



**INSIGHT**OUT

洞察出鞘

专家解读中国能源与环境挑战

**突破瓶颈：**

中国西部地区能否缓解  
煤炭-水资源危机？

# 突破瓶颈：中国西部地区能否缓解煤炭-水资源危机？

执行总编：Molly Bradtke & Lyssa Freese

北京关闭了最后一家燃煤发电厂，然而这不过是习近平总书记环保战争中一场普通的战役。北京的天空更蓝了，而煤炭资源丰富但水资源匮乏的西部省份依然通过燃煤为首都供电。北京能源消耗中约60%的水足迹来源于中国最干旱的两个省份--内蒙和山西的煤矿开采与燃烧。虽然越来越严格的监管和减排目标改善了北京及东部沿海城市的空气质量，却是以牺牲西部省份水资源和污染风险为代价的。

这是中国能源环境论坛《洞察出鞘》的第五期杂志，我们将从科技和政策创新层面深入探讨缓解中国西部地区煤炭-水资源危机的方法。坐拥13亿人口，占世界20%人口总量的中国仅仅拥有全球7%的淡水储量，其中近五分之一的淡水用于极度耗水的煤炭行业。威尔逊中心及蓝圈瓶颈计划的首席通讯员Keith Schneider指出，中国用于煤炭开采，清洗及发电的水资源消耗将在10年内超过相应地区的水资源储量，水资源问题已经“非常严重以至于将给中国未来10年内的成功带来威胁”。







## 水资源博弈

过去几年里，得益于公众对空气严重污染及国际碳排放减排承诺的关心，中国领导层对减少煤炭依赖方面做出了郑重承诺。通过制定有效政策，清晰目标，及金融投资手段，中国正促进清洁能源发展及提高能源效率。2017年伊始，中国政府做出了将在2020年前向可持续能源发电项目投资2.5万亿人民币的承诺。《大气污染防治行动计划》及十三五空气质量的发布加强了煤炭行业的监管和碳排放检测。这些计划直接督促了并加强了中央和地方政府关闭现有的燃煤电厂及取消新建燃煤电厂项目，并加强了对现有的约2300座燃煤电厂的环保监管。尽管地方政府付出了极大的努力，2017和2018年的煤炭消耗量仍有小幅的上涨。

既往煤炭政策的调整可能会缓解西部地区的污染，但也同时带来了两个新

的问题：第一，尤其是西部干旱省份的煤炭水足迹在政策方面暂时没有优先权。第二，中国西部地区没有强有力的减少煤炭使用的政策，让特别是像煤化工，煤化油的新兴煤炭产业会给当地水资源带来严重威胁。例如，世界能源组织在2015年宁夏回族自治区的一份报告显示，超过70%的省份面临“严重的水资源基线压力”，超过91.5%以燃煤为主要来源的发电场设施位于水资源极度缺乏地区。宁夏日益增长的煤化工，煤化油项目更是加剧了该地区的干旱问题。气候变化问题又进一步加剧了水资源压力，中国北部地区的平均气温正在上升，而降雨量却在下降。南水北调工程被中央政府视为西北地区缺水问题的解决方案，却不能从根源上解决巨大的用水需求量问题。水资源政策规划者不应该仅仅依赖于供给端的管理，而应该减少中国北部用水量，特别是西北煤炭用水量。

## 降低水资源风险

技术和政策创新是解决中国西北地区环保和经济问题及减少煤炭-水资源冲突的希望所在。中国的超级燃煤火力发电厂使用空气冷却，相比于传统的水冷却电厂减少了40%的水资源消耗。水利部已经发布了促进中国城市及工业更高效利用水资源的政策和目标。中国政府对电网及可再生能源的投资扩大了太阳能和风能的份额，其耗水量相比与煤炭更低。根据绿色和平组织2017东亚报告，如果中国继续关闭西部的燃煤厂并发展可再生能源，中国在2020年前的节水量将相当于2700万缺水地区人口的总用水量，这些措施会帮助降低北部干旱地区的水资源风险。

能源改革让中国成为了应对气候变化的领导者，并参与到全球能源和气候

的事物中。“21世纪在包括人口增长，能源供给，投资，基建建设在内的你能衡量的任何方面都是亚洲世纪”，Schneider解释道，尤其是在美国在全球能源更替过程中采取后退政策。中国面向污染的战争和碳排放减排目标会极大地改变中国环境建康的历史，并为全球温室气体减排工作作出贡献。然而，为了继续引领这个“亚洲世纪”，中国必须继续将节水改革融入到其能源和环境计划中。

我们邀请了十五名中美专家，来探讨如何让中国的政策制定者、公司、和研究团体降低中国西部地区煤炭-水资源的风险。**贾绍凤**（中国科学院）和**米思易**（中国环境论坛）讨论了内蒙古鄂尔多斯市水权交易系统 and 政策改革如何减轻了水-能源-粮食的关联问题。**张菁菁、周南、Nina Khanna**和**David Fridley**(伯克利劳伦斯国家实验







室)阐述了一个更好的综合性水-能源关联模型能够帮助中国制定新政策,使用新科技以减少的能耗和水电足迹。**刘恒伟**(哈佛大学,塔夫茨大学)探讨了技术革新和政策进步在中国水资源压力最大的地区解决水-能源-粮食的关联问题的帮助。**姜珊、王建华、赵勇和朱勇楠**(中国水利水电科学研究院)报告了其所在的研究院在甘肃供水系统通过节水技术和政策来保证煤炭基地和周边城市的供水的试点项目。**马军、Kate Logan和王茗萱**(公众环境研究中心)用中心创立的企业水风险评估工具强调了煤炭公司在水资源消耗和污染方面的保持信息透明的必要性。**Kaboo Leung**通过其在过去Truscost有限公司的工作,强调了企业在投资和决策时应当把环境风险纳入金融风险的重要性。**江淮、Frederich Kahrl和欧阳玥莹**(E3)则认为解决中

国西部的水-能源挑战不应该由解决水资源短缺来主导,而应该来源于日益严峻的空气质量问题和气候相关的政策。

这是CEF《洞察出鞘》的第五期杂志,该系列旨在借助业内专家的实际经验,了解政府所面临的复杂的能源和环境挑战。正如我们之前的工作一样,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。作为本刊的主编,我想对CEF帮助研究和编辑的同事致以谢意。

助理编辑: Jennifer Turner, David Bachrach, Kimberly Yang, Gill Zwicker, 米思易, 戴崑崎, 耿篮, 贾佳美子, 张宇津和向家乔。

制作编辑: Kathy Butterfield。

# 我们的作者



**Molly Bradtke**

Bradtke女士于2017年在美国威尔逊中心的中国环境论坛担任研究助理，近期担任华盛顿的地区的国际环保非政府机构Rare的高级助理，开展自然资本领域的混合金融的工作。她获得了美利坚大学全球环境政策硕士学位。



**Lyssa Freese**

Freese女士目前正在麻省理工大学攻读大气学科专业的博士学位，研究空气污染相关的政策、经济及健康影响。她曾于2017至2018年在美国威尔逊中心的中国环境论坛担任研究助理，此前曾供职于北京和兰州当地的环境非政府组织。



**David Fridley**

Fridley先生有着25年在中国工作的经验，1993至1995年曾在加德士中国担任提炼和市场营销的业务发展经理。Fridley先生目前是美国能源部中国能源组的在职科学家，他的研究涉及与中国合作伙伴在终端能效、工业能源利用、政府能源管理方案、数据汇编与分析、中长期能源政策研究等方面的广泛合作。



**Shaofeng Jia 贾绍凤**

贾绍凤博士是中国科学院水资源研究中心副主任、中国科学院地理科学与资源研究所水资源研究中心主任，在水资源评估、规划、市场机制、以及综合流域管理和水-能源-粮食间关联方面有着丰富的研究经验。



**Huai Jiang 江淮**

江淮先生毕业于约翰霍普金斯大学，获得应用数学和统计学硕士学位以及环境经济学和政策硕士学位，2017年至今一直就职于E3。他目前的工作集中在分布式能源资源规划和电力系统可靠性分析上。





**Shan Jiang 姜珊**

姜珊博士就职于中国水利水电科学研究院，研究水和能量的耦合模拟。她毕业于兰州大学，获得自然地理学士和硕士学位，后获得中国水利水电科学研究院水文和水资源博士学位。



**Fredrich (Fritz) Kahrl 柯意志**

柯博士是E3的研究和国际咨询部主任，他的工作涵盖了能源规划、市场设计、建模、战略和管制经济学。加入E3之前，他曾担任中国科学院、世界农林中心和世界资源研究所的顾问兼工作人员。卡欧博士毕业于加州大学伯克利分校，获得能源和资源博士和硕士学位。



**Nina (Zheng) Khanna**

Khanna女士是劳伦斯伯克利国家实验室中国能源组的科学工程助理，她近期的研究重点是对中国2050年之前能源和二氧化碳路径自下而上的建模、对近期中国家电标准的影响评估、低碳城市工具的开发、以及对非常规能源的分析。此前，康纳女士曾就职于加利福尼亚公用事业委员会和美国国家环境保护局。



**Kaboo Leung 梁宝怡**

梁宝怡是标普道琼斯指数旗下Trucost公司的资深分析师，她的工作重点是通过情景分析、自然资本估值和供应链评估来评估环境风险。她已经制定了多项气候风险倡议，包括和工商银行一起推出的针对铝行业环境压力的测试、碳定价工具以及ESG评估框架。Kaboo拥有多年的欧美和香港环境研究及咨询经验。



**Hengwei Liu 刘恒伟**

刘恒伟博士是一名经验丰富的能源专业人士，拥有近20年的从业经验。他最初担任电站工程师和能源技师，随后转向政策和战略立场，研究全球能源和战略规划，协助高层行政人员和政界人士制定战略决策。



**Kate Logan 罗思瑞**

罗思瑞是公众环境研究中心的绿色选择外联主任，该中心是一家总部位于北京的非营利环保组织，提倡信息公开和公众参与，以加强环境治理机制、减少排放、改善环境质量。罗思瑞女士的工作重点是与中心绿色供应链上的各方合作，推动信息透明和各方参与融入现有的供应链管理系统。



**Ma Jun 马军**

马军先生是公众环境研究中心的创始人，主持开发了中国首个环境公共数据库“蔚蓝地图数据库”和“蔚蓝地图”APP，帮助公众利用“微报告”来对抗环境违规和污染河流。马军于2006年获得“绿色中国年度人物”称号，并入选美国《时代周刊》全球最具影响的100人，2009年获拉蒙·麦格塞塞奖，2012年获戈德曼环境保护奖，2015年因其揭开中国污染问题面纱的创新途径获斯科尔社会企业家奖。



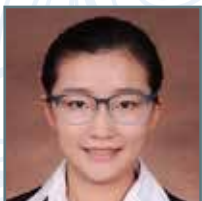
**Siyi Mi 米思易**

米思易女士是集体责任组织的分析员，研究中国和亚洲新近出现的可持续性问题，帮助企业客户建立和执行战略性项目，主要围绕城市发展、垃圾管理、能源和公用事业问题，曾于2017年担任美国威尔逊中心中国环境论坛的研究员。思易毕业于德克萨斯大学奥斯汀分校，获得公共事务硕士学位。



