

# 三 维 显 示 技 术

王 本 沈树群 常默君

(北京邮电学院应用物理系)

陶 蕙 英

(廊坊师范专科学校物理教研室)

## 摘 要

本文简要叙述了三维显示的基本原理和特性。概述了体视对显示技术、自体视显示技术、空间加载显示技术和全息显示技术的原理和方法。介绍了目前在电影、电视、图象等领域已经实用的三维显示技术。描绘了三维显示技术和计算机技术相结合的发展前景。

三维显示是把物体的三维信息或数据进行记录、处理和再现的过程。人们熟悉的立体电影就是一种三维显示技术。立体电影比二维显示的普通电影更形象、更生动。观看立体电影时,画面中的人物和景象栩栩如生,有强烈的立体感和真实感。

三维显示有广泛的应用领域,如医疗图片显示,飞行模拟,汽车、建筑设计,物理中各种场的三维分布,分子结构模型,地理、地质图,立体电影,甚至立体商业广告等。

立体显示是一个复杂的问题。归纳起来主要是客观模拟和主观感觉这两个问题,即三维物体结构的物理参数的空间关系重建和人类本身的三维感觉。

对物体结构的物理参数的空间关系进行判断和重建,这对一个边缘不清晰的物体来说,是一个困难的问题。首先需要对三维图象或图象数据进行预处理,然后将大量数据传送到显示器上,同时显示器本身也需要研究。

人类的三维感觉是一个十分复杂的生理过程。人的眼睛是一个光学传感器,而大脑则是一个复杂的处理器。三维感觉的过程基本上可以包括以下三个主要过程<sup>[1]</sup>:第一,人眼对物体探测,并在脑中把象转变成由边缘和亮暗变

化组成的初步图形;第二,确定物的大概形状;第三,把初步感觉到的物的形状和熟悉物体的形状比较,得到最后的感覺。

立体观察的过程是双眼从不同角度察看一个物体的过程,也就是察觉物体的存在和分辨物体的细节。物体在左眼中的视觉与其在右眼中的视觉所产生的视差,能产生立体感;大视野范围的平面画面通过物体的大小、透视、遮挡等深度的变化,以及不同角度序列象在大脑中的时间暂留,所有这些信息经过大脑的综合,也能产生立体效果,如近年出现的全景电影,就是一个很好的例子。

三维显示可以用以下几个概念来描述:

自体视:不用任何辅助工具,直接获得三维图象。

可调节性:对物体的不同深度进行调节显示的能力。

视场:物体对人眼所张的立体角。

观察范围:观察者能看到立体效果的范围。

可干预性:观察者对显示象进行修正的能力。

实时性:显示实时图象的能力。

信息容量:通常用空间带宽积来表示,表

示眼睛接受到的信息量的大小。

一个完善的三维显示技术应该是自体视,可调节,大视场,大视察范围,可干预,实时,在同样三维效果情况下信息容量小,便于数据处理。

三维显示技术基本上可分成四大类:第一类是体视对显示;第二类是自体视显示;第三类是空间加载显示;第四类是全息显示。

体视对显示要求在显示器上产生两个图象,观察者的每只眼只能观察到一个象。从左、右眼看到的两幅象的视差产生立体象感觉。因此用这类方法,人们在观察立体象时要戴上特殊的“眼镜”,称为象选通器,如图1所示。象选通器一般由光学元件(如棱镜、反射镜、颜色滤光器、偏振片、光分束器等)构成<sup>[2-6]</sup>。

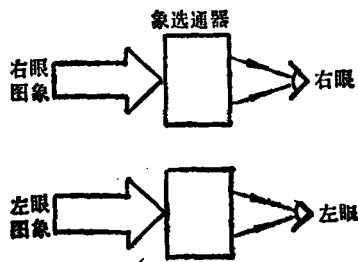


图1 体视对显示

在自体视显示中,观察者不需戴任何“眼镜”,左、右眼就能观察不同角度的象,多重象能“自动”地分成两个方向投向观察者,就好象在观察原物那样,如图2所示。

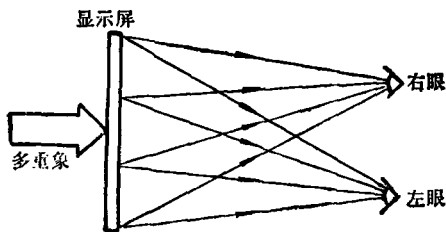


图2 自体视显示

空间加载显示<sup>[2,3]</sup>的显示器在空间再现原物或再现经过预处理的物,而不是从平面图上获得视差。因此,这种立体显示具有实体感觉,可以从不同方向去观察不面截同的平面象,如图3所示。

