ISSN:2309845 7

2015.2

第5.6期合刊

双月刊

中國地能

CHINA GROUND SOURCE ENERGY

雾霾成因梳理及其治理方法
唐孝炎院士恒有源座谈 P15

留住“APEC 蓝”地热能应用新坐标 P24

单井循环换热地能采集井的计算模型 P36

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

天賜地能恒有

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

自主知識産權

恒有源單井循環換熱地能采集技術

無燃燒供熱方式

- ◆ 恒有源地能熱泵環境系統
- ◆ 恒有源地能熱寶環境系統
- ◆ 恒有源單井循環換熱地能采集系統
- ◆ 恒有源分布式地能冷熱源站系統


人間冷暖無憂
室内温度
●可調節
16-28℃
淺層地能（熱）采集器


华清地热
专注地源热泵技术十五年!
华清地热
HUAQING GEOTHERMAL
北京市朝阳区立水桥甲2号
电话：010—84845443 (企划部
010—84846542 (技术部
http ://www.dire.cn

中國地能

CHINA GROUND SOURCE ENERGY

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

社长	**President**
徐生恒	XU Shengheng
总法律顾问	**General Counsel**
邢文鑫	XING Wenxin
总 编	**Editor-in-Chief**
孙 伟	SUN Wei
出版顾问	**Publish Consultant**
王进友	WANG Jinyou
编 辑	**Editor**
姜梦莹 熊 杰	Zora JIANG, Jessica XIONG
特约记者	**Special Correspondent**
马雲龙	MA Yunlong
设计制作	**Art Editor**
北科视觉设计中心	SCIENCE TECHNOLOGY LIFE

主 办	**Sponsor**
中国地能出版社有限公司	China Ground Source Energy Press Limited
地址	**Address**
香港中环皇后大道中 99 号中环中心 37 楼 3709-10 室	Units 3709-10,37/F,The Center,99 Queen's Road Central,Central,Hong Kong
协 办	**Co-Sponsor**
北京节能环保促进会浅层地（热）能开发利用专业委员会	Special Committee on Shallow Ground Source (Thermal) Energy Development and Utilization under Beijing Association to Promote Energy Conservation and Environmental
国际标准刊号	
/ISSN: 23098457	
承印人	**Printed by**
泰业印刷有限公司	Apex Print Limited
地址	**Address**
香港大埔大埔工业邨大贵街 11-13 号	11-13 Dai Kwai Street, Tai Po Industrial Estate, Tai Po, Hong Kong
发行部	**Publishing Department**
熊 杰	Jessica Xiong
广告部	**Advertising Department**
姜梦莹	Zora Jiang
地址、联系电话	**Address,Telephone**
北京市海淀区杏石口路 102 号　+8610-62599774	Address: No.102,Xingshikou Road, Haidian District, Beijing +8610-62599774

目录

CONTENTS

本期焦点

CURRENT FOCUS

12月12日，中国工程院院士、环境科学专家唐孝炎受恒有源总裁徐生恒邀请做客恒有源科技发展集团有限公司，围绕“雾霾成因及治理方向”及恒有源无燃烧供热理念与到会的20余位行业专家学者展开了探讨。

浅层地能作为供热的替代能源大有可为

——恒有源集团 2014 年度专家汇报会

2015 年 1 月 14 日，恒有源科技发展集团有限公司主持召开了恒有源集团 2014 年度工作向专家汇报座谈会。国务院资深参事、中国工程勘察大师王秉忱，国务院参事、中国地震局研究员、资源专家沈梦培，原总装备部科工委主任、院士丁衡高，中科院地质与地球物理研究所研究员、院士汪集旸，原北京控股有限公司董事局主席胡昭广，中国建筑科学技术研究院建筑环境与节能研究院院长徐伟，中国建筑科学研究院教授吴元炜，中国节能环保集团公司党委常委、副总经理郑起宇，北京市建筑设计研究院顾问总工吴德绳等 21 名专家参与座谈。会上徐生恒总裁对恒有源集团公司 2014 年度的生产经营情况做了总结汇报，并对 2015 年集团公司的发展做了展望。专家从地（热）能供暖的前景、恒有源单井循环换热地能采集技术的应用效果、大气污染的防治以及地（热）能供暖推广中所出现的问题等几个方面发表了各自的看法并提出了相关建议。

专家讲话

丁衡高
原总装备部科工委主任 / 院士

丁衡高：听了徐总对恒有源过去一年的介绍，对恒有源有了一个全貌的概念。现在的污染基本上都是通过燃烧得来的，以前说过的以气代煤解决了污染问题，目前来讲还是个误区。实际上气是燃烧着的，也存在污染，这个问题要从理论或者实践上讲清，否则不能突出无燃烧的重要性。所以，无燃烧的供热（制冷）是一个很重要的方向，其中地热就是一种非常有利的方式。根据恒有源这么多年的工作，其规模越来越大、地域越来越广，并且总结出了很多经验，证明其技术并没有什么问题。我所疑虑的唯一一个问题是该项技术是否会牵扯到水污染，但恒有源在北京海淀中关村三小所做的试验工程项目，来证明其无污染，这是非常重要的。如果能证明井是没有副作用的，将来在推广起来就会更加容易。

现在的气象计算模型可以对雾霾进行计算，但在这个计算中有没有考虑燃气燃烧因素，有没有此类模型，这个模型应该怎么建，还需要好好研究。大气污染中应该要考虑天然气燃烧污染因素，这对于我们国家指导整个气象情况，具有重要作用。

汪集旸
中科院地质与地球物理研究所
研究员 / 院士

汪集旸：雾霾出现以后，中国科学院立了一个项目来专门研究雾霾的成因，其结果表明我们国家（主要华北地区）雾霾成因是非常复杂的。过去伦敦的雾霾主要是烧煤的结果，上世纪八十年代洛杉矶雾霾主要是汽车尾气排放的结果。我们国家除了这两点以外，华北地区农村的过量施肥也占了很大的比重，所以我们国家雾霾治理的难度是非常大的。原因找出来后就要治理，理论上要做模型，正如丁主任（丁衡高）所说的，要把基本参数做出来。

参观了恒有源公司的样板房后，它的无燃烧供热非常好，特别是对可移动式的集中供暖锅炉房印象深刻。但我觉得还可以缩小它的体积，或者将一些零部件变轻。恒有源公司的样板房，跟新农村建筑是非常切题的，成本是 350~400 元 / 平方米，像上海郊区、广

州郊区、杭州郊区、深圳郊区等经济较发达农村绝对可以使用。12月8日，北京市人事劳动局组织了一批院士参加“院士北京行”，主要考察南水北调终端以及听取北京地矿局介绍北京浅层地热能资源情况。有份材料的标题叫做“京津冀有望建超大型供热体系”，很是吸引我。材料中提到要使用可再生能源，而可再生能源里最主要的就是地热，我国山西省已经在做，而且还与地源热泵使用很好的国家丹麦有合作。我去年在《科技导报》上写了篇文章——《再接再厉，让热泵技术在打造城市热网中做贡献》，认为除了利用废热以外，地热也可以起很重要的作用。

在治理雾霾方面，是让北京最为头疼的。除了要有资金的支持以外，还得要有技术、要有人实干，恒有源公司是既有技术又能实干。国家能源局近日要召开“地热产业统计分析及重大课题研究的座谈会”，商讨“十三五”期间的地热究竟该怎么做。我准备在这个会上把今天探讨的情况做一介绍，让北京市乃至国家能源局了解浅层地能的优势，高层如果能够认识到，那么浅层地能的发展就非常好了。

郑起宇
中国节能环保集团公司
党委常委 / 副总经理

郑起宇：在推广恒有源单井循环换热地能采集技术时，我认为会遇到以下几方面的问题：

第一，政府政策对企业的发展是有重要影响的。恒有源集团在北京大概有九百万平米的供热，但只享受 11 万平米的供热补贴。为什么替代燃煤使用烧气的有补贴，用恒有源浅层地能技术的就没有补贴？原因在于政府在制定政策时是以最大保险系数作为原则，有时不太敢鼓励企业的创新，所以政府政策与企业的发展有可能存在矛盾。

第二，北京是个缺水的城市，在给政府的报告中，我们建议地下水的供应量应该保持在总量的 25%，而现在占了一半以上，二十多年前地下水位从 -11.7 米至 -17 米就有承压水，而现在打一百多米才可能有。这些问题在市领导心里都有数，所以这样就给恒有源公司出了个难题。最近上海也想搞浅层地能开发，但因为上海曾经因为地下水问题有过地面下沉，所以杨雄副市长说水是底线，是动不了的。

第三，关于燃烧的问题，政府方面现在没有有关燃烧天然气后空气中产生化学反应的分析，由于政府没有立题，没有官方做这方面的工作，所以别人所做的只能作为参考。

第四，我们在做浅层地能供暖（冷）项目时，面临着一上来就要在市场上竞争，传统的供暖（冷）方式也不能轻易地让你去做，很多情况下都会涉及到利益分配问题。

胡昭广
原北京控股有限公司
董事局主席

胡昭广：恒有源成立十五年以来，把它的成绩进行总结、改进，是很有必要的。恒有源一直矢志不移地坚持无燃烧的方式是非常正确的，但从企业角度来看，我觉得不能要求太高。比如让恒有源把雾霾问题研究清楚是不妥当的，这应该是大范围的国家行为，众多科研院所都得研究这个问题。

另外，在今年 1 月 11 日的《人民日报》上，柳传志讲了他的企业管理概念：技术与管理的双轮推动以及产业跟投资的双向运作。而企业追求的是效益最大化，因此企业管理是非常重要的，管理的核心是财务管理，财务管理核心是资金管理，资金管理的核心是现金流的管理。企业如果零贷款不用银行的钱，这样企业是发展不起来的，如果借了银行的钱没有花出去，其结果就是增加了财务成本。所以要增加企业管理的力度，管理是要出效益的。

恒有源集团与中国地能很好的合作与整合，使恒有源的技术找到了一个附着体，中国地能有国家赋予的开发任务，整体的开发要采用节能技术。所以恒有源集团今后一定要坚持跟中国地能合作好。

我们国家五十年代由于经济发展的制约，建筑标准是“黄河以南不供暖”，现在黄河以南有供暖需求，所以是未来市场上需要拓展的地方。最近国家提出的三大国家战略发展的地区“一带一路”、“京津冀共同发展”、“长江经济带”，已经变成国家的发展战略，这三点与恒有源所讲的“三线（高铁、高速、航空沿线）、一江（长江两岸）、一上游（黄河上游）”并不矛盾，如果将此附着到国家的战略里面去，就会寻找到更多的机遇。

柴晓钟
北京节能环保促进会会长

柴晓钟：今年是“十二五”的收官、“十三五”的制定之年，政府现在已经有大量的课题正在研究，所以恒有源应该在这个时候多做点宣传工作，用你们的观点、你们的技术，影响整个“十三五”。现在做的宣传工作与其他几年的又不一样，例如对于发改委，无论是管能源的还是管供热的，都是谈水色变，不管有没有对地下水造成污染，只要是牵扯到动水他就有疑虑。所以还得宣传，靠宣传影

响政府，因为这项技术离开政府是很难推广的。

我觉得在“十三五”里，可再生能源可能会有一个大发展。国家的可再生能源大量都是水利发电，北京的可再生能源比例非常低，大概只占 4%~5% 左右，北京没有水，比较好的就是太阳能，太阳能大概可以占可再生能源的 60%，其次就是地热能，所以说地热能的占有比例相对来说还是很大的。天然气的大发展对北京市的能源结构起了非常大的作用，但天然气也有不足之处，而这个不足之处还需要不断地进行完善。天然气的燃烧技术也是可以改变的，低于 1200 度，NO_x 立马就降下来了，所以不能片面地看待问题，我认为天然气与地热能还是要共同发展。另外农村的市场太重要了，恒有源的地能热宝在技术以及成本上都是过了关的，也很适用，非常适合农村。北京在 2012 年基础上定了一个五年的压煤规划，2012 年是 2300 万吨的煤，到 2017 年要压缩到 1000 万吨煤，这个力度是很大的。而压煤的难点在农村，因为是散煤，农村的压煤难点不在于炊事用煤，而在于供热用煤，因为找不到一个合适的供热用煤的替代方式。但恒有源的地能热宝就是替代燃煤非常好的方式，每家每户都可以用，而且经济上也过关，这对于推广拓宽农村市场是非常好的，既解决了政府的难题，又推广了企业技术，发展了企业，所以与政府一起发展是有远见的。


王秉忱
国务院资深参事、住建部建设环境工程技术中心主任、中国工程勘察大师

王秉忱：恒有源集团在过去一年里，虽然遇到了市场低谷，出现了一些小滑坡，但我认为成绩是主要的，特别是在坚持无燃烧供热的方向上，胡市长（胡昭广）也给了充分的肯定。另外中节能成为恒有源的大股东，这是一个很重要的发展，这说明技术上得到了越来越多的认可，也壮大了恒有源的实力。正如徐总（徐生恒）所说的，是实现了传统行业的升级换代，直接推进了无燃烧方式供热，实现了制冷制热一体化来发展地能热冷一体化新兴产业。

恒有源的样板房、移动式机房以及地能热宝等，都在不断地改进。并且在近期克服重重困难与大连签订了框架协议，说明与地方上的结合也有了很大的进展，也取得了一些很好的成果。恒有源也很重视理论方面的建设，请唐孝炎院士来

做雾霾成因的讲座。唐院士强调雾霾与我们经济的发展、利用各种能源的方式等有关系，大部分的污染是由燃烧过程产生的，燃烧在其中起了关键性的作用。天然气燃烧后会产生 NO_x，所以天然气不能算作清洁能源，以前所谓“不烧煤烧天然气就似乎解决了问题”，确实是个误区，唐院士的权威解释是针对北京原来追求的 SO_2 减量化到 NO_x 和 VOC 的减量化。另外分散燃烧也是雾霾的重要成因之一，虽然个量很少，但是聚集起来却是不得了的，所以我觉得恒有源公司的地能热宝是 2014 年度的一大贡献。

对于地下水的污染问题，单井循环同层回灌，对水不产生什么影响，也不会产生污染问题。最近，恒有源公司同矿业大学合作研究，在去年 12 月和今年 1 月的《工程勘察》杂志上发表了重要的文章。第一篇是《单井循环浅层地热能开发的概念模型和数学建模》，理论上把单井循环整个流场的变化、低温场的变化等做了系统的解释，从理论上来讲是一个很重要的建树；今年 1 月份刚刚发表的文章《基于单井循环浅层地热能开发的数值模拟分析》有具体案例，在结论里明确提出一点：“相对于传统浅层地能采集装置水源热泵，单井循环换热地能采集井由于实现了同层回灌，进水流量等于回水流量，无地下水的损失，且避免了潜在的地质灾害，包括地下水污染问题。”

另外《中国地能》杂志现已成功出版了 4 期，并且越办越好。在去年 11 月份连续召开的 3 次全国地热资源会议上（京津冀地热学会召开的会议、中石化集团的地热中心召开的会议、中国地质学会的地热专委会召开的会议），我向与会专家散发了《中国地能》杂志，大家反映良好。《中国地能》杂志的所有费用都由恒有源公司出资，并且花大量的钱来为整个业界服务，出版刊物，进行实验研究、检测等等，这对于一个民营企业是很不容易的。所以 2014 这一年，恒有源公司确实取得了不少的成就。明年的销售目标也更加明确了，我相信在恒有源公司全体员工的努力与各位专家的热情帮助下，一定会取得更加好的成绩。

吴德绳
北京市建筑设计研究院
顾问总工

吴德绳：徐总在 2014 年的行业建设中起到了重要的作用。他很注重科学以及科学性的挖掘和普及。所以他请徐伟院长讲过浅层地能在中国的分布，请唐孝炎院士讲过雾霾的问题，另外也做了很多小的试验田、试验房。这样就从科技发展到产品，再到终试，最

后进行推广，这个路子我感觉走的非常顺。另外，徐总对地区化位置的选择上符合徐伟院长所说的技术使用地区，并且徐总对恒有源的不足以及发展前景总结得很到位。说不足，实际上为的是把企业的前景说的更清楚，也恰恰是企业发展的动力。

我曾经说过，供热其实是为建筑业服务的，而建筑业是最朴实的一个行业，因为十三亿人都得住房，老百姓对建筑的关注程度甚至高于农业，而且建筑业又是一个科技含量很高的东西，所以其所含的科学还需要大家去挖掘。恒有源在这方面做得很努力，我也相信恒有源 2015 年的规划是能完成的，也相信今后的前景是光辉的。

武　强

中国矿业大学水害防治与水资源研究所所长

武强：我觉得恒有源集团以浅层地能做为主业开发的定位是没有什么问题的。我国规定 2030 年 CO_2 减排量要达到最高峰，所以这项技术对节能减排非常有意义，恒有源把这项技术作为主业技术的定位和国家的大发展趋势是吻合的，所以前景光明。浅层地热能的取热方式有很多种，恒有源集团对于不同的规模采用不同的采热方式，大规模的采用单井循环，小规模的采用地埋管，不同的地域采取不同的方式，这些是非常符合实际情况的。一项技术如果想真正利用好的话，必须在基础理论以及规范规程标准制定方面形成一套体系。现在我们可喜的看到，经过这两年的努力，无论是单井循环也好，还是浅层地热能的其他取热方式也好，在基础理论上都做了大量的工作，包括实际工程的监测和数值模拟，这些方面从理论基础上不断地进行着探讨以及完善。大家所怀疑的浅层地热能运行过程中所遇到的一些问题，比如水污染、地质灾害等都已经得到了很好的论证。但如果反复地抽回灌地下水并提取热量，时间长了，井厂区范围的热能是不是还能够保持一个稳定的热值，这是个问题。并且用物理模型或者物理仿真模型来模拟的话，是很困难的，因为它需要考虑的因素是非常多的，所以较好的方法就只能通过数值模拟了。数值仿真模拟技术，只要参数取的合适，边界条件认可，应该会有一定的分析认识结果。徐总在这些方面已经开始了基础的规程规范研究，这是值得庆贺的。展望未来，我相信恒有源技术的推广会越来越好。

向百琴
原北京市环保局副总工

向百琴：2000 年北京市大气污染防治对策是我参与制定的，当时在国内外也做了很多调研。为什么要制定天然气为替代能源呢？就是在比较了各项措施之后，以天然气代替煤是最快最省事的措施，SO_2 量也确实大幅度地下降了。恒有源单井循环换热地能采集技术很好，但因为刚刚起步，社会上就有很多人提出疑问，担心水污染以及土壤生态变化等问题，就怕用了该项技术后又引发新的污染，所以没有推广。在此之后，我一直在关注它到底对环境、地热、水源有没有影响，这点恒有源做的很好，一直在找相关部门进行跟踪，拿数据说话，经过十几年的跟踪考察，到目前为止还没有听说恒有源的技术对水源、土壤等有环境污染。我觉得现在到了宣传恒有源技术的时期了，而用技术说话的业内专家是最具有影响力的，所以通过专家的影响去说服政府的领导以及获得社会的认可，是非常重要的。

中国工程院院士唐孝炎莅临恒有源集团座谈：雾霾与能源的燃烧及排放

Academician of Chinese Academy of Engineering, Tang Xiaoyan Visits Ever Source Energy Group to Give a Symposium Haze and Energy Combustion and Emissions

作者：崔东明　王志嘉

12月12日上午，中国工程院院士唐孝炎应邀参观恒有源地（热）能应用项目和地能热宝系列产品，出席题为“雾霾与能源的燃烧及排放”座谈会。出席座谈会的嘉宾还有国务院资深参事王秉忱，原北京市环保局副总工向百琴，中国矿业大学水害防治与水资源研究所所长武强，北京大学环境科学与工程学院教授胡建信等。北京大学、郑州大学、山西省农科院、恒有源集团专家顾问组等20余位专家学者也一同参与了座谈。

座谈会围绕雾霾的形成原因、能源的燃烧和排放对雾霾的影响、无燃烧供热浅层地（热）能的应用对治理雾霾的作用等方面展开了探讨。

唐孝炎院士在座谈会中介绍到，雾和霾都是自然天气现象，从古代就有，但过去大多是自然因素，少有人为的影响。因为大气是有氧化性的，二氧化硫、氮氧化物、挥发性有机物（VOC）等污染物会在大气中氧化，发生由气态向颗粒态转化的相变。其中自由基和挥发性有机物(VOC）在这个大气化学反应过程中起到了重要的作用，而这两种污染物都与能源的燃烧密切相关。

唐孝炎院士表示，煤炭、石油、天然气等不可再生资源的枯竭，迫使全球对可再生资源的需求正在增加，我国也在加紧推进能源结构的调整，恒有源的浅层地（热）能应用技术实现无燃烧供热，不仅顺应了能源结构调整的大方向，而且从根本上解决了冬季供暖时“燃烧”造成的污染问题，对治理雾霾的作用是显而易见的。这项技术在城市和农村替代燃烧供暖方面是大有发展前景的。

随后，参加座谈会的各位专家学者也对雾霾治理的相关问题做了探讨，肯定了推广无燃烧供热技术对雾霾治理起到的积极作用。

雾霾成因梳理及其治理方法

——唐孝炎院士恒有源座谈

The Analysis of Reasons and Treatment Methods of Haze

作者：刘沙

唐孝炎：中国工程院院士，UNEP臭氧层损耗环境影响评估组共同主席，北京市人民政府科学顾问，北京大学环境科学系教授，环境科学专家。曾任中国环境学会副理事长、北京大学环境科学中心主任，曾获国家科技进步一等奖、国家科技进步二等奖、“何梁何利”科学技术进步奖。我国大气环境化学专业创始人，在大气环境化学前沿领域：大气臭氧、光化学烟雾、酸雨和大气细颗粒物（气溶胶）化学等方面进行了许多具有开拓性和创造性的系统研究。

“APEC蓝”让我们认识到了雾霾是可以治理的，并且是能治理好的。那么，雾霾到底是怎样发生的，如何进行根治?

