

产教融合背景下土木工程材料试验课程项目化教学设计 ——以钢渣再生混凝土配合比设计为例

刘昱^{1*}, 林增华¹, 李昊¹, 王楠¹, 孙畅¹, 鲁明星¹, 钟亮²

1. 辽宁科技大学, 土木工程学院, 辽宁 鞍山, 114051

2. 鞍钢集团工程技术有限公司, 建筑科技事业部土建二室, 辽宁 鞍山, 114051

摘要: 土木工程材料试验若只要求学生按既定步骤完成检测, 难以观察其在工程约束下的配合比决策与结果解释能力。本文以钢渣再生混凝土为教学情境, 围绕材料识别、方案拟定、试验核查和方案修正组织项目任务, 并设置基础验证、综合设计和开放探究三个层次。课程将原始记录、配合比方案版本、分析报告和答辩材料作为学习证据, 分别评价操作规范、方案论证及团队协作。本文重点阐述任务边界、教学流程和评价依据, 为土木工程材料试验课程开展项目化教学提供具体方案。

关键词: 土木工程材料试验; 产教融合; 项目化教学; 钢渣再生混凝土; 过程评价

Project-Based Teaching Design for a Civil Engineering Materials Laboratory Course under Industry-Education Integration ——Mix Design of Recycled Concrete with Steel Slag

Yu Liu¹, Zenghua Lin¹, Hao Li¹, Nan Wang¹, Chang Sun¹, Mingxing Lu¹, Liang Zhong²

1. School of Civil Engineering, University of Science and Technology Liaoning, Anshan, Liaoning, China, 114051,

2. Civil Engineering Office 2 of Construction Technology Division, Ansteel Engineering Technology Corporation Limited, Anshan, Liaoning, China, 114051,

Abstract: Laboratory courses that focus only on prescribed testing steps provide limited opportunities to observe how students make mix-design decisions and interpret results under engineering constraints. Using recycled concrete incorporating steel slag as a teaching scenario, this paper organizes a project around material identification, mix-design formulation, experimental checking, and scheme revision. The tasks progress from basic verification to integrated design and open-ended inquiry. Laboratory records, successive mix-design versions, analytical reports, and oral presentations serve as evidence for assessing procedural compliance, design reasoning, and teamwork. The paper specifies task boundaries, the teaching sequence, and assessment criteria, offering a concrete project-based approach for a civil engineering materials laboratory course.

Keywords: Civil engineering materials laboratory; Industry-education integration; Project-based learning; Recycled concrete incorporating steel slag; Formative assessment

在土木工程材料试验课上, 学生能够按步骤完成检测, 并不意味着能够独立选材或解释检测结果。工程问题通常同时涉及材料来源、性能目标和施工条件, 而以既定步骤和预期结果为主的实验, 留给学生比较方案、解释异常数据的空间有限。钢渣再生混凝土适合作为综合任务: 原材料状态、

工作性、强度和体积稳定性相互牵连，单凭一项试验结果难以确定配合比。

笔者此前讨论了《建筑材料》课程的能力导向与产教融合改革^[1]，相关实验课程改革也已从教学方法和工程教育认证等角度展开^[2-3]。本文把讨论范围缩小到一个实验项目：将工程约束写入任务书，用原始记录、配合比方案版本和答辩材料追踪学生的判断过程，再据此安排反馈与修正。主动学习研究说明了学生参与的重要性^[4-5]；项目化学习研究则提示，作品本身可以成为评价依据^[6]。

1 教学目标与工程问题转化

1.1 能力目标

学习目标分为两个层次。基础层次要求学生完成原材料识别、试件制备、性能测试和原始数据记录；进阶层次要求其在给定工程约束下提出配合比，解释不同方案的性能差异，并说明修正依据。目标、教学活动与评价任务之间应保持一致^[7]。因此，评价不能只看报告是否齐全，还要看学生能否说明设计依据、识别异常数据、界定结论的适用范围，并在讨论中回应不同意见。

1.2 从工程情境到学生任务

本教学设计选用钢渣再生混凝土配合比作为实验任务。任务书提出“在给定使用条件下，如何完成钢渣再生混凝土选材与配比”这一问题，并把材料来源、目标性能、设备条件和试验周期列为约束。教师在任务发布前核查原材料信息及实验室安全条件。工程资料的来源和使用权限在任务书中注明，企业实测条件与教学模拟条件分别标识。

