

ANSYS CFX 对飞机气动阻力的精确模拟

Florian Menter, Robin Ianttry 美国 ANSYS 公司

计算流体动力学(CFD)现在已经广泛应用于航空、航天工业的概念、预研和工程设计阶段来评估气动性能。现在先进CFD技术和计算机能力使得在短时间来模拟整架飞机,对设计周期有重要影响。

公认CFD对评估气动特性(诸如升力或阻力)随设计的改变是很有价值的。然而,对于准确预测气动特性(尤其是阻力)的绝对值还有很多不确定性。由于缺乏可信度,当前CFD主要作为筛选大量潜在设计的工具。因此如果能够准确进行气动计算,CFD将是大量风洞气动特性测试和性能计算的最佳候选者。

减少设计周期和降低试验验证的费用希望准确预测气动特性的绝对值。第二届AIAA阻力预测研讨会的目的是评定当前CFD软件的情况,来增加使用这种技术预测复杂飞行器外形气动性能的可信度。

在最近三年时间内,AIAA(美国飞机工业协会)举办了第二届研讨会,目的是评估当前的CFD方法对整机气动力的模拟精度。2001年的第一届的研讨会会有18家CFD软件参加,测试模型采用了DLR-F4翼身组合体,网格由ANSYS ICEM CFD提供。当时不同软件给出的结果相差很大,甚至采用同样的湍流模型后,不同软件给出的结果仍然相差很大。因此AIAA决定举办第二届研讨会,测试内容相同,但测试模型改为DLR-F6。

AIAA于2003年6月21日在美国奥兰多举办了第二届研讨会。测试模型选用了DLR-F6翼身组合体(WB)和DLR-F6翼身发动机挂架组合体(WBNP),测试目的是比较不同软件对一系列攻角状态下两种外形的气动阻力、升力、俯仰力矩的计算准确度。

为了保证模拟结果的质量,AIAA要求参加测试的软件必须计算不同网格密度下的结果。所有的软件都统一采用ANSYS ICEM CFD划分的网格。对DLR-F6翼身组合体(WB)外形,网格数量分别为3450000(粗网格),5820000(中网格),10130000(密网格);对DLR-F6翼身发动机挂架组合体(WBNP)外形,网格数量分别为4890000(粗网格),8430000

(中网格),13690000(密网格)。

由于风洞试验模型采用了转捩带,计算过程也考虑了层流到湍流的转捩。网格密度测试发现对中网格和密网格来讲,所有的主要结果参数都改变很小。本文显示的结果都是基于中密度网格计算的。

数值方法

在这次测试中,ANSYS公司采用CFX-5.6完成了所有状态的计算。CFX-5的特点是采用了当今CFD发展的最先进技术,即全隐式多重网格耦合求解器。作为压力基的方法,CFX-5的全隐式多重网格耦合求解器已被证明对测试案例能得到高质量的收敛结果,此外,CFX-5中的物理模型是高度优化的。本次计算采用了SST湍流模型以及自动壁面函数。

计算结果

ANSYS CFX的模拟结果在整个测试攻角范围内都和试验值吻合得很好。奇怪的是,大多数其它CFD软件的计算结果很难和试验值吻合。对飞机来说,阻力比升力小一个量级,因此,阻力比升力明显地要难以模拟。而ANSYS CFX给出的阻力计算结果表明,两种外形所有测试攻角范围内都和试验值吻合得很好,ANSYS CFX计算的所有工况中,阻力和试验值的最大误差在没有发动机时为3.2%,有发动机时是5.5%,此外,对由于挂架和发动机引起的附加阻力也模拟得相当准确。AIAA的评估结果认为,ANSYS CFX完全达到了他们的评估要求,与参与测试的其它软件相比,表现优异。

收敛性能

飞机全机气动计算的主要障碍之一是计算机资源的消耗较大,因此,高效率的收敛性能显得非常重要。ANSYS CFX在本次计算中,所有的工况都在100步到150步之间就迭代收敛了。这也是所有参加测试软件中迭代步数最少的一个软件。

结论

ANSYS公司的CFX软件成功地完成了AIAA的气动力计算测试。这也表明基于压力方法的CFD软件非常适合跨音速流动的气动计算。在参加测试的25个软件中,CFX的计算结果一致性非常出色,和试验值吻合得很好。