

电力工程施工全过程数字化管控平台开发与实践应用

温乐¹ 周嘉宁²

1. 内蒙古元瑞电建有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

2. 内蒙古电力(集团)有限责任公司薛家湾供电分公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘要: 电力工程施工有投资大、周期长、参与方多、安全标准严等特点,传统管理模式存在进度滞后、成本失控、安全风险突出等痛点。为解决这些问题,本文聚焦施工全过程开发数字化管控平台。先梳理流程明确各环节管控需求,按实用性与扩展性原则设计“核心平台+业务模块+多端适配”架构,构建统一数据库。融合多项关键技术实现数字化闭环管理。以陇东-山东特高压工程东平换流站项目实践验证,平台显著提升工程管理效能,为电力工程数字化转型提供支撑。

关键词: 电力工程施工;数字化管控平台;全过程管控

引言:随着电力工程规模扩大、施工环节复杂程度提升,传统管控模式面临信息滞后、协同低效、风险防控不足等痛点,难以适配现代化工程建设高质量发展需求。数字化技术与电力施工深度融合,为全过程管控提质增效提供了关键路径。本文聚焦电力工程施工全流程管理难点,研发数字化管控平台,整合施工进度、资源调度等核心模块,通过实践应用验证平台实用性与可行性,为电力工程数字化转型提供技术支撑与实践参考。

1 电力工程施工全过程数字化管控需求分析

1.1 电力工程施工流程

电力工程施工流程呈现全周期、多环节的特点,从前期筹备到竣工运维形成完整链条。前期阶段包含项目立项、可行性研究与设计管理,需完成立项材料审批、政策合规性审查及施工图纸设计与审核,此阶段需实现设计与后续施工的有效衔接。施工实施阶段是核心环节,涵盖基础工程、设备安装、系统调试等子流程,具体包括输电线路基础浇筑、变电站设备安装、电缆敷设等作业,各环节需严格遵循技术规范且协同推进。竣工阶段聚焦验收与移交,需完成分阶段验收(基础工程、设备安装等)、竣工资料归集及项目移交运维,验收标准需完全符合电力行业规范。整个流程参与方包括业主、施工、监理、设计及设备供应商,各主体间需频繁协同,任何环节衔接不畅都可能导致工程延误或成本超支。

1.2 数字化管控需求

传统管理模式的弊端催生了电力工程施工全过程的数字化管控需求,且需求贯穿各环节与参与方。从进度管控看,需实现计划与实际进度的实时比对,解决人工上报信息滞后问题,当输电线路基础浇筑等环节滞后时

能及时预警。成本管控方面,需构建“目标-动态-结算”全流程管控机制,实现人工、材料等费用的实时归集与偏差分析,避免超预算采购与费用滥用。安全管理需求突出,电力工程高空作业、带电操作多,需通过数字化手段实现隐患实时上报、整改闭环跟踪及安全培训记录管理,降低安全事故风险。协同管理需求迫切,需打破业主、施工等多方信息壁垒,实现图纸审核、验收意见等信息的在线同步^[1]。还需满足设备全生命周期管理需求,实现设备采购、安装、维保等信息的全程追溯,以及项目档案的数字化存储与快速检索,支撑后续审计与运维工作。

2 电力工程施工全过程数字化管控平台系统设计

2.1 平台设计原则

平台设计遵循四大核心原则,确保贴合电力工程施工管理实际需求。实用性原则为首要原则,功能模块需聚焦施工痛点,如进度管理模块支持任务分解与实时上报,安全模块内置标准化检查清单,操作界面简洁直观,适配施工现场人员操作习惯。安全性原则贯穿设计全程,采用“角色-岗位-权限”三维权限模型,为业代表、项目经理等不同角色分配精准权限,数据传输采用加密技术,防止施工数据泄露与误操作。扩展性原则保障平台长期适用性,采用模块化架构设计,支持新增新能源电站施工、特高压工程等专属模块,数据库预留接口可接入未来新类型监测设备数据。协同性原则确保多方联动,搭建在线协同工作空间,支持设计图纸多方同步审核、验收意见实时反馈,实现业主、施工、监理等参与方的高效协作,打破信息孤岛。

2.2 平台总体架构设计

平台采用“1个核心平台+N个业务模块+多端适配”

