

# 江苏电力节能减排的技术途径

高小涛

(江苏省电力公司电力科学研究院,江苏南京 211103)

**摘要:**日益严重的能源和环境问题给电力行业提出了节能减排的更高要求,节能减排也是电力工业可持续发展的必由之路。结合江苏电力发展现状,从电力生产在发电环节、输变配电环节、用电环节、优化节能减排电力调度以及推广应用电力节能减排新技术等方面,提出了江苏电力节能减排的技术途径。

**关键词:**节能减排;低碳电力;可持续发展;环境保护;技术途径

**中图分类号:**F416.61

**文献标志码:**A

**文章编号:**1009-0665(2015)01-0065-04

近年来,由于化石燃料的过度消耗所导致的全球气候变暖问题和大气污染问题成为世界各国关注的焦点<sup>[1]</sup>。随着工业化、城镇化进程加快和消费结构升级,中国能源需求呈刚性增长,受国内资源保障能力和环境容量制约,中国经济社会发展面临的资源环境瓶颈约束更加突出,节能减排工作难度不断加大<sup>[2,3]</sup>。日益严重的能源和环境问题给电力行业节能减排工作也提出了更高要求。“十一五”期间,中国电力工业取得重大发展成就,超超临界发电技术和特高压交直流输电技术已步入世界先进行列。电力行业是CO<sub>2</sub>的排放大户,据统计,目前中国电力行业碳排放量约占全国总碳排放量的40%<sup>[4]</sup>。因此,电力行业需要调整发展战略,积极发展低碳电力,推进节能减排工作,为中国经济的可持续发展做出贡献。低碳电力是指在电力生产全过程中可以实现节能、高效率、低排放等低碳目标的电力。发展低碳电力,需要实现电力生产过程中发电、输电、变电、配电以及用电等各个环节的低碳化。在电力规划建设、生产技术、调度运行和管理机制等方面充分考虑低碳目标,通过电力企业不同部门的协调配合,最大程度地降低损耗,提高用能效率,节约资源使用,实现电力生产减排最大化。

江苏是经济发达和能源消耗大省,节能减排工作必将走在全国前列。“十二五”期间,江苏除了完成国家规定的SO<sub>2</sub>和化学需氧量减排任务外,要根据江苏的情况在大气和水污染物减排种类上有所扩大,则应增加大气污染物NO<sub>x</sub>和水污染物氨氮、总磷排放总量的削减指标,应积极推进电力节能减排工作。

## 1 江苏电力发展现状

江苏电力在不断推进新能源发展的同时,着力推动燃煤装机结构的逐步优化,江苏电网高参数、大容量装机比重逐年上升,小容量装机比重逐年降低。针对大量大容量高参数发电机组并入电网,江苏电力全面加

快各级电网建设与改造,优化500 kV主网架,满足省内电源基地送出的需要;大力推进220 kV电网建设,注重“分区互济”,进一步提升装备水平,提高安全可靠;重视110 kV及以下电网网络结构调整,统筹输电、高压配电与中低压配电等各环节协调发展。

江苏是西电东送的主要受端省份。江苏电网地处华东电网腹部,东联上海、南邻浙江、西接安徽;现由10条500 kV省际联络线分别与上海、浙江、安徽相联;3条500 kV线路与山西阳城电厂相联;1条500 kV直流线路与三峡电厂相联;1条800 kV特高压直流线路与四川锦屏电厂相联。500 kV电网已成为江苏电网的骨干网架,担负着区域及省际电力交换、骨干主力电源接入及重要城市供电、地区电网主要支撑电源的作用。江苏电网形成了“北电南送、西电东送”的格局及“四纵五横”的500 kV网架结构。

截止2013年12月底,江苏省内发电机组总装机容量达到80 550 MW,2003年江苏电网总装机只有2238 MW,增长了2.6倍,年增速达13.7%。10年间,江苏电源结构也发生了显著变化,燃煤发电装机65 250 MW,占比由2003年的96%降至81%;新能源发电装机达到5830 MW,自2006年以来年均增长26.5%,占全省总装机的7.24%,其中核电2000 MW、风电2290 MW、光伏发电650 MW、生物质发电890 MW。采用世界先进发电技术,建有15台1000 MW超超临界燃煤发电机组,8台600 MW超超临界燃煤发电机组,以及8台398 MW燃气-蒸汽联合循环机组。

