



洁净煤

能源安全领域的中美合作

David Wendt



洁净煤:

能源安全领域的中美合作

David Wendt

2008年8月

作者简介*

David Wendt博士于2002年合作建立了杰克逊侯全球事务中心（Jackson Hole Center for Global Affairs），并一直担任该中心主任。三十多年来，他一直是构建全球政策问题意识和共识的主要推动者，包括在费城世界事务理事会（World Affairs Council）（1975-77）提出有关全球相互依存美国200年计划；于华盛顿国际战略研究中心（Center for Strategic and International Studies）提出的全球健康、人口和环境问题计划（1977-98）；以及在爱达荷州波卡特罗市所提出的爱达荷州立大学国际计划（1998-2006）。Wendt博士毕业于哈佛大学，于1967年获得了社会科学学士学位，并于1975年在哥伦比亚大学获得政治学博士学位。

致谢

作者衷心地感谢杰克逊侯全球事务中心（JHCGA）的Olivia Meigs和山西省人民政府为推动中美清洁能源计划所提供的支持，本文中的很多信息都源自该项计划。信息具体来源包括《煤炭资源的未来》，《MIT煤炭能源研究报告（2007）》和荣中战略咨询机构（China Strategic Advisory）于2006年第2季度出版的《能源评述》。有关碳捕获和存储技术的更多信息来自于大天空碳截存伙伴组织（Big Sky Carbon Sequestration Regional Partnership）会议，JHCGA属于该组织的一部分，同时怀俄明大学能源学院（University of Wyoming's School of Energy Resources）和西方研究所（Western Research Institute）也提供有关信息。

作者还要感谢能源、环境和安全组织（the Energy, Environment, and Security Group）的Gen. Richard L. Lawson (USAF-ret.)；清华-BP清洁能源研究与教育中心（Tsinghua-BP Clean Energy Research and Education Center）的李政教授；能源基金会（Energy Foundation）的Doug Ogden；自然资源保护委员会（Natural Resources Defense Council）的钱晶晶；以及GE的Norman Shilling先生，他提醒作者密切关注煤炭气化、碳捕获和存储技术。能源与环境联合研究所的Milton Russell也为作者提供了有关经济与环境交叉作用的宝贵见解。

**东西方研究所一般并不代表政策问题的立场。本文的观点仅代表作者的观点，并不一定反映该机构、及其董事会或者其它学者的看法。*

目录

执行摘要	i
引言	1
中国的洁净煤政策抉择.....	2
洁净煤战略对于中国的意义	4
<i>社会和政治稳定</i>	4
<i>成为全球技术领袖的机遇</i>	4
美国的能源安全煤基战略抉择.....	6
考虑能源安全的中美洁净煤共同战略	7
<i>技术共享</i>	7
<i>知识产权问题</i>	9
结论与展望	10

执行摘要

作为世界上最大的能源消耗国，中国和美国都迫切地需要找到可靠的能源解决方案，以满足巨大的能源需求。两国就煤炭而言都拥有数以千亿吨计的丰富储量。但是，煤炭政策一直以廉价的开采为主，而没有认真考虑煤炭的社会成本。以美国为例，煤炭是一种主要的电力能源，同时也是一种主要的污染源。在中国，为了开采煤炭，全然不顾来自四面八方对有关环境和健康的质疑。中国消耗的煤炭比美国与欧盟的总和还多。由于煤炭容易获得，而且还没有其它可以利用或者容易获得的资源，一直忽视了煤炭开采和消耗带来的破坏性副作用。在当前全球能源不确定性形势下，煤炭仍然被大量使用。

洁净煤技术代表了最新最先进的以煤炭为基础的能源技术。与过去不同，洁净煤提供了可靠的能源，同时最大程度地减少了对健康和环境的副作用。不过直到今天，美国和中国的政界和商界领袖为洁净煤技术的推进做得还很不够。由于担心对碳捕获和存储（CCS）地点的反对，使美国政府和工业面临瘫痪，同时，对于向获得更清洁能源的公民征收实际成本费，中国已经退缩。已经放弃了加强公众认识的努力，同时回避政治阻碍已成为政治权宜之计。

中国和美国消耗了一半以上的全球煤炭量，预计这种形势会持续到2030年。在向世界表明一个包括可持续的煤炭资源在内的更加清洁的能源未来方面，中国和美国具有共同的利益和责任。没有其它任何两个国家的煤炭消耗给可持续全球环境带来如此大的威胁，也没有任何别的国家如此迫切地需要清洁能源解决方案。尽管其它清洁能源必将继续发展（如太阳能、风能、生物燃料等），节能行动必将广泛实施，但是在中国和美国面临的政治、经济和资源现状下，研究和开发洁净煤技术势在必行，以便尽早实现洁净煤带来的好处。这并不是说实现了洁净煤就没有障碍，仍然存在排放问题，以及技术的推广甚至需要数十年，但是对于中美两国，甚至对于整个世界，踟躇不前的代价远远超过发展对既往技术具有明显进步的洁净煤技术所付出的努力。

