

一种高倍率激光扩束器准直性调整机构研制

于萍

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 长春 130033)

摘要:为提高单位面积的激光能量, 保证在环境温度变化过程中通过高扩束倍率扩束器的激光束的准直性不被破坏, 在小物镜上设计了一套高定心度直线调整机构, 使大、小物镜之间的距离可调, 从而保证通过扩束器激光光束的准直性不会受环境温度变化的影响。在介绍激光扩束器工作原理的基础上, 给出了激光扩束器准直性调整机构的设计方案、调整精度的检测方法及检测结果, 最后对检测精度的各种影响因素和检测结果进行了分析。结果表明, 激光扩束器准直性调整机构的同轴精度可达 $2.2\mu\text{m}$, 满足扩束器物镜间同轴精度的要求, 并且该调整机构设计简单, 可以在不同倍率的激光扩束器中得到推广和应用。

关键词:调整机构; 环境温度; 高扩束倍率扩束器; 激光束准直性

中图分类号: TP203

文献标识码: A

文章编号: 1672-9870(2010)04-0036-04

Development of Collimation Adjustment Mechanism of A High Multiplying Power Laser Expander

YU Ping

(Chinese Academy of Sciences ,Changchun Institute of Optics ,Fine Mechanics and Physics ,Changchun 130033)

Abstract : In order to improve the density laser beam energy , and ensure the stability of laser alignment by high multiplying power expander without the change of environmental temperature , the liner adjustment mechanism with high accuracy is designed on adjustment objective lens. This can make the distance between objective lens adjustable. So it ensures the stability of laser alignment by high multiplying power expander without the change of environmental temperature. Based on the working principle of laser expander , this paper presents the design method of adjustment mechanism , precision testing method and results. At the same time , different influence factors of precision testing and measure results are analysed. The results show the coaxiality of laser alignment adjustment mechanism by high multiplying power expander can achieve $2.2\mu\text{m}$, which satisfies the coaxiality requirements of power expander between objective lens. This design methods of adjustment mechanism is useful to different multiplying laser beam expander , and it has wide application prospects in the practical engineering.

Key words : adjustment mechanism ; environmental temperature ; high multiplying power expander ; laser alignment

激光具有单色性好、方向性强和准直性强等优点, 已在国民经济和国防建设中广泛应用^[1-5]。激光器发出的激光束直径通常只有零点几到几毫米, 已在某些领域显示出激光光束的突出优势, 然而在激光全息、光信息处理、激光照明、激光测距等领域中需要有较宽光束, 同时激光有发散角, 激光扩束器的作用就是把窄细的激光光束扩束变成宽阔的准直光束, 同时使激光束的发散角降低, 在较远距

离时激光光斑达到需要的尺寸。激光束发散角越小表示激光束准直性越高, 激光通过扩束器后单位面积的激光能量越高^[6-8]。对于一个扩束倍率为M倍的扩束器, 经过该扩束器扩束后的激光束的发散角与扩束前相比, 发散角缩小了M倍; 同时扩束后的激光束光斑直径比扩束前扩大了M倍。扩束倍率M越大, 扩束后的激光发散角越小, 准直性越高。

激光扩束器由两组物镜组成, 前面小物镜的后

收稿日期: 2010-09-08

基金项目: 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所三期创新工程资助项目(057X22C050)

作者简介: 于萍(1963-), 女, 副研究员, 硕士生导师, 主要从事光电测量设备的设计与研究, Email: yuping_gddk@163.com.

