



普通高等教育“十二五”规划教材

教育部、财政部第四批高等学校特色专业
河海大学热能与动力工程建设点质量工程建设教材

机械制图

郭建斌 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



普通高等教育“十二五”规划教材

机械工程制图

郭建斌 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是根据教育部批准印发的“高等学校画法几何及机械制图课程教学基本要求(近机类专业适用)”,参考最新国家标准所编写的一本近机类《机械工程制图》教材。

本书在保证基本教学内容的基础上,综合了水利、制药、工业类等近机类应用专业的需要,重视学习者读图能力的培养,增强了组合体构型、零件图、装配图的阅读和绘制等内容,在文字上注意基本概念和基本知识的准确阐述;书中 AutoCAD 制图内容采用 2010 版本,力求读者快速入门。

全书共分 11 章,介绍了制图的基础知识、基本方法和技巧,以及国家标准规定等;既包括了几何要素、基本体、组合体、轴测图的视图投影等画法几何知识,又包括了零件图、装配图、焊接图、立体展开图的绘制和阅读等机械图知识;涵盖了 CAD 绘图和三维造型等计算机绘图。

与本书配套的《机械工程制图习题集》同时出版。

本书可以作为应用型高等工程教育近机类、水利类、制药类各专业的基础教材,也可供其他专业教师和相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程制图 / 郭建斌主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2011.8
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5084-8934-6

I. ①机… II. ①郭… 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182455号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 机械工程制图
作 者	郭建斌 主编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales@waterpub. com. cn 电话: (010) 68367658 (发行部) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
经 售	
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心 北京市北中印刷厂
印 刷	184mm×260mm 16开本 23印张 545千字
规 格	
版 次	2011年8月第1版 2011年8月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	36.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

本书编委会

主 编：郭建斌

副 主 编：林红艳 戴小斌 黄晓萍 张淑敏

编写人员：徐立群 秦战生 范世祥 卜现港

夏海南 卢 彬 侯 俊 张晓红

前 言

本教材是由河海大学联合南京中医药大学、南京工业大学、南京机电职业技术学院、金肯职业技术学院等院校在 2008 年出版的《机械制图》的基础上根据教育教学需要重新组织编写的。本教材综合了水利、医药、工业类等近机类应用专业的需要,结合现代机械制图学的教学目标,目的在于打通相关专业基础教学平台,实现通用知识与专业特色相结合的教育教学目标。

本教材根据教育部批准印发的“高等学校画法几何及机械制图课程教学基本要求(近机类专业适用)”和近年来发布的国家标准,参考了相关院校的同类教材、教学大纲、教学计划,在吸取实践教学经验的基础上编撰而成。编写过程中,努力按照“宽基础、精内容、重实践、易教学”的要求,安排本书的体系、知识点、文字叙述和插图等内容,力图充分体现开发智力、培养能力、调动学习积极性等教学宗旨,以期实现培养和提高中高级科技人才素质的教学建设目标。本教材的编写主要体现以下特点:

(1) 本教材以实现“培养学生绘图和读图能力”为目标,在制图的基本理论和基本知识方面,特别注重叙述的条理和内容的深入浅出,使学生能正确绘制和阅读比较简单的机械图样。

(2) 根据课程知识点的内在联系,组织教学内容,按照循序渐进、由浅入深的原则,突出重点,分散难点。

(3) 书中对文字叙述的详略和图例选择作了一定安排,注意内容突出、目标清晰、繁简适中,便于读者自学。在文字叙述上,注意基本概念和基础知识的准确阐述,注意教学内容中绘图和看图过程的表达,为提高学生绘图和看图能力打下坚实的基础。

(4) 书中内容参考和采纳了最新国家标准要求,便于读者能够了解和掌握相关标准的规定。

(5) 考虑到专业特点和学时所限,将“换面法”等知识点作了删除;考虑到现代 CAD 三维建模技术已比较成熟,对轴测视图部分作了一定简化、删节;与专业工程应用衔接紧密的“零件图”、“装配图”、“展开图”、“焊接图”、“平面 CAD 制图”等内容作了一定扩充延伸。章节安排贯彻了与工程应

