

首钢技术研究院科研综合楼项目中 水源热泵系统的应用

王元葵¹, 王立发², 罗春庆¹

(1. 首钢生产部, 北京市 100041; 2. 北京市地质工程勘察院, 北京市 100037)

【摘要】 浅层地温能资源是一种新型的优质环保能源, 具有经济、可再生、储量大、清洁环保和可用性强的特点。开发利用浅层地温能资源对改善北京市能源结构, 提高可再生能源利用比例, 实现北京市节能、减排目标均具有重大意义。根据多方面的考察和当地的水文地质情况和未来的经济、环保、节能的措施的综合考虑, 首钢技术研究院科研综合楼项目尝试采用水源热泵系统进行供暖和制冷, 获得了较好的效果。

【关键词】 水源热泵; 应用

浅层地温能资源是一种新型的优质环保能源, 具有经济、可再生、储量大、清洁环保和可用性强的特点。开发利用浅层地温能资源对改善北京市能源结构, 提高可再生能源利用比例, 实现北京市节能、减排目标均具有重大意义。根据北京市“十一五”能源发展与节能规划, 到 2010 年, 北京市可再生能源利用量达到 200 万 t 标准煤, 力争达到占能源消费结构中总量 4%, 其中热泵系统供暖面积达到 3500 万 m²。

据北京地区浅层地温能资源开发利用现状调查统计, 截止到 2007 年 9 月底北京地区已建浅层地温能资源开发利用工程数量已达到 479 个, 服务面积达到 1052 万 m²。

水源热泵项目运行时需要通过抽取地下水作为能量传递的介质来实现供热或制冷的目的, 地下水在完成热交换后, 必须 100% 的回灌入同一含水层中。因此, 区域水文地质条件能否满足项目的需水量和回灌量要求是项目立项的关键。此外, 技术方案选择是否合理, 主机、循环泵选型, 外管线布置, 使用和管理制度等都直接影响着项目的初投资和运行成本。

首钢技术研究院科研综合楼项目应用水源热泵系统获得了较好的效果, 现总结如下, 供大家参考, 有不足之处, 请各位指正。

1 工程概况

首钢技术研究院科研综合楼位于首钢特殊钢有限公司厂区内。综合楼总建筑面积约

39100m², 分为实验和综合办公两部分, 通过南北向的两条空中走廊连成一个整体, 实现节约用地、土地利用最大化。在综合楼东侧预留了发展用地。

实验部分位于该区域南侧, 为地上 4 层、局部地下 1 层的大 U 字形楼; 综合办公部分位于该区域北侧, 靠近主路为地上 13 层、地下 1 层的小 U 字形楼, 综合楼主朝向向南, 利于自然采光。

项目总冷负荷 3973kW, 总热负荷 1596kW。另外, 还单设一台机组给制样加工间淋浴常年提供热水, 热负荷为 250kW。根据需水量计算公式, 该项目夏季高峰需水量约为 474m³/h, 冬季高峰需水量约为 181.4m³/h。一般正常需水量按照高峰需水量 80% 计算, 夏季为 379m³/h, 冬季为 145.12m³/h。取水水源和取水地点: 该项目拟开采第四系地下水作为水源, 系统所需水井拟布置在紧邻综合楼的四周的绿化带上。

2 负荷计算

2.1 冷热负荷计算

负荷计算公式: $Q = q \times F$

其中: Q - 总负荷;

q - 单位面积负指标;

F - 空调面积。

由于综合楼建筑设计执行《公共建筑节能设计标准》(GB50189 - 2005), 其外墙传热系数: 0.6 W/m²·K; 外窗: 2.7W/m²·K; 内墙: 1.0W/m²·K; 屋顶: 0.55W/m²·K。

经首钢设计院暖通专业人员计算,综合楼冷负荷为 3973kW,热负荷为 1596kW,生活热水总负荷为 250kW,计算过程详见表 1。

表 1 综合楼冷、热负荷计算表

名称	面积 /m ²	夏季		冬季	
		冷负荷 /kW	面积指标 /W/m ²	热负荷 /kW	面积指标 /W/m ²
办公楼	19400	1746	90	640	33
实验楼	11000	1243	113	440	40
实验楼预留	5900	584	99	236	40
制样加工间	2800	400	143	280	100
淋浴(生活热水)		全年热负荷:250kW			
总计	39100	3973	101.6	1596	40.8

