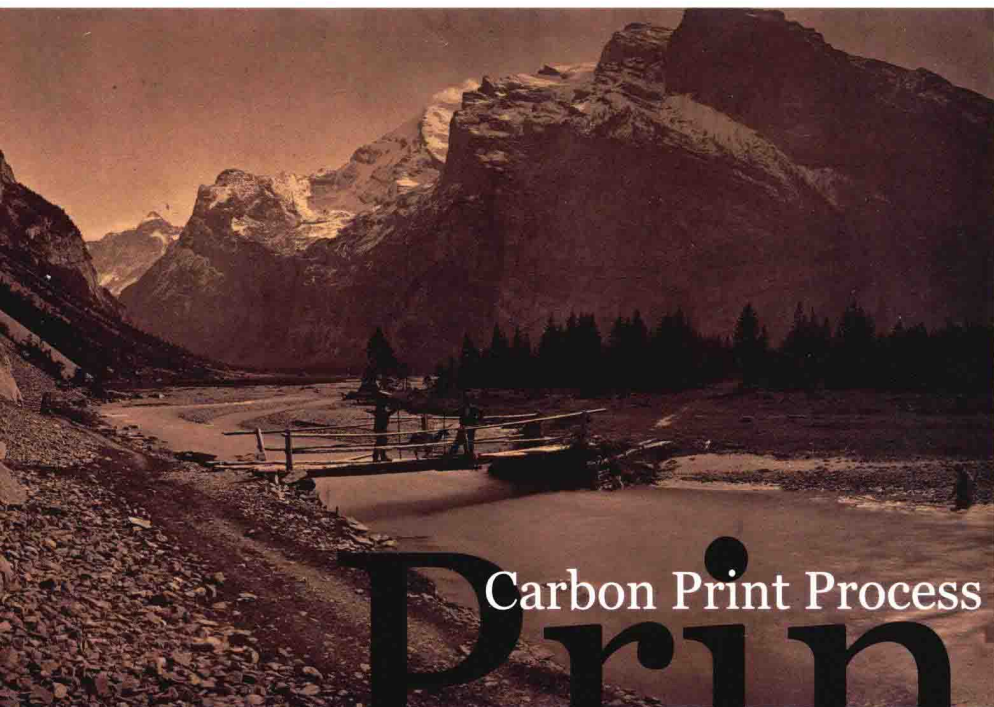


Carbon

古典摄影技法丛书

主编 钟建明



Carbon Print Process Print

碳素印相工艺

[美] 桑迪·肯 约翰·洛克哈特 著

By Sandy King, with John Lockhart

孔耐 陈瀚 译

南京艺术学院摄影技术研究所
南京艺术学院古典摄影工艺翻译小组

校对

浙江摄影出版社
全国百佳图书出版单位

Process



古典摄影技法丛书

主编 钟建明

Carbon Print Process

碳素印相工艺

[美] 桑迪·肯 约翰·洛克哈特 著

By Sandy King, with John Lockhart

孔斌 陈瀚 译

南京艺术学院摄影技术研究所 校对
南京艺术学院古典摄影工艺翻译小组

 浙江摄影出版社
全国百佳图书出版单位

责任编辑 郑幼幼
文字编辑 张海钢
责任校对 朱晓波
责任印制 朱圣学
书籍设计 融象设计工作室 / 邢天谣

图书在版编目 (CIP) 数据

碳素印相工艺 / (美) 桑迪·肯 (Sandy King), (美) 约翰·洛克哈特 (John Lockhart) 著; 孔耐, 陈瀚译. --杭州: 浙江摄影出版社, 2019.3
(古典摄影技法丛书 / 钟建明主编)
ISBN 978-7-5514-2394-6