用相结合的教学目标。

(6) 为满足不同层次教学的需要,本书对基础知识环节进行了“☆”、“☆☆”两级难点认证,使全书在知识体系上科学合理。使用中可根据学生专业、层次等的不同自行选择,适合不同层次要求的教学。

(7) 近年来以 AutoCAD、SolidWorks 等为代表的现代 CAD 软件系统得到广泛应用,本书有针对性地介绍了相关 CAD 的应用知识,以促进制图类教材的变革与创新。

本教材编撰过程中考虑到内容与其他同类教材的兼容性、连贯性,选编内容注意吸纳和参考同类教材、教案的经典题例,并在此基础上进行修订和创新。书中若干图样选编自互联网资料,出处无从查考,加之编撰时间较为紧迫,因此选用时没有注明参考出处,特此声明。

为了促进教与学的有序规范以及辅助课外教学的目标,本书专门开发了 CAI 课件系统和基于互联网平台的课外辅助支撑系统,通过 Flash 动画技术实现启迪式教学和课程教学内容的有效再现,有效降低教师备课、授课的工作强度,加强工程实践性环节,调动学生的学习积极性,利于自学和制图技能的掌握。该系统可以兼容各高校现有多媒体支持平台,实现无缝衔接,欢迎大家通过 QQ1762544523 索取使用。

由中国水利水电出版社出版的郭建斌、徐立群主编的《机械工程制图习题集》,供本书配套使用。本套教材可作为高等院校非机类和近机类工科专业“机械制图”课程的教材,也可供各类学校和自学青年学习机械制图时参考。

本教材经中国水利水电出版社教材编审委员会 2011 年工作会议评审,同意出版,并委托河海大学水电学院陈寿富教授审阅。审阅人提出了许多宝贵的修改意见和建议,在此致以诚挚的感谢。

同时,在编撰过程中,河海大学教务处、河海大学能源与电气学院等单位领导给予了高度重视和大力支持,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在一些缺点和不足,为此热忱欢迎广大读者批评和指正,以使本教材能够更趋完善。

编 者

2011 年 6 月于南京

目 录

前言

绪论	1
0.1 课程基本概念	1
0.2 课程目标、任务和内容	2
0.3 课程学习方法	3
0.4 课程发展的历史和前景	4
第1章 机械工程图学基础	7
1.1 有关国家标准规定	7
1.2 制图工具	22
1.3 制图方法	26
1.4 平面图形分析及制图步骤	35
1.5 计算机绘图基础	39
第2章 投影基础	52
2.1 投影法简介	52
2.2 点、线、面的投影及其特性	56
2.3 基本几何要素的相互关系	74
☆☆2.4 综合应用	85
第3章 立体及其表面交线的投影	90
3.1 平面立体的投影特性	91
3.2 曲面立体的投影特性	94
3.3 立体表面与平面的交线——截交线	102
3.4 立体和立体表面的交线——相贯线	114
☆第4章 轴测图	129
4.1 轴测图的基本知识和特性	129
4.2 正等轴测图	130
4.3 斜二等轴测图(斜二测)	136
4.4 AutoCAD 2010 三维实体造型	138
第5章 组合体视图	142
5.1 组合体的基本特性	142
5.2 组合体的形成方式和其表面间的过渡关系	142
5.3 组合体视图的绘制	145

5.4	读组合体视图	149
5.5	组合体的尺寸标注	158
第6章	形体常用的表达方法	170
6.1	视图的表达方法	170
6.2	剖切视图的表达方法	173
6.3	断面图	183
6.4	其他表达方法	186
6.5	应用举例	190
6.6	用 AutoCAD 绘制剖面符号	192
第7章	标准件和常用件画法和规定	194
7.1	螺纹及螺纹紧固件	195
7.2	键连接和销连接	211
7.3	齿轮常用件	216
7.4	滚动轴承	226
7.5	弹簧	229
第8章	零件图	232
8.1	零件图的作用与内容	233
8.2	零件的表达方法	233
8.3	零件工艺性简介	238
8.4	零件的技术要求	242
☆8.5	零件图的尺寸标注	263
8.6	零件图绘制	271
8.7	读零件图	273
8.8	AutoCAD 绘制零件图的技术要求标注	277
第9章	装配图	284
9.1	装配图的内容	285
9.2	装配图的表达方法	286
9.3	合理的装配结构	288
9.4	装配图的尺寸标注及零、部件序号和明细栏	292
9.5	由零件图绘制装配图	294
9.6	装配图阅读和拆画零件图	300
☆第10章	焊接图	310
10.1	焊接方法及焊缝形式	310
10.2	焊缝的规定画法及其标注	311
10.3	图样中焊缝的表达方法及其举例	318
☆☆第11章	立体表面的展开	321
11.1	图解法展开	322
11.2	计算法展开图绘制	329

