



RAP®

睿博能源智库

中国电力行业改革 与空气质量管理：

明确机构职能的国际经验

Christopher James



2017年10月

睿博能源智库 (The Regulatory Assistance Project (RAP)®)

建国门外大街19号国际大厦2504室

北京, 100004

电话: 86-10-8526-2241

电子邮箱: china@raponline.org

raponline.org/china

[linkedin.com/company/the-regulatory-assistance-project](https://www.linkedin.com/company/the-regulatory-assistance-project)

twitter.com/regassistproj

© RAP. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial Licence

(CC BY-NC 3.0).

如何引用本文

James, C. (2017). 中国电力部门改革与空气质量管理:明确机构职能的国际经验. 北京:睿博能源智库.

引自: <http://www.raponline.org/knowledge-center/rap-china-power-sector-air-quality-reforms-2017-cn/>

目录

缩略词表.....	3
1. 概述.....	4
2. 现行政策和法规：环境与能源领域的最新进展.....	6
3. 实现能源与环境目标存在的风险：各地实施不平衡，缺乏部门之间的协调.....	8
3.1. 空气质量.....	9
3.2. 电力行业.....	10
3.3. 讨论.....	11
4. 电力行业改革与空气质量管理全球经验及中国实践.....	12
4.1. 如何让空气质量和能源监管机构共同参与，保证电力供应的可靠性，实现空气质量达标.....	12
4.2. 在空气污染严重的大气区域，如何严控新建电厂的许可核准，如何对现有的电厂进行监管.....	13
4.3. 电力行业改革.....	14
4.4. 可再生能源弃电与扩大平衡区.....	14
4.5. 区域温室气体减排行动 (RGGI).....	16
4.6. 联邦政府改组电力行业的政策；改善区域空气质量的联邦法规.....	17
4.7. 南方电网公司的节能调度/绿色调度试点.....	19
4.8. 针对燃煤电厂的环保电价措施.....	20
5. 对中国的建议：推行电力行业改革，改善空气质量，减少碳排放.....	21
5.1. 对现有和新建电厂实行许可证制度.....	21
5.2. 取消发电配额制度，逐步实现基于成本或市场化的电力生产.....	22
5.3. 改善空气质量，满足具体的环境质量和基于总量的要求.....	23
5.4. 能源资源规划.....	24
6. 结论.....	26

图表目录

图 1. 中国经济与电力行业增长情况.....	6
图 2. 燃煤发电容量与利用小时数增长的对比.....	8
图 3. 北欧电力交易中心 (Nord Pool) 市场.....	15
图 4. RGGI的影响：提高能效、促进更多的可再生能源发电.....	16
图 5. 区域输电组织图.....	18

致谢

感谢王轩（睿博能源智库）为本报告提供的研究协助，以及对初稿提出的建议。

同时感谢 Fredrich Kahrl 博士（Energy and Environment Economics Inc.），Rick Weston 和 Max Dupuy（睿博能源智库）为报告提供的宝贵建议和支持。

缩略词表

BACT	Best available control technology最佳可用控制技术
BAT	Best available techniques最佳可用技术
CAA	(U.S.) Clean Air Act (美国) 清洁空气法
CAEP	Chinese Academy of Environmental Planning中国环境规划研究院
CASS	Chinese Academy of Social Sciences中国社会科学院
CEMS	Continuous emissions monitoring system连续排放监测系统
CO ₂	Carbon dioxide 二氧化碳
CRAES	Chinese Research Academy of Environmental Science 中国环境科学研究院
DRC	Development and Reform Commission (provincial-level) (省级) 发展改革委员会
EIA	(U.S.) Energy Information Administration美国能源情报署
EIC	Economic and Information Technology Commission (provincial-level) (省级) 经济和信息化委员会
EPA	(U.S.) Environmental Protection Agency (美国) 环境保护署
EPB / EPD	Environmental Protection Bureaus / Departments环境保护局
ERI	Energy Research Institute能源研究所
ESPD	Energy saving power dispatch节能发电调度
ETS	Emissions trading system排放权交易系统
FERC	(U.S.) Federal Energy Regulatory Commission (美国) 联邦能源管理委员会
FGD	Flue gas desulfurization烟气脱硫
GDP	Gross domestic product国内生产总值
GHG	Greenhouse Gas温室气体
GW	Gigawatt吉瓦
INDC	Intended nationally determined contributions国家自主减排贡献
LAER	Lowest achievable emissions rate最低可达排放率
MACT	Maximum achievable control technology最大可实现控制技术
MEP	Ministry of Environmental Protection环保部
MW(h)	Megawatt(-hour)兆瓦 (小时)
NEA	National Energy Agency国家能源局
NDRC	National Development and Reform Commission国家发展改革委员会
NOX	Nitrogen oxides氮氧化物
NRC	(U.S.) Nuclear Regulatory Commission美国核管理委员会
PSR	Power sector reform电力行业改革
RAP	Regulatory Assistance Project睿博能源智库
RGGI	Regional Greenhouse Gas Initiative区域性温室气体倡议
RMB	Renminbi人民币
RTO	Regional transmission organization区域输电组织
SCR	Denitrification 选择性催化还原脱硝技术
SO ₂	Sulfur dioxide二氧化硫
TWh	Terawatt-hour太瓦时
WHO	World Health Organization世界卫生组织

1. 概述

 国“十三五”规划提出要建立电力市场，加大改善空气质量的力度等目标。然而在实现规划提出的能源和环境目标过程中，可能会导致意想不到的后果，包括污染的加剧，污染从一个地区转移到另一个地区，以及中国可再生能源和新的火电厂利用不足等问题。

欧盟和美国的监管机构在试图建立或放开电力市场，同时改善空气质量，减少温室气体排放时，也曾面临着相互矛盾的政策和监管选择。在这些地区，政策实施的成功与否，取决于如何回答以下这些问题：

- 监管机构应该如何对待新建火力发电厂？
- 监管机构应如何处理现有火电厂？
- 随着电力市场的发展，应采用哪些环境标准？

欧盟和美国在改革电力市场和改善空气质量方面持续了几十年的改进，对这些地区能源和环境原则的分析，为中国现今提供了可参考的意见。首先，必须按绝对量来考虑空气污染：即必须要坚持减排吨数。单靠强度目标不足以实现中国的目标。其次，新电厂必须要经过严格的审批程序。在超过公共健康标准的大气限域，减排的吨数必须要多于新建电厂增加的量。最后，要求现有电厂必须在规定日前达到排放标准，否则必须停止运行。

空气治理和能源监管部门之间的协同合作至关重要，这一点通过欧盟和美国的例子可以说明。在许多关键政策达成一致的过程中，监管机构应共同努力，尽量避免相互制约，如下例所示：

- 在不同地区贯彻执行统一的排放标准；
- 调整空气质量监管流程，反映电力市场的实际情况；
- 在对待分布式能源资源以及在区域电力市场中将能效及可再生能源发电作为能量及容量资源方面，达成统一的模板规则及程序；
- 在地区和国家层面建立市场化的项目，控制氮氧化物（NOX），二氧化硫（SO₂）和二氧化碳（CO₂）的排放，所有的工作都通过空气质量、能源监管机构以及电网运营商的广泛合作方式进行。

随着中国建立并扩大电力市场，进一步改善空气质量，监管机构可以学习借鉴欧洲和美国的经验与教训。要逐步形成一个竞争的零售电力行业，需要国家发展改革委员会在规划层面与包括环境保护部及其各省地市环保局在内的其他机构协调合作。独立的第三方咨询机构和审计部门需要与企业联络，参与各利益相关方的管理流程，并帮助开发和改进信息系统。

地方和省级空气质量管理监管部门将继续面临着在空气质量不达标的大气限域（Air Basin）中批准建设新的火电厂这一艰难的选择。中国的《大气污染防治法》第22条和第86条为区域合作和一致的环境标准提供了一个框架，规定了在这些大气限域暂停审批可能加重空气污染的新建项目。

能源和环境规划部门之间的建设性合作，可以确保所有电量和容量资源的平等资格，这有助于充分

利用可再生能源，鼓励化石燃料资源的有效利用，并提高对客户行为的了解。

为促进向竞争电力市场转型，并持续改善空气质量，需要对空气质量管理体系做出改变。如果在大气限域中没有相应的空气污染减排，就不能批准新建电厂。在不同的地区，现有电厂的排放标准必须保持一致。这些标准必须始终如一地贯彻执行，确保电力市场的自由化不会导致一个地区的污染转移到另一个地区，或者由于监管标准的差异，导致更多高污染发电厂的使用。规划还必须考虑并支持提高终端能效和可再生能源发电作为改善空气质量的措施。充分利用能效和可再生能源，减少多种污染物排放，降低或避免对水土资源的负面影响。2016年的《大气污染防治法》中的若干条款为空气质量管理机构参与能源规划过程提供了基础，并确保要求电力市场的所有参与者符合统一的环境标准¹。

正如马军等人²所强调的那样，到2030年，仅末端排放控制本身最多只能达到中国将PM2.5浓度降低至30 ug/m³所需的减排量的一半。中国需要结构性、市场化的调整，以确保能源与环境规划的相互结合并具有经济有效性，全面完成减排目标。

美国东北部的区域温室气体减排行动（RGGI）的例子对中国今天特别有启发意义。假如没有能源监管机构和其他专家参与到设计过程中，空气监管机构提出的RGGI项目最初的想法也许会导致不必要的市场结果。根据能源监管机构的意见：

- 促成了100%温室气体排放许可的拍卖，拍卖收入投资各州终端用户的能效和可再生能源项目，以及用于保护低收入消费者的措施；
- 考虑到受天气、资产可用性和燃料价格波动造成的发电量变化，采用了为期三年（而非一年）的达标期；
- 项目中不包含小型、应急发电机组；
- 鼓励各州预留一部分温室气体排放许可用于新建高效电厂。

