



全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

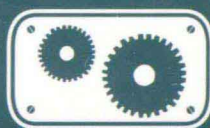
丛书顾问 ► 李培根 林萍华

机械工程学

何培英 贾雨 白代萍 ► 主编



JIXIE GONGCHENG TUXUE



JIXIELEI SHIERWU



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

全国普通高等学校机械类“十二五”规划

机械工程学

主 编	何培英	贾 雨	白代萍	
副主编	卢海燕	陈雪菱	何 芳	陈文平
	杨 勇	樊 宁	申凤君	

华中科技大学出版社

内 容 简 介

本书是根据教育部高等学校工程图学教学指导委员会制定的“普通高等院校工程图学课程教学基本要求”和近年来国家质量监督检验检疫总局发布的新机械制图和技术制图标准,按照教育部本科层次“卓越工程师教育培养计划”的培养目标和标准要求,面向工程应用,着重能力培养,具有国际视野,在总结多年的教学经验和教学改革基础上,从本课程的发展趋势出发编写而成。

全书除绪论、附录和参考文献外共 11 章,主要内容:制图的基本知识和基本技能;点、直线、平面的投影;换面法;基本立体;组合体的视图和尺寸;轴测图;机件常用的基本表示法;标准件、齿轮和弹簧;零件图;装配图;美国机械工程制图标准简介。

本书可作为高等院校机械类、近机械类各专业工程图学课程的教材,也可供学时相近的其他专业师生及工程技术人员参考使用。

与本书配套出版的《机械工程图学习题集》供读者选用。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程图学/何培英 贾 雨 白代萍 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2013.9
ISBN 978-7-5609-9077-4

I. 机… II. ①何… ②贾… ③白… III. 机械制图-高等学校-教材 IV. TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 113612 号

机械工程图学

何培英 贾 雨 白代萍 主编

策划编辑:俞道凯

责任编辑:周忠强

封面设计:范翠璇

责任校对:刘 竣

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:仙桃市新华印务有限责任公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:21.25

字 数:567 千字

版 次:2013 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:38.50 元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

编审委员会

顾问：李培根 华中科技大学

林萍华 华中科技大学

主任：吴昌林 华中科技大学

副主任：(按姓氏笔画顺序排列)

王生武 邓效忠 轧 钢 庄哲峰 吴 波 何岭松

陈 炜 杨家军 杨 萍 竺志超 高中庸 谢 军

委员：(排名不分先后)

许良元 程荣龙 曹建国 郭克希 朱贤华 贾卫平

丁晓非 张生芳 董 欣 庄哲峰 蔡业彬 许泽银

许德璋 叶大鹏 李耀刚 耿 铁 邓效忠 宫爱红

成经平 刘 政 王连弟 张庐陵 张建国 郭润兰

张永贵 胡世军 汪建新 李 岚 杨术明 杨树川

李长河 马晓丽 刘小健 汤学华 孙恒五 聂秋根

赵 坚 马 光 梅顺齐 蔡安江 刘俊卿 龚曙光

吴凤和 李 忠 罗国富 张 鹏 张鬲君 柴保明

孙 未 何 庆 李 理 孙文磊 李文星 杨咸启

秘 书：

俞道凯 万亚军

全国普通高等学校机械类“十二五”规划系列教材

序

“十二五”时期是全面建设小康社会的关键时期,是深化改革开放、加快转变经济发展方式的攻坚时期,也是贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》的关键五年。教育改革与发展面临着前所未有的机遇和挑战。以加快转变经济发展方式为主线,推进经济结构战略性调整、建立现代产业体系,推进资源节约型、环境友好型社会建设,迫切需要进一步提高劳动者素质,调整人才培养结构,增加应用型、技能型、复合型人才的供给。同时,当今世界处在大发展、大调整、大变革时期,为了迎接日益加剧的全球人才、科技和教育竞争,迫切需要全面提高教育质量,加快拔尖创新人才的培养,提高高等学校的自主创新能力,推动“中国制造”向“中国创造”转变。

为此,近年来教育部先后印发了《教育部关于实施卓越工程师教育培养计划的若干意见》(教高〔2011〕1号)、《关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》(教高〔2011〕5号)、《关于“十二五”期间实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”的意见》(教高〔2011〕6号)、《教育部关于全面提高高等教育质量的若干意见》(教高〔2012〕4号)等指导性意见,对全国高校本科教学改革和发展方向提出了明确的要求。在上述大背景下,教育部高等学校机械学科教学指导委员会根据教育部高教司的统一部署,先后起草了《普通高等学校本科专业目录机械类专业教学规范》、《高等学校本科机械基础课程教学基本要求》,加强教学内容和课程体系改革的研究,对高校机械类专业和课程教学进行指导。

