

# 需求终端节能减排发展现状与效益分析

张弋宁<sup>1,2</sup>, 汪颖<sup>1</sup>, 肖先勇<sup>1</sup>

(1. 四川省电力公司, 四川 成都 610041; 2. 智能电网四川省重点实验室, 四川 成都 610065;  
3. 四川大学电气信息学院, 四川 成都 610065)

**摘要:**需求侧作为系统资源,已越来越引起人们的重视。智能电网的核心理念之一是提高电能转换和传输效率,节能减排。加强智能电网建设,推广高效节能技术是推进低碳经济的必由之路。在分析智能电网背景下终端节能技术发展现状的基础上,对新的电力价值链上能源的供应与传输行业、运输行业、居民住宅和商业建筑物、工业、农业、林业、废弃物管理业等的各环节节能减排技术进行了分析,同时分析了国际能源署和联合国基金会针对各行业的节能效益进行的评估方法,对中国的节能减排综合性工作方案及目标进行了探索。

**关键词:**智能电网; 用户终端; 节能效益; 节能技术; 发展现状

**Abstract:** As the system resource, the demand side has been attached more importance. One of the core concepts of smart grid is to improve the efficiency of electrical energy conversion and transmission to save energy and reduce emission. To strengthen the construction of smart grid and promote the efficient energy conservation technologies are the only way to develop the low-carbon economy. Based on the development status of terminal energy conservation technologies under smart grid, the energy supply of the new electricity value chain and the energy conservation technologies of all links including transmission industry, transportation industry, residential and commercial buildings, industry, agriculture, forestry and waste management industry are analyzed, and the evaluation methods of energy conservation benefits by International Energy Agency and the United Nations Foundation are analyzed simultaneously. Finally, the comprehensive programs and objectives of energy conservation and emission reduction in China are investigated.

**Key words:** smart grid; customer terminal; energy conservation benefit; energy conservation technology; development status

中图分类号: TM711 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2011)04-0013-04

2010年3月5日,温家宝总理在政府工作报告中提出,积极应对气候变化,大力开发低碳技术,推广高效节能技术,积极发展新能源和可再生能源,加强智能电网建设。代表委员们热议的智能电网首次写入政府工作报告,这将极大推动这项庞大节能低碳减排工程的建设并促进中国低碳经济发展<sup>[1-2]</sup>。智能电网具有低碳节能特性。据测算,通过发展智能电网,到2020年,中国每年可减少煤炭消耗 $4.7 \times 10^8$  t标准煤,减排二氧化碳 $13.8 \times 10^8$  t,有利中国实现2020年温室气体减排目标。

推动全球节能发展的主要原因,可分以下四方面:①包括发达国家和发展中国家在内的人口增长和单位产值的能耗增长;②石化燃料资源是有限的,降低成本,以环境友好的方式利用这些有限资源已变得越来越重要;③对非本国资源的依赖性威胁着很多国家的国家安全;④恶劣的环境问题是资源开采、转换和使用的结果。

不仅各国政府出台了节能措施,世界上多个国家也都采用了节能自愿协议的政策措施,来激励企业自觉节能和提高能效。日本经济组织联盟(凯单仁)由代表1011个日本公司的37个工业协会组成。凯单仁主要由大公司组成,占日本全部工业能源消耗的80%~90%。凯单仁自愿行动计划有许多工业部门参加,包括建筑、外贸及其他部门。美国政府开展了能源之星、气候智星、绿色照明、废物能、电机挑战等许多由公司或公众自愿参加的节能环保项目。德国的自愿协议命名为德国工业气候保护宣言,是由公司单方面做出的,并不是公司与政府之间正式的约束性协议,但也要与政府协商。荷兰是自愿协议应用最早、覆盖面最广、实施效果最好的国家之一。1992年,荷兰签署了第一轮自愿协议即长期协议(LTA),共签署了44份,涉及29个工业部门,大部分协议于2000年到期。2000年,荷兰大部分耗能工业部门又与政府签署了新的协议——基准协议,以应对国际新

变化<sup>[9-11]</sup>。

智能电网背景下的用户终端节能技术已经越来越受到政府、电力公司、电力用户、研究机构等多方的关注。不同行业的用户采用不同的终端节能技术。国际能源署和联合国基金会等针对能效的改进措施,对未来几十年电能终端消耗的效益进行了分析。中国也提出了适合中国国情的节能减排综合性工作方案及目标<sup>[4-6]</sup>。

