

# 智慧工地系统提高变电站工程管控能力研究

汤豫<sup>1</sup>, 夏竹青<sup>1</sup>, 聂俊波<sup>2</sup>, 谢烨<sup>1</sup>, 陈博<sup>3</sup>, 胡学刚<sup>1</sup>

<sup>1</sup>国网湖北省电力有限公司中超建设管理公司, 湖北 武汉

<sup>2</sup>国网宜昌供电公司, 湖北 宜昌

<sup>3</sup>国网湖北省电力有限公司超高压公司, 湖北 武汉

收稿日期: 2024年5月22日; 录用日期: 2024年8月27日; 发布日期: 2024年9月25日

## 摘要

当前新建超、特高压变电站工程存在有效工期短、施工任务重、建设风险高等问题, 现场安全管理形势严峻, 传统管理模式在当前的建设环境下事倍功半。通过以现代物联网、视联网、大数据、BIM、GIS、三维可视化等现代信息技术为支撑的智慧工地平台现代信息技术, 实现了施工现场的实时视频监控、特种设备及扬尘噪声的实时监测、施工进度及作业人员的动态管理, 能有效提高工程现场管控水平。研究表明: 1) 该平台的应用实现了动态汇总工程现场全过程各环节数据, 解决了集中管控难、实时监测难问题; 2) 实现了工程现场全过程信息化管理、集中化管控、可视化展现和智能化分析, 有效提高了工程管理应变处置能力; 3) 建立了全流程监督体系, 强化了人员、设备、物资、质量等方面管理。

## 关键词

智慧工地, 变电站建设, 工程管理, 超高压, 实时监测

# Research on Improving the Control Capability of Substation Engineering with Smart Construction Site System

Yu Tang<sup>1</sup>, Zhuqing Xia<sup>1</sup>, Junbo Nie<sup>2</sup>, Ye Xie<sup>1</sup>, Bo Chen<sup>3</sup>, Xuegang Hu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>State Grid Hubei Zhongchao Construction Management Company, Wuhan Hubei

<sup>2</sup>State Grid Yichang Electric Power Supply Company, Yichang Hubei

<sup>3</sup>State Grid Hubei Extra High Voltage Company, Wuhan Hubei

Received: May 22<sup>nd</sup>, 2024; accepted: Aug. 27<sup>th</sup>, 2024; published: Sep. 25<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

Currently, there are problems with short effective construction period, heavy construction tasks,

文章引用: 汤豫, 夏竹青, 聂俊波, 谢烨, 陈博, 胡学刚. 智慧工地系统提高变电站工程管控能力研究[J]. 仪器与设备, 2024, 12(3): 489-496. DOI: 10.12677/iae.2024.123063

and high construction risks in the construction of new ultra-high and extra high voltage substations. The on-site safety management situation is severe, and traditional management models are ineffective in the current construction environment. Through the use of modern information technologies such as the Internet of Things, the Internet of Vision, big data, BIM, GIS, and 3D visualization, the smart construction site platform has achieved real-time video monitoring of construction sites, real-time monitoring of special equipment and dust noise, dynamic management of construction progress and operators, and effectively improved the level of engineering site control. Research has shown that: 1) The application of this platform has achieved dynamic aggregation of data from all aspects of the engineering site process, solving the problems of difficult centralized control and real-time monitoring; 2) We have achieved information management, centralized control, visual display, and intelligent analysis throughout the entire process of engineering sites, effectively improving the ability of engineering management to respond to emergencies; 3) We have established a full process supervision system and strengthened the management of personnel, equipment, materials, quality, and other aspects.

## Keywords

Smart Construction Site, Substation Construction, Engineering Management, Ultra-High Voltage, Real-Time Monitoring

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

近年，湖北省境内超、特高压工程建设任务繁重，2023 年新建续建及新开工输电线路 2316 公里、变电容量 2000 万千瓦时，驻马店 - 武汉线路工程建成投产，金上 - 湖北、宁夏 - 湖南线路与黄石特高压变电站、大冶换流站工程开工建设，年度二级风险数量 70 余项，三级风险近万项。随着现场管理任务持续增多，作业队伍能力参差不齐，日益增长的安全管理要求与越来越大的管理人员缺口之间的矛盾愈加明显，常规人工驻点管控的模式已难以达到现阶段安全管理水平。

