

[项目管理]

大型地面光伏电站建设中的项目管理策略分析

文/蔡富杰 林远桥 邓鑫
四川华电金川水电开发有限公司

结合光伏电站项目管理的实际情况，对如何将项目管理应用于光伏电站项目建设进行了较为透彻的研究。对现有的调试及管理技术进行优化和改进，提出相应的改进措施，并对它们在提高工程建设效率和质量方面的作用进行分析。并网前的调试成功率、大电网稳定性及用户满意程度都在进行质量控制后得到极大提升。

随着我国“双碳”目标的提出，光伏电站已成为世界各国关注的焦点。然而，随着工程规模的不断增大和技术的不断更新，传统的工程管理模式在大型地面光伏电站建设中遇到了许多新的问题，比如成本控制不足、工期延误和资源配置不当等。本文结合国际先进的工程管理理论和实践，探讨如何更有效地管理光伏电站项目。通过利用先进的管理方法和技术，提高项目实施效率，确保项目质量及进度，为我国光伏产业的可持续发展提供有力的支撑。

问题现状

光伏是一种可再生的新能源，具有低污染、低噪声等优点，是推动中国能源结构转型、实现绿色低碳发展的重要途径。文献[1]研究了光伏电站多源无功电压控制新技术；文献[2]对光储电站提供了虚拟同步发电机的控制策略并对其分析分析，文献[3]探索并网光伏电站在处于最大输出功率电时的无功功率优化方法；文献[4]对抽水蓄能电站建设项目的设计管理进行探索；Ghodbane M等对用于太阳能发电厂的抛物槽式太阳能集热器进行了光学数值研究^[5]；Elazab O S等探索并改善并网光伏电站的最优控制方案，以及进行相关的设计和实验验证^[6]；Ding W等

叙述下一代集中式太阳能电站熔盐技术的研发进展进程^[7]；Di Lorenzo G等探索光伏电站运维故障、远程控制和监控工具的解决方案^[8]；Shakya S提出一种使用物联网和数据挖掘算法的太阳能发电厂自我监测和分析系统^[9]，文献[10]通过水流冷却探索了光伏电站系统的可再生能源回收解决方案。但以上研究均缺乏对项目管理的策略分析。

适当的工程管理方法可以大大增加项目成功的概率。实践证明，对光伏电站项目进行风险管理、质量控制和资源配置等方面的研究，可以有效解决光伏电站项目面临的各种问题。但这些方法在实际应用中存在一定的局限性，如不能适应不同类型的工程。而本文的研究目标是通过系统的项目管理方法来解决光伏电站项目建设中的常见问题，从而实现项目整体建设成本的优化。文中采用实地调研、专家访谈等方法，对光伏电站项目实施过程中存在的问题进行实证分析，并有针对性地进行改进，以期为我国光伏产业的可持续发展提供理论依据和技术支撑。研究表明，采用合理的工程管理策略可有效提高光伏电站项目的管理质量和经济效益，主要结论是减少项目的总体造价水平，缩短项目完成时间与工期，并减少光伏项目的投资回收周期。此外，本文研究还指出，虽然先进的项目管理方法

和技术可以产生显著的效益，但为了顺利实施，必须建立有效的支持系统和企业文化适应机制。

光伏电站主要包括前期规划、可行性研究设计、初步设计、采购、施工及并网等环节。作为具备25年的全寿命生命周期的地面光伏电站，近些年，在设计、施工、项目组织管理和采购等方面管理不当，使得电站寿命大幅度降低，给光伏电站带来不可估量的损失。其中，在项目管理方面主要存在以下问题。

(1) 工程管理

目前，大型地面光伏电站对项目管理人员的专业素养要求极高，需要具备基本的电气、土建知识，并且具备多个地面光伏电站的工程管理经验，此外，应具备一定的协调与组织能力。目前我国光伏电站在工程管理方面参差不齐。

(2) 材料的使用及管理

大型地面光伏电站的建设材料众多。目前施工单位对材料的领取及回收管理不到位，导致支架、檩条及其附属材料浪费大；此外，对材料的偷梁换柱，不严格把控支架的质量，导致后期组件被吹断等情况。

(3) 施工质量

施工质量是当今光伏电站是否能建设成为精品工程的主要因素之一，主要存在电缆头爆炸、支架安装不符合规范要求、逆变器短路等问题，均为施工作业不规范导致。此外，绝大多数施工人员不注重工序衔接与工艺控制，没有按照地形特征因地制宜地制定相应的施工方案及顺序。

