

# 象 管

田 金 生

(云南光学仪器厂)

象管——变象管和增象管的总称。它是一种直接成象的真空光电器件。这类器件本身具有图象转换、增强、显示功能，主要用于进行直接观察的各类仪器中。

## 一、象管的基本原理<sup>[1]</sup>

象管一般由输入部分、电子光学成像系统和增益机构、输出部分、高真空管壳四部分组成(见图1)。输入部分包括输入窗和光电阴极，它的作用是把输入的辐射图象转换为电子图象；电子光学成像系统和增益机构的作用是把电子图象从光电阴极传输到输出部分，在传输的过程中，使光电子的能量增加或使光电子的数量增大；输出部分由镀铝的荧光屏和输出窗组成，它能将电子图象转换为能被人眼观察的可见光图象。因此象管的荧光屏多采用蓝绿色的Y21(国际编号P20)荧光粉涂制。

综上所述，象管是一种能将输入到输入窗上的辐射图象，以可见光的形式“再现”于输出窗上的一种电子光学器件。

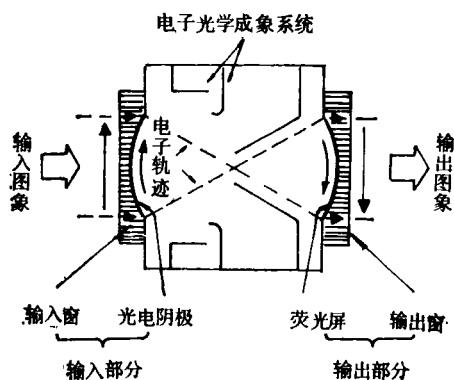


图1 象管的结构示意图

## 二、象管的类型和主要性能

根据输入部分光电阴极的敏感波段，象管可以分为两大类：一类是能将不可见的辐射图象转换为相应的可见光图象的变象管，它包括红外变象管、紫外变象管，X射线变象管；一类是能将微弱可见光图象亮度增强的增象管，也称为微光管。实际上任何一个象管中都同时进行着转换和增强这两个过程。变象管和增象管的区别仅仅是这两过程中哪一个过程占主导地位。象管中的光电阴极的光谱响应均按美国电子工业协会(EIA)的标准<sup>[2]</sup>给出。如红外变象管采用S-1银氧铯光电阴极，增象管采用延长红外响应的S-20、S-25铯钾钠铯多碱光电阴极，紫外变象管多采用S-4、S-11铯铯阴极和非标准的碲铯阴极。

根据电子光学成像系统的结构形式，象管可以分为轴向均匀场近贴聚焦型象管(简称近贴管)、静电聚焦型象管和电磁复合聚焦型象管。近贴管是早期出现的管型，输入部分和输出部分的距离十分接近，一般为0.5mm左右，构成一个平行平板电容器。这类管型的电子光学系统不产生图象的几何畸变，在整个象面上有均匀的分辨率和光输出，但工艺复杂、增益低。近十几年出现了在阴极和荧光屏之间插入微通道板作增益机构的双近贴管。由于这类管子外型具有薄片状，所以又称为薄片管。为了克服近贴管的缺点，又出现了采用轴对称电子光学系统和准球对称电子光学系统的静电聚焦型象管。这类象管输入直径较大，放大率可以根据使用要求进行设计。它的成象质量较好、增

益高、工艺简单、容易制造,是使用最广泛的实用象管。它包括定焦型二电极倒象管、调焦型三电极倒象管和变焦型四电极倒象管。电磁复合聚焦象管采用纵向均匀电场和纵向均匀磁场构成的电子光学系统。这类象管的成象质量好、象面可调、增益高,但体积、重量较大,功率消耗大,多用于天文观察、微光摄影等方面高质量的科研仪器中。

