



ISSN:2309845 7

2016 年 4 月

第 13 期

双月刊

中國地能

CHINA GROUND SOURCE ENERGY



水的粘度对同井回灌水源
热泵的物理场影响探讨 P06

第十届中国新能源国际高峰论坛在京召开 P54
地能无燃烧为建筑物智慧供暖成为重要议题

地热尾水梯级应用热泵系统在
辛集住宅供暖项目中的应用 P60

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

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



浅层地能热恒有

Perpetual Heat from Shallow Ground Energy

循环利用暖无忧

Unfailing Warmth with Cyclic Utilization



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能产业集团有限公司（香港上市号 8128.HK，简称中国地能）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 the China Ground Source Energy Industry Group Ltd. (HKEx: 08128, China Ground Energy) 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.

中國地能

CHINA GROUND SOURCE ENERGY

《中国地能》编委会

China Ground Source Energy Editorial Committee

主任

王秉忱

副主任

柴晓钟 吴德绳 孙 骥

委员

沈梦培 程 韧 李继江 庞忠和 郑克棧

徐 伟 武 强 张 军 黄学勤 李宁波

许文发 朱家玲 马最良

Director

WANG Bingchen

Deputy Director

CHAI Xiaozhong, WU Desheng, SUN Ji

Committee Member

SHEN MengPei, CHENG Ren, LI Jijiang, PANG Zhonghe, ZHENG Keyan

XU Wei, WU Qiang, ZHANG Jun, HUANG Xueqin, LI Ningbo

XU Wenfa, ZHU Jialing, MA Zuiliang

《中国地能》杂志社

China Ground Source Energy Magazine

社长

徐生恒

总法律顾问

邢文鑫

总 编

孙 伟

出版顾问

王进友

编 辑

胡 铭 李 雪

特约记者

李 晶

设计制作

北科视觉设计中心

President

XU Shengheng

General Counsel

XING Wenxin

Editor-in-Chief

SUN Wei

Publish Consultant

WANG Jinyou

Editor

Matthew Hu, Tiffany Lee

Special Correspondent

Li Jing

Art Editor

SCIENCE TECHNOLOGY LIFE

主 办

中国地能出版社有限公司

地址

香港中环皇后大道中 99 号中环中心 37 楼 3709-10 室

Sponsor

China Ground Source 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

胡 铭 黄礼玉

广告部

胡 铭 李 雪

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

Matthew Hu, Coniah Wong

Advertising Department

Matthew Hu, Tiffany Lee

Address, Telephone

Address: No.102, Xingshikou Road, Haidian District, Beijing +8610-62592988

目录

CONTENTS



本期焦点

CURRENT FOCUS

水的粘度对同井回灌水源热泵 的物理场影响探讨

P06

本文以单井循环换热地能采集井为例探讨了同井回灌水源热泵含水层水的粘度系数对物理场的影响, 有关物理场包括温度场、水动力场(水流速度和水头)。研究结果对于深入研究同井回灌水源热泵、提高同井回灌水源热泵的利用效率具有重要理论和实践意义, 其方法对于研究因素的影响亦具有参考价值。

Investigation of Influence of Water Viscosity on Physical Field of Water Source Heat Pump with Pumping and Recharging in Same Well **P12**

中国地能“十三五”发展目标浅析 **P21**

P24 | Brief Analysis on China Ground Source Energy Development Goal of 13th Five- year Plan

P30

SPECIAL REPORT

特邀报导

能源结构调整引向深入, 新能源占比仍待增加 **P30**

P33

Deepening Adjustment of Energy Structure with Proportion of New Energy to Be Increased

P38

DEVELOPMENT FORUM

发展论坛

取之不尽的地热资源 **P38**

地球内部的清洁能源: 我国地热能开发利用情况 **P40**

浅层地热资源开发利用模式探讨 **P42**

农村推广浅层地能技术供冷暖前景分析 **P46**

P50

POLICY ADVICES

建言献策

浅层地能资源可持续开发利用的几点建议

P50

P54

HOTSPOT INFO

热点资讯

第十届中国新能源国际高峰论坛在京召开
地能无燃烧为建筑物智慧供暖成为重要议题

P54

“十三五”地热能开发利用规划课题启动

P56

地热资源开发亟待政策扶持

P57

京津冀正形成我国最大的“地热城市群”之一

P58

长沙浅层地能资源调查与评价

P59

P60

PROJECT SHOWCASE

实用案例

地热尾水梯级应用热泵系统在辛集住宅供暖项目中的应用

P60

P62

KNOWLEDGE SHARING

能源科普

干热岩地热：巨大的潜在能源资源

P62

封面 / 目录图片 摄影：孙伟

中國地能
CHINA GROUND SOURCE ENERGY

2016 年 4 月
第 13 期
双月刊

水的粘度对同井回灌水源热泵的物理场影响探讨

INVESTIGATION OF INFLUENCE OF WATER VISCOSITY ON PHYSICAL FIELD OF WATER SOURCE HEAT PUMP WITH PUMPING AND RECHARGING IN SAME WELL

作者：武强 孙海洲 曾一凡 刘守强（中国矿业大学（北京）地球科学与测绘工程学院）
周涛 王重亮（河北省保定维民建筑设计院有限公司）
孙骥（恒有源科技发展集团有限公司）

本文以单井循环换热地能采集井为例探讨了同井回灌水源热泵含水层水的粘度系数对物理场的影响，有关物理场包括温度场、水动力场（水流速度和水头）。研究结果对于深入研究同井回灌水源热泵、提高同井回灌水源热泵的利用效率具有重要理论和实践意义，其方法对于研究因素的影响亦具有参考价值。

煤炭等化石能源大规模利用导致的温室效应、环境污染等一系列问题对人类可持续发展提出了严峻挑战，也使得开发绿色无污染的新能源提上重要日程。浅层地热资源作为一种廉价可再生能源具有广阔的应用前景，利用方式主要是采用地源热泵技术，利用较少的高品位能源电能把浅层岩土体中的低品位能源地热能加以利用。具体过程是，冬季制冷剂在循环管路中通过压缩机的压缩后，在管路中冷凝，之后通过蒸发器的蒸发吸收浅层岩土体中的热量，提供热量加以利用；夏季循环方向则相反^[1]。

地源热泵主要有土壤源热泵、水源热泵、同井抽灌热泵。单井循环换热地能采集井属于同井抽灌类型，它是我国独立开发的具有完全自主知识产权的地能采集技术，由恒有源科技公司开发成功。它采取了多项自主开发的专利技术使得能效高出传统地源热泵几十倍，实现了地下水的同质、同层完全回灌技术^[2]。

含水层中的水的粘度系数是影响同井回灌水源热泵的重要因素。地下水中广泛存在胶体，水的温度有时发生变化，以及油质液体混入地下水等因素都会使水的粘度系数发生明显变化。准确

分析水的粘度对其物理场的影响,对于研究同井回灌水源热泵具有重要意义。本文以单井循环换热地能采集井为例分析了水的粘度系数变化对同井回灌水源热泵物理场影响,计算结果包括温度场、水动力场、水头场。对于提高同井回灌水源热泵运行率,进一步研究有关因素及井的结构对同井回灌水源热泵的影响都具有重要意义。

1 同井回灌水源热泵原理与模型

目前国内外对同井回灌水源热泵理论分析及模拟较成果相对少,多是对实际工程的温度等参数进行实际测量得出变化规律,或对实际模型进行一些假设后取得近似结果。本文以单井循环换热地能采集井为例建立了同井回灌水源热泵系统的水文地质模型和数学模型,为实际工程分析奠定坚实的理论基础。

1.1 运行原理及水文地质模型

本文的研究对象单井循环换热地能采集井是我国原创性的具有自主知识产权的新型浅层地能换热井,其核心组成部分是上段的回灌井和下段抽水井,井管的抽水段与回水段之间为绝热阻水隔断。一定温度的水和热量在单井循环换热地能采集井中的水热交换物理过程为,含水层中的水经过井管上部的回水井段并壁及井外填砾流出,再渗流进入井外含水层中的土壤多孔介质。其中下半部水流方向则沿水平径向流入井管处或沿竖直方向流入抽水井,上半部水流沿井轴径向流出换热井或竖直向下流出井管最后完成水的循环流动,其水文地质模型见图1。按照井管中是否有填充蓄能颗粒分为有蓄能颗粒和无蓄能颗粒两种形式。有蓄能颗粒形式换热井中水的流态为渗流形式,无蓄能颗粒形式在的换热井井管中是自由流动水而井管外为渗流水,这使得其水动力场比有蓄能颗

粒情形复杂的多。它实现了水的同层完全回灌,具有换热效率高造价较低的优点。

在换热井工作时既有不同温度水之间的热量交换,也有不同温度固体骨架间热量交换、水和固体骨架间的热量交换、水的对流扩散传热等多种形式。总之通过水热对流、扩散进行传热、传质完成了换热井从土壤含水层中的取热过程,最后把含水层中的热量输入机房最后供用户末端装置使用。

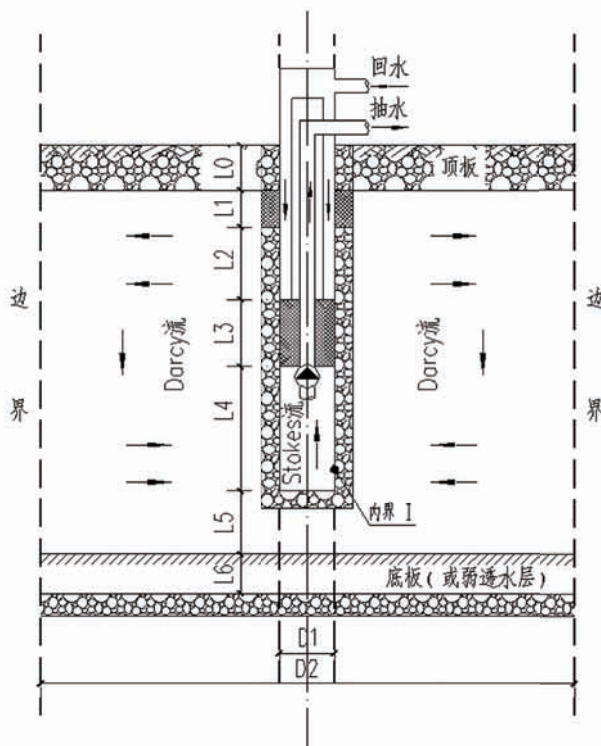


图1 单井循环换热地能采集井水文地质模型

1.2 数学模型

研究区域 Ω 为三维欧氏空间 R^3 , 无蓄能颗粒形式的流场分为抽回水井内自由流动的 Stokes 流和井外含水层多孔介质中的 Darcy 流两部分, 有蓄能颗粒形式的流场井内与井外含水层都是渗流形式的 Darcy 流。其数学模型包括偏微分方程及定解条件^[3]。

以图1为例来说明, 研究区域的偏微分方程包括流场和温度场两个表达式, 流场表达式由动量

守恒方程和质量守恒方程组成, 流场和温度场的偏微分方程采用力学中常用的张量分析法表示。Stokes 流的流场表达式 (1)、Darcy 流的流场表达式 (2) 分别如下所示

区域 Ω 内的温度场 (能量) 方程表达式如下

$$u_{i,t} = \frac{\mu}{k} u_i + f_i - p_{i,j} \quad (1)$$

$$\begin{cases} u_{i,t} = \frac{\mu}{k} u_i + f_i - p_{i,j} & (\text{井管外多孔介质区域}) \\ u_{i,t} = \frac{\mu}{\rho} \Delta^2 u_i + u_j \cdot u_i + f_i - p_{i,j} & (\text{井管内自由流动区域}) \end{cases} \quad (2)$$

$$u_{i,j} = 0 \quad (3)$$

$$c_v(T_{,t} + u_i T_{,i}) = \lambda \Delta T + \rho q \quad (4)$$

上式 (1)~(4) 式中, u ——含水层的水流速度; t ——时间变量; $i, j=1, 2, 3$ ——三维欧式空间; μ ——水的动力粘性系数; ρ ——水的密度; k ——多孔介质的渗透率张量; f ——单位质量水受到的重力、惯性力等体积力; p ——单位质量水受到的压力; h ——含水层的水头值; C_v ——容积比热; λ ——导热系数; T ——温度; q ——热源发热强度。

其中含水层的容积比热 C_v 计算按水及固体骨架的比热加权求得, 权重为占含水层中水及固体骨架所占空间的权重。含水层的导热系数 λ 计算按水及固体骨架的导热系数加权求得, 权重为占含水层中水及固体骨架所占空间的权重。

边界条件包括初始时间条件、边界值条件、内界衔接条件等, 根据工程实际即可求得, 在此不再赘述。

2 水的粘度对同井回灌水源热泵物理场影响分析

通过含水层中水的粘度系数赋予不同数值, 分析水的粘度对同井回灌水源热泵物理场的影响效果, 说明含水层水的粘度系数是影响物理场的重要因素。有时含水层中水的粘度, 本文以单井循环换热地能采集井工程为例论证了水的粘度准确取值对于精确计算其物理场具有重要意义。

2.1 算例简介

某单井循环换热地能采集井给定的参数经过拟合后确定如

下, 抽水流量和回灌流量均为 25L/s, 含水层孔隙度为 0.25; 含水层水平方向渗透系数和竖直方向的渗透系数皆为 1.70×10^{-4} m/s; 水的密度为 998.2 kg/m³; 水的比热为 4,182J/ kg · K; 水的导热系数为 0.58w/(m · K); 顶板和底板上表面不透水; 区域外界及顶、底板温度为 288 K。换热井的数学模型是涉及多个函数的偏微分方程通常情况下没有解析解, 在工程领域多采用数值离散方法求解。采用在流体与传热学中常用的有限体积法进行数值求解得出流场和温度场结果。水的粘度分别取 0.00120 Pa · S 和 0.00125 Pa · S 两个不同值, 分别模拟计算有蓄能颗粒和无蓄能颗粒两种单井循环换热地能采集系统物理场, 得到了温度场、水平方向水流速度、竖直方向水流速度、水头等物理场等值线。为分析水的粘度对换热井的影响提供了量化材料。

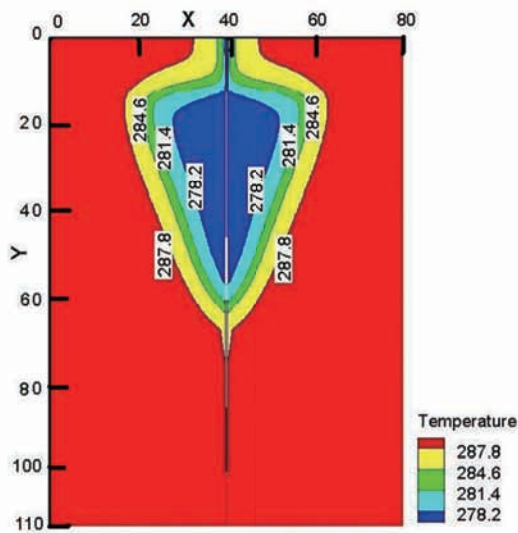
2.2 有蓄能颗粒换热井含水层物理场分析

取水的粘度值分别为 0.00120 Pa · S 和 0.00125 Pa · S 得到含水层温度场等值线、水平和竖直方向水流速度等值线图相同, 见图 2。由此可知有蓄能颗粒的单井循环换热地能采集系统的温度场受水的粘度变化的影响不大。

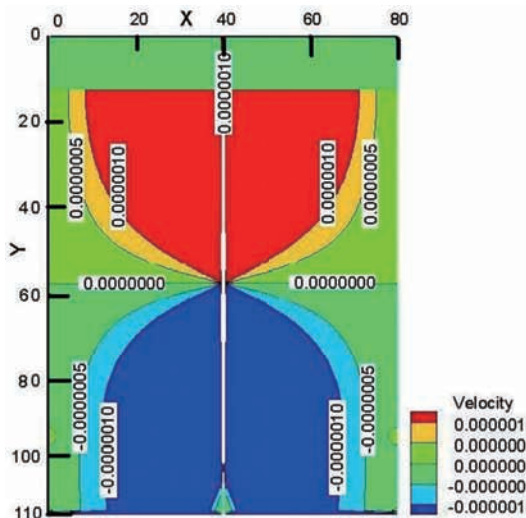
含水层温度水平径向以地能采集井为中心呈轴对称分布, 含水层距地能井水平径向距离越远温度越高, 温度大小逐渐趋于含水层的初始温度

值。含水层温度在 0-15 米深度范围随深度增加逐渐降低, 15-110 米深度范围随深度增加增加, 见图 2(a)。

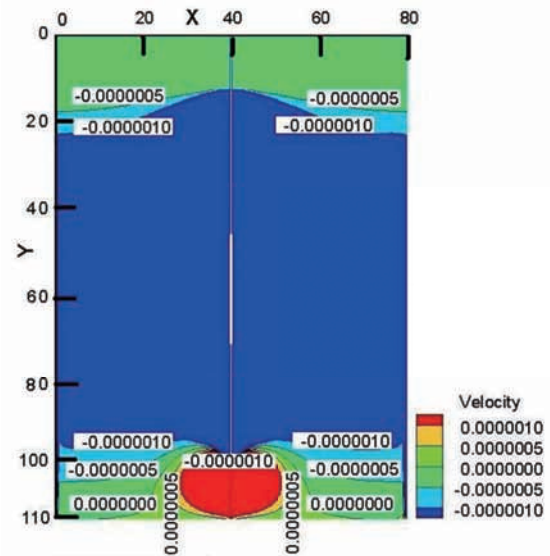
含水层水的水平径向流速以地能采集井为中心呈轴对称分布, 在 0-58 米深度范围内水流速度为正值, 表示水从井中渗流进入土壤含水层。在 58-110 米深度范围内水流速度为负值, 表示水从井中渗流进入土壤含水层。水的竖直方向流



(a) 温度等值线图 (单位: K)



(b) 水平径向水流速度等值线图 (单位: m/s)



(c) 竖直方向水流速度等值线图 (单位: m/s)

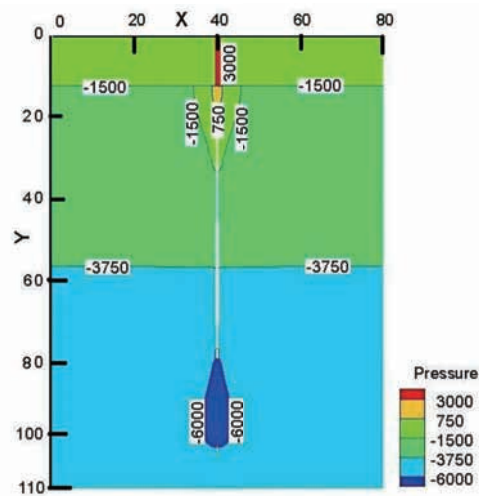
图 2 有蓄能颗粒的同井回灌水源热泵温度、速度等值线图

速以地能采集井为中心呈轴对称分布, 负值表示流速向下, 正值表示流速向上, 含水层大部分为负值, 即从上部回水段流向下部抽水管段, 见图 2(b)-(c)。

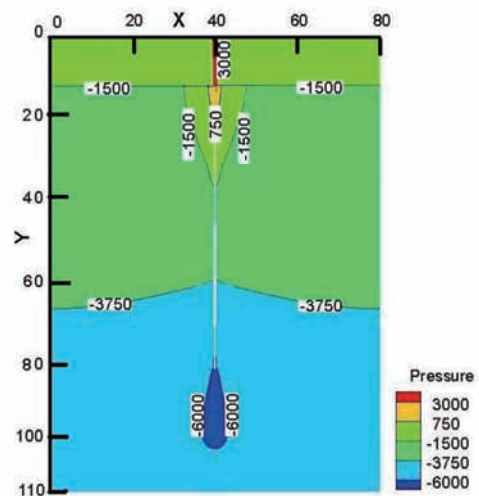
水的粘度取 $0.00120 \text{ Pa}\cdot\text{S}$ 和 $0.00125 \text{ Pa}\cdot\text{S}$ 两个不同值模拟得到的含水层水头等值线图, 本文中采用相对水头值, 即把系统为运行前含水层的静止水头值为 0, 系统运行时的水头表示相对于运行前总压头的相对值。从图 3 可以看出水平径向水头以地能采集井为轴呈对称分布, 在深度 0-30 米地能采集井附近水头为正值, 其余部分为负值, 主要由于回水段水压较高, 流速较大, 抽水段呈负压, 水在渗流循环时产生的水头损失使然。

2.3 无蓄能颗粒换热井含水层物理场分析

通过模拟计算得出无蓄能颗粒的单井循环换热地能采集系统在水的粘度为不同值时的物理场, 结果包括温度场等值线、水流速度等值线图。温度分布的对称特征与 2.2 中有蓄能颗粒情况相同。但温度场分布受水的粘度影响较大, 图



(a) 含水层水头等值线图 ($\mu=0.00120 \text{ Pa} \cdot \text{S}$)

