

文章编号:1673-9469(2008)03-0081-03

复合地源热泵在冬冷夏热地区的可行性分析

刘杰,王景刚,康利改

(河北工程大学 城建学院,河北 邯郸 056038)

摘要:采用辅助冷却复合地源热泵系统,可有效地降低初投资,提高系统的节能效果。本文介绍了冬冷夏热地区的气候与建筑能耗概况;对辅助冷却复合地源热泵系统在这个地区可行性进行了理论分析;并针对上海地区某一办公建筑,对比分析了辅助冷却复合地源热泵系统和无辅助冷却地源热泵系统的初投资和运行费用。结果表明,辅助冷却复合地源热泵系统在该地区减少初投资和运行费用方面具有明显的优越性。

关键词:复合地源热泵;辅助冷却;初投资;能耗

中图分类号: TU831

文献标识码: A

Feasibility of using composite ground source heat pump in hot summer and cold winter region

LIU Jie, WANG Jing-gang, KANG Li-gai

(Institute of Urban Construction, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China)

Abstract: The initial investment and enhance the efficient of energy - savings will be reduced by Using assistant cooling composite ground source heat pump system. This paper introduces the climate and the overview of building energy consumption of hot summer and cold winter region and analyses the feasibility of ground source heat pump system using assistant cooling equipment in this region. Taking a building in Shanghai for example, the initial investment and operating cost between assistant cooling composite ground source heat pump system and no assistant cooling ground source heat pump system are compared. The results show that the assistant cooling - source heat pump system has great advantages in the reduction of initial investment and operating cost in this region.

Key words: composite ground source heat pump; assistant cooling; initial investment; energy consumption

地源热泵是一种高效节能的热泵方式,但当应用于以冷负荷为主的建筑时,为了满足较大的冷负荷的需要,势必要加大地下埋管换热器的配置,增加初投资。冷却塔作为一种成型且成熟的设备是地源热泵理想的辅助冷却装置^[1]。

河北工程大学孙培杰等对辅助冷却复合地源热泵系统进行了试验研究,结果表明,该系统能改善地埋管换热器性能和提高机组运行性能^[2]。文献[3]中,孙培杰以邯郸地区为例,进行了辅助冷却复合地源热泵系统的可行性分析和设计方法研究。本文将研究辅助冷却复合地源热泵系统在冬冷夏热地区的可行性,这对辅助冷却复合地源热

泵系统在该地区的发展起积极的推动作用。

1 冬冷夏热地区气候与建筑能耗状况

冬冷夏热是我国一种主要的气候形式,冬冷夏热地区包括 16 个省市自治区,共 5.5 亿人口。该地区夏季气候炎热,太阳辐射强度大,气候风较旺盛。该地区最热月平均气温为 25 ~ 30℃,冬夏两季都比较潮湿,相对湿度都在 80%左右^[4]。

冬冷夏热地区室内热环境条件极差。经过长期调查发现,在冬季,该地区居民都养成了加强通风,保持室内空气新鲜的卫生习惯。大量的住户

冬季都有开窗的习惯,导致室内外的温度几乎相同,温差只有1~4℃,整个冬季平均室温只有10℃左右。随着生活水平的提高,人们对室内热环境的要求也越来越高。但该地区没有城市集中供暖系统,只能依靠其他各种形式供暖,但许多供暖方式却是不经济的。现有住宅的设计对保温隔热问题重视不够,又不可能在短期提高建筑物的热工特性,因此提高空调采暖设备的效率就显得尤为重要。

冬冷夏热地区的建筑用能主要包括:采暖、空调、热水供应、照明和家用电器等。长期的调查表明,该地区用于制冷和采暖的能耗占建筑物能耗的60%以上。如何降低空调的能耗成为建筑节能的一个重要部分。以湖南为例,该地区每年需要制冷和采暖的时间在200天以上,能耗较大。该地区冬季住宅多用电暖器取暖,电暖器的一次能源利用率最高只有30%,浪费严重。而北方集中供暖系统的一次能源利用率有60%左右,当采用热泵供暖时,一次能源利用率会更高。

