



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

计算机绘图

主编 廖希亮 张敏
主审 张慧

中国机械工程学科教程系列
China Mechanical Engineering Curricula
中国机械工程学科教程

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

计算机绘图

主编 廖希亮 张 敏
主审 张 慧

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书介绍了计算机辅助设计二维工程图样和三维实体造型技术。全书共分两个部分,第一部分介绍了用 AutoCAD 2010 绘图软件设计机械工程图样的方法,主要内容包括: AutoCAD 软件绘图基础、基本绘图命令、精确绘图工具、图形编辑、文字和尺寸标注及二维工程图样的绘制;第二部分介绍了三维设计软件 Pro/Engineer 5.0 的实体造型技术,主要内容包括: 机械设计基础、基础特征造型、复杂特征造型、机械装配体设计和二维工程图的生成。

本书可供普通高等院校计算机绘图课程教材,也可作为其他各类院校相应课程的教材,也可供从事计算机辅助设计工程技术人员的参考书。

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

计算机绘图/廖希亮,张敏主编.--北京:清华大学出版社,2011.3

(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)

ISBN 978-7-302-24722-7

I. ①计… II. ①廖… ②张… III. ①自动绘图—高等学校—教材 IV. ①TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 020455 号

责任编辑:庄红权

责任校对:刘玉霞

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

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

社 总 机:010-62770175

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

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

邮 购:010-62786544

印 刷 者:北京市人民文学印刷厂

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:467 千字

版 次:2011 年 3 月第 1 版 印 次:2011 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:33.00 元

产品编号:033880-01

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 张有忱 左健民

秘 书
庄红权

丛书序言

PREFACE

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适合自己的平衡点。

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

前 言

FOREWORD

随国家制造业信息化进程的迅速推进,计算机辅助设计(computer aided design,CAD)技术已被广泛应用于制造业生产过程中。培养掌握先进设计技术的创新型人才是高等学校的责任。计算机绘图是计算机辅助设计的重要基础和组成部分。目前,企业的产品设计过程正从计算机二维辅助设计逐渐向三维实体设计转变。在三维设计环境下实现对产品的概念设计、装配设计、动态机构设计与仿真,使产品的设计过程进入到完全的数字化设计中。因此,培养学生的计算机绘图能力是高等工科院校的重要教学内容。本教材在总结计算机绘图课程多年教学经验的基础上,结合各校计算机绘图课程的教学实践和改革的具体情况,根据当前企业对计算机辅助设计的实际要求而编写的。

本书共分两部分内容:以 AutoCAD 2010 绘图软件为例介绍二维计算机交互绘图技术,以 Pro/Engineering 5.0 软件为例介绍三维造型技术。紧密结合工程制图内容,详细介绍在计算机辅助二维和三维绘图技术下工程图样的绘制方法。

本书具有以下特点:

- (1) 计算机绘图知识紧密结合工程制图的教学内容,针对性、实践性强,便于学习和应用。
- (2) 知识结构新颖,同时介绍二维绘图和三维实体造型技术,有利于对计算机辅助设计的系统学习和掌握。
- (3) 实例丰富,结合实际,易学易懂。
- (4) 内容简明扼要,重点突出,如在命令的介绍上,省略了不常用的功能介绍。

本书由廖希亮、张敏任主编。参加编写工作的有廖希亮(第1、3、9章)、阎伟(第2、6章)、高红(第4、5章)、赵晓峰(第7、11章)、薛强(第8章)、张敏(第10、12、13、14章),全书由廖希亮负责统稿。

本书由山东大学张慧教授主审。在编写过程中,得到了清华大学出版社的有关领导和编辑的大力支持和帮助,硕士研究生崔凯、孙振来同学帮助做了大量的工作,在此表示诚挚的感谢!

