政策简报

中国

煤质国际最佳实践

Chris James
John Gerhard

RAP

Energy solutions
for a changing world

2013年2月

本报告的电子版以及其他出版物可以参看我们的网站:
www.raponline.org

想加入我们的联系人名单请发送相关信息到:
china@raponline.org

引言

煤仍为全球发电主要燃料。虽然水力压裂和新钻探技术的使用提高了天然气供应，但煤的消费量仍然持续上升，亚洲尤为突出。自2000年，仅中国和印度两国便几乎占据了全球煤消费的增量。我们了解煤燃烧排放特征受用煤类型和加工处理的显著影响；煤质影响着特定电厂的盈利能力，可以促进或阻碍电厂满足环保要求的能力。

影响煤质的主要变量为灰分[1]和硫分的含量。灰分和硫分为无机物且无热值。灰分含量越高，原煤（即直接从矿口采出的煤）的热值越低。许多较低热值或工业所称“低级”煤中灰分含量达40%或更高。通过清洗或添加剂去除灰分可增加煤热值。该加工工艺拥有其它数项益处，直接影响燃煤电厂盈利能力，以及其符合环境要求和规避未来经济风险的能力。锅炉燃烧室的灰分和硫分会增加计划内、外的维护量，降低容量系数（意味着发电时间的减少）。在下游，覆盖于管道的灰分浓度更高，导致需通过排放控制装置加以收集而后进行填埋处置的固体数量增加。电厂管道上灰分和硫分沉积物会导致更大程度的腐蚀，缩短电厂预期运行寿命。因此，通过降低煤中灰分和硫分的含量以改善煤质既利于环保又具经济效益，为可寻求的明智之举。

本文旨在探讨提高中国发电燃煤质量的途径，从而获取环境和经济双效益。我们将着眼于煤的生命周期、使用更优质煤的效益和成本、以及增加优质煤的使用应该从哪些着力点切入。文章末尾提出若干建议，希望有助于中国监管机构鼓励优质煤的使用。

[1] 所有煤都含灰分。在原煤即未燃烧煤中，灰分由地壳物质（例如，污物和小块岩石）和无机化合物（例如，盐和金属）组成。灰分有少量甚至无热值，因此， 当煤燃烧时，灰分现称飞灰经由锅炉和管道，而后被排放控制装置收集，较细颗粒物直接排放至大气。

煤的生命周期[2]

煤的生命周期涉及如下诸多步骤：提取、加工、运输、使用/燃烧、以及处置。以下为一般性描述，仅做说明，并非详尽阐述。

提取

煤可经以下两种不同途径提取（即开采）：地表或“露天”开采；地下或“深层”开采。开采方式主要由地质决定。煤层近地表时，采用地表开采；经爆破后，去除地表岩石和污物层，煤层得以显露，而后系统地进行煤层钻探和移除。当煤层位于地下较深处时，采用地下开采；通过地下数百英尺深的钻探隧道接近煤层，而后进行开采并将其运至地面。

加工

从煤开采的最早期开始，人们就试图通过去除杂质如岩石和板岩或通过对煤炭的分选和清洗以提高煤质。在现代操作中，通常第一步为洗煤，其中涉及化学加工处理，使污物、植被和原岩与煤分离。该工艺可降低煤中灰分和硫分的含量，提高其热值。同时也会产生称为淤浆或淤渣的副产品，其组成成分为洗煤用水和化学物质。淤浆为高毒物质，收集和储存于开采处，从而引发对地下水污染的环境担忧。洗煤过后，通常随之进行另一项机械工艺操作，对煤块粉碎和碾磨处理，而后分出各种不同品级的煤。在洗煤和粉碎加工过程中，可能会对煤进行取样，用于测量灰分、湿度、千卡（英热单位）、硫、铁、钙、钠和其它各种元素。中国“九五”计划曾重点强调洗煤，在新制订的空气法中再次提起重视。[3]

