

## 福建省电力工业发展与对策研究

黄发明<sup>1</sup> 黄玲<sup>2</sup> 陈剑斌<sup>1</sup> 吴晓琴<sup>3</sup>

(1 国家海洋局第三海洋研究所 2 厦门大学环境与生态学院 福建厦门 361005

3 福建省水产研究所 福建厦门 361012)

**摘要** 剖析福建省电力工业现状及发展存在问题,如火电和水电比重过大、未来核电容量大、电力负荷中心与电厂空间布局不一致以及电网建设滞后等。提出了调整电力结构、合理布局电厂、加大电网投资以及加快能源储备基地建设等对策措施。

**关键词** 对策措施 持续利用 电力工业 福建省

中图分类号:F416.6

文献标识码:A

文章编号:1672-9064(2013)03-015-04

建设福建海峡蓝色经济试验区,对于推动海峡西岸经济区又好又快发展、优化我国沿海地区总体开发格局、促进两岸关系和平发展具有重要意义。经济快速增长需要强大的能源支撑,也必然会带动能源消费尤其是电力消费需求的快速变化与增长。因此,客观分析、评估福建省的电力工业现状及未来发展存在问题,可为调整电力结构,促进经济社会持续发展提供参考。

## 1 福建省电力工业现状

福建省是一个少煤、无油、无天然气且常规能源短缺的省份,改革开放以前,电力工业基础薄弱,全省发电装机规模仅为173.6万kW,水电比重占72%,火电属于高煤耗的小机组(3000kW和6000kW),技术落后<sup>[1]</sup>;同时仅有闽北和闽南的2条电网以及一些地区小电网。改革开放以来,福建省经济飞速增长,推动了电力工业的发展。不仅电源结构优化升级,供电能力也明显提高,较好地满足国民经济和社会发展需要。

### 1.1 火电、水电为主并举,电力供需基本平衡

目前,福建省电源结构呈现多元化发展趋势,电力装机规模实现大跨越,供电保障能力不断增强<sup>[2]</sup>。2011年,福建全社会最高负荷约24435MW,较上年增长约10.5%;全社会用电量约1516亿kWh、较上年增长15.3%<sup>[3]</sup>。2011年底全省总装机容量37172MW。其中:水电装机11252MW、火电装机25098MW、风电及生物质能装机821MW;水电、火电(含生物质能发电)、风电装机比重

为30.27:67.52:2.21,如图1所示。

此外,2011年福建省电力生产规模达到1578.99亿kWh,火力发电达到1271.84亿kWh,占发电总量的80.55%;水电及其他发电总量为307.15亿kWh,只占发电总量的19.45%。2011年,福建省电力消费总量为1515.86亿kWh,与电力生产量持平。

### 1.2 空间分布向沿海地区集聚

资助项目:核电选址中应考虑的海洋要素专题研究(国家海洋局海域管理司资助)

作者简介:黄发明(1974-),男,福建南安人,高级工程师,主要从事海洋管理研究。

随着海峡西岸经济区建设的不断深入,福建上下正围绕科学开发利用海峡、海湾、海岛三大优势,着力构建“一带、双核、六湾、多岛”的海洋开发格局,促进海洋经济快速发展。据统计,福建省2011年海洋生产总值达到了4419亿元,占国民生产总值的25.16%。社会经济快速发展必然会对能源尤其是电力工业提出更高的要求,为此我省不断加大电厂投资建设力度。目前,福建拥有主要火电厂13座、水电9座以及LNG电厂3座。其中,水电多分布在西部山区,火电和LNG电厂多分布在沿海六地市;重要海湾,如三都澳、罗源湾、兴化湾、湄洲湾等地区也逐渐成为电力工业的密集区。福建省内现有电厂分别见图2和表1。