**Yueying (Jasmine) Ouyang 欧阳玥莹**

欧阳玥莹女士是E3的顾问，专注于分布式能源和评估以及长期系统资源规划方面的研究。她拥有约翰霍普金斯大学环境管理和经济学硕士学位以及清华大学环境工程学士学位。



**Mingxuan Wang 王茗萱**

王茗萱女士是公众环境研究中心的项目干事，负责管理绿色金融项目，旨在确定环境风险，促进环境信息公开透明，督促上市公司遵守法规。2016年以来，明轩一直从事企业水风险评估工具的开发工作，并利用该工具对30家煤炭上市公司进行了评估。





**Lianhua Wang 王建华**

王建华博士是中国水利水电科学研究院水资源研究所所长，水利部水资源与水生态工程技术研究中心常务副主任，他是水循环、水资源规划与管理、综合节水、水生态、环境保护等基础理论方面的专家。



**Jingjing Zhang 张菁菁**

在劳伦斯伯克利国家实验室，张菁菁博士的研究重点是清洁技术创新与政策的交点问题。她自2000年初就一直从事可持续发展领域的研究工作，目前是美国能源部资助的几个项目以及劳伦斯伯克利实验室著名的“实验室指导研究开发”项目的首席研究员之一。她毕业于隆德大学，获得技术与社会学系能源政策的博士学位。



**Yong Zhao 赵勇**

赵勇博士是中国水利水电科学研究院国家重点实验室筹建办公室副主任、水资源研究所副所长，主要研究方向为水循环及其伴生过程、水资源合理调配、水资源规划与管理。



**Nan Zhou 周南**

在劳伦斯伯克利国家实验室，周南博士的研究重点是建模和评价中国的低碳发展战略、评估建筑能效政策和技术、以及开发和评估中国的家电标准和标签方案。她的工作还涉及工业能源效率以及能源效率政策评估。



**Yongnan Zhu 朱永楠**

朱永楠博士自2015年6月以来一直担任中国水利水电科学研究院的高级工程师，主要研究水资源环境与气候变化、能源和水学科的交汇问题。她拥有河海大学的博士学位和学士学位，曾参加中法双学位课程，获得里尔科技大学地球科学与环境硕士学位。

# 水资源竞争：鄂尔多斯的 水-能源-粮食关联

米思易 & 贾绍凤

2010年，地处内蒙古中心的鄂尔多斯市以其未来风格的建筑和宽阔却鲜有居民的林荫大道而扬名海外。如今，这个曾被称为“鬼城”的地方拥有一流的广场、摩天大楼和体育场，不再是一座空城了。2017年，鄂尔多斯常住人口达到近200万，国内生产总值3580亿元，增长率达5.8%。尽管这座城市持续吸引着大量的投资和外来人口，但若没有蓬勃发展的煤炭工业，鄂尔多斯如此显著的城市增长是不可能实现的。

鄂尔多斯地下埋藏着中国约1/6的煤炭储量，是全球最大的煤炭公司国家能源投资集团（神华集团与国电集团合并重组后的新公司）的生产基地。鄂尔多斯的煤炭工业在2012年达到巅峰，当时的煤炭开采量——约为全国煤炭产量的1/5——大到运煤车都把内蒙古的高速公路堵了好几天。如今，鄂尔多斯86.7%的电力来自于燃煤发电，市政府也有意扩大燃煤发电，用于向东部沿海地区输送电力。得益于将煤炭转化为柴油和天然气的工业实验，现代煤化工产业也在鄂尔多斯蓬勃发展起来。

鄂尔多斯的煤炭

占中国总量的

20%





煤炭经济的繁荣是以水资源为代价的。鄂尔多斯的煤炭行业2015年疯狂消耗了2亿3590万吨水——相当于235万中国人一年的用水量——煤炭开采、燃煤发电、煤化工产业的耗水量分别占了28%、45%和27%。中国科学院最近的一项研究预测，如果鄂尔多斯继续扩大煤电和煤化工产业，到2020年该市煤炭行业的水资源消耗将增长110%。此外，为了应对燃煤造成的空气污染和温室气体排放，神华集团已经在鄂尔多斯建立了全国最大的碳捕获和储存项目之一。然而，这一技术会导致燃煤电站每千瓦发电量的耗水量几乎翻一番。

## 冲突：农业与煤炭

煤炭的迅速扩张给鄂尔多斯的另一个关键行业——农业——带来了挑战。面对农田系统退化和过度放牧造成的土地沙漠化、创历史新低的降水量以及已经非常有限的水资源，这座城市迫切需要更多的水资源来生产农产品。到2020年，农业部门水资源的供需缺口将达到1亿4330万吨。

煤炭和农业之间日益激烈的竞争在鄂尔多斯引发了一场水资源争夺战。浩勒报吉农牧交错区西北方向96.6千米处的一块区域位于鄂尔多斯最大的蓄水层之上，曾是一片肥沃的草原。10年前，那里成为了神华煤炼柴油工厂的主要水源，此后当地的地下水位下降达100米，周围的湖泊萎缩了62%。用水量巨大的煤炭行业已将水资源几乎耗尽，同时还破坏了地下

水蓄水层的结构，导致了植被和土壤层的恶化，加剧了农田沙漠化和水土的流失。鄂尔多斯需要至少20亿吨水——超过目前用水量的1/5——以增建燃煤电站，同时满足家庭日常、生态和农业的用水需求。

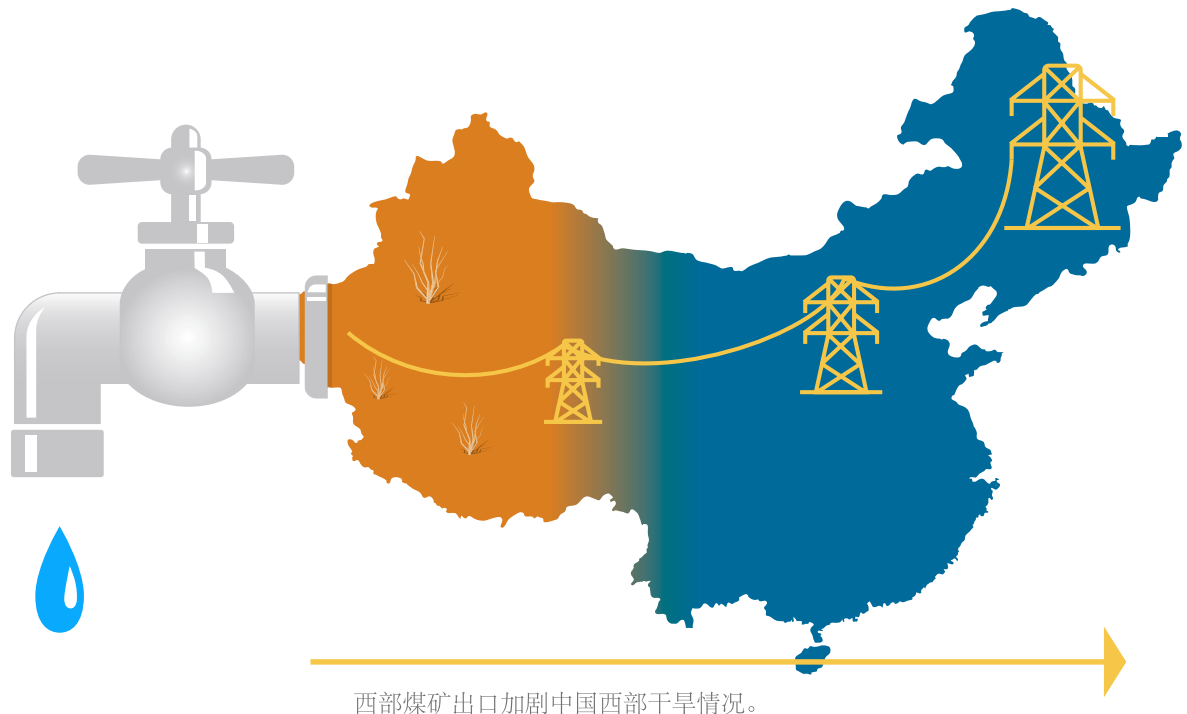
## 水：从竞争到合作

发源自广袤沙漠的鄂尔多斯一直都是干旱之地，其主要供水来自于每年9.59亿吨的地下水，外加微不足道的7.72亿吨黄河水，且后者属于国有资产。由于供应量有限，水利部启动了水资源许可制度，在总量控制原则的指导下严格调配所有水资源。

10年前，内蒙古和宁夏鼓励水权交易，以促进水资源节约。地方政府利用许可证募集资金，用于投资灌溉节水项目（主要是水道线）；然后把节约下来的水重新分配给工业用户，从而解决其水资源短缺的问题。城市和工业无需再争夺稀缺的水资源。这一方法大大提高了当地灌溉系统的用水效率。然而，鄂尔多斯周边农业地区的用水效率陷入了僵局；所实现的缓慢进展不足以缓解工业部门的水资源短缺问题。内蒙古政府建立了跨市调水许可项目，让节水潜力更高的城市向鄂尔多斯等干旱城市出售水资源。作为回报，鄂尔多斯为周边城市的灌溉节水工程买单，由此节约的水又再回到鄂尔多斯。目前，鄂尔多斯以及通过这一创新交易获得了1.48亿吨水。

## 展望未来：水权交易

到目前为止，水权交易系统还只是对用水许可证所有权的行政交易，水资源使用者之间并没有发生实际的交易。自由市场的缺乏源于中国的水法规定所有水资源都属于国家，水资源贸易必须在政府的控制下进行。法律没有为许可证交易提供开放的市场，这一管理规划限制了水资源的高效利用，尤其是在能源和农业部门。在鄂尔多斯，由于当地水务局缺乏准确衡量节水潜能的能力，多数行业获得的水许可都要多于其实际需要的水量。闲置的水许可不仅浪费了稀缺的水资源，而且阻碍了节水技术的创新。此外，根据目前的计划，鄂尔多斯可分配的水大部分被分配给了曾经的农业灌溉用户，政府已经开始优先考虑如何让新的煤炭项目获得用水权。





目前，水利部正在进行大规模水权交易的试点项目，进一步厘清微型用户（企业、灌溉地区、甚至农户）的水权，并对短期和长期水权交易进行实验，以提高水分配机制的灵活性。然而，现有机制与真正以市场为基础的方法之间仍存在差距，政府可以采取一些措施来缩小这一差距，包括：

将水作为一种经济资源，并允许其自由交易以作为资源分配的基本原则。

对各级管理层的水权进行分类，并制定用水的数量和质量，以及排水的空间要求。

将规章制度落实到水市场中的每一位用户，通过行政措施来保证这些规章制度不会轻易被改变。

随着严重的水资源短缺、水污染和生态恶化等问题的日益突出，像鄂尔多斯这样的中国新兴都市已经达到了一个水-能源-粮食的临界点。水权交易可以帮助这些城市有效地分配水资源，推动节约用水，从而满足煤炭的巨大用水需求。理想情况下，鄂尔多斯的官员应该认识到水、能源和粮食在政策制定中的相互关联性，并通过与各利益相关方的公开对话、信息共享和情景模拟来设计一个兼容的资源利用和管理计划，这与鄂尔多斯目前分散且不协调的水管理“领地”形成了鲜明对比。另一项有助于鄂尔多斯更全面管理水资源的机制是建立当地政府的河长制。截止到2018年底，中央已经下令地方政府在省、市、县和乡镇各级设立河长。河长将负责河流的发展和保护，因此拥有了协调不同政府部门之间水管理的权利和资源。中国煤炭地区需要河长和开放的水市场，以便更好地协调水资源管理，并解决水资源匮乏、粮食安全和环境污染的三重威胁。

