

2. 单反相机与微单相机

相机分类：卡片相机、单反相机、微单相机

2.1 单反相机

2.1.1 什么是单反相机

1) 一边取景一边拍摄

先来谈一谈胶片相机。相机拍照的原理，简单来说就是把镜头装在相机前面，让进入镜头的光照射到相机内部的感光材料，然后把影像记录下来。在胶片相机中，感光材料是胶片，而在数码相机中，感光材料是CMOS 或 CCD 这样的图像传感器。

当感光材料是胶片时，用户在拍摄时并不知道最终能够拍出什么样的照片。之所以这样说，是因为镜头的成像需要全部投射到胶片上，相机上没有可以让用户提前确认成像结果的结构。

因此，普通用户无法轻松地使用相机。于是，人们想出了各种方法来实现成像的实时确认。

首先，最简单的方法就是在光从镜头到达胶片的光路之外加装一个目镜，用来确认要拍摄的影像。

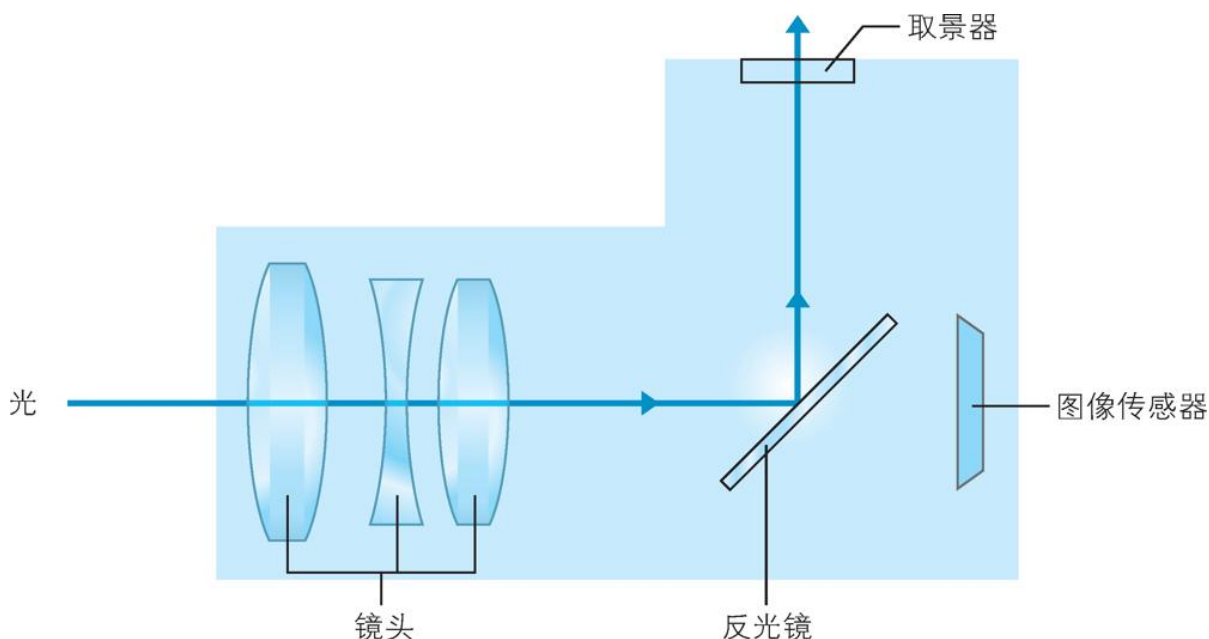
这个目镜称为取景器。那种只是在相机上开个孔并装上目镜以观察被摄体的取景器只需占用很小的空间，所以经常用在小型相机上。但是，这种取景器有一个很大的缺点，那就是可能出现视差，导致最终拍出来的照片和看到的影像不一样。关于这个缺点，详见 2.3 节。

相机所用的镜头既有能拍出更广阔风景的广角镜头，也有能放大拍摄远处被摄体的局部的长焦镜头等。这些镜头拍出的照片可以呈现出各种各样的效果，但最终的效果往往与用户从取景器中看到的完全不同。于是，为了能够在拍摄前确认要拍摄的影像，人们又安装了一个与用来拍摄的镜头一模一样的镜头，也就是装了两个镜头。这样就可以缩小最终成像和通过目镜取景时看到的影像之间的差异。人们将只有一个镜头的称为单反相机，将有两个镜头的称为双反相机。单反相机的“单”表示的就是只有一个镜头。

2) 单反相机的结构与工作原理

双反相机虽然可以让用户一边取景一边拍摄，但必须同时安装两个镜头，因而在成本和体积等方面有很多缺点。为了实现只用一个镜头就能够看到与最终拍摄的照片几乎相同的影像，人们又想出了利用光反射的方法。

其实在拍摄时，光只需在拍摄的瞬间到达图像传感器即可。所谓拍摄的瞬间，说白了就是按下快门的那一刻。在确认取景时，光没有必要到达图像传感器。由此，人们想出了利用光反射的方法，也就是在取景时，把镜子放置在镜头和图像传感器之间，而在按快门时，把镜子移开，让光照射到图像传感器上。有了这面镜子，就可以把影像通过反射传导到其他地方。此时，如果让镜子倾斜，与光进入镜头的角度呈 45 度放置，影像就会被反射到上面（图 2.1）。从上面观察反射到镜子的影像，就可以确认要拍摄的影像。这面镜子是用来反射影像的，因而被称为反光镜。单反相机中的“反”指的就是反光镜。所谓单反相机，就是单镜头反光式数码相机的简称。

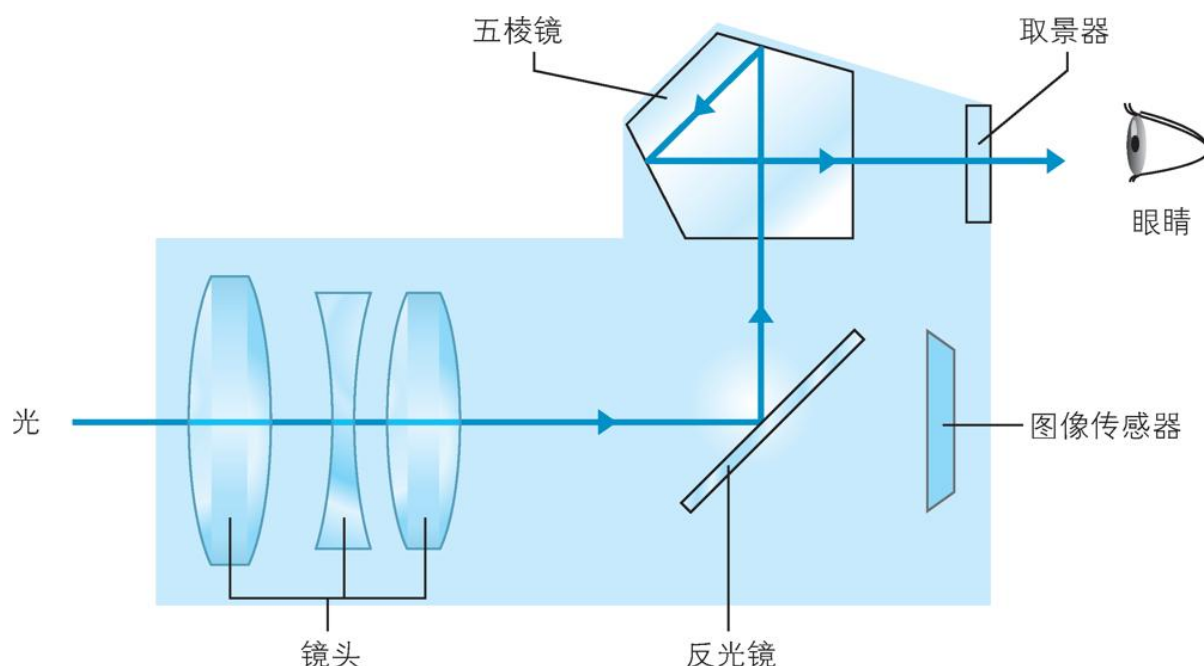


所谓单反相机，就是在镜头和图像传感器之间放置 45 度倾斜的反光镜，通过光反射来确认取景的相机。

对于这种结构的单反相机，用户需要把相机放在腰部，从上面的目镜观察并拍摄。因此，它也被称为腰平取景式单反相机。

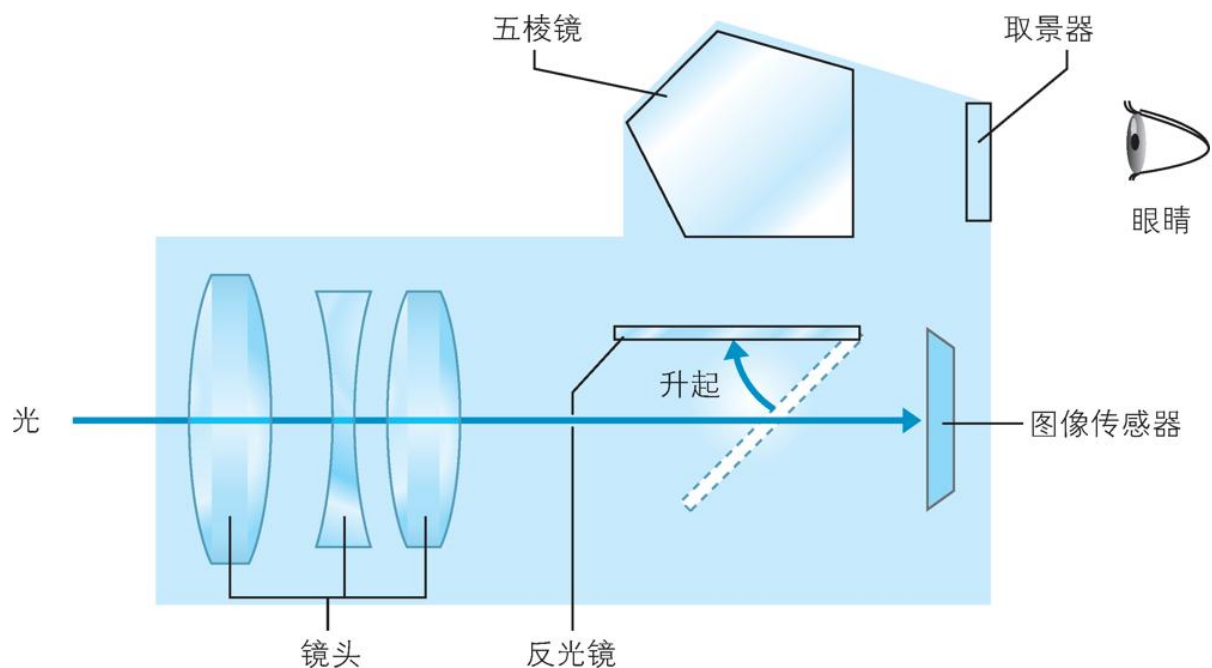
腰平取景器虽然可以让用户在拍摄时通过取景器看到与最终拍摄的照片几乎相同的影像，但是观察取景器时，看到的影像会左右翻转。显示在图像传感器上的影像会上下左右翻转，通过反光镜的反射，上下翻转的影像是可以复原的，但左右翻转的就没有办法复原了。在这种状态下，当通过取景器构图取景时，如果想把右边没有进入画框的部分放入构图中，就必须向左移动相机机身。这种违背直觉的操作并不容易，在进行细微调整时也会有一定影响。