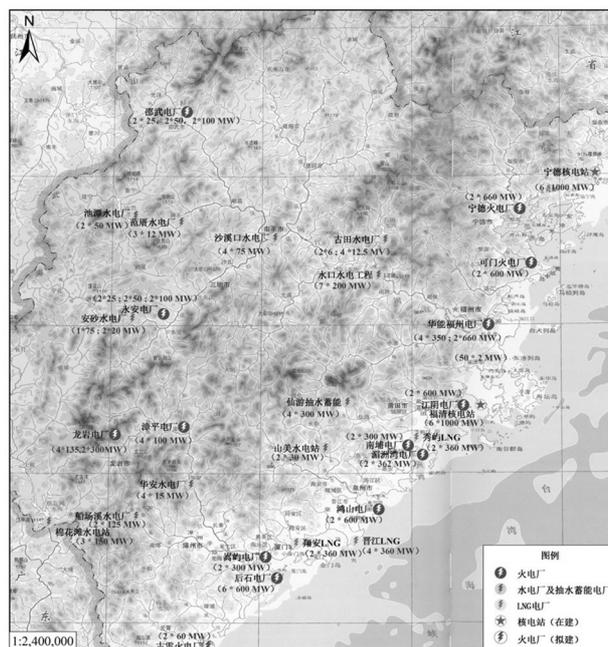


图2 福建省主要电厂分布图

### 1.3 区域内电网输电和支撑能力一般

福建电网目前最高电压等级为500kV,500kV电网为省内南北电力交换及福建与省外联络的主通道。目前,初步形成了全省500kV大环网和南北双环网的骨干网架,并通过宁德变至浙江双龙变的2回500kV线路并入华东主网。2011

表 1 福建省现有主要电厂 (截至 2011 年底)

类型	地市	名称	装机规模 (兆瓦)	备注	
火电	宁德市	宁德火电厂	2 * 660	沿海	
		可门火电厂	2 * 600		
	福州市	马尾筹东火电厂	4 * 350		
		江阴热电厂	2 * 600		
	莆田市	湄洲湾火电厂	2 * 362		
		南埔火电厂	2 * 300		
	泉州市	石狮鸿山火电厂	2 * 600		
		嵩屿火电厂	2 * 300		
	厦门市	后石华阳火电厂	6 * 600		
	漳州市	邵武火电厂	2 * 25 2 * 50 2 * 100		内陆
	南平市	永安火电厂	2 * 25 2 * 50 2 * 100		
	三明市	龙岩坑口火电厂	4 * 135 2 * 300		
		漳平发电厂	4 * 100		
	水电	龙岩市	古田溪水电厂		
水口水电厂			7 * 200		
南平市		沙溪口水电厂	4 * 75		
		范厝水电站	3 * 12		
三明市		池潭水力发电厂	2 * 50		
		安砂水电厂	1 * 75 2 * 20		
泉州市		山美水电厂	2 * 30		
		华安水力发电厂	4 * 15		
龙岩市		船场溪水电站	2 * 125		
		莆田 LNG 电厂	2 * 360	沿海	
泉州市	晋江 LNG 电厂	4 * 360			
	厦门市	翔安 LNG 电厂	2 * 260		
风电	宁德	霞浦海上风电	28 * 1.5		
	福州	平潭长江	10 * 0.6 50 * 2		
		奥海上风电			
	莆田	南日海上风电	57 * 0.85		
漳州	六鳌海上风电	36 * 0.85 36 * 1.25 13 * 2			

年,福建电网已投运 500kV 变电站 14 座,500kV 降压变总容量达 19550MVA;已投运 500kV 线路长约 2900.8km(含与华东联网福建段),接入 500kV 电网的电源共计 12664MW。与沿海发达省份相比,我省电网输电和支撑能力一般。

#### 1.4 电力市场投资主体众多

目前,我国电力市场以多元化投资为主。据统计,福建省内主要的火电厂、核电站投资主体多以电力系统五大集团公司和福建能源集团公司为主。其中“华能”、“大唐”、“国电”、“华电”均有在福建投资建设发电厂;福建能源集团投资建设鸿山热电厂,马来西亚云顶集团投资建设莆田湄洲湾电厂,台塑集团投资建设后石华阳电厂;此外,厦门嵩屿电厂由国家开发投资公司、福建省投资开发总公司等五方共同出资兴建。总之,省内电厂投资主体多元化的趋势日益明显。福建现有电厂主要福建省电力市场投资主体及投资建设项目情况见表 2。

### 2 福建省电力工业存在问题分析

#### 2.1 水电、火电比重过大,季节矛盾突出

福建省电源结构有待优化,火电和水电所占比重过大,分别占电力装机规模的 67.52%和 30.27%,而清洁能源所占

表 2 福建省电力市场投资主体及投资建设项目情况

电力市场投资主体	投资电站名称	装机容量 (万 kW)
华能	华能福州电厂	272
	宁德火电厂	132
大唐	宁德核电站(合资)	600
	六鳌海上风电场	10.16
	永安火电厂	35
	漳平发电厂	40
华电	可门火电厂	120
	福清核电站(控股)	600
	古田溪水电厂	6.2
国电	池潭水力发电厂	10
	安砂水电厂	11.5
	华安水力发电厂	6
	江阳热电厂	120
	南浦电厂	60
福建能源集团	鸿山热电厂	120
	龙岩坑口火电厂	104
马来西亚云顶集团	晋江 LNG 电厂	72
	南日海上风电	4.875
国家开发投资公司等	湄洲湾电厂	72.4
	嵩屿电厂	60
台塑集团	后石华阳火电厂	360
中电	沙溪口水电厂	30
福建电力	水口水电厂	140

