

滨海平原第四系地层灌采井成井工艺及回灌方法

杨永明, 景 龙, 常林祯, 王 涛

(河北省地勘局第四水文工程地质大队, 河北 沧州 061000)

摘 要:滨海平原区(天津、沧州等地)蕴藏着适合灌采的地下水资源,但由于成井工艺和回灌方法不完善,制约着水源热泵空调系统的推广应用。结合工程实例,探讨了在滨海平原区细粒地层灌采井的成井工艺及回灌方法。

关键词:滨海平原;第四系地层;水源热泵;灌采井;成井;回灌

中图分类号: TU991.12 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2008)05-0005-04

Completion Technology of Exploration and Recharging Well in Quaternary Strata of Littoral Plain and Recharging Method/YANG Yong-ming, JING Long, CHANG Lin-zhen, WANG Tao (4th Hydro-engineering Geology Team under Hebei Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Cangzhou Hebei 061000, China)

Abstract: Groundwater resource is buried in littoral plain area, exploration and recharging is suitable in this area. Because the technology of well completion and recharging still need to be improved, popularization and application of water-source heat pump air-conditioner system is restricted. The paper discussed these problems with field cases.

Key words: littoral plain; quaternary strata; water-source heat pump; exploration and recharging well; well completion; recharging

0 引言

以地下水为热能载体的水源热泵空调系统,一直被人们公认为是高效、节能的绿色环保系统。显然,适宜的地下水(适宜的水温、水量、水质)是这种空调系统应用的关键。在滨海平原区(天津、沧州等地),虽然蕴藏着适合灌采的地下水资源,但由于灌采管井的成井工艺及回灌方法不甚合理,以致水源热泵空调系统的推广与应用速度较慢。

滨海平原区(天津、沧州等地)第四系地层主要为河流相、河湖相及湖相沉积,具有互层状结构。含水层岩性主要以粉细砂为主,分选差异性大,导水性各不相同;砂层中存在阻水结构,局部较富集的贝壳碎片、叠瓦状排列的云母片等碎屑物质阻碍了水的运动。在这种地层中成井,实现灌采平衡技术难度较大。许多钻井技术人员在探求合理的成井技术。

总结以往灌采井(以天津地区为例)成井运行情况,主要存在以下几个问题:(1)井的布设不依据地层客观条件,主要依据灌水量的多少选择,把单井回灌量均控制在 $50 \text{ m}^3/\text{h}$ 以下;(2)施工工艺单一,不完善,采用以往普通供水井施工工艺,验收以涌水量为依据;(3)过滤器结构单一,不能针对地层的差

异性适当调改,不能充分发挥单井回灌潜力;(4)忽略试验,不能达到科学运行。由于上述问题,致使单井回灌效率低,长期运行回灌能力失效,大大滞缓了水源热泵空调系统的应用。

经过我们几年来在滨海平原区第四系钻凿灌采井的施工实践及跟踪调查,逐渐摸索了一些粗浅经验,现将其加以总结。

1 成井工艺

1.1 成井结构

1.1.1 滤水管(过滤器)结构

灌采井滤水管(过滤器)为灌采管井的关键部位,它的合理与否,直接影响到单井回灌量及管井的长期运行。在滨海平原区的粉细砂地层中均选择由内外滤料、内外滤网及胎管(骨架管)组成的双层过滤结构(见图1)。

骨架管材质与井壁管材质相同,常选择市场易购的 $\text{Ø}219 \text{ mm} \times 7 \text{ mm}$ (深井)、 $\text{Ø}325 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ (浅井)两种规格的钢质螺旋管材。过滤器滤网形状为连续条缝式,滤网是用冷轧钢丝圈骨架纵向筋绕制而成,材质为 $\text{C}_{<1.0} \text{Cr}_{18} \text{Ni}_5 \text{Mn}_8 \text{Ta}_{<0.05}$ 。金属丝断面

收稿日期:2008-03-13

作者简介:杨永明(1962-),男(蒙古族),内蒙古四子王旗人,河北省地勘局第四水文工程地质大队高级项目经理、技术负责、工程师,探矿工程专业,从事岩心钻探及地热钻井、水文水井工程施工管理工作,河北省沧州市新华区蔡御街, hbdkdr@sohu.com;景龙(1978-),男(汉族),河北张家口人,河北省地勘局第四水文工程地质大队,探矿工程、水文地质专业,从事岩心钻探及钻井工程施工技术及管理;常林祯(1970-),男(汉族),河北南宫人,河北省地勘局第四水文工程地质大队,水文工程地质专业,从事水文地质、岩心钻探、钻井工程施工技术及管理。

