

基金项目论文

基于 ABAQUS/FE-SAFE 的光学透镜 多弹片支撑结构寿命分析

邱炯捷¹, 韩 森^{1,2}

(1. 上海理工大学 光电信息与计算机工程学院, 上海 200093; 2. 苏州慧利仪器有限责任公司, 江苏 苏州 215123)

摘 要: 多弹片支撑结构是光学透镜支撑领域新兴的一种支撑方式,但由于弹片的寿命不明导致了多弹片结构没有广泛的应用。为了得到光学透镜多弹片支撑结构的寿命,通过基于有限元软件 Abaqus 中的 Fe-safe 功能对多弹片结构在受透镜重力情况下进行寿命分析。本文旨在考虑到光学透镜多弹片支撑结构寿命方面的分析,为日后学者提供参考和借鉴。

关键词: Abaqus; 有限元分析; 支撑结构; 光学透镜; 寿命分析

中图分类号: TH703; TP391.77 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1003-6970.2020.08.018

本文著录格式: 邱炯捷, 韩森. 基于 ABAQUS/FE-SAFE 的光学透镜多弹片支撑结构寿命分析[J]. 软件, 2020, 41 (08): 59-61

Life Analysis of Multiple Shrapnel Support Structure of Optical Lens Based on ABAQUS/FE-SAFE

QIU Jiong-jie¹, HAN Sen^{1,2}

(1. School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2. Suzhou H&L Instruments LLC., Suzhou 215123, China)

【Abstract】: The support structure of multiple shrapnel is a new support method in the field of optical lens support. However, due to the unknown life of shrapnel, the structure of multiple shrapnel has not been widely used. In order to obtain the life of the supporting structure of the optical lens, the Fe-safe function in ABAQUS is used to analyze the life of the structure under the gravity of the lens. The purpose of this paper is to take into account the analysis of the life of the supporting structure of optical lens with multiple shrapnel, and to provide reference for future scholars.

【Key words】: ABAQUS; Finite element analysis; Supporting structure

0 引言

随着航空航天科技的不断的高速发展,对于望远镜中的大口径光学镜片的面形精度则提出了更高的要求,这也同时意味着目前用于光学镜片面形检测主要技术手段的激光干涉仪也需要向着大口径、高精度、复杂面形的光学镜片测量领域发展。

由于受西方对华技术封锁影响,中国大口径干涉仪技术还存在许多瓶颈。因此需要设计制造出更高精度的,适宜于大口径光学元件面形精度检测的大口径干涉仪以满足中国航天航空领域的发展。

干涉检测是通过对标准参考面反射光和被测面反射光两者形成的干涉条纹处理,得出被测面相对于标准参考面的面形,其测量精度主要取决于标准参考面的精度。由于大口径光学镜片存在自重会影响其面形精度,所以大口径标准透镜的支撑设计成为重要因素之一。

Yolder 提出的多弹片支撑结构则是光学透镜支撑领域新兴的一种支撑方式^[1]。而由于寿命问题不确定问题一直没有得到广泛的应用。本文利用 Abaqus 自带的 Fe-safe 软件结合理论来计算出多弹片结构在

透镜自重作用下的寿命,为以后的设计人员提供参考和借鉴。

1 有限元静力学分析

ABAQUS 是一套功能非常强大的工程模拟的有限元软件,它解决问题的范围可以从相对简单的线性分析到很多复杂的非线性问题。本文运用到了其静力学分析功能以及其第三方的 Fe-safe 功能。

由于 ABAQUS 的三维建模功能受限,所以先运用三维 CAD 软件 Solidworks 进行三维建模,如今三维建模运用到领域和对口衔接的软件非常广,作为 CAE 软件的 ABAQUS 就是其中之一^[6-10]。之后,保存为 sat 文件格式之后导入 Abaqus 软件进行静力学分析。

1.1 透镜及多弹片支撑结构三维模型设计

1.1.1 透镜尺寸

本文模拟多弹片支撑结构所用的透镜的为平凸透镜,具体尺寸为直径 160 mm,透镜凸面的曲率半径为 180 mm,透镜的中心厚度为 30 mm,以及透镜的边缘的厚度为 11.25 mm,如图 1 所示。

基金项目: 国家重点研发计划项目(批准号: 2016YFF0101903)

作者简介: 韩森(1961-),男,教授,主要研究方向:光学干涉测量技术、面形无损检测技术;邱炯捷(1993-),男,硕士研究生,主要研究方向:光机结构有限元分析。

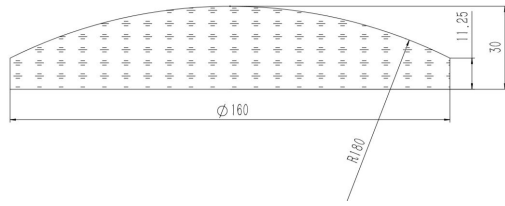


图1 平凸透镜
Fig.1 Plano convex lens

1.1.2 多弹片支撑结构设计

根据相关文献的多弹片支撑结构设计参考^{[2]-[5]}, 本课题设计的结构选择 L 形弹片设计, 并选取弹片数量为 30, 厚度为 1.5 mm, 宽度为 10 mm, 长度位置处于通光口径边缘处的位置的多弹片支撑结构作为本次寿命分析的数据, 如图 2 所示。

