



ISSN:2309845 7

2014.10

第4期

中國地能

双月刊

CHINA GROUND SOURCE ENERGY



地热能利用好了
雾霾天就会少了

P06

浅层地能是解决我国
南方冬季供暖的最佳选择

P22

地源热泵
及未来展望

P38

天賜地能恆有

室內溫度

●可調節

16-28°C

原創技術產業化發展是立國之本；實業健康發展是興國之路。地能熱冷一體化新興產業快速發展，實現為建築物無燃燒供熱，是政府治理霧霾的重要途徑之一。

自主知識產權

恒有源單井循環換熱地能采集技術

無燃燒供熱方式

◆ 恒有源地能熱泵環境系統

◆ 恒有源地能熱賣環境系統

◆ 恒有源單井循環換熱地能采集系統

◆ 恒有源分布式地能冷熱源站系統

人間冷暖無憂

室內溫度
● 可調節
16-28°C

淺層地能(熱)采集器



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

地址：北京市海澱區杏石口路 102 號
郵編：100093
電話：010-62592988 400-666-6168
傳真：010-62593653
電郵：dnrb@hyy.com.cn



掃描二維碼
獲取更多地能知識

华清地热

专注地源热泵技术十五年!



华清地热

HUAQING GEOTHERMAL

北京市朝阳区立水桥甲2号
电话：010—84845443 (企划部)
010—84846542 (技术部)
<http://www.dire.cn>

中国地能

CHINA GROUND SOURCE ENERGY

《中国地能》编委会 China Ground Source Energy Editorial Committee

主任	Director
王秉忱	WANG Bingchen
副主任	Deputy Director
柴晓钟 吴德绳 孙骥	CHAI Xiaozhong, WU Desheng, SUN Ji
委员	Committee Member
沈梦培 程 韧 李继江 庞忠和 郑克棧	SHEN MengPei, CHENG Ren, LI Jijiang, PANG Zhonghe, ZHENG Keyan
徐 伟 武 强 张 军 黄学勤 李宁波	XU Wei, WU Qiang, ZHANG Jun, HUANG Xueqin, LI Ningbo
许文发 朱家玲 马最良	XU Wenfa, ZHU Jialing, MA Zuiliang

《中国地能》杂志社 China Ground Source Energy Magazine

社长	President
徐生恒	XU Shengheng
总法律顾问	General Counsel
邢文鑫	XING Wenxin
总 编	Editor-in-Chief
孙 伟	SUN Wei
出版顾问	Publish Consultant
王进友	WANG Jinyou
编 辑	Editor
姜梦莹 张紫艳 胡铭 王志嘉 崔东明 熊杰	Zora JIANG, Nicole ZHANG, Matthew HU, Jason WANG, Kelly CUI, Jessica XIONG
特约记者	Special Correspondent
马雲龙	MA Yunlong
设计制作	Art Editor
北科视觉设计中心	SCIENCE TECHNOLOGY LIFE

主 办	Sponsor
中国地能出版社有限公司	China Ground Source Energy Press Limited
地 址	Address
香港中环皇后大道中 99 号中环中心 37 楼 3709-10 室	Units 3709-10,37/F,The Center,99 Queen's Road Central, Central, Hong Kong

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

承印人	Printed by
泰业印刷有限公司	Apex Print Limited
地 址	Address
香港大埔大埔工业邨大贵街 11-13 号	11-13 Dai Kwai Street, Tai Po Industrial Estate, Tai Po, Hong Kong
发行部	Publishing Department
熊杰	Jessica Xiong
广告部	Advertising Department
姜梦莹	Zora Jiang
地址、联系电话	Address, Telephone
北京市海淀区杏石口路 102 号 +8610-62599774	Address: No.102, Xingshikou Road, Haidian District, Beijing +8610-62599774

目录

CONTENTS



本期焦点

CURRENT FOCUS

地热能利用好了 雾霾天就会少了

P06

2014年10月7日,中央气象台发布了今秋首个霾黄色预警,京津冀将遭遇中度或重度霾,两天后,又再度发布黄色预警。自进入10月以来,受雾霾影响,华北平原笼罩在一片朦胧中。对于日益严重的环境问题,能源结构调整已势在必行,而这或将为地热能为代表的清洁能源发展创造机会。

P10 | Haze days will be less when geothermal energy is better utilized

地源热泵技术应用中的地质问题

P14

近几年来我国地源热泵行业发展迅速,各地的地源热泵项目不断增加,这不仅得益于我国丰富的地热资源、相关技术的不断完善,还得益于来自节能减排的压力。

Geological problems in the application of ground source heat pump technology P17

P22

POLICY ADVICES

建言献策

浅层地能是解决我国南方冬季供暖的最佳选择 P22

P26

DEVELOPMENT FORUM

发展论坛

《单井循环换热地能采集井工程技术规范》简介 P26

环境能源危机下的地热能开发利用 P30

北京市地热资源开发利用现状及前景 P32

The Status and Prospects of the development and utilization of Beijing's geothermal resources P34

地源热泵及未来展望 P38

P44

SPECIAL REPORT

特邀报道

城市灾难让地热能开发利用再聚焦 P44

P48

EXCLUSIVE INTERVIEW

人物专访

徐伟：零能耗建筑的中国实践方法论

P48

P52

HOTSPOT INFO

热点资讯

2014 第六届中国地源热泵行业高层论坛圆满落幕

P52

北京农村居住建筑清洁能源供暖应用现状调研报告发布

P53

国家政策重视升级 中国地热能可否“热”起来

P54

P56

PROJECT SHOWCASE

实用案例

单井循环换热地能采集井水质监测报告

P56

P58

POLICIES AND REGULATIONS

政策法规

国务院法制办发文公开征求《大气污染防治法（草案）》意见

P58

新《环境保护法》条文简述

P60

P62

KNOWLEDGE SHARING

能源科普

浅说地下温度场的监测

P62

中國地能
CHINA GROUND SOURCE ENERGY

2014年10月
第4期
双月刊

地热能利用好了 雾霾天就会少了

HAZE DAYS WILL BE LESS WHEN GEOTHERMAL ENERGY IS BETTER UTILIZED

作者：马雲龙

2014年10月7日，中央气象台发布了今秋首个霾黄色预警，京津冀将遭遇中度或重度霾，两天后，又再度发布黄色预警。自进入10月以来，受雾霾影响，华北平原笼罩在一片朦胧中。对于日益严重的环境问题，能源结构调整已势在必行，而这或将为地热能为代表的清洁能源发展创造机会。

近日，国家主席习近平特使、国务院副总理张高丽23日在纽约联合国总部出席联合国气候峰会，在峰会全会上发表题为《凝聚共识 落实行动 构建合作共赢的全球气候治理体系》的讲话。其指出，中国将加快推动能源生产和消费革命，坚决控制能源消费总量，提高能源利用效率，大力发展非化石能源，加强大气污染治理和生态建设，加快建立碳交易市场，强化技术创新，增强全社会绿色低碳发展意识，努力走出一条发展经济与应对气候变化双赢的可持续发展之路。

作为能源消耗大国，环境问题越发受到各方重视，而中国也在通过自身行动努力改变这一现状。近期，为改善环境问题我国又出台了《国家应对气候变化规划》，确保实现2020年碳排放强度比2005年下降40% - 45%的目标。

不难看出，我国正在努力改善能源消耗方式和结构，而地热能是可再生资源、洁净能源，在当今人们的环保意识日渐增强和能源日趋紧缺的情况下，对地热资源的合理开发利用已愈来愈受到社会的青睐与重视。

雾霾倒逼能源结构调整

环保部环境影响评价司巡视员牟广丰近日公开表示：“目前全国雾霾现象非常严重，这使得我国的能源结构调整迫在眉睫。”他认为，城市的雾霾污染已经倒逼我们必须改变城市的

能源结构，重新考虑城市化的路径，高楼大厦并不代表城市化。

随着中国经济的高速发展，环境问题已日益凸显。尤其是近年来的“雾霾”天气，更是成为环境问题的焦点。数据显示，去年1月，4次雾霾过程笼罩30个省（区、市），在北京仅有5天不是雾霾天。而中国最大的500个城市中，只有不到1%的城市达到世界卫生组织推荐的空气质量标准，与此同时，世界上污染最严重的10个城市有7个在中国。

对于雾霾形成的主要原因，中国农村能源行业协会原太阳能热利用专业委员会主任罗振涛认为，以化石能源为主的能源结构和较低的能源效率是造成城市雾霾的根本原因。“改变城市雾霾现状，必须调整中国的能源结构，提高能源效率，减少能源消耗。”

事实也证明如此，我国能源消费所产生的环境污染问题日趋严重。传统化石能源在保障人类各种经济活动的同时，也产生了大量的二氧化硫、氮氧化物和PM2.5等污染物，成为大气污染的主要源头。以北京为例，据北京市环保局4月份发布的PM2.5

来源解析结果显示，北京市全年PM2.5来源中，区域传输贡献约占28%至36%，本地污染排放贡献占64%至72%。在本地污染贡献中，机动车、燃煤、工业生产、扬尘为主要来源，



分别占 31.1%、22.4%、18.1% 和 14.3%，餐饮、汽车修理、畜禽养殖、建筑涂装等其他排放约占 PM2.5 的 14.1%。

不难看出，中国能源结构还不合理，煤炭占比过高、能耗量大，通过发展清洁能源实现能源结构多元化已迫在眉睫。而由此导致的能源结构调整，或将为地热能为代表的清洁能源发展创造机会。

据了解，地热能来源于地球的熔融岩浆和放射性物质的衰变。还有一小部分能量来自太阳，大约占总的地热能的 5%，表面地热能大部分来自太阳。地下水的深处循环和来自极深处的岩浆侵入到地壳后，把热量从地下深处带至近表层。且地热能具有环保、清洁的特性，作为新能源已在医疗、发电、供暖等多方面崭露头角。

国土资源部地热处处长李继江就曾表示，2020 年我国非化石能源占一次能源消费 15%，其中地热能利用规模达到 5000 万吨标准煤，目前我国地热能大概在 1500 万吨标准煤左右，要达到 5000 万吨标准煤，每年应该增加 500 吨，这也给地源热泵行业提供了发展空间。

政策引领助力地热能发展

由于环境问题，地热能发展空间巨大等多方面因素，国家层面大力发展地热能的决心已非常坚定，产业规范、要求的制定也已日趋完善。

近期，国家能源局综合司与国土资源部办公厅就下发通知，组织编制地热能开发利用规划，要求加强地热能开发利用规划与区域能源规划、城镇供热规划、城镇建设规划的统筹协调。

对于地热能行业，政策的制定并非个案。早在 2013 年 1 月，国家能源局、财政部、国土资源部、住房和城乡建设部就联合发布《关



于促进地热能开发利用的指导意见》，明确提出地热能“十二五”发展目标：到 2015 年，全国地热供暖面积达到 5 亿平方米，地热发电装机容量达到 100 兆瓦，地热能年利用量达到 2000 万吨标准煤。到 2020 年，地热能开发利用量达到 5000 万吨标准煤。

“决策层已经意识到地热能是可再生能源的重要组成部分，以前没有将地热能提到过这种高度。”西藏地热（发电）工程研究中心秘书长吴方之这样表示。

不难看出，当前国家层面大力发展地热能的



近年来，以“雾霾”为代表的环境问题日益凸显，环境污染已被社会各界高度关注。而由此导致的能源结构调整，或将为地热能为代表的清洁能源发展创造机会。

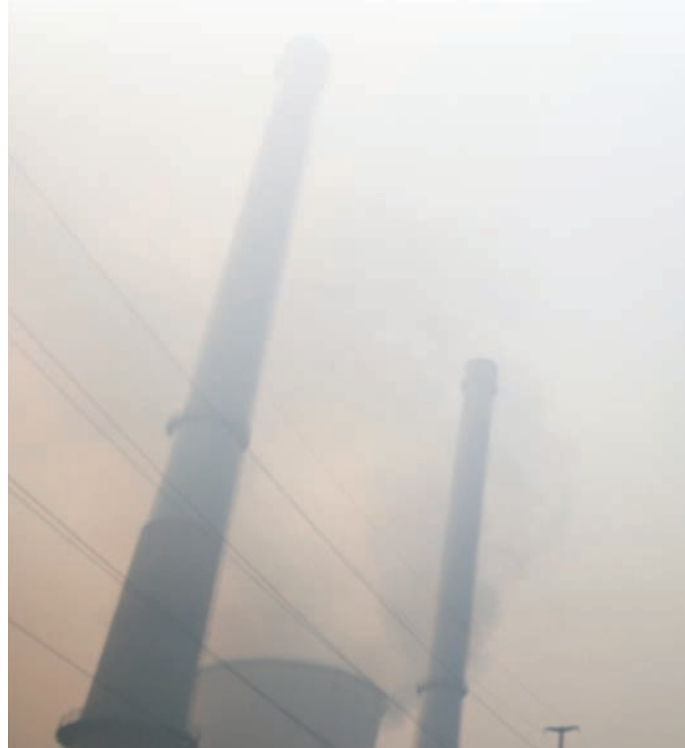
决心坚定，产业规划的制定和完善在行业发展过程中起到的作用不言而喻。而除了本行业的利导政策，其他行业对于新能源使用的奖励机制也间接鼓励了地热能的应用及推广。

作为践行地热能的主要行业——房地产行业的一系列政策，对地热能的推广有所促进。按照城镇新建建筑在 2015 年达到 20% 比重的绿色建筑标准来看，我国在 2015 年需达到 10 亿平方米绿色建筑的目标。据悉，住建部正在研究扩大绿色建筑标准的“强制”范围，以推进绿色建筑覆盖面。

而根据住建部，新近提出的《绿色建筑评价标准》，采用单项打分计算总分的方式进行评定，总分达到 45—50 分是一星级绿色建筑，60 分是二星级绿色建筑，80 分是三星绿色建筑。其中，合理采用分布式热电冷联供技术，并且系统全年热电综合利用率不低于 80% 的项目，可以得 5 分，而采用地源热泵等节水冷却技术的项目，可以得 6 分。

众所周知，获得按照绿色建筑的评级，相关项目可以提升品牌效应，而企业也可以获得财政上的补贴，这无疑成为地热能行业再次提速的另一大利好。

据亚洲洁能能源公司设计部主任王桂臣介绍，受国家层面对地热能应用扶植、奖励政策的影响，越来越多的房企对地热能开始关注、应用。“当前绿色建筑的星级认证标准出台，已经开始修改量化，其中包括地能的标准。而这无疑会使地热能有更广阔的发展空间。”



Haze days will be less when geothermal energy is better utilized

Author: Yunlong Ma

Recently, Zhang Gaoli, as the special envoy of President Xi Jinping and Vice-Premier of the State Council, when attending the UN Climate Summit at the UN headquarters in New York has made a speech named “gather consensus and implement actions to build win-win cooperation of global climate system”. In his speech, he pointed out that China will promote an energy production and consumption revolution by strictly controlling total energy consumption improving energy use efficiency, developing non-fossil energy and strengthening the atmospheric pollution control and ecological construction, speeding up the introduction of a carbon trading market and promoting technical innovation. At the same time, China will further enhance the public consciousness in green and low carbon development so as to pioneer a sustainable development route that leads to all wins in both economic development and climate change adaptation.

Being a big consuming country of energies, China has become more and more aware of the importance of environment. Over the

years, China has been trying to improve the situation through its own efforts. Recently, in order to deal with the environmental problems, China issued its “national plan on climate change” to ensure that by 2020 carbon emissions fall by 40% - 45% from the levels in 2005.

As China is striving to reform its energy consumption modality and structure, when the general public is more aware of the importance of environment protection and as energy constraints is becoming more and more acute, the rational development and utilization of geothermal energy which is a kind of renewable and clean energy has been favored with more and more importance.

Haze presses for energy structure adjustment

Mou Guanfeng, an inspector of the Environmental Impact Assessment Department in the Ministry of Environmental Protection recently said: "since the haze phenomenon is very serious across the country an energy structure adjustment is imminent." He insisted that haze pollution will force a change in the energy structure and make people reconsider the proper route of urbanization. In fact, high-rise buildings do not represent the urbanization.

With the rapid development of China's economy, environmental problems have become more and more serious. Haze, especially in recent years, has become the focus of environmental problems. Data shows that in January last year, four times



of haze occurred and covered 30 provinces (autonomous regions and municipalities), and Beijing had only five days free of haze. Among the largest 500 cities in China, only less than 1% can meet the air quality standards issued by the World Health Organization, meanwhile, among top ten world's most polluted cities, seven are in the China.

Regarding the reasons for haze formation, Luo Zhentao, director of the professional committee on solar heat utilization of China's Rural Energy Industry Association believes that energy structure based on fossil fuels with low energy efficiency is the primary cause of haze. "To prevent the haze in cities, we need to adjust China's energy structure, which means to improve energy efficiency and reducing energy consumption."

It is a fact that environmental pollution caused by energy consumption is becoming worse and worse. The use of traditional fossil fuels in economic activities generates a huge amount of pollutants such as sulfur dioxide, nitrogen oxide and PM2.5, which are the main sources of air pollution. Taking Beijing as an example, according to the analytic results on formation of PM2.5 issued by Beijing Environmental Protection Bureau in April, regional transmission contributes 28% to 36%, and local pollution contributes 64% to 72%. As for local pollution, motor vehicles, fired coals, industrial production and raised dust are the major sources respectively account for 31.1%, 22.4%, 18.1% and 14.3%. Other emissions such as from restaurants, garages, livestock farming,

building coating accounted for about 14.1%.

It is easy to see that China's energy structure is not reasonable, as it depends too much on coal. Therefore, it is extremely urgent for China to diversify its energy structure by encouraging more development of clean energies. The adjustment of energy structure in China will surely bring about bright prospect for the development of geothermal energy, as a represent of clean energy.

It is known that geothermal energy comes from the earth's molten magma and the decay of radioactive substances. A small part of the energy comes from the sun, about 5% of the total geothermal energy and most of surface geothermal energy comes from the sun. When deep loop of underground water and magma comes from extremely deep levels invade the earth's crust, they bring energy from deep underground close to the surface. With their characteristics of environmental friendly and clean, it makes a figure in medical, power generation, heating and so on.

Li Jijiang, division chief of the Geothermal Department in the Ministry of Land and Resources said that, in 2020 China's non-fossil energy will account for 15% of primary energy consumption and of that geothermal energy utilization scale will be up to 50 million tons of standard coal which is just around 15 million tons of standard coal at present. To reach this goal, geothermal utilization will have to increase 500 tons

a year, which also provides development space for ground source heat pump industry.

Policy guidance helps development of geothermal energy

In face of the serious environmental problems, and huge development potentials of geothermal energy, the central government of China has been highly resolute in vigorous promoting the development of geothermal energy, with continuous improvement achieved in industrial standardization.

Recently, the National Energy Administration and the General office of the Ministry of Land and Resources issued a notice requiring local authorities to formulate geothermal energy exploitation and utilization plan and to strengthen coordination between geothermal energy development plan and other plans such as regional energy plan, urban heating provision plan and urban construction plan.

For the geothermal energy industry, policy formulation is not based on individual case. As early as January 2013, the National Energy Administration, the Ministry of Finance, the Ministry of Land and Resources, Housing and Urban-rural Development jointly issued "guidelines on promoting the development and utilization of geothermal energy". This document clearly defined the objectives of geothermal energy development in the "twelfth five-year": by 2015, the national geothermal heating

area will reach 500 million square meters, geothermal power generation capacity will reach 100 megawatts, and annual use of geothermal energy will reach 20 million tons of standard coal. By 2020, development and utilization of geothermal energy should reach 50 million tons of standard coal.

"The decision makers have now been fully aware that geothermal energy is an important component of renewable energise. The importance attached to it had never been such high." Wu Fangzhi said, the secretary-general of the Tibetan Geothermal Engineering (power) Research Center.

Apparently, the government has been very decisive in forcefully promote development in geothermal energy. Formulation and perfection of industry planning plays a vital role in development. In addition to preferential policies in the geothermal industry, the incentives for renewable energy utilization in other industries also indirectly encourages the application and promotion of geothermal energy.

As the major practice industry of geothermal energy utilization, the real estate industry has been favored with a series of policies that help to accelerate the promotion of geothermal energy. By 2015, 20% of the newly buit constructions shall meet the Green Building Standards. As a result, by 2015, China will boast 1 billion square meters green building. It is said that MOHURD is now considering to expand "mandatory" scale of the standard so as to

further increase green building coverage.