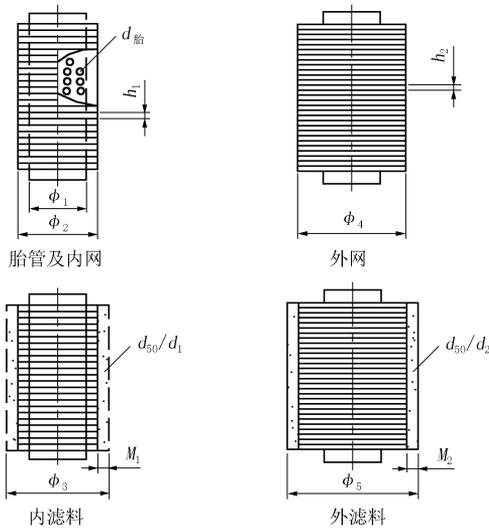


图1 过滤器结构分解示意图

ϕ_1 —胎管外径, $d_{胎}$ —圆孔直径; ϕ_2 —内网外径, h_1 —内网丝距; ϕ_3 —外网内径, ϕ_4 —外网外径, h_2 —外网丝距; M_1 —内滤料厚度, d_1 —内滤料粒径; M_2 —外滤料厚度, d_2 —外滤料粒径, ϕ_5 —钻孔孔径

为梯形,绕制成的滤水孔断面呈V形。这种滤网孔隙率大,便于洗井和阻砂。同时为了防腐防垢,在滤网上喷涂一层塑质材料,即形成涂塑滤网。滤网的丝间距控制在能有效阻挡内外滤料为宜。内外滤料均选用结构致密、磨圆度好的龙口石英砂。内外滤料的粒径有别,内滤料粒径较大增强透水性,外滤料粒径较小可有效挡砂。对于不同成因及不同粒径大小的砂层而言,内外滤料级配均进行不同调整,在满足地层挡砂的前提下尽量加大内外滤料粒径,从而产生较大的孔隙通路,以增加水的渗透性。这种双滤器的结构参数取值见表1。

这种双层过滤结构可增大孔径,增加过水断面,为加大单井回灌量提供了结构保障。视地层的差异选择了不同的内外滤料级配及不同规格的滤网,合理地增加了过滤器的有效孔隙率,这种调整符合灌溉状态下水流速的变化规律,大大降低了水力损失,避免了单一过滤器结构不能发挥地层及大口径管井的灌采潜能。

表1 过滤器结构参数取值表

含水层组	胎管				内网				外网				内滤料			外滤料			
	ϕ_1	n_1	$d_{胎}$	a/b	ϕ_2	h_1	B_1	n_2	ϕ_3	ϕ_4	B_2	h_2	n_3	M_1	d_1	K_1	M_2	d_2	K_2
浅井组 河相层	325	0.31	21	22.2/51.0	334	5.0	3.0	0.63	426	435	3.0	1.5	0.33	46	$d_{50} = 8.6 \sim 12$	0.40	≥ 100	$d_{50} = 2.1 \sim 4$	0.25
(300 m 湖相层	325	0.31	21	22.2/51.0	334	3.0	3.0	0.50	426	435	3.0	0.8	0.21	46	$d_{50} = 4.4 \sim 8$	0.31	≥ 100	$d_{50} = 1.1 \sim 4$	0.21
以浅) 河湖相层	325	0.31	21	22.2/51.0	334	4.0	3.0	0.57	426	435	3.0	1.2	0.29	46	$d_{50} = 6.5 \sim 10$	0.35	≥ 100	$d_{50} = 1.5.1 \sim 4$	0.23
深井组 河相层	219	0.32	21	22.2/49.1	227	5.0	3.0	0.63	326	334	3.0	1.5	0.33	49	$d_{50} = 8.6 \sim 12$	0.4	≥ 100	$d_{50} = 2.1 \sim 4$	0.25
(300 m 湖相层	219	0.32	21	22.2/49.1	227	3.0	3.0	0.50	326	334	3.0	0.8	0.21	49	$d_{50} = 4.4 \sim 8$	0.31	≥ 100	$d_{50} = 1.1 \sim 4$	0.21
以深) 河湖相层	219	0.32	21	22.2/49.1	227	4.0	3.0	0.57	326	334	3.0	1.2	0.29	49	$d_{50} = 6.5 \sim 10$	0.35	≥ 100	$d_{50} = 1.5.1 \sim 4$	0.23

