

谈谈图学教材

何援军¹, 王子茹²

(1. 上海交通大学计算机系, 上海 200240;
2. 大连理工大学建设工程学部, 辽宁 大连 116024)

摘 要: 讨论大图学下的教学理念与方法及大图学学科系列教材的配套建设问题。从学科分类、图学的科学基础、计算基础、图学实践、图学应用等各个角度讨论了图学的理论教学与实践教学, 以及各学科间的相互关系。基于形是图之源, 图是形的载体的认识基础, 给出了工程图学、画法几何、计算机图形学、计算机图像学等主要教材的一些编写原则。基于图学的根本是几何, 建议专门编写一本《图学计算基础》作为图学的公共教材。

关 键 词: 图学; 教材; 教学; 实践; 应用

中图分类号: TP 391

文献标识码: A **文章编号:** 2095-302X(2015)06-0819-09

On Graphics Textbook

He Yuanjun¹, Wang Ziru²

(1. Department of Computer Science & Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, 200240, China;
2. Faculty of Infrastructure Engineering, Dalian University of Technology, Dalian Liaoning 116024, China)

Abstract: Within the concept of Great Graphics, this paper discusses about graphics textbooks and graphics teaching. From the perspective of the discipline classification, scientific foundation of graphics, computing foundation, the practice of graphics, and graphic application, some issues about theoretical and practical teaching of graphics are discussed. Based on the concept that shapes are source of graphs and graphs are the manifestation of shapes, some principles of main graphics textbooks including engineering graphics, descriptive geometry, computer graphics and computer image are given. As the essence of graphs is geometry, this paper finally suggests to compile *Graphic Computing Foundation* as the public graphics textbook.

Keywords: graphics; textbook; teaching; practice; application

中国图学学会 2013 年发布《图学学科报告》^[1], 提出建立大“图学”学科。据此, 需要进行对图学科学、学科、教材、教学等一系列的论证、规划和建设工作, 率先启动大图学学科系列教材的配套建设及大图学下教学理念与方法的讨论。

由于我国现有的学科国家标准没有给图学学科应有的地位, 标准中有关“图”的学科分类与代码是混乱的和科学的。由于没有统一的图学

学科, 现在图与图学的教材都是基于机械、土木、建筑、地图等专业领域安排的, 一些共性理论、方法和技术的叙述是分散的, 对一些基础理论与算法(如变换、求交等)的叙述、教学和研究出现重复, 有些甚至是低水平的重复。另外, 一些教材没有重视宏观的架构设计, 只是一些知识的堆积, 搞不清哪些是必须的、哪些是可选的。一本教材框架不清晰, 内容取舍不当也就难免。造成了现

有的图学教材杂乱无章、千奇百怪，导致图学教学呈现各司其政、九龙治水的局面。

本文将在大图学的概念下，从图学的科学基础、空间表述、计算基础、图学实践、图学应用等各个视角分析图学教材编写的基础、要求和分工。根据形的属性是表示，图的属性是表现，形是图之源，图是形的载体、形之表现这个认识基础，给出了工程图学、画法几何、计算机图形学、计算机图像学等主要教材的一些编写原则。在阐述图学与其他学科关系的同时，也注意到图学教材之间的相互关系，哪些是理论性的？哪些是应用性的？关注形、图、计算三者问题空间与计算空间不统一的问题，根据图学处理对象的特殊性，提出用一种“形计算”机制去辅助常规的“数计算”机制，提升对形和图的处理效率。根据“图学是研究形和图，它们的表示、表现以及互相之间转换的科学，它的核心是形，本质是几何”的基本定位，提出应专门编写一本《图学计算基础》作为图学公共教材，使图学有一个统一的、较高的公共基础。

1 从学科的角度

学科，一般指一定科学领域或一门科学的分

支，是与知识相联系的一个学术概念，是分化的科学领域。学科的另一含义是指高校教学、科研等功能单位，是对高校人才培养、教师教学、科研业务隶属范围的相对界定。学科是高校的细胞组织。世界上不存在没有学科的高校，高校的各种功能活动都是在学科中展开的，离开了学科，不可能有人才培养，不可能有科学研究，也不可能

有社会服务。

根据我国国家标准《学科分类与代码》GB/T 13745-2009^[2]中的名词解释，图学类学科在我国学科分类中最高的只有“工程图学”作为工程与自然科学基础的二级学科，其他有关图的学科则分散在机械、计算机、信息与系统、电子、地球、测绘等各个领域的三级学科中(见表 1)。从表 1 可以看出，这些分类既无原则，也不成系列，不论从科学的角度，还是从学科的角度，或哪怕是从方法与技术的角度看都是混乱的。例如，计算机图形学作为“计算机科学技术”的“计算机应用”下的三级学科，定位显然不合适——其本身也并不是一种独立的应用，而是众多计算机应用的一种基础与支撑。而将“图形图像复制技术”作为三级学科又显得有点单薄。

