远心光学基础

维视智造

产品部

远心镜头的优势

1、拍摄图像没有视差

机器视觉应用中，几乎所有的检测物体都是三维空间的，都会有平面特征和深度特征，非远心镜头在拍摄物体时，深度特征会随着深度尺寸的大小对平面特征造成影响，这种影响是非远心镜头成像的物理特性决定的，无法消除。

实物照片

25mm 定焦镜头拍摄照片

这是一个金属接插零件，零件本身是圆柱体结构，平面特征是一个圆形，有一定的深度。这个零件主要通过视觉检测的方式来检测零件上 22 个圆孔的位置和内径尺寸。我们可以从上面拍图的效果看出，几乎所有的圆孔都会有不同程度的阴影，阴影的位置和大小取决于圆孔在视场平面的位置，左上方的孔的阴影就出现在孔内的左上方，右下方的孔的阴影就出现在孔内的右下方。

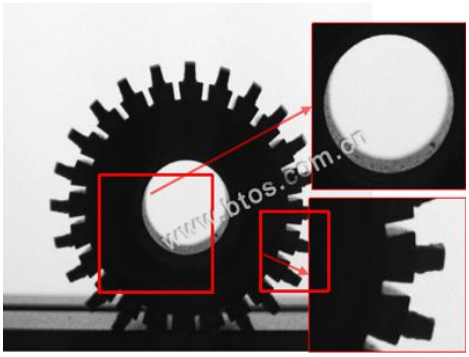
这些阴影实际上是镜头因为视差拍摄到的圆孔内壁，阴影的大小不仅跟零件的深度大小有关，而且取决于圆孔是否完全垂直于镜头视野的几何中心。这些阴影对圆孔直径边界的确定和精度计算都产生了影响。而现实工业产品中，几乎所有的零件都是有深度信息的，而

且我们很难做到检测零件完全垂直于镜头的几何中心。也就是说在机器视觉检测中我们用常规的工业镜头是没办法避免视差对图像造成影响的。

远心镜头的远心光路设计，保证了成像时不会产生视差，成像的效果就是产品俯视投影的效果，产品本身的厚度对拍摄没有影响。参考下图,所有的圆孔都没有出现阴影的图像。

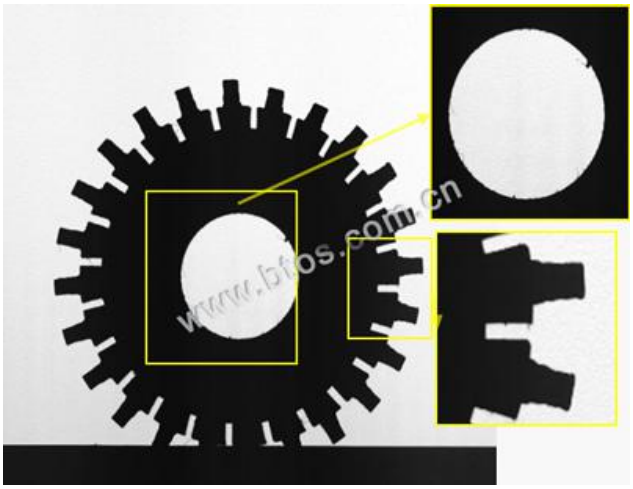
BT-2336 拍摄零件效果

下面是另一种比较典型的视差效果



实物照片　　16mm 定焦镜头拍摄照片

我们可以从上图看到，阴影区域依然是因为视差引起的，无论是中心的圆孔还是边缘的齿纹都存在不同程度的阴影。



BT-2348 拍摄零件效果

2、超大景深

通过前面章节对于景深的说明我们知道：景深和镜头的光圈、成像原理有着密切的关系。

弹簧样品　　35mm 定焦镜头拍摄照片

上图可以看出，因为弹簧样品的钢丝是螺旋线结构，相对镜头聚焦来说就有一定的前后深度。在实际调整物距和镜头聚焦时，我们无论如何调整也没办法使得前后的钢丝达到同时清晰聚焦 ，这是由定焦镜头实际景深小于弹簧外径造成的。

BT-2348 拍摄零件效果

3、有效避免折反光干扰

无论是何种视觉检测，外加合适的光源肯定是保证成像的关键，对于大多数项目来说首先考虑的是采用市面上有的、成熟的标准光源，因为不是单独系统设计，在使用这些光源成像的过程中肯定会有很多不需要的角度光，这些角度光经过拍摄物发生折射后会影响到有效特征的图像质量，严重的甚至造成有效使用特征图像无法使用。除了外加光源对图像有可能出现的反光干扰以外，外界的环境光对图像也有可能会出现这种问题的影响，且外界环境光相对于标准光源来说更为复杂和不确定。

