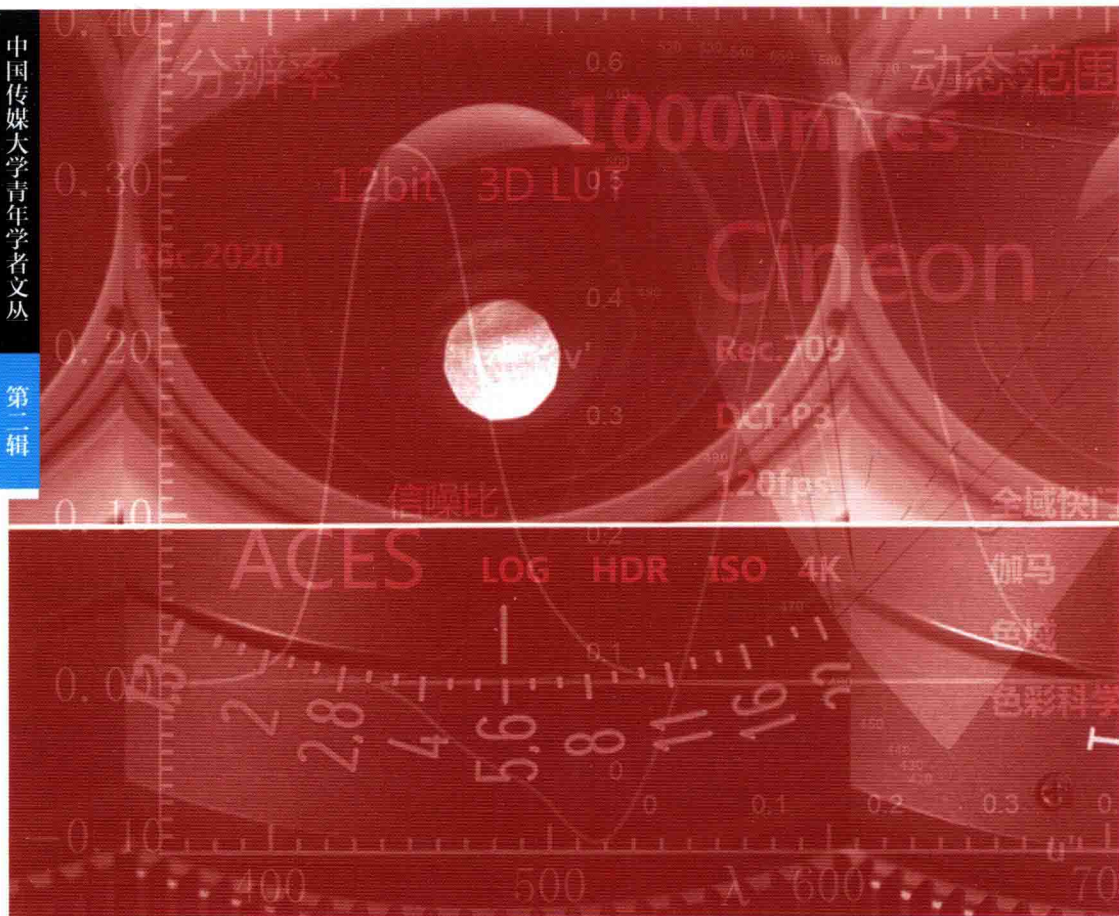


中国传媒大学青年学者文丛

第二辑



从“忠实”到“悦目”

数字摄影影像质量控制解析

张宁 毕根辉 / 著

为新时代的影视摄影
图像质量控制确定技术规范
辅助教学和一线创作

From "Faith" to "Beauty"
Quality Control
of Digital Photography

中国传媒大学 出版社

中国传媒大学青年学者文丛

第二辑

从“忠实”到“悦目”

数字摄影影像质量控制解析

From "Faith" to "Beauty"

