光学 精密工程
OPTICS AND PRECISION ENGINEERING
核心期刊
主管：中国科学院
主办：中国科学院长春光学精密机械与物理研究所
中国仪器仪表学会
主编：曹健林

光学精密工程 2013, 21(5) 1199-1204 ISSN: 1004-924X CN: 22-1198/TH

微纳技术与精密机械

预紧式八翼梁次镜支撑结构的动力学分析

赵宏超,张景旭,杨飞,赵勇志,陈宝刚

中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所

摘要： 为了增加大口径望远镜次镜支撑结构的抗扭转刚度，降低次镜支撑结构对主镜的遮拦，提出了采用预紧力八翼梁结构来取代原有的四翼梁结构。根据Euler-Bernoulli梁理论将次镜支撑结构简化为一个由质量点和简支梁组成的简化模型，并进一步将该模型简化为两个更为简单的动力学模型的组合。通过选取恰当的振型函数，使用Rayleigh和Dunkerley方法推导了简化模型的第一阶模态频率数值解，得到的计算结果与有限元仿真结果吻合得很好。针对预紧力的作用，理论推导了预紧力对这种结构第一阶模态值的影响，并使用有限元法对这种结构进行了模拟，两者得到的结果趋势相同，大小一致，从而证明该简化方法可以用于类似结构的动力学特性计算。仿真结果显示，当预紧力施加到20 kN时，结构的第一阶模态值由11.6 Hz上升到23 Hz，大大提高了结构的抗扭转刚度，并有效减轻了次镜支撑结构的重量和遮拦比。该结论对于大口径望远镜次镜支撑的设计具有参考价值。

关键词： 望远镜 次镜 支撑结构 预紧力 八翼梁结构 有限元法 数值分析

Preloading eight-vane spider for supporting structure of secondary mirror

ZHAO Hong-Chao,ZHANG Jing-xu,YANG Fei,ZHAO Yong-Zhi,CHEN Bao-gang

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

Abstract: To increase the anti-torsion stiffness of secondary mirror support structure of a telescope and to reduces the obscuration from the support structure, an imposed preload of 8-vane spider was designed to replace the original 4-vane spider. According to the Euler-Bernoulli beam theory, the mirror support structure was simplified as a simple model consisting of a beam and a mass point, and then the simplified model was divided into two more simple kinetic models. By selecting the appropriate mode function, the numerical solution of the first order modal for the simplified model was deduced with Rayleigh and Dunkerley approaches. Obtained calculated results are in good agreement with that from Fnite Element Analysis (FEA). Moreover, in order to solve the impact of the preload on this structure, a coefficient was deduced in theory. Then, the model was simulated by FEM and the result obtained in FEM is the same as that calculatedone one in theory. The analysis results prove that the method is available for the calculation of the similar structural dynamics characteristics. The simulations show that the first order modal of the structure can change from 11.6 Hz to 23 Hz when the preload increases up to 20 kN, which proves that the preload can effectively impact on the anti-torsion stiffness and reduce the secondary mirror support weight and obscuration ratio. The results can give a reference for designing secondary mirror support structures.

Keywords: telescope secondary mirror supporting structure pre-load eight-vane structure Finite element method Numerical analysis

收稿日期 2012-03-28 修回日期 2012-06-01 网络版发布日期 2013-05-24

基金项目:

通讯作者: 张景旭

作者简介: 赵宏超(1985-)，男，山东泰安人，博士研究生，2009年于吉林大学获得学士学位，主要从事望远镜轴系设计技术的研究。

作者Email: zhangjx@ciomp.ac.cn

参考文献：

[1]GENBERG V, MICHELS G. Making FEA results useful in optical analysis \[J\]. SPIE, 2002, 4769: 24-33. [2]王富国，张景旭，杨飞，等.四翼梁式次镜支撑结构的研究\[J\]. 光子学报，2009, 38(3)：674-676. WANG F G. ZHANG J X, YANG F, et al.. Crossed-plate type support structure of the second mirror \[J\]. Acta Photonica Sinica, 2009, 38(3): 674-676. (in Chinese) [3]张林波，任戈，陈洪斌，等. 四翼十字形中心支撑结构的动力学分析\[J\]. 光学 精密工程，2003, 11(5):472-476 ZHANG L B, REN G, CHEN H B, et al.. Dynamic analysis for supporting structure of crossed-plate type \[J\]. Opt. Precision Eng., 2003, 11(5): 472-476. (in Chinese) [4]程景全. 天文望远镜原理和设计\[M\]. 北京：中国科学技术出版社，2003. CHENG J Q. Principles of Astronomical Telescope Design \[M\]. Beijing:China Science & Technology Press, 2003.(in Chinese) [5]BELY P Y. The Design and Construction of Large Optical Telescopes \[M\]. US:Springer-Verlag, 2003. [6]CUERDEN B. f/5 secondary support system Design \[R\]. Mmto Tech Report, 1998. [7]师汉民. 机械振动系统—分析 • 测试 • 建模 • 对策\[M\]. 武汉：华中科技大学出版社，2004:91-124. SHI H M. Vibration Systems-Analyzing • testing • modeling • controlling \[M\]. Wuhan:Huazhong University of Science and Technology Press, 2004: 91-124. (in Chinese) [8]IRVINE T. Bending Frequencies of Beams, Rods, and Pipes, Revision H \[M\]. Vibrationdata publications, 2002. [9]XIONG H X, ZHANG Y T. Theoretical analysis of natural frequency of externally prestressed concrete beam based on correction \[J\]. Academic of Xi’ an Jiaotong University, 2009, 21(1): 31-35. [10]AMBROSINI D, LUCCIONI B, DANESI R. Theoretical-experimental damage determination in prestressed concrete beams \[C\]. International Symposium on NDT Contribution to the Infrastructure Safety Systems, Brazil, 1999.

本刊中的类似文章

1．侯俊峰 王东光 邓元勇 张志勇 孙英姿.斯托克斯椭偏仪的非线性最小二乘拟合偏振定标[J]. 光学精密工程, 2013,21(8): 1915-1922

2．杨世海 王国民.天文光学望远镜摩擦驱动滑移动态检测与修正[J]. 光学精密工程, 2013,21(8): 2056-2063

3．于新峰 巩岩 倪明阳 秦硕.基于运动学支撑的透镜光学表面面形及其复现性[J]. 光学精密工程, 2013,21(8): 2000-2007
4．刘书田 胡瑞 周平 董志刚 康仁科.基于筋板式基结构的大口径空间反射镜构型设计的拓扑优化方法[J]. 光学精密工程, 2013,21(7): 1803-1810
5．苏燕芹.30 m望远镜的三镜Rotator组件轴承概念设计[J]. 光学精密工程, 2013,21(6): 1510-1517
6．刘双杰 郝永平.S型折叠式微悬臂梁刚度计算[J]. 光学精密工程, 2013,21(2): 388-393
7．杨世海.大口径光学望远镜油垫非线性干扰的检测与抑制[J]. 光学精密工程, 2013,21(2): 408-415
8．韩光宇, 曹立华, 高云国, 乔健, 薛向尧.1 m望远镜主反射镜的支撑和装配[J]. 光学精密工程, 2012,20(9): 1922-1928
9．王槐, 代霜, 张景旭.大型地平式望远镜的方位轴系支撑结构[J]. 光学精密工程, 2012,20(7): 1509-1516
10．龚学鹏, 李明哲, 卢启鹏, 彭忠琦.连续多点成形中的成形载荷分析[J]. 光学精密工程, 2012,20(6): 1288-1295
11．赵金宇, 吴元昊, 贾建禄, 乔兵, 王斌, 汪宗洋, 马鑫雪.基于实时波前信息的图像复原[J]. 光学精密工程, 2012,20(6): 1350-1356
12．辛宏伟, 关英俊, 柴方茂.离轴空间遥感器主支撑结构设计[J]. 光学精密工程, 2012,20(6): 1257-1264
13．徐亮, 赵建科, 薛勋, 刘峰, 胡丹丹.月基望远镜探测能力的地面标定[J]. 光学精密工程, 2012,20(5): 972-978
14．于树海, 王建立, 董磊, 刘欣悦.基于全相位谱分析的傅里叶望远镜外场实验数据处理[J]. 光学精密工程, 2012,20(10): 2275-2282
15．龚学鹏, 李明哲, 卢启鹏, 彭忠琦.基于多点调形原理的旋转曲面连续成形[J]. 光学精密工程, 2012,20(1): 117-123