

文章编号: 1007-2780(2012)05-0687-05

数字直接制版系统的激光扫描成像设计

沈凌云^{1,2,3}, 郎百和³, 朱 明¹, 韩太林³, 石俊民⁴

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033, E-mail: shenshly@gmail.com;

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049; 3. 长春理工大学 电子信息工程学院, 吉林 长春 130022;

4. 北京中印周晋科技有限公司, 北京 100036)

摘 要: 提出了数字直接制版系统激光扫描成像结构, 设计了基于数据单元分割的多链路激光扫描成像系统。建立了激光光束动态控制模型, 设计了低畸变聚焦光学系统, 设计制作了光栅光阀调制器, 实现了单束 1 Mbit/s 以上的高速率、高功率激光调制, 使多路输出光强稳定一致。首次提出了基于机械运动的动态反馈补偿电路技术, 自适应调整数据扫描速率, 保证了成像速度与各像素点灰度的均匀性、各像素点尺寸和距离的一致性。实现了高分辨率、高网点还原率与高重复精度的数字直接制版系统。

关 键 词: 激光扫描成像; 数字直接制版; 补偿电路; 光束动态控制

中图分类号: TP391

文献标识码: A

DOI: 10.3788/YJYXS20122705.0687

Design of Laser Scanning Imaging for Digital Computer-to-Plate System

SHEN Ling-yun^{1,2,3}, LANG Bai-he³, ZHU Ming¹, HAN Tai-lin³, SHI Jun-min⁴

(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences,

Changchun 130033, China, E-mail: Shenshly@gmail.com;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. School of Electronics and Information Technology, Changchun University of

Science and Technology, Changchun 130022, China;

4. Beijing Zhong-Yin Zhou Jin Technology Co. Ltd., Beijing 100036, China)

Abstract: A system structure of digital Computer-to-Plate is proposed. The multi-beam laser scanning imaging system, based on the data unit segmentation, is designed through analysis of the key technologies. The model of dynamic control of laser beam is established. The focusing optics with low distortion is designed. High-power laser modulator with rate up to 1 Mbit/s per beam is realized with the designed and fabricated grating light valve modulator. Therefore output intensity of multi-channel laser beam is stable and consistent. The dynamic feedback compensation circuit based on mechanical movement is proposed, which adjust scanning data rate adaptively. The consistency of plate scanning speed, the uniformity of pixel gray, the consistency of pixel size and pixel distance are ensured by using of adaptive compensation circuit technology. The laser Computer-to-Plate system with high-resolution, pixel reduction rate and repeatability is realized.

Key words: laser scanning imaging; computer-to-plate; compensation circuit; beam dynamic control

收稿日期: 2012-01-18; 修订日期: 2012-06-12

基金项目: 吉林省自然科学基金(No. 201115160)

作者简介: 沈凌云(1979—), 女, 湖北钟祥人, 博士研究生, 讲师, 主要从事图像处理与模式识别方面的研究。

1 引 言

印刷制版是印前工艺的重要流程之一,传统的制版工艺流程自动化程度相对较低,手工工序较多,制版质量依赖于人工经验。随着数字化印刷技术的发展,数字直接制版工艺(Computer-to-Plate,CTP)正逐渐普及^[1]。

数字直接制版系统是在照相直接制版技术基础上发展起来的,制版设备利用计算机控制的激光扫描成像,再经显影、定影等工序制成印版。系统由精确的光学系统、电路系统,以及机械系统三部分构成,各部分相对独立又协调统一工作。因此数字化直接制版系统融合了精密机械技术、光学技术、电子技术、计算机及软件技术、新型印版及材料技术等于一体的自动生产系统^[2]。

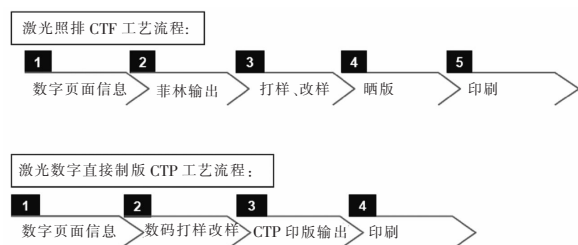


图 1 激光照排 CTF 与直接制版 CTP 工艺比较

Fig. 1 Process comparison between CTF and CTP

数字直接制版 CTP 工艺相对于激光照排(Computer-to-Film,CTF)工艺的优势:

①提高印刷效率,完全取消软片工艺及相应材料,简化工艺流程,制版速度快。

②实现了印前工作流程的全数字化。

③提高印刷质量,输出印版幅面灵活;解像度高,能够实现输出精度大于 3 000 dpi,网线 175~300 lpi 的精确锐利网点。印刷密度极高、质量稳定、易于控制。

④节省劳动力资源,具有良好的可操作性。节省了软片显影、手工拼版、晒版、修版、油墨打样等工艺。

⑤节省消耗材料,软片,显影液,油墨打样用的 PS 版;缩减了印刷工期。具有更高的经济效益。

⑥节能、降耗、减排效果十分显著。CTP 工艺流程相对 CTF 减少两道工序,即制菲林片和晒版,在设备方面节省了菲林冲片机和晒版机,在耗材上节省了化学冲洗、显影药品。

由于 CTP 的诸多优势,使其在全球印刷行业内得到了快速应用。根据 Vantage Strategic Marketing 统计,1995 年世界范围内仅安装了 311 套 CTP 设备,2007 年突破 60 000 套。

中国引进国外 CTP 设备始于 1998 年,据《印刷技术》统计,2001 年 9 月,中国大陆市场 CTP 保有量仅 61 套;截至 2009 年 9 月,中国大陆的 CTP 保有量上升到 2 019 台。根据日本野村综合研究所(Nomura Research Institute, Ltd.)最新发布的《中国的 CTP 市场》报告,2011 年年底中国 CTP 的保有量将达到 4 620 台。

目前,中国大陆的 CTP 市场基本被国外厂商垄断。根据中国印刷行业的统计,截至 2009 年 12 月底,全国报纸印刷企业、书刊印刷企业和商业与包装印刷企业等三大类印刷企业 101 566 家,数字化直接制版系统的应用比例不足 2.0%。按照国家印刷行业“十二五”规划中“印刷数字化、数字印刷和绿色环保印刷”的发展导引,中国大陆市场的 CTP 设备市场需求巨大,发展具有自主知识产权的数字直接制版系统迫在眉睫。

CTP 设备的关键技术主要被德国海德堡、爱克发、日本网屏等几大制造企业垄断。

以 CTP 的扫描成像系统结构划分,目前主要有 3 种 CTP 成像系统:外鼓式、内鼓式、平台式。其中外鼓式以其对不同厚道、不同尺寸规格的版材适应性好、上下版灵活、扫描成像速度可调等优点成为主流结构。

CTP 激光光源主要有两种:波长 830 nm 红外半导体激光器、波长 403 nm 紫激光半导体激光器,分别适应不同的预涂感光版(Pre-sensitized plate,PS 版)版材。其中紫激光光源的扫描成像系统技术相对简单、光源功率较低,制约了扫描成像速度和制版精细度。830 nm 的红外激光光源的 CTP 设备主要技术难点在于光学调制系统。

国外主流的 CTP 设备光学调制系统采用多路声光调制器针对多路激光器分别调制,然后经微光纤密排,送至光学系统扫描成像。其缺点主要有频率响应带宽受限、扫描路数受限(体积与成本制约)、器件承受的光强受限,这些缺点对 CTP 高速数据扫描成像制约显著,因此采用这种结构的 CTP 设备光源一般不超过 64 路,否则会造成系统稳定性恶化。近几年,德国爱克发公司与日本网屏公司开始将光栅光阀(Grating Light

Valve, GLV) 技术引入 CTP 设备中, GLV 的分光数量可达 512 束、甚至 1 024 束, 解决了激光扫描路数的制约。但是由于 GLV 技术的复杂性, 该 CTP 设备的成本相对较高^[3]。

国内的技术研究主要集中在紫激光光源 CTP 设备, 以方正电子为代表企业。红外激光光源 CTP 设备的研制国内起步更晚, 调制主要采用声光调制与微光纤维密排技术, 成像效果与产品发展都不理想。采用 GLV 技术的 CTP 设备国内还未见报道。

2 CTP 激光扫描成像系统方案

数字直接制版系统通常由计算机编辑排版系统对输入图像、文字原稿进行数字化处理, 直接输出至制版系统, 由受控激光器的高光强激光束对高感度的直接制版版材——预涂感光版(PS 版)进行扫描曝光制版。如图 2 所示。

