京津冀及周边地区清洁取暖补贴政策现状、问题与对策

罗　宏，张保留，王　健，张志麒，吕连宏*

（中国环境科学研究院，北京 100012）

【摘　要】 京津冀及周边地区以燃煤为主的农户冬季采暖方式是影响区域大气环境质量的重要原因之一，大规模推进清洁取暖改造是优化区域能源结构、改善大气环境质量的重要举措。本文以京津冀大气污染传输通道城市（“2+26”城市）为重点，全面梳理了京津冀及周边地区清洁取暖政策特别是补贴政策的实施情况和主要问题，对近期区域清洁取暖改造补贴投资进行测算，提出未来农村清洁取暖补贴政策的优化建议。结果表明，在现行补贴标准下，补贴资金投入额的差异主要来源于清洁取暖技术路径及农居建筑节能性能的差异，使用热泵类设备并进行建筑节能改造对降低补贴资金投入有积极影响；中央财政的清洁取暖试点城市奖补资金只能覆盖2019年改造补贴所需投资总额的20%左右，地方政府财政压力巨大。未来京津冀及周边地区农村清洁取暖补贴政策应继续充分发挥中央财政支持作用，充分利用市场建立多元化投融资机制，已大规模推进农村清洁取暖改造并已制定清洁取暖补贴政策的地区应继续制定新的补贴政策，尚未大规模改造的地区建议通过试点补贴方式逐步引导推广，清洁取暖补贴标准的制定和调整应在农户可接受、政府可承担的前提下逐步实现退坡。

【关键词】 大气污染防治；清洁取暖；双替代；补贴政策；京津冀及周边地区

【中图分类号】 X321；X51　　**【文章编号】** 1674-6252（2020）02-0034-08

【文献标识码】 A　　**【DOI】** 10.16868/j.cnki.1674-6252.2020.02.034

引言

以煤为主的能源消费结构是我国 SO_2、NO_x、烟尘等污染物排放量巨大，区域性复合型大气污染严重的主要原因之一 [1-4]。为了切实改善大气环境质量，我国在燃煤、工业、扬尘及机动车等领域开展了大量工作 [5,6]，近年来我国大气环境质量开始出现逐步好转态势，但跟发达国家相比仍有巨大差距，特别是北方地区冬季的大气污染问题仍较为突出 [7]。北方重污染天气频发时段与集中燃煤在冬季高度重合 [8]，以农村民用冬季采暖、工业炉窑散烧为主的散煤燃烧带来的大气污染物排放，对空气质量和人体健康的危害比相同排放量工业源的危害更大 [9,10]，散煤是大气污染治理的难点和重点，是解决北方地区大气污染问题的重要环节 [11,12]。为了治理民用散煤，多部门自 2017 年开始共同推动以“双替代”（煤改电、煤改气）为主的北方地区清洁取暖工作，中央财政累计投入数百亿元。通过两个采暖季的实践，完成散煤治理任务 1000 多万户，清洁取暖取得显著成效，能源消费结构得以优化，大气污染物排放持续下降，空气质量达标天数逐年增长，为打赢蓝天保卫战做出了重要贡献 [13-16]。

目前京津冀及周边地区民用散煤治理中的“双替代”工作主要依靠中央和地方政府财政补贴推进，“双替代”的设备投入、运维成本较高 [17]，改造后农户采暖的经济负担显著增大 [18,19]，严重依赖补贴困扰散煤治理中清洁能源替代可持续性已成业内共识 [20]。生态环境部在 2019 年初抽查发现，补助资金筹集不到位、管理不规范、划拨不及时的情况，影响了群众用气用电取暖的积极性，保定市已完成清洁化替代的村庄散煤复燃比例高达 36.1%[21]。

目前京津冀及周边地区散煤“双替代”补贴政策已经进入最后一年，下一步的补贴政策仍未明确，如何保障北方地区散煤治理、清洁取暖的成效已经成为迫切需要解决的问题。本文梳理了京津冀及周边地区散煤“双替代”补贴政策实施现状并剖析补贴政策存在的主要问题，计算不同技术路径选择情况下“2+26”城市及整个北方农村地区清洁取暖所需财政补贴资金规模，为未来清洁取暖补贴政策的制定和实施提出了建议。

资助项目： 大气污染成因与治理攻关项目（DQGG03034）、中国环境科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务专项（2019YSKY-001）。

作者简介： 罗宏（1964—），博士，研究员，主要研究方向为能源与环境经济，E-mail: luohong@craes.org.cn。

*** 责任作者：** 吕连宏（1981—），博士，正高级工程师，主要研究方向为能源与环境经济政策，E-mail: lvlh@craes.org.cn。

1 清洁取暖政策实施现状

1.1 总体实施情况

据《北方地区冬季清洁取暖规划（2017—2021年）》，截至2016年底，我国北方地区城乡建筑取暖总面积约206亿 m^2，其中农村建筑取暖面积65亿 m^2，占31.5%；北方地区供暖以燃煤为主，年消耗煤炭约4亿吨标准煤，其中散烧煤和低效小锅炉用煤约占50%，主要分布在农村地区。

