

大型光伏电站EPC总承包模式下的进度-成本-质量协同控制

刘安国

中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司 云南 昆明 650000

摘要: 本文针对大型光伏电站EPC总承包模式,探讨进度-成本-质量协同控制。阐述了EPC模式内涵特点、光伏电站工程特性及三者关系,分析设计、采购、施工、试运行阶段的影响因素,构建包含目标、组织、流程体系的协同控制体系,提出相应方法与策略,为提升大型光伏电站工程管理水平提供参考。

关键词: EPC总承包; 光伏电站; 进度控制; 成本控制; 质量控制

引言: 能源结构转型推动大型光伏电站建设规模扩大, EPC总承包模式因集成性与责任集中性在该领域广泛应用。大型光伏电站工程特性复杂, 进度、成本、质量相互关联又制约。在EPC模式下实现三者协同控制, 是保障工程推进、提升电站运营效益的关键。本文围绕这一问题展开研究, 为工程实践提供参考。

1 大型光伏电站 EPC 总承包模式

1.1 EPC总承包模式的内涵与特点

EPC总承包模式是工程建设领域将设计、采购、施工融合为一体的管理模式。业主将工程项目的全部责任委托给总承包商, 从初期的设计方案构思到设备材料的筛选采购, 再到现场施工组织及最终的工程验收交付, 形成连贯的责任链条^[1]。这种模式通过单一主体统筹各环节, 减少多方参与产生的沟通障碍, 让工程推进更顺畅。其特点体现在高度集成性, 设计、采购、施工各环节紧密衔接, 避免阶段脱节造成的效率损失。总承包商需具备综合管理能力, 既要保证设计方案在技术上可行、经济上合理, 又要确保采购的设备材料符合工程标准且按时到场, 同时兼顾施工过程中进度与质量的协调。该模式强调责任集中, 总承包商对工程最终成果负主要责任, 这促使其从全局出发优化资源配置, 提升工程整体效益。

1.2 大型光伏电站的工程特性

大型光伏电站工程规模庞大, 需安装大量光伏组件、逆变器、支架等设备, 覆盖面积广, 施工区域涉及山地、平原、荒地等不同地形。工程结构复杂, 除光伏阵列布置, 还包含输电线路、变电站、储能系统等配套设施, 各系统需精准配合保障电力高效输出。受自然环境影响显著, 电站多选址开阔地带, 光照、温度、降水等直接影响设备性能与施工进度, 极端天气可能导致施

工暂停或设备受损。工程建设周期长, 从规划、审批到并网发电需经多个阶段, 各环节衔接与把控对整体进度影响突出。其对技术要求高, 光伏组件转换效率、逆变器稳定性等指标关系长期运营效益, 设计与施工需严格遵循技术规范。

1.3 进度、成本、质量三者的关系

进度、成本、质量构成相互关联的有机整体。进度推进依赖成本投入, 合理安排可避免资源闲置浪费, 过度压缩进度可能增加人力设备投入, 推高成本。进度滞后会延长周期, 增加间接成本。质量与成本联系紧密, 保障质量需采用合格材料、规范工艺, 产生相应成本。但劣质材料或不规范施工引发的质量问题, 可能导致返工, 增加成本并延误进度。质量是工程核心, 不达标即便进度超前、成本较低, 也会影响电站安全运行与寿命, 降低整体效益。进度与质量相互影响, 合理计划为质量控制提供充足时间, 确保工序按标准完成。盲目追求进度可能压缩质量检验时间, 增加隐患。严格质量控制虽可能局部影响进度, 却能避免后期返工, 保障整体进度推进。三者平衡与协同是实现工程目标的关键。

2 进度-成本-质量协同控制的影响因素

2.1 设计阶段的影响因素

设计阶段的方案质量决定协同控制基础。设计方案存在漏洞会引发施工阶段的变更, 延缓进度并推高成本。设计深度不够会让采购需求模糊, 导致设备材料选型偏差, 影响后续施工。设计中光伏组件布局、电缆走向等技术细节的确定与工程质量关联紧密, 细节失误可能降低电站运行效率^[2]。设计时若忽略施工场地的地形、气候条件, 会使施工方案难以执行, 需重新调整工序, 既耽误进度又可能因抢工放松质量要求。设计文件的完整度与精确性很关键, 信息缺失或错误会引发后续环节

