築龍網
zhulong.com

地源热泵技术在我国的应用前景

陈焕新☆ 杨培志 徐云生
(中南大学) (美国密苏里 - 哥伦比亚大学)

[摘要] 地源热泵技术是一项空调、供暖和热水供应技术。本文介绍了地源热泵技术在国外的推广应用情况,根据我国的实际情况就初期投资、能源、环境保护和国家政策的影响等方面分析了这项技术在我国的发展优势以及在推广过程 可能遇到的问题,指出该项技术在我国具有广阔的应用前景。

[关键词] 地源热泵 空调 节能 环保

1 前言

热泵,就象水泵能把低位水提升到高位一样可以把热从低温端传送到高温端。它是一种可以实现蒸发器与冷凝器之间功能转换的机械,实质上是另一种形式的制冷机。地源热泵(GSHP)是以大地为热源对建筑物进行空调、供暖和热水供应的技术。众所周知,地层之下一年四季均保持一个相对稳定的温度。在夏季,地下的温度要比地面空气温度低,在冬季却比地面空气温度高。地源热泵正是利用大地的这个特点,通过埋藏在地下的换热器,与土壤或岩石交换热量。地源热泵全年运行工况稳定,不需要其它辅助热源及冷却设备即可实现冬季供热、夏季供冷。在冬天,管道内的流体将地下的热量抽出,然后通过系统导入建筑物内,同时蓄存冷量,以备夏用;在夏天,热量从建建筑物内抽出,通过系统排入地下,同时蓄存热量,以备冬用。风扇系统将冷暖空气分别送到建筑物内部的各个区间,类似于一般的空调系统。地源热泵一年四季均能可靠的提供高品质的冷暖空气,为我们营造一个非常舒适的室内环境。

地源热泵系统按其循环形式可分为:闭式循环系统、开式循环系统和混合循环系统。对于闭式循系统,大部分地下换热器是封闭循环,所用管道为高密度聚乙烯管。管道可以通过垂直井埋入地下 150 - 200 英尺深,或水平埋入地下 4 - 6 英尺处,也可以置于池塘的底部。在冬天,管中的流体从地下抽取热量,带入建筑物中,而在夏天则是将建筑物内的热能通过管道送入地下储存;对于开式循环系统,其管道中的水来自湖泊、河流或者竖井之中的水源,在以与闭式循环相同的方式与建筑物交换热量之后,水流回到原来的地方或者排放到其它的合适地点;对于混合循环系统,地下换热器一般按热负荷来计算,夏天所需的额外的冷负荷由常规的冷却塔来提供。

地源热泵技术目前在国外得到广泛的应用。现在美国的家庭、银行、医院、机场、连锁旅客、超市、办公楼和学校等均有一定比例的建筑使用地源热泵,根据美国地源热泵联合会的统计,目前美国每年安装约 4 万套地源热泵系统,这个速度意味着每年可以节约 8.79 $\times 10^{11}$瓦的能量,同时每年减少 150 万吨温室气体的排放。美国近年来在地源热泵方面进行了大量推广工作,美国政府也充分肯定了地源热泵的潜力,鼓励使用这种寿命周期费用低,温室气体排放量少的空调技术。美国国家环保局认为地源热泵的效率在加热和冷却设备中居于前列。美国能源部和环保局已经开始联合成立了地源热泵中心,筹集了 1 亿多美元资助科研项目和市场开发,目前,美国生产的地源热泵的公司数量达数十家[1]。

尽管目前在中国也有多家研究机构对地源热泵技术的一些技术性能进行了研究,也有部分由国外公司完成的实际工程,在国内人们对这项技术还是比较陌生。这项技术是否适合中国的实际情况,发展前景究竟如何?这是一个非常值得讨论的问题。因此我们在对地源热泵进行技术方面研究和积累有关数据的同时,有必要对该项技术在中国应用的技术经济可行性进行系统的研究和分析。

