

# 数码单反相机的成像原理

李定川

(宜宾影像器材公司, 宜宾 644000)

**摘要:** 本文阐述了传统单反照相机、数码单反照相机和单镜头电子取景数码照相机的结构、特性、工作原理和发展历程, 对比了其各自的功能和性价比, 并指出了: 由于单镜头电子取景数码照相机在拍摄时记录下的景物与取景器上观察的景物完全是相同的, 不存在任何时间差, 而且相机结构相对较为紧凑、轻便, 性价比较高, 因此有可能取代数码单反照相机成为今后高档数码照相机的发展方向。

**关键词:** 单反照相机; 数码单反照相机; 单镜头电子取景数码照相机 DSLE

中图分类号: TB852.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-0270(2007)02-0029-05

## Imaging Mechanism of Digital Single Lens Reflex Cameras

LI Ding-chuan

(Yibin Imaging Apparatus Co., Yibin 644000)

**Abstract:** This paper presents an elucidation of the structure, characteristics, working mechanism and development history of traditional single lens reflex cameras SLR, digital single lens reflex cameras DSLR and digital single lens electronic view finder cameras DSLE, and a comparison of their functions and quality to price ratio. Owing to the fact that the scene taken by the DSLE cameras is identical to that seen on the view finder without any time difference and DSLE cameras are more compact and lighter, offering a higher quality to price ratio, it is concluded that this type of cameras will replace DSLR cameras and become the future development trend of high-end digital cameras.

**Key words:** single lens reflex camera SLR, digital single lens reflex camera DSLR, digital single lens electronic view finder camera DSLE

## 1 序言



图1 索尼数码单反相机

摄影术在20世纪迅速发展, 它不仅成了人们记录社会变化, 自然变迁的工具, 由于通过照相机镜头记录的影像, 对实物进行了一定程度的加工和删节, 使之更凝重或简单、更朦胧或清晰、更浑浊或透彻、可压缩或拉伸..., 这样又派生成一门艺术, 得到了更大的发展和普及。今天, 一个没有摄影术的世界是不可想象的。摄影术的发展得益一个重要的工具——照相机的发展, 从技术上来说, 单镜头反光相机使照相机技术发展到了颠峰, 如今“单镜头反光”技术又进入了数码世界。但是, 人类发展史证明, 没有一个技术是永远辉煌的技术, 本文试图用笔者仅有的知识, 说明目前如日中天、捧者如云的单镜头反光数码相机(DSLR), 在数码时代将会走向没落, 取代它的

收稿日期: 2006-07-06

将是“单镜头电子取景数码相机(DSLE)”。同时也试图说明,在“像素”、“动态范围”、“时滞”等问题解决以后,人们会用小尺寸数码照相机得到目前用大画幅胶片照相机才能得到的作品。

## 2 走向辉煌的单镜头反光相机

1589年,意大利科学家贝特斯塔夫发现了小孔成像原理,三个世纪后的1816年,格拉斯发现了通过化学感光原理的摄影术,此后达盖尔发明了银版摄影术和冲洗照片的方法。从此,摄影术开始走向实用,造成了一个天作之合的神话——大自然和人物竟能摄魂录魄般地被记录在一个胶片、一张纸上,人间美景和事物从此被记载、被传播、被认知。

照相机出现后,由于需要对被摄物的方位、大小进行精确记录,因此制造了取景器。随后人们又发明了光学取景器,由于调焦的需要,光学取景器和成像镜头应同步联动,这样就出现了双镜头反光相机和旁轴取景相机。

照相机,摄影术和光学技术在不断发展,可换镜头相机的出现在摄影史上是具有里程碑的事件。但从此人们也有了更多的“麻烦”,他们要让取景器和各种镜头能够联动。对旁轴取景相机而言,取景器和不同镜头的联动是非常困难的技术。1931年到1936年,德国爱哈推出了俯视取景的单镜反光120和135相机,使取景和成像镜头合二为一。1948年,东德蔡斯公司推出了一种新型相机,它采用了一系列光学器件,使从一只镜头进来的光线在不同的时间和空间到达取景器和感光材料,从而最大限度地实现了摄影师的梦想,取景和成像终于最大程度的相似,他们把这种相机叫平视取景单镜头反光相机(SLR)。

