

苏锡常地区微承压地下水取水工程技术研究

张秣媛¹ 陈锁忠² 安 健¹

(1. 江苏省水资源服务中心, 江苏 南京 210029;

2. 南京师范大学 虚拟地理环境教育部重点实验室, 江苏 南京 210046)

[摘要] 针对苏锡常地区微承压含水层厚度薄、颗粒细, 采用传统的成井工艺施工一般出水量较小、易淤塞的现状, 研究采用大口井、子母井与排井等不同井型开采微承水的工艺。以常州湖塘、吴江同里与湘城区黄埭 3 个示范工程为例, 研究设计了大口井、排井与子母井平面结构、成井结构与施工工艺, 并对各个开采工艺下的出水量与水质变化进行评价。根据示范工程的试验结果与微承压水的水文地质条件, 进行了苏锡常地区微承压水取水工程的适宜性分区, 该分区结果对微承压水取水工艺的设计具有指导意义。

[关键词] 大口井 排井 子母井 成井工艺 微承压地下水 苏锡常地区

[中图分类号] P641 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1672-1292(2011) 02-0084-09

Study on the Micro-confined Groundwater Mining Engineering and Technique in Suzhou-Wuxi-Changzhou Area

Zhang Liyuan¹, Chen Suozhong², An Jian¹

(1. Water Resources Service Centre of Jiangsu Province, Nanjing 210029, China;

2. Key Lab of Virtual Geographic Environment of Ministry of Education, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China)

Abstract: In allusion to the problem of little water yield and more easy blocking up using the traditional construction well technology for the thin thickness and fine particle micro-confined aquifer in Suzhou-Wuxi-Changzhou area, this paper studies the micro-confined groundwater mining engineering and technique by the large-diameter well, daughter-parent well and arrangement well. Taking the three demonstration projects of Wutang in Changzhou, Tongli in Wujiang and Huangdai in Xiangcheng district of Suzhou as examples, we study and design the planar structure, dig a well structure and construction technology of the large-diameter well, daughter-parent well and arrangement well, and evaluates the water-well yield and changes in water quality under the mining technology. According to test results and hydrogeological conditions of the micro-confined groundwater, we conduct the mining technology appropriate zoning for the micro-confined aquifer in Suzhou-Wuxi-Changzhou, the zoning results have guidance significance to the micro-confined aquifer mining technology planning.

Key words: large-diameter well, arrangement well, daughter-parent well, construction well technology, micro-confined groundwater, Suzhou-Wuxi-Changzhou area

除基岩山区及江阴、常熟等地残丘周围微承压含水层缺失外, 苏锡常地区其他地区的承压含水层皆有分布。含水层岩性多为灰、灰黄色粉砂和粉砂夹亚粘土薄层, 其顶板埋深 4 ~ 12 m, 底板埋深在 25 ~ 50 m 之间。在垂向上大部分地区呈上、下两层分布, 20 m 以浅含水层岩性多为粉细砂、粉土、粉质粘土夹薄层粉砂, 分布较为稳定, 厚度为 5 ~ 25 m 左右; 在 35 ~ 50 m 区段内, 含水砂层多呈夹层状发育, 层次较多, 岩性较细, 平面上变化复杂, 分布很不稳定。两层砂之间岩性在区域上也呈现规律性变化。太湖平原区以粉质粘土为主, 长江三角洲地区主要为粉质粘土夹薄层粉砂、粉土(千层饼状结构)等, 局部地区上下两含水层与下部 I 承压含水层连通, 含水层厚度较大。微承压含水层单井涌水量 100 ~ 500 m³/d 不等, 水位埋深 1.5 ~ 4.0 m。其水质较为复杂, 苏州以西地区主要为矿化度小于 1 g/L 的淡水, 而苏州东部及沿江地区, 分布有

收稿日期: 2011-03-15.

基金项目: 国家“863”计划(2009AA12Z223)、江苏省高校自然科学研究重大项目(10KJA170028)。

通讯联系人: 张秣媛, 高级工程师, 研究方向: 水文地质、水资源规划与利用。E-mail: 09153@njnu.edu.cn

矿化度大于 1 g/L 的微咸水^[1]。

由于微承压含水层厚度薄、颗粒细,采用传统的成井工艺施工一般出水量较小,且易淤塞,为解决这一矛盾,须通过增大过水断面的面积,提高地下水进入井孔的能力。本论文在总结国内现有浅层地下水取水井型特征的基础上,结合苏锡常地区浅层微承压含水层的岩性结构等特征,提出了适合该地区的大口井、子母井、排井等不同井型,并通过不同的具体示范工程进行试验及其结果对比分析,提出各种水文地质条件下微承压水开采工艺。

