



普通高等教育“十一·五”国家级规划教材

# 机械制图

第二版

王兰美 冯秋官 主 编  
耿耀宏 殷昌贵 孙玉峰 副主编

 高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 机械制图

Jixie Zhitu

第二版

王兰美 冯秋官 主 编  
耿耀宏 殷昌贵 孙玉峰 副主编



高等教育出版社·北京  
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

## 内容提要

本书是在 2004 年第一版的基础上,根据教育部高等学校工程图学教学指导委员会 2005 年修订的“普通高等学校工程图学课程教学基本要求”及近年来新发布的国家标准,针对应用型人才培养的具体情况,参考国内外相关教材,坚持继承与创新结合,全面考虑近几年教学发展情况并参考教材的使用反馈意见与建议修订而成的。

本书内容包括绪论、制图的基本知识与技能、几何元素的投影、基本立体及其表面的交线、轴测投影、组合体的视图、机件的图样画法、零件图、连接件与传动件、装配图、展开图和焊接图、计算机绘图技术和附录。

与本书配套的《机械制图习题集》也同时修订出版,供选用。

为满足多媒体教学的需要,配套研制了综合 CAI 课件系统,内容包括授课平台、习题分析与解答、画法几何综合问题典型题例分析、创新构型设计、装配体测绘、考核命题系统等 6 个模块(可登录山东理工大学国家精品课程网站 eg. sdut. edu. cn 下载)。其中,习题分析与解答模块内容单独存于书后所附光盘。

本书可作为普通高等学校应用型本科机械类各专业工程制图课程的教材,亦可供其他类型学校相关专业选用。

## 图书在版编目(CIP)数据

机械制图/王兰美,冯秋官主编.—2 版.—北京:高等教育出版社,2010.7

ISBN 978-7-04-029147-6

I. ①机… II. ①王…②冯… 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(2010)第 092422 号

策划编辑 肖银玲 责任编辑 薛立华 封面设计 于涛 责任绘图 尹莉  
版式设计 张岚 责任校对 美国萍 责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100120

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 北京宏伟双华印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16  
印 张 29.5  
字 数 720 000

购书热线 010-58581118  
咨询电话 400-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2004 年 2 月第 1 版  
2010 年 7 月第 2 版  
印 次 2010 年 7 月第 1 次印刷  
定 价 44.70 元(含光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 29147-00

## 第二版前言

本书是在 2004 年第一版的基础上,依据教育部高等学校工程图学教学指导委员会 2005 年修订的“普通高等学校工程图学课程教学基本要求”及近年来新发布的制图国家标准,针对应用型人才培养的具体情况,全面考虑近几年教学发展情况并参考教材的使用反馈意见与建议修订而成的。本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

与本书配套的《机械制图习题集》也同时修订出版。为满足多媒体教学的需要,配套研制了综合 CAI 课件系统,内容包括授课平台、习题分析与解答、画法几何综合问题典型题例分析、创新构型设计、装配体测绘、考核命题系统等模块。

本次修订的指导思想是:继续针对应用型人才培养的具体情况,保持第一版文字叙述易读易懂、解题插图和步骤明确、便于自学等特点,借鉴多年来教学改革的成功经验,继承与创新结合,先进与实用兼顾,使本书更加适用于应用型本科机械制图课程的教学要求。

本书可满足机械类、近机械类 80~120 学时的教学要求。

### 1. 《机械制图》教材

《机械制图》教材共分 11 章,内容包括绪论、制图的基本知识与技能、几何元素的投影、基本立体及其表面的交线、轴测投影、组合体的视图、机件的图样画法、零件图、连接件与传动件、装配图、展开图和焊接图、计算机绘图技术,书后附有附录。本次主要修订的章节包括第 3 章基本立体及其表面的交线、第 5 章组合体的视图、第 6 章机件的图样画法、第 7 章零件图、第 9 章装配图和第 11 章计算机绘图技术。通过修订,更加突出了本书的特点。与其他教材相比,本书有以下特点:

(1) 针对应用型本科院校学生的具体教学要求,题解以一步一图给出,降低了以往从问题提出一步到答案带来的理解难度,使学生可以较顺利地对教学内容进行预习理解,有利于应用型院校学生自学习惯的养成和自学能力的培养。

(2) “几何元素的投影”一章,将几何概念与立体联系在一起进行分析,在点、线、面抽象的几何元素的分析中结合体的投影实例,使抽象的问题变得既形象又便于理解。

(3) 对尺寸标注“规范、完整、清晰、合理”要求的思路、方法、形式分层次进行详细叙述。

(4) 在“零件图”一章列举多个零件表达案例,在案例中详细地分析不同零件表达方案的选择确定、尺寸基准的确定及尺寸的标注;并在案例分析的基础上,对如何正确选择基准、合理标注尺寸进行进一步综合叙述,加强尺寸标注这个教学中的薄弱环节;对零部件的测量方法全部以图示的方式叙述,学生可一目了然按图操作;还对零件测绘中尺寸的圆整、标准尺寸的查表确定、测绘的步骤进行了较详细的叙述。以强化实践性教学环节,达到培养应用型人才较强的工程实践能力的目的。

(5) 目前生产实际中 CAD 技术的普及应用,对学生徒手绘图提出了更高的要求,作为应对,本书中加强了徒手绘图技巧的讲解,并在轴测图、组合体、零件图和装配图中进行徒手绘图的多重训练,以提高学生的草图绘制能力,适应 CAD 技术发展和普及后对学生绘图能力的需要。

(6) 为尽量方便教师的教学工作开展,计算机绘图技术一章在对国内外软件绘图综述的基础上,以 AutoCAD 为例,详细介绍了绘图软件的工作界面、环境设置、绘图功能、编辑功能、尺寸标注等,使计算机知识薄弱的低年级学生也可以在教师指导下,按照详细的操作步骤和图例方便地进行上机绘图实习,达到用计算机熟练作图的要求。

(7) 通过不拘泥于教学基本要求的内容的增设,贯彻现代教育“宽口径、厚基础”的培养理念。绪论中的“工程技术简介”,可使学生对工程技术领域及其要研究解决的问题有个概括的了解,实现从中学生到工程大学生角色的快速转变,使学生目标明确地主动学习;“平面、组合体、零件、装配体构型设计”,有利于学生工程能力和创新意识及发散思维的培养,更有利于将学生在学习中的被动接受变为主动思考。上述增设的内容,在具体教学中可作为学生课下的阅读材料。