12月12日，中国工程院院士、环境科学专家唐孝炎做客恒有源科技发展集团有限公司，围绕“雾霾成因及治理方向”及恒有源无燃烧供热理念与到会的20余位行业专家学者展开了探讨。

唐孝炎院士对能源的使用、燃烧后的排放以及雾霾的机理和无燃烧供热的推广等问题提出了自己的观点和建议。

1、霾是怎么回事呢？其主要污染物是什么？

唐孝炎：气象学对它的定义是悬浮在气体里面的细的颗粒物，这个细的颗粒物可以把太阳光反射、吸收，造成光的效应，这使得天空看起来灰蒙蒙的，结果就造成了大气能见度下降。

实际上在1998年，北京市环保局设了一个“蓝天工程”项目，探讨是不是颗粒物在起作用，结果是PM10以下的颗粒物都有一定的影响，但影响最主要的是PM2.5以下的细小颗粒物。其实大气中颗粒物是一直存在的，天然界也排放，比如说花粉，或者海浪激起来的浪花中所含硫酸盐干了以后所含物质等。

随着仪器设备的现代化，我们已经在大气当中捕捉到了这个现象，就是可以看到从各个地方排放出来的气体，但是在某一个时刻，比如说阳光好的时候，本来没有的粒子一下子就出来了，这个就叫做新粒子的爆发生成。现在我们的仪器已经发展到测定到纳米级别的了，所以一下子就能捕捉到由气态转变为颗粒态的现象了。再者，变为细颗粒物后，它的表面积增大，又可以进行吸附作用。所以各种物理的、化学的作用都可以在它上面发生，这样的一个过程我们又把它叫做“二次过程”。直接由烟囱、锅炉等排放出来的叫做一次过程，在大气中间，经过氧化作用后又变成颗粒物的，或者变成高价态的气态或液态的，这都叫做“二次过程”，所以我们把变成颗粒物后的污染物叫做“二次污染物”。现在雾霾的问题变得那么严重，原因就是由于大气的氧化作用，使得一次污染物很快地变成二次污染物。

2、污染的源头在哪里?

唐孝炎：如果一个城市排放污染物，颗粒物很小的话，不会马上沉降下去，而是随着风的运动向下风地区传输过去，造成区域性的污染，这样的污染叫做大气复合型污染。

它的源是非常复杂的，除了建筑工地、扬尘等直接产生污染之外，大部分都是燃烧过程产生的。如果燃烧物中含硫、氮，燃烧后硫就转化为

SO_2 排出来，氮氧化物就稍有不同，原料中有氮，它可以变为 NO_x 排出，原料中没有氮，只要燃烧温度达到 1200°C 以上，就会把空气中的 N_2 跟 O_2 化合，化合的结果产生 NO_x，所以 NO_x 的产生跟温度的关系更加密切。

这么一来大气中挥发性有机物（VOC）与 NO_x 一连串反应作用的结果，产生了大量的自由基，这些自由基在大气中非常快速的反应，去把别的物质氧化，其氧化的结果就是使被氧化物质往高价态转变，有的开始产生相变，所以这样的过程中就生成了细小的颗粒物（2~3nm 的都可以测到）。

而生成的问题呢，就是 VOC（挥发性有机物）的来源太多太多了，煤燃烧会有，汽油燃烧更会有，天然气燃烧也会有，再者就是秸秆（生物质）燃烧也会有，这些实际上排放量是很大的，但是我们国家长期以来没有给予注意。所以这些问题说明，大气中各种各样的污染物，最后都会以不同途径转变为以前没有注意到，现引起注意的大量的颗粒物。

我们要求最早测的 TSP（总悬浮颗粒物）指采样器采样效率可以做到把 100um 以下颗粒物以 50% 的效率收集进来的量。PM10 是指把原来的采样头进行细分，让它只采 10um 以下的颗粒物，把 10um 以下颗粒物做到 50% 收集效率采集进来的量叫做 PM10；PM2.5 是采样器采到的是 2.5um 粒径以下的全部颗粒物的总和。PM2.5 是根本看不见的，现在所看到的天空中灰蒙蒙的一片，其实不是颗粒物，而是由于这些细颗粒物在光的作用下所产生的光效应。

3、空气中的氮氧化物跟温度有什么样的关系？

唐孝炎：在空气中，如果温度超过 1200°C 以上 N_2 与 O_2 就会发生反应，生成 NO_x，低温下是没有的。所以现在研究低温的燃烧，为的是不让它生成 NO_x，这操作过程中很有关系，因为如果锅炉添加煤或者油，时间控制的不合适，加的不合适，即使你觉得用的是低温，但温度照样会升高，所以整个的过程的控制要非常的严格。

4、气象条件是否也是雾霾成因？

唐孝炎：现在这个雾霾天气，其污染物的排放是内因，但是还有一个非常重要的外因，那就是气象条件，这是我们控制不了的。特别是北方地区的采暖季节。比如说，在西南风过来的时候，河北就会对北京造成影响，北京北燕山山脉、太行山山脉一夹，形成了一个簸箕型，风到了北京后就顶住了，唯一的出口就是天津、唐山方向。

从奥运的时候开始，就已经知道了西南风向和东南风向就会对北京造成污染的积累。所以在开始天气过程过来的时候，北京作为下风地区，首先受到影响，但是等到天气过程慢慢过去以后，北京出现静风天气，很稳了，上面又有逆温层，四周出不去，上下对流也出不去了，这样一来，北京自己的污染就变成主要的了。

所以我认为，开始时要注意区域的扩散，但等到静风出现后，就要解决自己地区的污染的排

放。要想外因尽可能少地作用于内因，一个方面是污染源要减排，另一个方面就是利用预测、预报、预警的手段，提前采取措施，以使得降低污染。我觉得在等到静风时，特别是采暖季节，民用煤对大气污染的贡献是起相当主要的作用。

5、除尾气排放有自由基，其他如锅炉燃烧或油气燃烧（VOC 加氮氧化物），这个能占到多大的比重?

唐孝炎：自由基在干净的大气中，大概是每立方厘米的空气中是 10^6 个。那么现在在污染地区测出来的是 10^7 或 10^8 个，就是这样的一个量级。中国现在算是最污染地区之一了。

北京市在重污染时间采到的 PM2.5 中，二次污染达到 80%。原因就是大气中的自由基非常快速的反应造成的。这就说明自由基的活泼性和它起的作用，所以不能小看它。另外一个问题呢？污染源的占比是各做各的，各家做的版本都不一样。因为不管布多少采样点，每一个采样点绝对不是只受一个或者几个源的影响，今天东风来了，它受东风源的影响，明天西风来了，它又受到西风源的影响，后来北风来了，又受到北风源的影响。所以他的采样点绝对不是受到一个或者几个源的影响。现在把全年的数据平均起来再做源解析，今天采集的样品也参与源解析，跟前天那么严重污染的情况也参与做源解析，一平均来做源解析，这个源解析有多大意义?

现在关键就是将重污染的时间，采集起来的样品，而且要分开气象条件。不分开气象条件是没有用的。西南风开始的时候采到的样品是受扩散的影响，到本地稳定了以后就是本地源起主要作用。区分时间、气象条件、走的路径，然后看看应该减哪些源、关哪些源。

另外一个原因，我们采到的样品叫做受体，源排放出来的。经过一个过程，才到你采到样品的地方，这个中间已经发生了很多化学过程了，特别是有机物，更是快速的变化。拿模型去分析，做出来的东西肯定是乙烷、丙烷等烷烃是最主要的，然后说是液化石油天然气排放的，其实根本不是这么一回事。所以，必须要采到源本身的样品，才能做出精准的分析。

现在科学家并没有一个做源解析的方法，靠统计出来的结果，不确定性往往是比较大的。我们之前就已经做过相关趋势，北京市本地的污染占 60%~70%，区域输送大概占到 30%~40% 左右，现在也没有什么太大的变化。我个人觉得，在重污染出现的初期，区域输送占比较大的比重，但是到了静稳空气出现以后，本地污染是比较大的。而在本地污染里面也要看季节，季节不同、源不同，其占的比重也就不一样。现在对煤有一个定量的分析，但对天然气没有类似分析。

6、如果在汽车尾气排放的时候加一些特殊的装置，有没有降低自由基的可能?

唐孝炎：自由基是大气化学反应产生的，而不是某一种排气产生的。它是还原性的有机化合物。大家都知道臭氧本身也就是光化学烟雾是代表大气的氧化性的，洛杉矶光化学烟雾研究发现的，他们当初的发现是用口袋把汽车尾气收集起来，然后在太阳光底下照射，照射后就发现臭氧产生非常快。

这个就是一个机理来源，就是说清楚为什么会有那么多的臭氧在大气中产生。这个产生实际推敲起来是两个反应。一个是二氧化氮，大气中的二氧化氮受到紫外光的照射后会分解产生一个原子氧一个氧化氮。这个原子氧就会跟空气中的氧结合，由 O_2 变成 O_3，但是如果只有氮氧化合物呢，这个臭氧是积累不起来的。因为一个产生一氧化氮，一个产生原子氧，原子氧去变成臭氧了，一氧化氮马上就和臭氧作用，就又回到二氧化氮和氧气。所以这样臭氧就结合不起来。

7、为什么在光化学烟雾的时候臭氧会积累起来呢？

唐孝炎：原因就是 VOC 的参与。VOC 是挥发性有机物，特别多的是大气里的一些烯烃类。石油化工等活动排放了好多烯烃类，烯烃类都是带双键的有机物，双键在空气中与原本就存在的自由基作用，打开双键，随后又产生一个自由基。这个过程将有机物氧化，这个反应叫链反应，接下去可以产生很多很多的反应。

可以想象在大气中的化学反应有多复杂。也就是说大气中有机物的反应非常快，它吃掉一个自由基，同时产生了好多个自由基。就是一个链反应产生一个，一个链反应产生一个，连下去几十个几百个链反应。马上就将自由基积累起来，所以空气中的自由基产生数量级的差别，10^6 到 10^7 的增加量就非常大了。所以自由基在大气中的量就非常多了。

8、恒有源利用浅层地能作为建筑物供热的替代能源对雾霾的治理有哪些意义？

唐孝炎：今天看了恒有源的项目以后，我有一个最大的感触，就是用浅层地能来解决农村采暖用煤的问题，这对于北京来讲是当务之急。北京现在天然气的管道只铺到城区的边缘，如果往郊区铺设天然气管道，这个价钱是不得了的。江亿院士等做过一些研究，在近郊造一个热电联供，它产生的 NO_x 的污染不会比用煤少，这个结论在美国能源基金会的会议上做过的一个报告，所以我感觉在农村采用恒有源的技术解决采暖问题可能更为重要。

如果把恒有源的技术推广一下的话，我觉得也可以解决四合院的供暖问题。刚参观的小房子给我的印象就很深刻，我特别关心到底占用多少面积，在电能上比直接使用电能要节约多少电，假如这些方向都能很好解决的话，我觉得在农村推广是大有前途的。

工程院院士唐孝炎：雾霾产生的真正原因

（听一听 82 岁老院士的良心话）

Academician of Chinese Academy of Engineering, Tang Xiaoyan The Real Reasons of Haze

本文转自深度能源观察

随着空气质量的恶化，阴霾天气现象出现增多，危害加重。近期我国不少地区把阴霾天气现象并入雾，一起作为灾害性天气预警预报，统称为“雾霾天气”。霾在吸入人的呼吸道后对人体有害，严重的情况下会致死。可以这么讲，我们的一呼一吸在目前的状态中如履薄冰，谈霾色变亦早已成为我们的常态。那么，雾霾产生的真正原因到底是什么呢，相信很多人都想一探究竟，2014 年 10 月，深度能源观察对环境科学专家唐孝炎院士进行了有关访谈。

雾、霾是气象学的名词，雾霾天气的成因并不是只有污染一种，雾霾古代就有，空气中有很多细小的颗粒物，比如尘土、海浪带起来的泡沫、花粉等等，特别是刮风带起来的土壤颗粒物，都是自然界中本来存在的。这些细小颗粒物飘浮在大气中，表面会吸附一定的水汽，重力不大，不易沉降，它就会飘浮到上空吸收大量水分后成为云或雾的凝结核。有一些细小颗粒物集聚在近地面，受地面湿度的影响，它们会吸收、折射或者反射太阳光，造成能见度下降，这个时候这些细小颗粒就参与形成霾。当大气中有大量二氧化硫、氮氧化物和挥发性有机物等污染物时，它们形成的硫酸和硫酸盐、硝酸和硝酸盐及有机物等，由于它们对光的效应，造成了视程障碍使霾的程度和危害性加大。

雾和霾的区别看起来似乎不大，只是湿度的问题。但是对它们的判别界限问题曾经引起气象学界一段时间的学术讨论和争议。简言之，按当前气象部门的定义，大气的湿度低于百分之八十，颗粒物的光效应使能见度下降到十公里以内，造成灰蒙蒙的视程障碍现象叫做霾，但是当湿度高到百分之九十以上，那时候

就变成轻雾，水汽更大时就成为雾了。雾较容易散去，霾却很难。因为雾含水量大，受天气变化的影响比较大，太阳一出来，遇到干燥空气，雾就很容易散去，所以雾一般不会整天都有。但是霾就比较麻烦，因为它水蒸汽含的不多，湿度在百分之八十以下，再加上霾所处空间一般是 3000 米以下，如果当上空存在逆温层，而水平方向没有风或风很小，空气上下对流或者水平流动不畅通时，霾就无法散去。

污染是造成严重雾霾的内因，气象条件则是外因。雾霾跟能源使用的排放有关。我们知道，二氧化硫、氮氧化物、氨气以及挥发性有机物等污染物都是气体，为什么到大气中会变成颗粒物并最终形成霾呢？因为大气具有氧化性，能源燃烧后排放的气体污染物可以说是一次污染物，进入大气中以后，产生了非常复杂的化学反应，产生了二次污染物。由于一次污染物的价态偏低，比如二氧化硫、一氧化氮都是属于还原价态，而大气中存在大量的自由基，低价态的气体很容易跟自由基产生被氧化的反应形成高价态的硫酸、硝酸、硫酸盐和硝酸盐等，有机物也有此反应。

目前，我们对雾霾成因的研究中对 VOC（挥发性有机物）的重视还不够。排放进大气的 VOC 和氮氧化物是使大气氧化性增强的关键物质，由于他们的非线性关系，地区不同两者作用的比值也会有所不同。比如，曾有研究指出，北京城区的大气氧化性的增强，VOC 的作用甚至大于氮氧化物，而郊区则相反。VOC 是碳氢的结合体，它的产生相当大部分和燃烧有关，可以说任何燃烧都会产生 VOC，所以跟能源的使用密切相关，煤炭、石油、天然气里面都存在有机质，炼油、化工都是排放大户，甚至秸秆燃烧、使用涂料和餐饮等也产生 VOC。长期以来，人们一直认为煤炭燃烧是霾形成的主因，

2014 年 10 月 30 日 12 时，哈尔滨市区 12 个子监测点 AQI 均为 500，PM2.5 爆表，属于严重污染。受雾霾影响，路面能见度不足 50 米，发生多起交通事故，当日哈尔滨全市中小学停课。进入 10 月后黑龙江省内各城市陆续开始供暖，燃烧排放的污染物增加。根据哈市冬季大气 PM2.5 源解析报告，哈市冬季煤烟尘“贡献”出的 PM2.5 占 4 成以上，供暖期遇上逆温天，更易出现雾霾天。

忽视化工产生的污染，关注的重点主要是烟尘和二氧化硫，忽略了氮氧化物和 VOC，如果认识清晰起来，天然气不能算是清洁能源。

锅炉和汽车中的燃烧过程都会产生细颗粒物，PM2.5 有一次排放和二次排放之分，一次排放就是燃烧直接产生的颗粒物，二次排放是燃烧产生的气体在大气中发生化学反应和核化反应后产生的颗粒物，电厂目前已有的除尘装置，最多只能除掉 PM1 以上的颗粒物，PM1 以下的还除不掉。

汽车会排放很多 VOC，VOC 的多少和油品以及燃烧是否充分有很大关系，有机物最好的转化结果就是变成二氧化碳和水，但是发动机的燃烧过程来不及充分完成就排放掉了，特别是汽车在城区低速行驶或怠速的时候。有些国家就有专门法律规定，遇到红灯时汽车必须熄火。

有人认为城市里的汽车排放了很多氮氧化物，其实不全是这样，氮氧化物的产生和燃烧的温度关系最大，汽车在城区行驶，速度不会太快，发动机燃烧温度不会太高，氮气和氧气的反应转化就比较少。哪儿的氮氧化物多呢，高速公路上，汽车在高速公路行驶的速度很快，发动机温度很高，产生的氮氧化物就越多。柴油车排放更多。

控制汽车产生废气的一个方法是在汽车上安装“三元催化转换器”，现在汽车上一般都装了，但是用的时间长了它会老化，作用会减弱，所以新车的氮氧化物排放比旧车要低。现在香港要求汽车的“三元催化转换器”每两年必须更换一次，但是我国大多数省份没有这个要求。

有时候我去北京的北五环，马路边上有很多人拿着代办车检的牌子，现在这个事儿已经成为了一个行业，不管你的车合不合格，他们都能帮你检测合格。现在又出现了租借“三元

催化转换器”的现象，车主可以花钱租借一个新的来专门应付车检，验完之后再还给人家。这个现象的背后就是管理问题，现在的管理是粗放的，而不是精细管理。

别小看餐饮一条街，VOC 多，二氧化硫也高，氮氧化物也高，所以说能源利用的问题很复杂。特别是对于北方城市，冬季采暖的散煤燃烧问题，采暖地区郊区每年冬天用掉的散煤如何管？有的政府不管这些小的，只管电厂大锅炉还有冶金等这些重点源。散煤燃烧，分散污染非常严重。所以我觉得能源革命里面生产和消费都要有，要注意这些小的以前没注意的东西。

我特别喜欢讲的是巴西的一个城市，他们市长在规划城市的时候就设计了专门的马路通道，

其宽度只允许一个大巴车来一个大巴车去，双向车道，金融机构、政府机关、企业总部等只允许建设在这条主路及辅路旁。这条路只能通行公共汽车，所有轻型汽车来了只能停在郊区或大道旁，然后人们换坐公交车进城。另外他们为了使空气流通好，在主路两旁的房子是较低矮的，高楼都建在后面，不在汽车最密集的地方。这个城市有 220 万居民，公交使用占 70% 以上，这种状态从上世纪 60 年代到现在一直执行，已经几十年了，城市环境比里约和圣保罗等还清洁。

留住“APEC 蓝”地热能应用新坐标

Retaining APEC Blue by New Landmark of Geothermal Energy Application

作者： 马雲龙

2014 年 12 月 19 日 由 国家语言资源监测与研究中心、商务印书馆等主办的“汉语盘点 2014”年度字词今揭晓，“APEC 蓝”作为热词被推上榜。中国政府用超常规手段治理出来的“APEC 蓝”，给长期以来深受雾霾困扰的民众带来了希望，雾霾是可以治理好的。本次峰会的举办地——北京雁栖湖国际会议中心，本身是一系列环保理念打造下的新型建筑体，其在新能源的利用方面做出的领先之举，或给环境治理带来一些新的启示。

近日，国家主席习近平和夫人彭丽媛在北京为出席亚太经合组织第二十二次领导人非正式会议的各经济体领导人及配偶举行欢迎晚宴。习近平主席在晚宴前的致辞中，谈及了网上传播的一个新词——“APEC 蓝”，表示这次会议让中国下了更大的决心来保护生态环境。

APEC 期间让北京及周边地区真正享受到了晴空万里，互联网上、朋友圈里，“APEC 蓝”迅速成为热词。对于不久前刚刚受到雾霾困扰的北京人，秋高气爽的好天气让人们感叹。而在感叹的同时也在疑惑，优质环境能持续多久？

习近平主席致辞时表示，好在是人努力、天帮忙，这几天北京空气质量总体好多了。“我希望并相信通过不懈的努力，APEC 蓝能够保持下去。”

可以看出，对于环境问题的治理在今后将成为我国政府工作的重要组成部分，而环保新能源的使用也势必在未来呈现出良好态势，作为新能源重要组成部分的地热能产业就被业界人士看好。“我国目前以雾霾为代表的环境问题突出，原因复杂。尤其秋天进入供暖季时更是如此。当然清洁能源的使用是国家一直鼓励的，目前国家和地方对地热能产业都是鼓励支持，许多省还有财政补贴。”中国房地产研究会副会长童悦仲如是说。

利导环境 地能企业发力雁栖湖畔

10 月 31 日，北京公布了 PM2.5 来源解析最新研究成果。经过一年半的监测及研究分析表明，在北京全年的 PM2.5 来源中，区域传输贡献约占 28%-36%，本地污染排放贡献占 64%-72%。在本地污染贡献中，机动车排放（占 31.1%）、燃煤（占 22.4%）、工业生产（占 18.1%）的比重占据前三位，机动车排放是北京 PM2.5 本地来源的最大贡献者。

