

和线画匹配的阶调再现

耿竞¹, 曹从军¹, 吴卫国², 清水浩胜³, 青木直和³, 小林裕幸³
(1.西安理工大学, 西安 710048; 2.西安市中心医院信息中心, 西安 710003;
3.日本千叶大学, 千叶 263-8522)

摘要: **目的** 为了探索和线画匹配的阶调再现。**方法** 采用明暗描画的非真实感渲染方法将阶调再现这个反映输入明暗和打印出图像的浓度关系的画质因素导入到面积变调的线画中。**结果** 建立了一套自动绘制线画的系统, 并发现了和线画匹配的阶调再现。**结论** 可以看出要表现深层的感受, 即使是灰度值数值段很少的明暗阶调, 选择合适的阶调再现也是非常重要的。

关键词: 笔墨插图; 阶调再现; 线画; 自动生成

中图分类号: TS805.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)15-0030-05

Right Tone Reproduction for Line-Drawing

GENG Jing¹, CAO Cong-jun¹, WU Wei-guo², SHIMIZU Hirokatsu³, AOKI Naokazu³,
KOBAYASHI Hiroyuki³

(1.Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China; 2.The Information Center of Xi'an Center Hospital, Xi'an 710003, China; 3.The Graduate School of Advanced Integration Science Chiba University, Chiba 263-8522, Japan)

ABSTRACT: To fulfill the right tone reproduction for line-drawing of this thesis, a Non-Photorealistic Rendering approach which was bright and dark paint was adopted to introduce the quality factor into line-drawing that reflected the relationship between the brightness and darkness of the input and the density of the printed image. A set of automatic drawing system of line-drawing was established and the right tone reproduction for line-drawing was found out. It can be seen, to show deep feelings, it is also very important to select the appropriate tone reproduction even if it is very little gray numerical segment of bright and dark tone.

KEY WORDS: pen-and-ink illustration; tone reproduction; line-drawing; automatic making

根据浓淡变化表现阶调的浓度变调技术^[1]从旧石器时代的洞窟壁画开始, 已经有数万年的历史。和这个相对, 点、线疏密变化表现的面积变调技术^[1]在文艺复兴早期被首次应用于绘画^[2]。德国大师阿尔布雷特·丢勒在文艺复兴盛期建立了最初的线画表现技巧。以点、线、面组合而成的各种不同形状的纹样或肌理效果构成画面。这一抽象的画面呈现得精炼、出彩, 具有形式感, 能让人产生无穷的想象力^[3]。即便是今日, 线画也作为一种不

可取代的技术被应用在很多领域, 包括卡通等。

随着日本学者高桥教授运用 G-Buffer 技术, 使得绘制一幅三维图像的插图转换为二维图像处理被报道后, 连续阶调的数码照片到线画的自动生成技术开启了良好的开端^[4]。另一方面, 从二维图像获取三维信息的方法^[5-6], 以及渲染纹理来表达纹理质感和空间透视的方法^[7-10]已被 Salesin 科研团队发现。

明暗对照法绘制的原始照片具有空间深奥感。

收稿日期: 2016-04-22

基金项目: 陕西省教育厅重点实验室科研计划 (16JS082); 广东省教育部产学研结合项目 (2012A090300009)

作者简介: 耿竞 (1979—), 男, 河北人, 博士, 西安理工大学副教授, 主要研究方向为图像处理和图像评价。

无需用三维的效果，只利用原始图像的阴影对阶调的影响，就能表达原图的层次感。在以前的论文里已经报告了只调整阶调再现来表达最佳线画的技术。NSC 即自然色彩系统，是有效实现色彩及其要素量化的标准体系，它描述的是颜色与 6 个基准色——白 (W)、黑 (S)，以及黄 (Y)、红 (R)、蓝 (B)、绿 (G) 之间的相似性关系。线画很大的特征就是应用黑白两色去表现。在以往的色彩趋势研究中，大多采用构建色彩意向，并从中提色的方法来完成配色方案设计，这种方法受主观审美情绪影响很大。这就意味着设计师对于某一色彩开发方向的意向解读与诠释主要依托主观判断与行业经验来进行，容易出现色彩方案在最终应用上出现因偏离消费者感性需求，从而缺乏市场价值的情况。设计师尝试在色彩趋势研究中，引入色彩量化的概念，应用二次感性工学分析来定量地研究消费者的感知特征与色彩主题之间的关系，为设计师在制定配色方案时提供基于消费者感知特征的量化依据^[11]。

