

# 基于单摄像头的宝石 3D 采集系统

余悠 李晶 袁心强

(中国地质大学珠宝学院, 湖北 武汉 430074)

**摘要:** 研究出一种针对宝石和宝石原石的计算机 3D 影像自动采集和观察系统, 发出相应的图像处理单元和输出单元; 应用已经在市场上广泛使用的三维显示器和三维偏光眼镜, 实现可自由转动视角的三维宝石显示系统。该系统可应用于远程宝石学研究、宝石学教学、珠宝电子商务等领域。

**关键词:** 计算机; 三维; 偏光显示器; 三维眼镜; 宝石学

**中图分类号:** TU      **文献标识码:** A

## 3D Gemstone Capturing System Base On Single-View Camera

YU You

(Gemmological Institute, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** A 3D image auto-capturing system with the graphic processor unit for gemstone is developed and introduced in the paper. This system can display 3D gemstone images with rotation-free view by using the spread-used 3D monitor and polarized glasses. The online gemology research, education and the jewelry e-commerce are applicable to the system.

**Key words:** computer; three-dimension; polarized display; 3D-glasses; gemology

## 引言

人们用照片和电影等方法来记录真实的世界, 这些方法记录了三维世界的投影信息(二维), 但却丢失了一个维度: 深度信息。人的眼球构造与照相机原理类似, 属于复杂的平面成像系统: 真实世界的影像透过眼球的折射, 投影在视网膜上, 视网膜再将投影信息传输到大脑, 产生视觉。视网膜虽是二维的, 但人脑通过双眼的视觉差异, 对真实世界的感知却是三维的, 即大脑能从双眼传来的两张图片中, 感知物体的远近, 还原出第三个维度: 深度。

近年来, 各类三维立体摄影技术发展迅速。通过一些方法制造双目视差, 能让双眼分别看到不同的二维图像, 也可产生立体感, 与人眼直接观看真实物体的感觉相似。其中“三维立体电影”是最为广泛和成熟的应用之一。

科研领域中, 三维遥感影像[1]等研究方向已经开始用偏光投影仪 + 偏光眼镜进行立体地形地貌的观察与研究。而在宝石学的研究和教学中, 则较少运用到相关技术。通过传统的二维显示模式进行宝石学的研究与教学, 只能传达平面的信息, 不能还原出被观察样品的三维原貌, 限制了教学与科研的效果。本文通过对三维立体成像技术与三维影像采集技术的研究, 研发了基于旋转平台的宝石三维影像采集设备, 并编写了基于微软 .net 框架的三维珠宝采集与观察软件“GemView”, 对宝石原石以及一些常规样品进行了三维立体数据的采集实验。

## 1 3D 显示

### 1.1 3D 显示模式介绍

三维立体显示技术, 分为裸眼观察和需要佩戴眼镜观察两大类。前者包含“光栅”、“体三维”、“全息”等; 后者包含“偏光式”、“快门式”、“色差式”和“头戴式”等。

裸眼三维不需要借助辅助工具, 直接用肉进行三维观察, 如“柱透镜式”和“体三维式”等。“柱透镜式”三维显示, 通过在显示器面板前方放置经过计算的透镜组来改变光线传输方向, 使观察者左右眼分别看到不同列的像素。这样的方式降低了分辨率, 对面板加工的要求提高, 并要求观察者站在显示器正前

收稿日期, 2012-10-22

作者简介: 余悠 (1984—), 男, 中国地质大学 (武汉) 博士研究生, 主要从事宝石学和现代测试技术的研究工作。

方，移动范围会受到限制。“体三维”模式在真实三维空间中构建“立体像素”【找一篇文献】，观察者可任意移动视角，是理论上最真实的三维观察模式，但目前受技术限制，三维立体投影的效果并不如意，且成本很高，尚未普及。

需要佩戴眼镜的三维显示方式，是目前的主流，已在电影业和一些科研领域中投入了应用。电影业是三维立体显示技术应用最为成熟的领域，其图像分辨率高，色差小，立体效果逼真。三维立体电影中所使用的技术主要有3种：色差（一般为红蓝）显示、快门显示和偏光显示方式。使用色差法实现的三维电影，由于有一定的色偏，目前已较少见；快门式也称为闪烁式，通过在眼镜镜片上安装高速快门来分流传输给左右眼的不同图像，闪烁速度很快（通常为120HZ）的时候，人眼将觉察不到闪烁；偏光方式最为常见，因实现简单，成本低，目前大多数电影院使用该方式放映三维电影。

