

90°弯头优化结构流体噪声特性研究*

王艳林¹, 吴兰鹰², 王自东¹

(1 北京科技大学 材料科学与工程学院, 北京 100083

2 北京科技大学 应用科学学院, 北京 100083)

摘要 管路系统的应用一方面节省了流体输送的空间, 提高了工作效率, 但另一方面管路振动噪声也伴随该系统的使用应运而生。基于 90° 弯头结构优化与流固耦合特性分析的基础上, 本文研究了弯头结构内流体噪声特性, 分析其流体噪声分布情况。研究表明: 原始弯头内流体最大噪声为 22.44254dB, 其最大噪声发生在弯头内侧; 当导流器按黄金比例排列, 片数 N 为 2, 横截面弯曲半径 R 为 200mm, 出口延长度 L 为 40mm 时, 其最大流体噪声为 18.21262dB, 比原始弯头减小了 4 dB 以上, 优化结构的最大流体噪声也发生在结构的内侧, 当流体冲击导流片时会产生微弱流体噪声。

关键词: 流体噪声; 管路系统; 噪声控制

一、引言

管路系统是当今社会普遍使用的一种输液装置, 广泛应用于空调、制冷机以及船舶等工程领域, 管路系统的应用节省了流体输送的空间, 提高了工作效率, 特别在船舶设备中, 其内部有着非常复杂的空间管路布置, 以传递能量流、动量流或质量流, 完成其特定功能, 由于工作过程的不完善, 伴有介质脉动, 这将产生交变力, 使管路系统产生振动, 强烈振动会使管路附件及之间的连接部分松动甚至破裂, 从而严重影响其振动噪声性能[1-2], 如产生的噪声过大, 则必然污染工作环境, 所以有效控制管路系统振动噪声是当今社会的一个重要问题, 具有十分重要意义[3-4]。前期工作我们已对 90° 弯头进行了结构优化与流固耦合特性分析, 当导流器按黄金比例排列, 片数为 2, 导流片横截面弯曲半径 R 为 200mm, 出口延长度 L 为 40mm 设计时, 弯头内部总压差为 10707.87Pa, 比原始管路减小了 63.71%, 其最大流速也减小了 20.93%, 优化效果非常明显, 但具体对弯头内部流体噪声的影响如何, 并没有具体信息。本文基于结构优化与流固耦合特性的基础上, 对原始弯头和此优化结构的流体噪声具体分布情况进行了系统分析, 为消声弯头制备提供科学依据。

二、流体噪声特性分析

管路弯头处流体与管壁的撞击及流动方向的改变造成流体分布、流速和压力的不均匀, 从而产生紊流和涡流等, 这可引起弯头强烈振动。其噪声的产生过程为: 紊流和涡流-振动-声, 而流体与管路的相互作用、弯头及管路的振动是管路噪声的主要原因, 且当流体沿弯管流动时, 弯管外侧的压强高, 内侧的压强低。流体由直管进入弯管前, 截面的压强是均一的。流体进入弯管后, 外侧的流动先为增压过程, 压强到达最高后逐渐下降; 而内侧压强逐渐下降, 达到最低后开始增压, 直至流体进入直管后, 截面的压强又趋于均

* 注: 文章附注, 在标题处插入脚注, 选自定义序号*。在自动生成的脚注*处注明基金资助等

一。在两段增压过程中，都有可能因边界层能量被粘滞力所消耗而出现边界层分离，形成漩涡，流体在弯管中流动时，流速高的离心惯性大，压强差驱使新的流动产生，二次流在径向平面内发生，从而产生流体噪声。