论文以咸宁赤壁 500 千伏变电站工程为例，针对工程现场作业人员队伍、施工作业风险高等安全管理重难点，在建设过程管理中采用智慧工地系统，通过大数据分析、视频监控等技术，构建智能化管理体系，有助于解决实际工程管理中遇到的各种疑点难点，大幅提高工程管控效率[1]-[3]。

## 2. 智慧工地建设

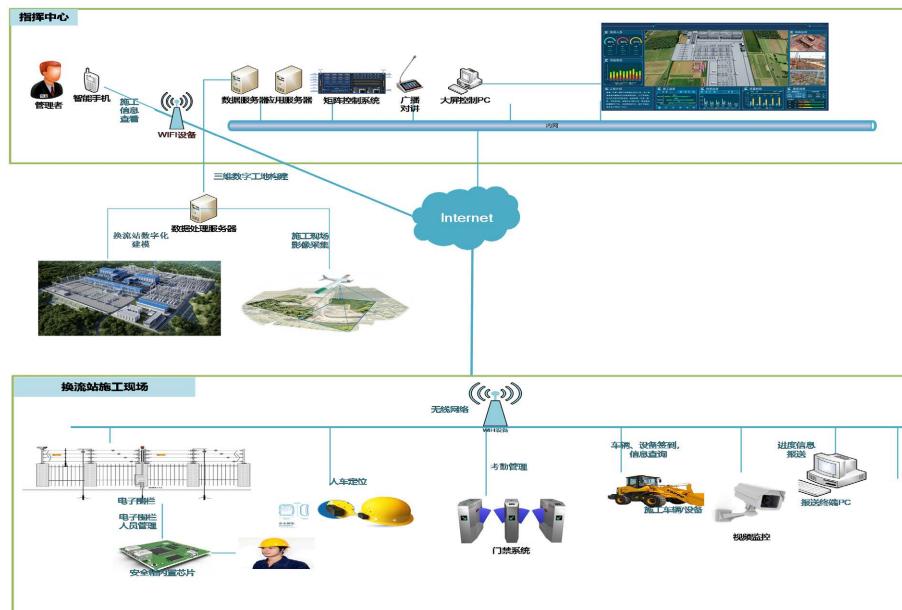
在建设工程现场管理实践中，智慧工地通过利用物联网、大数据、云计算等优势，将互联网与传统建筑结合，智能监测硬件与 APP 无缝结合，实现了施工现场人员与设备的信息化管理，智能整合各类施工设备，打造新型的施工现场管理模式[4]。

如图 1，智慧工地的建设通过监控软件平台及硬件两部分构建实现，软件部分包含监控指挥大屏软件系统，硬件部分重点包含监控指挥大屏硬件、变电站工程现场传感硬件，软硬件结合实现变电站工程现场智慧管控。

### 2.1. 三维数据建设

结合变电站工程现场情况进行踏勘并进行航飞设计。航摄完成后，基于详尽的航测数据，进行影像

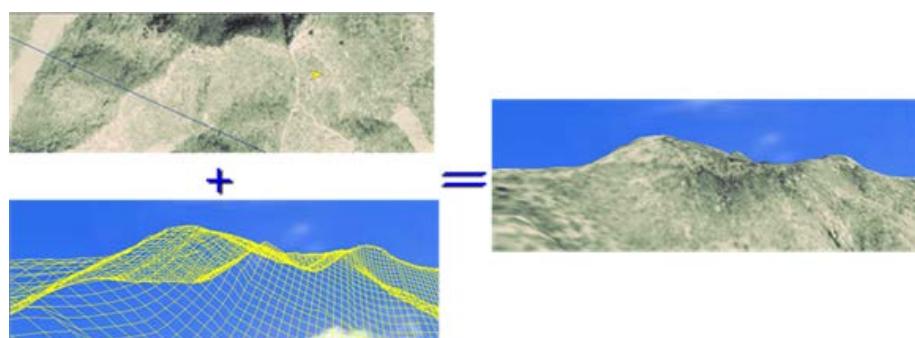
预处理、区域联合平差、多视影像匹配等一系列操作，快速批量建立高质量、高精度的工程范围内的三维可视化地形模型，直观展示变电站及周边建筑物、道路、植被、水系等地形对象的地理环境、空间分布和三维模型。



