

普通高等教育“十二五”规划教材

普通高等院校工程图学类规划教材

工程制图基础

杨德星 袁义坤 任 杰 主编

清华大学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

普通高等院校工程图学类规划教材

工程制图基础

杨德星 袁义坤 任 杰 主编

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书依据教育部高等学校工程图学教学指导委员会 2010 年制定的“普通高等学校工程图学课程教学基本要求”,结合作者多年教学改革成果和经验编写而成。

本书共分 10 章,包括工程设计概述、基本知识、投影基本理论、组合体、工程形体表达方法、尺寸标注、机械图、计算机绘图、其他工程图样、附录等内容。本书配套的《工程制图基础习题集》也同时出版。

本书是针对高等学校少学时“工程图学”(“工程制图”)课程编写的,适用于 36~60 学时各专业的教材,也可作为成人高等教育有关专业的教材,并可供中等专业学校教师及工程技术人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

工程制图基础/杨德星,袁义坤,任杰主编.--北京:清华大学出版社,2011.8

(普通高等院校工程图学类规划教材)

ISBN 978-7-302-25992-3

I. ①工… II. ①杨… ②袁… ③任… 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(2011)第 129767 号

责任编辑:庄红权 洪 英

责任校对:刘玉霞

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京四季青印刷厂

装 订 者:三河市兴旺装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:19.25 字 数:444 千字

版 次:2011 年 8 月第 1 版 印 次:2011 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:35.00 元

产品编号:037020-01

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 2010 年制定的“普通高等学校工程图学课程教学基本要求”,在研究了国内外同类教材的基础上,结合作者多年教学改革成果和经验,本着在教学中精选内容、打好基础、加强实践、培养能力的目的编写而成。

本书为适应工科、应用理科及管理学科各专业培养学生图学基本素质,在保证教材内容系统性的基础上,力求简明扼要,把握重点,使学生用较少的学时掌握最基本的内容。本书适用于高等学校 36~60 学时各专业“工程制图”课程教学。

本书的特点是:

(1) 开篇有工程技术概述,使学生对工程技术有一个概括的认识,有利于学生从中学生到大学的角色转换和工程意识的培养。

(2) 投影理论是全书的基础。投影法是绘制形体、零部件等的理论基础,体现了工程制图与画法几何的内在联系。

(3) 将分散的尺寸标注、零件图和装配图各合为一章,可以使内容简洁紧凑,便于教师组织教学,又有利于学生对知识的掌握。

(4) 对计算机绘图的内容,利用一章系统地讲述了 AutoCAD 基础。本教材采用了 AutoCAD 2010 中文版软件。

(5) 采用了相关的最新国家标准。本教材采用了国家标准化管理委员会颁布的《技术制图》、《机械制图》最新国家标准,以树立贯彻最新国家标准的意识,培养学生查阅国家标准的能力。

(6) 培养徒手绘图能力。徒手绘图是现代工程创意设计的一种必需的能力,注重徒手绘图、仪器绘图和计算机绘图三种绘图能力的培养,有利于培养学生综合图形处理能力与动手能力。

本教材由杨德星、袁义坤、任杰主编。参加编写工作的有:杨德星(绪论、第 1、2、5、7、8、9 章和附录部分),袁义坤(第 3、4、6 章),任杰(第 10 章),其他参编人员还有顾东明、戚美、梁会珍,最后由杨德星负责统稿。

山东工程图学会理事长、山东大学教授范波涛,山东科技大学教授王颖审阅了全书,并提出了许多宝贵意见。此外王农教授、王嫦娟教授、教材科李树堂老师也给予了许多宝贵建议,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2011 年 7 月于青岛

