

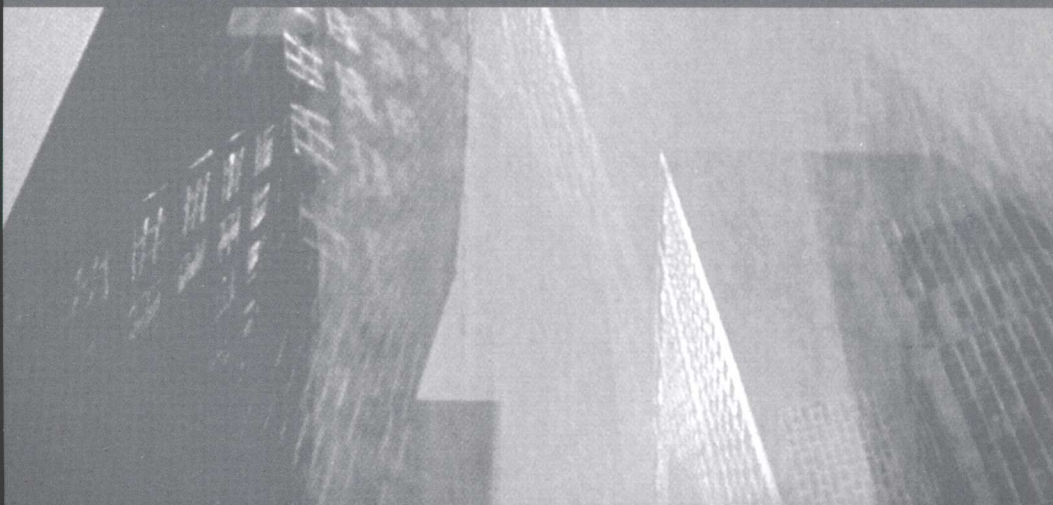
中 国 科 技 进 展 丛 书



The Algorithms and Principles of
Non-photorealistic Graphics:
Artistic Rendering and Cartoon Animation

艺术化绘制的 图形学原理与方法

耿卫东 著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社



Springer

中 国 科 技 进 展 丛 书

艺术化绘制的图形学原理与方法

**The Algorithms and Principles of Non-photorealistic
Graphics: Artistic Rendering and Cartoon Animation**

耿卫东 著

 ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

 Springer

内容提要

本书在作者多年来对艺术化绘制领域的研究的基础上,结合现有艺术化绘制及其相关领域的研究成果,构建了统一的艺术化绘制理论框架,为以后开展相关的研究提供了坚实基础。本书主要探讨和归纳了艺术化绘制的研究内容、研究方法、研究目标;系统地阐述、分析、比较和总结了艺术化绘制的各种图形学原理、方法和模型。

本书通过数字化绘画与雕刻及美术图案的生成、基于参考图像的绘画艺术模拟、面向三维对象的艺术化绘制、面向表达的艺术化绘制和计算机辅助美术动画制作 5 个主要科学问题来阐述艺术化绘制的图形学原理与方法。

本书可作为相关研究工作的科技工作者、研究生、以及从事动漫产业的技术开发人员的参考书,也可以为数字媒体相关研究生的教材。

图书在版编目(CIP)数据

艺术化绘制的图形学原理与方法 / 耿卫东著. —杭州:

浙江大学出版社, 2010. 1

(计算机应用技术丛书)

ISBN 978-7-308-05832-2

I. 艺… II. 耿… III. 绘画—造型设计:计算机辅助设计 IV. J2-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 038110 号

艺术化绘制的图形学原理与方法

**The Algorithms and Principles of Non-photorealistic Graphics:
Artistic Rendering and Cartoon Animation**

耿卫东 著

策 划 希 言

责任编辑 许佳颖

封面设计 俞亚彤

出版发行 浙江大学出版社

网 址: <http://www.zjupress.com>

Springer-Verlag GmbH

网 址: <http://www.springer.com>

排 版 杭州中大图文制作有限公司

印 刷 浙江印刷集团有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 19.25

字 数 404 千

版 印 次 2010 年 1 月第 1 版 2010 年 1 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-05832-2

