

铁道工程创新型实验教学体系建立与教学方法研究——以浮置板减振轨道振动力学试验为例

曾志平, 朱志辉*, 王卫东, 闫斌, 马富, 黄冬蔚

中南大学土木工程学院, 湖南 长沙
Email: *1877043690@qq.com

收稿日期: 2020年12月7日; 录用日期: 2021年2月2日; 发布日期: 2021年2月9日

摘要

加大实验教学的深度和广度, 是深入开展工科类专业理论与实践教学不可或缺的重要途径。在轨道交通迅速发展的背景下, 建立创新型铁道工程实验教学体系, 并以中南大学铁道工程专业钢弹簧浮置板试验为例, 阐述了开展铁道工程创新型实验的基本教学方法: 推进理论教学的现场化模式、科学定位实验的内容与研究深度、积极开展校企联合科研教学实验、建立健全本硕博学生联动机制、健全实验报告的独立性撰写模式、提升学生科研成果转化能力等等。其教学研究成果不仅对于铁道工程实验类教学有着指导意义, 而且对其他理工科专业实验教学模式的改进同样具有一定的启发意义。

关键词

铁道工程, 大学生, 创新型实验, 教学体系, 教学方法, 浮置板减振轨道, 振动力学

Research on Establishment of Innovative Experimental Teaching System and Teaching Methods of Railway Engineering—Taking the Vibration Mechanics Test of the Floating Slab Damping Track as an Example

Zhiping Zeng, Zhihui Zhu*, Weidong Wang, Bin Yan, Fu Ma, Dongwei Huang

*通讯作者, 中南大学土木工程学院副院长, 土木工程国家级虚拟仿真实验教学中心主任。

文章引用: 曾志平, 朱志辉, 王卫东, 闫斌, 马富, 黄冬蔚. 铁道工程创新型实验教学体系建立与教学方法研究——以浮置板减振轨道振动力学试验为例[J]. 创新教育研究, 2021, 9(1): 65-71. DOI: 10.12677/ces.2021.91012

Abstract

Increasing the depth and breadth of experimental teaching is an indispensable and important way to carry out theoretical and practical teaching in engineering disciplines. In the context of the rapid development of rail transit, an innovative railway engineering experimental teaching system was established. Taking the steel spring floating slab test of the railway engineering major of Central South University as an example, the basic teaching methods for carrying out innovative railway engineering experiments were explained: advancing theoretical teaching by the on-site model, scientifically positioning the content and research depth of the experiment, actively implementing school-enterprise joint scientific research and teaching experiments, establishing and improving the linkage mechanism of undergraduate, master and doctoral students, improving independent writing mode of experimental reports, and improving students' ability to transform scientific research results. Its teaching research results not only have a guiding significance for the experimental teaching of railway engineering, but also have an enlightening significance for the improvement of other science and engineering professional experimental teaching models.

Keywords

Railway Engineering, College Students, Innovative Experiments, Teaching System, Teaching Methods, Floating Slab Vibration Damping Track, Vibration Mechanics

Copyright © 2021 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

近年来, 为了加强城市之间的连接, 并缓解市区道路的交通压力, 全国各地掀起了一股建设轨道交通(高铁与地铁)的浪潮。轨道交通的发展, 给人民生活带来了极大便利的同时还极大地促进了沿线地区经济的飞速发展。随着社会的发展、城市规模的扩大以及都市圈的形成, 新时代对铁路建设的质量以及相关专业人才的培养提出了更高的要求, 铁道工程实验作为铁道专业人才培养的重要组成部分, 无论对于研究型人才还是应用型人才的培养, 都有着至关重要的作用[1]。为了加强铁道工程实验的教学质量, 丰富实验教学内容, 并拓展实验的深度和广度, 亟需建立创新型实验教学体系, 以服务我国轨道交通行业的迅速发展[2]。

2. 传统铁道工程实验教学体系存在的问题

传统的铁道工程实验教学模式以粗放式为主, 实验流程相对简单, 从一定程度上讲确实可以减轻教师的教学压力, 节省实验投资[3], 但是已经无法满足新时代下铁道工程实验的教学要求, 其存在的问题如下:

1) 授课方式往往以课堂为主，现场操作为辅。

教学内容只停留在书本表面，很少直接深入各类重要知识点的原理与本质，造成了学生对相关实验印象不深的严重局面。

2) 教师数量与学生数量差距悬殊。

由于教师数量的限值，在进行实验教学时，教师与学生的数量差距悬殊，在进行实验教学时，很难监控学生们的实验教学质量，并且无法保证每个学生都能清晰而准确地理解教师在进行实验操作示范每个步骤的含义。