作者简介:☆陈焕新,男,1964 年生,教授,中南大学铁道校区能源与环境工程系主任,410075
收稿日期: 2001 - 12 - 18

© 1995-2006 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

築龍網 zhulong.com

2 地源热泵技术的发展及其优点

地源热泵实际上是一项非常古老的技术,四十年代便有应用,只是近五年来相关技术的发展,使其迅速商业化。地源热泵的名称最早出现在 1912 年瑞士的一份专利文献中,20 世纪 50 年代欧洲出现了利用地源热泵的第一次高潮。在此期间,Ingersoll 和 Plass 根据 Kelvin 线源概念提出了地下埋管换热器的线热源理论,但当时由于能源价格低,系统造价高,没有得到广泛应用[2]。70 年代,石油危机把人们的注意力集中到节能、高效益使用能源,使地源热泵的发展进入了高潮阶段,此时地下埋管已由早期的金额管改为塑料管。这个时期欧洲建立了不少水平埋管换热器的地源热泵,但主要用于冬季供暖。80 年代初开始,美国、加拿大开展了冷暖联供地源热泵方面的研究工作,不少文献报道了地源热泵不同形式地下埋管换热器的传热过程及模型,并有部分工程的运行总结和性能比较。

美国能源部(DOE)和美国环境保护署(EPA)均已确认,地源热泵系统是目前效率最高、对环境最有利的热水、取暖和制冷系统。一方面它利用地下土壤或岩石的相对稳定的温度使取暖和空调系统在全年都能维持高效运行,为地源热泵用户节省电费 20～50 %,图 1 表示出传统空调与地源热泵的效率比。

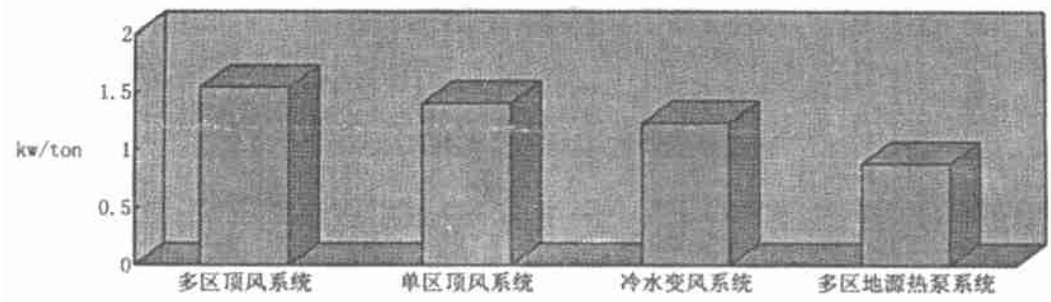


图 1 传统空调与地源热泵的效率比

从图 1 我们可以看出,多区顶风系统、单区顶风系统、冷水变风系统和多区地源热泵系统的效率比分别为 1.54 kw/ton、1.40 kw/ton、1.23 kw/ton 和 0.88 kw/ton, kw/ton 表示千瓦耗电/吨制冷量。可见,与传统空调相比,地源热泵系统的效率比最好。

另一方面,在同等条件下,采用了地源热泵系统的建筑物能够减少维护费用。地源热泵非常耐用,它的机械运动部件非常少,所有的部件不是埋在地下便是安装在室内,从而避免了室外的恶劣气候,其地下部分可保证 50 年,地上部分保证 30 年,因此地源热泵是免维护空调,节省了维护费用,使用户的投资在三年左右即可收回。对林肯城和内布拉斯加这两处地方的 20 所学校进行了有关空调系统维护费用的调查。这 20 所学校采用了 4 种不同的供冷方式:地源热泵系统(GHP)、带有热水锅炉的空气冷却器(ACC/ GHWB)、带有热水锅炉的水冷却器(WCC/ GHWB)、带有蒸汽锅炉的水冷却器(WCC/ GSB)。其调查结果如表 1 所示[3]。