由于编者水平有限,书中难免有不当之处甚至错误,恳请有关专家、同仁及读者批评指正。

编 者

2011 年 2 月

目 录

CONTENTS

第 1 章 绪论	1
1.1 计算机绘图的发展和应用	1
1.2 计算机绘图系统	4
第 2 章 AutoCAD 2010 入门	7
2.1 启动和退出 AutoCAD 2010	7
2.2 AutoCAD 2010 用户界面	8
2.3 图形文件的管理	17
习题	21
第 3 章 AutoCAD 2010 绘图的基础知识与绘图环境	22
3.1 坐标系统与数据输入	22
3.2 命令的执行与操作	28
3.3 设置绘图环境	30
3.4 控制图形显示	35
习题	41
第 4 章 基本绘图命令	43
4.1 绘制点	43
4.2 绘制直线、射线和构造线	44
4.3 绘制矩形和正多边形	46
4.4 绘制圆和圆弧	48
4.5 绘制样条曲线	51
习题	52
第 5 章 精确绘图	53
5.1 栅格、捕捉与正交模式	53

5.2 对象捕捉	55
5.3 自动追踪	59
5.4 动态输入	61
习题	63
第 6 章 图形编辑	65
6.1 选择对象	66
6.2 编辑图形命令	68
6.3 使用夹点编辑图形对象	80
6.4 编辑对象特性	81
习题	82
第 7 章 三视图的绘制和尺寸标注	84
7.1 表格与文字注释	84
7.2 建立绘图样板	91
7.3 绘制组合体三视图	93
7.4 组合体三视图的尺寸标注	94
7.5 剖视图的绘制	107
习题	114
第 8 章 绘制零件图	115
8.1 设计中心与设置绘图环境	115
8.2 图块与表面粗糙度标注	121
8.3 形位公差标注	128
8.4 绘图实例	129
习题	131
第 9 章 绘制装配图	133
9.1 装配图的绘制方法	133
9.2 零件序号和明细栏	142
习题	148
第 10 章 Pro/Engineer 基础知识	153
10.1 Pro/E 软件简介	153
10.2 Pro/E 软件工作环境	155
10.3 Pro/E 的基本操作	161

10.4 Pro/E 草绘工具	164
10.5 综合实例	179
习题	181
第 11 章 基础特征造型	182
11.1 基础特征简述	182
11.2 拉伸特征	183
11.3 旋转特征	187
11.4 基准特征	191
11.5 特征的编辑	200
11.6 特征的操作	202
11.7 综合实例	211
习题	215
第 12 章 复杂特征造型	218
12.1 工程特征简介	218
12.2 孔特征	218
12.3 倒圆角特征	226
12.4 倒角特征	229
12.5 筋特征	232
12.6 抽壳特征	234
12.7 螺纹修饰	236
12.8 扫描特征	237
12.9 混合特征	240
12.10 螺旋扫描特征	245
12.11 综合实例	247
习题	248
第 13 章 组件设计	252
13.1 组件设计模块的界面	252
13.2 添加元件	254
13.3 装配相同元件的方法	258
13.4 综合实例	262
习题	265
第 14 章 二维工程图的生成	269
14.1 工程图设计简介	269

14.2 视图的建立	273
14.3 调整视图	281
14.4 标注尺寸	282
14.5 标注技术要求	285
习题	295
参考文献	296

绪 论

1.1 计算机绘图的发展和应用

计算机绘图就是应用计算机通过程序和算法或图形交互软件,在图形显示设备上实现图形的显示及绘图输出。计算机绘图是建立在工程图学、应用数学和计算机科学基础之上的一门学科,它是计算机图形学的一个分支,它的主要特点是给计算机输入非图形信息,经过计算机的处理,生成图形信息输出。

计算机绘图(computer graphics,CG)是计算机辅助设计(computer aided design,CAD)的重要组成部分,也是计算机辅助制造(computer aided manufacturing,CAM)、计算机辅助工程(computer aided engineering,CAE)、计算机辅助工艺规程(computer aided process planning,CAPP)等的重要基础和组成部分。通过近半个世纪的发展,已经取得了巨大成就。