目 录

绪论	1
第 1 章 工程技术概述	3
1.1 工程技术	3
1.1.1 工程技术的发展历程	3
1.1.2 工程技术的基本特点	4
1.1.3 工程技术与工程图学	4
1.2 工程设计	5
1.2.1 工程设计分类	5
1.2.2 工程技术人员构成与职责	5
1.3 计算机辅助设计	6
1.3.1 计算机辅助设计的内涵	6
1.3.2 计算机辅助设计的发展简史	7
1.3.3 计算机辅助设计系统的基本组成	8
1.3.4 计算机辅助设计的支撑软件	8
第 2 章 制图基本知识	10
2.1 制图的基本规定	10
2.1.1 图纸幅面及格式	10
2.1.2 比例	12
2.1.3 字体	13
2.1.4 图线	14
2.2 尺规绘图工具及仪器的使用方法	16
2.3 几何作图	18
2.3.1 等分线段	18
2.3.2 作圆的切线	18
2.3.3 正多边形的画法	19
2.3.4 斜度和锥度	21
2.3.5 圆弧连接	22
2.4 平面图形的分析及画法	23
2.4.1 平面图形尺寸分析	23
2.4.2 平面图形的线段分析	24

2.4.3 平面图形的画图步骤	24
2.5 手工绘图技能	25
2.5.1 尺规绘图	25
2.5.2 徒手图	26
第3章 投影基本理论	30
3.1 投影法	30
3.1.1 投影的基本概念	30
3.1.2 常用的投影图	31
3.2 点的投影	33
3.2.1 投影面体系	33
3.2.2 点的投影	33
3.3 直线的投影	37
3.3.1 各种位置直线的投影特性	37
3.3.2 直线上点的投影特性	39
3.3.3 两直线的相对位置	41
3.4 平面的投影	45
3.4.1 平面的表示法	45
3.4.2 各种位置平面的投影特性	46
3.4.3 平面内的直线与点	48
第4章 组合体	52
4.1 基本几何体三视图	52
4.1.1 三视图的形成	52
4.1.2 基本几何体的三视图	53
4.2 组合体的构成	59
4.2.1 组合体的组合形式	59
4.2.2 组合体的表面分析	60
4.2.3 组合体的形体分析	62
4.3 平面与立体的交线	63
4.3.1 平面与平面立体表面的交线	64
4.3.2 平面与回转体表面的交线	67
4.4 两回转体表面的交线	75
4.4.1 相贯线概述	75
4.4.2 相贯线的画法	76
4.4.3 特殊相贯线的画法	79
4.5 组合体视图的画法	80
4.5.1 叠加类组合体三视图的画法	80

4.5.2 切割类组合体三视图的画法	83
4.6 读组合体视图	84
4.6.1 读图的要点	84
4.6.2 读图的基本方法	87
第5章 轴测图	91
5.1 轴测投影的基本知识	91
5.1.1 轴测投影的形成	91
5.1.2 轴向伸缩系数和轴间角	91
5.1.3 轴测图的投影特性	92
5.2 正等轴测图画法	92
5.2.1 正等轴测图的轴间角和轴向伸缩系数	92
5.2.2 平面立体正等轴测图的画法	93
5.2.3 曲面立体正等轴测图的画法	94
5.2.4 组合体正等轴测图的画法	96
5.3 斜二轴测图	98
5.3.1 斜二轴测图的轴间角和轴向伸缩系数	98
5.3.2 斜二轴测图画法	99
5.4 轴测剖视图	99
5.4.1 轴测剖视图画法的有关规定	100
5.4.2 轴测剖视图的画法	101
第6章 工程形体的表达方法	102
6.1 视图	102
6.1.1 基本视图	102
6.1.2 向视图	103
6.1.3 局部视图	103
6.1.4 斜视图	104
6.2 剖视图	105
6.2.1 剖视图的概述	105
6.2.2 剖视图的种类	110
6.2.3 剖切面的种类	114
6.2.4 其他规定画法	117
6.3 断面图	119
6.3.1 断面图的概念	119
6.3.2 断面图的种类	120
6.4 其他表达方法	122
6.4.1 局部放大图	122