1 国内研究现状

目前对于浅层地下水的开采,国内采用的开采井类型主要有坎儿井、辐射井^[2]、水平井、子母井、大口井等多种,针对不同地区浅层含水层的岩性不同,开采井的选择也不同。其中坎儿井是由一系列的筒井和暗渠组成,适宜于水位埋深在 50 m 以浅且地下水坡度较大的洪积扇或基岩山区的风化层中取水;水平井及辐射井适宜于补给条件较好的砂层中,采用水平集水管的方式以扩大其过水断面;盖春田^[3]提出了一种新的井型——围模井,与水泥管井类似,只是在施工开挖与井管浇筑同向,均是自上而下进行,施工简单,已在河北承德等地得到广泛的推广。道孚县给水工程采用了在鲜水河滩建大口井取浅层地下水的方法,神府矿区利用大口管井开采烧变岩浅层地下水,均获得了成功。郭精超^[4]对粉砂地层中利用大口径井开发利用浅层地下水,并采用正反两种循环方式,并对试验结果进行对比。常文健等人报道了用子母井系统开采泰安市浅层地下水的途径,试验效果较好。排井是由一系列的筒井呈线形或环形布置,上部连通,多井汇流,施工容易,能较大程度地增加涌水量,对颗粒很细的含水层,可最大限度地提高其出水能力^[4-8]。郝爱枝、张守卿在长胜试区利用轻型井开发利用浅层地下水进行节水灌溉^[9]。

2 示范工程场地布设与井型选择

2.1 示范工程场地布设

示范工程场地布设原则:考虑微承压含水层水文地质条件、当地的供水需求。示范工程分别位于常州的湖塘、龙虎塘、苏州黄埭、同里、福山、梅李、冶塘(如图1所示)。其中苏州梅李镇示范工程位于长江新三角洲沉积区,微承压含水砂层厚度较大($>15\text{ m}$),其他几处均位于太湖平原沉积区,但含水层岩性、厚度有一定区别。湖塘镇微承压含水层岩性主要为亚砂土,粉砂仅厚 2.5 m ;黄埭镇微承压含水层厚度为 7.5 m ;其他地区为 $10\sim15\text{ m}$ 不等。



图1 示范工程位置分布示意图

Fig.1 Sketch map distributed demonstration engineering

2.2 示范井型选择

苏锡常地区微承压含水层岩性多为粉砂、粉细砂、亚砂土,结构松散,且水位埋深较浅,呈流砂性质。水

平井和辐射井施工较为困难,而大口井、子母井、排井等井型则较适合该区。

针对示范工程场地微承压含水层不同的地层结构及水位埋深,确定各示范点的井型,黄埭为子母井;湖塘、龙虎塘、冶塘为大口井;同里、福山为排井;由于梅李存在两层砂,采用排井(上层砂)与大口井(下层砂)两种井型,以便在开采使用过程中将二者水位、水质变化进行对比。示范场地的布设与井型的选择结果如表 1 所示。

表 1 示范工程场地布设与井型选择结果
Table 1 Selection result on the demonstration engineering site decoration and well style

位置	编号	含水层厚度/m	含水层岩性	水位埋深/m	井型
常州	湖塘 SQ01	20	亚砂土、粉砂夹亚砂土	4.55	大口井
	龙虎塘 SQ02	23.2	亚砂土、粉砂	10.67	大口井
	冶塘 SQ07	6.5	粉砂夹亚砂土薄层	2.4	大口井
苏州	黄埭 SQ05	7.5	粉砂	1.64	子母井
	同里 SQ03	12.4	粉砂	2.02	排井
	福山 SQ04	14.2	粉砂	4.7	排井
	梅李 SQ06	10.6	粉砂	1.33	排井、大口井

3 示范工程施工技术

由于受论文篇幅限制,选择常州湖塘大口井、吴江同里排井与湘城区黄埭子母井 3 个典型示范工程阐述微承压水开采技术,其他示范工程的具体技术要求本文不详细阐述。

3.1 常州湖塘大口井

3.1.1 浅部地层发育情况

勘探揭示,湖塘大口井示范工程地区微承压含水层的厚度为 8.4~30.5 m,岩性基本上为亚砂土夹薄层粉砂,25~27.5 m 为粉砂层,仅厚 2.5 m,是含水层发育较差地段。

3.1.2 示范工程平面布置

示范工程由 1 个抽水主孔、2 个水文地质观测孔、1 个水文地质观测井(民井)组成,水文地质观测井和 2 个观测孔分别距主抽水孔 5 m、15 m、35 m(如图 2 所示)。

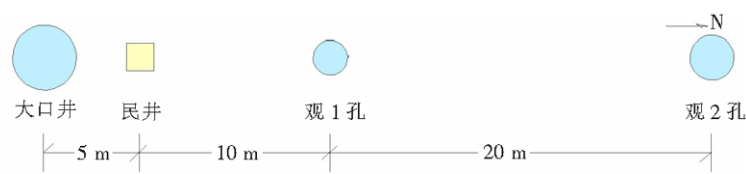


图 2 湖塘示范工程平面布置图
Fig.2 Plane decoration map of Hutang demonstration engineering

3.1.3 成井结构及施工工艺

大口井扩孔口径为 $\phi 600$ mm,扩孔深度 38.0 m,下入 $\phi 300$ mm 的加强水泥管,滤水管位置 9.8~29.8 m,采用缠丝过滤器,下管后进行了滤料回填,6.0 m 以下填入 1~2 mm 粒径的天然石英砂,6.0 m 以上填入粘土球止水,成井后采用活塞冲水和二氧化碳联合洗井,水清砂净后,测静止水位埋深为 4.75 m(如图 3 所示)。

