

数智化转型下交通基础设施毕业设计选题改革探索：理念、路径与实践

周长红¹, 何海琦¹, 李沛林¹, 彭聪¹, 周旦^{1,*}

1. 桂林电子科技大学, 建筑与交通工程学院, 广西 桂林, 541004

摘要: 面对交通工程基础设施领域向数字化、智能化加速转型的行业背景, 传统本科毕业设计环节在题目前沿性、技术方法先进性与工程实践契合度上存在明显滞后。本文提出“数智融合、虚实映射、场景驱动”的毕业设计教学改革理念, 构建了“前沿技术导入—数值计算赋能—工程系统构建”的三阶递进式训练体系。结合近五年(2022-2026)在沥青路面力学、颗粒材料仿真、工程检测与养护决策等方向的毕业设计选题实践, 系统阐述了如何通过数值方法仿真、GPU 并行计算、深度神经网络、图神经网络、大语言模型、RAG 与智能决策等关键技术, 引导学生完成从传统理论认知到智能化应用开发的技能跃迁。实践表明, 该模式能有效弥合教学供给与产业需求间的鸿沟, 显著提升学生解决复杂工程问题的核心竞争力。

关键词: 毕业设计; 教学改革; 数智融合; 神经网络; 大模型; 场景驱动

Exploring the Reform of Graduation Project Topics for Transportation Infrastructure under Digital Transformation: Concepts, Pathways, and Practices

Zhou Changhong¹, He Haiqi¹, Li Peilin¹, Peng Cong¹, Zhou Dan^{1,*}

1. School of Architecture and Transportation Engineering, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, Guangxi, China

Abstract: Against the backdrop of the accelerating digital and intelligent transformation in the field of transportation engineering infrastructure, traditional undergraduate graduation projects exhibit significant lags in the cutting-edge nature of topics, the advancement of technical methods, and their alignment with engineering practice. This paper proposes a graduation project teaching reform concept of "digital-intelligence integration, virtual-real mapping, and scenario-driven design," and establishes a three-stage progressive training system of "frontier technology introduction—numerical computation empowerment—engineering system construction." Drawing on the practices in selecting graduation project topics over the past five years (2022–2026) in directions such as asphalt pavement mechanics, granular material simulation, engineering inspection, and maintenance decision-making, this paper systematically elaborates on how key technologies—including numerical simulation methods, GPU parallel computing, deep neural networks, graph neural networks, large language models, RAG, and intelligent decision-making—are employed to guide students in making the skill leap from traditional theoretical cognition to intelligent application development. Practice demonstrates that this model can effectively bridge the gap between teaching provision and industry demand, significantly enhancing students' core competitiveness in solving complex engineering problems.

Keywords: Graduation project; Teaching reform; Digital-intelligence integration; Neural networks; Large language models;

Scenario-driven design

随着“交通强国”战略的纵深推进与新一代信息技术的井喷式发展，道路工程等传统基础设施领域正经历“数字化重构、智能化升级”的深刻变革。传统的以规范验算、经验性设计为主的培养模式，已难以满足行业对复合型、创新型人才的需求。毕业设计作为本科人才培养体系的“最后一公里”，不仅是知识综合运用的检验场，更是学生从学校向社会与科研过渡的关键转身期。

然而，当前交通工程（交通基础设施方向）的毕业设计面临三重困境：其一，选题陈旧，大量题目仍停留在传统的路线设计、路面结构计算或施工组织方案编制方面，缺乏对人工智能、数字孪生等新兴技术的响应；其二，工具脱节，学生仅掌握基础的 CAD 绘图和简单的工程计算软件，缺乏面对海量监测数据、复杂非线性物理方程时的数值仿真与算法开发能力；其三，思维滞后，缺乏将物理模型与数据驱动相融合的“数智融合”思维。

为此，桂林电子科技大学交通基础设施团队立足“电子信息+”“人工智能+”学科特色，基于近年来在毕业设计指导开展的改革探索和实践沉淀，提出一种面向交通基础设施数智化转型的毕设改革新范式，旨在为本方向毕业设计的教学改革抛砖引玉。

1 核心改革理念——“数智融合、虚实映射、场景驱动”

