

# 水源热泵井施工中水文地质参数确定的探讨 ——以东煤沈阳钻探机械研制中心厂房水源热泵井施工为例

赵立杰,刘殿祥,姜恒友

(东北煤田地质局沈阳岩土工程公司,辽宁 沈阳 110015)

**摘要:**以单井抽水试验资料为基础,计算出该区的新近系砂砾岩含水层的出水量为 $40\text{m}^3/\text{h}$ 。为解决水源热泵系统的热源及同层回灌问题,进行了较长时间的带有观测孔的抽水试验及回灌试验。试验表明:该区的渗透系数为 $32.16\text{m}/\text{d}$ ,影响半径为 $166\text{m}$ ,回灌渗透系数为 $14.38\text{m}/\text{d}$ ,回灌影响半径为 $61\text{m}$ 。据此计算干扰井单井抽水量为 $38.51\text{m}^3/\text{h}$ ,干扰井单井回水量为 $11.14\text{m}^3/\text{h}$ ,同时确定该区的抽灌井比例为 $1:4$ 。根据用水需求,该区设计抽水两口,回灌井 $8$ 口,备用一口回灌井,形成该区的水源热泵系统。系统运行近两年来,单井出水量、回灌量及水位降深均符合设计要求,达到了预期效果。

**关键词:**地源热泵系统;抽水井;回灌井;渗透系数;影响半径;干扰计算;回灌比例

中图分类号: P641.2

文献标识码: A

## A Discussion on Hydrogeological Computing Issues in Water Source Heat Pump System Construction ——To Take Workshop Water Source Heat Pump System Construction of Shenyang Drilling Machinery Development Center, Northeast China Coal as an Example

Zhao Lijie, Liu Dianxiang and Jiang Hengyou

(Shenyang Geotechnical Engineering Company, Northeast China Coal, Shenyang, Liaoning 110015)

**Abstract:** Based on single well pumping test data, estimated out Neogene System sandy conglomerate aquifer water yield is  $40\text{m}^3/\text{h}$  in the area. In order to settle the issues of heat source of water source heat pump system and same strata recharging, carried out rather long time pumping test and recharging test with observation holes. The tests have worked out that, the area's permeability coefficient is  $32.16\text{m}/\text{d}$ , radius of influence  $166\text{m}$ , recharging permeability coefficient  $14.38\text{m}/\text{d}$  and recharging radius of influence  $61\text{m}$ . On these grounds, estimated interfering well pump discharge per well per hour is  $38.51\text{m}^3/\text{h}$ , interfering well recharge per well per hour  $11.14\text{m}^3/\text{h}$ , ratio of discharge well /recharge well should be  $1:4$ . According to water requirement, the area has designed two discharging wells,  $8$  recharging wells and  $1$  recharging well standby, that is the area's water source heat pump system. Since the operation of the system about  $2$  years, discharge and recharge per well per hour, water table drawdown are all accord with design requirements, and desired result achieved.

**Keywords:** ground source heat pump system; discharging well; recharging well; permeability coefficient; radius of influence; interfering estimation; recharging ratio

## 0 引言

地源热泵是一种从低温热源汲取能量,使其在较高温度环境中成为有用热能的装置。通过输入少量的高品位能源(电能)实现低品位热能向高品位热能转换的冷暖空调系统。它由水循环系统、热交换器、地源热泵机组和控制系统组成。它可以代替锅炉从地下水(土壤)中取热,经转换成高品位热能后供暖,夏季它代替普通空调向地下水(土壤)排热。

**作者简介:**赵立杰(1962—),男,1986年毕业于黑龙江矿业学院,一直从事水文地质与工程地质工作,现任东北煤田地质局沈阳岩土工程公司副经理。

收稿日期:2008-04-16

责任编辑:樊小舟

它的最大优点是节能和无污染,它不向外界排放任何废气、废水,是一种用之不尽的可再生能源。

沈阳浑河两岸的冲洪积平原之下蕴藏着丰富的地下水,对于缺少良好含水层的地区,胶结不好的新近系泥砾岩层中的孔隙—裂隙水可以利用。据此,沈阳市政府大力推广应用地源热泵技术,要求各部门努力建设资源节约型和环境友好型社会,凡是有条件的地区,特别是新区都应采用地源热泵系统供暖或制冷。