附录..... 335

 一、螺纹 335

 二、常用的标准件 337

 三、极限与配合 353

参考文献 360

绪 论

0.1 课程基本概念

机械制图是用图样表示机械的确切形状结构、大小、工作原理和技术要求的学科。在生产建设和科学研究过程中，对于已有或想象中的空间体（如地面、建筑物、机器等）的形状、大小、位置等相关资料，很难用语言和文字清楚表达，通常需要在平面（例如图纸）上用图形表达，这种工程物体的表达图称为工程图。工程图由图形、符号、文字和数字等组成，能表达设计意图、制造要求和技术经验等，可解决工程中的定位、度量、计算等问题，是进行设计和构思的重要工具之一，常被称为工程界的语言。

工程图通常采用抽象的点、线、面等几何形体的方法，把工程上的立体形体投影成平面图样，通过研究平面图样来获得空间物体的形状、大小和相互位置等特征信息。为了使图样中涉及的格式、文字、图线、图形简化和符号含义有统一明确的理解，在工程图中，除了用于表达物体形状的线条以外，还应采用国家制图标准规定的一些表达方法和符号，注以必要的尺寸和文字说明，使得工程图能完善、明确和清晰地表达出物体的形状、大小和位置以及其他必要的资料（如物体的名称、材料的种类和规格、生产方法等）。

按用途分类，常用的工程图有如下几种。

- (1) 零件图。描述零件的形状、大小以及制造和检验零件的技术要求，如图 0.1 所示。
- (2) 装配图。表明机器或部件的整体结构和所属零件、部件之间的装配连接关系等。
- (3) 轴测投影图（轴测图）。在一个投影面上同时反映零件的正面、顶面和侧面形状的立体图，是一种直观性强、常用的辅助图样。
- (4) 布置图。描述机械设备在厂房内的位置。
- (5) 示意图。表达机械的工作原理。各机械构件均用符号示意表示，如表达机械传动原理的机构运动简图、表达液体或气体输送线路的管道示意图等。
- (6) 展开图。将空间形体的表面在平面上摊平后得到的图形。
- (7) 焊接件图。表示被焊构件的相互位置、焊接要求和焊缝尺寸等。

按表达方法分类，常用的工程图有如下几种。

- (1) 视图。机件向投影面投影得到的图形，主要用于表达机件的外部形状和轮廓特征。机件位于投影面与观察者之间时称为第一角投影法，投影面位于机件与观察者之间时称为第三角投影法。中国国家标准规定采用第一角投影法。根据投影方向和相应投影面的位置，视图可分为主视图、俯视图、左视图、右视图等。

