

# 一种新型多波段大口径平行光管的设计

高明辉<sup>1</sup>, 李丽富<sup>1</sup>, 徐敬礼<sup>1</sup>, 鲍金河<sup>2</sup>

(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;

2.空军航空大学, 吉林 长春 130022)

**摘 要:** 平行光管是光学仪器装调、检测领域常用的标校设备。随着目前光学仪器向着大口径、长焦距、多波段方向的发展, 仪器的口径与焦距都远远超出常规平行光管的适用范围。因此, 为了保证其检测精度, 需使用超出常规的平行光管, 这就给光学加工, 尤其是机械支撑提出了很高的要求, 针对此问题提出了一种新型的大口径平行光管的设计, 在传统平行光管应用原理的基础上, 采用一种分体式软连接新型机械结构, 该设计结构不仅可以降低长焦距、大口径光管的分段连接难度, 而且减轻了整个光管的质量, 从而可以很大程度上提高检测、装调的效率, 降低制造成本。

**关键词:** 大口径平行光管; 多波段; 分体式; 软连接

**中图分类号:** TH741.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-2276(2009)04-0698-04

## Design of a new kind of multi-waveband large aperture parallel light pipe

GAO Ming-hui<sup>1</sup>, LI Li-fu<sup>1</sup>, XU Jing-li<sup>1</sup>, BAO Jin-he<sup>2</sup>

(1.Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Science, Changchun 130033, China;

2.Aviation University of Air-Force, Changchun 130022, China)

**Abstract:** The parallel light pipe is usually used in the field of assembly and adjustment as the detection equipment for optical instrument. With optical instrument development for large aperture, long focal length and multi wave bands, both aperture and focal length of instrument will exceed application range of conventional parallel light pipe. In order to guarantee detection precision, the hypernormal parallel light pipe is used. It proposes the higher requirements especially for optical process, such as mechanical supporting, are necessary. A new style of large aperture parallel light pipe was provided aiming at the above problem. A new style of mechanical structure including apart flexible joint was provided on the basis of the application principle of the traditional parallel light pipe. The design structure not only could reduce difficulty in subsection connection among light pipes with long focal length and large aperture, but also could reduce weight of total light pipe so as to enhance efficiency and reduce manufacture cost to a great extent.

**Key words:** Large aperture parallel light pipe; Multi wave bands; Apart style; Flexible joint

## 0 引言

平行光管又称准直仪, 是各类光学仪器装调常用

的标校设备, 它的主要作用是提供一个无限远的目标并给出一束标准出射光。主要光学结构是由一个像质

收稿日期: 2008-10-06; 修订日期: 2008-11-08

基金项目: 863 基金资助项目 (863-2-5-1-13B)

作者简介: 高明辉 (1971-), 男, 吉林榆树人, 副研究员, 硕士生导师, 博士, 主要从事光学结构设计、分析、加工检测等方面的研究。

Email: ccgaomh@163.com

非常好的主镜及放在其焦平面上的分划板等附件组成<sup>[1]</sup>。根据主镜结构又分为透射式与反射式<sup>[2]</sup>两种,透射式光管受透射镜材料的限制一般用来检测可见光光学系统,而且它的口径不能做到很大,最大不能超过 $\Phi 400\text{ mm}$ ,这样就难以对大口径、红外光学系统进行标校检测<sup>[3]</sup>;而反射式光管的主镜口径可以做到很大,采用非球面的面形可由一块反射镜得到完美像质,而且因为反射成像,可以对可见及红外波段光学系统进行检测<sup>[4]</sup>。由于反射式光管的上述特性得到了越来越广泛的应用,尤其是在如今大型经纬仪越来越向着大口径及红外系统的方向发展,必须有能与之相匹配的光学检调设备<sup>[5]</sup>。因为平行光管主镜口径很大,焦距相对也很长,而对于大口径长焦距的平行光管在精度保证、安装调试、使用维护等方面存在着相当大的难度,在结构设计上就要从组装、应用、保证像质等多方面进行综合考虑<sup>[6]</sup>。根据平行光管的使用原理及其自身的结构特性,本着新型、实用、适应新型仪器如大口径、红外光路等仪器的装调检测原则,研制了一种适用于大口径、长焦距平行光管的新型机械结构。