众所周知，污染气体的排放是雾霾形成的重要原因之一，随着北方逐渐步入冬季，燃煤取暖会进一步加大环境问题。如何改造利用新能源取暖已成为社会关注的焦点。

北京市怀柔雁栖湖畔作为举办 2014 年亚太经合组织领导人非正式会议的地方，一系列环保理念打造的建筑或将为业界树立样本。

作为本次 APEC 重要场地的“国际会都”，示范区清洁能源利用率将达到 100%，可再生能源利用率为 10%，太阳能生活热水覆盖率为 100%。运营过程中，生活垃圾无害化处理率达到 100%，资源化利用率达到 85%，餐厨垃圾处理资源化利用率达到 100%，污水处理率达 100%。

而北京雁栖湖国际会展中心更是在新能源利用方面做出领先之举。在地能应用方面，根据建筑功能，分别考虑会议期间全部使用、日常时间部分使用、会议后期综合利用等因素，方案采用恒有源地能热泵环境系统满足该建筑

冬季供暖、夏季制冷、日常提供生活热水的需要。

据记者了解，北京雁栖湖国际会展中心采用的是恒有源科技发展集团有限公司开发的恒有源地能热泵环境系统。其首选浅层地能作为建筑供暖替代能源，经地能热泵机组的工作而改变温度。恒有源地能热泵环境系统由三部分组成：能量采集系统、能量提升系统、能量释放系统。能量采集系统为核心，就如同锅炉系统中煤、燃气、油等燃料。能量采集系统以单井循环换热地能采集技术为核心，采集浅层地能；能量提升系统利用地能热泵，提升低品位能量；能量释放系统利用末端装置，冬季供暖、夏季制冷、日常提供生活热水。

恒有源科技发展集团相关人员介绍，恒有源地能热泵环境系统可实现系统与大地之间的换热，利用大地岩土层中的可再生浅层地能。由于较深的地层中在未受干扰的情况下常年保持恒定的温度，与室外气温相比是冬暖夏凉，因此恒有源地能热泵环境系统可克服空气源热泵的技术障碍，且效率大大提高。在热泵机组中消耗 1kW 的电能可以得到 4kW 以上的热量，即能效比大于 4，是一种可持续发展的替代能源技术。

对于建筑应用地热能的状况，业内人士给与了积极评价，“雁栖湖畔建筑建造过程中融入了环保理念，诸如地热能等大量新能源被利用。这对未来环境问题的治理及能源利用方面有着积极的借鉴作用。”

节能减排 地热能应用前景广阔

实际上，我国政府对环境问题的重视，绝不仅仅因为 APEC 会议的召开，而是有着长远规划。近日，中美双方积极评价共同发表的《中美气候变化联合声明》，宣布了各自在 2020 年后应对气候变化行动目标，同意共同推动国际

气候变化谈判于 2015 年巴黎会议如期达成协议，并加强两国在气候变化领域的务实合作。

在上述声明发布不久前，国家发改委也公布了《国家应对气候变化规划 2014 – 2020 年》全文。根据规划，到 2020 年，我国将全面完成控制温室气体排放行动目标。根据规划，到 2020 年，我国单位国内生产总值二氧化碳排放将比 2005 年下降 40% – 45%，非化石能源占一次能源消费的比重将达到 15% 左右。

而通过政策引导与政府呼吁，作为地热能主

要实践主体的开发商也越来越重视节能减排这一趋势。11 月 13 日，我国龙头房企万科宣布正式加入 WWF“碳减排先锋”项目，成为全球房地产行业中首家“碳减排先锋”成员企业。

对此，万科集团建筑研究中心总经理王蕴这样表示：“从万科自己的措施和产品来看，差不多有一半的碳排放是可以通过绿色建筑来解决的，剩下的 1/4 是通过住宅产业化的方式，通过改变建造方式减少碳排放，另外 1/4 是通过可再生能源减少的碳排放。从整个行业和供应链来看，我们也会积极地引导，帮助我们的供应商推进他们的碳减排措施。”

不难看出，节能减排已是大势所趋。而节能减排的一个重要方式，就是减少煤炭的燃烧使用。作为新能源的地热能，如果能在未来被广泛应用就将实现这一想法。

国土资源部地热处处长李继江就曾表示，目前，我国浅层地热资源量相当于 90 亿吨标准煤，常规地热能相当于 8531 亿吨标准煤，每年可用量是 6.4 亿吨标准煤，是我国现在每年人均消耗量的五分之一。在地热能技术已经成熟的今天，地源热泵可以大有作为，可以促进清洁能源的开发利用，是解决我国大气污染的一条途径。

中国工程院院士卢耀如也认为，地热资源是蕴藏在地球内部的一种巨大的能源，也是一种很重要的可再生能源，合理地开发和利用这种资源，可以减少煤炭的使用，对节能减排意义重大。

事实也证明如此，作为地热能转化的重要渠道——地能热泵主要就是通过 25 摄氏度以下的浅层地热用来供暖或制冷。通过压缩机，1kW 电能可得到 3—4 倍的热能。相比现有的同规模的暖通空调，地能热泵比传统空调运行效率要高 30%-60%；与电供暖相比，地能热泵可减少 70% 以上的污染物排放，真正实现了节能减排。

另有数据显示，若用地热发电替代燃煤发电，预计到 2050 年，有望每年减少二氧化碳排放 10 亿吨，若替代天然气发电则可每年减少二氧化碳排放 5 亿吨。作为地热能应用的一种重要技术，地能热泵制热要比常规的电制热或燃油、燃气制热划算得多，一般情况下，地能热泵的耗电量只有电热耗电量的 1/4 到 1/5。

由此可见，随着节能减排理念的不断深化，资源结构的逐步调整，地热能将得到更广阔的应用，“APEC 蓝”也或将成为常态。

Retaining "APEC Blue by New Landmark of Geothermal Energy Application

Author: Ma Yunlong

Recently, the State President, Mr. Xi Jinping and his wife, Ms. Peng Liyuan attended a welcome banquet that held by APEC for all leaders of economic entities participating in the 22nd APEC informal leadership meeting and their spouses. In the Xi Jinping's speech delivered before the banquet, he referred to a new word widely diffused on the Internet--"APEC Blue". He pointed out that this meeting drives us to make up our mind to preserve the ecological environment.

During the period of APEC meeting, a bright sky can be enjoyed in Beijing and its surrounding areas. On the Internet and friends group, "APEC Blue" has become a popular word rapidly. For those Beijing citizens who have suffered the haze troubles not long ago, a clear and sparkling autumn climate always can impress people the most. However, exclamation and doubt always coexist, and how long can such high-quality environment last?

The address of Mr. Xi Jinping says that with our efforts and the helps of the god, the air quality of Beijing has generally been much better in these days. "I hope and believe that APEC Blue will remain with our unremitting efforts."

Obviously, tackling the environmental problem will become an important part of work of our national government in future, and the application of environmentally protection new energy certainly will present a favorable situation. "At present, our nation’s environmental problem of haze is outstanding with complex reasons, especially it’s worsening in autumn of heating suppy season. Certainly, our nation has always encouraged the usage of clean energy. At present, our country and local governments hold the opinion of encouraging and supporting geothermal energy industry, and many provinces even provide financial subsidies." The vice-chairman of China Real Estate Research Association, Mr. Tong Yuezhong said.

Favorable Environment - Ground source energy enterprises exert efforts in Yanqi Lakeside.

On October 31st, Beijing announced the latest research and analysis results of the source of PM2.5. The supervision and research analysis for one and a half years show that in the source of PM2.5 in

Beijing all the year round, regional transport accounts for 28% to 36%, while local pollution emission accounts for 64% to 72%. In the local pollution, ranking the top three are vehicle emission (31.1%), fire coal (22.4%) and industrial production (18.1%) respectively, whereas vehicle emission is the largest local source of Beijing PM2.5.

For Yanqi Lakeside in Huairou, Beijing, as the venue of 2014 APEC Informal Leadership Meeting, construction of a series of architectures with environmental protection concepts probably will set up a sample within the industry.

Being a "World City" and the important site for APEC this time, the usage ratio of clean energy in demonstration zone will reach 100%. The usage ratio of renewable energy will be 10%, and coverage rate of solar-energy domestic hot water will be 100%; in the operation process, innocuous treatment rate of household refuse will reach 100%, and resource utilization rate will reach 85%. Furthermore, the recycling utilization rate of kitchen waste treatment will reach 100%, and treatment rate of domestic sewage will also be up to 100%.

Beijing Yanqi Lake International Convention Centre is in the lead in terms of new energy utilization. In the aspect of ground source energy application, consideration of the building functions is made as well as consideration about full utilization during meeting, partial utilization at usual times and comprehensive utilization at later period of meeting are also taken into account. The proposal of utilizing HYY Ground Energy Heat Pump Environment System is to satisfy the demands for heating in winter, cooling in summer and daily domestic hot water supply for the building.

According to the information from the reporter, Beijing Yanqi Lake International Convention Centre utilizes HYY Ground Energy Heat Pump Environment System that is developed by Ever Source Science & Technology Development Group Co., Ltd. The shallow ground source energy is the first choice being the alternative energy sources for heating supply of buildings, and it changes the temperature through the operation of Ground Energy Heat Pump units. HYY Ground Energy Heat Pump Environment System consists of three parts: energy collection system, energy escalation system and energy discharge system. The energy collection system is the core, similar to the coal, gas and oil in the boiler system. It takes the Single-Well Heat Exchange Circulation for Ground Source Energy Collection technology as the core and acquires shallow ground source energy. The energy escalation system utilizes Ground Energy Heat Pump to elevate the low-grade energy. The energy discharge system uses terminal device to realize heating in winter, cooling in summer and daily domestic hot water supply.

Relevant staff of Ever Source Science & Technology Development Group Co., Ltd introduces that HYY Ground Energy Heat Pump Environment System is applicable to realize the heat exchange between the ground and the system, and utilize the renewable shallow ground source energy in the ground rock-soil. The deeper stratum keeps constant temperature in undisturbed condition, and it's warm in winter and cool in summer compared to outdoor temperature. Consequently, the HYY Ground Energy Heat Pump Environment System is able to overcome the technical obstacles of the air source heat pumps, and the efficiency is greatly improved. In the heat pump units, the consumption of 1kW electricity generates more than 4 kW heating, namely the energy efficiency ratio is greater than 4. It is a sort of sustainable alternative energy sources technology.

As to the geothermal energy utilization condition in buildings, industry peers give their positive comments, "environmental protection concept is adopted in the construction process of Yanqi lakeside buildings, such as the application of geothermal energy and many other new energy resources is used, which has positive reference in terms of future governance of environmental problems and energy utilization."

Energy conservation and emission reduction - The prospects of geothermal energy utilization is promising

Actually, the attention of our government pays to environmental problems is not only because of the opening of APEC, but lies in the long-term planning. Recently, the United States and China actively evaluated the mutually published China-U. S. Joint Statement on Climate Change, and declared their respective action objectives to tackle climate changes after 2020, and agreed to jointly facilitate the international climate change negotiations to be held as scheduled in Paris Meeting, 2015, as well as strengthened the pragmatic cooperation between the two countries in the field of climate change.

Not long before the above-mentioned statement was published, the National Development and Reform Commission also published the National Plans to Tackle Climate Change in 2014-2020. According to the plan, by 2020, China will completely accomplish the action objectives to control the emission of greenhouse gas. According to the plan, by 2020, the carbon emission ratio of domestic companies will decrease by 40% – 45% than that in 2005, and the proportion of the non-fossil energy will reach around 15% of the primary energy consumption

As the major practical subject, property developers are more and more focusing on energy conservation and emission reduction after policies guidance and government appeal. On November 13, Vanke, the leading property enterprise announced that they have officially joined the WWF "pioneer of carbon reduction" project and became its first member in global property enterprises.

Wang Yun, general manager of building research department of Vanke group said that, "from Vanke's measures and products, almost half carbon emission can be solved by green building, the remaining 1/4 can be reduced by housing industrialization and change of construction mode, another 1/4 can be reduced through renewable energy sources. From the perspective of whole industry and supply chain, we will lead actively and help our suppliers to carry out carbon reduction measures."

Li Jijiang, division chief of Geothermal Department of Ministry of Land and Resources once stated, currently, the shallow geothermal resources in our country is equal to 9 billion tons of standard coal, conventional geothermal energy equals to 853.1 billion tons of standard coal, amount available for each year is 640 million tons of standard coal, which is one fifth of annual per capita consumption. Under today's matured geothermal energy technology, ground source heat pump can play huge function to promote the development and utilization of clean energy which is a way to solve the atmospheric pollution in our country.

Academician of Chinese academy of engineering, Lu Yaoru also said that geothermal resources is abundant which stored inside the Earth and also an important renewable energy sources. Rational development and utilization of this resources can reduce the use of coal and is of great significance to energy conservation and emissions reduction

It's also proved that as the important channel of geothermal energy conversion—ground source heat pump realize heating or cooling by shallow geothermal heat under 25^{o}C. 1kW electric energy can generate 3~4 times of thermal energy by compressor. Compared with existing HAVC with same scale, ground energy heat pump's efficiency is 30% - 60% higher than traditional air conditioning; compared with electric heating, it can reduce pollutant emission more than 70% and truly realize energy conservation and emission reduction.

In addition, data reveals that if coal-fired power generation replaced by geothermal power generation, then it's likely to reduce 1 billion tons of carbon dioxide emissions in 2050, 500 million tons of carbon dioxide emissions can be reduced if it replaces natural gas power generation. As an vital technology of geothermal energy application, heating generation by ground source heat pump is much more economical than conventional electrical or fuel, gas heating. Generally, the power consumption of ground source heat pump is 1/4 or 1/5 of electric heating.

From that we can see geothermal energy will be widely applied with deepen of concept of energy conservation and emissions reduction and adjusted of resource structure, "APEC blue" may be seen as normal.

关于利用浅层地能（热）推广无燃烧供热，减少雾霾困扰的建议

Recommendations on the Use of Shallow Ground Source Energy Heat to Promote Noncombustion Heating and Reduce Obsession of Haze

作者：胡建

雾霾给人民群众健康带来的严重影响，以及可能派生出的其他社会问题和国际影响，已经引起党中央国务院的高度重视，继 2013 年 9 月国务院颁布《大气污染防治计划》后，各地相继出台了相应的防治计划，环保部、中科院以及各地的科研人员对雾霾的成因进行了大量的分析，并在此基础上采取了一系列节能减排的措施，但直到今天雾霾依然很严重。

一、雾霾成因及规律

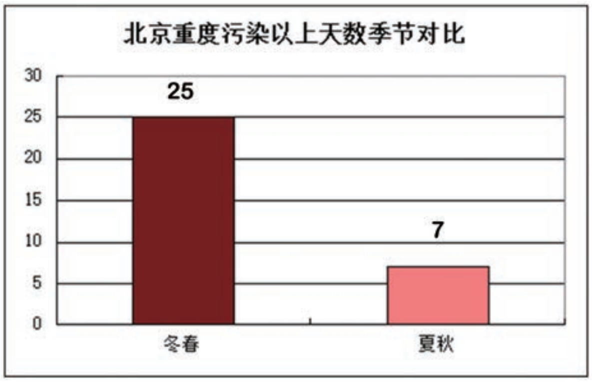
从雾霾的成因看，各地情况各不相同，从 2014 年各地环保机构发布的报告看：在北京雾霾的贡献率中，机动车、燃煤、工业生产和扬尘分别占了 31.1%、22.4%、18.1% 和 14.3%。在天津雾霾的贡献率中，扬尘占 30%，其次是燃煤、机动车和工业生产。在石家庄雾霾的贡献率中，燃煤是 PM2.5 的最大来源，占 28.5%，其次是工业生产、扬尘和机动车。

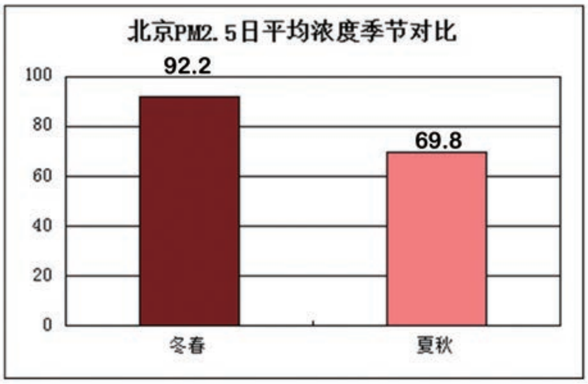
结合京津石三市 2013 年 11 月以来的雾霾情况，从中可以看到一些规律性的东西。

1. 燃煤是各地雾霾产生的元凶之一。三市雾霾贡献率排在前列的就是燃煤（除石家庄排首位外，北京、天津均排在第二位）。

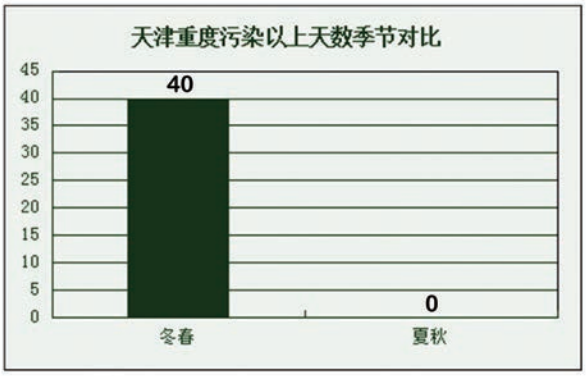
2. 从雾霾形成的时期看，冬春季明显高于夏秋季。以北京、天津、石家庄三市和 2013 年 11 月 1 日至 2014 年 3 月 31 日(冬春季 151 天)，2014 年 4 月 1 日至 2014 年 8 月 31 日（夏秋季 153 天）雾霾发生的情况看，有以下明显特征：

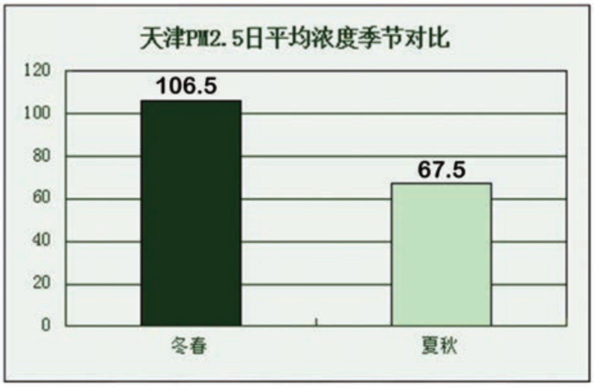
北京在冬春季 151 天中，雾霾 75 天，其中严重污染 16 天，重度污染 9 天，中度污染 22 天，轻度污染 28 天，PM2.5 日平均浓度为 92.2。在夏秋季 153 天中，雾霾 69 天，其中严重污染 3 天，为冬春季的 18.8%；重度污染 4 天，为冬春季的 44.4%；中度污染 24 天，为冬春季的 109.1%；轻度污染 38 天，为冬春季的 135.7%；PM2.5 日平均浓度为 69.8，为冬春季的 75.7%。



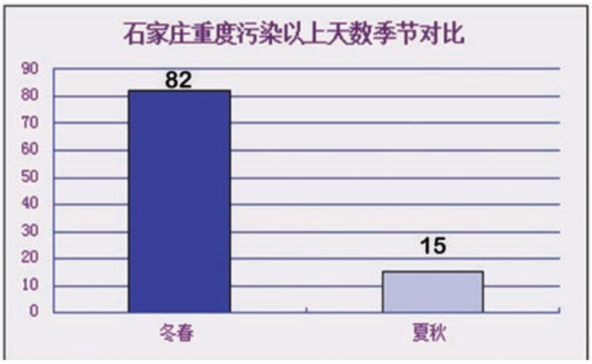


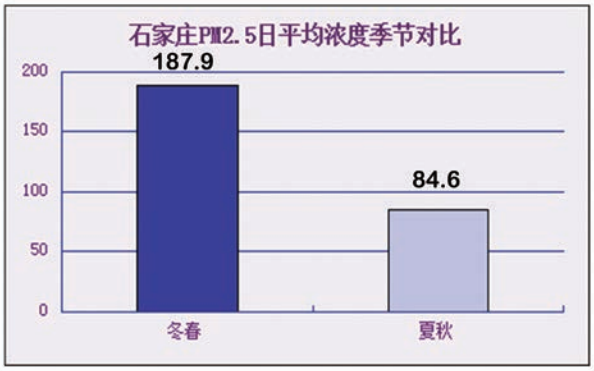
天津在冬春季的 151 天中，雾霾 96 天，其中严重污染 16 天，重度污染 24 天，中度污染 17 天，轻度污染 39 天，PM2.5 日平均浓度为 106.5。在夏秋季的 153 天中，雾霾 74 天，其中均未发生严重污染和重度污染天气，中度污染 15 天，为冬春季的 88.2%；轻度污染 59 天为冬春季的 151.3%；PM2.5 日平均浓度为 67.5，为冬春季的 63.4%。



