

浅层地下水取水工程综述

叶成明^{1,2}, 李小杰², 刘迎娟²

(1. 中国地质大学(武汉), 湖北 武汉 430074; 2. 中国地质调查局水文地质环境地质调查中心, 河北 保定 071051)

摘要: 阐述了近些年兴起的多种浅层地下水取水工程, 包括渗流井取水工程, 大口井-辐射井取水工程, 竖井汇流取水工程, 庭院式分散农户和小型集中供水取水工程, 以及水平井取水工程。介绍了各类取水工程的原理、适用条件和主要优点, 并列出了部分工程实例。

关键词: 浅层地下水; 取水工程; 分析

中图分类号: TU991.12 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2011)06-0029-04

Summarization of Shallow Groundwater Intake Project/YE Cheng-ming^{1,2}, LI Xiao-jie², LIU Ying-juan² (1. China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China; 2. Center for Hydrogeology and Environmental Geology, CGS, Baoding Hebei 071051, China)

Abstract: Many new methods of shallow groundwater intake project develop fast in recent years, including seepage well, large-diameter well with radiation wells, confluence wells nearby river, household well and small concentrated water supply. The operating principles, the application conditions and advantages of these water intake methods are discussed in this paper with some successful engineering cases.

Key words: shallow aquifer ground-water; water intake project; analysis

我国是世界 13 个严重缺水的国家之一, 不仅缺水人口多, 而且缺水分布范围广, 仅陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆、内蒙古、山西、辽宁、四川、重庆、云南、贵州和广西等西部 13 省(区、市), 严重缺水区面积就达 $217 \times 10^4 \text{ km}^2$, 缺水人口约 4000 万。为缓解缺水地区人、畜饮用水紧张状况, 作为重要地下水资源的浅层地下水的开发利用越来越得到人们的重视。在浅层地下水取水工程中, 除传统的管井取水工程外, 近些年来, 针对浅层地下水埋藏浅、出水量小、容易受到污染等特点, 通过广大水文地质工作者和工程技术人员努力, 开发出了渗流井取水工程、大口井-辐射井取水工程、水平井、庭院式分散农户和小型集中供水取水工程等一系列适合不同水文地质条件的浅层地下水取水工程技术。本文将收集资料进行整理, 介绍给读者, 以期能够给予从事浅层地下水开发的工作者一些借鉴。

1 渗流井取水工程

1.1 原理及渗流井结构

渗流井是一种集大口井、集水廊道和辐射孔为一体的傍河(江、水库)综合性水平集水工程。它利用江河(水库)床底部冲积砂卵石层的滤净有效

特性、河流的大补给量和自净作用采取江河水或者地下水。

渗流井由集水竖井、输水平巷和渗流孔群组成。集水竖井傍河(江、水库)岸修筑, 一般竖井净径 3~5 m。输水平巷在河床底部垂直河流方向开挖, 平巷断面一般 $2 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$ 。渗流孔直径 110~130 mm。为不影响滤床的结构和性能, 渗流井的仰角一般不大于 30° 。渗流井取水工程平面图如图 1 所示。

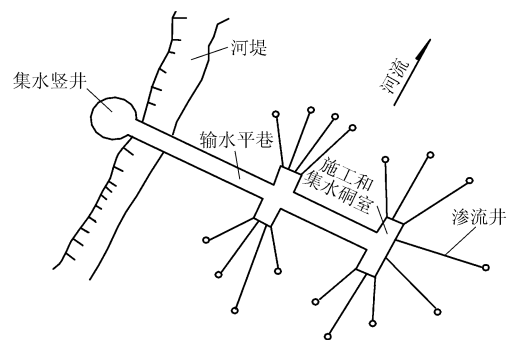


图 1 渗流井取水工程平面图

1.2 适用条件

- (1) 河床底部具有排列有序的砂砾石层, 并达到一定厚度, 一般在 4~5 m;
- (2) 砂砾石层具有稳定的面积;
- (3) 能够生成生物泥膜覆盖于砂砾石层表面或

收稿日期: 2010-12-15; 修回日期: 2011-03-08

作者简介: 叶成明(1963-), 男(汉族), 重庆人, 中国地质大学(武汉)博士在读, 中国地质调查局水文地质环境地质调查中心教授级高级工程师, 地质工程专业, 从事水文水井钻进技术及成井工艺的研究与应用工作, 河北省保定市七一中路 1305 号水环中心。

分布于各卵石之间,形成天然生物滤膜;

(4)有足够量的地下水或源水;

(5)河床的水流与渗流能够形成错流。

1.3 主要优点

(1)出水量大、使用寿命长、维护方便、运行成本低;

