



# 基于ISIGHT的高滑翔比翼伞设计优化

## Design and optimization of high glide ratio parafoil based on ISIGHT

陈令睿, 白亚磊\*  
(南京航空航天大学航空学院, 南京 210016)

### 介绍

对于翼伞精准空投系统研究, 高滑翔比性能为其重要支撑。本文以高滑翔比冲压翼伞的气动性能优化为研究背景, 在广泛调研后对影响翼伞气动特性最重要的部件——翼型进行了选型和改制设计。针对冲压翼伞的运行工况, 基于ISIGHT软件平台集成翼型生成、网格划分、流场分析、优化计算四个模块, 实现了改制翼型优化流程的自动化运行, 得到了改制翼型的最优解, 新翼型的升阻比较优化前提升了11.2%。然后根据实际需求对冲压翼伞的伞面结构进行了设计和数值模拟。本文可为进一步提高冲压翼伞气动特性提供参考。

### 翼型优化结果



图1 冲压翼伞的滑翔过程

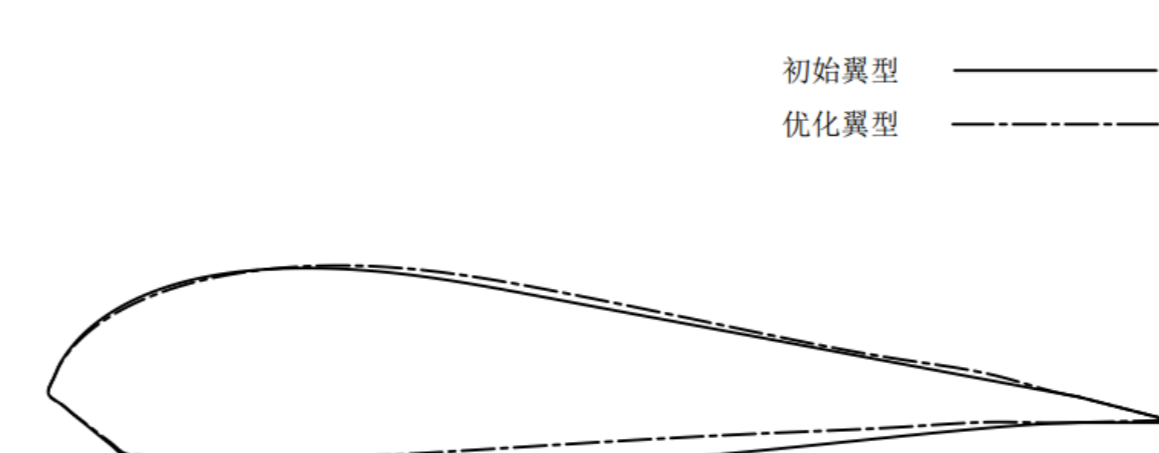


图6 切口翼型优化前后对比

图6为改制翼型优化前后的外形对比图, 从图中可以看出优化后的翼型较优化前弯度增加, 最大厚度的位置前移。这也能解释优化翼型的升阻比的提高, 符合常规规律。

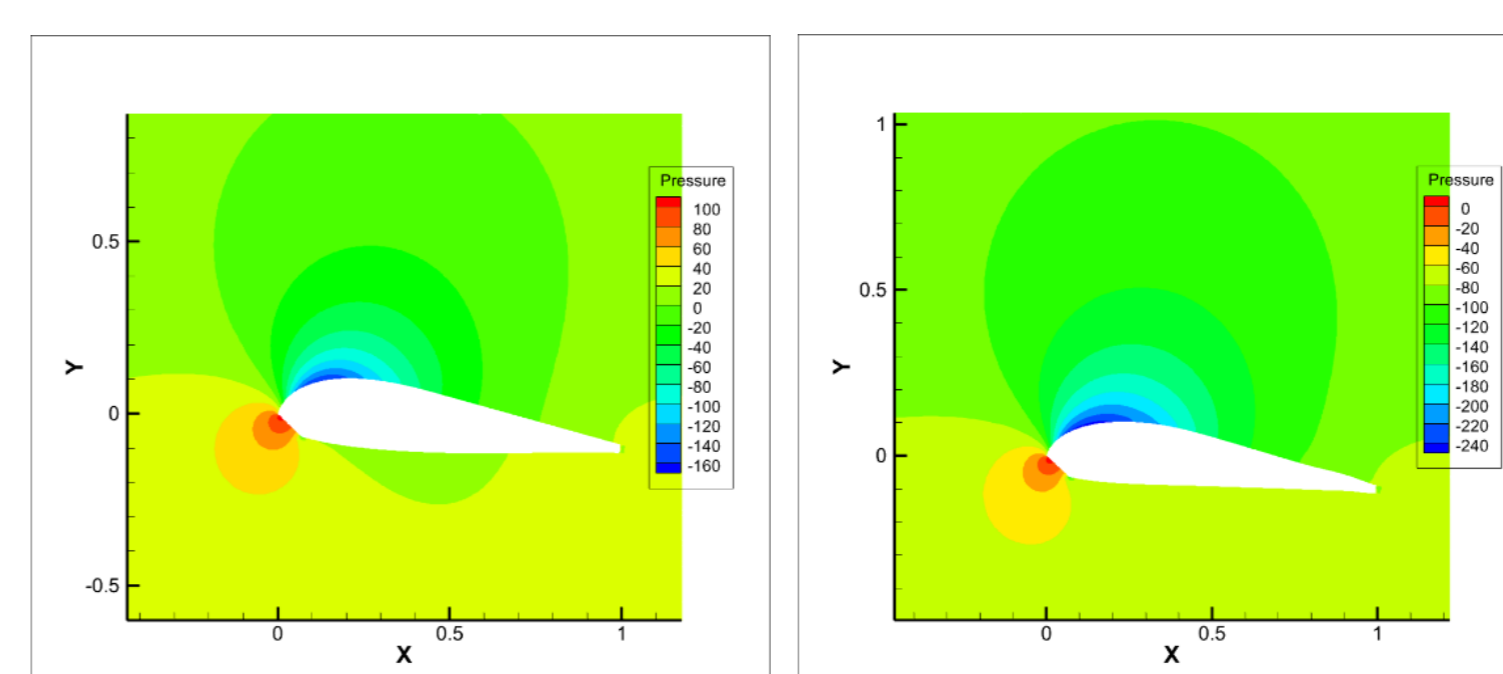


图7 切口翼型优化前(左)和优化后(右)压力场图

图7为改制翼型优化前后的压力分布, 图8为改制翼型优化前后的速度场图, 从图中可以看出, 在改制翼型优化后, 上翼面速度增大, 吸力增大, 下翼面压力增大。从结果表明, 优化后翼型的气动性能得到提高。