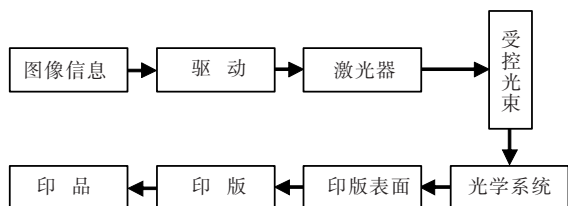


图 2 CTP 激光扫描成像系统工作原理框图

Fig. 2 Principle diagram of CTP laser scanning imaging system

数字直接制版系统技术方案如图 3 所示。中央控制器完成各个子系统的协同工作。

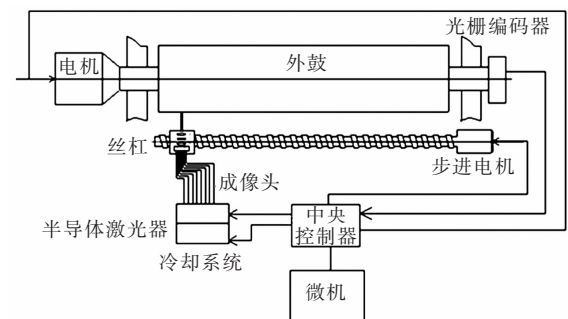


图 3 激光扫描成像系统组成框图

Fig. 3 System composition diagram of laser scanning imaging

3 系统关键技术及其设计方案

3.1 数据处理单元设计^[4]

成像质量取决于扫描线密度(dpi)或网线分

辨力(lpi)的高低。数字化成像质量随扫描线密度和像素数量增长而迅速提高, 但是需要扫描处理的数据信息量也呈数量级增长。

数据处理单元采用多链路数据并行处理技术, 首先将数码信息转换成二维图像或栅格状矩阵; 然后根据调制光路数量对光栅图像数据进行分割与并行处理; 最后每个链路数据单元的数字化信息分别调制相应的光束, 经光学系统聚焦于吸附鼓表面的感光板上, 实现瞬时曝光。

数据处理单元多链路数据分割处理、并行扫描的主要优点如下:

- ①利用数据处理单元的缓存功能, 实现数据处理与栅格图象处理器(RIP 计算机)的前后台工作;
- ②降低了单链路的扫描数据速率, 以弥补光学系统、机械系统的苛刻要求。
- ③兼顾了扫描速度与成像质量。

3.2 激光光束动态控制设计

以一版报纸图文信息为例, 总信息量约 300 Mbits。如此大的数字信息量只有快速高光强瞬时曝光才能实现数字化信息处理的高速化^[5]。

以 2 540 dpi 扫描密度为例, 其点距(dot distance)为:

$$h = \frac{1}{2\,540}(\text{inch}) = 10\,\mu\text{m} \quad (1)$$

点(dot)大小:

$$d = h \times \sqrt{2} = 14.14\,\mu\text{m} \quad (2)$$

激光光斑直径:

$$D = d \times \sqrt{2} \approx 21\,\mu\text{m} \quad (3)$$

设光斑成像的能量效率为 50%, 光脉冲占空比 80%。则光斑成像曝光所需时间 t 为:

$$t > \text{PS 版阈值} \times \frac{\text{光斑面积}}{\text{光功率} \times \text{能量效率} \times \text{占空比}} = \frac{0.14}{10^2} \times \frac{\pi \times 21^2 \times \frac{1}{4}}{1 \times 0.5 \times 0.8} \approx 1.3(\mu\text{s}) \quad (4)$$

光学系统设计以简单可靠为原则, 主要由激光二极管全息单元(Laser Diode Hologram Unit, LDHU)、激光反射镜(Laser Mirror, LM)、物镜(Object Lens, OL)等构成。如图 4 所示。

采用激光光束动态控制技术设计, 取代了传统 CTP 的静态聚焦方式。所谓静态聚焦是指在鼓静止状态下, 调整聚焦系统, 使物距和像距达到最佳位置, 在设备正常运行时物距和像距都保持

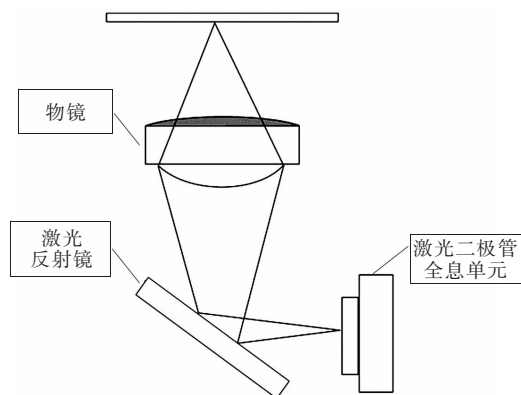


图 4 光学系统结构图

Fig. 4 Structure of optical system

不变的聚焦方式。

激光光束动态控制方式,保证了各像素点尺寸和距离的一致性。使小功率激光器光束聚焦成高光强激光束曝光光源,提高了印刷成像质量。同时降低了 CTP 外鼓的加工难度、降低了整机装配要求、提高了整体设备的性能、降低成本。如图 5 所示。

