

# 面向绿色建材的土木水利研究生培养探索

孙 毅

重庆科技大学 土木与水利工程学院 重庆 401331

**【摘 要】**：面向国家“双碳”战略和土木工程绿色转型需求，围绕土木水利专业学位研究生培养中目标定位滞后、课程体系固化、实践场景不足、导师协同薄弱等问题，构建“土木+可持续新材料”交叉培养路径。通过重构模块化课程群、增设可持续建材实验模块、建立跨学科导师组、完善学位论文选题与评价标准，形成课程、导师、论文、平台协同联动的培养机制。实践结果表明，该模式有助于提升研究生绿色创新意识、工程实践能力和成果转化能力，可为新工科背景下土木水利研究生交叉培养提供参考。

**【关键词】**：土木水利；研究生培养；学科交叉；绿色建材

DOI:10.12417/2705-1358.26.13.058

## 引言

当前，新一轮科技革命与产业变革方兴未艾，绿色低碳与可持续发展已成为全球共识。我国明确提出“双碳”目标，并将绿色发展纳入国家战略。在此背景下，土木工程行业正面临深刻的转型升级——从高耗能、高排放的传统建造模式，向绿色、低碳、耐久、循环为导向的可持续建造体系转变。与之相应，可持续新材料的研发与应用，成为推动土木工程绿色发展的核心动力<sup>[1]</sup>。然而，传统土木工程学科的研究生培养体系，长期根植于以力学、材料力学、结构设计为核心的经典知识架构，其与可持续新材料学科的交叉融合严重滞后<sup>[2][3]</sup>，难以培养出适应学科融合新要求的研究生。

因此，传统的土木工程专业研究生教育方式必须根据每个学校的学科特点，开展有针对性的转型发展。本文聚焦上述需求，以重庆科技大学土木水利专业学位研究生的人才培养为案例，系统研究绿色可持续建设背景下研究生学科交叉培养的创新模式与实践路径。

## 1 传统土木工程专业研究生教育存在的问题

### 1.1 培养目标定位滞后，未能对接卓越工程师的新要求

新质生产力的形成需要一大批具备复合能力的卓越工程师。纵向需要从数学到力学到工程学科的融会贯通，横向需要从材料科学到新型工程结构的触类旁通。

然而，当前多数高校的土木水利专业学位研究生培养方案，仍沿用传统学术型硕士或工程硕士的旧有模式。培养目标中鲜见对“绿色创新能力”“新材料应用能力”“多学科协同设计能力”的明确要求，更缺乏以“卓越工程师”为标杆的针

对性课程体系与实践环节设计。这导致毕业生在面向低碳建筑、绿色基础设施、城市更新与固废资源化等新兴领域时，知识结构陈旧，难以适应产业变革的实际需求。

### 1.2 课程体系单一固化，跨学科知识融合严重不足

传统土木工程研究生课程高度依赖“高等结构力学”“高等土力学”“有限元分析”“结构动力学”等经典核心课，而涉及可持续材料科学、资源循环科学、生命周期评价(LCA)、绿色建材与环境相容性等方面的课程缺失。学生难以在研究生阶段系统建立“材料-结构-环境-经济”多维协同的知识体系。同时，新材料学科的最新进展——如基于机器学习的新材料性能预测、低碳胶凝材料的微观机理、固废基胶凝材料的长效性能等——几乎无法进入土木研究生的日常教学与课题研究，造成学科壁垒固化。

### 1.3 实践环节与产业需求脱节，缺乏真实交叉场景训练

当前土木研究生实践环节多局限于传统检测、常规计算机软件操作、现场简单监理等低水平重复性内容。涉及可持续新材料应用的典型工程场景，如工业固废制备绿色混凝土的配合比设计与长期性能监测、建筑废弃物再生骨料在结构中的替代率验证、基于全生命周期的低碳施工方案优化等，却很少被纳入专业实践或案例教学。学生无法获得新材料从实验室研发到工程转化的完整链条训练，跨学科的“动手能力”和“转化能力”成为明显短板。

### 1.4 导师指导与评价机制单一，缺乏交叉学科协同指导

传统土木工程研究生导师队伍大多拥有纯粹的土木工程背景，对可持续新材料的认知停留在基础材料学知识层面。

作者简介：孙毅（1980-），男，重庆人，博士，正高级工程师，主要从事土木水利研究生教育和管理工

基金项目：重庆市研究生教育教学改革研究项目（yjg243127）。

缺乏从事新材料改性、表征测试、环境效益评价等前沿研究的经历。即使部分课题组尝试引入新材料方向，也往往因缺乏材料学、化学、环境工程等领域导师的共同指导，导致研究停留在“将新材料简单替换传统材料后测力学性能”的浅层水平，无法深入探讨材料与结构的协同优化、服役寿命预测及环境经济权衡。另一方面，研究生评价体系仍以发表传统结构类或岩土类期刊论文、完成常规设计题目为主要指标，对于新材料绿色度评价、循环利用技术、低碳施工工艺等交叉创新成果缺乏足够的认可与鼓励。这种单一评价导向进一步抑制了师生向交叉领域探索的积极性。