为了改正这个缺点，人们进一步改进了单反相机，使用户可以像使用望远镜一样，从相机机身后面观察目镜并调整构图。但是，这就需要使构图时用肉眼看到的影像和从取景器取景器中看到的影像之间没有视差。人们通过研究发现，棱镜是可以实现这个要求的最佳部件。说到棱镜，想必有些人在学校做过通过棱镜使光分散而得到七色光谱的实验。棱镜有很多种，不仅可以对光进行分散，也可以折射光。在可以折射光的棱镜中，五棱镜（也称为屋顶型五棱镜）具有使影像上下左右翻转的功能。如果使用五棱镜，在取景器中看到的影像就不会翻转了。借助这种五棱镜改变光的路径，用户就可以像使用望远镜一样，通过相机背面的目镜来取景并确认构图。与需要放在腰部进行取景的腰平取景式单反相机相对，这种结构的单反相机由于需要放在眼部前方平视取景，所以被称为眼平取景式单反相机。



通过五棱镜使影像上下左右翻转回来，从取景器看到的影像和肉眼看到的影像就会完全相同。

这样就可以通过取景器看到镜头里的景色了，但如此一来，光就无法抵达图像传感器了。因此，还需要在按下快门按钮的一瞬间升起反光镜，使之从光行进的光路中消失。这样，光才可以抵达图像传感器并顺利成像（图 2.3）。当拍摄完成后，升起的反光镜恢复到 45 度倾斜的状态。如此就实现了通过取景器确认从镜头看到的影像，然后通过图像传感器记录看到的影像。



在按下快门按钮的同时，反光镜升起，从镜头射入的光抵达图像传感器。在拍摄结束后反光镜恢复到 45 度倾斜。

3) 数码单反相机的缺点

至此，通过取景器看到的影像和实际拍摄的照片终于相同，单反相机实现了直观构图并拍摄，但这样的单反相机也有几个缺点。

1. 相机的体积会变大。这是因为必须配备反光镜和五棱镜等体积较大的部件，还必须确保在拍摄时反光镜能够有升起的空间。
2. 在按下快门时取景器会瞬间变黑，此时无法确认构图。在按下快门时，反光镜升起，光照射到用来实际记录图像的胶片或图像传感器。此时光不会照射到取景器里，所以取景器会变得漆黑一片。这称为“黑屏”。
3. 反光镜的动作会对拍摄造成各种各样的影响。通常，除了像夜景拍摄这样的特殊状况以外，快门时间（也就是光照射到胶片或图像传感器上的那段时间）都在数十分之一秒到数百分之一秒之间，这是极其短的时间。如果反光镜能够在这段时间内完成升起动作，那么取景器的黑屏时间就可以最大限度地缩短。但是，这就必须让反光镜高速运动。如果速度太快，产生的振动和驱动模块的摩擦就会变大。振动太大会导致机身在拍摄时抖动，而频繁的较大摩擦会导致产生金属粉尘。

此外，反光镜的动作也会引起相机内空气的流动，从而导致金属粉尘和颗粒尘埃散落。这些都是拍摄时的大敌。

可以看到，单反相机的这些缺点都是由反光镜引起的。虽然“体积大”这个缺点也受五棱镜的影响，但那也是因为使用反光镜时，五棱镜是不可或缺的部件。于是人们就设想，如果去掉反光镜会怎么样呢？微单相机就是基于这样的设想诞生的。

2.2 旁轴取景式相机和卡片数码相机

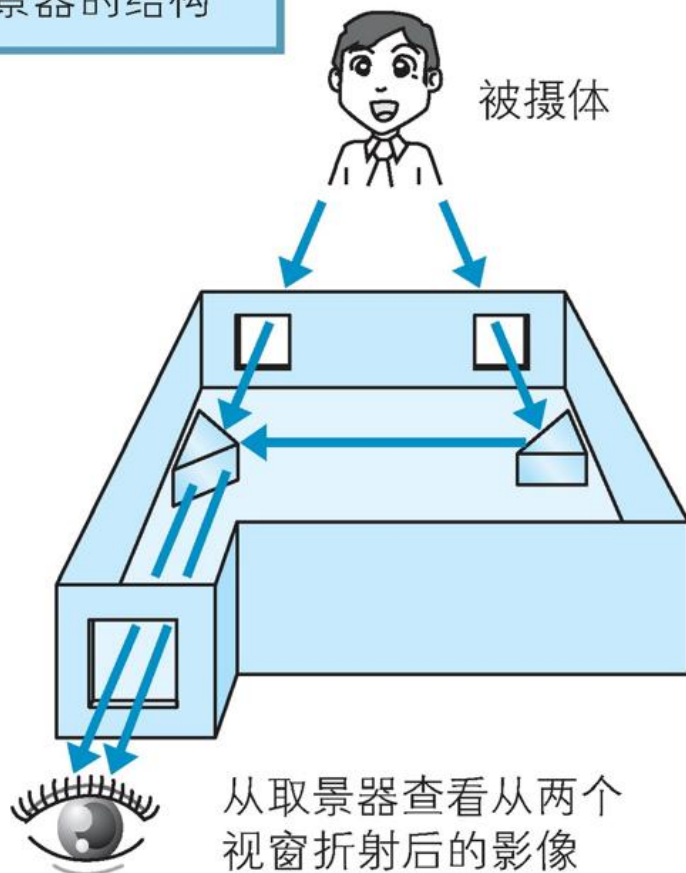
除单反相机之外，还有为缩小相机体积而采用非单反的结构来取景的相机。

2.2.1 旁轴取景式相机

旁轴取景器的取景光路与拍摄光路不同，影像是从两个视窗进入的，两个视窗的影像将合二为一并显示在取景器中（图 2.4），以使用户确认构图。旁轴取景器的英文 rangefinder 有“测距仪”的意思，它的原理是利用制作地图时使用的三角测量原理来测算距离并对焦。根据三角测量原理，在没有合焦时，从取景器看到的被摄体是有重影的，当焦点对准后，影像才会完全重叠（图 2.5）。



旁轴取景器的结构



没有合焦时的状态



合焦后的状态



没有合焦时，看到的被摄体会出现重影，经过调焦，重影消失并成功合焦。

旁轴取景器的缺点是存在视差（详见 2.3 节），优点是在对焦方面能比单反相机更准确，速度更快，而且即使是在暗光环境下也能够轻松对焦。另外，因为取景光路和拍摄光路是互相独立的，所以在按下快门时，取景器不会黑屏，用户可以从取景器中一直观察和确认被摄体。

2.2.2 卡片相机

还有一类相机的取景器部分没有单反或旁轴取景器那样的特殊功能，只是配备了一个目镜作为取景器。当然，这个取景器安装在与相机镜头不同的地方，而且光路与拍摄光路互相独立。像这样通过简化取景器功能来缩小体积的相机最初被称为卡片相机。

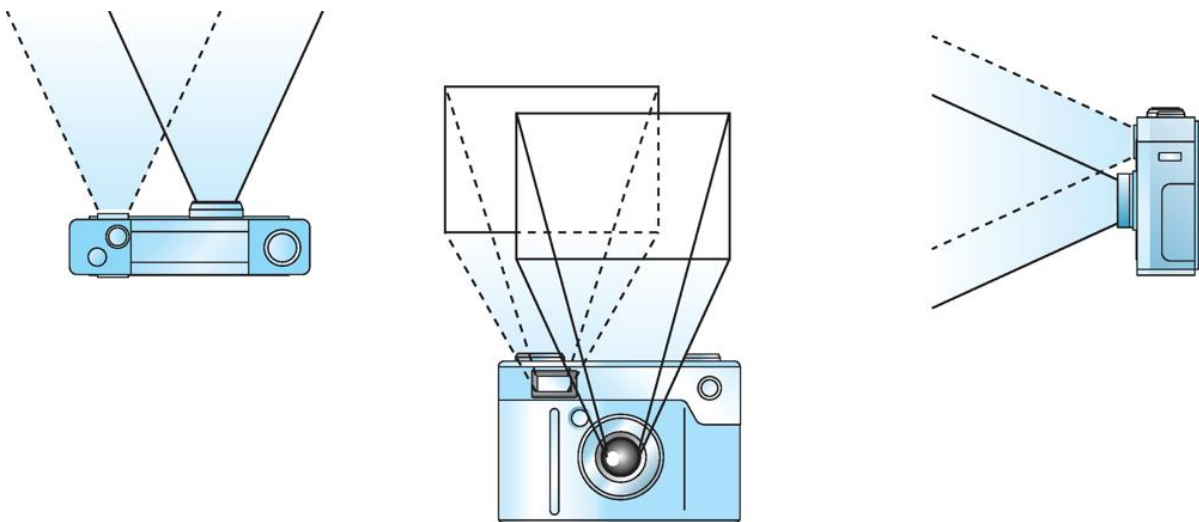
2.3 取景器和视差

2.3.1 视差和卡片数码相机

在旁轴相机或胶片式卡片相机等非单反相机中，用来确认构图的取景器安装在与相机镜头不同的位置。当然，镜头和取景器的光路也是分开的。但是，这种方法也存在一些缺点。

2.3.2 视差

片数码相机的取景器和镜头处于不同位置。如果在这样的状态下拍摄，镜头实际拍出来的影像与从取景器观察到的影像会存在一些偏差。取景器的可见范围和实际拍摄范围之间的差异就称为视差。在使用胶片相机拍摄集体照时，即使在使用取景器确认所有人都在画框内之后才拍摄，也会在照片冲洗出来后发现部分人没有被拍到。这就是由于视差导致的拍摄范围和实际范围偏离的现象。



当镜头光路和取景器光路不同时，取景时的构图和实际拍摄出来的照片会产生一些偏差。这个偏差称为视差。距离被摄体越近视差越大，越远视差越小，无限远时视差为零。

但如果使用的是单反相机，通过取景器确认的构图，也就是实际可以拍摄的范围，与最终照片上的范围基本是一致的。也就是说，单反相机不会产生视差。如果希望拍摄范围非常准确，最好使用单反相机或采用单反系统的相机。

2.3.3 数码相机和实时取景

在使用卡片数码相机和微单相机拍摄时，我们通常把背面的液晶监视器当作取景器使用。这样一来，在拍摄时就不必在意视差。正如前面提过的那样，之所以不会产生视差，是因为液晶监视器上显示的就是光通过镜头并抵达图像传感器后的成像。在单反相机上，这个功能称为实时取景。

很多入门机型还搭载了可以改变角度的翻转式液晶监视器。如果使用翻转式液晶监视器，那么即使直接把相机举起来自拍，或者伏在地面上低角度拍摄，也可以方便地确认构图和对焦。



索尼的全画幅机型 $\alpha 99$ 搭载了翻转式液晶监视器。其监视器也被称为三向翻折液晶监视器，特点在于可以在把液晶监视器朝向机身后方拉出的状态下上下左右自由调节。后续机型 $\alpha 99 \text{ II}$ 的液晶监视器还可以倾斜向上翻转 134 度，向前翻转 180 度，并在旋转拉出后的状态下向右翻转 180 度，向左翻转 90 度。



微单相机 NEX-3N 搭载了可 180 度翻转的可翻折液晶监视器。自拍时也可以通过液晶监视器取景。

2.4 取景器的视野率和放大倍率

2.4.1 取景器的视野率

使用单反相机的取景器取景并拍摄时，观察到的拍摄范围和照片拍出来的实际范围是一致的。其实严格来说，还是有一点差异的。只不过这种差异并不是由视差引起的，而是由单反相机中的五棱镜等导致的。

