

新型多通道激光显示系统的设计与实现

陈水桥¹⁾ 徐从富¹⁾ 何俊²⁾

¹⁾ (浙江大学计算机学院, 杭州 310027) ²⁾ (浙江省辐射环境监测站, 杭州 310012)

摘要 已有的激光图形显示系统太单调, 图形显示不灵活, 不能体现激光应有的显示功能。提出了一个基于计算机控制的多通道激光图形显示系统, 该系统通过分光控制完成了振镜、转镜和步镜的协调工作, 更好地展现了3种不同功能的电机工作模式, 解决了分光系统中电机的响应失真问题, 从而丰富和完善了激光图形显示功能。改进后的激光图形显示系统的试验结果表明, 多通道激光图形显示系统提高了图形质量, 使显示更便利, 内容更丰富。

关键词 激光显示系统 分光控制系统 振镜 转镜 步镜

中图法分类号: TP273.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8961(2009)02-0365-05

Design and Realization of A New Laser Display System with Multiple Channels

CHEN Shui-qiao¹⁾, XU Cong-fu¹⁾, HE Jun²⁾

¹⁾ (College of Computer Science, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

²⁾ (Radiation Environment Monitoring Station of Zhejiang Province, Hangzhou 310012)

Abstract Existing laser graphics display system was too monotonous, the graphics were not flexible, and it could not be reflected in the laser display function. Laser multi-channel graphics system based on a computer-controlled application was proposed. The system was completed with oscillating mirror, rotating mirror and stepping mirror coordination by light splitting. Three different modes of motor function were better displayed. The issue of Motor response to the distortion had been resolved in the light splitting system, so the Laser graphics display had been enriched and improved. The experiments on the improved laser graphical display system demonstrated that this multi-channel laser graphics display system is easier to use and the image quality and content are improved.

Keywords laser display system, light splitting system, oscillating mirror, rotating mirror, stepping mirror

1 引言

激光扫描成像是借助激光利用微机控制直流电机工作的表现形式(如书法、绘画、描绘等),从而使激光呈现出丰富多彩的显示效果。当前,市场上应用最广泛的是国外引进的振镜扫描系统^[1,2]。然而,国外引进的振镜扫描系统价格高、所具有的书画

扫描功能并不能完全满足实际需求,特别是电机的作用不仅仅具有往返偏转的功能,而且还具有转动和步进的功能,如果把这两种功能也变成激光扫描功能,则将大大增加激光图形显示的内容。这对传统的扫描系统提出了新的要求。为此,设计和开发一个多通道的激光显示系统很有必要,不但具有振镜的书画显示功能,而且增加了转镜的函数曲线扫描功能和步镜的光栅图形显示功能,极大地丰富了

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863)项目(2007AA01Z197);国家自然科学基金项目(60402010)

收稿日期: 2008-03-03; **改回日期:** 2008-06-12

第一作者简介: 陈水桥(1971~),男,浙江大学计算机技术专业硕士研究生。主要研究方向为计算机应用、智能激光显示系统等。

E-mail: qinglang@zju.edu.cn

激光的显示效果。但如何控制振镜、转镜和步镜这三者之间协调工作是一个难点,需要研发新的分光控制系统。本文重点研究了单束激光下的振镜、转镜和步镜的分光盘法控制系统的工作原理和系统响应失真的解决办法。其中,主要利用了一个可逆电机实现了 3 种激光显示方式的协调工作。与传统的振镜扫描系统相比,新的多通道激光显示系统达到了更好的显示效果:由于单束激光能实现 3 种激光显示方式,大大提高了仪器的性价比;分光盘的控制主要使用了光电门技术,使得控制更加方便;采用了带有位置负反馈和速度负反馈的闭环控制系统,提高了方位角的控制精确度。本文提出的系统中绝大部分软硬件属自主产品,大大降低了设备的价格。实验结果表明,系统工作比较稳定,输出图形更美观。

2 多通道激光显示系统硬件组成

整个系统主要由振镜、转镜、步镜、分光盘和计算机系统 5 大部分组成,其总体结构如图 1 所示。

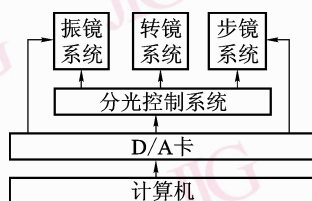


图 1 系统总体结构

Fig. 1 Collectivity structure of system

系统主要实现功能包括:

(1) 振镜实现激光书写和动画功能,即所有需要书写的字或显示的图先由计算机编排后产生工作数据流,然后通过 D/A 卡输出,振镜驱动器一旦获得这些工作数据流就启动振镜工作,最后借助激光在屏幕上显示这些字或图。

