最初级的“设计”。在还没有进入文明时代的人类,当然不可能有什么设计表达的历史记载。设计者就是制作者,他的设计构思的过程和结果都直接表达成了“产品”。最多是把所见所想用最简单的图形描绘在地上或岩石上。

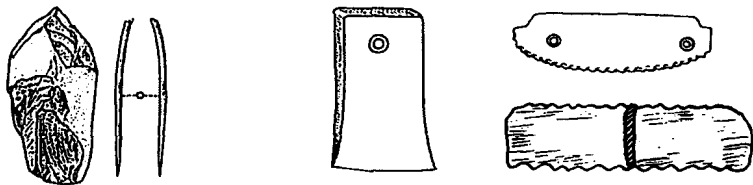


图 1-1 远古时期人类设计的工具

1. 中国古代的设计与表达

中国在人类文明史上留下了无数杰出的设计成果,在世界文明史上占有重要的地位。和工程以及机械有关的设计反映在为提高生产效率而改进的生产工具,如石磨、辘轳、绞车、农业机械、车轮等。随着设计水平的进步和生产方式的变化,人类创造了更为复杂的机械,如指南车、记里鼓车、纺织机械、水转翻车等,也发明和使用了如杠杆、滑轮、螺旋、齿轮和轮轴等高效、省工的机构。使用的材料由石、木这样的自然资源发展为青铜、铁等金属。战争和航海的需要也促进了兵器、舰船等方面的设计进步。

古代的表达设计的方式也是逐渐演变、进步的,但都离不开文字和图形。

公元前 221 年以前,先秦的《周礼·考工记》中就有大量关于古代设计和制造工艺的文字记载。

由于古代的图样不耐腐蚀性,所以保留下来的很少,汉代之前的设计图形现在只能从出土的文物上辨认出来,如图 1-2、图 1-3 和图 1-4 所示。

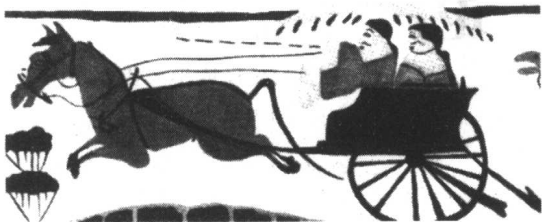


图 1-2 战国时期楚墓漆上的驾车画像



图 1-3 汉代石象上的纺织画像



图 1-4 青铜鼎和彩陶上的几何图案

秦汉时期的几何图形已经达到相当的水平,各种器物上的几何纹饰不但采用了最简单的点、线、面、圆形、圆弧、方形,还采用了基本几何体,如长方体、圆柱体、圆锥体、棱柱体、圆球体甚至曲面旋转体。

1980 年秦陵出土的铜车马(图 1-5),其设计之精巧、造型之精美、结构之严谨,以及制造工艺水平都达到一个很高的水准。

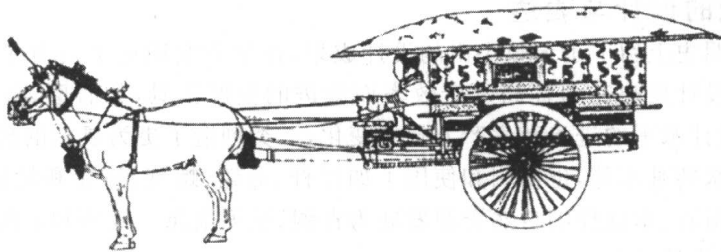


图 1-5 秦代的铜车马的图样

1977年,由河北省平山县战国时期中山王墓出土的、用青铜板制成的建筑平面图(图1-6),上面镶嵌着金银线条和文字,是世界罕见的早期工程图样。此图按正投影法用比例1:500绘制,并写有尺寸。制成于公元前323~公元前309年之间,读铭文可知,它是建筑时依据的实际图样。

