

智能轴系装配实验系统创新设计

王 帅 卢文娟 郭建文 王国庆 宁 坤

(东莞理工学院, 广东 东莞 523830)

摘要: 针对传统轴系结构装配实验存在实验室场地紧张、教师管理困难、学生参与积极性低等问题, 以智慧校园——智慧实验室——智能实验系统为思路, 开展智能轴系装配实验系统创新设计。该设计包括智能化人机交互模块、控制单元及运动感知模块、轴系实验台结构设计模块等实验项目。智能实验系统围绕人机交互, 可实现对实验的自动签到、自动评分、自动纠错、零件归纳检测等功能。智能实验平台具有标准化和个性化等特点, 提升了实验的可重复性和效率, 降低了实验室的人员成本。

关键词: 智能实验系统; 人机交互; 运动感知; 轴系结构

2018 年教育部明确指出: 为适应信息化条件下知识获取方式和传授方式、教和学关系等发生革命性变化的要求, 决定开展国家虚拟仿真实验教学项目建设工作。合理、高效地建设人工智能实验教学和实训环境, 并培养合适的师资力量, 已成为人工智能领域急需解决的问题。通过轴系装配实验系统进行模块化轴系结构组装实验是一个以典型实验设备为教学载体, 理论与实践相结合的完整项目任务。

目前看来, 学校内实验室在硬件上不会像企业科研实验室一样随时保持更新换代, 设备难免会落后, 且学校实验场地紧张, 实验批次安排困难; 教师管理困难烦琐, 需进行反复教学、反复纠错、反复批阅; 传统实验教学的实验内容较为单一, 且一般都为验证性实验, 学生不需要考虑实验台的搭建, 只要按照实验的操作步骤完成实验, 缺乏对学生创造力的培养。当下我国高校实验室在管理上普遍不够严谨, 加之学生的错误使用、学校设备维修工作不及时等因素, 加大了实验设备的损坏和零件丢失风险。

随着高校教学的数字化转型不断兴起, 虚拟实验室的研究成为了新的趋势。国内外众多研究机构根据自身科研和教学需求建立了多种虚拟实验室。虚拟实验室具有低成本、多权限、灵活性和安全性高等优点。但是因为虚拟实验设备与现实环境脱节, 逐渐暴露出任务响应时间较长、系统功能反馈不及时、数据处理

延迟较高以及硬件资源利用并不高效等问题。

针对传统轴系实验和虚拟实验室存在的问题, 本项目通过分析该实验实施的原理、方法和步骤, 引入智能实验系统与轴系结构实验平台相结合, 实现了实验的自主性和开放性, 并提高了实验效率。其中包括对实体零件进行芯片植入处理, 对轴系结构实验台进行更新设计, 并开发个性化的专用 APP 以改善系统的管理, 实现人机智能交互, 完成轴系结构的设计与分析实验, 实现实验教学的改革与创新。

一、智能轴系装配实验系统

(一) 智能化人机交互模块

传统轴系结构装配实验的实验管理、实验评分、实验报告批阅整理等内容需要投入大量时间完成, 其工作极为烦琐, 而智能化软件管理可以完美解决这一问题, 可以让软件代替人工完成重复性的工作, 因此需要搭建一个智能化人机交互系统来实现。

具体内容为设计一种 app 作为师生管理系统, 其交互功能如下:

1. 智能实验系统分为教师版块和学生版块, 如图 1.1 所示。实验前教师在智能实验系统发布实验任务, 并进行实验场景的布置。学生登录后系统对学生的实验参与度进行自动管理, 完成自动签到功能, 在观看实验示教后正式开始实验。



图 1.1 实验系统登录界面

2. 实验中系统为学生提供规范实例操作, 并能反馈学生操作是否得当, 提示学生实验错误步骤, 完成自动评分功能。

3. 为避免实验过程中实验零件的丢失与损坏, 实验零件均植入芯片与实验台传感器相对应, 通过 RFID 无线射频识别技术提供零件归纳自动盘点功能。

4. 实验后系统自动保存实验记录及实验报告。

在学生完成实验时, 系统将会在弹出提示框后自动保存实验历史记录, 并生成实验报告。保存的实验报告文件, 可以进行预览、

下载、提交等功能。保存的实验记录可以提供“实验重做”的功能, 重做后的原实验记录将被替换掉相应的分数、时间等信息, 且相应的实验报告也会重新生成。

学生完成实验后, 实验记录与实验报告也会同时自动保存在教职工用户界面中, 实验指导老师可在“教职工用户界面”点击“学生实验参与度”进入“查看实验参与度”界面进行查阅并评分。

