

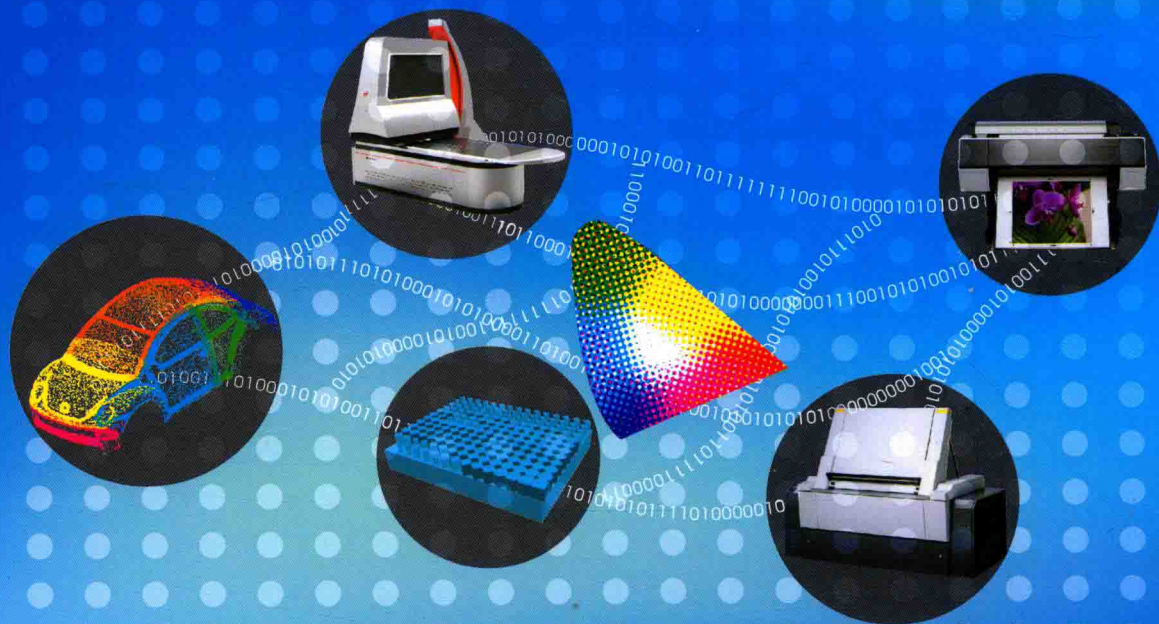
金 杨 主 编
姜东升 吴 莹 副主编
刘 真 主 审

数字化印前处理

原理与技术

第二版

The Second Edition



化学工业出版社

金 杨 主 编
姜东升 吴 莹 副主编
刘 真 主 审

数字化印前处理 原理与技术



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以颜色科学、图像处理理论、印刷复制原理为基础,以数字化印前信息采集、处理、输出流程为线索,力求将理论与印刷复制相关的图文信息采集、处理、记录技术紧密结合,以求更完善地建立相关的知识体系,为其适应印前处理相关的工作以及进一步深造奠定基础。本书的前几章涉及图文信息及印前处理的基础知识和基本原理,主要有图文信息概念、网点复制原理、图像的阶调和颜色复制、图像的频率域变换和采样定理等。以此为基础,在后面的章节中主要涉及印前技术内容,即页面描述和 RIP、文字编码和字形/字库技术、图像的数字化采集技术、图像的阶调/色彩/清晰度处理、图像压缩、色彩管理、加网、图文记录输出/制版技术等。随后引入了数字化工作流程的概念和原理,并在最后一章中讨论了印前图文处理和制版的工艺技术。

本书可供印刷工程、包装工程及相关专业本科印前处理课程教学使用,也可供相关领域技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

数字化印前处理原理与技术/金杨主编. —2 版. —北京:
化学工业出版社, 2016. 9
ISBN 978-7-122-27676-6

I. ①数… II. ①金… III. ①数字图象处理-前处理
IV. ①TS803. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 171723 号

责任编辑: 张 琼
责任校对: 王素芹

文字编辑: 吴开亮
装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 13 $\frac{1}{2}$ 彩插 6 字数 378 千字 2016 年 11 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 39.80 元

版权所有 违者必究

自2006年《数字化印前处理原理与技术》第一次出版以来,已有近10年时间。2008年11月,本教材获“北京市精品教材”称号,一方面是对笔者在教材撰写中付出辛劳的肯定,另一方面也促使笔者产生对原教材瑕疵进行修改和完善的愿望。

伴随着数字化、网络化信息传播的迅速发展,作为信息主要传播媒体之一的印刷技术受到的压力是不容回避的。在信息跨媒体传播背景下,数字图文信息可以方便地应用于多种不同传播媒体上。因此,就数字信息处理而言,其重要性和应用范围不仅未受挤压,而且应予扩展和深化,才能适应当今及未来发展的需要,对学生知识体系结构也是不可或缺的主要支撑之一。

印刷技术具有传递、转移材料的功能。因此,除信息传播之外,还可以向功能产品制造领域(如印刷电子、三维打印等)渗透和扩展,预示着良好的前景。为适应这些变化,相关专业的学生应具备与其相关的三维数字信息处理的基础知识,即在印刷技术的应用方面,由原来较单一的图文信息复制领域,变为“承担信息复制及传播任务”和“承担材料传递并成型制造的任务”两大方面,这一概念,在教材的概述部分以及后续相关章节中都得以体现。

总体上,在对第一版的修订中,主要进行了下列内容的扩展。

- 多值网点及其图像再现特性;
- 面向多值加网的印刷色彩模型;
- 自由曲面的数学描述方法;
- 三维造型信息采集;
- 三维造型的成型和输出;
- 二阶调频、多值加网方法。

除上述新增内容外,对各章的文字描述和部分插图进行了修改和完善。

在修订过程中,尽管花费了较多精力进行内容拓展和瑕疵去除,但限于理论知识及专业水平,仍难免挂一漏万。笔者一如既往地期望获得读者及各方专家的批评指正,并在此致以谢意。

