



INSIGHT OUT

洞察出鞘

专家解读中国能源与环境挑战

拨云见日

天然气能否制霾又制煤?

拨云见日:天然气能否制霾又制煤?

执行总编: Luan (Jonathan) Dong

对中国而言，变化不是新生事物。这个幅员辽阔的国家，已在最近的历史中以前所未有的速度转变了其经济模式、城乡面貌、教育体系和人口结构。眼下一个同样重要的变化是政府努力减少中国对煤炭的依赖，并向清洁能源转型。在这条道路上，天然气已然成为主要的推动力量。

过去两年里，全国东部大部分城市的空气污染显著加剧，中国向天然气的转变势在必行。然而，这种转变在短期内势必需要巨大的资金投入，将导致能源价格提高并挫击经济竞争力。此外，替代能源的扩张过程中也可能造成新的环境污染和社会挑战。



伍德罗·威尔逊国际学者中心 (Woodrow Wilson International Center for Scholars) 的中国环境论坛 (China Environment Forum, CEF) 特此邀请三位中美能源领域的专家，讨论中国能否实现天然气供给里程碑式的转变。来自哈尔滨工业大学的刘恒伟将就中国目前天然气的供求进行阐述，来自剑桥能源咨询公司的周希舟接着论述即使体制改革缺位，中国的能源市场仍然有空间吸收大量的天然气。最后，世界资源研究所的萨拉·福布斯阐述中美天然气（尤其是页岩气）的合作前景和原因。

这是 CEF 《洞察出鞘》新系列的创刊号。该系列旨在借助业内专家的实际经验，了解中国所面临的复杂的能源和环境挑战。正如我们之前的很多工作一样，我们注重挖掘中美两国的学者、企业、非政府组织及政府之间的合作机会，共同促进中国环境政策的发展和完善。



莎拉·福布斯 (Sarah Forbes) 自2008年起在世界资源研究所 (World Resource Institute) 担任高级研究员，并主要负责气候和能源项目中的技术研究，管理世界资源研究所在中国的页岩气和碳捕集与封存工作。



刘恒伟博士为哈尔滨工业大学管理学院教授，他曾担任BP中国区政策和法规事务经理。



周希舟现任剑桥能源总监，领导剑桥能源的中国能源业务，专门从事天然气和电力市场和政策分析。周先生是剑桥能源北京研究和咨询团队的核心成员。



栾栋是《洞察出鞘》创刊号的执行编辑。2013年1月至2014年7月，他是中国环境论坛的研究助理和顾问，他目前在自然资源保护协会 (Natural Resources Defense Council) 北京代表处担任煤炭总量控制项目的助理。吴岚 (Jennifer Turner)、伊德瑞 (Darius Izad)、刘红丽和詹怡琛 (Susan Shifflett) 协助了本刊物的编辑。

助理编辑: Darius Izad, Xiupei Liang, Hongli Liu, Ilaria Mazzocco, Susan Chan Shifflett, Jennifer L. Turner, and Zhou Qinnan