2017年发布的《京津冀及周边地区2017—2018年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》对“2+26”城市清洁取暖替代散烧煤工作提出到2017年10月底前需完成电代煤、气代煤300万户以上的目标，拉开了北方地区大规模清洁取暖改造工程的序幕。2018年清洁取暖替代工作在“2+26”城市的基础上扩展了汾渭平原11市，中央财政支持的试点城市由12个扩展至35个，覆盖了除北京以外的27个“2+26”城市和7个汾渭平原城市。

据《中国散煤综合治理调研报告2019》显示，2018年共削减散煤使用量约6100万t，其中民用散煤占28%，主要是“2+26”城市和汾渭平原11市的农村清洁取暖改造。2018年重点区域清洁取暖改造近614.75万户，超额完成目标40%，替代民用散煤约1680万t。民用散煤治理政策趋向理性，宜电则电、宜气则气、宜煤则煤、宜热则热的“四宜”原则得到逐步落实，对改善区域大气环境质量起到了重要作用。

以“2+26”城市为改造重点的京津冀及周边地区是北方农村地区清洁取暖改造的先驱和重点区域。截至2018年底，京、津、冀、晋、鲁、豫等六省份共完成清洁取暖改造1219.05万户，其中气代煤581.09万户，电代煤307.27万户，少量采用接入集中供暖和使用可再生能源方式，大约有297.82万户尚不具备改造条件的采用洁净型煤替代的方式，详见表1。

从区域分布来看，河北省8个通道城市是京津冀及周边地区双替代工作的主战场，改造完成户数占总完成户数的47%，详见图1。

从技术路径来看，气代煤、电代煤是主要技术途径，共完成888.36万户，占总完成户数的72.9%，气代煤多于电代煤，总气电比为1.89:1。各地区基础设施条件的不同造成清洁取暖改造技术路径的选择存在区域差异性，冀、晋、鲁更偏向气代煤，气电比分别达到了7.22、4.73、3.08，而豫、京更偏向电代煤，气电比分别为0.15和0.22，见图2。其中，河北一省就完成了气代煤改造374.12万t，占全部气代煤改造总量的64.4%，快速增长的需求给区域天然气供给平衡带来了一定的压力。

表1 截至2018年底京津冀及周边地区清洁取暖改造完成户数

（单位：万户）

省份	气代煤	电代煤	集中供暖	其他可再生能源	洁净型煤替代	合计
北京市	15.5	69.1	0	0	30	114.6
天津市	69.02	54.19	0.07	0	0	123.28
河北省	374.12	51.81	0	0	145	570.93
山西省	57.13	12.09	8.99	7.29	0	85.5
山东省	49.83	16.17	8.22	0	79	153.22
河南省	15.39	103.91	0	8.3	43.82	171.42
合计	581.09	307.27	17.28	15.59	297.82	1 219.05

数据来源：生态环境部及各省份公开统计数据整理

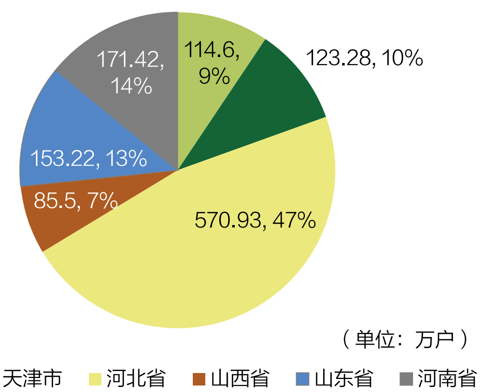

图1 截至2018年底六省份清洁取暖改造完成工作量及占六省份总数的比例

数据来源：生态环境部及各省份公开统计数据整理

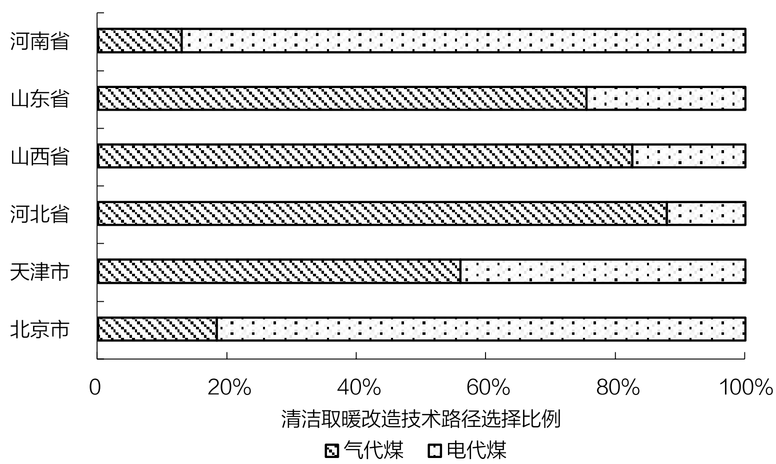

图2 截至2018年底六省份清洁取暖改造技术路径选择比例

数据来源：生态环境部及各省份公开统计数据整理

各地根据各类技术的改造难度、技术成熟情况及资源禀赋、经济状况等多方面因素，使用最多的清洁取暖设备包括蓄能式电暖器、空气源热泵和燃气壁挂炉三类，农村地区清洁取暖方式正在向多元化改变，居民用能习惯和消费方式正在发生转变，各地出台的价格和补贴政策也基本围绕这三类技术制定。

