

# 机组振动烈度测量评定VR教学系统设计与应用研究

张帅<sup>1\*</sup>, 刘树勇<sup>1#</sup>, 柴凯<sup>2</sup>, 李婧<sup>1</sup>, 杨庆超<sup>2</sup>

<sup>1</sup>海军工程大学动力工程学院, 湖北 武汉

<sup>2</sup>海军工程大学舰船与海洋学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2022年10月8日; 录用日期: 2022年11月4日; 发布日期: 2022年11月14日

## 摘要

针对“舰艇装备测试与诊断”课程教学改革过程中, 学生缺少整机振动烈度测量与评定虚拟配套实验平台的问题, 开发了对应的VR教学实验系统。系统模拟了离心水泵整机振动烈度监测的操作流程, 具备人机交互、流程监控与回放功能, 主要模块包括机组设备认知、数据测试与采集、状态评估、训练考核等模块。学员能够自主进行设备振动测试全过程的学习, 进一步增加了学生的参与度, 激发了学生的学习热情和学习兴趣, 提高了人才培养的效率。

## 关键词

挑战性教学, 群体学习, 创新能力, 工程测试

# Research on Design and Application of VR Teaching System for Measuring and Evaluating Vibration Intensity of Units

Shuai Zhang<sup>1\*</sup>, Shuyong Liu<sup>1#</sup>, Kai Chai<sup>2</sup>, Jing Li<sup>1</sup>, Qingchao Yang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>College of Power Engineering, Naval University of Engineering, Wuhan Hubei

<sup>2</sup>College of Naval Architecture and Ocean, Naval University of Engineering, Wuhan Hubei

Received: Oct. 8<sup>th</sup>, 2022; accepted: Nov. 4<sup>th</sup>, 2022; published: Nov. 14<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

In view of the problem that students lack a virtual supporting experimental platform for measur-

\*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 张帅, 刘树勇, 柴凯, 李婧, 杨庆超. 机组振动烈度测量评定 VR 教学系统设计与应用研究[J]. 创新教育研究, 2022, 10(11): 2759-2764. DOI: 10.12677/ces.2022.1011431

ing and evaluating the vibration intensity of the whole machine during the teaching reform of the course "Testing and Diagnosis of Ship Equipment", a corresponding VR teaching experimental system was developed. The system simulates the operation process of the whole centrifugal pump vibration intensity monitoring, with human-computer interaction, process monitoring and playback functions. The main modules include unit equipment cognition, data testing and collection, status evaluation, training and assessment modules. Students can learn the whole process of equipment vibration test independently, which further increases students' participation, stimulates students' learning enthusiasm and interest, and improves the efficiency of talent training.

## Keywords

Challenging Teaching, Group Learning, Innovation Ability, Engineering Testing

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

虚拟现实(Virtual Reality, VR)技术作为一种辅助教学手段[1], 由于它能使知识更加情景化、立体化和趣味化, 在教学过程中越来越受到老师和学生的关注。该技术通常包括沉浸的虚拟现实[2]、增强现实性的虚拟现实[3]、分布式虚拟现实[4]等类型。在实际应用中, 可分为原理性教学和动态教学[5]: 前者能够将教学步骤完美地融合到教学中, 增强学生的学习兴趣; 后者能够高度逼近实际工作环境, 使学习者身临其境, 全身心投入每一个细节[6]。

针对“舰艇装备测试与诊断”课程教学改革过程中, 学生缺少整机振动烈度测量与评定虚拟配套实验平台的问题, 开发对应的 VR 教学实验系统。该系统提供了水泵机组的振动烈度测量及评定功能, 能够根据国家标准进行测点的选择、测试仪器频带的选择、传感器的选择使用、评价标准的使用以及技能考核, 旨在建立机械设备振动烈度评定训练平台, 便于设备点检人员开展自主训练, 提高人才培养效率。软件能够快速移植到各种设备终端中操作使用, 不受设备尺寸大小限制。

## 2. 整机振动烈度测量与评定 VR 教学系统设计

### 2.1. 系统功能框架

软件的核心功能是水泵机组的振动烈度测试与评定。监测评定过程包括如下几个步骤: 测点的选择、仪器的选择、参数的设置、设备的运行停止以及转速的控制、流量的控制、数据的采集、振动烈度的计算以及振动状态的评定。