## 2. 《机械制图习题集》

该配套习题集的习题设置与主教材的章节相匹配,能够满足 80~120 学时的练习要求,其特点如下:

(1) 投影理论与工程实际相结合。点、线、面等抽象的几何概念与立体联系在一起进行分析,既形象又便于理解。习题集中包含许多工程实际图例,可作为学生课后自练的题材,以增加学生对工程的了解。

(2) 题目形式多样,既有培养基本绘图、读图能力的题目,又有开阔思路、启迪思维的思考题和多解题,可有效调动学生学习的积极性。

## 3. 综合 CAI 课件系统

综合 CAI 课件系统包括授课平台、习题分析与解答、画法几何综合问题典型题例分析、创新构型设计、装配体测绘、考核命题系统等模块内容。其中,习题分析与解答模块内容单独存于书后所附光盘。读者可自行登录山东理工大学“画法几何与工程制图”国家精品课程网站 [eg.sdut.edu.cn](http://eg.sdut.edu.cn) 在线学习或下载使用更多内容。

### (1) 授课平台

授课平台内容与主教材内容匹配,涵盖了本书的全部教学内容和知识点。软件的知识展现方式是用三维动画将点、线、面及相对位置关系从三维空间到二维平面的转化过程、立体及其截交形式、两立体及多立体相贯形式的直观显示及各种相对位置的截交或相贯的渐变过程、组合体各种组合形式和形体分析以动态形式仿真模拟以及其对应图示特点的动态显示;并通过三维形象展现根据二维图形想象三维实体的思维过程;用平面二维动画模拟教师授课的绘图过程;用于各种零件的直观显示及表达方案的选择分析;装配体的拆装组合仿真模拟显示及装配图的表达方法及其画法分析。其意义在于以此实现直观教学,使抽象的问题具体化,增强感性认识,使学生能轻松掌握枯燥难学的知识,培养较强的空间思维能力。该平台含有大量的动画演示和丰富的授课图文资料。有三维动画 120 多个、平面动画 500 多个、图片 2 400 多幅,总容量 1 300 MB,分为助教版、助学版、网络版,助学版含详细的配音讲解。

### (2) 习题分析与解答

习题分析与解答内容为《机械制图习题集》所有习题的解题思路分析及习题分步解答,并配有立体(空间)仿真模型,供学生学习参考,也可供教师在习题课使用。使用时,打开文件即可通过屏幕上的相应按钮进入各章节习题,习题选择可以按顺序翻页或根据题号检索。

### (3) 画法几何综合问题典型题例分析

该课件选取课程中较典型、较难题例进行了详细的分析、解答,可应用于学生课后和课程最终的复习,主要针对对图学有浓厚兴趣的学生学习提高和研究生备考。

### (4) 创新构型设计

创新构型设计由平面构型设计、组合体构型设计、零件构型设计、装配体构型设计四部分组成,总容量 470 MB,内容包括构型设计的原则、方法及设计实例分析等。该课件主要侧重学生空间思维能力、发散思维方式、创新意识、工程实践能力的培养,使学生在在学习中自然地进行创造性思维训练。

### (5) 装配体测绘

主要针对常见装配体一级齿轮减速器、立式齿轮泵、卧式齿轮泵等,内含详细的根据功能的构型分析、表达分析、部件上各零件间的形状协调、尺寸协调、技术要求的拟定等,并配有三维总体拆装动画、各零件三维仿真模型和详细的零件图、装配图绘制的分步作图方法,用于课程的实践性教学环节——测绘。

### (6) 考核命题系统

考核命题系统包括系统管理文件、试题文件。其中系统管理程序 7 000 余行,试题 1 080 道,内容涵盖了本课程的所有知识点,能实现系统自动命题、组卷、排版和标准答案生成。组卷种类有机械类画法几何、机械制图、非机类工程制图三类,每类有 A、B、C 三个难度级别,也可采用随机难度组成试卷;组卷方式为自动、半自动、指定题目等多种方式;组卷后,可自动记忆生成该试卷的标准答案;另外,还设有试题答题时间预测、答题成绩预测和考试成绩统计分析——即输入成绩后自动生成成绩分布曲线图或柱状图的功能。该系统开放性好,教师可根据自己的需要利用 AutoCAD 的各种功能对试卷或题库内题目进行修改、增删。

参加本书修订和软件研制的单位有山东理工大学、福建工程学院、哈尔滨工业大学威海分校、河南科技大学、青岛建筑工程学院、湖南工程学院、北京建筑工程学院、沈阳建筑工程学院、潍坊学院等。修订人员有王兰美、冯秋官、耿耀宏、殷昌贵、李华、张琳、董大勇、傅钰、李冰、孙玉峰、李义祥、牛彦、孙永进、邢自聪、王惠敏、杨月英、胡曼华、张雪、鲁善文、邵明龙等。

本书由北京理工大学焦永和教授审阅,他认真、仔细地审阅了全部书稿,并提出了许多宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢。在本书的编写过程中,还得到了各参编院校的大力支持,在此也表示感谢。

