

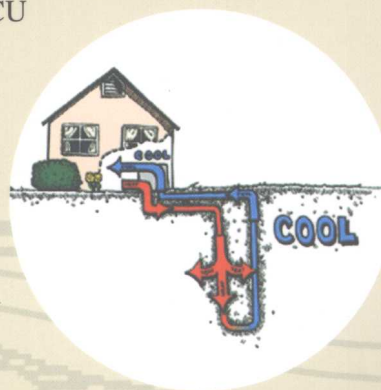
GEOTHERMAL RESOURCES AND GROUND
SOURCES HEAT PUMP SYMPOSIUM (1)

地温资源与地源热泵 技术应用论文集

(第一集)

中国资源综合利用协会地温资源综合利用专业委员会 编

Edited by Chinese Committee of Geothermal Resources
Comprehensive Utilization of CARCU



中国大地出版社

地温资源与地源热泵 技术应用论文集

(第一集)

**GEOHERMAL RESOURCES AND GROUND
SOURCES HEAT PUMP SYMPOSIUM
(1)**

中国资源综合利用协会地温资源综合利用专业委员会 编
**Edited by Chinese Committee of Geothermal Resources
Comprehensive Utilization of CARCU**

中国大地出版社
· 北 京 ·

内 容 提 要

本文集包括地源热泵技术的多个领域,重点对保护环境与合理利用地温资源、地下水资源,以及热泵系统与地下换热系统的平衡等问题进行了有意义的探讨。由于地源热泵技术属于新兴专业,具有多学科交叉结合的特点,很多技术还很不成熟,需要各专业人士密切配合。目前对于地下水源热泵系统中异井抽水与回灌的最佳距离、同井抽水与回灌的水动力场与温度场的变化,及其对热泵系统功效影响等问题仍处于初期探讨阶段。但是,这种探讨对于地源热泵技术与水文地质学结合的深入发展具有十分重要的意义。

图书在版编目(CIP)数据

地温资源与地源热泵技术应用论文集. 第1集/中国资源综合利用协会地温资源综合利用专业委员会编. —北京:中国大地出版社,2007. 11

ISBN 978 - 7 - 80246 - 042 - 3

I. 地… II. 中… III. ①地热—资源开发—文集②地热—资源利用—文集③空气调节器—热泵—文集 IV. P314. 2 TB657. 2 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 182482 号

责任编辑:李 颖

出版发行:中国大地出版社

社址邮编:北京市海淀区学院路 31 号 100083

电 话:010—82329127(发行部) 010—82329008(编辑部)

传 真:010—82329024

网 址:www. chinalandpress. com 或 www. 中国大地出版社. 中国

印 刷:北京科信印刷厂

开 本:787mm × 1092mm 1/16

印 张:9

字 数:210 千字

版 次:2007 年 12 月第 1 版

印 次:2007 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1—1000 册

书 号:ISBN 978 - 7 - 80246 - 042 - 3/F · 254

定 价:25. 00 元

版权所有·侵权必究

《地温资源与地源热泵技术应用论文集》

(第一集)

编 委 会

(按姓氏笔画排序)

顾 问：任 湘

主 编：王秉忱 石定寰

副 主 编：田廷山 姜建军 陶庆法

编 委：王秉忱 王文科 王贵玲 尹 恒 石定寰 田廷山

汪训昌 杨自强 苏宇贵 张德祯 周 训 周永章

周建伟 吴展豪 林 黎 武 强 姜建军 赵春光

高 钰 徐生恒 陶庆法 曹 琦 董 颖 韩子夜

韩再生 鲍士雄

编 辑：王 宏 张 玲 赵 鑫 赵继昌 汤传璞

前 言

2007年8月24~26日在北京人民大会堂召开了“中国资源综合利用协会第三次会员代表大会暨2007中国节能减排与资源综合利用论坛”大会。会议期间,中国地质环境监测院、中国资源综合利用协会地温资源综合利用专业委员会同时联合举办了“地温能与热泵技术应用高层论坛—水/地源空调及地热泵采暖与地下能源的平衡”分会会议。参加会议的代表来自水文地质、暖通空调和系统控制专业的科学研究、勘察设计和施工安装等部门的专家、教授、学者、企业家、工程技术人员以及国际组织的代表等120多名,征集了50多篇论文,从其中选用了有代表意义的20多篇文章编辑正式出版。其内容包括了地源热泵技术的多个领域,重点对保护环境与合理利用地温资源、地下水资源以及热泵系统与地下换热系统的平衡等问题,进行有意义的探讨,一些国际组织还介绍了国外政府对开展地源热泵技术推广应用的政策支持和实施办法等。有些文章,对于一些基础理论方面的问题进行了有意义的探讨,对不同的观点我们采取“百花齐放,百家争鸣,异同并存”的方针,保护持有少数意见的观点,希望在问题讨论和工程实践的过程中,逐步验证哪一种观点是比较符合实际的。由于地源热泵技术属于新兴专业,具有多学科交叉结合的特点,很多技术还很很成熟,需要各专业人士密切配合,才能逐步取得较好的结果。地源热泵工程的成功与否,在很大程度上取决于对地质环境(地下换热系统)的认识和了解,并与地源热泵系统的有机结合。虽然目前对于地下水源热泵系统中异井抽水与回灌的最佳距离、同井抽水与回灌的水动力场与温度场的变化对热泵系统功效影响等问题,仍处于初期探讨阶段,但是,对于地源热泵技术与水文地质学结合的深入发展具有十分重要的意义。

