

大型风电基地的发展特点探讨

郑伟¹, 何世恩², 智勇¹, 拜润卿¹, 周强²

(1. 国网甘肃省电力公司电力科学研究院, 甘肃 兰州 730050; 2. 甘肃省电力公司风电技术中心, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 针对2011年发生的大规模风电机组脱网事故及2012年以来出现的严重弃风现象, 结合大型工程一般发展规律, 以酒泉风电基地为实例, 通过分析其建设运行过程中的各种现象及暴露出的问题, 探讨提出大型风电基地整体发展的几个特点。大型风电基地开发是一项工程活动, 必须遵循工程固有自然科学规律。大规模风电开发是复杂的技术和技术群的应用和集成, 要按工程科学实施。大规模风电开发是目标要求明确的大型工程, 成本、质量、效率必须三者并重。大规模风电受地理、当地经济和电网等多因素制约, 应由国家能源主管部门进行规划、建设、运行和用电的整体协调。为了保证大型风电基地的可持续发展, 其必须要与环境、生态协调一致。

关键词: 风电规划; 大规模风电基地; 风电发展特点; 风电并网

Probe into the development characteristics of large-scale wind power base

ZHENG Wei¹, HE Shi-en², ZHI Yong¹, BAI Run-qing¹, ZHOU Qiang²

(1. Gansu Electric Power Research Institute, SGCC, Lanzhou 730050, China; 2. Wind Power Technology Center, Gansu Electric Power Company, Lanzhou 730050, China)

Abstract: For solving problems of the consecutive large-scale wind turbine tripping in 2011 and serious wind power curtailment since 2012, a variety of phenomena and problems exposed in the construction and operation process of Jiuquan wind base are analyzed, with consideration of the general development law of large-scale projects, some overall characteristics of large-scale wind power base are put forward. The large wind power base development is an engineering activity and the engineering has its law and its law must be observed. Large-scale wind power, which is the complicated application of technologies and integration of technology aggregation, must be implemented according to engineering science. It is a huge project to be completed through construction, the efforts of the construction must be focused equally on cost, quality and efficiency. Its planning, construction, operation and energy consumption should be coordinated by the state governing department in charge of national energy. It must harmonize with the environment and ecology to ensure the sustainable development of large-scale wind energy.

Key words: wind power planning; large-scale wind power base; wind power development characteristics; wind power integration

中图分类号: TM619 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2014)22-0057-05

0 引言

为应对全球气候变化、发展清洁能源和减少温室气体排放, 我国于2006年1月颁布实施《中华人民共和国可再生能源法》, 并组织进行了全国风电场的工程规划工作。到2009年底, 甘肃、新疆、河北、吉林、内蒙古(东、西)、江苏六个省区的7个千万千瓦级风电基地都通过了国家组织的规划审查^[1], 2011年1月随着国务院批复《山东半岛蓝色经济区发展规划》^[2], 山东成为中国第八个千万千瓦级风电基地。这八个千万千瓦级风电基地的总装机容量约占全国的80%, 由此可知风电基地在我国风电发

展中的份量, 风电基地的发展和运行情况决定了我国风电事业的整体水平^[3]。

我国风力资源十分丰富, 2013年我国风电装机容量达到91.4吉瓦, 比2012年增长21.4%^[4], 同时连续三年位居世界第一, 标志着中国风电进入了大规模开发、高稳定运行阶段, 是了不起的工程成就。

工程活动的核心是做出一个新的存在物^[5]。工程活动过程的各种技术始终围绕着一个新的或者更加节约资源和环境友好的存在物展开。规律也可称为法则, 规律是客观事物发展过程中的本质联系, 具有普遍性的形式。规律是反复起作用的, 只要具

备必要的条件,合乎规律的现象就必然重复出现。

2011年以来,国家电网公司经营区域内连续发生大规模风电机组脱网事故^[6],给电网安全稳定运行造成严重影响;同时2012年以来风电装机容量快速增长的背后是弃风现象凸现,并在短时间内难以解决,风电的可持续发展受到一定影响^[7]。许多文献就大规模风电的建模^[8]、电能质量^[9]、继电保护^[10]、无功控制^[11]、功率预测^[12]、优化调度^[13]和规划建设^[14]等分别进行了研究,因此通过项目建设运行各种现象和分析研究的各个方面,探讨大型风电基地的整体发展特点很有必要。

