

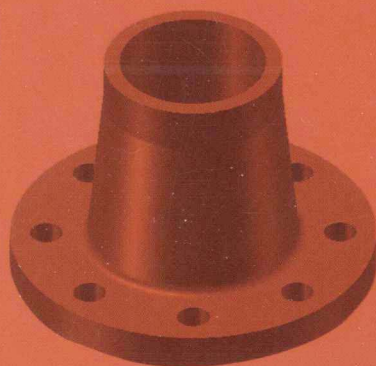
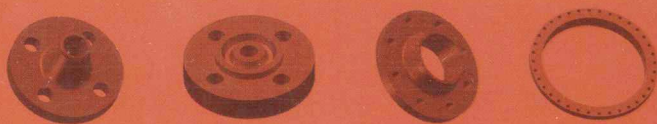
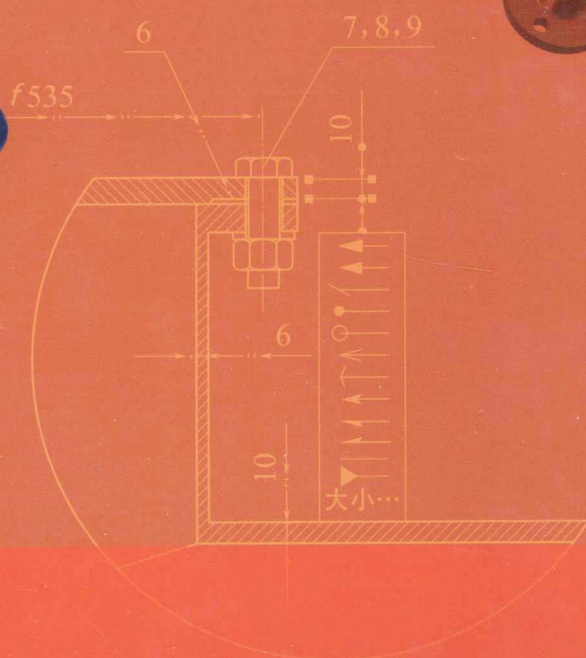
“十二五”普通高等教育本科规划教材

化工制图

—SolidWorks

平台上3D版

李佟茗 来可伟 主编



化学工业出版社



013066707

“十二五”普通高等教育

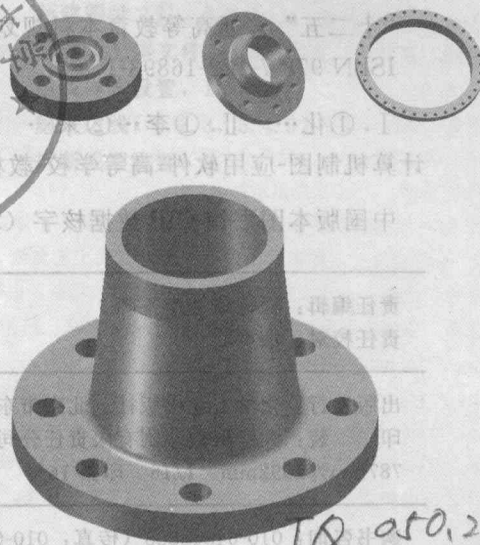
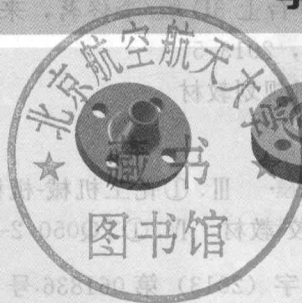
TQ050.2-39
04

化工制图

—SolidWorks

平台上3D版

李佟茗 来可伟 主编



北航

C1674576

化学工业出版社

·北京·



本教材以培养创新能力为核心,以教授三维制图新思维、新方法、新技能为纲,以新的教学理念开发了全新的课程体系,其特点有:回归人类表达设计意图最自然的三维方式。先用搭积木的方式建立零件几何模型,由零件几何模型装配产品几何模型,然后由几何模型自动生成投影视图、绘制工程图。整个过程直观、自动化程度高;强调训练掌握工程实践所需的严谨作业方法,将 CAD 系统有关操作与制图标准无缝衔接,形成一整套规范化的作业方法;面向生产实践,以化工设备中最常见的卧式贮槽及其组成零件为主要案例贯穿整个教材,有详细的规范化操作步骤,不但可用于后续相关课程的学习和毕业设计,还可直接应用于工程实践;增加了传统工程制图教材涉及不多但工业实践中很实用的一些内容,以拓宽知识面,提高就业竞争力。

教材各章后的“设计绘图古今谈”系列,内容丰富多彩;书后的“名词索引表(包括案例中用到的 SolidWorks 命令)”将概念与章节对应,方便阅读。

教材可用于化工类、化学、食品、制药、环境工程等近化工类专业,以及化工机械、过程装备与控制等本科院校少学时工程制图课程的教学,也可作为相关科研、设计和生产单位工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

化工制图——SolidWorks 平台上 3D 版/李佟茗, 来可伟主

编. —北京: 化学工业出版社, 2013. 5

“十二五”普通高等教育本科规划教材

ISBN 978-7-122-16893-1

I. ①化… II. ①李…②来… III. ①化工机械-机械制图-计算机制图-应用软件-高等学校-教材 IV. ①TQ050.2-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 061836 号

责任编辑: 程树珍 李玉晖

装帧设计: 张 辉

责任校对: 徐贞珍

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 16 $\frac{1}{4}$ 字数 423 千字 2013 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 35.00 元

版权所有 违者必究

编写人员

主编 李佟茗 来可伟

参编 吴倩 王玫 刘明贤

前言

工程制图是产品设计的基础，在工程制图课程中学习的不仅是绘图方法和技能，还包括设计理念。中国要从制造大国发展为设计大国，应有意识地以设计理念指导工程制图的学习。

三维形象是人们表达设计意图最自然的方式，在传统工程制图学中，由于表达工具的限制，设计者须在头脑中抽象地构思几何体的三维形象，却只能将其表示为二维投影平面图形。掌握这个过程需要较强的空间抽象思维能力，需要经过长时间的专业训练。因此，教学中经常出现学生畏难、教师为难的状况。

