



中国机械工程学科课程配套系列教材  
教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会推荐教材

# 机械制图

(机械类、近机械类专业适用)

主 编 万静 许纪倩  
副主编 杨皓 杨光辉 陈平

中国机械工程学科课程  
China Mechanical Engineering Curricula  
中国机械工程学科课程

清华大学出版社

清华大学出版社



中国机械工程学科教程配套系列教材  
教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会推荐教材

# 机械制图

(机械类、近机械类专业适用)

主 编 万 静 许纪倩  
副主编 杨皓 杨光辉 陈平

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书根据2005年教育部高等学校工程图学教育指导委员会制定的《普通高等院校工程图学课程教育基本要求》,吸取了近年来教学改革和现代产品设计表达新方法,在北京科技大学多年的教学实践基础上编写的。本书以机械制图理论为主线,结合现代计算机辅助设计表达手段和案例分析两条辅线,融汇贯通地阐述机械制图理论基础与现代计算机辅助设计表达手段的结合,以解决在产品结构设计工程图中用规范的工程技术语言准确、高效地表达问题。

本书共15章,主要内容包括:制图基本知识,投影的基本概念与基本理论,点、直线和平面,直线与平面、平面与平面的相对位置,投影变换,立体及其表面交线,组合体,机件的表达方法,轴测图及其草图速画技术,标准件和常用件,零件图,装配图,焊接件的表示法,展开图,现代计算机辅助设计表达软件简介。本书另有26个附录以方便读者查阅。

本书可作为高等学校工科机械类、近机械类各专业画法几何及机械制图课程的教材,也可供其他类型学校有关专业、工程技术人员使用。与本书配套使用的《机械制图习题集》(许纪倩主编)同时出版,可供选用。

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

机械制图/万静,许纪倩主编.--北京:清华大学出版社,2011.7

(中国机械工程学科教程配套系列教材暨教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会推荐教材)

ISBN 978-7-302-25432-4

I. ①机… II. ①万… ②许… III. ①机械制图—高等学校—教材 IV. ①TH126

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第077738号

责任编辑:庄红权

责任校对:赵丽敏

责任印制:何 芊

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:28.5 字 数:691千字

版 次:2011年7月第1版 印 次:2011年7月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:48.00元

产品编号:033879-01

中国机械工程学科教程配套系列教材暨教育部高等学校  
机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会推荐教材

# 编 委 会

顾 问  
李培根院士

主任委员  
陈关龙 吴昌林

副主任委员  
许明恒 于晓红 李郝林 李 旦 郭钟宁

编 委(按姓氏首字母排列)  
韩建海 李理光 李尚平 潘柏松 芮执元  
许映秋 袁军堂 张 慧 张有枕 左健民

秘 书  
庄红权

我曾提出过高等工程教育边界再设计的想法,这个想法源于社会的反应。常听到工业界人士提出这样的话题:大学能否为他们进行人才的订单式培养。这种要求看似简单、直白,却反映了当前学校人才培养工作的一种尴尬:大学培养的人才还不是很适应企业的需求,或者说毕业生的知识结构还难以很快适应企业的工作。

当今世界,科技发展日新月异,业界需求千变万化。为了适应工业界和人才市场的这种需求,也即是适应科技发展的需求,工程教学应该适时地进行某些调整或变化。一个专业的知识体系、一门课程的教学内容都需要不断变化,此乃客观规律。我所主张的边界再设计即是这种调整或变化的体现。边界再设计的内涵之一即是课程体系及课程内容边界的再设计。

技术的快速进步,使得企业的工作内容有了很大变化。如从20世纪90年代以来,信息技术相继成为很多企业进一步发展的瓶颈,因此不少企业纷纷把信息化作为一项具有战略意义的工作。但是业界人士很快发现,在毕业生中很难找到这样的专门人才。计算机专业的学生并不熟悉企业信息化的内容、流程等,管理专业的学生不熟悉信息技术,工程专业的学生可能既不熟悉管理,也不熟悉信息技术。我们不难发现,制造业信息化其实就处在某些专业的边缘地带。那么对那些专业而言,其课程体系的边界是否要变?某些课程内容的边界是否有可能变?目前不少课程的内容不仅未跟上科学研究的发展,也未跟上技术的实际应用。极端情况甚至存在有些地方个别课程还在讲授已多年弃之不用的技术。若课程内容滞后于新技术的实际应用好多年,则是高等工程教育的落后甚至是悲哀。

