



Committed to Improving
Economic Policy.

Research Note

2017.6. 13 (Y-Research RN17-141)

作者：Melanie Hart/美国进步中心（CAP）中国政策主任

Luke Bassett/CAP 美国能源与环境政策副主任

Blaine Johnson/CAP 中国与亚洲政策研究员

翻译：于洋/第一财经研究院研究员

yuyang2@yicai.com

www.cbnri.org

研究简报

能源与科技

透视中美燃煤发电

不可否认中国目前的能源结构仍然处于失衡状态，燃煤发电的份额无法在短期内显著下降，但是，煤电的清洁化已经是中国能源转型中重要的组成部分。通过超超临界、超低排放等技术，中国正在打造全球最大的清洁高效煤电体系，中国燃煤电厂的大气污染物排放标准也比美国、欧盟更加严格。近年来出现的燃煤电厂兴建潮并不代表长期趋势，中国有坚定的低碳转型的政治决心。

中国的能源市场传递出关于政策目标和减排趋势的复杂信号。可再生能源的分析师倾向于讨论中国可再生能源装机扩增的速度，并将中国视为全球清洁能源的领导者；而煤炭的支持者和气候怀疑论者更乐意聚焦于中国在运营和在建的燃煤机组数量，并表示气候变化那套说辞根本站不住脚。

从气候变化的角度看，最理想的情景是中国关停所有的燃煤电厂并转向清洁能源。在现实中，中国的能源经济如同一艘巨轮，

无法在转瞬之间调转方向。中国的低碳转型是不争的事实，但仅靠增加可再生能源的装机量是远远不够的。为了弥补理想和现实之间的差距，中国正在推广新技术，大幅降低现役燃煤电厂的大气污染物和温室气体排放。

理解中国煤炭产业的转型模式对于把握中国能源市场的走势至关重要，并且有助于评估中国在全球气候行动中的立场。通过走访和调研，美国进步中心（CAP）发现中

国的煤炭产业正在经历一场巨大的变革。这个国家正在向超额完成减排目标而前进，煤炭清洁化正是进程的一部分。此外，适用于美国的能源方案并不一定适用于中国。不同于美国，中国并没有廉价且丰富的页岩气资源。中国要想显著降低排放，更高效的燃煤发电是短期和中期内的必选项。而在美国，投资建设新一代的燃煤电厂显然不是好的解决方案。以下是CAP的具体发现。

中国煤电机组清洁化

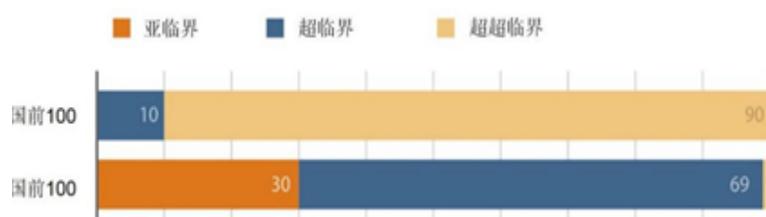
中国政府正面临两难的境地。一方面，中国不可能一夜之间将煤炭从能源结构中移除，因为天然气供应还不成熟，可再生能源的发展也无法一蹴而就。另一方面是中国公众对清洁空气的诉求，他们希望空气质量立即得到改善。大气污染与经济发展和腐败一起，成为执政者需要优先解决的问题。中国政府的方案是：全速发展可再生能源，同时建设全球最高效、最低排放的煤电体系。

在中国，过去那种高污染的电厂将不再有一席之地。政府正逐步关停老旧低效且高排放的燃煤电厂，取而代之的是全新的低排放电厂，其效率高于美国目前所有在运营的燃煤电厂。CAP对比了中美两国运行效率最高（煤耗最低）的前100台机组，结果显示惊人的差异。

1. 美国燃煤机组的投产时间比中国早。美国所有在运营燃煤机组的平均年龄是39年，88%的装机于1950至1990年间投产。效率排名前100机组的投产时间分布于1967至2012年之间。在中国，效率前100的机组则于2006至2015年间投产。