新型三维计算机辅助设计（3D-CAD）技术和工具的发展，使设计者可进行形象化的三维构思和表达，且不需要进行加工制造就可见到与最后结果一致的产品形象，做到“所见即所想”。目前，飞机、汽车、家用电器等许多重要的工业产品都采用了新的设计和制造过程：先在计算机上绘制三维形体的高仿真图形，然后对其几何形态和机械性能进行工程分析，在确定其满足设计要求后直接进行加工制造，甚至无需绘制二维工程图。

工程设计理念、方法和工具的变化对工程制图教学提出了新的要求，国外早在二十世纪九十年代就对传统的制图课程体系进行改革，将重点放在以 CAD 软件为平台的三维设计方法上。大力普及三维 CAD 教育和应用也是我国科技发展的长期战略。教育部高等学校工程图学教学指导委员会 2005 年制定的《高等学校工程图教学基本要求》中提出，培养“创造型构型设计能力、使用绘图软件绘制工程图样及进行三维造型设计能力”。

本教材以培养创新能力为核心，开发了全新的课程体系，以教授三维设计绘图新思维、新方法、新技能为纲，其特点如下。

（1）回归人类表达设计意图最自然的三维方式。大多数制图教材没有利用三维计算机设计软件的优势，只讲手工绘制投影图，或是先讲手工绘制投影图、再引入 CAD 作图。本教材摒弃用手工绘图方法诠释投影理论的模式，从掌握三维构思/三维表达方法入手，先用搭积木的方式建立零件几何模型，由零件几何模型装配产品几何模型，然后由几何模型自动生成投影视图、绘制工程图。整个过程直观、自动化程度高。教材利用 CAD 软件“所见即所想”的优势，将其作为教、学和应用的一体化工具，解决历来教学的难点。

（2）强调训练掌握工程实践所需的严谨作业方法。教材将 CAD 系统有关操作（包括绘图环境设置、特征和图形元素命名、文件保存和复制等）与制图标准无缝衔接，形成一整套规范化的作业方法。克服了先学手工绘图、后学 CAD 作图所经常出现的弊病：作业方法杂乱无章；图纸不完全符合制图标准；图纸文件缺乏有机的内在组织，难于理解和修改，也难以在工作团队之间交流和共享。

（3）面向生产实践。以化工设备中最常见的卧式贮槽及其组成零件为主要案例贯穿整个教材，有详细的规范化操作步骤。不但可用于后续相关课程的学习和毕业设计，还可直接应用于工程实践。

（4）教材增加了传统工程制图教材涉及不多但工业实践中很实用的一些内容，以拓宽知

识面,提高就业竞争力(章节标题前的*号建议该部分为选修内容,可视情况取舍)。

- 增加了关于加工制造技术的简介,不仅弥补了非机类专业学生在这方面知识不足的弱点,还可帮助理解掌握 CAD 系统的三维设计原理和方法。

- 增加了三维设备布置图、三维管道布置图等内容,了解这些正广泛应用于国内外石油化工行业的新技术。

- 增加了设计文档管理、图样管理和产品数据管理等内容,初步建立工程管理的概念。

(5) 教材编排力求活泼生动。各章后的“名词索引表(包括案例中用到的 SolidWorks 命令)”将概念与章节对应,查阅方便。

教材经过两轮试用和修改,取得了良好的教学效果,受到师生欢迎。证明这样的教学理念和课程体系符合人类思维规律,易教易学;能发挥青年学生喜欢三维动漫、熟悉电脑操作的特点;能在较短时间里自然而然地建立空间想象力、掌握将创意变成三维产品模型和规范工程图纸的能力;能激发学生的学习和创新热情,为进入工业界后有较强的适应能力和实际工作能力打下良好基础。

教材可用于化工类、化学、食品、制药、环境工程等近化工类专业,以及化工机械、过程装备与控制等本科院校少学时工程制图课程的教学,也可作为相关科研、设计和生产单位工程技术人员的参考书。

建议课内教学时数 36~50 学时,上机练习时间和课内教学时间之比至少为 1:1。

本书由李佟茗、来可伟主编,吴倩、王玫、刘明贤参加编写。

编者

2013 年 3 月

目 录

第 1 章 工程设计方法和工程制图学的沿革	1
1.1 设计过程概述	1
1.2 设计模型概述	2
1.2.1 图形模型	2
1.2.2 数字模型	3
1.2.3 实物模型	3
1.3 工程图学简介	4
1.3.1 投影体系	4
1.3.2 基本三视图绘制规则	5
1.3.3 手工绘图工具简介	6
1.4 计算机辅助设计技术的发展	8
1.4.1 计算机图形学和计算机辅助绘图技术的诞生	8
1.4.2 计算机辅助设计系统概述	9
1.4.3 基于三维 CAD 技术的现代设计方法	10
1.4.4 CAD 商品软件简介	11
本章小结	11
设计绘图古今谈: 科学复原张衡地动仪	12
第 2 章 三维 CAD 技术的基本概念	14
2.1 几何建模方法	14
2.1.1 线框模型	14
2.1.2 表面模型	15
2.1.3 实体模型	15
2.2 特征建模	17
2.2.1 拉伸和拉伸切除	17
2.2.2 旋转和旋转切除	18
2.2.3 扫描和扫描切除	19
2.2.4 附加特征	19
2.3 组合体建模	19
2.4 CAD 系统的图形显示过程	21
2.5 几何变换	21
2.5.1 二维基本几何变换	22
* 2.5.2 齐次坐标与组合几何变换	22
* 2.5.3 三维几何变换	24
2.6 投影方法与投影变换	25
2.6.1 投影方法分类	25
2.6.2 轴测投影简介	25
2.6.3 透视投影简介	26
* 2.6.4 平行投影变换矩阵	27
* 2.7 窗口—视区变换	28
2.8 真实感图形学	29
2.8.1 消隐	29
2.8.2 渲染	30
2.9 CAD 系统的图形变换操控命令	30
* 2.10 图形处理器	31
本章小结	31
设计绘图古今谈: 宋应星和《天工开物》	32
第 3 章 零件的几何建模	34
3.1 三维 CAD 设计绘图方法概述	34
3.2 实体模型草图	35
3.2.1 实体模型草图绘制	35
3.2.2 圆的正轴测投影草图绘制方法	36
3.3 SolidWorks 软件简介	37
3.3.1 用户界面概述	37
3.3.2 显示控制和前导视图工具条	39
3.4 SolidWorks 系统中的零件设计	40
3.4.1 设计前的准备工作	40
3.4.2 新建模型文件	40
3.4.3 零件设计树的操控 (1)	41
3.4.4 初步设计	42
3.4.5 零件设计树的操控 (2)	47
3.4.6 详细设计	49
3.5 更多案例	49
3.5.1 贮槽筒体设计	49
3.5.2 支座设计	51
本章小结	54
设计绘图古今谈: 样式雷世家和实物模型在中国古代建筑设计中的应用	54

