

平行移轴和利用沙姆定律做俯仰

技术相机的应用以及理想设计

by Walter E. Schön

调整型技术相机旨在帮助摄影师轻松纠正斜拍时的透视变形（主要是汇聚线条），以及不过度缩小光圈（从而避免衍射造成的图像模糊）的情况下增大景深。

为此，这种相机会通过后背和/或镜头上的机械移轴功能来校正透视，以及通过位于后背和/或镜头上的机械俯摆动装置来增大空间景深，从而更好地迎合拍摄的主题范围。

摄影中的“透视”指的是什么，受哪些因素影响？

英文“透视”（perspective）这个词来自拉丁语 *perspicere* = 看穿。在摄影和几何学中，指的是一个三维物体成像到一个平面后，依然能给观看者一种空间体验。

为取得相同效果，观看者需要在特定的位置，相同的方向观察A' 的每一个点，以及相对应的A的每一点。

“特定的位置”，在这里是取景人的眼镜的位置，再确切讲，就是取景人眼睛瞳孔的正中央。像平面有变化，那么所看到的图片就会有变化。

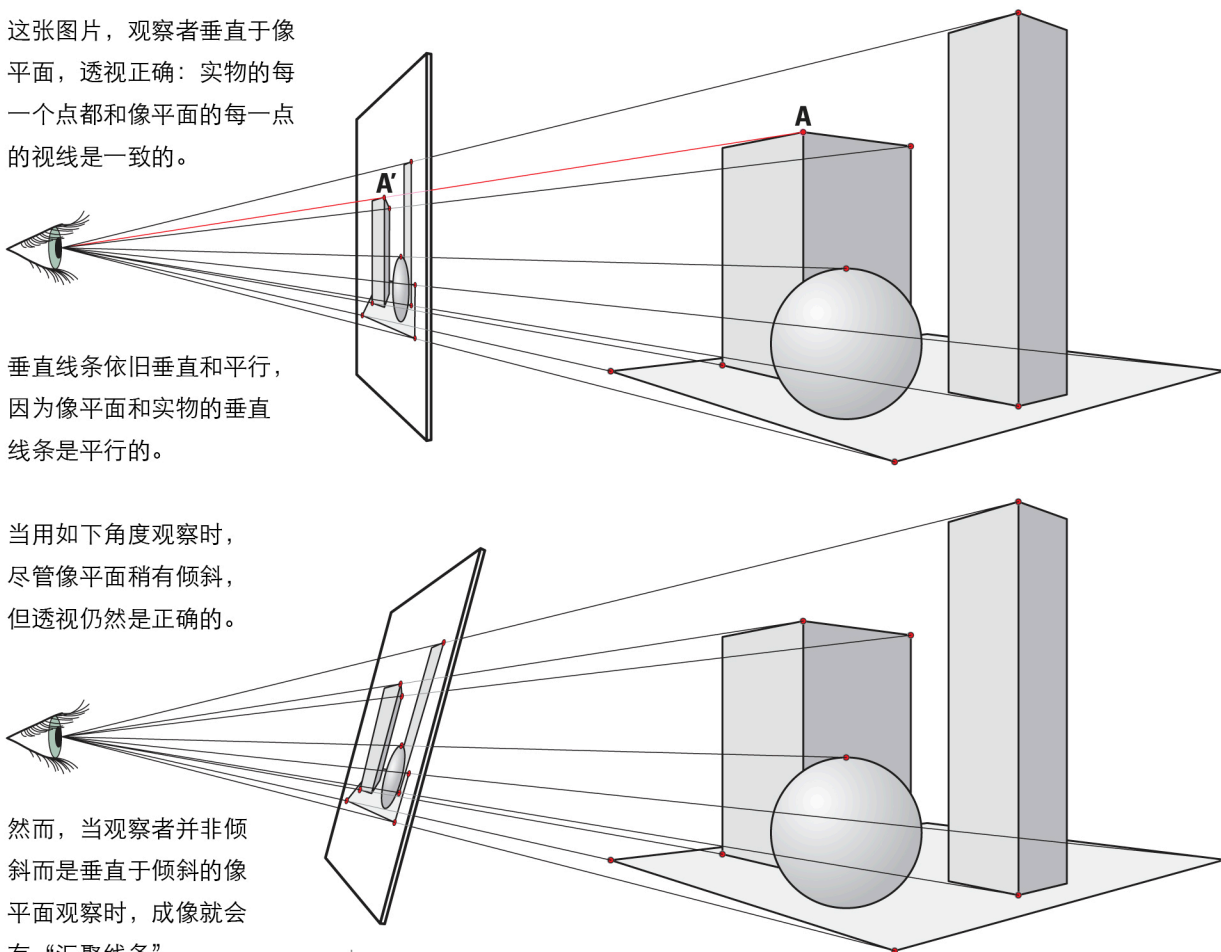
如果将这个原理应用到拍摄中，影响照片中目标景物透视的最关键的因素就是镜头“瞳孔”（或光圈）的中心位置所在，以及像平面和目标景物两者之间的定位关系（平行或者倾斜）和观察的角度（垂直或倾斜）。