为了贯彻落实教育规划纲要和教育部文件精神,满足各高校高素质应用型高级专门人才培养要求,根据《关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》文件精神,华中科技大学出版社在教育部高等学校机械学科教学指导委员会的指导下,联合一批机械学科办学实力强的高等学校、部分机械特色专业突出的学校和教学指导委员会委员、国家级教学团队负责人、国家级教学名师组成编委会,邀请来自全国高校机械学科教学一线的教师组织编写全国普通高等学校机械

类“十二五”规划系列教材,将为提高高等教育本科教学质量和人才培养质量提供有力保障。

当前,经济社会的发展,对高校的人才培养质量提出了更高的要求。该套教材在编写中,应着力构建满足机械工程师后备人才培养要求的教材体系,以机械工程知识和能力的培养为根本,与企业对机械工程师的能力目标紧密结合,力求满足学科、教学和社会三方面的需求;在结构上和内容上体现思想性、科学性、先进性,把握行业人才要求,突出工程教育特色。同时,注意吸收教学指导委员会教学内容和课程体系改革的研究成果,根据教指委颁布的各课程教学专业规范要求编写,开发教材配套资源(习题、课程设计和实践教材及数字化学习资源),适应新时期教学需要。

教材建设是高校教学中的基础性工作,是一项长期的工作,需要不断吸取人才培养模式和教学改革成果,吸取学科和行业的新知识、新技术、新成果。本套教材的编写出版只是近年来各参与学校教学改革的初步总结,还需要各位专家、同行提出宝贵意见,以进一步修订、完善,不断提高教材质量。

谨为之序。

国家级教学名师

华中科技大学教授、博导

2012年8月



前 言

本书是根据教育部高等学校工程图学教学指导委员会制定的“普通高等院校工程图学课程教学基本要求”和最新颁布的有关国家标准,总结多年来教学经验和教改成果,按照教育部本科层次“卓越工程师教育培养计划”的培养目标和标准要求,并汲取许多兄弟院校教材的经验编写而成。

工程图学课程是高等工科院校的一门重要的专业技术基础课。随着科学技术的发展,以及计算机技术在各个行业的广泛应用,本课程在教学内容、教学方法和教学手段上都发生了很大的变化。特别是教育部实施的“卓越工程师教育培养计划”中体现的“面向工业界、面向未来、面向世界”的工程教育理念,使现有的一些教学内容和模式已不能适应现代科技对人才培养以及“卓越工程师教育培养计划”的教学要求,因此,我们组织编写了本书。考虑到本课程在内容体系上的完整性,以及计算机绘图软件的快速升级和推陈出新,没有将计算机绘图内容编入本书。

本书具有以下主要特点。

(1) 本书由 5 所院校长期在第一线从事教学和科研工作的有丰富教学经验的老师编写,故从内容的编排、图例的选择等方面全面考虑了教学的要求和课程的特点。

(2) 根据教育部“卓越工程师教育培养计划”的主要目标,在全书内容的编写上以实际工程为背景,以工程技术为主线,着力提高学生的工程意识、工程素质和工程实践能力。

(3) 以图说图。书中尽量采用以图说图的形式介绍基本概念、画图与读图的方法和技巧,直观形象,易于理解和掌握。

(4) 精选了画法几何部分的内容。降低在原投影体系中点、线、面相对位置综合题的难度,强调了用换面法求解点、线、面相对位置问题;在讲解基本立体三视图的同时,说明其尺寸注法,从而提高学生尺寸标注的能力;降低立体表面交线等内容的求解难度,使其内容更加紧凑。

(5) 加强了组合体内容,增加了各种典型图例和详细分析,强化了三视图的训练,为培养空间构型能力打下基础。

(6) 为了满足“卓越工程师教育培养计划”体现的“面向工业界、面向未来、面向世界”的工程教育理念,在第 11 章中对美国机械工程制图标准做了简单介绍。在第 8 章中增加了美国常用螺纹、画法及其标注;常用齿轮参数和画法。

(7) 插图大多用计算机生成。平面图形清晰准确,立体图形形象逼真,富有现代感。

(8) 教材内容科学准确,语言精练,逻辑性强。前后衔接合理,符合认知规律。

(9) 突出前瞻性。本书全部采用我国最新颁布的《技术制图》与《机械制图》国家标准及与制图有关的其他标准,并按课程内容需要分别编排在正文或附录中,以培养学生贯彻国家标准的意识和查阅国家标准的能力。

与本书配套使用的还有《机械工程图学习题集》。本套教材可供高等学校机械类专业使用,也可作为其他专业和工程技术人员的参考书。

参加本书编写的有:郑州轻工业学院樊宁(绪论、附录)、杨勇(第 8、11 章)、白代萍(第 9

章)、何培英(第 10 章),广西科技大学卢海燕(第 2 章),成都理工大学贾雨(第 1、5 章)、申凤君(第 3 章)、陈雪菱(第 7 章),蚌埠学院陈文平(第 4 章),长江师范学院何芳(第 6 章)。全书由何培英统稿。何培英、贾雨、白代萍任主编,卢海燕、陈雪菱、何芳、陈文平、杨勇、樊宁、申凤君任副主编。

本书在编写过程中得到了郑州轻工业学院教务处、机电工程学院等单位的大力支持,在此表示感谢。

本书参考了一些国内同类著作,在此特向有关作者致谢!