表 1 国家标准中与“图”有关的学科分类与代码

一级学科	二级学科	三级学科
工程与技术科学基础学科(410)	工程图学(41060)	—
机械工程(460)	机械设计(46020)	机械制图(4602040)
计算机科学技术(520)	计算机应用(52060)	计算机图形学(5206030)
		计算机图像处理(5206040)
		计算机辅助设计(5206050)
		计算机仿真(5206020)
信息与系统科学相关工程与技术(413)	仿真科学技术(41315)	仿真科学技术基础学科(4131510) 仿真建模理论与技术(4131520)
自然科学相关工程与技术(416)	生物医学工程学(41660)	医学成像技术(4166070)
电子与通信技术(510)	信息处理技术(51040)	图像处理(5104050)
地球科学(170)	水文学(17055)	水文图学(1705535)
测绘科学技术(420)	地图制图技术(42030)	地图投影学(4203010)
		地图设计与编绘(4203020)
		图形图像复制技术(4203030)
	海洋测绘(42050)	地图制图技术其他学科(4203099) 海图制图(4205045)

如此混乱的、不科学的学科分类，首先制约了图学理论和应用的传授、研究与发展。

图学学科报告^[1]根据对“形”、“图”及“图学”定位、定义以及本质的分析，提出以图学基础层、应用支撑层和图学应用层的三层结构，图学教育与图形/图像标准两个支撑表述图学学科的框架体系(图1)是合适的。

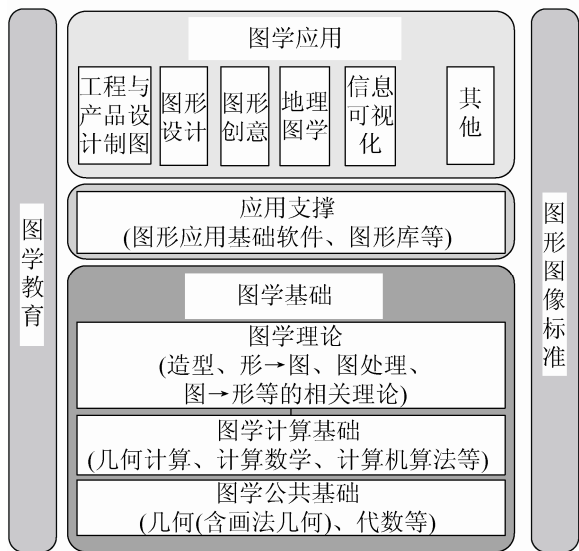


图1 图学学科框架体系

在这个整体框架下分析图形、图像以及工程图的本质属性和他们的共性，宏观地考虑计算机图形学、计算机图像学、工程图学在科学上的同一性，厘清它们的基本内容、各自的分工以及逻辑关系，以此编制教材，实施教学。

2 从科学的角度

何谓科学？给科学一个充分的、本质的定义并非易事，因为科学其实是一种社会的、历史的和文化的人类活动。科学首先是对应于自然领域的知识，经扩展，引用至社会、思维等领域，如社会科学、自然科学和思维科学等。科学是知识，且不是零碎而是理论化、系统化的知识体系，是人类对自然、社会的认识活动。

图学是以图为对象，研究在将形演绎到图的过程中，关于图的表达、产生、处理与传播的理论、技术与应用的科学。

形，指形体或形状，形存在于客观世界(如自然界的物体、人造的物体、自然现象等)，也存在于虚拟世界(如动画、游戏等)，其本质是“表示”。

形一般采用模型表达，有几何模型、数字模型、数学模型等。模型由各种几何构造，有点、直线、曲线、平面、曲面等，因此模型的本质是几何。没有几何，图形/图像将是无本之木，所谓的像素、光照、阴影等皆无意义。

图，用于描述世界、反映世界、展现世界与想象世界的，图用于表达形。是形的视觉表现，它的本质是“表现”。不管是图形类还是图像类，图本质上是由包含几何信息与属性信息(颜色、线型、线宽等显式属性和层次等隐式属性)的线、点等基本图元构成的画面。

从计算机的角度看，形是输入，图是输出，形是图之源。组成形体、图形与图像的基元都是几何^[3-9]，理论基础是几何学(含画法几何、射影几何等)，图学计算的本质是几何计算。

图学，是研究形和图的表示、表现以及互相关系，目标是图、核心是形、本质是几何，最根本的理论基础是几何学。其基本内容应包含以下几个方面：造型理论与方法、由形→图的理论与方法、图的处理理论与方法、由图→形的理论与方法以及图的传输理论与方法等。这些理论、方法和技术会借助于其他学科或是学科交叉。