6.4.2 简化画法	123
第7章 尺寸标注	126
7.1 尺寸标注基础	126
7.1.1 基本规则	126
7.1.2 尺寸组成	126
7.2 形体的尺寸标注	131
7.2.1 基本体的尺寸标注	131
7.2.2 常见结构的尺寸标注	131
7.2.3 组合体的尺寸标注	133
7.2.4 尺寸布置的一些原则	138
7.3 其他常用投影图的尺寸注法	140
7.3.1 轴测图的尺寸注法	140
7.3.2 半剖视图的尺寸注法	141
第8章 机械图	142
8.1 机械工程与机械图	142
8.1.1 机械与机械工程	142
8.1.2 机械图内容	143
8.2 标准件和常用件	144
8.2.1 螺纹	144
8.2.2 螺纹紧固件	150
8.2.3 键和销	154
8.2.4 滚动轴承	156
8.2.5 齿轮	158
8.2.6 弹簧	162
8.3 零件图	165
8.3.1 零件图的内容	165
8.3.2 零件表达方案的选择和尺寸标注	166
8.3.3 零件的技术要求	170
8.3.4 读零件图	186
8.4 装配图	188
8.4.1 装配图的内容	188
8.4.2 装配图的表达方法	189
8.4.3 装配图的标注	191
8.4.4 装配图上的零件序号和明细栏	192
8.4.5 读装配图	194

第 9 章 计算机绘图	199
9.1 AutoCAD 2010 绘图基础	199
9.1.1 界面简介	199
9.1.2 命令输入方式	201
9.1.3 坐标点的输入方式	202
9.1.4 文档管理	204
9.1.5 显示控制	206
9.2 常用绘图命令	208
9.3 辅助绘图工具	212
9.4 常用编辑命令	217
9.4.1 构造选择集	217
9.4.2 编辑命令	218
9.5 制作样板文件	226
9.5.1 样板文件	226
9.5.2 二维基本设置	227
9.5.3 设置文字样式	228
9.5.4 设置图层、颜色、线型、线宽	229
9.5.5 尺寸样式设置	232
9.5.6 制作图块	237
9.5.7 对象特性	240
9.6 计算机绘图应用	241
9.6.1 绘制图形	243
9.6.2 添加剖面符号	244
9.6.3 标注尺寸	244
9.6.4 图形符号的插入	247
9.6.5 书写行文字	247
9.7 图形输出	249
9.7.1 通过打印机输出图样的方法	250
9.7.2 通过电子打印输出图样及浏览电子图样的方法	251
第 10 章 其他常用工程图样	254
10.1 房屋建筑图	254
10.1.1 房屋的组成及名称	254
10.1.2 房屋建筑图的分类	254
10.1.3 房屋建筑图的图示	255
10.1.4 建筑施工图	259
10.1.5 常见的结构施工图	261

10.2 焊接图	265
10.2.1 焊缝符号	265
10.2.2 焊缝尺寸及标注	267
10.2.3 焊缝的画法及标注示例	268
附录 A 常用零件结构要素	271
附录 B 常用的铸铁和钢材料	273
附录 C 螺纹及螺纹紧固件	274
附录 D 键与销	281
附录 E 滚动轴承和钢球	286
附录 F 极限与配合	291
参考文献	297

绪 论

1. 课程的地位、性质和任务

在工程技术领域,产品和工程项目包含大量的信息,尤其是形状、结构、位置和大小信息必须直观、形象、精确地表达,所以图形成为产品和工程项目最理想的描述工具。

图形、图样、图像、图画统称为图。在工程技术中用于准确地表达产品或工程的形状、结构及尺寸大小和技术要求的图,称为工程图样。近代一切机器、仪器和工程建筑都是根据图样进行制造和建设的。设计者通过图样来描述设计对象,表达其设计意图;制造者通过图样来了解设计要求,组织制造和施工;使用者通过图样来了解使用对象的结构和性能,进行保养和维修。因此,图样被称为工程界的技术语言。