由于编者的水平有限,书中不妥之处在所难免,希望广大读者批评指正。

编 者

2012-12-20

目 录

0 绪论	(1)
0.1 工程图样	(2)
0.2 本课程的性质、主要内容及任务	(9)
0.3 本课程的特点和要求	(9)
第1章 制图的基本知识和基本技能	(10)
1.1 工程图样所包含的内容	(10)
1.2 国家标准《机械制图》、《技术制图》的相关规定简介	(11)
1.3 平面图形的画法	(21)
1.4 徒手绘图及其画法	(31)
第2章 点、直线、平面的投影	(34)
2.1 投影法	(34)
2.2 多面正投影和点的投影	(37)
2.3 直线的投影	(40)
2.4 平面的投影	(49)
2.5 直线与平面以及两平面之间的相对位置	(55)
第3章 投影变换	(64)
3.1 换面法的基本概念	(64)
3.2 换面法的基本作图法	(65)
第4章 基本立体	(72)
4.1 三视图的形成及投影规律	(72)
4.2 基本立体的三视图及其表面上的点与线	(74)
4.3 基本立体表面的交线	(86)
第5章 组合体的视图和尺寸	(107)
5.1 组合体的构形及分析方法	(107)
5.2 画组合体的视图	(109)
5.3 读组合体视图的方法	(113)
5.4 组合体的尺寸标注	(121)
第6章 轴测图	(128)
6.1 轴测图的基本知识	(128)
6.2 正等轴测图	(129)
6.3 斜二轴测图	(136)
第7章 机件常用的表达方法	(139)
7.1 视图	(139)
7.2 剖视图	(142)
7.3 断面图	(150)
7.4 局部放大图及简化画法	(153)
7.5 表达方法综合应用举例	(156)

7.6	轴测剖视图	(158)
7.7	第三角画法简介	(158)
第8章	标准件、齿轮和弹簧	(161)
8.1	螺纹和螺纹连接件	(161)
8.2	键连接的结构和画法	(179)
8.3	销连接的结构及其画法	(183)
8.4	滚动轴承	(184)
8.5	齿轮	(187)
8.6	弹簧	(199)
第9章	零件图	(204)
9.1	零件图与装配图的关系以及零件图的内容	(204)
9.2	零件图的视图选择	(205)
9.3	零件的尺寸标注	(212)
9.4	表面结构要求	(219)
9.5	极限与配合简介	(229)
9.6	几何公差简介	(237)
9.7	零件结构的工艺性简介	(242)
9.8	画零件图	(247)
9.9	读零件图	(250)
第10章	装配图	(254)
10.1	装配图的内容和视图表达方法	(254)
10.2	装配图的尺寸标注和技术要求的注写	(258)
10.3	装配图中零、部件序号及明细栏	(259)
10.4	常用装配结构简介	(261)
10.5	由零件图画装配图	(265)
10.6	读装配图和由装配图画零件图	(274)
第11章	美国机械制图标准简介	(286)
11.1	美国国家标准协会 ANSI 简介	(286)
11.2	ANSI 关于制图的一般规定	(286)
11.3	ANSI 关于工程图样画法的规定(ANSI Y14.3M—1994、ANSI Y14.2—1992)	(293)
11.4	标准件	(299)
附录		(301)
附录 A	螺纹	(301)
附录 B	螺纹紧固件	(305)
附录 C	键	(312)
附录 D	销	(313)
附录 E	滚动轴承	(315)
附录 F	常用零件的结构要素	(318)
附录 G	极限与配合	(319)
附录 H	常用材料与热处理	(324)
参考文献		(329)

0 绪 论

图和语言、文字一样是交流思想的主要工具。语言交流方式是用约定声音进行交流。传播者用声带发出声音传递信息,接收者用耳朵的鼓膜接收声音还原信息,它可以把一件事表述得直接、生动、感人,如图 0.1 所示。交流的范围局限在同时、有限的距离和双方约定的方式进行,当然有了记录声音的设备后,也可以跨时空进行交流。

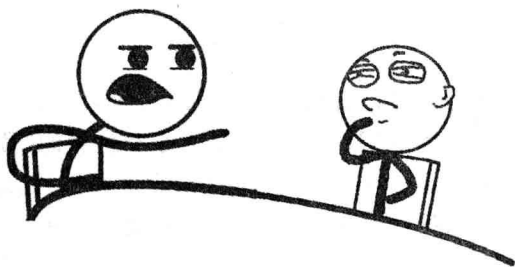


图 0.1 语言交流

文字的交流方法是用约定的符号(文字)进行交流的,这种交流必须是双方约定的,传播者用笔写在一个媒介上,接收者用眼睛接受还原信息。交流可以是同时,也可以跨越时空进行,如图 0.2 所示。

