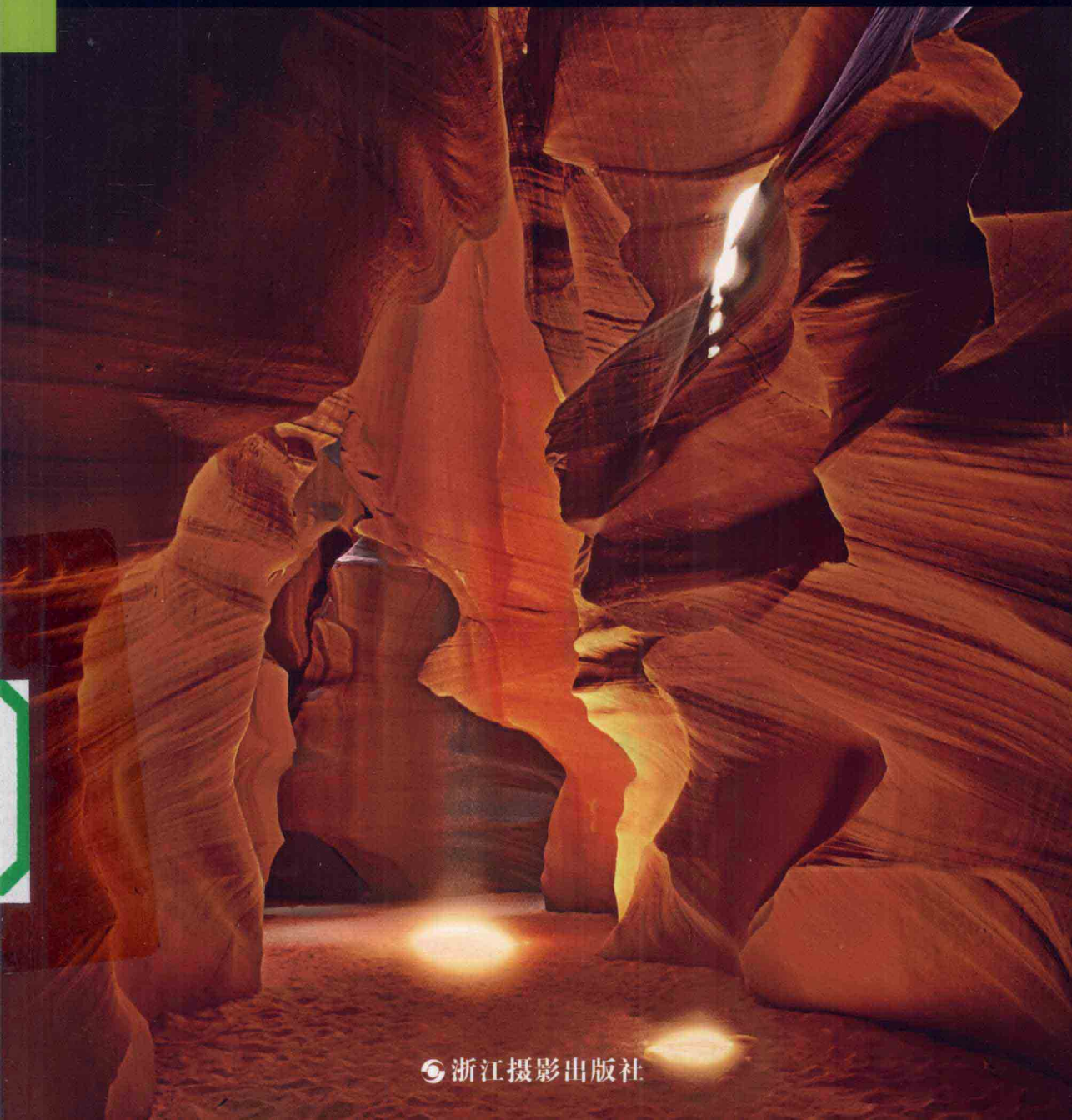


HDR（高动态范围）摄影为你开启一个色彩斑斓的新世界

精通HDR摄影

Mastering High Dynamic Range Photography

[美] 迈克尔·弗里曼



Copyright © 2008 The Ilex Press Limited

Simplified Chinese Translation Copyright © 2010 Zhejiang Photographic Press

This translation of *Mastering High Dynamic Range Photography* Published in English in 2008 is published by arrangement with THE Ilex PRESS Limited.