1.2 补贴政策实施现状

清洁取暖改造工程是一个庞大的政府工程，更是一个重要的民生工程，虽然生态环境效益巨大，但由于其高投资和外部性，难以完全由市场顺利推动，因此需要政府的干预。

截至 2018 年底，国家和各地清洁取暖改造支持重要政策汇总见表 2。各级政府对清洁取暖改造非常重视，除提出明确改造计划外，各级政府主要通过价格政策、补贴政策来改变清洁取暖设备和运维的相对价格来推动改造工程的实施。通过对政策文件的梳理和提取，形成各地清洁取暖补贴标准汇总于表 3 和表 4，鉴于部分省份内各市补贴标准不一，为方便统计分别取已公布的最高补贴标准。

从资金来源看，中央财政会对清洁取暖试点城市提供部分资金支持，涵盖除北京市的所有“2+26”城市，若这部分资金全部用于发放农村清洁取暖补贴，可减少地方资金压力。但实际上这部分资金还要支持取暖用燃煤小锅炉整治、用户端建筑节能改造、超低能耗建筑建设等。对于剩余的资金缺口，除河北省部分城市存在省、市、县三级补贴外，其他各地通常由省、市二级财政或市、县（区）二级财政按一定比例分担，补贴资金可能会对地方财政造成较大压力。

1.3 存在的主要问题

1.3.1 技术层面

清洁取暖成本与居民的实际支付能力不匹配，政府需投入大量补贴资金以保证工作的启动和持续，升级清洁取暖技术、降低成本是技术层面所面临的主要问题。

表2　各级政府清洁取暖改造重要政策汇总

政策名称	发布机构	发布时间
国家层面		
打赢蓝天保卫战三年行动计划	国务院	2018 年 6 月 27 日
关于开展中央财政支持北方地区冬季清洁取暖试点工作的通知	财政部、住房和城乡建设部、原环境保护部、国家能源局	2017 年 5 月 16 日
北方地区清洁供暖价格政策意见	国家发展改革委	2017 年 9 月 19 日
汾渭平原 2018—2019 年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案	生态环境部	2018 年 10 月 23 日
省市层面		
2018 年北京市农村地区村庄冬季清洁取暖工作方案	北京市人民政府办公厅	2018 年 4 月 14 日
关于本市清洁采暖用电用气价格的通知	北京市发展改革委	2017 年 11 月 2 日
天津市 2017—2018 年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案	天津市人民政府	2017 年 8 月 25 日
天津市居民冬季清洁取暖工作方案	天津市人民政府	2017 年 11 月 21 日
关于加快实施保定廊坊禁煤区电代煤和气代煤的指导意见	河北省人民政府	2016 年 9 月 23 日
关于清洁供暖有关价格政策的通知	河北省发展改革委	2017 年 10 月 27 日
关于转发《国家发展改革委关于印发北方地区清洁供暖价格政策意见的通知》的通知	河南省发展改革委	2017 年 10 月 25 日
河南省 2018 年大气污染防治攻坚战实施方案	河南省人民政府	2018 年 2 月 6 日
河南省电能替代工作实施方案 (2016—2020)	河南省发展改革委等	2016 年 8 月 18 日
河南省天然气替代煤专项方案（2016—2020 年）	河南省发展改革委	2016 年 9 月 7 日
关于居民峰谷分时电价政策有关事项的通知	山东省物价局	2017 年 10 月 31 日
山东省农村地区散煤清洁化治理行动方案	山东省人民政府	2016 年 8 月 1 日
山东省落实《京津冀及周边地区 2017—2018 年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》实施细则	山东省人民政府	2017 年 9 月 26 日
山东省 7 个传输通道城市清洁采暖气代煤电代煤工作实施方案	山东省住房和城乡建设厅	2017 年 9 月 30 日
关于我省 2018—2019 年采暖季“煤改电用电价格及有关事项的通知”	山西省发展改革委	2018 年 10 月 30 日
关于推进城乡采暖“煤改电”试点工作实施方案的通知	山西省人民政府	2016 年 4 月 26 日
关中地区散煤治理行动方案（2019—2020 年）	陕西省人民政府	2019 年 4 月 11 日
吕梁市 2018 年清洁取暖改造工作方案	吕梁市人民政府办公厅	2018 年 5 月 14 日
临汾市 2018 年冬季清洁取暖实施方案	临汾市人民政府办公厅	2018 年 5 月 15 日
运城市 2018 年冬季取暖“煤改气”“煤改电”行动方案	运城市人民政府	2018 年 6 月 6 日