根据研制的时间顺序、所采用的增强图象及获得增益的方法,一般把第二次世界大战前后研制成功的、含 S-1 银氧铯光电阴极的静电

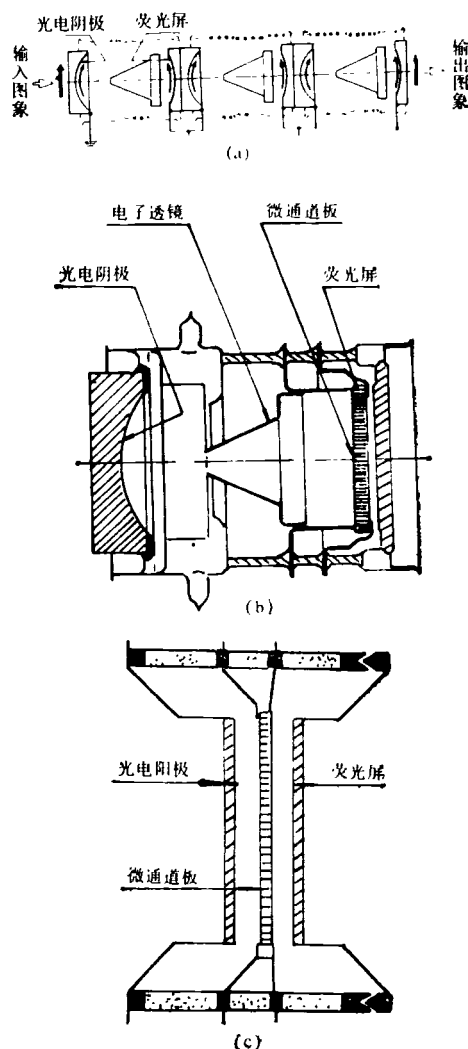


图 2 各类象管的示意图  
(a) 第一代级联式增象管; (b) 第二代倒象式增象管; (c) 第二代双近贴式增象管

聚焦型红外变象管叫做零代象管;把六十年代初期开发的含纤维光学面板和 S-25 多碱光电阴极的静电聚焦倒象管及其多级级联管叫做第一代象管[见图 2(a)];把六十年代末期研制成功的含微通道板(通道电子倍增器面阵)的象管叫做第二代象管,它包括倒象式微通道板象管和双近贴式微通道板象管[见图 2(b), 2(c)];把八十年代初研制的含砷化镓负电子亲和势光电阴极和微通道板的双近贴象管叫做第三代象管。第一代象管主要靠单个象管的级联获得增益,第二代象管则是利用微通道板使光电子倍增获得增益,第三代象管利用高量子效率的负电子亲和势光电阴极和微通道板获得增益。由于这些象管有极高的增益(大于  $10^4$ ),能在景物照度为  $10^{-3} \sim 10^{-4}$  lx 这样微弱照度下使用,所以第一、二、三代象管也称为微光管。

象管的参数分两大类:一类是光学参数,它表征图象的传递特性,包括有效输入和输出直径、放大率、畸变、极限分辨率、调焦传递函数、象移偏等;一类是光电参数,它表征光电和电光转换特性,如光电阴极的光灵敏度、辐射灵敏度、光增益、等效背景照度、光生背景、输出亮度的均匀性、信噪比、荧光屏的发光效率、荧光屏的发光颜色和余辉等。这些参数的定义和测量方法在一般的教课书和文献资料<sup>[2-5]</sup>上均有介绍,本文不再详述。

### 三、象管的选择和应用<sup>[6]</sup>

选择象管的主要依据是输入图象的光谱波段和象面的辐照度,输入图象的几何尺寸,象管的使用条件等因素。对增象管来说,第一代象管有较高的增益,较好的图象传递性能,较低的噪声和良好的信噪比,但体积重量较大,强光保护性能差。第二代象管体积小,重量轻,由于微通道板具有饱和性能,有较好的强光保护性能,但增益较低,信噪比不如第一代象管好,所以在输入图象的照度较低(小于  $10^{-4}$  lx)时,噪声较大。第三代象管不仅保持了第二代象管体积小、重量轻的优点,而且还具有信噪比好、增益