份额小,仅为 2.21%。此外,水电和火电都存在季节矛盾突然的问题。一方面,我省雨量充沛,但降水在时间上分布很不均匀,年与年之间、枯水期和丰水期之间差异都相当悬殊<sup>[4]</sup>。这种情况造成水电丰水期电能过剩而弃水,枯水期电量严重下降引起电网大幅度缺电的状况<sup>[4]</sup>。另一方面,由于我省是一个少煤、无油、无天然气且常规能源短缺的省份,一次能源供给率仅为 40%,过多的火电厂势必导致对能源的需求剧增<sup>[5]</sup>。这使得我省需要依靠外部调入手段来缓解能源不足的压力。而煤炭资源主要分布在我国北方地区,一旦冬季发生雪灾,将导致煤炭无法向外输送,供应链出现缺口,这都将严重影响我省供电安全,危及区域经济持续发展。

#### 2.2 电源点布局与负荷中心分布不协调

福建省电源点分布呈现“北多南少”的现状,与负荷中心不相匹配。从社会经济发展水平来看,闽南“厦、漳、泉”大都市圈 2011 年国民生产总值为 8578.40 亿元,占全省 GDP 约 50%,是省内主要的负荷中心,但现有的电源点布设密度以及供电能力均不如闽中、北地区。现有的大型火电厂多布设在“莆田、福州和宁德”大都市圈。同时核电站的选址也集中在福州和宁德两地,电力装机规划均为 600 万 kWh,未来电源点布局与负荷中心分布不协调将更加明显。可见,福建省电源点呈现“北多南少”的分布特征,电厂选址与负荷中心不匹配。

#### 2.3 规划容量大,消纳风险大

福建省内目前在建福清核电站和宁德核电站规划均为

6\*100 万 kWh,其中宁德核电站 1 号机组已试运行,其它机组也将在“十二五”至“十三五”期间发电,2 座核电站全部投产运营后,机组规模相当于福建省现有火电站总的机组规模。

根据《福建省“十二五”能源发展专项规划》,“十二五”期间省内拟投资建设的重大电力项目如表 3 所示。

表 3 福建省“十二五”重大电力项目表

项目名称	建设规模 (万 kW)	总投资 (亿元)
永安电厂技改项目	2 * 30	23
漳平电厂技改项目	2 * 30	23
南浦电厂二期	2 * 60	42
罗源湾火电厂一期	2 * 60	40
鸿山电厂二期	2 * 100	76
惠安电厂一期	2 * 100	80
永安煤矸石综合利用	2 * 30	27
邵武火电厂扩建	2 * 60	48
莆田火电厂	2 * 100	80
古雷电厂	2 * 60	48
江阴电厂二期	2 * 100	80
宁德核电站	6 * 100	680
福清核电站	6 * 100	680
仙游抽水蓄能电站	4 * 30	45
周宁抽水蓄能电站	4 * 30	52
永泰抽水蓄能电站	4 * 30	52
厦门抽水蓄能电站	4 * 35	62
陆上风电项目	130	104
海上风电项目	50	1000
太阳能发电项目	10	363

由表 3 可知,“十二五”规划期内福建省拟筹建及扩建的重大电力项目数量多、投资大、建设规模达到 3350 万 kW,规划期内预计新增装机 1360 万 kW。同时,神华集团也将在罗源湾、湄洲湾等发展港电机一体化,均规划建设 4\*100 万 kWh 火电发电机组。

由此可见,一旦省内在建核电站及规划电厂投产运营,供电量势必远远大于生产和生活需求量,电力供需平衡的现状将破打破,可能出现电力富余现象,消纳风险大。

#### 2.4 输、配能力较弱,难以满足需求

长期以来,电网一直是我省,乃至我国的一个薄弱环节。电网峰谷差逐年增大,调峰运行日益困难,输、配能力较弱。省内电网目前最高电压等级为 500KV,这既是受长期“重发轻供”观念的影响,以致电网投资力度不足,也可能由于能源产地越来越远离负荷中心以及可再生能源等间隙电源与分布式电源不断发展等多方面原因造成的。此外,福建电网与省外电网联系并不紧密,跨省电网仅有宁德-浙江双龙一条 500 千伏电网<sup>6)</sup>,使得富余电量无法向省外输送,输电能力面临较大压力。