According to the "green building assessing standards" newly issued by MOHURD, it will use a total score method to single grade buildings. If the total score reaches 45—50 it will be a one-star green building, if the score is 60 it will be a two-star building and at score 80 it will be three-stars. The scoring system also stipulates that buildings that use distributed integrate systems of heating, cooling and electricity with the energy efficiency rate being no less than 80% can score five points. Projects that utilize water-saving cooling technology such as ground source heat pump can score six points.

It is known to all that once rated as green building, the projects will benefit from the brand effect, and also the developers can obtain financial subsidies. It's no doubt another advantage for geothermal energy promotion.

According to Wang Guichen, director of the Design Department of the Asian Clean Energy Company, thanks to the strong support and incentives from the central government, more and more real estate enterprises began to pay close attention to geothermal energy utilization." The star certification standard of green building has been improving by making the scoring system more quantified including standard of geothermal energy. It's no doubt that geothermal energy will enjoy a broader prospect for the development."

地源热泵技术 应用中的地质问题

GEOLOGICAL PROBLEMS IN THE APPLICATION OF GROUND SOURCE HEAT PUMP TECHNOLOGY

作者：李宁波 中国地质调查局浅层地温能研究与推广中心常务副主任，北京市地质矿产勘查开发局副总工程师

近几年来我国地源热泵行业发展迅速，各地的地源热泵项目不断增加，这不仅得益于我国丰富的地热资源、相关技术的不断完善，还得益于来自节能减排的压力。地源热泵行业的核心是地源热泵技术的应用，而地源热泵技术应用的关键是地下换热系统的建造。在地下换热系统的建造中，地质问题是关键因素。

地源热泵技术是开发利用浅层地温能资源最方便有效的手段。浅层地温能是指蕴藏在地表以下一定深度范围内（一般小于200米）岩土体、地下水和地表水中温度相对稳定的一种地热能资源，在当前技术经济条件下具备开发利用价值的低温地热能具有分布广泛、能量巨大、可循环利用、就近采集等特点。近些年来，利用地源热泵技术开发利用浅层地温能的项目迅速增加，截至2012年底，全国地源热泵供暖制冷项目超过23000个，服务建设面积超过2.4亿平方米。北京地区地源热泵项目1200多个，服务面积超过了3600万平方米。而在2007年时只有项目479个，服务面积约1200万平方米。7年时间地源热泵服务面积增长数超过了200%。这些项目的实施为北京的节能减排做出了极大的贡献。

地源热泵技术应用的关键是地下换热系统的建造，这是地源热泵系统成功的保证。而对地下换热系统的设计、施工和运行起决定性作用的是地质问题。本文所涉及的是地质问题的几个主要因素：

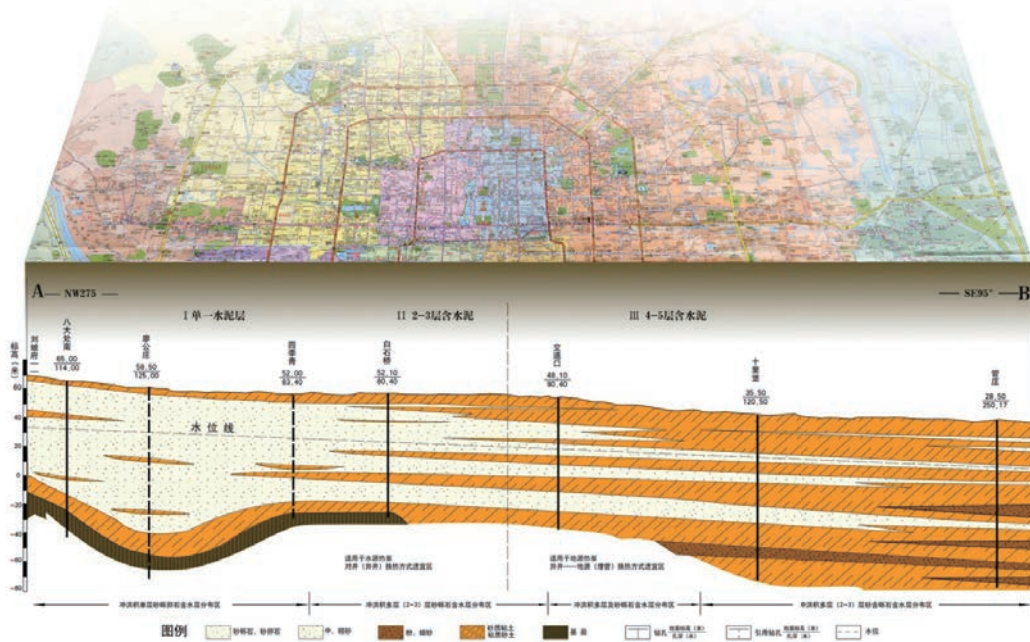
一、水文地质因素

该因素包括地下水含水层的分布及特征和包气带岩土体的性质和特征；地下水补给、径流和排泄情况及动态变化规律；地下水水质及其影响等。

地下水的情况是决定使用浅层地温能开发利用方式（即地下水地源热泵系统和埋管地源热泵系统）的首要因素。只有地下水水量充足、回灌

条件好的区域才可使用地下水地源热泵系统，而含水层的分布很大程度上决定了换热井的深度和结构设计。地下水的补、径、排情况直接影响到地源热泵系统的换热效率。这是被相关科研试验与实际地源热泵项目反复证实的结论，例如北京市海淀区大部分区域，属于山前冲洪积扇的上游，

地下水补、径、排条件很好，地下水式地源热泵项目很多，多年来使用效果也很好。同时该地区也有一些地埋管式的项目，由于地下水径流速度较快，使得系统运行效果非常好，相较于冲洪积扇下游的朝阳和通州的大部分地区，换热效率明显较高。北京自西向东水文地质剖面如下图所示。



上图可以看出水文地质条件随地点不同有很大变化，西部相对适宜地下水式地源热泵，东部则更适合地埋管式地源热泵。

二、地层和岩性因素

不同地层与岩性热物性差距较大，从而导致地下换热系统换热效率的较大差异。热导率是当中一个代表性指标，其受矿物成分（岩性）和矿物间接触关系（即岩石结构）影响，同时受外部环境的影响，如岩石裂隙、孔隙及含水率、压力条件等（对于松散堆积物的热导率影响的因素更为复杂），一般情况下岩石热导率随压力、密度、湿度增大而增大。对于均质物质，热导率可用一个数值表征；而对于非均质材料，热导率不能用一个数值来表征。岩石属非均质体，特别是在

有层理、片理、叶理以断层等外部条件约束时，热导率就不可用简单关系描述。

根据杨淑贞对华北地壳上部岩石热传导结构的探讨、熊亮萍等对中国东南地区岩石热导率值分析、邱楠生对西北塔里木、准噶尔、柴达木三盆地岩石热导率研究和吴乾蕃对松辽盆地地热场研究资料汇总简化成表 1。

由表 1 中可见岩浆岩、变质岩热导率普遍高于沉积岩；沉积岩中随颗粒粒径增大而增大；化学沉积岩随成分而异，并随结晶程度增高而增大。

表 1 中国各地岩石热导率

地区 岩石		华北	东北	西北	东南
		热导率 W/m · K	W/m · K	W/m · K	W/m · K
碎屑岩	泥岩	1.133	3.667	0.527 ~ 3.246	3.59 ± 1.19
	粉砂岩	2.069	/	1.191 ~ 4.226	2.60 ~ 4.20
	细砂岩	2.514	3.989	1.124 ~ 3.026	3.41 ± 1.22
	粗砂岩	3.715	/	1.024 ~ 3.437	/
	砾岩	1.371	5.410	1.219 ~ 5.708	3.53 ± 0.65
化学及生物化学岩	石灰岩	2.808	/	1.875 ~ 3.910	3.3 ± 0.56
	白云岩	3.779	/	3.149	3.3 ± 0.67
火成岩	玄武岩或安山岩	1.323	/	1.646 ~ 2.96	1.97 ± 0.12
	闪长岩	2.208	/	/	2.8 ~ 3.00
	花岗岩	2.867	/	/	3.15 ± 0.32
变质岩	大理岩	2.881 4.652	/	2.426	3.67 ± 1.01
	片麻岩	1.791	/	/	4.04 ± 0.77
	混合岩	2.583	/	/	4.23 ± 0.61

同一种岩性固态颗粒由细到粗热导率增大；压力增大热导率升高；孔隙含水率增大热导率增大；温度升高热导率减小。对于松散沉积物来讲，孔隙度大、含水率不同，热传输的影响因素不仅有传导形式，还有水参与下的对流和无水孔隙中的辐射，其热传输机理较复杂。因此浅层地温能开发利用地下换热系统的设计时要充分关注这些方面的影响。

不同的地层和岩性，其传热和系统运行后的恢复也有很大差异，砂层的传热和恢复速度明显快于粘土层。

三、地质环境因素

在地面沉降、地裂缝以及岩溶塌陷等地质环境问题明显的区域要严禁建设地下水式地源热泵系统。对埋管式地源热泵系统也要严格限制，认真评估。

地源热泵技术的应用对地质环境的影响同样不容忽视，北京地区的经验值得推广。北京市国土资源局曾下发了关于地源热泵（埋管方式）项目需进行地质条件评估及加强地质环境监测的文件，为确保地源热泵系统的运行效率与节能效果，地源热泵项目换热工程的实施应严格按如下要求（条件）进行：

1、浅层地温资源勘查评价报告的编写，应选择具有地质勘查资质的地勘单位负责。项目规模较大（供暖或制冷面积 10000 平方米以上）的，需对勘查评价报告进行评审，评审工作由北京市地热协会或由市国土资源部门认定的其他有资质的单位负责；

2、换热孔工程的设计需以浅层地温勘查评价报告为依据，由具有地质勘查资质的单位完成。按北京地区的地质条件，换热孔深度一般不大于 150 米；

3、换热孔的施工应选择具有相关施工资质、

并在市国土资源部门备案的单位实施；

4、为保证换热孔施工的质量及地源热泵项目运行的安全性，应由具有相应资质的监理单位，对换热孔的施工进行全程的现场监理；

5、换热孔工程的验收由监理单位组织并出具验收报告；

6、在项目控制范围内，应按规定设置地质环境专用观测孔；

7、为防止因泄漏等原因对地层造成污染，热

泵系统中地源端的循环介质必须使用达标的清水，水中不得加注乙二醇等添加剂。

由于这些规定的实施，大量地源热泵项目的实施并没有对北京的地质环境造成不利的影 响。经过调查北京市运行3年以上项目的监测分析，我们认为地埋管地源热泵项目尽管冬夏取热、排热量不同，但冷热不平衡问题并不突出，多年累计的地温场变化量均小于1℃，所以，总体上来说，地温场的变化是平衡的。

Geological Problems in the Application of Ground Source Heat Pump Technology

Author: Ningbo Li / Deputy Director, Research and Promotion Center of Shallow Ground Source Energy, China Geological Survey;
Deputy Chief Engineer, Beijing Geology and Mineral Exploration and Development Bureau

Ground source heat pump technology is the most convenient and effective way to develop and utilize shallow geothermal energy resources. Shallow ground energy refers to thermal energy resource with relatively stable temperature stored inside rocks, soil masses, groundwater and surface water which exist in a certain depth under the ground surface (normally less than 200 meters). Under the current technical and economic conditions, low-temperature ground source energy boasts high value for development and utilization due to its eminent features of wide distribution, tremendous reserves, recyclability, easy

collection. In recent years, projects using ground source heat pump technology to develop and utilize shallow ground energy increased rapidly. As of the end of 2012, there were more than 23000 ground source heat pumps heating/cooling projects, serving construction area of over 240 million square meters. In Beijing, it has more than 1200 ground source heat pump projects serving construction area of more than 36 million square meters. However, there were only 479 projects in 2007 with service area of about 12 million square meters. Within 7 years, the coverage of ground source heat pump

systems increased by more than 200%. The implementation of these projects made great contribution to energy-saving and emission reduction of Beijing.

The key to the application of ground source heat pump technology is the construction of underground heat exchange system which is the guarantee to the successful operation of ground source heat pump system. And the decisive factor in designing, engineering and operation of the underground heat exchange system is the geological conditions. This article intends to carry out some analysis on several important geological factors.:

I. Hydrogeological factor

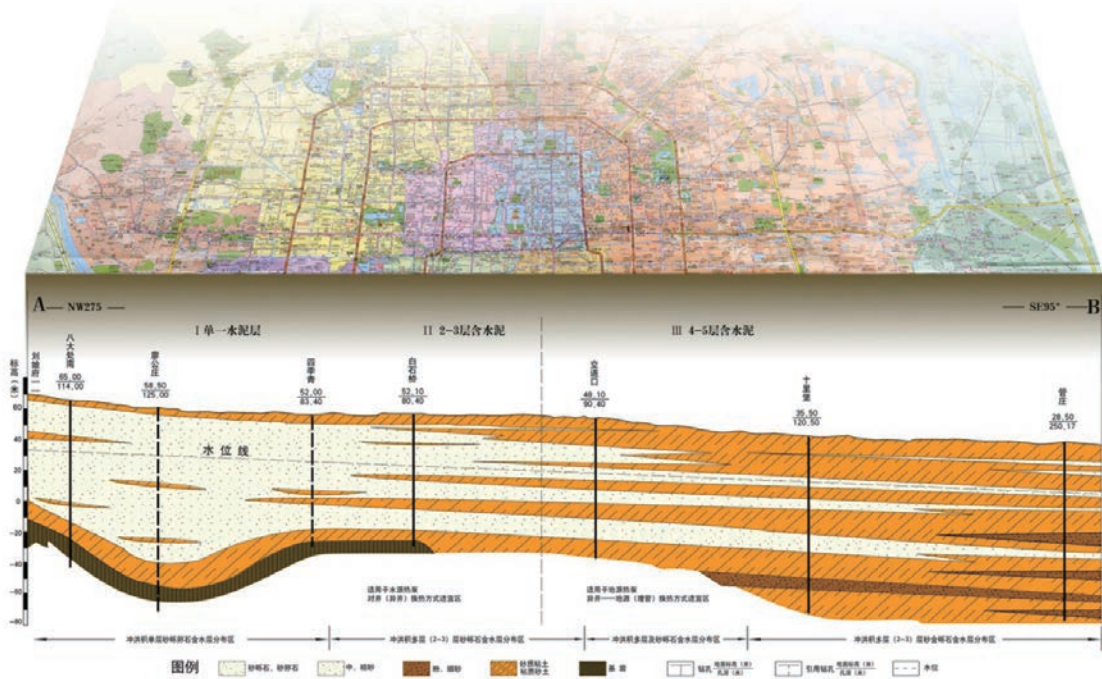
This factor includes the distribution and characteristic of aquifer and the nature and characteristic of rock mass; groundwater recharge, flow and discharge situation and dynamic variation rule; water quality and its effects on underground water, etc.

The status of underground water is the primary element that determines the application modality (i.e., underground water source heat pump system and buried pipe ground source heat pump system) for the project to collect shallow geothermal energy.. The underground water source heat pump system can only be used in those areas with abundant underground water with favorable reinjection conditions, while, to certain extent, the distribution of aquifer decides the depth and structure design of heat exchange well. And recharge, flow

and discharge conditions of underground water have a direct effect on heat exchange efficiency of water source heat pump system. This is a conclusion verified by relevant scientific research experiments and practical ground source heat pump projects over and over again. For example, most part of Beijing Haidian District sits on the upstream of alluvial-proluvial fan of mountain frontier, with favorable conditions of recharge, flow and discharge of underground water. Therefore, in Haidian District there are many underground water source heat pump projects with fairly good performances over the years. In this area, there are some buried pipe projects. The high underground water flow speed makes the operational performance of such system highly satisfactory. Compared with most areas of Chaoyang and Tongzhou at the downstream of alluvial-proluvial fan, heat exchange efficiency is obviously higher for projects located in Haidian. The diagram of the west-to-east hydrogeologic profile of Beijing is set out as below.

II. Stratum and lithology factors

Different stratum and lithologies bring a great difference in thermophysical property, which lead to a great difference in heat exchange efficiency of underground heat exchange system. Heat conductivity is a representative indicator, which is influenced by mineral composition (lithology) and contact relation between minerals (refer to rock structure), as well as by the external environment, such as



Picture 1 Beijing Badachu—Guanzhuang Hydrogeology cross-section diagram

rock fracture, porosity and moisture content, pressure conditions, etc. (The influence factors to heat conductivity of rock are more complicated). Normally speaking, rock heat conductivity will increase with the enlargement of pressure, density and humidity. For homogeneous substance, heat conductivity can be represented with a numerical value; while for heterogeneous material, heat conductivity cannot be represented with a numerical value. As a heterogeneous body, and especially with constraints of stratification, schistosity, foliation, fault and other external conditions, heat conductivity of rocks cannot be simply described.

Based on Yang Shuzhen's study on rock heat conduction structure at upside of

earthcrust in North China, the analysis of rock heat conductivity value in Southeast China by Xiong Liangping, the research on rock heat conductivity of Tarim, Dzungaria and Qaidam by Qiu Nansheng, and the research data about geothermal fields in Songliao basin by Wu Qianfan, we summarized and presented the data in Chart 1.

From Chart 1, we can see that the heat conductivities of magmatic rock and metamorphic rock are generally better than that of sedimentary rock; the heat conductivities of sedimentary rock will increase with enlargement of particle diameter; Chemistry sedimentary rock will be varied with ingredients, and will increase with the rise of crystalline degree.

Chart 1 Rock heat conductivity around China

ROCK	HEAT CONDUCTIVITY	REGION			
		North China	Northeast of China	Northwest of China	Southeast of China
		W/m · K	W/m · K	W/m · K	W/m · K
Clastic rocks	Mud rocks	1.133	3.667	0.527 ~ 3.246	3.59 ± 1.19
	Siltstone	2.069	/	1.191 ~ 4.226	2.60 ~ 4.20
	Packsand	2.514	3.989	1.124 ~ 3.026	3.41 ± 1.22
	Gritstone	3.715	/	1.024 ~ 3.437	/
	Gravel rocks	1.371	5.410	1.219 ~ 5.708	3.53 ± 0.65
Chemistry and biochemistry rocks	Limestone	2.808	/	1.875 ~ 3.910	3.3 ± 0.56
	Dolostone	3.779	/	3.149	3.3 ± 0.67
Lgneous rocks	Basalt or Andesite	1.323	/	1.646 ~ 2.96	1.97 ± 0.12
	Diorite	2.208	/	/	2.8 ~ 3.00
	Granite	2.867	/	/	3.15 ± 0.32
Metamorphic rocks	Marble	2.881 4.652	/	2.426	3.67 ± 1.01
	Gneiss	1.791	/	/	4.04 ± 0.77
	Migmatite	2.583	/	/	4.23 ± 0.61

The heat conductivity will increase from small solid particles to large ones with the same variety of lithology. The larger the pressure is, the higher the heat conductivity will be. The more the porosity moisture content is, the higher the heat conductivity will be. The higher the temperature is, the lower the heat conductivity will be. For those rickles which have large porosity and different moisture contents, the heat conductivity is not only influenced by conducted pattern, but also by water convection and radiation from anhydrous porosity and the heat transmission mechanism is relatively complex. Therefore, in the design of underground heat exchange system for the development and utilization of shallow geothermal energy, these influencing

factors shall be sufficiently considered.

For different stratum and lithologies, the heat transmission and recovery after system operation also has great difference. The heat transmission and recovery rate of sand layer is obviously faster than that of claypan.

III. Geological environment factor

In those areas with distinct problems of surface subsidence, ground fracture, karst collapse and other geological environment problems, construction of underground water source heat pump system shall be strictly prohibited and stricter limitation and careful assessment shall be exerted to buried pipe ground source heat pump system.

The improper application of ground

source heat pump system may also cause indispensable impact on the local geological environment. Beijing's experience in this regards shall be up scaled. Beijing Land and Resources Bureau once issued a document imposing assessment on geological conditions and enhancement of geological environment monitoring for ground source heat pump (buried pipe type) projects. In order to ensure the operating efficiency and energy-saving effect of ground source heat pump system, engineering of ground source heat pump project shall strictly execute the following requirements (conditions):

1.Exploration and Assessment Report on shallow geothermal resources shall be accomplished by hiring a qualified geological exploration unit. For those large-scale projects (heating or cooling area with more than 10,000 m²), such assessment report shall be reviewed by Beijing Geothermal Association or other units that authorized by Beijing Municipal Administration of Land and Resources;

2.The design of heat exchange hole projects shall be based on assessment report on exploration of shallow geothermal resources and completed by a qualified geological exploration unit . According to geological conditions in Beijing areas, the depth of heat exchange hole is generally not more than 150m;

3.The construction of heat exchange hole shall be implemented by those units with relevant construction qualification, and shall be registered with Beijing Municipal Administration

of Land and Resources;

4.To guarantee the construction quality of heat exchange hole and operational security of ground source heat pump project, full-course site supervision for the construction of heat exchange hole shall be carried out by the supervising units with relevant qualification;

5.Inspection on heat exchange hole projects shall be organized by the supervising unit which shall also issue the acceptance report;

6.Within the coverage of the project, specialized geological environment observation wells shall be set;

7.To prevent any pollutions to stratum from leakage and other causes, circulatory media of ground source edge in heat pump system shall use clear water that can reach the standard with no glycol and other additive added.

