

普通高等教育“十二五”规划教材

工程图学与CAD教程

张学昌 主编

Gongcheng Tuxue Yu CAD Jiaocheng



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材

工程图学与 CAD 教程

主 编 张学昌

副主编 吴红兵 李继强 徐美娟

参 编 张 雷 胡红艳 刘永刚 章少剑

主 审 施岳定



机械工业出版社

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”，立足于工程应用型人才培养的需要，在总结作者多年教学成果并借鉴国内外工程图学教学体系的基础上编写而成。

本书在编写过程中坚持“宽口径、重实践”的指导思想，内容包括：现代制图技术与应用、投影理论、徒手制图基础与规范、组合型体造型与图样表达、尺寸与标注规范、机件常用的表达方法、零件图表达规则与要求、常用标准件及表达、零件装配与技术表达、焊接图表达、AutoCAD 基础。课件、习题集与教材紧密配合，注重学生绘图能力、读图能力和计算机制图能力的培养。

本书采用最新的国家标准，并配有习题集、多媒体课件，以方便学生学习。

本书可供高等学校工科本科各专业学生使用，适用于 36~80 学时各专业的教学要求。

图书在版编目 (CIP) 数据

工程图学与 CAD 教程/张学昌主编. —北京：机械工业出版社，2014.5

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-46385-6

I. ①工… II. ①张… III. ①工程制图 - AutoCAD 软件 - 高等学校 - 教材 IV. ①TB237

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 067321 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑：刘小慧 责任编辑：刘小慧 陈建平

版式设计：赵颖喆 责任校对：潘蕊

封面设计：张静 责任印制：李洋

三河市国英印务有限公司印刷

2014 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·19 印张·471 千字

0001—3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-46385-6

定价：35.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010)88361066

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010)68326294

机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010)88379649

机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010)88379203

封面防伪标均为盗版

前 言

工程制图作为普通高等学校工科专业的基础课程，重点在于培养学生的空间思维能力与图样表达能力。与工程类其他基础课程相比较，本门课程是一门实践性很强的工程设计课程。因此在本书编写过程中，广泛吸收国内、外优秀工程制图教材的优点，遵循“注重素质教育，传授基础知识，培养基本能力，树立创新意识，注重培养图示能力，淡化图解能力”的基本指导思想，力图为大学生、工程技术人员提供一套实用、有效、快捷的学习教材。

本书具有如下特点：

- 1) 根据普通高等工科院校各类专业应用型人才培养的要求，对工程制图的基本理论进行优化，对知识体系结构进行重新编排，使内容更加符合学习规律。
- 2) 精选实例，加强学生空间思维能力的培养。本套教材吸收了国外教材注重实践的特色，通过增加大量例题以培养学生的绘图能力。
- 3) 根据知识的相关原则，将尺寸标注设成独立的一章，便于学生集中掌握知识点。
- 4) 注重理论联系实际，加强对学生徒手绘图能力、读图能力、尺规作图能力和计算机二维绘图能力的培养。
- 5) 本书采用最新的国家标准。

本书由张学昌任主编，吴红兵、李继强、徐美娟任副主编。参加编写工作的有张雷、胡红艳、刘永刚、章少剑等。

浙江大学施岳定教授仔细审阅了本书全文，提出了许多建设性的修改意见和具体的修改建议。唐艳梅、史玉龙、王营营等研究生承担了部分内容的整理及校对工作，王义强教授对本书的编写思路提出了有益的建议。在此，谨向支持、帮助、关心本书的领导、同事和朋友表示衷心的感谢。

在本书编写过程中参考了施岳定等许多国内著名教师的经典教材，并参考了一些国外最新的同类教材，特向前辈及有关编著者表示由衷的感谢。

由于编者阅历、水平及经验有限，加之时间紧迫，书中难免存在不足之处，敬请广大同仁和读者不吝指正。

编 者

目 录

前言

第1章 现代制图技术与应用	1
1.1 产品设计思想的诞生与工程图样的表达	2
1.2 工程思想交流媒介——工程图样	4
1.3 本课程的主要内容	5
1.4 本课程的技能要求及学习方法	8
第2章 投影理论	9
2.1 投影体系的建立	10
2.1.1 投影法	10
2.1.2 三面投影体系	11
2.2 点的投影	12
2.2.1 点在三投影面体系中的投影与规律	12
2.2.2 空间两点位置关系	13
2.3 线的投影	14
2.3.1 直线的三面投影	14
2.3.2 各种位置直线及其投影特性	14
2.3.3 直线上的点	16
2.3.4 两直线的相对位置	17
2.4 面的投影	19
2.4.1 平面的表示法	19
2.4.2 各种位置平面及投影特性	19
2.4.3 平面上的点和直线	22
第3章 徒手制图基础与规范	25
3.1 工程制图技术标准	26
3.1.1 图纸幅面和格式	26
3.1.2 比例 (GB/T 14690—1993)	28
3.1.3 字体 (GB/T 14691—1993)	29
3.1.4 图线 (GB/T 4457.4—2002、GB/T 17450—1998)	29
3.2 徒手绘图方法及步骤	31
3.3 徒手绘图实例训练	33
3.4 制图工具介绍	35