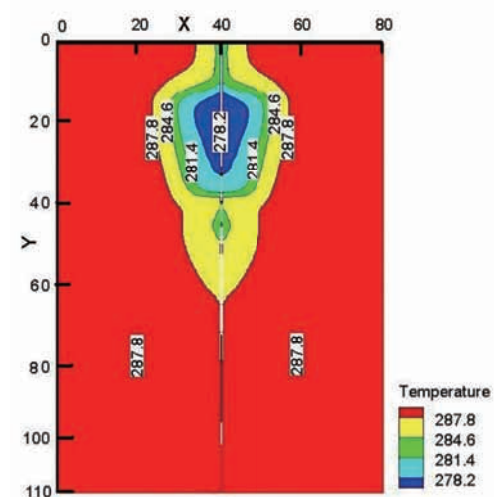


(b) 水头等值线图 ($\mu=0.00125 \text{ Pa} \cdot \text{S}$)

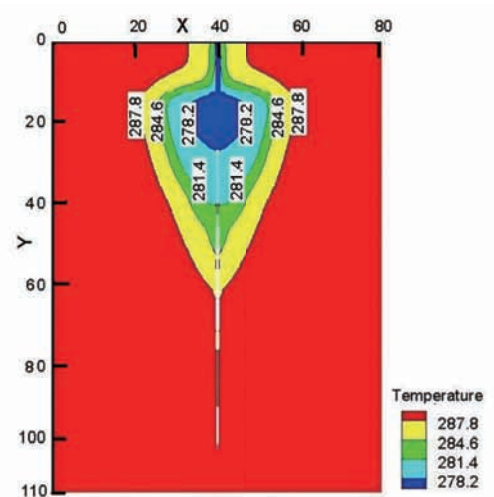
图 3 有蓄能颗粒同井回灌水源热泵水头等值线图 (单位:Pa)

4 (a) 中粘度为 $0.00120 \text{ Pa} \cdot \text{S}$ 时 287.8 K 等温线水平距离井轴 17 米, 图 4 (b) 中粘度为 $0.00125 \text{ Pa} \cdot \text{S}$ 时 287.8 K 等温线水平距离井轴 20 米。再如图 4 (a) 中 281.4 K 等温线沿深度方向达到 37 米, 而图 (b) 中沿深度达到 40 米。由此可见无蓄能颗粒的地能采集井温度场受粘度变化的影响较大。由此可见通过实验结合数值模拟可得到准确结果。

水的粘度系数为不同值时水流速度等值线图



(a) 温度等值线图 ($\mu=0.00120 \text{ Pa} \cdot \text{S}$)

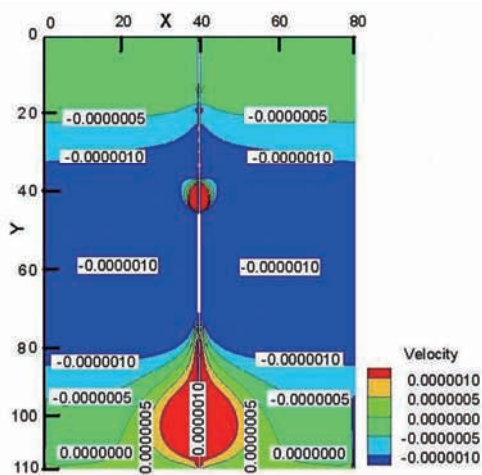


(b) 温度等值线图 ($\mu=0.00125 \text{ Pa} \cdot \text{S}$)

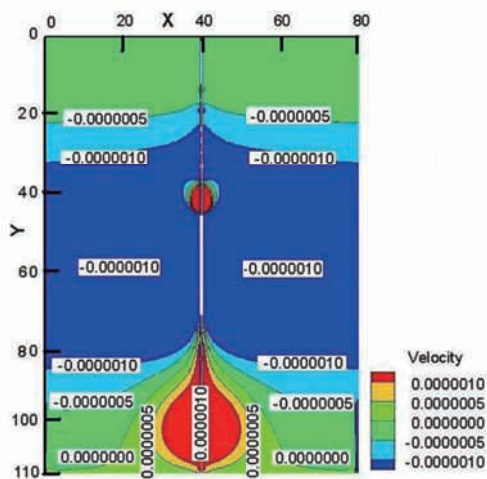
图 4 无蓄能颗粒同井回灌水源热泵温度等值线图 (单位:K)

如图 5 所示, 从图中可以看出 (a)、(b) 两图速度场水平径向都以井轴为中心呈对称分布, 粘度系数 μ 分别为 $0.00120 \text{ Pa} \cdot \text{S}$ 和 $0.00120 \text{ Pa} \cdot \text{S}$ 时竖直方向水流速度图 (a)、(b) 有差别, 且图 (b) 平均速度比图 (b) 大些。由此可见, 水的粘度系数变化时对单井循环换热地能采集井的水流速度场有一定影响。水的粘度不同时水平径向水流速度

及水头等值线图也发生变化不再赘述。



(a) 竖直方向水流速度等值线图 ($\mu=0.00120 \text{ Pa} \cdot \text{S}$)



(b) 竖直方向水流速度等值 ($\mu=0.00125 \text{ Pa} \cdot \text{S}$)

图5 无蓄能颗粒同井回灌水源热泵流速等值线图 (单位:m/s)

2.4 总结

根据以上结果可知, 水的粘度变化对同井回灌水源热泵物理场影响如下:

抽回水井中充满蓄能颗粒时, 含水层的温度场、水流速度场几乎不变, 含水层的水头分布有一定变化。

抽回水井中无蓄能颗粒时, 含水层的温度场、

水流速度场、水头场都有一定变化。由于存在井中水的自由流动区和土壤中的渗流区, 使得无蓄能颗粒换热井的物理场随水的粘度变化情况更为复杂。

充满蓄能颗粒的换热井的水头损失比无蓄能颗粒时要大。水的粘度系数变化对同井回灌水源热泵的物理场产生一系列复杂影响。

3 结论与建议

(1) 单井循环换热地能采集井作为一种有应用前景的绿色能源开发方式, 对其进行准确的定量分析尚少。本文对有蓄能颗粒和无蓄能颗粒两种情况下水的粘度对物理场的影响进行了详细分析, 其结果对于今后分析水源热泵及同井回灌热泵都具有一般意义。

(2) 含水层中水的粘度发生变化时无蓄能颗粒比有蓄能颗粒的单井循环换热地能采集井物理场带来的变化更复杂一些, 这需要对无蓄能颗粒的单井循环换热地能采集井进行更广泛的研究。

(3) 水的粘度系数可以根据经验公式取得, 也可以取算术平均值或某一定值。水的粘度系数取值要在准确确定地下水中胶体数量和种类, 水的温度的变化规律, 含水层中混入的油质液体情况等因素基础上综合确定。

(4) 同井回灌水源热泵的物理场分布不仅受水的粘度系数影响, 其他参数如水文地质参数、热物性参数及井的几何结构、地层结构等也对其物理场和换热效率具有重要影响。

参考文献:

- [1] 孙海洲, 武强, 曾一凡, 曹斌. 地源热泵及其未来发展 [J], 中国地能, 2014, 第4期: 38-43 页.
- [2] 北京市地方标准. 单井循环换热地能采集井工程技术规范 [S], 北京: 北京市技术监督局, 2011 年 12 月, 编号: DB11/T 9350-2012.
- [3] 马天. 偏微分方程理论与方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2011: 373-389 页.

Investigation of Influence of Water Viscosity on Physical Field of Water Source Heat Pump with Pumping and Recharging in Same Well

Author: Wu Qiang Sun Haizhou Zeng Yifan Liu Shouqiang(College of Geoscience and Surveying Engineering of China University of Mining and Technology (Beijing))

Zhou Tao Wang Chongliang(Hebei Baoding Weimin Architectural Design Institute Co., Ltd.)

Sun Ji (Ever Source Science & Technology Development Group Co., Ltd.)

This article investigates the influence of water viscosity in aquifer on physical field of water source heat pump with pumping and recharging in same well by taking Single-Well Heat Exchange Circulation for Ground Source Energy Collection as an example, the related physical fields include temperature field and hydrodynamic field (water velocity and water head).

The research results have important theoretical and practical significance on the further research of water source heat pump with pumping and recharging in same well and the improvement of utilization efficiency of water source heat pump with pumping and recharging in same well, the research method also has reference value for the research of influences of factors.

Introduction

A series of problems such as greenhouse effect and environmental pollution caused by large scale utilization of fossil energies such as coal have posed severe challenges to the sustainable development of human and also made the development of new energies which are green and pollution-free put on the agenda. Shallow geo-thermal sources as a type of inexpensive renewable energy sources have a wide range of application prospects and are mainly utilized by way of utilizing the low-grade geo-thermal energies in shallow rock and earth masses through the utilization of less high-grade electric energy power by adopting ground source heat pump technology. The detailed process is: in winter, the refrigerant is compressed by compressor and condensed in circulation pipeline, then, it is evaporated by evaporator and absorbs the heat in shallow rock and earth masses to provide heat to be utilized; the circulation in summer is in the reverse direction^[1].

The ground source heat pumps mainly include soil source heat pump, water source

heat pumps, heat pump with pumping and recharging in same well. Single well of geothermal energy collection with circulation heat exchange belongs to the type of heat pump with pumping and recharging in same well and is a ground source energy collection technology independently developed by our country with complete independent intellectual property rights, it was successfully developed by Ever Source Science & Technology Development Group Co., Ltd. It adopts a number of independently developed patent technologies which allow the energy efficiency to be dozens of times higher than that of traditional ground source heat pump and achieves the complete pumping and recharging technology of underground water with the same quality in the same stratum^[2].

The viscosity coefficient of water in aquifer is an important factor with influence on water source heat pump with pumping and recharging in same well. While the viscosity coefficient of water can change obviously due to the factors such as the existence of colloid in underground water, occasional change of temperature of water and mixing of oily liquid into underground water. Therefore, the correct analysis of influence of water viscosity on its physical field is significant to the research of water source heat pump with pumping and recharging in same well. This article analyzes the influences of changes of water viscosity coefficient on the physical field of water source heat pump with pumping and recharging in same well by taking the single

well of geothermal energy collection with circulation heat exchange as an example, the calculation results include temperature field, hydrodynamic field and water head field. For the improvement of operation ratio of water source heat pump with pumping and recharging in same well, the further research of influences of relevant factors and well structures on water source heat pump with pumping and recharging in same well is significant.

1 Principles and Models of Water Source Heat Pump with Pumping and Recharging in Same Well

The theoretical analyses and simulation results of water source heat pump with pumping and recharging in same well are relatively less both at home and abroad at present, and there are mostly change rules obtained by actual measurement of actual engineering parameters such as temperature or approximate results obtained by some assumptions made for actual models. This article establishes the hydro-geological model and mathematical model of water source heat pump system with pumping and recharging in same well by taking single well of geothermal energy collection with circulation heat exchange as an example to lay a solid theoretical foundation for actual engineering analysis.

1.1 Operation Principles and Hydro-geological Model

The single well of geothermal energy collection with circulation heat exchange

as the object of research of this article is a new type of heat exchange well for shallow ground source collection created originally by our country with independent intellectual property rights, its core components are the recharging well in upper section and water pumping well in lower section, the water pumping section and water recharging section of well casing are separated by heat insulation waterstop. The physical process of exchange of water and heat with a certain temperature in single well of geothermal energy collection with circulation heat exchange is: the water in aquifer flows out through the wall of upper water recharging well section of well casing and the gravels filled outside the well, and then seeps into the porous media in soils in aquifer outside the well. While in the well, the water in the upper section flows into well casing in horizontal radial direction or flows into water pumping well in vertical direction, then, the water in the upper section flows out of heat exchange well in radial direction along the well axis or flows out of the well casing in vertical downward direction to complete the final circulation flow of water, see Figure 1 for its hydro-geological model. There are two forms of well divided by the existence of energy storage grains, i.e. the well with energy storage grains and the well without energy storage grains. For the well with energy storage grains, the flow state of water in the well is in the form of seepage; for the well without energy storage grains, the water inside the heat exchange well casing

is free flow water and the water outside the well casing is seepage water, which makes its hydrodynamic field more complicated than that of well with energy storage grains. It achieves the complete pumping and recharging of water in the same stratum and has the advantages of high heat exchange efficiency and low cost.

When the heat exchange well is working, in addition to the heat exchange between water with different temperatures, there are also heat exchange between solid frames with different temperatures, heat exchange between water and solid frame, heat transfer by convection and diffusion of water and other forms. In summary, the process of heat removal from soil aquifer is completed through heat transfer and mass transfer by way of water and heat convection and diffusion to finally transmit the heat in aquifer to machine room for the use by end devices of users.

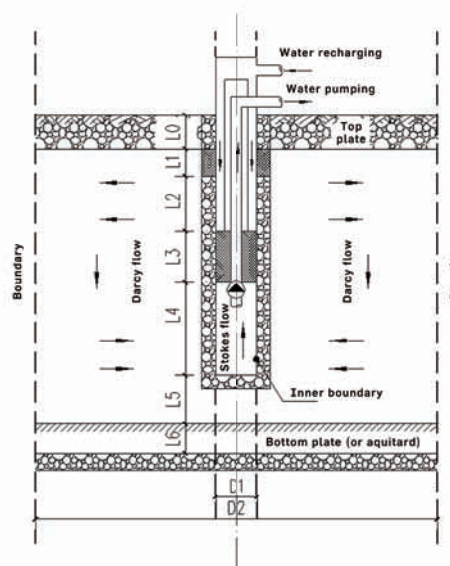


Fig.1 Hydrogeologic model of SWGECHE

1.2 Mathematical Model

The survey region Ω is three-dimensional Euclidean space R^3 . The flow fields without energy storage grains are divided into two parts: free-flowing Stokes flow in pumping wells and Darcy flow in aquifer porous media outside wells. The aquifer inside and outside flow field wells with energy storage grains is Darcy flow of seepage form, and its mathematical model includes partial differential equation and definite condition^[3].

Take Fig. 1 as an example, the partial differential equation in the study region includes flow field and temperature field expressions. The expression of the flow field is composed of momentum and mass conservation equations, and the partial differential equation of the flow field and the temperature field is expressed in the tensor analysis method commonly used in mechanics. The flow field expression (1) of Stokes flow and the flow field expression (2) of Darcy flow are respectively shown as follows:

The equation expression of the temperature field (energy) in the region Ω is as follows:

$$u_{i,t} = \frac{\mu}{k} u_i + f_i - p_{i,j} \quad (1)$$

$$\begin{cases} u_{i,t} = \frac{\mu}{k} u_i + f_i - p_{i,j} & (\text{Porous media region outside well casing}) \\ u_{i,t} = \frac{\mu}{\rho} \Delta^2 u_i + u_j \cdot u_i + f_i - p_{i,j} & (\text{Free flow region inside well casing}) \end{cases} \quad (2)$$

$$u_{i,j} = 0 \quad (3)$$

$$c_v(T_{,t} + u_i T_{,i}) = \lambda \Delta T + \rho q \quad (4)$$

In the above equations (1)~(4), u —water velocity of aquifer; t —time variable; $i, j=1, 2, 3$ —3d Euclidean space; μ —dynamic viscosity coefficient of water; ρ —water density; k —permeability tensor of porous media; f —body force such as gravity, inertia force etc exerted on

unit mass water; p —pressure on unit mass water; h —head value of aquifer; C_v —volume specific heat; λ —heat conductivity coefficient; T —temperature; q —heating intensity of heat source.

The volume specific heat C_v of aquifer is wherein calculated according to the specific heat weighting of water and solid matrix, and the weight is one occupying the space of water and solid matrix in aquifer. The heat conductivity coefficient λ of aquifer is calculated according to the heat conductivity coefficient weighting of water and solid matrix, and the weight is one occupying the space of water and solid matrix in aquifer.

The boundary conditions include initial time, boundary value and inner boundary connection etc. They can be obtained according to the actual situation of a project. Therefore, unnecessary details are not given herein.

2 Impact Analysis of Water Viscosity on Recharge Water Source Heat Pump Physical Field in the Same Well

The impact effect of water viscosity on recharge water source heat pump physical field in the same well is analyzed based on the

different values in the viscosity coefficients of water in aquifer, indicating that the viscosity coefficient of water in aquifer is an important factor to affect the physical field. The single well project of geothermal energy collection with circulation heat exchange is taken as an example in the thesis to demonstrate that the accurate viscosity value of water is of great importance in accurately calculating the physical field.

2.1 Introduction to the Case

The parameters given by a certain single well of geothermal energy collection with circulation heat exchange are defined as follows: the pumping and recharge flows both are 25L/s, and the porosity of aquifer is 0.25; the permeability coefficients of aquifer in horizontal and vertical directions both are 1.70×10^{-4} m/s; water density is 998.2 kg/m³; the specific heat of water is 4,182J/ kg•K; the heat conductivity coefficient of water is 0.58w/(m•K); the surfaces on the roof and base plate are watertight; the temperature of outside the region, roof and base plate is 288 K. The mathematical model of a heat exchange well involves partial differential equations of several functions, and there are no analytical solutions under normal conditions. In engineering field, a numerical discrete method is frequently used to solve. In fluidics and heat transfer theory, a finite volume method is commonly used to make numerical solution, obtaining the results of the flow field and temperature field. The viscosity values of water are separately taken 0.00120 Pa•S

and 0.00125 Pa•S to respectively simulate and calculate the two physical fields of single-well of geothermal energy collection with circulation heat exchange with and without energy storage grains, thereby obtaining the isolines of physical fields such as temperature field, water velocity of horizontal & vertical directions, head etc. Quantization materials are provided for analyzing the impact of water viscosity on heat exchange wells.

2.2 Analysis on Physical Field of Aquifer in Heat Exchange Wells with Energy Storage Grains

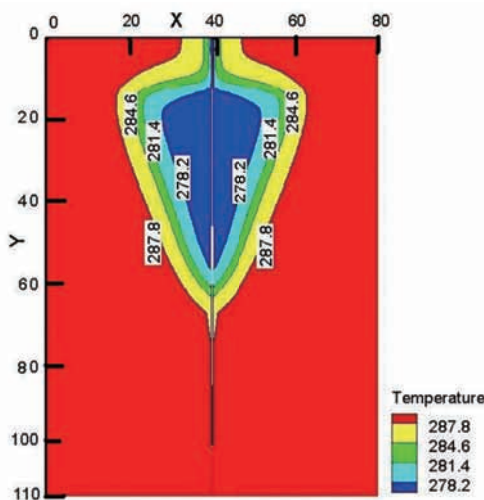
The viscosity values of water intaking are respectively 0.00120 Pa•S and 0.00125 Pa•S, and the isoline of temperature field of aquifer is the same as the contour map of water velocity in horizontal, vertical direction, see Fig. 2. It can thus be seen that there is little impact on the viscosity change of water in the temperature field of single-well heat exchange circulation ground source acquisition system.

The horizontal radial direction of aquifer temperature is distributed in an axially symmetric way taking geothermal energy collection well as center. The farther the aquifer is away from the horizontal radial distance of geothermal energy well, the higher the temperature is. The temperature size will gradually tend to the initial temperature value of aquifer. The temperature of aquifer is reduced little by little with the increase in depths within 0-15m depth range, and the temperature will get increased with the increase in depths within 15-110m depth

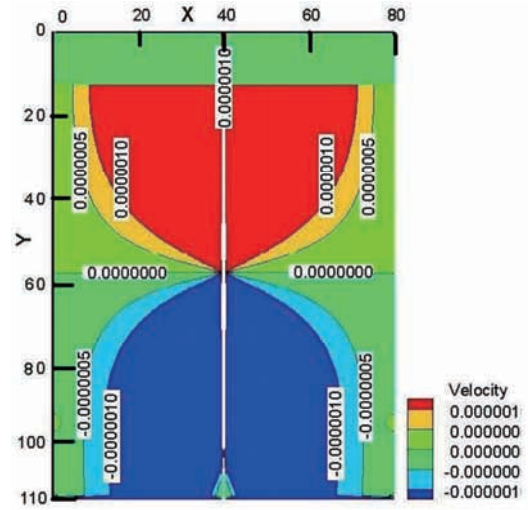
range. See Fig. 2(a).

The flow velocity of water in aquifer in the horizontal radial direction is distributed in an axially symmetric way taking geothermal energy collection well as center. The water velocity is a positive value within 0-58m depth range, indicating that water seeps into soil from a well. The water velocity is a negative value within 58-110m depth range, indicating that water seeps into soil aquifer from a well. The flow velocity of water in the vertical direction is distributed in an axially symmetric way taking geothermal energy collection well as center. A negative value shows flow velocity downward, and a positive one displays flow velocity upward. Most of aquifers are negative values, i.e. flow from backwater section of the upper to the pumping pipe section of the lower. See Figs. 2(b)-(c).

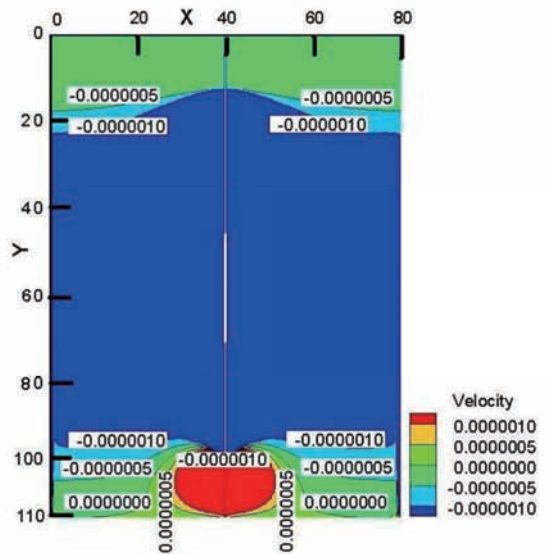
0.00120 Pa·S and 0.00125Pa·S viscosity values of water are taken to obtain the contour map of head in aquifer through simulation.