Due to the implementation of these regulations, the large scale application of ground source heat pump projects has so far brought no adverse effects to geological environment in Beijing. Through the monitoring analysis of those projects with over three-year operation in Beijing, we consider that although the buried pipe ground source heat pump projects have different heat absorption and heat extraction quantities in winter and summer, the problem of unbalanced cooling and heating is not so prominent, and the variable of geothermal field in years is less than 1 °C . So, generally speaking, the change of geothermal field is balanced.

浅层地能是解决我国南方冬季供暖的最佳选择

SHALLOW GROUND SOURCE ENERGY THE OPTIMAL CHOICE TO RESOLVE THE HEATING IN WINTER IN THE SOUTH OF CHINA

作者：郑克棫 中国能源研究会地热专业委员会
陈梓慧 中国能源研究会地热专业委员会
中国地质环境监测院

浅层地能在我国广大北方地区已得到大规模广泛应用，解决了建筑物的供暖问题，但南方地区按是否适宜开发浅层地能来解决供暖问题，一直成为地源热泵业界关注的热点，已陆续召开过这个专题的研讨会。本文针对这个问题明确阐述了作者的观点值得重视。

我国在计划经济时代有个规定：黄河以南地区不实行冬季供暖。当时我国经济尚不发达，许多必需品都实行计划供应，供暖是社会主义的一项福利待遇。我国实施改革开放、市场经济已 30 余年，计划经济时代的一些规定已显不

适应性，无论因公、因私，都可以改变之。初步富裕起来的中国人，早已自己动手，开始变革南方冬季不供暖的习惯。

对于南方冬季供暖，最早有炭火盆，后来有电阻丝、石英管等电加热器，又有电热油汀，但它们都是小面积局部加热取暖，最方便的是后来应用冷暖两用空调机，可以较大面积达到供暖效果。曾听南方老板说过，一套住宅几个房间和客厅，一个月的空调电费要 1~2 千元，但老板们不在乎这点钱，图的是舒服。问题出在 2008 年 1 月，南方冻雨和雪灾影响了大片地区，且不说贵州有 18 个县完全停电，许多有电的地区，家用空调开着，但已无暖风送出，因为家用空调无法从低于或接近零度的气温中提取热量了。

2012 年冬至 2013 年春，社会和网络上都掀起了南方冬季供暖问题讨论，众说纷纭。2013 年 3 月 1 日国土资源部召开浅层地温能调查评价与开发利用座谈会（图 1），地质环境司陈小宁副司长主持，当时国土资源部部署的全国省会级城市浅层地温能调查评价刚完成，与会专家和南方省市区代表一致畅谈了一个主



图 1
题：浅层地能是解决我国南方冬季供暖的最佳选择。

一、我国南方气候条件需要冬季供暖？

世界卫生组织推荐的最低室内温度是 16~18℃ (EECA, 2013)。我国南方许多省市一月份的多年平均气温在摄氏 5℃ 以下 (表 1、图 2)，我们无权阻拦人们希望舒服过冬的权利。从图 1 看,如果按一月平均气温 0℃ 考虑,则长江流域也需要冬季供暖,全国约 4/5 的区需要冬季供暖。

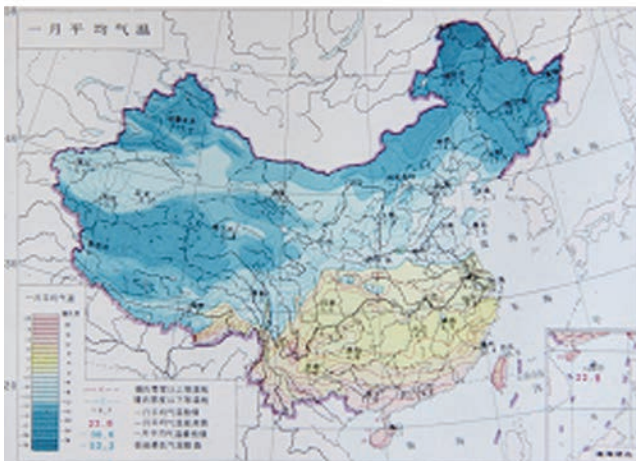


图 2 ▲ 中国一月平均气温图

表 1 我国南方城市一月份多年平均气温

城市	气温 (°C)	城市	气温 (°C)	城市	气温 (°C)
南京	1.9	上海	3.3	杭州	3.6
武汉	2.8	南昌	4.9	长沙	4.6
贵阳	4.9	成都	5.6	昆明	7.8

二、我国南方冬季供暖考虑的原则

我国南方冬季供暖的原则,应该是兼顾提供舒适与节能减排。

(1) 锦上添花,提供舒适

新西兰供暖专家对气温的描述: <2℃ 寒, 2~6℃ 凉, 6~16℃ 适中, 16~22℃ 暖, 22~26℃ 热。我国南方冬季属于凉,还不算寒冷。南方冬季供暖是提供更好的舒适度。

(2) 考虑节能,减少浪费

南方没有必要搞北方一样的区域集中供暖,即建设供热站,铺设管网,对所有楼房、平房全都统一供暖。北方的供暖方式耗能较大,对于南方居民的需求而言,北方供暖系统的模式浪费较大。

(3) 尽量使用可再生能源,减少排放

我国南方能源缺煤少油,如果供暖再与发电争煤,就更不可取了。现在南方家庭取暖主要是用电,但南方的供电也是紧张的,所以不宜使用耗电量大的电阻丝采暖方式。应该尽量利用可再生能源,节省常规能源,减少二氧化碳等温室气体排放。

总之,南方应该提倡分散式供暖,因地制宜,各自根据自己(小区)的需要程度,可以一栋楼、一排房为单位分别对待,分散解决。

三、分散式浅层地能供暖是最佳选择

考虑到上述的南方冬季供暖原则,我们可以比较一下各种可能的供暖方式。从能效比的

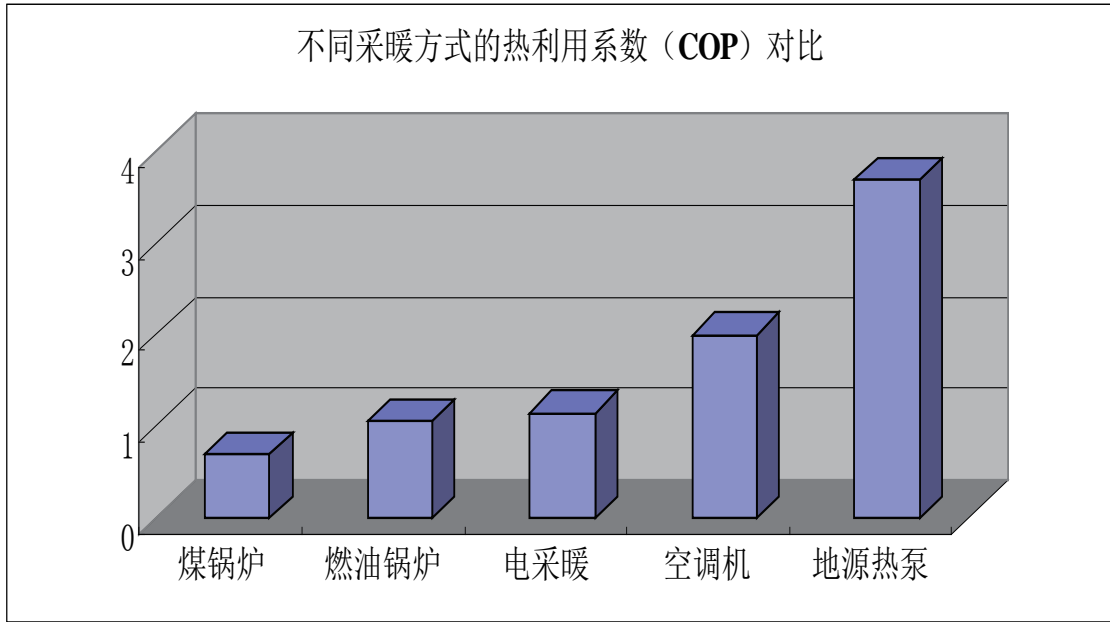


图 3 各种采暖方式的能效系数

角度看，浅层地能利用（地源热泵）的性能系数（COP）是最高的（图 3）。也就是说：燃煤的性能系数（热效率）为 0.6；燃油的性能系数为 0.9；电的性能系数为 1.0；空调机的性能系数平均为 1.8，它在工作时依靠 1kW 的电耗、从空气中提取额外 0.8kW 的热；地源热泵的性能系数平均为 3.5，它在工作时依靠 1kW 的电耗、从浅层地能（地下水、地表水或土地）中提取额外 2.5kW 的热。地源热泵比空调机（即空气源热泵）的性能系数强得多，这使浅层地能更节能。

浅层地能应用的理论上节能：

$$\frac{\text{获得的总能 } 3.5\text{kW} - \text{消耗的电能 } 1\text{kW}}{\text{获得的总能 } 3.5\text{kW}} = \text{节能 } 71.4\%$$

西方发达国家的专家称浅层地能是适合于任何地方的地热能源 (Curtis et al, 2005)，又称其是最节能的单项技术。

四、与传统供暖方式的成本 - 效益比较

如果比较各种供暖方式的初投资，则设置浅层地能利用系统的成本最高。但若比较运行成本，则可以说地源热泵最便宜。试按 100 平方米的建筑以不同方式取暖作对比，如表 2、表 3 所示。

我们用 10 年期做一个粗略匡算，这样是省略掉各不相同的折旧、报废更新和维修费用等杂项，可以看出运行成本的差异很大。从表 2、表 3 的对比，可见电热油汀和电阻 / 石英管加热采暖方式实际上最耗电，而且供暖效果不佳，冷暖不均。家用空调机和地下水浅层地能（俗称水源热泵）花费相当，但普通家用空调机不

表 2 不同采暖方式的初投资成本

取暖方式	设置考虑	单价	初投资
浅层地能 (埋管)	热指标 50W/m ² , 地板供暖需 5kW	420 元/ m ²	42000 元
浅层地能 (地下水)	热指标 50W/m ² , 地板供暖需 5kW	300 元/ m ²	30000 元
家用空调机	需总产热 7kW, 消耗功率 4kW	每 k1500 元	10500 元
电热油汀	需总产热 8kW, 每台 2kW	600 元/ 台	2400 元
电阻 / 石英管 加热	需总产热 8kW, 每台 2kW	200 元/ 台	800 元

表 3 不同采暖方式的运行成本和 10 年期总耗资

取暖方式	运行成本构成	10 年运行成本	初投资 + 总运行
浅层地能 (埋管)	90 天 / 年, 14 小时 / 天, 用电 1.6kW	14112 元	56112 元
浅层地能 (地下水)		14112 元	44112 元
家用空调机	90 天, 14 时, 用电 4kW	35280 元	45780 元
电热油汀	90 天, 14 时, 用电 8kW	70560 元	72960 元
电阻 / 石英管 加热	90 天, 14 时, 用电 8kW	70560 元	71360 元

适于气温在 5℃ 以下的自然条件, 现有改进的空气源热泵可以在低温运行, 但 COP 值降低, 耗电增加。埋管浅层地能虽然 10 年中总花费中等, 但这里至少说明了: 浅层地能的初投资高是可以在今后运行中取得绩效的。还有浅层地能地板供暖的舒适度是所有采暖方式中最高的。

五、浅层地能还可兼做夏季制冷

浅层地能利用是一套设备、两个用途: 它

可以兼做冬季供暖和夏季制冷, 就像家用空调机那样倒换一下供暖 / 制冷开关即可。浅层地能利用最初在北美、西欧国家的大发展就是得益于这个优点, 使用户相对减轻了成本负担, 原来的锅炉和空调两套设备现在用浅层地能可以一并解决了。因此, 对于夏季制冷需求量更大的中国南方来说, 浅层地能兼做夏季制冷不必另添新设备, 这样更增加了其成本 - 效益的长处。

去年武汉市政府已提出了“冬暖夏凉工程”, 提倡用浅层地能工程造福全市民众, 不但使“长江三大火炉”之一的武汉可以安享夏季制冷的待遇, 而且推广浅层地能制冷将比家用空调制冷给武汉节省大量电能; 另外浅层地能还兼顾了冬季供暖, 是南方城市解决冬季供暖方案的典范。

参考文献:

EECA, 2013, EECA Energywise, Heating and cooling.

<http://www.energywise.govt.nz/your-home/heating-and-cooling>.

R. Curtis, J. Lund, B. Sanner, L. Rybach, G. Hellström, 2005, Ground Source Heat Pumps - Geothermal Energy for Anyone, Anywhere: Current Worldwide Activity. Proceedings World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey, 24-29 April 2005.

Melissa Climo¹, Lisa Lind¹, Brian Carey¹, Simon Bendall, 2012, The Rise and Rise of Geothermal heat pumps in New Zealand. New Zealand Geothermal Workshop 2012 Proceedings, No.096, pp.7, 19-21 November 2012, Auckland, New Zealand.

《单井循环换热地能采集井工程技术规范》简介

作者：李大秋 王学志（恒有源科技发展集团有限公司，北京，100093）

摘要：《单井循环换热地能采集井工程技术规范》的形成过程，重点科研成果和推广应用时应注意的一些问题。

关键词：单井循环 供热能力 地下温度场 设计依据

一、概述

《单井循环换热地能采集井工程技术规范》是北京市地方标准（标准号：DB11/T 935）。2011年由北京市水务局提出，主要起草单位有北京市节能环保促进会、中国节能环保集团公司和恒有源科技发展集团有限公司。该标准于2012年12月由北京市技监局发布，自2013年4月起实施。

单井循环换热地能采集技术是一项我国原创的先进的适用于多种地质条件的浅层地能采集技术，它以循环水为介质采集浅层地下低于25℃的热能，可以实现地下水原地同层全部回灌。不消耗也不污染地下水，对地下水是安全的。单井循环换热地能采集技术自2000年推出以来，在我国已推广应用超过1000万平方米。由于实现了用浅层地能替代传统能源为建筑物供热，每年节约了大量燃煤，并减少了由燃煤产生的污染物排放，为节能环保做出了贡献。现在这种技术已经走出国门，在美国内布拉斯加采用恒有源单井循环换热地能采集技术的项目已稳定运行五年，并获得美国政府颁发的“能源之星”奖。

二、关于单井循环换热地能采集井周围地下温度场的研究

单井循环换热地能采集系统的主要热源是地下一定深度内的岩土体及岩土体内所含的地下水。系统在工作时引起前述岩土体及地下水的温度发生变化。正是这一温度变化所放出或吸收的热量构成了向建筑物供暖（冷）的主要热源或冷源。

单井循环换热地能采集井的供热（冷）能力主要由：（1）、井内装置的特性；（2）、井周围岩土体的特性；（3）、以上两者特性的匹配决定的。其中，井内装置的特性完全由设计者决定，是我们可以掌控的，而岩土体的特性却是我们无法改变的，但它至关重要。因为无论是液流还是热流，一旦它离开井内装置，它的运动规律就完全由岩土体的特性来决定了。对单井循环换热浅层地能采集系统地下温度场的研究可以帮助我们了解采集井周围岩土体的特性，了解它的放（吸）热的过程，从而确定它的最大供热功率和在一定时间内总的供热（冷）量等。

恒有源科技发展集团有限公司曾与哈尔滨工业大学合作开展这一领域的研究，通过实际测量取

得了以下方面的数据：

——在取热期间，地下温度场的变化规律

某工程地下温度场变化

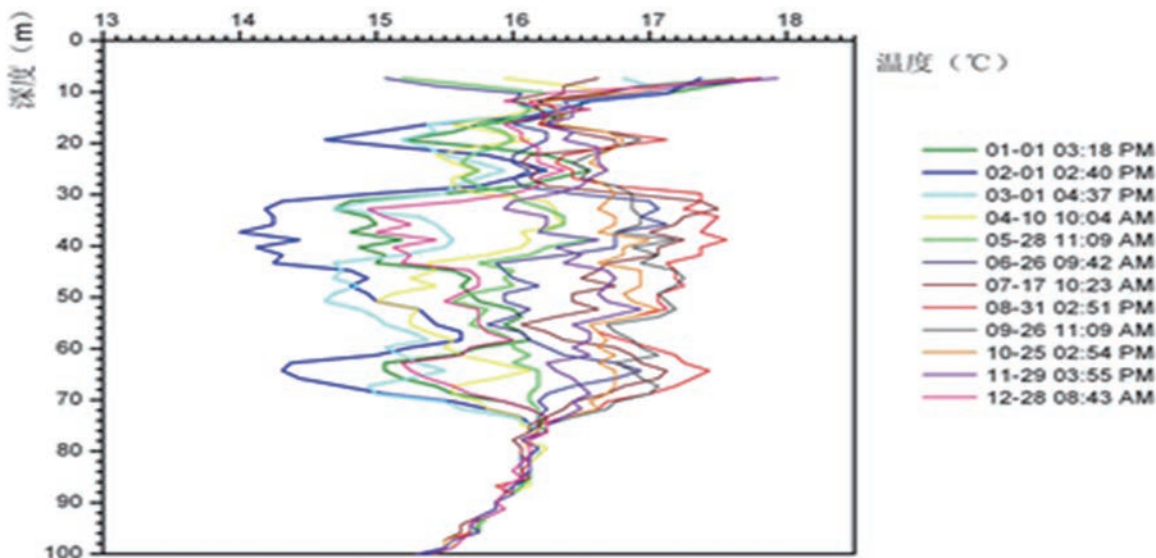


图 1

图 1 是在取热井一定距离内的测温井用测温电缆实际测得的温度曲线。横坐标为土壤温度 (°C)，纵坐标为地下深度 (m)，12 条曲线分别反映 1~12 月的地下温度场情况。

如图 1 所示，测温曲线的构形极不规则，出现了较多的波折，这说明含水层在深度方向上的构造极不均匀，甚至存在分层。我们看到不同深度的地层由于地质结构不同，温度变化也不同，温度变化最大的，放出（或吸收）热量最多。改变采集井的内部结构重做上述实验，发现对不同的井内结构，岩土体温度变化的速度是不同的，由此我们可以找到对不同的地层，最适宜的井的结构，借助计算软件的帮助，我们可以得到相应的供热功率等数据。

——在恢复期间，地下温度场的变化规律

在供热季采集井周围的岩土体随着供热过程的持续，温度逐渐降低。在最冷季以后，温度逐渐回升。在停止供热以后的时间段，地下温度场的恢复过程对井周围岩土体的供热能力评价很重要，恢复过程快的，供热能力强。

——地下温度场变化的周期性

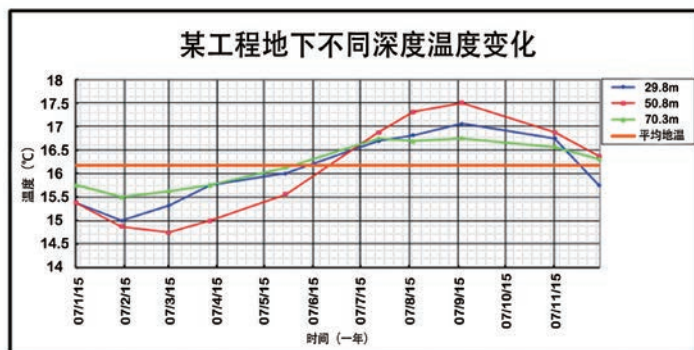


图 2

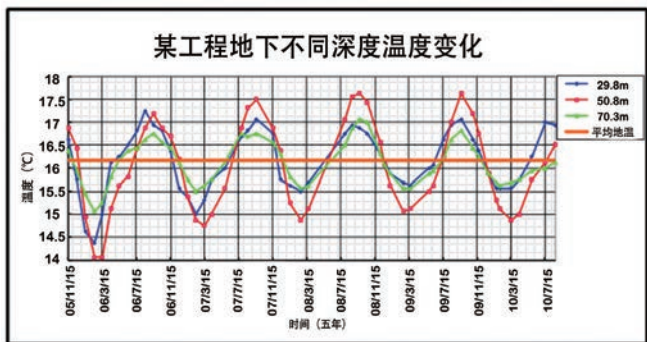


图 3

图 2、图 3 是地下温度场指定位置的以年为周期的温度变化曲线，其中选取的位置分别为地下深度 29.8m (蓝色)、50.8m (红色)、70.3m (绿色)。

在采集井的周围岩土体内的温度场一年四季发生周期性的变化，最低温度在 2-3 月间，最高温度在 8-9 月间。实测结果表明，在采暖季结束之前，地下温度已开始回升；在制冷季开始之前已恢复到初始值。我们可以看到，采集井在额定的供热功率和供热周期的条件下工作，地下温度场是周期变化的，并未发生有整体温度逐年降低的趋势。

