

基于 CFX-ANSYS 的灌装头斜 T 型管接头的流固耦合分析

丁毅, 陈立民

(陕西科技大学, 西安 710021)

摘要: 由于灌装阀接口的结构会对灌装的速度和精度产生影响, 针对这个问题应用 CFX-ANSYS 对灌装头的斜 T 型管接头进行了双向流固耦合分析, 得到了斜 T 型管接头在灌装过程中的应力、应变以及管内流体的流动特性的变化。分析结果对灌装系统中的斜 T 型管接头的优化设计及使用维护, 有一定的指导作用。

关键词: CFX-ANSYS; 灌装; 斜 T 型管接头; 双向流固耦合

中图分类号: TB486⁺.03 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)15-0085-03

Flow-Structure Interaction Analysis for the Inclined T-tube Joint of Filling Head Based on CFX-ANSYS

DING Yi, CHEN Li-min

(Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: The structure of filling valve joint can affect the filling speed and precision. CFX-ANSYS method was used for flow-structure interaction analysis for inclined T-tube joint of filling head, and the stress, strain and fluid flow characteristics of the tube in the filling process was obtained. The analysis results can be guidance for the optimization design and maintenance of inclined T-tube joint.

Key words: CFX-ANSYS; filling; inclined T-tube joint; FSI

灌装头是灌装机构的重要组成部分, 灌装过程中流体与管道之间会产生流固耦合现象^[1], 流固耦合力学的一个重要特征是两相介质之间的相互作用。在流体载荷作用下固体会产生变形或运动, 而这种变形或运动又反过来作用于流体, 从而改变流体载荷的大小和分布, 这种相互作用将在不同条件下产生各种各样的流固耦合现象^[2]。笔者尝试采用 CFX-ANSYS 方法, 实现对灌装头斜 T 型管部分的双向流固耦合分析, 以得到斜 T 型管的应力、应变、变形及管内流体的流动特性。

1 流固耦合分析方法

1.1 双向流固耦合的基本原理

双向流固耦合的大致流程是^[3]: 计算流场和固体结构, 再通过中间平台交换耦合量。在每次迭代中, 分别进行一次固体计算和流体计算, 并交换 2 次数据(每个方向各一次), 一直到最终收敛。这种通过交换耦合边界的耦合量实现的双向耦合称为松耦合方式。

1.2 CFX-ANSYS 双向流固耦合实现形式

CFX 是集成在 ANSYS 12.0 中的流体计算软件, 虽然功能不如 fluent 强大, 但是目前只有 CFX 可以不借助第 3 方软件与 ANSYS 来实现双向流固耦合的计算。选用 CFX-ANSYS 来解决双向流固耦合问题, 且实现耦合的通讯软件为 MFX。

基本流程框架结构见图 1。

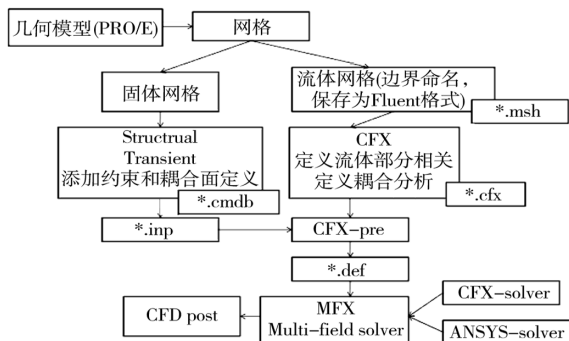


图 1 CFX-ANSYS 双向耦合流程

Fig. 1 CFX-ANSYS FSI flow chart

收稿日期: 2011-06-05

作者简介: 丁毅(1953—), 男, 山东日照人, 陕西科技大学教授, 主要研究方向为包装工艺及数字包装。

2 斜 T 型管接头建模及网格划分

由于 ANSYS 自身建模能力较弱,对于复杂模型建模比较困难,故采用 Pro/E 对斜 T 型管的物理模型进行建模,见图 2,后导入 ANSYS 中进行网格划分。

