

水源热泵系统的水问题

何 平

(河北省廊坊水文水资源勘测局, 河北 廊坊 065000)

摘要 简述水源热泵系统的工作原理, 探讨水源热泵系统建设和运行过程中可能存在的回灌堵塞、热污染、腐蚀和水质以及地面沉降等一系列水问题。通过对水源热泵系统的调查研究, 给出了具体的解决措施。这些问题应在设计和建设过程中引起高度重视, 并重点解决, 确保水源热泵系统长久稳定的运行。

关键词 水源热泵系统 地下水回灌 热污染 腐蚀性 地面沉降

中图分类号 :TU833⁺.3 **文献标识码** :A **文章编号** :1006-7647(2009)S1-0068-03

水源热泵系统是根据可逆卡诺循环原理, 利用地温能源, 冬天采用热泵技术原理, 通过热交换将地下水的热量提出用于室内采暖, 而夏天则利用地下水带走热量, 达到制冷的目的。该系统具备了为建筑物冬季供暖、夏季制冷和 24 h 提供热水的“三联供”功能。由于水源热泵系统通过地下水进行吸、放热, 减少了空调系统对地面空气的污染, 符合当前可持续发展的要求。

采用水源热泵系统提供冷热源, 系统不消耗水资源, 只是采用地下水作为热泵机组提取地下恒温能量的传导介质。项目用水采用“抽灌分离”的循环用水方式, 地下水通过抽水井提取进入热泵系统, 经过热交换后又从回水系统通过回灌井回灌到地下, 整个用水过程为封闭循环用水, 地下水除了温度外与外界不发生物质交换^[1-2]。

1 水源热泵系统的工作原理

在冬季制热模式下, 高温高压的制冷剂气体从压缩机排出后进入冷凝器, 冷凝过程中释放热量而冷却成高压液体, 释放的热量用来供暖, 高压液体经膨胀阀进行节流膨胀成为低压液体, 再进入蒸发器蒸发为低压蒸汽, 蒸发过程中吸收地下水中的热量。低压制冷剂蒸汽又进入压缩机, 压缩成高温高压气体。如此循环, 达到冬季制暖的目的。在此过程中, 温度降低的地下水又不断回灌到取水含水层^{3]}。

在夏季制冷模式下, 高温高压的制冷剂气体从压缩机出来后进入冷凝器, 向地下水中释放热量而

冷却成高压液体, 致使地下水的温度升高, 高压液体经节流膨胀阀成为低压液体, 进入蒸发器后转变为低压蒸汽, 吸收空气(水)中的热量, 达到室内制冷的目的。将室内的热量释放到抽出的地下水中, 以达到调节室内温度的目的。在循环的过程中, 地下水的温度升高后, 不断回灌到取水含水层^{3]}。

从水源热泵空调系统的工作原理来看, 它实现了三重循环, 其一是建筑物空调系统的水循环, 其二是热泵机组内部压缩机系统的循环, 其三是地下水的循环^{3]}。水源热泵系统的工作原理见图 1。

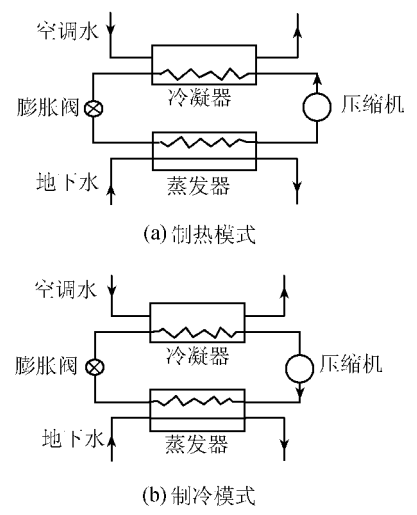


图 1 水源热泵系统的工作原理示意图

2 水源热泵系统水问题及其解决途径

水源热泵这一技术自从 20 世纪 90 年代开始应用于国内的空调工程领域, 目前该项技术在一些地

区发展比较迅速,中华人民共和国住房和城乡建设部也已开始正式推广该项技术,北京等地区已出台了专门政策来鼓励和推广该项技术的应用。在水源热泵系统建设项目水资源论证和设计水源热泵空调系统时,普遍存在对地下水水源和水环境影响考虑不足的现象,主要存在以下4方面的问题。

