

天然气能源利用技术在中国的发展战略探讨*

华 贲¹ 岳永魁¹ 赖元楷^{1,2}

(1. 华南理工大学传热与节能教育部重点实验室 2. 深圳市燃气集团有限公司)

华贲等. 天然气能源利用技术在中国的发展战略探讨. 天然气工业, 2004; 24(7): 1~4

摘 要 分析了我国天然气产业发展的前景, 提出了天然气能源利用技术在中国的发展战略: 大力发展分布式能源系统以实现天然气资源的高效利用; 大力发展天然气汽车以改善大气环境并节省燃油; 发展 LNG 罐厢运输, 为培育天然气市场开路; 加快发展以天然气为主的城市燃气以替代城市民用 LPG, 使之用于化工原料等。长此以往, 将实现我国天然气产业的可持续发展。

主题词 中国 天然气 能源利用 发展战略 分布式能源 交通能源 天然气市场 开拓

大力发展分布式能源系统

分布式能源系统(Distributed Energy System, 简称 DES)是在有限区域内采用热电冷三联供技术通过管网和电缆向用户同时提供电力、蒸汽、热水和空调用冷冻水服务的综合能源供应系统。目前国外拥有的上万个分布式能源站, 绝大多数使用天然气作为主要驱动能源。能源利用效率高于联合循环电厂, 可以达到 80% 左右或更高^[1~3]。

作为天然气下游市场的重要用户, 分布式能源站因能源利用效率高、资金密集度相对较低、建设快, 因而容易上马; 并且经济效益好, 投资回收期短, 终端能量价格也低。例如建设中的 100 MW 广州大学城 DES 计划向用户供应电、空调冷水和生活热水等, 价格都比市场价低 5%~10%。不论是我国北方还是南方, 都有发展 DES 热电联供的极好条件, 技术成熟; 因而分布式能源是天然气市场的最好的开拓、培育者。

分布式能源站的另一个重要特点是发电在区域内直供, 联网但不上网销售, 依靠大电网的巨大容量保证用户的供电负荷、电压和频率的稳定并可作为事故备用电源。而对于大电网来说, 分布式能源站不仅减少了它的供电负担, 而且也减少了用电制冷空调、加热热水的负荷。换句话说, 天然气在联合循

环电厂只能以 50% 的效率发电上网, 而用于分布式能源站, 则可以近 100% 的效率节省网电! 由于分布式能源站近距离直供和联产的高效率, 总体的投资和运行效益都优于建设大电厂和电网。特别是在我国电力持续紧张的近一段时期, 作为一个重大策略, 在未来 10~20 年内在全国建设数十吉瓦的分布式能源系统来代替同等规模的电厂和电网, 将凸现出以下重大效果: ①节约数十吉伏安的 110 kV 以上高压电网和 110~10 kV 的变电站建设费用; ②节省数十吉瓦电力上网的输送损耗和调度费用, 从而降低输配电成本; ③分布式能源站以冷热电联产形式每年高效利用数千万吨的天然气, 有数以百亿元计的社会经济效益; ④分布式能源站比大型发电厂投资少、效益好、建设快, 设备开工时间长; ⑤分布式能源站以大电网作为后备补充, 用电可靠性高。同时大电网负担减小, 可靠性也得以改善; ⑥带动燃气轮机、余热锅炉、大型制冷机等制造业的发展, 每年增加数千亿元的 GDP; 以上各项总的社会效益将达上千亿元。

