

境外光伏电站场区土方平衡与地基处理方案经济性比较

桂慧祥

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450001

【摘要】：境外光伏电站建设中，土方平衡与地基处理是工程前期核心环节，其方案选择直接关系工程整体造价与长期运营效益。合理的方案能有效控制建设成本、规避施工风险，不合理方案则会增加额外投入，影响项目盈利水平。本文聚焦不同土方平衡与地基处理方案的经济性差异，结合境外项目的地形地质、政策环境等特点，分析各类方案的适用场景与成本构成，明确影响经济性的核心因素，提出适配境外光伏电站的方案选择思路，为工程方案优化提供可靠支撑。

【关键词】：境外光伏电站；土方平衡；地基处理；经济性

DOI:10.12417/2705-0998.26.02.016

引言

光伏电站建设向境外拓展已成为行业发展的重要趋势，境外项目面临的地形地质条件复杂多样，沙漠、丘陵、高原等不同地貌对土方平衡与地基处理提出差异化要求。土方平衡与地基处理的质量不仅决定电站后续施工的顺利推进，更直接影响工程投资成本与运营稳定性，其经济性成为项目决策的关键考量因素。不同国家的政策规范、材料供应、施工条件存在显著差异，进一步加剧了方案选择的复杂性。明确各类方案的经济性特征，梳理影响成本的关键环节，搭建科学的比较体系，既能为方案选择提供依据，也能推动境外光伏电站实现低成本、高质量建设，衔接后续方案分析与优化内容。

1 境外光伏电站土方平衡与地基处理核心前提

境外光伏电站建设与国内项目差异显著，核心体现在地形地质、政策环境及供应链配套三大方面。地形上，境外项目多分布于沙漠、丘陵等复杂区域，部分区域存在地表沉降、风沙大、高盐度等问题，对土方平整和地基稳定性提出更高要求。政策层面，不同国家的技术标准、环保规范及本地化要求各异，部分国家对设备本土化采购、环评有严苛规定，直接影响方案设计与成本控制。供应链方面，材料运输、施工团队调配受限，部分地区材料紧缺需远距离进口，进一步增加工程投入，这些构成方案选择的核心前提^[1]。土方平衡是建设先行工序，直接支撑光伏支架基础、场区道路等后续工程，合理规划可梳理地形、减少土方开挖回填，避免资源浪费并保障场地平整度。地基处理则决定电站长期运营稳定性，境外复杂地质易导致地基承载力不足、沉降等问题，处理不当会引发支架移位、组件安装精度下降，甚至影响发电效率并增加维护成本，两者衔接紧密、缺一不可。方案经济性比较需立足境外项目独特性，聚焦成本构成与长期效益，兼顾前期勘察、施工等环节差异，以及后期维护、风险防控等因素，结合项目所在国政策、环保及供应链情况，确保比较全面贴合实际，为方案选择提供支撑。

2 境外光伏电站土方平衡常见方案及特征

2.1 场地平整型土方平衡方案

场地平整型土方平衡方案主要适用于地形相对平缓、起伏较小的境外光伏电站项目，如平原、戈壁等区域。该方案以整体场地平整为核心目标，通过推土机推平、压路机碾压、平地机整平的流程，梳理场地高程与坡度，确保场地符合光伏支架安装和后续施工要求。施工过程中需清理场地内的杂物、石块，完善排水设施，避免雨天积水影响场地质量^[2]。该方案施工工艺相对简单，施工难度较低，无需复杂的技术设备，能有效缩短施工工期。该方案对材料的需求较少，主要依赖施工机械，适配于材料供应不便、施工团队技术水平有限的境外区域，但其适用性受地形条件限制较大，不适用于地形起伏过大的项目。

2.2 分区调配型土方平衡方案

分区调配型土方平衡方案适用于地形起伏较大、土方量分布不均的境外光伏电站项目，如丘陵、山地及沙漠沙丘区域。该方案根据场地地形特点，将场区划分为不同区域，结合各区域的土方盈余与短缺情况，进行跨区域土方调配，减少土方外运与外购量，实现土方资源的合理利用。施工过程中需精准勘察各区域地形高程，规划合理的土方调配路线，避免远距离运输增加成本。该方案能有效减少土方浪费，降低材料运输成本，同时适配复杂地形的平整需求，保障场地平整度符合工程要求。但该方案对施工规划的要求较高，需精准测算土方量，合理安排施工流程，否则易出现调配不合理、工期延误等问题，影响经济性。

2.3 地形适配型土方平衡方案

地形适配型土方平衡方案是针对境外特殊地形设计的个性化方案，主要适用于沙漠、湖泊周边、油田边缘等特殊区域的光伏电站项目。该方案不追求场地绝对平整，而是结合地形特征与光伏组件安装要求，进行差异化平整设计，最大限度贴合原始地形，减少土方开挖与回填量。例如沙漠区域的项目，可结合沙丘地形进行适度平整，同时采取固沙措施，避免风沙