编者

2016年9月于北京印刷学院

第一章	印前信息处理概论	1
第一节	印前信息处理概述	2
第二节	印刷基本元素及其基本特征	5
第三节	图像及其微元素分解与重构	10
第四节	彩色图文的印刷再现概述	13
第二章	网点印刷复制原理	15
第一节	网点的类型及其基本特征	15
第二节	网点的特征参数	18
第三节	网点特征参数对图像复制的作用	23
第三章	图像的阶调层次复制原理	38
第一节	阶调和层次的基本概念	38
第二节	图像阶调和层次的复制	40
第三节	图像的阶调分布与阶调层次处理	42
第四章	图像颜色复制原理	46
第一节	印前与印刷过程的颜色传递和转换	46
第二节	面向印刷分色的颜色转换原理	48
第三节	中性灰平衡	55
第五章	图像的频率域变换原理	57
第一节	傅里叶变换原理	57
第二节	余弦变换原理	60
第三节	采样定理	62
第六章	页面的组成和页面描述	65
第一节	页面信息元素及其基本特征	65
第二节	页面描述语言	66
第三节	页面描述语言的解释和还原成像	68
第四节	PostScript 语言与 PDF 格式	70

第七章	自由曲线及曲面造型描述原理	73
第一节	平面曲线的数学描述	73
第二节	空间曲面的数学描述	79
第八章	文字编码、字形描述和字库技术	82
第一节	计算机汉字编码概述	82
第二节	文字字形的表示和描述	84
第三节	数字式字库技术	85
第九章	平面图像数字化采集技术	90
第一节	平面图像的数字化	90
第二节	平面图像扫描采集技术	93
第三节	数字照相机图像采集技术	99
第四节	图像分辨率及其设置	103
第十章	数字化三维造型采集原理及技术	106
第一节	三维信息采集技术的概念与类型	106
第二节	接触式三维坐标测量	108
第三节	基于飞行时间的非接触式测量	108
第四节	基于三角形的非接触式测量	109
第五节	基于结构光相位的非接触式测量	111
第六节	被动式立体视觉摄影测量法	112
第十一章	印前图像处理原理和方法	120
第一节	图像数据的数字式表示	120
第二节	数字图像的数据量	122
第三节	图像数字化阶调层次处理	123
第四节	图像颜色处理	125
第五节	图像清晰度处理	127
第六节	图像像素插值	131
第七节	JPEG 图像信息压缩	133
第十二章	色彩管理原理和技术	138
第一节	色彩管理的必要性	138
第二节	色彩管理的原理	140
第三节	色彩特性文件	143
第四节	色彩管理的典型应用	146

第十三章	数字加网原理和技术	149
第一节	加网的类型	149
第二节	调幅加网的原理和技术	149
第三节	调频加网的原理和技术	154
第四节	多值加网技术	160
第十四章	图文信息记录输出技术	162
第一节	记录输出设备的类型及其主要性能参数	162
第二节	分色胶片和胶印版记录输出技术	164
第三节	凹印版和柔性版记录输出技术	166
第四节	打印输出技术	171
第十五章	三维物体成型制造技术	174
第一节	数字化三维物体成型技术概述	174
第二节	立体光刻成型	176
第三节	选择性激光烧结成型	177
第四节	熔融沉积成型	177
第五节	三维打印成型	178
第六节	冲击颗粒制造和多重喷射成型	178
第七节	层压制造成型	179
第八节	其他成型方法	180
第九节	基于微观三维形貌和色彩的图像复制及加工	181
第十六章	数字化工作流程及生产集成化控制	183
第一节	数字化工作流程的基本概念	183
第二节	印刷生产流程中的数字化信息流	184
第三节	PPF 和 JDF 文件与印刷生产的集成化控制	186
第十七章	数字印前处理工艺	190
第一节	印前工艺流程	190
第二节	印刷复制中阶调值的传递和补偿原理	194
第三节	图像原稿的分析	196
第四节	图像的印前修正处理	198
第五节	针对制版印刷套准的印前处理和要求	203
第六节	印前处理和制版的检查及质量控制	205
参考文献		210

信息是科技、经济和社会发展的重要支撑要素之一。在现代社会中，每时每刻都产生大量信息，都在发生信息采集、处理和传递过程。信息的传输速度和传输质量不断提高，传播的信息量日益增大。

我国古代四大发明中的印刷术与造纸术，奠定了“纸媒体”信息传播的基础。在历史长河中，印刷承担了信息传播的使命，为文化遗产、科技进步等做出不可磨灭的贡献。

作为一种传播手段，印刷至今仍发挥着重要作用。借助印刷产品的生产和发行，印刷媒体承担了一部分图文信息传播的任务。同时，在包装及装潢等领域，通过印刷所传递到商品上的信息也越来越丰富。这些都明确地显示出图文信息处理的重要地位。

在当今的数字时代中，图文音像等信息完全数字化。在信息采集、处理、呈现、输出、传播等方面也都在数字化平台上完成。几乎所有形式的信息都借助计算机和网络进行处理和传播。在不同的计算机硬件上，如超级计算机、台式计算机、笔记本计算机、平板计算机、手机等设备，多种信息进行运算和处理，并通过各类网络进行高速度、宽领域的传播。

自20世纪80年代中期以来，图文信息的数字化采集、处理、输出等已经在计算机系统控制下完整地实现。印刷流程的“印前处理”步骤是数字信息及其处理最密集的阶段。

在全数字网络平台上，囊括纸媒体、数字媒体等多种技术的“跨媒体传播”（cross media communication）及“跨媒体出版”（cross media publishing）可以顺畅地进行，即面向印刷复制的图文信息，可以方便地转换成数字出版和网络出版需要的图文信息而进行数字出版等传播；而以其他形式出版的信息也可以流入印前领域，以便进行印前处理和制作并通过印刷媒体进行传播。