I. ① 碳… II. ① 桑… ② 约… ③ 孔… ④ 陈… III. ① 摄影史—世界 IV. ① J409.1

中国版本图书馆CIP数据核字 (2018) 第279282号

古典摄影技法丛书

Tansu Yinxiang Gongyi

碳素印相工艺

[美] 桑迪·肯 约翰·洛克哈特 著

By Sandy King, with John Lockhart

孔耐 陈瀚 译

主编 钟建明

全国百佳图书出版单位

浙江摄影出版社出版发行

地址: 杭州市体育场路347号

邮编: 310006

网址: www.photo.zjcb.com

电话: 0571-85151350

传真: 0571-85159574

制版: 杭州立飞图文有限公司

印刷: 浙江海虹彩色印务有限公司

开本: 889mm × 1194mm 1/16

印张: 15.5

2019年3月第1版 2019年3月第1次印刷

ISBN 978-7-5514-2394-6

定价: 318.00元

鸣谢: 本书全部用纸由蓝碧源特纸提供

护封: 蓝碧源特纸 / 间纸系列 / 日本雅韵157gsm / 原白

封面: 蓝碧源特纸 / 间纸系列 / 欧纯棉纸140gsm / 白色

环衬: 蓝碧源特纸 / 间纸系列 / 欧纯棉纸190gsm / 白色

内页: 蓝碧源特纸 / 间纸系列 / 日本雅韵157gsm / 原白

所有纸张均为可回收、可循环使用的绿色环保纸张, 获SGS、FSC-COC认证

印刷工艺: 250线调幅, 福思油墨

传统影像工艺是我们对 1839 年至 21 世纪初这一百多年间传承的非数字技术打印的各种影像显影与照片放大工艺的统称。而古典摄影工艺则是我们对 1890 年前发明的各种摄影工艺的称谓。当时的摄影材料制作与显影工艺大部分都依靠手工完成，所以也称手工影像。通常，这些洗印技术包括银、铁盐、银盐等显影材料的各种洗印技术，以及以重铬酸钾为硬化剂的各种洗印工艺、配方和技法，此外也包括以贵金属为材料的洗印显影技术等。使用这些影像技法制作的照片，除我们最熟知的明胶银盐照片之外，还包括直接拍摄成像的照片（比如使用银版摄影、湿版摄影），以负像为原底进行接触印相制作的照片（比如使用树胶、铂金等技法）以及其他。这些洗印工艺都建立在化学的基础上。凡此种种，我们把它们都归于传统影像（或古典手工影像）这个门类。

20 世纪中期和后期，西方摄影家将这些完全依靠手工制作材料、洗印照片的工艺统称为非主流影像（alternative photography process）。这其中不包括当时的主流影像使用的银盐胶片和放大显影的明胶银盐照片。当然，那是当时的摄影家针对工业化、电子化摄影技术与手工影像技术的区别而言的，我们今天把它们都统称为“古典影像工艺”。随着时代的发展，数字化已经成为 21 世纪的主流摄影技术，明胶银盐摄影自然也就成为非主流摄影了。因此，我们现在自然将建立在化学技术平台上的摄影统称为传统摄影。这一点我们从美国乔治·伊士曼摄影博物馆也得到证实。

历史上，艺术家、科学家们一直在寻求一种能够将自然界的物象客观地记录、固定下来的手段，这包括立体的雕塑和平面的绘画。对于摄影技术史的考察，我们可以追溯到 1839 年前的几百年。文艺复兴初期，意大利物理学家波尔塔发明了带有镜片的黑盒子，这应该是最早的照相机雏形。之后人们发明了暗箱和描画器，这些器具可以把我们看见的对象映射到一个平面上，然后把移动的人类视觉固定住并描画下来。描画器所映射出的具透视感的影像有客观性，这样依靠器具进行描摹可以比画家直接描绘更加精确。文艺复兴时期，列奥纳多·达·芬奇就已经开始使用描画器描绘自然物象。到 19 世纪已经有了镜头生产，从 19 世纪初工业革命蓬勃发展发展到 1839 年法国宣布摄影术发明，科学技术大幅进步。摄影的发明，大大刺激了对物象再现有着浓厚兴趣的艺术家和科学家，各种与摄影有关的技术不断发明出来，各种专利不断涌现，19 世纪、20 世纪间流行的摄影技法有数十种。正是诸多与摄影进步密切相关的技术革新，推动了摄影技术与艺术流派的大发展；

正是多种样式照片的出现，开拓了现代主义艺术家的视野，引发了他们对各种形态物象进行创作的想象力。到 19 世纪末，摄影已经应用于诸多行业，正是全社会的应用才使得摄影生产从个人操作发展成为大工业标准化产品。高速、便捷与批量的影像出现，使摄影成为我们生活的一部分，也使得 1839 后的几十年里繁荣的各种手工摄影工艺被逐渐淘汰，工业化和标准化主导了摄影的主流和应用。

然而，尽管一百多年前的影像技术在应用领域逐渐被淘汰，但对于艺术家却有着另外的意义。经过一百多年的洗礼，依然有不少工艺技术传承下来并得以复兴。它们的存在是有生命力的，时代造就的经典技艺各具特色和个性，它们具有无法替代的影像魅力。2013 年，我们邀请著名手工影像艺术家山姆·王（Sam Wang）教授、桑迪·肯（Sandy King）教授和克里斯蒂娜·Z·安德森（Christina Z. Anderson）女士联合各国顶尖手工影像艺术家出版了《经典手工影像》，该书出版后受到业内爱好者的欢迎，之后我们又做过几次相关展览和研讨，把这些工艺制作的照片原作带到中国，与喜爱手工影像的同道见面。这些发明于一百多年前的影像技法尚未传入中国，有些工艺在中国是第一次被认知，相关资讯非常少，大家总希望更多地了解各种样式的照片是怎么被制作出来的。很多同道更希望详细了解各种古典的技术流程和工艺介绍，并能够亲身体验和尝试这些各具特色的技艺，创作出带有个人风格和特色的影像作品。

