

提高9"显象管边缘分辨率的实验研究*

戴 荣 欣
(无锡电子管厂)

提 要

本文从分析9"显象管电子枪的结构特点出发,讨论了影响荧光屏上电子束光点尺寸的三个主要因素:透镜放大率、球面象差和空间电荷效应。提出了用减小调制极孔径,增大调制极与加速极之间的距离等方法来减小电子束最小交叉截面的尺寸和电子束的发散张角;并且以调整电子枪在显象管内的位置,即增大它与偏转线圈之间的相对距离,来减小偏转线圈杂散磁场所引起的偏转散焦;从而有效地改善了整管的聚焦性能,并明显地提高了边缘部分的分辨率。

试验结果和批量生产的管子测试表明:上述方法是卓有成效的,其边缘分辨率能提高50线以上。

一、前 言

为了保证显象管具有较高的分辨率,必须使发射电子束的电子枪具有良好的聚焦性能,在屏幕上产生细小而清晰的亮点。

过去我厂生产的管子由于电子枪结构及其所处的位置存在着一些问题,致使其聚焦性能较差,边缘部分则更为严重。为了改善这种情况,我们结合生产,进行了一些试验和改进,企图从减小电子束交叉截面直径、电子束发散张角和偏转散焦等方面着手,以提高管子的边缘分辨率。本文对上述问题加以分析,作为抛砖引玉,供大家讨论。

二、电子枪结构特点

目前显象管电子枪的结构是多种多样的,但无论是单电位聚焦电子枪还是双电位聚焦电子枪,都是由阴极、调制极和加速极构成的发射系统。从电子光学的观点来看,它实际上是一个会聚透镜。且由于阴极浸没在这个透镜场中,故亦称浸没物镜。从阴极发射出来的电子因为具有麦克斯韦分布的不同初速度和透镜象差的影响,故在加速极附近形成一个交叉截面,以后,电子再发散着前进。而电子枪的主透镜则以此交叉截面为物成象于荧光屏上。光学模型见图1。

* 1981年5月3日收到。

可见交叉截面的情况直接对荧光面上的电子束光点尺寸有影响. 为了使光点尺寸小, 则交叉截面也要小. 而光点在屏面边缘的情况, 则主要与电子束经过此交叉截面后进入电子枪主透镜的发散张角有关.

实际上有三个因素对荧光屏上电子束光点尺寸起着较大的作用. 它们是透镜放大率、球面象差和空间电荷效应^[1]. 如图 1 所示, 电子束光点直径 D_s 为

$$D_s = \overline{O'P'} = M \cdot \overline{OP} + L(M \cdot \alpha) + E \quad (1)$$

其中, $M = \frac{\overline{O'P'}}{\overline{OP}} = \frac{B}{A}$ 是主透镜放大率;

L 是球面象差量(它决定于放大率 M 和发散张角 α); E 是由电子束空间电荷引起的扩展.

Wilson^[2] 则提出可用下列数学关系来表示:

$$D_s = [(D_0 + D_{sa})^2 + D_{sc}]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

其中, D_0 是透镜放大率确定的电子束的光点直径, 它等于

$$D_0 = M d_0 \quad (3)$$

M 是主透镜放大率, d_0 是电子束交叉截面的直径. D_{sa} 是球面象差引起的电子束扩展, 它与交叉截面处的电子束张角 α 成三次方关系:

$$D_{sa} = \frac{1}{2} M C_{s0} \alpha^3 \quad (4)$$

C_{s0} 是主透镜象差系数. D_{sc} 是空间电荷效应引起的电子束扩散量, 这实际上是大电流散焦问题, 即当电子束电流增大, 位于调制极与加速极之间的交叉截面移向加速极而发生“膨胀”, 致使荧光屏上光点散焦. 且当电子束电流增大时, 屏面附近因电流密度增高, 空间电荷拒斥作用增强, 电子束光点也会增大. 但实际上一般电视显象管的工作电流较小, 故 D_{sc} 可忽略.

