

“时间统一系统”仿真实验平台设计与实现

徐龙威, 高 鹏, 吴忠望

航天工程大学航天信息学院, 北京 101146

[摘 要]为了解决“时间统一系统”课程理论教学与实操实践脱节的教学问题, 本文设计并开发了“时间统一系统”教学仿真实验平台。该平台对当前主流时频设备和信号测量仪器进行模拟仿真, 并基于课程知识架构设计了覆盖时频信号产生、传递和应用全流程的专题仿真实验。在开展时频设备实操实践前, 学生基于该平台开展多轮次仿真训练, 能够直观了解时频设备的操作方法及时间系统的工作原理, 有助于学生快速掌握课程的核心理论知识, 大幅缩短学生装备熟悉时间, 提高实操实训学习效率。

[关键词]时频装备; 实践教学; 仿真实验

[中图分类号]TP391.9 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1647-9265 (2024)-0026-04 **[收稿日期]**2024-04-01

一、引言

“时间统一系统”课程是面向航天发射与测控、航天信息综合应用等专业的一门专业核心课程。本课程核心教学内容是时间和频率信号的测量、传输和应用相关基本理论和方法, 可划分为“测时”、“授时”和“用时”三个模块[1]。课程知识体系复杂, 涉及数学、物理学、天文学、计量学等多个学科, 且对实践操作能力的要求较高。时间和频率信号的基本概念、特性指标、传输方法和应用模式等知识点都十分抽象, 仅仅依靠理论讲授的教学手段, 很难达到分析、应用、综合、创新等高阶目标。在传统的教学模式下, 主要通过设置课程实践环节, 利用原子钟、时间服务器、示波器等设备, 构建实操实践平台, 直观呈现时频信号的相关知识。但是, 由于学生对时频装备的基本原理和操作方法不熟悉, 直接对仪器设备进行操作效率不高。例如, 利用频谱仪测量时间信号基本参数实验, 在学生对频谱仪的操作方法不熟悉的条

件下, 很难在短时间内完成实验任务。另外, 时频设备属于高精密度仪器设备, 造价高昂、维护难度大, 且为了获得高精度的时间信号需要长时间的时钟驯服, 难以建设面向广大学生的时频装备实操训练环境[2]。上述原因, 导致“时间统一系统”课程建设过程中设备实操课程效率低, 课程实践科目少, 理论和实践脱节严重, 难以达到对课程知识融会贯通、学以致用教学效果。

针对具体课程设计仿真实验平台, 是解决实操实验环境建设困难的常见手段[3-4]。但是, 常见的仿真实验平台通常是作为实操课程的替代, 导致设备实操实践环节缺失, 学生操作能力难以得到有效培养。另外, 目前开设时间统一系统教学的院校不多, 针对时间系统的仿真平台很少。本文基于“时间统一系统”课程教学内容, 设计并实现了基于 B/S (Browser-Sever) 架构的“时间统一系统”教学仿真实验平台[5], 以解决课程理论教学与实践操作脱节的基本问题。

二、基于教学仿真实验平台的课程教学设计

“时间统一系统”采用以理论教学为主，实验教学为辅的线上线下混合式教学模式。

理论教学阶段，利用“雨课堂”的资料推送和考核等功能，支撑课前、课中和课后三个阶段的教学实施[6]。课前，通过平台向学生推送预习资料，发布一个小的调查问卷，并根据课前调查结果确定课堂的教学重点、难点和兴趣点。课中，针对重难点和兴趣点开始授课。课后，发布复习和考核任务，并推送相关文献，实现高阶性的教学目标。

实践教学阶段，打破传统实践课程学生直接对陌生仪器设备进行操作的局限性，基于仿真教学实验平台，采用原理学习→仿真训练→实操实训的教学过程，构建一种先虚后实、虚实结合的实践教学模式。第一阶段原理学习，发布仿真实验的相关理论基础知识和实验原理，帮助学生了解整个实验的基

