



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
国家级精品课程主干教材



现代工程图学 (第二版)

(机械类、近机械类专业适用)

刘 苏 主编

融合数字化资源的
新形态教材
(双色印刷)

非外借



科学出版社

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
国家级精品课程主干教材

现代工程图学

(第二版)

(机械类、近机械类专业适用)

刘 苏 主编

童秉枢 主审

科学出版社

内 容 简 介

本书采用最新的国家标准,根据教育部2010年制定的“普通高等院校工程图学课程教学基本要求”,在2010年由科学出版社出版的《现代工程图学教程》的基础上修订编写而成。

本书共8章,主要内容包括设计和表达、投影基础、从三维物体到二维图形、从二维图形到三维物体、机件的常用表达方法、标准件和常用件、零件图及装配图等。

本书利用现代教育技术和互联网信息技术,将部分学生难以理解的知识点,通过二维码技术实现立体化展现,以达到帮助学生理解知识点的目的。

与本书配套的《现代工程图学习题集》(第二版)由科学出版社同期出版,可供选用。

本书适合高等学校的机械类和近机械类专业使用,适用学时为80~130学时,也可供其他类型院校相关专业师生、工程技术人员及自学读者参阅。

图书在版编目(CIP)数据

现代工程图学:机械类、近机械类专业适用/刘苏主编. —2版. —北京:科学出版社,2017.9

(“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材·国家级精品课程主干教材)

ISBN 978-7-03-054548-0

I. ①现… II. ①刘… III. ①工程制图—高等学校—教材 IV. ①TB23

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第229129号

责任编辑:邓 静 张丽花 毛 莹 / 责任校对:郭瑞芝

责任印制:霍 兵 / 封面设计:迷底书装

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年10月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2017年 9月第 二 版 印张:18

2017年 9月第九次印刷 字数:450 000

定价:49.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

版权所有,盗版必究

举报电话:010-64034315 010-64010630

前 言

南京航空航天大学的“工程图学”课程 2005 年被评为国家精品课程, 2016 年被授予国家精品资源共享课程荣誉称号。工程图学教学团队 2009 年被评为机械工程设计基础国家级教学团队。

南京航空航天大学工程图学的课程建设和教学改革成果丰硕: 2001 年, “工程图学课程的改革与全方位教材体系的建设”获国家级高等教育教学成果二等奖; 2005 年, “立足基础、面向专业、深入学科进行现代图学教学体系的创新建设”再次获得国家级高等教育教学成果二等奖。

南京航空航天大学工程图学课程组编写并出版了以下系列教材:

- (1) 《现代工程图学教程》(机械类、近机械类专业适用)——科学出版社;
- (2) 《现代工程图学习题集》(机械类、近机械类专业适用)——科学出版社;
- (3) 《工业产品的数字化模型与 CAD 图样》——科学出版社;
- (4) 《工程制图基础教程》(非机械类专业适用)——科学出版社;
- (5) 《工程制图习题集》(非机械类专业适用)——科学出版社;
- (6) 《AutoCAD 2010 教程》——科学出版社;
- (7) 《现代工程图学电子教案》(光盘)——科学出版社;
- (8) 《工程图学多媒体课件包》(含电子教案、电子教具和习题指导)。

以上系列教材是国家级特色专业(机械工程及自动化)及国家精品课程(工程图学)的主干教材。

本书根据教育部 2010 年制定的“普通高等院校工程图学课程教学基本要求”, 总结近年来本校及其他多所重点院校教学研究与改革的成果和经验, 在 2010 年由科学出版社出版的《现代工程图学教程》的基础上修订编写而成。本书共 8 章, 主要内容包括设计和表达、投影基础、从三维物体到二维图形、从二维图形到三维物体、机件的常用表达方法、标准件和常用件、零件图及装配图等。

本书的主要特色如下:

(1) 增加了介绍先进设计技术的内容。本书从高等机械工程教育对专业人才培养的知识、能力、素质要求的总体着眼, 把课程置身于机械工程设计基础课程群的范围内, 按培养目标及课程的定位, 在书中增加了设计灵感、设计过程、创新设计、计算机辅助设计等工程设计与表达方面的基本知识, 起到承上启下的作用, 为学生进行后续章节的学习做了很好的知识铺垫。

(2) 建立了从三维形体构型向二维视图表达的知识体系。全书以产品的三维数字化模型表达为切入点, 以二维投影理论为基础, 将产品的二维工程图样和三维数字化模型两种产品的表达和交流方式有机结合起来。

