

X 射线三维图象显示

张 森 冯国良 蔚樟富 顾根青

(杭 州 大 学)

1980年12月24日收到

提 要

本文介绍的X射线三维图象显示装置是根据双目视差原理,借助于电子学及光学的方法,将不可视的X射线图象转变为可视的立体图象的装置。

由两个栅控X射线管构成立体X射线源,采用高灵敏度低惰性的单氧化铅摄像机作为电视摄像系统,通过对电子图象的处理,成功地获得了立体感强、射线剂量低的三维图象。

本文在论述立体成象的基本原理之后,着重叙述三维图象立体深度分析法及获得三维图象的处理方法。本装置对于物理、生物医学的研究具有重要的应用价值。

一、引 言

从六十年代开始,电视技术与X射线透视技术的结合,出现了X射线电视图象显示,这是X射线成象技术的一个重要突破。从此,克服了半个多世纪以来X射线透视成象只能在暗室中由个别人同时观察的严重缺陷,并使X射线对人体的危害有了明显的改善。

然而,所获得的X射线图象仍然是二维的平面图象,不能反映物体的真实形态,由于图象是多层信息的阴影互相重叠,导致显示的信息被“淹没”而不清楚。七十年代出现的计算机X射线体层术,虽然能显著地降低多层阴影的互相重叠,但它不能获得实时的三维图象显示。

从六十年代开始,企图获得实时的X射线三维图象电视显示,一直是学术界十分关切的研究课题。1962年 Stauffer 根据双目视差原理,最初设计了立体X射线电视显示装置^[1],1971年野田ほか和 Hetman 又分别提出了改进的方案^[2,3]。但是,所有这些方案都因存在着灵敏度低、结构复杂、不易调整而没有得到实用。1977年 Meyer-Ebrecht 从另一个角度提出层面合成的电子学方法来显示三维X射线图象^[4],它虽然能在短时间内显示多幅图象,但还是没有获得实时的三维图象。

本文提出的方法,是基于近年来国外工作的基础上,克服了单机摄像惰性对立体成象的困难,采用了特种的小焦点栅控X射线源,获得立体感强、图象清晰、结构简单、X射线剂量低的三维X射线图象显示装置。

二、原理与立体深度

三维成象原理如图1所示,两个相距为 B 的X射线源 X_R 和 X_L 照射物体,在荧光屏

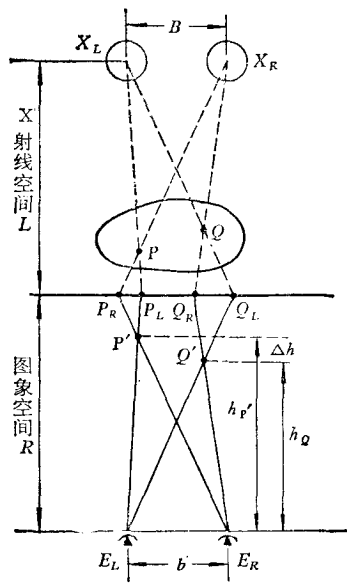


图 1 X 射线三维成象原理

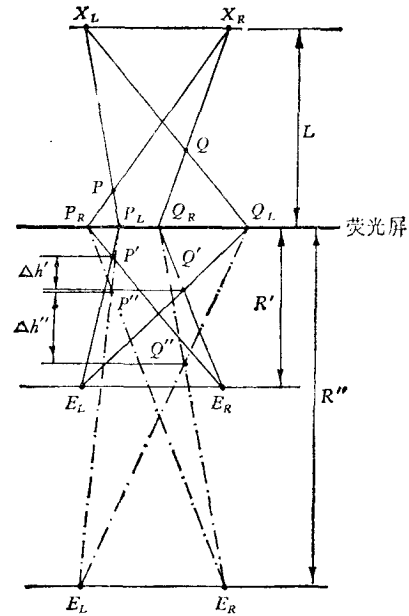


图 2

上便得到两个平面象。若取物体两点 P 和 Q 作为参考点, 两个平面象为 $P_R Q_R$ 和 $P_L Q_L$ 。当双目以距离 R 在荧光屏的另一侧观察时, 如果设法使左眼只看到左象 $P_L Q_L$; 右眼只看到右象 $P_R Q_R$, 那么经中枢神经系统作用, 便获得具有立体感的三维图象。