Quality Control
of Digital Photography

张宁 毕根辉 / 著

中国传媒大学 出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

从“忠实”到“悦目”——数字摄影影像质量控制解析/张宁,毕根辉著. —北京:
中国传媒大学出版社, 2018.4
(中国传媒大学青年学者文丛·第二辑)
ISBN 978-7-5657-2208-0

I. ①从… II. ①张… ②毕… III. ①数字照相机—摄影技术 IV. ①TB86②J41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 022676 号

从“忠实”到“悦目”——数字摄影影像质量控制解析

CONG “ZHONGSHI” DAO “YUEMU”——SHUZISHEYING YINGXIANGZHILIANG KONGZHI JIEXI

著 者 张 宁 毕根辉

策划编辑 蒋 倩

责任编辑 蒋 倩

装帧设计 拓美设计

责任印制 曹 辉

出版发行 中国传媒大学出版社

社 址 北京市朝阳区定福庄东街 1 号 邮编:100024

电 话 010-65450532 或 65450528 传真:010-65779405

网 址 <http://www.cucp.com.cn>

经 销 全国新华书店

印 刷 北京玺诚印务有限公司

开 本 710mm×1000mm 1/16

印 张 19.75

字 数 350 千字

版 次 2018 年 4 月第 1 版 2018 年 4 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5657-2208-0/TB·2208 定 价 79.00 元

版权所有

翻印必究

印装错误

负责调换



本书相关彩图资料请扫描左侧二维码下载
提取密码:4g5j

总 序

时值中国传媒大学成立 60 周年之际,中国传媒大学人文社会科学青年学者资助项目正式选定了十部支持专著,这是我校在人文社科研究方面所取得的又一成绩。

这套丛书的出版不仅是为了落实学校科研支持政策,更是为了响应国家的号召。2014 年,李克强总理与历年国家杰出青年科研基金获得者代表座谈交流时曾提到,人才特别是优秀青年人才是国家科技实力、创新能力和竞争力的重要体现,代表着国家创新的未来。做好这方面的工作,对加快转变发展方式、实施创新驱动战略具有重大意义。作为教育部直属的国家“211 工程”重点建设大学和国家 985“优势学科创新平台”项目重点建设高校,中国传媒大学在信息传播领域的学术发展也是我国高校人文社科研究发展的一个重要组成部分。

建校 60 年来,我校在科学研究方面产出了大量的优秀成果。特别是在信息传播领域,我校广大教师正确面对我国信息传播事业飞速发展过程中机遇和挑战并存的复杂形势,迎难而上、克难攻坚,始终保持着饱满的科研热情,坚守着学校的殷切期望,及时、准确地把握国家提供的战略契机,以充分的准备和足够的信心面对挑战、迎接挑战,积极开展多领域、内容丰富的科研工作,收获了累累硕果。在 2012 年教育部组织的全国学科评估中,我校新闻传播学、戏剧影视学两个学科均排名第一。

目前我校的 3 个学部(新闻传播学部、艺术学部、文法学部)、1 个中心(协同创新中心)和 5 个直属学院(播音主持艺术学院、广告学院、经济与管理学院、外国语学院、MBA 学院)是文科科研和艺术创作的主要力量源泉。同时,学校文科方面还拥有新闻学、广播电视艺术学 2 个国家重点学科,传播学 1 个国家重点培育学科,新闻传播学、艺术学理论、戏剧与影视学 3 个一级学科北京市重点学科,语言学及应用语言学、动画学 2 个二级学科北京市重点学科;拥有教育部人文社会科学重点研究基地广播电视研究中心等部级研究机构 13 个和校级科研机构 40 个,在我国人文社科领域具有相当重要的地位和影响力。