总而言之，两国都要采取激励措施，确保国内可持续能源供应。对于世界上两个最大的煤炭生产国和消耗国，通过技术交流合作可以获得重要的环境、商贸和政治好处。建立可持续的能源伙伴关系，是将洁净煤作为一种行之有效的长期能源方案的捷径。中美两国应当在知识和技能方面优势互补，确保为下一代提供清洁可靠的能源供应。

引言

由于美国和中国将面临（相对便宜和容易获取的）石油、天然气和其它能源日益受到限制的问题，因而丰富的煤炭资源在两国的国家能源战略中占有突出的地位。两国都拥有丰富的煤炭储量，已证实储量均超过数千万吨。即使对替代能源发展按照最乐观的预计，中国超过一半的总能源供应量会依赖于煤炭，这种状况至少会持续到下一代。而美国的一半发电量来自于煤电。

然而，煤炭资源也有缺点。煤炭是最主要的碳密集型矿物燃料来源。两国煤炭燃烧每年的CO₂排放量达到60亿吨，或者说占据了世界整个矿物燃料源排放量的五分之一。中国还占据了将近一半的总煤层气排放量，相当于另外的2亿吨CO₂排放量。¹而且和其它方面，两国的煤炭开采和使用均对健康、安全和环境造成了威胁。中国每年有成千上万的矿工在煤矿事故中遇难。煤炭开采以及发电厂和焦炉中煤炭的不充分燃烧，使得中国的地面和地下水资源普遍受到严重的污染和枯竭。在煤炭的运输、贮存和燃烧过程中产生的固体尘埃、SO₂和汞，每年都会导致数以万计的人死于肺部和心脏疾病。有时候排放的硫化物还会形成酸雨，被带到邻国，甚至汞污染物会穿过太平洋进入美国。

煤炭对美国的东部环境也会造成不利影响，山上采煤的新作法引起了争议，使景观遭到了破坏，山坡遭到了侵蚀，河床沉积了淤泥，地下和地下水资源被污染。而在西部，煤层气的开采导致成千上万亩的牧场被得到煤层气所必需的盐水淹没。要从西部矿场将低硫煤运输到东部市场，尽管1991年修订的《清洁空气法》对此实施了严格的SO₂限制，但是使用了更多的能源，且产生了扬尘。

这些问题在中国和美国的决策部门和广泛大众中都引起了极大的争议。重要的是从这份政策文件的角度表明，为了推动这些问题上的中美合作，中美两国的政策专家间现在开始了政策对话。美中能源环境技术中心（EETC）由美国能源部（通过杜兰大学）和中国科技部（通过清华大学）共同建立，是这些交流活动的主要发起者。EETC最近也已加入了美国大西洋理事会和设立于丹佛大学的中美国际对话研究所（ISAID），组织了一系列的美中能源安全合作对话，包括国家和省（州）级政府的洁净煤对话，杰克逊全球事务中心（JHCGA）已在美国怀俄明州和中国山西省这两个分别为两国最大的煤炭生产地间建立了洁净煤合作伙伴关系。

¹中国面临的甲烷问题主要是经济问题，而非技术问题。在美国，通过标准的规程在吸取之前将甲烷从煤层中排放出来。甲烷被捕获到管汇中，并输送到地表进行压缩，然后出售。通过这种相对简单的规程，中国的甲烷排放可以得到根本性减少，但仍然需要付出成本。

但是，真正的技术转让还没有得到显著改善。包括政策协调、研究合作和共同项目开发。煤炭怎样才能适应中美两国的能源安全政策，同时又要避免对环境的不利影响呢？两国具有哪些比较优势，又怎样利用这种比较优势来引导在气候变迁战略和洁净煤技术方面的未来投资？最重要的是，为确保得到和平与可持续的成果，在双边合作中扮演什么角色？

中国的洁净煤政策抉择

尽管中国为了经济发的发展已经十分严重地依赖于煤炭，但是制定主要基于洁净煤的能源战略需要首先进行根本的转变。以洁净煤为基础的国家能源安全战略需要一个更加全面的能源决策和监管体系。目前的分散决策体系给予了地下官员太多的自主权力，他们通过对地方银行、电力公司和环境保护机构的控制，有权批准和为电力项目投资，优先考虑当地的自身利益和发展。结果，中央政府很难进行能源和环境方面的承诺。以国家目标为重的国家政策难免遭到地下政策的抵制或者完全漠视。

