

# 虚实结合的机车车辆专业实验平台建设思考

孙效杰, 李文举

上海应用技术大学轨道交通学院, 上海  
Email: sxjilm2003@163.com

收稿日期: 2020年10月5日; 录用日期: 2020年10月19日; 发布日期: 2020年10月26日

## 摘要

轨道交通的大发展, 促使一大批本科院校相继新办机车车辆专业, 但应用型专业的人才培养定位与实物实验平台不足之间的矛盾在短期内是难以解决的。如何快速建立专业实验室, 满足应用型人才培养的实践需求, 是新办专业共同面临的困境。本文通过分析上海应用技术大学机车车辆专业人才定位与人才培养的现状, 考虑现有的实习实训条件及需求矛盾, 提出采用虚实结合的思路是当前专业实验室建设的必由之路。然后, 利用有限的场地和经费, 改造现有实验条件, 扩充虚拟仿真工具, 根据虚实结合的方式开展机车车辆专业实验平台的新功能建设, 以满足实习实践教学需求, 服务于学生创新项目与教师科研团队。

## 关键词

虚实结合, 机车车辆, 实验室, 实践教学

# Idea of Combining Virtual and Real Way to Build the Experiment Platform of Locomotive and Rolling Stock

Xiaojie Sun, Wenju Li

School of Railway Transportation, Shanghai Institute of Technology, Shanghai  
Email: sxjilm2003@163.com

Received: Oct. 5<sup>th</sup>, 2020; accepted: Oct. 19<sup>th</sup>, 2020; published: Oct. 26<sup>th</sup>, 2020

## Abstract

With the rapid development of rail transit, many colleges and universities have set up locomotive

and rolling stock majors. However, it is difficult to solve the contradiction between the position of applied talent training and the lack of enough physical experimental laboratory for students' practice and training in the short term. How to set up the professional laboratory rapidly, to meet the practical demand of applied talent training, is the same question for every new major in local college and universities. Based on the analysis of the current situation of the positioning and training of locomotive and rolling stock major in Shanghai Institute of technology, considering the existing practical training conditions and demand contradiction, this paper puts forward the idea that the combination of virtual and actual is the only way for the construction of professional laboratories. Then, the existing experimental conditions are transformed with limited space and funds, the virtual simulation tools are expanded, and the new function construction of locomotive and rolling stock professional experimental platform is carried out according to the combination of virtual and actual conditions, so as to meet the needs of practical teaching and serve the students' innovative projects and teachers' scientific research team.

## Keywords

Combining Virtual and Actual, Locomotive & Rolling Stock, Experimental Platform, Practical Teaching

Copyright © 2020 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

随着我国轨道交通的大发展,高速铁路和城市轨道交通取得举世瞩目的成就。截至2019年底,中国铁路营业里程13.9万公里以上,其中高铁3.5万公里。根据中国国家铁路集团有限公司发布的《新时代交通强国铁路先行规划纲要》,到2035年,率先建成现代化铁路网,全国铁路网20万公里左右,其中高铁7万公里左右,20万人口以上城市实现铁路覆盖,其中50万人口以上城市高铁通达。根据中国城市轨道交通协会的统计,截至2019年底,中国内地开通城市轨道交通城市共40座,运营里程达6730.27 km,其中上海801.3公里,继续位居世界第一。

面对高速铁路和城市轨道交通飞速增长的用工需求,原铁道所属高校人才培养规模已远远无法满足,因此,许多地方院校纷纷开始新办轨道交通专业,培养轨道交通相关专业人才[1]。上海应用技术大学依托学校应用型人才培养的较强教学资源和上海地区的区域优势,于2009年成立轨道交通学院。学院主动适应中国轨道交通行业发展需要,以轨道交通企业需求为导向,以职业岗位能力为依据,开展应用型人才培养。更重要的是有别于传统铁道部属高校,上海应用技术大学轨道交通学院坚持走错位发展道路,培养立足上海、面向长三角、辐射全国、走向世界,具有国际视野、高水平、应用型轨道交通站段一线工程技术人员。毕业学生主要从事轨道交通“运行维护、监测检测、安全控制、风险管理”领域技术工作。