中国资源综合利用协会地温资源综合利用专业委员会主要由全国地质、热泵、工程设计与施工等专业的专家、学者、企业家和优秀的工程技术人员等多专业人员组成。我们将致力于多学科的交叉与渗透,努力开展不同专业、不同层次的技术交流与合作,逐步提高地源热泵技术的应用范围和水平,同时,为政府的决策和企业的发展提供技术支撑,并在此之间发挥桥梁和纽带的作用。

在论文集编辑出版过程中,天津地热勘查开发设计院、北京恒有源科技发展有限公司等单位给以大力支持,在此深表谢意。

中国资源综合利用协会地温资源综合利用专业委员会

2007. 10

目 录

我国地温资源开发与地源热泵技术应用及存在问题	王秉忱	田廷山	赵继昌(1)
浅层地温能评价方法			韩再生(10)
发展地源热泵系统,保护地下资源环境			汪训昌(19)
单井抽灌对地温影响的探讨	马最良		徐生恒(25)
地温能勘查与开发技术探讨	韩子夜	杨旭东	王洪磊(32)
异层采灌井群开发利用地温资源的典型实例			
——记天津市古文化街地热资源综合利用示范工程	林 黎		曾梅香(39)
地源热泵空调系统和水文地质构造之间的关系	曹 琦		张 道(46)
中关村软件园信息中心 HYH 地能热泵系统能量采集速度分析	孙 骥		(54)
中水资源在中央空调工程中的应用	苏宇贵	麦康勤	吴 含 鲍士雄(59)
武汉市地下水源热泵研究现状及前景分析	周建伟	谢先明	周爱国 徐照彪(65)
天津市水源热泵系统水文地质条件适宜性评价方法研究			
.....	王亚斌	张海涛	郭淑娟 刘雪松(72)
双温地能热泵机组研究近期应用			杨自强(80)
混合式地源热泵中央空调系统的应用	苏宇贵	麦康勤	吴 含 鲍士雄(85)
地源热泵空调系统在南方地区应用的可行性分析	王 宏	田廷山	(91)
地能采集技术概述			
——单井抽灌与 U 型地埋管技术对比			贺平东(96)
地埋管地源热泵系统地下换热器热(冷)响应测试车研制	毕文明		楼洪波(100)
浅层地温能反季节循环利用技术在天津地矿珠宝公司改燃工程中的应用			
.....	张久潮	王连成	曹凤兰(107)
单井抽灌浅层地能采集技术在粉细砂地质条件下的应用			梁耀东(114)
天津市水源热泵发展概况及存在问题分析 ...	王亚斌	刘雪松	张海涛 郭淑娟(120)
大型冷水机组在地源/污水源/海(江、河)水热泵系统中应用			
.....	施敏琪	阮力丁	吴晓非 贾 晶(124)
地源热泵变工况模拟分析	王志毅	杨尧林	何洪炜(129)

我国地温资源开发与地源热泵技术应用及存在问题

王秉忱¹ 田廷山² 赵继昌³

(1 国务院参事室,北京 100001;2. 中国地质环境监测院,北京,100081;

3. 中国资源综合利用协会地温资源综合利用专业委员会,北京,100081)

1 浅层地温资源的意义

1.1 浅层地温资源

由于长期受太阳热辐射作用,地壳浅部吸收部分热能,保存了一定的热量。通常,在地下 5~8m 以上,地下温度随季节的变化而不同,而到 25~30m 深度,地下温度既不受地表的季节性影响,又不受深部地热源的影响,保持恒温,称为恒温带,且其温度一般高于当地多年平均气温 1℃~2℃,如北京地区约为 15℃,海口约为 25℃,哈尔滨为 4℃,广州为 22℃,上海为 17℃等。恒温带以下温度,按照每加深 100m 增加 3℃的地温梯度(3℃/100m)变化。例如,华北平原区,大部分地区的地下温度按照这一规律增加,只有少部分地区受地质构造断裂的影响高于这一梯度,形成地热异常地区。在地壳不同深度的温度,形成了地下资源,可以称为地温资源。地温资源储藏在岩土和地下水中,人们根据这一特点,运用特定设备和手段开发利用地温资源,从而为人类社会的发展提供能源^[1,2]。

1.2 地温资源的特点

地温资源属于地球的自身资源,浅层地温能资源丰富,分布广泛,温度稳定,具有一定的可再生性、地域性和储存性。浅部(小于 200m)的地温资源,由于温度低(小于 25℃)可直接开发利用。由于能量有限,长期以来受到很大限制。但利用其具有良好的蓄能特性以及热泵技术,将浅部的低品位地温能提高到高品位能量的特性,可为建筑物制冷或供暖。由于浅层地温分布广,采集费用低,因而得到广泛的利用,近年来各主要大中城市大力发展地热泵技术。

部分地区浅层地温较高,局部如在现代火山区(吉林长白山和云南腾冲)或山区,有直接出露的温泉水。这些地区的温泉资源受地区偏僻、交通不便的影响,大部分作为旅游区、洗浴疗养等形式开发,对热能的深入利用还处在初级阶段^[3]。