### 1.2 基于偏光三维显示器的显示模式

利用偏振镜对光的波动方向选择性，让显示器奇数行和偶数行像素分别发出不同方向偏振光，并让左眼和右眼的偏振镜片方向分别与显示器所发出的两种偏振光方向互异，即可实现左右眼分别接收不同图像的目的。



图 1 (a:偏光三维显示模式 b: 偏光三维显示器原理图)

Fig.1 (a:Polarized light 3-d display mode b: Principle of polarized 3D display)

图 1a 展示了三维观察的原理：让左右眼图像通过相互垂直的偏正光信号进行叠加，当观察者佩戴偏光三维眼镜的时候，左右眼前镜片分别平行于叠加图像中的左右眼图像源，使左右眼仅能看到自己视角对应的图像。

图 1b 为偏光三维显示器原理：左眼图像和右眼图像分别投射在显示器的奇数行与偶数行像素上，该类显示器的奇数行与偶数行像素分别能发出相互垂直的偏振光信号，整个屏幕将成为左眼与右眼图像的偏正光信号叠加。观察者佩戴专门的偏光眼镜，即可观看具有双目视差的三维图。这样的显示设备目前技术已经很成熟，价格与普通 LED 显示器接近，成像分辨率可达 1920X1080 像素。本文的研究即基于偏光三维显示器 + 三维眼镜。

### 1.3 基于照片序列的 360 度 3D 显示

360 度显示指观察者可在计算机屏幕上拖动鼠标，转动视角，让屏幕中物体能跟随鼠标在 360 度范围内转动。国内外对 360° 图像采集早有研究，其中国外的 Ebay 网站[2]与国内的淘宝网[3]等电子商务平台，已有基于照片序列的 360 度展示模块。但是，这样的方式依然属于二维浏览，观察者可自由的在计算机显示器上选择视角来浏览二维照片序列，模拟三维显示（图 2a 所示）。真正的 360 度 3D 显示，则要求不论浏览者拖动到哪个角度，当前帧的图像都必须是 3D 形式，即存在双目视差（图 2b 所示）。

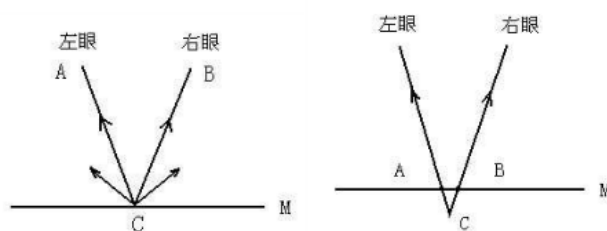


图 2 (二维显示与三维显示)

Fig.2 (2-D and 3D display)

目前一些 3D 游戏能分别渲染左眼和右眼图像，通过三维显示器绘制出实时的三维立体画面，游戏者通过三维眼镜进行游戏，获得非常真实的游戏体验。游戏的画面由计算机模型渲染而成，并非真实世界的原貌，虽是自由视角，但在科研和教学方面受到一定的限制。