3 从空间的角度

人类一个奇特的特性就是空间性。眼睛、耳朵都能感受到空间，立体电影、立体声技术使人们得到视觉与听觉上的空间感的享受。人类善于空间思维，因为直觉是人类最有力的武器。

图学涉及的空间问题众多，也很复杂。形是三维的(有平面、曲面、平面体、曲面体等)，图是二维的(有图形表示的、也有图像表示的，有平面图、也有所谓的立体图)，形生成图是从三维到二维的(如正投影图、轴测图、透视图和线框图、光照图、阴影图等)，图生成形是二维到三维的(如三视图、逆向工程等)。平面的照片可以表述出空间物体的“景深”，更有，2个体视图的组合原理产生立体电影等。

形是空间的，图是平面的，但它主要是为了描述空间。人们想出了许多办法去解决这个矛盾。画法几何“以平面上的‘形’去解读三维空间”的基本方法，如投影法、三视图等等就是最典型的例子，其充分发挥了人类形象思维的特点。遗憾的是，这些理论与方法还没有从根本上触及“形、

图、计算三者问题空间与计算空间的不统一”问题——形是二维或三维的，图是二维的，计算是一维的。长期以来人们并未认识基于代数的数计算一直蕴涵着“一维计算处理二维、三维问题”这样一个矛盾，人们习惯于“把质的困难转化为量的复杂”。

问题空间与计算空间不统一的另一个突出表现是，人的思维多次的被“转换”。图学处理时源与目标常在不同的空间，计算的过程就变得有些复杂：形→数→数计算→数→形。这里，人的大量工作花在“形→数”和“数→形”之间的转换(模拟)上，这不符合人的思维习惯。其实，数学主要发生于幕后，起关键作用的是人。由于几何代数化的缘故，现在的计算机都局限于这种基于数的一维计算机制，这会增加思考的复杂性与计算的不稳定性。文献[10-11]引入一种基于几何的“形计算”机制，阐述了引入形计算机制深层次的原因，并提出一些相应的对策，使形计算机制能有效地辅助常规的数计算。由于图学处理的多为几何对象，因此，在图学中采用形计算机制是有利的、有效的。

图学教材，需要重新梳理这些空间概念。

4 从计算的角度

计算是一切科学的基础与主要工作^[12-13]。从计算的历史看，计算源于图；从计算的实施看，计算方法的设计常基于图形思维。因此，计算源于图形也基于图形，由具体的形，到抽象的形，再到更抽象的图，最后归结于几何。文献[14]阐

述了图学的计算基础，认为图学的计算基础是几何与几何计算。指出图的本质并不是决定构成该图的基本元素本身，而在于决定图元之间的相互关系。

面对一个几何问题，首先需考虑的是如何将其化成一个代数方程(公式)，送到计算机里，摇一摇就得到结果，而不管考虑过程如何复杂；还是充分发挥形与数各自的优势，先从空间的角度审视一个几何问题，借助于图形的直观，用几何的思路寻求一个全局、直观的解决方案，将枯燥的数字与反复的代数计算分离给计算机去做，发挥人的直觉优势，回归人的主控地位，这将挑战数百年来大部分人的思考习惯^[10-11,14]。

应该强调用几何的思想和方法，从形的角度去统一、去研究、去发展图学计算的基础理论，基于图的计算机制以及几何变换理论等，才能构筑稳定的图学计算平台。表 2 列出了几何计算在图学中作用的例子。

计算的另一个问题是稳定性问题，即计算的正(准)确性问题。即使在一些已被广泛使用的大型应用系统中也存在几何引擎的稳定性问题。这里有理论问题，也有实施问题。导致几何计算不稳定主要有 2 个原因：①是由数字计算误差引起，通常与数制及计算方法有关；②是由几何本身原因引起，因几何间的重叠(共点、共线、共面等)引起的几何奇异而造成判断的不确定性。Ericson^[15]曾对那些只偏重速度、忽视稳定性的研究方法表示担心，觉得“这只是减少了浮点运算”，并认为用一些大规模随机测试很难检测到影响算法鲁棒性的状况。

表 2 几何计算在图学中的作用

计算机图形学的主要内容	几何计算	其他理论和技术
变换	仿射几何	代数、投影
光栅化	几何插值	显示
几何裁剪	几何求交	编码技术
基本几何的相交、相切计算	几何求交	几何
二、三维几何造型	线面求交	拓扑、数据结构
隐藏线消除	线面求交	变换、显示
光照模型	光照计算、几何插值	颜色、光学等
阴影显示	几何求交	颜色、显示、边界等
纹理映射	几何求交、几何插值	颜色、显示等
交互设计	几何求交、参数方程	人机界面、交互技术
曲线、曲面	计算几何理论	微分几何等
动画	运动轨迹、几何插值	变换、物理(运动轨迹)

