



中国科协学会学术部 编

新

观点新学说学术沙龙文集

94

大气雾—霾研究中的 科学问题与思考

 中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

新观点新学说学术沙龙文集 ⑨④

大气雾－霾研究中的 科学问题与思考

中国科协学会学术部 编

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

大气雾霾研究中的科学问题与思考 / 中国科协学会学术部编. —北京: 中国科学技术出版社, 2015.7

ISBN 978-7-5046-6836-3

I. ①大… II. ①中… III. ①空气污染—研究 IV. ①X51

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 129477 号

选题策划 赵 晖

责任编辑 赵 晖 夏凤金

责任校对 凌红霞

责任印制 张建农

出 版 中国科学技术出版社

发 行 科学普及出版社发行部

地 址 北京市海淀区中关村南大街 16 号

邮 编 100081

发行电话 010-62103130

传 真 010-62179148

投稿电话 010-62103182

网 址 <http://www.cspbooks.com.cn>

开 本 787mm × 1092mm 1/16

字 数 165 千字

印 张 9

印 数 1—2000 册

版 次 2015 年 7 月第 1 版

印 次 2015 年 7 月第 1 次印刷

印 刷 北京长宁印刷有限公司

书 号 ISBN 978-7-5046-6836-3 / X · 125

定 价 18.00 元

凡购买本社图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换。

倡导自由探究

鼓励学术争鸣

活跃学术氛围

促进原始创新

序 言

雾就是雾、霾就是霾，但它们之间的变化是一个连续的过程，都与气溶胶有密切的联系。雾-霾问题受到全社会关注是因为2013年1月中国中东部出现的持续性雾-霾，人们惊讶地感觉到我国的雾-霾污染如此严重。

尽管造成雾-霾的污染来源有很多，但什么是最主要的来源，造成我国雾-霾日益严重的根本性原因是什么；科学界在雾-霾研究方面做过很多工作，除了传统的气溶胶形成机制外，重雾-霾期间是否有一些新的机制在中国特有的气溶胶污染背景下考虑得不够。化学机制和气溶胶与气象条件的双向作用在重雾-霾形成中哪个更为重要；如何从微观到宏观实现有效的污染减排和防治，有没有新的思考；还有就是雾霾污染对健康的影响，以及贸易带来的污染转移问题。所有这些都是政府、公众和科学界特别关注的与我国雾-霾日益严重有关的重要问题。

2014年我们申请了“大气雾-霾研究中的科学问题与思考”中国科协新观点新学说学术沙龙，获得中国科协的重视和支持。我邀请了石广玉老师和贺克斌教授共同作为领衔专家，每人主持半天，共完成了三个单元的讨论，形成了此书。

我要特别感谢对沙龙成功做出贡献的专家，他们都是这个研究领域中国最好的专家。大家抽出了宝贵时间参与讨论、贡献了真知灼见。大家心中都有一个重要的理念，就是作为科学家，要把自己的知识和在雾-霾方面的研究积累贡献给国家雾-霾防治对策的制订，为社会发展、为人民健康做出科学家尽可能多的贡献。

