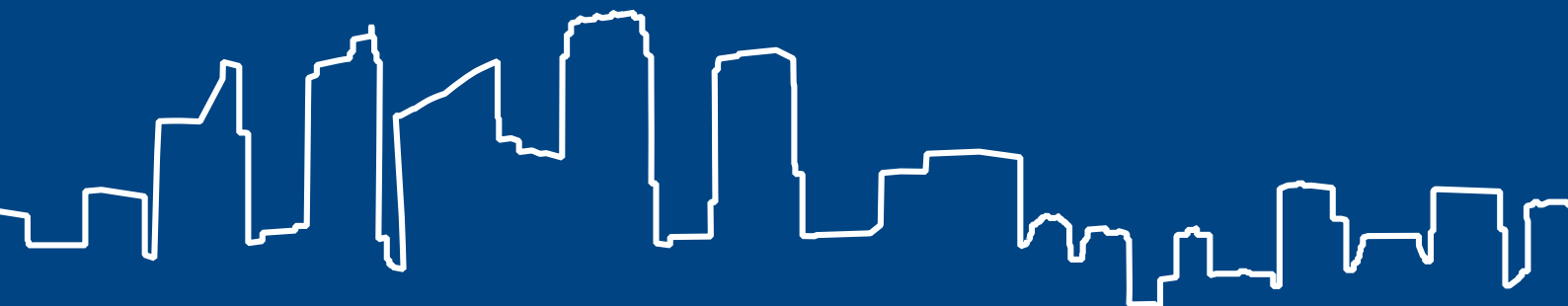


中国城市煤炭消费总量控制方案和政策研究

中国人民大学环境学院



随着改革开放以来中国经济的不断发展，全国能源消费总量也不断增长。其中，煤炭凭借自然资源禀赋和价格优势，在能源消费总量中占据主导地位。但是近年来煤炭开采和利用造成的植被破坏、生态环境污染、温室气体排放量不断增加等环境问题愈演愈烈，证明了依靠以煤炭为主的能源结构来支持经济发展的模式是不可持续的。因此，改变经济增长模式和能源消费方式成为中国亟待解决的问题。城市作为工业产业的集聚地，促进工业发展的同时也受益其中。除少数居民生活消耗的能源外，几乎所有的能源都被投入到城市的日常运作和生产之中。因此，从城市的角度研究控制煤炭消费总量的政策有利于我们自下而上、由点到面地看待问题，剖析不同城市的异质性对于煤炭消费总量的影响，从而更加深入地分析不同城市的煤炭消费状况和利用水平。

本研究的分析对象是对 293 个地级市（自治州）以上的城市分类形成的十三类城市。293 个城市的总面积占国土面积的 52.82%；常住人口占总人口的 94.19%；地区生产总值占 GDP 的 97.45%；能源消费量占全国能源消费量的 95.45%；煤炭消费量占全国煤炭消费量的 94.62%。

研究针对不同类型城市，梳理和识别城市燃煤历史消费水平和结构的因素，分析未来中国城市能源及煤炭消费水平。通过分析论证，提出利用管制、经济、技术的方式，实现煤炭消费总量减少。

本报告的研究方法和分析逻辑如下：

首先，对采用统计分析方法从定量的角度分析目前中国各个城市

煤炭消费的现状，同时结合地理信息系统的空间数据呈现煤炭消费在空间分布上的特点和规律；

二是，通过文献调研和专家访谈，识别实施中国煤炭消费总量控制的必要性。

三是，城市燃煤历史消费水平和结构的影响因素识别和研究。具体方法和内容包括：运用因素分解法分析煤炭消费的主要驱动因素以及不同驱动因素的贡献占比；利用统计学中聚类分析的方法，基于2010年的全国293个地级市（盟、自治州）及以上城市的能源和煤炭消费数据及社会经济数据，从市区常住人口和煤炭消费强度两个维度，将293个城市分为十三类，然后梳理和总结十三类城市的社会经济、煤炭消费总量和结构。采用多指标评价法，即结合不同城市社会经济发展水平、大气污染状况、煤炭消费强度及大气污染联防联控的相关要求等因素，将293个城市空气污染制约重要性划分成四个级别，包括I级制约城市、II级制约城市、III级制约城市、IV级制约城市；通过案例研究分析采暖锅炉减量措施及政策效果进行分析；通过文献调研和专家访谈方式，总结重点行业节煤的技术路径和政策措施。

四是，城市燃煤消费的未来趋势研究。运用情景分析法，模拟基准情景下十三类城市在不同目标年的煤炭消费总量和控制煤炭消费政策情景下根据不同类型城市高耗煤行业及其技术的发展趋势，中国煤炭消费变化趋势以及峰值出现的时间节点

最后，基于以上分析研究，提出城市煤炭消费总量控制的政策建议。政策建议分为两部分：一是创新城市煤炭消费管理机制，建立城

市煤炭消费总量和配额交易制度；二是根据因地制宜、成本效益、区域协同发展等原则提出城市层面有针对性的煤炭消费总量控制的政策措施建议，针对不同类型城市提出政策措施组合方案、实施力度和关键实施时间表。

本报告的主要研究结论和政策建议如下：

一、城市煤炭消费现状

从煤炭消费的空间分布来看，中国各城市的煤炭消费量分布以原煤产地为中心，呈辐射状散开，煤炭消费量较多的城市主要集中在华北地区的山西省、内蒙古、河北省，华东地区的山东省、江苏省和上海市以及西南地区的重庆市，见图 1：