这些特殊的设计保证了RGGI最大限度地减少二氧化碳排放，同时降低项目成本，而且这样的做法有利于鼓励创新，提高电力部门的经济效率。由于环境监管机构对电力行业的经济和运营了解甚少，假如没有得到能源监管机构 and 行业利益相关方的帮助，就不可能实现这一目标。

本文介绍了来自欧洲和美国的更多案例分析，说明能源和环境监管机构如何应对类似今天中国政策制定者和监管机构所面临的挑战。从这些经验中汲取教训，对今天的中国可能大有益处。本文还讨论了实现中国空气质量和电力行业改革目标的风险，例如各地执行不均，孤立的责任制度阻碍成功，电力行业改革可能引起空气质量恶化，以及依赖给企业和消费者带来高成本的空气质量治理措施等。最后部分提出了有助于改善空气质量的电力行业改革政策。

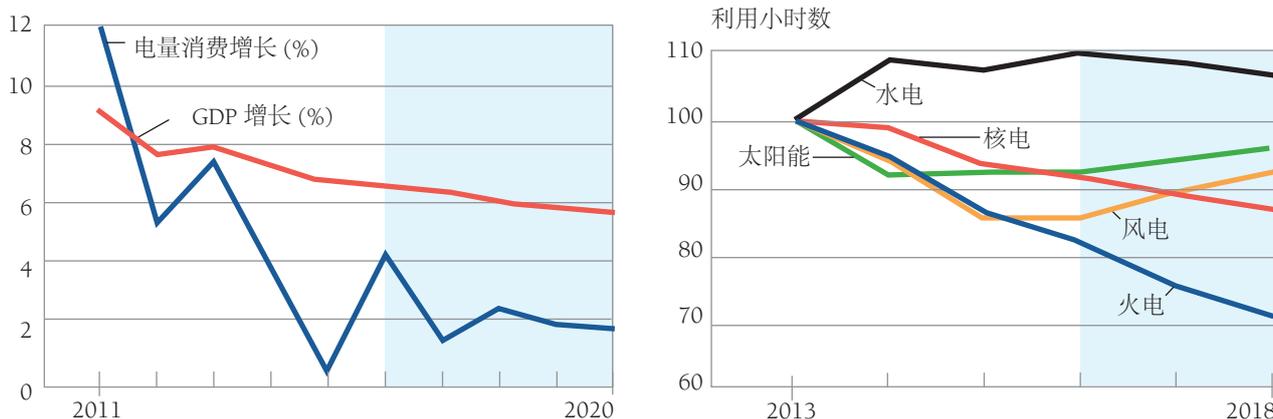
1. 几个法律条文与本讨论有关。第22条授权机构暂停批准对污染超标的大气限域的环境影响评估（EIA）。第32条要求多个机构共同努力，重新构建能源消费结构。第42条要求电网运营商首先调度最清洁能源。第86条要求在区域基础上进行联合污染预防和控制。《大气污染防治法》的英文翻译可从下列网站检索：<http://en.cleanairchina.org/product/7332.html>

2. Ma Jun.(2017). The Economics of Air Pollution in China: Achieving Better and Cleaner Growth. New York: Columbia University Press. 马军的文献综述大量引述了十多年来的工作，强调了他的观点，即能源重组对于实现空气质量目标至关重要。

2. 现行政策和法规：环境与能源领域的最新进展

2010年以来，中国在减少大气污染方面投入了空前的资源，空气和环境立法得到全面加强。中国实行了更严厉的燃煤发电厂排放标准，执法力度进一步加强，希望燃煤发电厂的排放达到与天然气发电厂相同的标准³。中国要求各省政府和300多个市、县级环保部门制定并实施空气质量管理计划⁴。尽管各地取得的成效不一，但这些计划提出的措施为2013年以来PM2.5浓度下降做出了贡献，中国有74个重点城市的主要污染物年平均值有所下降⁵。北京PM2.5浓度已经从2013年的89.3ug / m³下降到2016年的73ug / m³⁶。深圳是第一个达到世界卫生组织（WHO）第一阶段35ug / m³中期目标的城市，到2020年将达到世界卫生组织的第二阶段中期目标25ug / m³⁷。深圳也是113个重点城市中第一个达到中国一级PM2.5标准的城市⁸。

图 1. 中国经济与电力行业增长情况



Source: South China Morning Post, using data from National Bureau of Statistics, National Energy Administration, China Electricity Council, and Daiwa Capital Markets

- Zhao, L., James, C., & Seligsohn, D. (2012). China Adopts World Class Pollutant Emission Standards for Power Plants (中国采用世界级电厂污染排放标准). Retrieved from http://www.chinafaqs.org/files/chinainfo/China%20FAQs%20Emission%20Standards%20v1.4_0.pdf (2012 standards), and Asia Society. (2016). A Clear Opportunity: U.S.-China Collaboration on Clean Air. Retrieved from <http://asiasociety.org/files/LKG-CleanAirReport-Full-Web.pdf> (Table 3, page 32)
- 有113个重点城市，338个或341个重点市县级机构（包括113个重点城市）。世界银行2007年的一份报告援引了341个重点市县，而中国一些研究人员一般都采用338这个数字。为避免混淆，本文使用“超过300市县”的说法。
- Clean Air Asia. (2016). China Air 2016: Air Pollution Prevention and Control Progress in Chinese Cities. Retrieved from <http://cleanairasia.org/china-air-2016/>
- Zhang, C. (2017, January 25). Can China Meet Its 2017 Air Quality Goals? China Dialogue, citing data from the Beijing Environmental Protection Bureau. Retrieved from <https://www.chinadialogue.net/article/show/single/en/9574-Can-China-meet-its-2-17-air-quality-goals-?>
- Clean Air Alliance of China. (2016, April 20). Shenzhen Aims for WHO-II PM2.5 Standard. Retrieved from <http://en.cleanairchina.org/product/7658.html>
- Clean Air Alliance of China. (2015). China Air Quality Assessment Report. Retrieved from en.cleanairchina.org/file/loadFile/96.html

中央政府一贯的政策强调，要对能源产业进行重组，以减少空气污染和温室气体排放⁹。目前中国国内生产总值（GDP）的主要贡献来自高附加值的制造业和服务业，而较少来自钢铁和水泥等第一产业部门。中国15年来承诺降低单位国内生产总值的能源强度，促使第一产业的电力增长趋于平缓，2015年和2016年电力总体增长率为每年1%左右。

仅靠经济政策还不能实现中国的环境目标，这些经济政策过去几年里得到了切实的环境和能源政策法规的补充。这一领域的关键举措体现了中国政府对全面空气质量的郑重承诺：

- 2010年：国务院指导意见要求制定区域空气质量管理计划；
- 2012年：制定了新建和现有电厂的氮氧化物，二氧化硫和汞排放标准；
- 2013年：国务院“大气十条”，建立在跨部门合作的基础上，规定了具体的PM2.5，NO_x，SO₂减排指标，提出到2017年北京PM2.5要达到60 ug / m³的大气指标；
- 2015年：修订和加强的环境法生效，增加了环境保护部的处罚权；
- 2016年：修订和加强的《大气污染防治法》生效，扩大了环保部管理空气质量的权限。

虽然这些空气质量政策和法规实行时间不长，但评估表明，取得的效益开始显现。除了降低PM2.5浓度外，工业和电力行业的氮氧化物和二氧化硫排放量也在持续下降。

过去几年，国家发改委和国家能源局（NEA）也采取了稳健的政策和法规：

- 2006年：发电权交易首先在江苏试点，随后扩大到其他省份。该政策允许更高效火电厂从效率较低的电厂购买发电调度权利¹⁰；
- 2007年：发布了优先调度政策，其中高效低排放的电厂将比低效高排放的电厂具有优先调度权；
- 2007年：国家发改委要求电网公司全额收购可再生能源发电；
- 2015年：国家发改委9号文件和518号文件发布，勾画了最低排放电厂可以最多运行的愿景，并启动可再生能源发电交易制度。

同样在2015年，国务院和中共中央还启动了新一轮电力体制改革，提出了包括“节能减排”的“基本原则”¹¹。

这些持续一贯的政策和监管工作使中国在风能和太阳能领域，以及在建设最高效火电厂方面处于世界领先。截至2016年底，中国拥有风能148.6吉瓦（比2015年增加了18.7GW），太阳能发电装机容量77.4吉瓦（比2015年增加了34.6GW）¹²。中国新建火电厂的热效率高达45%，中国已经完成了对现有燃煤电厂的升级改造，平均热效率提高到37.2%（全球平均水平为33%）¹³。

9. 例如，Li, K. (2014, March). War on Air Pollution. Retrieved from <http://www.reuters.com/article/us-china-parliament-pollution-idUSBREA2405W20140305>. 能源重组的双重效益也改善了水质量，减少了废弃物排放，降低了对土壤的影响。

10. 这项政策在促进关闭大约100吉瓦的小型，老旧和特别低效的发电设施方面发挥了很好的作用，但是它没有有效地支持转向更经济高效的发电。

11. 国家发展和改革委员会. (2015). 关于改善电力运行调节促进清洁能源多发满发的指导意见. 摘自 http://www.gov.cn/xinwen/2015-03/23/content_2837637.htm

12. 详见中国电力企业联合会：<http://www.cec.org.cn/guihuayutongji/tongjixinxi/niandushuju/2017-01-20/164007.html>

13. Burnard, K., & Jiang, J. (2014). International Energy Agency, et al. Emissions Reduction Through Upgrades of Coal-Fired Power Plants: Learning From Chinese Experience. Retrieved from <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/PartnerCountrySeries-EmissionsReductionthroughUpgradeofCoalFiredPowerPlants.pdf>