第4章 装配体的几何建模 56

4.1 新建装配体模型文件	56	4.6.3 爆炸过程动画演示	64
4.2 插入固定零件	56	4.7 装配体文件的贮存与复制	65
4.3 装配其余零件	57	4.8 更多有关装配的操作	66
4.4 装配体的配合关系	59	4.8.1 从装配体中删除或替换零部件	66
4.5 装配体设计树的操控	61	4.8.2 简化装配体	66
4.6 装配验证	62	本章小结	67
4.6.1 干涉检查	62	设计绘图古今谈：验证装配设计的新利器——	
4.6.2 爆炸视图生成	63	虚拟现实技术	67

第5章 工程图的基本概念 69

5.1 工程图的基本概念	69	5.4.1 局部放大图的应用与绘制	85
5.1.1 工程图的主要内容	69	5.4.2 命名视图	86
5.1.2 工程图绘制的主要步骤	69	5.4.3 向视图（斜视图）、旋转视图、	
5.1.3 工程图的标准与标准体系	69	剪裁视图	88
5.2 绘图环境的设置和保存	70	5.4.4 阶梯剖视图（平行的剖切平面）	89
5.2.1 新建工程图纸文件	70	5.4.5 旋转剖视（相交的剖切平面）	90
5.2.2 图幅、比例、图框和标题栏	71	5.4.6 斜剖视图	90
5.2.3 设置线型与图层	72	5.4.7 断面图	90
5.2.4 设置绘图标准	74	5.5 工程图尺寸标注的基本概念和方法	91
5.2.5 保存和使用绘图标准、图纸格式、		5.5.1 尺寸标注的基本规则	91
模板	75	5.5.2 尺寸标注的组成	92
5.3 视图布局的设计与实施	77	5.6 工程图尺寸标注方案	95
5.3.1 视图布局的主要内容	77	5.6.1 工程图尺寸标注的基本要求	95
5.3.2 视图布局的基本原则	78	5.6.2 尺寸类型	96
5.3.3 应用基本视图的视图布局示例	79	5.6.3 尺寸基准	96
5.3.4 应用剖视图的视图布局示例	81	5.6.4 尺寸配置形式	97
5.3.5 剖面符号	83	5.7 工程图尺寸标注示例	98
5.3.6 工程图设计树的操控	84	5.8 材料标记	101
5.3.7 工程图文件的贮存、复制、		本章小结	102
打印	85	设计绘图古今谈：《营造法式》——中国古代	
5.4 其他表达方法示例	85	工程图学发展的里程碑	102

第6章 装配工程图的绘制 104

6.1 装配工程图概述	104	6.5.3 特殊表达方法	109
6.2 装配工程图的视图布局	104	6.6 装配工程图技术要求的注写	109
6.3 装配工程图的尺寸标注	105	6.7 装配工程图的零件编号和明细栏	110
6.3.1 装配基准和安装基准	105	6.7.1 装配工程图的零件编号	110
6.3.2 尺寸类型	105	6.7.2 装配工程图的明细栏	110
6.4 SolidWorks 系统中装配工程图绘制		6.7.3 SolidWorks 系统中明细栏编写	
示例	105	示例	111
6.5 装配工程图的规定画法和特殊画法	107	6.7.4 保存和应用材料明细表模板	113
6.5.1 规定画法	108	6.8 SolidWorks 系统中一般表格编写	
6.5.2 简化画法	108	示例	113

