

# 智慧监测技术在施工工序衔接优化中的实践分析

刘 建

中石化第十建设有限公司 山东 青岛 266400

**【摘要】**：智慧监测技术应用到工程施工中，能够较好地缩短工序衔接间隙、降低质量安全风险，并指出一些潜在问题，保证工程质量、控制施工成本、保证工程安全，传统管理模式中工序衔接依赖经验判断与人工调度，存在信息滞后、协同困难等问题，在本文中，将探究物联网等技术为核心的智慧监测，提升工序间信息透明度，精准预判衔接节点，优化资源配置，从而有效压缩工序间歇时间，减少窝工与返工，为施工过程的精细化、动态化管理提供参考。

**【关键词】**：智慧监测技术；施工工序；衔接优化

DOI:10.12417/2811-0528.26.07.026

现代社会背景下，很多大型复杂工程的建设中施工工序之间衔接紧密性和协同效率都直接影响到项目整体履约能力，传统的工序管理大多依照静态计划、人为经验，很难有效应对现场动态变化，常造成衔接脱节、资源冲突，随着信息技术与建造技术的融合，智慧监测技术为破解这一难题提供了新可能。

## 1 施工工序衔接“无智慧化”的瓶颈和需求

施工工序衔接指的是前道工序完成之后后道工序依照技术逻辑、资源条件等介入过渡过程，期望达到连续、均衡、没有冗余等待的状态，但是从传统组织模式来看，这种理想状态受阻的情况比较常见。

一是信息感知滞后和孤立，工序进展状态、资源消耗情况、场地占用状态等关键信息，通常依赖管理人员现场巡查、班组人工报送等，周期长、层级多，易受主观因素影响，导致项目管理层无法实时掌握每道工序实际状况。举例来说，混凝土浇筑之后养护强度是否能够达到拆模标准，仅靠经验很容易造成质量风险，令工序衔接点判断失准。

二是协同调度静态和粗放，施工组织设计进度规划通常立足理想目标而设计，一旦遇到材料供应延迟、设计变更、前道工序质量整改等情况，就会导致衔接计划失效，各专业队伍（如土建、机电、装饰）间的作业面交接、资源配置都需要协调，响应速度慢就会导致责任划分模糊甚至责任推诿，“计划赶不上变化”的静态调度模式造成工序资源闲置、冲突，出现“人等工作面”或“工作面等人”问题，浪费工期和成本。

由此，对施工工序衔接加以优化，核心就是实现全过程、全要素的动态感知和智能决策，融入技术手段，突破技术孤岛问题，将施工进度、资源、环境从“模糊经验判断”转化为“精准数据驱动”，能够促进无缝衔接工序、高效完成工程的最终目标。

## 2 智慧监测技术在施工工序衔接优化中的实践应用

### 2.1 核心机理

所谓的“智慧监测技术”，并不是指特定的某种技术，而是集合了物联网、建筑信息模型、云计算和数据分析等技术手段的综合性体系，在施工工序衔接优化中的应用主要依靠核心构成协同运作。

(1) 物联网感知层：在施工关键环节、大型机具、主要材料及作业环境中设置各类智能传感器（如高精度 GPS/北斗定位模块、RFID 芯片、应力应变传感器、温湿度传感器、视频监控摄像头等），实现了对“人、机、料、法、环”全要素状态的实时、自动化数据采集，为后续工序判断、作业面评估提供是否可以移交下一工序或者竣工提供数据。举例来说，钢结构吊装中，通过附着于构件上的传感器，可以实时回传其空间坐标、姿态、应力数据，为判断工序是否达到完工标准提供参考。

(2) 建筑信息模型与数字孪生技术：BIM 模型集成时间、成本等信息，将物联网采集的实时数据与 BIM 模型进行关联，能在数字空间构建与物理施工现场同步、交互反馈的“数字孪生”体，呈现实际进度与计划进度的偏差，动态模拟材料运输路径、塔吊运行半径、不同专业队伍作业面的时空冲突，优化施工顺序、空间布局与资源调度方案。