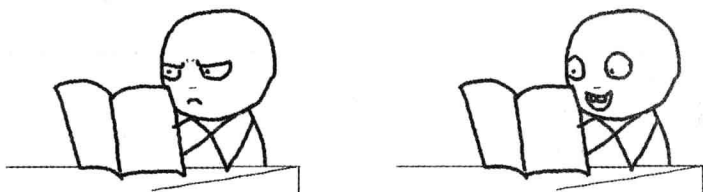


图 0.2 文字交流

但是,任何事物都有它的局限性,如果用语言或文字来表达物体的结构、形状及位置是很困难的。因此,表达物体形状和大小,用图或图样进行交流更为合适。图形交流与文字交流既有相同之处也有不同之处。图是用“象形”图形或符号进行交流的,传授双方可以约定,也可以不约定,图形表达形象、直观,图 0.3 为在宁夏中卫市发现的史前大麦地岩画,大麦地岩画内容丰富,多是“象形”图形,也有少量的“表意”图形与符号,反映了古代人们的生活、生产、经济状况、心理活动和生存环境。

随着经济的发展、社会的进步,人们需要建造房屋、生产工具,图样就成为生产中不可缺少的技术文件了。设计者通过图样来表达设计思想;制造者通过图样来了解设计要求,并依据图样来制造机器;使用者也通过图样来了解机器的结构和使用性能,正确使用和维护机器;在各种技术交流活动中,图样也是不可或缺的。无论是制造机器设备或是建造房屋,都必须先画出图样,然后根据图样进行加工,才能得到预想的结果。因此,人们常说,“工程图样是工程界的共同语言”。



图 0.3 图形交流(宁夏大麦地岩画)^[1]

0.1 工程图样

那么,什么是“图”呢?图是指设计者用线条、灰度(或色彩)对客观世界和虚拟世界“形”的视觉表达^[2],其内涵既有表达物体的“形”,也有确定大小和位置的“数”^[3]。

在工程技术中,为了准确地表达物体(机械、仪器、建筑物等)的结构形状、尺寸大小,技术要求和工作原理,根据画法几何投影原理、相关标准或有关规定画出的图形,称为工程图样,简称图样。图样由图形、符号、数字和文字等组成,是表达设计思想的重要工具,是产品制造最基本的技术文件,是用户正确使用产品的技术说明。

不同的技术领域对图样有不同的要求,在建筑工程中使用的图样称为建筑图样,如图 0.4 所示;在水利工程中使用的图样称为水利图样;在机械制造业中使用的图样称为机械图样,如图 0.5 所示。机械工程图学就是研究机械图样的一门学科。图样在工业生产中有着极其重要的地位和作用。作为一名工程技术人员,如果不会画图,不懂看图,就无法从事技术工作。