## 1 工程概况

本工程位于沈阳市沈北新区虎石台镇沈北开发大道东侧,为东煤地质局钻探机械厂新厂址,拟建建

筑物包括厂房、办公楼及其附属建筑。占地范围长×宽约 200m×200m,总建筑面积  $2\times 10^4\text{m}^2$ ,建筑物层高 1~3 层,无地下室。

本工程拟采用地源热泵系统供暖(制冷),需水量约  $80\text{m}^3/\text{h}$ 。

## 2 地质及水文地质条件

### 2.1 地质

拟建工程场地在地貌单元上属于冲洪积平原的边缘带,地层为第四系河湖相堆积物及新近系泥砾岩。第四系以粘土及湖相淤泥质土为主,厚度为 32~44m。其下伏地层为新近系泥砂质胶结的砂砾岩,总厚度大于 50m。

### 2.2 水文地质条件

本区主要含水层为新近系泥砾岩为含水层,为孔隙—裂隙承压水,埋藏深度 39.5~64.0m(64.0m 以下未揭露),含水层厚度>24m,水头高度 27m,水位变化受季节影响不明显。含水层岩性为泥沙质胶结的砂、砾石。砾石成份复杂,多为火成岩,胶结好的地段含水相对较少,胶结不好的地段较松散,含水量相对较大,其中 45.0~58.0m 呈半胶结状态,较松散,砾石粒径大,30~50mm 者占 30%以上,属于含水量较大层位,为本区的主要取水层段。

## 3 管井设计

本区需水量为  $80\text{m}^3/\text{h}$ ,按单井开采量  $40\text{m}^3/\text{h}$  计算,需抽水井 2 眼。

据多年地质资料,虎石台属于贫水地区,若本区的单井开采量可以达到  $40\text{m}^3/\text{h}$ ,在“贫水”地区解决了地下水为热源的问题。至于回水,可以通过多打井来解决,预计单井回水量  $10\text{m}^3/\text{h}$  左右,本区需回水井 10 眼左右。初步设计 7 眼回水井,先试运行一段,根据回水效果再决定增加的回水井数。

## 4 抽水试验及回灌试验

采用水源热泵系统的关键在于能否解决热源问题及同层回灌问题,为此首先应进行较长时间的抽水试验及回灌试验,并获得本区的实际水文地质参数,以此为据设计抽水井及回水井。

本区选择四眼井(尽设备能力做一次最大降深)进行抽水试验,单井抽水量都能达到  $42\text{m}^3/\text{h}$  以上

(表 1)。最远处观测孔(距离 150m)水位降深仅 50mm,认为本区的单井开采量  $40\text{m}^3/\text{h}$  是有保证的。

### 4.1 抽水试验

表 1 单井抽水试验成果见

Table 1 Single well pumping test results

井号	抽水试验时间	稳定时间/t	静止水位/m	动水位/m	水位降深/m	含水层厚度/m	涌水量 $/\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$	单位涌水量 $/\text{L}\cdot(\text{s}\cdot\text{m})^{-1}$	渗透系数 $/\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$	影响半径/m
井 1	8.8.9~8.9.17 32h	16	26.21	32.10	5.89	19.0	58	2.74	13.66	218
井 2	9.6.18~9.7.18 24h	10	26.18	30.17	3.99	19.0	50	3.48	17.38	166
井 3	9.22.8~9.23.8 24h	10	25.95	28.80	2.85	19.50	42	4.09	19.64	126
井 5	10.5.15~10.6.16 25h	16	24.56	28.35	3.79	21.00	50	3.66	16.55	154