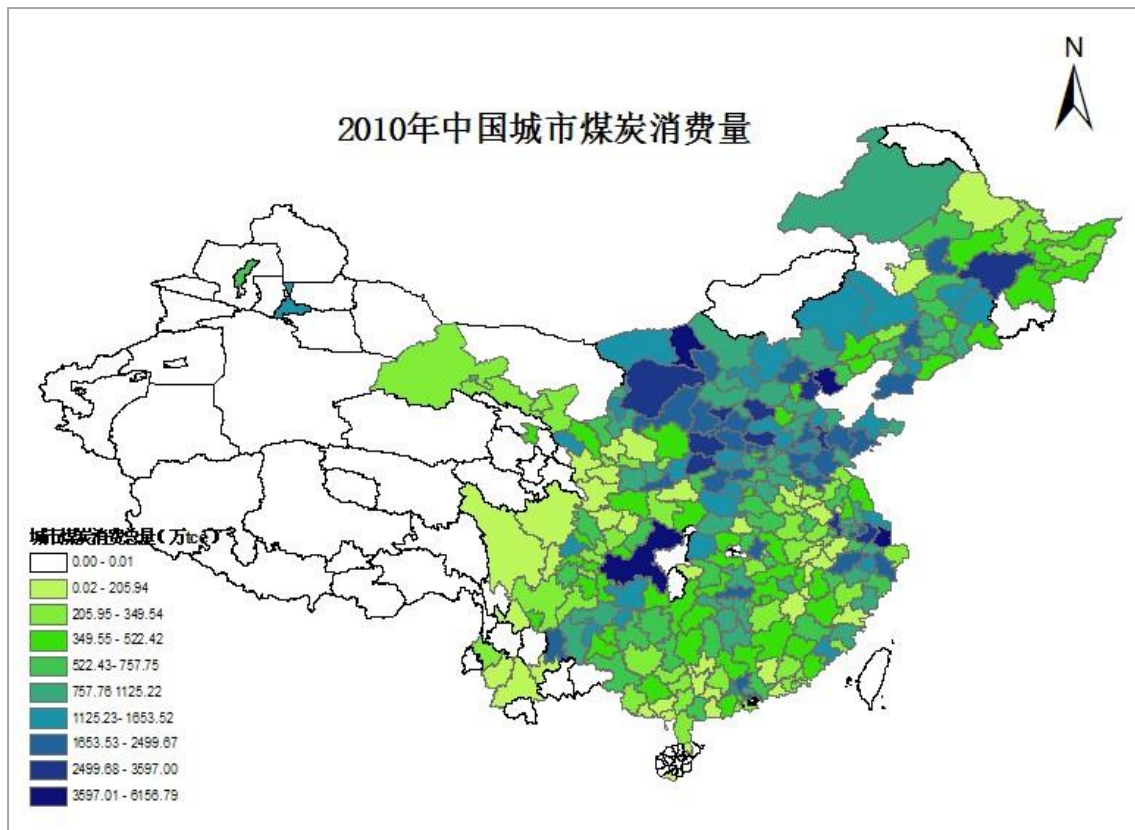


图 1 2010 年中国各城市煤炭消费量

煤炭消费强度（单位地区生产总值煤炭消耗量）分布呈现“西高东低”的特点，即东部沿海城市的煤炭消费强度显著低于中西部地区，其中煤炭消费强度较高的城市主要集中在中国中西部地区的山西、陕西、宁夏、内蒙古、青海等省份，见图 2：

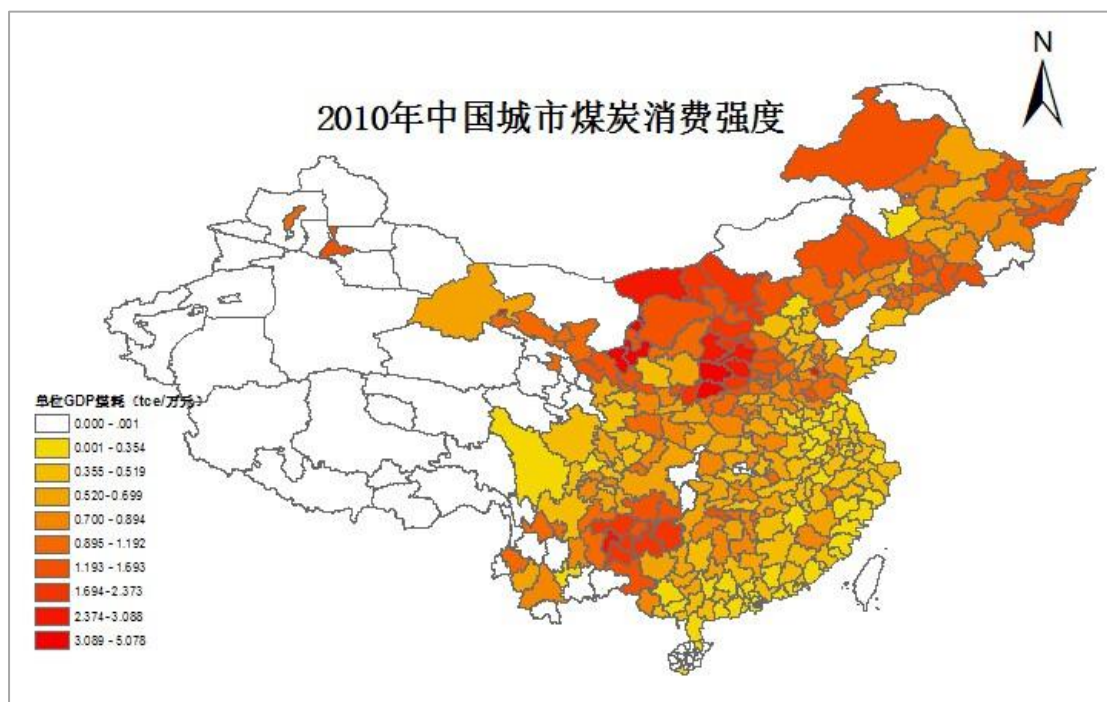


图2 2010年中国各城市煤炭消费强度

同时，通过因素分解模型的结果可知，2005年到2010年间的煤炭消费总量是增加的，其中人均GDP的增加是导致煤炭消费量增加的主要驱动因素(213.63%)，人口效应所起的作用相对较小，仅为10.85%，而煤炭强度的下降反向贡献了124.47%。

二、基于城市规模分类和城市煤炭消费强度的城市分类

基于城市规模分类和城市煤炭消费强度分类，本研究将293个地级市/自治州、盟分成了十三类，并赋予了类别标号。首先基于市区常住人口将293个城市分为：超大型城市（4个直辖市）、特大城市（>300万）、大城市（100万—300万）、中等城市（50万—100万）、小城市（<50万）；再基于煤炭消费强度将四类城市（除超大型城市外）分为高、中、低三类城市，最终分成十三类城市。不同的类别标号表征了不同的城市规模、煤炭消费强度，具体信息见表1