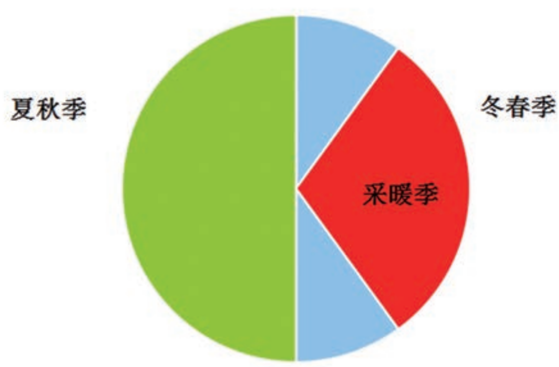


石家庄在冬春季的 151 天中，雾霾 135 天，其中严重污染 61 天，重度污染 21 天，中度污染 19 天，轻度污染 34 天，PM2.5 日平均浓度为 187.9。在夏秋季的 153 天中，雾霾 104 天，其中严重污染 4 天，为冬春季的 6.6%；重度污染 11 天，为冬春季的 52.4%；中度污染 28 天，为冬春季的 147.4%；轻度污染 61 天，为冬春季的 179.4%；PM2.5 日平均浓度为 84.6，为冬春季的 45%。





值得注意的是，上述三市冬春季的 151 天，恰好与采暖季重合（上年 11 月 15 日至次年 3 月 15 日）。



3. 冬季供暖是人民群众必不可少的生存需求。三市居民供暖基本采取燃烧供热的方式，而燃料基本是燃煤和天然气，在冬春季风速≤ 3 级，空气湿度≥ 70% 的天气情况下，量大面广的以燃煤为主的燃烧供热和低空排放，是造成雾霾冬春季明显高于夏秋季的主要原因。

因此治理雾霾，特别是治理冬春季雾霾，必须走出一条适合中国国情，保障人民群众冬季供暖基本需求，减少大气污染的新路子。

二、无燃烧供热及浅层地能

无燃烧供热是指利用地热能、太阳能等非矿物质能源，以无燃烧方式向建筑物提供热能。

由于太阳能受到季节和昼夜的影响，以及太阳能采集效率和储存技术还不成熟，目前主要应用于供应生活热水，无法大规模在冬春季供暖中应用。

地热能泛指深层地热和浅层地能。深层地热指温度高于 25°C 以上，地下 300 米以下的地热能资源。但深层地能在供热领域受到资源分布的限制，也无法大规模在冬春季供暖中应用。

浅层地能指地下 300 米以上，在地表土壤、地下水或江河、湖泊中吸收太阳能、地热能而蕴藏的低于 25C° 的低温位热能。可以在零污染、零排放、无潜在地质灾害的情况下，循环地利用浅层地能（热），作为冬春季供暖的替代能源。

1. 原理

由于利用地下常温土壤和地下水相对稳定的特性，经能量采集系统（如单井循环换热地能采集井），通过热泵技术，实现能量从低温热源向高温热源转移：冬季把土壤中的热量提取出来，提高温度后供给室内用于取暖；夏季把室内的热量取出来释放到土壤中去，实现室内降温，并且常年保持地下温度均衡。实现用一小部分花钱的电能（用于驱动热泵、水泵），在动态平衡中提取大量不花钱的自然能量，是人类取之不尽的可再生能源。

2. 应用

我国利用浅层地能的历史由来已久，如北方的菜窖、西北地区的窑洞和南方夏天用井水侵泡西瓜等，就是我们的先民利用浅层地能的例证。

但真正对浅层地能技术的研究始于 20 世纪 80 年代，第一台由美国提供技术和设备的地能采集系统于 1989 年在上海闵行开发区办公楼投入运行，而后北京、广州等城市于 90 年代分别启动了示范工程，近年来各地开始大量应用浅层地能的开发利用。据不完全统计，全国 31 个省市区应用浅层地能供热制冷的建筑物面积近 1.4 亿平方米，80% 集中在华北和东北南部地区，北京国家大剧院、国家行政学院、鸟巢、水立方以及上海世博轴等标志性工程，都使用了浅层地能系统用于供热制冷。

三、浅层地能利用的经济性

在我国浅层地能利用的实践中，其经济性体现在三个方面：一是初始投资与传统的中央空调

系统相当。如纯供暖约 200 元 / 平方米；冷热一体化约 375 元 / 平方米。二是使用成本较低。如在纯供暖情况下，每平方米使用费用仅为 0.19 元至 0.26 元，与燃煤供热相当（0.15 元 / 平方米），远低于燃油供热的 0.84 元 / 平方米，燃气供热的 0.44 元 / 平方米和电能直接供热的 0.77 元 / 平方米。三是减少天然气、燃油等燃料在运输过程中管道施工和储存过程中土地占用等巨额间接费用。

四、推广中存在的问题

鉴于浅层地能应用中兼具的环保性、经济性和安全性，我国自上世纪九十年代开始已在各类建筑物中推广使用了近 1.4 亿平方米，但在全国城乡各类建设中，浅层地能技术的应用规模仍微不足道，究其原因主要为：

一是对浅层地能利用和无燃烧供热技术的认知度不高。如为应对雾霾困扰，各地政府仅停留在“煤改气”、“优质煤替换劣质煤”等燃烧供热层面，而不知（或不愿）采用无燃烧供热技术来开发浅层地能，甚至认为采用该技术会污染地下水源或带来地质灾害，而对开发浅层地能采取限制的行政措施。

二是由于对浅层地能利用和无燃烧供热技术的认知度不高，因此在各地城乡建设中只有建设规划，缺少甚至没有供暖的能源规划，因此各地环保部门无法从城乡建设的第一关—环境评价入手进行评审，以致在各地城乡建设中仍然大量采用以煤炭、天然气为燃料的燃烧供暖方式。

五、政策保障

1. 加大在各级政府层面中浅层地能利用和无燃烧供热技术的宣传、推广力度。

2. 把浅层地能利用和无燃烧供热技术纳入各地城乡建设的供暖规划，与建设规划同步实施。

3. 把浅层地能利用和无燃烧供热技术纳入环境评价的笼子，力求从城乡建设的第一关就把住雾霾发生的口子。

4. 各级政府率先垂范，在使用财政资金的建设项目中推广应用浅层地能应用和无燃烧供热技术。

5. 制定或加大对使用无燃烧供热用户的奖励制度。

单井循环换热地能采集井的计算模型

作者：李大秋　孙　骥

浅层地热能是一种新型可再生的能源，它来源于地球内部的热量和太阳辐射。浅层地热能广泛存在于岩石、土壤、水源等许多介质中，位于地表 200 米以内的恒温带内。它的开采是随着全球能源危机和环境问题的凸显而逐步发展起来的一项能源及环境保护技术，它的研究对于严重依赖化石能源经济快速发展的中国而言尤为重要。

国内外许多学者及单位在浅层地热能的研究中进行了不懈努力并取得了丰硕成果。当前浅层地热能的主要利用方式有地表水源为热源的水源热泵和以地表岩石、土壤介质为热源的土壤源热泵两种。本文的研究对象是单井循环换热地能采集井，它是原创性的适用于多种地质条件的新型浅层地热能开发技术。这种单井循环浅层地热能开发方式结合了上述前两种传统地能采集方法的优势，实现了循环水在同一含水层的完全回灌，从而成功实现了单井循环浅层地热能的开发。该设备生产成本较低，无水体污染，检修方便，便于在有浅层地下水的地区推广，实现了真正的绿色能源利用。由于我国浅层地热能分布地域广泛、资源丰富，开展此项研究并大力开发这种单井循环浅层地热能对于保障能源安全、降低环境污染具有重要意义。

本文完整建立单井循环换热地能采集井完整的概念模型和数学模型，对于深入理解其数学原理、水文地质及物理过程，高效开发利用这种单井循环浅层地热能具有重要意义。

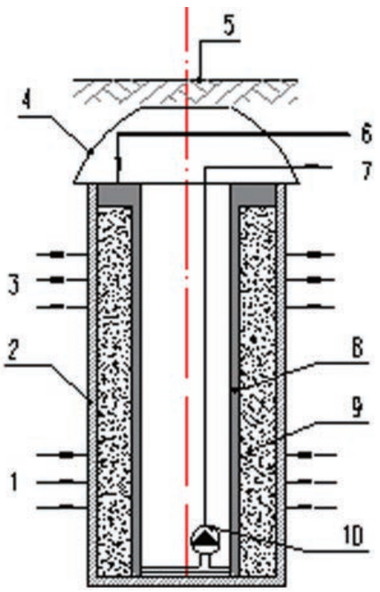
一、单井循环换热地能采集井的物理概念模型和多孔介质特征

1.1 物理概念模型

本文的研究对象是单井循环换热地能采集井，它以循环水作为介质采集地下温度低于 25℃出的热能，实现了地下水的同层完全回灌。这种井不消耗也不污染地下水，因此对于地下水体质量是安全的。

这种地能采集井分为有蓄能颗粒类型和无蓄能颗粒类型两种。以下以有蓄能颗粒型为例说明。

有蓄能颗粒的单井循环换热地能采集井的物理过程为，循环水由绝热井壁内部抽水区的潜水泵抽出排走送入热泵机组经过放热或者吸热后，由热泵机组返回进入地能采集井上部的加压回水区内部。水流在绝热井壁与隔离膜之间有蓄能颗粒的环形空间内流动，大部分进入下部抽水区，一小部分透过孔壁的隔离从加压回水区通过渗透流到土壤介质中，最后从抽水区回流。地能采集井的所有回水透过绝热井壁下部的花管由潜水泵抽走送回热泵机组，见图 -1。



1– 抽水区，2– 井壁隔离膜，3– 加压回水区，4– 井室，
5– 地面，6– 采集井进水，7– 潜水泵出水，
8– 绝热井壁，9– 蓄能颗粒（或者水），10– 潜水泵

图 –1 单井循环换热地能采集井示意图

1.2 多孔介质特征

单井循环换热地能采集井的多孔介质总共包括两种，一种是绝热井壁与隔离膜之间充满蓄热颗粒，其特点是有良好的蓄热性能。蓄热颗粒的蓄热系数很大，亦即热流波动的振幅与温度振幅的比值很大。另一种是隔离膜外侧的饱和土壤多孔介质，其作用是通过水与蓄能颗粒之间交换热量和水，亦即传热传质。可见单井循环换热地能采集井是含有两种多孔介质的对流传热传质的水热耦合体，水在其中发挥最重要作用。

二、单井循环换热地能采集井的数学模型

单井循环地能采集井分为有蓄能颗粒采集井和无蓄能颗粒采集井两种类型。有蓄能颗粒采集井的数学模型中仅有多孔介质一种计算区域，无蓄能颗粒采集井则包括多孔介质和充水两种计算区域。其数学模型的选取较复杂，前者用考虑固体骨架的流体动力学模型即可，后者除此之外另增加湍流模型用以计算只充水的计算区域，当充满的水为层流状态时则湍流模型退化为层流模型计算。可见典型的单井循环换热地能采集井中存在三种流态的区域，即水介质中的紊流与层流两种流态和土壤（蓄能颗粒）中的层流流态。

三、单井循环换热地能采集井的计算模型与参数设置

3.1 计算模型的假设条件

单井循环地能采集井在进行模拟计算之前主要做了以下合理假设：

（1）土壤的固体骨架和流体之间瞬间完成了换热过程。

（2）土壤的固体骨架和流体皆为均质、各向同性或各向异性的连续介质。

（3）充满的流体介质是不可压缩的水，水按紊流条件设置。当水的雷诺数达到层流条件时流动模式退化为层流。

（4）水在无蓄能颗粒计算区域与有蓄能颗粒计算区域相交界面处为层流状态。

（5）惯性力只有方向向下的重力加速度。

（6）在动量方程中把多孔介质作为计算域的一个源项计算来简化流体及传热的编程计算。

（7）模拟计算时采用的是流体的表观速度，而非流体在固体骨架孔道中的实际速度，这样可方便计算。

（8）模拟计算时不考虑计算域上界太阳辐射、与大气热交换等热力过程可方便计算，更有利于反映问题的物理本质。

计算模型的假设条件在实际工程中结合具体情况需要做出调整，经过科学假设反复论证后方可确定。

3.2 数值计算方法

浅层地热能利用的研究方法主要有现场试

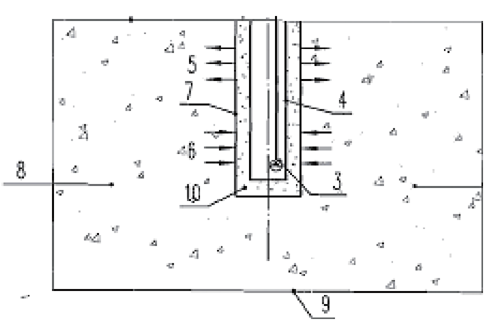
验方法、热储量估计法、解析方法、数值模拟方法，上述方法的组合等。其中数值模拟方法包括有限单元法、有限体积法、边界元法、混合元法等，有关内容可参阅相关资料，在此不再赘述。

在计算流体力学领域广泛采用的是有限体积法，它是将计算区域划分为许多控制体积，然后把偏微分方程对每个控制体积进行积分得出离散方程。有限体积法的关键问题是在离散过程被求函数及其导数的分布作出假定，求得的离散方程的系数物理意义明确且具有守恒性，该方法由于计算量较小使得计算效率较高。

近年来随着数值传热学及计算流体力学的迅猛发展，许多相关的专业软件已被开发应用，可以采用 CFX，FLUENT，STAR2CD，ANSYS 软件。当计算区域内部为均质、各项同性介质时也可以采用 MATLAB 软件求解上述偏微分方程组，并能绘制出与结算结果对应的图形。

3.3 物理模型

以有蓄能颗粒的单井循环换热地能采集井



1– 进水 ,2– 出水 ,3– 水泵潜水泵吸水 ,4– 绝热内壁边界，
5– 加压回水区 ,6– 水泵抽水区 ,7– 隔离膜 ,8– 土壤，
9– 土壤外边界 ,10– 蓄能颗粒，11– 地面

图 –2 单井循环换热地能采集井研究区简图

为例说明概化的物理模型。设研究区直径为 100 米，深度为 50 米的三维圆柱形径向对称区域，单井循环地能采集井位于几何中心的上部，井深 20 米，见图 -2。地能采集井的进口流量分别为 50kg/s 和 80kg/s，进水温度分别为 30K，290K。土壤温度及土壤外边界按恒温为计，隔离膜和绝热内壁之间的圆环状腔体中充满蓄热颗粒及水，隔离膜外是土壤介质，另有进水口、潜水泵抽吸水口，地能采集井内壁为绝热边界条件。

3.4 几何模型

以图 -2 的区域为例说明几何模型的建立，本例采用合适的软件建立研究区空间模型后，再采用网格划分软件将研究区域生成一定数量的矩形单元网格，外边界的每条边为一个面，每个交叉点为单元的节点。其中靠近地能采集井的区域划分网格时密度较大，以满足计算结果的精度要求。当计算区域是三维时，其几何模型通常情况下则需划分为三维网格。

四、结论与建议

a. 本文主要给出了有蓄能颗粒和无蓄能颗粒的单井循环换热地能采集井的物理及水文地质模型和数学模型，为定量计算奠定了坚实的理论基础。

b. 由于单井循环换热地能采集井的传热传质过程复杂性，进行温度计算时需采用数值模拟的方法。准确模拟、预测土壤及出水介质的温度值对于浅层地热能开发的理论研究及生产实践具有重要的指导意义和参考价值，相比模型试验及现场试验可节约大量资金且耗费时间周期短。

c. 本文给出了理想的单井循环换热地能采集井的数学方程、数值计算方法、计算模型、几何模型、包括常量和变量在内的各参数赋值方法等的完整过程，把水文地质过程、水动力过程、传热传质过程统一在一个数学模型中更便于进行研

究。在实际研究生产过程中结合观测资料和微分方程参数反演，通过模型识别得到反应实际状况的数学模型，按照上述方法即可模拟计算并求解以供生产研究使用。

d. 通过给数值模型中的各参数赋予不同数值从而得到不同的结果，由此分析不同水文地质参数、热力学参数、水动力参数对单井循环换热地能采集井的影响，这为地能采集井设计中的参数选择提供了主要依据。

e. 通过基于单井循环浅层地热能开发的数值模拟与分析，有利于深化对它的科学认识。

f. 单井循环浅层地热能开发数值模拟的科学进行也有赖于对流动与换热过程中有关强迫对流、自然对流、热传导、热弥散理论的进一步发展。流体力学与传热学中各种湍流模式发展促进热能学科的发展就是一个有力的证明。

g. 单井循环换热地能采集井技术已在包括中国国家大剧院在内的国内外许多重要工程中得到应用，获得了良好的经济效益和社会效益。通过对其进行数值模拟分析可以更有效的利用这种绿色能源来造福人类社会，为人口－资源－环境的可持续利用与发展提供有力的支持。

Computation Model of Single Well of Geothermal Energy Collection with Circulation Heat Exchange

Author: Li Daqiu, Sun Ji

Shallow geothermal energy is a new renewable energy, which comes from the Earth's interior heat and solar radiation. Shallow geothermal energy is widely existed in rocks, soil, water, and many other media, and stored within the thermostat layer located in 200 meters underneath. Global energy crisis and environmental problems has accelerated the exploitation and development of shallow ground source energy which has gradually developed as an energy and environmental protection technology. The research is particularly important for the rapid economy development of China which is heavily dependent on fossil energy.

Many domestic and foreign scholars and research units have made unremitting efforts in the research of shallow geothermal energy and have achieved fruitful results. Currently, there are two major application modes of shallow geothermal energy, such as the water source heat pump using the surface water as heating source and the ground source heat pump using surface rock and soil media as heat source. The object of this study is the Single Well of Geothermal Energy Collection with Circulation Heat Exchange which is an original and new shallow geothermal energy exploitation technologies suitable for different geological conditions. The exploitation mode of Single Well of Geothermal Energy Collection with Circulation Heat Exchange combining with the advantages of the above two traditional collection methods is able to achieve the full reinjection of the circulation water in the same aquifer, so as to successfully realize the exploitation of shallow geothermal energy by Single Well Geothermal Energy Collection with Circulation Heat Exchange. The device is low in production cost, free of water pollution, easy maintenance and good for promotion in the areas with shallow groundwater which can materialize the utilization of the real green energy. In view of the geographically widespread and abundant of shallow geothermal energy of our country, carrying out research and vigorous development of Single Well of Circulation Geothermal Energy is of important significance for energy security and reducing environmental pollution.

In this article, a whole conceptual model and mathematical model of Single Well of Geothermal Energy Collection with Circulation Heat Exchange were completely established. Having an in-depth understanding of the mathematical principles, hydrogeology and physical processes is important for the efficient development and utilization of Single Well of Circulation Geothermal Energy.

1.The physical conceptual model and characteristics of the porous medium of Single Well of Geothermal Energy Collection with Circulation Heat Exchange

1.1 Physical conceptual model

The research object of this paper is the Single Well of Geothermal Energy Collection with Circulation Heat Exchange, it uses circulation water as the heat medium to collect underground heat energy that below 25 ^{o}C which realizes the complete reinjection of underground water in the same layer. As the underground water would not be consumed and contaminated, the quality of underground water will be safe.

The geothermal energy collection wells are divided into two types, namely energy storage grains and without energy storage grains. Following explanation uses the energy storage grains type as an example.

The physical process of Single Well of Geothermal Energy Collection with Circulation Heat Exchange with energy storage grains is that the circulation water is extracted by submersible pump inside the pumping area of adiabatic wall and transmitted into heat pump unit for heat absorption and release and then returned to pressurized backwater area at the upper part of Shallow geothermal energy collection well through the heat pump unit.

Water flow in the annular space with energy storage grains in between adiabatic well wall and the isolation membrane, most of which will flow into the lower pumping area and a small amount of water will be filtered and flowed from pressurized backwater area through the hole wall into the soil medium by osmotic way, and finally reflow from the pumping area. Backwater of geothermal energy collection well will be extracted by the tube and submersible pump at lower part of adiabatic well and delivered back to the heat pump unit.

1.2 Characteristics of Porous Media

There are two types of porous media of Single Well of Geothermal Energy Collection with Circulation Heat Exchange - one is fully filled with energy storage grains between adiabatic well wall and isolation membrane, which is characterized by good heat storage properties. Heat storage coefficient of energy storage grains is large representing the ratio of the amplitude of heat flux fluctuation and the amplitude of temperature is large.

The other one is the saturated soil porous media outside the isolation membrane which conducts heat and water exchange between the energy storage grains by water and therefore heat and mass is transferred. It can be seen that Single Well of Geothermal Energy Collection with Circulation Heat Exchange has two types of porous media and is a water and heat coupling with convective heat and mass transfer in which water plays an important role.

2.The mathematical model of single well of geothermal energy collection with circulation heat exchange

Single well of geothermal energy collection with circulation heat exchange can be divided into Collection well with energy storage grains and Collection well without energy storage grains. The mathematical model of Collection well with energy storage grains has only one calculation area which is porous media. However, collection well without energy storage grains has two calculation areas, namely porous media and water-filled.It is very complex to select mathematical models, the former only considers the hydrodynamic model of solid skeleton, while the latter also makes use of the turbulence model to calculate only the water-filled area in addition to the hydrodynamic model. When water-filled is in laminar flow state, the turbulence model will degenerate to laminar flow model to calculate. Therefore, the typical Single well of geothermal energy collection with circulation heat exchange has three flow patterns in the area,that are the two flow patterns in turbulent laminar of aqueous media and laminar flow pattern of soil (energy storage grains).

