

# 地下水源热泵系统设计与应用-以华北平原中部地区某小区为例

张 岩

河北省地质调查院 河北 石家庄 050000

**【摘 要】**随着经济的发展和人民生活水平的提高,公共建筑和住宅的供热和制冷已成为普遍的需求。但是传统的供热方法和制冷手段已经难以满足人们对于绿色发展的渴求,地下水源热泵技术在满足上述要求的条件下慢慢地进入了大众的视野。本文结合华北平原中部地区某小区工程实例,通过对项目规模、用水来源、系统工艺进行论述,并辅以相应的试验与数据,对华北平原中部地区某小区的地下水源热泵系统的可行性及应用价值进行评估。

**【关键词】**水源热泵系统;取水工艺;抽水及回灌试验;水文地质

自我国提出“碳达峰、碳中和”的战略目标以来,各行各业都相继进行了技术或者设备的改革[1]。在发达国家中,供热和制冷的能耗可占到社会总能耗的25~30%。我国的能源结构主要依靠矿物燃料,特别是煤炭,燃烧所产生的环境影响已日益成为政府关注的焦点,环保要求愈来愈严,加上有形能源(如石油、天然气)的价格日益升高,电价逐步提高等多种因素。因此,除了大型集中供热的方式以外,急需发展其它供热方式进行替代。水源热泵系统就是有效节能并减少大气污染的供热制冷手段[2]。这也是我公司研究地下水源热泵系统的初衷。

## 1.地下水源热泵系统简介

水源热泵是一种利用地球表面或浅层水源(如地下水、河流和湖泊),或者是人工再生水源(工业废水、地热尾水等)的既可供热又可制冷的高效节能空调系统,利用热泵机组实现低温位热能向高温位转移,将水体和地层蓄能分别在冬、夏季作为供暖的热源和空调的冷源,即在冬季,把水体和地层中的热量“取”出来,提高温度后,供给室内采暖;夏季,把室内的热量取出来,释放到水体和地层中去。水源热泵是一种清洁能源方式,投资小,费用低,运行可靠,环境效益显著。其中,尤以地下水水源热泵应用最为广泛。

地下水源热泵系统充分利用水中低品位能源,仅需消耗部分高品位的电能便可实现对建筑供暖、制冷,其能效比使用矿物燃料高达4倍以上。因此,采用水源热泵系统对建筑供热制冷具有显著的节能效果[3]。

## 2.项目建设概况

华北平原中部地区某小区水源热泵取水项目目前已建。项目总占地总面积19600m<sup>2</sup>,总建筑面积28000m<sup>2</sup>,一层为车库,面积约4600m<sup>2</sup>,需供暖建筑面积为23400m<sup>2</sup>;共建设居民住宅楼4栋,均为6层居民楼,总共容纳住户192户,约780人。项目工程主要包括地下取水、回水工程、地下水升压泵房、地下水输水

管网、热泵采暖机房以及热泵供热管网等四部分组成。热泵供热管网主要将小区采暖机房的热水供给各居民户,采用枝状布置,闭路循环。

## 3.项目可行性分析

《某地区地下水管理条例》(2020年11月1日)规定“禁止将深层地下水作为地下水源热泵系统的水源,禁止在地下水禁采区利用地下水源热泵系统取用地下水”。根据《某地区人民政府关于公布平原区地下水超采区、禁采区和限采区范围的通知》(某政字【2017】48号),项目地下水所在区不属于地下水严重超采区、禁采区和限采区范围,本次项目取水水源为浅层地下水,因此取水符合政策要求。

地温空调对水质的要求不高,水质要求以不堵塞、不腐蚀机组为原则,水源含砂量应<1/20万,浊度<20mg/L, pH值应为6.5-8.5之间,硬度应<450mg/l,溶解性总固体<1000mg/l,矿化度应<3g/L。根据抽水井水质化验报告成果,水源热泵要求的相关水质指标满足项目用水要求,地下水质量检测及评价结果见表1。

表1 地下水质量现状监测及评价结果

项目	单位	标准值	检测值	评价
浑浊度	NTU	≤1	<1	符合
PH 值		6.5-8.5	7.72	符合
总硬度(以碳酸钙计)	mg/l	≤450	252.2	符合
溶解性总固体	mg/l	≤1000	335.0	符合

项目取水位置位于滹沱河冲积扇上,第四系含水层厚度大,开采层段中有两层粗砂及中粗砂,径流条件和富水条件相对较好,单位涌水量约30m<sup>3</sup>/h·m,单井出水量达100m<sup>3</sup>/h,可见从区域水资源储量、含水层供水能力、单井出水量分析,项目取水是可靠的。并且根据水质化验结果与水源热泵要求水质允许值对比,水质能满足项目对原水指标要求。另本项目取用地下水为循环