表1 293个城市的分类结果

序号	类别代码	城市类型	煤炭消费强度分类	煤炭消费强度均值 (Tce/万元)	煤炭消费强度范围(Tce/万元)	城市数量	城市清单
1	S	直辖市	低	0.361	0.145-0.628	4	重庆、天津、上海、北京
2	A-1	特大城市	低	0.396	0.206-0.622	20	南京、济南、西安、长春、淮安、清远、武汉、大连、沈阳、苏州、杭州、成都、厦门、合肥、南宁、东莞、佛山、广州、汕头、深圳
3	A-2	特大城市	中	0.933	0.668-1.261	7	乌鲁木齐、淄博、鞍山、哈尔滨、昆明、徐州、郑州
4	A-3	特大城市	高	1.721	1.516-1.927	2	太原、唐山
5	B-1	大城市	低	0.406	0.219-0.632	59	襄阳、贵港、益阳、绵阳、贺州、来宾、柳州、泸州、常德、宜春、镇江、自贡、遂宁、淮北、湖州、保定、荆州、阜阳、玉林、南充、淮南、茂名、巴中、南昌、凉山彝族自治州、嘉兴、长沙、随州、宿州、金华、宁波、青岛、资阳、南通、泉州、天水、无锡、六安、烟台、惠州、抚州、钦州、温州、蚌埠、芜湖、福州、莆田、亳州、常州、江门、台州、海口、连云港、中山、宿迁、扬州、盐城、湛江、珠海
6	B-2	大城市	中	0.863	0.647-1.159	32	平顶山、济宁、武威、日照、齐齐哈尔、新乡、石家庄、广安、临沂、洛阳、西宁、聊城、抚顺、宝鸡、锦州、乐山、吉林、大庆、南阳、鄂州、宜昌、泰安、商丘、永州、菏泽、株洲、潍坊、信阳、内江、漯河、衡阳、开封
7	B-3	大城市	高	1.679	1.230-2.737	11	莱芜、包头、大同、邯郸、银川、呼和浩特、贵阳、安阳、赤峰、兰州、枣庄
8	C-1	中等城市	低	0.424	0.123-0.617	38	商洛、咸宁、衡水、延安、松原、南平、张家界、宜宾、德阳、池州、东营、威海、沧州、陇南、广元、

							泰州、吉安、九江、绍兴、北海、防城港、舟山、宣城、桂林、赣州、廊坊、安庆、丽水、揭阳、滁州、肇庆、漳州、白城、宁德、阳江、汕尾、三亚、玉溪
9	C-2	中等城市	中	0.868	0.643-1.192	43	萍乡、张掖、濮阳、榆林、曲靖、汉中、攀枝花、湘潭、双鸭山、营口、承德、鹤壁、四平、保山、黄石、辽阳、昭通、新余、滨州、佳木斯、安康、衢州、阜新、秦皇岛、盘锦、丹东、郴州、马鞍山、朝阳、邵阳、咸阳、牡丹江、岳阳、孝感、眉山、德州、酒泉、驻马店、十堰、周口、荆门、绥化、韶关
10	C-3	中等城市	高	2.029	1.234-5.077	31	乌海、临汾、石嘴山、运城、六盘水、长治、晋中、巴彦淖尔、忻州、安顺、阳泉、渭南、黔西南布依族苗族自治州、七台河、固原、张家口、遵义、伊春、本溪、平凉、白银、朔州、铁岭、鹤岗、鸡西、邢台、白山、通辽、焦作、鄂尔多斯、铜川
11	D-1	小城市	低	0.443	0.216-0.619	18	河池、定西、黄冈、潮州、云浮、铜陵、龙岩、鹰潭、上饶、雅安、景德镇、梅州、阿坝藏族羌族自治州、庆阳、甘孜藏族自治州、梧州、河源、黄山
12	D-2	小城市	中	0.865	0.663-1.188	14	辽源、金昌、葫芦岛、丽江、三门峡、克拉玛依、达州、普洱、许昌、三明、崇左、怀化、临沧、黑河
13	D-3	小城市	高	2.278	1.348-4.643	14	吴忠、中卫、嘉峪关、吕梁、乌兰察布、黔东南苗族侗族自治州、晋城、毕节、黔南布依族苗族自治州、铜仁、通化、娄底、呼伦贝尔、百色

三、大气污染分级制约的类别

根据国家《重点区域大气污染防治“十二五”规划》、《大气污染防治行动计划》等相关大气污染防治政策要求及各省市（地区）煤炭

消费总量控制政策，同时结合中国各城市的空气质量现状以及煤炭消费强度情况，本研究将 293 个城市空气污染制约重要性划分成四个级别，从而得到 83 个 I 级制约城市、84 个 II 级制约城市、71 个 III 级制约城市、55 个 IV 级制约城市。其中，83 个 I 级制约城市除了涵盖国家大气污染防治方案中明确提出的 47 个重点控制城市外还增加了 36 个城市，增加的城市位于大气污染最严重的京津冀及周边地区；大部分经济发展水平较高、空气质量较差的城市都已划分在 I 级制约和 II 级制约行列，这些城市在目前的经济发展阶段，有能力并且也有必要严格控制煤炭消费，改善大气污染现状。利用空间分布来呈现如图 3 所示。