运输

加工处理完毕，煤便从矿井运至消费点；运输方式为火车、卡车、驳船和传送带。虽然为降低运输成本某些发电厂建于矿口附近，在中国，煤运输仍然是一个重大问题，因为多数煤矿位于西北部，而煤须运至位于东南部的消费中心。一些估算显示，每年经长距离运输（平均超过500公里）的煤量超过5.6亿吨。[4]

煤运输成本高且对环境有害。美国能源信息署报告，2010年，运输成本占美国交付的短吨数煤总成本的38.6%。[5]此外，许多运煤卡车和火车所用的柴油机向大气排放大量的氮氧化物（NOx）和颗粒物。另外，长距离运输煤时，灰尘和颗粒物会从中散落。

[2] 见Lockwood (2012); Epstein等 (2011); 世界煤炭协会(2012)

[3] 现行空气法第44条规定“国家应推进洗煤和煤加工，降低煤中硫分和灰分含量，限制开采含硫分和高度灰分的煤”。第89条规定新建矿如不予洗煤，可对其进行罚款。

[4] Xiaolan (2012)

[5] 美国能源信息署(2012)

燃烧

全球范围所开采的煤多数为“热能”煤，即煤用来燃烧后产生蒸汽，主要用于发电。[6]“煤燃烧会向环境释放70多种有害化学物质，是导致全球变暖的重要致因。”[7]燃烧之前，煤会被粉碎为粗粉状，以提高燃烧效率。全世界大概90%的燃煤发电容量使用粉碎技术。[8]一些较为显著的燃煤副产品为臭氧前体[9]、二氧化硫、颗粒物、氮氧化物、汞和二氧化碳。除气体外，还会产生一种固状燃煤副产品，称为煤灰，下文将予以讨论。发电机可安装减排设备如洗涤器以减少有害污染物的排放。

处置

正如前文所述，煤燃烧会产生一种称为煤灰的固体副产品。大量各种不同物质都称为“煤灰”：飞灰、底灰、锅炉炉渣、烟气脱硫石膏等。煤灰一经收集，通常便放置和储存于贮藏池或填埋场，或用于各种工业用途。

6 另一类煤称为冶炼用煤，用于生成钢铁制造所需的焦炭。见世界煤炭协会（2012）。

7 Lockwood (2012)

8 世界煤炭协会（2005）

9 燃煤电厂不直接排放臭氧，但直接排放化合物如氮氧化物和碳氢化合物，此类物质会导致位于燃煤电厂下风口的臭氧形成。

煤质改善的效益和成本

使用更优质的发电燃煤既带来效益亦产生成本问题。睿博能源智库（RAP）对此所持立场为：效益远大于成本。

效益

所有的煤都含无机物质，如钠、氯和硫。在燃烧过程中，无机物形成灰，呈干态（称为结垢）或湿态（称为结渣）沉积于锅炉燃烧室。灰分中所含化合物的数量和类型决定了清理锅炉管道的必要频次（以维持其设计的传热率），以及多久须停运锅炉以进行更广泛的维护。可以通过在矿口或煤电厂洗煤或者在燃煤前向煤中加入矿物添加剂去除这些无机化合物。这种用于改善煤质的工业用语为“选矿”。选矿改善了煤质，产生环境和经济双效益。

（1）提高热耗率

灰分含量越高，煤的热值便越低。经洗煤除灰后，可显著提高煤的热值。这意味着燃烧较少的煤便能产生等量的电。因此，与使用质量较次煤的电厂相比，使用更优质煤的电厂将具备经济和性能优势。

（2）改善电厂运营

选矿给电厂运营带来了各方面的改善，直接影响了燃煤电厂的盈利能力，以及其符合环境要求和规避未来经济风险的能力。

使用含铝的矿物添加剂后，煤粉锅炉中结垢和结渣的削减量高达78%。[10]湿法预处理可减少附着于锅炉管道处的灰分量，从而减少结垢。干式添加剂如氧化铝可减少灰分粘性，从而降低锅炉表面形成的灰分量。降低煤中的灰分含量也可增加煤细度。

降低锅炉燃烧室灰分和硫分是正确的做法。通过降低积灰量，运营商可减少去除积灰的计划内、外维护需求。降低电厂管道灰分和硫分沉积物的粗度可减少腐蚀，这种腐蚀会缩短电厂预期寿命。