2017 年，古典影像学者、澳大利亚金街工作坊（Gold Street Studio）的创始人，著名手工摄影家艾丽·杨（Ellie Young）女士与北京山水之间摄影有限公司的芦笛先生合作举办古典影像工作坊。南京艺术学院古典摄影翻译小组的学者和研究生们荣幸地参与了工作坊的翻译工作，为工作坊翻译了大批工艺教案。同时，翻译小组的学者和研究生们也参与了教学工作。经和艾丽·杨女士以及各国古典影像艺术家的商讨，我们计划整理出版系列古典摄影技法丛书，分册介绍几十种古典摄影工艺技法与工作流程，将各国著名古典影像艺术家和教授的几十种工艺技法教程翻译编辑出来，并对工艺的操作方法、作品样式以及涉及的问题进行系统详细的描述。希望读者能够根据我们的介绍了解和制作这些魅力无穷的经典手工影像。

钟建明

2019 年 3 月

目录

1 前言

3 第一章 引言

- 3 对手工的喜爱
- 3 数字图像的遗留问题
- 4 碳素印相工艺在当代的复兴

6 第二章 碳素印相工艺的历史

- 9 碳素印相工艺的改良
- 10 作为商业和艺术的碳素印相工艺
- 12 彩色碳素印相工艺
- 13 使用碳素印相工艺的艺术家
- 14 碳素印相的美学特征
- 15 颜料
- 15 最终基底的选择
- 15 起伏
- 15 色调范围
- 16 清晰度（锐度）
- 17 档案级的质量
- 18 使用碳素印相工艺制作作品

20 **第三章 制作碳素印相的工艺**

20 **1. 工艺、设备和材料概述**

20 工艺概述

20 工作环境

21 化学试剂、设备和材料

30 **2. 制作碳纸**

31 颜料明胶

31 临时介质

32 涂布的工具和步骤

34 干燥和储存

35 **3. 碳素印相工艺的最终基底**

35 准备用于单碳转移的最终基底

38 干燥和完成

38 准备用于双碳转移的最终基底

38 **4. 敏化碳纸**

39 涂布感光剂

39 混合感光剂

40 使碳纸敏化

41 干燥

41	5. 用于碳素印相工艺的底片
41	制作底片
45	6. 曝光敏化的碳纸
45	7. 叠合并显影
46	水浴叠合
47	叠合的步骤
47	将碳纸和最终基底叠合
48	显影
50	8. 双转移的步骤
50	9. 完成
50	清洁
51	完成最终影像
51	修饰
51	10. 碳素印相工艺的基本流程
51	工作空间
52	设备清单
52	工具清单
53	化学试剂清单
54	基本操作流程
57	11. 问题及解决办法
59	12. 制作彩色碳素印相的工艺
59	彩色碳素底片的分色
60	用于彩色碳素印相工艺的碳纸
60	制作彩色碳素印相
60	碳溴印相工艺
61	显影并拼合彩色印相

62	第四章 艺术家及其作品
63	安德鲁·奥尼尔 Andrew O' Neill
73	查尔斯·伯杰 Charles Berger
79	程华 Cheng Hua
86	艾丽·杨 Ellie Young
95	弗雷德·杜塞尔 Fred Dusel
101	加里·C·贝克 Gary C. Baker
109	汉斯和贾 Hans & Chia
124	哈维尔·德·雷帕拉斯 Javier De Reparaz
132	吉姆·菲茨杰拉德 Jim Fitzgerald
144	约翰·洛克哈特 John Lockhart
153	马克·罗兰·弗里德曼 Mark Loren Freedman
165	米歇尔·马库 Michal Macku
175	菲利普·施瓦茨 Philip Schwartz
182	拉斐尔·加尔万·蒙托托 Rafael Galván Montoto
192	桑迪·肯 Sandy King
198	谢尔盖·莱蒙琴科 Sergey Lemeschenko
209	沈忠海 Shen Zhonghai
217	托德·冈格莱 Tod Gangler
223	沃恩·哈钦斯 Vaughn Hutchins
232	钟建明 Zhong Jianming

碳素印相工艺 (carbon print process)，即碳转移印相工艺 (carbon print process)，是一种制作照片的传统方法，发明至今有 150 多年的历史，以这种工艺制作的照片曾被誉为影像贵族。它第一次被使用大约在 1865 年，当时还处于摄影术发明初期。现代摄影作为光学、机械装置和计算机结合的产物，其作品已不像以往博物馆收藏的绘画、雕塑和工艺作品那样容易让人们将它们和手工艺活动联系在一起，但它们已经广泛地被大型博物馆所接受。

但这种状况并非一直如此。在摄影术发展初期，只有精通手工制作的人才可能熟练地参与到图像的制作过程当中。从涂布感光底片到曝光、显影底片的过程，再到手工涂布相纸和制作最终的影像，摄影师在图像制作过程中的参与程度，如今这个数码摄影时代的大多数人简直无法想象。现在，图像都被记录在数码照相机的感光元件上，然后人们可以通过电脑屏幕对照片进行调整编辑，最终使用某种数码设备进行输出呈现。也可以不进行打印输出，仅仅将电子文件分享给周围的朋友和家人，或者上传到类似 Instagram、Flickr 和 Shutterfly 这样的图片分享网站。