5 从实践的角度

在联合国重新定义的文盲标准中,不会读图、不会使用计算机就被列入信息时代的“新文盲”之列,因此,图学教学还需要建立完整的用于实践的教材。下面是实践教学教材的例子。

教学建议书,按照教学+课程设计学时的教学内容与时间安排,教师可按照专业与实际需求自行增删相关内容。

作业与试题库,是教程每章后面给出题目的综合,教师可以从中选择一些题目供平时布置作业或在课程结束时形成试卷,也可以阶段性的布置课程设计。学生则可以预先安排自己感兴趣的题目作为项目进行训练。

课程设计指导书,帮助读者在一个总体框架下选择性的实现其中的一些算法题或者稍微难一些的课程设计题。在课程设计题的前面可参考性地给出该题目的“难度系数”,有些题目甚至可以作为研究题,这样的安排,可以满足不同层次的学校、专业及学生的需求。

提供不同层次作业题、试题、课程设计题,不仅有利于教师教学的方便,也可以协助教师和学生在一个总体框架下有条不紊的、累进性的工作,积跬步以至千里,积小流以成江海,逐渐形成自己有特色的课程资源或工作资源。

6 从应用的角度

图及图学的应用十分广泛,有工程和产品的设计制图(如机械、土建、园林、化工、水利、电力、航空航天、造船、轻纺和服装等);图形设计(如图标、广告、包装、网页、封面、装饰、图表等);图形创意(如动画、游戏、艺术、书法等);地理图学(如地图、海图、水文图、地质图等);信息可视化(如科学计算可视化、计算信息可视化与虚拟现实系统等)等等。

需要在对相关领域理论、技术与应用深刻理解的基础上,建立和开发图形公共基础软件和相关应用领域的图形库等,使图学应用建立在一个更高的起点与平台上。

重视图形图像标准的建设。“没有标准,世界的运行将戛然而止”。图作为科学、工程、艺术等的交流语言,一种传递构想与交换知识的工具,需要遵循一定的规范与标准。包括图样的制作标

准(如国标)、图形的交流格式(如 STEP、DXF 等)、图像的存放与交流格式(如 JPG、BMP 等)等。图形图像的标准化支持人类创意的交流,是图学教材与教学的一个重要方面。

7 现状分析

一些图学教材没有抓住图的本质,从图的源头上阐述图学理论。例如,画法几何,不是被定位作为几何的一个分支,在教材和教学中不重视对画法几何最核心的几何思想的阐述和几何化方法的运用,只是就事论事地讨论投影作图问题、三视图问题等。而在制图的计算化过程中又过于追求作图的自动化,方法上偏重于对手工作图过程的模拟,没有充分发挥几何的独特优势。

下面通过几个例子分析一下图学现有教材的现状与问题。

7.1 变换问题

变换包括二维图形变换、三维形体变换和三维向二维的投影变换 3 种。在几何代数化的方法下,变换实际上是在选定坐标系下用齐次矩阵的运算实现的。因此,对应于几何元素及其选定的坐标系,变换还可分为几何变换和坐标系变换两种。

已经出版的一些工程制图的教材对“投影”及“投影变换”的阐述过于强调了矩阵化的描述。一个广泛误传的例子是:向坐标平面的正投影采用了对齐次变换矩阵的某一行(列)强制置为零的矩阵运算描述。这不符合三维观测流水线的处理过程:①三维变换→②图形处理→③投影变换→④视图变换→⑤显示,这种将①、③合并的所谓投影变换使得②、③的次序颠倒,会导致②因失去了深度坐标而无法实行。这是将几何问题教条性地代数化的一个典型。其实,从几何的角度看,只要取点的三维坐标中的任何 2 个坐标就是向坐标平面进行投射了,所以,向坐标平面的正投影并不需要作什么“变换”^[16]!