制作编辑: Kathy Butterfield and Angelina Fox

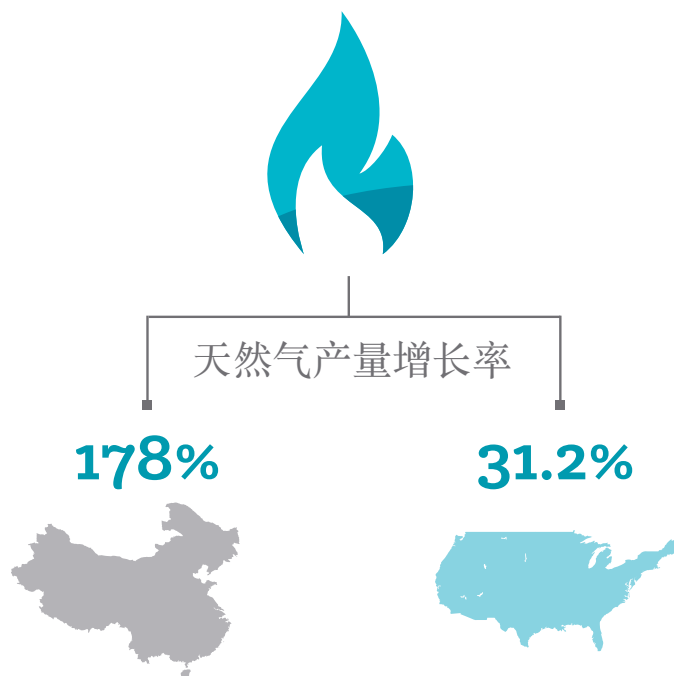
胃口大增： 天然气需求渐长

刘恒伟 Hengwei Liu

中国国家领导人对污染“宣战”，主要的“敌人”是燃煤电厂，这也是中国城市雾霾笼罩的主要原因。这一战役的核心部分是将煤炭占能源消费总量从2012年的69%下降到2017年的65%以下。为了帮助填补降低煤炭使用留下的缺口，中央政府计划在能源结构上增加天然气的份额，将天然气从2012年的4.7%提升到2020年的10%。这意味着在短短八年中，天然气产量需从1440亿立方米增加178%至4000亿立方米。相比之下，美国虽然进行了轰轰烈烈的页岩气革命，可其天然气产量在过去的八年中也仅仅增加了31.2%。

煤炭占能源消费总量

低于
65%



储量巨大，供应短缺

中国正在花大力气提高国内常规天然气和非常规天然气的产量。迄今为止，常规天然气供应了国内大部分需求，但这一状态很难维持，因为中国只拥有世界已探明常规天然气储量的1.7%，而且开发速度超过了新储备的发现速度。

致密气在中国被列为常规资源，但世界其他地区将其归为非常规资源，它广泛存在于中国的大型沉积盆地，是我国最方便可

非常规梦想

美国的页岩气革命让国人燃起希望，希望中国也能开发其巨大的页岩气资源。但是由于开采中的障碍，中国的页岩气梦目前还遥不可及，因为大多数天然气被深锁在西南或西部的干旱地区，地质条件极为复杂。到目前为止，中国只有不到200口页岩气井，而美国大约有4万口井。中国的页岩气产量在2013年仅达到2亿立方米，远远落后于中央政府在2015年达到65亿立方米、在2020年达到600-1000亿立方米的目标。中国石油工业目前希望专注完善其常规天然气和致密气的专业知识，然后将这些技能移植到页岩气的开采。

中国地煤层气储量高居世界第三，中央领导层曾希望到2010年这些煤层可以出产100亿立方米的天然气。但是，目前每年的实际产量只有区区15亿立方米。尽管如此，

靠的天然气资源。致密气开发一直在改变我国的天然气市场，犹如美国的页岩气革命。2012年，致密气产量达到创历史新高的300亿立方米，近全国天然气总产量的三分之一。据预测，中国的致密气产量将在2015年达500亿立方米，到2020年达800亿立方米。但即使以这个惊人的速度扩张，致密气仍然不能满足中国对天然气的需求和减少对煤炭的依赖。

中央政府仍制定了更加雄伟的目标：2015年煤层气产量160亿立方米每年（~100%的利用率），煤矿瓦斯达到140亿立方米每年（>60%的利用率）。对非常规天然气开采补贴的缺乏、天然气资源开采权的重叠、以及煤炭的持续主导地位都严重制约了产量。

中国正在迅速崛起成为全球煤制气领域的领跑者，煤制气也叫合成天然气(SNG)，其转化过程中可能存在碳捕集的机会，这使其成为许多领导眼中的“清洁煤工艺”。中央政府制定的目标要求煤制气产量在2020年达到年产量500亿立方米。截至2013年，北京已批准九家大型煤制气工程，总产能为371亿立方米每年。更多设施尚在规划阶段，但煤制气的高碳排放、高用水以及其他环境影响可能会限制其发展。