(3) 按形象思维的思维规律编排教学内容。将常规的立体的投影、构型方法、组合体和轴测图这几部分内容有机整合与优化, 按形象思维的思维规律整合成“从三维物体到二维图形”和“从二维图形到三维物体”两个章节, 有利于学生形象思维能力的培养。

(4) 强理论基础, 重实践应用。作为机械类和近机械类专业的技术基础课, 本书具有较强的投影理论基础, 以培养学生的空间思维能力; 同时还非常注重课程的实践性, 教材提供了丰富的机械图实例, 并把投影理论的学习与机械图的读图与绘图紧密结合起来。

(5) 插图丰富、精美。以“图”为核心, 书中画法几何部分的插图根据教学内容的需要, 立体图为线框图和渲染图的结合, 使图面更加美观、清晰; 另外, 采用了分步图, 说明读图和绘图的过程与步骤, 有助于提高学习效率; 工程制图部分也提供了非常丰富的插图; 部分知识点通过二维码技术实现立体化图像展现, 以达到帮助学生理解知识点的目的。

(6) 本书对应课程为国家级精品资源共享课程, 课程网址为 http://www.icourses.cn/coursestatic/course_2386.html。

(7) 课程内计算机三维建模和二维 CAD 绘图的教学内容, 参考《工业产品的数字化模型与 CAD 图样》(科学出版社)。

参加本书编写的人员有刘苏(第 1 章~第 8 章部分、附录), 陆凤霞(第 2 章部分、第 5 章部分), 王静秋(第 3 章部分、第 4 章部分), 卜林生(第 7 章部分、第 8 章部分)。

清华大学童秉枢教授于百忙之中拨冗指点, 对本书进行了认真细致的审阅, 提出了许多宝贵的意见与建议, 在此表示衷心的感谢。

书中若有疏漏与不当之处, 敬请读者指教。

编 者

2017 年 2 月

目 录

绪论	1
第 1 章 设计和表达	3
1.1 三维数字化模型表达	4
1.2 二维工程图样表达	5
1.3 产品设计	6
1.3.1 设计灵感	7
1.3.2 创新设计	8
1.3.3 设计过程	12
1.4 计算机辅助设计	16
1.4.1 CAD 发展概况	16
1.4.2 二维工程绘图软件 AutoCAD 简介	18
1.4.3 三维工程设计软件 Creo Parametric 简介	19
1.4.4 CAD 与工程制图	20
第 2 章 投影基础	21
2.1 空间几何元素的投影	21
2.1.1 投影体系的建立	21
2.1.2 点的投影	24
2.1.3 直线的投影	26
2.1.4 平面的投影	29
2.2 空间几何元素的相对位置	33
2.2.1 平行关系	33
2.2.2 相交关系	37
2.2.3 交叉关系	42
2.2.4 垂直关系	43
2.3 空间几何元素的投影变换	45
2.3.1 换面法	46
2.3.2 旋转法	53
2.4 空间几何问题的综合求解	59
2.4.1 距离度量问题	59
2.4.2 角度度量问题	63
2.4.3 其他问题	67

第 3 章 从三维物体到二维图形	69
3.1 三维立体的二维投影	69
3.1.1 三维立体的投影	69
3.1.2 平面截切立体的投影	78
3.1.3 立体与立体相交的投影	87
3.2 组合体的三视图	96
3.2.1 组合体三视图	96
3.2.2 组合体的组合形式	97
3.2.3 组合体的分析方法	98
3.2.4 绘制组合体三视图	100
3.2.5 画图举例	102
3.3 组合体的轴测图	102
3.3.1 轴测投影的基本知识	103
3.3.2 正等测的画法	104
3.3.3 斜二测轴测图的画法	110
3.4 三维模型生成二维视图	112
3.5 组合体的尺寸标注	113
3.5.1 尺寸标注的基本规定	113
3.5.2 常见物体的尺寸标注	114
3.5.3 组合体的尺寸标注	116
第 4 章 从二维图形到三维物体	120
4.1 二维草绘截面与三维建模	120
4.1.1 二维草绘截面	120
4.1.2 三维建模	121
4.2 组合体的布尔运算	123
4.2.1 平面图形的布尔运算	123
4.2.2 组合体的布尔运算	123
4.3 组合体的构型设计	124
4.3.1 构型设计的要求	125
4.3.2 组合体构型的基本方法	126
4.3.3 组合体构型设计举例	127

