

21世纪数字印刷专业教材

数字半色调技术

SHUZI
BANSE DIAO
JISHU



姚海根 程鹏飞◎编著



印刷工业出版社

7805.4
20131

阅 览

21世纪数字印刷专业教材

数字半色调技术

姚海根 程鹏飞 编著



印刷工业出版社

内容提要

本书讨论数字半色调技术,从连续调到半色调的转换是数字印刷乃至现代印刷的核心技术之一,适用于所有以二值记录原理工作的所有设备,包括只有二值描述能力的显示系统。第一章简要介绍半色调技术的起源、数字半色调的出现与主要发展方向等。第二章讨论连续调图像的重构原理,包括阶调重构和物理重构及质量评价。第三章围绕模拟传统网点的记录点集聚有序抖动技术展开,以有理正切和超细胞结构加网为主。第四章针对记录点分散有序抖动技术,得到伪随机半色调图像。第五章从经典误差扩散开始,分析其蓝噪声特征后过渡到修正误差扩散算法和蓝噪声蒙版。第六章涉及幅度调制、频率调制和复合加网等重要概念,以及复合加网的实现方法。第七章介绍迭代优化半色调技术,例如直接二值搜索、遗传算法、退火算法和打印机模型等。第八章讨论彩色图像的半色调转换问题,重点放在矢量半色调。第九章从沃罗诺伊图和空间填充曲线两方面对半色调处理过程添加随机性,以空间填充曲线为主。第十章讨论数字印刷半色调技术,某些方法与数字印刷的成像过程有关。第十一章以逆半色调为讨论对象,从半色调图像重构到连续调图像。第十二章介绍莫尔条纹和玫瑰斑,包括随机莫尔条纹。

本书尽可能深入浅出地介绍各种类型的半色调技术,兼顾全面和重点。编写本书的主要目的,是为各院校的数字印刷专业提供基本教学素材,但也可作为图文信息处理、印刷工程、包装工程、数字出版和办公自动化等专业的教学参考书。此外,本书可供数字印刷、商业印刷和数字出版等相关领域的专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字半色调技术/姚海根,程鹏飞编著. —北京:印刷工业出版社, 2012.12

(21世纪数字印刷专业教材)

ISBN 978-7-5142-0781-1

I. 数… II. ①姚… ②程… III. 数字印刷—教材 IV. TS805.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第304275号

数字半色调技术

编 著: 姚海根 程鹏飞

责任编辑: 张宇华

责任校对: 岳智勇

责任印制: 张利君

责任设计: 张 羽

出版发行: 印刷工业出版社(北京市翠微路2号 邮编: 100036)

网 址: www.keyin.cn pprint.keyin.cn

网 店: pprint.taobao.com www.yinmart.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 河北省高碑店市鑫宏源印刷包装有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

字 数: 415千字

印 张: 17.5

印 数: 1~1500

印 次: 2013年2月第1版 2013年2月第1次印刷

定 价: 42.00元

I S B N : 978-7-5142-0781-1

◆ 如发现印装质量问题请与我社发行部联系 发行部电话: 010-88275602 直销电话: 010-88275811

从模拟原稿和物理场景到印刷品,图像复制需经历数字图像捕获、连续调到半色调转换和印刷三大主要阶段,数字半色调处理介于数字信号捕获与印刷之间,是联系模拟原稿或物理场景数字化转换与印刷的桥梁。半色调技术之所以重要,至少有两方面的原因:首先,为了真实地反映客观世界,数字图像必须以连续调的形式描述;其次,绝大多数硬拷贝设备只有二值表示能力,归结为着墨和不着墨两种状态,从而无法以直接的方式在纸张等记录介质表面形成连续调记录结果,必须从多值像素描述转换到0和1的选择。

