

# 关于“计算机图形学”课程的改革与思考

魏海涛<sup>1</sup>, 赵致琢<sup>2</sup>, 吴彩华<sup>1</sup>

(1. 空军预警学院, 湖北 武汉 430234;

2. 厦门大学信息科学与技术学院计算机科学系, 福建 厦门 361005)

**【摘要】** 本文分析以往“计算机图形学”课程教学中存在的问题和这一分支学科的特点, 在创新人才培养模式下, 重新确立这门课程的核心内容、教学方法以及与其他课程的联系等, 不仅有望解决对图形学与相关课程界线的认识问题所引发的教学困惑, 同时也可以解决图形学实验与计算机仿真原理教学的衔接问题。

**【关键词】** 计算机图形学; 课程改革; 计算几何

**【中图分类号】** G642    **【文献标识码】** A    **【文章编号】** 2095-5065 (2014) 12-0049-07

## 1 以往“图形学”课程教学中存在的问题和困惑

计算机图形学(以下简称图形学)作为一个专业化方向, 很早就设立了“计算机图形学”专业基础课程, 并在高校开设多年。由于对图形本质特点和图形处理计算技术的认识不同, 随着对图形存储、显示技术影响较大的软硬件技术的发展, 其教学理念和方式方法中存在的分歧日渐加

大, 并延续至今。

目前, 国内外主流观点认为, 图形学是表达计算机信息数据含义的直观表达方式与人机交互方式的一种有效手段。国际CAD行业把研究并构建各种可视物体的几何模型与显示其几何图形这两个不同的研究领域, 分别命名为计算机辅助几何设计与显示图形的计算机图形学。由于后者的通用性(又称图形标准), 一般可以用显示卡等硬件加速的方式实现二维、三维图形的显示, 故以往图形学的教学主要围绕图形标准进行<sup>[1]</sup>, 同时为计算机辅助设计提供技术理论基础, 这是2012年以前图形学的教学现状。

这种教学的困惑在于, 随着计算几何、动漫设计、计算机仿真领域的发展, 学生在学习“图形学”课程时, 希望能看到计算机屏幕上出现各种各样的图形, 至少能够理解计算机动画或游戏程序设计方法及其背后包含的计算机表示、处理各种图形的核心技术, 但图形标准的教学往往不能达到该目的, 因为这涉及许多数学基础。可是, 怎样才能让学生理解或帮助其未来学习、掌

收稿日期: 2014-10-8

作者简介: 魏海涛(1960—), 男, 湖北武汉人, 副教授, 研究方向为计算机图形学与计算机教育;

赵致琢(1957—), 男, 上海人, 博士, 教授, 科学办学理念及其实践的首倡者, 独立创建了经过实践检验的计算机科学一级学科人才培养理论体系, 系统性的教学成果曾获省级、国家级教学成果奖, 主要从事计算机模型与分布式基础算法、软件理论、计算机科学教育研究的教学与研究工作;

吴彩华(1980—), 女, 河北衡水人, 博士, 讲师, 主要研究方向为软件可靠性与计算机图形学。

基金项目: 福建省计算机科学与技术一级学科人才培养模式创新实验区(资助项目)。

握计算机动画程序设计的基本原理、技术要点，最终实现原创设计？如何让有兴趣的学生了解更高层面的计算几何、计算机仿真领域的发展前景，并通过“图形学”课程的引导，逐步产生对这些方面研究的兴趣呢？显然，“图形学”课程的教学现状需要改革。

## 2 图形学的学科特点、本质属性决定其课程改革方向与教学内容

照片是光线在自然界与照相机模型中传播，并在照相机镜头中生成的显示图像。计算机生成三维图形是对光线传播生成图像这一物理过程的仿真。通过光线跟踪算法、辐射度算法、三维图形的投影过程可以完成这个仿真过程。将纹理映射过程解释为把照片映射至屏幕的多边形中，以仿真逐点光线照射物体表面产生的反光来显示效果，即可用仿真光线传播的观点，统一解释三维图形的生成过程（图形标准生成三维图形的原理），并按计算机仿真实论架构原理——系统、建模、仿真算法与评估，梳理三维图形学的教学内容，包括一系列数学模型的建模及图形的数学变换和算法。

