

开展好能效与改善空气质量的双赢项目

两部门需要相互合作，实现互惠互利

Christopher James, 睿博能源智库，理事

Bob Taylor, 睿博能源智库，高级顾问

2016年5月31日

一、概述

开展能效项目会产生一定的经济效益，而且可以通过减少当地的燃料消耗或削减火电厂的发电需求，显著地减少空气污染（包括降低温室气体排放的影响）。尽管如此，要充分挖掘具有吸引力的能效项目的巨大潜力，对所有的国家而言，仍然是一项严峻的挑战。这主要是由于体制上的障碍，分散的激励，交易成本过高，需要有技术专家负责项目的确定，对财务收益流或可能的风险认识不足，以及存在其它问题等¹。

在很多国家，尤其是发展中国家，如中国和印度，甚至发达国家的一些地区，糟糕的空气质量已经成为了一个严重的健康和经济问题。能效项目虽然能对减少空气污染起到一个重要的作用且极具成本效益，但它们并没有被纳入到地方、区域和国家层面的空气质量改善规划中。

如何将能效项目作为控制措施更好地纳入当地的空气质量改善计划？能效项目作为控制大气污染措施的项目成本有多大？哪些种类的项目成本最低而改善空气质量效益最大？如何让负责能效和空气质量的不同部门间更好地协调、整合他们的规划和实施工作，以捕捉最有吸引力的机会？这些正是本文要探讨的主题。

本文基于我们近期完成的一项研究而撰写，这项研究分析了将工业能效项目作为中国的空气污染控制措施的成本和效益，探讨了如何更好地抓住最有吸引力的机会所需要的实施步骤。在面临着严重的空气污染问题的同时，中国也在全国各地开展着各种形式的能效项目。显然这两方面的工作需要互相协调，要让这两个部门的努力结合起来，还有许多工作要做。

¹ 见 Taylor, et. al., Financing Energy Efficiency: Lessons from Brazil China, India and Beyond（能效融资：来自巴西、中国和印度等国家的经验教训）(世界银行, 2008).



1.1 中国的空气质量状况

中国的空气污染范围大，持续时间长，对健康损害严重，并导致严重的经济损失。污染造成每年约120万人过早死亡²，GDP损失达到3%³。目前，空气污染已剥夺了中国共25亿多年的预期寿命。污染还加剧了中国的医疗系统的紧张，因为每次重度空气污染事件都会造成急诊就诊病人激增30-50%⁴。长期不良的健康影响，加上暴露于高污染的风险水平，将会给中国的社会和医疗卫生系统带来更高的成本。据中国环境保护部的数据统计，2015年期间，中国的338个主要城市中有近80%未能达到PM2.5的年平均排放标准⁵。

李克强总理已经提出要对空气污染“宣战”，宣布政府将对那些违反空气质量法律的单位给予更高的罚款⁶。李总理也承认，中国迄今在改善空气质量方面的进展未能达到公众的期望。中央和省级政府都投入了巨大的资金用于实施新的空气污染防治措施。仅在河北省，2014年在防治污染措施方面的投资就达到了10亿美元⁷。世界银行也批准了5亿美元的贷款，用于支持包括北京及周边省份的京津冀地区的新的治理措施⁸。

2010年以来，为改善大气质量，中国实施了一系列综合且详细的政策和法规，包括：

- 联防联控的指导意见，要求制定区域性多污染物协同规划；
- 将PM2.5作为空气质量的一项标准，安装了1000多个PM2.5的监测站，每小时实时透明地发布空气质量报告；
- 按照国务院《大气污染防治行动计划》（即“空气十条”）的要求，到2017年重点城市和地区PM2.5的下降幅度将要达到25%；
- 修订和强化《大气污染防治法》（自2016年1月1日起生效），将清洁能源政策和绿色调度纳入空气质量规划。

1.2 中国开展的能效工作

随着工业增长带动了经济的发展，中国已成为世界上最大的能源消费国。出于成本竞争力、能源安全以及环境方面的考虑，中国也在实施世界上范围最大的各种能效推广项目。在中央、省、市、县都有专门的政府部门，负责运作、监督和执行一系列全国性的能效措施，包括实行强

² The Lancet (2012). *Global Burden of Disease Study 2010*, 380, n 9859. (全球疾病负担)

