

水源热泵设计应用问题

武汉科技学院 程向东 戴慈福 孔旻

摘要: 水源热泵是许多生产厂家大力宣传的一项技术。本文从系统的角度,分析了水源热泵系统的利弊,认为如果合理地处理地下水的使用问题,应用于空调系统或生活热水系统是可行的,但要达到二者同时使用,必须十分慎重,应全面分析系统各阶段的运行要求后再定。

关键词 深井回灌 水源热泵 生活热水供应

1 引言

水源热泵技术是利用地球表面浅层水,如地下水、地表水、海水江水及湖泊水中蕴含的低位能源作为热泵的低温侧热源,实现低位热能向高位热能转移的一种技术。它利用水源热泵机组代替传统的制冷机组和锅炉或风冷热泵机组,以自然界的水体作为热泵机组冷却水系统的冷却源,以达到调节室内温度的目的。通常水源热泵COP值在5左右。水源热泵机组运行时对大气没有废热污染,不需要使用带来飘雾的冷却塔,供热时可代替低温热水锅炉,没有燃烧过程,避免了排烟污染,因此可以建造在居民区内。水源热泵系统可以只作为空调系统的冷热源,也可以作为空调系统和生活热水的制冷与供热设备。现有的锅炉加空调的两套装置系统可以由一套水源热泵系统替换,特别是对于同时有供热和供冷要求的建筑物,水源热泵的优越性更加显著。宾馆、商场、办公楼、学校等建筑均可以采用水源热泵,小型的水源热泵更适合于别墅住宅的采暖、空调。但水源热泵应用中有些技术问题应该引起重视的^[1]。

2 水源热泵系统设计

2.1 水源热泵空调水循环系统设计

一般的空调水系统,可采用单次泵系统或复式泵系统(一次泵系统与二次泵系统)。系统流量控制可采用定流量控制或变流量控制。复式泵系统中的一次泵、二次泵皆可以采用定流量或变流量控制。为了节约运行费用,二次泵运行应该采用变流量控制技术。深井泵也应采用变流量控制,且最好采用变频控制的方式。北京某公寓闭式地下水水源热泵空调系统运行测试表明^[2],在冬季供暖期二次循环泵耗电量为水泵耗电总量的80%,夏季供冷也有同样趋势。冬季一次泵与深井泵耗电量非常接近,但夏季一次泵的能耗大于深井泵。如果二次泵24h不间断定流量运行,无论环路中有多少台热泵运行,二次泵总处于满负荷工况,影响整个系统的节能。

2.2 水源热泵用深井水系统设计

地下水是宝贵的资源,地下蓄水层的构造、水质等是影响水源热泵深井水侧系统配置的第一个因素。地下水温是影响水源热泵效率的主要因素。地下水温度既是地下水水源热泵的冷凝温度又是蒸发温度。夏季,地下水作为冷却水,水温越低越好;冬季,地下水作为热泵热源,温度越高越好,但蒸发温度不能过高,否则会使压缩机排气温度过高,压缩机内润滑油可能会炭化。综合考虑,地下水温度20℃左右时,水源热泵机组的制冷和制热将处于最佳工况点。

当采用板式换热器时,板式换热器冷却水、循环水进出口水温的确定,要根据当地的气象条件(主要是指夏季空调湿球计算温度)及一次投资和运行费用的比较决定。一般情况下,冷却水的供水温度 t_{ci} 要比当地的夏季空调室外计算湿球温度高4~6℃,冷却水的温差为4~6℃,循环水的出水温度 t_{cu} 比冷却水的供水温度 t_{ci} 高2℃左右,循环水温差取5℃左右^[7-2]。

地下水水质是直接影响地下水水源热泵机组的使用寿命和制冷(热)效率的第二个因素,

也是影响水质处理环节复杂程度的决定因素。要注意水质中的腐蚀性、结垢、混浊度与含砂量^[3]。水中杂质在地下属于缺氧状态,与大气接触后会发生改变,必须引起高度注意。地下水中的 Fe^{2+} 以胶体形式存在, Fe^{2+} 易在换热面上凝聚沉积,促使碳酸钙析出结晶,加剧水垢形成。而且, Fe^{2+} 遇到氧气发生氧化反应,生成 Fe^{3+} ,在碱性条件下转化为絮状物的氢氧化铁沉积而阻塞管道,影响机组的正常运行。

当地下水质不满足要求时,必须进行水质处理^{[3][8]}。一般深井水在使用前,应进行基本的除砂,去除水中的泥沙等。经过水过滤器和除砂设备后再进入机组。目前多用旋流除砂器,也可用预沉淀池,前者初投资较高,后者较低。空调系统多只采用中间水池作基本的沉淀处理,兼作曝气除铁。地下水也可用电子水处理的方法对其进行处理,通过对水体的上的离子施以电磁影响,达到阻垢的作用。