学生依次完成方案提出、试验检测、偏差解释和方案修正。每组需说明钢渣的使用方式、替代比例及配合比依据，再按实验条件选择工作性、强度等测试项目。钢渣的来源与处理方式会影响其混凝土应用表现，体积稳定性尤须关注^[8-9]。课程不预设材料一定满足工程要求，具体检验项目、养护龄期和判定依据应按实际材料、设备与适用标准确定。

1.3 任务书与教学资料准备

任务书提供材料清单、仪器、课时、安全要求和成果形式，但不直接给出所谓“最优配合比”。教师同时提供原材料检测记录，说明重复试验、有效数字、单位和异常值的处理要求，避免学生将材料波动简单归因于操作失误。各组在相同任务边界下提出并比较方案，具体过程见图1。

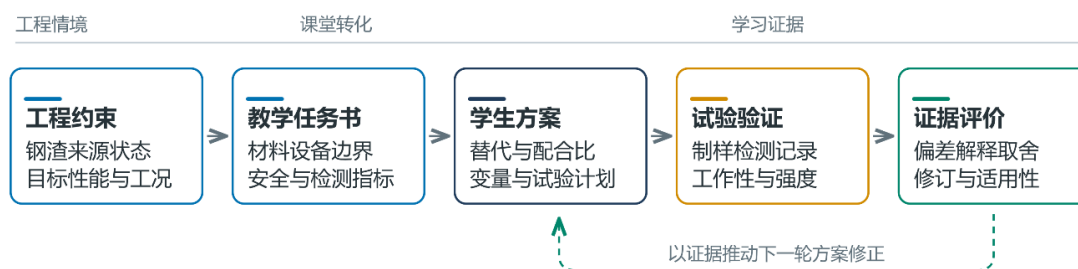


图1 工程约束到学习证据的任务链

Fig. 1 Task sequence from engineering constraints to learning evidence

2 分层实验内容与教学组织

2.1 基础验证、综合设计与开放探究

基础验证环节训练取样、制样、养护、读数和原始记录。进入综合设计环节后，小组在材料、设备和时间约束下提出候选配合比，说明控制变量与测量指标。开放探究则从结果与预期不符、材料波动或性能目标冲突等问题出发，要求学生复核数据并修正方案。三个层次围绕同一工程情境展

开，教师的指导也由操作示范逐步转为证据讨论。任务与学习产出见图 2。



图 2 三级实验任务与能力进阶

Fig. 2 Three-level laboratory tasks and competency progression

2.2 课前、课中与课后安排

课前发布任务书、材料说明和安全要求，学生查阅试验方法，形成初步配合比。课中先作方案汇报与组间质询，再完成制样和课时内能够实施的测试，完整保留原始记录。强度等需要养护和后续检测的项目，应提前安排平行批次或延伸到课后，不能为了适配一次课堂而压缩必要的试验过程。课后由学生整理数据、解释组间差异和异常值，提交修订方案及工程适用性说明。

校内教师负责安全管理、教学组织和方法指导。在产教协同环节，企业导师可从工程约束、检测流程和方案可实施性等方面提出意见，相关意见对应到任务书、授课记录和评价表。工程资料的来源与协同方式均在课程记录中注明。

2.3 数据分析与方案修正

数据分析应同时呈现原始记录与整理结果，写明试件编号、测试条件和缺失值。学生先检查重复试验的一致性，再比较各方案的指标表现。遇到工作性与强度难以兼顾的情况，须说明取舍依据，而不是挑选某一指标最高的配合比。教师可追问误差、材料差异和未测指标会怎样改变判断。修订方案保留版本记录，便于追溯学生调整结论的依据。

3 评价指标与证据采集

本设计将操作规范性、工程创新性和团队协作的评价权重分别设为 30%、40%和 30%。操作规范性考察安全操作、试件制备、检测程序与记录质量；工程创新性考察方案依据、约束分析、数据解释和修正理由，不把“偏离常规”本身当作创新；团队协作关注分工、讨论和答辩中的实际参与。三类证据见表 1。评分细则将评价标准与表现证据逐项对应^[10]，权重可结合学生作品的评分情况调整。

表 1 项目化实验评价维度及证据

Table 1 Assessment dimensions and evidence for the project-based laboratory

评价维度	主要观察点	建议保留的证据
操作规范性 30%	安全与操作程序、原始记录、数据质量	操作核查表、原始记录、试件编号
工程创新性 40%	方案依据、约束分析、结果解释和修正	任务书、配合比方案、分析报告
团队协作 30%	分工落实、讨论质量、汇报与答辩	分工记录、讨论纪要、答辩评分表