表 1 四种空调系统维护费用比较

空调系统类型	已运行的时间(年)	年维护费用 平均 (¢/ft² year)	最少 (¢/ft² year)	最多 (¢/ft² year)
GHP	3	2.13	1.33	2.45
ACC/ GHWB	7	2.88	1.98	3.79
WCC/ GSB	12	3.73	2.65	4.8
WCC/ GHWB	16	6.07	0.74	22.8

注 ¢/ft² year 表示每年平摊到每平方英尺空调区域的维护费用,¢:货币单位,美分

图 2 所示是美国乔治亚州亚特兰大市三种空调系统全年取暖和空调费用的比较。

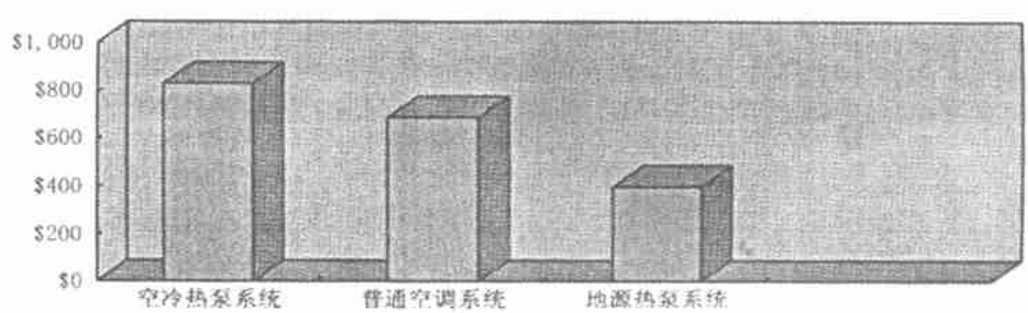


图 2 乔治州亚特兰大市三种空调系统全年取暖和空调同用

© 1995-2006 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

築龍網
zhulong.com

从图 2 我们可以看出,在亚特兰大市,对每户家庭采用空冷热泵系统每年的费用是 826 美元,采用普通空调系统的费用 686 美元,采用地源热泵系统的费用是 397 美元。可见,地源热泵系统的运行费用相对于其它空调系统来说是相当低的。

更重要的一点是,地源热泵系统所使用的制冷剂在工厂里注入并被完全密封,使用过程中绝无泄漏,用户任何时候均不必添补制冷剂,因而减少了对臭氧层的破坏。该系统可用于不同结构、不同面积的居民建筑上,可在新建筑施工时安装,也可用于旧建筑的改造,其在设计中的弹性使得它成为一个非常吸引人的空调选择。地源热泵在去湿方面有特别的长处,因而非常适合于夏季炎热而潮湿的气候,如果在空气配送装置上加上空调器,地源热泵在这一点上的特点将更加突出,因此若要达到室内空气质量标准,地源热泵系统也是一个非常好的选择。

地源热泵正是具有以上优势,几乎从而广泛用于所有商业建筑,包括学校、高层建筑、政府办公楼、公寓和餐馆等等。根据民用美国阿可拉荷马州电力公司在红河谷所作的用户调查:如果在 1 分至 10 分之内打分,99 %的地源热泵空调用户对其在夏天的制冷能力打 8 分以上,73 %的用户打了满分 10 分。

3 地源热泵技术在中国的发展优势

3.1 初期投资费用少

随着改革开放的不断深入,人们生活水症的不断提高,持续的高速经济增长导致人们对舒适生活的追求,从而使地源热泵这项崭新的技术在中国具有巨大的市场潜力。同时我们也要注意到,我国城市的建设步伐正在加快,每年城镇新建住宅 2.4 亿 m^2[4]。而在建设新建筑之前并入集中地源热泵系统,其成本要远远低于旧建筑的改造(甚至可以低于一般空调系统!),这对我们这个"严寒"与"寒冷"采暖区几乎占了国土面积的 70 %和全国总建筑面积的 50 %的国家而言,节省的费用的巨大的。在美国,由于能源相对的便宜(与中国相近),而人工费用很高,一般一个家庭的安装费用在 3000 至 5000 美元左右,地源热泵仍然具 强的市场竞争力。而我国由于人工费用比较低,与西方发达国家相比,我国的基建费用低。基建费用是地源热泵最主要的成本增加部分。由此可见,我国与国外发达国家相比,初期投资相对要少一些。