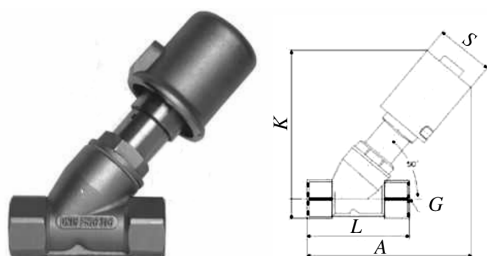


图 2 斜 T 型管的物理模型

Fig. 2 Physical model of inclined T-tube joint

网格的划分在 ANSYS 分析中是十分重要的,对于管道内的流体而言,当方向发生改变时,会对管壁施加作用力,因此在流体方向改变的部位,在划分网格时应做加密处理,使分析结果更加精确,见图 3 和 4。

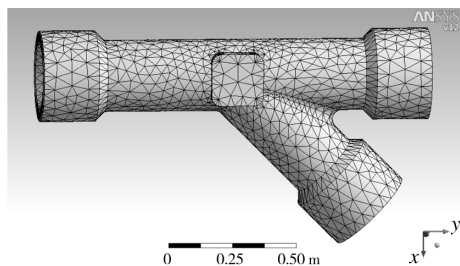


图 3 斜 T 型管网格划分

Fig. 3 Meshing of inclined T-tube joint

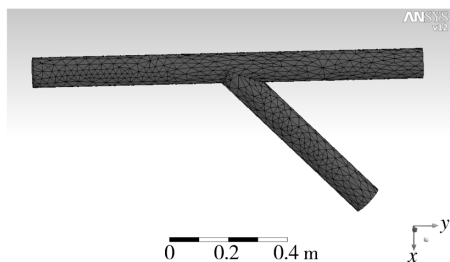


图 4 斜 T 型管中流体网格划分

Fig. 4 Meshing of fluid

定义材料属性:斜 T 型管材料为 304 不锈钢,弹性模量 $E = 1.97 \times 10^{11}$ Pa,泊松比 $\sigma = 0.3$,密度 $\rho =$

$7.93 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$;流体材料设置为水。

定义边界条件:斜 T 型管采用固定约束,流体以 10 m/s 的速度流入口,出口处相对压力为 0,流固耦合面设定为 wall^[4-5]。

3 流固耦合分析

在灌装过程中,液体会与斜 T 型管的壁面产生流固耦合,具体表现为液体对壁面产生压力使其变形,而这种变形又会反过来作用在液体上,这样就形成了流固耦合^[6]。

管道内的应变及应力云图见图 5 和 6,由 2 图可

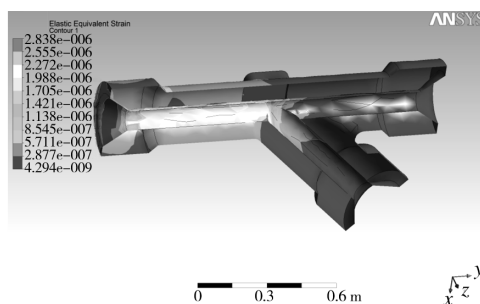


图 5 管道应变云图

Fig. 5 Strain contour of inclined T-tube joint

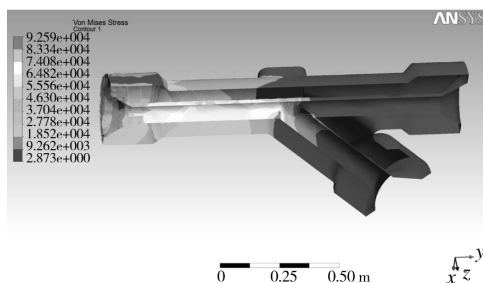


图 6 管道 Von Mises 应力云图

Fig. 6 Von Mises stress of inclined T-tube joint

知,最大应力和应变发生在拐角处,这是由于斜 T 型管的两端固定,水流的冲击和流向改变导致了拐角处附近产生较大的应力和应变^[7-8]。管道各节点位移见图 7,可知整体斜 T 型管的最大位移发生在拐角处附近。