我国可以建设的分布式能源系统有下几种类型^[1~3]。

(1) 离散和过程工业园区热电联供分布式能源站

我国东部沿海地区工业发达、人口稠密, 为满足经济发展的需求, 建起了大大小小的燃煤、燃油锅炉

* 本文为 973 项目(G2000026307)研究成果, 并受国家自然科学基金重点项目(79931000)和国家自然科学基金项目(20076018)的资助。

作者简介: 华贲, 华南理工大学教授, 国家重点基础研究规划项目(973)“高效节能的关键科学问题”首席科学家, 教育部传热强化过程节能重点实验室学术委员会主任, 中国能源研究会热力学及工程应用专业委员会常务副主任, 国际设计与工程科学协会(SDPS)资深会员(Fellow), 广州能源学会副理事长。地址: (510640) 广东省广州市华南理工大学化工与能源学院。电话: (020)87112044, 85511507(fax)。E-mail: ykyue@henannu.edu.cn

和小型燃油发电机组,不仅能源效率低下,导致了严重的环境污染,还加重了用户经济负担。这些用户多半需要供暖或供冷,也需要热水和蒸汽。若集中起来建立天然气 DES,用燃气轮机或柴油机发电的同时联产蒸汽和热水,可以大大提高能量利用效率,降低工厂的能量成本。

已有的小型柴油电站和燃气轮机联合循环电站,也可以改造为热电冷三联产 DES,向附近的工厂或民居区供热、冷或蒸汽,停开原来工厂烧油的小锅炉,顶替出宝贵的柴油和燃料油,并达到改善环境、提高经济效益的目的。

(2)城市中心商业区—机关团体型分布式能源站

城市中心商业区和机关团体建筑物空调和采暖负荷最大、用电价格最高,并且是夏季电网高峰负荷的大户。采用 DES 联供热、电、冷,不仅有着最好的投资回报,而且对电网削峰和天然气调峰都有益。美国能源部计划到 2020 年时将有一半以上的新建办公或商用建筑采用热电冷三联产,同时将有 15% 的现有建筑改用热电冷三联产。

(3)城镇和居民小区分布式能源站

我国南、北方情况有所不同:南方以空调为主,北方兼有采暖和空调及生活热水供应负荷。在环境污染压力下,原来燃煤锅炉改用天然气,但同时会增加居民的经济负担。而采用 DES 则可以一举解决这一问题。

(4)联合循环电站的联产规划

联合循环电站作为发达地区调峰电源和天然气项目初期稳定大用户是不可避免的。值得探讨的是在联合循环电站选址时应尽量考虑与较大型工业结合,联供冷、热、蒸汽。如在 24 小时连续生产的过程工业园区,便可以改调峰电站为高效热电冷联产 DES。在大城市新建的过程工业园区里不可能再烧煤,采用燃气轮机的联合循环加热电联产将是很重要的一种天然气利用形式。如深圳月亮湾拟建 180 MW 机组与蛇口工业区及居民区的联合,惠州乙烯下游工业园区与拟建的联合循环机组的联合等。

分布式能源系统在国外虽然早已普及,但是在国内还是一个新的事物。在我国大规模推广还需要政府在政策、规划和宏观调控方面大力扶持,才能健康发展。主要涉及下列问题^[2]:①制订扶持分布式能源和相关产业发展的政策,分布式能源站的大力发展必将促进燃气轮机、余热锅炉、汽轮机等相关设备制造业的蓬勃发展,同时产生一批建设项目和运营商;②支持分布式能源按照市场机制在区域内特许经营,实行价格听证制度,保护各方利益;③天然气规划中给分布式能源系统留出相应的配额及适合压力的管线路由,并提供与联合循环电厂用气类似的价格;④协调分布式能源与电网关系,切实保障二者之间的互利关系。

大力发展天然气汽车

据我国环保部门提供的数据,在北京、上海、广州等大城市,机动车对 CO、HC、NO_x 的贡献率已经超过 50%,有的已达到 90% 以上。这意味着控制汽车排气污染已经成为十分急迫的问题。随着国家清洁汽车行动步伐加快,用清洁燃料取代汽、柴油是燃料结构调整的发展趋势。