由于水平所限,谬误之处在所难免,敬请读者指正。

编者

2009 年 11 月

# 目 录

|  |    |                         |     |
|--|----|-------------------------|-----|
| 绪论 .....   | 1  | 倾角 .....                | 60  |
| 复习思考题 .....  | 13 | 2.3.3 直线上的点 .....       | 62  |
| 第1章 制图的基本知识与技能 .....                                     | 14 | 2.3.4 两直线的相对位置 .....    | 63  |
| 1.1 制图国家标准的基本规定 .....                                    | 14 | 2.4 平面的投影 .....         | 70  |
| 1.1.1 图纸幅面和格式(GB/T 14689—<br>2008) .....                 | 14 | 2.4.1 各类平面的投影特性 .....   | 71  |
| 1.1.2 比例(GB/T 14690—1993) .....                          | 17 | 2.4.2 平面上的直线和点 .....    | 75  |
| 1.1.3 字体(GB/T 14691—1993) .....                          | 17 | 2.5 几何元素间的相对位置 .....    | 79  |
| 1.1.4 图线(GB/T 4457.4—2002、<br>GB/T 17450—1998) .....     | 19 | 2.5.1 平行问题 .....        | 79  |
| 1.1.5 尺寸注法(GB/T 4458.4—2003、<br>GB/T 16675.2—1996) ..... | 20 | 2.5.2 相交问题 .....        | 80  |
| 1.2 尺规绘图 .....   | 24 | 2.5.3 垂直问题 .....        | 88  |
| 1.2.1 尺规绘图的工具及其使用 .....                                  | 25 | 2.6 点、线、面综合问题解题示例 ..... | 89  |
| 1.2.2 几何作图 .....   | 29 | 复习思考题 .....             | 92  |
| 1.2.3 平面图形的尺寸和线段分析 .....                                 | 35 | 第3章 基本立体及其表面的交线 .....   | 94  |
| 1.2.4 平面图形构型设计 .....                                     | 37 | 3.1 立体的投影 .....         | 94  |
| 1.2.5 绘图的方法与步骤 .....                                     | 40 | 3.1.1 平面立体 .....        | 94  |
| 1.3 徒手绘图 .....   | 40 | 3.1.2 常见回转体 .....       | 96  |
| 1.3.1 概述 .....   | 40 | 3.2 平面与立体相交 .....       | 102 |
| 1.3.2 草图的徒手绘制技巧 .....                                    | 41 | 3.2.1 平面与平面立体相交 .....   | 102 |
| 1.4 计算机绘图 .....  | 44 | 3.2.2 平面与常见回转体相交 .....  | 104 |
| 复习思考题 .....  | 46 | 3.3 立体与立体相交 .....       | 113 |
| 第2章 几何元素的投影 .....  | 47 | 3.3.1 两平面立体相交 .....     | 114 |
| 2.1 投影方法 .....   | 47 | 3.3.2 平面立体与曲面立体相交 ..... | 116 |
| 2.2 点的投影 .....   | 48 | 3.3.3 两曲面立体相交 .....     | 118 |
| 2.2.1 点在两投影面体系中的投影 .....                                 | 48 | 3.3.4 多体相交 .....        | 127 |
| 2.2.2 点在三投影面体系中的投影 .....                                 | 50 | 复习思考题 .....             | 128 |
| 2.2.3 两点的相对位置 .....                                      | 52 | 第4章 轴测投影 .....          | 130 |
| 2.2.4 点的投影变换规律 .....                                     | 54 | 4.1 轴测投影的基本知识 .....     | 130 |
| 2.3 直线的投影 .....  | 56 | 4.2 正等轴测图 .....         | 132 |
| 2.3.1 各种位置直线的投影特性 .....                                  | 56 | 4.3 斜二轴测图 .....         | 140 |
| 2.3.2 直线段的实长和对投影面的                                       |    | 4.4 轴测剖视图的画法 .....      | 142 |

|                            |     |                                      |     |
|----------------------------|-----|--------------------------------------|-----|
| <b>第 5 章 组合体的视图</b> .....  | 149 | 6.4.1 局部放大图 .....                    | 207 |
| 5.1 组合体的形体分析 .....         | 149 | 6.4.2 几种简化画法 .....                   | 208 |
| 5.2 组合体的画图方法 .....         | 151 | 6.5 表达方法综合举例 .....                   | 213 |
| 5.2.1 三面视图的形成与投影规律 .....   | 151 | 复习思考题 .....                          | 215 |
| 5.2.2 叠加式组合体三视图的画法 .....   | 152 | <b>第 7 章 零件图</b> .....               | 216 |
| 5.2.3 切割式组合体三视图的画法 .....   | 154 | 7.1 零件图的作用与内容 .....                  | 217 |
| 5.3 组合体的尺寸标注 .....         | 156 | 7.2 零件构型设计与表达方案的<br>选择 .....         | 220 |
| 5.3.1 尺寸标注的基本要求 .....      | 156 | 7.2.1 零件构型设计 .....                   | 220 |
| 5.3.2 标注尺寸要完整 .....        | 156 | 7.2.2 零件表达方案的确定——视图<br>选择的一般原则 ..... | 222 |
| 5.3.3 标注尺寸要清晰 .....        | 160 | 7.3 典型零件分析 .....                     | 225 |
| 5.3.4 标注组合体尺寸的方法和步骤 .....  | 162 | 7.3.1 轴套类零件的表达分析 .....               | 226 |
| 5.4 组合体的看图方法 .....         | 168 | 7.3.2 盘盖类零件的表达分析 .....               | 229 |
| 5.4.1 看图时需注意的几个问题 .....    | 168 | 7.3.3 叉架类零件的表达分析 .....               | 231 |
| 5.4.2 形体分析看图法 .....        | 171 | 7.3.4 箱体类零件的表达分析 .....               | 236 |
| 5.4.3 线面分析看图法 .....        | 172 | 7.4 零件图中尺寸的合理标注<br>综述 .....          | 240 |
| 5.4.4 组合体看图举例 .....        | 174 | 7.4.1 基准 .....                       | 240 |
| 5.5 组合体的构型设计 .....         | 178 | 7.4.2 尺寸标注的形式 .....                  | 241 |
| 5.5.1 构型原则 .....           | 178 | 7.4.3 尺寸标注的一些原则 .....                | 241 |
| 5.5.2 构型的基本方法 .....        | 179 | 7.4.4 合理标注零件尺寸的方法步骤 .....            | 248 |
| 5.5.3 构型设计举例 .....         | 181 | 7.5 零件图的技术要求 .....                   | 249 |
| 复习思考题 .....                | 183 | 7.5.1 表面结构 .....                     | 249 |
| <b>第 6 章 机件的图样画法</b> ..... | 184 | 7.5.2 极限与配合 .....                    | 253 |
| 6.1 物体外形的表达——视图 .....      | 184 | 7.5.3 几何公差的标注 .....                  | 259 |
| 6.1.1 基本视图 .....           | 184 | 7.6 零件的测绘 .....                      | 262 |
| 6.1.2 向视图 .....            | 186 | 7.6.1 测绘概述 .....                     | 262 |
| 6.1.3 局部视图 .....           | 187 | 7.6.2 测绘技术 .....                     | 263 |
| 6.1.4 斜视图 .....            | 188 | 7.7 看零件图的方法 .....                    | 270 |
| 6.1.5 第三角画法简介 .....        | 189 | 7.7.1 概括了解 .....                     | 271 |
| 6.2 物体内形的表达——剖视图 .....     | 191 | 7.7.2 分析视图,想象零件形状 .....              | 271 |
| 6.2.1 剖视图的概念 .....         | 191 | 7.7.3 尺寸和技术要求分析 .....                | 271 |
| 6.2.2 画剖视图的方法和步骤 .....     | 193 | 复习思考题 .....                          | 272 |
| 6.2.3 剖切面的种类 .....         | 194 | <b>第 8 章 连接件与传动件</b> .....           | 273 |
| 6.2.4 剖视图的种类 .....         | 199 | 8.1 螺纹 .....                         | 273 |
| 6.3 断面图 .....              | 204 | 8.1.1 螺纹的基本要素 .....                  | 273 |
| 6.3.1 移出断面 .....           | 205 | 8.1.2 螺纹的规定画法 .....                  | 274 |
| 6.3.2 重合断面 .....           | 206 |                                      |     |
| 6.3.3 断面表达实例 .....         | 207 |                                      |     |
| 6.4 其他规定画法和简化画法 .....      | 207 |                                      |     |