文献[17]指出,“对一个空间物体,可以通过透视变换找到另一个空间物体,使前者在画面上的透视投影与后者的平行投影是一样的,且保留了深度方向的对应关系。”这个性质对透视图如此,对轴测图、阴影图等也适用。文献[16-18]对变换有详细的论述,提出了一种“图形变换几何化表示”的方法,将图形变换与基本几何统一起来,也给出了“向空间任意面投影”的简单方法,并使投影只限于向坐标平面的正投影一类(不需

“变换”），这已在教材《计算机图形学》^[7]和专著《几何计算》^[10]中采用。

7.2 阴影与透视

阴影与透视是建筑制图教材的必须内容，两者还经常一起使用，因此，出现了一类“阴影与透视”教材^[19-21]。

阴影的目标是求取在平行光源或点光源光照下的几何形体在其自身或在其他形体上或在某一指定落影面上的阴影区域，主要目标是求得一个“区域”，本质是(区域)边界的求取，通常是平面上若干区域交集的求取，这里的平面可以是在在其他物体的空间平面上或在投影平面上。透视的目标是求取在点光源下的几何形体在指定画面上的图形，主要目标是求得空间点在投影面上的点的坐标，本质是一个几何变换问题。它考虑的主要因素是透视效果，美观性、灭点的个数与位置等。文选^[17]得到了透视灭点的量化描述，方便得到最佳透视图。

虽然，阴影与透视是紧密联系的，例如在建筑设计上，求取的阴影通常是在透视变换之下的。但是，他们的目标与属性是不同的。阴影的后续任务是求取阴线围成区域的并集(面的问题)，透视的后续任务是将几何形体上原来在空间相连的线在画面上也连接起来(线的问题)。

只有从最本质的东西出发，在空间概念上、在计算本质上去阐述阴影与透视才是合理的。作者已计划对教材^[22]进行改造。

7.3 图学基础

文献^[23]尝试了厘清图学公共平台与机械类制图的关系、画法几何与机械制图的关系、工程图形与其他图形的关系等等，达到基础知识与学科发展相结合、形象思维与创造性思维相结合，使图学基础教程与系列教材相配合。教程中阐述了以下一些问题：仪器作图与徒手作图、计算机绘图、投影基础、组合体与机件的表述、轴测图生成、几何造型、工程图的绘制与阅读、计算机辅助设计制图基础等。这是较早提出图学基础，并试图界定图学基础内容的教材。显然，这只局限于工程制图，且一些内容还需要讨论。

8 若干原则

编写一本好的教材，需要抓住几个关键。

(1) 要重视宏观的架构设计。架构不清晰，内容取舍不当就在所难免，教材中只是一些知识的堆积，搞不清哪些是必须的，哪些是可选的；哪

些是主体，哪些是处于从属地位的。例如，在计算机图形学中，如果造型与绘制的关系没有摆对，三维造型、曲线曲面等内容的选择与深度控制就会把握不好。

(2) 要抓住本质，从源头上去阐述理论、方法、技术和知识。例如，画法几何，如果不是被定位作为几何的一个分支，在教材和教学中就不会重视对画法几何最核心的几何思想的阐述和几何化方法的运用，只就事论事地讨论那些投影作图问题、三视图问题等。

(3) 发挥好经典理论在计算机时代的作用。例如，在制图的计算化过程中如果只是偏重于对手工作图过程的模拟，只是在形式上追求作图的自动化，就不能充分发挥几何的独特优势。

下面给出图学骨干教材编写的若干原则。

8.1 工程图学

工程图学是图学中唯一一个以工程与技术科学基础学科列入的二级学科，许多制图教师在这个学科下积极推进理论与实践、教学与工程的结合^[24-28]。工程图学的教材与教学面对一个新的现实，计算机的介入改变了原先的制图工具，使得尺规工具的作用在降低，应用范围在减少。制图过程中人的思维与计算机图形软件两个终端的直接连接使工程图学处于一个尴尬境地。但是，这并不意味着要抛弃手工制图以及识图的一些基本训练，初始的构想与设计是从人的手画草图开始的，离不开手工制图。建筑草图设计需要娴熟地运用透视原理，机械的三视图读图训练等仍为必须。而且，图纸作为工程语言的地位没有改变，制图、读图、图纸的信息共享等的理论、方法与技术需要工程图学去承担。

8.2 画法几何

一个似乎不可逆转的事实是，作为工程制图理论基础的画法几何正在被边缘化，这是很不正常的。其实，画法几何研究的基本对象也是几何，早期的画法几何(投影几何)是在几何的大家族中的，17 世纪一些几何学家将其方法与结论视为欧基里德几何学的一部分^[3-6]，直到 1799 年法国几何学家蒙日非数学地阐述了投影理论，使画法几何成为一门独立学科。19 世纪更发展出投影几何，使这些方法与结论被发展为另一支几何学，只是其结论与所用的方法更偏重于几何化。但是那时流行的是“以代数方法处理几何问题，即坐标几何”，真正的几何则偏重于解析方法，而投影几何是以综合法得到一些定性的关系，所以在当时对