(2)水质好、不用增设人工滤层;

(3)采用渗流井取水工程开采地下水,不仅可以充分截取地下水的潜流,而且可充分激发地表水(河流和水库)的补给;

(4)采用天然滤床渗流井取水工程开采地下水不会产生大面积降“漏斗”,避免土地沙化,有利于保护生态环境。

1.4 工程实例

陕西富县城区地处洛河河谷区,含水层厚度薄,一般小于15 m,不适宜于管井取水。该县为典型的黄土地貌,洛河流量变化大,降雨易形成洪流,对河床的冲刷力极大。根据当地的水文地质条件及具体特点,在县城设计、实施了渗流井取水工程。工程结构如图2所示。施工结果,单井出水量达 $3264\text{ m}^3/\text{d}$ 。

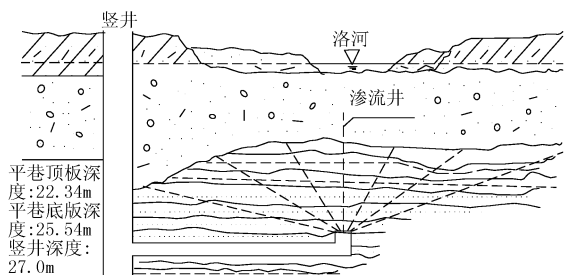


图2 渗流井结构示意图

2 大口井-辐射井取水工程

2.1 原理

大口井-辐射井取水技术是在一个具有较大直径和一定深度的竖井底部,沿井壁四周的含水层施工辐射孔(地层不稳定时,在辐射孔内安放小直径滤水管或分枝管),通过辐射孔以稳定的流量将含水层中的水集中到大口井中的取水方法。

大口井直径从几米至十几米,深度取决于取水层的深度,最深可达几十米。辐射孔呈辐射状伸展,长度一般20~30 m。

2.2 适用条件

大口井-辐射井适用于含水层有一定的厚度,富水性较差的平原区和河谷地区。如果建在附近有水源补给的地方效果会更加。

2.3 主要优点

(1)施工成本低。

(2)集水效率高。由于辐射孔的作用,过水面积增大,出水量提高。

(3)维护维修方便。克服了井壁进水孔易于堵塞和不能清理的缺点。

2.4 工程实例

陕西省地勘局908水文地质工程地质大队在陕西安塞县北的李家沟与延河交汇部位建立了一处大口井-辐射井取水工程。大口井深度15.0 m,10.5 m以上用块石砌护,在大口井底部倾斜向上施工辐射孔4个。结构剖面如图3所示。该井潜水水位埋深5.7 m,抽水动水位10.8 m,涌水量 $402\text{ m}^3/\text{d}$ 。

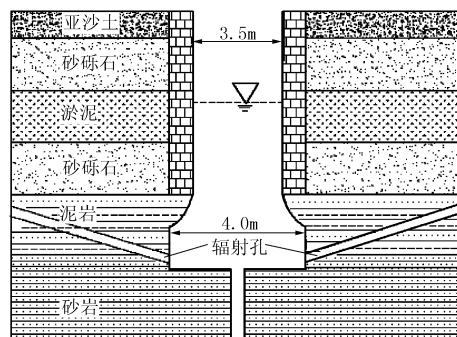


图3 安塞县大口井-辐射井结构剖面图

3 竖井汇流取水工程

3.1 基本原理及布置形式

竖井汇流取水工程的基本原理是沿河谷区布置彼此相距一定距离的竖井井排,竖井包括大口径竖井和小口径竖井,各竖井间用辐射孔连通,并在大口径竖井中施工一定数量的辐射孔,使地下水从竖井和辐射孔汇入抽水井内,以增大地下水开采量。井排布置方向大致与河流方向平行,井间距15~25 m。

3.2 优点

竖井汇流的建设成本低,取水效果较好。

3.3 工程实例

陕西省延长县城位于延河附近,浅部风化壳裂隙潜水浅于15 m,存在延河水的侧向补给,根据条件,在延河岸边施工了由11口竖井组成的竖井汇流取水工程。取水工程如图4所示。工程完成后,用7号井作为抽水井进行抽水试验,涌水量达 $227.28\text{ m}^3/\text{d}$ 。

