

MSC Patran 集成 Fluent 的方法及其 在船舶工程中的应用

李 锋^{1, 2}, 田志锋^{1, 2}, 周 炜², 吴龙周², 冷文浩²

(1. 江南大学 信息工程学院, 江苏 无锡 214122; 2. 中国船舶科学研究中心, 江苏 无锡 214082)

摘 要: 给出将 Fluent 求解器集成到 MSC Patran 平台下的实现方法, 工程算例在集成前后的计算结果对比表明该方法在没有影响计算精度和处理效率的前提下, 易扩展、易使用等集成性能有所提高。

关键词: 求解器; PCL; MSC Patran; 数据库; 有限元

中图分类号: TP391.7; U661.4 **文献标志码:** A

Integration Method of Fluent Based on MSC Patran and Application in Ship Engineering

LI Feng^{1, 2}, TIAN Zhifeng^{1, 2}, ZHOU Wei²,
WU Longzhou², LENG Wenhao²

(1. School of Info. Tech., Southern Yangtze Univ., Wuxi Jiangsu 214122, China

2. China Ship Scientific Research Center, Wuxi Jiangsu 214082, China;)

Abstract: A way is demonstrated to integrate Fluent solver based on MSC Patran platform. And some cases are also given to show the integration and expansibility improvement of the method when the precision and efficiency is not influenced.

Key words: solver; PCL; MSC Patran database; finite element

0 引 言

MSC Patran 是工业领域最著名的并行框架式有限元前后处理及分析系统, 其开放式、多功能的体系结构可将工程设计、工程分析、结果评估、用户化身和交互图形界面集于一身, 完整分析集成能够在最短时间内根据多种类型的仿真结果对产品整体设计给出正确判断^[1, 2]。Fluent 是专业的流体计算软件, 在转捩与湍流、传热与相变、化学反应与燃烧、多相流、旋转机械、动/变形网格、噪声、材料加工、燃料电池等方面有广泛应用。过去船舶工程中流体、结构、噪声等不同研究方向之间的计算由

于受研究方法和实验室的限制, 相关性比较松散, 尤其当试验模型的结构体形很大, 且牵涉到结构、液体或空气流场的耦合振动问题时, 实验模型相似比设计将变得更为复杂, 实验成本也随之增加, 所以在试验之前尽可能多地使用 CAE 仿真分析以降低实验成本是十分必要的。文中结合舰船专家在计算流体力学 (CFD) 应用方面的宝贵经验, 借助 MSC Patran 前后置处理器, 用 Fluent 等分析工具集成的舰船 CAE 软件实现“一次建模, 多种分析”。

1 系统实现和存储机制

依据 MSC Patran 的接口规范和 Fluent 的软件

特点有如下工作要实现.

(a) 前处理: 前处理中建模、有限元化在所有使用有限元法的工程分析都通用. 但在边界、属性、工况和分析等有较大差异, 根据其专业特性和求解器要求, 使用 PCL 语言添加不同的输入参数. 如集成 Fluent 时添加的边界条件有压力、速度、质量进口等.

(b) 前处理—求解器: 需要编写后台执行程序将前处理中存放在 MSC Patran 数据库里的几何模型、单元网格、材料选取、求解方程等信息形成计算输入文件, 为 Fluent 等求解器读取.

(c) 求解器: 为工程计算的核心, 在此求解器为 Fluent.

(d) 求解器—后处理: 求解器计算完毕后都会将处理结果放到计算结果文件中, 编写 PCL 函数将读取的网格、材料设置、计算结果等信息存放到 MSC Patran 数据库中进行后处理.

MSC Patran 的数据库文件是二进制格式, 使用 PCL 和 VC++(C)操作数据时使用 (NAME, VALUE) 和 Client Data 两种方式.

(1) (NAME, VALUE) 方式

NAME 为要在数据库中存储数据的唯一标志, 使用函数 Get () 和 Write () 可以从 MSC Patran 数据库中读写数据, 如实数类型的写格式为 WriteR(param_name, real_value).

(2) Client Data 方式

Client Data 方式类似于数据结构中堆的概念, 使用 (ID, Client Label, Client Type) 方式标志一个数据集合. Label 是 MSC. Patran 数据库中数据集合的唯一标志, type 是这种数据集合的识别类型, 但是对每一个数据集合的存取借助于地址 ID 完成. 如为 Fluent 多相流中主相、次相的 type 和 Label 定义如下:

```
#define phases_set_client_type 46
```

```
#define phases_set_client_label 4600
```

主次相的数据则从 label 为 4600 开始借助下面两个函数取 client data 数据:

```
db_get_client_id_by_label(client_label, id)
```

```
db_get_client_data(client_label, id,  
client_type, ...) 获取数据.
```

2 工程示例

在 T 型管道中, 空气和水的混合物沿着管道向上流动, 管道宽 25 mm, 入口部分管道长 125 mm, 上面和旁边管道长 250 mm. 具体参数见图 1.

