

# 抽水蓄能电站与新能源发电的协同运行研究

张景辉, 姚浩晨, 王祖飞

(河南天池抽水蓄能有限公司, 河南 南阳 473000)

**摘要** 随着新能源发电的快速发展, 如何提高其消纳能力和电网供电可靠性成为关键问题。抽水蓄能电站与新能源发电的协同运行, 能够有效提升新能源发电的消纳能力, 辅助新能源发电的调峰功能, 并提高电网的供电可靠性。通过峰谷电价调节模式、负荷跟随模式和风光发电并网优先模式等协同运行模式, 可以实现新能源与抽水蓄能电站的高效配合。同时, 电力市场机制的完善、调度控制系统的优化以及新型储能技术的应用等技术与管理创新, 为抽水蓄能电站与新能源发电的协同运行提供了有力支撑, 促进了能源结构的优化和电力系统的稳定运行。

**关键词** 抽水蓄能电站; 新能源发电; 协同运行

中图分类号: TM61

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)10-0004-03

在全球能源转型和应对气候变化的大背景下, 新能源发电因其清洁、可再生的特点而得到快速发展。然而, 新能源发电的间歇性和不稳定性给电网的稳定运行带来了挑战。抽水蓄能电站作为一种成熟的大规模储能技术, 在提高新能源发电的消纳能力、辅助调峰以及提升电网供电可靠性方面具有独特优势。因此, 研究抽水蓄能电站与新能源发电的协同运行模式及其技术与管理创新, 对于促进新能源的高效利用和电力系统的稳定运行具有重要意义。

## 1 抽水蓄能电站与新能源发电的协同运行优势

### 1.1 提高新能源发电的消纳能力

抽水蓄能电站和新能源发电协同运行对于提升新能源发电消纳能力有显著优势。新能源发电, 如风电和光伏发电, 具有明显的间歇性和不稳定性, 受到自然条件的影响较大, 通常在电力需求较低的时段(如深夜)发电量较大, 而在需求高峰期(如白天)发电量不足。抽水蓄能电站可利用电力需求低谷期的富余电力进行抽水和抽高蓄水; 并在用电高峰时, 又把贮存的水放水以达到调节与平衡用电。抽水蓄能电站快速响应能力强, 可在新能源发电剧烈波动时快速启停, 平滑电力输出波动并缓解电网调度压力。同时通过对抽水蓄能电站进行调整, 能够更加有效地对新能源发电资源进行利用, 降低了弃风、弃光等问题, 增加了新能源发电利用率以及经济效益<sup>[1]</sup>。

### 1.2 辅助新能源发电的调峰功能

风电、光伏等新能源发电受自然条件的影响显著, 其电力输出通常具有不稳定性, 很难准确匹配电力需

求。电力需求低谷期新能源发电有过剩的趋势, 高峰期则有紧缺的趋势。抽水蓄能电站利用储能和调峰等特点, 利用低谷期过剩的电力抽水蓄能, 并把电能转换成势能存储于上水库; 高峰时段通过放掉上水库用水发电来弥补电力需求不足和调峰功能。该工艺能有效地缓解电力供应不稳定, 降低新能源发电弃电率而且显著提高电网整体运行效率。抽水蓄能电站启动速度快, 调节速度快, 能在短期内对电力需求变化做出反应, 可为电力调度提供灵活支持, 以适应电网动态负荷要求。同时, 抽水蓄能电站协助新能源发电调峰时也可提供频率调节及备用服务以加强电网稳定可靠运行。抽水蓄能电站与新能源发电协同作用, 既能增强电力系统调峰能力, 又能推动新能源高效利用及可持续发展。

### 1.3 提高电网的供电可靠性

抽水蓄能电站配合新能源发电可显著提高电网供电可靠性和确保电力系统平稳运行。风电、光伏等新能源发电波动性大、不确定性强, 容易受气象条件影响而造成电力供应不稳定。抽水蓄能电站具有响应快、容量大、储能能力强等优点, 能够在新能源发电波动或者供电不充分情况下快速启用所存储水资源发电以弥补电力缺口并保障电网持续供电。抽水蓄能电站对电力负荷有调节作用, 能在电力需求高峰期将存储的水能放出发电以缓解电力紧张状况, 低谷期通过抽水储能来平衡电力供需。该流程在增强电力系统调节能力的同时, 也降低了电网由于供需失衡可能发生停电的风险<sup>[2]</sup>。另外, 抽水蓄能电站可提供备用电源, 在电网出现故障或者突发事件时能快速启动并提供应急