这张图片，观察者垂直于像平面，透视正确：实物的每一个点都和像平面的每一点的视线是一致的。

垂直线条依旧垂直和平行，因为像平面和实物的垂直线条是平行的。

当用如下角度观察时，尽管像平面稍有倾斜，但透视仍然是正确的。

然而，当观察者并非倾斜而是垂直于倾斜的像平面观察时，成像就会有“汇聚线条”。



平行移轴工作原理

假设要拍摄一栋高楼，为把整栋高楼映射到像平面，相机需要向上倾斜，因此汇聚线条产生：垂直边缘处向上汇聚，直至消失到某一点；整栋楼顶端变窄，垂直方向上也被压缩（相对于它的宽度）。

拍摄时，如果像平面（传感器平面或焦平面）和这些垂直边缘是平行的，那么图像依旧平行和垂直。若是不带调整的相机，则只能水平方向拍摄（=垂直像平面）

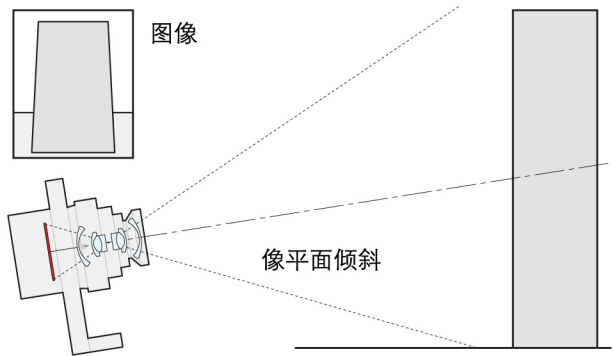
建筑摄影中，图像中的建筑物顶端通常被迫裁切掉，而且前景又过于空旷。为了覆盖整栋建筑物并且尽量减少空旷的前景，非技术相机需要适当倾斜，亦或者在建筑物一半高度的地方拍摄，而不是在地面上以普通行人的角度进行拍摄。

从顶端拍摄建筑物时，也会产生同样的问题。唯一的区别是：汇聚线条向下汇聚。

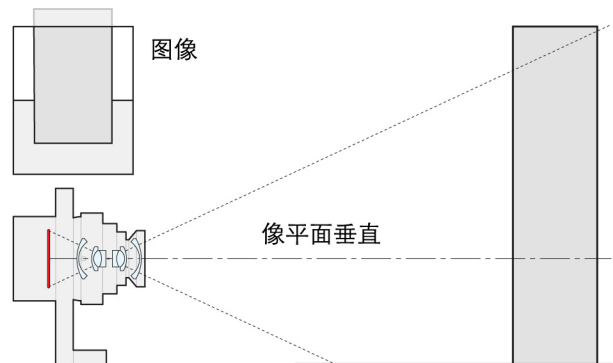
如果相机上镜头或后背可以上下移动，那么就可以倾斜相机从上面或者下面进行拍摄（当然，取决于移轴范围和镜头的角度）并且依旧保持像平面垂直。最终的图像则没有汇聚线条。建筑物宽高比例正常。

相机倾斜从下面拍摄，镜头上移或者后背后移，都没关系。最重要的是镜头中心的位置要高于像平面的中心（或者后背画幅的中心）。同理，相机倾斜从上面拍摄也是一样的。因此技术相机是否提供镜头或后背的平行移轴并不影响。