深部地热资源具有明显的地域性,地热温度较高(50℃~90℃)。我国深部(在平原地区大于 2000m)地热资源储量丰富、分布广泛,主要分布于构造活动带和大型沉积盆地中,且开发利用潜力巨大。全国范围内,主要沉积盆地面积约 $91 \times 10^4 \text{m}^2$,深度 2000m 以

内储存的地热资源总量,相当于 37×10^4 亿 t 标准煤的发热量。目前已施工开发利用的地热井近 2500 眼,深度从数百米延深到 4000m,每年开发地热水总量估计约 5 亿 m^3 ,与近期可开采地热水总量相比还有很大的距离,表明我国地热资源可开发利用的潜力巨大。目前,我国对深层地热资源开发利用主要在大城市和油田开发过程中,以取暖、洗浴和种植、养殖业为重点^[3,4]。

1.3 地温资源与地源热泵技术的结合

地源热泵是一种利用地球浅层地温资源进行供暖和制冷高效节能的空调系统。地源热泵应用系统可分为地下水循环式、地埋管式、地表水(江、河、湖、海、水库,污水、中水)直接利用等多种形式。

水源热泵是应用浅层地下水的热泵系统,其开发周期短、技术难度低、适用于地下水较丰富的地区。

地源热泵即地埋管系统,直接从浅层岩土中取热或向其排热,不受地下水开采影响,以及开采权的制约,推广范围更广阔。系统节能效率较高,运行费用较低。工程布置灵活,没有中央机房,节约空间。

地表水源热泵可包括在水源热泵范畴之内。其特点比地下水源热泵系统更有优势,只要有地表水处(江、河、湖、海、水库,污水、中水),只要是经济合理,不受地质条件的限制,工程造价相对较低。

空气源热泵通过自然能(空气蓄热)获取低温热源,经系统高效集热整合后成为高温热源,用来取(供)暖或供应热水,整个系统集热效率较高,且环保、节能。

2 浅层地温资源应用的现状

2.1 国外地热泵技术应用状况

进入 20 世纪 90 年代以来,欧美国家的科技工作者联系更加密切,共同对地源热泵相关的环境问题开展了广泛和深入的研究。2005 年的世界地热大会上对地源热泵的开发利用进行了总结,发现近 10 年时间里,热泵技术在地温直接利用能量方面的比例由 1995 年的 13% 发展到 2005 年的 33.2%,有大约 30 个国家平均增长速率超过 10%。其中,开发利用较好的国家有美国、北欧、瑞士、德国,尤其是瑞典。目前全世界范围内的装机容量可接近 18000 兆 Wt,实际安装的机组数量大约 150 万个^[6~13]。

目前,地源热泵应用日益广泛,是最有前途的节能装置和系统,尤其是复合型的制冷(热)系统,已经成为国际空调行业前沿研究课题之一,也成为浅层地温能利用的重要形式之一。

2.2 国内地热泵技术应用状况

我国热泵系统作为商业化应用与世界发达国家相比滞后。20 世纪 80 年代初至 90 年代末,随着城市能源结构的变化,在我国暖通空调领域掀起一股“热泵热”,热泵供暖(冷)的应用在一些大城市日益广泛,例如,上海高层建筑 25% 采用空气源和地源热泵热机组供暖(制冷),北京、天津、武汉、杭州、长沙等地也大量使用。

进入 21 世纪以来,水源、地源热泵引起学术界和企业界的广泛关注。国家相继出台

了支持可再生能源开发利用的一系列方针政策,地源热泵行业有了较快的发展。目前,国家“十一五”规划已经正式把“十一五”期间单位 GDP 能耗降低 20% 作为约束性指标。据统计,暖通空调能耗占建筑能耗的 65%,以建筑能耗占总能耗的 35% 计算,暖通空调能耗占全国总能耗的比例高达 22.75%。而地源热泵具有明显的优势,包括高效节能、绿色环保、可再生资源利用。代表着节能型暖通空调的发展趋势,符合国家目前减排节能和环境保护的可持续发展政策,这一行业正在迅猛发展。

初步统计,截至 2004 年年底以地热泵产品制造、工程设计或施工为主的企业已达 83 家。到 2006 年底,类似的企业已经达到 200 多家。全国范围内除港、澳、台地区外,31 个省、直辖市、自治区均有地热泵项目,其总工程数量约达 4500 个,2007 年年底可达到 4800 ~ 5000 个。其中比较多的地区是北京、河北、河南、山东、辽宁和天津等,上海和广东次之。从地域分布上,在我国华北和东北南部地区工程数量较多,占总工程数量的 78%。

从已竣工的工程规模的统计分析(见图 1),办公楼 40%,宾馆饭店 19%,住宅 12%,厂房 9%,别墅、度假村 7%,商场 6%,学校 5%,医院 3%,可见地热泵工程涉及的面较广。从供热(制冷)面积看,在 5 万 m^2 以上的项目约占 14%,1 万 ~ 5 万 m^2 为 48%,1 万 m^2 以下 39%,预计总制冷(热)面积约累计达到 8000 万 m^2 。目前的工程以中小型项目为主,但近 1 ~ 2 年大中型工程增加较快,其表现在房地产业应用地热泵技术的项目增多。