3.4.1 图板、丁字尺、三角板	35
3.4.2 圆规、分规	36
3.4.3 曲线板	37
3.4.4 铅笔	37
3.5 圆弧连接	38
3.5.1 圆弧连接的基本关系	38
3.5.2 圆弧连接的种类	39
3.5.3 圆弧连接举例	39
第4章 组合型体造型与图样表达	43
4.1 基本立体表面点与线	44
4.1.1 基本平面立体投影	44
4.1.2 基本回转体投影	49
4.2 截交线	57
4.2.1 基本特性	57
4.2.2 平面与平面立体相交	57
4.2.3 平面与回转体相交	60
4.3 相贯线	65
4.3.1 基本特性	65
4.3.2 表面取点法	65
4.3.3 辅助平面法	67
4.3.4 相贯线特殊情况	68
4.4 组合体图样表达	70
4.4.1 组合体表达形式	70
4.4.2 组合体作图	72
4.4.3 组合体读图	75
4.4.4 补视图	78
4.5 组合体强化实训	80
第5章 尺寸与标注规范	85
5.1 尺寸标注基本规则	86
5.1.1 基本规则	86
5.1.2 尺寸组成	86
5.1.3 尺寸标注示例	87
5.2 组合体尺寸标注	91
5.2.1 基本立体及常见形体的尺寸注法	91
5.2.2 组合体尺寸注法的基本要求	92
5.2.3 组合体尺寸注法和步骤	94
5.3 CAD 尺寸标注中的样式设置	97

5.3.1 尺寸标注的规定	97
5.3.2 创建尺寸标注样式	97
5.3.3 设置尺寸标注样式	100
5.3.4 标注尺寸	107
第6章 机件常用的表达方法	113
6.1 视图	114
6.1.1 基本视图	114
6.1.2 向视图	115
6.1.3 局部视图	115
6.1.4 斜视图	116
6.2 剖视图	117
6.2.1 剖视图的概念	117
6.2.2 剖视图的种类	121
6.2.3 剖切面的种类	123
6.3 断面图	127
6.3.1 断面图的概念	127
6.3.2 断面图的种类	127
6.4 局部放大图与简化画法	129
6.4.1 局部放大图	129
6.4.2 简化画法	130
6.5 轴测图	133
6.5.1 轴测图的基本知识	133
6.5.2 正等轴测图	134
6.5.3 斜二轴测图	138
6.6 化工制图表达方法	140
6.6.1 化工设备的常用零部件	140
6.6.2 化工设备的表达方法	143
第7章 零件图表达规则与要求	147
7.1 零件图的概述	148
7.2 零件的表达与分类	148
7.2.1 主视图的选择	149
7.2.2 其他视图	149
7.2.3 典型零件的视图表达	149
7.3 零件工艺及技术要求	152
7.3.1 铸造工艺结构	152
7.3.2 机械加工工艺结构	153
7.4 公差与互换性	154

7.4.1	极限与配合	154
7.4.2	术语及定义	155
7.4.3	标准公差和基本偏差	156
7.4.4	配合	157
7.4.5	几何公差	160
7.4.6	表面粗糙度	164
7.4.7	其他技术要求	167
7.5	零件图尺寸标注	167
7.5.1	零件图尺寸标注的基本要求	167
7.5.2	正确选择尺寸基准	168
7.5.3	合理标注尺寸应注意的问题	170
7.5.4	典型零件尺寸标注	173
7.6	零件的读图	176
7.6.1	读零件图的方法与步骤	176
7.6.2	读零件图举例	176
第8章	常用标准件及表达	179
8.1	螺纹	180
8.1.1	螺纹的基本要素和分类	180
8.1.2	螺纹的规定画法	183
8.1.3	螺纹标注	184
8.2	螺纹紧固件及其连接画法	185
8.2.1	常用螺纹紧固件的标记及其画法	186
8.2.2	螺纹紧固件的连接画法	188
8.3	键和销	191
8.3.1	键及其连接	191
8.3.2	销及其连接	194
8.4	滚动轴承	195
8.5	齿轮	197
8.5.1	圆柱齿轮	198
8.5.2	直齿圆柱齿轮的画法	200
8.6	弹簧	201
8.6.1	圆柱螺旋压缩弹簧各部分的名称及尺寸计算	201
8.6.2	螺旋弹簧的规定画法	203
第9章	零件装配与技术表达	205
9.1	机械产品装配图	206
9.2	装配图的规定画法和特殊画法	208
9.2.1	装配图的规定画法	208