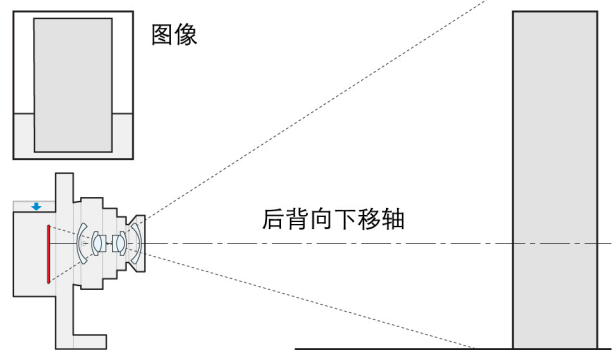
近距摄影中镜头垂直移动会造成明显的透视变化。建议最好只移动后背，至少保证在近区域或者前景很小的情况下。如果只有镜头可以移动（例如说35 mm相机带移轴镜头），在镜头移轴完毕后，则可能需要在垂直方向上降低或升高相机调整汇聚线条，以确保镜头保持在原始位置。



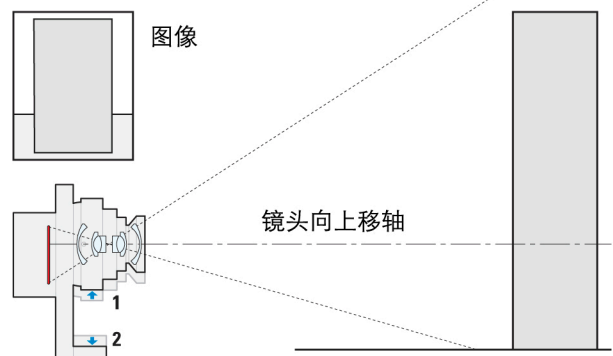
图例中，相机向上倾斜，前景很少，涵盖整个建筑，但是产生了汇聚线条。



相机水平对齐，人眼观察正常无畸变，但是建筑不完整而且前景过大。



如果后背后移或镜头上移，都可拍摄出整栋建筑，无畸变。



如何使用沙姆定律获得最佳景深？

摄影中的多数实物都是三维立体的。镜头焦距不同，能够取得清晰图像的范围也是不一样的。聚焦完成后，在焦点前后的范围内都能形成清晰的像，这一前一后的距离范围，便叫做景深。这个范围由弥散圆的最大直径来决定。八十多年的胶片摄影历史中，弥散圆直径一直定义为图像对角线的1/1400。

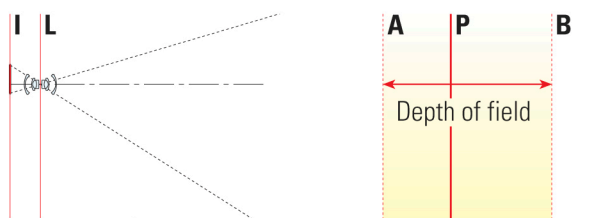
如果传感器尺寸是24 mm x 36 mm，弥散圆直径大概是0.03 mm。所有标准景深都以此为依据。

镜头和胶片质量越好，该数值越不真实。因为当图像被放大很多倍时，该数值已经成为直径0.03mm的一个点。最新的数码后背和镜头其实只需要一半数值就足够了——35mm的弥散圆大概是0.015 mm。要取得相同景深，需要降低2档或更多的f值。

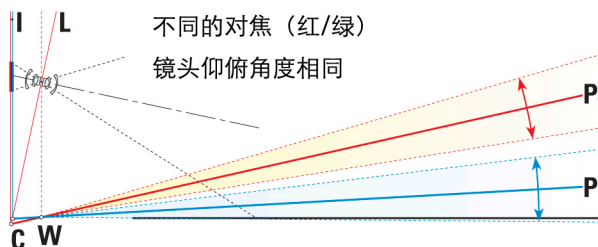
但是降低光圈的同时衍射模糊增加（两档f值）。如果你需要更高清晰度的图像，那么光圈缩小要尽量减少，同时也要接受小景深的现实。