表3 各省市煤改电补贴标准汇总

地区	设备补贴	用电补贴
北京	蓄能类电取暖设备最高补贴 5 940 元 / 户，热泵类电取暖设备最高补贴 24 000 元 / 户	谷段用电补贴 0.2 元 / 度，自付 0.1 元 / 度，每个采暖季最高补贴 2 000 元 / 户
天津	蓄能式、直热式电暖器最高补贴 4 200 元 / 户，空气源热泵最高补贴 32 000 元 / 户	采暖期用电补贴 0.2 元 / 度，每个采暖季最高补贴 1 600 元 / 户
河北	设备购置安装（含户内线路改造）投资补贴 85%，最高 7 400 元 / 户	采暖期用电补贴 0.2 元 / 度，每个采暖季最高补贴 2 000 元 / 户
山东	蓄热式电采暖补贴 85%，最高 5700 元 / 户	采暖期用电补贴 0.2 元 / 度，每个采暖季最高补贴 1 200 元 / 户
山西	空气源热泵补贴 94%，最高 2.74 万元 / 户；高效电锅炉、蓄热式电暖气和热库补贴 89%，最高 14 400 元 / 户	采暖期用电补贴 0.2 元 / 度，每个采暖季最高补贴 2 400 元 / 户
河南	电取暖设备购置补贴，最高 3 500 元 / 户	采暖期用电补贴 0.3 元 / 度，每个采暖季最高补贴 900 元 / 户
陕西	电取暖设备购置补贴，比例为设备费用总额的 60%，最高 3 000 元 / 户	采暖期用电补贴 0.25 元 / 度，每个采暖季最高补贴 1 000 元 / 户

表4 各省市煤改气补贴标准汇总

地区	设备补贴	用气补贴
北京	取暖终端设备由市财政按照购置价格的 1/3 进行补贴，最高 2 200 元 / 户，市、区二级财政对壁挂炉设备购置费用补贴 90%，最高补贴 8 100 元 / 户	市财政燃气补贴 0.38 元 /m^3，最高补贴 311.6 元，在此基础上根据用气量由区财政进一步补贴，最高补贴 2 100 元 / 户，两项合计最高 2 411 元 / 户
天津	燃气壁挂炉购置安装最高补贴 6 200 元 / 户，户内取暖用暖气片补贴 1 500 元 / 户	采暖期不执行阶梯气价，采暖用气补贴 1 元 / m^3，每年最高补贴 1 200 元 / 户
河北	按燃气设备购置安装投资的 70% 给予补贴，最高补贴 2 700 元 / 户，入户管线最高补贴 4 000 元 / 户	采暖用气补贴 1 元 / m^3，每年最高补贴 1 200 元 / 户
山东	设备购置补贴 2 000 元 / 户，其他配套设施安装补贴 3 000 元 / 户	采暖用气补贴 1 元 / m^3，每年最高补贴 1 200 元 / 户
山西	设备购置补贴 5 000 元 / 户，减免居民燃气工程费 3 000 元 / 户	采暖期不执行阶梯气价，每年补贴 2 400 元 / 户
河南	设备购置补贴最高 3 500 元 / 户	采暖用气补贴 1 元 / m^3，每年最高补贴 900 元 / 户
陕西	按燃气设备购置安装投资的 60% 给予补贴，最高补贴 2 700 元 / 户	采暖用气补贴 1 元 / m^3，每年最高补贴 1 000 元 / 户

1.3.2 管理层面

大规模的清洁取暖替代增加了各级地方政府的财政负担，随着改造范围的扩大，地方财政的资金压力将越来越大，中央财政的支持范围和力度也应有所提升。从长远来看，探索更多非现金激励政策模式，构建可持续发展的机制，尽可能地降低财政补贴强度，形成“企业为主，政府推动，居民可承受”的清洁取暖商业模式是未来管理层所需考虑的主要问题。2017 年“气荒”问题的出现也暴露出部分地区散煤替代工作缺乏与天然气管网建设部门的统筹协调等问题。

1.3.3 用户层面

电力、天然气用于农村供暖的成本较高，在补贴需逐步降低至退出的预期下，如何降低补贴标准、确立何种水平的补贴标准降低幅度成为政府所面临的重要问题。但各地经济水平、资源禀赋等不尽相同，居民取暖成本也各不相等，各地实行同一水平的补贴政策并不现实。北方清洁取暖试点的中央财政补贴时效只有 3 年，第一批 12 个城市试点的补贴将于 2020 年 4 月结束，优化现有补贴政策和保障后补贴时代散煤治理效果是当下面临的迫切难题。

2 清洁取暖改造补贴投资测算

2.1 户均改造投入测算

清洁取暖费用与采暖技术、采暖面积、采暖时长、建筑节能情况等因素有关，北京节能环保中心以北京农村地区典型节能住宅为例对清洁取暖的施工及运行投资进行了估算，其计算采用的相关指标参数如表 5 所示。由于北京农村地区建筑节能改造工作起步较早，房屋保温性能较其他地区更高，因此在计算其他地区农村清洁采暖能源消耗量时，应在此标准上适当提升。根据我国建筑节能发展规划，从 1986 年起逐步实施节能 30%、50% 和 65% 的建筑节能设计标准，即强制要求新建节能建筑的节能量达 30%、50%、65%，如北京市等部分区域已开始实行 75% 的建筑节能标准。和城镇建筑相比，农村建筑的节能水平较低，因此估算《北京市新能源和可再生能源技术应用评价》中采取的典型节能住宅的节能量为 50%～65%，即通过技术措施，将采暖能耗从当地基准能耗的基础上节能 50%～65%。而对于未经建筑节能改造的农村住宅，其节能量计为 0，即对于非节能建筑，其采暖能耗（燃料实物消耗量）比节能建筑高

