

智慧工地技术在大型石化项目中的应用

文 / 姜平意 中海油惠州三期乙烯项目部

摘要: 本文介绍了智慧工地技术在大型石化项目中的应用, 利用物联网、大数据、云计算、BIM技术、人工智能等现代信息技术, 对项目建设过程进行全方位、智能化的监测、过程管理及优化, 实现工程管理全流程线上管理。重点介绍了智慧工地技术在大型石化项目重大作业高支模和深基坑监控中的应用, 对高支模、深基坑支护等施工作业的安全状况进行实时监控和预警, 通过安装在监测点位置的检测仪器, 实现了数据自动采集, 实时且精准地将监测数据传输至智慧工地管理平台, 将监测数据和设定的预警值进行比对, 进行数据异常情况下的自动预警或故障显示, 实现对重大作业的施工安全进行有效的管理。很好地阐述了智慧工地技术在大型石化项目中的具体应用。

关键词: 大型石化项目; 智慧工地技术; 监测系统; 智慧工地管理平台

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.02.027

引言

随着科技的不断进步, 智慧工地技术正逐渐成为现代工程建设的重要组成部分。特别是在大型石化项目中, 智慧工地技术的应用不仅提高了施工效率, 确保了施工安全, 还优化了资源配置, 降低了管理成本。本文旨在探讨智慧工地技术在大型石化项目中的应用前景和具体应用实例, 以期为未来相关项目的智慧工地建设提供参考。

一、智慧工地技术概述

智慧工地技术是基于物联网、大数据、云计算、BIM技术、人工智能、5G、区块链等现代信息技术上, 建立智慧工地信息化平台, 全面采集、分析、应用各相关要素数据, 实现互联互通、辅助决策、智能生产、科学监管等功能, 形成数字化、网络化、智能化的智慧建造工地。对项目建设过程进行全方位、智能化的监测、过程管理和优化。利用5G智慧工地管理平台, 结合5G、AI、AR、BIM、大数据、云计算等现有技术, 实现工程管理全流程线上管理、工程场景实时监控。

近几年, 国内大型石化项目已逐渐使用智慧工地技术于项目管理中, 在巴陵石化项目, 通过“平台+数据+应用”模式, 搭建项目管理平台, 实现工程管理全流程线上管理。天津石化采用5G全连接工厂, 基于“大港+南港”构建“双港双核”5G网络体系, 利用“5G+AI”先进技术, 探索智慧工地技术的应用。中海油LNG项目EPC总承包项目管理中, BIM技术被广泛应用, 以完善建设设计并规划建筑流程, 提高设计的可靠性和实用性, 实现更好的预测和仿真; 中海油国储和商储项目中, 利用5G无线专网和卫星、蓝牙等融合技术搭建人员智慧管理系统, 绘制场地3D数字地图, 实现接收与发送报警信息、可视化展示、人员数量统计分析、人员活动轨迹分析、存储和查询, 实现施工现场人员定位和数量统计功能, 提高了施工现场人员管理和应急管理的效率。

中海油惠州三期乙烯项目智慧工地依托项目管理平台做延伸设计, 建设中心控制室, 搭建智慧工地管理平台, 主要包括: 智慧通行系统、视频监控系统、重大作

业监测系统、环境监测系统、安保巡检系统、移动检查系统、LED屏显系统、智能航拍系统等七大系统, 并构建有线与5G专网相结合的通信传输系统。它涵盖了人员管理、设备监控、材料管理、安全监控、安保管理、环境监测及智能航拍等多个方面, 能够实现工地的信息化管理、智能化决策和自动化操作。通过搭建智慧工地信息化平台系统, 将智慧工地运行、管理中的各主要环节相互连通, 形成一套实时监控管理的系统。很好的提升了智慧工地运行管理的自动化、智能化, 并实现现场运行管理智慧化的应用, 从而推动智慧工地运行管理数字化转型。

二、智慧工地技术在大型石化项目高支模和深基坑重大作业中的应用

智慧工地管理平台重大作业监测系统通过传感器技术、5G网络技术对高支模、深基坑支护等施工作业的安全状况进行实时监控和预警, 通过安装在监测点位置的检测仪器, 实现了数据自动采集, 实时且精准地将监测数据传输至智慧工地管理平台, 将监测数据和设定的预警值进行比对, 进行数据异常情况下的自动预警或故障显示。智慧工地技术实现了精准实时地为重大作业的施工安全保驾护航。

(一) 高支模监测应用需求

高支模监测系统主要功能包括面板变形监测、支撑结构倾斜监测、立杆轴力监测、位移监测等。

监测内容包括模板沉降、整体位移、支撑体系倾斜, 承压过大等。监测周期从砼浇筑开始, 到砼终凝。具体的监测频率由现场施工实际进展情况来确定, 在砼浇筑期间, 监测数据应间隔1~3秒采集一次, 上传频率为每隔1~2分钟上传一次。