观 1 孔距主井 15 m,扩孔口径为 300 mm,下入 127 mm 的钢管,采用缠丝过滤器,位置 8.8~18.0 m 及 24.0~30.4 m。观 2 孔距主井 35 m,扩孔口径 450 mm,下入 219 mm 的钢管,采用桥式过滤器,位置 9.5~29.9 m,两观测孔其他止水位置、洗井过程均与主井相同,观测孔成孔后进行简易抽水试验,持续 8 h,结果显示洗井效果好。

水文地质观测井(民井)编号为观 3,采用人工开挖方式,深度为 5.7 m(该区潜水水位埋深较深,一般为 4 m 左右),井底、井壁采用砖砌,作为抽水及地下水动态观测使用。

3.1.4 抽水试验及参数计算

主井连续抽水时间为 143 h,流量为 $160.8\text{ m}^3/\text{d}$,至抽水基本稳定时,主井水位降 12.23 m,观 1 孔水位

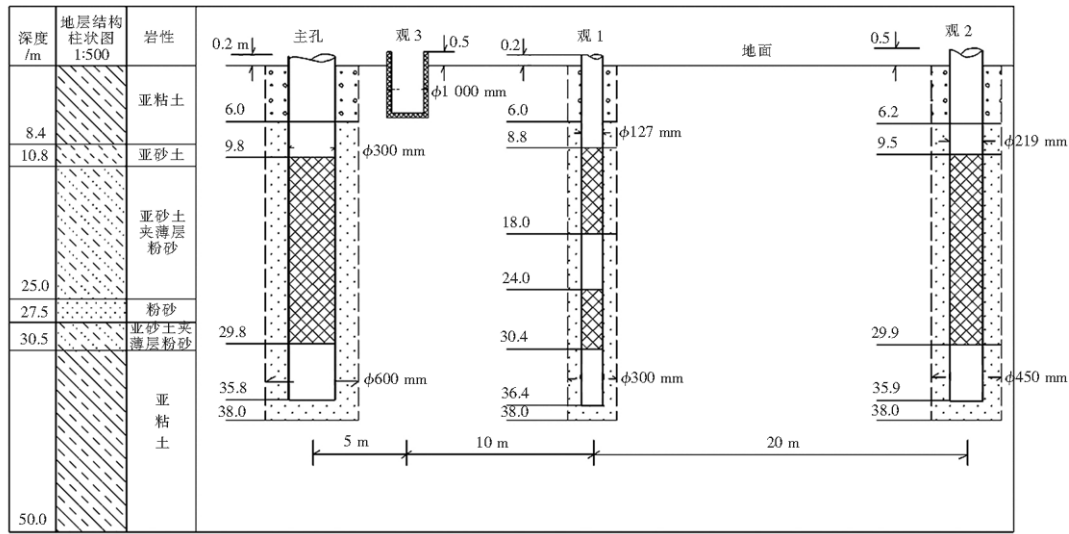


图 3 湖塘镇微承压水开采示范工程成井结构示意图

Fig.3 Demonstration engineering well construction sketch map on micro-confined groundwater bumping in Hutang

降 3.39 m, 观 2 孔水位降 2.03 m, 停抽后测恢复水位 48 h. 分别采用裘布依与恢复水位两种方法进行参数计算.

根据裘布依公式: $K = \frac{0.366Q(\lg r_2 - \lg r_1)}{M \cdot (s_1 - s_2)}$, 式中 $r_1 = 15 \text{ m}$, $r_2 = 35 \text{ m}$, $Q = 160.8 \text{ m}^3/\text{d}$, $M = 22.1 \text{ m}$,

将不同时刻观 1、观 2 孔所对应的水位降代入上式, 计算渗透系数 $K = 0.717 \text{ m/d}$.

利用非稳定流抽水试验资料中的观 1 孔水位恢复资料

绘制 $s - \lg 1 + \frac{t}{t'}$ 曲线, 如图 4 所示, 其中 $t' = 8580 \text{ min}$. 求得

直线段的斜率 $i = 0.532$ 代入公式可求得导水系数 $T = 0.183 \frac{Q}{i} = 0.183 \times 160.8 \times 0.532 = 15.65 \text{ m}^2/\text{d}$, 则 $K = T/M = 0.708 \text{ m/d}$.

两种方法计算得出的渗透系数 K 基本一致, 取其平均值, 确定该含水层渗透系数为 0.71 m/d .