(a) Temperature Contour Map (unit: K)



(b) Contour Map of Water Velocity in Horizontal Radial Direction (unit: m/s)



(c) Contour Map of Water Velocity in a Vertical Direction (unit: m/s)

Fig. 2 Contour Map of Recharge Water Source Heat Pump Temperature, Velocity in the Same Well with Energy Storage Grains

Relative head values are adopted in the thesis, i.e. the static head value of aquifer before operation of system is 0, and the head value during the operation of the system

indicates the relative value of total head compared with pre-operation. It can be seen from Fig. 3 that the head in a horizontal radial direction is symmetrically distributed taking geothermal energy collection well as axle. The head near the geothermal energy collection well with 0-30m depth is positive value, and the rest is negative values. The result is mainly because of higher water pressure in backwater section, larger flow velocity, negative pressure in pumping section and head loss incurred by water seepage circulation.

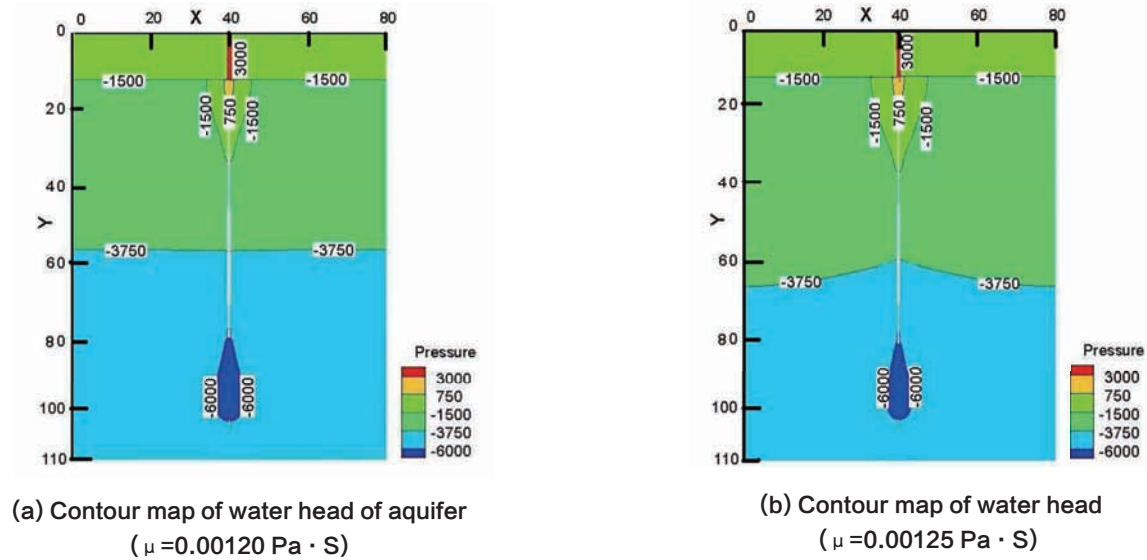
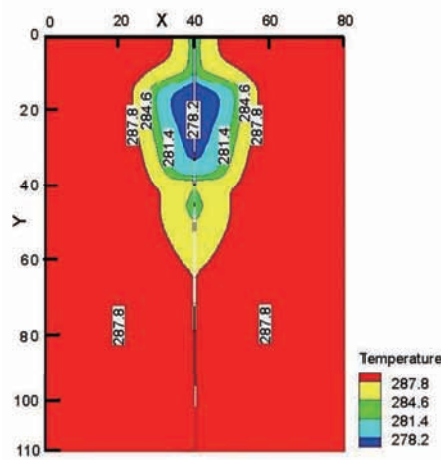


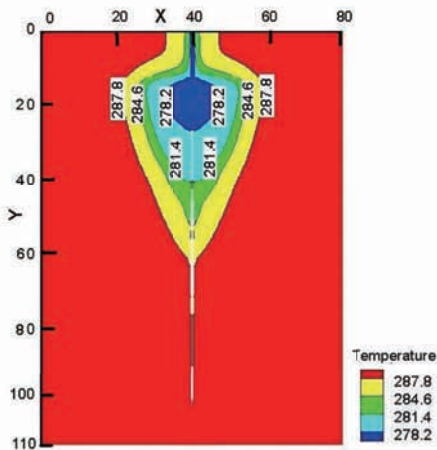
Fig. 3 Contour map of water head about SWGECHE containing accumulator ball (unit: Pa)

2.3 Analysis on physical field of aquifer of heat exchange well without energy storage grains

The physical field of single-well heat exchange circulation system for ground source energy collection without energy storage grains at different water viscosities is obtained from simulation calculation. The result includes contour map of temperature filed and contour map of water velocity. The symmetric feature of temperature distribution is same with that of system with energy storage grains in 2.2. However, distribution of temperature filed is greatly influenced by viscosity. In figure 4(a), if the viscosity is $0.00120 \text{ Pa} \cdot \text{S}$, distance between 287.8 K isotherm and well axis is 17m. In figure 4(b), if the viscosity is $0.00125 \text{ Pa} \cdot \text{S}$, distance between 287.8 K isotherm and well axis is 20m. In figure 4(a), depth of 281.4 K isotherm is 37m and in figure (b), the depth is up to 40m. Thus it can be seen that the temperature field of ground source energy collection well without energy storage grains is greatly influenced by viscosity. Combination of experiment and numerical simulation can accurately calculate the result.



(a) Contour map of temperature
($\mu = 0.00120 \text{ Pa} \cdot \text{S}$)

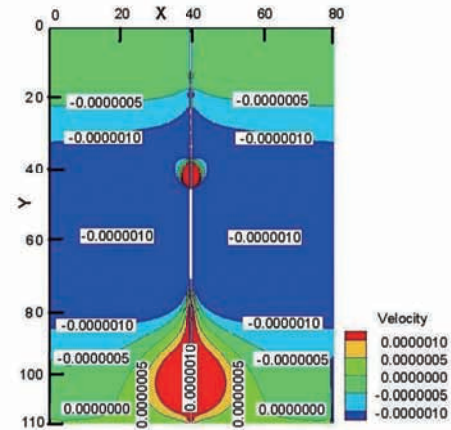


(b) Contour map of temperature
($\mu = 0.00125 \text{ Pa} \cdot \text{S}$)

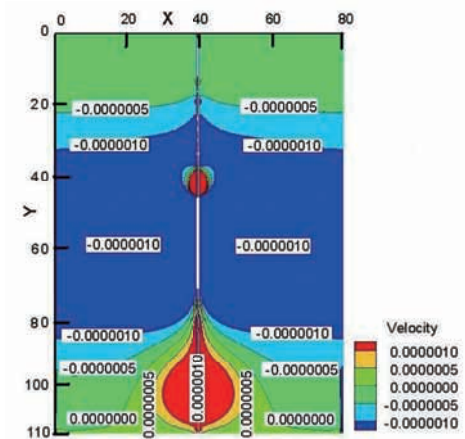
Fig. 4 Contour map of temperature about SWGECHE without accumulator ball (unit: K)

Contour maps of water velocity at different water viscosity coefficients are shown in figure 5. It can be seen from figure (a) and (b) that horizontal and radial velocity field is distributed symmetrically with well axis as center. When viscosity coefficients μ are $0.00120 \text{ Pa} \cdot \text{S}$ and $0.00120 \text{ Pa} \cdot \text{S}$, contour maps of flow velocity in radial direction (a) and (b) are different.

Besides, average velocity in map (b) is higher than that in map (a). Thus, it can be seen that change of water viscosity coefficient influences flow velocity field of single well of geothermal energy collection with circulation heat exchange. If the viscosities of water are different, contour maps of horizontal and radial flow velocity and water head also change. No more expatiation here.



(a) Contour map of water velocity in radial direction($\mu = 0.00120 \text{ Pa} \cdot \text{S}$)



(b) Contour map of water velocity in radial direction($\mu = 0.00125 \text{ Pa} \cdot \text{S}$)

Fig. 5 Contour map of water velocity about SWGECHE without accumulator ball (unit: m/s)

2.4 Summary

It can be seen from above results that influence of water viscosity on physical field of SWGECHE is as follows:

If the well is full of energy storage grains, temperature field and water velocity field of aquifer are almost unchanged; water head distribution of aquifer is changed at certain degree.

If the well has no energy storage grains, temperature field, water velocity field and water head field of aquifer are changed at certain degree. Because there is free flow area of well water and seepage area in soil, the influence of water viscosity on physical field of heat exchange well without energy storage grains is complicated.

Loss of water head of heat exchange well with energy storage grains is higher than that without energy storage grains. The influence of water viscosity coefficient on physical field of SWGECHE is complicated.

3. Conclusions and suggestions

(1) There is a little accurate quantitative analysis on single well of geothermal energy collection with circulation heat exchange which is a development mode of green energy resources with wide application prospect. This paper analyzes influence of water viscosity on physical field of well with and without energy storage grains in detail. The result has general significance to analyze water source heat pump and SWGECHE in the future.

(2) The influence of water viscosity of

aquifer on physical field of single well of geothermal energy collection with circulation heat exchange without energy storage grains is more complicated than that with energy storage grains. More research shall be carried out for single well of geothermal energy collection with circulation heat exchange without energy storage grains.

(3) The water viscosity coefficient can be obtained from empirical formula. The arithmetic mean or fixed value can be taken. The water viscosity coefficient shall be comprehensively determined based on underground water colloid quantity and type, change rule of water temperature, oily liquid in aquifer and other factors.

(4) Besides the water viscosity coefficient, other parameters, such as hydrogeology parameters, thermal physical parameters, geometric structure of well and stratum configuration also greatly influence physical field distribution and heat exchange efficiency of SWGECHE.

References:

- [1] Sun Haizhou, Wu Qiang, Zeng Yifan, Cao Bin et al. *Ground Source Heat Pump and Development in the Future [J]*, *China Ground Energy*, 2014, No. 4, pp 38-43
- [2] Beijing Local Standard. *Engineering Technical Specifications for Single Well of Geothermal Energy Collection with Circulation Heat Exchange[s]*, Beijing Municipal Administration of Quality and Technology Supervision, Dec. 2011, No.: DB11/T 9350-2012
- [3] Ma Tian, *Theory and Method of Partial Differential Equation [M]*, Beijing: Science Press, 2011: pp 373-389

中国地能“十三五”发展目标浅析

BRIEF ANALYSIS ON CHINA GROUND SOURCE ENERGY DEVELOPMENT GOAL OF 13TH FIVE-YEAR PLAN

作者：郑克桢（中国能源研究会地热专业委员会）

中国已跨入第十三个五年计划时代，国家能源局编制的《中国地热能开发利用“十三五”规划》正吸收、征集有关方面意见，但中国地热大发展已见雏形，中国地能将在新规划中担当更重要的角色。

一、地源热泵的世界步伐

近 20 年来，应用地源热泵技术开发地能（浅层地能）开创了世界地热的新局面。一百多年来的世界地热产业发展始终就是一根平缓增长的曲线，然而地源热泵首创了指数式的飞跃发展。五年一次的世界地热大会已历五届，我们利用其 20 年（1995-2015）的发展数据，来看国际地源热泵在地热领域出类拔萃的进步，如表 1 所示，在常规地热供暖和

地热直接利用的稳步发展中，只有地源热泵表现出由最弱到最强突飞猛进的势态。

地源热泵是在世界上任何地方都适用的技术，又是节能和减排能力最高的单项技术，为了减缓全球气候变暖需减少温室气体排放的环境压力，加上 20 世纪末至 21 世纪初传统石油能源的涨价，共同促成了世界地源热泵在 2015 年前连续 15 年 20% 的年增长率，只是受近几年石油价格连跌的影响，使可再生能源的高速发展有所减缓，世界地源热泵的年增长率在这五年降至 9%。

虽然近几年发达国家减缓了地源热泵利用的发展速度，但许多发展中国家正在加紧发展中。近 5 年地源热泵设备容量和年利用量增长率最快的都是泰国、埃及、印度、韩国和蒙古等发展中国家。所以地源热泵的节能、减排优势仍在扩大，仍在被世界更广泛地接受，我们注意表 1 中地源热泵

表 1 世界 1995-2015 年地源热泵与地热直接利用设备容量（MWt）的对比

年份	直接利用总量	地源热泵	地热供暖	其它直接利用
1995	8664 (100%)	1854 (21.4%)	2579 (29.8%)	4231 (48.8%)
2000	15145 (100%)	5275 (34.8%)	3263 (21.5%)	6607 (43.6%)
2005	28269 (100%)	15387 (54.4%)	4366 (15.4%)	8516 (30.1%)
2010	48493 (100%)	35236 (68.3%)	5394 (11.1%)	7863 (16.2%)
2015	70329 (100%)	49898 (70.9%)	7556 (10.7%)	12875 (18.3%)

在全部地热直接利用中所占的比例，就可以清楚看出：地源热泵呈 21.4%-34.8%-54.4%-68.3%-70.9% 的持续增长，这充分说明了世界地能利用的强力和持久的发展趋势仍将继续前进。



二、中国地热开发十年回顾

《中华人民共和国可再生能源法》于 2006 年 1 月 1 日实施，今年是实施的十周年，我们不妨回顾这 10 年中国地热的发展数据。中国地热能近 10 年来的发展，总量达到了每 5 年翻一番多的速度。其中各项地热利用的具体数据如表 2，这里最显眼的对比是：地热发电几无进展；温泉洗浴医疗、温室种植和水产养殖的发展平缓；地热供暖有相对较快的发展；唯有地源热泵呈突飞猛进的发展。

表 2 中国地热能开发利用十年发展统计

	2005 年	2010 年	2015 年
地热发电	27.78MWe=277.8MWt	24.48MWe=244.8MWt	27.78MWe=277.8MWt
地源热泵	767 万 m ² , 631MWt, 6569TJ/a	1.007 亿 m ² , 5210MWt, 29035TJ/a	3.30 亿 m ² , 11781MWt,100311TJ/a
地热供暖	960 万 m ² , 550MWt	3020 万 m ² , 1040MWt	6032 万 m ² , 2940MWt
温室种植	103 MWt	132.8 MWt	154 MWt
水产养殖	174 MWt	196.1 MWt	217 MWt
温泉洗浴医疗	1991 MWt	1826.3 MWt	2508 MWt
其它地热利用	238 MWt	492.8 MWt	270 MWt
直接利用总计	3687 MWt, 45373TJ/a	8898 MWt, 75348TJ/a	17870MWt,174352TJ/a

2015 年我国地源热泵已占全部地热直接利用的 65.9%，符合世界的发展趋势，但略低于世界平均值。然而，我国地源热泵每年利用的地能已居世界第一，我国地源热泵的设备容量居世界第二，仅次于美国。

表 2 所列数据为中国向世界地热大会报告的数字，它实际是相应前一年底的数据，按 2015 年的实际数据，则我国地源热泵利用已超过 4 亿平方米，设备容量已超过 6 万兆瓦热量(10^4 MWt)，年利用地能 39.4 万兆焦耳 (10^4 TJ)。

我们还可以看一下图 3，如同世界的发展模式，我国地源热泵已从传统的地热发电和地热直接利用中脱颖而出，开创了指数式的飞跃发展。依靠过去 20 年的发展基础，我们有能力迎接更大的挑战。



图 3 中国地源热泵超越地热发电和地热直接利用呈指数式发展

三、“十三五”地能发展目标浅析

国家能源局已编制了《中国地热能开发利用“十三五”规划》(征求意见稿)，鉴于以前对可再生能源重点支持了风能和太阳能，拟“十三五”重点支持地热能，这无疑是中国地热界和地能产业的喜事。

《中国地热能开发利用“十三五”规划》(征求意见稿)拟“十三五”期间新增完成地热供暖面积 9.5 亿 m^2 ，其中地源热泵新增 7 亿 m^2 ，常规地热供暖新增 2.5 亿 m^2 。

基于规划草案目标，对照世界现状和回顾中国发展历程，我们可以对“十三五”的中国地能发展有如下认识：

1. 宏伟目标，史无前例

地源热泵新增 7 亿 m^2 ，这既是宏伟目标，更是巨大挑战。在过去的 20 年里，中国地源热泵从无到有，从小到大，走过了远超世界速度的高速发展，这期间世界平均年累进增长率在 20% 左右，而我国平均年累进增长率超过了 40%，比世界快一倍。现在，我

们需要继续大跃进，不能松口气。

2. 届时将全面超过美国，绝对世界第一

我曾在 2010 年世界地热大会时预测：到下一届 2015 年世界地热大会时中国地源热泵的年利用能量将超过美国，2015 年这个目标果然实现了，只是美国的地源热泵设备总容量仍还是世界第一。但是，美国地源热泵的年累进增长率这 5 年仅为 7% (早一个 5 年曾是 13%)，2014 年美国地源热泵总设备容量 16800 MWt，如果维持 7% 的年增长率，则其至 2020 年将达到 25200 MWt；假如美国恢复到 13% 的年增长率，则至 2020 年将为 34980 MWt。然而，中国 2020 年若实现 11 亿 m^2 的发展目标，则将有 35340 MWt 设备容量，所以中国届时一定超过美国了。

3. 面临极大挑战，但不是不能实现

地源热泵 5 年新增 7 亿 m^2 ，平均每年要完成 1.4 亿 m^2 ，差不多是 2015 年的 2 倍，这确实是极大挑战。但我们分析一下过去的发展：我国地源热泵应用从 2004 年的 767 万 m^2 增长到 2009 年的 1.007 亿 m^2 ，其平均年累进增长率高达 70%；从 2009 年的 1.007 亿 m^2 增长到 2014 年的 3.3 亿 m^2 和 2015 年的 4 亿 m^2 ，平均年累进增长

率为 27%。如果从“十二五”末的 4 亿 m^2 增长到“十三五”末的 11 亿 m^2 ，则需要平均年累进增长率为 23%，这么来看，这个数字是有可能实现的。

4. 珍惜难得机遇，全力拼搏进取

地热“十三五”规划是国家能源主管部门对我国地热发展的巨大期望，是我国地热界难得的机遇，以地源热泵技术利用浅层地能的目标有可能实现，但也确实需要全国行业同仁共同努力，全力以赴，继续奋力拼搏，勇于进取，才能赢得全面成功。

5. 呼吁完善政策和科技支持

要在 5 年内完成 7 亿 m^2 的新增目标确实是十分艰巨的任务，我们呼吁国家和地方政策的继续大力支持，例如 10 年前沈阳市政府推行所有新建建筑全部使用地源热泵，已有建筑规划逐步改造为地源热泵供暖；现在武汉市政府的“冬暖夏凉工程”也推行所有新建建筑全部装备地源热泵供暖和制冷，对现有建筑也逐步加装地源热泵实施供暖和制冷；还有的地方规定地源热泵用电实施民用电价，等等，这些都是政府政策的巨大实质性支持，极大推进了地能利用的发展。

科技支持是另一个重要方面，地源热泵虽经数十年普及和发展，但技术并非已达完美无缺，许多相关课题仍在进一步研究中，如热泵效率的合理提高，场地热响应测试方法改进，地埋管钻孔回填材料和性能，地源侧地温场监测和模型预测，系统集成的成本节约等等，这些相关课题的进步可以支持地源热泵全行业更加健康地发展。

总体来说，“十三五”期间我国地能行业面临很多机遇，也存在极大挑战，只要全行业同心同德，继续奋力进取，我国地能的利用将迎来更加光明的前程。

Brief Analysis on China Ground Source Energy Development Goal of 13th Five-year Plan

Author: Zheng Keyan (Geothermal Committee of China Energy Research Society)

As China has entered the era of the 13th Five-year Plan, National Energy Administration is absorbing and collecting relevant opinions and comments for preparing the 13th Five-year Plan for Exploitation and Utilization of Geo-thermal Energy in China. Considering the geo-thermal energy industry has developed into a prototype in China, it will play a more important role in the new planning.

I. Global Development of Ground Source Heat Pump

Over recent 20 years, the application of ground source heat pump to exploit the geo-thermal energy (shallow) has broken a new ground for the global geo-thermal energy undertaking. After over a hundred

year of gentle and smooth development, the global geo-thermal industry initiated the exponential leap development based upon the ground source heat pump. The World Geo-thermal Conference has been held 5 times once every 5 years, from which we observed the geo-thermal development data of 20 years (1995 to 2015) to identify the excellent achievement won by the international ground source heat pump in the geo-thermal field. As shown in Table 1, among the conventional geo-thermal heat supply and direct utilization of geo-thermal energy in the steady development process, only the ground source heat pump developed by leaps and bounds from the weakest to the strongest.

