

ISSN:2309845 7

2018年12月
第25期

季刊

中國地熱能

CHINA GEOTHERMAL ENERGY



品质城市 美丽乡村

——浅层地热能助力北方清洁供暖能源转型

P05

京郊农村浅层地能供暖研究报告

P31

承印人：泰業印刷有限公司 地址：香港新界大埔工業邨大貴街 11-13 號 售價：人民幣 10 元 港幣 20 元



首都科技发展战略研究院

首都科技发展战略研究院（Capital Institute of Science and Technology Development Strategy, CISTDS）成立于2011年8月，由科学技术部、中国科学院、中国工程院和北京市人民政府发起，北京市科学技术委员会、北京师范大学和北京市科学技术研究院共同承建，是立足首都、服务全国的新型智库。

Capital Institute of Science and Technology Development Strategy (CISTDS) was established in August 2011. CISTDS is sponsored by the Ministry of Science and Technology, the Chinese Academy of Sciences, the Chinese Academy of Engineering and the Beijing Municipal People's Government, the Beijing Municipal Science and Technology Commission for the Secretary-General units, Beijing Normal University and Beijing Institute of Science and Technology. It is a new think tank which is based in the capital Beijing and serves the whole country.



首都科技发展战略研究院

微信公众号：CISTDS

网址：www.cistds.org

地址：北京市朝阳区东三环中路63号

富力中心12层



首都科技发展有限公司聚焦“创新创业”和“绿色发展”研究，致力于打造集学术与政策研究、战略与咨询服务为一体的高端智库平台，拥有丰富的高端专家资源，专业化的研究团队，以及相关领域的科研平台，对领域内的前瞻性、关键性、紧迫性问题展开重点分析和系统评估，为政府、企业和社会各界提供战略和技术咨询服务。

自成立以来，首都科技发展有限公司完成国家、北京市及社会委托项目百余项，连续出版品牌研究成果《首都科技创新发展报告》、《中国城市科技创新发展报告》，创建首都科技创新发展指数和中国城市科技创新发展指数，被誉为首都创新发展的“晴雨表”和全国城市创新的“风向标”；联合科技部火炬中心出版《中国创业孵化发展报告》，被列为国家创新调查制度系列报告，产生了积极而广泛的社会影响；承担中国-欧盟环境政策对话项目，联合完成《中国绿色发展指数报告》，为国家绿色发展战略实施提供了决策参考。研究成果荣获光明日报中国智库研究论文一等奖、中国社会科学院中国智库学术成果“优秀报告奖”。

首都科技发展有限公司定期举办“中国绿色发展论坛”、“首科新年论坛”等品牌论坛、主题活动和专题研讨会，搭建国际化的政产学研协同创新交流平台，开展与国内外科研与智库机构合作，推动思想碰撞与知识分享，为率先实现创新驱动的发展格局、促进首都科学发展提供了有力的智力支持。



北京市人民政府新闻办公室
Information Office of Beijing Municipality

“首都科技创新发展指数”新闻发布会
“The Capital Science and Technology
Innovation Development Index” Press
Conference



联合国工业发展组织总干事李勇先生与
首都发展战略研究院院长关成华先生亲切会晤
Mr. Li Yong, the Director General of UNIDO, met
with Prof. Guan Chenghua, the President of
CISTDS.



中欧绿色投资政策对话项目
EU-China Policy Dialogues on Investment



恒有源科技发展集团有限公司 EVER SOURCE SCIENCE & TECHNOLOGY DEVELOPMENT GROUP CO.,LTD.

恒有源科技发展集团有限公司（简称恒有源集团），是中国节能环保集团公司旗下的中国地热能产业发展集团有限公司（香港上市号 8128.HK，简称中国地热能）在北京的科技实业发展总部。

Ever Source Science and Technology Development Group Co. Ltd. (HYY Group) is the Beijing Head Office for science and technology development owned by China Geothermal Industry Development Group Ltd. (HKEx: 08128, China Geothermal) which is subordinate to the China Energy Conservation and Environment Protection Group.

在京港两地一体化管理框架下，恒有源集团专注于开发利用浅层地能（热）作为建筑物供暖替代能源的科研与推广；致力于原创技术的产业化发展；实现传统燃烧供热行业全面升级换代成利用浅层地能为建筑物无燃烧供暖（冷）的地能热冷一体化的新兴产业；利用生态文明建设成果，促进传统产业升级换代；走出中国治理雾霾的新路子。

With integrated administrative framework of Beijing and Hong Kong offices, the HYY Group is fully engaged in the R&D and market promotion of using shallow ground source (heat) energy as the substitute energy source of heating for buildings; in industrialized development of its original technology; to the upgrading of traditional heating industry into a new industry of integrated combustion-free heating and cooling with ground source energy; and in pioneering ways to improve ecological construction and curb haze in China.

● 员工行为准则：

Code of Conduct :

安全第一，标准当家

With safety first, standard speaks

扎扎实实打基础，反反复复抓落实

To form a solid foundation, to make all strategies practicable

负责任做每件事，愉快工作每一天

All develop sense of responsibility, and achieve pleasure at work

● 我们的宗旨：求实、创新

Our Mission: Pragmatism and Innovation

● 我们的追求：人与自然的和谐共生

Our Pursue: Harmonious Coexistence of Human and Nature

● 我们的奉献：让百姓享受高品质的生活

Our Dedication: Improve comfort level of the people's livelihood

● 我们的愿景：原创地能采集技术实现产业化发展——让浅层地能作为建筑物供暖的替代能源；进一步完善能源按品位分级科学利用；在新时期，致力推广利用浅层地能无燃烧为建筑物智慧供暖（冷）；大力发展地能热冷一体化的新兴产业。

Our Vision: Work for greater industrialized development of the original technology for ground source energy collection, while promoting the use of shallow ground energy as the substitute energy of heating for buildings; furthering scientific utilization of energies by grades; propelling combustion-free intelligent heating (cooling) for buildings with ground source energy; and forcefully boosting the new industry of integrated heating and cooling with ground source energy.

中國地熱能

CHINA GEOTHERMAL ENERGY

《中国地热能》编委会 China Geothermal Energy Editorial Committee

主任 王秉忱	Director Wang Bingchen
第一副主任 武强	First Deputy Director Wu Qiang
副主任 柴晓钟 吴德绳 孙骥	Deputy Director Chai Xiaozhong, Wu Desheng, Sun Ji
特邀委员 许天福	Special Committee Member Xu Tianfu
委员 程韧 李继江 庞忠和 郑克棧 徐伟 朱家玲 沈梦培 张军 黄学勤 李宁波 许文发 马最良 彭涛 孙铁	Committee Member Cheng Ren, Li Jijiang, Pang Zhonghe, Zheng Keyan, Xu Wei Zhu Jialing, Shen MengPei, Zhang Jun, Huang Xueqin, Li Ningbo Xu Wenfa, Ma Zuiliang, Peng Tao, Sun Tie

《中国地热能》杂志社 China Geothermal Energy Magazine

社长 徐生恒	President Xu Shengheng
总编 孙伟	Editor-in-Chief Sun Wei
出版顾问 王进友	Publish Consultant Wang Jinyou
编辑 陈思	Editor Jay Chen
特约记者 李晶	Special Correspondent Li Jing
设计制作 北科视觉设计中心	Art Editor SCIENCE TECHNOLOGY LIFE

主办 中国地热能出版社有限公司 地址 香港中环皇后大道中 99 号中环中心 37 楼 3709-10 室	Sponsor China Geothermal Energy Press Limited Address Units 3709-10,37/F,The Center,99 Queen's Road Central, Central, Hong Kong
--	--

协办 北京节能环保促进会浅层地（热）能开发利用专业委员会 国际标准刊号 :23098457	Co-Sponsor Special Committee on Shallow Ground Source (Thermal) Energy Development and Utilization under Beijing Association to Promote Energy Conservation and Environmental ISSN:23098457
--	--

承印人 泰业印刷有限公司 地址 香港新界大埔工业邨大贵街 11-13 号 发行部 黄礼玉 广告部 陈思 地址、联系电话 北京市海淀区杏石口路 102 号 +8610-62592988	Printed by Apex Print Limited Address 11-13 Dai Kwai Street, Tai Po Industrial Estate, Tai Po, Hong Kong Publishing Department Coniah Wong Advertising Department Jay Chen Address, Telephone Address: No.102, Xingshikou Road, Haidian District, Beijing +8610-62592988
---	--

目录

CONTENTS



本期焦点

CURRENT FOCUS

品质城市 美丽乡村
——浅层地热能助力北方清洁
供暖能源转型 **P05**

Better City, Beautiful Countryside-Shallow Geothermal Energy Has Conduced the Transformation to Clean Heating Energy

在全球应对气候变化、环境污染的大背景下，世界范围内又掀起了新一轮的能源革命浪潮。当前以化石能源为支柱的传统高碳能源体系，将逐渐被以新能源和可再生能源为主体的新型低碳能源体系所取代，这将推动人类社会从当前不可持续的工业文明发展模式向人与自然相和谐、经济社会与资源环境相协调的可持续发展模式过渡。

发展论坛

DEVELOPMENT FORUM

京郊农村浅层地能
供暖研究报告 **P31**

Research Report on Heating with Shallow Geothermal Energy in Suburban Areas of Beijing

经过几年的努力，京郊农村清洁供暖虽然已经走在了北方农村的前面，但在北方农村地区浅层地能供暖方面的示范引领作用还不够明显。因此，我们对现有国内外浅层地能供暖的相关科研单位、企业等进行了资料整理和实地调查，并根据农村浅层地能供暖的现状和问题进行了研究，提出了促进京郊农村地区浅层地能供暖发展的措施和政策建议。

封面 / 目录图片 摄影：孙伟 封面为恒有源集团项目——北京西山赢府商务中心

中國地熱能

CHINA GEOTHERMAL ENERGY

2018年12月

第25期

季刊

品质城市 美丽乡村

——浅层地热能助力北方清洁供暖能源转型

BETTER CITY, BEAUTIFUL COUNTRYSIDE

——Shallow Geothermal Energy Has Conduced The Transformation To Clean Heating Energy

首都科技发展战略研究院 中国北方供暖能源与系统工程研究院

摘要:在全球应对气候变化、环境污染的大背景下,世界范围内又掀起了新一轮的能源革命浪潮。当前以化石能源为支柱的传统高碳能源体系,将逐渐被以新能源和可再生能源为主体的新型低碳能源体系所取代,这将推动人类社会从当前不可持续的工业文明发展模式向人与自然相和谐、经济社会与资源环境相协调的可持续发展模式过渡。

随着中国特色社会主义进入新时代,我国经济社会发展也进入了新时代。《国家新型城镇化规划(2014-2020年)》和《国家乡村振兴战略规划(2018-2022年)》明确提出了提升城镇和乡村发展质量的具体要求,高质量发展成为推进新型城镇化和实施乡村振兴战略的必由之路。

供暖是中国北方社会民生的重大基础工程。长期以来,北方地区供暖主要以一次能源特别是煤炭燃烧为主,引发环境污染、能源浪费,导致雾霾天气频发,供暖季又被人们戏称为“雾霾季”,严重影响了人民的日常生活和身体健康。2016年,习总书记在中央财经领导小组第十四次会议上明确提出,推进北方地区冬季清洁取暖,按照“企业为

主、政府推动、居民可承受”的方针,宜气则气,宜电则电,尽可能利用清洁能源,加快提高清洁供暖比重。因此,大力发展北方清洁取暖,推动我国供暖能源转型升级,对于缓解北方地区环境污染问题以及推进品质城市和美丽乡村建设意义重大。

当前,我国的清洁供暖模式主要有天然气供暖、电供暖、清洁燃煤供暖和可再生能源供暖四种。但从能源储量、环境保护、能源品位以及技术的角度考虑,目前占清洁供暖市场主导地位的天然气与清洁燃煤集中供暖,以及太阳能、风能、生物质能、水能等可再生能源均不适宜作为我国北方清洁供暖的首选能源。

相比之下,浅层地热能具有储量巨大、再生迅速、分布广泛、温度适中、稳定性好等优点,不存在永久消耗问题,是取之不尽、用之不竭的巨大“绿色能源宝库”。浅层地热能作为低品位可再生能源,可以供暖、制冷,并提供生活热水,具有无燃烧、无排放、使用区域零污染、价格低等特点,能够实现经济、社会、环境效益的统一。用浅层地能热泵系统全面替代矿物质燃料(煤、油、气)实

现无燃烧供热，在我国已有十多年的成功经验。2017年12月29日，国家发改委等六部委联合印发《关于加快浅层地热能开发利用促进北方供暖地区燃煤减量替代的通知》，提出因地制宜加快推进浅层地热能开发利用，明确将浅层地热能作为北方供暖的替代能源。因此，基于对当前技术、环境、经济等综合因素的考量下，应将浅层地热能作为我国北方清洁供暖的首选能源。

浅层地热能供暖至少具有四方面的比较优势。浅层地热能供暖具有无燃烧、无污染、无排放等特点，相较传统的供暖方式，节能减排效果显著，有效地促进了城乡绿色发展；浅层地热能供暖具备“三联供”的特征，不仅能够供暖，还能制冷并提供生活热水，有效地提升了居民生活品质；采用浅层地热能集中供暖，无需投资建立大规模供暖管线、热网系统、配电网等，有效地减少了建设开发投资；与其它供暖方式相比，浅层地热能供暖的采暖费用最低，每平米供暖费用不到10元，能有效地降低居民供暖成本，经济效益显著。

研究团队对北京城乡地区的四个典型项目（即北京市海淀区外国语学校的浅层地热能三联供项目、国家行政学院培训中心浅层地热能供暖（冷）模式、海淀区西闸村地能热宝系统、海淀区罗家坟村的蓄能式电暖气更换为地能热宝供暖系统的改造项目）进行调研后，发现在浅层地热能供暖方式的推广应用过程中，上述4点比较优势得到了充分体现。浅层地热能供暖不仅为城市提供了一种经济低碳集中供暖模式，还为农村地区提供了分布式的清洁高效自采暖模式，它对于推动供暖能源转型、区域环境改善、经济效益提升确实发挥了作用。

但是，在推广应用浅层地热能供暖的过程中还存在一些亟待解决问题。比如，社会对浅层地热能供暖的认知度较低，人们对于供暖的认识尚停留在“燃烧产生热量”的阶段，对无燃烧过

程、能源品位低的浅层地热供暖持怀疑态度；在城市与农村两个供暖市场，浅层地热能供暖项目的推广分别受到了场地硬环境与营商软环境的制约；前期投入较高影响浅层地热项目推广；目前我国北方的供暖市场的补贴机制不完善，无法引导社会积极采用浅层地热能供暖，而且政府对开发利用浅层地热能供暖的企业、特别是民营企业的支持力度比较欠缺。

地能热冷一体化新兴产业是依靠产业发展，推动加速治理雾霾的最经济和有效的手段，可实现经济、社会、环境效益的共赢。我国北方地区有必要进一步加大浅层地热能供暖的推广应用力度。

一是要加强顶层设计，完善保障体系。应进一步明确政府“推进+保障”的职能；完善产业保障体系，引导和规范浅层地热能市场发展；完善规划保障体系，统筹城乡浅层地热能供暖布局。

二是要鼓励政策倾斜，强化财税支持。支持供暖政策向浅层地热能倾斜；加大财政资金扶持，形成政府可推动、企业有盈利、居民可承受的共赢局面；完善浅层地热能供暖项目的税收政策优惠。

三是要加大研发力度，压缩前期成本。提升企业自身研发能力，加大科研力量投入；推动浅层地热能利用设备创新升级，提升设备使用寿命；加大浅层地热能利用设备产业化生产力度，压缩一次性投入成本。

四是要重视宣传推广，增强大众认知。加强对城乡决策层的科普和培训；鼓励实地示范宣传，通过口碑效应形成家家参与的良好氛围；建立多样化的推广机制，形成显著示范效应和良好舆论导向。

五是要创新参与机制，提升生活品质。增强企业社会责任意识，提高服务质量，推动绿色、节约、高效、协调、适用的北方地区清洁供暖体系的建立。要完善居民参与机制，鼓励居民参与并监督供暖方式的选择、选址、施工、后期维护等工作，不断提升浅层地热能供暖的服务水平和质量。

Abstract: In response to climate change and environmental pollution, a new round of energy revolution emerged. An energy system based on new energy and renewable energy has gradually taken the place of the traditional fossil fuels based high carbon energy system. This replacement has pushed the evolution of the industrial civilisation from unsustainable development to a more environmentally-friendly and sustainable model.

The development of socialism with Chinese characteristics marked a new era of China's economy, where the quality-improvement of growth in the urban and rural area has been put onto the agenda in government publication the National New Urbanization Plan (2014-2020) and National Strategic Plan for Rural Revitalization (2018-2022). In these documents, the Chinese government emphasise the importance of promoting the construction of new urbanisation and the necessity of implementing the strategy of vitalising rural areas.

Heating supply is an essential foundation for people's livelihood in northern China. For a long time, primary energy, especially coal consumption, is the main heating source there. This activity has caused environmental pollution and energy waste, leading to frequent haze weather. Hence, heating period is also nicknamed "haze season". However, this weather has seriously affected people's daily life and health. In 2016, Chairman Xi Jinping proposed in the 14th Meeting of the Central Leading Group on Finance and Economics, that promoting clean heating in winter in north China should be based on a strategy of "Business-

oriented, government-driven, affordable prices for residents". This strategy adopted a rather flexible approach in energy usage, calling for using gas or electricity for heating wherever permissible, thus increasing the percentage of clean-heating. Therefore, promoting clean heating is of great significance for alleviating environmental pollution and the construction of high-quality cities and beautiful countryside in northern China.

Currently, clean heating modes in China mainly include natural gas heating, electric heating, clean coal-fired heating and renewable energy heating. Nevertheless, regarding the factors of energy reserves, environmental protection, energy grade and technology, neither do clean heating methods (including natural gas heating and clean coal-fired centralised way) have priorities in northern China (although these methods have dominated the clean heating market), nor could renewable energy (such as solar energy, wind energy, biomass energy, water energy, and so on) be the proper energy resource in this area.

By contrast, shallow geothermal energy (SGE), for its distinctive advantages of vast reserves, rapid regeneration, wide distribution, moderate temperature and excellent stability, can be a reliable alternative. SGE, as a type of renewable energy free from the depletion problem, is an inexhaustible "green energy treasure house". As a kind of low-grade renewable energy, SGE can provide heating, refrigeration and domestic hot water. Featured in non-combustion, non-emission, zero pollution and economical during usage, SGE realises the unification of economic, social and environmental benefits.

China has the decades-long history of replacing fossil fuels with shallow-ground-energy-heating pump systems for combustion-free heating. On 29th December 2017, the State Development and Reform Commission and other six ministries jointly issued the Notice on Accelerating the Development and Utilization of Shallow Geothermal Energy and Promoting the Substitution of Coal-fired Reduction in Northern Heating Areas, which urged to speed up the development and utilisation of SGE according to local conditions, thereby clarifying SGE's position as an alternative energy for heating in north China. All in all, after a thorough deliberation on technology, environment and economy, SGE should be considered as the preferred energy for clean heating in northern China.