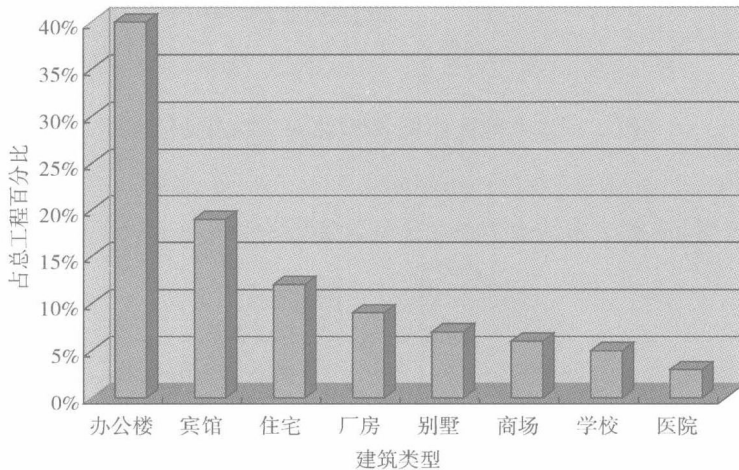


图 1 地热泵在各建筑工程中所占比例

据统计,在热泵系统中有水源热泵、地源热泵和空气源热泵 3 种不同的系统典型工程中,采用水源热泵系统的占多数,约占 58%;地源热泵系统的占 37%,空气源热泵系统的只占 5% (图 2)。

其中有 10% 的项目采用了地源热泵配装冷却塔,部分项目还结合蓄冰技术、太阳能利用以及城市其他能源联供等方式。这说明业内在寻求不同能源互相补充,以达到节约能源、节约成本、保护能源供应安全等方面有了更深入的发展。

在北方地区,工程类型水源热泵占据多数,约占 41%,地源热泵占 32%,其中,包括地下(表)水 + 冰或冷却塔、太阳能利用等多种复合型系统,地表水源系统(污水、中水、海水)占 27% (图 3)。

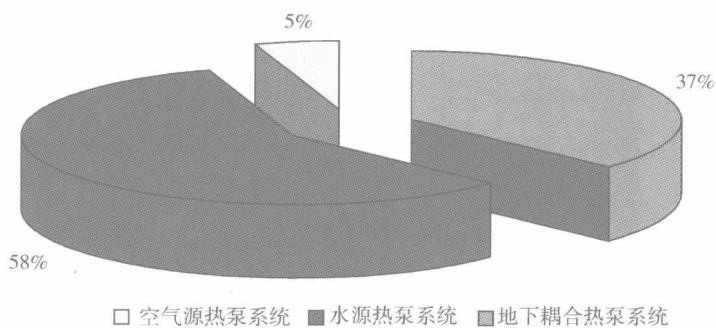


图 2 全国不同类型热泵系统工程比较

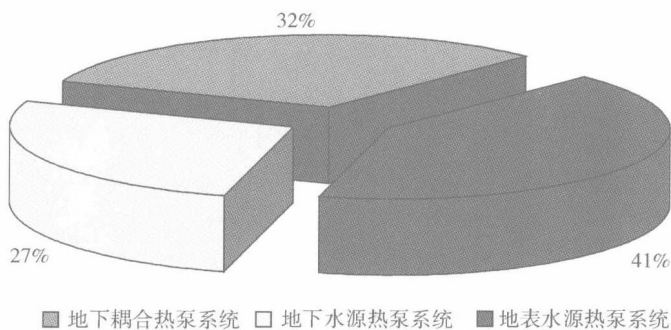


图 3 北方地区不同类型热泵系统工程比较

在南方(长江以南)地区,空气源热泵约占 41%,水(包括地表水、地下水、海水、污水等)源类型为 31%,地源热泵约占 28%,三大类型几乎形成三分天下(图 4)。