3.2 能够提高城市环境质量

随着人们生活水平的提高,对生活质的要求越来越高,环保意识增强,人们开始认识到高品质的空气是人类健康的保障。目前居民对空气污染的关注程度越来越高,城市(包括室内)对人们生活以及身体的影响日益受到重视,在碰到身体不适的时候,很多居民开始考虑空气因素的影响。根据《1997 年中国环境状况公报》,我国城市空气质量仍处于较重的污染水平。据统计,世界大气污染最严重的 10 座城市中,中国就占了 7 席[5],这也从一个侧面反映出我国城市空气质量不容乐观,加强空气治理,已经到了刻不容缓的时候。目前我国的能源结构中有一个最为不利的因素,即长期以来在能源的生产和消费中煤炭的比例占 70 %左右。图 3 是有关我国 1997 年的能源消费结构[1]。

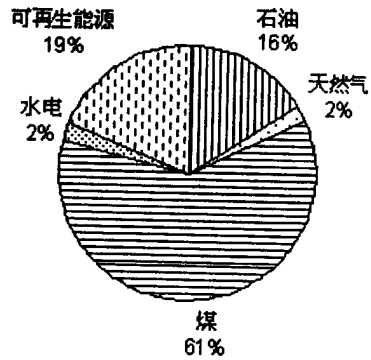


图 3 我国 1997 年的能源消费结构

为了彻底整治环境,减少温室气体排放,我国政府正在规划改变以煤为主的能源结构,以实现可持续发展战略。北京等城市正在考虑以电代煤的方法来解决城市污染的问题。每千瓦电能带来 3 至 4 千瓦热量的地源热泵将是极具竞争力的技术。由于电力是地源热泵的唯一动力,因此没有燃料分散燃烧所造成的大气污染。与此同时由于厂家密封制剂。使用过程中不泄露,不补充,减少了对臭氧层的破坏。分析和调查表明,地源热泵的应用对降低温室效应起了积极作用。可见,这项技术应用于中国将缓解城市空气污染问题。

3.3 能够缓解能源紧张问题

进入新世纪,在生产力高速发展的条件下,人们越来越认识到地球上的资源和能源日益匮乏。我国能源短缺是一个不争的事实,与此同时,我国又存在能源利用率低的矛盾。据统计,我国总的能源利用率约为 30 %,这仅相当于发达国家 50 年代的水平[6]。我国建筑耗能约占总耗能的 25 %,其中供热采暖能耗约占一半[2]。能源短缺导致中国的能源价格越来越接近发达国家的水平。我国要在能源每年增长率仅为 3 %～5 %的条件下满足国民经济持续每年增长 8 %～9 %[7],就必须重视节能技术和节能

© 1995-2006 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

築龍網 zhulong.com

产品的开发利用,这决定了我国必须在空调和取暖这一耗能大项上有所改进。就地源热泵技术而言,由于热泵仅仅用来传输热量,而不是产生热量,所需要的热量有 70 %来自于地下,夏天制冷时,用来将建筑物中的热量传入地下所消耗的电力也非常少,因此地源热泵这项节能技术应用于我国可以在一定程度上缓解我国的能源压力。

3.4 受到国家相关政策的支持

为了减少我国由于冬季采暖所造成的大气污染,减低国内现有制冷空调的能源消耗,寻求新的低能耗、无污染的供暖制冷空调技术,国家科技部与美国能源部分别代表两国政府签署了中美两国政府地源热泵合作协议,引进和推广美国先进的地源热泵技术。这对地源热泵技术在中国的推广起到巨大的推动作用。