4 庭院式分散农户和小型集中供水取水工程

4.1 适用条件

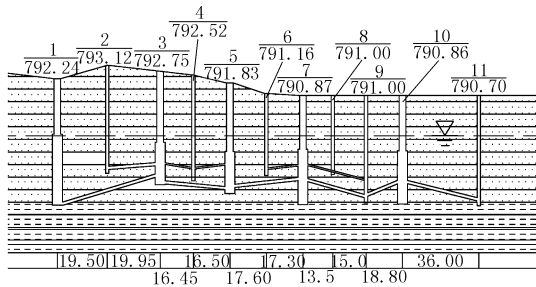


图 4 延长县竖井汇流取水工程示意图

庭院式分散农户和小型集中供水取水工程适用于川、渝红层地区浅层地下水开采。该取水工程是严重缺水地区地下水勘查示范中首创的一种地下水取水模式。

川、渝红层主要分布于四川盆地的中部和东部,盆地多以丘陵为主,部分为低山。红层地区农村居住分散,而红层浅层风化裂隙水和浅层承压水赋存量小且分散,绝大部分地区单井出水量都在 5 m³/d 左右,这种地下水资源条件正好与农村居民分散的特点相吻合,为开发利用这种少且又宝贵的地下水解决长期干旱缺水地区人民的饮用水困难,经过地质工作者的探索,创立了庭院式分散农户和小型集中供水取水工程。

4.2 优点

- (1) 能有效地利用地下水资源解决长期干旱缺水地区人民的饮用水困难;
- (2) 施工工艺简单;
- (3) 建设成本和使用成本低,一般情况下每眼井的建设成本约 1000 元,每月的使用成本 10 多元,就一般农村居民而言均能承受。

4.3 取水工程结构

庭院式分散农户和小型集中供水工程为小井径浅井、小直径螺杆潜水泵取水结构,井径 150 ~ 110 mm,井深 15 ~ 25 m。采用 30 型回转钻机钻孔成井,钻穿上部松散层深入基岩 2 ~ 3 m 后用保护套管作永久止水。成孔后主要含水层下圆孔过滤器,井底下 5 m 同径沉砂管,螺杆潜水泵(0.3 ~ 1 m³/h) 放置深度一般 15 ~ 20 m。

4.4 工程实例

2001 年,中国地质调查局、四川省地调院在四川省南充市嘉陵区、西充县,重庆市璧山、铜梁县等严重缺水地区开展庭院式分散农户和小型集中供水工程示范,施工浅井 6000 多眼,90% 的井位于沟谷两侧或坡麓地带,井深一般 18 ~ 20 m,单井出水量 1 ~ 10 m³/d,少数井大于 20 m³/d,成功率为 95.71%,

解决了近 5 万人的生活饮用水困难,收到良好的社会效益。

5 水平井取水工程

5.1 原理

水平取水井是将过滤器沿含水层水平方向或与地面成一定倾斜角度安装而形成的供水井。水平井可以以盲孔形式成井(单一掘进工作面成井),或以相对布孔的形式成井(连续的或双面成井)。水平井结构如图 5 所示。如采用无线导航定向钻进施工,水平井过滤器安装深度一般 10 ~ 15 m,如采用有线导航定向钻进方法施工,过滤器安装深度可以大于 15 m。视施工设备能力,过滤器安装长度可达几十米,甚至上百米。

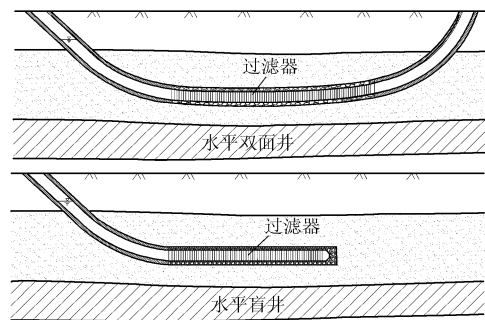


图 5 水平井结构示意图

5.2 适用条件

水平井适用于含水层有一定的厚度,富水性较差的平原区和河谷地区。特别适合于浅层低渗透性含水层地下水开采。

5.3 主要优点

- (1) 开采效率高。由于过滤器水平安装于含水层中,可获得较大的过水面积,使水井的出水量增大,开采效率得到提高。
- (2) 大规模取水投资少。虽然建造一口水平井的费用比建造一口垂直井的费用高,但需水量较大时,水平井建造数量比垂直井少得多,因此,总的取水投资比垂直井省。

5.4 工程实例

2009 年,在河北省廊坊市实施了一眼水平井。地层岩性自地表依次为杂填土、粉土、粉质粘土和中粗砂及粉质粘土等,取水目的层为 7.1 ~ 10.2 m(厚度 3.1 m)中粗砂层段。设计水平井钻孔轨迹如图 6 所示,实际成井结构如图 7 所示。