## 1 节能的成本效益

从工业用户的角度来看,采取节能措施所能得到的期望结果取决于很多因素,所以就必须进行节能的成本效益分析。节能的成本效益问题同时取决于正考虑的节能计划和电网特征两方面因素,节能计划和(或)节能行动是电网所特有的,每个节能计划都必须根据其所在特定电网的实际情况进行经济性评估。对于一些电力系统而言,采取节能措施也许是最便宜的,但是,每个节能行动必须根据节能计划能达到的节能能力,以及可能产生的环境影响和其他可用节能措施进行综合评估,由于气候特征、负荷特征、燃料成本、发电机组等情况的变化,节能计划的总体经济性可能会发生变化。如果实施节能计划,电力系统的收益不能达到足以弥补节能成本时,节能计划的实施结果可能使节能成本更高<sup>[8,12-13]</sup>。

在评估电力需求侧节能行动的效益和成本时,一个可用的有效指标是节能计划对总成本的影响。由于终端电力用户的节能行动可能会影响很多方面的成本,因此,通常采用的评估方法是通过建模技术来完成,可通过建立相应模型,分别模拟用户平均电价和参与节能计划的电价等。

## 2 智能电网背景下终端节能技术现状

### 2.1 能源供应与运输行业

对能源供应与运输行业而言,最重要的抑制措施由以下几部分组成:发电/输电/配电效率的提高、燃料转换效率、加大核能发电所占的比例、可再生能源发电、发电机组中的先进煤燃烧技术、碳捕获与储存技术等。可再生能源发电包括水电、风电、生物能源、地热能等。碳捕获和储存技术可望用于天然气与燃煤混合燃料电厂。

### 2.2 运输行业

运输行业的策略主要包括提高道路机动车辆、海运船只、铁路运输以及飞机的燃油效率,还包括提高不同运输方式的运行效率(如与交通运输调度和载客量相关的因素)。由于公路运输所产生的移动尾气排放占整个运输行业内污染排放的很大部分,因而备受关注。适用于公路运输的措施包括采用低温室气体排放的制冷剂、使用生物质能源、或采用混合动力汽车、采用插电式混合动力电动汽车、使用氢动力燃料电池汽车、或纯电动汽车,鼓励从原来使用的单一动力模式向使用混合动力模式的方向发展,这是运输行业提高能源利用效率的另一种选择。

### 2.3 居民住宅和商业建筑物

居民住宅和商业建筑物的减排策略,可分为三个一般性领域,即:楼宇建筑与系统节能、燃料切换、控制非二氧化碳温室气体的排放。提高建筑物的能源效率有很多种技术措施,其范围涉及从大楼外装饰到内部配置的各种系统,如照明系统、热水系统、空气加热系统、空气制冷系统、通风系统、冷藏系统以及其他设备等。

### 2.4 工业

工业领域的减排措施包括提高工厂和生产过程的能源效率、燃料替代、能量回收(如热电联产)、使用可再生能源、循环使用废料、废物最小化和控制其他(其他非二氧化碳温室气体)温室气体的排放,碳捕获和储存是大型工业设备可行的减排方式。

### 2.5 农业

农业领域减排途径同样有多种选择,涉及能源与土地利用效率的提高、牲畜与肥料的能效管理,开发和利用生物质燃料等,是横向缓减农村能源供应的一个策略。另外,使用厌氧消化池来进行肥料处理也是一种有效措施,该方法也可应用于废气废水处理等行业。

### 2.6 林业

林业的减排策略是旨在减少污染排放物和防止水土流失等方面的策略,具体减排策略包括保持或增加森林面积、本地碳密度和地区范围碳密度,增加外地植树碳储备,生物能和燃料替代等。

### 2.7 废弃物管理业

废弃物管理业的减排策略由降低温室气体排放和避免污染物排放等技术组成。减排的措施主要包括回收和利用甲烷、改进垃圾填埋方法、废水管理、生产并使用厌氧消化池燃气。避免污染物排放的措施

