

基于人工智能的土木教学固废再生利用实训模式研究

● 干学宏 江晨晖 吴紫杉 王伟 褚恩阳



[摘要] 本文研究基于人工智能的土木教学固废再生利用实训模式,将人工智能技术应用于土木教学固废再生利用和实训教学全过程管控,减少土木教学固废的产生并优化资源循环利用。开展了土木教学固废智能识别——分类模型、教学实训全过程智能管控、教学实训成绩智能评价、教学实训全过程 CO₂ 排放模型等研究内容;探究了基于人工智能的土木教学固废再生利用实训模式在社会、学校、教师和学生四个维度上的应用价值,为高校绿色校园建设和绿色低碳人才培养提供了新的思路和路径。

[关键词] 人工智能;土木教学;固废再生利用;实训模式

气候持续变暖是当前全球面临的挑战之一。根据联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)的报告,全球平均气温在过去一个世纪上升了约 1℃。人类活动导致的温室气体排放是造成气候变化的主要原因,1750—2019年,大气中 CO₂ 浓度从 278ppm 增加到 410ppm。与此同时,城市固体废物 2050 年将达到 3.4Gt,我国的年城市固体废物数量从 2000 年的 118Mt 增加到 2019 年 242Mt。有研究认为,通过提升城市、工业、农业和建筑等固废的全过程管理水平,可以实现碳排放减量 13.7%~45.2%。绿色低碳发展是一种可高效利用资源、保护环境并减少温室气体排放的决策,而固废资源化利用则是绿色低碳发展的重要领域,在我国经济由粗放型向集约型发展的大背景下,日益受到广泛的关注和重视。

此外,人工智能的优越性、普适性、重要性和迫切性越来越突出。国务院发布的《新一代人工智能发展规划》中指出了“人工智能是引领未来的战略性技术”,提出了“人工智能在教育、医疗、养老、环境保护等领域广泛应用”的发展愿景。近些年来,人工智能与相关学科领域的交叉研究方兴未艾,在垃圾识别、行为监测和质量评定方面都突显了良好的发展前景和研究价值。大学校园是推动我国各项发展进步的始步,肩负着教育、科研和社会服务的重任。通过示范引领绿色低碳发展,积极研究和应用人工智能,高校可以为构建科技先进、绿色可持续的未来贡献智慧和力量。首先,高校应致力于绿色校园建设,减少 CO₂ 的排放。通过提高能源利用效率、推广可再生能源和减少固废的产生,为师生提供绿色健康的学习生活环境。其次,高

校应不断完善具有绿色低碳理念的人才培养工作,激励大学生以创新思维应对环境挑战。通过将绿色低碳知识和技术融入课程设置,培养大学生环保意识和绿色低碳能力。此外,高校还应大力推进绿色低碳科技研发,在校园建设和教学运行中主动采用绿色低碳技术,并促进人工智能技术在各学科领域中的应用。

基于人工智能的土木教学固废再生利用实训模式(以下简称土木教学固废再生利用实训模式),旨在将人工智能技术应用于土木教学固废再生利用和教学实训全过程管理,减少土木教学固废的产生并优化资源循环利用,在实际可见且实践性强的实训教学中培养大学生的环保意识、绿色低碳理念以及创新思维,推动绿色低碳技术的研发和应用,降低教学运行成本。

Q 土木教学固废再生利用实训模式的关键问题

土木教学固废再生利用实训模式重点聚焦如下关键问题:首先是高校土木类专业教学固废的再生利用。全面回收和利用高校土木类专业在日常教学运行中大量产生的教学固废,如建材实验中产生的废弃混凝土试块、废弃砂浆试块、废弃砖块和废弃岩土等。其次是基于人工智能的实训教学全过程的管理与评价。实训教学是专业能力培养的重要环节,基于人工智能的实训管理与评价,完成对实训全过程的实时监测和成绩评价。最后是实训教学全过程 CO₂ 排放测算模型。土木课程实训常态化教学活动中涉及了大量原材料消耗、能源消耗和碳排放行为(如大型实验设备运行

和电力使用等), 准确测算全过程 CO₂ 排放量, 全面评价基于人工智能的土木教学固废再生利用实训教学活动对环境的影响程度。

基于上述关键问题, 土木教学固废再生利用实训模式重点开展了如下研究内容: 一是教学实训材料的智能识别—分类模型: 针对教学固废混合物分拣问题, 基于人工智能卷积神经网络(CNN)等算法开发高效准确的图像识别模型。二是教学实训过程的智能管控: 针对实训质量管控问题, 基于人工智能多模态融合神经网络算法, 协同诸如图像数据、数字数据(传感器)等元数据, 实时监测实训状态, 识别潜在的安全问题。三是教学实训成绩的智能评价: 针对实训成绩评定问题, 基于人工智能最小二乘支持向量机和粒子群优化算法, 建立实训成绩非线性映射模型, 利用前期研究相关基础数据, 智能评价学生的实训成绩。四是教学实训全过程 CO₂ 排放模型: 针对土木教学固废再生利用实训的减碳效益