3.The calculation model and parameter settings of Single well of geothermal energy collection with circulation heat exchange

3.1 Assumptions of calculation model

Before simulating the calculation of Single well of geothermal energy collection with circulation heat exchange, it mainly undertakes the following reasonable assumptions:

(1) Instantaneous heat transfer process between the soil solid skeleton and fluid.

(2) Soil solid skeleton and fluid are all homogeneous, as well as either of isotropic or anisotropy continuous medium.

(3) The filled fluid medium is incompressible water and the water is setby turbulence condition. When the water Reynolds number reaches laminar flow conditions, the flow pattern degenerate to the laminar one.

(4) Water is in the laminar flow state at the interface of with energy storage grains calculation area and without energy storage grains calculation area.

(5) The inertial force has only acceleration of gravity which points downward.

(6) In the momentum equation, the porous medium is used as a source term of calculation area to simplify the programming computing of

fluid and heat transfer.

(7)Apparent speed of fluid is used in simulation calculations ,rather than the actual speed of the fluid in the pores of the solid skeleton, so that this makes the caclulation easily.

(8)The simulation calculations do not consider the upper bound of solar radiation, atmospheric heat exchange process which makes the calculation simpler to reflect more physical nature of the problem.

Assumptions of computational model in the actual project needs to make adjustments by specific situations, can only be determined after repeated scientific hypothesis demonstration.

3.2 Numerical methods

Research Methods of utilizing shallow ground source energy are mainly field tests, estimating heat reserve, analytical methods, numerical simulation, and combinations of the above methods. Numerical simulation methods includes finite element method, finite volume method, boundary element method, mixed finite element method, etc..The related contents can be found in the relevant information and do not repeat here.

In the field of computational fluid dynamics, the finite volume method is widely used, it divided the calculation area into a number of control volumes, and then comes to a number of discrete equations by integrating each control volume by their partial differential equations. The key issue of the finite volume method is to make assumptions about the parameters of evaluated functions and its derivative. The calculation steps and amount of the method are small so this method has a high efficiency .

In recent years, with the rapid development of numerical heat transfer and computational fluid mechanics, many relevant professional software have been developed and applied, we can make use of the software such as CFX, FLUENT, STAR2CD, and ANSYS.

3.3 Physical Model

The generalized physical model will be explained with the example of Single Well of Geothermal Energy Collection with Circulation Heat Exchange with energy storage particle. The research area is set as radial symmetric 3D cylinder with 100-meter diameter and 50-meter depth is set as radially symmetric area, and the Single Well of Geothermal Energy Collection with Circulation Heat Exchange locates over the geometric center with 20-meter depth. The inlet flow rates of geothermal energy collecting wells respectively are 50kg/s and 80kg/s respectively, and the water inlet temperatures respectively are 30K and 290K. The cyclic annular cavity between isolating membrane and adiabatic inwall is filled with thermal storage particles and water. In addition, there are water inlets and submersible pump suction outlets. The geothermal energy collecting well iskept in the status of adiabatic boundary.

3.4 Geometric Model

After appropriate software is adopted in this case to establish the spatial model of research area, the network division software is used to develop the research area into a certain amount of rectangular matrixes. Therein, for the area that is close to earth energy collection will, the density shall be kept larger in grids division to meet the accuracy requirement of computations.

4.Conclusions and suggestions

a.This thesis mainly provides the physical and hydrogeological model as well as mathematical model for the Single Well of Geothermal Energy Collection with Circulation Heat Exchange with and without energy storage particles, so that lays solid theoretical foundation for the quantitative calculation is laid.

b.Due to the complexity of the heat transfer and mass transfer process of the Single Well of Geothermal Energy Collection with Circulation Heat Exchange, the numerical simulation approach should be applied when calculating the temperature. Compared to the model test and field test, a lot of money and resources can be saved and the time-consuming period is short.

c.This thesis provides the complete process of mathematical equations, numerical computation methods, calculation models, geometric models and assignment of various parameters including constants and variables of the ideal Single Well of Geothermal Energy Collection with Circulation Heat Exchange, and unifies the hydrogeological process, hydrodynamic force process, heat transfer and mass transfer process in one single mathematical model for the purpose of convenient research. Combined with observational data and the parametric inversion of differential equation during the research on practical production process, it obtains the mathematical model that reflects the actual situation by means of pattern recognition. The analog computation and calculation can be carried out for the use of production and research according to the above-mentioned methods.

d.By assigning different values to each parameter in numerical model, you can get different results and then analyze the influence to Single Well of Geothermal Energy Collection with Circulation Heat Exchange by different hydrogeological parameters, thermodynamic parameters and hydrodynamic parameters, it provides the mainstay for parameter selection in collection well design.

e.Through the process of numerical simulation and analysis based on single-well shallow geothermal energy development, it's helpful to deepen the scientific understanding of this technology.

f.Numerical simulation for single-well shallow geothermal energy development also relies on the further development of forced convection, heat conduction and heat diffusion theories. It has been proved that all kinds of turbulence model development in fluid mechanics and heat transfer study improves the development of thermal energy.

g.Single-Well Heat Exchange Circulation for Ground Source Energy Collection technology has been applied in several important projects both locally and internationally, including National Centre for the Performing Arts. It receives enormous economic and social benefits. Making use of the numerical simulation, we can make use of this green energy better and more effectively by numerical simulation, it will provide strong support for sustainable utilization and development in population, resources and --environment dimensions.

零能耗建筑在我国技术应用途径

Technology Application Way Of Zero-energy Buildings In China

作者：徐伟

建筑节能是世界范围内非常重视的节能领域。近日，中国建筑科学研究院节能与环境研究院院长、中国建筑金属结构协会辐射供暖供冷委员会专家组组长徐伟就世界范围内零能耗建筑相关问题发表演讲，以下是演讲内容：

零能耗建筑发展背景

什么叫零能耗建筑？零能耗建筑发展背景是从发达国家过来的。由于建筑能耗占全球能源的 40%，给能源可持续发展带来挑战。因此在欧美发达国家 2000 年以后陆续提出发展零能耗建筑的路线，目的就是有效、大幅度地减少建筑能源的消耗。

目前看，世界能源消耗分布在三大部分，一是工业消耗，二是交通能源消耗，三是建筑能源消耗。中国在十八大时已经把后两者的顺序倒了过来，是工业、建筑、交通，全世界也是一样。交通要节能无外乎要发展新型电动汽车，新能源汽车。工业跟结构转型升级有关系，把工业取消变成服务业，这就是结构转型。但从节能来讲最主要的是从住宅或者从建筑开始，因此各个国家都在制定零能耗发展的路线和目标。比如欧盟规定到 2020 年成员国要达到新建建筑零能耗的基本目标。美国提出到 2030 年新建建筑要达到零能耗。日本、韩国、澳大利亚都有类似目标。

但是中国现在并没有提到建筑节能发展下一步的终极目标是什么。但是我们要向这个方向去开展研究，去制定它的发展策略以及它可行的技术路线。中国在 1986 年就有北方地区的节能设计标准，再到 96 年修订达到 50%，经修订以后到现在达 65%，北京今年又实施了 75% 的节能设计标准。天津也正在报批。全国陆续要实行更高的节能标准，更高的节能标准给我们的产业以及行业带来什么影响？比如北京要实行 75% 建筑节能标准，再往后要达到低能耗，需提供什么样的热源和采暖方式？这是辐射供暖供冷行业需要思考和研究的问题。

中国零能耗建筑的特点

第一，和外界是什么关系，跟电网的关系；第二，是建筑类的各类能耗加起来的零能耗；第三，要转化成一次能源，燃气壁挂炉使用的是燃气，电采暖是电，集中供热是热，它们必须在一

次能源下相比才能比出消耗的多和少。

另外计算周期是全年的平衡。目前全世界迈向零能耗的建筑基本上在北半球，南半球主要是澳大利亚，基本上是发达国家，而且主要是跟供暖有关系。零能耗建筑如果要在香港、新加坡或者印尼这些国家开展，那它的代价太大了，所以零能耗建筑或者近零能耗建筑跟采暖的关系最大。

中美韩零能耗建筑项目概览

美国近十年建设的最具影响力的项目就是美国国家可再生能源实验室，这个零能耗建筑外形很大，以现有的技术手段能够达到尽可能小的建筑能源消耗。

再说韩国，韩国不是很大，但是国家可以拿出相当一大笔钱，再加上企业支持，用将近 1.5 亿人民币建一个高层的零能耗建筑。各个技术组成，包括门窗，供暖供冷系统，可再生能源利用以及外围结构的保温，综合起来实现了零能耗建筑。需要注意的是，我们讲的零能耗建筑现在是泛指，既包括纯零能耗建筑，也包括近零能耗建筑。这里有很多技术在这里展现，很多企业在未来将往这些专项开发。

中国建筑科学研究院在中美节能项目合作框架下，正在建一个节能办公楼——当今建筑节能最先进技术和最实用的技术在这个楼里都有展示。这里技术有很多，太阳能技术、辐射供冷技术，二层三层用不同的辐射供冷技术，既有意大利辐射板，又有国内滤网，包括空气处理 PM2.5 的系列产品，光整个楼传感器就有一千多个。还有光伏体系、可再生能源技术等。应该说我们这个楼是在其它有关单位做过节能示范的基础上，吸取有益技术和经验而做了一部分提升，这在国内应该是先进的，在世界上也是有位置的。

零能耗建筑如何在中国发展

如何把欧洲被动式住宅（也叫零能耗住宅）移接到中国？秦皇岛的“在水一方示范工程”就是一个被动式住宅，它要达到的基本指标是全年单位平米的采暖能耗要低于 15 千瓦 / 时，全年的整个建筑能耗，包括供冷、家电、炊事能耗低于 150 千瓦 / 时。现在我们的建筑是什么水平？北京地区即使达到 65% 的标准，采暖能耗也要 80 千瓦 / 时，有的高于 100 千瓦 / 时，有的低于 60 千瓦 / 时，这就要求需大幅度减少采暖能源消耗。

辐射供暖供冷在零能耗建筑，或者接近零能耗建筑里大有施展才华的天地。有人提出北京乃至整个华北地区都做被动式住宅，那北京采暖能耗不就是极大程度下降，PM2.5 不就迎刃而解了？这当然需要资金、技术、人才。楼也不是随便就能建起来的，但是它展示了我们发展的方向，往东北、南方能不能发展，又是未知数。我们目前在青海做试点，因为青海太阳能丰富，并且能源又相对短缺，所以在青海选若干栋楼实现被动式住宅，或者零能耗，这对我们产业产生的意义那就十分重要了。

中国零能耗建筑技术途径

中国零能耗建筑技术途径有以下几点：

第一，对建筑负荷及能耗的准确预测。这是做好零能耗建筑一个关键环节。

第二，被动式住宅建筑设计降低负荷，南方为什么供暖负荷大？是因为保温差，能耗高。

第三，使用高性能建筑能源系统。

第四，可再生能源建筑一体化设计必须要实现。

第五，推广零能耗运行策略，这种建筑即使建成了，它也可以改进并提高运行策略。传统集中供热的模式，控制方式都需要改变。

面对雾霾的思考

作者：郑克棪

图 1– 曾在雾都看不清，如今笨钟分外明

一、伦敦雾都成历史

暑期外孙女被选拔为“中华文化小大使”去英国参加文化交流活动，照回来的照片中，一张伦敦大笨钟的照片颇有艺术味：在近处绿枝的配衬下，雄伟的大笨钟清晰地耸立在蓝天白云中。我为这张照片题了个名：曾在雾都看不清，如今笨钟分外明（图 1）。伦敦的空气质量虽仍被欧盟指摘未达标，但蓝天白云已经在 90% 以上。伦敦应该成为中国治霾的榜样。

二、APEC 蓝的代价

面临 2013 年东部中国严重雾霾侵扰的严峻环境压力，日前在北京召开的 APEC 会议创造了“APEC 蓝”的奇迹，甚至原先预报的 11 月 8~10 日雾霾天气也基本没有出现，其原因是京、津、冀地区甚至扩大到山东省的汽车单双号限行，及石化、火电等污染类企业的停、限产所做出的贡献。

北京市环保局后来在通报会上介绍了相关情况，可以看出 APEC 蓝的代价。机动车燃油排放是北京 PM2.5 污染排放的最大来源，占 47.3%，

APEC 期间的十天里，京、津、冀及扩大到山东省部分城市实施了机动车单双号限行。另外，北京所有工地全部停工；京、津、冀及周边省市 1 万多家企业及 2 万多工地停产或限产；北京还在会前完成一批重点行业污染治理和环保技改工程，调整退出 375 家高污染企业，会期累计停限产 462 家工业企业。

由此可见，雾霾是可以治理的，但是要花相当大的代价。

三、何以落到这地步

2006 年我在北京参加过一个环保沙龙，记得最清楚的是法国雪铁龙汽车公司在中国的销售代表，他发言劝中国不要发展那么多的汽车。他的职责是

在中国销售他的产品，从商业利益来看当然是销得越多越好，但他居然砸自己的台，说让我们不要多发展汽车！

时至今日，我们该遗憾当初没有听法国汽车销售商的忠言。2014 年北京的汽车拥有量已经达到了 537.1 万辆；2013 年中国汽车年产量是 1927.18 万辆！而 2005 年北京的汽车拥有量，是 246.1 万辆（图 2）。

虽然北京从 2011 年开始实施摇号购车减缓了增速，但九年来北京的汽车已实际增加了 291 万辆，汽车生产厂、汽车销售商、汽车维修服务商、汽油销售商全都为北京的 GDP 增长做出了很大的贡献，但是汽车的发展也抹去了多少个北京的蓝天。

造成严重雾霾的另一个元凶是燃煤，2000 年全国实际烧掉的煤是 10.1 亿吨，至 2013 年全国燃煤总耗量就达到了 24.4 亿吨。燃煤的增速略次于汽车，但它也逃不脱制造雾霾的罪责。

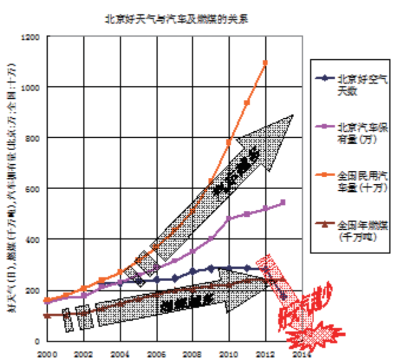


图 2– 北京好天气与汽车及燃煤的关系

四、地源热泵可以做什么

地源热泵被世界誉为节能与减排效率最高的单项技术，近 30 年来在世界上快速发展，它在传入中国后近 20 年来得到了更迅猛的发展。据世界地热大会的统计，2000 年中国地源热泵在世界上还无名次，2005 年排世界前十名之后，但到 2010 年就成为了世界第二，现在正与美国竞争，已接近（也许已超过）美国。

当前我国建筑耗能已占全部能耗的 40%，而建筑能耗的一半以上用在建筑物供暖上，因此我国一直强调与实施建筑节能。十年来国家优惠政策的财政补贴从建筑节能示范项目到可再生能源示范县，到智慧城市试点，其支持项目近半是地源热泵。

最新消息北京今冬供暖总面积 7.5 亿平方米，其中清洁能源占 80%，即 6 亿平方米。虽然北京市浅层地热能资源可提供 9 亿平方米的建筑供暖，但目前北京的清洁能源供暖主要是靠原来烧煤的大锅炉改烧天然气，而地源热泵约占十分之一。从尚有 20% 燃煤供暖的剩余份额来说，这将是北京减霾的一部分潜力，北京市已政策鼓励节能改造并将给予补助，地源热泵可以争取在此作贡献。曾经有一个例子，沈阳市 2006 年大力发展地源热泵替代传统燃煤锅炉供暖，至 2008 年地源热泵供暖面积 3585 万 m^2，达到全市总供暖面积的 18%，其全年大气优良天数达到了 330 天，充分体现了地源热泵对减排做出的积极贡献。从这个角度来说，我们建议北京市充分利用地源热泵来解决这剩余 20% 的供暖改造。

但是，我们也应正确看待地源热泵的能力，一是地源热泵并不是唯一的、万能的解决办法，二是即使地源热泵完成了北京剩余 20% 的供暖也不等于雾霾问题就可以解决了。我们不无遗憾地看到，沈阳市一年 330 个好天气的历史已在这次雾霾爆发中跨塌了，虽然沈阳市现在地源热泵供暖总面积已达总建筑供暖面积的三分之一，但是其它来源的总排放远远抵消了地源热泵的减排贡献，以致我们几乎不能相信沈阳会出现 2014 年 11 月的楼在“云”中现象。

严重雾霾的灾难既已降临，清除这颗毒瘤需要更多方面的策划和更多次战役的围剿，要切实花大力气、长时间才能彻底解决，中国地能界有地源热泵这把利剑在手，肯定会不懈努力地去战斗，一定要在中国剿灭雾霾的猖狂。

Thoughts on Haze

Author: Zheng Keyan

Picture 1 Once Big Ben was lost in fog, but now it looks clear and bright.

Fog in, London has become history

In the summer holidays, my granddaughter was selected as "Little ambassador of Chinese culture" to participate in a cultural exchange activity in London. In her photos taken there, one of them about London's Big Ben expresses plenty of art flavors: with the setoff of nearby green tree branches, the grand Big Ben stands in the blue sky and white clouds clearly. I inscribe a name for this picture: The Big Ben had often been lost in fog, but now it was clear and bright (Picture 1). I recalled the masterwork named *Oliver Twist* written by the great author, Charles Dickens in the 19th century. At that time, those factory burning coals and residents' burning coal for heating in British industrial revolution lead to this city of fog. However, after the legislation of London City Act and Clean Air Act in London, and with semi-centennial efforts, the bad reputation finally has been eliminated. Now although it is denounced as unqualified by the European Union, the coverage of blue sky and white clouds has reached more than 90%. London should be the example for China to control haze.

The costs of APEC blue

Under the severe environmental pressure of serious haze intrusion in East China in 2013, the APEC conference held in Beijing a few days ago resulted in the miracle of “APEC Blue”, this was because the haze, originally forecast from November 8th to 10th did not appear.This was due to the contribution of the odd-and-even license plate rule in Beijing, Tianjin, Hebei and even Shandong, as well as the production halting and restricting rule of petrifaction, terminal power and other contamination enterprises.

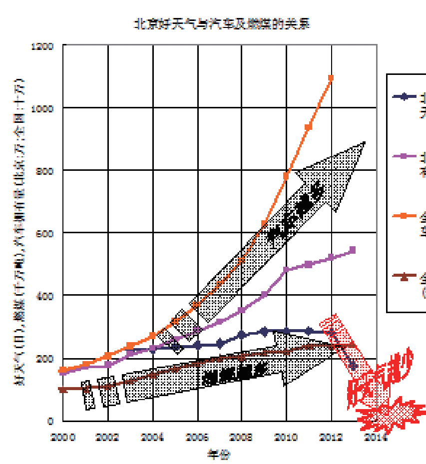
The Beijing Environment Protection Bureau introduced relevant condition in its briefing, and the costs of APEC blue were visible. The fuel oil emissions from motor vehicles was the largest source of Beijing PM2.5 pollutants discharge, accounting for 47.3% and in the ten days of the APEC period, the odd-and-even license plate rule for vehicles was implemented in Beijing, Tianjin, Hebei and Shandong. In addition, all construction sites in Beijing were shut down and more than 10,000 enterprises and 20,000 construction sites in Beijing, Tianjin, Hebei and surrounding provinces and cities stopped production or restricted production. Before the conference, Beijing even completed a batch of industrial pollution abatement and environmental protection technically improving projects, and adjusted to quit 375 high-pollution enterprises. In the period of conference, total 462 industrial enterprises have suffered production restriction.

Thus it can be seen that haze can be controlled, but at a considerable costs.

Why did we fall into this situation

In 2006, I participated in an environmental protection salon in Beijing. What impressed me best was that the marketing representative in China of French Automobiles Citroen advised China not to produce so many automobiles. His responsibility was products sales in China. In terms of commercial interests, the more he sold, the better. But he actually contradicted his own advice with these words!

Up to this day, it is regrettable that we did not follow the sincere advice given by the French automobile salesman at that time. The number of cars ownership in Beijing reached 5.371 million in 2014 and the annual output of China’s automobiles in 2013 was 19.2718 million! While the number of car ownership in Beijing was 2.461 million in 2005 (Picture 2).



Picture 2 The relationship between good weather in Beijing and cars/ coal pollutions.

Although since 2011, Beijing has brought in at policy of automobile registration lottery to slow down the growth, the number of automobiles in Beijing actually has increased by 2.91 million in the last 9 years. Automobile manufacturers, automobile retailers, maintenance service agents and gasoline retailers have all made great contributions for the GDP growth of Beijing, but the development of automobiles has also caused Beijing's blue sky to disappear.

The fire coal is another crime culprit that causes severe haze. In 2000, the amount of the coal consumed was 1.01 billion tons all around the country by 2013, the total consumption of fire coal in the country had reached 2.44 billion tons. The speed of increase of fire coal is slightly next to cars, but it cannot be free of the culpability of causing the haze.

What is the Ground Source Heat Pump capable ?

