

研究储能电站对电网相称性的影响

储能电站主要是指利用各种类型的储能方式构成的储能系统，其可有效实现需求侧管理，消除峰谷差，平滑负荷。通过调整储能电站的运行方式，对分布式电源送出的电能进行贮存或调节，并将分布式电源高质量的接入电网；也可利用储能电站系统电力充沛时贮存电能，在电力紧缺时释放电能，解决供需矛盾。

美国著名学者杰里米·里夫金首先提出了能源互联网的愿景，并引起了国内外的广泛关注。能源互联网在智能电网的基础上结合互联网技术，改变能源利用模式。里夫金认为，支持大规模分布式发电系统和分布式储能系统的接入是能源互联网最大的特点之一。传统电力系统“即发即用”的运行模式将会被“储能联产联供联用”的模式取代，而其中储能电站将是能源互联网最重要的技术之一。可以预见，目前电力系统“即发即用”的运行模式将会被“储能联产联供联用”的模式取代。

长期以来，电网的动态行为分析多是通过基于还原论的“仿真-建模-求解”方法实现，难以合理解释由小故障引发的大规模停电事故发生的内在机制。采用复杂网络理论，通过电网自身拓扑结构分析，以研究故障传播机理与临界动态行为，进而实现系统重构再设计与优化。

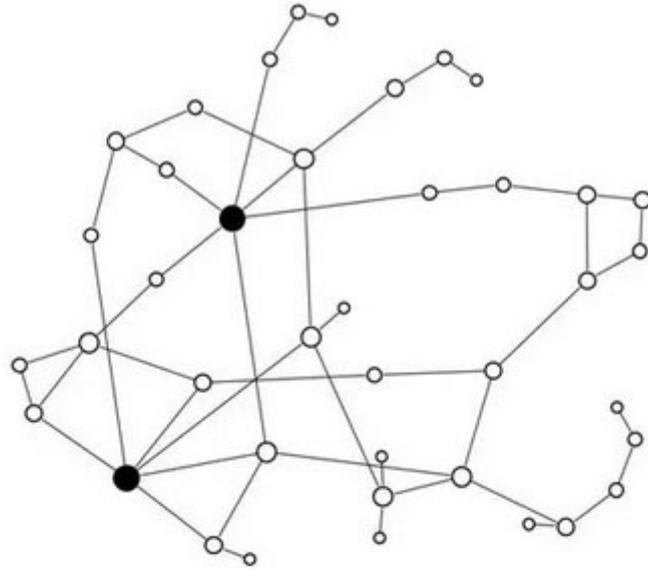
传统电力系统节点可分为发电型和受电型两大类，例如，发电站即为发电型节点，变电站则是受电型节点。但增加储能系统后，系统的拓扑结构和功能将相应改变，例如储能型变电站蓄能情况下可视为受电型节点，放电时又可视为发电型节点。

储能电站因其“发电-蓄电”的“角色转换”会对电网运行产生直接作用与影响，而电网拓扑结构也必然随之变化。其中，储能电站的“角色转换”对网络相称性的影响最为直接。相称混合性(Assortative Mixing) 又称相称性，是一种特殊的复杂网络拓扑结构特征。在网络中具有某种特征的一类节点倾向于同具有相同特征的节点连接则称其为相称(Assortativity)，如节点倾向于连接到相异特征的节点连接则称其为非相称(Disassortativity)。

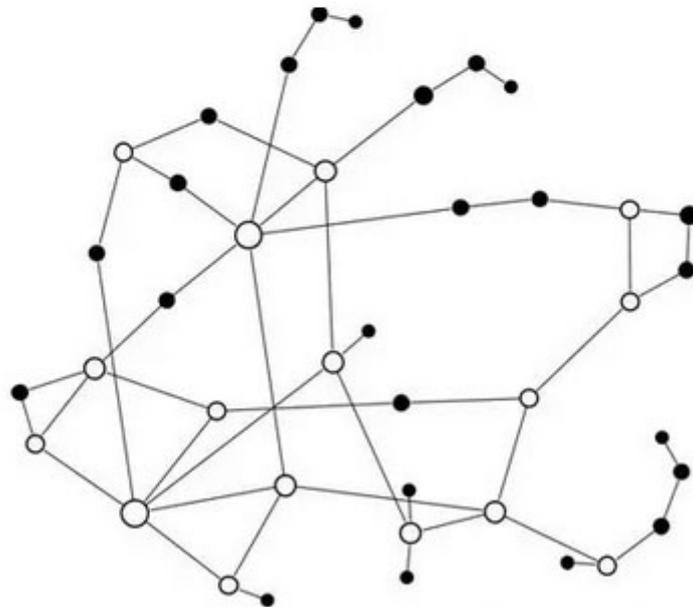
长期以来，学者们对储能电站的应用规划做了大量工作，建立了不同应用场合下不同储能方式的电站规划模型，这些模型多以评估经济收益为研究对象。此外，对于电网的小世界特征与无标度特征也已有深入研究。有研究表明，相称性的增大会使系统临界行为被逐渐破坏；节点重复崩溃发生率越频繁，崩溃规模越大。

基于上述分析，本文以典型电网相称性研究为基础，针对电网中接入储能电站后相称混合性的变化开展进一步研究，旨在找到造成相称性差异产生的内在机理，为研究智能电网拓扑结构的发展演化和电力系统的临界性行为等提供基础。

(a) 电网拓扑结构



(b) 接入储能电站的拓扑结构



●代表发型节点, ○为受电型节点

图2 储能电站的电网拓扑结构

结论

相称混合性是一种特殊网络拓扑结构特征，是影响网络自组织临界性行为重要因素之一，对研究电力系统的结构脆弱性、连锁故障的内在传播机制及相应的电网动态行为具有重要意义。

通过对不同结构电网g-l混合模式分析，发现拓扑结构与功能定位的不同造成电网非相称特征差异。设计了基于NW小世界网络的电网模型，对模型相称系数、特征路径长度和集聚系数的分布分析发现：小世界特征是造成某些结构非相称性更加显著的主要因素。

为研究储能电站不同接入方式对网络拓扑的影响，设计了基于随机方式和规则方式的储能电站接入模型。通过分析基于实际电网拓扑参数的相称系数变化规律发现随着储能节点不断地被接入网络，相称系数不断增大，即相称性增强。相称性的增强则使网络不同类型节点间的分布更加“不均匀”，使电网对连锁故障的抵御能力下降。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/82486.html>