控制管理策略

1. 组织架构优化

光伏是世界上最重要的新能源之一，其建设和使用量将会日益增加。为保证光伏电站项目的顺利实施，有必要优化项目管理策略，以保证项目的质量和成本。本文从多个角度对光伏电站项目建设进行了研究。

为了提高决策的有效性和快速反应能力，有必要重新调整项目团队的结构。在此基础上，通过划分项目组中各职能模块的职责，确保各职能模块之间能够进行有效的协同，优化业务流程，提高跨部门协同的效率。采用灵活的项目管理结构有助于更

好地满足项目的复杂性和可变性。

光伏电站项目的成功实施需要科学的规划和充分的准备。在项目的早期阶段，应深入调查本区域的能源需求、政策环境和技术趋势。在规划和建设过程中，需要仔细考虑场地的位置及项目场址的地质情况、进场道路等因素。此外，还应细化项目的目标、任务、时间表和预算，以便为项目的实施提供一些指导。

2. 设计方案机制

地面光伏电站的设计主要分为以下几方面工作内容：①现场踏勘，制定不同设计方案，并进行多维度的比选，选出最优方案；②设备选型及编制设备招标文件、技术规范书等；③施工临时图样及工程量清单；④系统的接入方案；⑤土建、交通及电气的施工图；⑥消防审查方案；⑦环境保护与水土保持方案；⑧概算与经济评价分析。

首先需要对设计资料进行收集与协调。其次，重点关注本项目的接入系统方案，这将影响后续的设备选型、设计方案能否优化等因素，其中设计方案中主要可对电缆的型号及数量、组件、线缆的布置原则、升压站（汇集站）的选址和送出方案等方面进行深入的优化，这是对提升项目管理能力比较突出的一方面。最重要的是，作为设计人员需与现场项目管理人员相互配合、沟通。图1为比较完善的设计变更流程。设计人员可按照此流程履行设计变更，这样才可更好地提升大型地面光伏电站的项目管理能力。

3. 成本控制机制

在项目成本管理中，利用先进的数据分析工具可以实现对项目成本的实时监控和预测。该系统协助项目管理人员有效地调节现金流，防止成本超出预算。费用控制包括严格的预算管理规定，以便能够持续跟踪费用效率。在光伏电站项目建设过程中，成本管理是非常重要的一环。从降低工程造价的角度出发，在设计阶段，设计人员应在满足国家规程规范的条件下合理选用的材料和设备，选择性性价比、性能稳定的设备。在项目建设中，要严格控制成本，同时优化施工程序，提高施工效率，以达到节约投资的目的。