There are at least four comparative strengths of SGE. (i) Shallow geothermal heating has the advantages of combustion-free, pollution-free and emission-free. Compared with traditional heating methods, energy saving and emission reduction effect is remarkable, which effectively promotes the green development of urban and rural areas. (ii) SGE's "triple supply" feature, which provides heating, but also it can supply refrigerate and domestic hot water, could effectively improve the quality of life of residents. (iii) SGE-driven heating can effectively reduce investment on construction, in the sense that it uses centralised heating instead of the costly infrastructure such as large-scale heating pipelines, heating network systems, distribution networks and so on. (iv) Costing less than 10 yuan per square meter, SGE is the most economical heating modes, which can

significantly reduce the heating cost of residents, bringing remarkable economic benefits.

The research team has investigated four typical projects in urban and rural areas of Beijing (i.e. the SGE triple supply project of Haidian Foreign Language School of Beijing, the shallow geothermal heating/cooling model of the training center of the National Administration College, the geothermal treasure system of Xizhacun Village of Haidian District, and the transformation project of the energy storage electric heating system of Luojiafen Village of Haidian District into the geothermal treasure heating system). The team found that the above four comparative advantages have been fully embodied in the process of popularisation and application of shallow geothermal heating. Not only does SGE provide a low-carbon centralised heating mode for cities, but also it offers a distributed, clean and efficient self-heating mode for rural areas. It has played a critical role in promoting the transformation of heating energy, improving the regional environment and economic efficiency.

However, there are yet some urgent problems to be solved for market promotion and application. For example, social awareness of shallow geothermal heating is still weak. Inhabitants' understanding of heating is merely in the stage of "heat generated by combustion", and they are sceptical of shallow geothermal heating with the fire-free process and lower energy grade. Moreover, in urban and rural heating markets, the promotion of shallow geothermal heating projects is

constrained by both the geographical and business environment, respectively. Also, costly investment during initial stage has limited the advancement of shallow geothermal projects. At present, the imperfect subsidy mechanism of the heating market in northern China has become a stumbling block for SGE heating adoption. What's worse, the lack of the government's support for the SGE heating enterprises, especially for private ones, has led this new method a long and hard way to go.

Industry-wise speaking, the emerging integrated geothermal-driven heating and cooling system industry is the most economical and practical approach to control haze and to realise a win-win status in economy, society and environmental benefits, which, therefore, should be further promoted in north China.

Firstly, we recommend the policymaker to strengthen the top level design and improve the safeguard system. Other than further clarifying the function of "promoting & safeguarding" of the government, the industrial guarantee system should also be developed for guiding and regulating the development of SGE market. Besides, it is necessary to ameliorate the planning guarantee system and coordinate the distribution of SGE heating in urban and rural areas.

Secondly, the government should promulgated preferential policies and strengthen fiscal and taxation support in SGE, leading to an all-win situation where the government, corporation and residents would all be beneficial by increasing financial aid.

Thirdly, we suggest enterprises intensify R&D and reduce the costs. For example, companies should enhance the R&D capability by increasing the investment of R&D. Companies should keep upgrading SGE facilities via innovation to improve its service lifespan. Besides, an increase in the intensity of industrialized production of SGE equipment would also be useful to reduce the one-time input cost.

Fourthly, authorities should attach importance to enhance public awareness. It would be helpful to form remarkable demonstration effect and favourable public opinion if there enacted policies to strengthen science popularisation and training for decision-makers and to establish diversified promotion mechanism in both cities and countryside. Besides, encouraging demonstration and publicity on the spot would also sparkle a formation of a good atmosphere for family participation through word-of-mouth effect.

Lastly, we advise creation in participation mechanism to improve the life quality. Enterprises should enhance social responsibility awareness, improving service quality, thereby establishing a green, economical, efficient, coordinated and applicable heating in north China. Moreover, the government should meliorate the mechanism of residents' participation and encourage residents to take part in and monitor the selection process of heating modes, the site-chosen procedure, construction and maintenance to enhance the service level and quality of shallow geothermal heating continuously.

一、北方清洁供暖能源转型的战略意义

（一）全球能源革命是大势所趋

能源革命是在人类生产力水平不断提高的基础上发生的能源生产与消费及与其相关的产业转型升级、结构优化、技术进步、体制与机制创新等重大变革，是一个以新能源取代旧能源及由此而产生的能源系统的演变更替过程。能源革命是推动人类社会发展的主要动力。

人类历史其实也是一部能源变革史。历史上每一次能源变革，无不意味着人类生产力的巨大解放与进步。近200多年来，以煤炭、石油为主的化石能源支撑着世界经济的发展与社会的进步。石油被称为“工业的血液”，其在全球能源消费中所占的份额最大，为交通运输乃至整个经济系统的运行提供了燃料。煤炭则被称为“工业的粮食”，是石油时代之前的工业社会基础，相较于石油，其成本更低，广泛应用于电力、建材、化工和冶金等行业中。

从2017年全球能源消耗结构来看，石油、煤炭和天然气等化石能源仍然是主体能源，总占比为85.2%。水电和核能占比较低，分别为6.8%和4.4%。可再生能源在一次能源消耗中占比最低，仅为3.6%（图1）。

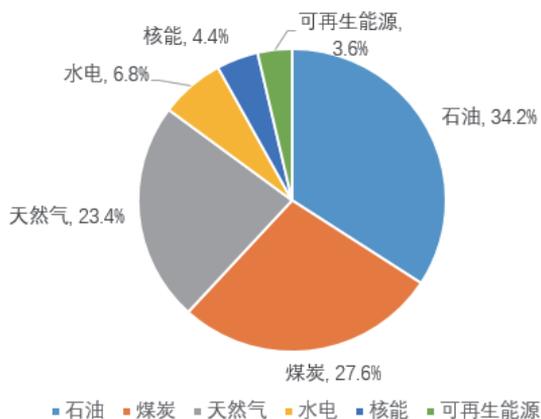


图1 2017年世界一次能源消耗占比

资料来源：2018年《BP世界能源统计年鉴》

然而，化石能源终究是不可再生能源，并非取之不尽、用之不竭，全球经济社会发展对化石燃料的过度依赖必将引发能源短缺的危机。根据2018年《BP世界能源统计年鉴》，2017年石油的探明储量约为1.6966万亿桶，按照2017年原油产量（9265万桶/天）计算，全球原油只够开采18312天，约为50.2年。

此外，化石能源燃烧将排放大量的烟尘等污染物，导致灰霾频发，严重危害人类的身体健康。众所周知的英国伦敦烟雾事件就是由于大量燃用煤炭等化石能源引起的，1952年的烟雾事件死亡人数达4000人。

同时，化石能源燃烧还是全球温室气体排放的主要来源。根据联合国政府间气候变化专门委员会的评估报告，温室气体引起的全球升温已经导致物种灭绝、粮食减产、自然灾害频发等严峻后果。

近年来，在全球应对气候变化、环境污染的大背景下，世界范围内又掀起了新一轮的能源革命浪潮。当前以化石能源为支柱的传统高碳能源体系，将逐渐被以新能源和可再生能源为主体的新型低碳能源体系所取代。人类经济社会发展不能再依赖有限的矿物资源，也不能再侵占和损害环境空间。新一轮的能源革命将推动人类社会从当前不可持续的工业文明发展模式向人与自然相和谐、经济社会与资源环境相协调的可持续发展模式过渡。

（二）新型城镇化和乡村振兴要走高质量发展之路

城镇化是伴随工业化发展，非农产业在城镇集聚、农村人口向城镇集中的自然历史过程，是人类社会发展的客观趋势，是国家现代化的重要标志。1978-2017年，我国城镇常住人口从1.7亿人增加到8.1亿人，城镇化率从17.9%提升到58.5%，年均提高1.04个百分点。然而，

城镇化率的快速提升带来了一系列挑战，诸如城市能源和水资源结构性短缺的压力，城市空气、水和土壤污染加剧的压力，城市交通日趋拥堵的压力，城市住房需求和人居环境退化的压力等等，这些压力表明，我国的城镇化进程亟待提高品质。

乡村是具有自然、社会、经济特征的地域综合体，兼具生产、生活、生态、文化等多重功能，与城镇互促互进、共生共存，共同构成了人类活动的主要空间。乡村振兴战略是党和国家对“三农”工作作出的重大决策部署。我国仍处于并将长期处于社会主义初级阶段很大程度上缘于乡村的建设，因此，科学有序地推动乡村产业、人才、文化、生态和组织振兴对于决胜全面建成小康社会、全面建设社会主义现代化国家意义重大。

随着中国特色社会主义进入新时代，我国经济发展也进入了新时代，经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段。推动高质量发展，是遵循经济发展规律的必然要求，也是适应我国社会主要矛盾变化和全面建成小康社会、全面建设社会主义现代化国家的必然要求。

《国家新型城镇化规划（2014—2020年）》和《国家乡村振兴战略规划（2018~2022年）》对全面提升城镇和乡村发展质量提出了具体要求。以高质量发展为目标推进新型城镇化建设和乡村振兴战略，必须要坚持以人民为中心的发展思想，紧紧围绕人的需求来设计、建设和治理城市和乡村。打造品质城市、美丽乡村，就是在有效地解决人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾。

（三）清洁供暖是关系国计民生的重大工程

我国的大部分国土位于北温带，受地理位置与季风影响，冬天具有“南温北寒”的特点。鉴于能源紧缺、节约成本的考虑，我国大致以“秦

岭-淮河”为南北分界线，建立了北方地区供暖体系（包括北京、天津、河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、山东、陕西、甘肃、宁夏、新疆、青海等14个省（区、市）以及河南省部分地区）（图2）。



图2 中国集中供暖南北分界线

根据《北方地区冬季清洁取暖计划（2017—2021）》，截至2016年，我国北方地区城乡建筑取暖总面积约206亿平方米。其中，城镇建筑取暖面积141亿平方米，农村建筑取暖面积65亿平方米。城镇地区供热平均综合能耗约19千克标煤/平方米，农村约27千克标煤/平方米。

长期以来，由于成本低等原因，北方地区冬季取暖以燃煤为主。截至2016年底，我国北方地区城乡建筑燃煤取暖面积约占83%，取暖用煤年消耗约4亿吨标煤，其中散烧煤（含低效小锅炉用煤）约2亿吨标煤。

煤炭燃烧是二氧化硫与二氧化碳的重要排放源，是雾霾形成的重要原因之一。煤炭燃烧时除产生大量颗粒物（包括一次PM2.5）外，还会形成二氧化硫、氮氧化物、烃类等有害气体，这些气态污染物在大气中又会发生一系列化学反应

本期焦点 CURRENT FOCUS

生成二次PM2.5等，对环境危害很大。尤其在北方农村地区，冬季取暖时燃煤散烧，而且散烧煤大部分使用的是灰分及硫分含量高的便宜煤，往往缺乏脱硫、脱硝等措施，污染更加严重。同样1吨煤，散烧煤的大气污染物排放量是燃煤电厂的10倍以上。据《2017中国散煤治理调研报告》统计，2015年京津冀地区的民用散煤数量巨大，一年散煤消费量超过4000万吨，占区域煤炭使用总量的10%，且90%以上的散煤用于生活采暖。



图3 北京雾霾天

近年来，由于燃煤采暖造成北方地区雾霾天气频发，供暖季又被人们戏称为“雾霾季”，已严重影响了人民的日常生活和身体健康（图3）。

2016年12月21日，习总书记在中央财经领

导小组第十四次会议上明确提出，推进北方地区冬季清洁取暖，按照“企业为主、政府推动、居民可承受”的方针，宜气则气，宜电则电，尽可能利用清洁能源，加快提高清洁供暖比重。大力发展北方清洁取暖，推动供暖能源转型升级，对于缓解我国北方地区环境污染问题意义重大，是关系国计民生的重大基础工程。

二、首选浅层地热能作为北方清洁供暖能源 (一) 清洁供暖模式

清洁供暖是指利用天然气、电、地热能、生物质能、太阳能、工业余热、清洁化燃煤（超低排放）、核能等清洁化能源，通过高效用能系统实现低排放、低能耗的取暖方式，包含以降低污染物排放和能源消耗为目标的供暖全过程，涉及清洁热源、高效输配管网（热网）、节能建筑（热用户）等环节。

当前，我国的清洁供暖模式主要有天然气供暖、电供暖、清洁燃煤供暖和可再生能源供暖四种（表1）。

目前，天然气供暖和清洁燃煤供暖是我国北方地区清洁供暖主要方式，占总供暖面积的28%。电供暖和可再生能源供暖的占比很小，分别占总供暖面积的2%和4%（图4）。

可再生能源供暖主要包括地热能供暖、生物质能清洁供暖、太阳能供暖、工业余热供暖，合

表1 我国的清洁供暖模式分析

供暖模式	描述	优势
天然气供暖	以天然气为燃料，使用脱氮改造后的燃气锅炉等集中式供暖设施进行供暖	燃烧效率较高、基本不排放烟尘和二氧化硫
清洁燃煤供暖	对燃煤热电联产设备、燃煤锅炉房实施超低排放改造后（即在基准氧含量6%条件下，烟尘、二氧化硫、氮氧化物排放浓度分别不高于10、35、50毫克/立方米），通过热网系统向用户供暖	与利用散煤供暖相比，燃烧效率高、污染排放少
电供暖	利用电力，使用电锅炉等集中式供暖设施或发热电缆、电热膜、蓄热电暖器等分散式电供暖设施，以及各类电驱动热泵向用户供暖	布置和运行方式灵活，有利于提高电能占终端能源消费的比重
可再生能源供暖	利用地热能、生物质能、太阳能、工业余热等进行供暖	清洁、可再生、生态环境效益显著

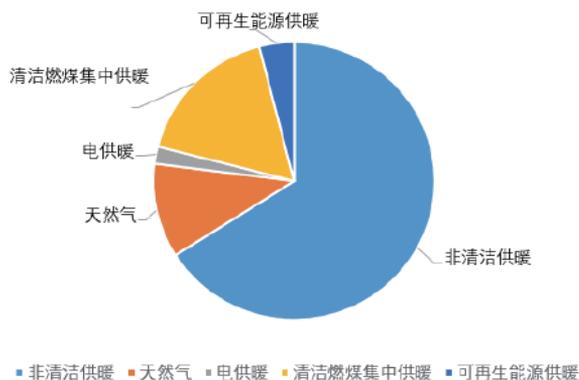


图4 我国北方地区供暖面积

数据来自《北方地区冬季清洁取暖计划（2017-2021）》。

计供暖面积约8亿平方米。

地热能供暖是利用地热能资源，使用换热系统提取地热能资源中的热量向用户供暖。截至2016年底，我国北方地区地热能供暖面积约5亿平方米。

生物质能清洁供暖指利用各类生物质原料，及其加工转化形成的固体、气体、液体燃料，在专用设备中清洁燃烧供暖的方式，其供暖面积约2亿平方米。

太阳能供暖是利用太阳能资源，使用太阳能集热装置，配合其他稳定性好的清洁供暖方式向用户供暖。太阳能供暖主要以辅助供暖形式存在，配合其它供暖方式使用，目前供暖面积较小。

工业余热供暖是回收工业企业生产过程中产生的余热，经余热利用装置换热提质向用户供暖的方式。截至2016年底，我国北方地区工业余热供暖面积约1亿平方米。

（二）首选浅层地热能

作为目前必不可少的保障性服务，清洁供暖在选择能源时应遵循以下原则：

- 1、优先考虑资源储量大的能源；
- 2、优先考虑开发安全、稳定的能源；

3、优先考虑开采难度低、性价比高的能源；

4、优先考虑环境影响小的能源；

5、优先考虑储备、运输及使用方便的能源。

从能源储量角度考虑，我国能源结构的特点是富煤少气，随着天然气消费量逐年增加，我国天然气的进口量也逐步提升，对外依存度增大。然而，天然气的增量仍无法满足我国庞大的供暖市场。天然气价格的季节性峰谷差较大（最大峰谷差超过10倍），供暖期存在缺口，而非供暖期供大于求。2017年冬，在清洁供暖工作推进过程中，华北地区甚至出现了“气荒”。2017年12月，河北全省供需缺口达10%-20%，部分居民面临“无暖可采”的危机，对经济社会正常运行产生了较大影响。此外，当前国际社会“右转”趋势明显，全球化进程遭受阻碍。我国对于天然气市场的过度依存不仅会推动天然气价格持续走高，增加经济成本，更会丧失关系国计民生的用气主动权。

从环境保护角度考虑，煤炭的化学性质决定了其燃烧后的碳排放显著高于天然气以及可再生能源。而煤作为不可再生的化石能源，迟早面临耗尽被淘汰的命运。因此，我国应早做计划，主动实现供暖能源转型，避免日后被动转型的危机。

从能源品位角度考虑，建筑供暖本不需用高品位能源，只需能产生80℃以下的温度足矣。因此，用天然气等把能够炼出近1000℃钢水的能源只烧出150℃以下的蒸汽为建筑供暖，这是能源品位的浪费。

从技术角度考虑，太阳能、风能、生物质能、水能等可再生能源在现阶段尚不适宜作为建筑物持续稳定的供暖能源，风能、太阳能在使用时都需要传统能源作为备用或贮存；生物质能对

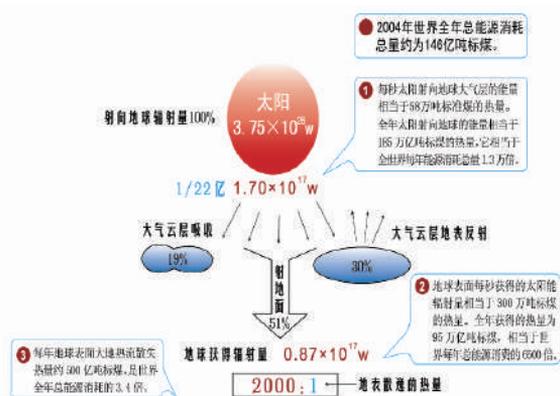


图 5a

图 5 浅层地热能能量资源

农村及郊区的有农作物的地区有重要意义，但不适宜作为城市供暖能源进行大面积推广，其它如潮汐发电等也存在投资过高、需要政府补贴才能运营等问题。因此，目前它们都不能单独直接作为建筑物的能源供给。

鉴于以上几点分析，目前占清洁供暖市场主导地位的天然气管与清洁燃煤集中供暖，以及太阳能、风能、生物质能、水能等可再生能源均不适宜作为我国北方清洁供暖的首选能源。

相比之下，浅层地热能是指地表以下一定深度范围内（一般为恒温带至200米埋深），温度低于25℃的地球内部的热能资源，具有储量巨大、再生迅速、分布广泛、温度适中、稳定性好等优点，不存在永久消耗问题，是取之不尽、用之不竭的巨大“绿色能源宝库”（图5）。根据《地热能开发利用“十三五”规划》数据，全国浅层地热能年可开采资源量折合标准煤可达7亿吨。

其实，人类很早以前就开始利用深层地热能，例如利用温泉沐浴，利用地下热水取暖等。但是浅层地热能由于其品位低，缺乏技术对其直接利用，限制了浅层地热能产业的发展。直到1912年，瑞士人首先提出了地源热泵技术，