基于照片序列的 360 度三维显示，则满足了任意选择观察角度的要求，又能观看到立体图像，在宝石学研究教学中具有较大的价值。

## 2 基于旋转平台的宝石三维影像采集设备

作者研发了基于旋转平台的宝石三维影像采集设备，其硬件构成如下：

### 2.1 设备构成原理[4]

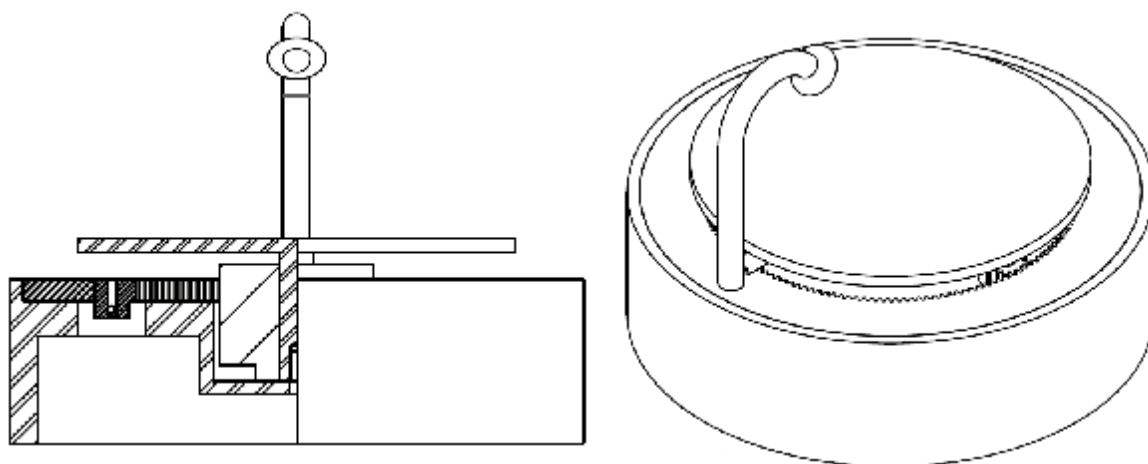


图 3 (a:剖面图 b:俯视图)  
Fig.3 (a:Profile view b: Plan view)

如图 3a 和图 3b 所示，设备包含底座以及固定于底座上的托盘。底座内安装有步进电机，步进电机由 51 单片机系统与驱动器进行控制，通过串口发送/接收来自计算机的指令。步进电机的转轴上安装内齿轮/齿圈，电机转动时，安装了摄像头支架的齿圈围绕托盘进行 360 度转动。为防止摄像头信号线因转动发生缠绕，在底座上安装导线滑环，摄像头信号线通过导线滑环连接。

### 2.2 360 度图像采集

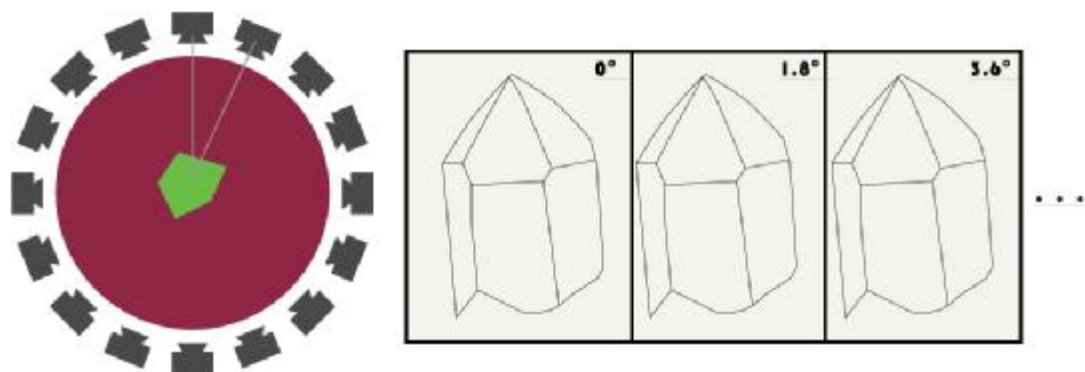


图 4 (a:旋转摄像头 b:固定角度间隔的图片序列)  
Fig.4 (a:Camera rotation b:pictures' series with fix angle)

如图 4a，步进电机驱动摄像头围绕托盘转动，托盘上放置物体（刻面宝石或原石样品）。每旋转固定的角度（1.8 度），摄像头采集一副图像，实时传送给计算机。摄像头绕物体一周之后，计算机获取了连续的照片序列，如图 4b 所示。

### 2.3 3D 图像合成

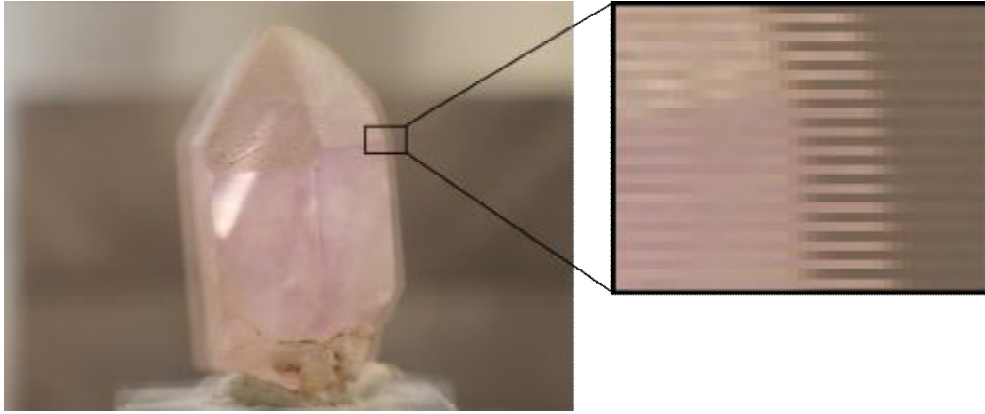


图 5 (单帧三维图像的合成)  
Fig.6 (Combination of single 3D-image frame)