综上所述，传统土木工程研究生培养模式在目标定位、课程体系、实践训练与指导机制等方面，均与当前可持续发展和新材料学科交叉的人才培养需求存在显著差距。若不能针对性地加以改革，将难以培养出能够引领土木工程绿色转型的卓越工程师。

## 2 传统土木与可持续新材料交叉人才培养的突破路径

### 2.1 课程体系重构：构建“土木+新材料”交叉融合的模块化课程群

#### 2.1.1 在“土木水利实验”课程中新增可持续材料实验模块

新增“土木水利实验”课程，并重点融入可持续建材实验模块。该模块聚焦低碳混凝土、再生骨料、固废基胶凝材料等前沿方向，设计了从材料制备、性能表征到环境影响评估的全流程实验项目。例如，学生需对比再生骨料替代率对混凝土力学性能与碳排放的影响，或利用工业副产石膏、钢渣制备低碳胶凝材料，并结合热重分析、扫描电镜等现代测试技术揭示微观结构与宏观性能的关联。通过“方案设计—实验验证—数据解析—绿色度评价”的闭环训练，学生不仅能掌握可持续建材的核心测试方法，更能建立“材料—结构—环境”协同优化的系统思维。实践表明，该模块有效提升了研究生在绿色建材研发与低碳技术应用方面的创新能力及解决复杂工程问题的综合素养。

#### 2.1.2 改革“材料-结构-环境”交叉融合的进阶课程群

围绕土木工程绿色转型的关键技术链条，在如下现有课程中进行交叉改革：《高等混凝土结构理论及应用》——补充再生骨料混凝土的内容，包括再生骨料的特性，再生混凝土的宏观和微观特点，再生混凝土的应用场景等；《土木工程施工新技术与进展》——补充再生骨料混凝土、碱激发材料等可持续建材的施工制备工艺和环境保护措施；《工程技术经济分析与决策》——补充了可持续建筑材料的经济成本、国家和地方相关可持续发展优惠政策、碳排放核算方法等，培养学生从系统

层面权衡材料选择与设计方案的能力。

### 2.1.3 实施“案例-项目-翻转”三维混合式教学

在每个交叉课程中，摒弃纯理论讲授模式。一是引入真实工程案例：如某桥梁采用再生骨料混凝土的实际配合比及长期性能数据；某建筑固废零排放工地的材料流分析。二是设置小型团队项目：学生以3-5人小组形式，针对某一具体工程问题，进行文献调研、材料筛选、初步配合比试验、环境效益估算，并提交设计报告。三是利用翻转课堂，让学生汇报新材料领域最新高水平论文或工程实践，教师点评并引导关联土木专业知识。

### 2.2 导师队伍革新：建立“土木主导、材料深度参与”的跨学科协同指导机制

明确要求土木水利专业学位研究生，尤其是选择绿色建筑、新材料应用方向的学生，实行“1+1”或“1+N”导师组：一位土木工程导师作为第一责任导师，另一位或两位来自材料科学与工程、环境科学与工程或化学等学科导师作为合作导师。导师组共同制定学生的个性化培养计划，定期召开联合组会，并在选题、中期检查、论文答辩等关键环节共同签字确认。

培养“双栖型”导师及组建交叉教研团队。一方面，支持土木工程教师到材料学科进行半年以上的访学或博士后合作，系统学习现代材料测试手段以及材料计算模拟方法；另一方面，引进具有材料学背景的学者加入学院课题组，院组建“可持续建筑材料和结构研究团队”，包括土木工程、材料科学与工程、工程管理、机械工程等专业的学者，团队定期举办学术沙龙、共同申请交叉类科研项目 and 产业项目，在科研实战中提升导师队伍的交叉指导能力。

改革导师评价与激励办法，在导师年度考核中，增设“交叉人才培养贡献”指标。例如：指导研究生发表交叉领域高水平论文、指导研究生获得新材料相关竞赛奖励、与企业联合开发绿色建材并实现转化等，均可折算为核心业绩。同时，对承担跨学科导师组额外工作的教师，给予工作量补贴或绩效奖励。以此扭转导师“不敢跨、不愿跨”的消极心态。