1 研究概况

研究主要分为两大工程：轮廓线的提取和明暗的描画。在提取轮廓线时，由于轮廓线的毛边非常醒目，因而要进行过滤工作^[12]。

1.1 去除图像噪声

采用双边滤波器去除图像噪声^[12]，为了使图像光滑且边缘部分不被模糊，导入了贴进度函数（距离）和相似度函数（明度差）。参数 σ_x 和 σ_d 分别为高斯函数关于距离和相似度的分散平方根。随着 σ_x 的增大，图像模糊加大，随着 σ_d 的增大，边缘模糊同时开始增大。图 1 显示了过滤器设置不同级别的参数和过滤的重复次数。在 $\sigma_x=1$ 的情况下，由于模糊得很微弱，尽管重复过滤，图像噪声依旧显眼。在 $\sigma_x=2$ 和 $\sigma_d=20$ 情况下，边缘消失，因为保边的能力很微弱。在 $\sigma_x=2$ 且 $\sigma_d=10$ ，或者 $\sigma_x=2$ 且 $\sigma_d=15$ ，过滤 4 次的情况下都会有很好的结果。 σ_x 和 σ_d 之间怎样组合取决于所要处理的图像的阶调。由于边缘线很容易淡化，所以原图像需要预先处理成明暗对比度高的图像，才能承受住双边滤波。

1.2 轮廓线的获取

获取轮廓线的方法见图 2。



图 1 由双边滤波器过滤后产生的边缘图像
Fig.1 Edge images generated by bilateral filter filtering

- 1) 通过双边滤波器对原图像进行去噪，并降低图像的彩度。
- 2) 用高通滤波器对图像边缘进行检测^[13]。
- 3) 对图像进行二值化，强调边缘。
- 4) 为了去除边缘的锯齿状，添加了高斯模糊。

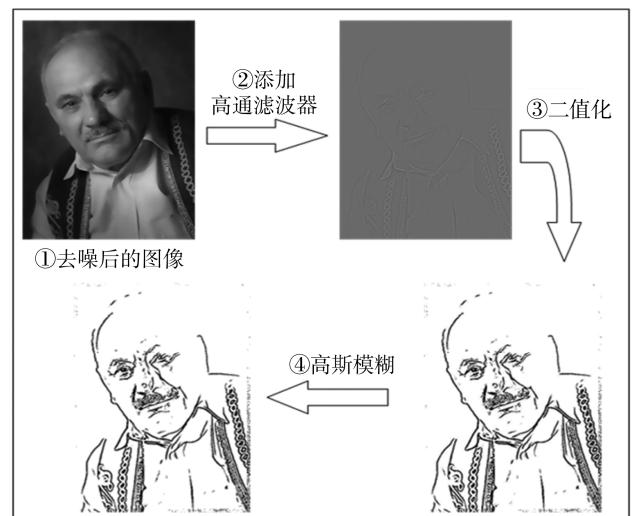


图 2 获取轮廓线的步骤
Fig.2 Steps to get contour lines

1.3 明暗的描画

1.3.1 准备明暗补丁

这里所说的明暗补丁是线画或者漫画的专业用语,是用线或者点来描绘的一种明暗图像,即明暗补丁被认为是某种大小的阶调图像。明暗补丁的制作有很大的灵活性,有手绘的,或者是已经制版做好的点状的、竖线条状的,还有从名画(例如丢勒的铜版画)中提取出来的。该系统里,明暗补丁的尺寸要比原始图像的尺寸大。Adobe Photoshop里的图案生成器可以使一个很小的明暗补丁生成为大尺寸的补丁。该研究使用的是一种简单的竖线条状的明暗补丁。如果选用多种网状的明暗补丁,就会产生多种的艺术表现形式。

