

彩色显像管的地磁屏蔽(I)

管业鹏^{1,2}, 童林夙², 温佩琳¹

(1. 中南大学 资源环境与建筑工程学院, 湖南 长沙 410083;

2. 东南大学 电子工程系, 江苏 南京 210096)

摘要: 为提高彩色显像管质量, 减小地磁场影响, 针对目前彩色显像管生产中需借助高斯房模拟销售区域地磁场对彩色显像管预调的局限性, 研究了1种经济有效的屏蔽地磁场影响的新装置. 采用先进的彩色显像管性能测试仪, 在相同条件下与现行屏蔽方式就屏蔽效果进行了测试与对比, 结果表明: 该装置可抑制地磁场对彩色显像管的干扰, 提高彩色显像管地磁场裕度; 可省略彩色显像管生产中模拟和调整地磁场的工序, 具有降低生产成本、增进效益的实用价值.

关键词: 地磁场; 彩色显像管; 屏蔽; 着屏偏移; 地磁场裕度

中图分类号: TN141.32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9792(2001)01-0009-04

地球是一个大磁体, 存在磁场即地磁场. 由安培定律知, 带电粒子在磁场中运动时, 会受到洛仑兹力的作用, 使带电粒子作圆周运动而偏离其原来的运动轨迹.

对于彩色显像管, 为满足用户对其提出的各种要求, 需消除多种因素所引起的变化和误差, 必须对管子进行 ITC(Integrated Tube and Components) 调整. 在 ITC 调整过程中, 需考虑的因素很多, 其中一个重要因素就是地磁场的影响. 因彩色显像管是依靠电子束在偏转磁场的作用下激发荧光粉, 使之发出不同颜色的光来显示图像的, 为了能正确显示彩色图像, 就要求彩色显像管中的电子束只分别激发与之对应的荧光粉而不激发其它荧光粉. 当电子束不能准确着落在与之对应的荧光粉上时, 便会出现色纯不良和不规则的混色现象, 直接影响彩色电视的观看效果^[1,2].

为防止彩色显像管在某一地区调整好的特性到另一地区后, 由于地磁场不同而导致该特性变坏, 目前通常是借助于高斯房模拟销售区域地磁场, 对彩色显像管预调来满足用户要求, 这说明彩色显像管受地磁场影响较大, 且没有对地磁场实施有效的屏蔽. 针对以上问题, 作者研究了1种屏蔽地磁场对彩色显像管影响的新装置, 并进行了理论计算, 与现行

屏蔽结构就屏蔽效果进行了对比、测试.

1 地磁场对电子束偏转的影响

采用球冠谐和分析方法^[3], 求得全球地磁场的连续分布, 进而得到单个运动电子在全球的受力分布(在垂直地磁场、水平地磁场及总场下)^[2], 为研究地磁场对彩色显像管运动电子的影响奠定了理论基础. 由于彩色显像管屏幕尺寸愈大, 地磁场对其影响也愈大, 为此, 选择 54 cm 彩色显像管作为研究对象. 因地磁场的垂直分量 B_v 可使自会聚彩色显像管电子束作水平横向移动, 产生色纯误差^[1,2,4], 所以, 这里主要对垂直地磁场进行分析.

设有 1 只 54 cm 平面直角彩色显像管, 屏面朝北, 电子束在水平面内从南向北运动, 阳极电压 $E_b = 25$ kV, 电子束在显像管内南北飞行的距离为 400 mm.

由于地磁场水平分量 B_h 与电子运动速度 v 平行, 因此, 它对电子束偏离不起作用, 而垂直地磁场 B_v 将使电子束在与之垂直的平面内作圆周运动, 其运动半径 $R = 2eE_b/f$ (其中: e 为电子电荷, f 为电子所受的洛仑兹力). 设 B_v 垂直向下, 电子束的偏移

情况如图 1 所示.