半色调这种称呼是相对于连续调而言的,指所有能够从连续调图像转换到物理二值表示的方法和手段。印刷即图文复制,文字复制问题早在古代就已基本解决,即使发展到现代也没有多大的变化。图像复制比文字复制要复杂得多,在摄影技术发明前还没有真正意义上的图像复制技术,一直到照相制版技术出现。“网”的概念来自投影网屏和接触网屏,通过网屏对光线的离散和分割作用得到半色调结果,这种过程也称为加网。一般来说,网代表规则和有序,例如投影网屏和接触网屏由规则分布的线条图案组成。印前技术从照相和电分制版进入数字时代后,建立物理二值表示的技术越来越多,模拟传统网点的技术不再是唯一的选择,于是出现了数字加网的提法。作者认为,数字加网这一称呼并不全面,可能限制对现代半色调技术的理解,模拟传统网点仅仅是数字半色调技术类型之一,完整的称呼是记录点集聚有序抖动,其他数字半色调类型还有记录点分散抖动和基于迭代处理并以某种指标为优化目标的本色调处理,其中记录点分散随机抖动和迭代优化半色调技术的核心是无序和随机。因此,仅仅在“加网”前冠以“数字”两字不足以反映数字半色调处理的全貌,不能涵盖所有的数字半色调算法。鉴于以上叙述的理由,本书定名为《数字半色调技术》是合理的,也与国际上的专业称呼 Digital Halftoning 一致。

本书尽可能完整地介绍现有的数字半色调处理方法,涉及连续阶调和连续调图像的物理重构、逆半色调以及莫尔条纹和玫瑰斑等相关内容。尽管如此,本书的绝大部分内容围绕各种类型的数字半色调算法展开,包括记录点集聚有序抖动、记录点分散有序抖动、记录点分散随机抖动和复合半色调技术。为了全面反映数字半色调技术发展的现状,并考虑到数字印刷机和打印机等低分辨率记录能力的特点,本书专设“沃罗诺伊图与空间填充曲线半色调应用”和“数字印刷半色调技术”两章,旨在开拓读者的思路。之所以在本书中包含逆半色调一章,是考虑到半色调图像的连续调重构也是印前

处理的任务之一，因为二次原稿的扫描结果内不应该保留二值记录的痕迹，这种高频成分并非原稿的正确再现所需。

本书的出版得到教育部图文信息处理国家级教学团队建设经费的支持，编写本书的主要理由在于数字半色调是图文复制的核心技术之一，如果没有数字半色调技术的支持，就无法实现图像复制，学生也无法正确应用从其他课程学到的知识，更无法分析导致质量缺陷的原因并提出解决措施。在本书的编写过程中，作者所在上海出版印刷高等专科学校的领导和教师们十分关心和支持，与兄弟院校教师的讨论也使作者受益匪浅，在此深表谢忱。

由于作者理论知识和实践经验的局限性，本书不足和疏漏之处在所难免，希望广大读者和教师予以指正，作者在此预先对他们表示诚挚的谢意。

姚海根

2012年11月

目 录

第一章 概 述	001
1.1 模拟加网技术	001
1.1.1 木模雕刻半色调模拟	001
1.1.2 早期随机加网技术	002
1.1.3 摄影对印刷和半色调技术的影响	002
1.1.4 连续调与半色调复制	003
1.1.5 投影网屏	004
1.1.6 接触网屏	005
1.1.7 网屏对连续调图像的分割作用	006
1.1.8 其他模拟半色调技术	006
1.2 数字半色调的起源	007
1.2.1 直接加网与分色变革	007
1.2.2 电子加网	008
1.2.3 激光加网技术	009
1.3 发展中的数字半色调技术	010
1.3.1 连续调与半色调	010
1.3.2 数字半色调分类	011
1.3.3 幅度调制半色调	012
1.3.4 频率调制半色调	013
1.3.5 迭代优化处理半色调	014
1.3.6 数字半色调技术的现代进展	015
1.4 半色调图像处理	016
1.4.1 逆半色调技术	017
1.4.2 半色调数据压缩	017
1.4.3 数据隐藏与水印	019
第二章 连续调图像的阶调重构	020
2.1 像素描述	020
2.1.1 模拟连续调图像	020
2.1.2 数字图像的像素描述	021
2.1.3 连续调图像的半色调表示	022
2.1.4 半色调模拟连续调的视觉依据	023