随着科技发展，除信息传播外，印刷技术的制造功能逐步显现。以“三维印刷”（3D printing）为代表的“印刷数字制造”（Digital Printing Manufacturing, DPM）正迅速成为一种具有广阔应用领域和前景的制造技术。印刷数字制造的出现和应用，不仅将改变制造业的面貌，也将对人们日常生活产生较大影响。这一技术所体现的是在信息传播领域之外，借助印刷技术进行材料传递而实现产品成型及制造方面的潜力。

印刷数字制造同样需要数字信息的采集、处理和传输，以便对数字制造过程进行有效、精确的控制，制造出符合需要的目标产品。它对数字信息同样提出了高要求。

归结起来，在数字时代中，印刷这一具有悠久传统的方法可以在以下两大领域内发挥重要作用。

- 图文信息传递与呈现——将图文信息以色料的形式传递到承印物上。
- 产品成型制造——传递成型材料而构建制造出所需产品。

本章将给出与印刷复制及数字制造相关数字信息的基本概念及图文信息复制及数字制造的基本方法，同时阐述数字化印前信息处理所涵盖的内容。

第一节 印前信息处理概述

一、印刷的功能与范畴

现代印刷具有双重功能，即信息传递功能和成型制造功能。

作为一种信息传播手段，印刷可以承担信息复制及传播的任务，即借助印刷技术，以呈色材料的形式，将图文信息转移并成像至承印物上，形成书籍、刊物、报纸、广告等多种印刷产品，通过发行及销售渠道将信息传播到信宿。

作为一种成型制造手段，印刷可以承担材料传递并成型的任务，即借助印刷技术，传递及转移造型及功能材料，进而构建出多种具有功能的部件及整体产品，应用于所需的机电、建筑、电子、医疗、生物、军事、服装等领域。

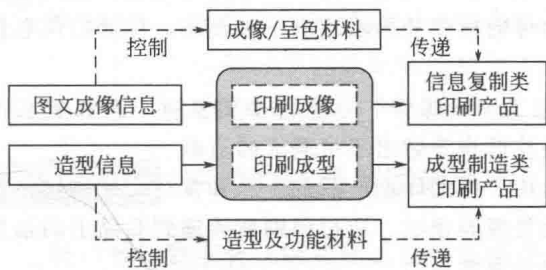


图 1-1 现代印刷功能范畴框架

图 1-1 给出了印刷功能范畴的框架图。

印刷过程分为印前处理、印刷、印后加工三个阶段。

印前处理是印刷重要的子过程之一，它担负着图文信息或成型制造信息的输入及处理的任务。印刷产品上的信息内容、成型制造所需各类信息都是在印前处理阶段中采集/输入、处理并转换成可以付诸印刷的形式的。

印前处理是指在印刷传递过程开始实施之前，对原始图文及成型制造信息进行处理，生成合乎印刷成像及成型制造需求的信息的过程。

- 信息复制类印刷产品：依据用户的制作要求，按照所采用印刷工艺的技术特征，对原稿的图文信息进行采集和处理，获得适于印刷图文成像的信息，或者通过成像记录技术制作出符合印刷要求的印版实体。

- 成型制造类印刷产品：通过造型设计或实体造型的采集，获取产品造型信息，按照用户的制造要求，根据印刷技术及成型材料的特征，进行相应的信息数据处理，以便对印刷成型设备及工艺过程进行控制，成型制造出产品。

无论是信息复制类印刷产品还是成型制造类产品，其信息处理都需要以相应的印刷工艺特征、相关材料及设备特性为依据，才能充分发挥出印刷技术所能达到的能力。

在实施印前信息处理过程中，必须借助科技手段，对原始信息进行采集、修正、变换、编辑等多种处理，尽可能准确和完美地满足用户对印刷信息及成型制造产品的要求。

由于图文信息及成型制造信息的数字化已达到较高水平，开放型系统、标准化数据格式和接口，为印前处理与其他领域的信息交流和共享、跨媒体/跨平台的信息处理和传递奠定了坚实的基础。

二、印前信息处理所涵盖的内容

按照信息复制类和成型制造类产品，印前信息处理工作有所不同。

对信息复制类印刷品，其印前处理主要是按照印刷产品的样式和规格要求，进行图文信息各种转换和处理。包括图文信息预处理和图文成像转换处理。

- 图文信息预处理：文字输入和排版处理、图形绘制/生成和处理、图像采集/编辑/创意性变换/品质增强校正/印刷分色转换、文字/图形/图像的页面组合处理、多页面的印刷版面组合处理。

- 图文成像转换处理：对文字/图形/图像的栅格化及加网，以便进行图文信息的记录输出和成像。

针对成型制造类印刷产品，其印前处理主要是，物体造型信息的获取（三维造型设计或三维

扫描);造型数据编辑、转换、修整、优化等;面向印刷成型技术,对成型数据进行的输出处理(造型分层、体素化等)。

三、印前信息处理的数字化进程

1. 印前图文信息处理的数字化

以“桌面出版浪潮”为标志,印前信息处理的全面数字化阶段始于20世纪80年代中期。

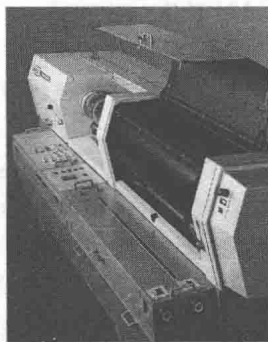
在此之前,20世纪60年代所出现的第三代文字照排设备(阴极射线管照排机)上,已开始将文字字形数字化并存储,以备高分辨率显示及照相排版。1976年出现的激光照排系统,则是文字信息数字化表示、计算机文字信息处理、激光记录输出的标志性技术。

以“748工程”为开端,我国从1974年起,以王选为代表的中国科技人员发挥聪明才智,在汉字字形的轮廓化表示及压缩存储、文字排版处理、文字栅格化转换和记录输出等方面做出了杰出的成就,使汉字激光照排技术在我国出版印刷领域迅速得到应用,大幅度推进了我国出版事业和印刷工业技术水平的进步,其意义被誉为“汉字排版的第二次革命”。图1-2为1985年参加日本筑波博览会的汉字激光照排系统图片。