定 价 59.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88925591

浙江大学-Springer
科技出版基金委员会

名誉主任:潘云鹤 Peter Hendriks

主任:杨 卫

顾问委员:(按姓氏笔画为序)

邬贺铨 巴德年 朱经武 杨 乐

杨 卫 吴 澄 何新贵 黄伯云

编辑委员会名单

主任:来茂德

编委:傅 强 徐有智 陈晓嘉

叶 路 Hans J. Koelsch



前言

随着全球动漫和数字娱乐等产业的飞速发展,艺术化绘制的研究日趋得到重视。艺术化绘制本质上是计算机图形学与艺术的有机结合体:计算机图形学技术为色彩、造型和视觉空间排列等艺术元素提供技术承诺,激发艺术家的创新欲望,拓展艺术家的想象力,成为艺术新思维的源泉;艺术使计算机图形学不仅可以用摄影师的眼光来观察客观世界,更可以模拟艺术家和设计师的眼光来描绘客观世界,从而更加有效地实现计算机与人之间的交流与沟通。

艺术化绘制的起源可以追溯到 20 世纪 50 年代计算机艺术的诞生,它不仅产生了大量的计算机艺术作品,也积累了很多相关技术成果。20 世纪 90 年代中期,随着计算机图形学的飞速发展,人们已经不再满足于像照片一样真实的绘制效果,开始大力追求具有艺术化效果的、更具含义表达能力的画面,使艺术化绘制的研究进入了一个蓬勃发展期。作者也正是在这一时期开始了艺术化绘制的研究工作,并在 1996 年获得国家自然科学基金青年基金项目的资助。此后,作者连续获得了国家自然科学基金项目(69973044、60373032 和 60773183)与国家自然科学基金重点项目(60633070)的支持,一直进行与艺术化绘制相关的科研工作。

本书根据作者多年来对艺术化绘制的探索和理解,把艺术化绘制研究的关键问题归结为 5 大方面,即如何从空白画布或坯模生成艺术作品;如何基于参考图像创作出艺术作品;如何根据三维模型绘制出艺术化的画面;如何融合语义来绘制出更容易理解、更具表达性的画面;如何有效地帮助用户创作出具有时序一致性的美术动画片等。然后围绕和针对这 5 大问题,把目前积累下来的相关研究工作和研究成果进行相对系统的梳理,形成了艺术化绘制的一个框架性学科体系,可为今后更加深入地开展艺术化绘制研究工作打下坚实的基础。

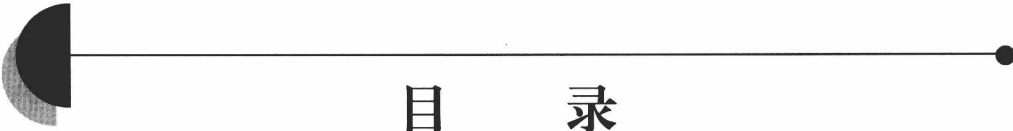
本书是浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室的众多科研人员(包括教师、研究生以及其他工作人员)经过多年的学习、研究和工程实践所沉淀的成果之一。实验室学术委员会主任潘云鹤院士在繁忙工作中,仍然仔细审阅了本书的内容,提出了十分宝贵和重要的建议。实验室主任鲍虎军教授、以及庄越挺教授、鲁东明教授、许端清教授等同事为本书无私地提供了相关资料和资讯,本书介绍的不少内容就是他们的研

究成果,或者是作者与他们在合作中完成的成果。浙江大学选修《非真实感图形学》的研究生同学,也为本书的内容组织和框架体系提供了很多反馈意见。在本书的撰写过程中,还获得了教育部新世纪人才计划(NCET-07-0743)、长江学者和创新团队发展计划(IRT0652)以及国家863高科技计划项目(2006AA01Z313和2006AA01Z335)和国家科技支撑计划(2007BAH11B02)的资助,并参考了国内外大量有关艺术化绘制的书刊、文献和网络资料,对于他们的作者无法在此一一列出,谨一并表达对他们的感谢。此外,在本书的出版过程中,还获得了沈琦、张雪芳和浙江大学出版社工作人员的高度支持和协作,使得本书如愿面世。