(二) 深基坑监测应用需求

深基坑监测系统主要功能包括围护墙(桩、边坡)顶部位移监测、深层水平位移监测、支撑轴力监测、立柱竖向位移监测、锚杆轴力监测、地下水位监测等。

深基坑工程监测内容应根据基坑设计深度、地质条

件、周边环境情况以及支护结构类型、施工工法等综合确定；采用施工降水时，尚应考虑降水及地面沉降的影响范围；采用爆破开挖时，爆破振动的监测范围应根据现行国家标准《爆破安全规程》GB6722的相关规定并结合工程实际情况，通过爆破试验确定。监测周期和监测频率应根据不同基坑工程安全等级来调整。

(三) 高支模和深基坑监测应用

为了保证监测工作的准确性和及时性，避免人为因素引起的监测工作误差；采用智慧工地自动监测技术，防止高支模、深基坑等重大作业出现安全事故；智慧工地技术采用自动化仪器进行实时监测、及时预警，确保高支模、深基坑等重大作业的安全。监测点设置应能体现监测对象的趋势变化和实际状态，其应布置在监测对象变形和受力关键点、特征点处。

1. 高支模监测

高支模应重点监测板变形、位移监测、倾斜检测及轴力检测等内容。监测点数据应能体现支撑体系状态、变化特征及变化趋势，最好布置在模板支撑体系荷载集中并较大部位、变形较大部位等关键位置。

(1) 监测对象、内容及控制指标

表 1 监测参数表

监测内容	监测对象	测点位置	监测仪器	监测最小精度
板变形	浇筑面 / 支模顶部竖向位移	支撑结构顶部、模板底部横杆	位移传感器	1mm
位移监测	模板支架	支撑结构顶部、底部	位移传感器	1mm
倾斜检测	支撑体系立杆平面变形	支撑结构顶部立杆	倾角仪	±0.01°
轴力检测	施工荷载	支撑顶部，撑托与梁之间	荷重传感器	≤ 0.5%FS

(2) 面板变形监测

采用位移传感器对面板变形的竖向位移量和水平位移量进行实时监测。监测点应设置于变形较大的关键部位或支撑结构薄弱部位，监测过程中每个支撑结构必须设置稳定的监测基准点。监测设备应满足设计和规范要求的观测精度和量程范围要求，并经过第三方检测机构的标定或检定，并在规范要求的标定或检定有效期内。图一示意了采用拉线式位移传感器监测高支模面板沉降的变化过程。

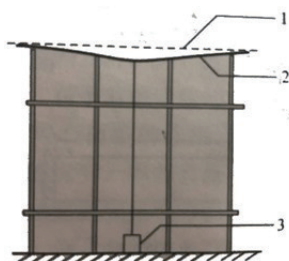


图 1 拉线式位移传感器监测面板沉降示意图

(1- 变形前面板; 2- 变形后面板; 3- 拉线式位移传感器)

(3) 支撑结构倾斜监测

采用倾角传感器对支撑结构倾斜情况进行监测，安装点位于体现支撑体系的特征点处，如支撑体系四角、支撑体系长边中点等，以及其他根据施工现场实际情况需重点关注的部位。设备埋设由专用扣件固定，确保传感器安装稳固。监测支架变形的倾角传感器应安装在可调托撑调节螺母下方。

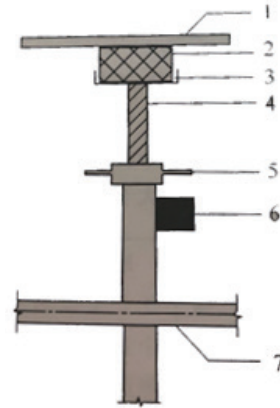


图 2 监测支架顶部变形的倾角传感器安装示意图

(1. 面板; 2- 楞梁; 3- 可调拖座; 4- 水平位移监测点; 5- 调节螺母; 6- 倾角传感器; 7- 顶层水平杆)

(4) 立杆轴力监测

采用荷重传感器对面板施加在立杆上的压力进行测量。压力传感器可安装在立杆可调托撑与面板或楞梁之间，压力传感器与立杆、面板或楞梁间应保持紧密接触，并保持接触面平整、坚固。立杆轴力测点应设置在荷载较大的区域，宜根据计算的最不利受力位置来布置，选取有代表性的立杆位置布置轴力监测点。

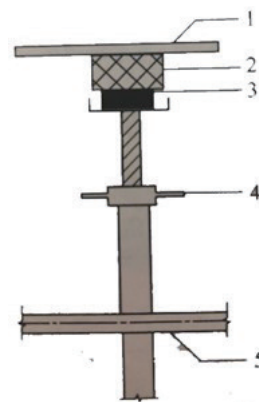


图 3 压力传感器安装示意图

(1- 面板; 2- 楞梁; 3- 压力传感器; 4- 调节螺母; 5- 顶层水平杆)

(5) 位移监测

采用位移传感器对模板支架竖向位移、水平位移进行自动化监测。高支模支撑体系支架水平、竖向方

向位移的监测点应布置在自由边中部的立杆、承受轴力较大的立杆等顶部部位。

2. 深基坑监测

(1) 围护墙（桩、边坡）顶部位移监测

采用位移传感器对围护墙（桩、边坡）顶部位移进行监测，监测点沿基坑周边布置，监测点应布置在基坑阳角处、基坑侧边的中部、临近被保护的對象等部位，每边的测点数量不宜小于3个，监测点之间的距离不宜大于20米。水平和竖向位移监测点宜为共用点，监测点宜设置在围护墙顶或基坑坡顶上。