天然气进口激增

为了满足天然气需求的快速增长，中国已经建立四个战略能源走廊，以提高天然气进口，并努力做到来源多元化。中亚天然气管道是中国第一条国际天然气管道，它通过平行双管道从土库曼斯坦、乌兹别克斯坦和哈萨克斯坦输送天然气到中国的西部边境。这些国家目前正在继续扩大管道容量（目前是300-400亿立方米/年），以输送更多的天然气到中国，尤其是从多气的土库曼斯坦。总体而言，到2020年，中亚天然气可能向中国出口达1000亿立方米/年。

中缅油气管道在2013年开通，连接中国云南省和缅甸皎漂港。最初的天然气进口量不多，仅40亿立方米/年，但随着缅甸开发相邻天然气田，很可能会上升到满负荷的120亿立方米/年。

最终达成的天然气协议仍是两国意义重大的合作，因为中国将获得一个新的清洁燃料的重要来源，而俄罗斯则将其天然气销售到亚洲，远离停滞的欧洲市场。

经过十余年的艰难谈判，在2014年年中，中国与俄罗斯终于签署了一份30年天然气供应合同，建立一条供气能力达380亿立方米/年的输气管道，2018年开始从东西伯利亚输送天然气到中国。据报道，最终的输气合约少于之前预期的680亿立方米/年，根据原设想俄罗斯将从西伯利亚东、西两边输出天然气。即使如此，最终达成的天然气协议仍是两国意义重大的合作，因为中国将获得一个新的清洁燃料的重要来源，而俄罗斯则将其天然气销售到亚洲，远离停滞的欧洲市场。

中国在2012年成为世界第三大液化天然气进口国，占比超过全球液化天然气贸易的6%。到2013年，全国进口气化能力达到425亿立方米/年，并将继续增长，到2015年达到544亿立方米/年，到2020年达到820~1360亿立方米/年。尽管进口量预计会增加，但与常规天然气和管道天然气相比，较高的液化天然气市场价格仍使其不具市场竞争力。



通‘气’路漫漫

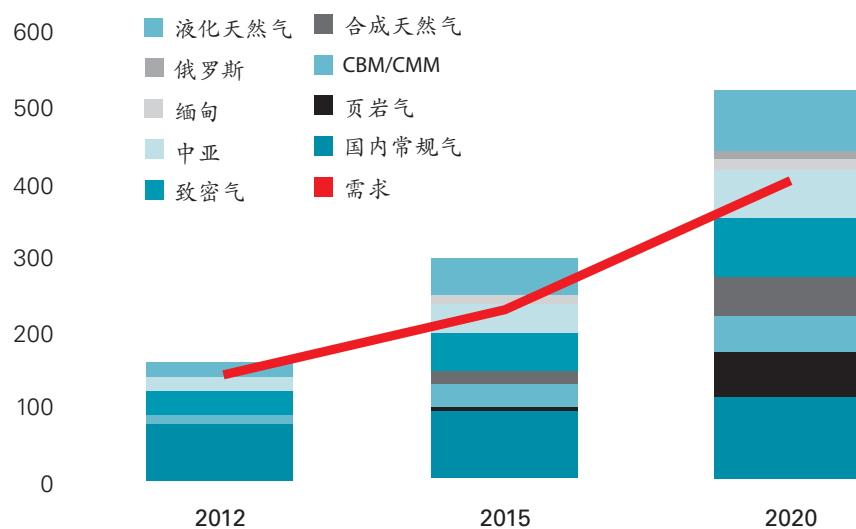
尽管非常规天然气资源潜力巨大，但在需求激增的背景下，中国天然气仍旧很难自给自足。加快天然气开发困难重重，需要技术突破和艰难的体制改革。