撰写这本书的目的是希望和中国读者分享碳素印相工艺的制作经验。碳素印相工艺是最古老的摄影工艺之一，也是一个需要摄影师深度参与艺术作品实际创作过程的手工活动。在这本书里，我们会通过碳素印相工艺简短的历史、当代摄影工艺大师们对现在制作工艺基本流程的总结，以及选择性地展示一些当代工艺实践者的优秀作品来进行介绍。

现在，碳素印相工艺制作者使用的技法可以通过许多方法追溯到该工艺发明初期，即 19 世纪后半叶。实际上，至今仍然还有很多艺术家和影像制作者坚持使用胶片摄影的方法——通过大画幅照相机拍摄胶片来制作用于碳素印相工艺的底片。但也有很多人在完全接受过去方法的同时采用现代创新技术，包括使用数字图像处理软件和制作数字底片的打印机。这些方法在保持全手工方式制作影像的同时，提高了碳素印相工艺在作品创作中的更多可能性、表现精度以及介质的多样性。

那就让我们在这本书中开启一段回顾早期摄影历史的旅程，同时让我们庆祝当代的实践者们依旧将这一古老而美丽的艺术形式——碳素印相工艺实践下去。

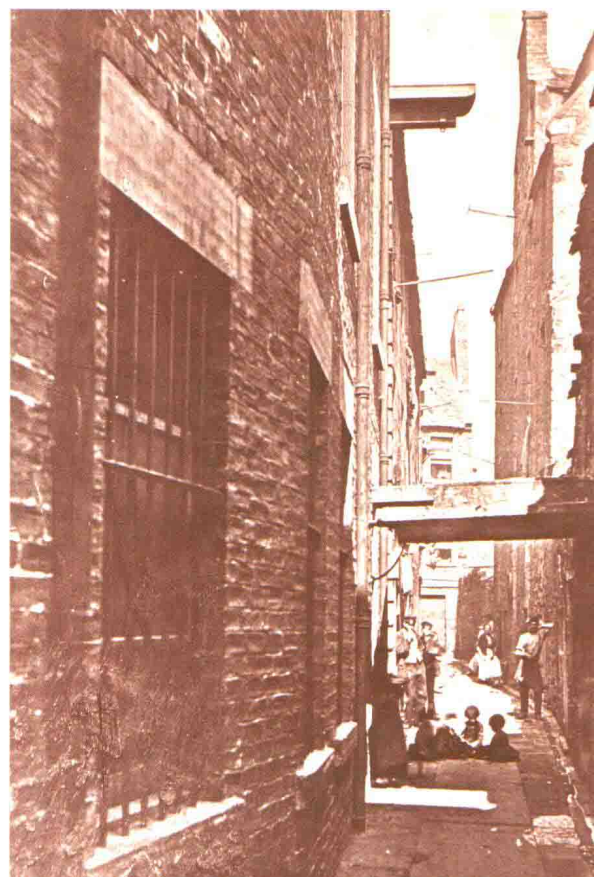
约翰·洛克哈特 John Lockhart
桑迪·肯 Sandy King

Chapter

Chapter One

引言

第一章



对手工的喜爱

在数字时代出版一本以19世纪的摄影工艺为主要内容的书籍，引发了一系列对于手工技艺重要性的质疑。摄影术中的手工技艺在高度工业化和以计算机为核心技术的21世纪初仍然重要吗？不断追寻出色的技艺以及使用双手去制作照片的价值是什么？为什么我们和我们的文化机构应该培养具有工匠精神的人，并且使他们具备所需要的知识？不同地方的人会从各自的视角理解这些问题，并且一定会以各种不同的观点来回答这些问题。

数字革命迅速地改变了摄影的格局，并且使胶片摄影几乎被淘汰。数码照相机（包括手机等便携设备）在相对较短的时间内替代了胶片照相机，大部分照片的输出方式由打印机完成而不再采用手工显影。包括书籍和报纸在内的纸质媒介也面临同样的命运，因此图书馆逐渐变得“无纸化”，并且人们可以通过计算机、手机和平板电脑，而不再通过报纸和书籍获取事件的信息。

尽管出现了数字革命，但是具有探索性的古老印相工艺目前正在复苏，例如大家可以看到本书的供稿者制作的手工影像。那么，该如何解释这种现象呢？

促使手工印相在当今摄影圈中复兴的原因比较复杂。要分析其原因不仅需要了解实践者个人的背景和文化素养，还需要考虑一些与摄影本质相关的历史因素。需考虑的重要因素有以下种种：

1. 摄影本身所具备的实验性使它拥有多种感光方法。2. 创作者渴望自己的作品具有独特性，能区别于他人。3. 在当代文化价值体系中，随着人们对数字影像的痴迷趋势，衡量事物的优劣往往以新或旧为标准，这将导致以牺牲真正的工艺技能为代价。