表 1 云南光学仪器厂生产的各类增象管性能对照表

型号	1XZ18/7FT	1XZ40/13FT	2XZ18/7F	3XZ18/18F	3XZ25/25F	1XZ20/30W	1XZ25/25W	1XZ18W
电子光学系统类型	静电聚焦单级倒象管	静电聚焦单级倒象管	静电聚焦二级级联管,正象	静电聚焦三级级联管,倒象	静电聚焦三级级联管,倒象	带微通道板、静电聚焦倒象管	带微通道板、静电聚焦倒象管	带微通道板、双近贴管,正象
输入窗材料	纤维光学面板	纤维光学面板	纤维光学面板	纤维光学面板	纤维光学面板	纤维光学面板	纤维光学面板	纤维光学面板
输出窗材料	玻璃	玻璃	玻璃	纤维光学面板	纤维光学面板	纤维光学面板	纤维光学面板	纤维光学面板
有效输入直径 (mm)	18	40	18	18	25	20	25	18
有效输出直径 (mm)	7	13	7	18	25	30	25	18
放大率	0.375	0.29	0.36	0.86	0.9	1.5	1	1
光电阴极灵敏度 2856K ( $\mu\text{A}/\text{lm}$ ) 800nm (mA/W) 850nm (mA/W)	最小 250 最小 15 最小 10	最小 200 最小 13 最小 8	最小 225 最小 15 最小 10	最小 225 最小 15 最小 10	最小 275 最小 20 最小 10	最小 225 最小 20 最小 15	最小 240 最小 15 最小 10	最小 240 最小 15 最小 20
等效背景照度 (lx)	最大 $0.6 \times 10^{-6}$	最大 $0.4 \times 10^{-6}$	最大 $0.2 \times 10^{-6}$	最大 $0.2 \times 10^{-6}$	最大 $0.2 \times 10^{-6}$	最大 $0.2 \times 10^{-6}$	最大 $0.2 \times 10^{-6}$	最大 $0.2 \times 10^{-6}$
亮度增益 ( $\text{cd}/\text{m}^2/\text{lx}$ )	最小 220	最小 450	最小 5700	最小 12700	最小 16000	6000~8000	900~2000	1500~4800
信噪比	—	—	—	—	—	最小 2.8	最小 2.8	最小 4.5
输出端中心分辨率 (lp/mm)	最小 100	最小 95	最小 70	最小 34	—	最小 44	最小 28	最小 25
调制传递函数 (%)	12.5lp/mm 80% 25lp/mm 55% 50lp/mm 20% 75lp/mm 9%	12.5lp/mm 80% 25lp/mm 55% 50lp/mm 20%	12.5lp/mm 75% 25lp/mm 50% 50lp/mm 10%	7.5lp/mm 65% 16lp/mm 35% 20lp/mm 20%	7.5lp/mm 60% 16lp/mm 20% 最小 20%	2.5lp/mm 92% 7.5lp/mm 75% 15lp/mm 45%	25lp/mm 90% 7.5lp/mm 60% 最小 60% 15lp/mm 25%	2.5lp/mm 86% 最小 86% 7.5lp/mm 58% 最小 58% 20lp/mm 15%
象偏心距 (mm)	0.5	0.5	0.5	1	0.75	1	1	1
国外对应产品可代换的型号和生产厂商	荷兰 Delft, Co. X X 1227	荷兰 Delft, Co. X X 1341	荷兰 Delft, Co. X X 1277	美国 Varo, Co. 8858 荷兰 X X 1340	美国 Varo, Co. 8586 英国 Mullard, Co. X X 1063 荷兰 Delft, Co. X X 1149	荷兰 Philips, Co. X X 1380 英国 Mullard, Co. X X 1380	美国 MX-9644/ UV	美国 MX-9916/ UV 荷兰 X X 1440 美国 Varo, Co. 5701

高的优点,其性能较第二代象管提高了1~2倍。

我国从五十年代末期开始研制各类象管,经过二十多年的努力已初步形成了一支教学、科研生产一条龙的技术队伍,能按照国际先进标准生产各类红外变象管、第一代和二代增象管。产品的质量、性能、价格均与国外同类产品相当。为了供使用者选择,表1给出了云南光学仪器厂生产的各类象管的数据。