在图像处理和复制领域,从20世纪60年代开始,在具有代表性的电子分色机(color repro-scanner)上,就已开始采用图像数字化技术,以实现图像电子缩放和激光电子加网。1975年,英国Crosfield公司首次推出全数字式电子分色机,其数字式“颜色查找表”至今仍是数字化色彩转换的常规技术。20世纪80年代初,以计算机图形工作站为平台构建的电子整页拼版系统(electronic page make-up system),以电子分色机作为图像输入和输出设备,将图文信息全面数字化,并进行高精度的图形/图像处理,最终输出印刷幅面整版分色胶片。图1-3为20世纪80年代的电子分色机和电子整页拼版系统(德国Hell公司)。



图 1-2 汉字激光照排系统



(a) 电子分色机



(b) 电子整页拼版系统

图 1-3 电子分色机和电子整页拼版系统

1985年,由美国的Adobe、Apple和Aldus公司构建的“桌面出版系统”(Desk Top Publishing, DTP)是印前图文信息全面数字化采集、处理、输出的开端。这种系统以页面描述语言(Page Description Language, PDL)、图形化操作系统、数字式字库、栅格图像处理器(Raster Image Processor, RIP)、图文排版软件、激光打印机及激光照排机为基本单元,使操作人员方便地对数字化的文字、图形和图像信息进行各种处理,将图文合一的页面信息转换成页面描述语言,经过栅格图像处理器的处理,获得用于记录成像的图文信息,最终通过打印机或激光照排机输出。

1985年以后不长的时间内,以开放式的DTP系统为核心,数字化印前处理和制版技术迅速成为主流,相关的软件和硬件设备不断出现,性能不断提升,大大加速了印前图文处理和制版技术的进步。图1-4为20世纪90年代的桌面出版系统概况,其中除用于图文处理的计算机外,还有用于胶片输出的激光照



图 1-4 桌面出版系统

排机和栅格图像处理器（图 1-4 右下侧）。

20 世纪 90 年代以后，数字化印前技术不断发展，在计算机直接制版、色彩管理等关键技术方面取得了长足的进展。特别是数字化工作流程系统的出现和进展，从更高的层面上，把数字化的图文信息与数字化的生产控制信息有机结合，用数字信息将印前、印刷、印后等过程结合成一个整体，使整个印刷生产达到更高的效率和更好的品质，显示了信息数字化带来的威力和生机，此类系统相应地称为“数字印前系统”。

2. 成型制造的数字化

数字制造（digital manufacturing）是由计算机辅助制造（Computer Aided Manufacturing, CAM）发展而来的概念和技术，它代表了以计算机、信息、光机电一体化、材料等科技为支撑，进行全数字信息控制下的生产制造过程和技术。

早在 1952 年，世界上第一台数控机床在美国麻省理工学院（MIT）研制成功，开启了借助数控程序实现对零件加工控制的先河。随之，计算机辅助设计（Computer Aided Design, CAD）的概念开始萌芽，人们设想如何通过直接自动运行各个程序来实现计算机辅助设计过程。

1963 年，美国 MIT 的学者 I E Sutherland 发表了人机交互图形通信系统的论文，并研制成功世界上第一套具有实时交互功能的二维 CAD 系统（Sketchpad）（图 1-5）。该系统允许设计者借助光笔和键盘，在荧光屏上显示图形，实现人机交互作业。这项成果标志着 CAD 技术的诞生，为后续的 CAD 技术发展提供了条件和理论基础。此后，基于计算机技术，IBM、通用汽车、洛克西德等公司陆续推出了许多商品化的 CAD/CAM 系统与设备，在绘图、数控编程及分析、汽车设计、数控机床控制等方面发挥重要作用，CAD/CAM 进入快速成长期。

20 世纪 80 年代，随着计算机技术的迅速发展和普及，微型计算机、超大规模集成电路等迅速应用于 CAD/CAM 领域，CAD 软件的开发也迅速成长。三维造型处理、优化设计、有限元、数据库等得到应用，推动了 CAD/CAM 技术向中小企业/单位的普及和应用。

20 世纪 90 年代至今，CAD/CAM 技术向集成化/智能化/标准化方向发展。为实现资源共享、产品生产管理的自动化，国际标准化组织及发达国家积极开发了标准接口。同时，面向对象技术（Object Orientation, OO）、并行处理（Parallel Processing, PP）、人工智能（Artificial Intelligence, AI）、计算机集成制造系统（Computer Integrated Manufacturing, CIM）、快速成型技术（Rapid Prototyping, RP）等的研究和应用，极大地推进了 CAD/CAM 技术向更高水平发展。

数字化的三维快速成型技术的概念发端于 20 世纪 80 年代。1984 年，查尔斯·赫尔（Charles W Hull）发明了“立体光固化造型法”（Stereo Lithography Appearance, SLA）并创立了 3D Systems 公司，于 1988 年制造出第一台数字三维成型设备（图 1-6）。

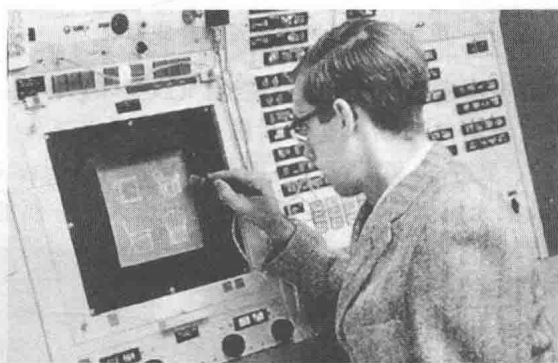


图 1-5 I E Sutherland 与人机交互
CAD 系统 (Sketchpad)

[来源: <http://www.techcn.com.cn>]

