

天然气在中国向低碳能源过渡时期的关键作用

华 贲

华南理工大学天然气利用研究中心

华贲. 天然气在中国向低碳能源过渡时期的关键作用. 天然气工业, 2011, 31(12): 94-98.

摘 要 为了实现向低碳转型的目标, 分别从能源耗量、资源量和碳排放约束 3 个不同角度分析了石油、煤和天然气这 3 种化石能源的博弈走势。结论指出: ①从现在到 2030 年, 天然气的总耗量将增长最快, 在总能耗的占比也将不断攀升; ②石油居一次能源首位的位置注定要被天然气取代; ③天然气在中国低碳能源过渡时期具有节能减排、支撑经济增长、调峰和降低石油对外依存度的关键作用; ④应快速、普及推广分布式冷热电联供能源系统, 大力发展天然气汽车/船产业, 此举可使中国新增部分的工业及建筑物能效提高一倍, 碳排放减少 70%, 每年将减少 1×10^8 t 的石油进口, 保障经济发展所需的能源和电力供应, 基本解决电网昼夜调峰问题, 并且每年将节省数以万亿元计的投资, 减少数亿吨的能耗。最后强调指出: 能源低碳转型呼唤观念、政策和机制的转变。

关键词 中国 低碳能源 能效 天然气 冷热电联供 天然气汽车/船 能源战略 转变

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2011.12.017

自 2009 年底的哥本哈根会议, 人类开始了向低碳能源转型的时代。这是一个相当长的历史时期, 到 21 世纪中期的 2050 年, 即使按照“京都议定书”的目标, 届时碳排放总量降低到 1990 年的一半(即 100×10^8 t/a), 可再生能源也只能占到总能耗的一半左右, 另一半仍然还将依靠化石能源——石油、煤和天然气。从现在到 2050 年近 40 年的历史时期, 特别是其前 20 年(即从现在到 2030 年期间), 这 3 种化石能源如何博弈、消长才有利于实现向低碳转型的目标? 这需要决策者拓宽时空视野, 全面分析、判断, 才能高屋建瓴、制定出正确的能源战略。

1 从能源耗量、资源量和碳排放约束看 3 种化石能源的博弈走势

1) 到 2030 年, 30 亿人口的新兴国家将要实现工业化, 这将使世界一次能源消耗量继续增大。国际能源机构(International Energy Agency, IEA)判断, 届时世界总能耗将比 2005 年增长 60%, 达到 250×10^8 t/a。向低碳能源转型的进程将使可再生能源占总能耗的比例增加到 1/3, 其余 2/3 的能耗还将依靠煤、

石油和天然气。

2) 英国石油公司(BP)2009 年估计: 按照已知的资源量和目前的消耗量来看, 煤、天然气和石油还分别够用 185 年、67 年和 42 年。但是近 5 年来美国页岩气戏剧性的快速增长导致了一场世界能源“静悄悄的革命”, 改变了上述预期。按照美国麻省理工学院(Massachusetts Institute of Technology, MIT) 2010 年 6 月的报告估计, 仅就美国和中国来说, 页岩气资源可用 100~150 年, 这将使天然气在 3 者的博弈中稳占上风。即使按照“石油峰值论”反对者的估计, 假设石油资源能比 2009 年的已知量增大一倍, 也不过能用 84 年。石油居一次能源首位的位置注定要被天然气取代, 这只是时间问题而已。

3) 从碳排放约束的角度看, 目前大规模用于发电和化工行业的煤的二氧化碳捕集封存(CCS)技术的成本约为 250 元/t (38 欧元/t)。IEA 估计, 到 2020 年, 科技进步将导致 CCS 成本进一步降低, 能够使 10% 的煤实现 CCS 利用, 但其成本是否能够与天然气竞争仍是一个问题。至于石油, 不论其终端产品是交通燃料还是化工产品, 所产生的二氧化碳都是在弥散状态

