

参考答案

1. 请简述 3D 打印混凝土技术的基本原理及其核心流程。

3D 打印混凝土是一种基于数字模型、采用喷射或挤出方式逐层堆叠混凝土材料的自动化建造技术。其核心流程包括：结构数字建模、路径规划、材料性能控制、泵送与输送系统、打印设备控制与执行等环节，最终在无模板条件下完成三维结构的实体打印。

2. 与传统建造方式相比，3D 打印混凝土技术在资源利用和施工效率上有哪些优势？请结合教材案例说明。

3D 打印技术通过无模板建造减少了模板和材料浪费，提高材料利用率，缩短施工周期。以双层办公楼案例为例，相比传统工艺，其工期从 60 d 缩短为 5 d，节省 20% 材料和 80% 人工，综合建造成本降低 30%~50%。

3. 3D 打印混凝土的低碳化路径包括哪些材料优化措施？请举例说明“固废利用”和“地聚物替代水泥”的具体应用场景。

低碳化路径包括利用石灰石煅烧黏土水泥(LC3)、建筑固废替代骨料、地聚物代替水泥、泡沫轻质化混凝土等措施。例如利用再生混凝土作为 3D 打印材料骨料，或采用工业副产物制备的地聚物体系，应用于市政构件、挡墙等场景，均可减少水泥使用与碳排放。

4. 根据本章内容，你认为 3D 打印混凝土技术在建筑工业化转型中可能面临哪些挑战？请从技术、成本、标准规范三个角度展开讨论。

①技术上，存在打印路径规划、配筋方式与界面黏结的难点。

②成本上，前期设备投资较大。

③标准上，尚无完善的施工验收标准和材料评价体系，限制了大规模推广应用。

5. 假设某传统现浇混凝土挡墙项目改为 3D 打印技术建造，请结合教材中苏州河道护岸案例(图 1-4)，分析其可能减少的碳排放来源及量化效益。

3D 打印护岸通过工厂预制与现场吊装减少了模板使用和材料浪费。苏州河道项目中，混凝土使用量减少超过 2/3，人工成本降低约 45%，施工周期缩短 60%，有效降低了施工阶段的碳排放，具备显著的低碳效益。

6. 人工智能(AI)如何与 3D 打印混凝土技术结合？请列举至少两种 AI 技术(如计算机视觉、强化学习)在打印过程中的具体应用场景。

AI 可用于路径优化和质量监测。强化学习可用于打印路径与参数控制优化，提高打印效率和准确性；计算机视觉用于实时监测打印表面缺陷、识别冷缝等问题，并反馈调整打印过程，确保打印质量。

7. 若你需设计一座 3D 打印混凝土人行天桥，请从结构形式(如单拱、悬索)、材料选择(如轻质骨料、纤维增强)、功能集成(如绿化、照明)三个方面提出创新方案，并说明其可行性。

可采用单拱结构减少材料用量，选用轻质骨料和高性能纤维增强材料提升强度与韧性，在桥面侧设置绿化槽、桥体集成照明系统以提升使用与景观功能。该设计可通过 3D 打印的高几何自由度和多功能集成实现，具备良好可行性与环境适应性。