

Ground Source Heat Pump Heat Balance Analysis and Optimal Control

Yulu Chen

Southwest Electric Power Design Institute Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract

In order to study the feasibility of the application of ground source heat pump in HVAC system, this paper conducted a brief heat balance analysis and optimal control of the ground source heat pump system. The results show that the ground source heat pump system reduces the energy consumption of the system operation, and also prevents the phenomenon of “small temperature difference and large flow”.

Keywords

ground source heat pump; heat balance; optimal control

地源热泵热平衡分析及优化控制

陈玉露

西南电力设计院有限公司, 中国 · 四川 成都 610000

摘 要

为了研究地源热泵在暖通空调系统中应用的可行性, 论文对地源热泵系统进行了简要的热平衡分析及优化控制。结果表明, 地源热泵系统减少系统运行能耗, 也防止系统出现“小温差大流量”的现象。

关键词

地源热泵; 热平衡; 优化控制

1 引言

随着中国经济社会的快速发展, 能源消耗与能源生产和经济发展之间的矛盾不断加剧。为此, 中国共产党党中央国务院制定了“能源节约与开发并举, 把节约放在首位”的战略方针, “十一五”时期经济社会发展的主要目标: 在优化结构、提高效益和降低消耗的基础上, 实现 2010 年人均国内生产总值比 2000 年翻一番; 资源利用效率显著提高, 单位国内生产总值能源消耗比“十五”期末降低百分之二十左右; 形成一批拥有自主知识产权和知名品牌、国际竞争力较强的优势企业, 促进经济增长方式转变和树立可持续发展观念。

“十二五规划”提出, 要确保到 2015 年非化石能源消费占一次能源消费的比重达到 11% 以上, 为实现 2020 年非化石能源消费比重占一次能源消费比重达 15% 和单位 GDP 二氧化碳排放比 2005 年下降 40% 至 45% 的目标奠定坚实的基础。并且, “十二五规划”明确提出, 进一步加大力度, 强化措施, 促

进能源开发和利用全过程的节能减排, 通过集约开发能源资源, 加强能源需求管理, 推进重点领域节能, 减少污染物排放, 实现平衡发展。^[1-2]

2 简介

地源热泵是利用地球大地所储藏的太阳能资源作为冷热源, 进行能量转换的制冷供暖空调系统。由于大地不仅是一个巨大的储能系统, 还是一个巨大的动态能量平衡系统, 大地自然地保持能量接受和发散地相对地均衡, 这使得利用储存于其中的地热能成为可能。所以说, 地源热泵技术利用的是清洁的可再生能源。而且, 地源热泵机组的空调系统是可以基本保证全年按用户的需要开启空调系统, 特别是春秋空调过渡季节均能运行。一般情况下, 地源热泵供、回水的温度一年四季相对稳定, 其波动的范围远远小于地表水和空气的变动。夏季土壤作为空调的冷源, 冬季作为空调的热源, 深层土壤温度较恒定的特性, 使得热泵机组运行更可靠、稳定,

也保证了系统的高效性和经济性,不存在空气源热泵的冬季除霜等难点问题。^[3-6]

3 理论分析

地源热泵机组可利用的地下土壤温度常年为16~22℃,在冬季土壤温度比地表水 and 环境空气温度高,所以热泵循环的蒸发温度提高,能效比也提高,而夏季土壤温度比环境温度低,所以制冷的冷凝温度降低,机组效率提高。地源热泵系统不需要设置锅炉房。更重要的是,地源热泵由于能效高,所以在满足同等使用要求的情况下,能减少电能的消耗。虽然电能本身为一种清洁能源,但在发电时,消耗的是一次能源,其所产生的污染物和二氧化碳等气体会对周围的环境产生影响,所以节约电能实际上也是减少了污染,并且也减少了运行投资。

对于冬夏季冷热负荷不等的地区,地下埋管在全年中排入土壤内的热量和从土壤中抽取的热量不等,这将导致地源热泵机组的运行特性恶化,从而增加了运行费用。在全年累计冷负荷远大于热负荷的夏热冬冷地区,地下埋管换热器夏季排向埋管附近土壤的热量远大于冬季从土壤中吸取的热量,使冬季和夏季的土壤负荷产生不平衡。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,影响系统能效比和运行特性。为满足建筑供冷需要就要增加地下埋管长度以增大换热量,势必大大增加了地埋管换热器的初投资。在这种情况下,为降低初投资、消除机组的性能恶化、节省运行费用,可用辅助冷却的复合式地源热泵系统。

论文讨论采用复合式地源热泵系统,考虑了土壤取排热量平衡问题,避免系统长期运行导致土壤温度场逐年升高,恶化地源热泵机组运行效果。同时,采用复合式地源热泵系统,地埋管设计埋管长度按照冬季热负荷设计,减少钻孔费用,从而减少系统整体初投资,提高系统运行能效。