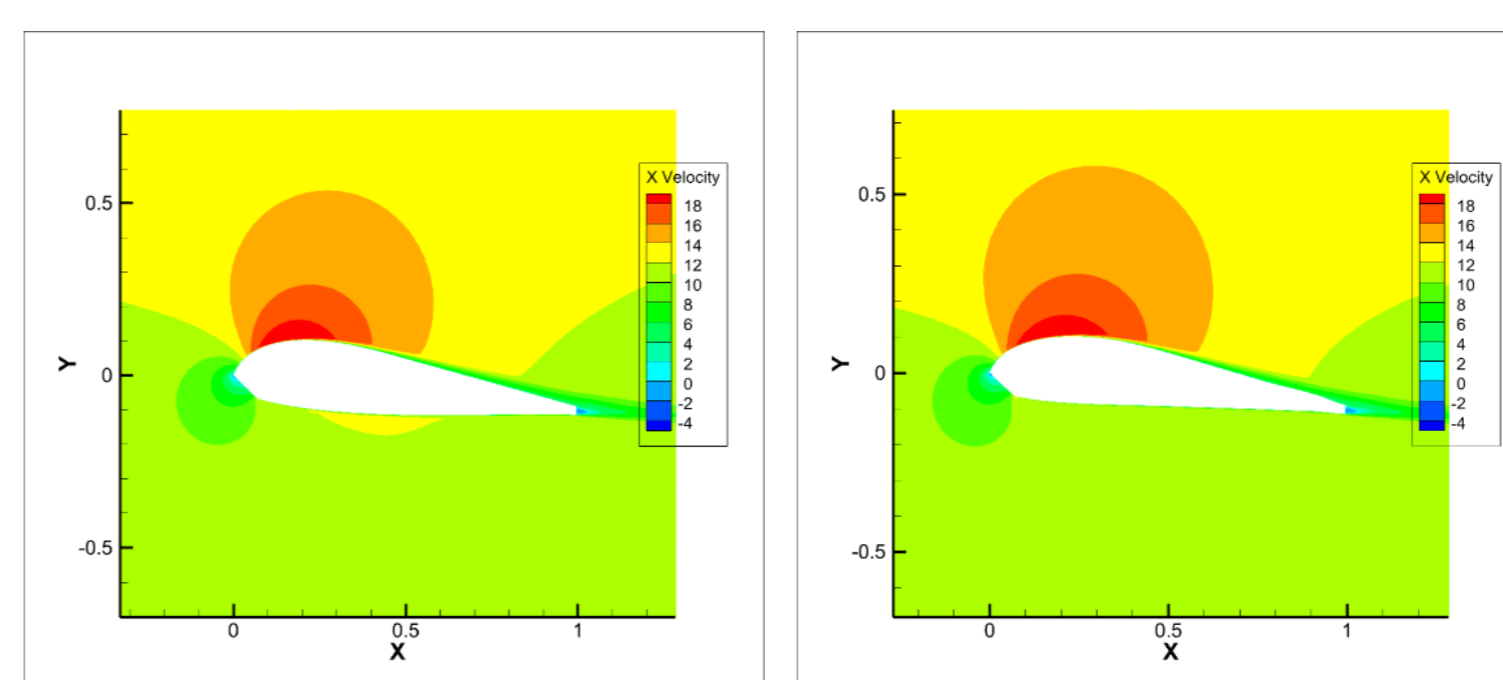


图8 切口翼型优化前(左)和优化后(右)速度场图

### 翼型切口参数的选择

对于切口翼型的优化设计属于多变量的优化设计, 为了更准确的对前缘切口的尺寸进行分析, 本文通过改变前缘切口的高度和角度这两项参数, 得到不同尺寸参数的翼型剖面, 并对这些翼型剖面进行仿真分析, 来为翼型的优化提供参考。不同切口参数的翼型如图2所示, 数值模拟后切口翼型升阻比与切口高度、角度的关系如图3-4所示。