另一项有助于鄂尔多斯更全面管理水资源的机制是建立当地政府的河长制。

# 不容忽视的关联：应对中国水-能源挑战的技术和政策缺口

张菁菁, 周南, Nina Khanna & David Fridley

## 不容忽视的关联

几乎所有形式的能源开发都需要水——清洗煤炭、冷却热电厂、驱动水电涡轮机、水力压裂采气、以及种植生物燃料作物。中国的水资源供应远低于全球平均水平，但仍在持续扩大水资源密集型能源的开发，包括西部新的煤矿、电站以及水力压裂开采页岩气、西南地区全球最大的水电热潮，以及内陆不断壮大的核电开发。日益密集的能源开发给水资源生态系统带来了更多的压力，而中国日益增多的城市中心、农业和工业也需要水资源的供应。因此，中国的政策制定者需要在微观和宏观两个层面上，对相互关联的水-能源趋势有更系统性的理解，收集可靠的数据，以更好地保护有限的水资源，把控好能源宏图。

为了应对这些挑战，近期来自劳伦斯伯克利国家实验室和中国水利水电科学研究院的中美能源和水资源研究人员近来完成了一个国家层面的综合性水-能源关联模型，此次建模工作不是一项学术活动，而是在试图帮助政策制定者更准确地了解国家和区域层面的能源开发是如何消耗着有限的水资源。该模型还研究了国家在移动、抽取、清洁、加热和淡化水方面使用了多少电。这项建模工作是加州大学伯克利分校和中国石油勘探开发研究院共同主持的中美清洁能源联合研究中心能源与水技术项目（以下简称CERC-WET项目）的一部分。



## 数据和治理缺口

在许多国家，管理水和能源是一项重大的治理挑战。中国分散化的集权模式给水和能源政策的协调造成了特殊的困难。除了管理两个行业的政府机构之间存在不一致且常常相互竞争政策优先级之外，在最基本的层面上，两方都对水-能源冲突的重大影响缺乏理解和数据。中国目前水-能源信息采集和规范的主导设计主要关注设施层面，例如单个煤矿用于清洗煤炭的用水量，或者冷却燃煤电厂所需的水量反映了当地水资源受影响的情况。

CERC-WET项目不再着眼于地方，而是对水资源和能源开发以及它们在宏观层面的相互作用进行系统性的筹划。我们的综合模型主要包括治理和政策框架，让我们能够对区域水-能源趋势有更深入的洞见，帮助中央和地方政府更有针对性地投资技术，制定缓解水-能源挑战的计划。

## 中国缺水的能源行业和能源密集型的水资源

中国的能源行业到底有多缺水？大多数热电厂都需要大量的水用于冷却。例

如，2014年中国能源生产和转换部门的耗水量就达到了17.7 km<sup>3</sup>——占当年工业用水总量的一半以上。与此同时，煤炭部门用于冷却/处理的取水量（79 km<sup>3</sup>）是耗水量的三倍以上。按照目前的趋势，能源的耗水量或将在2033至2034年达到峰值，较目前的年耗水量增加30%，而能源的取水量则将在2036年达到127.5 km<sup>3</sup>的峰值。相比之下，2014年农业的取水量为387 km<sup>3</sup>。

虽然水利部对水能源项目的耗水量有规定，但目前还没有具体的规章制度来限制取水造成的潜在严重影响。此外，现有的限水标准侧重于煤炭的开采和清洗、热发电和炼焦，但未能解决能源开发对水资源的宏观影响。

CERC-WET建模还深入研究了水资源能源足迹相关的数据。2005至2014年间，中国农业、工业、居民和生态用水供应增加了8%，但相应的用于移动、抽取、清洁和加热水的能源需求上升了25%。这一差距主要是由于能源密集型的地下水抽取和盆地间调水的增加。建模结果显示，水资源部门的能源使用可能会从目前的210.7兆瓦时（约占全国最终用





电量的2%) 往上大幅增加。随着城市化进程的推进, 到2050年每年满足全国用水所需的能源量将增加23%, 污水处理部门所需的能源量将比当前高出29%。尽管如此, 除了指出项目或城市层面的经济问题外, 水能源足迹并没有得到政府机构、非政府组织或研究人员的太多关注。

### 低碳不一定节水

增加可再生能源和替代能源的供应不仅能减轻气候变化, 而且开发某些特定类型的可再生能源还有助于节约水资源。CERC-WET团队曾经运作了一个清洁/替代能源的方案团, 结果表明到2050年, 能源部门若能将可再生能源的占比提升到68%, 就能减少33%的耗水, 从河流和蓄水层中的取水量也将减少61%。然而, 内陆核电站的发展虽然能够带来气候效益, 但可能会导致2050年核电的淡水消耗量增加44% (1.9 km<sup>3</sup>)。作为煤炭的替代能源, 核电已经饱受争议, 巨大的水足迹可能会阻碍其在内陆地区的发展。目前中国政府和能源公司的提案试图更多地利用再生水来替代淡水用于能源开发, 但这些项目的可持续性还需要更多的研究来评估。总体而言, 水-能源方案突显了在中国进一步

抑制原煤生产和燃煤发电增长的需要, 指出将水资源视角纳入发展可再生能源规划的重要性。

### 保持本地视角

CERC-WET项目展示了在国家综合层面上的水-能源关联情况, 但必须指出的是, 区域层面的水-能源冲突可能会加剧。干旱的西部省份拥有丰富的化石燃料, 但为了利用这些化石燃料资源, 当地的开发者就得进一步过度开发已经日益减少的水资源。即便是东部地区也面临着为不断增长的城市人口供应足够的水和清洁能源的挑战——京津冀地区就是这样的例子。除了这些技术挑战, 当地社区看待这些问题的角度往往与决策者不同, 使得解决这些关联问题的研究更为复杂。

研究人员必须考虑到当地具体的水-能源问题, 并在一个兼具包容性和适应性的过程中提出研究/政策问题。远藤等<sup>[1]</sup>研究人员已经奠定了一些基础, 用不同的研究途径和方法来检验不同地方政策和技术背景下的水-能源关联趋势。

## 政策连贯性的挑战

除了上文提到的建模工作，CERC-WET 还为理解这一关联的治理结构的必要特征奠定了基调，目前对水-能源关联问题的社会科学研究还很少。我们揭开了围绕政策优先级、规模、监管和市场结构以及相关参与者的治理差异。为了在短期内解决政策连贯性/协调性的问题，必须在两个政策目标大相径庭的部门之间发起对话并达成共同的愿景。今后的研究需要继续努力于缩小水资源和能源部门之间在体制、组织和行为上的差异。

最后，关联问题需要跨学科的努力——在制定研究问题之前，必须与不同学科的科学、决策者和社区成员等各个不同方面进行接触。通过一个兼具包容性和适应性的过程，关联研究就可以避免出现“拿着锤子找钉子”的情况。

[i] 清洁/代替能源方案预设可再生能源的份额将于2030年增长至36%，2050年增长至68%，页岩气产量则预计将从2014年的每年120万吨油当量增长至2050年的每年1.8亿吨油当量。煤转化过程预计与参考方案相同。

[ii] Endo, A., Burnett, K., Orenco, P. M., Kumazawa, T., Wada, C. A., Ishii, A., Taniguchi, M. (2015), 水-能源-粮食的关联方案。《水》，7, 5806 - 5830. <https://doi.org/10.3390/w7105806>



# 制定不留遗憾的气候-能源-水战略

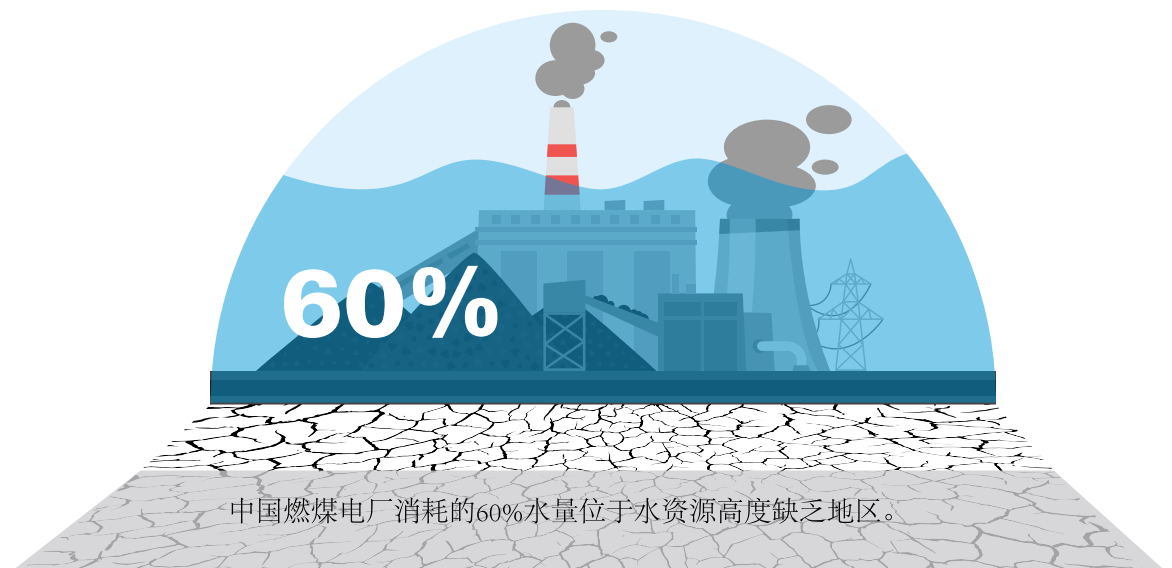
刘恒伟

## 棘手的权衡

水和能源是相互联系的——能源生产（尤其是通过煤炭燃烧生产能源）需要大量的水，这些水的移动、清洁和加热则需消耗大量的能源。但在实践中，政策制定者和政府机构却很少把能源政策和水资源管理结合起来。在某些情况下，能源和水资源的政策甚至可能是相互矛盾的，进而导致了高碳足迹，中国便是这样的一个例子。

尽管政府正在努力减少国家对煤炭能源的依赖，但中国仍然是全球最大的煤炭消费和生产国，全国一半的二氧化碳排放都来自煤炭。燃煤电厂使用或消耗的水量占中国煤炭行业的80%以上。这些水大多用于冷却电厂。中国还计划在十三五期间（2016年-2020年）增建20万兆瓦的燃煤电站，这将大大增加煤炭部门的碳排放和耗水量。拟建的电站大多位于高居全球水压力前列的西部地区。

在一个愈发关注碳排和环保的全球情境下，同时应对能源、水和气候问题是中国这个全球人口最多的国家的当务之急。为了让电力生产脱碳，中国的领导人应该优先大力发展先进的煤炭发电以及碳捕获和储存技术，同时支持风能和太阳能等替代能源。但由于一些低碳选择的水足迹可能会大于煤炭，脱碳成功与否还取决于能否保持精准的平衡。





位于宁夏省沙坡头区的一个大型产煤地区的自然地貌。

## 高效的技术也可以是低碳的 …

先进的煤炭发电途径有两种：一种是煤粉燃烧（PCC）技术，包括高效的超临界和超超临界燃煤电站；另一种是用煤炭气化于发电的整体煤气化联合循环（IGCC）电厂。

中国的超临界和超超临界煤电站装机居世界领先地位，为实现必要的二氧化碳减排提供了绝佳的机会。这种更高效的电厂不仅二氧化碳排放量少，用水少，而且也更适合碳捕获。作为最成熟的高级煤炭发电技术，超临界和超超临界煤电站将在未来至少十年内被中国能源公司大量建造。这些新电站的运营可能将持续到2050年。