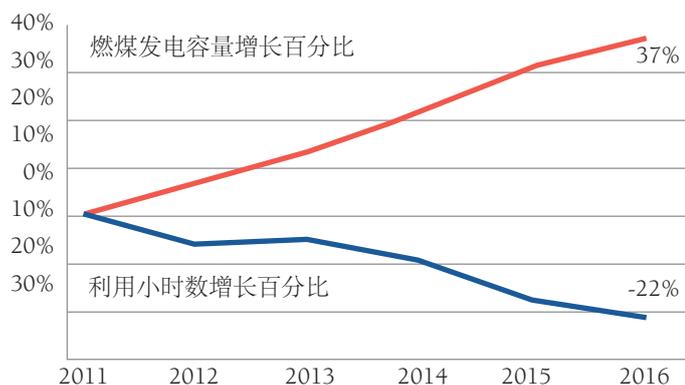
3. 实现能源与环境目标存在的风险：各地实施不平衡，缺乏部门之间的协调

最近的法律和政策鼓励和要求能源规划的协调¹⁴，鼓励能源与环境政策同步统一，这些要求得到了高层政府部门的承诺和支持。然而，实施情况并不平衡：能源和环保人员的确进行了沟通，但他们仍然在自己的政策和实施的“孤岛”中运作，没有整合其他学科的原则，这些原则有助于实现各种目标，而不会对另外一方施加额外的限制。例如，颁发给发电厂的新环境许可证没有要求实施能源管理系统或技术来改善能耗，虽然这些政策被纳入修订后的《大气污染防治法》第32条和第42条。

执法力度不均，短时间内对某一地区的某些工厂给予广泛的关注，而其他地区却悄无声息¹⁵。严重污染事件会导致临时的工厂停工，机场关闭，限制汽车的行驶，但在一阵大风吹过来降低了污染水平之后，这些短期的禁令就被消除了。同样，为了创造出蓝天白云，数十亿人民币已经花费在例如2008年北京奥运会或亚太经济合作论坛等重大活动上，一旦活动结束后，污染水平一定会再次升高，工业产能也会再恢复上马。中国在这些登上全球舞台的大型事件期间减少污染事件的能力表明，实现清洁空气是可能的，但为实现这些短期成果而取得的污染减排水平必须要一年一年地坚持下去。

中国多年来一直有优先调度可再生能源和清洁发电的政策，但是2016年几个月中太阳能和风能的弃电率却高达43%，而2016年全年的弃水率为5.6%。甘肃和内蒙古等北部和西北部省份的太阳能和风

图 2. 燃煤发电容量与利用小时数增长的对比



Source: Center for American Progress with data from 2011-2016 China Electricity Council annual reports.

14. 例如，大气污染防治法要求实行清洁能源和绿色调度。国家发改委9号文件要求电力部门的改革要综合考虑环境效益。

15. 最近的证据表明，特别要注意环境执法工作。环保部近日强烈批评京津冀未能采取严肃措施来减少空气污染。请参见：<http://www.scmp.com/news/china/economy/article/2104793/chinas-environment-watchdog-reads-riot-act-megacity-over-litany>。另一方面，某些工业设施的第三方检查结果反映出，公司不希望审计人员发现太多的污染，因为这将会被举报，甚至可能受到惩罚(私人通讯，TonnyXie，中国清洁空气联盟主任，2017年8月1日)。

能弃电率最高¹⁶。虽然很难找到弃水率的可靠数据，但有消息报道，云南在2016年弃水电量为40太瓦时（TWh）¹⁷，当年各省共弃水电70太瓦时¹⁸。2016年云南弃水电量几乎与前五年（2011 - 2015年“十二五”期间总弃水电量41太瓦时）基本持平¹⁹。2011年以来，中国的燃煤电厂装机容量增加了37%，平均发电运行小时却同比下降了20%。

中国新修订的《大气污染防治法》要求，各地的空气质量计划中应纳入清洁能源措施，但这些计划还是强调末端治理，而非更全面的措施。用有限的资源和较大的压力完成与个人业绩相关的目标，一旦制定和运用了某种方法，各部门往往会照搬同样的模板。下面的例子突出说明了空气质量和能源政策、法规的实施方式可能会导致不一致，甚至相互冲突的情况。

3.1 空气质量

虽然2010年的指导意见要求各地区协调空气质量规划，但京津冀各省都向环境保护部门提交了各自的空气质量管理计划，并未与其他省进行讨论²⁰。2013年国务院提出的“大气十条”部分弥补了这一缺陷，要求严格执行指导意见，通过出台资源密集的京津冀空气质量计划强制开展合作，除了原来的京津冀外，规划还新增加了三个省：山西、山东和内蒙古。然而，京津冀空气质量计划尚未考虑通过清洁能源资源和完善电力调度可能带来的空气质量效益，而这两项工作都在修订后的《大气污染防治法》中均有提及（分别为第32条和第42条）。

这里所讲的政策法规都鼓励并要求将能源政策纳入空气质量管理计划。然而，空气质量监管部门的默认选择仍然是通过末端措施以减少空气和水污染。发电厂排放控制设备采用成熟有效的技术，可以对污染物排放进行不间断监测，以确保达标。但是这些末端治理技术对火力发电厂造成1%到3%的寄生负载，从而增加了电厂的温室气体排放。锅炉和污染控制设备的灰分也需要适当的收集和处理。

在例如北京2008年奥运会，上海2010年世博会，南京2014青年奥运会等活动盛世，以及亚太经合组织领导人峰会（APEC2012）这样的全球经济会议期间，利用直接的措施在短期内改善空气质量已经成为了一种默认的做法。每一次这种会议都给企业和公众带来严重的干扰，耗资数十亿人民币，每次活动结束后又看到了空气污染的反弹。通过扩散模型，我们已经了解了实现蓝天所需的污染减排量²¹。只有通过立法，实施统一的政策法规，才能避免这些昂贵的短期干预措施。如果市县要取得长远的进展，他们的清洁空气计划就必须考虑增加的可再生能源发电，零排放的水电和核电，并网的储能和交通电气化，并考虑终端用户能效项目的所有节能潜力。

16. 弃风率资料见http://www.nea.gov.cn/2017-01/26/c_136014615.htm；（西北地区）弃光率资料见http://www.nea.gov.cn/2017-01/19/c_135996630.htm

17. 详见：http://www.cnenergy.org/dl/sd/201701/t20170113_411387.html

18. 2016年中国弃水电70太瓦时（弃水率为5.6%）。详见<http://news.bjx.com.cn/html/20170314/813747.shtml>

19. 详见：<http://www.hydropower.org.cn/showNewsDetail.asp?nsId=20562>

20. 向环境规划研究院了解的情况。

21. 据当时中国社会科学院，现任RIT国际顾问的Wang Zhifa的个人交流（2011），在北京奥运期间，每天削减了200吨的PM10排放。

3.2 电力行业

从2006年到2015年，中国共关停了共100吉瓦装机容量在200兆瓦以下的低效电厂，火电厂装机容量从391吉瓦增加到916吉瓦²²。这个增长率最初与耗电量同步，每年增长10%甚至更多。近期，第一第二产业的电力增长速度都已经放缓，而居民电力增长率保持强劲。2016年，第一产业的用电增长率为5.3%，第二产业增长率为2.9%，重工业增长率为2.6%，第三产业增长率为11.2%，居民增长率为10.8%²³。第二产业和第三产业的单位国内生产总值所使用的燃料消耗少于第一产业，虽然DGP增长了7个百分点，但2014年和2015年煤炭消费总体上有所下降。中国已经将经济增长与能源消费分离开来，但中国继续投资火电厂基础设施，而这越来越不合时宜了。

中国的火力发电厂不按照经济调度，而是按一种发电配额制度给每个电厂规定年度发电运行小时数。中国经济的结构性调整意味着，最近增加的很多火电装机容量并无必要。能源消耗与经济增长脱钩导致每个火电厂的平均运行小时数从2004年的5,991小时减少到2014年的4,706小时，2016年利用率下降到约4,000小时，新增容量大幅增加，各行业用电量增速均有所下降。这种利用率的下降影响了许多火电厂的经济效益，好几个省份的发电厂根本无法收回投资成本²⁴。

导致近期电厂运行小时数急速下降的另一个因素是，2015年新电厂许可证审批权限从中央下放到地方当局，这给地方政府增加GDP创造了机会，因为即使电厂不运行或只运行很少小时，建设项目的价值算在当地经济发展。随着电力需求的增长下滑，这些地方政府的批准导致了一种反常的“公地悲剧”现象，越来越多的火电厂获得了审批，他们竞争着越来越少的发电小时数。预计2015和2016年共有200吉瓦的新电厂获得批准建设²⁵，但国家能源局在2016年底取消了约30GW这类电厂的核准²⁶，2017年可能有多达120GW规划的和正在建设的电厂将被取消²⁷。

22. Herve-Mangucci, M., et al, Climate Policy Initiative. (2015, December). Slowing the Growth of Coal Power in China: The Role of Finance in State-Owned Enterprises. Retrieved from <http://climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2015/12/Slowing-the-Growth-of-Coal-Power-in-China---the-Role-of-Finance-in-State-Owned-Enterprises.pdf>

23. China Energy Portal. (2016). Detailed Electricity Statistics. Retrieved from <http://chinaenergyportal.org/en/2016-detailed-electricity-statistics/>.

