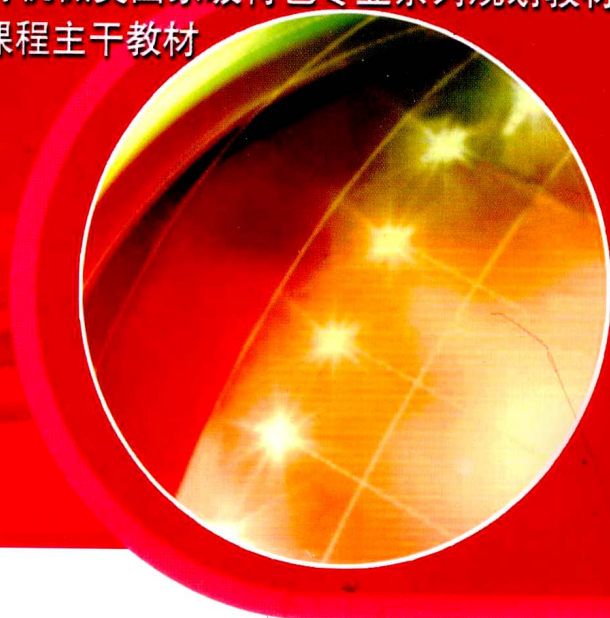




普通高等教育机械类国家级特色专业系列规划教材
国家级精品课程主干教材



工程制图基础教程

(非机械类专业适用)

刘 苏 段丽玮 贾皓丽 编

焦永和 主 审

 科学出版社
www.sciencep.com

普通高等教育机械类国家级特色专业系列规划教材
国家级精品课程主干教材

工程制图基础教程

(非机械类专业适用)

刘 苏 段丽玮 贾皓丽 编
焦永和 主审

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书在对传统工程图学内容进行分析优化的基础上,增加了设计灵感、设计过程、创新设计、计算机辅助设计、设计与表达等有关内容,为非机械类专业学生补充了部分工程设计的基本知识;建立了从三维形体构型向二维视图表达的知识体系,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,有利于对学生空间思维能力的培养。

全书共分6章,分别为:绪论、设计和表达、三维建模基础、二维制图基础、工程图样基础、零件图与装配图。与本书配套的《工程制图习题集》由科学出版社同时出版,可供选用。

本书可作为高等学校非机械类专业少学时工程制图课程的教材,也可供函授大学、电视大学、网络学院及成人高校等相关专业选用。

图书在版编目(CIP)数据

工程制图基础教程/刘苏,段丽玮,贾皓丽编. —北京:科学出版社,2010.7
(普通高等教育机械类国家级特色专业系列规划教材)
国家级精品课程主干教材. 非机械类专业适用
ISBN 978-7-03-028050-3

I. ①工… II. ①刘…②段…③贾… 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(2010)第 115873 号

责任编辑:毛 莹 / 责任校对:邹慧卿
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

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>

北京市安泰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年7月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2010年7月第一次印刷 印张:11 3/4

印数:1—4 000 字数:230 000

定价:22.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

南京航空航天大学工程图学课程 2005 年被评为国家精品课程,工程图学教学团队 2009 年被评为国家级教学团队。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,于 2001 年和 2005 年连续两次荣获国家级高等教育教学成果奖。作为教学成果的一部分,南京航空航天大学工程图学课程组组织编写了以下系列教材:

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. 《工程制图基础教程》(非机械类专业适用) —科学出版社
4. 《工程制图习题集》(非机械类专业适用) —科学出版社
5. 《AutoCAD 2010 教程》 —科学出版社
6. 《工程图学电子教案与习题指导》(光盘)
7. 《工程图学多媒体课件包》(含电子教案、电子教具和习题指导)

本书是根据教育部 2005 年制定的“普通高等院校工程图学课程教学基本要求”,在 2003 年科学出版社出版的《工程识图教程》基础上(《工程识图教程》自 2003 年出版以来,累计印刷八次,印数近两万册),总结近年来本校及其他多所重点院校教学改革的经验,对传统工程图学内容进行分析优化,针对非机械类专业编写的一本有特色、较为实用的教材。与传统的制图教材相比,本书的特点如下:

(1) 增加了有关工程设计基本知识的内容。本书主要面向非机械类专业的学生,书中增加了设计灵感、设计过程、创新设计、计算机辅助设计、设计与表达等有关设计的内容,为非机械类专业学生补充了部分工程设计的基本知识,为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,有利于对学生空间思维能力的培养。