3) 实验的广度与深度不够。

传统的铁道工程实验往往只局限于对书本知识的演示，很少让学生对其本质进行挖掘。以轨道几何形位测量实验为例，只是让学生用道尺、支距尺等仪器进行简单测量并记录，并没有真正教会学生去思考这样测量的原因，以前曾采用那些测量方法，以及测量方法的改进措施。

4) 实验报告的监控性与评价方法存在缺陷。

传统的铁道工程实验往往采取一个班为单位，进行相应实验报告的撰写，对于学生独立性以及个性的培养存在较大的阻碍，有些学生甚至会产生“依赖性”，因为就实验内容与结果来说，同学之间大体相当，故难以精确评估每个同学的学习效果。

5) 实验结果对学生的启发性不深刻。

铁道工程专业的本科生常规实验不应该仅仅局限于一般性教材的内容，而是应该提高到一定的学术层次，让本科生能够接触到硕博研究生所进行的实验研究，这样无论对于本科生的进一步深造还是工作，都具有很高的教学价值。

3. 创新型铁道工程实验教学体系的建立

传统的教学模式已经很难满足新时代下对铁道工程专业人才“高精尖”的需求[4]，甚至有学生就算走上了工作岗位，对相关实验操作都一窍不通，更无法胜任较为复杂的科研型实验，这对铁路建设、运营养护维修及相关科研等工作的进一步发展造成了阻碍。为了建立并进一步完善铁道工程专业实验教学体系，克服现有教学模式的弊端，创新型实验教学体系的建立健全迫在眉睫。

鉴于传统的铁道工程实验教学模式存在的弊端，作为铁路类专业领头羊之一的铁道工程系采取了一系列创新型实验教学措施，用于建立创新型铁道工程实验教学体系[5]。其具体方法如下：

1) 推进理论教学的现场化模式。

基于土木工程学院先进的国家级实验平台，通过引导学生“走出教室”，采取分组式的现场化的实验基本理论的教学，让学生对各种典型轨道结构(高铁、地铁、有砟、无砟、道岔)进行参观，再从实验本质上进行讲解，使学生对相应的实验方法有着直观的认识。

2) 科学定位实验的内容与研究深度。

传统的铁道工程实验偏向于铁路建成后的工务养护维修方面的检测，一般内容是轨道几何尺寸实验，轨距水平、平直度实验等[6]。其操作简单，实验要求不高，对学生科研能力的培养力度有限。铁道工程系在兼顾传统实验内容的基础上，还增加了隔振器静刚度、扣件静刚度实验(进行扣件组装，含高铁扣件、地铁普通扣件、地铁减振扣件)；扣件纵向阻力实验(考虑不同扭矩)、接头纵向阻力实验(考虑不同扭矩、不同夹板)；扣件动力性能测试(落锤冲击)实验；轨道板动力性能测试(落轴冲击)实验等[7]。实验时需要用到加速度传感器、位移传感器、应变片、数据采集仪等仪器，极大地拓展了实验的深度与广度。

3) 积极开展校企联合科研教学实验。

铁道工程系一直致力于与广大铁路设计、运营、维护部门以及轨道部件厂家开展广泛而深入的科研

实验合作，在完成基本课题任务的基础上，教师可以利用现有的资源进行实验教学，从而让学生有机会接触到最先进的铁道工程实验与检测技术，从而提高整体科研教学质量。

4) 建立健全本硕博学生联动机制。

本硕博学生由于培养阶段的不一样，其教学内容与方法存在一定的差异性，但是就其培养进程来看，却是紧密联系的。本科生是硕博研究生的必经阶段，由于年龄段的接近，硕博研究生在某种程度上更了解本科生的认知规律。由于本科生、硕博研究生的培养目的和培养方案有着很大的区别，三个阶段的学生在未来工作领域内联系紧密，通过硕博研究生带动本科生进行科研型实验，并将其作为硕博研究生第二学术学分考核内容，不仅可以一定程度上缓解教师数量不足，还能减缓硕博研究生自身科研压力，本科生同时能够习得硕博研究生的科研思路与科研习惯，对于提高整体科研教学质量具有很大帮助[8]。

5) 健全实验报告的独立性撰写模式。

改变传统铁道工程实验教学“一班一报告”的粗放式实验报告提交模式，采取分小组实验，实验内容不同，任务分工明确，并由硕博研究生进行辅助指导的实验教学模式，让学生们能独立撰写研究型实验报告，充分发挥学生的个性，从而达到最优化的实验教学效果。