6.9	设计文档管理	114	* 6.9.3	图样管理系统	116
6.9.1	产品图样管理	114	* 6.9.4	产品数据管理	116
6.9.2	图样及设计文件的编号方法简介	115	本章小结		117
第7章	零件工程图的绘制	118			
7.1	机械制造基本知识	118	7.3.3	合理尺寸标注	133
7.1.1	机械制造过程概述	118	7.4	典型零件的工程图绘制	137
7.1.2	铸造	118	7.4.1	轴套类零件	137
7.1.3	塑性成形	119	7.4.2	SolidWorks 系统中尺寸公差标注 示例	137
7.1.4	切削加工和金属切削机床	120	7.4.3	SolidWorks 系统中形位公差标注 示例	139
7.1.5	车削加工	121	7.4.4	SolidWorks 系统中表面粗糙度标注 示例	140
7.1.6	钻削加工	121	7.4.5	轮盘(盖)类零件	141
7.1.7	铣削和刨削加工	122	7.4.6	叉架类零件	143
7.1.8	磨削加工	124	7.4.7	箱(壳)体类零件	145
7.2	零件工程图的技术要求	125	7.5	面向制造的设计	148
7.2.1	概述	125	7.5.1	概述	148
7.2.2	互换性与公差	125	7.5.2	合理的铸造工艺结构	149
7.2.3	尺寸公差	125	7.5.3	合理的加工工艺结构	150
7.2.4	标准公差、基本偏差、公差 带代号	126	7.5.4	合理的接触方式	151
7.2.5	配合类型与配合制	128	7.5.5	留出装配空间	151
7.2.6	形位公差	129	7.5.6	经济加工精度	152
7.2.7	表面粗糙度	131	本章小结		153
7.3	零件工程图的绘制	133	设计绘图古今谈: 互换性概念的诞生		153
7.3.1	零件工程图基本内容	133			
7.3.2	零件工程图的视图布局	133			
第8章	标准件和常用件	155			
8.1	螺纹	155	8.5	键连接和销连接	168
8.1.1	螺纹的要素	155	8.5.1	键连接	168
8.1.2	螺纹的种类和标准	156	8.5.2	销连接	168
8.1.3	标准螺纹的标记方法	157	8.6	齿轮	170
8.1.4	螺纹的绘制与标注	158	8.6.1	直齿圆柱齿轮的轮齿结构	170
8.2	SolidWorks 系统中螺纹生成和绘制 方法	160	8.6.2	直齿圆柱齿轮基本参数和尺寸	170
8.2.1	螺纹的几何模型	160	8.6.3	直齿圆柱齿轮的规定画法	171
8.2.2	用装饰螺纹线表示外螺纹	160	* 8.6.4	齿轮设计插件 GearTrax 简介	174
8.2.3	用异型孔向导功能生成螺纹孔	161	8.7	其他标准件和常用件	176
8.3	螺纹紧固件	163	8.7.1	滚动轴承	176
8.4	SolidWorks 系统设计库与紧固件的 绘制	165	8.7.2	弹簧	178
			本章小结		180
			设计绘图古今谈: 螺纹标准化的历史		180
第9章	化工设备图	182			
9.1	化工设备概述	182	9.1.2	反应罐	183
9.1.1	贮槽	182	9.1.3	换热器	183

9.1.4 塔设备	183	9.5.1 筒体与接管	197
9.2 化工设备图	184	9.5.2 封头	198
9.2.1 化工设备图分类	184	9.5.3 法兰	199
9.2.2 化工设备图绘制的特点	185	9.5.4 人孔和手孔	201
9.3 化工设备图的表达方法	187	9.5.5 支座	202
9.3.1 视图布局	187	9.5.6 补强圈	206
9.3.2 细部结构的表达	187	9.5.7 视镜	206
9.3.3 断开和分层的表达	187	9.5.8 液面计	207
9.3.4 重复结构的简化画法	188	9.6 化工设备图的尺寸标注	208
9.3.5 管口的多次旋转表达和管口方位图	191	9.7 化工设备图的表格和技术要求	208
9.3.6 化工设备标准件的简化画法	191	9.7.1 材料明细表	208
9.3.7 外购部件的简化画法	191	9.7.2 管口符号与管口表	208
9.4 化工设备的焊缝表示	191	9.7.3 技术特性表	209
9.4.1 焊接与焊缝	191	9.7.4 技术要求	210
9.4.2 焊缝的规定画法	192	本章小结	210
9.4.3 焊缝的标注	193	设计绘图古今谈: 三维打印——在桌面上实现	211
9.5 化工设备通用零部件	197	所得即所想	211

第 10 章 化工工艺图 213

10.1 概述	213	10.4.1 管道布置图基本内容	233
10.1.1 化工工艺图种类	213	10.4.2 管路绘制	233
10.1.2 化工工艺图绘制的特点	213	10.4.3 尺寸标注	236
10.2 工艺流程图	214	10.4.4 SolidWorks 系统中管道布置图	237
10.2.1 工艺流程图种类	214	绘制示例	237
10.2.2 管道及仪表流程图绘制规则	216	10.4.5 由三维设备布置图绘制管道	237
10.2.3 SolidWorks 系统的块功能	223	布置图	237
10.2.4 SolidWorks 系统中工艺管道及仪表流程图绘制示例	224	10.5 管段图	240
10.3 设备布置图	226	10.5.1 管段图基本内容	240
10.3.1 设备布置图基本内容	226	10.5.2 SolidWorks 系统中管段图绘制	241
10.3.2 设备布置图绘制规则	226	示例	241
10.3.3 SolidWorks 系统中设备布置图	230	10.5.3 三维实体造型管段图简介	242
绘制示例	230	本章小结	245
10.3.4 三维实体造型设备布置图	232	设计绘图古今谈: 未来的 CAD 和工程	245
10.4 管道布置图	233	制图	245

附录 247

附录 1 普通螺纹	247	附录 4 DN1000~2000mm 轻型 (A 型) 带垫板包角 120° 的鞍式支座	250
附录 2 EHA 椭圆形封头型式参数	248		
附录 3 常压人孔	249		

名词索引 251

参考文献 258

第1章 工程设计方法和工程制图学的沿革

由设计概念表达方法和工具的演变历史,说明工程制图课程学习的不仅仅是绘图技能,更重要的还有思维方式和设计模式。新型三维计算机辅助设计(3D-CAD)手段改变了传统制图技术采用的“三维构思/二维表达”抽象思维模式,建立了符合人类自然思维规律、直接在三维空间中构思和表达的形象化思维模式,不仅有利于设计活动,也有利于制图课程的学习,增强对制图课程的兴趣和信心。本章学习要求如下:

1. 了解设计思维模式发展变迁及其与设计工具的关系;

2. 了解图形设计模型的作用;

3. 了解投影的基本概念;

4. 了解基于三维CAD系统的新设计模式及其优势。

1.1 设计过程概述

设计是人类固有的活动,一生中都在自觉不自觉地进行设计。从认知学角度来说,设计过程是由人的三种基本思维活动组成的回路(图1-1-1),即分析(Analysis)、综合(Synthesis)和评价(Evaluation)。分析将客观世界简化为模型,把问题分解到可解决的程度;综合将设计元素组合为一个能工作的整体;评价检验设计方案是否能实现既定目标,并将评价结果反馈到前导环节用于修改设计。该模型反映了设计活动的一般规律,与设计内容无关,也与设计类型无关。