打破传统毕业设计“一题一师、文档堆砌”的僵化模式，本文提出“数智融合、虚实映射、场景驱动”三位一体的教学改革理念，其内涵如下：

1.1 数智融合：重塑认知范式

不再将力学分析与数据处理视为两条平行线，而是强调“物理机理引导、数据智能驱动”的双轮互动。引导学生在掌握弹性力学、离散元等机理模型的基础上，引入神经网络（NN）、图神经网络（GNN）、物理信息神经网络（PINN）等 AI 技术，解决传统方法计算效率低、非线性表征难的问题。例如，利用神经网络替代复杂的层状弹性体系积分运算，实现由“解方程”向“学模式”的思维跃迁。

1.2 虚实映射：拓展研究边界

秉持“一切可算、一切可视”的原则，将真实的道路工程物理场（应力、温度、渗流）映射至数值空间。教学中强调多尺度有限元（COMSOL）、离散元（PFC）及物质点法（MPM）等高精度仿真手段，辅以 GPU 并行加速技术，使学生具备处理从微观骨料冻融到宏观路表滑水等跨尺度问题的能力，实现“以虚控实、以虚优实”。

1.3 场景驱动：锚定真实痛点

脱离真实场景的 AI 模型是空中楼阁。选题严格源自实际的科研课题与工程运维痛点，划分为“算法攻坚”与“系统落地”两类，前者关注底层求解器的开发，后者关注智能管理平台、检测报表与大模型应用。通过引入 Web 架构、数据库、RAG、Skill、计算机视觉等技术，让学生在解决“工程检测报表冗杂”、“应急预案检索困难”等真实问题中，获得职业成就感。

2 具体实施办法——构建三阶递进式课题训练体系

基于上述理念，本团队将毕设全过程解构为三个逻辑递进的能力模块（见图1），依据学生学业基础、专业能力、创新主动性开展分层分类培养，落实因材施教理念。针对基础薄弱学生，优先配置第一阶选题（数值计算类），重点指导数值软件实操、工程模型构建、数据处理与机理分析，保障学生完成基本实践培养目标；针对中等能力学生，配置第二阶选题（智能算法建模类），聚焦 AI 算法与工程力学、岩土工程、道路工程的融合建模，指导学生开展参数优化、规律拟合、机理分析，

提升数智融合应用能力；针对专业基础扎实、创新意愿强烈的优秀学生，优先分配第三阶选题（智能系统研发、大模型应用、工程算法创新类），重点指导系统架构设计、算法迭代开发、深度学习模型训练、工程成果落地，培养科研创新与工程研发素养。

