

基于 MSC.Patran 的水下航行器噪声专用程序二次开发

单威俊¹, 周炜², 金建海²

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

摘要: 借助通用的有限元分析软件进行结构力学问题求解在船舶工程中非常实用, 但对水下载人航行器噪声估算和预报等振动噪声专业的问题进行求解时, 需要使用试验得出的经验公式, 目前缺少方便实用的前后处理软件。文中以 MSC.Patran 为前后处理平台, 使用 PCL 语言对水下航行器噪声计算程序进行了二次开发, 并将噪声求解器集成到 MSC.Patran 中, 最后以某船舱管道噪声为例进行计算, 结果表明, 这种专用程序的二次开发, 不仅可以方便的进行噪声方面的工程计算, 而且能和 Nastran 等求解器一样对计算结果进行前后处理分析。

关键词: 有限元分析; 前处理; 噪声; 求解器; 二次开发

中图法分类号: TP391.7

文献标识码: A

The secondary development of noise of underwater vehicle's appropriation procedure based on MSC.Patran

Shan Wei-jun^{1,2}, Zhou Wei², Jin Jian-hai²

(1 College of Information, Southern Yangze University, Wuxi 214122, China; 2 China Ship Scientific Reserch Center 214082, China)

Abstract: The general finite element analysis software has been applied to the mechanical of structure problems in ship engineering, but when vibration noise such as the underwater vehicle is estimated and forecasted, the empirical formula obtained from a lot of experiments need to be used. In this paper emulator has been secondary developed in MSC.Patran which is a pre-processing and post-processing platform, noise solver has been integrated to the platform using PCL language, finally, pipeline noise of one cabin has been calculated, the results showed that not only the noise can be calculated conveniently, but also the calculated data can be posted as Nastran with this appropriation procedure.

Key words: Finite element analysis; Pre-processor; Noise; Solver; The secondary development

0 引言

目前, 国内、外许多学者对水下声辐射开展了大量的研究工作。沈顺根、冷文浩、吴文伟等在这个领域取得一系列研究成果。汤渭霖等利用解析法对加肋双层壳体水下辐射噪声进行分析^[4]。Zheng

等利用FEM/BEM技术分析柴油机激励引起的潜艇典型结构振动及水下辐射噪声^[5]。中国船舶科学研究中心已经针对水下载人航行器噪声计算开发出一系列求解器, 但由于大多数求解器输入和结果文件的不一致性, 不能进行耦合计算。因此, 本文以通有限元分析软件MSC.Patran为平台, 对水下载人航行器噪声专用程序进行二次开发, 将自己开发

的噪声计算求解器集成在MSC.Patran内,以弥补MSC.Patran自带求解器的不足,方便对水下声辐射作进一步研究。

1 水下噪声计算

本文主要研究水下航行器噪声源—管道噪声计算。管道噪声的含义是:管壁结构的振动和管内流体中声波互相作用,并沿管壁和管内流体传播与辐射的过程。非流动因素引起的管道振动是指忽略管内流速的影响,而将管道振动归因于压力、流量的脉动、水锤及机械激励等因素。管道振动要考虑流固耦合作用(FSI),FSI的三种耦合机理:柏松耦合、连接耦合与摩擦耦合^[6]。

经典水锤理论只考虑流体运动,忽略管壁弹性的影响,得到二方程模型:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{\rho_f} \frac{\partial P}{\partial Z} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial V}{\partial z} + \frac{1}{\rho_f c_f^2} \frac{\partial P}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

Burmam(1980)认为对于短管和尖峰波壳体理论是必要的,他扩展水锤理论与管壁的轴向应力波结合起来,推导出以下四个方程模型:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{\rho_f} \frac{\partial P}{\partial Z} = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial V}{\partial z} + \left(\frac{1}{K} + \frac{2R}{Ee} \right) \frac{\partial P}{\partial t} - \frac{2v}{E} \frac{\partial \sigma_z}{\partial t} = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial u_z}{\partial t} - \frac{1}{\rho_t} \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial u_z}{\partial z} - \frac{1}{E} \frac{\partial \sigma_z}{\partial t} + \frac{vR}{Ee} \frac{\partial P}{\partial t} = 0 \quad (6)$$

Walker 和 Phillips(1977)研究了短波长压力脉冲在弹性直管中的传播,包括柏松耦合与连接耦合,考虑了管壁的径向惯量和流体的附加质量,从而产生了两个附加方程:

$$\left(\rho_t e + \frac{1}{2} \rho_f R \right) \frac{\partial u_r}{\partial t} + \frac{e}{R} \sigma_\phi - P = 0 \quad (7)$$

$$(1 - v^2) \frac{\partial \sigma_\phi}{\partial t} - E \frac{u_r}{R} - vE \frac{\partial u_z}{\partial z} = 0 \quad (8)$$

(3)~(8)式构成六方程模型,利用求解水锤方程的标准方法 MOC 法求解。

2 设计与实现

2.1 系统设计

输入一定的参数,通过导入已有的 CAD 模型,或使用参数化建模函数半自动的建立模型,然后对该几何模型进行有限元划分,并根据需要附加边界、属性、工况等条件后分别提交给噪声计算程序、Nastran 等求解器进行求解计算,几何模型和求解结果等数据均存放在 Patran 的数据库中。使用 Patran 后处理读取计算结果并以云图、曲线图等方式进行显示,供科研人员进行分析。程序流程图如下:

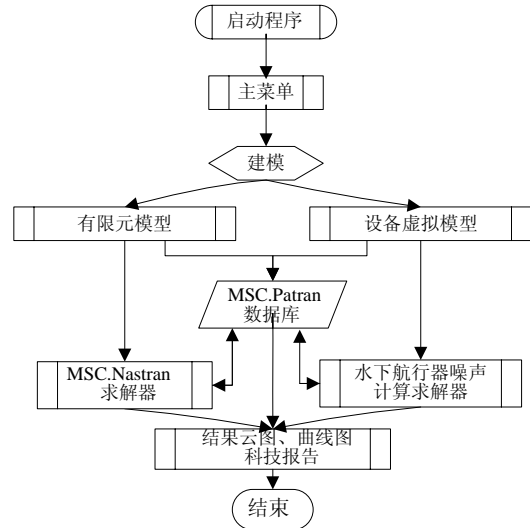


图 1 程序流程图

2.2 实现过程

在对水下载人航行器噪声估算软件进行二次开发的过程中,首先需要把所有求解器(*.exe)文件封装在特定的文件夹内,然后由主分析程序控制整个流程,在需要的时候由主控程序把求解器所需的输入文件(*.in)传送到求解器所在的工作目录,并把 MSC.Patran 的工作目录临时设定在求解器所在的目录,以方便管理求解器生成的结果文件,待求解完毕重新设定 MSC.Patran 的工作目录。当所有的求解完成后,由主控程序将结果文件读入 MSC.Patran 数据库进行后处理。把 MSC.Patran 的

工作目录转到求解器所在的目录，实现该步骤的 PCL 代码如下：

```
STRING dirname[1024]
get_current_dir( dirname ) /*取出当前工作目录*/
set_current_dir( SUNOISE_WORKING_DIR )
/*把工作目录设在求解器目录下*/
>utl_process_spawn(SUNOISE_LMEN_EXE, TRUE )
/*调用求解器*/
set_current_dir( dirname )
/*把工作目录设回原工作目录*/
```

求解完毕后，重新把工作目录设回当前目录。

一般地，一个 db 代表一个工程(即一艘航行器)，在一个工程内计算设备的管道噪声所用的公共数据是相同的，研究人员只需一次设置与航行器噪声计算相关的公共参数，比如水密度、航速、水中声速等即可完成整个工程的求解。由主控程序新建一个 db，在相应的界面输入管道参数，程序将自动建立管路有限元模型辅助噪声计算。

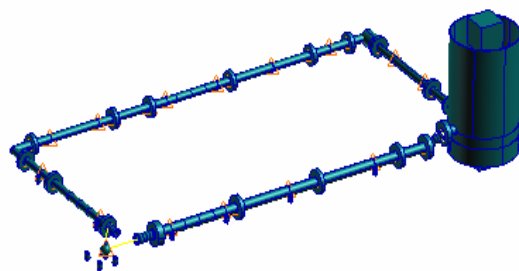


图 2 管路有限元模型

由于水下航行器噪声计算牵涉的数据繁多，为方便管理，使用 PCL (Patran Command Language) 的 client_data 类管理前处理和结果数据。Client Data 方式类似于数据结构中堆的概念，使用 (ID, Client Label, Client Type) 方式标识一个数据集合。Label 是在 Patran 数据库中数据集合的唯一标识，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。

例如：定义舱段数据的类型和标签

```
#define CLIENT_TYPE_CABIN 20
#define CLIENT_LABEL_CABIN 2000
```

clent_data 其实就是把 MSC.Patran 关于数据存取的库函数封装起来，在 clent_data 类里设计两个函数

```
Set( type, label_start, name, n_l, n_i, n_r,
n_s, p_l, p_i, p_r, p_s )和
Get( type, name, n_l, n_i, n_r, n_s, p_l, p_i,
p_r, p_s )负责所有数据的存取。
```

2. 3 噪声求解

根据噪声传递的途径机械噪声分为支撑传递噪声、管路传递噪声和空气传递噪声，单个设备的三种噪声分别由三个专业求解器完成计算。结果文件是某个设备在对应 34 个频率范围内的噪声数据，由主控程序读取该结果文件，并经过数据转换保存在 MSC.Patran 的数据库以待后处理使用，计算完某个舱段包含所有设备的噪声之后，由主控程序将该舱段的所有设备的噪声结果取出，以下公式合成舱段的噪声。

设备的噪声合成舱段噪声累加公式：

$$N = \sum_{i=1}^n (10^{(0.1 * Ai)})$$

$$A = 10 * \log(N)$$

其中 Ai 是第 i 台设备在 34 个频率范围内对应某个频率值的噪声结果， A 为舱段 34 个频率范围内对应某个频率值的噪声结果。在合成舱段噪声后仍使用以上公式将所有舱段合成即得航行器三类机械噪声。