近年来,我校在人文社科领域先后有2人入选“长江学者”特聘教授、2人入选“长江学者”讲座教授、3人入选“新世纪百千万人才工程”国家级人选、25人入选教育部“新(跨)世纪优秀人才支持计划”、2人次荣获国家级教学名师奖、2人次荣获全国优秀教师荣誉称号。更有越来越多的青年教师荣获教育部科学研究优秀成果奖、北京市哲学社会科学优秀成果奖等含金量较高的奖项。众多奖项和数字的背后,凝聚的正是全校思想活跃、朝气蓬勃的广大青年教师夜以继日、笔耕不辍的成果,他们是真正帮助我校文科科研日益发展壮大的薪火相传的主力军。这支主力军的成长得益于两个方面:

一方面,我校立足长远,着力于对广大青年教师进行有计划、有目标的专业培训,加大对青年教师科研项目的经费投入,鼓励青年教师进行交叉学科项目的科学研究。中国传媒大学科研培育项目的设立,有效调动了青年教师的科研积极性,整体提升了我校人文社科的科研氛围与科研能力;邀请国内外专家学者来校开展社会科学研究系列讲座,积极拓展广大师生的学术视野;研究《艺术创作与获奖评价体系》,将科研与艺术创作有效结合,激发广大教师艺术创作的热情;研究《重点学科指标评测体系》,将我校的优质学科与国内外顶尖高校的相应学科进行深层对比,巩固我校两个优势学科在全国的领先地位;打造《中国传媒大学文科科研手册》,方便教师全面了解科研工作情况;建设完成文科科研成果库(一期工程),共收集信息传播领域论文15500余篇、著作3258册、研究报告730余篇,形成了我校自建校以来最为完整的科研成果文献体系;本着“高标准、精投入”的原则,集中一批优秀科研人才,引导广大教师特别是青年教师围绕全媒体、大数据等热点领域积极开展科研工作,营造了一个砥砺切磋的良好学术环境,促成了更多高水平科研成果的产生。

另一方面,我校广大青年教师努力开拓创新,将现代理论有机融合于具体实践之中,在变化中求发展,在发展中谋变化,不断寻找立意新颖的科研课题,以蓬勃向上和不断进取的青春锐气、孜孜不倦和奋力前行的勇气,扎根于文科科研工作,并不断茁壮成长。青年教师在学校“钻研、精研、深研”的方针指导下,凭借着旺盛的科研热情,在一系列科研、教学比赛和国际学术拓展中取得了令人瞩目的成绩。

此次青年学者出版资助项目就是这些科研成果中的一部分。也正是在优渥的科研鼓励政策的鼎力支撑下,才有了一批30~45岁的优秀青年学者倾心无忧,精心钻研,用心谋划,专心致学,大胆施展才华,安心科研工作,最终促成了“中国传媒大学青年学者文丛”的顺利面世。

学校文科科研的发展离不开青年教师的成长,学校管理机制的完善助

力于青年教师的进步。希望我校广大青年教师在科学研究的道路上不畏艰险、勇于创新,不断探索前行!