铣刀样品

50mm 定焦镜头拍摄

对反光材质很敏感的零件，例如金属、玻璃或光洁度比较高的塑胶零件等，在检测拍图时，反光对图像的影响非常大。从光源控制上无法根本解决问题。通过利用远心镜头的成像原理，这个问题就可以迎刃而解。

BT-2336 拍摄零件效果

4、固定的光学倍率

对于成像物距无穷远的镜头，在景深范围内，不同的物距会有不一样的倍率，在拍摄的过程中会出现“近大远小”的一种视觉效果。视觉检测过程中，凡是需要有精度要求的项目都会做物空间和像空间的比例换算，通过图像的尺寸还原实际物体的尺寸。如果一幅图里不同深度的特征有着不同的倍率，那么后期做精度计算的时候就会产生因比例关系的不确定造成的误差，这种误差对精度有着非常大的影响。

一前一后两颗一样规格的螺丝　　25mm 焦距拍摄的图片

从上图中可以看出，两个螺丝前后位置几乎就在镜头的前后景深边缘，两个螺丝在图片上看已经明显看得出来一颗尺寸大，一颗尺寸小，尺寸的不同是由于螺丝距离镜头前后的距离不同，不同的距离镜头有不一样的倍率。用远心镜头可以一步到位的解决这种问题。

BT-2356 拍摄零件效果

【价值】远心镜头能解决哪些问题?

视觉检测一般会根据检测要求来制定实施方案，其实解决方案主要是要抓住四点要求：成本、效率、稳定性、精度。对于工业检测来说稳定性和精度往往是最前提的限制要求，如果这两个硬指标实现不了就不用考虑后面的成本和效率了。

一幅特征清晰，对比度高，均匀稳定的图像是能高效率的关键所在，所有高精度的视觉检测结果都要依赖于视觉图像的高质量和高稳定性。工业镜头在这一点上相比于远心镜头就表现的劣势十足。究竟远心镜头能够帮助我们在视觉项目上解决那些实际问题呢?