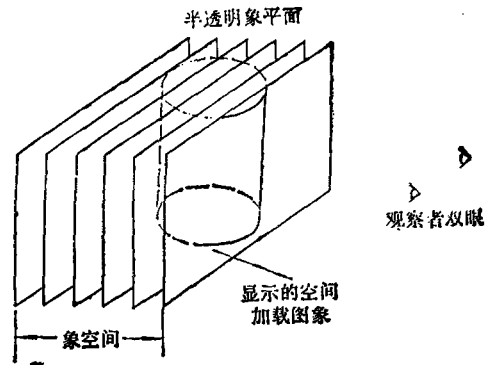


图3 空间加载显示

全息显示是一种特殊的显示技术,它能把物体的振幅信息和相位信息同时显示出来,相当于一个实物的再现。全息显示有很强的立体感<sup>[7,8]</sup>。

### 1. 体视对显示

1830年左右,Wheatstone 引入了第一个体视观察器<sup>[3]</sup>,他用一个简单的反射镜系统同时提供左、右眼两个景象。这种方法的观察范围受到限制。

用颜色滤光片或用偏振片作为象选通器的体视对显示<sup>[3,9]</sup>,可以克服上述小观察范围的缺点。前一种方法是把经过颜色处理的二个象投射到屏上,观察者戴上颜色滤光片,左、右眼分别看到两幅不同的图象,从而得到立体感觉。观察黑白图象时,两眼分别用红色和绿色滤光片;而观察彩色象时,用青蓝色和红色滤光片。但由于人对彩色是十分敏感的,因此某些人用这种方法观察立体图时会产生错觉。后一种体视对显示的方法,在显示屏上显示两个相互垂直偏振的象,用两个相应的偏振片来选通,因而左、右眼都可以看到两幅不同的图象,从而引起立体感觉。现在观众一般看到的立体电影就是基于这个原理。这种方法的缺点是,当观察者戴着偏振“眼镜”的头偏斜时,左、右眼都能接收到两幅象,这种象的重叠,会引起错误的深度感觉。如果用左、右圆偏振象来代替线偏振象,就可以克服这个缺点。

把计算机技术应用到体视对显示中,用计算机来控制信息和象选通器,使立体显示具有

更大的灵活性和实用性。美国 TEKTRONIX 公司研究的阴极射线管加上液晶快门系统,能显示三维彩色图象<sup>[9]</sup>。戴在眼睛前的选偏器和液晶快门可以建立起三维立体象,并把CRT(阴极射线管)上的单色象变成红-绿-黄象。

## 2. 自体视显示

不用任何辅助象选通器的自体视显示技术一直受到科学家们的重视。下面介绍几种主要的方法。

### (1) 双凸透镜自体视显示<sup>[10]</sup>

双凸透镜自体视显示的光学原理如图4所示。它是一个立体电影的系统。两个电影放映机把两幅动态象投射到条状的双凸透镜屏上。图象经双凸透镜分别聚焦到左、右眼,得到很强的立体感。这一系统的原理,类似于用透明塑料栅条压制的合成照片,这已广泛应用于商品广告、儿童视觉玩具。它的主要优点是透射象很亮,象线之间的黑带很窄。