Hughes^[3] 等则忽略大电流散焦, 仅考虑正常工作状态, 且假定放大率和球差的影响是平方和的关系, 并确定了它们的值:

$$D_s = (D_0^2 + D_{sa}^2)^{\frac{1}{2}} = \left[\left(\frac{M}{\alpha} \right)^2 + (C_{s0} \alpha^3)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

可见, 为使荧光屏上电子束光点尺寸最小, 则须 $\frac{\partial D_s}{\partial \alpha} = 0$. 即获得电子束发散张角最佳的条件是:

$$3(C_{s0} \alpha^3)^2 = \left(\frac{M}{\alpha} \right)^2 \quad (6)$$

目前 9" 显象管电子枪, 由于聚焦电压和加速电压比较接近, 电子离开加速极后的空间电场强度较弱, 预聚焦透镜系统的会聚能力较差, 故电子束进入主透镜的发散张角较大. 为了能在正常工作电流下, 给出更为紧密的电子束, 形成发射系统和主透镜尽量匹配的边界条件, 以减小屏面上光点的尺寸, 提高电子束在整个屏面上的聚焦性能, 关键在于电子枪必须在较小的电子束发散张角下工作, 以获得较小的 D_0 和 D_{sa} 值.

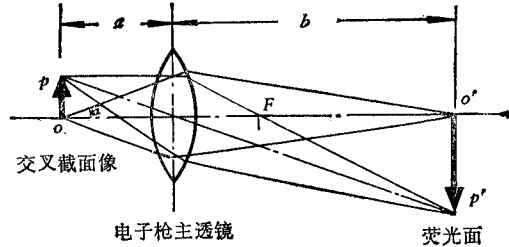


图 1 电子束光点直径的光学模型

Fig. 1 Optical model of beam spot diameter

上述分析为提高我厂 9" 显象管的边缘分辨率提供了依据,即首先应减小由电子束交叉截面处进入主透镜的电子束的发散张角 α 。

三、改善电子束交叉截面状态

发散张角对屏面上光点尺寸的影响首先在于它决定电子束在透镜中的截面面积和电流值。在电子束进入主透镜时的截面不变的情况下,发散张角减小,将使交叉截面到主透镜的距离增长(见图 1)。这实际上是减小了主透镜的放大率,从而减小了荧光屏上电子束光点的尺寸。因此对于一个预定的光点直径,相应地存在着一个最佳电子束发散张角;并且在这个电子束发散张角下,也存在着一个最佳束电流^[4]。

经验表明,电子束发散张角 α 和下列因素有关^[5]:

$$\operatorname{tg} \alpha = p \frac{2R_m}{d_{mA}^{3/4}} \cdot \frac{U_m - U_{m0}}{|U_{m0}|} \quad (7)$$

即减小调制极膜片的孔径 R_m ,增高截止电压 U_{m0} 或增大调制极与加速极之间的距离 d_{mA} 都能减小电子束发散张角 α 。

1. 减小调制极膜片的孔径

在显象管中,阴极有效发射面积的大小,主要决定于阴极表面的电场,而后者变化是由改变调制极电压来实现的(见图 2)。阴极发射半径:

$$R_K = \frac{U_m - U_{m0}}{|U_{m0}|} R_m \quad (8)$$

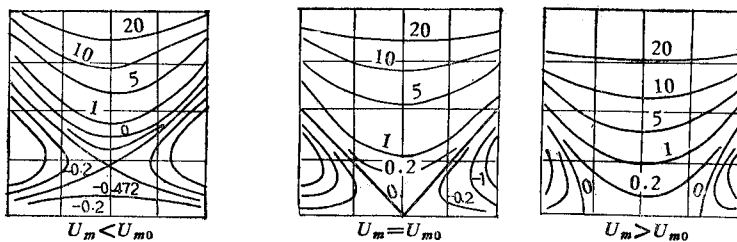


图 2 调制极电压不同时阴极发射面积的变化

Fig. 2 Emitting area of cathode VS modulating grid voltage

且位于调制极与加速极之间的电子束交叉截面半径 R_c 和阴极发射半径 R_K 有如下关系:

