

一种浅层地热资源的开发利用技术——地源热泵

司刚平, 郑秀华

(中国地质大学 北京 工程技术学院 北京 100083)

摘 要 论述了地源热泵的技术原理和技术特点,并在概括国内外地源热泵发展现状的基础上,为地源热泵在我国的推广应用提出了可行性建议。地源热泵技术作为一种本土、高效、环保、节能和可持续发展的能源技术,必将会在我国得到广泛的推广和应用。

关键词 地热 地源热泵 可再生能源 节能 环保

中图分类号 TE249 **文献标识码** B **文章编号** 1672-7428(2005)S1-0277-04

A Technique for Exploitation and Utilization of Shallow Ground Geothermy/SI Gang-ping, ZHENG Xiu-hua (China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract :The technical principle and technical characteristics of ground-source heat pumps (GSHP) were discusses. Some possibility suggestions to popularize GSHP in China were put out after summarized the current development situation of GSHP in and out China. GSHP technology, as one of the indigenous, high efficient, clean, savable and sustainable energy technology, must be widely spread and apply in our country.

Key words :terrestrial heat ;ground-source heat pump (GSHP) ;renewable energy ;energy conservation ;environment protection

0 引言

能源问题是当代国际性的重大战略问题之一,尤其在 1974 年的中东战争触发了石油供应危机之后,世界各国纷纷开始新能源的开发利用。美国、德国等发达国家积极开源节流,发展了许多能源新技术。自 20 世纪 80 年代末以来,我国大力贯彻以煤为主、多能互补,“实行开发和节约并重,近期要把节能放在优先地位”的能源总方针,正逐步在中、低温工业余热利用和太阳能、地热能的扩大利用方面开展研究和技术开发,其中在地热能利用方面积极开展地热泵技术的探讨。20 世纪末与美国政府合作,在我国推广美国土-气型热泵技术,并由两国专家共同制定了《美国土-气型地源热泵技术在中国合作推广计划书》,计划在中国北方寒冷气候区、中部长江流域温带气候区、南方亚热带气候区,各建设一座美国土-气型地源热泵技术利用示范工程。

地源热泵(GSHP)技术又称地热泵技术,是一种利用浅层常温土壤中的能量作为能源的先进的高效节能、无污染、低运行成本的既可供暖又可制冷的新型空调技术。该技术在 20 世纪 50 年代就已在一些北欧国家的供热中得到实际应用,由于石油危机的影响,地源热泵在 70 年代得到较大的发展。目

前,世界范围的装机容量估计大约为 9500 MWh,年度能量利用大约是 52000 TJ(14400 GWh)。据 1999 年的统计,在家用供热装置中,地源热泵所占的比例,瑞士为 96%,奥地利为 38%,丹麦为 27%。1998 年美国商业建筑中,地源热泵系统已占空调总保有量的 19%,其中新建筑中占 30%,而且地源热泵的使用数量每年以 10% 的速度稳步增长^[1]。

1 地源热泵简介

1.1 地源热泵工作原理

热泵是一种把低温位的热能输送至高温位的机械^[2]。顾名思义,地源热泵就是一种将低温位的地热能输送至高温位的机械。

地源热泵利用地下常温土壤或地下水温度相对稳定的特性,通过深埋于建筑物周围的管路系统或地下水与建筑物内部完成热交换。它完全不需要任何的人工热源,可以彻底取代锅炉等传统的供暖方式和中央空调系统。冬季从土壤中取热,向建筑物供暖,夏季向土壤排热给建筑物制冷。同时,它还能供应生活热水,被称为 20 世纪的“绿色空调技术”。

1.2 地源热泵技术特点

与传统空调技术相比具有明显的技术优势:

收稿日期 2005-06-30

作者简介 司刚平(1978-)男(汉族),山东日照人,中国地质大学(北京)硕士在读,地质工程专业,研究方向为地热利用,北京市海淀区学院路 29 号,郑秀华(1965-)女(汉族),辽宁人,中国地质大学副教授,地质工程专业,博士,研究方向为地热、钻井液(010)82321976。

(1)具有明显的环保优势。地源热泵技术能明显得减排温室气体。由于地热泵供暖时 70% 以上的能源来源于土壤中的能量 ,30% 以下的能源来源于电能 ,所以用它替代冬季采暖锅炉 ,至少可减排温室气体 70% 以上。