4.4 组合体的读图方法	130	7.2 零件的结构分析	192
4.4.1 读图基本原则	130	7.2.1 零件的设计结构	192
4.4.2 读图基本方法和步骤	132	7.2.2 零件的工艺结构	193
4.4.3 已知两视图补画第三视图	136	7.2.3 零件的结构分析举例	195
第5章 机件的常用表达方法	140	7.3 零件的表达分析	196
5.1 视图	140	7.3.1 零件图的视图选择	196
5.2 剖视图	143	7.3.2 典型零件的表达方案	197
5.2.1 剖视图的概念	143	7.4 零件图上的尺寸标注	201
5.2.2 剖视图的画法	143	7.4.1 尺寸基准	202
5.2.3 剖视图的分类	146	7.4.2 尺寸标注	202
5.2.4 剖切平面的分类	149	7.5 零件图上的技术要求	206
5.3 断面图	152	7.5.1 表面结构	206
5.3.1 断面图的概念	152	7.5.2 尺寸公差	209
5.3.2 断面图的分类	152	7.5.3 几何公差	215
5.3.3 断面图的画法	153	7.6 阅读零件图	218
5.3.4 断面图的标注	154	第8章 装配图	220
5.4 局部放大图和简化画法	154	8.1 装配图的作用和内容	222
5.5 表达方法综合举例	158	8.2 装配图的表达方法	222
5.6 第三角投影法简介	159	8.3 装配图的视图选择	223
第6章 标准件和常用件	163	8.4 装配图的尺寸标注	226
6.1 螺纹和螺纹紧固件	163	8.5 装配图的序号和明细栏	228
6.1.1 螺纹	163	8.6 常见装配工艺结构	229
6.1.2 螺纹紧固件	170	8.7 画装配图的方法和步骤	230
6.1.3 装配图中螺纹紧固件的画法	173	8.8 阅读理解装配图	235
6.2 键和销	178	8.8.1 读装配图的要求和方法	235
6.2.1 键连接	178	8.8.2 由装配图拆画零件图	239
6.2.2 销连接	179	附录A 制图的基本规定	242
6.3 齿轮	180	A1 仪器绘图	242
6.3.1 直齿圆柱齿轮	181	A2 计算机绘图	251
6.3.2 锥齿轮与蜗轮蜗杆简介	183	附录B 制图的部分国标	254
6.4 弹簧	185	B1 极限与配合	254
6.5 滚动轴承	188	B2 螺纹	262
第7章 零件图	191	B3 常用的标准件	264
7.1 零件图的作用和内容	191	B4 密封件	278
7.1.1 零件图的作用	191	B5 常用的金属材料和非金属材料	280
7.1.2 零件图的内容	192	参考文献	282

绪 论

1. 课程的性质和研究对象

工程与产品的设计、开发和制造是人类生存的基础，是人类文明发展的直接动因。

在表达和交流科技信息的过程中，图形具有形象性、直观性和简洁性，是人们认识规律、探索未知的重要工具。图形作为直观表达实验数据、反映科学规律的一种手段，对于人们把握事物的内在联系、掌握问题的变化趋势，具有重要意义。

在工程设计中，工程图样作为设计与制造、工程与产品信息的定义、表达和交流的主要媒介，在机械、建筑、土木、水利和园林等领域的技术和管理工作中有着广泛的应用。因此，工程图样是工程界设计师、工程师和其他技术人员用来进行记录、表达和交流的语言。

几乎每一本工程学课本都有工程技术图样。掌握了工程图学的基础知识，不仅对专业课学习有帮助，对其他课程也会有所帮助。因此，工程图学课程是工科专业学生学习工程知识的第一个窗口，也是比较适合的窗口。

综上所述，工程图学课程是工科院校重要的技术基础课程之一，是一门工科专业学生的必修课程。

工程图学课程的主要研究对象有以下三个方面。

- (1) 研究空间几何元素的图示与图解问题。
- (2) 研究空间物体的构型规律和表达方法。
- (3) 研究工程图样表达的基本概念和基本方法。

2. 课程的任务和培养目标

1) 课程的任务

本课程的学习任务主要有以下五个方面。

- (1) 学习投影法的基本理论和应用。
- (2) 学习物体构形分析的基本概念和方法。
- (3) 学习空间物体图样表达的基本概念和方法。
- (4) 学习阅读和绘制工程图并能正确理解工程图的基本方法。
- (5) 学习从三维物体到二维图样和从二维图样到三维物体的形象思维方法。