$$R_c = \sqrt{\frac{U_0}{U_0 + U_c}} \cdot \frac{R_K}{\sin \alpha} \quad (9)$$

其中, U_0 是对应于发射电子的热初速电位; U_c 是交叉截面处的电位。

由此可见,在显象管发射系统内,当加速极电压、各电极几何尺寸和相对位置不变时,减小调制极孔径 R_m 将减小阴极发射半径 R_K ,从而减小交叉截面半径 R_c 。式(7)表明,减小 R_m 将使发散角 α 减小。日本东芝公司采用此种方法(即调制极孔径由 $\phi 0.55\text{mm}$ 减

为 $\phi 0.50\text{mm}$) 改善了 12" 显象管的聚焦, 提高了清晰度^[6]。

以前我厂受零件加工精度的限制, 调制极孔径为 $0.43^{+0.04}$ (实际上绝大部分直径是 $0.46-0.47\text{mm}$), 后根据上述观点改为 $\phi 0.43^{-0.01}$ 。装管结果表明, 在其它条件基本不变的情况下, 确实改善了整管的聚焦性能。

2. 增大调制极加速极间距

由式 (7) 可知, 增大调制极与加速极之间的距离 d_{mA} , 可减小电子束发散张角 α 。但由于交叉截面半径 R_c 与调制极加速极间距 d_{mA} 有下列关系:

$$R_c = C \cdot d_{mA}^{3/4} / V_{a_1}^{1/2} \quad (10)$$

其中, V_{a_1} 是加速极电压。

故而, 调制极与加速极之间的距离 d_{mA} 增加后也会使交叉截面半径 R_c 增加。

但在 9" 显象管电子枪内, 在调制极附近存在强会聚作用, 电子束交叉截面半径要比 12" 显象管的小 20% 左右^[7]。因此, 综合考虑后将调制极加速极间距由 $0.12 \pm 0.03\text{mm}$ 改为 $0.14 \pm 0.02\text{mm}$ 。结果表明: 分辨率得到了较满意的改善。

3. 提高截止电压

生产中经常发现截止电压 U_{m0} 对边缘分辨率也有较大影响。截止电压偏高的管子, 边缘比较清晰; 截止电压偏低的管子则反之(这证明了式(7))。考虑到 Moss^[8] 的经验公式:

$$U_{m0} = K \frac{(2R_m)^3}{d_{Km} \cdot t \cdot d_{mA}} U_a \quad (11)$$

(符号意义见图 3.) 故在生产中对电极尺寸及其相对位置进行了调整, 使截止电压在 40—50V 之间。

四、减小偏转散焦

1. 散焦原因

当电子束在偏转磁场作用下扫描时, 理论上在屏面的每个位置上, 聚焦光点应保持不变, 且其偏转量应线性地比例于偏转磁场的强度。而在实际上很难实现, 这是因为:

(1) 若电子束未偏转时刚好聚焦于屏面, 而偏转后会受到此磁场的附加聚焦, 显然电子束截面越小, 则此作用越弱。

(2) 计算偏转系统时, 总是假定在偏转区域内的磁场是均匀的, 仅局限于此范围内。但实际偏转线圈的磁场分布并非如此(见图 4)。此外偏转线圈范围外的杂散磁场也会渗透到电子枪内部, 与聚焦电场相互作用, 结果使电子束在良好聚焦前就发生弯曲, 扩大了电子束横截面面积。另外偏转磁场本身径向的不均匀性也会使电子束截面各部分所受的作用时间和强度不等, 使偏转角度较大的边缘处光点畸变较大。

