

国家“十二五”节能减碳战略规划探索

华 贵

(华南理工大学 天然气利用研究中心, 广州 510640)

摘要: “十二五”是中国经济能否由传统的发展模式转入低碳增长模式的关键时期. 中国运用碳减排的硬约束, 坚决调整产业结构, 抓住天然气低碳能源快速增长的契机, 在新区全面推广集成创新的 DES/CCHP 能源利用模式, 大幅度降低能源强度 ε 和碳强度 k ; 并与时俱进地采用新技术, 带动存量经济能源系统升级改造, 不断提高总能效, 早日走上高能效与低碳排放互相促进、良性循环的发展道路.

关键词: 能源强度; 碳强度; 节能减碳; 能源战略

中图分类号: TK01

文献标识码: A

文章编号: 1673 - 1603(2012)02 - 0097 - 04

1 “十二五” ε 降低 16% k 降低 17% 目标与 2011 年统计数据

“十二五”已经进入第二年, 但是国家“十二五”能源规划迄今还未定稿, 为落实规划目标——2015 年总能耗不超过 41 亿 t_{ce}/a , 而把能源强度 ε 降低 16%、碳强度 k 降低 17%, 以及燃煤总量这 3 项指标分解到各省、市的工作又遇到了阻力. 于是有人质疑总能耗 41 亿 t_{ce}/a 的目标是在 GDP 年增 8.5%、能源弹性系数 0.5 的前提下推定的, 而已经过去的 2011 年, GDP 按可比价格增长 9.2%、能源弹性系数高达 0.8, 总能耗 41 亿 t_{ce}/a 的合理性值得怀疑. 还有人担心这将会影响到地方经济的发展^[1].

另一方面, 即使按照总能耗 41 亿 t_{ce}/a 推算, 2015 年中国碳排放总量也将达到 84 亿 t_{CO_2}/a , 比 2010 年增加 25%. 虽然因为 GDP 增速更快, 碳强度可以降低 16.5%, 并使 2020 年碳强度降低 40% ~ 45% 的承诺也有可能兑现. 但这种“相对减排”而绝对排放量增加的情景, 已经遭到许多国家的质疑. 如果总能耗 41 亿 t_{ce}/a 的目标难保, 中国受到的国际压力将会更大.

显然, 已成为世界第二大经济体的中国必须履行自己对于控制气候变化的国际责任. 当然, “发展是硬道理”. 中国绝不会以牺牲发展来换取碳减排. 问题是: 发展和碳减排必定是非此即彼的“零和博弈”吗?

国家统计局 1 月 17 日宣布 2011 年 GDP 增加 9.2% 的同时, 还公布了 1 组高能耗、高污染行业的增长数据: 化学原料和制品 14.7%、钢材 12.3%、10 种有色金属 10.6%、水泥 16.1%. 这样就不难理解为什么 2011 年能源弹性系数高达 0.8, 比“十一五”期间的 0.576 高出 38.9%, 以及由此反推出的 2011 年总能耗为 34.89 亿 t_{ce}/a , 能源强度 $\varepsilon = 34.89/34.29 = 1.017$, 只比 2010 年下降了 1.6%, 却不是“十二五”规划预期的 3.2% 了. 而这正是在竭力提倡科学发展和转变经济增长方式之年发生的. 这很值得反思: 为什么 2011 年中国的经济增长/能源利用模式比“十一五”还“高碳”? 中国能够以 2011 年的模式发展吗? 有没有另一种低碳的经济增长模式呢?