此书是沙龙讨论原汁原味的记录，相信其中有很多重要和精彩的内容对于决策者、对于公众、对于科研人员未来的研究会很有益处。

张小曳

中国气象学会大气成分委员会主任委员

新观点新学说学术沙龙文集（已出版）

- 1 科学的本源
- 2 生命科学的思考与畅想
- 3 遗产保护与社会发展
- 4 中医药的科学研究
- 5 高科技的未来
- 6 未来几年气候变化研究向何处去
- 7 教育创新与创新人才培养
- 8 仿真——认识和改造世界的第三种方法吗
- 9 环境污染与人体健康
- 10 发明与发现上升到科学理论的条件和过程
- 11 我国科技发展的文化基础
- 12 睡眠是医学问题还是社会问题
- 13 茶与茶道的科学研究
- 14 科技创新 - 科学优先还是技术优先
- 15 发展中的公共安全科技：问题与思考
- 16 重大灾害链的演变过程、预测方法及对策
- 17 “冷聚变” 争论
- 18 土地生态学——生态文明的机遇与挑战
- 19 生物能源与可持续发展
- 20 社会能计算吗
- 21 深部岩石工程围岩分区破裂化效应
- 23 新药发现——寻找维护人类健康的武器
- 24 数字时代图书馆的创新与共享
- 25 色彩与城市生活
- 26 国家高速公路网与经济社会发展关系
- 27 下一代网络及三网融合
- 28 中国体育：体育强国的辨析与建设
- 29 基因资源与现代渔业
- 30 青藏高原冰川融水深循环及其地质环境效应
- 31 DNA 条形码可以改变人类认知生物物种的方式吗
- 32 智能可变形飞行器发展前景及我们的选择
- 33 肿瘤多学科综合治疗的困惑与思考
- 34 高能天体物理中的热点问题
- 35 现代社会危机管理与风险决策
- 36 中医药发展的若干关键问题与思考
- 37 仿真是基于模型的实验吗
- 38 热学新理论及其应用
- 39 髓鞘科学——解密
- 21 世纪神经科学及脑重大疾病的新视角
- 40 合成生物学的伦理问题与生物安全
- 41 无污染制浆新技术
- 42 心理理论，心技术，新发展——社会进化与心理进化
- 43 传染病的遗传易感性
- 44 转基因植物与食品安全
- 45 象思维与经络实质
- 46 城市发展与交通方式创新
- 47 物联网产业与区域经济发展
- 48 科技进步与工艺美术发展
- 49 新概念航天器
- 50 我国罕见疾病研究关键问题与对策
- 51 岩爆机理探索
- 52 心肺复苏、自动除颤与自救互救生命链
- 53 3S 技术与野生动物生境评价的结合
- 54 压缩感知——通信与信号处理领域中的机遇与挑战
- 55 板块汇聚、地幔柱对云南区域成矿作用的重大影响
- 56 肿瘤个性化细胞及分子靶向治疗的前景与挑战
- 57 无线电能传输关键技术问题与应用前景
- 58 复杂系统的困惑和思考
- 59 转基因水产动植物的发展机遇与挑战
- 61 中医药与转化医学
- 62 植物 DNA 条形码前沿探讨
- 63 量子信息技术前沿研究
- 64 传染病病原快速鉴定与溯源新技术的探索与挑战
- 65 生物质精炼技术与传统的制浆造纸工业
- 66 大气压放电等离子体核心关键技术及应用前景
- 67 纳米技术 - 智能采油的新出路?
- 68 对现有中药质量评价体系的思考
- 69 稀土资源绿色高效高值化利用
- 70 海洋牧场的现在和未来
- 71 三沙设施渔业模式
- 72 云计算与江苏新型产业链的机遇及思考
- 73 肿瘤放疗与副作用的差异同心圆效应
- 74 茶与健康的科学研究
- 75 不确定人工智能前沿理论和应用学术研讨
- 76 脑细胞外间隙：认知科学与脑病诊治研究的新空间
- 77 城市大气环境与健康
- 79 “强政府、强社会” 与中国体育发展
- 80 地球演化与全球变暖
- 81 超材料领域交叉学科的创新研究
- 82 大数据时代对建模仿真的挑战与思考
- 83 新型疫苗研发面临的挑战及关键技术
- 85 新概念造纸技术与纸基功能材料
- 86 网络药理学——中药现代化的新思路与新方法

- | | |
|-----------------------------|---------------------|
| 87 第三支力量——城市社区保护公众生命健康的医学救援 | 90 结核病新型诊断技术 |
| 88 科学艺术的协同进化 | 91 克隆动物食品的未来 |
| 89 基于创新理论的阿尔兹海默病早期诊治新靶标研究 | 92 大数据时代隐私保护的挑战与思考 |
| | 94 大气雾-霾研究中的科学问题与思考 |

目 录

中国大气雾 - 霾研究现状及面临的问题	张小曳 (2)
燃煤使用对我国大气环境质量的影响	曲思建 (6)
机动车在我国大气雾 - 霾研究中的作用及影响	王建昕 (12)
重污染天气条件下大气的氧化性与二次颗粒物生成	陈忠明 (42)
沙尘气溶胶对细颗粒和臭氧的影响	丁爱军 (50)
表界面化学反应过程对粒子形成的影响	葛茂发 (53)
二次硫酸盐的生成过程研究及探讨	宋 宇 (63)
新粒子生成过程中颗粒物的吸湿性观测研究	吴志军 (71)
雾 - 霾天气下气溶胶单颗粒特征	邵龙义 (79)
光学遥测技术在大气雾 - 霾研究中的应用	谢品华 (83)
我国大气雾 - 霾综合治理过程中的若干问题思考	贺克斌 (86)
中国大气污染物的跨国境双向输送	林金泰 (99)
PM _{2.5} 对人体健康的影响	范中杰 (106)
 专家简介	 (117)
部分媒体报道	(129)

