

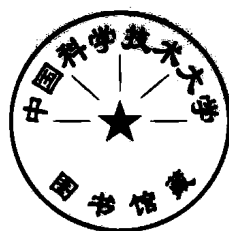
基础 摄影科学

照相工作原理

〔英〕赫·吉·沃尔斯 格·格·阿特里奇著

何愚 黄明智 何永庆 译

李孝贤 杜业可 校



中国电影出版社

1988 北京

BASIC PHOTO SCIENCE
HOW PHOTOGRAPHY WORKS
H. J. WALLS G. G. ATTRIDGE

SECOND REVISED AND ENLARGED EDITION

FOCAL PRESS LONDON AND NEW YORK

本书根据英国焦点出版社1977年版译出

内 容 说 明

本书是专门研究摄影基础理论的。作者用新颖的概念阐明了摄影技艺是建立在科学技术上的。本书能帮助读者理解摄影的全部过程，理解为提高摄影技巧而学习原理的必要性。

摄影所涉及的知识领域是广阔的，要想创作出一幅引人入胜的画面，就必须科学地控制每一道工序。

本书讲述了黑白片和彩色片工艺的发展，也讲述了非银体系的进展情况。

本书对任何摄影、洗印人员都是有价值的。

责任编辑：缪光谦

封面设计：孙 飞

基 础 摄 影 科 学

照相工作原理

〔美〕H·J·沃尔斯

G·G·阿特里奇

*

中 国 电 影 出 版 社 出 版

北京北下关印刷厂印刷 新华书店发行

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：12.5插页：2 字数：230 000

1988年5月第1版北京第1次印刷 印数：1—9000册

书号：15061·226 ISBN 7-106-00114-7/TB·0016

定价：3.45元

目 录

引言	1
第一章 光学影像是如何形成的	5
一、光的性质	8
二、反射	10
三、折射	12
四、影像	18
五、镜头的类型	24
六、焦距	26
七、调焦	29
八、复合透镜	36
九、像差	36
十、克服像差	42
十一、镜头设计	48
十二、透镜镀膜	50
第二章 一谈化学	53
一、原子	55
二、分子	56
三、离子和非离子化合物	58
四、度量	60
五、吸附作用	62
第三章 光和物质	65
一、量子	65
二、量子有多大	67

三、光化学定律·····	68
第四章 银的功能·····	74
一、银·····	74
二、卤化银·····	75
第五章 光和乳剂·····	81
一、溴化银晶格·····	82
二、乳剂·····	82
三、化学增感剂·····	86
四、光谱增感剂·····	87
五、显影中心·····	90
六、量子的吸收·····	90
七、电子与正空穴·····	92
八、潜影的形成·····	92
九、乳剂效率·····	96
十、倒易律失效·····	98
十一、潜影效应·····	100
十二、减感作用·····	102
十三、理论的现状·····	104
第六章 再谈化学·····	107
一、反应动力学·····	107
二、反应速度·····	113
三、平衡·····	118
四、氢离子浓度·····	122
五、酸和碱·····	124
六、对酸和碱的进一步讨论·····	126
七、盐溶液·····	126
八、缓冲·····	128
九、氧化和还原·····	130
十、络离子·····	131

第七章 三谈化学	133
一、化学式	134
二、酸、碱和盐	135
三、碳化合物	138
四、结构式	141
五、命名法则	144
六、名称的混乱和别名	150
第八章 显影	162
一、显影的基本原理	162
二、显影液功能	164
三、摄影显影液	168
四、显影剂	169
五、碱性或非碱性	174
六、显影液中具有何种碱性?	177
七、快速与慢速显影剂	179
八、为什么要用亚硫酸盐	180
九、防灰雾剂	183
十、再谈显影液	185
十一、超加和性	188
十二、微粒显影液	191
十三、彩色显影	191
第九章 其他冲洗加工过程	197
一、停止显影	197
二、定影	198
三、正片的稳定性	200
四、定影的替换法	202
五、坚膜	202
六、酸性坚膜定影液	204
七、银漂白	206

