

燃气下乡：气从哪儿来

■本报记者 秦志伟

2021年中央一号文件《中共中央 国务院关于全面推进乡村振兴加快农业农村现代化的意见》日前正式发布。该文件首次提出“推进燃气下乡，支持建设安全可靠的乡村储气罐站和微管网供气系统”，这一提法属于“实施乡村清洁能源工程”范畴。

农村是我国能源转型过程中容易被忽视的区域，近年来由于散烧煤引发的空气污染日趋严重，农村清洁能源发展得到进一步重视。然而，在传统能源和现代能源并存以及“碳达峰”“碳中和”愿景下，清洁、农民用得起等多重目标正考验着重构的农村能源体系。几年前的“煤改气”工程导致的全国性气荒等问题仍让人心有余悸。

因此，“气从哪儿来”也是推进燃气下乡需要回答的问题。显然，中央一号文件所提到的燃气并不只是天然气和常用于炊事燃料的液化石油气。正如中国农业科学院农业资源与农业区划研究所研究员毕于运所说，包括沼气在内的生物燃气可与上述燃气互补。

用能结构更复杂

农村地区由于生活用能量大、面广、清洁度低，极易引发严重的环境污染问题。

中国工程院院士、清华大学教授江亿曾表示，目前我国农村(指以农林畜牧业为主要经济活动的村落)建筑用能总量为3.1亿吨标煤，约占我国建筑运行用能总量的1/3。其中，燃煤、燃气和电力等商品能源占农村用能总量的70%。

以北方农村地区生活用能构成为例，中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所研究员姚宗路向《中国科学报》介绍，其中煤炭1.2亿吨、薪柴3982万吨、秸秆4732万吨、液化气203万吨、电能874亿千瓦时、天然气55.4亿立方米。北方取暖能源消耗量占生活用能的75%~92%。

他进一步介绍，供暖热源以散煤和秸秆、薪柴等生物质能直接燃烧为主，大量使用柴灶、火炕、炉子或土暖气等供暖，少部分采用天然气、电、可再生能源供暖。

也正因此，近年来，农村清洁用能成为北方清洁取暖工作和大气环境治理的重点。

2017年，污染防治攻坚战打响，“煤改气”工程率先在北方农村展开。据统计，当年全国共完成“煤改气”“煤改电”578万户，京津冀及周边地区28个城市就完成394万户。2017年，北方冬季的蓝天明显改善。于是，“煤改气”政策推行的积极表现。于是，相关部门进一步扩大“煤改气”工程覆盖范围。

然而，“煤改气”过程也伴随着质疑的声音，主要集中在“用不上气”和“用不起气”。



燃气下乡一般用于炊事和取暖，就地取材有利于降低供气成本。

东南大学能源与环境学院院长肖睿对此印象深刻。他在接受《中国科学报》采访时表示，“煤改气”工程超预期推进，超过了我国天然气供应能力，部分地区存在无气可用的尴尬局面。而我国依然是天然气对外依存度较高的国家之一，仅以2017年为例，我国天然气消费总量2373亿立方米，进口量920亿立方米，对外依存度达到38.22%。

更为关键的是，天然气取暖价格高于农民常用散煤取暖价格，部分居民无法接受。

直到2019年7月，国家能源局发布相关通知，明确提出要拓展多种清洁供暖方式，主推清洁煤、生物质供暖。也就有了后来的要求，即“从实际出发，宜电则电、宜气则气、宜煤则煤”。

生物燃气应用难

从农村地区生活用能构成可以看出，秸秆、薪柴等生物质仍占多数。这些生物质材料根据性质可通过粉碎和压缩加工为成型颗粒燃料，或通过规模化方式生产沼气，再分离出二氧化碳，从而成为95%以上甲烷含量的生物燃气。

姚宗路介绍，生物燃气与常规天然气成分、热值等基本一致，可用作车用燃气，也可并入天然气管网。

值得一提的是，秸秆、薪柴等生物质可实现就地取材，有利于降低供气成本。

据姚宗路等人初步测算，目前可用于沼气生产的农业废弃物资源总量约12.64亿吨，其中，秸秆可利用资源量超过1亿吨、畜禽粪便可利用资源量超过10亿吨、其他有机废弃物可利用量超过1亿吨，沼气生产潜力约为1000亿立方米。