The Ground Source Heat Pump is praised by the world as the single technology with the highest efficiency in terms of energy saving and emission reduction. In the past 30 years, it has undergone the fastest development in the world and even faster development after it was introduced into China 20 years ago. According to the statistics of the World Geothermal Meeting in 2000, China Ground Source Heat Pump was unknown in the world, yet in 2005 it was close to the global top ten and in 2010 it ranked second in the world. Now it's competing with the USA and has become close to (or maybe has surpassed) the USA.

At present, the building energy consumption in our country has occupied 40% of the total energy consumption, and half of the building energy consumption is used for heating buildings. Consequently, our country has been emphasizing and implementing building energy conservation. For the last decade, the fiscal subsidies from national preferential policy has covered from demonstration projects of building energy conservation to demonstration country of renewable energy sources and experimental units in smart cities. Almost half of the supported projects utilised the Ground Source Heat Pump.

According to the latest news, the total heating area in Beijing this winter is 750 million square meters, of which the clean energy occupying 80%, namely 600 million square meters. The Geothermal energy in the superficial layer of Beijing is able to provide heating for 900 million square meters buildings, but currently the clean energy heating in Beijing mainly uses the cauldrons which previously used coal but now uses the natural gas instead, and the Ground Source Heat Pump approximately provide about one tenth of the total required. As far as the balance of 20% coal heating, this is part of the potential for further haze reduction in Beijing. Beijing has brought in policies to encourage energy conservation transformation and to provide subsidies and, therefore, the

Picture 3 Shenyang, 2008 (left) and Shenyang, 2014 (right)

Ground Source Heat Pump should make a contribution. There was an example once, in 2006, when Shenyang strove to develop the Ground Source Heat Pump in order to replace the traditional coal-fired boiler heating. Up to 2008, the total heating area was 35.85 million square meters, which reached 18% of the total heating area of the city. There were 330 days duing the year when the weather was good all day, which demonstrated the positive contribution that the Ground Source Heat Pump had made to the emission reduction. Based on this perspective, we suggest that Beijing take full advantage of the Ground Source Heat Pump to accomplish the residual 20% heating transformation.

However, we should have a correct view of the capacity of the Ground Source Heat Pump. For one thing, the Ground Source Heat Pump is not the only and almighty solution; for another, even if the Ground Source Heat Pump solves the residual 20% heating problem in Beijing, it does not mean that the haze issue has been settled. We regretfully find out that the history of Shenyang's annual 330 good weather days were terminated by an outbreak of the haze. Although the total area of the Ground Source Heat Pump heating has reached one third of the total building heating area in Shenyang, the total emissions from other sources greatly counteracted the emission reduction contribution of the Ground Source Heat Pump, so that today we can hardly believe that buildings in Shenyang stood in the "clouds" in November, 2014. (Picture 3)

The severe haze disaster is back with us again and more plans and efforts from more aspects and encirclement of more battles are required to eliminate this cancer. It will take determination and time to thoroughly get rid of it. With the sword--- the Ground Source Heat Pump in hand in China ground energy filed, we shall spare no effort in fighting the haze, and will certainly exterminate the savage of the haze in China.

地能热宝发展前景论述与分析

作者： 王鹏飞

摘　要：“地能热宝”是地能热宝供暖（冷）系统的简称，是以浅层地能作为建筑供暖替代能源，以地能分体热泵为室内终端设备，分户供暖、分户计量、无燃烧、无排放、无污染的供暖、制冷系统集成产品，是响应国家节能减排发展战略的努力尝试，积极推广应用于农村及城乡结合部的广阔市场，发展前景广阔，未来形势大好。

关键词：地能热宝；发展前景；浅层地能

近十年来，随着地球环境的日益恶化，人民环境保护意识的提高和国家政策的导向作用，浅层地能的开发利用获得了飞速的发展，出现了多种利用浅层地能的形式。

地能热宝系统即是据此做出的一次创新性的努力尝试，已经走在了时代的前沿。其将服务群定位于广大的农村和城乡结合部市场，将系统内设备模块化处理，使用成熟的设备、部件，开发定位准确，系统设计灵活性强，室内设备用户接受度高，是对浅层地能开发利用技术应用的一次大力推进。

根据实际案例来看，应用效果良好，市场巨大，前景广阔。

一、浅层地能开发利用的价值

浅层地能是指地表土壤、砂岩和地下水中所蕴含的低温热能，其温度一般都在25℃以下，储量巨大、再生迅速、分布广泛、温度四季恒定。

另外浅层地能所赋存的空间有一定的蓄热能力，不同季节的反向使用可以帮助地层温度的恢复，使浅层地能获得更大的使用量。随着热泵技术的发展成熟，通过输入少量电能，可以有效地将浅层地能提取出来加以开发利用。

二、相关国家政策导向

随着2006年1月1日起实施的《中华人民共和国可再生能源法》，浅层地能的开发和利用被明确列入新能源所鼓励的发展范围。2006年5月，北京市政府印发了《关于发展热泵系统的指导意见》，对选用地下（表）水地源热泵，每平方米补助35元，选用地埋管地源热泵和再生水源热泵的，每平方米补助50元。

2009年财政部、住房与城乡建设部下发了《关于印发可再生能源建筑应用城市示范实施方案的通知》对纳入示范的城市，中央财政将予以专项补助5000万元。

地能热宝系统正是顺应市场和政府导向，而研发创新的一整套解决方案。

三、地能热宝系统技术特点

“地能热宝”是地能热宝供暖（冷）系统的

简称，是恒有源科技发展集团有限公司（以下简称恒有源集团）开发的一整套针对农村及城乡结合部建筑供暖（冷）特殊需求的新型节能环保供暖（冷）解决方案。

地能热宝主要由四大系统组成：采集系统、输送系统、提升系统、电气控制系统。

a、采集系统（C）：根据地质情况，采用单井循环换热地能采集井、竖孔地埋管换热器、地表水（江、河、湖等）、污水换热器、蓄能罐换热器几项技术，通过提取丰富的浅层地能，为系统提供低位热（冷）源。

b、输送系统（S）：将循环水泵、定压罐、分集水器、球阀、止回阀、过滤器等零部件进行模块化生产。

c、提升系统（TG）：将浅层地能热(冷)提升为高品位热（冷）能，为建筑供暖（冷）。

提升系统是恒有源集团自主研发生产的能量提升与释放设备的总称，主要形式有立柜机、卧柜机、风管机、壁挂机和吸顶机等五大系列，11种规格，可根据客户户型结构，结合客户户内装修情况进行机组配置，提供多种不同组合形式，以满足各种户型的不同需求。

d、电气控制系统（KZ）：使用DDC芯片软件区间控制替代传统干触点通断控制方式，根据供回水温度控制潜水泵和循环水泵以及阀门的启停，可实现多达32个末端机组的集中控制，同时兼有故障代码查询功能，方便维护保养。

四、地能热宝系统优势的比较分析

1、制热方面与传统的区域燃煤锅炉房相比的优势分析

地能热宝技术和传统的区域燃煤锅炉房供热相比，可直接实现节能约15%—20%。经过近几年来的运行经验，针对5000平米以下建筑物，地能热宝系统完全可以有效替代供热燃煤锅炉系统，取代建筑物供热所需的燃煤资源，减少相应的二氧化碳和硫化物的排放。

同时，由于该技术一套装置冬季可供热、夏季可供冷，只相当于一套供暖系统工程的投资，节省了制冷系统的投资，经济效益更好。

2、制冷方面与传统分体式空调的区别

地能热宝使用水为介质而非传统空调采用的风冷形式进行换热。由于水的导热系数约为空气的20倍，提升了换热效率；使用板换代替了冷凝器，取消了室外机风扇，降低了相应的输入功率，有效提升了能效比。

另外传统空调冬季运行受环境温度影响明显，且工作环境温度要求为0℃以上，而使用浅层地能采集系统的地能热宝几乎不受环境温度影响。

3、地能热宝系统设计的优势特点

a、分户电计量：通过简单的电计量实现分户计量，不同用电负荷单元消耗控制灵活，系统节能效果对比明显。

b、有利于行为节能：每个房间都是独立的系统设备，可按照设定温度开启独立的一套热泵及附属设备。

c、可差异化使用：在只需开启少数或部分房间时，只启动需要的设备，便于不同房间差异化使用、间歇式供热（冷）需求。

d、安全运行：没有煤气中毒的担心，没有任何固、液、气体的燃烧。

e、操作简单：使用用户熟悉的人性化交流界面和设备，用户只需通过遥控器按需控制启停，操作简单方便。

f、运行成本低：供暖运行电耗只相当于传统电锅炉的25%；制冷比传统空调节能15-20%，同时在热回收过程中可免费得到生活热水；独立加生活热水时，1吨热水耗电仅12度。

g、属于可再生能源技术：运行过程中只有少量电能消耗，大部分能源来自可再生浅层地能。

五、地能热宝系统对保护大气环境做出的贡献

近几年来，关于空气环境，大家听到最多的一个词汇就是“雾霾”，所谓雾霾，实际上是一种大气污染状态，它是对大气中各种悬浮颗粒物含量超标的一种表述。PM2.5被认为是造成雾霾天气的元凶。虽然雾霾的污染源多种多样，但不可否认的是，冬季供热使用的煤炭及农村秸秆等的燃烧所占比重很大。

以北京为例，在北京PM2.5的排放中，因燃煤排放所占比例约为40%[1]。2011年北京农村供热用煤约400万吨，占到北京用煤总量的15%左右，农村燃煤多采用小型燃煤锅炉，不但热效率低，而且烟尘直接低空排放。经过加权计算，北京农村燃煤供热污染约占北京空气污染总量的9%左右[1]。如此部分燃煤消耗量需求被地能热宝系统所替代，则对应污染物的排放将彻底消除，必将为北京明天的一片蓝天贡献一份力量。

六、工程案例经济分析

1、初装成本

例1：河北燕郊防灾科技学院明略楼地能热泵系统工程，建筑总面积4329.6m^2，使用地能热宝系统，项目总投资1,594,483.35元，折合每平米造价368.27元。

在农村及城乡结合部，随着经济条件的提升，这一单位造价并不算高，而且随着市场的不断扩大，还有降低的空间。

2、运行成本

例2：北京市农商银行上庄支行项目，改造前采用燃气锅炉供暖，其中两居室20套（套内54.5m^2），三居室5套（套内74.5m^2），住户交取暖费30元/年・m^2，每采暖季行里收采暖费43875元。

改造方案：居民楼两居室20套（54.5m^2:1P+1.5P），三居室5套（74.5m^2:2P+1P+1P+1P），采用地能分体热泵：DNB-25四十八台、DNG-35十六台、DNG-50五台。

改造完成后，系统投入运行，经过现场采集各项数据如下：

户型	房号	面积 m^2	地能热宝日均耗电（度）	热泵年均耗电（度）	采暖年均电费（元）	年交取暖费（元）	年节约采暖费（元）	节省比例
三居室	一单元 101	74.5	13	1573	786.5	2235	1448.5	64.8%
三居室	一单元 301	74.5	13	1573	786.5	2235	1448.5	64.8%
二居室	二单元 201	54.5	12	1452	726.0	1635	909.0	55.60%
二居室	二单元 202	54.5	11	1331	665.5	1635	969.5	59.30%
二居室	三单元 101	54.5	10	1210	605.0	1635	1030.0	63.00%

注：电价按 0.5 元 / 度，采暖季按 4 个月（121 天）计算。
结论：通过以上表格可以看出，使用地能热宝系统改造后，比传统采暖费用节省 60% 左右。

七、综述

地能热宝系统是一种使用可再生的浅层地能为广大农村及城乡结合部用户提供优质的供暖（冷）服务的产品，利用前景广阔，对构建资源节约型和环境友好型社会、保障国家能源安全、改善我国现

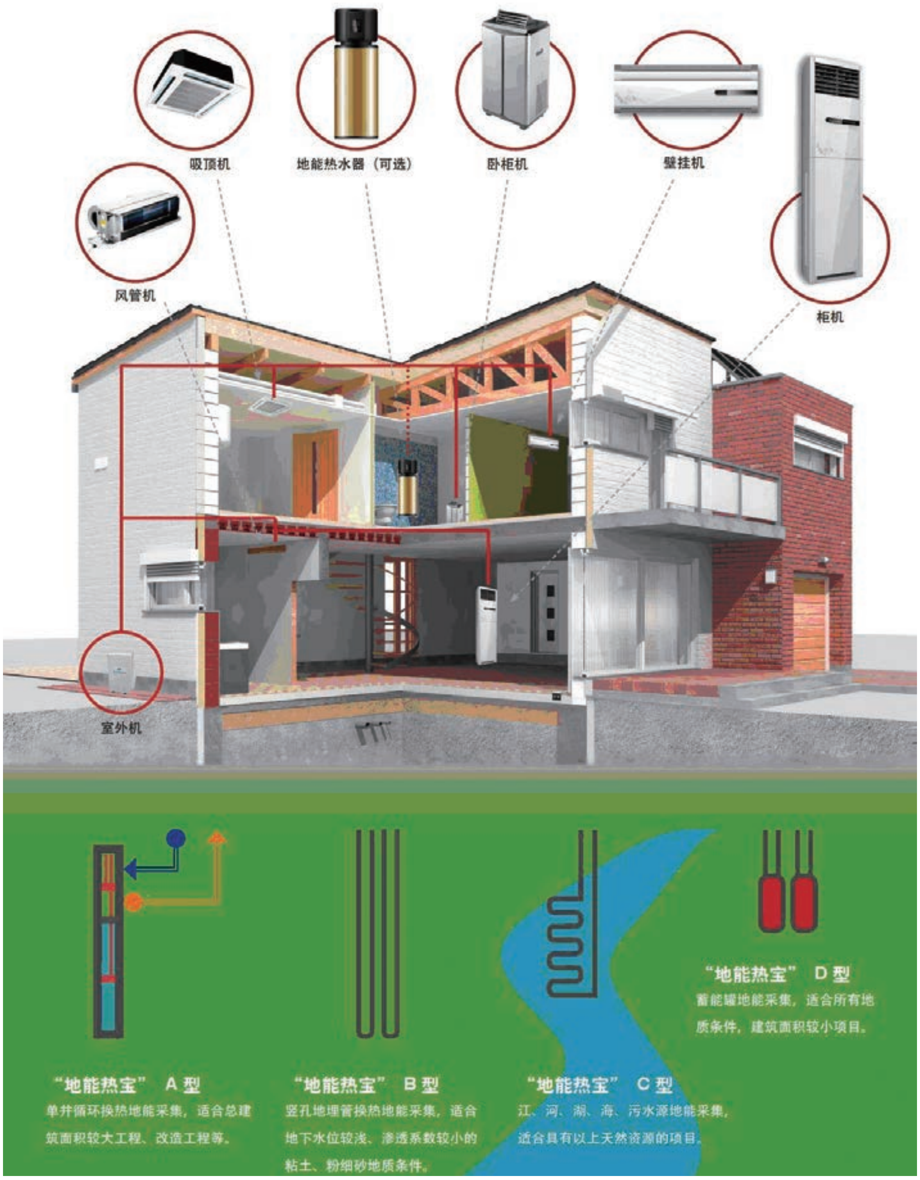
有能源结构、促进国家节能减排战略目标的实现具有非常重要的现实意义。

而且，随着我国农村及城乡结合部人民生活需求的提高，经济能力的增强，采用新型技术供暖（冷）的积极性越来越高。

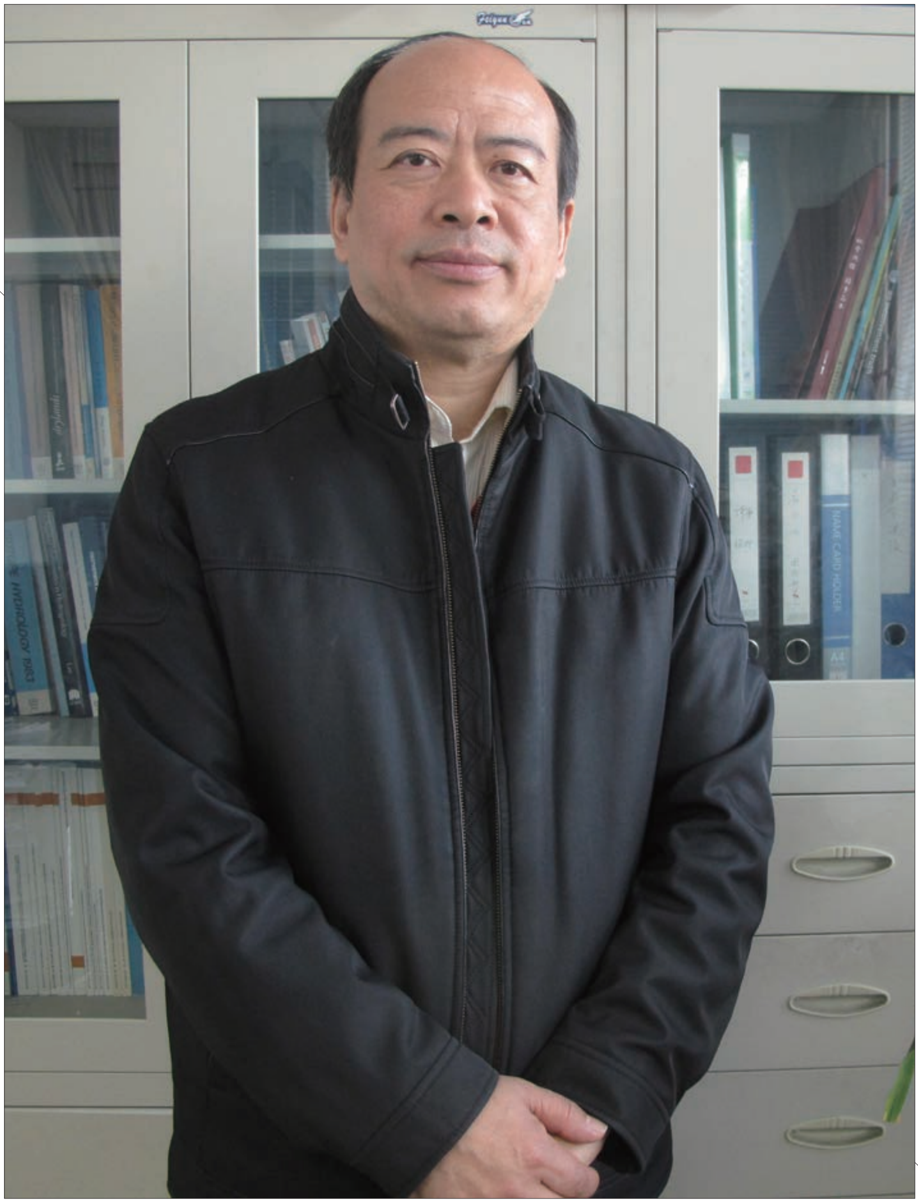
地能热宝的开发利用正是看到了这片市场的巨大潜力，为客户提供了一整套系统集成解决方案和一站式服务，是一项利国利民，改善民生的巨大创新，发展前景广阔，未来形势大好。

参考文献：

【1】鄢毅平 . 农村燃煤对北京 PM2.5 的影响及缓解的思路 .2014,8.