1 大型工程的发展特点

工程,特别是大型、巨型工程是人类社会存在和发展的基础活动,是我国社会主义经济建设的基础内容。产业是由一类相互有联系的工程“聚集”而成的。《中华人民共和国国民经济和社会发展的第十二个五年规划纲要》提出的“新能源产业重点发展新一代核能、太阳能热利用和光伏光热发电、风电技术装备、智能电网、生物质能”及“加强并网配套工程建设,有效发展风电”必须通过工程项目的决策、选择、改造、实施来落实和实现。自《可再生能源法》颁布以来,我国“三北”等地区风电建设如火如荼,进入了一个风电工程建设的扩张期,目前我国更需在保持风电建设“数量”扩张的同时,进行反思和调整,应该在“质量”上进入一个新的转型期和提升期。

规划优化工程活动是我国贯彻科学发展观的一个基本内容。一方面,工程建设必须“以人为本”,不能“以物为本”,搞形象工程;另一方面,建设好工程这个具体存在物又是体现和落实“以人为本”的基本手段和内容。不论是自然工程和社会工程,都是有一定规律的。世界上的事物规律可分为自然规律、社会规律和思维规律。工程遵守这些规律外,它还有自己的规律。

工程规律是工程建造过程中必须遵循的。工程是要创造一个新的存在物^[5],同时它又是有目标的一系列的组织、集成活动,即一系列决策、研究、设计、建造和运行活动,最后具体地表现为符合目标的集成体。刚有要建造一个新的存在物这样一个想法或设想或目标时,人们还不是很清楚这个存在物的规格、数据和许多特点,特别对于大型项目,人们不清楚在现有的条件下建造是否可行。这就要进行这方面的研究,即进行可行性研究,对工程的

各个要素进行认真的、全面的调查和详细的测算分析,做多方案的比较论证;具体论述工程在经济上的必要性、合理性、现实性;技术和设备的先进性、适用性、可靠性;财务上的盈利性、合法性;环境上的可行性;建设上的可行性以及现在提出的与社会的和谐性。为工程的决策、审批提供可靠的依据。大型工程都涉及到巨大的投资,对环境的影响也很大,一般由政治家或政府进行决策。

2 酒泉风电基地实例分析

2.1 酒泉千万千瓦级风电基地-风电“三峡”

工程确定建设后就是建立相应的组织结构或确定负责机构,按有关规定、要求组织招标,包括设计、监理、制造、施工、运行各个方面,建设完成后要进行验收启动、试验调试,达到要求后交付生产运行,必要时在生产运行过程中还要监测对环境的影响,如不满足要求,需要采取措施。运行或实施后要进行评估,为以后的工程积累数据和经验。注意到工程在建造过程中提出的可行方案、决策、研究、设计、构建、组织、运行过程中牵涉到人力、资金、资源、环境、信息等方面,因此必将引起工程的管理问题。

酒泉地区是我国规划建设的第一座千万千瓦级风电基地,其远期规划装机容量将达到3000万kW。2009年8月8日,酒泉千万千瓦级风电基地一期项目正式开工。截至2013年底,甘肃省并网风电场54座,共有风机5753台,装机规模达702.9万kW,位列全国第三。风电最大出力446.8万kW,占当时省网风电总装机容量的66.7%,占当时省网发电出力的35.1%,占当时省网用电负荷的37.1%。风电最大日发电量10024万kWh时,占当日省网总发电量的24.33%,占当日省网总用电量的30.32%^[15]。