Table 1 Comparison of Global Installed Capacities between Ground Source Heat Pump and Geo-thermal Direct Utilization (MWt) during 1995–2015

Year	Total Capacity of Direct Utilization	Ground Source Heat Pump	Geo-thermal Heat Supply	Other Types of Direct Utilization
1995	8664 (100%)	1854 (21.4%)	2579 (29.8%)	4231 (48.8%)
2000	15145 (100%)	5275 (34.8%)	3263 (21.5%)	6607 (43.6%)
2005	28269 (100%)	15387 (54.4%)	4366 (15.4%)	8516 (30.1%)
2010	48493 (100%)	35236 (68.3%)	5394 (11.1%)	7863 (16.2%)
2015	70329 (100%)	49898 (70.9%)	7556 (10.7%)	12875 (18.3%)

The ground source heat pump is applicable anywhere in the world, and is also the single technology with the highest capabilities of energy saving and emission reduction. The goal of reducing the environmental pressure from the mission of greenhouse gas to relieve the global warming and the prices increase of traditional petroleum energy from the late 20th century to the early 21st century jointly contributed to the annual increase of 20% of the global ground source heat pump for continuous 15 years before 2015. Just because the continuous decrease of petroleum price over recent years, the renewable energy resources entered a less rapid development stage and the annual increase rate of global ground source heat pump was reduced to 9% in 5 years.

Although the developed countries have slowed the development pace of ground source heat pump utilization over recent years, most developing countries have been ramping up. Thailand, Egypt, India, South Korea and Mongolia obtained the fastest growth rates of installed capacities and annual utilization of global ground source heat pumps over recent 5 years. In view of this, the global ground source heat pump has been still expanding its advantages in terms of the energy saving and emission reduction and

more widely accepted over the world. As seen in Table 1, the proportion of ground source heat pump in the total geo-thermal direct utilization capacity shows a continuous growth from 21.4% to 34.8% to 54.4% to 68.3 to 70.9%, which fully illustrates the global geo-thermal utilization will still go ahead on a strong and durable development trend.

II.Review of China Geo-thermal Development for Ten Years

The Renewable Energy Law of People’s Republic of China was put in force on January 1st, 2006, and it is the 10th anniversary of this law enforcement this

year. Hereby we give a review of the geo-thermal development data over 10 years in China. After 10 years of development, China’s total geo-thermal capacity has more than doubled once every 5 years. In Table 2 showing the specific data among different types of geo-thermal utilization, a comparison contrast lies in: little progress in geo-thermal power generation; steady and slow development in spring bath for medical care, greenhouse cultivation and fish farming; quite rapid development in geo-thermal heat supply; and the only development by leaps and bounds in ground source heat pump.

Table 2 Statistics of China Geo-thermal Exploitation and Utilization over Ten Years

	Year 2005	Year 2010	Year 2015
Geo-thermal power generation	27.78MWe=277.8MWt	24.48MWe=244.8MWt	27.78MWe=277.8MWt
Ground source heat pump	7.67million m ² , 631MWt, 6569TJ/a	0.1007 billion m ² , 5210MWt, 29035TJ/a	0.330 billion m ² , 11781MWt, 100311TJ/a
Geo-thermal heat supply	9.60 million m ² , 550MWt	30.20 million m ² , 1040MWt	60.32 million m ² , 2940MWt
Greenhouse cultivation	103 MWt	132.8 MWt	154 MWt
Fish farming	174 MWt	196.1 MWt	217 MWt
Spring bath for medical care	1991 MWt	1826.3 MWt	2508 MWt
Other types of geo-thermal utilization	238 MWt	492.8 MWt	270 MWt
Total capacity of direction utilization	3687 MWt, 45373TJ/a	8898 MWt, 75348TJ/a	17870MWt, 174352TJ/a

In 2015, the ground source heat pump in China has accounted for 65.9% in the total capacity of geo-thermal direction utilization, which followed the world's development trend but was slightly lower than the global average. However, China has the world's first yearly geo-thermal utilization rate of ground source heat pump and the world's second capacity of ground source heat pump following the United States.

The data listed in Table 2 comes from the statistics by the end of previous year reported by China to the World Geo-thermal Conference. According to the actual data in 2015, our utilization rate of ground source heat pump exceeded 0.4 billion 2, the installed capacity exceeded 6×10^4 MWt, and the annual geo-thermal utilization rate reached 39.4×10^4 TJ.

Besides, as seen from Figure 3 below, our geo-thermal industry initiated the exponential leap development under the global development model, standing out from the

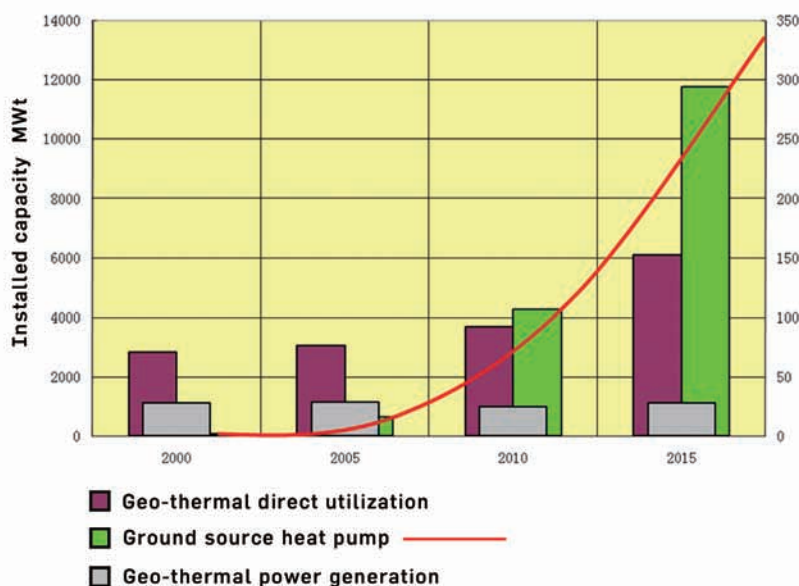
traditional geo-thermal power generation and other types of geo-thermal direct utilization. Based on the past 20 years of efforts in the geo-thermal industry development, we are capable of facing greater challenges in the future.

III. Brief Analysis on China Geo-thermal Energy Development Goal of 13th Five-year Plan

The National Energy Administration prepared the 13th Five-year Plan for Exploitation and Utilization of Geo-thermal Energy in China (draft for comment). Considering the support of renewable energy resources focused on the wind power and solar power before, this 13th Five-year Plan focusing on the geo-thermal energy is no doubt a favor to China's geo-thermal and ground source energy industries.

In the 13th Five-year Plan for Exploitation and Utilization of Geo-thermal Energy in China (draft for comment), during 13th five years, it is proposed to newly construct a geo-thermal heat supply area

Figure 3 Exponential Development of Ground Source Heat Pump Beyond Geo-thermal Power Generation and Geo-thermal Direct Utilization in China



of 0.95 billion m^2 , among which 0.7 billion m^2 is newly added for ground source heat pump and 0.25 billion m^2 is newly added to conventional geo-thermal heat supply.

Based on the objective of this plan draft and reviewing the world's current situation and China's development history, we hereby conclude as follows from the 13th Five-year Plan for Exploitation and Utilization of Geo-thermal Energy in China:

Unprecedented grand goal

The new addition of 0.7 billion m^2 ground source heat pump is not only a grand goal but also a huge challenge. Over the past 20 years, Chinese ground source heat pump, growing out from nothing and expanding from small to large, has been taking the high-speed development trend far ahead of the world, during which the world's yearly average accumulated growth state was about 20%, but that of China exceeded 40%, almost twice than the world. Now we need to continuously leap forward without break.

Absolute No.1 overtaking the United State from all sides in the future

On the World Geo-thermal Conference in 2010, I predicted that: by the next World Geo-thermal Conference to be held in 2015, the annual utilization capacity of ground source heat pump in China will exceed the United State. In 2015, this prediction came true, but the total installed capacity of the ground source heat pump in the United State was still the world's No.1. However, the yearly accumulated growth

rate of ground source heat pump in the United State over these 5 years was 7% (previously 13% over the last 5 years), and its total installed capacity in 2014 was 16,800MWt. If this 7% yearly growth rate is maintained, the total installed capacity of the United States will reach 25,200 MWt by 2020. If the 13% yearly growth rate is restored, its total installed capacity will reach 34,980MWt by 2020. However, if China achieves the goal of 1.1 billion m^2 by 2020, it will obtain an installed capacity of 35,340MWt, surely overtaking the United States by then.

Great challenge to be faced but possibly achieved

The goal of newly constructing 0.7 billion m^2 of ground source heat pumps means that 0.14 billion m^2 needs to be constructed on average every year, which poses a great challenge as it is almost twice that in 2015. However, based on the analysis of China's geo-thermal development history, our applied ground source heat pumps increased from 7.67 million m^2 in 2004 to 0.1007 billion m^2 in 2009, with a yearly average accumulated growth rate up to 70%; and then increased from 0.1007 billion m^2 in 2009 to 0.33 billion m^2 in 2014 and 0.4 billion m^2 in 2015, with a yearly average accumulated growth rate up to 27%. If 0.4 billion m^2 in the end of 12th five years increases to 1.1 billion m^2 by the end of 13th five years, a yearly average accumulated growth rate of

23% is needed, which may be achieved as seen from the above data.

Cherishing rate opportunity and fully striving for progress

The 13th Five-year Plan for China geo-thermal development carries the huge expectation from the national energy authorities and also the rare opportunity for China's geo-thermal industry. The possible achievement of the goal of utilizing the shallow ground source energy with the ground source heat pump also do needs the joint efforts from all colleagues in the domestic industry. The thorough success owes to the full strive for progress.

Calling for policy completion and scientific and technical support

The goal of newly constructing 0.7 billion m² in 5 years is truly a very overwhelming task, so that we call for the national and local great and continuous support in terms of the policies. For instances, 10 years ago, Shenyang Government introduced the application of ground source heat pumps in all newly-constructed buildings and gradually reconstructed the planned buildings with the heat supply system of ground source heat pump. Right now, Wuhan Government also proposes a Warm-in-Winter and Cool-in Summer Project, in which the ground source heat pumps are introduced for heat supply and cooling in all newly-constructed buildings and the existing buildings are

also gradually equipped with ground source heat pumps for heat supply and cooling. Moreover, the electricity price for civil use is stipulated in some local regulations for ground source heat pump, etc. These governmental policies give the huge material support and greatly promote the development of geo-thermal utilization.

As to the scientific and technical support, in spite of 10-year popularization and development of ground source heat pump, its technology does not reach a complete and perfect level. Besides, many related topics are still under the further research, such as the reasonable increase of heat pump efficiency, improvement of the field thermal response test methods, backfill materials and performance of buried pipe drilling, monitoring of ground source-side geo-thermal field and model prediction, and the cost saving for system integration, etc., of which the progress can support the entire industry of ground source heat pump toward the healthier development.

To sum up, our geo-thermal energy industry will face multiple opportunities and great challenges during the 13th five years. As long as we continuously strive for progress with one heart and one mind throughout the entire industry, our undertaking of geo-thermal energy utilization will surely enjoy a brighter prospect.

能源结构调整引向深入 新能源占比仍待增加

DEEPENING ADJUSTMENT OF ENERGY STRUCTURE WITH PROPORTION OF NEW ENERGY TO BE INCREASED

文 / 特约记者：李晶

中国是世界最大的能源消费国，也是世界最大的能源进口国，还是以煤炭为主要能源的国家。数据显示，2015 年在中国的能源总消费量中，煤炭仍占 60% 以上。

固有能源结构有待调整

鉴于中国“富煤缺油少气”的资源禀赋，中国并没有多少选择，因而以煤为主的能源结构具有一定的合理性。尤其在此前的经济快速增长时期，快速增长的能源需求迫使煤炭利用大幅度增长。

尽管如此，我国能源利用效率相对较低，仅为 33%，比发达国家低约 10 个百分点。另外，我国矿产资源的总回收率约为 30%，相比国外先进水平低了近 20 个百分点。

根据国际经验，经济增长进入资本密集型工业化阶段后，潜力将进一步释放，能源和资源消耗也必然出现高增长。作为一个拥有 13 亿人口的发展中大国，中国在能源资源开发利用

上，在很大程度上仍在以土地、环境、资源的高度消耗和破坏作为代价。因而，中国的能源革命亟待推进。

厦门大学中国能源政策研究院院长林伯强曾表示，今后中国能源结构的调整应该是煤炭跟清洁发展的此消彼涨的过程，但是它除了政府的政策以外，很大程度上取决于能源需求增长。

他认为，考虑到中国的能源禀赋和能源安全，石油和水电占能源消费总量的比例在相当长时间内将保持稳定。能源结构调整中真正将起变化的是，煤炭的减少和天然气、核电、风电、太阳能等比较清洁能源的增加。

实际上，能源相关政策也正在推动中国能源结构的“去煤”过程。2014 年底，国务院颁布的《能源发展战略行动计划 2014-2020》指出了我国优化能源结构的路径，即降低煤炭消费比重，提高天然气消费比重，大力发展风电、太阳能、地热能等可再生能源，安全发展核电。到 2020 年，煤炭消费比重控制在 62% 以内；

石油比重为 13%；天然气比重达到 10% 以上；而非化石能源占一次能源消费比重将达到 15%。

与此同时，地方政府针对新能源的扶植政策也相继推出，多项有关能源价格改革的政策出台。比如，北京市就颁布了《北京市分布式光伏发电奖励资金管理办法》。《办法》指出，对于 2015 年 1 月 1 日至 2019 年 12 月 31 日期间，并网发电的分布式光伏发电项目，市级财政按项目实际发电量，每千瓦时奖励 0.3 元（含税），奖励期限 5 年。该《办法》被业界视为，对分布式光伏，乃至整个中国光伏产业的重大利好，可望在全国范围内形成更为显著的示范效应。

随着我国经济转向升级进入新常态，在低碳发展和环境污染（雾霾）治理力度不断加大的背景下，能源消费结构转型逐步深入。

新能源在当前的利用情况

新能源产业在我国的发展十分迅速。根据《新能源产业振兴和发展规划》，包括核能、风能等可再生能源的开发利用，也包括煤化工等传统能源体系的变革，规划期限是 2009 年至 2020 年。预计到 2020 年，中国在新能源领域的总投资将超过 3 万亿元。

然而，客观的说，未来相当长的一段时间内，煤炭仍将是中國最重要的能源产品。有鉴于煤炭在能源中的重要地位，煤炭的清洁燃烧应成为最直接且最重要的能源技术改造项目。

除此之外，从太阳能、地能、风能、海洋能、生物质能和核聚变能等，涵盖范围广泛的新能源，正凭借环保、低廉和可再生等优势，成为传统能源的有效补充，并具有了不可替代的作用。

那么，新能源目前在我国的发展状况如何呢？

研究能源经济理论与政策的专家、华北电力大学经济与管理学院教授赵新刚告诉记者，“总

体来说，我国正在大力发展新能源和清洁能源，而新能源也正面临蓬勃发展的良好形势。”

首先，作为清洁能源，核电是我国主要的发电来源之一，地位仅次于煤炭和水电。2015 年是中国核电重启元年，年内共核准 8 台核电机组。预计 2016 年国内核电新增建设项目将达到高峰。十三五期间，中国每年将新建 6 至 8 座核电站。另据规划，到 2020 年我国每年核发电能力将增加到 4 万兆瓦。届时，中国在运核电装机规模将仅此于美国和法国，位居全球第三位。

太阳能是清洁的且可再生的资源，目前在我国已有较大范围的使用，主要以太阳能热水器最为普及。此外，太阳能电池等技术也已日臻成熟。

水能的主要用途是发电，目前早已大规模的使用。较早期的有小浪底水电站，刘家峡水电站等；规模较大的如三峡水电站等。这些水电站为经济建设提供能源保障做出了贡献。

除此之外，我国的风能资源利用，也已经相对成熟。根据中国风电发展报告指出，如果充分开发，中国有能力在 2020 年实现 4000 万千瓦的风电装机容量，风电将超过核电成为中国第三大主力发电电源。在我国甘肃等风能资源丰富的地区有较大规模的应用。

我国绵长的海岸线孕育了丰富的潮汐能资源。潮汐能是由于太阳、月球对地球的引力以及地球的自转导致海水潮涨和潮落形成的水的势能。经过 40 多年的发展，我国已经建成八座可长期运行的潮汐能电站。

另一种清洁能源正在世界范围内掀起研究高潮，它就是氢能。我国《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006 ~ 2020 年）》中提出，要重点发展氢能的制造、运输、储存等技术。而在氢能研究领域，我国也已取得很多重要成

果，燃料电池，燃料汽车技术都已成熟。

同样资源丰富的还有中国的地热资源。据地热勘查资料统计显示，我国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。

与风能、太阳能等相比，地热资源不受季节、气候、昼夜变化等外界因素干扰，是一种现实并具有竞争力的新能源，用于发电、供暖等。数据显示，在能源消费结构中，地热利用每提高 1 个百分点，相当于替代标煤 3750 万吨，减排二氧化碳约 9400 万吨。

随着技术的发展，我国地热利用逐渐从单一“地热能”向多种“热能”利用方向发展。据北京市发改委副主任张国洪在“2015 北京能源论坛”上，阐述的“十三五北京能源转型发展新蓝图”提到，北京将以太阳能、地热及地能热泵利用为重点，推动可再生能源新跨越。力争到 2020 年，新能源和可再生能源在能源消费总量的比重达到 8% 左右。

事实上，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。以河北保定市雄县为例，当地政府与企业合作，通过排他性开发地热资源的方式，采用间接供热、采灌结合等先进技术，成功建成了我国第一个“无烟城”，雄县 90% 以上的区域供暖采用了地热能，供暖能力达 338 万平方米。

总体来说，我国新能源和清洁能源的发展已经迎来难得的机遇。当前，我国已形成了煤、石油、天然气、核能、水电、地能等可再生能源全面发展和利用的能源结构，但对一次性能源的依赖性仍然较大。因此，促进新能源有序和健康发展，仍需要政府的技术、资金和相关政策方面继续出台一系列的优惠和激励措施。

新能源的机遇与阻碍

近几年，新能源在我国的发展呈现出新的发展形势，即原油的比重几乎不变，天然气比重上升，煤炭比重下降较多，核能和水力发电的比重略有上升，可再生能源的比重提高最明显。

尽管如此，中国的能源消费结构转型仍然举步蹒跚。厦门大学中国能源政策研究院院长林伯强认为，中国能源消费结构的“去煤”难度很大。如果出现类似 2015 年的能源需求负增长，减少煤炭在能源消费结构中的比例相对容易，但如果再次出现能源需求超过 3% 的较大幅度增长，中国将不得不再增加煤炭消费。他同时也强调，能源结构调整还取决于能源系统成本，以及这种成本变化对经济发展的影响等。

与此同时，赵新刚教授也提出了新能源发展的两个障碍。一方面，新能源发展中的技术仍以中低端为主。以风力发电技术为例，它虽然是我国发展最快的新能源行业，已具有 1.5MW 以下风机的整机生产能力，但是一些核心零部件，如轴承、变流器、控制系统、齿轮箱等的生产技术难关却迟迟未能攻克。此外，由于我国没有构建智能电网，没有先进的电网调控和调度技术等原因，可再生能源发电并网始终是一大技术难题。

另一方面，融资机制匮乏。虽然中国政府不断加大财政预算，通过银行推动绿色信贷，还积极推行合同能源管理、国际 CDM 交易等新型融资方式，并与国际金融机构广开合作之门，甚至开始建立环境交易所，拓展融资渠道。但是，这些努力带来的资金非常有限。融资机制匮乏限制了新能源产业发展的速度，甚至可能损害新能源产业的健康发展。

综上所述，我国新能源的发展还需理性对待。由政府统筹规划，引导各省市健康有序地理性发展新能源产业，解决核心技术，完善产业链，完善配套设施，真正形成新能源的产业化和规模化。

Deepening Adjustment of Energy Structure with Proportion of New Energy to Be Increased

Written by/special correspondent: Li Jing

China is the largest energy consumer and the largest energy importer in the world, and takes coal as the main energy. The data shows that in China's total energy consumption of 2015, the coal still accounts for over 60%.

Inherent energy structure still needs adjustment

In view of resource feature of China of rich coal and lack of oil and gas, China has few choices, therefore, the energy structure dominated by coal is rational to a certain degree. Especially in previous fast growth of economy, the rapid growth of energy demand brought substantial increase in coal utilization.

Even so, the efficiency of energy utilization of our country is relatively low, it's 33% only, which is 10 percent points lower than that of developed country. In addition, the gross recovery of mineral resources of our country is about 30%, which is 20 percent points lower than foreign advanced level.

Based on international experience, after economic growth comes to the capital-intensive industrialization stage, the potential will be further released, and the consumption of energy and resources will have high growth

inevitably. As one large developing country with a population of 1.3 billion, China's development and utilization of energy and resources is still at the expense of high consumption and damage of land, environment and resources to a great degree. Therefore, China's energy revolution should be pushed urgently.

Lin Boqiang, the President of China's Energy Policy Institute of Xiamen University has said that the future adjustment of China's energy policy should be a fluctuation process for coal and clean development; however, except for the policy of the government, it depends on growth of energy demand to a great degree.

He believes that the proportion of oil and water and electricity consumption in total energy consumption will be kept stable for quite some time in consideration of energy feature and safety of China. In energy structure adjustment, the real change is the reduction of coal and the increase of clean energy such as natural gas, nuclear power, wind power and solar energy, etc.

