

新型电力系统中新能源消纳能力评估与提升措施分析

徐文杰

大唐（内蒙古）能源开发有限公司乌兰察布新能源事业部 内蒙古 乌兰察布 012000

摘 要：双碳目标推进背景下，国内风电、光伏装机规模持续扩容，高比例新能源并网给新型电力系统稳定运行与电量消纳带来显著压力，弃风弃光问题仍制约清洁能源高效利用。本文立足新型电力系统运行特征，梳理新能源消纳相关理论，从电源、电网、负荷、储能维度识别消纳关键影响因素。文章构建多维度消纳能力评估指标体系与适配性评估模型，精准定位系统消纳短板。结合现场运行实际，从源网荷储及市场机制层面提出针对性提升策略，可为区域新能源消纳优化、电力系统低碳安全转型提供实操参考。

关键词：新型电力系统；新能源；消纳能力；指标体系；提升措施

引言：当前国内电力系统正向新能源主体化、运行智能化转型，新能源发电的间歇性、波动性特征，与传统电网稳态运行模式存在固有矛盾。电力网架配置不合理、电源调节能力有限、源荷匹配度偏低、储能配套不足等问题，持续影响新能源消纳质量。为有效破解高比例新能源并网消纳难题，提升清洁能源资源利用率，亟需建立科学的消纳评估体系，系统梳理制约消纳的核心诱因。本文围绕新型电力系统消纳能力评估与优化提升展开研究，为电力系统调度运行与新能源规划建设提供理论支撑。

1 新型电力系统与新能源消纳相关理论基础

1.1 新型电力系统核心内涵、特征

新型电力系统是以新能源为主体，适配双碳目标建设的现代化电力系统，区别于传统以火电为核心的供电体系。其核心内涵是通过电源、电网、负荷、储能的协同优化，实现电力生产、传输、消费全环节的低碳化、智能化与安全化。相较于传统电力系统，该系统具备鲜明的差异化特征，整体呈现源网荷储高度耦合的运行形态。电源侧以风电、光伏等清洁能源为主要发电主体，逐步替代传统化石能源机组；电网侧依托智能调度、高压输电技术实现资源大范围优化配置；负荷侧由传统刚性负荷向可调节柔性负荷转变，整体适配新能源发电的运行规律。

1.2 新能源消纳的核心概念、评价维度

新能源消纳是指电网系统通过调度调控、负荷匹配、储能调节等多种方式，全额吸纳并网新能源发电量，避免弃风、弃光现象的电力运行过程，是衡量新能源利用效率的核心指标。其评价维度主要分为三个层面，一是电量消纳维度，以新能源消纳率、弃电率为核心量化指标，直观反映新能源电量利用水平；二是运行

适配维度，考量新能源并网后电网的电压、频率稳定状态；三是资源配置维度，评估跨区域输电、源荷匹配的资源优化利用效果。

1.3 新型电力系统下新能源消纳的适配逻辑

传统电力系统适配稳定可控的火电出力模式，无法适配新能源波动出力特性，新型电力系统重构了新能源消纳的适配逻辑。其核心思路是打破传统源随荷动的运行模式，构建源网荷储协同互动的新型运行机制。通过电源侧灵活性改造、电网侧通道扩容、负荷侧柔性调控、储能侧削峰填谷，全方位匹配新能源的波动出力特点，从单一依赖电网消纳，转变为多主体协同消纳，以此提升新能源并网规模与利用效率，保障电力系统低碳转型与安全稳定运行协同推进^[1]。

2 新能源消纳能力的关键影响因素识别

结合新型电力系统运行特征，新能源消纳水平由电源、电网、负荷、储能四大核心环节共同制约，各维度影响机制相互关联、协同作用，是影响系统消纳能力的关键因素，具体如下：（1）电源侧因素。风电、光伏出力受气象条件制约，具备显著的间歇性与波动性，风电存在昼夜、季节出力差异，光伏仅日间出力，极端天气下出力波动剧烈。新能源可控性较差、出力预测误差较高，同时火电、水电等常规电源调峰深度有限，备用容量配置模式刚性，难以适配新能源大幅波动的出力特性，源侧功率匹配不足，压缩了系统新能源消纳空间。

（2）电网侧因素。电网网架布局与输电通道容量决定新能源就地消纳与跨区输送能力。新能源富集地区普遍网架结构薄弱、外送通道容量不足，富余清洁能源难以外送消纳。（3）负荷侧因素。区域用电峰谷差偏大、负荷时序分布固化，源荷错配问题突出。当前用户侧柔性资源开发不足，可调可控负荷占比偏低，负荷响应速度无

