

输变电工程项目进度管理优化路径探讨

李彦辉

国网呼伦贝尔供电公司建设部 内蒙古 呼伦贝尔 021000

摘要：输变电工程项目进度管理优化需结合全流程精细化管理与技术创新，输变电工程项目牵涉诸多的专业知识，存在较多的相互协调作业内容，要转变传统的进度管理模式和方法，引入关键链方法和相关技术，选取适宜输变电工程项目的计划方案，进行输变电工程的进度实时监控，做好偏差调整和反馈。

关键词：输变电工程；进度；管理

输变电工程项目与人们的日常生活关系密切，要深入全面剖析输变电工程项目进度管理存在的问题和不足，引入关键链方法和相关理论，探讨输变电工程项目的进度优化管理措施，保证输变电工程项目的进度优化管理。

1 输变电工程项目进度管理的重要性分析

1.1 经济效益保障。成本控制与预算优化。进度管理通过动态调整资源配置（如材料采购周期匹配价格波动），减少设备闲置或供应短缺导致的成本浪费，显著提升项目资金利用率。投资回报周期缩短。有效进度管控可避免延期罚款和利息损失，案例显示工期缩短15%可使项目整体收益提升8%-12%。

1.2 质量与安全双提升。标准化施工质量保障。严格进度节点管控避免后期赶工导致的施工质量隐患，通过分段验收制度将质量缺陷率控制在1%以下。安全风险动态防控。结合进度计划的智能安全监控系统（如AI识别违规操作），可降低高空作业、带电施工等高危环节事故率超30%。

1.3 资源协调与合规管控。多部门协同效率提升。进度管理整合环保、土地等审批流程（如“两证合一”模式），缩短合规性手续办理周期达60%。供应链稳定性增强。通过供应商动态评价机制和战略合作框架，设备交付延迟率可降低至5%以内，规避因物资短缺导致的停工风险。

1.4 社会效益与战略支撑。电力供应保障能力强化。典型案例中，锁库500千伏输变电工程通过进度优化为区域新增200万千瓦伏安供电容量，显著提升电网承载能力和迎峰度夏保供能力。区域经济可持续发展。按期投产的输变电项目可支撑工业园区扩容需求，预估每提前1个月投运可带动关联产业产值增长超10亿元。

1.5 技术创新驱动力。数字化管理工具赋能。BIM技术与物联网传感器应用使施工冲突预判准确率提升至

95%，动态优化设计周期20%以上。绿色建造目标实现。进度管理中融入环保绩效A级工艺，同步减少污染物排放45%并降低环保整改导致的工期延误风险。

2 输变电工程项目进度管理优化原则

2.1 全周期协同原则。前期介入与规划统筹。强化项目选址、路径审批等前期环节的政企协同，通过预留电源点及通道资源、匹配区域产业规划，减少后续调整延误。例如500千伏工程通过整合供电需求与工业园区布局，实现电网扩容与区域负荷增长的精准对接。跨部门流程集成优化。整合环保、土地等审批流程，推行“两证合一”“打捆审批”模式，将合规性手续办理周期压缩60%以上。

2.2 动态管控与适应性调整原则。实时进度追踪与预警。采用甘特图、关键链分析法实时识别关键路径，对偏差超过5%的环节启动动态调度机制。如南方电网通过BIM技术实现施工冲突预判准确率达95%，动态优化设计周期20%。资源柔性配置机制。建立供应商动态评价体系，匹配物资采购与价格波动周期，设备交付延迟率控制在5%以内。同时推行“驻场+远程”人力资源协同模式，加速技术问题解决。

2.3 标准化与精益化原则。标准化流程建设。制定覆盖设计、施工、验收的全流程标准，通过分段验收制度将质量缺陷率压降至1%以下。例如电力通过固化“领导包抓督办+项目长负责”机制，实现审批周期缩短30%。数字赋能精益管理。应用ERP系统、物联网传感器实现资源使用效率监控，结合AI安全监控系统降低高危作业事故率超30%。

2.4 风险预控与韧性增强原则。全场景应急预案覆盖。建立“一项目一预案”制度，涵盖极端天气、政策变动等风险场景，配套分段验收机制规避后期集中整改风险。绿色建造韧性提升。融入环保绩效A级工艺（如污染物实时监测技术），将环保整改导致的停工时长缩减