包括控制堆置肥料、加强焚化、扩大环保范围以及废料最小化、加强循环和再利用。

### 3 节能效益分析

#### 3.1 国际能源署的评估

国际能源署(International Energy Agency, IEA)在其出版的《世界能源展望 2006(World Energy Outlook 2006, WEO)》一书中,讨论了世界能源未来发展的两方面潜在的设想:参考性设想和可选择的政策设想(见《世界能源展望 2006》)。参考性设想考虑了从2006年到2030年,未来能源使用模式的发展趋势、所有已颁布或采用的政府能源与气候政策和力度,该设想没有考虑未来政策、措施和/或新技术的发展。另一方面,可选择的政策设想考虑了现在已考虑的所有与能源和气候有关的政策与措施,因此,其内容刻画了如果立即实施2006年提出的政策和措施所能达到能源目标,在可选择的政策设想中,新的措施包括未来节能技术发展、更多非石化燃料、纯能源进口国内石油和天然气的维持等,但是,可选择的政策设想没有考虑现已商业化应用的技术,仅看到了与参考性设想比较,现有技术更好地执行、提高和快速突破的可能性,没有包括可能出现的重大技术突破。

在可选择的政策设想中,能源效益的改进对应于全球2004—2030年能源密度(单位GDP能源消耗)减少率,采用的能源减少率为2.3%,而在参考性设想中该减少率为1.7%。在参考性设想中的许多发展是在发展中和转型经济体上获得的,这些经济体对于能源效率提高更有潜力。

表1对比了所选择的区域内以上两种设想情况下2030年的电力需求量,对于参考性设想,需求量下降最大的情况发生在巴西、欧洲、中国、拉丁美洲,就实际节能数量而言,中国在相对参考性政策设想下的节能总量为814 TWh。

#### 3.2 联合国基金会的评估

在一份公布于2007年的报告中,联合国基金会(United Nations Foundation)提出了一项宏伟的提高能源效率的计划,该计划规定,从2012年到2030年,让八国集团(八国集团包括加拿大、法国、德国、意大利、日本、俄罗斯、英国和美国)的能源效率提高到历史能效数据的两倍,即达到每年提高2.5%,参考国际能源署2006年的报告,从1973年到1990年,全球

能效提高率每年2%;1990年到2004年,下降到0.9%。尤其是,该计划也呼吁“G8+5国(巴西、中国、印度、墨西哥和南非)”,以及其他发展中国家,也共同来完成节能目标。八国集团的能源消耗占全球总能耗的46%,经济最发达的国家应首先重视能效的提高,然后其他发展中国家才能效仿。所有“G8+5国”的能耗占全球一次能源消耗量的70%。

如果上述计划得以顺利实施,随着能源效率的提高,可使八国集团在2030年的能耗总量相对于国际能源署在参考性设想中提出的能源需求降低22%,达到这些国家2004年的能耗水平。

表2给出了2010年在节能措施影响下,年度能量消耗的减少量,该分析忽略了目前正在实施的提高能源效率的相关计划,或是根据历史趋势,可能会出现节能措施改进所带来的影响,因此,表2提供的节能数据是基于未执行能效政策的,该表最大化地反映了各经济计划的节能水平,实际可能没有这么多。2010年总共可节能近230 TWh,这相当于2010年电力需求预测总量的5.5%。节能政策对住宅、商业和工业部门都会产生重大影响,1/5的电能是可在住宅领域内节约出来。在住宅项目中,节能计划的目标超过了当前政府规定的大功率空调、建筑物采暖措施、高效照明设备和其他装置的规定。通过提高终端用电设备的性能,强制推行新建筑物采暖标准就能在住宅项目方面实现节能。商业领域的节能机会最多(商业领域节能机会占了近50%),在商业项目中,节能计划的目标主要是高效加热系统、通风和空调(HVAC),同时也包括照明系统、大功率设备,如冷藏设备和电动机等。通过新举措的刺激,有望达到更大节能效果,其余30%的节能贡献来自于工业领域,该领域的节能计划主要针对优质高效电机、产品加工过程效率的提高,也包括照明效率的提高等。

#### 3.3 中国节能减排综合性工作方案及目标

国务院关于节能减排综合性工作方案指出,到2010年万元国内生产总值能耗由2005年的1.22 t标准煤下降到1 t标准煤以下,降低20%左右;单位工业增加值用水量降低30%。控制高耗能、高污染行业过快增长,严格控制新建高耗能、高污染项目。加快淘汰落后生产能力,完善促进产业结构调整的政策措施,进一步落实促进产业结构调整暂行规定,积极推进能源结构调整,促进服务业和高技术产业加快发展,加快实施重点节能工程,推动燃煤电厂二氧化

表1 2030年所选地区在WEO参考性和可选择政策设想下的电力需求比较(国际能源署2006)

