

光学投影系统设计及智能图像处理系统

Design of Optical Projecting System and Image Processing System

哈尔滨量具刀具集团有限责任公司量仪研究所

李淑英 崔鸿烈

[摘要] 介绍了一种我公司生产的高精度、全自动刀具预调仪系列,光学投影系统的设计。通过高效步进电机自动移动来实现各轴高精度定位,借助一个 Easy-WebSet 软件测量程序,采用电子 CCD 摄像智能图像处理系统,可自动捕捉刀刃并测量,保证 μ 级精度。

关键词: 光学投影系统 CCD 摄像头

[ABSTRACT] An optical projecting system design for our high-precision and fully automatic tool presetter is introduced. High effective step motors enables all measuring axes to be accurately positioned. With the aid of the Easy-WebSet measuring software, the cutting edge will automatically be identified and checked with micron accuracy by means of the CCD image processing system.

Keyword: Optical projecting system CCD camera

我公司生产的刀调仪中,传统的光学投影系统是用手动测量,您必须使测量图中相应的刀刃进入测量窗口,移动测量滑架,直到在投影仪中显示出刀刃的影像为止。随着国内、外刀具预调测量仪的迅速发展和市场竞争加剧,对图像处理的要求也不断提高。为此,我们针对高精度、全自动刀具预调仪系列,光学投影系统的设计,迎合了市场的需求,如图 1。



图1 哈量集团的调刀仪

Fig.1 Tool presetter of HMTG Group

1 光学摄像系统测量原理

摄像瞄准系统采用 CCD 作为传感器,如图 2,对被测工件进行适时摄像,通过图像及数据处理技术实现自

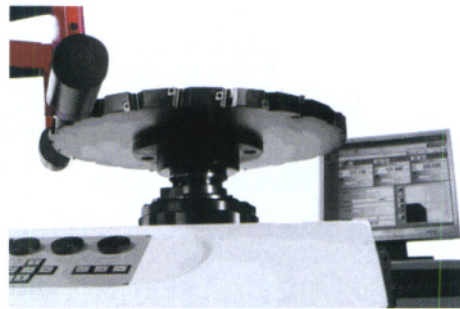


图2 光学摄像系统

Fig.2 Optical image processing system

动瞄准。在对摄像瞄准系统进行全面分析的基础上,查找国内外相关资料,考虑刀调仪的使用功能及仪器的总体精度,参考有关国际相关产品,确定传感器的具体型号和照明光源,确定如下:

(1) CCD 选用 AVT Guppy F-046B/ (B/W), 尺寸为 1/2 英寸 (12.7mm), 780px × 582px; 像素尺寸为 $8.3 \mu\text{m} \times 8.3 \mu\text{m}$; 测量范围为 $6.5\text{mm} \times 4.9\text{mm}$ 。

(2) 透射照明光源选用 LED 工作波长为 880nm。

(3) 反射照明为环形 880nm 的 LED 直接照明,工作波长 880nm。

1.1 光学系统轮廓尺寸设计

(1) 物镜。

根据仪器的测量范围(如图 3 所示),物距 $L \geq 150\text{mm}$; 物方视场 $AB=9.4\text{mm} \times 7\text{mm}$ 。选择物镜放大倍率 $\beta=-0.7\times$ 。已知像方视场(即 CCD 尺寸) $A'B'=6.5\text{mm} \times 4.9\text{mm}$,符合总体设计要求。

考虑消除瞄准时离焦的影响,系统采用物方远心光路,即物镜光阑(G)在其后焦面上,为了减小结构尺寸,物镜选用远距型,即物镜分成前后两组,后组(O2)为负光焦度,以使物镜主面前移,增加物距(L),减小像距(L'),从而缩小总体尺寸;设计还考虑了消除杂光的影响,即物镜前加一滤光片 HWB830 (V),滤掉所有可见光,以提高成像质量。

经过几何光学计算,其轮廓尺寸如图 3 所示,物镜焦距为 $f_{\text{物}}'=70\text{mm}$ 时,则物镜光路总长为 250mm;满足总体设计要求。

(2) 聚光镜。

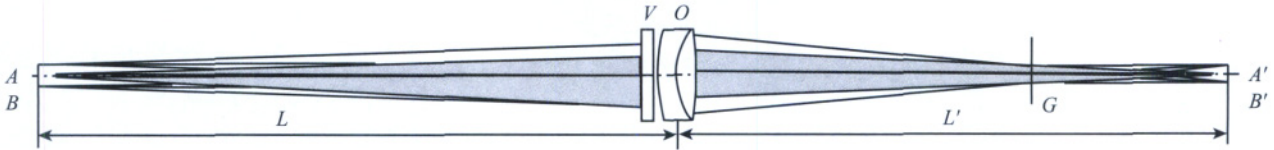


图3 物镜轮廓尺寸
Fig.3 Profile size of objective lens

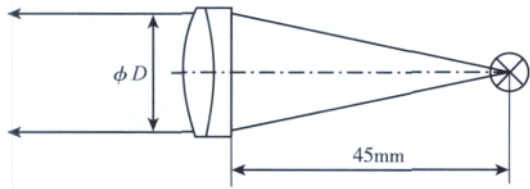


图4 聚光镜轮廓尺寸
Fig.4 Profile size of focus lens

根据物镜光学参数,聚光镜轮廓尺寸如图4所示,聚光镜焦距设计为 $f_{\text{聚}}'=45\text{mm}$;口径 $D=28\text{mm}$;工作主波长为 880nm 。