2.1.5	眼睛的非线性特征	024
2.2	连续阶调的重构	024
2.2.1	采样	025
2.2.2	量化	026
2.2.3	记录栅格与设备像素	027
2.2.4	邻域处理	028
2.2.5	点处理	028
2.3	连续调图像的物理重构	029
2.3.1	市场需求	029
2.3.2	图像再现系统	030
2.3.3	处理流程	032
2.3.4	半色调处理	033
2.3.5	半色调图像到硬拷贝输出物理重构	033
2.4	半色调图像质量评价	035
2.4.1	二值半色调重构的准确度问题	035
2.4.2	平均方差距离质量测度	036
2.4.3	频域测度	037
2.4.4	成对相关系数	038
2.4.5	径向平均功率谱	039
第三章	幅度调制半色调	040
3.1	抖动处理	040
3.1.1	抖动	040
3.1.2	有序抖动	041
3.1.3	记录点集聚有序抖动	042
3.2	网点及相关要素	043
3.2.1	方向敏感性	043
3.2.2	半色调单元	044
3.2.3	设备像素形状与半色调单元的精细程度	044
3.2.4	网点三要素	045
3.2.5	加网质量因子	046
3.2.6	设备分辨率与半色调单元的关系	048
3.2.7	网点层次与网点频率	048
3.3	传统网点的数字模拟	049
3.3.1	数字网点生成方法概述	050
3.3.2	记录点集聚有序抖动矩阵	051
3.3.3	网点结构的周期性考虑	052
3.3.4	阈值法	052
3.3.5	模型法	053
3.3.6	生长模型法	054

3.3.7	正字阶调等级法	054
3.3.8	两种栅格类型的网屏设计	055
3.4	有理正切加网	056
3.4.1	数字加网的核心问题	056
3.4.2	常用网点角度的实现	057
3.4.3	有理正切加网及其特点	058
3.4.4	近似网点角度的由来	059
3.4.5	实际网点频率	059
3.5	无理正切加网	060
3.5.1	基本几何关系	060
3.5.2	解决角点不重合的措施	061
3.5.3	强制角点对齐的数学分析	062
3.6	超细胞结构加网技术	063
3.6.1	逼近 15° 角的数学分析	063
3.6.2	半色调单元要求	064
3.6.3	超细胞结构	064
3.6.4	微观集聚半色调算法	066
3.6.5	多中心点超细胞加网实现技术的应用	067
3.6.6	超细胞结构的频域描述	068
3.6.7	不良图案效果的纠正	069
第四章	记录点分散有序抖动	071
4.1	伪随机阈值方法	071
4.1.1	记录点分散有序抖动的含义	071
4.1.2	抖动矩阵	072
4.1.3	全局固定阈值方法	073
4.1.4	线条稿自适应局部阈值方法	074
4.1.5	平均约束阈值方法	075
4.2	模式抖动	076
4.2.1	伪随机阈值方法	076
4.2.2	模式抖动的数学基础	077
4.2.3	高阶模式抖动矩阵	078
4.2.4	处理技巧	079
4.2.5	模式抖动的优缺点	080
4.2.6	彩色图像的模式抖动适用性	080
4.2.7	阈值矩阵优化	081
4.3	递归拼贴法	082
4.3.1	规则栅格拼贴	082
4.3.2	递归过程	083
4.3.3	效果讨论	084

4.4 空白与集聚抖动矩阵生成方法	085
4.4.1 递归拼贴与模式抖动的不足	085
4.4.2 方法概述	086
4.4.3 空白与集聚查找	086
4.4.4 初始二值图像	087
第五章 记录点分散随机抖动与蓝噪声	089
5.1 白噪声抖动	089
5.1.1 白噪声	089
5.1.2 频域特征	090
5.1.3 白噪声抖动效果评价方法	091
5.1.4 功率谱分布	092
5.2 误差扩散	092
5.2.1 概况	092
5.2.2 误差扩散法的起源	093
5.2.3 经典误差扩散法	094
5.2.4 误差过滤器	095
5.2.5 使用要点	095
5.2.6 非期望纹理与解决措施	096
5.2.7 阈值调制	098
5.2.8 硬拷贝输出应用	099
5.2.9 彩色输出	099
5.3 误差扩散的蓝噪声特征	100
5.3.1 噪声名称	101
5.3.2 主波长计算	101
5.3.3 蓝噪声特征	102
5.3.4 功率谱与各向异性特点	103
5.3.5 蓝噪声半色调图像的空间域统计特征	104
5.4 各种误差扩散法及相关问题	105
5.4.1 改善半色调图像质量的措施	105
5.4.2 蠕虫效应	106
5.4.3 降低蠕虫效应的误差过滤器	107
5.4.4 阶调相关误差扩散	108
5.4.5 误差扩散与 $\sigma-\delta$ 调制	109
5.4.6 边缘增强误差扩散	110
5.4.7 误差图像	110
5.5 蓝噪声蒙版	111
5.5.1 蓝噪声蒙版的基本特性	111
5.5.2 蓝噪声蒙版的构造方法	112
5.5.3 误差扩散与蓝噪声蒙版处理结果比较	113

