

屋顶分布式光伏项目可研阶段投资控制管理研究

李 岩

华电新乡发电有限公司 河南 新乡 辉县 453635

【摘要】：在“双碳”目标引领下，屋顶分布式光伏项目成为能源结构转型的重要载体。可研阶段作为项目投资控制的关键环节，直接决定项目投资效益与建设可行性。本文以河南华电新乡公司厂区 1.73MW 分布式光伏项目为研究对象，结合项目可研阶段实际数据，分析屋顶分布式光伏项目可研阶段投资构成及核心影响因素，提出涵盖前期调研、设备选型、设计优化、概算编制等维度的投资控制措施，为同类项目可研阶段投资管理提供实践参考。

【关键词】：分布式光伏；可研阶段；投资控制；造价管理

DOI:10.12417/2811-0536.26.03.001

1 引言

随着新能源产业的快速发展，屋顶分布式光伏成为工业企业节能减排、优化能源结构的重要选择。可研阶段是项目决策的核心环节，其工作质量直接影响项目投资估算的准确性、投资方案的合理性以及后续项目实施的投资控制效果。本文以该项目为实例，系统梳理可研阶段投资控制的核心要点，分析投资构成及影响因素，提出针对性的控制措施，为同类屋顶分布式光伏项目可研阶段投资管理提供借鉴。

2 屋顶分布式光伏项目可研阶段投资构成分析

河南华电新乡公司厂区 1.73MW 分布式光伏项目依托厂区现有建筑屋顶及新建光伏车棚建设，规划直流侧容量 2.00859MW_p，交流侧容量 1.73MW。屋顶分布式光伏项目可研阶段投资主要涵盖设备及安装工程费、建筑工程费、其他费用、基本预备费及建设期利息等部分。结合河南华电新乡公司厂区光伏项目可研概算数据，其投资构成具有典型的屋顶分布式光伏项目特征，具体构成及占比详见表 1。

表 1 具体构成及占比

序号	工程或费用名称	费用金额(万元)	占静态投资比例(%)
一	设备及安装工程	520.51	65.50
1	发电设备及安装工程	364.72	45.90
2	升压站变配电设备及安装工程	119.50	15.04
3	控制保护设备及安装工程	32.28	4.06
4	其他设备及安装工程	4.00	0.50
二	建筑工程	186.63	23.49
1	发电场工程	90.81	11.43
2	其他建筑工程	90.59	11.40
三	其他费用	71.91	9.05

四	基本预备费	15.58	1.96
合计	工程静态投资	794.63	100.00

由表 1 可知，该项目静态投资 794.63 万元，单位千瓦静态投资 3956.13 元/kW_p。其中设备及安装工程费占比最高，达 65.50%，是可研阶段投资控制的核心领域；建筑工程费占比 23.49%，主要涵盖屋顶加固、光伏车棚新建、检修通道等专项工程；其他费用占比 9.05%，包含项目建设管理费、勘察设计费等；基本预备费占比 1.96%，用于应对项目实施过程中的不确定因素。

3 屋顶分布式光伏项目可研阶段投资影响因素分析

(1) 建设规模与场地条件：河南华电新乡项目依托 14 个混凝土屋面、2 个彩钢瓦屋面及 1 个光伏车棚建设，总可利用面积 14691 平方米，最终确定直流侧容量 2.00859MW_p。场地条件方面，部分彩钢瓦屋面主钢架及檩条无法满足光伏敷设安全要求，需新增增加费用 25.5 万元，直接增加了投资成本；而混凝土屋面新增光伏荷载约 0.80kN/m²，无需额外大规模加固，投资相对可控。

(2) 设备选型：设备费用占项目总投资的 65.50%，设备选型直接影响投资总额及后续运营效益。该项目选用 710W_p 双面 N 型单晶硅光伏组件，组件效率 22.9%，按 0.73 元/W_p 计取费用；逆变器选用 20kW、30kW、40kW、50kW 四种规格组串式逆变器，单价分别为 2240 元/台、3360 元/台、4480 元/台、5600 元/台。若选用效率更低的组件或单价更高的逆变器，将直接提升设备购置费；反之，合理选用高效低成本设备，可有效控制投资。

(3) 设计方案：设计方案对投资的影响贯穿可研阶段全过程，主要体现在组件布置、集电线路敷设、施工组织等方面。该项目彩钢瓦屋面采用顺坡平铺布

置, 混凝土屋面采用 5° 或 15° 固定倾角布置, 光伏车棚采用钢支架顺坡平铺布置, 倾角均为 5° , 合理的布置方案降低了支架材料用量及施工难度; 集电线路优先采用厂内电缆沟敷设, 不具备条件时采用穿管直埋, 减少了额外土建施工费用。若设计方案不合理, 如组件布置间距过大导致屋顶利用率降低, 或集电线路路径过长增加电缆用量, 都会显著提升投资。