是为序。

中国传媒大学副校长、教授

廖祥忠

2015年12月8日



CONTENTS

目 录

前言:从“忠实”到“悦目”的自我超越

——数字影像中的科学与艺术 1

第一章 感光度

——从胶片到数字 12

第一节 感光度的标定 / 13

第二节 曝光指数 / 21

第三节 感光度对影调结构和 RAW 格式的作用 / 23

第四节 实用感光度测定 / 25

第二章 数字摄影机的特性

——兼论胶片特性的数字化应用 28

第一节 重新定义数字摄影机 / 31

第二节 数字摄影机的性能指标 / 32

第三节 数字摄影机图像处理 workflow / 52

第四节 开机前的试拍 / 53

第三章 曝光控制中的传统与革新 57

第一节 中灰与标准灰板 / 59

第二节 用测光表测光 / 65

第三节 使用示波器定光 / 75

第四节 数字摄影时代的曝光控制 / 85

第四章 HDR、影调结构和影调传递 105

第一节 HDR:创造沉浸体验式“真”影像 / 105

第二节 日常拍摄中典型场景的影调结构 / 117

第三节 “数字摄影工艺流程”中的影调传递 / 148

第五章 “忠实”还是“悦目”？

——色彩科学和色彩管理 153

第一节 光与色 / 153

第二节 色度学认知 / 158

第三节 数字摄影机的色彩再现 / 171

第四节 LUT 应用和数字摄影机色域设置 / 180

第五节 拍摄现场的色彩控制 / 185

第六节 DI 工作流程中的 ACES 色彩管理 / 202

第七节 DI 工作流程中的 RCM 色彩管理 / 206

第六章 数字摄影机的工作“空间”

——兼论制作空间的转换和应用 207

第一节 直线空间 / 208

第二节 线性空间 / 212

第三节 对数空间 / 218

第四节 各种空间的相互转换 / 223

第七章 影像质量控制与 DIT 数字影像工作流程 230

第一节 影响影像质量的关键点 / 231

第二节 拍摄过程中的质量控制要点 / 233

第三节 优化的 DIT 数字影像工作流程和数据管理 / 239

第八章 新器材和运动摄影造型 250

第一节 无人机与航拍 / 250

第二节 手持摄影与稳定器 / 271

第九章 数字摄影机适配镜头 283

第一节 四种选择 / 283

第二节 数字摄影机镜头(电影级别)质量认知 / 294

后 记 303

编者的话 305

前言：从“忠实”到“悦目”的自我超越 ——数字影像中的科学与艺术

“忠实”还是“悦目”？

大多数数字成像应用的中心问题是捕获一个原始场景，然后影像经过编码成为数据，而这些数据随后能经过解码将场景忠实地还原显示出来，就像观众直接看到这个场景一样。接近人眼 16.7 挡宽容度的 HDR、用激光作为三基色的 Rec.2100 逼真色域都暴露了数字技术接近造物主的野心。此为“忠实”。

原原本本的再现是一个最困难的问题，一旦这个问题解决了，为了满足艺术要求的表现就更容易处理了，如今包含海量数据的 RAW 借助 DI 工艺可以轻易地改变数字影像的面貌。此为“悦目”。

为了这两个目标，胶片集天时和模拟材料的天然优势，在这条路上探索了一百多年，成绩斐然。数字技术虽然起步较晚，但是借助自身非常易于改变的特点，它已经成为影像帝国的霸主。创作者们正在努力挖掘其中的艺术潜质，朝着全面超越历史的方向迈进。数字影像几乎全部都是“人造”产品，这使得其中的科学与艺术的纠缠交织尤其值得玩味，梳理数字影像的大事件会让这一点非常清晰。

第一个把数字和影像联系起来的人是史蒂文·塞尚(Steven Sasson)，他 24 岁时以工程师的身份来到柯达公司工作，1975 年发明了数码摄影技术，并制造了第一台数码相机(见图 0-1)。

就工程样机而论，这台机器的长相既小巧又漂亮。镜头是从超 8 摄影机

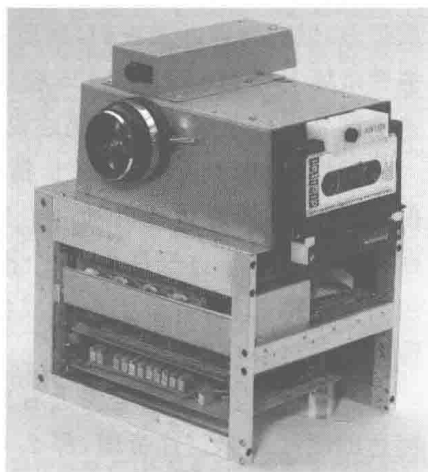


图 0-1 全世界第一台数码相机

上拆下来的,便携式数字记录仪使用的是当时流行的卡带,由 16 块镍镉电池供电,模数转换器用到了几十个电路板。随后,赛尚又发明了可以读取磁带上数字图像信息的播放系统,并用电视机显示。自此形成了一套完整的数字摄影系统,从采集到显示和胶片无关,全过程都不需要任何耗材。