三、规范主要内容

1、地能采集井的形式

地能采集井按结构分为三种：

a) 有蓄能颗粒采集井，见图 4。循环水由置于隔热管底部抽水区的潜水泵抽出，进入热泵机组放热或吸热后，由热泵机组返回进入蓄能颗粒的上部加压回水区内。水流在有蓄能颗粒的环形空间内向下流动至抽水区，透过隔热管下部的花管部分进入隔热管，再由潜水泵抽出。

b) 单一水层无蓄能颗粒地能采集井，见图 5。井水由置于隔热管底部抽水区的潜水泵抽出，进入热泵机组放热或吸热后，由热泵机组返回进入隔热管上部的加压回水区，部分井水通过花管流出地能采集井外与周围岩土体进行热交换后，通过隔热管

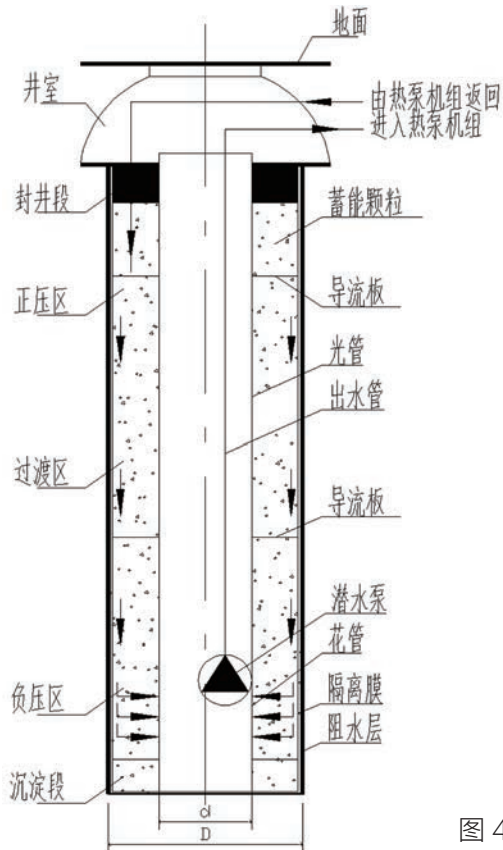


图 4

下部的花管进入隔热管内再由潜水泵抽出。上述抽水区和加压回水区应在同一水层内，实现同层回灌。

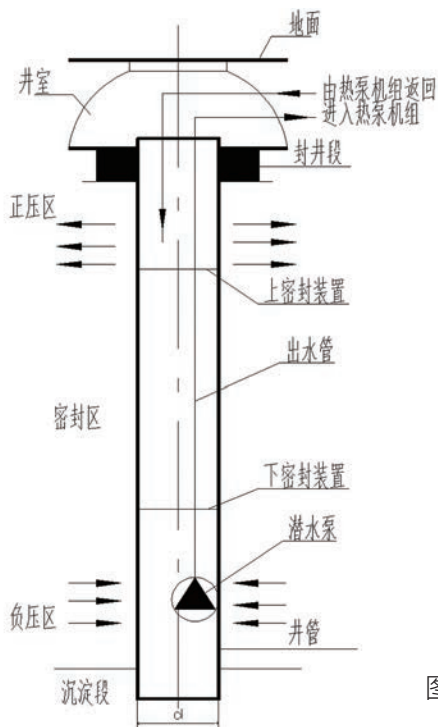


图 5

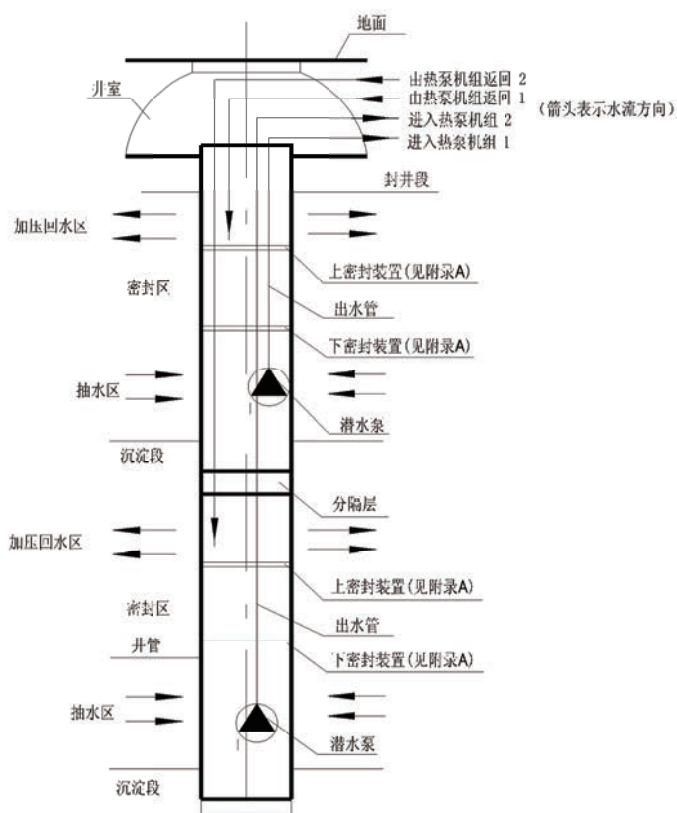


图 6

C) 多水层无蓄能颗粒地能采集井, 见图 6。在多水层地质结构的地区可采用两个或多个井上下叠加的结构。上下井之间的分隔层应符合当地相关主管部门的要求。

表 1 有蓄能颗粒地能采集井参数表

地层岩性	地能采集井 钻孔直径(D) mm	地能采集 井深 m	隔热管直径(d) mm	供热功率 kW
粗砂、砾石	245-500	60-100	159-245 或 DN150-DN250	250-500
岩石	311-500	40-100	108-245 或 DN100-DN250	30-320
粉砂、细砂	500-1200	40-100	DN100-DN250	30-250
粘土	500-1200	40-100	DN100-DN250	30-150

表 2 无蓄能颗粒地能采集井参数表

地层岩性	地能采集井 钻孔直径(D) mm	地能采集 井深 m	井管直径(d) mm	供热功率 kW
粗砂、砾石	108-245	60-100	108-245	15-500

2、采集井结构和相关参数

对于不同的地质条件, 可参考表 1、表 2 确定地能采集井结构和相关参数。其中供热功率适用于供暖工况。制冷工况的供冷功率可按供热功率的 1.3-1.5 倍计算。

3、蓄能颗粒及密封装置的设计要求

a) 蓄能颗粒宜采用直径 10mm—100mm 的球形体, 强度应大于 C50。所组成的环形空间的渗透系数应大于原地质结构的 20 倍以上。

b) 工作时应与相对应的井管内壁保持紧密接触, 有足够的剩余压力,

应能按设计要求阻滞循环水在井管内上下贯通。

四、结语

单井循环换热地能采集技术, 能够实现地下水的同质、同层 100% 回灌, 水只作为介质输送地下热量; 没有“取水易、回灌难”, 地下水位下降和交叉污染等问题; 没有水的流失和污染、不会产生潜在的地质灾害, 是一种安全、高效、可靠的浅层地能采集技术。

为推动单井循环换热地能采集技术的产业化发展和在全国的大规模推广, 恒有源公司声明放弃与该标准相关的专利(专利号为: ZL200610002239.8 “井用水胎密封装置和应用该装置的集热井”), 与全行业共享专利技术。相信此举将会有力的推动先进的单井循环换热地能采集技术在浅层地能作为供暖替代能源中的规范化应用。

环境能源危机下的地热能开发利用

THE DEVELOPMENT AND UTILIZATION OF GEOTHERMAL ENERGY UNDER THE CIRCUMSTANCES OF ENVIRONMENT ENERGY CRISIS

作者：汪集旸 中国科学院院士
地质与地球物理研究所研究员

人类在环境与能源问题的压力下，寻找到了大自然中具有独特竞争力的新能源——地（热）能。地（热）能相对于其他新能源来说，具有更高的利用效率和更大的发展潜力，充分认识该新能源的价值并使其有效利用起来，将具有深远意义。

近年来，环境与能源问题成为整个世界关注的焦点，寻找可再生能源成为解决人类现阶段能源问题的最根本方法。作为新能源大家族中的一员，贮存在地球内部的可再生能源——地热能的开发和利用显示出自己独特的竞争力。特别值得关注的是，我国是地热资源大国，大力推进地热能开发利用，是减少二氧化碳排放、应对全球气候变化的必然选择。

我国的高温地热资源基本分布在两处，一是

滇藏地热带，从云南的西部一直绵延到西藏，二是环太平洋带，主要在台湾省，其他是中低温地热资源，大部分是 60 ~ 70 摄氏度的热水，我国是以中低温地热资源为主的国家，高温地热资源受地域的限制，滇藏地热带位于技术与经济均不发达的西部，输送代价较高，环太平洋带位于台湾，但台湾的水质呈腐蚀酸性，发电有困难。

自 20 世纪 70 年代初李四光教授提出开发地热能，向地球要热的号召以来，我国地热能开发利用取得了不小的成绩，主要表现在：一是中低温地热直接利用始终走在世界前列，连续 20 多年总量排名全球第一；二是浅层地热能开发利用已取得相当大的成效，截至 2011 年底，我国城乡利用地源热泵进行的供暖、制冷、生活热水的“三联供”建筑面积已超过 1.4 亿平方米；三是随着人民生活水平的提高，温泉洗浴、疗养已成为多数人的诉求，全国已命名的“温泉之乡”、“温泉城”等已达数十个。

但是，也有不尽人意的地方，最大的不足是地热发电没有得到应有发展。我国目前唯一一座高温地热电站——西藏羊八井电站，20 年来装机容量始终没有增加（约 2.418 万千瓦），在世界地热发电国家中的排名已由 2005 年的第 15 位倒退至 2010 年的第 18 位！中低温地热电站也由 20 世纪 70 年代的 7 座减至目前仅有的 1 座——广东丰顺邓屋电站（300 千瓦）。究其原因，我们认为主要是对地热作为一种“能源”来加以开发利用认识不足。从能源开发利用角度来看，地热发电远

比地热直接利用来得划算：前者的能源利用系数（capacity factor）平均可高达73%，而后者只为23%。大家知道，“能源利用系数”是衡量能源利用效率的一把尺子，在可再生能源大家族中，地热的平均利用系数是风电的3~4倍，太阳能的4~5倍，生物质能的1.5倍，因此，它也可以作为一种基础负荷（Base load）来加以利用。

我国在地热直接利用于建筑物的供暖、制冷和生活用热水的“三联供”方面有很好的经验，是代替烧煤的最佳方式，可以直接产生效益，同时能够节能减排、减少大气污染。在这方面，北京、天津、沈阳、大庆等北方的一些大城市做得最好，北京对地源热泵有补贴的优惠政策，很多奥运场馆都是使用地热；大庆的地热资源很丰富，石油炼化厂产生的热水也可以作为热源；大连因地制宜，利用海水来做热源。建筑能耗占我国能耗的近三分之一，利用绿色能源将这部分能耗减下来，将是一个巨大的贡献。

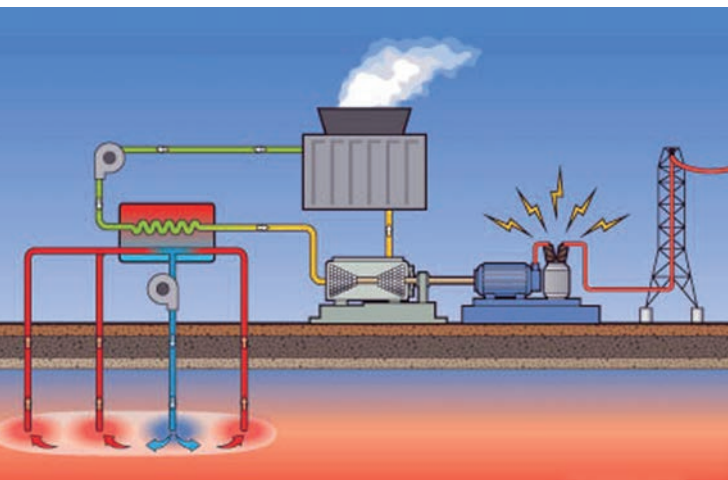
我国地热发电技术在世界上并不是很先进，特别是中低温地热发电上与国外有一定差距。我国使用的螺杆膨胀机发电技术，相比国外如UTC等的技术，效率较低，但这些先进技术对我国实行了技术封锁。因此我国应在这方面加紧攻关，如果能

够突破，则会有非常广阔的发展空间。据初步估算，仅华北油田一处，要是真的把它的废热水利用起来的话，就可以有好几十万、甚至上百万千瓦的发电规模，而大庆、胜利、辽河、大港等东部的油田，都有这样的开发潜力。

目前，我国应在地热能发展方面推动两件事：一是加大油田区的中低温地热资源的发电技术开发，二是充分开发现有的高温地热。由于我国仅有的高温地热处于偏僻的西藏地域，资源远远没有得到充分开发利用，很多热量白白流掉，非常可惜。也许，在这些地区，一边发展地热高温发电，一边发展旅游业是不错的选择，如果有可能，或许能打造出类似于美国的“黄石公园”。

更长远、更先进的地热发电技术，目前的热点集中于干热岩和增强型地热系统。干热岩埋藏于地下3~10千米深处，温度可高达150~350摄氏度，没有水蒸气，是分布在地下深处的资源，热储量达到惊人的数字。干热岩使用的是一种深部的地热资源开发技术，难度极大，国外也都还处于技术攻关阶段，我国应该跟踪这种先进技术，从长远来看应是一个发展方向。地热能的开发对地质环境会有一些影响，因此一再强调要对井回灌，即将热水抽出来以后，再回灌到地下去，保持地层的压力。如果开采不规范，会对整个地下环境产生影响，并产生另外一种环境污染——热污染，如果含有有害矿物质的热水到处漫流，会烧死周围的农田和植物，这点在地热能的开发中必须高度注意。

从理论上讲，地球蕴藏着无穷无尽的地热资源，是可再生能源中最具竞争力的能源之一，从现实来看，相对于迅速发展的核能、太阳能、风能，地热能的开发利用显得相对薄弱，但从成本及能源利用效率来看，未来还是具有很强的生命力与竞争力，这是非常好的本土资源，一定要好好地利用起来。（选自：中国发电）



北京市地热资源开发利用现状及前景

作者：黄学勤 北京市地质勘察技术院院长

摘要：地热是大自然赋予人类的一种可开发利用的自然资源。北京市的地热资源丰富，对其开发利用已有四十多年的历史。近年以来，随着北京市社会经济的发展，对清洁能源需求的不断加大，地热的利用得到了迅速的发展。

关键词：地热 资源条件 发展思路 利用前景

一、北京市地热资源条件

地热资源是指在当前技术经济条件和地质环境条件下，能够从地壳中科学、合理地开发出来的岩石中的热能量、地热流体中的热能量及其伴生的有用组分，是一种清洁环保的新能源。地热资源按赋存形式可分为蒸汽型、热水型、地压型、干热岩型和岩浆型。

北京市地热资源丰富，主要分布于北京平原区（含延庆盆地），属盆地传导型中低温地热田，主要热储层为蓟县系雾迷山组硅质白云岩，在全区均有分布；其次为寒武—奥陶系灰岩，见于立水桥、小汤山东南及凤河营等局部地区。据《北京市地热资源 2006—2020 年可持续利用规划》北京市平原区深度 3500 m 内、热储温度大于 50℃ 的地区面积约 2760km²，构成相对独立又有一定联系的 10 个地热田及外围潜力区，它们多是以区域性构造断裂为边界，包括延庆、小汤山、后沙峪、京西北、天竺、李遂、东南城区、双桥、良乡和凤河营热田，其中储存的地热水中蕴藏的

热量相当于 2.15 亿吨标准煤的发热量。

北京市地热资源属热水型，温度范围为 25 ~ 117℃，地热水多为矿化度在 500 ~ 700mg/L 之间的重碳酸硫酸钠型水，氟和偏硅酸含量较高，多数为氟、偏硅酸医疗热矿水。另外，还含有一定量的其它微量元素，有一定的医疗、保健、养生作用。所以，北京市地热资源开发主要用于地热采暖、洗浴、医疗保健、农业温室种植养殖等方面。

二、地热资源开发利用历史及现状

北京地热开发利用至今已有四十多年的历史，特别是自 20 世纪 90 年代末以来，北京市地热直接利用得到了迅速发展，地热井数量以每年 20 ~ 30 眼的速度增长。据统计，截至 2013 年，北京市地热井的数量达到了 496 眼，最大单井深度超过 4000m，最高出水温度 117℃。2013 年北京市地热水开采量中用于供暖开采量约 589.97 万立方米，占开采总量的 48.3%；用于农业温室用水量约 65.96 万立方米，占开采总量的 5.4%；用于行政事业单位及民用生活水量约 439.73 万立方米，占开采总量的 36%；用于养殖水量约 2.44 万立方米，占开采总量的 2.4%；用于温泉洗浴用水量约 65.96 万立方米，占开采总量的 0.2%。

从目前开发利用情况来看，北京市已有地热井开采主要集中在小汤山、京西北、天竺、东南城区和良乡地热田，其地热水开采量总计达到 968.06 万立方米，占北京市地热水开采量的 79.3%。这些地区地热地质条件好，热储层埋藏



北苑家园综合地热供暖项目

采用地热梯级利用供暖技术为 37.88 万平方米建筑进行供暖同时提供生活热水，每年可节约标准煤 10800 吨，减少 CO₂、SO₂、NO_x、粉尘等有害污染物排放 29684 吨。



(a)



(b)



(c)



(d)

(a)、(b) 地热资源在温泉洗浴中的应用；(c) 地热资源在农业温室中的应用；(d) 地热资源在水产养殖中的应用。

深度小，开采风险小、成本低，因此开发利用程度较高。根据近两年的监测数据来看，小汤山、东南城区热田的热储水位持续下降，年均下降幅度 1 ~ 2m，据 2005 年底数据统计，良乡地热田的地热水位达到了 -77.27 米，东南城区地热田的地热水位达到了 -65.63 米，小汤山地热田的地热水位达到 -36.56 米。

造成这种情况的原因之一是地热井相对集中、数量较多，另一个原因是回灌不足。在这些地区应严格控制开采，不再增加开采井，只允许增加回灌井和更新井，以促进地热水水位的恢复。

三、地热资源发展前景展望

随着北京市社会经济的发展，对能源的需求不断加大造成了能源的紧张，同时人们对生活品质的追求和对环境的要求也在不断提高，地热资源的利用可以大量减少对传统石化能源的消耗，同时减少了环境的污染。近年来，国家相关委办局和北京市政府先后发布了《关于促进地热能开发利用的指导意见》、《大气污染防治行动计划》、《北京市绿色建筑实施方案》、《关于印发北京市进

一步促进地热能开发及热泵系统利用实施意见的通知》等一系列政策性文件，全面推广和鼓励地热能开发利用。

目前，北京市 10 个地热田中尚存在地热资源开发空白区，而已经具有一定开发利用规模的热田，通过在区内适当增加采、灌结合的开采井，控制开采总量，仍具有较大的开发利用潜力。北京市地热资源作为一种清洁环保的新能源，在未来的城市发展建设中，它的需求会日益增加。为了实现地热资源的可持续利用，应发展集约化和效益化的开发利用模式，按照统筹规划、因地制宜、合理开采、综合利用的原则，努力提高地热利用率，在开采的同时保证回灌，减少资源浪费，使地热创造更高的社会、环境、经济效益。

The Status and Prospects of the Development and Utilization of Geothermal Resources in Beijing

Author: Xueqin Huang / The President of Beijing Institute of Geo-exploration Technology

Keywords: Geothermal energy, resource conditions, development direction,utilization prospects

I.Geothermal reserves in Beijing

Under the current technical and economic circumstances as well as geological conditions, geothermal resource, a kind of clean and environmental friendly new energy source,can be exploited from the earth's crust in a scientific and rational way. Geothermal energy includes heat energy of rocks, thermal energy of geothermal fluids and its associated useful components. Geothermal resources often exist in different forms, including: steam type, hot water type, ground-pressure type, hot dry rock type and magmatic type.