1～1.85倍。在后文对于清洁取暖能耗的估算中，将分别以50%和65%作为北京市典型节能住宅的节能标准，估算未经建筑节能改造的农宅清洁取暖能耗。

表5 北京农村地区典型节能住宅相关指标参数

指标	单位	参数
采暖面积	m^2	91.6
采暖时长	d	120
外墙/外门/外窗/屋顶传热系数	$W/m^2 \cdot ℃$	0.65/2.5/2.65/0.5
常压小时换气次数	h^{-1}	0.5
采暖季累计热负荷	kW·h	9 864
采暖季设计热负荷	W	4 910
采暖季累计热负荷指标	$kW \cdot h/m^2$	106.59
建筑物耗热量指标	W/m^2	36

2.1.1 施工阶段

施工阶段的投资主要包含设备和配套基础设施两部分，其中设备投资主要指采暖技术的供热热源设备、各类辅助设备、管路系统及供热末端等部分的投资。配套基础设施投资主要指在清洁能源采暖技术使用过程中，为满足其安装、运行条件，进行配套的燃气管线、电力设施增容等建设所投入的费用。

参照《北京市新能源和可再生能源技术应用评价》，采用不同的清洁取暖方式会产生不同的成本，目前广泛推行的还是电代煤和气代煤两种方式，其中电代煤的主要应用形式有空气源热泵、蓄能电锅炉、蓄热式电采暖器三种，各类设备投资及配套设施投资情况见表6。

表6 主要清洁取暖方式设备投资及配套设施投资情况

清洁取暖应用类型	设备投资/（元/户）	配套设施投资/（元/m^2）
空气源热泵	30 390	410
蓄能电锅炉	25 007	410
蓄热式电采暖器	8 200	410
燃气壁挂炉	15 368	350

2.1.2 运行阶段

运行阶段所产生的费用主要包括热源消耗燃料费用、系统辅助设备耗能产生的费用、折旧与检修费三个部分。其中，热源消耗燃料费用包括燃气锅炉的耗气量、电采暖及热泵的耗电量、煤炉具的耗煤量等费用；系统辅助设备耗能产生的费用包括水泵、燃气锅炉等设备运行的耗水、耗电量；维检费指根据供暖系统中产品、配件等进行系统年维护的成本，包含维护材料费、人工费。维检费按设备初投资的1.5%估算。运行费用还应包括设备的折旧费，考虑到目前大部分清洁取暖设备的设计使用年限均在10～20年，且清洁取暖技术正处于快速更新阶段，设备折旧后成本的变化情况难以预测，因此暂不计算该部分费用。各类技术运行能源消耗量及维检费用估算结果见表7。

2.2 清洁取暖目标用户测算

根据《北方地区冬季清洁取暖规划（2017—2021年）》提出的规划目标，结合2017年各省（区、市）农村人口数及户均人数，可分别计算各省份近期农村清洁取暖改造户数目标情况，见表8。对于提前超额完成目标用户量的城市，以已完成改造的用户量为准。

2019年北方地区农村清洁取暖改造目标为2546.8万户，2021年为4251.1万户。各省份中气代煤和电代煤用户的比例并无相关规定，因此用天然气供暖和电供暖面积发展目标之比近似估算。

2.3 投资测算

利用户均清洁取暖改造投资以及各城市已确定的补贴标准，可得出不同地区对于煤改电、煤改气改造工程的户均实际补贴水平，见表9。结合各城市煤改电、煤改气工程量，可计算出每年用于设备补贴及运行补贴的总投资情况。

表7 各类技术运行能源消耗量及维检费用

清洁取暖应用类型	燃料实物消耗量/年			辅助设施实物耗量/年	单位面积燃料消耗量/（m^2/年）			维检费/（元/年）
	低值	中值	高值		低值	中值	高值	
空气源热泵	3 288 kW·h	6 576 kW·h	9 394 kW·h	768 kW·h	35.90 kW·h	71.80 kW·h	102.32 kW·h	455.85
蓄能电锅炉	10 383 kW·h	20 766 kW·h	29 592 kW·h	960 kW·h	113.35 kW·h	226.70 kW·h	323.05 kW·h	375.11
蓄热式电采暖器	10 383 kW·h	20 766 kW·h	29 592 kW·h	0	113.35 kW·h	226.70 kW·h	323.05 kW·h	123.00
燃气壁挂炉	1 160 m^3	2 341 m^3	3 307 m^3	768 kW·h	12.67 m^3	25.34 m^3	36.11 m^3	230.52