的总体架构,构建全流程管控体系。核心平台作为系统“大脑”,承担数据整合、流程调度与权限管理功能,打通设计、施工、财务等多领域数据,支持自定义审批、进度上报等业务流程,实现数据“一次录入、多端复用”。N个业务模块覆盖全周期管控,包括前期管理模块(立项审批、图纸管理)、施工管理模块(进度、质量、安全)、资源成本模块(设备、人员、费用管控)、验收运维模块(分阶段验收、设备运维)等,各模块数据互联互通。多端适配满足不同场景需求,PC端侧重复杂操作如计划编制、报表生成;移动端支持现场任务上报、隐患拍照上传、验收签字等便捷操作,实现“现场事、现场办”;大屏端部署于指挥中心,实时展示项目进度、风险分布等关键指标,为管理层提供决策支持,形成全方位管控格局。

2.3 数据库设计

数据库设计以“全维度覆盖、高关联性、易检索”为目标,构建统一数据中枢。按数据类型划分为基础信息库、业务过程库、资源库、成果库四大核心子库。基础信息库存储项目立项文件、参与方信息、行业规范等静态数据,为管理提供基础支撑。业务过程库是核心子库,涵盖进度数据(计划与实际完成情况)、质量数据(检验记录、整改报告)、安全数据(隐患信息、培训记录)等动态数据,实时更新且关联业务流程。资源库整合设备、材料、人员信息,设备台账记录采购时间、型号、维保情况,人员资质库关联特种作业人员证书有效期,支持资源动态追踪。成果库归集设计图纸、验收报告、竣工资料等成果文件,按阶段与类型分类存储^[2]。数据库采用关系型数据库与非关系型数据库结合模式,确保结构化数据(进度参数)与非结构化数据(图纸、照片)高效存储,通过统一数据编码实现多库联动与快速检索。

3 电力工程施工全过程数字化管控平台关键技术开发

3.1 数据采集与集成技术

数据采集与集成技术构建平台的数据基础,实现多源数据的全面汇聚与标准化处理。在采集层面,采用“物联网+人工填报”双模式,物联网设备实时采集施工机械运行参数、塔机安全数据、配电箱状态及深基坑监测数据,通过5G与边缘计算技术保障数据实时传输;人工通过移动端填报进度完成情况、隐患整改详情等主观数据,系统内置数据校验规则确保填报准确性。集成层面,开发标准化数据接口,实现与CAD、BIM等设计软件的对接,自动同步设计图纸中的工程量与设备清单;打通与国网e基建2.0等现有平台的数据通道,导入设备

审批、合同信息等数据。通过ETL工具对采集数据进行清洗、转换与融合,统一数据格式与编码标准,消除数据冗余与冲突,实现设计、施工、设备等多领域数据的“汇、管、用”一体化。

3.2 实时监控与预警技术

实时监控与预警技术构建施工风险的“事前预防-事中管控”防线,提升管理主动性。基于物联网与GIS技术实现施工现场可视化监控,在智慧安全帽内置定位与传感模块,实时追踪作业人员位置与安全状态;通过无人机机巢与高清摄像头,对输电线路施工等区域进行全方位巡查,视频数据实时回传平台。预警机制采用“规则引擎+阈值判断”模式,预设各环节预警指标,如进度滞后超5%、设备温度超标、人员进入危险区域等。当监测数据触发阈值时,系统自动分析预警等级,通过移动端APP、短信等方式向对应责任人推送预警信息,明确整改要求与时限。对于超危大工程等重点环节,设置多级预警机制,未按期整改时自动升级预警并同步至监理与业主方,确保风险及时处置,有效杜绝机械碰撞、人员触电等安全事故。

3.3 数据分析与可视化技术

数据分析与可视化技术在电力工程施工管控中扮演着至关重要的角色,极大地提升管控的精准度。在数据分析方面,采用先进的大数据分析算法,精心构建多维度分析模型。进度分析模型通过对比计划进度与实际进度数据,精准识别出进度滞后的具体原因,并运用科学的预测算法对后续进度进行合理预测,为进度调整提供有力参考。成本分析模型对各科目费用进行细致归集,生成分项目、分阶段的成本报表,让管理者清晰看到成本的构成情况以及偏差趋势,以便及时采取成本控制措施。安全分析模型则对隐患类型与分布进行全面统计,为制定针对性的安全管控策略提供坚实支撑。可视化技术则让数据以直观的方式呈现出来,融合BIM与GIS技术构建项目三维虚拟模型,将进度、质量、设备等关键数据精准叠加至模型对应位置,实现施工状态的全方位可视化追踪。在大屏端设计动态仪表盘,实时展示项目进度完成率、安全隐患整改率、成本偏差值等关键指标,并且支持钻取查询具体数据详情^[3]。

3.4 移动应用开发技术

移动应用开发技术紧密聚焦施工现场的便捷操作需求,致力于实现“管理场景随身化”,让施工管理更加高效灵活。基于原生开发与混合开发相结合的模式,精心开发适配安卓与iOS系统的移动端APP,充分考虑施工环境的复杂性,确保在施工偏远区域也能稳定运行。