即使在煤炭和电力部门内部进行政策协调，也存在进一步的障碍。中国的煤炭工业倾向于高度分散，然而电力生产又主要集中在五大公司。所以这种不平等的交易能力给电力公司带来了好处，它们可以抵制煤炭生产商的行动，通过在坑口电厂的洁净煤运作对电力供应实施更多的控制。这种情况下，电力公司很少有兴趣鼓励这种行为，或者其它大规模洁净煤基础设施的建设，包括采矿、气化和发电产生的煤层气、民用煤气和热能的高效利用和分配所使用的电力输电线路和管道。

然而，由于过去几年里煤炭价格增长，会逐步平衡煤炭生产商和电力供应商间的交易地位。电力公司发现它们的利润空间日益受到煤炭价格的上升和电力管制的挤压，同时煤炭企业在井口进行电力生产的优势得到了提升。最近，大量的煤炭生产商正寻求从“下游”产业转移到更广泛的发电运营，与此同时，电力生产企业也在寻求通过收购煤炭产业的“上游”业务拓宽它们的利润空间。

这种复杂且高度分散的决策体系带来的进一步后果是区域能源安全战略斗争。由于没有统一的全国能源安全战略，各个地区各有各的战略，有时损害其它地区的利益。这种缺乏协调的竞争在东西部之间尤其激烈。更多的东部沿海发达地区缺乏对煤炭丰富的西部地区提供的电力可靠性的信任，转而坚持利用中国西部的煤炭建立自己的发电厂。大多数情况下，他们还从国外进口液化天然气（LNG）为天然气发电厂提供燃料。

为了克服地方和中央政府机构、煤炭和电力部门以及中国的各地理区域间的利

益和优先权冲突，中国政府必须采用更加协调、更加畅通的能源政策决策体系。最近，中国已经对国家能源政策结构进行了重组，赋予高层能源委员会制定战略和优先权的职责，同时由国家发改委（NDRC）的能源局负责监管能源行业。

这些举措迈出了正确的一步。但是更多的是为了保证对中央政府政令的统一执行。以洁净煤为基础的国家能源安全战略最有可能成为相当昂贵和耗时的国家事业。如果不珍惜和坚持实施，将会寿终正寝。为了避免这种结果的发生，完全有必要对现有的优先和激励体系进行彻底地改进，向不同层次政府机构的政府官员和企业管理人员表明，再也不能自行随意制定政策。

从这方面讲激励措施的缺失可能比能源价格更加重要。中国目前的能源定价政策主要由社会关注程度决定。中国迫切需要为城市人口提供经济增长所带来的好处，因而与资源保持或技术创新比较，更加关注支付能力。

这种政策已经在多个领域带来了严重的后果。比如在电力和煤化工行业，不顾高效运营和更加严格的环境控制（比如SO₂排放和水保持），不惜通过补贴优先为居民和工业用户提供热能和电力。在其它重工业领域，比如钢铁业、铝业、混凝土加工业等，容许了极低的效率，这主要是由于要求保持低能源产出成本的竞争压力。

如果中国要制定以洁净煤为基础的成功的国家能源安全战略，有必要采用一种大为不同的环境外部性定价方法。这种战略的关键在于中国设定的能源价格应能够鼓励进一步的节能和更加严格地实施环境标准。当然，如果政府的法规很大程度上立足于允诺让广大民众过上中产阶级的生活，政府不太愿意强制实行。

问题是遍布中国的社会动荡加剧，已经威胁到政权的合法性。多数动荡事件与对环境滥用和漠视的现状有关。对城市能源消耗者的持续补贴政策没有多大意义，这只能因为增加了资源稀缺性，进而增加了环境压力，使滥用和漠视环境的现状继续存在。换句话说，如果能源安全成为中国的一个国家安全问题，也将上升为社会动荡。而且从国家安全的角度讲，能源安全要求和社会和平要求之间不存在真正的冲突。同样，有必要增强国家安全，提高能源价格和加强资源保持，从而降低环境压力，最终也将有助于促进社会稳定。诉诸爱国主义，为中国政府提供了一种实现这些目标的途径，要求中国人具有奉献精神，而不必不惜追求合法性，事实上相反得到了加强。

洁净煤战略对于中国的意义

社会和政治稳定

以洁净煤为基础的国家能源安全战略对于中国的社会和政治稳定具有重要意义，特别是关于富裕的沿海地区和贫穷的内陆地区间不断加大的经济差距。以洁净煤为基础的国家能源安全战略提供了解决这种不平衡的可能性，地区不平衡比起中国其它任何一个问题给社会和政治稳定带来的威胁都大。

具体来说，以洁净煤为基础的国家能源安全战略可能要求对消耗了多半能源的中国东部地区和西部的煤炭生产地区的资源重新进行有效地分配。这种战略要求对研究开发（比如气化技术、氢气生产技术）、人力资源（比如管理和技术人才）以及物理设施（管路和传输线）进行大量投资，所有这些投资将创造数以百万计的新工作。内陆地区的加速发展也将增加公共收入，可以广泛地用于社会服务和其它公共领域，比如教育和健康，从而提高普通市民的生活水平。公共收入的增加也有利于对环境保护的投入，从而改善环境质量。