3.1.5 水质分析

抽水试验前后期及以后的使用过程中(每个月取一次)

采集浅层地下水水样(潜水、微承压水)共 13 件, 压出液 4 件. 测试项目为水质全分析、微量元素测试及农药残留(有机 CL、有机 P).

3.2 同里排井

3.2.1 浅部地层发育情况

勘探揭示, 同里排井示范工程地区微承压含水层的厚度较大, 12 ~ 18.2 m、20.6 ~ 24 m 为粉砂, 砂层总厚度为 10 m, 7.0 ~ 12.0 m、18.2 ~ 20.6 m 为亚砂土, 50 m 之内其他层位为亚粘土, 微承压含水层较为发育.

3.2.2 示范工程平面布置

示范工程主井采用排井形式, 由六眼抽水井组成, 呈六边形分布, 井与井间距为 5 m, 同时在一条直线上布设 3 个观测孔, 编号为观 1、观 2、观 3, 其中观 1 位于六口排井的中心, 观 2、观 3 距观 1 分别为 15、30 m, 人工开挖潜水位观测孔 1 个, 距观 1 井 10 m, 孔深 5 m, 如图 5 所示.

3.2.3 成井结构及施工工艺

排井: 共由 6 个抽水井组成, 井深均为 32 m, 扩孔口径 $\phi 250 \text{ mm}$, 下入管径为 $\phi 127 \text{ mm}$ 的钢管, 滤水管长度为 15 m, 六眼抽水井的滤水管位置位于 11.50 ~ 26.50 m 之间, 采用桥式过滤器, 外包 60 目尼龙丝网, 下管后对管周围间隙进行了严格的填滤和止水措施, 止水深度为 8.0 m, 成井后及时进行洗井, 测得静止

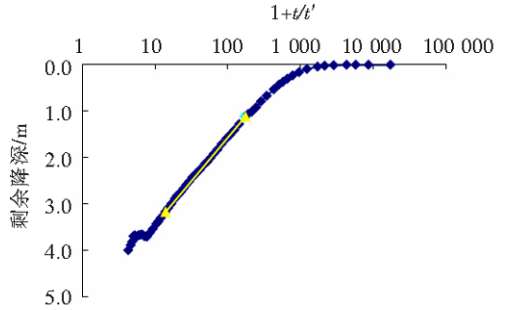


图 4 6 号观测孔 $S - \lg 1 + t/t'$ 曲线图

Fig.4 $S - \lg 1 + t/t'$ curve map of the observation hole 6

水位埋深为 2.7 m 左右 ,如图 6 所示.