24. North China Electric Power University. (2016). Study on Economics of Coal-Fired Power Generation Projects in China. Retrieved from <http://www.greenpeace.org/eastasia/Global/eastasia/publications/reports/climate-energy/2016/Study%20on%20Economics%20of%20Coal-fired%20Power%20Generation%20Projects%20in%20China%20Report.pdf>

25. China Building 200 GW of Coal-fired Power Despite Capacity Glut. Retrieved from <http://www.reuters.com/article/us-china-power-coal-idUSKCN0ZT09B>

26. 国家能源局(2016,10月10日).关于进一步调控煤电规划建设的通知，请参见：<http://news.bjx.com.cn/html/20161016/780696.shtml>

27. 目前还不清楚，这120吉瓦是否是在已经关停了30吉瓦外。本文按保守解读两个通知，关于这120GW的相关文件可参见：<http://energydesk.greenpeace.org/2017/01/16/china-coal-power-overcapacity-crackdown/>

从2006年到2016年，中国的“万家企业节能低碳行动实施方案”作为“十二五”规划的一项重大举措，要求全国重点工业企业节能减排，节约了煤炭消耗量3亿吨。最近对其中的十几个项目的分析表明²⁸，企业还有更大的节能潜力。尽管一些空气质量计划考虑了节能措施，但政策制定部门并没有分析这些措施对空气质量可能产生的潜在影响。如果与美国的各州和地区相比，中国要求电网公司实现年售电量0.3%的节能减排义务，就只能在美國的54个州排名第37，美国有17个州节能量大于或等于年售电量的1%²⁹。在加利福尼亚州和英国等地区，三分之一的空气质量改善成果要归功于能效项目的实施。如果空气质量和能源规划部门之间实现更好的协调，能效项目对中国空气质量改善的贡献会更加显著。

3.3 讨论

如前所述，中国的综合性空气质量和能源政策法规为实现清洁空气和经济可靠的能源供应奠定了坚实基础，但这需要协调统一的政策实施，需要各机构各地区落实统一的目标。前面提到了政策和监管方面的每一个成功实例，也提到了阻碍改善空气质量和电力行业改革工作的失败之处。在空气质量监管方面，企业在建造或扩建时并没有要求他们安装最佳可用的控制措施，也没有要求他们应用最佳可用的技术。在电力部门，由于中国不断建设新的火力发电厂，风力发电和太阳能发电的产能没有得到充分利用。2004年以来，由于电力增长放缓，从第一产业（如钢铁和水泥）到服务业以及高附加值制造业进行的经济转型，导致这些产业的单位GDP所消耗的燃料或电力更少，所有火电厂的容量系数下降了近33%。

即便电改不是当前的重点工作，但解决目前的火电产能过剩也需要能源和环保部门明确各自的角色和责任。电力行业政策和监管的所有要素，包括规划，市场结构，定价，投资和运营，都必须设计以最低成本满足这些目标，并受到可靠性的约束。

28. James, C., Taylor, B., & Junchao, G. (2016). 将工业能效措施纳入空气质量管理规划，详见：<http://www.raponline.org/wp-content/uploads/2016/05/rap-james-taylor-industrialefficiencyasairqualitystrategy-cn-2015-nov.pdf>

29. ACEEE. (2016). Scorecard of Energy Efficiency Programs, at p 28. Retrieved from <http://aceee.org/sites/default/files/publications/researchreports/u1606.pdf>

4. 电力行业改革与空气质量管理的全球经验及中国实践

很多国家和地区都面临着治理影响健康的高污染和改革电力行业政策的需要。中国可以充分借鉴欧洲和美国的经验，这两地都出现过一些管理机构之间缺乏协调的问题，曾经一度带来额外的成本或环境的影响。本节提供的例子表明了这些机构如何达到合作状态，并提供了警示性的建议。

4.1 如何让空气质量和能源监管机构共同参与，保证电力供应的可靠性，实现空气质量达标

地区：美国东北地区

涉及机构：各州空气质量和能源监管部门，区域电网运营商，美国环保署东北局以及环保总署

情况说明：1995年春季，美国联邦核管理委员会（NRC）将位于康涅狄格州的所有核反应堆置于“观察清单”，针对安全问题，要求关停这些核电厂。当时，这些核反应堆为康涅狄格州提供50%以上的电力，该州还将剩余发电量输出到邻近的州。由于关停，该州面临着3000兆瓦的电力缺口，而且离夏季开始前仅有几个星期，马上出现的住宅和商用空调负荷，将使用电需求大幅增加。

NRC的“观察清单”出现的时间比较敏感，因为在夏季，东北地区各州的空气质量都比较差。康涅狄格州被美国环保局认定为空气中存在严重不健康的臭氧水平，毗邻各州也存在臭氧浓度过高的状况。而核能发电不排放造成臭氧或微颗粒物含量过高的污染物，如NO_x或SO₂。

最初，该地区的能源监管机构和电网运营商提出，在康涅狄格州周围建设一批柴油发电机组，以弥补3000兆瓦装机容量缺口。部分方案是在船上安装柴油发电机，这些船与康涅狄格州沿岸不同地点的电网相连。

康涅狄格州及其邻近各州的空气质量监管机构都反对这一提议，因为柴油发电机每兆瓦时（MWh）的氮氧化物排放量非常高，在本已超过联邦空气质量标准的大气限域中再增加氮氧化物排放，会导致康涅狄格州的臭氧浓度上升，而这些增加的污染物会被顺风吹到其他州，导致邻州也会遭遇空气污染。

应空气监管机构的要求，召开了若干次地区会议，商讨制定解决电力危机的方案。离夏季到来只有几个星期了，温度升到了30到35摄氏度之间，湿度很高，这将导致居民和企业打开空调。有关各州的空气监管部门、能源监管机构、地区电网运营商和供电公司每周举行见面会，几乎每天召开电话会议。地方环保署办公室和环保总署密切关注着这些会议，通报任何可能需要修改政策法规的解决方案，并对任何可能影响公共健康的加大污染物排放量的可能性进行评估。

这些多方讨论达成了一项解决方案，有2个关键内容：

- 康涅狄格州附近的各州增加天然气发电；

- 电力公司必须采取办法抵消由于使用临时化石燃料发电机组可能产生的额外排放³⁰。

1995年和1996年夏天，该地区电网运行稳定，只有一次使用了临时发电机组，需要电力公司抵消额外排放。

经验教训：与该案例同等重要的一点是，它表明了空气质量和能源监管机构如何协同工作，以不增加排放量的方式快速处理电力应急方案，长远的经验是，该地区的各监管部门之间建立了信任和持久的关系，这些机构继续积极合作，成为其他地区和国家层面监管沟通与合作的典范。他们解决的具体问题包括：

- 电力监管重组，发展区域市场；
- 为分布式能源制定监管模式，用于基于绩效的排放标准；
- 与地区电网运营商合作，修订标准，确保被调度的发电资源符合环保要求；
- 在美国制定了首个温室气体监管计划；
- 与区域电网运营商合作，首先确定将能效与分布式可再生能源发电作为资源，然后达成一致，

对所有提供电量或容量的资源运用统一的测量和验证标准。

4.2 在空气污染严重的大气限域，如何严控新建电厂的许可核准，如何对现有的电厂进行监管

地区：美国和欧盟

涉及机构：国家环保机构，地方或州级环境和能源机构

具体情况：美国和欧盟有两种不同的方法审批新建化石燃料发电厂，并管理现有电厂的排放。美国监管的重点是每个排放点，而欧盟的监管涵盖整个电厂，并考虑水和废弃物排放以及电厂的能源消耗。

美国的所有新建（或扩建）电厂都要求至少1:1的比例来抵消任何增加的排放量（意思是说，如果某个电厂提出增加100吨排放量，就必须在别的地方减少同样100吨排放量）。这些排放也受到最佳可用控制技术（BACT）和最低可实现排放率（LAER）的限制。BACT适用于空气质量达到公共卫生标准的大气限域污染物，要求采用“最佳”的排放控制，同时考虑能源，经济和环境等因素。LAER适用于大气限域超过公共卫生标准，需要“最佳”排放控制和期限，但不考虑其他因素。所有新建或改建的电厂都必须符合BACT和LAER的要求，并确保抵消必须的排放，之后才能批准开工建设。

欧盟要求电厂应用最佳可用技术（BAT）。对于空气质量而言，BAT与美国的BACT类似，但为各成员国提供了一系列的排放标准，以适应本国情况。为每个成员国制定排放上限（类似中国排放总量控制的概念），通常不需要抵消新增排放量（虽然有些地方可能要求）。无法达到或不能达到最佳可用技术

30.康涅狄格州的空气质量超过了美国环保署公共卫生标准。来自燃烧源（如发电厂）的NOX是臭氧形成的前驱物。康涅狄格州要求任何增加NOX排放量的企业通过在排放市场购买配额、在企业本身安装额外的排放控制设备、或支付在同一个空气流域的另一个位置安装排放控制设备的费用，来抵消这种排放。抵消的排放量必须大于可能增加的排放量，从而为拟议的活动带来净空气质量效益。

的电厂可能会在两三年内继续运行若干小时，然后要么必须符合排放限额，要么关闭。

经验教训：美国的制度是高度规范性和技术性的。欧盟制度也强调技术，但是考虑到电厂的整个运作，成员国在根据当地条件采取特定的环境限额方面有一定的灵活性。对美国制度的批评指出，重点管理具体排放点和新电厂，让许多老旧电厂的运行超过了预期寿命（尽管近年来由于天然气，风能和太阳能的竞争，以及实施能效，有几十吉瓦的老旧电厂已经关闭）。对欧盟的批评系统性地指向中欧和东欧成员国多年来推迟采用新的排放标准，这些电厂的排放造成了这些地区的空气质量不佳。

欧盟对整个企业实行许可证制度值得中国考虑，因为这样可以使监管机构关注空气质量外，还把重点放在对水体和土壤的污染（这也是中国面临的严重问题）。美国的“最佳”排放控制应该适用于任何地方，无论经济状况如何，这也值得中国考虑，因为公共健康的影响不以经济阶层来区分。

4.3 电力行业改革

地区：欧洲

涉及机构：各成员国能源监管部门，化石燃料发电厂的所有者和运营商

情况说明：欧盟的燃煤电厂严重过剩，某些成员国的备用容量高达80%³¹。可再生能源和能效投资多年来一直持续不断，旨在提供电力的资源多元化，并助力实现欧盟降低温室气体和主要污染物排放的目标。这样一来，发电机组每年运行的时间减少了。现有电厂所有者和运营商正在积极倡导建立容量市场，以便获得有保证的资金来源，改善财务状况。欧盟2030年的一揽子立法包括对可再生能源，能效，建筑节能，排放交易体系改革的持续承诺，以及建立单一电量市场。