9.2.2 装配图的特殊画法	208
9.3 装配图尺寸标注	210
9.4 装配结构合理性简介	211
9.5 由零件图画装配图	213
9.6 由装配图拆画零件图	220
9.6.1 读装配图的方法和步骤	220
9.6.2 由装配图拆画零件图	221
第 10 章 焊接制图	227
第 11 章 AutoCAD 基础	235
11.1 计算机绘图概述	236
11.2 交互绘图屏幕菜单与输入法	236
11.2.1 AutoCAD 操作界面简介	236
11.2.2 AutoCAD 命令的输入法	238
11.2.3 AutoCAD 数据的输入方法	238
11.2.4 AutoCAD 中的坐标	239
11.2.5 AutoCAD 文件操作命令	240
11.3 AutoCAD 绘图环境的设置	241
11.3.1 AutoCAD 绘图的一般操作流程	241
11.3.2 设置绘图环境	241
11.3.3 绘图辅助工具	244
11.4 二维绘图命令	246
11.4.1 绘制简单图元	246
11.4.2 绘制复杂图元	249
11.4.3 书写文字 (“Mtext” 命令)	251
11.5 二维编辑命令	252
11.5.1 选择对象	252
11.5.2 构造类图形编辑修改命令	252
11.5.3 修改类图形编辑修改命令	256
11.6 尺寸标注	259
11.7 绘制机械图	259
11.7.1 绘制零件图	259
11.7.2 绘制装配图	262
11.7.3 用 AutoCAD 中的命令绘制机械图	262
附录	265
参考文献	296

第1章 现代制图技术与应用

教学目标

设计与制造是人类一项重要的智力活动，其表现形式就是工程图。工程图作为构思、设计与制造中产品信息的定义、表达和传递的主要媒介，对于推动人类文明的进步，促进生产、技术的发展，起到重要的作用。在本章的学习过程中，应重点了解工程图的应用范围，了解工程制图的学习方法。

教学要求

能力目标	知识要点	权 重	自测分数
了解产品产生的流程	设计环节的工程图	20%	
了解工程图的作用	工程交流的四个层次	25%	
了解本课程的内容	掌握图学体系特征	35%	
了解本课程的学习特点	掌握正确的学习方法	20%	

1.1 产品设计思想的诞生与工程图样的表达

在人类文明的长河中,图形一直是人们认识自然、表达、交流思想的主要形式之一,从象形文字的诞生到埃及人丈量尼罗河两岸的土地,从航天飞机的问世到火星探测器对火星形貌的探测,始终与图形有密切的联系。和语言、文字相比,图形对事物的表达具有形象直观、准确性好、信息量大等特点。

工程图样是图形的一种,主要是针对工程设计而言的。一个产品的诞生,从规划到投入市场,通常需要经过若干环节,由很多工程技术人员共同创造性的劳动,并需要精心组织,协同工作,才能完成。传统的工业产品开发均是按照严谨的研究开发流程,从市场调研开始,确定产品功能与产品规格的预期指标,构思产品的最佳方案,对零部件功能进行分解,然后进行零部件的设计、制造以及检验,再经过组装、整机检验、性能测试等程序来完成。每个零件都有原始的设计图样,每个零部件的加工也都有自己的工序图表,每个组件的尺寸合格与否有产品检验报告记录。从产品设计、制造及销售的整个产品生命周期中,产品技术图样可以说是无处不在。产品全生命周期的一般进程如图 1-1 所示。从图中可以看到,零件图和装配图是设计的最后一个环节,它们直接与试制、生产联系在一起,其作用重大。很显然,零件图、装配图的生成必须基于设计的各个步骤。本课程的主要任务是学习和掌握工程图样的表达方法,即如何在图样上正确、规范地表达零件及装配关系。