问题, 基于全生命周期评价理论(LCA), 组建 CO₂ 排放模型, 定量评价实训教学活动的碳排放量。

Q 土木教学固废再生利用实训模式的教学设计

土木教学固废再生利用实训模式研究, 组建了符合科学逻辑且可操作性强的实训流程, 具体包括教学固废回收、教学固废破碎与筛分、教学固废粉料球磨活化、再生建材设计与试配、再生建材配料和搅拌、再生建材半成品检测(如工作性、级配等指标)、再生建材部品制备、再生建材部品养护、再生建材部品检测、再生建材部品应用十大教学支撑节点, 各教学节点流水推进、形成教学闭环, 实现了土木教学固废循环回收和再生利用。基于人工智能的土木教学固废再生利用实训流程设计见图 1, 包括人工智能教学辅助技术、主要教学流程和具体教学内容。

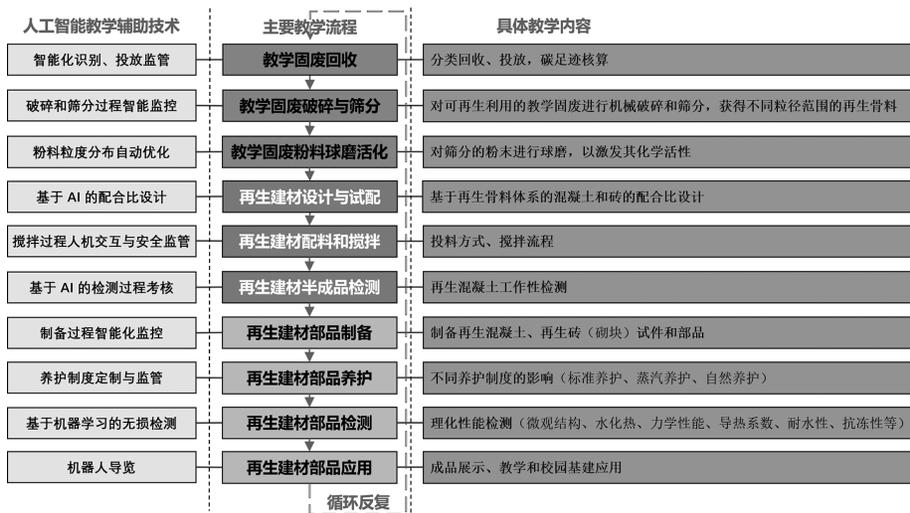


图 1 基于人工智能的土木教学固废再生利用实训流程设计

再生利用实训设备的现场布置, 是基于人工智能的土木教学固废再生利用实训流程科学运行的物质基础。本研究按照“校内工厂”运行模式打造了土木教学固废再生利用生产型实训基地, 从土木教学固废的收纳、破碎筛分、半成品性能检测到低碳建材成品制备, 形成了一个生态闭环的实训教学体系。基于人工智能的土木教学固废再生利用实训场地主要设备布置见图 2, 包括破碎筛分一体机、静压制砖机和固废收纳等主要设备。

Q 土木教学固废再生利用实训模式试运行的价值

土木教学固废再生利用实训模式, 对标服务的专业包括土木工程、建筑工程技术、市政工程技术、智能建造专业、环境工程等专业。结合研究者所在单位的教学条件和课程体系, 按照“校中厂”教学模式全面推进了基于人工智能的土木教学固废再生利用实训模式的教学应用, 实现了土木教