1.3.2 明暗描画

这里采用竖线条状的明暗补丁,不重叠地描绘方法。

- 1) 获取原始图像的灰度值。
- 2) 把这些灰度值离散化,把图像灰度值 0~255 分为 13 个等明度灰度阶。
- 3) 制作各个灰度值数值段对应的明暗补丁。
- 4) 制作和原始图像相同大小的白色图像。
- 5) 把纯黑的补丁加入到原图像黑色所对应的区域。
- 6) 把浓度最高的补丁加入到灰度值数值段第 1 段(digital value: 1~20)。
- 7) 原始图像的第 2 个灰度值数值段加入浓度次高的明暗补丁(digital value: 20~40)。
- 8) 3~13 灰度值数值段重复 7)的工作。

1.4 轮廓线和明暗描画的组合

将 1.2 节的轮廓线和 1.3 节的明暗描画组合以后,线画就做成了。

2 结果和讨论

图像的题材有肖像画和静物画。图像的阶调采用明暗对比度高和明暗对比度低的图像。每幅题材都对应 3 个明暗级别。生成的线画在图 3—4 里反映。和这些线画对应的阶调曲线在图 5 里显示。图 6 里展示了线画的样本。可以看出要表现深层的感受,即使是很少灰度值数值段的明暗阶调,选择合适的阶调再现也是非常重要的。质感感在

很大程度上受“取景题材”的影响,对于线画来说,线条的存在也不是总对质地感有益。例如,肖像画的脸部(除过阴影部分)若大量加入了线条,会使美感全无。换句话说,明暗高对比度的阶调适用于肖像画。另一方面,对于静物画来说,所有的阶调再现生成的线画都不失美感。经过评选,选出了和维梅尔的肖像画匹配的阶调有(high contrast, dark)和(high contrast, medium),与静物画相匹配的是(high contrast, light)。low contrast 虽然和静物画相匹配,但不适用于肖像画。在研究阶调再现导入到线画为中心时,只提供了一种竖线条状的纹理补丁。这套系统如果采用不同的纹理补丁,就会产生多种艺术表现效果^[14]。