注：低值、中值、高值分别代表节能建筑、以50%为节能建筑标准的非节能建筑、以65%为节能建筑标准的非节能建筑所对应的相关参数

表8　各省市近期农村清洁取暖改造目标　（单位：万户）

地区	2019 年清洁取暖改造目标			2021 年清洁取暖改造目标		
	电代煤	气代煤	合计	电代煤	气代煤	合计
北京市	68.1	16.1	84.7	68.1	16.1	84.7
天津市	54.2	69.0	123.2	54.2	69.0	123.2
河北省	336.7	447.7	784.4	511.5	680.3	1 191.8
山东省	167.0	222.2	389.2	280.9	373.6	654.5
山西省	89.4	118.8	208.2	160.9	213.9	374.8
河南省	167.3	222.5	389.8	295.1	392.4	687.5
其他北方城市	243.5	323.8	567.3	487.0	647.6	1 134.6
合计	1 126.2	1 420.1	2 546.8	1 857.7	2 392.9	4 251.1

表9　清洁取暖改造户均实际补贴　（单位：元）

补贴类型			北京	天津	河北	山东	山西	河南
设备补贴	热泵类		24 000	30 390	7 400	5 700	27 400	3 500
	蓄能类		5 940	4 200	7 400	5 700	14 400	3 500
	燃气类		8 100	7 700	2 700	2 000	5 000	3 500
天然气管网、接驳补贴			9 000	1 500	4 000	3 000	3 000	—
运行补贴	天然气	低值	1 876	1 200	1 200	1 200	2 062	900
		中值	2 699	1 200	1 200	1 200	2 865	900
		高值	2 699	1 200	1 200	1 200	2 865	900
	热泵	低值	862	862	862	862	862	900
		中值	1 723	1 600	1 723	1 200	1 723	900
		高值	2 000	1 600	2 000	1 200	2 400	900
	蓄能式电取暖设备	低值	2 000	1 600	2 000	1 200	2 400	900
		中值	2 000	1 600	2 000	1 200	2 400	900
		高值	2 000	1 600	2 000	1 200	2 400	900

2019 年北方农村地区清洁取暖改造目标为 2546.8 万户，2021 年为 4251.1 万户，所需各类补贴的投资额如表 10 所示。若全部使用蓄能类设备作为电取暖方式，2019 年，北方地区一共需要设备、管网等一次性补贴 2150.37 亿元，年运行补贴 373.13 亿元，2021 年需设备、管网等一次性补贴 3115.15 亿元，年运行补贴 621.53 亿元。若使用热泵类设备作为电取暖方式，则 2019 年和 2021 年的前期一次性补贴投入各需提高 1112.69 亿元、1835.41 亿元，而在不进行农居节能改造的情况下，热泵类清洁取暖的年运行补贴与蓄能类设备持平或略低，在进行农居节能改造后，2019 年的清洁取暖年运行补贴将降低 90.10 亿～105.68 亿元，2021 年的年运行补贴将降低 148.62 亿～174.33 亿元。在不考虑贴现率的情况下，采用热泵类设备所节省的运行补贴最短能在运行 11 年后弥补其所需的前期一次性补贴的提高。

表10　近期北方农村地区清洁取暖改造各项补贴投资估算
（单位：亿元）

补贴项目		2019 年	2021 年
设备补贴	热泵类	1 768.134	2 916.589
	蓄能类	655.448	1 081.181
	燃气类	603.543	1 016.983
年运行补贴	热泵类－低值	97.033	160.059
	热泵类－中值	187.129	308.675
	热泵类－高值	202.716	334.386
	蓄能类	202.716	334.386
	燃气类	170.412	287.148
管网、接驳补贴	燃气类	891.38	1 016.983

由“2+26”城市清洁取暖补贴资金需求量的测算结果可知，在推进清洁取暖改造的过程中，中央财政的支持对于减轻地方财政资金压力具有重要意义。在整个北方地区，目前中央财政每年拨付至清洁取暖试点城市的奖补资金合计 174 亿元，试点示范期为三年，三年累计奖补资金 522 亿元，覆盖 2019 年北方农村地区清洁取暖改造各项补贴所需投资总额的 16%～21%。随着改造范围的扩大，地方财政的资金压力也将继续扩大，中央财政的支持范围和力度也应有所提升。

3 结论与政策建议

3.1 结论

从政府的角度来看，清洁取暖补贴投入资金总额高，地方财政压力较大；从用户的角度来看，清洁取暖改造设备与运维费用高于燃煤，用户对补贴依赖大。

以“2+26”城市现有的补贴政策为标准，中央财政每年拨付至清洁取暖试点城市的奖补资金合计 174 亿元，三年累计奖补资金 522 亿元，只能覆盖 2019 年改造各项补贴所需投资总额的 20% 左右，地方政府财政压力巨大。

若全部使用热泵类设备作为电取暖方式，在进行农居节能改造后，2019 年的清洁取暖年运行补贴将降低 90.10 亿～105.68 亿元，2021 年的年运行补贴将降低 148.62 亿～174.33 亿元，从长期运行的角度来看，使用热泵类设备并进行建筑节能改造对降低补贴资金的投入有着积极影响。

3.2 政策建议

对未来京津冀及周边地区农村清洁取暖补贴政策的制定和实施建议如下：

（1）继续充分发挥中央财政支持作用。中央财政

的支持对于减轻地方财政资金压力具有重要意义，目前中央财政每年拨付至清洁取暖试点城市的奖补资金与清洁取暖改造各项补贴投资总额相比仍显不足，随着改造范围的扩大，地方财政的资金压力将越来越大，中央财政的支持范围和力度也应有所提升。