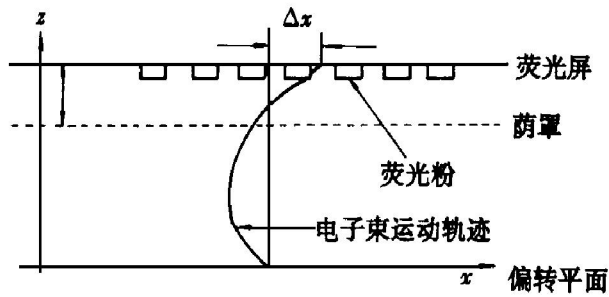


图 1 地磁场对电子束偏转的影响

由图 1 可知, 电子束向东偏移了 Δx ,

$$\Delta x = QZf / (4eE_b) \quad (1)$$

式中: Q 为荫罩与荧光屏间的距离; Z 为电子南北飞行距离. 如在北半球, 地磁纬度 60° 处, $|f| = 9 \times 10^{-16} \text{ N}^{[2]}$, $Q = 13.6 \text{ mm}$, 则由式(1)可得 $|\Delta x| = 306 \mu\text{m}$; 在南半球, 地磁纬度 60° 处, $|f| = 9 \times 10^{-16} \text{ N}^{[2]}$, 电子束在垂直地磁场作用下, 将向西偏移 $|\Delta x'|$, 由式(1)得 $|\Delta x'| = 306 \mu\text{m}$. 电子束在两地的相对偏移量 $|\Delta x| = 612 \mu\text{m}$; 又如在湖南长沙(中低纬度地区), $|f| = 4.5 \times 10^{-16} \text{ N}^{[2]}$, $|\Delta x| = 153 \mu\text{m}$.

54 cm 彩色显像管相邻荧光粉之间的距离一般为 $200 \sim 320 \mu\text{m}^{[2]}$. 可见:

a. 彩色显像管中的电子束在地磁场影响下产生偏移, 甚至在中低纬度地区, 该偏移足以使整个画面出现严重的色彩失真, 说明地磁场的影响不容忽视;

b. 即使彩色显像管屏面朝向相同, 如果电视机所处的地磁纬度不同, 地磁场对电子束的偏转影响也明显不同, 且存在明显差异.

2 减小地磁场对电子束偏转影响的方法

为避免或尽量减少出现混色这种不良现象, 应对彩色显像管采取必要的措施. 一般地, 在彩色显像管的管锥或管内设置由磁性金属材料构成的屏蔽罩(管内的称为内磁屏蔽罩, 管外的称为外磁屏蔽罩)^[1, 2, 4]. 所谓屏蔽, 是指用于减弱由某些场源所产生的空间某个区(不包含这些源)内的电磁场的结构. 磁场屏蔽简称磁屏蔽, 用来抑制磁场耦合而实现磁场隔离^[5].

内磁屏蔽罩因体积小、材料少、实用而被广泛使

用^[2]. 显像管装置了内磁屏蔽罩后, 电子束在荧光屏上的着屏情况得到了较大的改善. 为了能更好地消磁, 在彩色显像管内磁屏蔽罩上开有孔洞^[4]. 根据屏蔽理论可知, 这样会产生漏磁, 从而影响屏蔽效果. 对于这种内磁屏蔽罩, 其屏蔽效能可根据屏蔽效能公式(设其起始磁导率很大)^[2]得出:

$$M = 0.22 \mu_i [1 - (1 - t/r)^3] \quad (2)$$

式中: μ_i 为起始磁导率系数; t 为屏蔽壁厚度; r 为与屏蔽体体积相同的等效球面半径. r 一般为 20 cm , t 为 0.2 mm , 则由式(2)得 $M = 6.6 \times 10^{-4} \mu_i$.

一般地, $\mu_i < 10^5$. 可见, 屏蔽效能不高. 为了获得较大的屏蔽效能, 可增大屏蔽体厚度, 但靠这种方式来提高屏蔽效能的办法是很不经济的.

为了防止彩色显像管在某一地区调整好的特性(如色纯、会聚、畸变等)到另一地区后, 由于地磁场条件不同而导致该特性变坏, 目前通常是借助于高斯房通过适当的电流来模拟当地地磁场, 对发往该地的彩色显像管进行预调, 以满足用户要求.

根据以上分析, 作者提出了在显像管管锥部分安置磁屏蔽的方法. 该装置能有效地屏蔽地磁场影响. 其屏蔽机理是利用铁磁材料的高磁导率对地磁场进行磁分路, 由于采用了高磁导率材料, 因而可使磁阻足够低, 使地磁场的大部分磁通在其内部流通(见图 2).