|  |     |  |     |
|--|-----|--|-----|
| 8.1.3 螺纹的标注 .....                            | 276 | 复习思考题 .....  | 324 |
| 8.2 螺纹紧固件 .....                              | 278 | <b>第10章 展开图和焊接图</b> .....                            | 325 |
| 8.2.1 螺纹紧固件的标记与画法 .....                      | 278 | 10.1 表面展开图 .....                                     | 325 |
| 8.2.2 螺纹紧固件的连接画法 .....                       | 279 | 10.1.1 平面立体的表面展开 .....                               | 325 |
| 8.3 键和销 .....                                | 284 | 10.1.2 可展曲面的表面展开 .....                               | 327 |
| 8.3.1 键及其连接 .....                            | 284 | 10.1.3 不可展曲面的近似展开 .....                              | 329 |
| 8.3.2 销及其连接 .....                            | 286 | 10.1.4 应用举例 .....                                    | 334 |
| 8.4 齿轮 .....                                 | 287 | 10.2 焊接图 .....                                       | 338 |
| 8.4.1 齿轮的各部分名称和尺寸关系 ..                       | 288 | 10.2.1 焊缝符号(GB/T 324—2008、<br>GB/T 12212—1990) ..... | 338 |
| 8.4.2 齿轮的规定画法(GB/T 4459.2—<br>2003) .....    | 291 | 10.2.2 基本符号和指引线的位置<br>规定 .....                       | 341 |
| 8.4.3 齿轮的测绘 .....                            | 293 | 10.2.3 焊缝尺寸及标注 .....                                 | 342 |
| 8.5 滚动轴承 .....                               | 294 | 10.2.4 焊缝符号应用示例 .....                                | 344 |
| 8.6 弹簧 .....                                 | 295 | 10.2.5 焊接件示例 .....                                   | 347 |
| 复习思考题 .....                                  | 299 | 复习思考题 .....  | 348 |
| <b>第9章 装配图</b> .....                         | 300 | <b>第11章 计算机绘图技术</b> .....                            | 349 |
| 9.1 装配图的内容 .....                             | 300 | 11.1 AutoCAD 入门知识 .....                              | 350 |
| 9.2 部件的表达方法 .....                            | 302 | 11.1.1 AutoCAD 简介 .....                              | 350 |
| 9.2.1 装配图的规定画法 .....                         | 302 | 11.1.2 AutoCAD 2008 中文版启动<br>向导 .....                | 351 |
| 9.2.2 装配图的特殊画法<br>(GB/T 16675.1—1996) .....  | 302 | 11.1.3 AutoCAD 2008 中文版的工作<br>界面 .....               | 351 |
| 9.2.3 部件的视图选择 .....                          | 304 | 11.1.4 AutoCAD 的文件操作 .....                           | 354 |
| 9.3 装配图的尺寸标注和技术<br>要求 .....                  | 306 | 11.1.5 命令输入方式 .....                                  | 356 |
| 9.3.1 尺寸标注 .....                             | 306 | 11.1.6 数据输入方法 .....                                  | 356 |
| 9.3.2 技术要求 .....                             | 306 | 11.2 绘图环境的建立与图层的<br>设置 .....                         | 358 |
| 9.4 装配图中零部件的序号和明<br>细栏 .....                 | 307 | 11.2.1 绘图环境的建立 .....                                 | 358 |
| 9.4.1 零部件序号及编排方法<br>(GB/T 4458.2—2003) ..... | 307 | 11.2.2 图层及线型的设置 .....                                | 360 |
| 9.4.2 明细栏 .....                              | 308 | 11.3 图形的绘制与编辑 .....                                  | 362 |
| 9.5 装配结构的构型设计 .....                          | 308 | 11.3.1 实体与选择集 .....                                  | 362 |
| 9.6 部件测绘和装配图画法 .....                         | 312 | 11.3.2 绘图区域内点的拾取 .....                               | 362 |
| 9.6.1 部件测绘 .....                             | 312 | 11.3.3 绘图命令 .....                                    | 365 |
| 9.6.2 装配图的画法 .....                           | 313 | 11.3.4 基本编辑命令 .....                                  | 366 |
| 9.7 看装配图和拆画零件图 .....                         | 318 | 11.4 尺寸标注 .....                                      | 370 |
| 9.7.1 看装配图 .....                             | 318 | 11.4.1 按类进行尺寸标注 .....                                | 370 |
| 9.7.2 拆画零件图 .....                            | 319 | 11.4.2 设置尺寸标注样式 .....                                | 372 |