肖睿告诉记者，现有技术工艺较为成熟，但关键是原料收储成本较高。目前生物燃气行业生产成本为2.7~3.0元/立方米，高出各地天然气基准门站价格1.0~1.2元/立方米。

而姚宗路也提到生物燃气价格高、并网难，难以公平进入市场的问题。因此，他和相关专家提出要建立终端产品补贴制度、生物天然气配额制度等，前者参照国际可再生能源行业通行做法，给予每立方米生物燃气1元补贴，实现生物燃气与化石天然气的市场化条件同等，而后者参照美国推行燃料乙醇配额和产品补贴制度的有效做法，为保证生物燃气全部入网，在天然气供应市场中给予生物燃气一定的配额。

“不过实施这一政策挺难的。”他坦承。

因地制宜更现实

“生物燃气也是辅助化石天然气，原因

在于生物燃气不够稳定且量小。”姚宗路表示，根据农村各地的特殊情况，建议因地制宜推进燃气下乡。

2019年，相关部门联合发布的《关于统筹推进村庄规划工作的意见》要求“合理划分县城村庄类型”，包括集聚提升类、城郊融合类、特色保护类和搬迁撤并类。其中，集聚提升类村庄是村庄中占比最大的类型，约为70%。

肖睿看来，在政府组织下，适宜的村庄完全可以按照城市集中供气的模式推行燃气下乡，“核心是让农民用得起”。

“城郊融合类村庄更适合开展燃气下乡。”姚宗路表示，按城乡建设规划，统筹配套供气等基础设施，坚持宜气则气、宜电则电，实现全域集中化清洁供暖。

燃气下乡一般用于炊事和取暖。以北方农村取暖为例，“居民使用清洁能源取暖的意愿主要受家庭年收入和清洁取暖实际运行费用的影响”。姚宗路强调，农村清洁供暖要采用低成本高效的生物燃气供暖技术模式，同时年取暖运行费用要低，目前该技术模式在河北安平、临漳等地进行了推广应用。

根据《中国建筑节能年度发展研究报告2020》，目前在北方农村居民人均可支配收入范围是1万~1.8万元。以三口之家计算，按照合理的燃料支出占比约为5%，农村居民户均供暖费用可承受范围是1500~2700元/年，而农村居民普遍支出意愿不超过2000元。

对于那些天然气管网覆盖不到、用能成本过高或清洁能源利用水平较低的农牧区村庄及乡镇，中央一号文件也明确提出“支持建设安全可靠的乡村储气罐站和微管网供气系统”。该模式由专用车将燃气配送到各村庄小型储罐，经过气化调压后，通过独立的低压燃气管网进入到每家每户，用户消费按表计量，具有安全、经济、灵活、智能等优势。

在我国，以中国燃气控股有限公司为代表的部分燃气企业，已率先在农村微管网建设方面进行了探索性布局。青海省、湖北省、云南省示范项目实际运行数据显示，三地居民户均炊事用气消费月均最高不超过30元/月，比当地瓶装液化气价格便宜40%以上。

《中国科学报》了解到，部分省份已率先出台专门文件推动燃气下乡，用燃气替代散煤及柴薪。例如，海南省近日发布文件，明确“气代柴薪”工作建立资金补贴省级与市县共担机制，管道燃气每户最高补贴4000元。

毕于运建议，在推进燃气下乡的同时，要发展多种类型能源替代，满足农村清洁能源需求。

煤炭行业 须迈过低碳化这道坎

■本报记者 李惠钰

“当前，煤炭行业发展面临前所未有的挑战。”近日在“能源化工行业知识创新服务与企业创新能力建设论坛”上，中国工程院院士王国法表示，我国尚未完成工业化，正处于对能源和原材料消费最旺盛的阶段，煤炭是可以清洁高效利用的最经济安全的能源。作为高碳能源，低碳化是煤炭行业必须迈过的一道坎。

煤层气排放是煤炭开采过程中的主要碳排放源，其温室效应是二氧化碳的21倍。王国法称，“每利用1亿立方米甲烷，相当于减排150万吨二氧化碳。开发利用煤层气，一举多得。新的碳减排形势下，更要加快关键共性技术研发，推进煤炭开发过程中甲烷排放控制与利用。”