电力支持以提高电网抗风险能力。抽水蓄能电站与新能源发电协同工作,可有效平衡电力系统波动,促进电网稳定可靠。

## 2 抽水蓄能电站与新能源发电的协同运行模式

### 2.1 峰谷电价调节模式

抽水蓄能电站与新能源发电协同运行的峰谷电价调节模式,充分利用电力市场的价格机制,提高能源利用效率和经济效益。峰谷电价指电力市场中,根据电力供需关系在不同时段制定的电价。一般来说,电力需求高峰期(如白天和傍晚)电价较高,而需求低谷期(如深夜)电价较低。抽水蓄能电站在这一模式下,通过在电价低谷期利用低廉的电力进行抽水,将电能转化为势能储存在上水库中;在电价高峰期,通过释放储存的水资源进行发电,将势能转化为电能,实现电力的转移和储存。在此过程中,抽水蓄能电站不仅能够平衡电力供需,缓解电网负荷,还能通过在高价时段发电、低价时段抽水的方式获得经济收益。在新能源发电的参与下,这一模式的优势更为显著。风电和光伏发电具有显著的间歇性和波动性,发电量常常与电力需求不匹配。通过峰谷电价调节模式,抽水蓄能电站可以在风电和光伏发电量较大、但需求不足的低谷期,将多余的电力用于抽水储能,避免弃风、弃光现象,提升新能源发电的利用率<sup>[3]</sup>。在需求高峰期,抽水蓄能电站释放储存的水资源发电,补充电力不足,稳定电网运行。

### 2.2 抽水蓄能电站负荷跟随模式

抽水蓄能电站负荷跟随模式就是抽水蓄能电站依据电力系统负荷实时变化情况灵活调整其运行状态来适应电网动态需要。该模型充分利用抽水蓄能电站启动速度快、调节能力大等优点,有效地解决新能源发电间歇性、波动性大等特点。电力需求高峰时期抽水蓄能电站利用存储的水资源放流发电以补充缺电;当电力需求处于低谷期时,再将多余电力用于抽水和储能以迎接下一高峰期与新能源发电配合时负荷跟随模式尤为重要。风电、光伏发电受到气象条件的显著影响,电力输出具有不确定性。采用负荷跟随模式的抽水蓄能电站可以在新能源发电量骤增的情况下快速抽水储能以避免电力浪费;当新能源发电量不充足时及时进行发电量补充以保证电力供应稳定。另外,负荷跟随模式可提供频率调节及备用服务,以提高电网稳定性及可靠性。在具体运行时,抽水蓄能电站对电力系统负荷及新能源发电量变化进行实时监控,并利用先进

调度算法与控制技术对调度策略进行优化,以达到电力资源高效配置的目的。负荷跟随模式在提高抽水蓄能电站运行效率的同时,也有利于新能源发电高效利用,降低弃风、弃光程度,促进电力系统绿色转型与可持续发展。

### 2.3 风、光伏发电并网优先模式

风、光伏发电并网优先方式是电力系统对风电、光伏发电的优先消纳方式,抽水蓄能电站对该方式起到至关重要的调控作用,保证新能源发电得到充分利用,保证电网运行平稳。风电与光伏发电是可再生能源中非常重要的一部分,在具备环保、多能等优点的同时,也会出现间歇性与波动性等问题,这对电力系统稳定运行提出了挑战。风、光伏发电并网优先模式从政策与技术手段上保证了电力系统运行过程中风电与光伏发电的重点消纳,从而达到了绿色并网的发展目的。该模型中抽水蓄能电站利用风电、光伏发电产生的富余电能作为抽水储能的能源,并把电能转换为势能存储于上水库,以满足低谷期电力需求;当用电高峰期或者风光发电不充足时,将存储的水资源放掉发电以弥补缺电。在这一过程中,抽水蓄能电站在均衡电力供需的同时也提高风电、光伏发电利用率,降低弃风、弃光。另外,抽水蓄能电站还可以对新能源发电波动做出快速反应,并提供频率调节及备用服务以提高电网稳定性及可靠性。在具体实现上,风、光伏发电并网优先模式需完善政策支持与先进调度技术。采取优先并网政策确保风电、光伏发电优先消纳;同时采用智能电网技术及先进调度算法对电力资源进行有效配置及实时调节。抽水蓄能电站作为该工艺中一种重要的调节手段,可以灵活地调节运行状态以满足电力系统负荷及风、光伏发电量动态变化的要求,保障电网顺利运行,充分利用新能源发电。

## 3 抽水蓄能电站与新能源发电协同运行中的技术与创新

### 3.1 电力市场机制的完善

目前,电力市场机制有待进一步完善,才能更好地支撑新能源发电与抽水蓄能协同发展。

一是需建立健全峰谷电价机制,以合理电价信号,引导电力生产与消费行为。电力需求低谷期电价偏低,鼓励抽水蓄能电站抽水蓄能;需求高峰期高昂的电价刺激了它放出水资源进行发电。这不但使电力供需趋于均衡,而且经济效益也有所提高。