2 辅助冷却地源热泵技术的可行性

根据建筑负荷分析表明,办公建筑的冷热负荷差距较大,夏季最大供冷负荷超过冬季供热负荷的2.5倍。为减少地源热泵系统的初投资,改善运行性能,减少机组能耗,可以在系统中增加辅助冷却系统,以平衡冬夏负荷不均对埋管换热器长度要求的影响,减少埋管初投资。并且可以有效降低机组冷凝温度,提高系统性能系数。

为确定辅助冷却复合地源热泵系统的可行性,国内外进行了大量的理论分析和实际应用研究,1998年Phetteplace对Leesviue美军基地控制中心大楼和Ontario教育中心的复合地源热泵系统进行分析,Chiasson(2000)和Ramamoorthy(2001)分别对冷却池塘的辅助冷却方法进行理论分析和模型研究,Yavauztur(2000)对几种不同控制方式下的复合地源热泵系统进行了实验研究^[5]。国内对复合地源热泵研究的起步较晚,至今还停留在理论和可行性分析方面^[6]。但是所有的研究都不同程度的表明,在大型商业和办公建筑中,辅助冷却复合地源热泵系统在初投资、运行能耗及机组循环性能等方面具有更大的可行性和优越性,在气候较为温暖的地区更为明显。

3 复合地源热泵系统的设计方法

美国的《商业和办公建筑地源热泵工程手册》

和Kavanaugh(1998)分别对设计方法进行分析 and 总结,对一般设计中存在或应注意的问题及辅助冷却的设计方法进行了探讨。

Kavanaugh和Rattery(1997)确定辅助冷却型号的方法是在设计条件最大负荷的基础上确定的,在计算埋管区域的热积聚中同时考虑月负荷和年平均负荷以及峰值的影响,利用峰值负荷分别确定供冷和供热所需埋管长度 L_c 和 L_h ,然后确定辅助冷却量,辅助冷却的负荷确定方法为^[7]

$$q_{\text{cooler}} = \frac{L_c - L_h}{L_c / q_k} \quad (1)$$

式中 L_c - 供冷埋管长度,m; L_h - 供热埋管长度,m; q_k - 每米管长供冷负荷,w。

4 算例验证

长江三角洲区域是中国经济比较发达的地区,也属于冬冷夏热的地区。却不属于传统采暖区域,上海尤其如此,在采暖通风手册中都查不到上海的数据。上海每年有50天左右的时间是处于-5℃~5℃之间,有接近4个月的时间,室外平均温度低于10℃,加上上海属于亚热带季风性湿润气候,空气湿度相对大(可以达到75%),以致于湿冷得难以适应。随着经济的发展和水平的提高,越来越多的居民选择各种各样的采暖方式来提高冬季生活舒适度。传统的采暖方式以空调为主,也有采用电热装置等采暖方式的。但这些方式从环保、节能以及采暖效果和舒适度上看都有很多欠缺。

本文针对上海地区某一办公建筑进行算例分析,研究辅助冷却系统在减少初投资、改善机组运行性能、减少能耗等方面所起的作用。该建筑的面积为300m²。负荷计算采用负荷指标法,参考简明空调设计手册,结合上海地区工程实例,本文取冷负荷指标为115W/m²,热负荷指标为50W/m²,由此计算出该办公楼的热负荷为15kW,冷负荷为34.5kW。

4.1 确定地下换热器换热量

夏季与冬季地下换热器的换热量可分别根据以下公式确定:

$$Q_{\text{夏}} = Q_0 \left(1 + \frac{1}{\text{cop}_1}\right) \quad (2)$$

$$Q_{\text{冬}} = Q_k \left(1 - \frac{1}{\text{cop}_2}\right) \quad (3)$$

式中 Q_0 - 热泵机组制冷量(kw); Q_k - 热泵机组制热量(kw); cop_1 - 热泵机组制冷的性能系数;

cop_2 - 热泵机组制热的性能系数。

4.2 确定地下换热器长度

地热换热器的长度与地质、地温参数及进入热泵机组的水温有关。根据最大供冷和供热负荷,由文献[2]可知,冬季平均单位管长换热率为 26.26W/m,夏季单位管长换热率为 52.28W/m。

