

复合地源热泵系统在酒店中的优化设计

李蕾 崔萍 高媛 苑文会
山东建筑大学热能工程学院

摘 要 本文针对济南某酒店的建筑冷、热负荷,将纯地源热泵系统与冷水机组辅助地源热泵复合系统进行地下温度场的模拟与比较,发现采用冷水机组辅助地源热泵复合系统不仅可以解决冷热负荷不平衡的问题,还可以提高地下换热器的传热效率,从而节约能源。

关键词 地源热泵系统 冷水机组 热不平衡率 换热效率

Optimal Design of Hybrid Ground Source Heat Pumps Systems in a Hotel Building

LI Lei, CUI Ping, GAO Yuan, YUAN Wen-hui
School of Thermal Energy Engineering, Shandong Jianzhu University

Abstract: In order to make full use of the high efficiency of the ground source heat pump in providing the basic building loads and reduce the high first capital, the hybrid ground source heat pump system coupled with supplemental cooling/heat devices has been proposed for a hotel building. The cooling and heating loads of a hotel located in Ji'nan have been calculated according to the local weather data and the building function. At the same time, the temperature fields of the underground have been simulated in the cases of single ground source heat pump and the hybrid system of ground source heat pump coupled with the chiller. The simulation results show that the optimal design scheme can solve the problem of thermal imbalance of the surrounding ground during a heating/cooling year, which accordingly improve the heat transfer efficiency of the ground heat exchanger and the whole system performance.

Keywords: ground source heat pump, chiller, thermal imbalance, heat exchange efficiency

0 引言

随着我国经济的快速发展和人们生活水平的不断提高,人们对采暖和空调的需求不断上升,导致建筑能耗大幅度增长^[1]。目前,建筑耗能量已超过了全国耗电量的 1/4,建筑节能已势在必行^[2]。地源热泵系统冷热量不平衡以及初投资较高的问题限制了其进一步的应用与发展,降低初投资与平衡冷热量最有效的方法就是采用复合地源热泵系统^[3]。

在酒店中,全年供冷(热)负荷分析表明:夏季供冷负荷远大于冬季供热负荷,夏季埋管换热器向土

壤储存的热量远大于冬季从土壤提取的热量,造成极大的地热不平衡。系统长期运行使埋管周围土壤温度升高,夏季埋管内流动介质与周围土壤温差降低,换热能力减弱,影响系统能效^[4]。

1 工程概况

该酒店位于山东省济南市,其建筑总面积为 120775.45 m²,其中地下面积为 27388.22 m²,地上面积为 92823.33 m²。A 座 1-5 层为餐厅和娱乐场所,6-16 层为客房,17-24 层为办公建筑。B 座 1-24 层为办公建

收稿日期 2016-9-6

作者简介 李蕾(1991~),女,硕士研究生,山东建筑大学热能工程学院(250101),E-mail: 1538002298@qq.com

筑。建筑总高度为 96.08 m,地下总高度为 9.30 m,空调总面积为 50607 m²。

该酒店夏季室内设计温度为 26 ℃,冬季室内设计温度为 20 ℃,酒店新风量为 20 m³/(h·p),客房新风量为 40 m³/(h·p),办公新风量为 30 m³/(h·p),酒店灯光密度为 13 W/m²,客房灯光密度为 13 W/m²,办公灯光密度为 20 W/m²。经计算得表 1:

表 1 酒店空调负荷

楼编号	功能区	空调总计算冷负荷/kW	空调总计算热负荷/kW
A 座	酒店功能区	1775	1250
	办公区	872	427
B 座	办公区	2414	1446
	酒店	5061	3174

2 地源热泵复合系统与地源热泵系统地下温度场的模拟分析

根据不同功能区的使用时间计算得,建筑全年累计冷负荷为 5745 MWh,年累计热负荷为 5470 MWh。在考虑机组功率之后,地埋管年释放热量为 6753 MWh,年取热量为 4254 MWh,年不平衡率为 45.63%,这极大地影响了地热换热器的换热效率,造成系统效率低,能源浪费等问题。

为解决地源热泵地下冷、热不平衡的问题,使地源热泵系统更加高效的运行,可采用辅助热源来提高地源热泵的高效性和节能性。确定地源热泵和辅助热源各自承担的设计负荷比不仅与设计工况有关,而且与系统采暖季、供冷季的逐时运行特性密切相关,是一个关系到节能和经济性的问题。