注: ϕ_1 —胎管外径; n_1 —胎管孔隙率; $d_{胎}$ —胎管上圆孔孔径; a/b —胎管圆孔纵横孔距; ϕ_2 —内网外径; h_1 —内网丝距; B_1 —内网丝宽; n_2 —内网孔隙率; ϕ_3 —外网内径; ϕ_4 —外网外径; B_2 —外网丝宽; h_2 —外网丝距; n_3 —外网孔隙率; M_1 —内滤料厚度; d_1 —内滤料粒径; K_1 —内滤料组合孔隙率; M_2 —外滤料厚度; d_2 —外滤料粒径; K_2 —外滤料组合孔隙率。

1.1.2 井身结构

灌采井结构与普通管井基本相同,主要有井口装置、井壁管(包括泵室段)、双滤器(滤水管)、沉淀管、水位观测管等。由于其具有采水及灌水的双重功能,又有一些结构差异。

(1) 井口装置是实现采灌的关键部位,井口严格密封,防止外界空气进入而产生气相堵塞及氧化效应。

(2) 井壁管同双滤器骨架管材质及规格相同,采用焊接连接。井壁管应满足连接强度要求、高的抗腐蚀性要求。泵室段均使用 $\phi 325$ mm 螺旋管,满足大流量水泵下泵要求。

(3) 水位观测管的设置是为了能够方便观测水位,以检测回灌效果,指导长期回灌。

(4) 灌采井孔径选择 650 mm,一径到底,以形

成较厚的滤料层,增大渗水面积以利于回灌。

1.2 关键施工工艺

1.2.1 钻头选择

宜采用组合牙轮钻头,减小回转扭距,加快钻进速度,扩孔钻头连接导向装置,使扩孔钻具回转平稳,减小扩孔阻力,防止出现螺旋形孔壁;钻压 < 50 kN(钻铤加压),采用减压钻进,确保钻孔垂直度。各级钻头直径级配主要根据钻机能力而定,普通转盘型钻机一般四级成孔,推荐使用 $\phi 325$ mm 开孔, $\phi 460$ mm 二级扩孔, $\phi 580$ mm 三级扩孔, $\phi 650$ mm 四级成孔。这种扩孔工艺降低了钻具扭矩,加快了钻速,减小泥浆对含水层(地层)渗透时间,利用保证孔壁地层的原状结构。

1.2.2 泥浆控制

根据滨海平原地层特点,泥浆必须控制固相含

量,可以使用振动筛除屑、泥浆池沉淀相结合,并及时做好排浆工作。从几个工程的施工实例可以看出,钻进速度的快慢主要决定于稠浆的清除工作,稠泥浆清运速度快,进尺必然加快。长期使用稠泥浆,孔壁泥皮增厚,造成洗井困难,更不利于回灌。通过施工实践总结,天津平原及与之类同的地区成井,泥浆性能参数可参考范围为:相对密度 1.10 ~ 1.25 kg/L,粘度 18 ~ 25 s,失水量 < 20 mL/30 min,固相含量中有效固相(造浆粘土)含量 4% 左右、无用固相(粘土岩屑、砂)含量 < 8% (体积比)。

1.2.3 洗井工艺

钻进过程中在井壁上形成的泥皮不易破坏,同时在含水层一定范围内泥浆渗透的影响下,使粘粒充填于砂颗粒之间,灌采井的厚层砾料在泥浆中浸泡,形成了泥包砾料现象。因此在下管填砾后,必须立即进行洗井工作。通过洗井,使水在滤水管与含水层之间产生反复流动,洗去含水层中的极细砂,清除渗透泥浆,疏通滤水管周围砂层过水通道,使其恢复原孔隙率;破坏含水层内贝壳、云母等细片状物质定向排列形成的阻水结构,提高含水层渗透率以利于回灌。由于滤料层较厚,洗井工作不容忽视,效果显著的洗井方法有活塞洗井、空压机激荡洗井和焦磷酸钠洗井等几种。