每眼井试抽之后即进行抽水试验,水泵选择 200QJ50,额定流量  $50\text{m}^3/\text{h}$ ,扬程 70m,水泵下入深度 45m~50m。

利用井 7 抽水、井 6、井 1 作为观测孔资料计算  $K$  值见表 2。

计算公式:选择稳定流承压含水层完整井水计

表 2 渗透系数计算表

Table 2 Permeability coefficient estimation

井号	抽水试验时间	稳定时间/t	静止水位/m	动水位/m	水位降深/m	含水层厚度/m	涌水量 $/\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$	观测孔至抽水井距离/m	渗透系数 $/\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$	影响半径/m
井 7	10.21.10~10.23.16	24	27.23	30.20	2.93	19.00	50		32.16	166
井 6	54h		26.35	27.83	1.48( $s_1$ )			87( $r_1$ )		
井 1			26.74	27.99	1.25( $s_2$ )			42( $r_2$ )		

算公式:

$$K = \frac{0.366Q(\lg r_2 - \lg r_1)}{M(s_1 - s_2)},$$

式中: $Q$ ——抽水时涌水量,  $50\text{m}^3/\text{h}$ ;

$M$ ——含水层厚度, 19m;

$r_1, r_2$ ——观测井距抽水井距离  $r_1$ (井 6)为 42m、 $r_2$ (井 1)为 87m;

$s_1, s_2$ ——观测井水位降深  $s_1$ (井 6)为 1.48m、 $s_2$ (井 1)为 1.25m。

$$R = 10s\sqrt{K} = 10 \times 2.93 \sqrt{32.16} = 166\text{m}。$$

### 4.2 回灌试验

利用井 6 抽水,同时回灌井 4 及井 5,其试验结果见表 3。

选择承压含水层完整井公式(单孔资料)进行计算

$$K'_4 = \frac{0.366Q(\lg R - \lg r)}{M \cdot S} = \frac{0.366 \times 18(\lg 100 - \lg 0.265)}{19 \times 1.6}$$

$$= \frac{14.92}{30.4} \times 24 = 11.78\text{m/d};$$

$$K'_5 = \frac{0.366 \times 16(\lg 100 - \lg 0.265)}{19 \times 1.11} = \frac{14.92}{21.09} \times 24$$

$$= 16.98\text{m/d};$$

表 3 回灌试验成果表  
Table 3 Recharging test results

井号	回灌试验时间	稳定 时间/h	静止水位(回灌 试验之前)/m	动水 位/m	水位降深 (上升)/m	涌水量 /m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>	回水量 /m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>	含水层 厚度/m	影响半径/m	井径 r/m
井 6			25.90	28	下降 2.1			19.0	166	0.265
井 5	9.23.8~9.26.8 72h	48	24.56	23.45	上升-1.11		16		100(试算假定)	0.265
井 4			24.60	23.00	上升-1.60		18		100(试算假定)	0.265

平均回灌渗透系数:  $K_{cp}' = \frac{11.78+16.98}{2} = 14.38\text{m/d}$  ;

平均回灌影响半径:  $R' = 10s \sqrt{K} = 10 \times 1.6 \times \sqrt{14.38} = 61\text{m/d}$ 。

#### 4.3 干扰计算

##### 4.3.1 干扰抽水单井抽水量计算

公式选择:承压水完整井公式:

$$Q = \frac{2.73 \cdot K \cdot M \cdot S}{\lg \frac{R^3}{4\alpha^2 r}} = \frac{2.73 \times 32.16 \times 19.0 \times 2.1}{3.79} = 38.51\text{m}^3/\text{h},$$

式中:  $2a$ ——井间距,取井 3、井 6 抽水井间距 80m;

$R$ ——影响半径,取计算值 166m;

$r$ ——井径,取 0.265m;

$s$ ——取井 6 降深值,取 2.1m。

##### 4.3.2 干扰回水单井回水量计算

$$Q' = \frac{2.73 \cdot K' \cdot M \cdot S'}{\lg \frac{R'^3}{4\alpha'^2 r}} = \frac{2.73 \times 14.38 \times 19 \times 1.1}{\lg \frac{80^3}{4 \times 20^2 \times 0.265}} = \frac{820.48}{73.68} = 11.14\text{T/h}$$