³ The World Bank, *Cost of Pollution in China: Economic Estimates of Physical Damages*, 2007. (世界银行，中国的污染代价)

http://siteresources.worldbank.org/INTEAPREGTOPENVIRONMENT/Resources/China_Cost_of_Pollution.pdf

⁴ R. Chen et al, *Ambient Air Pollution and Hospital Admission in Shanghai, China*, *Journal of Hazardous Materials*, 2010, v. 181, pp. 234-240. (上海的环境大气污染与医院管理)

⁵ Zheng Jinran, “Most Cities Report Poor Air Quality in 2015”, *China Daily*, February 5, 2016.

http://www.chinadaily.com.cn/china/2016-02/05/content_23402446.htm (citing data from the Ministry of Environmental Protection). (中国日报：2015年大多数中国城市面临严重的空气污染)

⁶ Edward Wong and Chris Buckley, *The New York Times*, “Chinese Premier Vows Tougher Regulation on Air Pollution”, March 15, 2015 (中国总理誓言加大空气污染监管力度)

⁷ Brian Spegele, *The Wall Street Journal*, “China War on Pollution Benefits from Economic Slowdown”, July 15, 2015. (中国利用经济放缓机会向污染开战)

⁸ The World Bank, “World Bank to Support China’s War on Air Pollution”, March 22, 2016. Retrieved from: <http://www.worldbank.org/en/news/press-release/2016/03/22/world-bank-to-support-chinas-war-on-air-pollution> (世界银行支持中国向空气污染宣战)

制性的地方和企业节能减排目标，颁布和实施了一大批各种工艺和设备的最低能效标准，实行了建筑节能规范，加大了技术推广力度。中国还实行了各种基于市场化的机制，包括一系列商业融资机制，建立了世界上最大的合同能源管理产业。

在大中型工业部门，政府通过《万家企业节能低碳行动实施方案》将各个能效项目汇集在了一起。这项计划包括签订强制性节能协议，及对节能协议的执行进行年度监督，落实各种各样的技术和资金支持措施，以及改进企业的能源管理。减少大气污染是该项计划的一个宏大目标。然而，与地方空气质量改善规划和实施方案之间的业务协调性较差，这主要是出于体制的原因。

二、中国的工业能效与空气质量改善的研究

2.1 研究目标

睿博能源智库（RAP）与工业生产研究所（IIP）共同完成了一项关于中国2015年工业能效项目成本效益的小规模调查研究，该研究得到气候工作基金会(the Climate Works Foundation)的大力支持⁹。这项研究评估了能效项目作为空气质量治理措施的经济性，并提出了一些简便易行的措施，以帮助中国的空气质量规划主管部门将最有吸引力的能效项目包括在他们的空气质量改善规划中。

2.2 研究内容

这项研究评估了2008-2014年期间，部分万家企业节能低碳行动实施方案中的高耗能企业完成的84个能效项目的投资成本、验证的节能效果、以及减少的二氧化硫和氮氧化物的排放量。研究将工业节能项目分为九大类：

- 城市供热系统的布局改造和提高能效；
- 工业燃煤锅炉升级改造；
- 工业余热废气回收利用项目，用于厂内发电或工艺过程利用；
- 工业窑炉能效升级；
- 火电厂能效改进项目；
- 工业系统优化，采用配套综合性节能措施；
- 电机系统能效升级；
- 工业照明能效升级；
- 用天然气替代煤炭。

具体项目的资料包括了按燃料类型划分的投资成本和节能量，而能源价格、项目生命周期和排放-燃料系数（emission-fuel coefficient）等数据则根据全国的数据计算得出。

⁹ James, Taylor and Gu, “Integrating Industrial Efficiency Measures into Air Quality Plans” (raponline.org, November 2015). (将工业能效措施纳入空气质量规划)

三、研究成果

表1显示了节能量（按吨标煤计算）¹⁰以及每年通过不同类型的工业能效项目投资而避免的空气中污染物排放量。虽然这些效果之间有着很大的差别，所有能效项目类都具有显著的空气污染减排效果。一些在污染物减排方面效果良好的能效项目，得到了中国空气质量管理部的重视，例如城市集中供暖系统的重新布局，燃煤工业锅炉的升级改造，以及（在有天然气资源且价格合适的地区）采用天然气替代煤炭等。然而，有些重点项目组类，如工业系统优化项目，还没有引起空气质量监管部门的重视。

