

# 基于 ANSYS 的含复杂曲面的小提琴共鸣箱 参数化建模

胡均安, 向在喜, 魏 兵, 朱晓玲

(湖北工学院机械工程学院, 湖北武汉 430068)

**摘 要:** 用“切割法”建立了小提琴共鸣箱体的复杂曲面, 并实现了带用户自定义界面的参数化建模.

**关键词:** ANSYS; 参数化建模; APDL; 小提琴

**中图分类号:** TP391.72   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1008-309(2004)02-0026-06

## 引言

小提琴是一种音质优美的乐器,然而,价格不菲的高档小提琴基本上是靠经验手工制作的,制作过程中缺乏一定的理论依据,因此有必要对小提琴的主要结构运用现代工程分析方法如有限元法进行模态分析,为进一步探讨小提琴结构及其音质之间的关系打下基础. 为了分析小提琴共鸣箱的模态随其结构参数变化的规律,必须建立其参数化模型并加以分析.

大型通用有限元分析软件 ANSYS 为有限元分析提供了方便,它除了可以直接在用户界面(GUI)中操作外,还提供了功能强大的参数化编程语言 APDL(Ansys Parametric Design Language)和用户界面设计语言 UIDL (User Interface Design Language). APDL 以程序的方式建立参数化模型,当参数变化时,修改参数值后重新执行该程序就可以生成新的模型. UIDL 可以编制用户自定义的菜单和对话框,便于用户和系统交互<sup>[1,2]</sup>. 对于比较复杂的模型,尤其当模型包含复杂的三维曲面时,如果用其他 CAD 软件建模后导入 ANSYS 中,往往会丢失很多信息,导致无法划分网格,本文采用直接建模.

## 一、建模

本文只讨论小提琴面板的曲面模型的建立方法,小提琴底板和侧板模型可以由 ANSYS 的 BOOL 运算得到. 小提琴的面板属复杂的三维曲面,图 1 是按照北京乐器研究所提供的画法绘制的小提琴共鸣箱的平面轮廓图,左边是面板的轮廓曲线,右边是面板的高度线,高度线上各点的高度表示曲面的中轴线上对应各点在垂直于轮廓平面方向上的高度,面板的横向截断线的形状为样条曲线,要求仅仅根据上述已知条件绘制出面板曲面. 由于面板的轮廓线和面板曲面均无精确的数学方程描述,没有什么方法可以直接绘制,必须另辟蹊径.

本文采用“切割法”,其基本思想是:假设欲求曲面(理想曲面)已经存在,用垂直于轮廓平面的平面将该理想曲面“切割” $n$ 次,如图 2 所示,得到  $n$  条切割平面与理想曲面的交线,用扫掠过这

收稿日期: 2004 - 1 - 8

基金项目: 湖北省教育厅重点科研项目(2002A00005)

作者简介: 胡均安(1945-),男,江西人,教授,工学硕士,研究方向:测控技术

些交线的曲面来近似得到原理想曲面.  $n$  越大, 得到的交线越多, 就越接近原理想曲面. 显然, 当  $n$  趋于无穷大时, 便得到的是精确的曲面. 而这些交线可以根据已知条件得到, 图 2 中 A、B 点为交线的两个端点, 高度线上的 C 点所代表的高度值即为该交线的最高点(中间点)的高度, 作经过点 A、B、中间点这三点的 Besier 样条曲线就得到第  $i$  条交线. A、B 两点的坐标值可以通过其坐标的范围用 \*GET 函数配合 KSEL 命令得到, C 点所代表的高度值也用类似的方法得到.

整个建模过程用 APDL 写成程序并保存为文本文件, 将文件输入 ANSYS, ANSYS 将自动执行其中的语句. 由于“切割”所产生的样条曲线数目较多, 可以用 APDL 中的循环语句来批处理<sup>[3]</sup>. 循环语句要求相关点、线的编号在排列上有一定的规律, 在用循环语句前要规划好点、线的编号. 部分程序如下:

```
!定义常数.
*SET,u,-4.4375e-3
! 定义参变量, 并初始化.
*SET ,ArcHeight,0.018
*SET ,Height,0.02
*SET ,ShellThick,0.003
/PREP7 !进入前处理模块.
.....
*DO,I,3,79,1 ! 定义循环初值和步长.
!获取 K1 点(即图 2 中的 A 点).
KSEL,S,LOC,Y,(I-1)*u+0.002,(I-1)*u-0.002
KSEL,R,LOC,X,-0.2,0
*GET,K1,KP,,NUM,MAX
! 获取 K2(即图 2 中的 B 点).
KSEL,ALL
KSEL,S,LOC,Y,(I-1)*u+0.002,(i-1)*u-0.002
KSEL,R,LOC,X,0,0.13
*GET,K2,KP,,NUM,MAX
KSEL,ALL
! 定义交线的中间点.
K,1000,0,(I-1)*u, KX(159+I)-0.15
BSPLIN,K1,1000,K2 ! 作样条曲线.
*ENDDO ! 循环结束.
.....
模型的其余部分由 BOOL 运算完成.
```