当前,艺术化绘制研究仍在快速发展之中,其很多理论和计算模型还处在早期的由任务驱动的探索阶段。而且,艺术化绘制涉及的专业领域知识十分广泛,与之相关的学科也比较多,加上作者的学识有限,错误和不妥之处在所难免,恳请读者不吝批评指正。

耿卫东

2009年8月于浙江大学求是园



目 录

第 1 章 绪 论	(1)
1.1 艺术化绘制的诞生	(1)
1.2 艺术绘制的内涵	(2)
1.3 艺术化绘制与真实感绘制的比较	(4)
1.4 艺术化绘制的研究目标与方法	(5)
1.5 全书内容组织	(6)
参考文献	(9)
第 2 章 数字化绘画与雕刻	(10)
2.1 硬笔书画的模拟	(10)
2.1.1 基于线绘图元的交互式绘画	(11)
2.1.2 结合笔画纹理的钢笔画模拟	(13)
2.1.3 交互式的铅笔画模拟	(15)
2.1.4 蜡笔画的模拟	(21)
2.2 东方书法和水墨画的交互式创作	(25)
2.2.1 毛笔的建模	(25)
2.2.2 软笔书法的模拟	(30)
2.2.3 中国水墨画技法模拟	(33)
2.3 彩色绘画艺术的模拟	(40)
2.3.1 彩色颜料的绘制计算模型	(41)
2.3.2 水彩画艺术的模拟	(43)
2.3.3 油画艺术的模拟	(51)
2.4 雕刻艺术的数字化模拟	(59)
2.4.1 木雕艺术效果模拟	(59)
2.4.2 金属雕刻效果模拟	(61)
2.5 虚拟现实环境中的艺术创作	(62)

2.6 小 结	(65)
参考文献	(65)
第3章 计算机辅助二维美术图案设计	(69)
3.1 美术图案设计概述	(69)
3.2 基于分形计算的美术图案生成	(73)
3.3 基于文法规则的美术图案设计	(75)
3.4 面向构图布局的美术图案辅助生成	(77)
3.4.1 基于规整形状布局的不规则图案纹理生成	(77)
3.4.2 结合工艺结构布局的图案生成	(79)
3.4.3 基于特定图元的风格化布局图案生成	(79)
3.5 美术图案的智能化生成	(81)
3.5.1 面向图案生成的美术知识表达	(82)
3.5.2 基于综合推理的美术图案生成	(84)
3.6 小 结	(87)
参考文献	(88)
第4章 基于参考图像的绘画艺术模拟	(90)
4.1 基于像素级运算的艺术化效果生成	(90)
4.1.1 基于 Halftone 算法的艺术化效果转换	(91)
4.1.2 基于启发式规则的艺术化效果处理	(91)
4.2 基于笔画绘制的艺术技法模拟	(93)
4.2.1 点绘技法及其拓展模拟	(95)
4.2.2 马赛克与玻璃彩雕效果模拟	(97)
4.2.3 钢笔画的模拟	(100)
4.2.4 铅笔画的模拟	(103)
4.2.5 水墨画的模拟	(107)
4.2.6 彩色绘画的模拟	(110)
4.3 直接借鉴参考图像中的色彩搭配和纹理效果的艺术化绘制	(116)
4.3.1 直接模拟参考图像中的颜色效果	(116)
4.3.2 直接模拟参考图像中的纹理效果	(119)
4.4 基于绘画样例的艺术化绘制模拟	(121)
4.4.1 基于像素类比的藝術化效果模拟	(122)
4.4.2 基于笔画模板的艺术化效果生成	(123)
4.5 小 结	(125)
参考文献	(125)