经验教训：欧盟的工作正在进行中，值得关注。目前的发电厂面临着亏损，希望通过收取容量费来避免完全关停。然而，可再生能源的普及和持续发展，以及成本优势都表明，在欧洲建立一个容量市场将会增加消费者和企业的成本，不利于实现欧盟的环境目标³²。

4.4 可再生能源弃电与扩大平衡区

地区：北欧国家，欧洲

涉及的机构：欧盟委员会（能源局），输电系统运营商

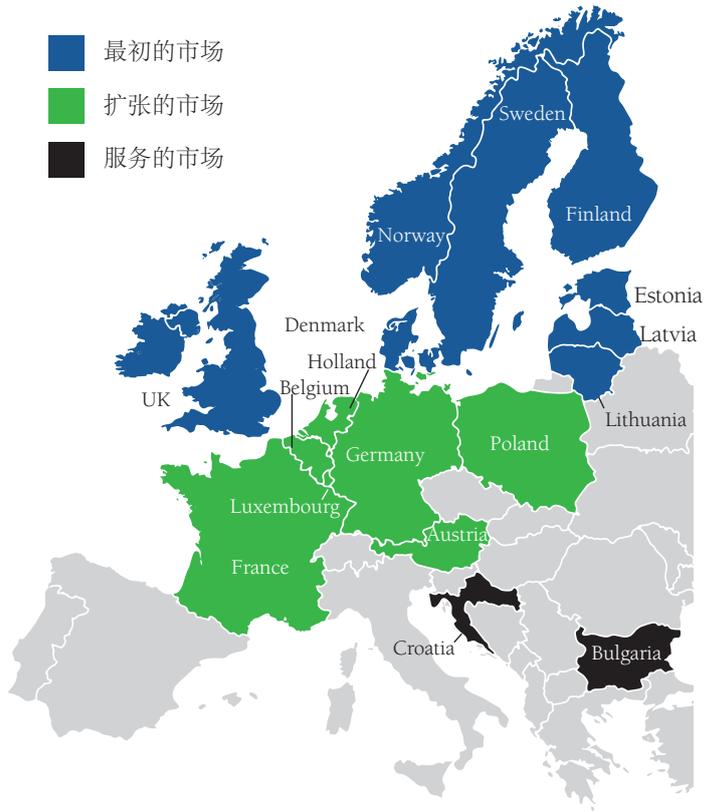
情况说明：欧洲的能源平衡区传统上是由每个成员国的边界来划定的，主要出于国家安全的考虑。每个成员国都有自己的国家电力公司。出于对自由贸易的考虑，欧盟委员会将平衡区扩大到固定的国界以外。斯堪的纳维亚半岛的北欧电力交易中心（Nord Pool）允许输电系统运营商可以借助邻国的资源来提高电力系统的可靠性。例如，丹麦可以借助挪威的水电资源在低风力发电时期保证供电。同样，挪威（以及现在的德国北部）也可以依靠丹麦的风电资源来帮助满足这些国家的可靠性要求，并协助降低整体能源成本。

Nord Pool提供服务的国家，会完成定期的资源评估，并将邻国的资源用来提高可靠性、满足需求和应

31. Richard Cowart, 睿博能源智库欧洲项目主任（私人通讯，2016年12月8日）。

32. 同上。

图 3. 北欧电力交易中心 (Nord Pool) 市场



急响应。Nord Pool现已扩展到斯堪的纳维亚半岛之外，成为15个欧盟成员国的指定电力市场运营商³³。欧盟的目标是，有10%的电力销售由多个成员国之间互连发电厂提供。欧盟委员会拨出了一笔经费，专门用来资助“公共利益的项目”，即有利于多个成员国的项目，包括扩建输电工程。

经验教训：更大的平衡区域让能源和输电规划部门更加高效且经济地利用资源。如果Nord Pool成员国继续按照国家边界进行资源规划和管理需求，那么在用电高峰期，一旦突然失去一个关键机组，或者遇上恶劣天气条件（极端高温或低温，强风）的情况下，就要使用高成本机组（小火电厂或柴油发电机组），假若没有其它可用的机组来满足需求，整个系统就可能瘫痪。这些国家的环境目标也更容易通过更大的平衡区得到满足，在高峰需求的情况下，可以充分利用风电资源，Nord Pool成员国可以调动更清洁的发电资源（例如来自挪威的水电），而不是被迫运行几乎没有排放控制的小型机组，而且这些机组可能分布在人口密集的城市地区。2013年10月28日，得益于Nord Pool扩大的平衡区，丹麦在遭遇意外飓风期间仍保证了电力供应³⁴。

33. 奥地利，比利时，丹麦，爱沙尼亚，芬兰，法国，德国，英国，爱尔兰，拉脱维亚，立陶宛，卢森堡，荷兰，波兰和瑞典。

34. “Powerfully Balanced: How to Integrate Renewables into an Energy System While Keeping Lights On.” Foresight Magazine, Summer/Autumn 2016, pp. 18–23.

4.5 区域温室气体减排行动 (RGGI)

地区：美国东北地区9个州

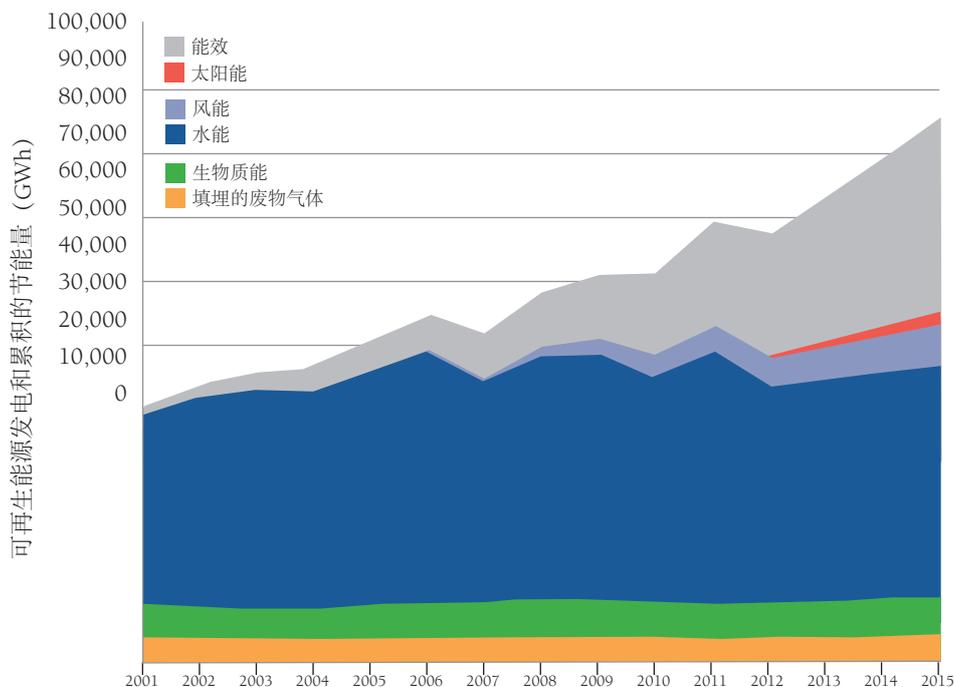
参与机构：各州环境以及能源监管机构。每年大约召开四次公开会议，由各州推选和资助的独立人士进行协调。参会者包括联邦机构（联邦能源管理委员会，环保署和能源部），环保组织（自然资源保护委员会，环境保护基金会），电力公司（负荷服务商和发电企业），以及顾问等。

情况说明：RGGI是美国东北部9个州的环境和能源监管机构之间的一项合作项目。最初的环境重点来自酸雨项目的成功实施，这是一项SO₂和NO_x的排放交易项目。关注的排放源对于酸雨项目和RGGI都是一样的，为大于25MW的发电厂。二氧化碳的末端控制既不成熟，费用也高，换成不同类型的煤或天然气本身并不足以让整个项目达标。这就意味着排放达标的成本会转嫁给消费者承担。包括RGGI地区的能源监管机构在谈话中透露，提高能效可能是一个最低成本的达标选项。

此外，根据德国和英国对本国电力部门的审计报告，RGGI能源和环境监管机构认识到，不管RGGI是否对碳排放进行定价，受影响的碳排放源的确为碳排放赋予了价值，而且在RGGI区域电力市场上发电机组每小时竞价中可以表现出来。通过碳价格获得价值，而不必承担配额成本，受影响的发电厂在该项目下实际上会增加盈利能力，这确实是欧洲发生的情况。

预计RGGI会在没有采取额外政策行动的情况下重复欧洲的经验，RGGI环境和能源监管机构同意拍卖全部100%的二氧化碳排放配额，利用大部分拍卖收益投资于新的能效和可再生能源项目，并补贴低收入消费者。RGGI拍卖配额的决定避免了欧盟审计时出现的英国发电厂获得高达10亿美元意外收益的

图 4. RGGI的影响：提高能效、促进更多的可再生能源发电



Source: Acadia Center, Regional Greenhouse Gas Initiative Status Report Part I: Measuring Success

情况，并给出了一种低成本完成二氧化碳减排目标的途径³⁵。

经验教训：假如没有能源和环境监管机构之间的合作和持续对话，就不会有拍卖所有二氧化碳配额和回收拍卖收入的决定，这就会导致收入流向发电厂和负荷服务商，而消费者能得到的利益很少。拍卖配额，将大部分拍卖收入用于州级能效项目、可再生能源或低收入群体，为这些项目提供多元化的资金支持，给配额价格带来了下行压力，实现了多重能源效益，并加大了RGGI的二氧化碳减排力度，因为节能和可再生能源投资也会减少排放。迄今为止RGGI拍卖已获得了近27亿美元的拍卖收入³⁶。