基础永远是最重要的，它是走向深入的前提。任何一门课程，不可能面面俱到，只能根据培养创新人才的目标定位和要求、课程的教学目标和基本要求，紧紧围绕该课程的核心知识体系精选教学内容，帮助学生构建合理的知识结构，同时培养他们解决实际问题的能力。为了实现一个较高的培养目标，必须坚定地贯彻教学内容“少而精，突出重点，深度优先，兼顾广度，循序渐进，理论与实践相结合，融入学科方法论”等一系列先进的理念，形成科学的指导思想，扎实工作，稳步推进课程建设和教学改革<sup>[5]</sup>。

基于上述认识，设想改革后的“图形学”的主要教学内容为围绕各种图形的数学模型和基础算法（用三组数学模型如几何模型、纹理模型、材质模型、光线几何模型、照明模型、颜色模型，光线跟踪算法与辐射度算法，根据照相机的

观察参数，对几何模型进行几何变换、裁剪、投影、多边形填充和纹理映射、图像融合等算法）来分别描述可视物体、灯光、照相机物理模型的物理特性，并仿真光线传播生成三维图形，注意与计算几何相衔接。

然而，仅有这些内容，并不能有效地指导学生编程实现计算机动画软件。因为传统计算机核心课程缺少相关图形软件系统的概念和编程教学，计算机专业学生之前的训练主要集中在趣味程序设计、数据结构与算法、数值与非数值计算、计算机组织结构（含CPU设计）、操作系统和编译系统等以软硬件（系统）开发为主要目标的程序设计技术方面，以及多进程多线程并发程序设计方面，非计算机专业学生之前的计算机应用基础训练主要集中在趣味程序设计、数据结构和算法（仅涉及少部分非计算机专业学生）等方面，不同专业学生的（应用）数学基础、计算机应用技术基础不尽相同，差异很大，所以，借助图形程序设计软件系统<sup>[2-4]</sup>。软件系统按解决问题的系统流程要求，编程实现数个简单模型描述数据与命令的输入、存储管理、运算处理、输出显示四个环节，能达到自动运行软件的目标并形成完整动态结构的综合程序。在这一过程中，学生可以实现图形的计算可视化并理解背后的图形计算技术。不过，直接用三维图形进行软件系统概念的编程教学，会让大多数非计算机专业的学生感到困难，导致课程教学的复杂化。此时，用二维图形的点、线、面进行相关概念的教学，就可以收到较好的效果，并能使非计算机专业学生掌握计算机图形程序设计的基本方法，达到教学目标。而对拥有较好基础的科班学生，可直接用三维图形进行软件系统与计算可视化概念的编程教学。这样，学生在物理仿真、数学建模与软件系统概念的指引下，掌握编程实现计算机三维图形的应用程序和软件系统，最终实现三维图形的自动显示；并通过物体运动与变形、照相机运动、灯光变换等，形成计算机动画。由于计算机动画包含图形标准的原理（实现计算可视化的一种方法），可在实验环节讲解图形标准的编程调用方法，从而实现“图形学”课程的教学改革与创新。

于是,按照这样的认识,还需注意未来相关课程之间应形成合理分工和定位。“动画或动漫制作”课程可以面向职业和非职业技术专业学生开设,“计算机绘图”或要求不太高的“图形学”,依然可以在培养一般应用型人才的高校开设,但培养高素质创新人才的学校,可尝试按照“图形学”课程改革的新要求进行教学。至于在学习“图形学”时,如何让学生掌握动画和动漫制作技术,则完全可以通过自学、实验或选修课程来解决。