## …但耗水量更大

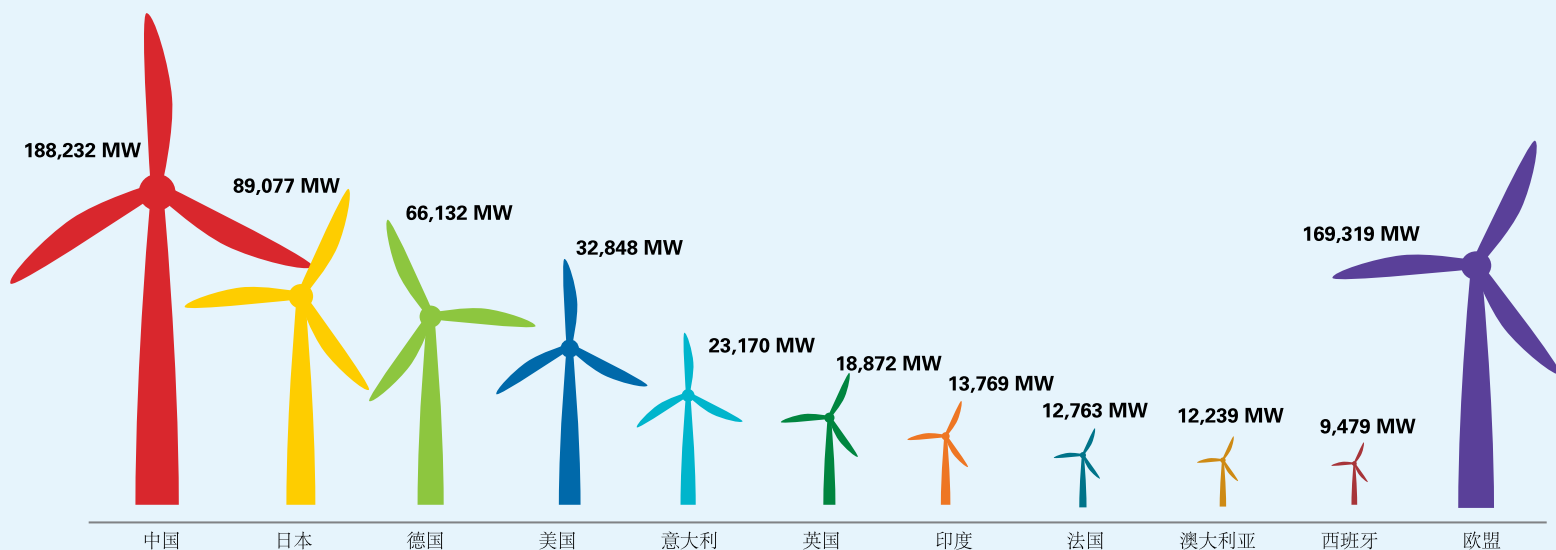
尽管整体煤气化联合循环技术看似具有极大的潜力，能够以最少的成本实现深入的二氧化碳减排，但由于其所需的投资较高、可靠性和可用性较差、操作不灵活以及水需求量高，推广上也面临着阻碍。即便是配备有空气冷却或使用海水冷却等节水技术的先进燃煤电站，其淡水用量依旧巨大。

在减少燃煤电站（煤粉燃烧或整体煤气化联合循环）碳排放方面，碳捕获和储存是第二大潜力技术。然而，碳捕获和储存需要更多能量，会降低整体能源效率，增加成本。根据麻省理工大学开展的名为“煤炭的未来”的研究，配备有碳捕获和储存技术的煤粉燃烧机组平均损失9.2%的效率，整体煤气化联合循环机组的效率则降低7.2%。

尽管在减排方面拥有强大的潜力，碳捕获和储存技术也确实带来了更大的水风险。碳捕获和储存需要额外的水用于化学和物理作用，限制了干旱地区二氧化碳捕获的部署。在煤粉燃烧电站中，如果加入二氧化碳捕获，净单位发电的耗水量将增加90%，而整体煤气化联合循环电站会在燃烧之前回收二氧化碳，因此耗水量仅上涨46%。另一大让人担忧的问题是注入二氧化碳可能会导致地下水污染。

人们普遍认为煤炭仍将是未来几十年内全球和中国的主要燃料。使用碳捕获和储存的理论基础归结为简单的逻辑：除非在现

## 风力巨头：全球风能装机量前十的国家(2017)



来源:全球风能委员会2017全球风力数据报告

有和未来的化石燃料电站，尤其是燃煤电站中广泛部署碳捕获和储存技术，否则人类几乎不可能达成《巴黎协定》中的二氧化碳减排目标。

### 替代能源中的混合水足迹

中国核电、风电和太阳能发电的发展速度比世界上任何国家都要快，这三种可再生能源虽然都是煤炭的低碳替代品，但它们的水足迹存在很大的差异。

### 一气候、能源和水资源的战略

中国已经正式启动全国碳交易市场，虽然其第一阶段仅涉及发电，但这一行动仍将带来重大的气候效益。中国电力部

门每年的二氧化碳排放量约为35亿吨。相比之下，欧盟作为目前全球最大的碳交易体系，交易量约为20亿吨，加利福尼亚州则是美国最大的交易体系，交易量约为3.95亿吨。

如果设计得当，碳交易市场是经济高效地减少碳污染的有力政策，但它也可能因为推广碳捕获和储存、核电、聚光太阳能等低碳但水资源密集型的技术，而威胁水资源的安全。另一方面，降低用水密度的政策也可能推动空气冷却系统等潜在的能源和碳密集型项目。

为了水资源在中国的碳交易和其他低碳行动中得到关注和考量，领导层应在社会经济发展长期规划中加入用水密度目



标，并且进行相应的数据统计，对相关进程进行测试和监测。一直以来，水资源的政治优先级都太低了，这种情况不能再持续下去。此外，还需更多类似中美CERC-WET项目搜集的针对某个地区和区域的比较数据，以便充分了解气候-能源-水联结的性质，从而将其纳入未来的规划中。（编者注：详见本卷的《关注联结》一文）。未来需要更加注意通过协调决策来平衡气候、能源和水安全战略之间的关系。

最后，中国政府必须表现出强烈的意愿，大幅限制或禁止新建燃煤电站，尤其是在用水压力较高的地区。政府应该努力制定长期能源政策框架，提升风电、太阳能光伏发电等可再生能源在能源结构中的份额，这类可再生能源的耗水量极少甚至不耗水，碳排放量也很少，几乎为零。

## 致谢

文章以作者在哈佛大学和塔夫茨大学工作时进行的一项名为“揭开中国的气候-能源-水难题（Unraveling the climate-energy-water conundrum in China）”的研究项目为基础。本文仅代表作者个人观点，与雇主无关。





## 寻找低耗水路径：中国西北干旱地区煤炭基地和城市的技术创新

姜珊, 王建华, 赵勇 & 朱永楠

中国西北干旱地区缺水，但拥有丰富的煤炭矿藏，那里的大型煤炭基地对煤炭进行开采和加工，为中国的经济引擎提供动力。中国政府在第十三个五年规划（2015年-2020年）中确立了建设更多大型煤炭基地的目标，以扩大燃煤发电和煤气化的应用，用于取暖、汽车燃料和化学品。未来，西北地区煤炭开发所需的用水量将占全国用水增量的53%。根据1999年的《中国煤炭资源预测与评价》报告，位于山东、宁东、陕北、晋中、黄龙、河南、冀中、晋东和新疆的十个主要煤炭基地占全国预测煤炭资源的80%以上。但这些地区分布在干旱的黄河和海河流域，水资源量仅占全国总量的9%，煤炭和水的冲突将日益加剧。

在西北地区，高效的水处理技术和严格的需求方管理条例有助于缓解煤炭广泛开发造成的缺水问题。2009年以来，甘肃省南部的庆阳市与中国水利水电科学研究院（以下简称“研究院”）开展合作，研究如何解决限制其城区以及下辖7个县、146个镇经济增长的水-煤冲突。庆阳市拥有200多万人口，曾经的经济支柱是粮食生产，现在是陇东能源基地的所在地。根据其发展计划，陇东将成为将煤炭转化为石油和化工产品的主要能源生产基地，其目标是成为综合利用传统煤电和新煤炭能源的典范，新煤炭能源采用的是升级后更节能的煤气化和液化技术。但庆阳市缺水且相关基础设施薄弱，这对陇东的经济和煤炭产业的发展造





成了阻碍。由于附近的水资源中包括含沙量相当高的淡盐水，庆阳市的人均水资源量还不到100立方米——仅为全国平均水平的1/8。

庆阳市政府委托研究院对该市的供水系统进行详细规划和研究。计算表明，2020年陇东能源基地的水需求将至少达到1.8亿立方米，并伴随15%的年增长率。由于庆阳最大的水源马莲河在洪水季节含沙量过高，不能用于饮用或灌

溉，所以庆阳也面临着水质危机。研究院提出了一个双管齐下的办法来解决庆阳的水问题，这个办法也即将投入实施。首先，我们推荐了一些技术帮助庆阳和陇东能源基地充分利用非常规水资源，以扩大水资源供应。其次，我们坚信庆阳和陇东能源基地都需建立严格的水资源需求管理系统，该市应制定水资源需求管理标准，启动用水试点项目，在各行各业推行节水项目，并要求所有部门迅速采用新的节水技术。



## 颠覆性的供应链管理技术

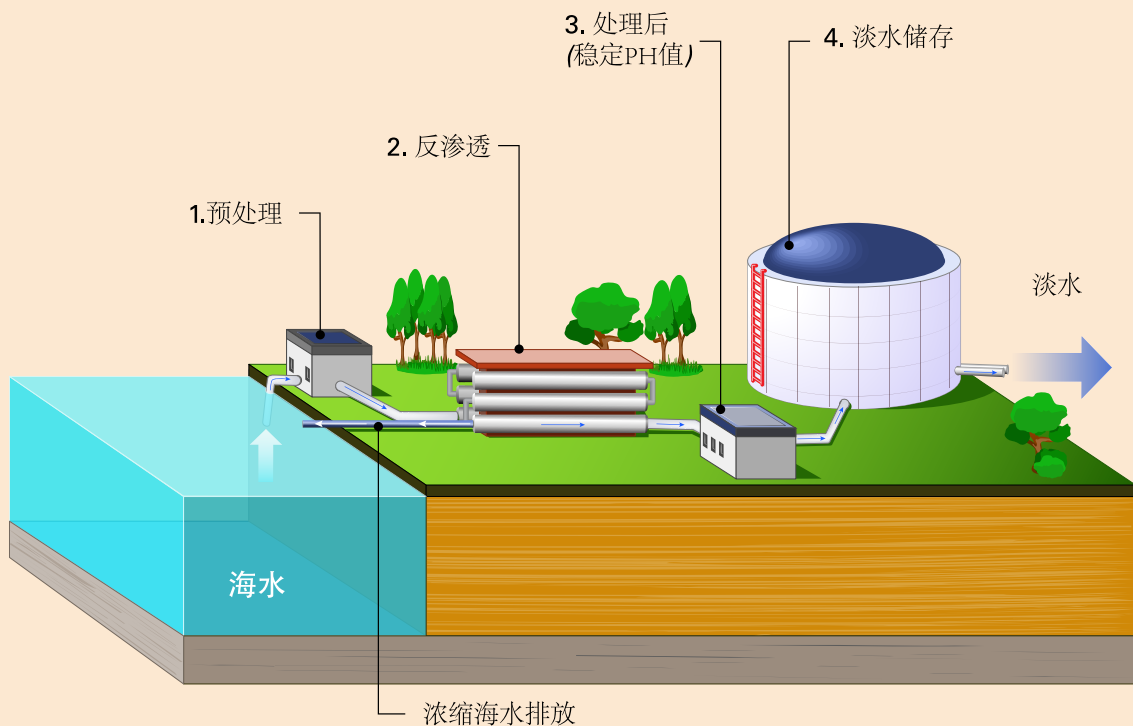
研究人员在系统分析马莲河盐水的形成和分布格局的基础上，提出建立能够进行盐水淡化和富集处理的储水池。我们对各种降低和处理高浓度盐水的技术进行评估，最终选择了双膜深度淡化处理技术，成功利用马莲河的盐水生产出可利用的水。此外，我们还评估了其他一系列有望改善水质的技术（洪德拦河坝、三十里铺堡沟注入水库、大型盐水淡化处理和封闭的注入井）。马莲河盐水淡化工程全面投入运营后，每年将为家庭和工业生产活动提供约2370万立方米的优质水。此类水技术的利用或将颠覆这一干旱地区的经济和社会发展。截至至目前，庆阳市环县已经完成了针对