表2 第三代象管的参数

性能参数	现在的典型值	将来的可能值	单位
光灵敏度	1000	2000	$\mu\text{A}/\text{lm}$
辐射灵敏度(0.88 $\mu\text{m}$ )	60	120	$\text{mA}/\text{W}$
增益	20000	50000	/
等效背景输入	$2 \times 10^{-11}$	$1 \times 10^{-13}$	$\text{lm}/\text{cm}^2$
调制传递函数			
2.5lp/mm	83%	85%	
7.5lp/mm	58%	60%	
15lp/mm	28%	30%	
25lp/mm	8%	10%	
极限分辨率	36	40	lp/mm

第三代象管是八十年代初期实用化的最新象管,目前世界上只有美国、英国、法国个别大公司(如美国ITT公司、法国THOMSON-CSF公司)能生产,但价格非常昂贵。大约到八十年代末期才能达到和第二代管相似的价格。1983年,英国-阿根廷马岛战争中,英国首先使用了包含有第三代管的微光夜视仪,并显示出它巨

大的优越性。表2给出了三代象管的一些数据。

象管作为人眼的助视器,能将人眼的光谱范围由可见光扩大到近红外辐射、紫外辐射、X射线,能将人眼对光能的探测极限加以延伸,从而大大地扩展了人类活动的时空范围。它广泛应用于夜间和微弱光探测的领域。在军事上可以作为夜间战场的观察,兵器的瞄准射击,车辆、飞机的驾驶;在公安方面它是侦破追捕、辨别真伪的有效工具;在科学研究方面它可以作为天文观察、记录和发现弱星的重要手段,为研究夜行动物的生活习性提供了必不可少的设备;在医学上它为观察X射线图象提供了新的方法,能将内窥镜传输的微弱图象加以增强,为体内癌症早期诊断和治疗提出了新的途径。总之象管在科学研究、军事应用、工业技术等领域有着广泛的应用前景。

### 参 考 文 献

- [1] Proceeding of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers 17 th Annual Technical Meeting, Image Intensifiers, Vol. 42, (1973).
- [2] 美国无线电公司编,史斯、伍瑛译,电光学手册,国防工业出版社,(1978),118—133;142—158.
- [3] 邹异松编,真空成象器件(上),北京工业学院,(1980).
- [4] 蒋先进等编,微光电视,国防工业出版社,(1984),176—207.
- [5] AD-735006.
- [6] A. R. 别尔科夫斯基著,徐正卜等译,真空光电器件,原子能出版社,(1980),260—278.

(上接第536页)

我们做了初步探索。实验上测得电水调合水泥石三天的水化热(水泥水化过程放出的热量)比普通水调合的水泥石三天的水化热增加约12%。大家知道,水泥的水化反应是从水泥颗粒表面开始,然后逐渐深入颗粒内,水化热的增加,正是电水活性好,渗透强的表现<sup>[3]</sup>。硅酸盐水泥主要成分为 $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,它主要是以四种化合物的形式出现,即 $\text{C}_3\text{S}$ ,  $\text{C}_2\text{S}$ ,  $\text{C}_3\text{A}$ 和 $\text{C}_4\text{AF}$ 。早期强度主要是由 $\text{C}_3\text{S}$ 反应决定<sup>[4]</sup>,电水调合水泥石的水化热比普通水调合水泥石

的水化热多,反应了前者水化反应充分,这正是电水调合水泥石早期强度增加的原因之一。

### 参 考 文 献

- [1] 谢依金等著,胡春芝等译,水泥混凝土的结构与性能,中国建筑工业出版社,(1984),3.
- [2] В. И. Классен, О Магничивание Водных Систем, Москва, Химия, (1982), 166.
- [3] В. И. 克拉辛著,毛钜凡等译,磁化水,计量出版社,(1982), 47.
- [4] 小林一辅著,冷锦文译,混凝土工程,煤炭工业出版社,(1983), 6—77.