课程体系的边界在哪里?某一门课程内容的边界又在哪里?这些实际上是业界或人才市场对高等工程教育提出的我们必须面对的问题。因此可以说,真正驱动工程教育边界再设计的是业界或人才市场,当然更重要的是大学如何主动响应业界的驱动。

当然,教育理想和社会需求是有矛盾的,对通才和专才的需求是有矛盾的。高等学校既不能丧失教育理想、丧失自己应有的价值观,又不能无视社会需求。明智的学校或教师都应该而且能够通过合适的边界再设计找到自己的平衡点。

我认为,长期以来,我们的高等教育其实是“以教师为中心”的。几乎所有的教育活动都是由教师设计或制定的。然而,更好的教育应该是“以学生

为中心”的,即充分挖掘、启发学生的潜能。尽管教材的编写完全是由教师完成的,但是真正好的教材需要教师在编写时常怀“以学生为中心”的教育理念。如此,方得以产生真正的“精品教材”。

教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会、中国机械工程学会与清华大学出版社合作编写、出版了《中国机械工程学科教程》,规划机械专业乃至相关课程的内容。但是“教程”绝不应该成为教师们编写教材的束缚。从适应科技和教育发展的需求而言,这项工作应该不是一时的,而是长期的,不是静止的,而是动态的。《中国机械工程学科教程》只是提供一个平台。我很高兴地看到,已经有多位教授努力地进行了探索,推出了新的、有创新思维的教材。希望有志于此的人们更多地利用这个平台,持续、有效地展开专业的、课程的边界再设计,使得我们的教学内容总能跟上技术的发展,使得我们培养的人才更能为社会所认可,为业界所欢迎。

是以为序。



2009年7月

本书按照教育部高等学校工程图学教育指导委员会 2005 年制定的《普通高等院校工程图学课程教学基本要求》构思整体框架,参考国内外同类教材,在我校教学实践的基础上编写而成。本书以机械制图理论为主线,结合现代计算机辅助设计表达手段和案例分析两条辅线,培养学生的学习兴趣,以此启发学生主动观察、思考、探寻课程研究内容的实用性,学会利用理论知识和现代计算机辅助设计表达手段相结合来表达设计思想,使他们具有现代工程图学的思维方式,循序渐进地引导学生关注设计中必须重视的关联性和工程意识的培养。

本教材的特点:

(1) 从全新的角度论述工程图学的主要研究内容——构形与表达,突出其如何利用现代设计手段高效表达复杂的设计构形,正确处理了传统机械制图理论与现代技术相结合的问题,为学生学习机械制图课程导入了新的思维模式。

(2) 教材定位的培养对象为工程设计类人才,要求具备较高的图形理论分析基础,为此整合精选了传统画法几何内容,对传统机械类教材中点线面相对位置及综合解题部分内容进行了压缩(只涉及特殊位置要素求解,而将一般位置问题规划在换面法中解决),继承了画法几何学中的经典实用理论,使教材具有一定的深度。

(3) 注重观察启发式教学模式,利用案例分析建立与工程背景知识的渗透与导入,加强徒手草图、测绘实践,培养学生的创新构思和表达能力,利用课程理论知识与现代三维建模技术和二维 CAD 制图解决工程实际中的关联设计表达、工程图样规范处理问题。

(4) 为实践教材新架构体系,有配套习题(《机械制图习题集》,由许纪情、万静主编,清华大学出版社出版)辅助训练,为培养学生的手工绘图、计算机二维绘图、三维造型综合运用能力提供了保证,为学生今后从事实际工程设计培养了实际操作技能。

(5) 教材中贯彻了最新的《技术制图》、《机械制图》国家标准。

本书凝结着北京科技大学工程图学室全体教师的教学实践经验与体会。参加本书编写的有万静、许纪情、杨皓、杨光辉、陈平、张苏华、和丽、陈华、许倩、樊百林、李晓武,其中万静、许纪情为主编,杨皓、杨光辉、陈平为副主编。

北京科技大学机械工程学院尹常治教授对本书进行了审阅,并提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中不足及错误在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2011.4