3.1. 对本地和外地空气污染物减排的影响

通过对减少工业企业燃料燃烧项目与降低购电需求从而减少发电厂排放项目之间的对比发现，它们对减少本地空气污染的影响有着很大的差别，但差别的大小和地区作用因项目而异。在城市附近或市区，减少当地的煤炭燃烧肯定对空气质量治理的效果最佳。例如，根据19个区域供热改造项目的结果，每年避免的本地排放量平均高达310吨氮氧化物和780吨二氧化硫。

表 1: 84个工业项目的平均年度节能减排量

工业类别	本地或外地 减排效果	项目 数量	项目平均 节能量 (tce)	平均减 排 NO _x (吨)	平均减 排 SO ₂ (吨)	平均减 排 CO ₂ (吨) *
区域供暖改进	本地	19	40,000	310	780	100,000
工业锅炉升级改造	本地	4	13,000	170	410	32,500
余热废气发电	外地	9	20,000	150	160	50,000
余热废气的过程利用	本地	7	25,000	180	460	62,500
工业窑炉节能改造	本地	2	15,000	160	390	37,500

¹⁰一吨标准煤的热值约为 7000 大卡(29.3 GJ)。节电的热值按燃煤电厂的一次能源热值，加上输电和配电损失计算。

电厂提高能效	本地	6	25,000	90	100	62,500
工业系统优化	本地及外地	16	25,000	150	350	62,500
照明和电机系统升级	外地	16	8,000	50	50	20,000
天然气替代煤炭	外地	5	17,000	280	690	42,500

*标吨煤CO₂转换率按2.5 t CO₂e/tce

对于地方空气质量治理的规划部门，降低外部地区的发电量需求这类项目的吸引力，取决于要解决什么样的空气污染问题。假如空气质量防治的规划部门主要关心的是降低本市的大气PM_{2.5}浓度，而且受影响的电厂主要是用非化石燃料发电厂，或者电厂位于数千公里之外的话，节电可能关系不是很大。然而，假如可以通过节电来降低相应地区的火电发电量，或者来自电力部门排放的中等距离空气污染物流量非常巨大的话，对于地方规划部门来说，节电项目就可能作为重要的空气质量控制措施。例如，重庆市的很大一部分用电量来自使用高硫煤的地方发电厂，因此只要电厂的调度方案也考虑到空气污染的影响，则节电项目就可能相当重要。此外，假如关注的是远距离空气污染控制的话（例如，对于酸雨问题），或温室气体排放控制成为重点考量的问题，则对外地大气污染防治的影响可能与对本地的影响同样重要。

由于能效项目对本地和外地空气污染控制的影响存在差异，当从空气污染控制的角度来分析能效项目时，有必要将本地的节约燃料项目与节电项目区分开来。例如，在这项研究中，我们把工厂利用余热或废气发电来减少购电需求的项目与利用余热或废气来降低现场工艺的燃料燃烧项目区分开来，因为它们对本地污染排放的影响差别很大（见表1）。

3.2. 作为空气污染防治措施的能效项目的净成本

考察发现，由于节约了能源成本，这些能效项目产生的经济效益都远远超出了总的项目成本。因此，这些作为空气污染控制措施的能效项目的净成本实际为负。换句话说，即便不考虑空气污染治理的总体效益，这些空气污染控制措施就可以为投资商带来净收益。