灌抽比是决定回灌井与抽水井数量的重要参数。国内的地下水回灌基本上采用人工回灌,主要有压力回灌和真空回灌两种。真空回灌仅适用于低水位和渗透性好的含水层,现在国内大多数系统都采用这种方式的地下水回灌^[4]。地下水灌抽比虽然从理论上讲,可以达到100%,但是,目前大多数国家的地下水回灌技术尚不成熟,特别在含水层砂粒较细的情况下,回灌井极易被堵,回灌的速度大大低于抽水的速度。对于砂粒较粗的含水层,由于孔隙较大,相对而言,回灌比较容易。表1列出了国内针对不同地下含水层情况典型的灌抽比、井的布置和单井出水量情况。

表1 不同地质条件下的地下水系统设计参数

含水层情况	灌抽比%	井的布置	井的流量/(t/h)
砾石	>80	一抽一灌	200
中粗砂	50~70	一抽二灌	100
细砂	30~50	一抽三灌	50

在国内,回灌井的维护,通常采用回扬清洗的方法来维持地下水的回灌。回扬次数和回扬的时间视含水层的透水性大小而定,其次要考虑井的特征、水质、回灌量和回灌技术方法。对于中、细砂的含水层,压力回灌每天需回扬2~3次,真空回灌每天需要回扬1次。回扬时间的确定,以每次抽完浑浊水后出清水为限,一般需要15~30min。在停用期,20~30天回扬1次。对于一般轻度堵塞的回灌井,可直接用连续回扬的方法处理,直至井的单位开采量和动水位恢复,方可继续进行回灌。在回扬过程中需按时测定井的回扬量、静动水位,取水样分析化学成分等。对于堵塞严重的回灌井,可用回扬与间歇停泵反冲的处理方法,或用回扬与压力灌水相结合的处理方法。为了清除滤水管的沉淀物和铁细菌,一般对水进行化学处理。用HCl(浓度10%,加酸洗抗蚀剂)处理滤水管的沉淀物,通过水中加药或提高pH值(加石灰)使之变为碱性水,以抑制铁细菌的生长。回扬和清洗处理都是非常专业化的工作,大大增加了用户的维护工作量。另外,这种操作对井的损害也很大,会造成系统寿命的降低。

2.3 空调与生活热水同时使用的设计时的系统运行设计

现在有人看好空调与生活热水联用的水源热泵应用方式,并大力推广。据笔者了解,一般冷水机组运行时,只能控制蒸发器侧水温或冷凝器侧水温,二者很难同时控制。市场上的常规水源热泵机组(高温机组除外),其制冷工况下的冷凝器侧水温一般为35℃左右,难以达到60℃水温,要达到60℃水温,必然需要降低机组的COP值,其下降程度不低。制热工况下的冷凝器侧水温,当采用R134a时一般为55℃左右。因此,两者共用时,将会存在下述问题。

在夏季,当常规水源热泵机组工作于制冷工况时,热水出水温度就会偏低。随着空调负荷与热水负荷的变化,二者之间存在不同步现象,导致空调的除热量不等于热水系统的需热量,而二者水温又必须同时控制,这造成了水系统运行管理上的许多麻烦,如加辅助热源,固定一侧负荷等控制措施。

在冬季,当常规水源热泵机组工作于制热工况时且无冷负荷时,所有空调设备皆需供应热水,空调水与生活水变成一个系统,这样空调系统的供水温度必为热水温度,空调系统设备的放热量就偏大。为了节能,冬季空调水流量应当设计成不等于夏季空调水流量的变流量系统。这一要求导致水泵的初投资增加以及水温差的变化。

在过渡季,空调系统停止工作,热水系统依然要工作。因为环境水温度的变化,热水系统的需热量比较小,当热水循环所需的热量不到热泵主机制热量的 10%时,极可能引起机组的自我保护而停机,造成机组系统频繁启动。

分析过渡节、夏季、冬季时水温、冷热负荷、不同的水路连接等因素,可以看出,空调与热水联供的系统水路的工况转换是比较麻烦的,甚至需要很高的自动控制水平,对转换阀门与主机的使用寿命可能产生不利的影响。如武汉某大厦,选用二台上海开利生产的 350A-HP2 双螺杆水源热泵机组作为空调冷热源,首期工程投入一台。该机组名义制冷量为 1135kw,名义制热量为 1288kw,输入电源为三相交流电,制冷工况下工作电流为 486A,制热工况下工作电流为 649A,总运行重量为 5553kg,采用 R134a 为制冷工质。制热工况下热水最高温度达 60 度,一般为 55 度,温差为 5 度。机组同时作为生活热水的热源。为了减少成本,提高能量利用系数,系统采用空调与热水分供的方式,在夏季空调运行时,热水加热系统停止,生活热水靠热水箱的水供应,当热水温度偏低时,关闭空调,主机切换至制热工况,15 分钟后切换回制冷工况,切换相应阀门后,进入空调模式。可见,系统转换频繁,温度必产生波动。水流程图如图 1。

