

# 潜望式长焦镜头

---

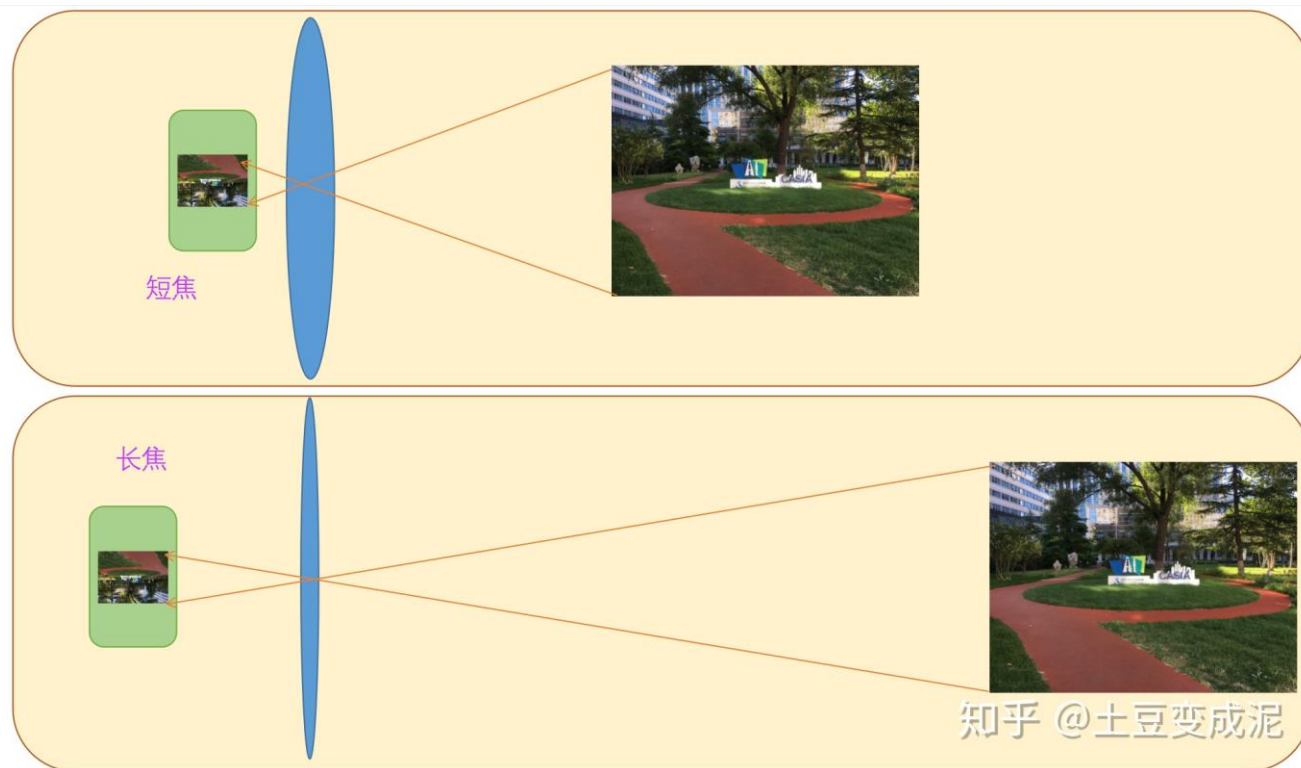
Q4.2020

FAE  
Department

**Confidential**

# 变焦原理

目前成像镜头的基本假设是小孔成像模型，成像位置是在镜头的焦点附近的。  
在这一基本假设下，物体离得近，就需要短焦距的镜头成像；  
物体离得远，就需要长焦距的镜头成像，才能使得同样一个物体拍出同样的大小。  
所以，要想拍清楚远处的东西，就需要长焦距。



# 变焦原理

覆盖被拍摄景物的镜头焦距可以通过以下公式进行计算。

$$f=v*D/V$$

$$f=h*D/H$$

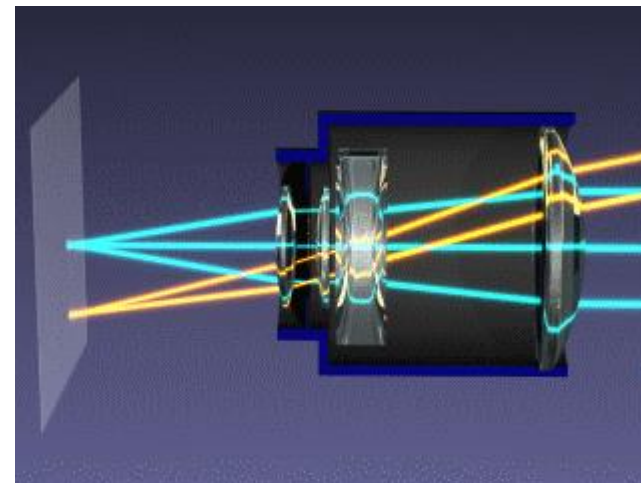
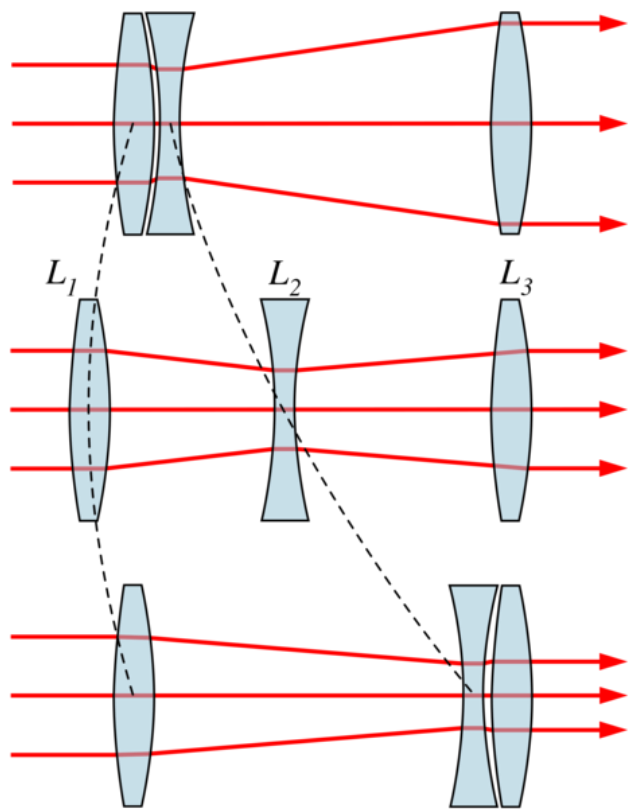
- f: 镜头焦距
- V: 拍摄景物的垂直方向高度
- H: 拍摄景物垂平方向的长度
- D: 镜头到拍摄景物间的距离
- v: 相机画面的垂直方向高度
- h: 相机画面的水平方向高度