八届人大常委会第二十八次会议审议并通过了《中华人民共和国节约能源法》,其中第三十九条将热电冷联产技术列入国家鼓励发展的通用技术,这也将促进地源热泵事业的发展[7]。自从我国实施《民用建筑节能设计标准》后,提高了建筑隔热保温性能,降低了建筑采暖能耗,结果是大幅度降低了地源热泵采暖方式的年运行费用,增加了地源热泵与集中供热采暖方式的竞争能力。

4 地源热泵技术在中国推广过程中可能遇到的问题

任何一项新事物的出现总是要受到人们的质疑,对于地源热泵这项新技术同样可能会遇到一些阻力。首先,中国有关地源热泵的现成技术资料不多,还缺少这方面的设计、安装和维护技术人员,同时,由于在中国生产地源热泵相关设备的厂家少,人们对它还比较陌生,大多抱着观望的态度,这样的情形不利于这项技术在中国的推广。

其次,我国现在还没有出台促进地源热泵技术发展的相关优惠政策,这使部分想采用地源热泵系统的用户由于看不到眼前利益而采用其它的空调系统。为了鼓励用户采用地源热泵系统,我国可以提供鼓励性补贴和资助给购买地源热泵系统的用户,或者采用调整能源价格的方法,使能源价格合理化,给予这些用户一些实惠,鼓励人们采用地源热泵系统。

还要说明的一点是,世界上热泵技术比较发达的北美、北欧和中欧国家由于气候条件基本上只用于供热,对地源热泵夏季制冷工况研究较少。而我国辐员辽阔,地处温带,冬季需供暖,夏季需供冷,而且南北地区气象条件差异很大,同样的建筑在不同的地区,其负荷情况可能迥然不同。因此,我们不能照搬外国的技术成果,必须投入大量的科研经费和研究人员进行研究,使其适合中国的气候特点,这也在一定程度上延缓了这项技术在中国的推广。

5 结束语

地源热泵技术为我们带来了巨大的契机,它能够减少能源消耗,降低环境污染,同时能保证业主空调系统的可靠性和经济性。尽管这项技术在中国的推广应用刚刚开始,但由于其独特的优势,必将引起广大用户、科技人员以及政府部门的高度关注。综合以上的分析,我们认为地源热泵技术在中国有广阔的市场前景。 BEE

参考文献

1 张国强等. 能源、环境与空调制冷. 制冷学报,2000,5
2 魏唐,胡鸣明,丁勇,刘宪英. 地源热泵冬季供暖测试及传热模型. 暖通空调,2000,1
3 Martin,M. A.,D. J. Durfee,and P. J. Hughes. 1999. Comparing maintenance costs of geothermalheat pump systems with other HVAC in lincoln Public Schools:Repair,service,and corrective actions. ASHRAE Transactions 105(2):1208 - 1216
4 李先瑞. 住宅区三联供系统的研究. 建筑热能通风空调,1999,4
5 龙惟定,王长庆,丁文婷. 试论中国的能源结构与空调冷热源的选择取向. 暖通空调,2000,5
6 张建一. 制冷装置节能技术. 北京:机械工业出版社,1999
7 李先瑞,郎四维. 热泵的现状与展望. 建筑热能通风空调,1999,3

The Applied Prospect of Ground Source Heat Pump in China

By Chen huanxin, Yang Peizhi and Xu Yunsheng

Abstract The ground source heat pump is a technology which applied for air - condition、Supplying heat and supplying heat water. The paper introduced the development of technology in overseas,and analyzed its superiority from initial investment、the sources of energy、environmental protection and influence of national policy,and analyzed the problem which it might meet during its development in china based on the condition of our country. The paper pointed out that the technology has wide applied prospect.

Keywords ground source heat pump,air - condition,economize on energy ,environmental protection

© 1995-2006 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.