本书由刘苏主编,参加本书编写的人员有:刘苏、段丽玮、贾皓丽。北京理工大学焦永和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与建议,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2010 年 6 月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 课程的性质和研究对象	1
1.2 课程的任务和培养目标	1
1.3 课程的学习方法	2
第 2 章 设计和表达	3
2.1 三维数字模型表达	4
2.2 二维工程图样表达	5
2.2.1 画法几何	5
2.2.2 机械制图	6
2.3 工程设计	7
2.3.1 设计灵感	8
2.3.2 创新设计	10
2.3.3 设计过程	15
2.4 计算机辅助设计	19
2.4.1 CAD 发展概况	20
2.4.2 二维工程绘图软件 AutoCAD 简介	21
2.4.3 三维工程设计软件 Pro/ENGINEER 简介	23
2.4.4 CAD 与工程制图	24
第 3 章 三维建模基础	26
3.1 三维实体	26
3.1.1 平面立体	27
3.1.2 曲面立体	27
3.1.3 组合体	28
3.2 特征建模	29
3.2.1 拉伸特征	30
3.2.2 旋转特征	30
3.2.3 扫描特征	31
3.2.4 混合特征	31
3.3 布尔运算	31

3.4 数字化建模	32
3.4.1 构形分析	33
3.4.2 零件建模	34
第4章 二维制图基础	37
4.1 投影法与三视图	37
4.1.1 投影法的基本概念	38
4.1.2 三视图的基本概念	40
4.1.3 平面立体三视图	43
4.1.4 曲面立体三视图	45
4.2 平面与立体截交	47
4.2.1 平面与平面立体截交	47
4.2.2 平面与回转体截交	48
4.3 立体与立体相交	55
4.4 组合体	58
4.4.1 组合体邻接面关系	59
4.4.2 组合体三视图画法	59
4.4.3 组合体尺寸标注	62
4.4.4 组合体正等测图	65
4.4.5 阅读组合体三视图	70
第5章 工程图样基础	78
5.1 一般产品的图样表达	78
5.1.1 视图	79
5.1.2 剖视图	82
5.1.3 断面图	93
5.1.4 局部放大图和简化画法	95
5.1.5 第三角投影法简介	98
5.2 标准件和常用件的图样表达	99
5.2.1 螺纹连接	100
5.2.2 键连接	111
5.2.3 销连接	113
5.2.4 滚动轴承	115
5.2.5 齿轮	116
5.2.6 弹簧	118
第6章 零件图与装配图	120
6.1 零件图	120

6.1.1 零件图的作用和内容	120
6.1.2 零件的结构分析	121
6.1.3 零件图的技术要求及尺寸标注	125
6.1.4 零件图的表达方案	128
6.1.5 读零件图	134
6.2 装配图	135
6.2.1 装配图的作用和内容	135
6.2.2 装配图规定画法和特殊画法	137
6.2.3 装配图的尺寸注法	138
6.2.4 装配图中的编号、明细表和标题栏	138
6.2.5 绘制装配图的方法和步骤	139
6.2.6 读装配图的方法和步骤	140
附录一 制图的基本规定	141
附 1.1 仪器绘图	141
附 1.1.1 常用国标	141
附 1.1.2 绘图仪器和工具的使用	145
附 1.1.3 绘图基本知识	149
附 1.2 计算机绘图	152
附 1.2.1 字体	153
附 1.2.2 图线	153
附 1.2.3 CAD 工程图的图层管理	154
附录二 制图的部分国标	156
附 2.1 螺纹	156
附 2.2 螺纹紧固件	157
附 2.3 键	164
附 2.4 销	166
附 2.5 滚动轴承	167
附 2.6 公差与配合	170
参考文献	178

第1章 绪 论

1.1 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、直观性和简洁性的特点，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、工程与产品的信息定义、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里都有工程技术图样。掌握了工程制图基础知识，不仅对专业课学习有帮助，对其他课程也会有所帮助。所以，工程制图基础课程是工科非机械类专业的学生学习工程知识的第一个窗口，也是最适合的窗口。

综上所述，工程制图基础课程是工科院校重要的技术基础课程之一，是一门工科非机械类专业学生的必修课程。

工程制图基础课程的主要研究对象有三个方面：

- (1) 研究空间几何元素在图纸上准确表示的问题；
- (2) 研究空间物体的构形规律和表达方法；
- (3) 研究阅读工程图样的基本概念和基本方法。

1.2 课程的任务和培养目标

工程制图基础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) 学习空间物体图样表达的基本概念和方法；
- (3) 学习计算机三维建模和构形分析的基本概念和方法；
- (4) 学习阅读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。

