

文章编号: 1672 - 058X(2011)02 - 0172 - 04

基于 FLUENT 的不同内部结构液舱晃荡抑制分析

刘 桢 兵

(英国斯特拉斯克莱德大学 英国格拉斯哥 G11XQ/G13)

摘 要: 船舶液舱晃荡是一种常见的流体运动现象,通常发生在部分充满液体的液舱中^[1],诸多工程实际应用往往会涉及到液体晃荡问题;当液舱与船体运动发生耦合,将使船体运动加剧甚至倾覆,运用 Fluent 6.3 模拟了液舱在不同内部结构下的液舱晃荡抑制效果,提出了晃荡在激励下的变化规律以及抑制晃荡的改进措施。

关键词: Fluent; 液舱晃荡; 抑制; 自由度

中图分类号: U611.32⁺

文献标志码: A

在船舶工程上,由晃荡引起的自由液面的流体影响会导致船舶的操纵性和稳定性降低,同时伴随着结构上的破坏(Clearly^[2],1982; Bass 等人^[3],1980)利用 CFD 软件及 Matlab, Tecplot 等图形处理软件对不同液舱形式以及不同晃荡幅度下的液体晃荡以及自由液面进行了数值计算比较。针对矩形舱室提出了抑止晃荡的方法并进行了计算验证,并且考虑到载液船在航行中所遇到的各种特殊海况,在外加激励上选择了单自由度激励以及多自由度耦合激励的不同工况,提高了计算结果的实效性。

1 建模以及网格类型

所有的建模和网格划分都是在 Gambit 软件上完成的。Gambit 可以生成结构化网格和非结构化网格,由于使用非结构化网格来处理对计算硬件计算能力要求较高,且使用的二维模型是规则几何形状,因此计算模型采用结构化网格。此外,网格数量与时间步长的选择对数值计算是有影响的。网格数量太多时要求时间步长很小,这样会大大增加计算花费的时间;网格数量太少时计算花费的时间缩短许多,但是求解所得的结果不够精确。因此网格数量应当适中,兼顾运行的效率和结果的精度。

2 计算实例

2.1 计算模型

给定液舱模型(图 1、表 1)几种典型的舱室结构和划分,舱宽 1.5 m,高 1 m,静水位 0.8 m。考虑 4 种不同液舱结构分别为:

表 1 4 种舱室结构的划分情况

工况	横向间距/m	纵向间距/m	网格数	时间步长/s
I	0.01	0.01	15 000	0.01
II	0.01	0.01	15 000	0.01
III	0.01	0.01	15 000	0.01
IV	0.01	0.01	15 000	0.01

收稿日期: 2010 - 10 - 09; 修回日期: 2010 - 10 - 25.

作者简介: 刘桢兵(1987 -), 浙江舟山人, 硕士英国 RINA 成员, 从事船舶与海洋浮式结构物设计研究.

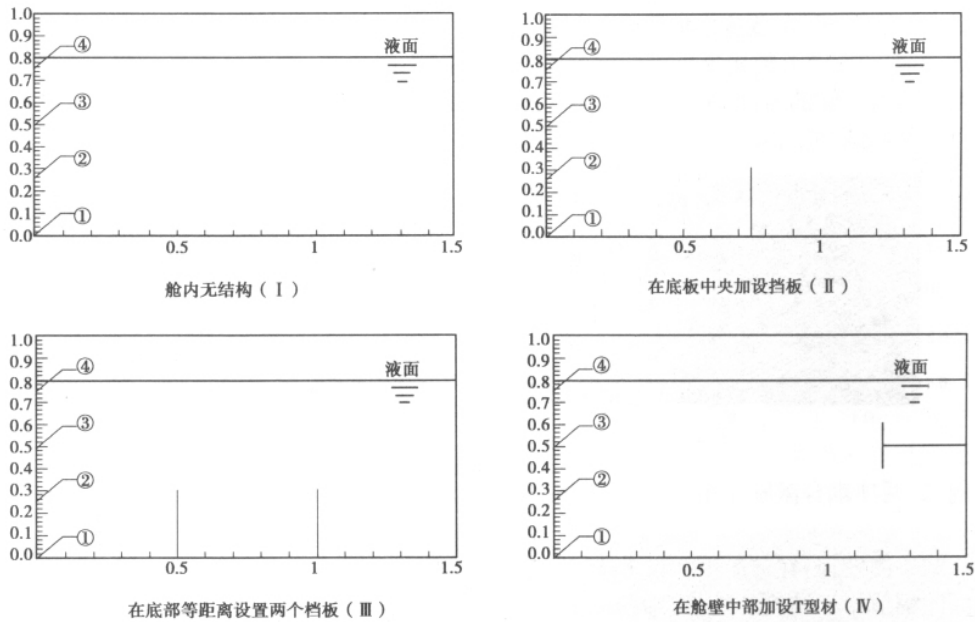


图 1 几种典型的舱室结构(单位: m)