实际测试过程中, 对于每个工况而言, 测点的选择为 6 个, 每个点有 3 个方向, 因此需要测试 18 组数据; 同时, 每个方向为了消除随机误差, 至少需要测试 3 次, 共有 54 组数据。因此, 在软件中将振动烈度的算法嵌入程序内部, 实现自动实时计算。

### 2.2. 基本界面与操作

系统的基本界面和具体操作如下:

1) 启动模式: 进入软件后有 2 个模式可供选择: 一是训练模式, 二是考核模式。开始学习时, 先选

择训练模式；通过 VR 手柄的食指选择训练模式。

2) 操作员位置移动：用大拇指按住手柄上方大圆形按钮会弹出绿色的指示光标，将光标指向要移动的位置，放开拇指，人物将移动到指定的位置。

3) 训练项目选择：通过食指按动手柄下方按钮，弹出光标，进行选择操作。

4) 工具界面选择：左手手柄拿起，高度高于右手当前手柄，工具界面将弹出，选择测试仪器，可以读出当前振动有效值。

### 3. 模块组成与功能

#### 3.1. 认知模块

该模块具体包含如下两个部分：

##### 1) 设备组成部分

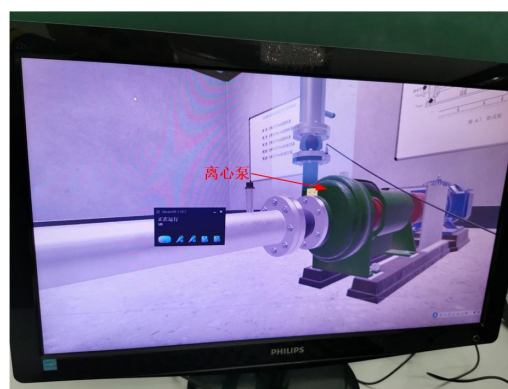
设备组成包括额定功率 15 kW 电机，额定转速 3000 r/m 离心式水泵、水箱、流量计、阀门和电机控制箱。具体结构组成如图 1 所示。

##### 2) 测试系统组成部分

测试系统组成部分包括：传感器和振动测试仪。



(a) 机组的部分设备



(b) 机组离心水泵

Figure 1. Main structure composition of equipment

图 1. 设备的主要结构组成

#### 3.2. 测点的布置训练模块

测点位置对测量数据有着重要的影响。测点选择的总原则包括：应能对设备振动状态做出全面描述；应是敏感点；应是机械设备核心部位最近的关键点；应是易产生劣化现象的易损点。根据上述原则，测点布置的要求包括：

1) 测点位置最好选在振动能量向弹性基础或系统其它部位进行传递的地方。机器的前后端顶部、底部，至少 4 点。如机器尺寸大需增加测点时，应在机器顶部和底部成组增加。弹性支承时，底部测点选在弹性支承上方或安装支承部位。

2) 测点位置应选在机器本体刚性大、能代表机器振动的部位，测点编号应按所选用标准加以标注。

3) 测量应在三个互相垂直的方向上选取，一般一个方向与机器旋转轴方向重合；另一方向为水平方向，且垂直于机器转轴；第三个方向与上述两方向组成的平面垂直。分别用 x、y、z 三向坐标表示。

根据 GB/T16301-2008《船舶机舱辅机振动烈度的测量和评价》进行操作。为了在机器本体上完成三

个互相垂直方向的测量，设计了具有立方体结构的转接块，然后通过强力胶将转接块固定在机器上的测点。再次，将传感器固定在转接块上。传感器的安装可以采用磁吸式结构。

在水泵本体上布置测点 1；在水泵进口处布置测点 2；在水泵出口处布置测点 3；在电机负载端布置测点 4；在基座上对角布置测点 5 和测点 6。部分测点布置如图 2 所示。