3 天然气是中国 2010—2030 年间以低碳能源支撑经济增长的关键

1) 过去 10 年中国经济以年增 10% 的速度增长主要是依靠每年多耗 $(2\sim 3)\times 10^8$ t 煤。2010 年中国耗煤 32.5×10^8 t, 占世界煤耗的 48.3%, 这是中国的碳排放(已达 67×10^8 t/a)居世界第一位的主要原因。中国政府要兑现所承诺的到 2020 年单位 GDP 碳排放降低 40%~45% 的目标, 就必须彻底改变这种低能效消耗燃煤的恶性循环发展模式。为此, 中国“十二五”能源规划提出到 2015 年煤耗“封顶”在 38×10^8 t/a 的指标, 且新增的煤炭主要用于新建先进的超超临界坑口电站和纯氧煤气化多联产。因此, 中国中、东部所有的新工业园区、新城区 60%~80% 的燃料需求都不可能继续依靠燃煤, 只能转向使用天然气。

2) 中国“十二五”能源规划天然气消耗每年增加 300×10^8 m³/a (约合耗煤 0.39×10^8 t/a)。采用传统天然气利用技术远不能保障年增 1×10^8 t/a 的能源需求, 而在工业和商住终端耗能中采用先进、高效的天然气 DES 利用技术, 能使能效提高 1 倍, 300×10^8 m³/a 天然气就能够替代相当于 0.8×10^8 t/a 的煤炭, 支撑中国工业化和城镇化发展的能源需求, 实现到 2020 年单位 GDP 碳排放降低 40%~45% 的目标。

3) 由于中国开发天然气起步较晚, 迄今资源状况尚未摸清, 在相当长的时期内, 一部分天然气(30%左右)还将依靠进口。而近 20 年天然气的国际贸易价格很可能维持在高位(以目前情况为例, 东南沿海地区天然气与煤的等热值国内消费价格比为 2.0~2.5)。采用传统利用模式以天然气替代煤无论是用于单纯发电, 还是用于单纯产蒸汽、供热水, 都会因其成本远高于耗煤而无法承受。在全国范围内较快地普遍推广上述较大天然气 DES, 就能够靠提高能效来降低成本。

4 天然气冷热电联供能源系统是保障中国电力供应可靠性和调峰的关键

1) 中国能源/电力有 2 个特点: ①自西向东长距离输送; ②随着可再生能源占比的增大, 调峰问题日益尖锐。对此, 单纯采用特高压“西电东送”和建设大批抽水蓄能电站的传统战略, 不仅耗费数以万亿元计的投资和大量能源, 而且难以保障负荷中心的电力供应可靠性, 并且增加了 7% 的电力长输损耗和 25% 的抽水蓄能损耗, 为了弥补这些能源损耗, 又需要增加一次能源的开采、消耗和碳排放, 降低了总体能源利用效率。按照 2020 年规划发电量 8×10^{12} kWh、“西电东送”占

一半、抽水蓄能占 13% 估算, 两项电量损失约 0.53×10^{12} kWh, 按照最先进的发电煤耗 310 g/kWh 计, 也须增加煤耗 1.6×10^8 t/a, 占总能耗的 3.5%。因此, 有必要跳出传统思维寻求新的解决办法。

2) DES 保障电力供应的可靠性在 OECD 国家已有成功经验。2003 年北美电网故障导致的大规模停电事故发生时, 大部分地方的电力供应中断, 生产和生活受到重大影响。但在政府机关(如国防部)、大型企业以及其他设置有 DES 的地方却能照常供电, 并且在电网故障排除后还可以协助电网黑启动。所以在该事故发生后, 墨西哥城和纽约市“亡羊补牢”, 分别新建了 6 个和 5 个 DES。21 世纪初美国能源部规划 2010 年 DES 发电量占总电量的 14%, 2020 年将达到 29%。奥巴马总统最近的能源政策也强调了加速发展 DES 的重要性。

3) DES 能就地供应冷能、热水、蒸汽和电, 减少部分高峰时段的电力负荷, 具有帮助电网“削峰”的作用。但是如果在夜间的“谷段”也运行 DES, 并且发电上网, 就会增加电网调峰的负担。在当前中国国情和智能电网即将广泛推行的条件下, 中国可以集成创新, 使绝大部分区域型 DES 系统昼开夜停, 每天运行 16 h, 兼做调峰电站。