# 手机变焦分类

- 1、光学变焦
- 2、数码变焦
- 3、混合变焦

# 光学变焦

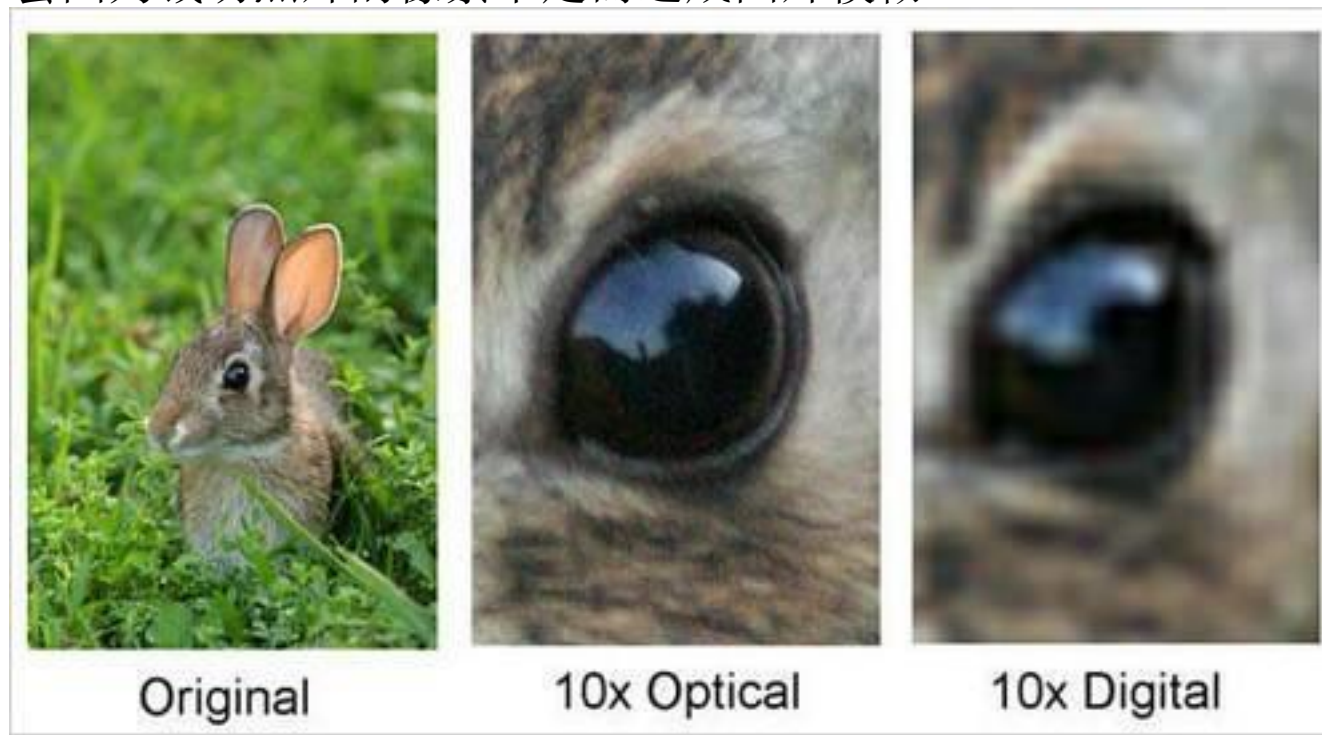
光学变焦的定义是依靠光学镜头来实现的变焦效果。也就是在实际的变焦过程中，相机镜头内的镜片通过位移的方式放大或缩小需要拍摄的景物，而实际的变焦倍数需要镜头、物体与焦点三方位置确定。可以说光学变焦是画质无损失的变焦过程。





# 数码变焦

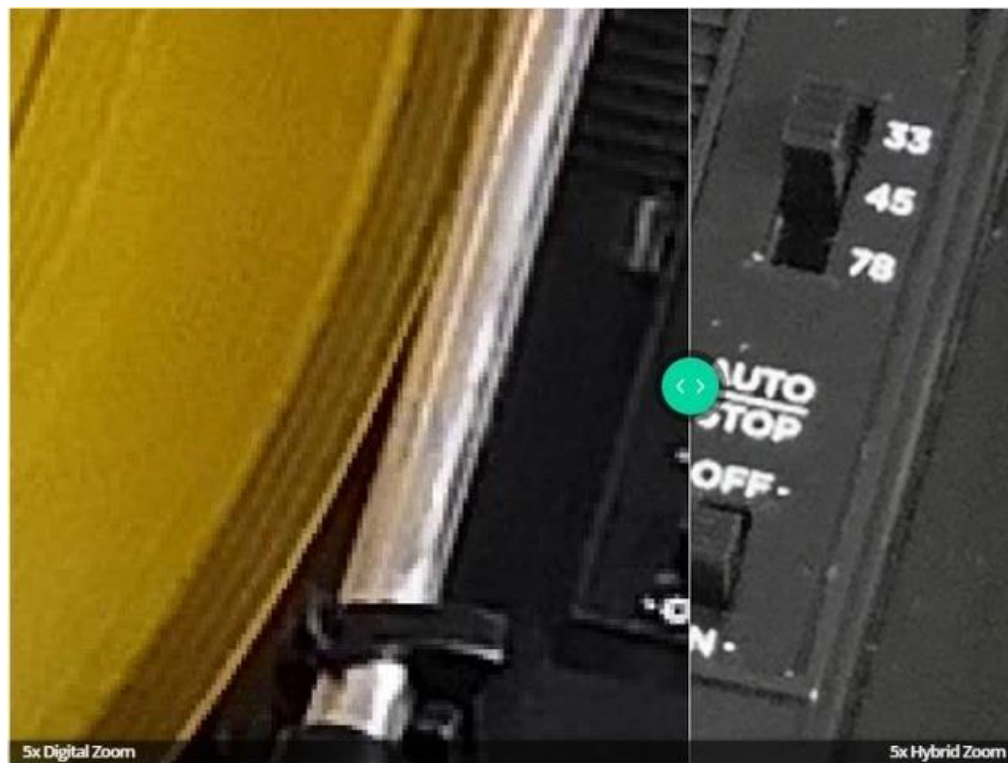
数码变焦的定义是通过软件将相机获取的图片中的每个像素面积增大实现放大变焦的效果。如果我们打开相机App，通过手指不断放大相机取景框中的画面，这个过程就是数码变焦在手机中的应用。简单来说，**数码变焦相当于对图像进行了裁剪**。与光学变焦不同的是，数码变焦的效果并不是无损效果，在数码变焦的过程中，图片的细节会因为裁切照片的像素不足而造成图片模糊。



原图（左）、10倍光变（中）和10倍数码变焦（右）

# 混合变焦

混合变焦是专属手机的变焦技术，混合变焦技术的基本原理是在一枚镜头进行数码变焦的基础上再通过其他镜头的拍摄取景用来补充变焦后丢失的细节，混合变焦的具体成像效果介于光学变焦和数码变焦之间。



5倍数码变焦（图左）和5倍混合变焦（图右）成像对比

**Confidential**

# 光学变焦优缺点

**优点：**光学变焦是利用镜头内透镜的移动来改变焦距，从而实现影像的放大与缩小。这种图象的放大是通过物理学原理，在放大过程中，感光元件从被摄体中直接感光并形成影像，而没有经过其他任何的电子放大处理。并且在这个过程中，感光元件都是全幅面成像，图象能够保持原有的最高分辨率。因此，通过光学变焦所获得的影像不但使被摄物体变大了，同时也相对更加清晰。这是光学变焦的主要优势。