焦点与后面大物镜前焦点重合，与倒置使用的望远镜系统相同。通常的激光扩束器大物镜和小物镜的间距是固定的，在环境温度变化时，尤其高扩束倍率的扩束器，结构尺寸较大，由于扩束器中各零件的材料不同，热膨胀系数不同，使扩束器中的各零件发生的热胀冷缩变形量不同，导致扩束器中各透镜面型发生变化，从而破坏了扩束器的性能，通过的激光光束的准直性被破坏，使输出的激光束成为汇聚光束或者发散光束。为了解决这个问题，在小物镜上设计一套直线调整机构，使大、小物镜间距变得可调，保证在不同环境温度条件下通过扩束器的激光光束的准直性。所以为保证激光束在环境温度变化时通过高扩束倍率扩束器后的准直性不被破坏，研制一种高倍率激光扩束器准直性调整机构是非常必要的。

1 激光扩束器的结构及工作原理

如图1所示，激光扩束器由两块物镜组成，小物镜的后焦点与大物镜的前焦点重合。激光器发出的细光束被小物镜聚焦，而后再被大物镜扩束并准直，形成发散角较小的宽光束，在激光束直径变大的同时使激光束发散角实现压缩。

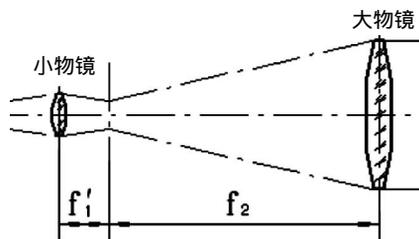


图1 激光扩束器工作原理示意图

Fig.1 Working principle of laser expander

2 激光扩束器准直性调整机构设计

2.1 激光扩束器的设计参数

扩束倍数：16倍；

小物镜与大物镜的同轴度不大于0.02mm；

温度变化范围-20 ~ 30 时，小物镜与大物镜间距变化 ± 2 mm。

2.2 调整机构设计参数

根据上述激光扩束器的设计参数，分配到激光扩束器准直性调整机构的设计参数如下：

调整机构行程 ± 3 mm；

调整分辨率不大于0.01mm；

同轴精度不大于 $\Phi 0.01$ mm。

2.3 调整机构组成及工作原理

2.3.1 组成

如图2所示，调整机构由主轴、轴套、钢球、驱动螺母、压圈、挡板、固定板、导向销钉组成。

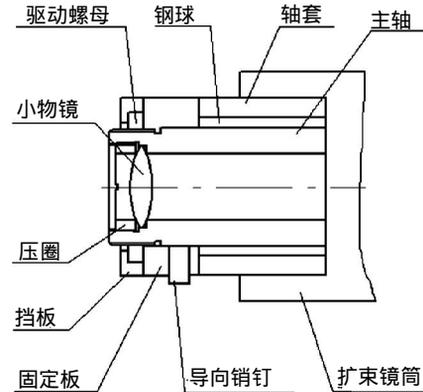


图2 激光扩束器准直性调整机构示意图

Fig.2 Alignment adjustment mechanism of laser expander

2.3.2 工作原理

图2中，主轴、轴套、钢球组成轴系，小物镜通过压圈与主轴固连，使小物镜随主轴同步移动；在主轴上设计直线导向槽，在固定板上安装导向销钉，与主轴的导向槽配合，使主轴只作相对于轴套的直线移动，不能转动；主轴左端加工有螺纹，与驱动螺母啮合，挡板固定在与轴套固连的固定板上，通过挡板限制驱动螺母只能相对轴套转动，不能轴向移动；用手转动驱动螺母，由导向销钉限制主轴只能相对轴套作直线移动，轴套与扩束镜筒固连，大物镜与扩束镜筒固连在一起，这样，转动驱动螺母就可以带动小物镜与大物镜之间实现轴向位置的变化，从而实现在环境温度变化使激光扩束器的准直性发生变化时，调整小物镜与大物镜之间的轴向间隔，保证通过激光扩束器的激光束的准直性。

2.4 直线轴系设计

主轴、轴套、钢球组成的直线轴系中，钢球选用零级钢球，材料采用GCr15；主轴材料选用40Cr，滚道面淬火处理，主轴结构示意图如图3(a)所示，其上除了设计有滚道面之外，还设计了一个直线导槽，导槽销钉在其中移动，限制主轴转动，主轴上还设计了与驱动螺母相啮合的螺纹结构；轴套结构示意图如图3(b)所示，材料选用40Cr，滚道面淬火处理。

