智能交通复合型人才培养模式的设计与教学实践

于天剑 李景帆 成庶 向超群 伍珣
中南大学交通运输工程学院，中国·湖南 长沙 410075

摘要：针对交通类研究生培养中专业知识与工程实践联系不够紧密的问题，本研究以交通设备故障预测与健康管理（PHM）科研项目为基础，设置“交通工程 + 人工智能”“交通信息 + 大数据”两类交叉课程模块，在教学中结合科研任务、研究生与本科生协作、校企合作及 CIPP 评价；通过数据处理、算法建模、工程解释和反馈修改等连续任务，为智能交通复合型人才培养提供可实施的教学路径。

关键词：智能交通；复合型人才；研究生教育；项目式教学；校企协同

Design and Teaching Practice of the Training Model for Interdisciplinary Talents in Intelligent Transportation

Yu Tianjian, Li Jingsa, Cheng Shu, Xiang Chaoqun, Wu Xun
School of Traffic and Transportation Engineering, Central South University, China Hunan Changsha 410075

Abstract: Aiming at the weak linkage between professional knowledge and engineering practice in the training of postgraduate students majoring in transportation, this study takes the research project of Prognostics and Health Management (PHM) for transportation equipment as the foundation. Two interdisciplinary curriculum modules are established, namely "Traffic Engineering + Artificial Intelligence" and "Traffic Information + Big Data". The teaching integrates research tasks, collaboration between postgraduates and undergraduates, university-enterprise cooperation, and the CIPP evaluation model. Through sequential tasks including data processing, algorithm modeling, engineering interpretation, feedback and revision, an implementable teaching pathway is provided for cultivating interdisciplinary talents in intelligent transportation.

Keywords: Intelligent transportation; Interdisciplinary talents; Postgraduate education; Project-based teaching; University-enterprise collaboration

0 引言

数据采集、智能分析和网络化控制这些手段，正在应用到交通设施运维与运输组织。《交通强国建设纲要》要求交通发展更多地依靠创新驱动[1]，《数字交通“十四五”发展规划》把交通设施、运输服务和行业治理的数字、网络、智能化列为了重点任务[2]。《教育强国建设规划纲要（2024—2035 年）》进一步提出高校、优势学科与重点行业企业协同推进人才培养、科学研究和成果转化[3]。对于交通类研究生的能力要求也随之增加：要求研究生理解交通系统与设备机理、处理运行数据、选择合适的方法，并在工程条件下合理地解释结果。

已有研究分别从新工科、项目式学习和产教融合讨论培养改革。新工科建设强调产业需求、学科交叉、学生学习结果和持续改进[4-6]；项目式与问题式学习把知识置于具体任务中，有助于学生理解方法的适用条件并迁移所学内容[7-8]；交通工程教育研究则把数据分析、沟通协作和复杂系统理解列为研究生课程需要回应的能力[9]。落到具体教学中，困难往往出现在环节衔接上。

本研究依托中南大学研究生教育教学改革项目，选取交通核心设备故障预测与健康管理（Prognostics and Health Management，PHM）作为贯穿课程的工程任务，在课程、科研训练和企业协同之间建立对应关系。研究关注能力目标如何落实到任务设计、不同教学资源怎样在同一培养过程中配合，以及 CIPP 评价如何服务教学调整。

1 理论基础与研究设计

新工科建设要求工程教育根据技术和产业变化调整培养目标、课程内容、教学组织与评价方式。对交通类研究生课程而言，“交通 + 人工智能”或“交通 + 大数据”只有落实到同一工程对象和任务过程，学生才能看清各类知识解决的具体问题。

项目式学习为这种整合提供了组织方法。Prince 和 Felder 对工程教育中归纳式教学方法的研究表明，以问题、案例或项目作为学习起点，有助于学生理解学习内容的用途，并形成较为综合的学习结果[7]。Chen 等对工程教育 PBL 实践的综述指出，项目真实性、课程嵌入方式、教师支持和组织环境会影响实施效果[8]。本研究因此将 PHM 科研任务拆分为可在课程中完成、评价和修订的单元，让学生在处理同一问题时调用交通机理、数据方法和工程规范。

本研究采用设计研究的思路，按照“需求分析—方案设计—教学实践—过程反馈—持续改进”的路径推进，前期先查阅文献，了解智能交通技术的变化、交通人才需要具备的能力；课题组再结合轨道交通企业专家的咨询意见和小范围研究生访谈，修改能力维度的划分；随后，项目组依托国家重点研发计划“动力电池热保障技术与寿命仿真分析”等科研任务，把动力电池状态监测与寿命评估的相关内容转化为教学项目。

CIPP 模型包括背景评价（Context）、投入评价（Input）、过程评价（Process）和成果评价（Product），本研究借助背景评价，了解行业对人才能力的要求及课程中的不足，再通过投入评价，检查师资、课程、数据和企业支持等条件；教学开展期间，项目组通过过程评价记录任务进展、团队合作情况及导师反馈，并在成果评价中分析学生作品和能力量表；各阶段教学结束后，项目组把四类信息汇总，作为下一轮修改教学任务与评价标准的依据。

2 培养中存在的主要问题

交通类研究生通常具有交通工程基础和设备设计、运维知识，但人工智能、大数据与物联网内容多以选修课、讲座或短期训练分散出现。不同课程缺少共同的工程对象和递进任务，学生可以分别解释交通原理与算法概念，却难以判断复杂场景需要什么数据、为何选择某种算法、结果应如何验证。因此，课程设计需要把工程问题、知识模块、和能力证据对应起来。

部分实践课主要安排演示实验或单次作业，教师事先确定问题范围、所用数据和操作步骤，学生虽然能够完成其中的部分操作，但参与需求梳理、方案比较、失败原因分析和再次修改的机会较少 .