《精通HDR摄影》英文版出版于2008年,此简体中文版经Ilex出版社授权出版。
浙江摄影出版社拥有简体中文版专有出版权,盗版必究。

浙江省版权局
著作权合同登记章
图字:11-2009-95号

图书在版编目(CIP)数据

精通HDR摄影 / (美) 弗里曼著; 包甦, 相梅, 陆晗译.
杭州: 浙江摄影出版社, 2010.1

ISBN 978-7-80686-815-7

I. 精… II. ①弗… ②包… ③相… ④陆… III. ①数字照
相机—摄影技术 ②图像处理—应用软件 IV.
TB86 TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 210380 号

精通 HDR 摄影

[美] 迈克尔·弗里曼 著
包甦 相梅 陆晗 译

责任编辑: 高振杰 郑幼幼

封面设计: 黄业成

责任校对: 朱晓波

出版发行: 浙江摄影出版社

电话: 0571-85159646 85159574 85170614

网址: www.photo.zjcb.com

制版: 杭州美虹电脑设计有限公司

印刷: 浙江新华彩色印刷有限公司

开本: 787×960 1/16

印张: 10

版次: 2010年1月第1版

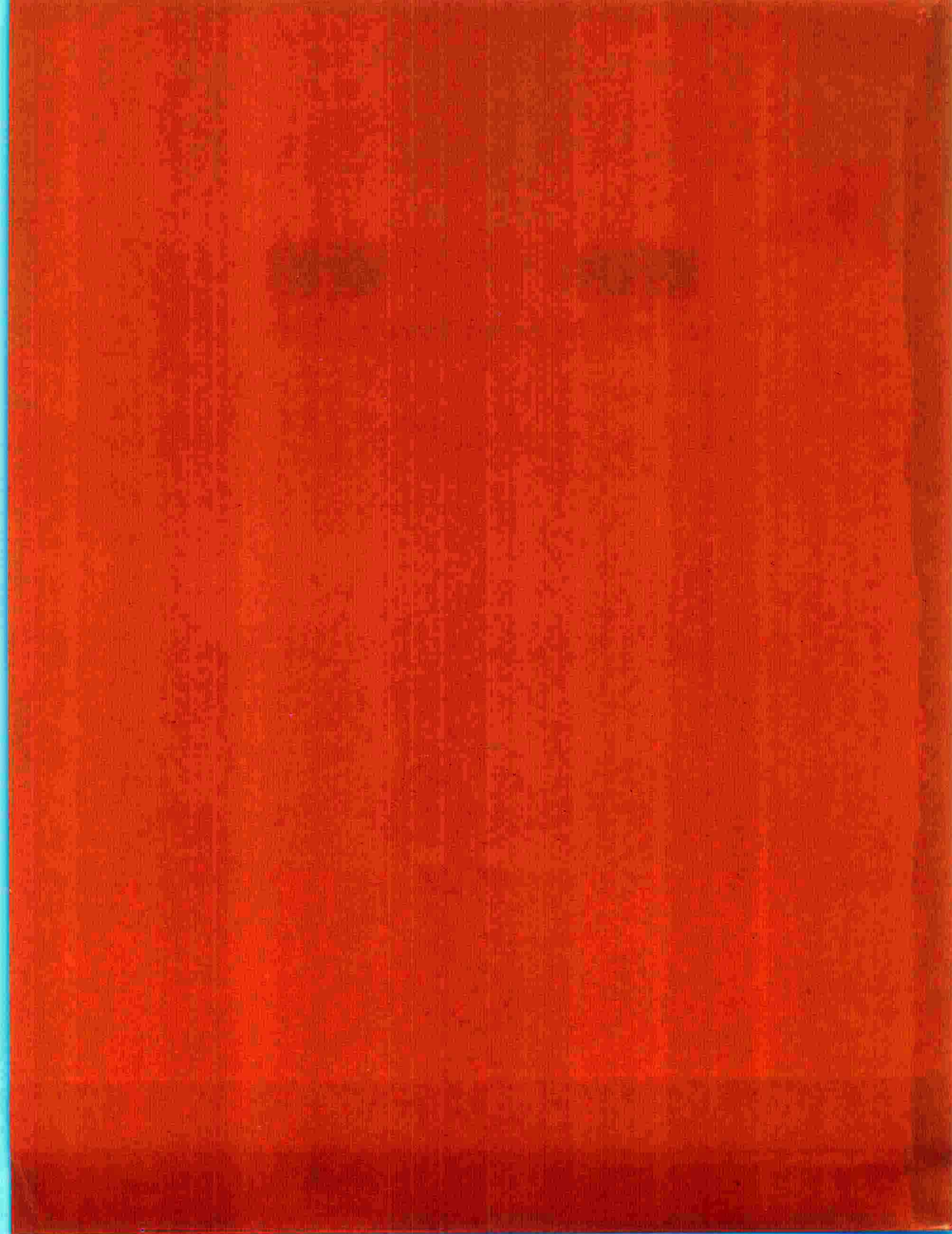
印次: 2010年1月第1次

书号: ISBN 978-7-80686-815-7

定价: 48.00元

精通 HDR 摄影

Mastering High Dynamic Range Photography



精通 HDR 摄影