2 产业结构、能源结构和能源利用效率决定 ε 、 k , 单纯下压指标无济于事^[1]

严谨的研究工作和若干区域能源规划制订的经验证明, 能源强度和碳强度是由产业结构、能源结构、能源利用效率 3 因素决定的. 而这三者, 又是区域整体发展规划与区域能源规划反复协调、相互博弈的结果. 决定因素是经济增长/能源利用模式的战略决策, 与 GDP 规划的大小并没有直接的或线性的关系. 诚然, 地区政府为了获得较高的 GDP, 在政策选择上偏好发展主要依靠投资拉动的重化工业, 但如果有正确的经

收稿日期: 2012-01-20

作者简介: 华 贵(1937-) 男, 沈阳人, 华南理工大学教授, 博士生导师, 天然气利用研究中心主任, 中国能源学会常务理事, 中国能源研究会热力学与工程应用专委会副主任, 《Frontiers in Energy》、《天然气工业》等杂志编委, 中国城市燃气协会分布式能源专委会特别顾问. 主要从事过程系统能量分析和综合化的理论工程研究. 著有《天然气冷热电联供能源系统》等论文 400 余篇. 2010 获“中国分布式能源特别贡献人物奖”. 完成广州大学城、清远华侨工业园、珠海横琴新区等冷热电联供区域能源规划十余项.

经济增长/能源利用模式的战略决策的约束,能源结构、能源利用效率 2 个指标的反馈结果会强有力地迫使他们转向高科技和各类第三产业. 因为第三产业的能源强度只有重化工业的几分之一,而且可以较少依赖化石能源. 因此,能源结构和能效指标是产业结构优化调整的硬约束^[1-2].

遗憾的是各地方政府在 2010 年制订“十二五”发展规划时,就没有正确的经济增长/能源利用模式的战略指导,也没有 ε 、 κ 指标的约束,而仍然沿着传统思路. 后来在制订能源规划时也仍沿着传统的做法:仅规划各种一次能源和电力需求总量,并按历史数据外推,缺乏能源规划与总体发展规划协调、博弈的意识和操作. 所以各省市上报中央的“十二五”能源需求大大超过全国总盘子. 在这样的思维模式指导下的 2011 年经济运行产生了上述的统计数据也就不奇怪了. 2011 年 5 月中央下达 ε 、 κ 指标后,由于没有从根本上改变思路,各省市要么向中央施加压力、讨价还价,要么做一些应付性的调整,或者简单地把指标向下压,这给“十二五”后 4 年节能减碳任务的完成增加了难度.

看来,单纯地层层下压指标是无济于事的. 关键是首先在经济增长/能源利用模式的战略思维上地方要与中央达成共识. 其次是以此战略思想为指导,总体发展规划与能源规划的同步协调、博弈,制订出与切实调整后的产业结构相对应的能源规划. 再次是能源结构优化与能效提高 2 项规划的制订和落实. 这些都是中央会同地缘条件各不相同的各省市,几上几下,协调、修订,最后形成国家规划与分解落实到各省市的规划无缝契合的结果. 2011 年没有落实的这个过程,2012 年必须补上.

3 决定能效的是从一次能源到终端利用系统全局的科技和体制创新

在目前各省、市政府的体制下,总体发展规划由发改委规划部门制订,能源规划属于能源局的职责,节能降耗则归经信委管理,三者相互之间沟通、配合较弱. 这种人为分割管理,缺乏集成和协同的机制是欠科学的. 前已述及总体发展规划与能源规划间不可分割的关系. 其实,提高能效、节能降耗和碳减排也决不仅仅是现有企业的事,而首先是同能源规划有极其密切的关系.

文献 [1-2] 以中、美两国能流图数据为基础详细论述了一次能源构成、以及从一次能源到终端利用的模式对工业和建筑物能效的影响,见表 1.

表 1 中美两国工业和建筑物终端用能分布的比较分析 %

项目	占总能耗 ^a	电	燃料	其中油气	煤	能效
美国	40	36.5	63.5	91	9	77.5
中国	77.4	23.5	76.5	28.2	71.8	52.5

注: * 扣除了一次能源转换损失部分,占总一次能源百分数为 66.5% 和 88.7%.

并且分析指出,天然气通过分布式冷热电联供的模式在工业和建筑物中应用,是提高能效的最重要途径. 热电联产 CHP 是燃煤时代的能源系统技术,分布式冷热电联供或简称“分布式供能”DES/CCHP 则是天然气时代的能源系统技术. 概括地说: CCHP = CHP + 科学用能、系统优化.

