

Strategic Significance of Smart Grid Construction in Yunnan*

Xuefeng Hu^{1,2#}, Xiangyu Tan³, Dada Wang³, Xianping Zhao³, Yajing Gao², Shengping Zhao^{1,2}, Lei Tian⁴

¹Workstation of North China Electric Power University and Yunnan Power Grid Company, Kunming

²North China Electric Power University, Baoding

³Power Research Institute of Yunnan Power Grid Company, Kunming

⁴Workstation of Kunming University of Science and Technology in Yunnan Power Grid Company, Kunming

Email: [#]tohuf.angle@163.com

Received: Apr. 15th, 2013; revised: May 8th, 2013; accepted: May 16th, 2013

Copyright © 2013 Xuefeng Hu et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: Smart grid is safer and more reliable than traditional grid, and it's more compatible for renewable energy generation, and smart grid is being in plan and construction all over the world. The development trend of power grid at home and abroad and many security problems that Yunnan Power Grid faces require Yunnan Power Grid to speed up the construction of smart grid. This article discusses the strategic significance of smart grid construction in Yunnan Power Grid in the five aspects, i.e. the energy development demand, the national macro policy and reform of the electricity management system requirements, optimization of power grid operation and management mode, the power grid security requirements and making Yunnan Power Grid achieve the leading position among all the power grids of China.

Keywords: Smart Grid; Yunnan Power Grid; Strategic Significance

云南建设智能电网的战略意义*

胡雪峰^{1,2#}, 谭向宇³, 王达达³, 赵现平³, 高亚静², 赵盛萍^{1,2}, 田雷⁴

¹华北电力大学云南电网公司研究生工作站, 昆明

²华北电力大学, 保定

³云南电网电力研究院, 昆明

⁴昆明理工大学云南电网公司研究生工作站, 昆明

Email: [#]tohuf.angle@163.com

收稿日期: 2013年4月15日; 修回日期: 2013年5月8日; 录用日期: 2013年5月16日

摘要: 智能电网比常规电网更加安全可靠, 可以更好地兼容可再生能源发电并网, 世界各地都在规划建设智能电网。国内外电网发展趋势及云南电网面临的众多安全问题都要求云南电网加快智能电网建设。本文从能源开发需求、国家宏观政策及电力体制改革要求、优化电网运行和管理模式、电网安全需要和实现在国内省网公司中的领先地位等五方面探讨了云南电网公司建设智能电网的战略意义。

关键词: 智能电网; 云南电网; 战略意义

1. 引言

自进入信息时代, 全球资源、环境压力不断增大,

能源需求不断增加, 电力市场化的进程不断深入, 用户对电能可靠性和质量的要求也在不断提升。电力行业正面临前所未有的挑战和机遇, 建设更加安全、可靠、环保、经济的电力系统已经成为全球电力行业的共同目标。智能电网具有自愈性、互动性、优化性、

*基金项目: 云南电网公司科技项目: 云南智能电网建设战略规划研究(K-YN2012-169)。

[#]通讯作者。

兼容性以及集成性等优点,可以实现电网安全稳定运行,降低大规模停电的风险,可以有效利用分布式电源,提高电网资产利用率,提高用户用电的效率、可靠性和电能质量^[1,2]。建设智能电网已成为国内外电网企业的共识,云南作为我国电力资源大省,要抓住“西南开放桥头堡建设”等历史机遇,紧紧围绕把云南打造成为国家重要的水电基地和清洁能源基地、西电东送和云电外送基地,积极从政策层面、技术层面探索、研究、实践符合云南电力自身发展需要的智能电网^[3,4]。

2. 云南建设智能电网是能源开发的需要

云南可再生能源资源丰富,电源建设正处于高速发展时期。截至2010年底,云南省总装机3604万kW,其中水电2435万kW、火电1133万kW,水电比重为67.6%。“十二五”期间,金沙江、澜沧江水电开发将继续保持高速增长,云南省预计会新增水电3400万kW,新增火电700万kW。2015年云南全省总装机将达到8100万kW,其中水电5800万kW、火电1800万kW,水电比重约为71.6%,新能源500万kW,比重约为6%。