需要指出是,由于实验楼和制样加工车间需进行热扎实验,设备散热量较大,因此其冷负荷指标高出热负荷指标。

考虑到实验楼及制样加工车间不可能全部同时使用,经首钢设计院计算,实验楼及制样加工车间在夏季的同时使用系数按 0.75 计算,因此综合楼夏季冷负荷为:

$$Q = 1746 + (1243 + 584 + 400) \times 0.75 = 3416\text{kW}$$

考虑到冬季生活热水用量较多的情况,冬季总热负荷为空调热负荷直接加上生活热水热负荷,故总热负荷 1846kW。

2.2 高峰需水量计算

用水量理论计算公式:

$$\text{夏季用水量: } Q_c = \frac{(1 + \text{EER}) W_c}{\text{EER} \times 1.163 \times \Delta t}$$

$$\text{冬季用水量: } Q_h = \frac{(\text{COP} - 1) W_h}{\text{COP} \times 1.163 \times \Delta t}$$

式中: EER、COP—一般选 5;

Q_c 、 Q_h —分别为夏季和冬季地下水需用量,单位为 m³/h;

W_c 、 W_h —分别为夏季和冬季负荷值,单位 kW。

出入口温差按 7℃ 计算,则机组高峰需水量为:

$$(1) \text{夏季: } Q = 3216 \times 1.2/7/1.163 = 474\text{m}^3/\text{h}。$$

$$(2) \text{冬季: } Q = 1846 \times 0.8/7/1.163 = 181\text{m}^3/\text{h}。$$

一般正常需水量按照高峰需水量 80% 计算,夏季为 379m³/h,冬季为 145m³/h。

3 系统设计方案的确定

空调系统设计

3.1 冷热源设备

水源热泵机组: 两台。

制冷量/制热量 = 63.6/69.8kW

末端循环水泵: 立式离心泵 3 台,两用一备,流量 15t/h,扬程 20m。

井用潜水泵: 3 台,流量 160m³/h,扬程 60m。

3.2 系统形式

冷冻水采用双管制风机盘管闭式系统,室内机挂于室内楼板下方,水源热泵机组、末端循环泵和其他设备设于水源热泵机房内。冷却水采用地下水作为水源循环使用。冬季与夏季工况的转换通过水源热泵机房内的 8 个冬夏转换阀门完成。

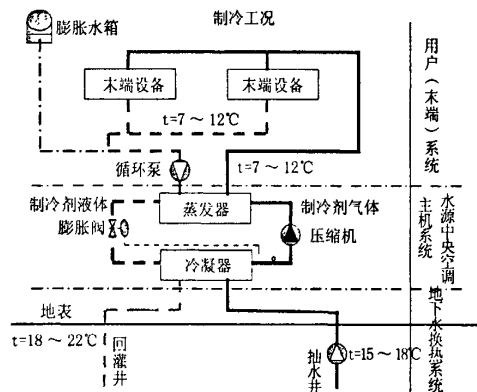


图 2 系统流程图(制冷工况)

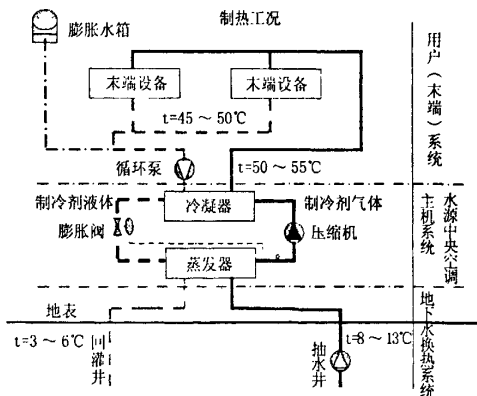


图 3 系统流程图(制热工况)

3.3 井口小室

井口小室采用全现浇钢筋混凝土结构。井口小室内除阀门、压力表等设备外,还设计了水表和取水口,方便读取抽灌水量和采集水样。

3.4 系统控制流程图

本系统选用清华同方的主机(SGH-1000) 三台,主机的压缩机负荷控制根据温差大小采用无级调节,减少了一般压缩机从开机到停机都是 100% 工作所造成的不必要的资源浪费。井用潜水泵采用变频自动控制,根据压力调节水泵所投入的工作频率及数量。