① 舱底中部加挡板; ② 舱底等距离加两个挡板; ③ 在舱壁中部加设 T 型材。

外界激励通过 UDF 导入, 单个激励数值分别是: 外界激励的横摇幅值为 0.6° , 周期为 1 s , 摇荡中心位于舱底中部; 外界激励的横荡幅值为 0.043 m , 周期为 1.19 s , 摇荡中心位于舱底中部; 外界激励的垂荡幅值为 0.043 m , 周期为 1.19 s , 摇荡中心位于舱底中部。

算例取了 3 种不同激励耦合情况: ① 横荡; ② 横荡 + 横摇; ③ 横荡 + 横摇 + 垂荡。

3.2 计算结果及分析

由于都是在同等的条件和外部激励下, 仅仅是液舱的结构作了变化, 所以 4 种液舱结构形式(表 1)的计算结果之间具有可比性。以图 2 中红色曲线为结构 I 的压强时间历程。①②③④为压强检测的 4 个点。

(1) 算例一: 单项激励(横荡)作用。图 2 分别给出了液舱结构 I 和 II 在①、②、③、④处的压强值。

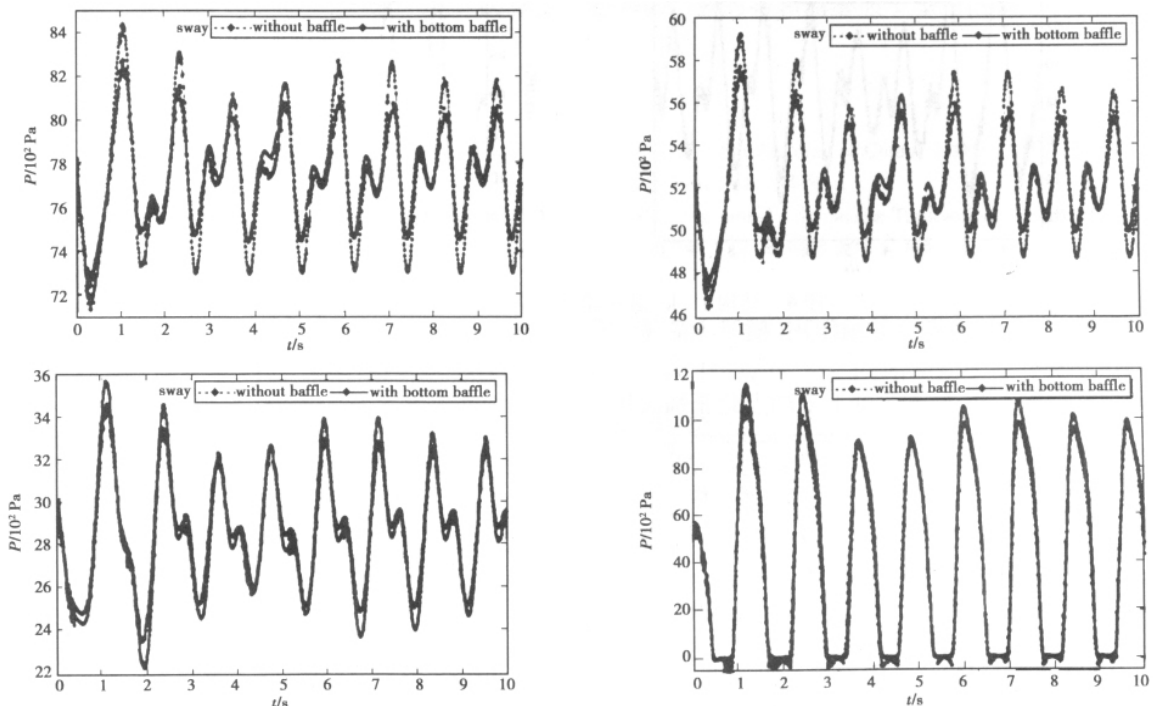


图 2 结构 I 和 II 在舱壁上不同点处压强时历

对比计算结果图发现:在液舱中加防晃挡板有制荡作用,观察图 2,发现结构 II 晃荡波面的幅值小于结构 I 的值,并且在高度方向上越接近挡板的监测点的幅值减小越明显,即防晃效果更好。由于挡板的存在,一是减缓了液体向另一侧的流动,另一个是粘性液体流动时,在挡板前后出现了旋涡,如图 3,而旋涡会耗散能量,所以加设挡板之后能更有效地抑制液舱内的晃荡^[4]