沙姆定律早在一百多年前就帮你摆脱了这个尴尬：仅仅仰俯镜头或后背无法取得更多景深，但是可以倾斜（并非全部适用）在空间中延伸景物获得更高的清晰度。

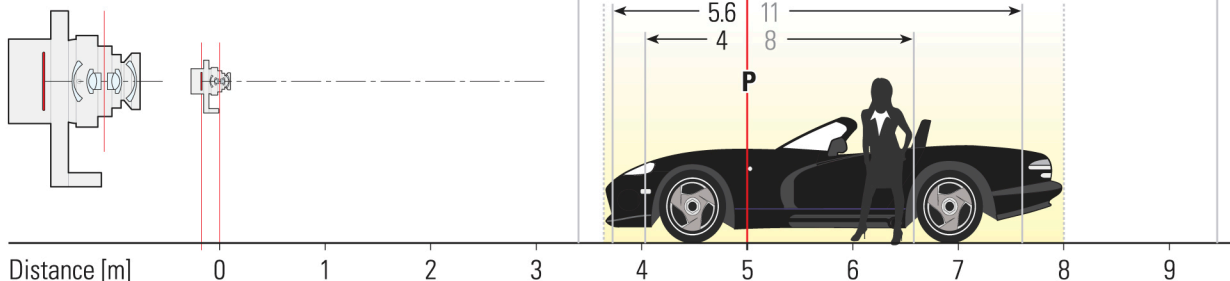
如果像平面I和关键的镜头平面L（假设光圈叶片作用于此）互相平行，平面P（目标景物最清晰）、前景深平面A、后景深平面B也互相平行：



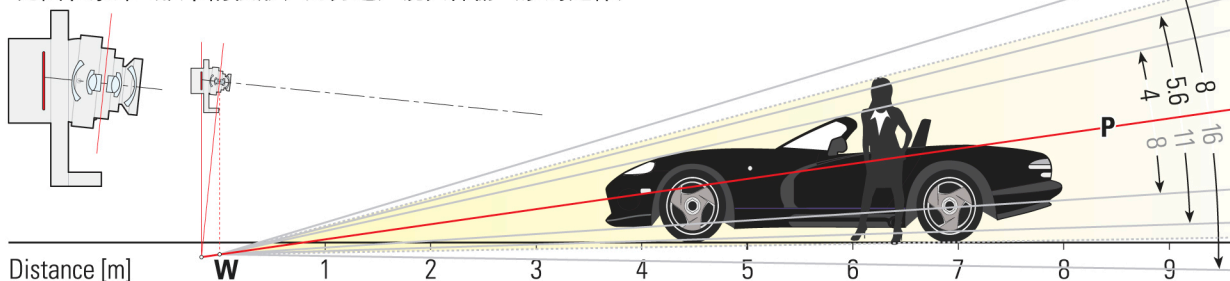
某些技术相机，镜头可以仰俯，所以镜头平面L与像平面I在直线C处相交（参见下图）；清晰平面P也倾斜而且其延长线穿过直线C；之前平行的景深平面（黄色区域）则变成了楔形。边缘W在C点之前，而这点正是未仰俯时的镜头平面与现在平面P的相交点。聚焦改变后，楔形的景深范围围绕W点旋转：楔形位置更低，聚焦距离更广（像平面I从红色线条转移到蓝色线条）。第5页第7段详细解释了沙姆定律在镜头仰俯上是如何实现的。



F值和景深（ d =弥散圆），无镜头仰俯（沙姆定律）



光圈和景深（狭窄的楔形，无穷远）镜头仰俯（沙姆定律）



如何聚焦来取得最佳景深？

无镜头仰俯，像平面I、镜头平面L、平面P互相平行。

首先，平面P具体位置、要降低几档f值才能取得最佳景深，是无法预知的。当前比较流行的一个说法是平面P位于前景深A和背景深B之间并且靠近A三分之一距离处。可是这个说法往往不对。

只有当B到镜头平面的距离是A到镜头平面距离的两倍时，才能是上述说法。否则P到A和P到B距离的比率会从1:1（微距）到1:∞（从景深至无穷远）之间变化。

这个当前流行的说法一不正确、二也不实用，因为要找到P的位置、要对焦P位置，所以知道A和B的距离很有必要。

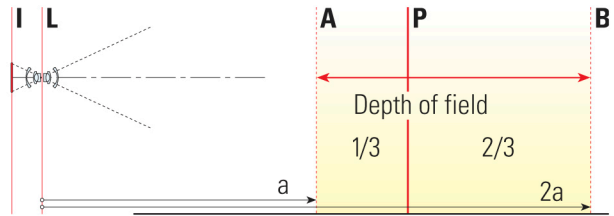
正确方法为：A平面和B平面处总会有目标景物（否则A和B就不是一个确切的平面了）。首先要聚焦A点，其次聚焦B点。反过来也一样。