随着计算机科学技术的迅速发展,计算机图形(computer graphics,CG)和计算机辅助设计(computer aided design,CAD)已经在世界各国的航空航天、船舶、机械、电子、建筑、轻纺等行业广泛应用。不仅在设计过程中人们可以借助CAD系统建立表述对象的模型,进行对象的仿真,生成表达对象的图形,代替手工绘图,提高设计的效率和质量,而且科学计算可视化、信息可视化、虚拟现实的研究和应用日益增加。人们对图形信息的要求越来越多,图形应用领域已涉及工程技术、科学研究以及人们社会生活的许多方面。

现代工程科技人员每天需要接受和处理的图形信息比过去要多得多,这就要求工程科技人员应具备很好的图形素质和图形表达及图形识别的能力。因此,无论过去、现在还是将来,培养工程科技人才的高等工科院校的教学计划中,都把工程图学作为一门必修的课程。工程制图基础是一门实践性很强的技术基础课程,是工程图学的重要组成部分,主要任务是学习正投影的基本理论和绘制及阅读工程图样的方法,为后续课程和课程设计、毕业设计及今后工作中的设计绘图奠定必要的技术基础。本课程的主要任务是:

(1) 学习投影法(主要是正投影法)的基本理论和方法,培养学生形象思维能力和空间构形分析能力,正确理解和表达设计意图。

(2) 学习徒手绘图、仪器工具绘图和计算机绘图的方法和技术,熟悉国家标准《技术制图》、《机械制图》的规定,培养正确绘制和阅读符合生产要求的工程图样的能力。

(3) 培养学生严谨细致的工作作风和认真负责的工作态度(包括遵守国家标准的自觉性)。

2. 课程的内容和要求

工程图学学科的内涵很丰富,在产品和工程的设计制造(施工)过程中,设计人员以工程图学为基础进行的工作如下:

(1) 设计,即进行设计对象的形体构思,建立其几何模型。

(2) 描述,即对设计对象进行数字化定义,建立其数字模型。

(3) 表达,即生成表示设计对象的工程图样或真实感图形。

工程制图基础课程包括制图基础、形体的图形表达和工程图样的绘制与阅读三个部分。以投影制图、工程图样绘制与阅读为重点,把计算机绘图、徒手绘图、仪器绘图通过课堂教学、课后练习和实践相结合,为学生奠定扎实的投影理论基础、表达方法基础、绘图能力基础和制图规范基础。

制图基础部分主要介绍绘制工程图样的基本方法和基本技能、计算机绘图的方法及国家标准《技术制图》与《机械制图》的基本规定,让学生能正确使用绘图工具和仪器,掌握常用的几何作图方法,做到作图准确、图线分明、字体工整、整洁美观,会分析和标注平面图形尺寸,掌握徒手作草图的技巧,掌握用计算机绘图软件绘制平面图形的方法。

形体的图形表达部分主要介绍投影法的基本理论,研究三维空间内点、直线、平面、常用曲面和立体的投影,让学生能运用形体分析,进行组合体的画图、读图,掌握各种视图、剖视图、断面图的画法及常用的简化和其他规定画法,通过学习和实践,培养空间逻辑思维和形象思维能力。

工程图样的绘制与阅读部分包括机械图、房屋建筑、焊接图等内容。了解机械图、房屋建筑、焊接图的作用、内容,掌握视图选择方法、规定画法,培养学生绘制和阅读工程图样的基本能力。

计算机绘图是实现计算机辅助设计和设计自动化的一项新技术,与使用工具仪器绘图及徒手绘图一样,都是工程技术人员必须熟练掌握的绘图方法。

3. 课程的学习方法

工程制图是按照正投影的方法,并遵照国家标准的规定用图样来表达机器及其零部件。它是各类工程设计系列课程中的先修课,为后续课程打下读图和绘图的基础。所以,工程制图基础是一门理论性和实践性都很强的技术基础课。学习本课程必须理论联系实际,在认真学习正投影理论的同时,通过大量的画图和读图练习,不断地由物画图、由图想物,分析和想象空间形体与平面图形之间的对应关系,才能逐步提高形象思维和空间构思分析能力,掌握本课程的基本内容。