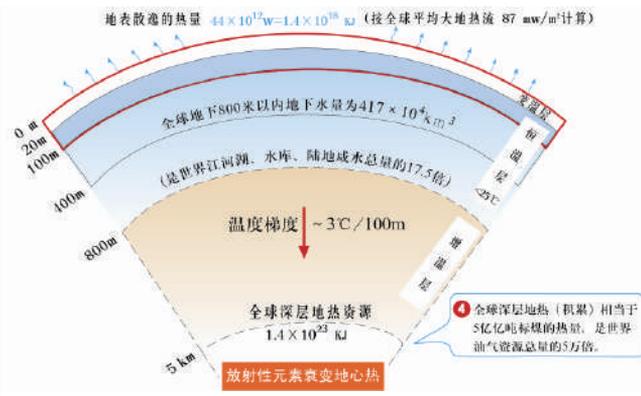


图 5b

1946年第一个地源热泵系统在美国俄勒冈州诞生，开发利用浅层地热能供暖才逐渐在全球遍地开花。随着热泵技术的发展成熟，通过输入少量电能，可以有效地将浅层地热能提取出来加以开发利用，使得浅层地热能供暖成为现实。目前，全球已有70多个国家利用热泵技术实现了对浅层地热能的直接利用。

用浅层地能热泵系统全面替代矿物质燃料（煤、油、气）实现无燃烧供热，在我国已有十多年的成功经验。2017年12月29日，国家发改委等六部委联合印发《关于加快浅层地热能开发利用促进北方供暖地区燃煤减量替代的通知》（发改环资〔2017〕2278号），提出因地制宜加快推进浅层地热能开发利用，明确将浅层地热能作为北方供暖的替代能源。

综上所述，在目前化石能源排放大、众多可再生能源技术和经济条件受限的情况下，应将浅层地能作为我国北方清洁供暖的首选能源。

三、浅层地热供暖 ——高效环保的供暖解决方案

我国的浅层地热供暖技术经过十余年的发

表 2 热源采集方式

采集方式	对环境的影响	能效比	占地面积	适应性
抽水井回灌井	有地下水流失、回灌难、有潜在地质危害	高	较大	对地质条件要求高，适应性差
地埋管	无地下水流失、无污染、无地质危害	低	大	适用区域广
单井循环换热	无地下水流失、无污染、无地质危害	高（是地埋管的 20-100 倍）	小	适用区域广

展，日趋成熟，已成为浅层地能的应用大国，多项技术和设备甚至向国外出口。我国相关领域的企业十分重视技术研发与创新，开发出能够服务于不同地区、不同地质情况，不同类型、不同使用功能的建筑物的多样化产品系列，基本可实现传统供暖产品的全替代。

（一）热冷一体化智慧供暖

浅层地热能供暖实际上是将电能转化机械能，通过使用地源热泵空调技术，驱动热泵系统搬运不花钱的低品位热能为建筑物供暖，通过物理变化过程，实现电的高效利用和浅层地热能供暖（可再生能源占供暖总能耗60%以上）。

我国部分企业，利用浅层地热能技术，实现了“三联供”，即冬天供暖，夏天制冷，一年四季供生活热水。“三联供”的地源热泵通过与土壤等介质中“四季恒温”的地下热能交换即可实现供暖与制冷。冬季取出地热，给

室内供暖，夏季把室内热量抽出，释放到地能中，完成热交换。

利用浅层地能为建筑物供暖（冷）只需消耗少量的电能（能效比可达到4）（图6），就能将传统用于供暖、供生活热水所要消耗的煤、油、气等一次性能源节省下来，从能源供给方式上就保证了供暖（冷）方式无任何污染排放行为，是绿色环保技术产品；其建设成本只相当于所配套建筑物传统中央空调制冷系统的价格；其运营成本在均无政府补贴的情况下，低于天然气、煤气、电能取暖，与烧煤取暖费用相当。采集浅层地能为建筑供暖、制冷，可有效降低化石能源消耗，减少污染排放，是促进建筑节能减排的重要措施之一。

（二）热源提供——钻井采能

就热源提取来说，目前我国浅层地热供暖领域有三种方式。分别为抽水井+回灌井系统、地

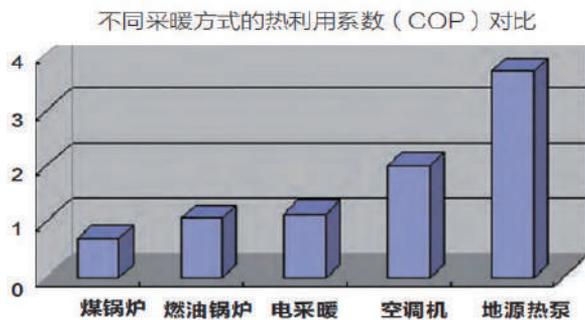


图 6 不同采暖方式的热利用效率

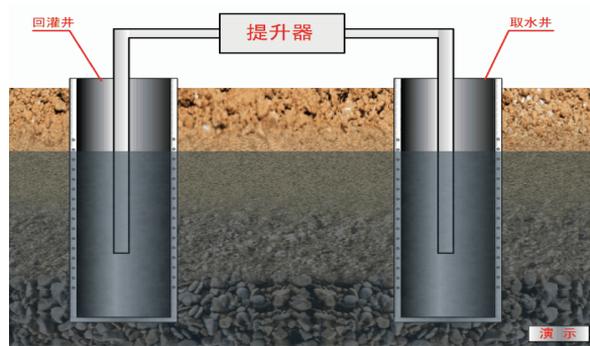


图 7 抽水井 + 回灌井系统

国际通用的埋管地能采集系统

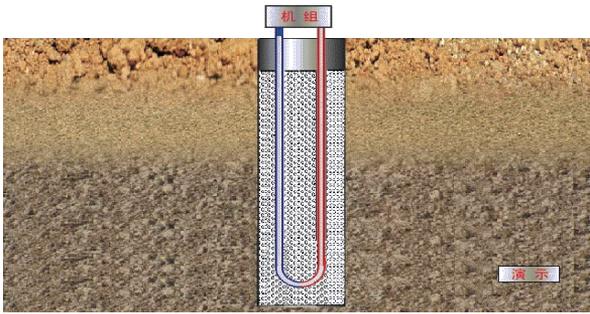


图8 埋管系统

埋管系统和单井循环换热系统（表2）。

抽水井+回灌井系统由相隔一定距离的两口井组成（图7）。一口为抽水井，与普通供水管井相同；另一口为回灌井。工作时，潜水泵将井水从抽水井抽出进入机组换热，换热后的井水进入回灌井渗入大地。该装置结构简单、成本低。然而，该技术对地质条件要求较高，只有在地下水很丰富的地区才可以使用，并且在运行过程中，会产生地下水回灌难、移砂和地质沉降等问题。

埋管系统的典型结构是由垂直埋入地下100米左右深度的单U型或双U型换热管组成（图8）。换热管内的介质通过管壁与周围的岩土体换热。它可以适应多种地质条件，但其换热能力差，占地面积大。

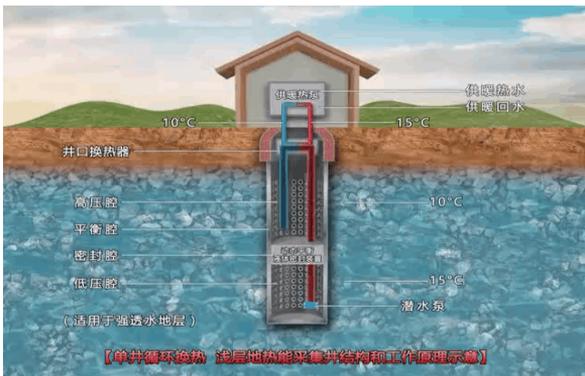


图9 单井循环换热系统

相比较而言，单井循环换热系统是浅层地热能供暖领域较为理想的热源提取系统（图9）。该技术以地下水为介质，利用一口井及井内装置，采用半封闭循环回路，实现水与浅层土壤及砂岩的热交换，从土壤、砂岩中取热，实现抽水与回灌在能量交换与流量间的动态平衡及能量采集过程。由于井水就地原位循环，所以既不消耗水，不污染水，不会破坏地下水的正常分布，也不会因为移砂而造成取水井坍塌和回灌井堵塞等问题，避免了抽水井+回灌井系统带来的隐患。而与埋管技术相比，该技术占地面积小，供热效率则更高。

目前，基于该技术，我国相关企业已经开发出单井循环地热能采集技术，总结出了针对不同地质、不同地区地热能采集换热装置的设计方法与设计经验，并进行了规模化、模块化生产。

（三）热能输送——分布式

浅层地热供暖的另一大特点为分布式热能输送系统。该系统直接在靠近用户的地点采集、生产能量，并依靠建在用户端的热能输送装置为用户提供热力，解决了传统自采暖的污染大、效率低和城市集中供暖的能量损耗大、运行僵化的缺点（表3）。分布式热能输送系统不但简化了向用户提供能量的输送环节，进而减少了输送能量

表3 我国供暖模式对比——热能输送视角

供暖模式	特征	优（缺）点
传统自采暖	采用散煤、桔梗为燃料，火炕、火炉、土暖气等为媒介供暖	能耗高、污染大、效率低
集中式	以热水或蒸汽为热媒，由一个或多个热源站通过公用供热管网向整个城市或其中某些区域的众多用户供热	供热效率高、覆盖面广，污染较传统供暖方式低；输热过程中能量损失高、调控僵化
分布式	以清洁能源为热源，在用户端安装供热（冷）系统，且系统能够在消费地点（或附近）生产热能	节约能源、环保、调控灵活、计价灵活

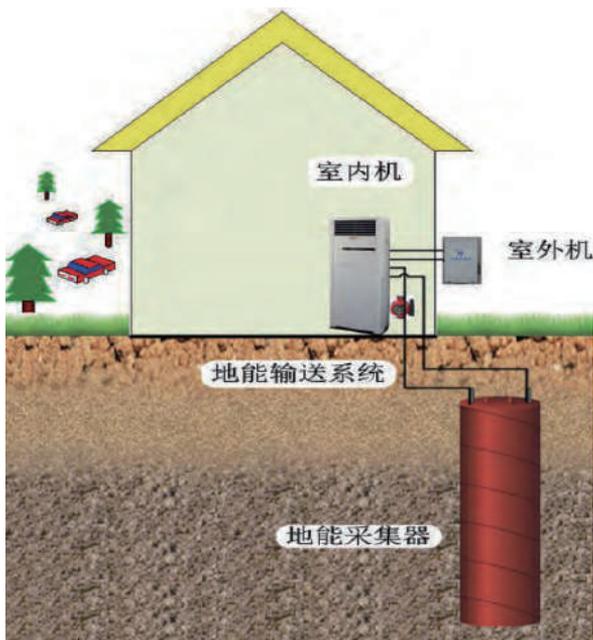


图 10 地能热宝系统

的损失与成本，更可以在用户端灵活调节供热的强度、时长、起止时间等方面，实现能源的节约与合理分配。

以恒有源科技发展集团为例，该企业针对不同规模的应用场景，设计了以分布式热源输送模式为特征的供暖解决方案，包括地能热宝系统、地能热泵环境系统和分布式地能冷热源站。

地能热宝系统是针对建筑较为分散的我国北方农村地区和城市的别墅区的供暖方案（图 10）。系统主要由地能采集器、分体热泵机组、地能输送系统三部分组成，其中地能采集器安装在用户院落附近，提取土壤中的热量；分体热泵机组与家用柜式空调机组类似，分室内、室外两部分，室内供暖，室外放置压缩机等核心部件；地能输送系统是连接地能与热泵机组的管线，换热介质通过管线实现能量的转移和输送。

该系统可低能耗的解决差异化采暖需求，为使用50~2000平方米建筑物的住户供热、制冷

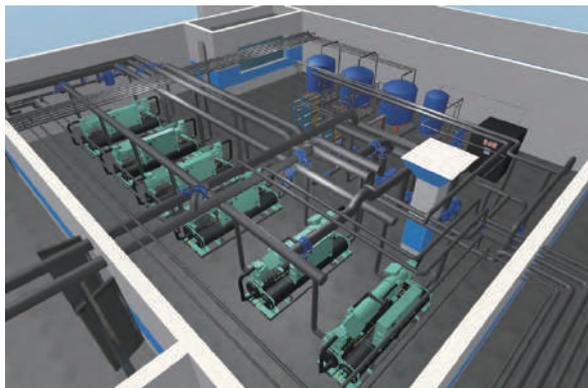


图 11 地能热泵环境系统

并提供生活热水。它适用于布置分散或可差异运行的办公、学校、住宅等建筑，可替代城镇分散式锅炉系统。

地能热泵环境系统是针对单体或占地面积不大的群体建筑物的供热方案（图 11）。该系统与传统燃烧供热产业的区域供热锅炉房相对应，设计供热规模100~30000千瓦，可为2000~500000平方米建筑物供热、制冷并提供生活热水。

分布式地能冷热源站则是针对大型建筑群的供能方案（图 12）。该系统将为单体建筑供热的地能热泵环境系统区域连通，技术上更安全可

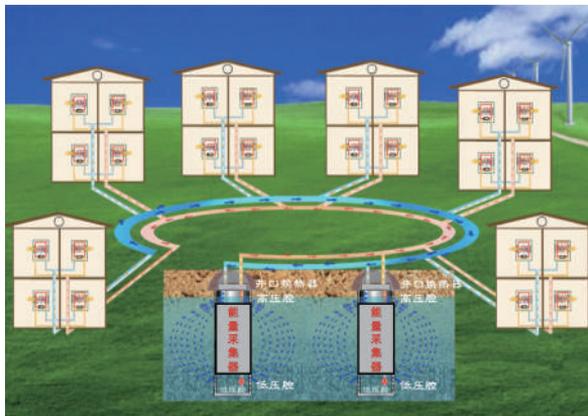


图 12 分布式地能冷热源站

本期焦点

CURRENT FOCUS

靠，实现了地能热冷一体无燃烧为新兴城市建筑物供热、制冷并提供生活热水，设计供热规模为5~900兆瓦。该系统与传统燃烧供热产业的市政热力系统相对应，是新兴城镇配套供热的公共基础设施，可满足城镇10万~1500万平方米的区域建筑物使用。

四、浅层地热能供暖的主要优势

利用浅层地热能供暖具有诸多优势，可以有效提升居民生活品质、减少建设开发投资、降低供暖成本、促进节能减排，对于推动供暖能源转型、环境改善具有重要意义。

（一）有效提升居民生活品质

对于农村而言，浅层地热能供暖能够有效提升农村居民生活品质。长期以来，北方农村地区采用分布式自采暖方式进行房屋供暖，大量使用燃煤。使用燃煤供暖，一个100平方米左右的房间每个采暖季至少需要贮存2~3吨煤。在冬季利用燃煤供暖的过程中，农户生活空间不仅被占用，还存在环境脏乱差等现象。煤炭燃烧烟雾明显，还容易引发一氧化碳中毒，存在安全隐患。同时燃煤锅炉需要专人看管，耗费时间精力（图13）。

和传统的燃煤取暖相比，利用浅层地热能供暖具有无燃烧、无排放等优势，且操作简单，有利于最大限度满足广大农村农户的个性化需



图 13 农民屯煤过冬



图 14 居民自主调节供暖系统

求。同时，浅层地热能供暖舒适度更高。根据北京市农村工作委员会对北京663个村3000多户进行的监测数据，浅层地热能供暖平均温度达20.6℃，高于空气源热泵（19.1℃）、燃气壁挂炉（17.7℃）、蓄能式电暖气（17.0℃）。

此外，浅层地热能还具备“三联供”的特征，即不仅能够供暖，还能制冷并提供生活热水。供暖是我国北方地区的“必需品”，制冷则是“奢侈品”。浅层地热能不仅让农民在冬季享受暖气，还能在夏季享受冷气，一套系统可冬夏兼用，使浅层地热能利用得更为充分，让农民无需再额外添置热水器和空调。除了供暖和供冷之外，浅层地热能还可以把水加热为生活热水，电费仅为热水器的1/3。

对于城镇而言，传统的集中供暖无法调节室内温度，温度过高时通常只能通过开窗散热等方式被动降温。而采用浅层地热能供暖，温度高低可根据个人情况自主调节，采暖时间可以自行控制，每个房间的温度也可根据不同的需求进行设置分配，能充分满足个性化要求，符合现代居民生活需要（图14）。

（二）有效减少建设开发投资

利用浅层地热能供暖，也是减少北方地区供

表 4 各种能源供暖的相关投资数据

项 目	浅层地热	煤	油	气	电
每平方米建筑国家能源投资（元）	250	360	415	415	960
每平方米建筑业主投资（元）	120 ~ 150	50 ~ 150	50 ~ 150	50 ~ 150	50 ~ 150
每平方米建筑总投资（元）	370 ~ 400	410 ~ 510	465 ~ 565	465 ~ 565	1010 ~ 1110

注：1）供暖部分只计算国家开采能源和建筑物供暖的区域热力投入；

2）采供煤 200 元 / 平方米；天然气第二条管线投资按第一条的 50% 计算，共 255 元 / 平方米；电力投资 800 元 / 平方米；热力设备热网 160 元 / 平方米；

3）业主缴纳的接口费（“四源费”）暂不计；

4）总投资以热网集中供热为对比，若是分散供热，国家投资中不包括热力设备热网费用；

5）不包含建筑物内的末端系统。

“四源费”指市政基础设施中的自来水厂建设费、煤气厂建设费、供热厂建设费、污水处理厂建设费。

暖建设开发投资的有效途径。根据各种能源供暖的投资数据显示，浅层地热能每平方米建筑总投资均低于煤炭、石油、天然气和电力（表4）。

从社会总投入的角度来看，由于采用电力供暖涉及到发电、输电、配电、用电四个环节，与电直接采暖、蓄能电暖气采暖相比，空气源热泵和地源热泵供暖都能大幅度减少配电、输电和用电费用，其中地源热泵又比空气源热泵减少 30% 的电网投入。同时，安装地源热泵，利用浅层地能供暖，相比其他清洁能源供暖方式，每户还可以减少社会投入 4000 元，同时减少 1/3 的运行费用补贴。因此，浅层地热能供暖不仅减少了建设投资，还减少了用户的支出，具有很高的经济效益。

特别是在城市采用浅层地热能集中供暖，无需投资建立大规模供暖管线、热网系统、配电网等，仅需要在某栋建筑或者某一小区就近打井采集地热能，相比之下开发成本比较低。同时，利用浅层地热能供暖无需设置热能的存储环节，不论白天、晚间，不论晴天、阴天，随时可以提取热能为建筑供暖，具有热需求无时间差的特

点，有效节约存储费用。

（三）有效降低居民供暖成本

“居民可承受”是北方地区推行清洁供暖必须考虑的因素。数据显示，采用燃煤、天然气挂炉、空气源热泵、地源热泵和储能式电暖器供暖，一个供暖季折算费用分别为 18.5 元 / 平方米、13.8 元 / 平方米、18.3 元 / 平方米、9.6 元 / 平方米和 21.3 元 / 平方米。可以看出，浅层地热能供暖的采暖费用在这 5 中供暖类型中最低，仅为 9.6 元 / 平方米（图 15）。以农村 100 平方米的住宅为例，一个供暖季的电费仅有 960 元，是燃煤