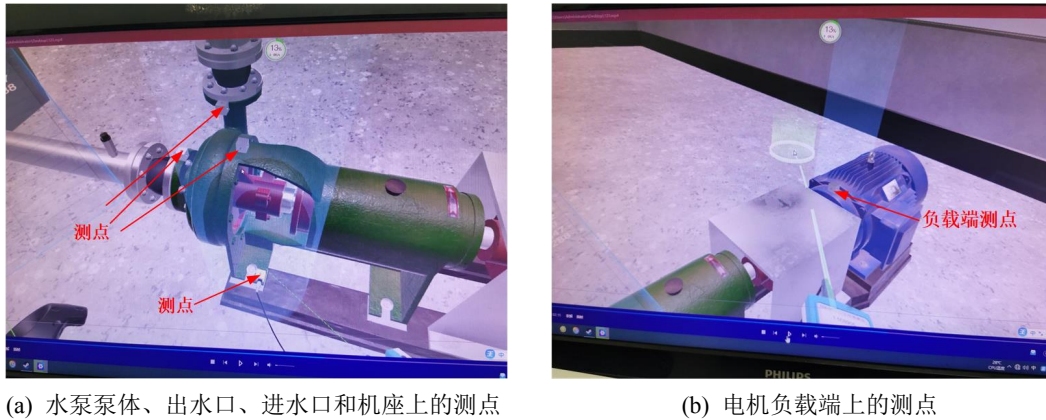


Figure 2. Layout of some measuring points  
图 2. 部分测点的布置示意图

### 3.3. 参数设置模块

参数的设置通过按键进行，振动烈度评定中，需要测量的参数为振动速度的有效值，频率范围设置为 10~1000 Hz。

### 3.4. 仪器设备操作模块

打开电源控制箱，接通电源，电机启动，水泵工作；将传感器依次布置在测点上的各个方向，测试得到振动数据。控制电源开关和安装传感器如图 3 所示。

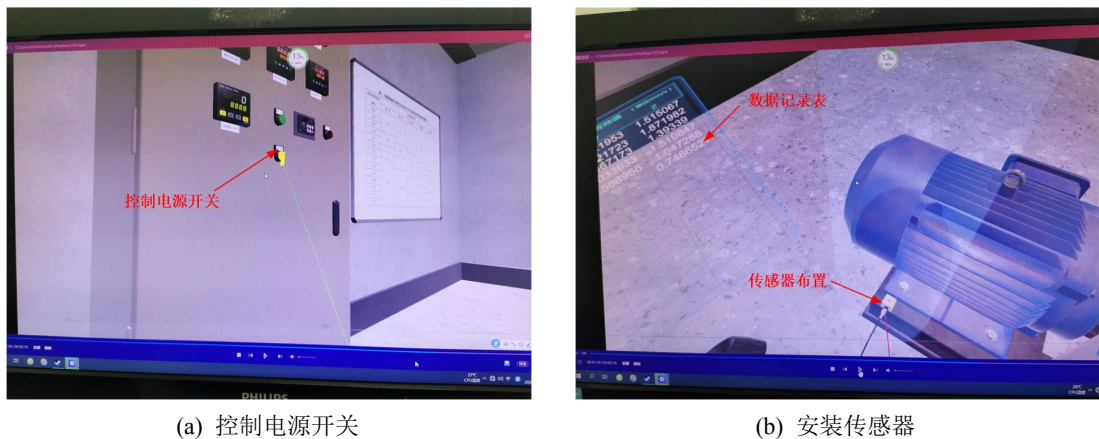


Figure 3. Control power switch and mounting sensor  
图 3. 控制电源开关和安装传感器

### 3.5. 振动烈度计算与评定模块

将测量得到的振动数据依次填入到对应的表格中，根据振动烈度的计算公式进行计算，随后将结果



和评定标准进行比较。在国家标准中，机器运行质量分成四个等级：A 级、B 级、C 级、D 级。对新交付使用的机器，振动通常应在区域 A 内；在区域 B 内机器振动可以忍受，可以长期运行；设备处于区域 C 表示振动已非常严重；区域 D 则表示机器振动剧烈，如果继续运行机器将损坏。

不同机器设备由于工作要求、结构特点、动力特性、功率容量、尺寸大小以及安装条件等方面的区分，对应于各等级运行状态的振动烈度范围必然各不相同。因此，对各种机械设备不能用同一标准来衡量，为此通常将机械设备按照功率和转动方式分为五类。振动烈度的计算和评定示意图如图 4 所示。