|                                 |     |                         |     |
|---------------------------------|-----|-------------------------|-----|
| 11.4.3 尺寸公差、形位公差的标注 .....       | 374 | 11.8.6 实训六:零件的建模 .....  | 415 |
| 11.4.4 尺寸标注编辑 .....             | 374 | 11.8.7 实训七:三维实体建模 ..... | 416 |
| 11.5 辅助绘图命令 .....               | 375 | 复习思考题 .....             | 420 |
| 11.5.1 块 .....                  | 375 | 附录 .....                | 422 |
| 11.5.2 显示控制 .....               | 376 | 一、极限与配合 .....           | 422 |
| 11.6 绘图举例 .....                 | 378 | 二、螺纹 .....              | 429 |
| 11.6.1 绘制机床摇手柄 .....            | 378 | 三、螺栓 .....              | 435 |
| 11.6.2 绘制减速箱轴 .....             | 381 | 四、双头螺柱 .....            | 436 |
| 11.7 三维绘图与实体造型简介 .....          | 384 | 五、螺钉 .....              | 437 |
| 11.7.1 三维绘图简介 .....             | 384 | 六、螺母 .....              | 442 |
| 11.7.2 实体造型简介 .....             | 387 | 七、垫圈 .....              | 445 |
| 11.8 计算机绘图上机实训 .....            | 397 | 八、键 .....               | 448 |
| 11.8.1 实训一:绘图环境的初始化 .....       | 397 | 九、销 .....               | 450 |
| 11.8.2 实训二:精确绘制二维平面<br>图形 ..... | 399 | 十、紧固件通孔及沉孔尺寸 .....      | 452 |
| 11.8.3 实训三:样板图的创建 .....         | 401 | 十一、滚动轴承 .....           | 453 |
| 11.8.4 实训四:绘制零件图 .....          | 407 | 十二、常用材料及热处理名词解释 .....   | 456 |
| 11.8.5 实训五:绘制装配图 .....          | 410 | 参考文献 .....              | 461 |

# 绪 论

## 1. 课程情况

### (1) 课程的地位、性质和任务

在工程技术中根据投影原理、标准或有关规定表示工程对象,并有必要的技术说明的图称为图样。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;制造者根据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。所以,图样被称为工程界的技术语言。

随着科学技术的进步,尤其是计算机科学技术的迅速发展,计算机图形(computer graphics, CG)技术和计算机辅助设计(computer aided design, CAD)已经在世界各国各个行业广泛应用。在设计过程中人们可以借助CAD系统建立描述对象的模型,进行对象的仿真,生成表达对象的图形,代替人的手工设计计算和绘图,提高设计的效率和质量。同时科学计算可视化、信息可视化、虚拟现实的研究和应用日益迫切,人们对图形信息的需求越来越多,图形应用领域越来越广阔,工程技术、科学研究以及人们的社会生活无所不及。形成这种局面,一方面是因为图形特别适合人类视觉系统的观察,人的眼睛从图形上接收信息的内容比数字、文字、表格快很多倍,并且人类对图形也具有高度的理解本能,因此用图来记录或描述对象比用文字描述要简明、方便得多。如果不借助图形提供的形象直观的视觉表示,人类就很难研究真实世界或抽象世界的模型。另一方面,现代计算机科学技术、通信技术、图形处理技术为图形的生成、处理、存储提供了强有力的手段和工具,使快速、方便、实时生成图形成为现实。

随着信息时代的到来,工程科技人员每天需要接收和处理的图形比过去要多得多,这就要求工程科技人员应具备高的图形表达能力和素质。因此无论过去、现在和将来,培养工程技术人员的高等工科院校教学计划中,都把制图作为一门必修的技术基础课程。

机械制图课程的主要任务是:

- 1) 学习投影法(主要是正投影法)的基本理论,应用正投影法,并遵照国家标准的规定来绘制机械图样;
- 2) 培养学生的空间逻辑思维和形象思维能力;
- 3) 让学生掌握徒手绘图、用仪器工具绘图和计算机绘图的方法,培养学生绘制和阅读机械图样的能力,并且培养学生耐心细致的工作作风和严肃认真的工作态度;
- 4) 初步了解机械图样有关的机械设计和制造工艺方面的知识。

### (2) 课程的内容和要求

本课程包括画法几何、制图基础、机械图和计算机绘图基础四个部分。

画法几何主要学习投影法的基本知识,研究三维空间的点、线、面、立体在二维平面上的投影。

制图基础主要介绍绘制图样的基本方法和基本技能。让学生能运用形体分析和线面分析方法,进行组合体的画图、读图和尺寸标注,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,做到视图选择和配置恰当,投影正确,尺寸齐全、清晰,通过学习和实践,培养空间逻辑思维和形象思维能力。

机械图包括零件图、连接件、传动件和装配图等内容。了解零件图、装配图的作用、内容,掌握视图选择方法、规定画法,学习极限与配合及有关零件结构设计和加工工艺的知识和合理标注尺寸的方法。培养学生绘制和阅读零件图、装配图的基本能力,达到正确绘制和阅读中等复杂程度的零件图(视图不少于4个)和装配图(非标准件10件左右)。

计算机绘图基础介绍典型CAD软件,内容包括绘图环境、基本绘图、基本编辑、尺寸标注、块的定义与插入、三维造型等,并通过实例介绍零件图、装配图的绘制方法。计算机绘图是实现计算机辅助设计和自动化的一项新技术,它与尺规绘图及徒手绘图都是工程技术人员必须熟练掌握的绘图方法。计算机绘图技术一章虽放在本书的后面,但教学中可根据实际情况调整安排,尽量使三种方法都贯穿在本课程教学的全过程中。

### (3) 课程的学习方法

机械制图就是按照正投影的方法,并遵照国家标准用图样来表达已经存在或正在我们头脑中设计构思的机器及其零部件。作为课程,它是机械基础系列课程中的先修课,必须为学习机械原理和机械设计等后续课程打下读图和绘图的基础。作为设计,它又是对设计过程的记录和设计结果的描述,要真正画好机械图还必须熟悉机械设计和机械制造工艺的知识。所以机械制图是一门理论性和实践性都很强的技术基础课。学习机械制图必须理论联系实际,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,才能逐步提高空间逻辑思维和形象思维能力,掌握本课程的基本内容。另外,有意识地对周围环境中的物体、生活用品进行图形构思是提高形象思维能力的方便、有效捷径。

做作业时,无论用仪器绘图还是用计算机绘图,都应在掌握有关概念及原理的基础上,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。作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。