第 5 章 面向三维对象的艺术化绘制	(129)
5.1 借鉴传统三维绘制流水线的艺术化绘制	(130)
5.1.1 艺术化光照模型	(130)
5.1.2 艺术化的投影和仿射变换	(135)
5.1.3 艺术化纹理映射与合成	(138)
5.2 结合中间图像的艺术化技法模拟	(142)
5.2.1 从三维模型生成钢笔画	(143)
5.2.2 从三维模型生成铅笔画	(146)
5.2.3 从三维模型生成水墨画	(147)
5.2.4 从三维模型生成彩色绘画效果	(150)
5.3 基于视点相关的轮廓线绘制方法	(151)
5.3.1 多面体的轮廓线绘制	(151)
5.3.2 曲面体的轮廓线绘制	(156)
5.4 曲面体的线绘效果模拟	(158)
5.5 三维景物的艺术化绘制	(161)
5.5.1 在三维物体的表面附加艺术化表现元素	(161)
5.5.2 结合三维几何和手工技法的艺术化效果模拟	(163)
5.5.3 基于点云模型的景物绘制	(166)
5.6 体素模型的艺术化绘制	(168)
5.6.1 外部表面和边界特性绘制	(169)
5.6.2 内部结构和纹理的绘制	(173)
5.7 小 结	(177)
参考文献	(178)
第 6 章 面向表达的艺术化绘制	(183)
6.1 艺术化的表现手法概述	(184)
6.2 易于理解的绘制方法	(185)
6.2.1 基于属性强调的可理解绘制	(186)
6.2.2 基于剖切手法的可理解绘制	(191)
6.2.3 基于视点整合的可理解绘制	(194)
6.3 传递形状特征的绘制	(196)
6.3.1 基于笔画纹理的形状特征表达	(196)
6.3.2 基于选择性描绘的形状特征表达	(199)
6.4 表达意图的绘制方法	(203)
6.4.1 基于多媒体表现的意图表达	(204)

6.4.2 基于抽象关联的意图表达	(206)
6.4.3 结合形象化符号的意图表达	(207)
6.5 透明物体的艺术化表现	(209)
6.6 小 结	(212)
参考文献	(213)
第7章 传统美术动画的计算机辅助技术	(216)
7.1 二维美术动画的制作概述	(216)
7.1.1 美术动画制作的一般流程	(217)
7.1.2 美术动画制作的常见技法	(219)
7.2 二维美术动画制作中的计算机辅助技术	(223)
7.3 计算机辅助画面上色	(225)
7.3.1 中间帧画面辅助上色	(226)
7.3.2 黑白画面的辅助上色	(231)
7.4 计算机辅助中间帧生成方法	(236)
7.4.1 卡通人物的运动姿势中间帧生成	(236)
7.4.2 卡通人物的脸部表情中间帧生成	(241)
7.5 小 结	(245)
参考文献	(246)
第8章 计算机辅助美术动画制作的新方法	(249)
8.1 视频流驱动的卡通动画生成方法	(249)
8.1.1 直接把视频流转化为卡通画面序列	(250)
8.1.2 基于轮廓线提取的卡通动画生成	(253)
8.1.3 表演驱动的面部表情动画绘制	(257)
8.2 结合三维几何要素的卡通动画生成方法	(261)
8.2.1 结合三维近似几何模型的中间帧画面合成	(262)
8.2.2 基于三维模型画布的卡通动画方法	(266)
8.2.3 基于视点相关几何的卡通动画方法	(269)
8.3 基于时序一致性绘制的卡通动画生成方法	(272)
8.4 融合三维图形处理技术的卡通动画生成方法	(276)
8.4.1 基于三维仿射变换的卡通特效制作	(276)
8.4.2 基于纹理映射的艺术感画面处理	(278)
8.4.3 三维运动的卡通化处理	(278)
8.4.4 风格化的高光和阴影处理	(280)
8.5 基于素材重用的动画生成方法	(281)

8.5.1 视觉内容的重用方法	(282)
8.5.2 运动内容的重用方法	(285)
8.6 小 结	(287)
参考文献	(288)
第9章 艺术化绘制研究展望	(292)
参考文献	(296)

艺术化绘制是一个多学科交叉研究领域,涉及计算机艺术、计算机图形学、计算机视觉、数字图像与视频处理、视觉认知等多个学科领域。目前,艺术化绘制在计算机艺术、计算机图形学、数字图像处理等领域都积累了大量的片断性研究成果,但由于缺少系统的整理和归纳,这些研究成果还没有凝聚成相对独立的方法体系和理论模型。