云南火电装机比重较低,高比重的可再生能源发电使电网调度运行变得越来越困难。可再生能源发电接入电网后存在一系列的问题:一是受电源特性以及用电负荷特性影响,负荷低谷时段,在火电最小开机方式下,也可能出现电网无法承受突然增加的可再生能源出力的状况^[5];二是风力发电具有随机性、波动性、反调节性,大规模风电机组接入电网,给电网的调峰、调频带来困难,加大了电网运行方式安排难度,对电网安全稳定运行造成一定影响。三是目前投产的风电机组大多不能进行有功、无功调节,缺乏低电压穿越等电网安全运行需要的基本功能,也没有功率预测系统,给电网的安全稳定运行带来了一定威胁。四是小水电和风电多地处偏远且网架相对薄弱地区,用电负荷有限,调节手段和能力不足,在电量集中送出时,线路、变压器等电网设施经常出现过载,影响电网全稳定运行和供电可靠性。

在传统电网现有条件下,可再生能源发电的接入要受很多限制。智能电网可以友好兼容各种可再生能源,可再生能源面临的一系列难题正是智能电网需要解决的问题。从世界范围来看,建设智能电网是解决

既有传统的火电、水电、核电,又有各种可再生能源,如风电、太阳能光伏发电和太阳能热发电以及生物质能、海洋能等多种发电方式的最好方案^[6]。

“十二五”末,云南可再生能源发电量在全部发电量中所占的比重将接近80%,是名副其实的绿色电力大省。传统电网为了保证电网安全稳定无法消纳如此高比例的可再生能源,只有及时规划建设智能电网才能为云南可再生能源发电发展铺平道路。

3. 云南建设智能电网是顺应国家宏观政策及电力体制改革要求

“十二五”期间,国家制定了一系列低碳环保方面的宏观政策,加之电力体制改革逐渐深入,传统电网发展遇到了前所未有的挑战。智能电网以其特有的技术优势,能更好地适应当前国家宏观政策和电力体制改革的要求。

3.1. 国家宏观政策要求云南加速建设智能电网

全球气候变暖是当前人类社会所面临的巨大挑战之一。在我国,电力碳排放具有总量大、增速快的特点,电力行业CO₂排放量占总排放量的38.76%,单位发电量CO₂排放高达771 kg/(MW·h),远超发达国家与全球平均水平,这显示了我国电力行业在碳减排上的巨大压力与潜力。2009年哥本哈根气候变化大会召开前夕,中国政府做出了郑重承诺:到2020年,非化石能源占一次能源消费的比重达到15%左右;单位国内生产总值CO₂排放较2005年下40%~45%^[7]。

国家在积极发展低碳经济的同时,又推出了一系列跟电力发展息息相关的宏观政策:保护生态环境,实现能源与环境的协调发展、促进能源节约和高效利用、积极开发利用可再生能源资源、建立并实施节能、环保、经济的发电调度方式。这些宏观政策的出台对电网发展提出了新的挑战。

首先,各类低碳电源与低碳技术的并网运行将改变传统电力系统的运行方式。其次,各类低碳宏观政策与市场机制的引入将为电能的生产、传输与使用带来“碳成本”。最后,低碳经济增加了电力系统运行难度,亟需科学、高效的发电调度方式。

云南电网现阶段需要深入探讨低碳环境下电网环节的规划模式,将电网规划与各类低碳电源的发展

规划、并网条件、需求消纳与运行特征相结合，尽力为各类低碳能源的接入提供支撑，根据各种低碳技术的成本效益特性与技术成熟度，综合考虑政府政策和市场运作等风险，协调企业的短期效益与长期发展，制定最优的发展策略与规划方案。

在“十二五”期间，云南电网非化石能源装机比重将提高 10 个百分点，其中水电提高 4 个百分点，新能源装机提高 6 个百分点。“十二五”期间，非化石能源预计可发电约一万亿千瓦时，相应的可减少排放二氧化碳约 9000 万吨，非化石能源发电可为云南节约三亿多吨标准煤。可见，云南省积极支持国家发展清洁能源、建设低碳经济政策的实施，对实现国家“十二五”节能减排目标具有重要意义。

3.2. 电力体制改革要求云南加速建设智能电网

电力产业的规模经济特征明显，在传输网络层面具有一定的自然垄断性质，在我国电力行业尚未真正引入竞争机制，电力供求等方面的矛盾不断积累，电力行业的可持续发展面临着严峻的挑战。“十二五”时期，国家会继续把滞后的电力体制改革向前推进。