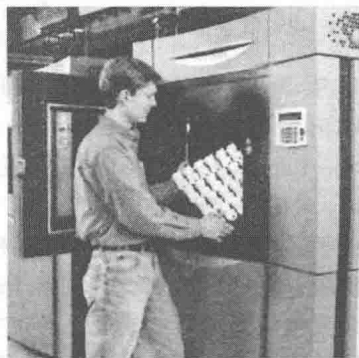


图 1-6 第一台立体光固化造型技术
3D 成型设备 SLA-1

[来源: <http://www.c-cnc.com>]

此后，多种快速成型制造技术不断涌现。1986 年，Michael Feygin 研制成功分层实体制造技

术 (Laminated Object Manufacturing, LOM); 1989 年, Carl R Deckard 发明了选择性激光烧结技术 (Selective Laser Sintering, SLS); 1992 年, Scout Crump 获得熔融沉积制造技术 (Fused Deposition Modeling, FDM) 专利; 1993 年, 美国麻省理工学院的 Emanuel Sachs 等人获取黏结剂喷射 3D 打印专利并进行授权生产。

科技人员开发了与三维造型相关的多种数字文件格式并予以公开, 使多种三维设计、造型、打印制造系统能够进行顺畅的数据处理和交换。

这些技术在 20 世纪 80 至 90 年代迅速实现为商业化产品并投入应用, 使快速成型制造逐步进入军事、航空/航天、生物、医疗、汽车、艺术造型、家庭、食品等多种领域, 且发挥日益重要的作用。

第二节 印刷基本元素及其基本特征

一、印刷基本元素的类别

按照基本元素所占据的空间维数, 可分为二维平面元素和三维立体元素。

按照元素所实现的功能, 可分为信息元素和造型元素两类。

其中, 印刷的信息元素有三种, 即文字、图形和图像。这三种信息元素主要以二维平面形式出现在信息及包装类印刷产品上, 如纸质的书籍、刊物、报纸、广告, 多种不同材质的包装品等; 但信息元素也可以按三维立体形式出现在印刷产品上, 如具有明显凸凹造型的图文, 三维文字、图形造型的包装品等。

印刷所涉及的基本造型元素有多种, 它们可以具有不同的三维立体形状, 如空间曲线、空间平面、曲面、立方体、球体、多面体等。由这些基本的造型元素可以构建出复杂的三维造型。

二、图文信息元素的定义与特征

1. 图文信息元素

一般而言, 信息可有文字、图形、图像、声音、气味、触觉等不同形式。

在人类接收的信息总量中, 文字、图形和图像信息所占的比例不低于 70%。对最终受众而言, 文字、图形和图像信息都可通过人眼视觉系统获取, 故称为“视觉信息”。“百闻不如一见”的说法很好地表明视觉系统在信息获取方面的关键作用, 体现了视觉信息的重要性。

对图文信息的印刷复制而言, 它是建立在成像物质向承印物载体转移机制上的过程和技术。

静态的文字、图形和图像信息是印刷复制的基本信息对象。除常规印刷品外, 印刷品也可以附带气味信息以及可以形成触觉的信息, “香味印刷品”和盲文印刷品就是其实例。

比较而言, 印刷以外的数字媒体具备实时刷新能力, 可以传播动态的文字、图形、图像、声音等信息, 而这种特性是印刷难以达到的。

印刷的平面图文信息一般按页面进行组织, 故图文信息元素常被称为“页面元素”, 是构成出版物页面、印刷版面等的基本信息元素。

2. 文字信息及其特征

文字是具有语义的特定图形符号的集合。单个符号或符号组合可以具有某种或某些特定的含义, 即具有语义信息。对同一事物, 不同语种所对应的符号或符号组合是不同的。如图 1-7 所示。

文字具有一些固有的基础特征, 如所属语种和字符集、字符或单词的语音、字符或单词的语义、字符骨架结构等。

文字也有一些在页面中表现出来的特征, 如字体、字号 (尺寸)、附加符号 (下划线、着重号、上/下标等)、文字附加装饰 (阴影、衬底、加框等)、文字的排列方向、字间距、行距、对齐方式、内部填充特性、轮廓填充特性。如图 1-8 所示。



图 1-7 相同语义不同语种的文字

不同的字体具有相同的骨架结构

不同的字体具有相同的骨架结构

不同字符集的字符

Different character sets

Verschiedene Schriftzeichensätze

字体的丰富多彩和美感

页面文字的大小各异

下划线加重号阴影装饰

内部填充副轮廓装饰效果

曲线排字 Text in curve

图 1-8 二维平面文字的各种特征

对于三维立体文字而言，其特征还应包括文字的凸起高度或凹陷深度、立体朝向、材质特性（颜色/纹理/光泽等）、轮廓倒角等特征。如图 1-9 所示。

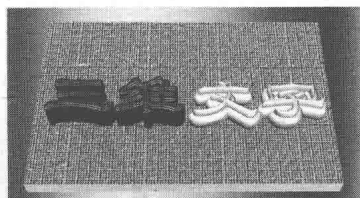


图 1-9 三维立体文字的特征

对于数字化的文字信息处理而言，需要两个基础条件，即文字编码和文字的字形描述。

3. 图形信息及其特征

图形是由人工及计算机等工具构造的、具有形体特征的二维及三维信息体。

图形本身携带信息。通过视觉观察，人们可以从图形上获得信息。同时，图形的生成也需要信息的支持。

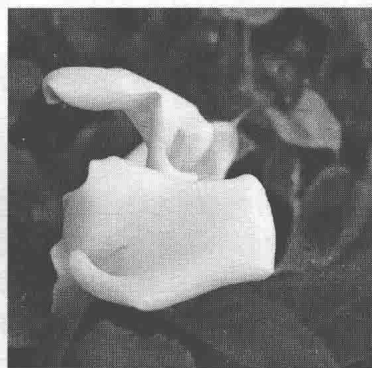
图形具有造型特征，如常见的平面直线及曲线、矩形及正方形、椭圆及圆形、三维空间内的空间直线及曲线、平面及曲面、多面体等。人们通过计算机辅助系统设计的汽车、飞机等造型，都具有某种特有的形体特征。