因为光需要经过五棱镜复杂的折射再由反光镜反射，所以有时并不是所有的光都可以反射到取景器中。

此时，使用取景器看到的影像比实际拍出来的照片范围要小一些。反过来说，与通过取景器看到的影像相比，实际拍出来的照片的四周会出现一些多余的部分。这种情况也可以通过数码相机规格表中的参数来确认。这个参数就是**取景器的视野率**。

取景器的视野率是取景器所能确认的范围与实际拍摄出来的照片范围的比值。现在市面上销售的产品中，视野率除了 100%，还有 98%、96%和 95%等。如果视野率在 95% 左右，那么与通过取景器确认的影像相比，实际照片中的范围较大，有时拍出的照片可能与自己预想的不同。在采用单反结构的数码单反相机中，昂贵的高端机型和中端机型大多拥有 100%的视野率，而入门机型的视野率通常为 96% 或 95%，因为入门机型往往采用五面镜替代五棱镜。

所以在拍摄时，最好事先查看一下规格表中取景器的视野率。如果不是 100%，就需要确认一下照片中的边缘部分比从取景器观察到的影像多出了多少。

2.4.2 取景器的放大倍率

在取景器的规格中，还有一个参数是放大倍率。它用于表示用肉眼直接观察的被摄体的大小和使用焦距为 50 mm 的镜头时通过取景器观察到的被摄体的大小的比值，是用于判断取景器是否便于观察的一个标准。关于相机镜头焦距，我们将在第 3 章详细介绍。

如果取景器的放大倍率为 1.0 倍，则表示用肉眼和取景器分别取景时，观察到的被摄体大小是一样的。

这个数值越高，用户就越容易观察被摄体，因此放大倍率高的取景器更便于观察和使用。取景器的放大倍率和视野率一样，也会受五棱镜的影响，因此能完全达到 1.0 倍放大倍率的机型非常少见。

专业级的 EOS-1D X Mark II比 EOS 5D Mark IV的取景器放大倍率高，这很正常，但居然有放大倍率超过 EOS-1D X Mark II的机型.....这又是为什么呢？

机型名称	取景器放大倍率	机型定位	图像传感器
EOS-1D X Mark II	约 0.76 倍（ ∞ ，使用 50 mm 镜头对无限远处对焦）	专业	全画幅
EOS 5D Mark IV	约 0.71 倍（ ∞ ，使用 50 mm 镜头对无限远处对焦）	高端-专业	全画幅
EOS 7D Mark II	约 1.00 倍（ ∞ ，使用 50 mm 镜头对无限远处对焦）	高端-专业	APS-C 画幅
EOS Kiss X9i	约 0.82 倍（ ∞ ，使用 50 mm 镜头对无限远处对焦）	入门	APS-C 画幅

关于数码相机取景器的放大倍率，需要注意的是我们并不能直接参考产品规格上写的数值，而是要根据图像传感器的大小重新计算。上表标示的焦距 50mm 是采用 35 mm 全画幅图像传感器时的数值。也就是说，以当前这个例子来说，在 35 mm 全画幅的 EOS-1D X Mark II 和 EOS 5D Mark IV 上，放大倍率就是所标示的数值，但另外两款相机因为采用了较小的图像传感器，所以必须先进行换算才能把它们放在一起比较。关于换算方法，我们会在 4.11 节详细介绍。这里只需知道，如果是搭载 APS-C 画幅图像传感器的机型，必须除以 1.5~1.7。例如规格表上标示的取景器放大倍率是 0.8 倍左右，那么除以 1.5~1.7 后，结果为 0.5 倍左右，放大倍率会变小。

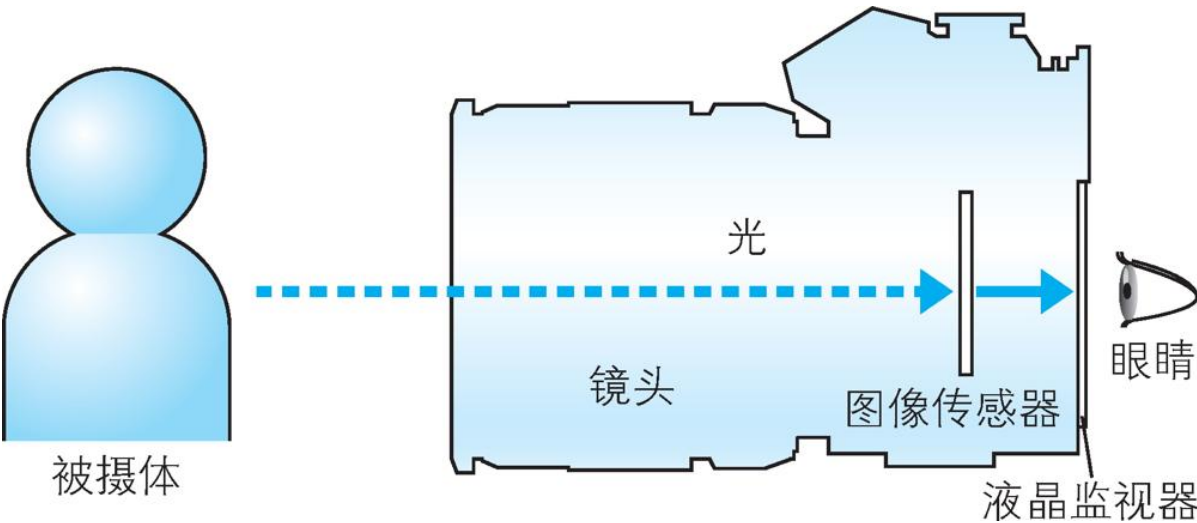
取景器的视野率和放大倍率决定了拍摄时操作是否方便，所以在购买时不要忘记查看这些参数。

2.5 微单相机

2.5.1 微单相机的优点

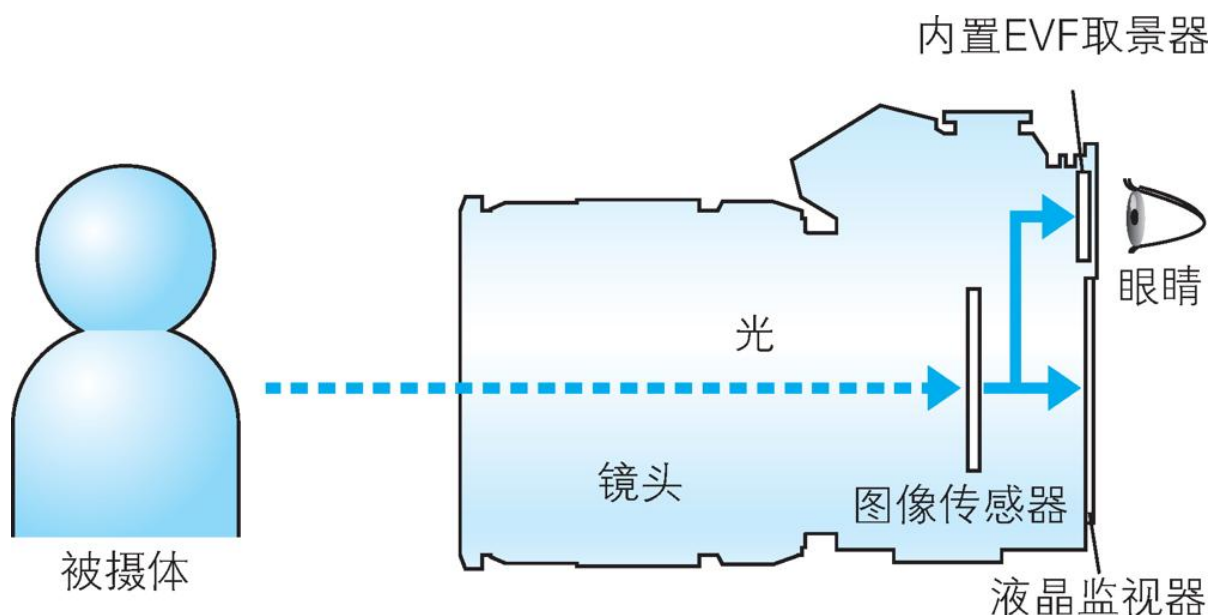
虽然数码单反相机的系统结构具有划时代意义，但由于反光镜的存在，它不能像卡片数码相机那样小巧轻量。所以，人们想尽办法去除反光镜，让它的体积变得更加小巧。其实如果是带液晶监视器的数码相机，即使没有反光镜，也能像单反相机一样使用，因为用户可以使用监视器确认构图或实际拍摄的照片。

这种方式就是让光总是照射到图像传感器上，并使成像显示在取景器上。这样一来，用户就可以通过取景器确认从镜头传到图像传感器上的影像，也可以通过图像传感器对接收的影像进行拍摄。这和卡片数码相机的工作原理是基本相同的。



与单反相机在机身内部对光进行折射不同，微单相机在工作时会一直让光透过图像传感器投射到背面的液晶监视器上并实时显示被摄体。

另外，微单相机中也有一些机型可以让用户像使用单反相机一样，通过目镜式取景器看到所拍摄的影像。此时，与在液晶监视器上显示图像传感器所接收的影像一样，在取景器内设置的小型液晶屏上也会显示图像传感器接收的影像。采用这种方式的取景器称为 EVF 取景器。



图像传感器所接收的影像显示在目镜式电子取景器上，用户通过取景器可以看到与要拍摄的图像相同的影像。

这就是微单相机的基本工作原理。这种数码相机没有搭载反光镜，所以也有很多制造商称其为“单镜头系统”或“数码单镜头相机”。



单反相机取下镜头后就可以看到机身内的反光镜，而微单相机由于没有反光镜，所以我们可以直接看到图像传感器（感光元件）。如果用手去摸图像传感器，会引起故障。图为索尼的微单相机 α6500。

微单相机的结构使其具有许多优点，比如机身缩小了，而且由于没有驱动部分，机身不会在拍摄时抖动。另外，微单相机的结构还能抑制机身内粉尘的产生或防止粉尘附着在图像传感器上。

电子取景器有哪些缺点

如果是习惯使用单反相机的用户，可能会觉得微单相机存在一些问题，比如“取景器中显示的图像存在时滞”“对于高速移动的被摄体，取景器显示有延迟（由于显示稍微滞后而难以判断按快门时机）”“当快速移动机身时，显示会卡顿”“看久了眼睛会痛”等。