农村饮用水的井水淡化项目、针对水企业的盐水淡化试点项目，并建立了一个盐水淡化试点。

## 水需求管理

研究人员还为庆阳提出了一套需求管理方案。首先是规划煤炭和化工业的经济发展，确保其规模不会导致水资源的过度开采、水污染和土地污染。相关案例可参照庆阳市唯一由国家发改委批准的省级工业园区西峰工业园区。为了适应当地的水资源状况，西峰工业园区调整了其2020和2030年的经济规划，降低了预期的发展规模。第二个需求管理方案是让各个行业将最先进的节水技术用于洗煤、热发电以及煤化工和石油化工生

## 盐水淡化流程图



产。此外，庆阳市需要鼓励农业和城市地区使用低流量的家用电器并倡导低水灌溉等节水措施。到2030年，更加严格的节水要求可以让陇东基地每年的水需求量减少418万立方米，大大超出了目前的节水成效。

庆阳市通过节约用水、大力开发非常规水源和循环水等途径，改革水资源管理，努力解决煤炭行业的用水问题。如果成功，该市将成为中国西北地区其他煤炭基地和城市的楷模。

## 盐水淡化工厂内部



# 信息透明是否有助于降低煤炭的水风险？

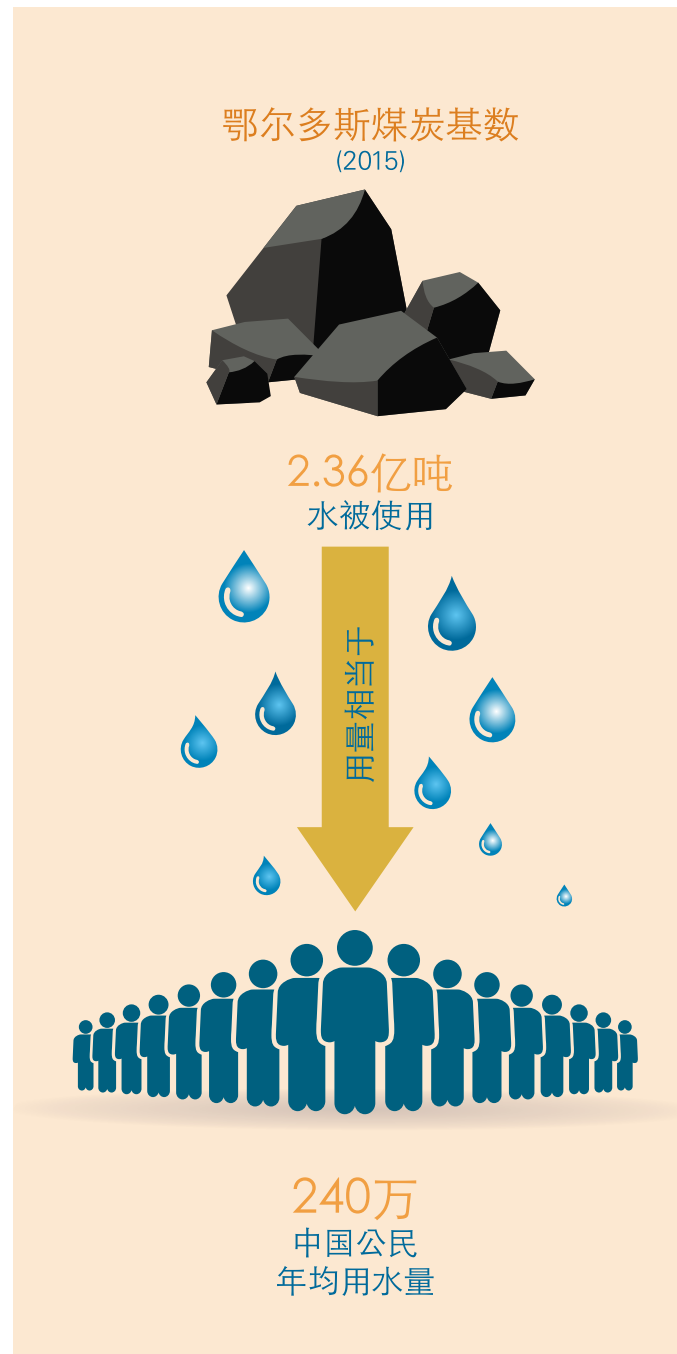
马军, 罗思瑞, & 王茗萱

## 节水先锋


中国的国有企业经常因为可持续发展方面的问题而饱受诟病，但一些主要的国企正在扭转这一刻板印象。2015年，中国最大的煤炭企业神华能源股份有限公司节约了1亿9134万吨淡水，其火电业务部门的能耗降低了0.73千克/千瓦时。该公司还淡化了1254万吨海水，用于供应位于严重缺水地区的神华电厂，从而保护了当地的地下水资源。由于在可持续发展方面的努力，神华在公众环境研究中心（简称IPE）创建的企业水风险评估工具（简称CWRAT）所评估的30个煤炭相关企业中被认为是水风险等级最低的企业。

幸运的是，试图解决煤炭固有的水风险的不止神华一个。另一家面临类似挑战的公司是中国中煤能源公司，其新近推出的煤化工项目消耗了大量的水。然而，该公司在鄂尔多斯的一个项目已经实现“零排放”，解决了部分煤炭行业固有的水资源问题。截至目前，该厂的零废水排放系统一直在运行中，废水再利用率达98%，原水耗用量减少29.7%，每年节约淡水总量约730万吨。

神华集团和中煤能源都将节约用水作为优先事项，同时采取鼓励措施，减少对环境和生态系统的污染与破坏。煤炭行业——涉及煤炭开采、洗涤、煤化工和燃煤电站——高度依赖水资源，两家企业的行动意义深远。中







国的燃煤电站因为全球各界对空气污染的担忧而备受关注，但作为“不显眼”却同样危机四伏的煤炭行业耗水和废水排放问题，却鲜少被注意到。

煤炭和水资源的不匹配加剧了这类问题。研究指出，煤炭资源集中在严重缺水地区。例如，绿色和平组织2016年发布的《煤炭行业如何加剧全球水危机报告》显示，中国45%的燃煤电站——358千兆瓦——都位于取水过度地区。基线水压力已经超过100%。

国家和地方政府都已经意识到煤炭公司面临的水风险正在加剧。随着《实行最严格水资源管理制度考核办法》和《水污染防治行动计划》等国家政策的出台，近年来水资源和水生环境的管理变得更加严格。这些政策为用水限制、用水效率以及拥有功能水体的区域的污染限制提供了依据。



## 揭露水风险

为了解决中国水资源日益紧张的问题，公众环境研究中心为企业水风险评估工具开发了一套方法，最初用于评估在上海和深圳证券交易所上市的30家收入最高的煤炭企业。公众环境研究中心利用公开可得的信息，研究了这30家企业以生产为重点的子公司的业务运营和地理位置，以评估其水风险。

用水、排水和合规性都会对公司的财务指标造成直接或间接的影响，进而导致显著或隐藏的财务风险。因此，企业水风险评估工具不仅只从公司内部生产管理的角度来测试水风险，同时还确定了水资源丰度、政策信号等与企业当地环境相关的外部因素如何限制或推动未来的增长。这一双重分析可以同时捕获商业和区域风险。

以这一评估为基础，可以迅速找出上市公司在用水、排水以及合规方面的主要问题，然后提高公众意识，使公众特别留意煤炭资源和水资源严重不匹配地区内的项目。公众监督有助于严格控制用水和废水排放，促进脆弱地区对生态红线的遵守。

企业水风险评估工具的评估结果显示，30家企业的总体水风险都很高，平均得分58.27（总分100，得分越高，风险越大）。在这些企业中，开滦能源化工、中煤新集能源、山西美锦能源的风险排名最高，

中国神华能源、昊华能源和新大洲控股的水风险相对较低。利用公众环境研究中心的蔚蓝地图绿色安全数据库，我们发现30家企业中的19家存在超过100条环境违规记录，总罚款额超过400万人民币，且这19家企业并未在公司年报中披露这些环境违规记录。

## 信息透明助力减少污染

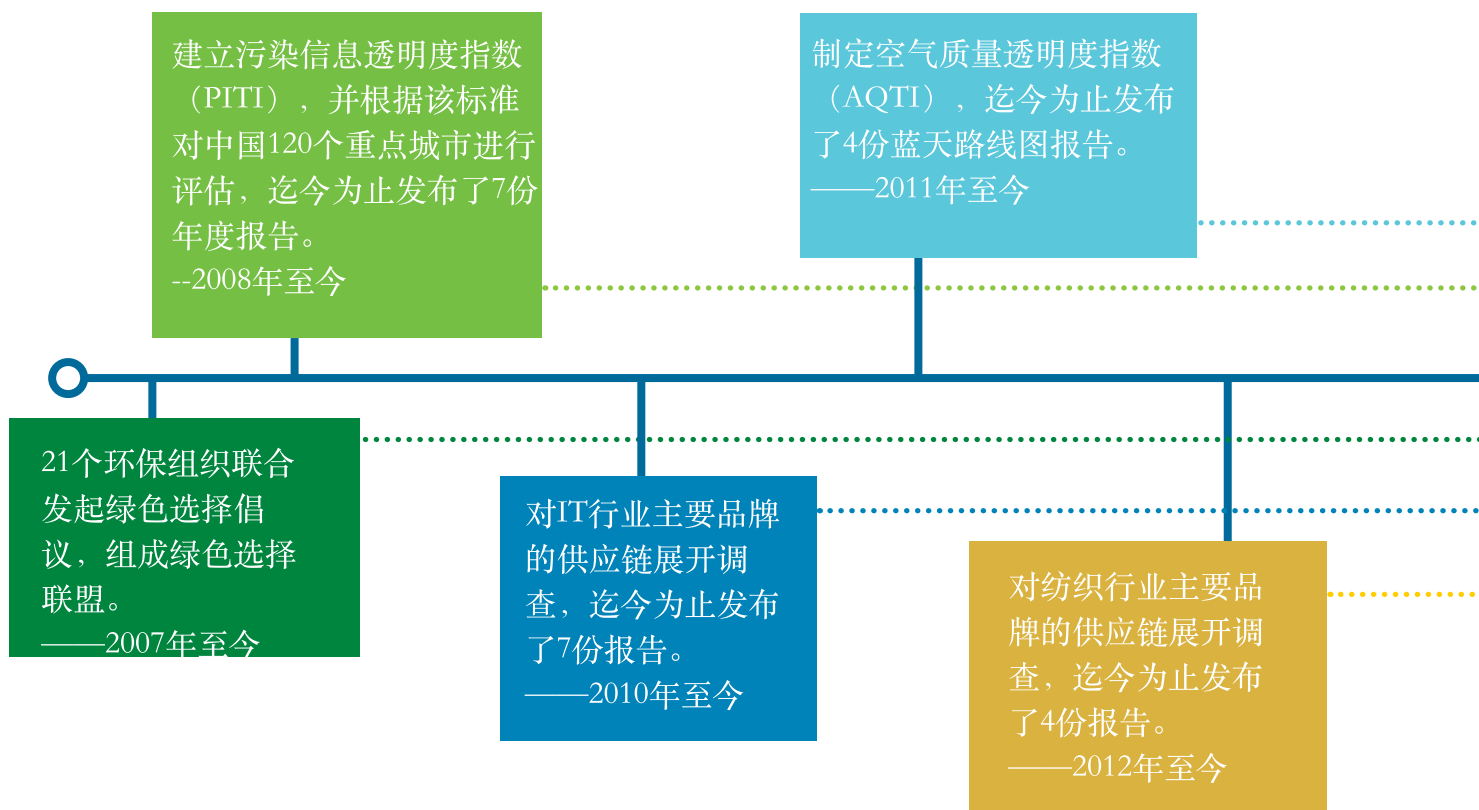
此类评估的开展有赖于政府信息披露的迅速扩大，以及企业环境信息披露机制的不断完善。