燃料中灰分含量的增加会影响用于处理和加工煤的电厂设备的各个方面，如输送机、粉碎机、破碎机和储存等。同时，随着设备负荷增长，仅为保证电厂运行便需要更多能源，这些电量本可用于出售。因此，这导致了电厂运营成本的增加和盈利潜力的降低。

选矿也有利于排放控制装置的运行。煤中约80%的灰分最终通过燃烧过程随着烟气经排放控制设备捕获。洗煤降低了产生的灰分量以及经由颗粒物控制装置收集的灰分量，从而延长了颗粒物控制装置的寿命。同时，洗煤也有助于延长进行灰分处置的填埋场的寿命。

[10] Vutharulu (1999)

选矿亦能通过减少装置需捕获污染物的数量而延长排放控制设备的寿命。燃烧前洗煤或对其进行加工也使电厂能设计和购买更小型的排放控制装置，从而降低投资成本。

因此，燃烧更优质的煤能够使电厂主直接获益。对于电厂主和运营商而言，燃煤锅炉为重要的经济资产，施工用料具高价值，如某种管道和设备的专用不锈刚。锅炉所设计的使用寿命为20-30年或更长。改善煤质实为对这项长期投资的保值。[11]

（3）改善空气质量

降低燃料中硫分含量也能减少硫酸的形成和细颗粒物排放，有助于通过降低区域霾度以提高能见度。硫酸的实际形成数量取决于SO_3的排放量以及排放导致的各种气象和化学反应。美国燃煤电厂的数据表明在排放的硫氧化物中，SO_3所占比例为1-2%。三氧化硫也易转化为酸雨的重要致因氢硫酸（H_2SO_4）。[12]

美国煤的相关研究表明，洗煤可降低10-20%的硫含量（以磅/百万英热单位为基准）。墨西哥煤的相关报告显示，灰分及硫分含量可分别降低30-50%和20-30%。国家科学院的一项研究报告显示洗煤后中国煤中硫分含量降幅达20%。[13]洗煤减少SO_2排放潜力的保守假设为10%。对于运行容量系数为80%（或年运行7000小时）的600MW电厂而言，SO_2最少降低10%时，其最低削减量可达1682公吨。

（4）改善交通运输系统

洗煤可降低高达25%的原煤重量，且增加有效热含量（单位计做英国热量单位每克）。净减少约20%用于运输的能源需求是可以实现的，这可降低从煤矿运煤至电厂所需燃料量，能够减少细颗粒物、氮氧化物和温室气体排放。[14]同样研究报告显示中国45%的铁路运力用于运煤，每年随煤运输的尘土和岩石达7000万吨。

（5）更为价廉

一项美国和印度联合研究显示，即使每吨清洗计费为130卢比（截至2012年12月的汇率，约为15元人民币或2.4美元），清洗过的煤其平均价格仍比原煤低10%。[15]该报告绘制了经过不同程度清洗之后煤的热值，显示运输距离超过900公里时，清洗煤的交付价格（以每千卡成本为基准）低于原煤价格。研究还得出结论洗煤为电厂带来了额外效益（提高每公斤煤的热含量，降低灰分处置成本以及运行和维护成本等）。最后，该报告将进口煤与

[11] 然而，需认识到，即使使用更优质的煤，锅炉设计对于电厂的有效运行仍至关重要。锅炉设计寿命以良好的流体动力学和传热原则为依据。电厂管道系统和铺管的规划旨在将转角和弯处降至最低程度，使管道直径大至足以将压降控制在最低程度，最大程度地提高电厂的热效率，避免产生烟气从此处移至它处需耗费的额外能源。对此至关重要的是混合良好的烟气，这些烟气取决于在燃烧室有充足的停留时间以完成化学反应，实现最大程度的传热和最大程度的降低空气污染物的形成。混合良好的烟气还能确保管道速度上下左右的一致，这样则可尽量确保烟气温度一致。烟气热点处会导致管道变形，如果烟气冷点处的温度降至酸露点，则会导致腐蚀。