该移动应用的核心功能涵盖现场作业、协同办公、应急处置三大类。现场作业功能为施工人员提供了极大的便利，他们可以实时上报任务完成情况、上传施工照片，通过扫码快速关联设备台账与验收记录，让现场作业信息及时准确地反馈到管理平台。协同办公功能实现了图纸在线查看、审批流程移动端签署，监理人员可以在现场直接标注意见并同步至相关方，大大提高了协同办公的效率。应急处置功能在面对安全隐患时发挥着关键作用，支持隐患实时上报，附带位置定位与现场照片，系统自动生成整改工单并跟踪进度，确保隐患得到及时处理。

4 电力工程施工全过程数字化管控平台实践应用

4.1 案例工程概况

选取陇东-山东±800千伏特高压直流输电工程中的东平±800千伏换流站工程土建B包作为案例工程，该工程是国家“十四五”电力规划重点项目，肩负优化能源结构的重要使命。工程占地面积约300亩，主要建设内容包括换流阀厅、控制楼、接地网等土建工程，涉及基础浇筑、钢结构安装等多个施工环节，工期要求18个月，总投资约5亿元。工程参与方包括业主单位国网山东省电力公司、施工单位中国电建集团、监理单位山东诚信工程建设监理有限公司等多家单位，协调难度大。施工区域存在深基坑、高大模板等超危大工程，且作业人员流动性强，安全与质量管控压力突出。该工程此前部分采用传统管理模式，曾出现图纸传递滞后、隐患整改跟踪不及时等问题，具备平台应用的典型场景与需求。

4.2 平台应用实施过程

平台应用实施分为三个阶段，确保平稳落地与高效运行。第一阶段为前期筹备（1个月），组建由业主、施工、技术开发方组成的专项小组，结合工程特点优化平台功能模块，如新增特高压工程深基坑监测专属模块；完成施工人员平台操作培训，通过线上考核确保全员掌握移动端基本操作；将工程立项文件、设计图纸、合同条款等基础数据录入数据库，完成与国网e基建2.0平台的数据对接。第二阶段为试点运行（2个月），选取基础浇筑作业区作为试点，部署智慧安全帽、塔机监控系统等设备，试运行进度上报、隐患排查等功能，收集施工人员反馈并优化操作流程，如简化隐患上报步骤。第三阶段为全面推广（15个月），在整个工程区域推广平台应

用，建立“每日数据同步、每周问题复盘”机制，技术团队驻场提供7×24小时技术支持，确保平台与施工进度同步推进，各参与方通过平台实现全程协同^[4]。

4.3 应用效果分析

平台在案例工程中的应用取得显著成效，从多维度提升管理效能。进度管控方面，通过任务分解与实时上报，工程进度偏差率从传统模式的12%降低至3%以下，基础浇筑等关键环节提前5天完成，有效保障18个月的工期目标。安全管理方面，隐患上报响应时间从平均24小时缩短至1小时内，隐患整改闭环率从78%提升至100%，工程全程未发生安全事故，获评省级安全文明标准化工地。成本管控方面，通过精准的资源调配与成本偏差预警，材料浪费率降低15%，接地网施工等环节节省费用超300万元，实际总成本较预算降低2.3%。协同效率方面，图纸审核周期从15天缩短至3天，多方验收意见在线同步，验收效率提升60%。该工程凭借平台应用成果，荣获中国建筑业协会2024年工程项目管理数字化竞赛二等奖，验证了平台的实用性与推广价值。

结束语

电力工程施工全过程数字化管控平台的开发应用，解决了传统模式进度、成本、协同等方面的难题。本文构建“核心平台+业务模块+多端适配”架构，融合数据集成、实时预警等关键技术，达成施工全流程数字化、可视化与协同化管控。东平换流站工程实践显示，平台提升工程管理效能，保障工程质量、安全与工期。未来，平台将融合AI大模型与数字孪生技术，拓展至更多电力工程场景，推动行业智慧高效发展，为“双碳”目标提供数字化助力。

参考文献

- [1] 茹铭. 电力工程建设数字化发展提升优化策略研究[J]. 电力与能源, 2021, 42(06):706-708.
- [2] 徐卫. 数字化技术在电力工程设计中的应用[J]. 数字技术与应用, 2021, 39(11):112-114.
- [3] 杨珊. 电力工程项目施工全过程风险评估技术研究[J]. 科学技术创新, 2023, (25):66-69.
- [4] 张洪超. 配电网电力工程技术与施工安全控制措施[J]. 张江科技评论, 2024, (10):66-68.