## 1 仪器组成及主要设计内容

### 1.1 仪器组成及系统指标

该仪器主要由主镜室、镜筒、次镜室、调焦机构、支架等构成,其外形结构如1图所示。系统指标:焦距为14 m、主镜孔径为700 mm、相对孔径为1:20。

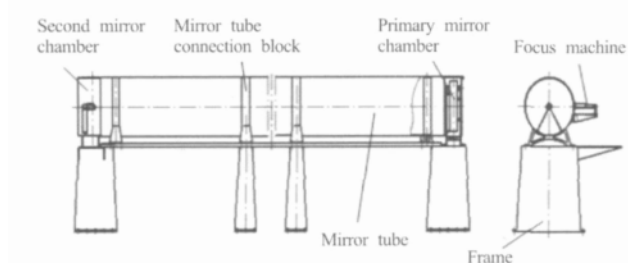


图1 新型平行光管整体结构图

Fig.1 Integral configuration of the new style parallel light pipe

### 1.2 设计内容

该光管的创新之处在于,主镜室与次镜室均为分体独立结构,并分别固定在独立地基的支座上。在主镜室与镜筒、次镜室与镜筒之间均采用软连接。这种设计结构既减少了整体结构对光学系统的影响,又便于运输及最终的装配调整,且可以保证使用状态的稳

定性,从而保证其整体精度。主要研制内容包括光学系统(大口径非球面主镜和次镜、附件等)的设计、加工;各部分支撑机械结构的设计、加工;仪器的最终装调及检测等<sup>[7]</sup>。

## 2 仪器设计方案

### 2.1 光学设计方案

具体光学系统如图2所示。

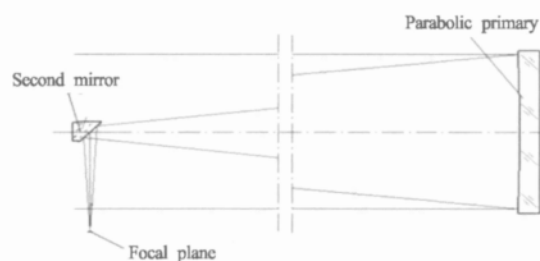


图2 大口径平行光管光学系统图

Fig.2 Optics system of the parallel light pipe with large aperture

研制设备为一高精度、大口径、可测红外系统的多波段平行光管,需要有较强的系统精度,而结构又不必过于复杂。鉴于这种情况,本方案采用非球面反射式光学系统,主镜采用抛物面,为减少温度变化对主镜产生的影响,光学材料采用膨胀系数小的微晶玻璃<sup>[8]</sup>。为减小结构尺寸,由侧面的焦面处发光,由次镜反射到主镜,准直后平行光射出。