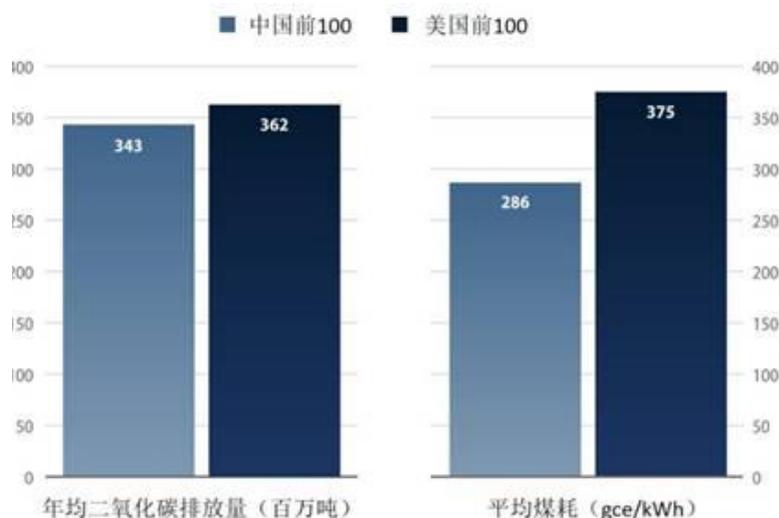
2. 与中国相比，即使是美国最好的电厂仍在使用陈旧低效的技术。美国前100台最高效的机组中，只有1台是超超临界机组。而在中国的前100台机组中，超超临界机组就占到90台（图1）。

图1 中美燃煤机组技术对比



3. 装机容量方面，中美前100台机组的总容量分别为82.6 GW和80.1 GW。中国前100台机组容量中的92%均采用超超临界技术，而美国只有0.76%。技术的差异使两国的排放水平也有所不同。此外，中国的技术更为先进，机组的煤耗更低。每发1 kWh的电，中国的前100台机组平均消耗286.42克标准煤（gce），而美国的水平是374.96 gce/kWh（图2）。

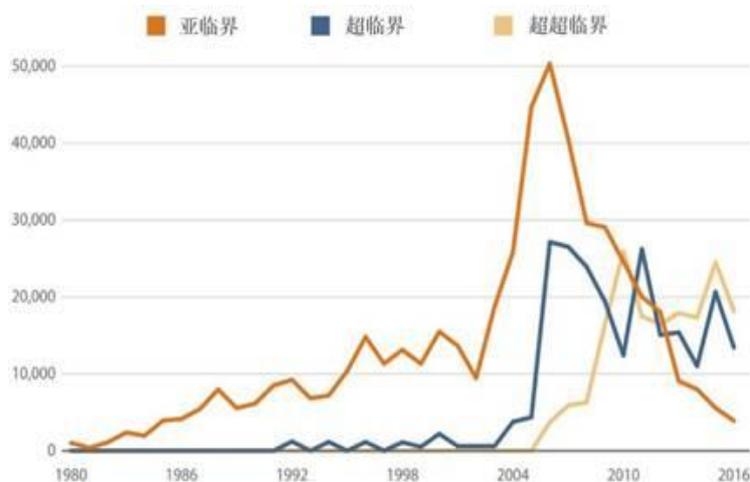
图2 中美燃煤机组二氧化碳排放和发电煤耗对比



需要指出的是，中国仍有大量的老旧机组。根据最新的第三方研究，中国目前的煤电装机约为920 GW，其中约19%采用超超临界技术，25%采用超临界技术，亚临界及以下占56%。但中国目前的新建机组多为超超临界机组（图3），政府也在逐步提升现役机组的排放要求和效率标准。在2020年前，

中国现役燃煤发电机组的平均供电煤耗需要达到 310 gce/kWh，目前美国排名前 100 的机组都无法达到这一标准。

图 3 中国每年新增的燃煤发电装机 (MW) 及技术分类



一个简单的事实是：美国拥有一系列可以与煤电竞争的廉价且丰富的能源，特别是页岩气和可再生能源。再考虑到美国电力需求的下滑和能效的提升，美国电力公司的主管已经表示要重新平衡商业模式，从煤炭过渡到替代能源。与普通机组相比，采用超超临界等先进技术的机组有更低的运行和维护成本，但隔夜资本成本（overnight capital cost，“隔夜”假设项目立即完工，建设过程不计利息）平均高出约 17%。目前美国的市场中，即使是成本最低的燃煤电厂都要与燃气电厂展开艰难的竞争，投资建设先进的机组在经济上不可行。