6) 提升学生科研成果转化能力。

通过创新型实验在内容与深度上的提升，实验结果已经不仅能满足于常规教学，教师还可以指导本硕博学生进行数据挖掘、规律分析，以及新型实验装置的思考，并通过撰写科研论文与专利的方式，实现实验成果的升华。该能力对于各个培养层次的学生而言都十分重要，同时也是“双一流”建设下学科建设的一大重要目的。

4. 创新型实验教学方法实例

以本专业一创新型教学实验为例，该实验名称为“钢弹簧浮置板试验”，实验依托广州地铁18号和22号线工程。通过学院与校外工程单位合作开展实验，以本硕博联动为基础，由1~2名硕博研究生带领3~4名本科生为一个小组共同进行实验，从而全方位带动学生科研积极性，实现科研成果转化。

4.1. 实验背景

随着社会的发展、城市规模的扩大以及都市圈的形成，常规最高运行速度80 km/h的轨道交通已经难以满足居民对长距离出行的时间需求，与此同时，人们对城市轨道交通运营中所产生的振动和噪声影响也越来越关注。浮置板轨道作为目前效果最佳的减振措施，在城市地铁中应用广泛，因此，相关浮置板厂家研发了一种减振效果更好的轨道减振产品，用以应对可能出现的环境振动严重超标的恶劣工况，改进型钢弹簧浮置板轨道试验研究就成为了地铁提速和减振降噪的关键环节。

4.2. 实验目的与价值

1) 通过与实验室实测数据对比，并结合室内理论研究分析，建立完善的钢弹簧浮置板轨道力学性能模型；

2) 通过有限元软件计算，结合实验室所采集的浮置板数据，分析钢弹簧浮置板轨道在静载和疲劳荷载作用下的受力特性及其演变规律，为适用于高速度、大轴重城市轨道交通的改进型钢弹簧浮置板的可靠度和耐久性评估提供依据。

4.3. 实验安排

4.3.1. 预期分工建议

根据学生能力与特点的不同，我们对一个小组的实验预期进行了分工建议：

- 1) 统筹全局、论文撰写(主要由硕博研究生进行);
- 2) 前期调研、资料收集(适合思维活跃, 前瞻能力强的学生);
- 3) 材料处理、实验操作(适合于动手能力较强的学生);
- 4) 实验记录、数据存储(适合于比较细心的学生);
- 5) 数据处理、综合分析(适合于比较有耐性的学生)。

4.3.2. 预期计划进度建议

- 1) 实验前期准备(制定实验大纲, 调研, 实验方案设计, 资料收集);
- 2) 实验模型制作以及安装, 单块板静载实验及冲击实验, 形成第一阶段实验总结报告;
- 3) 三块板疲劳及冲击实验, 形成第二阶段实验总结报告;
- 4) 总结研究成果, 形成最终成果报告。

4.3.3. 实验实际开展建议

- 1) 实验资料搜集学习, 小组会议分析并准备实验;
- 2) 根据参考文献自主制定实验大纲, 教师和硕博研究生提供实验选择建议, 考虑到实验时间和成员时间, 最终决定进行单板静载和隔振器疲劳性能实验, 其中以共享式隔振器疲劳性能研究为主, 单板静载实验为学习辅助;
- 3) 两个实验同时进行, 小组本科生以疲劳实验为主, 单板静载实验则由本科生辅助硕博研究生进行;
- 4) 实验数据处理, 结果分析, 实验报告形成初期;
- 5) 实验资料整理, 成果提炼分析, 实验报告形成。

4.4. 实验成果

通过实验的分工, 组员们积极发挥, 并完成了自己最擅长的任务, 形成实验报告一份。其中, 硕博研究生和合作单位成功发表论文三篇, 本科生们成功申请授权实用新型专利三项。

5. 创新型实验教学体系的有益效果

通过创新型实验教学体系以及相关教学方法的实践, 解决了传统实验教学模式教师资源不足, 实验的深度与广度不够, 学生科研能力没有得到提升等问题。同时我们仔细地观察学生之间沟通与组织的表现, 可见学生在以下方面有了显著的提升:

1) 团队精神。

团队初组时, 学生间基本处于闻名阶段, 所以负责人提前组织了实验资料分享交流的会议, 组员之间逐渐熟悉之后, 大致商定了实验大概分工, 并由专业素养比较好的硕博研究生进行指导最终的数据分析, 本科生则在资料整理、实验操作、记录、数据处理中分别选择自己擅长的任务。