液化天然气(LNG)是比汽油、柴油和 LPG(液化石油气)、CNG(压缩天然气)更洁净的燃料,且具有价格低、充装量大、行驶里程长等优点。CNG 虽然也是天然气,但须用高压容器,且充装量小。与汽油相比,天然气汽车尾气中,CO 减少 97%,HC 减少 72%,NO_x 减少 39%,CO₂ 减少 24%,SO₂ 减少 90%,汽车噪音亦可降低 40%。开展天然气,特别是 LNG 汽车的应用研究,具有十分重要的意义。由表 1 可见,天然气汽车与汽油汽车相比较,可节省燃料费用近一半。若将汽油车改装为双燃料汽车所需费用为 4000~8000 元/辆,正常运行情况下,一年时间即可收回改装费用。

目前,我国汽车工业正面临着进入 WTO 以后的机遇和挑战,大力发展包括天然气汽车在内的清洁汽车技术,实现我国汽车工业和天然气工业的可

表 1 典型的汽油、LPG、天然气汽车(以公交车、出租车为例)运行价格比较表

车种	燃料种类	单位价格	油耗量	每 100 km 燃料消耗	日行驶里程	单车日耗燃料	单车日节约	单车年节约费用	每万辆年节约
公交车	汽油	3.3 元/L	1.00 L	31.5 L	200 km	207.9 元		以 330 天计	
	LPG	2.0 元/L	1.10 L	34.65 L	200 km	138.6 元	69.3 元	2.3 万元	2.3 亿元
	天然气	1.9 元/m ³	0.91 m ³	28.7 m ³	200 km	109.1 元	98.8 元	3.3 万元	3.3 亿元
出租车	汽油	3.5 元/L	1.00 L	10 L	300 km	105 元		以 330 天计	
	LPG	2.0 元/L	1.10 L	11 L	300 km	66 元	39 元	1.3 万元	1.3 亿元
	天然气	1.9 元/m ³	0.91 m ³	9.1 m ³	300 km	51.9 元	53.1 元	1.7 万元	1.7 亿元

持续发展已经刻不容缓。为此应加快研究、制订天然气汽车发展战略,制定相关扶持政策:①研究天然气发动机的制造、引进,加气站的建设,安全性保证等有关问题和对策;②研究借鉴国际成熟经验,制订天然气汽车发展计划;③研究制订交通能源的技术发展、规模预测、引导性策略和能源供应对策,制订相应的鼓励采用天然气汽车的政策。

如果全国有 100 万辆汽车改用天然气,一年大约可以节约 500 多万吨油料,节省约 120 亿元的油料费和上亿元的运费。由此可见,“油改气”可以节约大量具有战略意义的石油和巨款经费。

罐厢运输与天然气管网协调配合

罐厢运输与天然气管网的协调配合应当作为天然气市场培育和开拓的策略。大规模的天然气供气方式有两种:管道输气;LNG 船运或陆地罐厢运输。管道输气的投资较大,适用于有稳定气源、气量,向稳定用户长期供气的场合。LNG 罐厢地面机动运输(汽车或火车)适用于从港口 LNG 接受站(或陆地小气田 LNG 液化厂)向新开发的、用量不稳定的、较短途的用户供气。罐厢的外表是集装箱,里面是紧凑安设的真空夹层合金材料绝热容器;在 0.3~0.5 MPa 压力下,LNG 的饱和温度是 $-139\sim-142^{\circ}\text{C}$ 。最近的应用试验表明,经过夏天 25 天、8 千多公里的长途运输,容器内的 LNG 压力仅从 0.3 MPa 升高到 0.4 MPa,损失很小(据圣达因公司《关于铁道部、北方交大委托圣达因公司进行 LNG 罐式集装箱路试的汇报》,2003 年)。如果运输车的发动机采用天然气为燃料,则可以完全没有损失。上世纪末中原油田建成了 $15\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$ 天然气液化装置,用汽车罐厢向山东、江苏、广东等地供应 LNG。今年 7 月,新疆广汇公司鄯善 $150\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$ 液化装置将要投产;并用圣达因公司最新开发的 25000 m^3 罐厢向福建和广东供气。按照路试结果测算,在 1000 公里运距内,每立方米天然气的附加运输成本小于 0.35 元。并且,LNG 在使用地汽化时所产生的冷量,还可以利用。因此,对于新开发的、用量尚不稳定的、较短途的用户来说,罐厢运输 LNG 要比管道供应的天然气便宜而且方式灵活。可避免因气源不足而造成的敷设管道投资积压和高气价的风险;同时还可作为港口 LNG 进出平衡的一个调节手段。特别是对于中小规模的用户,可以保留几个罐厢作为 LNG 缓冲储罐。