(2) 转镜实现激光扫描函数曲线功能,即先在计算机转镜软件包内选择和编辑扫描的函数曲线,也就选定了控制转镜的角速度的数据流,然后通过 D/A 卡输出,转镜驱动器一旦获得这些工作数据流就启动转镜工作,最后借助激光在屏幕上显示这些函数曲线图形。

(3) 步镜实现激光光栅图形显示功能,即先在计算机步镜软件包内编排光栅图形,然后通过 D/A

卡控制步镜驱动器工作,步镜驱动器一旦获得工作数据流就启动步镜工作,最后借助激光在屏幕上显示这些光栅图。

(4) 分光盘主要控制激光的光路走向,即决定激光射向振镜或转镜或步镜,起到总体调配 3 种显示功能的作用,主要由计算机编排和控制分光镜转向角的数据流经过 D/A 卡输出,最后控制分光系统下的光盘转动的角度,从而决定投射在分光盘的反射镜上激光的光路走向,也就决定了输出哪类图形。

(5) 计算机系统主要包括各种图形的采样、编排和生成,以及振镜、转镜和步镜的协调工作。

系统中主要硬件包括振镜、转镜、步镜、分光盘和激光等。

(1) 振镜

振镜采用双反射镜。一对振镜形成一个扫描点,每个扫描点由 X 和 Y 两个数据组成, X 和 Y 分别由 D/A 卡的两个通道控制和传输。D/A 卡是一块四通道的数模转换卡,具有储存和输出计算机制作的书画数据流(即 $DOT(X, Y)$ 数据流)的功能,以便在计算机退出主程序也能工作^[1]。驱动器具有缩放和移动图形在屏幕上的位置的功能(也即二次调整,相对于计算机内第一次编排图形而言),驱动器采用自制的 SCANNER CONTROL CX-660 驱动器。

(2) 转镜

转镜采用双反射镜。根据两转镜之间旋转方向的不同,大体上存在如下两类情况:当两转镜转向相反时,产生内摆线图形,即圆内旋轮线图形,图形特征是曲线向内凹^[3]。当两转镜转向相同时,产生外摆线图形,即圆外旋轮线图形,图形特征为曲线向外凸。D/A 卡主要输出两转镜所需的旋转角速度信息,也由两通道控制,分别控制两转镜的角速度值,也就控制了输出的函数曲线图形类型。驱动器具有循环和单控输出图形的功能。

(3) 步镜

步镜采用双光栅镜。D/A 卡主要输出两步进电机所需要的步进角度大小和步进方向的信息。也由两通道控制,分别控制两步进电机工作。驱动器具有控制步进电机 1 正反转的功能,以及控制步进电机 2 转或停的功能,从而达到输出各种组合光栅图形的目的。

(4) 分光盘

分光盘通过一个可逆电机带动。主要实现对振

镜、转镜和步镜的图形输出控制。不同的分光盘的位置决定了输出的图形类型。分光盘位置通过安装在下面的可逆电机来决定,设计了4种角度,其工作流程为:0°~90°~180°~270°~360°,所以可以有4种分光光路方法。

(5) 光源

本文系统使用了两种激光作光源:CuBr 激光和 He-Ne 激光。CuBr 激光是一种黄绿两色光,可通过滤波片分离,一般功率达到 10 W 左右,是一种比较理想的光源。He-Ne 激光是一种红色光,其价格比较低,但是功率不高,一般为几十毫瓦,本文系统采用了特制的加大功率型 He-Ne 激光,其功率达到 100 mW。

3 多通道分光系统工作原理

分光控制系统总体结构如图 2 所示。其主要原理是通过控制激光的投射方向决定振镜或转镜或步镜的工作,同时也决定了输出哪一类图形。其中,D/A 卡主要输出控制分光盘分配光路的数据信息,即决定激光为振镜、转镜和步镜中的其中一者服务(系统只用一束激光的情况)。分光盘由一个可逆电机控制,采用 ND-D 型可逆电动机,其转速比为 1:53,转速为 1 200 转/分钟。上面装有两块全反光镜,根据需求设置了 3 种工作光路:

光路 1:无反光镜挡光时激光直接射向振镜;

光路 2:反光镜 2 把激光束反射到全反光镜 2,再射向步镜;