通过本课程的学习,可培养学生以下三种能力:

- (1) 培养空间思维的几何抽象能力;
- (2) 培养阅读和理解工程图样的基本能力;
- (3) 培养学生的工程素养和手绘技术草图的基本能力。

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和唯一化,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,使学生了解只有遵守这些制图标准,才能够正确阅读图纸,或才能保证自己绘制的图纸能够被别人轻松读懂,而不会产生误会。

(2) 创新意识。在工科学技术课程当中,空间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空间思维能力。本课程主要学习从空间角度来观察和思考物体,是培养空间思维能力的最佳课程。

1.3 课程的学习方法

工程制图基础课程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,主要注意以下几点。

1. 空间思维能力的培养

善于采用空间思维的学习方法,根据三维建模方法从空间角度来思考和分析物体,要多想多练,培养空间思维能力。

2. 认真做好听课、作业和单元总结等教学环节

工程制图基础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。由于工程制图的研究对象主要为“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。

3. 二维图形与三维空间物体的转换

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,逐步培养和增强空间思维和几何抽象能力。

第 2 章 设计和表达

在劳动实践中，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和部件也各不相同。

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 2.1），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。

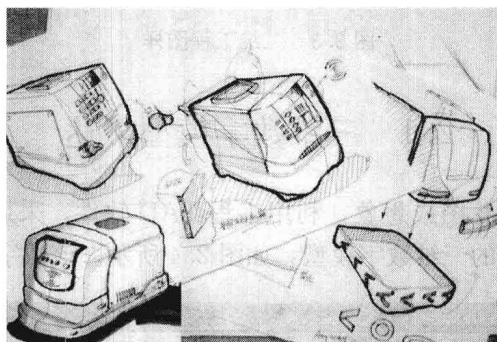


图 2.1 产品设计草图

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 2.2）和二维工程图样（图 2.3）。

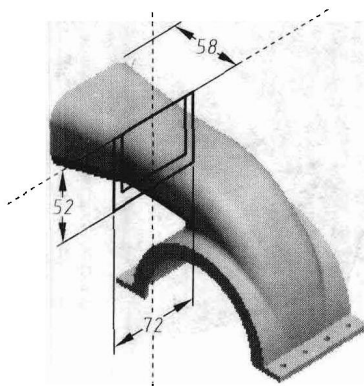


图 2.2 三维数字化模型

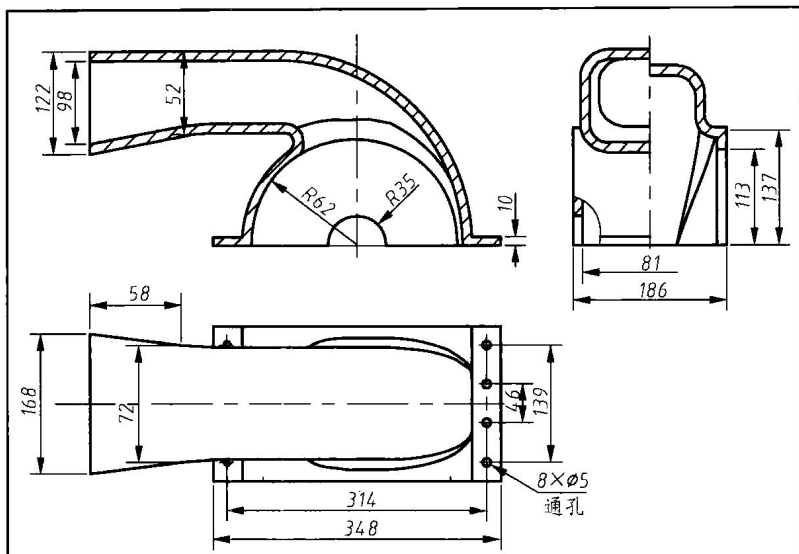


图 2.3 二维工程图样

2.1 三维数字模型表达

人们根据已有的草图或想象,利用工程 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 2.4 所示。该数字模型是对原物体精