图1：不同类型工业能效项目的全寿命周期SO₂和NO_x减排所产生的平均净项目收益（RMB/每吨减排量）

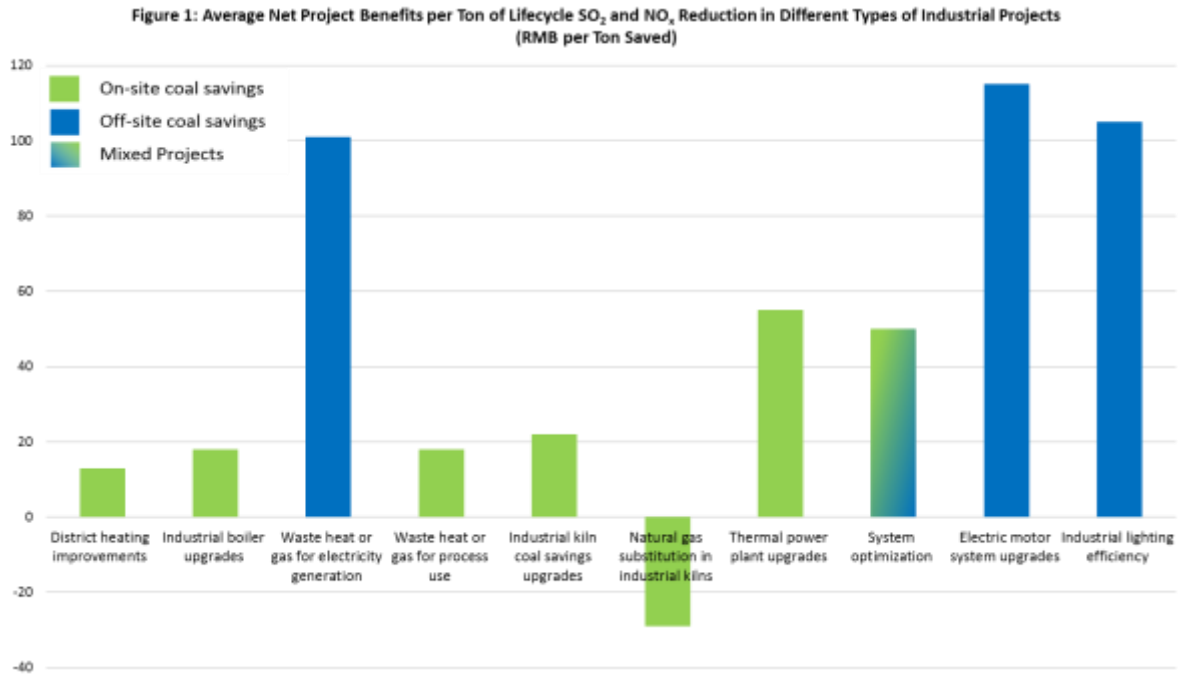


图1显示了每类能效项目减排每吨SO₂和NO_x污染物给项目投资企业带来的净财务效益。天然气替代煤炭项目显示出净成本，是因为中国的天然气的价格比煤炭要高得多。然而，所有这些能效项目都表现出相当强的净经济效益。

与节省本地燃料消耗量的项目（图中绿色部分）相比，减少购电量项目（图中蓝色部分）的每吨污染物减排给企业带来的财务效益要高得多。这是因为电价比煤炭价格高出很多，因此节电项目一般产生非常高的节能成本效益。由于降低发电需求量能够为实现大气污染物的减排目标起到很大的作用，因此空气质量监管部门认为企业会重视节电项目可能带来的经济效益。在需要将节能重点放在削减本地燃料消耗量的情况下，空气质量主管部门相信，企业仍可从节约燃料项目中获得良好的财务收益，但要低于节电项目的经济收益。

总之，要想大力开展作为大气污染控制措施的能效项目，所需要解决的问题并非是经济效益。相反，问题是要克服各种其他的实施障碍，如机构缺乏积极性，激励措施不配套，交易成本过高，需要有技术专家负责对项目的确定，以及投资者缺乏对资金收益流或可能存在的项目风险的认识。

四、建议的实施步骤

RAP/ IIP的研究报告建议，中国的空气质量规划部门和监管机构应采取下列步骤，将有吸引力的工业能效项目纳入本地或区域空气质量改善计划中：

1. 划定规划和实施空气污染改善措施的重点控制区域，提出空气质量改善目标。
2. 针对重点控制地区和重点能源消费用户，提出和分析相应的能效项目开发规划，将这些项目按技术特点或按照关键工业子领域进行分类。
3. 按照提出的能效项目开发规划，分析典型项目的投资规模、节能量和空气污染减排影响。节能量必须进一步细化为本地燃料节约量以及节省的外地购电量。
4. 将能效项目的效益和成本与其他的空气质量改善措施进行对比，选择合适的能效项目，运用模型对不同的空气质量控制策略所产生的累积的空气质量改善效果进行评估。
5. 完成准备实施的地方/区域空气质量改善计划，其中包括能效作为空气质量控制的措施。
6. 实施能效项目的促进和扶持措施，按照具体的年度计划，确保优先的能效空气质量控制措施得到贯彻落实。

