

# 流固耦合力学应用情况综述

张代齐 张江波

中建长江建设投资有限公司 四川成都 610000

【摘要】本文简要介绍了流固耦合力学的研究背景、定义及分类,综述了流固耦合力学在几个重要领域中研究与应用情况的进展,并对其用于冲刷计算进行了展望。

【关键词】流固耦合,应用,冲刷

## 1 流固耦合力学概况

### 1.1 定义和特点

流固耦合问题可由其耦合方程定义,这组方程的定义域同时有流体域与固体域。而未知变量含有描述流体现象的变量和含有描述固体现象的变量,一般而言具有以下两点特征:

- 1) 流体域与固体域均不可单独地求解;
- 2) 无法显式地削去描述流体运动的独立变量及描述固体现象的独立变量。

### 1.2 流固耦合分类

近些年来流固耦合理论在土木工程领域尤其是大跨空间结构(如索膜结构)的风致响应分析领域的应用越来越广泛,并形成了较多的研究成果。1975年Kunieda采用势流理论分析了悬挂屋盖和双曲薄膜屋盖结构的颤振问题。1981年Irwin对加拿大蒙特利尔奥林匹克的可伸缩膜结构屋盖结构进行了气弹模型风洞试验研究。1986年Nakayama等研究了流固耦合作用对半球状充气膜结构的影响;Kawamura也研究了流固耦合作用对充气膜结构的影响,对气弹模型和刚性模型均进行了风洞试验研究;Uematsu对悬索屋盖的气弹响应性能进行了分析。1997年Sygulski应用不可压势流理论对膜结构失稳的发散形式和颤振形式以及无量纲稳定分析进行了研究。1999年Kawai应用自由振动实验与强迫振动实验分析了大型悬挑屋盖的气弹特性及质量、俯仰角和阻尼比等参数对风致振动的影响。2001年Zhang采用ALE有限元法计算在结构屈曲和流场变化较大的情况下的流固耦合问题,并采用了某种稳定的强耦合算法来保持运算的较高的数值稳定性。2002年Hubner采用强耦合算法模拟了二维轻质膜结构的流固耦合问题。2003年Glück提出了用于计算轻型结构流固耦合作用的数值分析方法,且能有效地解决具有大位移的柔壳结构及膜性结构的风致振动响应问题,并采用分区耦合算法成功计算了某一膜帐篷结构在30m/s风速湍流条件下的稳态变形。Stein提出了用于流固耦合计算的自动网格更新算法(SEMMT),将耦合界面处极薄的流体单元当做固体单元的延展来处理,对于复杂几何及大位移问题有很好的适用性,利用弱耦合算法对降落伞进行了动力分析。2004年Paulo提出一种稳定有限元程序,运用自适应的时空调节策略分析了某大桥跨中主控断面在湍流中的流固耦合问题,并进行了风洞试验作对比分析。2005年Teixeira针对三维不可压缩流中柔性板壳结构的流固耦合问题提出了一种有限元分区算法。Bletzinger对轻型薄壁壳、悬挂膜屋盖及帐篷结构的流固耦合问题算法进行了处理。2006年Matthies等人深入研究了流固耦合作用的不同分区算法的计算效率问题及强耦合求解的算法。

## 2 流固耦合力学用于冲刷计算的展望

冲刷是水流在桥梁墩台、河岸、河床或其他水工结构附近搬运与挟带泥沙的过程。不同的床质具有不同的冲刷特性,非黏性泥沙河床会很容易发生冲刷,而黏性泥沙的抗冲刷能力远远高于非黏性泥沙。冲刷可分为河床自然演变冲刷、一般冲刷和局部冲刷三种情况。

上世纪七十年代后,计算机技术得到迅速发展,对桥梁墩台局部冲刷数学模型的研究越来越受到人们的重视。局部冲刷过程的数值模拟主要包括模拟结构物周围流场、泥沙运输过程、床面演化的控制方程以及相应的边界条件。

### 参考文献

- [1]宋学官,蔡林,张华. ANSYS 流固耦合分析与工程实例[M]. 北京:中国水利水电出版社,2012.
- [2]邢景棠,周盛,崔尔杰. 流固耦合力学概述[J]. 力学进展,1997,01:20-39.
- [3]钱若军,董石麟,袁行飞. 流固耦合理论研究进展[J]. 空间结构,2008,01:3-15.
- [4]袁野. 流固耦合问题研究综述[J]. 山西建筑,2016,23:44-45.
- [5]董平川,徐小荷,何顺利. 流固耦合问题及研究进展[J]. 地质力学学报,1999,01:19-28.
- [6]叶正寅,张伟伟,史爱明. 流固耦合力学基础及其应用[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2010.
- [7]陈锋,王春江,周岱. 流固耦合理论与算法评述[J]. 空间结构,2012,04:55-63.
- [8]朱文若,高忠信. 水轮发电机组流固耦合研究综述[C].//第十九次中国水电设备学术研讨会论文集,2013:169-175.
- [9]李雪梅,陈文元. 流固耦合问题计算方法综述[J]. 山西建筑,2009,29:79-80.
- [10]刘震卿. 桥梁墩台局部冲刷与 CFD 仿真研究[D]. 湖南大学,2010.
- [11]郭术义,陈举华. 流固耦合应用研究进展[J]. 济南大学学报(自然科学版),2004,02:123-126.
- [12]娄涛. 基于 ANSYS 的流固耦合问题数值模拟[D]. 兰州大学,2008.
- [13]朱洪来,白象忠. 流固耦合问题的描述方法及分类简化准则[J]. 工程力学,2007,10:92-99.
- [14]白峰涛. 流固耦合动力学及其在桥梁工程中的应用[D]. 西南交通大学,2011.
- [15]张维涛,窦广胜,齐秀云. 流固耦合动力学在桥梁工程中的应用[J]. 中国水运(下半月),2016,02:205-207.
- [16]何涛. 流固耦合新算法研究及其气动弹性应用[D]. 上海交通大学,2013.
- [17]解元玉. 基于 ANSYS Workbench 的流固耦合计算研究及工程应用[D]. 太原理工大学,2011.
- [18]张磊,郎进花,王松岭等. 流固耦合问题数值模拟算法研究进展[J]. 热力发电,2015,(1):1-7.
- [19]崔尔杰. 流固耦合力学研究与应用进展[C].//钱学森科学贡献暨学术思想研讨会论文集,2001:146-156.