（2）充分利用市场建立多元化投融资机制，引入银行等金融机构的融资支持。鼓励和引导金融资本投入清洁取暖领域，拓宽金融机构支持清洁取暖渠道，研究设立北方清洁取暖基金，拓宽金融机构支持清洁取暖渠道；创新金融产品和服务，探索金融支持清洁取暖项目 PPP 项目的方式，鼓励和引导社会资本投资清洁取暖项目[22]。

（3）已大规模推进农村清洁取暖改造并已制定清洁取暖补贴政策的地区，应继续制定新的清洁取暖补贴政策。若补贴资金压力较大，可通过由省、市、县（区）三级财政分担的形式缓解，也可通过创新补贴计算形式，如参考晋城市对取暖费用 1200～2400 元区间进行全额补贴的方式，即将降低补贴门槛改为设立补贴门槛等，提升农户的清洁取暖支付意愿，从而在满足农户需求的前提下，降低补贴标准，缓解财政资金压力。还可区分不同农户的清洁取暖经济承受能力，对目前清洁取暖费用在家庭总年收入中占比较高的农户进行精准补贴，对经济承受能力较高的农户，可适当减少补贴的发放，从而实现缓解补贴资金压力的目的。

（4）对于尚未大规模推进农村清洁取暖改造的地区，建议不要急于求成。可以优先给建筑保温性能较好或经济实力较强的农户进行改造，通过一段时间的清洁取暖体验后在农户中形成良好的口碑，以增强其他农户进行清洁取暖改造的意向。对于保温性能较差的老旧农房，不宜强制性地推进清洁取暖，而应兼顾清洁取暖与建筑节能改造，若农户的改造意向不强，可以通过发放部分补贴的形式加以引导。若地方财政压力较大，也可以参照分级财政分担、创新补贴计算形式、精准补贴等方法加以缓解。

（5）清洁取暖补贴标准的制定和调整应在农户可接受、政府可承担的前提下，逐步实现退坡。在补贴退坡的同时，可采用提高补贴政策的宣传强度、加强环保知识的普及、宣传清洁取暖设备的正确使用方式等手段来提升农户的支付意愿，从而保持农户对清洁取暖的积极性。

参考文献

[1] 郝吉明，王金南，王志轩，等 . 中长期煤利用中大气污染控制技术路线 [J]. 中国工程科学，2015, 17(9): 42-48.

[2] 薛文博，武卫玲，付飞，等 . 中国煤炭消费对 $PM_{2.5}$ 污染的影响研究 [J]. 中国环境管理，2016, 8(2): 94-98.

[3] ZHU Y H, HUANG L, LI J Y, et al. Sources of particulate matter in China: Insights from source apportionment studies published in 1987-2017[J]. Environment international, 2018, 115: 343-357.

[4] LIU K Y, WU Q R, WANG L, et al. Measure-specific effectiveness of air pollution control on China's atmospheric mercury concentration and deposition during 2013-2017[J]. Environmental science & technology, 2019, 53(15): 8938-8946.

[5] 王文兴，柴发合，任阵海，等 . 新中国成立 70 年来我国大气污染防治历程、成就与经验 [J]. 环境科学研究，2019, 32(10): 1621-1635.

[6] FENG L, LIAO W J. Legislation, plans, and policies for prevention and control of air pollution in China: achievements, challenges, and improvements[J]. Journal of cleaner production, 2015, 112: 1549-1558.

[7] 皮冬勤，陈焕盛，魏巍，等 . 京津冀一次重污染过程的成因和来源 [J]. 中国环境科学，2019, 39(5): 1899-1908.

[8] SUN Y L, JIANG Q, WANG Z F, et al. Investigation of the sources and evolution processes of severe haze pollution in Beijing in January 2013[J]. Journal of geophysical research: atmospheres, 2014, 119(7): 4380-4398.

[9] 支国瑞，杨俊超，张涛，等 . 我国北方农村生活燃煤情况调查、排放估算及政策启示 [J]. 环境科学研究，2015, 28(8): 1179-1185.

[10] 赵文慧，徐谦，李令军，等 . 北京平原区城乡接合部燃煤散烧及污染物排放量估算 [J]. 环境科学研究，2015, 28(6): 869-876.

[11] HOU C, SHAO L Y, ZHAO C M, et al. Characterization of coal burning-derived individual particles emitted from an experimental domestic stove[J]. Journal of environmental sciences, 2018, 71: 45-55.

[12] 柴发合，薛志钢，支国瑞，等 . 农村居民散煤燃烧污染综合治理对策 [J]. 环境保护，2016, 44(6): 14-19.

[13] 宋玲玲，何军，武娟妮，等 . 我国北方地区冬季清洁取暖试点实施评估研究 [J]. 环境保护，2019, 47(9): 64-68.

[14] 张继平，宁杨翠，刘春兰，等 . 北京市门头沟区"煤改电"工程大气环境质量改善效果监测分析 [J]. 生态与农村环境学报，2017, 33(10): 898-906.

[15] 张晶，朱兆洲，李绪威，等 . 煤改气后天津市采暖期大气污染特征的时空分布研究 [J]. 生态环境学报，2019, 28(2): 324-331.