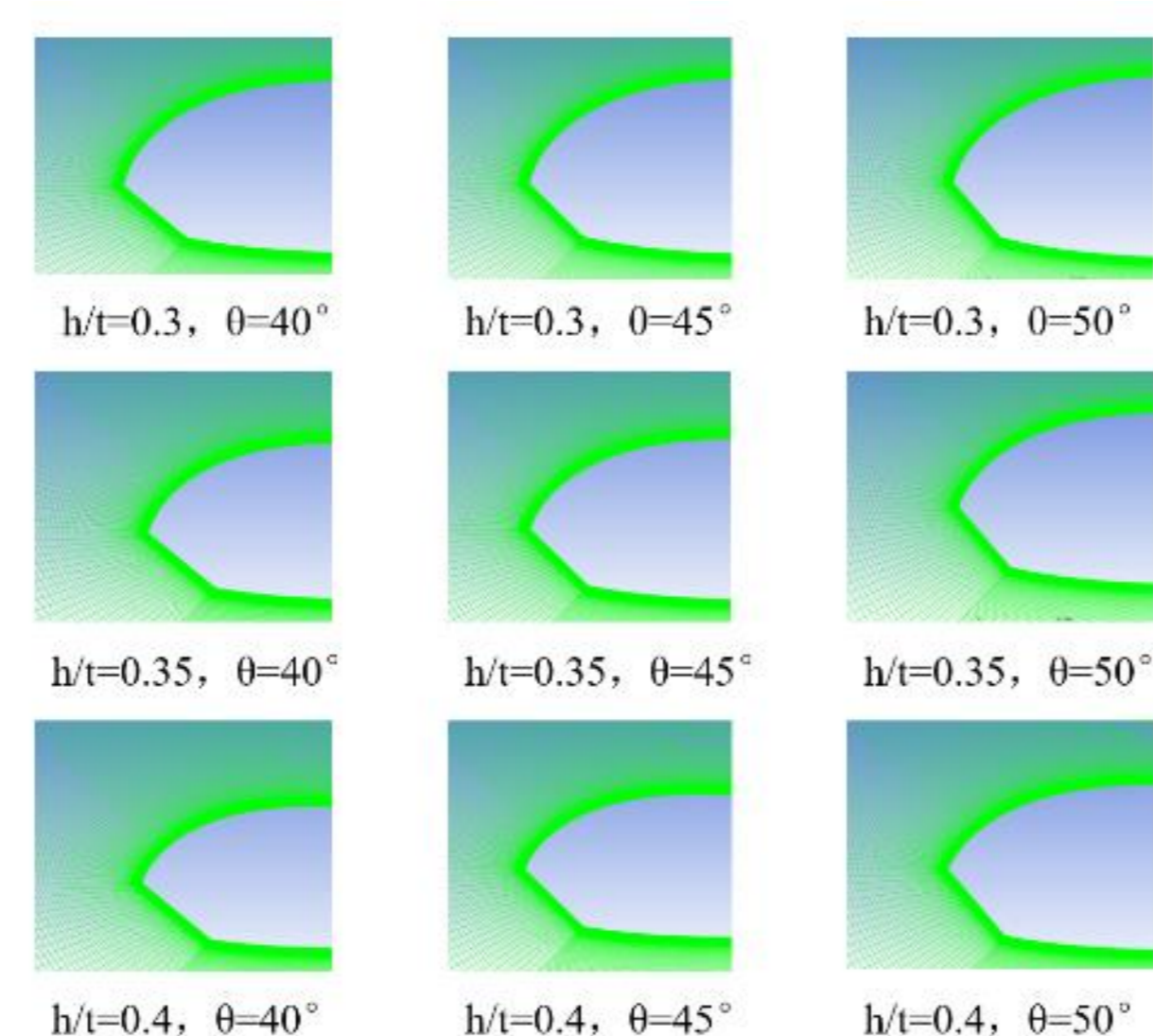


图2 不同切口参数的翼伞翼型

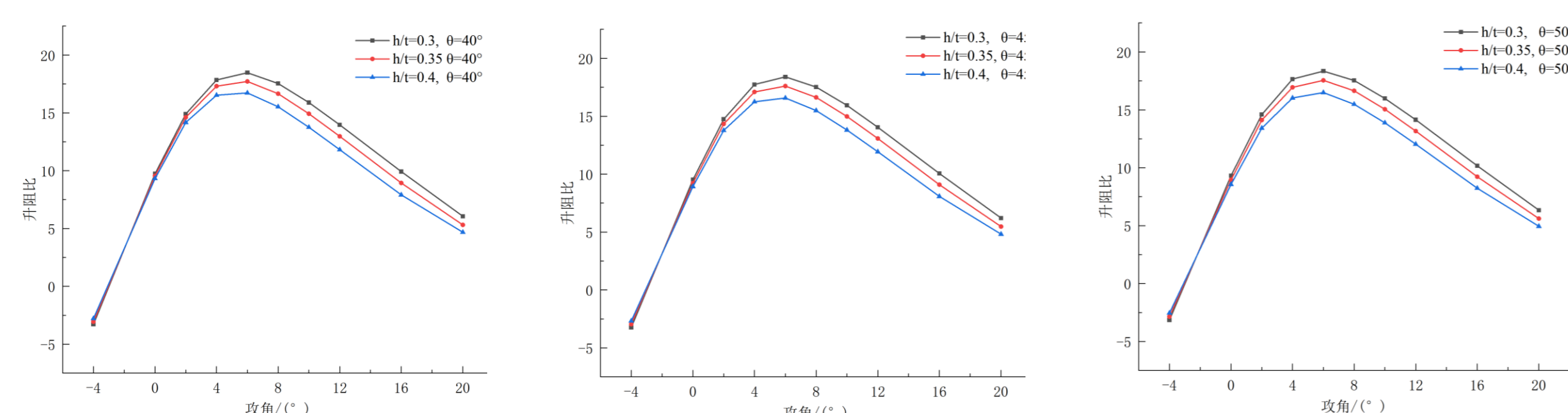


图3 切口翼型升阻比随切口高度变化关系

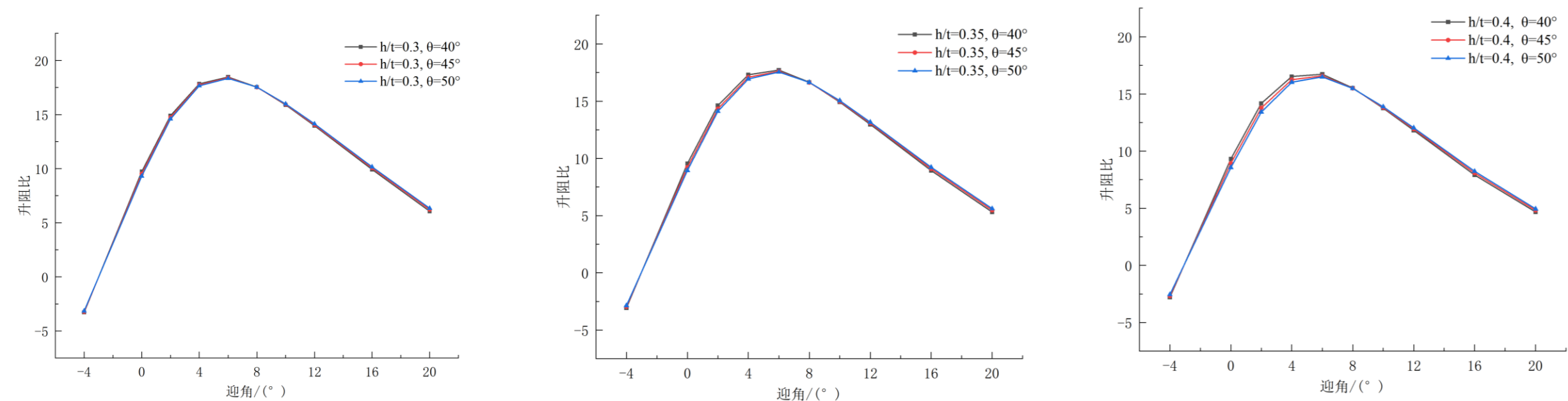


图4 切口翼型升阻比随切口角度变化关系

### ISIGHT翼型优化流程

优化流程主要由四个模块组成, 分别是翼型生成、网格划分、CFD计算、优化计算。整个的优化流程图如图所示。具体为: (1) 通过MATLAB程序结合基准翼型和型函数系数编写的翼型生成程序, 得到描述翼型外形的数据文件。(2) 使用CFD前处理软件ICEM自动划分该翼型的二维网格, 生成该翼型网格文件。(3) 通过FLUENT软件导入网格进行数值模拟。(4) 利用NSGA-II算法生成新一代种群个体, 得到新的型函数系数。