<b>第 0 章 绪论</b> .....	1
0.1 课程的性质与任务 .....	1
0.2 机械设计与机械图样 .....	2
0.3 现代工业产品设计与制造 .....	3
<b>第 1 章 制图基本知识</b> .....	5
1.1 国家标准关于制图的一般规定 .....	6
1.2 平面图形的画法及尺寸标注 .....	14
1.3 绘图工具和用品的使用 .....	24
1.4 徒手画图的方法 .....	27
1.5 计算机辅助绘制平面图形示例 .....	30
<b>第 2 章 投影的基本概念与基本理论</b> .....	34
2.1 正投影的基本特性 .....	36
2.2 三视图的形成及投影规律 .....	39
2.3 简单形体三视图的阅读 .....	43
<b>第 3 章 点、直线和平面</b> .....	49
3.1 点的投影 .....	50
3.2 直线的投影 .....	54
3.3 平面的投影 .....	62
<b>第 4 章 直线与平面、平面与平面的相对位置</b> .....	69
4.1 平行问题 .....	69
4.2 相交问题 .....	71
4.3 垂直问题 .....	72
4.4 综合问题分析 .....	73
<b>第 5 章 投影变换</b> .....	77
5.1 投影变换的目的和方法 .....	77

5.2	点的投影变换 .....	78
5.3	4个基本问题 .....	79
5.4	综合问题分析 .....	82
<b>第6章</b>	<b>立体及其表面交线 .....</b>	<b>87</b>
6.1	平面立体 .....	87
6.2	回转体 .....	90
6.3	平面与立体表面交线 .....	94
6.4	两曲面立体表面交线 .....	105
6.5	计算机辅助并、交、差设计 .....	114
<b>第7章</b>	<b>组合体 .....</b>	<b>118</b>
7.1	组合体的形体分析 .....	118
7.2	组合体的画法 .....	120
7.3	组合体尺寸标注 .....	124
7.4	组合体的识图方法 .....	130
7.5	组合体的构形设计 .....	135
7.6	组合体的计算机三维建模 .....	142
<b>第8章</b>	<b>机件的表达方法 .....</b>	<b>147</b>
8.1	视图 .....	148
8.2	剖视图 .....	151
8.3	断面图 .....	161
8.4	其他表达方法 .....	164
8.5	第三角画法简介 .....	168
<b>第9章</b>	<b>轴测图及其草图速画技术 .....</b>	<b>171</b>
9.1	概述 .....	172
9.2	正等轴测图 .....	174
9.3	斜二等轴测图 .....	181
9.4	轴测剖视图 .....	182
9.5	正等轴测图的草图画法 .....	184
9.6	斜二轴测图的草图画法 .....	186
<b>第10章</b>	<b>标准件和常用件 .....</b>	<b>188</b>
10.1	螺纹 .....	189
10.2	螺纹紧固件及其连接的画法 .....	199
10.3	键和销 .....	206
10.4	滚动轴承 .....	212

10.5	齿轮 .....	215
10.6	弹簧 .....	226
<b>第 11 章</b>	<b>零件图 .....</b>	<b>232</b>
11.1	零件图的内容 .....	232
11.2	零件图的视图选择 .....	234
11.3	零件图的尺寸标注 .....	239
11.4	零件图的技术要求 .....	250
11.5	零件结构工艺性介绍与合理构形 .....	266
11.6	零件测绘 .....	273
11.7	典型零件图识图要点 .....	279
11.8	典型零件的计算机三维建模与零件工程图创建 .....	284
<b>第 12 章</b>	<b>装配图 .....</b>	<b>297</b>
12.1	装配图的内容 .....	297
12.2	装配图的规定画法和特殊画法 .....	299
12.3	装配图的尺寸标注、技术要求和零部件序号及明细栏 .....	301
12.4	部件测绘与装配图的画法 .....	304
12.5	与装配有关的构形 .....	310
12.6	读装配图和拆画零件图 .....	313
12.7	计算机辅助三维实体装配设计与表达 .....	319
<b>第 13 章</b>	<b>焊接件的表示法 .....</b>	<b>324</b>
13.1	焊缝接头形式和图示法 .....	324
13.2	焊缝代号 .....	326
13.3	焊缝的尺寸符号及其标注示例 .....	328
13.4	焊缝画法及标注举例 .....	329
13.5	金属焊接图 .....	330
<b>第 14 章</b>	<b>展开图 .....</b>	<b>332</b>
14.1	平面立体的展开 .....	332
14.2	可展曲面的展开 .....	333
14.3	不可展曲面的近似展开 .....	335
<b>第 15 章</b>	<b>现代计算机辅助设计表达软件简介 .....</b>	<b>339</b>
15.1	AutoCAD 简介与实例 .....	340
15.2	Inventor 简介与实例 .....	365
<b>附录</b>	<b>.....</b>	<b>410</b>
附录 A	常用零件结构要素 .....	410