“提高煤炭利用效率和系统节能等措施，对2030年温室气体减排量的贡献将达到50%以上。”王国法强调，改善煤炭开发利用工艺、技术和系统性管理，可提高煤炭资源的开发利用效率，减少煤炭用量。碳捕集、封存和利用技术将成为实现工业脱碳化的重要技术路径，但要重点突破降低能耗和成本的关键技术。

与此同时，王国法指出，应提高用煤质量，推动煤炭从燃料向原料转变。清华大学化工系教授魏飞也表示，中国化学品需求占全球50%，但有一多半原料需进口。从化学品供应来看，欧美国家有50%以上为精细化工和新材料，而我国75%以上为传统石化油气和基础化工类企业，原材料供应不足。他建议，煤制化学品应获得持续创新动力，在考虑国家产业与需求基础上进行热点技术的工程化发展。

对于“十四五”期间煤炭行业如何绿色发展，王国法建议，可在中西部低阶煤富集区域开展低阶煤综合利用试点建设，着力探索低阶煤中低温热解转化及产物分级梯级利用，加快低阶煤利用技术研发，降低低阶煤燃烧过程中产生的二氧化碳、氮氧化物、粉尘排放，减少大气污染；同时，分离出部分经济价值更高、资源比较紧缺的油和气，促进低阶煤资源清洁利用，寻求煤炭经济价值增长新领域。

在煤炭生产和利用方面，王国法建议，要大力发展并推广应用煤矿开采和煤化工度能源需求。

水处理、固废无害化处理和烟气脱硫脱氮等大气污染防治技术和装备，开展细颗粒物、硫氧化物、氮氧化物、重金属等多种污染物协同控制技术，加强煤矸石、粉煤灰、脱硫石膏、磷石膏、化工废渣、冶炼废渣等大宗工业固体废物的综合利用。另外，目前我国煤消费总量大约为4亿~5亿吨，应推进煤炭集中利用，减少分散燃烧。

王国法强调，在相当长时期内，煤炭仍是能源安全稳定供应的“压舱石”、支撑能源结构调整和转型发展的“稳定器”。在他看来，在能源转型过程中，必须以煤电作为可再生能源平滑波动稳定器，可再生能源可以为煤炭的低碳发展助力，两者耦合协同发展将成为建立新能源体系的重要途径。

“煤电在提高灵活性和发电效率的同时，也为电力安全兜底。”王国法认为，通过煤炭与新能源进行耦合化学转化、耦合发电、耦合燃烧，实施风光水火储一体化，可大幅减少煤炭碳排放，提升新能源利用规模。

视点

碳中和蓝图如何实现

■胡山鹰 金涌

自工业革命以来，煤炭、石油等化石燃料就成为人类生产生活最主要的能源。大量使用化石能源在推动生产力快速发展的同时，也导致温室气体大量排放，加剧全球变暖。随着碳排放总量逐年增长，气候变化已引起世界各国高度重视，“碳中和”概念继而被提出。

碳中和指温室气体净排放为零，即实现二氧化碳、甲烷等温室气体净零排放。由于温室气体中二氧化碳比重最高、温室效应最显著，因此二氧化碳减排成为实现碳中和目标的关键。

2015年的《巴黎协定》提出在21世纪中叶实现全球碳中和，中国政府在第七十五届联合国大会上承诺，将提高国家自主贡献力度，碳排放力争于2030年前达峰，努力争取2060年前实现碳中和，充分体现了大国担当。

我国距离碳中和目标仅剩40年，从碳达峰到碳中和更是只有短短30年时间，实现碳中和必将是一个巨大挑战。

能耗减自何方

据估算，我国2060年人口总量与现阶段基本持平，约为14.6亿，届时人均GDP将突破5万美元大关，达到现阶段发达国家水平，而万元GDP能耗将低于目前发达国家水平，有望减少至0.05~0.1吨标煤，全年能源消费总量为23.73亿~47.46亿吨标煤。中国社会2019年能源消费总量为48.6亿吨标煤，可见我国社会2060年总能耗相较于现阶段将有所下降，在最乐观的情景下，能耗总量将下降一半以上。

