

抽水蓄能电站建设与区域电网调峰能力提升的耦合效应研究

赵志伟、张东昕

摘要：随着新能源大规模并网与区域电力负荷增长，区域电网调峰压力显著提升。抽水蓄能电站作为技术成熟、调节灵活的大容量储能设施，与区域电网调峰能力形成紧密耦合关联。本文立足二者核心需求，分析耦合内在机理，探究电站建设对调峰能力的提升路径，剖析耦合关键问题并提出优化策略，为二者协同发展提供理论与实践支撑。研究表明，二者耦合呈现双向互促特征，电站建设可有效平抑峰谷差、提升调峰效能，调峰需求升级则推动电站优化布局与技术提升，深度耦合是新型电力系统构建与能源低碳转型的重要支撑。

关键词：抽水蓄能电站；区域电网；调峰能力；耦合效应；协同发展

1 引言

我国能源结构转型加快，风电、光伏等新能源装机量持续攀升，其出力的间歇性、波动性叠加区域电力负荷“双峰”化发展，导致电网负荷峰谷差扩大，调峰能力不足问题凸显，影响电网安全稳定经济运行。抽水蓄能电站是目前技术最成熟、商业化最广泛的大容量储能方式，具备启停迅速、调节灵活等优势，可实现电能时空转移，在电网调峰中发挥关键作用，二者建设与调峰能力提升并非孤立，存在紧密的相互促进耦合关系。深入研究二者耦合效应，明确机理与提升路径，解决突出问题，对优化能源布局、提升调峰能力、推动新能源消纳具有重要现实与工程价值，本文聚焦二者耦合关系，系统分析机理、路径及问题，提出优化策略，支撑二者深度协同。

2 抽水蓄能电站与区域电网调峰的核心特征

2.1 抽水蓄能电站的核心特性与调峰优势

抽水蓄能电站由上下水库、输水系统、厂房、可逆式机组等组成，核心是实现电能与水势能的相互转换，完成电能储存与释放，负荷低谷时抽水储能，高峰时放水发

电，实现电能并网调节。其调峰优势显著：一是调节灵活，可逆式机组可快速切换工况，启停及爬坡速度快，能及时响应调峰指令；二是调节范围广，可灵活调整出力，有效平抑峰谷差；三是运行稳定，设备寿命长、综合效率高，可长期发挥调峰作用；四是环境友好，无污染物排放，契合低碳转型需求，兼顾生态与水资源利用。

2.2 区域电网调峰的核心需求与现存短板

区域电网调峰是通过调整电源出力或负荷，维持发电与用电平衡、保障供电质量的过程，核心需求包括平抑峰谷差、适配新能源波动、保障电网安全稳定运行。当前区域电网调峰存在明显短板：一是调峰电源结构不合理，过度依赖火电机组深度调峰，存在调节不灵活、污染增加等问题；二是新能源消纳压力大，出力波动导致调峰难度上升，弃风弃光现象仍有发生；三是调峰资源配置不均，抽水蓄能电站布局不合理，利用率偏低；四是协同机制不完善，各类调峰资源缺乏统筹，难以形成合力。

3 抽水蓄能电站建设与区域电网调峰能力提升的耦合机理

抽水蓄能电站建设与区域电网调峰能力二者耦合是通过相互作用形成“建设-需求-提升-优化”良性循环、实现协同发展的动态过程，核心是功能互补与需求匹配，体现在双向互促、协同适配两个层面。

3.1 抽水蓄能电站建设对区域电网调峰能力的支撑作用

电站建设是提升调峰能力的重要支撑：一是优化调峰电源结构，替代部分火电机组调峰任务，降低能耗与污染，提升调峰经济性与环保性；二是平抑峰谷差，通过储能释能循环，缩小负荷波动，提升电网负荷率；三是提升响应能力，快速应对负荷变化与新能源波动，维持电网频率稳定；四是助力新能源消纳，吸收低谷多余出力，扩大消纳空间，提升电网接纳能力。