2.1 回灌堵塞问题

地下水回灌是水源热泵空调系统中很重要的技术问题,它直接决定水源热泵空调系统能否良好地运行以及地下水资源是否浪费。水源热泵空调系统采用的回灌方式因不同地区水文地质条件的差异而不同,应因地制宜,选择不同的回灌方式。地下水由于堵塞难以实现完全回灌。回灌井的堵塞主要有6种情况。

a. 悬浮物堵塞。回灌水中的悬浮物含量过高会堵塞多孔介质的孔隙,从而导致井的回灌能力不断减小,直至无法回灌。这是回灌井堵塞中最常见的情况。因此通过预处理控制回灌井中悬浮物的含量是防止回灌井堵塞的首要方法。在回灌灰岩含水层的情况下,悬浮物应控制在30 mg/L以内。

b. 微生物生长堵塞。在适宜的环境下,回灌水中的微生物或当地的微生物可能在回灌井周围迅速繁殖,形成生物膜,从而堵塞含水层介质的孔隙,降低含水层的导水能力,以致于造成堵塞。通过去除水中的有机质或进行预消毒,杀死微生物可以防止生物膜的形成。在用氯进行消毒时,典型的余氯值应为1~5 mg/L。

c. 化学沉淀。当回灌水的水质(包括水温)在循环回路中发生改变时,可能会与含水层中的地下水发生某些化学反应。在地下水硬度较高地区,易产生Ca、Mg沉淀在井壁、泵头及井孔周围空隙中,使回灌量减少以至停灌;在地下水中还原性二价铁较高的地区,一旦在地下水回路中遇氧化,也会形成沉淀附着在回灌井的过滤器上,造成回灌井的堵塞;在碳酸盐地区可以通过加酸来控制水的pH值,以防止化学沉淀的生成。

d. 气泡堵塞。回灌水在地下水回路中流动时,可能产生或携带大量的气泡,同时,水中溶解的气体可能因温度压力的变化释放出来,也可能因生化反应产生新的气体。生成的气泡在潜水含水层中不会造成太大的问题,可自行溢出,但在承压含水层中,很容易造成回灌井过滤器周边含水层介质孔隙的堵塞。因此,在承压含水层中,除防止注入水挟带气泡外,还应对其他原因产生的气体进行特殊处理。

e. 黏粒膨胀扩散堵塞。回灌水中的离子与含水层介质中黏土颗粒上的阳离子发生交换,从而导

致黏粒的膨胀和扩散,使含水层介质的孔隙度变小,造成回灌量衰减。由这种原因引起的堵塞,可以通过注入CaCl₂等盐来解决。

f. 含水层颗粒重组。当回灌井与抽水井轮换的情况下,反复抽灌可引起井壁周围细颗粒的重组,形成含水层的堵塞。这种堵塞一旦形成,很难处理。因此在这种情况下,回灌井用作抽水井的频率不易太高。

2.2 热污染问题

当水源热泵地下水循环回路中的地下水回灌时,其温度较本底值或高或低,从而对地下水水质产生影响。目前,水源热泵空调系统的应用基本上没有考虑地下水温度变化对地下水水质的影响。在以后的工作中,应充分论证水源热泵空调系统对地下水环境影响的潜在可能性。

目前,部分水源热泵空调系统商家采用回灌水质与抽取水质比较的方法,对回灌水的水质进行监测论证,认为水源热泵不会对地下水环境产生影响。实际上,在运行水源热泵空调系统时,地下水是作为储存热量的介质使用的,它通过封闭的管道,仅仅被吸收和接受热量后,立即被回灌,其间既不与其他物质发生化学反应,也不在空气中暴露,所以得出的结论是不会对地下水水质产生影响,这种论证方法显然有不妥之处。

在利用浅层地能时,可能构成的污染主要是地下水利用后的回灌水由于温度较高而引起地下水的污染。温度对物理过程和生物过程有重要的影响,从而对水质产生影响,一般来说,在土壤中有极嗜冷菌、嗜冷菌、嗜热菌、极嗜热菌等菌类,这些菌类对温度和溶解氧十分敏感,地下水中温度增高时,溶解氧的浓度会降低,影响地下水中细菌的同化作用,导致地下水生态平衡的破坏。

目前,在国内外还没有明确的关于热污染的地下水温度排放标准,对这一方面的研究成果也极少。在美国,已把热排放标准写入法律,对于地下水,排放的温度仅容许相差5℃。在国内没有相关的法律或管理措施。因此,在运用水源热泵空调系统时,应加强监测地下水的污染指标,防止地下水产生热污染。

2.3 腐蚀和水质问题

腐蚀和生锈是地下水源热泵遇到的普遍问题之一。地下水的水质是引起腐蚀的主要因素。为此,国内外学者对地下水的水质做了分析,提出了水质的基本要求:澄清、水质稳定、无腐蚀、不滋生微生物或生物、不结垢等。地下水中对热泵机组的有害成分有铁、锰、钙、镁、二氧化碳、溶解氧、氯离子、酸碱