可见,传统的以工程CAD为背景的对图形软件的分类,不适合描述计算机动画与游戏软件的基本特征,易误导图形学教学的发展方向。而计算机动画软件的教学,却可以涵盖传统CAD的教学内容。图形标准更多地停留在应用软件进行计算机绘图的层面,学生并不能很好地理解计算机图形背后的计算技术。因为,用图形方式表达计算机信息数据的含义,仅仅是计算机对图形处理的一种用途,它不能直接确定图形学的学科特点与教学内容,也不能概括图形学的发展现状、规律和趋势,更不能覆盖图形学的理论体系与学科结构。

### 3 “图形学”课程教学改革的重要性

“图形学”课程教学的重要性表现在如下几个方面。

(1) 训练人们用数学语言描述、解决图形的计算可视化问题。图形学训练人们用数学语言描述、解决图形应用问题的过程与方法,以及由此形成的静态数学模型与动态数学模型的编程训练,借助图形软件系统建立起计算可视化的概念<sup>[2]</sup>。这些训练构成了计算机图形程序设计的理论与技术基础。特别的是,通过“图形学”课程的教学改革<sup>[2]</sup>,可以使学生更好、更快地掌握图形程序设计的基本方法和技术,并窥见和认识到一门计算机课程从不够成熟到最终走向成熟的认知过程。

(2) 从经验方式转向科学理念引导的方式,从外延模式转向内涵模式。在课程教学改革中,通过把计算科学的方法论引入图形学教学中,在

图形的视觉抽象、数学建模、计算方法、基本算法、算法语言和数据结构等一系列环节中,借助“图形学”课程的内容实现图形计算可视化,诠释“由物理模型到数学模型,由抽象描述到系统功能与结构,再到程序编码实现和软件测试评估,最终完成图形计算可视化的全过程”这一工作流程,建立计算机图形程序设计的理论和技术。它使学生从传统的初级程序设计阶段向更高的程序设计阶段发展,从经验教学方式转向科学理念指导下的教学方式,从注重各类计算机绘图的程序设计方式转向各类图形的数学建模与计算机仿真原理的教学,从而为“图形学”的教学从外延模式转向内涵模式,使学生不断深化对计算机图形处理的理解奠定了基础<sup>[5]</sup>。

(3) 可有效培养、提升开发软件系统的专业能力。由于“图形学”能清晰地阐明图形计算机程序的基本规律与计算机仿真的基本原理,并且具有一定的复杂性,当它作为软件开发方法课程的实验与课程设计内容时,可以解决软件开发方法课程教学内容比较空泛与抽象,易于脱离实际的教学难题,并使学生深刻体会软件开发方法规定的多人分工协作与程序编码规范等要求。例如,在计算机动画软件的编码实践过程中,可以找到具体而有效的应用,从而通过实践提升学生的软件开发能力。

三维图形学通过数学建模与计算可视化的方式,架起了物理世界与计算科学世界相互交流的桥梁,成为人们编程、深入使用计算机不可或缺的必要工具。例如,当科学工作者用数学模型的方法总结、描述并分享自己在多个行业领域中取得的科研成果,以形成完善的理论体系时,由于许多数学模型可等效地用几何模型表达,故可用图形方式显示计算模型的几何形状,用计算可视化的方式直观地刻画成果。因此,图形学在各行各业中有着广泛的应用前景。

### 4 图形学的教学要处理好的几个问题

围绕课程的建设 and 教学,图形学的教学要处理好几个问题。



#### 4.1 图形学的教学难点

高等数学、线性代数介绍的数学概念和方法已经可以基本胜任本科初等级别的“图形学”课程的教学任务,但如何深入理解图形的数学描述与表达方法,以及各种表达方法下因运算的引入而表现出的优劣,如何建立更好的图形表示方法与算法等更深层次的图形处理能力,依然是教学中的难点问题之一。如果考虑计算几何等未来更深入的选题,过去的教学难以担负这项使命。这个难点的突破关乎学生在数学建模能力和创新意识方面的培养,有赖于计算机专业学生数学基础的加强和“图形学”课程教学方法的改进。