3.5 减震、节能措施

为防止设备震动噪声,水管出入水口、水泵进出口设橡胶软接头,水泵基础设减震垫。机组设在砼基础上,并加减震垫。

现在唯一不足是末端循环水泵、井水潜水泵、主机没有实现联动和远程控制。如果能以主机为核心带动水泵工作,则可最大限度的节约资源,最终真正做到中央空调机房无人值班的目的。

抽、灌井系统设计

3.6 抽、灌井分布

水源热泵空调系统夏季制冷和冬季供暖运行时,必然会改变区域地下水原始流场。在抽水井周围地下水等水位线呈“锥”状,相反在回灌井周围地下水等水位线呈“漏斗”状。地下水温度场也会随着地下水流场的改变而改变。具体的说,随着回灌水在含水层中的缓慢流动,回灌水的温度会逐步与地下水常温趋一致,也就是回灌水在地下含水层中会有一个“温度影响半径”,其大小受到回灌量、回灌温度与地下水常温的差值大小、含水层的渗透性和热传导率等因素控制。如果抽、灌井之间的距离小于“温度影响半径”,将发生“热突破”现象,导致在夏季制冷期,抽水井处的温度将升高,而在冬季供暖期,抽水井处的地下水温度降低。其结果最终会导致水源热泵空调系统的运行效率降低。因此,合理的抽、灌井间距是水源热泵空调系统高效运行的重要因素。

抽水井、回灌井的布设原则是在充分了解当地水文地质条件的基础上结合以下因素共同确定:

- ①本项目的高峰循环水量为 $474\text{m}^3/\text{h}$;
- ②地下水开采时温度和回灌温度的温差是 7°C ;
- ③地下含水层的渗透性和空隙率;
- ④地下含水层厚度、地下水静、动水位及地下水流场。

在综合考虑了上述因素后,本项目设计了3眼抽水井、2眼回灌井和2眼沉砂井。抽水井单井出水量 $160\text{m}^3/\text{h}$,可以满足系统高峰需水量要求。布井时将3眼抽水井和2眼回灌井沿综合楼东侧和南侧的绿地间隔布设。1*和3*抽水井的间距约 100m ; 3*和5*抽水井间距约 130m ,有效避免了3眼井群抽时的井群干扰。回灌水经过沉砂井沉砂并稳压后才进入回灌井,既延长了回灌井的使用寿命,也保证了系统的稳定运行。按此

布井方案,一是避免产生“热突破”,二是平均分布地下水流场,可保证水源的高效、稳定利用。

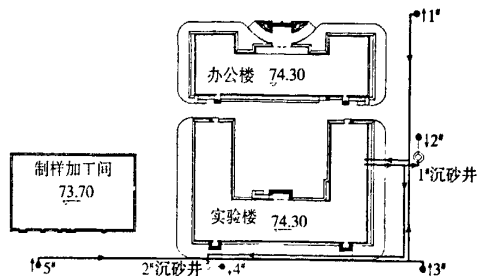


图4 抽灌井及沉砂井平面布置图

3.7 抽、灌井设计

抽、灌井设计严格按《供水管井技术规范》(GB50296-99)要求进行。设计井深 85m , 井径 850mm , 管径 529mm 。泵室段深度需综合考虑抽水试验成果资料、地下水位年变幅和近年来由于连续干旱造成的地下水位持续下降的情况确定。

4 运行效果

系统自2007年冬季投入使用以来,总体运行情况良好,没有出现井水不能完全回灌现象及大面积的热力失调现象。

5 方案特点

5.1 余热利用、经济节能

采用高温水源热泵机组可直接回收利用低温地热水、地热尾水、含油污水及其它各种温度在 $30\sim 60^\circ\text{C}$ 之间的中低品位余热资源,从根本上解决了此类余热资源不能被热泵机组直接回收利用的现状。机组制热工况出水温度可根据用户需求调节,最高出水温度可达 90°C ,可以满足不同用户的空调、供暖、制备生活热水的需求,低温地热水+高温水源热泵取代燃煤锅炉进行冬季供暖无须改造供暖末端及现有供暖管网,从而使现有资源得到了最合理的利用。

