

## 外鼓式热敏CTP制版机光学系统设计

王诗昊, 向阳, 申屠功伟

### Optical design of external drum thermal CTP equipment

引用本文:

王诗昊, 向阳, 申屠功伟. 外鼓式热敏CTP制版机光学系统设计[J]. [激光技术](#), 2023, 47(1): 98–102.

---

### 您可能感兴趣的其他文章

#### 1. [大气湍流下超振荡望远成像的理论研究](#)

引用本文: 周健文, 姚纳, 赵汗青, 等. 大气湍流下超振荡望远成像的理论研究[J]. [激光技术](#), 2023, 47(1): 115–120.

#### 2. [基于像散的光学元件厚度非接触测量研究](#)

引用本文: 李潇潇, 张志恒, 张效宇, 等. 基于像散的光学元件厚度非接触测量研究[J]. [激光技术](#), 2019, 43(6): 741–746.

#### 3. [数字共焦显微镜实验3维点扩散函数的构建](#)

引用本文: 邓文波, 陈华, 聂雄. 数字共焦显微镜实验3维点扩散函数的构建[J]. [激光技术](#), 2018, 42(6): 769–774.

#### 4. [913单元变形镜性能测试与分析](#)

引用本文: 尤俊成, 周虹, 官春林, 等. 913单元变形镜性能测试与分析[J]. [激光技术](#), 2017, 41(6): 867–871.

#### 5. [电场干扰对光学电压互感器性能的影响](#)

引用本文: 赵一男, 郭志忠. 电场干扰对光学电压互感器性能的影响[J]. [激光技术](#), 2015, 39(6): 769–775.

文章编号: 1001-3806(2023)01-0098-05

## 外鼓式热敏 CTP 制版机光学系统设计

王诗昊<sup>1</sup>, 向阳<sup>1\*</sup>, 申屠功伟<sup>2</sup>

(1. 长春理工大学 光电工程学院, 长春 130022; 2. 杭州东城科技有限公司, 杭州 311225)

**摘要:** 为了解决外鼓式热敏计算机直接制版(CTP)设备的制版镜头因畸变、场曲过大而导致制版质量不良问题,采用 ZEMAX 光学仿真软件,设计了一款低畸变、低场曲的制版镜头光学系统,并对其进行了公差分析和实验验证。结果表明,该光学系统由 6 片透镜组成,工作波长为 830 nm,场曲小于 1  $\mu\text{m}$ ,畸变小于 0.1%,调制传递函数在全视场 200 lp/mm 处大于 0.7,并且镜片都采用标准球面设计,制版效果良好。该系统能够满足实际制版生产需求,具有一定的市场前景。

**关键词:** 光学设计;计算机直接制版;ZEMAX 软件;误差分析

**中图分类号:** TB133 **文献标志码:** A **doi:** 10.7510/jgjs.issn.1001-3806.2023.01.015

## Optical design of external drum thermal CTP equipment

WANG Shihao<sup>1</sup>, XIANG Yang<sup>1</sup>, SHENTU Gongwei<sup>2</sup>

(1. School of Optoelectronic Engineering, Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022, China; 2. Hangzhou Dongcheng Technology Co. Ltd., Hangzhou 311225, China)

**Abstract:** In order to solve the problem of poor plate-making quality caused by distortion and field curvature of the plate-making lens of the external drum thermal computer to plate (CTP) equipment, a low-distortion and low-field-curvature plate-making lens optical system was designed using ZEMAX software. Tolerance analysis and experimental verification have been carried out. The results show that the optical system is consisted of six lenses, the working wavelength is 830 nm, the field curvature is less than 1  $\mu\text{m}$ , the distortion is less than 0.1%, and the modulation transfer function is greater than 0.7 at the full field of view of 200 lp/mm. All the lenses in this system are designed with a standard spherical surface, and the plate-making effect is good, which can meet the actual plate-making production needs, and has a certain market prospect.