2) 专业素养。

由于所分小组人员大部分为本科生, 教学时先由教师带领他们进行理论方面的学习, 再让学生自己去学习了解实验内容和具体实验操作, 对于专门的数据分析软件的操作细节可以让硕博研究生进行辅助教学, 整个过程中显著提升了学生的专业素养, 可见该种实验教学方法是十分有意义的。在这种指导思想的影响下, 学生们如期成功地完成了实验内容, 并撰写了实验报告, 而且在实验过程中, 学生们还在教师的指导下提出了新型的实验工具, 并完成专利的申报。

3) 分工合作。

团队之间有了基本的分工, 保证每个人在团队中被需要及发挥最大的作用, 能使实验顺利进行。当

然，学生之间的分工不代表工作的彻底分开，学生在后期处理数据时，通过相互之间的合作度过那段漫长枯燥的数据处理期。

4) 科研能力。

学生们表示以前觉得科学研究就是不断的做实验，写报告，但这次经历之后，他们发现科学研究是一种享受，当落轴冲击轨道板时，电脑屏幕上跳动的加速度信号就好像是世间最美好的事物，之前的准备也是值得的。通过创新型实验，学生们对待科研的态度有了明显的改变，分析能力和自学能力也有所见长。

5) 思维方式。

学生们以前看到一些实验研究时，只会去看研究结论是什么，然后死记硬背，现在他们看到一份论文，会先去想研究对象是什么，怎么研究的，为什么要去研究，思考角度从读者站到了作者，同时也初步掌握了专利撰写与知识产权保护的基本方法。

6. 结语

为了解决传统教学模式存在的问题，提高“双一流”建设质量，并更好地服务于我国铁路事业，中南大学铁道工程专业采取了推进理论教学的现场化模式、科学定位实验的内容与研究深度、积极开展校企联合科研教学实验、建立健全本硕博学生联动机制、健全实验报告的独立性撰写模式、提升学生科研成果转化能力等措施，并取得了较好的成效。

我国城市轨道交通建设任务重、时间紧，要求铁道工程专业人才培养的质量必须大幅度提高，否则会给日益复杂的工程项目的实施增加难度，而传统的铁道工程实验教学模式已不能满足目前轨道交通的要求。创新型实验教学体系的建立，使得学生们积极主动完成每一项实验任务，遇到困难，整个小组团结协作，共同完成，使得该实验得以顺利完成。创新型实验不仅锻炼了学生的基本理论知识，也将所学专业知识和专业软件结合起来，更能达到提高科研能力的目的，使得学生能够成为既掌握专业知识，还具备较强创新能力的大学生。当前国际各行各业的竞争日趋激烈，而其中科学技术的迅猛发展起到了强有力的推动作用，一个国家综合竞争力的提高需要一大批具备创新思维及科研能力的高素质人才，创新型实验教学体系对于相关教学理论的发展必然具有巨大的推动力。

基金项目

湖南省研究生优秀教学团队(铁道工程教学团队)(湘教通[2019]370号); 土木工程国家级虚拟仿真实验教学中心(中南大学)开放课题(202001); 中南大学教育教学改革项目(2019jy097); 中南大学大学生创新类实验项目(201910533342)。

参考文献

- [1] 王卫东, 谢友均, 娄平, 等. 轨道交通行业工程类人才培养探索与实践[J]. 高等建筑教育, 2018, 27(6): 36-43.
- [2] 康庄, 周顺华. 工科研究生团队化培养模式探讨——以同济大学铁道工程专业为例[J]. 学位与研究生教育, 2013(1): 19-22.
- [3] 王斌, 蔡小培, 杨娜. 基于成果导向的铁道工程专业培养方案修订[J]. 高等建筑教育, 2018, 27(5): 41-46.
- [4] 曾志平. 高速铁路跨越式发展形势下铁道工程专业人才培养方法研究[J]. 长沙铁道学院学报(社会科学版), 2009, 10(1): 13+28.
- [5] 王卫东, 谢友均, 娄平, 曾志平, 李耀庄. 轨道交通行业工程类人才培养探索与实践[J]. 高等建筑教育, 2018, 27(6): 36-43.
- [6] 王薇, 向洁, 王卫东. 高校开放式课堂教学研究——基于学生视角的实践问卷分析[J]. 现代大学教育, 2018(2): 96-102.

-
- [7] 曾志平, 朱志辉, 王卫东, 娄平, 李伟, 闫斌. 铁道工程实验教学改革与教学方法研究[J]. 教育科学发展, 2020, 2(2): 42-44.
- [8] 王卫东, 彭立敏, 余志武, 谢友均. 土木工程专业特色人才多元化培养模式研究与实践[J]. 高等工程教育研究, 2015(1): 144-148+160.