液体各节点位移和压力云图见图 8 和 9,可知斜 T 型管中的液体的最大位移及压力发生在入口与出口附近,二者基本保持一致。

管道内液体的流速见图 10,经过拐角处后流速

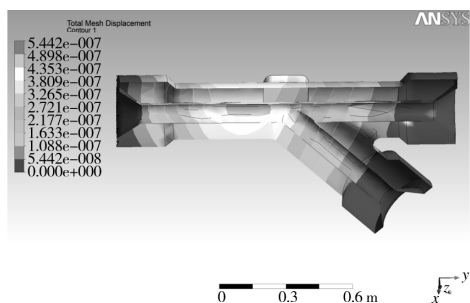


图 7 管道各节点位移

Fig. 7 Mesh displacement of inclined T-tube joint

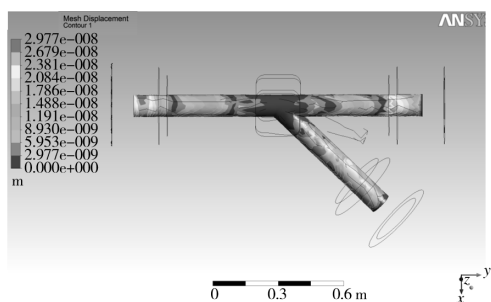


图 8 液体各节点位移

Fig. 8 Mesh displacement of fluid

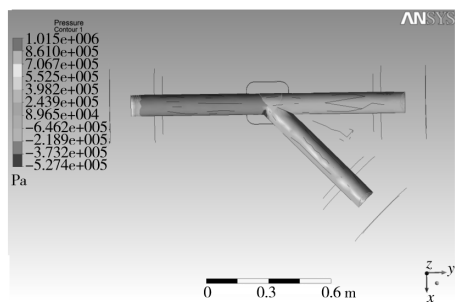


图 9 液体压力云图

Fig. 9 Pressure contour

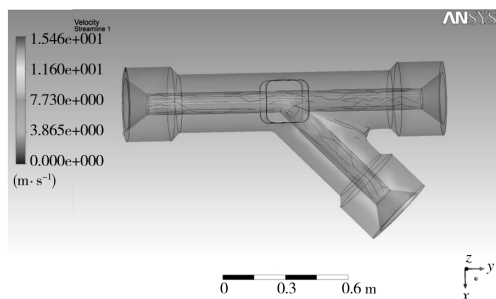


图 10 管道内各节点流速

Fig. 10 Flow velocity in the tube

做相应的处理,可使其对流速的影响降低到最小。

4 结论

1) 采用 CFX-ANSYS 进行流固耦合分析时,由于在 ANSYS 中建模比较繁琐,故采用 Pro/E 等其他建模工具进行建模,再导入 ANSYS 中进行分析,节省了建模时间。

2) 由斜 T 型管的应力和应变分析可知,最大应力及应变在拐角处产生,长时间处于这种状态可能会导致疲劳破损。

3) 流速是灌装过程中的重要指标,拐角处的结构会导致流速的变化,因此在设计斜 T 型管时应对拐角处进行结构上的优化,使得其结构对流速和精度的影响降到最低,即满足灌装速度及精度的要求。

4) 采用 CFX-ANSYS 进行双向流固耦合分析,操作比较简单,结果精确,能对斜 T 型管的应力和变形作出有效的预测,防止疲劳损害。

参考文献:

- [1] 包日东,金志浩,闻邦椿. 分析一般支承输流管道的非线性动力学特性[J]. 振动与冲击,2008,27(7):87-90.
- [2] WOOD D J. A Study of the Response of Coupled Liquid Flow-structural Systems Subjected to Periodic Disturbances[J]. ASME Journal of Basic Engineering,1968,90:532-540.
- [3] 倪栋,段进. 通用有限元 ANSYS 7.0 实例精解[M]. 北京:电子工业出版社,2003.
- [4] 费文平,杨建东,孙利华. 管道系统流体——结构耦合边界条件的分析方法[J]. 武汉水利电力大学学报,1997,30(6):10-14.
- [5] 毛中彦. 压差式负压灌装机流速系数研究[J]. 包装工程,2005,26(4):71-72.
- [6] WIGGERT D C, HATFIELD F J, STUCDENBRUCK S. Analysis of Liquid and Structural Transients in Piping by the Method of Characteristics[J]. ASME Journal of Fluids Engineering,1987(109):161-165.
- [7] 李艳华,柳贡民,马俊. 考虑流固耦合的经典管段结构振动特性分析[J]. 振动与冲击,2010,29(6):50-53.
- [8] FORBES T B, STEPHEN C T. Dynamic Behavior of Complex Fluid-filled Tubing Systems Part 1: Tubing Analysis[J]. Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control,2001,123:71-77.

会明显较小,这样会降低灌装的效率,因此对拐角处