图 1-1-1 设计活动的认知模型

上述模型应用于产品设计,体现为“产品生命周期(Product-Life-Cycle, PLC)”的设计过程模型,亦称“产品开发周期”(图1-1-2)。从市场需求分析开始,根据用户需求定义

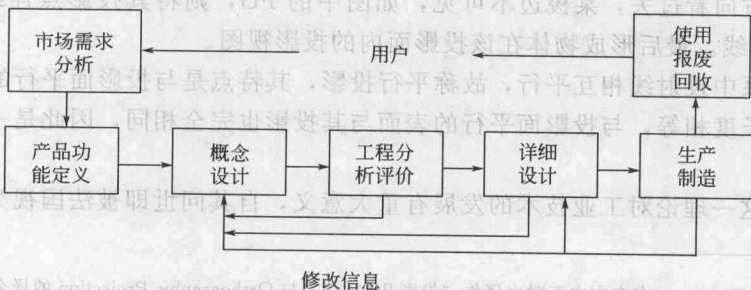


图 1-1-2 产品生命周期（产品开发周期）

产品功能后,由概念设计形成若干能满足需求的设计方案;工程分析评价分析和优化这些方案,将信息反馈给概念设计进行修改;详细设计在设计方案中加入细节和制造信息,并产生修改信息反馈给概念设计。产品开发的最后环节包括生产制造、使用和回收等,只有在接受了所有这些后续活动所提供的全面反馈信息、并作出相应修改之后,一个完整的产品开发过程才得以完成。

1.2 设计模型概述

设计的认知模型和产品生命周期模型都强调信息交流和反馈的重要性,现代工业生产中的设计都是团队性活动,表达和交流设计思想更需要有效的工具——设计模型。模型是对设计对象的一种简化和抽象的表达,一般分成实物模型、图形模型和数字模型。

1.2.1 图形模型

由于直观性强,艺术绘画很自然地成为最早用来表达、交流设计理念的设计模型。中国的典型例子是由明代科学家宋应星(1587~1666)在1637年完成的巨著《天工开物》,记述了农业和手工业的生产技术,包括许多翔实的图形资料(参看第2章“设计绘图古今谈”)。国外用图形表示设计理念的典型代表是意大利人达·芬奇(Leonardo da Vinci, 1452~1519),他是名画《蒙娜丽莎》的作者,同时还是工程师和科学家,其著作中有许多关于机械装置的图形,如直升机的原型、降落伞、坦克等,其中大多数是他自己的发明,另一些则是记述他人的发明。

图形模型的出现和使用对人类文明的发展有重要意义,中国历史上的一些重大技术发明,如指南针、指南车、地震仪等,因为只有文字描述没有图形,无法继承和发展(详见本章“设计绘图古今谈”)。但早期的艺术绘画不符合投影规律,没有比例的概念,缺乏可度量性,设计理念和产品难以复制。

18世纪资本主义规模化工业生产方式的发展,需要一种能严格表示物体形状、与空间几何关系有较好一致性的图形语言。1795年,在法国巴黎高等师范学校任教的数学家和工程师蒙日(Gaspard Monge, 1746~1818)提出一个称为画法几何学(Descriptive Geometry^①)的数学体系,其基本思想是将一个几何体用它在两个相互垂直的平面里的投影图形来表示。其原理如图1-2-1所示,将几何体放置在观察者和投影平面(简称投影面)之间,从几何体各顶点向投影面引垂线(称为投射线)并与之相交,其交点即为这些顶点的投影点,如图中顶点A的投影是a,顶点B的投影是b,依次类推。然后,将投影点按它们在原几何体上的连接关系连接起来,如几何体上顶点A与B在同一条棱边上,则在投影面中将投影点a与b相连;几何体上的顶点B与C在同一条棱边上,则将其投影点b与c相连,依次类推。若从投射方向看过去,某棱边不可见,如图中的FG,则将其投影点连线用虚线表示,如图中的fg连线。最后形成物体在该投影面内的投影视图。

该投影体系中投射线相互平行,故称平行投影,其特点是与投影面平行的直线段长度与其投影线段的长度相等,与投影面平行的表面与其投影也完全相同,因此是一种可度量的图形表达方法。

鉴于蒙日这一理论对工业技术的发展有重大意义,自其问世即被法国视为国家机密,直

^① Descriptive Geometry 在中文中有时也译作“投影几何学”,与 Orthographic Projection 的译名相同。但在英语中两者是有区别的。前者指蒙日提出的两个正交平面的投影体系,后者指多投影面体系。

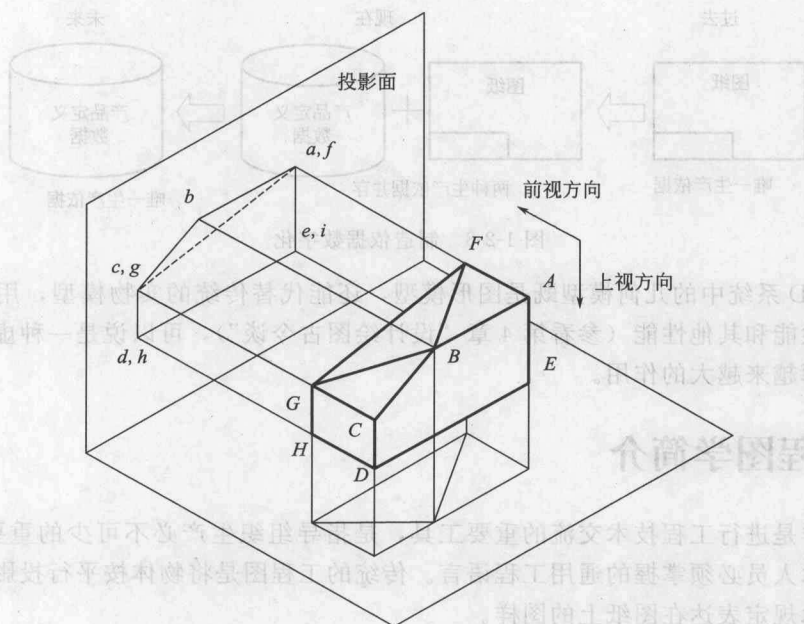


图 1-2-1 蒙日的二平面投影体系

到 1798 年才解除禁令，其著作出版后迅速传到西方各国。蒙日的理论为后来采用多平面投影系统的投影几何学（Orthographic Projection）奠定了基础，在其基础上发展起来的工程图学成为工程界通用的交流工具。