根据以上公式和经验数据,对单独采用地源热泵系统和采用辅助冷却的地源热泵系统两种方案进行计算。具体的计算结果如下:

(1)当采用单独的地源热泵系统时,热泵机组的选型以冷负荷为依据。选用 LTWH—9.1S 型热泵机组,其主要参数为:制冷量/制热量为 36.1/37.6kW,输入功率(制冷/制热)为 7.1/8.5kW,循环水泵的功率为 1.1kW。计算出制冷时的 COP 为 5.1,制热时的 COP 为 4.4,夏季地下换热器的换热量为 43.2kW,埋管的长度为 826m。

(2)当采用辅助冷却式的复合地源热泵系统时,热泵机组的选型以热负荷为依据。选用 LTWH—5.1S 型热泵机组,其主要参数为:制冷量/制热量为 16.5/17.8kW,输入功率(制冷/制热)为 3.7/4.4kW,循环水泵的功率为 0.5kW。计算出制冷时的 COP 为 4.5,制热时的 COP 为 4,冬季地下换热器的换热量为 13.4kW,埋管的长度为 508m。

以此建筑物的辅助冷却复合式地源热泵系统为例进行经济分析。设热泵系统全年运行 200 天,夏季 100 天,冬季 100 天,每天的机组运行时间为 8:00~19:00,每天运行的时间为 11 个小时,夏季运行 1100h,冬季运行 1100h。夏季制冷运行期间,机组平均输入功率 3.7kW,循环泵流耗功率 0.5kW。冬季运行期间,机组平均输入功率 4.4kW,循环水泵耗功率 0.5kW,辅助冷却电机功率 0.8kW;水泵电机功率 2.2kW,每 kWh 的费用按 0.5 元计算。地热换热器的投资主要由两部分组成,一部分为塑料管本身的价格,另一部分为钻孔的费用。钻孔的费用是地热换热器投资的主要部分,它与当地的地质条件有关。仍以上述建筑物为例,每米费用按 100 元,可以计算出地下埋管长度的初投资。夏季供冷时,机组将室内的冷负荷连同机组的输入功率和循环水泵的输入功率一起转移到地下;冬季供暖时,机组从低温的土壤中获得的热量等于室内热负荷减去压缩机和水泵的功耗,计算结果如表 1 所示。

表 1 两种系统初投资和运行费用比较

Tab. 1 Initial investment and operation expenses comparison between the two systems

系统形式	1	2
埋管长度(m)	826	508
埋管费用(万元)	8.26	5.08
辅助冷却费用(万元)	0	1
初投资(只包括埋管和辅助冷却部分)(万元)	8.26	6.08
辅助冷却运行时间(h)	0	1100
辅助冷却运行能耗(kWh/a)	0	3300
系统运行总能耗(kWh/a)	19850	13310
运行费用(元)	9925	6655

注:表中 1 为无辅助冷却地源热泵系统,2 为据峰值负荷设计的复合地源热泵系统。

5 结论

1) 冬冷夏热地区,冷负荷远大于热负荷,土壤吸热和排热不均衡,造成资源浪费。

2) 综合考虑初投资和运行费用,辅助冷却复合地源热泵系统是优于无辅助冷却地源热泵系统。

3) 该系统在我国广大的冬冷夏热地区是可以运行的。

参考文献:

- [1] 李恺渊,王景刚.冷却塔辅助冷却地源热泵技术经济分析[J].建筑节能,2007,35(1):58-61.
- [2] 孙培杰,王景刚.辅助冷却复合地源热泵的试验研究[A].制冷空调新技术进展-第三届制冷空调新技术研讨会论文集[C].北京:清华大学,2005,261-264.
- [3] 孙培杰,王景刚,王惠想.辅助冷却复合地源热泵可行性及设计方法研究[J].建筑热能通风空调,2005,24(6):62-65.
- [4] 陈季芬,丁力行,郭卉.地源热泵空调系统在冬冷夏热地区的应用[A].全国暖通空调制冷-2002年学术年会论文集[C].北京:中国建筑工业出版社,2002,457-460.
- [5] 王景刚,孙培杰,王惠想.辅助冷却复合地源热泵系统可行性分析[J].河北建筑科技学院学报,2005,22(3):8-10.
- [6] 曲云霞,张林华,方肇洪.地源热泵系统辅助散热设备及其经济性能[J].可再生能源,2003,(4):9-11.
- [7] 王鹏英.上海地区别墅建筑地源热泵空调系统设计[J].暖通空调,2003,(6):54-60.