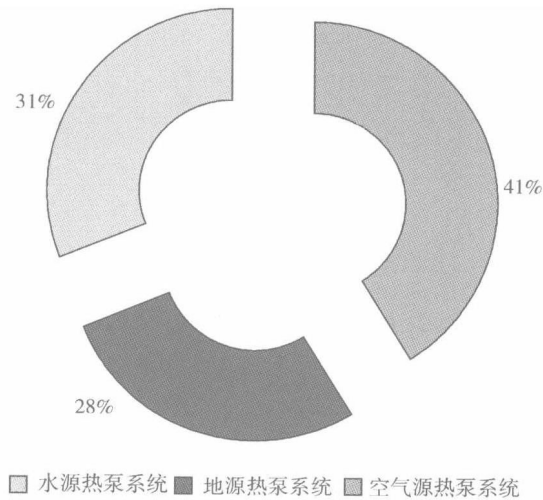


图 4 南方地区不同类型热泵系统工程所占比例

从竣工的工程数量来看,近年来,热泵工程应用逐年增加,而且,有呈倍数增加的趋势。以北京地区为例,在 21 世纪初期只有 2 个项目完工,每年以数倍的趋势增加,到

2006 年约有 120 个工程交付使用。可见,地热泵技术的发展非常迅速(图 5)。

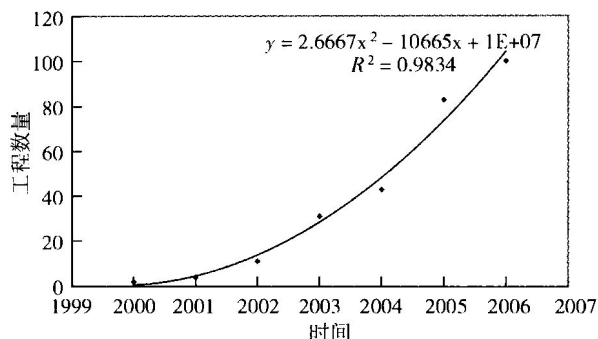


图 5 北京地区热泵系统逐年增长情况

目前,企业的规模从 100 万至数亿元不等,其中注册 1 亿元以上的占 25%,5000 万元~1 亿元的占 13%,3000 万元~5000 万元的为 25%,3000 万元以下的有 37%。其中 5000 万元以下的企业占 60% 以上,可见还是以中、小企业居多,说明地源热泵行业目前正处于起步阶段(图 6)。

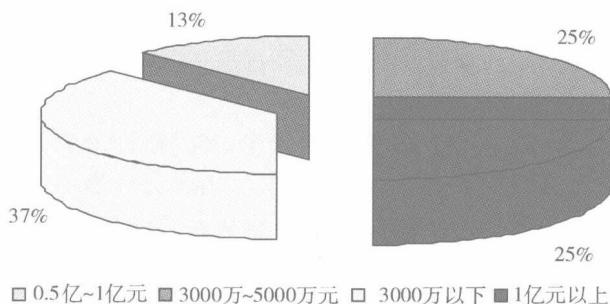


图 6 地源热泵企业规模对比图

我国境内地源热泵系统生产企业主要集中在北京、广东和山东 3 个省、市。这 3 个省、市的地源热泵系统生产企业数量占全国地源热泵生产企业总数的 70% 左右,其余的 30% 企业来自上海、江西、辽宁、内蒙古、四川、天津、浙江等地。

据统计,2005 年中国商用中央空调市场规模约为 195 亿元,其中 2005 年地源热泵中央空调市场规模为 6 亿元,仅占国内整个商用中央空调市场的 3%。其中水源热泵系统(地表水源热泵系统和地下水源热泵系统)总容量为 3.6 亿元,约占整个地源热泵系统 60%。预计到 2010 年,水源热泵中央空调市场规模将达到 25 亿元,占整个商用中央空调市场的 11%(图 7)^[14~20]。

3 地热泵技术应用存在的问题

3.1 政策与法规

政府支持和财政补贴仍显薄弱。目前,虽然出台了《中华人民共和国可再生能源

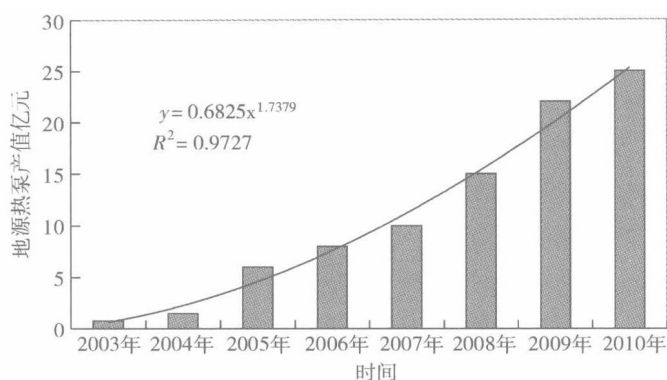


图7 地源热泵市场产值预测

法》、《中华人民共和国节约能源法》、《中华人民共和国水法》、《可再生能源发展的专项资金管理办法》以及地方性政策,如北京市9部门联合发布《关于发展热泵系统的指导意见》和近期的“补充说明”等,政府对推动地热泵技术比前几年有了很大改善。但仍存在多头管理、缺乏监督机制等问题,影响地热泵技术的发展。

对于地源热泵系统工程施工,已经出台了《地源热泵系统工程技术规范》,虽然这是第一部有关地热泵技术方面的规范,还存在不同程度的问题,但还是有很大的指导作用。

3.2 地热泵产品

目前,地源热泵系统产品型号与规格相对较少,并且以国外原配件组装的产品为主。有些国外地热泵公司在我国投资建厂(合资为主),主要有美国的美意空调公司、特灵空调公司、芬尼克兹集团、法国的西亚特公司以及加拿大的枫叶能源集团等。国内生产水源热泵较大的企业是山东省富尔达空调设备有限公司,其次还有北京恒有源、清华同方等,但是具有自主知识产权的产品较少,研发力度有限。

3.3 技术应用

(1)地源热泵技术是暖通空调技术与水文地质条件相结合的综合技术,两者缺一不可,尤其是一些大型工程还需要系统控制技术,这要求工程组织者和施工技术人员能够合理协调、做好充分的技术经济分析。但有些工程组织者不了解该地区地下水情况,盲目建起地下水源热泵工程,在运行工程中却发现回灌成了大问题,因而造成工程失败。