5.5.4	蓝噪声蒙版结构修正法	114
5.5.5	功率谱方法	115
5.5.6	平均功率谱比较	116
第六章 调频和复合加网技术		117
6.1	幅度调制和频率调制	117
6.1.1	传统网点的幅度调制特点	117
6.1.2	调频网点	118
6.1.3	幅度调制与频率调制加网的区别	119
6.1.4	典型半色调图像的随机性分析	120
6.1.5	误差扩散法的频率调制特点	121
6.1.6	一阶和二阶调频网	122
6.1.7	过渡区域处理	123
6.1.8	频率调制半色调的工艺实现	123
6.1.9	复制能力与复制质量	124
6.2	绿噪声与复合加网	126
6.2.1	幅度调制与频率调制的细节再现	126
6.2.2	复合加网的必要性	127
6.2.3	AM 与 FM 复合加网	128
6.2.4	绿噪声的基本特点与半色调技术类型	129
6.2.5	从蓝噪声到绿噪声	129
6.2.6	绿噪声的功率谱统计特征	130
6.2.7	空间统计特征	131
6.3	复合半色调的实现技术	132
6.3.1	输出相关反馈误差扩散	132
6.3.2	腐蚀与膨胀蒙版生成复合半色调	133
6.3.3	块误差扩散绿噪声	134
6.3.4	其他典型绿噪声方法	134
6.3.5	四参数控制绿噪声方法	135
6.3.6	误差加权系数随机扰动绿噪声	136
6.3.7	十六参数控制绿噪声半色调	136
6.3.8	半色调图像对比	137
第七章 迭代优化数字半色调技术		139
7.1	直接二值搜索算法	139
7.1.1	问题的提出	139
7.1.2	基本算法	140
7.1.3	直接二值搜索算法的性能特征	141
7.1.4	初始二值图像选择	142
7.1.5	与其他算法的复杂性比较	143

7.2 遗传算法	144
7.2.1 灰度等级畸变补偿方法概述	144
7.2.2 遗传算法基础	145
7.2.3 算法流程与最小平方准则	146
7.2.4 随机搜索与遗传算子	147
7.3 进化计算半色调技术	148
7.3.1 算法基础	148
7.3.2 质量评价	149
7.3.3 两种实现技术	150
7.4 打印机模型	151
7.4.1 打印机模型分类	151
7.4.2 记录点搭接激光打印机模型	152
7.4.3 基于测量的打印机模型	153
7.4.4 喷墨打印机模型	154
7.5 利用打印机模型的半色调算法	155
7.5.1 记录点搭接打印机模型修正误差扩散算法	155
7.5.2 基于模型的最小平方半色调算法	156
7.5.3 基于喷墨打印机模型的阶调相关误差扩散	157
7.6 退火算法	158
7.6.1 视觉调制传递函数与视觉成本函数	158
7.6.2 随机退火优化	159
7.6.3 半色调处理效果	160

第八章 彩色数字半色调

8.1 基本问题	161
8.1.1 单色半色调与彩色半色调	161
8.1.2 半色调图像组合的因果关系	162
8.1.3 标量半色调	163
8.1.4 矢量半色调	164
8.1.5 最小亮度波动准则	165
8.2 彩色误差扩散	166
8.2.1 可分离误差扩散	166
8.2.2 色度量化误差扩散	166
8.2.3 追求最小亮度波动的彩色误差扩散	167
8.2.4 高质量省墨彩色误差扩散	168
8.2.5 蓝噪声蒙版三色抖动处理	169
8.2.6 嵌入式彩色误差扩散	171
8.3 蓝噪声蒙版与绿噪声彩色半色调	172
8.3.1 基本蓝噪声算法的彩色复制适应性	172