4) 如果中国“十二五”新增的 1200×10^8 m³/a 天然气能够用在经济发达的电力负荷中心建设上千个大型 DES, 在水电、核电、新能源发电量保持不变的条件下, 就能够使气电装机增加到 1.1×10^8 kW, 发电量增至 0.5×10^{12} kWh/a, 占比由 4.5% 提高到 8.4%, 超过美国 2000 年的水平。同时还能使煤电增幅相应减少, 煤电量的占比由 70% 降至 66%。到 2020 年气电装机可增加到 2.2×10^8 kW, 占比为 14%, 相当于美国 2010 年的水平, 这将大大增强电力供应的可靠性, 并且大大减少“西电东送”的比率和抽水蓄能电站的建设规模, 再加上大规模设置的插电式汽车电池夜间充电, 就能够极大地缓解电网调峰的挑战^[6-7]。

5 天然气是中国交通能源多元化、降低石油对外依存度的关键

5.1 交通能源多元化, 替代石油产品, 是全世界的必然趋势

在向低碳能源转型的历史时期, 目前还占世界一次能源消费首位(35%)、主要用于交通燃料的石油大部分将在 2050 年被其他低碳清洁能源所替代。图 2 是中国未来交通能源构成变化趋势预测图。

事实上, 2011 年 3 月 21 日欧盟委员会已向欧洲

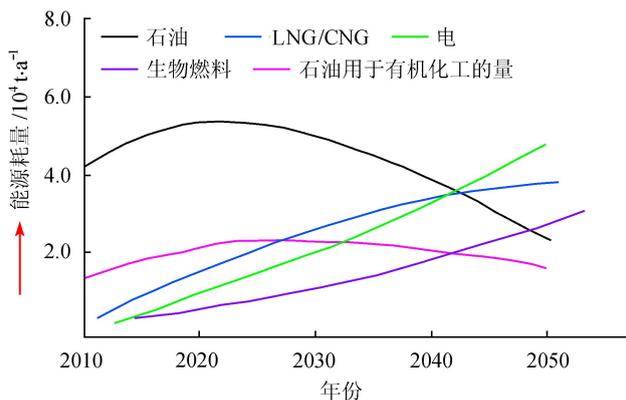


图2 中国未来交通能源构成变化趋势预测图

议会提出了“2050年禁止使用汽柴油车,2030年汽柴油车使用减半”的法案。IEA估计生物燃料将于2040年成为主力航空燃料,到2050年其应用将占全球运输业的25%。国际天然气汽车协会预计世界天然气交通工具将以年增17.8%的速度增长,到2020年将达6500万辆,约为2005年汽车总量的9%。随着科技进步的加速,上述转型的进程很可能还将加快。

5.2 天然气是到2020年中国降低石油对外依存度的关键

如前所述,在向低碳能源转型的历史进程中,石油、煤和天然气3种化石能源的博弈消长,从从现在到2020年期间最为关键。近年来中国石油对外依存度快速攀升,2011年上半年中国石油对外依存度已超过54%,对国家战略安全构成威胁。主要依靠石油的交通能源向低碳能源转型已成为迫在眉睫的战略需求。

交通燃料占美国石油消费的69%(2002年),其中,汽油消耗是柴油消耗的2倍。2010年中国石油加工量为 $4.23 \times 10^8 \text{ t}$,其中60%是汽柴煤油(柴油为 $1.59 \times 10^8 \text{ t}$,汽油为 $0.77 \times 10^8 \text{ t}$,煤油为 $0.17 \times 10^8 \text{ t}$),可见中国的石油消费与美国石油消费情况相反,柴油消耗是汽油消耗的2倍。但在目前的中国媒体上,“新能源汽车”几乎成了“交通能源替代”的同义语,且其内涵完全局限于替代汽油的插电式或混合动力小汽车,而从上述数据分析看来,柴油的替代对减少石油消耗比汽油替代更为重要、更为紧迫,应当提升到替代石油进口和交通能源向低碳能源转型的战略高度来对待。