图形的形体特征可以用二维平面或三维空间点、直线/曲线、平面/曲面等数学函数加上相关的参数进行描述。基于人类的知识并结合数学描述获得某种实体模型，可以用于图形的描述、生成、存储和处理。

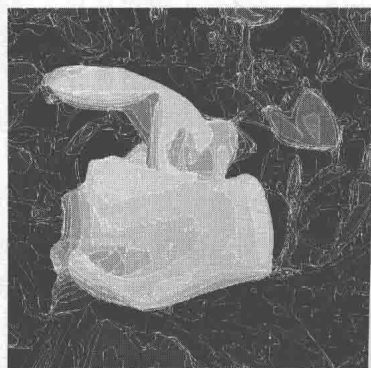
图形可以由人工徒手绘制而成，一些造型设计图和艺术绘画作品是由工程设计人员、造型艺术家、艺术家乃至儿童手工绘制出来的，手绘图像具备图形的基本特征。

现今，大量图形是在计算机系统和辅助下制作成的。其中，既有以计算机作为辅助手段人工绘制的图形，也有完全依赖计算机程序自动生成的图形。

此外，通过扫描及拍摄得到的二维平面图像，经分析处理，可以得到二维平面图形（图 1-10），此过程称为“图像矢量化”。



(a) 平面图像



(b) 平面图形(白色线框为子图形的边缘轮廓)

图 1-10 平面图像经矢量化转换获得的图形

类似地,通过三维扫描采集技术,可以获取物体在立体空间中的造型信息,即物体形体在三维空间的坐标点数据,所获取的大量坐标点数据称为“点云(point cloud)”。经过三维点云数据的处理和分析,可以构建出三维物体造型,如图 1-11 所示(来源于德国 FH-Coburg 学院 IPM 研究所/www.hs-coburg.de)。

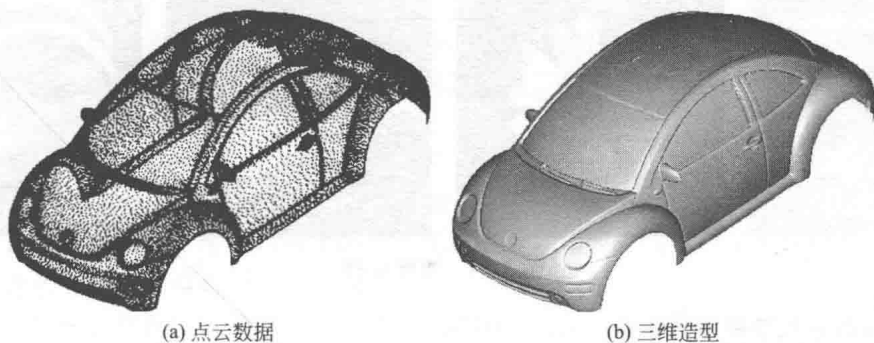


图 1-11 由三维扫描的“点云”与转换获得的三维图形

数字化图形的生成与图形信息的数学描述密不可分。在计算机系统上,利用数学模型、参数、算法和程序生成图形,是计算机图形的重要特征之一。这些模型和算法来源于对形体的分析、归纳、抽象和数学描述。

总之,面向印刷复制的平面图形,其页面特征主要有图形造型的几何特征、轮廓内填充的颜色/图案/纹理、轮廓自身的颜色/图案等(图 1-12)。

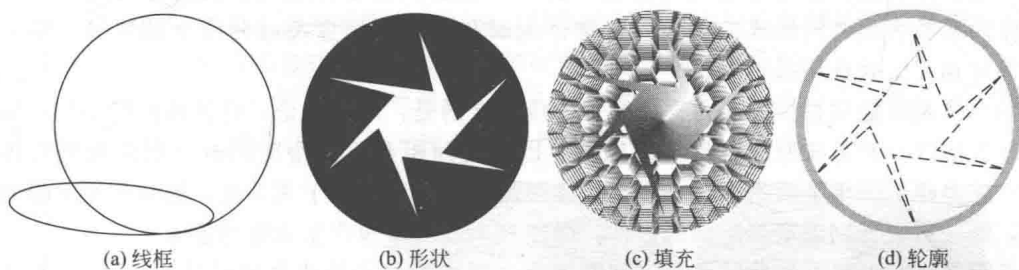


图 1-12 平面图形特征

对于印刷复制及造型所涉及的三维立体图形,其特征包括立体特征(点/曲线/曲面/球体/立方体/多面体等)、造型参数(结点及控制点坐标/造型函数参数)、立体表面纹理及光学特征、照明条件、环境条件等(图 1-13)。