代数与微积分的偏爱下而失宠。应该还原历史，回归画法几何的几何学地位。

画法几何以“正投影”理论为基础，通过投影将空间物体转换成平面图形，引导人们在平面上去虚构三维物体，解读三维空间。由于维数的降低导致信息的缺失而需要多个视图表述三维物体，引发“2D/3D 对应”理论的出现，它是将视图还原成三维物体的理论基础。三维物体化为平面问题以后，平面图形基本上只要考虑点、线、圆等基本几何元素，导致“尺规作图”方法的诞生。

画法几何的核心是几何问题几何化，以前对画法几何的计算机化的研究似乎缺少对这一思想的认识。不从几何空间整体的角度入手，过于追求投影作图过程的计算机模拟，因此，很难发挥人的空间思维优势。2D/3D 对应理论和尺规作图方法不被深度开发、发扬光大是很可惜的。

8.3 计算机图形学

计算机图形学现在地位稳固，几乎所有领域都可涉及，相关教材数百种，千奇百怪。新的理论、方法乃至硬件日新月异。这就需要静下心来思考，计算机图形学最基础、最本质的是什么？作为一个课程，其基本任务是什么？作为一本教材，需要包含哪些最基本的内容？

其实，计算机图形学主要研究两个问题^[7-9]：

①如何在计算机中构造一个客观世界——形(模型)的描述、创建和处理，以“造型”一词统一表述之；②如何将计算机中的虚拟世界用最为形象的方式，静态或动态地展现出来——形的视觉再现，以“绘制”一词统一表述之。因此可以说：计算机图形学=造型+绘制^[7]。造型负责形的表示和输入，绘制负责形的展现和输出。从宏观上讲，造型得到形，绘制展示形；从微观上讲，造型决定点，绘制显示点；两者的基础是几何计算。

一本计算机图形学教材一般应讨论4个方面：绘制、造型、基础和交互^[7]：绘制是计算机图形学公认的内容，是关于图的内容，是计算机图形学的核心内容。造型是关于形构建的。在计算机图形学中讲造型，处于服务于绘制的地位，是可以选择的内容。因为更深的内容，例如三维造型、曲线曲面、曲线拟合等可在专门的教材与著作找到。造型与绘制的基础是数学、计算机等。人机交互中最主要的是图形交互和图形界面，交互式图形学研究的关键是人机交互。

8.4 计算机图像学

计算机图像处理包括对数字图像的处理、分

析与理解、数字化图像的采集，以及对图像处理结果的数字化表达等，应用于图像处理、模式识别、计算机视觉、虚拟现实与多媒体等。

计算机图像的本质是平面上的点以及点的属性(颜色、灰度等)，因此其理论可以分成2个部分：对密集的点的处理，例如文字识别、边界识别等；对色彩的处理，例如颜色系统。在这个基础上，有一个动态图像处理——视频，视频数字图像具有数字化带来的许多特点。

国家标准中与“图”有关的学科分类与代码并无“计算机图像学”，只有“图像处理”。百度百科也尚未收录词条“计算机图像学”。如CAD图书一样，现在关于计算机图像处理的图书过多的被那些讲述如何使用图像处理软件类图书所侵占。

因此，计算机图像学首先要有个“名份”，教材需要定位与规范，内容需要界定。

8.5 图学计算基础

文献[14]阐述了图学的计算基础是几何计算，因此，建议专门编写一本《图学计算基础》作为图学的公共教材。该教材的定位是：在计算机作为主要计算工具的背景下，从几何与计算机(计算)的角度阐述空间几何、投影几何以及画法几何等的基础理论与技术，作为工程图学、计算机图形学、计算机图像处理以及CAD等的公共基础。

文献[11]提出了一个基于几何的形计算理论，辅助常规的数计算，给出了常用的300余个几何算法(见表3)^[10]。文献[29-30]也提供了很多这方面的算法，而且这些算法不仅在图学中有用，在几何设计与计算、CAD等课程中也很有用。

图学计算基础将从空间概念形象地观测世界，从几何的角度审视“形”的问题，发挥人类最有力的直觉武器，回归几何。实现形构造、图显示，形思考、数计算，达到定性规划、定量求解。既发挥了几何的优势，也充分利用了画法几何降维与尺规作图的特长。

特别，图学计算基础要考虑算法的稳定性和有效性。

《图学计算基础》可作为现在的工程图学、计算机图形学、计算机图像处理、CAD等的先学课程。理、工、医各类凡从事科学研究、工程设计与制造等相关的研究人员、工程设计人员、教师与学生等与图有关人员都可以作为公共基础教材或教学参考书。