学固废的智能识别处理、实训过程的智能管控和实训质量的智能评价, 循环回收和再生利用废弃混凝土、废弃砂浆和其他土木教学固废的目标。

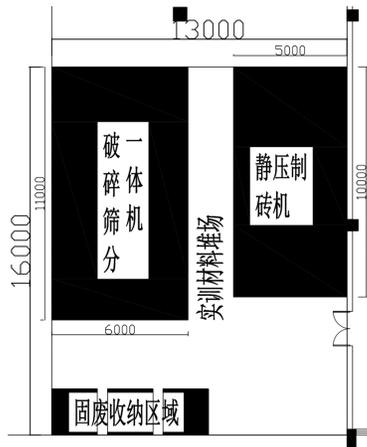


图 2 土木教学固废再生利用实训场地主要设备布置

土木教学固废再生利用实训模式，在社会、学校、教师和学生等四个维度上彰显了较大的应用价值：首先是在社会层面，其他同类高校可借鉴本研究的思路和做法，将人工智能技术应用于实训教学管理和环境保护领域，构建绿色低碳技术创新平台，促进不同领域跨学科合作和技术创新，推动高校绿色低碳发展，提升其可持续发展层次和新技术应用水平。其次是在学校层面，开展绿色低碳技术的研发和应用，加快土木教学固废再生利用，建设“绿色校园”，推进绿色低碳人才培育，培养大学生的环保意识和低碳思维，营造良好的学习和工作环境，节约教学运行成本。再次是在教师层面，借助再生利用实训平台，瞄准建筑环保领域的前沿和热点，深入开展建筑固废再生利用、人工智能技术应用和碳排放测算等研究，不断提升自身的科研能力和水平，不断取得满足社会经济发展需求的科研成果，不断夯实绿色低碳科技的研发能力和水平。最后是在学生层面，全面参与土木教学固废再生利用实训过程，亲身参与绿色低碳技术的研发过程，亲身体会土木教学固废再生新材料的制备工艺，从而加深对绿色、低碳和环保重要性的认识，有助于塑造学生的社会责任感，有助于培养学生的环保意识和绿色低碳思维。

Q 结论与展望

土木教学固废再生利用实训模式研究的的教学实践已取得可喜的成果，其先进性突出体现在四个“满足”：一是满足建筑材料常规检测技能的教学需要。将传统的知识和技能(如混凝土工作性和强度检测)有机融入土木教学固废再生利用实训模式中。二是满足劳动教育的需要。学生基于“身临其境和真刀真枪”的生产实践，体验到劳动收获的快乐，树立和夯实了“劳动观念”。三是满足绿色低碳素养培育的需要。学生应深度参与教学固废回收、再生建材生产和应用实训，基于“看得见、摸得着”的低碳实训成果，不断增强低碳行动的主动性和自觉性。四是满足科研素养培育的需要。为“有科研兴趣”的在校学生感受科研过程、提升科研素养、参与低碳技术研发，打造一个完全落地的“产学研”平台。在后续的研究过程中，需要进一步增加基于人工智能的土木教学固废的回收种类和数量，不断扩大土木教学固废再生利用实训模式教学的专业覆盖面，不断提

升绿色校园的建设水平和绿色低碳人才的培育质量。

📖 参考文献

- [1]姜玲玲,丁爽,刘丽丽,等.“无废城市”建设与碳减排协同推进研究[J].环境保护,2022,50(11):39-43.
- [2]佟瑞鹏,张艳伟.人工智能技术在矿工不安全行为识别中的融合应用[J].中国安全科学学报,2019,29(01):7-12.
- [3]杨正.基于人工智能的船舶身份识别及航行行为识别方法[J].电子技术与软件工程,2022(12):180-183.
- [4]钱隽.人工智能技术在烟草包装印刷质量检测上的应用研究[J].绿色包装,2020(11):35-39.
- [5]刘伟.美国绿色校园建设实践及其对国内大学绿色校园发展的启示[J].绿色建筑,2014,6(01):54-57.
- [6]马晓红,张自强.高校开展绿色校园建设的路径探析[J].高校后勤研究,2022(04):32-33.
- [7]陈东旭.高校绿色校园建设的路径探究[J].宿州教育学院学报,2021,24(01):26-29.
- [8]邱达锋.一种基于多模态融合神经网络对疲劳度检测的方法[J].现代计算机,2020(35):32-36,42.
- [9]王中豪,郭喜峰,杨星宇.基于人工智能算法的隧道锚承载力评价[J].西南交通大学学报,2021,56(03):534-540.
- [10]张宏,张赞,黑赏罡,等.建筑全生命周期划分与各阶段工程控碳技术要点和方法研究[J].建筑技术,2022,53(03):263-266.

基金项目：

2023年建设科研项目(自筹)(浙建设发〔2023〕116号),项目名称:基于人工智能的土木教学固废再生利用研究,项目编号:2023K314。

作者简介：

干学宏(1979—),男,汉族,江西九江人,硕士,副教授,浙江建设职业技术学院,研究方向:建筑固废资源化。

江晨晖(1981—),男,汉族,江西九江人,硕士,副教授,浙江建设职业技术学院,研究方向:高性能混凝土。

吴紫杉(2004—),女,汉族,浙江衢州人,大学本科,浙江建设职业技术学院,研究方向:土木工程。

王伟(1980—),男,汉族,浙江嘉兴人,硕士,副教授,绍兴文理学院,研究方向:建筑结构。

褚恩阳(1972—),男,汉族,浙江嘉兴人,本科,高级工程师,嘉业卓众建设有限公司,研究方向:建筑施工。