4.6 联邦政府改组电力行业的政策；改善区域空气质量的联邦法规

地区：美国

涉及机构：联邦能源管理委员会，环保署，区域输电运行商，州立公共服务委员会，州立环境监管机构

情况说明：从二十世纪七十年代后期开始，美国开始对主要经济产业放开监管，认为竞争能够鼓励形成市场，增加消费者的选择，并且更具成本效益。放开监管从航空业开始，直至20世纪90年代。1996年，联邦能源管理委员会发布了888号令，鼓励电力销售的批发竞争。在美国东北部、大西洋中部和五大湖地区人口密集的16个州，以及德克萨斯州，加利福尼亚州和俄勒冈州都实施了888号令，将电力公司从垂直一体化模式转变为多环节模式，由不同的实体负责发电、输电和配电。在此期间还组建了几个区域输电组织，以提供统一的平台在几个州之间输送电力。电力系统主要组成部分的分拆是建立在放开批发竞争会增加用户选择、降低成本这一认识的基础上。在美国，联邦能源管理委员会负责对电力系统相关的州际和批发市场交易的监管。

联邦能源管理委员会的行动是同时进行的，最初与环保署实施的、经过大幅度修订和加强的1990年《清洁空气法》（CAA）修正案所采取的行动并没有协调。空气污染并不受地理边界的限制。科技进步和改进的模拟技术使得东部各州能够证明，他们为达到空气质量标准所作的努力受到上风向燃煤发电厂输送污染的破坏。有了这些证据，几个下风州利用了1990年的CAA的关键条款之一，并成功请求环保署制定一个地区性的基于市场的计划，以减少电厂的氮氧化物和二氧化硫排放量。这项计划从1998年开始作为州一级的项目，2003年得到进一步扩大并由环保署领导。

各州环境监管机构担心，随着电力市场的建立，电力公司的重组可能会增加排放。他们的想法是，没有排放控制的火电厂会竞价更低的边际成本，从而被更多地调度，进一步影响下风州降低污染的能力。

联邦能源管理委员会888号令的重点是竞争性开放接入批发市场，建立了几个区域输电组织（RTO，也称为电网运营商），特别是ISO-NE（覆盖新英格兰六个州）和PJM（覆盖宾夕法尼亚州，新

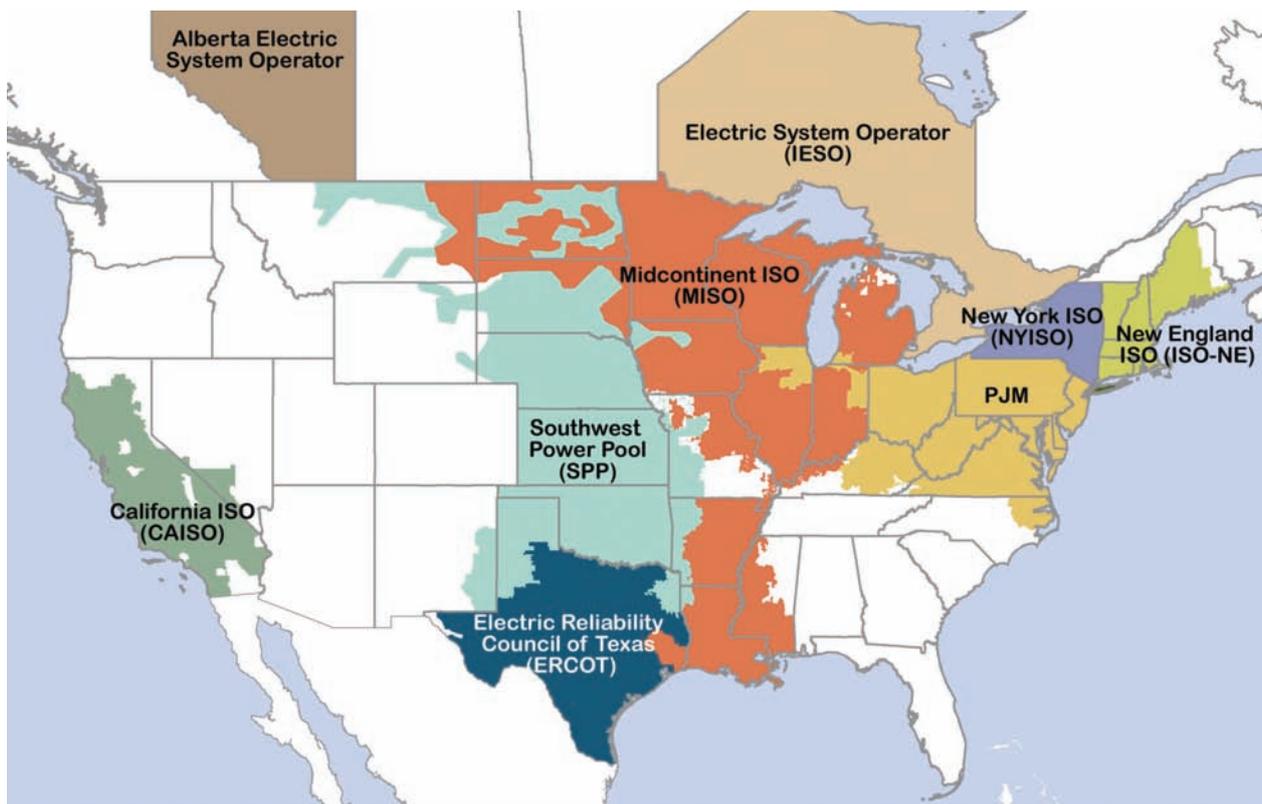
35. Select Committee on Environmental Audit, Report to U.K. Parliament (2004) on the E.U. Emissions Trading System (articles 33–35).

Note that some groups estimated even higher windfall profits. Retrieved from <https://publications.parliament.uk/pa/cm200405/cmselect/cmenvaud/105/10506.htm>. German auditors also found evidence of windfall profits.

36. RGGI, Inc. (2016). Summary of RGGI Benefits. Retrieved from https://www.rggi.org/rggi_benefits; link to summary report at this web site.

泽西州和马里兰州，但现在覆盖从新泽西州到伊利诺伊州），以及MISO（北美平原上15个州以及加拿大曼尼托巴省）。RTO是独立的非政府组织，负责管理电网，确保首先调度成本最低的电力资源，并保证达到可靠性标准。环境监管机构在起初与RTO进行的合作，首先是注重满足空气质量法规的要求。这些互动持续作用，使得RTO建立了需求响应的规则，并考虑了如何管理诸如热电联产、分布式太阳能和能效项目等分布式资源。

图 5: 区域输电组织图



Source: Federal Energy Regulatory Commission. (2017). Regional Transmission Organizations (RTO)/Independent System Operators (ISO). Retrieved from <https://www.ferc.gov/industries/electric/indus-act/rto.asp>

经验教训：联邦能源管制委员会和环保署的行动并行发生，一开始并没有协调。电力公司的重组引起了空气监管机构的关注，因为该机构意识到，创建区域性的输电系统运营商可能会更充分地利用来自空气污染要求不太严格州的发电。假如让上风州增加火电发电机组运行时间为其他州的客户供电，下风州可能会经历更严重的臭氧层和细颗粒物污染。同样，国家能源监管机构和电力公司所有者和运营商也担心，美国环保署更为严格的区域性空气污染治理将要求对几十个发电厂同时进行大规模的维护，如果机组无法满足客户需求，将导致潜在的可靠性问题。将空气监管机构引入联邦能源管理委员会的讨论，使得区域输电运营商努力改进和升级输电系统，以满足可靠性要求，并更充分地利用在20世纪90年代后期建成的更清洁的联合循环天然气发电厂。将能源监管机构和电力公司纳入环保署的区域空气质量工作，使得环保署对空气质量建模和研究进行了改进，对排放控制设备制造商进行的研究确保这些公司拥有足够的人力和物力，并保证安装排放控制的工作不会影响输配电系统的可靠性。

上述经验再次被复制用于制定分布式发电资源的模板规则以及（前面讨论的）RGGI制度。

4.7 南方电网公司的节能调度/绿色调度试点

地区：中国

涉及机构：相关省发改委/经济和信息化委员会，省级环保局，南方电网各级调度中心

情况说明：2007年，国务院发布了节能调度的规定，以提高电力行业的运行效率，降低污染³⁷。这一规定要求优先调度可再生能源，核能和天然气发电，最后才是燃煤发电机组。煤电的调度顺序由煤耗率（热耗率）决定。在热耗率相近的情况下，调度优先次序由发电机组的污染物（SO₂）排放量决定。

按照目前基于配额的调度，给所有火电机组分配了一定的（大致相等的）年度运行小时数，而不管其相对运行效率如何，而节能调度所不同的是，首先要考虑环境和效率指标，优先调度具有较高热效率和低排放的发电机组。在保证电力系统稳定性和安全性的前提下，最大限度地提高可再生能源利用率，限制化石燃料发电机组的使用是节能调度的强制性规定。

节能调度先在贵州、广东、江苏、河南和四川五个省份率先试点实施，但效果不一。2010年，南方电网宣布，将把试点扩大到辖区内的所有五省（云南、贵州、广东、广西、海南）。

在南方电网辖区，省级发改委组织制定了年度、季度和月度计划。这些计划首先在省内编制，然后进行优化，以包含跨省大宗电力交易；考虑到系统限制和安全性问题，各省各级调度中心通过调整各个发电厂的模式，对计划进行细化，制定出日前调度计划。根据实时测量的煤耗率和省级环保局提供的污染物排放监测数据，对火电机组调度顺序进行判断。环保局还负责核实排放水平，确保连续排放监测系统的安装和运行。有关节能调度的信息也需要在国家能源局和国家发改委的监督下公布。“十二五”期间，南方电网开展的节能调度为减排和节能做出了重要贡献，节约标准煤3900万吨，实现二氧化碳减排100万吨，减排二氧化硫75.2万吨³⁸。