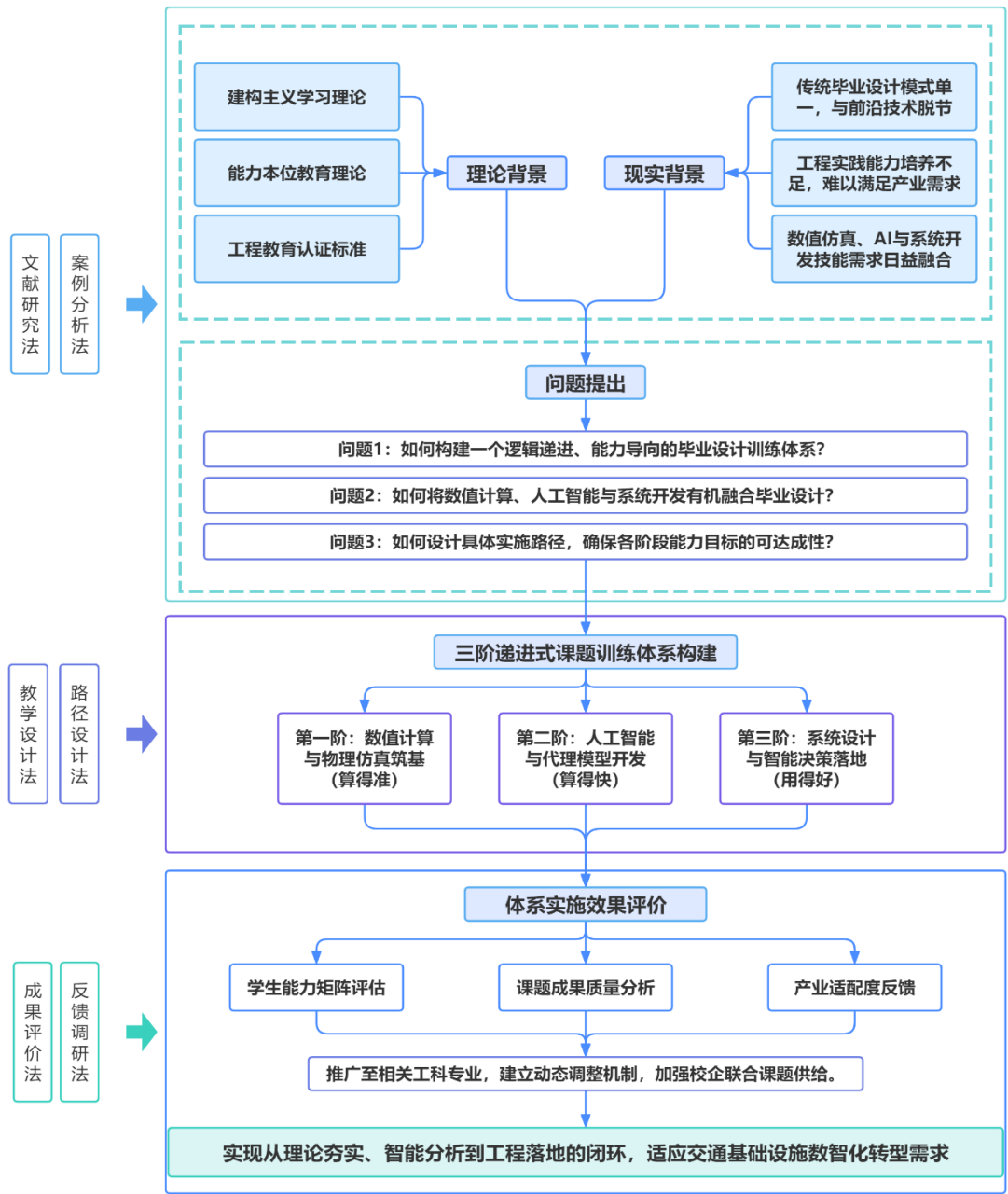


图 1 三阶递进式毕业设计课题训练体系架构图

Fig. 1 Architecture diagram of the three-stage progressive training system for graduation project topics

2.1 第一阶：数值计算与物理仿真筑基（算得准）

面向夯实学生的力学功底与数值计算能力，摒弃“黑箱”操作，要求理解底层控制方程。针对具备一定力学基础的学生，在毕设中配置 COMSOL/PFC 二次开发题目。要求不局限于 GUI 操作，必须通过脚本编程或自定义本构（UMAT）进行深层次规律挖掘。例如，在“钢管混凝土弹性波成像”或“沥青路面滑水”研究中，要求学生掌握声-固耦合及流-固耦合的物理场设置，理解网格尺寸与时间步长的收敛性判据。培养学生参数化建模能力、多物理场耦合分析能力。

2.2 第二阶：人工智能与代理模型开发（算得快）

面向解决传统数值方法计算耗时、难以实时应用的问题，培养数据驱动建模思维。引入深层神经网络（DNN）与图神经网络（GNN）。一方面，利用 DNN 建立“材料微结构-宏观黏弹性”或“荷载-路面响应”的端到端代理模型；另一方面，突破欧几里得数据限制，针对颗粒材料等离散体系，利用 GNN 捕捉颗粒间的拓扑交互关系。特别地，在 PINN 题目中，要求学生将弹性力学控制方程嵌入损失函数，实现无网格求解。培养学生数据清洗与特征工程、PyTorch/TensorFlow 框架应用、物理约束嵌入技巧。

2.3 第三阶：系统设计与智能决策落地（用得好）

面向打通从算法到工程服务的“最后一公里”，培养系统工程师思维。结合道路养护、施工安全等业务场景，设计开发智能管理系统与检测工具。利用大模型技术，搭建 RAG（检索增强生成）架构的养护决策知识库，解决传统养护方案难决策的问题；利用 OpenCV、YOLO 等计算机视觉库或 Qwen 视觉模型，开发道路平整度检测、数字梁场监控系统、高速公路维修养护电子围栏等轻量化应用。培养学生前后端开发（如 Vue/SpringBoot）、大模型 API 调用与 Prompt 工程、RAG 知识库、Skill 技能、智能视觉算法实战。