的连锁反应，打破协同控制的平衡。

2.2 采购阶段的影响因素

采购阶段的设备材料状况直接作用于进度与质量。光伏组件、逆变器等核心设备的市场供应波动会影响采购周期，供应短缺会延长等待时间，拖累施工进度。材料质量不达标会直接损害工程质量，返工更换会增加成本并拖延工期。采购价格的起伏对成本控制冲击明显，价格上涨会突破预算，迫使调整采购计划，进而打乱进度安排。供应商的交货能力重要，交货延迟或数量不足会扰乱施工节奏，为赶进度可能选用替代材料，留下质量隐患。物流运输出现问题，如延迟到货、货物受损，也会对进度与质量产生不利影响。

2.3 施工阶段的影响因素

施工阶段是协同控制的现场执行环节。施工组织的合理性影响进度推进效率，工序衔接混乱会造成窝工，延长工期并增加人工成本。施工人员的技术能力与操作规范度直接关系工程质量，技能不足可能导致组件安装错位、线路连接错误等问题，影响电站性能。现场管理水平关键，材料堆放无序会延误取用，影响进度；质量检查疏漏会使隐蔽工程存在缺陷，后期返工既增成本又误时间。施工设备的完好性与适用性影响施工效率，设备故障或型号不符合会导致施工停滞，为赶进度可能降低质量标准，破坏协同平衡。

2.4 试运行阶段的影响因素

试运行阶段是检验协同控制效果的重要环节。试运行方案的完善度影响问题排查速度，方案不合理会延长试运行周期，延误电站投产。试运行中发现的质量问题，如组件发电异常、并网不稳定等，需停机检修，增加维护成本并影响进度。试运行数据的准确性与分析深度不足，可能使潜在问题未被发现，投运后出现故障，影响电站运行并需额外投入修复。试运行人员的专业能力重要，操作不当可能引发设备损坏，影响质量与进度，同时增加维修成本。试运行与正式运营衔接不畅，会导致电站无法按时发挥效益，削弱前期协同控制成果。

3 进度 - 成本 - 质量协同控制体系构建

3.1 目标体系设定

进度目标的合理制定需结合工程规模与外部条件。依据大型光伏电站建设内容，划分不同阶段进度节点，明确每个节点完成时限。考虑气候因素对施工的影响，在雨季、冬季等不利时段调整进度安排，避免自然条件限制导致目标落空。进度目标预留弹性空间，应对不可预见突发情况，确保整体进度可控^[1]。成本目标的科学规划要覆盖全流程支出。根据设计方案测算各环节成本，

包括设计、设备采购、施工人工、材料消耗等费用，形成详细预算框架。对可能价格波动的设备材料，在预算中设合理浮动区间，避免价格变动对成本控制冲击过大。成本目标与进度目标相匹配，避免为压缩成本过度放缓进度，或为追赶进度突破成本上限。质量目标的明确界定围绕工程性能与安全。针对光伏组件安装精度制定具体标准，确保发电效率符合设计要求。明确结构安全指标，保障电站长期使用中的稳定性。质量目标细化到各分项工程，使质量控制有明确依据。

3.2 组织体系构建

协同控制团队的组建需整合多专业力量。团队成员包含设计、采购、施工、质量检测等领域专业人员，具备大型光伏电站建设经验，能从不同环节提供专业意见。团队设核心协调岗位，统筹各专业工作，确保信息传递顺畅，避免职责交叉或空白。团队规模与工程体量适应，保证有足够人力应对工作，又避免人员冗余影响效率。各参与方的职责划分清晰明确。设计单位对设计方案的可行性与经济性负责，及时响应施工中的设计变更需求。采购部门保障设备材料按时按质到位，建立供应商评估机制，严格把控材料质量。施工单位严格按施工规范作业，落实进度计划与质量标准，接受协同控制团队监督。质量检测机构独立开展质量验收，出具客观准确检测报告，为质量控制提供依据。

3.3 流程体系设计

设计阶段的协同流程衔接各环节需求。设计单位编制方案时，与采购部门沟通设备材料供应情况，确保设计选用设备具有可采购性。与施工单位交流现场施工条件，使设计内容符合施工实际能力。设计方案完成后，组织协同控制团队联合评审，从进度、成本、质量角度提优化建议，形成最终设计文件。采购阶段的协同流程实现信息共享。采购部门根据设计文件制定采购计划后，及时向施工单位通报设备材料预计到货时间，便于施工单位安排工序。与质量检测机构对接，明确材料质量验收标准与检测流程，确保到货材料符合质量要求。采购计划调整时，第一时间通知相关方，共同商议进度与成本应对措施。施工阶段的协同流程强化现场管控。施工单位每日提交进度报表，说明当日完成工程量、投入人力物力及次日计划，协同控制团队分析进度偏差，及时调整资源配置。质量检测人员定期检查施工工序，发现质量问题立即反馈施工单位，明确整改要求与完成时限。成本管理人员跟踪现场费用支出，与预算对比分析，对超支项目及时预警。试运行阶段的协同流程衔接投产要求。试运行前，协同控制团队组织设计、施工、