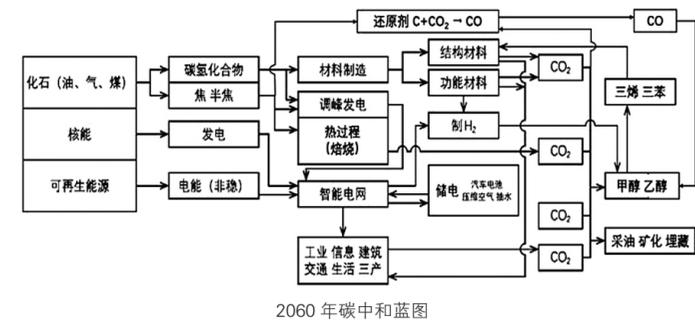
工业、建筑、交通是化石能源消费最主要来源，也是降低能耗的重点对象。工业是最主要的能耗来源，其中，又以钢铁、建材、石化、化工、有色、电力等六大产业耗能最大、排放最多，且对煤、石油等化石能源的依赖度高，是我国节能减排的重中之重。

工业节能需从产业结构与技术两方面下手。一方面推动传统资源密集型低端产业、重工业向高端制造业、高技术产业发展，减缓对钢铁、水泥等高耗能产品的需求，刺激对高端工业品、服务和绿色环境的需求增长。另一方面以技术进步推动能源效率提高，如发电效率提升有望减少10%的火电碳排放，能源效率提升可使吨钢能耗、单位水泥综合能耗等进一步下降，使工业能耗大幅减少。

建筑的运行能耗包含采暖、空调、照明、炊事、洗衣等能耗，其中，采暖和空调能耗占50%~70%，是建筑节能的重要指标。我国2017年建筑总面积643亿m²，平均建筑运行能耗为119.9 kWh/m²，单位面积能耗大。参照目前最先进的德国微能耗建筑，我国建筑单位面积能耗具有约90%的下降潜能，技术关键在于对建筑本身作优化设计，利用保温层做好墙体、屋顶和窗户保温，采用相变蓄热砂浆打造建筑内墙，利用地热能、风能、太阳能等可再生能源使建筑实现能量自给。预计我国2060年单位面积建筑能耗达到现阶段国际先进水平，约为10 kWh/m²，实现建筑运行总能耗相较于2017年下降约90%。

我国交通主要分为铁路、公路、水路、民航等形式，目前交通对于节能减排的响应主要集中体现在公路运输中。部分发达国家已发布禁售燃油车的相关规定，全年能源消费总量为23.73亿~47.46亿吨标煤。中国社会2019年能源消费总量为48.6亿吨标煤，可见我国社会2060年总能耗相较于现阶段将有所下降，在最乐观的情景下，能耗总量将下降一半以上。

我国交通主要分为铁路、公路、水路、民航等形式，目前交通对于节能减排的响应主要集中体现在公路运输中。部分发达国家已发布禁售燃油车的相关规定，全年能源消费总量为23.73亿~47.46亿吨标煤。中国社会2019年能源消费总量为48.6亿吨标煤，可见我国社会2060年总能耗相较于现阶段将有所下降，在最乐观的情景下，能耗总量将下降一半以上。



零碳电力将成供能主体

实现碳中和不仅要依靠能耗总量的下降，更要依靠能源结构的改良，去煤化是我国能源结构改良的关键。电力是人类社会最佳的二次能源，随着清洁能源和储能技术不断发展、智能电网不断完善，零碳电力必将逐步替代煤炭，成为未来能源供应主体。

2019年，我国人均用电量0.51万千瓦时，而根据前文预测，2060年，我国能源消费总量约为23.73亿~47.46亿吨标煤，若全由电力供能，则折合用电量19.3万亿~38.6万亿千瓦时，人均用电量1.3万~2.6万千瓦时，是现在的2.5~5倍。而2019年美国人均用电量1.35万千瓦时，2060年我国人均用电量将为现阶段美国水平的1~2倍，实现以电力为主导可以期待。

新能源开发作为零碳电力系统的重中之重，发展非常迅速，过去10年可再生能源发电成本急剧下降，2019年，并网大规模太阳能光伏发电成本降至0.068美元/千瓦时，陆上和海上风电成本分别降至0.053美元/千瓦时和0.115美元/千瓦时。同年火电平均发电成本约为0.05美元/千瓦时。为解决其波动性、不稳定性等问题，首先需要大力克服大规模储能问题。