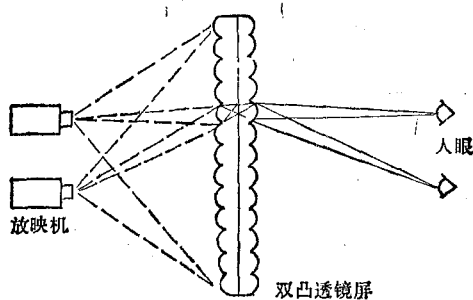


图4 双凸透镜自体视显示

### (2) 视差栅屏立体显示<sup>[11,12]</sup>

其原理如图5所示。左、右眼通过栅屏观察有序排列的画面。画面中的左视图和右视图分别到达左眼和右眼,而相应的另一个图被栅屏挡住,从而产生立体感觉。它的缺点是在某些位置观看时会产生“伪视觉”,这是由于左、右图象混淆而造成的。图5中左眼如果置于不恰当的位置,就会同时看到右视图。为此,科学家们采用了不同方法来克服视差栅屏显示中的“伪视觉”问题,并取得明显效果<sup>[4]</sup>。

### (3) 序列帧动狭缝自体视投影显示<sup>[13,14]</sup>

图6给出了记录装置。从不同方位A, B, C, D, E把物体外部的形状记录下来。如果人

眼看到物体不同方位的景物,那么就会有如同看到原物一样的立体效果。图7是物景再现装置。把A, B, C, D, E 图象顺序地投影到屏上,用一可以转动的狭缝同步地转动。当狭缝转到位置A'时,在屏幕上出现图象A。与此同时,观察者能看到物体A方位的象……;当狭缝转到位置D'时,在屏上相应地出现图象D。而观察者透过狭缝,此时能看到物体在D方位的象……;当狭缝转半周,观察者观察到序列镶嵌的瞬时图象。由于人眼的视觉暂留,使观察者感觉到原物景的三维再现图象。

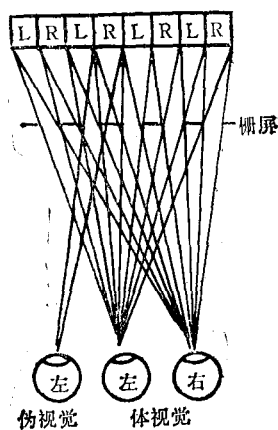


图5 视差栅屏立体显示

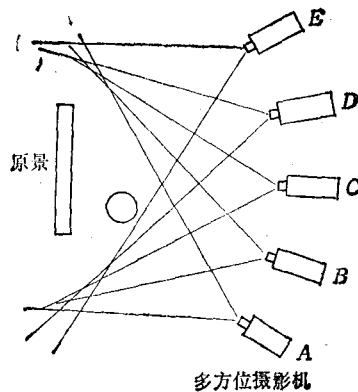


图6 序列帧动狭缝自体视的记录装置

## 3. 空间加载显示

如果象能同原物一样在空间不同层次上再现出来,那么我们可以得到物的空间再现图象。这样的空间再现图象,在观察距离方向上体现了立体效果。这一方法能用在层析照片的立体

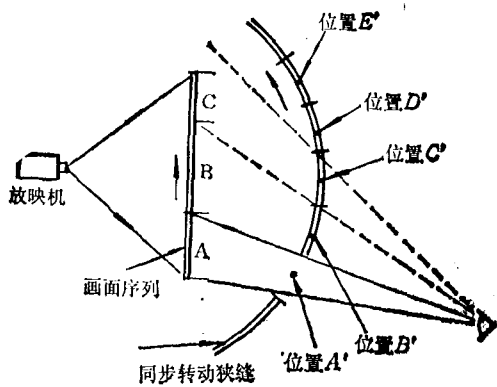


图7 序列帧动狭缝自体视的显示装置

显示上。为了使显示具有明显的层次，往往需要对数据进行预处理。空间加载技术主要有以下几种：

(1) 振镜显示<sup>[15,16]</sup>

振镜显示是大家熟悉的空间加载方法之一。把表面镀银的薄金属片，安装在一个扬声器上，作为“振动膜片”，由扬声器产生的空气压力的变化使膜片变成凹凸交替变化的反射镜，相当于振镜的焦距不断变化。从图8可以看出，观察者从反射镜中观看CRT上映出的图象，CRT呈现的图象相继给出物体的不同层次(这一点在拍摄中已记录下来)，也就是说，三维物体的不同部位由二维的不同截面来表示，从而产生立体效果。