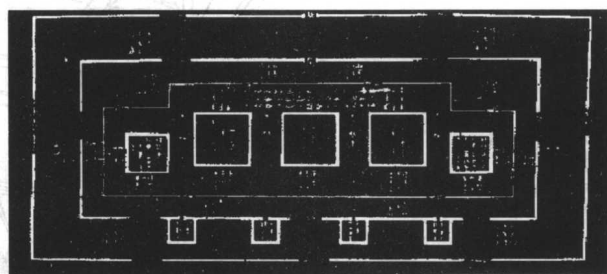


图1-6 战国时代中山王墓建筑规划平面图

从汉代制造的量具(图1-7)也可以看出当时的设计和加工制造水平。这种卡尺和现代用来测量圆柱体直径的“百分卡尺”的设计结构几乎完全相同。

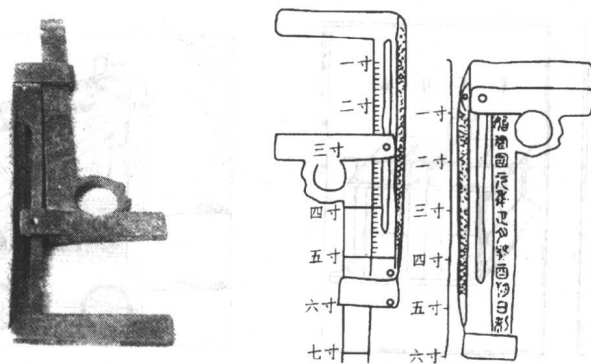


图1-7 公元9年汉代制作的铜卡尺及图形

宋、元时代在纺织机械、兵器、舰船、天象测量仪等方面的设计达到了很高的水平,设计的图样在当时的科技文献著作中多有记载。

北宋李诫于公元1100年写成《营造法式》,共34卷。这是世界上最早的一部建筑规范巨著,对建筑技术、用工用料估算以及装修等都有详细的论述。书中有图样六卷,计图一千余幅。“图样”这一名称,一直沿用至今。该书中的图样涵盖了相当于现今各种投影法绘成的宫殿房屋的平面图、立面图、剖面图、详图及构件图,充分反映了900年前中国工程制图技术的先进和高超。