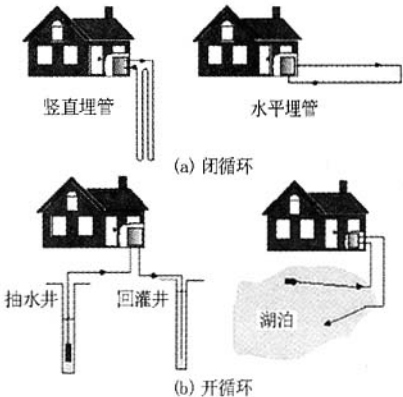
(2)地源热泵技术是一种可再生能源技术。地源热泵从浅层常温土壤中取热或向其排热 ,浅层土壤之热能来源于太阳能 ,它永无枯竭 ,是一种可再生能源。所以 ,当使用地源热泵时 ,其土壤热源可自行补充 ,持续使用 ,不存在资源枯竭问题。

(3)高效节能 ,低运行成本。在供暖时 ,地源热泵技术从土壤中提取热能“ 输送 ”至室内 ,其能量 70% 以上来自土壤 ,制热系数高达 3.5 ~ 4.5 ,而锅炉仅为 0.7 ~ 0.9 ,可比锅炉节省 70% 以上的能源 ,无需燃煤或燃气 ,可节省 40% ~ 60% 运行费用 ;制冷时要比普通空调节能 40% ~ 50% ,运行费用降低 40% 以上。高效节能、低运行成本 ,为商业推广创造了条件。

(4)技术成熟 ,商业化程度高。地源热泵技术在欧美是一种非常成熟的已完全商业化了的技术。该技术在美国、加拿大及北欧国家和地区已得到广泛应用 ,推广速度以每年 15% 的速度递增 ,形成了从制造商、工程商到培训机构、技术开发机构、专业管理机构等一整套完整的产业体系。国际地热泵协会(IGSHPA)、美国地热泵协会(GHPC)已建立 ,已完全实现了商业化操作。

1.3 地源热泵基本分类

地源热泵系统形成两种基本的形式 ,地下埋管 (闭循环)和地下水 (开循环)系统 ,这两种系统都安装在地层、水井或湖泊中 ,类型的选择取决于安装场地土壤和岩石类型 ,可利用的场地以及相应的钻井是否经济或者水井已经存在 ,图 1(a)、(b)提供了这两种情况的说明。



万方数据图 1 地源热泵系统

2 地源热泵在国外的的发展研究现状

2.1 地源热泵在美国的发展应用

在美国过去的近十年中 ,GSHP 系统装机数量稳步增长 ,年增长率为 12% ,现在每年大约安装 50000 套设备。地源热泵在美国发展如此迅速 ,与美国政府的支持是分不开的。在 20 世纪 90 年代 ,美国能源部(DOE)与多所研究机构和大学展开广泛合作 ,积极推进地源热泵的发展 ,其中最著名的项目是“ 国家能源综合规划项目(NECP) ” ,该项目旨在减少温室效应气体的排放 ,促进地源热泵的利用及为地源热泵开辟一个可持续发展的市场。美国政府在财政上给予了这些项目以强有力的支持^[3]。

2.2 地源热泵在欧洲的发展和应用情况^[4]

在中西欧国家 ,地热能通过小区集中供暖的方式直接用来对大量用户供暖 ,受到地区特定地形条件的严格限制。这种情况下 ,通过独立的 GSHP 系统 (如图 2) 利用随处可得的浅层地热资源分户供暖或空调成为一种显而易见的选择。相应地 ,这项技术的运用迅速在不同的欧洲国家出现和发展 ,在这一领域积极运作的商业公司的数目也在以前所未有的速度增长。

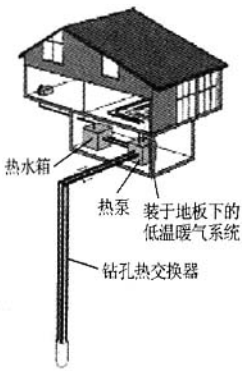


图 2 使用钻孔热交换器的 GSHP 系统

在欧洲 ,对地源热泵 20 多年来的研发 ,已经为这项技术奠定了很好的基础和可持续理念 ,以及很好的设计和安装标准。图 2 显示了一套典型的带有钻孔热交换器(BHE)的 GSHP 系统。目前 ,这套系统每输出 1 kWh 的制冷或供热能量 ,需要输入 0.22 ~ 0.35 kWh 的电量 ,这比以空气为热源的气源热泵在季节耗能上少 30% ~ 50% 。