八、漂白定影·····	207
九、润湿剂·····	208
十、水洗·····	210
十一、单浴法(或一次加工法)·····	212
十二、扩散转印法·····	214
十三、反转片冲洗法·····	216
第十章 从被摄体到照片 ·····	218
一、景物与影像·····	219
二、眼球构造·····	220
三、感觉强度·····	225
四、眼睛的适应性·····	227
五、乳剂的响应·····	228
六、特性曲线·····	232
七、从底片到正片·····	238
八、比较景物和再现·····	244
九、怎样看景物和正片·····	246
第十一章 细部和影像的显微性能 ·····	253
一、乳剂·····	253
二、曝光·····	254
三、清晰度·····	256
四、改进清晰度·····	261
五、正弦成像·····	264
六、模量传递·····	267
七、级联性能·····	271
八、颗粒·····	271
九、噪声功率谱·····	274
十、极小化颗粒·····	276
十一、彩色影像·····	277
第十二章 非银照相过程 ·····	278

一、无机盐体系·····	279
二、重氮化合物过程·····	281
三、不饱和化合物·····	286
四、游离基和光聚合·····	288
五、ITEK RS 过程·····	292
六、光色体系·····	293
七、电照相·····	295
八、光敏体系的总结·····	298
第十三章 彩色 ·····	302
一、基本事实·····	303
二、色视觉理论·····	311
三、色视觉的事实·····	316
四、色的客观描述·····	317
五、孟塞尔 (Munsell) 体系·····	318
六、标准比色参照体系 (CIE 体系)·····	322
七、颜色匹配·····	340
第十四章 彩色照相 ·····	341
一、直接法·····	341
二、彩色匹配过程·····	343
三、加色法的原理·····	343
四、减色法的原理·····	352
五、加色法和减色法·····	354
六、实际的减色法·····	355
七、染料结构·····	363
八、染料影像的形成·····	366
九、彩色过程的局限性·····	378
十、色域·····	380
十一、色罩·····	384
十二、像间效应·····	388

引 言

今天，差不多所有的摄影都属于“表现艺术”，艺术摄影如此，记录摄影也是如此。摄影的目的是充分利用摄影过程固有的潜力，使还原的影像尽量与原物的形象吻合。

摄影学应此目的而诞生了。使摄影从科学的孕育到诞生的主要代表人物有下列三位：尼卜瑟(J. N. Niepce, 1765—1833)、达格瑞(L. J. M. Daguerre, 1789—1851)和塔尔伯特(W. H. F. Talbot, 1800—77)。他们各自都想运用当时所掌握的科学方法把透镜投射出的影像永久固定下来——这就是人们早已熟知的照相机暗箱里的影像。虽然他们三人在科学上都没有做出多大的成就(实际上,塔尔伯特是一位有名的数学家和皇家学会的会员),他们谁都不是从科学的角度研究摄影,而是从艺术角度来探索它的。达格瑞是一位巴黎的风景画家;尼卜瑟是法国前任官员、文职人员和业余石板画家。而塔尔伯特是英国乡绅,酷爱旅行,所见风光都以素描方式做出记录。

一个多世纪以来,任何一个受过民主教育的人都熟悉将科学内容绘制成图片,以运用于其它目的。摄影学的发展却是经历了漫长的岁月。这是由于摄影理论涉及到当时一些最深奥的物理、化学,同时技术发展又被操纵在少数大制造商的手里,只有这些制造商才有条件聘用训练有素的专家和提供费用庞大的实验设备。

上述情况使许多摄影者对他们所接触到的专业理论基础懂得很少,尽管他们象工艺奠基人那样,想将所见到的事物作永久性

的记录。但是很多人没有达到目的。

在当时的科学界里，除少数天才者外，一般人只见树木不见森林。然而回顾一下科学发展的历史，人们将会发现科学却是通过跃进和巩固两个阶段交替地发展起来的。跃进期标志着卓越人物改变整个科学的基础和观点。对科学赋予的“新观点”，毋庸讳言很不容易为当时的门外汉所理解。到巩固时期，科学界逐步充实已描绘出来的图景的细节，从而使科学界以外的广大群众予以确认。

摄影的基础科学，即物理和化学，其跃进和巩固不是按照上述规律一步步实现的。经典物理学——其对象都是肉眼可以观察到的，其规律可断定为是永不可变的或是有待于发现的——这门科学可以说是渊源于十七世纪的伽利略和牛顿。他们的理论基础在二百多年来仅有少量的修改，由此可见其价值之高。牛顿的学说，对于当时一代人，如同爱因斯坦的理论对我们今天一代人一样，感到难以置信和不容易接受。然而到了现在，牛顿的学说早已成了我们思想知识领域的组成部分了。