本书的目标之一就是整理相关领域的研究成果,探讨和归纳艺术化绘制的研究内容、研究方法、研究目标,力图形成一个初步的框架性学科体系,较为系统地对艺术化绘制的各种图形学原理、方法和模型进行阐述、分析、比较和总结,并将美术动画作为艺术化绘制的一个典型应用领域进行解析,以期为今后更加深入、系统地开展相关研究提供坚实基础。

1.1 艺术化绘制的诞生

计算机图形学从 20 世纪 60 年代以来,一直在技术上追求如何最真实地模拟传统照相机,绘制出像照片一样真实的效果,即“真实感绘制”(Photorealistic Rendering)。它是以摄影师的眼光来观察和描绘客观世界,并进行信息交流与沟通,其研究关注于那些能够模拟拍照效果的绘制计算模型、算法和视觉效果处理技术。在研究方法上,它们大都集中于如何从更加复杂的物理场景中,充分利用当前高性能计算的软硬件平台,考虑更多的光照和其他相关物理因素,产生更加接近于真实世界的绘制结果。在技术路线上,它主要基于光学原理。从 20 世纪 70 年代开始,随着 Phong 模型、光线跟踪、辐射度方法等具有里程碑意义的各种光照模型和绘制方法的提出,真实感图形绘制技术得到了飞速发展,并获得了巨大成功。例如,在当前的特技电影和电视广告中,一般观众已很难区分实际存在的物体和计算机模拟出来的虚拟物体了。

虽然,真实感图形显示技术仍然在计算机图形学领域占主导地位,是当前计算机

图形学研究的热点之一,但真实感绘制在需要某种解释、某种理解的绘制结果时,表现出来多种不足之处,具体表现在如下方面。

(1)传统的真实感图形显示技术产生的结果图像过于刻板,难以反映观众期望的某些鲜活生动的效果,而且难以调整、交互。真实感主要是人们的一种感觉,而这种感觉的强烈程度并不总是随着绘制要素的增加而增加。

(2)在 CAD 等应用领域,设计风格、设计意图等很难在真实感绘制结果中表现出来,难以有效地描绘很多细小和隐藏的结构和工程细节信息,从而使得设计人员对设计结果的交流和学习面临困难。因此,在机械设计和制造中,大多数的装配和维修手册均不采用真实感绘制技术,最典型的例子是美国波音飞机制造公司,即使其有关飞机部件的 CAD 数据库已建好,但为提供有效图示,其相关手册均采用了手工绘图。

(3)在计算机动画和数字媒体等产业应用领域,往往需要在绘制结果中添加某种主观信息或视觉元素来突出、增强或强调某些人物的个性和艺术效果,真实感绘制很难提供这样的支持。

事实上,在照相技术发明之前,人类就可以通过图像来传达各种信息。例如,绘画可以使用与人的眼睛观察一致的尺度、相同的鲜艳色彩来再现观察对象的丰富细节。即使照相技术发明之后,人们依然使用传统的图形来交流,包括通过各种艺术形式表达某种含义。随着计算机艺术、计算机图形学和计算机视觉等学科领域的不断发展和交叉融合,在 20 世纪 90 年代中期,计算机图形学领域出现了一批引人注目的追求具有艺术化效果的、更具含义表达能力的画面绘制效果的研究工作。他们明确提出了不同于传统真实感图形绘制的“非真实感图形”绘制(Non-photorealistic Rendering)技术的研究(Durand, 2002),也有学者把他们称为面向表达的绘制(Expressive Rendering),或艺术化绘制(Artistic Rendering)(Lansdown & Schofield, 1995; Prince, 2000)(为方便起见,本书统一使用“艺术化绘制”这一术语)。1995 年,IEEE CG&A 和 *Computers & Graphics* 的联合专刊,更清楚地指明了这一研究方向的发展前景;2000 年,ACM 批准设立了 NPAR(Non-photorealistic Animation and Rendering)国际研讨会;2001 年和 2002 年分别有 *Non-photorealistic Rendering*(Gooch & Gooch, 2001)和 *Non-photorealistic Computer Graphics: Modeling, Rendering, and Animation* 两本专著(Strothotte & Schlechtweg, 2002)问世;2003 年,IEEE CG&A 再一次出版了一期关于艺术化图形绘制研究的专刊。这些学术活动和研究成果有力地推动了艺术化绘制技术的发展,正式奠定了艺术化绘制作为计算机图形学的一个崭新分支的研究基础。