无论采用哪种绘图方法完成作业,都应在掌握有关理论和思路的基础上,遵循正确的作图方法和步骤,严格遵守国家标准的有关规定。制图作业应该做到:视图选择与配置恰当,投影正确,图线分明,尺寸完整,字体工整,图面整洁,达到工程技术人员应具备的制图能力和素质要求。

由于图样是产品生产和工程建设中表达设计意图的最重要的技术文件,从开始制图就应该注意培养工程设计人员必须具备的认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

第1章 工程技术概述

工程是运用科学原理、技术手段、实践经验,利用和改造自然,生产开发对社会有用产品和实践活动的总称。科学是指关于事物的基本原理和事实的有组织有系统的知识。技术是指根据生产实践经验和自然科学原理而发展成的各种生产工艺、作业方法、操作技能、设备装置的总和。人们常常称工程技术、技术科学为工科,而称基础科学为理科。

1.1 工程技术

工程技术亦称生产技术,是在工业生产中实际应用的技术,是人们将科学知识及技术的研究成果应用于工业生产过程,以达到改造自然的预定目的的手段和方法。

1.1.1 工程技术的发展历程

工程技术是从原始人制造工具开始的,已经历了有划时代意义的三次技术革命。以蒸汽机的广泛应用为主要标志的第一次技术革命,对生产力的发展起了巨大的作用。以电力的广泛应用为主要标志的第二次技术革命,使生产领域发生了深刻的革命性变化,促进了人类物质文明的进步。以原子能利用、电子计算机和空间技术的出现为主要标志的第三次技术革命,使社会化的大生产与现代科学技术更加密切地结合在一起,从而使生产规模和劳动对象发生了更加深刻的变化。现在人们正力争实现第四次技术革命,它将以电子为中心,以能源、材料、遗传工程等新的突破为主要标志。

随着人类改造自然界所采用的手段和方法以及所达到的目的不同,形成了工程技术的各种形态。例如,研究矿床开采工具设备和方法的采矿工程;研究金属冶炼设备和工艺的冶金工程;研究电厂和电力网设备及运行的电力工程;研究材料组成、结构、功能的材料工程等。

近几十年来,随着科学与技术的综合发展,工程技术的概念、手段和方法已渗透到现代科学技术和社会生活的各个方面,从而出现了生物遗传工程、医学工程、教育工程、管理工程、军事工程、系统工程等。工程技术已经突破了工业生产技术的范围,而展现出它的广阔前景。

工程技术发展的历史表明,一旦在工程技术上取得重大突破,就会带来经济的繁荣发展。实践告诉我们,人类只有依靠技术的进步才能促进社会生产力的迅速发展。在当代,一个国家的科学技术水平和运用科学技术的能力,日益成为衡量这个国家实力的一个极其重要的标志。我国要进行具有中国特色的社会主义建设,也必须依靠科学技术,尤其是要重视应用技术和生产技术的研究及应用。工程技术是发展工业、增加生产,提高产品质量和降低成本的关键。

1.1.2 工程技术的基本特点

工程技术的基本特点是实用性、可行性、经济性、综合性。

1. 实用性

人们改造客观自然界的活动都是为了人类的生存和社会的需要,所以就要运用工程技术的手段和方法,按照人的需求,去选择、强化和维持客观物质的运动使其为人类造福,而要限制、排除那些不利于人类和社会需要的可能性。例如,水有多种利,也有多种害,水利工程建设任务是兴利除害。水利工程技术就是体现了这个实用性。因此,工程技术必须具有实用性,离开了实用性,它就没有生命力。