其中，对全国洁净煤基础设施的投资意味着要推动一项大规模的公共服务计划，帮助弥合中国富裕的沿海地区和贫穷的内陆地区间日益加剧的差距。沿海地区将享受到更加清洁和更加安全的电力资源，最终以煤炭为基础的运输燃料来自于内陆，因此前景已证明难以捉摸。以洁净煤为基础的国家能源安全战略为中国的东部和西部实现了双赢，按照最乐观的估计，将会使两个地区更加紧密地联系在一起，不仅有一个共同的能源未来，也可以共同感受经济繁荣。

成为全球技术领袖的机遇

与这些优先发展战略相适应的国家能源战略也将为中国在洁净煤领域赢得全球技术领袖地位的机遇。煤炭是最古老的工业燃料，但是在许多方面也可以成为通往未来新工业经济的桥梁。中国有信心实现这种转变。中国可以利用大规模动员人力和金融资源的能力，使用自己的煤炭含量在多个领域展示煤炭如何铺就这样一条经济之路。

首先，以煤炭气化为基础的包括电力、煤化工和其它燃料源在内的“多联产”技术，为建立更加广泛的可持续能源基地创造了一种途径。其它燃料源可以源于煤炭中生成的合成气²，包括特别是在农村地区方便使用的液化气替代品二甲醚，和运输燃料甲醇。而且，具有氢“转移”反应能力的改装式煤炭气化系统（比如整体煤气化联合循环系统）为从主要含有氢气和CO的初始合成气流中分离氢气和

²合成气是CO、氢气、甲烷以及其它气体的混合物，当煤浆与氧气高压混合时产生。

CO₂提供了一种方法。然后可通过碳捕获和存储工艺（CCS）将CO₂贮藏于地下，同时氢气可与燃料电池外面的氧气联合发电。燃料电池作为未来的一种清洁电力资源具有美好的前景，同时清洁高效的氢原料生产方法是燃料电池广泛应用的关键。

中国希望跳跃式进入的第二个领域是煤炭开采生产率。未来的煤炭开采将取代今天繁琐陈旧的结构模式，可能包括的特点将实现从煤炭生产到煤炭消耗的无缝转变。中国可能会采用在美国已经实施的新技术，这样可以使在开始采矿作业的同时，开展瓦斯排放作业，因此可以节约时间，减少了逸散瓦斯排放。坑口安装先进的往复式燃气发动机，可以回收井中泄露或排放出的甲烷，并用作清洁燃料来发电³。现代循环流化床系统也可以用来“回收”垃圾煤进行发电，而不是简单的收集起来，导致整个采矿作业场最终变成一个巨大的垃圾场。

展望未来，20-30年内地下煤气化技术可以为煤炭的无缝提取和利用工艺提供最终的解决方案。这种技术一旦投入实施，将使用大型钻机对氧气加压并注入深层地下，与煤层发生反应产生合成气。合成气然后返回到地下，可用来发电。氢气也可以在这个过程中进行分离和生成，结果在地下高温和压力下发生与水的氢“转移”反应。

上面所述的生产率的进步将从根本上改变现代采矿作业。新的进步有助于减弱对中国电网的压力；也可以轻松地实现向清洁能源（如氢气）的转变。煤炭转化的可能实现，使煤炭具有双重角色，不仅可以满足现在的需要，也为满足未来需要提供了可能。比如我们所看见的，通过煤气化技术制造氢气。通过对煤氢化技术以及其它方面的投资，中国可以将其巨大的地下煤炭储量转化为优势，将煤炭以清洁燃料能源的形式带到地面，满足现在和未来的需要。

中国可以面向未来的第三个领域是清洁能源基础设施的发展。与其它工业化国家相比，中国占据相对有利的地位，坚决朝着下一代清洁能源技术的方向转变。首先，不用负担废旧的能源基础设施，不然会阻碍未来的能源技术发展，即没有需要补偿的沉淀成本，也没有昂贵的改装成本。相反，正如已在电信领域所做的一样，中国有能力实现从一代技术向未来清洁能源技术基础设施的跳跃。第二，中国有能力进行大规模投资。无论下一代能源技术对基础设施有什么要求，中国都可以利用外汇储备和其它储蓄资源来满足要求。