4 实例比较

以中国重庆某建筑为例,所在地气候属于夏热冬冷,夏季冷负荷远大于冬季热负荷。根 DeST 能耗模拟软件得出本项目全年累计热负荷为 2122.979MW·h,全年累计冷负荷为 8292.169MW·h,属于典型的冷负荷占主导的建筑,根据所

选用的机组,夏季机组能效比取 5.63,冬季机组能效比取 5.13,冬季从地下取热量为 1709.14MW·h,夏季向地下排热量为 9765.023MW·h,则负荷不平衡率达 82.5%。为了定量分析地埋管在地下进行取放热量累积情况,根据机组冬季及夏季能效比,计算得出累积热量,如图 1 所示。由图中可知,冬季刚制冷时,地下热量降低,降低率较低;制冷季节由于冷负荷强度大,放热量大,导致地下热量迅速升高,当一年中制冷季结束时,地下累积热量已达到 8056MW.h。

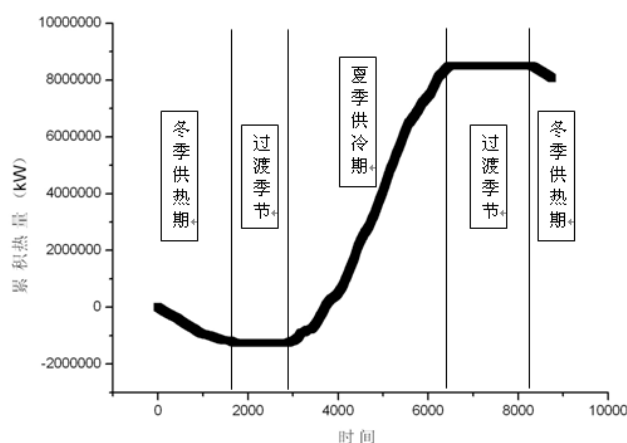


图 1 地下一年累积热量分布情况

如果全部冷热负荷都由地埋管换热器来承担,则地埋管换热器夏季排向埋管附近土壤的热量将远大于冬季从土壤中吸取的热量,当系统长期运行后地下热量累计,导致地温逐年升高,恶化地源热泵机组运行效果,不利于地源热泵系统的长期高效运行。为了避免系统长期运行后,地下土壤温度升高。需采用辅助排热措施,如采用复合式地源热泵系统,同时增加辅助散热冷却塔等措施,向大气排放多余热量,维持土壤温度的动态平衡。^[7]

为了定量分析重庆等夏热冬冷地区气候条件下得到的冷热负荷对地埋管换热器运行情况的影响。基于传热问题的叠加原理,根据 DeST 模拟的逐时冷热负荷,采用线热源模型,模拟出采用单一地源热泵系统 5 年运行期间地埋管进出口水温情况,如图 2 所示。由图可知,随着系统长时间运行,地埋管进出口水温及管壁温度逐年升高,第一年运行期间,夏季地埋管出口最高温度达到 44℃左右,当运行 5 年后时,地埋管最高壁温达到 45℃左右,最高进出口水温达到 60—70℃。可见,在重庆等夏热冬冷地区,不采用辅助散热系统,地埋管换热器运行情况严重恶化。

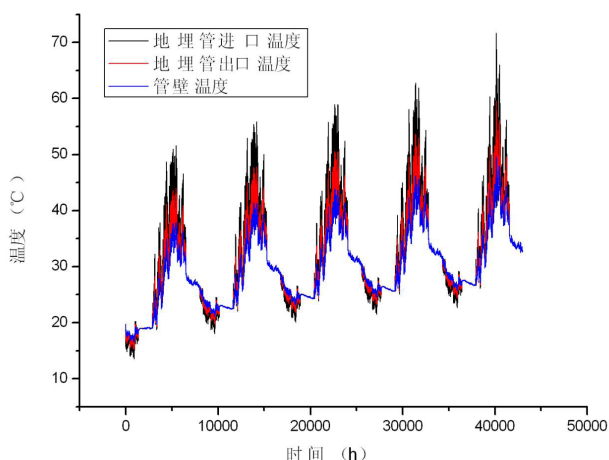


图 2 竖直埋管换热器运行 5 年后温度情况

从上可知,采用复合式地源热泵系统辅助散热是必要的。本工程复合式地源热泵系统选取 3 台热泵机组,单台额定制热量 1739.4kW,额定制冷量为 1684.9kW;选取螺杆式冷水机组 1 台,单台制冷量为 2674kW;此外,选取处理水量为 434m³/h 的冷却塔 1 台作为辅助散热的冷却塔。辅助散热冷却塔与地埋管系统并联,用于地埋管侧多余热量的排放。冷水机组与地埋管并联的辅助散热冷却塔共同承担多余热量的排放。根据建筑负荷和机组制冷量可得到系统运行控制主要策略为:

(1) 夏季制冷时,由于地源热泵系统能效高,优先开启地源热泵制冷,当冷负荷超过 3 台地源热泵制冷量时,开启冷水机组;部分负荷时,地埋管换热过程复杂,为非稳态传热,地埋管出口水温将逐渐升高,为了保证地源热泵机组高效运行,当地埋管出口温度大于等于室外湿球温度 5℃时,开启螺杆冷水机组制冷,关闭地源热泵机组,地温逐渐恢复;当地温恢复至高于室外湿球温度 2℃时,启地源热泵机组,使地源热泵机组高效运行。同时,部分负荷下,地埋管采用分区运行,使机组高效运行。

(2) 当系统处于冬季时,只开启地源热泵机组,吸收夏季向地下的排热量进行供热。部分负荷下,采用分区运行,便于土壤温度恢复,是机组高效运行。

按照上述运行策略,采用地源热泵设计模拟软件,模拟了 5 年复合式地源热泵系统运行地源侧水温情况。水温变化情况如图 3 所示。

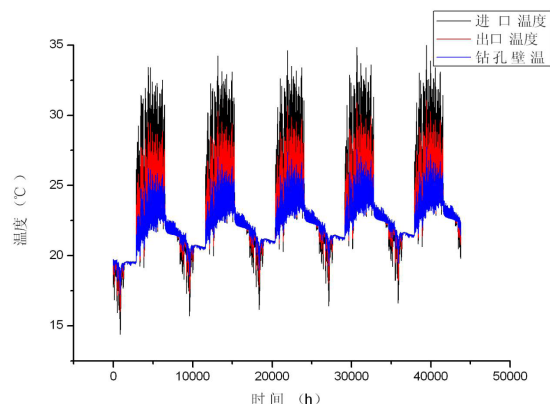


图 3 复合式地源热泵系统地埋管温度变化

图 3 可知,采用复合式地源热泵系统和冷却塔辅助排热措施后,运行 5 年期间地埋管温度稳定变化,夏季地埋管进口最高温度不超过 35℃,冬季地埋管进口温度不低于 10℃。达到设计要求。

地源热泵系统运行过程中,监测地下不同深度的土壤温度对热泵系统的高效运行和地下土壤热平衡控制是非常重要的。特别是在冷负荷小于热泵机组制冷量的情况下,需要根据地源测水温、土壤温度及室外空气湿球温度之间的大小关系,在地源热泵系统和冷水机组系统之间进行切换,系统水温及地温的监测对系统运行能耗尤为重要,而系统切换的温度设定值也对系统运行效果起到重要的作用。只有在合适的时候切换系统运行,才能将多余的热量排放大气中,减少土壤温升,使得系统向土壤中排放的热量和吸收的热量很好的匹配,真正的解决地源热泵系统热平衡问题。^[8]

整个复合式地源热泵监测系统中,在冷冻水、冷却水及地源侧进出水主管及支管布置温度传感器和流量计,可以计算出每个时刻系统室内负荷,根据逐时负荷控制机组的启停及运行台数,根据各个分支上的温差控制分支上的水泵转速,减少系统运行能耗,也防止系统出现“小温差大流量”的现象。

5 结语

目前在各行业中,商业用电量的增长是第一位的,城市居民和农村居民用电量的增长第二,工业增长第三。排在前两位的用电量中,其中供热和制冷电量的消耗占相当大的比例。按照国家实施新的科学发展观,致力于不断地提高技术水平,以降低建筑能耗。地源热泵作为一种环保节能的技术

正是顺应了这一要求,热泵无论从节能方面或者环保方面都有传统供热空调所不可比拟的优越性。鉴于建设单位的地位,将为节能技术的推广起到相当大的宣传作用,该技术推广应用前景非常广阔。

参考文献

- [1] 武涌,龙惟定主编.建筑节能技术[M],中国建筑工业出版社.2009.
- [2] 方贵银等编著.蓄能空调技术[M],机械工业出版社.2006.
- [3] 刁乃仁,方肇洪著.地埋管地源热泵技术[M],2006.
- [4] 胡平放等编著.建筑通风空调新技术及其应用[M],高等教育出版社.2010.
- [5] 赵军,戴传山主编.地源热泵技术与建筑节能应用[M],中国建筑工业出版社.2007.
- [6] 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(11).
- [7] 肖益民等.地源热泵空调系统的设计施工方法及应用实例[J].现代空调.2001(3).
- [8] 王勇.地源热泵研究(1)——地下换热器性能研究[D].重庆建筑大学.1997.