2015年的电力体制改革给中国电网运行带来了一些新的气象。云南和贵州首先以直接交易和集中式电力市场形式建立了市场机制，随后广东和广西也加入了试点。电改的总体情况引发了南方电网地区节能调度或绿色调度如何发展的疑问。最近，广东省公布了中长期电力交易规则，明确要求节能调度用于确定尚未进入市场的燃煤发电机组的调度顺序（基本负荷发电量）³⁹。

经验教训：实施节能调度在提高电力部门效率和改善空气质量方面非常有效。这也是一个很好的例子，表明环保部门和电力部门共同努力制定调度计划，在南方电网管辖范围内形成更清洁的发电组合。要做到平衡各方利益，需要改革对发电企业的补偿方式。在向电力市场转型的背景下，在经济调度在全国普遍实行以前，节能调度对于非市场化的发电企业来说仍然是有意义的。

37. 国务院.(2007,8月).国务院办公厅关于转发发展改革委等部门节能发电调度办法（试行）的通知.请参见http://www.nea.gov.cn/2007-08/28/c_131053158.htm

38. 南方电网.2015企业社会责任报告,p. 42 and 54.请参见<http://www.csg.cn/shzr/zrbg/201605/P020160525418047616815.pdf>

39. 国家能源局华南监管局.(2017,1月).广东电力市场交易办法(中文).请参见http://nfj.nea.gov.cn/action/front/contentAction_initViewContent?content.contentId=402881e55992395f0159b57e91820035

4.8 针对燃煤电厂的环保电价措施

地区：中国

涉及机构：国家发改委，环保部，地方环保局、发改委和经济和信息化委员会，电网公司

情况说明：2004年以来，为改善空气质量，减少燃煤电厂的排放，中央政府对安装烟气脱硫（FGD）设备的燃煤电厂给予了价格补贴，2011年以后，对安装脱硝（SCR）设备施的电厂也提高了电价。该政策鼓励燃煤发电厂安装和运行烟气脱硫装置和脱硝装置。2014年，国家发改委和环境保护部联合发布了《燃煤发电机组环保电价及环保设施运行监管办法》，继续为配备脱硫，脱硝，除尘设施的电厂提供支付⁴⁰。新规定根据环保设施的运行情况 and 效果对价格进行了修改，要求：

- 排放水平必须符合燃煤电厂的最新国家排放标准。
- 燃煤发电机组应安装并运行连续排放监测系统，并将实时数据传输给环保局。
- 不符合这两项要求的发电机组将被罚款，并按不达标时间的比例退还补偿资金。

国家发改委负责制定标杆燃煤发电价格和环保电价。2013年，脱硫，脱硝，除尘电价补偿标准分别调整为0.015 RNB / kWh，0.01元/ kWh和0.002元/ kWh⁴¹。地方政府还制定了省级实施细则，规定每个实体的作用和责任。为了执行环保电价，环保局每日对连续排放监测系统的数据进行审核；省级发改委/环保局价格主管部门和地方环保部门也定期进行现场检查，确保排放水平在限定范围内，保证连续排放监测系统的数据可靠。据环境保护部门介绍，“十二五”期间，安装脱硫，脱硝设施的燃煤电厂装机容量比由2010年的82.6%和12.7%提高到2015年的96%和87%⁴²。

经验教训：环保电价是对发电机组安装和运行环境保护设施的经济奖励。国家发改委和环境保护部价格主管部门协调这项政策的设计，实施和执行。连续排放监测系统起到了更好的监督作用，减少了检查的时间、节省了资源。到目前为止，经过不断的努力已经显著降低了氮氧化物，二氧化硫和粉尘排放。

40. 国家发改委，环保部(2014年3月).燃煤发电机组环保电价及环保设施运行监管办法.详见：http://jgs.ndrc.gov.cn/zcfg/201404/t20140403_605765.html

41. 国家发改委(2013年8月).关于调整可再生能源电价附加标准与环保电价有关事项的通知.请参见http://www.nea.gov.cn/2014-09/29/c_133682226.htm

42. 环保部.全国环境保护工作会议在京召.<http://news.bjx.com.cn/html/20160113/700672.shtml>

5. 对中国的建议：推行电力行业改革，改善空气质量，减少碳排放

中国“十三五”规划的能源和环境部分强调了电力行业改革和持续改善空气质量的承诺。中国国家自主贡献计划（INDC）也承诺，到2030年将二氧化碳排放强度降低60%到65%，这相当于2030年前达到温室气体排放峰值。向电力行业的市场化体系迈进，同时要不断改善环境条件，需要机构间和机构内的合作。来自欧洲和美国的经验教训对中国具有借鉴意义。本节考虑电力行业改革和改善空气质量的主要组成部分。

5.1 对现有和新建电厂实行许可证制度

情况说明：统一对待新建和现有火电厂将有助于改善空气质量，并有助于确保最干净、最高效的电厂运行。继续在超过公共卫生标准的大气限域批准建设新电厂，将限制地方和区域机构改善空气质量的能力。可以采取一种混合模式，一方面采用美国方式对新建或改建电厂实行新污染源评估，另一方面按照欧盟方式的管理，要求现有排放源必须在某日期前安装最佳可行技术，否则关停，这将有助于改善空气质量，更有效地利用火电机组。

涉及机构：由环保部建立对新建和现有火电厂的管理制度，地方和地区环保局负责实施和执行排放要求；环保部负责监督、培训和指导。

存在问题和障碍：这项工作必须与当地政府部门妥善协调。到现在，即使该地区已经有充足的发电容量，地方政府仍可能出于发展经济的目的继续批准新建火电厂。同一地区现有的火电厂运行减少，这会给锅炉和排放控制设备带来了运行上的挑战。

行动建议：结合环保部许可证制项目，制定、颁布和实施许可证制度，将最佳可用技术应用于新建和现有的火电厂。在这种情况下，“最佳可用技术”意味着有两种技术，既有末端排放控制技术，也有侧重于整个电力系统的生产流程技术，如终端能源效率，可再生能源发电和热电联产。如果与下面这项建议联合实施，即取消发电配额制度，其有效性将得到加强。中国可以借鉴欧洲的例子⁴³，实行美国环保署MACT锅炉标准⁴⁴，以及加州对大型燃烧源，石化设施和水泥厂的要求⁴⁵。发放给工业设施和发电

43. European Commission, Industrial Emissions Directive (Integrated Pollution Prevention Directive). (2010). 75/EU. Retrieved from <http://ec.europa.eu/environment/industry/stationary/ied/legislation.htm>, and the Energy Efficiency Directive. (2012). 27/EU. Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1399375464230&uri=CELEX:32012L0027>

44. United States Environmental Protection Agency (2011). Industrial, Commercial and Institutional Area Source Boilers: National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants (NESHAP). Retrieved from <https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/industrial-commercial-and-institutional-area-source-boilers>

45. California Air Resources Board. (2010). Regulation for Energy Efficiency and Co-Benefits Assessment of Large Industrial Facilities. Retrieved from <https://www.arb.ca.gov/regact/2010/energyeff10/energyfro.pdf>

厂的许可证应要求大型工业企业和发电厂实施能源管理系统，以改善和减少企业内部和外部能源消耗。

衡量进展的指标：实施该建议的城市和地区的排放量应该减少。这些减少应反映在年度和周期性排放清单中，以及最接近安装“最佳可用技术”控制措施或工艺附近地区环境空气质量监测的变化中，从而有助于改变日和年度空气质量指数。

5.2 取消发电配额制度，逐步实现基于成本或市场化的电力生产

情况说明：前面第2节介绍的发电配额制度计划在2020年之前逐步淘汰，取而代之的是一个基于市场化的制度，允许用户自主选择电力供应商。这种改变先从大型工业电力用户开始，允许他们签署双边合同（类似于购电协议）。

涉及机构：国家发改委，国家能源局

存在问题和障碍：逐步取消配额制度有可能更充分地利用现有发电厂。缺乏双边合同的特定条款和条件，可能会导致老旧低效火电厂的利用率增加，而更新的高效火电厂和可再生能源发电被弃电。仅限于省级边界的电力平衡区将低成本、更高效或更清洁的发电机组排除在外，造成市场扭曲，导致建设不必要的发电厂。像目前的情况一样，这些条件将导致排放量过大，成本过高，客户选择受限，而且无法改善现有的发电分配制度。

行动建议：

- 从发电配额到双边合同的转变，应带来空气质量的净效益。保持并加强部门间的合作与协调，确保实现净空气质量效益的目标。
- 通过以下措施，用双边合同取代发电权配额制度可以减少空气污染并降低用户成本：增加环境特性作为签订双边合同的一个前提条件。将中国的“上大压小”上升为国家环境绩效标准（氮氧化物，二氧化硫，和二氧化碳），加快淘汰低效火电厂，减少可再生能源的弃电现象⁴⁶。环保部、中国环境规划研究院和中国环境科学研究院可以评估环境绩效标准的范围，然后制定一个具有10年规划的国家环境绩效标准。电网公司可以扩大目前的连续排放监测系统数据采集工作，开发环境指标跟踪系统（按照RGGI的做法，系统运营商跟踪RGGI各州的环境指标，这些数据对评估可再生能源发电也是有用的）。
- 环保部和当地的环保局可以提供每个发电厂的排放数据。国家能源局/发改委（负责监督和管理从发电配额到双边合同的过渡）应开展能源系统建模，来评估基于市场化的电力系统转型，如何可以成为实现改善空气质量和减少温室气体排放目标的项目组成部分。
- 做好能源规划，综合考虑周边省份的发电资源。按照北欧电力市场的经验，规划人员应该评估几个省份可用的各种资源，确定如何最好地满足可靠性要求、实现最低成本，并促进环境改善。规划期限应包括五年计划，也可延长至10至15年，以评估长期资源需求，持续减少空气污染。

46. James, C., 睿博能源智库 (2017): 实行排放绩效标准：提高环境效益，助力中国电力市场转型。详见：http://www.raonline.org/blog/emissions-performance-standard-improve-environmental-outcomes-complement-chinas-electricity-market-transition-cn/?sf_action=get_data&sf_data=results&sf_language=chinese