这些优势为中国创造了快速向先进清洁能源经济转变的可能，这种能源经济模式以一系列的互相支持体系为基础，以利于煤炭和其它资源为主的能源分配。不用

³在美国，只是将甲烷收集、压缩，并输送到天然气管网。

通过铁路，甚至更糟糕的是用卡车运输煤炭，而是“通过线路”⁴从中国西部地区的先进坑口洁净煤发电厂输送到东部沿海地区的电力市场，这在美国和澳大利亚等产煤国家已经得以实现。通过这些先进的气化系统和其它设备捕获到的CO₂可以通过管路传输到地下存储场，以待西边更远的地区来吸收。利用这些设备从合成气中分离出的氢气可以注入准备好的罐车，然后通过铁路配送到加气站供燃料电池汽车使用。位于城外的其它先进洁净煤设施产生的热量和废气可以输送到区域供热系统，或者供城市家庭使用。

美国的能源安全煤基战略抉择

美国从自然资源禀赋的完全不同的立场来处理动用国家安全战略煤炭储备的问题。美国也具有丰富的天然气储量，但与中国不同的是，不仅可以用于家庭供热和发电，也可以满足现在和将来的运输需要。以煤炭为基础的能源安全战略中最高效的方法，也将考虑转变为其它资源，在利用煤炭时要使其用于其它更为高效的场合。

比如，煤变油（CTL）技术的开发和使用，除了军事用途之外似乎没有多少国家安全意义。虽然最流行的CTL技术依赖于煤气化这个中间步骤，即使这种间接的CTL形式也是具有相当的碳密集性，因为与发电时的煤气化不同，CTL技术中需要二次燃烧。CTL产生柴油，这种能量必须紧接着通过内部燃烧过程进行释放。与之相对的是，整体煤气化联合循环技术（IGCC）提供了一种直接以燃气轮机发电的形式释放煤气化产生的能量。实际上，尽管CTL制造了便于运输的燃料，但是使用了更多的能量，而且因为煤炭的二次燃烧而释放出更多的碳。

因此，为了适应传统的柴油或汽油的碳足迹，大量使用CTL作为运输燃料需要一个非常复杂，可能极其昂贵的碳捕获和存储系统（CCS）。而且，既然将这个额外的系统考虑进来，CTL以及其它的传统运输燃料，甚至替代运输燃料（比如生物燃料）仍然不具备压缩天然气（CNG）的碳减少能力，这种压缩天然气从效率上讲比所有其它的矿物燃料都强。全面的CNG运输基础设施，可与上世纪50年代州际公路运输系统相比，将利用CNG的这种能力可以为满足美国国家安全和能源需求奠定环保高效的基础。这样的基础设施可能包括天然气管道、压缩机组和加气站，还需要对美国汽车的发动机做比较简单的改造。

但是，这并不是说CCS对于美国的洁净煤未来没有用武之地。美国目前有一半的发电量来自于煤电。由于经济、政治和技术方面的原因，还没有任何一种能

⁴“通过线路输煤”指的是通过高压电缆从煤矿场发电位置到终端用户的输电过程，而不采用铁路或其它方式将煤炭运输到靠近电力终端用户的电厂。

源，比如核能、太阳能、风能、地热能，或者其中一种甚至多种联合能源，能够在可以预见的将来取代这种电力资源。煤炭气化不只是一种比传统的粉煤燃烧更高效的发电方式，还为在到达烟囱前将CO₂从废气流中分离捕获奠定了相当高效的基础。为防止碳逸入大气而将其埋入地下，碳捕获是要依次进行的第一步。

还需要其它很多步骤。包括通过地质调查和分析对建议的地下存储场进行评定、计算机仿真以及通过试点项目和其它技术示范手段进行所谓的测量、监控和验证（MMV）。考虑到环境条件的变化，所有的研究和示范都必须各个现场逐一进行。另外，需要开展广泛的公共政策工作，旨在建立一套管理制度来处理责任和产权方面的问题，并赢得公众对CCS方法的认可和支持。因此，在进行全面的CCS工作之前，必须铺设管网将CO₂从原来的位置输送到指定的地点。

当从整体上对这些步骤进行考虑时，很明显目前还没有达到国家层次的必要努力来建立一个全面的CCS系统，满足美国的电力生产和碳减排需要。IGCC电厂（连同必须的捕碳设施）还不准备建设。资金不打算用于支持反复试验的现场准备和开发研究。而且，更重要的是，经济激励制度还未形成，使得工业，广泛的讲，对于电力用户还望而却步，无法进行必要的投资。

总之，CCS还没有得到国家重视。对于美国严肃对待气候变化的真正考验，将在于它承诺建立一个包含司法、预算、项目计划和管理工具的系统，正如上世纪40年代的曼哈顿计划或60年代的阿波罗计划，规模上堪比这种重大挑战。

考虑能源安全的中美洁净煤共同战略

技术共享

因此，假定在合适的境遇和选择下，以国内煤炭供应为基础的能源安全战略为了帮助中美两国一定程度上避免世界石油和天然气的争夺还有很长的路要走。但是，这种战略本身可能不会走得太远。事实上，如果相互隔离，这种战略只会表现为另一种形式的冲突。

