

对我国中长期(2030、2050)节能发展战略的系统分析

麻林巍, 李政, 倪维斗, 付峰

(清华大学热能工程系电力系统与发电设备控制与仿真国家重点实验室, 北京 100084)

[摘要] 首先,从全生命周期视角出发,对我国能耗增长的根源进行了剖析;其次,剖析了节能的基本概念和内涵,指出应重点区别建设型能耗和运行型能耗;最后,总结了中长期节能的战略目标,以及制度节能、系统节能、技术节能3类实现措施,并对系统节能开展了住宅寿命问题的案例分析。

[关键词] 节能;发展战略;系统分析

[中图分类号] TK01+8 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2011)06-0025-05

1 前言

“节能优先”已经成为我国能源可持续发展的基本战略。降低单位GDP(gross domestic product)能耗已经作为重要的约束性指标,引入了我国“十一五”国民经济和社会发展规划^[1],并很可能在今后的五年规划中继续强调。然而,从中长期(2030、2050)的视角,持续降低GDP能耗能否起到足够的控制总能耗的作用,以及能否在今后持续得到实现尚是有待思考的问题。事实上,我国近年来总能耗仍以每年新增1亿~2亿tce的速度持续增长,而产能过剩、奢侈浪费、能效滞后等能源浪费的现象仍不断出现。

从整体能源系统长期动态发展(2030、2050)的全生命周期视角出发,对我国能耗增长的根源、节能的定义以及战略目标、实现措施等问题进行逐一剖析。希望从对中长期节能战略的思考和讨论中,得到一些对当前节能工作有益的启示。

2 我国能耗增长的根源

能耗的基本公式可以表达为: $E = \eta \cdot S$ ^[2],其

中 E 为总能耗; η 为提供单位能源服务的能耗($\eta = E/S$); S 为能源服务的消费总量(能量单位)。能源服务可以定义为利用能源所提供的人们真正需要的服务,如热、机械动力等。若进一步引入GDP,则公式成为: $E = \eta \cdot \varepsilon \cdot \text{GDP}$,其中 ε 为产生单位GDP所需的能源服务($\varepsilon = S/\text{GDP}$), $\eta \cdot \varepsilon$ 也就是单位GDP能耗。则能耗变化可以表达为式(1):

$$\frac{dE}{dt} = \frac{d\eta}{dt} \cdot \varepsilon \cdot \text{GDP} + \eta \cdot \frac{d\varepsilon}{dt} \cdot \text{GDP} + \eta \cdot \varepsilon \cdot \frac{d\text{GDP}}{dt} \quad (1)$$

在GDP和能源服务 S 的需求基本稳定的情况下,如欧、美、日等发达国家近年来的发展状态,式(1)中第2、3项可以忽略,则降低 η 也就意味着降低总能耗,节能就成为一个单纯的能效问题。但对我国而言,由于GDP持续高速增长,能源服务需求不断升级,即便能效不断得到提高(上式中第1项为负),但所减少的这部分能耗可能立即被GDP的巨大增长所抵偿(第3项为正)。而式中第2项的变化趋势是个很值得讨论的问题。

从计算GDP的生产法角度,式(1)中的第2项

[收稿日期] 2011-03-29

[基金项目] 中国工程院重点咨询项目支持

[作者简介] 倪维斗(1932—),男,上海市人,中国工程院院士,清华大学热能工程系教授,主要从事参源战略和多联产能系统的研究;
E-mail:niwd@tsinghua.edu.cn

可以理解为产业结构调整问题,也就是通过结构性优化,如发展低能耗的高新技术产业和第三产业,降低产生单位 GDP 所需的能源服务。这是个长期被重视但同时也是十分棘手的问题。事实上,我国强调了多年的产业结构调整,而产业结构仍然在趋于“重化”。其中有两面的原因:一方面,在我国所处的工业化加速发展阶段,基础建设和出口的需求巨大,仍然在单位 GDP 能耗倒“U”型曲线的上升阶段^[3];另一方面,产能过剩和设施利用率不足等问题,进一步导致 ε “虚高”。也就是以近年来的趋势,式(1)第2项为正,实际上起到了抵消能效提高所产生的节能效果,而拉动总能耗进一步增加的作用。

此前,笔者也曾利用投入产出模型对 1997—2007 年我国全社会总能耗进行分解^[4],而结果表明:期间,为经济建设服务的建设型能耗(固定资产形成的嵌含能耗)和出口型能耗(净出口商品的嵌含能耗)在总能耗中的份额呈现不断上升趋势;同时,消费型能耗(城市居民、农村居民、政府等)的份额不断下降。这也是对上述关于第2项为正的讨论的一个很好的验证。