- (2) 剖视图。用假想的剖切面剖开机件，将处在观察者与剖切面之间的部分移去，对其余部分向投影面进行投影而得到的图形。

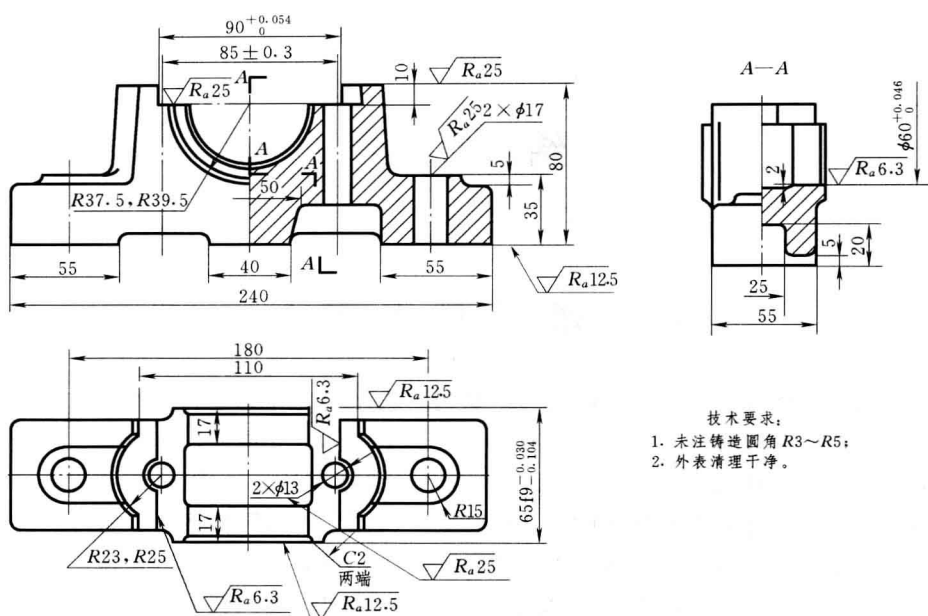


图 0.1 轴承座零件图

(3) 断面图。用假想的剖切面截切机件所获得的截面图形，一般用于轴、肋筋等结构形状的表达。

0.2 课程目标、任务和内容

本课程是应用投影法（主要是正投影）绘制机件图样、解决空间几何问题。目的是培养学习者图样的绘制、阅读和图解等能力，如图 0.2 所示。

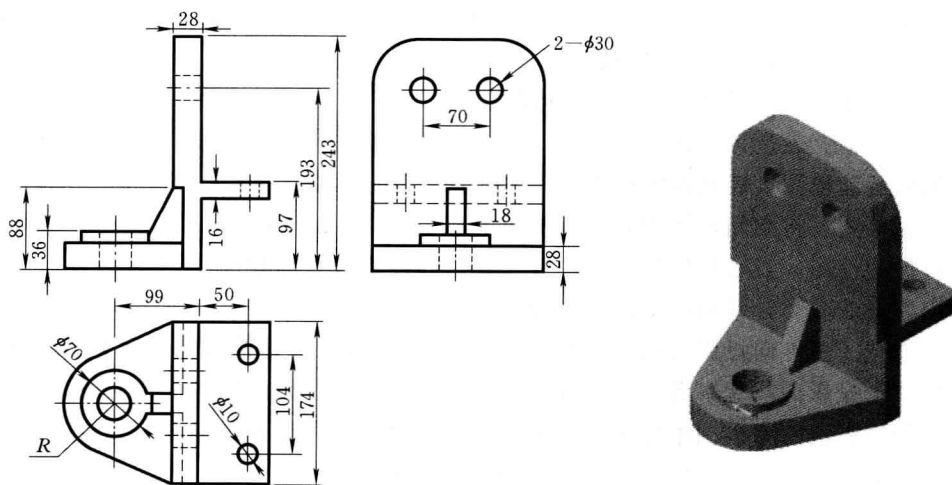


图 0.2 空间立体的平面视图表达

本课程学习任务包括以下几个方面。

(1) 掌握投影法的基本理论, 培养使用二维平面图形表达机器和零部件三维空间形状的能力。

(2) 研究常用的图解方法, 培养徒手、使用仪器、绘图软件绘制机械图样的能力以及阅读机械图样的能力。

(3) 初步掌握计算机绘制图形的能力。

(4) 理论与实践相结合, 培养图示空间几何形体和图解空间几何问题的能力。

(5) 培养工程意识以及贯彻、执行国家标准意识。

(6) 培养耐心细致的工作作风和严肃认真的工作态度。

本课程学习内容包括以下几个方面。

(1) 几何学部分内容。包括投影的基本知识, 点、直线和平面的投影, 几何元素的相对关系, 基本体的投影, 平面和直线与立体相交, 立体与立体相交, 组合体, 轴测图与透视图, 立体表面展开。

(2) 制图基础部分内容。包括制图基本知识, 国家标准的有关规定, 仪器绘图、徒手绘图和使用计算机绘图的基本方法和技能。

(3) 机械图部分内容。包括视图表达方法、机械零件图和部件装配图的一般理论、方法和国家标准的有关规定, 机械零件和部件的一般结构知识、技术要求和构型设计方法的初步介绍。

(4) 计算机绘图基础知识。

0.3 课程学习方法

几何学是制图的理论基础, 比较抽象, 系统性较强。制图是投影理论的运用, 实践性较强, 学习时要完成一系列的绘图、识图作业。必须注意学习方法, 才能提高学习的效果。