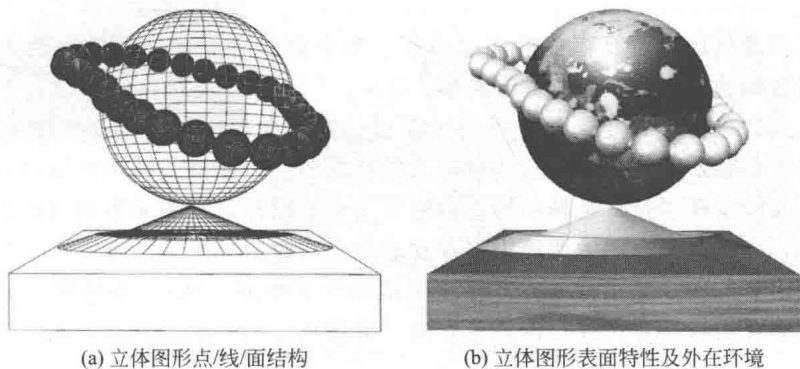


图 1-13 立体图形特征

4. 图像信息及其特征

图像是自然界存在或由人工制作的、一般由大量二维“像素”或三维“体素”构成的视觉及

非视觉信息。

自然界存在着极其丰富的影像，为人类提供了可采集的图像信息素材。白云漂浮的天空、花朵、建筑、儿童等都是常见的典型实例。如图 1-14 所示。

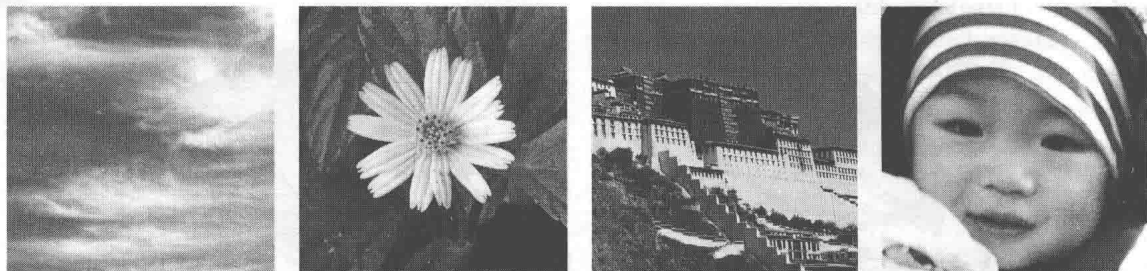


图 1-14 图像实例

通常，自然界三维物体的影像是其外貌表现。

物体的外貌影像决定于物体对外来电磁辐射源的电磁波谱能量的吸收/反射/透射特性、外在电磁辐射源的电磁波谱能量分布、物体表面的形貌特征、物体的造型特征等。

借助二维平面图像采集技术，如数字及胶片照相机、数字摄像机和扫描仪等，可以获取自然界中三维物体成像面的影像，并形成二维/平面影像信息，其携带的细节、纹理、色彩等具有一定的真实感。

扩展而言，三维图像是在三维空间内，物体各部分所形成的影像。如果物体内部不可见，则三维图像是物体表面各部分所形成的影像；若物体表面具有某种透明度而内部可见，则三维图像是物体内部及表面共同形成的影像；若物体表面和内部的影像都部分或全部可见，则三维影像是两部分相互交叠作用的结果。

采用立体相机能够拍摄并获得立体影像。应注意的是：严格而论，立体相机所采集的影像并非前述三维图像，而是按照双目视觉的原理，以一定间距和不同角度同时分别采集到物体表面的两幅（或多幅）二维平面影像。一般，立体影像采集的目的在于其呈现，通常利用光栅对光线的选择，使左右眼分别观察到不同的影像，而使观察者对影像产生立体的感觉。

对三维物体，可将其拆分成大量空间微元素（微小的立方体或其他形状空间体），称为“体素”。每个体素具有其相应的空间坐标。

通常，物体表面体素的光线是可以被照相机直接采集到的，而物体内部的情况体素则需“透视”技术（X 射线等）才能被采集。因此，借助非透视类的平面或立体图像采集设备，仅对物体表面的体素的影像进行采集；而应用于医疗、探测等的透视型图像采集设备，则可以采集到物体内部的体素信息。

数字图像是图像信息的主要存在形式之一。二维平面数字图像由离散化的像素组成，每个像素又以二进制数码的形式表示、存储和传输。

由于图像信息的丰富性和复杂性，用数学模型、算法和程序构造具有真实感的图像难度较高，是计算机图形和数字图像处理结合领域努力的目标。这一领域正在不断取得新进展。在一些数字化影片中，人们实现了计算机辅助构造的逼真图像。同样，利用采集到的图像信息素材，借助图像处理软件，可以制作出图像原稿中不存在的信息对象。

与印刷复制相关的图像基本特征有占据空间维数（平面或立体）、颜色模式、像素行/列数、分辨率等。图像的页面特征有尺寸、位置、方向、剪裁等。

三、文字、图形和图像的联系与区别

1. 文字与图形的联系与区别

文字字形是一种具有语言含义的特殊图形。文字字形与一般图形的区别在于文字具有含义，

与语言紧密相关；非文字的一般图形虽然也可能具有某种标示和象征意义，但通常与语义的联系不如文字直接和紧密。如图 1-15 所示。

不同的字符具有各异的形状；同一字符的造型也会因字体不同而有差异，表现了字体风格的多样性。



图 1-15 文字与图形

2. 图形与图像的联系与区别

图形和图像的共同点是，图形和图像都是平面或立体的信息体，都携带信息，两者都具有图示性。通过视觉系统，人们可以获取信息、理解其含义。从两者都包含“图”字而言，其视觉信息传播的基本功能是显而易见的。

图形与图像的区别如下。

① 图形依据形体特征进行构造、绘制和生成。根据形体特征的数学描述，按照图形描绘算法，利用计算机硬件和软件进行图形存储、生成和处理，成为矢量图形与图像的差异。计算机图形绘制和处理软件当中就是利用图形的这一特点进行工作的。人们可以进行造型设计，确定所需形体的特征描述，创造出自然界中尚不存在的形体，这一点对计算机辅助造型设计非常重要。

② 图像则注重真实地再现景物和影像，追求逼真地反映之，而大多不是依据景物特征进行构造。因为景物的特征既繁多又复杂，构造难度较大。与图形相比，图像所表现的细节更丰富、更全面，图像的视觉展示作用强于其标示作用。

图形与图像的联系较为紧密。首先，图形经常以图像的方式来再现。图形绘制和构造完成后，通过“还原/渲染 (rendering)”，其影像 (图像) 才可以为人们所观察和接收。计算机图形是以数学描述、算法和参数形式存在的，只有当其在图像显示设备或记录设备上形成影像形式的可视信息，才能被人们看到。

此外，部分图形来源于自然景象，人们通过对自然界中具有特征物体景象的观察、分析、提取其形体特征并升华到数学描述，再借助算法和程序形成图形。

图 1-16(a)、(b)、(c) 分别为自然图像、手工绘制的矢量图形、由计算机软件提取特征生成的图形。图 1-16(b) 及图 1-16(c) 下方所示的是多个子图形的边界轮廓。