摄影的一个迷人之处在于它作为媒介的无限可能性。摄影术的发明者赋予它不同定义，塔尔博特称它为“光绘摄影（*photogenic drawings*）”，而尼埃普斯则称之为“日光蚀刻法（*heliography*）”。即使在今天，我们对于这一媒介的本质认识还是不够明确，在一定范围内大家对于摄影可能达成的共识是：照片是由光线在特定材料上起反应而形成。这种不明确的以材料进行定义的结果是，摄影在物质方面可以有多种表现形式：将金属银印在纸张、铜板、玻璃上，蚀刻的铜板涂上油墨并转印到纸张上，含有金、铂、钯或者铀的作品，印制在玻璃、金属或纸张上的影像由颜料和胶质配制，例如阿拉伯树胶或明胶。

数字图像的遗留问题

人们对数字影像技术的痴迷从1982年索尼展示第一架数码照相机开始，这种痴迷反而触发了人们追本溯源的渴望，即强调手工和非常原始的物质性。人们通常认为数字图像使一个曾经属于摄影的特性消亡了，即对“真相的修辞（*rhetoric of truth*）”，这样的修辞被过去和现在著名的图片操纵者赤裸裸地剥夺了，包括：奥斯卡·雷兰德（*Oscar Rejlander*）、亨利·皮奇·罗宾逊（*Henry Peach Robinson*）以及杰瑞·尤尔斯曼（*Jerry Uelsmann*）。然而，由数字技术引发的一个更严肃的问题是它给那些不再依赖于物质性的照片提供了特权：构图的自由安排、情绪的控制、色调的处理，这些是以牺牲照片的物质性为代价的。简而言之，数字影像脱离了影像原有的规则，在这种情况下人们很难再见到或欣赏到过去摄影作为对象和艺术作品受到重视的品质，例如：有质感、有光泽和有起伏的物质。为本书提供手工影像的艺术家坚信照片作为一种物理形式得以呈现的重要性。

摄影的一个无可争议的特点是，它既可以用于个人表达也可以服务于实用目的，而且往往从一开始就呈现这种状态或者在两方面都有所体现。本书中的大部分碳转移印相作品属于个人表达的范畴，这也属于摄影的另一个分支：艺术摄影。将这类摄影称为艺术的一个主要特征是，它必须以一种或多种方式与摄影的常规表现形式区别开来。三十多年前，阿比盖尔·所罗门·戈德乌（*Abigail Solomon Godeau*）在《新墨西哥艺术研究》（*New Mexico Studies of Fine Arts*）发表的一篇文章中写道：“艺术摄影经常定义自己，当然，它必须定义自己，它和那些标准的、无处不在的摄影门类是相反的。”

戈德乌的观点正中所有艺术摄影的核心问题，无论艺术摄影处于过去或现在的某种流行美学时期。摄影师可以从许多方面区分自己和别人作品之间的不同，无论在主题、切入点还是在呈现方面。本书中的艺术家延续了艺术摄影的悠久传统，通过使用手工印相使作品从无处不在的数字影像中脱颖而出。

手工印相在两个方面依然很受人瞩目。第一，练习这些工艺需要超常的耐心，对于飞速发展的数字文化而言，这是一种很好的矫正方法。第二，也许是最重要的，人们认为手工影像的制作过程比最终结果本身更重要。相对于其他形式的影像呈现方式带

来的片刻满足感来说，它是一种需要亲手参与制作的工艺，其中的细心和实践性在最终的成就感和自我满足感中扮演着非常重要的角色，尽管这种满足感是相对短暂的，有时甚至是虚无的。

最近几年，手工摄影工艺的流行程度与日俱增，这其中的原因是数字输出的自动化使许多摄影师从影像的制作过程中被隔离出去，并且使他们丧失了成就感。如今的激光和喷墨打印机能够制作非常漂亮的打印作品，但是缺少了个人参与和手工活动。无论是在传统暗房中，或是在现今碳转移印相制作者所使用的昏暗房间里，制作照片都需要很强的解决问题能力。需要经过许多步骤制作的作品看起来需要大量工作，但是这个过程本身会令我们因为成功制作出一张作品而获得极大的满足感。手工印相因此可以通过个性化的细微步骤和创新提供更多的机会进行渐进式的改进。这些不同的发现总会带来众多具有个人独特风格的视觉表达方式。我们期望通过这本书传递的正是碳素印相工艺这种不断前行的探索精神。

对于成长于数字时代的读者和那些没有机会近距离观看优秀作品的人来说，需要阐明以下几点：首先，这里呈现的所有作品都是艺术家亲自制作的。包括使用照相机拍摄图像、处理胶片或者电子文件、配制化学试剂并印制在纸张或者其他介质上。这些行为都需要丰富的知识和大量的工作，有时候会跨越几周甚至几个月的时间。这些活动能够发生是因为作者希望通过摄影媒介以一种全新的方式观察世界，并且去探索各种各样的“工艺”来呈现图像。