这套系统标志着数字摄影时代的开端。



图 0-2 柯达样机的播放系统与它所拍摄的全球第一张数字照片

赛尚向柯达的管理层展示了他的发明,“我用了 50 毫秒捕捉图像,但花了 23 秒将它记录到磁带上。然后我将盒式磁带弹出,交给我的助手。他将磁带放入播放机中,约 30 秒后,电视上出现了 100×100 像素的黑白图像”。虽然画质很差,但赛尚告诉老板们,画质将随着技术进步迅速提高。在未来,它会在消费市场上与 110 胶片和 135 胶片一决高下。当被要求与市场上现有的消费电子产品进行类比时,赛尚描述说“它就像在惠普计算机上加上一个镜头”。

“计算机加上一个镜头”! 精准的比喻! AJA C10n 发布时,许多人都调侃,如果这款摄影机开机时再配上操作系统启动时的音乐,那就是一台实实在在的计算机了。但是,每一个摄影师和工程师都清楚,所有的数字摄影机包括数码照相机,本质上就是成像系统和数字电路系统的组合,即“镜头+传感器+计算机”组合。

如果说“没人想在电视上看照片”的想法是千里之堤上的蚁穴,冲垮了柯达的图片摄影胶片帝国,那么 Cineon 规范则彻底革了柯达的命。最初的传感器 CCD 和后来性价比更优异的 CMOS,都和胶片的特性存在本质差异。在对光线的反应方面,一个是线性的,一个却是对数性的。在还原自然



图 0-3 AJA Cion 4K 数字摄影机

现实的道路上,电视摄像机拍出的影像和胶片摄影机拍出的影像总是有那么大的差距。出于特效合成的需要,柯达公司研发了模数转换系统 Cineon,数以百计的工程师和摄影师花费了十余年时间,用汗牛充栋的论著论证了人眼、胶片和数字这三者之间的关系,找到了影像按比例传递的解决方案。

巨大的投入让 Cineon 系统价格不菲,当年的价格即超过了 200 万美金。

1993 年迪士尼公司使用 Cineon 系统修复了动画片《白雪公主和七个小矮人》,并获得了意想不到巨额回报,向业界证实了 Cineon 系统的价值。好莱坞的老顽童乔治·卢卡斯也运用这种全新的数字影像技术对他 20 年前拍摄的《星球大战》进行修复加工。1998 年,再版后的《星球大战》上映后,一周内获得了 3600 万美元票房收入,几乎是改版费用的 2.5 倍。

Cineon 系统是一个突破性的基于计算机的数字电影系统,它由胶片扫描仪、胶片记录仪和 workstation 组成(硬件和软件),合称为“Cineon 数字电影 workstation”,用于合成、特效、影像复原和色彩管理。Cineon 系统项目还负责设计数字电影的画面处理,即著名的 Cineon10,它是一个 10 比特对数格式,一经推出就统治了电影视效领域十余年,并成为 SMPTE 数字图像交换格式 DPX^① 的基础框架。

作为 4K 的端到端、10 比特的数字电影制作解决方案,该系统超越了它的时代。该系统的三大组成部分(扫描仪、workstation 软件和记录仪)都获得了单独的美国电影艺术与科学学院的科学技术奖。虽然柯达早在 1998 年就宣布停产和停止提供技术支持,但这套系统仍沿用到了 21 世纪的第一个十年。

① DPX(Digital Picture Exchange)是一种主要用于电影制作的格式,将胶片扫描成数字位图的时候,设备可以直接生成这种对数空间的位图格式,用于保留胶片较大的动态范围,加入 I/O 设备的属性使软件能够进行转换与处理。