在视觉检测领域我们用常规的工业镜头会无法避免以下问题：

A:因为工件很难保证和相机同轴垂直，工件的边缘轮廓会因为视差造成失真。

B:因为无法每次保证工件和相机有同样的拍摄距离，工件在图像中的放大倍率会发生变化。

C:因为镜头景深不够，工件不同深度区域的图像会有清晰程度不均匀的现象。

D 拍摄工件的图像在中心区域和边缘区域有不同程度的变形，这是因为大畸变造成的。

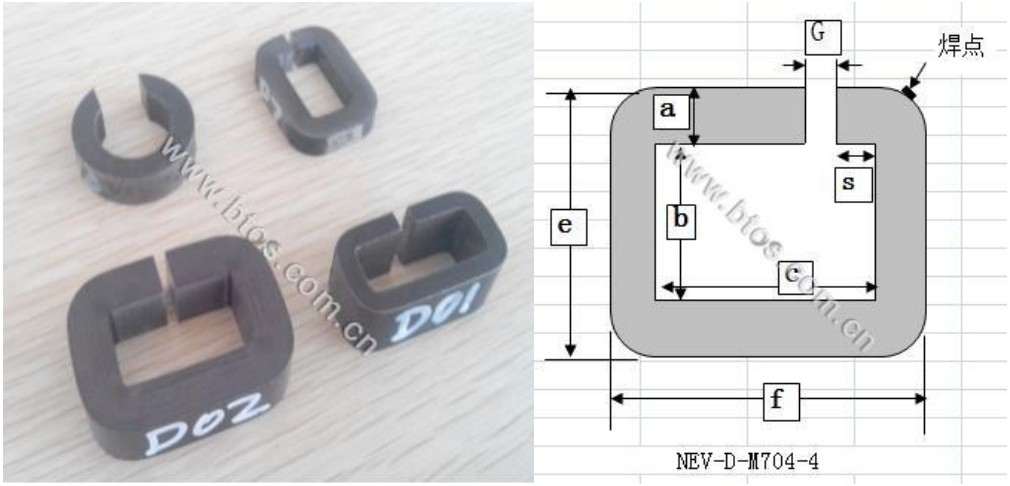
E:一些透明材质的工件无法拍摄到清晰的边缘轮廓，如玻璃、亚克力、橡胶、液体等。

F:一些反光材质的工件无法拍摄到表面特征，如光洁度高的金属、玻璃等。

……

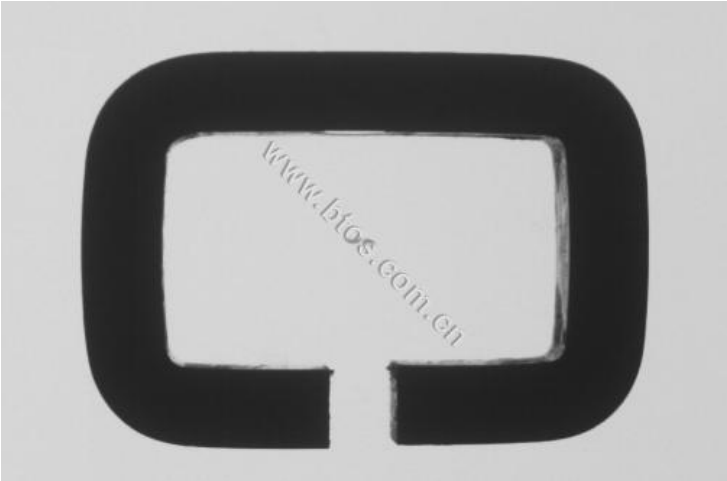
面对以上的视觉问题，我们在视觉测量过程中是无法逃避的，很多时候一个图像的小问题往往会造成项目方案的失败，因此，针对具体的问题选择合适的光学镜头往往对一个项目方案有着至关重要的作用，我们通过下面的具体案例来说明。

2.1 金属类产品测量



硅钢片铁芯样品

样品外观和检测要求如上图，主要是针对样品做多个尺寸的视觉测量。此样品是金属材质（具有反光特性），有一定的厚度，看似很简单的样品，但是对传统光学尺寸测量来说实现稳定性和精度的结果非常困难。



35mm 定焦镜头+500 万 CCD 拍摄的效果

我们仔细研究上图可以发现以下问题：

A、视差问题：硅钢片样品是有一定厚度且中空形态特征的零件。一般光学系统拍摄时，内孔边缘会产生不规则的纵向视差，内壁视差效果会影响样品内孔边缘轮廓的准确提取，这样测量尺寸无法保证测量精度。

B、反光问题：硅钢片样品属于金属材质，在视觉拍图时外加光源会在金属边缘区域会有无规则反光，边缘轮廓的每一个点都会形成一个漫反射点，这样轮廓边界会形成一个灰度过渡带，这样轮廓提取无法保证精度。

C、畸变问题：一般的光学镜头在视场 70%的区域和中心区域会存在 1%左右的无规则畸变，这种无规则畸变会导致图像在不同区域发生 1%的形变，这种问题会直接影响测量精度。

对于以上这些问题，可以通过一定的算法做一些补偿处理，但是无法从根源上解决，而且在批量时会隐藏很多未知的隐患。

BT2336 双远心镜头+500 万 CCD 拍摄的效果

从上图可以看出，之前用定焦镜头出现的图像问题已经通过更换双远心镜头得到了解决。

A、对于视差，远心系统全投影拍摄效果，无纵向和横向视差，可以彻底解决视差的问题

B、对于反光，远心系统可以有效避免各种杂反光的效果，大大提升图片边缘的锐度，可以彻底解决金属边缘反光的问题

C、对于畸变，远心系统整体小于 0.08%的畸变值，畸变近乎为零，远远低于一般的光学系统，可以最大程度上降低畸变，最大程度上减小畸变带给测量精度的影响

2.2 细微特征检测类

陶瓷滤芯小孔堵塞检测

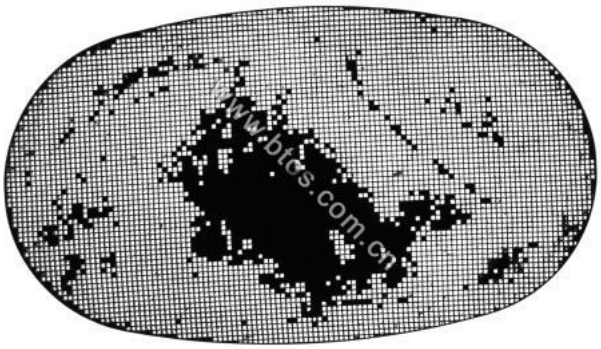
此类样品的特点是产品本身有很大的厚度，要检测的小孔特征微小，一般的成像物镜无法保证通光准直，因此一般成像系统无法检测这类样品