现代化学是一门较为年轻的学科，它今天的规模在十八世纪末叶以前是难以想象的。那是拉瓦锡(Lavoisier)和道尔顿(Dalton)时期。拉瓦锡是个最后死于断头台的法国小贵族；道尔顿是个英国曼彻斯特地方教友派(Quaker)的小学校长。他们创立的化学理论，如同牛顿的物理那样，逐渐被人们所全部接受。

随后，约在八十年前，产生了革命。人们打破了物理和化学之间的旧分界线，树立了许多新的概念。在新的知识海洋里，即使是最富有造诣的专家也不可能认为是超越某一小范围的能手。这一革命摆脱了我们安之若素的三维物质世界的旧观念，代之以奇异的甚至有点可怕的宇宙观。这样一来，摄影学的科学基础动摇了。

物质结构的现代化概念之所以难于理解，主要是由于它无法用机械方法来模拟出形象概念来。那些在未来的二十二世纪中叶

可能不再是真理的东西，在今天依然是真理，因为我们一直被限制在用牛顿的世界观思考问题。

在十九世纪，甚至最卓越的科学家，工作时依然喜欢用能够以物质形式作设想基础的概念。法拉第 (M. Faraday) 曾被当时某些显赫的权威人士认定为该世纪科学界中最有才智的人。直到近代约七十年前，仍可能认为原子仅仅是由更小的粒子构成的看不见的微粒结构，物质上也并非不同于球类的运行。现在我们可以不再是那样来看了。

物质溶化于能量中。物理学家经常用一些并不带有物理意义的符号进行工作。有位权威人士幽默地说过，电子在星期一、三、五为粒子，星期二、四、六为波（星期日什么也没有——它的位置被数学概率函数所占有）。

公元前约五百年，一位叫赫拉克利脱斯 (Heraclitus) 的名人说过：“万物都在变化之中。”我们是不是能掌握一张照片中感光乳剂在露光和显影罐中起的变化呢？这正是我们目前的任务。

为了完成上述任务，作者敏锐地感觉到这本书内容材料由于取舍处理有所不当或是由于题材编排上显得跳来跳去，将受到指责。因此，仅在这里插上几句有关本书编排上的解释词句，可能会得到读者的宽恕吧！

任何一位对摄影具有一定兴趣的人，翻读这本书时，可能都知道一台摄影机前后部位的不同，也能够辨别一块滤光片和一张溴化银放大纸之间的差别。因此，可以说他对摄影实践的基本知识是具备了。

本书的内容题材，尽量依照曝光、显影、影像质量、色彩这个次序编排。如果我们深入一步谈这些问题（尤其是第二、四两个问题），我们将会感到由于缺乏粗浅的化学知识而茫无所从。大多数读者都在学校里学过一些化学，但其中也有不少人由于日子太久可能忘记了，所以本书将根据不同程度的需要提供一些有关的浅近知识。

拍摄一张与被摄物体很象的照片，其全部工序应摆到一起来考虑，不过在讨论光作用于乳剂，使它产生银影或彩影沉积的基本情况以前，毋需考虑这一问题。因此人们不应感到奇怪：为什么要把大家熟悉的特性曲线问题安排到不那么熟悉的、深奥的潜影和显影问题之后来加以讨论。

由于人们对乳剂显示物体细部影纹的表现能力的兴趣日益增长，不可避免地要对镜头的解像力更加予以重视。这一情况促使作者在再版本书时，新增加了一个篇章，并旨在把照相过程中得以显示细纹的各个特征和因素，罗列到一起加以叙述。长期以来，大多数摄影者对这一课题是抱有浓厚兴趣的。正是为了达到这一目的，特加添了一些有关影像质量的客观测定方法和使光学透镜功能受到限制的因素。

对其他光影成像系统的研究，和惯用的卤化银感光材料一样，已经和正在做出很大的努力。近年来，这方面研究获得的成绩是巨大的。他们为自己的独特成就编纂了另一新的篇章。在我们叙述完“已显影的银影后”就将阐述这一新课题。

作者的初衷是准备在一开始就结合彩色摄影的基本原理来编写本书。这是由于我们见到的东西毕竟都是带色的（人们这样地强调说），而摄影就是我们所见东西的记录。此外，彩色摄影已经迅速地发展成为一种标准摄影，因而黑白摄影即将变成一种在历史性的回顾中附带提及的东西了。然而这种貌似有理的想法终于被否定了，其主要原因是：在一切实际的摄影操作过程中，彩色摄影只是黑白摄影的一个“附加部分”，事实上，彩色摄影差不多全部包含于黑白摄影之中；只有首先懂得黑白，才能懂得彩色，而且几乎一切有关黑白摄影的论述，都适合于彩色摄影。