对场地的影响；湖泊周边项目则需适配水位波动特点，合理规划场地高程，防范积水风险。该方案能有效降低土方工程量，减少对周边生态环境的破坏，适配境外特殊地形和环保要求，但方案设计难度较大，需结合项目具体地形地质条件进行个性化定制，施工工艺相对复杂。

3 境外光伏电站地基处理常见方案及特征

3.1 换填垫层型地基处理方案

换填垫层型地基处理方案是境外光伏电站中应用较为广泛的基础方案，适用于地基承载力不足、土层性质较差的区域，如软土、杂填土分布区域。该方案通过挖除原有不良土层，替换为强度高、透水性好、稳定性强的材料，如素土、级配碎石、砂性土等，经过分层碾压压实，提升地基承载力，满足光伏支架基础的受力要求。施工过程中需严格把控换填材料的质量，杜绝使用淤泥、腐殖土等不合格材料，同时控制分层换填厚度与压实度，确保地基处理质量^[3]。该方案施工工艺成熟、技术难度较低，材料来源相对广泛，适配于多数境外项目的地质条件，但换填材料的采购与运输成本较高，尤其适用于材料资源充足的区域。

3.2 夯实加固型地基处理方案

夯实加固型地基处理方案主要适用于土层松散、承载力不足但土层厚度较浅的境外光伏电站项目，如沙漠、戈壁等区域的松散砂土层。该方案通过机械夯实、振动压实等方式，对原有土层进行挤压加固，减少土层孔隙，提升土层密实度和地基承载力，无需大量换填材料，能有效降低材料成本。施工过程中需结合土层性质，合理选择夯实机械与夯实遍数，确保夯实效果，避免出现夯实不充分导致的地基沉降问题。该方案施工效率高、工期短，适配于施工周期紧张的境外项目，且对环境影响较小，能减少土方开挖与回填量，但仅适用于浅层土层加固，不适用于深层不良土层或岩层区域。

3.3 桩基加固型地基处理方案

桩基加固型地基处理方案适用于地质条件复杂、地基承载力要求较高的境外光伏电站项目，如软土深厚、地表沉降明显、坡度较大的区域。该方案通过在地基中植入桩基，将光伏支架的荷载传递至深层稳定土层或岩层，有效提升地基承载力，防范地基沉降、移位等问题，保障电站长期稳定运营。根据境外项目的地质条件和施工要求，可选择不同类型的桩基，适配不同的地形地质场景。该方案稳定性强、适用范围广，能有效应对境外复杂的地质风险，但施工技术难度较大，对施工团队的专业水平要求较高，且桩基材料采购、施工机械调配成本较高，前期投入相对较大。

4 境外光伏电站土方平衡与地基处理方案经济性比较

4.1 各类方案前期投入成本比较

土方平衡与地基处理方案的前期投入成本，主要涵盖勘察设计、材料采购、施工机械、人工调配等方面，不同方案的投入差异显著。场地平整型土方平衡方案前期投入较低，无需复杂的勘察设计和特殊材料，主要成本集中在施工机械租赁与人工费用，适配于预算有限、地形简单的项目^[4]。分区调配型方案前期投入适中，核心成本在于土方调配的勘察测算与运输费用，若场地分区合理、调配路线优化，可有效控制成本。地形适配型方案前期投入较高，需进行个性化勘察设计，部分特殊地形还需定制施工工艺和材料，增加了设计与材料成本。地基处理方案中，夯实加固型前期投入最低，换填垫层型次之，桩基加固型前期投入最高，其桩基材料、专业施工团队的成本占比显著高于其他方案。

4.2 各类方案运营维护成本比较

运营维护成本是方案经济性比较的重要组成部分，直接影响项目长期盈利水平，不同方案的维护成本差异主要源于方案稳定性和适配性。场地平整型土方平衡方案若应用于地形简单区域，维护成本较低，仅需定期清理场地、检查排水设施；若应用于地形复杂区域，易出现场地沉降、积水等问题，需增加维护频次和费用。分区调配型与地形适配型方案稳定性较强，维护成本相对较低，仅需根据场地实际情况，定期检查土方稳定性和排水系统。地基处理方案中，桩基加固型稳定性最强，后期几乎无需大规模维护，维护成本最低；换填垫层型若材料选择合理、施工规范，维护成本适中；夯实加固型若夯实不充分，后期易出现土层松散、地基沉降等问题，需投入额外的加固与维护费用，增加长期运营成本。