**Key words:** optical design; computer to plate; ZEMAX software; error analysis

### 引 言

计算机直接制版(computer to plate, CTP)技术是通过数字化的工作流程,直接生成印版的技术。近年来,我国 CTP 技术进入了高速发展阶段,数字化与自动化成为了印刷产业转型的必由之路<sup>[1]</sup>。目前行业内普遍认为 830 nm 的外鼓式热敏 CTP 设备和 405 nm 的内鼓式光敏 CTP 设备是今后发展的主流方向<sup>[2]</sup>。而 830 nm 的外鼓式热敏 CTP 设备则以分辨率高、成本低、工作环境要求低等优点<sup>[3]</sup>,占据了市场的主导地位。现有文献多着重于对版材材料<sup>[4-6]</sup>、激光光源<sup>[7-8]</sup>和质量控制方法<sup>[9-13]</sup>进行分析,没有对外鼓式热

敏 CTP 设备的光学系统做出相关叙述。本文中针对 830 nm 的外鼓式热敏 CTP 设备,设计了一款畸变小于 0.1%,场曲小于 1  $\mu\text{m}$  的制版镜头。该光学系统结构紧凑,透镜均采用标准球面设计,制版效果好,可满足国内实际制版企业的技术需求。

### 1 外鼓式 CTP 设备工作原理

外鼓式热敏 CTP 设备,其工作原理如图 1 所示<sup>[14]</sup>。热敏版材通过真空泵吸附在感光鼓的外表面,工作时,感光鼓匀速转动一圈扫描一行,制版镜头沿滚筒侧边的导轨移动一个光点的距离,通过这样转动和移动的方式配合完成制版。为了提高制版效率,外鼓式热敏 CTP 设备多采用光纤耦合的方式把多支独立的 830 nm 半导体激光光源导到密排头上,密排头上的激光经光学镜头聚焦在感光鼓表面上的版材上,对版材进行辐照,同时激光驱动电路系统根据计算机的

作者简介:王诗昊(1995-),男,硕士研究生,现主要从事光学设计的研究。

\* 通讯联系人。E-mail:xyciom@163.com

收稿日期:2021-10-27;收到修改稿日期:2021-12-01

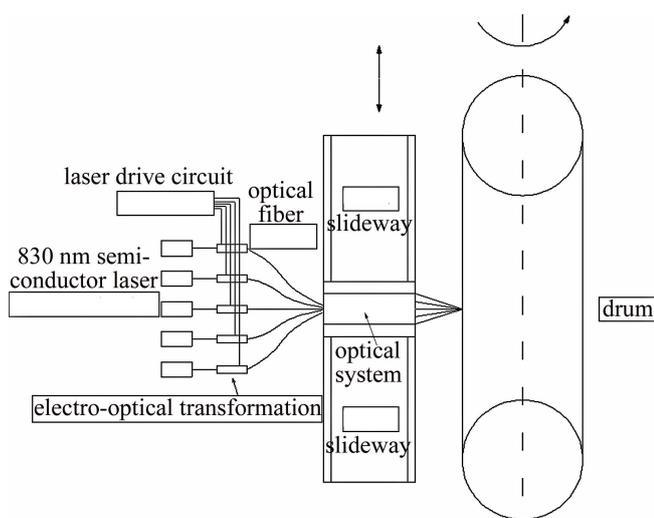


图 1 外鼓式热敏 CTP 设备工作原理

Fig. 1 Working principle of external drum thermal CTP equipment

点阵图像来驱动各独立的激光器开关<sup>[15]</sup>,从而与版材表面上的热敏涂层发生反应,形成点阵图像。

## 2 光学系统设计

### 2.1 光学系统参数确定

对于 CTP 设备的光学系统来说,需要将光点大小与分辨率相匹配的前提下,保证场曲、畸变和相对照度满足实际制版要求。

人眼可分辨较好质量的印版分辨率应在 2000DPI 左右,本文中制版的分辨率采用 2400DPI,由此可计算出光点直径  $d$  为:

$$d = \frac{1}{2400} \times 25.4 = 10.58 \mu\text{m} \quad (1)$$

单根光纤纤芯直径为  $50 \mu\text{m}$ ,为了将其缩小成与分辨率相匹配的点,光学系统的缩小倍率为:

$$\frac{50 \mu\text{m}}{10.58 \mu\text{m}} = 4.72 \quad (2)$$

由于光点直径边缘能量较弱,通过实验将倍率进一步缩小,直到光点清晰,由此确定制版效果最好的缩小倍率为 3.83 倍。本文中采用 128 路 830 nm 激光二极管来提高制版效率,通过光纤直排的排列方式来消除光纤之间间隙<sup>[16]</sup>,128 束光线分成上下两横排,上下交错各 64 路,激光器密排头口径是 8 mm,因此像高为:

$$\frac{8 \text{ mm}}{3.83} = 2.09 \text{ mm} \quad (3)$$

光纤密排组成的物平面,如果经过场曲较大的 CTP 制版镜头光学系统后,其聚焦的光点构成了一个曲面,会导致曝光后的版材边缘制版效果清晰而中间

制版效果模糊,或是出现版材中间制版效果清晰而边缘制版效果模糊的现象;光纤密排组成的物平面,如果经过畸变较大的 CTP 制版镜头光学系统后,易出现聚焦到版材上的光点变形失真的情况,影响制版还原度;相对照度表示边缘视场的照度与中心视场照度之比,如果相对照度小,易导致版材某些位置曝光不足等现象。

制版镜头的设计指标如表 1 所示。

表 1 外鼓式热敏 CTP 镜头主要设计指标

Table 1 Main specifications of external drum thermal CTP lens

specification	parameter
wavelength	830 nm
reduce magnification	3.83
numerical aperture	0.1~0.12
conjugate distance	180 mm~220 mm
curvature of field	<1 $\mu\text{m}$
distortion	<0.1%
relative illumination	>0.95

### 2.2 光学系统设计

根据设计技术指标,利用 ZEMAX 软件进行仿真设计,通过选取合适的初始结构并合理地配合玻璃的材料与曲率进行优化,得到符合要求的仿真设计结果,从而保证光点尺寸与制版质量。为了保证前文中提到的缩小倍率,通过操作数 DMVA 保证像面高度为 2.09 mm;为了避免因相对照度较小而导致的边缘能量不够,通过操作数 RELI 控制相对照度、通过操作数 RAID 控制主光线角角度;由于外鼓式热敏 CTP 设备的特性,场曲和畸变需要满足较高的设计要求,因此通过分析赛德尔系数来挑选对这几个设计指标贡献较大的表面改变其曲率半径,通过操作数 DIMX 控制各个视场的最大畸变值,通过操作数 FCGS 和 FCGT 分别对弧矢场曲、子午场曲进行优化,并根据校正结果,合理地调整操作数的权重,使得场曲和畸变满足设计要求;为了在生产中便于加工,通过操作数 ETGT 与 CTGT 对镜片边缘厚度和镜片中心厚度加以控制,使得两片透镜之间的间隔大于 1 mm;加入操作数 TOTR 控制光学系统的总长,保证光学系统结构紧凑。

### 2.3 设计结果

优化后的光学系统结构如图 2 所示。由 6 片透镜组成,焦距 41.5 mm,  $\lambda = 0.830 \mu\text{m}$ ,数值孔径为 0.1,共轭距离为 200 mm,该系统满足各项指标要求,能够满足高精度制版的需要,且透镜均采用标准球面,易于量产。

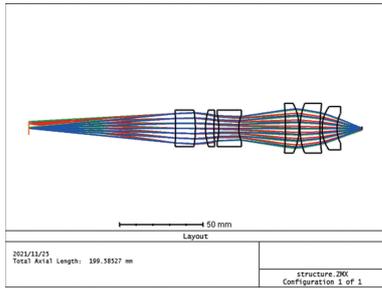


图 2 光学系统布局图

Fig. 2 Layout of optical system

图 3 所示为调制传递函数 (modulation transfer function, MTF) 曲线图。它能够全面地反映出光学系统对物体不同频率下对比度的传递能力,可以看出,在空间频率 200 lp/mm 时,全视场 MTF 值均大于 0.7,接近衍射极限。

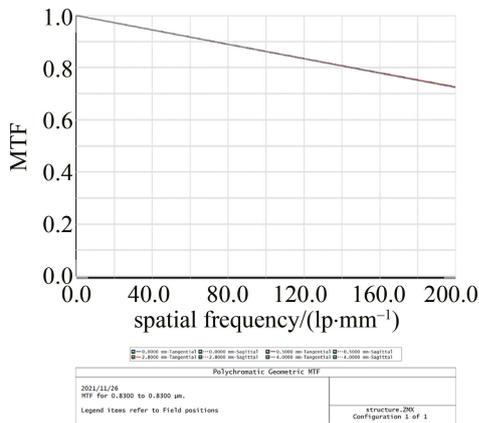


图 3 传递函数曲线图

Fig. 3 Curve diagram of MTF

图 4 所示为点列图。各个视场下弥散斑均方根半径均在  $0.11 \mu\text{m}$  以内,远小于光学系统艾里斑直径,图中,OBJ(object)代表物面,IMA(image)代表像面。