为了完成酒泉风电基地各阶段的规划目标,工程节点工期紧,点多面广,专业人员少,全过程管理不到位。自2011年以来,酒泉风电基地事故多发。国家电监会事故调查认为当前风电发展过程中存在的主要安全问题是已投运风电机组多数不具备低电压穿越能力,部分项目业主工程质量管理不严,电网企业对风电场接入管理不严等^[16]。随后酒泉风电基地风电的消纳和送出问题凸显。国家能源局指出:随着我国风电装机的快速增长,2012年部分地区风电弃风限电现象严重,全国弃风电量约200亿度^[17]。

2.2 风电“三峡”的工程分析

酒泉风电是国家规划建设的第一座千万千瓦级

基地,所以它有很强的示范作用。下面逐一分析之^[5]。

1) 工程的建造都是根据自然科学原理的。酒泉风电基地工程应该是复杂的技术和技术群的应用和集成。由 130 多台 1 500 kW 的单个机组组成 20 万 kW 的风电场,再由多个风电场组成基地。虽然庞大,但绝不是技术和装备的简单堆砌和拼凑,工程在集成和发展过程中有其自身的理论、原则和规律,如大规模风电并网对电网稳定、调频调峰、电能质量的影响,风电的送出和消纳等,这往往是更重要的。酒泉风电基地工程在对电网稳定和电能质量的影响等方面做了较深入的工作,但在风电送出和消纳方面重视不够,配套送出工程严重滞后,致使现在酒泉风电基地弃风严重。

2) 工程是有特定目标、注重过程、注重效益的。工程的成本、质量、效率是工程的生命所在。酒泉风电基地工程项目有其特殊对象、有明确的目标要求,是我国应对全球气候变化、减少温室气体排放,大力开发可再生能源的具体体现。但在科学的设计步骤、实施阶段和合理的资金投入过程方面有许多不足。风电业主单位为减少成本,大部分风机不具备低电压穿越能力,在风电场电气设备故障引发相间短路故障(以电缆馈线为主),升压站内 35 kV 系统电压大幅跌落,引起周边 35 kV 电压和系统上级电压跌落,在此期间大量风机发生脱网;没有对风电场无功补偿装置功能作用、配置规模、接入方案和控制策略等进行专题研究,同时现场调试不认真。各风电场的无功补偿装置无法进行自动电压调整,故障切除后,引起系统电压大幅升高,导致部分风机因过电压保护动作脱网^[6]。

3) 工程是通过建造实现的。工程项目是要通过具体的设计、制造和建设等实施过程来完成的。不论是造船、修桥、筑路和建设风电基地,都是要通过合理的工序、工艺和工期来完成的。酒泉风电基地 2009 年 8 月正式开工,然而 2010 年底规划装机容量确定为 516 万 kW,建设工期偏短。风电业主单位为早日发电,完成形象,赶工期、抢进度,没有针对风电施工环境恶劣、作业范围广、隐蔽工程多的特点,对风电设计、施工进行有效的质量管控。随后发生的大量风机脱网,均是由于施工单位忽视作业环境,不按规定工艺施工,施工人员不具备电缆施工特种作业资质,造成电缆头存在质量缺陷而引发。

4) 工程是在一定边界条件下集成和优化。工程

往往有多种技术、多个方案、多种路径可选。酒泉风电基地这种具有示范性的大型工程选择,应该体现大力发展可再生能源,应对气候变化和能源短缺的国家意志。如何利用优良的自然禀赋,最小的投入获得最大回报,推动我国风电技术的突破,取得良好的经济效益、环境效益、社会效益和良好的示范作用,这就要求工程努力实现在一定边界条件下的系统集成和多目标优化。酒泉风电基地建设和运行中存在的问题是风电和电网割裂开来,没有进行整体协调优化。当地电力负荷低,系统规模小,风电消纳能力不足。风电规划侧重于风能资源规划,与市场消纳和输电规划不衔接,制约了风电在更大范围消纳。风电项目和配套电网送出工程实行分别核准,“先核风、后核网”,酒泉风电基地一期工程 2009 年 4 月核准,750 kV 电网送出工程 2010 年 3 月核准,时间相差近一年。同时,风电项目建设周期短,通常半年左右,而电网送出工程建设周期长,750 kV 项目需要二年。风电项目和配套电网项目前期不协调、工期不匹配进一步加大了风电送出和消纳的困难。10 多年前,国家在规划建设三峡水电站的同时,提前规划设计电网送出通道和消纳方向,因此才保证了三峡水电站投产的同时电力的可靠送出和消纳。