本科图形学的教学难点在于几何模型的构建与其动态模型的编程。几何模型构建的核心是图形的数学建模。例如,平面物体的全剖切运算与布尔运算的编程实现方法即如此(这是传统CAD课程的经典算法)。目前,教材的配套教学文档中,已经提供了计算可视化的教学课件,尽量简化并降低相关的两个算法的教学难度。之所以学生普遍感到这两个算法的教学难度大,是因为许多授课教师以前并不熟悉这两个算法,或师生的数学、算法基础还比较薄弱。

如果回避这两个算法,既无法在图形学的教学中有效建立几何模型的概念,也不能形成用几何模型、材质模型与纹理模型有效描述可视物体的概念。此时,图形学的课程教学,实际上只能下降为图形标准和计算机绘图的教学。建立几何模型的另一种方法是用测量的方法确立不变物体,如汽车的几何模型。曲面物体的几何模型多采用这种方法予以解决(在课堂教学中向学生说明原理,用这种方法就能在计算机中建立几何模型的概念,说服力不够充分)。若用手动方法测量几何模型的描述数据,则需设计数据结构保存其几何模型的描述数据;若用激光测距仪自动测量可视物体的几何模型描述数据,则测量数据的自动处理过程已经超出了传统计算机图形学的教学要求,被归类为测绘学的教学要求了。

#### 4.2 图形学与图像处理之间的相互关系

在计算机科学中,图形与图像之间存在密切

的联系,但又存在本质的区别。

(1) 图像是人们最常见的一种可视物理现象,它是平面中可视点阵的有限集合。而图形是对观察图像的数学描述所形成的多种数学模型与其描述参数的合称,即图像是图形的表现形式,图形是图像的简约表现形式。当描述图像的非点阵数学模型是二维、三维的时,就分别称该图形为二维、三维图形,一般需要多个数学模型才能有效地描述三维图形。

(2) 图像处理的一般过程是,先获取一帧图像,后对该图像进行处理,如让它变得更清晰或模糊,再对图像的内容进行识别,如可用语法分析或特征判断等方法提取该图像的特征,判断它表达何种含义等,最后发展到模式识别,如确立图像中可视物体的类型与模型描述参数等。可见,图形处理与图像处理是两个互逆的过程。图像处理的基础是信号处理与随机过程,它对数学知识有特别的要求。由于计算机专业一般不开设信号处理和工程数学等课程,故图像处理并不适合计算机专业的学生作为典型的计算机应用课程来选修。当然,在补充相关知识后,也可以作为选修课程开设。

(3) 图像处理常用的算法可以在VC语言的环境中,通过调用OpenCV(Open Source Computer Vision Library)软件包中的各个函数来实现。OpenCV类似于OpenGL,是一个免费开放式图像处理软件包。

#### 4.3 图形学与OpenGL、MATLAB、SCILAB之间的关系

OpenGL是根据图形学理论研究成果研发的一个实时三维图形软件包(用显示卡硬件方式加速处理各种图形的生成过程)。该软件包有灯光模型与照相机物理模型的概念,以及材质模型与纹理模型的概念,却无几何模型与软件系统的概念,也无光线跟踪算法与辐射度算法。这些关键概念的缺失是OpenGL等图形标准不能作为图形学代名词的主要原因。不过,OpenGL可以接收用户向它传输的几何模型并接受用户的主程序调用(主程序一般有软件系统的概念),故OpenGL可

以表示可视物体、灯光与照相机等物理模型并显示其对应的三维真实感图形。用户一般常用它开发三维游戏软件,但OpenGL目前在应用程序的界面控制方面似乎还不够理想。

MATLAB是美国MathWorks公司出品的商业数学软件。该软件是一种用于算法实现、数据可视化(绘制函数/数据所对应的图形图像)、数据分析以及数值计算的计算语言和交互式编程环境软件。MATLAB还利用为数众多的附加工具箱(Toolbox),使它适合控制系统的设计与分析、图像处理、信号处理与通信、金融建模与分析等不同领域的应用。另外,它有一个配套软件包Simulink,提供了一个可视化开发环境,常用于系统模拟、动态/嵌入式系统开发等方面的应用。概括起来,它是一种典型的科学计算可视化应用工具软件。