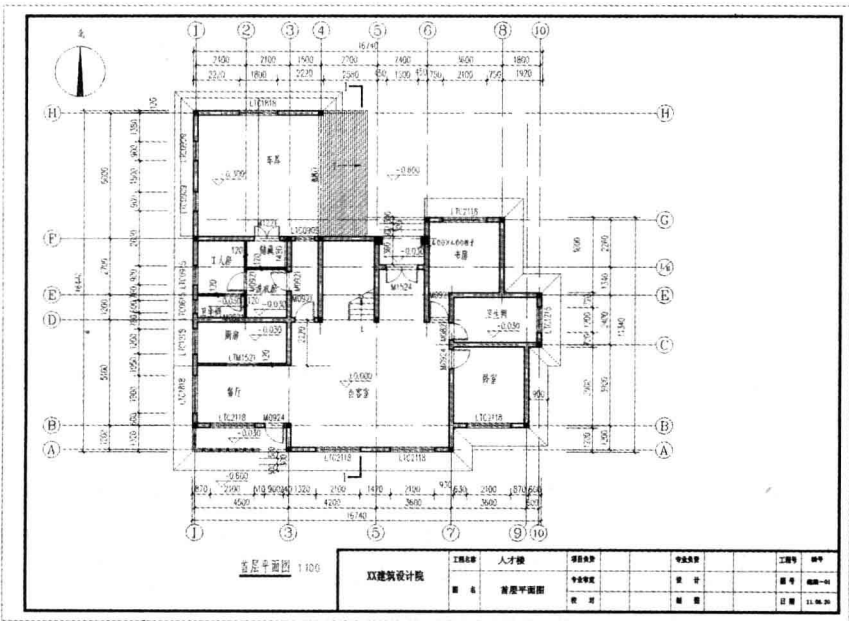


图 0.4 建筑图样

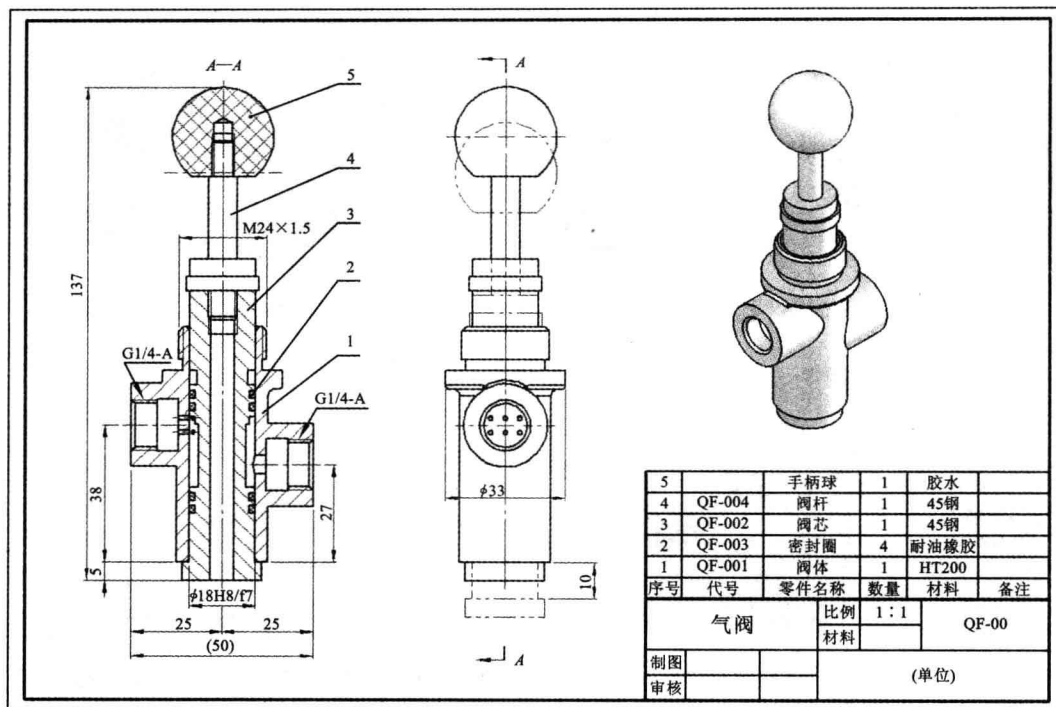


图 0.5 机械图样

0.1.1 现代工程图学的概念

《工程图学词典》对“工程图学”的论述是：“研究工程技术领域中有关图的理论及其应用的科学。它包括理论图学、应用图学、计算机图学、制图标准化、制图技术、图学教育以及图学史等内容。”应道宁、王尔健教授在《面向 21 世纪的工程图学》中提出了“现代工程图学”的概念，它是传统工程图学、设计学和计算机图形学三种学科的交叉。“现代工程图学”的学科模型包含：图学理论与方法（理论图学、投影理论、真实感投影理论），产品信息建模（特征建模、参数化设计、图形输入识别），工程信息可视化（工程数据可视化、生产流程的图形仿真）^[4]。

0.1.2 古代的图形技术

具有五千年文明史的中国在图形技术的发展长河中也有辉煌的一页。据出土文物考证，早在一万多年前的新石器时代，在宁夏发现的大麦地岩画就出现“图画文字”，如图 0.3 所示。西安半坡村出土的彩陶盆（仰韶文化）上有人面鱼形图案，如图 0.6 所示；山东大汶口出土的彩陶罐表面画有几何图案，如图 0.7 所示。这些彩陶上的图案，可以通过规、矩、界尺绘出，其表达方式主要采用“象形”、“再现”的方法绘制。

三千多年前，我国劳动人民就使用“规、矩、绳墨、悬、水”等工具，建造房屋、绘制图样。图 0.8 所示为汉画像石中伏羲女娲手持的规和矩。图 0.9 所示为《营造法式》中的无水水平仪，水平仪用两个直角尺并在一起和一个垂直地面的线坠组合而成；线坠的线与合并的角尺的边重合，垂直于地面，角尺的另一边与地面平行，用这种简单的工具来确定水平。

春秋战国时期编著的《考工记》在“匠人营国”篇中，记述了建国的设计思想，宋代聂崇义根据《考工记》中的描述绘制了王城的示意图，如图 0.10 所示；其表达方法非常独特，城廓是平面