立体深度同 X 射线源之间距 B , 双目之间距 b , X 射线空间距离 L 以及观察空间的距离 R 有关。改变这四个参数中的任一参数都会使立体深度参生变化。图 2 至图 4 给出

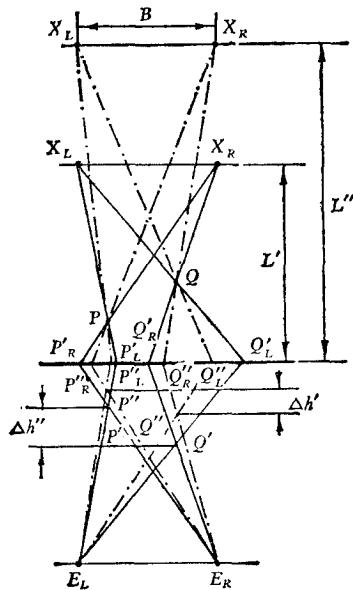


图 3

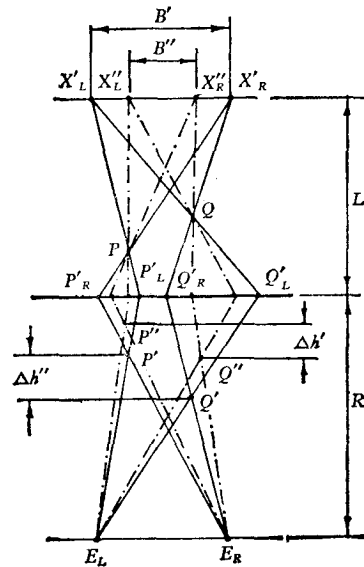


图 4

立体深度 Δh 与 B, L, R 的关系的图解, 其中图 2 表示 B, b, L 不变, Δh 随 R 的变化; 图 3 表示 B, b, R 不变, Δh 随 L 的变化; 而图 4 则表示 R, b, L 不变, Δh 随 B 的变化.

立体深度与立体视差角的关系为^[5]

$$\Delta h = \frac{h^2 \cdot \Delta \theta}{b}. \quad (1)$$

三、装 置

整个装置包括: 栅控双 X 射线发生器, 图象增强器, 高灵敏低惰性摄像机, 立体显示器及控制系统. 图 5 为原理方框图.

栅控双 X 射线发生器 获得低 X 射线剂量立体显示的基本单元之一^[6], 栅控 X 射线管具有图 6 的特性, 当阳极高压一定时, 阳流随栅压变化, 因而可以用低压栅控来控制 X 射线源的发射, 用窄脉冲代替通常的正弦波发射, 从而使 X 射线剂量显著地降低.