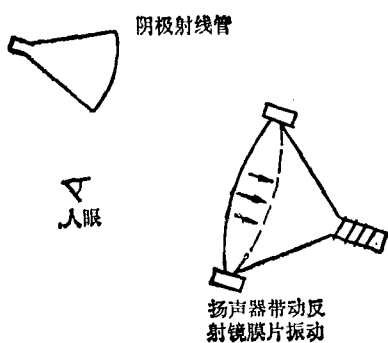


图8 振镜显示

(2) 电子开关镜显示<sup>[17]</sup>

电子开关镜显示的关键元件是一系列的电子开关镜，每一个电子开关镜在电场控制下，可以有反射和透射两种状态。CRT的图象经半

透射半反射镜射到电子开关镜上，三维物体的不同截面的图象同步地由不同电子开关镜的表面反射到观察者，得到一个立体显示，原理如图9所示。电子开关镜显示的优点是显示元件没有机械动作，具有较高的可靠性，适用范围也更广泛。

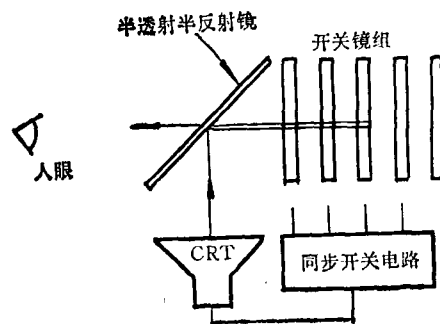


图9 电子开关镜显示

(3) 合成显示<sup>[18]</sup>

合成显示是又一种空间加载显示方法。旋转的胶片带上的序列二维图象由图10所示的光学系统投射到旋转的透明螺旋鼓轮上，转动过程中，光程差不断变化，因此将胶片上的二维图象成象在不同深度的空间。

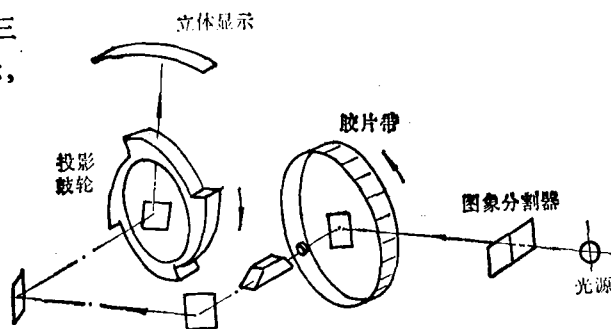


图10 合成显示光路图

(4) 旋转二极管阵列显示<sup>[19,20]</sup>

旋转二极管阵列显示是最近美国麻省理工学院提出来的空间加载显示技术。其实验装置如图11所示。在一个平板上装有二极管阵列，它在电路的驱动下发光。在立体显示时，平板高速旋转，二极管在适当位置上发光，把一个三维数据阵列转变成一个物理空间的“发光物”，得到了立体效果。

(5) 三维荧光体显示<sup>[3]</sup>

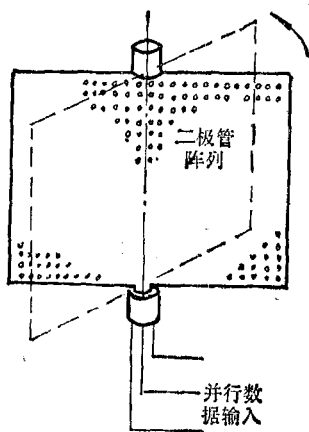


图 11 旋转二极管阵列显示

三维荧光体显示屏实际上是一块荧光体。当两束激光对屏进行寻址扫描时，在两束光的交叉点上，由于非线性效应而发光，而其他点不发光。由计算机控制激光扫描器，并调制激光强度，这时在空间就可得到一个“发光体”。