时间：

2014 年 11 月 1—2 日

地点：

北京香山饭店

主持人：

2014 年 11 月 1 日下午 张小曳

11 月 2 日上午 石广玉

11 月 2 日上午 贺克斌

中国大气雾-霾研究现状及面临的问题

◎ 张小曳

雾-霾问题大家都很关注，科学界也在雾-霾研究方面做过很多工作，不论是对雾-霾的形成机制，雾-霾造成的影响，还是关于雾-霾的数值预报方面，都做了很多工作，所以中国科协针对雾-霾组织了这次沙龙。我们将此次沙龙分为今天下午，明天上午和下午共三个时段，在大家现有的研究基础上，就雾-霾成因的更深层次的问题，或者大家比较感兴趣的问题，做进一步的思考和讨论。比如说，我国雾-霾的发生与能源使用的根本性联系是什么，以及在治理方面我们面临着什么深层次的问题，这是今天下午我们要讨论的主题。

明天上午将讨论雾-霾研究的薄弱环节和未来研究的问题。比如说，重雾-霾期间，为什么有很多二次气溶胶会不合比例地增长，这里面有没有大气氧化性增加的新途径问题。在雾-霾期间，大气氧化性通常是比较小的，二次气溶胶的生成有没有什么新的机制。还有硫酸盐在雾-霾期间大幅度上升，是不是有新的生成机制等。

明天下午，我们将就雾-霾控制的技术和策略，以及一些宏观的对策进行讨论，看有没有一些新的思考。还有关于雾-霾与健康的关系，是一个不容易在短期内做出比较明确的、令人信服的成果的问题。我们想从医学角度来谈一谈，雾-霾和健康有什么新一些的思考。

最后，我们知道国家控制大气污染会有一系列举措。中国作为全球第二大经济体，本身在应对气候变化方面、节能减排方面也有相应的政策，双管齐下，中国的能源消费和结构的变化，可能会对全球产生重大影响。不仅对我国的气候，也会对我国的空气质量产生重大影响。我们还安排了不同的主题性的发言，就这些问题进行引导和思考。

今天下午，我们首先谈一谈，我国雾-霾发生与能源使用的根本联系，以及

在治理方面的深层次问题。我先抛砖引玉。

雾-霾发生以后,关注的角度和问题涉及很多方面,有人认为,前几天发生的雾-霾可能跟烧秸秆有关,因为东北大面积烧秸秆和雾-霾产生的时间一致,而且烧秸秆对重污染的形成有很大的贡献。有人认为,餐饮对雾-霾的产生也贡献了百分之十几的成因,是重要的来源。还有人认为,机动车、燃煤等都是重要的污染来源。这些因素对雾-霾的形成都有非常重要的影响。我们团队,包括在国家不同层面的研究团队、环保部门、中国科学院、气象部门和高等院校,都在做有关雾-霾形成以后的气溶胶的来源解析,都有不少结果出来。我们的工作发现,在中国绝大部分区域雾-霾形成的最主要来源是燃煤,也就是说燃煤对雾-霾的形成有非常重要的贡献。比如说在2007年的北京,燃煤对雾-霾的形成有将近35%的贡献。同时在一些超大城市,机动车也是雾-霾形成非常重要的来源。2007年的北京大约有23%的污染来自机动车,这是一个不容忽视的来源。但在北京以南100多千米的河北固城,机动车贡献的比例下降明显。燃煤和机动车是产生大气雾-霾污染的两个最重要的来源。但就全国而言,煤炭的过量使用仍然是最大的来源。尽管不同的研究组对这个问题的认识稍有不同,比例稍有差别,但从我们的研究来看,这不影响对雾-霾最主要来源的基本认识。我们的一个基本看法是,不清洁的能源使用是我们国家雾-霾产生的最根本的原因。不清洁的能源,最主要的是燃煤。当然我们国家的燃油也是一个不容忽视的来源,因为我们国家的油品质量和发达国家相比,有一定的差距。从油品角度看,我们的油品和发达国家相比也不够清洁,但是我们的最主要的雾-霾的来源是燃煤。为什么这么讲呢?除了刚才提到的研究和一系列的证据之外,我再举几个比较简单的数字,让大家更容易理解:我们和美国相比,两国都是900多万平方千米的国土,能源消耗总量大致相当。中国2013年消耗了36.1亿吨煤,美国是9亿吨。我们国家主要的煤炭消耗实际上集中在中东部,也就是集中在300多万平方千米的面积上。其中又以北京以南、长三角、珠三角(包括四川盆地)这些区域最集中。所以,中国实际上是在约150万平方千米的面积上消耗了约36亿吨煤,这就导致在我国中东部区域平均每平方千米、每年消耗2000吨煤。同时在这些区域,我们有上百个百万人口的城市,像北京这样几千万人的超大城市也有很多,还有大量汽车。在这样的情况下,我国的雾-霾日益严重。

