

新能源发电预测与储能调度策略的协同优化

崔嘉琦

华电山西能源销售有限公司 山西 太原 030000

摘要：本文聚焦于新能源发电预测与储能调度策略的协同优化问题。随着新能源大规模接入电网，其间歇性和波动性给电网稳定运行带来严峻挑战。通过深入探讨新能源发电预测与储能调度策略之间的协同关系，构建协同优化框架，并提出具体实现路径，旨在提高新能源消纳率、增强电网稳定性。研究表明，协同优化能显著提升电网运行效益。

关键词：新能源发电预测；储能调度策略；协同优化；电网稳定性

1 引言

在全球能源转型的大背景下，新能源发电如风电、光伏发电等发展迅猛。然而，新能源发电的间歇性和波动性使得电网的供需平衡难以维持，给电网的安全稳定运行带来了巨大挑战。储能系统作为一种灵活的电力调节资源，能够有效平抑新能源发电的波动，提高电网的稳定性和可靠性。而新能源发电预测则为储能调度策略的制定提供了重要依据。因此，实现新能源发电预测与储能调度策略的协同优化具有重要的现实意义。

2 新能源发电预测与储能调度策略的基础理论

2.1 新能源发电预测

新能源发电预测方法主要分为物理模型法、统计模型法和人工智能方法。

2.1.1 物理模型法

基于大气物理学原理，考虑地形、地貌、气象条件（如风速、风向、光照强度、温度、湿度等）等多种因素对发电功率的影响。例如，在风电预测中，通过建立风电机组的气动模型、风速-功率转换模型等，结合数值天气预报数据，预测风电机组的发电功率。但该方法计算复杂度高，需要大量的计算资源和专业的气象、物理知识，且对模型的精度和输入数据的准确性要求较高。

2.1.2 统计模型法

通过对历史发电数据、气象数据等进行分析，建立统计模型来预测新能源发电功率。常见的方法有时间序列分析、回归分析等。例如，采用自回归移动平均模型（ARMA）对光伏发电功率进行预测，根据历史功率数据的时间序列特征，预测未来的发电功率。该方法简单易行，但精度有限，对数据的平稳性和线性关系假设较强，难以适应新能源发电的复杂非线性特性。

2.1.3 人工智能方法

如人工神经网络、深度学习等，具有强大的非线性拟合能力。以深度学习中的长短期记忆网络（LSTM）为

例，它能够处理序列数据中的长期依赖关系，通过对大量历史数据的学习，自动提取数据中的特征和规律，从而实现新能源发电功率的准确预测。目前，人工智能方法在新能源发电预测中得到了广泛应用，但面临着数据质量不高（如数据缺失、异常值等）、模型泛化能力不足（在不同气象条件和场景下预测精度下降）和实时性较差（模型训练和预测时间较长）等问题。

2.2 储能调度策略

储能调度策略分为静态调度和动态调度。①静态调度：在系统启动时或特定事件触发时进行资源分配，根据预先设定的规则和目标，确定储能系统的充放电计划。例如，根据电网的峰谷电价时段，制定储能系统在低谷时段充电、高峰时段放电的计划。静态调度简单易实现，但缺乏灵活性，无法适应电网的实时变化。②动态调度：根据实时负载和需求动态调整资源分配，通过实时监测电网的运行状态、新能源发电功率、储能系统的电量状态等信息，采用优化算法实时调整储能系统的充放电功率。例如，当电网频率下降时，储能系统快速放电，提供频率支撑；当新能源发电功率过剩时，储能系统及时充电，避免弃风、弃光。动态调度能够提高储能系统的利用率和经济性，但对调度算法的实时性和准确性要求较高^[1]。储能调度策略存在储能模型刻画不准确、多目标优化困难和实时性要求高等挑战。储能系统的充放电过程受到电池特性、温度、老化等多种因素的影响，准确刻画储能模型较为困难。同时，储能调度需要考虑多个目标，如提高新能源消纳率、减小电网负荷波动、降低储能系统运行成本等，这些目标之间往往存在冲突，难以同时实现最优。此外，电网的运行状态实时变化，储能调度策略需要及时响应，对实时性要求极高。

