

数字化转型背景下电力施工管理模式创新研究

李田庭

450330*****0712

摘要：电力施工作为新型电力系统建设的核心环节，其管理效率与安全水平直接决定电网可靠运行与供电服务质量。传统“经验驱动、层级制、粗放化”的管理模式，因信息孤岛、流程滞后、资源错配等问题，已难以应对新能源项目规模化、施工场景复杂化的挑战。本文立足数字化转型趋势，系统分析电力施工管理模式的问题，构建了创新框架，重点探讨数字孪生仿真、精益资源管理、智能风险预警、协同供应链等应用场景，并提出对应的实施路径与战略，希望能够为行业高质量发展带来参考价值。

关键词：数字化转型；电力施工；管理模式；数字孪生；精益管理；风险预警

DOI：10.69979/3060-8767.25.12.077

引言

电力施工是电力产业链的关键节点，其管理质效直接影响电网稳定性与社会用电体验。随着行业不断发展，目前新能源电站、特高压输电线路等大型项目加速落地，施工呈现“规模大、专业多、风险高、地域散”特征，然而，传统管理模式仍以“人工经验”为核心，导致进度延误率大大提升，绝大部分安全事故主要源于隐患排查漏检。数字化转型为企业破解困局提供了钥匙。物联网、大数据、人工智能、数字孪生等技术的成熟，让

“物理现场”与“数字空间”深度融合成为可能：通过传感器实时感知施工要素，用算法预测风险，以平台协同跨部门资源，最终实现“精准感知、智能决策、动态优化”。在此背景下，研究数字化转型下的电力施工管理模式创新，既是行业升级的必然要求，也是提升企业核心竞争力的关键路径。

1 数字化转型的内涵与电力施工的适配性

1.1 数字化转型的核心逻辑

数字化转型并非技术工具的简单叠加，而是企业价值创造的系统性重构。其本质是以数字技术为抓手，推动组织架构、流程机制、人员能力的协同变革：技术层通过物联网、5G 实现全要素数据采集，流程层基于数据优化业务逻辑，组织层打破层级壁垒培育协同文化。对电力施工而言，数字化转型意味着将“经验判断”转为“数据决策”、“分散作业”转为“平台协同”、“被动应急”转为“主动预防”——比如，通过数字孪生模拟施工方案，提前规避设备碰撞风险；通过物联网追踪材料轨迹，杜绝停工待料。

1.2 电力施工的特点与转型需求

电力施工的“三高两散”特征（高风险、高复杂度、

高协同要求；地点分散、专业分散），决定了传统管理模式的局限性：其一，信息传递滞后——项目部进度数据需 3-5 天才能传至总部，错过调整时机；其二，资源匹配低效——材料库存靠手工记账，常出现“积压与短缺并存”；其三，风险防控被动——人工巡检无法覆盖高空作业、深基坑等盲区，隐患漏检率高。数字化转型正是针对这些痛点的“对症药”：通过实时数据打通信息壁垒，用算法优化资源配置，以智能算法提前预警风险。

1.3 数字化转型的技术支撑体系

转型依赖“五位一体”的技术底座：物联网实现“人-机-环-料”感知（如智能手环测人员状态、振动传感器监设备健康）；5G 保障数据低延迟传输（如高清视频监控、应急指令秒达）；大数据平台存储分析海量数据（提取进度趋势、设备故障规律）；人工智能实现智能决策（机器学习预测风险、计算机视觉识别违规行为）；数字孪生构建虚拟镜像（模拟施工方案、预判冲突）。这些技术的融合，为管理模式创新提供了底层支撑。

2 传统电力施工管理模式的痛点分析

2.1 组织架构僵化，信息协同效率低下

传统“金字塔”型架构（总部-区域-项目部三级）导致信息传递“层层衰减”：项目部获取的现场风险数据，需经区域经理、安全总监、分管领导逐级汇报，总部决策后再反向传递，往往延误 2-3 天。同时，部门间“信息孤岛”严重——工程部门握有进度数据却不知物资库存，物资部门掌握库存却不了解施工需求，导致“材料够却没调运”“设备闲却没调度”的矛盾。基层员工的问题需经多层汇报，创新积极性被抑制。