其核心涵义是以天然气为主要的一次能源在燃气轮机/内燃机发电 + 余热锅炉/汽轮机 - 发电 + 抽汽的基础上,运用包括热泵等各种能源利用技术的集成创新,实现冷、热、汽、暖、电等终端需求的“就地直供”. 其能源利用效率可达 70% 以上. 进一步利用中国处于工业化和城市化中期、新区规划提供了冷、热、电、暖各种负荷在较大空间、多时段集成互补的机遇,能够使新区的能效比燃煤热电联产提高 1 倍^[2]. 然而这就要求在一定规模的区域内规划建设集约化联供冷热电汽暖的能源供应系统,替代传统的由各个企业、各栋建筑物分别自己建设供冷、供暖、供热水设施的模式. 显然,这必须纳入新区总体规划和能源规划之中,并与企业和建筑物同步建设运行. 错过了先期规划建设的时机,各个用户还是冷热电暖自己分产分供的传统模式,仅以天然气替代煤做燃料,当然不可能有大幅度提高能效的效果.

不仅如此,除了 DES/CCHP 能源供应系统之外,新建企业和住宅区的核心用能模式也对能效影响巨大. 而这又是经信委不管的. 住建部虽有建筑节能的要求指标,但无有效的监管机制. 就 2011 年发布的《固定资产投资节能评估和审查暂行办法》这一年来执行的执行情况看来,多数流于形式,未起到控制新项目能效的作用. 如何构建一个能控制新项目采用高能效新技术的管理体制,仍是当前需要探索的任务.

4 在经济增速较快的历史时期,降低 ε 、 κ 的最大潜力在增量经济部分^[3]

“十二五”期间中国正处于工业化和城市化的中期,由于绝大部分现有老城区人口已过于密集,城市化与工业化、产业转型升级的相互结合要求把工业区、商业中心(CBD)、住宅区 3 类功能区集成在一起,在现有

老城区周边规划建设一批十至几十 km^2 大小不等的“生态园区”、“产业转移园区”、“技术经济开发区”等新区。目前全国各省的地级以上市都在这样做,仅珠三角的几个城市正在规划建设的这类园区就有 100 多个。这种经济增长的空间布局模式并不是“普适”的,而是中国在“十二五”期间特有的机遇。

按照中国经济“十二五”“稳增长”、年均 8.5% 的增速,2015 年中国经济总量按 2005 年不变价计算,将比 2010 年的 31.4 万亿元增长 50%,即增加 15.7 万亿元。这部分增量经济大部分将在上述新规划的区域中实现,这也是转变经济增长方式,实现资源节约型、环境友好型、低消耗、高增长的科学发展的主战场。新区从原来的农田或荒地经过“七通一平”逐步建设成现代化的工业区和住宅区,好比在“一张白纸上画最新最美的图画”。为 DES/CCHP 系统规划向所有终端用户供能而没有拆旧的负担,并且为结合功能区布局、道路、绿地等各项规划的同步规划以及从能源站到各个终端用户的电缆和冷热水、蒸汽管线的建设,提供了最好的条件。

5 “十二五”在新区全面推行 DES/CCHP 是提高能效、降低 ε 、 κ 的主战场^[3-5]

抓住上述中国在“十二五”期间特有的机遇,在新区规划 DES/CCHP,而且发挥较大的发电机组效率高、单位投资小的优势,与效率高的大城市集中供热系统(Centralized Warming System),以及区域供冷系统(District Cold System)结合起来,构成较大规模的 DES,效率有可能超过 80%。区域型 DES/CCHP 的经济规模是由就地直供的冷、热水和蒸汽的经济输送距离所决定。按照 1 个能源站带几个 DCS,以及建设部规范的 DCS 的 5~12 $^{\circ}\text{C}$ 冷水输送距离 < 1.5 km, 8~10 km 的蒸汽和采暖热水经济输送距离测算,最大的 DES/CCHP 可以覆盖几十 km^2 的范围,依据人口和产业规模,电力装机可达数百 MW。