### 2.2 机械结构设计方案

平行光管整体机械结构如图3所示。

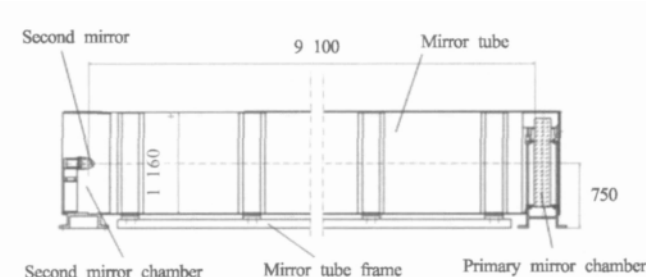


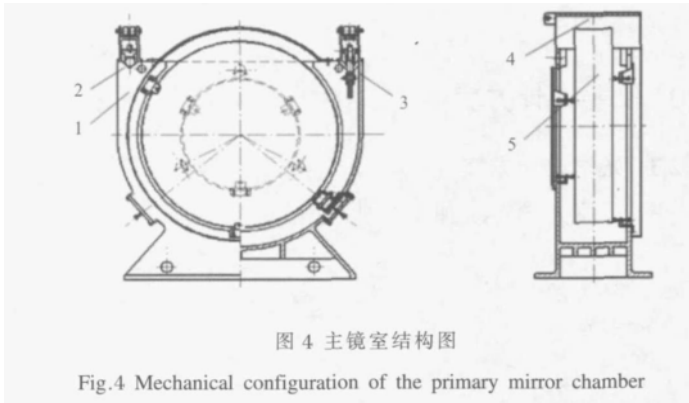
图3 平行光管整体机械结构图

Fig.3 Integral mechanical configuration of the parallel light pipe

#### 2.2.1 主镜室结构设计

主镜室作为平行光管主镜的支撑和调整部分,在结构设计上要考虑以下因素:整体结构的稳定性;有利于大主镜的装配调整;尽量降低支撑结构对主镜镜

面面形的影响。其结构如图 4 所示,图中 1 为主镜子支架,2 为左可调整 V 形架,3 为右可调整 V 形架,4 为横梁,5 为钢带。

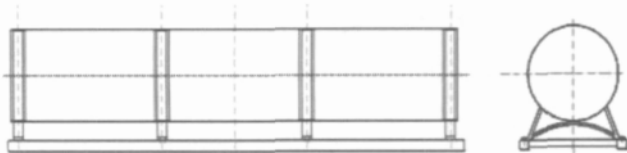


基于以上几方面的考虑,主镜室的结构应尽量简洁、稳固、便于调整。

从图中可以看出:主镜采用钢带悬吊式,因为其体积较大,前后各辅以 3 点支撑,两侧也添加辅助支撑,便于稳定主镜,也利于最后的光学整体装调。调整过程是在主镜支架 1 上固定两块可调整的 V 型架 2, V 型架 2 的中间有一个钢球,通过调整边缘的 4 个螺钉,可使 V 型架 2 绕这个钢球转动,用来调整钢带的平整度,使镜面不产生局部的挤压应力。V 型架 3 可在支架上左右移动,用来调整钢带的张角,在 V 型架 2 上有两个横梁 3,钢带两端就固定在这两个横梁上。

### 2.2.2 镜筒结构设计

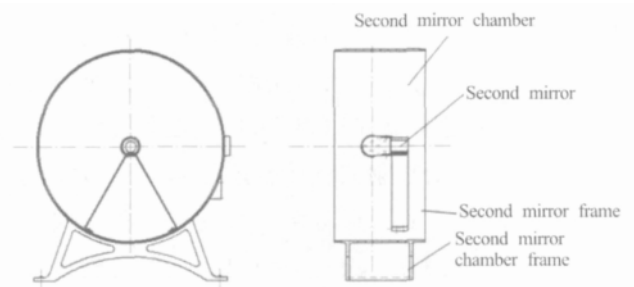
镜筒机械结构如图 5 所示。可以看出:镜筒部分只起到遮光、屏蔽保护等作用,因为该大口径光管焦距达 14 m,其镜筒连接必须做成分段式,设计时考虑每段均采用 2 mm 厚的薄钢板卷压焊接成型,再经几个连接座连接而成。两端与主镜室、次镜室连接处采用遮光帆布等进行软连接。



### 2.2.3 次镜室机械结构设计

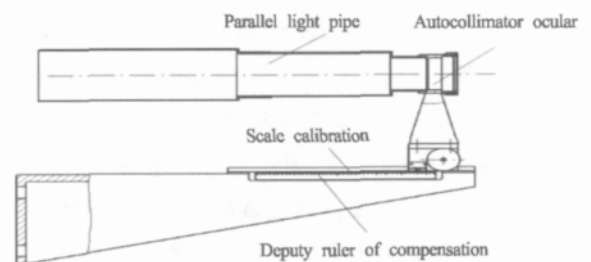
次镜室的设计主要是考虑次镜部分装调校正方便、稳固,外形与光管整体结构和谐。次镜室整体机械

结构如图 6 所示。



### 2.2.4 调焦部分设计

调焦部分机械结构如图 7 所示。



研制的光管为大口径、长焦距、宽波段平行光管,其焦面位置的标定很重要,所以在机械设计上拟采取加一焦面位置标定标尺,该标尺将给出特定不同物距范围内光管焦面的位置及物距值。在调焦时可以把刻度直接对准所需距离。因为温度对光管的像面位置影响也很大,在设计时增加一温度补偿付尺,这样在使用时可以直接将刻度对准温度补偿付尺中的所需温度,即室内温度,以便对温度引起的像面位移进行补偿。

## 3 结束语

随着大口径及红外光学技术的发展,越来越多的大口径及拥有红外功能的光学仪器广泛应用在航空、测绘、侦察等国防与民用领域,而大口径、红外类光学仪器的装调校正需要相匹配的检测设备,为此,开发研制了这种大口径、长焦距、多波段平行光管。作为一个提供标准光源用的检测设备,其精度及稳定性必须得到严格保证,为此大型平行光管的机械结构有着独特的要求,不同于以往的小型光管,甚至中型光管。针

对大型平行光管在加工、装调及使用过程中更为严格的要求,文中从整体到细节进行了合理、细致的考虑。现该设备已加工并组装完成,实践证明:该设计合理可行,解决了大口径光学设备在安装调试及精度稳定方面的难题,同时也保证了大口径多波段平行光管各方面的使用要求。