Beijing is rich in geothermal resources, that concentrates in Beijing plain area (including Yanqing Basin), which is characterized by the type of basin



Beiyuan Garden Geothermal Heating Project

Using the cascade utilization of geothermal heating technology to supply 378800 square meters building with heating and domestic water, as a result, 10800 tons of standard coal can be saved every year, and 29684 tons CO₂, SO₂, NO_x, dust and other harmful pollutants emissions can be reduced.



(a)



(b)



(c)



(d)

(a), (b) application of geothermal resources in the hot spring spa; (c) application of geothermal resources in agriculture and greenhouses; (d) geothermal resources used in aquaculture.

conduction with medium-low temperature geothermal fields. The main heat reservoir is the siliceous dolostones of Wumishan FM of Jixian which is distributed in the whole region. The

next is Cambrian-Ordovician limestone which can be found in some areas, such as Lishuiqiao, southeast of Xiaotangshan and phoenix river camps, etc. According to The Sustainable Utilization Plan of Beijing Geothermal Resources 2006-2020, within the depth of 3500m in Beijing plain area, there is approximately 2760 km² area with temperature more than 50℃, containing 10 geothermal fields and peripheral potential zones that are both independent and inter-related. The 10 fields are Yanqing, Xiaotangshan, Houshayu, northwest of Beijing, Tianzhu, Lisui, southeast of town region, Double bridge, Liangxiang and Phoenix River Camps. Many of them use the regional structural fracture as the boundary, The heat energy stored in geothermal water in the above-mentioned areas is equivalent to 215 million tons of standard coal's calorific value.

Beijing's geothermal resources belong to hot water type with the temperatures ranging between 25~117℃. Geothermal water mostly is bicarbonate sodium sulfate type with salinity between 500~700mg / L and high fluoride and metasilicic acid content. Most of them are medical hot mineral water with fluorine and metasilicic acid. In addition, it contains a certain amount of other trace elements, therefore, it is of medical and health care effect. The development of Beijing's geothermal resources is mainly used for heating, bathing, medical and health care, agriculture and greenhouse cultivation etc.

II. The history and current status of the development and utilization of geothermal resources

In Beijing, the history of development and utilization of geothermal energy has been more than 40 years. Especially since the late 90's of the twentieth century, the direct use of geothermal energy has been developing rapidly, the geothermal wells increased at the speed of 20~30 every year. Statistics showed that, as of 2013, Beijing has 496 geothermal wells, with the depth and the single largest well exceeding 4000 m, and the highest water temperature reaching 117℃. Of the total exploitation of Beijing geothermal water in 2013, the heat extracted from 5899700 m³ geothermal water was for heating use, representing 48.3% of the total exploitation volume; 659600 m³ was for agricultural and greenhouse use, representing 5.4% of the total exploitation volume; 4397300 m³ was domestic water for administrative institutions and civil use, representing 36% of the total exploitation volume; 24400 m³ for breeding use, representing 2.4% of the total exploitation volume; 659600 m³ for hot spring spa use, representing 0.2% of the total exploitation volume.

Based on the current development and utilization situation, the exploitation of geothermal well in Beijing are mainly located at Xiaotangshan, northwest of Beijing, Tianzhu, Southeast of town region and Liangxiang geothermal fields. The total exploitation amount of geothermal water reached 9680600 m³, representing 79.3% of geothermal water exploitation in Beijing. The comparatively

developed application of geothermal resources in the aforementioned regions attributes to their favorable geothermal and geological condition as the depth of heat storage layer is small—the risk is small and cost is low. According to the monitoring data in recent two years, the underground heat water level in thermal fields at Xiaotangshan and the southeast town continued to decline, with an average decline rate of 1~2 m annually. According to the statistics at the end of 2005, the geothermal water level reached -77.27 m at Liangxiang geothermal field , -65.63 m at geothermal field of southeast of town, -36.56 m at Xiaotangshan thermal field. One of the reasons for the declines is high density of geothermal wells. Another reason is the lack of reinjection. Strict control on exploitation in these areas must be imposed to restore the geothermal water level, allowing no increase in exploration well but only reinjection well and renewed well.

III. The development prospects of geothermal resources

With the economic development of Beijing, increasing energy demand has caused resources constraints. Meanwhile, the people's desire for higher quality of lives and better environment is rising as well. Utilization of geothermal resources can significantly reduce the consumption of traditional fossil fuels as well as to reduce environmental pollution. In recent years, relevant authorities at the central level and Beijing government have issued a

series of policy documents to promote and encourage geothermal energy utilization and development. Such documents include Guidance on the promotion of geothermal energy development and utilization, Air Pollution Prevention Action Plan, Beijing Green Building plan, Notice of the Issuance of Implementation Advices on Promoting development of Geothermal Energy and Utilization of Heat Pump System etc..

At present, among the 10 geothermal fields in Beijing, there are still area not yet developed for geothermal exploration. And in arease where geothermal development and utilization have reached a certain scale, there are still fairly huge potential for further development and exploration by imposing controls on the aggregate amount of exploration and erecting more wells of combined injection and exploration. As a clean and environmental friendly new energy, geothermal resources application in Beijing will continuously increase along with the city development and construction in future. In order to achieve the sustainable utilization of geothermal resources, an intensive and effective development and utilization way should be employed to enhance the geothermal energy usage rate in accordance with the principles of overall planning, adapted local conditions, rational exploitation and comprehensive utilization. In the process of exploitation, reinjection should be guaranteed so as to reduce energy loss and help create more social, environmental and economic benefits at large.

地源热泵及未来展望

作者：孙海洲 武强 曾一凡 曹彬

(中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院, 北京, 100083)

摘要:本文主要介绍了地源热泵的概念, 地源热泵系统的组成, 地源热泵基础理论, 应用软件, 机组设备等方面。对地源热泵尤其是在我国存在的一些问题提出了合理的建议, 并对地源热泵系统的前景进行了展望。

关键词:地源热泵; 水源热泵; 土壤源热泵; 单井循环换热地能采集井; 地源热泵系统; 展望。

中图分类号: P641; TK529

文献标识码: A

引言

能源、信息和材料是现代文明的三大支柱。能源问题的现状一方面化石能源可采储量的日益减少, 环境与气候问题日益突出, 另一方面能源生产与消费持续增长, 这使得调整能源结构及节能愈来愈迫切。我国已取代美国成为全球最大的能源消费国, 为了保持我国的经济持续健康发展及应对气候变化与环境问题, 必须积极开发新能源和大力发展可再生能源。

地热资源是一种重要宝贵的资源^[1], 浅层地热能是指地表以下 200 米范围内的地热能, 是一种重要的新型可再生能源, 它来源于地球内部的热量和太阳辐射。浅层地热能广泛存在于岩石、土壤、水源等许多介质中。当前浅层地热能的主要利用采用地源热泵技术。地源热泵是利用卡诺循环原理, 利用电能等高品质能源把浅层地能这种低品位能源提取出来供用户使用的技术。它包括以地下或地表水源为热源的水源热泵和以地表岩石、土壤介质为热源的土壤源热泵。

在国内外许多学者和单位对地源热泵进行了一系列卓有成效的研究与实验^[2-6]。1912 年瑞士工程师 Roelly 最早提出了水源热泵的概念, 1948 年美国俄勒冈州波特兰市建成第一套完整的水源热泵系统, 美国布鲁克海文国家实验室对土壤源热泵做了一系列深入研究。在国内天津大学吕灿仁教授最早开展了空调热泵的研究并于 1965 年研制成功我国第一台水冷式热泵空调机组。山东建筑大学、上海交通大学、中国科学院广州能源研究所等单位进行了深入研究。最近二三十年以来国内外地源热泵呈现快速发展趋势, 目前世界地源热泵的应用集中在北美、欧洲和中国。

1 地源热泵结构及系统组成

地源热泵系统主要由地源热泵、热泵机组、用户、自动控制装置等几部分组成, 见图-1。热(冷)源侧即水源热泵部分包括抽水井、回灌井、含水层等, 如果水源热泵不能满足用户所需能量时需要增加锅炉、电热器、电厂余热等冷热源辅

助设备。热泵机组由传统的制冷四大组件即：压缩机、冷凝器、蒸发器、膨胀阀组成。用户末端装置包括风机盘管、热水器等耗能设备。自动控制装置通过传感器获取有关水源热泵、热泵机组、用户侧、气象参数的数据，通过控制整个系统满足用户对能量的需要。室外气象模型是热泵机组输出能量和用户得失能量多少的依据。

地源热泵包括水源热泵、土壤源热泵和单井循环换热地能采集井，见图-2、图-3。水源热泵是以水或添加防冻剂的水溶液为低温热源的热泵^[7]。水源热泵的地下水温度在10-25℃，冬季高于室外温度而夏季低于室外温度。土壤源热泵是传热介质通过竖直或水平埋管换热器与岩土体进行热交换的地热能交换系统，又称埋管换热系统^[7]。

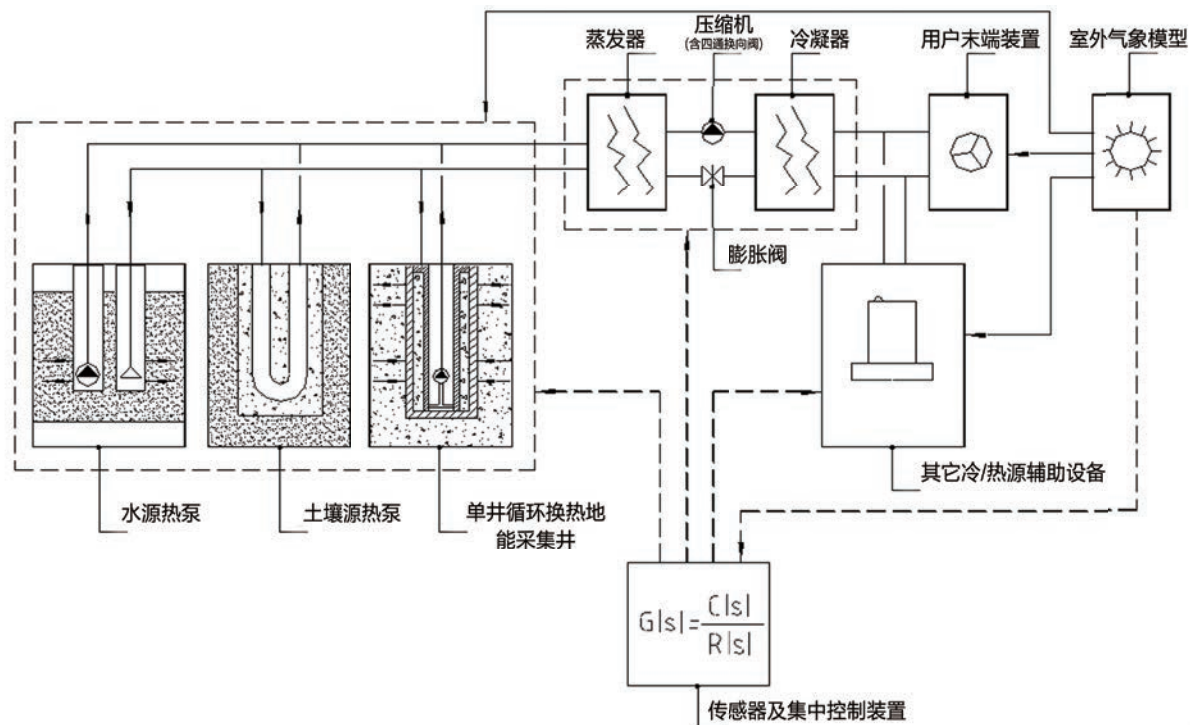
单井循环换热地能采集井^[8]是以循环水为介

质采集浅层地下的温度低于25℃的地能，循环水由抽水区的潜水泵抽出，进入热泵机组放热或吸热后，返回进入地能采集井的上部加压回水区内，水流在有（或无）蓄能颗粒的环形空间向下流至抽水区，透过绝热井壁下部花管由潜水泵抽走。它实现了同层回灌，无污染，换热效率高，是具有我国自主知识产权的一种新型先进的地源换热系统。

地源热泵的热源侧实际可以看作是一个储能设备。地源热泵机组在冬季制热状态下制冷剂正向流动，由压缩机排除高温高压的气态制冷剂进入冷凝器，释放的热量由用户侧末端装置吸收后进入蒸发器，再从地源热泵侧吸收热量后进入压缩机，从而完成一个循环过程。通过地源热泵侧的循环回路吸收的热量，由地下含水层或土壤中的热量经过管路循环传给热泵机组，冷凝器与室

图-1 地源热泵系统示意图

Fig.1 Sketch map of ground-source heat pump system

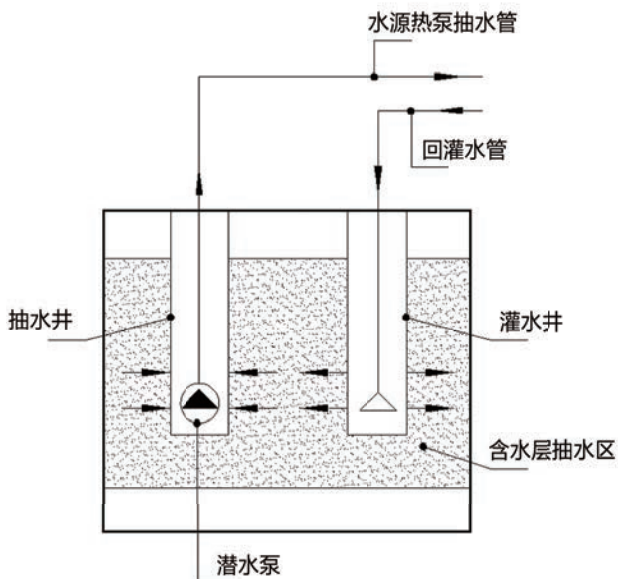


内末端装置通过管路直接相连，蒸发器则与地源侧相连。夏季地源热泵机组中的制冷剂逆向流动，热源侧与用户侧接驳的设备与冬季相反。水源热泵和土壤源热泵的冬季供热状态和夏季制冷状态，地源热泵机组都在制冷模式下运行。系统制冷或制热模式的转换是通过一个四通换向阀切换制冷剂在蒸发器与冷凝器之间的运行方向实现的。热泵机组利用逆卡诺循环的原理在冬季和夏季都处于制冷模式，这也是地源热泵系统运行不同于常规热泵之处。水源热泵中较高温度的地下水作为载冷剂，而地埋管出水温度较低常采用乙二醇溶液作为载冷剂。

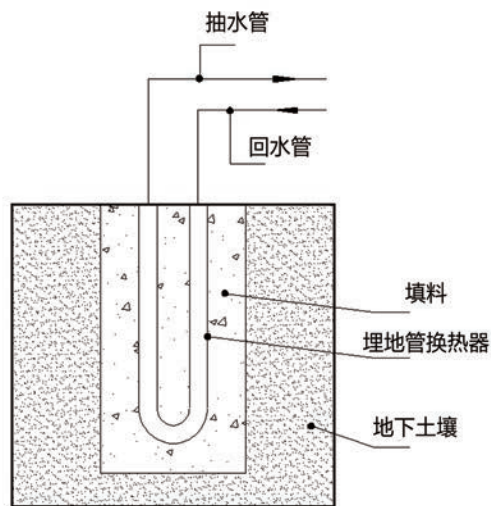
地源热泵系统与空气源热泵及传统的水冷式冷水机组有明显差异，主要包括热泵机组冬季/夏季运行模式、水泵设计流量、冷冻水与冷却水的温度，制冷性能 COP 值、空调设备能效比 EER 值、初投资、运行费用等，这也是地源热泵机组研制中的重要性能指标。

图-2 地源热泵示意图

Fig.2 Sketch map of ground-source heat pump



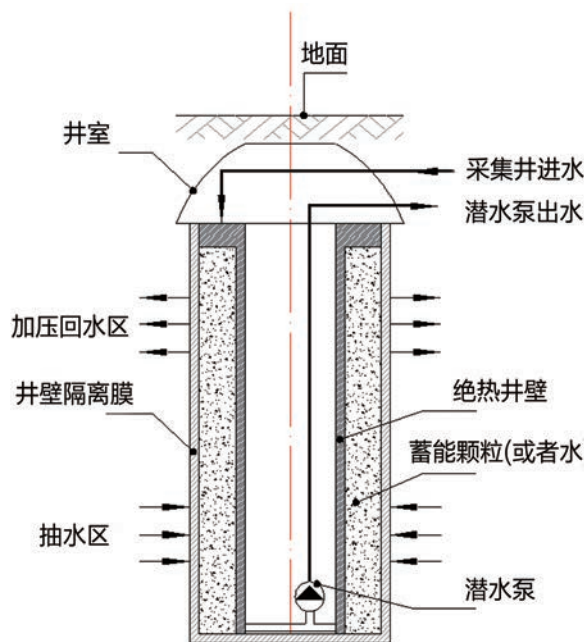
(a) 水源热泵



(b) 土壤源热泵

图-3 单井循环换热能采集井示意图

Fig.3 Sketch map of single well of geothermal energy collection with circulation heat exchange



2 地源热泵的基础理论及研究进展

地源热泵系统的相关理论包括地源热泵侧传热质理论、热泵机组制冷理论、热能与流体输配

理论、系统气象模型、自动控制理论等诸方面，是一个涉及多学科、多门类的综合体系。

在这里主要论述传热传质基础理论与地源热泵相关部分的研究现状及进展，这也是当前及今后地源热泵研究的重点。根据热力学第二定律，热由低温物体传向高温物体必须由外界做功。利用热力学中逆卡诺循环原理，通过输入少量电能等高品质能量来实现低温热能到高温热能的转移。地源热泵正是利用了这种原理实现的较高的能效，比常规采暖制冷节能 40% 以上，机组的能效比 COP 值在 3.8~5.4 之间。

对含水层中水热利用的研究涉及水文地质学、地下水动力学、流体力学、热力学、岩土力学等多门相关学科。其核心理论是土壤介质及含水层的传热传质问题，传质问题的实质是水在土壤这种多孔介质中的流动问题，传热问题的实质是热量在土壤的骨架及水中传递的问题。饱水带研究的基本理论至今仍是 Navier-Stokes 方程中心发展起来的各种地下水动力学方程。包气带中水的研究理论基础以非饱和渗流的 Richards 方程为中心逐步发展起来，至今已发展出很多数值方法。Whitaker 基于体积平均法提出了非饱和介质传热传质的数学模型。

多孔介质传热传质的微观过程十分复杂，不少学者从不同角度做了研究。Wooding 把 Navier-Stokes 方程引入到多孔介质渗流模型，并考虑了惯性力、压力梯度、加速度等，使得多孔介质的渗流模型与流体力学模型统一起来。这也使得开发与此有关的计算机软件带来了极大方便。Vaifai 等在对多孔介质中流体微观流动满足的 N-S 方程进行 Rev 平均得到了 Brinkman-Forchheimer 方程，多用于多孔介质中的复杂流动。许多学者和单位从不同角度对土壤等多孔介质的水热流动提出了新理论，如温度场-渗流场-应力场耦合模型 (THM) 研究以求更准确计算物理场。孔祥言研究了有关多相渗流、双重介质中的渗流、多空介质中的对流和

热流固耦合问题^[9]。

美国 Auburn 大学在 1975 年对地下含水层做了野外研究，德国、瑞士等国学者也对地下含水层的水热能量问题做了试验研究。南京大学的张志辉等对地下含水层的热能运移展开了许多研究。对于土壤源热泵国内外提出了许多线源模型及解析解，对于指导生产研究具有重要意义。地源热泵有不同于普通空调系统的自身特点，相关内容还有水源热泵机组、地源热泵机组研制及优化设计，地源热泵数据采集传输及自动控制系统的实现，设备节能研究等不再赘述。

总之，通过对地源热泵基础理论与试验的相关研究，使得对地源热泵的开发利用达到新的高度，同时地源热泵的应用也推动了基础理论的不断发展和创新。正是基于以上的一系列理论与试验成果，国内外已开发了许多地源热泵软件并广泛应用于地源热泵的理论研究与实际生产当中，取得了很好的效果。

3 地源热泵的数值模拟软件现状与未来

地源热泵系统模拟计算软件主要有 eQUEST、FEFLOW、GLD、TOUGH2、TRNSYS、HST3D 等，主要特点是基于数值计算方法，系统化、模块化、可视化等。本文在这里简单介绍几款流行软件。