1.1.1 计算机绘图的发展史

计算机绘图是随着计算机硬件技术和软件技术的发展而逐步发展并完善起来的。1950年,第一台图形显示器作为美国麻省理工学院(MIT)旋风 I 号(Whirlwind)计算机的附件而诞生,从而产生了计算机绘图。20 世纪 50 年代末期,国际上发明了阴极射线管及滚筒式绘图仪,使计算机绘图发展到了一个新的阶段。

早期的计算机绘图主要是静态绘图,通过高级语言编程,由计算机对程序进行编译,并由绘图仪输出图形。这种绘图方式无法满足绘图过程可视和实时修改的要求。

20 世纪 70 年代,随着人-机对话的交互式绘图的实现,使计算机绘图技术进入实用化的阶段。特别是随着图形输入、输出设备的不断发展,80 年代计算机绘图得到了飞速的发展,诞生了像 AutoCAD 这样功能强大的二维交互式绘图软件。而到了 90 年代,三维实体造型技术得到了飞速的发展,一大批优秀的三维绘图软件相继诞生,谱写了计算机绘图的新篇章,也使以计算机绘图为基础的 CAD 技术得到了快速发展。目前,CAD 技术正朝着以下方面发展。

1. 集成化

CAD 技术是企业采用先进制造技术的基础,CAD 集成化系统是 CAD 技术发展的主要趋势之一。集成化是多角度、多层次的,工程设计领域中主要是 CAD /CAE/CAPP/CAM

之间的集成。

2. 标准化

由于早期的 CAD/CAM 软件数据表示格式的不统一,使用不同系统、不同模块间的数据交换难以进行,影响了 CAD/CAM 的集成,因此国际上提出了通用的数据交换规范,使 CAD 软件建立在这些标准上,以实现系统的开放性、可移植性、可互联性。标准化成为 CAD 的重要发展趋势。

3. 智能化

专家系统是一个运用计算机智能程序,将大量具有专家水平的领域内的知识与经验,通过推理和判断,模拟专家解决问题的方法和过程来解决设计中的问题。将专家系统的技术与传统 CAD 技术结合起来,形成智能化 CAD 系统,已成为 CAD 系统发展的必然趋势。

4. 参数化

随着计算机软硬件技术的飞速发展,CAD 技术从二维平面绘图发展到三维产品建模,产生了三维线框造型、曲面造型以及实体造型技术。引用参数化及变量化设计思想和特征造型成为 CAD 技术的发展方向。新的 CAD 系统增加了参数化和变量化设计模块,使得产品的设计图可以随着某些结构尺寸的修改和使用环境的变化而自动修改图形,这可以减少大量的重复劳动,减轻设计工作量。

5. 网络化

网络技术是计算机技术和通信技术相互渗透而又紧密结合的产物,CAD 技术作为计算机应用的一个重要方面,同样离不开网络技术。当前基于 WEB 的 CAD 技术是 CAD 技术研究领域的又一热点。

1.1.2 交互式计算机绘图软件的发展

在 CAD 技术近 50 年的发展过程中,先后出现了一批优秀的商品化 CAD 软件。在这些 CAD 软件中,由于国外软件出现得较早,开发和应用的时间也较长,所以它们发展比较成熟。二维绘图软件 AutoCAD 自 1982 年问世后,发展迅速,其功能逐渐强大,也是最早进入中国国内市场的软件之一。这些国外软件公司利用其技术和资金的优势,开始大力向我国市场进军。目前,国外一些优秀软件,如 UG、SolidWorks、Pro/Engineer、CATIA、Cimatron 等三维绘图软件,都已在我国具有一定的市场。

我国自主研制的绘图软件起步较晚,但发展迅速,且凭借本土优势,也逐渐具备了与国外软件分庭抗礼的能力。以下是几款较流行的国产 CAD 软件。

1. CAXA 电子图板

CAXA 电子图板是北京北航海尔软件有限公司(原北京航空航天大学华正软件研究

所)从1998年开始开发的,是一套高效、方便、智能化的通用中文设计绘图软件,可帮助设计人员进行零件图、装配图、工艺图表、平面包装的设计,适合所有需要二维绘图的场合,使设计人员可以把精力集中在设计构思上,彻底甩掉图板,满足现代企业快速设计、绘图、信息电子化的要求。同时开发的CAXAME是面向机械制造业的自主开发的、中文界面、三维复杂形面CAD/CAM软件。目前,最新版本2010版也已发布。