采用快速项目管理是一种灵活的管理方法，特别适合于需要快速变化的项目环境。快速项目管

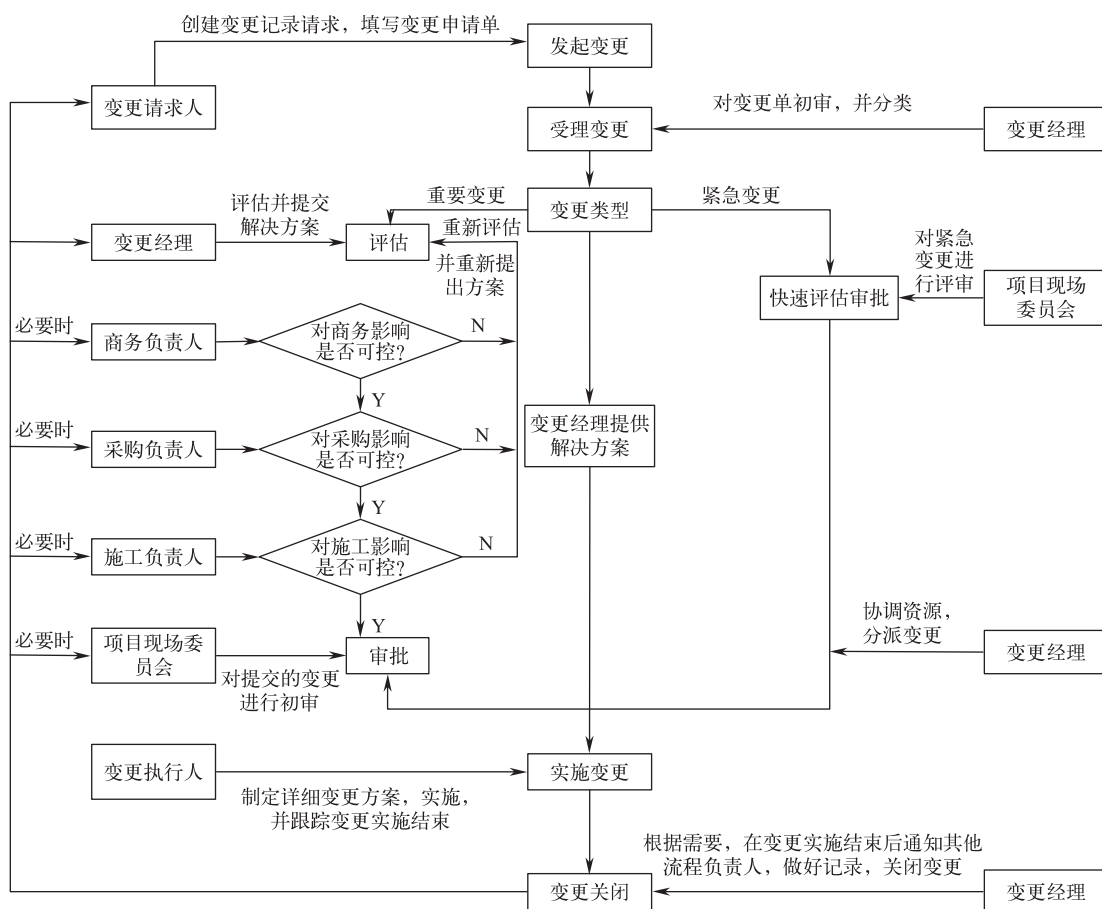


图1 设计变更流程

理强调短期计划和反馈的循环，使项目团队能够快速调整环境并不断提高生产力。此外，为确保项目按时完成，需要定期召开进度检查和进度调整会议。

在工程建设中，质量管理是一个非常重要的环节。光伏电站的建设质量对整个系统的发电效率和运行寿命有着重大影响。因此，有必要建立严格的质量管理体系，以确保在工程建设的每个阶段进行有效的质量控制。同时，要加强对施工现场的监督管理，定期对工程质量进行检查和评定，发现问题及时纠正。

安全管理不容忽视。光伏电站建设涉及大量的高空作业、电气作业等高风险作业。稍有不慎，就可能造成重大安全事故。为此，有必要制定完善的安全管理制度和操作规范。在此基础上，还应加大对农民工的安全教育和培训力度，提升他们的安全意识和技术水平。施工期间，可加强安全监

督，确保安全措施落到实处。

4. 质量保证程序

能够执行国际标准的质量控制体系，确保产品符合国际质量标准。通过定期质量审查，不仅可以发现和预防质量问题，而且还可以提高项目人员对质量的认知。质量保证还包括建设方的全面参与和反馈质量保证机制需要改进之处，以确保各方就质量标准达成共识。此外，在光伏电站项目建设过程中也要注意协调沟通。加强与政府部门、业主和施工等各方的沟通与合作，确保各方利益得到合理平衡。同时，要建立健全信息交流制度，确保项目信息及时沟通和反馈，为项目顺利实施提供有力支撑。

资源优化公式为

$$Z=c^T x \quad (1)$$

式中， Z 为项目成本； x 为决策变量（如投入人力资源、机械设备工作时长等）； c 为成本系数。

5. 风险评估缓解

可以建立一个综合风险管理框架，将质量和数量方法结合起来。通过系统地识别项目中潜在的风险，并针对不同的风险设计相应的对策，减少项目的不确定性和潜在损失。公司还需要定期召开风险复盘会议，确保风险控制措施的有效实施，并可及时调整策略。

在此基础上，可以大力发展基于建筑信息建模（BIM）的智能化设计和施工方法^[11]。BIM技术不仅可以提高设计的准确性，还可以通过模拟施工过程的每一步来预测和处理潜在的管理问题。还可利用最新的信息和软件来提高数据的透明度和可访问性，从而提高决策的质量和速度^[12]。

应用案例分析

1. 应用案例概况分析

西南区域阿坝金川200 MW地面光伏电站项目场址位于四川省阿坝州金川县俄热乡境内，距离俄热乡约13 km，场址距离金川县城约150 km，距离马尔康市约110 km，交通比较方便。场址中心位于N31° 35′ 39.73″，E101° 19′ 32.95″，场址植被以草甸为主，零星见灌木；场内海拔高度4 100~4 670 m，地势较开阔平坦。场区内土地主要为荒草地，场区内无居民点、自然保护区、重要矿产区和文物古迹等环境敏感区，不存在制约工程建设的因素。该地区海拔高，空气洁净密度低，云量少，日照时间长，年平均太阳辐射量为6 197.5 MJ/m²，春夏季辐射强，秋冬季辐射弱，项目所在地如图2所示。