此外，在教学过程中，还应有意识地培养学生认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

2) 课程培养的能力

通过本课程的学习，可培养学生以下四种能力。

- (1) 培养形象思维的几何抽象能力。

- (2) 培养创造性构型设计能力。
- (3) 培养阅读和绘制工程图样的基本能力。
- (4) 培养学生的工程素养和手绘技术草图的基本能力。
- (5) 培养学生的计算机建模和 CAD 绘图能力。

3) 课程培养的意识

通过本课程的学习,可培养学生树立以下两个意识。

(1) 图形标准化意识。

遵循各类技术制图标准的工程图样在表达和绘制方面高度规范化与唯一化,能够在不同国家甚至是世界范围内交流。通过本课程的学习,学生了解到必须遵守这些制图标准,才能正确阅读图纸,或保证自己绘制的图纸能够被别人轻松的读懂并不会产生误会。

(2) 创新意识。

在工科学技术课程当中,形象思维能力是最重要的能力之一。另外,从实际情况来看,一些极具创造性的人都拥有很强的形象思维能力。本课程主要学习以空间角度来观察和思考物体,是培养形象思维能力的最佳课程。

3. 课程的学习方法

工程图学是一门技术基础课程,为了顺利学好本课程,必须掌握正确的学习方法,主要注意以下两点。

1) 形象思维能力的培养

善于采用形象思维的学习方法,根据从三维物体到二维图样和从二维图样到三维物体的形象思维方法,要多想多练,培养形象思维能力。

形象思维能力的培养需日积月累,逐渐加强,不可能靠临时突击,一蹴而就。需根据投影理论不断地进行“三维形体”与“二维图形”的对应关系训练,逐步培养和增强形象思维与几何抽象能力。

2) 认真做好听课、作业和单元总结等教学环节

工程图学课程的知识循序渐进,由浅入深。要认真对待每一次的课堂听课和课后作业。由于工程图学的研究对象主要为“图形”,因此,课堂上集中精力,以听为主,必要时以草图的方式做一些笔记;作业不仅要正确,还需整洁和美观;平时预习和复习看书时,主要以看书上的“图形”为主,看文字为辅;并及时做好阶段性的单元总结。

第1章

设计和表达

劳动实践中,人们为了提高生产效率和减轻劳动强度,创造了各种类型的工业产品。例如,从手表、剪刀等小型机械产品,到汽车、飞机、工业机器人等不同用途的各类大型机电设备。不同的机器由于其功能和种类各异,其构造和所包含的零件与部件也各不相同。

任何一种新的工业产品在制造之前,它的系统或结构雏形已经存在于工程师或设计师的脑海中。设计的过程是令人激动并充满挑战的,工程设计人员首先手绘产品的概念设计草图(图 1.1),以方便快速地表达和交流设计想法,然后进行产品的详细设计,选用不同的材料和制造方法等。

