

文章编号: 0258-7025(2003)Supplement-0208-03

# 内窥镜立体成像技术

卢栋, 刘广利

(长春理工大学, 吉林 长春 130022)

**摘要** 介绍了内窥镜立体成像系统的原理。本系统采用双光路立体成像技术,模拟人的双眼,从不同的角度摄取左右两幅图像。在显示系统中,采用时分制立体显示技术,通过液晶调制屏和偏振眼镜实现观察过程中的左右图像同步分离。从而使观察者产生立体感。介绍了立体内窥镜的双光路光学系统并对各种方案进行了比较分析。对该系统在微创外科及光电内视检测领域的应用也作了简要的介绍。

**关键词** 图像处理; 三维内窥镜成像; 双光路立体摄像; 三维立体显示

中图分类号 R44

文献标识码 A

## Stereo Endoscope Imaging System

LU Dong, LIU Guang-li

(Changchun University of Science and Technology, Changchun, Jiling 130022, China)

**Abstract** This paper describes the principle about the imaging system of the stereo endoscope. The system adopts two optical channels stereo imaging technique to replicate human binocular vision. It employs time multiplexing art accomplished by images processor. By an active matrix liquid crystal screen and a circular polarized eyewear the synchronous separation of the left and right images will be shown. So this system can present strong stereo-inspection. This paper analyses and compares three methods of optical system. This paper also briefly introduces the application of this system in mini-invasive surgery (MIS) and measuring field.

**Key words** image process; stereo endoscope imaging; two optical channels stereo photographing; there-dimension display

## 1 引言

为了实现使用者通过观察电视或计算机提供的“虚拟”图形,产生“现实”感,本项研究采用双光路立体摄像系统、图像处理系统及时分制立体显示观察系统,使观察者能够获得“立体”感受。

经过长期进化,人类的视觉不断发展完善,在前方 $100^{\circ}\sim 120^{\circ}$ 的区域内可以产生立体视觉图像,这主要是由于人眼的双目效应。双眼观察的一个重要特性是能获得“立体”感受。这里所说的立体,是指人通过视觉观察,可以判别物体的空间位置关系。立体视觉来自双眼的视差。由于人的双眼位置不同,在观察同一物体时,左右眼获得的图像略有不同,即存在视差。通过对视差的分析、处理,大脑可获得具有空间感的图像(即对物体空间位置的判断)。本文

介绍的立体观察系统采用无源眼镜方案,这种方案常见于立体电影中,利用光偏振原理。光的偏振指的是在平面光矢的传播中,垂直于传播方向的平面上,沿 $x$ 和 $y$ 两个分量的相位差为恒定值,即

$$\mathbf{E} = E_x \mathbf{i} + E_y \mathbf{j} = \exp(-i\omega t) \{ E_{x0} \exp(ikz) \mathbf{i} + E_{y0} \exp[i(kz + \delta)] \mathbf{j} \}$$

对于自然光这个相位差 $\delta$ 是不恒定的,当自然光通过起偏器后,则 $\delta$ 变为相位差恒定的偏振光,而当偏振光通过与起偏器偏振特性一样的检偏器时全部透过,否则将被反射和吸收,不能通过。本系统采用时分制立体显示系统将立体内窥镜摄取的左右图像交替显示在显示器的屏幕上,观察者通过携带的偏振眼镜片和屏幕前加装的液晶调制屏实现图像分离,进而形成立体视觉。

**作者简介:** 卢栋(1945-),男,长春理工大学科技开发中心,研究员。长期从事科研和教学工作。在激光,光电及光电医学等领域取得多项较重大科研成果,并结合科研从事研究生教学工作。E-mail:dong-lu@21cn.com

## 2 立体视频内窥镜的光学系统

获得立体图像的光学系统,虽然是一种比较成熟的技术,但是在立体视频内窥镜方面,它仍然是一个重要的核心部分。在立体视频内窥镜系统中,必须有两路光学系统摄取左、右分离图像。这两路光学系统所形成的观察中心点的距离,应同能产生人眼视差角的距离一致。为了达到这一目的,立体视频内窥镜的光学系统可以由物镜系统、转像系统、目镜和投影物镜组成,按照杜德罗夫斯基的光学仪器理论,和现代光学内窥镜的发展,硬管内窥镜的光学系统大致上可以分为三种:

第一种是单物镜组、单转向组出瞳分离式立体成像光学系统,如图1所示。

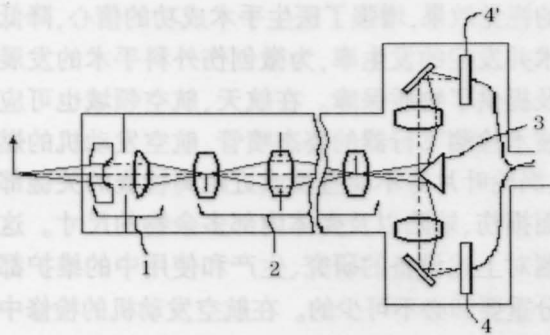


图1 出瞳分离式系统示意图

Fig.1 Dividing pupil system

物镜组1和转像组2是轴对称的光学系统。在转像系统后放置一棱镜3,在空间上把光瞳平分,得到两个有视差的图像。将这两个图像分别成像到两个CCD4和4'的像面上。要想得到立体感,左右两幅图像必须要有视差,也就是说,左图像的出瞳和右图像的出瞳必须在空间上分离,并且立体感的强弱与左右出瞳的中间距有关。而这种系统中心距很难做得很大,尤其外径受结构的限制不能很大时,就很难得到立体感。

第二种是双物镜、单转向系统入瞳分离式立体成像光学系统。这是几年前人们开始设计的一种新型立体成像光学系统。这种系统尽量采用相同的光学零件,以解决生产中装配难的问题。为了解决分瞳系统视差小的问题,它采用两组物镜,然后由同一个转像系统和同一目镜系统,把图像投射到CCD的像面上。因为采取了转向系统的入瞳分离形成视差,使转像系统的直径可做得很小。但是这种系统也有其缺点,它的设计比较复杂,成像质量也不是很理想。

第三种是两组相互平行的双光路立体成像系统,如图2所示。

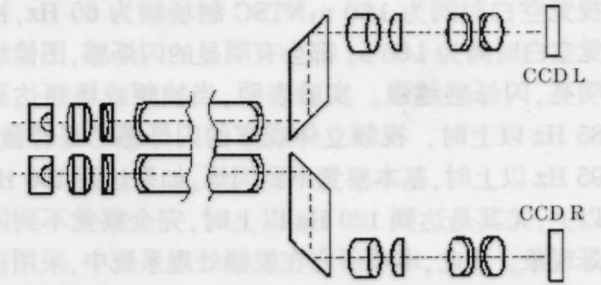


图2 双光路系统

Fig.2 Two optical channels system

该系统由双物镜组、双转像系统、双目镜和双投影物镜组成。本项研究即采用这种光学系统。

我们对上述光学系统进行分析之后认为,不论是如何分瞳,它给整个系统带来的都是不能充分地利用光瞳传递的能量。更重要的是转向系统分瞳必然增加系统的杂散光。而且随着现代光学加工能力的提高,使得独立的双分离光学系统的参数一致性得到了保证,而充分利用光瞳的优势表现得尤为突出。独立的双分离光学系统在控制杂散光方面具有非常明显的优势,这对提高系统的成像质量,提高图像的对比度起到了积极的作用。因此本系统采用这种两组相互平行的双光路立体成像系统。此光学系统采用单只细径腹腔镜作为基本光路,镜体外径小(12 mm);运用Hopkins棒状镜转像系统,实现了长工作距(300 mm);大视场角(70°);运用棱镜转向,使结构紧凑,且体视空间大(150 mm)。因此该系统有利于立体成像,可获得较强的立体感。

## 3 图像采集与处理系统

本系统的任务是:对左右CCD输出的图像信号进行采集和处理,使之在同一显示器上显示左右两幅图像,同时对于观察者而言又要实现左右图像分离。为实现在同一显示器上显示左右两幅图像,在本项研究中采用了“时分复用技术”,使左右眼的视图在不同时刻无交叉地交替显示。由于这两幅图像又是模拟人的左右眼从两个角度分别摄取的,所以观察者即可像平时用双眼观察景物一样获得“立体”感受。

在时分制立体观察系统中,由于左右图像先后显示,左右眼视线同步遮挡。这种做法使得观察者每一只眼睛都不能连续看到图像,交替出现“视觉空白”或“闪烁”,因此,图像交替的速度成为影响其观