FEFLOW 软件是 DHI-WASY 水资源规划系统研究所基于三维 Galerkin 有限元的地下水模拟可视化软件包，是迄今为止功能最为齐全的专业地下水流场、污染物迁移和热流传递模拟软件系统。它具有齐全的地下水模拟功能，可以模拟三维空间水流模型，对非稳定流或稳定流及多层自由表面含水层进行模拟，包括潜水含水层中的上层滞水模拟；可以对化学物质迁移及热传递模拟，包括温度、盐份迁移模拟、可变密度流场模拟（盐水或海水入侵问题）；也可以模拟非饱和带流场及迁移等。从 6.0 版本针对水源热泵开发

了不同含水层抽水及回灌的模拟计算，土壤源热泵的模拟计算，模拟计算准确方便，是模拟计算水源热泵一款优秀软件。

GLD 地源热泵软件 (Ground Loop Design, GLD) 是一种模块化的地源热泵系统地下环路设计专业软件，由美国加利福尼亚州 Gaia Geothermal 公司设计、开发。该软件在多年实际工程科研、应用中成功支持了众多商用及小型民用系统的设计和施工并取得了良好效果。该款软件适用垂直钻井、水平埋管和地表水等多种地源热泵系统的设计，所设计系统可含锅炉等热源或冷却塔，可以逐月进水温度计算并分区管理负荷模块，适应于水源热泵和空气源热泵系统。它具有友好的用户界面和接口，允许多模块设计、实时调整，灵活的模块链接功能，实时显示参数调整结果，多项目同时设计和比较功能，也包含多种参考工具并可进行长期热平衡设计计算。

TOUGH2 是一套功能强大、应用广泛的模拟一维、二维和三维孔隙或裂隙介质中，多相流，多组分及非等温的水流及热量运移的数值模拟程序，其前身是由美国劳伦斯 - 伯克利国家实验室在 1980 年代初期开发的模拟程序。TOUGH2 采用标准 FORTRAN77 语言编写并可以在任意平台上运行。TOUGH2 用于模拟水流系统的空间尺度变化可以从微观尺度到流域尺度。水流过程模拟的时间尺度可以从几分之一秒到几万年的地质年代时间。对水源热泵和土壤源热泵模拟而言，只能对地面以下部分进行准确模拟，但不能进行热泵机组、制热制冷末端装置的模拟计算。

其它计算软件还有 MATLAB 求解方法、EHPD 软件、Simulink 仿真软件等。国内目前也有不少单位自行开发了一些地源热泵模拟计算软件，但多是针对热源、机组、用户等项中的某一项。我国今后应重点开发针对集成热源、机组、室内外环境的整体和优化软件开发，逐步向国际

先进水平靠拢。随着基础理论研究及计算技术进步，新的先进地源热泵计算软件将推动地源热泵的研究生产更上一层楼。

4 地源热泵设备的现状与未来

水源热泵系统是包含水文地质设备、热泵空调机组设备、电气自动化设备等的综合系统，所包括的内容很多，仅就其中几个问题做一总结。

水源热泵的设备主要是用于抽水的潜水泵和回灌用的地面水泵，由于地下水未经处理，含较高浓度的酸碱离子及泥沙等，需要抽水和回灌的水泵具有良好的耐腐蚀耐磨性质。开发耐磨耐腐蚀泵轴受力均衡的热泵潜水泵仍是一项重要课题。由于用户的供热量、供冷量的需求经常发生变化及地下土壤或含水层的温度场发生变化，致使换热器流量发生变化，因此需要对地源热泵系统水泵的流量进行调节。传统的调节阀门开度、增加旁通管等方法效率较低，国内已成功开发了可编程控制器和变频调速控制器，由换热器所需流量信号传递给水泵进行闭环控制，对于降低电能消耗延长水泵寿命具有重要意义，未来开发更加智能化的控制器仍是该领域的主要方向。

高温水源热泵一般是指可以直接回收利用 20~55° C 的低品位热资源，制出 65~95° C 热水的热泵机组，它能够满足高温水用户对出水温度的需求。发达国家早在 1980 年代就研制成功出水温度 80° C 以上的高温水源热泵，近几年我国也由中国科学院广州能源所等少数单位研制成功。未来研制出水温度流量不同、温度不同，满足不同用户的高效节能的高温水源热泵仍是国内外工程界面临的一个重要课题。鉴于我国具有中低焓浅层地热资源丰富，工业余热及中低温江河分布较广，生产研制具有更先进的具有自主知识产权的高温水源热泵对于我国这样一个能源消耗大国，正在全面建设小康社会的国家来说更是具有特殊意义。

地源热泵的机械运动部件少并且耐用,地下部分可保证 50 年因而维护成本低投资回收快。地源热泵系统所使用的制冷剂在工厂里注入密封,在使用过程中无泄漏,用户在使用时无需添加制冷剂,减轻了制冷剂对环境的破坏。我国热泵机组的研制起步虽然较晚,但随着近年来地源热泵的大规模推广,地源热泵机组的技术水平与国外先进水平已逐步缩小,有些已达到国际先进水平。

地源热泵机组具有多种用途,同一个系统可以供暖、制冷、供应热水。地源热泵机组与普通热泵机组相比差别不大,除蒸发器、冷凝器、压缩机外,增加了一个四通转换阀用于制冷与制热时管路方向的转换。研制适合我国不同地域特点,不同水温条件,不同土壤温度条件,不同使用时间和范围的空调设备也是当前及今后面临的重要课题。自动控制系统在地源热泵系统中的地位非常重要,尤其是现代控制理论对于解决象地源热泵系统这样复杂的被控对象比传统技术具有明显优越性,它在地源热泵系统的成功应用必将展现广阔的发展前景。

地源热泵设备的研制应注重生产中出现的实际问题的解决,包括水源热泵回灌困难,地源热泵使用时间达不到设计预期,地层中出现热积累,热泵机组与地源侧匹配不好等。总之,地源热泵系统各部分具有自身的特点,机组设备对于不同的地下土壤、水温、室外气象条件、室内舒适度等都要有很好的适应性。地源热泵系统与现代机械、热能、水文地质、现代控制理论等各学科紧密相连,今后随着相关科学技术的发展,地源热泵设备的研制与利用必将达到更高水平。

5 结语

(1) 在能源需求剧增、生态环境问题加剧、二氧化碳减排量压力加大的背景下,地源热泵的研究和应用具有重要的现实意义,地源热泵具有

广阔的发展前景。近年来我国地源热泵技术水平发展很快,一些方面已达到甚至超过国际先进水平,未来一定会在该领域做出更大贡献。

(2) 我国在地源热泵软件开发方面主要是仅针对埋地换热器或地下抽回水侧进行了研究开发,对包括机组、用户、室外环境在内的整体模拟计算和优化研究开发还很少,这也是今后应该需要发展的方向。

(3) 我国相对于发达国家,无论基础理论还是设备研制,地源热泵软件开发,系统的自动控制水平,使用规模等都方面都存在较大差距,必须积极消化吸收引进先进理论先进设备,力争早日达到先进水平。

(4) 地源热泵目前尚存在地下水回灌困难,地下水污染,热贯通,地下热积累,地下温度场改变,热泵的环境影响,初投资较高等许多问题未来都亟需解决。这些问题的解决必将产生良好的经济效益和社会环境效益。

参考文献

- [1] 李铎,武强. 南定地热田成因及影响因素探讨 [J], 中国矿业大学学报, 2002 年, 31(01), 53-57 页.
- [2] 王明育,马捷,万曼影. 地下含水层储能两阶段热量运移数值模型研究 [J], 吉林大学学报(地球科学版), 2002 年, 34(04), 576-580 页.
- [3] 倪真,贾学斌. 水源热泵深井水循环系统的分析与研究 [J], 安装, 2003 年, 05 期, 16-18 页.
- [4] 周彦章,傅志敏,吴蓉. 地源热泵系统工作井优化布设地下水热量运移模拟 [J], 工程勘察, 2011 年 11 期, 41-45 页.
- [5] 张群力,王晋. 地源和地下水源热泵的研发现状及应用过程中的问题分析 [J], 流体机械; 2003 年 05 期, 50-54 页.
- [6] Guohui Gan. Dynamic thermal modelling of horizontal ground-source heat pumps [J], Low-Carbon Technologies, 2013 年, 08(02).
- [7] 中华人民共和国国家标准. 地源热泵系统工程技术规范(2009 年版) [S], 北京: 国家住建部、国家质检总局, 2005 年 11 月, 编号:GB50366-2005.
- [8] 北京市地方标准. 单井循环换热能采集井工程技术规范 [S], 北京: 北京市质量技术监督局, 2011 年 12 月, 编号:DB11/T 9350-2012.
- [9] 孔祥言. 高等渗流力学(第二版) [M], 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2010 年.

城市灾难让地热能 开发利用再聚焦

URBAN DISASTER LETS THE DEVELOPMENT AND UTILIZATION OF GEOTHERMAL RESOURCES FOCUS AGAIN

记者：马雲龙

近日，据台湾“中央社”报道，台湾高雄市前镇区8月1日凌晨发生燃气爆炸，据最新统计，有32人遇难、280人受伤，其中消防救灾人员死亡6人、受伤34人。而台湾管道爆炸已不是个案。对于能源的使用安全再次进入人们视线。

随着房地产行业的不断发展，我国建筑行业中能源消耗及使用安全问题越来越受到关注。一方面，由于很多地方的能源在使用、运输方式等环节还处在原始开发、应用的状态，设备、技术相对落后，这为居者利用能源带来了安全隐患；另一方面，随着建筑能耗等社会能耗的不断增长，环境与能源问题成为整个世界关注的焦点，寻找可再生能源成为解决人类现阶段的最根本方法。

而作为新能源的重要组成部分，地热能的开发和利用已经开始崭露头角，亦被政府及行业重视。作为地热资源大国，大力推进地热能开发利用已成

为未来建筑行业的趋势与选择。

“人们可以从土地、空气、水中提取能量、能源，而地热能就是很好的资源。目前我国新能源应用技术水平较成熟，新能源应用安全。因此，新能源的使用值得提倡。”中国建筑设计研究院原副总建筑师、亚洲人居环境协会副主席开彦对记者如是说。

双重需求呼吁地热能应用

地热能作为一种可再生能源，具有清洁环保、利用系数高等优点，而目前由于能源使用安全以及我国能源匮乏的现实，地热能受到房地产行业广泛关注。

据悉，此次高雄市前镇区凯旋及二圣路的轻轨工地发生瓦斯外泄事件，引发多处连环爆炸，爆炸声伴随火光，现场有如战争过后。这是继18年前台湾新北市板桥瓦斯气爆案以来，所发生最惨重伤



据台湾“中央社”报道，台湾高雄市前镇区发生的燃气爆炸，死伤 300 人左右。旧能源的使用、运输所带来的危险，使整个社会付出了惨重的代价。而对于以地热能为代表的相对安全的新能源运用，越来越引起人们的关注。

亡的瓦斯气爆事件。

实际上，类似的管道爆炸并非个案。近年来，内地的青岛、大连、上海等大城市，都发生过管道爆炸的事故。即使是在美国等发达国家的一些城市，也发生过管道泄漏导致的爆炸事故。

2010 年，美国旧金山圣布鲁诺市发生天然气管道爆炸，多人死伤，事后，责任方太平洋煤电公司接到 20 多亿美元的天价罚单，赔偿受害者共 5.65 亿美元。公司的安全系统也由此升级，并成立控制中心，雇用 200 多人全天候监控管道系统。

旧能源的使用所带来的危险，使整个社会付出

了惨重的代价。而对于使用环节相对安全的新能源，越来越引起人们的关注。

据中国城市规划设计院专家向记者介绍，目前我国地热能方面的使用，就可以代替部分存在潜在风险管道输送能源的使用。“对于目前蒸汽、天然气等用管道输送的热能资源，可以尝试转化使用地热能。在建筑领域中，水源热泵、地源热泵等设备也可以达到制冷制热的效果，且相对管道传输的方式安全。美国等发达国家大范围使用地热能，也与安全和节能有关。”

另一方面，随着中国经济的稳步发展和国际

化程度的不断提升，大型公共建筑在城市规划和人们的生活、工作中扮演着越来越重要的角色。然而能源矛盾日益凸显，据统计，建筑能耗占全国总能耗的三分之一，建筑节能迫在眉睫。

这就对新能源的使用及开发提出了更高的要求。作为新能源的代表——地热能也就被行业赋予了更多的责任。

北京市发改委能源处提供的数据显示，北京市可应用热泵资源主要包括深层地热、浅层地温、再生水、电厂余热等，初步测算资源储量可为8亿平方米的建筑供热制冷。截至2012年年底，北京市热泵供暖面积达3670万平方米，约占全市供热总面积的5%，每年可减少煤炭用量约150万吨。

“在全国大部分城市饱受雾霾困扰的严峻形势下，地热能源的应用普及具有重要意义。”国土资源部环境司副司长陈小宁近日表示，政策倡导、科技创新是推动地热行业发展的有力保障，地热在节能减排、缓解资源压力方面具有广阔的市场空间。

地热能应用亟待提升

虽然地热能应用正在被迅速聚焦，但目前地热能房地产行业并不十分广泛。

我国拥有丰富的地热资源，可应用空间巨大。地热能分为浅层地热、中深层地热和干热岩三种类型，其利用方式包括发电和直接利用两个方面。

据地热勘查资料统计显示。地热资源总量折合标准煤8532亿吨，可开采资源量相当于标准煤2560亿吨，主要集中在东部和西南部地区。其中，东部地区以中低温地热资源为主。

热储温度达到150℃以上的高温地热资源主要分布在西南部地区的藏南、滇西、川西和台湾省。地处环渤海经济区的北京、天津、河北和山

东等省市地热储层多、储量大、分布广，是我国最大的地热资源开发区。据统计，在全国范围内的几千眼地热井出口温度绝大部分低于90℃，平均温度约54.8℃，可直接进行开发利用，适合于发电、供热洗浴、温室、干燥、养殖等。

不过，虽然我国的地热资源丰富，但对于其应用却相对缓慢。相关数据显示，截至2013年年底，国内的地热能供暖面积已达到2.2亿平方米，但地热发电装机容量仍然为27兆瓦，几十年来没有增加。而地热能利用占整个能源结构的比例也不到0.5%。

中国工程院院士倪维斗认为，“发展可再生能源是非常艰难的工作，间歇性和波动性都是可再生能源是否能够在更大范围使用的关键问题。”地热作为可再生能源的一种，地热发电就对流体温度要求较高，一般在180℃甚至200℃以上才比较经济，因此，我国地热发电产业曾经长时间处于停滞状态。

而开彦则认为，地热能在房地产领域的应用发展要从技术创新、因地制宜、政策引导三方面进行。首先，某些地热能的使用可能会破坏地下的生态状况，如热平衡，地下污染等，这些问题有待解决；其次，某些地区对地热能的应用要因因地制宜，否则会出现欲速则不达的现象。“沈阳以前曾发表过文件，要求新建的建筑必须用地源热泵，这就过头了。不可能什么建筑都用地源热泵，但有些小建筑采取这个方法是可以的，个别的项目和城市群体建筑，可以用地源热泵来解决。所以实际应用中要通过勘测、设计和平衡，要有回灌水等措施来具体保障才行”；最后，地热能要建立制度、体制，以保证其落地，促进行业发展。

绿色建筑或将提速地热能产业发展

针对目前，地能行业遇到的问题以及对地热能应用的强大呼吁，政府也正在通过强制和鼓励的政策制定，引导地能行业发展。

近日，国家能源局综合司与国土资源部办公厅近日联合下发通知，要求各地编制本省（区、市）地热能开发利用规划，并于今年12月底前上报。通知要求，各地要收集整理本地区地热资源勘探评价成果，结合本地地热资源特点及用热、用电市场需求，组织编制地热能开发利用发展规划，明确地热能开发利用发展目标、重点任务、区域布局和开发时序，提出适合地热能开发利用的保障措施。

除了政策目标及规划的制定，政府还出台了一系列相关奖励措施。为进一步推广地源热泵技术的应用，财政部与住建部联合发文要求，对地源热泵应用工程提供资金补贴，目前北京、河北等省市对地源热泵技术已有明确的优惠政策。

实际上，对于国家大力发展发展的绿色建筑，地热能的应用也至关重要。记者从近日在北京举办的绿色建筑与住房保障安居工程研讨会上获悉，自

2014年以后新立项的保障性住房，包括集中兴建且规模在2万平方米以上，公共租赁住房（含并轨后的廉租住房）全部实行绿色建筑标准。

而绿色建筑的一个重要指标就是节能，这无疑与地热能特性一致，而这或将为地热能在地热领域应用铺路。

据业内人士介绍，目前房企对地源热泵的应用兴趣浓厚。“建造绿色建筑即符合我国的发展国情，也能够得到国家的相应奖励。越来越多的企业愿意使用节能、环保的地热能相关设备。而这将促进整个地热能行业的发展。”

“现在国家非常重视新能源应用，从制度、技术、应用等方面，都开始重新认识。新能源是绿色建筑的主要发展方向。逐步扩大地热能等能源的应用范围、应用效率和技术水平，尽可能的把可再生能源作为主要能源，是房地产行业大势所趋。”开彦表示。





徐伟，研究员。中国建筑科学研究院建筑环境与节能研究院院长，空气调节研究所所长，中国建筑学会暖通空调分会理事长，中国制冷学会副理事长兼空调热泵专业委员会主任，国际制冷学会热泵与热回收委员会副主席，国际能源组织（IEA）蓄能节能委员会中国代表，住建部科学技术委员会委员，住建部建筑节能、城镇供热专家委员会委员。

徐伟： 零能耗建筑的中国实践方法论

XUWEI: PRACTICE METHODOLOGY OF CHINAS ZERO ENERGY BUILDINGS

多个发达国家先后提出了（近）零能耗建筑及类似定义并开展技术研究，在政府指令、技术发展目标等文件中做出中长期规划。中国关于零能耗建筑的研究正在开展。

2000年后，多个发达国家先后提出了（近）零能耗建筑及类似定义并开展技术研究，在政府指令、技术发展目标等文件中做出中长期规划。中国关于零能耗建筑的研究正在开展，7月31日，记者就此采访中国建筑科学研究院建筑环境与节能研究院院长徐伟。

未来建筑节能发展是成体系的

记者：开展零能耗建筑的研究，与我国的建筑节能工作有何关联？

徐伟：中国处于新型城镇化和工业化阶段，工业化还没有走完，能源消耗还是以工业能耗为主。工业化的路正在走，城镇化的速度才提上来，房屋建筑量越来越大，人的生活水平逐步提高，建筑能耗的总量是增加的。我们做建筑节能工作，从全国来讲，主要是减少它的加速度，减少它的增长速度。

西方发达国家走过了工业化阶段，它们已经在思考建筑节能的方向、终极目标，向零能耗和近零能耗方向发展。反观中国，建筑节能的下一个目标是什么，官方、学术机构、行业已经提出这个问题。特别是去年以来，这个问题更是备受关注——如何发展中国建筑节能的更高标准。

记者：中国政府提出的三步节能战略需要更新吗？

徐伟：中国的建筑节能分三步走，各个节点分别为节能30%、50%、65%。这个路线图基本上走完了，但是下一步怎么办？我们在做一些项目，尝试探索建筑节能的发展目标及其路径。用什么样的技术、材料、设备；用什么样的计算手段、检测手段进行设计、评估，这是一系列的问题。未来，建筑节能的更高发展是成体系的，它涵盖设备、设计、评估、产业政策。

中国既要提高建筑节能水平，同时要考虑市场、用户的承受能力，在节能与成本之间找到

平衡。每一次节能标准的提升，都有经济因素考虑，带来的成本增加基本上不超过 10%。如果节能率提的很高，经济因素、技术因素、产业因素都是制约。

记者：零能耗建筑的研究处于何种状态？是否有中国定义？

徐伟：我国处于探索阶段，研究未来怎么发展更合适。有可能 A 项目有 A 的路线图，B 项目有 B 的路线图，但这个没有关系，我们都往这个方向走，看看哪个方向更合适。

至于定义，中国现在只有研究角度的定义，官方、行业协会没有给出。从研究角度看，零能耗建筑以建筑物为边界条件，以年为衡量单位，能量输入与能量输出达到平衡。这个边界涵盖常规能源、可再生能源、输入方式、折算方式等。中国的零能耗建筑和国际总体是一致的，无非在边界上有些区别，由于中国的城市能源结构、发电组成、输配效率，其转换系数会有不同。