技术人员在设计工业产品时,其表达和交流的方式一般有两种:三维数字化模型(图 1.2)和二维工程图样(图 1.3)。

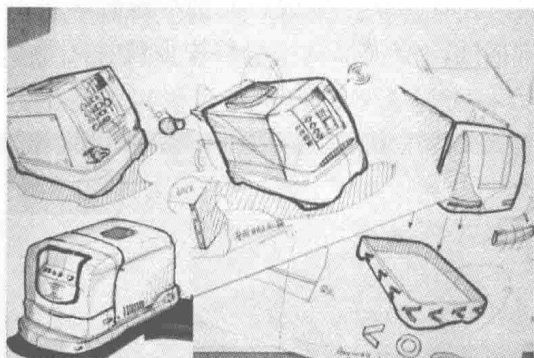


图 1.1 产品概念设计草图

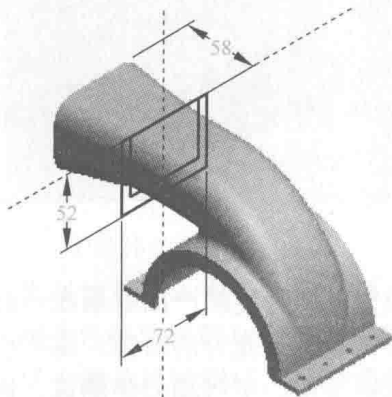


图 1.2 三维数字化模型

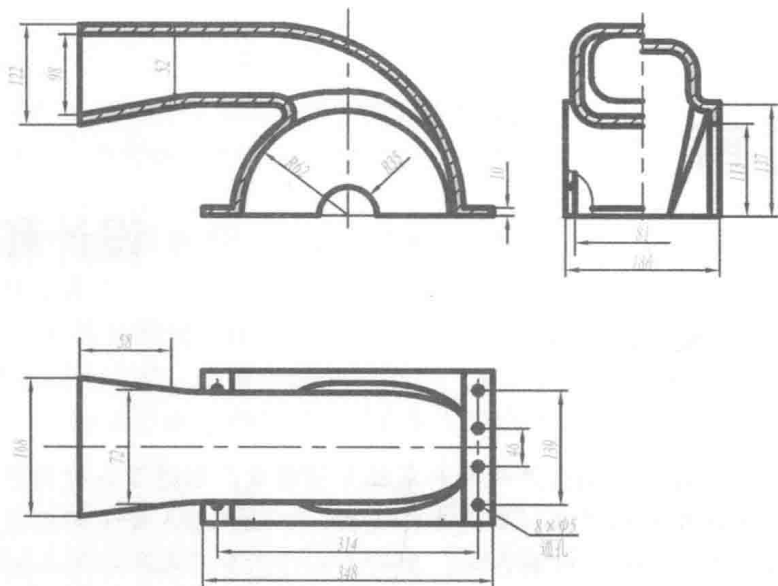


图 1.3 二维工程图样

1.1 三维数字化模型表达

人们根据已有的草图或想象,利用工程计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)软件,采用人机交互的方式,在计算机中生成产品的三维数字模型,如图 1.4 所示。该数字模型是对原物体精确的数学描述,能模拟真实世界中原物体的形状、颜色及其纹理等属性,这是一种先进的设计表达方法。

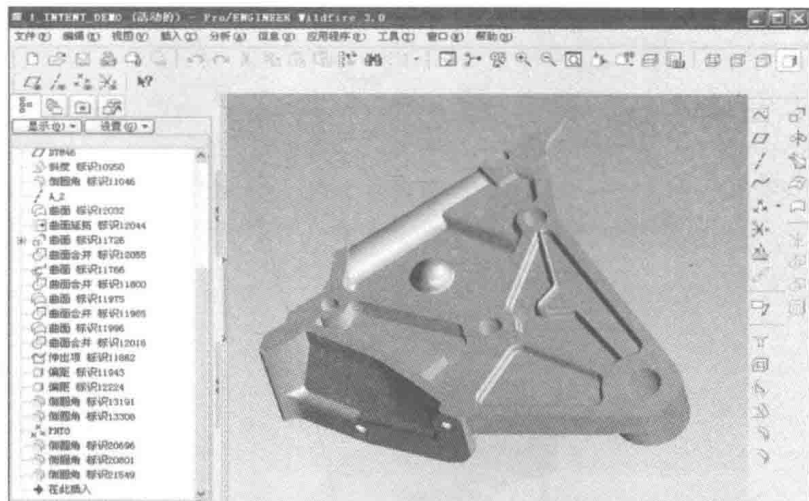


图 1.4 三维数字化模型

在工程设计领域,数字化模型是和特定的产品联系在一起的,其目的是在产品还未生产出来之前,就可以对产品的各种特性进行充分的研究。这些模型通过赋予不同的特征,就可以进行测量、应力分析、运动轨迹校核、空气动力学测试、模拟加工、虚拟演示等。它是对所设计的产品进行分析计算的基础,也是实现计算机辅助制造的基本手段。

1.2 二维工程图样表达

早在远古时期,人类的祖先就已经在岩石、地面或其他表面开始画一些简单的图形,利用图画来满足他们表达上的基本需要,如图 1.5 所示的埃及象形文字。



图 1.5 埃及象形文字

随着时代的进步,图样表达向着两个截然不同的方向发展:艺术的和技术的。艺术家开始用绘画表现艺术、哲学,以及其他抽象的情感。而工程师在建造如金字塔、战车、建筑物等工程项目,以及制造简单而实用的器械时,开始把图样作为表达设计思想的工具。

公元初期,罗马建筑师已经能够熟练地绘制建筑工程设计图样,他们用直尺和圆规绘制立面图与平面图,还能画出较好的透视图。文艺复兴时期,利用多面视图把三维的现实世界绘制到二维平面的画面上已成为一种表达方法。