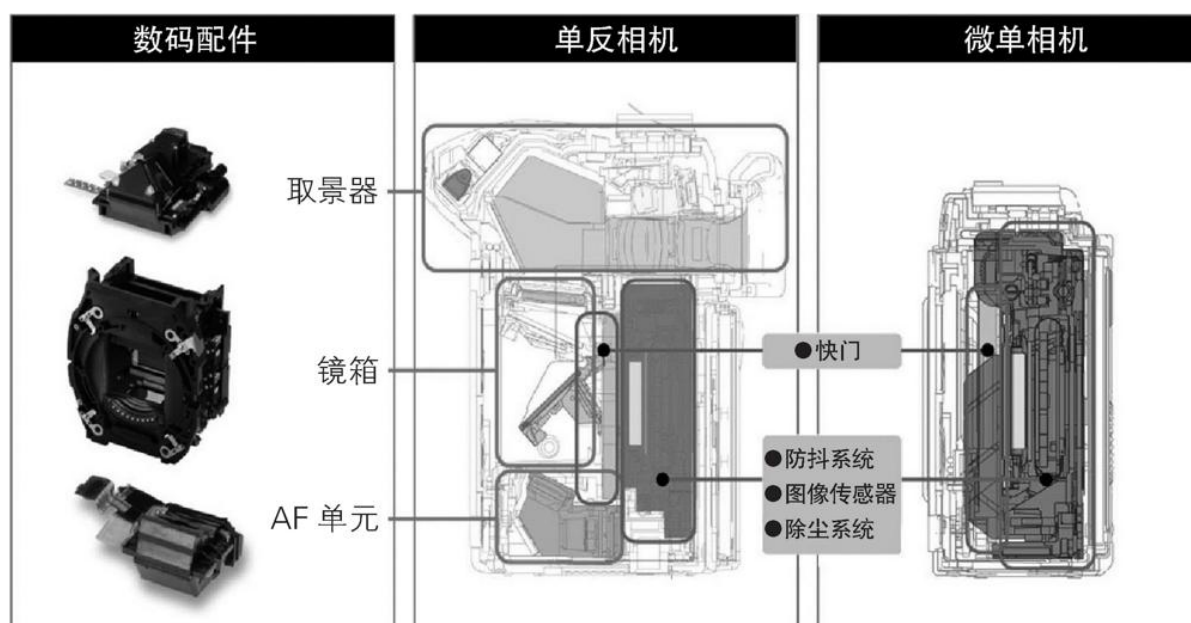
这种感受其实因人而异，可能也受被摄体的运动快慢以及相机机型不同的影响，但如果希望电子取景器能带来像光学取景器一样的使用体验，那么最好在店面实际试用一下。





2.5.2 单反相机和微单相机的不同

从功能和配件两个方面对比一下单反相机和微单相机。



单反相机的光学取景器、反光镜和自动对焦传感器（AF 传感器）均未在微单相机上搭载，因此微单相机实现了紧凑的机身设计（图为以特定的单反数码相机和微单相机为例，从机身侧面观察到的不同）。

微单相机去除了单反相机的三大配件：光学取景器、镜箱和自动对焦传感器（AF 传感器）。

微单相机使用液晶监视器取景，所以与光学取景器相关的设备，即反光镜、五棱镜或五面镜，也都没有必要存在了。

另外，自动对焦方式也不一样了。单反相机采用的是相位检测 AF，即需要在机身内部安装专用的 AF 传感器，通过该传感器计算被摄体距离和焦点偏差，以此进行自动对焦；微单相机通常采用的是反差检测 AF，即分析图像传感器所接收的影像，然后对焦点偏差进行修正。反差检测 AF 是早已在卡片数码相机和摄像机上实践过的有效的自动对焦方式，因为对焦时使用的是图像传感器接收的成像，所以不需要安装专用的 AF 传感器。

因此，微单相机通过去除这三个配件，在很大程度上实现了机身的小巧化。快门结构、防抖系统、图像传感器和自动除尘系统则得以保留，与单反相机一样配置在相机机身内部。

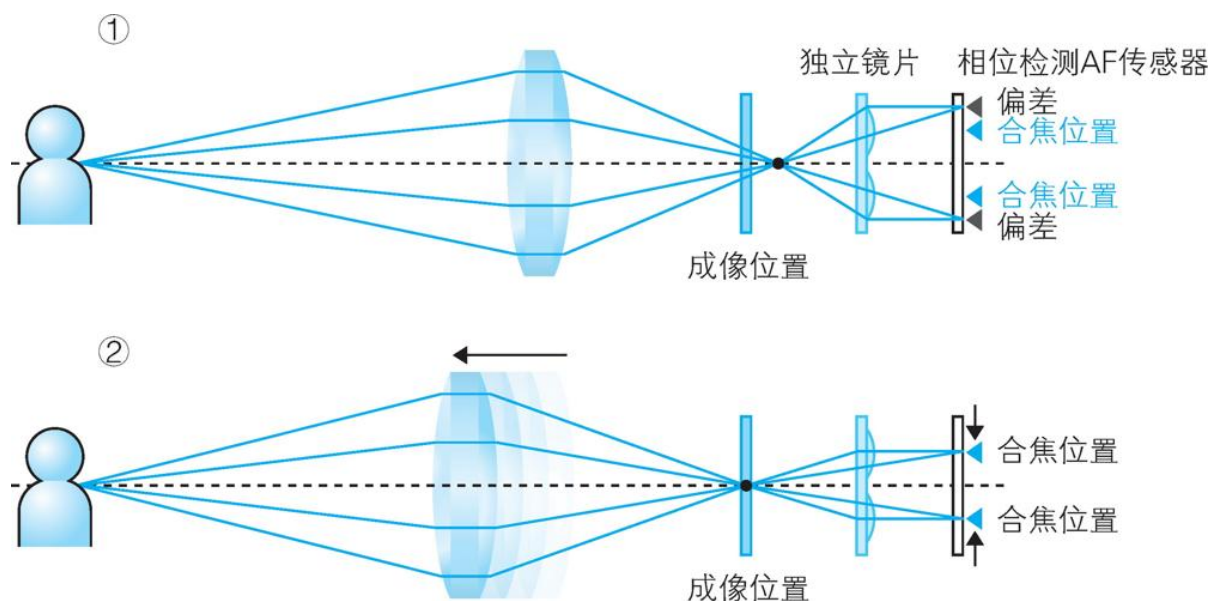
2.5.3 相位检测 AF 和反差检测 AF

单反相机和微单相机采用的自动对焦方式也不同。所谓自动对焦，就是自动使焦点合在一起的机制。自动对焦方式不同，实际的使用体验有时也会有很大差别。

凭感觉来说，单反相机是直接查找对焦点并对焦的，而摄像机和卡片数码相机则是先查找对焦点附近的点，再快速对焦。这是由自动对焦方式的不同而引起的。微单相机通常采用与摄像机和卡片数码相机相同的自动对焦方式。

1) 相位检测 AF

相位检测 AF 使用两个独立的镜片检测两个图像并使之并排放置，然后根据两个图像距离合焦位置的距离偏差测出焦点的偏差，最后直接移动镜片完成合焦。

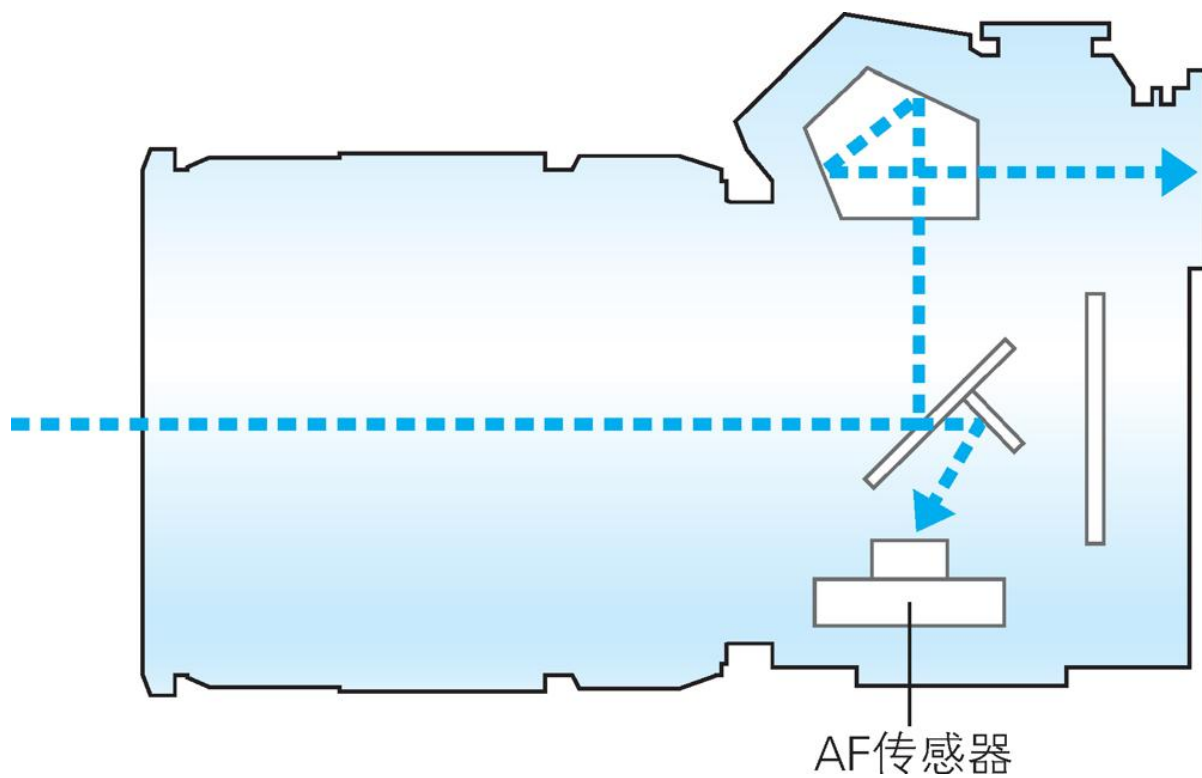


① 通过独立的镜片形成两个图像，将它们并排显示并分析距离。根据图像与合焦位置之间的偏差测量镜片需要移动的距离。②在计算出偏差距离后，直接移动镜片合焦。

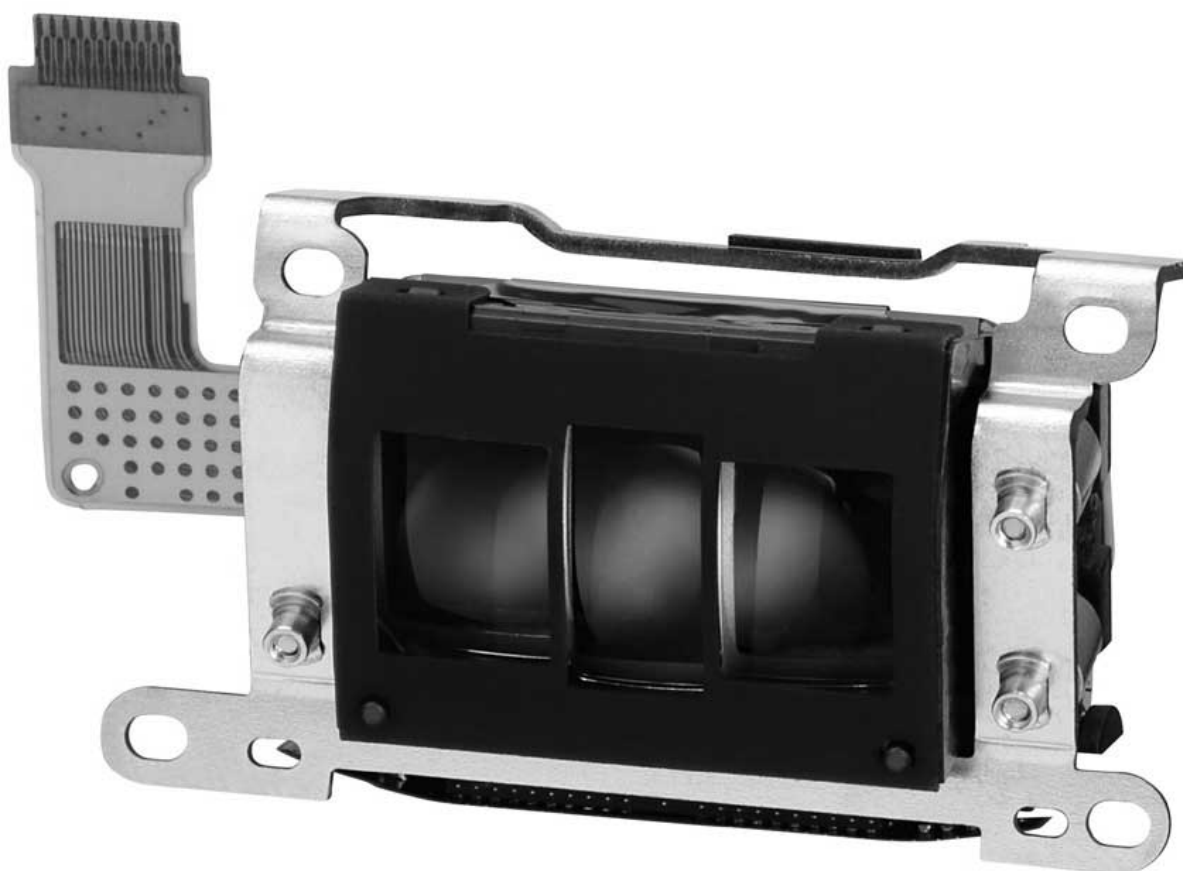
这种对焦方式的特点和魅力在于在观察取景器时，能够迅速对虚焦状态的被摄体准确对焦，并在听到合焦蜂鸣声的同时按下快门，一气呵成的拍摄节奏令人感到神清气爽。此外，其中也引入了焦点追踪（追焦）技术，能够预测移动中的被摄体（如汽车或宠物等）的运动并瞬间完成对焦。