设想 2030 年实现零能耗

记者：中国建筑科学研究院何时开始研究零能耗建筑的？

徐伟：我们在七八年前开始了零能耗研究，参加国际能源组织 IEA 的零能耗建筑课题，后来一直在跟踪研究。中国建筑节能的设计标准主要是我们主编的，这期间的一系列计算、预测和数据库的建设，都会指向研究未来如何发展。

前两三个月，住房和城乡建设部建筑节能与科技司委托我们撰写中国未来建筑节能标准发展的路线图，如何提升建筑节能水平，能提高到什么水平及其可能性。相关的研究报告已经有了。

记者：你眼里的路线图大概是什么样的？

徐伟：我们作为研究机构，从中国国情出

发，全面提升建筑节能标准，达到零能耗建筑水平，是不现实的，需要逐步提高。我们设想了一下，2030 年，北方地区的新建建筑要率先实现近零能耗建筑，先住宅后公共建筑。南方怎么实现，是 2030 年后的什么时间，取决于技术发展、国家能源战略以及人民对未来生活水平的期待值。

搞技术的人都清楚，所有的建筑节能工作一定是北方优先，只有它有节能潜力。公共建筑全国来讲差不多。

记者：到 2030 年也就 16 年的时间？

徐伟：时间是挺快的，一些发达国家提出的是 2020 年。我提的 2030 年达到零能耗是指新建建筑，到那时新建建筑的数量少很多。技术上，我们正在做试验、探索，展示其规律性的东西。从路线角度说，2030 年之前，我们完全可以找到清晰的发展路径。这应该没有问题。

记者：政府对你们提出了指向性的要求吗？

徐伟：有，当前是制定出一个针对全国性的中国被动式超低能耗建筑指标体系和技术条件。住建部的领导多次强调，现在是探索阶段，不要做得过于标准化，允许大家做尝试。最近的一两个星期，要把住宅的指标体系拿出来。8 月 13 日，住建部将在北京举办首届被动式超低能耗绿色建筑技术国际研讨会。我们会把住宅的指标体系初步成果展示出来。公共建筑的指标体系估计要到年底或明年上半年才能出来。这样给大家一个目标。这也是国际合作课题的一部分。

住建部已经委托我们调研国内近 10 个的超低能耗建筑，还没有完成，包括哈尔滨辰能溪树庭院项目和秦皇岛市在水一方项目。调查其成功在哪里，不足在哪里，哪些可以借鉴，哪些可以改进，我们都是要分析的。目标值是确定的，路线是不确定。

记者：中国建筑科学研究院对零能耗建筑的研

究有哪些？

徐伟：第一个是编制被动式超低能耗建筑不同气候区的指标体系；第二个是研究实现这些指标不同地区的主要技术手段是什么；第三个是如何开展标识，怎么标识它是零能耗建筑，谁来确定是它达到这个指标，我们要开发评价工具，零能耗建筑不可能是传统的实际检测，它的一致性比较差，国际上有专业的工具去计算。当然，还有相关的产业、产品、设备也需要研究。

记者：国外的研究机构自身做了实验？

徐伟：真正要了解、掌握、吃透零能耗建筑，我们也要通过工程实践去探索。我们有个基本的导向，觉得被动房、零能耗建筑在北方地区更有优势。我们的团队目前在设计、咨询的项目将近 10 个，分布在山东、河北、河南、山西等地，这些项目要做超低能耗建筑。比如刚刚中标的山东城市建设职业学院被动式超低能耗实验实训中心项目，是山东省 11 个被动式超低能耗绿色公共建筑项目中最大的单体实验实训项目。

记者：这些项目名义是中德合作项目，是在中国复制被动房吗？

徐伟：从我们的技术来讲，不完全是被动房的纯粹复制。研究来讲，德国被动房的技术、路线图对北方住宅来说，基本类似，但是对南方来讲，技术路线不太一样。如中国夏热冬冷地区、夏热冬暖地区的建筑主要问题是夏季制冷，核心是除湿问题。这个在被动房里考虑的不是很深。对公共建筑，也是不一样。

我们在山东的项目基本是公共建筑，就要与当地的特点结合，不是机械地复制。我们探索被动优先、主动优化、经济适用的原则，不能把成本做得很高。住宅项目以被动技术为主可能有效果，但公共建筑完全是被动技术没有主

动技术实现不了超低能耗。

德国被动房研究所也跟我们提出，联合研究中国不同气候区的被动房技术指标。

记者：目前正在制定的零能耗建筑指标体系，技术路径在哪里？

徐伟：在借鉴国外技术的基础上，通过前期的工作，我们自己做近零能耗建筑示范楼，已经为我们创造了很好的技术条件。但是，要做不同地区、不同类型的零能耗建筑或近零能耗建筑，我们还要摸索，正处于积累和创新的阶段。

现在还不是出标准的时候。标准是告诉你怎么做，做出来就是它。我们只是提出目标指标，没有告诉你怎么做。比如采暖能耗 15 千瓦时 / 年 · 平方米，怎么实现，我们可以有些建议，但这么做了不一定是超低能耗建筑；不按这么做，也不见得不是。只有目标值是确定的，路线是不确定的。

近零能耗建筑的技术方案，与传统设计是不一样的。传统设计，我们只要满足一条条要求、条款，就是节能建筑。现在是以超低能耗为导向了，对设计、技术提出了更高的要求，如何实现它是每个项目设计者的创新过程。它可以是性能化设计方法，也可以是以目标为导向的设计方法。

记者：可再生能源利用常见于国外的一些实验项目，中国是否也是如此？

徐伟：不同地区可能有些差别，比如南方地区注意要除湿，可再生能源的强度相对不够。到了严寒地区，单纯用可再生能源，也存在品质不够的风险，冬季加热强度可能不够，也会有些问题。这些理念是不错的，具体到每个项目，就不一定了。

选自：中国房地产报

北京农村居住建筑 清洁能源供暖应用现状调研报告发布



北京建筑节能与环境工程协会 8 月 9 日发布的《北京农村居住建筑清洁能源供暖应用现状调研报告》显示,在包括设备初始投资、基础设施增容费、8 年运行费的全过程总费用经济评价后得出结论:地源供暖费用最低,燃气壁挂炉供暖费用居中,电锅炉供暖系统费用最高。

地源供暖费用最低

北京建筑节能与环境工程协会对北京市农村居住建筑 2013—2014 年采暖季清洁能源代煤供暖方式的应用现状进行的调查研究,涉及京郊七个区县的 1137 家农户,涉及六种清洁能源供暖方式及三类末端形式。包括:热泵、电地暖、蓄热电暖气、电锅炉;燃气壁挂/落地采暖炉供暖;太阳能供暖。

调研报告显示,六种清洁能源供暖方式中,使用费用最低的是地源、空气源热泵+低温辐射供暖系统,最高的是电锅炉供暖系统;在初投资费用中,较低的是电锅炉+散热器、电地暖等,较高的是太阳能助空气源热泵地暖;在舒适性上,低温地辐射供暖的舒适性最佳,散热器次之,蓄热电暖气舒适性较低;节能性上,太阳能辅助空气源热泵

地暖供暖系统最高,其次是空气源热泵地暖供暖系统,节能性较低的是电直接供暖方式。

清洁能源供暖应与节能改造同步进行

对今后北京农村居住建筑清洁能源代煤供暖工作,北京建筑节能与环境工程协会建议,应与农村居住建筑节能改造同步进行,同时对热泵、太阳能等低品位、可再生的清洁能源供暖方式应加大补贴和推广力度;鼓励技术创新,编制低品位、可再生的清洁能源供暖技术标准,做好技术培训,并建立农村居住建筑清洁能源采暖工作质量保证体系。

这其中,农宅的建筑节能改造问题突出。有专家指出,目前,我国农村住宅用能总量已经达到 3.2 亿吨标准煤。农村冬季室内平均室温比城市房屋的平均室温低 10℃至 15℃,要想达到城市室内的平均温度,农村用能要高出城市用能的 1.5 倍。这主要是由于不科学建房导致的农宅围护结构热性能差导致的。据不完全统计,全国农房 97% 的农宅墙体无保温、厚度整体偏薄,60% 以上的农宅使用单层玻璃窗,22% 农宅屋顶采用秸秆作为保温材料。

“在代煤供暖改造时,应大力推动非节能建筑的改造,否则建筑物的热损耗过大,不利于清洁能源的应用。”北京建筑节能与环境工程协会同时表示,现行的“一刀切”的平均补贴所有清洁能源供暖也是不适宜的,应根据节能优先的方针,在清洁能源补贴过程中向节能性好的清洁能源倾斜,对那些高耗能的清洁能源供暖方式不但不能补贴还需要限制。 节选自《首都建设报》

国家政策重视升级 中国地热能可否“热”起来



终于盼到“第二个春天”来临的中国地热，近来不断获得来自国家政策层面的利好。近日，国家能源局综合司与国土资源部办公厅联合下发通知，要求各地编制本省（区、市）地热能开发利用规划，并于今年12月底前上报。与风能、太阳能等不同的是，地热能的利用过程几乎不会出现废弃，是非常具有潜力的一种可再生能源。但在过去几年风电、光伏大肆拓展之际，却很少看到地热能的身影。

这份制定中的新规划，能否让中国地热能焕发全新的生机？

上一份令地热界感到兴奋不已的文件，是2013年年初印发的《关于促进地热能开发利用

的指导意见》（以下简称《意见》）。仅仅过去一年多的时间，国家能源局与国土资源部再次发出编制地热能开发利用规划的通知，间隔之短令人吃惊。

对此，中国地质大学（北京）教授李克文对记者指出，这与《意见》一脉相承，是其具体的落实和延续。

“决策层已经意识到地热能是可再生能源的重要组成部分，以前没有将地热能提到过这种高度。”西藏地热（发电）工程研究中心秘书长吴方之对记者表示。

中投顾问能源行业研究员周修杰也向记者指出，当前国家层面大力发展地热能的决心非

常坚定，产业规划的制定和完善在行业发展过程中起到的作用不言而喻。这种空前的重视程度，一方面源自大气环境的迅速恶化，另一方面也与地热界近年来的积极努力密不可分。

目前，作为排头兵的《意见》已经引起了地方政府的高度重视，资源探索、模式研讨、发展规划等工作正在有序开展，而编制有针对性的开发规划则更有助于行业的稳健与科学发展。

通知中指出，我国近期地热能开发利用规划要以浅层地温能供暖（制冷），中深层地热能供暖及综合利用为主，远期发展中温地热发电和干热岩发电。

“这一规划的先后步骤应该是合理的。不仅符合中国地热的发展规律，也与世界先进国的地热发展史相吻合。”中国地质大学（北京）教授李克文说。

中投顾问能源行业研究员周修杰表示，地方政府在规划开发时遵循“先易后难”、“分层开发”的原则，以期能够避免盲目开发、过度投资影响行业正常发展。

记者在采访过程中发现，资源勘探被“卡”、技术人员缺乏等是阻碍中国地热能发展的主要问题。同时记者了解到，以国家为主体先进行地热资源勘探开发再吸引民资投资，是其他国家推动地热能的一种成熟商业模式。要推动中国地热能的发展，必须重视并积极引

入民间资本。

西藏地热（发电）工程研究中心秘书长吴方之说：“如果完全由抗风险能力差的民企企业承担地热勘探的风险，将削弱民资进入的积极性，显然不利于地热能产业的发展。”他建议，国家应当加大勘探和科研力度，相关部门应主动承担勘探的风险。在人才培养方面，他也感慨道：“我算是第一代研究地热的，现在国内第二代、第三代研究的人员都比较少，也很难获得国家的研究项目，导致经费和人才都很缺乏，这非常不利于中国地热能的发展。”

“资源勘探的困难、技术人才缺乏以及政府支持力度不够等这些问题，我认为随着新规划

出台有望在一定程度上得到缓解。但是，人才的问题并非一日之功。”中国地质大学（北京）教授李克文说。

选自 _《中国科学报》



单井循环换热地能采集井 水质监测报告

作者：王建厅 常银环

恒有源科技发展集团有限公司

摘要：恒有源科技发展集团经过 14 年来对单井循环地能采集井的出、回水的水质进行监测，取得了大量的数据，为正确评价单井循环地能采集井的技术安全性提供了翔实的数据。由海淀区水务局组织的专家评审确认单井循环换热地能采集井的技术优势和今后继续长期监测的必要性。

关键词：单井循环换热地能采集井 地下水水质监测

1、引言

恒有源科技发展集团在进行浅层地能开发利用的同时，非常重视对地下水水质的保护，为了保证单井循环（即单井抽灌）换热地能采集系统不对地下水体质量造成影响，自浅层地能开发初期，就实施了对地下水水质进行长期跟踪监测的方案。

自 2001 年开始，将 1999 年开始投入运行的“四博连某工程”和 2001 年开始投入运行的“西郊某工程”定为长期水质监测定点工程。从 2001 年 6 月至今常年委托北京市水环境监测中心对单井循环地能采集系统井水出水、回水进行检测。在 2003 年至 2006 年期间又委托北京市疾病预防控制中心对单井循环地能采集系统井水出水、回水进行定期检测。北京市水环境监测中心对两项工程的监测频率由初期的重点指标连续监测到 2004 年调整为全项指标定期监测。到目前为止北京市水环境监测中心对定点工程采集系统制冷、供暖期的井水连续跟踪监测已达 14 年。14 年间

表 1 水质监测成果汇总表

监测单位	监测年份	监测次数 (次)	监测指标 (项)	积累数据 (组)	出据监测报告 (份)
北京市水环境监测中心	2001 年 6 月— 2003 年 7 月	129	230	1218	65
	2004 年 7 月— 2014 年 6 月	164	1308	4870	82
合计		293	1538	6088	147
北京市疾病预防控制中心	2003 年 6 月— 9 月	36	120	348	9
	2004 年 6 月— 2006 年 3 月	32	8	64	8
合计		68	128	412	17
合计		361	1666	6500	164

注：14 年间的检测成果，分两个阶段统计，第一阶段（2001 年至 2003 年）为监测初期，监测频率为 1 次/周和 1 次/月；第二阶段（2004 年至今）为定期监测，监测频率为 4 次/年。

获得检测报告 164 份，累积了近 7000 组检测数据。详见表 1。

2、水质监测示例

(1) 水质评价依据、方法及检测指标：

水质评价依据国家地下水质量标准 GB/T14848—1993；水质评价方法采用单指数评价方法；水质检测指标：

感官性和物理性指标：水温、色度、臭和味、肉眼可见物、浑浊度、PH 值、电导率、溶解性总固体。

金属化合物指标：总硬度（钙镁总量）、铜、铅、锌、镉、铁、锰、砷、总汞、六价铬。

非金属无机物指标：硫酸盐、氯化物、氟化物、硝酸盐氮、氨氮、亚硝酸盐氮、氰化物。

有机物指标：挥发酚类、六六六、滴滴涕。

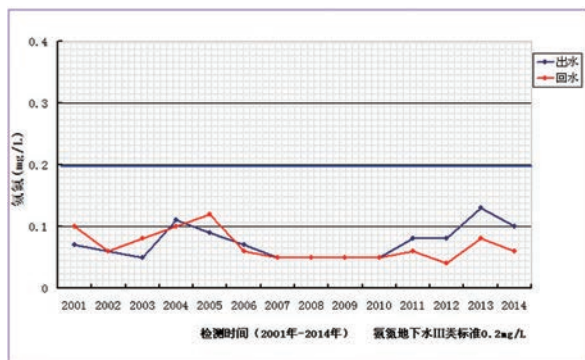
微生物指标：细菌总数、大肠菌群、耐热大肠菌群。

(2) 水质监测成果分析

自 2001 年至 2014 年对该工程井点的水质监

测，各项水质监测指标均无明显变化。下面以氨氮指标历年水质监测结果数据曲线为例。

图1 氨氮水质监测结果曲线



由氨氮水质监测结果曲线看出，历年水质无明显变化，出水、回水水质监测结果基本一致，该工程经过十多年的运行，水质指标仍符合地下水质量Ⅲ类标准。

3、阶段评价及专家评审意见

自2001年至今，由海淀区水务局组织专家召开过三次“单井抽灌技术水资源保护成果”评审会议，评审内容包括“单井抽灌”对水资源量和水质的保护效果，并形成专家评审意见；北京市水环境监测中心对检测数据进行阶段分析评价，对“单井抽灌”水质分析评价有过两份分析评价报告；北京市疾病预防控制中心对检测结果有过一次评价结论；北京市水环境监测中心和北京市疾病预防控制中心分别做的水质评价报告，均做为专家评审会议的重要内容。

2001年9月9日由海淀区水务局组织市科委、水务局、环保局和国土局等方面的专家对单井循环技术进行评审，结果表明：单井循环技术很好地解决了移砂、地面不均匀沉降和水量损失等问题，较传统地下水源热泵技术有突出优点；提出应延长监测时间，以全面考察该项技术在冷热运

行周期、不同季节对地下水质的影响。

2003年8月21日海淀区水务局再次组织专家论证，专家认为该项技术确实较好的解决了移砂、地面不均匀沉降和水量损失等问题，不破坏地下水的自然分布，较传统地下水源热泵技术有突出优点；北京市水环境监测中心的分析评价报告表明，水体质量各项指标在出水和回灌水中除水温外，均没有明显变化，单井抽灌未对地下水质量造成影响；北京市疾病预防控制中心对水体卫生指标进行了监测，评价结论表明未对地下水卫生指标造成影响。

2005年7月15日海淀区水务局第三次组织专家对单井循环技术进行评价，专家认定：单井抽灌能量采集技术是以水为介质的密闭循环的热量采集装置，是土壤源热泵的一种，运行过程中没有水资源的消耗，对区域地下水状态和地质结构无影响；北京市水环境监测中心的分析评价报告仍表明，除出水、回水水温随运行工况周期变化以外，各项水质指标无明显变化，对地下水水质没有影响。

4、结语

单井循环换热地能采集系统即“单井抽灌技术”被专家充分肯定，并高度评价其较传统地下水源热泵技术有突出优点，运行过程中不破坏地下水的自然分布，没有水资源的消耗。

经过对定点工程长期的水质监测，和对历年监测数据的分析评价，结果表明水质各项指标均无明显变化。充分证实单井循环换热地能采集系统对地下水水质未造成影响。

依照有关专家的意见，定点工程地下水质的监测仍在持续，延长监测数据系列，摸清各水质指标的变化规律，积累大量的数据，为单井循环换热地能采集系统的研发和推广提供科学、准确的水质信息。

国务院法制办发文公开征求 《大气污染防治法（草案）》意见

为防治大气污染，保护和改善环境空气质量，保障公众健康，促进经济社会可持续发展，环境保护部起草了《中华人民共和国大气污染防治法（修订草案送审稿）》，报请国务院审议。国务院法制办公室经征求有关方面的意见，修改形成了《中华人民共和国大气污染防治法（修订草案征求意见稿）》（以下简称征求意见稿）。为进一步增强立法的公开性和透明度，提高立法质量，现将征求意见稿及说明全文公布，征求意见。有关单位和各界人士可以在2014年10月8日前，通过以下三种方式提出意见：

- 一、登录中国政府法制信息网（网址：<http://www.chinalaw.gov.cn>），通过网站首页左侧的《法规规章草案意见征集系统》，对征求意见稿提出意见。
- 二、通过信函方式将意见寄至：北京市2067信箱（邮政编码：100035），请在信封上注明“大气污染防治法征求意见”字样。
- 三、通过电子邮件方式将意见发送至：dqf@chinalaw.gov.cn。

国务院法制办公室
2014年9月9日

附件：

关于《中华人民共和国大气污染防治法（修订草案征求意见稿）》的说明

为防治大气污染，保护和改善环境空气质量，保障公众健康，促进经济社会可持续发展，环境保护部起草了《中华人民共和国大气污染防治法（修订草案送审稿）》，报请国务院审议。国务院法制办公室在征求各方面意见的基础上，会同环境保护部反复研究、修改，形成了《中华人民共和国大气污染防治法（修订草案征求意见稿）》（以下简称征求意见稿）。征求意见稿共8章102条。现将有关情况说明如下：

一、关于总体思路和原则

征求意见稿立足于我国当前大气污染防治的实际情况和经济技术条件，以新修订的环境保护法为依据，全面落实《大气污染防治行动计划》提出的各项制度措施，主要遵循4条原则：一是源头治理，协同管控。坚持规划先行、明确标准，强化对建设项目的环保要求和对排污单位的排放管理，加强大气污染的源头管控；从单一污染物控制向多污染物协同控制转变，从大气污染治理的属地管理向区域联防联控转变。二是综合施策，突出重点。综合采用经济、法律、技术和必要的行政手段防治大气污染，并结合当前实

