

Economic and Risk Balance Research on Centralized Procurement of Energy Storage Equipment under a Multi-Dimensional Evaluation System

Chuan Liu

China Huadian Logistics Co., Ltd., 100031

Abstract

With the rapid development of renewable energy, energy storage systems play a key role in the energy transition, and the centralized procurement model is gaining increasing attention. This study first analyzes the market status of energy storage equipment and the theoretical basis of centralized procurement, and then constructs an evaluation system covering four dimensions: economic, risk, technical, and environmental. After analyzing the economics of centralized procurement of energy storage equipment, we focus on identifying market risk, technical risk, and policy risk, and establish corresponding risk assessment models. Through case studies, we delve into the successful experiences of China Huadian and the failure lessons of SunEdison in the United States, extracting effective management strategies and lessons learned. Finally, the study presents policy recommendations for governments and enterprises, and looks forward to future research directions, hoping to provide theoretical foundations and practical guidance for promoting the sustainable development of the energy storage industry.

Keywords: *Energy Storage Equipment; Centralized Procurement; Multi-Dimensional Evaluation System; Market Risk; Technical Risk; Policy Risk*

多维度评价体系下储能设备集中采购经济性与风险性平衡研究

刘川

中国华电集团物资有限公司，100031

摘要: 随着可再生能源的迅速发展，储能系统在能源转型中扮演着关键角色，而集中采购模式越来越受到重视。本研究首先分析了储能设备的市场现状和集中采购的理论基础，随后构建了涵盖经济性、风险性、技术性和环境性四个维度的评价体系。在对储能设备集中采购的经济性进行分析后，我们重点识别了市场风险、技术风险和政策风险，建立了相应的风险评估模型。通过案例研究，我们深入剖析了中国华电的成功经验与美国 SunEdison 的失败教训，从中提炼出有效的管理策略与教训。最后，研究提出了针对政府和企业的政策建议，并展望了未来研究方向，期待能够为推动储能行业的可持续发展提供理论依据与实践指导。

关键词: 储能设备；集中采购；多维度评价体系，市场风险，技术风险，政策风险

1 引言

随着全球能源结构的快速转型，清洁能源的使用正在逐步推广，储能设备作为连接可再生能源与传统电网的重要纽带，其重要性愈发凸显。储能设备不仅可以平衡不稳定的电力供应，确保电力系统的稳定运行，

还能在促进可再生能源的大规模应用中发挥关键作用。根据国际可再生能源机构（IRENA）的数据显示，截至 2023 年，全球储能市场容量已达到超过 230 吉瓦（GW），其中锂电池储能系统占据了主要市场份额，显示出迅猛的增长势头^[1]。

在储能设备的采购模式中，集中采购逐渐成为一种有效的方式，其通过集中需求、降低采购成本、提高议价能力，使得不同规模的用户能够更经济地获取高质量的储能设备。同时，集中采购还可以通过标准化设备和技术要求来推动产业链的整合与技术创新，提升整体市场的竞争力^[2]。例如，中国华电集团在 2020 年开展了多个大型储能项目，采用了集中采购的方式，从比亚迪采购了核心储能设备，规模可达数百兆瓦，极大地提升了电网的调节能力和可再生能源的消纳能力。在国家政策的支持下，中国华电积极推动“一带一路”沿线国家的储能项目，在多个项目中实施了集中招标，通过规模化采购有效降低了设备成本，提升了经济效益。在 2021 年，华电在某些领域首次实现了储能与电力市场的有效对接，成功推广平价上网的试点示范。

然而，在储能设备的集中采购过程中，经济性与风险性之间的平衡却常常成为需要关注的挑战。集中采购虽然可以降低成本，但同时也将采购风险集中于少数几家供应商，增加了市场波动、技术不成熟以及政策变动等风险。这种情形对投资者和政策制定者提出了更高的要求，迫使他们在制定采购策略时必须综合考虑成本效益与潜在风险。因此，本研究旨在构建一个多维度评价体系，以全面分析储能设备集中采购的经济性与风险性，通过明确评价维度与指标，结合定量与定性的方法，帮助决策者在制定采购策略时有效平衡成本与风险，从而为推动储能市场的可持续发展及政策制定提供理论支持和实用建议。