2. 可行性

任何工程技术项目,都有具体目标,但这个目标的实现,要受许多条件的约束,即受工程技术项目的选择、规模、发展速度、资金、能源、材料、设备、人力、工艺、环境等条件的约束。每项工程技术在设计构思阶段,都必须考虑国家经济和社会发展的需要,往往可以形成几种方案。然后对各种方案一一进行分析和评价,从中选出既满足实用性要求,又能满足上述约束条件的最佳方案,这样的方案才是可行的。当然,工程技术的可行性,也是一个动态的概念,某项工程在一个时期是不可行的,到了另一个时期就是可行的。因此,一定要根据实际的具体情况确定适合经济、社会的适用技术。

3. 经济性

工程技术必须把促进经济、社会发展作为首要任务,并要有好的经济效果,从而达到技术先进和经济效益的统一。机械工业产品是现代化生产的重要物质技术装备。近二三十年来,机械产品日新月异,国民经济各部门要求不断提供效率高、质量好、性能完善、操作方便、经久耐用的新产品,尤其要求产品必须具有特定的功能。设计机械工业产品时,就要运用科学的方法进行周密的、细致的技术经济功能分析。通过功能分析,可以发现哪些功能必要,哪些功能过剩,哪些功能不足。在改进方案中,就可以去掉不必要的功能,削弱过剩的功能,补充不足的功能,使产品有个合理的功能结构。在保证实现产品功能的条件下,最大限度地降低成本,或在成本不变的情况下,提高功能,使成本与功能得到最佳结合,这样才能为社会提供物美价廉、经久耐用的先进技术装备。

4. 综合性

工程技术通常是许多学科的综合运用。它不仅要运用基础科学、应用科学等知识,同时也要运用社会科学的理论成果。随着工程技术的发展和进步,它的综合性愈来愈显著。现代工程技术都综合运用多种物料系统、信息系统、控制系统等组成的复杂的综合系统。即使是单项工程技术,不仅它本身是综合的,而且也要在整个系统中进行综合的考虑和评价。

1.1.3 工程技术与工程图学

现代工程技术领域包括航空航天工程、农业工程、化学工程、土木工程、运输工程、信息电气工程、核工程、石油工程、机械工程等,所有的工程技术领域都采用工程图样来表达其设计结果,而且所有的工程领域都与机械工程相关。可以说,机械工程是一切工程实施

的基础和支柱。

各工程技术领域都分为基础研究与设计技术。基础研究是通过研究已知的原理来发现新的概念和基本原理。设计技术则是将这些新的概念和基本原理转化成实际应用成果,以提高技术发展水平。

工程图学提供解决技术问题的方法。从事工程设计的工程师必须将自己的设计思想通过草图或图样进行表达,制定出初步设计方案,然后通过图样与同事互相交流切磋设计思想,以求得最优化方案。

1.2 工程设计

工程设计是指为工程项目提供技术依据的设计文件和图纸的整个活动过程,是建设项目生命周期中的一个重要阶段,是建设项目进行整体规划和具体实施意图的重要过程,是科学技术转化为生产力的纽带。

1.2.1 工程设计分类

大多数设计问题可以分成系统设计和产品设计两大类。

系统设计是将现有的产品和部件组合成能够产生预期结果的独特系统的格局问题,属集成创新。例如住宅大楼就是部件和产品组成的复杂系统,如图 1.1 所示。

产品设计就是要大批生产的产品的的设计、测试、制造和销售,如器械、工具或玩具。产品设计与市场需求、生产成本、性能要求、销售量以及利润预测有关,如图 1.2 所示。产品设计可以是新产品的发明,也可以是原有产品的改进。产品设计的流程如图 1.3 所示。