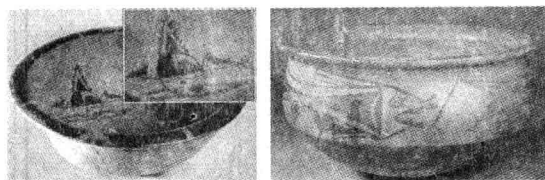


图 0.6 西安半坡村出土的彩陶盆

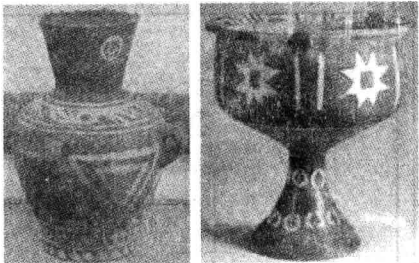


图 0.7 山东大汶口出土的彩陶罐

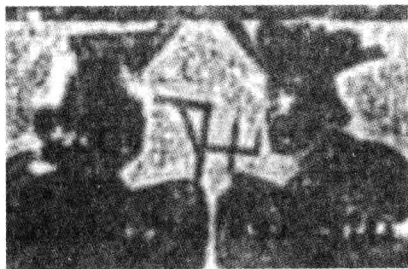


图 0.8 汉画像石中伏羲女娲手持的规和矩

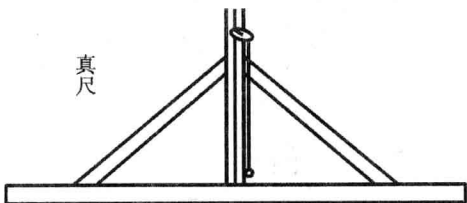


图 0.9 《营造法式》中的无水水平仪

图,城门是立面图,两图合一,在中国古代早期的平面图中广泛采用。图 0.11 所示为清代戴震按照“考工记图”中所述绘制的钟。

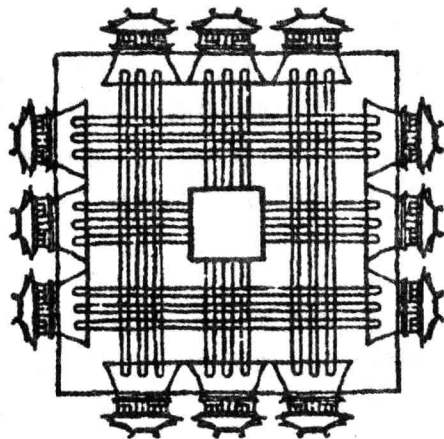


图 0.10 宋代聂崇义绘制的王城图

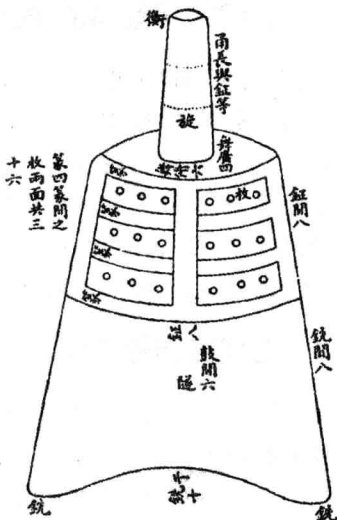


图 0.11 清代戴震在“考工记图”中绘制的钟

20 世纪 70 年代,在考古河北省平山县的中山王墓时,发掘出土战国时期兆域图板,图板长 960 mm,宽 480 mm,厚 8 mm,重 32.1 kg,正面为金银镶嵌,具有地图的特点。此图采用 1 : 500 比例绘制,是我国已经发现的最早的建筑平面规划图,也是世界上最早有比例的铜板建筑图,如图 0.12 所示。

宋代李诫编著的《营造法式》(1103 年),是我国较早的建筑典籍之一,书中总结了 2000 多年的建筑技术成就,全书共 34 卷,6 卷有图,不仅有文字阐述营造技术、材料、规格和方法,还

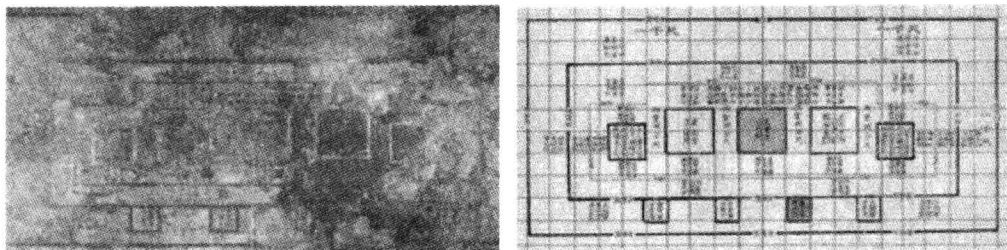


图 0.12 中山王墓兆域图(王其亨主持,清代样式雷建筑图档展)

有大量的图样(约 1 000 余幅),这些图样与近代工程制图表示方法基本相似。书中大量采用平面图、立面图、立体图、断面图、构件详图及各种雕饰与彩画图案等,如图 0.13 所示。