1. 将相机放在带刻度的光床上，正常移动后背调焦。前景深位置和背景深的位置都会有一个刻度（譬如说37和40）。那么最清晰的聚焦平面位于两个值的正中间（38.5）。

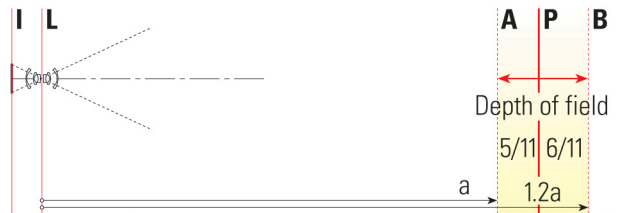
2. 相机上的镜头带距离刻度，那么A和B上在镜头上会有一个对应的距离刻度值。最佳对焦平面仍然是在A和B的正中间（而不是刻度值的中间值）。

正确的光圈值可以用刻度尺或者景深表记录在表格中。

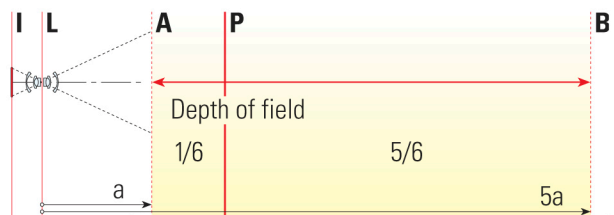
镜头仰俯之后的聚焦（沙姆定律）：镜头仰俯后景深范围表现为楔形（参见第3页）。对焦A和B平面，平面内必须有实物（第3页最后一个图表，第5页女士头顶N和鞋底F），对焦点则是A和B的中心。正确的光圈可从镜头上的景深刻度、计算尺、景深表得知（镜头仰俯之后，镜头上的距离值不再准确，仅是最近对焦点和最远对焦点的参考值）。



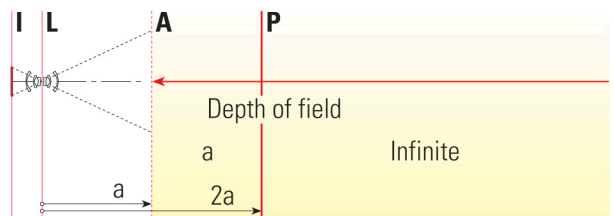
当B到镜头平面的距离是A到镜头平面距离的两倍时，平面P位于A和B之间并且靠近A三分之一距离处。



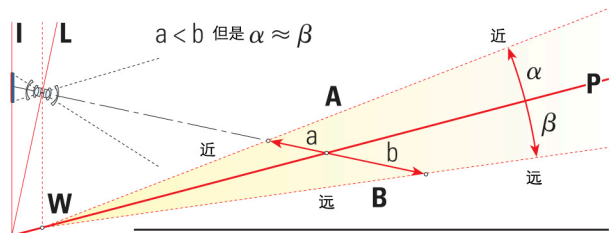
如果景深比A到镜头平面的距离小，那么P到B的距离仅比P到A的距离大一丁点。



如果景深比A到镜头平面的距离大，那么P到B的距离肯定比P到A的距离大，甚至大很多。



如果P到镜头平面的距离是P到A的距离的两倍，那么景深就是无穷远。



镜头仰俯之后，P到A的距离永远是小于P到B的距离，比率就像a:b这样不断变化着。但是景深的a和b在楔形中所处的角度几乎总是相等的。

如何拍摄？

若要将汇聚线条变平行，仰俯镜头尤为必要（可以扩展景深）。首先纠正畸变然后仰俯。以下是最方便最省事的操作步骤：

1. 将相机放置在理想位置。

这将决定目标景物出现在影像中的方式、前景后景位置以及在影像中所占的比例等等诸多因素。

2. 尽可能营造出“楔形”。

如果可以，尽量将相对较高的景物放置在后面，以确保该景物位于景深楔形范围内，更便于沙姆定律的应用（光圈缩小尽量减少）以及衍射模糊的最小化。

3. 相机的像平面保持垂直以避免汇聚线条的产生。

即使相机需要上仰或下俯，像平面也必须和目标景物的垂直面保持平行。

4. 任何倾斜都会导致后背的平行移轴

如果相机（譬如单反相机）仅允许镜头平行移轴，那么近距离拍摄需要降低或提升整个相机以恢复镜头原始的位置和视角。

5. 边角透视

有时汇聚线条并没有完全平行，会遗留一些边角透视，这是正常现象。由于倾斜拍摄，平行移轴被减少了大约1/4。因为整台相机进行了仰俯，使得目标景物又再次出现在像平面中。微小的倾斜导致了边角透视的产生。