(4) 其他专项费用: 屋顶分布式光伏项目常涉及屋顶防水、加固、新增附属设施等专项费用, 此类费用不确定性较强, 是投资控制的难点。该项目计入充电桩设备材料费64.85万元、屋面防水费用39.08万元、新建光伏车棚费用58.75万元, 此类专项费用合计162.68万元, 占静态投资的20.47%, 对项目投资总量影响显著。

4 屋顶分布式光伏项目可研阶段投资控制措施

4.1 强化前期调研, 夯实投资控制基础

前期调研是可研阶段投资控制的前提, 需全面覆盖资源条件、场地条件、政策环境等核心要素。一是开展精准的太阳能资源评估, 该项目选用SolarGIS数据库作为评估依据, 确定场址代表年水平面总辐射量 $1345.5\text{kWh}/\text{m}^2$, 为合理确定建设规模提供数据支撑, 避免因资源评估偏差导致规模过大或过小, 影响投资效益。二是细化场地勘察, 委托专业机构出具屋顶承载力复核报告, 明确需加固的屋面范围及加固方案, 提前测算加固费用, 避免后期因场地条件不符导致投资追加; 同时全面梳理屋顶可利用面积、屋面形式等, 优化建设规模配置, 该项目通过精准勘察, 合理划分17个发电单元, 实现屋顶资源高效利用。三是深入调研政策环境, 明确项目备案、环评、接入系统等合规要求, 梳理相关扶持政策, 降低政策风险对投资的影响。

4.2 优化设备选型, 控制核心投资成本

(1) 优先选用高效低成本组件: 组件作为光伏系统的核心发电单元, 其效率与成本直接影响单位千瓦投资与长期发电效益。该项目经过多轮技术经济论证, 最终选用710Wp双面N型单晶硅组件, 该组件效率达22.9%, 相较于传统P型组件或低效单晶硅组件, 在相同屋顶安装面积约约束下, 可显著提升装机容量密度, 有效降低单位千瓦投资成本。同时, 结合集团集中采购政策优势, 提前与集采供应商沟通组件技术参数, 复核组件与逆变器、支架等其他设备的适配性, 避免因设备不兼容导致的额外改造费用, 进一步压缩组件采购环节的成本空间, 实现组件选型的经济性与适配性统一。

(2) 合理匹配逆变器规格: 逆变器作为光伏系统的核心转换设备, 其规格匹配度直接关系发电效率与投资浪费。该项目充分考虑不同安装区域(如消防车库、物资仓库、光伏车棚等)的装机容量差异, 针对性选用20kW-50kW多规格组串式逆变器, 通过差异化配置实现各区域发电单元的精准适配。最终配置的逆变器总容量达1.73MW, 实现1.161的合理容配比, 这一配比既能够充分发挥光伏组件的发电潜力, 避免因逆变器容量不足导致的发电损耗, 又有效规避了逆变器选型过大造成的设备闲置与投资浪费, 实现了发电效率与投资成本的平衡。

(3) 精准计取设备费用: 设备费用的精准计取是可研阶段投资估算准确性的核心保障, 需建立科学的价格测算体系。该项目摒弃单一询价模式, 重点参考近期同区域、同规模分布式光伏工程的设备成交价格水平, 结合当前市场材料价格波动趋势, 对逆变器、电缆、支架等核心设备进行价格核定。

4.3 深化设计优化, 降低全周期投资

(1) 优化组件布置方案: 组件布置方案需充分适配屋顶结构特征, 兼顾发电效率与材料节约。该项目针对不同屋面形式(混凝土屋面、彩钢瓦屋面、光伏车棚)的结构承载能力、采光条件差异, 制定差异化布置方案: 混凝土屋面采用 5° 或 15° 固定倾角, 既保证了充足的太阳辐照接收量, 又避免了倾角过大增加支架负荷; 彩钢瓦屋面及光伏车棚采用 5° 顺坡平铺方式, 完美贴合原有屋面坡度, 减少了支架改造工程量与材料用量。同时, 结合组件规格与逆变器参数, 合理确定16-20块组件为1个串联的组串配置, 有效降低了串联间的功率损耗, 提升了整个光伏系统的发电效率, 实现了布置合理性与效益最大化的统一。

(2) 优化集电线路设计: 集电线路作为光伏电能传输的核心通道, 其设计优化重点在于缩短路径、节约材料与保障稳定。该项目充分利用厂区现有电缆沟、道路等基础设施, 优先规划沿现有设施的集电线路路径, 大幅缩短了线路长度, 有效控制了电缆采购费用与敷设施工费用。同时, 明确了严格的交流电缆截面选择标准, 通过精准测算线路传输损耗, 确保直流电压降落不大于2%、交流电压降落不大于3%, 在保障光伏系统电能传输稳定、减少功率损耗的前提下, 避免了因电缆截面过大导致材料浪费, 实现了线路设计的经济性与可靠性平衡。