到 18 世纪,工业革命的兴起,引出了新的设计和表达形式,要求在设计 and 施工之间,能有一个精确的被普遍接受的表达工具。

法国科学家 Gaspard Monge(图 1.6)把三维空间关系用二维图形准确表示出来是里程碑式的贡献,从而使得用于表达和交流设计信息的工程图样高度规范化和唯一化。他于 1795 年出版的《画法几何学》,标志着图形技术由经验上升为科学,至今仍是技术制图的理论基础。以画法几何为基础的工程制图在工程与科学技术领域里提供了可靠的理论工具和解决问题的有效手段。

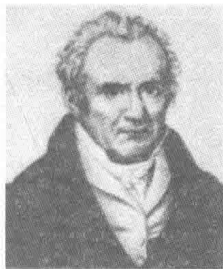


图 1.6 Gaspard Monge (1746—1818)

1. 画法几何

画法几何采用图形和投影原理解决空间几何关系,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,并将它们展开成一个平面,得到由两个二维投影组成的正投影图,

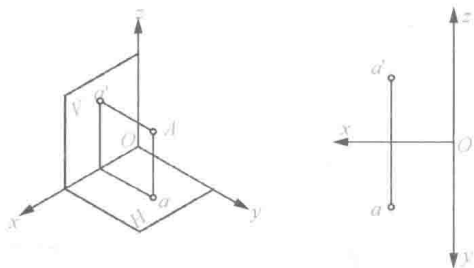


图 1.7 空间点的投影

该正投影图可准确唯一地表达这些空间几何元素,如图 1.7 所示。

Gaspard Monge 在其所著的《画法几何学》中写到,这门学科有两个重要的目的:

- (1) 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;
- (2) 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。

2. 机械制图

观察一下身旁的物品:如手机、计算器、电话、椅子等,这些产品虽然具有不同的形状和大小,但它们都是根据工程图样从各种原材料加工和装配成现在所看到的实物。

机械工程领域使用的工程图样主要是机械图样,机械图样又分零件图和装配图两类。机械图样是机械工程领域使用最广泛的“语言”,是用于技术交流和指导生产的重要技术文件之一。

机械图样有严格的制图标准,必须采用一定的制图技术。

1) 制图标准

机械制图国家标准是统一工程语言的基本法规。绘制技术图样和阅读技术图样都需要遵循这些国家标准的规定。

为了保证图纸能够在不同国家甚至是世界范围内交流。由来自于 145 个不同国家的标准研究所组成的国际标准组织 (ISO) 公布了关于科技、金融和政府的多达 13700 份不同的标准。进入 <http://www.sac.gov.cn> 可以获得有关国家标准的最新信息。进入 <http://www.iso.org> 可以获得有关国际标准的最新信息。

2) 制图技术

“制图技术”的含义很广,内容也很丰富。可以这样认为:“向人们提供以图形或图像为主的形象信息技术,皆可称为制图技术”。它是由使用绘图工具手工绘制产品图样的技艺发展起来的。在科学技术突飞猛进的今天,一方面,计算机绘图逐步取代手工仪器绘图,它提高了制图技术水平和图样质量;另一方面,计算机辅助设计和制造使得无图纸设计和生产成为可能。

1.3 产品设计

产品设计是根据客观需求,以成熟技术结构为基础,运用科学原则、经验和创造力所进行的设计,它在工业生产中大量存在,并且是一种经常性的工作。

(1) 设计目的:产品设计产生的产品是以满足人的功能需要为目的,是为了使人类的生活质量得到提高,使人的物质需求与精神需求得到满足,即通过对产品的完善与创造,使产品更好地迎合人的需要,解决人的各种问题。

(2) 设计对象:产品设计的设计对象是人们生活中所用到的一切工业产品,包括交通工具、文化用品、家居用品、五金产品、电子产品等。

(3) 设计的范围:产品设计的范围涉及人的生理需要、心理需要和对环境的需要等。

产品开发由两个主要过程组成:设计过程和制造过程。

设计过程始于由市场人员认定的用户需求,止于对产品的完整描述,通常用工程图样来表现。制造过程则始于产品的生产工艺,止于产品发运。

随着工业水平的发展,工程设计已经渗透到从产品研发、制造直至销售的整个产业链中,且起着举足轻重的作用,图 1.8 表示了产品的开发设计在产品开发的全周期所占的工时成本只有 5%,而对产品成本所产生的影响占到 70%。