原始管路直角弯头造型如图 1 所示，其弯头中心半径为 125mm，弯管外径为 140mm，管路壁厚为 8mm，材料为 BFe10-1-1，在建模分析时适当延长出口直管长度，设为 600mm，入口段不需要过长，设为 300mm。根据实际管道的几何尺寸，利用 Fluent 中的前处理器 gambit 提供的可视化界面建立三维数值分析模型，采用非结构的六面体网格来划分网格单元，根据导流片横截面弯曲弧度和延长度的不同，为保证水流变向后端流充分发展，总体网格数大约在 30~50 万，其总体网格模型与横截面网格如图 2 所示。根据中船中心提供的数据，管道入口为速度入口，其入口流速设为 5m/s(雷诺数约 600000)，由进口处的湍流条件，根据经验公式得到湍流强度 $I=3\%$ ，出口设为压力出口，其值为 0Pa，工作压强为 3MPa。

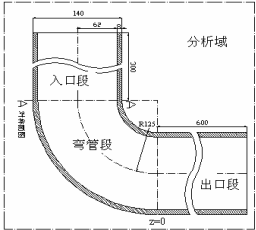


图1原始管道直角弯头结构

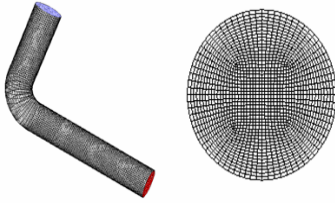
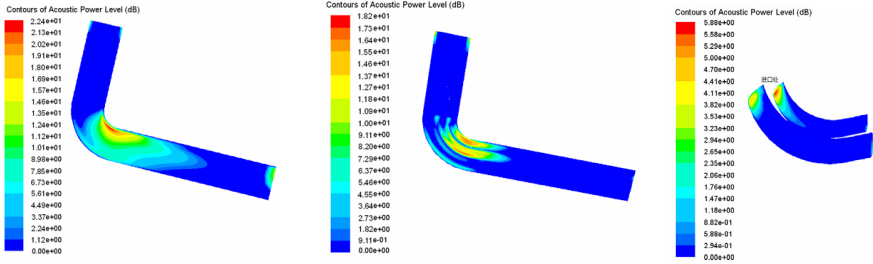


图2 管道弯头数值计算模型

经数值分析后得到原始弯头和优化结构的流体噪声分布如图 3 所示，从中可知原始弯头最大流体噪声为 22.44254dB，噪声主要分布在流体转弯处，最大噪声发生在弯头内侧，这也是压强最大、流速最小处，此处容易产生涡流、空穴等现象。优化结构的最大流体噪声为 18.21262dB，比原始弯头减小了 4 dB 以上，优化结构的最大流体噪声也发生在结构的内侧。图 3(c)为优化结构导流片部位流体噪声分布，从中可知流体冲击导流片会产生局部噪声，但所产生的流体噪声不大，可见优化结果很明显。



(a) 原始弯头

(b) 优化结构

(c) 导流片部位

图3 流体噪声分布

三、结论

在对 90° 弯头进行结构优化与流固耦合的基础上，本文研究了弯头结构内流体噪声特性，主要结论为：1.原始弯头内流体最大噪声为 22.44254dB，最大噪声发生在内侧；2.当导流器按黄金比例排列，片数 N 为 2，横截面弯曲半径 R 为 200mm，出口延长度 L 为 40mm 时，其最大流体噪声为 18.21262dB，比原始弯头减小了 4 dB 以上，优化结构

的最大流体噪声也发生在结构的内侧，当流体冲击导流片会产生局部噪声，但所产生流体噪声不大。

参 考 文 献

- [1]崔维成,刘水庚,顾继红,等. 国外潜艇设计和性能研究的一些新动态[J].船舶力学, 2000 (2) :65-80.
- [2]王艳林,王自东,等. 潜艇管路系统振动噪声控制技术的现状与发展[J].舰船科学技术.2008,30(6): 34-38.
- [3]俞孟萨,吴有生,庞业珍.国外舰船水动力噪声研究进展概述[J].船舶力学.2007,11(1):152-156.
- [4]缪旭弘,王振全. 舰艇水下噪声控制技术现状及发展对策[C].第十届船舶水下噪声学术讨论会, 2005.