由于轨道交通相关实验平台和实训基地建设周期普遍较长,建设费用十分高昂。作为地方高校新办专业,机车车辆专业和其它新办专业情况类似,也存在实习实训所需场地有限、设备不全、资金不足等问题,开展专业的实践教学难以满足等现实困难,且在短期内根本无法解决[2]。借助虚拟现实技术建设专业实验平台,弥补实物实习、实训条件的不足,走虚实结合的建设方式,在一些轨道交通的高校、职校已经取得成功[3][4][5][6]。因此,笔者认为,采用虚实结合是地方院校机车车辆专业实验平台建设的

必由之路。

## 2. 虚实结合是实验平台建设的必由之路

### 2.1. 人才培养定位与现状

为了充分抓住上海、长三角、全国,乃至“一带一路”轨道交通行业对安全检测与控制技术运营与现场管理人才的迫切需求,以此为契机,机车车辆专业注重学生学习专业知识的同时,密切与铁路行业、企业的协同,通过教学与科研的有机结合,强化实验教学中的应用与创新,通过大量的专业实习、综合实践,培养学生的实践动手能力,满足用人单位需求。

作为应用型本科专业,机车车辆专业关注培养学生的实践能力、科研能力、创新能力,实现学生知识、能力、素质协调发展。多年来从专业教学和对毕业生、用人单位等校外情况的反馈来看,学生对机车车辆构造及原理、牵引制动技术、运用维护等专业基础知识掌握较好,但对动力学、运行测试、故障诊断、性能分析评价等比较抽象的专业知识认知不足,特别是对高速动车组、重载货运列车、高密度运行地铁列车在运行中轮轨动态力学及零部件失效引起系统重大事故欠缺系统性分析评估能力,往往答非所问。为此,在机车车辆专业人才培养计划中开设了《机车车辆动力学与建模仿真》、《专业实习与实践》、《走行部测试综合实践》、《测试技术综合实践》等课程,训练学生对机车车辆运行状态测试与分析诊断能力,以便毕业后更好地为企业服务。

学院经过 10 余年的发展,借助于上海市教学示范中心、学校 085 工程及协同创新平台等资金的支持,校内专业实验平台和校外实习实训基地建设不断地加强与扩充,建成上海市轨道交通运行与安全教学示范中心,校级的机车车辆设计与诊断技术工程中心。学院不仅购置了一批大铁路、城轨交通的转向架及零部件教具模型,还建设了 200 m 校内轨道交通综合试验线,添置了 2 台货车转向架、1 台地铁转向架。与上海申通地铁、上海铁路局、中国中铁等合作建设的校外实习实训基地,部分解决了校内实验设备紧缺、设备主要用于教学演示的问题。

### 2.2. 存在的矛盾

1) 试验线实验条件不足由于校内实验平台建设受限于场地与经费投入,200 m 校内试验线没有通电的接触网,也没有完整的牵引传动装备,因此几台铁路货运、地铁转向架只能做简单的单台转向架静态实物展示,无法动态牵引运行。这与实际的车辆-线路甚至列车-线路耦合系统存在明显差异,且实验设备及测试手段还无法支撑机车车辆系统完整的动态测试及故障诊断教学实验要求。

2) 校外实习实训条件不足目前机车车辆专业的校外实践基地主要是地铁培训中心、铁路车辆段、动车段等单位,它们承担着繁重的日常运维工作,安排学生大规模、长期的顶岗实训存在一定困难,且学生的人身安全性问题成为学校和实习单位最为关注的难题,造成当前实习实训主要以车间参观、会议室培训讲解为主。

### 2.3. 虚实结合的实验室建设思路

鉴于目前试验条件与人才培养需求之间巨大的矛盾,试验场地及资金缺口巨大,需要快速建立实践教学平台,满足应用型人才培养的需求。结合现有实验平台条件,利用有限的经费及场地,采取虚实结合的建设思路,开展机车车辆实验平台建设是当前的必由之路。在现有转向架、线路及测试设备的基础上,补充测试设备和动力驱动设备,增加虚拟仿真手段,完整模拟机车车辆车线耦合复杂条件下的动态性能及故障分析,以填补学生对机车车辆、线路系统动力学及动态测试故障分析认识上的空白,加强应用型人才培养。