3 节能的基本概念和内涵

节能的一般定义是:“节能是减少能源使用数量的

实践,实现的途径包括两种,一是通过提高能源利用效率实现,即在达到近似相同的产出条件下,少用能量;二是通过减少能源服务的消费,减少能量使用”。

上述定义对发达国家和发展中国家是普遍适用的,但必须意识到,对发达国家和以中国为代表的发展中国家而言,具体内涵有较大差别。在已经实现工业化的发达国家,由于能源开发和利用设施的数量基本饱和,能源服务需求缓慢增长,其节能问题相对简单,可称其为静态节能。节能主要是通过发展和采用新技术,提高现有能源设施的能源利用效率,以及通过政策引导减少能源服务的消费。

我国正处在工业化、城镇化和机动化并举的经济高速发展时期,基础设施远未饱和,能源服务需求动态增长,节能问题具有强烈的动态性和不确定性,表现在:

1)除现有能源设施的运行能耗外,新的能源需求接踵而来。不仅包括新增能源设施(固定资产)的运行能耗,而且包括建设这些能源设施的(脉冲性或一次性)基本建设能耗。而种种原因导致能源设施寿命或功用不足又带来建设能耗的大量浪费(废弃能源设施残余能耗),如图 1 所示。

2)尽管对节能有理想的憧憬,但由于未来经济发展、产业结构和技术发展的巨大不确定性,导致未来节能水平的不确定性很大。

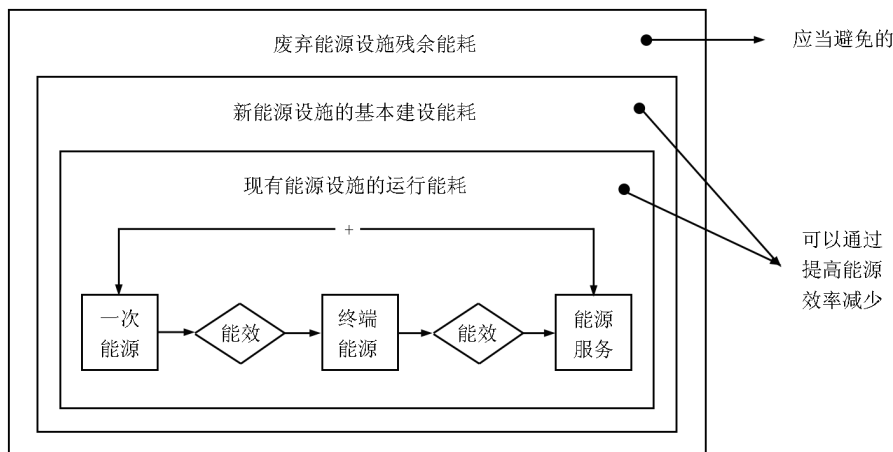


图 1 我国动态发展过程中建设能耗和运行能耗示意图

Fig. 1 Construction energy consumption and operation energy consumption in the dynamic development of China

在以上思想下,式(1)可以进一步演变为式(2):

$$\frac{dE}{dt} = \frac{d\eta}{dt} \cdot (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) \cdot GDP + \eta \cdot \frac{d\varepsilon_1}{dt} \cdot GDP + \eta \cdot \frac{d\varepsilon_2}{dt} \cdot GDP + \eta \cdot (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) \cdot \frac{dGDP}{dt} \quad (2)$$

式(2)中, ε_1 为单位 GDP 的建设型能源服务消费; ε_2 为单位 GDP 的运行型能源服务消费。则我国中长期节能至少涵盖了以下 4 个方面:a. 提高技术能效,降低 η ; b. 控制建设能源服务需求 ε_1 的增长;c. 控制运行能源服务需求 ε_2 的增长;d. 对 GDP 增长进行调控。

4 我国中长期节能的战略目标和实现措施

我国中长期节能的战略目标如图 2 所示^[5]。2050 年前,我国很可能还处于总能耗的上升阶段^[6]。但延续目前能耗高速增长的“传统高耗能发展道路”将是难以接受的,即便不能实现快速稳定总能耗的理想“争取走的道路”,也至少要实现能

耗低增长的“应该走的发展道路”,减少图 2 中上方所示的那部分巨大能源浪费。应该走的发展道路是:首先,需要对未来的经济结构和总量进行正确的定位,避免由于不恰当的能源服务水平及经济结构造成不必要的能源消费增长;其次,需要对发展过程进行科学的规划、引导和协调,避免过产能等问题导致的能源浪费。