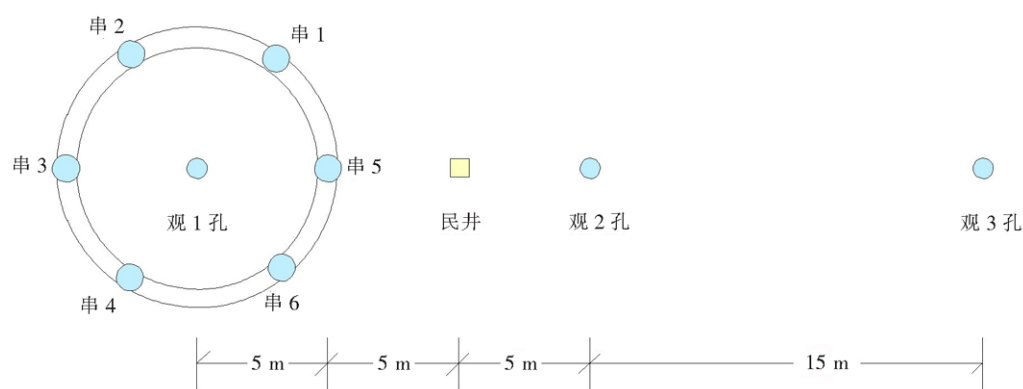


图 5 同里示范工程平面布置图
Fig.5 Plane decoration map of Tongli demonstration engineering

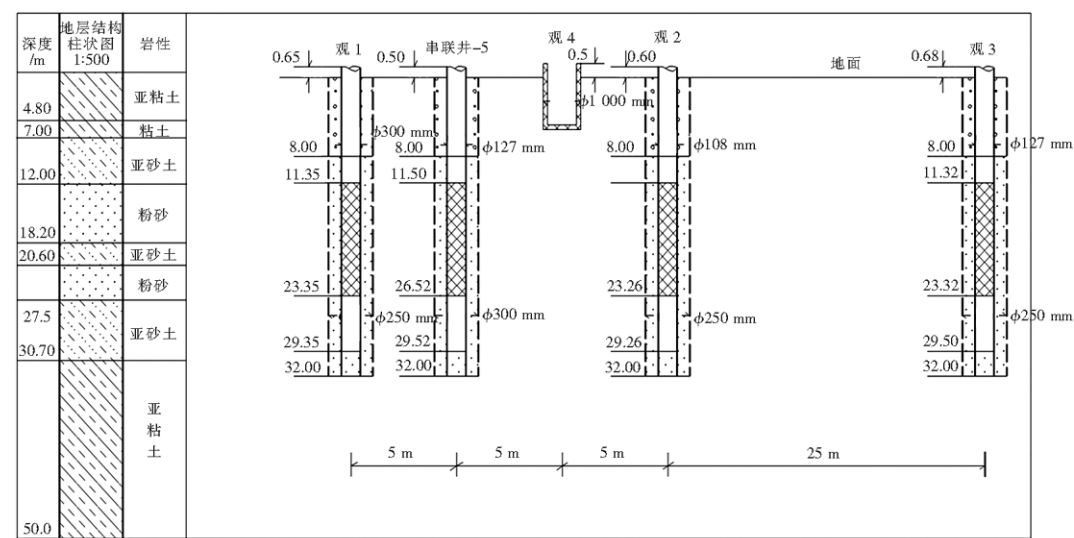


图 6 同里微承压水开采示范工程成井结构示意图
Fig.6 Demonstration engineering well construction sketch map on micro-confined groundwater bumping in Tongli

3 个水文地质观测孔成井过程同主井 ,但在成井结构上 ,观测孔扩孔口径 φ250 mm ,扩孔深度 32.0 m ,下入管径为 φ108 mm 的钢管 ,滤水管位置 11.35 ~ 23.35 m(观 1)、11.26 ~ 23.26 m(观 2)、11.32 ~ 23.32 m(观 3) . 其他过滤器的类型、填料止水、洗井过程均与排井相同 . 在距离观 1 井 10 m 的位置开挖水文地质观测井 ,编号为观 4 ,采用人工开挖方式 ,深度为 5.0 m .

3.2.4 抽水试验及参数计算

排井连续抽水时间 120 h ,出水量为 500.0 m³/d ,在主井水位稳定时 ,观 1 孔水位降为 6.1 m ,观 2 孔水位降低 4.25 m ,距主井 30 m 的观 3 孔水位降为 3.05 m . 利用裘布依公式 $K = \frac{0.366Q(\lg r_3 - \lg r_2)}{M \cdot (s_2 - s_3)}$ 进行参数计算渗透系数 $K = 3.53 \text{ m/d}$.

3.2.5 水质分析

抽水试验前后期及以后的使用过程中采集浅层地下水水样共 20 件 ,测试项目为水质全分析、微量元素测试及农药残留(有机 CL、有机 P) .

3.3 黄埭子母井

3.3.1 浅部地层发育情况

勘探资料揭示 ,黄埭子母井示范工程地区微承压含水层厚度较大 ,5.65 ~ 11.0 m 为亚砂土 ,11.0 ~ 18.5 m、26.0 ~ 27.0 m 为粉砂 ,50 m 内其他层位为亚粘土 ,微承压含水砂层厚度 7.5 m .

3.3.2 示范工程平面布置

子母井由 3 个子井与上部大口径井组成 ,如图 7 所示 ,距离子母井 10 m 的位置布置观测孔.

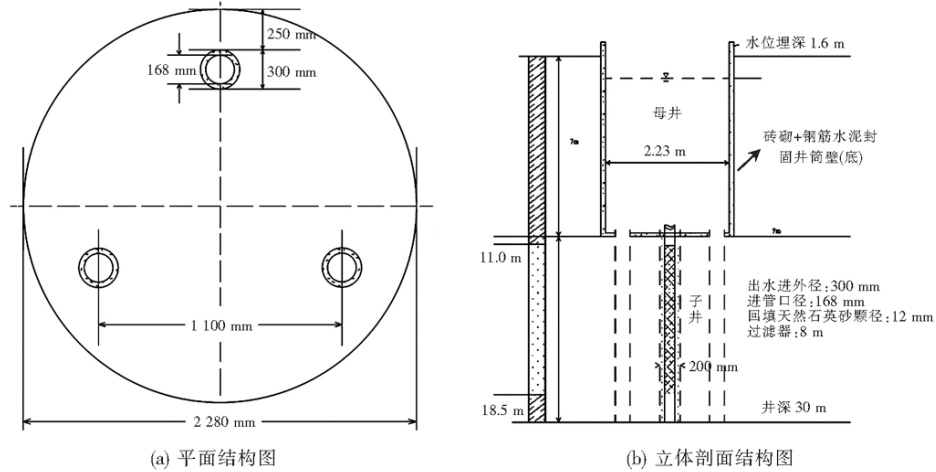


图 7 子母井结构示意图

Fig.7 Daughter well construction sketch map

3.3.3 成井结构及施工工艺

上部母井口径为 2.28 m ,深度 7.0 m ,下部由 3 个子井组成 ,成井深度 30 m 左右 ,合计成井进尺 90 m. 先施工 3 个子井 ,扩孔口径 $\phi 350$ mm ,深度 30 m ,下入 $\phi 168$ mm 的钢管 ,滤水管采用桥式过滤器 ,位置 9.0 ~ 17.0 m ,过滤器内包 40 目尼龙纱 ,外包 60 目钢丝网 ,下管后对管周围间隙进行严格的填滤和止水措施 , 8.0 m 以下填入 1 ~ 2 mm 粒径的天然石英砂 ,8.0 m 以上填入粘土球止水 ,如图 8 所示 ,成井后及时进行洗井和抽水 ,测得静止水位埋深为 1.65 m.