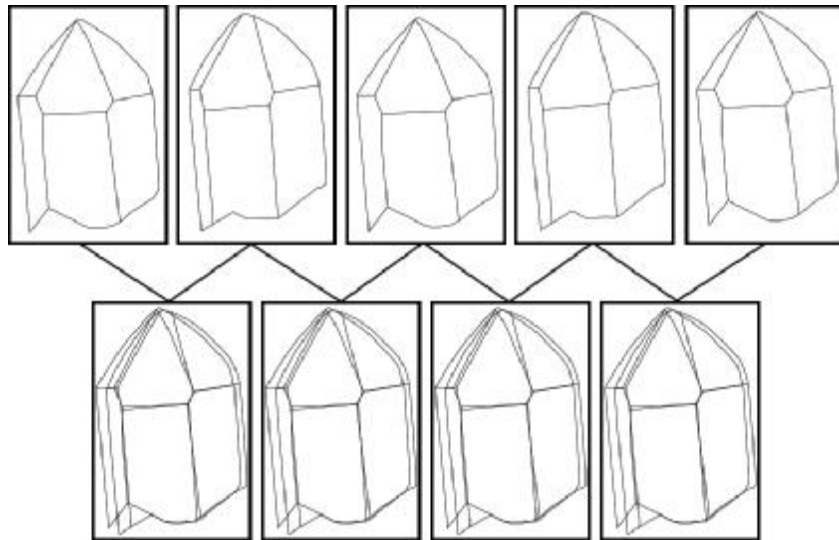


图 6 (连续三维图像的合成)  
Fig.6 (Combination of 3D-image's series)

作者编写的计算机程序，按 1.2 节中所述原理（图 2），将视角间隔 1.8 度的两幅图像分别抽取奇数行、偶数行像素拼合成一张图片，即如图 5 所示的偏光 3D 照片。2.2 节中实现了连续采集的照片序列，每张照片两两间隔 1.8 度的视角（P1,P2,P3....P200），依此方法来合成连续偏光 3D 图片序列，如图 7 所示：图 7 上为原始的 360 度二维照片组，；图 7 下为合成的三维照片组。由于每张二维照片分别用在两张三维照片中，最终合成出来的三维照片组数量与二维照片组相同，也是 200 张/360°。

#### 2.4 基于旋转平台的三维影像采集设备

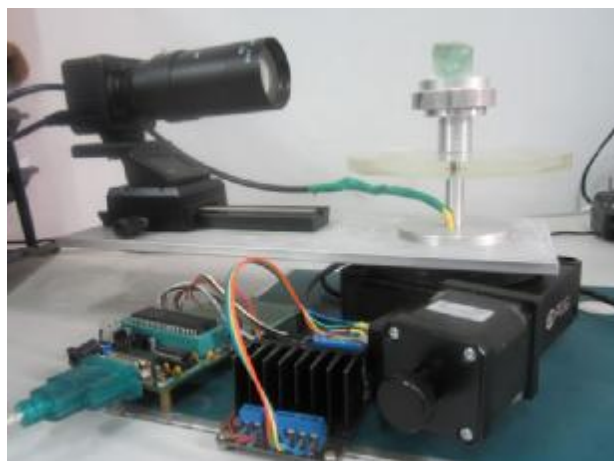


图 7 (带摄像头的旋转平台)  
Fig.7 (Rotation platform with camera)

作者根据设计原理图研发的设备如图 7 所示：为提升摄像头定位的准确度，采用涡轮蜗杆结构的转台，

传动比为 1: 180，步进电机每旋转 180 圈，携带摄像头的旋转平台转一周（360 度）。控制电路为 51 单片机（STC89C52 芯片）和 128 细分步进电机驱动器 THB7128。步进电机为 42 步进电机，细分步数 200-800。

单片机通过串口（COM 口）与上位机（windows 和 .net 环境下的窗口程序）通信：上位机发送格式为“faaaaabcd”的文本指令序列给单片机系统，单片机系统接收到格式合法的指令之后，给控制器发送电信号，驱动步进电机按指令中规定的步数和方向旋转。