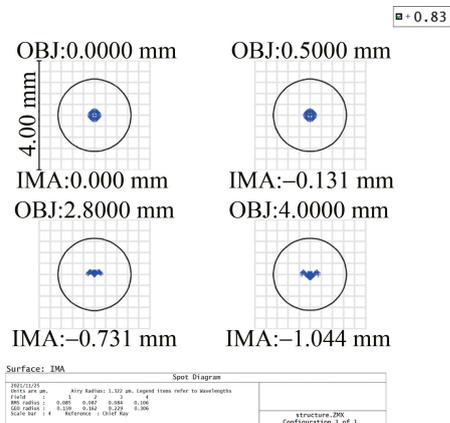


图 4 点列图

Fig. 4 Spot diagram

图 5 所示为场曲和畸变图。弧矢场曲和子午场曲

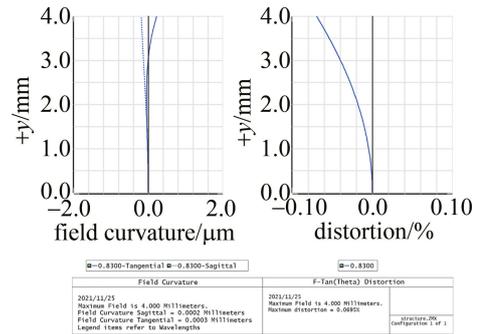


图 5 场曲和畸变图

Fig. 5 Diagram of field curvature and distortion

均小于  $1 \mu\text{m}$ , 畸变小于 0.1%, 满足设计指标。

图 6 所示为光学系统的像面相对照度。最大视场处相对照度大于 98%, 满足设计和使用要求。

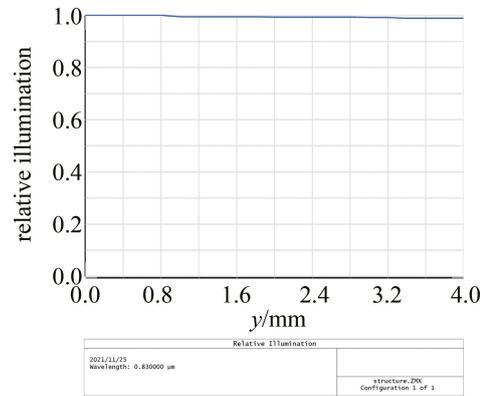


图 6 相对照度

Fig. 6 Relative illumination

由以上分析可知,CTP 镜头具有畸变场曲小、像面照度均匀等特点,满足 CTP 设备的制版要求。

### 3 公差分析

为了分析和模拟加工装配过程中的精度误差对光学系统成像质量的影响,需要通过 ZEMAX 软件中的公差分析功能来对实际加工安装提供参考。本文设计的制版镜头部分公差参数如表 2 所示,表中  $N$  为光圈

表 2 公差要求

Table 2 Tolerance requirements

the tolerance category	value
radius	$2N$
thickness	0.02 mm
decenter	0.01 mm
tilt	$0.013^\circ$
spherical and astigmatism	0.2
irregularity	
abbe	0.5%
index	0.0005

数。采用 MTF 的平均值作为评价标准,标准值为 0.72410346,在 MTF 为 200 lp/mm 处进行 200 次蒙特卡洛分析后,公差分析结果如表 3 所示。可以看出,90%以上蒙特卡洛样本 MTF 值大于 0.53,满足实际批量生产和装配的要求。

表 3 蒙特卡洛公差分析结果

Table 3 Result of Monte Carlo tolerance analysis

benign rate	value
>90%	0.53350854
>80%	0.57671560
>50%	0.63829413
>20%	0.68124155
>10%	0.69663692

## 4 实验

加工后的制版镜头如图 7 所示。将其装配于如图 8 所示工作位置。图 9 所示为外鼓式热敏 CTP 设备整机系统。根据实际的制版条件和制版质量要求选定合适的制版条件与参数。主要制版条件与参数如表 4 所示。



