

安阳枫林水郡小区水源热泵热源井的设计与施工

姜宝良¹, 张英举², 魏思民¹

(1. 华北水利水电学院资源与环境学院, 河南 郑州 450011; 2. 河南省地矿建设工程(集团)有限公司, 河南 郑州 450007)

摘要: 地下水源热泵系统应用中最突出的问题是回灌效率低、地下水资源浪费。分析认为造成回灌效率低的主要原因之一是热源井设计和施工工艺不合理。为此, 在安阳枫林水郡小区热源井设计和施工中分别采用了增大桥式过滤管的数量、桥高、滤料粒径和填砾厚度等措施, 回灌量明显增加, 实现了1抽1回的目标。既解决了回灌效率低、资源浪费的问题, 又大幅降低了工程投资和运行成本。

关键词: 水源热泵; 热源井; 抽水井; 回灌井

中图分类号: P634; TK521 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2012)02-0022-03

Design and Construction of Heat Source Well with Water Source Heat Pump in a Residential District of Anyang/ JIANG Bao-liang¹, ZHANG Ying-ju², WEI Si-min¹ (1. North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou Henan 450011, China; 2. China Henan Geological & Mineral Resources Construction Engineering (Group) Co., Ltd., Zhengzhou Henan 450007, China)

Abstract: The most prominent problems in application of groundwater source heat pump system are the low efficiency of recharge and groundwater resources waste. It was found in the heat source well with water source heat pump construction in a residential district of Anyang and the recharge tests, one of primary causes of low recharge efficiency was the unreasonable design and construction technology for heat source well. By increasing the number of bridge strainer, the height, particle size of filter media and gravel-fill thickness, single-well recharge increased significantly and 1: 1 effect of pumping and recharging was realized. In this case, low efficiency of recharge and groundwater resources waste are overcome and the project investment and operating costs are significantly reduced.

Key words: water source heat pump; heat source well; pumping well; recharge well

地下水源热泵系统是一种国内外广泛应用的新型节能环保型空调系统。其核心技术是: 利用地下水“冬暖夏凉”的特点, 通过开放式的地下水循环系统, 抽取地下浅层(200 m以内)岩土体中低位热能, 经热泵机组增效后实现向建筑物的供热制冷。系统运行夏季向大地排放热量(大地相当于储热器), 冬季从大地提取热量(大地又相当于供热源)。因而具有高效、节能、低碳、环保等优点, 是一种循环利用地热能实现供热制冷的新型空调系统。

在安阳市枫林水郡小区地下水源热泵系统热源井工程中, 主要从改进成井工艺入手, 通过大量的抽水试验、回灌试验, 实现了1抽1回的良好效果。解决了地下水源热泵系统热源井的回灌效率低、回灌井数多、工程成本高等问题, 大幅节约了工程投资和后期运行成本。该小区地下水源热泵系统已运行近4年, 应用效果良好。该成果已在安阳市部分地区推广应用, 取得了良好的社会效益和经济效益。

1 工程概况

枫林水郡小区位于河南省安阳市西部, 以住宅楼为主, 高度为6层和11层。拟在A区和BE区设2个地温空调系统。根据建筑面积, 各区设计计算标准工况需水量和经济运行需水量见表1。

表1 水源热泵系统需水量

分区	标准工况需水量 /($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	经济运行需水量 /($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	面积 /(万 m^2)
A区	303	203	4.5
BE区	756	489	14.5
合计	1059	692	19

2 水文地质条件

场区位于安阳河冲积平原的西部, 地形平缓, 地形总体上从西向东部微倾斜。地貌单元为安阳河冲洪积扇的上部, 地表岩性主要为全新统的粉质粘土。

本区主要有3个含水层。

第一含水层顶板埋深21~35 m, 岩性由A区西

收稿日期: 2011-07-24

作者简介: 姜宝良(1962-), 男(汉族), 河南宜阳人, 华北水利水电学院教授级高级工程师、国家注册矿产储量评估师、国家注册土木工程师(岩土), 水工专业, 从事水文地质、岩土工程生产、科研和教学工作, 河南省郑州市北环路36号, jiangbaoliang908@163.com。

部的漂石卵石逐渐过渡到 BE 区东部的卵石、砾石,且厚度变小,上部为粉质粘土和粘土。该层原为承压水层,由于工农业的大量开采、水位下降(埋深约 30 m),该含水层大部分被疏干,使地下水由承压水变成无压水。