In fact, the related energy policies are pushing the "no coal" process of China's energy structure. By the end of 2014, Strategic

Action Plan of Energy Development (2014-2020) issued by the State Council provided the route of optimizing energy structure of our country, namely reducing the proportion of coal consumption, improving the proportion of natural gas consumption, vigorously developing such renewable energy sources as wind power, solar energy and geothermal energy, and safely developing nuclear power. In 2020, the proportion of coal consumption will be controlled within 62%, the proportion of oil consumption is 13%, the proportion of natural gas will reach 10%, and the proportion of non-fossil energy in primary energy consumption will reach 15%.

Meanwhile, the local government also issued support policies for new energy, and formulated multiple policies relevant to energy price reform. For example, Beijing City promulgated Beijing City Management Measure of Financial Incentives for Distributed Photovoltaic Power Generation. The Method indicated that, for

grid-connected distributed photovoltaic power generation project, from Jan 1, 2015 to Dec 31, 2019, the municipal finance department will give a award of RMB 0.3/KWH (tax inclusive) and lasts for 5 years based on the actual power generation. This Measure is seen as a huge boost for the distributed photovoltaic power generation and even China's whole photovoltaic industry, which is expected to evolve into more remarkable demonstration effect nationwide.

With the economic transition and upgrading of China coming into the new normal, the transformation of energy consumption structure will be deepened gradually in the context of low carbon development and increasingly strengthening environmental pollution (haze) control.

Current utilization of new energy

New energy industry develops very fast in China. According to New Energy Industry



Revitalization and Development Planning, the planning period for development and utilization of renewable energy sources such as nuclear energy and wind energy as well as transformation of traditional energy system such as coal chemical industry is from the year of 2009 to 2020. It is expected total investment in new energy field of China up to 2020 will exceed 3,000 billion Yuan.

Objectively speaking, however, in a relatively long future period, coal will remain the most significant energy product. In view of the important role of coal in energy, clean combustion of coal shall be the most direct and important energy technology renovation project.

At the same time, new energy covering a wide range including solar energy, ground sources, wind energy, ocean energy, biomass energy and nuclear fusion energy are becoming effective supplement to traditional energy resources and playing irreplaceable roles by virtue of advantages among others environmental protection, low price and renewable nature.

So, what is the state of development of new energy in China at present?

Zhao Xingang, an expert studying energy economic theory and policy and a professor of College of Economic and Management of North China Electric Power University, told the journalist that "on the whole, China is making great efforts in new energy and clean energy resources, which are facing good situations for flourish".

Firstly, as clean energy, nuclear energy is one of China most important power generation

sources, second only to coal and hydroelectric power generation. 2015 is the first year for China's restart of nuclear power, 8 nuclear power units in total are approved in the year. New nuclear construction project in China is expected to reach summit in 2016. Amid the 13th five-year plan period, 6-8 new nuclear power stations will be built in China. In addition, according to the plan, nuclear power generation capacity every year of China to the year of 2020 will increase to 40,000 MW. At that time, China's installed nuclear power generation equipment scale in service will rank the global 3rd position, following American and France.

Solar energy is clean and renewable resource, has been already widely used in China, especially popular in solar water heater. In addition, solar cell and other technologies are increasingly more mature.

Hydroenergy is mainly used for power generation, and has already been used in large scale by far. Xiaolangdi Hydropower Station and Liujiaxia Hydropower Station are examples for earlier use; while Three Gorges Hydropower Station is the example for large-scale use. These hydropower stations contribute energy security to economic construction.

In addition, wind energy utilization of China has also became relatively mature. As pointed out in China's wind power development report, if fully exploited, China is capable to realize 40 million KW installed wind power capacity to the year of 2020, when, wind power will exceed nuclear power and become the third largest power sources of China. It is widely used in areas rich

in wind energy resource such as Gansu.

The long coastline of China breeds rich tidal energy resources. Tidal energy is the water potential energy formed owing to seawater tide rise and fall caused by attraction of the sun and the moon to the earth and auto-rotation of the earth. After 40 plus years development, China has built 8 tidal energy power stations suitable for long time running.

It is hydrogen energy that another clean energy undergoing study climax across the world. China's National Medium and Long-term Science and Technology Development Planning Outline (2006~2020) presents to lay emphasis on development of manufacturing, transport, storage and other techniques of hydrogen energy. In the field of hydrogen energy, China also has gained many important results, both fuel cell and fuel automotive technologies have been mature.

China is also abundant in geothermal resources. According to statistics of geothermal exploration data, total geothermal resources of China is converted to standard coal 853.2 billion tons, the amount may be exploited equals to standard coal 256 billion tons, mainly distributed in east and southwest parts of China.

Compared with wind energy and solar energy, etc., geothermal resource is not subject to disturbance of external factors such as season, climate and diurnal change, and is a kind of practicable and competitive new energy suitable for power generation and heating supply, etc.. Data shows that in energy consumption structure, every 1 percent increase

of geothermal resource consumption equals to replacing 37.5 million tons and reducing about 94 million ton emission of carbon dioxide.

With the development of technology, geothermal energy utilization in China gradually develops to multiple heat energies utilization direction from sole "geothermal energy". According to "13th Five Year Plan Beijing New Energy Transformation Development New Blue Print" in "2015 Beijing Energy Forum" stated by Zhang Guohong, deputy dean of Beijing Development and Reforming Office, Beijing will focus on solar energy, geo-thermal energy and earth energy heat pump utilization, to promote renewable energy sources new step over. Try to make new energy and recycle energy account for about 8% share in total energy consumption by 2020.

In fact, Beijing, Tianjin, Hebei and Shandong, these locating at Circum-Bohai Sea Economic Zone are widely distributed with many and large quantity geo-thermal reservoir, and this zone is the largest geo-thermal resource development zone. Taking Xiong County, Baoding, Hebei as example, the local government works with enterprises to utilize indirect heating and technology of mining and irrigating combination, to successfully establish the first "smokeless city" in China. More than 90% area of Xiong County uses geo-thermal energy, and the heating supply reaches 3.38 million m².

On the whole, China new energy and clean energy development has met god-given opportunity. At present, China has developed comprehensive development and utilization

energy structure in respect of coal, petroleum, natural gas, new clear, hydroelectric, and earth energy, however it still greatly relies on primary energy. Therefore, improving orderly and healthy development of new energy still requires a series of favorable and incentive measures in terms of technology, fund, and relevant policies issued by government.

Opportunity and obstacle for new energy

In recent years, new energy development in shows new development trend, that is the crude oil share has no change, but natural gas share increases, coal share reduces greatly, and the share for new clear and hydroelectricity share rises modestly, and the renewable energy share increase greatly.

Even though, China energy consumption structure reformation still stumbles on its way. Lin Boqiang, the President of China's Energy Policy Institute of Xiamen University, believes that "coal removal" in Chinese energy consumption structure is difficult. If energy demand negative growth similar to that in 2015 occurs, it is relatively easy to reduce the share of coal in energy structure, but if there is another energy demand exceeding 3%, China would have to increase coal consumption. He also stresses that energy structure reform still depends on energy system cost, and this cost change's impact to economy, and other factors.

At the same time, professor Zhao Xingang also presents two obstacles to new energy development. On one hand, new energy development technology is dominated by

medium and low technology. Taking wind power generation technology for example, although it is the fastest developing new energy industry in China and it has already has complete machine production capacity for wind turbine lower than 1.5 MW, however production technology barriers on some core parts, such as bearing, converter, control system, gear box, etc. are still there. Besides, as there is no established intelligent power grid, no advanced grid regulation and control and dispatching technology, it still is a technology barrier on renewable energy power grid connection.

On the other hand, it lacks financing mechanism. Though Chinese government constantly increases financial budget, promotes green loans through banks, and actively promote contract energy management, international CDM transaction and other new funding modes, as well as actively cooperate with international finance system, even begins to establish environment exchange to expand financing channel, the fund brought by these efforts is still limited. Financing system shortage limits new energy industry development speed, even damages the new energy industry healthy development.

In conclusion, Chinese new energy development still needs to be treated rationally. Government overall plans and guides different provinces and cities to healthily and orderly and rationally develop new energy industry, and solves key technology, perfects supporting facilities, thus to develop new energy industrialization and large scale.

取之不尽的地热资源

INEXHAUSTIBLE GEO-THERMAL SOURCES

作者：杨娟（哈尔滨海关）

高峰（中国城市经济文化研究会）

在我们脚下的地球中有一个巨大的能源宝库，除了我们熟知的石油、煤和天然气外，还有一个我们关注较少的能源。这种新能源不仅储量大，而且污染很小，这种日渐受到重视的能源就是地热。目前，水电、石油、煤和天然气还是世界上主要的能源，然而这些能源并非可持续发展的绿色能源，极大的污染着我们的生存环境。最近，德国能源部门希望小城镇使用绿色环保的地热资源，让小城镇摆脱对水电、石油和天然气的依赖。德国一个名为“下哈兴”的小镇正在进行这方面的试点工作。如果获得成功，德国将在地质条件合适的小城镇全面推广对地热资源的利用。

地热是指来自地下的热能资源。我们生活的地球由地壳、地幔和地核组成，它是一个巨大的地热库。越往地下温度越高，地热就是指地球内部蕴藏的能量。从地球表面往下正常增温梯度是每 1000 米增加 25~30℃，在地下约 40 千米处温度可达到 1200℃，地球中心温度可达到 6000℃。据科学家推算，仅地下 10 千米厚的一层，储热量就达 1050 万亿亿千焦，相当于 9950 万亿吨标准煤所释放的热量。用钻探手段把地下几千米的热水带到地表，这就是地热资源开发。热能是天生就储存在地下的，

不受天气状况的影响，既可用于发电，也可用于供暖。地热供暖能轻松节能，有业内人士预测，地热供暖将成为未来供暖主力。

目前，慕尼黑附近的下哈兴镇正在加紧开发地热，这使得这个小镇看上去很有些沙特阿拉伯的味道。在紧靠德国 8 号高速公路的田野上，耸立着一个高达 55 米的钻台。这种钻台用来钻探深藏地下 335 米的高温水。下哈兴镇有一个宏大设想：希望利用本地的地热资源，摆脱对石油和天然气的依赖。那一带的地质富有岩溶，地下岩溶就像海绵一样，含有大量高温热水，人们可以把这些热水抽上地面，生产蒸汽，带动蒸汽轮机发电，还希望能够直接利用这些来自地下的热水进行取暖。

拥有两万人口的下哈兴镇为实现能源独立的美梦拨出 5000 万欧元的资金，其中包括建设几千米长的管网和一座发电站的费用。镇长表示：“最晚在 15 年到 16 年后，我们就可以收回成本。”科纳佩克的这笔账是根据德国红绿联合执政的上届政府推出的可再生能源算法算出来的。该法规定，德国电力公司必须以明显高于市场价格的固定价格收购利用可再生能源生产的电力，也就意味着将来下哈兴镇利用地热每生产一度电，就可得到 15 欧分的收入。下哈兴镇这

套设备的装机容量是 5000 千瓦，相当于一座小型水电站的发电量。

现在还没有到发电这一步，目前还只是钻井，钻头已经达到 760 米的深度，下一步工作是安插第一批管子，以防井壁倒塌，前功尽弃。这口井已是 2011 年启动的下哈兴镇地热项目所打的第二口井了。在离此处大约 4 千米远的地方，他们已经打了一口抽取地下水源的抽水井，现在打的就是回水井。抽出的地下水当然不能用完了就排放到就近的河流中，而是应当再回送到地下，形成一个循环。把地下热水抽上地面，利用其热能发电取暖，然

后再把降了温的水送回地下，让其利用地球内部的热能加热，如此往复循环，形成一种可持续获取的绿色能源。

为什么德国首先在小城镇推广地热呢？因为小城镇人口少，电网建立和改造都比较简单。如果全镇都只用地热这一种能源，花在能源设施配套和改造上的钱将减少，从长远的发展来看，是一种很合算的事情。一个小型的热气田就可以供给全镇的生活、工业和农业用电，也可以满足冬天的供暖需求。为了让小镇全面摆脱石油和天然气，小镇的各种设施就得做些改进，比如，家庭可以用地热电来做饭，可以直接用地热水来洗澡，小镇的汽车得推广电动汽车。由于城市人口比较多，工业设施也多，不可能只用地热就能满足能源需求。当然，德国不少城市已经把地热作为一种补充的能源进行推广。

地热能有许多种用途，例如，它可以直接用来供热、发电、也可以用于温泉养鱼、灌溉、温室栽培、皮革加工、食品加工以及造纸、晒盐、制碱等等。作为一种清洁高效的能源，地热



已经在世界各国掀起开发利用的热潮。除了德国外，世界上大多数国家都在加紧对地热的开发。地热作为绿色能源中唯一的地下宝藏，目前已有 110 个国家在开发利用，每年以 12.8% 的速度递增。欧洲的冰岛是利用地热能的典型国家，那里一半以上的居民是靠地下热水取暖的。20 世纪 60 年代，意大利利用地热发电点亮了第一个灯泡，成为世界上最早利用地热发电的国家，之后，日本、新西兰、印尼、德国等国家相继开始利用地热发电。目前，有 20 多个国家利用地热发电，利用地热发电最多的是美国。日本的地热发电量位居世界第二，地热发电居然占到该国电力的三分之一。

我国开发利用地热资源已有上千年的历史，但是较大规模的勘查开发利用则是近 30 年的事，施工的地热井近 2500 眼，深度从数百米延伸到 4000 米，地热能的利用达 500 万吨标准煤当量。地质学家李四光曾经表示，地热是与石油天然气同等重要的能源。

选自：《水利天地》

地球内部的清洁能源： 我国地热能开发利用情况

EARTH'S INTERNAL CLEAN ENERGY: EXPLOITATION AND UTILIZATION OF GEO-THERMAL ENERGY IN CHINA

2016 年全国两会政府工作报告中指出，重拳治理大气雾霾，提高清洁能源比重。我国地热能资源丰富，在有条件的地区充分利用地热发电和供暖，可显著改善能源结构，有效缓解冬季雾霾污染的不利状况。

地热作为节能环保的新型可再生能源，具有资源储量大、分布广、利用系数高等特点。大力发展地热等清洁能源，对于调整能源结构、实现非化石能源目标，推进节能减排均具有重要意义。

清洁高效的地热能

地球是一个庞大的热库，蕴藏着巨大的热能，通过火山爆发、岩层的热传导、温泉以及载热地下水的运动等途径，将热能送向地表。

地热能不仅节能环保，而且利用效率较高，地源热泵依靠 1kW 的驱动能（电力）能带出 2.5kW 的浅层地热能。地热发电平均利用效率高达 73%，是太阳光伏发电的 5.4 倍、风力发电的 3.6 倍。

按照埋藏深度，地热能可分为三类：200 米以内的为浅层地能；200 米~3000 米的称为常规

地热能；3000 米~10000 米的称为干热岩或增强型地热能。

我国浅层地能资源开发利用程度较高。截至 2014 年，全国利用浅层地能的建筑物面积已达 3.6 亿平方米，相当于每年节约标准煤约 675 万吨，减排二氧化碳 1500 万吨、二氧化硫 10.68 万吨。

我国中低温地热资源丰富

据估计，储存于地球内部的热量约为全球煤炭储量的 1.7 亿倍。当然，地热资源不可能全部被开采和利用。

就全球来说，地热资源的分布并不平衡，高温地热资源基本上沿大地构造板块边缘的狭窄地带分布。我国主要以中低温地热资源为主，广布于板块内部的大陆地壳隆起区和地壳沉降区。东南沿海热带是地壳隆起区温泉最密集的地带，主要包括江西东部、湖南南部以及福建、广东及海南省等地；在板块内部地壳沉降区，则广泛发育了中、新生代沉积盆地，如华北、松辽、四川、鄂尔多斯、渭河盆地等，这些盆地蕴藏着丰富的中低温地热资源。

我国地热资源直接利用量连续多年位居世界

首位。在利用方式上,形成了以天津、陕西、河北为代表的地热供暖制冷,以沈阳为代表的浅层水源热泵供暖制冷,以大连为代表的海水源热泵供暖制冷,以北京、东南沿海为代表的疗养与旅游,以及以华北平原为代表的种植和养殖的开发利用格局。

专家观点

科学利用将助力雾霾治理

专家认为,科学合理地开发利用地热资源,使之取代部分燃煤锅炉供暖,将资源优势转化为经济优势和生态优势,是实现削煤减碳、治霾减排的有效途径。

由中国地质调查局会同京津冀3省(市)国土资源部门编制的报告《支撑服务京津冀协同发展地质调查报告(2015年)》显示,京津冀蕴藏丰富的地热资源,规划区13个地级以上城市浅层地能每年可开采热量折合标准煤9200万吨。若采用热泵系统开发利用浅层地能,可实现建筑物夏季制冷35亿平方米,冬季供暖29亿平方米。

目前,京津冀地区采用浅层地能供暖制冷面积8500万平方米,占全国利用浅层地能供暖制冷总面积的20%,是我国浅层地能开发程度最高、用于建筑物供暖制冷规模最大的地区之一。

浅层地能资源是京津冀地区可持续开发的重要清洁能源,若加大科学利用力度可在治理大气污染行动中发挥重要作用。

政策建议

加大技术应用扶持推广力度

近年来,国家大力发展可再生能源的政策,为地热产业的发展带来重大机遇。2014年6月,国家能源局、国土资源部联合发出通知,提出近中期发展目标,要求各地“近期地热能开发利用规划以浅层地能供暖(制冷)、中深层地热能供暖及综合利用为主,具备高温地热资源的地区可发展地热能

发电。远期发展中温地热发电和干热岩发电,并提高地热综合利用水平。”

专家建议,国家在技术研发、资源合理利用以及市场准入等方面制定相关政策。如建立国家级地热产业核心技术研发平台,并依托示范项目加快地热能利用关键技术产业化进程;尽快启动干热岩勘查开发利用示范工程建设;制定优惠政策,推动地热产业步入快速发展轨道;尽快出台全国性的地热资源管理法规,以推动我国地热资源开发利用的法制化管理。同时,积极引导社会资金投入,逐步形成开发有度、市场有序的良好局面。

相关链接

“无烟城”雄县

河北省雄县境内地热资源丰富,是华北地热资源最为丰富的地区之一。分布面积广,其中基岩热储面积320平方公里,占县域总面积的61%;储量大,地热水储量达821.78亿立方米,热能相当于66.3亿吨标准煤;埋藏浅,便于开发利用;温度高、水质优,且富含多种微量元素,达到“国家医疗热矿水标准”。

2006年,被中矿联、国土资源部命名为“中国温泉之乡”称号后,雄县人民政府于2009年与冰岛及中石化签订战略合作协议,引进先进技术,开发地热集中供暖,开创了“政府主导、政企合作、技术先进、环境友好、造福百姓”的科学、先进、规模化开发的“雄县模式”,具有重要的推广意义。雄县地热资源开发CDM通过了国家发改委审核,于2013年8月在联合国注册。

目前,雄县共开凿地热井78眼,城区地热供暖面积达270万平方米,占集中供暖总面积的92%,年替代标准煤9万吨,减排二氧化碳18.99万吨、二氧化硫0.48万吨、粉尘1.19万吨,极大缓解了清洁能源供应紧张的局面,有效改善了城市空气质量。

选自:中国节能产业网

浅层地热资源 开发利用模式探讨

MODEL EXPLORATION OF EXPLOITATION AND UTILIZATION OF SHALLOW GEOTHERMAL SOURCES

作者：赵方树（内蒙古自治区有色地质勘查局）

刘占宁（内蒙古科技大学矿业研究院）

环境污染是民生之患、民心之痛。2015 年政府工作报告提出，要打好节能减排和环境治理攻坚战，二氧化碳排放强度要降低 3.1% 以上，化学需氧量、氨氮排放量都要减少 2% 左右，二氧化硫、氮氧化物排放量要分别减少 3% 和 5% 左右^[1]。浅层地热能是赋存在地球表层岩土体中的低温地热资源，是一种新型的优质清洁能源，具有可再生、分布广、储量大、节能环保、经济实惠、安全性强和可用性强等特点，开发利用浅层地能对节能减排具有重要的现实意义。目前有关地热能的研究主要集中在地热成因机制^[2-3]、开发利用技术^[4-7]及环境影响评价^[8-9]，对地热规模化开采中的经营模式的研究较少。基于目前浅层地能资源开发利用中存在的诸多障碍，本文分析了工程总承包模式、合同能源管理模式及分布式热力经营模式这 3 种投资经营模式在浅层地能规模化开采中的适用性。研究对其他工程的开发模式也有一定的借鉴意义。

1 浅层地能规模化应用面临的问题

1) 管理机制不完善，资金缺乏。浅层地能的

开采涉及国土资源、建设、水务、环保等多个行政主管部门，环节众多，权责不明确，缺乏统一的指导和规划，不利于地热能产业的持续健康发展。浅层地能开发初期一次性投入较大，要想取得经济上的规模效益，需要得到政府的支持。传统的供热方式主要有城市热力管网以及自建燃煤锅炉、燃气锅炉或电锅炉，而低温地热能空调系统的投资额比传统方式多近 50%，大部分只需要供热而不需要制冷的用户不愿意承担这笔费用。