(2)在一些工程中,设计与应用地源热泵系统时忽视了冷热的平衡问题。即夏季向地源累计放热量应等于冬季向地源累计吸收的热量,以保持该地区地下恒温带全年温度变化平衡。

(3)缺乏必要的地下监测工作。目前国内建设的大部分地热泵工程都没有建立地下水(岩土)的监测系统(井),地热泵工程在运行过程中对地质环境的影响一无所知。当前地下水的回灌技术不完善,在一定程度上会影响以水为低位热源的地源热泵的进一步推广。

(4)缺乏对岩土(壤)热物性特征的了解。目前,大部分地热泵工程都没有开展岩土(壤)热物性参数的实际测试工作,而是应用经验值或其他地区的岩土(壤)热物性参数代替。岩土(壤)热物性特征随地点的不同而有所差别,在一地区的测试结果可能完全不适用于另一地区,必须进行相应的修正甚至重新测试。

(5)在地热泵工程的设计中,需要与地质条件密切结合,并开展地质环境和地温能资源的评价。由于地热泵系统的特殊性,对传统的水文地质勘察与评价提出了特殊要求,因此,探讨开展适应地热泵系统的地质环境综合评价方法是当前两大专业技术人员的重点课题之一。

(6)地热泵工程的经济合理性。并不是所有的地源热泵系统都是经济合理的,由于钻井费用可能占到整个系统初投资的 50% 以上,所以,影响了地源热泵工程的推广应用。目前地源热泵系统的安装费用较高,与电制冷、天然气加热系统的 500 ~ 800 元/ton 相比,地源热泵的 600 ~ 1000 元/ton (1 ton = 1.01605 t) 显然是高的,其回收期 5 ~ 8 年;这一问题在集成商的设计中,经常被忽略,因而导致一些地热泵工程节电不节能,或节电不经济。

(7)缺少必要的宣传和推广活动。目前,虽然国家出台了部分修改政策与法规,支持地热泵系统技术的推广应用。由于对于节约能源和保护环境的宣传教育不够,没有形成强大公共舆论和社会环境,使得社会各方对于使用节能技术和设备缺乏积极性。社会对其认知不足,尤其是业主单位的主要决策人员的认知不足,直接影响此项新型能源技术的广泛使用。

(8)技术队伍良莠不齐。从事地热泵工程的生产、设计、安装与施工队伍中的一些技术人员,对这项技术仍然处于模糊状态。地源热泵技术性较强,现在已经出现一些非正规地源热泵专业的公司承揽地热泵工程,这样的企业做出的工程很难保证工程质量。目前,地热泵工程的运行管理也存在较多问题,地源热泵系统和传统的中央空调系统以及其他形式的供暖系统有较大的区别,特别是地下水系统有很严格的操作流程,但是,现在少数工程由系统集成商在运行,大多数交给工程单位管理。这些管理人员对地源热泵技术了解甚少,不同程度地影响运行效果^[21~23]。

4 建 议

(1)继续加大政府对地源热泵技术推广应用的支持力度,逐步建立相关鼓励政策和健全工程建设的技术审批和工程运行的监督管理制度。结合不同地区的环境特征,制定地方能源使用种类和区域布局的专门规划,在整体规划中加强新型可再生能源的使用力度。

(2)对设计、施工和监测部门建立专项设计施工资质管理制度,实行市场准入制和工程的监理制以及技术人员的培训上岗制,保证施工队伍的技术水平和工程质量。

(3)随着地热泵技术的不断推广应用和深入发展,还应逐步开展结合我国特征的、较详细的相关规程规范编制工作。地热泵技术的跨学科性(如,暖通空调、水文地质、系统控制等),应组织各领域的专家,从各自的专业领域出发,结合地热泵系统的特点,编制综合性的技术规程规范,以指导地热泵行业的健康发展。

(4)建立国家专项基金,大力支持地热泵技术的研发力度,如研制统一的、简便的计算方法及其模型;完善地热泵系统施工工艺,对地源热泵系统中的地理管回填料配比的研究;与建筑中的灌注桩的结合研究以及废弃矿井和天然洞穴、地下暗河等地质条件的应用研究;不断研发新型地源热泵产品,以适应不断发展的市场需求;开展地下水抽灌动

力学及能量平衡研究,解决抽水井与回灌井的最佳距离和配比问题,研究保证地下水源热泵正常运行;深入研究地源热泵系统地下换热系统对岩土的热、含水量以及地下水组分迁移的影响;浅层地温能的综合评价方法;研究对污水源、海水含盐高;海洋生物;潮汐和波浪,泥砂,淤积等对海水源热泵系统运行,管线的防腐处理,水质处理等方面的研究。

(5)有必要在规程规范中,应明文规定任何地热泵工程都必须建立地下水(岩土)监测系统,并开展定期监测,以保证对地质环境的了解和地热泵系统的正常运行。

(6)在全国主要大中城市和经济发达地区,开展浅层(100m 以上)的岩土热物性参数的测试工作,建立全国与地热泵工程有关的水文地质数据库。这一工作可以与该地区大比例尺的水文地质调查相结合,取得地热泵工程所需的基本参数,为地热泵工程设计提供准确的参数。

(7)成立国家级多学科专家组,对预建大型地热泵系统工程,应有计划地组织开展经济、技术、地质环境综合评价。开展建立国家级和城市级的地源热泵示范工程,包括海水源、污水源、以及余热源工程示范。通过可靠的示范数据,指导工程安装、运行和管理。