6. 对焦、确定景深

如果相机不带或目标景物不需要（或不允许）镜头仰俯，则有必要降低光圈以保证景深涵盖所有目标景物而得到清晰的影像。因此需要设定两个目标点：前景A平面的近点N，后景B平面的远点F。AB平面

之间的全部成像清晰，之外则可能会模糊。

很明显，在N和F之间前三分之一处对焦是不正确的。应该N和F两点先后对焦，然后再确定两次对焦的中心点，由此确定光圈（N和F对焦点之间），再使用表格或计算尺或镜头上的景深刻度值将数值记录下来。

7. 沙姆定律镜头仰俯

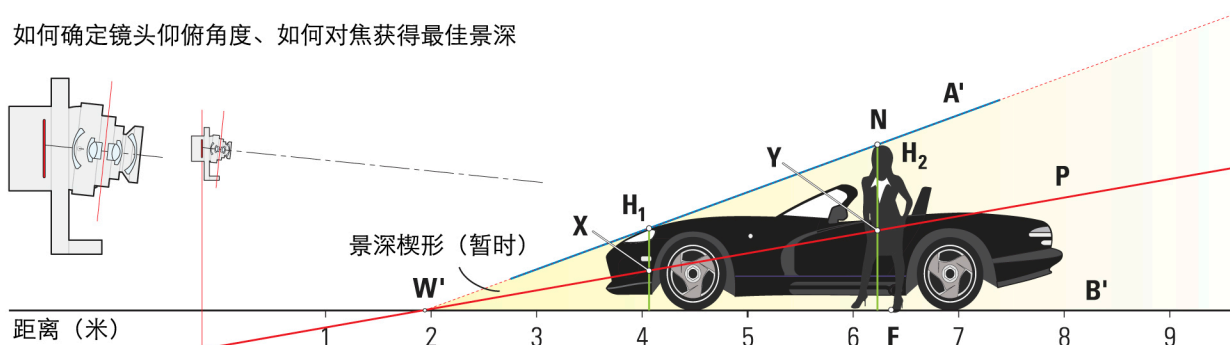
如果目标景物比像平面高，请在目标景物周围想象出一个楔形景深构图，然后就可以使用沙姆定律了。构建A'平面（在目标景物的最外侧边缘处）。与之相交叉的有两个相对最高的目标景物H1（最近）和H2（最远）。将A'平面延伸与基础平面B'相交在直线W'上。平面A'和B'构成了楔形景深（跟第3页中的楔形景深和W略微不同）。

该二等分法很明显划分了对焦平面P的位置。如果你不知道镜头仰俯的角度，简单仰（俯）譬如2°。对焦平面P上H1高度一半的X，检测H2何时最清晰：如果仍然是Y高度的一半，那么仰（俯）就结束了。如果清晰点更高，那就增加仰（俯）角度譬如3°。如果清晰点更低，减少仰（俯）角度譬如1.5°或1°。重新对焦X，再次检测H2的清晰点。不断重复直到取得最佳对焦。最清晰点都在H1和H2的的中间高度处。

8. 仰俯后再对焦

参照第6点操作保证A平面上近点N是最高目标景物H2的最高点，B平面上远点F是目标景物的最低点。请参考第4页左边的操作步骤。

如何确定镜头仰俯角度、如何对焦获得最佳景深



技术相机中的平行移轴和沙姆定律镜头仰俯

我们希望能找到合适的技术相机，既能纠正汇聚线条，又能使用镜头仰俯（沙姆定律）调整景深。这样的相机，镜头或者后背，其中之一必须能够平行移轴或仰俯或者两者兼有。哪种设计最好呢？