光路 3:反光镜 3 把激光束反射到全反光镜 3,再射向转镜。

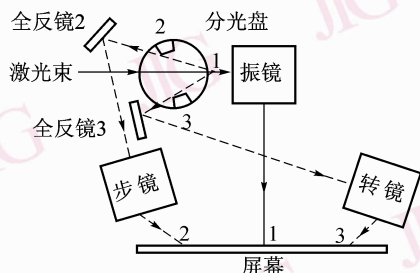


图2 分光系统总体结构

Fig. 2 Collectivity structure of light splitting system

可逆电机设置了两种工作模式:置零功能和 90 度/步转动功能。同时还设置了手动和自动工作方法。图 3 为控制电机工作的电路原理框图。

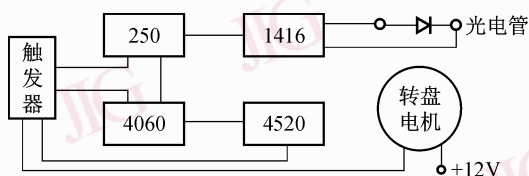


图3 分光系统电路原理

Fig. 3 Circuit principle of light splitting system

其中,置零功能通过光电门来实现,在分光盘上装一挡光片,其下方设置一光电门(固定不动),每次开机,电机就会带动挡光片通过光电门并挡光,挡光后产生一个信号,由该信号来控制电机转动后停止的位置,这叫作复位功能。它保证了分光盘每次的起始位置都不变。以后电机就按照 90 度/步工作。

一般来说,可逆电动机的运动实际上是一种有阻尼的受迫振动。它的运动方程可用一个二阶微分方程表示^[4]:

$$J \frac{d^2 \theta}{dt^2} + D_m \frac{d\theta}{dt} + w\theta = M_E$$

式中, J 为转子的转动惯量, D_m 为机械阻尼系数, w 为弹簧丝的弹性系数, M_E 为电磁力矩, θ 为偏转角度, t 为时间。当转子达到稳态时,其偏转角 θ 正比于电流 I ,转动方向与定位弹性力矩相反。驱动电流产生的能量存储于弹簧丝中,当电流消失时存储能量使转子回复到静止位置。

所以,可逆电动机主要存在过阻尼响应、临界阻尼响应和欠阻尼响应 3 种响应情况。其波形如图 4 所示。

如果能使电机工作在临界阻尼状态,就能保证激光显示系统稳定工作了。为获得临界阻尼响应,一般通过调节伺服电路的增益和阻尼,以得到一个较好的方法来实现。

4 计算机控制系统

4.1 软件设计总体方案

计算机作为多通道激光显示系统的核心部分,应具有良好的可靠性、协调性和人机界面,采用了 Borland C++ 编程^[5],从系统的功能设计到软件设计采用了模块化的设计思想。主要包括人机界面模块、控制面板模块、书画模块、曲线模块、光栅模块、分光模块和组合模块。

