

上海交通大学

SJTHU

SHANGHAI UNIVERSITY

力学与工程科学学院

School of Mechanics and Engineering Science

上海市应用数学和力学研究所

Shanghai Institute of Applied Mathematics and Mechanics

计算机工程与科学学院

School of Computer Engineering and Science Shanghai University

智能钢琴调音设备探究与设计

基于弦乐器的力学探究

(编号:#201910280001), 2019年10月立项

小组成员: 翟略锋¹⁾、翁圣劼¹⁾、刁山洲²⁾
指导老师: 李凯³⁾

1) 2017级, 理论与应用力学, 力学与工程科学学院, 上海大学
2) 2017级, 计算机科学与技术, 计算机工程与科学学院, 上海大学
3) 副教授, 光学实验及固体力学方向, 力学与工程科学学院, 上海大学

项目负责人
翟略锋
邮箱: frankzhu02@gmail.com
电话: 18021027596
学术主页: www.researchgate.net/profile/Hanfeng_Zhu

项目简介

吉他, 同钢琴一样, 是时下非常流行的一种弦乐器。弦乐器优美的声音是其美妙结构的力学体现。基于弦振动为基础力学模型, 通过对吉他建模进行力学仿真模拟, 实验操作拟合理论模型, 调节旋钮记录音质并进行频谱分析, 并编写了一款基于拟合模型下的可自动计算调音的用户交互界面程序(GUI)。该方法可以应用到钢琴等其他弦乐器上。

项目研究创新点

通过仿真模拟验证了吉他共鸣箱对于吉他的音频改变很微弱。通过实验方法分别拟合了 $low\ E$ 和 $high\ E$ 弦的振动曲线。基于MATLAB开发了一款基于吉他的智能调音程序。通过频谱分析验证了调节旋钮对吉他整体音质也会产生影响。

2. 弦振动实验方法

左图对吉他弦($low\ E$ 和 $high\ E$ 弦)进行拉伸振动试验研究张力对弦振动影响; 通过左上图拉伸机改变吉他弦张力并记录下吉他弦振动频率(Origin Pro), 左下方图为收集到的弦振动数据, 根据不同的弦振动的频率和弦张力的数据, 并依据弦振动的数学模型, 拟合弦振动的曲线。根据拟合曲线, 编写如下调音程序的用户交互界面。

基本分析研究方法

首先基于吉他进行试验, 利用频谱分析¹, 分别调节旋钮(右图)测量不同声音分析调音对音色影响。利用弦振动张力调节实验², 来和推导的数学模型进行曲线拟合分析。利用仿真模拟³, 分析共鸣箱对吉他音高影响。并基于MATLAB的GUI用户界面⁴, 开发一款智能调音程序。

1. 频谱分析方法

右下图为通过调节吉他调音旋钮基于频谱分析的方法研究发现吉他弦只有在设定的特定频率下才产生最佳的振动效果(杂音最少、持续时间最长)。

3. 仿真建模方法

右图和上图基于ANSYS仿真模拟的振动模块: 对吉他结构进行建模分析, 查看吉他共鸣箱振动模式, 发现吉他的共鸣箱对于整体吉他的振动频率(声高)实际影响不大, 印证了共鸣箱对吉他的声音主要起放大效应。

致谢

作者们首先感谢李凯教授的辛勤指导; 同时感谢力学系丁虎、楚海建、宋亦诚、马永其等教授的辛勤指导; 谢文韬和文海舟等同学的帮助, 以及上海大学 and 全国大创项目提供平台以及资金支持。

参考文献

- [1] 张健. 振弦式频率读数仪频率测量值的不确定度分析[J]. 计量与测试技术, 42-11, 2015:84-86.
- [2] 韩铮, 陈岚, 郭滨, 熊小敏. 吉他振动模式测量仪的研制与应用[J].
- [3] 陈超. 基于LabView接口的数据采集系统设计与吉他音色的研究[D]. 安徽: 安徽理工大学, 2011:81
- [4] 刘晓楠. 钢琴机械结构的性能分析对音质的影响研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2011:78
- [5] Wang Kaifu, Mechanics of Materials, Press of University of Science and Technology of China, ISBN 978-7-312-02856-4

4. 基于MATLAB的程序开发

左图基于MATLAB的GUI开发和基于实验拟合的理论力学模型开发的针对吉他的智能调节程序的用户交互界面。通过该程序, 我们输入弦型号并导入录音即可得到需要调节的弦张力参数等, 具体见演示视频。

结论与总结

由吉他入手, 探究弦乐器的振动机理。首先基于实验研究得到吉他的调音过程, 得到吉他弦只有在特定某一频率上(固有)得到杂音最少效果最佳振动; 基于ANSYS仿真建模得到吉他共鸣箱对整体音高改变不大; 基于吉他弦振动实验拟合了基于数学推导的弦振动曲线; 并基于实验的模型开发了由吉可他可推广至其他弦乐的调音程序。