

# 从电网保障安全与负荷低谷消纳角度 分析抽水蓄能电站应用的影响

文/南京南瑞信息科技有限公司 汤宁 张玮

抽水蓄能电站是电网中一种具有灵活运行特性、储能特质和事故安全备用的特殊电源。开展抽水蓄能电站服务电网能力研究，能科学定位抽水蓄能电站在电网中的地位，提升抽水蓄能电站服务电网的能力，从而保障电网安全和灵活稳定运行。

## 抽水蓄能发展及未来发展需求

抽水蓄能于 1882 年在瑞士诞生以来，从 20 世纪 50 年代开始才形成规模化发展，主要经历了 20 世纪上半叶以蓄水为主要目的汛期蓄水，枯水期发电阶段；20 世纪 60~80 年代以配合核电站发展为目的黄金发展阶段，此时主要承担调峰与备用功能；20 世纪 90 年代~21 世纪初是抽水蓄能发展的成熟时期，此阶段涌现了燃气、石油能源，影响了抽水蓄能电站的发展，使其发展缓慢。

随着各国经济的发展，对能源的需求快速增长，能源的形式也呈现多样化发展，如风能、太阳能。但这些能源因受自然因素的影响，不可控性很大，一定程度上影响到经济的发展，此时抽水蓄能电站的规划建设又一次进入能源发展的战略规划中。IRENA 报告《电力储存与可再生能源：2030 年的成本与市场》中提出：“到 2030 年，抽水蓄能装机增长幅度为 40%~50%。”

目前我国抽水蓄能以自主发展为特点，经过几十年发展，中国的抽水蓄能电站 2020 年总装机容量达到 4 000 万 kW，预计 2025 年全国总装机容量约 9 000 万 kW。

抽水蓄能电站作为电网中的一种特殊电源，其发展

也面临着重大机遇和挑战。抽水蓄能电站开发建设和经营目前处于双高峰期。科学定位、合理规划，通过深化理论研究，抽水蓄能电站的本质功能和服务电网的科学监测评价体系，引领行业健康发展显得尤为重要，特别是针对提高电网负荷低谷消纳能力、保障电网安全具有重要的意义。

## 研究过程与分析方法

### 1. 研究过程

围绕国家电网公司下属的 15 家抽水蓄能电站开展系统深入的研究。收集电网侧和 15 家抽水蓄能电站侧数据开展分析工作。电网侧数据主要包括电网装机规模、网架结构及输变电系统、可再生能源、核电机组和特高压输电工程发展现状、电网电力电量情况以及电网运行状态分析大数据数据库；抽水蓄能电站侧数据主要包括抽水蓄能电站利用情况、设备可靠性相关数据及为电网提供动态效益统计数据、机组运行工况等状态变量的抽水蓄能机组运行状态分析大数据数据库。

利用数据挖掘技术，从海量数据中提取有效信息，运用关联分析方法建立机组运行特征数据集合与电网运行特征数据集合的映射关系，多角度、多层次地对抽水

蓄能机组服务电网的能力进行综合评估分析,最后利用可视化技术将抽水蓄能电站服务电网研究成果设计为监测展示模型,直观反映电站群服务电网能力的相关指标水平。

通过开展抽水蓄能电站服务电网能力研究,能科学定位抽水蓄能电站在电网中的地位,定量评估抽水蓄能电站为电网提供各项服务的水平,合理安排抽水蓄能调用方式及运行区间,提升抽水蓄能电站服务电网的能力,从而保障电网安全和灵活稳定运行。

## 2. 分析方法

基于多时间尺度和大数据方法构建抽水蓄能服务电网能力指标体系,充分利用收集到的海量大数据信息,需采用先进的数据分析挖掘技术进行数据挖掘,在大规模数据分析的基础上,重点进行抽水蓄能服务电网的功能化、流程化的横向、纵向比较,梳理出能够全部代表抽水蓄能电站服务电能能力的指标体系,然后利用大数据人工智能等技术进行监测模型构建。

### (1) 时间序列

时间序列挖掘就是在时间序列数据中挖掘频繁模式、演化规律等,并对未来的发展趋势进行预测。主要时间序列挖掘算法有自回归模型(AR)、滑动平均模型(MA)、自回归滑动平均模型(ARMA)和自回归积累滑动平均模型(ARIMA)等。

### (2) 线性回归

回归分析是试图从实际数据中寻找某种规律的方法。回归分析确立和分析某种响应变量(因变量)和重要因素(自变量)之间的函数关系。回归值代表任意一个条件期望值,在数据建模中,经常是给定条件变量下因变量的条件期望值。将预测属性视为自变量,预测目标视为因变量,则可使用回归技术进行预测。

### (3) 聚类算法

聚类分析是指将物理或抽象对象的集合分组成为由类似的对象组成的多个类的分析过程,建立宏观的概念,发现数据的分布模式,以及可能的数据属性之间的相互关系。

### (4) 关联规则

关联规则挖掘是指两个或两个以上变量的取值之间存在某种规律性。数据关联是数据库中存在的—类重要的、可被发现的知识。关联分为简单关联、时序关联

和因果关联。关联分析的目的是找出数据库中隐藏的关联网。

### (5) 决策树

决策树(DecisionTree)是在已知各种情况发生概率的基础上,通过构成决策树来求取净现值的期望值不小于零的概率,评价项目风险,判断其可行性的决策分析方法,是直观运用概率分析的一种图解法。

### (6) 层次分析法

层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)是将与决策有关的元素分解成目标、准则和方案等层次,在此基础上进行定性和定量分析的决策方法。