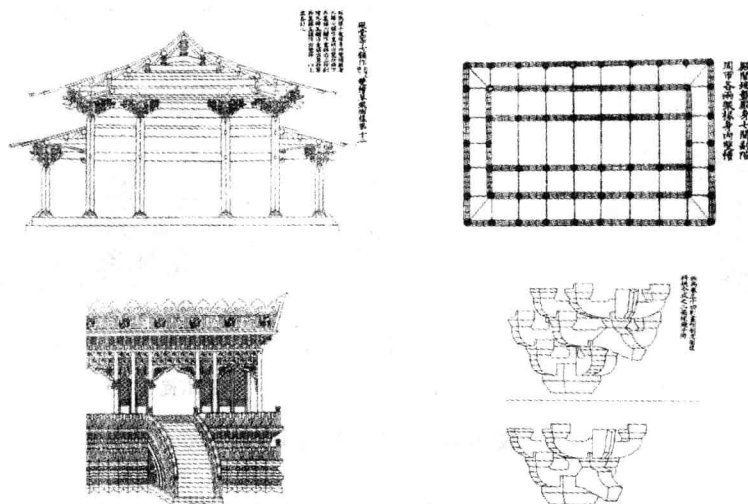


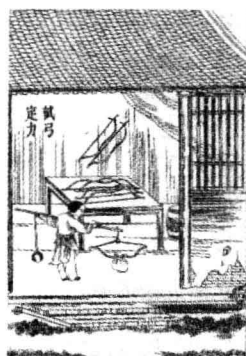
图 0.13 《营造法式》中的立面图、平面图、立体图和构件组装图

明代的宋应星编著的《天工开物》初刊于 1637 年,是世界上第一部关于农业和手工业生产的综合性著作,涉及 30 多个行业,共有 123 幅插图。它对中国古代的各项技术进行了系统的总结,构成了一个完整的科学技术体系。《天工开物》收录了农业、手工业、工业——诸如机械、砖瓦、陶瓷、硫黄、烛、纸、兵器、火药、纺织、染色、制盐、采煤、榨油等生产技术。尤其是机械,更有详细的记述,如图 0.14 所示。

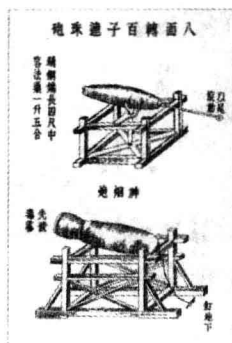
清代著名建筑设计师“样式雷”主要设计皇家建筑,现今留存了两万多幅皇家建筑设计图样,是迄今为止保存最多,最为详细的建筑设计图样,为研究中国古代建筑设计、施工、工程管理提供了丰富的资料。图 0.15 所示为“样式雷”设计的北京正阳门图样。图 0.16 所示为“样式雷”设计的石像生图样和完成的作品。

随着生产技术的发展,农业、交通、军事等器械日趋复杂和完善,图样形式日益接近现代工程图样,清代程大位编著的《算法纂要校释》一书中,有新制丈量步车的插图,图中有装配图和零件图,如图 0.17 所示。

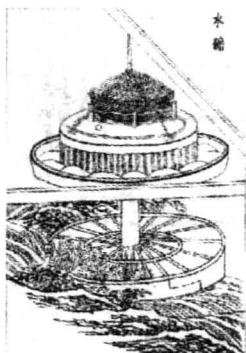
中国古代早期的设计图样,主要用图样表达结构形状和位置,没有尺寸,如图 0.13 所示;明清时期采用图样和文字(图注)的形式表达,如图 0.16、图 0.17 所示。绘图使用的主要工具是规、界尺、毛笔、炭条,绘制在纸或布上,采用比例绘图的方法,尺寸标注是以文字的形式写在



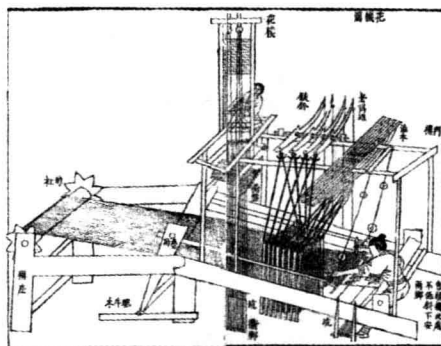
(a) 试弓定力



(b) 八面转百子连珠炮

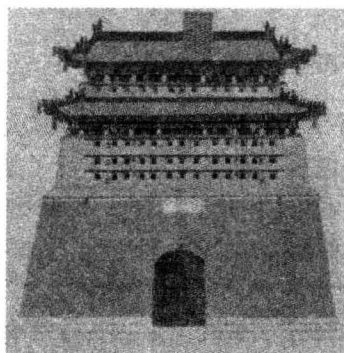


(c) 水磨

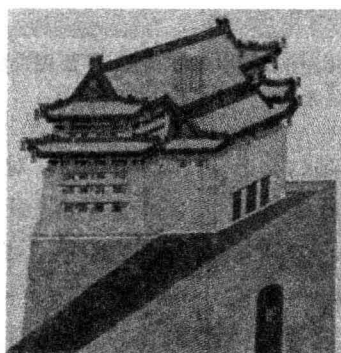


(d) 花机图(提花机)