智能电网不仅仅是一项现代电力工程技术，它实际上涉及到电力行业整体的变革，需要调整我国电力行业现有的管理体制、价格机制、定价方式、投融资机制，继续深化电力体制改革。发展智能电网要求我国继续深化电力体制改革，同时电力体制改革也会促进智能电网的发展建设。目前，我国电力体制改革的焦点主要集中在大用户用电直供、跨区联网、输配网分离等三方面。

1) 推进大用户与发电企业直接交易

在厂网分开、竞价上网的前提下，大用户直购电是指大用户与发电企业或电网公司经协商，直接签订双边购售电合同，进行电力购销交易的一种特殊行为。

大用户直购电是我国进行购电侧电力市场改革的一个重要的措施，虽然现在仍处于试点阶段，其必将为我国电力改革的一个趋势。但是我们也必须清醒看到，大用户直购电虽然可以打破电网公司在购电端的垄断局面，但也可能带来电网安全方面的隐患。直供电引起的输电阻塞对电网安全运营有直接的影响，开展大用户直购可能加大电网的负担，影响电网安全。

2) 加强区域网架建设和跨区联网，进一步推动跨省、跨区电能交易，规范交易秩序

我国电源与负荷分布不平衡，需要将西部大量富余电能通过上千公里的联络线输送到东部重负荷地区。可是现在受“省为实体”的阻碍和电网发展滞后等因素的限制，网间交换能力和现有发电资源能力不能充分发挥，阻碍了电力资源从丰富地区向贫乏地区的合理流动，区域性电荒和窝电同时并存。

要解决以上问题就需要大容量输电技术的发展，常规电网受技术条件限制，输电电压等级低、输电容量小、电能质量差，已经不适应电力体制改革现阶段跨区联网、跨区交易的要求，需要探索一条全新的电网发展道路，特高压输电可以大大提高电网的输电能力。

特高压输电一般是指通过 1000 kV 及以上交流和 ± 800 kV 及以上直流来实现电能跨区交易。一回 1100 kV 特高压交流输电线路的输电能力可达到 500 kV 常规输电线路输电能力的 4 倍以上。显然，在线路和变电站的运行维护方面，特高压输电所需的成本将比超高压输电少得多。在输送相同的功率的情况下，1100 kV 线路功率损耗约为 500 kV 线路的 1/16 左右。

3) 输配分开，初步建立有利于促进电网健康发展的输、配电价格机制

当前我国的电力产业厂网已经实现分离，但零售环节仍然与输配电网络捆绑在一起，独立的输配电价机制尚未形成。目前的上网电价和销售电价均处于政府的调控之中，输配电价则是电网企业根据电力购销差价核定的，与电网企业的输配电成本之间没有建立直接的联系。尽管已经出台的电价改革中有有关输配电价的实施办法，但独立的输配电价体系仍在探索当中。

“十二五”期间国家将加快研究推进电价改革的有关办法，建立与市场竞争相适应的电价形成机制，逐步放开发电企业上网电价和电力用户(指各类工、商业用户)的终端销售电价，用市场机制实现电价联动。

智能电网信息通信通道完善，可以实现电网与用户间信息双向流动，加上高级的量测设备，为电价的实时浮动和双向交易提供了条件。因此，完善智能电网信息通信和量测体系是电力体制改革电价市场化的前提。

3.3. 南网的系列要求促使云南加速建设智能电网

南方电网公司以“提高电力系统安全稳定运行水平，提高系统和资产利用效率，提高对用户供电的服务水平，提高对各类电源特别是可再生能源灵活接入的适应能力，促进资源节约型、环境友好型社会的建设”为目标进行智能电网研究和建设。

南方电网公司建设智能电网的系列要求对云南电网既是挑战也是机遇，云南可再生能源丰富，智能电网建设能够提高电网兼容可再生能源能力，可以充分开发利用云南储量巨大的水能、风能、太阳能等可再生能源，为建设资源节约型、环境友好型社会贡献力量。同时，智能电网的自愈性和集成性能够提高电力系统安全稳定运行水平，互动性能改善电网对用户供电的服务水平，优化性能则能显著提高系统和资产利用效率。