附录 B	普通螺纹直径与螺距系列(摘自 GB/T 193—2003)	413
附录 C	55°非密封管螺纹(摘自 GB/T 7307—2001)	414
附录 D	梯形螺纹直径与螺距系列、基本尺寸 (摘自 GB/T 5796.2—2005、GB/T 5796.3—2005)	415
附录 E	六角头螺栓—C级(摘自 GB/T 5780—2000)、六角头螺栓—A和B级 (摘自 GB/T 5782—2000)	417
附录 F	双头螺柱(摘自 GB/T 897—1988、GB/T 898—1988、 GB/T 899—1988、GB/T 900—1988)	418
附录 G	开槽沉头螺钉(摘自 GB/T 68—2000)	419
附录 H	内六角圆柱头螺钉(摘自 GB/T 70.1—2008)	420
附录 I	紧定螺钉(摘自 GB/T 71—1985、GB/T 73—1985、GB/T 75—1985)	421
附录 J	I型六角螺母(摘自 GB/T 6170—2000)、 六角薄螺母(摘自 GB/T 6172.1—2000)	422
附录 K	圆螺母(摘自 GB/T 812—1988)	423
附录 L	小垫圈 A级(摘自 GB/T 848—2002)、 平垫圈 A级(摘自 GB/T 97.1—2002)、 平垫圈倒角型 A级(摘自 GB/T 97.2—2002)	424
附录 M	标准型弹簧垫圈(摘自 GB/T 93—1987)、 轻型弹簧垫圈(摘自 GB/T 859—1987)	424
附录 N	圆螺母止动垫圈(摘自 GB/T 858—1988)	425
附录 O	紧固件通孔及沉孔尺寸	426
附录 P	挡圈	427
附录 Q	平键和键槽各部分尺寸	429
附录 R	圆柱销(摘自 GB/T 119.1—2000)、圆锥销(摘自 GB/T 117—2000)	431
附录 S	滚动轴承	432
附录 T	标准公差数值(摘自 GB/T 1800.3—1998)	433
附录 U	轴的基本偏差数值(摘自 GB/T 1800.3—1998)	434
附录 V	孔的基本偏差数值(摘自 GB/T 1800.3—1998)	436
附录 W	优先、常用配合轴的极限偏差表摘录	439
附录 X	优先、常用配合孔的极限偏差表摘录	440
附录 Y	常用材料	441
附录 Z	常用的热处理和表面处理	442
<b>参考文献</b>		<b>443</b>

## 绪 论

### 0.1 课程的性质与任务

#### 1. 课程的性质

设计作为人类理性造物的一种活动,其终极目的是创新求异以满足人类的各种畅想与需求。设计表达作为这一活动中的重要组成部分,被设计者作为沟通的手段和媒介,用于实现产品信息的传递。为确保所创新构思的产品由虚拟的概念转化为现实的产品,设计者采用了以二维、三维空间形式存在的视觉语言来承载产品的信息。在此基础上,经过长期的实践摸索、不断地发展和完善,逐渐形成了一门独立的学科——工程制图,它是一门专门研究工程设计表达原理和应用的学科。

在工程界,根据设计表达原理、相关标准或规定表示工程对象,并有必要的技术说明的图形,称为工程图样。工程图样既是产品信息的载体,是表达和交流技术思想的必备工具,也是用来指导生产、施工、管理等工作的重要技术文件。随着市场全球化的发展,国际间的技术交流合作、项目引进等交往日趋频繁,工程图样作为“工程师的国际语言”更是不可缺少。因此,凡是从事工程技术工作的人员,都必须掌握绘制和阅读工程图样的能力。