第二层顶板埋深 42 ~ 65 m,含水层岩性由 A 区的卵石到 BE 区东部的砾石、细砂,且厚度变小,泥质含量增加。

第三层埋深在 100 m 左右,厚度 4 ~ 10 m,含水层岩性由 A 区的细砂到 BE 区东部砾岩,且埋深和厚度均增大。

3 热源井的设计与施工

影响热源井回灌能力的因素主要有管井结构参数和施工工艺,为此,我们的出发点是从优化管井结构参数和改进施工工艺着手,实现提高单井出(回)水能力的目标。

3.1 设计思路

为提高热源井的回灌量、延长井的使用寿命、减少成井数量,所有热源井都应满足抽水和回灌 2 种功能,即结构相同、一井两用(抽回结合)。

3.2 主要参数确定

井深:依据水文地质条件、适宜开采的含水层埋藏深度,确定成井深度为 120 m。

管径:综合考虑单井出水能力、抽回结合等因素,确定井管直径 377 mm,比传统管径 273 mm 增大了 96 mm。

井径与填砾厚度:井径确定取决于管径和填砾厚度。填砾厚度是决定出水量和含砂量的重要参数之一,既要使其过水能力最大,又要保证其滤砂效果(设计要求含砂量小于 1/200000)。传统理论认为填砾厚度增大滤砂效果增强,但洗井难度增加,规范规定适宜厚度为 75 ~ 150 mm。大量实践证明,在其它条件不变的情况下,填砾厚度增大对出水量的影响不是减小而是增大。笔者认为填砾厚度增大出水量的实质是相当于间接增大了成井直径。对于大多数地层而言,砾料的透水能力远比地层大得多。如果过滤管透水能力足够的话,可视砾料层为过滤管,过滤管直径增大自然过水能力增强。基于此,我们设计井径为 650 mm、管径 377 mm,填砾厚度为 136.5 mm。砾料规格为 3 ~ 5 mm,相对常规砾径 1 ~ 3 mm 增大了 2 mm,且砾料采用磨圆较好的优质石英砂。

过滤管数量与桥高(缝隙):常用桥式过滤管的主要缺点是孔隙率偏低,一般不超过 10%。为弥补

此不足,通常措施是增加过滤管的长度。本试验考虑一井两用因素,设计过滤管长度为 48 m。除对应含水层外,在上部不含水的卵石层段也安装过滤管,滤水管外填充砾料,以增加井的回灌能力。关于过滤管的缝隙(在桥式过滤管中称为桥高)的确定,传统理论的依据是含水层的颗粒直径,即缝隙大小既决定了过水的能力又决定着滤砂效果。本试验设计过滤管桥高 1.5 mm,比通常用桥高值(小于 1 mm)增大 50% 以上,孔隙率达 15.88%。桥高和孔隙率增大的综合效果,使得过滤管的过水能力大大增强。

3.3 钻井和成井施工工艺

根据井深、管井结构和地层情况,采用冲击钻进、泥浆护壁、一径到底的成孔工艺。

为减少后期洗井难度,下管前使用管状钢丝钻头刷孔,以破除冲击钻进形成的孔壁泥皮。

刷孔破壁要掌握适度,既要实现破壁最大化,又不至于完全破坏泥皮引起孔壁坍塌。其次,在投砾前进行彻底冲孔以达到孔壁泥皮的完全破坏。其井内泥浆密度宜控制在 1.10 kg/cm^3 在已完成井工序质量可靠的基础上进行洗井。先采用拉活塞洗井,之后,采用潜水电泵振荡洗井,直至水清砂净。洗井、试抽反复进行,直至两次试抽的单位涌水量的相对误差小于 10%,才进行正式的抽水试验。

4 抽水与回灌试验

4.1 抽水试验

热源井洗井结束后,即用 250QJ125(160) - 64/4 型潜水电泵进行试抽及正式抽水试验,水泵下入深度 48 ~ 60 m。

抽水试验严格按非稳定流抽水试验的要求进行观测,水位稳定时间 12 h。涌水量采用水表计量,并用孔口流量计校核,水位采用电测水位计观测。实抽水量 168 ~ 234 m^3/h ,单位涌水量 46 ~ 264 $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}$ 。部分代表性单井抽水试验结果见表 2。

表 2 抽水试验结果汇总

分区	井号	静水位埋深/m	动水位埋深/m	降深/m	涌水量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1})$	单位涌水量/ $(\text{m}^3 \cdot (\text{h} \cdot \text{m})^{-1})$
A 区	FA1	29.81	32.72	2.91	212.0	72.85
	FA2	30.18	32.52	2.34	217.0	92.74
	FA4	30.43	31.21	0.78	206.2	264.40
BE 区	FB7	29.28	30.75	1.47	234.0	159.20
	FB10	29.68	33.29	3.61	168.0	46.50
	FB5	30.06	32.22	2.16	189.7	87.80
	FB11	29.69	31.29	1.60	191.8	119.90
	FB9	29.13	32.84	3.71	220.0	59.30
	FB6	29.57	30.65	1.08	197.0	182.40