[12] Allen (2004)

[13] 国家研究委员会（2004）

[14] Glomrod (2003)

[15] Sharpe (2011)

原煤和清洗煤进行了比较（包括给电厂带来的效益）。该分析发现清洗煤价格低于进口煤的10-20%。

美国“酸雨”SO_2削减计划的最新研究支持煤质的改善具有重大和量化效益的见解。该计划于1990年启动，显著降低了SO_2排放，很大程度上归根于转为使用更优质的煤（虽然排放控制设备的安装也发挥了支持作用）。总体而言，该计划年度效益达1220亿美元（主要源自由PM2.5导致的死亡率的降低），与之相比，年成本仅为30亿美元。[16]下节将详细讨论这些成本。

一份为美国电力研究所(EPRI)完成的技术文件确认使用更优质煤的效益。该文指出“可以肯定的是，不论出于何种缘由，任何电厂其特定用煤中含高灰分都是不可取而且毫无根据的。”[17]文章分析了不同灰分数量的煤，而后确定了灰分含量对若干项锅炉性能和操作参数的影响，包括热效率、填埋灰的数量、管道年故障率、机组可用率和二氧化碳排放数量。灰分含量的增加给所有的锅炉系数带来了负面影响，热效率下降，管道年故障率增加，填埋灰数量的增加，二氧化碳排放增加，机组可用性下降。即使锅炉效率提高1%，也会给电厂一年期间燃煤数量带来显著影响。提高发电或机组的“热”率，即减少1度电所需的煤克数，可降低燃料成本和提高盈利能力。之后关于改善煤质其效益的研究支持了该项为美国电力研究所完成的研究得出的结论。[18]

成本

洗煤和加工煤相关成本的精确数据较为缺乏。一项关于公众信息的综述强调了洗煤对于煤生产商的效益，例如可获取更高的产品售价。[19]

煤质改善相关的环境和个人效益须与成本进行比较，包括洗煤和加工煤的环境成本。在特定的地理区域，水资源受限，某些情况下更严重。在这样的地区，不建议将本来已稀缺的水资源用于提高煤质，改善煤质的区域最好选在电厂或矿口与电厂的中间地区，这些地区水源较丰富，可循环再利用。

同时，洗煤后需贮蓄洗煤自身过程产生的剩余浆料。如果泄露，贮浆池会导致当地河渠和地下水污染的风险增加。出于这一严重的环境考虑，监管机构需进行严格监督。

16 美国环保署（2013）

17 Anderson & Nowling (2002).

18 加拿大清洁电力联盟技术委员会（2011）

19 见例证：http://seekingalpha.com/article/426421-mongolian-mining-corp-a-high-profit-margin-play-with-room-to-grow，该文介绍了蒙古煤生产商每吨清洗煤于中国的售价较高。

中国目前系统造成的负面影响及对中国的建议

在中国，低质煤的使用导致若干影响，更大程度地破坏环境，增加不必要开支和降低电厂的运行寿命。“九五”计划制订的提高清洗煤所占比例的目标尚未实现。目前中国用于电厂运输和燃烧煤的系统所产生的主要影响至少为以下四方面：

- 灰分和硫分的高含量降低电厂的有效运行寿命，增加飞灰的处理成本，增加细颗粒物和硫氧化物的排放，而且，当出现以上情况时，会增加电厂面临监管机构对场区收集和处置的有害物质进行调查的风险。
- 灰分含量的增加会加重中国运输网的负担，增加或产生新的铁路拥堵现象，从矿区运煤至电厂的铁路运输导致更多柴油燃烧。
- 裸露的轨道车上泄露的煤和煤尘会损害中国铁路网沿线地区的公众健康和造成环境影响。
- 由于中国铁路网拥堵，柴油卡车常用于矿区和电厂之间的煤运输。此类卡车燃料硫含量高，不受轻型卡车及轿车排放标准限制。其结果是，柴油卡车运煤导致某些城市地区PM2.5的增长。