Cineon10 在现有显示放映技术的框架内,完美解决了影调按比例传递和色彩管理的难题。它的对数结构是数字电影摄影机的滥觞。2010 年 ARRI 发布了具有划时代意义的 ALEXA,Log C 对数曲线终结了胶片帝国,两年后柯达宣布破产。

把胶片具有的和人眼近似的对数结构通过一种计算机算法克隆到数字影像上,这绝对是划时代的大事件。这离赛尚发明数字技术整整过去了 35 年,数字影像技术从此驶入了快车道。2015 年,HDR 技术以 15 挡以上的宽容度在数字摄影机上实现,从技术角度最大限度地“忠实”于物质现实,至此,一百多年来人类记录自然还原影像的技术终于可以媲美人类视觉。



图 0-4 油画《绘图的年轻的女子》^①

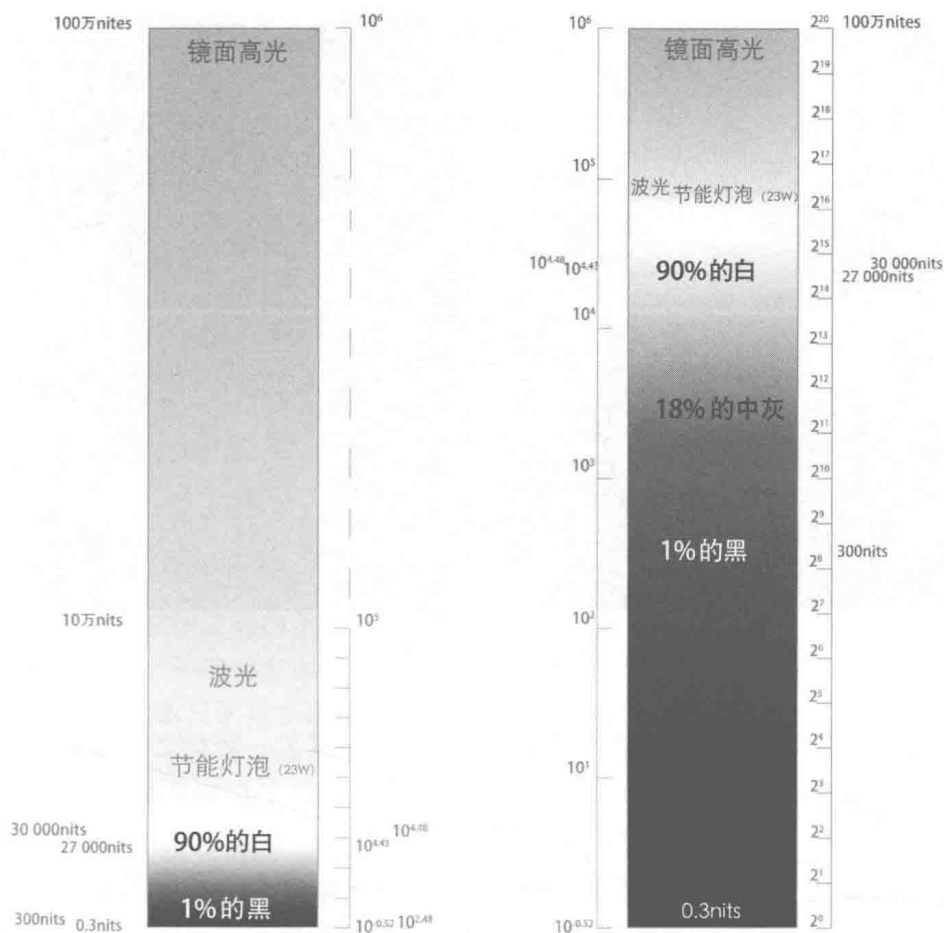


图 0-5 用数字摄像机还原场景(模拟)