2. 高华 CAD

高华CAD是由北京高华计算机有限公司推出的CAD产品。高华CAD系列产品包括计算机辅助绘图支撑系统GHDrafting、机械设计及绘图系统GHMDS、工艺设计系统GHCAPP、三维几何造型系统GHGEMS、产品数据管理系统GHPDMS及自动数控编程系统GHCAM。其中GHMDS是基于参数化设计的CAD/CAE/CAM集成系统,它具有全程导航、图形绘制、明细表的处理、全约束参数化设计、参数化图素拼装、尺寸标注、标准件库、图像编辑等功能模块。

3. GS-CAD98

GS-CAD98是浙江大天电子信息工程有限公司开发的基于特征的参数化造型系统。该软件参照SolidWorks的用户界面风格及主要功能开发完成。它实现了三维零件设计与装配设计、工程图生成的全程关联,在任一模块中所做的变更,在其他模块中都能自动地做出相应变更。

4. 金银花系统

金银花(Lonicera)系统是由广州红地技术有限公司开发的基于STEP标准的CAD/CAM系统。该软件采用面向对象的技术,使用先进的实体建模、参数化特征造型、二维和三维一体化、SDAI标准数据存取接口技术;具备机械产品设计、工艺规划设计和数控加工程序自动生成等功能,同时还具有多种标准数据接口,如STEP、DXF等;支持产品数据管理(PDM)。目前金银花系统的系列产品包括:机械设计平台MDA、数控编程系统NCP、产品数据管理PDS、工艺设计工具MPP。机械设计平台MDA是金银花系列软件之一,是二维和三维一体化设计系统。

5. 开目 CAD

开目CAD是华中理工大学(现华中科技大学)机械学院开发的具有自主知识产权的基于计算机平台的CAD和图纸管理软件,它面向工程实际,模拟人的设计绘图思路,操作简便,机械绘图效率比AutoCAD高得多。开目CAD支持多种几何约束种类及多视图同时驱动,具有局部参数化的功能,能够处理设计中的过约束和欠约束的情况。开目CAD实现了CAD、CAPP、CAM的集成。

1.1.3 计算机绘图的应用

计算机绘图通过近几十年的发展,已经在电子、机械、航空、建筑、轻工、影视等各行各业

得到了广泛的应用,取得了巨大的经济效益和社会效益。其主要的应用领域有:计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)、动画制作与系统模拟、地质与气象的勘探与测量、科学技术及事务管理的交互绘图、化工及冶炼等过程控制及系统模拟、电子印刷及办公室自动化、艺术模拟、科学计算的可视化、工业模拟、计算机辅助教学。特别是计算机绘图是计算机辅助设计的重要组成部分和核心内容。其一是因为各个领域内的设计工作,其最后的结果一般都要以“图”的形式来表达;其二,计算机绘图中所包含的三维立体造型技术,是实现先进的计算机辅助设计技术的重要基础。许多设计工作进行时,首先必须构造立体模型,然后进行各种分析、计算及修改,最终定型并输出图纸。所以,要掌握计算机辅助设计技术,首先必须掌握计算机绘图技术。

1.2 计算机绘图系统

计算机绘图系统是计算机硬件、图形输入输出设备、计算机系统软件和图形软件的集合。按通用和专用及平台配置的不同可分为个人计算机(即通用微型机)图形系统和图形工作站两类。

1.2.1 计算机绘图系统的功能和组成

计算机绘图系统一般应具有计算、存储、对话、输入、输出 5 方面的基本功能。

(1) 计算功能 具有形体设计、分析的算法程序库和描述形体的数据库。其中最基本的功能应有点、线、面的表示及其交、并、差运算,几何变换,光、色模型的建立和计算,干涉检测等内容。