本概况；第二阶段仿真训练，学生基于教学仿真实验平台，学习设备操作方法和实验系统搭建；第三阶段实操实践，学生独立完成所有时频设备操作和系统搭建任务。在新的实践教学模式下，学生可以基于仿真实验平台进行多次仿真训练，熟悉设备操作方法和流程，降低实操实践阶段的误操作率，缩短实操实验的完成时间，提高实践教学的学习效率。

三、专题仿真实验设计

根据本课程“测时”、“授时”和“用时”三个知识模块，平台设计了 5 个专题实验。其中，“测时”模块设计 2 个专题实验，“时间信号生成测试”和“频率信号生成测试”；“授时”模块设计 2 个专题实验“授时信号处理”和“网络授时服务”；“用时”知识模块设计了 1 个综合应用专题实验，“时间统一系统搭建”。如图 1 所示。

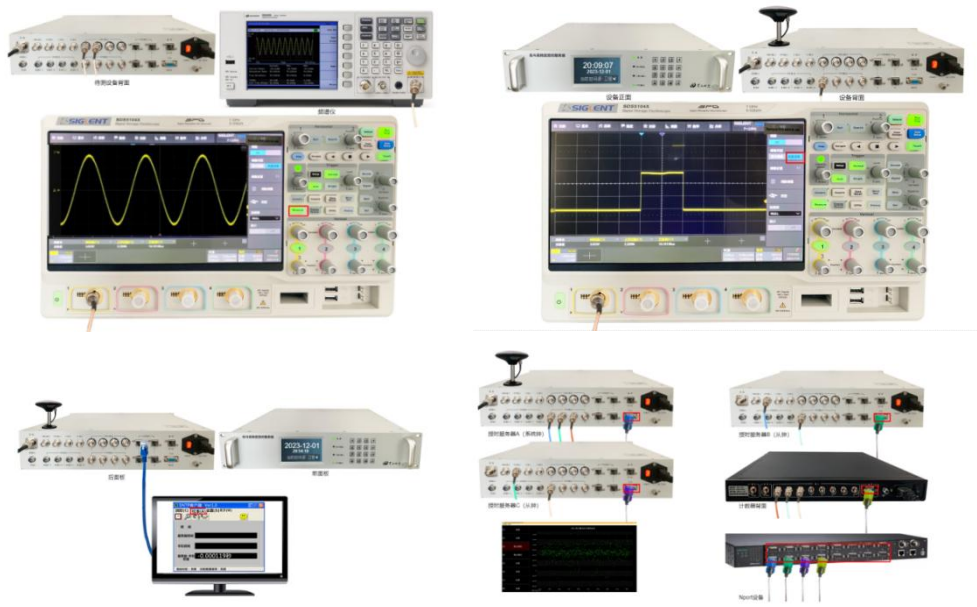


图 1 专题仿真实验界面

1、时间信号生成测试实验

本实验以秒脉冲时间信号为研究对象，

利用 1 台北斗授时服务器和 1 台示波器，量测秒脉冲信号的上升沿、波形、脉宽、前沿抖动等技术指标。通过本实验，学生实现对最常见时间信号直观的认知，培养授时服务器、示波器等设备操作和实践能力。

2、 频率信号生成测试实验

本实验以 10MHz 正弦波信号为研究对象，利用 1 台北斗授时服务器、1 台示波器和 1 台频谱仪，量测正弦波信号的功率、波形、幅度、频率准确度、隔离度、谐波、非谐波等技术指标。通过本实验，学生实现对最常见频率信号直观的认知，在掌握 10MHz 正弦波信号基本概念和典型指标的同时，培养授时服务器、频谱仪、示波器等设备操作和实践能力。