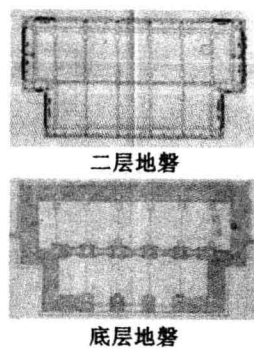
图 0.14 《天工开物》插图



(a) 正阳门箭楼立样



(b) 正阳门箭楼后雨搭立样



(c) 地磐

图 0.15 正阳门^[5]

图中,使用的单位是丈、尺、寸;图线没有粗细、实虚之分,可使用不同的颜色、色块,用来区分不同的材料和用途;绘制的图形有立样(立面图)、地磐样(平面图)、立体图、剖面图、局部放大图、构件详图以及展开图等。为了便于交流,设计图样不拘形式,在平面图中,绘出主要建筑的立面图,重要的图样以彩色图为主,图中大量使用“图注”的形式加以说明,设计思想一目了然,很有特点。对于设计的结果,采用按比例制作的模型(烫样)或彩色立体图展示,方便交流,如图 0.18 所示。

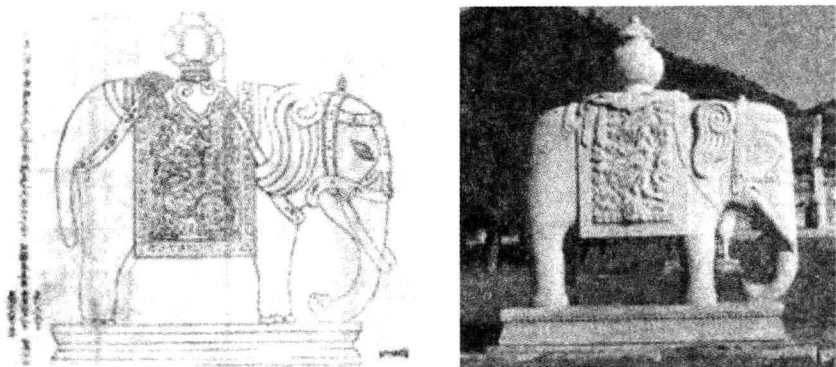
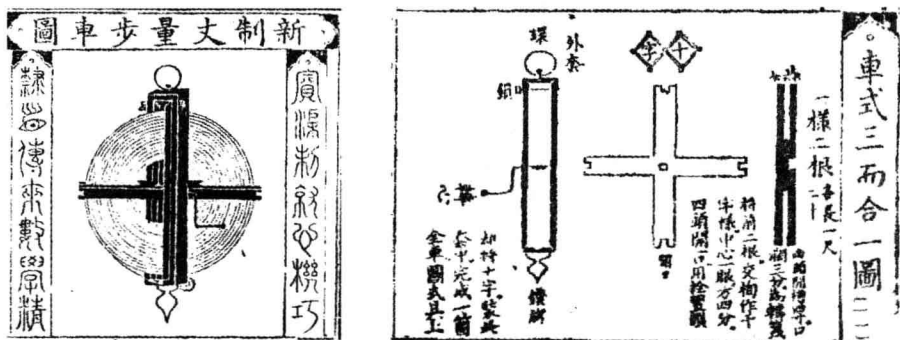
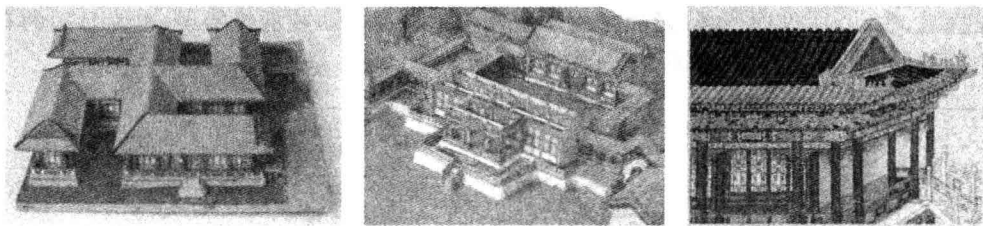
图 0.16 由设计图制作的石象生^[6]

图 0.17 新制丈量步车图

图 0.18 “样式雷”设计制作的烫样和立体图^[5]

0.1.3 图学的发展

1795 年,法国科学家蒙日出版了《画法几何学》,标志着图形技术由经验上升为科学,为现代图学奠定了基础,《画法几何学》的出现推动了现代工业的快速发展。

蒙日的《画法几何学》的主要内容是二投影面正投影法,即把三维空间里的几何元素投射在两个正交的二维投影平面上,并将它们展开成一平面,得到由两个二维投影组成的正投影综合图来表达这些几何元素,如图 0.19 所示。

蒙日在他的《画法几何学》中写道,这门学科有两个重要的目的:第一个目的是在只有两个尺度的图纸上,准确地表达出具有三个尺度才能严格确定的物体;第二个目的是根据准确的图形,推导出物体的形状和物体各个组成部分的相对位置,如图 0.20 所示的组合体。

《画法几何学》的推出,很快应用到工程领域,推动了工程制图在世界各国的广泛应用。其