2.4 水源热泵系统可能出现的故障调查

水(地)源热泵系统在工程中的常见有冷天气问题、舒适性抱怨、装置问题、频繁自动保护、泄漏、噪声、运行费用、回水井堵塞溢出、装置不合适、防冻问题、建筑密封、控制、地源换热器设计、地源换热器安装、热泵压缩机、热泵换热器、热泵内部控制、水流泵、系统机械设计共 19 项^[5]。通过对 29 个实例工程调查后,发现冷天气问题占 1.1%,舒适性抱怨 0.18%,装置问题 0.18%,频繁自动保护 1.45%,泄漏 0.9%,噪声 0.9%,运行费用 1.45%,回水井堵塞溢出 0.18%,装置不合适 0.36%,防冻问题 0.54%,建筑密封 1.1%,控制问题 1.63%,地源换热器设计 0.72%,地源换热器安装 0.54%,热泵压缩机 0.36%,热泵换热器 0.36%,热泵内部控制 0.72%,水泵 1.1%,系统机械设计 2.18%。

可见,控制问题、频繁保护、系统产品质量问题比较突出。

3 结论

水源热泵是一种高效节能的设备,用它组建的系统,初投资与常规空调系统相差不大^[7],标准煤能耗与火电及水电相比耗量少^[6],是一个值得大力推广的技术。应该从水系统设计上充分发挥它的技术优势,采用变流量控制技术减少运行费用,针对不同的水源特点进行不同的处理。当采用深井水时,水质处理与回灌带来的影响不可忽略。同时提供生活热水时,一定要详细了解热泵不同状态下的温度参数与调节能力,否则将会导致系统运行管理不善,问题多多。

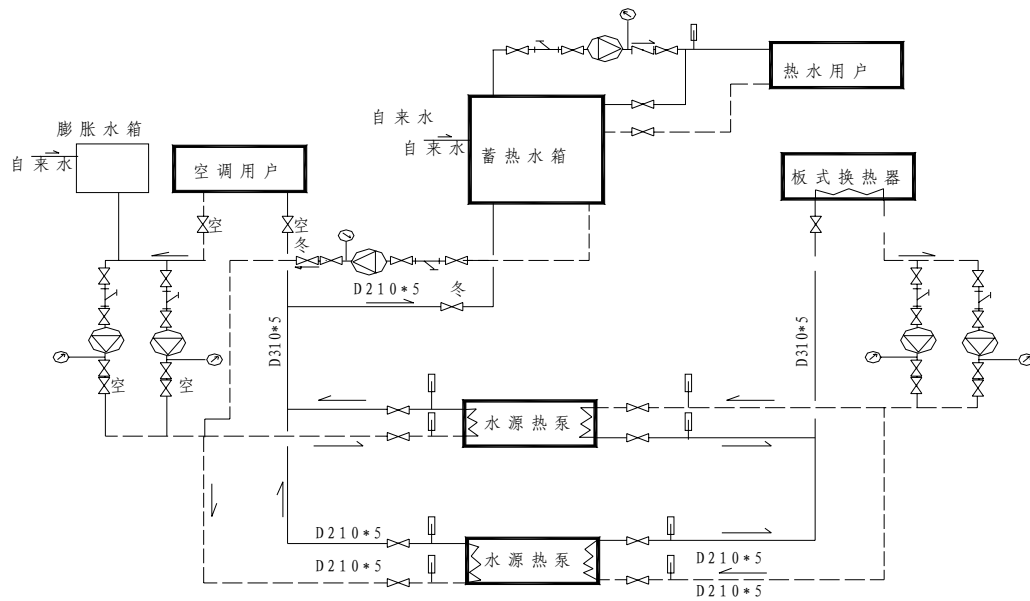


图1 水系统流程图

参考文献

- [1] 田刚, 李晓东, 陈申迅. 水源热泵在空调系统中的设计与应用. 哈尔滨商业大学学报 (自然科学版), 2004. 20(2): 230-233
- [2] 陈超, 倪真, 李小军, 等. 住宅建筑中闭式水源热泵空调系统的应用研究. 暖通空调, 2004. 34(6): 72-77
- [3] 薛玉伟, 李新国, 赵军, 等. 地下水水源热泵的水源问题研究. 能源工程, 2003(2): 10-13
- [4] 邬小波. 地下含水层储能和地下水源热泵系统中回路及回灌技术现状. 暖通空调, 2004. 34(1): 19-23
- [5] 张群力, 王晋. 地源和地下水源热泵的研发现状及应用过程中的总是分析. 流体机械, 2003. 31(5): 50-54
- [6] 姚镛, 王建华, 李波. 水源热泵供冷 (供热) 系统的能量评价. 矿冶, 2004. 13(1): 117~119
- [7] 郎四惟, 徐伟, 冯铁栓, 等. 水源热泵中央空调系统设计应用若干问题探讨. 暖通空调, 1996(1): 15-19
- [8] 高湘, 张建锋. 给水工程技术工程实例. 北京: 化学工业出版社, 2002. 5
- [9] 王增长, 曾雪华. 建筑给水排水工程. 北京, 中国建筑工业出版社, 1998. 6