第一章 光学影像是如何形成的

照相是所见到事物的再现。但是照相仅仅是一张纸片，上面带有各种形状、大小、影调和（有的时候还有）颜色的斑痕，其轮廓有的清晰，有的模糊。从另一方面说，我们所看到的是浸浴在强、弱光线中的三维世界，这中间包括着具有各不相同的而令人置信的形状、大小、亮度、颜色和轮廓清楚的物体，从针眼到大象，从鼻子上的黑点到星球，从工厂的烟囱到一缕薄雾都包括在内。

至少，那是我们自认为是自己所看到的東西。是不是这样的呢？哲学家提醒我们：这个世界只不过是给我们的眼睛所给予的原始感觉所构成的推断。如果让读者的双眼离开书本仰头一望，则不难使他相信他实际上看到的東西——和他自认为他看到的東西相反——只不过是形状、大小、影调、颜色、轮廓分明或模糊的各种斑块所构成的二维世界。这和照片又有什么区别呢？

只就单纯的视觉而论，照片和实物的特征毫无区别。但当脑子对视觉资料加以理解时，其不同之处便出现了。如果在这两种情况下它们是相同的，就没有办法说明为什么在理解上会有差距。一张经过准确还原的照片，是能够正确表达原物的。

研究摄影如何能正确还原物体形象时，让我们从描述我们感觉资料范围的特征说起。这些基本特征包括大小、亮度、颜色和清晰_度。就凭这些特征，可以分辨诸如深蓝色的大坛子和厨房洗涤槽中溅上的棕色小斑点。作为比较的因素，大小比例，包括形状，可作为次要的特征。我们在街上看到两块大小不等的斑块，

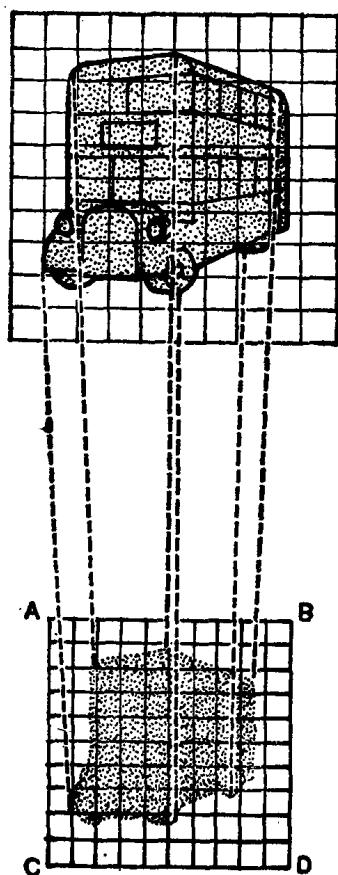
认出是人和狗。同时又看到两块大小相等的斑块，并认出是双鞋子。或者我们看到一个棕色斑块：它的高度大于宽度而且四边都是平行的。我们知道这不会是茶壶或呢帽；它的顶部又比底部窄，于是终于认出它是个啤酒瓶而不是一本大书的脊背。

虽然视觉出现在照相之前，我们仍打算把视觉的作用过程安排到稍后的地方去谈。目前让我们假设我们从来没有学习或接触过视觉，那么我们如何理解我们周围物体的形象以及它们在空间的相互关系呢？方法之一是选择一个任意表面，并规定将要了解的每一物体的每一点，都用在—个表面上的相等的点来表示。如果每一物点仅只有一个表面点，或是每一个表面点仅只代表一个物点，那么这一表面将有一个由各个点构成的整个画面图，从整体上讲，它就相当于该物体。

为了给这一十分抽象的概念加上一些现实感，让我们进一步附加两种情况：① 假设在任何时间内，只有包含在某一扫描角内的物体才能在表面上以点的形式显示；② 假设每一物点能发出一种辐射能，并直接射到相应表面点的表面上。那么在这一表面上将出现一幅包括在扫描角范围内相应于原物外表的图形。如果我们能设法理解这一图形，我们自然可以间接理解它所代表的原物形象了。

有一种辐射线，差不多在任何地方任何时间都会正常出现，这就是光。为了利用光，我们只要准备一个对光敏感的表面。这样，通过光的作用在感光面所引起的变化，便能将图像记录下来。