要充分利用机械认识实践、现场参观和金工实习等机会,尽量多接触机械和机械零件、部件,增强感性认识,逐步熟悉零件的结构和工艺,为制图与设计相结合打下初步基础。在后续的机械设计、机械制造基础、课程设计和毕业设计中还要继续深入学习和提高,达到工程技术人员应具备的机械设计制图的能力和素质的要求。

图样是产品生产和工程建设中最重要的技术文件,绘图和读图的差错都会带来损失,所以在做机械制图作业时,就应该注意培养自己认真负责的工作态度和细致严谨的工作作风。

## 2. 工程中常用的图示方法

图形以其直观、信息含量大的特性,很早就已作为人们交流思想的工具。从在山洞里用象形文字来表达世界,到今天摩天大楼的巍然耸立、卫星上天、现实虚拟,每一次飞跃,都离不开图形这一有力的工具。一种新机器在制造之前,必须首先进行设计。设计的第一步应该是先在设计人员的头脑中构思出方案,然后设计人员将构思的方案用图形表述出来。在不同的设计环节和

不同的工程领域,习惯用不同的图示表述方法。工程中常用的图示方法有正投影、轴测投影、标高投影和透视投影等。

由于图形作为一种工具,对解决许多工程技术问题起着重要作用,因此对图形就有严格的要求。一般要求图形能完全确定空间形体的真实形状和大小,而且要便于阅读和方便绘制。

由于图 1 所示的正投影能反映物体的真实尺寸,故工程中常用,但其直观性差。工程中常用图 2 所示的轴测投影作为辅助图样,以弥补正投影的不足。标高投影(图 3)常用做地形图等。透视投影(图 4)常用做建筑物的效果图等。

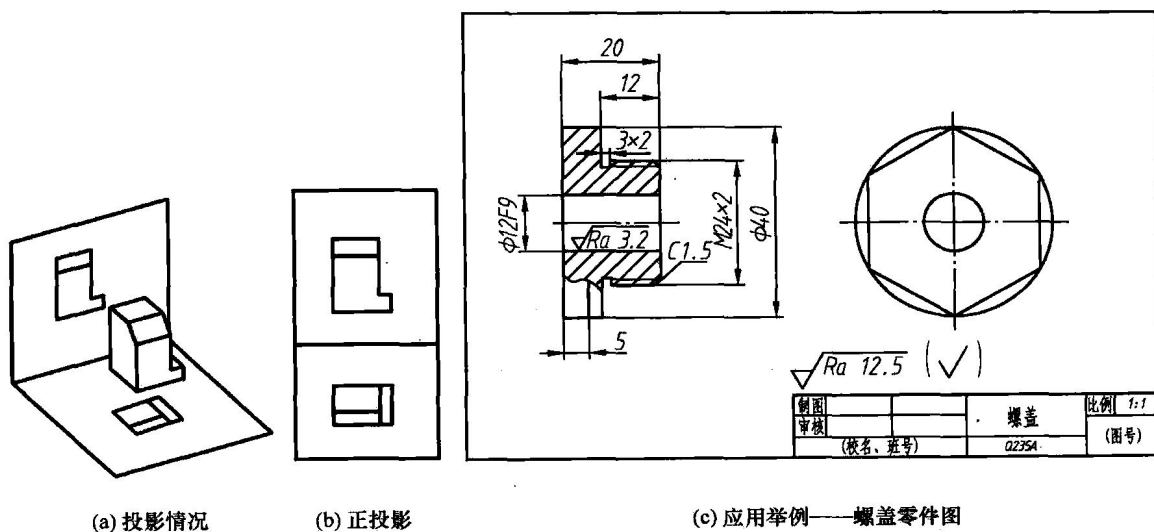


图 1 物体的两面正投影

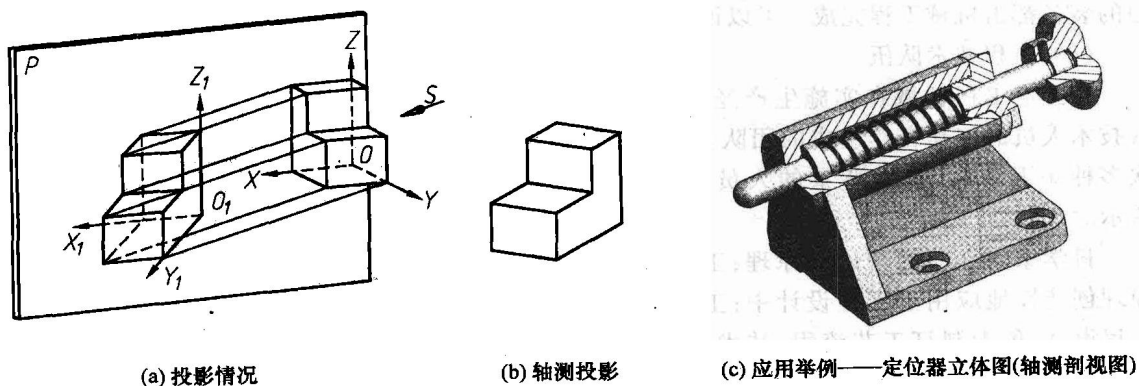


图 2 物体的轴测投影

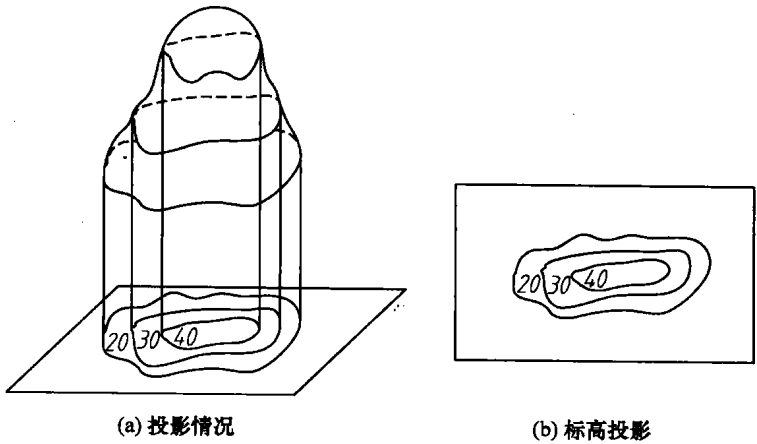


图 3 地形的标高投影

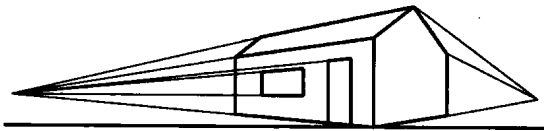


图 4 透视投影

### 3. 工程技术简介<sup>①</sup>

#### (1) 工程技术领域

现代工程技术领域包括航空航天工程、农业工程、化学工程、土木建筑工程、运输工程、信息电气工程、核工程、石油工程、机械工程等,几乎所有的工程领域都与机械工程密切相关,它们需用的装备都由机械工程完成。可以说,机械工程是各工程的基础。