工程图样的种类很多,不同的行业或专业,对图样有不同的要求,如机械图样、建筑图样、水利图样、电气图样等。机械图样是其中的一种,它是用来表达机械零、部件或整台机器的结构、大小、材料以及技术要求等内容的,是机械制造与生产加工的依据。《机械制图》这门课程是研究设计表达理论和方法、机械图样的绘制与识读规律,学习国家标准《机械制图》、《技术制图》中的有关规定和现代计算机辅助设计软件在机械图样绘制中的应用。同时,它也是为学习相关的后续课程、课程设计、毕业设计奠定必备的基础。

#### 2. 课程的任务

- (1) 培养空间想象、分析问题的能力以及对一般空间几何问题的图解能力。
- (2) 学习正投影法的基本原理及其应用,能正确、完整、清晰、合理地表达机件的表达能力。
- (3) 培养能熟练、准确地绘制规范合格的机械图样的绘图能力和能看懂并正确理解机械图样的识图能力。
- (4) 培养学生手工绘图、使用计算机辅助设计软件进行二维绘图、三维实体造型设计的构思创新能力。
- (5) 培养学生严谨细致的学习作风和认真负责的学习态度。

## 0.2 机械设计与机械图样

一般机械产品的设计流程见图 0.1,由此可知设计的最终表达一般是机械图样。在实际工程设计生产中,图样被广泛使用,如图 0.2 所示,设计者要通过图样来表达其设计思想和意图;生产者应根据图样进行制造、检验、安装以及调试;使用者也需通过图样来了解其结构、性能及原理,以掌握正确的使用、保养、维护和维修的方法和要求。机械图样可分为两类:一类为总图和部件图,统称装配图,是部件和整机装配、调试的依据;另一类为制造零件用的零件图,也称零件图,反映零件的结构形状、尺寸、材料以及制造、检验时所需要的技术要求等,用以指导该零件的加工、检验。装配图、零件图的作用见图 0.3。

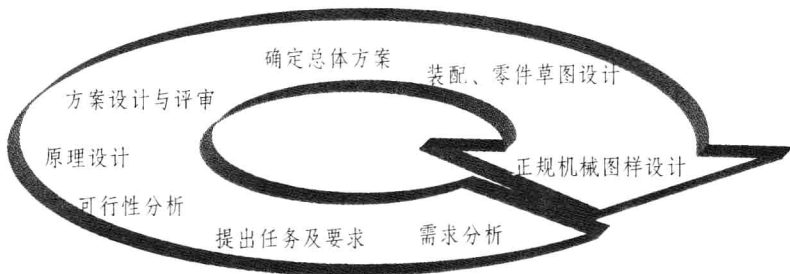


图 0.1 机械设计流程

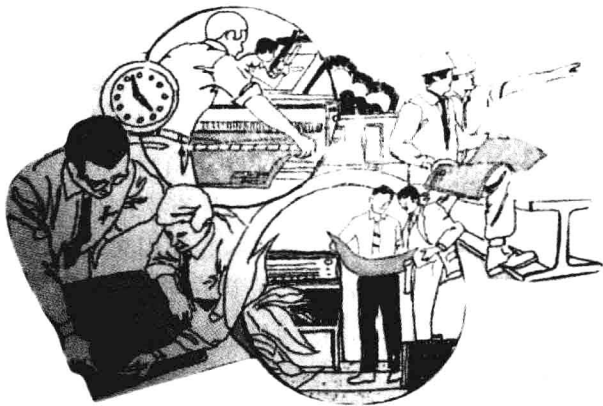


图 0.2 图样被广泛使用

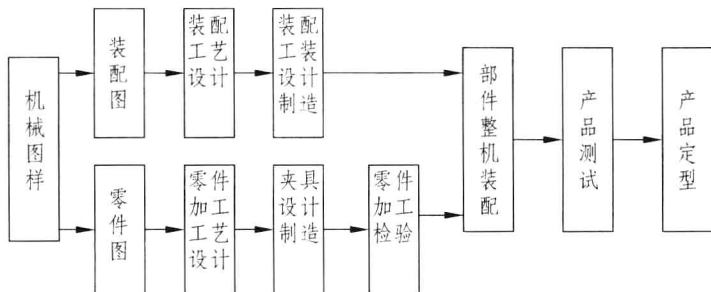


图 0.3 装配图和零件图的作用

由此可见,传统的设计表达方法通常是将设计者头脑中反映三维实体的设计意图和要求按照设计表达原理用二维图形来表达,而后续的加工制作者必须通过读图在头脑中重新设计者想要表达的三维实体,且设计过程又是一个复杂和反复的过程,这使得整个技术信息转换过程更加繁杂。