2013年,江苏省100 MW及以上燃煤机组平均供电煤耗为306.4 g/(kW·h),同比减少3.1 g/(kW·h),节约标煤约97.46万t;统调燃煤机组平均厂用电率为5.28%;已有40家电厂、114台机组、59 790 MW容量安装了脱硝设施,占125 MW以上燃煤机组94%,脱硝机组脱硝投运率为96.73%,脱硝效率为74.19%,NO<sub>x</sub>平均排放量为70.72 mg/m<sup>3</sup>;燃煤机组SO<sub>2</sub>平均排放量为92.1 mg/m<sup>3</sup>;100 MW及以上燃煤机组烟尘排

放量为 107.17 mg/m<sup>3</sup>。

## 2 江苏电力节能减排的技术途径分析

江苏电力发展应该是安全、稳定和在节能减排约束下的可持续发展,节能减排工作也必然是在环境、能源、经济三者协调下进行。因此,江苏推进电力节能减排工作,也应从电力生产的发电、输电、变电、配电和用电环节等方面挖掘节能减排的潜力。

### 2.1 发电环节

#### 2.1.1 进一步优化电源结构

在发电环节方面,主要是通过进一步优化调整电源结构来实现节能减排目标。江苏通过大力有序发展新能源、可再生能源发电,加快发展光伏发电,推进沿海风力发电,加大抽水蓄能电站等建设,以增加新能源发电比例,协调发展天然气发电,从而降低燃煤发电比例。根据国家风电“十二五”发展规划,2015年江苏沿海风电装机容量将达到 6000 MW;东部沿海地区也将规划建设千万千瓦级风电基地,未来将形成海上风电“三峡”。

另外,继续优化发展煤电,进一步优化布局和结构,继续对超期服役、能耗相对偏高、污染严重、无改造价值的纯凝汽式小火电机组开展“上大压小”,进一步促使江苏电网高参数、大容量、节能环保超超临界发电机组的装机比例逐年上升。

#### 2.1.2 大力推进燃煤发电机组节能减排技术

江苏省燃煤发电机组节能减排潜力和技术途径主要有以下几个方面。

(1) 对于新建燃煤发电机组,采用先进超超临界燃煤发电技术。

(2) 进一步推进燃煤发电机组脱硫技术改造。对于装机 300 MW 以上火电企业脱硫设施烟气旁路全部拆除,综合脱硫效率达到 90% 以上,加快企业自备电厂、热电燃煤机组脱硫设施升级改造。

(3) 采用低氮燃烧技术结合加装烟气脱硝装置对省内部分大型燃煤机组进行综合脱硝技术改造,改造后机组烟气脱硝装置的脱硝效率达到 75% 以上,锅炉 NO<sub>x</sub> 排放量低于 100 mg/m<sup>3</sup>。

(4) 通过优化运行技术调整,保持机组高性能运行水平。

根据锅炉具体特点和燃煤煤种特性,采用燃烧优化技术,定期进行锅炉低 NO<sub>x</sub> 燃烧优化运行调整,提高燃煤锅炉运行的安全性和经济性,同时能降低锅炉 NO<sub>x</sub> 排放浓度,取得节能减排成效<sup>[5]</sup>。

通过汽机性能优化试验,确定各负荷下汽机调门顺序阀的最佳控制方式,根据环境温度的变化及时优化调整循环泵运行方式;通过开展汽机冷端优化运行和

疏水系统优化工作,可提高机组真空度、凝器端差、补水等经济指标;达到提高机组运行经济性目的。在机组启停的不同阶段尽量将汽水回收至高级别的加热器,以达到节水目的,提高能效利用效率。

(5) 在性能诊断分析的基础上,继续推进机组节能技术改造工作。例如,全方位开展机组的余热利用技术改造工作;通过进行机组对外供热改造,实现热电联产;进行部分老机组主机的通流技术改造、汽封和轴封的更新改造、热力系统优化改进、辅机变频节能改造、高加凝汽器及脱硫系统改造、锅炉空预器密封改造、电除尘供电方式的节能改造以及各类水泵的节能改造等工作。