(8)广泛开展地热泵技术的宣传和推广活动,对有关领导开展节能减排,环境保护方面以及地热泵技术应用的专业教育,提高领导者对新技术应用的认识。举办多种形式的地热泵技术展示、研讨会,对施工和管理技术人员开展不同程度的技术培训。

(9)加强对大型地热泵工程的优化设计与管理,使其真正达到节能,环保,经济。

近几年来,我国在地源热泵的应用范围得到了进一步拓展,应用速度之快是其他国家所不能相比的,应用的深度在逐渐加强。虽然在推广应用过程中存在一些问题,但在今后,从政府到企业、科研、设计、施工等部门的通力协助下,不断完善各项政策法规、规程规范,攻克技术难关。地热泵产业的发展,将在为人们创造舒适生活环境,节约能源和保护环境方面发挥更大的作用。

参考文献

- [1] 刘时彬,李宝山,郑克棧. 全国地热产业可持续发展学术研讨会论文集[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [2] 阎敦实,于英太. 京津冀·油区地热资源评价与利用[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2000.
- [3] 田廷山,李明朗,白治. 中国地热资源及开发利用[M]. 北京:中国环境科学出版社,2006.
- [4] 邓海燕,莫然. 用地源热泵技术打开浅层地下热能宝库——访问国务院参事、中国工程勘察大师王秉忱教授[J]. 工程建设与设计,2007,(9):1-3.
- [5] 韩再生. 开发利用浅层地能可缓解能源供应压力[J]. 工程建设与设计,2007(9):12-13.
- [6] ASHRAE. Commercial / Institutional Ground - Source Heat Pump Engineering Manual[M]. 1995.
- [7] ASHRAE. ASHRAE Handbook; Heat, Ventilating and Air Conditioning Applications[M]. Ch.31, ASHRAE, Atlanta, Ca., 1999.
- [8] Bose, J. E. Geothermal Heat Pumps Introductory Guide[M]. Oklahoma State University Ground Source Heat Pump Publications, 1997.
- [9] Bose, J. E, Parker, J. D, McQuiston F. C. Design/data manual for closed - loop ground - coupled heat pump systems [J]. Atlanta: ASHRAE, 1985.
- [10] Carslaw, H. S, Jaeger J. C. Conduction of heat in solid[M]. 2th Ed. London: Oxford University Press, 1959.
- [11] Dinse, D. R. Geothermal Systems for School[J]. J. ASHRAE May 1998.
- [12] 杨自强,赵瑛. 欧洲住宅领域热泵应用情况[J]. 暖通空调, 2005, 35(2): 31-34.
- [13] 徐伟等. 地源热泵工程技术指南[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2001.

- [14] 调研部. 2005 年国内地源热泵市场调研[J]. 机电信息, 2006(19):10-14.
- [15] 李元旦, 张旭. 土源热泵的国内外研究与应用现状及展望[J]. 制冷空调与电力机械, 2002, 23(1):4-7.
- [16] 殷平. 地源热泵在中国[J]. 现代空调, 2001(3):33-74.
- [17] 倪龙, 马最良, 冯家平. 地下水源热泵的研究现状与进展[J]. 建筑热能通风空调, 2004(2):26-31.
- [18] 李志浩. 2006 年全国暖通空调制冷学术年会综述[J]. 暖通空调, 2007, 27(1):1-8.
- [19] 马最良, 吕悦. 地源热泵系统设计与应用[M]. 北京:机械工业出版社, 2007.
- [20] 刁乃仁, 方肇洪. 埋管地源热泵技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2006.
- [21] 李琴云, 刁乃仁, 方肇洪. 美国开式回路地源热泵利用地下水的若干规定[J]. 节能与环保, 2003, 2(104):40-42.
- [22] 吕悦, 莫然, 周沫等. 中国地源热泵技术应用发展情况调查报告(2005-2006)[J]. 工程建设与设计, 2007, (9):4-11.
- [23] 李世君, 刘文臣, 辛宝东. 北京地区地下水源热泵利用现状及存在问题[J]. 城市地质, 2006, 1(1):16-20.

浅层地温能评价方法

韩再生

(中国地质调查局, 北京, 100011)

摘 要: 随着地源热泵技术的成熟, 浅层地温能利用正在快速发展, 为了保证浅层地温能的有效开发和可持续利用, 必须对浅层地温能资源进行评价。浅层地温能资源计算包括浅层地温能可利用量和储存量的计算。资源计算成果为区域浅层地温能开发利用规划和地源热泵工程提供可靠的依据。浅层地温能利用环境评价和经济评价是资源评价中的必要内容。

关键词: 浅层地温能 地源热泵 评价

1 概 述

浅层地温能是指地表以下一定深度范围内(一般为恒温带至 200 m 埋深), 温度低于 25℃, 在当前技术经济条件下具备开发利用价值的地热能。浅层地温能是地热资源的一部分。浅层地温能是赋存在地球的表层岩土体中的低温地热资源。浅层地温能资源储量丰富, 分布广泛, 温度稳定, 开发技术臻于成熟, 目前已经广泛应用于供暖和制冷, 是一种很好的替代能源和清洁能源。随着地源热泵技术逐步推广, 浅层地温能的利用日益受到人们的重视, 成为目前地温能利用的新的增长点。浅层地温能分布普遍、埋藏浅、可持续利用, 可以作为化石能源的替代资源, 减少温室气体的排放。浅层地温能利用系统具有绿色环保、高效节能、运行成本低、可持续利用、技术成熟、不消耗地下水等特点, 应用前景广阔, 原则上适用于任何地层和建筑。