### 0.3 现代工业产品设计与制造

随着现代科技的发展,设计表达正在从手工绘图逐步发展到基于功能设计模式生成的计算机数字化产品信息模型,其上存储有设计制造过程中全生命周期的信息(见图 0.4 和图 0.5),它支持产品的多种表达方式并可在不同环境中使用。设计制造过程也从单纯的产品设计生产向应用现代计算机技术的数字化设计制造协同管理方式过渡(见图 0.6),从传统的顺序设计方式(串行设计)过渡到并行设计和网络协同设计方式。现代设计技术的发展方向是不断吸收现代科学技术,实现数字化、智能化、网络化。目前机械产品现代设计的两种主要技术是 PDM 技术和基于网络的异地协同产品设计技术。

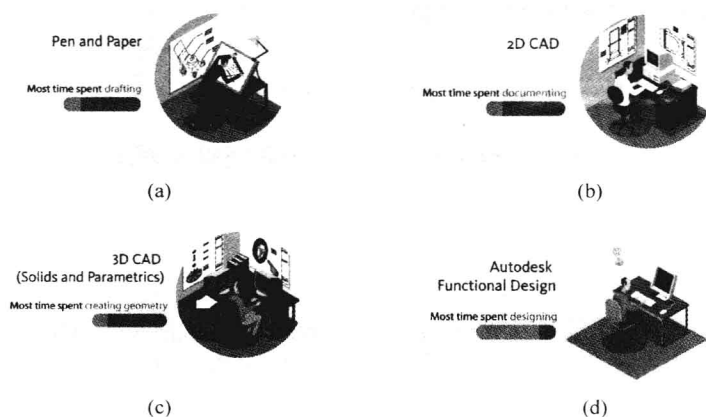


图 0.4 设计方法演变

(a) 手工绘图; (b) 二维 CAD 绘图; (c) 三维 CAD 绘图; (d) 基于功能的设计模式

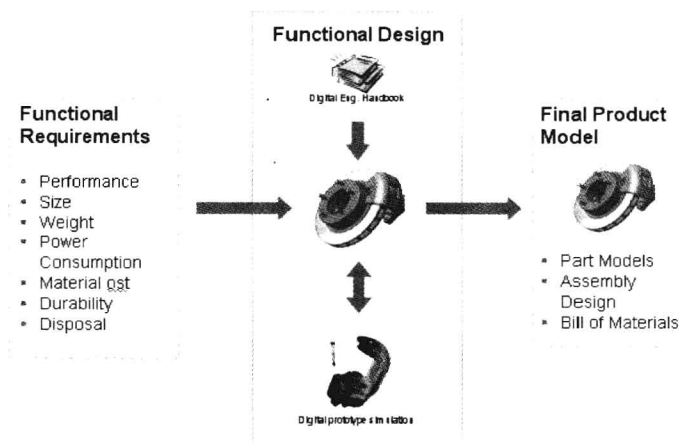


图 0.5 功能设计

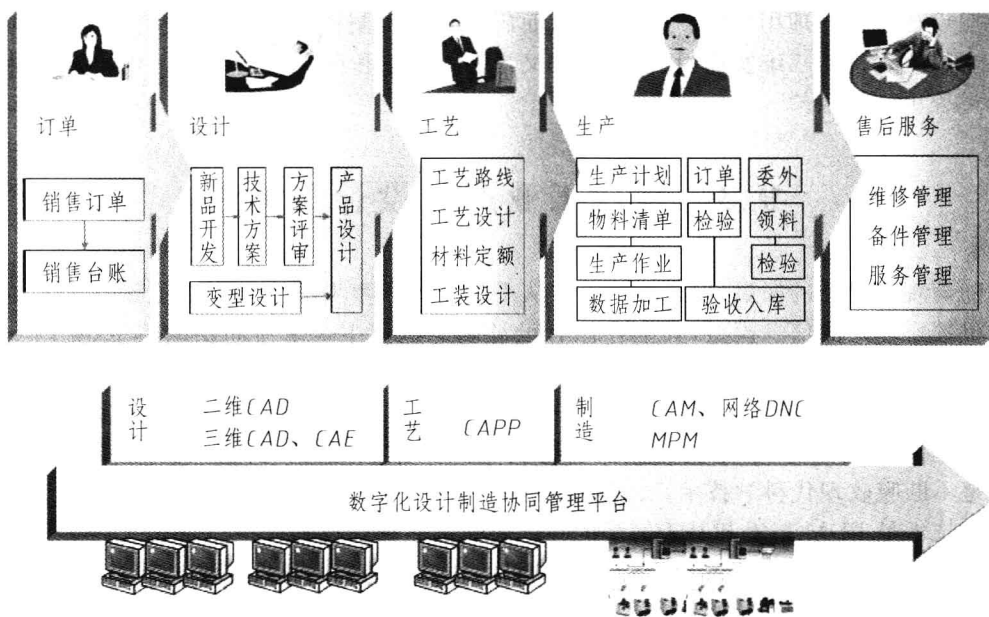


图 0.6 数字化设计制造协同管理

数字化设计与制造技术集成了现代设计制造过程中的多项先进技术,包括三维建模、装配分析、优化设计、系统集成、产品信息管理、虚拟设计与制造、多媒体和网络通信等,是一项多学科的综合技术。它不仅贯穿设计制造的全过程,而且涉及企业的设备布置、物流物料、生产计划、成本分析等多个方面。运用数字化设计与制造技术可大大提高企业的产品开发能力、缩短产品研制周期、降低开发成本、实现最佳设计目标和企业间的协作,使企业能在最短时间内,组织全球范围的设计制造资源来开发新产品,可大大提高企业的竞争能力。



## 制图基本知识

### 本章重点内容

- (1) 国家标准《技术制图》和《机械制图》中关于“图纸幅面和格式”、“比例”、“字体”、“图线”、“尺寸标注”等的基本规定；