### 3. 虚实结合的机车车辆实验平台建设方案

#### 3.1. 硬件实物添置

在现有转向架、线路及测试设备的基础上, 采购牵引驱动装置, 实现转向架的动态运行。鉴于现有试验线暂无接触网及供电系统, 牵引驱动装置可以采用蓄电池供电, 因此, 选择牵引重量为 10 t 的轨道牵引车用于转向架的牵引, 通过随车手柄或无线遥控的方式进行控制运行时同时启动声光报警装置, 警示路线人员, 车上安装有紧急制动按钮。其运行距离不受限制, 对轨道铺设要求也不高, 具有较高的安全性和灵活性。

补充测试传感器及数据传输设备, 可以实现转向架动态运行时的状态实时监测, 包括轮轨力、轮轨振动加速度、构架振动加速度等, 数据采集后通过无线数据传输终端将数据发送至数据存储及处理器, 用于数据的分析与运行状态评价。

#### 3.2. 动态仿真软件

采购轨道车辆动力学仿真软件, 进行机车车辆的虚拟仿真分析, 包括轮轨接触动力学仿真、悬挂分析与设计、轮-轨磨损预测、蠕滑分析、轮轨/车桥耦合设计、转向架分析、轮轨力预测、制动距离计算等, 实现车辆-轨道耦合、车辆-轨道-桥梁耦合模拟, 研究机车车辆运行动态性能。借助虚拟仿真软件, 可以模拟整车各类复杂环境的动态响应, 并开展实践教学与理论研究, 可以有效补充校内试验硬件条件的不足。

### 4. 实验平台的功能与价值

#### 4.1. 实验平台的功能

采用虚实结合建设的机车车辆实验平台, 把实物实验与仿真模拟相结合, 利用试验线上的实物转向架、线路, 安装部分测试传感器及数据采集、传输装置, 与软件的动态仿真模拟相结合。虚实结合的实验平台具有实验场地小、成本低、功能强大、组合灵活等优势, 具有如下功能:

##### 1) 模拟演示功能

模拟演示机车车辆直线运行、曲线通过、上坡下坡、牵引制动、过道岔、高架桥梁等不同工况的运行状态, 增强学生对机车车辆、轨道线路系统动力学及动态测试、故障分析的认识, 虚拟测试传感器来观察和记录其动态特性。

##### 2) 实验教学功能

采购动力牵引车拖动转向架, 利用加速度传感器、应力传感器、振动采集系统等设备仪表, 开展转向架动态测试, 测试转向架直线运行、通过曲线等典型工况, 通过典型的时间历程曲线、加速度对比、频谱图等开展实验教学, 加强学生对车辆悬挂系统、结构振动、轨道线路及动态评估方面知识的学习。

##### 3) 学生动手能力、自主创新训练功能

学生基于虚实结合的实验系统, 利用现有测试仪表或通过改变工况, 在机车车辆系统动力学及其不同故障(如悬挂失效、控制系统失效等)方面开展学生动手能力、自主创新的训练。培养指导本科生、硕士生的大学生创新项目、创新创业计划等实施。

##### 4) 对感兴趣本科学生和硕士研究生开放功能

虚实结合的实验平台建成, 对感兴趣本科生或机械大类硕士生开放, 为他们提供对机车车辆、轨道线路系统认识, 特别是深入理解机车车辆、轨道线路系统的动态特性、故障失效分析提供方便, 支持参加大学生轨道交通领域的学科竞赛及科技创新活动。

## 4.2. 实验平台建成后的价值

### 1) 满足课程教学的需要

满足机车车辆工程专业开设的《认知实习》、《走行部综合实践课程》、《测试技术综合实践》、《专业实习与实践》等实践教学的需要。但由于经费、场地等原因, 缺乏部分实验设备及模拟工具, 致使这类实践课程过去主要偏重简单认知、车辆构造及结构原理介绍, 对动力学及动态测试、故障分析等领域涉及较少。过去主要带学生到上海申通地铁、铁路局参观, 但因试验条件限制, 根本无法满足学生动手实践的需求, 学生缺乏系统、直观的认知。另外, 实验平台还可以弥补《机车车辆动力学与建模仿真》、《城市轨道交通车辆故障诊断》、《传感器与检测技术》和《动车组检测与故障诊断》等理论课程课内实验教学设备的空缺, 更好的训练学生在机车车辆的测试技术、运行性能与仿真分析等能力, 以便毕业更好地为企业生产服务。