通过手工制作影像的目的和做法表面上看起来可能和使用手机镜头拍摄并使用一些效果滤镜制作的照片很相似，但这两者之间的差异至少体现在以下方面：首先，所有的碳素印相作品都是原作，这是无法完全使用数码技术进行拍摄并呈现出来的，无论数码的呈现多么完美都无法达到前者在照片表面所呈现出的质感和材料的物质感以及作品尺寸不同的独到表现。基于这个原因，找机会去观看原作对于那些对制作手工印相感兴趣的人来说都是极为重要的！任何手工影像作品一旦通过印刷或屏幕再呈现，就彻底改变了它的性质。

碳素印相工艺在当代的复兴

在碳素印相工艺整个发展历史中，当它和其他商业性的印相工艺（蛋白、铂金和银盐）共存的时候，碳素印相工艺始终被视为影像工艺中的贵族。使用碳素印相工艺制作的影像比其他工艺更昂贵，比铂金印相工艺贵大约两倍，比银盐工艺贵三到五倍。然而，更为简单、廉价的选择给工艺、品质上乘的碳素印相工艺和碳溴印相工艺（carbor）的商业化造成了难以克服的经济压力。

因此碳素印相工艺基本消失了。自1970年代起，碳素印相工艺开始作为古典摄影工艺中的一部分被复兴。人们被它独特的美感、无与伦比的存档品质以及创作的灵活性所吸引，艺术家研究历史上记载的材料和方法，并且开始将它调整成为自己创作影像的材料、工具及方法。

在某种程度上，这种工匠式的方法是对碳素印相工艺的本源和在早期发展成为商业工艺之前更具实验性的一次回归。由于碳素印相工艺可以任意调整颜料的色彩、碳纸的配方和最终介质，因此，它也开辟了多种新的表达途径。手工影像可以通过小批量生产手工原料让这些工艺本身成为一种创造性的实验，同时它们也是一种劳动密集型的工艺。

尽管古典印相工艺在当代已经复兴，但是碳素印相工艺所吸引的摄影爱好者比树胶重铬酸盐工艺、铂金印相工艺和其他古典工艺都少，可能因为很多人认为这个工艺很难。事实是尽管这是一个艰苦的学习过程，而且在过程中可能会遇到一系列困难，但碳素印相工艺是一种直截了当的工艺，一旦学会了就有可能通过它复制其他摄影印相工艺。

由于它是作为手工工艺而不是作为商业性工艺复兴的，你会在这本书当中发现，即使在碳素印相的声誉处于巅峰状态的时候，它也是一种不同寻常的工艺——艺术家在图像制作流程中实行全程的创意控制，从图片、材料的选择，到创新性地呈现最终的影像。探索、实验和解决问题通常都是由艺术家独立完成，当代碳素印相工艺制作者的努力使他们在摄影印相工艺的历史上发现了这个在视觉呈现上比较罕见的工艺。

碳素印相工艺的历史

第二章



早期的实验发现盐纸印相工艺 (salt printing) 的主要缺陷是会褪色，这一发现使得碳素印相工艺得到了公众的关注。A. M. 马顿 (A. M. Marton) 在 1905 年撰写的《碳素印相工艺现代方法新论》(A New Treatise on the Modern Methods of Carbon Printing) 中首先提出了档案级的永久保存。在该书的前言中，马顿这样写道：“这是一个令人悲伤但不可否认的事实，面对一张褪色且泛黄的照片（这个问题越来越频繁），这对于那些要在这张照片上署名的摄影师来说是一个极大的尴尬。如果我们观察现在的专业作品会发现，那些为摄影师获得赞誉的照片都是使用碳素印相工艺制作的。”

在碳素成为一种印相工艺之前，从 19 世纪起人们就开始观察在光线的照射下重铬酸盐对胶质物（明胶、树脂、蛋白、酪蛋白、鱼胶等）产生的影响。1839 年，苏格兰科学家芒戈·庞顿 (Mungo Ponton) 发现经过重铬酸盐处理的纸张对光线很敏感。庞顿并没有混合重铬酸盐和明胶（或其他胶质物）处理纸张。然而，在 1840 年法国科学家亚历山大·埃德蒙·贝克勒尔 (Alexandre-Edmond Becquerel) 重新尝试了庞顿的实验并指出：“庞顿使用的纸张所含胶质物的含量会影响最终的结果。”1852 年，亨利·福克斯·塔尔博特 (Henry Fox Talbot) 也发现了含有重铬酸盐的胶质物在曝光后会硬化，这一发现被囊括在了他的照相凹版雕刻专利之中。

第一位将这一发现应用于颜料印相工艺的是来自法国的著名化学家阿方斯·路易·普瓦特万 (Alphonse-Louise Poitevin)，因此普瓦特万也被认为是碳素印相工艺的发明者。