我国2019年清洁能源消费占比为23.4%，其中可再生能源占15.3%，而根据国际可再生能源署的估计，2050年，世界平均可再生能源消费占比将达66%，预示着2060年，我国基本实现零碳电力供能。

未来分布式能源与分布式储能的结合将成为解决人类能源问题的最终方案，以天然气等化石燃料为能源的火电厂仍将保有少量规模，以满足调峰与应急需求。

资源化利用势在必行

化石资源化利用是指诸如煤炭、石油、天然气等不再作为能源，而是作为原料或材料投入使用，并经由化学反应转化为非能源产品。化石资源化利用可使碳元素以化合物的形式转向下游产品而非排入大气环境，化石资源得以从能源结构中脱离，与碳排放解绑。

已大幅减少的二氧化碳则可通过植树造林、CCUS(碳捕集、利用与封存)技术加以回收。在未来充沛能源的支撑下，资源化利用是回收二氧化碳、实现碳中和最为理想的可行途径。二氧化碳资源化利用方式主要包括光合作用、矿化处理、化学品合成等方面。

通过对我国未来40年绿色低碳循环发展路径的系统性展望，我们绘制出一幅中国2060年碳中和蓝图。该蓝图的构建和实现遵循以人为本、科技支撑、经济可行、节奏合理四项原则。

2060年碳中和目标对我国既是挑战也是机遇。在推进碳中和的进程中，我国将彻底摆脱资源、能源对社会发展的制约，告别化石能源时代，迈入新能源时代、化石资源时代、循环经济时代。(作者单位：清华大学循环经济研究院)

资讯

华为发布“极简”零碳解决方案

本报讯 近日，在2021 MWC上海大会期间举办的华为媒体沟通会上，华为副总裁兼数字能源产品线总裁周桃园发布数字能源零碳网络解决方案，旨在助力运营商实现零碳网络战略，加速世界绿色可持续发展进程。

随着5G时代到来，基站能耗直线攀升，预计基站电费运营成本支出在未来5年将增长34%。数据中心同样成为能耗大户。据统计，全国2018年数据中心用掉了1608.89亿度电，甚至超过了上海市2018年全社会用电量。

“零碳网络已成为全球领先运营商的重要战略目标。”周桃园表示，华为数字能源零碳网络解决方案，包含极简站点、极

简机房、极简数据中心、无处不在的绿电4个方面。融合智慧能源云，通过源-网-荷-储一体化智慧管理，最终大幅度降低用电成本，提升能源效率。

极简站点指站点形态极简，从室内站点到室外站点，进一步发展到室外刀片服务器，让房变柜、柜变杆，实现降低能耗、省电费。极简机房指新建场景以机柜替代机房；扩容场景免增机房、免改线缆、免增空调，从而节省能耗、空间及工程。极简数据中心通过全预制化、模块化建设重构架构，建设周期从20个月缩短至6个月。无处不在的绿电将绿电引入站点、机房、数据中心等，实现全场景叠光，打造绿色联接和绿色计算。(盛夏)

壳牌发布液化天然气前景报告

本报讯 2月26日，壳牌发布的最新年度《液化天然气(LNG)前景报告》(简称《报告》)显示，尽管新冠肺炎疫情大流行造成了前所未有的动荡，2020年，全球LNG贸易量仍稳健增长，达3.6亿吨。

2020年，各经济体忙于控制新冠肺炎疫情，导致全球GDP损失数万亿美元。对比2019年3.58亿吨的需求量，2020年小幅增长体现了全球LNG市场的韧性和灵活性。壳牌一体化天然气、可再生能源与能源解决方案执行董事魏表示，LNG为世界提供了新冠肺炎疫情期间所需的灵活性能源，显示了其在特殊时期满

足人们生活和生产的韧性和能力。

《报告》指出，中国和印度对LNG的需求率先出现复苏，中国LNG进口量增加了700万吨，达到6700万吨，同比增长11%。随着中国宣布到2060年实现碳中和的目标，预计LNG需求将继续增长。天然气在建筑、重工业、航运和重型公路运输等减碳困难领域可发挥关键作用。此外，随着亚洲各国国内天然气产量的下降，以及利用LNG替代高排放能源，解决空气质量问题并实现减排目标的推进，预计亚洲将推动近75%的LNG增量。(李惠钰)