#### 2.5 厂址与滨海生态环境压力增大

福建省内电力工业具有集群化发展的趋势,电厂选址多集中在滨海尤其是海湾地区,使得我省滨海湾区出现电力工

业的密集区。滨海地区一般都是经济发达、人口集中的地区,海湾地区又是生态脆弱敏感区,湾内的水动力和水交换条件较弱,且存在台风暴潮、地震引发海啸等不确定因素。此外,滨海电厂运行过程中将排出大量温排水及,将对海洋生态及渔业生产造成影响。滨海电厂建设对滨海生态环境影响压力增大,应进一步加强电力工业滨海选址的相关海洋要素研究。

### 3 对策措施研究

#### 3.1 加快调整电力结构

随着福清核电站、宁德核电站以及其他大型火电站的投产运营,我省电力产量不断扩大,未来一段时间内供需平衡将被打破,出现供大于求的状况,最终将导致能源浪费、电力富余现象。近几年来,热电联产和分布式能源被成为节能降耗的有效方式。首先,通过热电联产的方式,热电厂不仅可以同样数量、同样品种的煤炭进行电力生产,还能在发电过程中将一部分热能通过热力管道输送到千家万户,更能提供工业生产用的蒸汽和住宅暖气用的热水,大大提高了能源的利用效益。另外,热电厂的锅炉容量大、除尘效果好、烟囱高、还可实现炉内脱硫除硝,相比于小锅炉、火电厂,其环境效益和社会效益非常巨大。因此,进一步加大热电联产的比重,变供电为供热,不仅可实现能源的集约利用,避免能源浪费和电力富余,同时能缓解输电压力。

其次,分布式能源不仅能够提高能源利用率和供电安全性,更能实现按需供电,并为用户提供更多选择。目前,我省供电系统是以大机组、大电网、高电压为主要特征的集中式单一供电系统,电网中局部扰动都可能对整个电网造成较大的影响,严重时可能引起大面积的停电。相比之下,分布式电源的可靠性更高,灵活性更强。不仅能够满足用户的用电需求,产生的多余电量也能并入电网,输送到电力负荷中心,使得能源效益最大化。

#### 3.2 合理空间布局电厂选址

福建现有火电厂主要布局在福州大都市圈(福州、宁德、莆田)、厦门大都市圈(厦门、泉州、漳州)等电力负荷中心及内陆山区(南平、三明、龙岩)偏少,今后应结合经济社会发展需求,合理布局电厂,就近供电,减少长距离输电过程中的能源损耗。此外,现有滨海火电厂选址多集中在海湾内,对湾内海水养殖等开发活动及海洋生态影响较大,今后电厂厂址选址应可能朝湾外布设,减少煤炭过驳,尽可能减少对海域环境与海洋生态环境的影响,实现电力工业的合理布局。

#### 3.3 加快能源储备基地建设

福建省现有的电力结构以火电为主,且一次能源自给率较低,直接导致对煤、煤矸石等化石燃料的需求量剧增。今后福建省对煤炭的需求量将继续加大,并主要依靠外购手段缓解能源不足的现状,一旦供应链出现缺口,势必危及福建省的电力供应安全。为此,加快能源储备基地的建设迫在眉睫。建议应根据电厂空间布局、港口码头条件,加快罗源湾和湄洲湾煤电储备基地等建设。

#### 3.4 进一步加强电网建设

(下转第 22 页)

右,达到 8~12 或 10~15。洗井时水泵要尽量选大一些,结束时只要水中无大量的泥沙沉淀,水的浊度达到 20~50NTU 即可。

一种观点认为抽水井与回灌井可以借用,达到抽水和回灌分期使用的目的。从我们的实践经验看,是不合适的。因为两种井的用途不同,结构自然也不相同,如果相互借用,反而导致堵塞物质交替搬家、两个井交替堵塞的后果。

#### 1.4 化学堵塞

常见的化学堵塞是铁锰离子导致的堵塞。地下水中的铁常以二价铁的形式溶解于水中,由于其溶解度较大,刚从地下抽上来时是清澈透明的,但一经与空气接触,溶解于水中的二价铁便发生氧化,生成难溶于水的三价铁氢氧化物并在水中析出,呈深黄色胶体状态,一旦遇到细小的孔隙,便会发生堵塞,严重时甚至造成热泵机组无法正常运行。

根据水质化验报告,如果铁锰含量超出标准较多时,应注意减少空气与水接触的机会。具体是:①输水管道、井壁管、缠丝及滤网等全部采用非金属材料;②动水位(包括回灌井的回扬动水位)以上不能配置花管;如井管为钢筋混凝土管,动水位以上管箍的焊接要满焊,不得留有缝隙,其他水泥管及 UPVC 管的接头要用塑料布包严;滤料不得填到地面,井口以下数 m 可用粘土球或半流态的稠泥浆封闭,以与空气隔离。