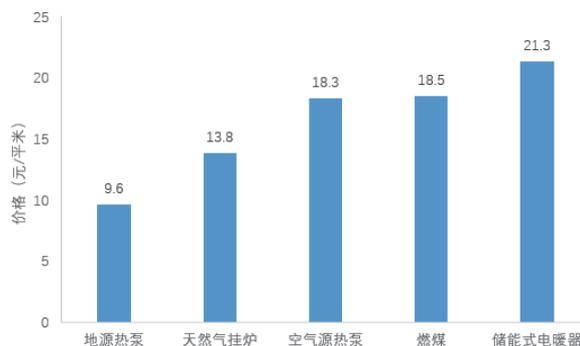


图 15 不同采暖方式运行成本

表 5 百万平方米建筑利用浅层地热能供暖的减排效果

类别	减排二氧化碳（万吨）	减排二氧化硫（吨）	减排氮氧化物（吨）	减排颗粒物（吨）	减少排烟量（亿立方米）
效果	2.45	228	151	416	1.3

资料来源：北京市农村工作委员会

供暖所需费用的53%，经济效益显著。研究团队在实地调研中还发现，利用浅层地热能供暖成本较低的优点也得到了村民的普遍认可，对于超出政府补贴范围的面积，村民表示愿意自费安装浅层地热能供暖系统。

此外，由于浅层地热能供暖可自主选择开启或关闭，可利用“峰、谷电价制度”以最低运行费用供暖。一方面，随开随关极大地节约了能源，人多则多用，人少则少用，无人则不用，适应农村分布式自采暖的现实状况。另一方面，由于建筑物本身有极大的热容量，冬季在绝大多数情况下，可以只用谷电价运行，峰价时关机，间歇“省钱”运行，用程序自动控制，既可节约运行费用，又可缓解电网产、销差的难题，仍可保证供暖效果。

（四）有效促进城乡绿色发展

浅层地热能供暖具有无燃烧、无污染、无排放等特点，相较传统的供暖方式，节能减排效果显著。

从节能方面看，一方面，采用浅层地热能供暖系统是就近取热、就近供暖，无需建设长距离热能输送管网，有效减少了输送热能的大量功耗和热损失，形成明显节能效果。另一方面，地源热泵的能源利用率最高。地源热泵的性能系数平均为3.5，远高于燃煤（0.6）、燃油（0.9）、电（1.0）、空调机（1.8）等，这使浅层地热能供暖更节能。再一方面，浅层地热能经过设备转换最终提供了15~25℃左右的循环水，配合热泵的应用，提升它到40℃以上为建筑物供暖，

解决了建筑物供暖中利用低品位能源的难题，克服了高品位能源低用的浪费。

从减排方面看，利用浅层地热能供暖，100万平方米的建筑每个采暖季可减少二氧化碳排放2.45万吨，减少二氧化硫排放228吨，减少氮氧化物排放151吨，减少颗粒物排放416吨，减少烟尘排量1.3亿立方米，具有明显的减排效果（表5）。浅层地能热泵系统的运行具有零污染、零排放的特点，能真正做到保护生态环境，减少对环境的污染，被美国环境保护署（EPA）评为“环境最友好的供热技术”，有效促进了城乡绿色发展。

五、品质城市——经济低碳集中供暖

集中供暖是城市供暖的主要模式。集中供暖模式的供热效率高，污染小，但也存在能量损耗大、运营调控僵化等缺点，容易出现能源与资金的浪费以及“同价不同热”等问题，并且无法就天气变化进行相应调整。

浅层地热能供暖是就近建造的供暖系统，减少了集中供暖时产生的热量消耗。同时，设备安装在用户端，可准确计量耗热（电）量，用户也可自由控制供热强度及时间等，避免了集中供暖按面积收费造成的能源过渡浪费。因此，浅层地热能供暖为城市提供了一种经济低碳集中供暖模式。

（一）北京市海淀区外国语学校

（1）建设情况

北京市海淀区外国语学校位于北京市海淀区



图 16 海淀外国语学校供暖（冷）机房

区，占地面积350亩，总建筑面积9万余平米。目前，全校拥有3-18岁全年龄段教育体系，136个教学班，在校学生4400余人，教职工940余人。

海淀外国语学校从2001年开始采用浅层地热能供暖系统，对教研楼、教室、游泳池、体育

馆、宿舍、食堂、景观水池等进行供暖覆盖，供暖冷建筑面积92632平方米。该系统依据学校区域内建筑物功能设立机房，现共有地能热泵环境系统机房14个，均可独立运行（图16）。

学校在校园范围内实现了三联供。根据室外环境温度，各建筑室内温度可以在18-26℃之间随意调节，分别满足冬季和夏季对舒适度的要求。考虑学校特殊的使用环境，系统启用时间通常为环境温度持续高于26℃（连续5天）开始制冷或持续低于18℃（连续5天）开始供暖，直至环境温度处于18-26℃范围。生活热水系统出水温度设置40-45℃，不间断供水。

（2）运行效果

经过多年实际运行，该项目运行稳定，耗电量平均为冬季37.92千瓦时/平方米，夏季14.74千瓦时/平方米，全年耗电量为52.66千瓦时/平方米，按照居民电价0.4886元/千瓦时计算，全

表 6 地源热泵运行表现

建筑名称	建筑面积	系统功能	冬季耗电 (度/平方米)	夏季耗电 (度/平方米)	全年耗电 (度/平方米)	冬季热水 供应量(吨)	运行费用 (元/平方米)
综合教学楼	8047	冷暖	24.32	10.63	34.95	-	17.08
综合艺术楼	6009	冷暖	23.07	9.45	32.52	-	15.89
小学教学楼	8897	冷暖	21.71	10.36	32.07	-	15.67
高中楼	5248	冷暖	21.91	8.98	30.89	-	15.09
北区食堂	4455	冷暖	24.54	10.64	35.19	-	17.19
体育游泳馆	5603	冷暖+热水	55.01	13.41	68.42	11675.84	33.43
女生宿舍	6296	冷暖+热水	40.85	16.26	57.11	5690.01	27.90
男生宿舍	6296	冷暖+热水	40.07	17.07	57.13	5281.644	27.91
小学生宿舍	12000	冷暖+热水	49.46	17.27	66.73	19463.33	32.60
南区学生宿舍	4698	冷暖+热水	59.34	15.87	75.21	11486.61	36.75
南区教学楼和学生宿舍	15529	冷暖+热水	49.47	15.08	64.54	25194.63	31.54
南区食堂	3040	冷暖	22.64	18.93	41.56	-	20.31
乒羽中心和击剑中心	2364	冷暖	51.00	38.20	89.20	-	43.58
幼儿园	4818	冷暖+热水	47.50	4.20	51.70	7026.25	25.26

注：数据是由课题组根据相关资料测算而得。

表 7 项目节能减排效果 (2002 年至 2013 年)

可替代燃煤量 (吨)	减少排烟量 (万标立方米)	减排 CO ₂ (吨)	减排 SO ₂ (吨)	减排氮氧化物 (吨)	减排颗粒物 (吨)
10220	13797	30282	242	174	438

注: 数据是由课题组根据相关资料测算而得。

年运行费用为25.72元/平方米 (表6)。

海淀外国语学校的浅层地热能供暖 (制冷) 项目显著地体现了经济与低碳优势。

在供暖方面, 通过11年的数据统计, 冬季供暖总用电量为3097万度, 与电锅炉供暖相比, 累计节电9291万度, 节省电煤30659吨。同时, 减排效果明显, 与直接供暖锅炉比, 节煤10220吨, 减少排烟量13797万标立方米, 减排二氧化碳超过3万吨, 减排二氧化硫242吨, 减排氮氧化物174吨, 减排颗粒物438吨 (表7)。在每个供暖季, 海淀外国语学校的直接能耗成本为18.06元/平米, 是锅炉集中供暖成本的39.3%。

在制冷方面, 11年的数据统计显示, 该系统制冷总用电量为1127万度, 比传统中央空调系统节电量约为226万度电。因不采用冷却塔, 没有水的蒸发损失, 累计节水9197吨。

地热能供暖的灵活与舒适性也在海淀外国语学校得到了充分体现。该项目采用分散独立采暖

方式, 宿舍楼、体育游泳馆、幼儿园的地能热泵环境系统为全校5400余学生和教职员工供应洗澡等用途的生活热水。学校根据室外温度, 对供暖的时间自行控制, 对于温度则根据不同的需求进行自主调节, 将供暖时间与热量控制权掌握在自己手中, 具有较强的自主性。这种采暖方式在节约能源消耗的同时, 能充分满足个性化要求, 为师生提供了舒适的学习工作环境。调研时, 部分老师也表示, 该系统比全市范围内统一设定日期的集中供暖更为人性化, 可以依据温度的实时变化自行供能, 避免了十一月初“挨冻”等待暖气的尴尬。

(二) 国家行政学院港澳培训中心

(1) 建设情况

国家行政学院港澳培训中心位于北京市海淀区, 主楼为12层连单层地下室, 并辅以周边配套楼, 建设项目总占地21600平方米, 建筑面积43219平方米, 包括教学培训区、餐饮区、学员宿舍区、羽毛球馆、篮球馆、乒乓球馆、网球馆、台球室、健身



图 17 国家行政学院港澳培训中心



图 18 地能采集井埋藏处

表 8 国家行政学院项目运行表现

运行年份	总面积 (平方米)	供暖		制冷	
		总能耗 (千瓦时)	平米能耗 (千瓦时 / 平方米)	总能耗 (千瓦时)	平米能耗 (千瓦时 / 平方米)
2014	43000	1181072	27.47	517472	12.03
2015		1321784	30.74	453812	10.55
2016		1085508	25.24	431420	10.03
2017		1191232	27.70	560931	13.04

房和地下停车场等设施 (图17)。

该项目的用能需求特点是冷热需求较多,用能形式复杂,培训楼、综合体育馆需要冬季正常供暖、夏季正常制冷,并且还需要提供24小时生活热水。其中,该项目还要求常年对综合体育馆内的游泳池进行池水加热及维温供热。

该项目采集热量的14口地能采集井设置在建筑西侧及北侧的绿化用地内,每口井占地4平方米,采用暗井方式铺设 (图18)。

项目在前期安装阶段,按照高标准施工,并进行工艺创新。浅层地热能的有效利用是系统工程,对应用条件、设计施工与配套产品都有很高的要求,任何环节的疏忽都会增加项目的运行成本与环境的负担。该工程地能采集井按照《单井循环换热地能采集井工程技术规范》进行施工,采用了新型工艺,使常规钻井一个月的周期变为仅仅10小时,出水量达50立方米/小时。

新工艺的使用大大缩短了工期。一般来看,

这14口采集井在多台钻井机同时施工的情况下,也要花费数月,而本项目的钻井工程仅在十几天内就全部完成,突破了行业内对钻井周期的认知。

(2) 运行效果

在每年供暖季以及制冷季中,浅层地热能供暖(冷)模式单位能耗与总能耗保持在较低的水平,具有较好的经济与环境效益。

2012年采用地热能供暖(冷)模式后,国家行政学院港澳培训中心在每个供暖季的单位能耗稳定在25-31千瓦时/平方米,夏季制冷的单位能耗则略高于10千瓦时/平方米。若按0.93元/度的电价计算,培训中心在每个供暖季的直接能耗成本为22.85元/平方米,远低于北京市热力非居民供暖46元/平方米的消费(表8)。

从环境效益看,港澳公务员培训中心每个采暖季可节约422.58吨标准煤,减排二氧化碳约1066吨,并可减少数以吨计的二氧化硫、氮氧

表 9 一个采暖季应用浅层地热能供暖的节能减排效果

类别	可节约燃料量 (吨标煤)	减排二氧化碳 (吨)	减排二氧化硫 (吨)	减排氮氧化物 (吨)	减排颗粒物 (吨)	减少排烟量 (百万立方米)
效果	422.58	1066.24	9.92	6.57	18.10	5.66

注:数据是由课题组根据相关资料测算而得。

本期焦点 CURRENT FOCUS

化物及其他有害污染源（表9）。

在供暖季，根据室外环境温度，各建筑室内温度可以在18-26℃之间随意调节，分别满足冬季和夏季对舒适度的要求。生活热水系统出水温度设置45-50℃，24小时不间断供水。泳池加热，24小时恒温28-29℃。24小时高效供暖与生活热水的供应极大程度舒缓了学员们北上对于天气的不适应，使在寒冬时前来北京培训的港澳学员们享受到了不亚于南方的温暖。总体来说，浅层地热能供暖（冷）模式为国家行政学院的培训工作提供了有力支撑。

六、美丽乡村——清洁高效自采暖

农村地区由于面积广、住宅分散、建筑多为单层单院式、投资规模大等诸多原因，不适合采用集中供暖方式。因此，我国农村地区采暖多采用分散自采暖方式。但传统自采暖方式供热效率低，相同能耗水平下，供给的热力无法将室内温度提升至舒适程度。而浅层地热能供暖可以将供暖系统以小规模、小容量、模块化、分散式的方式直接安装在用户端，独立地输出热源，即提供一种分布式的清洁高效自采暖模式。

（一）北京市海淀区西闸村

（1）建设情况

西闸村位于北京市海淀区上庄镇，占地面积1094亩，其中宅基地面积140亩，住宅建筑面积约为6万平米，社区共有平房院落230户。该村农户宅基地面积较大，以平房为主，农户住房面积普遍在270平方米左右，之前一直采用传统电采暖或燃气采暖，在现有电力负荷条件下已不能满足清洁供暖需求。

2016年，西闸村实施煤改清洁能源项目。为了选取适合西闸村实际情况的供暖方式，村委会召开了村民代表大会，充分听取村民的需求和建议，同时积极收集农村采暖相关案例并进行了



图 19 分表计量计费系统

详细考察，最终选择浅层地热能供暖，采用地能热宝系统。

据统计，西闸村共改造213户，共计使用772套地埋管地能采集器和790套地能热宝机组。改造完成后，农户可得到供暖、制冷和日常生活热水。

（2）运行效果

地能热宝系统自2016年11月投入运行以来，不仅系统运行稳定，供暖室内温度满足用户需求外，同时还将农户从每天烧煤取暖的繁重劳动中解脱出来，提高了农户的生活品质，减少了燃煤取暖造成的空气污染，改善了农村的生活环境。

项目采用传统的电计量与水流量计量解决分户计量与收费问题，将供电系统与分户电表结合，水流量分户用热量匹配（图19）。每家每户都有单独的控制系统和计费系统，多开则多用，

表 10 西闸村 2016-2017 年供暖季供暖费用调查

农户	面积	总电量	峰电	谷电	供暖季电费	平米费用
农户 1	250.8	9295	4673	4622	2751.97	10.97
农户 2	230.58	8937	4109	4828	2496.21	10.83
农户 3	222.44	6762	3683	3079	2112.57	9.5
农户 4	267	6738	4340	2398	2366.4	8.86
农户 5	241.76	7698	4672	3026	2591.88	10.72



图20 西闸村村容村貌



图21 西闸村村民家中的地能热宝系统室内机



图22 罗家坟村地能热宝系统实景

少开则少用，自主控制性强，节能效果显著。

从供暖费用来看，经济效益显著。经过两年的运行，抽样调查显示，一个供暖季一家农户供暖电费平均每平方米10元左右，个别农户住房面积大，常住人口少，平均每平方米供暖电费低于10元（表10）。村民表示：“自从换了地能热宝系统，供暖费用降低很多，一个供暖季比烧煤还便宜了2000多元”。此外，个别农户家庭面积过大，超过政府补贴的范围，他们便主动购买同款产品对超出面积的部分进行供暖。

从环境效益来看，自从西闸村更换成地能热宝系统后，每个供暖季节约燃料量达1100吨标准煤，减少二氧化硫排放约21吨、氮氧化物排放约17吨。如今村民已无需贮存煤炭，街道变得整洁干净，极大地改善村容村貌。同时，在使用地能热宝系统供暖时，由于将噪声源压缩机移至室外，且使用隔音材料安装，室内外均无明显噪声（图20）。

供暖+制冷+生活热水，提升生活品质。西闸村村民家中主要选用了风机盘管终端，不但冬季取暖，夏天也可制冷，夏季制冷电费低于空调机，大部分家庭还选用了热水系统，生活热水的电能消耗为常规电热水器的1/3左右（图21）。

后期维护维修有保障。在安装调试阶段，村内设立了供热服务室，有专人值班，负责解决供热期产生的问题。维修时，村內也配有必要的配件，一般问题都能做到村民自主解决、当天解决。村民也表示，安装地能热宝使用了近3年，还未出现任何问题，也无需自己对设备进行保养维护。

（二）北京市海淀区罗家坟村

（1）建设情况

罗家坟村位于海淀区北部新区，约108户。该村地势平坦，宅基地面积较大，村民多数为平房，户住房屋面积在150平方米左右，住房和保

温条件较好。

2015年，在农村“煤改电”行动中，罗家坟村将村中的燃煤锅炉全部改为蓄能式电暖气，实现了清洁供暖。通过2年的使用，村民发现，蓄能式电暖气耗电量大、使用费用高，明显高于燃煤供暖数倍。同时，电暖气蓄能时间也逐年下降，使用费用每年进一步上升。农户均表示承担不起，更有村民直接卸下了家里已经安装好的蓄能式电暖器。

在村民的强烈要求下，罗家坟村参考西闸村的成功经验，在2017年9月，统一将蓄能式电暖气更换为地能热宝供暖系统。

罗家坟村的平均面积比西闸村小，每户只需打2到3个100米深的换热孔，每个孔能够为80平方米左右的房间提供基础热量。根据每家每户的住房面积，可安装数量不等的地能热宝系统，每个设备供暖面积约为30平方米。全村共安装地能热宝设备390套，设采集地能竖孔347个（图22）。同时，从项目开始实地考察，到调试安装，再到正式运行，总共时间只耗费1个月。

（2）运行效果

更换地能热宝系统后，罗家坟村已经过2017年供暖季。村民整体反映，地能热宝系统整体运行费用低、供暖温度也符合要求，系统的用电负荷仅有蓄能电暖气的1/4左右。

根据系统运行监测数据，以开启时间最长、室温控制最高的一户为例，机组日运行13-15小时，控制温度至22℃，平均日耗电量13.14千瓦时（老平房建筑，有外墙保温），整个采暖季运行费用仅821元（电价按0.5元/千瓦时计算），与原先燃煤供暖相比（3.5吨×800元/吨=2800元，室温仅能维持在13.5-15.5℃），节约运行费用70%左右。

由于浅层地热能采集器就近埋设于农家院内外，热量传输距离非常短，热能的使用效率很

高，水的温度能达到50℃，完全保障了生活热水温度。

同时，室内机组可放在室内任何位置，可立于墙边或墙角，产品所需电力与家用空调一样，电压220V即可，基本可以不考虑电力增容，入户电线也不用更换，十分便捷。室外机组体积小，具有防冻功能，机组不开管道不会冻裂，符合农村农户间歇或差异化使用习惯。

调研时有村民表示：“之前换成蓄热式电暖器费用太高，换成热宝系统不仅更舒服，而且价格便宜，去年一个供暖季才花了不到1000元。”

总体来说，罗家坟村利用浅层地热能供暖，有效地提升了村民的生活质量。

七、推行浅层地热能供暖的主要问题

（一）社会对浅层地热能供暖的认知度较低

从国际上看，自二十世纪四五十年代开始，许多发达国家就开始利用浅层地热能供暖，我国则是从二十一世纪初开始尝试利用浅层地热能供暖。由于浅层地热能供暖利用推广时间较短，加之浅层地热能是专业性较高、相对小众化的清洁能源，因此目前浅层地热能供暖的社会认知程度仍然不足。人们对于供暖的认识尚停留在“燃烧产生热量”的阶段，对无燃烧过程、能源品位低的浅层地热供暖持怀疑态度。