传统的设计过程是在图板上完成的,即设计者利用铅笔、直尺等工具将设计思想绘制在图纸上。由于设计工具的限制,导致人的劳动强度大、设计周期长、设计质量不高、管理难度大等弊端。同时由于产品表示方式的局限,也限制了人们对先进设计方法的使用。自 20 世纪 90 年代以来,随着计算机硬件技术、软件技术、图像处理和数据库技术的飞速发展,大大推动了 CAD 技术的进步。CAD 系统在功能、性能、用户界面、开放性、标准化等方面都得到了极大提高,同时推动了 CAD 技术的普及和应用水平的提高。CAD 是利用计算机协助人进行设计的一种方法和技术。它用计算机代替传统的图板,充分借助计算机的高速计算、大容量存储和强大的图像处理功能分担人的部分劳动,以使设计者更多地主要精力集中于创造性工作上。尽管现代 CAD 系统趋于智能化,能对设计起到一定的参谋作用,但毕竟产品类型千变万化,要用计算机完全代替人而独立从事设计是不可能的。因此在 CAD 中,人仍然是设计的主体,而计算机仅是一种设计工具,其作用是帮助人更好、更快地完成设计任务。

最典型的绘图系统是 Autodesk 公司的 AutoCAD。该系统于 1983 年年底推出,后经多次版本更新,其功能、性能已相当完善,在全球拥有巨大的用户群。除二维绘图外,三维建模也得到应用。三维模型技术包括曲面造型技术、实体造型技术、参数化技术、变量化技术和超变量化技术,其应用范围得到拓宽,如用于有限元网格自动生成、装配设计、NC 编程等。目前 CAD 市场上比较流行的高端三维 CAD 软件有西门子公司的 UGNX、PTC 公司的 Pro/E、达索公司的 CATIA。