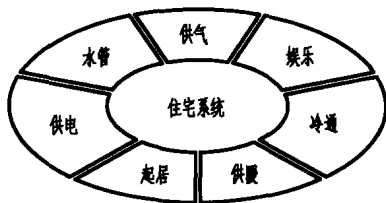


图 1.1 系统设计

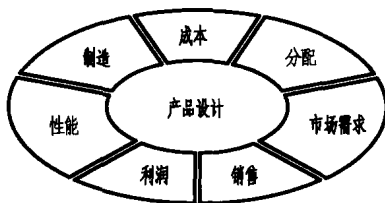


图 1.2 产品设计

1.2.2 工程技术人员构成与职责

各工业工程领域在实施生产经营过程中,离不开工程技术人员相互合作组成的团队。这个团队包括各层次、多种知识结构和技术背景的人员,其组成成分如图 1.4 所示。

科学家是指通过实验和试验创立新的理论与发现新的原理的研究人员。科学家的主要工作是科学原理的发现。科学原理的发现是实际应用开发的基础,而实际应用可能滞后科学发现许多年才出现。

工程师是在科学、数学和工业过程方面具备扎实的基础,主要从事的工作是将科学家发现的科学原理运用在将原材料和能源转化成所需的产品和设备的研究实施。创造性地将这些科学原理应用于新产品、新系统的设计开发是工程师最神圣的职责。一般来讲,工

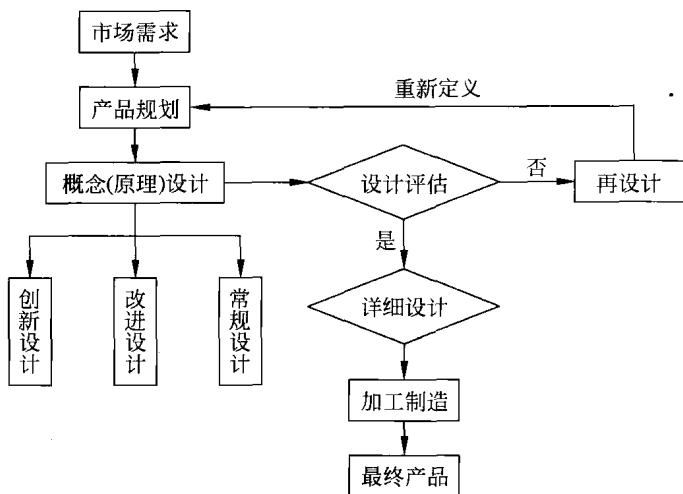


图 1.3 产品设计流程

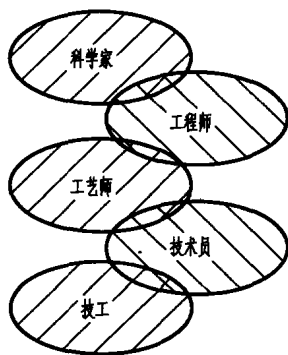


图 1.4 工程技术人员团队

工程师利用已知的原理、可供的能源以合理的成本研制最终的产品和系统。

工艺师与工程师的区别在于工程师的任务是研究与设计,工艺师则是将工程原理应用于规划、加工设计和生产过程中,帮助工程项目的实施和产品的生产。

技术员一般协助工艺师、工程师工作,并在制造和施工过程中监督技工的工作。

技工根据工程师提出的技术指标进行生产,来实现工程设计的实施。技工可以是制造产品部件的机床工,或者装配电气元件的电工。技工是生产过程实施的具体操作者、劳动者。

此外还有设计师、造型设计师等,这些人员基本由工业设计专业培养,工程领域跨度极大,今天设计一个汽车外形,明天可能设计电熨斗等小产品。他们主要关心产品的外形、空间及与人相关的人机关系的功能设计,不大考虑产品的内部细节问题。这些人员必须具备良好的审美能力和丰富的空间想象力。当然,工程领域的其他技术人员也应该具备良好的审美能力和丰富的空间想象力,这是创新工作的基本素质。