研究团队调研发现，不仅是居民不了解浅层地热能供暖的功能与价值，甚至很多主管清洁供暖的政府部门对此也不甚明晰。部分具备地热供暖条件的区域，由于对浅层地热能供暖“不放心”，在全国“气荒”加剧的情况下，仍然优先考虑选用燃气和电力供暖。2017年，北京市在“煤改清洁能源”招标中，很多区都未将利用浅层地热能供暖的地源热泵项目列入其中。同时，对于供暖方式的选择，居民往往需要的是眼见为实的案例，是人人相传的口碑。但是，浅层地热

能供暖的示范项目比较少，居民也缺乏对浅层地热能供暖实际使用效果的体验和认知。

（二）硬软环境因素限制浅层地热能供暖市场开拓

目前我国专业开发利用浅层地热能用于供暖的企业数量较少，其中具有一定规模和创新能力的企业更少。同时，开放利用浅层地热能供暖的企业的区域分布也存在明显非均衡性，浅层地热能供暖企业及项目多数集中于京津冀地区，东北地区和西北地区浅层地热能供暖的项目数量较少，浅层地热能供暖企业也相对缺乏。

在城市与农村两个供暖市场，浅层地热能供暖项目的推广分别受到了场地硬环境与营商软环境的制约。

在城市供暖市场，浅层地热能供暖发展因地限制遭到阻碍。目前，采集浅层地热能最常用的方式是地下水井方式和地埋管方式。这两种方式都需要较大的场地，较适宜在空地多、建筑密度小的区域建设。而城市建筑的密度相对较大，建筑周边的空地相对较少，这使得利用地下水方式或地埋管方式采集浅层地热能变得十分困难，尤其是地埋管方式，在城市中心地区很难实施。

在农村供暖市场，浅层地热能供暖发展则主要受到营商软环境的制约，导致企业对于农村的兴趣度较低。具体原因有三点。一是农村居民受教育水平程度相对较低，环保意识相对较弱，对于新型供暖方式的接受度较差，因而地热能供暖项目难以推行。二是城市以集中供暖为主，供暖企业只需要寻求一个开发商合作，工作开展相对简单，单项工程盈利较高。而农村地区属于分散式供暖，供暖企业要与各家各户谈，工作量大，而且“一户一系统”的设计工程也大，单项工程盈利不高。三是与在城市施工相比，农村的交通运输费用也相对较高。因此，多数浅层地热能供暖企业对于农村项目的积极性不高，这也导致了

北方农村地区开发利用浅层地热能供暖的企业服务不足。从数据来看，在北京农村的清洁能源供暖工作中，2017年参与农村“煤改清洁能源”的空气源热泵企业中标数达到106家，而中标的地源热泵企业仅有10家左右。

（三）前期投入较高影响浅层地热项目推广

浅层地热能的利用是一项系统工程，涉及能量的采集、提升和释放三个过程。采集浅层地热能需要寻找空地构建一定深度的地下水井或地埋管，然后通过热泵将水升高到一定温度并且提升到地面。完整的系统工程造价在300~400元/平方米左右，即100平方米的房屋使用浅层地热能供暖的前期投入在30000~40000元之间，短期一次性投入相对较大。但同时，通过对上世纪末投入使用的浅层地热能供暖系统调研显示，浅层地热能供暖的系统使用寿命一般在20~30年之间，且运行相对稳定。从全周期经济核算角度来看，与天然气、储能式电暖器、空气源热泵等供暖方式相比，利用浅层地热能供暖的单位供暖面积价格仍然具有比较优势。

（四）开发利用浅层地热能供暖的补贴机制亟待完善

我国北方的供暖是一项重要的民生工程，主要原则为“企业为主、政府推动、居民可承受”。因此，政府不但要在供暖市场采取补贴等措施，确保居民承担得起供暖消费，更要发挥市场配置资源的作用，使能源的价格可以反映该区域能源的供给情况及能源结构。然而，目前我国北方的供暖市场的补贴机制不完善，无法引导社会积极采用浅层地热能供暖。

在推进北方农村地区“煤改清洁能源”工作中，政府补贴方式仍然比较单一，多数采用定额补贴，结果导致农村居民往往倾向于选择前期投入比较低的供暖方式。而初始投资相对较高，但性能稳定、运行成本低、节能效果好的浅层地

热能供暖开发利用不足。例如，在北京郊区农村“煤改清洁能源”项目中，主要采用政府补贴、农户选择、一次购买、安装使用的办法。虽然简单易行，容易为农民所接受，但也在很大程度上抑制而且限制了农民采用浅层地热能方式供暖的需求。

在城市供暖中，政府对供热能源的补贴也有不当。政府目前主要对天然气供暖的进行补贴，增加了市场对天然气的依赖。但是，这与我国“少气”的能源结构是冲突的，长期来看，不利于我国清洁取暖结构的调整与供暖市场机制的建立。当持续性的财政补贴或优惠政策取消时，相当一部分已经采用清洁取暖的用户的运行成本将大幅度增加。

同时，在浅层地热能领域，政府对开发利用浅层地热能供暖的企业、特别是民营企业的支持力度仍有待加强。目前，在支持企业开发利用浅层地热能供暖方面，政府资金、项目更偏向于投入大型国有能源企业，但往往这类大型国有能源企业的主营业务并不是浅层地热能开发利用。而一些在浅层地热能供暖领域具有研发创新能力和丰富的农村地区推广经验的民营企业获得的支持较少，客观上也影响了浅层地热能供暖产品和服务的供给。

八、大力推进北方浅层地热能供暖发展

进入21世纪，随着世界能源价格的提升和公众环保意识的增强，采用浅层地能供热技术的国家越来越多，它也被各国专家称之为最节能的单项技术。浅层地能是低品位可再生能源，浅层地能的采集和应用解决了人们生活中3大基本问题：供暖、制冷、生活热水，而且无污染、价格低廉，可替代高成本煤炭取暖，实现了经济、社会、环境效益的统一。

这一技术的产业化无疑带动了传统供热行业

（有燃烧、有排放、有污染）向地能热冷一体化新兴产业（无燃烧、无排放、使用区域零污染）转换。而地能热冷一体化新兴产业是依靠产业发展，推动加速治理雾霾的最经济和有效的手段。我国北方地区有必要进一步加大浅层地热能供暖的推广应用力度。为此，研究团队提出以下措施和政策建议。

（一）加强顶层设计，完善保障体系

明确政府“推进+保障”的职能。北方供暖是一项重要的民生工程，各地政府应根据本地的实际情况，因地制宜，结合新型城镇化和乡村振兴等国家重大战略的实施，将“煤改清洁能源”工作纳入未来的“十四五”规划中。出台促进浅层地热能发展的指导文件，明确浅层地热能发展目标和发展任务，建立浅层地热能供暖区域工作协调推进机制，积极推进品质城市和美丽乡村的建设。

完善产业保障体系。引导和规范浅层地热能市场发展，进一步健全浅层地热能利用技术开发、咨询评价、关键设备制造、工程建设、运营服务等产业体系。加强监督检查，对供暖保障、能效、环保、水资源管理保护、回灌等环节进行监管。

完善规划保障体系，统筹城乡浅层地热能供暖布局。结合北方供暖的现实情况，按照“集中供暖和分散供暖”相结合的思路，不仅在城市空间规划中，尤其是在新城新区的规划建设中，提前布局浅层地热能作为首选供暖能源，率先开展示范应用，而且在农村也要合理安排浅层地热能供暖项目，逐步提升浅层地热能供暖在北方的使用比例，优化城乡供暖用能结构。

（二）鼓励政策倾斜，强化财税支持

支持供暖政策向浅层地热能倾斜。国内外研究和大量实际案例表明，在已有的清洁能源供暖方式中，浅层地热能供暖是电力负荷较

低、可再生能源利用比例高、供暖温度保障度高、运行费用低的供暖模式，还在利用国家现有政策所鼓励的技术。制定并实施有利于推广浅层地热能供暖的政策，鼓励浅层地热能供暖产业发展，支持浅层地热能供暖企业开发北方市场，重点鼓励和支持有实力的浅层地热能供暖民营企业做大做强。

加大财政资金扶持。对实施浅层地热能供暖项目进行补贴，对山区农村等特殊区域适当增加补贴比例。综合考量浅层地热能供暖项目的前期投入和后期使用成本，探索“政府补贴、企业投入、大众参与”的成本分摊方式，形成政府可推动、企业有盈利、居民可承受的共赢局面。

完善浅层地热能供暖项目的税收政策优惠。供暖在我国北方地区属于保障性措施，“企业为主、政府推动、居民可承受”是我国供暖市场的主要原则。供暖能源补贴应对所有清洁能源一视同仁，将浅层地热能供暖纳入供暖行业支持范围，相关企业享受供热企业相应税收政策，由市场引导，建立北方城乡供暖新模式。

（三）加大研发力度，压缩前期成本

提升企业自身研发能力，加大科研力量投入。加大浅层地热能的基础研究的力度，增强原始创新、集成创新能力。鼓励以企业为主体，推进产学研合作，建立浅层地热能示范研究基地，创新浅层地热能的采集方式和利用方式，提升装备技术水平，提高浅层地热能的利用效率，进一步增强浅层地热能供暖系统的稳定性和可靠性。

提升设备使用寿命。进一步推动浅层地热能利用设备创新升级，优化提升使用设备质量，保证热泵系统的运行寿命，保证单套机组的使用寿命，降低后期维护维修成本。

压缩一次性投入成本。加大浅层地热能利用设备产业化生产力度，降低设备整体价格。同时合理用料，降低材料损耗量。在施工应用时，做

好施工规划，加强进度监督和质量管理工作，合理降低施工成本。

（四）重视宣传推广，增强大众认知

加强对城乡决策层的科普和培训。加强对北方城乡各级决策者的科普宣传，鼓励他们实地调研相关示范项目，学习经验，并定期举办学习交流会和经验分享会，增加对这些决策者的教育培训。

鼓励实地示范宣传。鼓励浅层地热能供暖企业深入基层，建设浅层地热能供暖示范点，推广浅层地热能的使用方式及优势，让更多的居民通过实际案例了解浅层地热能供暖，通过口碑效应形成家家参与的良好氛围。

建立多样化的推广机制。鼓励城乡各级主管部门积极通过居民大会、专题报道、项目路演等形式向居民宣传浅层地热能供暖方式，以形成显著示范效应和良好舆论导向。

加强对居民和专业技术人员的培训。加强对专业技术人员的培训，每个片区配置1-2名专业的设备维护及维修人员，切实完善和解决后期维护问题。加强居民的安全教育培训及节能环保教育，增强经济意识，普及低碳理念。

（五）创新参与机制，提升生活品质

增强企业社会责任意识，提高服务质量。企业要承担供暖主体责任，加强经营模式创新，不断提高产品和服务质量，提升用户满意度，推动绿色、节约、高效、协调、适用的北方地区清洁供暖体系的建立。

完善居民参与机制。通过能源生态化转型来促进节能减排是一项系统而又复杂的工程，其有效运行离不开社会各界的支持和参与。按片区设立供暖小组，鼓励居民参与并监督供暖方式的规划、选址、施工、后期维护等全流程工作，定期收集并整合其需求和反馈，并明确规定解决时限，不断提升浅层地热能供暖的服务水平和质量。

首都科技发展战略研究院简介

首都科技发展战略研究院（Capital Institute of Science and Technology Development Strategy, CISTDS）成立于2011年8月，由科学技术部、中国科学院、中国工程院和北京市人民政府发起，北京市科学技术委员会、北京师范大学和北京市科学技术研究院共同承建，是立足首都、服务全国的新型智库。

首都科技发展战略研究院秉承“日新为道”的核心价值观，以“有态度的坚持，有温度的洞见，有力度的开拓”为基本理念，以“本地化、量化、国际化”为研究方法，采取“小核心、大网络”的组织方式，实施“开放、协作”的运行机制，旨在探索服务和利用首都智力资源的体制机制，为北京乃至全国城市和区域创新驱动发展提供知识支持和战略支撑。

首都科技发展战略研究院聚焦“创新创业”和“绿色发展”研究，致力于打造集学术与政策研究、战略与咨询服务为一体的高端智库平台，拥有丰富的高端专家资源，专业化的研究团队，以及城市绿色发展科技战略研究北京市重点实验室、致公党北京市委科学发展战略研究基地、麻省理工学院未来城市智慧创新国际联合实验室等科研平台，对领域内的前瞻性、关键性、紧迫性问题展开重点分析和系统评估，为政府、企业和社会各界提供战略和技术咨询服务。

自成立以来，首都科技发展战略研究院完成国家、北京市及社会委托项目百余

项，连续出版品牌研究成果《首都科技创新发展报告》、《中国城市科技创新发展报告》，创建首都科技创新发展指数和中国城市科技创新发展指数，被誉为首都创新发展的“晴雨表”和全国城市创新的“风向标”；联合科技部火炬中心出版《中国创业孵化发展报告》，被列为国家创新调查制度系列报告，产生了积极而广泛的社会影响；承担中国—欧盟环境政策对话项目，联合完成《中国绿色发展指数报告》，为国家绿色发展战略实施提供了决策参考。研究成果荣获光明日报中国智库研究论文一等奖、中国社会科学院中国智库学术成果“优秀报告奖”。

首都科技发展战略研究院定期举办“中国绿色发展论坛”、“首科新年论坛”等品牌论坛、主题活动和专题研讨会，搭建国际化的政产学研协同创新交流平台，开展与国内外科研与智库机构合作，推动思想碰撞与知识分享，为率先实现创新驱动的发展格局、促进首都科学发展提供了有力的智力支持。



京郊农村浅层地能供暖研究报告

RESEARCH REPORT ON HEATING WITH SHALLOW GEOTHERMAL ENERGY IN SUBURBAN AREAS OF BEIJING

北京市农村建设办公室《京郊农村浅层地能供暖研究》课题组

摘要：经过几年的努力，京郊农村清洁供暖虽然已经走在了北方农村的前面，但在北方农村地区浅层地能供暖方面的示范引领作用还不够明显。因此，我们对现有国内外浅层地能供暖的相关科研单位、企业等进行了资料整理和实地调查，并根据农村浅层地能供暖的现状和问题进行了研究，提出了促进京郊农村地区浅层地能供暖发展的措施和政策建议。

浅层地能，也称浅层地热能、浅层地温能，是能够被广泛利用的可再生能源。由于利用浅层地能供暖环保、运行费用低等优点，其开发利用得到世界大多数国家的重视和国内外专家的高度评价。尤其是近几十年来在发达国家及部分发展中国家得到越来越广泛的应用。

目前，我国涉及到浅层地能利用的供热企业已有上百家，其中知名大中型企业数十家；国家有地源热泵协会，国家和地方有产业联盟；各级还有定期出版的刊物，以及多家地源热泵专业网站。我国已成为国际上浅层地能的应用大国，并逐渐成为强国，其技术和设备开始向外出口。

无论是从技术程度、发展空间，还是从社会总支出，以及对可再生能源的利用、对环境的保护、对北京市的用电安全等方面来考虑，加大浅层地能开发应用，对于我国都有重要意义的。

北京是我国北方经济、文化、教育和科研等较为发达的地区，1999年就开始试用浅层地能供暖。近年来，由于政府重视、政策支持，浅层地能供暖技术在京郊农村的应用范围不断扩大。

北京研究开发利用浅层地能的高等院校、科研单位有北京工业大学、北京建筑大学、清华大学，以及中国建筑科学研究院建筑环境与节能研究院、北京市建筑设计研究院、北京市地质工程勘察设计院等单位。北京市政府部门和有关单位如市发改委、市科委、市农委、市规划国土委，以及市地质工程勘察设计院等，长期支持浅层地能供暖的开发利用。目前，在北京有十多家企业承接了农村浅层地能供暖的业务。

北京得益于拥有众多的浅层地能供暖科研机构和企业，京郊农村民用建筑、设施农业等领域早在十多年前就领先开始试用浅层地能供暖，从2015年开始在农村地区有规模地推广，成功应用于平原、城乡结合部与山区部分农村，实现了整村利用，安装面积超过百万平方米，在农村供暖中已见成效，得到了广大农户、

政府部门的欢迎和肯定。平原地区农村分户地能热宝和城乡结合部地区农村大型热泵站集中供暖,以污染小、省事省心、有保障等特性受到农民的广泛好评。针对山区农村地区清洁供暖困难、复杂等问题,在各级政府部门的支持下,各科研单位和企业进行了有针对性的研究探索和试验试点。在试点中,既有深山区的户用地能热宝方式,也有整建制新村的集中供暖方式,还有人口较为密集村庄集中供应地下采集的热源而分户热泵供暖的方式。通过广泛的试验和试点,山区浅层地能供暖技术日趋完善。浅层地能供暖除满足民用建筑的供暖需求外,在农村的设施种植、现代养殖、都市现代农业、库房仓储等方面也发挥着越来越重要的作用。虽初次安装投资费用较高,后期使用维护费用相对其它方式要低得多,基本具备了推广应用的条件。

虽然浅层地能供暖在京郊农村取得了一定的成效,但总的来说,发展速度较为缓慢。存在的主要问题:一是与城市相比,农村地区虽然利用条件较好,但利用的比例低,还未能突显利用这一可再生能源供暖的独特优势;二是在农村推广浅层地能供暖的企业数量相对较少,在一定程度上也影响了浅层地能供暖在京郊农村的发展;三是农村地区了解浅层地能供暖的人数相对更少,示范项目的比例也偏少,影响面不大;四是市场推广的模式单一,能够应用新模式的企业不多,目前还没有新模式在农村应用;五是北京山区面积占比相对较大,占到整个市域面积的62%,但山区农村地区的农民居住分散,而且地质条件复杂,施工难度大,安装成本相对较高,再加上无论是山区农村的行政村和农民群众的经济承受能力,以及山区乡(镇)和区级财政的补贴能力,都比平原地区要弱,因而影响了浅层地能供暖在山区农村的示范、推广和应用。

为进一步扩大京郊农村浅层地能供暖推广应用,提出应采取的措施和政策建议:一是扩大对浅层地能供暖利用效果的宣传,提高对利用浅层地能供暖的认识;二是在清洁供暖的支持政策上向开发利用浅层地能倾斜,向经济薄弱的区、乡(镇)、村及农民住户倾斜,使政策对可再生清洁能源利用和保障农民利益方面进一步倾斜;三是将浅层地能应用纳入实施乡村振兴战略、改善农村人居环境、建设美丽乡村,以及建设社会主义新农村等的基础设施内容,并将浅层地能供暖列入基础设施建设的必要内容之一,在城郊周边地区开发项目或农村住宅改造项目中,对使用浅层地能供暖技术的单位,给予地价、配套方面的优惠;四是加大在都市现代农业项目,特别设施农业项目上的支持力度,使之在发展都市现代农业中减少对环境的影响;五是加大市级财政对山区农村利用浅层地能供暖的补贴力度,对于山区农村采用浅层地能供暖方式,区级财政按照原有补贴强度不变,而市级财政加倍补贴。