本文用“地热之星”软件模拟系统运行 20 年,地源热泵承担全部冷负荷和地源热泵承担 70%冷负荷时的换热量及距钻孔 5 m 处土壤温度的变化曲线。图 1 为地源热泵承担全部冷负荷和全部热负荷时距离左上角钻孔中心 5 m 处土壤温度的变化曲线,图 2 为地源热泵承担 70%冷负荷和全部热负荷时距离左上角钻孔中心 5 m 处土壤温度的变化曲线。

根据图 1、图 2 分析可知,地源热泵承担全部冷负荷时距离左上角钻孔中心 5 m 处土壤温度上升到 22 ℃,20 年内上升了 7 ℃左右。地源热泵承担 70%冷负荷时距离左上角钻孔中心 5 m 处土壤温度在 15.5 ℃左右,20 年内温度上升不到 1 ℃,可见地源热泵承担 70%冷负荷和全部热负荷时土壤温度上升的幅度明显小于地源热泵承担全部冷负荷时上升的温度,夏季地埋管换热器向土壤储存的热量恰好等于冬

季从土壤提取的热量相。地源热泵承担全部冷负荷和全部热负荷时的不平衡率为 45.63%,地源热泵承担 70%冷负荷和全部热负荷时的不平衡率为 6.7%,由此可见,地源热泵承担 70%冷负荷和全部热负荷,剩余冷负荷由冷水机组来承担这种方式地热换热器吸热量与放热量基本平衡,且地热换热器的效率更高,换热效果也更好。因此该酒店采用地源热泵空调系统+冷水机组+市政集中供热复合系统。

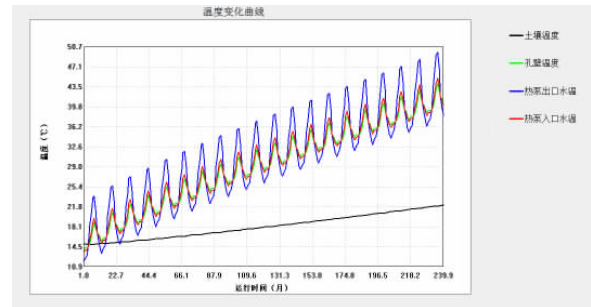


图 1 地源热泵承担全部冷热负荷时距左上角钻孔中心 5 m 处土壤温度变化曲线

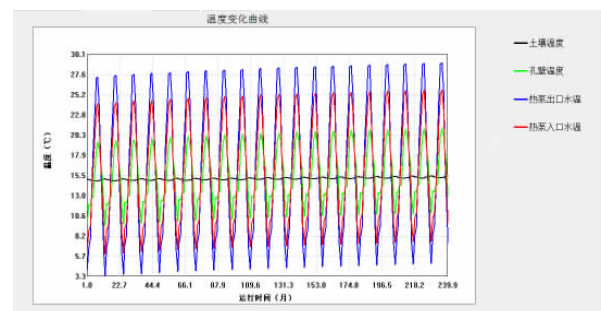


图 2 地源热泵承担 70%冷负荷和全部热负荷时距左上角钻孔中心 5 m 处土壤温度变化曲线

3 酒店的冷、热源系统设计

经计算分析发现,地源热泵承担 70%的夏季冷负荷和全部热负荷时可以将地下热不平衡率控制在 7%以内,并且地热换热器的换热效率更高,地下换热效果也更好,故采用辅助冷源(冷水机组及冷却塔)来承担部分冷负荷。地埋管承担约 70%的夏季冷负荷,剩余部分由冷水机组承担。冬季热负荷由地埋管全部承担,冬季接市政集中供热加板式换热器为应急备用热源。

