

激光大屏幕显示中图像点数的研究

诸葛向彬 吴大元 傅银生

(浙江大学物理系)

Study on image dots in laser large screen display

Zhuge Xiangbin, Wu Dayuan, Fu Yinsheng

(Physics Department, Zhejiang University, Hangzhou)

提要: 本文研究了大屏幕显示中的光学振镜扫描机理, 探讨了增加像点数的途径。

关键词: 激光大屏幕显示

一、引言

激光大屏幕显示的图像进入到文化娱乐领域之后, 人们对图像的要求也越来越高, 迫切希望能够看到更复杂、更清晰、更逼真的图像以供欣赏。这就要求增加像点数, 而像点数的多少是与输入振镜的电流阶跃脉冲数相应的。本文研究了光学振镜的扫描机理, 探讨了增加像点数的途径。

二、脉宽 $T_0 \geq T_M$ 时振镜的运动规律

文献[1]指出, 光学振镜的角振子数学模型为:

$$J\ddot{\theta} + P\dot{\theta} + D\theta = \frac{D}{K} I_0 \quad (1)$$

式中 J ——转动惯量; P ——阻尼系数; D ——弹性常数; K ——角灵敏度; I_0 ——输入电流强度, 为一阶跃脉冲。令阻尼度 $\lambda = P/2\sqrt{JD}$, 并且规定振镜到达稳定角(误差 2.5%)的时间为步响应时间 T_M 。当阻尼度 $\lambda = 1$ 时, 振镜处于临界阻尼状态, 这时 T_M 为最短, 认为振镜处于最佳工作状态。其解为

$$\theta = \frac{I_0}{K} [1 - (1 + \omega_0 t) e^{-\omega_0 t}] \quad (2)$$

式中 $\omega_0 = \sqrt{D/J}$, 称固有角频率。

如果输入电流为串列阶跃脉冲, 脉冲数为 n , 其幅度与脉宽分别为 I_0 与 T_0 , 且 $T_0 \geq T_M$, 如图 1 所示。由初始条件: $t=0$ 时, 角位置 $\theta_0 = 0$ 和角速度 $\dot{\theta}_0 = 0$, 则其解为

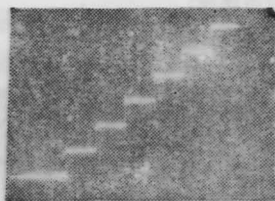


图 1 输入阶跃脉冲 ($T_0 = T_M$, 2.3 ms/div, $n=6$)

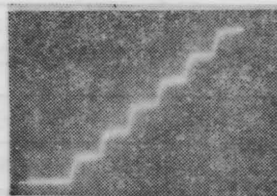


图 2 振镜相应输出的 $\theta_n \sim t$ 特性曲线

$$\theta_n = (n-1) \frac{I_0}{K} + \frac{I_0}{K} \{1 - [1 + \omega_0(t - (n-1)T_0)] e^{-\omega_0(t - (n-1)T_0)}\} \quad (3)$$

$n = 1, 2, 3, \dots$

图 2 是振镜输出的 $\theta_n \sim t$ 特性曲线图。可以明显看到它与公式 (3) 一致。很清楚 n 个像点数的总时间 ($T = nT_0$) 应小于或等于图像的视觉暂留时间, 一般是 50~60 ms。

三、脉宽 $T_0 < T_M$ 时振镜的运动规律

光学振镜为了扫描一幅较为复杂的图像, 需要有足够多的像点数, 则输入电流阶跃脉冲的宽度 T_0 往

往要比 T_M 来得小。

设第 1 个阶跃脉冲输入的初始条件为 $t=0$ 时, $\theta_0=0, \Omega_0=0$ 。振镜的工作特性曲线应同前述。但是, 当在 T_0 时刻, 振镜由于没有到达稳定角时间 T_M , 还具有相当大的角速度, 它刚好是第 2 个阶跃脉冲输入到振镜时振镜继续运动的初角速度。以此类推, 振镜在 $(n-1)T_0$ 时刻的角速度刚好是第 n 个阶跃脉冲输入到振镜时振镜的初角速度。那末在这种情况下下的方程解是:

$$\theta_n = \theta_{n-1} + \frac{I_0}{K} + \left\{ \Omega_{n-1} [t - (n-1)T_0] - \frac{I_0}{K} \left[1 + \omega_0 [t - (n-1)T_0] \right] \right\} e^{-\omega_0 [t - (n-1)T_0]} \quad (4)$$

$$n=1, 2, 3, \dots$$

式中 Ω_{n-1} 为第 n 个阶跃脉冲输入时振镜的初角速度。 nT_0 时刻角速度公式为:

$$\Omega_n = \Omega_{n-1} (1 - \omega_0 T_0) e^{-\omega_0 T_0} + \Omega_1 \quad (5)$$