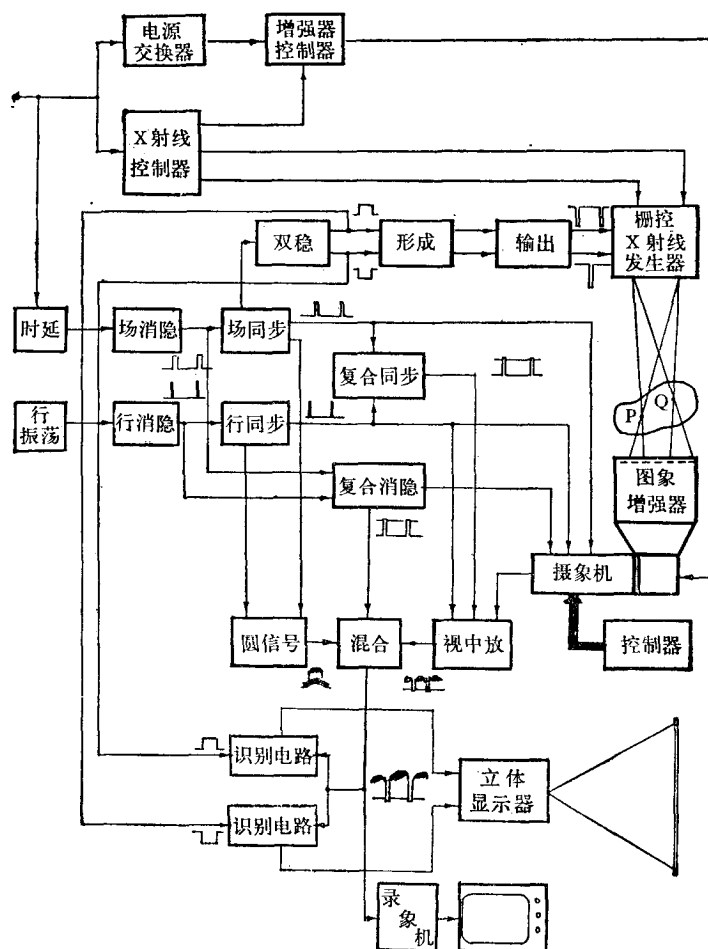


图 5

普通 X 射线管是以每秒 50 周的半波整流状态发射的 (即一个周期内半周发射 X 射线), 用毫安秒值来表示射线的剂量为

$$MAS = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi I_m \sin \varphi d\varphi = \frac{I_m}{\pi}, \quad (2)$$

式中 I_m 为电流幅值.

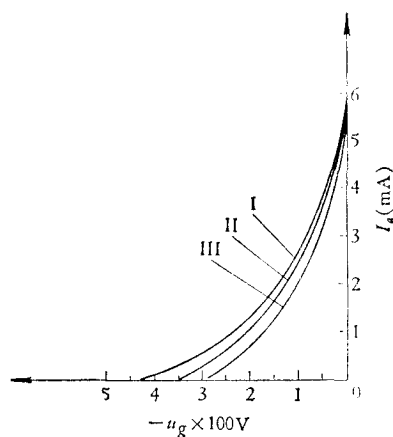


图 6

I 为 $u_a = 80\text{kV}$; II 为 $u_a = 70\text{kV}$;
III 为 $u_a = 60\text{kV}$; $u_f = 2.8\text{V}$

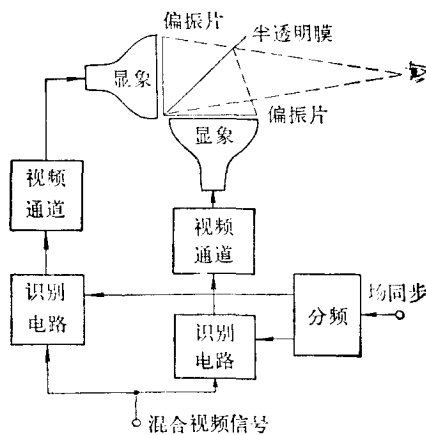


图 7

栅控 X 射线管是以窄脉冲状态发射的, 如果发射频率也为每秒 50 周, 发射的毫安秒值为

$$MAS = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\frac{1.2}{10}\pi} I_m d\varphi = \frac{1.2}{20} I_m = \frac{3}{50} I_m. \quad (3)$$

这里, 脉冲宽度设为 1.2ms.

比较(2)和(3)式可见, 栅控 X 射线发射的剂量比普通 X 射线发射剂量低约 5.5 倍.

高速摄象和惰性的处理 在单管摄象的方案中, 形成立体的左图象和右图象以相当高的频率在同一个靶上轮流出现, 由于靶有惰性, 对于快速的图象变换来不及反应, 会使左右图象重叠而模糊, 无法进行分离. 惰性的处理从以下几个方面进行: (1) 采用低惰性摄象器件和最佳状态的运用. 如采用超正析象器件或氧化铅摄象管, 为了最佳状态的运用, 应最合适的选取电子束电流、信号电流、暗电流、电子束的对中上靶, 必要时可改变扫描的面积. (2) 选用较低重复频率的窄脉冲发射, 现代最佳的氧化铅摄象管, 在一场之后的余象仍有 15% 左右, 为此, 将 50Hz 降低到 25Hz, 脉冲宽度取 1.5ms, 这样发射 1.5ms, 空隙 38.5ms, 使余象降低到 10% 以下.

立体显示设备 根据本文提出的原理, 要获得立体的图象显示, 在显示的设备中, 必需将两个发射源产生的左图象和右图象分别地送到左右两眼. 图 7 给出双屏幕立体显示的方案, 来自摄象机的图象视频信号经识别电路, 分离成左图象信号和右图象信号, 分别送到两个互相垂直放置的电视监视器, 在监视器的荧光屏上放置偏振方向互为垂直的偏