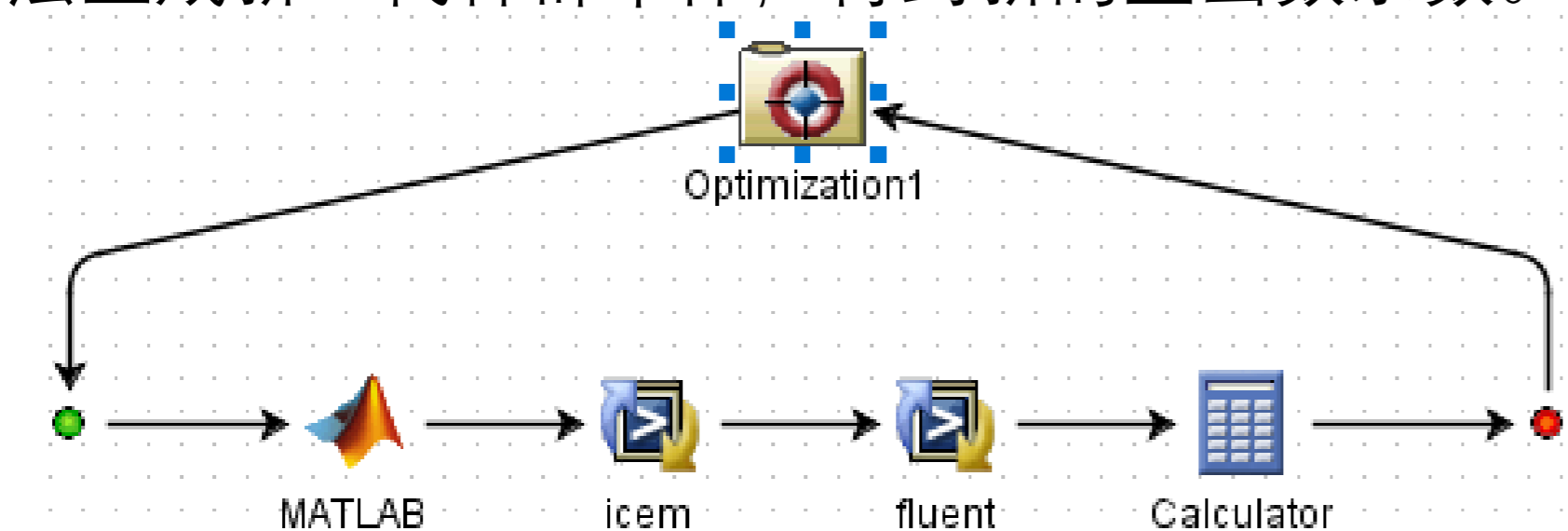


图5 切口翼型ISIGHT优化流程

### 翼伞设计及气动特性

伞衣面积	展弦比	下反角	平均弦长	后缘前掠角	前缘后掠角
30.8m <sup>2</sup>	3.5	22°	2966mm	5°	5°

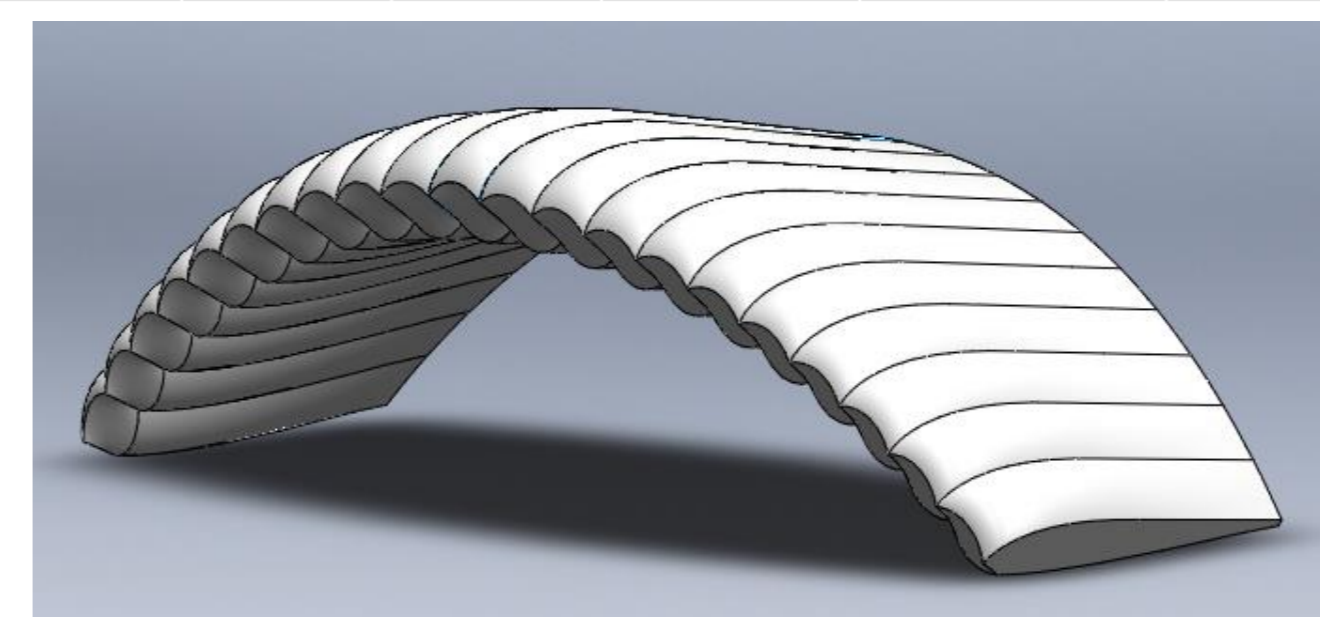


图9 翼伞模型

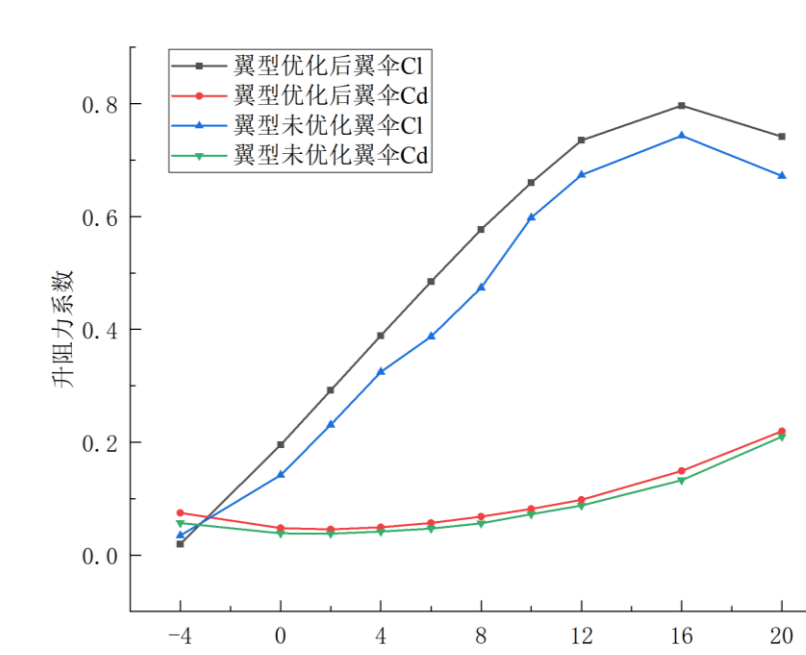


图11 优化翼伞升阻力系数对比

对于设计翼伞的结构尺寸和几何模型如表及图9所示。经过ISIGHT优化后的翼型所设计的翼伞其气动系数相比优化前如图11所示。原翼型最佳攻角大约在8°左右, 最大升阻比为8.44, 优化后翼型的最佳攻角大约在6°左右, 最大升阻比为8.55, 提升效率大约为1.3%。经过ISIGHT优化后的翼伞升力系数较优化前提升较为可观。所以通过基于ISIGHT对改制翼型的优化来提升翼伞的气动性能是可行的。

