

新能源施工管理数字化平台设计 ——集成进度、质量、安全数据

谢金河

腾越建筑科技集团有限公司, 广东 佛山 528000

DOI:10.61369/UAID.2026010006

摘 要： 新能源产业的快速扩张使施工管理面临多维度挑战，传统管理模式下载进度、质量、安全数据割裂导致的协同低效、风险预警滞后等问题日益凸显。本文基于数字化转型理论与项目管理集成思想，提出一种融合进度追踪、质量管控、安全监管的新能源施工管理数字化平台设计方案。通过构建“数据采集—中台处理—应用输出”的三级架构，设计多源数据融合机制与智能分析模型，实现三大核心数据的深度集成与协同应用。研究可为新能源施工管理数字化转型提供理论支撑，提升项目管理的精细化与智能化水平。

关 键 词： 新能源施工；数字化平台；数据集成；进度管理；质量管理；安全管理

Design of Digital Platform for New Energy Construction Management —Integrating Progress, Quality and Safety Data

Xie Jinhe

Tengyue Building Technology Group Co., Ltd. Foshan, Guangdong 528000

Abstract： The rapid expansion of the new energy industry has posed multifaceted challenges to construction management. Under traditional management models, fragmented progress, quality, and safety data have increasingly led to inefficient collaboration and delayed risk alerts. This paper proposes a digital platform design for new energy construction management, integrating progress tracking, quality control, and safety supervision, based on digital transformation theory and project management integration principles. By establishing a three-tier architecture of "data collection-middleware processing-application output" and developing a multi-source data fusion mechanism with intelligent analysis models, the platform achieves deep integration and collaborative application of three core data streams. The research provides theoretical support for the digital transformation of new energy construction management, enhancing the precision and intelligence of project management.

Keywords： new energy construction; digital platform; data integration; progress management; quality management; safety management

引言

在“双碳”目标驱动下，风电、光伏、氢能等新能源项目进入规模化建设阶段，施工呈现地域分散、技术复杂、多专业协同等特征，施工管理作为关键环节，其效率直接决定项目投产周期与运营效益。当前管理存在诸多痛点：进度管理依赖人工填报偏差率高，质量管控因检测数据分散难追溯，安全监管受限于现场巡检隐患排查不及时，三者数据割裂加剧“信息孤岛”，导致管理层缺乏全景式视图^[1]。

数字化技术为破解难题提供路径，研究显示集成化数字化平台可使进度偏差率降15%以上、质量整改效率提30%、安全隐患发生率降25%。但现有平台多侧重单一维度，缺乏进度、质量、安全数据系统性集成，难以适配复杂需求。本文立足纯理论视角，从架构设计、数据融合、功能模块构建集成化数字化平台，探索核心数据协同机制，为数字化转型提供理论框架^[2]。

一、新能源施工管理数字化平台的理论基础

（一）项目管理集成理论

项目管理集成理论是平台设计的核心依据，其核心要义在于

打破传统职能分割的管理模式，通过资源整合、流程协同实现项目整体目标最优。该理论在施工管理领域的应用体现为“三维集成”：时间维度（进度）、质量维度（质量）、安全维度（安全）的有机融合。不同于传统项目管理中三者的线性递进关系，集成

理论强调三者的动态耦合——进度计划的调整需兼顾质量验收节点与安全管控要求，质量检测数据需反哺进度优化，安全隐患的处置需同步影响进度安排与质量标准。这一理论为平台构建大数据的协同机制提供了方法论支撑。

（二）数字化转型理论

数字化转型理论强调以数据为核心生产要素，通过技术赋能实现管理模式重构。新能源施工管理的数字化转型需经历“数据资产化—流程数字化—决策智能化”三个阶段：数据资产化要求将进度、质量、安全数据转化为可管理、可分析的资产；流程数字化需打破部门壁垒，实现数据驱动的流程再造；决策智能化则通过数据建模实现风险预警与优化建议的自动输出。该理论为平台设计“数据采集—处理—应用”的全链路架构提供了理论指导。

（三）数据融合理论

数据融合理论为多源异构数据的集成提供技术逻辑，其核心是通过数据清洗、关联分析、融合建模实现不同维度数据的价值挖掘。新能源施工场景中，进度数据（如工序完成率、工期偏差）、质量数据（如检测指标、不合格项）、安全数据（如隐患等级、违章记录）分属不同数据类型，需采用“特征层融合+决策层融合”的二级融合模式：特征层通过统一数据标准实现格式对齐，决策层通过关联规则挖掘三者内在联系，如某道工序的质量不合格率与安全隐患发生率的正相关性，为协同管控提供依据^[3]。