3 实践案例与题目解析

近五年，本团队提出并实施了一系列面向数智化新型的毕业设计题目（见表 1），以下选取部分题目进行示范解析。

3.1 算法深度创新类：从“替代计算”到“图结构推演”

案例 1：基于图神经网络的二维弹性有限元计算方法（2026）

（1）传统痛点： 有限元法（FEM）需组装大型稀疏刚度矩阵并求解线性方程组，网格加密时计算量大。

（2）教改切入点： 将有限元网格视作“图”（Graph），节点为顶点，单元连接为边。不让学生简单调用 ANSYS，而是指导其构建 GNN 模型。通过消息传递机制（Message Passing）在节点间传播力学信息，直接预测节点位移场。

（3）训练价值： 深度联通“计算力学”与“深度学习”两门核心课程。学生在训练过程中必须理解形函数插值与图卷积核的等价抽象关系，是极佳的“数智融合”训练载体。

案例 2：基于 PINN 和能量方法的颗粒材料力学计算模型研究（2025）

（1）传统痛点： 颗粒材料具有强非线性，传统 DEM 计算代价高昂，且不易处理边界条件；同时传统的 PINN 算法不适合颗粒类材料计算（无法用微分方程组描述）的缺陷。

（2）教改切入点： 放弃纯数据驱动，采用物理信息神经网络（PINN）并修改其缺陷。要求学生推导颗粒系统的最小势能泛函，将其作为迭代目标（损失函数）。此题目极其考验理论深度，倒逼学生深入学习力学求解和神经网络模型的内涵原理。

（3）成果体现： 实现无监督的纯物理驱动求解，学生不仅学会了调参，更深刻理解“能量最低原理”这一物理本质。

表 1 2022—2026 年本团队设立和实施的部分毕业设计题目
Table 1 Selected Graduation Project Topics Established and Implemented by Our Team from 2022 to 2026

年份	题目
2022	(1)基于 GPU 并行加速的离散元仿真系统开发
	(2)基于网络爬虫的道路自然灾害风险评估系统

年份	题目
2023	(3)基于离散元仿真的沥青混凝土冻融评价研究
	(4)沥青混凝土多尺度有限元计算方法研究
	(1)基于 COMSOL 的钢管混凝土弹性波成像研究
	(2)基于 COMSOL 的沥青路面-轮胎滑水特性研究
	(3)物质点法流固耦合计算方法研究
2024	(1)基于神经网络的沥青混凝土黏弹性力学研究
	(2)基于神经网络的沥青路面动力学研究
	(3)基于神经网络的红黏土力学强度研究
	(4)基于 COMSOL 有限元的钢管混凝土力学性能分析
	(5)基于 COMSOL 有限元的钢管混凝土温度应力分析
2025	(6)基于 PFC 离散元的路基压实性能研究
	(7)基于 PFC 离散元的路基边坡稳定性研究
	(1)基于神经网络的沥青混凝土黏弹性力学行为研究
	(2)基于神经网络的路面层状弹性体系求解方法研究
	(3)基于神经网络的沥青路面动水压力特性研究
2026	(4)基于神经网络的沥青路面热-力学耦合效应研究
	(5)基于 PINN 和能量方法的颗粒材料力学计算模型研究
	(6)基于图神经网络 GNN 的颗粒材料变形规律研究
	(1)基于图神经网络的二维弹性有限元计算方法
	(2)基于图神经网络的 2D 弹性波成像算法研究
	(3)桂林市城市桥梁管理系统开发研究
	(4)高速公路检测报表智能生成系统研究
	(5)基于 RAG 的高速公路智能养护决策研究
	(6)高速公路应急施工过程安全预警研究
	(7)公路智慧工地人员安全监控方法研究
	(8)基于车载视频的道路平整度检测方法研究

