三维扫描仪的用途是创建物体几何表面的[点云](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%BB%9E%E9%9B%B2" \o "点云)（point cloud），这些点可用来插补成物体的表面形状，越密集的点云可以创建更精确的模型（这个过程称做[三维重建](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%B8%89%E7%B6%AD%E9%87%8D%E5%BB%BA" \o "三维重建)）。若扫描仪能够获取表面颜色，则可进一步在重建的表面上粘贴[材质贴图](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%9D%90%E8%B4%A8%E8%B4%B4%E5%9B%BE" \o "材质贴图)，亦即所谓的[材质印射](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E6%9D%90%E8%B3%AA%E5%8D%B0%E5%B0%84&action=edit&redlink=1" \o "材质印射（页面不存在）)（texture mapping）。

三维扫描仪可类比为照相机，它们的视线范围都呈现圆锥状，信息的搜集皆限定在一定的范围内。两者不同之处在于相机所抓取的是颜色信息，而三维扫描仪测量的是距离。由于测得的结果含有深度信息，因此常以**深度视频（depth image）**或**距离视频（ranged image）**称之。

由于三维扫描仪的扫描范围有限，因此常需要变换扫描仪与物体的相对位置或将物体放置于电动转盘（turnable table）上，经过多次的扫描以拼凑物体的完整模型。将多个片面模型集成的技术称做视频配准（image registration）或对齐（alignment），其中涉及多种三维比对（3D-matching）方法。

三维扫描仪分类为接触式（contact）与非接触式（non-contact）两种，后者又可分为主动扫描（active）与被动扫描（passive），这些分类下又细分出众多不同的技术方法。使用可见光视频达成重建的方法，又称做基于机器视觉（vision-based）的方式，是今日机器视觉研究主流之一。

### **接触式扫描**

接触式三维扫描仪通过实际触碰物体表面的方式计算深度，如座标测量机（CMM, Coordinate Measuring Machine）即典型的接触式三维扫描仪。此方法相当精确，常被用于工程制造产业，然而因其在扫描过程中必须接触物体，待测物有遭到探针破坏损毁之可能，因此不适用于高价值对象如古文物、遗迹等的重建作业。此外，相较于其他方法接触式扫描需要较长的时间，现今最快的座标测量机每秒能完成数百次测量，而光学技术如激光扫描仪运作频率则高达每秒一万至五百万次。

### **非接触主动式扫描**

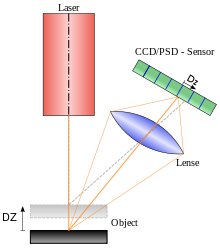
**主动式**扫描是指将额外的能量投射至物体，借由能量的反射来计算三维空间信息。常见的投射能量有一般的可见光、高能光束、超音波与X射线。

#### **时差测距（Time-of-Flight）**

时差测距（time-of-flight，或称'飞时测距'）的3D激光扫描仪是一种主动式（active）的扫描仪，其使用激光光探测目标物。图中的光达即是一款以时差测距为主要技术的激光测距仪（[laser rangefinder](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=Laser_rangefinder&action=edit&redlink=1" \o "Laser rangefinder（页面不存在）)）。此激光测距仪确定仪器到目标物表面距离的方式，是测定仪器所发出的激光脉冲往返一趟的时间换算而得。即仪器发射一个激光光脉冲，激光光打到物体表面后反射，再由仪器内的探测器接收信号，并记录时间。由于光速（[speed of light](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=Speed_of_light&action=edit&redlink=1" \o "Speed of light（页面不存在）)) {\displaystyle c}IMG_256为一已知条件，光信号往返一趟的时间即可换算为信号所行走的距离，此距离又为仪器到物体表面距离的两倍，故若令{\displaystyle t}IMG_257为光信号往返一趟的时间，则光信号行走的距离等于{\displaystyle (c\cdot t)/2}IMG_258。显而易见的，时差测距式的3D激光扫描仪，其量测精度受到我们能多准确地量测时间{\displaystyle t}IMG_259，因为大约3.3皮秒（[picosecond](https://zh.wikipedia.org/wiki/Picosecond" \o "Picosecond)；微微秒）的时间，光信号就走了1毫米。

激光测距仪每发一个激光信号只能测量单一点到仪器的距离。因此，扫描仪若要扫描完整的视野（field of view），就必须使每个激光信号以不同的角度发射。而此款激光测距仪即可通过本身的水平旋转或系统内部的旋转镜（rotating mirrors）达成此目的。旋转镜由于较轻便、可快速环转扫描、且精度较高，是较广泛应用的方式。典型时差测距式的激光扫描仪，每秒约可量测10,000到100,000个目标点。

#### **三角测距（Triangulation）**[[编辑](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E4%B8%89%E7%B6%AD%E6%8E%83%E6%8F%8F%E5%84%80&action=edit&section=6" \o "编辑小节：三角测距（Triangulation）)]

[](https://zh.wikipedia.org/wiki/File:Laserprofilometer_EN.svg)