2) 社会认知程度低。当前社会对浅层地热能资源的认知程度低，对浅层地热能的特点及其热泵技术了解不多，直接影响浅层地热能资源的广泛应用。由于信息传播不畅，用户也无法准确获悉产品和服务的最新动态和合格的服务提供方。

3) 技术水平不高。浅层地能供热 / 供冷是一项系统工程，地上暖通空调系统与地下资源勘查评价及井位、埋管系统的设计、施工等环节是有机的整体，各专业之间必须协同作业。地源热泵供暖空调项目专业设计人员缺乏，系统设计不匹配的问题突出，有待开发适合我国特点并满足不同要求的地源热泵系列产品。土壤埋管换热计算理论还不成熟

熟, 缺乏设计标准, 工程质量难以保证^[10]。

2 浅层地能项目投资运营模式

2.1 工程总承包模式

1) 基本模式。

工程总承包 (EPC) 模式是指公司受业主委托, 按照合同约定对工程建设项目的设计、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^[11]。在该模式下业主是地源热泵系统的出资人, 也是产权人, 它承担向建筑物供冷暖的责任, 同时拥有符合国家规定的收费权。业主承担融资、投资、建设、运营过程中的全部风险。

2) 操作要点。

业主对建筑物能源供应系统进行工程招标, 选定 EPC 承包商, 由承包商负责设计、采购、安装、调试等。在整个建筑物交付使用后, 业主一般委托

应系统的建设和运营被人为地分开了。

3) 利弊分析。

该模式符合人们的常规思维, 各方权责利分明, 易于操作。有关设计、工程施工、设备选型、采购问题均由 EPC 承包商负责, 他们的工作具有连贯性, 可以防止设计者与施工者相互推诿责任, 提高了工作效率, 减少了协调工作量。又由于总价固定, 基本上不用再追加费用, 业主能够将建设期的大部分风险转嫁给承包商。该模式针对建设环节, 能够充分发挥市场机制的作用, 对提高业主的项目管理水平、缩短建设周期、降低工程造价等具有重要作用。但是这种模式也存在一些弊端, 即无法解决质量性能与价格的矛盾, 无法解决业主投资增加的问题, 无法解除业主及政府部门对长期运营的各种担心。该模式无法从根本上改变业主对实施地源热泵技术的担心和疑虑。

2.2 合同能源管理模式

1) 基本模式。

在第 1 种模式中, EPC 承包商是一个专业的地源热泵系统集成商, 只承担系统设计、采购、建设任务, 对后期运营不负责。但随着市场竞争的加剧, EPC 承包商

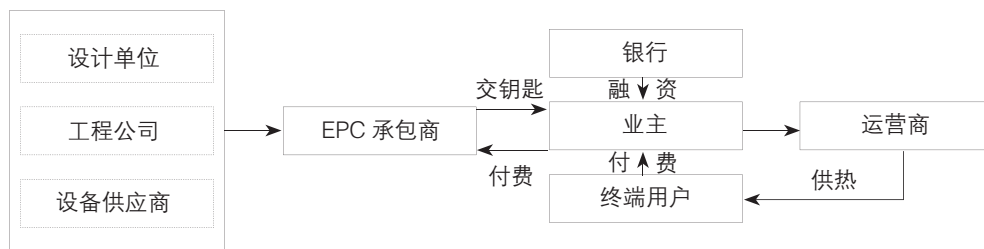


图 1 浅层地能项目工程总承包模式

物业或者专业服务公司进行日常运营、维护、管理。浅层地能项目工程总承包模式如图 1 所示。业主依照建筑物建设和使用需求选择 EPC 承包商和运营商, 承包商与运营商之间没有直接利益关系。涉及的参与方较少, 合作关系较简单。EPC 承包商赚取工程设计、施工和销售机器设备的利润^[12]; 运营商只按约定收取系统运行维护费用。地热能供

应系统的建设和运营被人为地分开了。为了提高自身系统集成产品的市场竞争力, 提高盈利能力, 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, energy service company) 的过渡 (图 2)。

2) 操作要点。

在合同能源管理模式^[13]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。

3) 利弊分析。

该模式能提高业主的积极性,且对用户最有

2) 操作要点。

分布式热力经营模式中,第三方投资者承担全部的融资、投资、建设和运营风险,同时获取每个热力站长期的运营收益。第三方投资者实现了规模化生产,创造了规模效益,也促进了地源热泵系统的推广和应用。浅层地能项目分布式热力经营模式如图 3 所示。

3) 利弊分析。

浅层地能项目分布式热力经营模式有利于减少节能项目的投资和管理成本,便于银行和金融组织提供项目融资,有利于获得政府支持和清洁发展机制项目支助,有利于大规模推广应用地源热泵技术,



图 2 浅层地能项目合同能源管理模式

保证,有利于理顺供热与用热的关系,有利于理顺投资、建设、运营的关系,有利于最大限度地发挥节能潜力。然而该模式的谈判签约难度大,且无法突破资金瓶颈。合同能源管理模式虽然实现了业主、终端用户和 ESCO 的多方利益共赢,但由于 ESCO 对规避潜在风险的考虑以及受项目资金的制约,仍无法满足浅层地能项目快速大规模推广的需求。

2.3 分布式热力经营模式

1) 基本模式。

ESCO 能源服务公司投资建设一个或多个热力站,为一个区域或一个城市提供供热服务。该模式中 ESCO 能源服务公司负责融资、投资、建设、运营服务的全部任务,业主不再是投资者,投资者是以赢利为目的,以投资、建设和运营节能项目为主要经营内容的企业。投资者的股东可能是具有一定资金实力的专业投资者,也可能是 EPC 承包商,或者是多个投资者的联合体。

环保和社会效益显著。浅层地能项目分布式热力经营模式的主要缺点在于第三方投资者以盈利为经营目标,需要兼顾各方利益主体的需求并尽可能保证第三方投资者的较大商业利润,与合同能源管理模式一样需要获得特许经营权,而且通常由于项目设计的业主相对较多,协调工作量大,谈判签约周期较长。

3 浅层地能投资经营模式对比分析

地源热泵与常规的水冷式冷水机组加锅炉供冷供热方式相比,夏季可减少向大气中排放的热量,减缓城市的“热岛”效应;冬季除使用少量电能以外,不使用一次化石能源,可减少污染物的排放和一次能源的长途运输成本。地源热泵空调系统可减少一次能源消耗的 40% ~ 50%,运行费用仅为普通中央空调的 50% ~ 60%。对于小规模项目,由于项目资金规模需求较小,项目参与方相对较少,宜采用 EPC 工程总承包模式。

对于以一定规模的新兴建筑小区或新兴开发区等为单元的浅层地能项目，宜采用合同能源管理模式，不仅可减少锅炉热力站的建设，也能形成一定的规模，有利于项目的后期运营，节约管理运行成本，解决业主资金困难以及管理技术缺乏的问题。对于以政府为主导推动且有一定规模的区域性

浅层地能开发利用项目，通常所需资金数额巨大，可由政府主导吸引金融机构、社会闲散资金等第三方资金的积极参与，解决资金问题，同时也可申请清洁发展机制项目，获取国际援助，宜采用分布式热力经营模式。

4 结语

开发利用清洁无污染的浅层地能资源已是社会发展的必然趋势。采集浅层低温地能并略加提升后，不但可以满足供暖（冷）的需求，还可以实现供暖（冷）区域的零污染排放，直接改善适



图3 浅层地能项目分布式热力经营模式

用区域的大气质量。针对浅层地能规模化应用存在的问题，提出如下建议：允许开展类似于热力公司的特许经营；制定指导性的供暖供冷收费标准；提供必要的优惠政策；政府率先垂范。浅层地能项目工程总承包、合同能源管理以及分布式热力经营模式的适用性不同，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、城市规模的浅层地能开发利用项目。

选自：《资源与产业》

参考文献：

- [1] 李克强. 政府工作报告 [M]. 北京：人民出版社，2015
- [2] 杨峰田，庞忠和，王彩会，等. 苏北盆地老子山地热田成因模式 [J]. 吉林大学学报：地球科学版，2012，42(2):468-475
- [3] 米立军，袁玉松，张功成，等. 南海北部深水区地热特征及其成因 [J]. 石油学报，2009，30(1):27-32
- [4] 石岩，许天福，王福刚，等. 导热与导热—渗流作用下浅层地能热量输运数值模拟 [J]. 吉林大学学报：地球科学版，2012，42(S2):379-385
- [5] 王敏黛，郭清海，严维德，等. 青海共和盆地中低温地热流体发电 [J]. 地球科学：中国地质大学学报，2014，39(9):312-321
- [6] 董华松，黄文辉. 利用遗传算法优化的小波神经网络实现地热资源预测 [J]. 资源与产业，2014，16(3):101-105
- [7] 骆超，龚宇烈，马伟斌. 地热发电及综合梯级利用系统 [J]. 科技导报，2012，30(32):55-59
- [8] 尤伟静，刘延锋，郭明晶. 地热资源开发利用过程中的主要环境问题 [J]. 安全与环境工程，2013，20(2):27-28
- [9] 任静. 碳排放影响因素研究综述 [J]. 资源与产业，2015，17(1):79-83
- [10] 陶庆法，胡杰. 浅层地热能开发利用现状、发展趋势与对策 [R]. 北京：全国地热（浅层地热能）开发利用现场经验交流会，2007
- [11] 吴显伟. 工程总承包发展趋势及有关问题的思考 [J]. 东北水利水电，2011(11):64-66
- [12] 王向飞，陈勇强. PMC 承包商的风险分析 [J]. 国际经济合作，2008(2):64-68
- [13] 苏剑，周莉梅，李蕊. 分布式光伏发电并网的成本 / 效益分析 [J]. 中国机电工程学报，2013(34):50-56

农村推广浅层地能技术 供冷暖前景分析

PROSPECT ANALYSIS ON COOLING AND HEATING SUPPLY TECHNOLOGY FROM SHALLOW GROUND SOURCE ENERGY

作者：郭海秋 陈春艳 丛日凤（黑龙江省宁安市环境监测站）

本文介绍了浅层地能的概念及其技术原理，从热点实验、开发利用、综合效益等方面探讨了浅层地能用前景。

1 引言

伴随着社会主义新农村建设的深入以及农村经济的发展，农村环境问题日益突出，农村生产生活环境致使柴草成堆、杂乱无序，影响村容整洁，农村燃煤燃薪材对大气环境的面源污染更为严重，所以在农村因地制宜推广清洁能源已经成为一种趋势。实施浅层地能替代燃煤燃薪材供暖或是替代空调制冷，对改善农村环境质量，提高生活品质，建设社会主义新农村具有重大意义。

浅层地能是在太阳能照射和地心热产生的大地热流的综合作用下，存在于地壳下近表层数百米内的恒温带中的土壤、砂岩和地下水里的低温地热能。浅层低温地能广泛存在于大地近表层的恒温带中，其温度水平略高于当地年平均气候温度，在不同地域、不同气候条件下，恒温带中的温度变化不大，相对稳定。所谓低温就是它低于传统地热温泉温度的下限（25℃）。

浅层地能不是传统概念的深层地热。是地热可再生能源家族中的新成员，它不属于地心热的

范畴，是太阳能的另一种表现形式，广泛的存在于大地表层中。它是可恢复的取之不尽用之不竭的低温能源。以往这种低温能源与深层地热的高品位能量相比，因品位不高（通常温度 <25℃），往往被人们所忽视，但是采集利用价值却很大。因为它具有可再生、储量巨大、分布广泛、能量恒定等特点。随着制冷技术及设备的进步和完善。成熟的热泵技术使浅层地能的采集、提升和利用成为现实^[1]。

2 开发浅层地能技术原理

采集自然界中可再生的低品位能量（浅层地能），利用热泵技术将低品位能量提升为高品位能量，再适度地释放到使用环境中。浅层低温地能（热）供暖的核心是热泵技术，是用蒸发器吸收低温热量给压缩机绝热提升后以冷凝器放出的热量来供热的热泵系统。它用潜水泵将井水（约 15℃）以 100m³ / h 的流速注入热泵机组。井水在热泵机组内放热，温度降为 10℃ 井水所放出的热量经热泵提升至 50℃ 以后，通过风机盘管将热量放入

室内达到采暖的目的。放热后的井水被送回同一口井内,通过井内的土壤换热装置与周围土壤换热,水温恢复后再次被潜水泵吸入并注入机组^[1]。热泵技术通过采集浅层低温地能(热),并略加提升,来满足供暖(冷)的需求,同时实现供暖(冷)区域的零污染排放。不仅利用了大自然的低品位可再生能源。大幅度节约高品位传统的建筑用能,同时真正实现供暖(冷)而无污染的绿色居住环境。

单井循环换热地能采集技术是区别于传统浅层地能采集技术,这种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能量;相比土壤埋管技术,其换热效率高、占地面积小、维护便利;没有水的流失和污染,不会产生潜在的地质灾害,能够安全、高效地采集浅层地能。单井循环换热地能采集技术采集浅层地能,冬天为建筑物供暖,夏天为建筑物制冷,全年为建筑物提供生活热水。

3 国内外开发浅层地能技术的发展现状

3.1 国外的发展现状

目前在国外,热泵供暖(冷)技术已处于商业化应用。国际上热泵技术的快速发展是 1973 年世界“石油危机”以后,热泵供暖技术应用得到美国、日本、德国、瑞典等国政府的认可。为推动热泵技术的发展,1976 年世界能源组织成立了“国际热泵委员会”。苏、英、法、联邦德国、丹麦、瑞典、挪威等国参加。一些国际组织如国际制冷学会(IIR)、世界能源委员会(WEC)、国际能源机构(IEA)等,经常组织有关热泵的国际活动与学术会议,促进热泵技术的发展。

3.2 国内的发展现状

由于我国以煤炭能源为主导,能源价格的特殊性等因素,使热泵发展缓慢。20 世纪 70 年代初,第一次世界石油危机,在国际上掀起推广热泵技术应用热潮。也同时影响了我国学术界、高等学校、

研究所和学会。我国热泵系统作为商业化应用与世界发达国家相比有一段明显的滞后期。

热泵技术在我国推广应用缓慢,主要原因包括以燃煤为主的供暖手段很多;能源价格失调(煤价无低于电价);压缩机制造水平与国外差距较大;空气源热泵冬季供暖结霜的难点不易解决;经济发展程度制约人们的观念转变,对冷暖热三联供要求不迫切等。20 世纪 80 年代初至 90 年代末,在我国暖通空调领域掀起一股“热泵热”,热泵供暖(冷)在我国应用日益广泛,且发展速度很快,这主要是上述原因的改善和环境要求城市能源结构的变化所致。

目前,热泵站在节约能源中的作用已引起国内主管部门和暖通空调工作者的关注和兴趣,认识正在提高。有些城市已开始论证建立以水为低温热源的大型热泵站的可行性问题。国家有关部门将热泵站示范工程的研究纳入国家科技攻关计划的能源项目中。以浅层地能作为热泵低温热源比地表水和空气有着相对更加稳定的特点,浅层地能的采集基本不受使用地域和四季气候的影响。它作为建筑物的冷热源初始采集更具有推广价值。现今人们对生活品质和舒适性要求的不断提高,城市能源结构的改变,建筑市场的巨大为热泵供暖(冷)技术在推广创造了前所未有的机遇。国内在热泵理论研究、试验研究、产品开发、工程项目的应用诸方面都取得了可喜的成果。我国热泵系统的应用正步入世界性大国之列^[2]。

4 浅层地能供暖技术分析

4.1 浅层地能供暖(冷)和传统供暖(冷)方式的比较

一直延续到今天的传统的建筑供暖(冷)方式,它的最大缺点有 4 点,包括使用矿物质燃料资源有限;能源利用不合理;燃用矿物质燃料(煤、油、气)等燃烧 1000℃ 烟气加热低温水 70 ~ 80℃。而排烟温度竟达 200℃ 左右,效率

极低，能源浪费极大；燃烧产物污染严重，不仅产生大量温室气体 CO₂，同样烟尘、CO、SO₂、NO_x 皆须后期治理；设备功能单一，锅炉只供暖，制冷须另设制冷机组（如分体空调，电压缩式冷水机组或热力吸收式制冷机），另加投资。而新型浅层地能供暖方式全面克服了上述 4 方面的缺欠。

(1) 使用可再生能。若用地下水换热，每 100m³ / h 利用 5℃ 温差，可获取 580kW 低温热源，只消耗约 150kW 的电绝热压缩，提升这部分热量，可实现 700 多 kW 的供热量，这就相当传统 1t / h 锅炉的供热量，在京津地区可供 1 万 m² 的建筑供暖。

(2) 能源利用高。比传统方式节能 50%~75%。

(3) 真正实现了供暖（冷）建筑使用区域的零排放，零污染。

(4) 一套设备，冬季既可供暖，夏季又可制冷，并提供日常生活热水，节约总体投资。总之，国内外建筑传统供暖（冷）的能源结构必须改变，浅

层地能将是取代它的最有力的措施，必将引起 21 世纪传统供暖（冷）方式的重大变革^[2]。

4.2 浅层地能替代传统供暖的试点经验

2007 年宁安市渤海镇引进了恒有源科技发展有限公司的浅层地能供暖技术。在小朱家村 2 户农户家中进行了一个采暖期有试验，并取得了成功。试用期内冬季室温保持在 20℃ 以上，取暖消耗主要是热泵工作的电能消耗，按 2007 年冬季燃煤价格计算，实际发生费用为 16.67 元 / m² 与燃煤费用基本持平。2008 年推广到 27 户，2009 年新增 63 户，冬季室温可保持在 20℃ 以上。目前小朱家村主村 110 户已有 90 户村民应用了浅层地能开发利技术，与传统燃煤供热系统相比，又有多方优势，包括功能多，冬季供热、夏季制冷、日常可提供生活热水。清洁、环保、零污染；占用空间少，其体积与普通冰箱相近。节省了储煤、储柴、储秸秆的空间；供热质量高，供热可使室温保持在 20℃ 左右；操作

表 1 两种供暖方式的比较

序号	项目	传统供暖（冷）方式	浅层地能供暖（冷）方式
1	能源	燃煤或燃油，或燃天然气	浅层低温地能，少量电
2	供暖设备	锅炉铸铁（钢）散热器	热泵，风机盘管
3	加热过程特点	1000 度摄氏度燃烧产物加热 70-80℃ 的低温水	地下 10 多度低温用热泵提升至 50-60℃
4	能源效率	低（60%-90%）	高（COP=2-4），节能 50%-75%
5	环境	污染严重（烟尘、CO、SO ₂ 、NO _x 、CO ₂ ）	使用区域零污染
6	制冷设备	另设分体空调或制冷机组 冷却塔	供暖制冷热泵一体化设备
7	建筑辅助设施	大锅炉房、烟囱、煤场、灰场或地下油库、天然气泄漏防煤	小机房（供暖面积的 0.5%-1%），打浅水井（一般 <100m）
8	投资	（供暖、供冷）总投资为 100%	供暖（冷）总投资为前者的 80%
9	采暖运行费用	电采暖 40-50 元 / m ² / 季；燃油或燃气 30-40 元 / 元 / 季；燃煤 20-30 元 / m ² / 季	供暖运行费 20 元 -30 元 / m ² / 季
10	制冷期间耗水量	冷却塔耗水 120t/ 万 m ²	无水损耗

方便,且更加安全。无高温、高压过程,还可避免煤烟中毒、生活火灾等危险。应用浅层地能开发利用技术以使用面积 100m^2 住宅为例计算,前期投入总成本为 3.4 万元,主要包括单台 HT760A 浅层地能热泵机 1.8 万元,配备 2 眼井、安装管线、水泵 8000 元;农户进行室内地热管网改造 7800 多元。通过 3 年多的实际应用,浅层地能设备已经得到了广大农户的认可。

4.3 浅层地能资源开发利用产生的综合效益

(1) 农户冬季采暖费用明显降低。以使用面积 100m^2 农户住宅为例,使用传统的燃煤取暖,每个采暖期使用燃煤约为 $2.5 \sim 3.0\text{t}$,按燃煤市场价格每吨 600 元计算,燃煤费用约 1500 ~ 1800 元左右,引火材 200 元,合计取暖费用在 1700 ~ 2000 元左右,平均温度达到 $16 \sim 17^\circ\text{C}$ 。而采用浅层地能开发利用技术。每个采暖期用电 2350kW/h ,按农电 0.51元/kW/h ,取暖费用约为 1200 元,平均温度达到 20°C 以上。由此可见,应用浅层地能开发利用技术取暖与传统燃煤取暖相比较,每个取暖期可节约费用 500 ~ 800 元,而且取暖的效果也明显优于燃煤供热。

(2) 节能减排效果突出。浅层地能开发利用技术由于采用井水就地原位回灌的方式,既不会消耗污染地下水,也不会破坏地下水的正常分布。从能源的单位投资成本来看,每投资 1kW 能源,浅层地能至少比煤电节约 2000 元,比水电节约 3000 元,比风电节约 5000 元。同时,恒有源浅层地能设备在运行过程中没有任何污染物排放,环保效果较为突出。如果

小朱家村 206 户农民都能用上此技术,按每户平均住宅使用面积 100m^2 每个采暖期使用燃煤 3t 计算,每年冬季可节约燃煤 600t 左右,烟尘、二氧化硫可分别减少排放 28.5t , 2.88t 。

(3) 农户的生活质量显著提高。很多农户反映,浅层地能开发利用技术不但清洁、环保、零污染,并且能定时供暖,节省能源。环境效益、经济效益和社会效益可观。

5 结语

节约能源资源是树立科学发展观、转变经济增长方式,从根本上缓解资源约束、减轻环境压力、实现全面建设小康社会目标和经济可持续发展的必然选择。推广浅层地能的开发,采用国际领先技术的单井循环换热地能采集技术,通过此项技术采集的浅层地能,解决了人们生活中 3 大基本问题:供暖、制冷、生活热水,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。因此推广浅层能(热)开发技术的前景看好。

我国农村推广浅层地能开发技术,其社会、经济、生态环境效益显著:对改变能源结构,资源的高效利用、不可再生能源资源的持续利用、农村经济的可持续发展和农村城镇化建设等,均具有重要的促进作用和现实意义。浅层地能的开发、利用,在某种意义上讲,是一种暖通行业能源利用的一场革命,特别是在我国农村有序推广更加具有长远的积极影响。

选自:《绿色科技》

参考文献

- [1] 北京恒有源科技发展有限公司. 浅层地能及地能热泵系统技术资料 [R]. 北京:北京恒有源科技发展有限公司. 2006.
- [2] 程韧. 浅层地能(热)的开发与利用 [J]. 岩土工程技术, 2003(1): 57 ~ 59.