2 文献综述

2.1 储能设备的市场发展现状

储能设备在当今能源转型中扮演着至关重要的角色。随着可再生能源的快速扩张，储能技术的发展也呈现出快速增长的趋势。回顾全球储能市场的发展趋势及其面临的技术挑战，锂离子电池因其高能量密度和逐渐降低的成本已成为市场的主要参与者^[3]。同时，政策驱动因素，例如各国政府对储能技术的金融激励和政策支持，推动了储能市场的快速增长。

国际能源署（IEA）发布的《全球能源储存报告 2023》进一步支持了这一观点，指出 2022 年全球储能市场容量增长了 50%^[4]。这一增长主要得益于电动车的普及和可再生能源发电成本的降低。该报告强调，储能技术在电力调度、需求响应和电网稳定性方面的日益重要性，也显示了各国在政策和投资环境上对未来市场发展的影响。

2.2 集中采购的理论与实践

在储能设备的采购策略中，集中采购逐渐获得关注，从而实现规模效应和成本降低。Voss & Voss 对能源部门的采购策略进行了综述，集中采购被认为是降低交易成本、提高效率和促进技术创新的重要手段。作者通过分析不同能源项目的采购案例，强调适应性合同及供应商关系管理在集中采购过程中的重要性^[5]。Maier & Stöcker 进一步探讨了可再生能源领域中的集体采购，展示了其带来的机遇与挑战。研究表明，集体采购能够提升采购效率和降低市场价格，但也面临协调不同利益相关者需求和技术标准化的挑战。该文通过德国和法国的成功案例，强调了政策支持和有效市场机制对推动集中采购的重要性^[6]。

2.3 风险管理 with 经济性评价的相关研究

在储能设备集中采购过程中，有效的风险管理和经济性评价至关重要。宋永强等提出了一种新颖的风险评估方法，专注于储能系统的经济性和技术风险^[7]。通过结合定量与定性评估方法，研究构建了多种风险因素模型，验证了该评估模型的有效性。结果表明，科学的风险管理策略能够显著降低项目失败的概率，提高投资回报率。此外，权朝明等研究了电池储能系统的多种经济评价技术，包括净现值法、内部收益率法和生

命周期成本分析等。文献详细分析了不同评价方法的优缺点，并通过案例研究展示了如何选择适合具体市场条件的评价方法。作者建议，在经济性评价时，应充分考虑市场环境和政策因素的影响，以确保评价结果的准确性^[8]。

3 多维度评价体系构建

3.1 评价维度的确定

在构建多维度评价体系时，首先需明确评价维度，以确保系统全面且有效地反映储能设备集中采购的经济性与风险性。本研究选定的评价维度包括经济性、风险性、技术性和环境性四个重要方面。经济性维度主要评估设备采购及运营过程中的各项费用，包括直接成本（如设备采购、运输、安装和调试费用）以及间接成本（如管理费用和潜在的财务成本），这有助于决策者判断项目的整体财务可行性。风险性维度则关注集中采购过程中潜在的各种风险因素，如市场风险（电价波动及需求变化）、技术风险（设备故障及兼容性问题）和政策风险（政策变化对项目的影响），通过识别和评估这些风险，企业能够制定相应的管理策略。技术性维度注重储能设备的技术性能，包括能量密度、充放电效率和技术成熟度，以确保所选设备满足项目需求并具有市场竞争力。环境性维度则评估储能设备在应用过程中对环境的影响，主要考虑碳减排效果、资源利用效率以及设备的可回收性等指标，这为促进可持续发展目标的实现提供了依据。通过明晰这些维度，建立的评价体系能够全面涵盖影响储能设备采购决策的各个重要因素，为后续分析提供坚实基础。

3.2 评价指标的设定

在确定评价维度后，下一步是为每个维度制定明确的、可量化的评价指标，以实现在多维度评价体系中的有效评估。在经济性维度中，关键指标包括直接成本、间接成本和整体生命周期成本，这些指标不仅能够反映项目实施过程中的即时财务压力，还能评估长远的投资回报率（ROI），从而为决策者提供全面的经济视角。在风险性维度的评价指标中，应重点关注市场风险、技术风险和政策风险，借助量化模型对各类风险进行评估，从而帮助决策者预见潜在的风险并采取适当的应对措施。在技术性维度中，主要采用能量密度和充放电效率等绩效指标，并结合技术成熟度评估，确保选用的储能技术具备商业化应用的能力。环境性维度则应包括碳减排量、资源利用效率和设备可回收率等指标，以全面评估储能项目的生态效益。通过这些具体的评价指标，构建的多维度评价体系能够客观、系统地反映储能设备集中采购各方面的情况，为决策者提供科学的决策依据，进而在经济性与风险性之间实现良好的平衡。