评价贯穿方案提交、实验操作、数据解释和最终答辩。教师在各阶段使用同一评分细则并记录理由，让反馈进入下一轮方案修正。对受设备、材料或时间限制而未测试的指标，学生应说明限制及替代判断依据，不能用推测值充当实测结果。证据采集与反馈关系见图 3。



图 3 评价证据与反馈流程

Fig. 3 Assessment evidence and feedback process

4 教学实施效果的评价方案

教学评价围绕学生在配合比设计、试验检测和结果解释中的表现展开。评价资料包括任务书、配合比方案及其修订版本、原始记录、分析报告和答辩材料，同时记录班级、学时、实验条件及企业导师参与方式。方案论证、数据解释和操作规范是主要观察点，满意度问卷仅用于补充了解任务难度和指导充分性。

学生作品采用统一细则评分。两名教师可对匿名材料独立评阅，并复核分歧较大的项目。跨班或跨届比较时，需说明班级构成、授课教师、设备和考核方式的差异，避免将非教学设计因素造成的变化归于项目化教学。企业导师的评价应对应具体方案修改，而非仅记录“参与指导”。

5 结语

钢渣再生混凝土配合比任务把选材、检测和结果解释置于同一工程约束之下。学生须说明钢渣的使用方式、配合比依据和检测结果的适用范围，不能只凭某一性能指标判断方案优劣。分层任务为基础操作与开放设计留出了不同空间，但任务开放度仍受课时、设备和材料条件限制。

本文形成了以工程约束为起点、以方案修正为核心的项目化实验组织方法。原始记录、方案版本和答辩材料分别对应操作规范、工程创新与团队协作三个评价维度，使任务实施、过程反馈和学习评价具有一致的依据。

参考文献

[1] 刘昱, 林增华, 李昊, 等.《建筑材料》课程教学改革与实践探索——基于能力导向与产教融合的视角[J]. 中国科学与技术学报, 2026, 2(1): 78-81. DOI: 10.70693/cjst.v2i1.1822.

[2] 董伟. 应用型高校土木工程实验课程教学改革研究[J]. 砖瓦, 2021(8): 213-214.

[3] 薛翠真, 冯琼, 乔宏霞, 等. 工程教育认证背景下土木工程材料实验课程教学方法探索与改革[J]. 大学教育, 2020(11): 72-74.

[4] Prince M. Does active learning work? A review of the research[J]. Journal of Engineering Education, 2004, 93(3): 223-231. DOI: 10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x.

[5] Freeman S, Eddy S L, Mcdonough M, et al. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2014, 111(23): 8410-8415. DOI: 10.1073/pnas.1319030111.

[6] Guo P, Saab N, Post L S, et al. A review of project-based learning in higher education: Student outcomes and measures[J]. International Journal of Educational Research, 2020, 102: 101586. DOI: 10.1016/j.ijer.2020.101586.

[7] Biggs J. Enhancing teaching through constructive alignment[J]. Higher Education, 1996, 32(3): 347-364. DOI: 10.1007/BF00138871.

[8] Dong Q, Wang G, Chen X, et al. Recycling of steel slag aggregate in portland cement concrete: An overview[J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 282: 124447. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.124447.

[9] Rashad A M. Behavior of steel slag aggregate in mortar and concrete: A comprehensive overview[J]. Journal of Building

Engineering, 2022, 53: 104536. DOI: 10.1016/j.jobbe.2022.104536.

- [10] Jonsson A, Svingby G. The use of scoring rubrics: Reliability, validity and educational consequences[J]. Educational Research Review, 2007, 2(2): 130-144. DOI: 10.1016/j.edurev.2007.05.002.

基金项目：辽宁科技大学 2025 年度实验教学改革项目：产教融合协同育人背景下的土木工程材料试验课程教学改革研究（2025XNFZ-25473）。教育部产学合作协同育人项目：应用型本科高校教学综合改革——以《建筑材料》课程为例（251004092270839）；教育部产学合作协同育人项目：应用型本科高校教学综合改革——以《砌体结构》课程为例（2510273556）；

^{1,*}第 1 作者&通讯作者简介：刘昱（1989-），男，博士，讲师，辽宁科技大学，研究方向：固废资源化利用、教学研究。 E-mail: liuyu1225@ustl.edu.cn。