本课程的学习方法有以下四个要点。

1. 空间想象和空间思维与投影分析的作图过程紧密结合

本课程的核心内容是用投影法(主要是多面正投影法)表达空间几何元素以及在二维平面上图解空间几何问题。基础投影理论是空间形体与二维平面图形相互转换的纽带。用投影理论分析形体与图形的能力, 是制图能力培养与形成的中心环节。

要有目的地训练形体分析和线面分析的方法, 将空间形体分解为各种基本几何体, 再进一步分解为面、线、点, 然后按照基本投影规律转换为平面图形。反过来, 要使学习者也能理解平面图形上的点、线、面等几何元素在空间形体上的具体位置和在投影体系中的相对位置及特点, 并能根据“长对正、高平齐、宽相等”的三等对应关系, 以及“量左右、比高低、分前后”的六向方位关系, 找出各视图间的内在联系, 从而想象出空间形体的形状和结构。总之, 要通过基础投影理论的反复应用, 训练并养成学生的空间想象能力和思维能力, 以达到熟练地读图和绘图的目的。

2. 理论联系实际, 绘图学习与读图学习相结合

由于工程图样是用于生产过程的重要技术文件, 不仅要求其承载的信息正确, 而且要

求图样本身要规范、清晰、整洁、美观，这在很大程度上取决于认真负责的工作态度、严谨的科学作风以及正确的绘图方法、步骤和技能的掌握。

另外，本课程是理论和绘图实践相结合的课程。一方面将空间机件通过平面图样表示出来，称为绘图过程；另一方面要根据平面图样想象出机件的立体形状和空间结构，称为读图过程。无论是读图或绘图，学习者都必须具备理论与实践相结合的本领，需要通过大量画图 and 看图实践，切实提高空间思维想象能力，才能掌握实际绘图（徒手绘图、尺规绘图和用计算机绘图）的正确方法、步骤和操作技能和实践图解能力。

3. 树立标准化意识，加强对国家标准的学习

为了确保图样传递信息准确无误，对图形形成的方法和图样的具体绘制、标注方法都必须有严格、统一的规定，以保证其正确与规范。

各国一般都有自己的国家标准，国际上有国际标准化组织（ISO）制定的标准。在我国，对工程技术图样重要的统一规定以“国家标准”形式作出。国家标准简称“国标”，代号“GB”。我国1959年颁布《工程制图》国家标准，1965年颁布《建筑制图》国家标准，此后，随着科技进步和国民经济的发展，制定了各个技术领域和行业部门通用的《技术制图》国家标准等。国家标准对投影方法、图样画法、尺寸注法、图纸幅面及格式、比例、字体、图线等很多方面都作了规定。每个学习者都必须从开始学习本课程时就树立标准化意识，认真学习并坚决遵守国家标准的各项规定，保证自己所绘图样的正确、规范。

4. 与工程实践相结合

本课程是服务于工程实践的工具课，因此，在学习中必须注意学习和积累相关工程实际知识，如机械设计知识、机械零件结构知识和机械制造工艺知识等。这些知识的积累对加强读图和画图能力都有很大帮助。

0.4 课程发展的历史和前景

用图样来纪事起源很早，如中国宋代苏颂和赵公廉所著《新仪象法要》中已附有天文报时仪器的图样，明代宋应星所著《天工开物》中也有大量的机械图样，但尚不严谨。18世纪末期，法国几何学家G·蒙日发表《画法几何》一书，完整系统地论述了画法几何学，提出了二维平面上图样表达三维空间形体和图解空间几何问题的方法，奠定了工程制图的理论基础。此后，工作图样开始严格按照画法几何的投影理论进行绘制。

20世纪中后期，伴随着计算机技术的迅猛发展，计算机图形学（Computer Graphics，简称CG）和计算机绘图技术得到快速发展，并正在各行各业中得到日益广泛的应用。CG为计算机辅助设计（Computer Aided Design，简称CAD）的发展提供了条件与基础，可以说计算机绘图技术为人类设计自动化的实现创造了不可缺少的条件。近年来计算机绘图技术的三维立体造型功能得到长足发展，如SolidWorks、AutoCAD、Autodesk Inventor、Pro/Engineer、CATIA、Unigraphics等3D-CAD软件，可以直接输出立体图，如在设计船舶、车身曲面时可从不同视角观察所设计的形体，表现力和预见性极强，并可以实现力学、流态和热分析等内容的仿真分析研究，极好地预见到设计效果。“先三维造型、再自动生成二维图形”的方法已在很多设计场合使用，它改变了长期以来单纯在