如果地下水的含铁量较高,采取上述措施仍不能解决堵塞问题,就需要设置专门的除铁设备进行除铁。

#### 1.5 钙质堵塞

地下水的硬度一般较大,即钙镁离子含量较高,容易形成碳酸钙沉淀而使滤网、滤层结垢,从而造成堵塞。水的硬度越大,水温越高,堵塞速度也越快,尤其是夏天用于空调制冷时。

为减缓钙质堵塞,可采取以下做法:①取水井与回灌井分设,专井专用,对两种井采用不同的成井工艺,以减少回灌井堵塞。②对于冬夏两用的热源及回灌井,定期回扬,将形成

(上接第 17 页)

加快跨地区联网建设,建设与华东联网的第二通道,加快推进与南方电联网工作,增强电网在更大区域范围内配置资源的能力以及应对各种自然灾害的能力,保障电网安全稳定运行。同进,加快新建 1000kV 变电站以及跨省特高压联网线路,并深入开展向金门、马祖等地区供电的研究工作<sup>[3]</sup>。同进应完善省内主干结构,提高电网输电能力,通过构建沿海双廊道,加强内陆输电通道 500kV 工程;结合大型电源输出,加强地区 500kV 供电能力等电网建设,满足各地区电力负荷发展需要。

时间不久、较为疏松的钙质沉淀抽出井外。

#### 1.6 堵塞的处理措施

对于回灌井的堵塞,目前解决的办法主要是管井清淤、过滤器清洗和回扬,可根据现场情况采取一种或多种结合的办法。前两种有关资料介绍较多,本文重点介绍回扬。

回扬是解决堵塞常用的方法。所谓回扬就是利用回灌井中的水泵排出水中的堵塞物以达到继续使用的目的。每口回灌井回扬次数和回扬持续时间主要由含水层颗粒大小和渗透性而定。在岩溶裂隙含水层进行管井回灌,可长期不回扬;在松散粗大颗粒含水层进行管井回灌,回扬时间约一周 1—2 次;在中、细颗粒含水层里进行管井回灌,回扬间隔时间还应缩短,而且对这类含水层进行适时回扬尤为重要。

回扬时我们的经验是:水泵应停抽交替进行,例如抽 10min,停 10min,再抽 10min。回扬时间的确定,以出清水为限,一般需要 15~30min。回扬时应停止回灌,不能边回灌边回扬。

## 2 结论

提高水源热泵回灌水平,一方面要提高水质标准,特别是含砂量指标;另一方面要从整个系统的角度,对热源井和回灌井分别进行分析,以最大限度地减少固相堵塞、气相堵塞、化学堵塞和钙质堵塞。

影响水源热泵回灌的因素是很多的,这就需要我们不断的总结、研究,针对不同地质情况采取不同的方案,以保证规范的要求落到实处。

#### 参考文献

- 1 中国建筑科学研究院.GB50366-2005 地源热泵系统工程技术规范.北京:中国建筑工业出版社,2009
- 2 中国有色工程设计研究总院.GB 50019—2003 采暖通风与空气调节设计规范.北京:中国计划出版社,2004
- 3 中国建筑科学研究院.GB50736-2012 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范.北京:中国建筑工业出版社,2012
- 4 中国市政工程西南设计院.CJJ 10-86 供水管井设计、施工及验收规范.北京:中国建筑工业出版社,1986

#### 参考文献

- 1 陈朝柱.21 世纪福建发电能源结构调整和优化.福建电力与工业,1997,17(1)
- 2 福建省发展改革委.福建省“十二五”能源发展专项规划.闽政[2011]36 号
- 3 福建省统计局.福建省统计年鉴,2012
- 4 邵循通.福建能源结构和水电发展展望.水力发电学报,1998,(1)
- 5 杜强.福建能源结构的优化与新能源的发展.发展研究,2009,(7)
- 6 李功斯,李文琪.福建省电网智能化建设探索与实践.电力技术,2010,19(5)

## “川气东送”工程投产三年输气逾 185 亿 m<sup>3</sup>

“川气东送”工程自 2010 年 3 月 20 日建成至今,普光天然气田通过“川气东送”管道向华中、华东等地累计外输天然

气 185.66 亿 m<sup>3</sup>,销售硫黄 516.78 万 t。“川气东送”天然气管道西起四川省达州市普光首站,东向跨越四川、上海等 8 省市。