表 3 常用的几何算法

大类名称	类型	内容
数学工具	向量运算	向量基础、加、减、数乘、点积、叉积、仿射变换等
	矩阵运算	矩阵基础、加、减、数乘、乘、求逆、齐次坐标与矩阵等
	几何变换	坐标系变换、二、三维旋转、平移、比例、对称、错切变换等
	轴测变换	正等测、斜等测、斜二测、罗盘变换, 各种投影等
	透视变换	一、二、三灭点矩阵(倾斜、旋转)等
	视图变换	窗口、视口(左、右手)变换等
基本算法	几何定义	二、三维直线、圆/弧、折线、多边形/体、曲线、平面、曲面等
	几何交切	二、三维几何间的交切计算; 交点几何数(向量、圆弧、线面等)
	判断计算	两点是否重合、点是否在直线、圆、三角形、矩形、凸多边形、一般多边形内/外/上; 两几何碰撞等
	构造计算	曲线拟合、逼近; 基本体素、旋转、拉伸等三维物体构造等
几何度量	距离计算	点/线/面到线、线段、折线、曲线、曲面等
	面/体积计算	多边形、任意图形; 多面体、物体体积等
经典算法	布尔运算	一维、二维、三维布尔运算等
	综合与分解	二、三维包围盒、三角剖分、线性插值等
	裁剪计算	线、矩形、多边形; 面、体裁剪等
	尺规作图	几何约束推理、基于图形构造模型的参数设计等
其 他	工具程序	符号函数、最大最小值、交换和排序等工具程序等

9 若干关系

图学虽然是研究形与图的科学, 但是, 其核心是形, 主体是图, 研究的侧重点还是在图, 围绕图的产生与图的处理展开。图是中心, 形既是图之源, 又服务于图。在这个总纲下讨论图学科学各学科间的关系。

图学的本质是几何, 其公共基础是变换和几何计算。变换, 现在用代数化的齐次矩阵运算表示与实现, 几何计算应尽量采用几何问题几何化的方法。

图学各教材的定位是不一样的: 一些是理论性的、一些是应用性的。关注形、图、计算三者的关系, 看到问题空间与计算空间不统一的问题。

工程图学, 机械、建筑、土木、水利、电气、园林制图目前属于工程制图。从宏观上讲, 应用性多于理论性, 其任务是给各应用领域提供工程语言。

画法几何, 是工程制图的理论基础, 它是几何的一个分支。有趣的是, 数百年来几何走的是代数化道路, 走到了极致, 画法几何走的是几何化道路, 恰仿佛走到了尽头, 阴差阳错。

计算机图形学是由形产生图的典型代表, 其核心内容是绘制, 这是对形的视觉演绎, 它将计算机中抽象的模型转换为直观可见、形象理解的

图形或图像。其下端, 动画等就是应用。

计算机图像学偏重于对已有图像的处理。对密集的点的处理和对色彩的处理, 图像编辑、压缩、分割与融合、颜色处理、边缘检测等。它的下端, 照片、视频是人们天天碰到的事。

图学的理论、方法和技术需要借助于其他学科或是学科交叉。例如, 计算机图形学的光照计算综合利用数学、物理学、计算机以及心理学等知识, 将几何模型的形状、物理特性(如材料的折射率、反射率、物体发光温度等, 机械强度、材料密度等对运动模拟的影响等), 以及物体间的相对位置、遮挡关系等性质在计算机屏幕上模拟出来, 是一个将形演绎到画面上的再创造过程。而造型类, 像曲线/曲面理论属于计算机辅助几何设计、计算几何的范畴; 零件的参数设计、图形交互编辑常被认为是CAD的事情; 三维模型的CSG、八叉树、Breps 结构等模型的表示方法需要数据结构的知识; 点、线、面、体的相互求交、分类及集合运算是几何建模的基础; 布尔运算、分形造型、点造型等造型方式均需要强壮的几何计算支持等等。

10 总 结

国立根本, 在乎教育, 教育根本, 实在教材。教材内涵知识、智慧和精神, 体现出科学性、人

文性和道德性,具有权威性、代表性、核心性和主导性。教材是学生进行学习、教师进行教学的主要依据。一个学科的建立,教材建设举足轻重。

本文全面讨论了大“图学”概念下的图学教材编写与图学教学与实践中的问题。由于没有一个统一的图学学科,造成了图学教材分散、重复及层次不齐的局面。应该在图学是研究图与形及其关系的总前提下,整合分散在其他学科中有关图的理论、方法和技术,宏观上构建一个图学的清晰框架与认知体系,微观上精致编织、准确表述图学具体的知识点。本文给出了工程图学、画法几何、计算机图形学、计算机图像学等主要教材的一些编写原则。基于图学的根本是几何,特别建议专门编写一本《图学计算基础》作为图学的公共教材。

教材是学科建设的基础,教材是引领性的,对其最基本要求是正确、准确。教材对语言表述的要求高于学术专著,教材不仅要叙述清楚、还要通俗易懂,而专著相对可以更学术性一些。要将复杂的事情简单化,切忌将简单的道理写得复杂难懂。如果能够写得文字优美、引人入胜,那就更好。

本质的揭示使学科的概念更准确、更清晰,架构更完整、更简洁。大图学的提出,对广大的图学工作者是机遇,也是挑战,高质量地去建设一批架构清新、阐述清楚、文字浅显、图示精细、教案完整的图学系列教材是图学工作者任务。让我们共同努力,迎接大图学学科的到来!