4.3 各类方案综合经济性差异分析

方案的综合经济性需结合前期投入与长期运营维护成本，同时兼顾方案适配性、施工风险等因素，实现短期成本与长期效益的平衡。场地平整型土方平衡方案与夯实加固型地基处理方案搭配，前期投入最低，但适用范围有限，仅适用于地形简单、地质条件较好的境外项目，综合经济性在适配场景下最优。分区调配型土方平衡方案与换填垫层型地基处理方案搭配，前期投入适中，维护成本合理，适配于多数地形相对复杂、地质条件一般的项目，综合经济性较强。地形适配型土方平衡方案与桩基加固型地基处理方案搭配，前期投入最高，但稳定性强、维护成本低，适配于地质条件复杂、风险较高的境外项目，长期综合经济性更具优势。境外项目的政策规范、供应链情况也会影响综合经济性，需结合项目实际情况进行差异化分析。如图1所示：

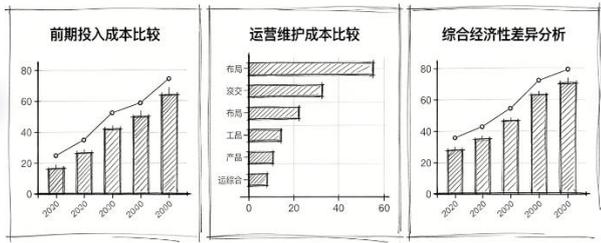


图1 各类地基处理方案成本对比研究

5 境外光伏电站土方平衡与地基处理最优方案适配策略

5.1 结合项目地形地质条件适配方案

方案适配的核心是结合境外光伏电站项目的地形地质条件,选择最贴合实际的土方平衡与地基处理方案,避免方案与实际条件脱节导致的成本增加。地形平缓、地质条件较好的项目,可优先选择场地平整型土方平衡方案与夯实加固型地基处理方案,既能控制前期投入,又能保障工程质量,提升综合经济性。地形起伏较大、土方量分布不均的项目,可选择分区调配型土方平衡方案与换填垫层型地基处理方案,实现土方资源合理利用,同时提升地基稳定性^[5]。沙漠、软土、地表沉降明显等特殊地形地质项目,需选择地形适配型土方平衡方案与桩基加固型地基处理方案,针对性解决特殊地质问题,防范施工与运营风险,确保方案的长期稳定性和经济性。

5.2 结合境外政策环境优化方案选择

境外不同国家的政策环境、技术标准、环保规范存在显著差异,方案选择需充分结合当地政策要求,优化方案设计,降低政策合规成本。部分国家对环保要求严苛,需优先选择对生

态环境影响较小的方案,减少土方开挖与材料消耗,避免因环保不合规导致的返工与罚款。部分国家要求一定比例的设备或材料本土化采购,方案选择时需优先考虑当地可获取的材料与施工技术,减少进口材料的运输成本和关税支出。需结合当地的施工规范和技术标准,优化方案工艺,确保方案符合当地政策要求,避免因规范不符导致的工程延误和成本增加,进一步提升方案的综合经济性。

5.3 结合项目全周期效益确定最优方案

最优方案的确定需立足项目全周期,兼顾前期投入、施工效率、运营维护、风险防控等多方面因素,实现全周期效益最大化。方案选择不能仅关注前期投入成本,还需考虑后期运营维护成本和风险成本,避免因前期成本节约导致后期出现质量问题,增加额外投入。对于施工周期紧张的境外项目,可优先选择施工效率高、工期短的方案,减少工期延误带来的成本损失。对于运营周期较长的项目,需优先选择稳定性强、维护成本低的方案,降低长期运营投入。需结合项目的盈利预期,综合测算不同方案的全周期成本与收益,选择既能满足工程质量要求,又能实现成本最优、效益最大化的土方平衡与地基处理方案。

6 结语

本文围绕境外光伏电站场区土方平衡与地基处理方案的经济性比较展开研究,明确了境外项目在地形地质、政策环境、供应链上的独特性,分析了各类方案的特征及经济性差异,提出了结合地形地质、政策要求和全周期效益的最优适配策略。合理选择方案可有效控制建设与运营成本,规避施工风险,保障项目稳定盈利。研究成果为境外光伏电站相关方案优化提供实践参考,助力项目实现低成本、高质量、可持续建设。

参考文献:

- [1] 梁洪永,代丙稳,罗淳,等.光伏电站工程创面对区域储碳能力的影响[J].四川建材,2026,52(01):223-228+232.
- [2] 李强.智能场站对光伏电站发电效率研究[J].中国战略新兴产业,2025,(36):69-71.
- [3] 勾文昌,张经纬,阙祥男.光伏电站防雷与接地设计[J].光源与照明,2025,(07):177-179.
- [4] 黄威,王文,吴光军,等.光伏电站火灾监测预警技术应用[J].电力安全技术,2025,27(06):57-60.
- [5] 刘银珠.光伏电站对沙漠土壤环境的影响及其评价[D].兰州大学,2025.