图1-8是元贞年(1295年)王桢撰写的《农书》中绘制的巢车和带有脚踏机构的纺织机械的图样。

元贞薛景石著有《梓人遗制》,记载了纺织立机的各零部件名称、尺寸及连接部位,并有附图,如图1-9所示。图1-10是宋代的兵车图样。

近代西方先进的工程制图技术的介绍与传播开始于清代。清雍正年间年希尧据意大利人波

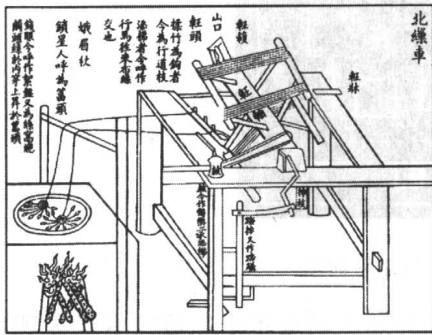


图 1-8 元代的纺织机械——巢车图样

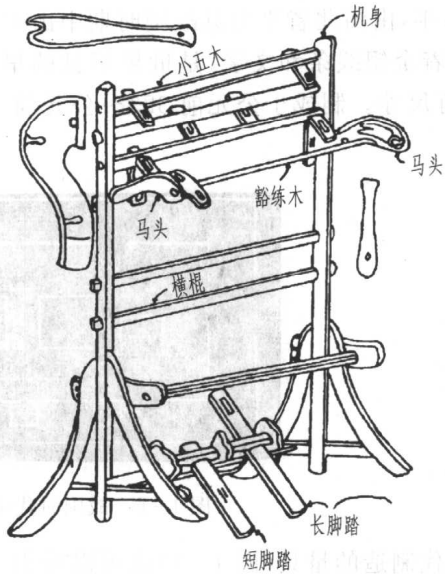


图 1-9 元代的纺织机械——立机图样

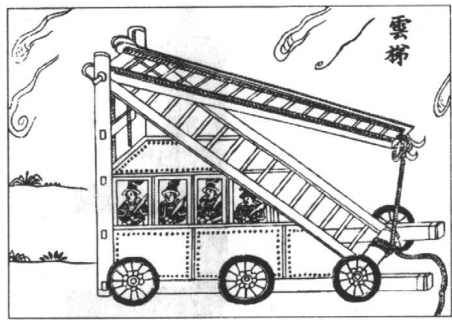
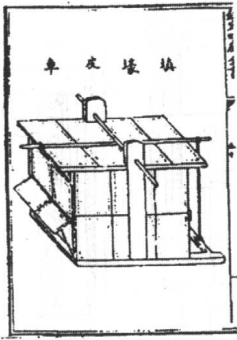
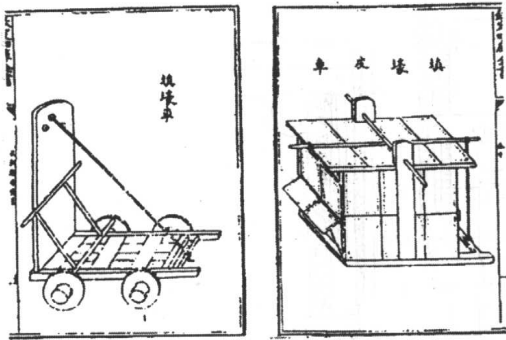


图 1-10 宋代的兵车图样

梭《建筑透视图》所写的《视学》一书，介绍了西方正投影图的画法和画透视图的方法。清末徐建寅和英国人傅兰雅合译的《运规约指》、《器象显真》，引进了西方的机械制图技术。

图 1-11 是清代学者丁拱辰在他的《演炮图说辑要》一书中的插图，他仿制国外的小蒸汽机车并绘制了小火轮装配示意图。当然，他设计的机车和绘制的图样都不能代表当时的西方先进的水平。

中国古代设计图样具有以下特征：

① 用文字说明设计对象，如宋代的吕

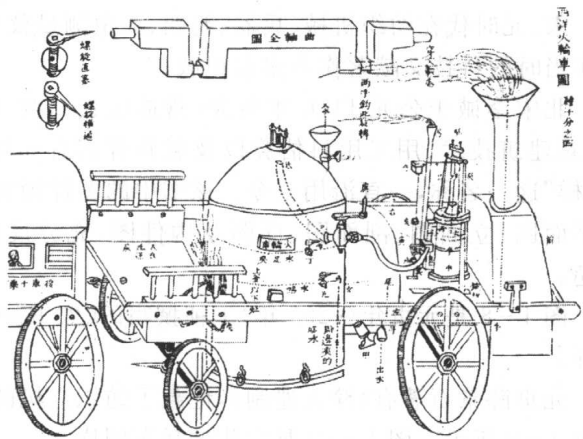


图 1-11 清代绘制的火轮装配图

大临(1037—1101)的《考古图》对于空心旋转体的叙述文字是：“器高尺有九寸，首围三尺一寸，底径二尺七寸一分，厚二分重三十六斤”，这是很准确的工程技术语言文字说明。

② 工程图样上不直接标注尺寸，另配文字说明物件的大小。如图 1-12 所示机械图样的左面写有详尽的尺寸要求。

③ 大多用一个平面图样或一个立体图形表示“设计对象”，绘制的图形基本上是人眼睛看到的结果，不能清楚地表示全部形状和大小。按现代工程图学的定义是一个“单面视图”，立体图样大多具有“平行斜投影”的性质，如图 1-8、图 1-9 所示的纺织机械图。在绘制房屋建筑图样上应用了透视图法，图 1-13 所示的宫殿大门是用中心

投影法绘制的透视图。南朝著名画家宗炳提出远小近大，透过透明画面观察物体在画面上画出物体形象的透视方法，早于西方 1 000 多年，其透视原理如图 1-14 所示。