二维平面上解决三维问题的模式，极大地促进了工程图学的发展。

目前采用计算机绘图技术可以绘制汽车、船舶、飞机的外形透视图，如图 0.3 所示；可以绘制机械零件图和部件装配图，如图 0.4 所示；可以绘制集成电路版图，如图 0.5 所示；可以绘制建筑效果图，如图 0.6 所示；还可以绘制气象图、地形图、统计图表以及服装图样、艺术图案和动画片等。在未来的时代里，以计算机绘图理论和技术为主的工程制图技术必将得到更大的发展，为人类文明作出更大的贡献。

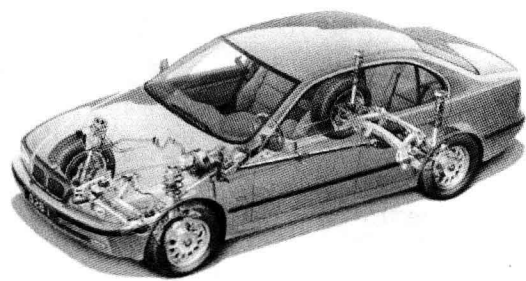


图 0.3 汽车车身透视图

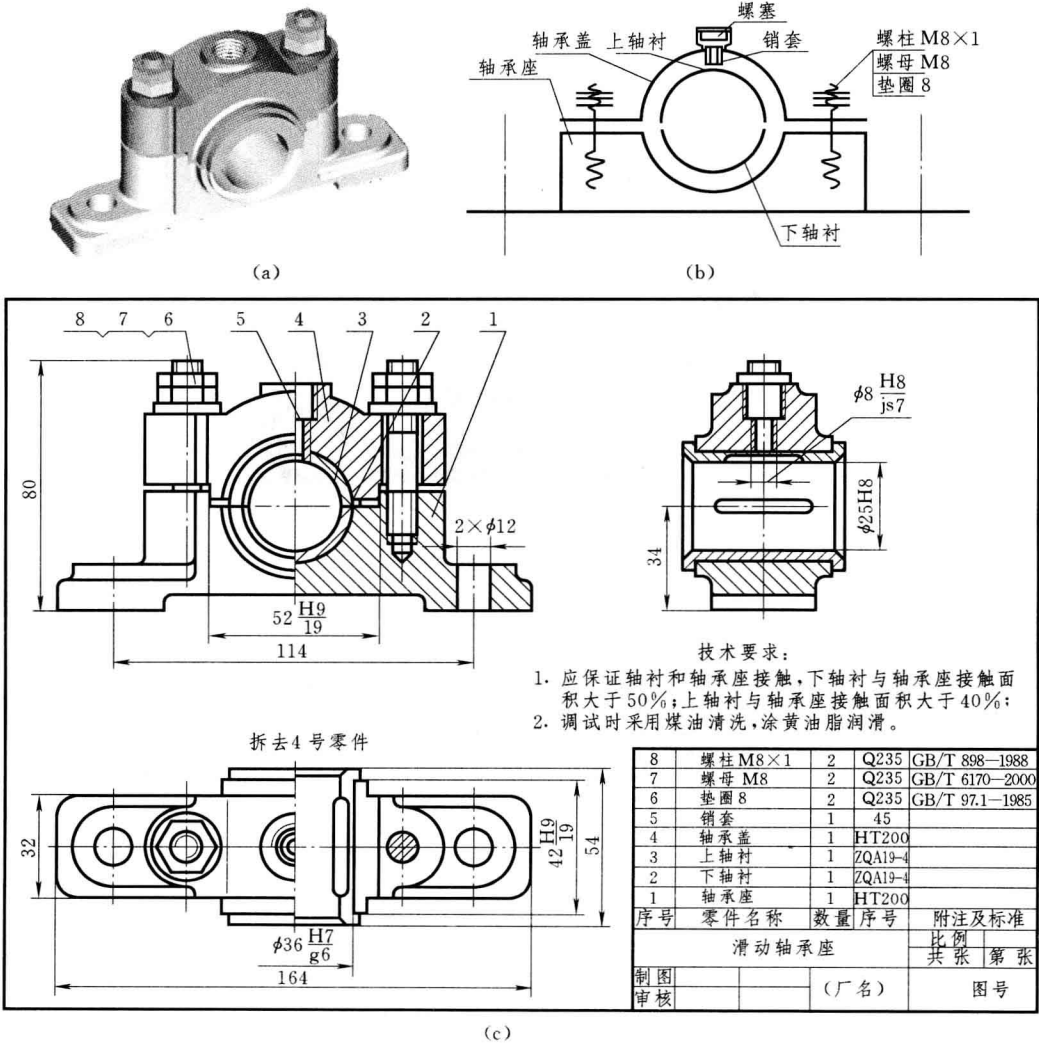