为解决北方地区供暖季的雾霾频发和大气污染问题,提高人民生活质量,改善生态环境,2016年12月,习近平总书记强调,推进北方地区冬季清洁取暖等6个问题,都是大事,关系广大人民群众生活,是重大的民生工程、民心工程。2017年3月,李克强总理在政府报告中指出,要加快解决燃煤污染问题,全面实施散煤综合治理,

推进北方地区冬季清洁取暖。习近平总书记、李克强总理关于北方供暖的指示,尤其是关于减少燃煤与排放,是提高人民群众生活品质,有效解决燃煤供暖造成雾霾和大气污染的要求,有力地加快了各类建筑物将清洁能源作为供暖替代能源的步伐。

党的十九大提出:必须推动绿色产品和生态服务的资产化,让绿色产品、生态产品成为生产

力,使生态优势能够转化成为经济优势。为贯彻落实十九大精神,更好地实现北方地区清洁供暖,国家发改委、国土资源部、环境保护部等六部门在2017年12月印发的《关于加快浅层地热能开发利用促进北方采暖地区燃煤减量替代的通知》(发改环资〔2017〕2278号,以下简称《通知》)指出:要“因地制宜加快推进浅层地热能开发利用,推进北方采暖地区居民供热等领域燃煤减量替代,提高区域供热(冷)能源利用效率和清洁化水平,改善空气质量。”《通知》强调,以京津冀及周边地区等北方采暖地区为重点,到2020年,浅层地能在供热(冷)领域得到有效应用,应用水平得到较大提升,在替代民用燃煤供热(冷)方面发挥积极作用,区域供热(冷)用能结构得到优化,相关政策机制和保障制度进一步完善,浅层地能技术开发、咨询评价、关键设备制造、工程建设、运营服务等产业体系进一步健全。

《通知》提出,相关地区各级发改、国土、环保、住建、水利、能源、节能及运行等相关部门要把浅层地能利用作为燃煤减量替代、推进新型城镇化、健全城乡能源基础设施、推进供热(冷)等公共服务均等化等工作的重要内容,加强组织领导,强化统筹协调,大力推动本地区实施浅层地能利用工程,促进煤炭减量替代,改善环境质量。

农村地区是当前散煤利用的主要区域之一,在实施乡村振兴战略、改善农村人居环境、建设美丽乡村,保护生态环境,改善农民生活,提高生活质量的同时,必须落实习近平总书记和李克强总理的指示,贯彻落实十九大精神,解决北方供暖季的雾霾频发和大气污染问题,为保护北方在供暖期的蓝天白云尽一份力量。

北京是我国的首都,应该是首善之区,京郊农村清洁供暖虽然已经走在北方农村地区的前列,但也需要在应用浅层地能供暖上对北方地区农村起到示范作用。为此,我们对现有国内外浅层地能供

暖的相关资料进行了收集,对一些浅层地能开发利用企业进行了实地调查,特别是着重收集了北京市现有浅层地能供暖的科研单位和规模企业在此方面的研究和实践总结材料,重点调查了京郊农村浅层地能供暖的试验试点、新研发产品及实际应用等,以认识浅层地能供暖在京郊农村及周边地区推广的必要性和可行性,并根据农村浅层地能供暖的现状和问题,提出了相应的措施和政策建议。

一、浅层地能开发及其应用背景概述

推广应用浅层地能供暖,需要对这一能源及其在国内外的利用现状有一个全面深入的了解和认识。

1. 浅层地能的概念及其利用

浅层地能,也称为浅层地热能、浅层地温能等,是指地表以下一定深度范围内(一般为恒温带至200m埋深),温度低于25℃的地球内部的热能资源。浅层地能是地热资源的一部分,是可被广泛利用的可再生能源。其能量主要来源于太阳辐射与地球梯度增温。

浅层地能虽然自古以来就有,但怎么应用一直是一个难题。传统上,人们通过挖井、挖地窖等直接利用浅层地能,其利用一直受到很大局限,利用量不大,利用率也不高。直到20世纪初,现代热泵技术的出现才解决了这一问题,使浅层地能可以为地上建筑物供暖,扩大了浅层地能的应用领域。由于利用浅层地能是与热泵技术联系的,故也称为地源热泵技术。

浅层地能作为建筑物供暖的替代能源,零排放、零污染,实现了供暖能源按品位分级利用。其以水为介质,采集岩土体中的25℃以下的低品位热能,循环换热,实现在动态平衡下自然能源的循环利用。其主要优点有:

(1) 储量大、分布广。据有关专家初步测算,仅我国地级以上城市的浅层地能资源量折合标准煤 95 亿吨以上,年可采量折合标准煤 7 亿吨左右。

(2) 品位低,可再生,主要适用供暖与制冷。浅层地能是低品位可再生能源,特别适合用于建筑物的供暖与制冷,可在供暖与制冷上用于替代矿物能源。

(3) 稳定性好。地能受外界因素干扰少,相比水能,不受季节影响;相比风能,不受气候变化的影响;相比太阳能,不受昼夜交替的影响。

由于得天独厚的禀赋,浅层地能的开发利用得到包括我国在内的世界大多数国家的高度重视和大力度支持。

2. 当前国内外专家学者对浅层地能供暖的评价

当前,世界各国都在加快推动浅层地能的开发利用。国际地能协会(IGA)主席亚历山大·里克特(Alexander Richter)指出,地能利用对人民生活质量改进有很大的作用;利用地能供暖,对于中国经济的影响巨大。

原国防科学技术工业委员会主任、中国工程院院士丁衡高作为知名科学家,敏感地认识到浅层地能作为供暖替代能源的意义,多次深入企业调研和实地考察项目,在此基础上向国家领导人建议推广应用浅层地能作为供暖替代能源。

中国科学院地质与地球物理研究所研究员、中国科学院院士汪集暘对地能利用和发展非常看好。他说,地能清洁环保,与传统的燃煤锅炉供热相比,利用地源热泵供暖,CO₂排放量至少可减少 50%,也没有烟粉尘、氮氧化物等大气污染物排放。我国应该热电并举,以热为主;深浅结合,由浅及深;东西兼顾,西电东热;干湿有度,先湿后干;“一带一路”,地热先行。

国家地热能源开发利用研究及应用技术推广中心指导委员会主任、中国工程院院士曹耀峰介绍,

我国地热直接利用连续多年位于世界首位,是第二名美国的两倍多。然而,我国城镇的建设面积超过 500 亿 m²,供暖(制冷)需求超过 100 亿 m²,实际建成和需求之间差距极其巨大。这也意味着浅层地能利用有着巨大的市场空间。

中国工程院院士武强提出,“我们可以利用太阳能、风能、地能来为建筑物供暖。而浅层地能所处的地能恒温带的温度不受白天黑夜等外界环境的变化而变化,所以其与太阳能、风能相比在能源稳定性供给方面有着独特的优势,尤其是热泵技术的发展给浅层地能的开发赋予了新的生命。”武强表示,浅层地能是最适宜建筑供暖的能源形式之一。

中国建筑学会暖通空调分会副理事长、北京市建筑设计研究院顾问、总工程师吴德绳表示,浅层地能成为村镇建设中供能的努力方向,应该是不错的选择。他指出,农村的特点是人均建筑面积大,但实际使用空间有限,而且“省着用”的观念在农村地区已经渗到了老百姓的骨子里,因此,浅层地能供暖使用地能热泵技术,只需要少量电能启动就可以实现供暖,用电量少于空调,可使用峰谷电价,运行成本不高,且没有污染物排放,将是农村老百姓的不二选择。

3. 国内外浅层地能利用现状

利用热泵技术开发利用浅层地能资源已有近百年的发展历史。1912 年,瑞士人首先提出了地源热泵技术,1946 年第一个地源热泵系统在美国俄勒冈州诞生。1974 年起,瑞士、荷兰和瑞典等国政府逐步资助建立了示范工程。20 世纪 80 年代后期,地源热泵技术日臻成熟,其节能和减排效果得到了普遍认可。

上世纪 70 年代,由于矿物能源价格上涨,空气污染问题受到重视,以及要解决地球的温室效应等问题,利用浅层地能供暖受到不少国家的重视,而且在供暖中浅层地能供暖能够较常规供暖技术节

能 50% ~ 60%，运行费用降低约 30% ~ 40%，从而近几十年来在发达国家以及部分发展中国家得到越来越广泛的应用。

2000 年，全球有 26 个国家利用地源热泵技术，2005 年又扩展到了 33 个国家；到 2010 年，全球已有 43 个国家在利用该技术。2012 年，欧洲地能投资市场约 53 亿欧元，而地源热泵约占 77%。目前，全球已有 70 多个国家实现对地能的直接利用。

国内浅层地能资源开发利用技术研究，真正起步于 20 世纪 80 年代末到 90 年代初。2010 年，全国 31 个省市区均有浅层地能开发利用项目，项目总量已超过 7000 个。2000 年以后的 3 年，我国地源热泵应用面积以 30% 的速度持续增长。截止 2012 年底，全国地源热泵应用总面积约 $2.1 \times 10^8 \text{m}^2$ ，项目多集中在华北和东北地区，其建筑物类型主要集中在办公楼、宾馆、医院、商场、学校和住宅。2015 年，我国浅层地能供暖面积总量已超过美国，供暖面积达到 3.92 亿 m^2 ，共替代标准煤 2000 万吨。

虽然我国利用浅层地能供暖仅有 30 多年，规模利用始于 2000 年，只有十几年的时间，但由于适应了发展的需要，又有较高的效益，浅层地能利用已经形成了一定的规模，目前涉及到浅层地能利用的企业已有上百家，其中知名大中型企业（年销售额过亿元）也有几十家；国家有地源热泵协会，国家和地方有产业联盟；还有定期出版的刊物，如《地源热泵》等，以及多家地源热泵专业网站。

21 世纪初，我国主要是引进国外的技术和设备，由于地源热泵在施工和应用技术、降低系统造价等方面有着独特的优势，在短短十多年的时间里，其产业已经从无到有，并迅速发展成为世界上的浅层地能利用大国，其技术和设备开始向外出口，这是值得我国地源热泵行业骄傲的事情。目前无论是装机容量，还是供给的热量，我国在世界上都是排

在前列。近几年，我国的浅层地能技术已经开始进入发达国家，如由我国恒有源科技发展集团有限公司承担的工程在美国获得了政府的节能之星奖，而且美国还引进了我国的相关产品和技术等。

随着业界及公众对节能、绿色、高效的可再生能源的愈加关注，以及解决环境问题的日益迫切，地源热泵技术应用于浅层地能的开发利用，在解决环境问题方面就显得极其重要。浅层地能供暖开始主要应用于城市，近几年已经在农村地区得到了有规模地应用。

由于其主要是可再生能源，高效、无污染，在加上技术成熟，浅层地能利用很快得到政府重视和政策支持，我国政府多次采用积极鼓励的财政补贴等方式，推进浅层地能供暖的应用。部分省市区还对浅层地能的分布等情况进行了调查，并画出浅层地能分布图及适宜开发的区域。

2008 年，国土资源部在全国启动了浅层地能调查评价试点工作，并于当年印发了《关于大力推进浅层地温能开发利用的通知》，发布了《浅层地温能勘查技术规范》，成立了浅层地能研究推广中心。国土资源部在 2009 年制定的《国土资源系统应对全球气候变化工作方案》和 2010 年印发的《关于做好“应对全球气候变化地质响应与对策”有关工作的通知》中，又对浅层地能调查评价与开发利用工作进行了部署。

自 2008 年国土资源部下发开展浅层地能资源调查工作通知后，全国各省市区根据《浅层地温能勘查技术规范》分别对辖区内适宜开发利用浅层地能的主要大中城市，以及经济发展规划区开展了浅层地能调查。目前，此项工作已经在各省区市国土资源系统全面展开。现已经完成的有北京市、河北省和天津市等。

4. 利用浅层地能供暖对改善大气质量的贡献

自从浅层地能供暖引入我国以后，我国政府

一直大力支持这一新型能源的利用，其重要的原因之一就是它对改善大气环境的贡献。据有关专家测算，使用燃煤锅炉供暖平均每个取暖季需要燃煤（按每公斤燃煤 5000 大卡的热量计算）为 30kg/m²，相当于标煤 21.43kg/m²。根据北京市统计局信息咨询中心对使用单井循环换热技术的 11 个具有不同建筑类别工程的供暖季运行数据出具的运行分析报告，平均每个取暖季每平方米需耗电 33.96kWh，2005 年整个华北电网的年均发电标煤耗量为 0.345kg / kWh，33.96kWh 电所消耗的标煤量为：0.345 × 33.96=11.72kg 标煤。根据计算，利用浅层地能供暖每个取暖季每平米节约标煤 21.43-11.72=9.71kg。

将浅层地能作为传统能源的替代能源，可以做到零排放、零污染，具有很好的环境效益。具体数字见表 1。

表 1 推广应用 100 万平方米的节能减排效果

减排节约项目	单位	数据(每采暖季)
可节约燃料量	吨标煤	9710
减少排烟量	亿 m ³	1.3
减排颗粒物	吨	416
减排 SO ₂	吨	228
减排 NO _x	吨	151
减排 CO ₂	万吨	2.45

5. 利用浅层地能供暖有利于减少国家在供暖上的投资

利用浅层地能供暖不但有利于用于用

户，有利于改善环境，而且利用浅层地能能够节约国家大量能源投资。据计算，浅层地能供暖每千瓦供暖能源开发投资不到风电、水电、煤电能源开发投资的 20%。具体数字见表 2。

表 2 各种能源供暖涉及的总投入（元 / 千瓦）

能源	浅层地能	煤电	水电（大中型）	风电
单位投资	500	4000 ~ 8000	5000 ~ 10000	7000 ~ 10000

传统供暖技术如燃煤供暖、天然气供暖、电锅炉供暖等，隐含了国家大量财政投入，包括一次性能源开采、燃料运输、二次能源建设、热力管网建设、固态废弃物处理、气态污染物治理等许多间接费用；而开发利用浅层地能为建筑物供暖，单位面积造价比加上间接建设及环境治理费用的传统供暖技术低 30% 以上。具体数字见表 3。

表 3 各种能源涉及到的相关投资

项目	单位	浅层地能	煤	油	气	电
每 m ² 建筑国家能源投资	元	250	360	415	415	960
每 m ² 建筑业主投资	元	120~150	50~150	50~150	50~150	50~150
每 m ² 建筑总投资	元	370~400	410~510	465~565	465~565	1010~1110

- 注：1）供暖部分只计算国家开采能源和建筑物供暖的区域热力投入；
 2）采供煤 200 元 / m²；天然气第二条管线投资按第一条的 50% 计算，共 255 元 / m²；电力投资 800 元 / m²；热力设备热网 160 元 / m²；
 3）业主缴纳的接口费（“四源费”）暂不计；
 4）总投资以热网集中供热为对比，若是分散供热，国家投资中不包括热力设备热网费用；
 5）不包含建筑物内的末端系统。

从社会总投入的角度看，由于采用电力供暖涉及到发电、输电、配电、用电四个环节，与电直接采暖、蓄能电暖气采暖相比，空气源热泵和地源热泵都能相应大幅度减少配电、输电和用电费用，其中地源热泵又比空气源热泵减少 30% 的电网投入，如果安装地源热泵，利用浅层地能供暖，相比其他清洁能源供暖方式，每户还可以减少社会投入 4000 元，同时减少 1/3 的运行费用补贴，使用者也减少了支出，从政府和社会的全部长期支出来看，利用浅层地能供暖于国家投资和能源利用都更为有利。

从提高电力保障的角度来看，由于按照规划，北京 2016 年后不再新建大型电厂，本地燃气电厂也将逐年减少发电量。随着“煤改电”等新增用电量的增长，预计到 2020 年，北京全市最大负荷将达到 2750 万 kW，电力缺口达 500 万 kW，巨大的电力缺口将会威胁北京的用电安全。京郊农村大量采用浅层地能供暖，可以从两个方面降低北京市用电的最大负荷，提高用电的保障度。首先是因为地源热泵的效率高于空气源热泵 30%，如果 60 万农户用的是地源热泵，可以降低用电负荷 120 万 kW；其次是北京市的用电高峰主要是严寒和酷暑两个季节，主要源于电供暖和空调的大量使用，由于地源热泵用电在严寒时明显少于空气源热泵，在酷暑时比空调少用电 30% 以上，初步估算，还可比使用空气源热泵降低用电峰值 30 万 kW 左右，对保障高峰期用电有明显的效果。

6. 利用浅层地能供暖可减少用电取暖的补贴

电直接采暖和蓄能电暖气采暖，从实践和理论计算上，均证明是不适合京郊农村的供（取）暖方式。实践发现，北京城区大量使用的电直接采暖和蓄能电暖气，在农村推广存在两大问题：一是在运行费用补贴方面，由于多数农户

住房保温条件较差，在现行电价条件下，农户采用电直接采暖的运行费用大约近 50 元 /m²，比用燃煤取暖高出近 30 元 /m²，如果按 30 元 /m² 补贴，按每户 120m² 的居住面积计算，每年每户的补贴将达到 3600 元左右，百万郊区农户年补贴的取暖费用不会低于 36 亿元。二是在配电投入方面，如果采用电直接采暖为 120m² 供暖，每户的配电不能低于 14kW，仅涉及配电的费用约在 4 万元；如果采用蓄能电暖气取暖，则还要进一步提高配电的投入，虽然可以减少运行费用的补贴，但整体费用也不低。因此，无论是从政府设备补贴还是运行补贴以及用户的支出来看，电直接采暖与蓄能电暖气采暖都是不合适的。结合前边的分析，清洁能源供暖还是需要大规模利用可再生的浅层地能供暖，于各方都有利。

综上所述，无论是从技术成熟、农户使用，还是从社会总支出，以及对可再生能源的利用、对减排温室气体、对北京市用电安全等方面来考虑，加大浅层地能供暖利用的力度会更为有利，从长期来看，效果也会更佳。

二、浅层地能在京郊农村应用的现状

北京是我国北方经济、文化、教育和科研等较为发达的地区，1999 年就开始试用浅层地能供暖，在政府的大力支持下，部分高等院校、科研单位参与了浅层地能供暖的理论研究和新产品开发。2000 年，专业于浅层地能供暖的企业陆续建立，北京是我国最早建有浅层地能供暖企业的地区之一。到 2018 年，北京的浅层地能供暖面积超过了 3000 万 m²，浅层地能成为北京市供暖的重要组成部分。由于政府高度重视和政策上的大力支持，京郊农村在浅层地能供暖方面也走在了全国的前列。

1. 北京参与研究浅层地能供暖的部分组织及其所开展的工作

1998年，在北京市政府的大力支持下，北京工业大学引进国外技术并与国外相关企业合作，完成了“北京工业大学地热供暖示范工程”，通过该工程进行了“低温地热能梯级利用供热技术研究”“地热尾水回灌试验研究”等。在低温地能梯级利用技术研究、地能可持续利用对回灌的要求、回灌实验，梯级利用技术方案、直接和间接梯级利用，技术措施、工程模式，以及对热泵、末端设备等方面取得了先行成果。该项目得到北京市发改委、市科委、市规划国土委、市地质工程勘察设计院、市建筑设计研究院、市设备安装公司等政府部门和单位的支持。北京工业大学节能专家马重芳教授带领的科技团队，从1998年开始在北京市政府和国家发改委、住建部的支持下，先后投资3600多万元，从事地源热泵技术开发和示范工程的建设，建成了包括有60个不同设计结构的地理管换热器的地源热泵测试基地，是目前国际上规模最大的热泵试验示范基地。地源热泵技术是北京工业大学环境与能源工程学院研究的内容之一，有大量的科研成果。北京国源新能地源热泵科技有限公司是以北京工业大学为技术支撑组建的高新技术企业。

