

某无人机展开机构压盘优化设计

张国权¹ 张萌² 董今朝³ 鲍冰²

(1 91001 部队 北京 100089; 2 陆装航空局驻西安航空军代室 陕西 西安 710061; 3 32382 部队 河南 新乡 453000)

摘要: 为了提高飞机燃油效率、提升设计能力、加快设计周期,飞机轻量化设计遇到严峻的挑战。因此,结构优化设计在航空工业得到广泛应用。本文通过对展开机构压盘进行拓扑优化设计,给出压盘满足强度要求下设计空间的最佳材料分布,达到预期减重目标的25%。

关键词: 展开机构压盘; 拓扑优化; 减重设计

0 引言

在航空产品结构中,大到飞机机身结构、小到各种零部件以及机载悬挂装置及电子设备,都要实现重量最轻的结构设计。随着CAE技术的发展,结构优化技术在航空产品中得到广泛地应用。无人机本身具有重量轻、机动性能高等特点,它的性能与负载力息息相关,减少自身结构重量可以提升功重比,无人机对重量的要求尤为突出。因此,对无人机各零件的减重即轻量化设计势在必行。

轻量化设计的主要途径首先是新型材料的应用,主要包含高强度钢、铝合金、钛合金以及复合材料等比强度、比刚度高的新型材料应用;其次是材料一定的情况下对结构进行拓扑优化,拓扑优化主要采用CAE技术在概念设计阶段使用,其基本思想是在给定的设计区域寻求材料的最优分布。本文采用的优化设计方法就是基于概念设计阶段的拓扑优化方法。

1 工作原理

压盘通过螺母和垫片安装在齿轮架上,与旋转齿轮通过滚珠连接,主要功能是传递机翼上垂向载荷,原结构设计示意图如图1所示。

2 优化方法

本文轻量化设计主要分两部分,首先根据前翼展开机构压盘载荷、结构复杂性及功能性分析,其材料可由目前使用的300M钢材更换为高强度铝合金7050-T7451,对更换材料后压盘强度进行校核,计算表明满足强度设计要求。

同时前翼展开机构压盘减重空间仍较大,因此对铝合金压盘结构进一步进行拓扑优化分析以达到减重的目的。

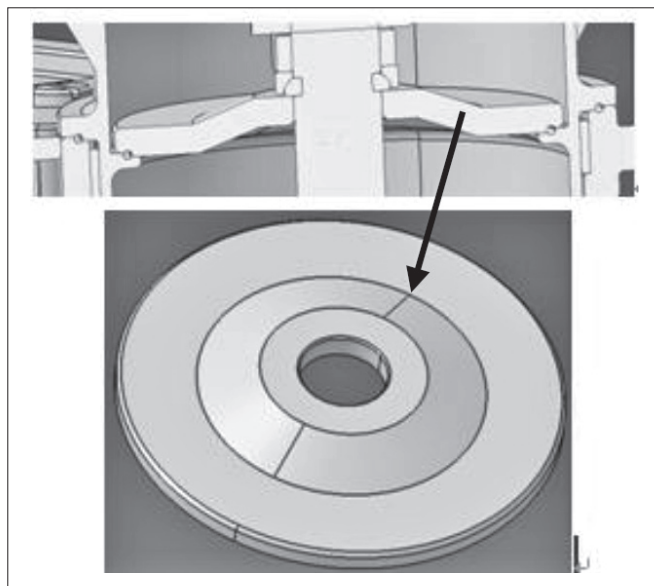


图1 原结构示意图

拓扑优化设计方法是在产品方案设计阶段,设计人员按照设计需求定义产品的设计空间、优化目标、设计约束和工艺参数等信息。

本文采用OptiStruct拓扑优化方法进行轻量化设计。OptiStruct拓扑优化是基于CAE技术采用变密度法的材料模式,利用数学规划法寻求最佳的设计点,具体流程见图2,该方法具有一定的先进性。