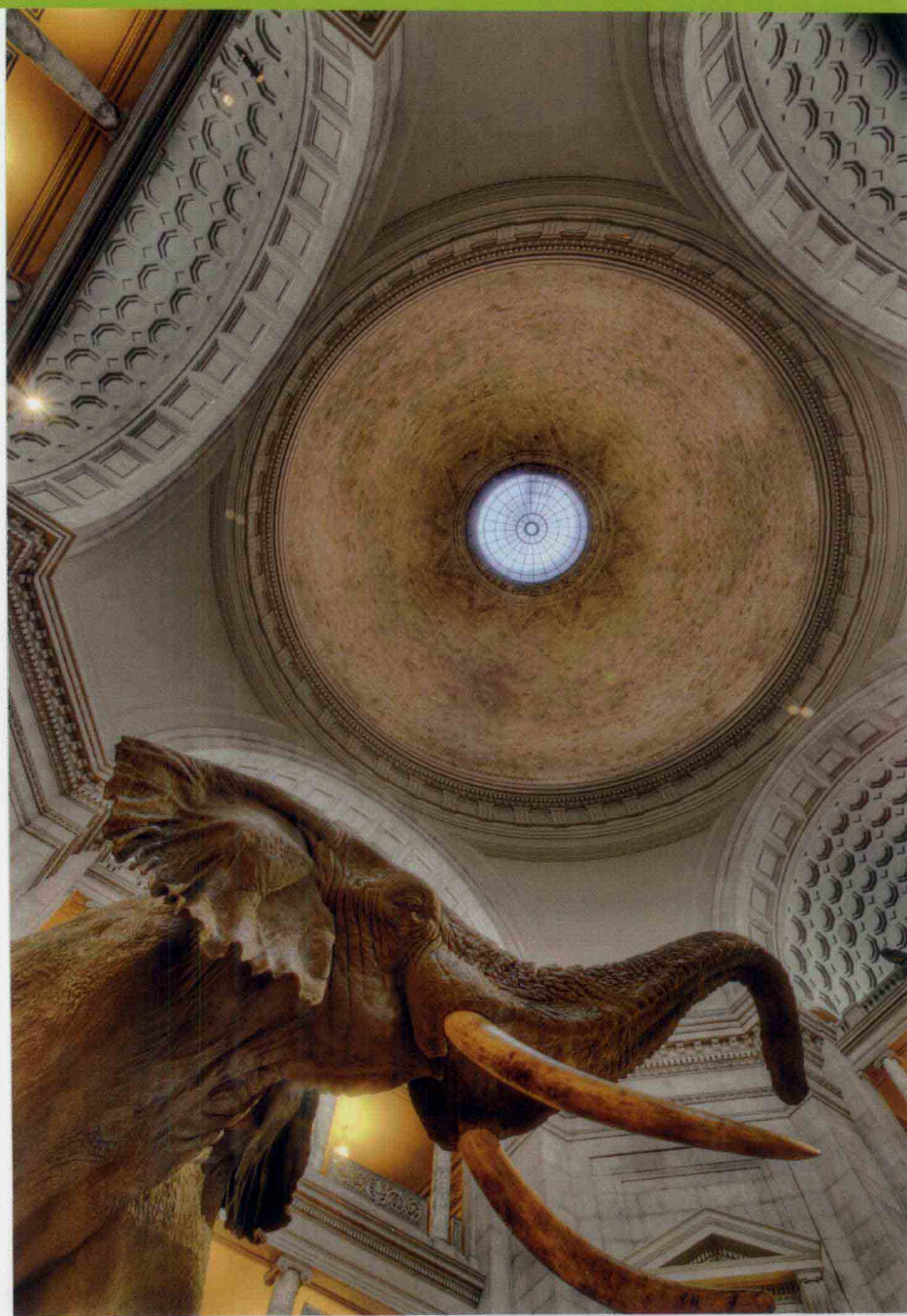
Mastering High Dynamic Range Photography

[美] 迈克尔·弗里曼 著

包甦 相梅 陆晗 译



浙江摄影出版社



目 录

6	前 言	69	第三章 HDR色调映射
9	第一章 HDR场景与视觉	70	色调映射原理
10	光、明亮度和反光	72	色调映射工具
12	场景的动态范围	78	Photomatix
14	图像传感器的动态范围	84	Photoshop
18	图像显示的动态范围	90	FDRTools
20	对比度与伽玛曲线	94	PFSTools
24	我们对光的感知	98	EasyHDR
26	格式塔理论与感知	100	光晕控制
28	我们对图像的感知	104	真实感
30	HDR场景的类型	108	后期处理的重要性
34	HDR术语	112	单张照片的色调映射
		114	扫描照片的色调映射
39	第二章 HDR图像的俘获与生成	117	第四章 HDR操作流程
40	俘获图像	118	操作流程
46	生成HDR	120	HDR拼接: Direct HDR
50	图像对齐	124	HDR拼接: 色调映射在先
52	图像重影	126	HDR拼接: 色调映射在后
56	镜头眩光	130	案例实习: 教堂
58	生成比较	136	案例实习: HDR肖像摄影
60	HDR编码	140	案例实习: 照片源预处理
64	色彩管理	144	案例实习: 天空与阴影
66	图像预览	148	案例实习: 城市灯光
		150	案例实习: 细腻的高光
		154	案例实习: 强烈的明暗分割
		156	术语表