水平井成井后,经与同时施工的取同一目的层水的垂直井抽水试验对比(见表 1),由抽水试验结

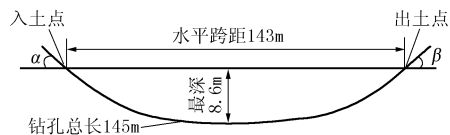


图6 水平井设计钻孔轨迹

表1 水平井与垂直井抽水试验结果

抽水试验结果	水位降深 /m	流量 / $(\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1})$	单位涌水量 / $[\text{m}^3 \cdot (\text{m} \cdot \text{h})^{-1}]$
水平井	3.39	11.13	3.28
垂直井	2.82	5.38	1.91

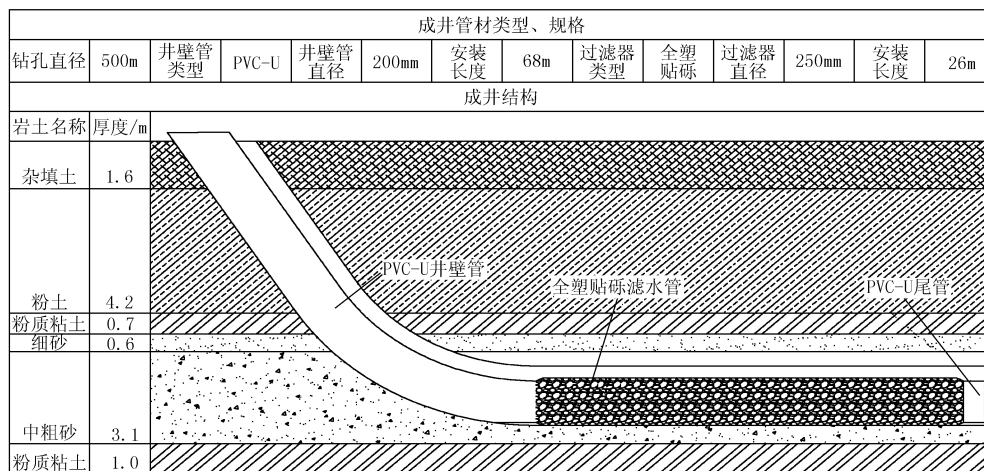


图7 水平井成井结构示意图

果可见,水平井出水量比垂直井增大72%,出水量增大效果明显。

6 结语

渗流井取水工程、大口井-辐射井取水工程、竖井汇流取水工程、庭院式分散农户和小型集中供水取水工程、水平井取水工程各有特点,有它们各自的适应条件,在选用时应注意。另外,不同的取水工程的造价也相差很大,应用时应该在经济能力范围内选取取水效率最优的方法。

参考文献:

- [1] 陈台智,周志彰. 开拓供水新领域施工天然滤床渗流井取水工程[J]. 探矿工程,1995,(1).
- [2] 何庆成,张进德. 水平井技术在地下水和土体污染治理中的应用[J]. 水文地质工程地质,1999,(3).
- [3] 李炳平,叶成明,等. 水平定向钻井技术在浅层低渗透性含水层地下水开采中的试验研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,(10).
- [4] 田宁宁,王凯军. 大有利用前景的水资源:浅层地下水[J]. 环境保护,2001,(7).
- [5] 中国地质调查局. 西部严重缺水地区人畜饮用地下水勘查示范工程[M]. 北京:中国大地出版社,2002.

(上接第28页)

及用户反馈,认为该拖车钻机价格适中,性能稳定,整机运移性好,安装快捷方便,提高了钻井速度。

5 结语

通过钻机的试制生产总结出以下几点体会。

(1)充分的市场调研是产品成功的首要条件,只有能满足市场需求的产品才有生命力。其次就是产品开发的高速度,才能在竞争中率先占领市场。

(2)钻机设计在保证合理性、可靠性、经济性的基础上,还要注重人性化设计。

(3)零件加工和装配技术水平关乎产品的成败,在试制过程中从零件加工到装配的每一个环节都要严格把关。

(4)对试制过程中发现的问题要充分重视,找出问题产生的原因,并尽快改进和加强。

(5)SPT-600型拖车钻机以其优良的性能,适中的价格,搬迁转场方便快捷,施工快速高效的特点,必将受到广大用户的欢迎。

参考文献:

- [1] 冯德强,等. 钻机设计[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,1993.
- [2] 胡仲杰,等. HXY-800QT型拖车钻机的研制与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(6):34-37.
- [3] 史亚楠,等. 水井钻机的选型与配套[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(9):27-32.
- [4] DZ/T 0047-93,水文水井钻机技术条件[S].
- [5] DZ/T 0048-93,水文水井钻机试验方法[S].