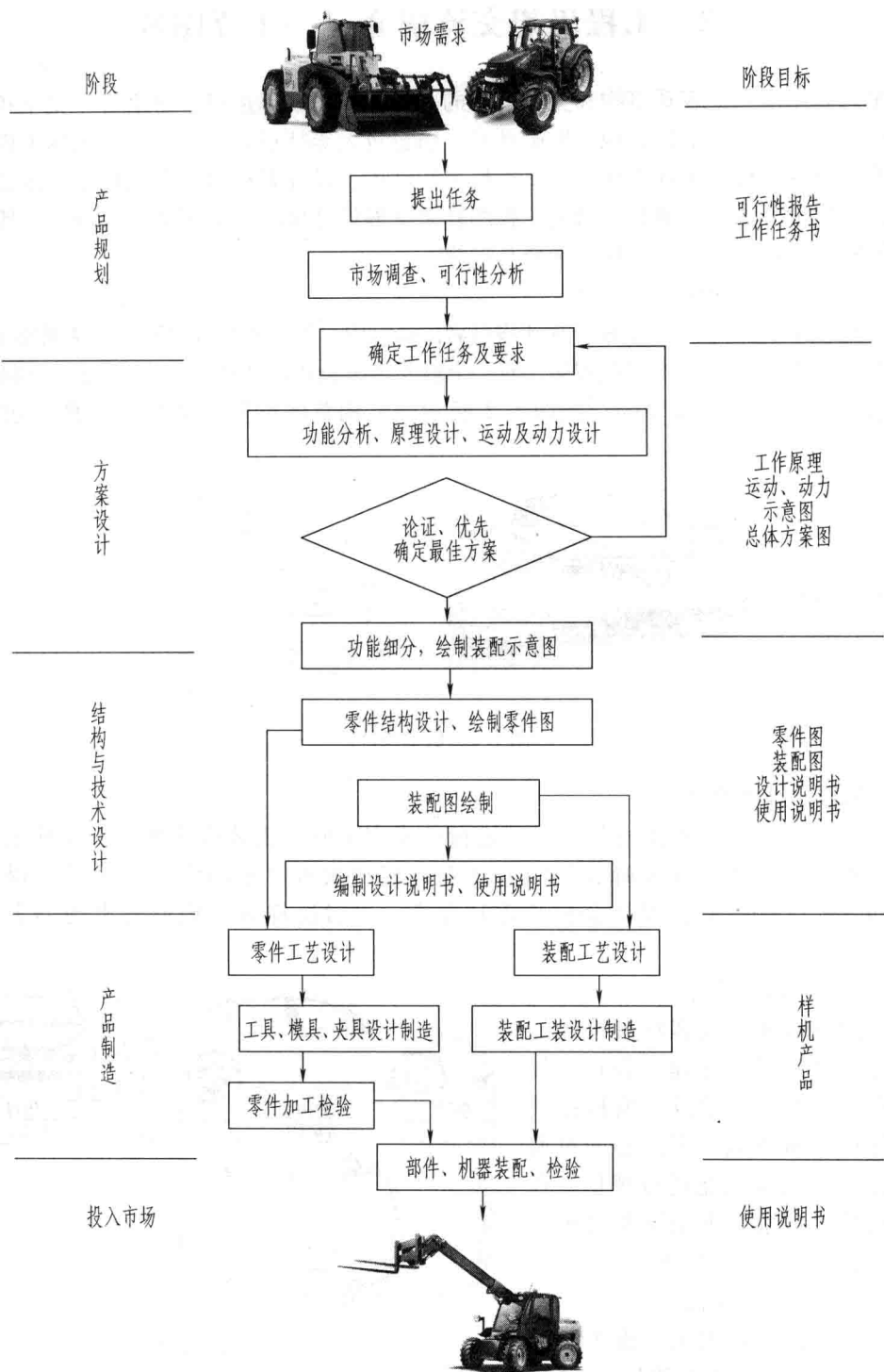


图 1-1 产品诞生流程

1.2 工程思想交流媒介——工程图样

图是人们用来表达客观事物和交流思想的一种重要方式和途径。与语言、文字相比,图对事物信息的表达具有形象直观、准确性好、信息量大等特点。生产中用于表达工程和产品对象技术信息的图称为工程图样。在工程技术活动中,设计者通过工程图样来描述设计对象的情况,表达设计意图;制造者通过工程图样来掌握设计要求,组织施工与制造;使用者通过工程图样来了解技术性能,进行维修与检修。

第一阶段:创意交流。

产品创意通常是作为一个想法产生于设计者的脑海中,设计者所画的第一幅草图便是生产的开端。第一项工作被认为是想法的诞生。对一个想要快速表达自己想法的人来说,绘制结构草图这种表现形式是至关重要的。如图 1-2 所示,结构草图能够捕获想法以便于进行更长远的研究。

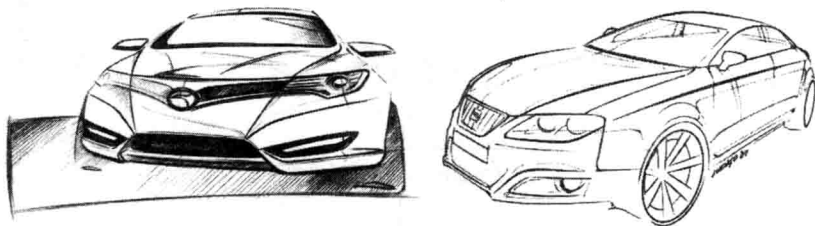


图 1-2 创意设计

第二阶段:技术交流。

当设计人员与设计团队的其他成员进行技术交流时,需要提供如图 1-3 所示的技术图样。工程师、技师、建筑师和他们的助手研究和改进原来的设计,使其变得更加可行。通过多个人的完善,设计会被精炼和提高。通过这样的交流便会出现许多优秀的设计。

第三阶段:市场交流。

此阶段包括顾客或客户对设计的评价。这个特别适用于建筑设计,如图 1-4 所示。在施工建设之前根据技术图样作出终审评判。客户必须对设计的风格、形式和功能进行评估。在实施真正建设以前,平面图和外观设计图提供了一个很好的模板。

第四阶段:生产交流。

此阶段包括制造或工程施工所需的所有细节。这些图样必须是完整的,

如图 1-5 所示,这样就可以评估、计算出项目的确切成本,企业管理者就可以了解一个产品是如何生产出来的。那些使用设计方案的人员不需要猜测细节或者询问设计者的意图。

