



2012-2013

*Report on Advances in
Graphics*

中国科学技术协会 主编
中国图学学会 编著

图
学
研
究
所

图
学
学
科
发
展
报
告

中国科学技术出版社



014033604

TB23
175
2012-2013

2012—2013

图 学

学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN GRAPHICS

中国科学技术协会 主编

中国图学学会 编著



中国科学技术出版社

· 北 京 ·



北航

C1721817

TB23

175

2012-2013

图书在版编目 (CIP) 数据

2012—2013 图学学科发展报告 / 中国科学技术协会主编; 中国图
学学会编著. —北京: 中国科学技术出版社, 2014.2

(中国科协学科发展研究系列报告)

ISBN 978-7-5046-6550-8

I. ① 2… II. ① 中… ② 中… III. ① 工程制图—绘图技术—学科
发展—研究报告—中国—2012—2013 IV. ① TB232-12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 010804 号

策划编辑 吕建华 赵 晖
责任编辑 王 菡 赵 晖
责任校对 刘洪岩
责任印制 王 沛
装帧设计 中文天地

出 版 中国科学技术出版社
发 行 科学普及出版社发行部
地 址 北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮 编 100081
发行电话 010-62103354
传 真 010-62179148
网 址 <http://www.cspbooks.com.cn>

开 本 787mm × 1092mm 1/16
字 数 250 千字
印 张 11.75
彩 插 2
版 次 2014 年 4 月第 1 版
印 次 2014 年 4 月第 1 次印刷
印 刷 北京市凯鑫彩色印刷有限公司
书 号 ISBN 978-7-5046-6550-8/TB·89
定 价 41.00 元

(凡购买本社图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换)

2012—2013

图学学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN GRAPHICS

首席科学家 孙家广

专 家 组

顾 问 谭建荣

组 长 何援军

成 员 童秉枢 丁宇明 蔡鸿明 张 强

项 目 组

组 长 李 华 贾焕明

成 员 (按姓氏笔画排序)

王 静 孙林夫 沈旭昆 邵立康 陈锦昌

赵 罡 席 平 高满屯 强 毅

学术秘书 杨 洁

序

科技自主创新不仅是我国经济社会发展的核心支撑，也是实现中国梦的动力源泉。要在科技自主创新中赢得先机，科学选择科技发展的重点领域和方向、夯实科学发展的学科基础至关重要。

中国科协立足科学共同体自身优势，动员组织所属全国学会持续开展学科发展研究，自2006年至2012年，共有104个全国学会开展了188次学科发展研究，编辑出版系列学科发展报告155卷，力图集成全国科技界的智慧，通过把握我国相关学科在研究规模、发展态势、学术影响、代表性成果、国际合作等方面的最新进展和发展趋势，为有关决策部门正确安排科技创新战略布局、制定科技创新路线图提供参考。同时因涉及学科众多、内容丰富、信息权威，系列学科发展报告不仅得到我国科技界的关注，得到有关政府部门的重视，也逐步被世界科学界和主要研究机构所关注，显现出持久的学术影响力。

2012年，中国科协组织30个全国学会，分别就本学科或研究领域的发展状况进行系统研究，编写了30卷系列学科发展报告（2012—2013）以及1卷学科发展报告综合卷。从本次出版的学科发展报告可以看出，当前的学科发展更加重视基础理论研究进展和高新技术、创新技术在产业中的应用，更加关注科研体制创新、管理方式创新以及学科人才队伍建设、基础条件建设。学科发展对于提升自主创新能力、营造科技创新环境、激发科技创新活力正在发挥出越来越重要的作用。

此次学科发展研究顺利完成，得益于有关全国学会的高度重视和精心组织，得益于首席科学家的潜心谋划、亲力亲为，得益于各学科研究团队的认真研究、群策群力。在此次学科发展报告付梓之际，我谨向所有参与工作的专家学者表示衷心感谢，对他们严谨的科学态度和甘于奉献的敬业精神致以崇高的敬意！

是为序。

陈为明

2014年2月5日

前言

图用于描述世界、反映世界、展现世界与想象世界。图是人类描述思想，交流知识的基本工具，是人类共同的语言、协助人类思考与交流。

探究图的本质属性，明确图形与图像的关系，从表现的视角理解图形和图像只是具有线形、宽度、颜色等属性信息的点、线等基本图元的不同组合。计算机科学与技术的发展使图形与图像的区别被逐渐模糊化，因此，在计算机语境下用“图”来统称“图形”与“图像”是合适的。揭示“图”和“形”的关系，形是客观与虚拟世界的表示和构造，图是形在画面上的展现。形的属性是表示，图的属性是表现。形是图之源，图展示形，是形的载体、形的表现。