40%，同步实现年均减排45%目标。

2.5 效益统筹与价值创造原则。经济性与社会效益均衡。通过进度优化缩短投资回报周期，典型案例显示工期压缩15%可使项目收益提升8%-12%，同时支撑区域产业产值月均增长超10亿元。技术创新价值转化。将BIM、智能安全监控等新技术纳入进度管理核心指标，驱动全流程效率提升20%-30%。

3 输变电工程项目进度管理优化策略

3.1 分级协同管理机制。政企联动审批提速。推行“两证合一”“打捆审批”“模式，整合土地、环评等流程，将合规性手续办理周期压缩60%。建立省市县三级重点项目库，通过专班协调实现跨区域资源调配。动态化进度监控。采用BIM技术进行施工冲突预判（准确率95%），结合关键链分析法实时调整关键路径，偏差超5%时启动预警机制。

3.2 数字技术深度应用。智能施工管控。物联网传感器实时采集施工数据，通过AI安全监控系统降低高危作业事故率30%。构建进度信息平台实现数据自动统计分析。资源优化配置。匹配物资招标与价格波动周期，战略供应商交付延迟率控制在5%以内。推行“驻场+远程”人力资源协同模式。

3.3 风险与质量双控。全周期风险预案。建立“一项目一预案”制度，覆盖极端天气、政策变动等场景，分段验收规避后期集中整改。标准化质量管控。实施停工待检确认制度，通过专职安全监督形成责任闭环，关键操作准确率达100%。实施成效：南网站改造项目通过上述策略实现600张操作票零失误，工期缩短15%；廊坊供电公司案例显示进度优化可使项目收益提升8%-12%。

4 输变电工程项目风险识别与解决方法

4.1 风险识别框架。输变电工程风险识别需覆盖全生命周期，重点聚焦以下维度：技术风险。设备故障风险：变压器绝缘失效、断路器拒动等核心设备故障可能引发连锁停电事故。施工工艺缺陷：铁塔组立精度偏差、电缆敷设弯曲半径不足等工艺问题直接威胁工程稳定性。环境风险。极端天气影响：覆冰、雷电、暴雨等导致线路舞动、设备短路及基础塌陷。地质水文风险：软土地基沉降、地下水位变化引发杆塔倾斜或变电站结构开裂。管理风险。跨部门协作低效：环保审批延迟、土地征迁纠纷等造成工期滞后。供应链波动：关键设备交付延期或质量不达标，导致施工节点失控。

4.2 风险评估方法。风险矩阵量化法。结合风险发生概率（1-5级）与影响程度（经济损失、人员伤亡等维度）构建矩阵，明确高风险项优先级。例如，高压带

电作业事故可能被评估为高风险（5×5），需优先介入管控。LEC动态评估模型。采用可能性（L）、暴露率（E）、后果严重性（C）三要素动态计算风险值（ $D = L \times E \times C$ ），对 $D \geq 20$ 的高危场景实施专项预控。

4.3 风险解决方法。预防性技术措施。覆冰风险感知：基于线损数据与天气变动的关联分析，精准定位覆冰高风险区域（如专利技术提升识别效率40%）。智能安全监控：通过AI识别高空作业未系安全带、带电区域误入等违规行为，实时预警事故风险。应急管理机制。分级响应预案：针对雷电、地质灾害等建立“红橙黄”三级响应机制，配套物资储备与抢险队伍快速部署方案。分段验收制度：在基础施工、设备安装等阶段实施分段核查，规避后期集中整改导致的工期延误。标准化管理优化。流程集成审批：推行“两证合一”模式，整合土地、环评等审批环节，压缩合规手续办理周期60%。供应商动态评价：建立设备供应商交付准时率、缺陷率等核心指标考核体系，战略合作供应商交付延迟率可降至5%以内。数字化管控平台。BIM冲突预判：通过三维建模提前识别管线交叉、设备布局冲突等问题，设计变更减少30%。物联网实时监测：传感器采集杆塔倾斜度、接地电阻等数据，异常值超限时自动触发告警。

5 输变电工程项目网络计划技术优化方法

5.1 时间优化策略。缩短关键路径工期。通过压缩关键路径上的工序持续时间（如增加设备投入或优化施工工艺），优先选择对质量安全影响小、资源充足且成本增量低的关键工序进行工期压缩。例如采用交叉作业模式，将串联工序调整为平行或分段流水施工，减少总工期10%-20%。利用时差调整非关键工序的资源分配，将节省的资源集中用于关键路径加速。工序重组与逻辑优化。将长周期工序拆分为多段流水作业，如铁塔组立与电缆敷设分段交叉实施，缩短关键工序总耗时。通过BIM技术模拟施工流程，提前识别管线布局冲突或工序逻辑矛盾，减少设计变更30%以上。