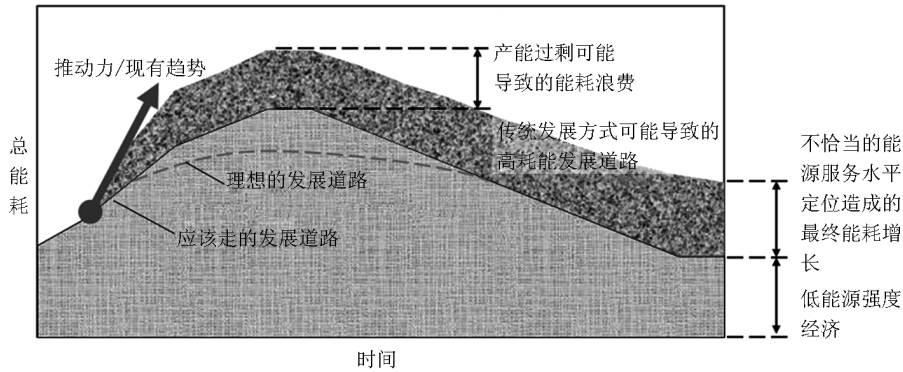


图 2 我国动态发展过程中节能的战略目标示意图

Fig. 2 Strategic goals of energy saving in the dynamic development of China

为实现这一在动态发展中节能的战略目标,具体的实现措施可以概括为以下 3 类,如图 3 所示:

1) 制度节能:通过顶层制度安排,对未来生活水平、经济总量、产业结构进行正确定位和引导,有效调控 GDP 的增长,减少运行性能能源服务需求的数量,对应式(2)中的第 3、4 项。

2) 系统节能:通过发展规划和政策调控,避免发展过程中由于重复建设、过度建设和缺乏协调等问题导致的能源供应和利用设施的寿命不足或使用

不足,减少建设型能源服务的浪费,对应公式 2 中的第 2 项。

3) 技术节能:持续提高能源设施的技术效率,尤其是需求侧的能效,减少产生单位能源服务的能源消耗。对应式(2)中的第 1 项。从技术创新角度,技术节能又可以分为渐进性技术节能和根本性技术节能。除通过对在役主力技术的渐进性技术创新,逐步提高能效外,还应加强对根本性技术创新的探索,谋求能源效率的跨越式发展。

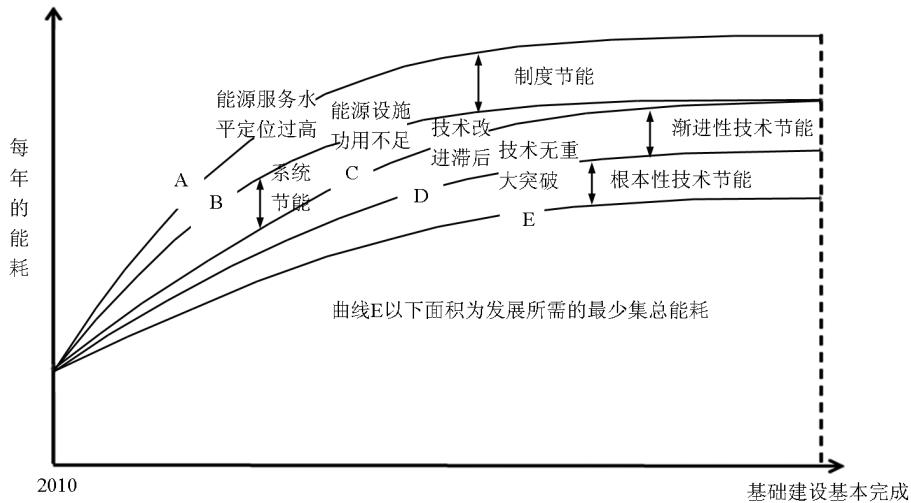


图 3 我国动态节能的三类实现措施示意图

Fig. 3 Three ways to implement the dynamic energy saving in China

注:曲线 A 为按目前趋势的能耗参考水平;B 为通过“制度节能”调控 GDP 和减少运行型能源服务需求后的能耗曲线;C 为在 B 基础上进

一步通过“系统节能”减少建设型能源服务需求后的能耗曲线;D为在C基础上进一步通过渐进性技术节能提高能源效率后的能耗曲线;E为在D基础上进一步通过根本性技术节能提高能源效率后的能耗曲线,为理论上的最少能耗