MATLAB与OpenGL相比较,有以下主要特点和区别:

- (1) 不能做实时运算处理;
- (2) 可以表示多种数学模型所对应的几何图形,但目前还不能有效表达灯光的物理特性;
- (3) 可以表达三维图形的投影过程与显示效果,但目前暂时还没有全面模拟照相机显示三维图形的多种控制功能,故很难用于开发计算机动画或三维游戏软件;
- (4) 在掌握了典型的算法语言之后,很容易学会MATLAB的编程使用方法,且它对数学知识的要求不高;
- (5) MATLAB针对很多专业领域需要的复杂数学表达式,提供了函数库供编程者直接调用,并用它们直接编程得到相应的仿真结果,同时可用图形方式表达数字仿真效果;
- (6) MATLAB有与其他多种语言编程的接口,使其可以与其他语言相互联编,扩展了它的使用范围;

(7) 初学者易于学习、掌握MATLAB这一工具,但不等于掌握了计算机图形程序设计的基本技术与计算机仿真的基本原理,且这种学习并不能训练学生掌握用数学语言描述解决实际问题,完成数学建模这一关键问题,而这又往往是使用MATLAB的前提。

SCILAB(Scientific Laboratory)源自MATLAB,个别专家因软件“开源运动”而从MATLAB团队出走,加入法国国家信息与自动化研究院的科学家团队。之后,他们开发了这一“开源”软件。它是一种具有数以百计的数学函数、二维和三维图形、高级数据结构及用户自定义数据类型,以及混合动态系统建模器及模拟器Xcos的高级程序语言与编程环境软件。SCILAB可以很方便地实现多种矩阵运算与图形显示,能应用于科学计算、数学建模、信号处理、决策优化、线性/非线性控制等多个方面。关键是SCILAB提供的语言转换函数,可以自动将MATLAB语言编写的程序翻译为SCILAB语言的程序。由于SCILAB的语法与MATLAB非常接近,熟悉MATLAB编程的人能很快地掌握SCILAB的使用。SCILAB是一个与MATLAB类似的编程工具,两者之间一直存在某种竞争关系。因SCILAB的“开源”性,专业用户很容易把它改造成适合自己需要的编程工具,但这对计算机工程师专业编程水平提出了很高的要求。3个软件的功能与差别可参见表1。

#### 4.4 图形学与计算几何的关系

计算几何(Computational Geometry)是研究物体的各种几何形体的计算机表示及其信息处理的学科。用计算机表示各类物体在三维空间中的几何形体,首先需要建立几何形体数据表示和存储的数学模型,由于要表达的几何形体具有任意的形状,因此,它比图形标准研究内容更宽泛,

表1 OpenGL、MATLAB与SCILAB的功能比较

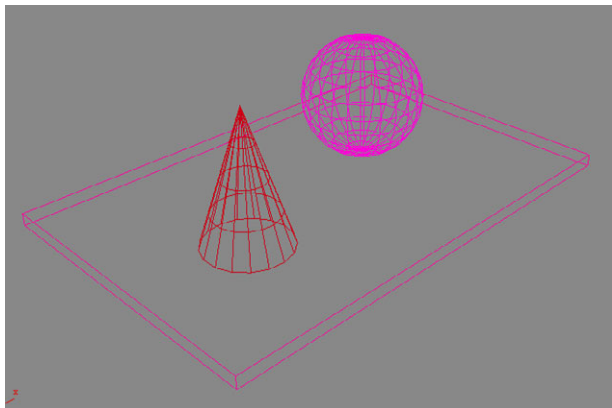
软件名称	图形显示特点	适用范围	计算速度	开源性
OpenGL	显示真实感图形与几何图形	游戏,计算机动画的驱动 利用显卡的GPU进行专项计算,如CUDA与OpenCL	实时计算	不开源
MATLAB	显示几何图形	适用通用计算与专项仿真	非实时计算	不开源
SCILAB	显示几何图形	适用通用计算与专项仿真	非实时计算	开源