指令格式“faaaaabcd”中，第一个字母 f 为固定格式标识符，第二至第六的 5 个字母 a，表示 00000-99999 的整数，对应每次发送指令时，步进电机走动的步数。第七个字母 b，表示 1-9 的整数，对应步进电机的走动速度，其中 1 最快，9 最慢。第八个字母 c，为“1”或“2”，其中 1 表示顺时针旋转，2 表示逆时针旋转。第八个字母 d，为固定格式“1”，作为预留接口。如：发送指令“f00100111”，表示以速度 1，顺时针走 100 步（即步进电机旋转 1/4 周）。

上位机给单片机（下位机）发送以上的 9 位长度指令，下位机接收到指令并成功指挥步进电机走动之后，给上位机发回相同的指令序列，告知指令已执行完毕，上位机进行下一步的程序控制。

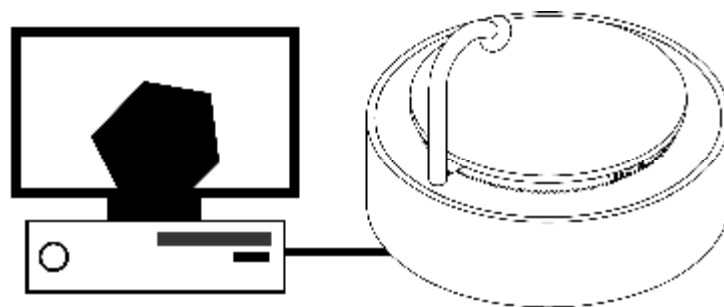


图 8（旋转平台与计算机连接）

Fig.8（Connection of computer and rotation platform）

如图 8 所示，上位机每发送一次指令序列，旋转平台就旋转到指定的位置，在收到执行完毕的信号之后，开始通过摄像头采集当前位置的图像信息并传回。指令循环发送，直到上位机完成一周（360 度）的图像序列采集与合成。

### 3 GemView 三维采集与展示软件

本文第 2 章介绍的三维影像采集设备，需要在上位机中开发对应的程序进行指令发送与接收。作者在微软 .net 平台上开发了 GemView 软件，提供了一个人机交互界面，给系统操作者通过鼠标与键盘设备进行交互操作。

#### 3.1 软件界面

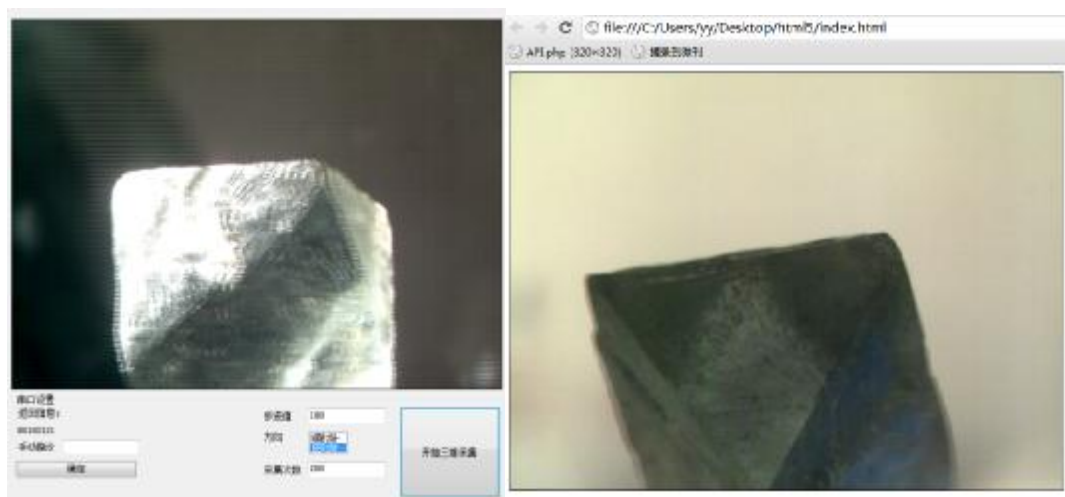


图 9（a:Windows 平台桌面程序界面 b: WEB 端程序界面）

Fig.9（a:Application interface on windows desktop b: Application interface on browser）

软件界面由指令区和展示区两个部分构成。如图 9a 所示：提供一个图像预览窗口和若干指令输入窗口。操作者输入和设定转动参数并按右下角的“开始三维采集”按钮后，程序在后台生成与之相关的指令集，并发送给三维影像采集设备（见论文第 2 章），摄像头将位于设备中心托盘上物体的实时信息传回 GemView 软件，软件采集信息并按设定好的视差角度合成三维图形序列。