[16] 韩金保，于洁，牛璨 . 河北省居民生活煤改气对大气污染物排放量的影响研究 [J]. 安全与环境学报，2018, 18(5): 1977-1981.

[17] 杜晓林，冯相昭，王敏，等 . 京津冀地区散煤综合治理成本效益分析 [J]. 环境与可持续发展，2018, 43(6): 135-141.

[18] 谢伦裕，常亦欣，蓝艳 . 北京清洁取暖政策实施效果及成本收益量化分析 [J]. 中国环境管理，2019, 11(3): 87-93.

[19] 吴亮，吴迪，解岩，等 . 京津冀农村"煤改电"运行情况分析 [J]. 电力需求侧管理，2018, 20(4): 36-41.

[20] 别凡 . 民用散煤"双替代"难题待解 [N]. 中国能源报，2018-09-10(16).

[21] 张春燕 . 补贴不再，散煤会复烧吗 ?[N]. 中国环境报，2019-09-09(05).

[22] 高军，徐顺青，陈鹏，等 . 我国北方地区清洁取暖金融支持对策与建议 [J]. 环境保护，2019, 47(7): 42-44.

Current Situation, Problems and Countermeasures of Subsidy Policy for Clean Heating in Beijing-Tianjin-Hebei and Surrounding Areas

LUO Hong, ZHANG Baoliu, WANG Jian, ZHANG Zhiqi, LV Lianhong*
(Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

Abstract: The coal-based household winter heating mode in Beijing-Tianjin-Hebei and surrounding areas is one of the important reasons affecting the regional atmospheric environment quality. Large-scale promotion of clean heating reform is an important measure to optimize regional energy structure and improve atmospheric environmental quality. Focusing on the "2+26" cities, especially the subsidy policy, the implementation and main problems of the clean heating policy in Beijing-Tianjin-Hebei and surrounding areas were sorted out comprehensively, the recent regional clean heating reform subsidy investment was estimated and the suggestions for the optimization of rural clean heating subsidy policy in the future were proposed. The results showed that under the current subsidy standard, the difference in the amount of subsidy funds mainly comes from the difference between the clean heating technology path and the energy-saving performance of rural buildings. The use of heat pump equipment and building energy-saving reform has a positive impact on reducing subsidy investment. The central government's clean heating pilot city award fund can only cover about 20% of the total investment required to reform subsidies in 2019, and the local government has huge financial pressure. In the future, the rural clean heating subsidy policy in Beijing-Tianjin- Hebei and surrounding areas should continue to give full play to the central financial support role and make full use of the market to establish a diversified investment and financing mechanism. Areas that have promoted rural clean heating reform on a large scale and have formulated clean heating subsidy policies should continue to formulate new subsidy policies. Areas that have not yet undergone large-scale reform should be gradually promoted through pilot subsidies. The formulation and adjustment of the cleaning and heating subsidy standards should be gradually implemented in accordance with the capacity of users and the government.
Keywords: air pollution prevention; clean heating; double substitution; subsidy policy; Beijing-Tianjin-Hebei and surrounding areas

（上接130页）

Study on the Spatiotemporal Evolution and Influencing Factors of Industrial Waste Gas Pollution Control Efficiency in the Yangtze River Economic Belt

WU Chuanqing[1,2,3], LI Shufan[1*]
(1.School of Economic and Management, Wuhan University, Wuhan 430072, China; 2.Regional Economic Research Center, Wuhan University, Wuhan 430072, China; 3. Institute of China Development and Strategic Planning, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: Using data of 30 provinces (except Tibet) from 1998 to 2015, the efficiency of industrial waste gas pollution control in the whole country and the Yangtze River Economic Belt (YREB) was measured by the super-efficient SBM model, and the influence factors of industrial waste gas pollution control efficiency of YREB were studied by the threshold effect model. The study found that from 1998 to 2015, the efficiency of industrial waste gas pollution control in YREB was greater than that of the national level, the industrial waste gas pollution control efficiency in the mid-stream region was the highest, the middle-stream area was second, and the upstream area was the least. The evolving track of industrial waste gas pollution control efficiency in the nation and YREB was similar. The spatial pattern of industrial waste gas pollution control efficiency in YREB evolved from "polarization" to "transitional" from 1998 to 2015. The efficiency of industrial waste gas pollution control in 11 provinces of YREB was negatively correlated with the proportion of heavy industry. Under the smaller per capita GDP, the efficiency of industrial waste gas pollution control in YREB was negatively correlated with the rate of industrialization, the number of cases promulgated by local laws and regulations, and the total number of environmental pollution and destruction, which was positively correlated with the number of letters from the masses due to pollution. When per capita GDP crossed the threshold inflection point, the correlation was the opposite. To further promote the high-quality development of YREB, the central and local governments should strengthen the prevention and control of industrial pollution, promote the green development of heavy and chemical industries, strengthen the media's long-term effective supervision of waste gas pollution, promote the establishment of a scientific and effective tripartite governance system.
Keywords: the Yangtze River Economic Belt; industrial waste gas pollution control; super-efficiency SBM model