经过方案论证,认为光学系统的参数满足刀调仪总体设计要求,开展光学设计。

1.2 光学设计

(1) 物镜设计。

物镜技术参数:工作距离(物距) $\geq 150\text{mm}$;放大倍率 $\beta=0.7\times$;物方视场 $2Y=10\text{mm}$;数值孔径 $N_A=0.015$;畸变 $\text{Dist}'\leq 0.05\%$;光线波长 $\lambda_0=880\text{nm}$ 。

(2) 聚光镜设计。

聚光镜技术参数:平行光照明,光斑直径 $\phi 24\text{mm}$;光线波长 $\lambda_0=880\text{nm}$ 。

因聚光镜像质要求相对较低,基本未遇困难,较好达到设计要求。

1.3 物镜像差分析

采用光学设计软件,对刀调仪光学投影系统像差分析如图5所示。

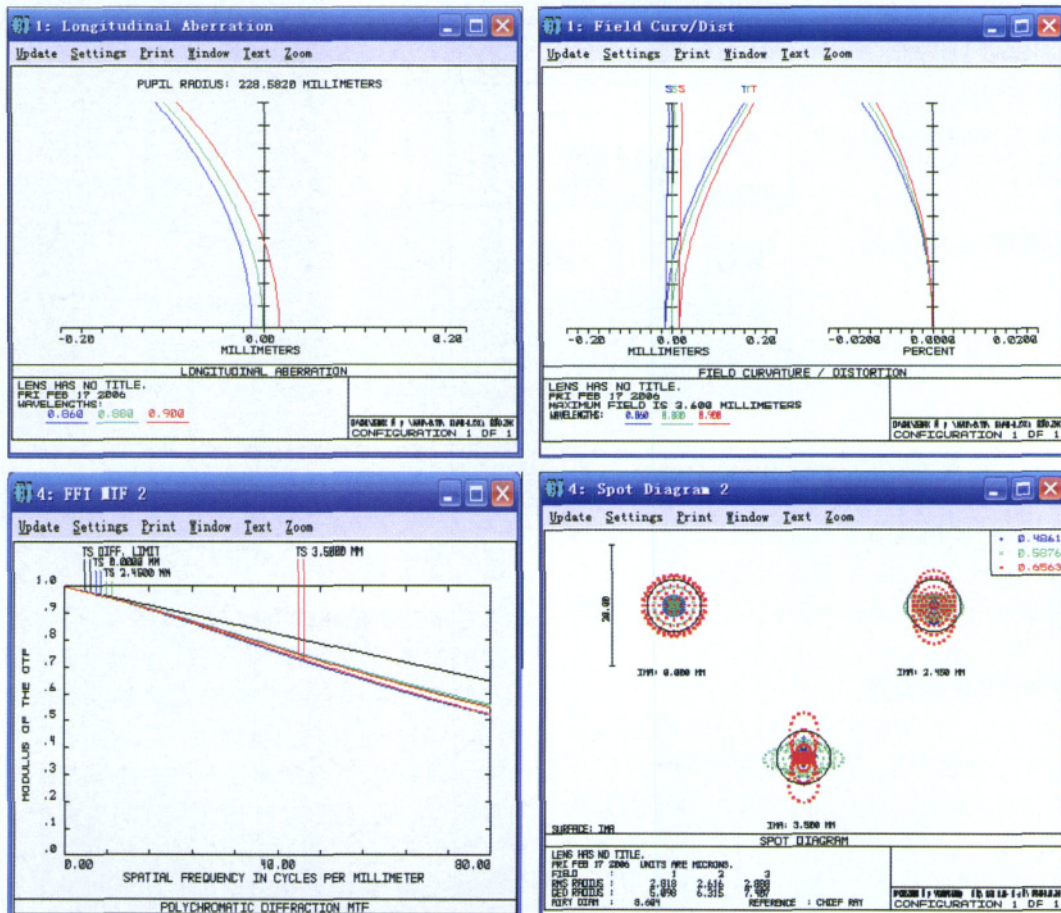


图5 光学系统像差分析
Fig.5 Image error of optical projecting system

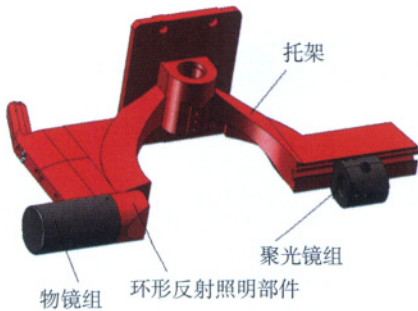


图6 摄像瞄准装置

Fig.6 Collimation equipment of image processing

物镜焦深、物镜的球差、传函及点列图都达到像质要求,畸变为 0.02% 也很好。

2 摄像瞄准装置机械结构设计

摄像瞄准装置,采用独立模块式设计如图 6。在托架上安置物镜组、聚光镜组及环形反射照明各部件。物镜与 CCD 传感器固定成一体,在托架中可做旋转及前后移动,以实现调焦及 CCD 与零规刃口的平行。聚光镜安装在托架的导轨上,可前后移动且保证与物镜同轴。

设计保证了镜组的调整,达到了质量要求。

3 研制过程中解决的问题

3.1 聚光镜平行光的调整

设计要求,物镜成像需平行光照明。在调整聚光镜时,发现照明光束不够好,这样影响物镜成像质量。对此我们做了光学分析,发现 CCD 成像质量对照明光线的均匀度要求较高,和目视仪器不同,不能沿用目视仪器的照明聚光镜,而需对聚光镜进行精细调整,保证了平行光的要求。