3 新能源发电预测与储能调度策略协同的必要性

3.1 提高新能源消纳率

新能源发电的间歇性和波动性导致部分电能无法被

电网有效消纳。例如，在风电大发时，如果电网无法及时消纳风电功率，就会出现弃风现象。通过新能源发电预测，可以提前了解新能源的出力情况，储能系统则可以根据预测结果进行合理的充放电操作。在新能源发电过剩时，储能系统储存电能；在发电不足时，储能系统释放电能，从而平滑新能源发电的波动，提高新能源的消纳率。

3.2 增强电网稳定性

新能源发电的波动会引起电网频率和电压的波动，影响电网的稳定运行。例如，当光伏发电功率突然下降时，电网频率可能会降低。储能系统具有快速响应的能力，能够根据电网的实时需求进行充放电调节。当电网频率下降时，储能系统迅速放电，增加电网的有功功率，提高电网频率；当电网电压波动时，储能系统可以通过无功补偿等方式，稳定电网电压，减少电网负荷的波动，增强电网的安全稳定性。

3.3 降低运行成本

合理的储能调度策略可以优化储能系统的充放电过程，减少储能系统的充放电次数，延长储能系统的使用寿命，降低储能系统的运行成本。同时，提高新能源消纳率可以减少传统能源的发电成本。例如，当新能源发电能够满足部分电网负荷需求时，就可以减少火电机组的发电量，降低煤炭等传统能源的消耗，从而降低电网的运行成本。

4 新能源发电预测与储能调度策略协同优化的关键点

4.1 数据共享与融合

新能源发电预测和储能调度策略都需要大量的数据支持。新能源发电预测需要气象数据（如风速、光照强度、温度等）、电站运行数据（如发电功率、设备状态等）；储能调度策略需要储能系统状态数据（如电量、充放电功率、电池温度等）、电网负荷数据（如实时负荷、负荷预测等）。实现数据共享与融合，可以让双方获取更全面的信息，提高预测精度和调度策略的合理性^[2]。例如，将新能源发电预测的气象数据与储能系统的电量状态数据相结合，可以更准确地制定储能调度计划。当预测到未来一段时间内风速较大，风电发电功率将增加时，结合储能系统当前的电量情况，如果电量充足，可以适当减少储能系统的充电功率；如果电量不足，则可以增加充电功率，以更好地消纳风电。

4.2 模型耦合与交互

将新能源发电预测模型与储能调度模型进行耦合与交互，是实现协同优化的关键。新能源发电预测模型可

以为储能调度模型提供新能源出力的预测值，储能调度模型则可以根据预测值制定储能系统的充放电计划，并将储能系统的反馈信息传递给新能源发电预测模型，用于修正预测结果。例如，采用迭代优化的方法，不断更新新能源发电预测值和储能调度策略。初始时，新能源发电预测模型根据历史数据和气象预报给出新能源发电功率的预测值，储能调度模型根据该预测值制定储能系统的充放电计划。然后，将储能系统的实际充放电情况和电网的实际运行状态反馈给新能源发电预测模型，预测模型根据反馈信息调整预测参数，重新进行预测。如此反复迭代，直到达到最优状态。

4.3 多目标协同优化

新能源发电预测与储能调度策略的协同优化需要考虑多个目标，如提高新能源消纳率、减小发电计划偏差、增强电网安全稳定性、降低运行成本等。这些目标之间往往存在冲突，需要采用多目标优化算法进行权衡。例如，采用多目标遗传算法，在多个目标之间进行寻优。该算法通过模拟生物进化过程，在解空间中进行搜索，找到一组帕累托最优解。决策者可以根据实际需求，从这些解中选择最合适的方案。例如，在电网负荷高峰期，可能更注重增强电网安全稳定性，此时可以选择储能系统充放电功率调整较大、对电网支撑作用较强的方案；而在电网负荷低谷期，可能更注重降低运行成本，此时可以选择储能系统充放电功率较小、运行成本较低的方案。

4.4 实时反馈与调整

电网的运行状态是实时变化的，新能源发电出力和电网负荷也会随时发生变化。因此，需要建立实时反馈与调整机制，根据电网的实时数据对新能源发电预测结果和储能调度策略进行及时调整。例如，通过实时监测电网频率、电压、新能源发电功率、储能系统电量状态等参数，当发现新能源发电出力或电网负荷发生较大变化时，及时调整储能系统的充放电功率^[3]。如果实时监测到风电功率突然下降，电网频率降低，储能系统应立即增加放电功率，为电网提供频率支撑；如果光伏发电功率突然增加，而电网负荷需求较小，储能系统应增加充电功率，消纳多余的光伏电能。