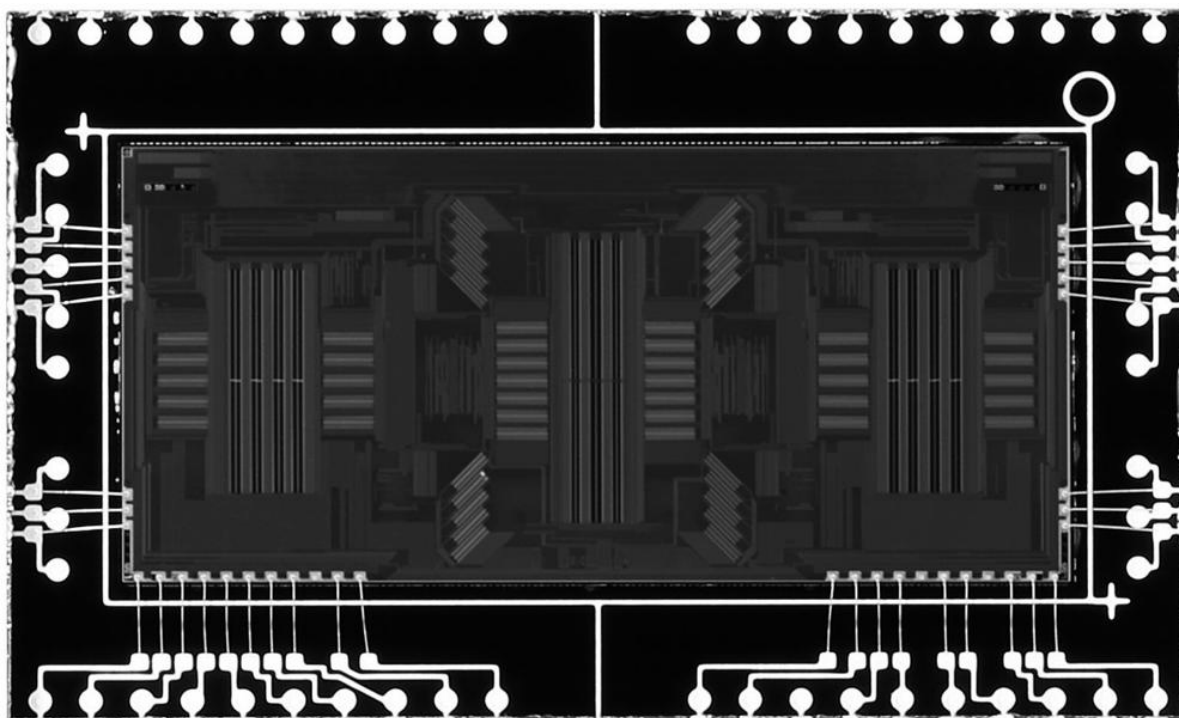
缺点则在于焦点本应一下就对准，但实际上经常会出现跑焦的情况。如果出现跑焦，那么在计算机上用大图细看时，图片就会有一点模糊——这种现象相信很多人遇到过。

合焦位置是由安装在相机机身内部的相位检测 AF 传感器检测的（图 2.15 ~ 图 2.17）。相机机型不同，AF 传感器的安装位置也不同。在图 2.15 的示例中，反光镜的中心部位是半透明的，一部分反射光会传导至 AF 传感器上，以便测算距离。

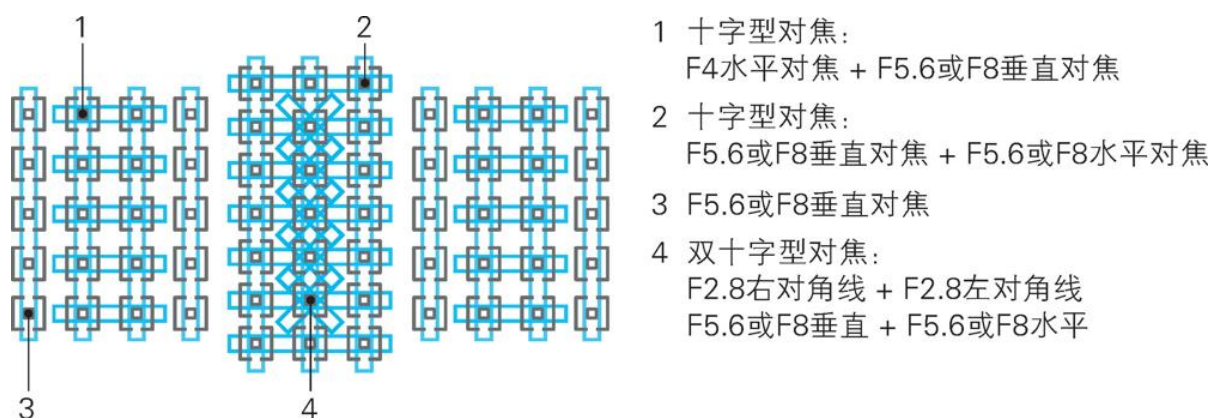


光透过半透明反光镜成像，当图像抵达设置在反光镜下面的AF 传感器后，AF 传感器进行距离测算。





AF 传感器分为只支持水平或垂直检测的线型传感器，以及水平检测和垂直检测都支持的十字型传感器。一般来说，十字型传感器的对焦精度更高，对焦速度也更快。

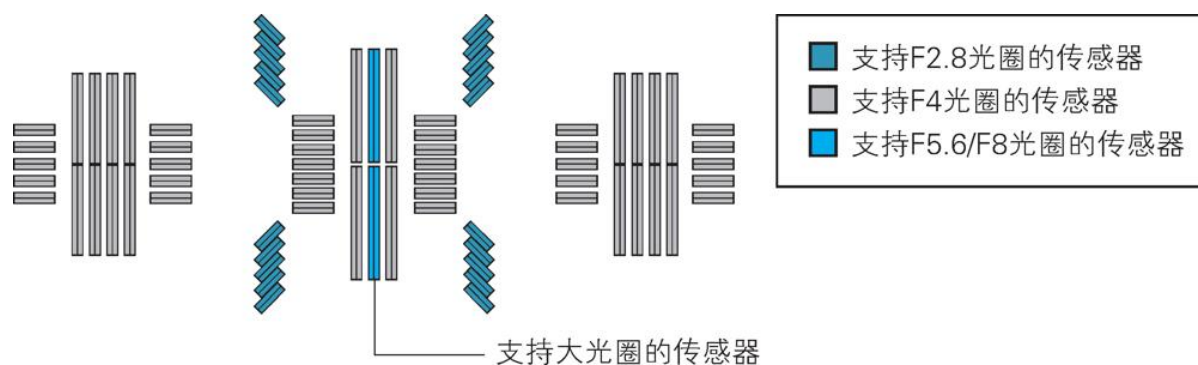


图为 EOS 5D Mark IV 的 AF 传感器中线条和十字、双十字型对焦点配置图。根据 F 值不同，可以使用的对焦点也不同。

使用频率较高的中间部分的 5 个点为双十字型对焦点，也就是由 + 和 × 构成的米字对焦点，它们能够提高对焦精度。

你有没有发现有些镜头容易对焦，有些不容易对焦？这是因为镜头光圈 F 值不同，对焦点也不同。例如，在使用 F2.8 光圈的镜头时，就可以检测到更敏感的对焦点；但如果光圈从 F2.8 变为 F4，在 F2.8 下可以使用的十字型传感器中的一部分对焦点就不能使用了。

大光圈镜头虽然价格高昂，但在专业摄影师或摄影爱好者中大受欢迎，原因不仅在于画质好，还在于对焦精度高。



光圈 F 值不同，可以使用的对焦点也不同，所以大光圈镜头的对焦精度也很高。

2) 反差检测 AF

微单相机采用的都是反差检测 AF，而且自动对焦没有使用像相位检测 AF 传感器那样的专用配件完成，而是使用图像传感器完成的。

基于“一般情况下，焦点对准的部位对比度较高”的原理，分析图像传感器形成的影像，找出对比度最高的镜头位置，将其设为合焦点——这就是反差检测 AF 的工作原理。

简单来说，反差检测 AF 的工作原理大体如图 2.20（示意图）所示：移动镜头并分析图像传感器所接收的影像，查找对比度较高的位置，假如在镜头通过对比度较高的位置之后对比度下降，则返回到对比度较高的位置，并将该位置设为合焦点。



因为比较模糊，
所以对比度较低



对比度稍微变高



对比度较高



对比度下降



返回，然后将这
里当作合焦点

如果是自动对焦速度相对较慢的摄像机，用户可以明显感觉到即将合焦时镜片的移动。当被摄体和背景融为一体，对比度较低时，合焦点就不容易找到，因而有时会出现镜头来回移动的情况。与其相对，以高速自动对焦为特点的微单相机，由于其自动对焦的速度得到提高，所以在合焦的过程中镜头的移动不容易被人们察觉，但其实摄像机与微单相机的对焦原理是一样的。

反差检测 AF 一般在对焦速度上不如相位检测 AF，但它是通过分析图像传感器中的实际影像进行对焦的，因此从理论上来说，对焦准确性比相位检测 AF 更高（当背景的对比度较高时，合焦点更容易出现在背景上，而不是被摄体上）。

此外，反差检测 AF 也适合视频拍摄。单反相机镜头上常用的对焦马达虽然可以实现“瞬间合焦”，但过快的合焦速度并不适合拍视频时想要的缓慢焦点过渡效果。这时比较适合使用步进马达或电磁马达，摄像机和卡片数码相机采用的一直是这样的马达。它们在对焦时声音小，所以合焦或变焦时的马达声音不会被麦克风收入。因此，对于普通用户来说，如果想要拍摄视频，与其使用单反相机，不如使用摄像机或卡片数码相机、微单相机等。

如上所述，虽然相位检测 AF 和反差检测 AF 各有各的优缺点，不能一概而论地说哪个更好，但它们的结构和特点的确存在很大的差异。

如果你正在使用的是单反相机，已经习惯了单反相机中相位检测 AF 的敏捷速度，或许就会认为卡片数码相机的反差检测 AF 速度太慢，拍摄时没有节奏感，感觉它不好用。在使用单反相机时，你或许会觉得连按下快门时反光镜升起带来的响声和抖动（反光镜振动）都让人感到舒畅。从这一点上来说，微单相机由于在结构上更像卡片数码相机，所以拍摄体验和单反相机不同。毕竟微单相机根本就没有反光镜，是不可能发出这种声音的。