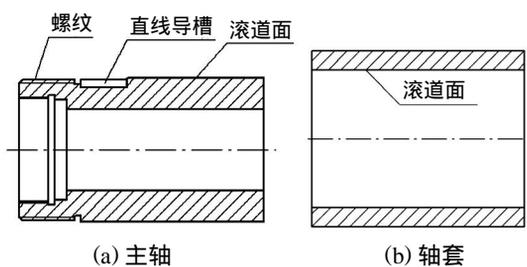


图3 主轴和轴套结构示意图

Fig.3 Structure of shaft and outer sleeve

为了保证轴系的移动精度, 主轴、轴套与钢球间采用过盈配合, 过盈量 $0 \sim 0.002\text{mm}$ 。

2.5 固定板、挡板及驱动螺母设计

固定板结构示意图如图4所示, 有三个作用。第一, 通过四个均布的孔A用螺钉与轴套固定; 第二, 图5(a)所示的驱动螺母与主轴通过螺纹啮合, 在固定板C的螺孔处固定图5(b)所示的挡板, 使驱动螺母与轴套间只能转动不能沿轴向移动; 第三, 在主轴带动小物镜移动到合适位置时, 固定板上的B处孔通过螺钉将主轴夹紧, 使主轴与轴套位置固定。

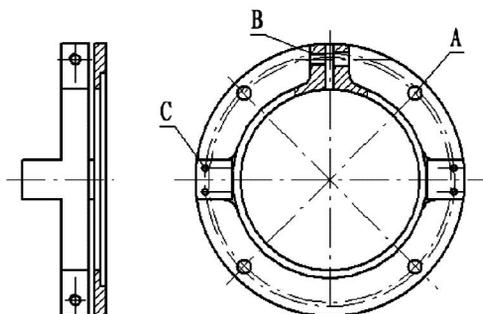


图4 固定板结构示意图

Fig.4 Structure of fixed element

驱动螺母的螺距选用 0.5mm , 旋转 1° 主轴带动小物镜移动 0.0014mm , 调整的分辨率可以满足大、小物镜间距调整分辨率不大于 0.01mm 的要求。

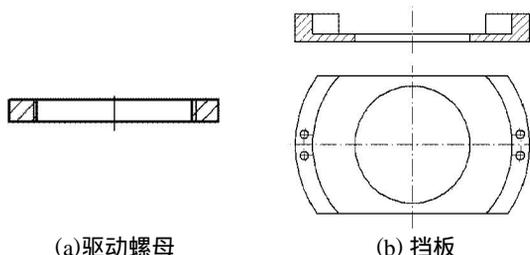


图5 驱动螺母和挡板结构示意图

Fig.5 Structure of driving nut and retaining element

3 精度检测及结果分析

3.1 轴系精度检测方法 & 检测结果

将图2中的轴系固定在一固定的平台上, 电感仪的探头也固定在同一平台上, 使轴系的主轴一端可以安装电感仪探头, 用两个电感仪在主轴的互成 90° 的位置测量, 如图6所示, 测量结果如表1所示。

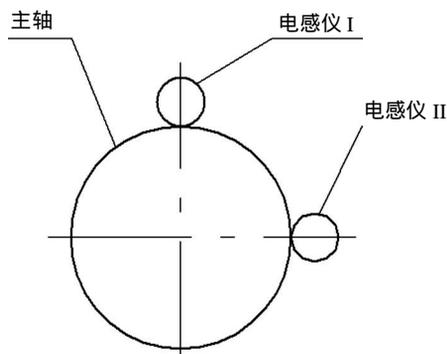


图6 精度检测示意图

Fig.6 Precision measurement sketch

由表1可知, 电感仪I 读数最大差值为 $2.2\mu\text{m}$, 电感仪II 读数最大差值为 $2.1\mu\text{m}$, 根据实际使用状态, 取最大值 $2.2\mu\text{m}$ 作为轴系精度。