察质量的首要因素。对彩色立体电视系统而言,受目前电视制式的限制,PAL制系统,场频为50 Hz,视觉空白时间为 $1/50$  s;NTSC制场频为60 Hz,视觉空白时间为 $1/60$  s。都会有明显的闪烁感,图像越明亮,闪烁感越强。实验表明,当帧频或场频达到85 Hz以上时,视频立体观察的闪烁感已很轻微,95 Hz以上时,基本察觉不到闪烁。如果达到100 Hz以上,尤其是达到120 Hz以上时,完全察觉不到闪烁现象。为此,本项研究在视频处理系统中,采用视频压缩技术使帧频达到100 Hz。这样才能保证立体图像清晰而不闪烁。

本系统形成立体效应的控制系统,由微机来执行。为此,需要把双光路立体腹腔镜系统摄取图像信息转换为数据采集到计算机中,这需要图像采集卡来完成。图像采集卡是随着计算机的发展和实际的需求而发展起来的一种用于视频信号处理的计算机外部设备,主要功能是将模拟的视频信号转换成数字信号,以便计算机的进一步处理。图像采集卡的原理如图3所示。

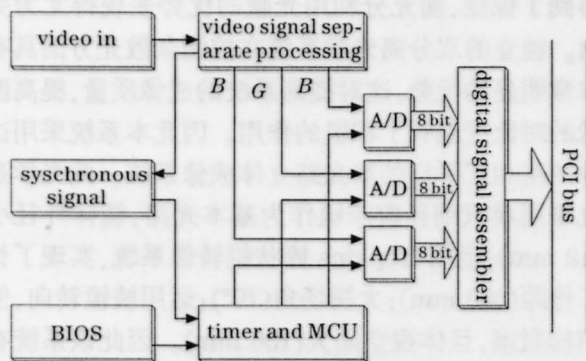


图3 图像采集卡框图

Fig.3 Image capturing block diagram

图像采集卡与显示同时进行,有两种方法可以实现:串行法和并行法。由于两块采集卡同时工作,需要两个线程并行工作,这样若使两幅图像显示相同的时间并实现同步是比较困难的,而且会产生数据的堵塞。并行法则是使图像采集卡独立地采集图像数据,也独立地轮流显示两块采集卡的图像。由于每次显示都是以显示器的固有显示周期显示,因

此很容易做到两幅图像的相同时间显示。其同步可以用采集卡的回调函数得到刚采集完的那一帧图像的序号,并传递给显示线程,根据序号显示图像。这样即可满足立体显示的要求。

## 4 结 论

三维立体视觉是随着计算机技术的发展而迅速普及的一项技术,与传统的二维图像相比可以提供更多的空间信息,因此现已广泛地应用于各个方面。利用该技术研制出的三维电视腹腔镜已在医院进行了临床实验并获得了成功。手术医生反应:立体腹腔镜能把显示器上的二维平面图像变成体视图像,术者能看清腹腔内的上下左右和前后,大大降低了腹腔镜手术的技术难度,为医生提供了同大开腹一样的视觉效果,增强了医生手术成功的信心,降低了手术并发症的发生率,为微创外科手术的发展和普及提供了物质保障。在航天、航空领域也可应用该技术检测飞行器的姿态喷管、航空发动机的燃烧室、涡轮叶片等不能直视或近距离检查的关键部件表面损伤、缺陷以及壳体内部多余物的尺寸。这项检测对上述设备的研究、生产和使用中的维护都是十分重要和必不可少的。在航空发动机的检修中所利用的“孔探技术”,对发动机的内部进行观察以发现燃烧室中各种零部件及涡轮叶片的损伤情况。目前这种检查也只是停留在2D目视观察的初级阶段,还不能进行定量检测,更不能实现3D立体观察和检测。这样对于有效地判别零部件的损伤状态是十分不利的,因而有必要利用本系统对其进行精确的测量,以确定损伤的确切位置及大小,尤其是对于裂纹深度可进行定量检测,这就更有利于维修,确保飞行安全。

## 参 考 文 献

- 1 薛定宇. 控制系统计算机辅助设计[M]. 北京:清华大学出版社,1998
- 2 于 波. 双目立体成像技术在微操作系统中的应用研究[D]. 博士学位论文,中科院长春光学精密机械研究所,1998
- 3 荆人杰,叶秀清,徐胜荣. 计算机图像处理[M]. 杭州:浙江大学出版社,1995