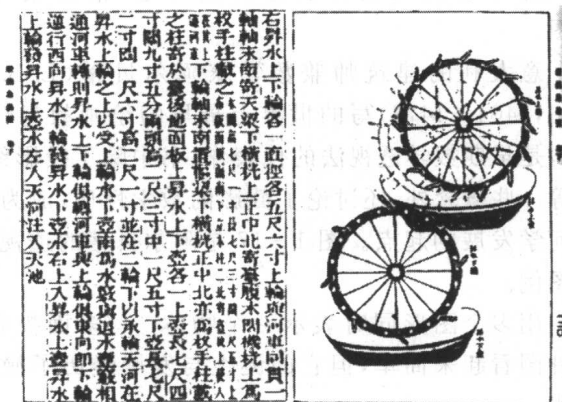


图 1-12 宋代《新仪象法要》中机械图样和文字说明

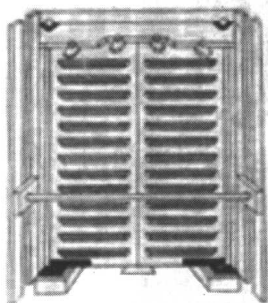


图 1-13 门的透视图

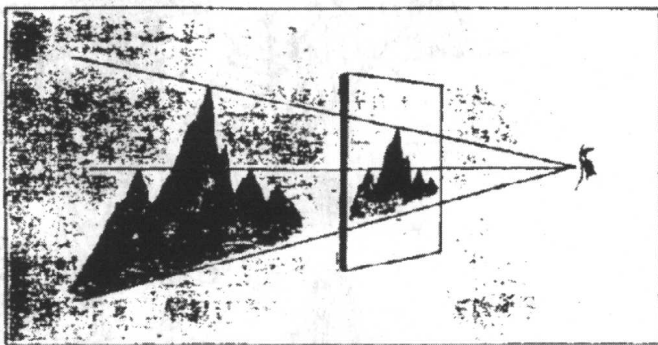


图 1-14 南朝宗炳著的《画山水序》中所附投影原理图

④ 宋代以后，图纸的格式趋于规范，图纸上面使用宋代使用的汉字字体注写图样的名称、零件名称和绘制比例，而我国现行制图国家标准采用的工程汉字就是以“仿宋体”为标准的。

⑤ 制图的方法处于半经验半直观的状态，还没有形成一个科学的体系。

2. 外国古代的设计与表达

公元前三世纪，由于测地和航海的实际需要，古希腊数学家欧几里德和阿基米德等人创立了度量几何学，从定义、定理和公理出发，用演绎法建立几何命题，开始使用各种几何图形表示物体形象。

外国古代的工程设计常常是设计是和艺术关联在一起的，很多设计师同时也是艺术家和科学家，设计图样常常是艺术绘画的作品。图 1-15 所示的是罗马建筑师维特鲁威维亚(Vitruvius Pollio)的《建筑十书》中的设计插图。意大利著名画家及工程师达·芬奇(Leonardo da Vinci,

1452—1519)留下了大量的充满生机的设计草图,采用了随意轻松的写实画法,如图 1-16 所示。所以那个时代的设计表达的图样是“很形象”的立体图。

意大利的建筑师兼数学家阿尔贝蒂(L. B. Alberti, 1404—1472)写的世界上最早的绘画教材《绘画论》,是早期数学透视法的代表作,书中除了投影线、截影等一些概念外,还讨论了截影的数学性质,成为射影几何学发展的起点。图 1-17 是阿尔贝蒂的透视画法的图例。

用多个图形同时表示一个物体——多面投影图,这种图看起来简单,但它的诞生与发展经历了漫长的历程。

与达·芬奇同时代的德国画家、建筑师和数学家阿尔布雷特·丢勒(Albrecht Durer, 1471—1528)于 1528 年写了一本书,介绍在纸上用相互关联的多面图表示物体的原理。图 1-18 是丢勒绘制的用多面图表示立体的插图。