与美国相比，中国面临复杂的地质情况，艰苦的水资源分布，落后的基础设施，以及复杂的资源所有权。此外，大型国有企业垄断油气行业，从上到下控制产业链。在这样的环境下，天然气的价格不可能真正反映市场供需之间的平衡。

为了克服技术和监管的障碍，中国石油天然气企业需要将美国先进的地质勘探技术应用到中国的地质环境。政府亟需出台政策鼓励民间资本的进入，打破市场垄断，利用国际市场平衡国内供需■

刘恒伟博士为哈尔滨工业大学管理学院教授，他的联系方式是：
liu.aramco@gmail.com。

中国天然气概览



资料来源: BP, NBS, NDRC, EIA, CNPC, SINOPEC, CNOOC, CAE, 以及作者的估计。

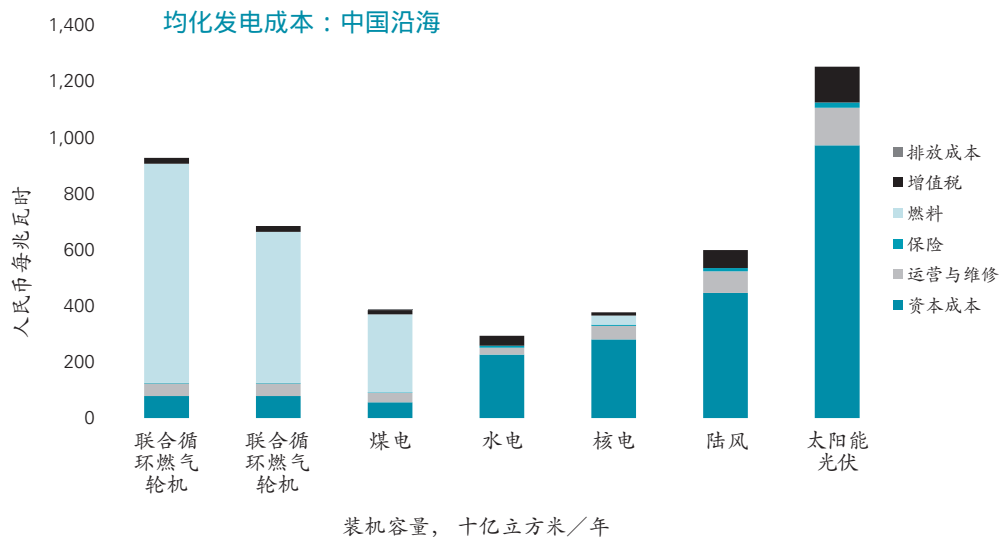


“爆表”再见：中国如何承担起天然气转型

周希舟 Xizhou Zhou

“爆表”是中国城市人用来形容空气污染指数飘红，人们只能呆在室内或戴口罩外出的新词。在过去的一年里，东部沿海一百多个城市空气质量爆表频频，主要来自燃煤电厂的空气污染正在让国家和人民付出高昂的代价。煤炭成本正在下降，但这反而是帮了天然气的大忙，有望加速这一重要替煤能源的发展。

图一：联合循环燃气轮机发电昂贵



注：联合循环燃气轮机不包括热力发电。“陆风”和“太阳能光伏”不包括与断断续续可再生能源电网整合相关的成本；联合循环燃气轮机：每千瓦2,940元人民币资本成本，44%有效率，38%利用率。煤电：每千瓦3,375元人民币资本成本，37%有效率，55%利用率。水电：每千瓦10,000元人民币资本成本，42%利用率。核电：每千瓦20,100元人民币资本成本，89%利用率。陆风：每千瓦7,500元人民币，19%利用率。太阳能光伏：每千瓦9,153元人民币，15%利用率。来源：剑桥能源