Ω_1 为 T_0 时刻的角速度:

$$\Omega_1 = \frac{I_0}{K} \omega_0^2 T_0 e^{-\omega_0 T_0} \quad (6)$$

表 1 为串联阶跃脉冲输入时振镜在 nT_0 时刻的角速度值(参数 $T_0=1\text{ms}$, $\omega_0=2.21 \times 10^3 \text{s}^{-1}$, $K=1.72 \text{A/rad}$)。从表 1 可见, 振镜从输入第 2 个阶跃脉冲开始, 初角速度已很快地趋向稳定。

表 1

I_0 (mA)	1	2	3	4	5	6
	n					
	Ω_n (rad/s)					
10	3115	2703	2757	2749	2750	2750
30	6230	5403	5513	5498	5500	5500
30	9345	8105	8270	8247	8250	8250

为了便于分析和比较, 我们假定每个阶跃脉冲输入时的初时刻均为 0, 相应的振镜初角位置亦为零, 这样(4)式变为:

$$\theta_n = \frac{I_0}{K} + \left[\Omega_{n-1} t - \frac{I_0}{K} (1 + \omega_0 t) \right] e^{-\omega_0 t} \quad (7)$$

当 $I_0=10\text{mA}$ 时, 作出 $n=1$ 和 $n=6$ 的 θ_n-t 特性曲线如图 3 所示。

图 3 表明, 振镜工作特性曲线的上升部份由于振镜初角速度的不同在稳定状态($n=6$)的要比静止

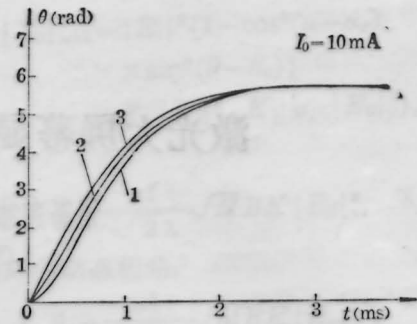


图 3 $I_0=10\text{mA}$ 时振镜特性曲线。曲线 1 为 $n=1$ 时的工作状态; 曲线 2 为 $n=6$, $T_0=1.3\text{ms}$ 时的稳定工作状态; 曲线 3 为 $n=6$, $T_0=0.5\text{ms}$ 时的稳定工作状态

开始($n=1$)的更陡。

也研究了不同输入电流 I_0 时振镜在稳定工作状态时的 θ_n-t 关系。计算表明, 在任一时刻 $t(t \neq 0)$, 角位移 θ 几乎随 I_0 成正比。

四、增加像点数的途径

由于人眼视觉暂留时间的短暂, 像点数的增加受到制约, 那么如何充分地增加像点数呢?

1. 选择高固有频率的振镜。由振镜的工作特性曲线公式可知, 固有频率 ω_0 必须高。 ω_0 高, $e^{-\omega_0 t}$ 会更剧烈地衰减。这样, 振镜到达稳定角位置的时间 T_M 将大大缩短。

2. 增大振镜的输入电流 I_0 。由计算可知, 增大 I_0 可以大大加快振镜的扫描速度, 缩短扫描时间。

3. 振镜的角灵敏度 K 值要小。这与输入电流 I_0 要大是等效的, 同样能提高振镜扫描速度缩短扫描时间。

4. 选择合适的阶跃脉冲宽度 T_0 。图 3 表明, 在不同的 T_0 时, 振镜在稳定工作状态下的 $\theta-t$ 特性曲线的上升部份陡度不同。 T_0 小, 上升陡度大。这意味着振镜在单位时间内转过的角位移大。

参 考 文 献

- 1 H. Michael Tenney, John C. Purcupile, *EOSD*, (10), 40(1975)
- 2 吴大元, 诸葛向彬 *et al.*, 待发表

(收稿日期: 1988 年 1 月 7 日)