1.2 艺术绘制的内涵

所谓“艺术化绘制”,就是基于艺术理念和艺术准则,模拟艺术家和设计师的眼光

来观察和描述客观世界,不追求照片一样的效果,也不追求光学上的精确性。在技术内涵上,“艺术化绘制”是指那些不同于传统真实感图形学的各种绘制技术与方法,使得产生的结果图片具有触发某种想象力和对艺术的感知理解能力,能更好地传递信息、表达含义,更加美观和漂亮。

对“艺术化绘制”的直观解释就是计算机生成的图片在视觉特性上与艺术家使用笔或笔刷、水彩、颜料和炭墨等创作的绘画非常相似;更深层次上的理解是计算机能够对三维模型中的所有数据进行某种解释,使生成的图片具有某种内涵和特定的结构化内容,体现某种新层次上的含义,能有效地传递某种激情、想法、目的和意图等,并能激发和联想产生新的内涵,不只是表现某种光照分布。

在艺术化绘制中,计算机可以是一块画布,或非常精巧的“作画”调色板,来辅助艺术家创作;也可能是一个具有某种自主性的创作者,“自动”地创作出具有艺术性的作品。艺术化绘制有非常丰富的形式,其原理和过程非常复杂,它所使用的术语在信息传递的各个层次和粒度上的视觉表现和表达方式也有明显差异。艺术化绘制基本术语如下。

◇**图像(Image)**。一幅图像的生成是一个复制和模仿过程,或体现一个客观对象的光学特性内容。在内容上,它精确地反映了一个可视场景或者客观对象的光流场变化情况。

◇**图画,或图片(Picture)**。一幅图画或图片是一个“设计”或“表达”,或者是一个图形化的描述,它能激发人的视觉认知中的某种想象,或者是某个想法的精确描述。通常,图画是一个视觉场景的可视化表达,但这种表达不必是光学上的精确描述,可以是某种相似的形象或化身的描述,也可以是某种构想的体现。

◇**可视化(Visualization)**。它是用视觉元素或者视觉形式进行某种解释的过程或行为。可视化能够表达视觉数据,也能表达本身不可见的的数据。从信息传递的角度看,可视化在某种程度上是基于“比喻”来表达和沟通的。

因此,从绘制结果上看,真实感绘制主要是产生一幅图像的过程,而艺术化绘制则是产生一幅图画或某种可视化,或者是图画、可视化和图像结合体的过程。那么,艺术化绘制的内涵究竟是什么呢?目前对艺术化绘制有各种各样的理解,包括(Gooch,2001):①是一个按某种感知规律来生成图画的过程;②具有某种自由度,不需要复制物体的外表,不需要刻板地再现观察对象的某种表面属性;③把某种形式的展现适应于一个对话沟通语境的过程,体现出某种信息抽象过程;④是一个绘画风格的模拟,包括草图绘制、钢笔画绘制和油画绘制等;⑤是一种使被描绘对象更容易被理解的绘制过程,从观察者的角度来生成某种可理解的绘制效果;⑥是一个使用绘画来传达某种信息的过程,包括使用各种媒体和介质来传达某种特定的含义和信息;⑦是一个创作(创意+制作)过程⑧是一个广义的图像变形处理过程,允许对视觉图片信息进行某种变形,生成具有某种弹性的视觉信息展示。