式中:  $K'$ ——平均回灌渗透值,取 14.38m/d;

$S'$ ——单井回灌上升值,取 1.1m;

$R'$ ——回灌影响半径,取计算值 61m,本区有观测孔实测资料,影响半径为 80m,计算值偏小,故取实测值。

$2a'$ ——回灌井间距,取 40m;

$r$ ——井径,  $r=0.265\text{m}$ 。

##### 4.3.3 抽、灌井比例

抽灌井比例:  $38.51 \div 11.14 \approx 4:1$

即一眼抽水井设四眼回水井,二眼抽水井设八

眼回水井,另备用一眼,计九眼回水井,全区总井数十一眼(图 1)。

#### 5 运行状况

本厂水源热泵系统

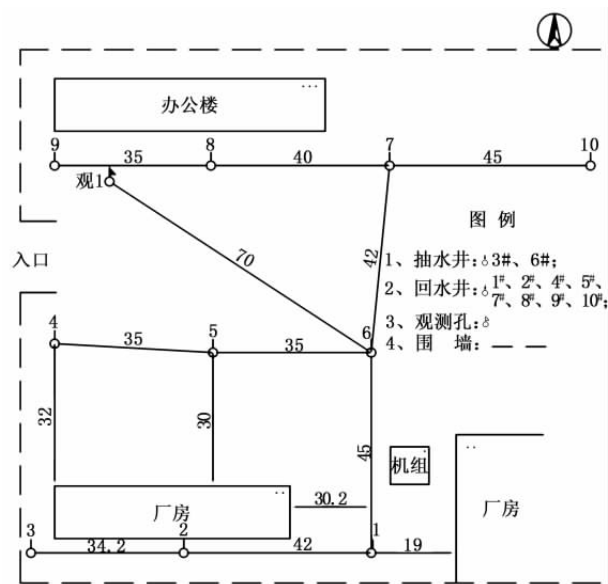


图 1 水源热泵井平面布置图

Figure 1 Planar layout of discharging and recharging wells

自 2007 年 11 月 10 日投入使用至 2009 年 2 月,已十五个月。使用井 3、井 6 两眼抽水井,单井出水量  $40\text{m}^3/\text{h}$ ,水位降深值 5.0m,二眼抽水井水量已保证  $80\text{m}^3/\text{h}$  的需要,全区先设回水井 6 眼,后增加 2 眼,计 8 眼回水井。平均单井回水量  $10\text{m}^3/\text{h}$ ,所抽出之水已全部回于地下。自使用水源热泵系统以来,冬季供暖及夏季制冷运转正常,达到了预期效果。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国建设部.GB 50366-2005.地源热泵系统工程技术规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [2] 中华人民共和国冶金工业部.GB 50296-99 供水管井技术规范[S].北京:中国计划出版社,1999.

(上接第 38 页)

#### 7 结 论

根据上述计算结果,由于泥岩和硬石膏矿层的阻水强度不一样,算出的结果也不一样,分别为 61m、50m、36m,根据目前石膏矿井生产情况等综合分析,笔者认为硬石膏矿底板总隔水层厚度取 50m 为宜。

#### 参考文献:

- [1] 安徽恒源煤电股份有限公司.主采煤层顶、底板岩体工程地质特征及稳定性评价研究报告[R].安徽 芜湖:安徽煤田地质局第二勘探队,2003.
- [2] 雷化南.矿山岩体力学[M].北京:冶金工业出版社,1983.
- [3] 淮南煤炭学院.矿井地质及矿井水文地质[M].北京:煤炭工业出版社,1979.
- [4] 安徽煤田地质局第二勘探队.含山县陶厂石膏矿地质报告[R].安徽 芜湖:安徽煤田地质局第二勘探队,2005.