

人工智能赋能的《交通流理论》课程教学设计

贾晓璐¹ 郭戎格² 陈娜¹ 顾欣¹ 张永男¹ 李昀轩¹

1 北京工业大学 城市交通学院 2 北京交通大学 交通运输学院

DOI:10.32629/jief.v7i9.18287

[摘要] 面向交通强国与智能交通建设的人才需求,《交通流理论》既是交通运输类本科生理解道路运行机理的关键课程,也是培养建模计算与工程判断能力的重要载体。针对课程概念抽象、模型推导链条长、案例与数据支撑不足、学生数学与编程基础差异显著以及课程思政融入零散等问题,本文依托课程教学大纲与毕业要求指标点,提出人工智能赋能的教学设计思路。方案以“目标—内容—活动—评价”对齐为原则,在教学资源组织、学习支持、价值引领与过程评价四个环节引入知识图谱、检索增强生成与对话式辅导等工具:通过知识结构化与案例库迭代增强内容可教可学;通过诊断测评与分层任务实现因材施教,并以代码脚手架降低仿真门槛;通过专业情境化叙事将效率、公平、安全与责任意识融入交通现象分析;通过学习分析与证据链核验形成“评价—反馈—改进”闭环,提升学习真实性与质量保障水平。教学实践表明,该设计有助于提升学生对交通现象的解释能力、模型选择与实现能力以及基于数据的表达能力,可为交通工程类理论课程的数智化改造提供参考。

[关键词] 生成式人工智能; 交通流理论; 课程建设; 教学设计; 学习评价

中图分类号: C913.32 **文献标识码:** A

Instructional Design for an Artificial Intelligence-Empowered "Traffic Flow Theory" Course

Xiaolu Jia¹ Rongge Guo² Na Chen¹ Xin Gu¹ Yongnan Zhang¹ Yunxuan Li¹

1 College of Metropolitan Transportation, Beijing University of Technology

2 School of Traffic and Transportation, Beijing Jiaotong University

[Abstract] In response to the talent demands of building China's strength in transportation and developing intelligent transport systems, the "Traffic Flow Theory" course serves not only as a key subject for undergraduates in transportation to understand the operational mechanisms of roads but also as an important platform for cultivating modeling, computational, and engineering judgment skills. Addressing existing issues such as the abstract nature of course concepts, lengthy model derivation chains, insufficient case studies and data support, significant disparities in students' mathematical and programming foundations, and the fragmented integration of curriculum ideology and politics, this paper proposes an artificial intelligence-empowered instructional design framework, based on the course syllabus and graduate requirement indicators. Adhering to the principle of aligning "objectives-content-activities-assessment," the scheme introduces tools such as knowledge graphs, retrieval-augmented generation, and conversational tutoring into four aspects: teaching resource organization, learning support, value guidance, and process evaluation. Specifically, knowledge structuring and iterative case library updates are employed to enhance content teachability and learnability; diagnostic assessments and tiered tasks are implemented to achieve personalized instruction, with code scaffolding used to lower the threshold for simulation; professional contextualized narratives integrate considerations of efficiency, equity, safety, and responsibility into traffic phenomenon analysis; and learning analytics with evidence chain verification form a "assessment-feedback-improvement" closed loop, improving the authenticity of learning and the level of quality assurance. Teaching practice demonstrates that this design helps enhance students' ability to explain traffic phenomena, select and implement models, and express ideas based on data. It can serve as a reference for the digital and intelligent transformation of theoretical courses in traffic engineering.

[Key words] Generative Artificial Intelligence; Traffic Flow Theory; Course Development; Instructional Design; Learning Assessment

引言

《交通流理论》是交通运输类专业理解交通系统运行机理的基础课程,也是交通组织与控制等工程决策的重要理论支撑^[1-4]。北京工业大学城市交通学院面向交通运输类专业本科生开设的《交通流理论》,学分2.0、学时32,先修课程包括高等数学、概率论与数理统计、交通工程导论与交通调查与分析等。课程围绕交通流三要素与基本图^[5]、微观跟驰与离散仿真^[6-7]、宏观连续模型与交通波(LWR)^[8-9]、以及交通管理与控制应用等内容,强调“理论解释—模型建构—数据验证—工程决策”的贯通训练。随着交通感知、仿真与智能决策技术快速发展,传统以板书推导与定性讲解为主授课方式,在学习效率、实践深度与个性化支持方面暴露出不足。虽然生成式人工智能与学习分析等新技术为课程改革提供了新的发展方向,但是其引入需要坚持教学规律,避免“技术堆砌”,并应同时避免可信性、学术诚信与评价公平等问题。因此,人工智能赋能的《交通流理论》课程的设计,对于智能化时代交通工程专业本科生的专业素质培养具有重要意义。