报告提出“大图学”的概念，将分散在其他学科中有关图的理论与技术整合在大图学的概念下，用“图学”之名统一计算机图形学、计算机图像学、工程图学等现有学科，规范我国的《学科分类与代码》GB/T 13754-72中有关图的理论、技术和应用分散在许多学科中的不科学分类。阐述了图学学科的定位，认为图学与文学和数学一起，共同支撑科学与工程的发展，引领生活。并给出了图学学科的定义，认为“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。”从形的角度去统一、去研究、去发展图学的基础理论、基本方法；阐述图学的理论基础、计算基础、应用基础；揭示形的几何品质，认识几何与几何计算在图学中的地位和作用的根本性。

报告给出了一个图学学科框架体系，并选择与安排了9个专题报告分别支持这个由图学基础、应用支撑、图学应用三个层次以及图学教育与图学标准两个支撑组成的框架体系。这些专题报告统筹理论与应用，兼顾深度与广度，保证了图学学科框架的稳固性。

报告旨在准确阐述图与图学的定义和定位；展示我国在图学理论、方法与技术方面的最新成就，以若干典型的应用去展现图学在这些领域的支撑及不可替代的作用；展望学科发展的新需求、新特点、新动向；推进图学科学的新发展，创建图学学科的新局面，让图学教育承担起认识世界、传承文明、创新理论、咨政育人、服务社会的神圣职责。

《图学学科发展报告》是中国图学学会首次发布的学科报告，组织了本学科领域的相关专家，调动了全部专业委员会，召开了数次全国性的讨论会，从大处着眼，小处入手，反复斟酌，数十次易稿。学会感谢参与讨论、撰写、修改、审定本报告的各位专家、老师和学者。一些思想与观点是首次被提出，诚望图学界同行批评指正。

中国图学学会

2013年10月30日

目 录

序	韩启德
前言	中国图学学会

综合报告

图学学科发展研究	3
一、引言	3
二、图与图学	3
三、图学学科最新研究进展	10
四、图学学科的国内外研究进展比较	20
五、图学学科发展趋势及展望	22
参考文献	29

专题报告

图学计算基础的研究进展	33
图学应用模式的研究进展	47
图学在基于模型定义技术中的研究进展	61
图学在土木建筑中的研究进展	74
图学在工业设计中的研究进展	91
图学在可视媒体中的研究进展	107
立体线图理解的研究进展	120
图学教育的研究进展	134
图学标准的研究进展	147

ABSTRACTS IN ENGLISH

Comprehensive Report

Advances in Graphics	163
----------------------------	-----

Reports on Special Topics

Advances in Basis on Graphics Computing	166
Advances in Graphics Application Mode	166
Advances in Model Based Definition Technology in Graphics	167
Advances in Civil Construction Industry	168
Advances in Industry Design in Graphics	169
Advances in Visual Media in Graphics	170
Advances in Understanding Line Drawing	170
Advances in Graphics Education	171
Advances in Graphics Standardization	172
索引	174

综合报告

图学学科发展研究

图(一)

一、引言

人类通过视觉、听觉、嗅觉和味觉获得各种信息,其中 80% ~ 90% 来自视觉,即看到的各种各样的图。因此,图与文字、语言一样,成为人类描述思想与交流知识的重要工具,是人类获得知识的重要来源。“一图胜千言”(A picture is worth a thousand words),由于图所包含的信息量大并且易于理解,图便成了一种通用的“语言”,在工农业生产、科学研究、国防、教育、文化产业中都离不开它。近年来在社会强大需求的推动下,在与计算机技术和信息技术的紧密结合中,有关图的理论、技术和应用获得了快速发展,由此形成了一门新的学科——图学。

图学主要研究“图”与“形”的关系。它是一门以图为核心,研究将形演绎到图,由图构造形的过程中图的表达、产生、处理与传播的理论、技术及应用的科学。

从历史角度看,文字、数、图都是人类表达思想、交流知识的工具,在其发展的长河中,文字和数已经分别形成了文学学科和数学学科,但图恰长期没有形成一门图学学科。报告认为,构建科学与工程的最底层的基础不仅有文学和数学,还应该有的图学。文学、数学和图学三者共同支撑科学与工程的发展。