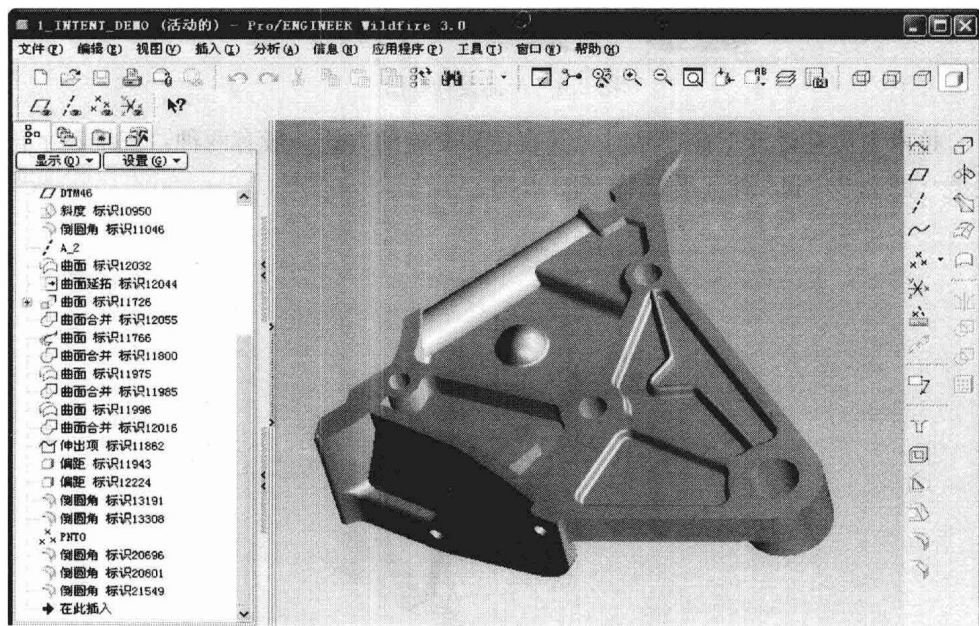


图 2.4 三维数字化模型

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。

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。

2.2 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 2.5 所示的埃及象形文字。



图 2.5 埃及的象形文字

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和平面图,还能画出较好的透视图。文艺复兴时期,利用多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。

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

法国科学家蒙日(Gaspard Monge,图 2.6)把三维空间关系用二维图形准确表示出来,这是里程碑式的贡献,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。

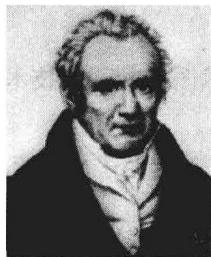


图 2.6 Gaspard Monge
(1746—1818 年)

2.2.1 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, 该正投影图可准确唯一地表达这些空间几何元素, 如图 2.7 所示。

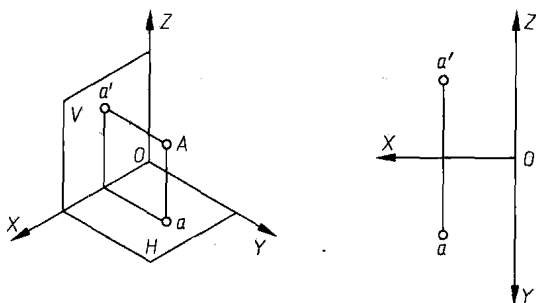


图 2.7 空间点的投影

蒙日在其所著的《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。

2.2.2 机械制图

观察一下身旁的物品: 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 个国家和地区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 份的不同标准。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.ch> 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。

2.3 工程设计

工程设计是根据客观需求，激发人们的创造性思维，运用科学原则、经验和创造力发明出解决现有问题的一种有效方法。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，如图 2.8 所示，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要占到 70%。

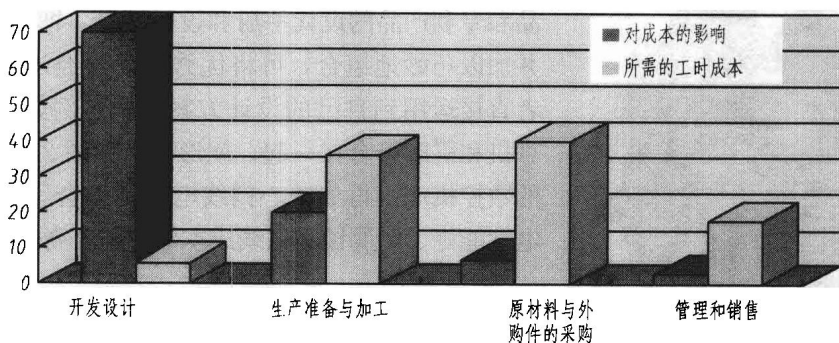


图 2.8 设计工作的重要性

工程设计是一个复杂的思维过程，在这一过程中蕴涵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。如图 2.9 所示的数字化模型表达了根据图 2.1 所示的产品概念草图所设计的两款产品。