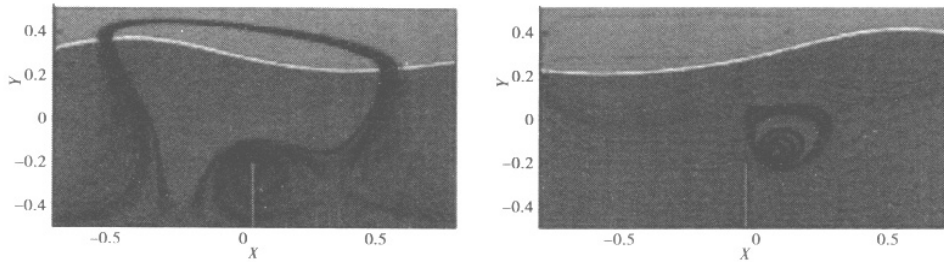


图 3 舱内流线图

(2) 算例二:两项耦合激励作用(横摇+横荡)。图 4 分别给出了液舱结构 I、II、III 在①、②、③、④处的压强值。

对比计算结果图发现:在液舱中加设多于一个防晃挡板有更好的制荡作用,观察图 4,很明显地发现结构 III 晃荡波面的幅值小于结构 II 的值,即防晃效果更好。多个挡板减缓了液体向另一侧的流动,更容易使粘性液体流动时在挡板前后出现旋涡,所以加设多个底部挡板能更有效地抑制液舱内的晃荡。

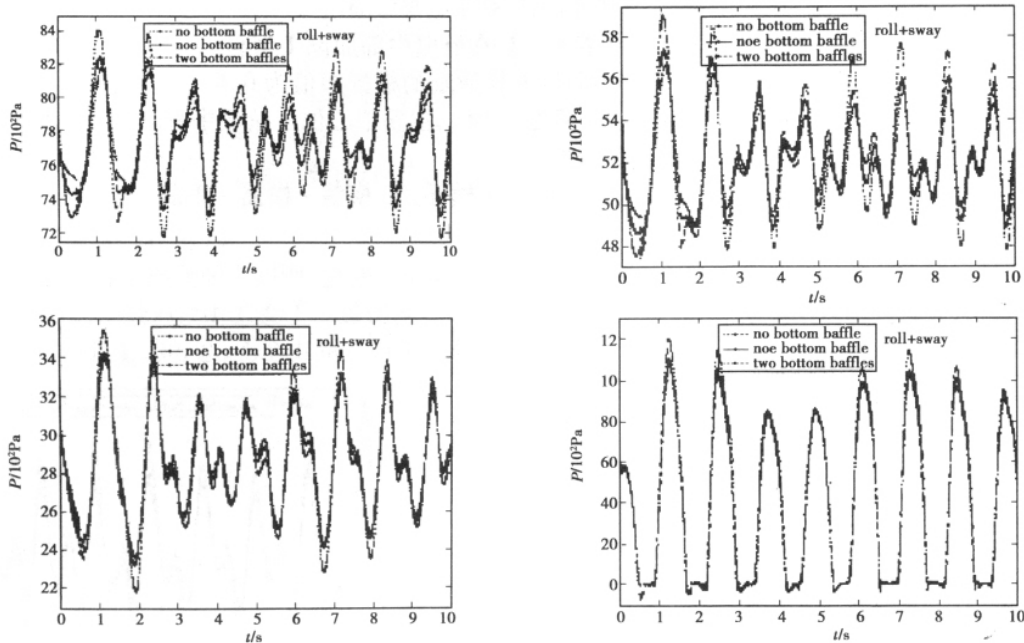
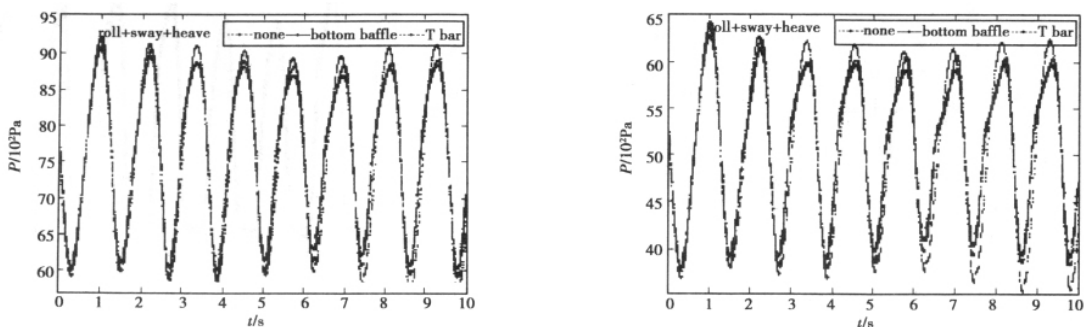