2 回灌方法

合理的回灌方法亦是灌采井长期有效运行的保证。从目前灌采井运行的实际情况看,业主一般将灌采井视为普通管井,不讲究技术盲目回灌,井满即扬,扬完即灌。特别是在粉细砂地层中长期如此运行,会使管井回灌效率日益降低。为此有必要探讨合理的回灌方法,将管井的最大灌采能力发挥出来。

由于地层的复杂性及成井施工的差异性,同一地区单井的合理灌采量是不尽相同的,合理的回灌方法是根据灌采试验得来的。在灌采试验中取得基本数据后,以此进行分析对比,指导整个井组的后期灌采运行。

2.1 灌采试验目的及方法

灌采井成井完毕,为指导后期灌采运行,需进行试验以取得基本数据。

(1) 掌握在采灌平衡状态下地下水力场分布规律,合理控制各井的采灌量。试验中需观测采水稳定动水位及回灌稳定动水位。

(2) 试验取得热泵各季稳定工作的额定需水量,合理调整采水量,优化灌、采方案。

(3) 确定单井回灌量及可持续时间。在采水及成井条件差异时,每季运行的各井最大回灌量及持续时间不相同。单井最大回灌量是以一定流量连续回灌 48 h 以上,且回灌动水位位于井口以下 3.0 m (经验数)时的流量。确定单井回灌量时,回灌初期以单井涌水量的 30% 进行回灌,逐渐增至 50%、80%、100%,初步确立回灌量与水位上升关系,从而得到回灌最佳持续时间。

(4) 确定回扬频率及持续时间。回扬水以水清砂净为宜,进而确定各井回扬持续时间。

(5) 采灌试验持续时间应视试验取得数据的可靠性及稳定性而异,一般不小于 15 天。

(6) 试验结束后,通过不同运行模式下的 $S-t-Q$ (单井水位升幅/降幅-持续时间-灌/采量) 相关曲线推测单井最大回灌量、合理回灌量、合理回灌持续时间、单井回扬时间及频率,制定合理的回灌规程。

总之,通过回灌试验(运行初期阶段),充分了解各井特点,为长期运行提供基本数据。

2.2 灌采运行

为操作简便,灌采运行宜使用真空自流回灌法。该方法为无压回灌,有利于保护含水层,避免操作不当使较高的回灌压力破坏含水层原状结构,影响管井灌采效率。同深度井互为灌采井,每组灌采井运行一个采暖或制冷周期后,将灌采井轮换进行下一运行周期的灌采。灌采井不同季节对调实现了地层储能;同层互为灌采保证了地层原水质,以防回灌化学堵塞。

回灌运行前须进行管道检查,保证各井水泵、管线、仪表、阀门等设备及仪器正常运转。回灌前期回灌井必须回扬,达到水清砂净,然后以灌采试验所取得的数据(最佳回灌量、最佳回灌持续时间等)进行回灌。停灌期灌采井宜 10 ~ 15 天进行一次回扬,保证水流畅通,防止长期稳定状态下滤网被堵,回扬标准仍以水清砂净为宜。定时对水温、水位、水质进行监测,及时掌握回扬水情况。

建立并完善操作规程,操作人员切实掌握各井情况,遇有突发事件可合理调整作业,严格按照操作规程执行,不打折、不失误。

3 应用实践

3.1 天津医大二院灌采井工程应用实践

天津医科大学第二医院外科系统综合楼(4.8 万 m^2)采用水源热泵空调系统进行制冷及制热,利

用地下水建立综合楼冷暖空调的水循环源。院内开凿灌采井10眼,分2组:深井组井深400m左右,凿井6眼;浅井组井深240m左右,凿井4眼。成井利用段均为河湖相的粉细砂地层。深井水温28℃左右,浅井水温18℃左右。夏季制冷使用浅井水,冬季制热使用深井水,各组同层互为灌采,达到灌采平衡。通过先期钻探取心、物探测井资料设计确定取水、回灌层位及浅井、深井结构。根据医院的场地条件及管井合理间距的要求,深灌采井群平面以近正六边形分布,浅井群以近平行四边形布置,间距为45~60m之间。管井滤水管采用河湖相的双滤结构。