**Figure 1.** Overall architecture diagram

**图 1.** 总体架构示意图

依据变电站工程施工设计图纸，构建变电站工程土建、电气设备设施三维仿真模型，为电站工程数字工地建设及施工仿真提供数据支撑(图 2)。



**Figure 2.** Terrain model construction

**图 2.** 地形模型构建

## 2.2. 软件建设

结合监控大屏硬件，定制开发监控指挥大屏软件系统，通过构建工程直观、立体的三维数字化工地作为交互窗口，将工程三维可视化宏观展示与土建、电气施工的微观精细化表达相结合，直观展现站内外整个场景、施工现场布置以及赤壁变电站工程进出线的连接关系，对接人员考勤系统和车辆管理系统，在线实时接入人员、物资、视频、环境及微气象等信息，实现对进场人员、车辆设备、作业环境、

视频监控、物料预存、物资运输、施工进度、人机物安全等方面进行动态监控、分析、预警和可视化管理[5]-[7] (图 3)。



Figure 3. Monitoring smart system

图 3. 监控智慧系统

## 2.3. 硬件建设

### 2.3.1. 实名制门禁系统

实名制门禁系统将工程在建人员的基本信息、培训信息等整合管理。项目部为每位人员录入人脸信息和身份证件信息，采用人脸识别方式，用于作业人员查询、安全培训的签到、开闸入场作业及个人综合信息的身份识别等。

实名制管理系统对闸机上传的考勤信息进行统计分析，项目管理人员可以直观、快速了解各单位、各工种、各班组人员的出勤情况，据此分析劳务用工效率、工种组合合理性、各工种人员数量等是否满足进度节点要求等，为项目决策提供依据。考勤记录还可作为分包单位发放工资或处理劳务工资纠纷的依据[8]。

### 2.3.2. 环境监测系统

系统安装在固定监测点处，通过对扬尘、风速、风向、温湿度等环境监测数据的采集、存储、加工和统计分析，通过 4G 无线传输将监测数据传输到后端平台。

安装环境监测设备后，对四项内容开展实时监测：① 主设备作业环境中  $0.5 \mu\text{m}$ 、 $1.0 \mu\text{m}$ 、 $5.0 \mu\text{m}$  三种粒子含量、环境温度、湿度、风速、气压(微正压)等参数；② 有限空间环境监测设备，实时监测有限空间中的氧气、一氧化碳、硫化氢、甲烷等气体浓度；③ 监测高边坡地质毫米级微位移，记录历史数据，长期监测边坡位移情况；④ 地面施工往往面临工地扬尘问题，包括道路扬尘、施工扬尘、堆场扬尘等。(图 4)

### 2.3.3. 车辆管理系统

在出入口安装停车场管理系统设备，通过联网技术将各出入口设备连接形成一套完成的停车场管理系统，实现对进出车辆进行车牌识别并登记，做到现场车辆管理管控到位。

### 2.3.4. 智能安全帽

智能安全帽分定位安全帽型以及视频安全帽。定位安全帽能够准确定位安全帽，作业人员正常佩戴

定位安全帽，可实现电子围栏功能，可在相关 APP 中查看人员定位及历史轨迹，接收跨越围栏告警及求救信号。



**Figure 4.** Environmental monitoring device  
**图 4.** 环境监测装置

视频安全帽，管理人员正常佩戴视频安全帽，除具有定位安全帽全部功能外，可用于与基建平台值班人员进行视频连线、语音对讲，可进行一键拍照；穿戴式近电感知设备，近电作业人员穿戴近电设备，实时监测作业人员距带电体的距离，近电距离越限时发出告警提醒，可在相关 APP 中查看近电距离及告警信息。

### 2.3.5. 视频监控系统

在站区门禁道闸口、材料加工棚、物料卸料区、塔吊、防护栏、深基坑、高支模等区域安装视频监控设备，对其重点区域进行不间断的实时监控，并将画面实时传回工地指挥平台。满足日常开展远程监控现场施工、远程视频实时巡查、移动端查看项目监控、历史录像追溯等使用要求。

### 2.3.6. 施工机具监控系统

通过安装北斗高精度定位监测模块对桩基作业进行实时监测桩位、桩深、桩数、拔桩速度，计算持力层电流、桩体垂直度等重要数据；对压路机监测行驶速度、压实遍数等关键数据；对真空抽气机、真空滤油机作业，自动采集真空抽气机及滤油机的真空度、温度、注油速度、位置信息等数据。