前言

如果说本书内容过于技术化，过于详尽，也只能请你谅解和忍耐。为了让最终的图像效果物有所值，高动态范围（High Dynamic Range，下文简称为HDR）理应得到这样的礼遇。它究竟会产生怎样的视觉效果呢？HDR可以让这样的一切成为可能：你能再现任何一处的高光和阴影细节，即便光线条件不足，也能获得完美的照片；你能获取前所未有的惊人色调与色彩，即便没有摄影所需的灯光也能照拍不误。

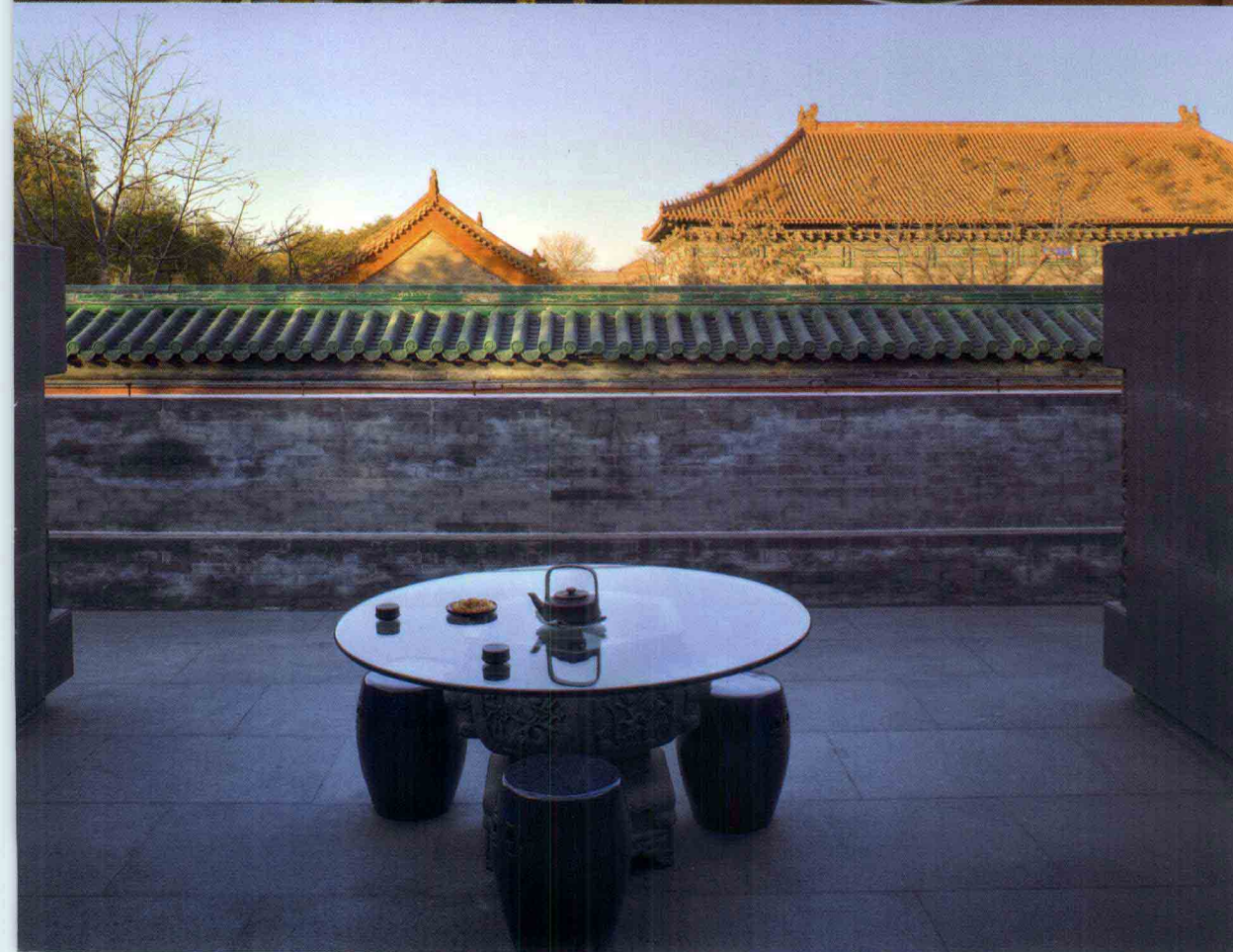
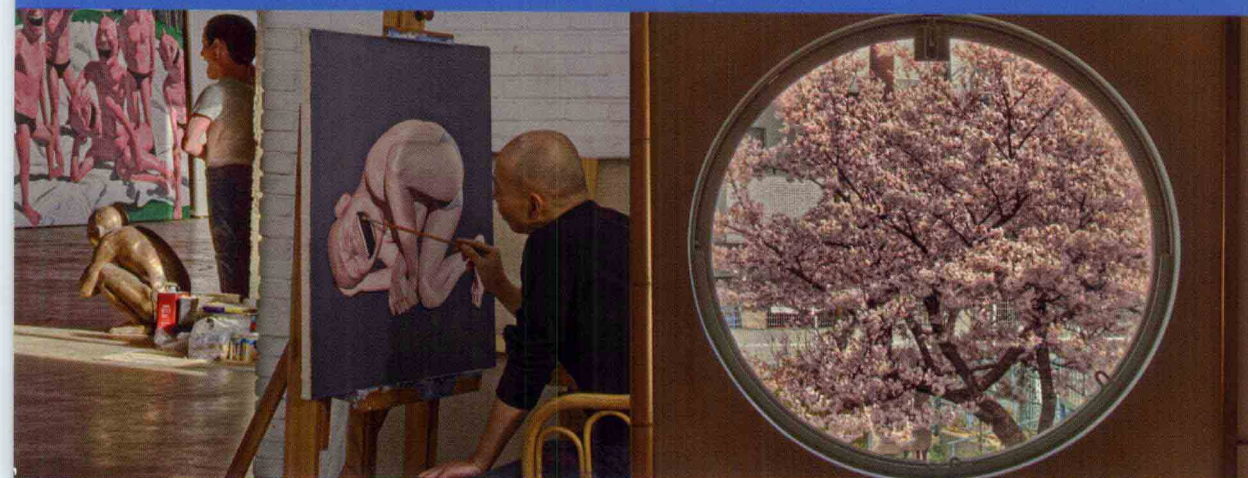
听上去，HDR对于摄影是否就像是一枚魔术弹？也许就是，尽管它仍存在某些局限并且需要为之付出代价。它要求被摄物体和照相机几乎静止不动，并需要通过电脑完成大量细致的后期工作。因此，它不见得适合每一个人，然而，倘若你能接受上述苛刻的条件，HDR将为你开启一个色彩斑斓的新世