3.2 数值仿真应用类：GPU 加速与多场耦合

案例 3：基于 GPU 并行加速的离散元仿真系统开发（2022）

- (1) 技术挑战： PFC 等商业软件内置接触模型固化，且大规模颗粒计算极慢。
- (2) 实施细节： 指导学生利用 CUDA C/C++架构，开发了基础的 DEM 代码。通过线程块分配实现接触计算的并行化。2026 年升级的 GNN 变形规律研究则是这一路线的延续，用深度学习替代了部分机械的物理迭代。
- (3) 能力对标： 迫使毕业生触及“并发、共享内存、线程同步”等底层计算机科学知识，显著提升了代码优化能力。

3.3 智能系统开发类：大模型与业务流重构

案例 4：基于 RAG 的高速公路智能养护决策研究（2026）

- (1) 场景痛点： 养护工程师面对海量的检测报告和庞杂的养护技术规范，人工关联效率低。
- (2) 技术方案： 指导学生搭建 LangChain 框架，利用 Embedding 技术将《公路养护技术规范》、历史病害处治方案等 PDF 文档切片存入向量数据库。当输入“某某路段需要如何处治”时，系统先查

询该路段的检测信息,通过召回(Retrieval)相关上下文,结合大模型生成(Generation)养护决策和施工建议。

(3) 教改亮点: 这是典型的“场景驱动”。学生成果不再是一份纸质论文,而是一个可交互的Web端“养护决策助手”,直接解决了检测报告利用难的问题。同时,“高速公路检测报表智能生成系统(2026)”也属于此类,利用大模型的长文本处理能力,将劣化的检测数据自动描述为规范化的检测及养护报告。

案例5: 基于车载视频的道路平整度检测方法研究(2026)

(1) 技术路线: 利用车载智能手机或行车记录仪视频,通过光流法或YOLO目标检测锁定画面中的特征点,反算车辆振动位移,并滤除车辆自身悬挂系统的噪声。

(2) 价值体现: 将昂贵的激光平整度检测车,转变为低成本的AI视觉方案。学生在此过程中实操了数字图像处理与频域滤波技术,深刻体会了“轻量化检测”的工程经济价值。本题目提出的车辆定位、桩号反算等要求,也使学生深刻理解地理信息系统(GIS)与智能视觉算法的深度融合。

4 结语

面对交通基础设施数智化的时代洪流,毕业设计不再是知识的终点,而是学生职业能力跃迁的起跳板。本文提出的“数智融合”毕设教学体系,通过精心设计的数值仿真、神经网络代理模型以及大模型应用类题目,成功构建了一个“高阶性、创新性、挑战度”的实战环境。从2022年的GPU离散元到2026年的图神经网络与大模型养护决策,这五年的选题演进轨迹表明,唯有不断将科研前沿转化为教学资源,才能让交通基础设施这一传统工科方向在毕业设计环节焕发新生。未来,团队将进一步深化这一改革创新训练范式,持续探索交通新工科实践教学新路径,培养出真正懂工程、会编程、能创新的复合型数字化人才。

参考文献

- [1] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动[J]. 高等工程教育研究, 2017, (3): 1-6.
- [2] 陆国栋, 李拓宇. 新工科建设与发展的路径思考[J]. 高等工程教育研究, 2017, (3): 20-26.
- [3] 全瑞琴, 程丽娟, 海玲. 毕业设计(论文)选题对接企业需求的育人路径探索与实践[J]. 内江科技, 2026, 47 (5): 50-51+78.
- [4] 岳文萍, 刘小华, 张郁. 基于产教融合的土木工程专业毕业设计选题的探索与实践[J]. 知识文库, 2025, 41 (6): 124-127.
- [5] 范天慈. 践行新工科人才培养理念的本科毕业设计改革[J]. 教育教学论坛, 2023, (24): 9-12.
- [6] 赵锐, 冉武平, 吕疆红. 新工科背景下交通土建方向毕业设计改革探索——以新疆大学为例[J]. 科技资讯, 2023, 21 (2): 162-166.

基金项目: 桂林电子科技大学智慧课程建设项目(交通管理与控制, 2026年)。

第1作者简介: 周长红(1980-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 交通基础设施工程。E-mail: czhou@guet.edu.cn。

***通讯作者简介:** 周旦(1978-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 交通工程。E-mail: zhoudan_5460@126.com。