2006年以来，公众环境研究中心的蔚蓝地图数据库持续收集地方政府部门披露的环境违规记录。从2007年开始，公众环境研究中心成立绿色选择联盟，与中外品牌合作，促进中国供应链的绿化。各大品牌已经成功鼓励超过800家供应商从公众环境研究中心的数据平台上消除违规记录，并改善其在环保方面的表现，近1000家供应商在平台上披露了自身的年度环境排放数据。2014年以来，我们中心的蔚蓝地图应用程序核对了30个省级网站公开发布的污染源在线监测数据。该应用程序已经成为一项工具，促使超过650家企业通过当地环保部门的官方微博，对自身环境违规记录或排放过量行为背





# 公众环境研究中心活动时间线



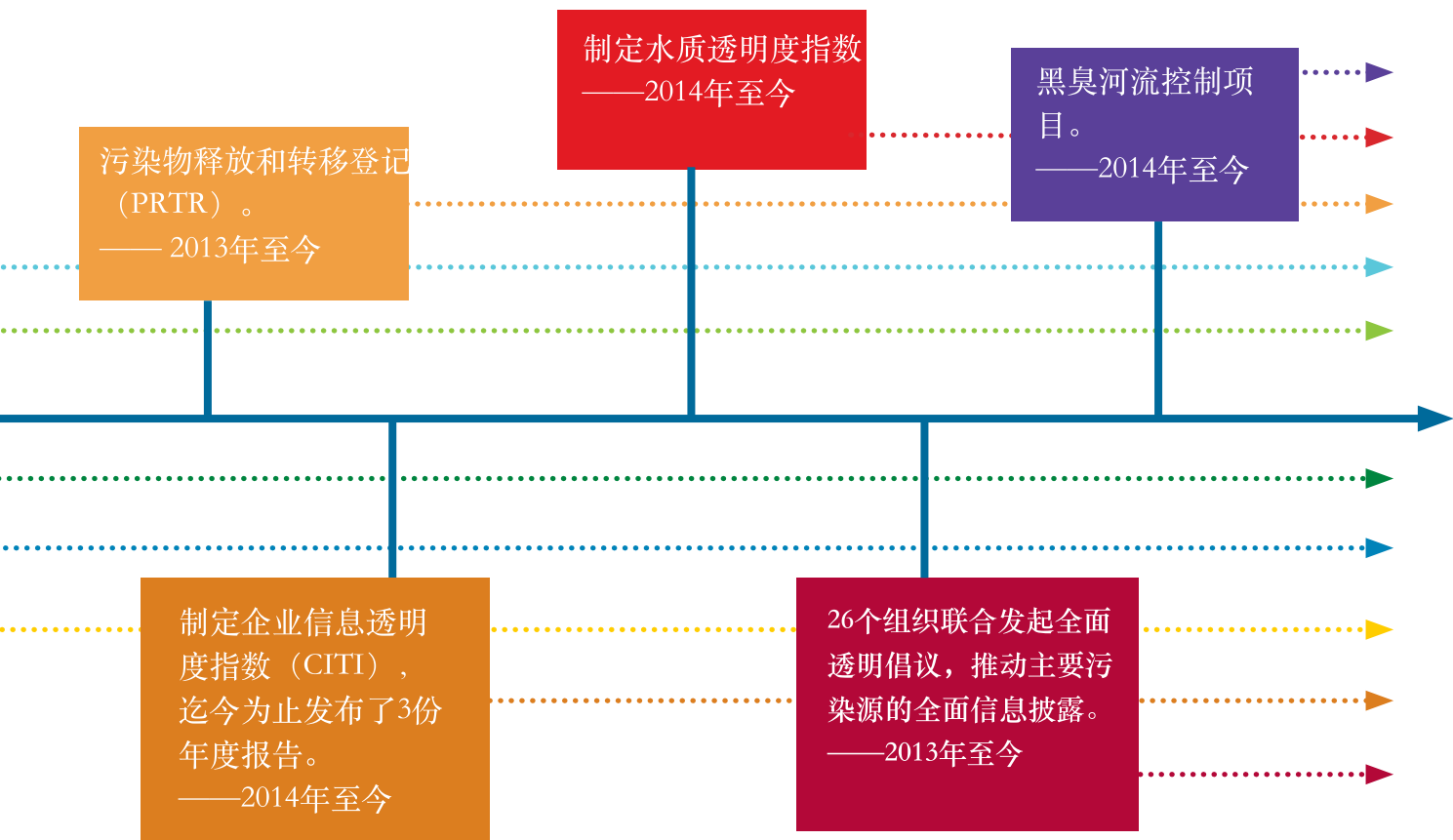
后的原因做出解释。

中国政府也在努力扩大水污染物相关信息的披露。新修订的《水污染防治法》（2017年通过）包含关于披露有毒和有害水污染物标准化清单的具体条款。排放清单上的废水污染物的企业必须公开这些污染物的相关信息，否则将被处于2万至20万元不等的罚款，且有可能被迫停止生产。除了推动中外品牌的供应商纠正自身的污染问题、遵守环境法规，公众环境研究中心的绿色供应链项目还促进了涉及了其他信息的披露，即工厂每年资源使用和污染物排放数据的污染物释放和转移登记

信息，为废水污染数据的披露提供初步依据。

自然资源保护委员会发布的《煤化工行业煤炭消费上限计划和政策研究实施报告》指出，山西、陕西、内蒙古、宁夏和甘肃面临的水资源供需矛盾尤为突出。这5个省份的原煤产量占全国总量的60%以上，但水资源仅为全国的4.8%。提高政策制定和监管的透明度也有助于对煤炭行业施压，促使其节水，在水资源严重短缺的西部尤其如此。

除了环境效益，改善环境风险管理还有助



于降低公司的资金成本。由于产能缩减，中国的煤炭行业持续萎缩，环境因素将影响公司的存亡。对于那些经营赤字的公司而言，解决污染问题甚至更为棘手。此外，随着外界对负责任和绿色投资的兴趣持续增长，充分的信息披露可以更准确地反映企业环境管理的状况。全面披露其业务信息的上市公司可以向市场发送更准确的风险信号，帮助投资者准确估计公司的风险。

信息披露促使更多企业公开其业绩数据以保持自身的竞争力，进而创造公平的竞争环境。企业和政府提高数据和信息透明

度，将促进商界的良性竞争，从而提高煤炭企业对减轻水风险的关注。



# 隐性环境成本：煤化工企业为何应该进行风险暴露压力测试？

梁宝怡

《巴黎协定》以来，全球气候政策均得以加速发展——许多政府已经制定了计划，旨在削减排放、降低空气和水污染对健康造成的负面影响，同时缓解其他环境问题。中国的情况尤其如此，政府行动让企业和投资者不得不考虑环境影响所带来的财务影响。

中国政府正在推行新的减排政策，包括碳定价以及针对未来柴油车和汽油车的销售禁令。此外，为了减少空气和水污染对健康的破坏性影响以及其他环境影响，中国的政策制定者尝试推出新的政策，将环境成本从社会转移到污染者身上。新政策包括改革环境税、试行污染和碳排放交易体系、以及试运行水资源税。

一些企业已经在研究内化环境成本可能对其财务业绩所造成的风险。然而，企业往往不清楚这些环境影响会怎样转化成财务成本，以及更重要的

是如何将这些风险纳入现有的财务分析，进而帮助改善风险管理。一些具有巨大增长前景和争议性环境影响的部门，如煤化工工业，环境政策涉及到的财务问题尤为重要。

煤化工部门对中国在低碳转型期间多样化使用煤炭、缓解经济中断对工业产生的影响至关重要。鉴于中国到2030年达到碳排放峰值的承诺，以及燃煤发电巨大的碳足迹，煤化工部门为煤炭提供了一种发电以外的使用方法，即通过液化或者气化加工，将煤炭转化成石油、天然气和烯烃等各种化学产品。政府在十三五规划中制定了到2020年煤转油和煤转气产能增加五倍的目标，并将此设定为国家发展战略目标。煤化工产品的巨大增长预计将导致其环境影响，尤其是温室气体排放和水资源使用的增长。



## 环境风险如何转化为财务风险？

Trucost公司在最近一项研究中调查了中国煤化工部门中环境风险的隐性成本。图1说明了环境风险转化为财务成本的过程，环境成本通过税收、法规等各种政策机制，转化为企业的财务成本。这些成本在公司的损益表上体现为业务成本的增加或收入的减少，在资产负债表中体现为贬值资产。Trucost制定了3种潜在的政策方案，用于评估中国蓬勃发展的煤炭部门未来的环境风险。

