

## 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

小组成品·翟晗锋 D、翁聖劼 D、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 初日中全心体

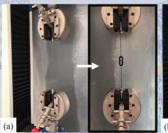
由话: 18021027596

#### 项目简介

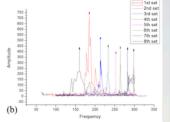
吉他,同钢琴一样,是时下非常流行的一种弦乐器。弦乐器优美的声 音是其美妙结构的力学体现。基于弦振动为基础力学模型、通过对吉 他建模进行力学仿真模拟,实验操作拟合理论模型,调节旋钮记录音 质并讲行频谱分析,并编写了一款基于拟合模型下的可自动计算调音 的用户交互界面程序(GUD, 该种方法可以应用到钢琴等其他弦乐器上。

#### 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lowE和highE 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(lowE和highE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

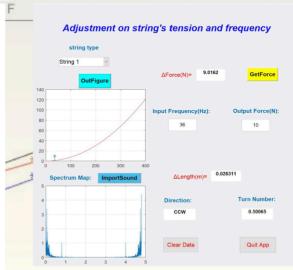
首先基于吉他进行试验,利用频谱分析1,分 别调节旋钮(右图)测量不同声音分析调音对 音色影响。利用弦振动张力调节实验2,来和 推导的数学模型讲行曲线拟合分析。利用仿 直模拟3、分析共鸣箱对吉他音高影响。并基 于MATLAB的GUI用户界面4,开发一款智能 调音程序。

#### 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)



# Sample 1 Time Sample 2



#### 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

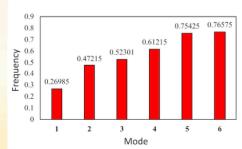
由吉他入手,探究弦乐器的振动机理。 首先基于实验研究得到吉他的调音过 程,得到吉他弦只有在特定某一频率 上(固有)得到杂音最少效果最佳振动; 基于ANSYS仿真建模得到吉他共鸣箱 对整体音高改变不大; 基于吉他弦振 动实验拟合了基于数学推导的弦振动 曲线; 并基于实验的模型开发了由吉 他可推广至其他弦乐的调音程序。

### 3. 仿真建模方法

Total Deformation Type: Total Deformati Frequency: 0.26985 H:

Unit: m 2020/4/16 9:33

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 共鸣箱振动模态, 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, 以及上海大学和全 国大创项目提供平台以及资金支持。

[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及吉他音色的研究[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