#### (2) 工程技术队伍

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、技术背景的人员,其组成成分如图 5 所示。

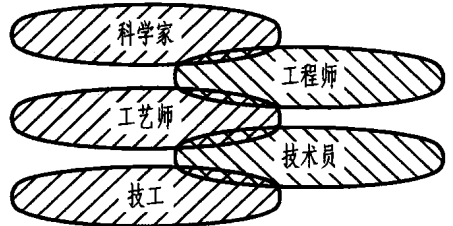


图 5 工程技术人员团队

科学家创立新的理论与原理;工程师将新的理论与原理创造性地应用于工程设计中;工艺师实现工程师的工程设计,负责制订工艺流程;技术员辅助工艺师工作,技工实施工艺师制订的工艺流程。

此外还有造型设计师等,这些人员工程领域跨度极大,今天设计一个汽车外形,明天可能设

<sup>①</sup> 编写此内容的目的在于使初接触技术基础课的学生对工程问题有一定的了解和认识,可作为学生课余阅读材料。

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,而对产品的内部细节问题考虑较少。造型设计师必须具备良好的审美观和丰富的空间想象力。

### (3) 工程设计的分类

大多数设计问题可以分成系统设计和产品设计两大类。

系统设计研究如何将现有的产品和部件组合成能够产生预期效果的独特系统。如住宅大楼是由图 6 所示的部件和产品组成的复杂系统。

产品设计探讨大批生产的产品,如器械、工具或玩具的设计、测试、制造和销售。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(图 7)。

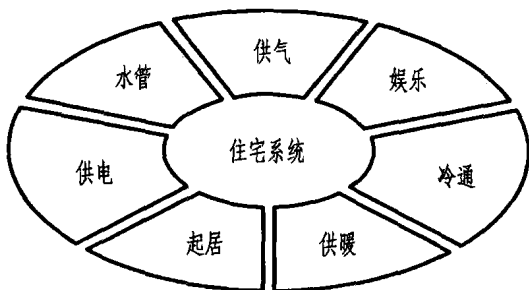


图 6 系统设计问题

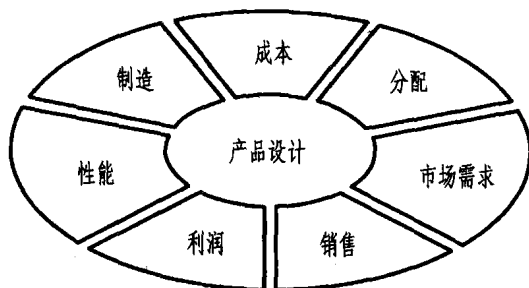


图 7 产品设计问题

### (4) 工程设计过程

设计就是一种将各种原理、资源和产品组合起来提出解决某一具体问题的方案。

设计过程可分以下过程:① 对设计题目的初步认识;② 提出初步设计方案;③ 对设计题目进行细化;④ 分析;⑤ 决策;⑥ 实现(图 8)。设计人员按上述顺序工作,但在设计过程中,前面完成的步骤还可能回过头去重复进行。

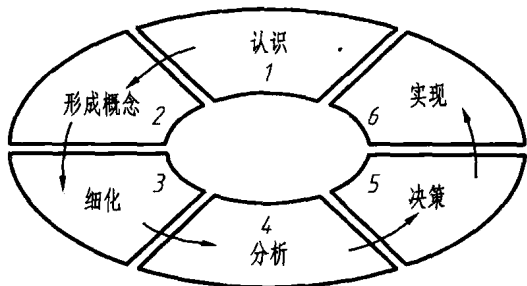


图 8 产品设计过程

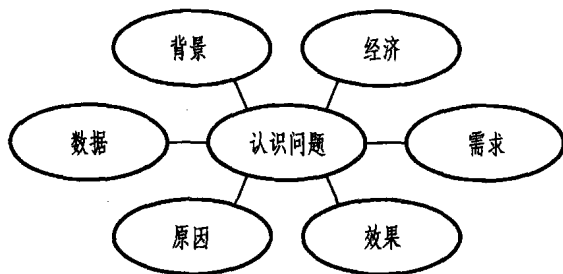


图 9 工程设计认识过程

1) 对设计题目的初步认识 搞清设计目的和达到设计目的可能涉及的各种因素,这是在设法解决问题之前必须加以充分认识的(图 9)。

2) 提出初步设计方案 要尽量多地收集解决问题的设计方案(图 10),并画出多种初步设计方案的概念草图,设计方案及其说明应当详细标记在草图上。

3) 对设计题目进行细化 在初步设计方案的基础上,选出几个较好的初步设计方案进行细

化(图 11),以确定它们各自的优点所在。将概念草图画成正规图样,以便于进行空间分析、评价测度以及对会影响设计的面积和体积的计算,必须考虑空间的关系、平面间的角度、构件的长度、曲面与平面的交线等。