CCHP 虽然能提高天然气利用效率,但不能解决目前凸显的天然气价高与上网电价低的矛盾。解决的办法是 CCHP 以调峰换取电价,实现互利双赢。这源于随着核电和可再生能源发电比重越来越高,电网昼夜调峰问题越来越大。2015/2020 年我国核电和风电装机占比将增大到 8%/13.2%,而规划同期最适宜调峰的天然气发电占比只有 4.5%/6.6%。经测算,如果“十二五”新区普遍采用 DES/CCHP,则天然气发电可占 8.4%/14.4%,可以基本上解决电网昼夜调峰问题

并节省大量抽水蓄能的建设投资^[4-5]。研究表明,上述区域型 DES/CCHP 可以按照 16 h/d 的模式运行:夜间停机时制冷改用电网的低价谷电,16 h/d 生产的生活热水储存在负荷中心——够 1 天用量的储罐中,蒸汽同步供 16 h/d 运行的离散制造业用户,24 h/d 连续生产的过程工业企业用蒸汽另外专设机组供应。在操作上,由电监局和各省物价局主持,按照占全国总电量 75% 的大工业用电价格 p_p 和 p_e 。制定全省统一的大型天然气 DES/CCHP 峰段和平段的上网电价 $p_p - \alpha$ 和 $p_e - \alpha$ ($\alpha < 0.1$ 元/kWh)。 α 是协调电网与发电企业利益的关键参数,由电监局和各省物价局测算和调整^[4-5]。

按照上述模式制订并已通过评审的清远华侨工业园、珠海横琴新区、株洲职教城等规模数十 km^2 、人口数十万的能源规划新区,均能够达到能效高、投资经济性好、与电网互利双赢的目标。

6 全国新区都规划 DES/CCHP、能效达到 70% 后的节能减碳效果

可以粗略地算一笔账:如果全国各省市所有正在规划建设的各类新工业区、新城区、技术经济开发区、低碳生态产业园区普遍采用上述经济增长/能源利用模式,制订和推行以 DES/CCHP 为主体的区域能源规划,则“十二五”中国的增量经济部分的能源利用效率就能够达到 70% 的水平。假如到“十一五”为止存量经济的能效是 40%,即可算出到“十二五”末的全国总能效为 $(1 \times 70\% + 2 \times 40\%) / 3 = 50\%$ 。相当于全国总能效 η_c 提高 10 个百分点。相应于在有效能源强度 ε' 不变情况下,能源强度 ε 可降低 20%。有效能源强度 ε' 主要取决于产业结构,即第一、二、三产业的比率,并随三产比率增加而降低。若“十二五”末全国三产比率增加 10 个百分点, ε' 可降低 10 个百分点左右,则 ε 的降低幅度为 28%。由此可见产业结构和能效对能源强度降低的巨大影响。我们现在无法得知中国目前 η_c 的准确数据,假如 η_c 是 45%,则“十二五”末的全国总能效为 $(1 \times 70\% + 2 \times 45\%) / 3 = 53\%$,能效提高 8 个百分点。如果 ε' 同样可降低 10 个百分点,则相应的 ε 可降低 23.6%^[1]。

在主要为一次能源构成中高含碳一次能源比率 γ 函数的能源碳强度 ω 不变的条件下,碳强度 κ 也将随 ε 的同比率降低^[6]。当然,这里只是阐述一种分析测算的方法,并按照估计的数据算出的一笔粗略的宏观帐。不过,国家有关部门依据所掌握的准确数据,是能够推

算出符合实际的可信结果的.而且,在中国目前高度集中统一、执行力很强的经济运行模式下,只要统一思想、上下同心,并非不能做到.