5.2 绿色环保、效益显著

采用地热水加高温水源热泵取代燃煤锅炉可取得很好的环保效应和经济效应,避免了燃煤锅炉的废气废渣对周围环境的污染,省掉了燃煤的运输费用、贮煤场地费用、除尘费用、灰渣的运输处理费用等。同时解决了低温地热水或地热尾水排放后对环境造成的热污染的问题,经此方案后,地热水的温度只有 18°C 左右远低于国家规定的小于 30°C 的标准。

5.3 一机多用,节约资金

在该项目中,利用水源热泵提供冬季供暖、夏

(下转第95页)

各项用水指标超过国内先进水平,达到世界一流水平。我们相信,通过贯彻落实科学发展观,以开展循环经济试点工作为中心,以节水减排为目标,加快构建节约能源资源的技术支撑体系,建立科

(上接第 75 页)

季制冷和生活热水,从而避免了中央空调系统的重复投资。

5.4 性能稳定、安全可靠

水源热泵运行自动化程度高,运行人员少,无压力容器存在,安全性好。地下水温度稳定,水源热泵供热为连续供热温度恒定,人体的舒适感好。

6 结语

当今人类对环保的要求越来越严,同时各种能源随着使用的增加日渐枯竭,迫使人们不断采用更先进节能的环保空调设备和更先进、节能的运行方案。水源热泵系统是利用地下水常年温度保持恒定的特点,进行能量转换的冷暖空调系统,

(上接第 83 页)

膜元件内过大的水流流入,导致压力急速地上升,膜元件与膜壳之间的空气很难排放出去,膜元件内部和膜元件与膜壳间会产生压差,造成膜元件的膨胀,最终导致膜元件破损。为了能够快速排气,开发了排气构造。本项目反渗透膜端板上开设了 6 个排气槽,加快了排气速度,避免了 FRP 的爆裂现象。

根据大流量的过滤要求,本项目采用直径为 6"、长度为 40"的大流量折叠式滤芯和材质为不锈钢的卧式过滤器。当过滤器进出口压差大于设定的值(通常为 0.15 ~ 0.2MPa)时应及时当更换滤芯。与普通的保安过滤器相比具有降低劳动强度、便于维修更换、便于现场管理,降低费用等优

(上接第 90 页)

对一些新型的测量方法,也可以根据实际情况逐步进行应用。

学的节能减排指标体系、考核体系和监测体系,把节能减排作为各项工作的重点,争创经济效益突出、资源合理利用、环境清洁优美、环境与经济协调发展的企业典范。

是环保、节能、“零”污染、“零”排放的一种空调设备。它无须冷却塔等装置,初投资和运行费都比传统冷暖方式低,而且地下水水温稳定,受外界影响小,机组的制冷和制热功能发挥的更好。随着空调的日益普及,水源热泵系统必将受到各界更大的关注与支持,应用会更加广泛。

参 考 文 献

- [1]陆耀庆.实用供热空调设计手册[M].中国建筑工业出版社
- [2]赵义荣.空气调节[M].中国建筑工业出版社
- [3]民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)[M].JGJ26-95.1995
- [4]徐伟,郎四维.地源热泵工程技术指南[M].北京:中国建筑工业出版社,2001

点。

4 经济及社会效益

项目实施后,将产生 3.3 万 t/d 中水深度处理出水,作为工业新水补水水源,届时太钢吨钢耗新水将降至 2.0t/t,可极大地缓解城市水资源与企业生产用水的矛盾,为保护和合理利用水资源,实现循环经济和水资源可持续利用做出贡献。

参 考 文 献

- [1]孙德栋,张启修.用超滤法处理回用生活污水[J].中南工业大学学报,2003,34(2):144 ~ 147
- [2]张林生.水的深度处理与回用技术[M].北京:化学工业出版社,2004
- [3]周克元.新技术在环境保护中的应用[M].北京:中国环境科学出版社,1990

随着我们对测量系统的不断完善,供水系统中的各个计量检测点将全面得以实现科学计量,以便为企业的节能增效提供更准确的数据。