16mm 定焦镜头+500 万 CCD

上图一眼可以看出，由于视差的问题，所有通过小孔的光线均被产品本身的壁厚遮挡了，这是视差造成的。

视差问题：因为陶瓷滤芯有 50-80mm 的高度，且截面上孔位非常小，一般光学系统拍摄时，因为视差的问题，孔位内透光部分被孔内不反光的内壁遮挡，造成无法根据孔位透光情况来判断陶瓷滤芯孔位是否通畅。

如果我们对镜头的成像原理不是太了解的话，往往会感觉这种问题是无法解决的问题。但我们通过前面的介绍知道，双远心镜头能很好地解决视差的问题。



BT-23192 双远心镜头+500 万 CCD

对于远心镜头成像来说，无视差：远心系统全投影拍摄效果，无纵向视差，光线通过滤芯内孔且不会因为内壁视差而被遮挡，可以完美的解决这类产品的瑕疵检测问题。

2.3 液体杂质检测类

药瓶液体杂质检测

此类样品的特点是透光、反光，且易受外界环境光线的干扰，各个角度的光线会造成遮挡或泛白，影响针对液体内部的杂质检测。

50mm 定焦镜头+500 万 CCD

定焦镜头无法避免的反光问题会遮挡住检测的液体区域：灌装后的液体要保证安全卫生，需要检测液体里是否有杂质或异物，因为瓶体本身是玻璃材质，玻璃本身不仅透光还会反光，所以无论怎么拍摄，很大一部分液体图像都会被玻璃瓶体本身的反光干扰而无法检测，这个问题会直接导致无法用视觉手段进行灌装液体的杂质检测

BT2324 双远心镜头+500 万 CCD

双远心镜头因为能有效避免反光对成像的干扰：光线经过玻璃瓶体和液体后的折射没有对 BT 系列远心系统成像起到遮挡作用，在透明玻璃瓶体内灌装的液体所有的空间都能无死角的拍摄到，如果有杂质就会比较明显的呈现出来，让灌装液体杂质检测成为可能。

2.4 喷砂金属表面字符检测

手机金属砂面外壳字符检测

手机金属砂面外壳样品的特点是，金属表面氧化喷细砂，激光打标后拍摄字符，金属砂面背景会产生漫反射光晕，光晕会影响字符和背景的对比度，造成字符聚焦不清，检测难度加大。

16mm 定焦镜头+500 万 CCD

定焦镜头因为物方光路是有一定视场角的，不可避免的会受到不同角度无规则反光的影响，出现漫反射问题：由于金属面喷砂颗粒在光线照射下，每个砂砾会形成一个漫反射点，激光腐蚀的字符区域会被周围的漫反射光线部分覆盖，因此在拍摄字符时一般的光学系统会出现假失焦的现象，就是无法聚焦清晰，这样对比度下降会造成字符模糊，检测变得异常困难。

BT-2364 双远心镜头+500 万 CCD

远心镜头因为物方平行光路成像，各种角度的反光无法形成对图像的干扰，所以不存在漫反射的问题：采用 BT 系列远心光学系统会完全避免出现漫反射干扰问题，在成像时，无规则反光的光线无法进入到远心系统里，使得成像不受漫反射的影响，清晰聚焦，在后期字符检测、识别时变得简易、高效

2.5 透光材质零件测量

硅胶键盘高度检测

此类样品的特点是半透光、材质柔软易形变，且表面特征不在一个平面上，想要一次将表面特征的边缘轮廓拍出来是无法实现的，因为透光，无论怎么配合光源拍照都无法拍清晰样品的轮廓边界。