浅层地能资源可持续开发利用的几点建议

SEVERAL SUGGESTIONS ON SUSTAINABLE EXPLOITATION AND UTILIZATION OF SHALLOW GROUND SOURCE ENERGY RESOURCES

作者：孔祥军 孙振添 张国山 石涵静 （北京市地热研究院）

浅层地能是指蕴藏在地表以下一定深度（一般小于200m）范围内岩土体、地下水和地表水中具有开发利用价值的一般低于25℃的热能。由于与传统的化石能源相比，该资源具有分布广泛、储量大、采集方便、可循环使用、开发利用价值大、清洁环保、经济划算和安全性强等特点。近年来，利用这种资源为建筑物进行供暖和制冷已开始盛行，且技术逐步得到推广。在第四系地层有一定厚度的地区，几乎都可以采用不同的地源热泵技术进行开发。自2004年以来，我国地源热泵市场规模年增长率超过30%，远高于同期世界20%~22%的平均发展速度，目前已跃居世界第二位^[1]。从节能环保和可持续发展的角度看，浅层地能已成为当前暖通界和地质系统共同关注的热点问题之一。

一、国内外浅层地能开发利用现状

浅层地能概念在国外文献中尚未见到报道，但利用热泵技术开发利用浅层地能资源已有近百

年的发展历程^[1]。2000年，全球有26个国家利用地源热泵技术，2005年有扩展到了33个国家，截止到2010年，全球已有43个国家在利用该技术^[2]。2012年欧洲地热投资市场约53亿欧元，而地源热泵约占77%^[3]。国内浅层地能资源开发利用技术研究真正起步在20世纪80年代末到90年代，2010年全国31个省市自治区均有浅层地能开发利用项目，项目总量已超过7000个^[4]。近3年来，地源热泵应用面积持续以30%的速度增长（图1），截止2012年底全国应用总面积约 $2.1 \times 10^8 \text{m}^2$ ^[3]，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。

二、开发利用中遇到的问题

随着使用浅层地能开发利用项目的迅猛增加和规模的不断扩大，其面临的问题越来越多，对于地质环境的影响也越来越受到人们的重视。

1 不同气候、地质条件下的适宜性

我国地域宽广，气候差异变化大，南方地区

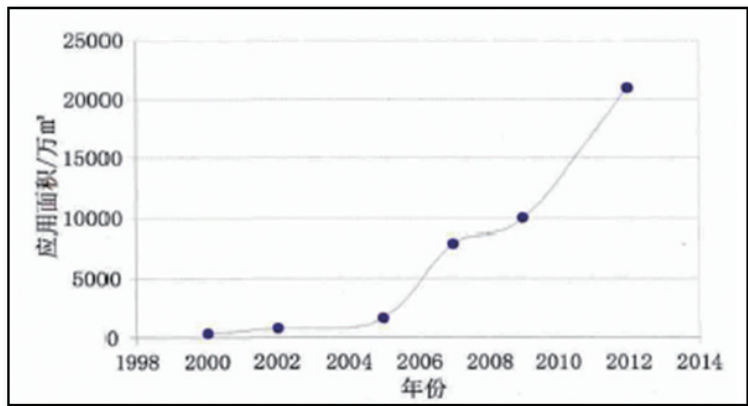


图1 我国地源热泵年度增长曲线（引自参考文献[9]）

开发利用浅层地能主要用于夏季制冷，地源热泵系统输入地下的热量远大于从地下获取的热量，如果地下水径流条件较差，地下温度会逐年升高，造成局部“热堆积”，大大降低地源热泵的制冷效率^[4]。东北和西部地区则正好相反，开发利用浅层地能易造成局部“冷堆积”，供暖效率也会因此而大大降低。浅层地能的开发利用也要考虑当地地质环境特点和地下水的资源功能。如果第四系松散层以大厚度砂砾石为主，地下水补给径流较好，资源丰富，地下水回灌也相对容易，开采地下水不会产生明显的地面沉降等问题，则适合大面积利用地下水地源热泵开发浅层地能。如果当地水文地质条件较差，地下水补给速度较慢，地下水回灌难度大，则可采用地埋管地源热泵系统，但该方法成本较高，且占用较大的地下空间。

2 关键技术的限制

在浅层地能开发利用的调查评价方面，岩土体热物性参数是最重要的基础数据^[5]。目前，中华人民共和国建设部已给出了岩土体热物性参数测试的技术标准（参考GB50366-2009《地源热泵系统工程技术规范》，以下简称规范），但关于岩土体热物性参数测试及其方法仍有值得规范与发展完善之处。在开发利用方面，地源热泵机组的

质量是节能的关键。同其他新生事物一样，地源热泵技术在市场推广过程中遇到了一些较为棘手的技术问题。目前，国家缺乏统一的地源热泵产品制造标准，存在大量小规模地源热泵机组生产厂，产品质量无法保证^[6]。

3 对环境的影响

严格意义上的浅层地能开发是地下能量的提取或交换，地下水只应当是起到了能量交换媒介的作用，当利用该系统时，要将完成热交换的地下水全

部回灌到含水层中。但在实际操作中，由于对水文地质条件勘察的不重视及设备腐蚀等因素的影响，容易造成地下区域性的水质污染或地温场的变化^[7]，这些负面影响可以避免甚至完全消除，这是我们必须予以注意的。

4 市场问题

与欧美地源热泵市场相比，我国的地源热泵领域缺乏有序的竞争、规范的管理，市场发展秩序混乱。从整体上看，市场不规范，缺乏市场准入制度和科学评价体系^[7]，是制约我国地源热泵技术推广工作的重要因素。

三、对策与建议

实践证明，利用地源热泵技术开发利用浅层地能是实现建筑节能减排的重要举措之一。我国每年新增建筑面积约20亿m²，预计到2020年新增城镇民用建筑面积达100~150亿m²，浅层地能开发利用前景非常广阔^[8,9]。目前，国家正在把推进浅层地能资源开发利用与相关规划紧密衔接起来，作为推动节能降耗的一项具体措施。为积极推进我国浅层地能可持续的开发利用，针对上述问题，提出以下几点建议。

1 积极开展浅层地能资源勘查评价

浅层地能资源的开发利用受到当地具体水文



地质条件（地下水埋藏条件、地层结构、含水层的渗透性、地下水水质等）的限制^[10]。科学开发利用浅层地能资源，必须重视开发利用前期的资源调查评价工作。以水文地质勘查成果为基础，补充必要的获取岩土体热传导率、渗透率等参数的勘查工作。重点开展热泵相关土壤参数调查；研究浅层地能资源和地下水之间的相互关系；进行热泵适用区划分，估算热泵适宜区浅层地能资源量等。在此基础上，编制浅层地能开发利用规划，进行合理布局，确定适宜开发利用的地区、圈定不同利用方式（地下水地埋管）的地段、提出合理的开发利用规模、防治地质灾害和环境地质问题的措施。

2 加强相关技术研发、完善技术支撑体系

首先，在浅层地能调查评价方面，相关部门应尽快组织制定岩土体热物性参数原位测试的技术标准，建立不同地层热物性数据库，并督促相关企业研发具有自主知识产权的原位测试仪器。开展不同换热方式地下传热模型的模拟试验、地埋管换热器提高效率的优化设计以及高性能回填材料的研究等，为地源热泵工程设计提供正确可靠的技术数据。其次，要大力推动地源热泵的技术培训和推广，提高地源热泵从业人员的专业水平和实践能力。积极引进、消化、吸收国外先进技术，实现地热资源的梯级综合利用，并加强自主研发，提高地源热泵机组研发和生产水平，尽快抢占国内市场。最后，应尽快建立国家级研发平台，加强技术研发工作以提高创新能力；将地

热资源的有效利用列入各级政府的产业发展和科研攻关计划, 增加投入, 纳入预算; 促进企业和科研单位结成战略伙伴关系建立创新联盟, 使创新覆盖整个产业链的所有重要环节, 不断提高浅层地能的利用率, 实现该产业的可持续发展。

3 建立长期监测系统, 降低负面影响

地源热泵系统长期连续的循环换热, 可能引起原有温度场、化学场和地下水环境的变化; 另外, 水源热泵系统对地下水的氧化还原环境、地下水微生物的平衡和水质都会造成一定的影响。因此, 必须建立地温场长期监测系统, 长期观测换热井及周围地层温度、水位、水质以及换热(换冷)情况, 了解(监测)其变化规律, 特别是地源井回灌能力和温度恢复情况。进行热源井井距试验, 确定最佳井距数据; 观测地下换热系统的实际换热(换冷)效果, 测量地层热流值及热传导系数。通过长期监测, 及时掌握地温变化动态水土质量和地面变形情况, 防止产生地质环

境问题。

4 加强市场监管, 建立相关协调机制

相关部门应尽快建立浅层地能勘查和工程设计、施工、运行的资质管理制度, 明确准入条件, 制度监管办法, 促进浅层地能开发利用市场的规范管理和良性发展。

四、小结

在国家主导节能减排的大环境下, 浅层地能资源作为新生事物, 在可再生能源政策和节能减排工作中将会得到充分发展, 而地源热泵产业作为浅层地能的开发利用的技术手段, 发展前景也非常广阔。同时, 浅层地能的开发利用过程中也面临着机遇和挑战, 希望广大同仁共同探讨其中的问题, 并认真而审慎的分析解决, 以便使浅层地能资源在节能减排和环境保护中发挥应有的贡献。

选自:《城市地质》

参考文献

- [1] 郑克棧. 北京地源热泵行业发展回顾与展望 [C]. 第四届中国地源热泵行业高层论坛论文集: 2012, 1-10.
- [2] John W. Lund. Direct Utilization of Geothermal Energy [J]. Energies, 2010, (3): 1443~1471.
- [3] 汪集暘, 龚宇烈, 陆振能, 马伟斌. 从欧洲地热发展看我国地热开发利用问题 [J]. 新能源进展, 2013, (1): 1-6.
- [4] 郝爱兵, 林良俊, 刘桂英, 简文静. 浅层地温能开发利用现状和问题及对策研究 [J]. 中国地热能, 会议, 2010a.
- [5] 郝爱兵, 范宏喜. 科学合理开发利用浅层地温能 [J]. 水文地质与工程地质, 2010b, 37(2).
- [6] 李元普, 王晔华. 我国地源热泵技术发展现状与趋势 [J]. 产业观察: 热泵专栏, 2009, (5): 38-39.
- [7] 刘瀚, 陈安国, 周吉光, 董岩峰, 田国涛. 浅层地温能开发利用的环境效应 [J]. 中国国土资源经济, 2013, (8): 36-39.
- [8] 徐伟等. 中国地源热泵发展研究报告 (2008 年) [M]. 中国建筑工业出版社, 2009.
- [9] 徐伟. 国际国内地源热泵技术发展趋势 [J]. 供热制冷, 2011, (3): 14-18.
- [10] 李霞. 地热产业问题与建议 [J]. 产业观察: 热泵专栏, 2012, (5): 58-58.

第十届中国新能源国际高峰论坛在京召开 地能无燃烧为建筑物智慧供暖成为重要议题

10TH CHINA NEW ENERGY INTERNATIONAL FORUM HELD IN BEIJING THE INTELLIGENT HEATING FOR BUILDINGS BY GROUND SOURCE ENERGY WITHOUT COMBUSTION ON AGENDA

作者：胡铭 李雪

2016年4月20~21日，由全国工商联新能源商会主办的第十届中国新能源国际高峰论坛，在北京国家会议中心隆重举行。来自国家能源主管部门的领导、外国政府高官、国际组织代表、海内外学者和知名企业代表400余人参加了此次峰会。会议期间，主办方组织了“地能无燃烧为建筑物智慧供暖技术成果展示会暨媒体发布会”。会上，业界专家介绍了我国浅层地能利用现状和应用前景，恒有源公司代表向与会人员介绍了单井循环换热采集系统的应用实例并回答了记者的提问。

北京建筑设计研究院顾问总工吴德绳表示：建筑业已有万年的历史，供暖总是伴随着建筑业而存在着。多年以来建筑业的供暖方式变化不大，基本都是采用燃烧取暖。当全球出现了能源危机，燃烧产热更显其效率低下，并且严重污染着环境。其实，为建筑物供暖并不需要太高的温度，居住环境只需18~22℃，就可进行正常的生活、生产活动，所以用高品位能源进行建筑供暖

是浪费了能源的品位。我们应该将高品位能源留在工业、交通运输业等行业使用，不应在建筑物供暖方面使用高品位能源。

浅层地能温度一般在5~25℃左右，利用相关技术通过热泵把浅层地能提升成适合我们应用的资源，就是浅层地能无燃烧智慧供暖（冷）的道理。恒有源自主研发创新的单井循环换热采集系统来提取浅层地能的技术，冬天可供暖、夏天可制冷、平时可提供生活热水，与太阳能、空气源热泵相比具有稳定性，并且既没有燃烧污染空气，也不需要城市管网浪费资源，所以该项技术前景光明。

中国工程院院士武强谈到：能源科学利用就是应该按照品位来使用能源，用高品位的能源来加热水到40多度为建筑物供暖是非常浪费的。我们可以利用太阳能、风能、地热能来为建筑物供暖。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独特的优

势，尤其在热泵技术的发展给浅层地能的开发赋予了新的生命。

浅层地能开发利用系统可划分为三个子系统，第一个是地能的地下采集系统，用来采集地能；第二个是热泵提升系统，主要起到热能品位提升作用；第三个是散热系统，主要解决如何在房间里散热。第二个和第三个子系统目前是相对比较成熟的。

在地能采集系统中，过去使用水源井提取地下水热量并回灌地下水，但回灌是很困难的，抽灌一旦不平衡，就会造成一系列的地质灾害。地源热泵，就是以水为介质交换热量，由于是通过间壁式换热，吸收热量少，所以为建筑物供暖的效率很低，占地面积大，但是在农村的应用是可以的。恒有源自主研发的单井循环换热系统，借鉴了国外水源热泵和地源热泵的优点并克服了其缺点，实现同井同层回灌，效率高，占地面积小，具有很好的应用前景的技术。

恒有源科技发展集团有限公司总工孙骥介绍：恒有源科技发展集团有限公司始终专注开发利用浅层地能作为建筑物供暖替代能源的科研与推广，集科研开发-地能采集-系统设计-装备制造-工程安装-运维保障-公共服务于一体，为客户提供地能热冷一体化无燃烧智慧供暖整体解决方案。核心技术是单井循环换热地能采集技术，主要产品包括自采暖系统的地能热宝、

集中供暖的地能热泵环境系统、城镇热力的50-900MW分布式地能冷热源站。截至目前，在我国推广应用已由北京辐射至除海南及港澳台以外的所有地区，实现地能无燃烧为1300多万平方米建筑物智慧供暖，每年节约41.12万吨标煤。

“浅层地能热恒有，循环利用暖无忧”，发展地能热冷一体化新兴产业，有效提高可再生能源比例，减少燃烧造成的污染，提高居民生活质量，是我们一直以来奋斗的目标。

恒有源集团副总裁贺永平回答了记者关于“北京市浅层地能利用潜力以及在推广利用浅层地能过程中所遇到问题”的提问：如果将目前北京全市农村农户的散煤燃烧和燃煤锅炉全部改造成利用浅层地能供暖，其市场容量大约是620亿元。北京市对浅层地能供暖的鼓励政策从2006年的每平米补助50元，到建设部2009年每平米补助80元，一直到现在按投资的50%给予补助，说明政府的支持力度是非常大的。但目前主要问题是这个理念还未被大家所广泛认识，所以这就需要我们今后更加努力，为浅层地能无燃烧为建筑物智慧供暖的事业而奋斗。



“十三五”地热能开发利用规划课题启动

PROJECT OF 13TH FIVE-YEAR GEOTHERMAL ENERGY EXPLOITATION AND UTILIZATION PLANNING INITIATED

为推动我国地热产业发展，国家能源局新能源与可再生能源司日前组织十家单位开展了地热能开发利用“十三五”规划（下文简称地热能“十三五”规划）编制工作。

3月初，国家能源局新能源与可再生能源司已将地热能“十三五”规划研究专题及任务分工分别下发到国家地热能中心、中国地质调查局、国家可再生能源中心、中国能源研究会地热专业委员会、天津地热勘查开发设计院、中科院广州能源研究所、天津大学、北京航空航天大学、中国建筑科学研究院等10家单位和行业组织。据了解，该规划主要分为五大专题：

一、全国地热能开发利用目标、任务和布局完成。具体内容包括：研究“十三五”期间浅层地能、中深层地热能居民供暖、工农服务业等领域应用的发展预期。提出浅层地能、中深层地热能居民供暖、工农服务业等领域应用的发展预期。提出浅层地能、中深层地热能、地热发电的利用目标、任务和布局。

二、中深层地热开发利用产业发展研究。具体内容包括：研究国内外中深层地热开发利用的技术路线、商业模式、关键设备及产业链情况，研究国内推动中深层地热开发利用的配套政策。

三、浅层地能开发利用产业发展研究。具

体内容包括：研究国内外浅层地能开发利用的技术路线、商业模式、关键设备及产业链情况，研究国内推动浅层地能开发利用的配套政策。

四、地热能开发利用配套政策研究。具体包括：研究支持地热能开发利用的政策体系，研究地热能开发利用项目管理办法。

五、地热能开发利用产业服务体系。具体包括：研究地热全行业产业链现状及问题，研究相关行业技术标准体系、质量管理、关键设备检测认证、人才培养等，针对问题提出发展建议。

其中，第三项课题“浅层地能开发利用产业发展研究”主要由中国能源研究会地热专业委员会牵头组织和实施。3月10日，中国能源研究会地热专业委员会组织了地热能行业专家于北京召开了《关于开展地热能开发利用“十三五”规划重大课题研究的工作方案》专家咨询会。

目前，各项课题研究工作已有条不紊的开始进行。

据悉，由以上十家单位和组织共同实施的地热能“十三五”规划课题将于今年5月完成初稿，并于6月份形成正式稿和最终成果上报给国家能源局新能源司，并有望于年内最终发布实施。

选自：地源热泵网

地热资源开发亟待政策扶持

DEVELOPMENT OF GEO-THERMAL SOURCES IN URGENT NEED OF POLICY SUPPORT

4月7日举行的第555次香山科学会议上，多学科跨领域专家以“深层地热能系统理论与系统工程的集成创新”为题，围绕深层地热能的成因与分布、深层地热能的勘察和评价、深层地热能的开发与利用等中心议题展开深入讨论。

中国工程院能源与矿业学部院士多吉呼吁：地热资源具有清洁、高效、稳定、安全等独特优势。在治理雾霾、节能减排、调整能源结构等方面，地热资源可以发挥不可替代的作用。但技术落后已经成为我国地热能开发利用的主要瓶颈。另外，他指出，地热资源的法律概念模糊，缺乏统一的立法，且存在地热资源多头管理、政出多门等问题，严重制约了地热资源的科学规划、合理开发，不利于地热行业的发展。“地热就像是新生的娃娃，需要政策的扶持，需要拉一把手才能茁壮成长。”

多吉认为，纵观地热利用先进国家在开发利用地热资源的过程中，在财政、金融、资金、税收和信贷等方面进行支持，我国可借鉴其他国家的经验，结合我国国情及已制定的其他可再生能源的优惠政策，制定针对地热行业的财税优惠政策，贷款优惠政策，推进碳汇交易，促进我国地

热事业健康、可持续发展。

中国科学院地质与地球物理所庞忠和研究员表示，2008年办绿色奥运，国家由于政策扶持和有利的补贴，大大调动了地热开发的积极性，浅层地能开发得到快速发展。我国地热直接利用量位居第一，但我国人口基数大、人均利用量是远远落后的，中国地热发展快，但政策环境的力度不够，比如财税政策不到位，阻碍了地热资源开发及直接利用。