以大多数欧洲国家的气候条件 ,到目前为止 ,对室内供暖的需求很大 ,而对室内空调要求很小。因此 ,热泵通常以供热模式运行 (在美国通常以空调模式运行)。但是 ,随着大量商业空调需求应用的增加 ,空调技术正在南部欧洲扩展 ,在将来空调和供

热双重模式的综合应用将变得越来越重要。

瑞士是欧洲国家中利用地热非常典型的国家^[5]。瑞士的国土面积很小,而且国内没有地热异常,但瑞士却在地热能利用方面位居世界前列,尤其在地源热泵开发利用方面取得了显著的成就。该技术自 20 世纪 70 年代引入以来,以每年 15% 的增长速度迅速推广(见图 3),目前处于运行中的地源热泵的数量超过 25000 套。他们在这方面取得的成功经验和成就很值得我们学习研究。

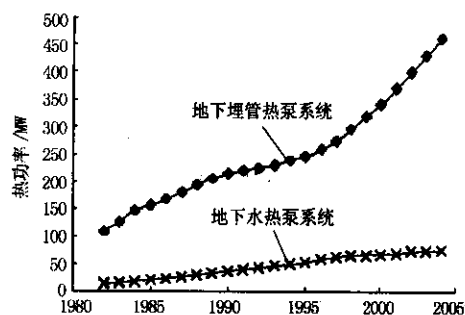


图 3 瑞士地源热泵装机容量的发展情况

3 地源热泵在国内的发展研究现状^[6,7]

随着我国经济建设和工业化进程的加快发展,我国已经成为世界上最大的能源消耗国之一。能源问题已经成为影响我国现代化进程的首要战略问题,我国政府一直致力于本土的、环保的和可再生的能源的开发利用。地热作为一种本土的、环保的和可再生的能源得到了政府的重视,但开发重点主要放在高温地热田的发电方面。对于普遍存在的蕴藏丰富的低温地热的开发利用与欧美国家相比还远远不够。对低温地热主要利用形式的地源热泵的研发还处在起步阶段,国内一些高校如天津商学院、湖南大学、同济大学、山东建工学院、中国地质大学(北京)等相继对地源热泵进行了试验研究工作。但其作为一项高效节能的绿色空调技术已经引起了国内多家单位的兴趣,并取得了一定的成就。

在北京地区,嘉和丽园、顺义区月亮湾别墅、海淀区成人教育中心综合楼、北京六一幼儿园等地源热泵供暖、空调面积已达几百万平方米。在山东地区建成了胜利油田桩西采油厂农工商办公楼、东营桩西采油场特大车队办公楼、济南党家庄、烟台和立公司办公楼等数十家地源热泵空调工程;其他地区还有上海市铁路局员工宿舍楼、广东恩平市帝都温泉度假村、温州市世纪广场、宁波市凯峰电器有限公司行政办公楼等多项地源热泵空调工程。具体的装机数量目前尚未有明确的统计,但该项技术正逐步

走向市场化运作。

另外,我国还积极开展对外合作,引进国外先进技术。中美两国政府开展合作在中国推广美国土-气型地源热泵,计划在中国不同的气候区建立 3 座示范性工程。其中北京地区的示范性工程——北京嘉和丽园国际公寓地源热泵示范项目,已经建成,其他 2 座示范工程一期工程已经完成,二期工程正在建设中。这些示范工程的建立将有助于地源热泵在我国的推广应用。除与美国合作外,我国政府还同冰岛等地源热泵技术成熟的国家积极开展技术交流和培训学习。

4 采取积极措施,促进地源热泵在我国的应用

4.1 在技术上激励

地源热泵在我国的应用还处在初级阶段,现有的地源热泵空调项目还属实验性示范性项目,没有进入完全的商业化运行阶段。我们应在现有实践的基础上积极开展理论研究,为地源热泵在我国的推广应用奠定坚实的理论基础。

首先,应以现有地源热泵空调工程为依托,开展数据采集和经济技术分析工作。数据采集应从投资、运转费用、供暖制冷效果、技术参数等方面进行全方位的采集工作。数据采集要持续整个供暖和制冷季。在取得整个供暖季和制冷季的完整数据的基础上,结合与其他采暖、制冷技术的比较,进行经济技术分析,就初投资、采暖制冷效果、技术稳定性、运行费用节省情况、节能效果等方面给出严格、科学的结论,为地源热泵技术推广和提高、改进设计水平,提供科学依据。