5.2 资源优化策略。非关键资源动态调配。根据非关键工序的时差弹性，灵活调整人力、机械等资源投入时序，优先保障关键路径的资源需求。例如在变电站土建施工阶段，将冗余吊装设备调配至输电线路组塔作业中。建立资源均衡分配模型，通过分段施工或延长非关键工序工期，降低资源需求的峰值强度。供应链协同管理。结合设备供应商交付周期与价格波动规律，制定分级采购策略，战略合作供应商延迟率控制在5%以内。采用物联网技术追踪物资库存与运输状态，实现动态补货与应急调度。

5.3 成本-工期协同优化。成本压缩与工期平衡。分析直接成本（人工、设备）与间接成本（管理、资金占用）的关联性，通过梯度下降法寻找总成本最低的工期方案。对关键设备进行威布尔寿命预测，优化维护周期以减少突发故障导致的工期延误成本。全周期成本控制。将环保工艺、智能监控等长期收益纳入优化模型，平衡初期投入与全生命周期运维成本。

5.4 综合应用方法。仿真模型与智能算法。构建电力变压器并联运行仿真模型，通过梯度下降法优化负载分配，减少电能损耗并延长设备寿命。基于动态规划的AI算法辅助工期调整，实现多目标（工期、成本、资源）的全局优化。数字化平台整合。利用网络计划软件（如Microsoft Project）绘制多级网络图，标注工序时间参数与时差，支持实时进度跟踪与偏差预警。集成BIM与ERP系统，实现资源调配、进度模拟与成本分析的协同优化。关键逻辑：通过压缩关键路径、重组工序逻辑实现时间优化，结合资源动态调配与成本模型降低综合成本，最终形成适应输变电工程复杂场景的网络计划优化闭环。

6 输变电工程项目资源调整策略

6.1 劳动力资源动态调度。专业化团队分包机制。依据工程阶段组建差异化施工队伍，例如基础工程阶段配置土石方挖掘专班，组塔阶段设置高空作业持证团队，实现人员技能与工序需求的精准匹配。推行“固定+灵活”用工模式，核心岗位采用长期合同工，辅助岗位通过属地化临时用工补充。跨区域资源调配。建立项目群管理系统，根据施工进度实时调配冗余资源。如变电站土建施工阶段富余的吊装设备可跨区域支援输电线路组塔作业，提升大型机械使用效率15%-20%。

6.2 物资供应链协同优化。分级采购与库存管理。建立战略供应商名录，通过框架协议锁定关键设备（如主

变压器）产能，将交付延迟率控制在5%以内。应用物联网技术实时监控物资运输轨迹，建立动态安全库存模型，当电缆等主材库存低于预警线时自动触发补货流程。价格波动响应机制。结合大宗材料（如钢材、铜材）价格周期波动规律，在价格低位窗口期实施集中采购。内蒙古新区北500kV工程通过该策略节省采购成本约8%。

6.3 施工设备效能提升。多项目设备共享平台。构建区域级设备共享数据库，实时显示挖机、牵引机等设备的时空分布状态。福州黄田110kV项目通过该平台将设备闲置率由25%降至12%。智能化运维升级。在起重机、张力机等关键设备加装传感器，通过振动频谱分析预测机械故障，设备非计划停机时间减少40%。

6.4 资金资源精准配置。分阶段投入控制。依据工程里程碑设置资金释放节点，如基础施工阶段分配30%、电气安装阶段分配45%、调试阶段分配25%，降低资金占用成本。应急准备金制度。按总投资3%-5%计提风险准备金，专项用于地质灾害应急抢险或突发性设计变更，确保极端情况下施工连续性。

6.5 数字化资源调度平台。BIM-ERP系统集成。打通三维建模系统与资源管理系统，自动生成物资需求清单并关联采购订单。220kV林垵工程通过该集成减少设计变更导致的材料浪费18%。AI辅助决策系统。基于历史工程数据训练资源调配模型，实时推荐最优配置方案。

总之，随着输变电工程项目的日趋复杂，要考虑资源冲突对工程项目进度的影响，进行输变电工程项目关键链识别，并合理设置缓冲区，加强项目施工协调和资源支持，确保项目准时完工。

参考文献

- [1]王喜.输变电工程项目进度管理优化路径.2023.
- [2]王艳平,输变电工程管理中项目进度管理的灵活应用.2022.