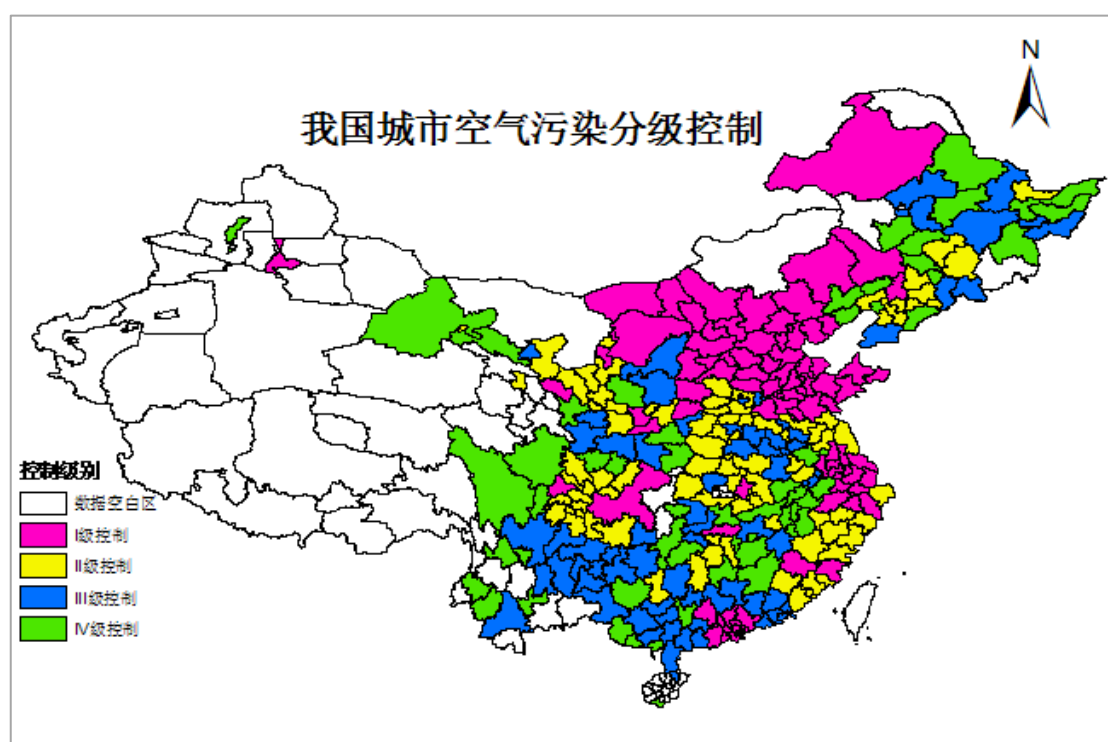


图 3 中国城市空气污染分级制约划分

根据以上各城市空气污染制约级别的划分结果，在短期内，即在十二五和十三五期间，中国应首先针对 I 级制约城市和 II 级制约城

市采取严格有效的制约措施，倒逼煤炭消费减量。其中对于 I 级制约城市，更要加大力度，制定煤炭消费总量控制目标，明确污染减排的责任与主体。III 级和 IV 级制约城市虽然在现阶段面临相对宽松的空气污染制约级别，但是随着时间的推移，在十三五和十四五期间也会逐渐形成日渐严格的倒逼机制。

四、采暖对城市燃煤消耗影响

通过对采暖城市和非采暖城市的能源消耗量和燃煤消耗量数据的分析可知，采暖城市的能源和煤炭消费量均高于非采暖区，且其煤炭消耗量占比高于非采暖城市，北方城市采暖用煤量大。非采暖城市的煤炭强度低于采暖城市，其煤炭利用效率更高。能源消耗量方面，采暖城市的平均值为 1769.91 万吨标准煤。煤炭消耗量方面，采暖城市的平均值为 1546.17 万吨标准煤。能源消耗量方面，非采暖城市的平均值为 1199.5 万吨标准煤。煤炭消耗量方面，非采暖城市的平均值为 684.47 万吨标准煤。

本报告以本溪、石家庄和北京为案例地区，探讨采暖用煤减量化的可选方式，以及不同选择方案的煤炭减量效果、污染物减排效果和减量成本。采暖燃煤减量措施可分为两种：第一，以大型热电厂作为城市供热区的主导热源，用热电厂和区域锅炉房取代分散采暖的中小锅炉房；第二，因地制宜的将采暖燃料由煤炭改为清洁能源和可再生能源。

1) 本溪棚户区改造的案例分析认为，热电厂集中供热方式的燃煤减量和减排效果都要大大优于平房火炉取暖。而且，棚户区改造是

民生工程，直接燃煤削减只是棚户区改造的附加效益，因此可将燃煤的减量成本视为 0。城市在其他条件如资金满足的情况下，对于居民取暖用煤的减量，应优先考虑棚户区改造。

2) 北京平房“煤改电”的案例分析认为，考虑到平房居民的经济承受能力，为顺利推进“煤改电”，政府承担了大部分投资并提供补贴。“煤改电”工程达到的节煤效果是每采暖季减少燃烧标煤 28.1 万吨，平均每压减 1 吨燃煤需要政府耗资 9076 元，减量成本非常高。实际需要居民负担电供暖上的成本低于之前的燃煤采暖。

3) 本溪集中供热取代分散供热的案例分析认为，热电厂的热损失是最小的，城市应以大型热电厂作为供热区的主导热源，可保留部分大型锅炉房作为调峰锅炉，逐步拆除分散采暖的中小锅炉房。

4) 石家庄采暖锅炉的清洁能源减量的案例分析认为，采暖锅炉的清洁能源减量是指在政府主导下，以非市场化的手段促使供暖锅炉等的燃料由煤炭改为清洁能源如天然气、电、煤制气（煤气）等。在实现清洁能源减量燃煤时，必须考虑成本有效性。石家庄采暖锅炉清洁能源替代成本比较结果是：燃用天然气大约是用煤的成本的 3 倍，燃用煤气约是用煤成本的 1.6 倍，改用电锅炉大约是使用煤的成本的 5.8 倍，用电热锅炉大约是用煤的成本的 4.1 倍。可以发现与热电厂不同，锅炉改造的前期投入相对较少，但运行成本很高。因此，在当前的条件下，从成本有效的角度考虑，可优先选用集中供热；对于无法实现集中供热的地区，则可根据当地实际情况优先选用成本低的减量能源。