7 交通运输和有机化工领域的低碳转型和节能减碳策略

世界各国终端用能需求普遍包括工业、建筑物、交通、有机化工原料 4 大领域,但所占比重各有不同.2007 年中国工业和建筑物 2 大领域的能耗占总能耗的 88.7%,而交通运输和有机化工原料能耗分别仅占 7.7% 和 3.93%^[1-2].即使全部新区工业和建筑物都包括在规划的 DES/CCHP 系统之中,DES/CCHP 系统与整个区域能源系统之间仍有 3 点区别^[2]:区域能源系统 = DES/CCHP + 其他用能 + 交通运输系统 + / - 外来电力 + 有机化工系统,交通运输和有机化工虽然所占份额较小,但对区域能效也有一定影响.“十二五”也是交通能源多元化的转折点,重大的变化走势,一是地铁、高铁等电力公共交通的快速发展.二是 CNGV 替代城市内出租车和部分客车、私家车用的汽油和 LNGV 替代包括客货交通运输车船、矿山、码头、渔业、建筑工地、农业等原来耗用的柴油.2010 年中国 L/CNGV 已占天然气耗 10%,预计“十二五”末占到 13.5%,耗天然气 350 亿 m³/a.在已有“十二五”区域交通总体发展规划的基础上,做好包括车船改装或更新、加气站布局、L/CNG 供应等几条产业链在内的 LNGV 发展规划,就能够算出目标年公共交通和 L/CNG 替代比率和交通能效以及交通运输总能耗^[7].

以生物质和带 CO₂ 捕集和封存(CCS)的现代煤化工稳步替代石油,实现有机化工原料的多元化,与 L/CNGV 和生物燃料替代汽柴油做交通运输燃料一起,是世界向低碳能源转型的重要内涵.而对于 2011 年石油对外依存度已达 56.5% 的中国,更需要加速这个进程,以保障能源供应和国家能源战略安全^[8-9].由于交通运输和有机化工原料在中国总能耗中占比不过 10%,对能源利用效率影响虽远不如工业和建筑物大,但由于这 2 项几乎耗用 100% 的石油,因此这 2 项能源消耗的低碳多元化替代进程,对石油消耗及其产生的碳排放影响极大.而石油及其加工产品在耗用过程中的 CO₂ 排放很难藉 CCS 减排,因此,石油的替代直接关系到碳减排的效果.文献[9]分析,若替代进程能保持交通运输和有机化工产业按需求增长的同时,控制中国石油对外依存度不再攀升,就会有少消耗 2~3 亿 t/a 石油的碳减排效果.

8 “十二五”开始的节能减碳战略举措的重大意义

如前所述,增量经济集中在新开发区域的这种空间布局模式是中国在“十二五”期间特有的、空前绝后的机遇.目前国内上千个各类新区的规划分期大都以 5~10 年为 1 个阶段,且多半到 2015 年为初期,2020 年为中期,2030 年为远期,逐步扩展、达到最终目标.换句话说,“十三五”和 2020~2030 年在“十二五”开辟的这些新区之外另开新区可能性都不大.“十二五”新区采取何种能源利用模式影响着后续 5~15 年的能效和碳排放.说得重一点,在 2012 的中国面前有 2 条路,一条是沿袭传统思维和发展模式,片面追求经济增长速度,罔顾碳减排约束,走不出低能效、高耗能、高排放的怪圈,导致发展难以持续;一条是运用碳减排的硬约束、坚决调整产业结构,抓住天然气低碳能源快速增长的契机,在新区全面推广集成创新的 DES/CCHP 能源利用模式,大幅度提高能效.按照天然气供应和消费量 2020 年至少 4000 亿 m³/a、2030 年 7000~8000 亿 m³/a 的规模估算,上述“十二五”的节能减排效果,将在“十三五”进一步凸显和加速.争取中国燃煤和碳排放总量的峰值年在“十三五”期间到来.并且随着与时俱进地采用更新的技术,继续提高总能效,并带动存量经济能源系统升级改造,中国就会早日走上高能效与低碳能源互相促进、良性循环的发展道路,为世界的碳减排和控制气候变化做出更大的贡献.