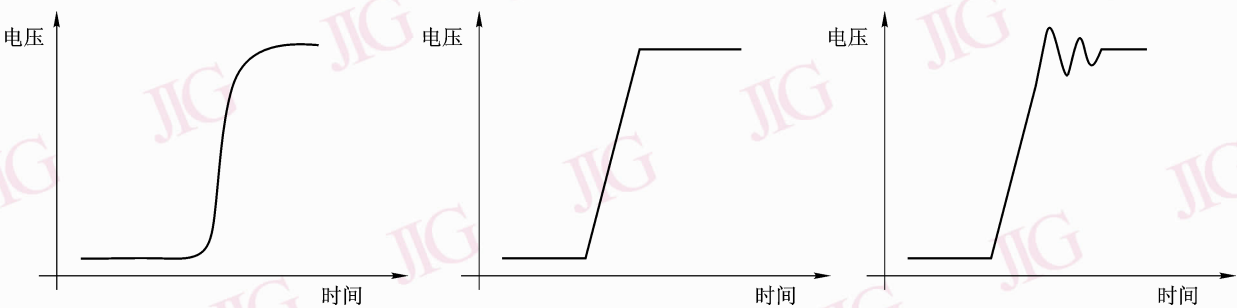


图 4 过阻尼响应、临界阻尼响应和欠阻尼响应波形

Fig. 4 Response wave of over-damp, critical-damp and lack-damp in turn

4.2 设计流程与界面

根据多通道激光显示图形工作原理及其硬件实现方案,设计总体程序流程如图 5 所示^[6-7]。

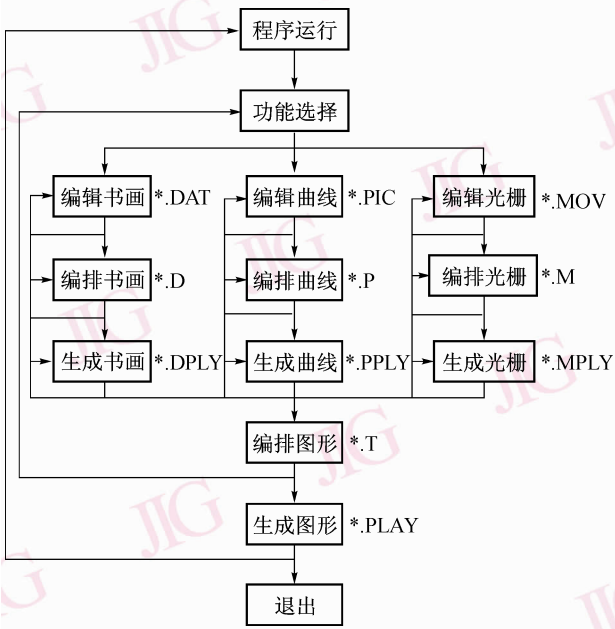


图 5 程序总体流程

Fig. 5 Collectivity flow procedure

进入主程序,先选择工作模式。如果选择振镜工作模式,则先编辑图形并生成 *.DAT 文件。调入 *.DAT 文件进行编排,生成 *.D 动画文件。把一系列 *.D 文件组合成能工作的 *.DPLY 文件^[7]。如果选择转镜工作模式,则先编辑函数图形并生成 *.PIC 文件,然后把数据保存在 *.P 文件中,最后选择一些 *.P 文件生成可运行的 *.PPLY 工作文件。如果选择步镜工作模式,首先需要编排两个信息,一个是控制步镜 1 的正转或反转信息,另一个是控制步镜 2 的转或停信息。并保存在 *.MOV 数据文件中,然后生成各种组合图形的

*.M 文件,最后得到运行文件 *.MPLY。

分光控制采用单控和自动循环控制两种方法,单控时可选择按“振镜”或“转镜”或“步镜”长时间一种图形输出方式。自动循环控制时 3 种图形在分光镜的控制下轮流显示在屏幕上。所以需要编排分光光路,并生成 *.T 文件。同时调用上面的 *.DPLY、*.PPLY 和 *.MPLY 文件,最终产生 *.PLAY 文件。

图 6 是其中分光系统 3 种工作方式图形处理软件的界面,图中有效界面内为一个“安”字的点阵图,右边是 3 种工作方式的编排信息列表,整个界面操作方便,一目了然。

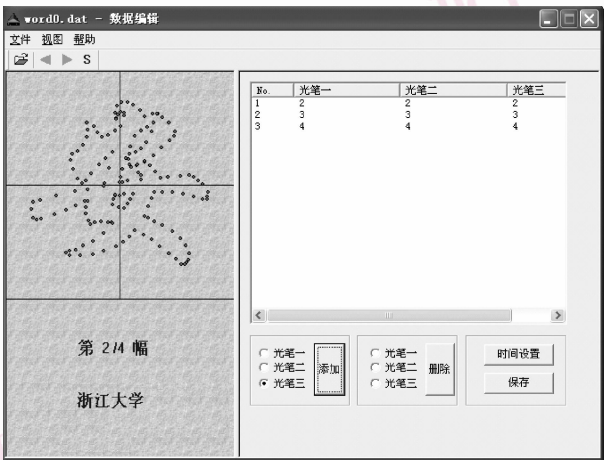


图 6 图形处理界面

Fig. 6 Interface of disposal to graphics

5 结果与讨论

5.1 试验图例

图 7 为 4 张实际效果图。图中文字、动物和人头用振镜扫描得到,五、七、八角形线图用转镜扫描

得到,背景散射光用步镜扫描得到,3 种激光图形通过分光系统得到了较好的结合和显示。

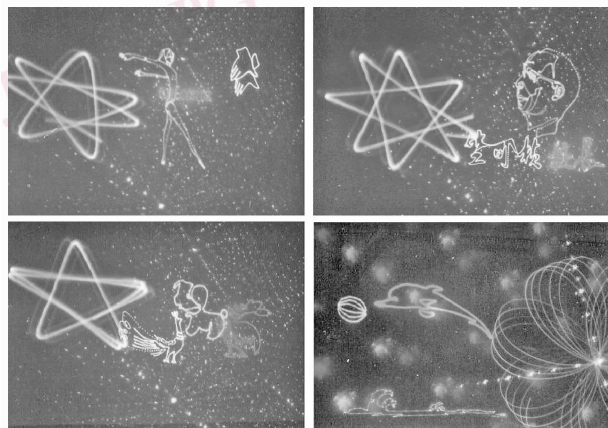


图 7 系统显示效果图

Fig. 7 Purpose graphics of system to display

5.2 分光系统的响应失真与修正方法

从显示的图例来看,3 种类型图形基本能符合设计要求。关键是控制 3 种图形工作方式正常进行的可逆电机的稳定工作,也就是电机的响应会不会失真问题。如果电机不能使转子回复到原来位置或每次转角不符合要求,就会产生响应失真。从而影响激光图形的输出,严重时激光图形不能在屏幕上显示,从而形成黑屏现象。