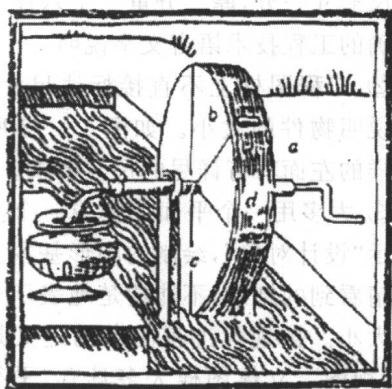


图 1-15 《建筑十书》插图——汲水机械

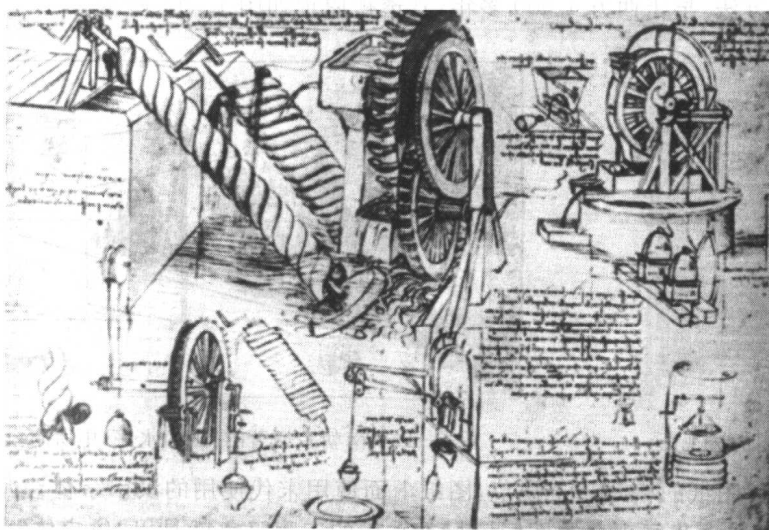


图 1-16 达·芬奇的设计草图

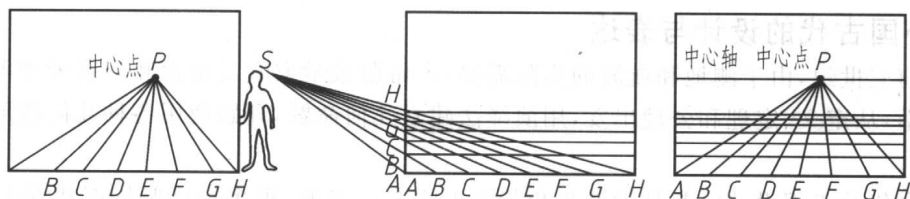


图 1-17 阿尔贝蒂的透视画法

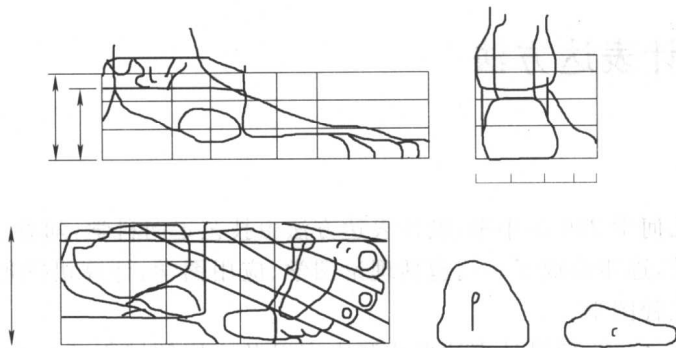


图 1-18 用多面图表示立体(丢勒)

18 世纪的工业革命兴起,资本主义生产完成了从工场手工业向机器大工业过渡的阶段,对工业产品的设计表达方式提出了新的课题。

新的设计表达方式应该满足:对设计对象的表达应当具有唯一性,能准确地表达更为精密的机械设备;设计者和施工者能共同理解,以适应更细化的社会分工;还应该使更普通的人接受和掌握。

把多面投影法理论化和系统化命名为画法几何学,并使其确立于学术领域的人是法国科学家蒙日(Gaspara Monge, 1746—1818)。

蒙日在研究和发展了微分几何、空间解析几何的基础上形成一整套以投影几何为主的画法几何学,使工程图的表达规范化、唯一化。图 1-19 是蒙日在《画法几何》里表示点和直线的投影原理的插图。