2.2 流程管控粗放，标准化与自动化缺失

施工计划制定依赖经验，未结合历史数据与资源现状，尤其是进度跟踪靠“日报+周会”，数据更新滞后——当某段线路架设滞后 X 天，总部直到周会才得知，错失调整窗口。流程审批繁琐，材料采购需项目负责人、物资经理、分管领导签字，影响施工节奏。质量管控靠“事后验收”，混凝土强度不达标需返工，增加成本。

2.3 资源管理低效，供需匹配度不足

资源管理依赖人工台账，数据不准：钢材库存手工记账，设备管理靠定期检修，无法预测故障——例如起重机钢丝绳磨损超标未被发现，作业时断裂，造成人员轻伤与工期延误。人员管理靠考勤表，无法实时监控状态：工人进入高压区未戴安全帽，因未及时预警引发风险。资源错配导致成本上升。

2.4 风险防控被动，安全隐患排查能力弱

传统模式以“事后追责”为主，缺乏主动预防：安全员每日巡查，无法覆盖夜间施工、高空作业等场景。风险预警靠天气预报，无法预判极端天气影响：暴雨来临前未提前抽排基坑积水，引发坍塌。应急响应流程繁琐，事故发生后需逐级汇报，调用救援资源耗时 X 小时，扩大损失^[1]。

3 数字化转型下电力施工管理模式的创新框架

3.1 创新框架的总体设计

创新框架以“数据驱动、协同精益、智能安全”为核心，构建“四大支柱”：技术底座（数据采集与传输）、组织变革（打破层级协同）、流程再造（标准化智能流程）、人才培育（复合型数字能力）。四大支柱相互支撑：技术底座提供数据基础，组织变革保障协同效率，流程再造实现智能管控，人才培育支撑模式运行。

3.2 构建数字底座，实现全要素感知

数字底座是转型的“地基”，包括三层：感知层用物联网设备覆盖全要素——人员佩戴智能手环（测心率、定位），设备装振动/温度传感器（监健康），环境布可燃气体/位移传感器（测风险），材料贴 RFID 标签（追轨迹）。网络层用 5G+工业以太网保障实时传输——高清视频流、传感器数据秒达平台。平台层用大数据+云技术存储分析——清洗噪声数据、补全缺失值，提取“进度趋势”“设备故障概率”等洞察。

3.3 推动组织变革，建立协同型组织

调整层级制架构：压缩至“总部-项目部”两级，减少中间环节；成立跨部门数字项目组，整合工程、物资、安全、IT 人员，打破壁垒；赋予项目部自主权——可直接调用总部数据与技术，快速响应现场需求。同时，

培育协同文化：将跨部门协同成效纳入绩效考核，比如物资部门配合工程部门调整材料供应，可获得额外奖励^[2]。

3.4 再造核心流程，实现智能化管控

基于数据优化流程：施工计划——用大数据分析历史进度、资源现状，生成初始计划，再通过数字孪生模拟优化（如调整设备布局规避碰撞）；进度跟踪——物联网实时采集数据，平台 dashboard 实时展示，滞后 X 天自动预警；资源调配——大数据预测需求，自动触发采购（如库存低于阈值时向供应商发订单）；风险防控——AI 模型分析传感器数据，提前 X 小时预警（如可燃气体超标时通知撤离）。

3.5 培育数字人才，支撑模式运行

人才是转型的“引擎”：招聘数字化人才（大数据分析师、数字孪生工程师）；培训——管理人员学数据思维与系统操作，一线员工学智能终端使用（如定位工牌、手环）；激励——对掌握数字化技能的员工涨薪，对转型贡献大的团队颁奖。同时，与高校合作开展课题研究（如“数字孪生在电力施工中的应用”），提升技术能力。

4 数字化转型的具体应用场景创新

4.1 基于数字孪生的施工全过程仿真与优化

数字孪生是“虚拟镜像”的核心应用：施工前，模拟不同方案——比如模拟大型设备作业路径，预测碰撞风险，优化布局；模拟材料运输路线，规避交通拥堵。施工中，虚拟模型实时映射现场——混凝土温度、起重机轨迹、人员位置同步更新，管理人员通过平台调整节奏。施工后，模型作为档案保存，为后续项目提供参考^[3]。

4.2 精益化的资源动态管理与智能调配

资源管理实现“全生命周期追踪”：材料用 RFID 标签，从仓库到现场实时定位，库存低于阈值自动采购；设备装传感器，预测故障（如振动频率异常预警钢丝绳磨损），提前维护；人员用智能手环，实时监控位置与状态——进入高风险区自动报警，工作效率数据用于优化排班。