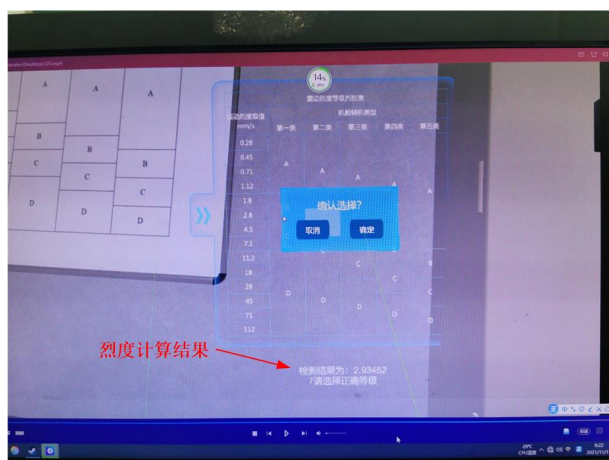
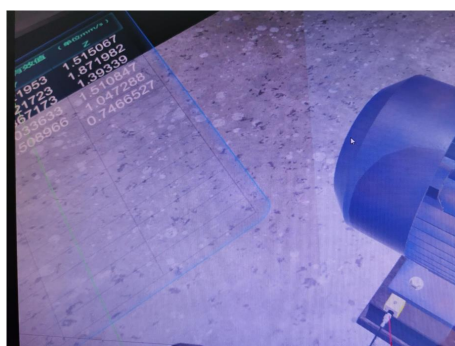


Figure 4. Calculation and assessment of vibration intensity  
图 4. 振动烈度的计算和评定示意图

### 3.6. 设备点检与监测结果报告模块

本模块通过计算振动烈度值，并与国家标准进行比较后，评价设备运行的状态，最终获得设备监测数据。监测数据示例如图 5 所示。



(a) 第一次监测的数据



(b) 第二次监测的数据

Figure 5. Example of monitoring data  
图 5. 监测数据示例图

### 3.7. 考核模块

上述模块都是考核模块的基础。通过训练后，进入考核模块对训练的情况进行考核，考核模块示意图如图 6 所示。通过查漏补缺，提高自主训练效果。

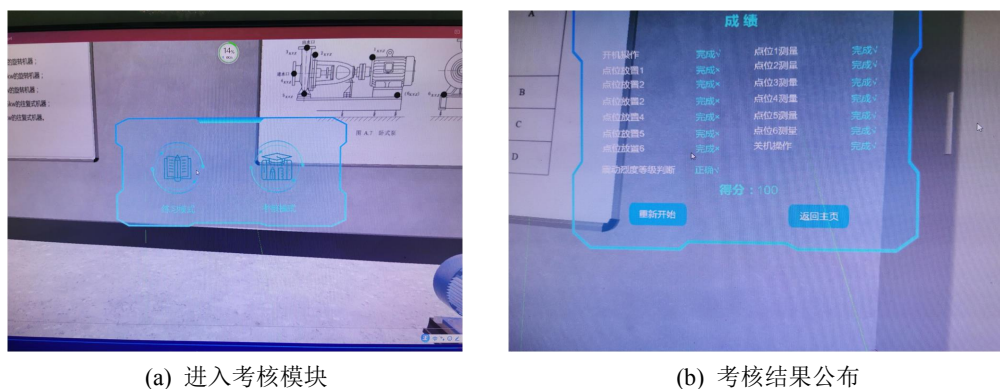


Figure 6. Schematic diagram of assessment module  
图 6. 考核模块示意图

#### 4. 结论

本文设计并开发了离心水泵整机振动烈度测试虚拟现实实验平台，完成了振动数据监测采集、测量数据实时显示和存储，试验后可读取存储的测试数据并进行数据分析和解算。应用 VR 技术实现了全部实验操作过程的复盘，有效帮助学员完成了课前预习操作以及课后复习实验中的重点环节。实践表明，课程组设计的 VR 训练系统，是虚实结合的教学模式改革的有益补充，通过体验实验室虚拟现实环境，进一步增加学生的参与度，激发学生的学习热情和学习兴趣，提升学生的学习成绩。后期开发中，拟通过加载实船机舱虚拟场景、增加交互式操作功能以及远程教学，促进监测诊断人才培养。

#### 基金项目

本文受大学教学改革项目资助 NUE2021TA05。

#### 参考文献

- [1] 唐宏维. 浅谈虚拟现实技术在教育行业中的应用[J]. 科技资讯, 2016, 14(29): 20-22.
- [2] 齐博. VR 技术在教育领域中的应用[J]. 电子技术与软件工程, 2018(6): 146.
- [3] 邹宏翊. 虚拟现实在教育领域的应用与挑战[J]. 西部素质教育, 2018, 4(20): 119-122.
- [4] 胡小强. 虚拟现实技术与应用实践[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [5] 张建武, 孔红菊. 虚拟现实技术在实践实训教学中的应用[J]. 电化教育研究, 2010(4): 109-112.
- [6] 汤建. 虚拟现实技术在教育中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 2018.