1 课程特点与教学难点

一方面,交通流理论以抽象概念与数学推导为主,学习路径呈现“参数定义—关系假设—方程推导—性质分析—工程解释”的长链条,学生容易在符号与公式中失去对实际工程中含义的把握;另一方面,课程高度依赖数据与场景,缺少真实案例时,模型适用条件与工程边界难以讲透。结合近年教学观察,主要难点体现在:

(1) 概念与模型跨度大:从基本图到LWR模型,从跟驰模型到元胞自动机与CTM,知识结构复杂且前后依赖强。

(2) 学情差异明显:学生数学与编程基础不均衡,导致推导理解与仿真实现“两极分化”。

(3) 实践支撑不足:传统作业多为计算题,难以形成面向数据与决策的综合能力。

(4) 思政融入碎片化:价值引领常停留在“点到为止”,与专业问题的内在关联没有充分呈现。

2 AI赋能教学设计思路与实施路径

本研究以成果导向(OBE)和“建构性对齐”为设计原则,将课程目标、教学活动与评价方式进行一致化设计,并以“教—学—思政—评管”为主线组织课程改革。AI工具在本课程中主要承担三类功能:其一,面向教师的内容组织与资源生成,通过知识结构梳理与检索增强生成(RAG)实现案例与练习题的快速迭代;其二,面向学生的学习支持与即时反馈,结合对话式辅导、代码模板与错误诊断,降低推导、编程与仿真的学习门槛;其三,面向管理的过程数据汇聚与质量诊断,利用学习分析对学习投入、常见误区与目标达成度进行可视化呈现,为教学改进提供证据。同时,依据国际组织对生成式AI教育应用的建议,课程对工

具使用边界、引用说明与真实性核验提出明确规范,以降低虚假与学术诚信风险。

表1 AI能力模块与教学环节对应关系

环节	AI能力模块(示例)	对应教学产出
备课与资源建设	知识图谱构建; 检索增强生成(RAG)整合教材、规范与案例	章节知识结构图; 可复用的案例/题库/示例代码
课堂教学	课堂问答助教; 可视化推导与情境化解释生成	关键概念即时澄清; 推导过程“讲清楚/看得见”
课后学习与实践	诊断测评; 分层学习路径推荐; 对话式辅导与代码脚手架	个性化练习包; 仿真实验与数据分析报告
评价与质量保障	学习分析; 过程证据链; 关键节点核验(口试/演示)	形成性评价记录; 改进建议; 诚信与公平保障

2.1 “教”: 知识结构化与案例资源迭代

围绕“交通状态参数—基本图—交通波—微观/宏观模型—离散仿真—管理控制”的主线,教师侧首先建立课程知识图谱:将概念、公式、假设条件、适用场景与典型误区以节点—关系的方式显式化,并与教材章节、课堂例题和工程案例进行链接。其次,采用检索增强生成方式,将教材、规范、公开数据集与经典论文的可用信息纳入检索库,用于快速生成或更新案例说明、推导讲义与练习题。在生成过程中坚持“先检索、后生成、再核对”的流程,避免凭空编造,确保案例来源可追溯。

2.2 “学”: 诊断—分层—对话式学习支持

针对学情差异,课程在开课初设置短测与自评问卷,识别学生在微积分、概率统计、线性代数与编程基础上的薄弱点,并据此将练习任务划分为“必做—选做—挑战”三层。课后学习引入对话式辅导:当学生在推导步骤、单位量纲或条件假设上卡住时,助教可依据统一的知识要点与示例进行提示,同时要求学生给出依据、保留推导痕迹并完成自检清单,避免形成“替代完成”或“依赖式学习”。例如,在基本图拟合与仿真任务中,检查变量定义是否一致、基本图是否满足单调性假设、边界条件是否与场景匹配等。

2.3 “思政”: 专业情境化的价值同构融入

课程思政不以单独章节硬插入,而以专业问题为载体进行情境化叙事:例如在基本图与拥堵形成分析中,引导学生理解“效率提升”与“安全底线”的权衡;在信号控制与排队溢出讨论中,引入公平性与弱势群体出行可达性的考量;在数据驱动建模实践中,强调工程伦理、隐私保护与学术规范。通过“现象—模型—决策—责任”的链条,使价值要素与知识点同步出现、共同完成。

2.4 “评”: 过程证据链评价与学习真实性保障

评价设计遵循“过程可见、证据可查、反馈可用”。在平时成绩中加入阶段性小测、推导要点卡片、仿真日志与反思记录,形成可追溯的学习证据链;同时以学习分析对投入度与薄弱环