#### 参考文献:

- [1] Optical Instrument Design Manual Editing Group. **Optical Instrument Design Manual**. [M]. Beijing: National Defence Industry Press (《光学仪器设计手册》编辑组. 光学仪器设计手册. 北京: 国防工业出版社), 1971: 564-568.
- [2] FENG Xiu-heng. Camera Optical System Design [Z]. Chang-chun: Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Science (冯秀恒. 摄像光学系统设计. 长春: 中国科学院长春精密机械与物理研究所) 2009.
- [3] LIU Zhao-jun, ZHOU Feng, LI Yu. Demands analysis of IR detectors for space remote sensor [J]. **Infrared and Laser Engineering** (刘兆军, 周峰, 李瑜. 航天光学遥感器对红外探测器的需求分析. 红外与激光工程), 2008, **37**(1): 25-27.
- [4] YE Lu, WANG Zhao-xun. Supporting and adjusting for collimator primary mirror with large aperture and long focal length [J]. **Optics and Precision Engineering** (叶露, 王肇勋. 大口径长焦距平行光管主反射镜支撑与调整机构的研究. 光学精密工程), 2000, **8**(5): 462-465.
- [5] ZHANG Ying-hua, WAN Zhong-nan. Error analysis of servo system for IR staring image seeker [J]. **Infrared and Laser Engineering** (张盈华, 万中南. 红外凝视成像导引头随动误差分析. 红外与激光工程), 2006, **35**(1): 25-30.
- [6] PAUL R, YODER J. **Opto-mechanical Systems Design** [M]. New York and Basel: Marcel Dekker Inc, 1986.
- [7] JI Xiao-hui, SUN Hou-huan, ZHOU Bi-fang. Optical system design of the collimator with large field of view [J]. **Optical Instruments** (吉小辉, 孙后环, 周必方. 大视场平行光管光学系统的研制. 光学仪器), 2008, **30**(1): 55-58.
- [8] YAN Yong, JIN Guang, YANG Hong-bo. Lightweight structural design of space mirror [J]. **Infrared and Laser Engineering** (闫勇, 金光, 杨洪波. 空间反射镜结构轻量化设计. 红外与激光工程), 2008, **37**(1): 97-99.

(上接第 673 页)

步扫描系统成像质量和探测距离也具有指导意义。

#### 参考文献:

- [1] BOGDAN W, JERZY D. **Light Absorption in Sea water** [M]. New York: Springer, 2007.
- [2] MOBLEY C D. **Light and Water Radiative Transfer in Natural Waters** [M]. Calif: Academic, 1994.
- [3] HENYEY L C, GREENSTEIN J L. Diffuse radiation in the galaxy [J]. **Astrophys J**, 1941, **93**: 70-83.
- [4] KATTAWAR G W. A three-parameter analytic phase function for multiple scattering calculations [J]. **J Quant Spectrosc Radiat Transfer**, 1975, **15**: 839-849.
- [5] FOURNIER G R, FORAND J L. Analytic phase function for ocean water [C]// **Proceedings of SPIE, Ocean Optics XII**, 1994, **2258**: 194-201.
- [6] HALTRIN V I. One-parameter two-term Henyey-Greenstein phase function for light scattering in seawater [J]. **Applied Optics**, 2002, **41**(6): 1022-1028.
- [7] MOBLEY C D, SUNDMAN L K, EMMANUEL B. Phase function effects on oceanic light fields [J]. **Applied Optics**, 2002, **41**(6): 1035-1050.
- [8] JONASZ MIROSLAW, FOURNIER G R. **Light Scattering by Particles in water** [M]. New York: Academic, 2007.
- [9] WELLS W. Loss of resolution in water as a result of multiple small-angle scattering [J]. **J Opt Soc Am**, 1969, **59**(6): 686-691.
- [10] MCGLAMERY B J. A computer model for underwater camera systems [C]// **Proceedings of SPIE**, 1979, **208**: 221-231.
- [11] HOU W, GRAY D J, WEIDEMAN A D, et al. Comparison and validation of point spread models for imaging in natural waters [J]. **Optics Express**, 2008, **16**(13): 9958-9965.
- [12] MCLEAN J W, VOSS K J. Point spread function in ocean water: comparison between theory and experiment [J]. **Applied Optics**, 1991, **30**(15): 2027-2030.
- [13] JAFFE J S. Computer modeling and the design of optimal underwater imaging systems [J]. **IEEE Journal of Oceanic Engineering**, 1990, **15**(2): 101-111.
- [14] TRUCCO E, OLMOS-ANTILLON A T. Self-tuning underwater image restoration [J]. **IEEE Journal of Oceanic Engineering**, 2006, **31**(2): 511-519.