中国政府在十三五规划中制定了到2020年煤转油和煤转气产能增加五倍的目标。



成本



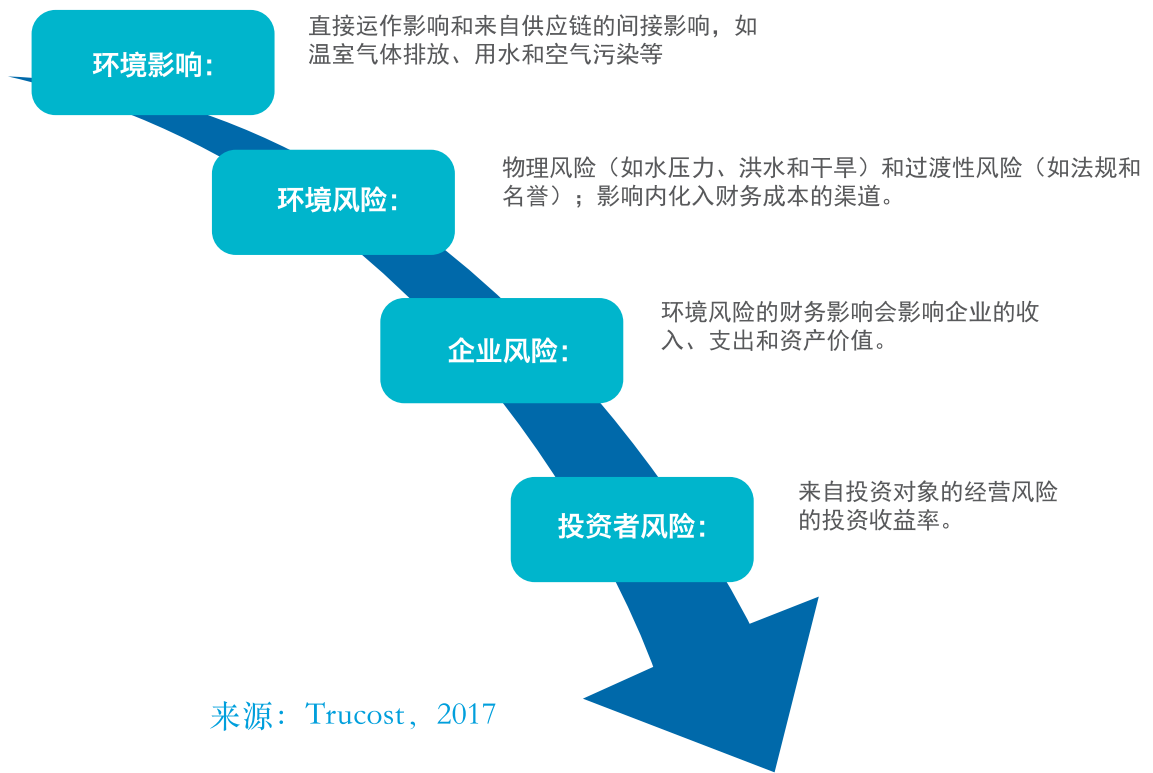
环境风险



利润

1 中国煤化工部门的隐性成本. 2017. Trucost. <https://www.trucost.com/publication/the-hidden-costs-of-chinas-coal-to-chemical-sector/>

# 图1： 接受压力测试的环境风险的主要类型

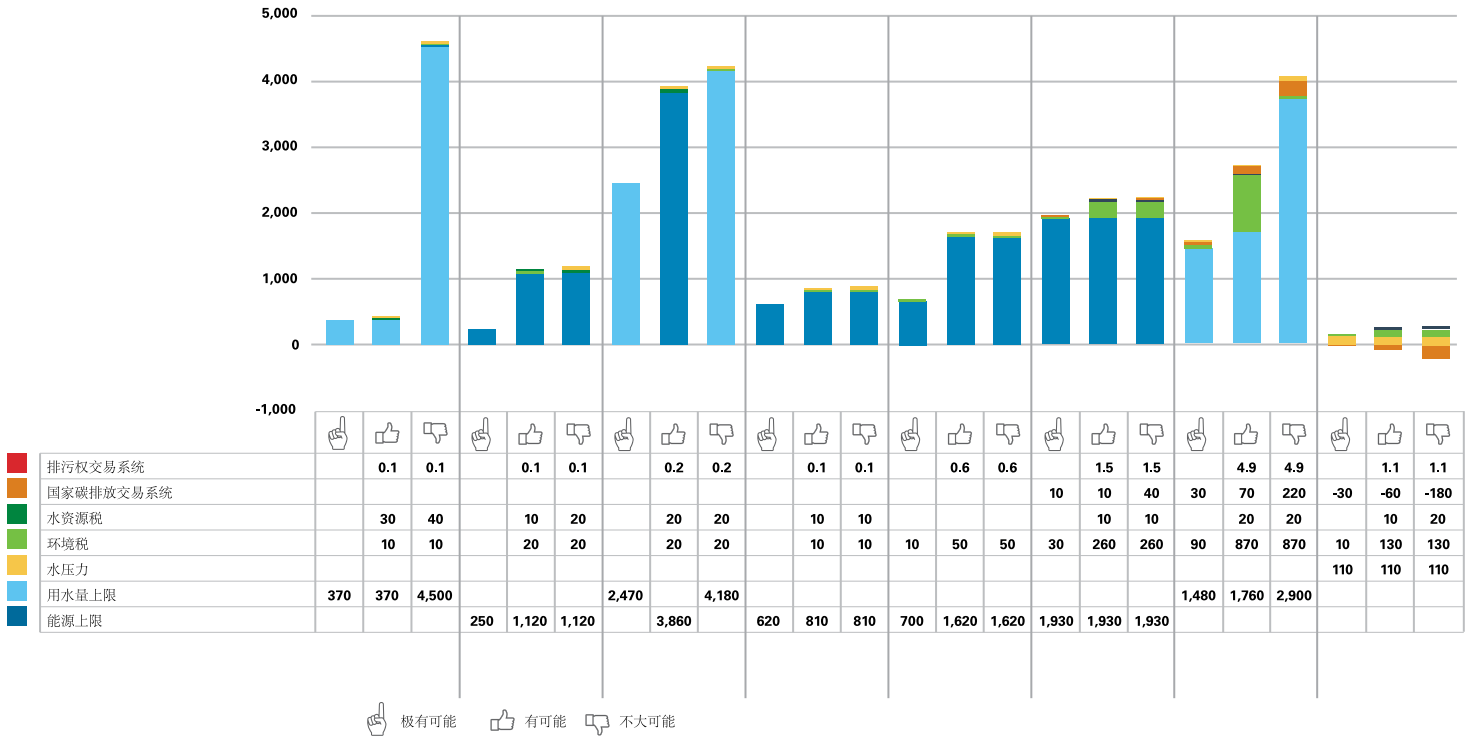


## 环保合规和水资源相关风险最为突出

Trucost的研究表明，环境风险可能会对35%至64%的煤化工产品平均单价产生实质性的财务影响。这些成本随着未来政策不确定性的增长而大幅增加。某些产品现在的成本或许很低，但未来可能会出现扰乱性上升，给企业带来更大的不确定性。



图2：不同产品、方案的环境风险强度（全国平均值）



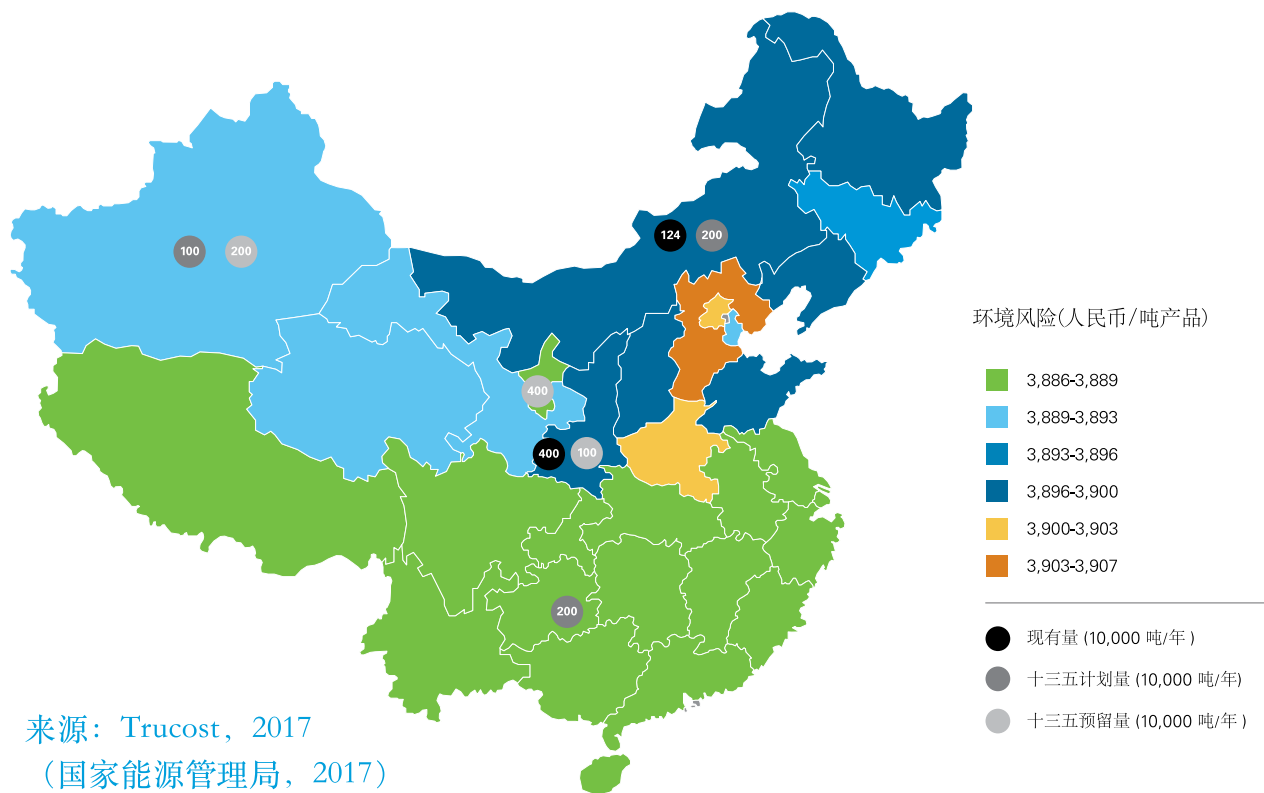
来源：Trucost, 2017

因遵从法规而产生的潜在生产损失是大多数煤化工产品面临的最大的环境风险，相当于平均成本的90%以上（见图2蓝色柱状条部分）。例如，更加严格的排放控制法规可能会导致工地不得不在新的污染治理设备安装期间暂停作业。

水也是煤化工部门风险暴露的一个决定性因素，可占到全部环境风险的45%左右，并且还会引发区域风险的变化。如图3所示，东北地区省份的风险最高，与煤转油产能最大地区的所在地相重合。类似的水风险和工业发展模式在煤转气行业中也能看到。

图3中的地图显示了环境风险热点地区和十三五规划中煤转油目标产能增长的重叠区域。按目前的产能，环境风险导致的财务成本占每个项目投资的2%到6%，但如果按照环境风险较高地区的目标增长和扩张，这一比率可能会上升至8%。

### 图3: 环境风险热点地区与十三五规划煤转油的潜在增长



分析投资的内部回报率 (IRR) 能够最好地说明环境风险与盈利能力之间的关联。根据现有的两个项目发布的数据, Trucost 计算得出风险调整的内部回报率为3%到5%, 远低于8%到9%这一典型阈值。虽然目前的市场条件对大多数项目的经济都是一大挑战, 但环境风险可能会加剧投资和企业经营前景所面临的困难。

### 理解风险暴露和缓解方法

鉴于环境风险会使企业产生实质性的财务成本, 理解风险热点有助于找寻缓解措施, 从而提高战略规划的优先级, 并推动其实施。尽管未来气候政策的发展存在不确定性, 但通过情景分析将这些风险纳入财务评估可以确保企业和投资抵御风险的能力。

通过理解政策如何与企业的财务问题挂钩, 政策制定者应利用稳健且连续的规范和执行工作来解决环境风险, 鼓励企业的可持续性决策。这将明确有效地激励企业在管理自身业务的过程中考虑环境影响。