表1 轴系精度检测数据

Tab.1 Results of axial precision measurement

轴向移动量(mm)	电感仪 I 读数(μm)	电感仪 II 读数(μm)
0	0	0
0.5	1.0	1.2
1.0	2.0	2.0
1.5	1.2	1.3
2.0	1.2	1.2
2.5	2.2	2.1
3.0	1.7	1.8
3.5	1.7	1.8
4.0	1.7	1.8
4.5	0.9	0.9
5.0	1.7	1.7
5.5	1.3	1.4
6.0	1.9	2.0

3.2 检测结果分析

由图6所示的精度检测方法可知, 检测面的圆柱度误差、电感仪的测量精度都影响检测结果。该结构的主轴测量面圆柱度误差实测为 $\Phi 0.6\mu\text{m}$, 电感仪的测量精度为 $0.1\mu\text{m}$, 这两者的均方根值为 $0.61\mu\text{m}$, 这相对于同轴精度不大于 $\Phi 0.01\text{mm}$ 是很小的, 说明检测面的精度、检测工具的精度满足检测的需要, 上述精度检测结果可信, 满足指标要求。

4 结论

本文提出了一种高倍率激光扩束器准直性调整

机构的设计方法，其主要依靠一种精密直线运动轴系来实现激光扩束器大、小物镜轴向间距的精确调整。从对直线轴系同轴精度的检测结果来看，轴系行成6mm时的同轴精度为0.0022mm，完全达到了本设计中的16倍激光扩束器大物镜与小物镜的同轴度不大于0.02mm的指标要求。结合该激光扩束器参加外场试验的结果，进一步验证了在环境温度变化时激光扩束器准直性调整机构的可行性，表明带有大、小物镜轴向间距调整机构的激光扩束器可以精确调整两透镜间距，使环境温度变化等因素引起的两透镜面形变化不至于造成扩束器准直性的改变，通过该设计方案设计的激光扩束器的准直性可以实现随时调整，确保准直性满足使用要求。这种结构设计简单，精度高，可以在各种倍率的激光扩束器中使用，有希望在工程实践中得到推广应用。

(上接第42页)

4 结论

以步进电机作为动力源，以高精度导轨作为移动副，将调焦机构进行优化设计，并配以高精度的位置检测元件和控制系统时，可以达到很高的精度，此种高精度调焦机构主要用于精密测量光学系统中。

参考文献

- [1] 刘万里,曲兴华,欧阳健飞,等.激光跟踪测量系统角度自动校正装置设计[J].光学精密工程,2008,16(9):1695-1700.
- [2] 闫勇刚,欧阳健飞,夏飞.激光制导测量机器人及几何误差分析[J].光学精密工程,2008,16(5):907-911.
- [3] 史亚莉,高云国,张磊,等.提高CCD激光自准直测角精度的硬件方法[J].光学精密工程,2008,16(4):726-732.
- [4] 程义涛,杨进华.相位激光测距发射系统实验研究[J].长春理工大学学报:自然科学版,2010,33(3):29-31.
- [5] 陈彦超,赵柏秦,李伟.用于纳秒级窄脉冲工作的大功率半导体激光器模块[J].光学精密工程,2009,17(4):695-700.
- [6] 徐记伟,时家明.激光光斑尺寸对烟幕干扰效果影响的研究[J].红外与激光工程,2007,36(6):838-841.
- [7] 刘雷,马宏.准分子激光束系统的研究[J].长春理工大学学报:自然科学版,2009,32(2):224-226.
- [6] 武旭华,陈磊,肖韶荣.干涉仪准直系统波前质量检测[J].红外与激光工程,2008,37(1):106-110.

参考文献

- [1] 丁亚林,田海英,王家骥.空间遥感相机调焦机构设计[J].光学精密工程,2001,9(1):35-38.
- [2] 王志伟.基于直线电机和光栅测量系统的精确定位平台设计[J].苏州大学学报,2004,24(6):38-41.
- [3] 吴玉厚,宋德儒.PMAC下直线电机定位精度分析与误差补偿技术[J].沈阳建筑大学学报,2005,21(5):586-590.
- [4] 张新洁,严昌翔.星载光学遥感器调焦机构设计[J].光学精密工程,2009,17(11):2758-2761.