法匹配新能源出力动态变化,难以通过负荷侧调节平抑发电波动,大幅缩减系统有效消纳裕度。(4)储能因素。不同储能技术的响应速度、使用寿命与配置容量存在差异,直接影响系统移峰填谷与波动平抑效果。现阶段储能建设成本较高、规模化配置不足,且充放电调度策略精细化程度偏低,难以有效对冲新能源出力波动,储能对新能源消纳的支撑作用未能充分释放^[2]。

3 新能源消纳能力评估指标体系构建

3.1 评估指标体系构建原则与思路

新型电力系统下新能源消纳能力评估需立足系统运行实际,结合源、网、荷、储协同运行特征,建立科学、客观、可落地的指标体系,规避传统单一电量指标评估的片面性。本次指标体系构建遵循四项核心原则,全面适配新能源消纳评估需求。(1)系统性原则,指标覆盖电源、电网、负荷、储能四大核心环节,兼顾静态运行参数与动态波动特征,实现对消纳能力的全方位覆盖。(2)客观性原则,全部选取可量化、可监测、可统计的实操性指标,依托电网运行数据、场站并网数据开展评估,规避主观定性判断。(3)针对性原则,聚焦新能源间歇性、波动性出力特点,重点适配风光并网后的系统平衡、输送承载、负荷匹配等核心痛点。(4)实用性原则,指标计算方式简洁清晰,贴合电力调度、电网运维的实际工作场景,适配区域电力系统常态化评估工作。整体构建思路以新型电力系统运行逻辑为核心,先梳理消纳影响因素,再筛选核心量化指标,通过标准化赋值与权重计算,搭建多维度综合评估体系,实现消纳能力的精准量化。

3.2 多维度评估指标选取

结合新能源消纳的核心影响要素,从四大维度筛选核心评估指标,贴合实际并网运行场景,构建多层级评估框架。(1)电源调节维度,选取新能源出力波动率、机组调峰深度、备用容量裕度、风光出力预测准确率四项核心指标,反映传统电源与新能源机组的协同调节水平,体现源侧出力稳定能力。(2)电网承载维度,选取区域输电通道利用率、网架结构冗余度、电压稳定裕度、潮流承载能力指标,衡量电网输送、并网承载与故障适配能力,反映电网对新能源电力的输送容纳上限。(3)负荷适配维度,选取系统负荷峰谷差、柔性负荷占比、负荷响应速率、源荷匹配度指标,量化用户侧负荷对新能源波动出力的适配水平。(4)储能支撑维度,选取储能装机配比、储能充放电响应速度、储能容量利用率、波动平抑覆盖率指标,客观体现储能系统对新能源出力波动的适配与缓冲水平。

3.3 新型电力系统适配性评估模型搭建

基于筛选完成的量化指标,搭建适配新型电力系统运行特征的新能源消纳能力综合评估模型。模型整体采用多层级综合评价架构,分为目标层、准则层与指标层,目标层为区域新能源综合消纳能力,准则层包含源、网、荷、储四大评估维度,指标层为各项细分量化指标。模型运算流程以标准化指标数据为基础,先完成各指标数据的无量纲化处理,消除不同指标量纲差异,再结合既定权重完成分层加权计算,最终得出区域新能源消纳综合评分。同时,模型融入新能源出力波动扰动因子,区别于传统稳态评估模型,可适配新型电力系统高比例新能源并网的动态运行场景,能够精准识别系统消纳短板,为后续制定针对性消纳提升措施提供量化支撑^[3]。

4 新型电力系统下新能源消纳能力提升关键措施

4.1 电网侧:优化网架结构,提升跨区输送与调度能力

电网是新能源电力输送与消纳的核心载体,针对新能源富集地区网架薄弱、外送通道受限、调度精细化程度不足等问题,从网架改造、通道建设、智能调度三方面开展优化升级。(1)优化区域电网网架布局,结合新能源场站分布特征,补齐偏远新能源基地的配网短板,升级老旧输电线路与变电设备,消除局部电网供电瓶颈,提升区域电网接纳分布式风电、光伏的能力,解决新能源就地消纳受限问题。(2)推进跨区域、跨省份输电通道扩容建设,依托特高压交直流输电网络,打通新能源富集区与负荷中心的电力输送通道,实现清洁能源大范围资源优化配置,化解局部地区新能源电量冗余、弃风弃光突出的问题。(3)升级电网智能调度体系,依托大数据、物联网技术搭建全域调度平台,实时采集新能源出力、电网潮流、负荷运行数据,精准预判出力波动,动态优化电网潮流分布,提升电压、频率的动态调控精度。