图2 项目场址所在地

本光伏电站交流侧装机容量为200 MW（236.554 560 MWp直流侧容量），共包含66个3.15 MW光伏方阵，固定式支架运行方式。主要设

备光伏组件选用N型双面双玻570 Wp，逆变器采用300 kW组串式逆变器，考虑高海拔降容，实际逆变器容量为276 kW。

每个3.15 MW子阵，总并联262串光伏组串，每串光伏组串串联24片570 Wp单晶硅双面组件，共接入11台300 kW逆变器。直流侧输入功率为3 584.16 kWp，交流侧输出功率为3 036 kW，容配比为1.18。

经计算，光伏电站首年年发电量37 910.4万kW·h，直流侧等效满负荷利用小时1 603 h，交流侧等效满负荷利用小时1 896 h；电站多年平均年发电量36 072.3万kW·h，直流侧等效满负荷利用小时1 525 h，交流侧等效满负荷利用小时1 804 h。

2. 成本控制效果分析

研究目的是验证新的成本控制策略是否能降低工程成本，防止超预算。研究方法包括工程造价数据与试验前后数据的对比，以及工程造价控制方法的比较。

本文针对金川200 MW地面光伏电站的设计阶段，在试验前成本为155万元，试验后成本为135万元，成本降低率为14.81%；采购阶段试验前成本为285万元，试验后成本为260万元，成本降低率为9.62%。此外，其他类型的成本控制效果如图3所示。

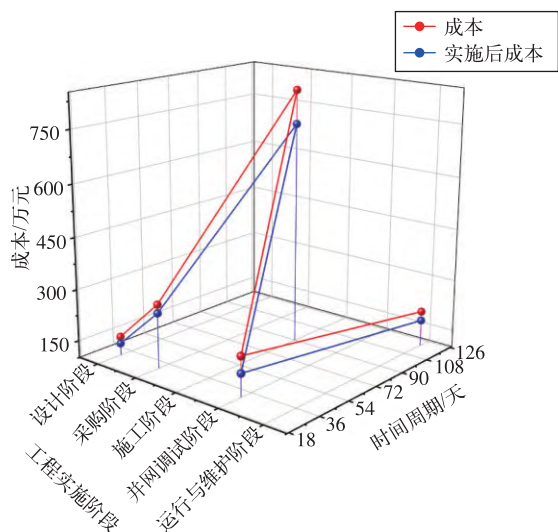
3. 进度管理效果分析

研究目的是评估进度管理工具在按时完成项目中的作用。

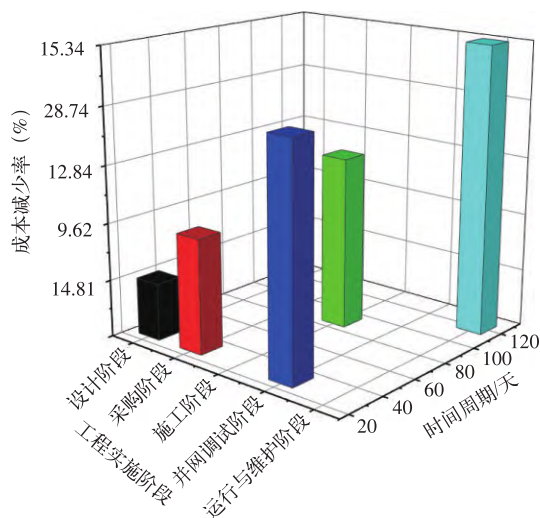
研究方法是实施新的工程进度管理策略，对项目中的重要里程碑进行定期检查，并与实际完成时间进行比较。进度管理的实验结果见表1。从表1中可看出本项目主要的地质勘探进度百分比偏差为2.00%，初步设计进度百分比偏差为0.00%，而电气设备安装进度偏差百分比为-0.67%。

表1 金川200 MW地面光伏电站进度管理效果对比

里程碑节点	计划完成时间	实际完成时间	时差/天	进度偏差(%)
地质勘察	2023-05-15	2023-05-18	+3	2.00
初步设计	2023-06-05	2023-06-05	0	0.00
施工图设计	2023-07-10	2023-07-08	-2	-1.33
设备招采	2023-08-15	2023-08-20	+5	3.33
主体工程施工	2023-07-20	2023-07-20	0	0.00
电气设备安装	2023-09-30	2023-09-28	-2	-0.67
调试操作	2023-10-30	2023-11-05	+6	3.45
项目验收	2023-12-12	2023-12-12	0	0.00