五、重点行业节能的技术路径和政策措施分析

研究识别和总结了电力、钢铁、水泥、建筑行业 and 锅炉、电机等通用设备的节能技术路径和政策措施，见表 2

表 2 分行业节能技术路径和政策措施

重点行业、领域	节能技术路径	节能政策措施
电力行业	高效清洁的燃煤技术 天然气调峰电站 先进的储能技术 核电 可再生能源发电技术	大力推广节能技术 合理的电价机制、战略协同机制、监管机制 优化火电结构与布局 火电机组节能改造与升级
钢铁行业	炼焦节煤技术 充分回收利用二次能源、各生产环节中散失的载能体和能量 提高炼铁炉料球团矿配比	大力推广可再生能源 推广先进节能技术工程 注重废钢资源的回收利用 注重二次能源的回收利用 推进产业融合，发展循环经济
水泥行业	燃料替代 原料替代 实施综合节能技术	全面淘汰落后产能和落后技术 严格执行产业政策和行业准入政策 强化能源管理、加强能效对标和能源审计 指定循环经济鼓励政策 全面发展散装水泥、预拌混凝土和预拌砂浆
建筑行业	建筑节能改造 利用生物质能	合理规划，优化布局，集约发展 大型公共建筑能耗监测系统 优化建筑领域能源结构，加大清洁能源利用
锅炉、电机等通用设备	对锅炉、电机升级改造 采用高效、节能的电动机、锅炉、窑炉、风机、泵类等设备	加强煤炭质量管理，扩大洗选比例 促进煤炭分质、高效利用，优化煤炭利用结构 锅炉、电机能效提升计划

六、城市燃煤消费的未来变化趋势研究

（一）分析方法与情景假设

基准情景定义为在宏观经济缓慢转型和能源技术维持较低水平

的情况下，各类型城市煤炭消费量在各目标年的值。本报告的基准情景研究方法首先是基于计量经济学方程预测各类型城市在各目标年的煤炭消费量，然后考虑高耗能行业的发展规模限制以及可再生能源和替代能源的发展前景，结合各类型城市基年的按用途煤炭消耗量及比例，综合分析各类型城市的发电、炼焦、工业直接利用、供热、民用及其它用途的煤炭消耗量在各目标年的发展趋势及分别到达峰值的时间，从而得到各类型城市在各目标年的煤炭消耗量。

政策情景定义为实施同煤炭消费总量控制相关的政策，包括应对气候变化挑战（碳排放约束）、改善大气污染现状（空气质量约束）、保护生态环境（资源环境约束）和各省市（地区）煤炭消费总量控制政策。基于这些政策约束对十三类城市的空气污染制约级别划分，结合部门煤控情景的预测，设计出煤炭消费总量控制政策情景下十三类城市不同煤炭用途的峰值和下降率，模拟城市煤炭消费总量的趋势变化。

（二）情景分析结果比较

基准情景下十三类城市的煤炭消费总量是呈现先增长后下降的“倒U型”曲线的，峰值大约在2030年左右出现，约为44亿tce，如图0-5。之后煤炭消费总量逐渐减少，减速较为平稳。2050年煤炭消费总量约为38亿tce。其中，直辖市（S）、中煤耗强度的特大城市（A-2）、中煤耗强度的大城市（B-2）及低煤耗强度的大城市（B-3）类城市的煤炭消费量相对而言变化不大，在峰值年和2050年相应的增量和减小量较小；相对而言，低煤耗强度的特大城市（A-1）、低煤

耗强度的大城市（B-1）、低煤耗强度的中等城市（C-1）、中煤耗强度的中等城市（C-2）、高煤耗强度的中等城市（C-3）及高煤耗强度的小城市（D-3）类城市煤炭消费量的增长趋势较为明显。

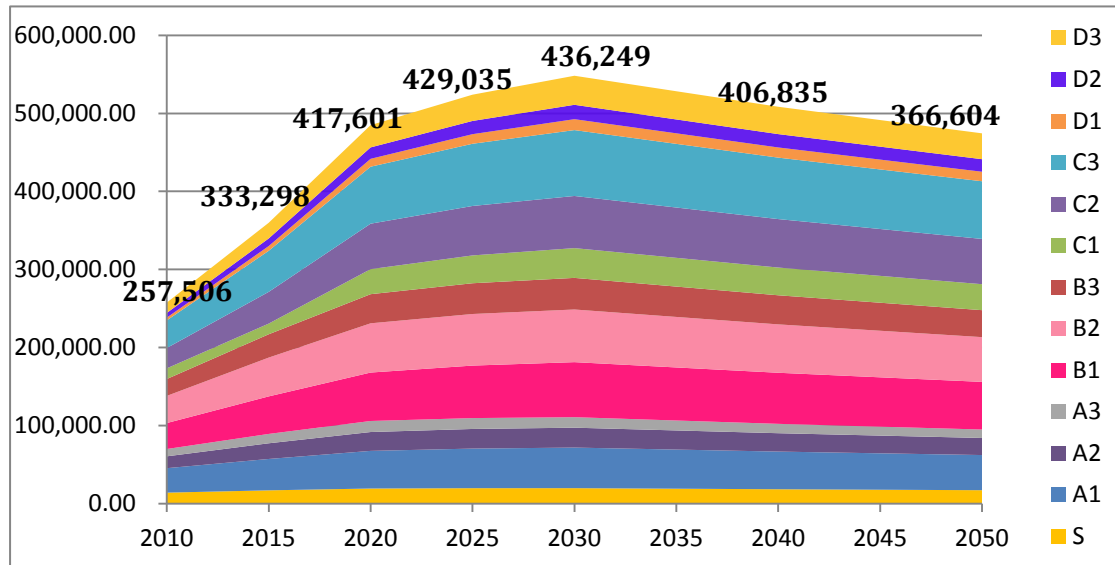


图4 基准情景十三类城市煤炭消费总量堆积图

其中低煤耗强度的特大城市（A-1）、低煤耗强度的大城市（B-1）及高煤耗强度的中等城市（C-3）的煤炭消费量占全国的比例较大，前两类城市的技术水平已经较为发达，难以得到快速的提升和发展，且包含的城市数量较多，后者是作为日后发展前途尤为可观的中型城市，煤炭消费强度较高，2050年的煤炭消费量几乎是2010年基年的3倍左右，该类城市煤炭消费量占全国的比例也是所有城市类型中最高的，且峰值年之后的下降趋势非常缓慢。因此，作为拥有较大发展潜力同时又是高煤炭消费强度城市的C-3类城市应受到重点控制，同时A-1、B-1、B-2及C-2城市也应提前采取措施以防止煤炭消费的持续扩大。