清华大学徐秉业教授较早将浅层地能供暖技术引入我国。清华大学分别与有关企业结成产学研联合体开发出中国品牌的地源热泵系统，已建成数个示范工程，促使越来越多的中国用户开始熟悉地源热泵。清华大学环境学院设有“地源热泵的安装和修理”课程，在浅层地能供暖的研究等方面有大量的科研成果。清华大学超低能耗示范楼是北京市科委立项的科研项目，这一示范楼中也有浅层地能供暖、制冷技术的内容。清华同方（同方股份有限公司）是由清华大学控股的高科技企业，于1997年6月成立并在上海证券交

易所挂牌交易，地源热泵是该企业的开发方向之一。在国内，特别是在北京市有大量的利用浅层地能的工程项目。

北京建筑大学环境与能源工程学院供热、供燃气、通风及空调工程学科，建有经北京市教委、北京市科委评审和认定的首批北京市重点实验室，浅层地能和地源热泵技术等是该实验室研究的主要内容之一。

2001年，中国建筑科学研究院建筑环境与节能研究院（当时称“空调所”）的徐伟组织专家翻译出版了美国ASHRAE《地源热泵工程技术指南》，对地源热泵技术在中国的发展起到了十分重要的推动作用。2005年，地源热泵技术被住建部正式列为建筑业十项新技术之一；2008年6月，中国建筑业协会建筑节能专业委员会地源热泵委员会宣布成立，并挂靠中国建筑科学研究院建筑环境与节能研究院，至此，地源热泵行业有了自己的行业组织。

北京市华清地热开发有限责任公司是华清集团下属的专门从事热泵技术的引进、研发、应用、市场开发、系统设计、工程施工管理，以及地下冷、热水资源的勘探、设计、钻井施工，工程物探科研、施工与生产项目研究的专业化公司。华清集团的前身是北京市地质勘查技术院，有几十年的地质勘查和水井施工经验，掌握着北京市以至全国各地的区域地质条件。

恒有源科技发展集团有限公司（以下简称恒有源集团）是中国节能环保集团公司旗下的中国（香港）地能产业集团有限公司在北京的科技实业发展总部。恒有源集团始终专注于利用浅层地能作为建筑物供暖替代能源的科研与应用推广，实现了原创浅层地能采集换热技术的产业化发展，在北方供暖地区原来传统燃烧、单一供暖行业的基础上，由供暖和制冷两个行业融合而成的新时期地能热冷一体化新兴产业，在五个产业板块（规

划与设计、可再生浅层地能供给、智能制造、工程与建设、运行与维护)支撑下走出了一条无燃烧、零排放为北方建筑物清洁、智慧供暖和治理雾霾的新路子。2000年,恒有源公司推出了自主创新的单井循环换热地能采集技术,为安全高效规模化开发利用浅层地能提供了可靠的技术手段,2013年形成地方标准,为浅层地能供暖的进一步推广应用奠定了坚实的基础。

根据相关资料及调查,除上述企业外,长期在北京参与浅层地能供暖的企业有近百家,其中规模企业几十家。在这几十家企业中,有十几家企业参与了农村地区的浅层地能供暖工作。在2016年北京农村煤改清洁能源工作中,有16家企业参与项目投标,其中12家企业中标。

2. 浅层地能供暖在北京农村推广应用的历史

得益于北京众多的科研机构 and 开发利用浅层地能供暖的企业,京郊农村在浅层地能供暖上有着长期的历史。

早在2000年,海淀区四季青镇因所建的工程师宿舍受到举办奥运会的影响,不能使用燃煤锅炉,当地又不能使用管道天然气,只能在可再生能源采暖上想办法。聚集起来的专业技术人员通过试验,发现利用浅层地能供暖运行费用低,方案可行,于是在所建的几十栋小楼中采用了浅层地能供暖方式,该项目至今运行正常,成为北京城乡地源热泵供暖的示范项目之一。

北京英特能源技术有限公司从2003年起就开始在农村推广水、地源热泵系统,针对农村特点,该公司不断开发、研制适合于农村市场的产品。到2010年,该公司已在北京、山东等地陆续改造和建设了20余万m²的农村建筑,涉及北京市大兴区青云店镇的泥营村、瀛海镇的石太庄村,以及外省市的四十余个村庄。2007年末至2008年初,该公司在北京市大兴区青云店镇泥营村三个典型农

户中建起了北京地区地源热泵示范工程。

2008年建成的北京顺义国际鲜花港,采用了华清益能公司提供的综合地能及地源热泵工程,其中水源热泵满足了近20万m²温室的供暖需求,地源热泵满足了部分区域的供暖需求。由于采用了“地源热泵、水源热泵、地热梯级利用结合燃气锅炉调峰”等新能源技术,每年可降低运行成本20%~30%,较同等规模的燃煤锅炉系统减少使用标煤21486吨,并减少CO₂排放56293吨、减少SO₂排放183吨、减少NO_x排放159吨、减少粉尘排放967吨。该项技术在大规模设施农业的应用上实现了首次突破,为北方设施农业新能源改造提供了有益的借鉴。

中国西瓜博物馆坐落在北京市大兴区庞各庄镇,总占地22000m²,建筑面积4000多m²,2011年在北京市科委的支持下,博物馆的西瓜温室安装了地源热泵系统,起到了示范作用。

2011年,在全国农村清洁能源与低碳技术学术研讨会上,刘继军、田见晖、吴中红等为寻求北京市猪场低碳的环境控制方式,分析比较了在北京市猪场应用地源热泵与燃煤锅炉等其他采暖方式的投资、运行费用、减排、节能、节水等,探讨了地源热泵技术在北京市猪场应用的可行性,并提出了相应的建议。

2015年,北京市门头沟区妙峰山镇水峪嘴村办公楼应用地源热泵技术进行供暖制冷的能源自循环系统改造获得成功并投入使用。该项目由北京市门头沟区科委组织,北京市山地生态科技研究所从2013年1月开始实施,以构建农村供暖制冷能源自我供给和节能减排为目标,以分布式太阳能发电系统为能源供给,以地源热泵系统为冷热来源,满足办公楼冬季供暖和夏季制冷的需求。

据了解,截至2014年,北京永源热泵公司、恒有源科技集团、华清公司、清华同方等企业在京郊农村有一定数量的浅层地能供暖试验和实验。

受农村收入等方面的影响，利用的规模并不大。但从 2015 年开始，在政府的推动和政策的支持下，一部分村庄实现了整村利用，开始有规模地推广。

3. 浅层地能在京郊农村应用的现状和成效

2015 年后，结合北京市农村大规模煤改清洁能源工程的推进，浅层地能供暖在京郊农村有了大幅度的发展，三年多来安装面积超过百万平方米，在农村供暖中已经初见成效，具体表现主要有以下几个方面：

(1) 实践表明，浅层地能供暖适宜京郊农村的各类地区

近年来，一些企业已经成功将浅层地能供暖技术和产品应用于京郊的平原、城乡结合部与部分山区农村，效果得到用户、政府部门的欢迎和肯定，说明浅层地能供暖适宜北京郊区农村的各类地区。

①京郊平原地区农村的应用情况。京郊平原地区的农村人口相对较多，村庄密集，村内街道平直，路面相对较宽，农村住房类型相对一致，多数村民有独立的院落，以平房为主。平原地区产业发展和外出打工的条件好，农民收入较高，由于人均住房面积远远大于城市，人均收入较城市相对较低，取暖费用占收入的比例较高。平原地区土层较厚，采用浅层地能供暖时打取热孔难度相对较小，施工和维修的交通费用少，成本低。针对平原地区农村的现有条件，有关企业采用了分户安装浅层地能供暖设施的办法，取得了较好的效果。截止 2018 年初，京郊平原地区已有 6 个整村安装了浅层地能供暖系统。

平原村应用浅层地能供暖的典型调查之一：海淀区上庄镇西闸村

西闸村是海淀区的偏远村，产业以林果为主，村内有少量的外来人口。该村农户宅基地面积较

大，以平房为主，农户住房面积普遍在 270m² 左右，以其他方式，在现有电力负荷条件下不能满足清洁供暖需求。通过详细考察，经村领导研究，村民代表大会讨论，决定采用恒有源的地能热宝系统替代各家烧煤的小锅炉，共改造 213 户。针对村民比较关注的后期设备使用和维护问题，厂家表示：售后服务有保障，请村民放心；设备 6 年免费保修，10 年内保修不收工时费，终身有偿保修。

安装地源热泵系统的工作量较大，为了在一个月內完成该村的安装工作，恒有源先后组织了 600 多人的队伍，分别完成入户设计、与村民签订合同、打取热孔（每户四个，每个深 75m。以下是岩石层，难以继续打下去）、安装室外机、安装室内风机盘管，以及调试设备等工作。工程完成后，农户可得到供热、制冷和日常生活用水，其中生活热水的电能消耗为常规电热水器的 1/3。

有 3 个本村村民参与了地源热泵安装工程，恒有源对这 3 人进行了培训，为日后村内设备维修做好了人才准备。在安装调试阶段，村内设立了供热服务室，有专人值班，负责解决供热期产生的问题，维修时有视频与恒有源联系，村内有必要的配件。

经过两年的运行，抽样调查反映，多数人家一个供暖季供暖电费平均每平方米 10 元左右，个别人家住房面积大，常住人口少，平均每平方米取暖电费低于 10 元。这个村村民家中主要选用了风机盘管终端，不但冬季取暖，夏天也可制冷，夏季制冷电费低于空调机，大部分家庭还选用了热水系统，产生热水的电能消耗是电热水器的 1/3 左右，完善的系统提高了村民的生活水平，受到村民的普遍好评。

平原地区应用浅层地热能供暖典型调查之二：海淀区上庄镇罗家坟村

罗家坟村位于海淀区北部新区，约 108 户人

家，外来人口不多。该村地处平原，宅基地面积较大，村民多数为平房，户住房屋面积在 150m² 左右，住房和保温条件较好。

2015 年，农村“煤改电”中将村中的燃煤锅炉全部改为蓄能电暖气，实现了清洁供暖。通过 2 年的使用，村民发现，蓄能电暖气耗电量大、使用费用高，特别是运行费用高于使用燃煤，农户普遍反映承担不起。且电暖气蓄能时间有逐年下降的趋势，使用费用每年还有所上升。而本镇的西闸村 2016 年在“煤改电”中采用了利用浅层地能的地源热泵系统，使用的是地能热宝，在同样的年度同样的使用条件下，户均取暖的运行费用不到本村的 40%，一户一年省了几千元。于是在村民的强烈要求下，该村在 2017 年 9 月，经有关部门批准全部更换了利用浅层地能的地能热宝系统，每户打 2 到 3 个 100m 深的换热孔（在土层条件下每个孔能够为 80m² 左右的房间提供基础热量），根据住房面积安装了数量不等的地能热宝系统，每个设备供暖面积约为 30m²，全村共安装地能热宝设备 390 套，设采集地能竖孔 347 个。更换地能热宝后，用户反映该系统的用电负荷仅有蓄能电暖气的 1/4 左右。总体来说，由于利用浅层地能的地能热宝的效率，使用灵活，供暖期间运行费用降低了 60% 左右。对于一些有老人、孩子的家庭，运行费用的降低更为明显，好的效果和低费用得到了村民的广泛认可。

为了保障设备的正常运行和及时维修，安装地能热宝的企业在设备安装时吸收了本村 2 名村民参加安装工作，以了解和认识设备的构造，并吸收他们参加企业组织的对维修员工的技术培训，冬夏两季，设备运行时由该村受过培训的村民负责设备小故障的维修和例行保养，保障了地能热宝系统的正常运行。

从相关调查可以看出，浅层地能供暖虽然安

装工作量相对较大，但由于现有技术使供暖的运行费用得到降低，通过相关措施使供暖有保障，综合效果好，在京郊平原地区农村得到了村民的广泛认可和欢迎。

②北京城乡结合部地区农村的应用情况。城乡结合部地区农村的特点是，外来人口多，部分村庄的外来人口几倍于本村人口。出租房屋多，住房密集，既有大量的平房，也有五六层的楼房，居住人口多，街道路面相对窄，大部分住房采光条件差，但房屋保温条件好。城乡结合部农村产业发展和外出打工条件好，部分农民有出租房收入和集体分红，收入较高，供暖费用占收入比例较低。

针对城乡结合部农村的特点，不能像平原农村那样采用各家独立安装的地能热宝系统，只能采用建供热站，集中采集浅层地热能，通过大型热泵站，将热水送到各户的集中供暖方式。2017 年仅海淀区有五个村，100 多万平方米的住房采用了这一方式。

城乡结合部地区农村集中供暖站利用浅层地能供暖典型调查：海淀区四季青镇佟家坟村

佟家坟村位于四季青镇，公共交通方便，邻近西四环路，周边企业多，外来人口多，村内住房密集，出租房屋多，村内道路窄，楼房比例大。但村周边绿化面积大，采集浅层地能的条件好。根据该村的情况，有关企业在村北建设了由六个热泵站组成的集中供暖设备。通过热泵站周边打的 16 口单井提取地下热源，利用热泵站将地下 15℃ 的水加热到 50℃ 左右，通过架空的保温管道将热水送到农民家中。为了保证供暖温度，农民家中更换了原有的暖气片，更换暖气片的工作由专业公司负责。热泵站由专人管理，供暖费用按每平方米每供暖季 30 元（北京市清洁供暖统一收费标准）收取。从调查情况看，村内农民对供暖收费标准能够认可、对供暖质量也高度认可，认为与小锅炉相对，不但污染小，而且供暖更有保障，也省事，受到农民的

广泛欢迎。

③京郊山区农村的试点情况。相对于平原地区，京郊山区农村清洁取暖的特点，一是环境温度低于平原地区 8℃左右，取暖相对于平原地区农村需要更多的能源、更高的费用；二是由于农民收入低，住房面积相对较小，但保温条件低于平原地区农村；三是由于农村中青年大量外出打工，村中人口以老年人为主，住房空置率高；四是产业发展和附近打工条件差，目前农村人均纯收入为平原地区的 70% 左右，取暖费用占农民收入的比例相对较高；五是相比于平原地区，山区乡镇、区级财政补贴能力较弱。在山区，无论是采用哪一种清洁能源，费用都较平原和城乡结合部高。为探索山区农村取暖的方法，有关部门进行了大量的实验和试用，取得了一定的成效。山区农村清洁供暖需要深入研究，结合试验实验，确定适合的清洁供暖方式。当前山区已有部分成功的浅层地能供暖的示范样本可供参考。

山区农村浅层地能供暖典型调查之一：门头沟区妙峰山镇禅房村

禅房村属于门头沟区妙峰山镇，距门头沟城区约 35km，海拔 881m，在极端天气情况下，冬季室外最低气温达到 -25℃（2015 年），非常寒冷。为改善村民居住环境，推动山区村发展，禅房村 2013 年被北京市政府确定为险村搬迁改造村。为了在新村建设中更好地解决村民的冬季取暖问题，经村干部与村民代表反复调查和比较分析，在整村搬迁改造中选用浅层地能供暖方式，而且同时施工，同步完成。

截止 2015 年底，已经完成改造 82 户，改造后村民住房为集中的连排两层灰色小楼，上下两层，四室两厅两卫一厨，有 170m² 和 120m² 两种户型，铝合金门窗，住房均做了保温。该村的清洁能源供暖为北京市科委试点的浅层地能供暖项目。经公开招标投标，在地源热泵系统中选择了安装每户

独立运行的地能热宝系统，地源热泵安装与住房建设基本同步进行。住房建成后，在每家的房后石灰岩层下打了 3 口 100m 深的取热孔（每个取热孔能够为 50m² 左右的房屋提供热能），同时根据住房条件，每户安装了 5 台独立的热泵机组。

由于取暖能够根据各个房间的需要灵活控制，设备的效率又比较高，近两年每户取暖的运行费用大体一个取暖季在 2000 元左右，较烧煤时还低，供暖温度高，效果比烧煤好了很多。经过两年多的运行，村民普遍满意。来此调查的北京市及门头沟区领导看到效果后也表示满意。

禅房村山高路险，坡陡弯多，虽然新农村建设时通了柏油路，但冬天下雪时交通仍然极为不便。为保证地能热宝机组的正常运行，有关企业在村里培养了 2 名设备维修人员，留下了易损备件，能够使设备出现一般问题时在村内及时得到解决，保障了供暖的正常进行。

调查中同时也了解到，由于该村地下全部为石灰岩，打取热孔的费用较平原地区高出很多，因此在山区农村安装使用浅层地能供暖设施时，需要财政给予更大的支持。

山区农村浅层地能供暖典型调查之二：延庆区大庄科乡铁炉村

铁炉村位于延庆区大庄科乡西部，距乡政府 9km，距延庆城区 26km。该村共有 170 余户、350 多口人。

自 2013 年起，通过政府补助加农民自筹，铁炉村开始进行新农村建设，目前已建二层楼房 128 栋，总建筑面积 27746m²。2015 年，冬季取暖用上了地源热泵，解决了铁炉村 100 多户村民冬季采暖问题。每个冬季减少碳排放 1000 多吨，是京郊首例山区新农村利用地源热泵供暖的典型工程。

在地源热泵施工时，在地面打了 226 个孔，以获取深度为 120m 处土壤中的温度。由于地

下浅层土温度恒定，当地可达到 12.3℃ 左右。这 12℃ 左右的土壤温度可以成为供暖的热源。

该村采用热泵集中供暖方式，住户使用了地理管供暖，从换热孔中提取的热能经过建在村中的热泵站提升到 55℃，向村民家中的地理管供暖，室内温度基本上能够达到 21℃ ~ 22℃，村民按采暖面积交纳取暖费。

山区农村浅层地能供暖典型调查之三：门头沟区龙泉镇龙泉雾村

龙泉雾村位于门头沟区龙泉镇北部，距门头沟区政府驻地大峪街道 5km，现有人口 4000 余人，是老旧村街和新村交融的村庄。老村街道狭窄，道路弯曲；新村道路宽阔，住房相对整齐，主体是平房，有少数两层自建楼房。

龙泉雾村作为整个龙泉镇的试点村，通过村委会和居委会的民主程序，决定龙泉雾村整村推进地源热泵系统。经协商，具体设备选用了单井循环地能热宝系统，总共分 9 个区域实施，地能采集总共设计了 32 套，地能发热站设计了 12 套，由采集系统采集的地下热能集中供应到地能发热站，输送地热能到农民家庭，根据住房面积等安装分体的热泵，每个热泵供暖约 30m²。家庭可根据生活需要开启热泵系统，为需要供热的房间供暖、制冷和提供生活热水。村民每采暖季向供热站交纳 8 元 / m² 的基础热源费用，具体取暖费用主要取决于家庭设备开启的时间，主要是设备的电费。由于能够根据居住的需要开动设备，绝大多数家庭的取暖费用都比较省，受到农民的欢迎。这个项目获得了门头沟区 2017 年的节能低碳技术示范案例。据调查反映，从农户的经济承受能力来看，该系统是非常有优势的。