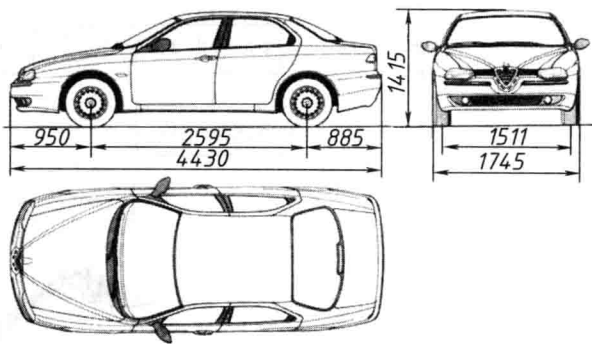


图 1-3 技术图样

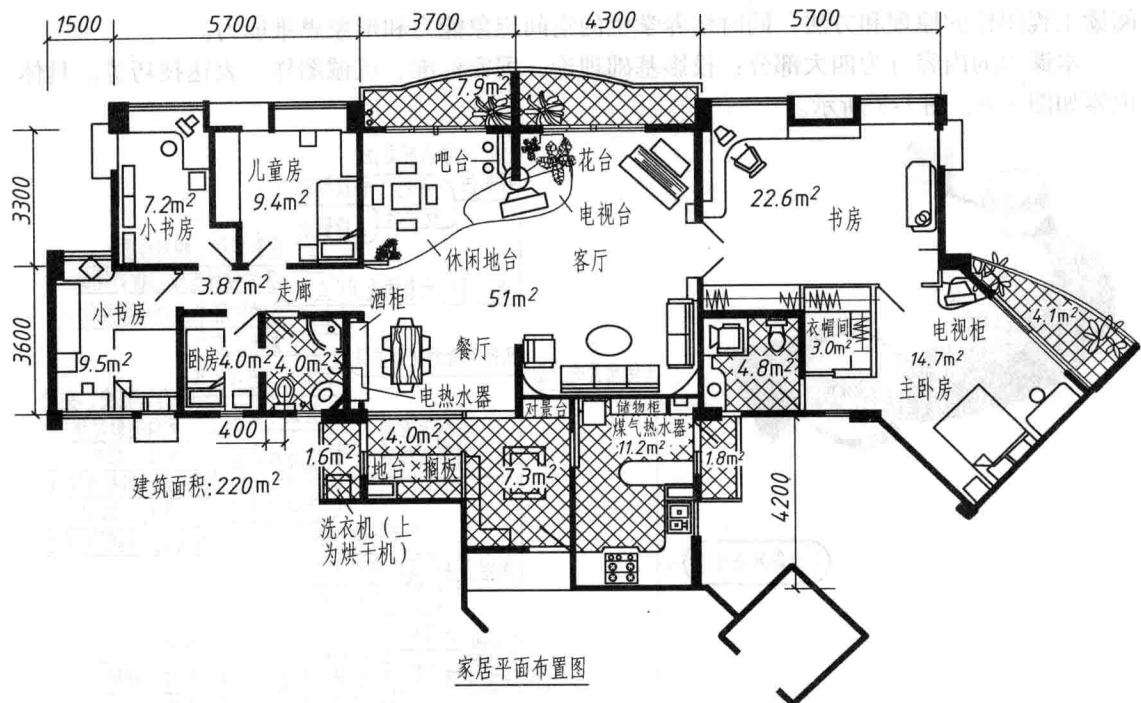


图 1-4 客户交流

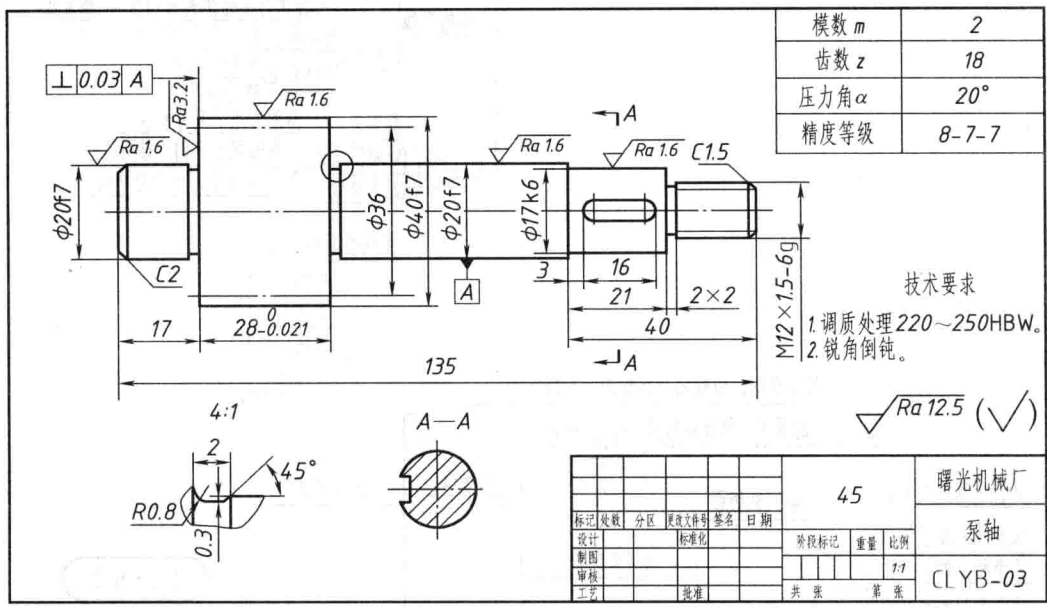


图 1-5 生产图样

1.3 本课程的主要内容

本课程是一门理论严谨、实践性强、与工程实践有着密切联系的基础课；对于机械工程专业学科的学生来说，它是后续机械设计、专业课程设计及毕业设计的基础，它研究的是绘制和

阅读工程图样的原理和方法，同时培养学生的空间想象能力和形象思维能力。

本课程的内容分为四大部分：投影基础理论、国家标准、机械图样、表达技巧等。具体内容如图 1-6、图 1-7 所示。