节进行诊断,支持“评价—反馈—改进”的闭环。针对生成式AI可能带来的替代完成、虚假与引用不清等风险,课程对工具使用实行“允许—声明—核验”的原则:允许在规定范围内使用,但要求在作业中说明使用环节与修改过程,并对关键结论开展人工复核或口试抽查。

3 教学实施与典型单元设计

以“基本图与拥堵形成机理”单元为例(2学时课堂+课后实践),教学活动可按“三段式”组织:

(1)课前:发布微课与阅读指引,基于诊断结果推送差异化预习题;引导学生用统一模板整理三要素定义、量纲与常见混淆点。

(2)课中:以真实路段的速度—密度散点为引子,讨论基本图的经验规律与不同函数形式^[5];随后组织小组推导“由基本图到波速”的关键步骤,并结合LWR框架解释波的传播与拥堵形成机理,教师通过可视化工具展示推导脉络与物理含义,及时纠偏。

(3)课后:布置“数据—模型—解释”任务:学生使用给定的数据片段完成基本图拟合与参数敏感性分析,并选择离散仿真方法(如元胞自动机或CTM)复现排队形成、传播与消散过程,提交报告与代码。对基础薄弱学生提供可运行的最小示例;对高水平学生开放扩展任务,如比较不同更新规则或边界条件对波形稳定性的影响。

表2 课程评价构成与核验要点

评价环节	建议权重	主要证据	真实性核验要点
考勤与课堂参与	约15%	到课记录;讨论发言;随堂练习	随机提问;小组互评;课堂即时测验
随堂与课后作业	约15%	推导卡片;概念辨析题;短编程练习	关键步骤口述;代码可复现;引用与声明
小组实验/项目	约20%	仿真日志;结果图表;小组汇报	分工记录;现场演示;参数与数据可追溯
课程论文与展示	约50%	课程论文;答辩PPT;附录(代码/数据)	口试问答;抽查复算;AI使用说明

4 教学成效与反思

在实施过程中,学生对“从交通现象出发、以模型解释并用数据验证”的学习路径接受度提高,课堂提问更聚焦于假设条件、适用范围与结果解释。同时也观察到生成式AI在个别学生中带来“直接生成答案、缺少推导过程”的倾向。对此,一是完善提示词与资源库,配套核对清单,强化事实校验;二是通过口试与演示把关键能力点,降低替代完成风险;三是明确数据、模型与工具使用的伦理边界,规范隐私保护与引用说明。

5 结论与展望

本文面向交通流理论课程的知识结构复杂、学情差异大与实践支撑不足等问题,提出并实施了人工智能赋能的教学设计。该方案通过知识结构化与案例库迭代提升教学内容的组织效率,通过诊断分层与对话式辅导提升学习支持的适配性,通过情境化叙事实现价值要素与专业知识同构融入,并通过过程证据链评价与关键节点核验保障学习质量与真实性。后续工作将进一步完善跨平台数据治理与评价指标体系,探索与交通仿真软件、开放数据平台的深度融合,并在多轮教学中积累可量化证据,为课程持续改进提供更坚实的依据。

本文系2025年国家自然科学基金青年项目资助(基金号:52402376)。

[参考文献]

- [1]高自友.现代交通流理论[M].北京:科学出版社,2024.
- [2]王昊,金诚杰.交通流理论及应用[M].北京:人民交通出版社股份有限公司,2020.
- [3]Ni D.Traffic Flow Theory:Characteristics, Experimental Methods, and Numerical Techniques[M]. Oxford: Butterworth-Heinemann,2015.
- [4]Knoop V L. Traffic Flow Theory: An Introduction with Exercises[M].Delft: TU Delft OPEN Publishing,2021.
- [5]Greenshields B D.A study of traffic capacity[C]//Proceedings of the Highway Research Board.1935,14:448-477.
- [6]Gipps P G.A behavioural car-following model for computer simulation[J]. Transportation Research Part B: Methodological,1981,15(2):105-111.doi:10.1016/0191-2615(81)90037-0.
- [7]Nagel K, Schreckenberg M. A cellular automaton model for freeway traffic[J]. Journal de Physique I France,1992,2(12):2221-2229.
- [8]Lighthill M J,Whitham G B.On kinematic waves.II.A theory of traffic flow on long crowded roads[J]. Proceedings of the Royal Society of London.Series A,1955,229(1178):317-345.
- [9]Richards P I. Shock waves on the highway[J].Operations Research,1956,4(1):42-51.

作者简介:

贾晓璐(1992--),女,河北邢台人,工学博士,北京工业大学城市交通学院讲师。研究方向:交通仿真、交通枢纽人流组织等。