五、两部门协调配合的必要性

要落实好将能效项目作为空气质量的改善措施，需要能效项目的开发和实施部门与空气质量规划和监管部门之间的密切协调。例如，按照上述为中国提出的建议步骤，第1步（初步的空气质量改善规划）必须由空气质量部门编制；步骤2和步骤3（能效项目识别与分析）由能效部门进行；第4步（要纳入空气质量规划的能效项目类型）需要双方人员共同参与；第5步（完成空气质量规划）由空气质量部门完成；第6步（确保能效项目落实）则由能效部门来完成。

要做到两部门有效地配合开展工作并非易事。在中国，就像其他许多国家一样，环保部门和能效部门在很大程度上相互独立运行，形成纵向分级管理。这两个工作领域的机构和专家之间的协调并非轻而易举，需要作出特别的努力。

5.1 空气质量主管部门

尽管他们的工作单位面临着严重人员不足和缺乏一种长期可持续性资金保障机制的困局，中国的338个重点地级以上城市都分别设置了一定的空气质量管理机构编制。虽然条件有限，这些工作人员目前正承受着巨大压力，负责制定规划，提出实施方案，以解决迫切的、长期的、日益积累起来的污染状况，中国的领导层强调污染已成为一个日益严重的政治问题。

在此情况下，地方的空气质量机构往往采取一些他们熟悉的办法，或按照西方国家提出的做法：在末端安装污染排放控制装置（比如，清洁器）。这些技术已经很成熟，可以采用烟道内安装的仪器，将采集的数据直接传送到空气质量管理机构，对烟气排放进行连续监测。这种办法忽视了工艺的变化和改进，即在生产过程的上游降低污染物的排放。这种需求侧的措施，如前面讨论的那些一样，是非常经济有效的，可以同时减少多种污染物的排放，并且无需安装末端减排设备，或者只需安装很少的设备。但是，要让空气质量监管机构自己来处理这些工作是很困难的。

5.2 能效主管部门

中国建立了一整套从中央到省、市、县的专门机构体系，全面负责监督政府与工业企业之间达成的节能协议的落实，执行标准，落实企业扶持政策。该体系向环保系统以外的政府部门汇报。在这一工业能效管理部门的机构和专家关注的是降低企业总能源强度和能耗（不考虑燃料类型），核查中国多个能效标准的执行情况，帮助确定新的节能机会，并为能效项目的实施提供财政激励和技术支持。

中国的能效机构体制没有大气污染法规的执法监督权，也很少参与大气污染防治规划的制定，除了偶尔参加一些高层次、跨部门的会议。能效和空气质量部门之间已经有了一些成功的合作，开展了一些具体的、有针对性的项目，例如扩建和改造区域供热系统，提高工业燃煤锅炉的效率，降低污染，以及在某些城市市区利用天然气替代燃煤等。但是，到目前为止，还很少有空气质量改善规划方面成功的具体合作，也鲜有不涉及某些特定技术方面的系统化合作。

六、两部门都需要调整，让能效项目成为空气污染治理的标准化措施

不论空气质量管理部还是能效机构的日常工作，都需要进行适度的机构调整，力争将更多的能效项目作为系统化的空气质量控制措施，纳入到当地的大气质量改善规划中，以实现互惠互利的目标。这些调整虽不特别难，但需要共同努力。

6.1 空气质量监管部门所需的调整

需求侧措施，如能效项目，不论从概念还是实际操作方面，都需要作为空气质量控制的措施和其他措施并重实施。就像末端排放控制措施一样，能效措施也需要按同样的步骤分析其特点，评估其功效。要做好这项工作，空气质量控制部门需要联系能效主管部门和专家获得必要的数数据，开展项目的选择和评估工作。一旦完成了规划，空气质量控制部门则需与能效机构携手合作，开展重点节能项目，实现空气质量的改善。

6.2 能效部门所需的调整

能效推广部门和实践者，通过为空气质量部门在解决重大、迫切的大气质量改善工作提供切实的帮助，能够获得公众对他们工作的更多支持。为了帮助地方政府在规划中落实能效项目作为重点的空气质量控制措施，能效部门则需要在空气质量专家的指导下，为其工作划定区位重点。对项目的分析必须要对本地燃料节约项目和节电项目加以区分，而目前并没有这样做。除了常用的方法以外，能效部门还需要学习利用环保政策和支持工具为手段，帮助推动节能项目的实施。