同时,大家都知道,烧煤和其他能源相比是相对不清洁的能源。同样烧单位质量的能源,它产生的氢越多,产生的热量越多,产生的含碳物质越多,不干净的东西就比较多。煤和天然气相比、和油相比就产生较少的氢和较多的碳。同时燃煤还会产生大量含硫的和含氮的化合物还有烟尘,最终造成污染。雾-霾治理最核心最关键性的举措,我看就是要把煤炭消耗的总量控制住,然后不断地减少。再就是必须消耗的煤的清洁化使用。能不能在煤炭消耗总量达到峰值后,每年有百分之几的煤炭总量的削减,使我国用5~10年左右的时间让煤在一次能源消费中的比重低于50%,再用10年的时间就有可能低于30%~40%,接近发达国家的水平。有关煤的清洁化使用,我先说说煤炭使用的一个最大的行业——发电行业。发电行业进行了非常好的脱硫和除尘,像国电清新这样的环保企业。现在我们国家的发电和脱硫装置是串联的,也就是说必须要运行这个脱硫装置,电才能够发出来,而且国家每发一度电,要补贴几分钱给脱硫企业。这使得发电企业和脱硫的环保企业配合得非常好。脱硫企业非常希望能够多发电、多脱硫。这样,环保企业不仅可以在脱硫电费中获得它的收益,而且还会非常乐意投资进步技术。这些技术能够用比较低成本脱硫,在每一度的脱硫电价中少用一些成本。从实际的效果上来看,我国从2002年开始电厂脱硫到现在已经取得了比较明显的效果。但是在发电企业当中,我国大面积推行脱硝的政策也只是一两年前刚刚开始,尽管已经有超过50%的机组有了脱硝装置,但是我国的用煤大户,不仅是发电企业,还有钢铁、水泥、重化工、玻璃等企业,都消耗了大量的煤炭,而这些企业燃煤脱硫并没有开展。况且,在我国30多亿吨的燃煤中还有将近1/8是散烧煤。马上到取暖的季节了,我们发现,在一些城市的一些小区、城乡结合部和农村中,仍有大量居民在使用小的蜂窝煤。我国还有很多40吨以下的小锅炉并没有开展脱硫、除尘,更谈不上脱硝了。这些煤的清洁使用是未来我国治理雾-霾应着力解决的问题。除了煤的清洁化使用,淘汰落后和过剩的产能、调整产业结构、让居民取暖首先使用天然气等这一系列的问题,建议政府在未来应更加关注。

当我们认识煤与雾-霾加重根本性的联系以后,我们还看到国家在控制煤炭消耗总量、煤的清洁化使用和调整产业结构方面的努力和存在的问题。我在想这背后还有没有其他的问题,例如,会不会因为我国煤炭一系列的政策,使得我国

煤的消费还是太便宜，这些政策在经济上，在各个方面还是太好用。今天煤炭协会的同志也在，就是说，在大量替代燃煤和清洁使用煤这两方面，还有没有什么难言之隐？同时也希望通过沙龙不同观点的碰撞，能够对此问题有一个更清晰的认识。另外，在煤炭发电之外，在散烧煤的控制等方面，大家有没有什么新的想法？我们在第一节，先就这些问题畅所欲言。