图 0.4 滑动轴承座装配图

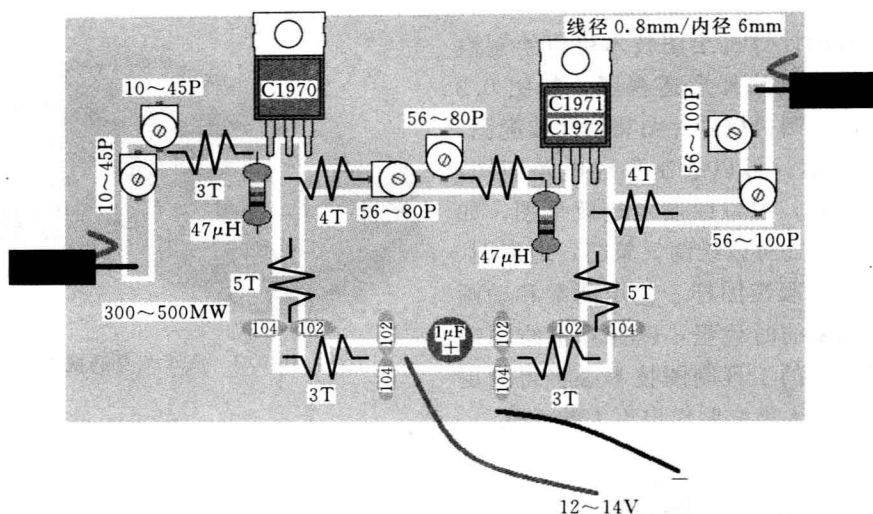


图 0.5 电路总图

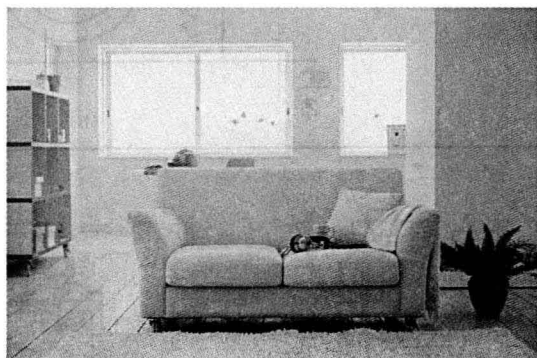


图 0.6 住宅透视图

总之，图形和文字、声音、图像一样，是承载信息进行交流的重要媒体。以图形为主的图样可以将工程设计、制造和施工过程中难以用语言和文字表达清楚的空间体信息、设计思想等用平面图形的方法表达出来。掌握本课程所学习的知识和方法，培养空间想象能力，树立认真的工作态度与严谨的工作作风，对工程技术人员是十分必要的。本课程对绘图、读图和图解学习能力及空间想象能力的培养是初步的和基本的，在后续课程的学习中可进一步得到提高和加强。