**缺点：**光学变焦镜头相比非光学变焦镜头来说，制造成本要高很多。另外，光学变焦镜头在进行长焦拍摄时，由于身体或者手部震动而对画面的影响就将会更加大，因此长焦拍摄时画面模糊的几率往往更加大。



# 数码变焦优缺点

**优点：**数码变焦是通过软件运算来实现影像的局部放大，因此我们可以看到它几乎不会增加任何硬件设施，只需要在硬件中固化软件就可以了。数码变焦的这种特征使得它极少甚至无需增加相机制造的成本。而且，数码变焦实际使用时，并不会存在光学变焦在高倍率变焦时抖动加剧的问题。另外，数码变焦比光学变焦更加省电。

**缺点：**它是通过后期的放大来实现影像的放大，虽然某些厂商的数码变焦技术会通过独特的插补运算来提高变焦后的图象质量，但是最后的图象效果仍然是模糊不清，特别是高倍率数码变焦时，效果将会更加惨不忍睹。

# 手机变焦的开始

2004年5月，沃达丰在日本东京发布夏普V602SH、东芝V601T、三菱V401D和三洋V401SA四款智能手机，而这四款手机均支持光学变焦的手机。其中最有代表性的是夏普V602SH，这款手机在当时搭载了2倍光学变焦的200万镜头，可以拍摄最大分辨率为1600×1200像素的照片。而夏普也在后续推出了升级版的夏普V903SH。此后手机开启了对于变焦的探索之旅。



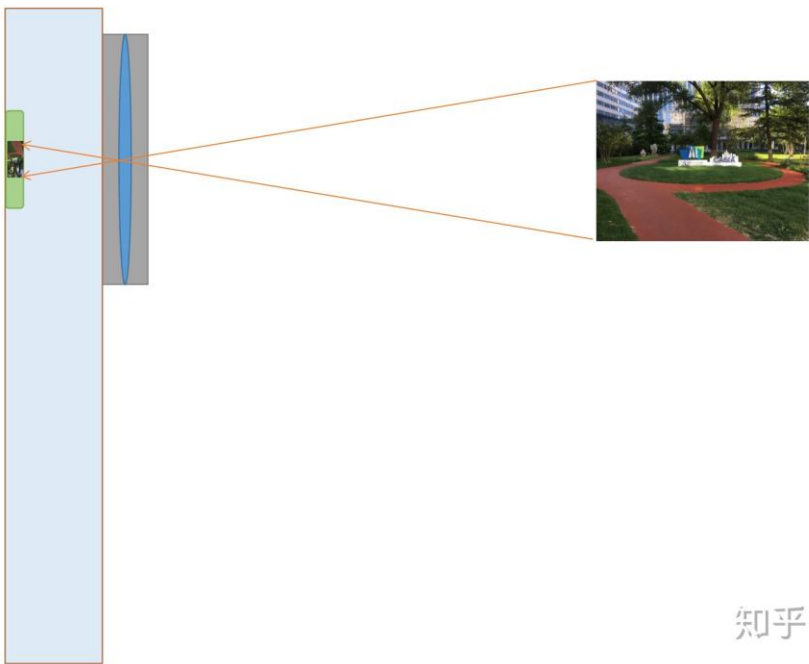
夏普V602SH

**Confidential**

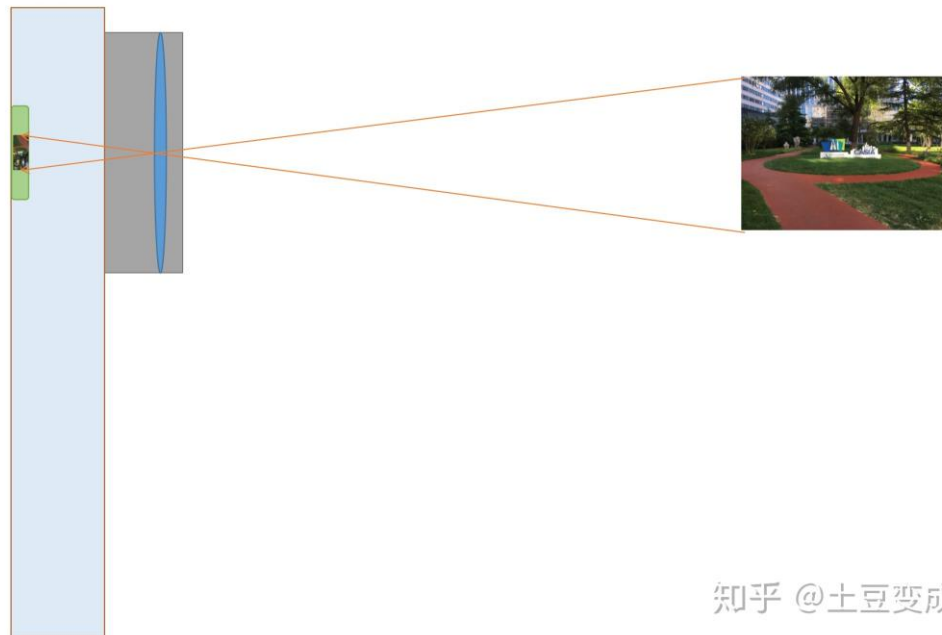
# 手机长焦镜头

从技术原理来说，光学变焦是优于数码变焦的，但手机厚度是有限制，这一特性决定了手机不可能搭载体积硕大的光学变焦镜头，因此手机上的数码变焦应用要多于光学变焦。

所以，为了能够让焦距尽可能长一些，最简单的办法就是：摄像头凸起。摄像头凸起后，就能容纳更长焦距的镜头了。



知乎 @土豆变成泥



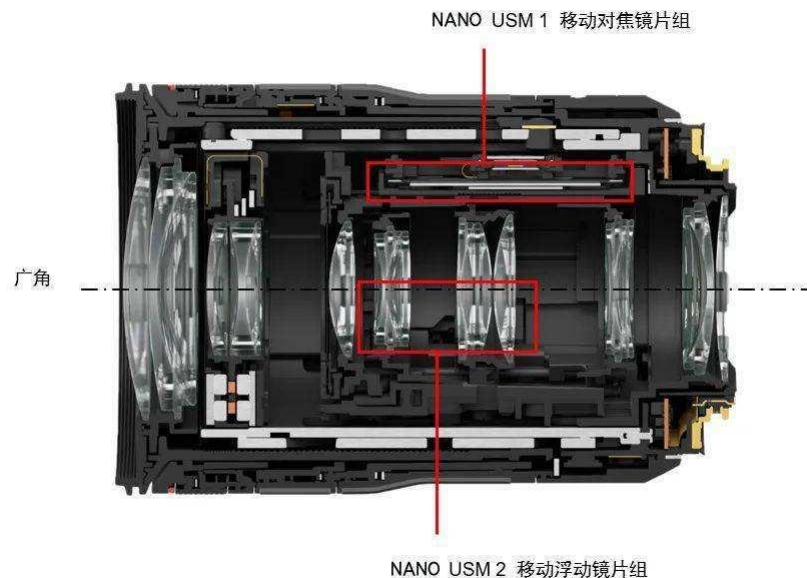
知乎 @土豆变成泥

# 传统光学变焦长焦镜头

2013年6月，第一款支持10倍光学变焦的安卓手机三星GALAXYS4Zoom问世。从手机的设计来看，你可以简单的理解GALAXYS4zoom是一款把一个智能手机和一个卡片相机组合在一起的产品。它的光学变焦是通过镜头和镜片的物理运动来实现一个物理的缩放，整个过程是连续的，而且画面是无损的。