燃料供应和价格约束

我国能源系统向天然气转型的最大障碍是供给和价格。全国天然气的三分之一来自进口，包括来自卡塔尔和澳大利亚的液化天然气和来自中亚和缅甸的管道天然气。天然气进口到中国的售价明显高于北美和欧洲的普遍水平。为了刺激生产，中央政府已经开始价格改革，使国内天然气逼近进口管道气的价格水平。

中国沿海地区使用联合循环燃气轮机（CCGT）燃气发电，成本很高，其成本常比煤炭和其他能源翻一番（参见图1）。电价上涨是敏感问题，政府在过去一直坚持不让燃料成本的上漲转嫁给消费者。因此，如果天然气价格居高不下，中国便很难在电力行业中消纳天然气。



1/3

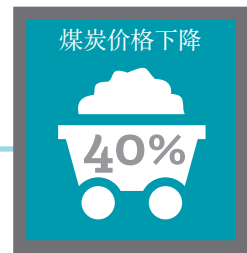
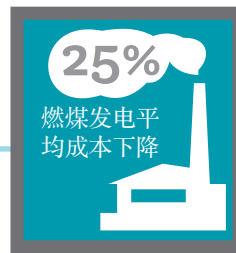
全国天然气的三分之一来自进口，包括来自卡塔尔和澳大利亚的液化天然气和来自中亚和缅甸的管道天然气。





中国怎能“通气”

剑桥能源咨询公司的研究表明，中国的电力系统有能力消化更贵的一次能源（如天然气）而无需提高零售价。目前零售价主要由发电和送电的成本决定。我国政府主要担心更多的天然气将提高发电成本，催升零售价，导致消费者的不满。我们认为事实并非如此。



低价煤利好燃气发电

即使算用上燃气发电的新技术，我国发电平均成本的决定性因素仍然在于煤炭的价格下降。

目前，燃煤发电大约占全国发电量的四分之三，而且煤炭价格在过去两年里已经下降了40%。由于燃煤发电机组的运行成本大部分是燃料成本，煤炭价格的下跌会导致发电成本显著下降。

剑桥能源估计，燃煤发电在沿海地区的平均成本已经在2011年和2013年间下降了近四分之一。在全国范围内，两年的煤价下跌为电力企业节省了5000多亿人民币（830亿美元）。相比之下，在过去两年里增加新燃气电厂的总成本只有大约100亿人民币（16亿美元）。换句话说，燃煤发电成本的下降可以抵消未来更多的燃气发电的增量成本。虽然似乎有悖常理，但煤炭价格的下跌对中国燃气发电而言是利好消息。