第1章 机械工程图学基础

图样是现代工业生产中的技术文件，也是工程界的技术语言，其中设计图样是产品设计、制造、安装、检测校验等过程中的重要技术资料，是技术交流的基本工具，是工程师的语言。为方便生产管理和技术交流，国家标准对图样的内容、格式、画法、所用代号等均有统一“规定”。《技术制图》和《机械制图》等国家标准是绘制和阅读机械图样的技术准则和依据，其中《机械制图》国家标准适用于机械图样的制图、阅图，《技术制图》标准则普遍适用工程界各种专业技术图样，如化工制图、化工制图等。我国的《机械制图》国家标准于1959年颁布实施，相关国家标准自实施以来，历经多次修订，随着生产技术的发展，有些地方还将有所变动和发展，起到了统一工程语言的作用。作为工程技术人员，必须严格遵守，认真贯彻执行。

本章将结合国家标准，介绍图纸幅面及相关规格、比例、字体、图线和尺寸注法的相关规定，以及常见手工制图方法和几何作图方法，实现工程技术人员手工绘图的基本技能，为掌握现代计算机绘图技术过程中的各种绘图技巧打好基础。

手工绘图过程是：在标准绘图纸上，用绘图铅笔按标准规定和方法绘制图样稿（白图），再使用亚透明的描图纸盖在图稿上，用描图笔把图稿描出（底图），然后用晒图机或复印机将底图上的图样翻晒或复印在图纸上，就得到一般常见的工程图纸（通称蓝图）。

1.1 有关国家标准规定

1.1.1 图纸幅面 (GB/T 14689—2008)^① 相关规格

1. 图纸幅面

国家标准规定：绘制技术图样时，应优先采用标准幅面图纸绘图。国家标准规定了A0、A1、A2、A3、A4等基本幅面如图1.1所示（基本幅面的尺寸见表1.1）。必要时，允许按长边加长的方法加大幅面尺寸，具体是A0、A2、A4加长量按A0幅面长边1/8的倍数递增，对于A1、A3加长量按A0短边的1/4倍数递增；A0和A1两幅面允许两边同时加长，图纸常用加长幅面的

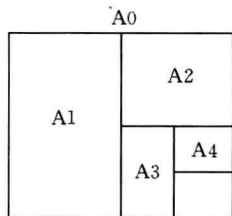


图 1.1 图纸幅面示意图

① GB/T 14689—2008《技术制图 图纸幅面和格式》为推荐性国家标准代码，14689为标准编号，2008年发布。

尺寸见表 1.2。

表 1.1					图纸基本幅面的尺寸		单位：mm
幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4		
$B\times L$	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297		
e	20		10				
c	10			5			
a	25						

表 1.2 图纸常用加长幅面的尺寸						单位：mm
幅面代号	$B \times L$	幅面代号	$B \times L$	幅面代号	$B \times L$	
A0×2	1189×1682	A2×5	594×2102	A4×3	297×630	
A0×3	1189×2523	A3×3	420×891	A4×4	297×841	
A1×3	841×1783	A3×4	420×1189	A4×5	297×1051	
A1×4	841×2378	A3×5	420×1486	A4×6	297×1261	
A2×3	594×1261	A3×6	420×1783	A4×7	297×1471	
A2×4	594×1682	A3×7	420×2080	A4×8	297×1682	

2. 图框格式

无论图样是否装订，均应在图幅内绘出图框，以明确设计图样的有效区域。图框由内外两框线组成，外框用细实线绘制，大小为幅面尺寸（表 1.1），内框用粗实线绘制。内外框周边的间距尺寸与图框格式和图幅有关，其中图框格式分为不留有装订边 [图 1.2 (a)、(b)] 和留装订边 [图 1.2 (c)、(d)] 两种，图框周边尺寸 a 、 c 、 e 见表 1.1。但应注意，同一产品的图样只能采用一种格式。对图形复杂的图纸一般应设置图幅分区便于检索，其形式如图 1.3 所示。

3. 标题栏格式

标题栏是图纸的重要组成部分，用以直观标明设计产品名称，设计、校核人，编序号等内容，通常是读图时第一步需要了解的阅读对象，一般采用手写体书写。国家标准规定标题栏的位置应位于图纸的右下角，如图 1.2 所示。

标题栏中的文字方向为看图方向。标题栏的线型、格式及内容应符合 GB/T 10609.1—2008《技术制图 标题栏》的有关规定，如图 1.4 (a) 所示，其中装配图中明细栏由 GB 10609.2—2008《技术制图 明细栏》规定，通常制图作业中可采用简化标题栏格式绘制，如图 1.4 (b) 所示。