8.3.2	彩色半色调蓝噪声蒙版算法	173
8.3.3	自适应蓝噪声蒙版彩色半色调	174
8.3.4	Levien 绿噪声彩色半色调	174
8.3.5	绿噪声蒙版彩色半色调	175
8.4	直接二值搜索彩色半色调处理	177
8.4.1	均衡原则	177
8.4.2	着色剂路径选择	178
8.4.3	彩色波动函数及其最小化	178
8.4.4	彩色直接二值搜索	179
8.5	彩色半色调颗粒度	180
8.5.1	半色调图像的颗粒度	180
8.5.2	墨粉数量波动模型	181
8.5.3	分色版颗粒度	181
8.5.4	半色调综合颗粒度	182
第九章	沃罗诺伊图与空间填充曲线半色调应用	184
9.1	基于沃罗诺伊图的半色调算法	184
9.1.1	伪随机空间马赛克结构	184
9.1.2	沃罗诺伊图	185
9.1.3	输出设备空间的伪随机“瓷砖”排列	186
9.1.4	生成半色调图像的典型方法	187
9.1.5	沃罗诺伊幅度调制半色调	188
9.1.6	点画法半色调处理应用	188
9.2	空间填充曲线	189
9.2.1	概述	189
9.2.2	销售人员旅行问题的启发	190
9.2.3	Peano 空间填充曲线	191
9.2.4	希尔伯特曲线	192
9.3	空间填充曲线误差扩散应用	193
9.3.1	栅线扫描的主要缺点	193
9.3.2	空间填充曲线与扫描路径	194
9.3.3	随机空间填充曲线	194
9.3.4	基于随机空间填充曲线扫描路径的误差扩散	195
9.4	空间填充曲线记录点集聚半色调	196
9.4.1	空间填充曲线的连续性和非定向性	196
9.4.2	基于空间填充曲线抖动处理的主要步骤	196
9.4.3	自适应随机空间填充曲线加网	197
9.4.4	记录点集聚尺寸固定彩色半色调	198
9.4.5	自适应集聚尺寸彩色半色调	199
9.4.6	周期性记录点集聚抖动	200