现在应用最广泛的图形模型是三维几何模型。统计资料表明，以三维建模为主的设计活动约占工程设计活动总时间的四分之一，其余的工程分析、制造工艺规划和功能设计等活动也都离不开图形模型（图 1-2-2）。

1.2.2 数字模型

随着制造业信息化的发展，数字化设计模型正在得到广泛应用。简单地说，制造业信息化就是用计算机技术表示、处理和传输制造业生产经营的一切信息，包括企业生产经营的产品信息、工艺信息、物料信息、生产信息、财务信息和市场营销信息等，从而使制造业的生产经营达到前所未有的高节奏和高效益。在这种环境中，基于二维投影图的工程图纸已无法满足需要，取代它的是以零件的三维几何模型为核心，包括生产制造等信息的产品定义数据（图 1-2-3），供企业中各职能团队来自不同领域的人员（如科学家、工程师、技术人员、管理人员等）迅速、有效、准确地共享。

1.2.3 实物模型

实物模型的最大优点是可用于分析设计对象的物理力学性能；例如，飞机设计中应用实体模型进行风洞试验，以优化其空气动力学性能。化工设备设计中常用实体模型检测管道间的干涉（参看 10.5.3 节）。从成本考虑，实物模型一般比原物小，但为准确起见有时也采用与原物同样大的模型。

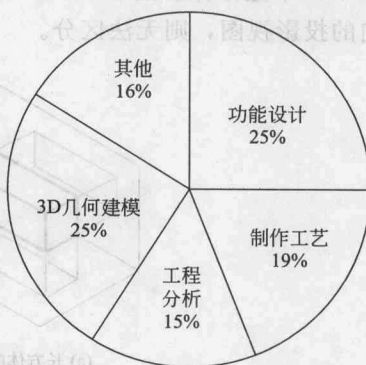


图 1-2-2 工程活动时间之比

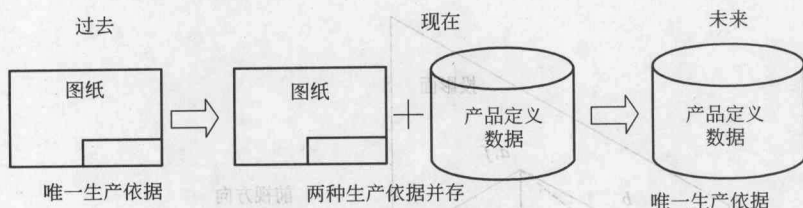


图 1-2-3 制造依据数字化

三维 CAD 系统中的几何模型既是图形模型，还能代替传统的实物模型，用于分析设计对象的物理性能和其他性能（参看第 4 章“设计绘图古今谈”），可以说是一种虚拟的实物模型，正在发挥越来越大的作用。

1.3 工程图学简介

工程图样是进行工程技术交流的重要工具，是指导组织生产必不可少的重要技术文件，也是工程技术人员必须掌握的通用工程语言。传统的工程图是将物体按平行投影或中心投影方法以及技术规定表达在图纸上的图样。

1.3.1 投影体系

蒙日最初提出的投影体系仅有两个投影平面，常常无法确切识别空间几何体。例如，图 1-3-1(a) 中立方体和图 1-3-1(b) 中圆柱体的前视投影和上视投影完全相同，若不增加其他方向的投影视图，则无法区分。

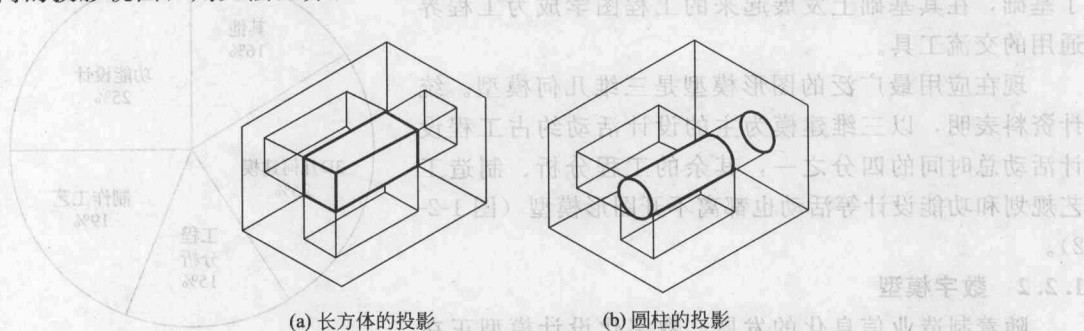


图 1-3-1 两平面投影视图的不确定性

现代投影体系由三个相互垂直正交的投影面组成，将空间分成 8 个部分，每一部分为一个分角（图 1-3-2）。原则上可将形体放在任何一个分角里进行投影，但常用的只有两种。第一角投影体系，形体放在第一分角的位置进行投影，位于观察者和投影面之间（即投影关系是人、物、图）。第三角投影体系，形体放在第三分角的位置进行投影，位于观察者和投影面之后（即投影关系是人、图、物）。

采用第一角投影体系的国家主要有中国、法国、英国、德国、俄罗斯、瑞士、奥地利、捷克等；采用第三角投影体系的国家主要有美国、日本、加拿大、澳大利亚等。物体有上、下、左、右、前、后六个方位，物体在三面投影体系中的位置确定以后，用正投影方法可生成六个视图，图 1-3-3 是第一角体系六个视图的布局规则。投影视图以观察者对物体的相对位置命名，左视图即观察者在物体左面所得到的视图，上视图即观察者在物

