给混凝土装上“智慧大脑”，让建筑打印告别“各自为战”

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/43304.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

给混凝土装上“智慧大脑”，让建筑打印告别“各自为战”。近日，西安建筑科技大学智能感知运维强基团队在3D打印混凝土智能建造领域接连取得系统性突破，3项原创成果接连发表，其中1篇联合英国曼彻斯特大学攻关的成果刊发于《IEEE仪器与测量汇刊》，2篇刊发于《建造自动化》。

面向交通、海洋、极地及三深（深空、深海、深地）等极端环境建设，无人化与智能化已成为国家重大战略需求下的必然选择。当前，3D打印混凝土技术正迎来前所未有的发展机遇。当这项技术从实验室走向工程应用，如何看清表面孔隙、如何稳住挤出流量、如何排优多端协同路径，成为智能建造必须回答的信息难题。

3D打印混凝土构件的表面孔隙，就像馒头表面的小气孔：如果气孔太多太大，不仅不好看，还会直接削弱建筑的力学强度、缩短使用寿命。但这些孔隙形态歪扭、大小差异极大，还经常和粗糙的混凝土表面背景混在一起，过去靠人工检测不仅效率极低，微小的缺陷还很容易被漏检。

团队通过大量3D打印试验结合高精度三维扫描，构建了专门的3D打印混凝土表面孔隙点云数据集，在一定程度上弥补了行业高质量数据不足；随后原创的多尺度融合分割模型，既能完整保住毫米级微小孔隙的几何细节，还能在较低计算开销的前提下精准识别出不同大小的孔隙，在类别不均衡的缺陷数据集上表现远超传统算法，为3D打印混凝土构件的自动化质量检测、寿命精准评价提供了高效可靠的技术工具。

很多用过喷墨打印机的人都遇到过这样的情况：墨水变稠、喷头磨损，打出来的线条就会忽粗忽细。3D混凝土打印也面临一模一样的难题：混凝土的粘稠度会随时间变化，打印设备的挤出部件也会有正常损耗，过去靠固定参数控制挤出速度的老办法，很容易出现出料忽快忽慢，堆出来的混凝土层厚度不均，直接影响整个构件的结构强度。团队把混凝土挤出过程的物理模型和深度强化学习技术结合起来，就像给挤出系统装了一个会自主学习调整的自动驾驶系统：先用无量纲挤出模型算清楚设备参数、混凝土流变特性对出料速度的耦合影响，再让AI控制器在大量动态模拟训练里学会自适应调节策略，哪怕设备、材料参数在作业过程中发生意料之外的波动，也能自动把混凝土挤出流量校准到目标值，为未来3D混凝土打印实现无人化全自动作业打下了核心控制技术基础。

随着现代建筑越来越多地走向大尺度、造型个性化，传统多端协同3D混凝土打印跟不上效率需求，也限制了成型质量的提升。针对这个痛点，团队原创了三叉树增强遗传算法，把任务分配、

路径排序、避碰协调三个原本割裂的环节放进同一个智慧决策池里统筹优化：先把三维构件切片后的几何信息转化成一个个离散的打印任务，再用类似三叉树的拓扑结构自动生成最合理的任务分配方案，并结合遗传优化与反馈修正实现联合优化。经过大量仿真和实体打印测试验证，这套方法既能把不同喷头的工作量分配得更均衡，大幅减少喷头空跑、打印轨迹急转弯的问题，还能同步提升整体打印效率和构件成型精度，给大尺寸复杂建筑构件的高效3D打印提供了全新的技术方案。（来源：中国科学报 李媛）

相关论文信息：https://doi.org/10.1016/j.autcon.2026.107199

https://doi.org/10.1016/j.autcon.2026.106978

https://doi.org/10.1109/TIM.2026.3659673

来源：《IEEE仪器与测量汇刊》

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发