第十章 数字印刷半色调技术 202

10.1 半色调技术的数字印刷适用性 202

10.1.1 半色调技术对数字印刷的贡献 202

10.1.2 静电照相与喷墨印刷对半色调图像的基本要求 203

10.1.3 数字印刷半色调处理面临的挑战 204

10.1.4 有理正切与无理正切加网 205

10.1.5 线条网与点状网 206

10.2 数字印刷半色调处理结果评价 206

10.2.1 考虑记录点畸变的必要性 206

10.2.2 常数灰度等级区域 207

10.2.3 灰度等级缓慢变化的区域 208

10.2.4 灰度等级迅速改变的区域 209

10.3 数字印刷频率调制半色调处理 209

10.3.1 误差扩散的数字印刷应用 209

10.3.2 近优化彩色半色调 210

10.3.3 两次通过喷墨模式 211

10.3.4 考虑两次通过打印模式的误差扩散算法 212

10.3.5 扩展非线性有序抖动与修正误差扩散 213

10.4 特殊超细胞结构数字印刷应用 214

10.4.1 电子套印无理正切加网 214

10.4.2 静电照相数字印刷复合加网技术 215

10.4.3 沃罗诺伊图特殊超细胞结构划分 216

10.4.4 沃罗诺伊迭代 216

10.4.5 特殊超细胞结构复合加网的实现 217

10.4.6 复制效果 218

10.5 静电照相数字印刷半色调处理的特殊问题 218

10.5.1 充电过程数字半色调考虑的物理基础 219

10.5.2 基于排斥电位的数字半色调算法 220

10.5.3 静电照相显影过程与半色调处理的关系 221

10.5.4 典型记录点集聚有序抖动矩阵 221

第十一章 逆半色调 223

11.1 复合滤波法去网 223

11.1.1 查找表法和滤波法 223

11.1.2 低通滤波法 224

11.1.3 基于低通滤波的改善方法 225

11.1.4 网点参数估计 226

11.1.5 复合滤波方法 227

11.2 误差扩散图像连续调重构方法 228

11.2.1	误差扩散图像逆半色调方法概述	228
11.2.2	低通滤波尝试	229
11.2.3	一次通过逆半色调方法	230
11.2.4	平滑滤波器设计	230
11.2.5	梯度估计	232
11.3	神经网络逆半色调方法	233
11.3.1	神经元结构	233
11.3.2	神经网络的层次结构关系	234
11.3.3	学习方法与连续调重构	235
11.3.4	重构效果评价	236
11.4	基于小波变换的逆半色调技术	237
11.4.1	低通滤波法重构连续调效果的缺点	237
11.4.2	小波解码	238
11.4.3	频率和空间相关问题	239
11.4.4	半色调分块小波变换去网	240
第十二章	莫尔条纹与玫瑰斑	242
12.1	莫尔条纹	242
12.1.1	线条莫尔条纹	242
12.1.2	网点图像叠印莫尔条纹	243
12.1.3	超细胞结构与自动莫尔条纹	244
12.1.4	视觉效应最小化的理想角度	244
12.1.5	莫尔条纹周期	245
12.1.6	网点图像叠加的莫尔条纹计算	246
12.1.7	自动莫尔条纹的频率混叠问题	248
12.1.8	附加图像的莫尔条纹	248
12.1.9	莫尔条纹的正交性	250
12.1.10	加网线数与莫尔条纹线数比	251
12.2	二阶莫尔条纹	251
12.2.1	两两相隔 15° 叠印的二阶莫尔条纹	252
12.2.2	交叉 60° 叠印二阶莫尔条纹	253
12.3	玫瑰斑及其结构特点	254
12.3.1	玫瑰斑结构	254
12.3.2	结构分析	254
12.3.3	中心点玫瑰斑与空心玫瑰斑	255
12.3.4	玫瑰斑规律与特征	256
12.4	随机莫尔条纹	257
12.4.1	低分辨率设备的半色调复制特点	258
12.4.2	频率调制与幅度调制半色调图像叠加的频域比较	258
12.4.3	记录点分散抖动与随机莫尔条纹	259

12.4.4	随机莫尔条纹的基本特征	260
12.4.5	降低绿噪声半色调随机莫尔条纹的措施	261
12.4.6	随机莫尔条纹分析	261

参考文献	263
------------	-----

文本、图像和图形这三种页面对象中,以图像复制的难度最高,从图像捕获到在各种记录介质上正确地再现需要经历多种工艺过程,其中半色调处理占有特别重要的地位。毫无疑问,半色调技术是传统印刷和数字印刷图像复制的基础,甚至某些显示设备也需要利用半色调技术在屏幕上再现灰度和彩色图像,通过眼睛的低通滤波特点产生连续调假象。

1.1 模拟加网技术

印刷业利用半色调技术复制连续调图像的时间已超过一个世纪,从照相加网技术首次进入实际使用后至今,虽然出现过不同的方法,但半色调技术的本质一直没有改变过。各种模拟加网技术曾经发挥过重大作用,其中以照相加网技术最为重要,通过记录点集聚的方式形成网点的技术,更是对传统照相加网技术的继承和发展。由此可见,对模拟加网技术的讨论不但重要和必要,且有利于开展数字半色调技术的讨论。

1.1.1 木模雕刻半色调模拟

大约从公元8世纪开始,我国发明了木模雕刻外凸图像的制版工艺,类似于数字半色调技术中的全局固定阈值比较法,区别仅在于全局固定阈值方法以当前处理像素值与预先定义的固定阈值比较,得到原图像的二值表示;而木模雕刻制版则完全靠操作人员的技艺决定需要雕刻的点或线条,带有随机的性质,虽然效果可能优于数字半色调技术的固定阈值方法,但这种制版工艺的本质属性却决定了很难模拟连续调效果。