定焦 8mm 镜头+500 万 CCD

透射问题：由于硅胶材质本身是透光的，光线照射在样品特征上会出现透光现象，对于要拍清楚凸起特征边缘的要求来说很难完成，对于有精度的测量是无法实现的。

景深问题：由于样品凸起特征不在同一个物距上，且间距较大，前后凸起特征无法同时清晰聚焦，想要一次拍清是无法实现的。

倍率问题：由于样品凸起特征不在同一个物距上，且间距较大，前后特征在一个视场范围内倍率不同，比例关系不一致，对测量来说是无法保证同一精度的。

BT-2396 双远心镜头+500 万 CCD

无透射问题：远心光学系统只接收平行光线，所以光线透过硅胶内部折射后的光线就不会对成像形成干扰。

无景深问题：远心系统的大景深可以将样品前后不同的凸起特征同时清晰对焦。

无倍率问题：远心系统不会因为拍摄物距的不同而出现不同的光学倍率，这样即使特征物距不同，在测量尺寸时它们的比例关系也是恒定唯一的。

2.6 多层次零件轮廓测量类

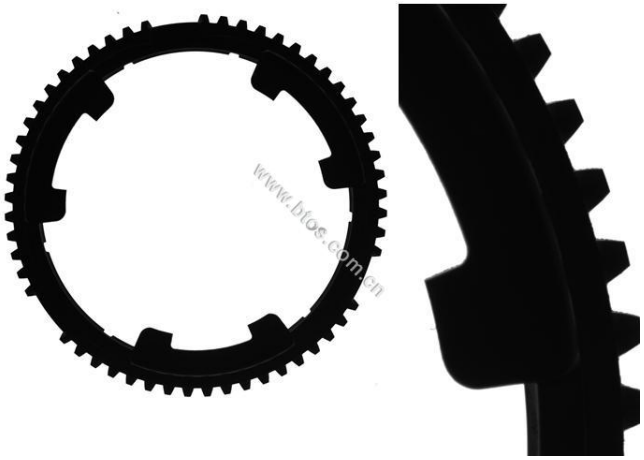
齿轮外齿牙型检测

此类型的工件样品易反光，且要检测的特征均不在同一平面上，如何避免金属反光对轮廓锐度的影响，如何保证齿轮前后不同深度的边界同时聚焦清晰是这个检测需要面对主要问题。

16mm 定焦镜头+500 万 CCD

反光问题：黄铜材质的齿盘，表面光洁度高，外加光源后，光线在齿盘的边缘会产生无规则反射，这种反射会造成齿盘成像时边界黑白灰过渡带增多，发虚，有类似没有对焦的发虚现象。

景深问题：齿盘内有凸台，内孔的凸台和外圆的齿不在同一个平面上，且有几个台阶落差，在拍图的时候总是无法将凸台特征和齿的特征同时聚焦清晰。

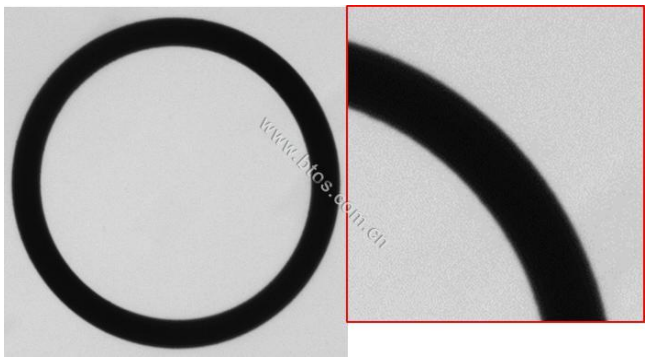


BT-2364 双远心镜头+500 万 CCD

2.7 3D 曲面轮廓测量

橡胶密封圈内外径尺寸测量

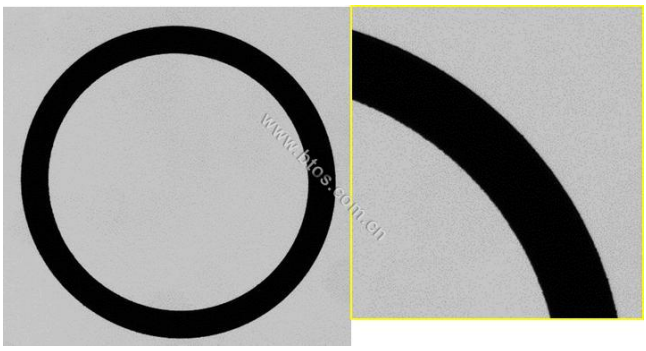
此类型的工件样品本身的截面是圆形，曲面结构，存在一定的厚度，且零件本身是中空结构，需要检测的部位都在视场边缘处。



35mm 定焦镜头+500 万 CCD

畸变问题：一般的成像系统都会有 3%或以上的畸变，尤其在视场的边缘区域，图像会不同程度的拉伸变形，这种畸变会造成图像边缘轮廓失真，影响轮廓测量精度，且由于畸变无规则，后期软件校正难度大。

