

# 智能配电网促进用电侧节能减排的政策与计划

汪颖<sup>1</sup> 陈武<sup>2</sup>

(1. 四川大学电气信息学院, 四川 成都 610065; 2. 成都电业局, 四川 成都 610021)

**摘要:** 在当今世界节能减排、绿色能源及可持续发展理念的引领下,智能电网的建设已在众多国家如火如荼地开展。提高终端能源利用效率、节能减排已成为智能电网建设过程中的一项重要内容。其中覆盖面最广、需全民参与的是通过智能电网战略的实施推动用电侧的节能减排,这对于体现智能电网的综合效益具有重要意义。对中国当前的终端能效政策与计划实施情况作了简要介绍,综述分析了国际上已成功实施的终端能效政策与计划,提出了中国推进智能电网建设的过程中,尤其在用电侧应注意的一些问题。

**关键词:** 智能电网; 能源消耗; 能源效率; 节能减排; 政策与计划; 现状与趋势

**Abstract:** Leading by the conception of energy conservation and emission reduction, green energy and sustainable development nowadays, the smart grid is constructed in many countries. It is an important content in constructing smart grid that improving the end-use energy efficiency and saving energy. The energy conservation and emission reduction in demand side is promoted by the implementation of smart grid strategy which calls on all citizens to actively participate in and is of great significance in reflecting overall efficiency of smart grid. The current end-use energy efficiency policy and the implementation of the project in China are introduced briefly. The international successful end-use energy efficiency policies and plans are summarized and analyzed. The problems needing attention especially in demand side during the construction of smart grid are proposed.

**Key words:** smart grid; energy consumption; energy efficiency; energy conservation and emission reduction; policy and plan; status and trend

中图分类号: TM711 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2011)04-0017-05

随着社会经济的快速发展,资源和能源问题已成为世界性课题。人们已认识到,资源是有限的,而社会发展对资源的需要却在不断增长,因此,能源效率、节能减排、绿色能源、可持续发展、环境保护等自然地被成了全球关注的重点。为此目的,智能电网概念作为引领未来电力系统发展的路线图被提到了各国发展的国家安全战略、能源战略高度。在已提出的各种智能电网愿景中,仅注重满足社会能源需求的传统电网已不再适应时代发展要求,而智能电网、绿色电网成了全球性行动<sup>[1]</sup>。中国于2009年5月在北京召开的“2009特高压输电技术国际会议”上正式提出建设坚强智能电网的战略目标<sup>[2]</sup>。在实施智能电网战略中,研究开发和整合需求侧资源、需求响应以及提高终端能效等,是构筑智能电网的重要内容之一。终端能源效率的提高有助于在智能电网建设过程中节约相关硬件投资,特别是可减缓新建发电装机容量<sup>[3]</sup>,这对显著提高整个电力系统经济效益、促进智能电网的有序、优质、高效发展而言,具有重要意义。

作为提高终端能效的一项重要管理策略,受到电力行业和其他诸多行业的广泛关注。文献[4]分析了传统电力需求侧管理的关键技术及实施过程中可能遇到的主要问题,给出了中国在建设智能电网过程中需重视的诸多管理建议。与此同时,作为电力需求侧管理在竞争性电力市场中的最新发展——需求响应也受了越来越多专家、学者和电力工程师们的密切关注<sup>[5]</sup>。除此之外,实施与终端能源使用方式、能效改进等相关的能效政策与计划<sup>[3]</sup>也是提高终端能效的一项重要措施。

当前,中国智能电网的建设,主要对电网基础硬件设施进行大量投资,而对于如何提高终端能效的关注程度仍然还不够<sup>[6]</sup>,还有很多工作值得深入,以保证人与自然的持续、和谐发展。因此,在认真分析国内外有关文献和政策及其实施情况的基础上,对国际上现有的、较为先进与高效的终端能效政策与计划进行了归纳和总结,以期进一步提高中国智能电网的效率与效益。首先对中国目前的终端能效政策和有关计划的实施情况进行分析,随后重点对国际上代表性