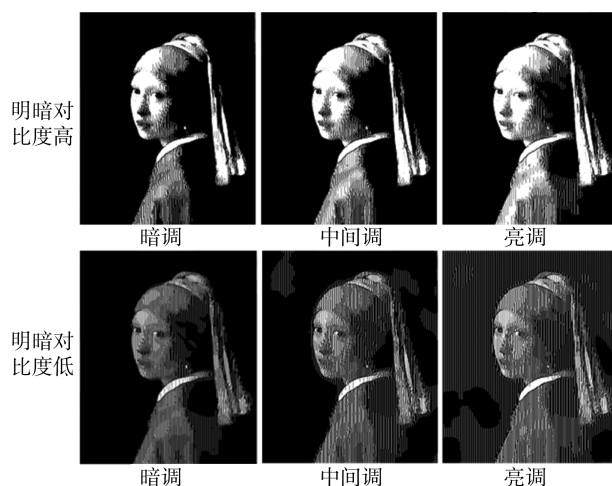


图 3 肖像画照片对应制作生成的线画
Fig.3 A line-drawing corresponding to a portrait

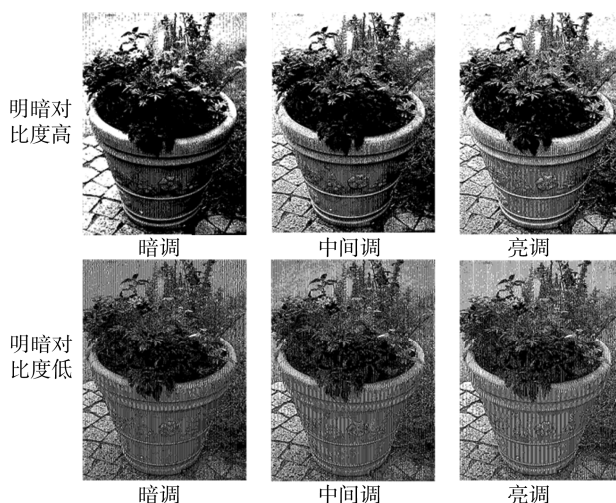


图 4 静物画照片对应制作生成的线画
Fig.4 A line-drawing corresponding to a still life painting

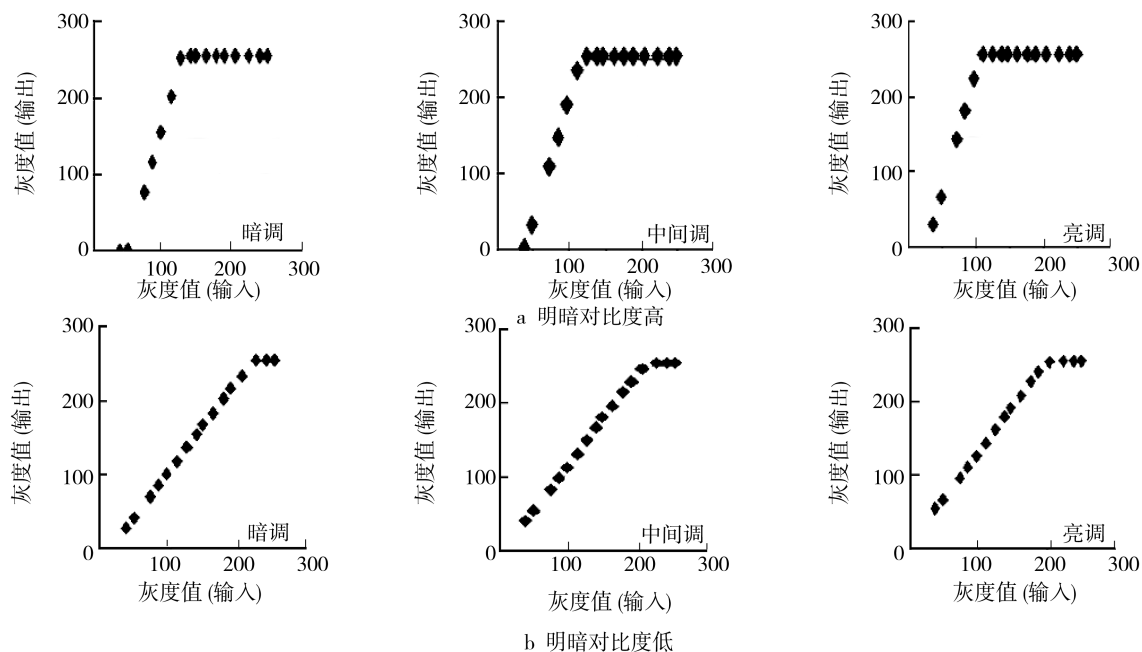


图 5 图 3—4 里显示的线画所对应的阶调再现

Fig.5 The corresponding tone reproduction of line-drawing shows in Fig.3 and Fig.4