(3) 大数据分析 with 智能决策平台：通过应用机器学习算法、数据挖掘技术，平台能够对工序衔接节点进行智能识别与预测，如通过分析历史气象数据、材料进场记录与各工种作业效率之间的关系，平台可以预测一段时间内关键路径上工序的完成概率，并对可能风险发出预警；另外，系统可以基于多目标优化算法（如工期最短、成本最低、资源最均衡），在多个方案中进行比选，推荐动态调整后的最优调度指令。

## 2.2 实践应用

### 2.2.1 超高层钢结构综合体

以超高层钢结构综合体施工为例，常规工序包括钢结构安装、核心筒混凝土浇筑、幕墙预埋件设置、机电管线预留等，交叉重叠环节多、协同难度高。

如项目 A（位于我国华东地区某新一线城市）中，应用了基于 UWB（超宽带）技术的室内高精度定位系统，为每位关键安装人员、每台吊装设备及重要构件都标记了“实时位置”标签，这些数据和 BIM-4D 进度模型实时联动；管理人员在指挥中心大屏上，不仅能看见钢构件是否吊装就位，更能清晰掌握安装工人在某一作业面的密集度、塔吊的实时吊运路径与负载率；当系统通过数据分析预测出某一区域钢结构即将安装完毕时，会自动预警并通知混凝土浇筑班组准备泵车、通知幕墙单位准备预埋件复核进场，实现“工序完成即知，后续准备即动”，将传统模式下需要耗费数天的准备、等待时间压缩至数十小时（最长 19 小时），提升立体施工的协同效率。

### 2.2.2 大型线性工程

线性工程通常指交通工程，其传统施工工序衔接控制对掘进环数等指标有所依赖。

如项目 B（位于我国华南地区某二线城市的新建地铁隧道掘进工程，主要包括盾构机的推进、管片拼装、同步注浆、轨道铺设等工序）中引入集成的盾构智慧管控平台，实时监测盾构机上千参数（如推力、扭矩、刀盘转速、土仓压力），并结合地质雷达数据与地表沉降监测数据；平台通过算法模型不仅能评估当前环掘进质量，还能预测盾构机姿态趋势及对地层的

影响，当系统判断当前掘进参数稳定、沉降控制良好时，自动优化注浆配合比与注浆压力建议值，并为管片运输车调度提供最优时间窗口，确保管片供应与拼装工序衔接，避免因掘进参数不当导致停机调整、地表风险引发的后续工序停滞等。

### 2.2.3 大型工业厂房

在大型工业厂房的机电安装与装饰装修阶段，多专业、多系统交叉作业，工序衔接的复杂度较之其他环节更加复杂。

如项目 C（位于我国华南地区某一线城市）利用轻量化 BIM 模型与移动端 AR（增强现实）技术结合，在具体应用中，施工人员通过 AR 设备或其他扫描手段，扫描现场作业面，可在真实环境里叠加显示该区域预设的机电管线模型、装饰完成面线；工序移交时，前道工序（如消防管道安装）班组完成作业后，可通过移动端在 BIM 模型中标记“完成”，并上传巡检照片；后道工序（如天花吊顶）班组在进场前，可通过 AR 可视化，看到管道的确切位置与标高，并接收前道工序验收数据，避免因管线位置不明导致的开孔错误、拆改。立足统一数字模型工序状态“透明化”移交，降低交叉作业冲突、返工隐患，确保工序衔接顺利完成。

## 4 结语

总体来说，智慧监测技术通过多个环节的“智慧化”完善，促进施工工序衔接的有序发展，穿透施工过程中的信息壁垒，实现工序状态的可视、可测与可控，提高衔接精准度和流畅度，但是就目前情况来看，智慧技术融入仍然处于发展和探索阶段，应该由技术人员深度探索，加强应用，从点状应用逐渐走向全程、全产业链，驱动建筑行业转型升级，实现精细化和可持续发展。

## 参考文献：

- [1] 梅雄.数字化时代水利水电工程施工技术的优化分析--评《水利水电工程 BIM 数字化应用》[J].人民黄河,2024,46(6):I0002-I0002.
- [2] 司徒伊俐.智能建造技术在施工现场安全管理的应用和探究[J].建筑机械化,2025(6).
- [3] 王喜勇.基于建设智慧工地信息化平台的实践研究[J].移动信息,2023,45(3):82-84.
- [4] 张国平.智慧工地环境监测技术的案例分析及经验借鉴[J].居业,2025(10).