由于有了这些优点,单镜头反光相机以横扫千军的气势傲立于众相机之颠。到了上世纪80年代,美能达MINOLTA 7000出现后,照相机自动化的基本问题均已解决。从此,普通人群可以用专业的手段观测和拍摄照片。

在技能方面,每一个能掌握器材的摄影师都站在同一起跑线上,能不能获得优秀的作品取决于你的综合修养,对文学、艺术、音乐、环境、军事……甚至科学进步的认知。

1978年后,中国摄影家协会举行了多种摄影大奖赛,有很多届的金奖都被普通的旅游者、行政官



图 2 美能达数码单反相机

员、作家这些非专业摄影师用俗称“傻瓜”的相机拍摄获得。这见证了器材的进步,使人类前所未有地获得了弥补自己专业知识不足和技能不足的方法。

单镜头反光相机的快速发展鼓励了人们的使用,反过来又促进了它的发展,经过了多年的竞争,佳能、尼康、美能达等走在135单反相机前沿的企业推出了庞大的镜头群,采用了当今最先进的工艺和科技制造这些镜头。由于有了优秀的、庞大的、尤其是昂贵的镜头,在心理上和物质上都难于承受损失这些镜头的压力下,单镜头反光相机有了巨大的后盾和支持,同时也促进其再发展,使用户不断深入使用这些设备,并沉沦在这些设备中。

## 3 数码科技横扫千军

就在传统摄影术深深沉溺于自己君临天下的风范和横扫千军的气势中的时候,遥远的天边响起了惊雷,数字摄影术在科学进步这个母亲的襁褓中诞生,这个婴儿步履蹒跚的走向腥风血雨的中土大地。

在胶片技术的使用者和消费者纷纷向数码技术不断发起质疑和攻击的时候,胶片生产的巨头柯达和富士早已全身心地投入了新的数码感光材料研制,终于,在1976年柯达推出全球第一台数码相机。

很多人漠视数码科技的力量,是他们忽略了电子和计算机技术至今遵守的一个理论,即摩尔定律。世界半导体技术的巨头INTER公司的创始人之一戈登·摩尔37年前曾预言,半导体器件的核心技术—集成电路的密度每两年翻一番而价格下降一倍。在90年代中期,CCD才达100多万像素;而

到2004年市售产品中,小于135幅面的CCD已达1280万像素,135幅面CMOS更达到了1670万像素。按摩尔定律推测,两年后小于135幅面的CCD将达2400万像素,CMOS达3200万像素,更何况是四年、八年后呢?同时,CCD的色彩深度目前已经可以做到48位,按胶片对颜色的感知比对,24—36位色彩深度已足够。就“时滞”而言,Canon 1ds markII已经达到0.3秒的开机和55毫秒的快门时滞(与EOS 1V相当)。在动态范围方面,目前的看法是如果单个像素面积太小,受到太多的光照,电荷充满后会溢出到相邻像素,产生高光溢出。根据视觉习惯,目前135面积CCD(CMOS)的动态范围已与胶片接近。而且,人类对已知材料的灵活运用是惊人的,在135画幅面积以下,富士公司使用了 Super



图3 佳能数码单反相机

CCD SR技术将CCD的动态范围扩展到接近普通负片水平,可见就CCD(CMOS)现状而言,对它的创新运用也会成倍地提高性能,何况将来。

目前,按照测试,在人像摄影中,由于胶片和数码两种摄影系统的模量传递特性不同,数码相机仅以1000万高质量像素的清晰度就胜过6×5底片的

1亿像素;同理,像素较低的数码相机和理论像素超过其数倍的胶片比较,在成像上后者并无优势(注1)。在分辨率上,就视觉而言,在正常光线下800万像素的高档“消费类数码相机”的成像已超越135胶片相机。(限于篇幅,笔者将在另外的文章中引经据典和用图片对此说明)。