### 2) 满足培养应用性人才的需求

建设的机车车辆虚实结合实验平台, 是以机车车辆及关键部件为对象, 除了具有模拟演示、实验教学功能外, 还具有非单一、非简单、多元化的、组合化、直观化的、测试采集分析及仪器仪表等特点, 将增加学生动手能力, 促进学生系统理解与掌握机车车辆动态特性基础知识, 增强学生动手能力、创新设计能力。符合学校具有实际工程能力的应用型人才培养的需要, 使得毕业学生在企业或生产一线的实际工程的应用水平提高。

### 3) 满足研究生培养的需要

随着学校研究生规模的不断扩大, 轨道交通学院的车辆工程、控制工程及安全工程硕士点, 近3年共计完成近70名硕士研究生的招生工作, 主要涉及机械、控制、土木三个学科专业方向。但当前硕士研究生实验条件薄弱, 缺乏系统的机车车辆动态测试与仿真条件。该实验平台的建成和开放, 不仅有利于本科学生, 同时也弥补硕士生对机车车辆动力学、动态测试及故障诊断方向纯理论教学的缺点, 为机车车辆硕士生加强对车辆系统振动特性、故障机理和分析诊断提供支撑, 为硕士生创新研究提供平台。

### 4) 造就、培养教学与科研团队

通过本虚实结合实验平台建设, 建立一支由轨道交通学院教授领衔、一线骨干教师和实验员组成的“机车车辆运行动态监测与安全评估”科研教学团队, 促进本科实践教学质量的提升, 推进实验教学内容、方法、手段、队伍、管理及实验教学模式的改革与创新。支撑科研团队在大铁路、城轨交通领域承担国家、企业的科研项目, 为建设依托申通地铁、上海铁路局等单位的协同创新平台, 申请上海市轨道交通服役装备服役状态与控制工程中心提供软硬件支撑。

### 5) 符合国家加强虚拟现实仿真实验教学的导向

目前教育部、市教委、学校都在对虚拟仿真实验教学项目进行建设, 进一步推进现代信息技术融入实验教学项目、拓展实验教学内容广度和深度, 延伸实验教学时间和空间。本实验平台的建设, 将实物试验与仿真模拟结合, 符合国家提倡的虚拟仿真实验教学项目建设的导向。

## 5. 结论

地方院校机车车辆专业, 因专业建设周期短、实物实验平台经费缺口大, 导致学生实践教学和专业课程理论教学的课内实验时, 实物实验平台无法完全满足。本文探讨采用虚实结合的建设思路, 利用有限的经费及场地, 建设机车车辆实验平台, 不仅可以满足实践、实训教学要求, 逐步打造国家导向的虚拟现实仿真实验平台, 而且可以服务于大学生科技创新、研究生创新研究、教师科研团队。

## 基金项目

上海应用技术大学实验平台建设项目“轨道交通运行模拟系统改造项目”(1021GN201006-A22)。

---

## 参考文献

- [1] 潘玉娜. 浅谈地方本科院校新办机车车辆专业[J]. 课程教育研究, 2013(31): 227-228.
- [2] 孙效杰. 虚拟样机技术在新办机车车辆专业教学中应用的必要性探讨[J]. 教育教学论坛, 2019(14): 162-163.
- [3] 路永婕, 郑明军, 王军. 虚拟样机技术在车辆工程专业教学中的应用研究[J]. 科技资讯, 2015(31): 177-178.
- [4] 方振龙, 李状. 城市轨道交通专业虚实结合的实践教学资源研究——以长春市城市轨道交通 OCC 培训系统开发为例[J]. 高教学刊, 2017(16): 55-57.
- [5] 孙晓梅. 虚实结合的高职城市轨道交通调度实训平台探索与实践[J]. 继续教育研究, 2014(8): 122-124.
- [6] 李正交, 戴胜华, 周兴, 等. 轨道交通通信与控制虚拟仿真实验教学中心建设与实践[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(9): 186-190.