三星GALAXYS4Zoom背面



佳能RF70-200mm F4 L IS USM

# 传统光学变焦长焦镜头

S4zoom配备了10倍光学变焦镜头，焦段24-240毫米，因此使用S4 zoom拍照可以获得更出色的距离体验。当把S4zoom拉到长焦端的时候，由于没有外界稳定装置的帮助，导致照片经常会因为抖动而虚了。这并不是S4zoom的问题，所有的长焦相机在拉到长焦端的时候都会出现这样的问题。



GALAXYS4Zoom广角端照片



GALAXYS4Zoom长焦端照片



# 固定焦段长焦镜头

iphone7plus的做法是采用一颗固定焦段的长焦镜头，通过软件让这两个摄像头可以无缝切换，达到光学变焦的目的。不过这里所谓的光学变焦并不是传统意义上的光学变焦，而只是借助两颗焦段不同的定焦镜头来实现一个非连续切换，除了1x和2x两个点之外，1.2x和2.4x这些中间的焦段都是数码变焦。





# 潜望式长焦镜头

早在2015年华硕的ZenFone Zoom发布了首款潜望式镜头，可实现3倍光学变焦，但在当时这款手机注定是一部小众产品。2017年OPPO在MWC上发布了首款潜望式双摄像头技术（广角+长焦），并未推出实际产品。

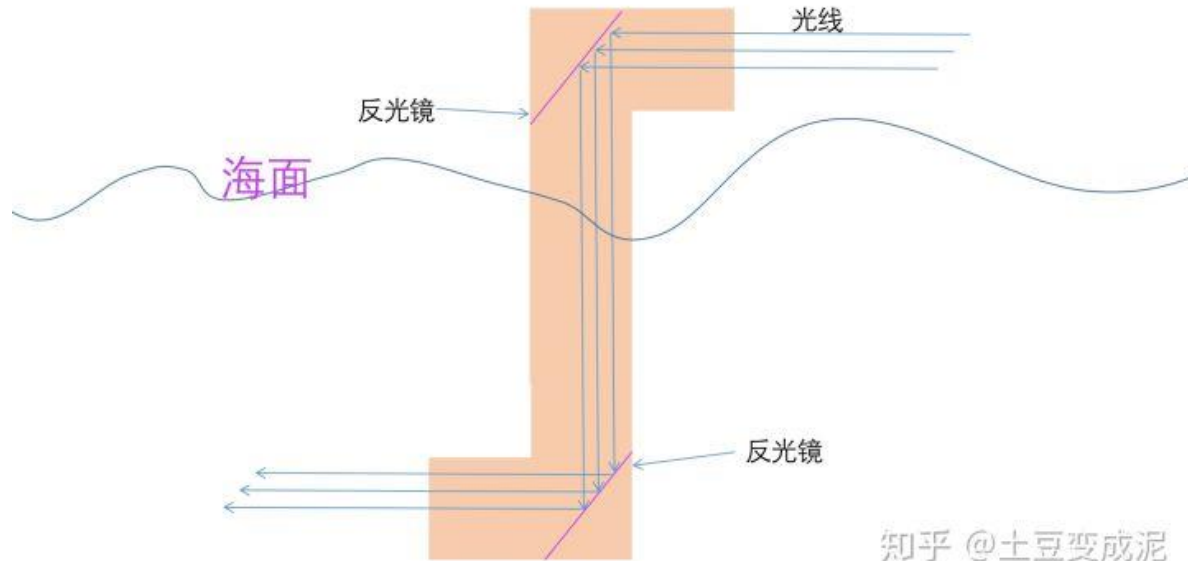
2019可以称为潜望式镜头发展元年。2019年3月/4月华为和OPPO先后发布了具备“潜望式长焦镜头”的旗舰机型P30 pro和 Reno。两款产品均采用一颗潜望式的镜头，其中P30 Pro实现的焦距为125mm，而Reno实现了160mm的焦距。



**Confidential**

# 潜望式长焦镜头原理

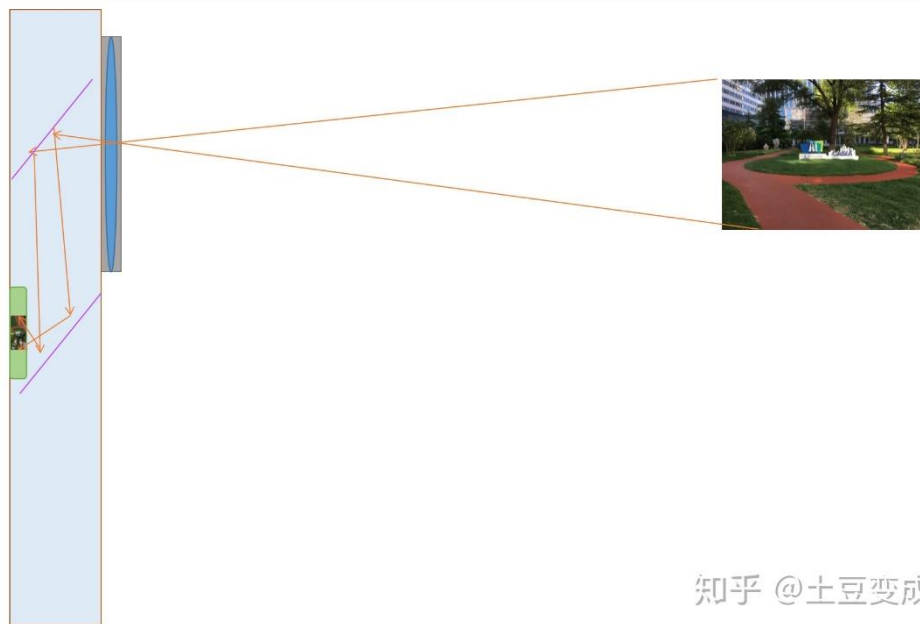
潜望式镜头借鉴了潜望镜的基本原理，潜望镜主要是采用两个反光镜，使得光路产生折叠，最后折向人眼。这个**折叠光路**的设计和作用很重要，也是用于手机的主要原因。