取水,仅提取地下水的热能供热,而后等量回灌于地下,基本不消耗水量。综上,项目建设取水是可行的。

#### 4. 地下水热泵系统应用实例

华北平原中部地区某小区采用水源热泵系统实现冬季采暖,水源热泵采用的是以水为介质的换热装置,抽取的地下水进入系统后,只在机组水源热泵循环系统提取或释放热能,而后同层等量回灌至地下,不消耗水量。

水源热泵工艺技术:项目水源热泵系统由压缩机、冷凝器、蒸发器和节流机构构成一个蒸汽压缩式热泵装置作为供热系统的热源。它通过蒸发器从水中吸取热量,在冷凝器中放出热量供给供热系统。这种供热系统只需消耗少量的电能,便可得到满足房间供热所需要的热量[4]。热泵采暖机房的水循环均为闭式循环,提供热量的地下水管网和居民的热水管网相互独立。水源热泵系统工作原理图详见图2。

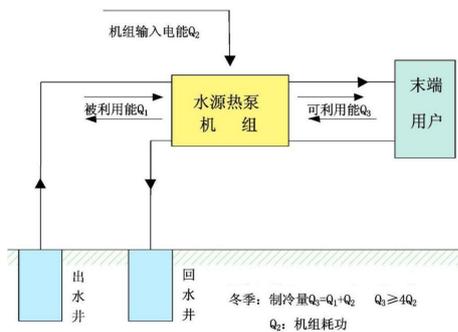


图2 水源热泵系统工艺图

项目水源热泵系统主要包括两部分:(1)地下水取水、回水工程:潜水泵22kw,输送地下水管,管径DN125。本工程引排水管材采用双面防腐钢管。(2)水源热泵系统:SKCWF10180BR0SR1R型水源热泵1台、高效卧式壳管换热器的冷凝器、高效卧式壳管换热器的蒸发器及高低压保护、防冰、防热保护(双重)、安全阀、过载保护、欠相、逆相、欠电压、过电压、水流保护等安全保护装置。

本项目负责为某小区地上住宅楼提供冬季采暖热源,需供暖建筑面积为23400m<sup>2</sup>,采暖面积为18954m<sup>2</sup>。项目小区为节能建筑,供暖热负荷按住宅40w/m<sup>2</sup>计算,冬季供热总负荷758kW。根据计算的需热量,冬季供暖最大循环用水量可按式计算:

$$Q_{冬} = (N_{热} - N_{入}) \times 0.86 \div \Delta t_{热}$$

式中:Q<sub>冬</sub>---冬季制热时循环需水流量,(m<sup>3</sup>/h);  
N<sub>热</sub>---冬季需热量,(kW); N<sub>入</sub>---输入功率,(kW);  
N<sub>地</sub>---提出取或释放的地下水的热能,(kW); Δt<sub>热</sub>

---供暖提取地下水的温差,(°C)。

冬季输入功率为  $N_{入} \leq 1/4 N_{热} = 1/4 \times 758 = 190 \text{ kW}$ ,  
由此计算出:  $Q_{冬} = (758 - 190) \times 0.86 \div 6 = 81 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

据当地气候特点,确定年供热时间为11月15日至次年3月15日,共120天。根据实际运行经验及太阳光照时间,住宅于11月15日至12月15日、2月15日至3月15日,即60d内每天连续工作时间为16h;于12月16日至1月10日,2月1日-2月14日,即40d内每天连续工作时间为20h。1月11日-1月底(20d)遭遇最冷天气,供暖每天连续工作24h。项目年用水总量为18.14万m<sup>3</sup>/a。年最大用水量计算表见表1。

表1 年最大用水量计算表

工况	最大循环流量(m <sup>3</sup> /h)	日工作时间(h/d)	日最大需水量(m <sup>3</sup> /d)	年运行时间(d)	年最大用水量(万m <sup>3</sup> )
住宅	81	16	1296	60	7.78
		20	1620	40	6.48
		24	1944	20	3.89
合计					18.14

#### 5. 抽水试验及回灌试验

我公司技术人员于2021年5月28日以1#为抽水井,进行了抽水试验,试验时间9:30-17:30,抽水历时8小时。抽水井静水位埋深为45.82m,单井出水量80m<sup>3</sup>/h左右,动水位埋深48.77m,水位降深达2.95m。