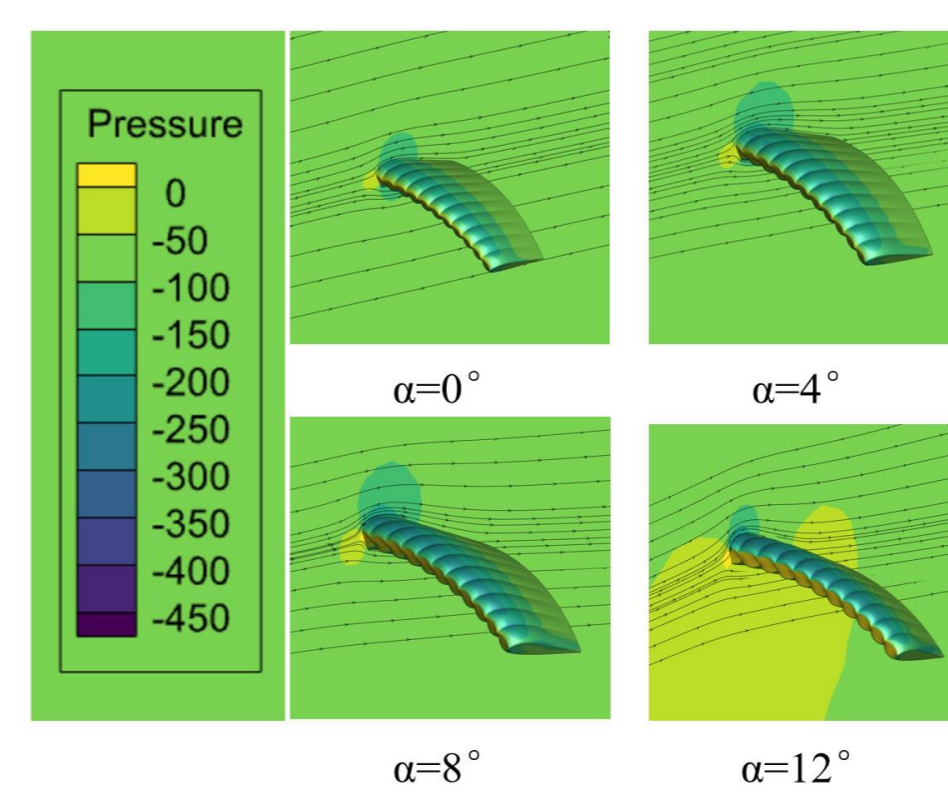


图10 翼伞压力和流场云图

图10为优化后翼伞模型绕流场的压力和流线分布情况和部分角度下沿弦向剖面的压力云图和流线图。可以看到随着迎角增大至最佳迎角, 上翼面压力减小, 下翼面压力变化较小, 翼伞的升力增加。当迎角超过最佳迎角达到12°时, 翼伞上下翼面压力增大, 尾缘开始发生流动分离现象, 造成阻力系数大幅增加, 翼伞的升阻比急速下降。随着α的增大, 翼伞前缘的压强增大。

### 结论

翼型改制设计是翼伞设计过程中关键环节, 翼型的选型和前缘切口参数会对翼伞的气动性能产生较大影响, 本文探究了前缘切口高度和角度对翼伞气动特性的影响, 在翼伞设计中具有很大的工程意义。

ISIGHT优化平台能够集成建立几何模型, CFD计算, 优化算法实现整个流程的自动化运行并寻找全局最优解。从优化结果来看气动性能得到明显提高, 是提高翼伞滑翔比的有效手段。此外, ISIGHT优化方法可从二维改制翼型推广到翼伞外形, 实现多目标多学科设计优化。