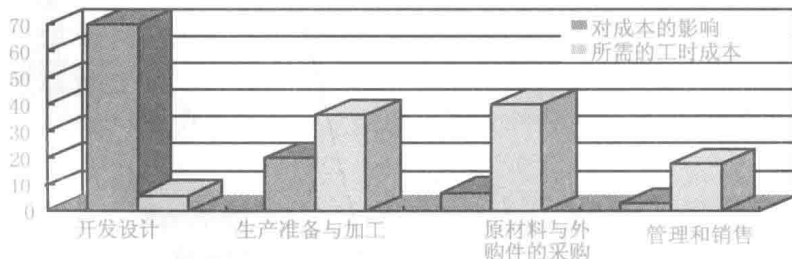


图 1.8 设计与产品开发

产品设计是一个复杂的思维过程,在这一过程中蕴含着创新和发明的机会。它要求设计

者对最终产品的功能和性能有一个清晰的了解,想象和创造出新的设计想法,并通过三维数字化模型或工程图样将设计思想准确无误地表达出来。例如,根据图 1.1 所示的产品概念草图,演绎发展出图 1.9 所示的两款该产品的三维数字化模型。

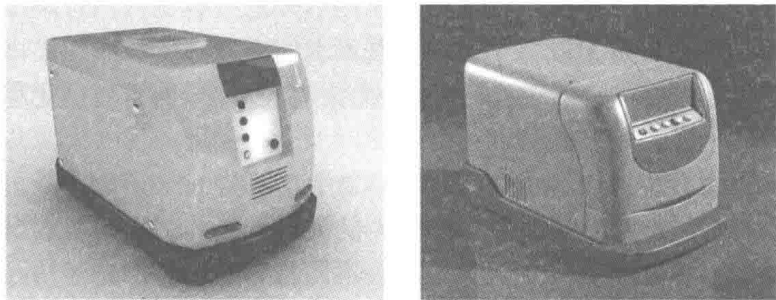


图 1.9 产品的三维数字化模型

1.3.1 设计灵感

人类充满创造潜能,并拥有设计方面的天赋,只要学会设计过程中所采用的手段和方法,每个人都能成为设计师。设计灵感一般来自以下几个方面。

1. 借鉴设计

创新设计往往是在已有产品技术基础上的综合。在进行产品设计时,借鉴好的设计想法是十分可取的。

今天的科学技术已经高度发展,研究优秀产品和专利产品的设计手册和设计图纸,博采众长,并加以巧妙地组合,将优秀的设计经过更改或者直接运用到自己的设计方案当中。例如,把计算机和机床组合在一起,就形成了如图 1.10 所示的数控机床。再如,铁心铜线电缆则组合了铜线导电性能好、耐腐蚀和铁心成本低、强度高的优点。



图 1.10 数控机床

2. 改良设计

针对已有的先进产品,对其进行分析、解剖和试验等研究,了解其材料、组成、结构、性能和功能,分析和掌握其工作原理等关键技术。在消化、吸收和引进先进技术的基础上,结合自身的特色,改进或改良已有的设计。利用移植、组合、改造等方法,进行仿制、改进或发展创新产品。这一工程技术称为逆向工程。

逆向工程是一种新产品开发方法。首先使用三坐标测量仪(图 1.11)对样品或实物进行高速扫描,得到其三维轮廓数据。然后用反求软件构造其三维数字化模型,并用 CAD 软件进行进一步修改和创新设计。最后将设计结果进行快速成形(Rapid Prototyping, RP)或数控加工(Computer Numerical Control, CNC)。逆向工程技术认为是“将产品样件转化为 CAD 模型的相关数字化技术和几何模型的重建技术”的总称。

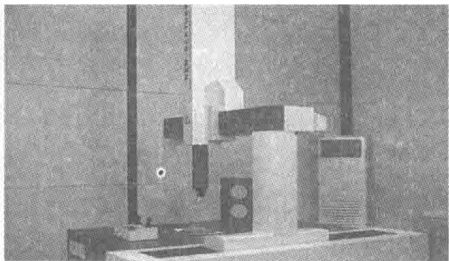


图 1.11 三坐标测量仪

据统计,世界各国在经济技术发展中,70%以上的技术源于国外,逆向工程作为消化、吸收和掌握先进技术经验的一种手段,可使产品研制周

期缩短 40%以上,极大提高了设计和生产的效率。例如,美国人发明的晶体管技术,原来仅用于军事,日本索尼公司买到晶体管发明专利后,利用逆向工程技术进行反求研究,将其移植于民用领域,开发出晶体管半导体收音机,产品迅速占领了国际市场。