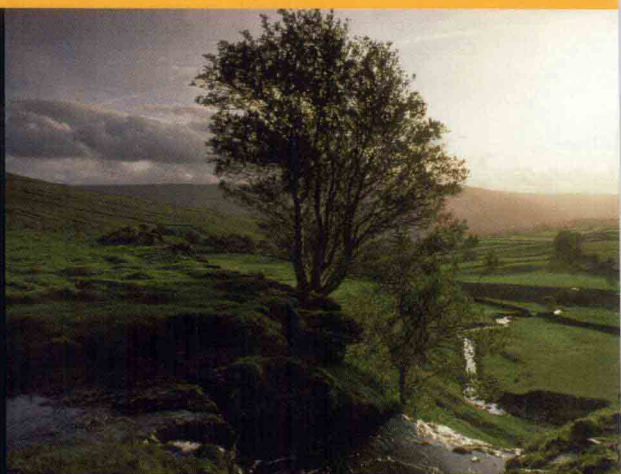
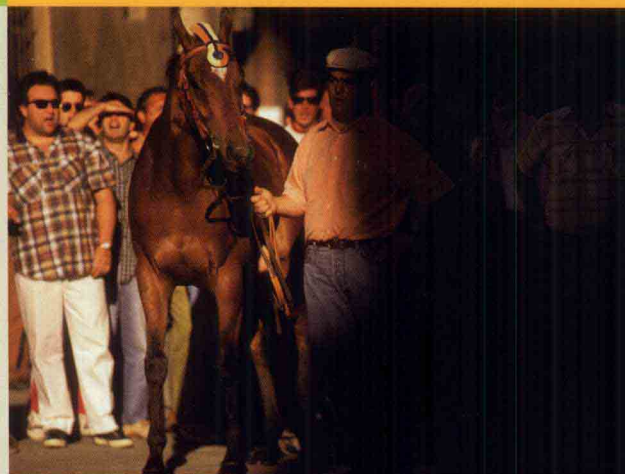
界，并极大提升你对图像的操控能力，甚至远远超越摄影大师安塞尔·亚当斯。

这项技术融合了摄影、大量的电脑运算，以及人的视觉感知研究三个领域。它是一个全新并正在发展着的事物，令人痴迷。HDR摄影技术分为两个方面：前期拍摄和后期处理。前者往往大同小异，而后期处理则可能会因为采用软件的不同而使图像效果大相径庭。因此，针对后期处理，只能通过列举案例、步骤分析的方式进行介绍，这也是本书的基本组织形式。无论如何，这比理论描述更易掌握，当然，我也会在前面的篇章中适当介绍部分理论知识。

欢迎你来到这一摄影技术的崭新领域——你将拥有所见即所得的图像创建能力，或者让图像按照你的意愿呈现。







第一章 HDR 场景与视觉

暂且抛开摄影与图像，试着想想现实世界的亮度范围。显而易见，它比你从照片上感受到的要鲜亮许多。这反映了在光照强、阴影重的场景进行拍摄时的一个实质性问题。传统的摄影技术往往采取牺牲部分细节，或舍弃某些影像的方式来处理，而我们人眼却能很好地适应所见的任何场景。眼睛与大脑的构造非常复杂，它们能在我们获取和输出HDR图像并进行判断时教给我们许多东西。