石广玉：

你说的观点我都赞同。明天再说成因。你刚才说能源结构问题，肯定是我们的主要的问题，但是怎么弄啊？比如说河北，河北每年烧3亿吨煤，你怎么去改变它？不是咱们说了算的，所以我非常悲观，我认为得需要二三十年才能有所改观，现在根本无法改变这个状况。经济要发展就需要能源，能源基本上就是这么一种结构，怎么弄？你说说看。

张小曳：

石老师刚才提到的是非常重要的问题，今天就是想让大家发表意见。有没有足够的天然气，能不能够替代一部分煤，如果能替代，大家愿意不愿意大幅度地替代？治理雾-霾关键的药方就在这，就是必须控制煤炭消耗的总量、必须削减一次能源中煤炭消耗比例，我们能不能实现总量上的削减？我国现在天然气的布局有四个方向的管道，特别是和俄罗斯的天然气大单签了以后，我国的天然气现状举世瞩目。而且通过马六甲海峡，我们有大量天然气的海上资源，但比较贵。有没有好的国家政策和市场机制让我们能够买到更多的天然气？或者想些办法，使天然气、风力发电、太阳能、核能等其他可再生能源的使用比例不断上升，煤炭消耗的比例不断下降。还有一种说法，比如说有了天然气以后，是不是最先让河北烧，北京少烧一点。这些仅是个人观点，希望大家畅所欲言讨论、说实话，我们想干什么和能干什么，永远是有矛盾的，请大家继续发言。我们请煤炭学会的同志说一说吧。

燃煤使用对我国大气环境质量的影响

◎ 曲思建

煤炭科学研究总院是在 20 世纪 50 年代成立的，是新中国成立以来的第一个煤炭研究总院，是围绕着煤来做工作的。我们的第一任院长，当时是由周恩来总理签发的委任状。特别是新中国成立前后，应该说煤炭是我们的能源的重中之重，所以国家很重视成立的这个煤炭科学研究总院。张老师是“973”的首席专家，我记得有两次在科技部讨论雾-霾的治理，当时我也参加了，有好多气象专家、环境专家。我是从大的角度来看，张老师讲的是对的，大家一讲雾-霾，就会提到气溶胶，会提到我们各种能源的使用。但是现在实事求是地讲，从我们研究煤科学的角度讲，对有些说法我们还是感觉比较委屈，为什么呢？像我们的院士刚才讲的，你要是根据中国的能源禀赋来讲，我想是两个方面的，一个是能源禀赋，一个是能源安全。如果说我们要达到西方治理的水平，空气的水平，我跟我们院士的观点是一样的。我自己是持比较悲观的态度，所以我在科技部开会我也讲，我说能源结构要有所改观得在 20~30 年之间。从去年开始，从能源局到科技部、国家能源咨询委员会的会议，领导是非常关注的，包括关于煤炭的清洁转化利用、科学利用、清洁利用的方式，还有煤炭到底在我们国家的能源里面占什么地位。据我了解，李克强总理也专门听了两次汇报，我们也参与过，给领导汇报写稿。第一个比较悲观的地方就是短期内得到有效的改善很难。第一个原因，因为你的能源结构，就决定你是这样。按照总理讲的意思，我们可以设想一下，改革开放以后，我个人理解，大部分的工业化都需要大量能源，现在看的话，根据中国的能源禀赋，油气就是缺。另外，新中国成立以来，一直注重对煤炭资源的勘查。现在随着勘探技术的提高，估计中国的煤炭储量快要有 2 万亿吨了。大家原来说了，我们可以用 50~100 年，现在说了，可以用 150~250 年，还得不断地开发和勘探。所以我想，从地质部门角度来讲，化石能源这块，确实还是

我们重要的经济发展的支撑。化石能源里面有煤气，这不是我们想用与不想用的问题。我在部里开会也讲，中国就是缺油气，煤就是多。我们是应该控制总量，而控制总量的一个重点就是控制煤炭的总量。其实石油、天然气也属于化学能源，但是大家都议论煤，认为重要的应该控制煤炭的总量。对于煤炭消耗总量的控制，我们张老师一开始就说了，能不能每年有一个目标，一到二，二到三，逐渐往下削减，现在按照国家的要求，我们煤炭学会也在做这方面的研究。当然在气象这方面，我们主要从煤炭的使用对大气环保的影响这方面进行研究。现在关于煤炭的科学产能，做了好几版的报告，中国工程院做，中国煤炭学会也做。大家形成的共识，根据中国经济的发展水平，以及我们其他相关能源，包括可再生能源、风能、太阳能等的情况，如果来预测，可能是一个峰值，大的范围是 40 亿~44 亿吨，最有可能的是 42 亿吨左右。五年前我们做预测，有人还讲，要到 50 亿吨，甚至要到 57 亿吨，现在看是不会的，应该是 40 多亿吨。也就是对煤炭消耗的增幅，我们的预期是有下降的。