3 工程算例

公共数据：航行器在水下 1m 处，水中声速 1500m/s，水密度 1000kg/m³

舱段-设备数据：

表 1：参数设计

参数名称	参数值	参数名称	参数值
材料杨氏模量(N/m ²)	2.1e011	设备质量(kg)	123.0
材料密度(kg/m ³)	7800.0	内部结构类型	舱壁
船舱长度(m)	8.4	安装类型	耐压壳
船舱半径(m)	3.5	阻尼类型	约束阻尼
耐压壳厚度(m)	0.028	隔振器安装数量	2
肋骨间距(m)	0.6	安装频率	11
肋骨形心高度(m)	0.126	阻尼质量比	1.0
肋骨截面积(m ²)	0.005216	平台厚度	1.0
肋骨惯性距(m ⁴)	3.27e-5	安装距离	1.0
材料泊松比	0.29		

根据求解器输出不同格式的结果文件，使用本集成估算软件分别处理，形成统一的结果数据，保存在 Patran 数据库并画出结果曲线图，供工程技术

人员分析使用。由于结果数据有可能集中在较小的频率数据段内，因此该系统设计线性和对数两种察看方式，设备的管道噪声曲线图如下：

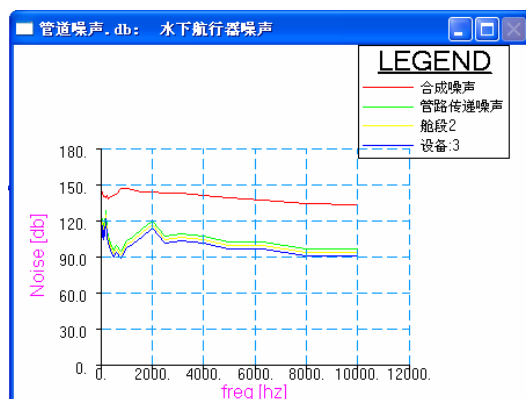


图 3(a)设备：3 管道噪声线性曲线图

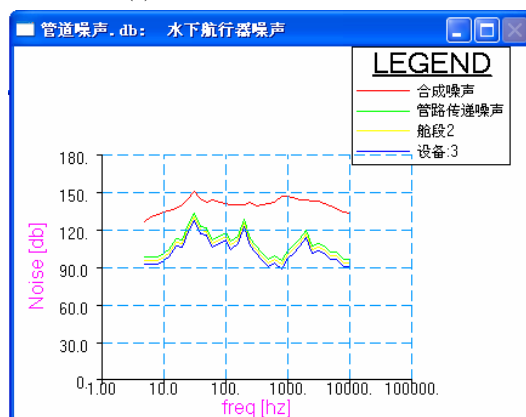


图 3(b)设备：3 管道噪声对数曲线图

4 结束语

以 MSC.Patran 为平台对水下载人航行器噪声计算程序进行二次开发，把航行器噪声计算所需的专用求解器集成到 MSC.patran 中，能在噪声计算程序和 Nastran 等求解器之间切换，可以利用 MSC.Patran 建立水下航行器舱段和设备的有限元模型，对设备振动引起航行器内壳的应力进行分析计算，也可以在噪声计算系统设计的界面里建立航行器-设备的虚拟模型，利用自制求解器进行设备噪声计算。可以实现航行器设备建模、噪声计算和后处理整个分析流程，并以某个舱段的设备管道噪声计算为例进行验证，结果表明，这种专业程序的二次开发可以方便地进行噪声方面的工程计算，其前后处理也更好的满足用户对其专业性的要求。

参考文献:

- [1] 孙丽萍, 聂武, 船舶结构振动噪声分析及其进展[J]. 船舶力学, 2003, 1(1): 116-121
- [2] 邹春平, 陈端石, 华宏星, 船舶水下辐射噪声特性研究[J]. 船舶力学, 2004, 8(1): 113-124.
- [3] 徐张明, 汪玉等, 船舶结构的建模及水下振动和辐射噪声的 FEM/BEM 计算[J]. 船舶力学, 2002, 6(4): 89-95.
- [4] 汤渭霖等, 水中有限长加肋圆柱壳体振动和声辐射近似解析法[J]. 声学学报, 2001(1): 1-5.
- [5] Zheng H, et al. FEM/BEM analysis of Diesel piston-slap induced ship hull vibration and underwater noise[J]. Applied Acoustics, 2001, 62: 341-358
- [6] 刘忠族, 孙玉东, 吴有生, 管道流固耦合振动及声传播的研究现状及展望[J]. 船舶力学, 2001, 2(5): 82-89.
- [7] 贺晓燕, 冷文浩, 孟斌等, 基于 CORBA 的潜艇水下噪声工程估算集成软件[J]. 船舶力学, 2006, 10(1): 128-134.
- [8] 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

作者简介:

单威俊(1982-), 男(汉), 河南周口人, 硕士研究生, 主要研究方向 CAE 二次开发。

作者联系方式:

邮政地址: 江苏省无锡市 116 信箱中国船舶科学研究中心

八室

邮编: 214082

电话: 051085551171 13485040447

E-mail: shanweijun5218@eyou.com