政策情境下，通过实施不同的政策，煤炭消费总量的趋势也会较

基准情景出现不同程度的变化，直观的数据有利于我们准确地分析政策的有效性。政策情景下十三类城市煤炭消费总量的峰值由基准情景下的 2030 年提前至 2020 年，峰值量约为 32 亿 tce，较基准情景下降 42.3%左右，2050 年煤炭消费总量约为 19 亿 tce，下降 58.3%左右，煤炭消费总量控制政策的总体效果显著。2020 年之前，煤炭消费总量随着时间增加不断增长，但增长幅度明显低于基准情景，前 10 年增幅稍大，后 10 年增幅进一步减小。2020 年后，煤炭消费总量逐步下降，减速平稳但幅度大于基准情景。

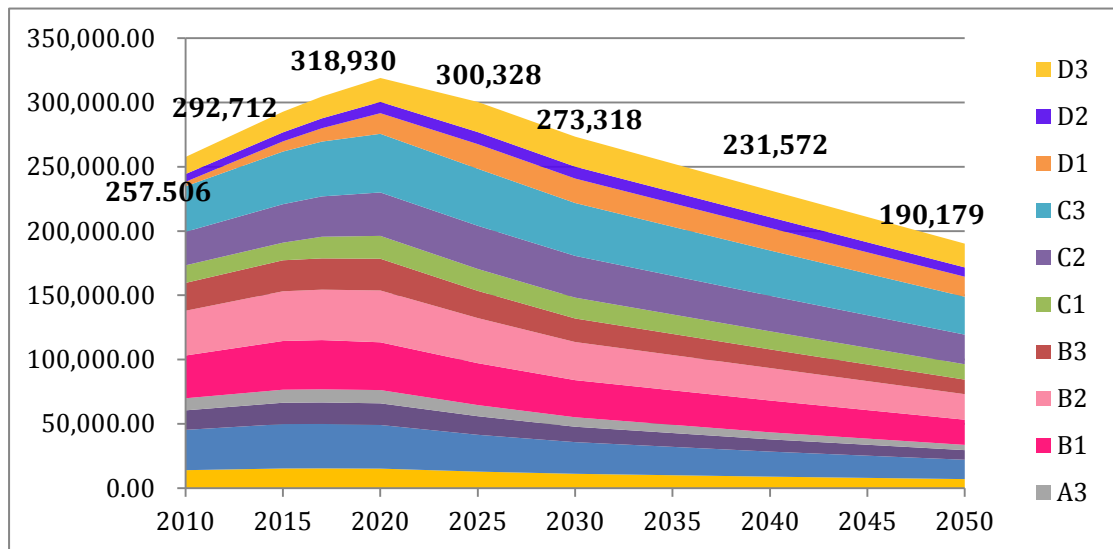


图 5 政策情景十三类城市煤炭消费总量堆积图

相对基准情景来说，原先在各目标年煤炭消费量变化不大的直辖市（S）、中煤耗强度的特大城市（A-2）、中煤耗强度的大城市（B-2）及高煤耗强度的大城市（B-3）类城市的煤炭消费量在政策情景中有明显的下降，占全国煤炭消费总量的比例也下降了 2%-3%左右。而原先增长趋势比较明显的低煤耗强度的特大城市（A-1）、低煤耗强度的大城市（B-1）、低煤耗强度的中等城市（C-1）、中煤耗强度的中等城

市(C-2)、高煤耗强度的中等城市(C-3)及高煤耗强度的小城市(D-3)的煤炭消费量在政策情景中呈现出不一样的变化：其中，低煤耗强度的特大城市(A-1)和低煤耗强度的大城市(B-1)的煤炭消费量在达到峰值后迅速下降，占全国总量的比例也分别下降 4.26%和 2.62%左右；而中小城市，包括 C-1、C-2、C-3、D-1、D-2 及 D-3 类城市的煤炭消费量虽然也较基准情景有了显著降低的趋势，但占全国总量的比例均略有上升。

七、政策建议

(一) 建立城市煤炭消费总量和配额交易机制

煤炭配额交易制度的管理对象确立原则：

1) 交易成本最小化。在满足煤炭消费总量逐年削减的前提下，尽可能削减政府的管理成本和企业的交易成本；

2) 管理对象明确可量化。管理对象的燃煤消费信息应当可以获取和量化，消费行为能够较为准确的被测量和核查，管理者能够通过消费主体的监管，很好地实现煤炭消费总量控制的目标。

煤炭配额的界定与分配：

1) 配额是一种管理手段，是政府有关主管部门依照有关法律、法规的规定确定煤炭消耗限额的有限权利，该权利仅限于城市煤炭消费总量控制和配额交易制度中使用，不构成产权。煤炭配额交易目的是鼓励耗能企业通过改进管理或者技术进步等方式节约能源。其实质是要求企业按照拥有的配额燃煤，超过配额燃煤要被处罚。节约的配额指标可以在市场上交易，也可“储存”起来以后使用；

2) 选用“年”作为配额的时间尺度。燃煤配额在减煤期内全部有效，燃煤企业可以将前一年的配额转到下一年使用，但不可提前支取下一年的配额，以此鼓励企业提前减少煤炭使用，最终有利于煤炭总量的减少；

3) 城市煤炭配额交易中配额的单位用 t/年来表示，一单位的配额表示一个燃煤用户一年允许消费或交易燃煤量是 1t；

4) 建议煤炭消费配额的初次分配应采用免费分配。配额的总量是全市今后各年的燃煤控制目标，等于基准年前一年(或前三年平均)的减量对象的燃煤总和乘以(1-削减系数)，该系数为百分数，即相对于基准年的削减百分比。燃煤用户的配额也是按照基准年燃煤量乘以购买燃煤配额。配额按照削减计划，直接免费分配给燃煤用户。政府不可留有配额，但当政策需要时，政府可以通过市场操作买入卖出配额，以参与者的身份进行交易，合理调节市场的配额供求状况。