(a) 各阶段成本效果分析



(b) 各阶段成本减少率分析

图3 其他类型的成本控制效果

4. 质量控制效果分析

研究目的是验证质量管理措施是否能提高项目的整体质量水平。

研究方法是参照对照法和质控法，对比分析质控前后的变化。

质量控制有效性的实验结果如图4所示。从图4中分析可知，金川200 MW地面光伏电站的设备合格率质量控制前为94%，质量控制后增加了4%；进行质量控制之前，施工过程的合格率为91%，质量控制后上升了6%；此外，并网前的调试成功率、大电网稳定性及用户满意程度都在质量控制后分别增加了10%、3%及18%。

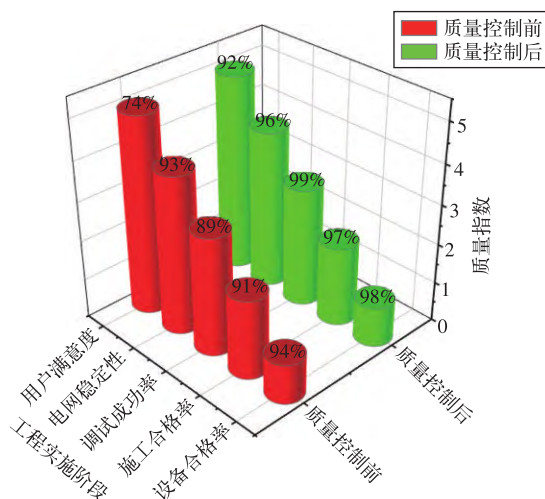


图4 质量控制效果实验分析

结束语

本文的重点是研究如何提高光伏电站工程的管理效率和效益。在此基础上，对工程造价、进度、质量保证、设计及风险控制等方面进行了深入探讨。文中采用多种方法对光伏电站项目进行实证分析，经过研究对比发现，利用工程管理软件等现代信息技术工具对工程实施过程进行探索，可以有效提高工程实施的透明度和有效性。此外，制定有针对性的培训计划，提高项目管理人员的专业素质，也是确保项目成功的重要保障。最后，本文采用一个系统的项目管理过程来验证结构化的项目管理过程，它最大限度地分配资源和时间管理，从而提高项目的绩效和可持续性。本文的研究思路可以进一步扩展到更大区域的大型光伏电站，以此来检验该方法的普适性。在今后的研究中，有必要将环境因素引入工程管理中，促进光伏产业的不断创新发展。EA

(收稿日期：2024-07-16)

参考文献

- [1] 马一涛. 光伏电站多源无功电压控制新技术研究[J]. 通信电源技术, 2023, 40(1): 90-92.
- [2] 朱慧敏, 袁顺, 李春来, 等. 带储能环节的光伏电站虚拟同步发电机控制策略及分析[J]. 电气测量与仪表, 2023, 60(5): 45-50.
- [3] 黎桐, 韩雪山. 光伏并网电站最大输出功率时变跟踪的无功优化方法[J]. 电工技术学报,

- 2023, 38(11): 2921-2931.
- [4] 王胜军. 抽水蓄能电站建设项目设计管理研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2016.
 - [5] Ghodbane M, Boumeddane B, Hussein A, et al. Optical numerical investigation of a solar power plant of parabolic trough collectors[J]. Journal of Thermal Engineering, 2021, 7(3): 550-569.
 - [6] Elazab O S, Debouza M, Hasanien H M, et al. Salp swarm algorithm based optimal control scheme for L VRT capability improvement of grid connected photovoltaic power plants: design and experimental validation[J]. IET Renewable Power Generation, 2020, 14(4): 591-599.
 - [7] Ding W, Bauer T. Progress in research and development of molten chloride salt technology for next generation concentrated solar power plants[J]. Engineering, 2021, 7(3): 334-347.
 - [8] Di Lorenzo G, Araneo R, Mitolo M, et al. Review of O&M practices in PV plants: Failures, solutions, remote control, and monitoring tools[J]. IEEE Journal of Photovoltaics, 2020, 10(4): 914-926.
 - [9] Shakya S. A self-monitoring and analyzing system for solar power station using IoT and data mining algorithms[J]. Journal of Soft Computing Paradigm, 2021, 3(2): 96-109.
 - [10] Shakya S. A self-monitoring and analyzing system for solar power station using IoT and data mining algorithms[J]. Journal of Soft Computing Paradigm, 2021, 3(2): 96-109.
 - [11] Daikun W, Qi F, Shuaishuai C. Research of BIM Technology in Urban Rail Operation and Maintenance and Application[J]. International Equipment Engineering and Management: English Version, 2023, 28(3): 180-192.
 - [12] Vanrun Verman. Random Power Flow Calculation of Distribution System based on Distributed Generation[J]. Distributed Processing System, 2020, 1(1): 17-24.