层底深度 /m	层厚 /m	含水层组 划分	地层结构柱状图 1:500	成井结构 1:500	岩性描述
5.65	5.65	潜水			灰黄色亚粘土
11.0	5.35				灰黄色亚砂粘土 夹粉砂
18.5	7.50	微承压			灰黄色粉砂
26.0	7.5			30.0 m	灰黄色亚粘土
27.0	1.0				灰黄色粉砂
34.9	7.9				青灰色亚粘土
36.7	1.8				灰色粉土
38.3	1.6				淤泥质亚粘土
43.7	5.4				灰色粉质粘土, 局部夹粉砂
50.0	6.3				青灰色亚粘土

图 8 黄埭子母井成井结构柱状图

Fig.8 Daughter well construction columnar section in Huangdai

子井建成后 ,围绕 3 个子井 ,以人工开挖方式建成直径 2.28 m 的母井 ,井壁采用砖砌 ,并以钢筋混江混凝土封护 ,至预定深度 7.0 m 后 ,混凝土封固井底底面 ,使母井成为一个质量良好的具有一定容积的储水井筒. 而后截去子井上部井管 ,使子井和母井构成统一的取水建筑物.

观测孔距离子母井约 10 m ,扩孔 250 mm ,下入 127 mm 的钢管 ,其余过滤器的位置及类型、填滤止水过程均与子井相同.

3.3.4 抽水试验及参数计算

观测孔进行简易抽水试验 ,抽水时间 15 h ,水位恢复 5 h. 子母井抽水持续时间 21 h ,水位埋深 6.65 m ,总抽水量 180.0 m³ ,停泵后测恢复水位 32 h ,流量为 9.46 m³/h. 利用观测孔水位恢复资料绘制 $s - \lg 1 + \frac{t}{t'}$ 曲线图 ,求得 $K = 4.83 \text{ m/d}$.

3.3.5 水质分析

抽水试验前后期及以后的使用过程中采集浅层地下水水样共 15 件 ,测试项目为水质全分析、微量元素测试及农药残留(有机 Cl、有机 P) .

4 示范工程评价

将本示范工程及以往小口径管井抽水试验结果进行统计 ,如表 2 所示. 通过对比分析 ,得出以下结论:

4.1 渗透系数

微承压含水层渗透系数与岩性有较大关系 ,各示范工程微承压含水层渗透系数总体上相差不大. 梅李、福山、黄埭、邹区镇微承压含水层岩性均为粉砂 ,砂质较纯 ,渗透系数较大 ,一般介于 4.5 ~ 7 m/d 之间 ,最大为梅李 ,为 6.59 m/d; 常州湖塘、常熟冶塘微承压含水层岩性为亚砂土夹薄层粉砂 ,渗透系数相应较小 ,约为 0.7 m/d; 其他试验地段微承压含水层中均不同程度含有亚砂土、亚粘土夹粉砂 ,渗透系数一般为 3 ~ 4 m/d.

4.2 出水量

由表 2 中分析可得 ,苏州用直微承压含水砂层厚度达 40.65 m ,采用以往的小口径管井 ,出水量为 338.8 m³/d ,苏州华盛造纸厂含水层厚度为 9.6 m ,涌水量为 43.03 m³/d. 而本次试验采用的 3 种井型 ,无论是子母井、大口井还是排井的出水量均较以往小口径管井有明显的提高 ,尤其是常州湖塘镇示范工程微承压含水层不发育 ,以往被视为含水层缺失区 ,基本失去了开采利用价值 ,通过本次施工 ,采用了大口井 ,获取了较大的出水量 ,出水量达 160.9 m³/d. 分析其中原因 ,认为有以下两个方面: 第一 ,采用了特殊的井型结构(大口井、排井及子母井) ,增大了过水断面的面积 ,提高了单位涌水量; 第二 ,在示范工程施工过程中 ,对成井工艺进行改进 ,采用清水钻进、活塞与 CO₂ 联合洗井的方式 ,洗井效果好.