很明显,木模雕刻对于线条稿和文字的复制没有问题,即使要求复制的线条稿的轮廓和填充颜色不同,只要是非渐变阶调,则最多也是如何保证正确地套色的问题。对于连续调原稿来说,木模雕刻制版的阶调复制能力有限,仅仅对原稿的两个极值阶调(黑色和白色)才能准确复制,中间阶调严重扭曲,因而适合于复制特殊的艺术风格。版画称得上木模雕刻图像复制工艺的典型代表,例如图1-1所示的模拟版画效果。

对于木模雕刻制版工艺复制能力的分析可以用图1-2所示的固定阈值法阶调表现曲线说明,考虑到变换结果在固定阈值处陡峭的形状,像素值一旦达到阈值后就立即提高到最大的有效值,可以设想有效阶调复制曲线将延伸到无穷远处,最终复制图像只有边缘细节才能得以表现。木模雕刻复制工艺



图1-1 模拟版画效果

的细节再现能力取决于被分析细节的明暗程度和操作人员判断结果的正确与否。一般来说,仅当被处理的微小单元的明暗程度在制版技师判断为雕刻和不雕刻之间的某一等级范围内波动时,原稿的细节才能表现出来。

1.1.2 早期随机加网技术

第一种真正意义上的半色调技术是凹雕(Intaglio),它是制版家族的成员之一,其他凹雕制版法还有剖面线或斜线(Hatching)法、十字交叉线(Cross-Hatching)法和点刻(Stipple)法等。这种有别于其他凹雕制版技术的方法被命名为 Mezzotint,常译作金属版或铜版雕刻,与后端工艺联系起来时称为金属版印刷法,后面将以此作为专用名词。

以金属版印刷法复制图像时,通常先在整个雕版表面涂上油墨,然后擦清印版的非印刷表面,使得印版没有凹下的表面成为不着墨部分,而凹坑中的油墨则保留下来,成为印版的着墨部分。据说金属版印刷法的阶调复制质量相当高。毫无疑问,这一制版工艺从修饰金属品的艺术中继承而来,例如具有雕刻图案的花瓶和盾牌。

图 1-3 是实际使用过的金属雕版的摄影照片,为看清印版的细节而作了放大处理,该印版产生于 1695 年,属于 Holman 的收藏品。

从图 1-3 可以看出,金属版雕刻产生的半色调图像不存在周期性的网屏结构,至少不存在视觉观察可辨别的周期性纹理。频率分析结果表明,金属版雕刻结果不包含现代数字半色调随机抖动方法经常出现的 0 频率分量。金属雕版具有优良的复制性能,灰度层次的再现非常精致,不存在白噪声抖动输出结果中经常能看到的颗粒感。

制版时,整个金属板(通常采用黄铜板)原来的光滑表面在特定工具配合不同外力的作用下变得粗糙,但粗糙度分布均匀,未受外力作用的部分保持原光滑表面。由于变粗糙的位置成为着墨单元,因而印刷后得到实地黑色。假定制版前的金属板经过抛光处理,则刮擦导致光滑的金属板表面变粗糙,通过微小的光滑和粗糙单元组合,就可以建立有阶调变化的图像,粗糙和光滑分别对应于阶调的暗和明。借助于改变光滑或粗糙的程度,即可以建立介于白色和黑色间的中间调。考虑到制版人员手持金属工具时作用力的大小和方向的不确定性,可以认为 Mezzotint 是最早出现的随机加网技术。

1.1.3 摄影对印刷和半色调技术的影响

早在 16 世纪时,艺术家们就利用照相暗盒记录光形成的影像。然而,这种早期的照相设备并不能输出可长期保存的照片,只是利用黑暗屋子墙上的小孔将外面的景物投射到平面物体的表面,形成眼睛可辨别的景物影像。根据小孔成像原理,整个黑暗的屋子相当于构成了一架针孔照相机,而照相暗盒的英文意思就是“黑暗的房子”。

历史上第一张真正意义上的摄影照片诞生于 1826 年,由法国人约瑟夫·尼塞福尔·尼

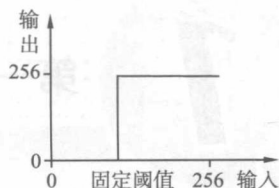


图 1-2 木模雕刻制版工艺的阶调复制曲线



图 1-3 产生于 1695 年的金属雕版放大图