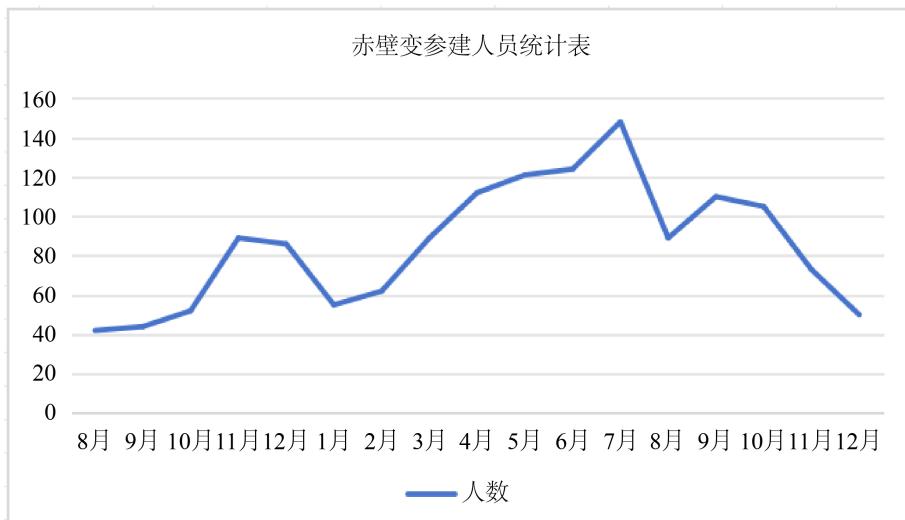
## 3. 智慧工地应用效果

### 3.1. 人员管控

工程自 2022 年 6 月开工，2023 年 12 月竣工。经智慧工地系统共登记在库人数 354 人，其中作业人员 312 人，管理人员 42 人。现场人员通过闸机进出作业场所，有效杜绝无关人员入场。

如图 5 所示，其中 2023 年 3 月~6 月为土建高峰期，月均人数 100 人，2023 年 7~10 月为电气安装高峰期，月均人数 113 人，与作业管控平台施工人数一致。

在建设管理过程中，结合该智慧工地系统人员库，在 4 月 12 日，10 月 1 日对照作业票钢构吊装、导线安装作业人员清查，所在人员当日识别在库，无缺人、多人情况发生，实现了人员管控作用。

**Figure 5.** Construction personnel statistics**图 5. 参建人员统计表**

### 3.2. 作业风险管理

工程结合智慧工地系统成立值班组，通过对照信息系统、监控平台对当日施工作业实行专人分面管控(图 6、图 7)。对发现安全隐患，通过智能安全帽联系现场管控人员，及时纠正制止。工程建设期间，共实施作业风险 411 项，其中三级风险 74 项、四级风险 313 项、五级风险 24 项。查处安全隐患 36 条，对相关责任人下发整改单 12 份，有效保障作业安全。

序号	计划编号	作业名称	专业分类	计划开始时间	电压等级	作业风险等级	作业内容	作业地点	变电站/线路	作业组织(建管)单位	作业实施(施工)单位
1032	EDRJH20240 5030008627	赤壁500kV 变电站新建工程变电总包	建设	2024-05-07 08:00:00	500kV	三级	赤壁500kV变电站新建工程-二次系统调试、试验5.6-改扩建施工-改扩建工程二次设备试验	赤壁500kV 变电站	赤壁500kV 变电站新建工程	国网中超建设管理公司	国网湖北送变电工程有限公司
1308	EDRJH20240 5030008628	赤壁500kV 变电站新建工程变电总包	建设	2024-05-08 08:00:00	500kV	三级	赤壁500kV变电站新建工程-二次系统调试、试验5.6-改扩建施工-改扩建工程二次设备试验	赤壁500kV 变电站	赤壁500kV 变电站新建工程	国网中超建设管理公司	国网湖北送变电工程有限公司
1597	EDRJH20240 5030008629	赤壁500kV 变电站新建工程变电总包	建设	2024-05-09 08:00:00	500kV	三级	赤壁500kV变电站新建工程-二次系统调试、试验5.6-改扩建施工-改扩建工程二次设备试验	赤壁500kV 变电站	赤壁500kV 变电站新建工程	国网中超建设管理公司	国网湖北送变电工程有限公司
1882	EDRJH20240 5030008630	赤壁500kV 变电站新建工程变电总包	建设	2024-05-10 08:00:00	500kV	三级	赤壁500kV变电站新建工程-二次系统调试、试验5.6-改扩建施工-改扩建工程二次设备试验	赤壁500kV 变电站	赤壁500kV 变电站新建工程	国网中超建设管理公司	国网湖北送变电工程有限公司
2115	EDRJH20240 5030008631	赤壁500kV 变电站新建工程变电总包	建设	2024-05-11 00:00:00	500kV	三级	赤壁500kV变电站新建工程-二次系统调试、试验5.6-改扩建施工-改扩建工程二次设备试验	赤壁500kV 变电站	赤壁500kV 变电站新建工程	国网中超建设管理公司	国网湖北送变电工程有限公司
5783	EDRJH20240 5223432274	赤壁500kV 变电站新建工程变电总包	建设	2024-05-24 08:00:00	500kV	三级	赤壁500kV变电站新建工程-GPS天线消缺	赤壁詹家 塆	赤壁500kV 变电站新建工程	国网中超建设管理公司	国网湖北送变电工程有限公司