因此,在技术发展到一定时,小面积CCD(CMOS)将达到大画幅胶片的成像水平;当然,大面积CCD(CMOS)有更好的质量,但是已超越了实用。

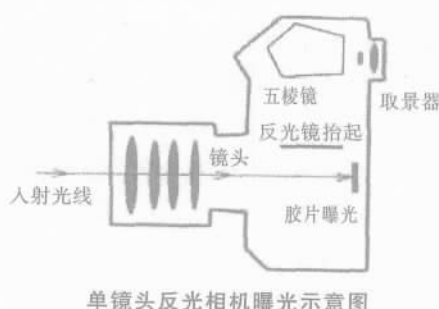
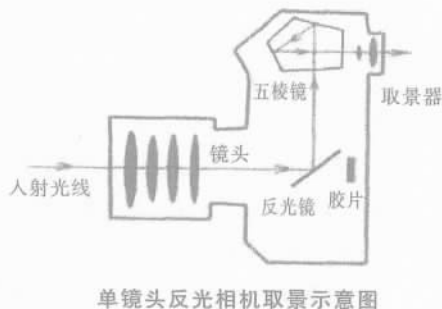
数码照片已和相机合二为一,只要你有足够的精力,你可以每天拍摄一万张照片。这好像一个天方夜谭,但你的确已经触摸和使用了这个神奇的科技。尽管胶片的偏激卫道士喋喋不休地数落着数码相机的缺陷,但胶片巨头柯达和富士不断减产、裁员、停厂并在数码领域另攀高枝,胶片、数码两者前途显而易见。

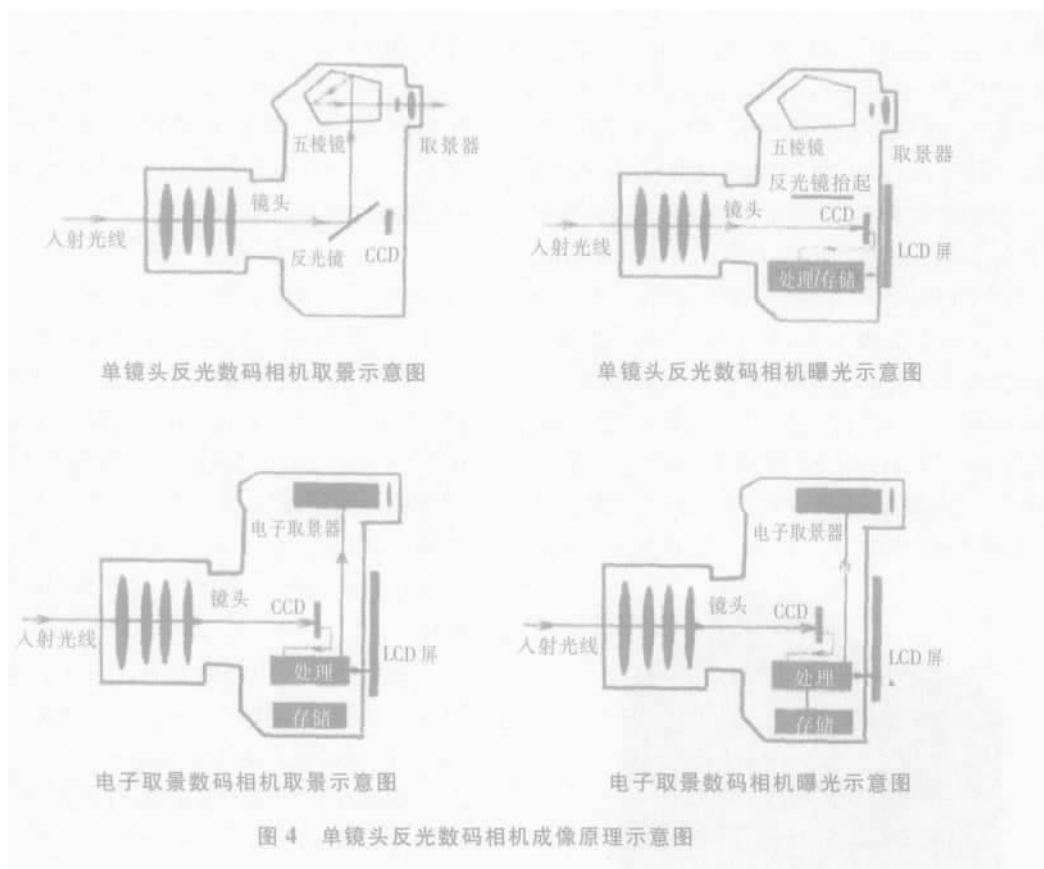
数码技术正飞快地发展,不久它将把胶片挤在角落,但胶片仍将在特殊领域和环境中继续发扬光大,与机械相机成为长期绝配。