3) 混合 AF

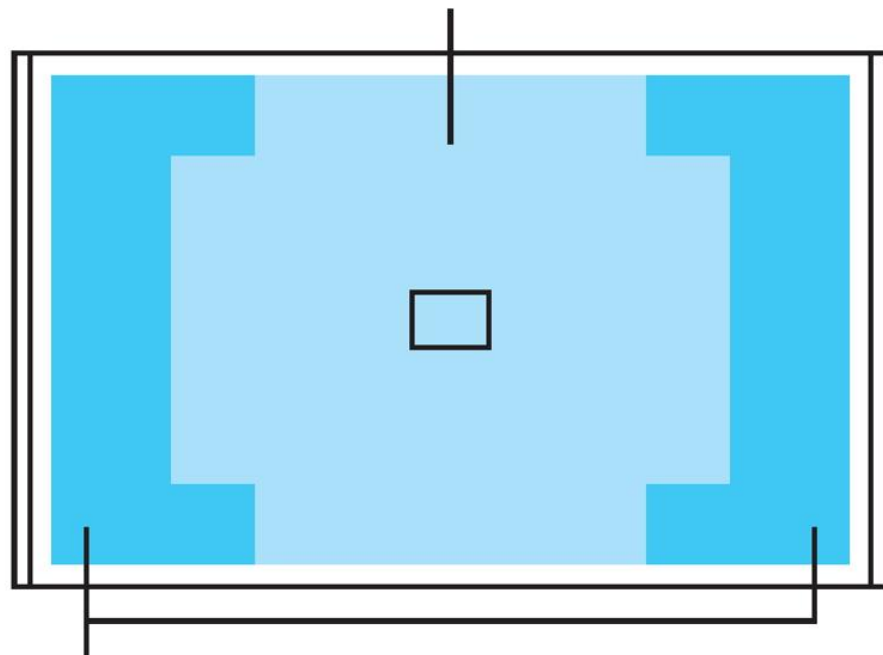
微单相机的机身设计相对紧凑，因而没有多余的空间配备相位检测 AF 传感器，但在图像传感器上嵌入相位检测 AF 传感器，最终也能实现相位检测 AF。于是，同时搭载了传统反差检测 AF 和相位检测 AF 的混合 AF 机型诞生了。第一台使用该技术的微单相机是尼康的可换镜头式高级相机 Nikon 1。

因为相位检测 AF 传感器设置在图像传感器的像面，所以这种对焦方式也称为像面相位检测 AF。Nikon 1 在明亮的拍摄环境下主要采用相位检测 AF 对焦，如果被摄体在较暗的拍摄环境或画面边缘，则采用反差检测 AF 对焦。虽然相机会判断拍摄环境并自动切换对焦模式，但在一般情况下使用的是相位检测 AF。Nikon 1 采用的方式是将图像传感器中的像素点替换为 AF 传感器。AF 传感器使用的像素部分通过周围像素插值计算形成图像。图像传感器整体（即图中蓝色和浅蓝色部分）支持反差检测 AF，而中心部位配备了相位检测 AF 传感器，从而实现了混合 AF（图 2.21）。

图像传感器内搭载了AF传感器

像面相位检测AF传感器的
73个对焦点的设置范围（中心部位）

图像
传感器



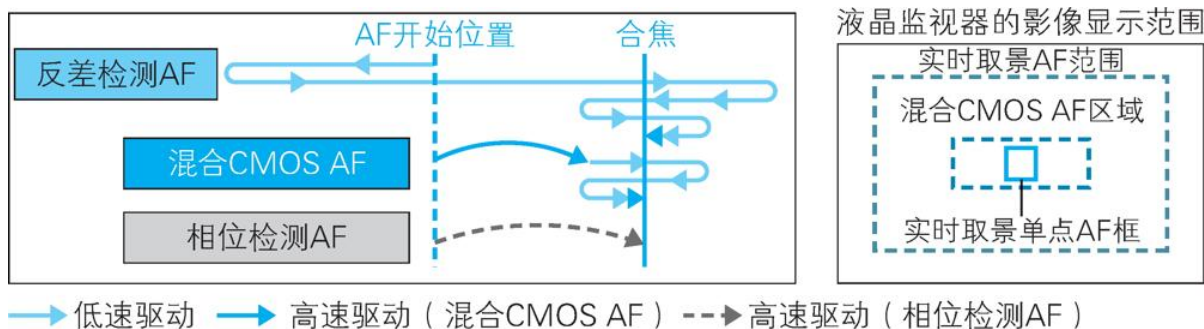
反差检测AF（整体）
135个对焦点

这是尼康 Nikon 1 V1 的图像传感器示意图。图为整体（蓝色和浅蓝色部分）支持反差检测 AF，中心部位支持相位检测 AF（浅蓝色部分）的混合 AF 的结构。

以索尼 NEX-5R 搭载的快速混合 AF 为例，相对于对焦精度较高的反差检测 AF，它的定位更偏向于相位检测 AF。对运动中的被摄体追焦和对焦时，它在速度方面有出色表现，即使背景对比度较高，也可以通过图像传感器中心部位中有 99 个对焦点的相位检测传感器实现快速准确的对焦。而且在拍摄运动性场景时，相位检测 AF 还可以持续追焦。

相机通常是在半按快门时对焦的，但现在有些机型引入了新的技术，可以持续分析图像传感器的影像来预判被摄体大致的合焦位置，进而缩短合焦所需时间。

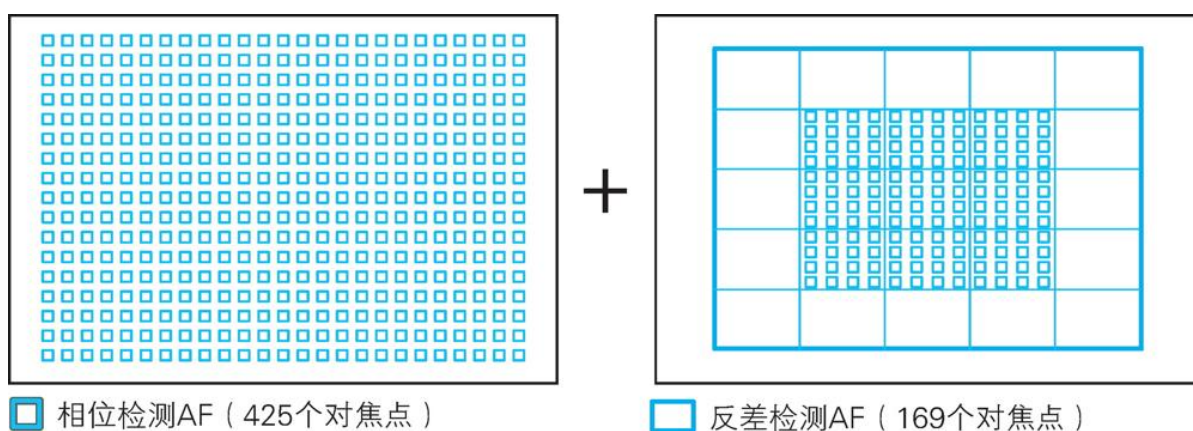
以佳能的 EOS M 搭载的混合 AF 来说，它同时支持对焦速度较快的相位检测 AF 和对焦精度更高的反差检测 AF。对焦时先使用配置在图像传感器像面上的相位检测 AF 像素点快速地粗略合焦，然后使用反差检测 AF 调焦至准确合焦。因此，混合 AF 既实现了高速对焦，又确保了准确性。此外，佳能还成功研发并导入了实现像面相位检测 AF 的技术“全像素双核 CMOS AF”（图 2.22）。有关这个技术的详细介绍，请参照第 5 章。



图为 EOS M 的混合 AF 的工作原理（引自佳能官方网站）。通过在像面（CMOS 传感器）中嵌入的用于进行相位检测 AF 的像素点，我们可以快速判别对焦偏差和方向，然后驱动镜片移动至合焦区域附近。最后通过反差检测 AF 进行准确合焦。

2016 年 10 月索尼发布了 α6500，搭载了号称世界上最快的 4D 对焦系统。

α6500 自动对焦的响应速度达到了 0.05 秒，它不仅是速度快，而且虽然是利用图像传感器自动对焦的，但使用的是结合了像面相位检测 AF 和反差检测 AF 的混合 AF 方式，像面相位检测 AF 的对焦点有 425 个，反差检测 AF 的对焦点有 169 个，几乎覆盖了整个画框区域（图 2.23）。不论被摄体出现在画框中的哪个地方，而且不论其是否移动，都可以实现持续追焦。



图像传感器上几乎布满了对焦点，其中像面相位检测 AF 传感器的对焦点有 425 个，反差检测 AF 的对焦点有 169 个。

相位检测 AF 原本是单反相机特有的功能，但借助像面，人们在微单相机的图像传感器上使用同样的原理实现了该功能，并使之与反差检测 AF 相结合，进而实现了具有更快的对焦速度和更高的对焦精度的混合 AF 方式。像面自动对焦在微单相机上的表现很好，并且在单反相机的实时取景和视频拍摄中也有所应用。

2.6 半透明反光镜技术

2.6.1 半透明反光镜技术的工作原理和特征

有些单反相机虽然有反光镜，但其反光镜系统的工作原理与一般单反相机的不同。例如索尼 α 系列的单反相机采用的半透明反光镜技术。

普通单反相机的反光镜中央部位是半透明状的，通过让光照射到位于相机机身下方的相位检测 AF 传感器进行对焦。按下快门时，反光镜升起，以便光抵达图像传感器，此时对焦操作结束，传送到相位检测 AF 传感器的光也随之消失。

而半透明反光镜技术以固定式半透明反光镜取代了传统反光镜，可以让光直接穿过反光镜抵达传感器（图 2.24）。被反光镜反射的光将被传送到位于相机顶部的相位检测 AF 传感器，用于进行对焦操作。因此，不仅可以在自动追焦等情况下实现不间断对焦，同时由于没有反光镜升起带来的时滞，还可以实现更高速的连拍。在拍摄视频时，这种机制也便于相机对移动被摄体进行追焦。

半透明反光镜技术的机制



图为索尼公布的采用半透明反光镜技术的单反相机与普通单反相机的对比图。图中显示了二者在光路及功能上的差异。可以看到，在采用半透明反光镜技术的单反相机中，反光镜是固定的，不会在拍摄时升起。