上述这些描述虽然在某一个方面,或从某一个角度描述了艺术化绘制的某种内

涵,但还不能精确地在概念上说明什么是艺术化绘制。为更好地说明艺术化绘制,下面通过真实感绘制与艺术化绘制的差异性比较,进一步界定艺术化绘制的内涵。

1.3 艺术化绘制与真实感绘制的比较

真实感绘制的研究内容具有非常明显的“技术驱动”特点,它模拟照相机的工作原理,生成像照片一样真实的结果图像。其主要的研究内容为从三维对象场景投影到二维图像的全部过程,包括三维对象的几何描述、表面的材料特性(纹理)和光源的特性。投影矩阵、隐藏面消除和光照模拟计算等。它的研究进展评估标准非常明确和客观,就是与照相机实际产生的照片比较,两者越近,说明取得的研究进展就越大。

艺术化绘制并不是一个简单的把三维场景投影为二维图像的单向过程,而是一个涉及二维图像空间的反馈和影响以及与三维场景的双向交互过程。它既是一个把三维场景投影为二维图像的过程,又是一个二维的图画表达视觉表象与拟表达的三维场景进行某种匹配的过程。这个绘制过程包含了很多来来回回的信息交流,包括把三维场景和二维图像联系起来的视觉反馈、各种约束和惯例和绘画目标等。在本质上,艺术化绘制实际上已经演变成为一个带有交互的广义优化过程,通过不断的人机反馈和交互,使计算机产生满足给定的目标和约束的最佳图像。

真实感绘制与艺术化绘制之间的主要区别归纳如下:

(1)绘制内容的不同。真实感图形的绘制完全客观地拘泥于所依赖的几何和拓扑模型,没有人工添加的信息;艺术化图形的绘制来源于所依赖的几何和拓扑模型,但包含很多人工添加的主观信息,以便观察者推导出所要表达的对象;

(2)表现技法的不同。真实感绘制的结果图像基本对应于客观对象的三维模型;艺术化绘制的结果图像基于对原有模型的抽象,往往源于现实模型,但又在内容含义上高于现实模型。

(3)结果图像的理解方式不同。真实感绘制的结果图像基于直观的观察,对它的理解与人们对现实世界的感知一致;艺术化绘制的结果图像的理解需要推理过程,人们往往需要在脑海里建立一个相对应的心象模型,通过某种构思和想象,才能形成结果图像的视觉形象。

(4)绘制手段的不同。真实感绘制主要基于照相原理,采用逐点曝光法,一个像素一个像素地绘制;艺术化绘制具有一定的全局性,基于某种区域绘制,一次性绘制出某一区域中的一组像素。

(5)绘制过程的可交互性不同。真实感绘制一旦设定了各种光照和纹理信息后,一般不需要用户的交互,计算机直接绘制出结果图像;艺术化绘制在绘制过程中,即使用户设定了各种光照和纹理信息,还是需要用户交互地设置与绘画技法、艺术表现

形式、需要表达的信息、抽象理解的形式和内涵等相关的经验性参数,才能得到较好的艺术绘制效果。

1.4 艺术化绘制的研究目标与方法

艺术化绘制的主要研究目标是使得用户能够主导人机之间的交互对话,其中的信息交流能够以图形图像等媒介的形式进行,而且,这些图形图像的风格必须保持足够的灵活性,使其能匹配当前的交流内容。艺术化绘制追求的目标不是用计算机取代艺术家在艺术创作中的地位,而是把部分绘画技法、美学惯例等转化为一些过程性知识或工具,使创作过程中的某一个部分能实现自动化。当然,艺术创作人员的角色也发生了一些变化,他们将不需直接创作出艺术作品的每个细节,而是归纳总结出如何进行艺术创作的规则。在技术路线上,需要假设和提出各种形象信息传递模型,设计和开发各类算法、方法和技术工具,以产生合适的图像画面。更具体的研究任务和目标包括以下方面。

(1) 模拟传统的绘画技法和艺术表现形式,即,用计算机程序来模拟艺术家的绘画风格和技法,生成具有某种艺术效果的图像。其技术核心是模拟艺术家的手绘过程和痕迹,添加各种主观艺术元素,从而最终“计算”出这些结果图像。这是艺术化绘制研究的最基本研究内容。