表 2 抽水试验结果对比表
Table 2 Contast table of pumping-out test results

抽水地点	含水层厚度/m	岩性	渗透系数 K/(m/d)	降深/m	涌水量/(m ³ /d)	井型
常州湖塘	20.00	亚砂土	0.70	12.23	160.90	大口井
常州龙虎塘	23.20	粉砂、以亚砂土为主	3.99	9.00	360.00	大口井
常熟冶塘	6.40	亚砂土夹粉砂薄层	0.67	7.56	86.00	大口井
苏州同里	17.40	粉砂、亚砂土	3.53	6.00	500.00	排井
常熟福山	14.20	粉砂	5.5	4.18	512.00	排井
常熟梅李	10.60	粉砂	6.59	7.00	1000.00	排井
苏州黄埭	7.50	粉砂	4.83	5.00	211.00	子母井
常州邹区镇	17.60	粉细砂	4.56	8.90	403.20	子母井*
苏州用直	40.65	粉砂	1.84	5.32	338.80	1986 年资料
苏州华盛造纸厂	9.60	粉细砂	3.35	2.68	43.03	(小口径)

注 “*”为参考江苏省工程地质勘察院资料.

从砂层厚度分析: 龙虎塘、同里、黄埭微承压含水层厚度相差不大 ,微承压含水层渗透系数、水位降也基本相同 ,但出水量有较大差异 ,排井出水量较子母井、大口井涌水量大. 同种井型之间 ,采用不同的组合形式(井数、井间距) ,出水量也有较大区别.

子母井: 苏州黄埭镇与常州邹区镇浅层地下水示范井型均采用子母井 ,但二者的井型又有所不同 ,黄埭子母井下部布置 3 个子井进水 ,在上部母井内抽水; 常州邹区镇子母井则仅有一个子井 ,子井与井底同时进水 ,水泵在子井井管内抽水. 抽水试验结果显示: 两含水层渗透系数相差不大 ,分别为 4.83 m/d 及 4.59 m/d ,在降深为 5.0 m 及 8.9 m 时的单井单位出水量分别为 42.2 m³/d · m 和 45.3 m³/d · m; .

仅从出水量分析,苏州黄埭镇出水量小于子母井,但仔细分析可以发现邹区镇微承压含水层厚度及水位降深均大于黄埭镇微承压含水层.黄埭微承压含水层厚度仅 7.5 m,水位降深 5.0 m,而邹区镇微承压含水层厚度达 17.6 m,水位降深 8.9 m,若换算成单位降深单位厚度含水层的出水量,黄埭子母井单位出水量远大于邹区镇子母井.

排井:同里、福山及梅李均采用排井井型,只是串联的形式不同,同里与福山排井均为环形布置,同里为六边形,福山为五边形,井间距均为 5 m,两者的出水量相差不大,基本为 500 m³/d.梅李采用直线形,井间距为 10 m,出水量已达 1 000 m³/d.

可见,排井的出水量与井间距、井数、井的布置方式有很大的关系.第一,在地层条件基本相同的情况下,对于环形布置的排井而言,若井数相同、井间距越大,出水量也将增加;若井间距相同,串联的井数不能盲目增加,如福山与同里排井,井间距均为 5 m,但井数分别为 5、6 个,但两者的出水量相差不大.第二,同为排井,同里示范工程改变了井群的布置方式,采用线形布置,增加了井间距,由 5 m 改为 10 m,减小了井与井之间的相互干扰,其出水量有了明显提高.

4.3 水质

由于示范工程在施工过程中采用合理的施工工艺及有效的止水措施,微承压水质均较好,仅在个别示范工程存在 NH₄⁺、NO₂⁻、耗氧量超标现象,如表 3 所示.

表 3 示范工程微承压水水质分析结果统计表

Table 3 Statistical table of the micro-confined groundwater water quality analytical results on demonstration engineering

分析项目		标准值/(mg/l)	检出值/(mg/l)	样品数/个	超标数/个	说明
一般化学指标	pH 值	6.5~8.5	7.33~8.41	7	0	湖塘、福山全部超标
	总硬度	<450	81.6~373	7	0	
	矿化度	<1000	386~787	7	0	
	Fe	<0.3	<0.3~0.85	7	2	
	Mn	<0.1	0.1~0.76	7	6	
毒理学指标	氟化物	<1.0	0.12~0.71	7	0	梅李、冶塘有检出
	挥发酚	<0.002	<0.002	7	0	
	汞	<0.001	<0.0002	7	0	
	Cr ⁶⁺	<0.05	<0.001	7	0	
	氰化物	<0.05	<0.005	7	0	
污染指标	砷	<0.05	<0.005~0.014	7	0	梅李超标,其他地区均未检出.仅湖塘检出
	NH ₄ ⁺	<0.2	<0.02~0.5	7	1	
	NO ₂ ⁻	<0.02	<0.004~0.016	7	0	
	NO ₃ ⁻	<20.0	<0.2~0.65	7	0	
耗氧量		<3.0	<0.1~5.92	7	1	黄埭超标

5 取水工艺适用性分区

子母井、排井、大口井均能不同程度地提高单位出水量,但由于 3 种井型的施工工艺不同,对施工地段微承压含水层发育情况、顶板岩性、水位埋深等的要求也有所区别.通过试验 3 种井型的适用范围及适用地区如表 4 所示.