部分校企合作主要通过参观、讲座或建设实践基地的形式开展，企业掌握的实际运行情况、数据使用规范和质量要求，未能融入具体的课程任务；在反馈内容上，企业导师主要关注项目能否实际使用，任课教师侧重知识与方法，学生则更多关注学习感受，这三类信息缺少共同的能力评价指标。

3 培养模式设计

3.1 复合能力目标

根据课程目标和前期访谈情况，本研究把复合能力分为四个相互联系的方面，交通基础与系统思维主要考察学生能否解释设备和运输系统的运行原理；在数智技术应用方面，评价关注学生处理数据、选择算法、训练模型和评价性能的能力；工程实践要求学生考虑安全、成本、实时性及结果能否得到解释等条件，并在此基础上提出可以验证的方案；协同创新主要考察学生在不同学科之间沟通、安排任务、表达技术内容，以及修改和反思的能力；研究将这四方面的能力放在同一工程任务中观察，具体对应关系见表 1。

表 1 复合能力、培养环节与学习证据的对应关系

能力维度	核心表现	主要培养环节	可采集的学习证据
交通基础与系统思维	解释设备机理与系统关系，界定复杂工程问题	交通工程基础、设备机理分析、问题定义	需求分析、系统框图、问题陈述与约束清单
数智技术应用	完成数据治理、算法选型、建模与评价	机器学习、智能优化、交通大数据、PHM 实验	数据字典、代码、模型报告、性能对比
工程实践	在真实约束下形成可验证、可解释的解决方案	科研项目任务链、企业案例、工程评审	实验记录、故障分析、验证报告、迭代日志
协同创新	跨专业沟通、团队组织、技术表达与反思	研本协同小组、双导师指导、研讨汇报	分工记录、阶段汇报、同伴互评、反思报告

3.2 交叉课程模块的安排

课程以现有交通工程课程为基础，结合典型工程问题，加入两类交叉模块，其中，“交通工程 + 人工智能”模块主要讨论如何将智能优化、机器学习和模式识别用于设备状态检测、故障识别及维护决策；“交通信息 + 大数据”模块则围绕不同来源的运行数据，安排数据采集、清洗、特征构建、统计分析和预测模型建立等训练；各模块先引入具体的问题情境，再安排相关理论学习、方法练习与综合任务，最后由学生说明选择方法的原因，并解释所得结果。

3.3 以 PHM 项目连接课程、科研与应用

本研究以动力电池状态监测与寿命评估为核心案例，项目开始时，学生先确定设备对象、健康指标、运行条件，再整理各项数据的名称与含义，并处理缺失和异常数据，之后比较统计方法、机器学习方法及智能优化策略；完成模型建立后，学生需要说明模型的精度、稳定性、结果能否得到解释，以及计算成本，再根据误差分析和企业导师

提出的意见修改方案科研任务在引入课程之前，教师需要将其调整为适合教学的内容，根据学生已有的知识基础，安排基础任务、扩展任务和最低成果要求，减轻学生直接承担完整科研项目的压力；课程中还需保留失败记录，由学生说明模型无法收敛、数据泄漏、过拟合或运行条件变化等问题，以及相应的修改过程，使项目中的尝试与纠错也能作为评价依据。

3.4 研究生与本科生协作的任务安排

实践小组由研究生牵头，本科生参与，教师提供指导并检查任务完成情况；研究生负责分解问题、协调任务、选择方法和阶段汇报，同时指导本科生开展实践，本科生主要整理数据、完成基础实验，教师则检查技术路线，组织小组讨论；在这样的安排下，研究生除了完成技术工作，还需要向组员说明方法，安排小组合作；项目组根据研究生培养目标分配各项任务，并通过项目日志核对指导工作的投入情况与个人贡献。

3.5 CIPP 评价在教学周期中的使用

本研究将 CIPP 评价安排在整个教学周期中，开课前通过背景评价与投入评价，明确学生欠缺的能力、已有基础、教师安排和数据条件；教学实施期间，过程评价主要记录任务完成情况、团队合作质量、导师反馈和企业参与情况；课程结束后，再通过成果评价汇总学生作品、汇报材料、反思记录及能力量表；各类信息分别用于相应的教学调整，其中，背景信息用于修改能力目标，投入信息用于补充课程和平台资源，过程信息用于调整任务划分的细致程度与指导频率，成果信息则用于判断下一轮教学需要加强的环节，具体指标框架见表 2。