图 7 外鼓式热敏 CTP 制版镜头

Fig. 7 External drum thermal CTP lens



图 8 外鼓式热敏 CTP 制版镜头的安装图

Fig. 8 Installation drawing of the external drum thermal plate-making lens



图 9 外鼓式热敏 CTP 设备整机系统

Fig. 9 Whole external drum thermal CTP machine system

数字印版测控条<sup>[17-18]</sup>是最常用的制版质量检测方式,其中,像素细线单元主要用于检测成像系统精度,聚焦正确则线条清晰完整;而灰度值为 50% 的像

表 4 制版及印刷主要条件与参数

Table 4 Main conditions and parameters of plate making and printing

type	value
working temperature	25 °C
relative humidity	60%
resolution	2400 DPI
laser energy	130 mJ/cm <sup>2</sup>
the rotational speed of the photosensitive drum	900 r/min
photographic developer	Hua Guang TPD-85
thermal CTP plate	Hua Guang TP-ⅡX thermal CTP plate

素点单元用于检测激光能量。图 10 和图 11 分别是 10 倍显微镜下观察两个激光点宽度的线条和 2×2 的像素点。可以看出,边缘较为锐利,网点清晰,无糊版现象。

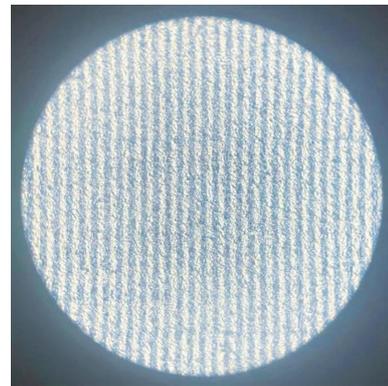


图 10 2 个激光点宽度细线实际制版效果

Fig. 10 Two laser dot width line actual plate making effect

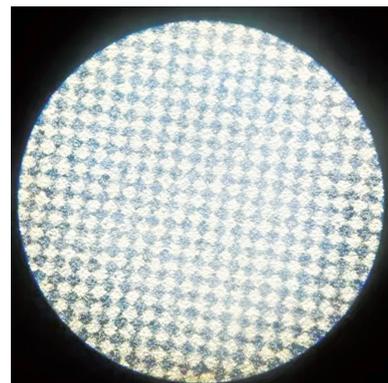


图 11 2×2 像素点实际制版效果

Fig. 11 2×2 pixels actual plate making effect

## 5 结论

根据外鼓式热敏 CTP 设备的实际需要,设计了一款制版镜头,在保证将光纤密排缩小成与分辨率相匹配的点的的前提下,场曲小于 1 μm,畸变小于 0.1%,全视场 200 lp/mm 处 MTF 超过了 0.7,制版质量优良;对