3 建模及分析

按照上述拓扑方法对前翼展开机构压盘进行优化设计。

3.1 CAE建模

压盘材料采用7050-T7451高强度铝合金,材料力学性能参数见表1。

根据压盘安装及功能可知,压盘内外环具有安装及承载要求,因此确定为不可设计区域,除该区域外其余

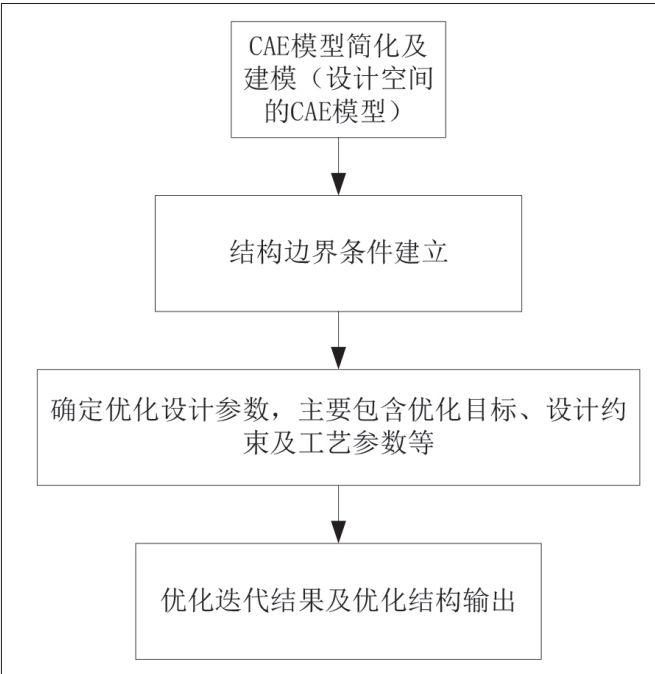


图 2 拓扑优化流程图

表 1 压盘材料力学性能参数表

材料名称	弹性模量 /GPa	泊松比	密度 / (kg/m ³)	屈服强度 / MPa
7050-T7451	69	0.33	2820	441

均为可设计区域，如图 3 分区显示。

3.2 边界条件

固定约束压盘内孔环面径向位移用以模拟齿轮架对其支撑作用；约束垫片与压盘接触面轴向及切向位移用以模拟垫片对压盘的约束。

通过载荷传递及分析将机翼载荷转化到旋转齿轮对压盘的垂向载荷。

边界条件施加如图 4 所示。

3.2.1 优化参数确定

压盘设计要求是在满足强度要求的前提下重量最轻。重量最轻即体积最小，因此优化设计目标确定为体积最小，设计约束条件为平均应力小于材料屈服强度。同时考虑到加工及装配，增加对称循环约束。