更多的资金
可用于投资
天然气。



内陆煤电、水电东输

对于中国沿海地区来说，好消息还不止于此。目前中国十大沿海省份从国内其他地区尤其是西部地区进口15%的电力。西部地区拥有全国80%的煤和60%以上的水电资源。

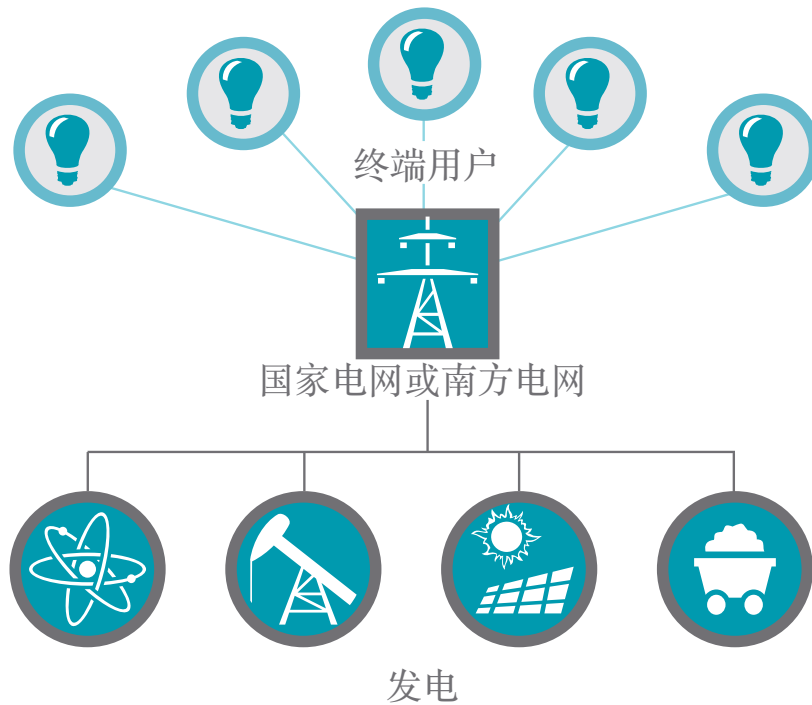
煤炭价格在西北地区只有在沿海的一半左右，而且水电在西南地区仍旧价格低廉。即使算上远距离输电成本，沿海地区从西部买电的费用仍低于他们本地发电的成本。保守估计，到2020年中国沿海电力的四分之一将来自于内陆省份的低价输电。这些低价电为沿海高价电厂（如燃气电厂和海上风电）的建立提供可能，这些高价电厂对电价的提升作用也将有限。

定价尚待公开透明

最近剑桥能源名为《七巧板：中国区域燃气和电力方案》的研究量化了省级发电成本的变化，并且描绘了我国燃气发电与可再生能源共同发展，维持电价的蓝图。在这个蓝图中，高价燃气发电以及风能太阳能都将获得价格补贴，并且天然气供应商也不会因高价进口天然气而赔钱。

更好的消息是这一蓝图并不需要通过改革来实现。中央政府在过去十年中提出不少市场化的改革建议（例如“输配分开，竞价上网”），但却鲜有落实。事实上，中国电力市场目前单一收购商的模式（国家电网和南方电网作为电力市场的唯一买家）能够允许这两家电网从不同发电来源购电，低价电与高价电相组合，使电力供应多元化。

中国的电网：从发电到终端用户

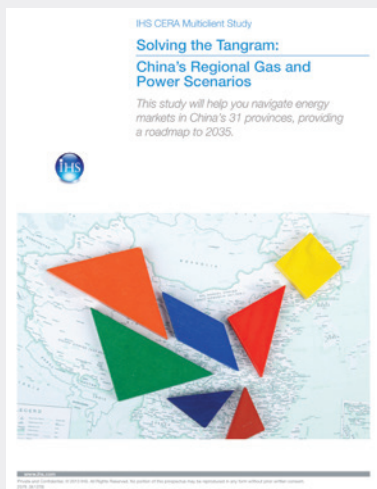




公开透明将有助于市场确定能源成本和零售价格，从而开展能源替代，减少污染，净化空气。

换句话说，目前的市场结构足以在现在的电价水平下实现一个更清洁的能源未来。市场化改革的不少方面确实需要继续下去，例如进一步提高市场透明度，确保全产业链各环节的成本得以清楚计算，公众和有关部门对这些成本的变化能得到及时准确的价格信息。公开透明将有助于市场确定能源成本和零售价格，从而开展能源替代，减少污染，净化空气■

周希舟现任剑桥能源中国能源业务总监。



致谢

本文借鉴了《七巧板：中国区域天然气和电力的方案》研究，该突破性研究基于剑桥能源15年来对于中国能源系统的实地研究，它对区域一级的天然气和电力市场进行分析，并提供了31个省级区域的长期展望。剑桥能源的高级研究分析师朱利安·贝丁（Julien Bédin）和艾利克斯·惠特沃斯（Alex Whitworth）对此报告亦有贡献。