二、新能源施工管理数字化平台的架构设计

基于上述理论，设计“感知层—数据中台层—应用层”的三级架构，实现进度、质量、安全数据的全链路集成与应用，架构如图1所示（理论模型）。

（一）感知层：多源数据采集体系

感知层作为数据入口，负责采集多维度施工数据，解决“数据从哪里来”的问题，构建“自动采集+人工填报+系统对接”三元采集机制。自动采集依托物联网（IoT）技术，在施工设备部署传感器采集运行参数（如风电桩基钻进深度、光伏组件安装精度），通过视频监控与AI识别采集安全违章行为（如未戴安全帽、违规动火），质量检测设备联网自动上传检测数据（如混凝土强度、焊缝质量）；人工填报针对工序验收意见等主观数据设计移动端界面，以“必填项校验+附件上传”保障真实性；系统对接通过API接口实现与BIM、采购、合同管理等系统的数据互通，获取进度基准计划、材料合格证明等基础数据。

为保障采集规范性，感知层建立统一数据标准：进度数据采用“项目—标段—工序—任务”四级编码，质量数据采用“检测项—检测标准—检测结果”三维编码，安全数据采用“隐患位置—隐患类型—风险等级”三级编码，确保数据一致性^[4]。

（二）数据中台层：数据集成与处理核心

数据中台层是平台核心枢纽，承担数据清洗、集成、建模功能，解决“数据如何用”问题，构建“数据仓库+融合引擎+模

型库”三位一体架构。数据仓库分三层：原始数据层（ODS）存储感知层原始数据；清洗数据层（CDW）用算法剔除异常值、插值法补全漏采数据；集成数据层（IDW）集成进度、质量、安全数据并建立关联模型。

融合引擎采用“特征融合+决策融合”二级机制：特征融合通过本体论构建领域模型，定义核心概念及关系实现语义对齐；决策融合基于Apriori等算法挖掘数据关联规律，支撑协同管控。模型库含三类智能模型：LSTM进度预测模型、模糊综合评价质量评估模型、风险矩阵法安全预警模型，分别实现工期偏差预测、质量等级评定、风险动态评估。

（三）应用层：场景化功能输出

应用层面向不同管理角色提供场景化功能，解决“数据怎么用”的问题，基于“全员参与、分级管控”原则设计四大核心模块^[5]。项目总览模块面向管理层，通过可视化仪表盘展示进度完成率、质量合格率等关键指标，支持按项目、标段、时间维度钻取分析，提供全景视图；进度管理模块面向施工负责人，提供甘特图规划、工序完成率追踪、工期偏差预警等功能，可基于质量结果自动调整计划（如质量不合格时触发返工工期计算）；质量管理模块面向质量工程师，实现检测数据录入、问题追溯、整改跟踪，支持关联进度数据查看质量对工期的影响；安全管理模块面向安全管理员，提供隐患排查、违章识别、培训管理等功能，支持关联质量数据分析关联性（如脚手架搭设不规范与结构质量问题的关联）。

三、进度、质量、安全数据的集成机制设计

数据集成是平台的核心价值所在，通过“标准统一—流程协同—智能联动”三大机制实现三大类数据的深度融合。

（一）数据标准统一机制

建立“基础标准—业务标准—技术标准”三位一体的标准体系，实现数据“通译”。基础标准定义核心数据元，如进度数据中的“工序编码”“完成百分比”，质量数据中的“检测依据”“合格阈值”，安全数据中的“隐患代码”“风险等级”；业务标准明确数据产生流程，如进度数据需经“施工班组填报—工长审核—项目经理确认”，质量数据需经“检测人员录入—质量工程师复核—监理单位验收”；技术标准规定数据格式与传输协议，采用JSON格式进行数据传输，通过HTTPS协议保障传输安全，采用区块链技术实现关键数据（如质量验收记录）的不可篡改存储^[6]。

（二）业务流程协同机制

以数据流转驱动业务流程协同，打破“进度管进度、质量管理、安全管安全”的割裂状态。设计三大协同流程：

进度—质量协同流程：进度计划制定时，系统自动关联历史质量数据，如某道工序历史不合格率较高时，自动在进度计划中预留整改工期；进度执行中，若某工序质量检测不合格，系统自动触发进度预警，提示调整后续工序计划，并推送整改任务至相关责任人。

进度—安全协同流程：进度赶工时，系统自动提升安全巡检

频率，通过 AI 监控加强违章行为识别；若发生重大安全隐患，系统自动暂停相关工序进度，待隐患整改完成并验收通过后，方可恢复进度计划执行。

质量 - 安全协同流程：质量检测中发现结构安全隐患（如混凝土强度不达标），系统自动将质量问题转化为安全隐患，同步推送至安全管理模块，启动安全风险评估与整改流程；安全隐患整改完成后，系统联动质量模块进行复核，确保整改效果符合质量标准^[7]。