(2) 支持用户反馈的双向交互绘制。艺术化绘制引入了丰富多彩的绘制风格,需要用户的交互。但是,这些绘制风格实际上来源于手工产生某些画面的工具的某种特性,甚至是创作工具的某种局限性所造成的,从而使得图画中的绘画特征和所表达的场景中的视觉特征之间的交互变得非常复杂。不同的绘制风格需要不同的交互策略,实现这些双向交互是艺术化绘制重要研究内容之一。

(3) 模拟艺术家的智能。艺术化绘制模拟人类艺术家手工绘画的智慧和能力,来生成具有某种艺术风格和效果的图像,它可以被想象为使计算机在某种程度上表现出某种智能。根据“功能相同则机制相似”的原则,可以认为艺术化绘制方法是对艺术家的艺术创作的一种模拟。很多艺术家已经开发和积累了很多经验性技能来产生各种效果的艺术图片,有大量的经验性分析数据可供参考,艺术化绘制的研究应该从中学学习各种领域知识和常识,并将这些艺术创作知识应用到艺术化绘制中,而不是完全基于精确的计算模拟来获得艺术化的绘制结果。

(4) 有效地表达各种含义。艺术化绘制图形在很多情况下能更有效地表达和交流特定的信息。认知心理学和教育心理学的很多研究也肯定了这些手工绘制图形在含义表达方面的优越性,但含义的理解和表达其实非常复杂,与观察时间、文化背景和观众的知识层次等密切相关。对于特定信息,如何能更有效地通过艺术化图形将

它表达出来也是艺术化绘制的重要内容之一。

针对上述研究任务和目标,计算机图形学领域的学者提出了很多行之有效的研究方法和技术路线。当前艺术化绘制的主要研究方法可根据研究思路的差异归纳为如下几个方面。

(1)从计算机辅助设计的角度来研究艺术化绘制。主要研究模拟替代艺术家的笔、颜料和纸,利用计算机不断地改进艺术家的创作工具,更好地服务于他们所要表达和传递的信息,加速艺术家的创作过程。

(2)研究新的算法来模拟艺术家的绘画技法及其创作过程。其输入一般为一个三维模型或二维的图形/图像,然后通过新的算法,在一定的人工交互下,模拟生成各种基本视觉元素,形成指定绘画风格或效果的图像,如水彩画、中国画、抽象派、油画等,以及各种夸张变形效果等。

(3)基于模型或知识的智能化绘制。如智能化的美术图案生成,将艺术家进行图案创作的经验性知识(色彩和图元的搭配等)形式化为规则,然后通过基于规则的推理来自动创作出期望的结果图案。

(4)基于传统图形绘制的流水线来研究艺术化图形的生成,包括研究具有艺术化效果的光照模型等。

(5)融合高维或者其他维信息来研究艺术化图形的生成,如基于情感的绘制(Affective Computing)、运动效果的模拟、面向某个特定环境或者氛围的模拟等。

(6)与新兴的硬件技术相结合,研究艺术化绘制的新途径。例如,通过跟踪眼球运动来捕捉视觉注意点,自动生成艺术抽象的图形;运用动作捕捉技术自动生成美术动画等。

1.5 全书内容组织

从计算机图形的发展历史看,从其诞生之日起就和艺术结下了不解之缘。正是在计算机图形学技术的帮助下,K. Alsleben 和 W. Fetter 于 1960 年在德国实现第一幅计算机绘画,并逐步形成计算机艺术这一具有强大生命力的计算机应用领域分支。计算机图形学中的真实感绘制注重于从某个固定的角度,客观、直接地表达观察对象,而艺术作品的优势在于能够为观众提供某种解释和某种理解,正好弥补真实感图形的不足之处。因此,两者结合在一起将为客观世界的计算机描绘(Computer Depiction)提供完整的解决方案(Durand, 2002)。

本书主要是以当前艺术化图形绘制的研究方法为主线来组织各章内容。本书结合艺术作品的表现形式(科普插图、医学插图、工程技术插图、建筑渲染图和美术动画等)以及在数字化艺术、影视动画、机械设计、建筑设计、考古和医学等领域的应用,根