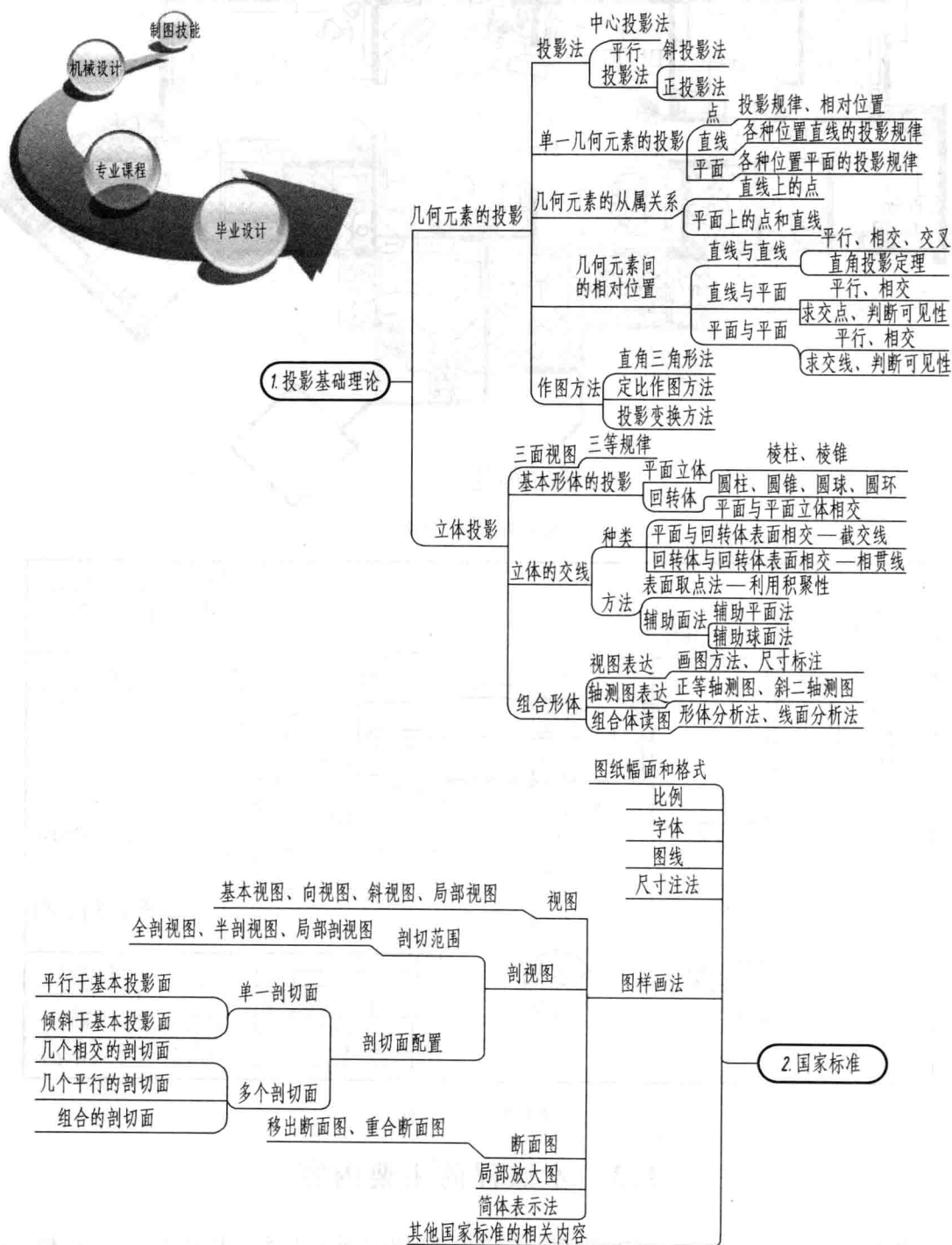


图 1-6 知识结构图之一

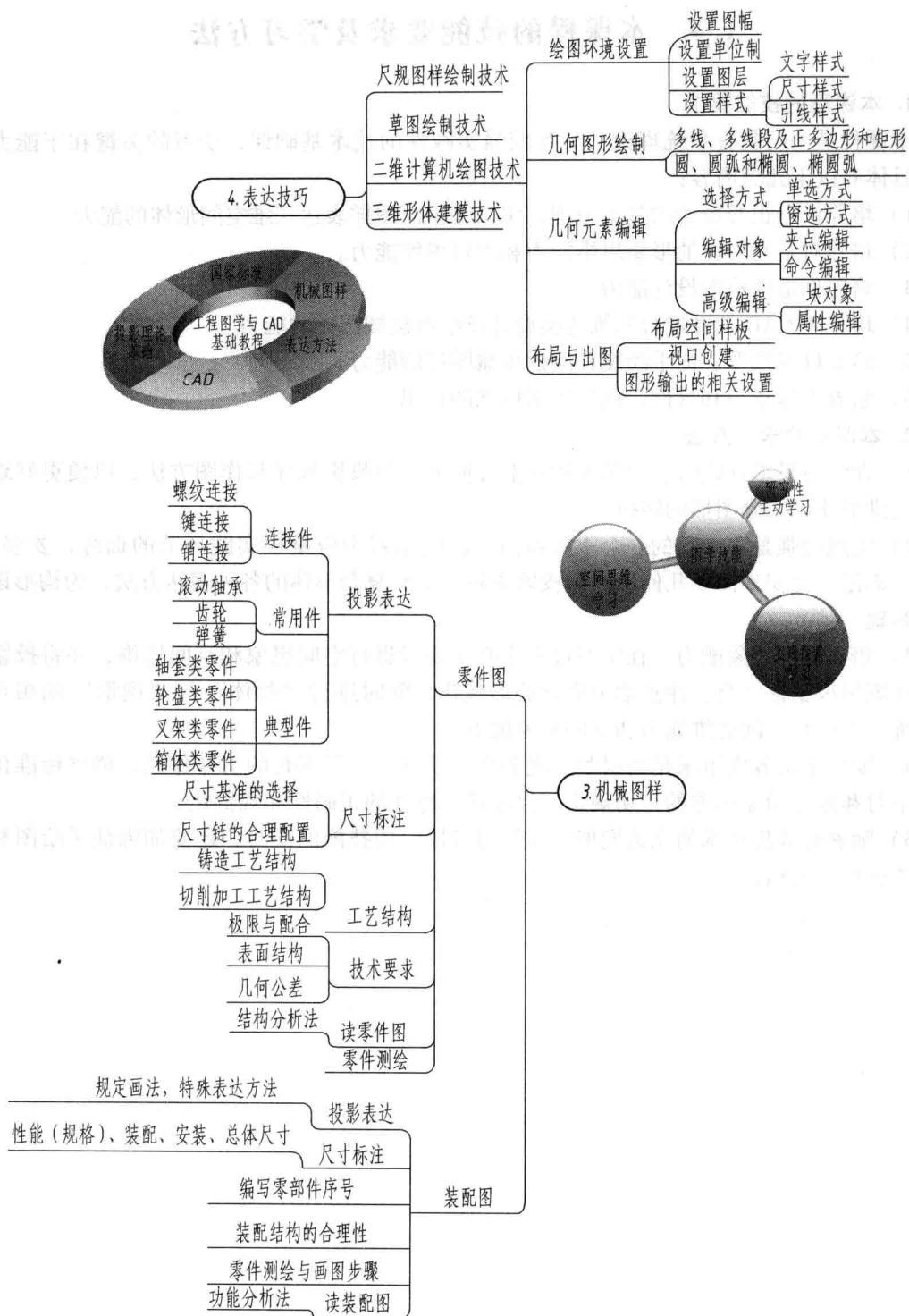


图 1-7 知识结构图之二

1.4 本课程的技能要求及学习方法

1. 本课程的技能要求

本课程是一门既有系统理论，又有较强实践性的技术基础课，学习的关键在于能力培养，具体有以下几项内容：

- 1) 培养依据正投影法的基本原理，用二维平面图样表达三维空间形体的能力。
- 2) 培养对空间形体的形象思维能力和逻辑思维能力。
- 3) 培养创造性构形设计能力。
- 4) 培养用 CAD 软件进行三维造型设计及绘制机械图样的能力。
- 5) 培养仪器绘图、徒手绘图和阅读机械图样的能力。
- 6) 培养工程意识和贯彻、执行国家标准的意识。

2. 本课程的学习方法

1) 在学习投影理论时，要掌握物体上几何元素的投影规律和作图方法，以便更好地掌握由三维形体到二维图形的转换。

2) 实践性强是本课程的一个重要特点，因此学习中应重视实践环节的训练，要多画、多看、多记，要积累简单几何形体的投影资料，掌握复杂形体的各种表达方法，为构形设计打下基础。

3) 培养空间想象能力。在学习过程中必须随时进行空间想象和空间思维，并将投影分析和作图过程紧密结合，注意抽象概念的形象化，随时进行“物体”与“图形”的相互转化训练，以提高空间思维能力和空间想象能力。

4) 要逐步培养实事求是的科学态度和严肃认真、一丝不苟的工作作风，树立标准化意识，学习和遵守国家标准的一切规定，保证所绘图样的正确性和规范化。

5) 随着计算机技术的飞速发展，在学习仪器绘图技能的同时，还要加强徒手绘图和计算机绘图能力的培养。