表 2 基于 CIPP 的培养模式评价与改进框架

评价维度	核心问题	观察要点	证据来源	主要改进用途
背景评价	为何改革、培养什么	行业需求、政策要求、学生能力缺口	文献、专家咨询、教师座谈、学生访谈	修订能力目标与问题场景
投入评价	资源能否支持目标	师资结构、课程衔接、项目与数据、企业平台	课程方案、师资清单、平台与项目资料	补充资源、明确角色与实施条件
过程评价	实施是否按设计发生	任务推进、协作参与、反馈质量、困难与调整	过程日志、会议纪要、阶段作品、访谈	调整任务粒度、节奏和指导方式
成果评价	产生了何种学习产出	知识整合、模型质量、工程解释、协同表达	能力量规、作品集、答辩、同伴与企业评价	判断达成度并形成下一轮改进重点

4 教学实施与结果

项目启动后，课题组将收集的信息放在同一个能力框架下进行比较，各类材料反映的问题较为接近，学生已经具备一定的交通工程基础理论和传统设备运维知识，但在不同学科知识的结合、算法与实际运行条件的对应，以及跨专业合作等方面还需要加强；这一判断与交通类人才培养、智慧交通实验教学相关研究的结论基本一致；根据这些信息，课题组设置了“交通工程 + 人工智能”“交通信息 + 大数据”两类课程模块，并结合实践情况，不断调整各模块的内容范围及相互衔接方式。

项目组依托动力电池状态监测与寿命评估任务，把运行数据整理、预处理、算法选择、故障预测模型建立、结果分析和模型优化等环节，安排为前后衔接的连续任务；相比单次算法实验，这些任务更加关注数据质量检查、不同模型适用情况的比较，以及结果在工程中的含义，让学生结合设备的实际运行条件学习算法。

校企双方依托已有的轨道交通科研项目开展合作，主要安排行业需求咨询、工程案例引入和实践平台共同建设等工作，企业专家协助课题组了解实际运行条件的限制、技术规范及岗位能力要求，高校教师再将这些内容整理为教学任务和讨论材料。

5 结语

本研究围绕交通设备 PHM 项目，把两类交叉课程模块融入连续的教学任务，任务从明确问题开始，逐步推进到工程验证，同时按照 CIPP 框架，安排需求分析、资源投入、过程反馈和成果评价；经过阶段性实践，本研究形成了“课程交叉—科研牵引—研本协同—校企协同—评价改进”的运行机制，使交通专业知识、数智方法和工程实践能够围绕同一问题结合起来；后续研究还需更系统地调查学生的学习成效，持续跟踪培养过程，以进一步检验这一模式适用于哪些情况，以及实际实施效果如何。

参考文献：

[1] 中共中央，国务院. 交通强国建设纲要[EB/OL]. (2019-09-19)[2026-09-02]. https://www.gov.cn/zhengce/2019-09/19/content_5431432.htm.

[2] 交通运输部. 数字交通“十四五”发展规划[EB/OL]. (2021-10-25)[2026-09-02]. https://www.mot.gov.cn/zhuanti/shisiwujtysfzgh/202201/t20220112_3636131.html.

[3] 中共中央，国务院. 教育强国建设规划纲要（2024—2035 年）[EB/OL]. (2025-01-19)[2026-09-02]. https://www.moe.gov.cn/jyb_xxgk/moe_1777/moe_1778/202501/

t20250119_1176193.html.

[4] 教育部，工业和信息化部，中国工程院. 关于加快建设发展新工科实施卓越工程师教育培养计划 2.0 的意见[EB/OL]. (2018-10-17)[2026-09-02]. https://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/moe_742/s3860/201810/t20181017_351890.html.

[5] 教育部高等教育司. 关于开展新工科研究与实践的通知[EB/OL]. (2017-02-23)[2026-09-02]. https://www.moe.gov.cn/s78/A08/tongzhi/201702/t20170223_297158.html.

[6] 吴爱华，侯永峰，杨秋波等. 加快发展和建设新工科 主动适应和引领新经济[J]. 高等工程教育研究，2017(1): 1-9.

[7] PRINCE M J, FELDER R M. Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases[J]. Journal of Engineering Education, 2006, 95(2): 123-138. DOI:10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x.

[8] CHEN J, KOLMOS A, DU X. Forms of implementation and challenges of PBL in engineering education: A review of literature[J]. European Journal of Engineering Education, 2021, 46(1): 90-115. DOI:10.1080/03043797.2020.1718615.

[9] WEST M E, CARREL A L, KAJFEZ R L. Future skill requirements in transportation engineering and implications for graduate curriculum design[J]. Journal of Civil Engineering Education, 2021, 147(3): 04021002. DOI:10.1061/(ASCE)EI.2643-9115.0000042.

基金项目：中南大学研究生教育教学改革研究项目（2025JGB072）。

作者简介：于天剑（1988-），男，博士，副教授，研究方向：电力牵引与传动控制、故障诊断、机器学习与模式识别。