数码相机的成功正颠覆着传统摄影术的理念,各种传统技术纷纷移植数码技术的精髓,这些技术的移植主要是为了解决拥有传统的昂贵的照相设备的用户,这样,出现了诸如数码后背之类产品,但终究是权宜之计。

#### 4 没落的皇族—单镜头反光数码相机

步入数码领域后,凭借大量传统使用者和原来昂贵镜头拥有者的支持,拥有单反技术的厂家也拼命推波助澜,单镜头反光数码相机把传统单反的霸气带进了数码领域,并自称为高档相机、专业相机。附图4是数码单反成像原理。





由图可见, 数码单反的取景、测光 and 传统单反一脉相承, 透过光学取景器看到的景物和曝光在 CCD 上的影像常常是有出入的, 由于反光镜抬起前 CCD 不受光, 因此不能预览影像、不能记录活动影像。如果取景器无人遮挡, 从取景器反射下去的光线也能干扰测光。再者, 在安静环境和特殊环境按下快门时, 单镜头反光相机不可割舍的反光镜会抬起, 产生了振动, 产生了声响。单镜头反光相机靠五棱镜折射取景, 这在当时是一项很先进的技术, 但同时大大增加了制造难度、成本、体积并使保养困难。

从实际观测可知, 数码单反只是在快门按下后, 才是数码相机。所以数码单反相机更确切的称谓似乎应该是“单镜头反光数码后背相机”。附图 4 是 LCD 取景的普通数码相机的成像原理, 从图可见, 在普通数码相机电子取景器 (EVF) 或 LCD 显示屏上看到的景物, 是由 CCD 感应到的光线经相机处理后, 放在电子取景器或 LCD 显示屏上的, 任何手动调节影响到曝光组合的变化, 都

会由 CCD 感知, 而反映在电子取景器和 LCD 显示屏中, 按下快门后也是这个 CCD 将先前看到的景物忠实地放在存储器上。这个令人愉悦的过程满足了人类从摄影术诞生后即产生的幻想, 获得一张看到的和得到的、是基本相同的而不是相似的影像。

换句话说, 电子取景这个技术的出现划时代地使人们通过调节曝光组合, 能在复杂光线中得到和看到与实景相同的曝光后的预览影像; 而数码单反相机在曝光前用自然景象, 曝光后用经处理后的影像让你观看, 人眼与 CCD 对光线的感知不相同, 并且幅面大小也有差异。这是电子取景数码相机和数码单反相机的重要区别之一; 同时电子取景数码相机的取景屏可以多角度翻转, 便于各种情况的取景, 取代了单镜头反光相机的多种昂贵、复杂的取景器, 这是电子取景数码相机和数码单反相机的重要区别之二。