(2) 深层水平位移监测

采用测斜仪对基坑各深度处水平位移进行监测，其可以反映支护结构的位移变化。监测点应布置在基坑周边的中间部位、基坑阳角处及基坑关键性的部位，水平距离间隔一般是20米~60米，每边的测点数量一般不小于1个。预埋的测斜管深度根据围护墙入土深度确定，测斜管埋设在土体中的长度一般不小于基坑开挖深度的1.5倍。

(3) 支撑轴力监测

采用应变计或振弦式钢筋计对支撑轴力进行监测，通过测定传感器频率的变化得出支撑梁的应变值，系统自动计算出支撑轴力。监测点应布置在基坑阳角处、支撑轴力内力较大或在整个支撑体系中起关键作用的杆件上，同一水平面支撑轴力的监测点至少3个。

(4) 立柱竖向位移监测

采用沉降仪对立柱竖向位移进行监测。监测点布设在地质条件复杂处、基坑中间部位立柱交汇处；测点数量不少于立柱总数的5%，逆作法施工的基坑不少于10%，且均不应少于3根。

(5) 锚杆轴力监测

采用轴力计、钢筋应力计或应变计对锚杆轴力进行监测。锚杆轴力监测应选择设计受力较大并具有代表性的锚杆位置，一般设置在基坑阳角处、基坑周边中部和地质条件较差处，数量为总锚杆数量的1%~3%，且每边不少于1根，每层监测点位置竖向保持一致。

(6) 地下水监测

采用水位计实时监测地下水位的变化情况，避免出现地下水涌入或渗漏等问题。沿基坑周边、影响范围内构筑物周边或者基坑与周边构筑物之间布设，监测点间距20米~50米。水位管理设计要求：埋设深度一般在设计水位之下3米~5米，承压水监测应埋入到所测承压水层中。

(7) 周边建筑物位移监测

采用位移传感器对周边建筑物的竖向和水平位移进行实时监测。建筑四角、沿外墙10米~15米或者每隔2~3根柱上布设监测点，每侧外墙不少于3个。

(8) 周边管线监测

采用精密的水准仪和经纬仪对周边管线进行监测。周边管线的监测主要是为了防止基坑沉降引起管线变形，监测点应布置在管线的连接点、变径点、变坡点、转折点等特征点处，水平间距宜为15米~25米。

(四) 监测系统的组成

智慧工地技术重大作业监测系统主要有无线倾角计、无线位移计、无线报警器、终端控制仪等仪器、5G网络及智慧管理平台组成。无线倾角计用于姿态监测，能够很好的监测顶杆失稳、支撑体系倾斜等。无线位移计主要用于测距功能，能够监测模板沉降、立杆相对位移量等。无线报警器，能够及时将预警信息通过声光的方式进行通知，并及时预警。终端控制仪，主要用于项目名称创建、测点创建、预警报警值创建及项目开始创建，做到监测数据实时查看、汇总、自动生成监测报告功能。

结论与展望

智慧工地技术在大型石化项目中的应用具有显著的优势和效果。它能够提高施工效率、确保施工安全、优化资源配置、降低成本和风险。特别是在管理要求高、安全风险系数大、施工周期长的重大作业监测系统的应用中，通过事前预警很好的降低了施工安全风险，实现了精准实时地为重大作业的施工安全进行保障，取得了很好的效果。未来随着信息技术和人工智能技术的不断发展和完善，智慧工地技术将在工程项目中的应用会越来越广泛，并逐渐推广到其他更多领域，使智慧工地技术应用前景越来越好。同时，我们也需要认识到在应用过程中可能出现的问题和挑战，并积极寻求解决方案以推动技术的不断进步和应用范围的不断扩大。

参考文献

- [1] 孙明峰, 许锋. 高支模自动化监测技术应用与研究[J]. 城市建设理论研究, 2017, 12(1).
- [2] 卢志瑜. 大型复杂双向倾斜行车盘道施工方法研究[J]. 广东土木与建筑, 2020, 04.
- [3] 王志伟, 刘云非, 周海涛, 陈佳明. 超危高支模施工全过程架体安全监测技术[J]. 施工技术, 2019, 10.
- [4] 张安育. 大体量高大模板支撑体系智能监测技术应用研究—以重庆东站站房及配套工程为例[J]. 建筑科技, 2024, 03.
- [5] 许剑峰. 基坑工程中土体深层水平位移研究[J]. 施工技术, 2012, 06.
- [6] 曹英莉, 李红慧. 基坑工程变形监测方案设计要点[J]. 工程技术研究, 2020, 07.
- [7] 刘晋虎, 张训虎, 王科峰, 彭凯笛, 杨绪峰. 变形监测常见问题分析[J]. 工程勘察, 2020, 12.