电力需求侧管理的概念自20世纪被提出以来,

国家的终端能效政策与计划实施情况及逆行能够归纳总结和对比,通过比较,提出对中国智能电网建设过程中值得重视的几点建议。

## 1 中国现有终端能效政策与计划

据统计,工业领域的能耗占中国终端能源消费总量的绝大多数<sup>[7]</sup>,因此,主要对工业领域内的能效政策与计划进行分析和归纳。中国在2005—2010年五年规划期间,确立了在2005年到2010年间能源强度(定义为单位GDP的能耗)降低20%的目标,在此目标要求下,制定了“1 000家”最大耗能企业计划(TOP 1 000)。在该计划中,政府为挑选出来的1 000家耗能最大的企业设定了相应的节能目标<sup>[8]</sup>。这1 000家企业在2004年共耗能 $19.7 \times 10^6$  MJ,占全国能源使用量的1/3和工业能源使用量的一半左右。预计到2010年,这1 000家企业的总节能目标将达到 $2.9 \times 10^6$  MJ。在TOP 1 000计划中,钢铁与化工行业是主体,占企业总数的一半左右。其中,钢铁行业的能源使用量约占1 000企业耗能总量的40%,石油/石化工业和化工行业则分别约占企业耗能总量的15%。

在2006年夏季,国家发展与改革委员会为每家企业都确立了明确的节能目标,并在该年秋季为每家企业举办了专门的节能培训班。

制定节能减排目标和进行专门培训后,所有被挑选企业,都被要求进行能源审计并制定相应的能源行动计划。然而,由于中国当时还较缺乏能源审计人员,提出的规定难以得到落实,为此,美国能源部(U. S. Department of Energy, DOE)与中国发改委签署了一份关于理解工业能效合作的备忘录<sup>[9-10]</sup>。备忘录的内容中,第一阶段的内容,包含了由DOE组织的工业能效专家团队以及一个由发改委组织的类似的专家团队共同对“TOP 1 000”计划中的8到12家企业进行能源审计。作为能源审计的一部份,DOE专家将确定出潜在的节能环节,并为有助于提高能效的美国设备供应商提供相应建议,以期共同进行技术合作与开发。此外,DOE还计划确定出典型节能锅炉、燃煤锅炉以及热电联产机组等,并进行工程示范。

## 2 国际上典型终端能效政策与计划

总的来说,终端能效政策与计划可以分为如下几

类<sup>[3]</sup>:常规类、能源供应与传输类、工业类、建筑类、交通运输类等五大类,具体如下所述。

(1) 常规类政策与计划,包括广泛作用于经济领域的各类能效工具。具体有:用于研究与开发的补贴、税收激励、私人投资激励、节能设备、车辆及设施的采购领导权(如由政府或大型公司负责采购)、提高知名度的公共信息和教育(如通过邮件、媒体、接触等)以及商业同盟等。

(2) 能源供应与传输类政策与计划,包含直接作用于能源公司的各种行动。一些可能的行动是建立使用化石燃料电厂的最低能效标准、削减化石燃料补贴、制定碳费政策、创新税率体系(包括从销售收入中提取利润以鼓励提高能效)、实施需求侧管理方案、通过提高能效,满足未来大部分电力需求的目标、更多采用热电联产、改进供电和电力传输设施(包括发展智能电网)、减少天然气燃烧以防止资源浪费和减少污染排放,以及引入节能交易许可证制度。能效交易许可证类似于绿色许可证和CO<sub>2</sub>交易,但用于节能和达到能效目标。

(3) 工业类政策与计划,由多种能效工具组成,如能源战略管理、重要类型设备(电动机、锅炉、泵和压缩机等)的最低能效标准、特定过程高能效技术、能源管理系统、公认改进目标、激励、研究倡议和能效标杆,有些政策和计划已扩展到农业和废物管理类。

(4) 建筑类有很多能效政策与计划机会,主要机会包括更高要求的建筑规范和设备标准、标识与认证方案、旨在逐步淘汰低效照明并引进高效照明和先进控制的先进照明倡议、高能效建筑的采购领导权、节能职责及配额、合同能源管理(能源服务公司通过节能效益收回能效提高过程中所采取的能效措施的成本)、自愿与谈判协议、税收优惠、补贴、补助与贷款、碳税、教育与信息、强制性审计与能源管理要求、详细账单等。

(5) 交通运输类的能效政策与计划,包括改善燃料经济性、强制性燃料效率标准、先进车辆设计及新技术(如插入式混合动力电动汽车)、车辆购置税、燃油税及停车税、更适于大众需求的轨道交通的改善、旨在优化路线的交通基础设施规划、交通流量与总体效率、更多的远程办公津贴、更高能效的多运输模式转换、节能型交通工具的采购领导权等。

另外,除上述能效政策与计划外,还包括协助经济转型国家和发展中国家的潜在能效政策等。如联合国基金会报告建议:为能效投资设立贷款担保基

金;对相关国家进行人力和资源投资以最大化地提高能效;支持出口节能技术市场;减少低效的贸易和技术。特别是对于发展中国家,最成功的能效政策与计划是在考虑环境影响与成本的同时,解决好经济发展过程中的能源需求问题。