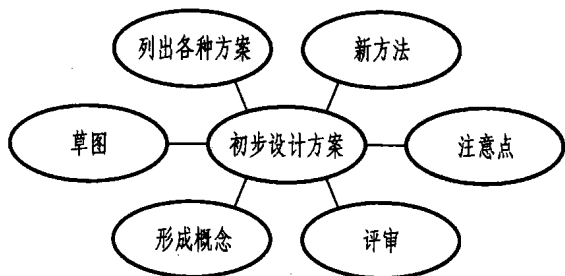


图 10 设计草案确定

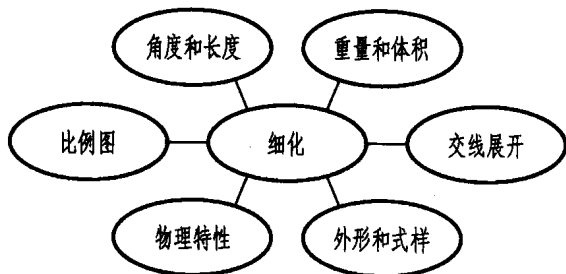


图 11 问题细化

4) 分析 设计过程中运用工程与科学原理最多的步骤就是分析,即评价最佳的设计方案,比较各方案在成本、强度、性能和市场前景等方面的优劣(图 12)。利用图形分析的方法是检查设计方案可行与否的一种手段,难以用数学方法表示的数据可以通过图形、造型、运动等进行分析。另外,制作缩小的模型亦可以用做分析工具,也可利用计算机对设计进行建模,进行虚拟设计,帮助建立运动部件和外观的关系,以评价其他设计方面的特性。

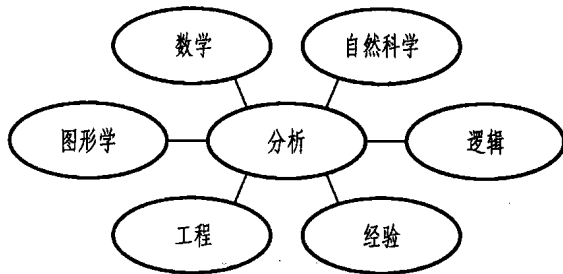


图 12 分析

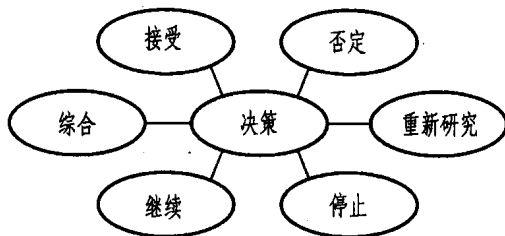


图 13 决策

5) 决策 根据上述的分析,确定一个解决设计问题的正式方案(图 13)。

6) 实现 最终的设计方案必须以具有可操作性的形式来表示(图 14)。零件图、装配图通常用做产品制造、安装调试的依据,无论该产品是小型的金属件还是一座巨大的桥梁。工人必须拿到制造每个零件的零件图、详细说明书、精度要求等技术文件,才能保证生产出合格的产品。

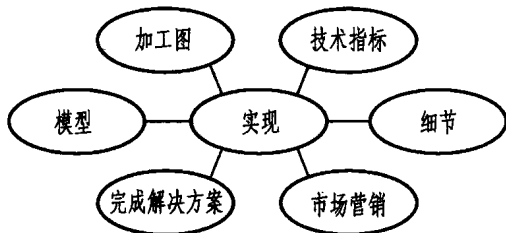


图 14 实现

(5) 简单设计案例

上述的设计过程是工科学生在毕业设计时必须实践的,本课程作为技术基础课,是学生接触的第



一门与技术有关的课程,为了使学生对设计工作有一个概括了解,下面通过具体实例说明设计过程各个步骤在简单设计问题中的应用。

**【例】** 坐姿人体数据测量椅踏板高度调节装置的设计。该人体数据测量椅要求能方便地对6~14岁儿童的正确坐姿进行多尺寸的测量,设计要求通过调节踏板高度,使不同身高的受测儿童得到舒适正确的坐姿。考虑测量人员的工作强度,要求装置方便调节,且安全可靠。试设计一种调节装置,能满足上述要求,并满足市场的需求。

1) 问题的认识 首先,设计人员应记下问题的阐述(图15)以及有关需求的说明,列出有关的限制和所要求的特性,画出必要的草图。在认识问题的过程中,就会构思出一些解决问题的初步方案,随时记下问题和画出解决方案草图会使你的工作更富有创造性。

|  |    |    |    |    |    |   |
|--|----|----|----|----|----|---|
| 问题的认识:                                   |    |    |    |    |    |   |
| 1. 项目名称——坐姿人体数据测量椅踏板高度调节装置的设计            |    |    |    |    |    |   |
| 2. 问题的阐述——通过调节装置的设计可以满足6~14岁年龄段人体坐姿尺寸的测量 |    |    |    |    |    |   |
| 3. 要求与限制——A. 满足调节范围                      |    |    |    |    |    |   |
| B. 容易安装                                  |    |    |    |    |    |   |
| C. 稳定可靠                                  |    |    |    |    |    |   |
| D. 方便移动                                  |    |    |    |    |    |   |
| E. 对儿童安全                                 |    |    |    |    |    |   |
| F. 调节方便                                  |    |    |    |    |    |   |
| G. 该装置在适当位置可以固定                          |    |    |    |    |    |   |
| 4. 需要的信息——A. 了解相关产品信息                    |    |    |    |    |    |   |
| B. 征求使用者意见                               |    |    |    |    |    |   |
| C. 研究使用范围,确定调节范围                         |    |    |    |    |    |   |
| D. 了解制造商和销售商                             |    |    |    |    |    |   |
| E. 调查调节范围                                |    |    |    |    |    |   |
| 5. 市场考虑——A. 该测量椅的价格                      |    |    |    |    |    |   |
| B. 与经销商和制造方沟通——该类似设备的销售情况                |    |    |    |    |    |   |
| 该类似设备的制造工艺和成本                            |    |    |    |    |    |   |
| C. 销路——主要使用该设备的单位                        |    |    |    |    |    |   |
| 购物中心了解情况                                 |    |    |    |    |    |   |
| 认识问题                                     | 姓名 | 代码 | 项目 | 日期 | 时间 | 1 |

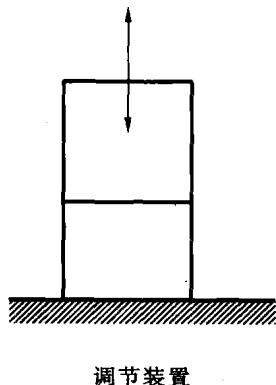


图15 认识问题工作表

2) 初步设计方案 先列出设计组各成员所有的设计方案并进行讨论(图16),再将较好的设计方案和设计特点列在工作表上(图17),然后,将这些文字的设计方案徒手画成草图(图18)。设计人员应尽量设法多提出一些设计方案。