(2) 存储功能 在计算机的存储器中能存放图形的几何信息及拓扑信息,并能够对图形信息进行实时检索、增加、删除、修改等操作。

(3) 对话功能 通过图形显示器直接进行人-机对话,实现在显示屏幕上对图形进行修改、跟踪检索、错误提示等实时操作。

(4) 输入功能 把图形设计和绘制过程中所需的有关定位、定形尺寸及必要的参数和命令输入到计算机中去。

(5) 输出功能 及时地输出所需的文字、图形、图像等信息。

1.2.2 微型计算机绘图系统

通用微型计算机绘图系统体积小,价格较便宜,用户界面友好,应用广泛,是一种普及型的绘图系统。其绘图系统的硬件组成主要包括主机、显示器、外存储器和软盘、光盘等;图形的输入设备主要包括键盘、鼠标、数字化仪、图形输入板和图形扫描仪等;图形的输出设备主要包括打印机、绘图机等;网络是将若干台独立的计算机通过网线、网卡及网络服务器连接起来,构成一个局部网络系统。

微型计算机绘图系统的基本软件有 Windows 操作系统、程序设计语言及图形软件。

1.2.3 图形工作站系统

图形工作站是具有完整人-机交互界面,集高性能的计算和图形于一身,配置大容量的内存和硬盘,I/O和网络功能完善,使用多任务多用户操作系统的交互式计算机系统。图形工作站诞生于20世纪80年代,其中央处理器(CPU)一般为32位或64位字长,采用精简指令(RISC处理器芯片,传统计算机采用复杂指令集CISC)、超标量、超流水线及超长指令技术,工作站采用的主要是UNIX操作系统。图形工作站不仅具有字符处理功能,而且有较强的图形处理功能,图形显示器的分辨率在 1024×900 以上,可配置功能齐全的CAD/CAM集成化软件(如Pro/E、UG等),主要用于工程和产品的设计与绘图、工业模拟和艺术模拟。

目前常见的工作站主要有:美国Sun微系统公司于20世纪90年代推出的Sun Sparc工作站,美国DEC公司于1993年推出的DEC Alpha工作站,美国IBM公司的IBM RS/6000及SGI公司的SGI IRIS工作站。

1.2.4 图形设备

图形设备分为图形输入设备和图形输出设备两种。

1. 图形输入设备

(1) 键盘 可实现输入字符、数字、命令、程序等操作。

(2) 鼠标 一种移动光标和做选择操作的计算机输入设备,可分为光电式、光机式、机械式三种。机械式鼠标上部有2~3个键,底部装有与电位器相连的小球。操作时鼠标沿桌面移动,靠摩擦力使小球转动,带动电位器控制屏幕上的光标移动,从而完成坐标的拾取和操作菜单等功能。

(3) 坐标数字化仪 一种将图形转换成计算机能接受的数字信息的设备,其基本工作原理是采用电磁感应技术。它由一块布满金属栅格阵列的板和一个能够在板上移动、跟踪的电子定位器(如光笔或游标)组成。当定位器在板上移动时,它向计算机发送笔尖或游标中心的坐标数据。

(4) 图形扫描仪 直接把图形(如工程图纸)和图像(如照片)扫描输入到计算机中,以像素信息进行存储表示的设备。其工作原理是:用光源照射原稿,反射光线经过一组光学镜头射到感光器件上,经过模/数转换,可将数字化的图像信息输入到计算机中去。

(5) 光笔 一种检测装置,确切地说是能检测出光的笔。它的外形似一支圆珠笔,笔尖有一小孔,头部装有透镜系统,将收集到的光信号通过光导纤维及光电倍增管转换成电信号。其功能为定位、拾取、笔画跟踪等。

2. 图形输出设备

(1) 图形显示器 常见的图形输出设备多数显示器采用的是标准的阴极射线管(CRT)。阴极射线管的工作指标主要有两条,一是分辨率,二是显示速度。一个阴极射线管在水平和垂直方向能识别出的最大光点数称之为分辨率(亦称之为“像素”pixel)。显然,