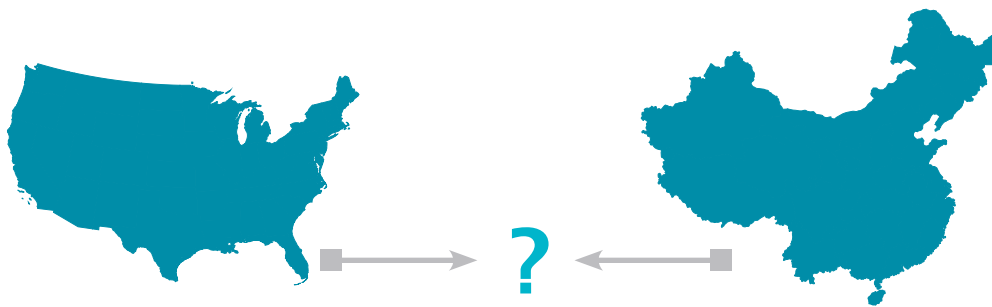


携手向前：中美合作让我国页岩气前景不再遥远

萨拉·福布斯（Sarah Forbes）

美国和中国的能源版图存在着许多相似之处，两者都幅员辽阔，能源蕴藏分散，远离需求中心。两国目前主要依赖化石燃料供能，尤其依靠煤炭、天然气和石油进口。两国都在尝试能源结构的多元化，提高国内产能，尤其是非常规化石燃料（如页岩气），以达到能源独立。如果页岩气可以大幅替代煤炭，它同时也能帮助我国减少碳排放。

然而，这些相似之处掩盖不了中国发展页岩气面临的独特挑战。如果中国只是简单复制美国的开发方式和方法，难以解决行业发展的障碍和问题。此外，如果中国和美国一样对页岩气行业监管不严，也可能会带来高昂的环境代价，影响百姓生活、生态健康以及经济发展。尽管页岩气在中国处境独特，但是美国在技术和政策方面的经验仍旧有望支持中国页岩气的健康发展，并为两国的研究学者、学术机构以及商业伙伴带来合作机会。



3

中美合作三大原因

中美页岩气合作的原因有以下三方面：

绿色发展



释放中国庞大的页岩气储量的过程中需要严格管理逸散性甲烷的排放，同时还应注意用水量、空气污染、水污染等其他风险。中美通过共享技术信息和传授管理经验，能够较好地在不以环境为代价的前提下满足我国日益增长的能源需求。

能源安全



从全球地缘政治的角度来看，增加中国的能源安全，可以减少其从政局动荡地区的能源进口。如果国内天然气产量不足还能为美国提供天然气出口的机会。

经济发展



页岩气合作也能为美国企业提供新的海外市场，并且有利于中国企业在本土或是海外的发展。尽管能源发展会对经济发展产生一定的正面协同效应，但页岩气开发对社会和环境造成的外部成本必须通过健全的环境政策来妥善处理。

携手向前

携手向前

为确保中美双边合作，健全法律法规，促使我国页岩气的健康发展，需要注意以下三方面：

1 扎实制定环保法规对空气、水和气候影响进行管理。关于页岩气开发的全方位、全周期的环境问题应成为能源合作的重头戏。美国页岩气的开发已经逐渐积累了环境影响、政策法规、最佳实践的丰富经验。这一领域的合作不应只限于两国环境监管部门，也应包括学者，研究机构，以及两国政府环境系统以外职能部门（例如中国国家发改委，美国的能源部和外交部）的合作，而且需要技术和政策并重。为保证这些方面的合作，可以建立多部门对话平台，集中探讨页岩气健康发展的环境保护机制，此平台应该成为两国现有页岩气合作项目的一部分，并邀请行业代表、非政府组织、学术机构和政府部门。