二是引入市场化调度机制推动新能源发电优先消

纳。通过制定新能源发电优先调度规则来保证风电、光伏发电优先被市场消纳,以降低弃风、弃光问题,提高新能源的利用率。

三是大力推广容量市场机制以激励抽水蓄能电站备用容量的供应及调峰服务。电力紧张情况下抽水蓄能电站可快速供电,提高电网可靠性。与此同时,健全电力市场机制也应该包括建立健全辅助服务市场<sup>[4]</sup>。抽水蓄能电站承担着调频、调压及紧急备用辅助服务功能,以市场化手段对电站进行合理经济补偿,以激励电站参与辅助服务,促进电网运行质量与稳定。

### 3.2 调度控制系统的优化

在抽水蓄能电站与新能源发电的协同运行中,调度控制系统的优化是确保系统高效、稳定运行的关键环节。优化调度控制系统需要引入先进的预测技术,通过对新能源发电量和电力负荷的准确预测,制定科学合理的调度计划。现代气象预测技术和大数据分析工具可以提供精确的风电、光伏发电预测数据,结合电力需求的历史数据和趋势分析,提升调度计划的准确性。调度控制系统的优化需要实现智能化和自动化。通过建设智能电网,采用物联网技术和人工智能算法,实时监测和分析电力系统的运行状态,实现自动化的调度决策和控制。智能调度系统能够根据实时的电力负荷和新能源发电情况,动态调整抽水蓄能电站的运行模式,优化电力资源的配置,提高系统的运行效率。调度控制系统的优化还需要加强与电力市场的联动。通过建立电力市场与调度系统的接口,实现市场价格信号和调度指令的实时传递。市场价格信号能够反映电力供需的实时变化,指导抽水蓄能电站的运行策略,使其在市场中获得最佳的经济效益。同时,调度系统根据市场价格信号,合理安排发电和储能计划,平衡电力供需,稳定电网运行。在技术方面,调度控制系统的优化还包括分布式能源管理系统的引入和应用。分布式能源管理系统能够整合风电、光伏发电、抽水蓄能和其他分布式能源,统一调度和管理,提升整体的能源利用效率和系统的稳定性。通过分布式能源管理系统,能够实现对各类能源的协调优化,最大限度地发挥各类能源的优势。

### 3.3 新型储能技术的应用

在抽水蓄能电站与新能源发电协同运行中,新型储能技术的应用是提升系统效率和灵活性的关键。当前,随着科技的进步,储能技术不断创新,除了传统的抽水蓄能外,锂离子电池、钠硫电池、液流电池、超级电容器等新型储能技术逐渐成熟,并在实际应用

中展现出巨大的潜力。锂离子电池因其高能量密度、长循环寿命和快速响应能力,成为新型储能技术的代表。在与新能源发电协同运行中,锂离子电池可以在电力需求低谷期储存多余的电力,在高峰期释放电能,平衡电力供需。此外,锂离子电池还能提供频率调节和电压支持,增强电网的稳定性。钠硫电池和液流电池因其大容量储能和长时储能能力,适用于大规模的能源存储和调度。钠硫电池具有高能量密度和较长的使用寿命,适合长时间、大规模的储能需求。液流电池则具有能量与功率独立调节的特点,能够灵活应对不同的储能需求,特别适用于风电和光伏发电的调节与平衡。超级电容器作为一种快速响应的储能技术,具有高功率密度和长循环寿命的优势。在新能源发电中,超级电容器可以迅速响应电力波动,提供瞬时电能支持,提升系统的稳定性和可靠性<sup>[5]</sup>。其高效的充放电特性,使其在频率调节和紧急备用方面表现出色。

## 4 结束语

抽水蓄能电站与新能源发电的协同运行,不仅能够有效提升新能源发电的消纳能力,还能辅助新能源发电的调峰功能,提高电网的供电可靠性。通过实施峰谷电价调节模式,负荷跟随模式和风、光伏发电并网优先模式等协同运行模式,结合电力市场机制的完善、调度控制系统的优化和新型储能技术的应用等技术与管理创新,可以进一步优化能源结构,提高电力系统的运行效率和稳定性。未来,随着技术的不断进步和政策的支持,抽水蓄能电站与新能源发电的协同运行将为构建绿色、低碳、安全、高效的能源体系发挥更加重要的作用。

## 参考文献:

- [1] 姜洪,常玉红,衣传宝,等.基于NSGA-II串行模式搜索的新能源发电与抽水蓄能电站联合系统多时间尺度优化调度方法[J].太阳能学报,2024,45(04):434-441.
- [2] 胡学东,吴来群,袁玉,等.抽水蓄能与风电、光伏联合发电系统容量配置研究[J].人民长江,2024,55(04):244-251.
- [3] 秦健.探析抽水蓄能电站与新能源发电的结合运营[J].水电与抽水蓄能,2023,09(04):106-108.
- [4] 冯晨,常高松,陶湘明,等.含混合式抽水蓄能电站的水光蓄日内互补运行研究[J].水电能源科学,2024(08):173-177.
- [5] 刘军,李凌阳,吴梦凯,等.分布式抽水蓄能电站与新能源发电联合参与现货市场的两阶段优化运行策略[J].浙江电力,2023,42(02):50-58.