半透明反光镜技术的结构决定了它无法同时搭载单反相机中的光学取景器，所以人们使用 EVF 电子取景器代替了光学取景器，开始将目镜取景器或液晶监视器当作取景器使用。

2.6.2 配备了单反相机的相位检测 AF 传感器的微单相机

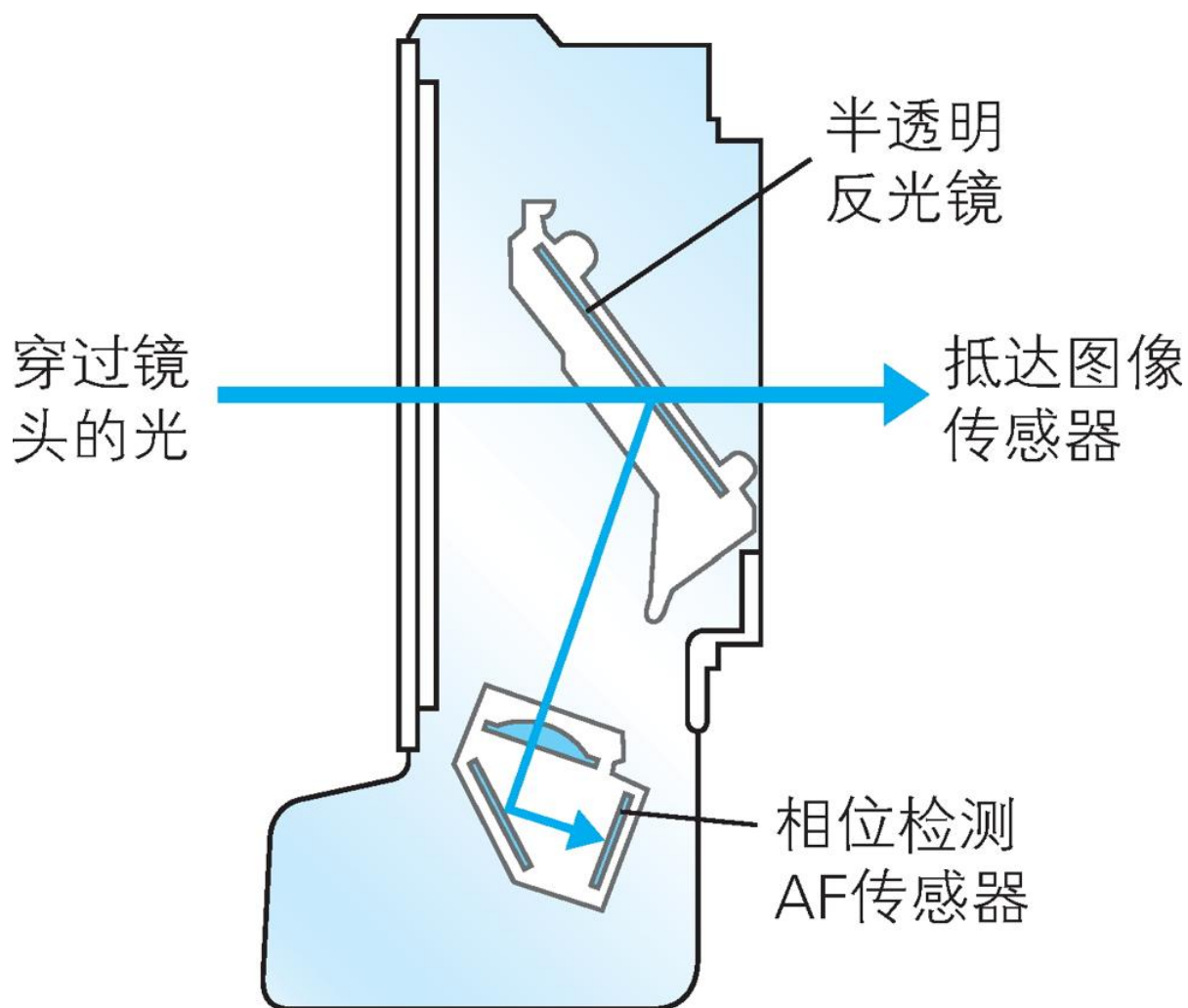
有一种系统可以实现在微单相机上安装单反相机所用的相位检测 AF 传感器。

另行购买卡口转接环 LA-EA2 和 LA-EA4，即可把镜头搭载在支持半透明反光镜技术的索尼微单相机上使用。



图为安装在相机机身和镜头之间的转接环，其内部搭载了半透明反光镜技术。

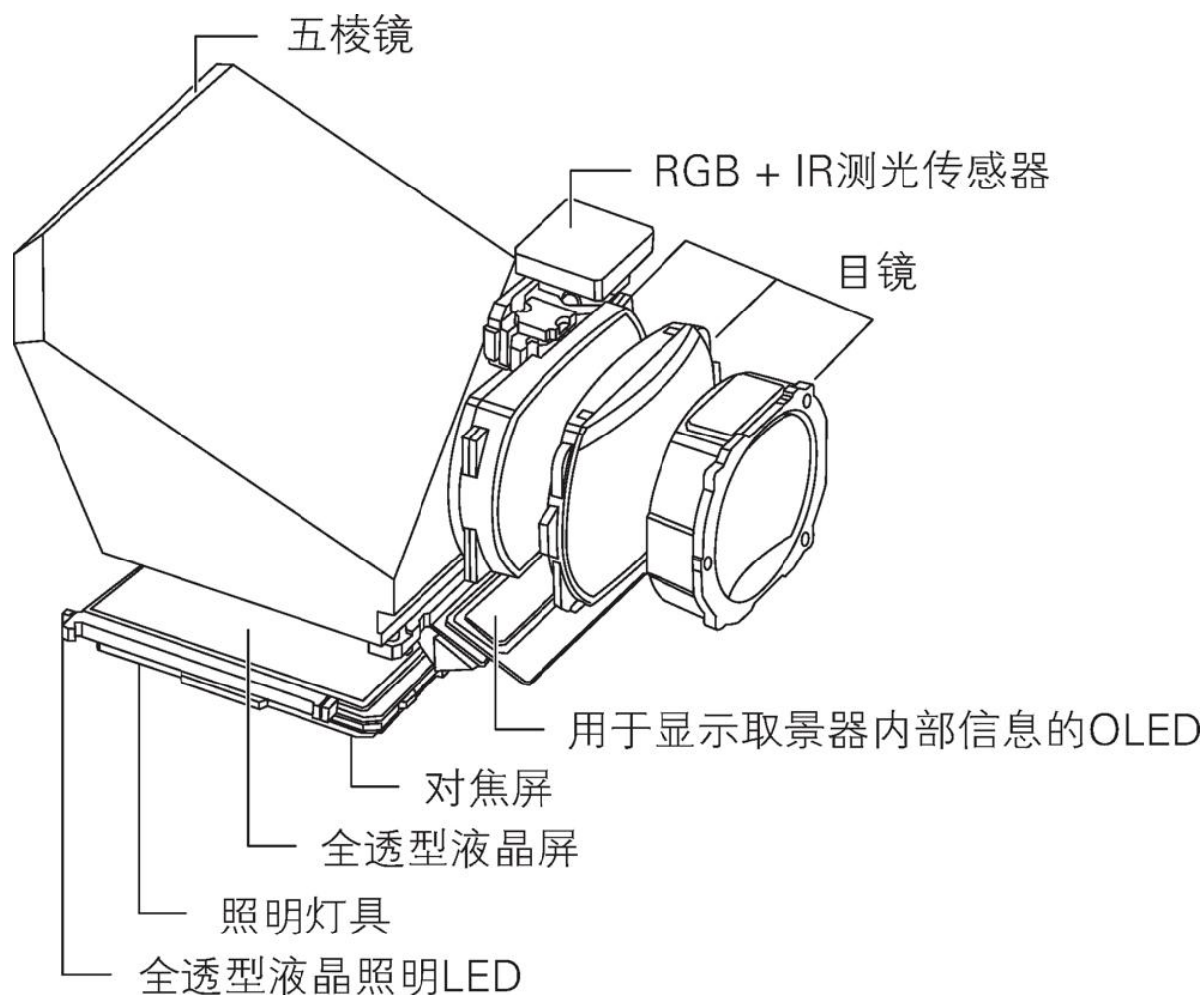
这个转接环用于在索尼 E 卡口镜头的相机上使用单反相机所用的 A 卡口镜头，其中还内置了相位检测 AF 传感器。所以，如果使用这个转接环，不仅可以在 NEX 系列上使用单反相机所用的 A 卡口镜头，而且自动对焦模式也就不再是通常的反差检测 AF，而是相位检测 AF。



穿过镜头的光通过特殊的全透明反光镜直达图像传感器。一部分光会被反射到下方的相位检测 AF 传感器上。

光学取景器的发展

在微单相机技术不断提升的同时，单反相机也在不断发展。其中的一个表现就是单反相机最大特征之一的光学取景器的发展。通过反光镜和五棱镜，人们可以使用光学取景器实时地看到与镜头中成像大致相同的被摄体，但如果使用的是微单相机的电子取景器，那么人们还可以通过液晶屏看到各种信息。为了让单反的光学取景器也实现该功能，佳能在较大的五棱镜周边配备了全透型液晶屏，在使视野率和放大倍率保持原有的高精度的同时，实现了在取景器上显示各种信息的功能。这个功能被用在了 EOS 5D Mark IV 和 EOS 5Ds 等机型上。



引自日本佳能 EOS 5Ds 的官方网站。光学取景器的视野率约为 100%（全画幅时），放大倍率约为 0.71 倍（视角 34.1 度），打破了取景框的限制，实现了宽广明亮的视野。采用大型五棱镜和由 4 枚镜片构成的目镜光学系统，可以修复各种像差。它还可以抑制当视点和光轴偏离时产生的偏离度和暗角，即使长时间拍摄，眼睛也不容易疲劳，可以让用户把精力集中到拍摄上。眼点约为 21 mm。带屈光度调节功能。并且，由于搭载了全透型液晶屏，所以取景器上可以显示各种信息。

2.7 高速连拍技术

每秒能拍多少张照片？——照片记录的是某个瞬间，正因如此，连拍速度一直以来都是一个重要性能。如果是单反相机，以佳能的产品阵容为例，入门机型 EOS Kiss X9i 的连拍速度最快约为 6 张 / 秒；中端机型 EOS 80D 和高端机型 EOS 5D Mark IV（全画幅）最快约为 7 张 / 秒；专业机型 EOS-1D X Mark II（全画幅）最快约为 14 张 / 秒，每秒可拍摄张数达到了两位数（在采用实时取景拍摄时最快约为 16 张 / 秒）。

如果是微单相机，以索尼的产品阵容为例，α7（全画幅）系列的 α 7R III 最快约为 10 张 / 秒，α9（全画幅）最快约为 20 张 / 秒。

要实现稳定且实用的高速连拍，需要各种各样的技术支持，包括从图像传感器读取信号，影像处理器的内部高速处理，还有高速且高精度自动对焦以及自动曝光。单反相机和微单相机的智能预测软件技术（算法）也一直在升级，现在也导入了可以智能预测被摄体如何移动并快速合焦、高速追焦的技术。