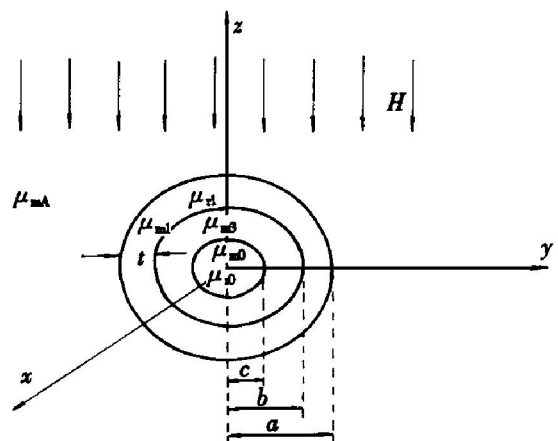


图 2 屏蔽层屏蔽的计算

由图 2 可知, 外界磁场均匀投射到屏蔽体上, 屏蔽体的外半径为 a , 内半径为 b , 厚度为 t , 材料的磁导率为 μ_r ; 在被屏蔽的区域内放置有实心球, 半径为 c , 材料的相对磁导率为 μ_r . 设实心球与屏蔽体球壳同心, u_{mA} , u_{m1} , u_{mB} 和 u_{m0} 分别表示 4 个区域的标量磁位函数, 它们满足拉普拉斯方程 $\nabla^2 u_m = 0$. 注

意到 $\mu_{r1} \gg 1, t/a \ll 1$, 令 $a - b = t, a = R_1, c = R_0$, 可求得在有屏蔽壳体时, 实心金属球体内的磁场强度 H_0 :

$$H_0 = 3H / [(\mu_{r0} + 2) + 2(\mu_{r0} + 2)\mu_{r1}t / (3R_1) + 2\mu_{r1}(1 - \mu_{r0})R_0^3t / (3R_1^4)] \quad (3)$$

而在无屏蔽球壳时, 可求得实心金属球体中的磁场强度为

$$H_{00} = 3H / (\mu_{r0} + 2) \quad (4)$$

故屏蔽薄膜的屏蔽效能为

$$S_E = H_{00} / H_0 = 1 + 2\mu_{r1}t / (3R_1) + 2\mu_{r1}(1 - \mu_{r0})R_0^3t / [3(\mu_{r0} + 2)R_1^4] \quad (5)$$

当 $\mu_{r0} = 1$ (或 $R_0 = 0$) 即实心金属球为非导磁体 (或不存在) 时, 有

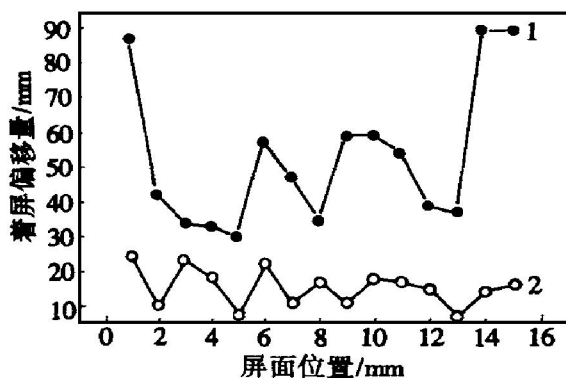
$$S_E = 1 + 2\mu_{r1}t / (3R_1) \quad (6)$$

采用本屏蔽装置后的彩色显像管, 可通过测量电子着屏光点偏移的办法来验证, 对比屏蔽效果. 以 54 cm 彩色显像管为例, 分别对其在不同屏蔽状态下进行着屏误差测试. 测试条件、设备、环境及方法等均同. 采用全自动着屏误差测试仪, 减少人为因素对测试结果的影响. 测试设备系统误差为 2 μm .

将管子平面均匀划分成 15 (即 5×3) 个区域. 因对电子束光点偏移取主导作用的是垂直地磁场的影响, 因此, 改变模拟地磁场的垂直分量 B_v , 使 B_v 分别为 $-4 \times 10^{-5} \text{T}$ 和 $6 \times 10^{-5} \text{T}$, 测试结果见图 3 和图 4.

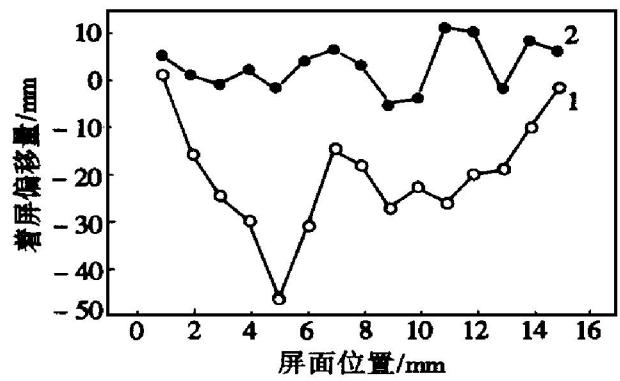
B_v 从 $-4 \times 10^{-5} \text{T}$ 变化至 $6 \times 10^{-5} \text{T}$ 时, 电子束光点相对偏移量变化情况如图 5 所示.