（三）智能联动预警机制

基于数据中台的模型库，构建“多因素联动预警”体系，实现风险的提前预判与自动处置。预警机制分为三个层级：

一级预警（一般风险）：单一维度数据出现偏差但未影响其他维度，如某工序进度滞后1天但质量、安全数据正常，系统自动推送预警信息至施工班组，提示加快进度；二级预警（关联风险）：某一维度数据偏差引发另一维度潜在风险，如质量不合格率超过3%且该工序进度滞后，系统推送预警至施工负责人，建议暂停施工排查原因；三级预警（重大风险）：多维度数据同时出现严重偏差，如进度滞后超过7天、质量不合格率超过10%且存在重大安全隐患，系统立即冻结相关工序施工权限，同步上报至项目管理层，并自动生成风险处置方案^[8]。

四、平台设计的关键技术支撑

平台的实现需依托四大关键技术，确保数据集成的效率与质量。

（一）物联网（IoT）技术

作为数据采集的核心技术，物联网技术实现施工场景的全面感知。采用低功耗广域网（如 NB - IoT）技术部署传感器网络，解决新能源项目施工现场地域广阔、布线困难的问题；通过边缘计算技术在施工现场部署边缘节点，实现数据的本地预处理，减少传输带宽占用，提高实时性，如现场 AI 监控设备在边缘节点完成违章行为识别后，仅上传识别结果而非原始视频数据。

（二）建筑信息模型（BIM）技术

BIM 技术为数据集成提供可视化载体，通过构建三维施工

模型，将进度、质量、安全数据与模型构件关联。例如，在风电塔筒施工模型中，关联塔筒浇筑的进度节点、混凝土强度检测数据、施工过程中的安全巡检记录，管理层可通过点击模型构件直观查看该部位的全维度数据；通过 BIM + 4D 技术实现进度可视化模拟，结合质量、安全数据动态调整施工模拟方案^[9]。

（三）大数据分析技术

大数据技术为数据处理与价值挖掘提供支撑。采用分布式计算框架（如 Hadoop）处理海量施工数据，提高数据处理效率；通过数据挖掘算法（如聚类分析、回归分析）挖掘数据规律，如分析不同天气条件下光伏组件安装的质量合格率与进度效率，为施工计划优化提供依据；采用可视化技术（如 ECharts）实现数据的直观展示，帮助管理层快速获取关键信息。

（四）人工智能（AI）技术

AI 技术提升平台的智能化水平。采用计算机视觉技术实现安全违章行为自动识别与质量缺陷检测，如通过 YOLO 算法识别施工现场未佩戴安全帽行为，通过图像分割技术检测光伏组件的表面划痕；采用自然语言处理技术实现施工文档的自动分析，如提取质量验收报告中的关键信息并自动录入系统；采用机器学习算法优化进度计划，如基于历史数据训练进度预测模型，提高工期偏差预测精度^[10]。

五、结论与展望

本文基于项目管理集成、数字化转型、数据融合三大理论，构建“感知层 - 数据中台层 - 应用层”架构，设计数据标准统一、业务流程协同、智能联动预警三大机制，实现进度、质量、安全数据深度融合。创新点有三：提出“特征层 + 决策层”二级数据融合模式，破解多源异构数据集成难题；构建三维协同机制，打破单一维度管理局限；设计智能联动预警体系，实现风险预判与自动处置。研究不足在于缺乏实证分析、未考虑风电与光伏等施工差异。未来可开展典型项目原型开发与实证测试，优化架构；针对不同场景设计模块化架构提升适应性；探索数字孪生应用，实现施工虚拟仿真与实时管控。

参考文献

- [1] 王鹏，李娟，张磊. 风光氢储一体化项目数字化管理平台设计与实现 [J]. 电力建设，2023，44(5): 120-128.
- [2] 刘敏，赵刚，陈曦. 新能源行业数字化转型的挑战与应对策略 [J]. 中国能源，2024，46(2): 45-52.
- [3] 张伟，王明，李娜. 施工项目进度 - 质量 - 安全集成管控模型研究 [J]. 建筑经济，2023，44(8): 78-85.
- [4] 陈静，刘阳，赵伟. 基于集成管理理论的新能源施工协同机制研究 [J]. 工程管理学报，2023，37(3): 98-103.
- [5] 李华，王强，张敏. 多源施工数据融合技术在新能源项目中的应用 [J]. 数据采集与处理，2024，39(1): 156-164.
- [6] 赵亮，孙丽，吴涛. 物联网技术在新能源施工安全管控中的应用研究 [J]. 安全与环境工程，2023，30(4): 189-196.
- [7] 王明，李静，刘勇. 基于 BIM 的新能源施工数据集成管理平台设计 [J]. 建筑科学，2024，40(3): 167-174.
- [8] 张丽，刘强，王涛. 新能源施工中进度与质量的关联规则挖掘研究 [J]. 数学的实践与认识，2023，53(12): 234-241.
- [9] 刘军，赵静，李刚. 基于机器学习的施工安全风险预警模型构建 [J]. 计算机应用与软件，2024，41(2): 289-296.
- [10] 陈强，孙敏，张涛. 新能源施工数据安全保障体系研究 [J]. 信息安全研究，2023，9(6): 589-596.