监管点

目前并非所有与劣质煤相关的成本都由电厂主来承担，而且许多电厂主已经投资在能够有效使用低质煤的电厂。[20]因此建议中国政府采取一定行动，鼓励广泛地使用更优质的煤。

通过数种方式可详细说明质量控制要求。卖方和买方之间的合同安排为主要手段，通过该手段可建立商业性质量控制。纽约商品交易所（以下简称NYMEX）为煤质合同标准的例证之一。NYMEX标准规定提出了诸多煤质规格：

(A)按这种合同交付的煤应符合以收到为基准的质量规格，（“收到”一词不适用于(6) 和(7)）：

（1）英热单位（Btu）：最低12,000 btu/lb，总热值，分析公差为250 btu/lb以下（A.S.T.M. D1989）

（2）灰分：最高13.50%，无分析公差（A.S.T.M. D3174或D5142）

（3）硫分：最高1.00%，分析公差为0.050%以上(A.S.T.M. D4239)

（4）水分：最高10.00%，无分析公差(A.S.T.M. D3302 或 D5142)

（5）挥发物：最低30.00%，无分析公差（(A.S.T.M. D5142或D3175）

（6）可磨性：哈德果夫指数(HGI)最低为41， 3点分析公差以下。(A.S.T.M. D409)

[20] Steinfeld等 (2008)

（7）分选：3英寸最大尺寸，标称，以通过1/4英寸正方形金属丝筛网的最多量达55%机械取样系统为筛选的决定基准（A.S.T.M. D4749）[21]

在这些合同安排下，合同方执行质量标准，对情况持有争议时，拥有向适当司法机构的追索权。[22]

第二类质量控制可通过空气污染许可体现。针对特定许可的来源，许可证进行了各种不同的限制，提出了具地点特异性的参数。可对以下方面进行限制：煤热值范围（最小值和最大值）、煤中硫分和灰分含量、进出量（每小时的燃煤吨数）以及保存纪录和报告（包括取样和排放检测要求）。需经许可的典型实体为运行中使用煤的发电厂和大型工业设施。

美国环保署（EPA）的新源审查（以下简称NSR）计划是许可项目的例证之一。[23]新源审查适用于当一家公司如燃煤发电厂的未来运营商欲新建电厂或整改现有电厂而导致某些排放大量增加到一定额度时。新源审查许可证为施工许可证，要求公司无论是通过改变拟用的工业工艺或安装空气污染控制设备将指定排放降至最低。

美国环保署开展的另一类许可证计划追溯于1990年修订的《清洁空气法》第五章。[24]第五章涉及的许可证为经营许可证，一旦污染源投入使用，便对它们的活动进行管理。他们对单个设施所允许的某些污染物的排放进行限值，如二氧化碳， 硫氧化物， 汞和氮氧化物。

美国环保署负责执行NSR计划，要求受监管实体严格遵守数据收集和向环保署报告的制度。

最后，还有一些可用于一个区域或一个行业的一般性质量控制措施（与许可证不同，没有地点特异性）。监管形式众多，如“命令和控制”，监管机构借此设定污染物排放目标，惩处超标的实体；激励机制，监管机构借此设定目标，嘉奖实现目标的实体；市场机制，如总量控制和交易制度。

旨在监管二氧化碳排放的欧盟碳排放交易体系（ETS）也许是排放控制政策方面最为人知的国际例证。[25]该体制始于2005年，对工厂和发电厂排放的特定温室气体总量设定了限值（上限）。各公司获得在每次合规期间能够允许排放的指定额度（该许可采取的形式为每单元排放的配额）。[26]根据各排放者为遵守污染限值所采取的策略，可购买和出售配额。合规期结束之际，每个受监管实体须提交该阶段排放所需配额。如果该实体的排放量超过配

21 芝加哥商品交易所集团（CME）（2012）

22 通常，合同详述了解决争端的方式以及审判主体和管辖范围。

23 请访问美国环保署网站http://www.epa.gov/nsr/ 12/16/12处查询NSR计划的详细情况。

24《清洁空气法》第五章许可证信息见美国环保署网站 ，请访问网站http://www.epa.gov/air/caa/title5.html 12/16/12处。