3.2 聚光镜发光亮度的调整

众所周知,CCD 作为传感器,其对光照的强度有较高的要求,照明太强会导致 CCD 器件过饱和而无法正常工作,同样照明太弱 CCD 也不能工作,实践证明其灰度必须保证在 220 左右为最好。因此对其照明的强度必须预先测试并加以调整之。为此 LED 光源必须在开启 CCD 灰度测试程序时调整电路中的可调电阻,使其在规定范围之内,CCD 便能正常工作。

3.3 加工中出现的一些问题

如组装后发现像质不佳等,经检查其焦距,修正调整环节及时得到改正,问题得到圆满解决。

因哈量光学零件加工具有多年的历史积淀,设备较为齐全,所以加工中较为顺利,全部零件都能按时保质完成。

4 智能图像处理系统

通过集成的浏览器界面可以快速、安全和简单地介入一个 Easy-Webset 的所有功能界面。通过 Picture Start 只需五步即可迅速、可靠地完成一个刀具测量,更进一步证明光学系统设计达到了设计要求。经过与外部网络连接可以随时调出用于刀调仪和 Easy-WebSet 软件的专用数据和新信息。数据管理直观、简单,可以通过地址条进行预选,如图 7 所示。

上海中超刀具制造有限公司,湖南长丰动力有限责任公司、西安西电高压开关操动机构有限责任公司,先期试用的刀调仪认为功能齐全、检测精度高,可满足其使用要求。

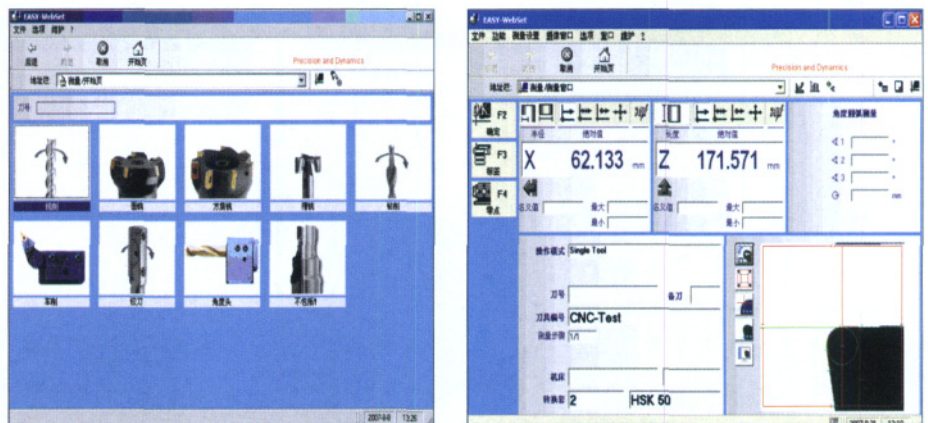


图7 数据管理系统

Fig.7 Manage system of data

5 结束语

本文所论述内容是对“高精度、全自动刀调仪”光学投影系统的研究,结合我们的重大科研任务。通过高效步进电机自动移动来实现各轴高精度定位,借助 Easy-WebSet 软件测量程序,采用电子 CCD 摄像智能图像处理系统,可自动捕捉刀刃并自动测量,保证 μ 级测量精度。通过在 CCD 摄像器件的应用中,特别是在光学投影系统中,我们采用物方远心光路,以消除或减小测量误差,对提高测量精度是绝对重要的,也满足市场不同需求,不同价位的要求。

(责编 侧卫)