### 3 在不同层面实施的能效政策与计划

#### 3.1 国际能源机构层面

1999年,国际能源机构(International Energy Agency, IEA)建议,所有国家协调能源政策以期在2010年将所有产品的待机功耗都降低至1W或更少,而且,IEA还建议,所有国家应采用相同的定义和测试过程,但实际上,各国所使用的措施和政策根据各自的情况确定<sup>[3]</sup>。

虽然多数小型设备的待机功耗都非常小,每台设备的典型范围为0.5~10W,由于当前和今后设备使用量都将以较快的速度增加,总的待机功耗将变得非常大。实际上,据估计全世界所有设备的待机功耗总量达480TWh/年,据IEA预测,通过采取相应的节能增效措施后,待机功耗可减少60%~80%。

迄今为止,已完成了与1W倡议相关的多项措施有如下几个:

①八国集团一直致力于推动1W倡议;②2005年,国际电工委员会采用了一种获得国际认可的待机功耗测试程序,时至今日,该测试程序已成为官方指定程序,并得到了广泛应用;③全世界许多国家都采用自愿性认可标章;④韩国和美国已实施政府采购;⑤日本和美国加利福尼亚州是当前仅有的两个已采用法规的地区,但是,待机功耗的要求逐渐成为应用更为广泛的能效法规的一部份,如中国与韩国、澳大利亚、新西兰、美国、加拿大等国都正在考虑制定相应法规;⑥在欧洲,自愿性法规已扩展到覆盖外部电源、机顶盒与宽带调制解调器等的待机功耗;⑦通过1W倡议,可以发现,对单台设备制定出有针对性的法规很难且其成本很高。因此,IEA针对所有产品提出一种统一方法,该方法可用于除已经采用具有待机功耗测试程序能效标准的产品和一些特定设备,如医疗器械等以外的所有产品。

#### 3.2 国家层面

##### 3.2.1 挪威

2002年,挪威石油与能源部建立了一个能效机

构<sup>[3]</sup>,名为Enova。Enova是建立在征收配电税收的基础上,它在2007年的预算为20000万美元。Enova的任务是通过在挪威采取全面统一的方式,提高终端能效和推动可再生能源发电,其最终目标为通过提高终端能效或增加可再生能源产量的方式,到2010年实现能源使用量减少12TWh(2006年,挪威总能源使用量为222TWh。因此,Enova提出的节能目标约占挪威总能源使用量的5%)。

Enova主要靠提高工业生产的能效来实现其节能目标,特别地,Enova还为工业提供投资援助或拨款,这些拨款总额可多达投资成本的40%(国家指导准则规定的最高额度)。Enova采用标准净现值方法来评价项目收益水平,在选择能效项目时,Enova使用的主要标准为单位节能所需项目投资援助额。单位节能所需项目投资援助额越低,项目就越有可能获得拨款援助,然而,这些拨款也有一些附加约束,如:如果未能达到节能目标,企业将部份或全部返还项目的投资援助,类似地,如果实际投资成本比预算投资成本低,援助拨款将相应减少,另一方面,如果实际投资成本比预算投资成本高或实际达到的节能目标超出预先估计的节能目标,援助拨款额仍将维持最初水平。因而,这在一定程度上也就削弱了对公司实施高投资成本和高节能目标项目的激励作用。

可见,挪威的能效投资模式带来的结果令人鼓舞。截至2006年底,Enova已经达成了累计节能目标为8.3TWh/年的合约,其中,与工业能效项目相关合约中的节能目标为2.2TWh/年,占总合约中规定节能目标的26%。在挪威,许多公司都在利用能效项目取得的成就来履行其社会责任。

##### 3.2.2 加纳

2003年,加纳向联合国气候变化框架公约提交了一份技术需求评估报告(Technology Needs Assessment, TNT),并在此后不久收到了联合国开发计划署提供的主要资金援助以及美国可再生能源实验室的技术支持<sup>[3]</sup>。TNT的目的在于确定能够减少的潜在温室气体排放量及有利于国家可持续发展的各类技术的开发和转让方案。

首批确定的终端能效技术包括采用紧凑型荧光灯(compact fluorescent lamps, CFLs)替代白炽灯和提高锅炉效率两方面。TNT实施以来,由于加纳国内进口关税、安装工作组织和零售业的改观,加纳在用CFLs替代白炽灯的实现率上得到了大幅增加。一直

以来,CFLs的推动政策都保持在可持续发展和自我融资服务状态。据估计,新的CFLs市场将给加纳经济带来1 000万美元的经济增长,同时,CFLs政策的实施也使加纳国内的电力需求减少了6%。

