

对中国航空工业空气动力研究院自主研发的航空数值计算平台 ENSMB 的开发和验证情况进行了介绍。ENSMB 计算平台基于有限体积方法,其控制方程为 RANS,计算采用分区多块结构网格。该平台的开发主要面向航空大规模 CFD 计算应用,可以模拟自由流、带喷流物体、风洞流场等定常/非定常流动。列举了 ENSMB 平台部分算例的验证情况。

关键词: ENSMB 计算平台, CFD 软件开发, CFD 验证

MS36

CCTAM2009-003858

柔性体涡诱导振荡的流固耦合模拟

王士召, 何国威, 张星

中国科学院力学研究所非线性力学国家重点实验室
北京 100190, wangsz@lnm.imech.ac.cn

柔性体一流体的相互作用是工程实际中经常遇到的问题。近年来,仿生学研究和微型飞行器的发展使柔性变形、复杂的几何边界形状和扑动/振动与流场作用相互联系在一起,如:鱼类游动和鸟类扑翼飞行推进机理研究以及机器鱼、微型飞行器的设计和控制等。这是一类典型的多物理场耦合现象。控制方程的强非线性使这类问题的理论分析面临很大的困难,同时,柔性结构与流场的相互作用使实验研究中结构约束装置引起的流场扰动对结果影响很大。另外接触式测力/运动方法对柔性结构刚度分布的影响也是用实验方法研究中的难点。目前,数值模拟方法是处理这类问题的一种有效的方法。现有的数值方法中,非结构网格方法可以方便地描述复杂的几何边界,但这种方法处理柔性变形和大幅运动时需要网格变形或网格重新生成,计算量大。该文利用非结构网格和重叠网格相结合的方法处理柔性变形。这种方法可用局部的子网格变形方法减小网格调整的计算量,而且还可方便地处理生物自推进等存在大幅运动的问题。

研究方柱后细长柔性体的涡诱导振动问题。采用不可压缩 Navier-Stokes 方程来描述流体运动,采用 Euler-Bernoulli 梁方程来描述方柱后细长柔性体的变形。流体控制方程采用非结构网格的有限体积方法求解。柔性体控制方程采用有限差分方法求解。边界运动后的网格变形由基于 Delaunay 图映射的快速网格变形方法实现。流体和运动边界采用松耦合的方式处理。

分析了密度比和弹性模量对于振动特性的影响,重点考查了涡脱落频率与振动模态的关系。在所处理的柔性体几何形状和流动参数下,通过数值实验我们发现柔性梁和流体密度比较大和柔性梁刚度系数较大时,松耦合的求解方法可以得到满意的解,当柔性梁和流体密度比小于 10.0 时,松耦合的解很容易发散,需要使用紧耦合方法,这时计算量会成倍增加。大致给出了松耦合适用的临界条件(范围),为实际模拟中耦合方法的选择提供了有价值的参考。中科院创新项目(KJJCX-SW-L08, KJJCX3-SYW-S01), 973 项目(2007CB814800), 自然科学基金项目(10628206, 10732090, 10872201)资助

关键词: 流固耦合, 涡诱导振荡, 柔性变形

MS36

CCTAM2009-003859

局部加热圆柱绕流的数值研究

辛晓峰, 柳阳, 孙德军

中国科学技术大学近代力学系, 合肥 230027

在空气中通过对圆柱加热可以降低 Kármán 涡街的脱落频率和圆柱上的升阻力,在某些温度下甚至可以完全抑制住 Kármán 涡街的脱落。正是由于圆柱绕流问题对温度具有很强的敏感性,该问题的物理机制甚至物理现象依然不十分清楚。已有的实验和数值计算一般都是考虑圆柱整体加热的情况,而忽略了加热位置不同对加热圆柱绕流问题的影响。采用圆柱局部表面加热的方法进行流动控制,以求对加热的物理机制能有更进一步的认识。

对于加热圆柱绕流问题,由于温度对密度分布的影响很大,原问题就不能再采用不可压缩假设了,这个时候应该把密度作为变量来求解,也就是说采用可压缩算法来计算该问题是最适合的。求解的是一般曲线坐标系下的量热完全气体可压缩 Navier-Stokes 方程组,其黏性系数由层流 Sutherland 公式给出。在圆柱壁面上使用的是无滑移边界条件和等温壁边界条件。计算采用结构化的 O 型网格,边界层内径向最小网格为 0.001D(D 为圆柱直径),并且程序采用并行计算方法。

着重计算了 $Re = 60$, $Mach = 0.2$, 不同加热比 $T^* = T_w/T_{inf}$ ($T_{inf} = 293.15K$) 下的局部加热圆柱绕流问题。通过观察升力系数幅度(CL)的大小变化,研究加热对 Karman 涡街的抑制作用。结果表明,加热方式的不同,特别是在不同位置加热,对 Karman 涡街的控制效果有着很大的影响。

首先,对圆柱表面进行整体加热。由于加热可以改变圆柱附近流体的物理性质:密度变小、黏性变大,因而使得圆柱绕流趋向于稳定。在高于临界加热比 $T^*c(Re = 60$ 时 $T^*c=1.485$; $Re = 80$ 时 $T^*c=2.287$) 时,可以完全抑制 Karman 涡街的脱落,流场趋于定常。这和已有的文献结果是相符的。

然后,我们通过局部表面的加热来进行流动控制。结果表明,在不同位置的加热,对流动的稳定性有完全不同的效果。有的位置(III 区)加热对 Karman 涡街的抑制作用很强;有的位置(I 区)则很弱;甚至有的位置(II 区)加热则反而会促进 Karman 涡街的脱落,与整体加热可以抑制 Karman 涡街脱落的认识正好相反。

局部加热圆柱可以抑制 Karman 涡街的脱落也可以激励 Karman 涡街的脱落,在激励 Karman 涡街脱落的位置降温则可以抑制 Karman 涡街的脱落。在适当位置加热、适当位置降温可以得到比单纯加热圆柱更好的抑制 Karman 涡街的效果。

MS36

CCTAM2009-003860

珠江河口二维整体数值模拟及其西北江主要分流比研究

许炜铭, 包芸

中山大学力学系, 广州 510275