同时，自动对焦和自动曝光都可以通过颜色检测功能，实现将人像优先识别为被摄体，并快速根据被摄体对曝光参数进行细微调整。

对比了单反相机和微单相机的结构，可以发现单反相机还有一个很大的问题需要解决。

2.7.1 反光镜的稳定性和反光镜振动的抑制

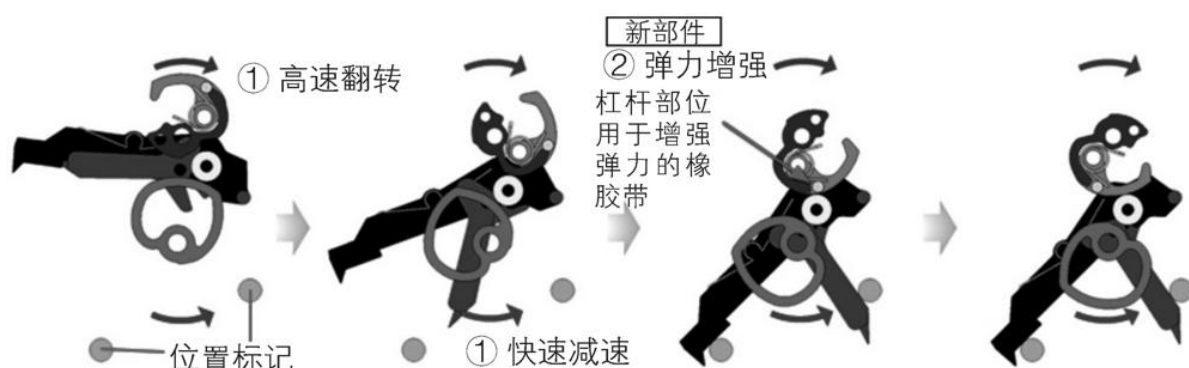
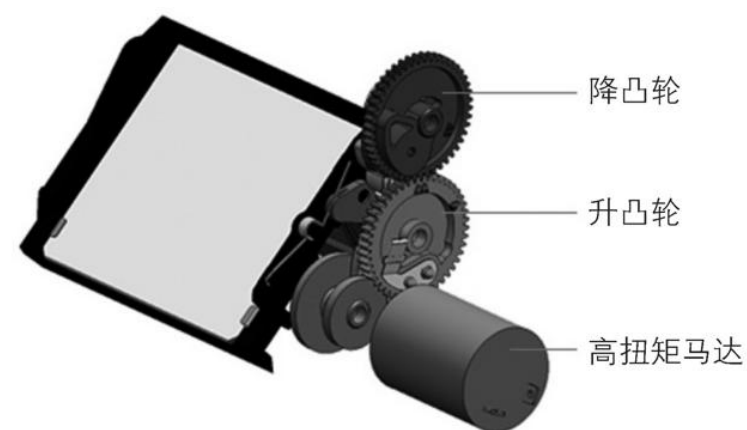
在追求高速连拍性能时，单反相机的反光镜结构带来了一个问题。每拍一张照片，反光镜就会在相机的机身内部咔嚓咔嚓地翻转，因此必须从结构上让反光镜稳定且高速地工作。另外，对焦时使用的 AF 传感器会在反光镜处于回位状态时工作，并且用户使用光学取景器观察被摄体的操作也是在反光镜回位期间进行的。当反光镜升起时，光学取景器中会瞬间黑屏，感觉就像眨眼一样。也就是说，在高速连拍时反光镜会高速翻转，但它并不是简单地重复升起和下落的动作，所以延长反光镜回位期间所占的时间比例也是重要的技术之一。

而且，反光镜升起和回位时带来的反光镜振动或反弹的现象也需要抑制。虽说翻转速度非常快，但由此带来的反光镜振动或反弹会导致光学取景器中的成像不稳定，进而导致用户很难在拍摄时抓拍到被摄体。

同时，在需要拍摄超高分辨率照片的场景中，单反相机由于反光镜振动而出现机身些许抖动的情况已经成为亟待解决的一大课题。因此，单反相机制造商在努力地研究如何抑制反光镜振动带来的影响。佳能的部分机型采用了由马达驱动抑制反光镜振动和撞击的结构（在反光镜升起和下落时通过高扭矩马达和凸轮急剧加速和减速，以抑制反光镜的反弹），引入了独有的反光镜振动控制系统（图 2.28和图 2.29）。



稳定反光镜的动作，有效抑制反光镜振动，可以使高速连拍的张数增加，并抑制机身抖动。图为 EOS 5D Mark IV 的反光镜振动控制系统。



① 通过高扭矩马达让驱动速度加快（加速度很快）并强力减速。

② 通过新开发的杠杆结构强力抑制反光镜的反弹，缩短反光镜撞击到反弹停止的时间。

※ 通过提升反光镜驱动速度缩短取景器黑屏时间

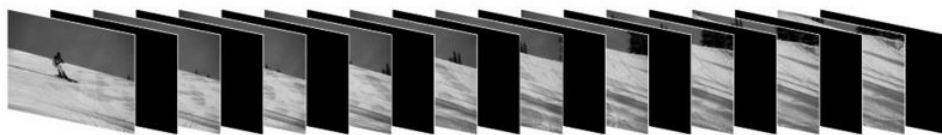
2.7.2 微单相机的快速连拍

假设微单相机以超越单反相机的性能为目标，那么因为其不存在反光镜结构，所以单反相机面临的问题，比如“反光镜升起时导致的光学取景器黑屏”“反光镜翻转导致的机身抖动”“反光镜翻转导致的自动对焦或自动曝光运算瞬间中断”等，对于它而言根本都不会存在。

微单相机的确无须面对这些问题，但仍要面对别的问题。微单相机一般使用图像传感器进行自动对焦或自动曝光，并通过背面的液晶监视器或 EVF 取景器显示图像传感器的影像。为了一直自动对焦或自动曝光并防止黑屏出现，就只能使用电子快门。因为如果使用机械快门，成像抵达图像传感器的光路就会瞬间被切断，这会导致黑屏（关于快门，详见第 5 章）。

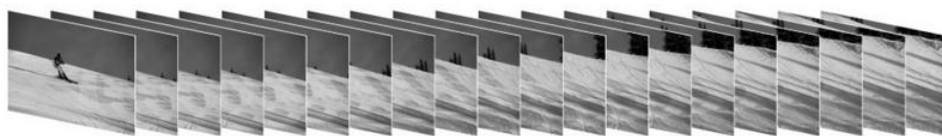
索尼的部分微单相机机型支持无黑屏连拍，其实就是使用了电子快门，让图像传感器一直处于受光状态下并在电子取景器上显示图像，这种技术可以消除黑屏（图 2.30）。

普通单反相机有
黑屏连拍（使用
光学取景器时）



α9

无黑屏连拍



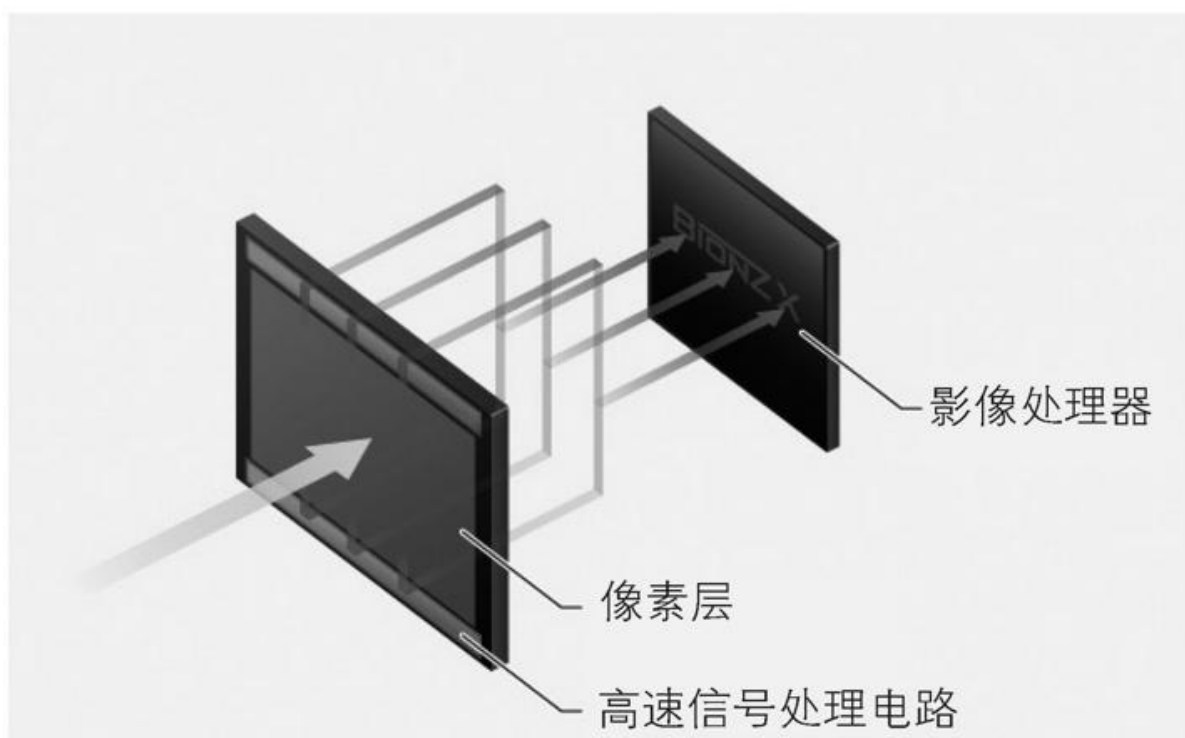
上面是使用普通单反相机连拍时的黑屏现象示意图，下面是α9 在使用电子快门时实现的无黑屏连拍的示意图（引自索尼官方网站中 α9 的主页）。

另外，α9 的电子取景器显示更新频率最高为 120 次 / 秒，这是为了尽可能地抑制时滞（画面延迟）。同时，自动对焦或自动曝光的运算处理也不管是否正在高速连拍，都以最多 60 次 / 秒的速度运算（当快门速度在 1/125 秒以上时，运算速度会因镜头而异）。

α9 上搭载了索尼新开发的堆栈式 CMOS 影像传感器 Exmor RS，其特点在于图像传感器为内置了像素层、图像信号处理电路和集成内存的堆栈式结构（图 2.31 和图 2.32）。堆栈式 CMOS 影像传感器可以在集成内存中暂时存储大量的输出信号，并让信号处理速度变得更快，因而能够大幅提升高速连拍性能。α9 虽然是全画幅机型，但实现了最多约 20 张 / 秒的高速连拍（关于图像传感器，详见第 4 章）。



图为索尼的全画幅微单相机 α9。它是世界上第一台搭载集成内存的 35 mm 全画幅堆栈式 CMOS 影像传感器（约 2420 万像素）的相机。其特点如下：最多约 20 张 / 秒的连拍帧速，附带 5 轴防抖系统，相位检测自动对焦覆盖 693 个对焦点，反差检测自动对焦覆盖 25 个对焦点，配有可翻折液晶屏。



以往的结构



集成内存的堆栈式结构

该示意图显示了新开发的集成内存堆栈式 CMOS 影像传感器的优点。上面是传统结构的图像传感器，电路层与像素层在同一层，所以电路层只能设置在像素层的外侧，而且只有有限的面积可以使用。而在下面的堆栈式结构中，电路层与像素层在不同的层，所以电路可使用的面积很大，高速信号处理电路可以得到大幅扩展。另外，通过将输出信号暂时保存在集成内存中，可以快速处理且不会阻碍信号传递，实现了对像素层的高速读取。之所以能够集成内存，也是得益于堆栈式结构可以扩大电路面积。

2.8 微单相机优点：静音拍摄

单反相机的声音主要是由反光镜的升起和下落，以及机械快门产生的，可以说是需要从单反相机的结构上着手解决的问题。不过也有部分单反相机的机型可以通过降低反光镜和快门的动作速度抑制拍摄声音。

而微单相机没有反光镜，所以就不会像单反相机那样因反光镜升起和下落而发出声音。要是能够去掉快门声音，就可以实现完全静音拍摄。快门可以大致分为机械快门和电子快门两类。在微单相机中也有只使用电子快门拍摄，从而实现静音拍摄的机型（但如果只使用电子快门拍摄，在拍摄移动中的被摄体时可能会出现模糊，这就又需要一种技术解决这个问题。有关快门的相关内容，详见第 5 章）。

另外，从原理上来说，单反相机应该也可以和微单相机一样实现静音拍摄，例如在拍摄时使用实时取景，保持反光镜固定在升起状态，并只使用电子快门拍摄。