综上, 智能化人机交互实验具体流程图如图 1.2 所示:

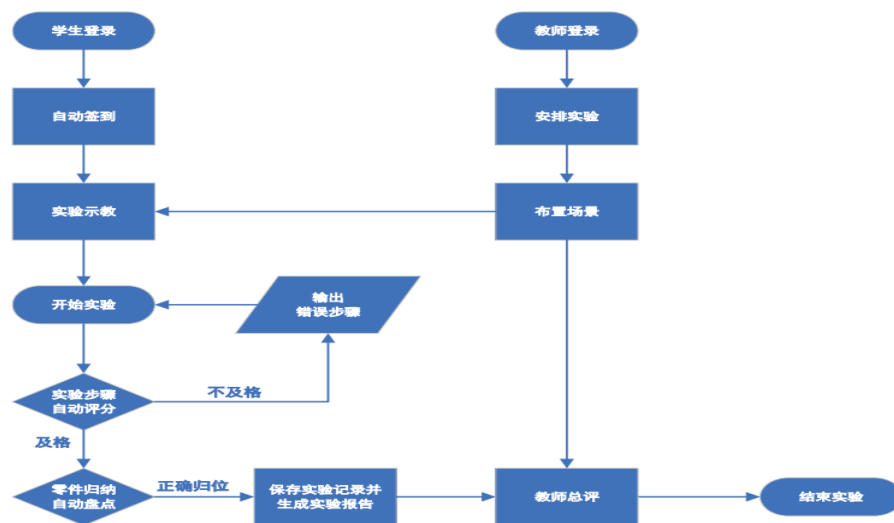


图 1.2 智能化人机交互实验流程图

（二）控制单元及运动感知模块

本项目的硬件设备结构分为主机与从机两部分，其中主机选型为安卓工控一体机，程序以 APK 文件的形式用 U 盘安装在一体机中，

该安卓一体机需要收发数据信号由 USB 接口实现通讯。

本项目使用蓝牙模块来代替有线连接进行信号传递。蓝牙模块通过信号线利用 MCU 的串口进行通信，其中 VCC 与单片机正极连接，GND 与单片机负极连接，TXD 与单片机 RXD 连接，RXD 与单片机 TXD 连接，而安卓工控一体机没有相对应的引脚接口，因而中间需用 STC89C52RC 单片机作为过渡件，STC89C52RC 单片机与安卓一体机之间通过数据线实现连接与通讯，两者共同组成了本项目系统硬件设备主机的控制单元。

本项目课程实验系统主机的信息收发，将由蓝牙模块——引脚串口——STC89C52RC 单片机——TYPE-A 转 TYPE-B 数据线——安卓一体机 USB 串口的通道实现信号传递，且一切信号由蓝牙模块收发以实现数据传递。与此同时，从机也需要用到蓝牙模块，只需要从机与主机的蓝牙模块实现连接，就可以实现系统

的所有串口通讯。连接时利用 AT 指令集进行连接和配置。综上，即可实现本项目的所有数据串口通讯。

为实现智能人机交互系统与轴系实验平台的高度结合，实验系统采用无线射频识别技术以实现运动感知功能。

无线射频识别技术（Radio Frequency Identification, RFID）是自动识别技术的一种，通过无线射频方式进行非接触双向数据通信，利用无线射频方式对记录媒体进行读写，从而达到识别目标和数据交换的目的。RFID 射频识别技术已被广泛运用于物联网领域，其标签传感器因无线、无源、无芯片等特点，适用于实现本项目轴系实验台设备的零件归纳自动识别功能。

每一个实验零件都贴上一个特定的电子标签，当贴有电子标签的实验零件靠近读写器时，标签会处于读写器天线辐射形成的范围内，其内部嵌入的天线就会通过电磁感应产生感应电流驱动其内部芯片的电路，如此，芯片电路就可以反向通过该天线将存储在标签中的标识信息发送给读写器，以完成读写器对每个零件的自动识别功能。大致流程如下图 1.3 所示：