图 3 为地源热泵空调系统+冷水机组+市政集中供热复合系统冷热源机房系统流程图,其主机设备的选型如表 2 所示。

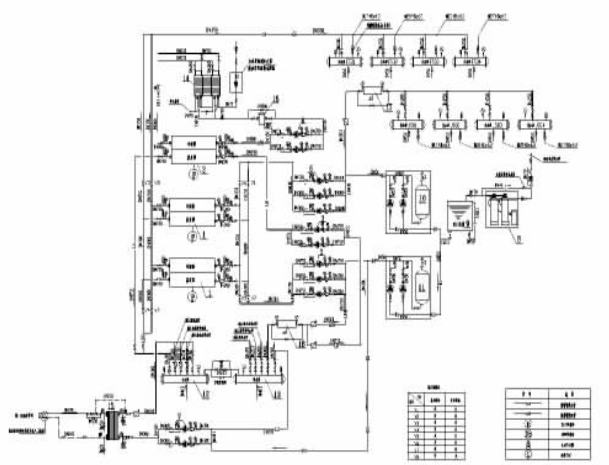


图 3 地源热泵空调系统+冷水机组+市政集中供热复合系统冷热源机房系统流程图

表 2 主机设备选型

	额定制冷量/kW	额定制热量/kW	台数
螺杆式地源热泵机组	1468	1633	2
螺杆式冷水机组	2465	-	1
板式换热器	-	3000	1

该系统是通过转换 V1、V2、V3、V4、V5、V6、V7、V8 这 8 个阀门的启闭状态来实现地源热泵夏季供冷和冬季供热的目的。在夏季运行时, 打开 V2、V4、V6、V8 这 4 个阀门, 关闭 V1、V3、V5、V7 这 4 个阀门, 使用户侧与蒸发器相连, 以达到制冷的效果, 当热泵无法满足酒店制冷量时, 打开冷水机组与热泵共同制冷, 此时地源热泵承担 70%冷负荷, 冷水机组承担 30%冷负荷。在冬季运行时, 打开 V1、V3、V5、V7 这 4 个阀门, 关闭 V2、V4、V6、V8 这 4 个阀门, 使用户侧与冷凝器相连, 以达到制热的效果。其中, 市政集中供热加板式换热器作为应急备用热源。当热泵制热量达不到要求时, 启动市政集中供热进行辅助。

4 结论

本文根据济南某酒店的实际工程, 用“地热之星”软件模拟了地源热泵承担全部冷负荷以及地源热泵承担 70%冷负荷时的地热换热效率和土壤温度变化情况, 结果表明:

1) 对酒店建筑而言, 由于地下取热量和地下放热量不平衡, 地源热泵承担 70%冷负荷, 冷水机组承担 30%冷负荷时, 可以有效地解决地下放热量和地下取

热量不平衡的问题, 这样更有利于土壤温度恢复到初始状态, 对地下温度场几乎无影响。

2) 虽然地源热泵的运行费用较低, 但初投资比较大, 用冷水机组承担 30%冷负荷可以有效地减少该工程的初投资, 节省投资费用。

3) 地源热泵承担 70%冷负荷, 冷水机组承担 30%冷负荷时, 可以提高地热换热器的换热效率, 提高系统的 COP, 节约能源和资源。

参考文献

- [1] 史晓波, 于庆波. 国内地源热泵复合系统研究进展[C]// 第七届全国能源与热工学术年会论文集, 2013: 301-303
- [2] 倪龙, 唐青松, 李安民. 带辅助热源的地源热泵设计负荷比分析[J]. 制冷学报, 2010, 31(5): 18-23
- [3] 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): 9-11
- [4] 许世雄. 冷却塔复合式地源热泵系统控制策略研究及实现[D]. 上海: 东华大学, 2014

(上接 61 页)

的温度要求时, 研究表明变风量空调系统的能耗要比定风量空调系统节能 14.3%。

本文研究的内容符合现代社会的发展需要, 不仅与日常的生活息息相关, 而且关系到能源的可持续发展, 所以中央空调系统的节能优化势在必行。

参考文献

- [1] 张再鹏, 陈焰华, 符永正. 一次泵变流量系统研究现状综述[J]. 暖通空调, 2009, 39(6): 47-50.
- [2] 温珊珊. 中央空调系统全年综合能效比计算方法的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2011.
- [3] TRNSYS. TRNSYS: A Transient System Simulation Program [Z]. U.S.A. Solar Energy Laboratory University of Wisconsin, 1988.
- [4] 陈丹丹. 集中空调变水量水系统实时优化控制策略研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2007.
- [5] 肖德玲, 李军华, 袁琪. 室内相对湿度对空调器性能及舒适性的影响[J]. 制冷与空调, 2012, (1): 58-60.
- [6] 居发礼. 对室内相对湿度影响空调能耗争鸣的分析[J]. 制冷与空调(四川), 2013, (4): 400-402.
- [7] 田向宁, 丁德, 杨毅, 等. 空气冷却除湿过程的理论研究[C]//2013 浙江省暖通空调动力学术年会论文集, 2013: 121-124.
- [8] 林兴斌, 潘毅群, 黄治钟. 变风量空调系统不同控制策略下的能耗分析[J]. 建筑热能通风空调, 2010, (5): 20-24
- [9] 李传东. BA-型实验室中央空调系统的建模与控制[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2007.
- [10] 金奇, 邓志杰. PID 控制原理及参数整定方法[J]. 重庆工学院学报(自然科学版), 2008, 22(5): 91-94.