1856 年，法国著名农业学家、阿尔伯特荣誉获得者、法国摄影协会会员德·路易斯公爵 (Duc de Luynes) 设立了两种奖项：一种奖项授予发现能够永久保存的化学印相工艺的人；另一种奖项则授予发明更先进的照相技术的人。普瓦特万因为发明了碳素印相工艺和珂罗版满足了这两种奖项的要求，被授予金质奖章。

《塞夫尔，位于默东的塞纳河》
(Sèvres, The Seine at Meudon)，
阿方斯·路易·普瓦特万制作，
亨利·维克多·勒尼奥·塞夫
尔 (Henri-Victor Regnault,
Sèvres) 拍摄，1855—1860 年，
碳素印相工艺



在制作过程中，普瓦特万将颜料倒入明胶和重铬酸钾的混合物中。将这种混合溶液涂布在纸张上，然后放在底片下进行曝光。曝光后将纸张放入温水中显影，温水会溶化未曝光的明胶，只留下曝光过的明胶并形成一幅正像。

普瓦特万基于早期庞顿和贝克勒尔的研究所取得的发现在 1859 年获得专利，这个发现是后续所有基于手工和机器印刷颜料技术的核心。它们构成了碳转移、直接碳素印相（阿蒂格、弗雷松等）和树胶重铬酸盐的理论基础。珂罗版印刷术（*collotype*），是一种通过照片来制作胶质表面版，再结合平版印刷油墨进行印刷的技术。几乎和伟大的法国艺术摄影师罗伯特·德马奇（Robert Demachy）在 1900 年代初发明的油印（*oil printing*）和溴化银转印工艺（*bromoil transfer printing*）齐名。

所有的颜料工艺都依赖于使用的胶体（明胶、树胶、蛋白、酪蛋白、鱼胶等）。将胶体用于固定的介质后，使用重铬酸盐敏化（通常使用重铬酸钾或者重铬酸铵），然后通过光照曝光进行化学反应（或者通过化学试剂漂白银盐影像），这一过程主要通过化学试剂或光的强度不同来改变它们的物理特性。

这种过程被称为硬化，对于胶体来说主要有三个变化：

- 变得无法溶解；
- 失去表面的黏着性；
- 失去吸水 and 膨胀的能力。

虽然这个过程有许多变体，但颜料工艺总体可以分为两类：一类是使用颜料明胶的厚薄凹凸起伏来制作最终的影像。另一类是制作不含颜料的影像凹凸起伏版，但是必须使用墨水或粉状颜料进行再印制。

在第一类工艺中，胶体已经使用颜料进行染色，凹凸影像的形成是因为可溶性明胶在热水中被洗掉，留下了有颜色的硬化明胶。碳素印相工艺、碳溴印相工艺、直接碳素印相工艺以及树胶重铬酸盐工艺都是根据这个原理制作的。在第二类工艺中，凹凸起伏的影像没有被染色，制作者使用刷子或滚轴将墨水涂在有凹凸的胶版上，或撒上粉状颜料，通过纸张与有凹凸的胶版接触形成最终影像。油印、溴化银转印工艺及使用粉状颜料的工艺都是根据这个原理制作的。

油印、溴化银印相工艺的工作原理是油墨会附着在硬化的明胶上（硬化的明胶不会被溶解），照片高光部分的明胶已被溶解掉，胶体呈凹状，不会附着颜料，所以留出高光。在油印和溴化银转印工艺中，墨水会被转印到最终的基底（介质）上。由于这样的转印过程需要相当大的压力，所以印制大尺寸的照片时压力的强度尤为重要。

使用粉状颜料的工艺之所以会奏效，是因为硬化后的明胶表面会失去黏性，而粉状颜料只会附着在那些光线没有使明胶硬化的区域。

照相凹版（*photogravure*）和伍德伯里照相印版法（*woodburytype*）是另外两种根据明胶的凹凸起伏印制图像颜料工艺。但是，它们有点超出了上面定义的分类。

照相凹版使用在铜板上显影的明胶起伏作为放入蚀刻浴之后的抗蚀剂，被蚀刻到铜板上的图像比例取决于平板表面明胶的数量。这个工艺依赖于明胶的不溶性，它可以提供抗蚀剂以减少吸收。一旦铜板被腐蚀，就自然形成了凹凸起伏，未曝光的明胶会被洗掉。铜板上过油墨之后会被放入铜板印刷机。

在伍德伯里照相印版法中，显影的明胶起伏已经硬化，并且在非常大的机械压力下明胶起伏被印在一块材质上，例如：铅板。铅板上形成的凹处会被颜料明胶填充，随后被转印到最终的纸张基底上产生图像。

在照相凹版和伍德伯里照相印版法这两种工艺中，明胶起伏是过渡物，这意味着制作最终的起伏需要使用混合过颜料的材料。在更加现代的方法中，例如：感光树脂凹版，明胶起伏已被其他摄影感光材料所替代。