4 储能设备集中采购的经济性分析

4.1 成本分析

在储能设备集中采购的经济性分析中，首先需要对成本进行全面的分析，其中包括直接成本与间接成本的合算，以及整体生命周期成本的评估。

直接成本是指在储能设备采购与安装过程中直接产生的费用，主要涵盖设备采购成本、运输费用、安装费用及调试费用。如购买锂离子电池储能系统时，其直接成本可能包括每千瓦时的设备价格、配套设施的建设费用以及设备运输到现场的物流费用。这些费用通常是明确和易于计算的，是进行资本预算的基础。

间接成本则包括与项目相关的其他费用，如项目管理费用、运营维护费用和潜在的财务成本。在项目实施过程中，管理团队的工资、项目临时设施的建设费用以及设备日常维护所需的费用都属于间接成本。这些成本可能较难量化，但对总体经济性影响显著。因此，合理识别和估算间接成本是确保采购决策有效性的关键因素。

此外，整体生命周期成本（Life Cycle Cost, LCC）评估是存储系统经济性分析中的重要环节。生命周期成本不仅关注初期投资，还涵盖设备的运营、维护、退役等全过程的费用。通过对设备从采购、使用到最终

拆除的全过程进行成本分析，能够更全面地了解其经济效益。像在一个锂离子电池储能项目中，除了初期的采购成本，项目还需要考虑在设备使用期间的能源损耗、维修、更换及最终拆除的成本。通过生命周期成本评估，决策者可以获得清晰的经济视角，帮助制定更加合理的财务预算与投资决策。

4.2 效益分析

在进行储能设备集中采购的经济性分析时，效益分析同样至关重要，内容主要包括经济收益评估和社会及环境效益的考虑。

经济收益评估指的是通过储能设备的投入使用，所带来的直接经济效益。这通常涉及对项目在有效容量、充放电频率以及市场电价波动情况下所带来的收益进行定量分析。通过对储能设备的投产收益、购电成本降低及峰谷电价差价的分析，决策者可以量化储能设备的收入。如将储能系统用于电网调节时，企业可以在电价低时购入电能，在电价高峰时放出电能，从而实现收益最大化。

社会效益涵盖在局部社会与经济中产生的积极影响，如改善电力供应可靠性、提升可再生能源的消纳率及促进地方经济发展等。随着储能技术的实现，可以帮助降低用电价格、提高能源使用效率，为最终用户创造直接的经济利益。同时，储能项目的实施能够在更大层面上促进可持续发展，减少对化石能源的依赖，降低温室气体的排放，为环境质量的提升做出贡献。

经过系统的效益分析，我们能够为储能设备集中采购提供更加全面的经济性评价。通过将成本与效益进行综合对比，可以清晰地识别出投资的吸引力以及在经济上是否具可行性，这对后续决策提供了重要依据。

5 储能设备集中采购的风险性分析

在储能设备集中采购的过程中，风险管理是确保项目成功与可持续发展的关键环节。本节将从风险类型的识别和风险评估模型的建立两个方面，深入探讨储能设备集中采购的风险性分析。

5.1 风险类型识别

在储能设备集中采购中，最重要的是识别与评估潜在的风险类型。市场风险是指由于市场价格波动、需求变动等因素，对储能项目的经济效益产生的影响。例如，电力市场的价格波动可能会影响储能设备的使用收益，使得投资回报率降低。此外，技术风险涉及设备的生产和使用过程，包括设备的可靠性、技术成熟度、以及新技术的兼容性问题。技术风险可能导致设备故障、性能不达标等，进而增加运营和维护成本。法律与政策风险则关乎政府法规和政策的变化，尤其是在储能市场尚处于快速发展的阶段，政策的不确定性可能影响项目的可行性与经济性。补贴政策的变化、环境法规的出台，都可能导致项目成本的上升。