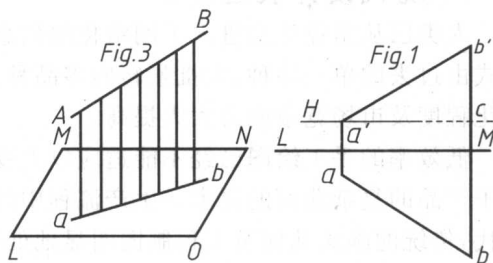
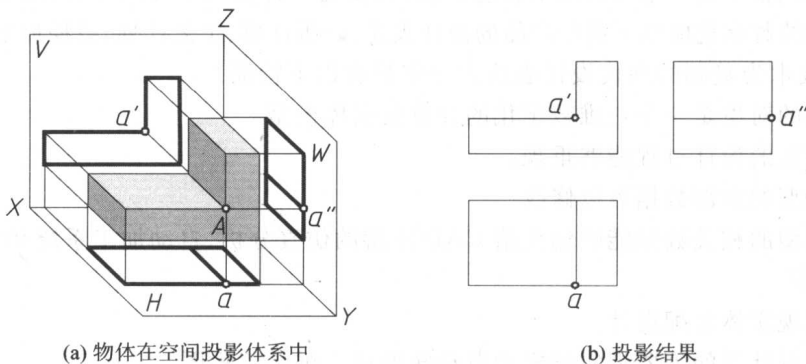


图 1-19 蒙日的《画法几何》插图

画法几何学主要研究把三维空间的几何元素投影到两个(或多个)正交的二维投影平面上,再将它们展开成一个平面,在这一两个尺度的图纸上准确地表达出具有三个尺度的空间几何元素或物体,如图 1-20 所示。使用画法几何的方法解决了过去用数学解析的方法描述复杂形体的数学高次方程的困难,实现了空间几何问题在平面上求解的问题。



(a) 物体在空间投影体系中

(b) 投影结果

图 1-20 立体和点的投影

1.2 现代设计表达方法

1. 工程图学

蒙日创建画法几何学 200 多年来,设计表达方法由技艺走向科学,随着工业化进程的发展及生产实践经验的总结,逐步形成了一门包括理论图学、应用图学、计算机图形学和制图技术等内容的重要学科——工程图学。

工程图学的发展、完善,使设计表达形式和内容以及应用领域不断扩大,设计表达能力和信息量大大增强。国际标准化组织(ISO)和各个国家都制定了关于工程制图方面的“标准”,设计表达方法更规范和便于交流。工程图学为工程和科学技术各个领域解决机械结构、空间几何及机构、工程设计等问题提供了可靠的理论依据及解决问题的有效手段。应用工程图学的方法可以画出建筑图、机械图和其他工程图样,依据这样的图样可以直接施工和制造产品。因此,工程图样常被称为工程界的“语言”。

2. 现代设计表达方法

人类已从工业社会进入了网络化的信息时代,设计与制造的环境发生了巨大的变化。生产方式由过去的单一品种、大批量转向多品种与小批量生产,产品的生命周期越来越短,生产的自动化程度及市场竞争能力大大提高。

低效率的手工绘图已经不能适应以上变化,尺规绘图的精度也不能满足如汽车、飞机及各种电子产品的复杂曲面的要求。生产流程中的传统介质——“工程图样”正逐步被磁带、磁盘等所取代,传统的画法几何及工程制图明显地处于不适应的地位。

计算机图形学(CG)和计算机辅助设计(CAD)技术的发展,推动了图学理论及应用的发展。例如,多维画法几何、分形几何、非均匀有理 B 样条(NURBS)、可变形曲面造型方法;逆向工程中曲面重构;由测量点生成三维网格和在三维网格上拟合 B 样条曲面的方法等。

CAD 技术推动了几乎所有领域的设计革命,CAD 技术的发展和水平已经成为衡量一个国家科技现代化和工业现代化水平的重要标志之一。CAD 技术从根本上改变了过去的手工绘图、发图、凭图纸组织整个生产过程的技术管理方式,转变为在计算机上交互设计,用数据文件发送产品定义,在统一的数字化模型下进行产品的设计表达、分析计算、工艺计划、数控加工、质量控制等。