表 4 子母井、大口井、排井适用性对比表

Table 4 Applicblity contast table of the larger-diameter well ,danghter well and arrangement well

井型	优点	缺点	适用条件	适用地区
子母井	有效控制水位降深.	易淤塞,使用寿命较短,不易洗井.	(1) 浅层地下水水位埋深浅; (2) 含水层顶板岩性为粘性土; (3) 含水层发育.	苏州市区、相城以东、常熟盐铁塘以南,吴江以北地区,常州龙虎塘至南部隔湖一带.
排井	施工容易、易于操作,洗井效果好,场地适用性强.	若不用真空泵抽水,难以控制水位降深.	适用于各类地层条件,在含水层不发育地区可优先考虑排井.	基本全区适用,尤其是常州北部、张家港、常熟、太仓沿江地带.
大口井	施工工艺简单,便于管理,不易淤塞,使用寿命较长.	难以控制水位降深.	砂层厚度大、颗粒较粗的含水层较发育地区.	常州市奔牛以东、戚墅堰以西地区,无锡市区东北至港下一线以东、昆山千灯、蓬郎以西、吴江以北的大部分地区.

6 结语

针对苏锡常地区微承压含水层厚度薄,采用传统的成井工艺开采一般出水量较小,且易淤积塞的问题,可根据微承压水分布地区不同的水文地质条件,分别采用大口井、子母井与排井等不同井型增大出水量,防治开采井的淤塞问题。同时利用子母井在上部母井中抽水,与直接在子井井管中抽水相比能有效地控制水位降深,可有利于控制地面沉降的发生。

[参考文献](References)

- [1] 顾阿明,王彩会,黄晓燕. 苏锡常地区浅层地下水资源前景调查与开发利用示范[R]. 南京:江苏省地质调查研究院, 2006.
Gu Aming, Wang Caihui, Huang Xiaoyan. Prospect investigation and development and exploitation demonstration of the shallow groundwater resource in Su-Xi-Chang area[R]. Nanjing: Institute of Geological Survey of Jiangsu Province 2006. (in Chinese)
- [2] 张治晖,李来详,尹红莲. 利用辐射井技术开发黄河滩地浅层地下水的研究[J]. 中国农村水利水电, 2002, 15(3): 12-13.
Zhang Zhihui, Li Laixiang, Ying Honglian. Developing shallow groundwater on the over-bank flood plain of Yellow River by using radial collector well techniques[J]. China Rural Water and Hydropower, 2002, 15(3): 12-13. (in Chinese)
- [3] 盖春田. 围模井——开发利用新井型[J]. 河北水利, 2001, 10(4): 36-40.
Gai Chuntian. Enclose well is a development and exploitation new well[J]. Hebei Water Conservancy, 2001, 10(4): 36-40. (in Chinese)
- [4] 郭精超. 粉砂地层桥式滤水管的成井工艺及出水量研究[J]. 中国煤田地质, 2000, 12(3): 34-36.
Guo Jingchao. Study on bridge well tube filter building well technology and water yield in the silt stratum[J]. Coal Geology of China, 2000, 12(3): 34-36. (in Chinese)
- [5] 黎和炎. 一种新的井型结构[J]. 东北水利水电, 1994, 4(118): 5-8.
Li Heyan. A new well structure[J]. Water Resource and Hydropower of Northeast China, 1994, 4(118): 5-8. (in Chinese)
- [6] 李友成,李文安. 细颗粒地区成井工艺[J]. 地下水, 1995, 17(4): 152-163.
Li Youcheng, Li Wenan. Building well technology in the thin particule area[J]. Groundwater, 1995, 17(4): 152-163. (in Chinese)
- [7] 顾阿明,王彩会,朱锦旗. 苏锡常地区浅层地下水开发利用前景分析[J]. 水文地质工程地质, 2003, 20(4): 90-92.
Gu Aming, Wang Caihui, Zhu Jinqi. Analysis of the prospect of development and exploitation of shallow groundwater in the Suzhou-Wuxi-Changzhou area[J]. Hydrogeology and Engineering Geology, 2003, 20(4): 90-92. (in Chinese)
- [8] 王彩会,朱锦旗,陈杰. 苏锡常地区浅层地下水开采技术研究及环境效应分析[J]. 地质灾害与环境保护, 2004, 15(1): 42-45.
Wang Caihui, Zhu Jinqi, Chen Jie. Study on the shallow groundwater mining technique and its environmental effect in Suzhou-Wuxi-Changzhou area[J]. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation, 2004, 15(1): 42-45. (in Chinese)
- [9] 郝爱枝,张守卿. 长胜试区浅层地下水开发利用轻型井节水灌溉技术[J]. 内蒙古科技与经济, 2008, 6(4): 50-55.
Hao Aizhi, Zhang Shouqing. Development and exploitation of shallow groundwater using irrigation technology on light well saving water in the Changsheng experimental area[J]. Inner Mongolia Science and Technology and Economy, 2008, 6(4): 50-55. (in Chinese)

[责任编辑: 严海琳]