翼展、迎风角可调的翼类机构运动学及动力学分析

**一、研究背景及意义**

翼类机构通常是指那些模仿鸟、昆虫或者其他能飞行动物的翅膀结构和功能而设计的机械系统。这些机构在机器人学、航空与航天工程以及生物力学等领域中有广泛的研究和应用。可伸缩翼机构是一种特别的翼类机构，其设计灵感同样来源于自然界，特别是观察到某些鸟类和昆虫能够在飞行中改变翼展（翅膀的开展宽度），以适应不同的飞行条件。可伸缩翼机构可以帮助飞行器在不同的航速、飞行阶段或任务需求下保持最优的空气动力学性质，从而提升总体的飞行性能。可变翼展的设计可以在不升高功耗的情况下，实现在巡航阶段的低阻力和在起降或低速阶段的高升力，从而降低能源消耗。对于小型无人机而言，在城市峡谷或森林等复杂地形中执行任务时，能够根据需要调整翼展将是巨大的优势。像鸟类和昆虫那样改变翼展的飞行器可以拥有更好的机动性，这对于军事或特殊民用任务（比如精准农业、灾难搜救）来说十分重要。本文对可伸缩翼中的主要收缩机构及迎风角调整机构的组合体做运动学验证及动力学仿真以进一步认识和了解此类机构的工作原理。

**二、翼类机构的基本构型**

本次分析所用到的模型主要由可伸缩的剪叉机构及可进行迎风面调整的前后两个升降推杆组成。

|  |
| --- |
|  |
| 图1 翼类机构的基本组成构型图 |

**三、模型加载及边界条件**

对于模型中可伸缩的剪叉机构部分，剪叉中铰链部分通过LS-DYNA中的joint\_revolute建立铰链连接以模拟物理中剪叉与销钉形成的铰链。本次分析在剪叉机构末端施加正负400mm的位移驱动以模拟其收缩及展开400mm的过程。对于模型中的可调迎风面部分，使用了两个升降电动推杆，其大负载的特性使其既可以作为承载结构也是迎风面调节机构。并在电动推杆连接的两端设计了球头铰链连接，以实现整个迎风角调整过程中各结构间的解耦。在CAE模型中电动推杆处添加joint\_translational移动副连接以模拟其移动，同时球头铰链处使用joint\_spherical球头副连接。对前后升降电动推杆施加一上一下的位移驱动从而实现迎风角的调整。

|  |
| --- |
|  |
| 图2 模型的加载及边界条件 |

|  |
| --- |
|  |
| 图3 模型中运动副连接示意图 |

**四、分析结果**

在剪叉机构的伸缩展开分析过程中并未出现明显的运动错误，验证了所建模型的准确性以及整个机构设计的可行性。剪叉机构在收缩及展开过程中机构的最大应力主要集中在剪叉机构的中间铰链附近，这也是符合剪叉机构的力学特性的。运行过程中最大应力为578.4MPa，在常见合金钢材的屈服强度之下。对于迎风角调节部分，为了便于观察，本次分析设计了较大迎风角调节范围，实际过程中可根据需求设计合理的迎风角调节范围。电动推杆运行过程中最大应力出现在推杆加载处附近，最大应力为731.3MPa，由于实际过程中电动推杆为丝杠的结构形式，CAE建模过程中因丝杠形式的结构细节受力较复杂，所用直接用的圆柱轴替代丝杠分析，但分析结果仍在合理范围内。

|  |
| --- |
| 图表  描述已自动生成 |
| （a）初始位置 |
| 图表  中度可信度描述已自动生成 |
| （b）收缩400mm后 |
|  |
| （c）展开400mm后 |
| 图4 模型中可伸缩的剪叉机构在初始、收缩400mm以及展开400mm位置云图 |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| （a）初始位置 | （b）迎风角调整后 |
| 图5 模型中迎风角调整前后云图 | |

|  |
| --- |
|  |
| （a）剪叉机构部分 |
| 图示  描述已自动生成 |
| （b）升降电动推杆部分 |
| 图6 模型在收缩展开及迎风角调整过程中的应力云图 |

本文分析了可伸缩翼类机构的简单组合体，使得自己对此类结构的工作原理、运动及受力情况有了进一步的认识，期间学习了有限元分析中常用的运动副的使用和创建，也进步巩固了自己对机构运动学、动力学的分析流程。