地能热宝系统机型及采集方式图



庞忠和，1988 年在中科院获得地热学博士学位，是我国第一位地热学博士。曾担任国家自然科学基金重点地热课题和国家“八五”科技攻关计划地热课题的负责人。2000 至 2005 年期间，任职于国际原子能机构，负责全球地热科研与技术合作项目。他不仅研究了我国三大类地热系统，还研究了全球主要地热带的典型地热区，参加了国际和中国地热路线图的制定，对我国及世界地热能分布及开发利用有深入的了解。

现任中国科学院地质与地球物理研究所研究员、博士生导师、国际地热协会理事兼科研委员会主席，中国地球物理学会地热专业委员会主任，中国科学院地质与地球物理研究所地热资源研究中心主任。

庞忠和谈我国地热能发展方向

Pang Zhonghe Talks About the Development Direction of Ground Source Energy in China

今年10月13日至16日，庞忠和研究员作为唯一一位来自欧洲以外的特邀嘉宾，应邀参加“第三届欧洲地热研讨会”并作特邀报告，受到热烈欢迎。这是庞忠和首次以地热资源研究中心主任的身份访问欧洲。为此，本刊记者专门访问了庞忠和主任，并与他讨论了我国地热能发展方向问题。

记者：我国地热资源的家底如何？

按照赋存状态以及深度可以将地热能分为3类：

1）浅层地热能，主要赋存在0-200m的土壤及地下水中，属于非常规的地热能，是目前世界各国，特别是北半球国家普遍开发利用的地热能，需要采用热泵技术进行开采；2）水热型地热能，主要赋存在200m-3km深度以内的地下流体中，属于常规的地热能，也是目前主要的开采储量；3）干热岩地热能，主要赋存在3-10km深度以内的地下岩体中，属于非常规的地热能，需要采用特殊技术开采，是目前开采很少的地热能，但是，它是公认的未来地热能。经过几轮的调查评价，我国地热资源家底基本清楚。地调局最近的结果显示，全国现有温泉2307个，地热井5488口，沉积盆地中低温地热资源可采量折合标准煤2,820亿吨。全国31个省会城市浅层地温能调查评价已完成，其可采总量折合标准煤4.67亿吨。

记者：我国地热能的利用现状如何？

目前，对地热能的开发利用也可以分为两大部分：一是直接利用，如建筑物的供暖、温室大棚、温室养殖及热泵技术；二是地热发电，即将其作为一种能源直接变成电力，又可分为中低温发电和高温发电。

我国地热能的开发利用以非电直接利用为主，中低温地热直接利用始终走在世界前列，连续20多年总量排名世界第一。截至2010年底，中国非电直接利用的能量当量为：装机容量3687MW。浅层地热能的利用为3000MW，且发展迅速。截至2011年底，我国地热供暖面积达到1.4亿m^2。但中国地热发电装机容量为25MW，20多年没有增加。发展很不平衡。

记者：这样开发地热能有何弊端和潜在的问题？

现今，我国地热能技术的发展主要存在两方面的问题。一是地热利用技术发展严重滞后。近20年来地热发电停滞不前，以致地热发电技术远远落后于世界先进国家。地热直接利用虽然发展较好，但也存在资源利用效率较低的问题，没有形成资源梯级开发综合利用的最佳模式。地热成井工艺、回灌技术、以及结垢和腐蚀等技术问

题较难解决，研发工作没有跟上。二是人力资源匮乏，研究力量薄弱。20 世纪 70-90 年代，中国呈现地热能开发利用热潮，培养了一大批技术人才，但近 20 年来产业没有形成规模，人才资源匮乏，人才队伍远远落后于风能、太阳能等可再生能源领域。

记者：*中科院在地热能开发利用方面取得了哪些研究进展？*

我所在地热能开发利用研究方面主要取得了以下两方面的进展，一是我国大陆地区干热岩地热能资源潜力评价，二是大型岩溶热储成因及开发利用。正在进行的工作包括喜马拉雅高温地热系统成因研究等。

首先是干热岩地热能资源潜力评价。汪集暘等根据最近更新的大地热流数据和深部地温资料，计算了中国陆域干热岩地热能资源量，圈定了开发利用的有利区域。如果按照 2% 的可开采比例，我国陆域干热岩能量相当于 2010 年中国总能耗的 4400 倍。这一结果与国土资源部们正式发布的数据很接近。这项工作为我国干热岩地热资源的开发利用奠定了基础。事实上，这一项工作不管是谁做，都是基于以我们所为主的，通过我国两代地热人的长期努力，积累了 30 多年的大地热流数据为依据进行的。

第二是大型岩溶热储成因及开发利用。我们在国家自然科学基金支持下，结合中石化新星公司及地方单位需求，先后开展了在北京北部、天津市区以及河北省雄县开展了沉积盆地水热型地热资源研究。基于地质构造分析和深部物探测量，实现岩溶裂隙型热储定井位成功；基于示踪技术和数值模拟技术，在群井试验的基础上，提出新的热储开采模式。雄县岩溶热储的开发利用取得成功，雄县地热供暖面积占 90% 以上，作为北方地热采暖的典型示范区，被国家能源局确认为“雄县模式”，正在推广应用。

随后，我们对雄县岩溶热储形成机理开展了进一步深入研究，发现这一系统具有重要经济价值，其形成条件十分有利于地热资源富集和规模化可持续开发利用。雄县岩溶热储由中、上元古界和下古生界碳酸盐岩地层组成，在隐伏的基岩隆起带。这些碳酸盐岩在形成后经历过地壳隆升和构造变动，在中生代遭受了长期的风化剥蚀和岩溶化作用，裂隙岩溶化的碳酸盐岩形成深部地热储集层。在这些基岩储层之上，是新生代厚层沉积覆盖，有利于储集层的保温。我们提出了水、岩二元聚热模式。

我们所在八月份成立了地热资源研究中心，目的是面向国家重大需求，发挥已有优势，调动长期学术积累，率先整合全所相关研究力量，研究新的问题。未来还将借我院深化改革的东风，联合院内外研究团队，形成合力，在人才培养和科技成果产出上加大对地热产业的支撑力度。

记者：*我国“大型岩溶热储”的资源开采潜力如何？*

岩溶在我国分部广泛，碳酸盐岩的出露面积约 91 万 km^2。我国古生代碳酸盐岩的分布区主要集中在各大沉积盆地内，其中，处于较高热背景的几大主要区域有：渤海湾盆地、鄂尔多斯盆地、苏北盆地、江汉盆地、楚雄盆地、兰坪思茅盆地、昂拉仁错盆地和羌塘盆地。我国碳酸盐岩的分布总面积占陆地面积的三分之一，隐伏岩溶面积达 250 万平方公里以上。初步估算，0-3km 深度区间的热能量在 5000 亿吨标煤以上的量级，潜力巨大。

特别需要指出的是，京津冀地区雾霾肆虐，成为政府和社会公众的普遍关切。而这一地区所处的渤海湾盆地，是大型岩溶热储条件最好的地区之一，但是，开发利用程度还不够。以雄县模式的成功为例，我们有理由相信，地热资源的更大规模开发利用必将对于改善空气质量发挥更大

作用。

记者：您眼中我国地热能发展的路线图是怎样的？

2012年国家发展和改革委员会能源局发布了中国可再生能源“十二五”规划，确定了地热能的发展目标为：在青藏铁路沿线、滇西、川西等高温地热资源分布区，启动建设若干兆瓦级地热电站。在东部沿海等中低温地热资源富集分布区，因地制宜发展中小型分布式中低温地热发电项目。到2015年，地热发电装机容量争取到100兆瓦，浅层地热能建筑供热制冷面积达到5亿m^2。各类地热能开发利用总量折合标准煤0.15亿吨。在最近的中国地热论坛上，国家能源局领导指出，到2020年，地热能开发年利用量要达到0.5亿吨标煤；2030年要达到1亿吨。在最近召开的APEC峰会上，中美之间针对气候变化达成协议，中方承诺在2030年可再生能源占一次能耗的20%。如果按照年耗能40亿吨标煤计算，到那时地热能占可再生能源总量的八分之一。

记者：眼下我国地热能科技发展的路线应该是怎样的？

实现上述目标需要科技支撑。未来中国地热能开发利用研发与示范应该深浅结合，东西并举。浅层地热在北方城市建筑采暖发展空间很大，应该打造样板城市，特别是新兴小城镇。在利用模式上，应注意多能源互补，比如地热能与太阳能的结合。水热型地热利用的雄县模式已经走向世界，应该结合大型岩溶热储调查及开发利用加大推广力度。更加重视技术创新。在利用技术上，注重深浅结合，综合利用。东部除了供暖之外，还需要打造一个南方制冷与空调的样板，广东的丰顺是一个有希望的候选区。那里不仅有东南沿海地区罕见的温度高流量大的花岗岩热储，还有拥有40多年历史至今仍在运行的我国第一座中低温地热发电站。还是国家863计划项目的试验点。西部的喜马拉雅地热带是我国高温地热发电的希望所在。尽管自然条件艰苦，但是，目前电网接入、优惠上网电价问题都已经解决，应该加大投入，努力实现快速发展。

针对干热岩的开发利用，中国科学院的能源技术路线图给出了愿景，希望到2035年，中国的干热岩开采技术能够达到商业化的水平。为了实现这个目标，现在就需要开始建立试验基地，开展一系列相关技术的研发，逐步赶上欧美先进国家的水平，最终实现商业化。从最近的欧洲地热研讨会上信息来看，欧洲发达国家主攻的压裂和流体循环技术，已经取得显著进步，我国应该抓紧行动。

记者：您认为我国发展干热岩应该从哪里开始？

我认为应该东西并举，分步实施。从我国的地热资源潜力分布来看，高焓的优质地热资源主要在喜马拉雅地热带，也就是南起滇西、川西，西至藏南、疆西的我国大陆上唯一的高温地热带。不管是干热还是水热，热是硬道理。热在西部。从我国的国民经济布局上看，东部地区是负荷所在地。经济发达，因此低品位的地热资源也可以得到利用。所以，也值得多探索，多尝试。借鉴国外的成功经验和失败教训，开采深部地热能的增强型地热系统（EGS-enhanced geothermal system）宜从高温水热型系统的周边或者深部做起，循序渐进地做到纯粹的所谓“干热”系统。事实证明，后者的风险是比较大的。

记者：您对《中国地能》寄予什么期望？

《中国地能》是一本新杂志，但是，立意很新，中英对照，印刷精美，内容丰富。作为编委，我寄予厚望，相信一定会为中国地热能科研与产业发展发挥重要作用。

恒有源集团与金州新区签署分布式地能冷热源站供热特许经营协议

作者：崔东明

12 月 29 日，恒有源科技发展集团与大连市金州新区签署小窑湾国际商务区 900MW 恒有源分布式地能冷热源站供热特许经营协议。此次签约标志着双方建立了稳固的战略合作伙伴关系，也标志着小窑湾地能供热国家级示范园区建设正式启动。出席此次签约仪式的有金州新区党工委书记、管委会主任徐长元，金州新区管委会副主任楚天运，小窑湾国际商务区管委会主任任正为，中国地能产业集团有限公司董事局主席郑起宇，恒有源集团总裁徐生恒，恒有源集团副总裁关秀虎。

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在北京的实业发展集团。专注于浅层地能作为建筑物供热的替代能源的科研、开发和推广。持有国内外几十项发明专利；以原创的“单井循环换热地能采集技术”为核心的恒有源地能热泵环境系统，将地上建筑物热（冷）系统与地下的浅层地能（热）供给量相匹配，做到使用区域零污染、零排放，按能源品位为建筑物供热、制冷，提供生活热水。

由恒有源集团投资建设的小窑湾国际商务区 900MW 恒有源分布式地能冷热源站项目，采用恒有源地能热泵环境系统技术，推行无燃烧供热的理念，为小窑湾 20.4 平方公里区域内的 1500 万平方米规划建筑面积提供夏季供冷，冬季供热服务，以可再生绿色能源代替传统燃料，无任何污染物排放，为治理雾霾贡献力量；并可平衡冬夏用电负荷，降低配电基础投入。在如此大的范围内采用浅层地能这一新型能源供热，在国内尚属首例。

地热能应用迎来“第二春”

作者：于欢

摘　要：在非电领域，以地源热泵为代表的地热直接利用已进入规模化大发展的历史节点，而在举国治霾的大背景下，一系列利好政策的出台也明确昭示出一个信号——地热能产业已进入了一个崭新的春天。

“我搞了大半辈子地热，每次听到大家把地热放在太阳能、风电等可再生能源的‘等’里，我特别不服气！”在日前于杭州举行的“第六届中国地源热泵行业高层论坛”上，中科院院士汪集旸的一句独白，点破了储量巨大、潜力无限的地热在能源，特别是发电领域“有名无实”的尴尬现状。但在非电领域，以地源热泵为代表的地热直接利用已进入规模化大发展的历史节点，而在举国治霾的大背景下，一系列利好政策的出台也明确昭示出一个信号——地热能产业已进入了一个崭新的春天。

地源热泵：地热利用的成熟范例

在地热能的实际应用中，地源热泵是一个重要而成熟的方向。空调系统在建筑能耗中占比超过 50%，在举国治霾的背景下，其节能需求和潜力均十分巨大，而地源热泵恰能很好地胜任这一角色。地源热泵是一种利用地下浅层地热资源，既能供热又能制冷的高效节能环保型空调系统，通过输入少量的高品位能源（电能），即可实现能量从低温热源向高温热源的转移。

中国能源研究会地热专业委员会主任田廷山指出，经过短短 20 年的发展，地源热泵产业已在中国能源市场取得了举足轻重的地位，在举国治霾的大背景下，这种具有清洁特性的地热利用方式非常值得期待，但这个前景无限的产业也面临着一些困扰。

据了解，上世纪 90 年代，地源热泵首次被引入中国，目前市值已从最初的不足数十万元增加到百亿元。截至 2013 年底，中国地源热泵利用面积已经超过 3 亿平方米，但其市场占有率仅为 8%，与发达国家 30% 至 60% 的数字相比仍有巨大差距。

田廷山认为，关于地源热泵，国家的支持政策仍有加码空间。“老百姓家里安装的普通空调，用电是民电，但上了地源热泵就变成了工业电”。田廷山还呼吁业内企业更多重视技术研发，“现在好的技术都是引用国外技术，我们能不能拥有具有中国特色的核心技术？”

地热发电值得期待

相较于方兴未艾的地源热泵，地热能另一个理论上的核心应用——发电，还未进入“方兴”的阶段。

汪集旸院士指出，地球已经存在了 45 亿年，根据我们对地球放射元素的测算，它还能活 45 亿年，“也就是说，现在的地球正处于壮年期，能量巨大，这几年地震频发就是例证，但这是负能量，地热能则是典型的正能量”。

汪集旸认为，地热能有四大优点 :“一是资源量巨大，不比太阳能、风能小 ; 二是能源利用效率高，是太阳能的 5.4 倍、风能的 3.5 倍，且发电稳定，不是垃圾电;三是具有成本竞争力，至少没有光伏那么费钱 ; 四是干净，减排优势很明显，治霾为地热产业发展创造了一个非常好的发展机遇。”

据汪集旸介绍，除了西藏和云南腾冲，中国的浅层地热资源大部分属于中温（90 至 150 摄氏度）和低温（低于 50 摄氏度）资源。目前中

国的地热利用已成规模，但远远不够，因为“地热发电始终上不去，热泵占到了70%”。“就高温地热发电而言，我国滇藏地热带差不多能有300万千瓦，现在的实际装机还不到这个数字的1%，三、四十年都没变。”

好消息是，国家层面已开始重视不温不火的地热。今年7月10日，国家能源局和国土资源部联合下发通知，要求各地编制本省（区、市）地热能开发利用规划，并于12月底前上报。通知明确，地热能开发利用规划以浅层地温能供暖（制冷）、中深层地热能供暖及综合利用为主，同时具备高温地热资源的地区可发展地热能发电，远期发展则侧重中温地热发电和干热岩发电。国家能源局局长吴新雄更在公开场合给出了短期发展目标：到2015年全国地热能供暖面积力争达到5亿平方米、地热发电装机容量达到10万千瓦、地热能年利用量折合标煤2000万吨。

汪集旸认为，这份通知的下发意味着“地热的第二个春天到来了”。“第一个春天出现在上世纪70年代石油危机爆发期间，李四光部长提出要大力发展地热，后来慢慢又凉了，我们搞地热的都憋了一口气。”

世界卫生组织推荐的最低室内温度是16到18摄氏度，而我国南方很多省市区一月份的平均低温在5摄氏度下以下。郑克棪认为，南方不应也没有必要像北方一样搞区域集中供暖。

“从资源禀赋看，南方缺煤少油，如果供暖与发电争煤，显然是不可取的。另外南方供电本就紧张，所以不宜使用耗电量大的电阻采暖方式，应该尽量利用可再生能源，节省常规能源，同时减少二氧化碳等温室气体的排放，分散式地源热泵供暖是最佳选择，”郑克棪指出，“从性能系数来讲，燃煤的性能系数是0.6、燃油的是0.9、空调机是1.8，地源热泵则高达3.5。因此发达国家专家认为地源热泵是适用于任何地方的地热能源，也是最节能的单项技术。”

事实上，2013年3月，在欧俄日国土资源部联合召开的浅层地热能座谈会上，与会专家和南方省市区代表一致认为，地源热泵是解决我国南方冬季供暖的最佳选择。

关于地源热泵供暖的经济可行性，郑克棪坦言地源热泵系统的初期成本高于其他供暖方案，“但如果算上运行成本，地源热泵是最便宜的和最节能的”。

来源：能源网－中国能源报

完美破解南方供暖难题？

2012年冬和2013年春交接之际，社会和网络上掀起了我国南方冬季供暖问题的大讨论，但至今未见官方定论。中国能源研究会地热专业委员会主任郑克棪认为，南方不供暖是计划经济时代的遗物，已不适合时代发展，而地源热泵是解决南方冬季供暖难题的最佳选择。

四季香山住宅小区地能热泵系统的应用

作者：王满全　杨明忠

摘　要：北京四季香山住宅小区利用单井循环地能采集技术开发浅层地能作为小区冷热源。系统于 2014 年投入运行，实际运行数据显示系统具有良好的稳定性、较强的经济性。

关键词：单井循环地能采集技术 浅层地能 节能环保 热泵

一、工程概况

四季香山小区位于北京市海淀区旱河路东侧，规划占地面积 23.41 公顷，总建筑面积 17.22 万平方米，总体规划将该小区分为南区和北区两部分。北区为普通住宅区，南区为别墅区。

北区普通住宅共计 20 栋建筑，总建筑面积 10 万平方米，其中普通住宅约 8 万平方米，共 15 栋建筑，含 508 户住宅；公建约 2 万平方米，共 5 栋建筑。四季香山北区采用集中的单井循环换热热泵机房冬季供暖、夏季制冷、日常提供生活热水。北区集中机房于 2004 年 10 月投入运行。

二、单井循环换热技术地能热泵系统介绍

2.1 系统工作原理

如下图 2 所示，冬季供暖时，第一回路的能量采集井的出水温度约为 15℃（北京地区），经过换热器取热，获得 5℃温差，井水变为 10℃回灌地下，回灌水在与土壤换热后再次被提至井口换热器，如此循环提供持续不断的能量。第二回路将从换热器中提取的能量送至能量提升器。能量提升器的蒸发器从二次水中提取低品位能量，一般进水温度 13℃，回水温度 8℃，通过压缩机做功将能量提升。能量被提升后，从冷凝器释放到第三回路的末端循环水中，水温从 45℃加热到 50℃，再被输送到建筑中释放，从而使建筑获得供暖。在供暖的过程中，还可以将冷凝器中的介质接入容积式换热器，与自来水换热，从中制取 45℃ ~ 50℃的生活热水。

以上过程是三个封闭回路，水在井或管路中循环，不发生交叉和污染。尤其是井口加换热器，防止机器渗漏对地下水的污染，也杜绝了泥沙对设备的磨损，延长了系统的使用寿命，确保了系统的可靠性。

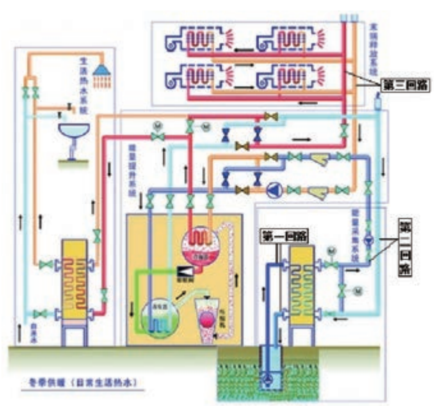


图 –2 单井循环换热地能热泵系统原理图

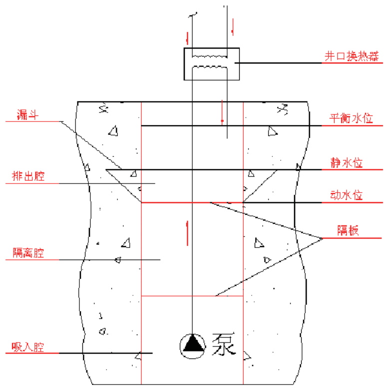


图 –3 单井循环地能采集技术原理示意图

2.2 单井循环地能采集技术系统

低位热能的提取是以单井循环地能采集技术为核心技术，此项技术由恒有源公司发明，它实现在同一口井内同时抽水并在换热后回灌。

在冷热源井口设置换热器，井水在换热器内换热后不出地面原井回灌，二次侧管网将换得的冷热量送至机房。由于独特的封闭循环，使系统对下水环境不产生任何影响。

三、末端空调系统设计

3.1 室内空调设计参数（表 1）

3.2 室内空调系统设计

工程采用可灵活布置的风机盘管系统供暖、制冷，其供暖、制冷运行温度与热泵系统冬夏季供水水温匹配，并且风机盘管系统较容易与建筑装修配合，多采用局部吊顶、侧送风、下回风的方式，卧室等部分噪音要求较高的房间考虑将风盘设室房间外向室内送风。风机盘管采用三速开关调节送风量。风口采用双层百叶送风口。考虑风盘开车负荷及房间不同时使用将增大局部负荷等特性，风机盘管选型时按房间冷热负荷较大值增加 50% 的制冷热量选择设备。考虑卫生间内空气湿度较大，不适宜采用风机盘管设备，并且卫生间多为内区负荷较小等因素，采用在卫生间内设置铜铝散热器的方案。由于系统供水温度较低，因此需适当增大散热器传热面积，并且需要考虑散热器回路适当节流与风机盘管系统平衡。

3.3 分户计量系统

住宅楼道内设管道竖井，空调立管及至各户分支管均设置于管井内，本工程冷热源系统考虑采用分户计量，每户住宅空调水管均设置冷热计量表，计量表均设于户外管井内，其检查门由物业管理。冷热计量表为数字式显示，计量表检测供回水支管循环水温差及循环流量累积计算并计量用户用冷、热量，由物业公司按用户用冷热量收取能源费用。

3.4 末端外线设计

本工程采用直埋式敷设将空调管道由主机房引至各栋建筑，外线部分管道采用预制直埋聚

建筑性质	夏　季		冬　季	
	温度（℃）	相对湿度	温度（℃）	相对湿度
卧室	26	< 60	20	–
客厅	26	< 60	20	–
卫生间	28	< 60	22	–

表 1

氨脂保温无缝钢管，设计主干管管径比摩阻在 100 ~ 150Pa/m，必要部位设置固定支架或阀门井，各栋建筑设热力入口装置。

四、机房热泵系统设计

本工程二十栋建筑设置一个集中的冷热源机房，机房设置于 19 号公建会所地下一层设备层。机房总建筑面积为 550 平方米，机房层高为 4.5m。

4.1 主机选型

机房共选择 10 台 LWP1800 型西亚特热泵主机，单台主机制冷量 559kW，耗电量 110kW，供水温度 7℃ -12℃；单台主机制热量 726kW，耗电量 170kW，供水温度 50℃ - 45℃。主机均为双压缩机回路。