可见: 当 $B_v = -4 \times 10^{-5} \text{T}$ 时, 显像管屏面在现有屏蔽状态下明显出现了大面积混色现象, 而采用改进后的屏蔽方式, 没有出现任何色纯不良现象; 在



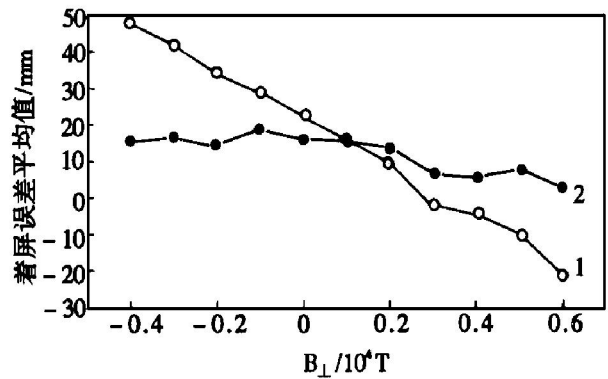
$B_v = -4 \times 10^{-5} \text{T}$; 1—现有方式; 2—改进后方式

图 3 电子束光点偏移



$B_v = 6 \times 10^{-5} \text{T}$; 1—现有方式; 2—改进后方式

图 4 电子束光点偏移



1—现有方式; 2—改进后方式

图 5 地磁场从 $4 \times 10^{-5} \text{T}$ 变化到 $6 \times 10^{-5} \text{T}$ 时电子束的相对偏移

不同屏蔽状态下, 电子束光点偏移差异较大, 改进后的电子束光点偏移量小于现有状态下的电子束光点偏移量; 在现有屏蔽状态下, 电子束光点偏移量与地磁场强度成正比线性关系, 而改进后的屏蔽方式, 电子束光点偏移曲线几乎与地磁场磁力线平行, 说明屏蔽方式改进后, 在很大程度上削弱了地磁场的影响.

3 结 语

作者所提出的屏蔽结构成本低廉, 且不明显增加彩色显像管质量, 可大幅度地提高彩色显像管地磁场裕度.

参考文献:

[1] 管业鹏, 温佩琳. 地磁场与彩色显像管的研究 [A]. 温佩琳. 湖南省地球物理理论丛 [C]. 长沙: 中南工业大学出版社, 1999.
 [2] 温佩琳, 管业鹏. 地磁场对彩色显像管的影响及减小方法 [J]. 中南工业大学学报 (自然科学版), 2000, 31(4): 290-293.

- [3] 安振昌. 地磁场模型和球冠谱和分析[J]. 地球物理学进展, 1992, 7(3):
- [4] 雷莫尔 A M. 彩色显像管[M]. 蒋葆增, 邹家祥, 译. 北京: 国防工业出版社, 1981.
- [5] 湖北省电磁兼容学会. 电磁兼容原理与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1996.
- [6] 童林凤. 电子光学计算机辅助设计[M]. 北京: 国防工业出版社, 1990.
- [7] 鲍光淑, 张碧星, 敬荣中, 等. 三维电磁响应方程法数值模拟[J]. 中南工业大学学报(自然科学版), 1999, 30(5): 472-474.
- [8] 刘秋林, 陈振华. 多层喷射沉积技术中的轨迹分析[J]. 中南工业大学学报(自然科学版), 1998, 29(1): 555-557.

The geomagnetic shielding on the color picture tube

GUAN Ye-peng^{1,2}, TONG Lin-su², WEN Pei-lin¹

(1. College of Resources, Environment and Civil Engineering, Central South University, Changsha 410083, China;

2. Department of Electron Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: In order to improve the quality of the color picture tube and reduce the influence of geomagnetic field on the color picture tube, usually the color picture tube is pre-adjusted to meet the demand by using gauss-room to stimulate geomagnetic field of market area during the manufacture of the color picture tube. A kind of new equipment that economically and effectively shields the influence of geomagnetic field is put forward through studying the concerned disciplines of electron optics, electromagnetic shielding theory and magnetic material, *etc.* An advanced tester of the color picture tube is used to compare the shielding result of the new equipment with that of current shielding equipment in the same condition. It is proved that this new equipment is more effective and practicable. This new equipment can restrain the influence of geomagnetic field and increase the geomagnetic tolerance of the color picture tube.

Key words: geomagnetic field; color picture tube; shield; misregister; geomagnetic tolerance