际，突出燃煤、机动车、扬尘等重点领域以及重点区域的大气污染防治。三是强化责任，从严管理。强化政府和企业的环保责任，明确公民的环保义务。同时，严格法律责任，加大对污染违法行为的处罚力度，提高违法成本，使排污者不敢违法。四是立足当前，着眼长远。积极回应社会关切，针对当前雾霾等重污染天气频发的形势，建立重污染天气预警和应对机制。同时，通过法治方式引导能源结构和产业结构调整，提高产品质量，淘汰落后工艺、设备，建立健全大气污染防治的长效机制。

二、主要内容

（一）明确政府的环保责任。规定县级以上人民政府将大气污染防治工作纳入国民经济和社会发展规划，加大财政投入，地方各级人民政府对本行政区域的环境空气质量负责，实行以环境空气质量改善为核心的大气环境保护目标责任制。对地方各级人民政府、有关部门及其负责人完成大气环境保护目标的情况进行考核，考核结果向社会公开。（第三条、第四条）

（二）完善排放总量控制和排污许可制度。规定省级人民政府应当按照国务院的规定削减和控制本行政区域的重点大气污染物排放总量，并将重点大气污染物排放总量控制指标分解落实到市、县，再由市、县人民政府分解落实到排污单位。排污单位要同时执行国家和地方污染物排放标准和重点污染物排放总量控制要求。对超过排放总量控制指标的地区，暂停新增重点污染物排放总量的建设项目环境影响评价文件的审批。同时，明确排污许可证发放的范围、要求及发证机关。新的排污许可证制度在整合现有排污申报制度的基础上，将环境影响评价、“三同时”、总量控制、达标排放等一系列制度衔接起来。（第十四条、第十五条）

（三）加强重点领域大气污染防治。针对燃煤、机动车、工业、扬尘等重点领域进一步强化防治措施，如燃煤大气污染防治方面，增加了煤炭消费总量控制、绿色电力调度等内容；机动车船污染防治方面，增加了鼓励发展公共交通、新生产机动车排放达标评估、油品质量监管、环保召回等制度，并授权县级以上地方人民政府划定高污染车辆禁行区。同时，增加了工业大气污染防治和扬尘污染防治两节。（第四章）

（四）突出重点区域大气污染防治。增加重点区域大气污染防治一章，经国务院批准划定的大气污染防治重点区域，要统一规划、统一标准；明确协同控制目标，提出重点防治任务和措施；进一步提高重点区域的环保标准；实行煤炭消费的等量或者减量替代；在规划环评会商、联动执法、信息共享等方面建立起区域协作机制。（第五章）

（五）建立重污染天气监测预警体系。增加重污染天气应对一章，可能发生严重雾霾等重污染天气时，省级人民政府应当根据本级环境保护主管部门与气象部门的会商结果，确定预警等级并适时发出预警。县级以上地方人民政府依据重污染天气预警，及时启动应急响应，采取责令相关企业停产限产、限制部分机动车行驶等应对措施。（第六章）

（六）完善法律责任，加大处罚力度。为保证防治大气污染的各项措施得到落实，征求意见稿强化了对有关政府和部门及其工作人员的追责机制，加大对违法排污行为的处罚力度，对有关违法行为规定了没收违法所得、处以罚款、吊销许可证、责令停产整治以及责令停业、关闭等行政处罚。对受到罚款处罚、拒不改正的违法行为实行按日计罚。同时还规定了相应的民事责任和刑事责任。（第七章）

新《环境保护法》条文简述

2014年4月24日，十二届全国人大常委会第八次会议以151票赞成、3票反对、6票弃权表决通过了新修订的环境保护法。新环保法共七章七十条与现行的六章四十七条相比有了较大的变化。

这部经过“四审”的新《环境保护法》也是环境领域的“基本法”25年来的首次大修，被全国人大常委会法工委副主任信春鹰形容为“环保法的修改是针对我国现在严峻环境现实的一记重拳”。全国人大常委会委员长张德江在常委会闭幕会上特意指出，这也是常委会史上收集到来自委员的修改意见最多的一部法律。

新环保法以下几方面进行了突出修订：

一、立法理念的突破和责任主体的明确

1、新环保法第一条立法目的里增加了“推进生态文明建设，促进经济社会可持续发展”的规定，并在第七条进一步明确“国家支持环境保护科学技术的研究、开发和应用，鼓励环境保护产业发展，促进环境保护信息化建设，提高环境保护科学技术水平。”；

2、新环保法第四条新增了“保护环境是国家的基本国策”的同时明确了“国家采取有利于节约和循环利用资源、保护和改善环境、促进人与自然和谐的经济、技术政策和措施，使经济社会发展与环境保护相协调。”

3、新环保法第六条规定：“一切单位和个人都有保护环境的义务，地方各级人民政府应当对本行政区域的环境质量负责。企业事业

单位和其他生产经营者应当防止、减少环境污染和生态破坏，对所造成的损害依法承担责任。公民应当增强环保意识，采取低碳、节俭的生活方式，自觉履行环境保护的义务”。

二、突出强调政府监督管理责任明确突发环境事件的应急措施

1、新环保法第24条规定，“县级以上人民政府环境保护主管部门及其委托的环境监察机构和其他负有环境保护监督管理职责的部门，有权对排放污染物的企业事业单位和其他生产经营者进行现场检查。被检查者应当如实反映情况，提供必要的资料。实施现场检查的部门、机构及其工作人员应当为被检查者保守商业秘密。”

2、新环保法第47条规定，各级人民政府及其有关部门和企业事业单位，应当依照《中华人民共和国突发事件应对法》的规定，做好突发环境事件的风险控制、应急准备、应急处置和事后恢复等工作。县级以上人民政府应当建立环境污染公共监测预警机制，组织制定预警方案；环境受到污染，可能影响公众健康和环境安全时，依法及时公布预警信息，启动应急措施。企业事业单位应当按照国家有关规定制定突发环境事件应急预案，报环境保护主管部门和有关部门备案。在发生或者可能发生突发环境事件时，企业事业单位应当立即采取措施处理，及时通报可能受到危害的单位和居民，并向环境保护主管部门和有关部门报告。突发环境事件应急处置工作结束后，有关人民政府应当立即组织评估事件造成的环境

影响和损失，并及时将评估结果向社会公布。

三、借鉴了公益诉讼的国际惯例，对违法者处罚严苛且无上限：

1、新环保法第 58 条规定：“对污染环境、破坏生态，损害社会公共利益的行为，符合下列条件的社会组织可以向人民法院提起诉讼：

（一）依法在设区的市级以上人民政府民政部门登记；

（二）专门从事环境保护公益活动连续五年以上且无违法记录。

符合前款规定的社会组织向人民法院提起诉讼，人民法院应当依法受理。

提起诉讼的社会组织不得通过诉讼牟取经济利益。”

2、新环保法 59 条规定，“企业事业单位和其他生产经营者违法排放污染物，受到罚款处罚，被责令改正，拒不改正的，依法作出处罚决定的行政机关可以自责令改正之日的次日起，按照原处罚数额按日连续处罚。

前款规定的罚款处罚，依照有关法律法规按照防治污染设施的运行成本、违法行为造成的直接损失或者违法所得等因素确定的规定执行。

地方性法规可以根据环境保护的实际需要，

增加第一款规定的按日连续处罚的违法行为的种类。”

四、延长损害赔偿诉讼时效，增加环评机构的连带责任：

1、新环保法第 66 条规定，“提起环境损害赔偿诉讼的时效期间为三年，从当事人知道或者应当知道其受到损害时起计算。”这比一般民事诉讼时效期间提高了一年。

2、新环保法第 65 条明确规定，“环境影响评价机构、环境监测机构以及从事环境监测设备和防治污染设施维护、运营的机构，在有关环境服务活动中弄虚作假，对造成的环境污染和生态破坏负有责任的，除依照有关法律法规规定予以处罚外，还应当与造成环境污染和生态破坏的其他责任者承担连带责任。”

目前我国环境保护方面的法律有 30 多部，行政法规有 90 多不，新的环保法被定位为环境领域的基础性、综合性法律，与现行环境保护方面法律法规条例相冲突的，以新环保法为准，新环保法未提及的部分按原条例执行。被誉为“史上最严格”的新修订的《中华人民共和国环境保护法》将于 2015 年 1 月 1 日起正式施行。

(恒有源集团法务中心整理)



浅说地下温度场的监测

作者：孙骥 恒有源科技发展集团 总工程师

我们常说“地下一定深度对应一定温度”，说的就是地下各点与温度的对应关系。为了科学地描述地下的这种特性，我们可以引入温度场的概念。图 1 是某地冬季浅层地下温度场的情况。

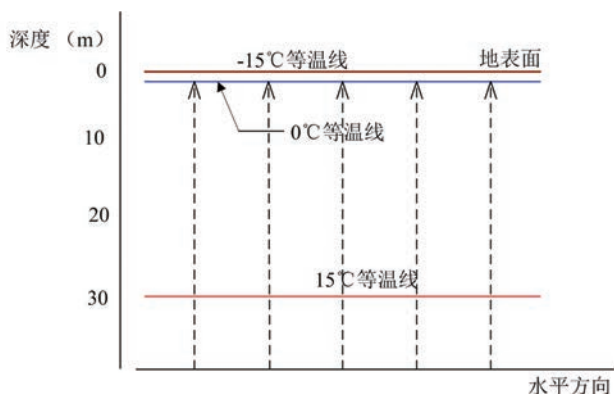


图 1 自然状态下的地下温度场

将地下温度场里温度相同的点连接起来我们就得到了“等温线”，等温线上的各点温度是相同的。地面上各点的温度都等于大气的温度，例如是 -15°C。因此地表面构成了一条 -15°C 的等温线。

如果我们向地下掘进，发现越深的地方温度越高，当深度达到 1 米时，温度可达 0°C；深度到 30 米时，温度可达 15°C。于是我们又得到了地下 0°C 和 15°C 的等温线，以此类推。假如地下的土壤砂石是均匀的，各方向的物理特性相同，那么对应上述温度的等温线都是水平的，如图 1 中的实线。图 1 中的虚线是与等温线垂直的另一组线，它表明了热量流动的方向。

设想我们把一个取热装置埋在地下一定深度，通过取热装置不断地从地下获取热量。在取热过程中，取热装置的表面温度始终不变且低于周围

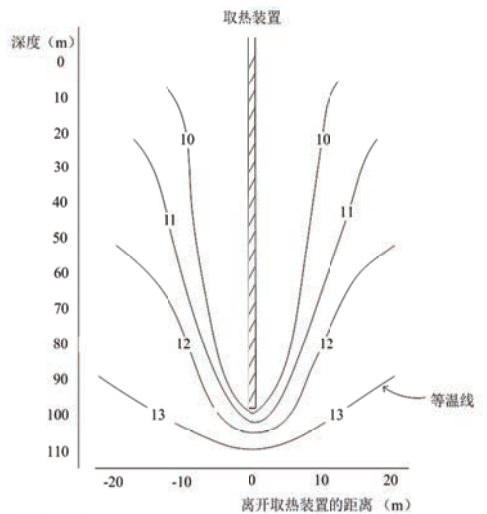


图 2 取热装置周围的温度场

土壤砂石的温度。取热装置改变了地下温度场，如图 2。等温线不再是水平的了。在靠近取热装置的地方，等温线与取热装置的外形相近；在远离取热装置的地方，等温线又接近水平。

监测取热装置周围地下温度场的变化对正确设计取热装置和确定取热装置的间距是很重要的。

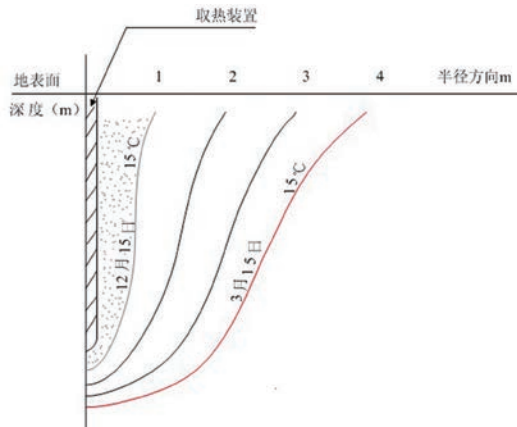


图 3 15°C等温线变化图

图3是某取热装置周围的某一温度（例如15℃）的等温线随时间变化图。在取热装置工作之前，地下各点的温度都是15℃。取热装置从11月15日开始运行以后，靠近它的区域温度会降低，形成了热影响区。图3的阴影区域就是在12月15日测得的热影响区。随着供热时间增长，上述热影响区会逐渐扩大。

热影响区的大小和形状与地质条件有关，也与取热装置的工作方式和运行方式有关。

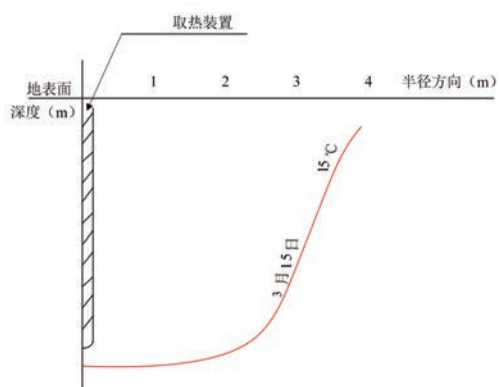


图4 单井循环的热影响区图

图4是恒有源科技发展集团有限公司某单井循环换热地能采集装置的热影响区图。由于单井换热以地下水为介质进行换热，换热介质直接浸润地下的泥土，井内外的换热强度较大，使得热影响区底部较平坦，形成近似“水桶”的形状。

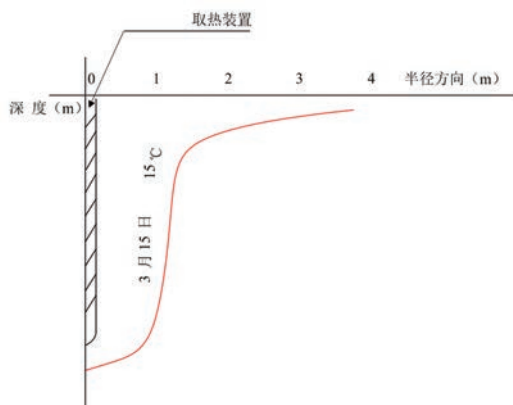


图5 “地能热宝”的热影响区图

恒有源集团最近推出了一种叫“地能热宝”的产品，它的取热装置是全封闭的，与岩土体的换热只靠取热装置表面的传热，系统是间断工作的，图5是该装置的热影响区图。我们看到，与单井循环相比，“地能热宝”的热影响区是靠近取热装置的“水瓶”状。

根据热影响区的形状和区内的温度分布不仅可以较准确地计算取热装置的供热量，还可以帮助我们科学地确定取热装置的间距。

两个取热装置如果距离太近，同时工作时会互相影响，使取热装置周围的温度太低，取热效率下降。相反地，假如设计取热装置的距离太大，又会占用过多的土地，使得技术经济性下降。所以，正确地确定取热装置之间的距离很必要。

在没有进行地下温度场监测的情况下，我们只能凭经验值估算热影响区的大小，在设计时避免两个热影响区重叠。有了地下温度场监测的数据，我们就可以更准确地确定它。

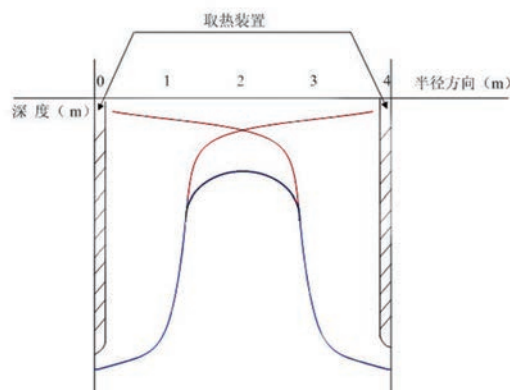


图6 两个取热装置同时工作的地下温度场示意图

图6是两个“地能热宝”同时工作的热影响区图，我们看到，虽然一个取热装置已经进入了另一个取热装置的热影响区内，但由于“地能热宝”的热影响区的特殊的形状，即使它们的热影响区相互重叠，在两上取热装置共同作用的地方，温度仍然比较高。据此，我们可以确定，对于“地能热宝”的取热装置，间距可以为2-3m。

征稿启事

CONTRIBUTIONS WANTED

《中国地能》是由中国地能出版社主办，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，双语双月刊。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、使用者、大众提供交流空间；推广浅层地能利用经验，展示应用实例。

当前中国空气质量恶劣，雾霾严重，国家及地方政府大力支持节能减排事业及可再生能源事业的发展。在此背景下，期刊以地能开发利用为主题，将刊物内容划分为：“**本期焦点、建言献策、发展论坛、人物专访、实用案例、能源知识、热点资讯、智者思语**”等栏目。由于期刊内容专业性、学术性较强，所以在稿件方面要求相对严格，为鼓励广大业内人士多投稿、投好稿，《中国地能》编辑部经研究确定了相关的投稿要求及稿费标准，如下：

一、稿件要求：

- 来稿内容需主题明确，论述清楚、数据可靠、联系实际。
- 稿件格式：电子投稿请用 word 文档格式，如若提供手稿，需字体工整、标点清楚。文章首页请标明题目、内容摘要（200—300 字左右）、关键词以及作者基本信息（姓名、职务职称、联系地址、电话、电子邮箱等）。
- 对决定采用的稿件，本刊如需更改格式、润饰文字会及时与作者沟通，如有必要，将请作者根据修改意见进行修改。
- 本刊收到来稿后，将尽快校对处理，稿件采用与否，将在 1 个月内告知作者。
- 来稿须为原创作品，反对抄袭、剽窃等一切学术不端行为。
- 稿件刊出后，即付作者样刊及稿酬。

二、稿酬标准：300—500 元 / 千字

三、截稿时间：每月 15 日

四、联系投稿：

《中国地能》编辑部

姜梦莹 010-62599774

投稿邮箱：journal@cgsenergy.com.hk

中國地能
CHINA GROUND SOURCE ENERGY

北京中科华誉能源技术发展有限责任公司（简称“华誉能源”）是在北京中关村科技园注册的高新技术企业，从公司创始人—清华大学徐秉业教授研制出我国水源热泵开始，以地源热泵为核心技术，以能源服务为发展方向，开创国内运营服务新模式，全方位满足用户冷暖需求，立志打造“中国绿色能源服务领先品牌”。

为客户节约能源 为地球减少排放

为保护环境的美好与和谐而努力奉献

高效
节能

维护
方便

智能
控制

适应
性强

静音
设计

多重保
护措施



商用涡旋式水源热泵机组DF系列

- 采用专为水源热泵工况设计的高效全封闭涡旋式压缩机，能效比高；
- 单机制冷量大，机组单机容量能够达到1400KW；多制冷回路，多压机并联设计，机组具有很强的负荷调节能力，机组效率高；
- 采用华誉能源专利技术，解决多压缩机并联的回油、回气不平衡共振等技术问题；
- 超低噪音技术，整个机组噪音低于75分贝；
- 安全可靠，免维护，寿命长。



地能熱寶

代替傳統燃燒方式供熱

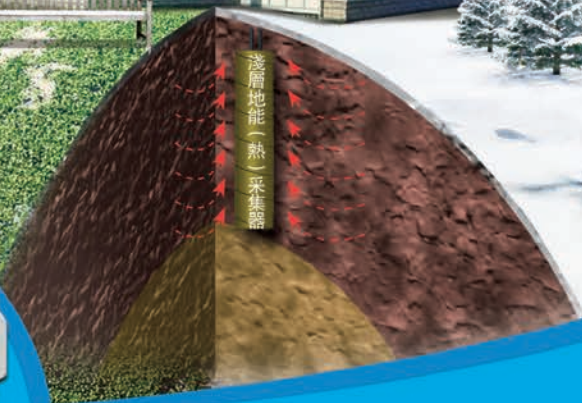
帶給農家的

福音

- ✔ 地能熱冷一體化新產品
- ✔ 運行費用低、零排放、無污染
- ✔ 家用空調的操作方式
- ✔ 鍋爐的供熱效果

2014

誠招區域代理商



恒有源科技發展集團
地能熱寶事業部

地址：北京市海澱區杏石口路 102 號
郵編：100093
電話：010-62592988 400-666-6168
傳真：010-62593653
電郵：dnrb@hyy.com.cn



掃描二維碼
獲取更多地能知識



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