5) 工程是要与环境协调一致的。酒泉地区气候条件好,有利于风力发电机组安全稳定运行。地域辽阔,都是戈壁,风电场厂址面积大,有利于风电场开发建设。工程地质条件好,有利于降低风电项目建设成本。交通运输便利,有利于风电设备运输。有着开发建设大型风电基地的良好条件,开发利用前景广阔。工程的实施和运行,对自然生态系统产生的影响小,这是酒泉风电基地的独特优势。

3 结论

大力发展大规模风电要以科学发展观为指导,要为全面建设和谐社会、应对气候变化和能源短缺的国家战略服务。大规模风电基地建设作为我国风电发展的主力工程建设必须符合科学发展观、构建和谐社会的哲学理念,必须遵循工程规律。酒泉风电基地建设已近五年,第一期规划任务 2011 年完成,第二期规划任务 300 万 kW 2014 年底完成。建设实践表明,基地建设的决策是正确的。但是,随着风电机组大量并网投运,出现了不少问题,需要根据与时俱进的原则,进行再认识,再思考。从本文的初步分析中,可以引出如下几点启示。

1) 既然大规模风电开发是复杂的技术和技术群的应用和集成, 以风电规律的认识为支撑的, 是一类更大时空尺度上的工程科学问题, 必须从环境——风能——电能——输送——用户全过程进行研究, 国家层面组织环境、能源、气象、机械、电力、电子等多行业产学研联合攻关。

2) 大规模风电是大型工程, 通过建造才能完成, 必须注重成本、质量、效率。标准化、大批量、重复性、创新性是其基本特点。要及时总结工程各个阶段的经验, 如现在运行的典型风电场存在什么问题? 除了防止大规模脱网的改进之外有无其他需要改进之处? 要从设计、设备、建设、运行、效益、管理和人才等方面提出改进建议, 加快风电并网国家标准等有关规程、规范的制修订, 完善风电场设计、施工、安装、调试、验收、生产运行有关规程和规范, 特别重视工程项目后评估工作, 只有这样, 才能有创新、提高和可持续。

3) 大规模风电受地理、当地经济和电网等多种因素制约。至少由国家能源主管部门进行规划、建设、运行和用电的整体协调。严格按照国家规划确定的总量、布局和建设时序核准风电项目, 杜绝整装风电场拆分现象; 统筹风电与电网规划, 建立风电项目与送出电网工程同步规划、同步投产的有效机制; 统筹风电与其他电源规划, 同步建设抽水蓄能等调峰、调频电源。

4) 大规模风电的开发和运行, 都会对自然生态系统产生一定的影响, 工程和环境构成了相互作用的关系, 必须努力使工程与环境、生态协调一致。酒泉风电基地的独特优势是对环境影响很小, 其他大规模风电基地情况各不相同, 必须经过严格的环境审批。同时开展具有可持续发展内涵的工程观研究, 鼓励民众及利益相关者介入工程评估活动, 从而促成重大工程决策的民主化, 保证大规模风电等可再生能源可持续发展。