核查监督机制方面：

1) 燃煤用户应建立健全煤炭计量管理制度，明确煤炭计量管理职责，加强煤炭计量管理，确保煤炭计量数据真实准确。煤炭计量管理制度至少应包括以下内容：煤炭计量管理职责；煤炭计量器具配备、使用和维护管理制度；煤炭计量器具周期检定/校准管理制度；煤炭计量人员配备、考核管理制度；煤炭计量数据采集、处理、统计分析和应用制度；煤炭计量工作自查和改进制度；

2) 燃煤用户配额制度主要内容包括颁布城市燃煤减量计划（至少 10 年）；配额证申请，提供详细燃煤信息；配额证的审批和免费发

放；配额自愿交易制度；年度配额消费报告制度；年度配额核查和公示制度。

处罚机制设计方面。经济处罚要遵循违法成本大于违法收益的原则。违法成本包括违法行为受到的经济处罚。违法收益包括企业因为超额消费煤炭而减少的其他能源支出，比如电力或天然气等，还包括节约的脱硫除尘设施建设维护成本和避免技术升级改造的成本。违法收益=减少的其他能源支出+减少的环保设施和技术改造成本。对于违法者进行处罚的最低有效威慑性额度应该等于企业违法收益额。

制度的预期效果：

1) 目标的确定性。城市政府明确界定应当纳入配额交易的燃煤用户，根据已有燃煤用户的历史消费量核算煤炭总量基准量，制定明确的城市总体燃煤减量目标。通过发放配额的方式将减量目标分配到每个燃煤用户，初次分配将配额全部免费分配给所有交易对象，新燃煤用户必须要在市场上购买燃煤配额。用户是否减少燃煤量自行决定，若超出燃煤配额，必须到配额交易市场购买配额；若节约了燃煤配额，可售出多余配额获得收益；

2) 降低社会成本。首先，灵活减量，降低燃煤用户的减量成本。政府将分散燃煤使用权（即配额）分配给特定燃煤用户，燃煤用户可采用灵活的煤炭减量措施，节约下来的配额作为“有价资源”在企业间进行交易，出售配额获得经济回报，弥补减少煤炭使用量发生的支出，降低了燃煤用户的煤炭减量成本，同时将煤炭燃烧的社会成本转化为企业的私人成本，有效降低了社会成本。第二，降低政府燃煤减

量的信息收集成本。核查对象的历史消费量采用企业自报的方式，须提供采购合同等相关证明，减少了政府收集燃煤信息的成本；采用第三方机构核查的方式，降低了政府直接核查产生的信息收集成本；

3) 制度的核心内容是配额核查。第一，燃煤配额的核查成本，比二氧化碳、污染物低。核查的环节不涉及煤炭购买量，只针对煤炭消费量，核查企业的煤炭使用量是否与配额要求相匹配，煤炭使用量可以根据煤炭购买发票和煤炭使用记录核查，也可通过企业的生产信息估计企业的用煤量，如对采暖锅炉用煤量的核查，通过锅炉型号、供暖面积、锅炉效率等估计燃煤量，其核查成本远低于二氧化碳和污染物排放量的核查。第二，委托第三方核查，利用市场的高效率。委托与企业没有直接利益关系的第三方机构，通过配额交易市场的信息公开，第三方机构可以高效率地发现企业的虚假报告行为，核查燃煤用户的配额执行情况，避免政府直接核查的低效率。第三，信息公开，改进城市燃煤减量和其他政策。煤炭配额交易信息公开机制的建立和完善，可以保障相关方煤炭配额信息系统互联互通，实现所有核查、报告信息的公开、透明，推进煤炭配额交易，促进城市燃煤减量，也为节能政策和污染物减排创造有利条件。

(二) 针对不同类型城市的煤炭消费总量控制的政策措施组合、实施力度和关键实施时间表

在选择不同类型城市的煤炭消费总量控制政策和措施时，应该遵循因地制宜的原则，充分考虑各类城市的经济发展阶段、资源禀赋和比较优势，利用多种政策措施的组合，协同发挥作用。严格把握空气

质量制约，尽量找到边际成本最小的减排措施。同时建议从区域一体化的角度，建立区域协同发展的政策框架和制度设计。

政策措施选项主要包括经济激励型政策、命令控制型政策和劝说鼓励型政策，另外还包括煤炭消费比例较高的相关产业的技术措施和鼓励政策等。其中，经济激励型政策主要包括建立排污权交易市场，如碳交易市场等，以及征收排污费、环境税、资源税等；命令控制型政策主要包括设立禁煤区、禁采区，以及加强能源管理、强调能源统计和审计等，还包括严格大气污染物的排放标准；劝说鼓励型政策强调政府、企业信息公开和民众参与度。另外，具体到煤炭消费比例较高的各个行业，电力行业包括能源替代与能源效率提高的技术；钢铁、水泥行业包括淘汰落后产能，开展循环经济和能源、原料替代等；建筑行业 and 民用领域可以采用推广使用智能电表，建筑节能改造及使用节能家电等措施。

针对不同类型城市的经济发展阶段和面临的空气污染制约的不同，本报告提出了有针对性的政策建议。总体来说，命令控制型和劝说鼓励型政策措施应该在全国范围内推广，而经济激励型政策措施、淘汰落后产能政策、电力行业、建筑和民生领域应该区分不同类型的城市，有步骤有重点地逐步推进。见表 3-表 8

表 3 经济激励措施矩阵

具体政策 城市类别	排污权交易（碳交易）	排污收费 / 环境保护税	资源税（税率）
S 类	√	高	中
A-1 类	√	高	中
A-2 类	√	高	中

A-3类	√	中	高
B-1类	√	高	中
B-2类	√	高	中
B-3类	√	中	高
C-1类		中	低
C-2类		中	中
C-3类		低	高
D-1类		中	低
D-2类		中	低
D-3类		低	高

表4 钢铁、水泥产业政策的分级矩阵

城市类别 \ 分级	禁止发展	强制淘汰	鼓励淘汰	规模化发展
S类	√			
A-1类	√			
A-2类	√			
A-3类		√		
B-1类		√		
B-2类		√		
B-3类			√	
C-1类		√		
C-2类			√	
C-3类			√	
D-1类			√	
D-2类				√
D-3类				√