1.3 计算机辅助设计

计算机辅助设计是一种用计算机硬、软件系统辅助人们对产品或工程进行设计的方法与技术,包括设计、绘图、工程分析与文档制作等设计活动,它是一种新的设计方法,也是一门多学科综合应用的新技术。

1.3.1 计算机辅助设计的内涵

从方法学的角度来看,CAD采用计算机工具完成设计的全过程包括概念设计、初步设计(或称总体设计)和详细设计。在设计过程中,CAD将计算机的海量数据存储和高速数据处理能力与人的创造性思维和综合分析能力有机地结合起来,充分发挥了各自的特长。

从技术角度看,CAD 技术把产品的物理模型转化为存储在计算机中的数字化模型,从而为后续的工艺、制造、管理等环节提供了共享的信息来源。

现在的 CAD 技术已不仅仅局限在自动绘图或三维建模,它已成为一种广义的、综合性的关于设计问题的解决方案,它涉及以下基础技术。

(1) 图形处理技术。如二维交互图形技术、三维建模技术及其他图形输入输出技术。

(2) 工程分析技术。如有限元分析、优化设计方法、物理特性计算(如面积、体积、惯性矩等计算)、模拟仿真以及各行各业中的工程分析问题等。

(3) 数据管理与数据交换技术。如产品数据管理(product data management,PDM)、数据库、异构系统间的数据交换和接口等。

(4) 文档处理技术。如文档制作、编辑及文字处理等。

(5) 界面开发技术。如图形用户界面、网络用户界面、多通道多媒体智能用户界面等。

(6) 基于 Web 的网络应用和开发技术。

值得指出的是:不应该将 CAD 与计算机绘图、计算机图形学混淆起来。

1.3.2 计算机辅助设计的发展简史

在过去 50 多年中,CAD 技术经历了 5 个主要发展时期。

(1) 20 世纪 50 年代。美国麻省理工学院(Massachusetts Institute of Technology, MIT)于 1950 年在它研制的名为旋风的计算机上采用了阴极射线管(cathode ray tube, CRT)做成的图形终端,并能被动地显示图形,其后出现了光笔,开始了交互式计算机图形学的研究。20 世纪 50 年代中期计算机已应用于工程和产品设计的分析计算,促进了计算机辅助工程(computer aided engineering,CAE)技术的发展。

(2) 20 世纪 60 年代。这是交互式计算机图形学发展的最重要时期。1962 年美国学者 Ivan Sutherland 研究出了名为 Sketchpad 的系统,这是一个交互式的图形系统,能在屏幕上进行图形设计与修改,开始出现 CAD 这一术语。其后,美国的一些公司推出了一些 CAD 系统,但由于当时刷新式图形显示器价格十分昂贵,因此 CAD 系统很难普及与推广。20 世纪 60 年代后期,存储管式显示器以其低廉的价格进入市场,降低了 CAD 系统的成本,促进了计算机图形学和 CAD 技术的迅速发展。

(3) 20 世纪 70 年代。计算机交互图形技术和三维几何造型技术(线框、曲面和实体模型)为 CAD 技术的发展奠定了基础。基于大型机的商用 CAD/CAM 系统开始上市。此外,基于小型机的所谓交钥匙系统(turnkey system)——包括图形输入及输出设备和相应的 CAD/CAM 软件——以其优良的性能价格比,开始向中小型企业扩展。总的来说,20 世纪 70 年代是 CAD 的单元技术发展和应用阶段,各功能模块渐趋完善,但数据结构尚不统一,应用主要集中在计算机绘图和有限元分析方面,集成性差。

(4) 20 世纪 80 年代。随着超级微型机和 32 位字长的工程工作站迅速占领市场,各 CAD 厂商纷纷将原来在大型机和小型机上的 CAD/CAM 系统向新的硬件平台移植或重新开发。这一阶段 CAD/CAM 系统的特点是:几何造型技术已经成熟,并成为 CAD 系统的核心;系统具有统一的数据结构和内部的数据库;系统有较好的集成;特征建模及