图学学科发展报告由中国图学学会组织本学科领域的相关专家共同撰写,报告旨在准确阐述图与图学的定义和定位,整合分散在其他学科中有关图的理论与技术,构建图学学科的框架体系,展示我国在图学理论、方法、技术和应用方面的最新研究进展,指出图学学科的发展前沿,展望图学学科的发展趋势,提出相应的建议。

二、图与图学

谈到图,人们常常会想到图纸、图样、照片等,常以图形或图像称之。但有很多疑问,例如:图形与图像有什么不同,又有何相同?它们可否统称为“图”?如果是,什么是图?图的本质属性是什么?图之源在哪里?工程图学、计算机图形学、计算机图像处

理,这些现存学科的关系是什么?它们可否合称为图学?如果是,图学研究是什么?它的学科范围究竟应该如何界定?它的理论体系、知识基础、方法论又是什么?等等。

本报告将阐述图与图学的地位,特别是在计算机背景下的图与图学的定位与定义;揭示图的本质与属性,讨论图与形的关系、图学科学与学科的界定;提出“大图学”的概念,论证图学设为一级学科的可行性与必要性,它的理论与实践依据;构建图学的学科框架体系,厘清图学与几何、代数等传统科学以及计算机等新兴科学之间的关系,制订图学学科规划蓝本,展示图学学科发展蓝图。

(一) 图

当今社会已进入数字化时代,这个时代是“图形/图像时代”,它的主要认知方式是视觉形象方式,这是一种全球化的联络模式,语言的阻隔被打破,文字的垄断被消解。传统文学借助于文本对人的间接性和想象性体会与感悟转变为借助于图形(图像)对现实的记录、展示和消费。虚拟空间介入了现实空间,成为对现实的演绎、复制和扭曲。它改变了文化活动的样式,传统的文化活动主要借助于语言、文字和表演,图形(图像)的应用则表现在社会生活和生产的各个领域、各个层面。

1. 图的地位

图书图书,左图右书。地理之学,非图不明。图与书、诗与画是研究人类文明规律的发展、创新、实践的载体,持续不断地记录着人类社会文明发展的轨迹。图与语言、文字和声音一样,是人类描述思想、交流知识的基本工具,图样更是科学技术界的语言,用于传递设计与加工的构想。它既是人类语言的补充,也是人类智慧和语言在更高级发展阶段上的具体体现,在人类生活中有不可替代的作用。在当今的社会,图更是显现出在人类思维、活动与交流中的巨大作用,图与图学已成为与文字、数字及计算机一样必须掌握的工具。

人类运用图的历史十分悠久,北宋的风俗图《清明上河图》生动地记录了中国12世纪城市生活的面貌,宋代李诫所著《营造法式》中已经采用了建筑设计的各种图样。汉字也源于图,象形文字就是从原始社会最简单的图画和花纹中产生出来的,汉字的魅力在形体,“哭”像哭,“笑”似笑,“凸”见凸,“凹”现凹,每个字都有不同的神韵。甚至可以说是图引出文字,引出数字的。

图用于描述世界。图用于反映世界(自然图)、展现世界(描述图)和想象世界(创意图)。自然图,人眼看到的景象,一般由照相等手段获得,例如照片、遥感图、云图、海图、CT扫描图、工业品探伤图等。描述图,用数学或几何模型及其物理属性表达而转换成的图,如几何图,由代数方程或分析表达式所确定的图,由线框模型、曲线曲面模型、实体模型等转化而成的显示图等。创意图,大脑形象思维的结果,常指图的创意和构想。

图是人类共同的语言。人类以五官了解世界，通过视觉、听觉、嗅觉、味觉和触觉获得各种信息，以语言、文字、声音与图表达思想，描述知识，完成人类的交流活动。可以说，人类获得的极大部分信息来自视觉，即来自各种各样的图。图是人类描述思想、交流知识的基本工具，在人的生活中有不可替代的作用。曾向沧江看不真，却因图画见精神。在当今的社会，图与图学更是成为与计算机及文字一样必须掌握的技术与手段，是“数、理、化”的基础与工具。