5 “系统节能”的住宅寿命案例分析

我国每年的水泥和钢铁生产大约占年总能耗的20%左右,其中建筑业是大头,消耗了钢材的50%、水泥约90%,而其中住宅建设约占一半。而住宅的寿命严重不足,无形中增大了水泥和钢铁消费量,从而增加了年能源消费量。

2008年我国城镇化率为45.68%,而城市住宅面积为180亿 m^2 ,人均29.61 m^2 ;农村住宅面积为234亿 m^2 ,人均32.4 m^2 。随着人口增长和住宅需求的提高,未来我国住宅建设的任务还很繁重。假定基准情景下,2030年我国城镇化率达到60%,城镇人口约9亿,人均住宅面积为42 m^2 ;农村人口约6亿,人均住宅面积为45 m^2 。则可计算得到,当住宅平均寿命从25年延长至50年时,2010—2020年的累计住宅建设能耗可从32.77亿tce下降到20.04亿tce,平均年节约1.3亿tce。2010—2030年的累计住宅建筑能耗可从69.42亿tce下降到39.86亿tce,平均年节约1.7亿tce。

除住宅寿命外,其他类似的问题还包括高耗能产业过剩(例如钢铁)、发电设备利用小时数不足等,这里就不再逐一分析。

6 结语

我国的节能问题和发达国家有明确区别,是一个典型的动态节能问题,其中又以运行型能耗的长

远定位和建设型能耗的节约最为特殊和重要。我国应该通过制度节能、系统节能、技术节能三管齐下,争取走低耗能的发展道路,实现未来低能耗和低碳排放。而对系统节能的案例表明,仅通过延长住宅寿命就可能实现每年节约亿吨标准煤级别的能耗。因此,当前应及早对我国未来的能源服务水平进行正确地定位和引导,并高度重视建设能耗问题,充分挖掘动态发展中的节能潜力。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要[OB/P][2006-3-16]. <http://ghs.ndrc.gov.cn/ghjd/115gyxj/001a.htm>.
- [2] Reinhard Haas, Nebojsa Nakicenovic, Amela Ajanovic, et al. Towards sustainability of energy systems: a primer on how to apply the concept of energy services to identify necessary trends and policies[J]. *Energy Policy*, 2008, 36(11): 4012-4021.
- [3] 李政,麻林巍,潘克西,等. 产业发展与能源的协调问题研究—国际经验及对我国的启示[J]. *中国能源*, 2006, 28(10): 5-11.
- [4] 李政,付峰,麻林巍,等. 我国年总能耗的分解[C]//首届中国能源论坛,北京,2010.
- [5] Ma Linwei, Liu Pei, Fu Feng, et al. Integrated energy strategy for the sustainable development of China[J]. *Energy*, 2010, 36: 1143-1154.
- [6] Jiang Bing, Sun Zhenqing, Liu Meiqin. China's energy development strategy under the low-carbon economy[J]. *Energy*, 2010, 35(11): 4257-4264.

System analysis of the mid-long term (2030,2050) energy saving strategy of China

Ma Linwei, Li Zheng, Ni Weidou, Fu Feng

(State Key Lab of Power Systems, Department of Thermal Engineering,
Tsinghua University, Beijing 100084, China)

[Abstract] The main reason of energy demand growth in China from the perspective of life cycle of society was analyzed. After that, the basic concept of energy saving for China was analyzed, and the importance to distinguish the construction energy consumption and the operation energy consumption were pointed out. Then, the stra-

tegic goal of mid-long term energy saving of China, and three ways to implement it were proposed and they were: institutional energy saving, systematic energy saving and technological energy saving. And a case study of systematic energy saving for the problem of the life time of domestic building was also introduced.

[**Key words**] energy saving; development strategy; system analysis

(上接 24 页)

China's environmental challenges and its strategic countermeasures for energy development in the mid-long term

Wang Jinnan, Chen Xiaojun, Ning Miao, Zheng Wei,
Chen Hanli, Yang Jintian, Yan Gang

(Chinese Academy for Environmental Planning, Beijing 100012, China)

[**Abstract**] The environmental impacts of energy use over last decade and environmental damages cost by coal exploitation and use, which is 185.6 Yuan/t coal, were analyzed. The four key challenges of China's energy development were pointed out, and environmental protection targets in sustainable energy development to improve the environmental quality and reduce greenhouse gas emissions were proposed. According to the main air pollutants emissions control targets, the possible constraints on coal consumption were discussed. Meanwhile, the strategic measures and policy recommendations to achieve green and low-carbon energy development were presented.

[**Key words**] energy development; environmental challenges; constraints on coal consumption; strategic measures