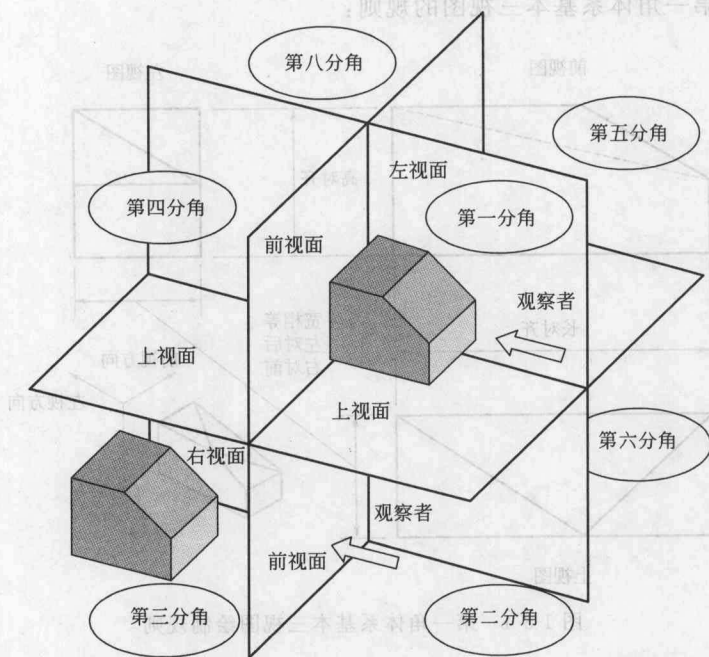


图 1-3-2 投影体系

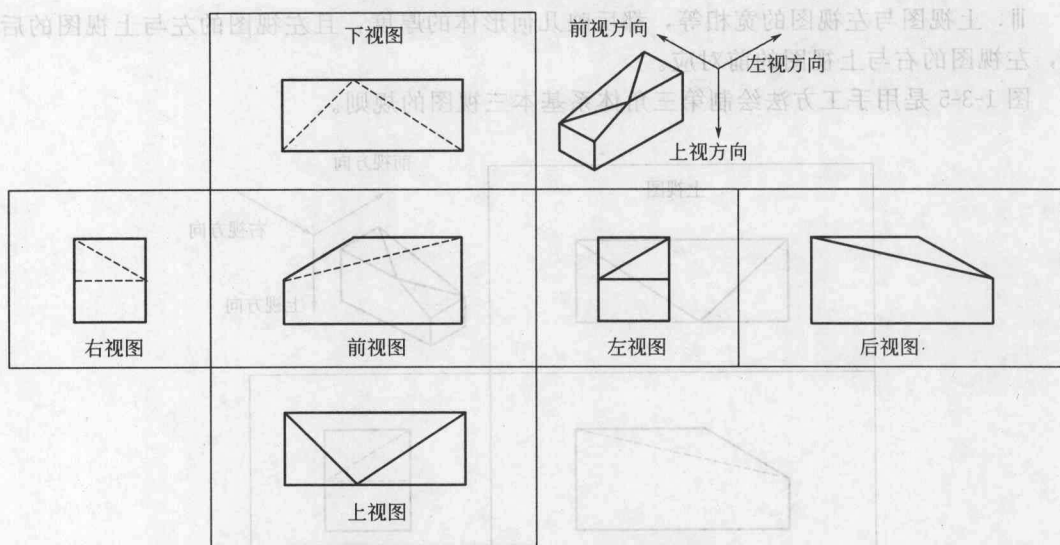


图 1-3-3 第一角体系基本六视图布局

体上方所得到的视图（有的教材称为俯视图，本教材中统一称为上视图），依次类推。右视图与左视图反映物体高、宽方向的尺寸；上视图与下视图反映物体长、宽方向的尺寸；前视图与后视图反映物体长、高方向的尺寸。这里的前后左右是相对的，例如，若把左视图作为前视图，则原来的前视图就是其右视图，原来的后视图就是其左视图；若把上视图作为新的前视图，则原来的前视图就是其上视图；依此类推。

1.3.2 基本三视图绘制规则

工程制图将最能表达物体特征的前视图、上视图和左视图称为基本三视图。图 1-3-4 是

用手工方法绘制第一角体系基本三视图的规则：

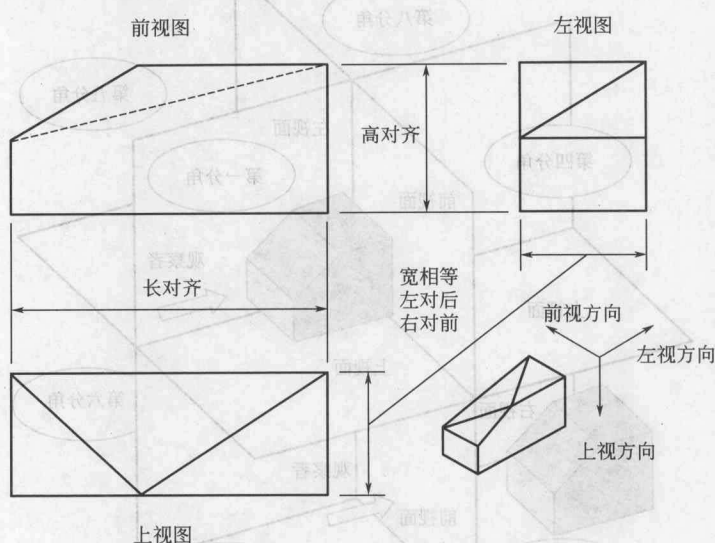


图 1-3-4 第一角体系基本三视图绘制规则

- i. 前视图和上视图都反映几何形体的长度，视图的长对齐；
- ii. 前视图和左视图都反映几何形体的高度，视图的高对齐；
- iii. 上视图与左视图的宽相等，都反映几何形体的厚度，且左视图的左与上视图的后对应，左视图的右与上视图的前对应。