谈到 HDR,不得不回到绘画方面,画笔颜料对光线的描绘着实令人感叹。图 0-4 是画家“眼”中的世界,如果交给数字摄像机就会变成图 0-5 的样貌。不单单是细节丰富度的问题,光影关系的改变也造成了色彩的变化,原画中的艺术氛围荡然无存。绘画艺术基于人类视觉又超越人类视觉,这也正是影视艺术孜孜以求 HDR 的全部动因。

HDR 是 High Dynamic Rang 的缩写,即高动态范围,它不但规定了数

^① 油画作者为玛丽-丹尼斯·维莱尔(Marie-Denise Villers),油画名称为 *Charlotte du Val d'Ognes*。



自然界的亮度范围

人眼感知的视亮度

图 0-6 自然界亮度范围和人眼感知的视亮度关系比较

字摄影机应该容纳的明暗亮度比,还对这种比例关系进行了适应人眼观看规律的对数改造。数字时代的感光材料的传感器本身具有的是一种线性结构,而人眼和胶片则天然是对数结构(见图 0-6)。

摄影从诞生到现在,一直和绘画保持着时而断席割袍、时而遵奉膜拜的暧昧关系。文艺复兴以来绘画所达到的视觉艺术美学高度,影视至今无法企及。去除自身的工业产品的属性限定,许多文艺片的作者借助胶片的模拟材料的性能做了大量大胆的尝试,初步显出去工业化后的艺术特质。影片《卡罗尔》即是数字时代摄影师对胶片美学的坚持(见图 0-7)。

在机械复制的美学框架下,胶片创作依然不能超越古典主义绘画所呈现出的和谐均匀的影调关系。借助大功率灯具和高感光度胶片,电影以极



图 0-7 影片《卡罗尔》

大的成本艰难地还原大自然极大的反差,逐渐积累了一套行之有效的照明和配光体系,出现了一批闪耀的佳作。正如有声电影之初的艺术倒退,以光电器件为核心的数字影像“革命”几乎中断了胶片一百多年来的艺术探索,距离艺术创作角度更加“悦目”反而倒退了一步。由于已经习惯了制造商“所见即所得”的慷慨馈赠,创作者很难静下心来像胶片时代一样重新研究感光度、宽容度结构、色彩传递等这些艰涩的,既是技术又关乎艺术的难题。他们要么继续走在对胶片时代的模仿之路上,鲜有超越;要么丢掉胶片的拐杖后还来不及深度挖掘数字影像自身的特质,反受数字技术的束缚和控制。“影像的探索和革命,不是已经无路可探,而是刚刚开始。”^①

从技术上来说,数字技术虽然取得了巨大成就,但在关键环节上依然有待突破。技术上的关键环节包括两个方面:可选原生感光度,以及高分辨率和低帧率之间的矛盾。

一部电影的拍摄不止用到一种胶片,白天外景拍摄用日光型 50ASA,内

① 罗攀.数字影像突破传统意义的视觉美感[EB/OL].(2016-07-25)[2017-02-01].http://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MjM5MjY3Nzc0MQ==&mid=2653317552&idx=1&sn=f2bd0971757bebd7f22e62a856aad5b&mpshare=1&scene=1&srcid=0121id14vPMDCNFaF5dXsoRo#rd.

景拍摄用 250ASA。棚拍用 200ASA 灯光型，夜景拍摄用 500ASA。^① 伴随着不同的颗粒感，不同场景有不同场景的味道。大部分的数字摄影机的原生感光度只有一种，在 RAW 格式下工作只能借助 ND 滤镜改变场景的照度，牺牲了动态范围、色彩还原和反差，可更换传感器式数字摄影机技术有待突破。松下 VariCam 35 的双原生感光度和 BMD 的可更换传感器设计可以算是相当有益的尝试。在松下数字摄影机内部，其实是有两路独立的模拟信号 (Analog Circuit) 处理系统，一路是标准的 800 ISO，一路是 5000 ISO。当机器识别到 ISO 为 5000 的时候，系统自动切换信号处理系统，通过电路处理的方式，使得画面噪点降低到和 800 基准感光度同样的噪点水平。但是这款摄影机依然缺少低感，目前厂商的注意力全部集中在高感上高信噪比的突破，低感在未来一段时间内难以改变被忽略的命运。BMD 的可更换传感器是针对机器升级而设计的，并非针对不同的感光度。