(6) 推进燃煤机组执行燃机排放标准的环保改造试点。在机组现有电除尘的基础上,加装凝聚器和湿式除尘器,可以有效降低烟尘排放浓度,减少 PM2.5 的产生。

(7) 继续加强电厂清洁生产的管理,挖掘节能、节水的潜力,促进粉煤灰、脱硫副产品的综合利用。

#### 2.1.3 加强污染物排放控制

(1) 加强环境保护执法监督,严格控制电力行业污染物排放。电力行业污染物排放控制主要包括对大气污染(包括:烟尘、SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub> 等)、废水污染、固体废弃物污染等的控制。落实“江苏省电力企业锅炉烟气在线监控系统”的监控管理和环境保护飞行检查等工作,依据 GB13223—2011 火电厂大气污染物排放标准<sup>[6]</sup>,加强环境保护执法监督力度。实行环境保护执法责任制,对越权审批、行政不作为、执法不严等行为,严肃追究有关主管部门和执法机构负责人的责任。

(2) 落实机组脱硫、脱硝补贴电价。推进烟气脱硫和脱硝技术改造工作,实现达标排放。依据《燃煤发电机组脱硫电价及脱硫设施运行管理办法》和《江苏省燃煤发电机组脱硝设施运行管理考核暂行规定》,核定机组脱硫、脱硝补贴电价;并根据发电机组特点和实际运行状况,核定征收发电企业排污费。

## 2.2 输电、变电及配电环节

### 2.2.1 加快推进高效输电技术应用

(1) 特高压输电技术。采用特高压输电可降低输电损耗,减少由输电导致的碳排放。特高压输电提高了线路输送容量,节约了线路走廊,同等输送容量下节省了大量的建设资源与生产能耗。特高压的远距离输电能力能够有效优化资源配置,为大规模可再生能源发电提供输电通道,同时减少受端省能源需求压力。2013年7月,高峰用电期间江苏电网外购电负荷超过 13 000 MW。

(2) 紧凑型 and 同塔多回输电技术。积极发展紧凑型 and 同塔多回输电技术可节省塔材耗量,减少投资成

本,节约西电东送线路宝贵的土地资源,预留未来的发展空间。

(3) 动态增容技术。输电线路动态增容是指在导线允许运行温度不变并保证线路运行安全性的前提下,通过数据监测与传输装置采集导线在线温度、环境温度、风速、日照和载流量等数据,根据弧垂判据、温度判据、应力判据等安全性判据,计算出输电线路的实时最大载流量,来实时调整输电线路的传输容量。动态增容技术可增加单位线路的传输容量,最大限度发挥线路的传输容量。

### 2.2.2 推广应用降损技术

2013年,江苏电网平均线损率为5.95%,同比降低了1.04%,减少网损电量51.55亿kW·h,下一步推广应用降损技术,以达到降低电能损耗。

(1) 使用新型导线和节能金具。新型导线(例如,碳纤维复合芯铝绞线)能够提升线路的降损空间。使用低导磁率的材料(如铝或铜合金或低磁钢)来制造线路金具能够减少电能损耗。

(2) 加强降损措施和线损管理。电网是电能传输的载体,电能传输的过程中伴随一定的损耗。江苏电网要结合自身实际情况和需求制定有效的线损管理体系,加强线损管理的统计、分析工作,保证线损统计的准确性,合理指导降损技术的应用,最大限度地减少输电线损。

### 2.2.3 采用新型变压器

在输电、变电和配电环节中,变压器的数量庞大,其总的电能损失巨大。因此,需充分考虑电网中变电损耗情况,逐步淘汰陈旧老化、标准低、损耗高的变压器,加快推广应用具有节能效果的新型变压器,减少变电损耗。

采用新型变压器进行更新替代具有很大的节能潜力。例如,S11系列油浸式变压器空载损耗较S9系列下降30%~40%,空载电流降低70%~80%。非晶合金变压器的空载损耗可降低60%~80%,有显著的节能效果。另外,推广应用自耦变压器也能为电网带来节能减排效益。在相同输送容量下,与普通变压器相比,自耦变压器的电磁容量和外形尺寸都有所减小,减少了运行过程中的有功和无功损耗,节约了制造中耗用的铜铁材料,减轻了运输压力和安装难度,减少了设备在生产、运输过程中的碳排放,还可以减少无功补偿设备容量。

