

文章编号:1001-3997(2009)11-0086-02

APDL 和 UIDL 在主镜支撑优化中的应用

王相京 陈结祥 张毅 涂碧海 赵平建 刘建国

(中国科学院 安徽光学精密机械研究所,合肥 230031)

The application of APDL and UIDL in the primary mirror support optimization

WANG Xiang-jing, CHEN Jie-xiang, ZHANG Yi, TU Bi-hai, ZHAO Ping-jian, LIU Jian-guo

(Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Hefei 230031, China)

【摘要】运用大型通用有限元分析软件 ANSYS 提供的 APDL 语言和 UIDL 语言对主镜进行参数化建模并提供交互界面,可以主动输入主镜几何参数和材料参数等来改变模型,并对在自重变形下的主镜背部支撑位置进行了优化分析。整个建模分析过程表明通过使用 APDL 语言对主镜进行参数化建模和优化分析,可以比较不同支撑点、不同材料的主镜自重变形情况,大大提高了建模速度,极大地提高了分析效率,对相关设计人员有很好的借鉴作用。

关键词: APDL; UIDL; 主镜; 参数化建模; 支撑优化

【Abstract】 Utilizes the APDL language and the UIDL language which large-scale general finite element analysis software ANSYS provides to the primary mirror carry on the parametric modeling and provide the interactive contact surface, may input the primary mirror geometry parameter and the material parameter on own initiative and so on changes the model, and to supported the position under the self-weight distortion primary mirror back to carry on the optimized analysis. The entire modeling analysis process indicated through uses the APDL language to carry on the parametric modeling and the optimized analysis for the primary mirror, may the quite different support points, the different material primary mirror distortion situation on self-weight, enhanced the modeling speed greatly, enhanced the analysis efficiency enormously, designs the personnel to the correlation to have the very good model function.

Key words: APDL; UIDL; Primary mirror; Parametric modeling; Support optimization

中图分类号: TH16, TP312 文献标识码: A

随着人类探索宇宙的不断深入,光学望远镜的主反射镜口径要求越来越大,使得其结构形式、镜体质量、支撑安装方式和温度环境都将直接影响整个系统的成像质量^[1]。如何选择合理的支撑方式成为设计中不可缺少的重要环节。特别是地基大口径天文望远镜大都采用背部多点支撑形式,支撑方式也相对复杂。传统经验的设计方法只是建立在小口径镜头设计积累之上,用传统经验对大口径镜头进行设计存在很大的设计风险^[2],因此如何快速高效的设计出具体支撑方式是大多设计者所面临的问题。

APDL 是大型通用有限元分析软件 ANSYS 中的参数化设计语言(ANSYS Parametric Design Language)的简称,是用来自动完成某些功能或建模的一种脚本语言。APDL 为用户提供了完成建立模型、施加约束和载荷、求解以及后处理的一般命令外,同时还提供了对这些命令的循环判断等流程控制功能。APDL 容许数据的直接输入和表达式输入,是用户实际上对任何设计或分析属性有控制权,例如尺寸、材料、载荷、约束位置和网格密度等。

UIDL 语言是 ANSYS 用户界面设计语言(User Interface Design Language)的简称,是编写 ANSYS 图形界面的专用语言。通过 APDL 语言和 UIDL 语言的结合使用,可以使得结构的参数化建模过程可视化。在参数化分析过程中可以简单地修改其中的参

数达到反复分析各种尺寸、不同载荷大小的多种设计方案或者序列性产品,极大地提高分析效率,减少分析成本^[3]。

支撑点位置是支撑系统中一个重要的组成部分,分布直接影响面形精度。传统的设计方法是根据质心的位置大致确定支撑点的位置,然后采用插值的方法逐一验证,直至达到理想的精度要求。这种方法不但费时费力,而且很可能所得到的结果是局部最小值而非最优值。通过对主镜进行参数化建模,然后进行有限元分析并对支撑点进行优化,可以较快的确定最佳支撑点位置。通过对一主镜模型使用 APDL 语言和 UIDL 语言编写相应的程序,建立带有交互界面的参数化模型,如图 1 所示。通过输入不同的主镜参数即可实现不同主镜模型的建立,以及优化分析,来分析说明 APDL 和 UIDL 功能及其应用。

1 主镜参数化模型的建立过程

主要几何参数:主镜半径,中心孔半径,厚度。支撑参数主要有支撑位置,支撑个数,支撑大小等。通过 UIDL 语言提供的“MUTIPRO,”指令生成如下输入主镜不同模型参数的对话框界面,如图 2 所示。

输入不同材料参数(左边材料为微晶玻璃,右边材料为碳化硅)和控制网格大小然后进入前处理模块生成的主镜有限元模

型,如图 3 所示。其中:左边为三点支撑时主镜有限元模型,右边为六点支撑时有限元模型。

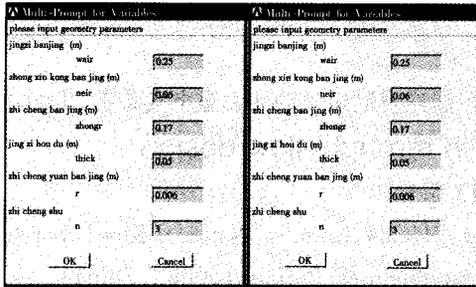


图 1 主镜几何模型参数和支撑点数输入界面 (左边 3 点支撑,右边 6 点支撑)