利用2#、3#井进行回灌试验,回灌试验于2021年5月28日9:30-17:30,与抽水试验同步进行。回灌井静水位埋深为45.82m,动水位埋深23.48m,水位上升11.53m,回灌量55.2m<sup>3</sup>/h左右[6]。

#### 6. 抽水、回灌试验成果分析

利用裘布依稳定流公式[7]对抽水井进行参数计算。该项目区抽水试验井深120米(含水层利用段为30-90m),含水层厚度26米,主要为中砂、粗砂。

单孔抽水试验潜水稳定流求参公式为:

$$K = \frac{0.733Q(\lg R - \lg r_w)}{s_w(2H - S_w)}$$

$$R = 2S_w \sqrt{HK}$$

式中:K---渗透系数(m/d); Q---抽水井的出水量(m<sup>3</sup>/d); H---抽水前潜水含水层厚度(m); R---抽水井的影响半径(m); r<sub>w</sub>---抽水井半径(m);

$S_w$ ——抽水井内的水位下降值 (m)；根据抽水试验确定抽水试验水文地质参数，见表 3。

表 3 抽水试验求参结果表

编号	1#	备注：含水层厚度 26m
井深 (m)	120	
静水位 (m)	45.82	
动水位 (m)	48.47	
水位降深 (m)	2.95	
出水量 (m <sup>3</sup> /h)	80	
导水系数 (m <sup>2</sup> /d)	806.76	
渗透系数(m/d)	31.02	
涌水量 m <sup>3</sup> /h·m	27.11	
影响半 (m)	162.19	

由以上试验资料分析可知，回灌井单井回灌量为 55.2m<sup>3</sup>/h 时水位上升 31.1m，即确定回灌井单井最大回灌量为 55.2m<sup>3</sup>/h，本项目 2 眼回灌井可保证最大时回灌量 81m<sup>3</sup>/h（抽水井水泵最大出水能力）同层等量回灌要求。

### 7. 地下水源热泵系统设计与应用后期管理措施

水源热泵系统的运行管理对于地下水源热泵正常运行尤为关键，规范的管理不仅能保证水源热泵系统良好地发挥作用，对保护地下水水源的水质更加重要。水源热泵的管理应满足以下要求：严格按照水行政主管部门批准的水量取水、用水，严格控制取、用水量，避免对该区域水环境造成不利影响；编写非正常及事故情况的水污染事故处理及应急处理预案；加强水源热泵系统设备检修，防治跑、冒、滴漏等；为保证系统正常运行，根据地下水的水质不同，采用相应的处理措施，主要包括除砂、除铁等。为了保证水源热泵机组的正常运行，要求地下水换热系统应根据水源水质条件采用直接或

简介系统[8]。

### 8. 结束语

根据《民用建筑节能管理规定》和《产业发展指导目录（2021）》，地下水源热泵系统项目为国家鼓励推广和使用的建筑取暖节能项目。因此，项目符合国家有关产业政策。水源热泵系统与传统空调方式相比节能 30%~60%并且基本不消耗水量。传统能源是以电力为能源，而电力又是耗水大户，所以节约能源就相当于节约了水资源，符合节约用水的基本原则。水源热泵系统年取水量为 11.64 万 m<sup>3</sup>。系统需水量是按国家有关标准及设计经验计算，因此本次论证项目用水量合理可行，具备相应条件的地区可以借鉴华北平原中部地区某小区的项目，以达到向“碳达峰、碳中和”的战略目标迈进的目标。

### 【参考文献】

- [1]曹磊.地下水源热泵系统生产性回灌试验与系统动态监测分析[J].地下水,2020,42(05):83-87.
- [2]赵恩荣,徐广才.地下水源热泵空调系统的应用分析[J].绿色环保建材,2021,No.175(09):171-172.
- [3]赵恩荣,徐广才.地下水源热泵空调系统的应用分析[J].绿色环保建材,2021,No.175(09):171-172.
- [4]鲁雪利.地下水源热泵空调系统的应用分析[J].冶金管理,2020,No.405(19):47-48.
- [5]郭彦岐,吴晓荣.浅议水源热泵用水量的计算方法[J].科技风,2018,(06),41-41+44.
- [6]钟栋队,文雪新.襄阳地区地下水源热泵系统设计与应用[J].工程技术研究,2022,7(21):158-160.
- [7]李扬,胡建波,卿艳彬.运用单孔抽水实验计算岩溶区的水文地质参数[J].资源信息与工程,2018,33(06):59-60.
- [8]谢淑静.地下水源热泵建设项目取水管理探析[J].中国资源综合利用,2022,40(09):62-64.