以 CAD 技术为基础的现代设计表达方法应具有以下特征:

- ① 所表达的对象是一个三维数字化的计算机实体模型。
- ② 实体模型的设计过程能够重现。
- ③ 实体模型的全部数据可以修改。
- ④ 实体模型的相关数据能够输出给 CAD 下游的仿真分析、自动加工系统和管理系统,实现数据沟通和共享。
- ⑤ 能够实现实体装配设计。
- ⑥ 能够按设计者的需要把实体模型自动转换成二维的工程图。
- ⑦ 能够在网络环境下协同设计。

很显然,用“模型”记录、表达设计的方法与传统的用二维图样的方法,在形式和内容上大不相同了。“模型”的最大特点是一个面向设计、分析、制造、管理的信息集成。

计算机硬件及三维 CAD 软件的发展,已经为现代设计表达方法提供了良好的设计环境。传统的二维图样不再是产品设计、制造中唯一依赖的技术文件,设计将进入到产品的三维设计时代。

设计人员可以根据对产品的构思在计算机上直接建立其三维模型,避开了“二维”投影的容易漏、错,不易修改的不便。更重要的是,它还可以把模型的全部信息传递给自动加工机床,直接加工制造出来,实现“无图”生产。企业的信息管理系统可以从“模型”提取有关信息。

现在,使用这种现代设计方法的设计师越来越普遍。许多产品如带有复杂曲面零件的生产已经不需要图纸。但要真正实现“无图”生产,还有很多问题,传统的设计表达方法还会在很长的时期内继续使用,但“设计从三维开始”的设计表达方法必然逐步替代传统的二维“图形”的方法。

1.3 工业产品的设计与表达

1. 工业产品

工业产品是指用现代的加工技术批量生产出来的物品,如各种生活用品、生产工具或机器设备。

2. 工业产品的设计与表达

从图 1-21 的产品的设计流程可以看出,工业产品的设计是一个复杂的过程,最开始需要做

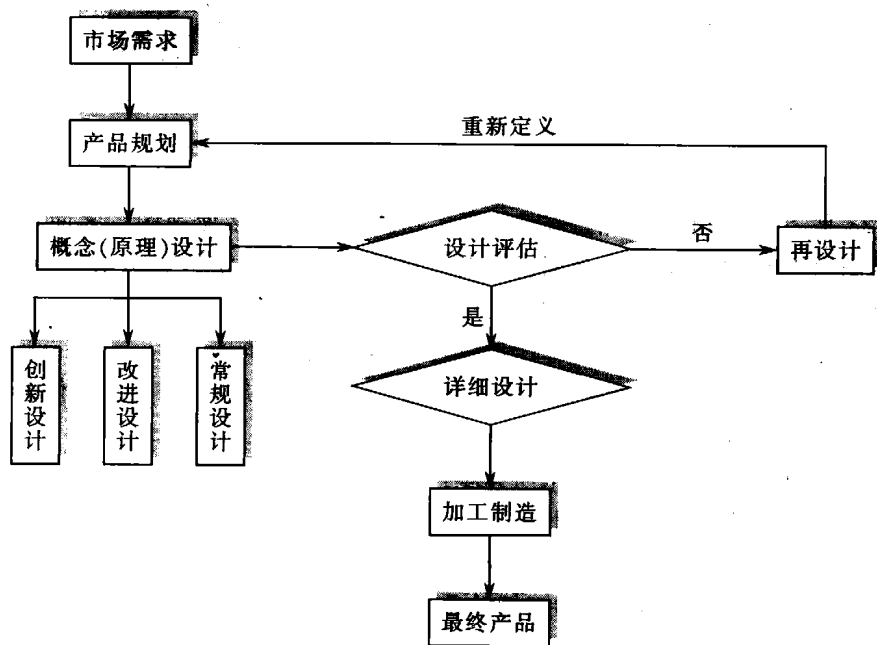


图 1-21 工业产品的设计流程