度等。

a. 腐蚀性。溶解氧对金属的腐蚀性随金属而异。溶解氧的含量越高,对钢铁的腐蚀性就越强;当水中的氧和二氧化碳含量较高时,铜的腐蚀速率也会加快;水中游离二氧化碳浓度的变化,影响碳酸盐的结垢;氯离子的浓度过高,会引起系统管道的局部腐蚀。建议:水的 pH 值应为 6.5~8.5,否则应设有相应的水处理设备。

b. 结垢。水中的钙镁离子易在换热器表面析出沉积,形成水垢,严重影响换热器的换热效果,从而影响热泵机组的运行效率。地下水中的二价铁离子易在换热器表面凝聚沉积,促使碳酸钙沉淀,加剧了水垢的形成。二价铁离子遇氧氧化,在碱性条件下易形成氢氧化铁絮状物沉积而阻塞管道,影响机组的正常运行。建议:水源 CaO 含量应小于 200 mg/L,以避免水结垢;水矿化度小于 350 mg/L 时,可以不加板式换热器,当矿化度为 350~500 mg/L 时应安装不锈钢板式换热器,当矿化度大于 500 mg/L 时应安装抗腐蚀性强的钛合金板式换热器。

c. 混浊度和含砂量。地下水的混浊度高会在系统中形成沉积,阻塞管道,影响机组的正常运行。地下水中较高的含砂量会对机组管道和阀门造成磨损,并加快钢材的腐蚀速度,严重影响机组的使用寿命。通过分析,当水中含沙量较高时($>1/20$ 万),可在水源水管路中设置旋流除砂器或沉淀除砂池,以避免造成机组和管路磨损和堵塞;当混浊度大于 20 mg/L 时应安装净水器加以过滤。

2.4 地面沉降问题

在设计水源热泵空调系统和进行水资源论证时,应充分考虑地下水位变化、抽灌井的井距对建筑物沉降的影响。地面沉降是多种因素综合作用的结果,既有自然因素也有过量开采地下水 and 大规模城市建设等人为因素。水源热泵空调系统在大规模应用时,可能发生地下水位变化引起的地面沉降。地面沉降的方式主要有 2 种:①在大面积推广此系统时,未能实现地下水的完全回灌,造成深层承压水资源的严重浪费,以至于抽灌场地及周边的地下水位降低,黏土层由于释水压密而造成地面沉降。②抽灌井井距过短,抽灌井较大的水位差形成较大的地下水流速,含水层中细颗粒介质被水流携带而出,含水层中的介质坍塌重组而造成地面沉降。

对于水源热泵系统,井的布局是至关重要的,因为井群的建筑具有不可改动性,而井群的正常运行对于水源热泵系统的作用又是非常重要的。首先要根据当地的水文地质资料,确定所取含水层、机井深度。防止地表污水通过抽水井和回灌井污染地下

水。为延长井的使用寿命,抽水井和回灌井要采用抽灌轮换方式设计。

3 结 语

重点探讨了水源热泵系统中存在的回灌堵塞问题、热污染问题、腐蚀和水质问题以及地面沉降问题,并给出了具体的解决办法。这些问题中以回灌堵塞问题最为突出,设计和建设过程中应给予高度重视,重点解决,保证水源热泵系统长久稳定的运行。

参考文献:

[1] 刘兴中,范新. 水源热泵系统介绍[EB/OL].[2008-03-10]. 2008.2. <http://www.zhileng.com>. 2003.
[2] 李先瑞. 水源热泵——一种经济、节能、可靠的空调能源方式[EB/OL].[2008-03-10]. 2008.2. <http://www.zhileng.com>. 2003.
[3] 水源热泵系统的组成[EB/OL].[2008-03-10]. 2008.2. <http://www.zhileng.com>. 2004.

(收稿日期 2009-04-02 编辑 方宇彤)

(上接第 62 页)

[9] 赵永军,冯平. 河道防洪堤坝水流风险的估算[J]. 河海大学学报:自然科学版,1998(3):36-39.
[10] 王卓甫,章志强,杨高升. 防洪堤结构风险计算模型探讨[J]. 水利学报,1998(7):61-67.
[11] 高延红. 现有堤坝地基渗透稳定可靠性研究及加固方案分析[J]. 浙江工业大学学报,2007,35(1):82-86.
[12] 张俊芝,邹传仁. 服役堤坝边坡稳定最危险滑动面的可靠度分析[J]. 中国农村水利水电,2007(10):54-57.
[13] 樊启宙. 堤防建设最佳洪水标准的运用研究报告[R]. 南昌:江西省科技厅,2008.
[14] 彭友文. 混凝土重力坝风险评价模型及预警性指标的研究[R]. 南京:河海大学,2008.

(收稿日期 2008-09-02 编辑 方宇彤)