中国地质大学（武汉）地球学院李德威教授指出，能源生产和消费革命的根本出路在于可再生清洁能源。与煤、石油、天然气、页岩气和核能相比，地热能是取之不尽的可再生能源。与风能、太阳能等相比，地热能不受季节、气候、昼夜变化等因素干扰，可高效综合利用，因此，开发干热岩地热能有助于实现中国经济绿色转型，只是与太阳能、风能相比，地热能研究与开发的科技含量较高，需要从新地学革命和新产业革命的高度才能深刻地、系统地描绘从“碳能时代”迈进“地热能时代”的宏伟蓝图。

选自：《科技日报》

京津冀正形成我国最大的 “地热城市群”之一

BEIJING, TIANJIN AND HEBEI NOW FORMING ONE OF THE LARGEST GEO- THERMAL URBAN GROUPS IN CHINA

京津冀地区目前采用浅层地能供暖制冷面积 8500 万平方米，直接采用地下热水进行供暖的建筑面积 7100 万平方米，正形成我国最大的“地热城市群”之一。

在二月底召开的京津冀协同发展地质工作研讨会上，地质调查评价表明，京津冀规划区 13 个地级以上城市浅层地能每年可开采热量折合标准煤 9200 万吨。若采用热泵系统开发利用浅层地能，可实现建筑物夏季制冷 35 亿平方米，冬季供暖 29 亿平方米。目前京津冀地区采用浅层地能供暖制冷面积 8500 万平方米，占全国利用浅层地能供暖制冷总面积的 20%，是我国浅层地能开发程度最高、用于建筑物供暖制冷规模最大的地区之一。而京津冀地区水热型地热资源每年可开采流体热量折合标准煤 2.5 亿吨，目前年开采量仅占可采量的 0.4%，主要用于供暖、旅游疗养、种植养殖等，其中直接采用地下热水进行供暖的建筑面积 7100 万平方米。

浅层地能和水热型地热资源是京津冀区内可持续开发的重要清洁能源，每年可利用热量折合标准煤 3.43 亿吨，占京津冀 2014 年燃煤消耗

总量的 87%，每年可减排二氧化碳 8.18 亿吨，在治理大气污染行动中可发挥重要作用。北京延庆地热资源可以满足 2022 年冬奥会场馆规划区建筑的冬季供暖需求，为绿色办奥提供支撑。

中国地质调查局局长钟自然说，京津冀地处京畿重地，北倚燕山太行、东临渤海，携揽“三北”，战略地位重要。随着京津冀协同发展战略的实施，迫切需提升地质工作服务能力。数据表明，京津冀地质资源开发面临一系列挑战。由于长期依靠超采地下水来满足城市发展和工农业生产快速增长需求，在京津冀地区形成了世界上面积最大的“华北平原—环渤海复合大漏斗”，诱发了严重的地面沉降、地裂缝等地质灾害。京津冀平原地下水超采量约 18 亿立方米 / 年，超采率 12.3%。其中 100 米以下的深层地下水超采率达 83.5%。京津冀累计沉降量大于 200 毫米的地区有 6.4 万平方公里，占平原区面积的 72.7%。沉降速率大于 50 毫米 / 年的严重沉降区面积 1.15 万平方公里，占京津冀平原区面积的 13%，占全国严重沉降区面积的 92.4%，与 2010 年相比增长了 18.4 倍。

选自：新华网

长沙浅层地能资源调查与评价

SURVEY AND EVALUATION OF SHALLOW GROUND SOURCE ENERGY RESOURCES IN CHANGSHA

浅层地能属于清洁能源，其开发利用在我国处于起步阶段。公众对浅层地能的认知还远远不够，制约了浅层地能开发利用的推广。尽管目前我国已经有了一定的浅层地能开发和应用实例，但是对浅层地能巨大的资源潜力和经济、环境效益仍未得到普遍的了解和重视；另一方面，受限于经济技术条件，并不是所有的地区开发浅层地能都能达到较高的效益。为了避免盲目开发和资源浪费，需要开展具体地区浅层地能开发适宜性评价和开发潜力评价研究。所以，基于大量的野外调查与试验，对长沙浅层地能开发进行了适宜性评价，估算了浅层地能热容量、可利用资源量以及开发潜力，讨论了其经济、环境效益。发展浅层地能有利于实现节能减排目标，为长沙的可持续发展提供保障。

1、长沙浅层地温梯度实测数据介于 $0.69\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ~ $1.98\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，平均值为 $1.40\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，低于中国南方地区地温梯度平均值。

2、长沙市浅层地能的总资源量为 $3.34 \times 10^{14}\text{ kJ}/^{\circ}\text{C}$ 。由于厚度较薄，第四系松散岩类沉积物对浅层地能储量几乎没有影响。

3、长沙第四系松散层厚度一般仅 20m 左右，而 200m 以浅广泛分布砂岩、泥岩、板岩、花岗岩、碳酸盐岩等基岩，且基岩导热率较高，富水性为弱或极弱。由此，长沙相对适宜建设地埋管地源热泵系统。

4、由于可利用温差大且空调利用时间长，在长沙开发浅层地能有较好的经济和环境效益。据估算，开发浅层地能可节省标准煤 $1.21 \times 10^7\text{ t/a}$ ，并减少 CO_2 和大气污染物排放。

浅层地能是深层地热能与太阳能共同作用的产物，广泛存在于地球浅表层巨大的恒温带中。与传统地热相比，浅层地能几乎适合在我国各处开发。作为地下的低品位热源，浅层地能开发利用的关键在于地源热泵系统。通过地源热泵技术采集浅层地能，向大地提取或释放热量以满足区域供暖（冷）的需求，具有高效率、低能耗、轻污染的特点。开发利用浅层地热资源将是地热资源开发利用的主流和方向，可促进我国可再生能源事业发展，缓解当前能源压力，对实现向低碳社会转变具有重要意义。

选自：《自然资源学报》

地热尾水梯级应用热泵系统 在辛集住宅供暖项目中的应用

APPLICATION OF GEOTHERMAL TAILWATER CASCADE HEAT PUMP SYSTEM IN XINJI RESIDENTIAL HEATING PROJECT

作者：李红艳（恒有源集团地能推广中心）

地热尾水热泵系统比较简单，它是利用低温地热尾水作为低温热源，一般不需要重新打地热井，只是将地热井应用过程中排放的低温地热尾水加以收集、集中，经板式换热器换热传递给热泵机组蒸发器，经热泵机组将低品位热能转换为高品位热能，继续实现为建筑供暖，同时大大降低了地热尾水排放温度，甚至可低于5℃。

河北省辛集地区，是地热资源极为丰富的地区，截止目前为止，在市区范围内已有30多口；每口井水量在80~100m³/h；水温：60℃左右；解决辛集大约78万m²住宅供热，占辛集整体建筑面积三分之一左右，起到了举足轻重的作用。

随着国家节能环保政策的要求，我公司在辛集做了充分的调研，将可以收集的地热尾水尽数加以应用，大大减少了地热水排放的热污染，同时大大提高了地热能的利用率，使辛集地热的应用更上一个台阶。承接的项目有：辛集鑫苑北区2.5万m²、辛集一中2.46万m²、辛集芳华小区22万m²、辛集奥林盛园15万m²、辛集美丽华建材城15万m²、辛集杨家方碑村15万m²等累计约72万m²，下面以恒有源承接的芳华项目为例介绍给大家。

一、辛集芳华项目供暖系统设计

辛集市芳华小区位于辛集市束鹿大街，总建筑面积27万m²，本项目分三期进行供暖设计施工。其中，一期采暖面积是14万m²，二期采暖面积是6万m²，三期采暖面积是2万m²。末端形式为地板辐射采暖。

辛集市地热资源丰富，利用地热采暖是减少城市污染、降低一次性能源消耗的首选。芳华小区计划采用已有的地热供暖低焓弃水（33℃）（以下简称弃水），利用热泵技术将弃水进行逐级能量提取后，将温度控制在10℃以内排放。满足22万m²的建筑供暖。

一期和二期建筑，采用弃水梯级利用能量采集方式为建筑冬季供暖。一期主要是利用从建筑公司引入流量是180m³/h、温度是33℃弃水，经过热泵机组梯级提取热量，实现能源的优化利用；二期从南区引入118m³/h，33℃弃水同样进行能量的梯级提取，满足二期全部面积的供暖。三期采用土壤源竖直埋管的采集方式与热泵机组进行系统集成，满足2万m²建筑面积的采暖需求。这样累计实现总建筑面积22万m²的供暖。

二、芳华小区作为国家可再生能源第二批示范项目，2009年年底顺利通过验收

2009年11月2日，中国建筑科学研究院对该项目的评估结果如下

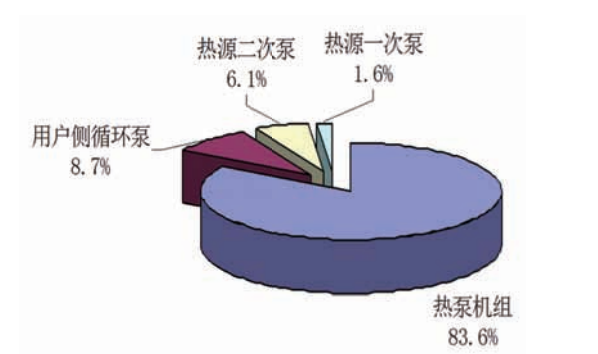
1、热泵系统性能检测结果

室内温度监测：抽测14个房间，室内平均温度在21~26℃，室内温度保证率为100%；

机组性能：抽测两台热泵机组，平均制热性能系数分别为4.94和4.65；

系统性能：热泵系统平均性能系数为3.71。

2、热泵系统能耗构成比例



3、关于该项目整体评估结果

序号		评估项目	申报书要求	计算结果	评估结论
1	考核指标	建筑节能率（%）	50%	50%	合格
2		实施量（万/m²）	20	27	合格
3		系统能效比（COP）	—	3.71	—
4	参考指标	机组能效比（COP）	—	4.94/4.65	—
5		全年常规能源替代量（吨标煤）	2200	2220	合格
6		二氧化碳减排量（吨/年）	—	5483	—
7		二氧化硫减排量（吨/年）	—	44	—
8		粉尘减排量（吨/年）	—	22	—
9		年节约费用（元/年）	—	—	—
10		静态投资回收年限（年）	—	—	—
11	综合评估	—			合格

三、本工程的实际经济效益和环境效益

总结2008年至2015年近8个供暖季的运行状况数据，系统完全达到了设计要求，居民室内平均温度达到21℃以上，热泵机组在设计工况下高效运行。热泵供暖系统能耗监测系统显示，在上游水源充足的情况下，热泵机组的能效比达到了4.94以上，系统制热能效比在3.71以上，在小区入住率达到80%以上时，芳华小区目前的采暖运行成本见表1：

表 1 芳华小区地热尾水热泵供暖平均采暖电费表

日常电价 0.75元/kW.h	峰谷电平均价 0.69元/kW.h	优惠电价 0.63元/kW.h
13.3元/m²	12.2元/m²	11.2元/m²

目前辛集市政采暖收费标准为：19.8元/m²，芳华小区收费标准为16元/m²，芳华采暖实际成本为14元/m²（含水、电费、物业人员工资等）。芳华小区的采暖收费标准不仅低于辛集市政采暖的收费水平，而且物业公司仍有盈余。此项目不仅让居民得到了实惠，同时物业公司也获得盈利，实现居民和物业公司双赢。

芳华小区采用地热尾水梯级应用热泵系统进行供暖，初期投资不仅低于辛集当地市政热网接口费投资，且运行费用比辛集市政热网收费节省约30%，因此辛集芳华小区采用地热尾水梯级应用热泵系统供暖，不仅解决了当地地热尾水排放的热污染，也大大提高了热能利用率，同时造福居民、造福环境、造福社会。在节约能源、防止环境污染，建设低碳经济社会方面有着重大的意义。本项目被评为国家可再生能源第二批示范项目，对环保节能的地热能热泵环境系统——地热尾水梯级应用热泵供暖系统在辛集、河北乃至全国的推广起到了示范作用。

干热岩地热： 巨大的潜在能源资源

HOT DRY ROCK: HUGE POTENTIAL GEOTHERMAL ENERGY RESOURCES

作者：许天福（吉林大学地下水资源与环境教育部重点实验室）

地热资源以其清洁、运行稳定和空间分布广泛，已成为世界各国重点研究和开发的新能源。地热资源按其产出条件可分为浅层地能、水热型和干热岩性（见图 1），目前世界各国主要开采和利用的是浅层地能和水热型地热资源，约占已探明地热资源的 10% 左右，中国在浅层地能的开发和利用走在世界的前列。更多的地热能储存于干热岩（Hot Dry Rock, HDR）地热资源中，干热岩是一种没有水（或含有少量水而不能流动）的高温岩体，很少存在孔隙或裂隙，渗透性能极差，其温度范围很广介于 150~650℃ 之间，主要是变质岩或结晶岩类岩体。

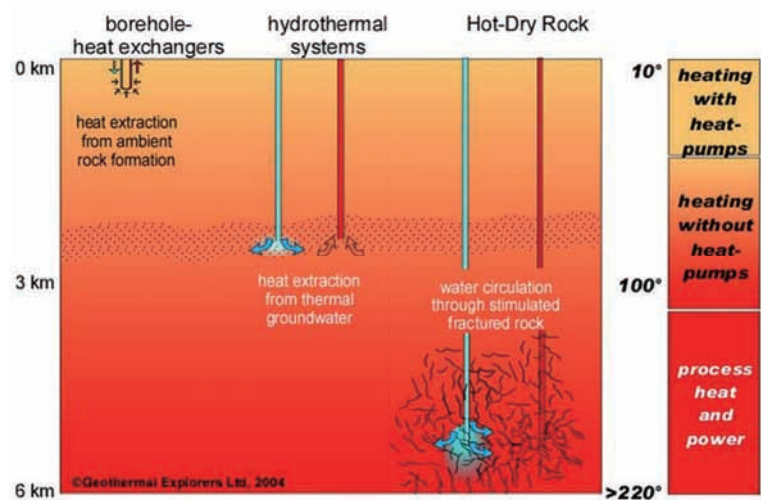


图 1 地热类型和提取方法

增强型地热系统（Enhanced Geothermal System, EGS）指通过水力压裂等工程手段在地下深部低渗透性干热岩体中形成人工地热储层，从其中长期经济地采出相当数量热能的人工地热系统，即从干热岩中开发地热的工程，如图 2 所示。保守估计地壳中干热岩（通常指 3~10 km 深处）所蕴含的能量相当于全球所有石油、天然气和煤炭所蕴藏能量的 30 倍。中国地质调查局的最新评价数据显示，中国大陆 3~10 km 深处干热岩资源总量为 2.5×10^{25} J（合 856 万亿吨标煤），若能开采出 2%，就相当于我国 2010 年全国一次性能耗总量（32.5 亿吨标煤）的 5300 倍。中国科学院也对中国大陆 3~10 km 深处的干热岩资源进行了评价，得出的结论是 2.09×10^{25} J，相当于 715 万亿吨标煤，若能采出 2%，则相当于中国 2010 年能源消耗总

量的 4400 倍。相近的数字，印证了中国干热岩开发利用的光明前景。

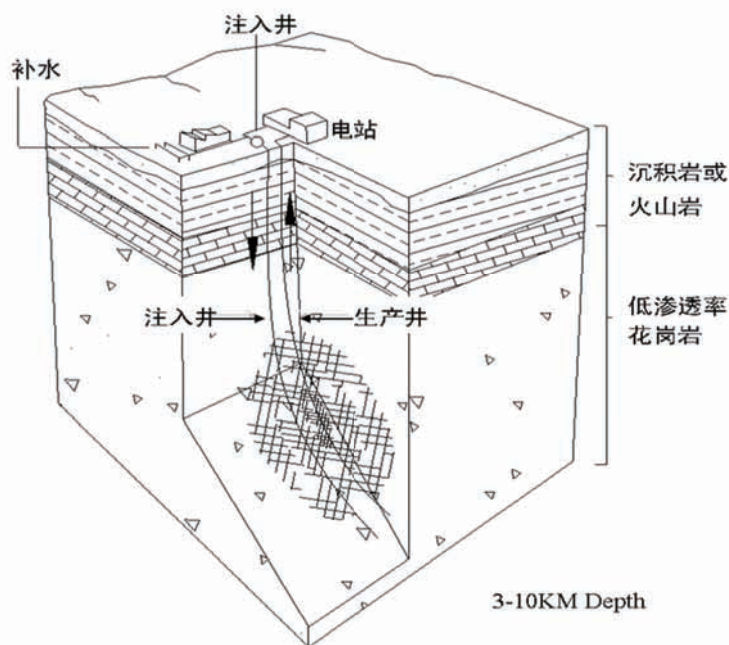


图 2. 干热岩热能开发的增强型地热系统示意图

增强型地热研究在世界上已有 40 年的历史，美国最早于 1973 年开始资助 Fenton Hill 干热岩开发的 EGS 试验研究，随后日本、英国、法国、澳大利亚、德国等国家相继开展了干热岩开发的预研究和技术装备研制，并建立了一批 EGS 开发利用示范场地。但是，过去的研究成果不尽人意，至今并未使 EGS 实现商业化开发，其面临的最大挑战在于经济的人工热储建造。Tester et al. (2006) 在麻省理工学院（MIT）干热岩开发报告中也指出在未来的近 20 年里，EGS 能够实现经济开发的关键在于能够获得经济有效的多重储层建造技术，以保证有足够体积的热储（ $> 1 \text{ km}^3$ ）满足长期地热开发。目前，常用的热储建造技术有水力压裂、化学刺激和热刺激以及这几种技术的联合使用。过去，我国由于资金和技术原因对地热资源的利用多局限在水热型地热资源，随着我国经济增长和技术的创新，目前已具备干热岩勘查和开发研究的条件和能力。国外 EGS 研究的诸多经验

表明，EGS 投资周期长、风险大，因此政府支持关键技术开发及集成示范研究，是最终实现 EGS 可持续商业化开发的必经之路。

增强型地热（EGS）是应用前景很好的清洁新能源，有巨大的利用价值和发展潜力。自从美国 Fenton Hill 项目开展以来，EGS 开发利用技术已经取得了进展。过去 40 年的 EGS 研究经验表明，在地下深部高温干热岩体中建造人工裂隙热储且取得井间连接是切实可行的，人造热储的生长主要受到储层中存在的天然裂隙（或节理）发生剪切破坏所控制，这一过程严重受到天然裂隙方向和原位应力状态的影响。储层刺激过程中，可以通过微震监测估计和判断储层激发区域的大小和扩展方向，并用于指导定向钻进生产井以取得井和储层之间更好的水力连通。另外，美国能源部最新 EGS 示范工程所取得的成果，表明在现有水热田的边缘建立人造热储，并与天然热储取得连接可以增加其生产能力，这一技术路线可以在短期内相对低成本的获得经济效益。

人类将面临化石燃料用尽的危机时刻，人们正在寻找各种可替代化石燃料的未来能源，以维持人类社会的可持续发展。地热资源作为一种清洁能源，是未来可利用的重要能源资源之一，是大自然的恩赐，我们应充分重视其利用价值。可以预见，干热岩地热资源的开发将极有可能为我国节能减排和新一轮能源结构调整做出重大贡献。

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，为鼓励广大业内外人士多投稿、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

李雪 010-62599774

投稿邮箱：journal@cgsenergy.com.hk

中國地能
CHINA GROUND SOURCE ENERGY

中国节能建筑·地能供热（冷）示范项目

大连嘉乐比 温泉度假酒店

► 酒店系中国节能环保集团公司旗下的中国地能产业集团有限公司（香港上市号 8128，简称中国地能）的全资子公司——恒润丰置业（大连）有限公司投资建设，委托国内知名专业化酒店管理公司首旅建国酒店管理有限公司独家经营。以普及宣传水文化知识为主旨，以商务会议接待、家庭度假旅游为主营。采用产权式酒店方式管理运行。

► 酒店规划建设面积为 2.34 万平方米，开发投资 4 亿元。

由中国建筑科学研究院、中国建筑技术集团有限公司以现代时尚的外观设计风格设计，以水文化在绿标建筑当中应用为概念，以地热（温泉）水、海水、淡水三种水的结合应用为展示。酒店的采暖、制冷及生活用水均由原创的恒有源地能热泵环境系统和地能热宝环境系统提供。

► 酒店拥有别墅 33 栋（66 套）、各类客房 237 间/套，大小会议室 4 个，SPA5 间，可以承接会议、团队及宴会；配有大型儿童娱乐设施，室内泳池、室外温泉泡池以及康乐设施，满足客户度假的不同需求。



地址：大连·瓦房店市仙浴湾镇旅游度假区
电话：0411-8512 9000
传真：0400-8512 8377-101

club·B 嘉乐比度假酒店



扫描二维码
获取更多信息

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。



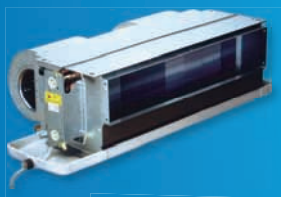
可靠性技术：航空领域先进的数字控制系统，拥有能与战机媲美的可靠性

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



3



5



6



7



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