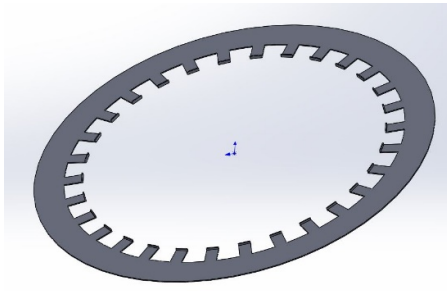


图2 多弹片结构
Fig.2 Multiple shrapnel structure

1.2 材料属性

材料选取方面, 平凸透镜采用最常用的熔石英, 为了获得更长的寿命, 多弹片结构的材料选用 50CrVA。由于弹片和透镜需要定位, 所以设计了一个径向定位结构, 如图 3 所示; 材料选用 HT200。各个部分具体参数如表 1 所示。

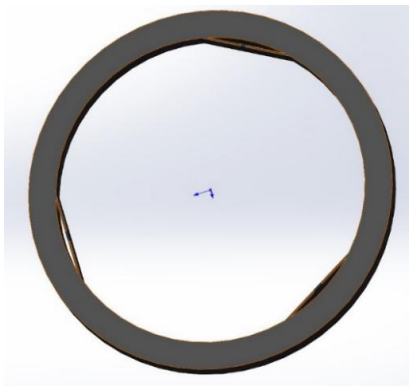


图3 径向定位结构
Fig.3 Radial positioning structure

表1 材料属性
Tab.1 Material properties

部位名称	材料名称	密度 (tone/mm ³)	弹性模量 (MPa)	泊松比
平凸透镜	透明熔石英	2.2E-09	77800	0.17
多弹片支撑结构	50CrVA	7.93E-09	210000	0.25
径向定位结构	HT200	7.3E-09	125000	0.27

1.3 边界和载荷设置

进行有限元分析需要进行边界和载荷的设定, 径向定位结构设置为完全固定, 平凸透镜设置为水平方向的位置固定, 而最重要的多弹片结构则设置为外圈固定即可。载荷由于材料属性设置中已经给出了材料密度, 所以只要给出正确方向的重力加速度变可以完成透镜在有限元分析中的重力模拟。

1.4 网格划分

由于我们关心的是多弹片结构的寿命, 所以对于划分多弹片的网格, 密度要求要比其它两个结构要来的密, 则在 Abaqus 缩小全局尺寸的数字为 0.6, 其它两个结构均为 5; 有限元单元的结构选择均为六面体单元进行分析, 能够有效避免出错。最终多弹片结构得到 105077 个单元, 透镜为 18520 个单元, 径向定位结构为 8419 个单元, 如图 4 所示。

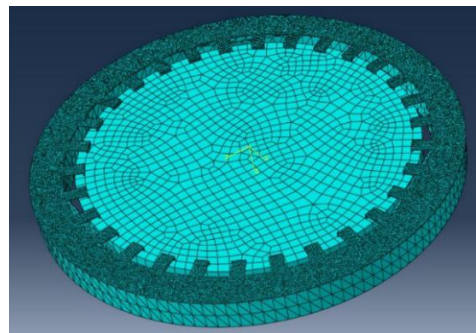


图4 网格划分示意图
Fig.4 Schematic diagram of grid division

1.5 静力学分析结果

最终进行 Abaqus 有限元的后结果处理, 得到了此结构的静力学的应力云图, 可以明显的发现应力最大的点发生在多弹片结构的根部位置。

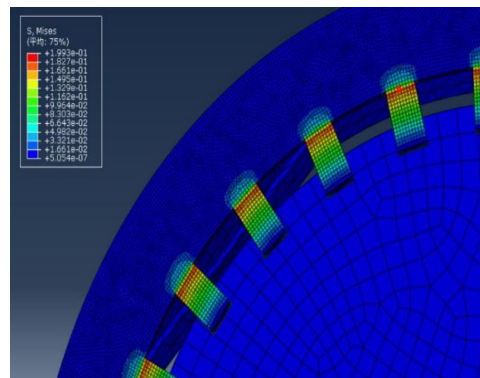


图5 结构静力学结构云图
Fig.5 Structure statics structure cloud chart

2 基于 Fe-safe 的寿命预测

2.1 多弹片支撑结构的 S-N 曲线

在分析多弹片结构的疲劳寿命前需要有 50CrVA 的应力疲劳曲线 (S-N 曲线), 由于本文只是说明利用 Fe-safe 做多弹片结构疲劳寿命的方便性, 所以并没有对材料进行相关实验得到 50CrVA 的 S-N 曲线。不过