3.2 区域电网调峰需求对抽水蓄能电站建设的推动作用

调峰需求升级是电站建设优化的核心动力：一是推动布局优化，倒逼电站向负荷

中心、新能源富集区布局，实现调峰能力与需求的空间匹配；二是推动技术升级，促使机组、控制系统等优化，满足电网精细化调峰需求；三是推动规模扩容，应对调峰需求增长，提升总调节容量，实现总量匹配。

3.3 耦合协同的核心逻辑

抽水蓄能电站建设与区域电网调峰能力二者耦合核心逻辑是“需求牵引、供给支撑、双向适配、协同共赢”，调峰需求决定电站布局、规模与技术标准，电站建设则补齐调峰短板、提升电网运行质量。深度耦合可优化调峰资源配置，提升能源利用效率、降低运行成本，保障电网稳定，推动新能源消纳与结构转型，形成良性循环，实现多效益协同共赢。

4 耦合过程中的关键问题及优化策略

4.1 布局耦合不均衡问题及优化策略

当前部分区域电站布局与调峰需求匹配度低，负荷中心、新能源富集区电站建设滞后，调峰资源供给不足，调峰压力集中于火电机组；部分区域电站规模过大，导致资源闲置、资金浪费，且区域间协同布局不足，跨区域调峰能力薄弱，资源配置效率偏低。针对该问题，需加强科学规划实现耦合空间均衡：一是开展调峰需求评估，精准测算各区域需求特征，为布局提供依据；二是优化布局方案，优先在负荷中心、新能源富集区布局，合理确定规模，避免资源闲置或供给不足；三是加强区域协同，推动电站联网运行，构建跨区域调峰体系，优化资源配置。

4.2 技术耦合水平不足问题及优化策略

技术耦合不足制约耦合效能发挥，部分电站机组技术落后，无法满足精细化调峰需求；电网调度智能化水平低，难以实现各类电源高效协同调度；数据共享机制不完善，运行、负荷等数据无法实时互通，影响调度科学性与精准性。对此，需以技术创新提升耦合技术水平：一是加快电站技术升级，推广高效可逆式机组与智能控制系统；二是推进电网调度智能化，构建协同调度平台，优化出力分配；三是完善数据共享机制，建立协同监测平台，强化数据支撑；加大研发投入，突破技术瓶颈，提升调

节效能。

4.3 协同机制不健全问题及优化策略

协同机制不完善缺乏制度保障，统筹协调机制不健全，各方权责不清，存在推诿现象；调度机制不合理，方案缺乏灵活性，无法及时适配负荷与新能源波动；激励约束机制不完善，补偿标准不合理、评价监督缺失，影响耦合质量与参与积极性。针对该问题，需健全协同机制保障耦合良性运行：一是健全统筹协调机制，明确各方职责，协同解决突出问题；二是优化调度协同机制，建立灵活高效的联合调度机制，提升调峰效率；三是完善激励约束机制，科学制定补偿标准，建立耦合效果评价体系，倒逼耦合质量提升，为深度耦合提供制度保障。

5 结论

抽水蓄能电站建设与区域电网调峰能力二者存在紧密双向互促耦合关系，深度耦合是解决调峰难题、推动新能源消纳与低碳转型的重要支撑。抽水蓄能电站可优化调峰结构、平抑峰谷差、提升响应能力，调峰需求则推动电站布局、技术与规模优化，形成“需求牵引、供给支撑”的耦合逻辑；当前二者耦合存在布局不均、技术水平不高、协同机制不健全等问题，通过针对性优化策略，可推动二者深度耦合，提升电网调峰能力与运行质量，实现多效益共赢。

参考文献

- [1] 刘洋,黄牧涛,史彬.考虑源网荷欠均衡和联络线耦合的特高压电网抽水蓄能跨省柔性调度研究[J].水电能源科学,2025,43(12):209-213
- [2] 张伊宁,吴伟杰,邓雪原,李逸欣,郑敏嘉,左郑敏.“双碳”背景下“下库结合”抽水蓄能电站开发模式研究[J].水利发展研究,2024,24(4):92-96