4.2 电源侧:推进传统电源灵活性改造,优化新能源并网配比

传统电源调峰能力不足、新能源并网布局不合理,是制约系统消纳能力的核心源侧问题,需通过机组改造与并网结构优化,提升电源系统灵活调节潜力。(1)开展常规火电灵活性改造,针对存量燃煤、燃气机组,通过升级燃烧系统、优化机组启停策略、放宽最小技术出力限制等方式,提升机组深度调峰能力,降低机组稳态运行负荷下限,适配新能源大幅波动的出力特性,为新能源并网腾出更多电量空间。(2)优化水电、燃气等可

调电源调度方式,充分挖掘清洁能源调峰优势,根据风光出力变化动态调整水电启停与发电负荷,形成多类型电源互补运行模式,平抑系统整体出力波动。(3)科学规划新能源并网配比,结合区域电网承载能力、电源调节容量,合理把控风电、光伏装机增速与布局,避免单一新能源过度集中并网,统筹集中式与分布式新能源开发节奏,实现新能源装机规模与系统调节能力、电网输送能力动态匹配。

4.3 负荷侧:深化需求响应,培育柔性负荷消纳场景

当前电力负荷刚性较强、源荷时序错配问题突出,通过挖掘用户侧柔性资源,可有效适配新能源出力波动,提升系统主动消纳水平。(1)拓展工业柔性负荷调节空间,针对高耗能、可间断生产工业用户,建立负荷可调机制,引导企业在新能源大发、电力冗余时段提升生产负荷,在新能源出力低谷时段缩减用电负荷,依托工业大负荷实现电量就地消纳。(2)完善居民与商业柔性负荷调控体系,推广智能电表、智能温控设备、储能家电等终端设施,整合楼宇空调、充电桩、照明系统等可调负荷,通过分时用电引导,适配日间光伏大发、夜间风电出力的用电特征。(3)搭建全域需求响应资源聚合平台,整合分散化、小型化柔性负荷资源,实现负荷资源统一调控、统一调度,形成规模化负荷调节能力,弥补新能源出力波动带来的系统功率缺口,缩小电网峰谷差。

4.4 储能侧:完善储能配置体系,强化波动平抑能力

储能是平抑新能源波动、实现电量时空转移的核心支撑,针对当前储能装机不足、配置不合理、调度利用率低等问题,系统化完善储能配套体系。(1)优化储能分层配置模式,在新能源基地配套建设大容量集中式储能,承担削峰填谷、出力平抑任务;在配网侧布局中小型分布式储能,解决局部区域新能源消纳压力;在用户侧配置便携储能设备,适配小型分布式新能源并网场景,构建源网荷多场景储能体系。(2)优化储能调度运行策略,结合新能源出力预测数据,制定精细化充放电方案,新能源大发时段储能充电储电,出力不足时段放电补能,实现新能源电量错峰消纳,减少弃电现象。

(3)推进多元储能协同应用,结合电化学储能、抽水蓄能、压缩空气储能的技术优势,互补适配不同调节场景,提升储能系统整体响应速度与运行稳定性,增强系统对高比例新能源的承载能力^[4]。

4.5 机制侧:健全市场化交易与消纳保障机制

完善的市场机制是激活各主体消纳积极性、优化新能源资源配置的重要保障,通过市场化手段破解消纳壁垒。(1)完善新能源电力市场化交易体系,扩大新能源直接交易、跨省跨区交易规模,放宽新能源市场交易主体准入,推动新能源电力优先消纳、优先输送,打破区域电力壁垒。(2)建立新能源消纳差异化考核机制,结合不同区域电网承载能力、资源禀赋,制定分层消纳考核标准,倒逼电网、发电、用电各主体落实消纳责任。(3)健全辅助服务市场机制,优化调峰、调频、备用等辅助服务交易规则,提升火电灵活性改造、储能、需求响应等灵活资源的市场收益,充分调动各主体参与新能源消纳的主动性,构建市场化、可持续的新能源消纳运行体系。

结束语:本文完成新型电力系统下新能源消纳理论梳理、影响因素识别、评估体系搭建及优化措施研究,明确了源网荷储各环节对消纳水平的制约机制。研究构建的量化评估模型可精准识别区域消纳短板,提出的优化措施贴合电网运行与新能源并网实际场景。研究成果可有效改善源荷错配、输送受限、调节能力不足等现存问题,助力提升新能源全额消纳水平。

参考文献

- [1]王彦超,王斌,徐博.新型电力系统建设背景下县域清洁能源消纳技术与利用研究[J].科技与创新,2026,(5):148-150+153.
- [2]刘赫男.新型电力系统中风电消纳能力提升路径研究[J].现代工业工程,2026,(11):15-18.
- [3]王腾博,秦世耀,李湃,等.基于拉格朗日柔性动作-评价的新能源电力系统消纳评估方法[J].电网技术,2026,50(7):2838-2848+I0051-I0054.
- [4]徐勇.可再生能源接入新型电力系统的关键技术与消纳策略[J].光源与照明,2026,(3):169-171.