中国的发展经验表明，即使美国准备投资建设更高效的燃煤电厂，其创造就业机会的能力也无法与可再生能源相比。中国的电厂在煤耗和劳动力方面都变得更为高效。CAP 的研究团队走访了上海外高桥第三发电厂，这座电厂有 2 台 1 GW 的超超临界机组以及 250 名职工。相邻的外高桥一期工程和石洞口第一发电厂，每座电厂运行 4 台

300 MW 的亚临界机组，职工人数分别达到 600 名和 1000 名。在煤炭行业，化解过剩产能的过程中要安置 130 万下岗职工。而可再生能源在“十三五”期间带动的就业人口将超过 1300 万人，可再生能源产业已经被视为更加可靠的就业来源。

美国的能源行业也展现出相同的就业趋势。美国煤矿的就业人数在上世纪 20 年代达到峰值，之后开始持续下滑。1983 至 2014 年，美国煤炭生产的增长超过 28%，但就业人数下降了 59%。煤矿经历了从美国东部劳动密集型的地下开采到西部高度机械化的露天开采的转变。此外，电力需求走低、能效提升以及天然气、太阳能和风电成本的显著下降都减少了电力公司对煤炭的依赖和需求，从而促进了能源行业就业趋势的转变。2016 年底，美国煤炭行业共有 54,030 名职工。而 2016 年美国太阳能行业新增了 73,615 个工作岗位，同比增长约 25%，这也使美国太阳能行业全部的工作岗位达到 373,807 个。

中国的排放标准更加严格

逐步提高大气污染物的排放标准是中国实现燃煤电厂清洁化、高效化的手段之一。2011 年下半年，中国的大气污染问题开始凸显，公众对空气质量以及降低污染物的诉求愈发强烈。面对与日俱增的政治压力，中国政府开始在全国范围内建立新的空气质量监测系统，公布大气污染物的实时数据，同时提高新建和现役燃煤发电机组的排放标准。CAP 团队走访时发现，一些清洁的燃煤电厂在厂门口的大屏幕上实时显示关键污染物的排放数据，以宣传其发电技术的先进性。

与美国和欧盟相比，中国的排放标准更为严格（表 1）。考虑到公众对空气质量的关注，中国政府首要控制的是二氧化硫、氮氧

化物、烟尘等常规污染物。通过提高电厂运行效率的标准也可以减少二氧化碳的排放：每度电的煤耗越低，碳排放也越少。2020年前，中国新建燃煤发电机组的平均供电煤耗需要低于 300 gce/kWh，现役机组改造后需要低于 310 gce/kWh。目前美国排名前 100 的机组都无法达到这一标准。美国没有针对电厂碳排放并且具有法律效力的联邦标准，而特朗普政府要重新评估、削弱或废除奥巴马政府的碳排放标准。如果这种监管趋势得以继续，那么到了 2020 年，美国的每一座燃煤电厂都无法满足中国的排放要求。

表 1 中、美、欧盟现役燃煤机组污染物排放标准 (mg/m³)

	中国***	美国	欧盟
氮氧化物 (以 NO ₂ 计)	100	135	200
二氧化硫	50/100/200*	184	200
烟尘	20/30**	20	30

注：*根据 GB13223-2011《火电厂大气污染物排放标准》，中国“重点地区”机组的二氧化硫排放限值为 50 mg/m³。其余地区，在 2012 年 1 月 1 日前建成投产或环评文件通过审批的机组执行 200 mg/m³ 的限值；2012 年 1 月 1 日起，环评文件通过审批的新建、扩建和改建机组需执行 100 mg/m³ 的限值。

**重点地区机组的烟尘排放限值为 20 mg/m³，其余地区为 30 mg/m³。

***根据环保部 2015 年底印发的《全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案》，到 2020 年，全国现役和新建的燃煤电厂力争实现超低排放，氮氧化物、二氧化硫和烟尘排放的限值分别为 50、35、10 mg/m³。

地方政府催生燃煤电厂新建潮

中国的煤炭消费量在 2013 年达到峰值，但之后的几年中却出现了新建燃煤电厂的大潮：2015 年和 2016 年新增的燃煤装机容量分别达到 54 GW 和 48 GW，每年新增的容量中，约有一半采用超超临界技术。然而，其中许多电厂已经成为无法被完全利用的资产。昙花一现的新建潮并不代表长期趋势，中国政府也已下令停建或缓建燃煤电厂。