5.2 风险评估模型建立

识别风险类型后，建立合适的风险评估模型是分析风险的重要步骤。本研究建议采用定量与定性相结合的方法，以全面评估储能设备集中采购过程中的各类风险。定性分析可通过专家访谈、文献研究等方式，识别出潜在的风险因素及其形成机制，从而为定量分析提供基础数据，而定量分析则通过构建数学模型，对识别出来的风险进行量化评估。通常可以使用故障树分析法（FTA）或风险矩阵法，将市场风险、技术风险和政策风险进行量化，并结合历史数据进行概率分析。此外，模拟与实证研究相结合的方法也能够有效提升风险评估的可靠性。通过构建情景模拟，预判不同市场和政策环境下的项目表现，决策者可以提前识别潜在的问题，并对项目的敏感性进行分析。这种综合性的风险评估模型，可以帮助企业制定更为有效的风险管理策略，降低在储能设备集中采购过程中的不确定性。

6 经济性与风险性平衡研究

在储能设备集中采购过程中，实现经济性与风险性的平衡至关重要。本节将深入探讨经济性与风险性之

间的关系，建立风险-收益评估框架，并通过案例研究分析成功与失败的实例，以为储能设备采购决策提供实用的参考依据。

6.1 风险-收益评估框架

建立风险-收益评估框架是分析储能设备集中采购中经济性与风险性平衡的关键步骤。该框架有助于决策者在制定战略时理清各项决策对项目经济收益和潜在风险的影响关系。

平衡点分析是这一框架的核心。通过确定经济收益与风险的相互关系，可以找出最佳投资水平。在项目初期，我们可以通过建立收益与风险矩阵，将不同的投资决策进行量化。在选择不同容量的储能系统时，可能需要评估每种选择所带来的成本、预计收益及其相关风险。构建一个二维图表，使得在不同的投资决策下，收益与风险的变化可以直观展示，这对于识别平衡点至关重要。分析的结果将帮助企业确定在哪个投资区间可以获得最佳的回报，同时保持风险处于可接受的范围内。

敏感性分析是评估框架中的另一个重要组成部分。通过识别影响项目经济性与风险性的关键变量（如电价、技术成本和政策支持），评估各个变量变动对项目的影响程度。比如，若电池储能技术的成本减少 10%，可能会显著提高项目的投资回报率，这表明该项目对技术成本敏感。因此，决策者在市场环境、政策法规或技术发展的变化下，能够及时调整战略，优化资源配置。

6.2 案例研究

(1) 成功案例：中国华电白洋淀抽水蓄能电站

华电集团在河北省白洋淀地区投资建设的抽水蓄能电站，是中国在储能技术集中采购与实施方面的成功示范。该项目总装机容量为 1200 兆瓦，由六台 200 兆瓦的机组组成，于 2019 年正式投入使用。华电采取集中采购模式，与多家知名设备制造商（如东电、三峡电机等）合作，采购高效率、高可靠性的抽水蓄能设备，从而降低了设备成本。项目实施过程中，华电集团通过以下几点成功实现经济性与风险性的平衡：

多元化供货商选择：华电在设备采购时，与多家供应商建立了战略合作伙伴关系。这一策略使得公司能在采购过程中进行竞争性谈判，有效降低了设备单价，并提高了设备的技术水平。

详细的风险评估：在项目启动前，华电集团对整个电站的市场前景、电力价格波动、政策风险等进行了全面的分析。公司定期评估市场需求和电价走势，通过大数据分析预测电力需求，以确保项目的盈利能力。

充分的政策支持：华电积极融入国家关于可再生能源的政策框架，参与了多项政府补贴申报。通过争取补贴与政策支持，华电降低了整体投资风险，同时也提高了项目的经济回报。

现代化运营管理体系：该项目在运营中采用了智能化管理系统，实时监控电力装置的运行状态，按照电网需求灵活调节发电。这种动态管理的方式，使得电 station 的发电效率和经济性大幅提升。

通过这些策略的实施，华电集团不仅确保了项目的成功运行，还实现了稳定的经济收益，成为抽水蓄能领域的标杆案例。

(2) 失败案例：美国“SunEdison”锂电池储能项目

SunEdison 是美国一家曾经颇具影响力的可再生能源公司，其锂电池储能项目的失败为我们提供了重要的警示。SunEdison 在 2015 年推出了一项涉及多个地点的锂电池储能项目，旨在利用电池技术来支持太阳能发电的平衡。然而，该项目面临多个风险因素，最终导致了其崩溃。