3.2.2 优化分析

经 37 步拓扑优化迭代分析后，模型收敛，计算完成，目标函数收敛曲

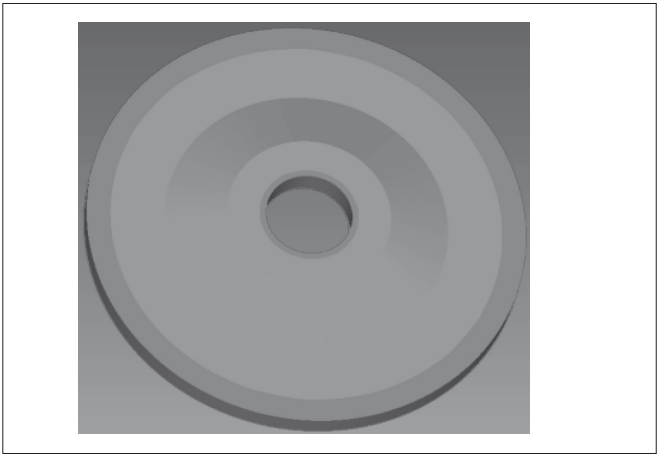


图 3 设计区域及非设计区域确定

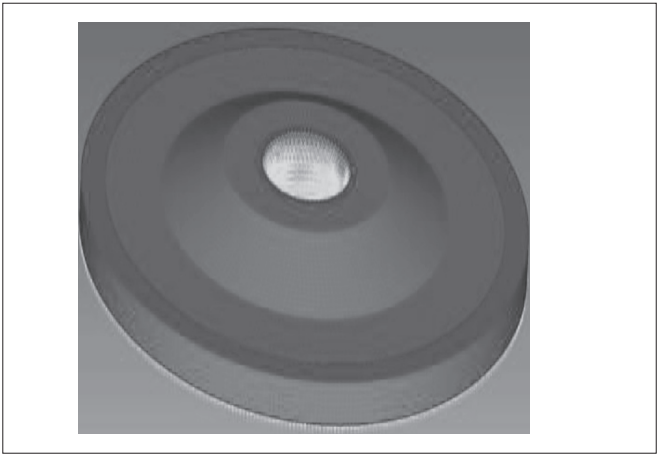


图 4 边界条件施加

线如图 5 所示。

压盘最终优化结果材料密度分布如图 6 所示。材料分布在内外环之间呈射线分布，根据优化结果对压盘进

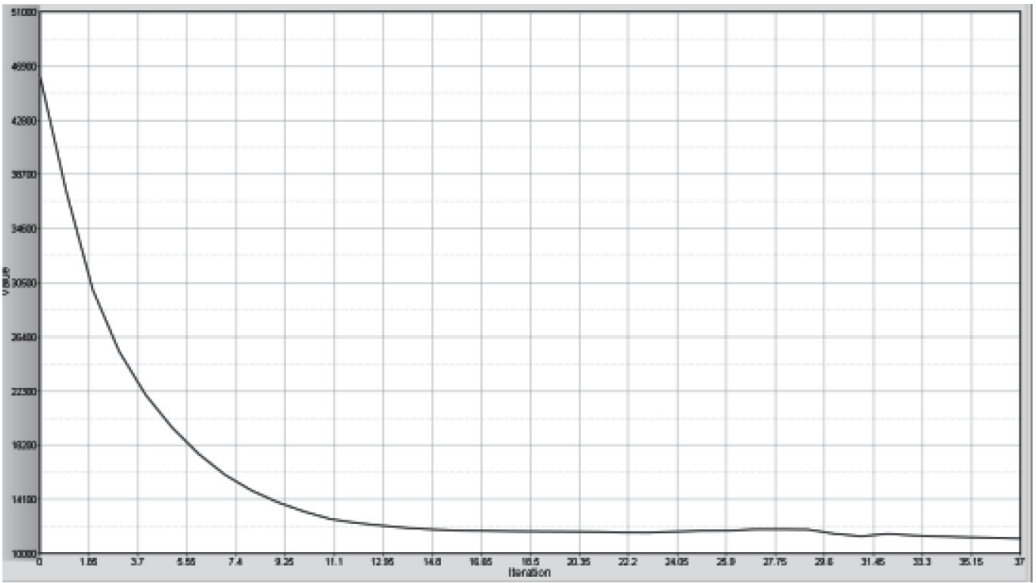


图 5 目标函数收敛曲线

行重新设计，考虑加工、工艺及装配的适用性，优化后 CAD 模型如图 7 所示。

4 优化结构前后分析对比

对高强度铝合金压盘拓扑优化前后进行强度刚度分析，分别得到相应的等效应力云图及变形云图，如图 8 及图 9 所示，对比分析结果见表 2。

通过对比分析结果可以看出，拓扑优化后结构满足

表 2 压盘材料及结构优化前后对比

结构及材料	重量 /kg	等效应力 /MPa	变形 /mm
优化前	0.135	346	0.59
优化后	0.098	432	1.17

强度设计要求，同时应力分布更加均匀，材料分布更加合理，减重率达 27.4%，达到预期减重目标。

5 结语

(1) 本文通过对某无人机展开机构压盘采用 OptiStruct 拓扑优化方法进行轻量化设计，减重达 27.4% ；

(2) 在方案设计阶段通过考虑结构工况进行全局优化得到结构最优的传力路径，为后续详细设计阶段提供有力的支撑；

(3) OptiStruct 拓扑优化方法可广泛应用于航空产品，可缩短设计周期提高设计质量。

参考文献：

[1] 程耿东. 走进结构拓扑优化[J]. CAD/CAM 与制造业信息化, 2007, 153(11): 6-7.