《格拉斯哥街 29 号附近》
(*Close No. 29 Gallowgate*)，
托马斯·安南(Thomas Annan)，
1868—1877 年，碳素印相工艺，
11 英寸 × 9 英寸

碳素印相工艺的改良

根据普瓦特万的最初发现制作的颜料照片有一个主要缺陷：它们缺少中间色调的过渡变化。这使得图像的对比度极高，影调范围窄，并且缺乏细节。造成这个问题的原因起初被人们所误解，因而人们把注意力都集中在使用更加优质的颜料上，试图补救这一缺陷。直到 1858 年，阿贝·拉博德（Abbé Laborde）解释了导致中间色调丢失的真正原因。

曾在相关领域进行过实验的拉博德找到了问题所在。真正的原因是，颜料胶体层从外部表面开始呈现不溶性，而且随着曝光的增加这种现象会继续向下，只有到了纸张的表面也就是照片的阴影部分才会停止。中间调是一层未硬化的胶体，它会留在图像下方，在热水中显影时胶体会被冲洗掉。这一层被洗掉之后，中间调就会被削弱或丢失。

当了解了问题的原因之后，解决方案似乎就很明确了：从背面曝光颜料明胶涂层，从而硬化作用将从接触纸张的表面开始。在 1858 年到 1859 年期间，约瑟夫·W·斯旺（Joseph W. Swan）、C. J. 伯内特（C. J. Burnett）以及威廉·布莱尔（William Blair）沿着这一思路进行了试验。伯内特和布莱尔在纸基上涂布颜料明胶之后，成功制作出了中间影调。但是他们的方法是从背面曝光，需要耗费大量的时间进行曝光，并且图像的清晰度有所下降，纸张的纹理和透过纸张的光线的扩散都会导致这样的结果。另一个解决办法是将经过敏化并曝光过的颜料明胶涂层从它原始的介质转移到另外一个表面，这样原先的表层就变成了底层，显影时就从原先内层的明胶开始溶解。

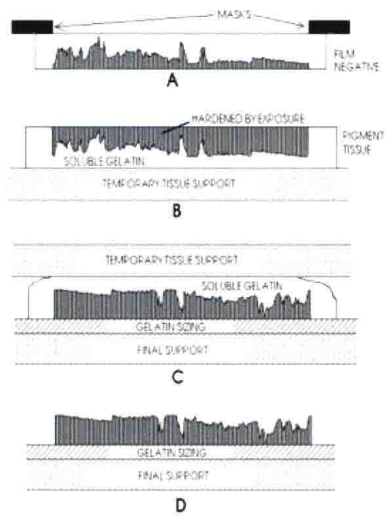
法尔吉耶（Fargier）是第一个沿着这个思路进行实验的人。他在玻璃板上涂布颜料明胶溶液，待其干燥后，通过底片进行曝光。随后将曝光过的颜料明胶表面与纸张进行配对，纸张的表面有一层硬化过的明胶层。在热水中放置几分钟后，里面可溶性的明胶从玻璃上脱离并且图像被显影出来，现在显影出的图像紧紧地贴在了转印纸上，可以继续之后的步骤。

这一工艺过程不断地被实践，但是最终的影像是水平翻转的。法尔吉耶也尝试过转印工艺，就是在曝光过的明胶上涂布一层薄薄的火棉胶，当火棉胶干燥后，将颜料明胶放入热水中，然后颜料明胶很快就和玻璃分离开了。然而，明胶和火棉胶的混合物十分脆弱，在制作过程中非常难以操纵，就连制作尺寸非常小的照片时都有限制。

1864 年，这种情况有了突破性的进展。斯旺得到了制作碳纸以及转印工艺改良的专利，这一过程和如今的碳素印相工艺方法很相似。斯旺的另一个新发现就是在碳纸中加入糖作为增塑剂，这一创举使他的碳纸变得柔韧，而且有助于重铬酸盐感光剂的渗入。现在，糖在碳纸的制作过程中依旧是一种关键的原材料。

和法尔吉耶不同的是，斯旺将颜料明胶溶液涂布在纸基的一面。经过敏化和曝光后，碳纸被转印到临时的介质上用于显影。晾干之后，留下的颜料明胶图像会被转印到最终的基底（介质）上。这个过程被称为双转移：从碳纸到临时介质，再从临时介质到最终基底，这正好校正了最终图像水平反转的问题。

碳纸（tissue）这个术语如今仍被用来描述颜料明胶的混合物和它的承载介质，将它敏化后进行第一次转印。在英文中，tissue 意为纸巾，这个词通常用来形容材料一次性的特点，但是用于碳素印相工艺的碳纸不是一张易损的薄纸，所以这个名字有点误导。颜料明胶可以涂布在各种各样的材料上，包括耐用且可重复使用的聚丙烯材质 YUPO 纸。



底片、曝光过的碳纸、临时介质和最终基底（介质）的关系说明图