25 见欧盟委员会关于其排放交易体系的网站。请访问http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm 12/16/12处。

26 关于排放交易体制，普遍存在的批评针对排放配额于排放者的免费给予。一种更为优选的替代方法是出售配额，而后将这些资金重新投入能源效率和可再生能源的项目，从而进一步降低排放程度。见Cowart（2008）。

额所覆盖的范围，将会予以罚款。通过限制发放的配额量，可逐步削减排放程度。

欧盟委员会为欧盟碳排放交易体系的执行实体。

建议

中国能够改善燃煤的质量。煤质的改善有助于提高电厂的经济状况，并减少现有对环境的损害。以下数条建议可供中国参考，以提高电厂燃煤的质量：

- 与知名的大学、中国煤炭研究所和中国电力企业联合会协力进行研究：
- 通过成本效益分析和规划（例如研究灰分和硫分的去除量、成本、煤热值提高所及程度、所需水量）确定中国在改善煤质方面的潜力。
- 制定适当的政策机制以回收所有由于煤质改善所产生的相关成本并考虑如何最佳分配这些成本。
- 将煤质规格纳入燃煤电厂的环境影响评估和运营许可证系统。这将允许电厂与煤企针对燃煤类型和质量进行合约规范。规格应包括：燃煤类型、热值及硫分与灰分的可接受范围，并要求对收到煤进行检测。
- 对于洗煤，要求各设施对煤加工用水进行循环再利用。
- 在水资源受限地区或可能需将饮用水或地下水供应用于洗煤的地区，可通过使用干式添加剂和无需用水的工艺来改善煤质。
- 与环保部合作，减少柴油卡车燃料中硫分含量。环保部、国家发改委和财政部最近共同开展的“联防联控”空气质量计划宣布了旨在加快提高中国燃油质量的目标。降低硫分含量也将促使这些卡车配备现代装置，有利于减少细颗粒物。

参考文献

Allen, G., Goodwin, B. & Turner, J. (2004). Real-time Carbon and Sulfate Measurements from the MANE-VU Rural Aerosol Intensive Network (RAIN): Design, Methods and Early Data；发布于北卡罗兰纳州阿什维尔召开的灰霾之区域和全球视角大会：致因、后果与争议；http://www.nescaum.org/documents/allen-awma_haze-rain-paper-oct-2004_proceedings.pdf/download 检索1/4/13。

Anderson, A. & Nowling, K. (2002). Estimating the Cost of Coal-Fired Generation - an Application of Vista™；发布于印度新德里召开的煤质于发电厂性能影响之国际研讨会；http://www.myvistasource.com/files/techpapers/vistaindiapaper.pdf 检索1/14/13。

加拿大清洁电力联盟技术委员会（2011）；Coal Beneficiation: A Final Phase III Report: Appendix B. Calgary: Canadian Clean Power Coalition； http://www.canadiancleanpowercoalition.com/index.php/download_file/-/view/141/ 检索1/14/13。

芝加哥商品交易所集团（CME）（2012），纽约商品交易所规则手册，第260.06节，芝加哥：CME集团；http://www.cmegroup.com/rulebook/NYMEX/2/260.pdf 检索12/16/12。

Cowart, R. (2008). Carbon Caps And Efficiency Resources: How Climate Legislation Can Mobilize Efficiency And Lower The Cost Of Greenhouse Gas Emission Reduction. Vermont Law Review. Vol. 33:201.