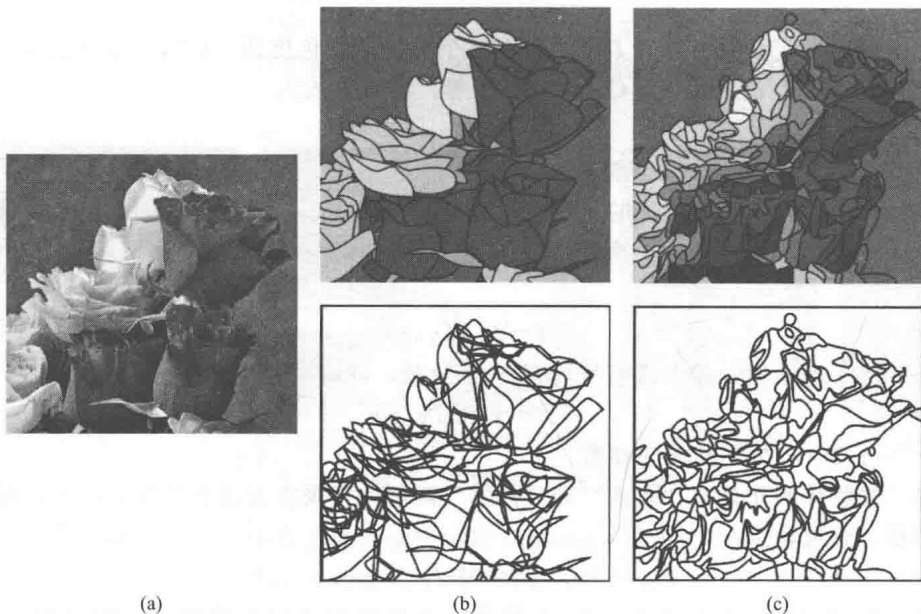


图 1-16 图像与手工绘制、计算机矢量化后的图形

从计算机图形学和数字图像处理的发展趋势上看，图形和图像的融合会带来十分丰硕的成果。在计算机图形学中，用特征描述、算法和程序构造具有真实感的景物影像一直是人们努力的目标。在数字图像处理当中加入图形元素，也会使图像信息更丰富。

第三节 图像及其微元素分解与重构

一、图像的描述

二维平面图像可以用平面内不同坐标位置上的信号值描述。其中,所谓“信号”可以是电信号、光信号、磁信号等不同类型。

从数学角度上观察,平面图像是建立在二维空间内的函数,可以表示为随坐标点 (x,y) 不同而变化的函数 f

$$I=f(x,y) \quad (1-1)$$

式中, I 表示图像函数值。

图像函数值 I 可以是光学密度、光强度、明度值、电压值、灰度值等。

由于图像内容变化的丰富性,函数对应关系 $f(x,y)$ 一般是很复杂的。图 1-17 给出了一幅灰度图像 [图 1-17(a)] 及其数学函数 [图 1-17(b)] 的图示。

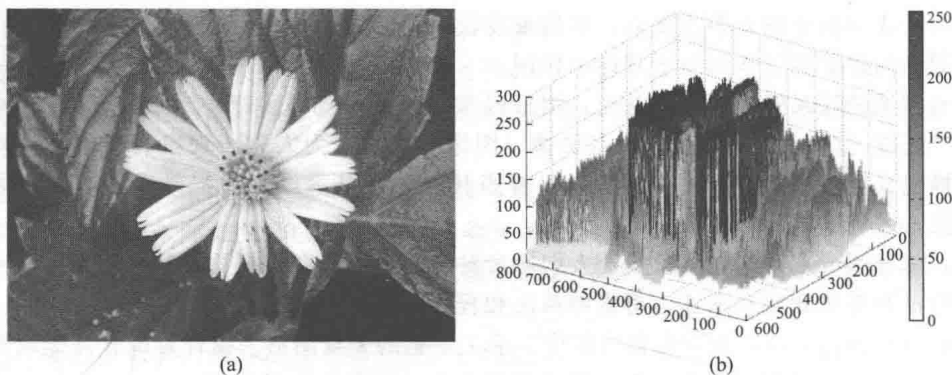


图 1-17 灰度图像及其数学函数

对彩色图像而言,图像函数值 I 可以具有多个分量,如色度值 $[L^*,a^*,b^*]$ 、红绿蓝 $[R,G,B]$ (彩图 1-1)、青/品/黄/黑 $[C,M,Y,K]$ 等,即可描述为

$$I_i=f_i(x,y) \quad (1-2)$$

式中, $i=1,2,\dots,N$, N 为正整数。

对三维物体而言,其不同部位的三维空间坐标为 (x,y,z) ,如果在不同空间坐标上,物体可以形成影像,即物体所形成的影像信号值 I 随三维空间坐标 (x,y,z) 不同按函数关系 f 变化,则可写为

$$I=f(x,y,z) \quad (1-3)$$

类似于二维平面图像,若图像信号具有 N 个分量,则可写为

$$I_i=f_i(x,y,z) \quad (1-4)$$

式中, $i=1,2,\dots,N$, N 为正整数。

不妨将三维物体看作具有“表面”和“内芯”两部分,则在大多数情况下,所能观察到的是其表面的影像,则可写为

$$I_{\text{SFC}}=f(x,y,z) \text{ 及 } I_{\text{INS}}=g(x,y,z) \quad (1-5)$$

其中的下标“SFC”代表“表面”。若物体内芯的状况可以形成影像,则可相应使用下标“INS”,代表“内部”。

在较多的情况下,对三维物体,采集到的是其表面或内部的二维平面影像。例如,用常见数码相机拍摄人像,所得到的是人体被拍摄表面的平面影像,可写为式(1-5)的形式。

对医学 CT/核磁共振等影像采集而言,所获得的影像是人体内部若干个不同位置层面的平