5.3 中国天然气汽车(NGV)发展的现状和前景

按照国际天然气汽车协会的统计,到2009年中国NGV保有量已有50万辆,居世界第7位。2008年世界金融危机之前石油价格一度冲高到147美元/桶,国内油品价格随之调高,极大地促进了中国NGV的发

展。国内在运行的液化天然气汽车(LNGV)耗能是以 1 m^3 天然气能够替代1L柴油(或汽油),按照目前国内LNG/CNG加气站的市场价格4~5元/ m^3 ,替代7~8元/L的汽柴油有相当大的经济效益。因此,在我国西部主要大城市如重庆、西安、成都和乌鲁木齐等,替代汽油的CNG出租车已经普及,而在新疆、长沙、北京等地,LNG替代柴油的公共汽车、城际客车、重型卡车以及长江、大运河的船舶均已开始快速发展。

目前,引进、消化国外技术的200~500kW车用天然气发动机和700~1000kW船用中速天然气发动机国产化批量生产能力已经形成,燃料箱、加气设施和整车制造等产业也都已经国产化,进口LNG接收站的陆续投运和中国特色的小型LNG市场的迅速壮大,已经形成了市场化的LNG供应链,汽柴油持续涨价拉大了与车、船用天然气的差价,这些都为LNGV的快速发展奠定了基础。但是,LNGV替代柴油车的产业链(包括发动机、燃料箱和整车制造等)、LNG供应链、加气站规划及布局、运输公司车/船生命周期置换等远比CNG汽车产业的情况复杂,需要由中央和地方政府有关部门的统筹、协调规划,不可能由任何一个企业推动起来。这正是中国LNGV产业发展缓慢的主要原因。

在已经具备的基础条件之上,只要各级政府行动起来,制订好发展NGV特别是LNGV的规划和各项政策,从现在到2030年,中国天然气替代石油作为交通燃料的产业必定能够快速发展起来,且中国将作为LNGV硬件制造业基地引领世界这一产业的潮流。到2020年和2030年,中国的交通燃料市场将至少需要 $500 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 和 $1000 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 天然气(占能耗总量的12%~16%)用于交通燃料,替代 $4000 \times 10^4 \text{ t/a}$ 和 $8000 \times 10^8 \text{ t/a}$ 柴油,每年将减少 $1 \times 10^8 \text{ t}$ 的石油进口。

6 能源低碳转型呼唤观念、政策和机制的转变

6.1 观念决定一切

国家“十二五”能源规划正确地制订了加快天然气增长速度、加大其发展规模的战略。但是,长期以来许多习以为常的陈旧观念仍在影响着人们(特别是各级政府一些决策层官员)的思维,致使迄今还没有用好天然气、向低碳能源转型的思想准备和正确规划。下面举几个例子:①坚持认为中国能源资源禀赋是“富煤、缺油、少气”;②GDP增长是一切工作的中心,“该烧煤就烧,管它低碳不低碳!”;③“分布式能源就是楼宇型和用户型的,以MW级为限,大型天然气电站不叫分

布式能源”；④大型天然气 DES 协同电网调峰固然好，但它们不是电网公司的资产，少建特高压输电线路和抽水蓄能电站是可以节省资金，但不利于企业做大做强；⑤新能源汽车就是电动汽车；⑥“低碳”是西方资本主义国家“忽悠”中国、“遏制”中国发展的阴谋；⑦“中国的石油消费就是要达到 $(7\sim 8)\times 10^8$ t/a，为此在军事上同美国较量是必然的”。这些观念，有的只是认识上的误区，有的还具有利益的驱动源，但其危险性是一样的。

如上所述，已经步入市场经济的中国，如果今天还沿袭传统的技术利用天然气，是很难大幅度提高能效、开拓天然气下游市场、替代燃煤、实现向低碳能源过渡的。因此，不改变陈旧观念，充分利用一切最新科技成果，并且结合国情集成创新，中国在“十二五”开始就将面临极大的能源供应保障和碳排放持续上升的风险。