图 1-3-5 是用手工方法绘制第三角体系基本三视图的规则。

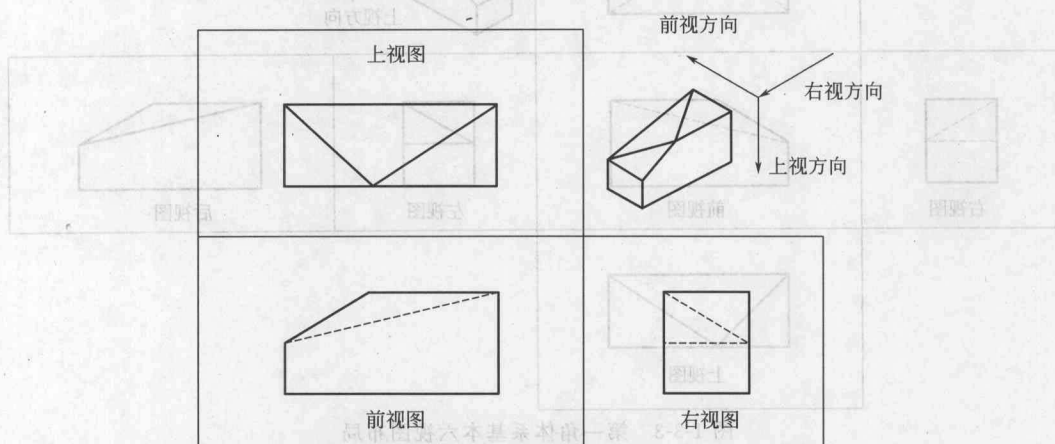


图 1-3-5 第三角体系基本三视图绘制规则

1.3.3 手工绘图工具简介

现在计算机绘图已基本代替手工绘图，这里仅简要介绍主要的手工绘图工具。

(1) 铅笔

目前主要用自动铅笔，优点是较易保持所绘线条宽度均匀一致。所用笔芯直径应与绘图标准关于线型宽度的规定（参看 5.2.3 节）对应，如直径 0.5mm 的用于绘制粗实线，直径 0.3mm 的用于绘制细实线。

(2) 丁字尺和三角板

丁字尺(图 1-3-6)的长度一般为 1.2m,能画最大幅面的图纸。将丁字尺沿绘图板边缘滑动可画水平方向的平行直线,将三角板沿丁字尺移动可画垂直方向的平行直线。一套三角板一般有两个,一个是两内角为 45° 的等边直角三角形,另一个是内角分别为 30° 和 60° 的直角三角形。两个三角板互相配合可画出多种角度(图 1-3-7)。

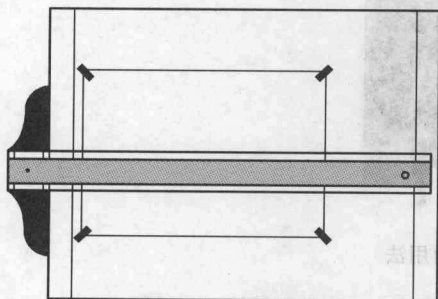


图 1-3-6 丁字尺

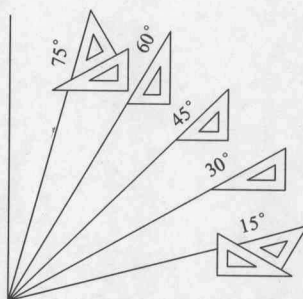


图 1-3-7 三角板角度组合

(3) 圆规、分规套件

一般将大小不同的圆规和分规组成套件使用(图 1-3-8)。

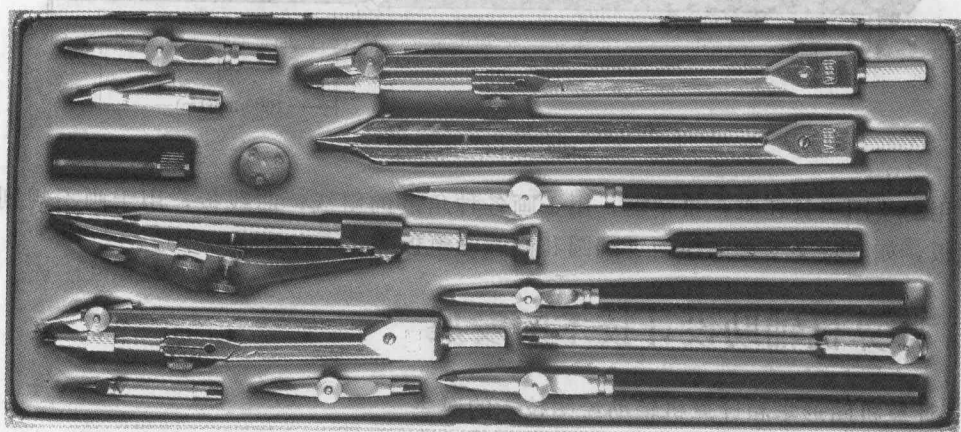


图 1-3-8 国产“普发”牌圆规套件

正确使用圆规的方法如图 1-3-9 所示,将其针脚有台阶的一端朝下垂直刺入纸面,可防止针孔扩大,这在画一系列同心圆时更为重要。另一条腿上的铅芯也应垂直于纸面。分规形状与圆规类似,但两个脚都是针脚。分规用于从比例尺上截取所需的尺寸并应用到图纸上,当同一个尺寸在图纸中多处出现时,用分规度量效率高,且一致性好。分规的另一个功能是用尝试法等分线段。先将分规跨距调到分段后的大致长度,度量被等分的线段;对其跨距进行微调,重复以上步骤,直到正好能将线段分成所需段数为止。

(4) 比例尺 图纸幅面的大小有一定规格,零部件比图纸大时,需使用缩小的比例绘图,如 $1:10$;零部件比图纸小时,可使用放大比例绘图,如 $2:1$ (参看 5.2.2 节)。比例尺的刻度按常用比例刻制(图 1-3-10)。用分规从比例尺上截取已按比例绘制的长度应用到图纸上,可减少计算工作和避免出错。