原因在于，如果任其发展的话，每一个国家都将发现自己面临次优范围的能源选择，每种选择最终可能都会付出整个地球的代价。对非传统能源进行评估，比如油页岩或者沥青砂或者可以用来制造液化运输燃料的气化煤，都是十分昂贵的，都需要很高的与能源产出有关的能源投入。如果解决环境外部性比如碳控制的成本增加，开发这些资源的成本会让人望而却步。

面对寻找安全能源的沉重压力，美国和中国完全不可能付出这些环境外部性的全部代价，不会将其延续到后代。然而，这些成本迟早都需要面对。气候变化和全球环境的恶化会造成资源短缺、跨界污染以及对于自然和人力资源的压力，这样只会增加双边冲突的可能。

因此，独立考虑的话，以洁净煤为基础的能源安全战略不再是避免美中冲突的良方，正如补助城市能源消费者战略不是避免中国社会动荡的良方一样。两种情况下，都是环境起到了妨碍作用。追求洁净煤为基础的能源安全更为可行的模式可能是美中两国共同努力，在洁净煤方面技术共享、优势互补。

CCS从美国的立场上对与中国进行洁净煤技术交流战略给予了重点关注。与中国不同，美国在许多方面能够进行CCS的全面开发、示范和利用。这些资源包括世界一流的地质专家和计算机上建模、仿真和数学运算方面的广泛经验，还包括化学工程应用和分析。正如我们看见的，即使在CSS服务中就这些资源分配而言仅仅涉及地面，也有些经验教训需要学习和与中国分享。

与CCS有关的资源和技术不平衡，使美国有机会帮助中国加快自己的CCS示范、开发和使用计划，以利于全世界的和平与未来。虽然中国可能现在还没有为全面采用CCS作好准备，但也不能无限期推迟，因为除了目前着眼于先进的洁净煤发电技术外，中国也打算在将来开发CTL和其它煤基运输燃料（比如甲醇）。

然而，由于缺乏CCS配套措施，中国CTL发展前景对于全球环境甚至美国的安全都有着相当严峻的影响。至少考虑到美国的长期国家安全利益，要防止这种结果的出现，比如从世界各地抢夺石油的前景进行预测。正如Gen. Richard L. Lawson (USAF-ret.)谈到有关CCS说，“我们必须开发和测试CCS，并带到那儿（中国），与其分享，便于在20世纪的下半叶进行和平投资。”

从中国的角度讲，煤炭气化也符合这种情况。中国已经在以煤气化基础的“多联产”工艺上取得了积极进展。这些工艺不仅包括发电，也包括废气流中的副产品利用，同时将氢气分离出来作为其它用途（比如燃料电池），并捕获CO₂埋藏于地下。副产品可能还包括肥料及其它煤化工产品，甲烷、甲醇、二甲醚和其它燃料。而且，中国还利用煤气化过程中产生的废气为家庭和公寓供热。

美国为什么不可以借鉴利用这种经验呢？在美国，目前大多数没有在发电中利用的煤炭要么直接排放到大气中，比如CO₂，要么作为废气处理（比如SO₂、N₂O、NO₂）。比较而言，煤气化比传统的粉末燃煤发电具有明显的环境好处。这些优势包括热效率提高10-15%，达到了节能减排的效果。随着氢转移反应设施的安装，采用这种“多联产”工艺也能够比传统的燃烧工艺更加高效地分离出氢气和捕获CO₂。最终实现了节水排污（如SO₂），使污染物在进入烟囱之前从废气流

中分离出来，并为污染处理或转化奠定了更加高效的基础。

根据完全环境成本核算，这种“综合资源利用”方法符合美国高效能源安全战略的要求。但是美国无法独自完成。美国需要中国的经验，中国数十年来作为世界领先的焦煤生产国，证实了这种实用的技术不需要昂贵的改装。利用焦煤生产经验，中国还在判定不同种类的煤炭是否适合煤气化这个方面获得了广泛的技术知识。这些正是美国开始实施的领域。与中国合作，美国有机会跳过整个试验阶段，直接获得最节俭的解决方案，充分利用煤炭。制造出最有用的副产品。

知识产权问题

总之，美国与中国立足于自身实力建立战略合作关系，在洁净煤生产和利用方面进行优势互补将会获得双赢的结果。但是，怎样协商经验和技术的交流规则呢？

有关知识产权的规则还未进行深入谈判。总的来说，技术共享对于两国来说可以是双赢的战略，但并不是每一个国家人人都能从中受益。私人部门投资者在研究开发中作出了贡献，他们冒着资源风险期望获得未来收益，可能发现他们付出代价却让其它人获益。对于稀缺的公共资源，最初不管是否紧迫按照相同的用途分配，但目前有了新的用途。在某些人看来，这将不再表明起初的贡献。换句话说，通过技术信息和创新成果的共享，改变了游戏规则。