处理方法和技术更复杂，可以视为对图形标准的进一步深化和拓展；其次，探讨几何形体的计算机表示、分析、综合和处理，需要研究如何灵活、有效地建立几何形体在空间中表达、变换的数学模型，以及在计算机中如何更好地存储和管理这些模型数据。这些内容构成了高年级学生或研究生的方向性选修课程或讨论班的研究课题。

例如，对于汽车、火车、飞机、轮船等工业产品的外形设计，首先需要对这些物体的形体中的曲线、曲面等给出计算机表示，然后利用数学方法对这些曲线、曲面的几何性质进行研究，如探察曲线上有无拐点、奇点，曲面上的凹凸性，是否存在鞍点等，从而为探索它们在各种外部环境条件下，如受力后形体会产生什么影响，进而调整、改动形体的设计和选择材料，提供科学依据。

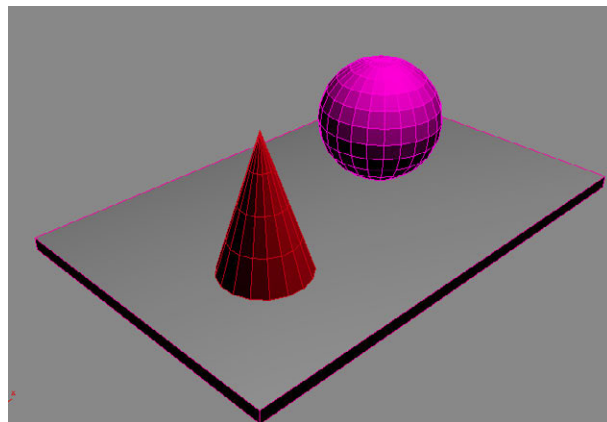
很明显，计算几何是一个更复杂的高级图形学方向，需要用到许多数学知识。在函数逼近论、微分几何、代数几何、计算数学等诸多数学分支的支撑下，计算几何发展得很快，形成了一个重要的边缘学科，国内外均先后出版了相应的专著和教材，但开设课程的高校还很少。复旦大学数学系很早就开始计算几何的研究，他们与上海造船厂开展合作，研究船体的计算机放样，取得了重要成果和经验。

用几何模型和计算几何方式描述可视物体的几何外貌所形成的三维真实感图形，如图1所示。

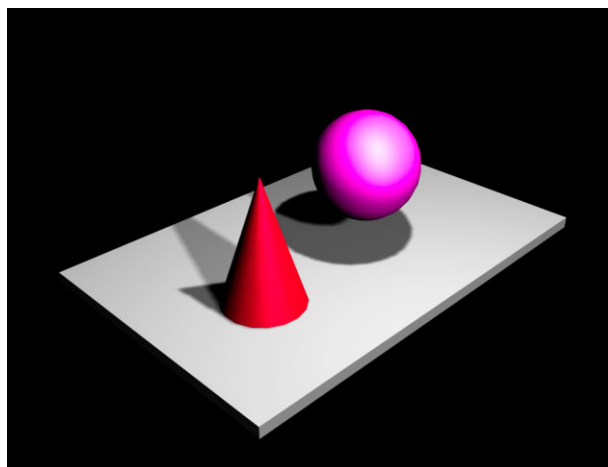


(a) 用线框模型与照相机（投影方式）描述可视物体的几何模型

图1 几何模型与三维可视物体图形的相互关系



(b) 用表面模型与照相机描述可视物体的几何模型



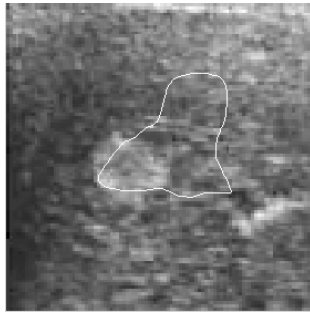
(c) 用表面几何模型与材质模型、照相机与灯光模型描述可视物体模型，它确立了三维真实感图形的显示