5 协同优化的实现路径

5.1 技术层面

5.1.1 先进预测技术的应用

利用深度学习、强化学习等先进的人工智能技术，提高新能源发电预测的精度和实时性。例如，采用基于卷积神经网络（CNN）和长短期记忆网络（LSTM）的

组合模型，对新能源发电功率进行预测。CNN 可以自动提取气象数据中的空间特征，如风速、光照强度的空间分布；LSTM 则可以处理时间序列数据中的长期依赖关系，挖掘发电功率随时间的变化规律。通过这种组合模型，充分挖掘数据中的时空特征，提高预测精度。

5.1.2 智能调度算法的开发

开发智能的储能调度算法，如模型预测控制（MPC）算法、粒子群优化（PSO）算法等，实现储能调度策略的实时优化。MPC 算法根据系统的预测模型和优化目标，在每个采样时刻求解一个有限时域内的优化问题，得到当前时刻的最优控制策略。PSO 算法则通过模拟鸟群觅食行为，在解空间中进行搜索，找到最优解^[4]。这些算法能够根据电网的实时需求和储能系统的状态，快速做出最优的充放电决策。

5.1.3 大数据与云计算平台的搭建

搭建大数据与云计算平台，对新能源发电数据、储能系统数据、电网运行数据等进行存储、处理和分析。利用云计算的强大计算能力，加速预测模型和调度算法的训练和优化过程，提高协同优化的效率。例如，通过云计算平台，可以并行处理大量的数据，快速训练深度学习模型；同时，云计算平台还可以提供弹性的计算资源，根据实际需求动态调整计算能力，降低成本。

5.2 管理层面

5.2.1 完善标准与规范

制定和完善新能源发电预测和储能调度策略协同优化的相关标准和规范，明确协同优化的目标、流程和要求。例如，规定新能源发电预测的数据格式、精度要求，储能调度策略的制定原则和方法等。通过标准和规范的制定，确保各方在协同优化过程中有章可循，提高协同优化的效果和效率。

5.2.2 加强协调与沟通

建立新能源发电企业、储能运营商、电网企业之间的协调与沟通机制，加强各方之间的信息共享和合作。例如，定期召开协调会议，共同商讨协同优化方案的制定和实施，解决协同过程中出现的问题。同时，建立信息共享平台，实现数据的实时共享和交互，提高协同优化的响应速度。

5.2.3 人才培养与引进

加强新能源发电预测和储能调度策略协同优化领域的人才培养和引进，提高相关人员的专业素质和业务能力。例如，开展专业培训课程，培养既懂新能源发电技术又懂储能调度策略的复合型人才；引进国内外优秀的专业人才，为协同优化工作提供智力支持。

结语

新能源发电预测与储能调度策略的协同优化是提高新能源消纳率、增强电网稳定性、降低运行成本的有效手段。通过数据共享与融合、模型耦合与交互、多目标协同优化和实时反馈与调整等关键点，以及技术层面和管理层面的实现路径，可以实现新能源发电预测与储能调度策略的高效协同。实际案例表明，协同优化能够显著提高电网的运行效益。未来，新能源发电预测与储能调度策略的协同优化将面临更多的机遇和挑战。随着新能源发电技术的不断发展和储能成本的进一步降低，新能源发电与储能的联合应用将更加广泛。未来的研究方向可以包括：进一步提高新能源发电预测的精度和实时性，开发更加智能、高效的储能调度算法，加强新能源发电、储能与电网之间的深度融合，实现更大范围、更高层次的协同优化。同时，还需要完善相关的政策和市场机制，为新能源发电预测与储能调度策略的协同优化提供更好的发展环境。例如，制定鼓励新能源发电与储能联合应用的政策，建立合理的电价机制，引导储能系统的合理投资和运营。

参考文献

- [1]曹婧,王瑞.智能电网中新能源发电的预测与调度优化研究[J].张江科技评论,2024,(07):108-110.
- [2]陈立炯.风力发电预测和新能源电网调控技术研究[D].北京邮电大学,2024.
- [3]黄和金.面向新能源领域的智能电网发电预测与调度管理方法研究[D].电子科技大学,2023.
- [4]马嫣,史洁,高捷,等.基于大数据新能源发电预测的电力系统调度方法[C]//中国环境科学学会.2020中国环境科学学会科学技术年会论文集(第四卷).山东省计量科学研究院;济南大学,2020:67-75.