Fe-safe 软件可以根据材料的属性, 弹性模量以及抗拉强度得到大致的 S-N 曲线, 具体应用实验还是需要做实验得到数据。

查得 50CrVA 的抗拉强度为 1275Mpa, 把由表 1 查得的弹性模量一块输入 Fe-safe 的材料库生成 S-N 曲线用来分析疲劳寿命。

2.2 疲劳算法选择

Fe-safe 对于疲劳寿命分析提供了多种算法, 由于多弹片结构属于弹塑性结构, 选择默认的 Morrow 算法可以有效的避免出现计算误差。

2.3 多弹片结构疲劳寿命结果

设置好相关数据之后, 按分析按钮就可以行多弹片结构的疲劳寿命分析。Fe-safe 运行好之后将得到的新的 ODB 文件导入 Abaqus 进行查看。如图 6 所示, 可以看出此设计的多弹片结构在本文设计的透镜下的疲劳寿命最小处和静力学分析的应力最大处一致, 且最小次数为 2016 次。

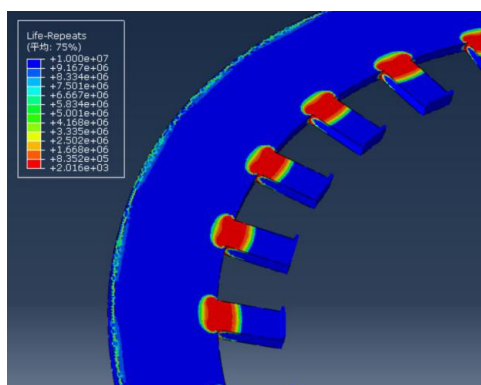


图 6 多弹片结构疲劳寿命云图

Fig.6 Cloud chart of fatigue life of multi shrapnel structure

3 总结

本文利用 Solidworks 对本文设计的透镜, 径向支撑结构和多弹片结构进行三维建模后导入 Abaqus 进行静力学分析, 最后把多弹片结构的结果导入 Fe-safe 进行疲劳寿命分析。疲劳分析结果和静力学结果的危险点都在弹片的根部可以表明利用 Fe-safe 软件可以有效的对多弹片结构的寿命设计提供新的途径, 可为以后学者设计透镜支撑领域的多弹片结构带来参考和借鉴。

参考文献

- [1] Yolder P R. Optical-Mechanical Systems Design[M]. Third ed. Washington: CRC Press, 2006.
 - [2] 武东城, 高松涛, 吴志会, 等. 高精度光学平板在三点支撑下自重变形的研究[J]. 光学学报, 2015, 35(12): 1212001.
 - [3] 彭海峰, 巩岩, 赵磊. 光刻投影物镜中柔性多弹片支撑方式的性能分析[J]. 光电工程, 2013, 40(2): 71-75.
 - [4] 华洋洋, 巩岩. 光刻物镜高精度挠性结构镜框设计及分析[J]. 光电工程, 2013, 40(7): 39-43.
 - [5] 刘悦, 任田田, 贾振超. 单镜支撑结构对镜面面形影响的接触有限元分析[J]. 机械设计与制造, 2014, 10: 64-66.
 - [6] 董默, 赵若晗, 周志尊, 等. 医学图像三维重建系统设计与应用[J]. 软件, 2018, 39(1): 87-90.
 - [7] 张数, 杨德宏. 数字近景摄影测量的二维影像三维建模的关键技术应用[J]. 软件, 2018, 39(2): 133-138.
 - [8] 戴志颖, 郭金兴, 于曦, 等. 基于两例 CTA 图像的颈动脉分叉段三维重建及 CFD 数值模拟分析[J]. 软件, 2018, 39(3): 41-44.
 - [9] 徐雯皓, 李忠, 苏鑫昊. 基于3D引擎的汶川震前水文变化三维模拟演示系统设计[J]. 软件, 2018, 39(4): 176-179.
 - [10] 艾嘉豪, 朱大明. 无人机倾斜摄影测量在三维建模中的应用[J]. 软件, 2018, 39(6): 192-195.
-
- (上接第 58 页)
- [1] 束婷婷. 浅析家庭因素对大学生心理健康的影响及对策[J]. 中国职工教育, 2014(6): 74.
 - [2] 盛柳柳. 高校心理咨询App开发的探讨[J]. 心理技术与应用, 2016(2): 125-128.
 - [3] 王昌豪. 大学生心理咨询网络化的实践与思考[J]. 中国农村教育, 2018(12): 11-12.
 - [4] 唐大树. 产品体验测试IT系统设计研究[J]. 电信技术, 2014(3): 20-21.
 - [5] 王翠香, 邵星. 面向Android应用的大学生社团系统设计与实现[J]. 软件, 2015(9): 52-54.
 - [6] 靖国民. 大学生情绪情感健康问题的应对与管理[J]. 教育现代化, 2019(38): 247-248.
 - [7] 宋善友. 浅谈基于“互联网+”模式下的大学生健康服务[J]. 卫生职业教育, 2020, (4): 49-50.
 - [8] 汪璐萍, 方硕瑾. 基于移动App的大学生心理健康咨询系统设计与实现[J]. 信息技术与信息化, 2014(4): 30-33.
 - [9] 杨晶, 余林. 网络心理咨询的实践及其存在的问题[J]. 心理科学进展, 2007(1): 140-145.
 - [10] 鞠丹. 我国高校心理咨询及其发展研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2006.