在简政放权的背景下，2014 年 10 月，中央政府将燃煤电厂的审批权限下放至省级政府。中央政府的出发点在于，地方政府更了解当地的需求形势，可以做出更加快速、合理的决定，从而提高行政效率。但审批权限下放低估了地方利益对项目核准的影响。

新建潮兴起之时，中国的燃煤电厂仍在采用发电计划和受国家控制的上网电价体系，这些都是计划经济的遗留物：两个国有电网公司按照固定的上网电价与燃煤电厂签订年度购售电合同。即使电力需求或煤价下降，又或是有更廉价的电源可供选择，电网公司也必须执行合同。为了反映市场的情况，上网电价也会做出调整，但调整的频率和幅度都无法与市场对生产成本的影响相比。美国的电力体制则灵活得多，电力现货交易市场允许电网公司选择竞价最低的电源，实时交易的时段按分钟计算。中国的电力体制效率更低，但从投资者的角度来看，这种体制可以保证项目的回报率。2014 和 2015 年，煤价屡创新低，燃煤电厂的收益颇为可观。电厂在开放的市场上以低价购买煤炭，并按固定的上网电价将电量出售给电网公司。尽管中国燃煤机组的利用小时数持续下滑，但投资者认为煤电项目在短期内仍有利可图。出于这些原因，地方政府收到大量燃煤电厂的项目申请。

掌握了项目审批权限的地方政府也意

识到电力需求下降的问题，却不愿放弃煤电项目带来的税收和工作岗位。地方官员也清楚中央政府关停老旧和高污染电厂的举措，于是希望快速建设更清洁的电厂，保住地区内原有的税收和工作。另一方面，供电有缺口的省需要从临近省份进口电力，但考虑到地方收入，官员们更愿意在省内建设电厂。

中国的能源规划中包含了调整能源结构的目标，中央政府也要求地方政府根据当地供需形势和国家的能源规划核准煤电项目。但结果却是，各省之间展开煤电项目的建设竞赛，电网公司分配给电厂的发电计划指标一再缩减，煤电机组的利用小时数也不断下降。2016年，中国6 MW及以上火电厂的设备利用小时数降至近年来的最低水平（图4）。

图4 中国燃煤发电的装机容量泡沫（%）



中央政府随即下发了一系列通知，旨在遏制这种不健康的发展势头。地方政府被要求根据国家目标和当地形势，做好煤电项目的核准工作。但这些通知收效甚微，中央政府又发文取消大批煤电项目。今年初，国家能源局向13个省份发函，停建或缓建85个煤电项目，装机容量共计102 GW。与此同

时，无法满足排放标准的老旧机组也在稳步关停。

中央政府有明确的政策愿景，在清洁能源转型的过程中必须迎难而上，利用清洁能源技术创造新的就业和贸易出口机会。目前中国燃煤机组的增长趋势已经减缓，未来则有望加速下落。

结论

美国有比中国更广泛的能源选项，但中国正在加大能源创新和投资力度，一些能源转型取得的成果令人瞩目。

根据中国政府确定的战略方向，中国经济结构将由高污染的重工业驱动转向技术与创新驱动，转型的政治决心根植于国际地缘战略的雄心和民众对更高生活水平的诉求，转型的成果已经初步显现。然而，既得利益和技术问题阻碍了中国的转型进程。中国有巨大的潜能，国际社会应推动其发展。

这次对比的结果对美国也非常具有借鉴意义。美国无法同中国在煤电上展开竞争，美国也不应该将其视作目标。像中国一样大力发展燃煤发电是无视经济现状的做法，也与美国电力市场的竞争优势相违。（如有侵权，请联系我们。点击文末“阅读原文”查看原文）

点评：《能源发展“十三五”规划》为中国的能源转型设定了约束性指标：非化石能源消费提高到15%以上，煤炭消费比重降低到58%以下，同时首次提出燃煤机组供电煤耗的标准。与此同时，中国的二氧化碳排放强度持续下降，排放总量也连续两年回落，2030年二氧化碳排放达峰的目标有望提前实现。反观美国，2016年度燃气发电在电力结构中的比重首次超过煤电。在特朗普宣布退出《巴黎协定》的同一天，美国几座燃煤电厂因天然气的冲击而关停。无论是否退出

《巴黎协定》，市场的力量都会是阻碍特朗普重振煤炭的力量之一。