### 2.2.4 加强 SF<sub>6</sub> 的回收管理

在电网中,SF<sub>6</sub>作为各类开关器件的绝缘材料被广泛应用。而SF<sub>6</sub>是温室气体的一种,其全球暖潜能值高达23900(造成温室效应的强度,以CO<sub>2</sub>为参考值1),而且大气中的SF<sub>6</sub>气体寿命可达3400a。因此,电网企

业肩负对SF<sub>6</sub>气体的减排与管理的重任,如果能实现SF<sub>6</sub>气体的减排甚至替代,其产生的低碳效益将非常可观。

江苏电力目前已建立了针对SF<sub>6</sub>减排的具体管理措施,并建成了SF<sub>6</sub>回收实验室,未来应进一步研究SF<sub>6</sub>泄漏监测技术和回收再利用技术,寻找可以替代SF<sub>6</sub>气体的绝缘介质,选择适用于电网的SF<sub>6</sub>气体回收、净化并再利用的仪器设备,开发SF<sub>6</sub>减排监测管理系统,建立SF<sub>6</sub>回收与净化再利用操作规范,最大限度减少SF<sub>6</sub>的排放。

## 2.3 用电环节

### 2.3.1 加强电力需求侧管理

加强电力需求侧管理,进一步挖掘电力工业及上下游行业的节能潜力,提高我国的能源效率。基于用户需求的能源输出及能源利用效率的提高,将使能源行业的低碳化发展事半功倍。各类低碳电力技术均需要以低碳高效的用能方式相配合。

进一步完善电力峰谷分时电价政策和居民用电阶梯价格政策;加大差别电价、惩罚性电价实施力度;对能源消耗超过国家和省规定的单位产品能耗(电耗)限额标准的企业及产品,严格实行惩罚性电价。通过峰谷分时电价机制等需求侧的管理手段,调整负荷曲线,降低网损和发电煤耗,并引导用户低碳合理用电。

### 2.3.2 推广应用节能用电新技术

(1) 推广应用高效节能产品。加快城市道路照明系统改造,控制过度装饰和亮化。民用领域重点推广高效照明产品、节能家用电器、节能与新能源汽车等,商用领域重点推广单元式空调器等,工业领域重点推广高效电动机等。

(2) 推进合同能源管理项目。贯彻落实《国务院办公厅转发发展改革委等部门关于加快推行合同能源管理促进节能服务产业发展意见的通知》(国办发[2010]25号),引导节能服务公司加强技术研发、服务创新、人才培养和品牌建设,提高融资能力,不断探索和完善商业模式。支持重点用能单位采用合同能源管理方式实施节能改造,公共机构实施节能改造要优先采用合同能源管理方式,加强对合同能源管理项目的融资扶持,鼓励银行等金融机构为合同能源管理项目提供灵活多样的金融服务。

### 2.3.3 完善建设电动汽车配套服务网点

电动汽车是指以高效率充电电池、燃料电池等车载电源为动力源的汽车。为减少城市汽车尾气排放,发展电动汽车是世界共识和潮流。针对未来规模化发展的电动汽车产业,江苏电网需要在规划、建设和管理上做好准备,应对电动汽车的用电需求,为电动汽车提供快捷方便的充放电交互服务。下一步采取的措施包括:

加快研究江苏省电动汽车充电站网络布点规划方法,建设分布广泛的充电站和充电桩;分析探讨电动汽车大规模联网充电对于江苏电网的安全稳定和电能质量的影响;研究如何利用电动汽车的储能装置调整电网负荷曲线、进行削峰填谷,提高江苏电网可靠性。