投资者应考虑将对环境影响的深入评估纳入其目前的财务分析。他们还可能认识到, 在投资之前和之后开展尽职调查对于增强其资产组合对环境风险的抵御力也是至关重要的。



## 免责声明

版权所有© 2017 标普道琼斯指数公司子公司Trucost有限公司。保留所有权利。

本出版物及相关材料无意提供，也不构成财务或投资建议。本出版物中的信息不应被解读用作和作为投资或不投资某一特定公司或证券的依据，亦不应用作为法律意见。Trucost不是投资顾问，对任何投资基金或其他投资工具的投资可取性不做任何声明。本文中提出的任何主张不应成为对投资基金或其他投资工具的投资决定的依据。

本出版物及相关材料（以下简称“信息”）仅供参考，且仅基于可靠来源的已公开信息。未经Trucost事先书面许可，不得对信息进行全部或部分翻印和传播。文中信息不得用于验证或更正其他数据、创建索引、风险建模或分析、或发行、出售、赞助、管理、营销任何证券、资产组合、金融产品或其他相关投资工具。

历史数据和分析不应被视为对未来任何业绩、分析、预报或预测的象征和保证。

Trucost、下属子公司以及二者的第三方数据提供商和授权方（以下统称“Trucost方”）不保证信息的准确性和完整性。对于因使用信息而获得的结果的任何错误或遗漏，无论原因为何，Trucost方概不负责。Trucost方不作任何担保或陈述，并且在法律允许的最大范围内，Trucost各方特此明确否认各类默示担保，包括关于适销性和适合某一特定用途的保证。在不限制上述任何规定的情况下，以及法律允许的最大范围内，Trucost各方在任何情况下都不得对任何直接、间接、特殊、惩罚性（包括利润损失）的信息或其他损害（即使已经被告知可能出现此类损害）承担任何责任。上述规定不得排除或限制任何根据适用法律可能不包括或限制的责任。

“Trucost”是S&P Trucost有限公司的交易名称，该公司是一家在英格兰注册的有限责任公司，公司编号3929223，注册办公室地址为20 Canada Square, London E14 5HL, UK。



# 中国西部的水-能源挑战：前景展望

江淮, 柯意志, & 欧阳玥莹

为了在应对环境挑战的同时保持经济增长，中国西部地区需要继续推进对水耗、空气污染和二氧化碳排放的监管，从以强度为基础（单位产出）转向绝对（总体限值）规范。如何推进这一过渡，或者说实际上的转型，仍是一个关键性问题。尽管西部的水和能源挑战相互关联，但它们仍各自需要单独的解决办法。决定西部地区煤炭行业未来的更可能是在改善空气质量和限制二氧化碳方面的努力，而非水资源短缺。

西部地区，尤其是新疆、宁夏、甘肃和内蒙古的可持续发展将是未来十年中国最紧迫的政策和监管挑战之一。西部许多省份都面临严峻的环境挑战——水资源短缺、土地退化和空气质量低下——但由于人均收入水平远低于东部，人们仍希望经济能够快速增长。

宁夏回族自治区是西部可持续发展中具有代表性的挑战（之一），尤其是水资源短缺问题。宁夏是中国用水压力最大的地区之一，人均水资源量仅为全国平均水平的1/3。面对日益严峻的缺水问题，宁夏自21世纪初以来已经采取了一系列措施，以节约用水、促进经济持续增长，其中包括一项开创性的水权转让方案，让工业项目能够获得因农业部门节水投资而“释放”的水权。



尽管节水工作取得了一定成功，宁夏的用水压力仍因经济的快速增长而日益加剧。包括煤炭开采、燃煤发电、煤化工生产在内的煤炭行业的发展是导致用水压力增加的重要源头。包括宁夏在内的多个省份都在开发综合煤炭开采、燃煤发电和煤化工（甲醇、丙烯、石油）生产的大型“煤炭基地”，其周期长达数十年。水资源可用性和用水压力的问题经常困扰着这些项目。

宁夏和西部地区的空气质量和二氧化碳排放也是中央和省级政府政策日益关注的领域。《大气污染防治行动计划》（2013）要求所有主要城市，包括西部地区的主要城市在2017年之前实现降低空气中可吸入颗粒物（PM10）的浓度。要实现2030年国家气候目标，西部省份需要行动起来，切实减少未来20年内的二氧化碳排放。



省级政府正在对这些指令做出反应。例如，宁夏2017年的污染防治工作计划制定了该省主要城市减少可吸入颗粒物（PM10）和细微颗粒物（PM2.5）浓度的目标。然而为了实现这些目标，宁夏和整个西部地区的省级政府机构都需协调以历史来源和标准为基础的排放管理办法，以及切实降低污染浓度和二氧化碳排放的需要。即便收紧排放标准，排放源的持续增长也有可能阻碍改善空气质量、减少二氧化碳排放的努力。

原则上，缺水和用水限制可能会限制西部最大的排放源：煤炭行业。但水在燃煤电站和煤化工设施的总成本中所占比重一般很小。无论是作为水权转让方案的一部分提高水权价格，还是省级政府提高工业用水价格，煤炭行业都能负担。

假设把水价提高至每立方米8元，定价水平相当于昂贵的淡化水，煤炭公司的水成本仍不超过其总预算的5%。从政策角度来看，把重点放在煤炭行业不断增长的用水量上可能无法得出有效的解决办法，其他行业 and 部门（如食品加工、农业，和住宅）导致的用水压力可能更大，也可能有更高性价比的节水方案。能存在更多经济有效的节水机会。

因此，决定中国西部煤炭行业的未来以及随之而来的空气质量和气候影响的，

可能会是政府为改善空气质量、限制二氧化碳排放而做出的努力，而非水资源匮乏本身。为了促使该地区经济多样化，政府努力支持开发非化石燃料能源和运输电气化的环境条例以减少对煤化工工厂的需求，并制定能源政策和规划。具体来说，这些政策包括改进电力部门的资源和输电规划，以调和地方就业、电力成本、电力可靠性、空气质量和二氧化碳排放目标的方式引导煤电站的建设和退役。同时，西部的政策制定者必须设法提高水资源利用的经济效益；例如，推进水资源定价改革和扩大水权转让方案。

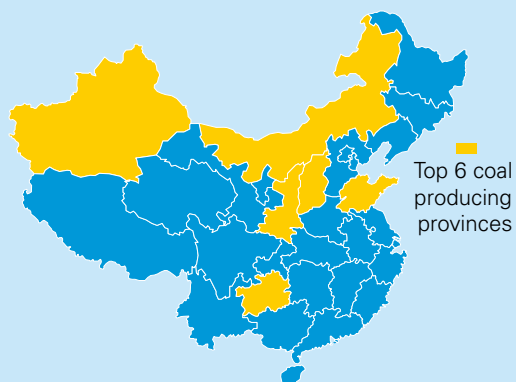
推动节水型经济转型、减少对化石燃料和重工业的依赖对西部而言将会是一个长达数十年的过程。随着空气质量条例、气候政策、能源政策、水管理规则和水权转让项目的启动，转型的车轮已经蓄势待发。如何从渐进式的提升转向逐步变革将会是一大挑战。

这一转变需要政府意愿以及创新政策和法规的推动，恰当平衡环境限制和经济增长之间的关系，提高对绝对（总）限制而非以强度为基础的监管的依赖。中国西部能否找到一条更具可持续性的发展路径正取决于这一平衡。

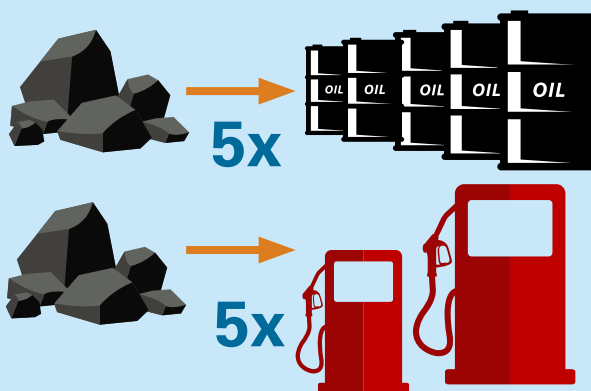


## 中国西部煤炭-水资源事实

中国产煤省前六位：内蒙古，山西，陕西，贵州，新疆



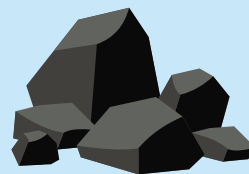
中国在十三五规划中制定了到2020年煤转油和煤转气产能增加五倍的目标。



发电产生的二氧化碳排放占中国总排放量的一半。



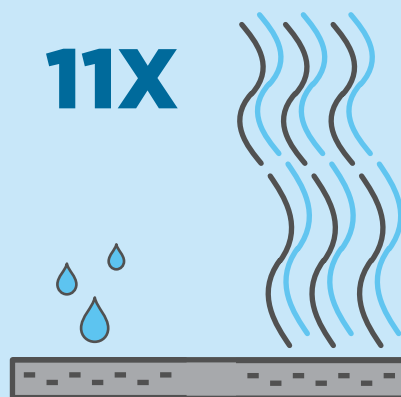
45%的中国燃煤发电厂(358 吉瓦) 运作于供水极度缺乏地区。



极度耗水的煤炭：15-20%的全国供水量用于煤炭开采，煤炭转化，煤炭发电及煤炭灰烬处理。



在中国干干的西北地区，水资源蒸发量最高可达到渗透量的11倍。



来源：英国石油公司全球能源数据评论，2018年7月；中国水-能源-食物线路图，中央人民政府网站环保评论，及搜狐网“2017中国煤炭产量最高的10个省区排名”

# 威尔逊中心

“这世上有很多建议和忠告，  
但只有少数声音是有远见的。”

-- 伍德罗·威尔逊

## 在华盛顿解码变化的世界

在这个复杂多变的，充实着对立议程的喧闹世界，威尔逊中心是美国解码当今世界最急迫的外交政策和挑战的不可或缺的来源。立足全球屡获嘉奖的专家智识，威尔逊中心以全球视野和超越党派的精神为不同政见的政策界提供务实的政策建议。


为了纪念伍德罗·威尔逊总统，美国国会于50年前设立了威尔逊中心。中心下属超过12个与当今热点的安全问题有关的地区和主题研究项目：从朝鲜核威胁问题到中国崛起问题；从北美贸易问题到全球网络安全问题。中心为华盛顿链接全球，为美国的政策制定者和领导者提供帮助，并致力于继续扩大其由超过5000名往届学者组成的无与伦比的关系网。

威尔逊中心将培养未来的政策领袖，并通过外交政策学者项目，网络安全和人工智能实验室为国会提供顶尖学者和实践者的支持，帮助国会解决当今和未来的挑战。

**Jane Garman**

威尔逊中心主管，主席，及CEO






## 中国环境论坛 行动的号召者和推动者

1997年来，威尔逊中心的中国环境论坛（China Environment Forum，CEF）一直是政，商，学界，以及非政府组织的工作人员们关于当今中国最紧迫的能源、水和污染问题的不二去处。通过公众活动，出版刊物和交流项目，中国环境论坛在中美能源和环境问题合作议题上提供了跨越党派的多方合作对话平台。

第五期“洞察出鞘”是由中国能源基金会，鲁斯基金会，环境工作基金会支持的出版物，他同时也是中国环境论坛“瓶颈：解决之道”项目的一部分。“洞察出鞘”系列旨在为政，商，学界，以及非政府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火种计划。





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

🌐 [www.wilsoncenter.org/cef](http://www.wilsoncenter.org/cef)

✉ [cef@wilsoncenter.org](mailto:cef@wilsoncenter.org)

📘 [facebook.com/chinaenvironmentforum](https://facebook.com/chinaenvironmentforum)

🐦 @WilsonCEF

📞 202.691.4000