4.3 智能化的风险预警与应急协同处置

风险防控从“被动”转“主动”：物联网传感器实时采环境与设备数据，AI 模型分析——可燃气体超标提前 X 小时预警，位移速率过快发出塌方预警。应急时，平台生成最优方案：用数字孪生模拟救援路径（避开危险区），整合消防/医疗资源，协同指挥。事故后，系

统自动生成处置日志，用于复盘。

4.4 协同化的供应链与全生命周期管理

搭建供应链协同平台，整合供应商、分包商数据：供应商实时看企业需求，提前备货；分包商实时看进度，调整施工；监理方实时看质量数据，及时反馈。全生命周期管理方面，数字孪生保存“设计-施工-运维”数据——施工质量、设备运行数据可用于分析全周期性能，运维时用模型实时监测设备，预测故障^[4]。

5 创新模式的实施路径与保障措施

5.1 实施路径：从诊断到迭代的全周期推进

5.1.1 现状诊断

通过调研、数据分析，识别组织、流程、资源、风险的痛点。

5.1.2 方案设计

基于痛点，设计技术底座、组织变革、流程再造方案。

5.1.3 试点实施

选1-2个项目试点，验证数字孪生、资源管理等场景的效果。

5.1.4 全面推广

根据试点调整方案，向全企业推广；

5.1.5 持续迭代

收集反馈，优化系统与流程（如增加 dashboard 功能、调整 AI 模型参数）。

5.2 保障措施

战略、技术、文化与制度协同

5.2.1 战略保障

将转型纳入长期战略，高层推动，设立专项基金支持技术研发。

5.2.2 技术保障

选成熟方案，用开放平台整合系统（如 ESB 企业服务总线），加强数据安全（加密、访问控制）。

5.2.3 文化保障

培育创新文化，建立容错机制，鼓励员工尝试新流程。

5.2.4 制度保障

制定数据标准（统一传感器格式）、流程优化机制（定期评估流程效率）、绩效考核（将转型成效纳入考核）。

6 面临的挑战与应对策略

6.1 技术整合难度大，系统兼容性不足

不同系统（物联网、大数据、ERP）协议不同，导致数据不通。应对：用开放平台（支持 MQTT、HTTP 协议）、企业服务总线整合系统，实现数据互通。

6.2 数据质量不高，影响分析准确性

人工录入与传感器数据存在错误、噪声。应对：制定数据标准，用 AI 清洗数据（剔除噪声、补全缺失），将数据质量纳入考核。

6.3 人员抵触情绪大，数字化技能不足

员工习惯旧模式，不会用新系统。应对：一对一培训（如教老员工用智能手环），数据思维培训（教管理人员用数据决策），用激励机制（涨薪、颁奖）激发积极性^[5]。

6.4 安全风险加剧，数据泄露隐患增加

物联网设备与数据传输存在漏洞。应对：加固设备（更新固件）、加密数据（传输存储都加密）、建立安全响应机制（及时处理事件）。

7 结论

数字化转型是电力施工管理模式创新的必由之路。通过“技术底座-组织变革-流程再造-人才培育”框架，推动数字孪生、精益资源管理、智能风险预警等场景落地，可实现从“粗放”到“精益”、从“被动”到“主动”的转型。尽管面临技术整合、数据质量、人员抵触等挑战，但通过战略引导、技术支撑、文化培育、制度保障，可逐步推进。未来，随着5G、AI、数字孪生技术的进一步发展，电力施工管理将更智能、协同、精益，为新型电力系统建设提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 佚名. 电力行业施工管理数字化转型的关键路径[J]. 中国电力企业管理, 2025(15): 35-37.
- [2] 陈坤. 基于新型电力系统对电力企业管理体制改革的研究[J]. 企业改革与管理, 2023(8): 26-30.
- [3] 李博, 杨宁, 黄伟. 基于数字化技术的电力工程总承包项目管理研究——以华南区域某燃机项目为例[J]. 南方能源建设, 2022(S02): 123-130.
- [4] 阮祖锋. 以创新为引领，打造天津电建数智化建造平台[J]. 中国能源建设, 2025(1): 45-49.
- [5] 林晓东, 赵宇. 基于数字化转型的新型电力系统管理模式创新研究[J]. 电力工程技术, 2024(11): 67-71.