三角测距3D激光扫描仪，也是属于以激光光去侦测环境情的主动式扫描仪。相对于飞时测距法，三角测距法3D激光扫描仪发射一道激光到待测物上，并利用摄影机查找待测物上的激光光点。随着待测物（距离三角测距3D激光扫描仪）距离的不同，激光光点在摄影机画面中的位置亦有所不同。这项技术之所以被称为三角型测距法，是因为激光光点、摄影机，与激光本身构成一个三角形。在这个三角形中，激光与摄影机的距离、及激光在三角形中的角度，是我们已知的条件。通过摄影机画面中激光光点的位置，我们可以决定出摄影机位于三角形中的角度。这三项条件可以决定出一个三角形，并可计算出待测物的距离。在很多案例中，以一线形激光条纹取代单一激光光点，将激光条纹对待测物作扫描，大幅加速了整个测量的进程。[National Research Council of Canada](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=National_Research_Council_of_Canada&action=edit&redlink=1" \o "National Research Council of Canada（页面不存在）)是致力于研发三角测距激光扫描技术的协会之一（1978）。

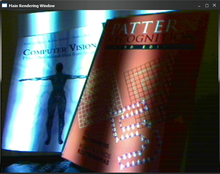
#### **手持激光（Handhold Laser）**

手持激光扫描仪通过上述的三角形测距法建构出3D图形：通过手持式设备，对待测物发射出激光光点或线性激光光。以两个或两个以上的侦测器（[电耦组件](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E9%9B%BB%E8%80%A6%E5%85%83%E4%BB%B6&action=edit&redlink=1" \o "电耦组件（页面不存在）)或 [位置感测组件](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E4%BD%8D%E7%BD%AE%E6%84%9F%E6%B8%AC%E5%85%83%E4%BB%B6&action=edit&redlink=1" \o "位置感测组件（页面不存在）)）测量待测物的表面到手持激光产品的距离，通常还需要借助特定参考点－通常是具黏性、可反射的贴片－用来当作扫描仪在空间中定位及校准使用。这些扫描仪获得的数据，会被导入电脑中，并由软件转换成3D模型。手持式激光扫描仪，通常还会综合被动式扫描（可见光）获得的数据（如待测物的结构、色彩分布），建构出更完整的待测物3D模型。

#### **结构光源（Structured Lighting）**

将一维或二维的图像投影至被测物上，根据图像的形变情形，判断被测物的表面形状，可以非常快的速度进行扫描，相对于一次测量一点的探头，此种方法可以一次测量多点或大片区域，故能用于动态测量。

#### **调变光（Modulated Lighting）**

[](https://zh.wikipedia.org/wiki/File:SinLightPattern.PNG)

使用投影机将正弦波调变之光栅投射于书本上。

调变光三维扫描仪在时间上连续性的调整光线的强弱，常用的调变方式是周期性的正弦波。借由观察视频每个像素的亮度变化与光的相位差，即可推算距离深度。调变光源可采用激光或投影机，而激光光能达到极高之精确度，然而这种方法对于噪声相当敏感。

### **非接触被动式扫描**

被动式扫描仪本身并不发射任何辐射线（如激光），而是以测量由待测物表面反射周遭辐射线的方法，达到预期的效果。由于环境中的可见光辐射，是相当容易获取并利用的，大部分这类型的扫描仪以侦测环境的可见光为主。但相对于可见光的其他辐射线，如红外线，也是能被应用于这项用途的。因为大部分情况下，被动式扫描法并不需要规格太特殊的硬件支持，这类被动式产品往往相当便宜。

#### **立体视觉法（Stereoscopic）**

传统的立体成像系统使用两个放在一起的摄影机，平行注视待重建之物体。此方法在概念上，类似人类借由双眼感知的视频相叠推算深度[[1]](http://www.cogs.susx.ac.uk/users/davidy/teachvision/vision5.html)（当然实际上人脑对深度信息的感知历程复杂许多），若已知两个摄影机的彼此间距与焦距长度，而截取的左右两张图片又能成功叠合，则深度信息可迅速推得。此法须仰赖有效的图片像素匹配分析（correspondence analysis），一般使用**区块比对（block matching）**或**[对极几何](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E5%B0%8D%E6%A5%B5%E5%B9%BE%E4%BD%95&action=edit&redlink=1" \o "对极几何（页面不存在）)（epipolar geometry）**算法达成。

使用两个摄影机的立体视觉法又称做**双眼视觉法（binocular）**，另有三眼视觉（trinocular）与其他使用更多摄影机的延伸方法。

#### **色度成形法（Shape from Shading）**

早期由B.K.P. Horn等学者提出，使用视频像素的亮度值代入预先设计之色度模型中求解，方程式之解即深度信息。由于方程组中的未知数多过限制条件，因此须借由更多假设条件缩小解集之范围。例如加入表面可微分性质（differentiability）、曲率限制（curvature constraint）、光滑程度（smoothness）以及更多限制来求得精确的解。此法之后由Woodham派生出立体光学法。

#### **立体光学法（Photometric Stereo）**

为了弥补光度成形法中单张照片提供之信息不足，立体光学法采用一个相机拍摄多张照片，这些照片的拍摄角度是相同的，其中的差别是光线的照明条件。最简单的立体光学法使用三盏光源，从三个不同的方向照射待测物，每次仅打开一盏光源。拍摄完成后再综合三张照片并使用光学中的完美漫射（perfect diffusion）模型解出物体表面的梯度向量（gradients），经过向量场的积分后即可得到三维模型。此法并不适用于光滑而不近似于朗伯表面（Lambertian surface）的物体。

#### **轮廓法**

此类方法是使用一系列物体的轮廓线条构成三维形体。当物体的部分表面无法在轮廓在线展现时，重建后将丢失三维信息。常见的方式是将待测物放置于电动转盘上，每次旋转一小角度后拍摄其视频，再经由视频处理技巧去除背景并取出轮廓线条，搜集各角度之轮廓线后即可“刻划”成三维模型。