设备供应商等多方联合检查,确认各项设施符合试运行条件。试运行中记录各项运行参数,对比设计标准查找偏差。发现问题后,明确责任方整改,整改完成后重新试运行,直至各项指标达标,为正式投产做好准备。

4 进度-成本-质量协同控制的方法与策略

4.1 进度与成本的协同控制方法

进度与成本的协同控制需建立动态关联机制。依据进度计划分解成本预算,将总预算按进度节点细化,明确每个节点的成本支出上限。在工程推进中,定期对比实际进度与计划进度、实际成本与预算成本的偏差,进度滞后于计划且成本未超支时,可适当增加资源投入加快进度;成本超支但进度超前时,需分析超支原因并调整后续资源配置^[4]。采用网络计划技术优化资源调配,通过关键路径分析确定影响总进度的关键工序,优先保障关键工序的成本投入,避免因资源不足导致关键工序延误。非关键工序可在不影响总进度的前提下,合理压缩成本支出,实现资源的高效利用。建立成本预警机制,某一阶段成本支出接近预算上限时,及时检查进度推进情况,调整后续工作计划以维持两者平衡。

4.2 进度与质量的协同控制方法

进度与质量的协同控制需以质量为前提统筹进度安排。制定进度计划时,为各工序预留充足的质量检查时间,避免因赶工省略必要的质量检验环节。对质量要求高的关键工序,如光伏组件安装、线路连接等,适当延长施工周期,确保施工质量符合标准。建立质量问题快速响应机制,施工中发现质量缺陷立即暂停相关工序,组织专业人员分析原因并制定整改方案,整改合格后方可继续施工。整改期间合理调整其他工序的进度计划,避免整体进度受到过大影响。加强施工前的技术交底,提高施工人员的质量意识与操作技能,减少因质量问题导致的进度延误,实现进度与质量的协同推进。

4.3 成本与质量的协同控制方法

成本与质量的协同控制需在质量达标基础上控制成本。明确质量成本构成,区分必要的质量投入与过度质量支出,避免为追求过高质量标准增加不必要的成本。材料采购环节,选择性价比高的设备材料,既保证质量符合工程要求,又避免因盲目选用高价材料增加成本。

建立质量损失成本跟踪机制,记录因质量问题导致的返工、维修等费用,分析质量问题产生的根源并采取预防措施,减少质量损失成本。优化施工工艺,在保证质量的前提下提高施工效率,降低单位工程量的成本支出。加强质量验收环节的成本控制,避免重复检验或无效检验增加成本。

4.4 三者综合协同控制策略

三者综合协同控制需构建全流程协同管理模式。建立信息共享平台,整合进度、成本、质量的实时数据,使各参与方能够及时掌握工程动态,为决策提供依据。定期召开协同控制会议,组织设计、采购、施工等各方共同分析工程进展情况,针对出现的偏差制定综合调整措施,确保三者向预定目标推进。采用挣值分析法进行综合绩效评估,通过计算已完成工作的预算费用、实际费用和计划工作预算费用,评估进度与成本的协同状况,并结合质量验收结果,判断三者的整体协同效果。根据评估结果调整资源配置与工作计划,进度滞后、成本超支且质量存在隐患时,全面分析问题根源,从设计、施工、管理等多方面采取改进措施,实现三者的动态平衡。

结束语

大型光伏电站EPC总承包模式中,进度-成本-质量协同控制需系统性推进。通过剖析影响因素,构建协同控制体系并应用相应方法策略,可实现三者动态平衡。未来,随着技术与管理理念进步,需持续优化协同控制体系,以适应不断变化的项目需求,推动大型光伏电站建设行业高质量发展,为能源转型贡献力量。

参考文献

- [1]仰玉伟.光伏电站EPC总承包在工程造价的研究[J].商业观察,2023,9(19):57-60.
- [2]孙炳贵.国内光伏大基地项目多个EPC总承包单位参建管理模式探究[J].工程建设与发展,2024,3(10):226-229.
- [3]赵小芬.新能源光伏电站EPC总承包模式探讨[J].现代工业经济和信息化,2023,13(06):271-273.
- [4]陈刚,周宇.分布式光伏EPC项目成本构成与控制要点[J].中国电力企业管理,2022(08):84-86.