对一个地区或城市来说,用罐厢运输渐进式开拓天然气下游市场,极为经济合理。一旦这个地区或城市天然气应用达到一定规模,敷设管道的投资

项目也就水到渠成了。所以,罐厢运输与管网的协调配合是以 LNG 接受站为基地的天然气市场最好的培育和开拓方式。

中原油田 LNG 已经通过汽车运输到广东龙门。新疆广汇公司也将于 2004 年 7 月向广东供应 LNG,并与深圳福田燃机电厂和深圳燃气集团公司达成了战略合作协议。汽车罐厢运输不仅能够向没有管道地区供应天然气,而且可以为天然气管道运输公司开拓和培育市场、逐步延伸管网及服务范围,因此是天然气用户市场的培育者和开拓者,是管网运输的伙伴和开路先锋。

发展 LNG 汽车罐厢运输也应是我国天然气规划的一个重要内容,包括:①开展 LNG 汽车罐厢运输的技术经济分析,降低输送成本;②研究罐厢 LNG 市场开拓运作模式;研究制定总体输送战略方案;③支持、培育 LNG 汽车罐厢运输企业成长;④在加快天然气资源开发利用的同时发展 LNG 工业,对拉动运输业、制造业等相关产业的发展,促进深冷科技水平的提高,都将发挥重要的作用,最终将成为经济发展新的增长点。

加快发展以天然气为主的城市煤气

随着天然气的引进与开发,其大规模应用于城市煤气,不仅清洁,还有许多其他优点。一是天然气比 LPG 价格低。LPG 市场价格与国际原油价格接轨,且随炼制量的多少而波动,价格机制不稳。近年来,国际油价连续上涨,给用户造成了巨大经济负担。二是天然气比 LPG 更安全。因为天然气比空气轻,故泄漏后容易扩散,而且燃点也高。三是可使目前数百吨的 LPG 和部分发电重油恢复其石油化工原料的“身份”,进一步优化我国石化产品分布结构,降低能耗,提高整体经济效益,为我国石油安全做出贡献。

地区天然气的供需平衡与 用户宏观布局规划

1. 多源引进与应用腹地资源规划战略研究

近年来虽然我国天然气工业蓬勃发展、储量增长快、产量稳步上升,但人均资源量小,而且可采天然气资源主要集中在中西部地区和海域,远离需求中心,严重制约着天然气市场的进一步发展。积极而适当地引进一部分国外天然气资源作为补充,有利于我国能源供需状况的改善,对促进我国西北、东北地区天然气资源的合理开发利用也具有重要意义。

“西气东输”工程和“进口 LNG”项目的实施对

国家经济发展、能源安全意义重大。当前要考虑从全局整体利益出发,对天然气多源引进与应用腹地规划战略进行深入的定量探讨与分析,将之纳入到国家能源规划、天然气规划、电力工业建设规划和电网运行规划当中,从系统工程的角度来统筹协调经济和能源发展规划。