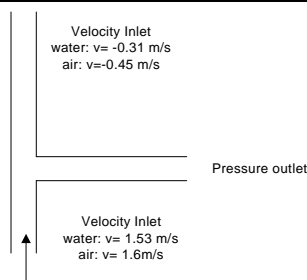


图 1 工程示例说明

使用一个多相流模型求解. 引入多相体积分数 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_q$ 和相之间动量交换的机理后使用附加的守恒方程. 其中每一相的体积分数使用下面的连续方程计算.

$$\frac{1}{r_q} \left(\frac{\partial}{\partial t} (a_q r_q) + \nabla \cdot (a_q r_q \vec{v}_q) \right) = \sum_{p=1}^n (\dot{m}_{pq} - \dot{m}_{qp})$$

质量守恒 q 相的连续方程为:

$$\frac{\partial}{\partial t} (a_q r_q) + \nabla \cdot (a_q r_q \vec{v}_q) = \sum_{p=1}^n (\dot{m}_{pq} - \dot{m}_{qp}) + S_q$$

这里 \vec{v}_q 是 q 相的速度, \dot{m}_{pq} 表示了从第 p 相到 q 相的质量传递, \dot{m}_{qp} 表示了从第 q 相到 p 相的质量传递, S_q 缺省为 0.

在 Fluent 求解器中计算设置实现过程如下:

- (1) 建模和有限元化;
- (2) 创建 LBC 边界;
- (3) 创建材料库和属性.

在 MSC Patran 材料库中添加流体计算材料. 如水的材料属性, 粘性系数为 0.001 003; 空气属性中粘性系数为 3.498e-05, 吸收阻尼系数 21.74, 传导率 5.41e-2 等. 选用属性 Fluid Stationary. 见图 2.

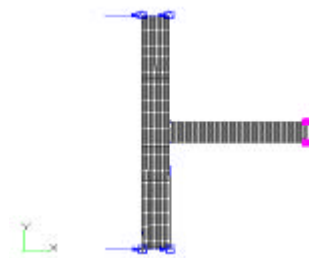


图 2 设置完边界的有限元模型

(4) 分析设置: 对 Fluent 要添加的主要是求解器、热传导、多相流模型、湍流模型、离散流模型等.

(5) 提交给 Fluent 求解器并计算: 调用后台执行程序从 MSC Patran 数据库中读取数据形成 TEE. CAS 文件, Fluent 读入该文件进行计算.

(6) 后处理: 调用编写的 PCL 函数从 Fluent 的计算结果中读取模型、网格以及计算结果等信息写入到 MSC Patran 数据库中, 使用 MSC Patran 进

行后处理(如图3)。

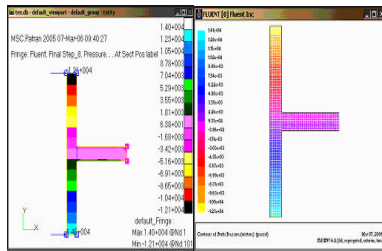


图3 MSC Patran 和 Fluent 中静压图云图

3 结 论

利用 MSC Patran 二次开发语言 PCL 开发的 Fluent 和 MSC Patran 接口, 将业界两个功能强大的软件联系起来, 充分发挥各自优势, 将给舰船结构、流体计算提供高效、适用的模型处理和前后处理手段, 方便工程分析人员的工作, 提高效率, 并有助于诸如流固耦合一类复杂问题研究的开展。

参考文献:

- [1] 马爱军, 周传月, 王旭. Patran 和 Nastran 有限元分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [2] 刘建湖, 岳茅裕, 吴有生, 等. 舰船板架空中爆炸破坏试验研究[C]// 首届船舶与海洋工程结构力学学术讨论会论文集. 九江: 中国造船编辑部 1999, 345-351.
- [3] 陈庆强, 朱胜昌. 大型集装箱船整船有限元分析计算技术研究[J]. 船舶力学, 2006, 10(1): 80-91.
- [4] 朱鸣, 段云岭. 读取 MSC Patran 数据库中的有限元信息[C]// MSC. Software 中国解决方案论文集 2000. 北京: 2000.

(编辑 廖粤新)