系统进行公差分析后,符合现有加工要求,市场前景广阔;也可搭配自动对焦反馈系统<sup>[19-20]</sup>进一步提升制版质量。

### 参 考 文 献

- [1] JI Y Q. Applied research on the CTP and the system[D]. Wuhan: Wuhan University, 2005:19-30(in Chinese).  
季永芹. CTP 及其系统的应用研究[D]. 武汉:武汉大学, 2005: 19-30.
- [2] LI J M. Status quo and development of CTP setters[J]. Image Technology, 2010, 22(1): 14-28(in Chinese).  
李嘉明. 计算机直接制版(CTP)机的现状及发展[J]. 影像技术, 2010, 22(1): 14-28.
- [3] HE L L, HAN W. Technical features and application development of thermal CTP[J]. Mechanical Management and Development, 2012(5):105-106(in Chinese).  
何丽莉, 韩伟. 热敏 CTP 技术特点及应用发展[J]. 机械管理开发, 2012(5): 105-106.
- [4] ZHANG L Sh. The direct plate making plate of thermal sensitive laser computer[J]. Laser Journal, 2015, 36(7): 128-130(in Chinese).  
张黎烁. 热敏型激光计算机的直接制版板材研成[J]. 激光杂志, 2015, 36(7): 128-130.
- [5] DING H B. Application and productive technology of CTP forme base[J]. Nonferrous Metals Processing, 2012, 41(4): 19-21(in Chinese).  
丁宏波. CTP 版基的应用及生产技术[J]. 有色金属加工, 2012, 41(4): 19-21.
- [6] LU H Sh. Development of chemical-free thermo-sensitive STP plate[D]. Beijing: Beijing Institute of Graphic Communication, 2013:42-53(in Chinese).  
卢华生. 免化学处理热敏 CTP 版材的开发[D]. 北京:北京印刷学院, 2013:42-53.
- [7] FAN Zh D, SUN Zh H. Laser light sources for CTP and their technologies analysis[J]. Image Technology, 2009, 21(3): 42-44(in Chinese).  
范兆东, 孙中华. CTP 激光光源及技术分析[J]. 影像技术, 2009, 21(3): 42-44.
- [8] LI H W, WANG Q J. Type of scanning light source of CTP plate making machine and photosensitive characteristics of imaging material[J]. Print World, 2008(1): 31-34(in Chinese).  
李和伟, 王钦久. CTP 制版机扫描光源类型及成像材料的感光特性[J]. 印刷世界, 2008(1): 31-34.
- [9] XIE F, SONG Y H. Thermal CTP plate-making sensitivity and plate-making quality[J]. Chemical Enterprise Management, 2015(23): 119(in Chinese).  
谢峰, 宋勇亨. 热敏 CTP 版制版感度与制版质量[J]. 化工管理, 2015(23): 119.
- [10] LÜ M Zh. Control method of plate-making quality in thermal CTP system[J]. Print Today, 2014(1): 57-60(in Chinese).  
吕明珠. 热敏 CTP 系统制版质量的控制方法[J]. 今日印刷, 2014(1): 57-60.
- [11] ZENG Q. Quality control and measuring of thermal CTP in plate-making process[D]. Ji'nan: Qilu University of Technology, 2012: 42-66(in Chinese).  
曾琦. 热敏 CTP 在制版过程的质量控制与检测[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2012: 42-66.
- [12] JIANG Q Y. Research on the quality control method of computer to plate[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2012: 13-35(in Chinese).  
蒋青言. CTP 制版质量控制方法的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2012: 13-35.
- [13] LENG C F, ZHAO X, WANG X. A research of the quality of the dot copy in the CTP plate[J]. Journal of Shaanxi University of Science & Technology (Natural Science Edition), 2014, 32(5): 32-35(in Chinese).  
冷彩凤, 赵骁, 王兴. CTP 版网点复制的质量研究[J]. 陕西科技大学学报(自然科学版), 2014, 32(5): 32-35.
- [14] HAO Q X, ZHENG L, LIU Y, et al. Digital prepress technology[M]. Beijing: Beijing Printing Industry Press, 2007: 3(in Chinese).  
郝清霞, 郑亮, 刘艳, 等. 数字印前技术[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2007: 3.
- [15] FANG Zh, ZHAO J, CHEN W Y. A laser typesetting system using acoustooptic modulating technology[J]. Piezoelectrics & Acoustooptics, 1996, 18(4): 235-239(in Chinese).  
方针, 赵军, 陈文友. 采用声光调制技术的激光照排系统[J]. 压电与声光, 1996(4): 235-239.
- [16] XING J F, FAN J, ZHANG J, et al. Design of laser dense fiber of heat-sensitive CTP[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(23): 85-88(in Chinese).  
邢洁芳, 范静, 张杰, 等. 热敏 CTP 激光光纤密排设计[J]. 包装工程, 2010, 31(23): 85-88.
- [17] XING J F, LIU Zh, FAN J. Evaluations of laser imaging quality of thermal CTP[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(1): 86-89(in Chinese).  
邢洁芳, 刘真, 范静. 热敏 CTP 激光测控条及应用[J]. 包装工程, 2010, 31(1): 86-89.
- [18] WANG G L. The application of digital printing plate measurement and control strip in quality control of thermal CTP plate[J]. Screen Printing Industry, 2020(11): 28-29(in Chinese).  
王国联. 数字印版测控条在热敏 CTP 版材质量管控中的应用[J]. 网印工业, 2020(11): 28-29.
- [19] TANG H. A CTP focal length adjustment system; China CN203573084U[P]. 2014-04-30(in Chinese).  
唐晖. 一种 CTP 焦距调整系统; 中国, CN203573084U[P]; 2014-04-30.
- [20] LI X G, LIANG H B. Method and device for detecting optical imaging position; China CN103307972A[P]. 2013-09-18(in Chinese).  
李兴光, 梁汉斌. 一种光学成像位置检测方法及其装置; 中国 CN103307972A[P]. 2013-09-18.