景深问题：密封圈本身的横截面是圆形，本身要让整个产品实现清晰对焦是非常困难的，镜头景深小，无论怎么调整图像都是发虚的。



BT-2336 双远心 500 万 CCD

上图可以看出，镜头的整体都控制在 0.1%范围内，所有的镜头都会在出厂前做畸变测试和矫正，保证即使特征点在视场的边缘也能保证图像的变形率控制在很小的范围内。

双远心镜头采用特殊光圈原理设计，在保证 F#一定的情况下通常景深可以增大一倍以上（相比常规的成像镜头）， 大大增加了视场内清晰聚焦的纵深范围，这样就保证了很轻松的可以将密封圈边界聚焦清晰。

通过以上案例我们大致能了解一些远心镜头在实际应用中能解决哪些成像问题。

【价值】双远心镜头的神奇应用

随着机器视觉在工业生产中的应用越来越广泛，检测需求对视觉算法的要求越来越高，目前的软件精度和效率已经跟不上复杂工况的需求，慢慢的呈现出阻碍机器视觉发展脚步的趋势，这一现象让人痛心疾首。

大家知道，要想迅速准确的取得图片中需要的信息，对其进行去噪等预处理算法是必须的，市面上目前有林林总总的算法研究，试图从取得的图像中最快最便捷的得到结果，但测试一下就会发现其有这样那样的弊端，不是需要的时间太长，就是执行后导致误检率很高，总之这一问题始终不能得到完美的解决。而实际上，这些都是治标不治本的行为，如果我们

得到的图像本身就边缘分明，尽可能的减少噪声，那么对这一类算法的需求就变得很简单甚至可以直接忽略，本文就将提出一种革命性的办法——双远心镜头，使得这一类问题从根源上得到解决。

首先，我们来看几幅用双远心镜头取得的图像：

从这些让人惊叹的图像中就可以看到，在进行图像处理的过程中，从检测边缘到特征的获取，远心镜头给出的图像非常的清楚、绝对、边缘准确。直接进行二值化，省去所有的图像预处理，即可直接获得我们需要的信息，在图一中是瓶子的边缘是否有瑕疵，图二中是码盘样品是否有裂痕，图三是轴承的拐脚度是够一致，图四是弹簧是否连续、粗细是否一致等。

为什么会出现这样神奇的效果呢，这要从双远心镜头的原理说起。以下是双远心镜头的原理图：

由图可知，双远心镜头通过在镜头中间放置光阑，使得进出镜头的光线均为平行光，其他光线被光阑遮挡，无法到达成像芯片。这样做可以达到以下效果：

景深问题：普通镜头的景深比较小，当需要测量的物体在镜头纵深方向超出其范围，检测或检测无法进行。

放大倍率问题：放大倍率随作距离变化而发生变化。当我们的视觉系统被用来执行精密测量任务时,这一特性会导致不可容忍的误差。

分辨率问题：普通工业镜头分辨率跟不上芯片分辨率提高的脚步，其受制于其光学成像的原理,最好的也只能做到 10um 左右,最多可配合 1000W 像素的相机使用，满足不了现在高分辨率相机和高精度测量检测的要求。

以上这些特点就完美的解释了双远心镜头的神奇效果，由此可以想象，双远心镜头将会在机器视觉自动化行业大展拳脚，大有作为。

最后，此方法的提出和实践者是国内领先的机器视觉产品研发生产厂家，维视图像。维视图像是一家基于机器视觉及数字图像处理技术的中国领先的工业数字图像采集产品、图像处理算法软件及机器视觉研究开发平台开发商、分销商及服务提供商。主营业务包括工业数字相机、图像采集卡、机器视觉图像处理算法软件及视觉图像研究开发平台。公司已成功将图像采集及处理产品、机器视觉研究实验开发平台设备推广及引导到以视觉品质管理的工业自动化视觉检测设备及科学研究领域。在不久的将来，维视图像将愿意与大家一起在双远心镜头方面达成更多的合作。

©Microvision

西安（总部）
电话：4000-400-860
传真：4000-400-860 转 3
Email：sales@xamv.com

深圳
电话：0755-33034411

Email：sz.sale@xamv.com

北京
电话：010-58246500

Email：tuxiangmv@126.com

上海
电话：4000-400-860

Email：xamv10@126.com

www.xamv.com

Microvision 维视图像

维视图像营销 QQ
4000400860

维视图像微信
microvision400