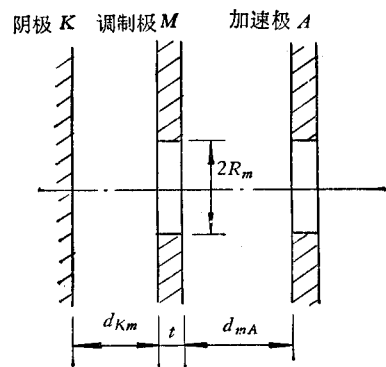


图 3 电子枪发射系统

Fig. 3 Emitting system of electron gun

(3) 对于 9" 显象管, 电子枪中聚焦电压与加速电压比较接近, 进入主透镜前, 预聚焦作用很差, 电子束发散张角较大, 因而偏转象差也将增大^[9]。

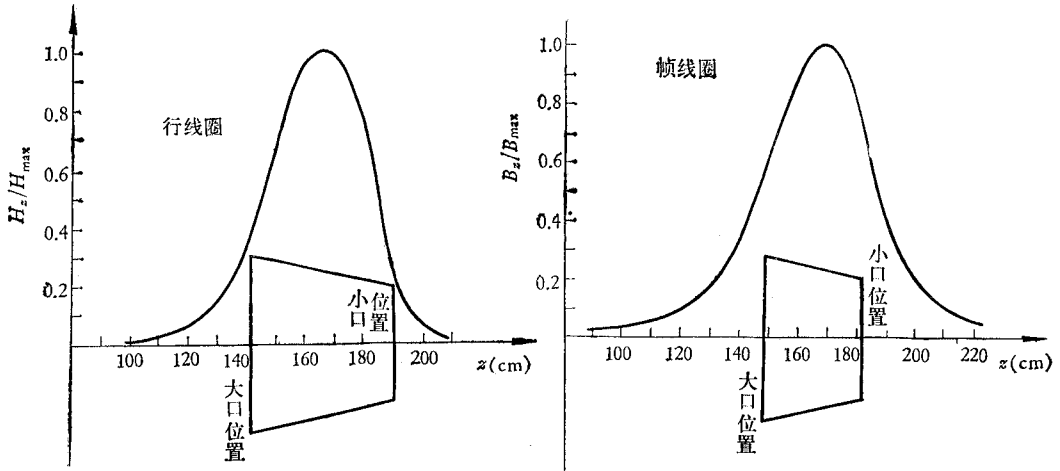


图 4 偏转线圈磁场分布示意图

Fig. 4 Distribution of magnetic field along the axis of deflection coil

2. 杂散磁场

原来与 9" 显象管配合的偏转线圈的小口末端位于电子枪加速极附近, 主透镜则位于偏转线圈之内, 离小口末端约 5mm (该处行偏转磁场 H_z/H_{\max} 约为 54%); 而 12" 显象管电子枪主透镜则离开偏转线圈一段距离 (该处行偏转磁场 H_z/H_{\max} 约为 6%)。因而 9" 显象管电子枪内显然存在着较强的偏转杂散磁场, 将严重地影响电子束的正常运行轨迹。

3. 改进措施

原来的偏转线圈的小口末端离显象管屏面约为 157mm, 电子枪主透镜离屏面约 152mm, 显然电子枪过于靠近屏面是不合适的, 为改变这种情况, 根据 23S × 5B 的部颁标准 (SJ1035-76) 对外形尺寸的规定, 显象管总高度应为 188 ± 10 mm, 故而根据实际情况, 先将管颈增长 5mm, 然后将电子枪装架长度 (即主透镜到平板芯柱的距离) 缩短 3mm。这样使主透镜离屏面的距离增至 160mm, 即使主透镜位于偏转线圈之外 3mm 处 (该处行偏转磁场 H_z/H_{\max} 约为 16.6%)。这样不但减小了杂散磁场对电子束光点的影响, 并且也减小了偏转散焦。在试制 9" 超长余辉显象管中, 将管颈再增长 5mm (此时主透镜所在处的 H_z/H_{\max} 约为 8%), 则边缘分辨率改善更多。但这样将超出部颁标准 (SJ1035-76) 对外形尺寸的规定。