评价地源热泵工程浅层地温能必须以地质勘查评价为基础。对于土壤源换热系统, 需要掌握地热承载力、地温场特征和岩土体热传导系数等参数, 土壤源换热系统的设计要根据地热地质条件和浅层地温能资源而定。地下水换热系统需要有丰富和稳定的地下水源作为保证, 水文地质条件必须适合于回灌。在建设地下水换热系统时, 需要避免不同含水层之间的水质污染、热污染问题的发生。地下水换热系统的地下水井应避开地下水水源地保护区和地下水严重污染区域。目前, 地源热泵工程在建设前大多数没有开展资源和环境影响评价, 从而造成能源利用效率不高, 部分浅层地温能利用系统工程出现了明显的环境安全隐患^[1,2]。

为了保证浅层地温能的合理开发利用, 有必要结合地区发展建设和能源需求, 进行浅层区域地温能资源调查评价, 制定合理开发利用规划, 确定有利的开发地段及适宜的开发利用方式, 做到有序开发、合理利用、科学管理浅层地温能资源, 系统开展区域浅层

作者简介: 韩再生, 研究员, 长期从事水文地质、环境地质勘查、研究、教学和管理工作的。

E-mail: hzaisheng@mail. cgs. gov. cn

地温能资源评价,从而为政府统一规划、提高能源利用效率、保障能源安全的宏观决策提供基础依据^[3,4]。

浅层地温能评价分为:区域浅层地温能评价和地源热泵工程浅层地温能评价两类。区域浅层地温能评价要查明区域浅层地温能资源数量、质量以及分布规律,在采用综合勘查方法技术,查明地热地质背景及浅层地热条件的基础上,对浅层地温能资源进行评价,确定可开发的地区及合理开发量,提出可持续开发利用的建议,并预测开发利用产生的环境影响,同时进行开发利用区划,为浅层地温能可持续利用和管理提供依据。地源热泵工程浅层地温能资源评价是为地下换热系统提供可靠的浅层地温能利用的依据。通过浅层地温能评价,提供资源量及其所必须的地质资料,减少开发风险,取得浅层地热资源开发利用最大的社会效益和环境效益,并保持地源热泵工程的可持续利用。

2 浅层地温能资源量计算评价

浅层地温能评价的基础是在现有的水文地质、工程地质勘查成果基础上进行地质勘查,查明地热地质、水文地质、工程地质条件;查明含水层结构、厚度和埋藏状况;查明地下水水位、水量、水质情况及其动态变化;查明包气带岩土体结构等。根据已有实测数据或经验数据,进行必要的调查取样、钻探、坑探、槽探工作,确定岩土体的热物理参数(热导率和比热)。通过地温调查,查明地温分布、水温分布及其动态,确定恒温带的温度和深度、大地热流值。选择代表性地段进行原位热传导试验和回灌试验。评价含水层的回灌能力并求获取渗透系数,基本查明浅层地温能的热来源和热成因机制。

原位热传导试验是在钻孔中埋设导管并回填,对回路中循环流动的水连续加热,并测量加热功率、回路中水的流量和温度及其所对应的时间,最后根据已知的数据推算出钻孔周围岩土的平均热物性参数—岩土体导热系数。实验过程中检测区内的温度、压力(水位)和流量变化关系,并采用数值法或解析法计算热导率或热扩散率,推荐采用数值法再现原位热传导试验过程。原位热传导试验的仪器设备应定期检验和标定。分析试验成果资料时,应注意试验条件如温度等对试验的影响,剔除异常数据。有条件情况下,应在试验孔周围布置观测孔。

浅层地温能资源评价应计算浅层地温能的可利用量和储存量。区域浅层地温能评价的深度范围为:在恒温带以下至 200m 埋深以内。地源热泵工程浅层地温能评价的深度根据工程需求而定。浅层地温能资源一般利用温差在 $5^{\circ}\text{C} \sim 15^{\circ}\text{C}$,地下水利用后的温度应在 0°C 以上。而在我国不同地区,可利用温差也不相同。推荐采用值为:东北地区可用 $5^{\circ}\text{C} \sim 6^{\circ}\text{C}$,华北地区可用 $7^{\circ}\text{C} \sim 8^{\circ}\text{C}$,华东地区可用 $8^{\circ}\text{C} \sim 9^{\circ}\text{C}$,华南地区可用 $10^{\circ}\text{C} \sim 12^{\circ}\text{C}$ 。

地球内部的高温热能以传导、对流方式向地表传递。在地表测量的大地温度是地球内热最为直接的显示。地面的大地热流值一部分来源于地壳浅部放射性元素衰变所产生的热能,其值随地质条件而变化;另一部分是来自上地幔的热能,与岩石的热导率有关。评价区域浅层地温能的可利用量应该以大地热流值为依据。我国的大地热流研究始于 20 世纪 70 年代,目前已累计获得近千个大地热流测量数据。中国的大地热流的特