**Figure 6. Job information****图 6. 作业信息**



**Figure 7.** Remote monitoring  
**图 7.** 远程监控

### 3.3. 环境监测管理

该站建设主要面临扬尘、施工噪音、建筑垃圾、复绿问题。项目部人员结合现场视频监控、扬尘监测装置共发现施工期间影响环境问题 36 条，其中主要以堆土裸露、排水系统不完善、未完成复绿为主，已全部整改闭环(图 8)。



**Figure 8.** Environmental problem rectification record  
**图 8.** 环境问题整改记录

### 3.4. 质量管理

通过沉降观测装置，对 GIS 等重点一次设备、建构筑物情况实测，对设计数据和历史数据进行对比分析并判断质量情况。

全站建构建筑物共设沉降观测点 149 个,最大累计沉降量: 1.25 mm,最后 100 天沉降速率  $\leq 0.01 \text{ mm/d}$ ,沉降均匀, 已稳定。

智慧工地的应用以物联网 + 互联网为核心, 基于智能设备互联, 满足了变电站工程数据采集、储存、分析的需求, 有效优化了工程现场管理方式, 为建设管理单位、业主、监理、施工项目部人员, 提供了完善、便捷、高效的信息化解决方案, 实现了工程管理智能化、精细化。

咸宁赤壁 500 千伏变电站工程作为智慧工地应用试点工程, 荣获中国电力建设企业协会 2023 年度电力建设指挥工程典型五星案例。

#### 4. 结论

经研究实践证明, 智慧工地结合物联网、互联网以及分布在施工区域内的各类型传感器、人工智能等, 建立大数据管理, 开展智能化改造。遵循强化数字转型、智能升级、融合创新支撑的核心思路, 将无人机巢与项目部现场指挥中心相结合, 实现了“空地一体”的全方位监控, 同时依靠交互、感知、决策、执行和反馈, 深度融合信息技术与施工技术, 构建了以安全、质量为核心、进度和环境为辅的输变电工程智慧建管体系, 全面实现工程项目的数字化建设。

#### 参考文献

- [1] 曹敏, 曹东朗. 基于视觉描述符的图像大数据分类算法仿真[J]. 计算机仿真, 2024, 41(4): 170-174+300.
- [2] 练睿. 基于深度学习的电力设备图像识别方法探析[J]. 中国设备工程, 2024(7): 248-250.
- [3] 诸浩君. 基于视频图像识别的海上风电机组工作环境远程监控方法[J]. 电气时代, 2024(3): 74-77.
- [4] 孙博洋, 姜成诚, 张猷, 等. 基于四维理论的电力工程新型项目群管理模式构建与应用[J]. 电气时代, 2024(1): 127-130.
- [5] 陈楠. 基于互联网+的“智慧工地”在建筑工地上应用[J]. 城市建设理论研究, 2023(35): 226-228.
- [6] 谢天长, 张华, 张金美. 基于物联网技术的智慧工地构建[J]. 中国公路, 2022(17): 121-122.
- [7] 吴抗美. 建筑智能化工程管理技术的应用分析[J]. 智能建筑与智慧城市, 2019(2): 21-22+25.
- [8] 郝东彬. 智慧工地建设研究与工程应用[J]. 工程建设与设计, 2024(3): 127-129.