图1 几何模型与三维可视物体图形的相互关系（续）

## 5 “图形学”课程的教学安排

计算机专业的“图形学”课程可安排54学时的课堂讲授加28学时的基础实验（含实验部分8学时讲授。其中，1学时讲授多边形的定义，1学时讲授窗口与视区，6学时讲授OpenGL），另安排一个独立完成的课程设计（开放实验）。如果是选修课程，可不再安排课程书面考试，以课程设计报告、成果验收结果，必要时增加报告、答辩来决定课程的学习成绩。

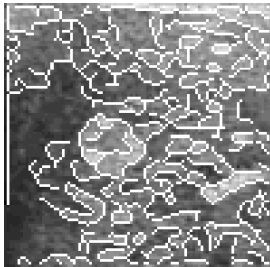
对教学内容，可用2学时讲解图形学导论，4学时讲解二维图形学以建立软件系统的概念（含2学时演示3ds Max软件的动画功能并建立二维图形（下接第85页）



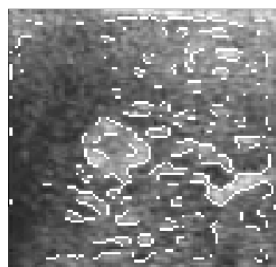
(b) 第二次分割



(c) 第三次分割



(d) Canny分割



(e) LoG分割

图2 超声图像的分割(续)

## 【参考文献】

- [1] 陈文山,等.基于相似度测量的医学超声图像对比度增强[J].中国医学影像技术,2006,22(9):1432-1434.
- [2] 上官伟.医学超声图像处理研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2005.
- [3] Kass M, Witkin A, Terzopoulos D. Snakes: Active Contour Models[J]. International Journal of Computer Vision, 1987: 321-331.
- [4] 赵暖,等.超声图像处理中Snake模型研究[J].上海生物医学工程,2004,25(4):3-9.
- [5] Xu C, Prince P L. Snakes, Shapes, Gradient Vector Flow. IEEE Trans. on Image Processing, 1998(7): 359-369.
- [6] 刘彩霞,范延滨,杨厚俊. GVF Snake模型中一种新的初始轮廓设置方法[J]. 计算机应用, 2006, 26(7): 1614-1619.
- [7] Xie Jun, Jiang Yifeng, Tsui Hung-tat. Segmentation of Kidney from Ultrasound Images Based on Texture and Shape Priors. IEEE Trans. on Medical Imaging. 2005, 24(1): 45-57.

(上接第54页)

软件系统的概念,2学时讲授图形的数据结构与数据处理流程);48学时讲解教材<sup>[2]</sup>的内容。课程设计完成质量高、对图形学有兴趣的学生,还可以进一步拓展课程设计的成果,发展为毕业设计(主要为应付检查而设,并非必要)。

## 【参考文献】

- [1] Francis S Hill Jr, Stephen Mckelley. Computer Graphics Using OpenGL (3rd Edition) [M]. New York: Prentice Hall, 2006.
- [2] 魏海涛. 计算机图形学——理论、工具与应用(第3

版)[M].北京:电子工业出版社,2013.

- [3] Wei Haitao, Lu Hanrong, Xiong Jiajun, Gao Yan, Hu Jinsheng, Wu Caihua. Building Computer Graphics into an Independent Sub-discipline [EB/OL]. 2012. [http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-27708-5\\_93](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-27708-5_93).
- [4] 魏海涛,等.计算机图形学教学改革与教学体系创新[J].计算机教育,2012(6).
- [5] 赵致琢.普通高等教育科学办学的理论探索与改革实践[J].工业和信息化教育,2013(12):1-11.