图 4 结构 I、II、III 在舱壁上不同点处压强时历

(3) 算例三:三项耦合激励作用(横摇+横荡+垂荡)。图 5 分别给出了液舱结构 I、II、IV 在①、②、③、④处的压强值。

图 3-5 结构 I、II、IV 在舱壁上不同点处压强时历。



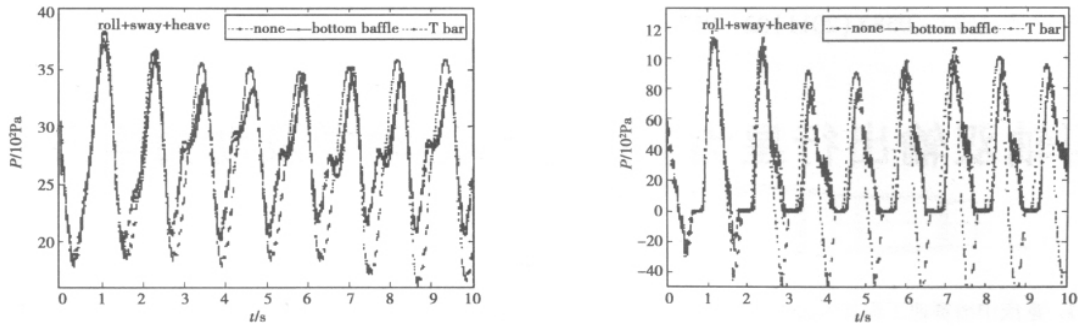


图 5 结构 I、II、IV、在舱壁上不同点处压强时历

在舱壁中央加设 T 型材后, 对比计算结果图, 发现这样做不仅没有制荡的效果, 反而加剧了液舱内的晃荡, 各点处的压强值均比没加的情况来得大。这是由于 T 型材的面板相当于一块挡板会对运动的来流施加一个反冲击力, 故在各点处的压强值都有所增大, 如图 6。

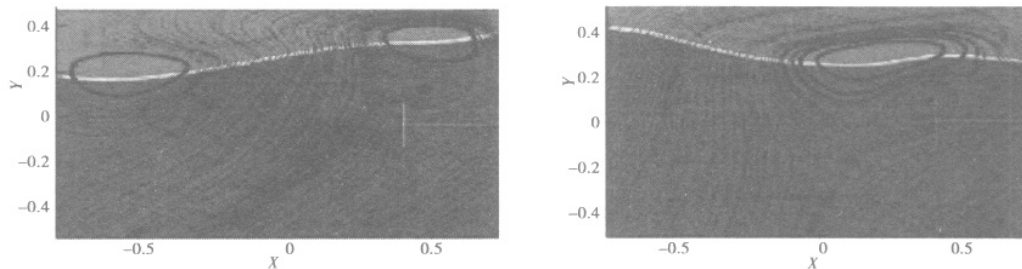


图 6 舱内流线图

3 结 语

通过对底部中部加刚性挡部、底部等距离加刚性挡板、侧壁加 T 型材进行了计算和数据比较, 得出了较为理想的结果。利用 Tecplot 的流线绘制功能, 验证了底部加挡板的利和侧壁加 T 型材的弊, 同时挡板的数量越多, 效果越好。

参考文献:

- [1] ZHU R, WU Y, INCECIC A. Numerical simulation of liquid sloshing [J]. Shipbuilding of China, 2004(2): 18-23
- [2] CLERY W A. Subdivision stability liability [J]. Marine Technology, 1982, 18: 38-50
- [3] BASS R L, BOWLES E B, COX P A. Liquid dynamic loads in LNG cargo tanks [J]. Sname Transactions, 1980, 88: 103-126
- [4] 侯玲. 液舱晃荡与弹性防晃结构的相互耦合作用研究 [D]. 硕士学位论文, 江苏科技大学, 2009

Analysis of Restraining Sloshing in Liquid Tanks with Different Inner Structure Based on Fluent LIU Zhen-bing

(University of Strathclyde, Department of Naval Architecture and Marine Engineering, Glasgow in UK)

Abstract: As a common phenomenon in liquid motions, sloshing usually happens in a partially-filled liquid tank of moving ship.^[1] Liquid sloshing is associated with various engineering problems. When coupling with ship motions, liquid tank can cause violent motions and even capsize under extreme conditions. Based on Fluent6.3, the effects on restraining the liquid tank sloshing are simulated. The different trends of sloshing under excitation and the improving methods for restraining sloshing are pointed out.

Key words: Fluent; liquid tank sloshing; restraining; degree of freedom

责任编辑: 田 静