图协助人的思维与交流，从认知机制分析，人是基于图而不是基于文字思维的，一个想法总会以“海市蜃楼”的幻象在脑海中出现，虽是一种虚拟的，但是它是以“形”的形式呈现的，要利用人类空间直觉这个最有力的武器。

2. 图之源

说到图，先要谈谈“形”。形(shape, form)指形体、形状、形象、外貌。形存在于客观世界，如山脉、江海，植物、动物等自然界的物体；机电产品、器具、物件、服装等人工制造的物体；雷电、云海、雨雾、风暴等自然现象。形也存在于虚拟世界，如动画、游戏、科幻作品、分形图形等。形有动、有静，或固定、或变化，或现实存在、或虚拟想象。形拥有自己的属性，用来说明形的性质，例如有：自然性、人造性、虚拟性，静止性、运动性，有形性、无形性等。

再来看图，这里的“图”，非谋划，而图画(picture, drawing, painting)也。图是用于描述世界、反映世界、展现世界与想象世界的，图用于表达形。《辞海》对图的解释是：“图是用线条、颜色显示出来的事物形象。”，文献[4]认为，“图是形的载体，是形的表现，形的视觉表达”，文献[5]从计算机的角度认为“形是表示，是输入；图是展现，是输出”。

单独的“形”，似乎更偏重于指“物体”，不管它是客观存在的，还是虚拟想象的，它的本质是“表示”。而“图”，是对“形”的描述与展现，它的本质是一种“表现”。

因此，形是图之源，图是形的表象。形，不管它是客观存在的，还是虚拟想象的，它的属性是“表示”。而图，是对形的描述与展现，它的属性是“表现”。

在计算机中，形一般采用模型表达，有几何模型、数字模型、数学模型等。而模型又是由各种几何构造的，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。例如，计算机图形学的一项主要工作是将计算机中抽象的模型转换为人们可以直观可见、形象理解的图形或图像表达出来。这是对几何的视觉(图形或图像化)演绎，是几何模型的视觉实现过程。它综合利用数学、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。这个过程犹如一个电影导演将剧本拍成电影，是一个将几何演绎到画面上的再创造过程。

由此,图乃万物之现,与宇宙同生并存,叙述苍穹之变化,记录天地之演化,承载人类文明,展示人类文化。

应该从形的角度去统一、去研究、去发展图学的基础理论与基本方法。

3. 图、图形与图像

在科技典籍与文献中,经常出现术语“图形”。当它们在工程中,就会与“文字”等组合在一起,形成所谓的“图样”。这一传统的“图形”一词可能源于图是一种形的表现,由图即知形,以图传播形。但是“图形”中的“形”更偏重于“形状”的意思,而不是形的全部内涵。

随着计算机的出现与应用,“图像”的概念被广泛应用,例如由摄影(照片)、扫描、卫星传感等得到的画面等。

传统意义上的“图形”与“图像”是有区别的。

图形,以矢量图形式呈现,计算机中由景物的几何模型与物理属性表示,能体现景物的几何个体,记录体元的形状参数与属性参数,如图样。图形存放的方式常是几何数据、坐标、代数表示式等,处理图形的典型科学是“计算机图形学”。

构成图形的要素是图形元素间的拓扑关系,如连接关系、交(切)关系等。因此,图形是二维结构,产生一幅图形的主要工作是决定组成该图形的几何元素间的关系。

图像,以点阵图形式呈现,它更强调整体形式,记录点及它的灰度和色彩。如照片、扫描图片和由计算机产生的真实感和非真实感图形等。图像存放的方式常是像素的位置、颜色及灰度信息。对图像,可以用滤波、统计等信号处理的方法进行颜色处理、编辑、压缩、分割与融合等操作,其边缘检测则与图形处理是一种交叉。处理图像的典型科学是“计算机图像处理”,但由形产生图像的过程称为“绘制”(rendering),常被认为是“计算机图形学”的事。

构成图像的要素是点的属性,由形产生一幅图像的主要工作也是决定几何间的关系。光照计算就是决定光线与空间物体表面各相交点的可见与隐藏或透明关系,据此求取相应像素的属性信息。相机拍摄照片也基于这个原理。

计算机科学与技术的发展使图形与图像的区别逐渐被模糊化,例如在计算机屏幕上,展现在人们面前的,不管是“图形”,还是“图像”,都是由离散的像素组成的画面(图)。因此,在计算机语境下用“图”来统称“图形”与“图像”是合适的。