2. 五种用户+罐厢运输用户的用气时段平衡研究与规划

天然气的主要用户有五类,用气规律各不相同:①联合循环发电是大用户,但是多半用于电网调峰,年运行3500~4000 h,调峰季节日运行16 h左右,夜间停机;②民用,多为餐饮用,用量不大、间断、分散,集中在饭前一段时间;③工业及采暖锅炉和直燃式吸收制冷机,除过程工业用户外,也都不是连续运行的;④分布式能源站热电冷联产用户,如果再加上蓄能(冷或热)系统设施,年运行时数可达6000~7000 h,并且效率高、经济性好;⑤车用发动机燃料。上述5种利用途径的时间特征各不相同,随着管道燃气事业的发展,城市调峰气源需要量将会越来越大,保证供、用气量的平衡也越来越重要。如何统筹规划、布局、运行,以使从码头、储罐到汽化站、管网、调压站的整个系统,做到的安全、平稳操作运行是一个需要超前进行研究和规划的课题。研究内容主要如下:①不同用户各自的用气负荷变化规律及影响因素研究;②对管网系统内不同用户天然气定价策略研究;③天然气管网和电网峰、谷负荷规律及二者间协调配合的研究;④在各种负荷条件下通过实行分时段计价优化管网运行的策略研究(建模和求解方法);⑤天然气管网系统内各种用户负荷最优匹配方案研究。

经济—能源结构—环境模型的建立和决策辅助平台的开发

1. 不同地区天然气路线竞争优势,能源结构不同选择

天然气作为一种进入市场的优质气体燃料商品,它与当地社会、经济特点有密切关系,需考虑用户及市场,才能探讨如何开拓用气市场。例如分步式能源用气,玻璃、陶瓷、食品、轻纺等产业用气,CNG车辆燃料用气等等,这些极具活力的市场都需要进行认真细致的调查研究,对具体的需求结构分析,包括用户类型、市场类型(传统市场与新兴市场)、用气经济效益情况等,从而得出用户发展进程。对各类用户用气承受能力分析,最基本的是燃料替

换(计入燃烧效率)与燃料支出费用的比较,更深入且全面一些则应进行燃料替换产生的直接和间接经济效益分析。建立模型针对不同地区、不同经济状况确定不同的能源结构,有针对性地发展天然气。

2. 特定地区经济结构决策受能源环境制约分析

随着经济的快速发展,各地区经济结构和发展状况也不尽相同,因此对特定的地区,必须从能源—经济—环境协调可持续发展的高度,考虑能源结构同产业结构的互动关系,统筹规划能源结构和产业结构的调整,仔细分析权衡直接经济效益与同环境相关的社会效益的得失,同时还要定量地研究周边国内外能源供应地区的政治、经济、地理、运输等条件,制订安全可靠、经济合理的供应保障方案,全面科学地决策。

3. 地区经济—环境—能源协调规划的制订

以上措施,首先都必须建立在制订统筹兼顾、高瞻远瞩的全局规划的基础上。由于科技进步加速、经济条件变化加快,因此规划必须每1~2年进行一次滚动制订。这就要求首先开发建立一个全国和地方的经济发展—能源保障—环境保护综合集成模型,和相应的基础设施、自然、社会、经济、技术等数据库;在考虑经济现状及结构调整和发展规划与资源、能源、环境之间的互动关联和影响以及掌握大量数据的基础上,建立定量的模型,测算在未来各种变化条件下,可能产生的趋势,可供选择的对策、方案以及相应的结果,形成一个虚拟运行与模拟优化的计算机平台,使之成为信息支持系统和辅助科学决策的工具。这是保证能源安全、经济高速发展并稳步改善环境状况,实施可持续发展的关键,也是新世纪社会发展总体战略目标能否顺利实施的关键所在。

参 考 文 献

- 1 华贲,赖元楷.优化利用天然气资源,大力建设分布式能源站.能源政策研究,2003;(5):42
- 2 华贲.我国分布式能源发展战略探讨.能源政策研究,2004;(1):13
- 3 华贲.我国发展分布式能源迫切性、意义和前景.见:分布式能源政策与商业化运作研讨会论文集.北京,2003年12月
- 4 张抗.中国天然气发展战略观.天然气工业,2002;22(4):1

(收稿日期 2004-06-29 编辑 居维清)