市场需求评估严重不足：SunEdison 未能准确把握市场对储能系统的真实需求，错误地预测了市场的快速增长。项目实施后，随着太阳能发电技术的进步，市场对其锂电池储能的需求未如预期增长，导致其收益大幅下滑。

单一供应商风险：该项目的成功依赖于一家单一的电池供应商，导致在遇到技术缺陷或供货延误时无法迅速找到替代方案。此举使得项目的整体进度受到严重影响，无法及时完成现场的安装和调试。

技术不成熟: SunEdison 所选用的锂电池技术相对滞后,其放电效率与充电速度远不及市场同类产品。最终导致在电力高需求时段无法有效供电,这直接影响了其盈利能力。

政策变化应对乏力:在其运营过程中,美国部分州的政策支持变化使得原有补贴减少, SunEdison 未能及时调整其商业模式,致使其盈利模式被打乱,降低了项目的财务可持续性。最终加上负债累累,公司于 2016 年申请破产,标志着这一项目宣告失败。

总结以上案例,华电的成功实践强调了多元化的供应链管理与市场敏感度的重要性,而 SunEdison 的失败则警示了市场需求预测和技术选择的风险。在储能设备集中采购中,企业需制定有效的风险管理策略,确保在应对市场变化时能够保持灵活性和适应性。

7 结论与建议

本研究通过对储能设备集中采购的经济性与风险性平衡进行深入分析,旨在帮助决策者全面理解和评估不同层面影响项目成功的因素。在评价过程中,我们明确了经济性维度、风险性维度、技术性与环境性维度的重要性,强调了合理的成本控制、风险识别和技术选择。在成功案例中,中国华电的抽水蓄能项目展示了通过多元化供应商、精准的市场评估及政策支持,如何有效提升项目的经济效益。而失败案例 SunEdison 则提醒我们,在快速变化的市场中,忽视需求预测和过度依赖单一供应商可能导致严重后果。因此,企业在储能设备集中采购中应以多维度的视角进行评估,制定灵活的应对策略,以实现经济效益的最大化和风险的有效控制。

基于本研究的发现,我们提出了一些政策建议。首先,政府应加强对储能技术的支持和补贴政策,降低企业的投资风险,并创造一个长期稳定的政策环境。这将增强投资者的信心,促进更多企业参与储能项目。其次,建议政府推动技术创新,通过政府与科研机构、企业之间的合作,实现资源的优化配置,进而推动储能技术的不断进步和成本的降低。同时,政府应致力于建立健全电力市场的机制,使储能设备能够灵活适应市场需求,促进合理定价。此外,鼓励行业协会及专业机构开展风险管理培训,以提高企业应对市场波动、技术风险和政策变化的能力,使其更好地适应该领域内的不确定性。

对于未来的研究方向,可以加强实证研究,特别是在不同国家和地区,对储能设备集中采购的实践与绩效进行深入分析,以验证和完善已有的理论框架。同时,建议对风险-收益评估模型进行持续优化,以反映储能技术与市场环境的快速变化。新兴技术如大数据分析与人工智能的应用,将有助于提升预测能力和模型的适应性。聚焦不同国家在储能设备集中采购过程中的成功经验与教训,可以提供多样化的管理策略与政策建议,为全球储能市场的有效发展提供有价值的借鉴。

参考文献

- [1] 《储能产业研究白皮书 2024》, <https://cn.solarbe.com/news/20240411/88086.html>.
- [2] 赵小颖,王耀球,崔晓迪.集规采购——供应链整合环境下的一种创新商业模式探索[J].全国商情,2009(1):42-44.
- [3] 锂离子电池应用占据主导地位[J].石油石化绿色低碳,2024,9(3):84-84.
- [4] International Energy Agency (IEA). Global Energy Storage Report 2023.
- [5] Voss, C., & Voss, G. Procurement Strategies in the Energy Sector: A Literature Review. Journal of Cleaner Production, 2020, 256, 120251.
- [6] Maier, M., & Stöcker, J. Collective Procurement in the Renewable Energy Sector: Opportunities and Challenges. Energy Policy, 2019, 134, 110866.
- [7] 宋永强,王杰,潘亮亮,金海川.一种新颖的电力系统级联故障风险评估方法设计[J].电网与清洁能源,2017,33(12):23-2736.
- [8] 权朝明,孟祥飞,李世斌,王冬冬,朱豪飞,成世杰.锂离子电池储能系统安全防控技术研究进展[J].电源技术,2025,49(1):26-35.