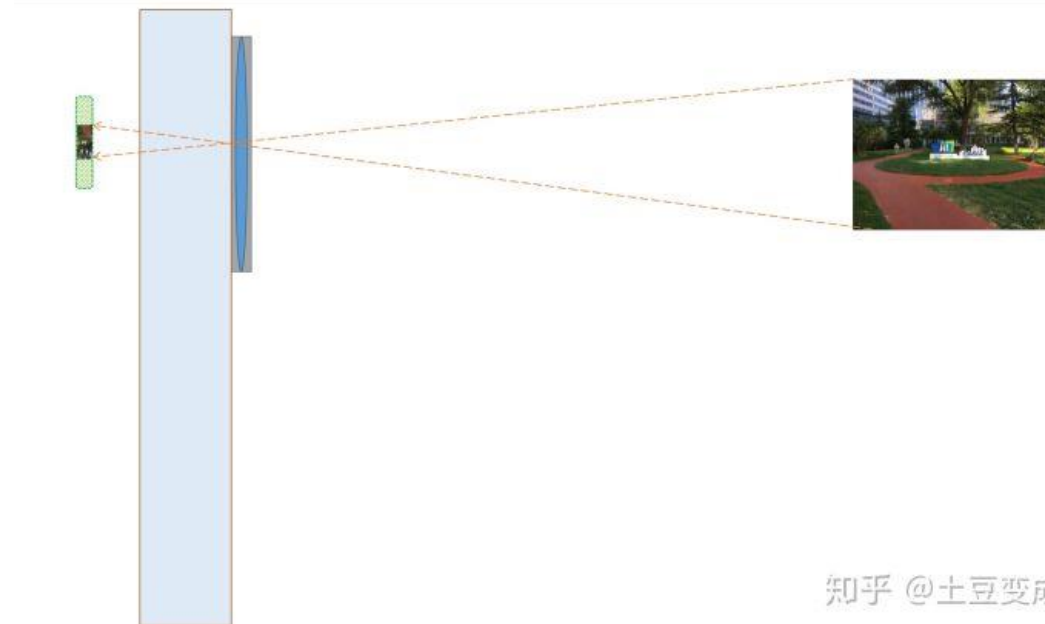
知乎 @土豆变成泥

# 潜望式长焦镜头原理

首先，我们按照最开始的潜望镜的原理，设计出一个潜望式镜头，如左图所示。这个设计跟潜望镜基本相同，对光路进行了折叠。那我们将折叠的光路等效展开，如右图所示。可以看到其等效焦距等于远超手机本身的厚度。



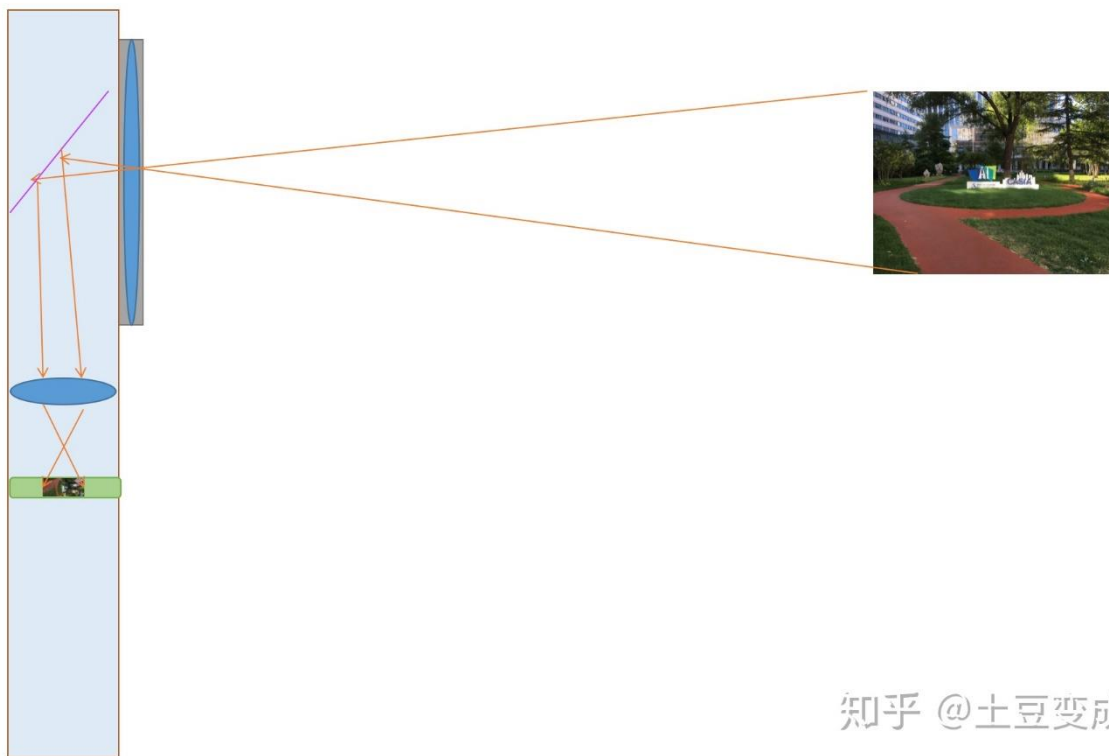
知乎 @土豆变成泥



知乎 @土豆变成泥

# 潜望式长焦镜头原理

下图是只装一块反光镜的示意图，且在反光棱镜后加了透镜，这时候我们只需要对传感器的位置进行相应的调整即可。这也是目前手机潜望式镜头的普遍做法。



知乎 @土豆变成泥

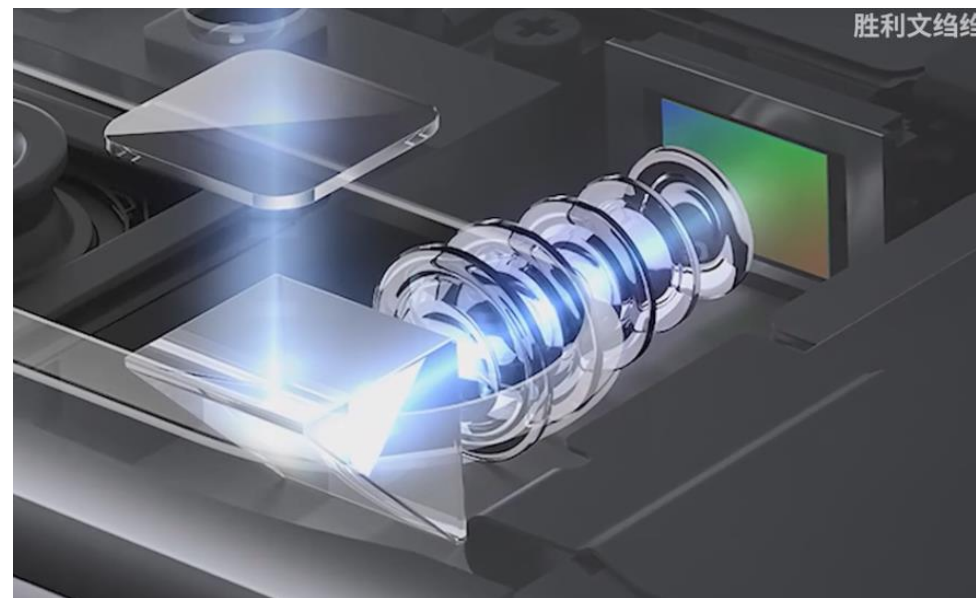
# 潜望式长焦镜头-华为P30 pro

P30 Pro拥有5枚相机组件，左侧从上到下分别是20 MP的超广角相机，40 MP的广角相机及其旁TOF相机，8 MP长焦相机，以及右上角的前置32 MP相机。可以看到潜望式长焦镜头的规格只有8M，但是整体比主摄40M的都大了不少。



# 潜望式长焦镜头-内部结构

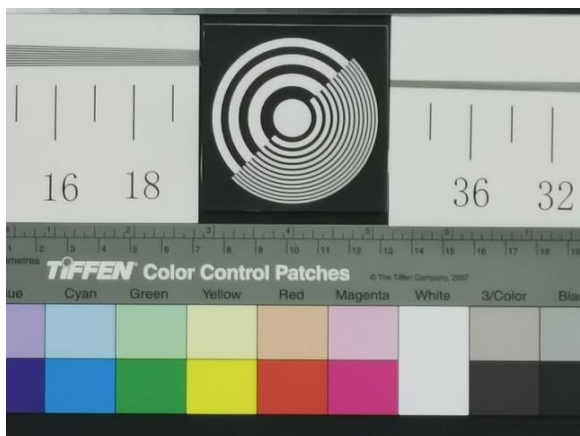
通过暴力拆解我们可以看到，P30 Pro上的潜望式长焦实际上也是定焦镜头，镜片是不可移动的，相对于其他长焦镜头只是多了个可以折线光线的三棱镜，实现光转90度之后的处理方式与其他无异。所以除了5x是光学变焦，其他倍数（不包括1x）都是混合变焦和数码变焦。