然而，如果美国和中国可以实现洁净煤技术的取长补短，为什么两国不同样地对自己国家中在合作中的失利者进行补偿？比如，美国已建立了这样一种制度，对在自己国家在自由贸易中处于劣势者进行补偿。政府通过经济支持系统对失业者进行补偿，包括失业补偿、职业再培训计划 and 就业服务。通过税收和其它激励措施，有助于吸引企业对不景气的组织投资帮助他们实现经济复苏。小额商业贷款可以使失业者重新开展他们的业务。

为了对由于技术共享失去商业机会的技术提供者进行补偿，在洁净煤技术转让领域没有理由不推行这样的制度。比如，可以采用公共基金帮助私营气化器和其它洁净煤技术供应商发现这些产品在中国最有利的市场，比如协助他们对各种环境以及不同种类的煤炭进行试验。可以提供补助来促进这些产品在初期的广泛传播，因而调整未来基础设施的发展，使其符合相应的技术规范，并在市场中占据优势地位。作为这些产品的最早开发和完善者，通过这些方法调整，可以弥补技术提供商在竞争中失去的信息优势，使他们在竞争中可以稳稳获利。

结论与展望

那么煤炭就是美国和中国能源安全的解决方案吗？出乎意料的答案是，煤炭只能够在互相合作战略框架下实现能源的自给自足。中国利用启用洁净煤技术资本的能力的确创造了许多对于未来的期待。正如前面提到的，包括电力、氢气和其它煤气化副产品的多联产技术；高效采煤和副产品投资；大规模洁净煤基础设施的建设。但是与此同时，中国也可能采取两面下注的方式，发展一些效率比较低下的产品，特别是在运输燃料领域（比如CTL）。与美国进行CCS合作对于这种技术的可持续发展至关重要。

美国在许多方面反映了这种现状。还有其它可能情况：比如，如果基于CNG的新型运输系统可以补充生物燃料的缺乏，缓解对于进口石油的依赖。正如我们看到的，CTL作为一种运输燃料能源，排在CNG和生物燃料之后。就象中国一样，美国将在未来很多年仍将依赖于煤炭发电，这是我们不得不面对的结论。

然而，如果不全面地转向以煤气化为基础的多联产发电及其副产品保护和利用体系，洁净煤的发展难以持续。如同美国进行的CCS新实验，中国在这些领域进展过程中获得的经验，为美国减少了误判，节省了大量的时间和美元。有趣的是，这也为美国富有成效地向中国学习提供了获取信息的机会，正如过去中国经常向美国学习一样。而且，从某种意义上讲，中国需要像美国那样不断学习。必须要表明，正如中国长期主张的“互利互惠”的合作原则，美国也要受益于技术转让。

如果洁净煤战略为中国和美国带来了好处，下面的建议对于两国的决策者来说可以为这种转变奠定基础：

对于中国政府

制定一个连贯的基于洁净煤的国家能源战略和建设根本改善的能源基础设施，有利于促进全国各地电力供应的协调分配。

制定合理的能源价格，可以为洁净煤技术投资增长、高效处理和节能提供动力。

对于美国政府

支持重大洁净煤技术的研究与开发。

突出重视煤气化技术，包括专家调研、可行性分析、示范项目，对碳捕获和存储（CCS）场地进行描述和开发。

确保在所有煤气化厂安装CCS设备，同时要有良好的管网基础设施来支持CCS计划。

然而,正如原负责全球环境事务的助理国务卿,现担任煤炭生产商Peabody Energy总裁的John F. Turner所指出,这些措施的效果还要取决于太平洋两岸“私营机构的创新能力和资源”。即使面对双方政府采取必要的措施降低这种不确定性并且保证能源价格充分反映环境成本,私营机构也必须有所准备,且只要有可能就立即投入这些行动。

私营机构:

中国企业: 通过主动性企业战略促进公共政策改革,包括不断增加研发投入投资创新洁净煤技术。

美国电力企业: 通过主动性企业战略促进公共政策改革,包括通过增加煤气化为基础的发电和碳捕获设备投资,实现资产多元化。

美国和中国政府: 通过中国的市场分割协定为洁净煤技术发展领域的合资企业创造更多的动力。

基于洁净煤的美中能源安全战略的关键是认识各自的弱点。两国都必须认识自身弱点领域,比如对于中国的CCS技术和对于美国的基于煤气化的多联产技术,这样利用自身的比较优势有助于克服自己的弱点。双方都必须向对方充分坦诚,且愿意为了双方的共同安全和地球的未来贡献自己的力量。为此,还需要准备好放松对贸易机密的管制,并对信息失灵的弱势者提供补偿。也许只有这样,两国才能从对世界能源供应的漫长竞争阴影下走出来,进入在洁净煤基础上建立互信、技术共享和节约能源的新天地。因此,下面的建议有助于推动洁净煤技术合作:

利用中国的煤气化技术促进以煤为基础的“多联产”工艺。

加快美国CCS现场准备和开发的试验过程,使中国政府、工业和研究伙伴分享CCS的成果。

建立知识产权补偿协议框架,弥补技术交流造成的商贸损失和促进合作。

理事会

理事会主席

George F. Russell, Jr.