### (7) FAST/PAST 技术

应用大数据方式方法建立抽水蓄能电站的科学监测分析模型。通过采用 FAST 技术、PAST 技术及层次分析法,对抽水蓄能电站服务电网能力指标进行梳理,完成了涵盖电网侧和抽蓄侧的全面的、层次结构清晰的抽水蓄能电站服务电网能力指标及评价模型。

## 抽水蓄能电站应用的影响分析

### 1. 抽水蓄能电站的应用可以提高电网负荷低谷消纳能力

对抽水蓄能电站与风电出力分别进行时序分析和回归算法拟合发现,抽水蓄能电站出力与风电出力较为互补。抽水蓄能电站与风电散点分布成两个区域,抽水蓄能电站在抽水时,风电出力处于高位;抽水蓄能电站在发电时,风电出力处于低位。因此抽水蓄能电站抽水时段多为风电发电高峰时期,而抽水蓄能电站发电时段多为风电出力低谷时期。

通过对四季典型日的全网夜间抽水时段风光消纳情况分析发现,抽水蓄能电站集群在风电非富风期时,夜间集中抽水对风电消纳能力较强,但富风期时能力不足;同时各分电网的风电消纳情况与抽水蓄能消纳风电能力基本吻合,也论证了抽水蓄能电站在风电消纳中起到了重要作用,有效缓解了电网弃风压力。

### 2. 抽水蓄能电站的应用可以提高电网安全保障

随着我国特高压直流的建设运行,在送电端和受电端的电网安全有了更高的要求,抽水蓄能电站凭借

(下转第 18 页)

定的困难，影响工程的施工周期和成本。

### 3. 明确预防控制和现场控制两项工作的重点，提高监理的工作力度

监理人员是控制工程项目质量的关键环节，想要保证工程质量必须要配备专业水平高、整体素质强和管理经验多的监理人员，监理人员在监督、管理过程中应该明确预防控制和现场控制两项工作的重点。预防控制属于监理控制工作中的其中一项，能够充分地体现出监理人员是否具有对各种可能出现的问题的预见性能力，而现场控制工作是发现问题、总结问题和解决问题的重要环节，只有二者共同实施才能更好地将各种管理工作落实到位。同时应该将总承包商与监理的责任划分明确，梳理好两个主体的关系，使其最大程度发挥自身的作用。

### 4. 保证施工安排的合理性

涉及交叉施工的工程项目，应该首先确定好施工单位与分包商的施工顺序，合理安排施工计划，尽可能降低重新施工、破坏施工和反复施工的问题出现。尤其是在北方地区，气候原因可能会缩短可开展施工的时间，在必要时可以制定合理方案让两个单位同时进行施工，这不仅能够保证施工进度，还能够促进良性竞争，降低

因施工安排得不合理而投入的成本。如果需要多个施工单位共同开展施工，那么可以通过划分标段的形式来确定各个单位的工作范围，以免在后期遇到问题时互相推卸责任。

## 结束语

为能够更好地减少对环境的污染，并实现可再生能源的目的，风能成为目前备受瞩目的绿色能源之一，因其具有良好的发展前景愈发受到人们的重视，该能源的出现极大地弥补了能源短缺的弊端。我国在风电领域的研究时间比较短，因此存在经验缺乏、起步较晚等问题，随着时间的累计，在制造、开发建设和运营等方面的弊端愈发凸显，亟需采取措施加以改善，制定出既能够解决问题、又能够促进风电产业发展的有效途径。风电场集成线路工程范围涵盖建设 35 kW 单回或双回架空线路，施工和连接各箱式电箱，建设和连接发电机与 690 W 电缆等，有效分析风电场集电线路工程建设中遇到的各种常见和典型问题，不仅能够保证工程施工质量，更能够对约束风电工程 EPC 总承包起到积极作用。EA

(上接第 15 页)

快速灵活的起停机特性，在低频切泵、低频快速自启动和高频切机功能，成为各区域电网防范频率被破坏的重要组成部分。在电网的调峰填谷、调频调相、安全稳定运行和可靠供应方面，抽水蓄能电站在电网安全、稳定和经济运行方面发挥着重要的作用，同时也充分体现出抽水蓄能电站的经济效益、社会效益及环境效益等价值。

## 结束语

当前，从新能源外部环境来看，由于国家经济发展与城镇化进展需要，对电网的安全远距离运行以及电网质量的要求在不断提高；同时因为国家对雾霾的防治与能源结构的调整，大力发展清洁能源，即风电、核电的快速迅猛发展的同时，火电受到种种限制，原本火电的基荷功能可逐渐转为核电，调峰功能将逐渐转为其他灵活调峰电源承担；随着全国乃至全球储能技术的发展，特别是全钒液流电池技术作为

大型储能电站的新兴力量，其作用及地位日趋明显。

抽水蓄能电站具有机组起停速度快、适应性强和电能稳定等特点，能够适应电网负荷急剧增长或下降的状况。其快速转变的灵活性可弥补风力等新能源发电的随机性和不均匀性的缺陷，可突破电网规模对新能源容量的限制，为大力发展新能源创造条件。抽水蓄能电站也有利于促进核电大规模发展。核电适宜长期稳定带基荷运行，大规模发展核电将给以煤电为主的电力系统调峰带来极大压力。建设适当规模的抽水蓄能电站并与核电配合运行，可解决核电在基荷运行时的调峰问题，提高核电站的运行效益和安全性。

目前新一轮电力体制改革体现了新能源发展的理念，提出了如何提高新能源在能源消费中的比重、如何建立清洁能源发展新机制等问题。抽水蓄能电站应抓住这一轮改革的时机，参与并建立与清洁能源互利机制，特别是与风电、核电发电厂的效率互利机制试点工作。EA