其次,开展小区域(如北京城区)地质调查。地源热泵设计的关键技术是地下换热器的设计,地形条件、气候条件、地层岩土热物性、水文地质条件等都是地下换热器设计的重要参数。开展小区域地质调查,查明这些参数的变化情况,建立三维动态信息库,为地源热泵设计提供参数,以此来促进地源热泵在我国的推广应用。

4.2 在政策上扶持

我国政府已经认识到了能源问题的战略意义,已经制定了一系列政策法规鼓励新能源的开发利用。

《中共中央关于制定国民经济和社会发展“九五”计划和 2010 年远景目标的建议》要求“积极发展新能源,改善能源结构”。《中华人民共和国节约能源法》明确提出“国家鼓励开发利用新能源和可

再生能源” ;国家计委、国家科委、国家经贸委制订的《1996 ~ 2010 年新能源和可再生能源发展纲要》要求加快新能源和可再生能源的发展和产业建设步伐 ,建设部《民用建筑节能管理规定》第四条规定 : “ 国家鼓励发展太阳能、地热等可再生能源的应用技术和设备 ” ;国家经贸委《2000 ~ 2015 年新能源和可再生能源产业发展规划要点》指出 : “ 积极推广地热采暖和地热发电技术 ” ; “ 加快地热热泵技术的引进和开发 ,加速国产化 ” 。《建设部建筑节能“ 十五 ” 计划纲要》中列出的 18 项拟重点开展的科技项目中的第 13 项指出 : “ 地源热泵及水源热泵技术系统开发与工程应用 ” 。

以上仅是从能源政策方面给出了明确的说明 ,鼓励使用地热等新能源 ,但还没有出台具体的可以贯彻执行的政策法规。像瑞士政府一样 ,应从财政上给以扶持 ,解决地源热泵因初投资高、普及程度低等因素所带来的市场阻力。

4.3 在市场上引导

地源热泵在我国的认知率还比较低 ,我们一方面要加强市场宣传 ,另一方面要严格锅炉污染物排放标准 ,限制非清洁能源的应用 ,为地源热泵的市场渗透减轻阻力 ,促进其快速发展。

5 结语

(1)浅层低温地热源表现为一种强大的热源或冷源 ,是一种丰富的广泛分布的可再生的环保型能源。

(2)地源热泵特别适合开发和利用浅层地热资源。它以其节能、环保及低运行成本等特性必然会受到市场越来越广泛的青睐。

(3)地源热泵技术在欧美国家已是相当成熟的技术 ,可为我国地源热泵的发展提供借鉴。

(4)我国政府应制定一系列的优惠政策 ,促进地源热泵技术在我国的应用。

参考文献 :

[1] 王健敏 ,叶衍华 ,彭国荣. 地源热泵的地热能利用方式与工程运用[J]. 制冷 2002 21 (6).
[2] 郁永章. 热泵原理与应用(第 1 版) [M]. 北京 :机械工业出版社 ,1993.
[3] 张佩芳. 地源热泵在国外的概况及其在我国应用前景初探[J]. 制冷与空调 2003 (3)6.
[4] John Lund. Ground - source heat pumps[Z]. Renewable Energy World. July - August ,2003.
[5] Ladislaus Rybach. Resource Development in a Country With“ Normal ” Geothermal Conditions—The Achievements of Switzerland [Z]. Proceedings of the 6th Asian Geothermal Symposium. Oct. 26 -29 2004.



(上接第 269 页)

件的配合 ,水泵供水要正常。

(2)钻具下到孔内时 ,应离开孔底 0. 30 m ,先送水扫孔到底 ,再转入正常钻进 ,以免残留岩心堵塞。

(3)在遇到特别松散、破碎、易被冲蚀的地层 ,应选用底喷金刚石钻头 ,并控制回次进尺在 0. 5 m 以内。

(4)孔壁不稳定时 ,必须采用低固相优质泥浆 ,漏斗粘度控制在 25 s 左右。

6 结语

(1)该绳索双循环钻具抽吸力较大 ,取上的岩心无分选、颠倒、堵塞等现象。

(2)该钻具与一般绳索钻具能相匹配 ,加工简单 ,使用方便。由于钻具短 ,总长不超过 4 m ,提下钻取心安全。

(3)该钻具取心可靠 ,效果极佳 ,适用于难以取心的复杂地层钻进。