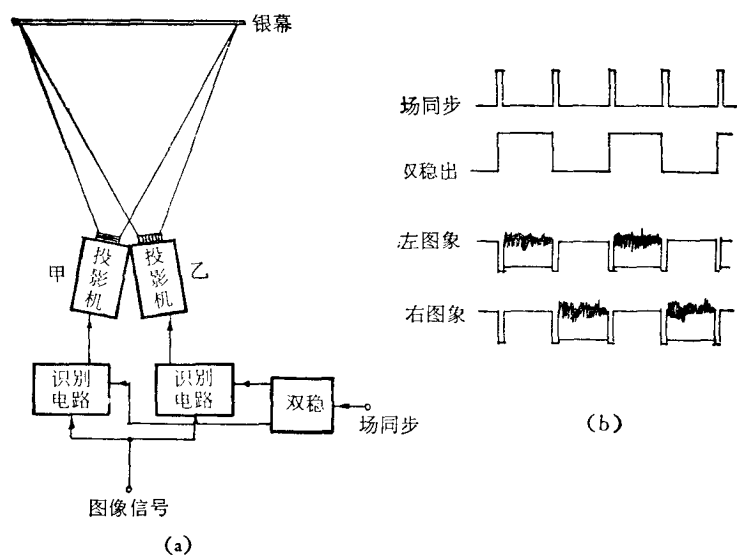


图 8

振片, 这样, 两个图象信号就变成了相互垂直的偏振光象, 用一半透明膜以 45° 斜放, 于是两个偏振图象以同样的光程在一个方向传播, 最后利用偏振眼镜使左图象只进入左眼, 右图象只进入右眼, 经中枢神经系统作用, 便获得立体图象. 图 8 给出大屏幕双显示器显示的立体显示方案. 包含左右图象的视频信号同样分离成两路, 分别进入左投影机 and 右投影机, 在每一个投影机的光路上放置偏振片, 使左右图象变成相互垂直的偏振光, 当用偏振眼镜观察时, 同样获得立体图象.

四、应 用

1. 装置首先对各种金属实物形态进行观察, 可以观察到强烈的三维立体象, 并且用目视可估计出立体的纵向深度. 为适应特殊的应用, 还可以做到立体深度可调.
2. 本装置在医学诊断中试用达 150 多例, 包括胸部肿块的观察、心血管检查的导管定位定向、胃肠病变检查、骨骼复位、取异物、胆系造影检查等十个方面. 与二维 X 射线成象比较, 它的突出优点表现在反应的形态真实感强, 空间概念强烈, 定位定向准确, 诊断可靠, 射线剂量低.

五、结 语

1. 为了获得最佳的立体显示效果, 观察者应当位于立体显示器的中心轴线附近, 当观察者偏离轴线 $\pm 30^\circ$ 时, 立体效果将下降 50% 左右.
2. 左图象和右图象亮度及对比度的差异对立体效果影响甚小, 图象的线性畸变及位错不能过大, 否则会影响立体的成立.
3. 实验也证明, 采用偏振法建立立体象, 需要短暂的时间, 大约一秒钟左右, 因此观察

立体象时需要短暂的适应。

4. 装置中栅控管间距 B 及人眼间距 b 是固定的, 为了达到立体深度的调节, 可改变 X 射线空间距离 L 或观察空间距离 R 。

参 考 文 献

- [1] H. M. Stauffer, *Radiology*, **79** (1962), 30.
- [2] 野田ほか, *テレビ誌*, **25** (1971), 388.
- [3] S. Herman, *J. SMPTE*, **80** (1971), 539.
- [4] D. Meyer-Ebrecht and H. Weiss, *Optica Acta*, **24** (1977), 293.
- [5] 张森等, *杭州大学学报(自然科学版)*, **1** (1980), 71.
- [6] 张森等, *杭州大学学报(自然科学版)*, **3** (1980), 60.

X-RAY STEREOSCOPIC IMAGE DISPLAY

ZHANG SEN FENG GUO-LIANG WEI ZHANG-FU GU GEN-QING
(Hangchow University)

ABSTRACT

This paper describes an X-ray three-dimensional image display apparatus based on the principle of the binocular parallax and the method of optics and electronics. It can transform invisible X-ray image into visible three-dimensional image.

The X-ray source used in this work consists of two triode X-ray tubes, and a plumbicon camera with high sensibility and low lag and an image intensifier are used as TV camera system. By means of processing the electronic image, we have successfully obtained clear and extremely low X-ray dose three-dimensional image.

After a brief description of the basic principle, our emphasis is laid on the analytical method of stereoscopic depth of the three-dimensional image and method of processing of how to get a stereoscopic image.

The apparatus is very valuable for practical use in research works on physics, biology and medicine.