引用该领域的一位研究者莱因哈德（Reinhard）的话，“重塑（图像的）视觉外观是色调映射的终极目标。”这句话对摄影师来说可谓一语中的，但事实上却远不及摄影师的需求。或者说，摄影师的需求往往同作品的这一要旨擦身而过。人的视觉极其复杂，且至今无法被完全了解。它既涉及生物学，又与人的感知相关，而在这两个学科范畴内，仍缺乏许多必要的衡量指标。其结果可能令非专业人士吃惊，有关视觉的许多关键原理至今尚无定论。

作为摄影师，通常有自己的一套对视觉的看法，以及对想象力与技法所带给观众的初次感受的把握。这种对感知的理解与学术方式相去甚远。对于一个具有创造性的人，无论是摄影师还是画家，用科学的方式对待图像（包括依赖试验、计量、数学以及严密的论证等）是没有灵魂的。它消减了视觉创

造的神秘感和愉悦性，取而代之的是一堆公式，而且几乎是徒劳的，因为有许多东西很难计量。这种对成像科学持有的怀疑态度，实际源于一个深层的顾虑——成功分析图像原理对摄影师的工作性质（即拍摄令人惊讶的、震撼的和激动人心的照片）提出了挑战，至少当摄影师将其当作一项专业工作来从事时。

当然，这是人之常情，但对研究摄影技术的可能性造成了不必要的偏见。许多视觉领域的研究人员对此持有不同意见，他们认为摄影师给出的一致评判显然不对。如果你想知道自己是否倾向于研究人员，不用看别的，就去关于HDR的在线论坛看看吧！

光、明亮度和反光

HDR图像是本书的主题，在我们对这一概念进行深入了解前，可以说，它几乎不言自明。

场景随亮度范围的不同而发生变化，如果场景的高光亮度强于阴影，往往会给摄影带来麻烦。为了应对这种情况，有必要了解相关的定义。辐射测量（即对

光线进行测量的科学）中有许多定义和数值，但对摄影的实际应用来讲，绝大多数都无关紧要。然而，了解以下概念是十分必要的：亮度（Brightness）、明度（Lightness）、明亮度（Luminance）和反光（Reflectance）。它们之所以重要，是因为许多HDR应用软件会将上述概念区别对待，独立应用。

光线是一种辐射能，因光线的色彩及其他因素，人眼在感知光线时，会对某些波长比较敏感，对另一些则比较迟钝。辐射测量是对光线进行测量的科学，而光照测量则是对人眼可见光的科学测量。HDR图像处理中最重要的参量为明亮度，即对物体表面亮度的大致测量。明亮度这一概念在HDR软件操作中广为应用。亮度，则是我们通常使用的术语，也就是我们的眼睛对发光区域的感知——或者多，或者少。与明亮度不同，它是感性的而不是客观的，而且无法准确测量。当我们讨论亮度时，实际上是在描述外观，不涉及

源于光照而非景物表面的对比度

缅甸的一家路边食品店。店内外未上漆的木头的表面情况完全一致。绿框标出的是不同光照在同一表面呈现的效果，蓝框标出的则是同一光照在不同表面呈现的效果。



测量和数字，但可以同明亮度互换使用。

明度也是感觉上的，但由于其侧重于人眼对亮度的非线性反应（大致为对数的），因此可以被度量。物体表面反射光若为入射光的18%，看上去就是中灰色，即一半黑一半白。也可以把明度视作相对亮度。在这本书里，明度主要用来形容外观，或多或少可以同亮度互换使用。

反光是指物体表面对入射光线的反射能力。反射过程中，物体表面通过不同方式对光线进行调整。针对高动态范围的场景，一个显著且重要的事实是，同一光照在不同表面形成的亮度范围非常狭窄。同一光线条件下，一个纯白色的表面和紧邻的纯黑色的表面的亮度差仅为30:1。本书涉及的高动态范围图像，其巨大的亮度差异主要来源于照明。缅甸路边店的照片（见左图）即说明了这一差别。

然而，这一情况却为HDR的主要问题提供了一种解决途径，即如何把现实生活场景中的大范围加以压缩，以便在屏幕或相纸上呈现。我们将在第三章中了解到，如果能把明亮度与反光分开，我们便可以在压缩明亮度的同时保留反光。这听上去很难实现，但的确有多种接近目标的办法。

仅作用于明亮度

尽管绝大多数时候，我们依据RGB色彩空间（又称对立式空间）进行图像处理拥有大量优势，但它绝不能将色彩与明亮度区分开来——而这恰恰是人眼的辨识方式。与人眼感知最接近的色彩空间为Lab（有时也写作 $L^*a^*b^*$ ），色彩的对立基于这样一个事实，即所有的色彩信息都包含在两个对立的通道内。每个通道覆盖一个不同的色彩轴。a通道包括的颜色从黄到蓝，b通道从红到绿。这便是人眼对图像的处理方式，也就是为什么我们可以说，经感光器记录的图像颜色为红黄而绝不可能是红绿。



