

基于 SolidWorks 对玻璃透镜自重应力对光程差的影响研究

撰文 / 成都恒睿信息技术有限公司 韦重耕

本文介绍了利用有限元仿真分析的方法评估大型玻璃透镜的自重应力引起的光程差。通过 SolidWorks Simulation 对大型玻璃透镜进行应力分析,计算出由于自重应力引起的光程差变化,从而帮助设计人员准确评估大型玻璃透镜内部的残余应力大小。

一、概述

本文利用 SolidWorks Simulation 仿真分析模块,研究玻璃透镜在不同的支撑方式下,结构由于自重引起的内应力,利用光程差与应力的关系计算出自重应力所对应的光程差大小,从实际测量的差数据中扣除该部分光程差,则可以获得残余应力引起的光程差变化,从而帮助工程师评估透镜的总体残余应力大小。

本文主要研究以下两种工况(图1和图2):镜面水平支撑和镜面竖直支撑。

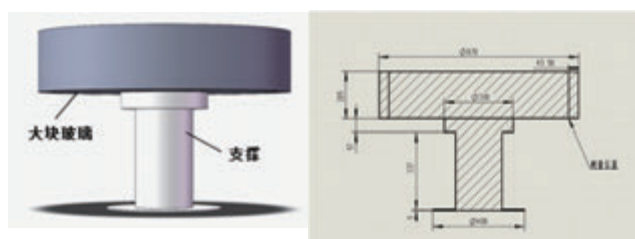


图1 镜面水平支撑

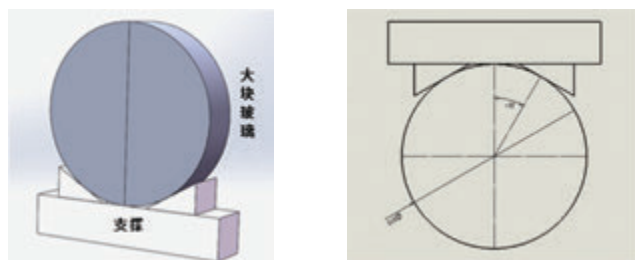


图2 镜面竖直支撑

SolidWorks 软件的仿真分析模块 SolidWorks Simulation 提供了对模型进行应力分析、频率分析、扭曲分析、热分析和优化分析等一整套分析模块,使设计人员可以快速准确地对产品进行模拟试验。它与其他 CAE 分析过程一样,一般包括前处理、求解和后处理3个部分,即几何模型的建立、定义材料属性、网格的划分、加载、求解和结果分析。由于 SolidWorks Simulation 模块与 SolidWorks 是无缝集成的,故可在不出 CAD 环境的前提下,即可对所建模型进行相关分析,因此本文的分析模型即由 SolidWorks 完成实体模型的建立。

二、分析方法

图3为通过测量光程差来计算玻璃透镜应力的基本原理。

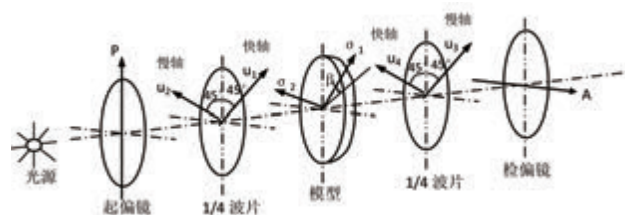


图3 光程差测量应力原理

光程差的测量最终目的是为了计算大型玻璃透镜中光路上的平均应力大小,其计算公式如下。

$$\sigma = \frac{\delta}{Bd} \quad (1)$$

其中, B 为 $2.55 \times 10^{-12} \text{Pa}$; d 为光在大型玻璃透镜中的行程长度, 单位为 cm ; δ 为光程差, 单位为 nm 。

公式中的应力 σ 是垂直于光路方向面上的两个主应力平均值的差, 即:

$$\sigma = \sigma_1 - \sigma_2 \quad (2)$$

因此, 本文利用 SolidWorks Simulation 分析大型玻璃透镜在自重作用下引起的内部的应力, 获取垂直于光路的平面上的主应力 σ_1 和 σ_2 , 带入公式 (1)、(2) 便可反算出由于自重造成的光程差。