Russell投资集团荣誉主席
Russell 20-20

主席, 创办人兼CEO

John Edwin Mroz

东西方研究所

理事会成员

Urban Ahlin

瑞典国会外事委员会主席

Martti Ahtisaari

芬兰前首相

Jerald T. Baldrige

共和能源公司主席

Thor Bjorgolfsson

Novator公司主席

Peter Castenfelt

Archipelago Enterprises
Ltd.公司董事长

**Maria Livanos
Cattai**

瑞典炼油企业董事会成员

Mark Chandler

Biophysical公司总裁兼
CEO

Emil Constantinescu

罗马尼亚前首相

Joel H. Cowan

Habersham & Cowan
公司总裁

Rohit Desai

DesaiCapital公司总裁

Francis Finlay

Clay Finlay公司总裁

Olafur Grímsson

冰岛总统
(不参与政府事务)

Stephen B. Heintz

洛克菲勒兄弟基金会总裁

Emil Hubinak

斯洛伐克电信公司CEO

R. William Ide III

麦肯朗律师事务所合伙人

Wolfgang Ischinger

德国驻英大使

Sigrid RVC Kendall

Kendall-Verwaltungs-
-GmbH执行伙伴

Richard M. Kessler

Empire City Capital
Corp.公司总裁

Rudi Lamprecht

Siemens AG董事会成员

James A. Lash

Manchester Principal
LLC总裁

马振岗

中国国际问题研究所所长

Mark Maletz

哈佛商学院高级研究员

Michael Maples

微软公司前执行副总裁

Peter Maurer

瑞士常驻联合国大使

Thomas J. Meredith

Meritage Capital L.P.
负责人和创办人

Fraser Morrison

Teasses Capital Ltd公
司总裁

Frank Neuman

AM-TAK International
公司董事长

Ahmet Mucahid Oren

Ihlas Holding A.S.公司
CEO

Robert Oxnam

亚洲协会名誉会长

Ross Perot Jr.

Perot Systems
Corporation公司董事
局主席

Louise Richardson

哈佛大学Radcliffe高等
研究院执行长

Laurent M. Roux

Gallatin Wealth
Management LLC公司
总裁

Ramzi Sanbar
Sanbar Development
Corporation, S.A.集团
主席

Armen Sarkissian,
Eurasia House
International总裁

Leo Schenker,
Central
National-Gottesman
Inc.高级副总裁

Rockwell Schnabel
Sage Capital Inc.集团
创办人、董事会主席

Henry J Smith
Bud Smith
Organization Inc.公司
CEO

Hilton Smith
East Bay Co. Ltd.公司
总裁兼CEO

Elizabeth Symons
英国外交与联邦事务部
前部长

Henrik Torgersen
International
Operations, Telenor执
行副总裁

Pierre Vimont
法国驻美国大使

Matthias Warnig
Nord Stream AG执行董事

Bengt Westergren
美国国际集团 (AIG)欧
洲及独联体企业与政府
事务部, 高级副总裁

Igor Yurgens
Renaissance Capital公
司第一副总裁
张德广
中国国际问题研究基金
会理事长

名誉主席

Berthold Beitz
Alfried Krupp von
Bohlen und
Halbach-Stiftung总裁

Ivan T. Berend
洛杉矶加利福尼亚大学
教授

**Hans-Dietrich
Genscher**
德国原副总理和外交

Donald M. Kendall
百事公司前总裁兼CEO

Whitney MacMillan
美国嘉吉集团前总裁兼
CEO

名誉理事

**Jan Krzysztof
Bielecki**
Bank Polska Kasa
Opieki S.A.公司CEO

William D. Dearstyne
美国强生公司原总裁

John W. Kluge
Metromedia
International Group公

司董事会主席

Maria-Pia Kothbauer
列支敦士登大使

William E. Murray
(1925-2007)

John J. Roberts
美国国际集团 (AIG)高
级顾问

Daniel Rose
Rose Associates Inc.
公司总裁

Mitchell I. Sonkin
MBIA 保险公司执行董
事长

Thorvald Stoltenberg
挪威红十字会会长

Liener Temerlin
Temerlin Consulting公
司总裁

John C. Whitehead
前美国副国务卿

非董事会成员

John A. Roberts
Chilmark Enterprises
Inc公司总裁

J Dickson Rogers
Dickson Partners LLC
公司总裁

George Sheer
International
Consulting Group USA
集团创办人和CEO

共同创办人

Ira D. Wallach
(1909-2007)