本来为大家津津乐道的高分辨率也遇到了发展瓶颈，这突出表现在高分辨率和低帧率之间的矛盾。24 格/48 帧的拍摄放映帧率标准并不是完美的解决方案。早期的电影拍摄并没有一个统一的标准，爱迪生用 40 帧/秒拍摄，而卢米埃尔兄弟则是以 16 帧/秒拍摄。在有声电影时代，为了保证声音的清晰度，这才把拍摄帧率统一到了 24 帧/秒。考虑到 24 帧实际上并不能满足人眼的视觉暂留阈值，现在的电影放映通行的做法是每帧画面重复一次，最后观众看到的是 48 帧/秒。电视比较讨巧，PAL 制电视沿用原来的 50i，在单位时间里观众也能看到 50 个画面。长此以往，观众的电影感审美惯性定型，胶片的颗粒感、柔和度、光晕、巨大的反差、真实模糊的拖影这些“缺憾”都逐渐成为电影有别于生活之美的重要元素。

2016 年 4 月，李安在 NAB 年会上发布了新片《比利·林恩的中场战事》11 分钟的片段，之后所有的讨论都围绕这三个数字——3D、4K、120fps 展开。业内对 120fps 很纠结，批评者认为画面太过清晰反而像游戏的质感，缺乏传统电影的模糊和频闪效果，也就失去了传统电影的美感。对于青年一代，游戏质感不是问题；而对于胶片时代成长起来的观众，的确还需要一段时间留给审美习惯的重建。

再从艺术上来考量，新时期的创作需要尊重数字技术的特性，革命性地改变照明系统的既定范式。正如同摄影师大费周章地用 30 张底片合成油画般的《人生的两条道路》跻身艺术的殿堂，电影也经常以绘画作品作为摄影参考。为了创造出一种 18 世纪古典油画的风格，库布里克的摄影师在全世

① FAUER J.Vittorio storaro:passage from film to digital[J].Film and digital times,2016(75).

界奔波了3个月,才选定美国太空署用来拍摄月球的50毫米的蔡司镜头,以F0.7的超大光圈捕捉《巴里·林登》中烛光摇曳的上流晚宴。这也是迄今为止胶片模拟真实夜景最成功的案例,在描绘微光的夜晚的能力上,胶片和绘画开始接近了。巴里·林登为儿子办生日聚会那场戏最初是在一个大厅内拍摄的,使用的蜡烛多达2000多支,但库布里克对拍摄出来的效果并不满意,最后又将场景换到了室外。^①

数字产品凭借调节电路的功率和降噪在亮度控制上一直有比胶片有更大的优势,但是受分辨率的限制,直到《借刀杀人》,数字产品才成功地在大银幕上用数字方式呈现夜景场面。城市的夜晚再也不是漆黑一片,虽然当时的数字摄像机信噪比较差,但却第一次真切地捕捉到了夜景的真实气氛(见图0-8)。



图0-8 《借刀杀人》的故事大部分发生在城市的夜晚

影片《克伦威尔》(见图0-9)出现时,数字技术所具备的技术条件已经不可同日而语,烛光夜景已经完全实现了库布里克的愿望。高感光度的使用使利用微光进行摄影的可能性变大,摄影师开始喜欢在微光中捕捉光线的细微变化,和古典好莱坞时期硬光制造的强烈的光影反差形成了鲜明对照。

^① 大光.绝顶天才的混蛋——斯坦利·库布里克传[M].北京:中国广播电视出版社,2007:101.