4. 云南建设智能电网可以优化电网运行和管理模式

4.1. 云南电网规模日益扩大，电网结构日益复杂

“十一五”期间，云南电网 220 kV 线路长度达到 11,612 千米，增长 16.5%，500 kV 线路长度达到 6529 千米，增长 28%。截至到 2010 年底，云南境内共有 220 kV 变电站 91 座，500 kV 变电站 16 座，500 kV 电网围绕滇中和滇东的单日子环网逐步完善为“品”字型 500 kV 环网，并辐射延伸至滇南、滇西、滇西南等区域。2009 年投产了世界上首回±800 kV 楚穗直流工程，形成了“一直四交”的电力外送通道，特高压、交直流混合运行的大电网已经形成。

“十二五”期间，云南电网规模将进一步扩大，500 kV、220 kV 网络快速完善的同时，一批特高压直流输电工程也在建设中：糯扎渡电站送广东±800 kV 直流输电工程、溪洛渡电站送广东±500 kV 双回直流输电工程、金沙江中游电站送广西±500 kV 直流输电工程。

4.2. 云南电网必须优化当前的运行和管理模式

随着电网的规模增长，传统的电网运行管理模式已经不能满足电网安全经济运行的要求。电网发展越

来越不经济，而且，对设备状态估计不足的调度方式也存在着巨大潜在风险^[8]。为推动电网发展方式转变，需要从智能电网层面对现有的调度运行管理模式、配网管理模式、变电管理模式进行改进。

文献[9]指出，基于科学发展观的理念和智能电网的理论，优化现有电网运行模式，实施调度、监控合并的调控一体化管理模式，并同时加强技术支持系统建设，达到提高电网运行管理的信息化、智能化水平，提高电网运行管理业务的高效运转，充分利用人力资源，缩短故障恢复时间，提升主、配网运行管理能力。

变电站管理方面，智能电网技术的发展还为我们构建一种全新的设备管理理念，从设备管理上升到变电站管理的层次。新技术的不断涌现和原有技术的不断完善以及电力市场的发展，将推动变电站自动化系统功能和结构向全数字化、高度智能化、传输网络标准化的方向发展。

电网调度方面，随着建设智能电网步伐的迈进，电网调度管理的发展必将受到智能电网框架思想的影响。同时，随着计算机技术、网络和通信技术、数据库技术等飞速发展和电力市场的要求以及国际标准的成熟完善，调度自动化系统则朝着“数字化、集成化、网格化、标准化、市场化、智能化”的方向发展^[10,11]。

5. 云南建设智能电网是确保云南电网安全的需要

云南是面向西南开放的桥头堡，西电东送源头和绿色能源基地，云南电网发展建设拥有得天独厚的先天条件。随着可再生能源发电装机比例的不断提高，云南在享受绿色电力带来便利的同时，也面临着其他省网公司少有的安全隐患。

1) 电源结构不合理，电网丰枯季运行调度难度大。

2) 多条特高压直流输电线路已投产或在建，直流输出功率对云南主网潮流分布影响较大。

3) 电网动态稳定问题突出，严重影响电网稳定及电能外送能力。

4) 电网局部单线单变供电结构仍将长期存在，一旦发生 N-1 故障，即导致供电地区电网与系统解列，局部电网供电可靠性问题突出。

5) 云南全省大部分地区地震灾害频繁,泥石流灾害多发。“十二五”期间,随着水电的大量投产,滇西北、滇东北、滇西南水电重要送电通道若因自然灾害发生断线、倒塔等严重事故时,将对云南电网负荷中心的供电造成灾难性影响。

云南风能资源与水电的丰枯出力特性正好相反,风电的开发对调整云南省电源结构、缓解丰枯出力悬殊的现象有一定的帮助,大力开发风电可以缓解云南电源结构矛盾,而只有智能电网才能接纳高渗透率的风电并网。特高压输电骨干网络建设、输变电设备在线监测技术可以增强电网抵御风险能力,智能变电站改造建设、分布式发电技术的推广将提高与主网解列局部电网的稳定运行和自愈能力。