### 2.3 学位论文改革：以“解决绿色工程真实问题”为导向的交叉创新评价体系

所有选择新材料交叉方向的研究生，其论文选题必须同时满足“交叉性、应用性、创新性”原则，要求核心科学或技术问题来源于土木工程，解决方案依赖对可持续材料的设计、制备、改性或表征创新，研究结论能够为实际工程提供可参考的数据或工艺参数。例如，选题“碱激发再生骨料混凝土的力学性能与微观机理”符合交叉要求；而单纯的“某地粉煤灰的化学成分分析”则偏离土木核心。

交叉论文不应停留在单一的材料测试报告层面,强化“设计+试验+模拟”三位一体的研究过程训练。要求学生在论文工作中完成基于工程背景的新材料方案设计、系统的材料制备与性能试验、基于有限元或理论模型的结构。通过这一过程,让学生建立“材料-结构-环境”闭环思维,增强解决多变量耦合复杂问题的能力。

废除“唯论文、唯结构分析深度”的传统评判标准,转而设立包括“绿色创新性”“技术转化潜力”“学科交叉度”等多元化的交叉论文评价标准。评阅专家至少包含一名材料学科的高级职称人员。鼓励学生在论文基础上申请与新材料相关的发明专利或开发绿色建材实用配方。

## 2.4 支撑保障与协同联动

除上述三个核心环节外,还应加强配套保障:建设了“可持续建材实验室”和“骨料碳化实验室”,配置材料制备、力学测试、微观分析等基本设备;建立稳定合作的校外实践基地,尤其是以固废资源化企业、绿色建材公司为合作对象,确保学生有充足的现场交叉实践;设立“可持续土木创新基金”,资助研究生开展新材料小试、中试或成果转化探索。通过“课程-导师-论文-平台”四位一体的系统改革,最终形成传统土木与可持续新材料深度融合的卓越研究生培养新生态。

## 3 改革实践成果

### 3.1 人才培养质量显著提升

改革后,选择新材料交叉方向的研究生占比由不足2%提升至约10%。学生在各类竞赛中表现突出,近三年获国家级奖励12项、省级24项,其中与新材料直接相关的作品超过30%。多名学生在导师组指导下独立完成从材料配比、性能测试到结构模拟的全链条研究,部分研究报告被企业直接采纳用于工程试点。

实施跨学科导师组及选题审核后,学位论文融合深度明显改善。近两届获评校级优秀硕士学位论文10余篇,其中4篇聚焦新材料、再生骨料等结构和材料交叉方向。

## 参考文献:

- [1] 林伟青,李丽华,钟楚珩.新工科背景下土木工程专业研究生培养模式创新——以绿色建筑材料方向为例[J].西部素质教育,2025,11(07):79-82.
- [2] 王巧云,方海.绿色智能转型背景下土木工程研究生学科交叉培养模式研究与实践[J].硅酸盐通报,2026,45(02):735-740.
- [3] 任瑞,庞鹏飞,赵辉,等.学科交叉融合背景下土建类研究生培养模式探索——以西安建筑科技大学为例[J].高等建筑教育,2026,35(01):81-87.

新材料方向硕士毕业生初次就业率保持100%,进入央企或国企绿色技术部门、上市建材企业研发岗、升学攻读博士等比例超过60%。用人单位普遍反馈毕业生能快速适应固废资源化、碳排放核算等新兴岗位。

### 3.2 科技创新成果丰硕

近三年,研究生参与可持续新材料相关国家级、省部级及校企合作项目20余项。研究生发表高水平论文30余篇,在《Construction and Building Materials》等权威期刊发表18篇,申请发明专利10项。在跨学科导师指导下,研究生深度参与开发了低碳混凝土配合比系列,碳排放较普通混凝土降低30%-45%。上述成果已提交专利申请,并与企业签署技术开发合同2项,进入中试阶段。

### 3.3 推动行业进步

产教融合服务地方绿色建造,与5家固废资源化企业签订合作协议。研究生协助企业完成优化配合比方案10余项,其中2项已用于实际生产。团队按照重庆市住建委的工作布置,牵头开展科研项目《基于本土固废资源的绿色低碳建材开发与应用研究》,研究生参与实地调研与数据整理。

依托研究积累,参编中国工程建设标准化协会标准《给排水工程再生骨料混凝土应用技术规程》,主编重庆市建筑业协会团体标准《再生骨料混凝土应用技术标准》,旨在通过标准推动新技术的行业推广和落地转型。

近三年,师生在“全国土木工程材料学术年会”等会议作新材料交叉报告12次(其中研究生报告7次),获优秀报告奖2次。形成的“土木-新材料”交叉培养模式吸引了多所兄弟院校调研交流,产生了良好的示范辐射效应。

## 4 结语

综上,通过系统性改革,传统土木工程在可持续新材料交叉人才培养方面取得了可验证的显著成效,未来将进一步完善长效机制,持续为国家绿色建造与新质生产力发展输送卓越工程师后备力量。