观念决定一切。没有观念的转变就谈不到政策、机制的转变，也谈不到规划的及时和正确制订，更谈不到上述各项举措的落实。

6.2 “十二五”是走向低碳能源时代的转折点，也是最关键的时期

历史将会记载，21 世纪 10 年代是世界向低碳能源、低碳经济和低碳发展模式转型的历史转折点。对一次能源构成煤占 70%、天然气只占 4% 的中国来说，更是如此。中国没有时间“慢慢来”等待上述观念自己慢慢转变。最晚到 2012 年，随着大量天然气供应到位，各项新区建设工作顺利展开，国家的各项约束性指标一旦下达，还指望燃煤的新开发区的能源格局马上就会陷入窘境。因为不论是区域冷热电联供能源系统、电网发展还是天然气替代交通燃料，从统筹规划到逐步建设、实施，都需要 20~30 个月的时间。如果没有向低碳能源转型的 DES 新规划，企业就必然沿用传统模式的能源系统，锅炉、中央空调和 1 500~2 000 h/a 的纯调峰电站。等到 1~2 年之后发现不能适应新的低碳经济发展时，已建成的传统能源设施改造将浪费更大的投资，甚至有的传统能源设施将完全成为浪费。

中国再也经不起这样的“折腾”了，也没有必要让这种折腾不断发生了。因为中国完全可以运用集中度极高的经济发展特色，利用当今“和平与发展”以及全球化的国际格局，看准自己的国情，实现集成创新的“跨越式发展”，而不走建了再拆、盲目“照猫画虎”的弯路。能否从“十二五”开始快速转变就是关键。转变得越晚就越被动，就越容易错过最好的时机。

6.3 决策层转变观念，政策、规划和机制就能够跟上

中国各级政府官员是时代的精英，中国的广大工

程技术人员和工农大众勤劳、智慧。只要决策层转变观念，相应的政策、规划和机制随即跟上，所需要的集成创新就会很快取得突破。

正在完成工业化和城市化发展的中国恰逢这历史性的低碳能源转型期，这对中国来说是极大的挑战，也是中国能源跨越式发展的极好机遇。创造了经济快速崛起“奇迹”的中国，一定能够把握住这个机遇，创造出向低碳能源快速过渡的新“奇迹”。

7 结论

1) 天然气因其资源丰富、可大幅度提高能效和单位碳排放低的特点，成为世界各国包括中国向低碳能源过渡时期最重要的一次能源。

2) 碳减排目标的约束使中国必须把“十二五”燃煤总量控制在 38×10^8 t/a 的情况下，普及推广天然气冷热电联供，特别是在新工业园区和新城区，这是中国提高能效、减排 CO₂ 和保障经济发展所需能源支撑的最重要的战略途径。

3) 新开发区域天然气 CCHP 系统按 16 h/d 运行，保障供电安全和协同电网昼夜调峰，是支持中国电力产业低碳发展的最经济、可靠的战略举措。

4) 至少到 2030 年，加速发展天然气车船是中国交通能源低碳化、控制石油对外依存度增长、改善大气质量的最重要途径。

5) 决策层和各级政府转变观念、创新机制、规划和政策先行，是实现上述战略、保障中国顺利向低碳社会转型的决定因素。

参 考 文 献

- [1] 华贲. 低碳时代的世界和中国的能源结构[J]. 世界石油工业, 2010, 17(2): 16-21.
- [2] 华贲. 低碳发展时代的世界与中国能源格局[J]. 中外能源, 2010, 15(2): 1-9.
- [3] 华贲. 中国低碳能源格局中的天然气[J]. 天然气工业, 2011, 31(1): 7-12.
- [4] 华贲. 产业结构、能效及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.
- [5] 华贲. 区域型分布式冷热电联供能源系统的规划设计[J]. 中外能源, 2011, 16(3): 13-20.
- [6] 华贲. 区域分布式能源与智能电网安保调峰的战略协同[J]. 中国电机技术版, 2011(3): 1-6.
- [7] 华贲. 分布式能源与电网优化配置和供电可靠性[J]. 中国发电, 2011(11): 24-26.