呈现所有通道的完整图像



Lab色彩空间中的明亮度通道



a颜色通道

b颜色通道

场景的动态范围

投射到物体上的光线范围比其所反射的更丰富多变。



▲ 低动态范围

多云天气下的光线，没有阴影，并将天空排除在取景范围之外，确保了这个绿色小山坡场景的低动态范围。

▲ 中高动态范围

这处英国乡村庄园的场景，主要的对比度来自明亮的阳光和阴影，但由于白色云层的反光，对比度在高阶部分得到了提升。

倘若将两者叠加起来，就可能得到相当大的动态范围。在一个多云间晴的中纬度地带（见左上图），用感光度设定为ISO100的照相机进行拍摄时，通常的曝光设置为：光圈f/5.6，快门速度约1/125秒，或者曝光值为EV12。如果视线中没有纯白色或反射耀眼白光的物体，没有对天空的强烈的镜面反射，也没有天空本身，那么整个明亮度范围就能很好地被光圈范围为9挡的传感器所捕捉。换言之，无论是高光或是阴影部分，均不会失真。类似这样的光线条件，是数码传感器（事实上也是反转片）能够轻松应对的。这张照片的动态范围较低（如果我们忽略通往谷仓的小路），仅约1个数量级，即4挡光圈范围。（绝大多数摄影师对光圈范围更为熟悉，因此简单解释一下，1个数量级相当于3½挡光圈范围。）

而一旦天空中没有云彩，或者在一个没有烟雾及污染的天气条件下，平均曝光量将提升2挡——动态范围也相应增高。如果取景时纳入天空，动态范围会更高。若再纳入亮白色的云彩或许会再增加1挡光圈曝光量，即达到3个数量级，相当于10挡光圈范围。迎光拍摄会增加更多，因为当地平线变得更加明亮时，所面对的阴影也会更暗。最后，如果

明亮度近似值 (cd/m²)

星光	0.001	10 ⁻³
月光	0.1	10 ⁻¹
室内灯光	100	10 ²
室内自然光	100	10 ²
多云天气	2 000	2 × 10 ³
开阔的阴影区	10 000	10 ⁴
明亮日光	100 000	10 ⁵
太阳自身	100 000 000—1 000 000 000	10 ⁸ —10 ⁹

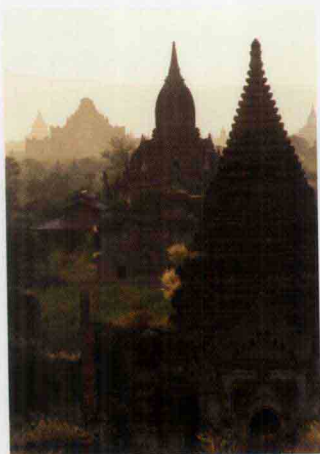
光线与设备的动态范围

场景	明亮度范围	cd/m ²	对应光圈范围(挡)
从太阳自身到星光的全范围	1 000 000 000 000 : 1	10 ⁻³ ——10 ⁹	40
具有暗适应性的人眼视觉全范围	100 000 000 : 1	10 ⁻³ ——10 ⁵	27
从昏暗室内望向窗外明亮的日光	5 000—10 000 : 1	10 ⁻² ——10 ⁵	12—14
人的视觉: 单视	10 000 : 1		13—14
黑白负片	10 000 : 1		13—14
具有基本感光性能的数码单反照相机	500 : 1		9
LCD显示器	350 : 1		8—9
CRT显示器	200 : 1		7—8
相纸: 最佳表现	100 : 1		7
相纸: 普通表现	50 : 1		5—6

将太阳也纳入画面, 其动态范围将同处于最高峰值时的日光(约10⁶)下差不多高。

太阳本身的明亮度为10⁸~10⁹(cd/m²——坎德拉平方米), 当太阳完全高出地平线时, 便决定了动态范围的上限——而且是最高限。即便如此, 通过加入比在户外所见还要暗的阴影, 场景的动态范围还可进一步扩大。移身室内, 然后冲到室外拍摄, 还能将动态范围提高1个数量级。如果室外存在一个能够反射日光的白色表面, 室内能够获取的动态范围有可能超过3个数量级, 相当于12~15挡光圈范围。

那么, 到底什么样的场景能被视为HDR呢? 或者说, 更重要的是, 哪些场景值得采用HDR技术拍摄及色调映射呢? 这不是一个能够简单回答的问题, 因为HDR色调映射几乎适用于任何图像, 包括任何动态范围的单张照片。这渐渐成为关系到品位和观念的事, 而不只是一种必要, 并且, 已经有一种流行趋势是, 即便没什么必要, 仅仅为了追求特殊效果, 而对图像进行过度的色调映射处理。在这里, 我想要提倡的一个观点是, 通常, HDR应该留给那些确有很高的动态范围以至于不能平常对待的场景。