### 3.2.3 德国

提高能源终端使用侧的能效对于德国到2020年成功实现温室气体排放减少40%这一宏伟目标而言至关重要,因此,在当前和不远的将来,大量影响能源终端需求侧能效的政策将获得实施或引进。下面给出了几个事例<sup>[3]</sup>。

(1) 任何人对房屋或公寓进行能效改造都可获得国家补贴。如:采用隔热项目、替换低效供热系统和安装新型节能窗等都可获得补贴。

(2) 今后,所有新建和现有建筑物都必须进行能源认证;能源证书将说明建筑物当前的能源利用情况,并能识别出有效的能效措施。

(3) 在不久的将来,德国将依据二氧化碳排放量,而不再根据车辆大小来对机动车进行征税。同样,对于卡车,也将依据其二氧化碳排放量来征收高速公路通行费。

### 3.2.4 日本

在采取节能措施方面,日本当属世界领跑者。日本也因此成为世界范围内每单位GDP温室气体排放量水平最低的国家。日本《1979合理使用能源法》及其修订版包含了多项能效政策与计划,这些政策与计划囊括了工业、建筑业及交通运输业等领域。各领域中具有代表性的成功范例如下<sup>[3]</sup>。

(1) 工业。在日本,工业领域的能效改进取得了重大成就,即使日本的经济突飞猛进,当前其能源使用水平仍保持在1970年的水平,这主要归因于工业化过程中能源强度的减小、产业结构的调整以及工业设备的节能。尽管日本在提高能效上获得了进步,但其仍努力在工业领域中降低能源强度及减少温室气体排放量,其主要原因在于,工业耗能约占日本全部能源使用量的一半。在工业领域内,提高能效的具体措施包括:在大、中型企业任命节能管理员,并要求他们提交节能计划,对其能源消费做出详细报告。另一项措施是,1997年日本经济团体联合会引入的自愿行动计划,该项计划鼓励工业部门自愿采取能效措施,在该计划中,日本设定了2010年的二氧化碳排放量应低于1990年时目标工业企业的排放水平。

定地改进,但随着电子设备、人口的迅速增加以及人们更多方便思想的产生,日本建筑领域内的能源使用量仍在不断增加。为解决该问题,日本制定了领跑者计划,以便为电器与设备推出高能效标准。该标准明确说明了计划中的产品效能等同于或高于市场上最好的同类产品。对于每种类型的电器,日本在指定目标年内对制造商和进口商都制定了强制性能效要求。当前,日本仍在不断对所提能效标准进行重新评估。领跑者计划的实施,使得大量终端电器和设备的能效得到了大幅提高,如2004年,日本空调能效比1997年提高了近40%。另外,在2000年8月,日本引入了节能标识制度,该制度告知用户其终端设备的能源使用特性。为了鼓励商家销售高能效设备,日本于2003年引入了能效产品零售商评价制度,以此追踪和评价销售工作。在该制度实行的第一年,有150家商场被认定为能效产品的积极推动者。同时,日本为鼓励电厂与办公大楼内实施综合热能及电能管理,也给出了相应的奖励措施。

为给消费者树立榜样,2001年4月,日本设立了一项采购政策,鼓励政府机构为办公和公共建筑购买终端能效设备。政府的这种采购措施开拓了新技术市场,同时,也增加了产品的市场渗透力。

(3) 交通运输。为减少交通运输领域中的温室气体排放,日本针对客运车辆的燃料效率制定了领跑者标准。此外,日本政府还为混合动力车辆提供了税收优惠、补贴、低息贷款等多种方式的激励措施。同时,还为配备具有自动减少空转功能装置的车辆提供补贴。对于托运和大型运输企业而言,日本政府则要求其提供节能方案及出具相应的节能报告。

### 3.3 州(省)层面

在美国,加利福尼亚州是在能效方面处于领先地位的州之一<sup>[3]</sup>,已经实施了大量卓有成效的能效计划。其中,于2002年首次获得批准的全州住宅照明计划就极具代表意义。全州住宅照明计划是为应对2001年加利福尼亚州能源危机而推出的,在此后几年里,市政公司实施了多个试点和全面计划来解决发电容量不足问题,包括全州住宅照明计划、其他能效与需求响应计划等。在2002计划年中,共有5 502 518盏电灯、24 932台设备、6 736盏火炬灯和50组吊扇灯获得了补贴,该方案总价值940万美元。据估计,该计划已节能162 888 MWh,其中,在需求侧节能21.4 MWh,这些节能数量相当于每年减少约 $10 \times 10^6$

t 二氧化碳排放。另外,类似的照明计划也从2002年开始获得了批准。

### 3.4 城市层面

美国俄勒冈州波特兰市是过去30年内社区能源政策的国际领跑者<sup>[3]</sup>。为应对欧佩克(Organization of Petroleum Exporting Countries, OPEC)石油禁运,波特兰市于1979年实施了美国历史上第一个地方性能源政策,该政策包含建立能源办公室和成立能源委员会两方面。1990年,波特兰市采取了新能源政策,包括对超过50个公共和民间团体、协会进行广泛研究与社区参与。1990能效政策包含城市运转、能效、交通运输、电信、能源供应、减少废物及其回收等方面在内的近90个目标,总目标是到2010年使城市各领域(包括住宅、商业、工业及交通运输业)能效提高10%。