地区	2004年需求量 /TWh	2030年需求量(参考性设想) /TWh	2030年需求量(可选择政策设想) /TWh	2030年可选择政策与参考性设想之差 /TWh
美国	3 641	5 281	4 792	489(9%)
日本	965	1 175	1 047	128(11%)
欧盟	2 652	3 710	3 175	535(14%)
俄罗斯	58	954	872	82(9%)
中国	1 756	6 106	5 292	814(13%)
印度	442	1 733	1 570	163(9%)
拉丁美洲	698	1 640	1 419	221(13%)
巴西	349	651	547	104(16%)
中东	477	1 221	1 082	139(11%)
非洲	407	1 070	977	93(9%)

表2 2010年美国终端用电节约的能量(Gellings等2006年)

住宅项目	能源节省/kWh	商业项目	能源节省/kWh	工业项目	能源节省/kWh
新建工程	10.6	新建工程	35.8	电动机	24.1
审计/过冬维护	10.3	照明	33.5	工序	12.1
照明	6.3	冰箱	14.9	照明	17.9
能源之星电器	6.3	冷却	13.4	压缩空气	5
高压交流电 发动机的调整/维护	4.7	设备能量效率	12.6	冷却	6.2
空调能量效率	4.5	审计	5.4		
冰箱能量效率	2	高压交流电 发动机的调整/维护	1.9		
其他设备能量效率	1.8				
风扇能量效率	0.9				
总计	47.4	总计	117.5	总计	65.5
所有行业总计				230.4	

硫治理。多渠道筹措节能减排资金,推进资源综合利用,促进垃圾资源化利用,全面推进清洁生产。加快节能减排技术研发,加快节能减排技术产业化示范和推广,广泛开展节能减排国际科技合作,建立政府节能减排工作问责制。建立和完善节能减排指标体系、监测体系和考核体系,建立健全项目节能评估审查和环境影响评价制度,加强节能环保发电调度和电力需求侧管理等<sup>[3]</sup>。

哥本哈本联合国气候变化大会于2009年12月7日召开。温家宝总理在会上表示,遏制气候变暖,拯救地球家园,是全人类共同的使命,每个国家和民族,每个企业和个人,都应当责无旁贷地行动起来。中国正处在工业化、城镇化快速发展的关键阶段,能源结构以煤为主,降低排放存在特殊困难。但是,中国始终把应对气候变化作为重要战略任务。1990—2005年,单位国内生产总值二氧化碳排放强度下降了46%。在此基础上,温总理又提出,到2020年单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降40%至45%。中国将进一步完善国内统计、监测、考核办法,改进减排信息的披露方式,增加透明度,积极开展

国际交流、对话与合作。通过大力发展可再生能源、积极推进核电建设等行动,到2020年中国非化石能源占一次能源消费的比重达到15%左右;通过植树造林和加强森林管理,森林面积比2005年增加4000万公顷,森林蓄积量比2005年增加 $13 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。这是中国根据国情采取的自主行动,是中国为全球应对气候变化做出的巨大努力。

## 4 结 论

受传统的和新的推动力的驱动,节能问题已开始被新的发电技术、政策和计划等所唤醒。全世界已经认识到节能对世界能耗有怎样的影响,已认识到了石化燃料的有限性,已推动了高效发电、输电和用电技术的发展,已不断形成一种非常重要的国家和国际性资源价值观念——节能,在面对新的与能源制约、燃料成本增长、全球努力减少温室气体排放等相关的推动力时,节能意识正在被提升。

智能电网背景下,终端节能技术得到了飞速发  
(下转第26页)

在一起,为改善用户能源服务提供了机会。在智能电网的大背景下,通过使用能量端口设备,用户可以更好地参与到动态能量管理中,并通过对电价信号进行有效的响应来影响未来国家的能源体系,并能够提高能效。智能端口设备的开发利用为设备制造商和提供商带来了严峻的考验。因此,从结构设计和逻辑设计出发,同时兼顾两者是值得深入研究的问题。

### 参考文献

[1] Gellings C W. The Smart Grid: Enabling Energy Efficiency and Demand Response [M]. New York: Fairmont Press, 2009.

[2] 薛蓉, 陈江华. 电力需求侧管理实施模式初探 [J]. 电力需求侧管理, 2008, 10(6): 1-3.

[3] Gellings C W, Smith W M. Integrating Demand-side Management into Utility Planning [J]. Proceedings of the IEEE, 1989, 77(6): 908-918.