(二) 图学

1. 图学的地位

先看看人们现在对最基础的数学和文学的认识。《现代汉语词典》(第六版)第1212页对数学的定义是:“研究现实世界的空间形式和数量关系的学科。”《现代汉语词典》(第六版)第1364页对文学的定义是:“以语言文字为工具形象化地反映客观现实的艺术。”

先不管数学定义中的“现实世界”与文学定义中“客观现实”中关于“虚拟世界”与“虚拟现实”的缺失，两者提及的“现实世界的空间形式”和“形象化地反映客观现实”不都与图和形有关，都起源于“图（形）”而又终于“图”。即图与图学也起着与数学和文学一样的支撑作用。在计算机时代，图学更是所有自然科学、人文科学、社会科学的基础与支撑，它的地位应与“文学”与“数学”相当。

2. 图学的定义

望文生义，图学是研究图的科学，它的研究对象是图。实际上，图学的范围与作用远非如此，它模拟现实世界，构造虚拟世界。这里，“形”是客观与虚拟世界的表示和构造，“图”是形在画面上的表现。抽取核心，图学的定义可以表述如下：图学是以图为核心，研究将形演绎到图，由图构造形的过程中图的表达、产生、处理与传播的理论及其应用的科学。

在计算机出现之前，图的产生主要依赖于手工绘制，基于手工作图的相关理论和方法也被看成是图学学科的主要内容。典型例子就是各种工程图的绘制理论与方法，并由此形成了一门学科被称为“工程图学”，工程图学的几何理论基础是画法几何、射影几何等。目前，国内将工程图学与工程数学、工程力学同定为二级学科，它们常被视为是工科的基础。

计算机的快速发展，促使图学理论与计算机技术、应用数学、物理学等紧密结合，开创了“计算机图形学”与“计算机图像处理”等与图有关的新兴学科。还产生了一些基于形与图的学科，如“计算机辅助设计”（CAD）、“计算机辅助几何设计”（CAGD）等。

3. 图学学科的定位

随着科学技术的发展，新的交叉学科会不断出现，但它们又常常来不及被及时反映在学科分类与代码标准中，图学就是一个典型的例子。

根据 2009 年我国国家标准《学科分类与代码》GB/T 13745—2009 中的名词解释，图学学科类在我国学科分类中最高的只有作为工程与技术科学基础的“工程图学”为二级学科，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）。例如：“工程与技术科学基础学科（410）”下的“工程图学（41060）”学科；在“计算机科学技术（520）”的“计算机应用（52060）”下的三级学科“计算机图形学（5206030）”等。上述放在三级学科中的“计算机图形学”的定位显然是不合适的，它本身并不是的一种独立的“应用”，它是计算机（图形显示、程序语言、数据结构和交互技术等）、数学（向量、矩阵、变换和几何计算等）、物理学（运动、光学及颜色等）以及美学（布局、色彩等）等多学科的一个交叉，是众多计算机应用的基础与支撑。而表中将“图形图像复制技术（4203030）”作为三级学科就又显得有点单薄。这种不太科学的分类标准制约了图学的理论基础、应用基础及图学应用的研究与发展。

国家标准中与“图”有关的学科分类与代码表

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）
与信息科学与工程相关的工程与技术（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）
与自然科学相关的工程与技术（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）
		地图制图技术（4203099）
	海洋测绘（42050）	海图制图（4205045）

纵观工程图学、计算机图形学与计算机图像学发展的历史，图形、图像科学已经发展到几乎彼此不分的历史阶段。统一图形、图像的研究顺应了这个形势，符合图形、图像发展的规律，应该建立“大图学”概念，将“图学”设为一级学科，构建图学专业。

4. 图学学科体系

根据以上对“形”、“图”及“图学”定位、定义以及本质的分析，本报告拟以图学基础层、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 2 个支撑表述图学学科的框架体系（见图 1）。

图学基础层包含图学公共基础、图学计算基础和图学理论。

图学公共基础。图学的核心是几何，图学是与几何学同步发展的科学，图学的历史也是几何的历史，早期的画法几何也是几何的一部分。因此，图学的公共基础就是几何学（含画法几何、射影几何等）以及计算需要的代数等。

图学计算基础。计算是一切科学的基础与主要工作。从人类的计算历史看，计算源于图，从人类计算的特点看，计算基于图形思维。因此，人类的计算源于图形也基于图形，