#### 4. 全息显示<sup>[7]</sup>

全息显示是一种特殊的显示方法。一般的照片只能记录原物的振幅信息，把相位信息丢掉了。因此当人们看图片时，只有平面的感觉。不过，有时候看照片会产生立体感觉，那是因为人脑有记忆能力，当看照片时，人们会有意识地与某些记忆中的立体物体进行比较，而得到立体感。但这并不是真正的立体象引起的感觉。全息照片能同时记录物的振幅和位相信息，因此再现时能得到一个与原物一样的虚象或实象。拍摄全息图用两束相干的激光，一束激光直接投射到记录介质（即感光底片）上，叫做参考光束；另一束光投射到物体上，经物体反射后产生的光束，也投在记录底片上。这样参考光束与物光束相干迭加，在记录介质上形成“象”（其实它是记录在底片上的一系列条纹）。经过暗室处理，就成为一张全息照片。它象 X 光照片一样，是透射型的底片。当我们观察象时，用一束同参考光一样的再现光束照射全息图时，

观察者能看到一幅极为逼真的原物象。

全息显示在显示技术中占有十分重要的地位，方法也越来越多，其中包括白光全息显示，彩色全息显示等。全息技术的发展为三维显示展示出新的前景。

三维显示除了在科学技术领域中广泛应用外，现已进入了人们的生活，如立体电影、广告等。因此，它将大大促进三维显示技术的发展。

今后三维显示的发展将与计算机技术紧密联系在一起。各种三维显示技术的完善和发展在不同程度上都与计算机技术有关。大容量、高速计算机的应用，有可能使物体的三维显示瞬间完成，实现实时三维显示。我们可以预见，真正的实时立体电视和彩色全息电影，不久将会实现。到那时，三维显示将出现一个新的局面。

（上接第 225 页）

[1] W. Drost et al., *Isotope Methods in Groundwater Hydrology*, Europetop Office Information Booklet, (1974), 61.  
[2] A. P. Bedmer, *Tracer Methods in Isotope Hydro-*

[1] D. Marr, *Vision: A computational investigation into the human presentation and processing of visual information*, W. H. Freeman, San Francisco, (1982).  
[2] T. F. Budinger, *Proc. SPIE*, 507 (1984), 2.  
[3] L. Hesselink, *Proc. SPIE*, 532 (1985), 14.  
[4] G. B. K. Meacham, *Proc. SPIE*, 624(1986), 90.  
[5] B. Lane, *Proc. SPIE*, 367(1982), 20.  
[6] T. Okoshi, *Proc. IEEE*, 68(1980), 548.  
[7] R. J. Collier, *Optical Holography*, Academic Press, New York and London, (1971).  
[8] S. A. Benton, *Optical Eng.*, 19(1980), 686.  
[9] Electronic design report, *Electronic Design*, May 28, (1987), 81.  
[10] J. F. Butterfield, *The 16th Annual SPIE Technical Meeting*, San Francisco, (1972).  
[11] S. H. Kaplan, *J. SMPTE*, 59(1952), 11.  
[12] Noaillon, U. S. Patent, 3, 196, 456, (1965)  
[13] R. B. Collender, *Proc. SPIE*, 391(1983).  
[14] Ross, U. S. Patent, 3, 199, 116, (1965).  
[15] H. S. Stover, *Electronics*, 7月号(1981), 28.  
[16] H. Fuchs et al., *Computer Graphics and Applications*, 9(1982), 73.  
[17] T. S. Buzak, *Society for Information Display*, Orlando, Florida, (1985).  
[18] R. L. de Montebello, *Proc. SPIE*, 120(1977), 184.  
[19] D. G. Jansson, R. P. Kosowsky, *Proc. SPIE*, 507(1984), 82.  
[20] D. G. Jansson, J. T. Goodhun, *Proc. Natl. Comp. Graphic Assoc.*, Baltimore, Maryland, (1981).

logy, IAEA-TECDOC-291, (1983), 17-46.

[3] 刘光亮, *勘察科学技术*, No. 4(1987), 1.  
[4] 陈建生等, *勘察科学技术*, No. 6 (1987), 11.  
[5] 陈建生、方杰, *工程勘察*, No. 1 (1988), 39.  
[6] 陈建生、戴鸿贵, *核技术*, No. 7 (1987), 36.  
[7] 陈建生, *地下水*, No. 2 (1987), 107.