# 潜望式长焦镜头-样张对比

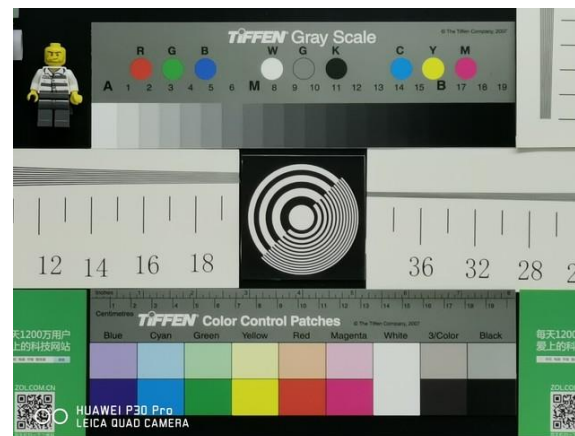
左图为350lux亮度下P30 pro的5x长焦和iPhone Xs Max的样张对比，右图为10x下的。可以明显看到P30 Pro的解析力比iPhone XS Max强了不少，毕竟这是光学变焦优势。



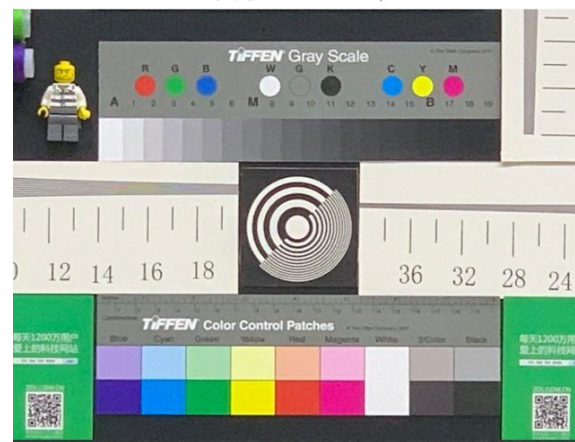
华为P30 Pro ↑



iPhone XS Max ↑



华为P30 Pro ↑

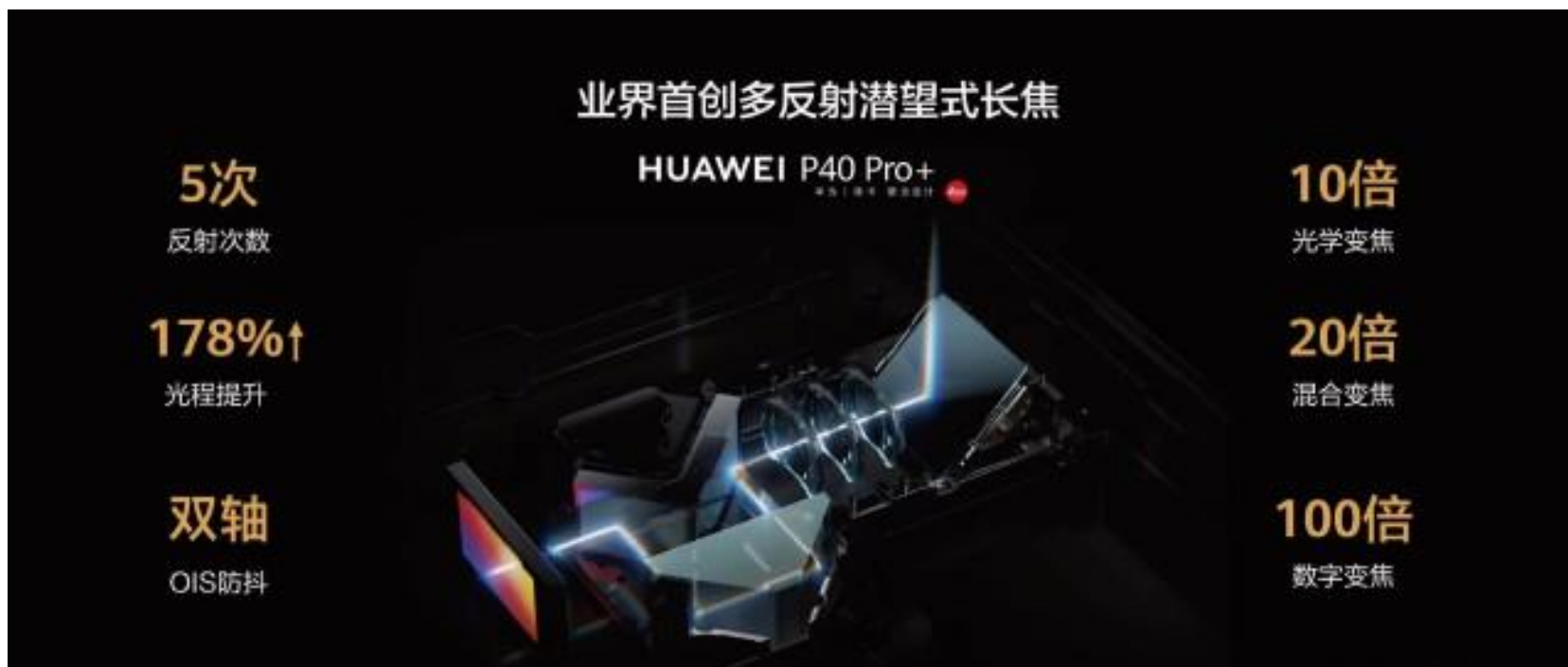


iPhone XS Max ↑

Confidential

# 潜望式长焦镜头-华为P40 pro+

华为p40 Pro+首创业界多反射潜望式长焦镜头（第二代潜望式长焦镜头），实现最高10倍的光学变焦和100倍的数字变焦。



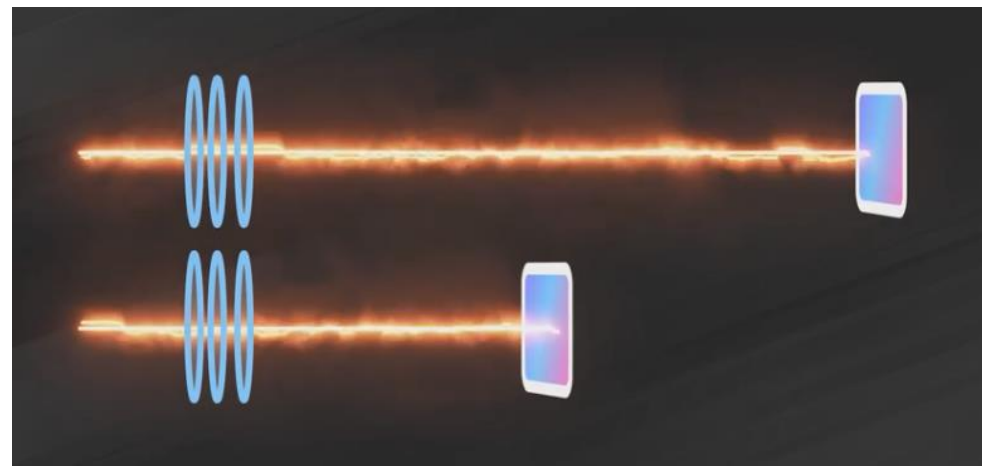