佳能 PRO1、索尼 828、索尼 R1 采用了以上技术, 在手动档关闭了环境亮度补偿, 调节曝光组合



会由CCD感知而反映在电子取景器和LCD显示屏中,可以预览曝光后的影象。当然,数码单反相机的取景器并非一无是处,光学取景器观察到的景物在现阶段较电子取景器更清晰,但后者正迎头赶上,尤其是大尺寸的LCD显示屏和高精度EVF已经出现在数码相机上,不论取景和预览都更清楚、方便。

## 5 新的王者—单镜头电子取景数码相机

就数码相机的称谓,笔者认为把Canon pro1、Nikon 8800这样的数码相机叫做“消费类数码相机”和“准单反数码相机”是非常含糊、定义错误和可笑的。正确的称呼应比照历史上对旁轴取景相机、双镜头反光相机、单镜头反光相机的命名,我认为应称其为“单镜头电子取景数码相机(DSLE)”。

就佳能而言,单镜头电子取景数码相机PRO 1对数码单反相机EOS 300D的挤压是明显的,同时也分流了EOS 350D、EOS 20D的用户。根据调查,一个没有库存镜头的普通消费者更愿意选择PRO 1。



图5 佳能EOS 350D型数码单反相机

笔者对PRO 1和EOS 350D作了实用比较,PRO 1拥有佳能引以为傲的L镜头,变焦范围28—200,镜头使用了超声波马达对焦(USM),它包括了一片超低色散镜片和一片天然萤石镜片,可以很好地控制色散。另外它还加入了两片非球面镜片用于控制像差。萤石具有低色散的特性,但是由

于获取加工不易,因此价格高昂。

Canon pro1移植了佳能公司在传统相机和数码相机领域的众多优秀成果,是难得出出现的集大成者。PRO 1成像非常优秀,如果用220DPI的印刷精度和420×297毫米(A3)幅面,可以输出色彩丰富、动态优良、锐度颇高的精美的照片。笔者另有几只传统的佳能L镜头,购价均在一万元以上,这些L镜头有些还不含有萤石镜片。所以仅仅PRO 1拥有的L镜头的价值,就足够换取一套EOS 350D套机或EOS 20D机身。PRO 1何以如此贱价,是因为SONY推出了拥有蔡斯镜头的售价仅数千元的828,可见竞争对消费者的好处。所以拥有传统相机生产技术的厂商更愿意把镜头和机身分开卖,而数码单反相机正是可以分开卖的商品。PRO 1的缺点是时滞稍大。

反观数码单反相机EOS 350D,虽然有比PRO 1大得多的图象传感器,但随带的镜头仅是18—55(28—88)的普通镜头,套机的成像比PRO 1有一定差距。如果换用价格10000元的17—35L镜头(换算在EOS 350D上为27.2—56),在相同焦距时对同一远景拍摄,放大到A4幅面时,两者输出的照片相似,对比高光和暗部,大CMOS的优点不明显。但这时EOS 350D+17—35L已高达16000元,还需要再添置35—200焦段的镜头才能与PRO 1相当(估计价格已近3万元)。同时,EOS 350D不能在LCD上预览取景,在取景器中观察到的景物和最终成像,受测光影响有差异,在复杂光线如早晨和黄昏时更甚。为了正确曝光,需要回放影像不断手动调整曝光组合,或需要有经验的摄影师作曝光补偿。同时不能俯仰取景,但时滞较小。

经过我们比较可知,如果把先进技术和材料(如1670万像素的全尺寸CCD或CMOS)用在象PRO 1这样的单镜头电子取景数码相机上,可以达到同级数码单反相机(EOS 1Ds MARK)的成像水平。并且,只要加上一个卡口,PRO 1就可以更换镜头,这对佳能这样的厂商是易如反掌的。而即便这样,其价格也会远较EOS 1Ds MARK低,体积、重量也会远较EOS 1Ds MARK小。反之则不可,如果把先进的电子取景技术移植到Canon EOS 1Ds MARK,它就变成了“PRO 1”。