(3) 优化土建工程设计: 土建工程设计优化聚焦于支架结构、附属设施等关键环节, 兼顾安全性、耐

久性与经济性。支架设计严格参照《建筑结构荷载规范》《光伏支架结构设计规程》等相关规范要求，采用热镀锌钢结构及阳极氧化铝合金材料，这两种材料具备优异的防腐性能，能够适应厂区户外复杂环境，显著延长支架使用寿命，降低后期维护更换成本。对于检修通道、屋面护栏、水清洗系统等附属设施，摒弃过度追求高标准的设计理念，结合项目实际运维需求与屋顶空间条件进行合理设计，在满足安全运维基本要求的前提下，最大限度减少材料用量与施工成本，避免了过度设计造成的投资浪费。

4.4 精细化概算编制，提升投资估算准确性

概算编制是可研阶段投资控制的核心环节，需严格遵循编制原则，精准计取各项费用。一是明确编制依据，该项目参考光伏发电工程设计概算编制规定及费用标准，采用2025年7月价格水平年，确保概算编制的规范性。二是细化专项费用计取，针对屋顶加固、防水、光伏车棚新建等专项工程，结合实际方案精准测算费用，该项目详细计取加固费25.5万元、防水费39.08万元等专项费用，避免遗漏或多计。三是合理计提预备费，根据项目规模及风险程度，计提15.58万元基本预备费，占静态投资的1.96%，既保证应对不确定因素的资金需求，又避免预备费计提过高导致投资虚高。四是加强概算审核，组织专家对概算编制依据、费用计取、价格水平等进行全面审核，确保概算准确合理。

4.5 开展敏感性分析，强化投资风险管控

通过敏感性分析，识别影响项目投资效益的核心因素，制定针对性风险管控措施。该项目针对静态投资、发电量、电价等核心因素，开展±5%、±10%波动下的敏感性分析，结果详见表2。

表2 敏感性分析结果

变化因素	变化率(%)	资本金内部收益率(%)
基准值	-	8.57
投资额	-10	11.04
	-5	9.76
	5	7.49

参考文献:

[1] 孙军歌,周云.新型电力市场下分布式光伏投资策略研究[J].河南电力,2025,(S2):11-14.
 [2] 孙勇,陈昀昀.屋顶分布式光伏项目投资评价探究——基于TRWL项目投资案例[J].财务管理研究,2024,(07):38-43.
 [3] 崔英男,庞勇.屋顶分布式光伏示范模式探索[J].农村电工,2025,33(12):31.

	10	6.54
年均发电量(或电价)	-10	6.23
	-5	7.41
	5	9.85
	10	11.10

由表2可知，发电量和电价的波动对项目收益影响最为显著，投资额波动次之。基于此，可研阶段需制定针对性风险管控措施：一是加强发电量测算精准性，通过多渠道验证太阳能资源数据，优化系统效率测算参数；二是密切关注电价政策变化，提前与相关部门沟通，明确电价标准及调整机制；三是持续优化建设方案，控制加固工程、光伏车棚等专项费用，降低投资额波动风险。

5 案例效果分析

河南华电新乡公司厂区1.73MW分布式光伏项目通过上述投资控制措施，可研阶段静态投资控制在794.63万元，单位千瓦静态投资3956.13元/kWp，低于行业平均水平。从经济效益来看，按平均电价0.3779元/kWh、年均利用小时数998.36h计算，项目资本金内部收益率达8.57%，高于集团公司预期收益水平。

从风险控制来看，通过前期精准勘察和设计优化，明确了屋顶加固范围及费用，避免了后期追加投资；通过敏感性分析识别了核心风险因素，制定了针对性管控措施，提升了项目投资的稳定性。该项目可研阶段投资控制措施的有效实施，为项目后续实施阶段的投资管控奠定了坚实基础，也为同类屋顶分布式光伏项目提供了可借鉴的实践经验。

6 结论

屋顶分布式光伏项目可研阶段投资控制是提升项目经济效益、降低投资风险的关键。实践表明，通过上述措施可有效控制项目投资，提升投资估算准确性，保障项目收益水平。在屋顶分布式光伏项目可研阶段投资控制中，还应进一步加强数字化技术应用，通过BIM技术优化设计方案、利用大数据精准测算投资参数，提升投资控制的精细化水平；同时持续关注政策变化及技术革新，及时优化设备选型和建设方案，实现项目投资效益最大化。