▲ 高动态范围

面向阳光拍摄, 通过引入高阶部分并补充朝向照相机的阴影区域, 将增加更高的对比度。

▼ 超高动态范围

将太阳纳入取景范围, 能让日光场景达到最高的动态范围, 约7个数量级。



图像传感器的动态范围

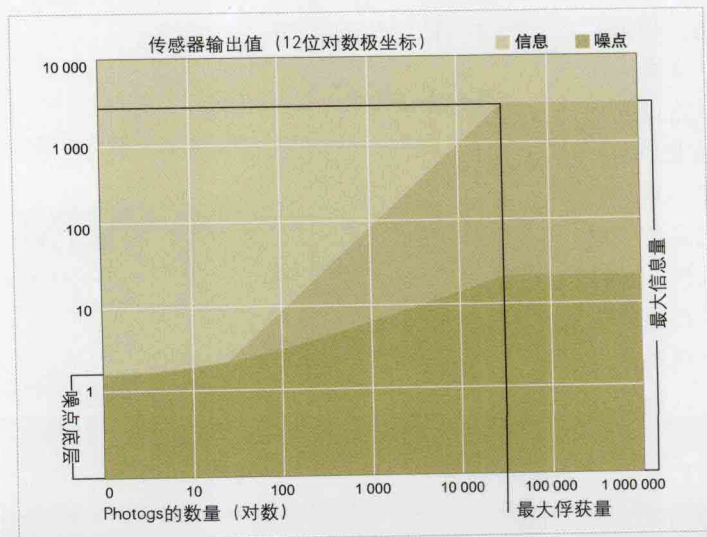
自摄影术诞生以来的一个世纪，无法捕捉或呈现真实世界的全部亮度范围，早已成为一个事实。

当然，这样的事实令人心烦，但因为有各种变通方式，这也算不上什么大问题。确实存在一些“解决方案”，但都不能视作为解决记录每一个亮度范围而一致努力的一部分。

其中一项暗房技术为“减淡（dodging，亦译遮挡）”和“加深（burning，亦译加光）”，前者提亮阴影，后者压暗高光。另一项技术，是增加光照，将其填补进场景中较暗的区域，包括将角度调整为从内部朝向明亮的窗外，或是通过曝光补偿防止被摄主体成为剪影。还有一项技术，如果你愿意称之为一个解决方案的话，就是调整取景范围，最大程度地减少高对比度，或者等待另一个时间或天气条件。

新的数字技术因为能有效解决上述问题，从而激发了人们对HDR的关注。HDR图像处理技术，将已往因“反差太大”而被忽略的景象和摄影工作重新纳入人们的视线范围。目前看来，首要的问题是图像传感器的局限性。我必须一开始就强调，这一局限纯属当前技术层面上的问题。理论上，图像传感器没有理由无法俘获更大的亮度范围，只是我们的技术尚未达到那一阶段而已。这一技术领域的工作仍在拓展，毫无疑问我们也终将看到，本书的议题之一，即俘获一个不同曝光量的图像，将成为过去时。

在将目光转向现代的传感器之前，我们需要意识到，黑白胶片的高动态范围俘获技术已经存在几十年了。细颗粒的全色胶片能俘获高达4个数量级的亮度，接近人类视觉的单视范围，即达到 10^4 或10 000 : 1。如果这令人吃惊，那么就想想那些关键的暗房技术，以及各种等级的相纸和特殊胶片的处理技





▲ 噪点底层

这张上海厨师的照片是用ISO800的感光度拍摄的，在这样的感光度下已呈现出了噪点，但对普通的处理过程和观察距离来说并不明显（注意她肩后的阴影细节）。然而，通过RAW转换器增加曝光则是对噪点的严峻考验，在增加大约2.5级的曝光量后发现，真正俘获到的动态范围并没有延伸至阴影部分。（这一问题将在第18页进一步探究。）

术，这些技术都可用于将一个超大范围的图像信息压缩到一张范围较小的相纸上。安塞尔·亚当斯的区域曝光法（Zone System）在某种程度上即针对这一目的，且完全能够被视为最早的色调映射法之一。换言之，HDR并不像许多人想的那样新兴。这可能会触动你去思考色调映射（第三章将讨论的主题）或许能应用于黑白胶片——事实上它确实能做到，这将在第115页进行介绍。

10^4 也许还达不到理想的全动态范围值（更理想的，我们需要达到 10^8 或 10^9 来应对各种情形），但它已相当合格了，而且远远胜于现今的数码照相机的传感器，后者的俘获值甚至达不到 10^3 （1 000 : 1）。

黑白胶片能够俘获这样一个大范围的重要途径是，它对光线的反应同人类视觉相似，是非线性的。一个典型的胶片特性曲线是中部一小段呈直线状（即线性的），所有的中间调均在这一区域。曲线的高点和低点分别为高光和阴影所在，这两处的曲线轻微弯曲，意味着胶片额外俘获到了一些