提出了提高位置精度,改善频率响应特性和得到最佳阻尼状态的解决分光系统响应失真的方法。实现要点在于采用了带有位置负反馈和速度负反馈的闭环控制系统。其方框图如图 8 所示。

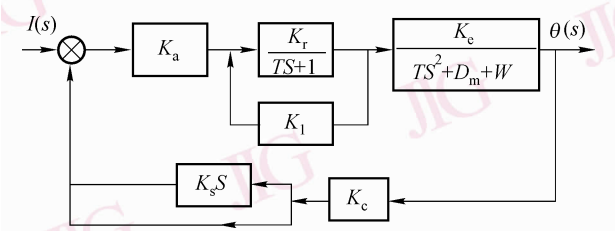


图 8 闭环控制系统

Fig. 8 Control system of closed loop

图中, K_a 表示驱动放大级增益; K_l 表示电流负反馈级增益; K_c 表示位置负反馈增益; K_e 表示电机常数; K_s 表示速度负反馈(微分)增益; K_r 表示常数; T 表示转动周期, S 表示电机位置的偏移量。位置传感器的输出电信号反映电机偏转的实际位置,用此信号与指令信号的误差来驱动电机工作,可以

修正位置误差。对位置输出信号取微分得到速度反馈信号,改变微分分级增益 K_s 可以方便地调节阻尼系数。

6 结 论

本文系统在实际工程中得到了良好应用。经过实践检验,系统稳定,操作方便,激光显示内容丰富。特别是 3 种图形显示功能在系统中得到了结合,一起完成图形显示工作,使得产生的激光图形更加美观。今后还需进一步完善图形的稳定度受到计算机控制信号的影响,可通过提高芯片容量进行一定的改善。目前,图形运行时间需手工填入,应可通过修改程序按图形的复杂度自动生成。此外,3 维激光显示应该成为今后研究的重点,主要难点在硬件,当然软件也需重编,特别是图形生成算法也将因为多一个坐标值而重新设计和处理。

参考文献 (References)

- 1 Liu Cai-ming, Chen Shui-qiao, Chen Hong-shan. An usable CuBr laser for wise laser large screen display [J]. Chinese Journal Lasers, 2004, 31 (Supplement) : 128-130. [刘才明, 陈水桥, 陈洪山. 一种用于智能化激光显示系统的 CuBr 激光器 [J]. 中国激光, 2004, 31 (增刊) : 128-130.]
- 2 Chen Shui-qiao, Wang Kun, Liu Cai-ming. A new planar graphics generator using rotating mirror [J]. Experimental Technology and Management, 2006, 23 (9) : 50-53. [陈水桥, 王鲲, 刘才明. 一种新的转镜法二维图形发生器 [J]. 实验技术与管理, 2006, 23 (9) : 50-53.]
- 3 Shen Yong-huan, Liang Zai-zhong, Xu Lv-hu, et al. Practicl Handbook of Mathematics [M]. Beijing: Publishing House of Science, 2002: 77-78. [沈永欢, 梁在中, 许履瑚等. 实用数学手册 [M]. 北京: 科学出版社, 2002: 77-78.]
- 4 Zhuge Xiang-bin, Wu Da-yuan, Shi Bao-ju. Study on improving the optical scanners output characteristics in laser large screen display [J]. Chinese Journal Lasers, 1990, 17 (3) : 182-185. [诸葛向彬, 吴大元, 石宝驹. 激光大屏幕显示中改善振镜输出特性曲线的研究 [J], 中国激光, 1990, 17 (3) : 182-185.]
- 5 Mai Zhong-fan. Tutorial of C + + Programming Language [M]. Beijing: Publishing House of Beihang University. 1998: 127-131. [麦中凡. C + + 程序设计语言教程 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1998: 127-131.]
- 6 Brakenhoff G J, Blom P, Barends P. Control scanning light microscopy with high aperture immersion lenses [J]. Journal of Microse, 1979, 117 (4) : 219-231.
- 7 Weisz J R. Software calibration of scan system distortions [A]. In: Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering [C], San Jose, CA, USA, 1991: 265-271.