三、分析结果

1. 镜面水平支撑的分析

分析模型: 大型玻璃透镜平放到圆形支撑座上, 整个结构为轴对称结构, 因此分析模型如图 4 所示。

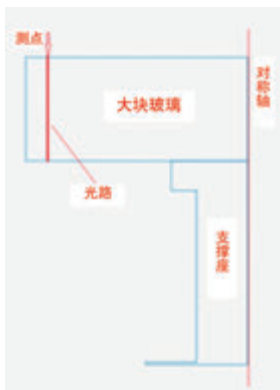


图 4 轴对称分析模型

边界条件: 结构所受到的外力为自重, 因此需给整个模型施加 -9.81m/s^2 ; 对于 SolidWorks 的轴对称结构, 只需要约束制作底端向上的位移即可。因此, 模型的边界条件如图 5 所示。

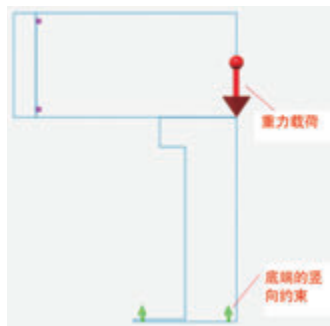


图 5 边界条件

有限元网格: 对于工况 1, 我们最关注的地方是光路上的应力分布, 因此, 为了能够获得该位置足够精确的结果, 需要对光路位置进行网格细化。通过 SolidWorks Simulation 的“网格控制”选项可以对该处进行网格细化。通过采用不同的网格大小进行分析, 最终确定如下网格划分方式能够获得收敛结果。因此, 最终网格划分方式为: 光路上网格大小采用 1mm 的网格; 总体网格大小采用 10mm 的网格。最终网格划分结果如图 6 所示。

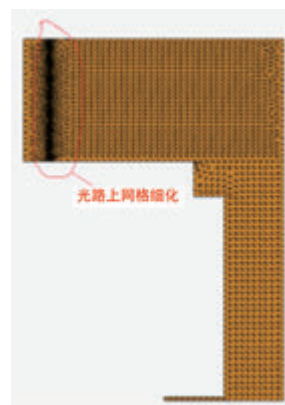


图 6 网格划分大小

分析结果:

第一主应力: 垂直于光路平面上的第一主应力如图 7 所示。通过探测光路上的应力值, 得到光路上第一应力平均值为 159Pa , 即 $\sigma_1 = 159 \text{Pa}$ 。

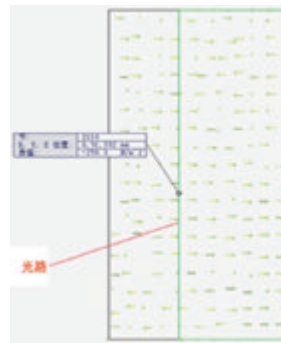


图 7 第一主应力

第二主应力: 垂直于光路平面上的第二主应力如图 8 所示。通过探测光路上的应力值, 得到光路上第二应力平均值为 $1,518 \text{Pa}$, 即 $\sigma_2 = 1,518 \text{Pa}$ 。

光程差: 根据以上两个应力结果, 计算出在这种支撑方式所引起的光程差变化值大小为:

$$\delta = Bd * |\sigma_1 - \sigma_2| = 0.71 \text{nm}$$

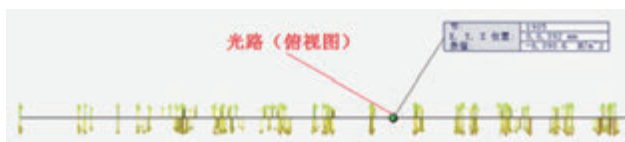


图 8 第二主应力

2. 镜面竖直支撑的分析

分析模型：大型玻璃透镜竖直放置到底座上，两边分别用一个三角形楔子稳住，整个结构为平面对称结构，因此，可以选取对称部分进行分析。分析模型如图 9 所示。

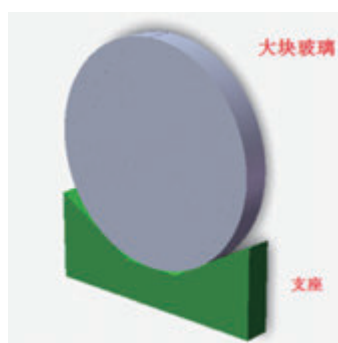


图 9 平面对称分析模型

测点：该工况需要测试位置为竖直直径的上半部分位置，因此，以大半径 5% 的位置距离设置测试点，分别获取该位置光路上的主应力值，测试位置如图 10 所示。

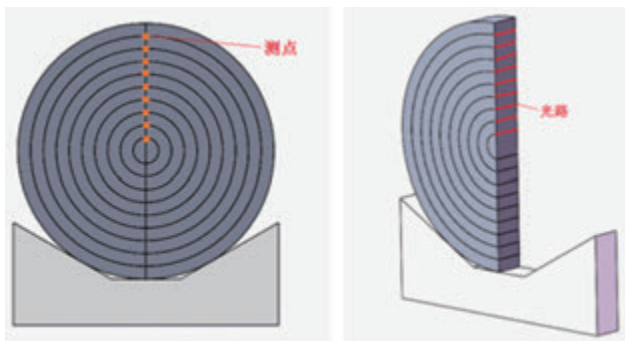


图 10 模型测量位置

边界条件：模型的边界条件如图 11 所示。

有限元网格：同工况 1 类似，需要对测量的光路位置进行网格控制。通过采用不同的网格大小进行分析，最终确定如下网格划分方式能够获得收敛结果。因此，最终网格划分方式为：光路上网格大小采用 3mm 的网格；总体网格大小采用 15mm 的网格。

最终网格划分结果如图 12 所示。

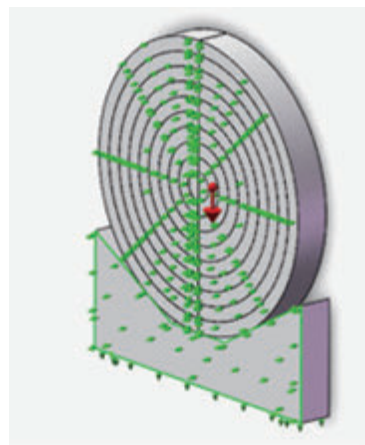


图 11 边界条件

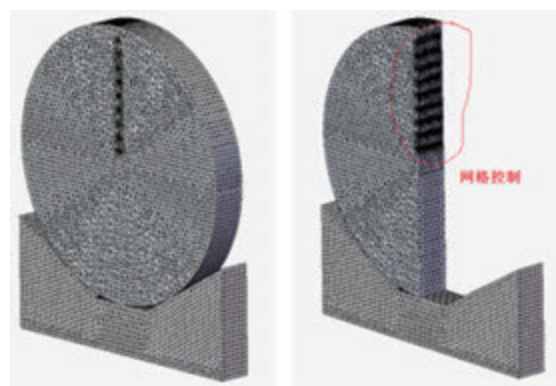


图 12 网格划分

第一主应力：垂直于光路平面上的第一主应力如图 13 所示。

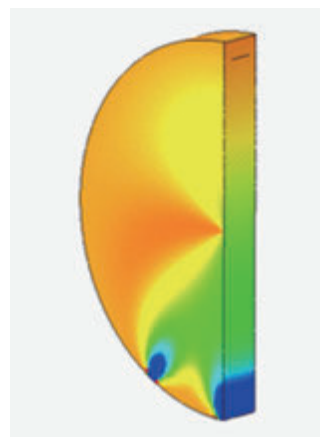


图 13 第一主应力

第二主应力：垂直于光路平面上的第二主应力如图 14 所示。

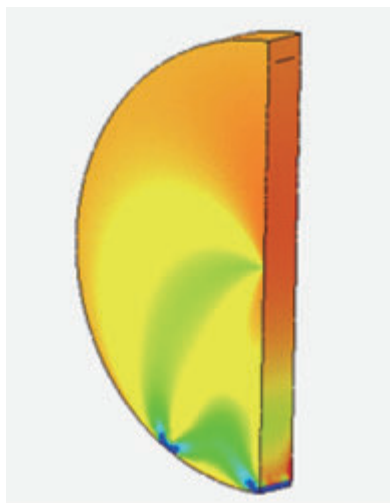
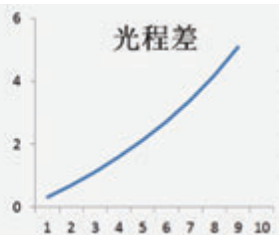


图 14 第二主应力

光程差：根据分析结果，得出的各测点处光程差如表所示。

表 各测点处的光程差

主应力1	主应力2	光程差
1068	463	0.31626375
2249	888	0.71146275
3459	1299	1.12914
4731	1675	1.597524
6073	2009	2.124456
7491	2283	2.722482
8990	2477	3.40467075
10571	2561	4.1872275
12227	2493	5.0884485



四、结语

应力测定工作是评估玻璃加工质量的一个重要指标，因此，如何正确的评估玻璃透镜内部的残余应力显得尤为重要。本文利用 SolidWorks Simulation 有限元分析的方法，计算出由于自重等因素引起的应力，再换算出对应的光程差，从测量的总体光程差中扣除该部分即可用于反算出结构内部真实的残余应力。为玻璃的检测工艺提供了一种高效可行的先进方法。IM



从制造到创造
从速度到质量
从产品到品牌

面对智能制造，
你准备好了吗？