#### 2.4 优化节能减排电力调度及发挥高效清洁能源优势

江苏省拥有包括核电、风电、光伏发电等形式多样的清洁能源发电,未来的可再生能源电源比例将稳步提高。另外,省内热电联产机组发电技术、高效低排放的超超临界发电技术得到了广泛应用。江苏电力充分利用省内的清洁能源发电资源,开展优化节能减排电力调度工作。依据电厂综合特性,对各类发电机组按发电煤耗排序和单位电能大气污染物排放进行有序调度,以优化电网潮流及清洁能源的利用与消纳,最终达到节能减排电力调度的目标。2013年,江苏省通过替代发电,减少SO<sub>2</sub>排放2.34万t,减少NO<sub>x</sub>排放2.93万t,减少CO<sub>2</sub>排放304万t,节约标煤117.1万t,节约燃料成本8.3亿元,取得了节能减排和经济效益双赢的效果。

江苏电力开展的优化节能减排电力调度工作,可成为短期内电力节能减排有效的途径,也符合江苏低碳电力发展的需要;实现对现有电源结构的优化配置,并激励发电企业进行节能减排技术改造。

#### 2.5 加快推进电力节能减排新技术的应用研究

(1) 在江苏电网建设中,采用先进高效的输电技术,推广节能金具、S11及以上型号节能型变压器和自耦变压器的使用。

(2) 大力推进电力储能技术示范应用工程。电力储能技术能够在大规模间歇式能源并网时保证电网的可靠性<sup>[7]</sup>。大规模储能在电力系统可以起到“削峰填谷”的作用,也是解决新能源大规模使用与并网矛盾的需要。在江苏低碳电力发展进程中,建议推进投资成本相对低、技术成熟的抽水蓄能和压缩空气储能等电力储能技术的示范应用工程建设。

(3) 积极开展特高压电网优化运行技术、直流配

电技术和分布式并网发电技术等研究工作,持续推进江苏低碳电力发展。

(4) 开展低碳电力评价指标体系研究。通过开展江苏低碳电力评价指标体系研究,进行相关技术的生命周期评价、系统评价(安全、清洁、节约、经济)和可持续性评价等工作。

### 3 结束语

基于低碳电力发展目标,江苏电力节能减排的技术途径主要包括:进一步优化电源结构;推进燃煤发电机组节能减排技术应用;全面加强发电机组污染物排放控制;加快推进高效输电技术的应用工程;继续降低线损和变电损耗;完善分时电价政策和居民阶梯电价政策,加强电力需求侧管理;推广节能用电新技术,完善电动汽车配套服务网络建设;着力推行节能减排发电调度;积极开展电力储能技术、洁净发电技术和分布式并网发电技术等的应用研究工作。

#### 参考文献:

- [1] 于然,康重庆,周天睿,等. 低碳电网的技术途径分析与展望[J]. 电网技术,2011,35(10):1-8.
- [2] 王志轩,张晶杰. 中国“十二五”电力节能减排展望[J]. 中国能源,2010,32(12):5-9.
- [3] 康重庆,周天睿,陈启鑫,等. 广东电网低碳发展的技术途径初探[J]. 广东电力,2011,24(10):1-5.
- [4] 宋晓华. 基于低碳经济的发电行业节能减排路径研究[D]. 北京:华北电力大学博士学位论文,2012.
- [5] 沈跃云,高小涛. 燃煤电站锅炉运行过程中NO<sub>x</sub>排放预测方法[J]. 江苏电机工程,2011,30(6):73-76.
- [6] 环境保护部,国家质量监督检验检疫总局. GB13223-2013 火电厂大气污染物排放标准[S]. 北京:中国环境科学出版社,2011.
- [7] 张翼. 电力储能技术发展和应用[J]. 江苏电机工程,2012,31(6):81-84.

作者简介:

高小涛(1967),男,江苏靖江人,高级工程师,从事电力节能减排及网源协调相关技术的应用研究等工作。

## Technical Approaches for Energy-saving and Emission Reduction of Jiangsu Power

Gao Xiaotao

(Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing, 211103, China)

**Abstract:** In view of increasingly severe energy environment issues, higher requirements on energy-saving and emission reduction. Current development of Jiangsu power, the technical approaches for energy-saving and emission reduction of Jiangsu power are analyzed and presented from power generation, transmit electric power, converting electric power, distribution electric power, electric power dispatching, and application of energy-saving and emission reduction electric power technology.

**Key words:** energy-saving and emission reduction; lower carbon power; sustainable development; environment protection; technology maturity