3. 仿生设计

自然界对设计师而言,是个取之不尽、用之不竭的“设计资料库”。自然界的动植物经历了几百万年适者生存法则的自然进化后,不仅完全适应自然,而且其进化程度也接近完美。研究这些自然的设计,设计师能够从中获得启发。

人类常常将生物的某些特性运用到创造发明之中。如图 1.12 所示,蜂巢是结构设计的杰作,合乎“以最少材料”构成“最大合理空间”的要求且极其坚固,人们仿其构造用各种材料制成蜂巢式夹层结构板,其强度大、重量轻、不易传导声和热,是建筑及制造航天飞机、宇宙飞船、人造卫星等的理想材料。如图 1.13 所示,蜻蜓翅膀是空气动力学的杰作,科学家根据蜻蜓的飞行原理研制成功了直升机。根据加重的翅痣蜻蜓在高速飞行时安然无恙,人们仿效其在飞机的两翼加上了平衡重锤,解决了因高速飞行而引起振动的棘手问题。又如,根据蛙眼原理,科学家利用电子技术制成了雷达系统,能准确快速地识别目标;根据萤火虫 100% 光能转化效率的原理,人类制成的冷光源,将发光效率提高了十几倍,大大节约了能量。再如,仿昆虫单复眼的构造特点,人类造出了大屏幕模块化彩电和复眼照相机;仿照狗鼻子的嗅觉功能,人类造出的电子鼻可以检测出极其微量的有毒气体;诸多仿生设计产品体现出令人惊叹的创造性。

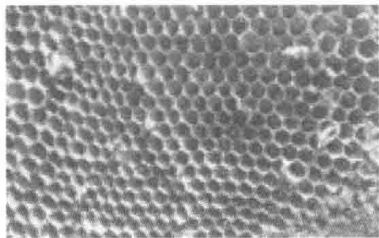


图 1.12 蜂巢是结构设计的杰作

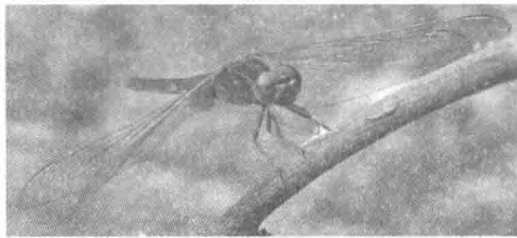


图 1.13 蜻蜓翅膀是空气动力学的杰作

1.3.2 创新设计

自从提出建设“创新型国家”这个重大战略目标以来,“创新”已经成为我国的重要国策,创新决定着国家和民族的综合实力和竞争力。

创新能力是 21 世纪人才的综合素质之首,是面对社会挑战的必备基本能力。

创新能力是人的一种潜能,是人人都具有的一种能力,而且这种能力可以经过一定的学习和训练得到激发和提升。

现实生活中,人们将发明创造更多地归结为发明家的任务,其实这是对创新活动存在的一个认识上的误区。事实证明创新和其他活动一样,也具有自身一套内在的规律和方法。熟知和掌握这些规律方法,对于提升创新水平和效率都具有重要的价值。

长期以来,世界上存在 300 多种创新方法,比较有影响力的如头脑风暴法和发明问题解决(Theory of Inventive Problem Solving, TRIZ)理论等。

1. 头脑风暴法

创新设计团队在创造性的设计过程中十分重要。设计团队一般由不同经验的人组成,如设计人员、生产技术人员、市场销售人员等。



图 1.14 “挤碎柠檬方法”头脑风暴(续)

成功的头脑风暴要遵循的首要原则也是最重要的原则，就是不对他人的想法进行批评，批评只会影响创造的进程；必须遵循的第二个原则是准备尽可能多的新想法，这不是应该保守的时候，而是应该大量吸收新想法的时候，疯狂或荒唐的想法可能会导致一个更切实际的创新想法的产生；必须遵循的第三个原则是将头脑风暴中产生的想法整合成一个具体的设计。一旦设计团队致力于一个特定的设计，每一个设计师都将把头脑风暴的成果结合到自己的设计中。头脑风暴的目标是要产生出令人惊讶的产品创新设计，而不是熟悉和正统的产品创意。