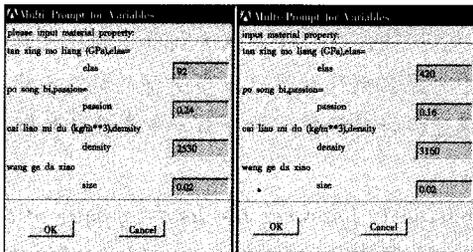


图 2 主镜材料参数和网格控制输入界面

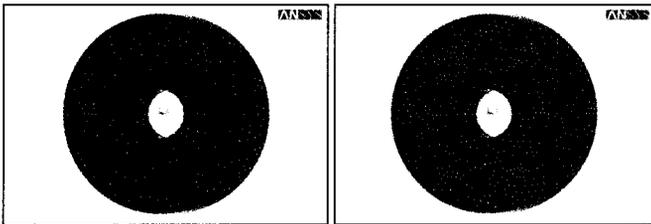


图 3 不同支撑点下生成的有限元模型

施加约束和载荷,进行求解,提取结果生成变形云图,如图 4 所示。

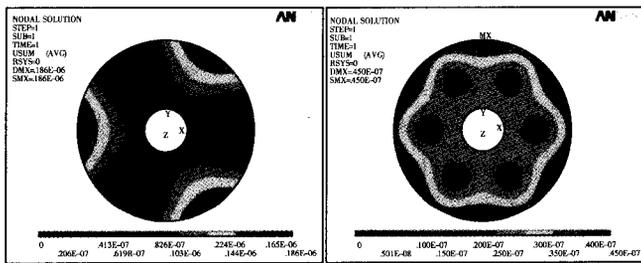


图 4 不同支撑点个数下主镜自重变形云图

由上可以看出:仅通过改变可视化参数对话框中的各种参数就能实现对不同尺寸,不同材料,不同支撑点个数等的主镜进行建模、分网、求解等功能,省去了繁琐的建模过程,大大节约的时间,提高了工作效率。

2 优化分析过程

优化分析中首先要确定目标函数,设计变量和状态变量等。目标函数是设计变量的标量函数。设计变量主要是用来描述设计方向,并可设定范围以求得所要达到的目标值。状态变量又称为约束条件,是在优化过程中人为加入的对实际工程应用设计条件的某种限制。

例如以在自重情况下平面主镜反射面光轴方向的面形变化均方根值(RMS 值)作为目标函数,以面形变化峰谷值(PV 值)作为状态变量,以支撑半径作为设计变量,来优化使得 RMS 值最小时的支撑半径。某平面主镜各参数描述:直径 500mm,中心孔半径 60mm,厚度 50mm,材料为微晶玻璃(Zerodur)[®];弹性模量 $E=92\text{GPa}$,泊松比 $\nu=0.24$,密度 $\rho=2530\text{Kg/m}^3$ 。采用背部三点支撑。

首先使用“*CREATE,”命令创建带有 APDL 和 UIDL 语言的宏程序,把主镜各参数输入前面所述的各对话框中,同样通过 UIDL 生成交互界面来设定支撑半径范围和容差,如图 5 所示。

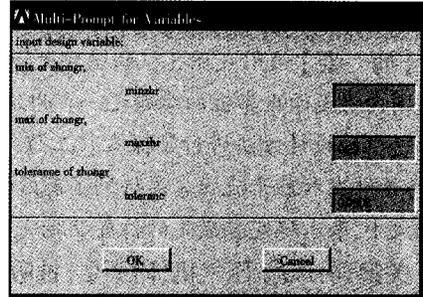


图 5 优化设计变量范围和容差输入界面

优化分析求解结束后,显示目标函数(RMS 值)随着迭代次数的收敛过程和整个优化过程所的数据,如图 6 所示。可以看出从第 4 次开始优化方案趋于稳定,其中带有“*”的为最优解。

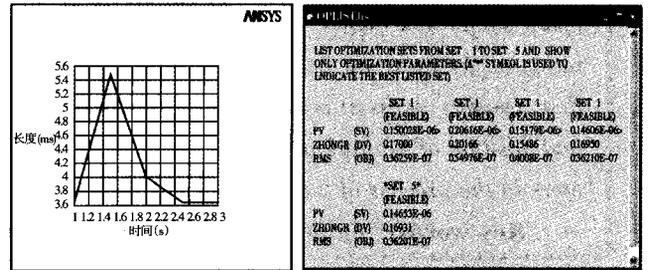


图 6 整个优化设计收敛过程和优化分析结果

3 结论

成功运用 ANSYS 高级分析语言 APDL 和界面设计语言 UIDL 对光学仪器主镜进行了参数化建模,并对主镜支撑位置进行优化。综上所述,可以看出:对主镜运用 APDL 和 UIDL 语言来建立交互界面式的参数化模型,可以对不同尺寸和不同材料的主镜进行预分析,提高工程效率,节约成本;通过建立参数化模型对主镜支撑位置进行优化,大大提高了建模效率,缩短了优化设计过程,对相关光学设计人员有很好的借鉴作用。

参考文献

- 1 邵君. 空间反射镜支撑结构研究概述[J]. 红外,2006,27(4):36-41
- 2 刘国庆,马文礼. 大口径轻质镜支撑的有限元分析[J]. 光电工程,2001,28(5):14-19
- 3 陈晓霞. ANSYS 7.0 高级分析[M]. 北京:机械工业出版社,2004:465-486
- 4 博奔创作室. APDL 参数化有限元分析技术及其应用实例[M]. 北京:中国水利水电出版社,2004(1)
- 5 王富国,杨洪波,杨飞,吾小霞. 大口径主镜轴向支撑点位置优化分析[J]. 红外与激光工程,2007,36(6):877-880
- 6 Haeng-Bok LEE, Richard G.Cobb. Design of lightweight primary mirror and metering structure for spaceborne telescope[J]. Proc. of SPIE,2005