4.2 回灌试验

每眼井抽水试验结束后,以邻近井为水源进行回灌试验,同时对抽水井和回灌井水位进行观测,回灌试验稳定延续时间36 h。回灌试验结果见表3。

表3 热源井回灌试验结果

孔号	抽水量 /(m ³ · h ⁻¹)	回灌量 /(m ³ · h ⁻¹)	静水 位/m	动水 位/m	降深 /m	单位涌水 量/(m ³ · (h·m) ⁻¹)	单位回灌 量/(m ³ · (h·m) ⁻¹)
FA1		170.0	29.81	4.10	-25.71		6.6
FA2		210.0	30.11	13.50	-16.61		12.6
FA4	271.1		30.41	30.96	0.55	492.7	
FA3		271.1	29.88	21.77	-8.11		33.4
FB5	185.0		29.68	31.11	1.43	129.4	
FB1		185.0	30.60	7.25	-23.35		7.9
FB5	189.7		29.68	31.36	1.68	112.9	
FB4		189.7	29.77	20.34	-9.43		20.1
FB5	110.0		29.59	30.38	0.79	139.2	
FB3		110.0	29.90	4.30	-25.60		4.3
FB8	235.0		28.70	29.38	0.68	345.7	
FB10		235.0	29.45	15.43	-14.02		16.8
FB8	246.0		28.70	29.45	0.75	328.0	
FB9		246.0	29.23	18.05	-11.18		22.0
FB2	198.0		29.40	30.74	1.34	147.8	
FB5		198.0	29.57	26.69	-2.88		68.8
FB6	192.0		29.63	29.83	0.20	960.0	
FB7		192.0	29.36	27.83	-1.53		125.5
FB6	176.0		29.64	29.79	0.15	1173.3	
FB2		176.0	28.86	27.79	-1.07		164.5
FB7	259.0		29.26	30.79	1.53	169.3	
FB8		259.0	28.71	16.13	-12.58		20.6
FB6	158.0		29.86	30.02	0.16		
FB11		158.0	29.68	11.78	-17.90		8.8

注:回灌试验降深为“-”。

4.3 结果分析

通过抽水试验和回灌试验可知,采用增加过滤管长度和桥高、滤料粒径和填砾厚度等措施后,平均单井回灌量达200 m³/h,单井出水量达185 m³/h,含砂量小于1/200000,达到了1抽1回的效果。以上措施虽使得单井成本有所增加,但抽水和回灌效果达到了最佳状态,使得工程总成本明显降低。

5 应用效果

安阳枫林水郡小区地下水热泵系统已安全运行近4年,热源井使用效果很好,并在安阳市洹北区域地源热泵替代蒸汽管网供热改造项目推广应用。洹北区域地源热泵替代蒸汽管网供热改造项目位于安阳市东北部,地处安阳河冲洪积扇的东北部,其水文地质条件与枫林水郡小区相似。洹北区域采用地源热泵空调系统单位8个,供暖制冷总面积达25万m²,基本达到1抽1回(不含备用井)的效果,取得了显著的社会效益和经济效益。

6 结语

枫林水郡水源热泵系统标准工况需水量为1059 m³/h(见表1),按单井出水量120 m³/h计算需凿井9眼。按规范要求,为了保证回灌效果,按2:1计算,需回灌井至少18眼,加上备用井3眼,总井数应为30眼。本次施工的热源井不但出水量大,而且回灌效果好,仅凿井15眼就解决了水源热泵系统标准工况需水量1059 m³/h的抽水和回灌的要求,回灌井与抽水井比例为1:1,净减少15眼井(50%)的工程量。不仅节约了前期工程投资,而且后期运行管理成本也大幅度降低,综合经济效益显著。

地下水热泵空调系统在安阳市的初步推广应用已取得良好效果,但由于水文地质条件的特定性所限,本成果的普遍适用性可能还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] GB 50366-200,地源热泵系统工程技术规范[S].
- [2] GB 50027-2001,供水水文地质勘察规范[S].
- [3] GB 50296-99,供水管井技术规范[S].
- [4] YB/T 9033-98,供水管井工程检查、验收及质量评定标准[S].
- [5] 王旭升,刘立才.地下水热泵的水文地质设计[J].水文地质工程地质,2007,34(5):50-54.

河南省地矿局中标云南腾冲火山地热构造带科学钻探项目

本刊讯 2012年1月6日,中国地质科学院组织的财务、技术等专家评审组在北京对“云南腾冲火山—地热—构造带科学钻探工程”项目进行了评标,河南省地矿局最终以绝对优势一举中标。同时,该局也将成为中国“深部探测计划”的参与者。

“云南腾冲火山—地热—构造带科学钻探工程”项目,属于国家科技专项“深部探测技术与实验”中“大陆科学钻探选址与钻探实验”子课题。钻孔位于云南腾冲国家火山地质公园内,设计钻孔深度2000 m,终孔口径大于110 mm。

通过该项目的组织实施,不仅可以积极参与到国家级重大科技专项中,对河南地矿品牌的建设具有重要意义,还可以利用高端平台

加速河南省地矿局钻探人才培养和队伍建设。为此,河南省地矿局高度重视此次的招投标和组织工作,并委托水文二队和河南省深部探矿工程技术研究中心代表局参加前期的科学钻探方案制定和投标工作。项目组人员不分昼夜、加班加点,在短时间内就完成了技术方案和招标文件的编写,最终技术方案受到了中国地质科学院和相关专家的一致好评。

据悉,春节期间将开始组织设备、人员进行检修保养和培训,尔后将赴云南施工现场。

(河南省地矿局水文二队 卢予北 严珊珊 供稿)