衡量进展的指标：风电和太阳能发电的弃风弃光率（年度、五年和十年平均值），2010年以来建成的火电厂的容量系数（重点是超超临界机组），其他。

5.3 改善空气质量，满足具体的环境质量和基于总量的要求

涉及机构：环保部，中国环境科学研究院，中国环境规划研究院，地方环保局

存在问题和障碍：修订后更严格的大气法和环境保护法赋予环境保护部额外的权力来管理污染。环保部还负责制定新的许可证制度，并为空气污染物目录制定了环境和排放标准。有几所大学与当地的空气质量部门配合，对污染控制措施的效果进行了模拟，以达到国务院具体的污染物削减目标，例如，到2017年上海要在2012年PM2.5水平上下降20%。或者以环境浓度水平为指标，例如，2017年北京的年平均PM2.5浓度达到60微克/立方米。到目前为止，地方的空气质量计划和建模都强调了减少排放的技术（例如发电厂的选择性催化还原脱硝和烟气脱硫技术），但对清洁能源发电或开展能效而产生的空气质量和温室气体效果尚未开展评估。

行动建议：

- 空气质量管理必须与电力部门的改革工作同步。乌鲁木齐市空气质量试点分析了一套控制措施，用来减少氮氧化物排放，他们利用成本曲线，按照每吨减排所需的人民币以及实际污染减排量对各项措施进行了排序⁴⁷。第1部分提到的睿博能源智库对2008-2014年84个已经完成的万家企业节能减排项目进行了评估，考查了项目投资成本、验证的节能量、氮氧化物和二氧化硫减排量，这些评价结果可以用来确定同时可以减排的成本有效的能效措施。

- 对每个空气区域按排放量进行“自上而下”的分析。每个空气区域都有特定的承载能力，一旦超过这个环境承载能力，空气质量监测者将会测量到不健康的污染水平。为了达到中国的空气质量标准⁴⁸，每个空气污染地区必须要去除最小的污染量，称为“自上而下”的吨数。把这些通过充分利用所有零排放发电厂（风能，太阳能，水力发电和核能）而减少的吨数输入到环境空气质量模型中，评估对当地污染物浓度的影响，可以确定他们对改善空气质量的潜在贡献。空气质量模型已得到环保机构和受委托帮助政府制定空气质量管理计划的大学的广泛使用。将这些清洁能源变量作为输入数据添加到模型中会是一个简单的任务。

- 应征求当地发改委的意见，确定现有以及计划建设的可再生资源装机容量，以提高空气质量模型的精度。还要征求当地发改委和需求侧管理中心的意见，了解继续实行和扩大“万家企业节能低碳行动”可能产生的节能潜力。

衡量进展的指标：地方和区域空气质量计划中纳入的特定可再生能源措施（装机容量MW或避免的污

47. Xianqiang Mao, et al., Co-Control of Local Air Pollutants in the Chinese Iron and Steel Industry, Environmental Science and Technology (2013), v. 47, pp 12002-12010. Retrieved from: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es4021316?journalCode=esthag>

48. 睿博能源智库的E-Merge 过程提供了自上而下的减排吨数的逐步详细说明，推出了详细分析的方法。请参见: Colburn, K., & James, C., The Regulatory Assistance Project.(2017). E-Merge: Re-Tooling Regulation for Clean Air and Clean Energy (webinar).请参见<http://www.raponline.org/event/retooling-regulation-for-clean-air-and-clean-energy-webinar/>

染物吨数)和能效项目(节能MWh,避免的排放吨数,年节约耗电量的百分比)。随时间增加可再生能源和能效的贡献(增加的可再生能源装机容量MW,从能效项目中增加的节约耗电量百分比)作为空气质量控制措施。为提高空气质量计划和模型的精度,制定省级排放因子(类似于美国区域输电运营商所做的边际排放分析)。

5.4 能源资源规划

负责机构: 国家发改委,国家能源局,发改委能源研究所;环保部和地方环保局应参与未来的能源规划

存在问题和障碍: 优先调度、高效节能电厂等政策法规执行不均匀,承诺落实不到位,或者只作用于某些省,缺乏全国范围的监督和指导。优先调度政策已出台了近十年,但落实不均或根本没有执行(例如,风电和太阳能发电弃电率居高不下,而根据政策应优先调度)。对“绿色调度”和“清洁能源措施”(出现在修订后的“大气污染防治法”中)的概念需要加以界定,然后制定指导方针,向主管部门说明如何实施和执行这些措施。

目前电网公司要完成相当于年售电量0.3%的节能义务并不高,而美国目前有17个州达到了1%以上的节能率。

行动建议: 目前,电力行业政策的不同要素之间有着很大差异,这可以通过协调一致的能源规划来解决,就像欧盟和美国数十年来的做法一样。国家发改委是改革能源规划的主管部门,发改委人员队伍壮大,在各省都有相应的机构。国家发改委下属的能源研究所应负责与环境保护部、地方环保局和电网运营商合作,形成系统性的能源规划方法。基本步骤是:

- 制定为期10年至15年的资源充足性计划,这样的计划可以是国家、地区和地方层面上的。对超出单个省界的更大能源平衡区的影响评估是这种规划的一个重要组成部分,同样要对输电网络的升级和扩建进行评估,以确保南部和东部人口中心更多地利用中国的清洁能源资源。

- 开展能源系统和空气质量建模,包括当前和预期的空气质量法规和标准,以优化满足未来能源需求并符合空气质量要求所需的能源资源组合。

- 完成节能潜力研究,以便在5年内将年度节能义务提高到1%,10年内提高到1.5-2%。这个“爬坡率”是保守的。美国环保署的清洁电力计划提出的每年增加0.3-0.4%节能量,随着时间的推移将节能义务提高到年度售电量的1.5%。美国州立能效项目也表明,每年0.3%的爬坡率是可以实现的。环保署的AVERT⁴⁹计划或Blumont的“JuiceBox”发电厂排放和电力模型⁵⁰都可以本地化来反映中国特色。最初,这两个计划都可以使用默认的全局或地区排放量和电力数据,后来随着更多细化数据的出现进行修

49. United States Environmental Protection Agency. Avoided Emissions and generation Tool(sic). Retrieved from https://19january2017snapshot.epa.gov/state/local/climate/avoided-emissions-and-generation-tool-avert_.html

50. “Juice Box”是一套能源系统模型,由Blumont工程公司的Dr. Paul Meier研发。为天津开发了一个模型的示范模拟系统,请参见[https://blumont.org/innovation/blumont-director-engineering-clean-energy/Juice Box](https://blumont.org/innovation/blumont-director-engineering-clean-energy/Juice%20Box)的说明书全文请参见<https://docs.google.com/document/d/1EXq6n959cC2ZF1K75KTpdUZFYLUXM5xMaW4uLaR8S10/edit>

改。计算通过扩大节能项目将要减少的NOX, SO₂, 和 CO₂排放量，并将这些数据用于空气质量模型（按照上面的“自上而下”方法），帮助环保部和当地环保局做好空气质量管理规划。

衡量进展的指标：国家发改委、能源局和能源研究所为能源资源规划制定一个模板。先将该模板进行区域试点（如京津冀），然后推广到其他地区。制定用来评估更大能源平衡区（超出特定的省界）的能源资源规划。制定更高的电网公司节能要求，并在5 - 10年逐步增长，以实现全部经济的节能潜力。

6. 结论

中国经济发展的全面高速发展，伴随了科学知识和技术能力的迅速提高。虽然二战后欧美国家的国内生产总值增长7%到10%，但此期间这些经济体对经济增长带来的负面影响并不充分了解，而且缺乏能够获得减轻这些负面影响所需方法和政策的工具⁵¹。

中国强劲的GDP增长在全国大部分地区造成了严重、持续和危险的环境污染。与此同时，我们现在知道了这些污染物对健康的累积影响，并且建立了一系列的模型和政策，以及强大的电脑运算能力，可以很容易地评估减排政策的有效性和减排成本。

随着中国电力行业改革向以市场为基础的输电和售电体系转型，欧美的经验表明，这种转型的同时可以实现改善空气质量、减少温室气体排放的协同效益。一个关键的步骤是，负责经济和负责环境的规划部门之间要建立和保持经常性的沟通，并协调各自的规划流程，以利用协同效益并避免意想不到的后果。这些附加工作将更有利于确保空气质量计划有助于改善中国的能源结构，反之亦然：

- 请政府机构、研究机构和大学的技术人员对能源和环境政策、它们对空气质量和能源结构的影响及其成本和收益进行分析；
- 抓住先进省、市级机构典型，如能源领域的广东省，空气质量领域的北京市或上海市，评估地方一级的成功经验如何能复制并扩大到更多和更大的地理区域；
- 发布明确的指导意见，说明如何在空气质量计划中纳入清洁能源措施，如何评估能效和可再生能源项目的环境效益等等。这将有助于能源和环保部门协调一致执行法律法规；
- 制定审查环境和能源计划有效性的流程，必要时可进行“中期”调整。这一步骤可以通过对各种计划的定期会商和协调来完成，如前所述的作为必不可少的第一步；
- 要认识到向市场化的电力体制转型、实现蓝天白云将需要超过五年的时间。建立适应长期规划的系统，以及必要时可随时调整计划和方向的能力，以便成功实现预期目标。

51.1940年代在洛杉矶，但是认为空气污染主要来自炼油厂。Arie Jan Haagen-Smit博士建了一个“雾霾室”，证明汽车尾气排放是主要原因。



RAP[®]

Energy Solutions for a Changing World

The Regulatory Assistance Project (RAP)[®]

比利时 / Belgium • 中国 / China • 德国 / Germany • 印度 / India • 美国 / USA

CITIC Building, Room 2504

No.19 Jianguomenwai Dajie
Beijing, 100004

北京市朝阳区建国门外大街19号
国际大厦2504
100004

+86 10-8526-2241

china@raponline.org
raponline.org