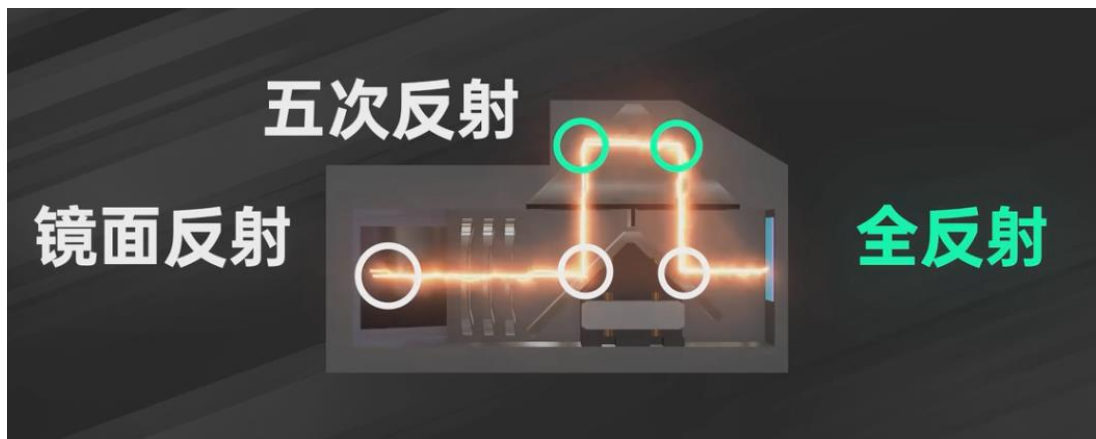
# 潜望式长焦镜头-华为P40 pro+

我们可以看到第二代潜望式长焦模组的体积比第一代实际上只大了一些，继续拆解来研究它是如何实现10x光学变焦的。



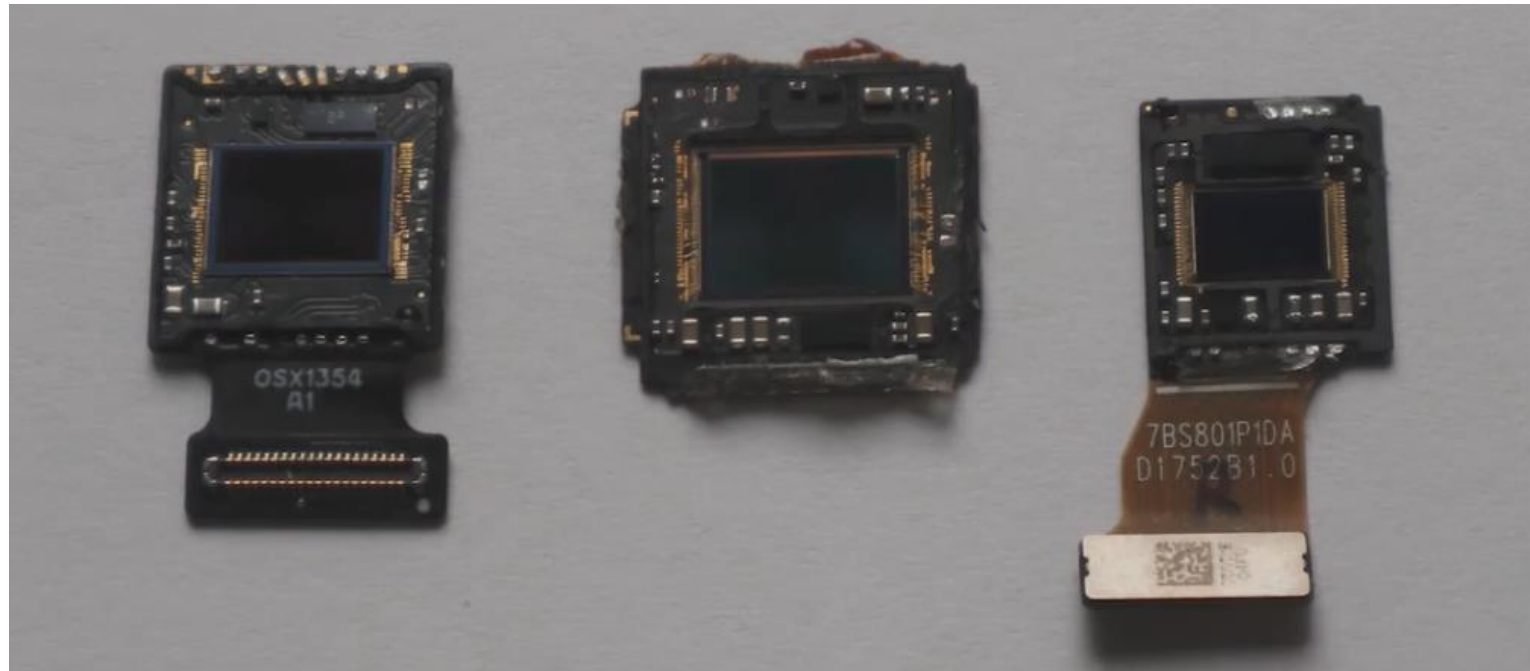
# 潜望式长焦镜头-华为P40 pro+

通过拆解我们可以看到光在模组内进行了五次反射，三次镜面反射和两次全反射。我们把光路捋直来和一般的进行比较就可以发现明显区别，通过镜片后的光路长了很多，也就是说它可以有更长的焦距来实现光学变焦。



# 潜望式长焦镜头的局限性

下图从左到右依次为1/2英寸、1/1.7英寸、1/3.4英寸传感器的大小对比，其中最右边为华为P30 pro潜望式长焦镜头的传感器尺寸。三星S20 Ultra搭载了一颗6400万像素，1/2英寸，支持4x光学变焦的潜望式长焦CMOS，这是目前手机潜望式之最了。