参考文献

- [1] 国网北京经济技术研究院. 七个千万千瓦级风电基地输电规划设计总报告[R]. 2010.
Beijing Economic and Technological Institute of State Grid. Transmission planning and design reports of seven 10 GW-level wind power bases[R]. 2010.
- [2] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 山东半岛蓝色经济区发展规划[R]. 2011.
National Development and Reform Commission. Development plan of Shandong peninsula blue economic zone[R]. 2011.
- [3] 靳丹, 何世恩, 丁坤. 关于大型风电基地建设的思考[J]. 电力建设, 2011, 32(10): 58-60.
JIN Dan, HE Shi-en, DING Kun. Probe on large-scale wind power base development[J]. Electric Power Construction, 2011, 32(10): 58-60.
- [4] GWEC. 2013 年全球风电市场发展报告[R]. 2014.
GWEC. Global wind report annual market update[R]. 2014.
- [5] 王洪波. 工程科学与工程哲学[D]. 西安: 西安交通大学, 2007.
WANG Hong-bo. Engineering science and engineering philosophy[D]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University, 2007.
- [6] 何世恩, 董新洲. 大规模风电机组脱网原因分析及对策[J]. 电力系统保护与控制, 2007, 31(20): 16-23.
HE Shi-en, DONG Xin-zhou. Off-grid cause analysis and countermeasures in wind turbines[J]. Power System Protection and Control, 2007, 31(20): 16-23.
- [7] 董永平, 何世恩, 刘峻, 等. 低碳电力视角下的风电消纳问题[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(5): 12-16.
DONG Yong-ping, HE Shi-en, LIU Jun, et al. Wind power consumption problem in the view of low carbon power[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(5): 12-16.
- [8] 米增强, 苏勋文, 杨奇迹, 等. 风电场动态等值模型的多机表征方法[J]. 电工技术学报, 2010, 25(5): 162-169.
MI Zeng-qiang, SU Xun-wen, YANG Qi-xun, et al. Multi-machine representation method for dynamic equivalent model of wind farms[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2010, 25(5): 162-169.
- [9] 何世恩, 郑伟, 智勇, 等. 大规模集群风电接入电网电能质量问题探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(2): 39-44.
HE Shi-en, ZHENG Wei, ZHI Yong, et al. Power quality issues of large-scale cluster wind power integration[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(2): 39-44.
- [10] 何世恩, 姚旭, 徐善飞. 大规模风电接入对继电保护的影响与对策[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(1): 21-27.
HE Shi-en, YAO Xu, XU Shan-fei. Impacts of large-scale wind power integration on relay protection and countermeasures[J]. Power System Protection and

- Control, 2013, 41(1): 21-27.
- [11] 王希, 王昕, 李立学, 等. 基于动态云进化粒子群算法的风电系统无功优化方法[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(24): 36-43.
WANG Xi, WANG Xin, LI Li-xue, et al. Reactive power optimization for wind power system based on dynamic cloud evolutionary particle swarm optimization[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(24): 36-43.
- [12] 杨茂, 熊昊, 严干贵, 等. 基于数据挖掘和模糊聚类的风电功率实时预测研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(1): 1-6.
YANG Mao, XIONG Hao, YAN Gan-gui, et al. Real-time prediction of wind power based on data mining and fuzzy clustering[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(1): 1-6.
- [13] 胡国伟, 别朝红, 王锡凡. 考虑运行可靠性的含风电电力系统优化调度[J]. 电工技术学报, 2013, 28(5): 58-65.
HU Guo-wei, BIE Chao-hong, WANG Xi-fan. Optimal dispatch in wind integrated system considering operation reliability[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2013, 28(5): 58-65.
- [14] 尹明, 王成山, 葛旭波, 等. 中德风电发展的比较与分析[J]. 电工技术学报, 2010, 25(9): 157-162.
YIN Ming, WANG Cheng-shan, GE Xu-bo, et al. Comparison and analysis of wind power development between China and Germany[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2010, 25(9): 157-162.
- [15] 甘肃省电力公司调度通信中心. 甘肃电网 2014 年运行方式[R]. 2014.
- [16] 国家电力监管委员会(SERC). 关于近期三起风电机组大规模脱网事故的通报[R]. 2011.
- [17] 国家能源局. 关于做好 2013 年风电并网和消纳相关工作的通知[R]. 2013.
-
- 收稿日期: 2014-06-08**
- 作者简介:**
- 郑伟(1973-), 男, 学士, 正高级工程师, 长期从事电力系统分析、柔性输电技术和新能源研究;
- 何世恩(1961-), 男, 博士, 正高级工程师, 主要研究方向为电力系统继电保护、可再生能源并网等。 E-mail: hofstadter2003@sina.com.cn