表5 电力行业适用政策矩阵

城市类别 \ 具体政策	可再生能源发电 (核能、天然气、风能、生物质能等)	提高火电效率	智能电网
S类	√		√
A-1类	√		√
A-2类	√		√
A-3类	√	√	√
B-1类	√		√
B-2类	√		√
B-3类	√	√	√
C-1类	√		
C-2类	√		
C-3类	√	√	
D-1类	√		

D-2类	√		
D-3类	√	√	

表7 建筑、民生适用政策矩阵

策 城市类别	具体政 策	绿色新建 建筑	老建筑改 造	智能电 表	分户计量 (暖气等)	煤改电	煤改气
S类		√	√	√	√	√	√
A-1类		√	√	√		√	√
A-2类		√	√	√	√	√	√
A-3类		√	√	√		√	√
B-1类		√	√	√			
B-2类		√	√	√			
B-3类		√	√	√		√	
C-1类			√				
C-2类			√		√		
C-3类			√				
D-1类			√				
D-2类			√				
D-3类			√				

表8 关键时间段政策矩阵

	2010-2020年	2020-2030年
S类	经济激励型和命令控制型相结合, 环境税或排污费高于全国平均水平、逐渐严格禁止高耗能行业、重视建筑和民用领域的节煤措施	碳市场逐渐发挥越来越大的作用, 增大可再生能源比例
A-1类	经济激励型和命令控制型相结合, 环境税或排污费高于全国平均水平, 鼓励可再生能源、能源效率提高	碳市场逐渐发挥越来越大的作用, 严格禁止高耗能行业、增大可再生能源比例、重视建筑和民用领域的节煤措施
A-2类	经济激励型和命令控制型相结合, 鼓励可再生能源、能源效率提高	碳市场逐渐发挥越来越大的作用, 环境税或排污费高于全国平均水平、严格禁止高耗能行业、增大可再生能源比例、重视建筑和民用领域的节煤措施
A-3类	经济激励型和命令控制型相结合, 资源税高于全国平均水平, 强制淘汰高耗能行业	
B-1类	经济激励型和命令控制型相结合, 环境税或排污费高于全国平均水平, 鼓励可再生能源、能源效率提高、强制	

	淘汰高耗能行业、重视建筑和民用领域的节煤措施	
B-2 类		经济激励型和命令控制型相结合，环境税或排污费高于全国平均水平，鼓励可再生能源、能源效率提高，强制淘汰高耗能行业、重视建筑和民用领域的节煤措施
B-3 类	命令控制型为主，同时施行高于全国平均水平的资源税，制定鼓励淘汰高耗能行业的政策措施	进一步加强能源梯级利用、燃料替代和原料替代，促进高耗能产业规模化发展，促进产业转型升级，增大可再生能源比例、重视建筑和民用领域的节煤措施
C-1 类	经济激励型和命令控制型相结合，鼓励可再生能源、能源效率提高、强制淘汰高耗能行业、重视建筑和民用领域的节煤措施	
C-2 类	经济激励型和命令控制型相结合，鼓励可再生能源、能源效率提高、制定鼓励淘汰高耗能行业的政策措施	
C-3 类	命令控制型为主，同时施行高于全国平均水平的资源税，制定鼓励淘汰高耗能行业的政策措施	加强能源梯级利用、燃料替代和原料替代，促进高耗能产业规模化发展，促进产业转型升级，增大可再生能源比例、重视建筑和民用领域的节煤措施
D-1 类		经济激励型和命令控制型相结合，鼓励可再生能源、能源效率提高，制定鼓励淘汰高耗能行业的政策措施、重视建筑和民用领域的节煤措施
D-2 类		经济激励型和命令控制型相结合，鼓励可再生能源、能源效率提高，促进高耗能行业规模化发展、重视建筑和民用领域的节煤措施
D-3 类	命令控制型为主，同时施行高于全国平均水平的资源税，大力发展循环经济，促进高耗能行业规模化发展	加强能源梯级利用、燃料替代和原料替代，促进高耗能产业规模化发展，促进产业转型升级，增大可再生能源比例、重视建筑和民用领域的节煤措施

八、研究的不确定性

数据的不确定性。由于中国经济统计和能源统计都存在着地方统计数据 and 全国统计数据的不统一和不协调之处，以及所研究的 293 个

城市中几乎都有能源平衡表，根据其它项目调研的数据、公开新闻报道和相关统计数据，识别各个城市能源和煤炭消费总量结构特点。在这个过程中，由于信息不透明，必然造成数据的误差，也必然对后续的情景研究和政策分析带来了不确定性。

城市分类的不确定性。由于研究对象的庞大，必须进行适当的简化和模型化。本研究中没有考虑城市分类的动态化。但是不可避免地，现有的城市分类也为情景和政策措施的研究带来了不确定性。

基准年选取造成的不确定性。由于数据获取和数据处理的难度，模型的基准年是2010年。“十二五”期间不管是社会经济还是能源消费的总量和结构都与“十一五”末期发生了变化，尽管在研究中我们已经使用各种方法尽量纠正了由于基准年偏早所造成的误差，这个因素还是不可避免地还是给整体研究带来了一些不确定性。

经济增长率估算的不确定性。一国地区生产总值及其增长率的估计常常存在不确定性。这主要缘于对某些概念理解上的偏差、数据的缺失、基层报告的不准确、抽样误差、统计的非一致性以及其他若干不可避免的因素。因此，本研究中三类煤炭消费强度城市分别设定的经济增长率必然带来了不确定性。

政策建议的不确定性。本研究触及了一个非常现实又非常复杂的问题，如果中国的国情、中国的管理体制、各方的利益冲突，不能在研究中得到充分重视的话，就不可能得出真正有针对性的政策建议。如何在不同的城市、不同的时间段、面临不同挑战的前提下，提出有建设性的政策建议来达到共同的目标是非常有挑战性的，有待于后续

更加深入的研究来进行补充。