Epstein, P.R., Buonocore, J.J., Eckerle, K., Hendryx, M., Stout III, B.M., Heinberg, R., Clapp, R.W., May, B., Reinhart, N.L., Ahern, M.M., Doshi, S.K. & Glustrom, L. (2011). Full cost accounting for the life cycle of coal. Ecological Economics Reviews. Ann. N.Y. Acad. Sci. 1219: 73–98； http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1749-6632.2010.05890.x/pdf 检索12/13/12。

Glomrod, S. & Taoyuan, W. (2003). Coal Cleaning: A Viable Strategy for Reduced Carbon Emissions and Improved Environment in China? Discussion Papers No. 356. Oslo: Statistics Norway, Research Department；http://www.ssb.no/publikasjoner/DP/pdf/dp356.pdf 检索1/4/13。

Lockwood, Alan. (2012) Coal's Assault on Human Health. Washington, D.C.: Physicians for Social Responsibility；http://www.psr.org/resources/coals-assault-on-human-health.html 检索11/13/12。

国家研究委员会（2004），Urbanization, Energy and Air Pollution in China: The Challenges Ahead-Proceedings of a Symposium. Washington, D.C.: National Academies Press.

Sharpe, M.A. (2011). Computer Simulation to Evaluate the Benefits of Clean Coal for Thermal Generation；发布于印度新德里美印煤炭工作组第八次年度会议。

Steinfeld, E., Lester, R. & Cunningham, E. (2008). Greener Plants, Grayer Skies? A Report from the Front Lines of China's Energy Sector. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology；http://web.mit.edu/ipc/publications/pdf/08-003.pdf 检索1/14/13。

美国能源信息署（2012），Table 1: Estimated rail transportation rates for coal, U.S. averages. Washington, D.C.: U.S. Energy Information Administration； http://www.eia.gov/coal/transportationrates/pdf/table1_US_averages.pdf 检索12/13/12。

美国环保署(2013)，Acid Rain Program Benefits Exceed Expectations. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency. http://www.epa.gov/capandtrade/documents/benefits.pdf检索1/4/13。

Vutharulu, H. B. (1999). Remediation of Ash Problems in Pulverized Coal-fired Boilers. Fuel, 78 (15), 1789-1803.

世界煤炭协会（2012），http://www.worldcoal.org 检索12/13/12。

世界煤炭协会（2005），The Coal Resource: A Comprehensive Overview of Coal. London: World Coal Institute；http://www.worldcoal.org/bin/pdf/original_pdf_file/coal_resource_overview_of_coal_report(03_06_2009).pdf 检索1/4/13。

Xiaolan, S. (2012)，煤炭质量，http://baike.baidu.com/view/1802749.htm 检索1/11/13，王轩译，睿博能源智库。

睿博能源智库（RAP）是一个全球性专家咨询机构。主要关注全球能源政策的长期经济和环境的可持续。RAP在能源政策方面有资深的经验，致力于促进经济效率、保护环境，确保电力系统的可靠性和扩大社会效益。

RAP的专家组由前任政府官员和能源高管组成。在基金会和政府的支持下，我们在广泛的能源和环境领域为政府提供技术和政策援助。

RAP在中国

睿博能源智库自1999年开始在中国工作，目前在北京成立了长期办公室。

RAP帮助中国政策制定者制定和实施相关政策，来促进可持续经济发展、增加能源系统可靠性、改善空气质量和公众健康，从而为中国大量和长期地减少温室气体排放作出贡献。

通过和能源基金会中国可持续能源项目(CSEP)的密切合作，我们在能效、市场和监管政策改革、可再生能源和环境政策方面提供技术支持和国际经验。我们的国际合作伙伴包括劳伦斯伯克利国家实验室（LNBL）的中国能源小组、资源解决方案中心（CRS）和自然资源保护委员会(NRDC)。

睿博最近发表的文章

- 对中国电力部门下阶段政策的若干建议
- 政府监督电网企业在中国开展电力需求侧管理工作：国际经验及其建议
- 中国排放标准的常见问题
- 排放交易作为空气质量管理工具

The Regulatory Assistance Project • 睿博能源智库
欧盟 • 中国 • 印度 • 美国
Beijing, China • Berlin, Germany • Brussels, Belgium • Montpelier, Vermont USA • New Delhi, India
北京市朝阳区建国门外大街19号国际大厦2504室 • 邮编:100004 • 电话：+86-10-8526-2241
CITIC Building, Room 2504 • No 19 Jianguomenwai Dajie • Beijing 100004 • *phone:* + 86-10-8526-2241
www.raponline.org

RAP | 睿博能源智库

www.raponline.org