- (2) 平面图形的基本作图及尺寸标注；
- (3) 平面图形构形设计的基本原则与方法。

### 能力培养目标

- (1) 掌握国家标准中关于图框、图线、字体等的基本规定和关于尺寸标注的规定；
- (2) 掌握平面图形的作图方法,并能运用平面构形设计原则进行设计；
- (3) 通过实际操作,能熟练使用常用绘图工具。

### 案例引导

工程图样是现代工业生产中必不可少的技术资料,是产品调研、论证、设计、制造加工、安装及维修过程得以顺利进行的必备技术资料,被公认为“工程界技术交流的语言”,具有严格的规范性。为了适应现代化生产、管理的需要和便于技术交流,国家制定并颁布了一系列国家标准,简称“国标”,它包括三个标准:强制性国家标准(代号为“GB”)、推荐性国家标准(代号为“GB/T”)和指导性国家标准(代号为“GB/Z”)。国家标准《技术制图》是基础技术标准,国家标准《机械制图》是机械专业制图标准。

产品设计的通用流程是:项目定义→调研与规划→设计→概念开发→具体设计→细节设计→原型制作→产品样机测试→用户测试→更改产品→小批量试制→大批量生产。其中产品设计草图徒手绘图是在“设计”这一环节,产品设计需要运用各种创意方法,通过大量的设计思想,产生出能够有效解决问题的思路或方案。这些思想通常通过产品草图和效果图进行展示。培养和提高设计草图绘制能力可以直接提高设计师的造型能力和意念表达能力,从而使设计师不断地优化自己的设计方案,最终获得设计的成功实现。

现代设计手段在设计领域的渗透,使设计表达方法大量地采用计算机辅助设计软件。经过多年的推广,CAD技术已经广泛地应用在机械、电子、航天、化工、建筑等行业。应用CAD技术起到了提高企业的设计效率、优化设计方案、减轻技术人员的劳动强度、缩短设计周期、加强设计的标准化等作用。

本章将对国家标准关于工程图样绘制的一般规定,尺规绘图、徒手绘图的技能及利用计算机辅助软件绘制平面图形的内容作进一步的介绍。