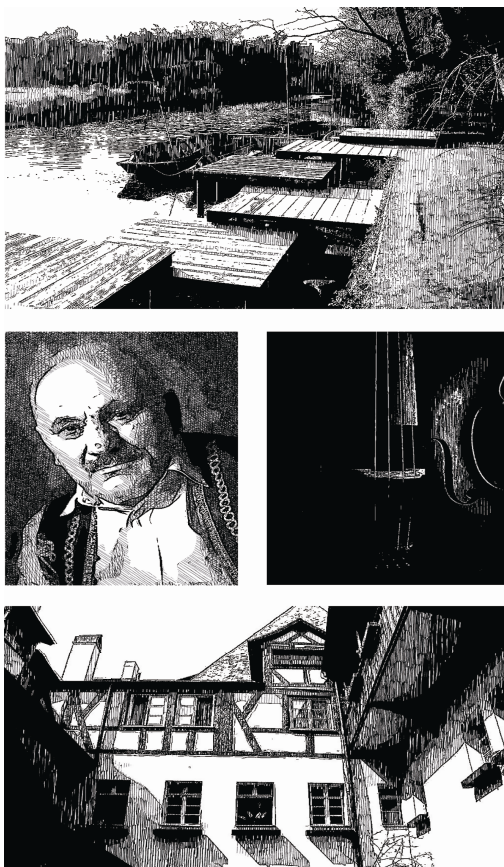


图 6 线画样本

Fig.6 Line-drawing samples

3 结语

阶调再现是图像复制的重要内容,包括高调不

绝、暗调不糊以及广泛调可以渲染等效果。数码照片制作生成了线画效果匹配的阶调再现方法,克服了现有方法不能体现阶调变化的缺点,使生成的线画具有更好的真实感。研究结果对数码图像仿真绘画艺术品输出具有很好的指导价值,有一定的市场应用前景。

参考文献:

- [1] ADAMS J M, DOLIN P A. Printing Technology [M]. 5th ed Delmar, 2001.
- [2] IVINS J W M. Prints and Visual Communication[M]. Cambridge: Harvard University Press, 1953.
- [3] 张立雷, 乔洁. 产品包装设计中视觉语言的绿色设计[J]. 包装工程, 2015, 36(4): 27—28.
ZHANG Li-lei, QIAO Jie. Green Design of Visual Language in Product Packaging Design[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(4): 27—28.
- [4] SAITO T, TAKAHASHI T. Comprehensible Rendering of 3D Shapes[J]. SIGGRAPH Comput Graph, 1990, 24(4): 197—206.
- [5] SALIBURY M P, ANDERSON S E, BARZEL R, et al. Interactive Pen and Ink Illustration[C]// Siggraph94 Proceedings, Orlando, Florida USA, Siggraph, 2010: 101—108.
- [6] SALIBURY MP, WONG T, HUGHES J F, et al. Orientable Textures for Image-Based Pen and Ink Illustration [J]. 1997, 4266(3): 171—186.
- [7] WINKENBACH G, SALESINDH. Computer-Generated Pen-and-Ink Illustration[C]// Washington: SIGGRAPH 94,

- 1996: 91—100.
- [8] WINKENBACH G, SALESIN D H. Rendering Parametric Surfaces in Pen and Ink[C]// ACM Siggraph 96, New York, USA, 1996: 469—476.
- [9] BARTESAGHI A, SAPIRO G, MALZBENDER T, et al. Three-Dimensional Shape Rendering from Multiple Images[J]. Graphical Models, 2005, 67: 332—346.
- [10] COCONU L, DEUSSEN O, HEGE H. Real-Time Pen-and-Ink Illustration of Landscapes[C]// ACM, New York, USA, 2006: 27—35.
- [11] 林晨晔. 基于感性工学的定量化色彩趋势研究[J]. 包装工程, 2015, 36(18): 70—73.
- LIN Chen-ye. Quantitative Color Trends Based on Kansei Engineering[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(18): 70—73.
- [12] TOMASI C, MANDUCHI R. Bilateral Filtering for Gray and Color Images[C]// ACM, Washington, DC, USA, 1998: 839—846.
- [13] DZIECH A, UKASHA A, WASSERMANN J. A New Method for Contour Extraction and Image Compression in Spectral Domain[C]// 48th International Symposium ELMAR, 2006: 41—44.
- [14] GENG Jing, SHIMIZU Hirokatsu, AOKI Naokazu, et al. Automatic Making of Line-drawing with Optimum Tone Reproduction[J]. Journal of Asia Digital Art and Design, 2012, 15(3): 109—114.