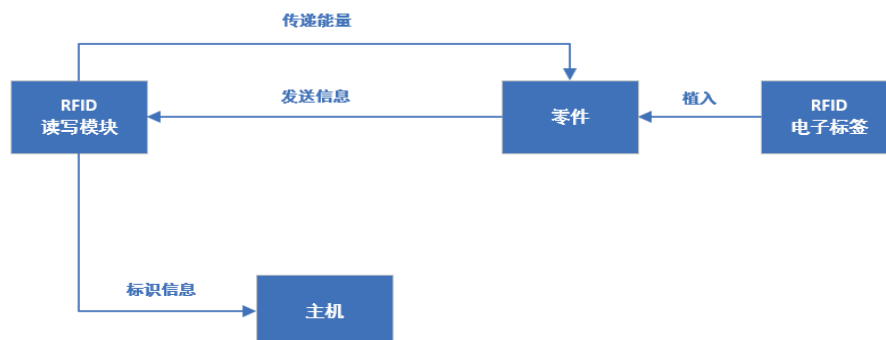


图 1.3 基于 RFID 技术的零件识别逻辑

轴系装配实验的零件可分为阶梯轴、各式齿轮涡轮、轴承、轴承座、套杯及轴套、端盖六种主要零件以及其余的挡圈、圆螺母等辅助零件共七大类。实验中学生对实验零件进行装配，不同种类零件中植入特定的电子标签，向 RFID 读写模块发送标识信息。当每两个实体零件组装后，其内置芯片将被读写器读取到相同的读距，该信号将在 STC89C52RC 单片机中被转化为特定引脚的电

平信号，然后再通过安卓工控一体机的串口将信号传输给课程实验系统，系统在读取到信号后，将记录所有收到的信号组成一串数组“z0”，同时，系统中会提前将所有正确零件组合的数组罗列好，命名为“z1”至“z31”，此时系统再对比“z0”是否有与“z1”至“z31”之中任意一个数组完全一致，若存在一致，则证明学生的该实际组装步骤与正确的零件组装方案中存在一致的方案，系

系统将给该学生的本实验步骤判定满分, 综上可实现自动评分功能。

根据每个零件摆放的位置, 可以为每个零件所对应的特定电子标签标识信息编码设置一个合适的读取范围, 学生实验组装完毕后, 系统会要求学生进行零件归纳, 当读写器读取到所有零件都在其对应正确的读取范围内后, 即代表学生实验完成后已将所有实验零件正确归位, 综上可实现零件归纳自动盘点功能。

(三) 轴系实验台结构设计模块

传统轴系结构设计装配实验的实体零件、实验场地、实验工具等较为繁杂, 本项目实验台设计旨在将以上要素集为一体, 使传统轴系结构设计装配实验设备得以包装化、简洁化、功能多样化。

该设备功能如下:

便携可移动, 可适用于所有场合, 不受场地限制; 可储存实验零件, 且可完善分类; 有可辅助实验的实用工具, 学生可以依靠此设备独立完成全部实验; 可存储摆放实验所需拆装工具; 整体尺寸合理。

如图 1.4 所示, 轴系实验台设备外观设计为可移动式的箱体结构。

实验台的大体结构分别由 7 层抽屉、挂件、工作台及手动丝杆移动式底座组成, 其分别用于实现实验零件储存、组装工具摆放、实验辅助、提供轴系装配实验平台等功能。



图 1.4 轴系实验台整体结构

在传统轴系结构设计实验中, 安装在同一底座上的两个轴承座往往需要精准的相对距离, 因此需要用到游标卡尺等辅助工具, 且一旦距离不正确, 底座与轴承座需要重新拆装, 较为不便。

为解决以上问题, 本项目利用手动丝杆滑块代替原本的底座与轴承座组装, 设计出滑动底座的功能结构, 其中两个轴承座分别等高固定于滑块的移动面板、终端, 导程位置刻上测量所需刻度, 手动丝杆滑块与轴承座组装如图 1.5 所示:

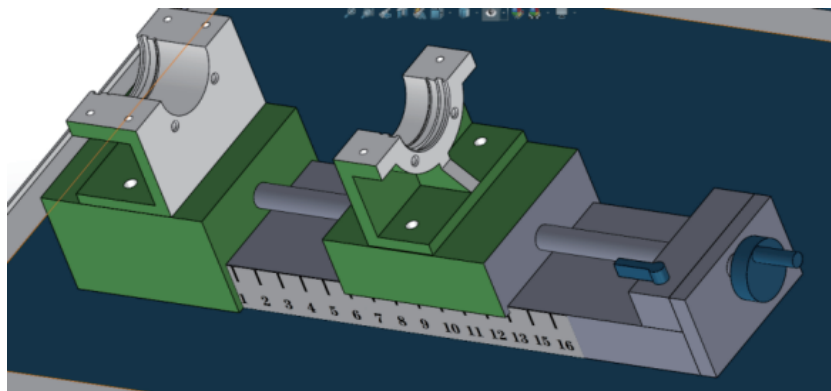


图 1.5 丝杆滑块与轴承座组装示意图

滑动底座结构的设计有以下优点:

1. 轴承座的相对位置随丝杆滑块移动而改变, 手动摇柄调距精准且可避免为调距而多次拆装底座与轴承座;
2. 丝杆滑块内置锁紧把手, 便于固定相对位置;
3. 导程刻度可方便学生无需游标卡尺等工具直接测量两个轴承座之间的相对距离。

二、结语

本文围绕智能人机交互实验系统设计、智能运动感知识别设计、轴系实验台结构分析设计三个任务展开。智能人机交互实验系统是实验智能化、规范化的关键, 有着自动签到、自动评分、自动生成实验报告、零件归纳检测逻辑; RFID 射频识别技术为实验系统提供运动感知功能, 使实验零件与智能实验系统能够紧密结合, 保证了实验系统的硬件技术要求; 创新实验台是智能轴系实验的载体, 具有体积小不占用空间、不受场地限制、可分类归纳实验零件等优点。

本论文创新设计思路为“根据需求提出问题”, “根据问题提出功能”, 辩证地分析了传统实验平台与虚拟实验室各自的优缺点, 从实验系统功能需求一步步入手, 到实体零件及实验台的相关设计与改装, 将智能人机交互系统与轴系实验装置紧密结合, 最终完成本次课题研究, 提出了能解决传统轴系结构实验所存在问题的思路与方案, 一定程度上实现了人机智能交互与实验教学上的改革与创新。

参考文献:

- [1] 吴湘宁, 彭建怡, 罗勋鹤, 刘远兴, 李敏. 高校人工智能实验室的规划与建设 [J]. 实验技术与管理, 2020, 37 (10): 244-250.
- [2] 武烨. 基于虚拟仿真实验室的创新性实验教学改革探索 [J]. 科技资讯, 2018, 16 (22): 162-163.
- [3] 高华, 黄周婕. 基于人机交互的移动数字图书馆价值共创行为研究 [J/OL]. 图书馆建设: 1-10[2022-05-01]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/23.1331.g2.20220128.1246.002.html>.
- [4] 陈启楨, 崔海杰, 梁卓豪, 冯诗荣, 赵洋. 基于眼球追踪技术的人机交互应用与分析 [J]. 电子世界, 2022 (02): 86-87.
- [5] 刘娜. 基于物联网技术的智能实验室建设研究 [J]. 大众标准化, 2021 (21): 38-40.
- [6] 柏书剑, 武豪, 万飞, 陈岚. 基于 RFID 的机床裂纹检测仿真研究 [J]. 机床与液压, 2022, 50 (04): 135-139.
- [7] 郭宇名, 邱俊, 王德伦. 轴系结构方案正向设计数字化方法研究 [J]. 机械设计与制造工程, 2021, 50 (11): 7-12.
- [8] 许得水. 轴系结构振动特性建模与功率流分析研究 [D]. 哈尔滨工程大学, 2021.

本文系: 东莞理工学院 高等教育教学改革项目 编号: 202102034 的研究成果。

东莞理工学院学院质量工程项目: 校级一流课程 (机械设计基础) 202102045