平行移轴是横移轴，以确保像平面不仰俯，后背或镜头这样操作是可以达到这样的效果。图像的清晰度不改变，镜头或后背需要平行像平面移动。

后背移轴更好——因为镜头位置不变，近距离范围内的前景和背景在垂直方向上没有偏离。因为如果偏离就需要相机在垂直方向上移动，以保证相同的透视效果。

沙姆定律仰俯——镜头平面L向后背上的像平面I移动（或反过来移动）以此构造景深。过程中会形成楔形，更便于调整图像的形状和大小。

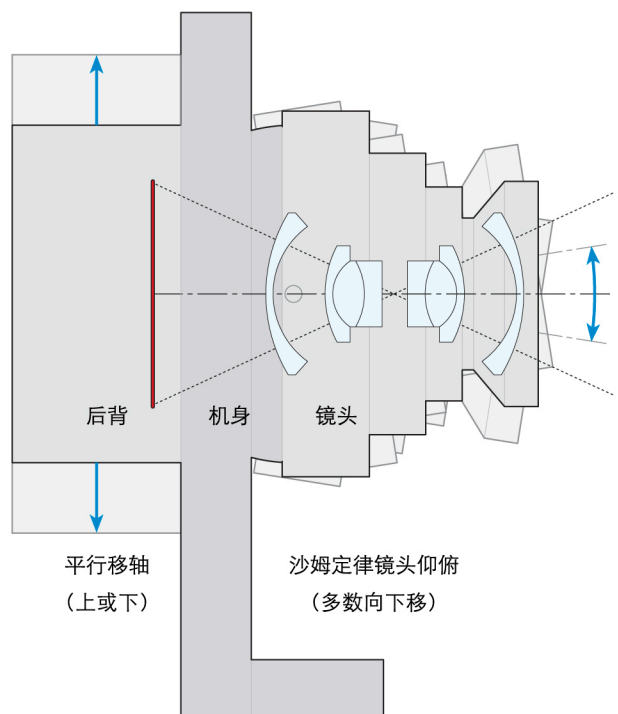
镜头仰俯更好。因为像平面是保持垂直的（或者说，在当前的透视下，几乎是垂直的），以确保被纠正的汇聚线条保持不变。另外一大优势就是镜头仰俯之后图像的构图——由于像平面保持不变，平行移轴不会改变图像的清晰度。

如果后背需要仰俯

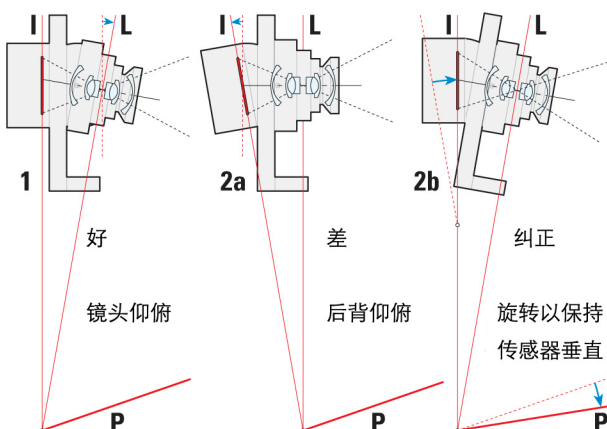
因为相机不带镜头仰俯功能，那么原本垂直的像平面为了避免汇聚线条，需要倾斜：汇聚线条会再次出现——从上往下拍摄也一样！鉴于此，后背仰俯之后，需要使用带仰俯功能的云台调整相机以确保像平面再次保持垂直。

相机仰俯导致平面P也在不断变化（通过后背仰俯，角度相同，参考蓝色箭头）。只有对焦更短距离（= 像平面和镜头平面之间的距离，第3页第2张图片。）才能保证平面P重新以起点为中枢轴。

因此，后背移轴和镜头仰俯是最简单快速的图像细节、清晰度、相机位置的调整方式。好的技术相机鉴定如下：



镜头带平行移轴和仰俯功能（譬如35mm单反相机的移轴镜头），平行移轴需在相机上并以此为中心轴操作。因为镜头仰俯之后还需要重新平行移轴重新构图，这样操作不会改变图像的清晰度。



如果空间不够，镜头仰俯受限譬如说 4° ，则可以在相机和镜头之间（或者相机和后背之间）插入楔形角度大小（和最大仰俯角度一样）的楔形件，将中枢轴范围增大一倍。如果只能插入相机和后背之间，相机在做任何调整之前必须先校准避免可能的汇聚光线的产生，以保证像平面的垂直。如果你像重新构图（正如之前描述的后背仰俯一样），清晰度会改变，对焦也必须重新再来。