该工程于2004年4月开工,开始由于施工经验不足,稠泥浆清除工作慢影响进尺。后设置了泥浆储存罐、储存池进行集中清运,使钻进泥浆固相含量大幅降低,平均日进尺增加30~45m。先期施工的2眼井由于泥浆影响成井后涌水量较低,出现掉泵现象,分别采用了活塞及焦磷酸钠相结合和空压机及焦磷酸钠相结合的联合洗井法,仅经过5个台班的处理,水量明显增加,达到平均涌水量。经后期回灌检验,井的效能不受影响。本工程10月初竣工,院方于同年冬季开始使用。空调系统运行前进行了灌采试验,通过试验数据指导运行。单井最大回灌量达60m³/h以上(单井采水量72m³/h(深井组)~80m³/h(浅井组)),通过试验确定主机最大需水量,实际确定单井合理回灌量控制在30~50m³/h上下,7天回扬一次。由于医院的特殊性,空调系统四季工作,制热运行采用二采四灌、二采三灌或一采二灌;制冷运行采用一采二灌或二采二灌。经过2年运行,深井回灌动水位为48m(静水位84m),浅井回灌动水位为15m(静水位30m)。目前灌采井群及热泵系统运行平稳。

3.2 天津市武清公安局灌采井工程实践

天津市公安局武清分局指挥中心办公楼建筑面积2万m²,采用浅部地下水储能技术,以采灌互补方式应用水源热泵空调系统实现制冷及制热。该工程开凿灌采井4眼,同层互为灌采,井深均为262

m,4口井结构相同,井管骨架为Ø325mm螺旋钢管,采用Ø650mm一径到底,上部配外置式观测管。针对地层特征适当调改了过滤器,定型了大孔隙率的河湖相双滤结构。

该工程于2005年春季施工完毕。施工中总结了2004年的经验,完善了泥浆净化系统,有效控制泥浆固相(岩屑)含量在8%以下,使进尺加快,简化了洗井工艺,单井施工12天成井。井组运行前进行了历时15天的灌采试验,形成一采三灌及二采二灌的真空自流回灌模式,单井回灌量最大75m³/h(单井采水量100m³/h)。区域静水位58m,水温19℃,经过一年多的运行,单井最高回灌动水位32m。目前已经由原来的2天一回扬延长至7天一回扬。

4 结语

(1)在滨海平原第四系地层的灌采井中采用双层过滤器结构是合理的,特别是针对不同的地层成因及砂粒级配对双滤器各结构参数进行的改进是行之有效的。这种过滤器在天津、沧州、山东等地的灌采井中值得推广。

(2)采用真空自流回灌法是灌采井长期高效运行的首选方法,其操作简单,有利于保护灌采层。

(3)在灌采井运行前必须进行灌采试验,充分了解各井的性能,通过试验取得的数据制定合理的运行方案。

(4)重视灌采井后期运行的管理,对管井水位进行长期监测,以水位的变动来控制灌采量,优化地下水系统的循环。

(5)建议行政管理部门加强灌采井前期技术论证及后期运行的监督,营造成井优质、运行高效的灌采井市场氛围,不断提高灌采井成井工艺。

参考文献:

- [1] 编写组. 供水水文地质手册[M]. 北京:地质出版社,1983.
- [2] 王世光. 钻探工程[M]. 北京:地质出版社,1987.
- [3] 郑秀华,程金霞,等. 地源热泵技术应用及施工方法研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(3).
- [4] BG 50296-99,供水管井技术规范[S].

世界最大竖井钻机首钻大显身手

本刊讯 由中信重工研制的世界最大、具有完全自主知识产权的大型AD130/1000竖井钻机日前圆满完成了淮北矿务局直径7.1m、深301m通风井的凿钻任务。目前该钻机正调往淮南准备凿钻直径12m、深500m的淮南煤矿副井。

中信重工承担的AD130/1000竖井钻机项目属国家科技

部科研开发项目。AD130/1000竖井钻机不仅在钻架、滑架等5个方面实现了重大技术创新和突破,还利用了全液压力头驱动以及全断面分级扩孔、减压钻进、压气提升反循环洗井等全新技术,对大漏水、易塌方的不稳定地层有良好的适应性。