为保障设备的运行，村里设有 5 个保障小组、十几个维修保障人员，负责地能采集和农户家庭内设备的维修及地能发热站的运行。保障人员由企业培养的村内人员担任，主体是村民，供暖、制冷期

间负责保障设备的开启、维护和正常运行。

(2) 实践表明，浅层地能供暖可以适用于农村的多种需求

通过大量试验实验，浅层地能供暖除满足各种建筑物的供暖需求外，在设施种植、现代养殖，都市现代农业、库房仓储，特别是粮食的低温仓储等方面也可应用，可适用于农村生产生活的多种需求。

中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所的最新研究项目——“温室栽培农作物”，让植物住上了有“空调”的房间。企业配合设计利用浅层地能的温室空调，由于可实现温室的全新温度控制，预计可提高作物产量 15% ~ 20%，减少连阴天损失，同时减少化石燃料消耗。项目的实施对增加农民收入、减少环境污染，具有显著的社会效益、环境效益和经济效益。

中国农业大学农业部设施农业生物环境工程重点开放实验室，通过对地下水式地源热泵空调系统在连栋玻璃温室中的加温实验研究得出：在 2007 年 10 月 15 日至 2008 年 3 月 10 日实验温室采暖期内，地源热泵温室加温末端的供热总量为 817198kJ，耗电量为 59268kWh，系统加热性能系数为 3.83，具有较好的节能效果。

根据几年来的实验结果，北京市农业局已经将浅层地能利用列为设施农业支持的项目之一。

(3) 尝试推出了三种浅层地能利用的推广模式

针对浅层地能规模化应用存在的投资问题，有关方面提出根据项目类型推广浅层地能供暖的三种模式，即浅层地能项目工程总承包、合同能源管理和分布式热力经营模式。四种模式的适用对象不同，即工程总承包模式适用于小规模浅层地能项目；合同能源管理模式适用于以新建小区或开发区为单元的浅层地能项目；分布式热力经营模式适用于政府主导的、城市规模供暖的浅层地能开发利用项目。用户可以根据自身的特点和

需求选用不同的模式。

目前，多数工程采用的是总承包（EPC）模式。它是指企业受业主委托，按照合同约定对工程建设项目的的设计、采购、施工、试运行等实行全过程或若干阶段的承包。通常公司在总价合同条件下，对其所承包工程的质量、安全、费用和进度负责。该模式最大限度地克服了设计、采购、施工相互制约和脱节的矛盾。在该模式下业主是地源热泵系统的出资人，亦即产权人，承担向建筑物供暖供冷的责任，同时拥有符合国家规定的收费权，同时业主承担融资、投资、建设、运营过程中的全部风险。

此外，也有单位采用了合同能源管理模式，即具有一定资金和技术实力的企业主动转换角色，承担了地源热泵系统从投资、建设到运营的全部任务，实现了从EPC承包商向热力服务公司（ESCO）的过渡。在合同能源管理模式中，ESCO必须取得2项权利，即业主的特许经营权和政府的特许经营收费权。如果是行政机关或企事业单位的公用建筑，ESCO按照与业主的约定直接向使用单位收取供暖费和制冷费；如果是居民住宅，ESCO按照政府批准的价格收取供暖费。通过收取费用收回投资并负责长期运营。京郊农村的部分项目（如规模较大的集中供暖项目）可以考虑利用合同能源管理等模式。

目前，这些模式还在探索和完善之中，多种模式的选择有利于解决一次性投资大和用户长期供暖质量存在疑虑等问题，但需要政策的扶持。

（4）浅层地能供暖与其他供暖方式的效果比较

据中国建筑科学研究院对2016-2017年供暖期间3000多户取暖的跟踪运行监测，其中有一部分是简单的监测数据，一部分基本是全性能监测。除电直接供暖外，其他四种供暖方式的监测结果如表4。

表3 各种能源涉及到的相关投资

四种供暖类型	单位	浅层地能	煤
天然气壁挂炉	17.7	10.8m ³	13.8
空气源热泵	19.1	58.7kwh	18.3
地源热泵（地能热宝系统）	20.6	30kwh	9.6
储能式电暖气	17	191.5kwh	21.3

①温度、舒适性。从上表的温度监测结果可以看出，用户室内温度都能达到17℃以上，其中地源热泵最高，可达到20.6℃，空气源热泵达到19.1℃，天然气壁挂炉为17.7℃，储能式电暖气为17℃。除储能式电暖气的供暖温度不平稳、效果不够理想外，其他三种形式供暖的舒适性，用户反映的满意度都较高。

②费用。由于广大农民的经济条件所限，农户都非常关注经济性。从上表的监测结果来看，储能式电暖气费用最高，其耗电量为191.5kwh，在补贴过后，费用为21.3元/m²；次高为空气源热泵，其耗电量为58.7kwh，在补贴过后，费用为18.3元/m²；再者是天然气壁挂炉，其耗气量为10.8m³，在补贴过后，费用为13.8元/m²；地源热泵最低，其耗电量为30kwh，在补贴过后，费用为9.6元/m²。

③环保、生态情况。这几种形式的环保替煤效果都较为明显。2016年，经监测和核算，每平方米供暖面积的供热量为40w，按照户均面积120m²共计120天的供暖周期核算，一个供暖季的热负荷为56363.6MJ（兆焦耳），折合燃煤替代量3.3吨。2016年度全市完成22.7万户煤改清洁能源任务，共计实现燃煤替代量756000吨。

④用户满意度。通过走访与问卷调查的方式，对煤改清洁能源的用户进行满意度调查，地源热泵的满意度为 98%，空气源热泵的满意度为 95.8%，天然气壁挂炉的满意度为 80.2%，储能式电暖气的满意度为 79.5%。总体看，煤改清洁能源所带来的舒适性、便捷性、环保性都比较明显，农户对此项工作也都较为满意。

三、目前京郊农村利用浅层地能供暖存在的主要问题

浅层地能供暖与其他方式相比，设计和安装施工工作量大，设计施工要求高，且受地质、地形的影响，加上地下不可知因素多且影响大，同时浅层地能在我国规模应用的时间相对较短，社会上对其了解不多。由于受上述因素的影响，浅层地能供暖虽然在京郊农村取得了一定的成效，但在整个煤改清洁能源推进工作中发展还不够快。目前，存在的问题主要表现在：

1. 与城市相比，农村虽然有利的条件多，但利用的比例低

浅层地能供暖由于技术新，工程涉及面广，投资相对较大，同时宣传和示范不足，人们对它的认识也不高，加上部分政策尚未完全落实，虽然农村采用此方式有利的条件多，即使在北京市政府的支持下，但其利用的农户数占清洁供暖各种技术方式总农户数的比例并不高。初步计算，到 2018 年初，仅为农村当年全部采用清洁能源供暖的 2% 左右，还远未发挥出利用这一高效可再生能源供暖的应有作用。

2. 在农村推广浅层地能利用的企业数量相对较少

相对于城市的集中大型建筑，农村的建筑分散，设计施工需要开展的工作多，如在大型工程中，

安装企业面对的是一个业主，谈判工作相对简单；而在农村，安装企业要与各家各户谈，谈判的工作量大，“一户一系统”的设计工作量大，单项工程盈利相对又不高。另外，与在城市施工相比，安装企业的交通运输费用也相对较高，目前多数浅层地能供暖企业并不热心于农村的工程项目。从参与的企业看，在农村的清洁能源供暖工作中，涉及浅层地能供暖的企业数量上远远少于其他清洁能源供暖企业，如 2016 年，参与农村煤改清洁能源的空气源热泵企业仅中标的就有 72 家，2017 年，中标的空气源热泵企业达到 106 家，而地源热泵企业仅有 10 家左右，数量远远小于空气源热泵企业，这在一定程度上也影响了浅层地能供暖在京郊农村的发展。

3. 农村了解浅层地能取暖的人数比城市更少

虽然目前北京农村的信息业已经比较发达，信息来源很多，但对于具体的新能源利用农民还比较陌生，对于浅层地能供暖农民了解的更有限，在一定程度上妨碍了农村、农民对这一新能源的接受。农民是非常讲求实际的，仅有宣传材料并不能让农民接受这一新能源的应用，农民需要有眼见为实的案例。为此，部分企业采用了先在村中示范户安装，让村民代表到已经安装浅层地能供暖设备的村庄实地考察等，才缓解了这一问题，但当前京郊农村的浅层地能供暖示范项目偏少，总体影响面也不大。

4. 推广利用的模式单一，能够应用新模式的企业不多

目前，在京郊农村的煤改清洁能源，统一采用了政府补贴、农户选择、一次购买、安装使用的办法，其优点是简单易行，容易为农民所接受，安装企业负担也相对较小，城市中部分单位采用的合同能源管理等方式在农村还没有先例。采用这一模式企业投资较大，投资回收期较长，但用户供暖保

障条件好，需要政策和项目有较高的稳定性，同时也需要政府和金融企业的大力支持。

5. 定额补贴不利于引导农户在煤改清洁能源工作中综合考虑各种供暖方式的完整效果，而且山区农村设计施工难度大，而且前期投入也大，而所在区财政财政补贴能力又弱

在煤改清洁能源工作中，政府采用定额补贴的办法，如每户补贴 1 万元，结果是用户只选择前期投入比较低的供暖方式，初始投资较大，但性能好、运行成本低、节能效果好的低能供暖形式往往受到排挤。此外，北京山区面积占比相对较大，占到整个市域面积的 62%。但由于山区地质条件复杂，农民居住分散，采取浅层地能供暖施工难度大，安装成本相对较高，工程维修保养投入也较大，交通更为不便，热心于山区浅层地能供暖的企业数量较少。而另一方面，无论是山区农村的行政村和农民群众的经济承受能力，还是山区乡（镇）和区级财政的补贴能力，都比平原地区要弱，在一定程度上影响了浅层地能供暖在山区农村的推广和应用。

6. 北京周边外埠农村的煤改清洁能源与京郊的此项工作还一定程度存在着不协调、不同步的问题，而且在工作中存在着一定的困难

近年来，为改善华北以至我国北方地区冬季的大气质量，各地党和政府全力推进当地的煤改清洁能源工作。特别是习近平总书记 2014 年 2 月视察北京并主持召开京津冀协同发展座谈会，提出京津冀协同发展七点要求，京津冀协同发展上升为重大国家战略以来，北京周边的河北省廊坊、保定、张家口、承德及天津市武清、蓟州、宝坻等地高度重视，采取强有力的措施、大力度推进当地的煤改清洁能源工作，取得了显著成效。但由于三地因思想认识、财政实力、工作措施上的差异，还存在着不同步、不协调的困难和问题。

四、加大京郊农村浅层地能供暖推广应用力度的措施和政策建议

无论是从浅层地能供暖的技术现状，从实际在农村的应用情况，还是从政府投资、电力应用、可再生能源利用，以及从环境保护的角度，北京农村都有必要进一步加大浅层地能供暖的推广应用力度。为此，提出以下措施和政策建议：

1. 扩大对浅层地能供暖利用效果的宣传，提高对浅层地能供暖的认识

目前，北京及外埠均有一定比例的农村利用浅层地能供暖的实例，从近年来的实际效果看，能够使建筑物的温度有保障，同时运行费用低、供暖效果好，受到了农村干部和群众的欢迎。在这些村周边的其他农村，不少农民认同这一供暖方式，也愿意采用这一供暖方式。同时，示范村也受到了北京市、区及乡镇领导的重视，但在远离这些示范村的农村，特别是北京的山区农村，农民对这一供暖方式的认识还基本上是空白，不少区、乡（镇）主管清洁供暖的人员对此也认识不足，如 2017 年部分区在煤改清洁能源招标中未列入地源热泵项目，这在一定程度上影响了浅层地能供暖在农村的应用。建议北京市主管农村清洁供暖的部门利用现有媒体和宣传手段，扩大对利用浅层地能供暖实例的宣传，增加对主管清洁能源供暖人员利用浅层地能供暖的教育培训，同时让更多的农民通过现有案例了解浅层地能供暖，提高对利用浅层地能供暖的认识。

2. 在清洁供暖政策上向开发利用浅层地能供暖模式倾斜

无论是国内外专家研究的数据，还是浅层地能供暖的实际参数都说明，在已有清洁能源供暖方式中，利用浅层地能供暖电力负荷低，可再生能源利用比例高，供暖温度保障度高，农民运行

费用低。从国家现有政策看，政策上鼓励能源效率高，可再生能源利用比例高的技术。目前，京郊农村利用浅层地能供暖的政策基本上与利用空气能供暖的政策相同，没有体现补贴高效方式，没有体现鼓励节能减排。建议通过计算对可再生能源利用的比例，从减少电力负荷，减少温室气体排放，减少运行费用补贴，减少国家供暖能源的整体投入等方面综合考虑对浅层地能供暖的补贴，使政策向着有利于使用高效可再生能源和保障农民利益方面进一步倾斜。

3. 将浅层地能供暖作为实施乡村振兴战略、改善农村人居环境、建设美丽乡村和社会主义新农村建设的基础设施建设内容之一

北京市目前正在大力推进实施乡村振兴战略、改善农村人居环境、建设美丽乡村和社会主义新农村建设，从实践来看看，在新村建设的同时实施浅层地能供暖工程效果好，施工方便，投资相对低。建议在美丽乡村建设，特别是山区搬迁村的新村建设中，将浅层地能供暖逐步列入基础设施建设范围，在城郊周边地区开发项目或农村住宅改造项目中，对使用浅层地能供暖技术的开发单位，给予地价、配套方面的优惠和倾斜，使建设的新村有更高的标准，农民有更好的生活条件。

4. 加大在都市现代农业项目，特别是设施农业项目上利用浅层地能的支持力度

都市现代农业项目是北京农业的主要组成部分，在现有条件下，无论是设施种植还是现代养殖都需要利用清洁能源供暖。实践证明，浅层地能供暖适合农产品加工企业，以及设施农业项目。由于目前政策支持力度偏小，用于设施农业的浅层地能供暖项目还不多。建议从北京的实际出发，加大对设施农业项目利用浅层地能供暖的支持力度，使北京在发展都市现代农业的同时减少对环境的影响。

5. 采用定比例补贴方式，并加大市级财政对农村利用浅层地能供暖的补贴力度

鉴于定额补贴不利于引导农户在煤改清洁能源工作中综合考虑各种供暖方式完整效果的情况，考虑到农村浅层地能供暖属于农村基础建设，建议政府补贴采用定比例补贴的办法，如规定补贴前期投入的90%左右。这样用户就会把前期投入和日后的使用维护成本综合起来考虑，并有了自主进行优选的余地，便于做到“宜气则气、宜地则地”。此外，在山区农村煤改清洁能源推进工作中，为积极引导广大农户广泛采用浅层地能供暖方式，并考虑其前期投入大、区级财政负担重等因素，建议对于山区农村采用浅层地能供暖方式，区级财政按照原有补贴强度不变，而市级财政适当增加补贴的办法，即市、区按照1.5:1补贴的形式，对这一供暖方式切实加大补贴力度，并对浅层地能供暖设计安装企业承担山区农村的煤改清洁能源工作予以支持，积极引导浅层地能供暖设计安装企业走进山区，把高效可再生能源供暖方式带给山区农民，让山区农民从中切实受益。

6. 建立京津冀煤改清洁能源工作协调推进机制，北京市、区两级财政适当支持周边外埠农村的浅层地能供暖项目，使之与京郊此项工作同步推进、协调发展

鉴于北京周边外埠农村煤改清洁能源工作与北京郊区此项工作存在的现实差距和实际困难，建议由主管市领导或者市农委牵头，与市政府其他有关部门一起，联系河北、天津的相关政府部门，建立联席会议制度，定期研究三地协同推进煤改清洁能源工作中存在的困难与问题，协调推进此项工作。特别是对于北京周边的河北省廊坊、保定、张家口、承德及天津市武清、蓟州、宝坻等地农村所采用的浅层地能供暖项目，北京市、区两级政府应该给予适当补贴，以使这些地区与京郊的煤改清洁能源工作协调、同步，切实改善北京及周边地区的大气质量。

敬告读者

TO INFORM THE READER

《中国地能》从 2018 年起更名为《中国地热能》。

《中国地热能》是由中国地热能出版社主办，北京节能环保促进会浅层地（热）能开发利用专业委员会协办的科技期刊，于香港公开发刊，双语季刊。我们的办刊宗旨是为政府制定能源政策提供参考建议；为地能开发企业提供宣传平台；为设计者、大众提供交流空间；推广浅层地热能利用经验，展示应用实例。

2018 年，我们始终不忘读者的期待，用心用力办好期刊。毫无疑问，优化空气、节能减排、治理雾霾是当前摆在全体中国人民面前一个重大课题，我们期望《中国地热能》这本小小的期刊能够为攻克这一难题贡献微薄之力。

立足长远，着眼当前，在继承中创新，在变革中发展。自创刊以来，期刊一直得到了业内专家学者和广大读者的热情支持，在此致以我们的衷心感谢。大家的关注是我们的追求，大家的支持是我们的动力。让我们携手共进，在 2019 年里共同打造《中国地热能》的美好明天。

《中国地热能》编辑部

投稿及广告联系人：陈思

电话：010-62599774

邮箱：journal@cgsenergy.com.hk

中國地熱能
CHINA GEOTHERMAL ENERGY

为推广地能热冷一体化新兴产业的发展，恒有源科技发展集团有限公司与四川长虹空调有限公司合资成立了宏源地能热宝技术有限公司。公司以智慧供热市场为导向，专注于地能热冷机各类产品的开发和各种形式的地能热宝系统的产品集成，推广地能无燃烧方式为建筑物智慧供热，满足人们舒适稳定的生活环境需求。



可靠性技术：航空领域先进的数字控制系统，拥有能与战机媲美的可靠性



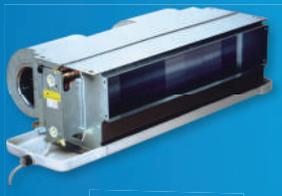
防腐技术：新工艺军工防腐技术抗氧化腐蚀，经久耐用



军用雷达防电磁干扰技术



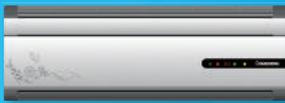
1



2



4



5

7



6

9

8



- 1. 地能热（冷）吸顶机
- 2. 地能热（冷）风管机
- 3. 地能热（冷）柜机 A
- 4. 地能热（冷）柜机 B
- 5. 地能热（冷）卧机
- 6. 地能热（冷）壁挂机
- 7. 地能热泵热水器（生活热水）
- 8. 地能热泵锅炉
- 9. 地能热泵多联机

**航天飞机燃料箱
真空氮检技术**

**航天飞机防腐防锈
处理技术**



宏源地能热宝技术有限公司

地址：四川省绵阳市涪城区金家林下街 29 号
 联系电话：010-62592341 400-666-6168
 传真：010-62593653
 电邮：dnrb@hyy.com.cn



扫描二维码
获取更多地能知识

恒有源科技发展 集团有限公司

EVER SOURCE SCIENCE & TECHNOLOGY
DEVELOPMENT GROUP CO.,LTD

2000
年创建

香港上市号 8128.HK