

参考答案

1. 从流变学角度解释高触变性对打印过程的影响, 并分析为何要控制凝结时间在这一区间?

高触变性表现为“剪切稀化”特性: 在泵送挤出时(高剪切速率下)黏度降低保证流动性, 挤出后(低剪切速率下)快速恢复高黏度防止坍塌。这种特性使得材料既能顺利通过打印头, 又能保持挤出后的形状稳定性。

凝结时间控制在 30~120 min 的原因:

下限 30 min: 确保材料在打印系统内保持可泵送性, 避免管道堵塞。

上限 120 min: 保证层间黏结的化学反应窗口期, 超过 120 min 会导致先打印层已终凝, 新层无法与之有效黏结。

最佳平衡点通常在 45~90 min, 兼顾打印效率与层间结合质量。

2. 若某项目要求打印构件具有更高的层间黏结强度, 应如何调整材料配合比(如纤维掺量、外加剂类型)和工艺参数(如层厚、层间间隔时间)? 请说明理论依据

材料调整:

①增加 1%~2% 钢纤维(提升抗裂性)。

②掺入纳米 SiO_2 (提高水化反应活性)。

③使用缓凝型减水剂延长开放时间至 90 min。

工艺优化:

①减小层厚至 8~12 mm(增加层间接触面积)。

②控制层间间隔时间小于 15 min(利用前层未完全凝固的“绿色强度”)。

③采用锯齿形路径规划(增加层间机械咬合力)。

理论依据: 基于 Fick 扩散定律(缩短分子扩散距离)和二次振捣原理(利用未凝固材料的再活化特性)

3. 装配式 3D 打印混凝土技术与整体式打印相比有何主要优势? 请从施工组织、构件质量与适用场景方面说明。

装配式打印将打印过程转移至工厂进行, 具有更高的构件精度与环境可控性, 可避免现场施工中的天气干扰与设备限制。同时, 构件可批量化、标准化生产, 有利于工业化建造和大规模应用。施工组织方面, 装配式构件可按需求运输至现场拼装, 减少工期与现场湿作业风险, 适用于城市更新、河道护岸、人行桥等空间受限或对施工干扰敏感的场景。

4. 3D 打印技术如何提高装配式建筑在设计、生产、施工和运输四个阶段的效率? 请简要说明。

设计阶段: 支持复杂结构与非标准构件的高效定制设计, 推动“制造为了设计”。

生产阶段: 打印速度快, 自动化程度高, 可直接生产构件模板。

施工阶段: 误差适应性强, 能快速补打替换件, 提高现场施工灵活性。

运输阶段: 按需打印减少库存压力, 降低构件存放和运输损耗风险。

5. 在 3D 打印拱桥施工过程中，如何确保各个预制模块能够精准拼装并形成整体结？

为确保精准拼装：在打印阶段预设吊点和插槽，方便安装；构件编号管理，安装按编号顺序执行；拱块拼接面进行凿毛处理，增强界面黏结；关键位置使用钢筋网与聚合物砂浆结合；控制拱圈线型与标高，吊装时进行实时监测；通过在现浇层预留槽安装护栏等附属设施，实现装配整体性。

6. 与传统施工方法相比，现场原位打印技术的主要优势是什么？

与传统施工方法相比，现场原位打印技术的主要优势在于：

- ①适应性优：直接在施工场地打印，无需预制运输，适合复杂条件下进行建造。
- ②资源消耗低：省去模板和预制构件，减少材料浪费与运输成本。
- ③设计灵活：通过数字化模型实时调整打印路径，快速响应设计变更。
- ④缩短工期：连续打印替代传统多环节施工，显著提升建造效率。
- ⑤质量可控：智能监测系统实时优化打印参数，确保复杂环境下的结构性能。

7. 在 3D 打印混凝土的现场原位打印中，不同施工阶段对材料流变性能的具体要求是什么？

①泵送阶段：需要低塑性黏度(μ)、适当动态屈服应力(τ_0)和低结构化速率(A_{thix})，以确保泵送顺畅。

②挤出与沉积阶段：静态屈服应力($\tau_{0,s}$)需足够高以维持层形状，同时结构化速率需匹配打印速度。

③硬化阶段：需要快速发展的抗压强度、弹性模量以确保连续沉积不变形。