## 二、自定义用户界面

因为建立的是参数化模型, 参数的改变可以通过手工修改程序文件中参数的数值, 然后存盘并重新执行, 但这样工作量大, 效率低下, 为了便于和系统交互, 本文利用 UIDL 语言设计了自定义的菜单和参数输入对话框, 实现了有用户界面的参数化建模, 极大地改善了人机交互用界面, 提高了工作效率<sup>[4]</sup>. 用户只需要点击菜单, 在弹出的输入对话框中输入各参数的值, ANSYS 获取用户输入并自动执行程序, 生成与之对应的模型, 整个工作流程如下:

### 三、小结

本文运用“切割”理想曲面为曲线，然后反过来由这些曲线扫掠而近似得到该曲面的方法创建比较复杂的三维曲面，为创建类似的复杂曲面提供了一种思路；另外本文将 APDL 语言与 UIDL 语言结合，建立了友好的人机交互界面，实现了交互式的参数化建模。

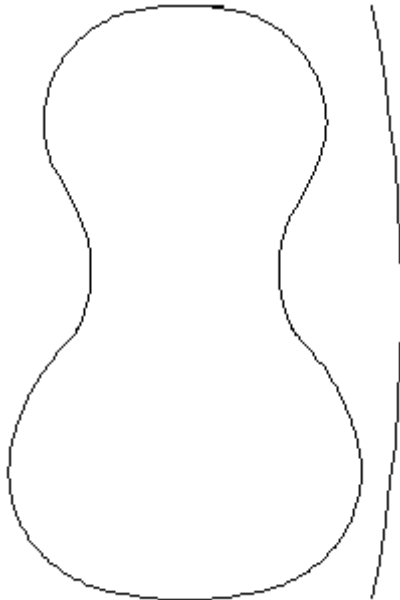
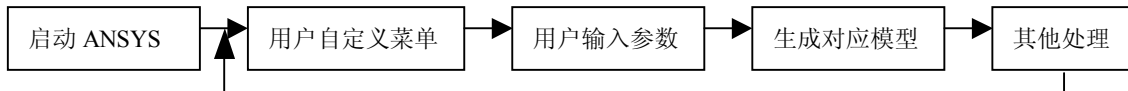


图 1. 共鸣箱轮廓曲线

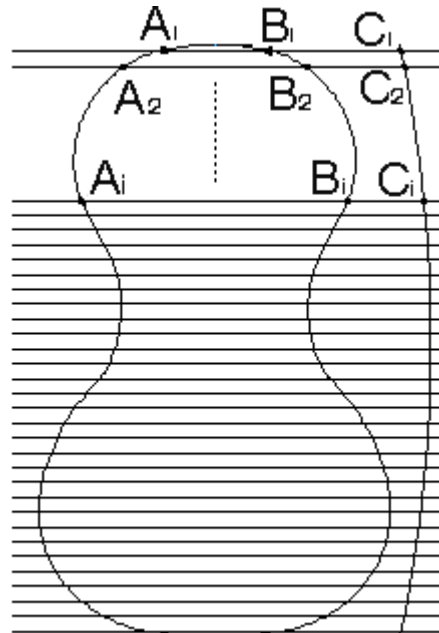


图 2. “切割法”示意图

#### 参考文献

- [1] 刘国庆, 杨庆动. ANSYS 工程应用教程[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2002
- [2] 陈精一, 蔡国忠. 电脑辅助工程分析 ANSYS 使用指南[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2001
- [3] 武凯. APDL 在立铣受力变形分析中的应用[J]. 机械科学与技术, 2002, 21(6): 885-887
- [4] 刘美娟. 基于 ANSYS 的三维复杂槽型铣刀片参数化建模[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2002, 5(7): 70-72

## Parametric Modeling of The Violin Body with Complex Surface Based on ANSYS

HU Junan, XIANG Zaixi, WEI Bing, ZHU Xiaolin

(School of Mechanical Engineering, Hubei Polytech University, Wuhan, China 430068)

**Abstract:** The complicated curved surface of the violin was modeled using the “cutting” method and the “cutting” method was programmed with user-defined interfaces.

**Key words:** ANSYS; Parametric modeling; APDL; Violin