(责任编辑 闫纯有)

复合地源热泵在冬冷夏热地区的可行性分析

作者: [刘杰](#), [王景刚](#), [康利改](#), [LIU Jie](#), [WANG Jing-gang](#), [KANG Li-gai](#)
作者单位: [河北工程大学, 城建学院, 河北, 邯郸, 056038](#)
刊名: [河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)
年, 卷(期): 2008, 25 (3)
被引用次数: 1次

参考文献(7条)

1. [李恺渊;王景刚](#) [冷却塔辅助冷却地源热泵技术经济分析](#)[期刊论文]-[建筑节能](#) 2007(01)
2. [孙培杰;王景刚](#) [辅助冷却复合地源热泵的试验研究](#)[会议论文] 2005
3. [孙培杰;王景刚;王惠想](#) [辅助冷却复合地源热泵可行性及设计方法研究](#)[期刊论文]-[建筑热能通风空调](#) 2005(06)
4. [陈季芬;丁力行;郭卉](#) [地源热泵空调系统在冬冷夏热地区的应用](#)[会议论文] 2002
5. [王景刚;孙培杰;王惠想](#) [辅助冷却复合地源热泵系统可行性分析](#)[期刊论文]-[河北建筑科技学院学报](#) 2005(03)
6. [曲云霞;张林华;方肇洪](#) [地源热泵系统辅助散热设备及其经济性能](#)[期刊论文]-[可再生能源](#) 2003(04)
7. [王鹏英](#) [上海地区别墅建筑地源热泵空调系统设计](#)[期刊论文]-[暖通空调](#) 2003(06)

本文读者也读过(10条)

1. [孙培杰. 王景刚. 王惠想. Sun Peijie. Wang Jinggang. Wang Huixiang](#) [辅助冷却复合地源热泵可行性及设计方法研究](#)[期刊论文]-[建筑热能通风空调](#)2005, 24(6)
2. [刘伟](#) [基于FIX的复合地源热泵控制系统](#)[会议论文]-2009
3. [孙培杰. 王景刚](#) [辅助冷却复合地源热泵系统可行性分析](#)[会议论文]-2004
4. [常冰. 汪敏谦. 马月辉](#) [地源热泵空调系统在铁路站房应用的探讨](#)[期刊论文]-[中国铁路](#)2008(10)
5. [迟玉霞. 王景刚. 鲍玲玲. Chi Yuxia. Wang Jinggang. Bao Lingling](#) [复合地源热泵间歇运行时地温恢复特性的研究](#)[期刊论文]-[建筑热能通风空调](#)2007, 26(5)
6. [杨文广. 代洪浪. 王劲柏](#) [土壤缓存型复合地源热泵系统节能潜力分析](#)[会议论文]-2009
7. [王景刚. 孙培杰. 王惠想. 杨波. 闫峰. WANG Jing-gang. SUN Pei-jie. WANG Hui-xiang. YANG Bo. YAN Feng](#) [辅助冷却复合地源热泵系统可行性分析](#)[期刊论文]-[河北建筑科技学院学报\(自然科学版\)](#) 2005, 22(3)
8. [刘杰. 王景刚](#) [辅助冷却复合地源热泵在冬冷夏热地区的可行性分析](#)[会议论文]-2007
9. [孙培杰. 王景刚](#) [辅助冷却复合地源热泵的实验研究](#)[会议论文]-2005
10. [王宇](#) [水源热泵空调系统设计中若干技术问题的探讨](#)[会议论文]-2008

引证文献(1条)

1. [袁艳平. 曹晓玲. 雷波. 杨从辉](#) [中国地区土壤源热泵系统研究进展评述](#)[期刊论文]-[四川建筑科学研究](#) 2010(2)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb200803023.aspx