GemView 软件有两个版本，一个是图 9a 所示的 Windows 桌面程序版，另一个是运行于 WEB 浏览器端的三维立体观察程序，如图 9b 所示：在浏览器中打开程序的 URL 地址之后，可左右拖动鼠标，浏览器窗口中的物体随着鼠标做 360 度的自由旋转。

### 3.2 开发与运行环境

Windows 平台的桌面软件，基于微软的 .net 运行时(.net Framework 4.0)，开发环境为 Visual Studio 2012，程序语言为 C#，引用了 CSGL 库（基于 C# 的 OpenGL 图形库）和 300w 像素工业摄像头（CMOS）的 SDK。使用 SQLServer2008 数据库存储三维图片索引信息和其他用户数据。

WEB 浏览器端程序，用 HTML 语言进行界面布局，编程语言为 JavaScript 脚本。调用了浏览器的 Canvas 窗口（需要 IE9 或者以上版本浏览器支持），通过 AJAX 异步方式从服务器端（测试程序搭建在作者的虚拟服务器上）读取图片序列并组合成三维立体图在 Canvas 窗口展现。

### 3.3 360 度连续视角三维图片的生成与浏览

GemView 软件控制旋转平台，获取了 360 度的连续图片序列，并通过 2-3 节中的方法，拼合成连续的三维立体图片组。操作者按住鼠标左键，向左或右拖动，GemView 软件识别鼠标的移动方向，实时计算出鼠标移动距离，在软件的展示区域显示出相应方位的立体图。

## 4 宝石的 360 度信息采集实验

实验采用了两枚宝石晶体样品，其中 1 号样本为粉色水晶晶体（1.6x1.8X3.7cm），2 号样本为绿色萤石晶体（3.5X3.9X5.2cm）

	名称	颜色	尺寸
1	水晶晶体	粉色	1.6x1.8X3.7cm
2	萤石晶体	绿色	3.5X3.9X5.2cm



图 10 (a:水晶晶体三维图像采集 b: 萤石晶体三维图像采集)

Fig.10 (a:Quartz crystal's 3D capturing b: Fluorite crystal's 3D capturing)

采用宝石 3D 采集系统对两个样品进行 360° 三维采集，运行结果的屏幕截图如图 10a、b 所示。运行结果在偏光三维显示器中呈现，如图 11a 所示（补拍一张图），结果展示区域中的 3D 立体图需要佩戴偏光眼镜（图 11b）才能观看。

## 5 结论

### 5.1 对宝石学研究和教学的积极意义

该系统能够在常规显示设备上进行三维展示，对宝石学研究是极大的拓展。通过该装置，能进行远程的珠宝鉴定和宝石学研究；采集教学标本的三维立体图，并提供给学生进行自由角度的观察；博物馆可以用来建立立体标本库，并在场馆中提供三维显示设备给游客浏览。

### 5.2 对珠宝电子商务的积极意义

进行 WEB 页分辨率（如 640X480）的三维图像浏览，则现有的网络传输速度也可以满足三维宝石浏览。以 100 张三维图的传送规模为例，普通家庭的 2M 带宽条件下，只需要加载大约 10 秒，即可以开始浏览宝石的三维信息，解决了珠宝电子商务中的老问题：看图不如看实物真实。

### 5.3 对其他行业的积极作用

除了宝石学方面的积极意义，这样的装置对于远程医疗等同样有积极的意义，如果将来网络传输速度极大的提高，则有可能进行实时的三维观察，并通过远程遥控装置，实施远程意料等操作。

## 参 考 文 献

- [1] 陈建明,孙卫东.三维遥感影像数据库系统的研究与实现[J].新疆地质,2005,23(3):308-310.
- [2] Ebay <http://www.ebay.com> 2012-10-21
- [3] 淘宝网 <http://www.taobao.com> 2012-10-21
- [4] 中国地质大学(武汉).一种可绕托盘 360° 旋转的摄像系统 :中国,CN201220334457.2[P].2012-7-11.
- [5] 余悠,袁心强,石斌等.圆明亮琢型钻石的计算机自动三维解析模型构建方法研究[J].宝石和宝石学杂志,2010,12(2):35-38.
- [6] 张雷,杨勇,赵星等.基于小发散角的投影式集成成像三维显示再现深度的拓展[J].光学精密工程,2012,20(6):1159-1165.DOI:10.3788/OPE.20122006.1159.
- [7] 郑华东,于瀛洁,程维明等.三维立体显示技术研究新进展[J].光学技术,2008,34(3):426-430,434.