# 潜望式长焦镜头的局限性

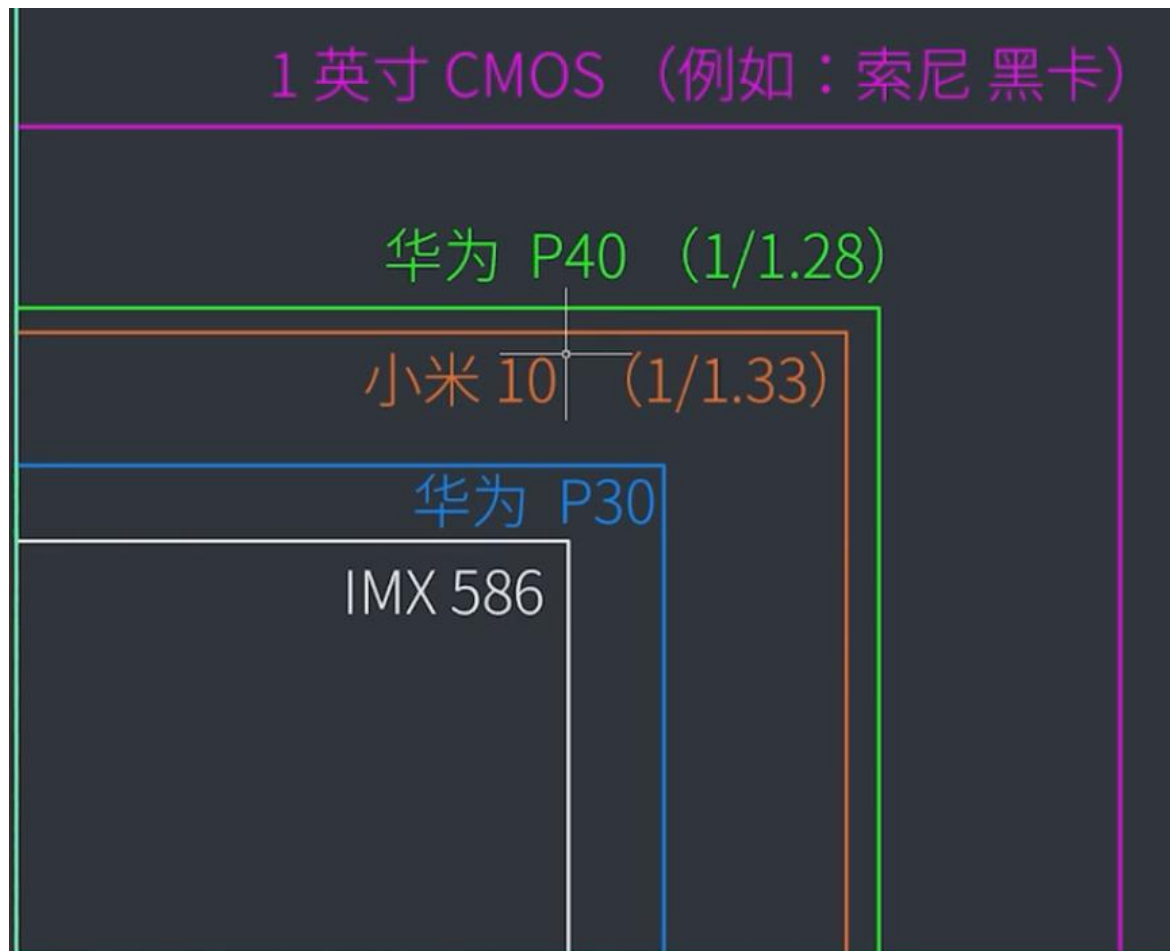
华为首发世界最大手机传感器，P40 Pro及P40 Pro+的主摄就使用了5000万像素、1/1.28寸的大底传感器，这是2020年智能手机中传感器最大的，感光面积比iPhone 11 Pro Max大297%、比HUAWEI P30 Pro大76%、比三星S20 Ultra大8%。





# 潜望式长焦镜头的局限性

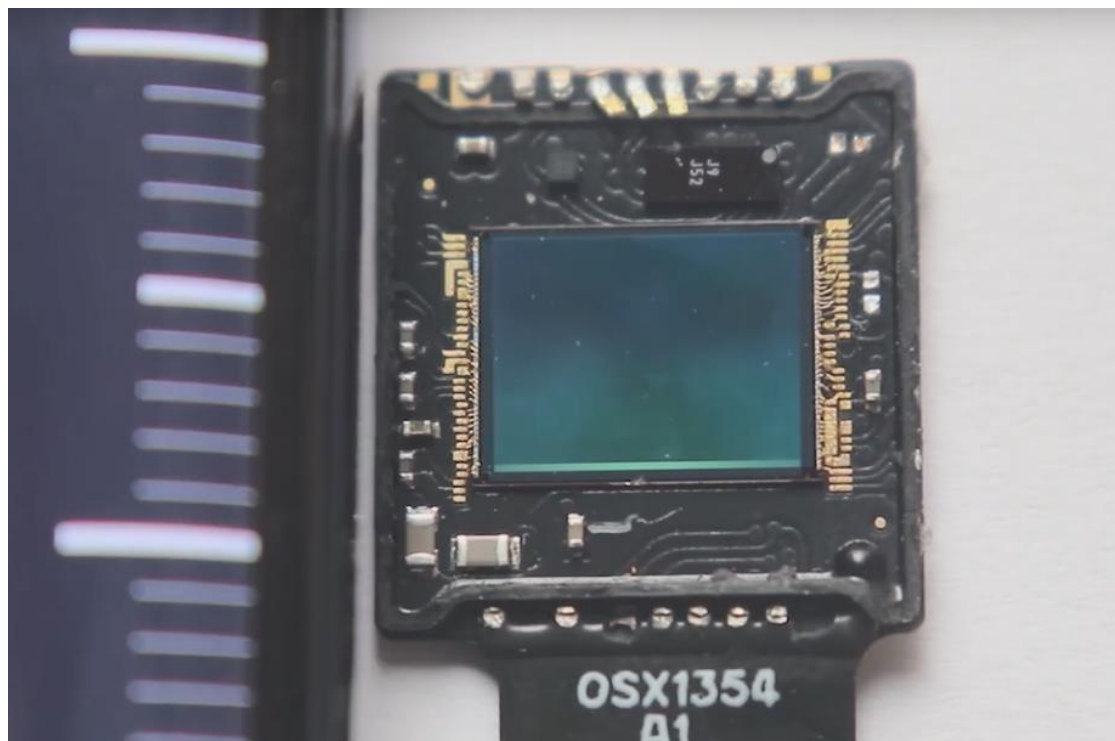
下图是目前主流相机传感器的示意图。



Confidential

# 潜望式长焦镜头的局限性

左图为带光学防抖的IMX586的CMOS，4800万像素，其边长达到了1.2cm。目前的主流手机不可能塞得下立起来的它。而1/2英寸底4:3的CMOS其高为4.8mm，再加上光学防抖所需要的空间，再考虑手机内中框散热屏幕后盖所需的空間，所以1/2英寸几乎是目前手机潜望式的硬件极限，而且电路是需要重新设计的。



# 潜望式长焦镜头的优点

**优点一：**可以在不增加手机厚度的同时，提高变焦能力，看的更远。现在的手机为了更薄的机身，都出现了摄像头突起的问题，这让更轻薄的机身与强大拍摄能力显然是矛盾的，尤其是对光学变焦来说，相反的潜望式镜头与机身平行式的设计，可以很好的弥补光学变焦所带来的机身增厚问题。

**优点二：**长焦拍摄更加稳定，我们在使用长焦镜头进行拍摄的时候，常常会因为传统的伸缩式镜头造成拍摄不稳定的问题，相反的，这在潜望式镜头得到很好的解决，拍出的照片更加清晰

# 潜望式长焦镜头的缺点

**缺点一：**潜望式镜头占据了大量手机内部空间，同样体积的手机，装有潜望镜头的手机需要在电池、散热等方面有所牺牲；

**缺点二：**由于反射棱镜的存在，潜望式镜头影响光线的射入量，光线强度在棱镜反射时候会出现较大衰减。因此，同样的传感器，潜望式镜头在暗光下性能相对较差；

**缺点三：**由于潜望镜式镜头的感光元器件的安装方式与之前不同，导致潜望式镜头后的图像传感器尺寸较小。潜望式镜头后的传感器，无法大于手机本身的厚度。





 **THANKS**