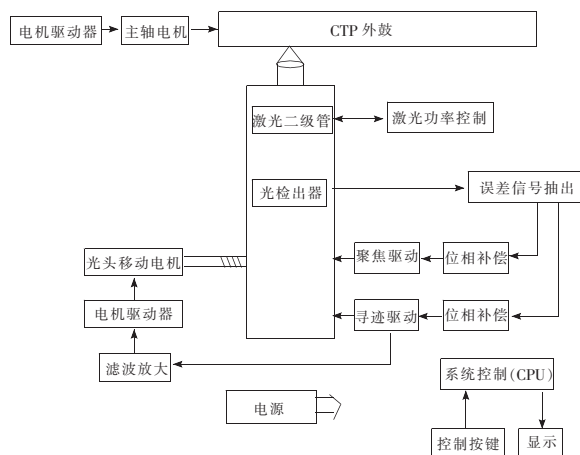


图 5 焦距伺服控制系统

Fig. 5 Focal length servo control system

3.3 激光调制系统设计^[6-7]

将 20 只波长为 830 nm 的半导体激光器(其光功率由成像扫描速率、版材曝光时间、光栅光阀调制光路数共同决定)首先经光学扩束后,变为一束水平方向辐射功率的均匀光束;然后送至多路光栅光阀 GLV 调制器,光路数可在 32~1 024 之间灵活调节;最后将数字调制后的光束经自动聚焦光学系统聚焦于吸附鼓表面的预涂感光板上扫描成像。如图 6 所示。

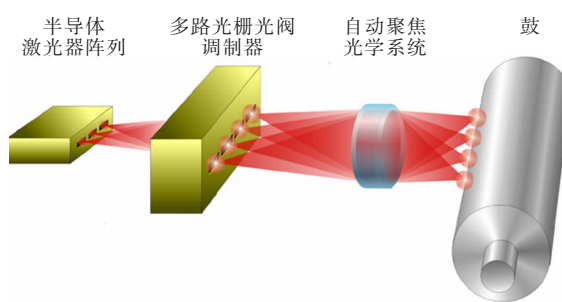


图 6 光束调制与自动聚焦光学系统

Fig. 6 Beam modulation and optical system of automatic focus

多路扫描激光光束等距离同时进入聚光镜头,聚焦后成像于印版,技术难点在于保证激光光束之间的距离相等在进入聚焦镜头前,各光束中心线之间的相邻距离尽可能小,且相邻距离的偏差要尽可能小,在光路设计上要求能量损失要尽量少。

光栅光阀 GLV 调制器是基于微机电系统(Micro Electro-Mechanical System, MEMS)技术的光学调制器,由于 GLV 晶片弯曲距离为 $1/4$ 光波波长,其最小响应周期仅为 20 ns,极限调制速率可达 50 Mbit/s。考虑到半导体激光器光功率、光斑成像的能量效率以及 PS 版曝光阈值,光栅光阀 GLV 调制器调制速率可设计为 1 Mbit/s。

采用光栅光阀 GLV 调制器的优点:

①激光能量分布均匀,可调范围能达到 30% 以上,可以大大提高成像质量;可控激光束扩展灵活,极大提高制版速度。降低对半导体激光器输出光功率一致性的要求;同时降低滚筒转速,从而提高系统的稳定性。

②可靠性高,光束扩展灵活。传统声光调制器驱动电流在 μs 级时间内变化范围为 0.2~1.2 A,对电路的可靠性及温度控制系统要求较高。而采用光栅光阀 GLV 调制时,驱动电流很小,器件寿命长,输出光功率、波长稳定可靠。可根据需要灵活调整 GLV 的输出光束数量。

③电路简单。光栅光阀 GLV 驱动由 FPGA 经简单驱动电路即可实现高速调制;激光器温度控制电路仅由微控制器、半导体温度传感器和半导体制冷器构成闭环控制系统。

3.4 机械扫描系统动态反馈补偿电路设计

精密机械控制系统是决定扫描速度、扫描密

度、曝光时间与曝光量的决定因素。其关键技术为鼓和丝杠的控制技术。鼓是印版在成像过程中的载体,可计算出其转速为 1 667 r/min。丝杠是成像头运动母体。鼓、导轨与丝杠的精度及动平