张小曳：

我插一句，煤炭年消耗的峰值是 45 亿吨也好，42 亿吨也好，有没有一个估计，什么时候到达这个峰值？

曲思建：

是 2030 年才能到达。

张小曳：

从您刚才讲的里面，我听出来了，不管有多难，还是可能到达峰值的，而且 2030 年煤炭总量到达峰值后还会下降的。

曲思建：

煤炭在消费当中的比重还是下降的，原先我们一直说，70% 以上的能源消费是煤炭，但是最近几年，煤炭所占能源消耗比重基本上是 70% 左右。

王建昕：

现在每年煤炭消费量是多少？

曲思建：

如果按照官方的统计的话，实际上是 36.1 亿吨。这里面有一个什么情况呢？大家对煤炭行业不太清楚。在取消煤炭部以后，等于煤炭这个行业是开放的，各家都进入煤炭行业。截至 2013 年底以前，我们叫煤炭的黄金十年，就是煤价一高，谁挖煤都可以弄，做房地产的、做衣服的企业都要进入。但是从进入 2014 年开始，煤炭黄金十年基本就结束了，从环境倒逼能源消费角度来讲，我个人认为，产能是不会大规模增长的。

石广玉：

我看你们也看不到了，100 年左右，整个化学能源就消费净了。

张小曳：

不是说光煤炭就能用 150 年吗？

石广玉：

这不可能。

曲思建：

我想从总的能源消费结构来说，其实国家很清楚现在的情况。

石广玉：

你说煤炭能用 150 年，我看到的资料说到不了啊。

曲思建：

这是现在最新的资料显示的，由于地质勘探技术越来越好，所以有可能。

石广玉：

那有可能。

曲思建：

从国家领导的角度来讲，最后要定位主体能源和基础能源。因为这一方面牵扯能源消耗组成对环境的影响，另外，国家要保持较高的经济发展速度。如果国家从能源安全角度来讲，谁敢保证世界太平，谁能保证国际能源供应稳定？更高层考虑得更高一点，从战略角度来讲，还是要确定主体能源。正因为如此，2014年煤炭行业相当于进入冬季，黄金十年结束后进入冬季，70%以上的煤炭企业亏损，所以现在煤炭的价格几乎是白菜价。马凯副总理牵头，国家有关部门专门成立了煤炭行业解困的领导小组来研讨对策。这个产业格局比较大，另外在整个能源里面，总量非常大，我觉得这很重要。所以我刚才为什么说，对有一些说法还是委屈，因为这是国家能源禀赋决定的，没有办法。但是我还有第二个观点，是什么意思呢？我们一直在不同场合讲，包括中国科技部、国际能源署、国际合作中方联合办公室（在我们那，有一个任务，每年也要去国际能源署做几次报告），我们一直讲一个什么观点呢？实际上就是一开始张老师提的，能源的清洁使用。我们坚决反对把煤叫做脏能源，煤不是脏的。我们之所以造成这个后果，是煤的利用方式和煤的利用技术问题。这个观点我们是要坚持的。你可以去类比，比如说像德国、日本。日本是没有煤，历史上从中国大量进口煤。按照日本能源学会讲，现在也从中国进口煤，但是主要从印度尼西亚和澳大利亚进煤，意思是说它的用煤量很大，包括最发达国家，例如美国。我上周刚去美国，参加美国能源部的中美清洁能源的会议。我讲的第二个观点，就是煤本身不是脏的，有问题的是我们对煤的利用技术落后，煤的利用方式有问题。

张小曳：

您说到美国也使用煤，但是它的使用总量和中国相比还是少很多。另外，煤的清洁利用，主要是说我们老祖宗给我们留下的煤是又便宜又好的，在它没有办法被完全替代的情况下，我们应该去用好这个煤，而且随着经济的增长，我国必须要有能源。那么在煤的清洁利用方面要下工夫，是不是还有类似煤制气这类新