另外值得注意的是, 为减小偏转线圈杂散磁场对电子束聚焦的不利影响, 还应在其它工艺上确实保证偏转线圈尽量远离电子枪。如玻壳制造中, 特别压制锥体时, 应尽量提高其喇叭口附近内外表面的平整度。否则, 若内表面有明显的凸起, 将阻挡电子束前进, 而产生暗角; 若外表面有明显的凸起, 将妨碍偏转线圈紧贴锥体, 以致减小偏转线圈与电子枪的间距, 从而增大杂散偏转磁场的渗透。

五、试验结果

我们根据上述设想, 先后改动了调制极孔径和调制极加速极间距并调整了电子枪与偏转线圈之间的相对位置, 试装了一批管子, 经测试, 并与以往生产的管子对比, 在整个屏面上聚焦性能大为改善. 由于检测手段不够完善, 下列数据只是不同管子在同一台电视机上比较的结果. 对于改善边缘分辨率而言, 改动电子枪与偏转线圈之间的相对位置的作用较明显.

分辨率 位置	管 号											
	53196	53387	53010	53195	53214	53161	53213	53388	53197	51460	6060	625J
左	470	450	420	450	460	460	450	450	450	460	400	400
中	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550
右	480	480	500	500	500	480	460	500	500	480	420	440
生产日期	79.2	79.2	79.2	79.2	79.2	79.2	79.2	79.2	79.2	79.2	78.6	78.8

六、结束语

通过理论分析和装管实验, 得出下列结论:

1. 电子枪中影响荧光屏上电子束光点尺寸的主要参量是电子束最小交叉截面和电子束发散张角. 通过改变电子枪电极的尺寸和相对位置, 可使整管获得满意的聚焦特性.
2. 后移电子枪, 增大它与偏转线圈之间的距离, 减小偏转线圈杂散磁场对电子枪内聚焦电场的干扰, 将减小电子束的偏转散焦. 这是提高显象管边缘分辨率的有效途径.

工作中得到南京工学院童林凤教授的有益启发和本厂郭昭昭同志的大力帮助, 在此一并致谢.

参 考 文 献

- [1] SONY, テレビ技术 27(1979), 35.
- [2] I. M. Wilson, IEEE Trans. on CE, CE-21 (1975), 32.
- [3] R. H. Hughes and H. Y. Chen, IEEE Trans. on CE, CE-25 (1979), 185.
- [4] A. M. Morrell, H. B. Law, E. G. Ramberg and E. W. Herold, *Advance in Image Pickup and Display. Supplement I*, (1974), p. 28.
- [5] 清华大学无线电系, 电子光学, (1966), p. 189, 192.
- [6] 上海仪表电讯技术情报所, 电视机和显象管, 日本来华技术座谈资料, (1978), p. 180.
- [7] 北京大学无线电系, 无线电电子学资料, (1976), p. 35.
- [8] H. Moss, J. Brit. IRE, 5 (1945), 10; 6 (1946), 99.
- [9] 屠聿善, 电子科学技术, 1980年, 第4期, 第4页.

AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION FOR IMPROVEMENT OF EDGE RESOLUTION OF 9" KINESCOPE

Dai Rong-xin

(*Wuxi Electron Tube Factory*)

In kinescope electron gun design there are three chief factors which affect the final electron beam spot size. These are the magnification factor, the spherical aberration and the space charge effect. In this paper the interrelation between these factors and the resolution is discussed.

In order to reduce beam crossover and divergence angle, some methods which make use of reducing the aperture diameter of G_1 and increasing the spacing between G_1 and G_2 are proposed. By adjusting the position of the electron gun in the kinescope i.e. increasing the distance between the gun and the yoke, the deflection defocusing which is caused by scattering magnetic field of deflection yoke is reduced. Therefore, focusing performance of kinescope is improved effectively and its edge resolution is increased.

Test data show that the above methods are excellent, the increment of edge resolution is better than 50 lines.