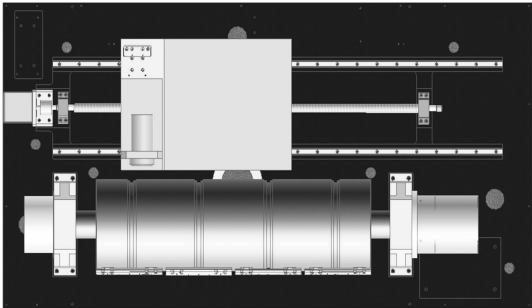


图 7 鼓与丝杠系统结构图

Fig. 7 Structure of drum and screw system

表 1 设计样机与 Topstter74 性能指标比较

Table 1 Performance comparison between prototype and Topstter74

型号	Topsetter 74	设计样机
成像系统	外鼓,830 nm	外鼓,830 nm
适用版材	830 nm 铝基热敏版	830 nm 铝基热敏版
分辨率	2 000,2 400,2 540 dpi	2 540 dpi,3 000 dpi
网点再现率	1%~99%	1%~99%
重复精度	±5 μm	±5 μm
成像速度	16 张/h (2 540 dpi/830×645)	16 张/h (2 540 dpi/830×645)
上版方式	自动	半自动
印版尺寸	830 mm×645 mm	830 mm×645 mm

注:资料来源 <http://www.de.heidelberg.com>

衡稳定性是影响成像质量的关键因素。

首次提出了机械运动的动态反馈补偿电路技术,在制版扫描成像过程中对鼓与丝杠运动误差由光栅编码器实时检测,经中央控制器进行扫描速率计算,实时微调 GLV 各个光束的调制速率,以降低机械扫描运动误差造成的扫描成像质量影响,实现了机械扫描系统的自适应扫描成像^[8]。

设计样机与国际主流 CTP 产品(德国海德堡 Topstter 74)性能指标比较,如表 1 所示。

4 结 论

数字直接制版系统解决了数字直接印刷制版光机电一体化关键技术。设计了数字直接制版 CTP 的外鼓式激光扫描成像系统结构,光源采用 20 只波长为 830 nm 的半导体激光器构成光源阵列,将光栅光阀 GLV 技术引入 CTP 设计,实现了多路高速高功率激光调制,单束的调制速率可达 1 Mbit/s 以上。并进行了相应的数据处理单元设计。

扫描成像中光斑的聚焦与控制采用了激光光束动态控制模型,设计了低畸变自动聚焦光学伺服系统。

首次提出了机械扫描系统的动态反馈补偿电路技术,根据机械运动误差自适应调整数据扫描速率,保证了成像速度与各像素点灰度的均匀性、各像素点尺寸和距离的一致性。

设计的系统样机实现了高分辨率、高网点还原率与高重复精度的数字直接制版。

结果表明,系统样机的主要性能指标,如分辨率、网点还原率、重复精度等方面均达到了国际同类产品水平。

参 考 文 献:

[1] Cassino R. Computer-to-plate technology forecast [J]. *Gatfworld*, 2004, 16(1): 44-45.
[2] Adner B. Computer-to-plate: The future for pad printing [J]. *Screen Printing*, 2005, 95(9):30-36.
[3] 耿卫东,刘会刚,商广辉. MEMS 显示技术 [J]. *液晶与显示*, 2008, 23(2):230-234.
[4] 吉倩倩,苏光大,向守兵. 嵌入式邻域图像并行处理机的液晶显示系统设计 [J]. *液晶与显示*, 2011, 26(6): 768-773.
[5] 石俊民,郭巍. 动态聚焦技术:中国专利,ZL101148111 [P]. 2008-03-26.
[6] Tamaki E, Hashimoto Y, Leung O. Computer-to-plate printing using the grating light valve device[C]//*MOEMS Display and Imaging Systems II*, San Jose, CA, United States: SPIE. 2004, 5348: 89-97.
[7] Kikuchi H, Hashimoto S, Tajiri S, *et al.* High-pixel-rate grating-light-valve laser projector [J]. *J. SID*, 2009, 17 (3):263-269.
[8] 赵振明,郎百和,陈小云,等. 双光束扫描激光电视系统设计 [J]. *光学精密工程*, 2001, 9(1):19-22.