参考文献

- [1] 中国图学学会. 2012-2013 图学学科发展报告[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2014: 3-30.
- [2] 学科分类与代码国家标准(GB/T 13745-2009)[S/OL]. [2015-05-20]. <http://www.zwbk.org/MyLemmaShow.aspx?lid=117222>.
- [3] 童秉枢. 对图学学科和工程图学学科的若干认识[J]. 工程图学学报, 2010, 31(6): 1-6.
- [4] 唐荣锡. 现代图形技术[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 2001: 10-20.
- [5] 丁宇明. 工程图学学科内涵及分支探讨[J]. 工程图学学报, 1998, 19(1): 84-89.
- [6] 丁宇明. 向交叉学科方向发展的工程图学[J]. 武汉大学学报: 工学版, 2001, 34(6): 75-78.
- [7] 何援军. 计算机图形学[M]. 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2009: 180-183.
- [8] Foley J D. 计算机图形学导论[M]. 董士海, 等译, 北京: 机械工业出版社, 2005: 1-5.
- [9] Rogers D F. 计算机图形学算法的基础[M]. 石教英, 彭群生, 等译. 北京: 机械工业出版社, 2002: 1-37.
- [10] 何援军. 几何计算[M]. 北京: 高等教育出版社, 2013: 1-26, 226-240.
- [11] 何援军. 一种基于几何的形计算机机制[J]. 图学学报, 2015, 36(3): 319-330.
- [12] Piccinini G. Computationalism in the philosophy of mind [J]. Philosophy Compass, 2009, 4(3): 515-532.
- [13] Michael A. 二十世纪的数学[J]. 数学译林, 2002, (1): 1-24.
- [14] 于海燕, 蔡鸿明, 何援军. 图学计算基础[J]. 图学学报, 2013, 34(6): 1-5.
- [15] Ericson C. Triangle-triangle tests, plus the art of benchmarking [EB/OL]. [2015-05-20]. <http://realtimecollisiondetection.net/blog/?p=29>.
- [16] 何援军. 投影与任意轴测图的生成——论图形变换和投影的若干问题之二[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(4): 729-733.
- [17] 何援军. 透视和透视投影变换——论图形变换和投影的若干问题之三[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(4): 734-739.
- [18] 何援军. 图形变换的几何化表示——论图形变换和投影的若干问题之一[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(4): 723-728.
- [19] 黄红武, 王子茹. 现代阴影透视学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 125-145.
- [20] 王子茹, 贾艾晨. 画法几何及工程制图[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001: 1-32.
- [21] 王子茹, 邱冰, 张帆. 建筑制图[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2014: 1-3, 229-265.
- [22] 王子茹, 黄红武. “阴影透视”课程教学改革探索[J]. 大学教育科学, 2009, (6): 24-26.
- [23] 谭建荣, 张树有, 陆国栋, 等. 图学基础教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999: 1-4, 33-47.
- [24] 王子茹, 贾艾晨. 研究型大学建设工程类工程图学立体化教材建设[J]. 大连理工大学学报: 社会科学版, 2011, 32(S2): 218-221.
- [25] 王子茹, 邱冰, 张帆. 工程制图教学中的人文素质教育[J]. 大学教育, 2013, (13): 13-14.
- [26] 王子茹. 工程图学教材建设刍议[C]//第十四届全国图学教育研讨会暨第六届制图CAI课件演示交流会论文集(上册). 中国工程图学学会图学教育专业委员会、教育部高等学校工程图学教学指导委员会, 2004: 406-409.
- [27] 王子茹, 贾艾晨. 工程类“画法几何及工程制图精品”课程建设的研究与实践[J]. 工程图学学报, 2010, 31(S1): 110-113.
- [28] 王子茹, 张帆, 邱冰. 远程教育“建筑制图”文字教材建设的思考[J]. 大学教育, 2014, (18): 32-33, 36.
- [29] Schneider P J, Eberly D H. Geometric tools for computer graphics [M]. 周长发, 译. 北京: 电子工业出版社, 2005: 120-131.
- [30] 周培德. 计算几何——算法设计与分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005: 9-13.