波特兰市能效政策得以成功实施,主要原因在于该城市首先关注了内部建筑和设施的能效。特别地,该城市制定了城市能源挑战计划,使其能源成本到2000年降低了100万美元。在实现该目标后,波特兰市还将在今后进一步减少能源成本。目前的节能效益相当于200万美元/年或者超过整个城市能源费用的15%。

### 3.5 公司/研究院层面

2006年底,沃尔玛宣布到2007年底在沃尔玛及其山姆会员商场实现1亿只CFLs的销售计划,即在1亿客户中实现人均1只CFLs的销售目标<sup>[3]</sup>。根据沃尔玛的说法,如果该销售目标得以实现,那么在CFLs的使用寿命期内,它将为所有客户节约30亿美元的电费开支,总节能量相当于45万个家庭的能源使用量。同时,也将减少近 $2\,000 \times 10^4$  t的温室气体排放量,相当于减少了700 000辆汽车在公路上行驶时所排放的温室气体。

2009年,美国电力研究院列举了目前在美国已采取的主要终端能效技术<sup>[11]</sup>,包括基于Web的工业能源管理工具、高效的数据中心、供热通风与空气调节技术(heating, ventilation and air conditioning, HVAC)、家用电器及商用设备、先进照明技术、用于消费电子产品电源供应器、先进电机。文献[12]则进一步对HAVC能效技术进行了研究。同时,还对工业、高性能住宅和建筑、电力电子、插入式负荷及照明等众多能效技术进行了详细介绍与分析。

## 4 结 语

的成功实施,取得了显著的节能效益。中国智能电网建设目前主要集中在基础硬件上,对于终端能效还未重点关注。实际上,智能电网的建设是一项极其复杂庞大的系统工程,它不仅集中在发、输、配电环节的基础设施之上,还包含大力提高住宅、工业、建筑、交通运输等多终端领域内的能效,以充分发挥智能电网的社会效益及其经济效益。因此,在中国智能电网建设背景下,提出一系列有效的终端能效政策与计划以充分挖掘终端能效潜力是值得深入探讨的重要课题。

### 参考文献

- [1] 陈树勇,宋书芳,李兰欣,等. 智能电网技术综述[J]. 电网技术, 2009, 33(8): 1-7.
- [2] 常康,薛峰,杨卫东. 中国智能电网基本特征及其技术发展评述[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(17): 10-15.
- [3] Clark W, Gellings P. E. The Smart Grid: Enabling Energy Efficiency and Demand Response[M]. Fairmont Press, 2009.
- [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] 张钦,王锡凡,付敏,等. 需求响应视角下的智能电网[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(17): 49-55.
- [6] 吴疆. 用能效的观点比较中美不同的智能电网投资策略[J]. 中国能源, 2009, 31(9): 15-18.
- [7] 王庆一. 中国2007年终端能源消费和能源效率(上)[J]. 节能与环保, 2009(2): 14-17.
- [8] Price L, and W. Xuejun. Constraining Energy Consumption of China's Largest Industrial Enterprises through the Top-1000 Energy-consuming Enterprise Program[C]. 2007 Summer Study on Energy Efficiency in Industry, New York(USA), July 24-27, 2007: 1-12.
- [9] U. S. Department of Energy. U. S. and China sign agreement to increase industrial energy efficiency, DOE to conduct energy efficiency audits on up to 12 facilities, 2007.
- [10] U. S. Department of Energy. Memorandum of Understanding between the Department of Energy of the United States of America and the National Development and Reform Commission of the People's Republic of China Concerning Industrial Energy Efficiency Cooperation, 2007.
- [11] Electric Power Research Institute. 170 End-Use Energy Efficiency - Preparing for a Low-Carbon Future, 2009.
- [12] Electric Power Research Institute. End-Use Energy Efficiency and Demand Response in a Low-Carbon Future - Program 170, 2010.

(收稿日期: 2011-02-10)

终端能效政策与计划已在多个国家获得大规模