参考文献

- [1] 华 贲. 产业结构、能效与一次能源构成对能源强度的影响分析[J]. 中外能源, 2010, 15(5): 1-7.
- [2] 华 贲. 区域冷热电联供能源利用效率计算方法及影响因素分析[J]. 中外能源, 2012, 17(3).
- [3] 华 贲. 分布式冷热电联供能源系统与经济发展的关系[J]. 中外能源, 2012, 17(2): 1-6.
- [4] 华 贲. 区域分布式能源与智能电网安保调峰的战略协同[J]. 中国电机, 2011(3): 1-6.
- [5] 华 贲. 天然气发电项目分类与审批办法建议[J]. 沈阳工程学院学报: 自然科学版, 2011, 7(4): 289-293.
- [6] HUA Ben. Correlation between carbon emissions and energy structure-Reliability ealizability analysis of low carbon target[J]. Frontier in Energy and Power Engineering of China, 2011, 5(2): 214-220.
- [7] 华 贲. 天然气在向低碳能源转型中的关键作用[J]. 天然气工业, 2011, 31(12): 1-5.
- [8] 华 贲, 王小伍. 低碳时代中国的有机化工走势探讨[J]. 化工学报, 2010(9): 1-6.
- [9] 华 贲. 从战略高度认识和推进天然气交通运输燃料替代[J]. 天然气工业, 2012, 32(3).

(下转第 121 页)

- 及处理 [D]. 上海: 同济大学, 2005.
- [5] 石 昊. 初始几何缺陷对双曲线冷却塔筒壁受力性能影响的研究 [D]. 上海: 同济大学, 2006.
- [6] 李思明, 金国芳, 陈志强, 等. 冷却塔筒壁初始几何缺陷的分析计算与处理 [J]. 建筑结构, 2007, 37(12).
- [7] 盛和晞. 双曲线冷却塔事故分析及处理 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.

Analysis on geometrical imperfections of air tunnel in hyperbolic cooling tower

LIU Shu-guo

(Power Generation Engineering Department ,Liaoning Electric Power Survey & Design Institute ,Shenyang 110179 ,China)

Abstract: Because of construction lofting reason ,the geometrical imperfection of hyperbolic cooling tower shell is beyond the allowable value standard and leads to the change of stress condition. This paper makes the static analysis of structure through the special calculation software about cooling tower ,according to the internal stress and the loading capacity of the tower ,analyzing initial geometric imperfection on cooling tower the effect of stress state ,cooling tower structure safety evaluation and whether or not to make the reinforcement ,and put forward the proposal to later period maintenance cooling tower.

Key words: hyperbolic cooling tower; geometrical imperfection of air tunnel; stress state; structure checking; safety evaluation

(责任编辑 洪广欢)

(上接第 100 页)

Exploration of energy saving and carbon reduction strategic planning in the twelfth five-year

HUA Ben

(Natural Gas Utilization and Research Centre ,South China University of Technology ,Guangzhou 510641 ,China)

Abstract: The twelfth-five year is the critical period whether China can shift to energy-efficient low-emission mode of development from the traditional model of economic development. China should use the hard constraints of the carbon emission reduction ,firmly adjust the industrial structure ,seize the opportunity of the fast-growing natural gas low-carbon energy ,and comprehensively promote the integration of innovative DES / CCHP patterns of energy use in the new districts to significantly improve energy efficiency. The newer technologies should be used to improve the overall energy efficiency ,and promote the stock of economic and energy system upgrade. So China can embark on the road of high energy-efficient and low-carbon energy promoting each other and the way of a virtuous cycle of development. And a greater contribution to the world's carbon emission reduction and controlling climate change can be made.

Key words: energy intensity; carbon contend; energy saving and carbon reduction; energy strategy

(责任编辑 洪广欢)