[2] 张宪民. 柔顺机构拓扑优化设计[J]. 机械工程学报, 2003(11): 47-51.

[3] 周克民, 李俊峰, 李霞. 结构拓扑优化研究方法综述[J]. 力学进展, 2005(01): 69-76.

[4] 谢涛, 刘静, 刘军考. 结构拓扑优化综述[J]. 机械工程师, 2006(08): 22-25.

作者简介：张国权（1985.11-），男，汉族，河北昌黎人，本科，工程师，研究方向：航空管制。



图 6 优化结果

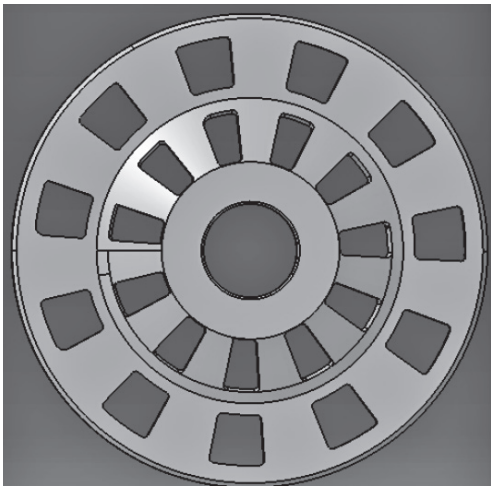


图 7 优化后 CAD 模型

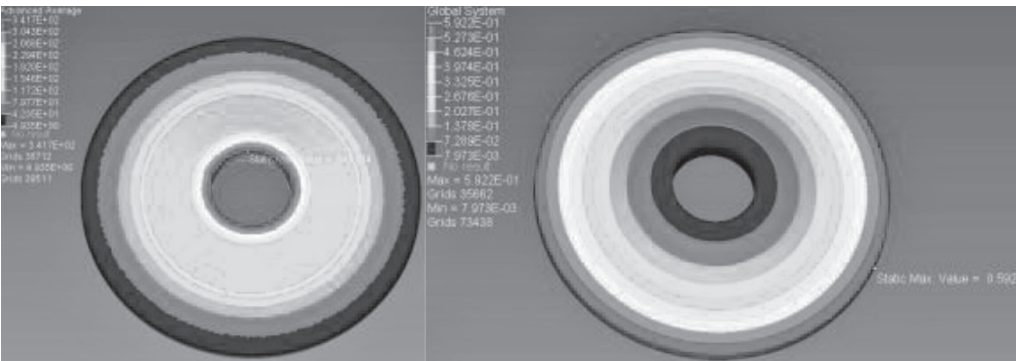


图 8 优化前铝合金变形及等效应力云图

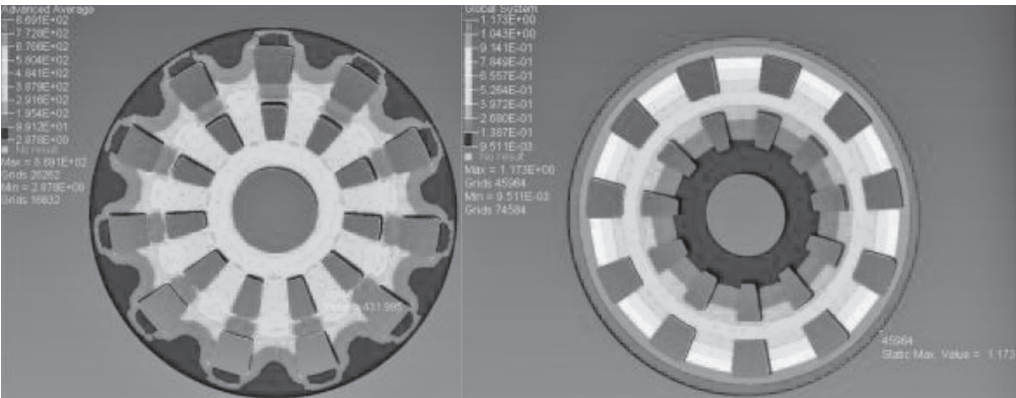


图 9 优化后铝合金变形及等效应力云图