3、 授时信息处理实验

本实验以导航卫星授时过程为研究对象，利用 2 台北斗授时服务器和 1 台时间间隔计数器，构建授时系统，通过观察时间间隔计数器输出的时差信息，学习卫星授时的基本流程和时差信息变化规律。通过本实验，学生实现对卫星授时系统的框架直观认知，通过基本的数据分析，发现时差信息变化规律。理解设备间时间同步的内在逻辑，在掌握理论知识的同时，培养学生数据分析和规律归纳能力。

4、 网络授时实验

本实验以 NTP 授时体制为研究对象，利用 1 台北斗定时型验证终端和 SNPTC 软件，构建实验平台，直观展示 NTP 授时的基本原

理、实现方法和流程。通过本实验，帮助学生了解互联网实现各个节点时间同步的技术体制，理解万物互联的底层逻辑。

5、 时间统一系统实验

本实验以时间统一系统为研究对象，利用 3 台授时服务器、1 台时间间隔计数器、1 台 Nport 设备以及监控计算机终端，构建一个简单的时间统一系统。通过本实验，帮助学生理解整个时间系统的基本框架，熟悉多节点系统实现时间统一的基本过程，了解时间统一系统的应用机制。

五、结语

本文针对“时间统一系统”课程实践教学效率低、科目少、理论和实践脱节的问题，设计并实现了一套基于 B/S 架构的“时间统一系统”教学仿真实验平台，探讨了基于该仿真实验平台教学设计、平台的框架和具体仿真实验科目。该平台通过设置覆盖课程核心知识的 5 个专题仿真实验，为学生提供了一个交互式、可视化的仿真环境，通过先虚后实、虚实结合的实践教学模式提高实践课程的教学效率。为解决一些工程应用类课程教学过程中理论和实践脱节的问题提供一些参考。

作者简介：徐龙威（1988-），男（汉族），河南开封人，讲师，高精度卫星导航与授时；高鹏（1994-），男（汉族），内蒙古二连浩特人，助教，高精度卫星导航与授时；吴忠望（1979-），男（汉族），湖北咸宁人，副教授，导航对抗技术。

参考文献：

- [1] 蔡志斌, 蔺玉亭, 肖胜红, 卢鋈. 时间基准与授时服务[M]. 北京: 国防工业出版社, 2021.
- [2] 赵旺. 北斗导航授时终端模块的设计与实现[D]. 四川: 电子科技大学, 2021.
- [3] 李倩, 奔粤阳, 徐贵鹏, 等. 惯性组合导航仿真实验平台在实验教学中的应用[J]. 实验室科学, 2022(002):025.
- [4] 陈万通, 倪育德, 万棣, 等. "导航原理与系统"虚拟仿真实验教学体系构建[J]. 教育教学论坛, 2021.
- [5] 孙明月. 基于 B/S 架构的网络教学系统的开发与设计[J]. 电子设计工程, 2018, 26(22):46-50.
- [6] 王帅国. 雨课堂:移动互联网与大数
据背景下的智慧教学工具[J]. 现代教育技术, 2017, 27(5):7. DOI:10.3969/j.issn.1009-8097.2017.05.004.

Design and implementation of "Timing System" simulation experiment platform

XU Longwei, GAO Peng, WU Zhongwang

(Space Engineering University, Beijing 101146)

ABSTRACT : To solve the problem of disconnection between theoretical teaching and practical teaching in the course of " Timing System", a teaching simulation experiment platform of "Timing System" is designed and developed. The platform simulates the mainstream time-frequency equipment and signal measuring instruments, builds the simulation equipment library, and designs a special simulation experiment covering the whole process of time-frequency signal generation, transmission and application based on the curriculum knowledge framework. Students carry out simulation training based on this platform, and can intuitively understand the operation method of time-frequency equipment and the working principle of time system, which helps students quickly grasp the core theoretical knowledge of the course and improve the learning efficiency of practical operation and training.

KEYWORDS: time-frequency equipment; practical teaching; simulation experiment.