云南电网现在面临的众多安全隐患是电网发展长期积累的结果,无法在一朝一夕得到彻底解决,智能电网的发展建设为此类事故预防及事故后应急处理指明了一条正确道路。

6. 加速实现云南电网在全国网省公司中的领先地位

随着市场化改革的不断推进,智能电网已成为现代电网技术发展的必由之路。国家十分重视智能电网发展,近几年的政府工作报告中都明确提出“加强智能电网建设”,“十二五”国家发展规划纲要已经把智能电网建设发展列入“十二五”期间重点培育和发展的产业。国内各省网公司均依据本省电网特点制定了智能电网建设计划,一些省网公司已经取得了显著成果。

华东电网公司于 2007 年在国内率先开展了智能电网可行性研究,2010 年全面建成华东电网高级调度中心,使电网安全控制水平、经营管理水平大批全面提升。

华北电网公司建设了华北电网稳态、动态、暂态三位一体安全防御及全过程发点控制系统,调度人员无需在不同系统和平台间切换,便可实现对电网中和运行情况的全景监视并获得辅助决策支持。

北京电力公司,中心区 60% 以上的开关站、配电室、电缆分支室、架空分段、联络开关,以及 1530 条电缆线路,均实现了遥信、遥测。多级负荷转移等配调高级功能也逐步实现。

上海电力公司 2010 年建成了兆瓦级储能示范工

程,成功开发了超级电容-电池混合型电动汽车及配套的充电站,推动新能源汽车的发展。在崇明岛建成了国内首座兆瓦级光伏电站。

厦门电力公司采用了开关站监控子站系统与间隔层保护测控装置配合,实现 10 kV 开关站的程序化控制操作,支持间隔层就地可视化操作,实现了站内所有开关柜一次可控设备的自动操作。

国内各省网公司在智能电网建设方面已经走在了云南电网公司前面,云南需加快步伐,迎头赶上,抓住历史机遇,加速智能电网建设,为实现云南电网在全国网省公司中的领先地位奠定基础。

7. 总结

目前,云南智能电网建设还处在起步阶段,正在进行电力基础设施向智能化过渡改造、建设智能化示范工程。经过分析国内外智能电网建设案例和国内多地调研,相关成功经验对云南智能电网规划建设具有几点启示:

1) 云南建设智能电网的思路可为通信技术先行,微网、新能源接入、配网自动化、储能为重点的建设思路。

2) 针对下阶段“输配分离”国家政策,配网自动化的研究将是后期供电局和中试的重点。用户则可以试点高级测量体系,开展示范工程建设。

3) 云南现有的数字化变电站,可以向智能化发展和改造,考虑高级功能的研究和应用。

4) 加大大容量储能设施的研究力度,储能方式需要多样化,经济有效的大容量储能是解决风光发电波动性及调度困难等问题的最佳选择。

5) 云南局部地区窝电现象十分严重,需要理性规划地区风电产业发展,有序引导新能源建设,加快特高压输电通道建设。

参考文献 (References)

- [1] 张梦. 浅谈智能电网[J]. 中国建设教育, 2011, 2(3): 93-95.
- [2] 余贻鑫. 面向 21 世纪的智能电网[R]. 天津: 天津大学, 2011.
- [3] 黄成果. 云南电网十年展望[J]. 硅谷, 2012, 3: 33-34.
- [4] 马洪琪, 苏振东, 李希强. 云南智能电网建设分析[J]. 云南电力技术, 2010, 38(6): 1-3.
- [5] P. B. Denyer, D. Renshaw, G. Wang, et al. CMOS image sensors for multimedia applications. Proceedings of the IEEE 1993 Custom Integrated Circuits Conference, San Diego, 9-12 May 1993: 11.5.1-11.5.4.

云南建设智能电网的战略意义

- [6] 马向东. 可再生能源发电并网及智能电网对供电营销的影响[D]. 华北电力大学, 2011.
- [7] 康重庆, 周天睿, 陈启鑫. 电力企业在低碳经济中面临的挑战与应对策略[J]. 能源技术经济, 2010, 22(6): 1-8.
- [8] 李慧星. 华东电网智能变电站运行管理模式研究[J]. 华东电力, 2010, 38(6): 808-811.
- [9] 汪际峰. 南方电网一体化电网运行智能系统建设初探[J]. 南方电网技术, 2012, 6(2): 1-5.
- [10] 吕洪波. 电网调控一体化运行管理模式研究[D]. 华北电力大学, 2011.
- [11] 寇江鹏. 电网运行优化措施浅析[J]. 动力与电气工程, 2010, 14: 127.