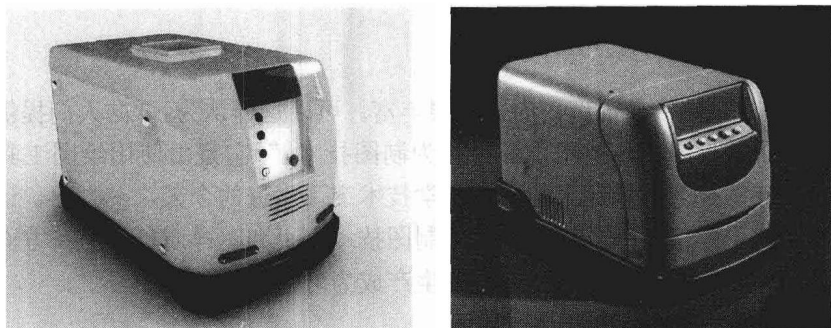


图 2.9 数字化产品模型

2.3.1 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，每个人都能够成为设计师。设计灵感的源泉一般来自以下几个方面。

1. 个人创新技巧

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



图 2.10 数控机床

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，可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 2.10 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、耐腐蚀和铁线成本低、强度高的优点。

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。这一工程技术也被称为逆向工程。

逆向工程是一种新产品开发方法。首先使用坐标测量机（图 2.11）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型(rapid prototyping, RP)或数控加工(computer numerical control, CNC)。逆向工程技术被认为是“将产品样件转化为CAD模型的相关数字化技术和几何模型重建技术”的总称。

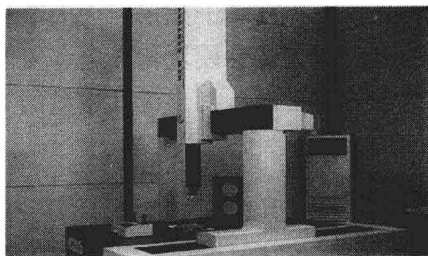


图 2.11 坐标测量机

据统计,世界各国在经济技术发展中,百分之七十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百分之四十以上,极大地提高了生产率。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专利技术后,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。例如,蜂巢是结构设计的杰作,如图 2.12 所示,合乎“以最少材料”构成“最大合理空间”的要求且极坚固。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。例如,蜻蜓翅膀是空气动力学的杰作,如图 2.13 所示。科学家根据蜻蜓的飞行原理研制成功了直升机;并根据有加重翅痣的蜻蜓在高速飞行时安然无恙的原理,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,人类制成了冷光源,将

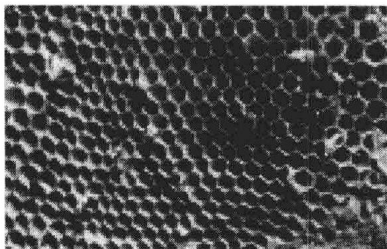


图 2.12 蜂巢是结构设计的杰作



图 2.13 蜻蜓翅膀是空气动力学的杰作

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。

2.3.2 创新设计

自从建设“创新型国家”这个重大战略目标面世以来,“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。熟知和掌握这些创新规律与原理知识,对于提升创新水平和效率都具有重要的价值。

长期以来,世界上存在约有 300 多种创新技法,比较有影响力的如头脑风暴法和 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。设计团队一般由拥有不同经验的人组成,例如,设计人员、生产技术人员、市场销售人员等。

人的创造性思维特别是直觉思维在受激发的情况下能得到较好地发挥,因此,团队中最常使用的创造方法是头脑风暴法。

头脑风暴法是团队成员集中在一起,举行一种特殊的小型会议,针对某个问题进行讨论时,与会者毫无顾忌地提出各种想法,由于个人知识、经验不同,观察问题的角度和分析问题的方法各异,提出的各种主意能彼此激励,相互启发,填补知识空隙,引起联想,形成创意设想的连锁反应,启发诱导出更多创造性思想,达到创新的目的。

头脑风暴可以刺激、启发和促使设计师基于其他组员的想法,从不同角度审视产品的设计。在头脑风暴的过程中,应不加评判地列出所有创意。“头脑风暴”的首要目标是数量而不是质量,因为最初的 20~30 个创意将是非常熟悉的,因此没有什么用,创意越多,通过合成其中 2 个或多个创意,得到创新视角的可能性就越大。在“头脑风暴”阶段,通常要求参与者提出远远多于必须的创意来解决已知问题。图 2.14 所示为以“挤碎柠檬方法”为主题的头脑风暴法创意。成功的头脑风暴所要遵循的首要原则也是最重要的原则,就是不对他人的