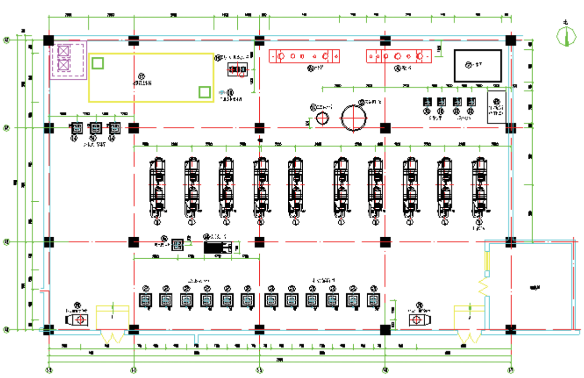


图 –4 四季香山热泵机房设备平面

4.2 循环水泵选型及管路系统设计

末端系统和与井水换热的二次水循环系统各选择六台循环水泵（一台备用），为减小管道直径便于系统安装和控制，将十台主机分为两组连接管道，末端与二次两系统的水泵也相应分开。两组主机系统均接至末端分集水器及二次水外线总管道。循环水泵选择 QPG150-315 型屏蔽泵，单台水泵循环流量为 200m^3/h，扬程为 32m，功率为 30kW。

管道系统按两组主机分开设置，管道系统按如上原理图中设置四通换向阀门，使末端水系统在夏季流经主机蒸发器制冷、在冬季流经主机冷凝器制热，每组管路系统共设置八台四通换向阀。

4.3 热水系统设计

本工程采用热泵系统制备供应日常生活用热水，机房内设置容量为 50m^3 的玻璃钢热水储水箱制备并储存生活热水。热泵系统主机热水出水温度较低，瞬间加热能力有限，因此需设置较大的蓄存热水装置。

设板式换热器，其一次加热侧为热泵主机冷凝器散热，设计循环供水温为 55℃；二次侧由蓄水箱取水循环加热。

当水箱内水位及水温均达到设计要求时停止系统加热，当蓄水箱内水温低于限值时停止向水箱内补水以确保热水用户水温。

设变频供水装置由蓄水箱内取热水供向末端用户，供水装置根据用户用量调节供水量及保持供水压力。

五、室外单井循环在能采集系统设计

本工程当地的地下水文地质条件较好，采用单井循环地能采集技术系统抽取地下水作为介质为热泵系统低位能量采集系统，在获取地能冷热量后井水 100% 回灌。

5.1 水文地质情况

本地区地层以砂卵石为主，间含砂土、粗沙、中沙、细沙等，地下水含量丰富，静水位埋深为 20m ~ 25m 之间，含水层厚度多在 30m 以上。具体地区域水系见图 5。

5.2 单井循环地能采集井

单井循环换热地能采集井按结构分为两类：有蓄能颗粒采集井和无蓄能颗粒采集井，根据本工程地质条件，设计选用无蓄能颗粒采集井。

无蓄能颗粒采集井在井壁（内径为 D ）和井管（外径为 d ）之间不设置填料等，可以实现井壁与井管内循环水的直接换热。循环水由置于井管

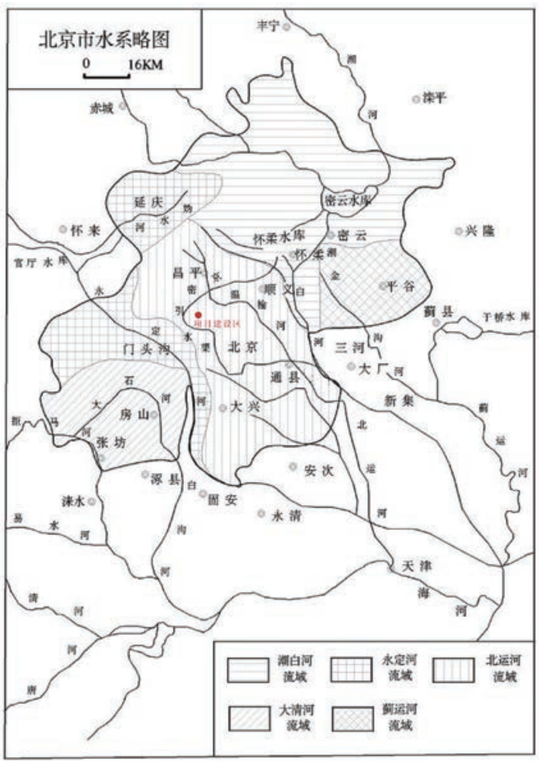


图 5 区域水系图

底部负压区的潜水泵抽出，进入热泵机组放热或吸热后，由热泵机组返回进入上部正压区内。水流在地能采集井环形空间内向下流动至负压区，透过井管下部的花管部份进入井管，再由潜水泵抽出，完成循环取热过程。

水流在环形空间由上向下的运动的过程中实现热交换。

本工程共设单井循环换热地能采集井 13 口，拓孔直径为 800mm，井深 85m，成井后内设 500mm 钢制井管，井内设恒有源公司单井循环地能采集系统能量采集装置。

六、运行费用分析

6.1 系统运行

本工程目前已运行十个采暖、制冷季，通过实际发生的采暖、制冷用电统计记录可知：建筑冬季采暖每平方米用电量平均为33kW/h、夏季制冷每平方米建筑平均用电量为15kW/h，本项目电价约为0.5元/kW/h，项目采暖用电费用为16.5元/平方米，综合考虑项目运行人员成本、维护成本约5元/平方米，实际区域供暖成本为21.5元/平方米。本项目以低于市热力集团天然气供暖30元/平方米2元的标准收费，即28元/平方米，实际收费率按90%计算，按如上经营标准区域供热企业可实现15%左右的毛利润。

据相关报导，北京市热力集团集中供热采购成本为91元/平方米，销售仅为24元/平方米，为弥补其亏损，政府每年要拿出33亿元进行补贴。与之形成鲜明对比的是，节能环保的热泵供暖不仅实现区域供暖的零污染、更以与集中热力销售价格供暖成本相当的经济的运行保障了区域供暖，减轻了政府关于此项民生问题的负担。

七、结论

以浅层地能为低位热源，以水为传热介质，采用热泵技术进行供热、空调及生活热水制备的地能热泵系统在四季香山小区应用成功，系统投入运行以来效果良好，调节灵活，管理方便，节能性突出，建筑采暖费用不超过24元/平方米，空调制冷费用不超过10元/平方米，低于其它空调采暖方式；系统运行过程中无任何污染物排放，环保性显著，同时以合理的单井循环地能采集技术封闭循环的形式利用地下水源实现了地下水的完全回灌、对地下水不产生污染。

以单井循环换热为基础的热泵系统为区域供暖，不仅可实现不依赖政府补贴的运营，更可实现15%的利润空间，具有推广意义。

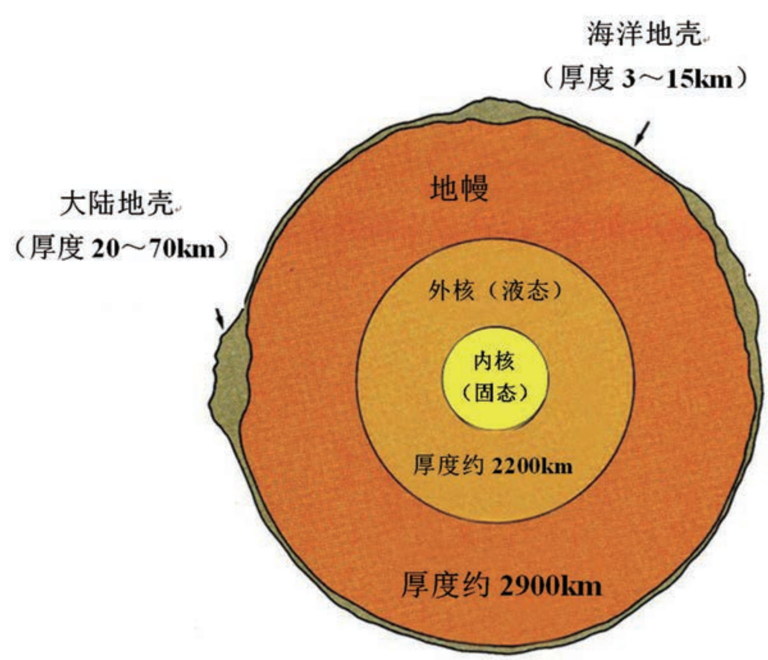
浅层地热能的来源

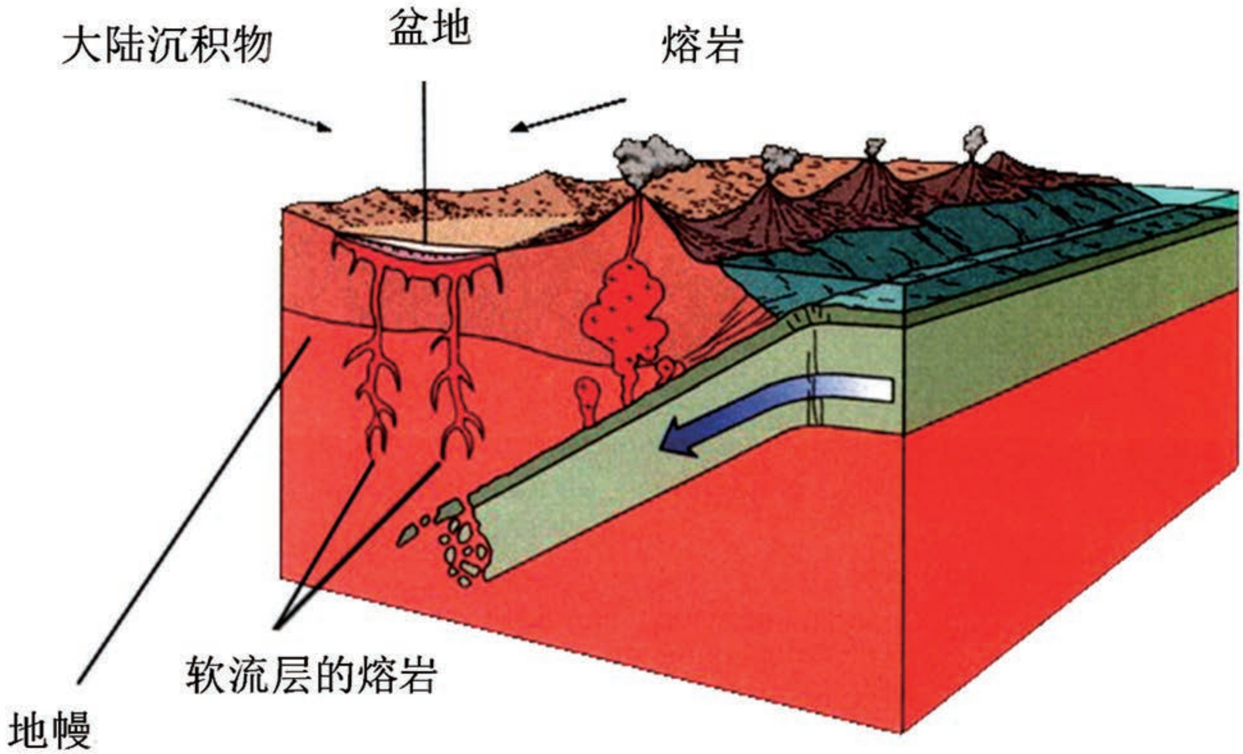
Shallow Ground Source Energy

作者：张军　北京中科华誉能源技术发展有限责任公司 董事长

由于热流的作用，从地球表面到地壳底部形成了比较稳定的温度梯度，地表以下平均每下降 100m，温度就会升高 3℃左右，因此上地表以下几十米到几百米的范围内，形成了相对稳定的恒温层，温度一年四季基本保持不变，这个恒温层所含有的热能就称为浅层地热能。浅层地热能虽然储量巨大，但是温度不高，一般在几度到二十几度之间，接近常温，所以品位很低，需要借助于热泵提升其品位后才能应用。由于浅层地热能温度不高，并不“热”，通常也被称为“浅层地温能”或“浅层地能”。

地球表面不仅从地球内部获得能量，还获得来自太阳的能量，地球每年向空间耗散的来自地球内部的能量达 1.4×10^{18}kJ，而每年获得的太阳能更高达 7.0×10^{21}kJ，是来自地球内部能量的 5000 倍。因此，关于浅层地热能的来源问题有三种说法：（1）主要来自大地热流即地球内部；（2）主要来自太阳能；（3）是大地热流和太阳能共同





作用的结果。

事实上，浅层地热能是一种“温差能”，更接近势能的特点，就如同水力能是一种高差能一样。它之所以有价值是因为它与大气环境之间存在温差，冬季温度高于大气环境温度，夏季温度低于大气环境温度，其品位始终高于大气环境，否则，我们就没有必要从地下取能了，直接利用环境大气中的能量将更为直接和便捷。所以，从浅层地热能利用的角度讲，浅层地下与大气环境之间的温差越大越好。供热时高于环境温度越多越好，制冷时低于环境温度越多越好。

这种温差的形成主要与大地热流、地表土壤的保温性能以及大气环境温度的变化这三方面的因素有关。大气环境温度的变化则主要与太阳对地球的辐射、地球对空间的辐射以及大气的流动等因素有关。太阳的作用是提高和保持了地球表面和大气环境的温度，减缓地球向外散失热量，对保持地球的温度起到了重要的作用。冬天，太阳的作用是缩小了浅层地下与大气环境之间的温差，从这个角度讲，太阳并没有为浅层地热能做出多大的贡献，相反，它还大大地减小了浅层地热能的作用。但在夏天，由于太阳的作用，浅层地下的温度低于大气环境，使浅层地下具有了吸收热量的能力，可为建筑制冷提供良好的冷源。

地表土壤的保温性是保持浅层地下与大气环境之间温度差的关键因素。地表土壤的保温性越好，浅层地下的温度受大气环境的影响就越小，温度常年不变的恒温层就会越浅，对浅层地热能的利用就越有利。

雾霾小知识

Haze Tips

整理：老马

1. 什么是雾霾?

雾与霾都是一种天气现象，自古就有。但是过去，人为的排放没有到现在这样严重的程度。那么雾霾到底是怎么形成的? 气象学对它的定义是悬浮在气体里面的细的颗粒物，这个细的颗粒物可以把太阳光反射、吸收，造成光的效应，这使得天空看起来灰蒙蒙的，结果造成了大气能见度下降，形成雾霾。PM10 以下的颗粒物都有一定的影响，但影响最主要的是 PM2.5 以下的细小颗粒物。PM10 是指采样器以 50% 的收集效率采集 10um 以下的悬浮颗粒物的量；PM2.5 是采样器采到 2.5um 粒径以下的全部颗粒物的总和。PM2.5 是根本看不见的，人们所看到的“雾霾”，其实不是颗粒物，而是这些细颗粒物在光的作用下所产生的光效应。

2. 雾霾中所谓‘悬浮在气体里的细颗粒物’都有哪些? 它们是怎样生成的?

PM10 以下的颗粒物都对雾霾的形成有一定的影响，但影响最主要的是 PM2.5 以下的细小颗粒物。其实大气中颗粒物总是存在的，自然界也有排放，比如花粉，或者海浪激起来的浪花中所含硫酸盐干了以后所含物质等。但在经济快速发展的今天，电厂的增加、工厂的增加、建筑物的增加以及汽车尾气排放的增加等，都对大气排放了很多很多的污染物。大气是具有氧化性的，所以排到大气中的 SO_2、NO_x 等自然而然会受到氧化，然后变成硫酸盐、硝酸盐或者硫酸。在大气中的氧化过程是非常强的，会使大量的 SO_2、NO_x 都可以转变，由气相转变成固相，这些相变都能产生大量的这种颗粒物。

3. 什么叫大气污染的‘一次过程’和‘二次过程’?

直接由烟囱、锅炉等排放出污染的过程叫做一次过程。在大气中间，经过氧化作用后又变成颗粒物的，或者变成高价态的气态或液态的，这都叫做“二次过程”，所以我们把变成颗粒物后的污染物叫做“二次污染物”。现在雾霾的问题变得那么严重，原因就是由于大气的氧化作用，使得一次污染物很快地变成二次污染物。北京市在重污染时间采到的 PM2.5 中，二次污染物达到 80%。

4. 什么是 VOC，它与雾霾的生成有什么关系?

VOC 就是可挥发性有机物。它的来源有很多，煤燃烧会有，汽油燃烧更会有，天然气燃烧也会有，这些实际上排放量是很大的，但是我们国家长期以来没有给予注意。

5. 什么是‘自由基’？它是怎样参与大气的污染过程的？

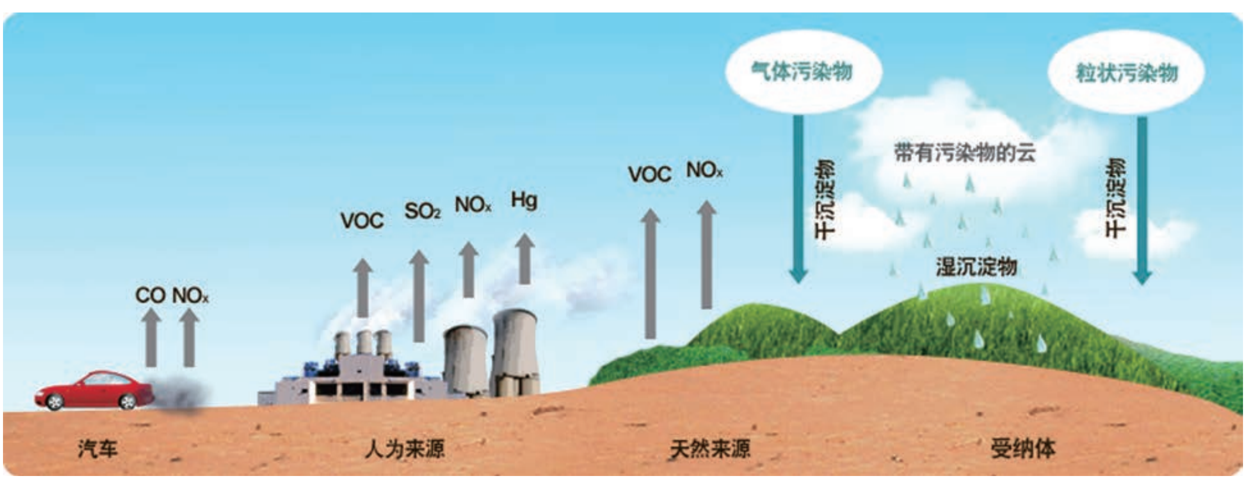
简单的说，自由基就是失去了一个电子的原子或基因，有极强的氧化性。大气中挥发性有机物（VOC）与 NO_x 一连串反应作用的结果，产生了大量的自由基，这些自由基在大气中非常快速的反应，去把别的物质氧化，其氧化的结果就是使被氧化物质往高价态转变，有的开始产生相变，所以这样的过程中就生成了细小的颗粒物。自由基的活泼性和它起的作用与经济发展速度和我们在发展中使用的各种各样的能源是有密切的关系的。这样的污染，就不同于过去消烟除尘那么简单了，因为它中间是存在物理化学过程的。自由基在干净的大气中，大概是每立方厘米的空气中是 10^6 个，在污染地区测出来的值可达到 10^8 个。

6. 为什么说，天然气不是十分清洁的能源？

只要燃烧温度达到 1200℃以上，就会把空气中的 NO_2 跟 O_2 化合，化合的结果产生 NO_x。为什么说天然气不是十分干净的原料，原因就是其在空气中燃烧温度可以高到可以产生 NO_x 的程度。天然气的燃烧也存在着 NO_x 的污染。专家的研究结果证实在北京近郊造一个天然气的热电联供来解决近郊采暖问题，它产生的 NO_x 的污染不会比燃煤少。

7. 什么是‘无燃烧供热’？它对改善大气污染有什么意义？

“无燃烧供热”是不用传统能源、不依靠放热的化学反应，给建筑物供热的新理念。恒有源科技发展集团从 2000 年起，采用自主研发的单井循环地能采集系统，利用热泵的原理，开发浅层地能为建筑物供暖，系统在工作中只有物理变化，没有化学反应，没有任何“自由基”或 VOC 排放，被专家誉为“21 世纪供暖系统的有力竞争者”。



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，于香港公开发行，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

姜梦莹　010-62599774

投稿邮箱：journal@cgsenergy.com.hk

中國地能

CHINA GROUND SOURCE ENERGY

地能熱寶
代替傳統燃燒方式供熱
帶給農家的福音
地能熱冷一體化新產品
運行費用低、零排放、無污染
家用空調的操作方式
鍋爐的供熱效果
2015
誠招區域代理商
淺層地能（熱）采集器
恒有源科技发展集团有限公司
EVER SOURCE SCIENCE &TECHNOLOGY DEVELOPMENT GROUP CO.,LTD.
恒有源科技發展集團
地能熱寶事業部
地址：北京市海淀區杏石口路 102 號
郵編：100093
電話：010-62592988 400-666-6168
傳真：010-62593653
電郵：dnrb@hyy.com.cn
掃描二維碼
獲取更多地能知識