这个假设的过程终于返回到了我们的视觉。因为上述过程正好是肉眼里产生的变化，同样也是照相机内产生的变化。不论是眼睛或照相机，都包括有一个防止外界光线侵入的密闭空间。其一端有一个感光表面，另一端有一个设计，它能接纳从物体表面的各个点上成一定角度辐射过来的光线，在感光面上的相应位置聚结成光点。



我们看到的東西——任何物體的空间結構，即其外形，都可以在一个假设的 ABCD 表面与原物體以一一的相应关系绘制出它的图样而加以认识。

一、光的性质

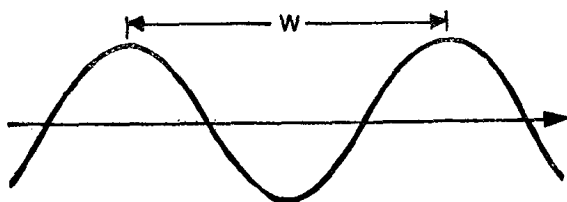
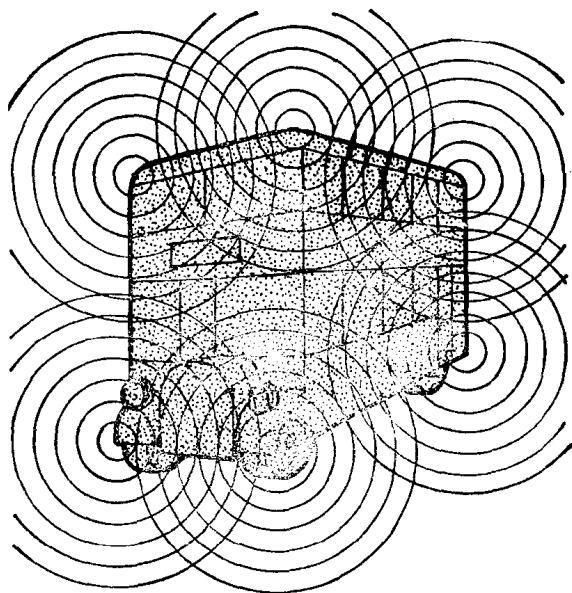
在研究照相机装置以前，让我们先考虑一下称之为“光”的基本东西。

首先，光的存在很明显地要依赖于光源——例如太阳、灯、或萤火虫等。大约三百年前，人们发现光不仅存在于我们周围的空间，而且是具有一定的传播速度的。因此，我们看不到，也拍不出什么影像，除非我们留出一定的时间让光作用于物体。我们在日常生活中不会感到有这么一个过程，因为光的速度极大——实验证明光每秒钟传播的距离约为 300,000 公里(186,000英里)，这和我们在日常生活中必须接触到的事物相比，是不可思议的。

光终于成为离开光源，最终达到我们的眼睛和照相机里的一种东西。光到底是种什么东西，大家可以无休止地争辩下去。不过近一百五十年中，不管它究竟是什么东西，人们一直把它看成是一种波动着的波。因此本书至少在目前也把它看成是一种波动着的波。

我们可以把光描绘成是从光源往四面八方传播开去但遇到每一表面又会反射回来的东西。但如果我们过于认真地追随这一概念，我们将会很快地把自己陷入到一个错综复杂的波的情景中去。这种波将同时向四周空间传播，相互交错而互不干扰，照亮了宇宙空间。如果说这种复杂的光波有利于说明什么问题，也应当设法将它简化。现在假设有一个看得见的物体，它仅由一定数量的点所组成，而每一个点都向四面八方传播出光波。

我们在这里略为提到的，以后还要详述的一个复杂问题是光并没有一个固定的波长，它随其表现的颜色而变动；随着紫—蓝—绿—黄—橙—红的次序逐渐增加其长度（这就是大部分读者熟知的光谱色）；其中最长的红光波长大概是最短的紫光波长的两倍。白光仿佛是各种色光的混合体（不过这一说法从 302 页起要作些更改）。这样，白光就可以看成只不过是所有波长的色光



光和我们见到的东西——从任何物体的每一点反射出来的光都可以看成是从该点向四方发射的球形波。

光沿着箭头指示的方向传播——它和光线为同一物——具有与之相关联的波长(W)。光波当然不会有一个如图所示的实际的侧面。它是一种电磁波。