2 小企业参与，技能培训，公开透明。企业间页岩气的合作将继续发挥重要作用，但要使其行之有效需要移除一定的障碍，这些障碍包括两国小规模公司的参与不够，中方工程师钻井技能不足，页岩气领域投资瓶颈，以及信息和技术的共享问题。为了解决这些问题，两国政府可以发起行业论坛，专门关注小规模页岩气企业的利益和需求，或许可以作为油气行业论坛的分支。开展技师培训项目让两国年轻技师在对方国家的页岩气公司进行中长期交流，有助于培养一批训练有素的油田工程师，可以在世界各地支





援页岩气开发。两国政府领导人也应该共同商讨数据分享与投资障碍的解决办法，作为前期工作可以让两国的行业、政府和学术机构撰写调研报告。

3 联合研发。虽然现有的技术合作很重要，但是技术合作应该进一步深化，组织研究人员互访交流，集中探讨中国页岩气的独特挑战。两国政府应资助学术和行业领域的学者进行双边合作，共同开发新的节水，减排，以及其他环境优化技术。优先开展大批短期研讨和会议，在地质和技术之外研究经济和政策问题。成立协作研究示范项目可以成为鼓励联合技术开发和示范的方法之一，中美清洁能源研究中心的子项目便是很好的典型■



本文改编自莎拉最近为布鲁金斯学会（Brookings Institution）撰写的论文：《美国和中国：向页岩气健康发展迈进》。莎拉·福布斯（Sarah Forbes）在世界资源研究所（World Resource Institute）担任高级研究员。她的电子邮箱是：sforbes@wri.org。



前进的代价

即使能源行业的机构改革姗姗来迟，天然气的转型也仍旧在进行。天然气将在我国的能源供给中扮演越来越重的角色。合适的价格将成为天然气具有能源竞争力的重要门槛。令人欣喜的是，政府已经着手开展天然气价格改革，在广东和广西两省进行试点利用市场机制取代价格调控。除此之外，市场准入、金融改革、技术创新等方面都将对国内天然气产量产生至关重要的作用。

虽然这些改革可以帮助我国减少耗煤，但是似乎还是杯水车薪。即使达到了2020年供应4000亿立方米天然气的宏伟目标，煤炭在全国一次能源消费中的份额仍难以跌破50%。尽管如此，天然气将是挑战煤炭统治的先导部队，在可再生、零排放能源主导中国能源结构之前提供宝贵的过渡能源。依靠天然气改革的经验和教训，其他能源的上马就将不那么困难。也许更重要的是，中国在天然气转型上的一举一动都将在全球市场和地缘政治方面产生重要的影响。

天然气转型并非一朝一夕，减少空气污染也同样如此。但北京的雾霾和艰难的改革很可能是中国能源转型、低碳发展所必须付出的代价■



中国环境论坛


行动的号召和推动者

十七年来，威尔逊中心的中国环境论坛（China Environment Forum, CEF）开展了一系列中国能源及环境相关的研究和交流项目，涵盖了从中美清洁能源合作、中国水资源与能源需求瓶颈，到中国食品安全及海外投资生态影响等广泛的议题。

“洞察出鞘”是由蓝月亮基金会 (the blue moon fund) 支持的最新系列出版物，它同时也是CEF“合作中的竞争者项目” (Cooperative Competitors Initiative) 的一部分。“洞察出鞘”系列旨在为来自政、商、学界以及非营利组织的工作人员们创造一个对话和思索的平台，从而理解中国能源的发展趋势并探索中美能源的合作机会。

关于威尔逊中心

威尔逊中心(The Wilson Center)作为由美国国会设立的对伍德罗·威尔逊总统的官方纪念机构，是美国关注全球议题重要的超党派政策论坛。通过独立研究和坦诚对话，中心向美国国会、政府和广大的政策攸关方提供务实的政策建议。



One Woodrow Wilson Plaza
1300 Pennsylvania Avenue, N.W.
Washington, DC 20004-3027

🌐 www.wilsoncenter.org/cef

✉ cef@wilsoncenter.org

📘 facebook.com/chinaenvironmentforum

🐦 @WilsonCEF

☎ 202.691.4000