[4] 王蓓蓓, 李扬, 高赐威. 智能电网框架下的需求侧管理展望与思考 [J]. 电力系统自动化, 2009, 33(20): 17-22.

[5] 全生明, 卢键明, 谢传胜, 等. 需求侧响应机制的国际经验及对我国的启示 [J]. 电力需求侧管理, 2009, 11(2): 73-76.

[6] 牛东晓, 陈志强. 电力市场下的需求响应研究 [J]. 华东电力, 2008, 36(9): 5-9.

[7] Rahimi F, Ipakchi A. Demand Response as a Market Resource under the Smart Grid Paradigm [J]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2010, 1(1): 82-88.

[8] Parmenter K E, Hurtado P, Wikler G, et al. Dynamic Energy Management [R]. Palo Alto: EPRI, 2008.

[9] Didierjean A. What is a Consumer Portal? [C]. 2006 IEEE PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition, Dallas(TX), May 21-24, 2006: 471-473.

[10] RI. IntelliGrid Consumer Portal Telecommunications Assessment and Specification [R/OL]. <http://mydocs.epri.com/docs/public/00000000001012826.pdf>.

[11] McGranaghan M, Gilchrist G. Telecommunications Assessment for a Consumer Portal [J]. 2006 IEEE Power Engineering Society General Meeting, Montreal( Quebec), June 18-22, 2006: 1-6.

[12] Gellings C W. A Consumer Portal at the Junction of Electricity, Communications, and Consumer Energy Services [J]. The Electricity Journal, 2004, 17(9): 78-84.

(收稿日期: 2011-02-10)

(上接第16页)

展,能源供应与传输行业、运输行业、居民住宅和商业建筑物、工业、农业、林业、废弃物管理业等的节能减排技术层出不穷。国际能源署和联合国基金会针对各行业的节能效率进行了评估。中国根据国情,提出了节能减排的综合性工作方案及目标,在智能电网建设中,相信会有越来越多的节能技术应用在各个行业。

### 参考文献

[1] 田廓, 鄢帆, 薛松, 等. 建设中国特色坚强智能电网技术经济关键问题框架研究 [J]. 华东电力, 2010, 38(1): 1-5.

[2] 姚建国, 赖业宁. 智能电网的本质动因和技术需求 [J]. 电力系统自动化, 2010, 34(2): 1-5.

[3] 国发[2007]15号. 国务院关于印发节能减排综合性工作方案的通知.

[4] Chris Marnay, Julie Osborn, Carrie Webber. End-Use Efficiency to Lower Carbon Emissions [J]. IEEE Power Engineering Review, 2001, 3: 10-18.

[5] P. Ravi Babu, V. P. Sree Divya, K. Venkatesh. Application of ANN and DSM Techniques for Peak Load Management a Case Study [J]. IEEE Region & Sibircon, 2008: 169-174.

[6] Masanet E., Kramer K. J., Homan G.. Assessment of Supply Chain Energy Efficiency Potentials: A U. S. Case Study

[C]. Sustainable System and Technology, 2009: 1-6.

[7] Greg Wikler, Ahmad Faruqui, Clark W. Gellings. The Potential for Energy Efficiency in Electric End Use Technologies [J]. IEEE Transactions on Power Systems, 1993, 8(3): 1351-1357.

[8] 崔视宏. 工业能源消费问题研究——以镇江市为例 [D]. 南京: 江苏大学, 2008.

[9] 窦义粟, 于丽英. 国外节能政策比较及对中国的借鉴 [J]. 节能环保, 2007(1): 26-29.

[10] Norma Anglani, Alfio Consoli, Giovanni Petrecca. Energy Efficiency Technologies for Industry and Tertiary Sectors: the European Experience and Perspective for the Future [C]. Energy 2030 Conference, 2008: 1-7.

[11] Ghaddar, N. K.. Economic and Environmental Assessment of Improving Energy Efficiency in Lebanese Industrial Sector [C]. Environment and Solar, 2000 Mediterranean Conference, 2000: 48-55.

[12] Arai, J., Iba, K., Funabashi, T.. Power Electronics and Its Application to Renewable Energy in Japan [J]. IEEE Circuits and Systems Magazine, 2008, 8(3): 52-66.

[13] M. Elbuluk, N. R. N. Idris. The Role Power Electronics in Future Energy Systems and Green Industrialization [C]. 2nd IEEE International Conference on Power and Energy (PECon 08), 2008: 1-6.

(收稿日期: 2011-02-10)