

神木县合河水源地渗流井取水效果对比分析

郑羽良, 王基渊, 潘治霖

(长安大学 环境科学与工程学院, 陕西 西安 710054)

摘要: 为了研究陕西省神木县黄河谷地合河漫滩区渗流井取水效果,通过建立研究区的地下水流三维数值模型,分别模拟计算了黄河平、枯水期渗流井的出水量及其组成,对渗流井在单、群井作用下,与相同开采技术条件下的廊道及辐射井模型模拟结果进行了对比,表明渗流井取水结构的出水量大,供水保证率高,并且在建议开采量下含水层的水位降在允许范围内。建议渗流井总开采量为:平水期 35 200 m³/d,枯水期 27 400 m³/d。

关键词: 地下水;“渗流-管流”耦合模型;建议开采量;对比分析

中图分类号:S277.2

文献标识码:A

文章编号:1672-643X(2013)01-0109-03

Comparison and analysis of water-intaking effect of seepage well in Hehe water source area of Shenmu county

ZHENG Yuliang, WANG Jiyuan, PAN Zhilin

(College of Environment Science and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

Abstract: Based on the analysis of hydrogeological conditions in Hehe of Shenmu County, Yulin, Shanxi, a numerical model was developed to simulate the allowable yield of seepage well in the exploitation conditions. When seepage wells are used to exploit water resources the inter-well interference is relatively small. Through the analysis of the simulation results of three different water-supplying projects (seepage well, galleries and radial well), a conclusion was made that the seepage well had many advantages compared to radial wells or galleries in the study area, such as the larger reasonable yield, the higher assuring rate and the much less influence on local hydrogeological conditions. The paper work out the allowable water-supply: in median water period, the allowable water-supply is 35200 m³/d; and in the dry period, the allowable water-supply is 27400 m³/d.

Key words: groundwater; coupled model of seepage and pipe flow; allowable yield; contrastive analysis

0 引言

渗流井取水结构是近年发展起来的新技术,它利用天然河床砂砾石层的净化作用,将河水转化为地下水,可以最大限度地集取河流的渗漏补给量。渗流井是一种结构较为复杂的地下水取水构筑物,由竖井、平巷、硐室和辐射孔(渗流孔)4部分组成^[1](王玮,2010)(如图1所示)。目前,渗流井凭借高产、低耗、易管理、供水总体成本相对较低等众多优势,已成功应用于多处水源地工程,在第四系冲积层及基岩风化带厚度较小的河谷区优势尤为明显,日益彰显出其广阔的应用前景。本文以陕北神木县黄河谷地合河漫滩区为实例,对比分析渗流井取水结构在该地区的取水效果,对研究区地下水的合理开发具有重要的指导意义。

1 合河水源地概况

1.1 水文地质概况

研究区位于陕北神木县黄河谷地的合河黄河漫滩区,区内含水介质为第四系全新统冲积砂砾卵石层及三叠系基岩风化带,含水层平均厚度 12.7 m,为非均质轴对称各向异性介质。研究区东部边界为黄河,在天然条件下,地下水在接受大气降水入渗补给后向黄河排泄,在未来开采条件下,将激发黄河河水大量渗漏补给地下水。西部边界为低山丘陵区与黄河河谷区分界线,基岩透水性差。地下水总体由北向南、由西向东流。

1.2 渗流井结构

渗流井(见图1)包括竖井、平巷、硐室和辐射孔^[2]。

收稿日期:2012-10-12; 修回日期:2012-11-18

基金项目:国家自然科学基金项目(40972154)

作者简介:郑羽良(1987-),男,黑龙江绥化市人,在读硕士研究生,研究方向:水文地质、水文学及水资源、地下水科学。

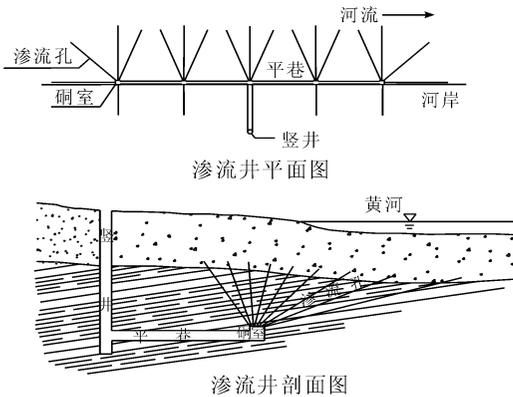


图1 渗流井结构示意图

根据与陕北条件类似地区渗流井取水经验,本次计算各渗流井设计洞室5个,洞室平面位置位于黄河平水期水边线,洞室间间距为70m,各洞室向斜上方施工辐射孔,单根辐射孔进入第四系含水层长度1~3m,辐射孔主要布设在黄河河床方向,平巷顺黄河平水期水边线布设,竖井据黄河水边线40m。

2 计算模型

研究区东部为黄河,设置为第三类河流边界,西

部边界以及底板为隔水边界,顶面为潜水面边界,考虑到黄河水面宽广、纵向延伸长,取水工程正常工作时不会影响到黄河上、下游边界,故将各漫滩上、下游边界概化为第一类定水头边界。

根据含水层结构及水文地质参数,建立渗流井取水三维数值模型,沿东西方向剖分为320列,沿南北方向剖分为500行,剖分网间距5m,垂向上共40m,剖分为11层,其中第四系分为4层,下部基岩再细分为7层,平巷埋深31m,竖井深度37.5m。在剖分网的基础上,根据区内含水层结构、参数等资料,以及前述各渗流井的设计结构,以“井管”各段与含水层间的交换水量为纽带,采用“渗流-管流耦合模型”^[3]建立研究区渗流井取水数值模型。本次模型共设计了4眼开采渗流井,并在单井作用及群井作用下分别计算每口井的出水量。

3 模拟结果及分析

各渗流井在平水期及枯水期群井作用下的计算结果如表1所示。

表1 研究区优选方案下各渗流井群井作用取水量计算结果一览表

计算期	编号	出水量组成							总出水量	建议开采量
		洞室1	洞室2	洞室3	洞室4	洞室5	平巷	竖井		
平水期	HH1	1992.69	1510.41	1511.35	1528.43	2015.75	6.26	11.92	8576.82	8500
	HH2	1970.84	1539.08	1533.51	1537.25	2021.01	6.63	11.96	8620.26	8600
	HH3	1976.60	1274.04	1298.04	1300.46	2078.55	21.94	17.97	7967.59	7900
	HH4	2363.58	1817.59	1803.47	1813.98	2406.71	34.02	21.52	10260.88	10200
合计							35425.55	35200		
枯水期	HH1	1620.46	1226.86	1217.32	1205.56	1550.06	4.56	8.10	6832.91	6800
	HH2	1483.46	1193.07	1209.74	1235.24	1649.16	4.71	7.99	6783.36	6700
	HH3	1505.07	964.56	922.80	797.18	1297.20	11.79	9.51	5508.11	5500
	HH4	1921.78	1495.86	1487.06	1497.22	1995.23	26.38	16.31	8439.82	8400
合计							27564.20	27400		

由表1可知,采用渗流井取水结构,在群井作用时,研究区平水期建议总开采量为35200 m³/d,对比平水期与枯水期渗流井取水计算结果可知,虽然当枯水期黄河水边线后退时,各渗流井设计辐射孔多位于黄河之下,但由于黄河水边线后退时也伴随着水位下降,这必将导致黄河水渗漏补给时的水力坡度变小,进而使得各渗流井出水量显著减小,而各渗流井在黄河水边线后退时的位置不一样,因此各渗流井平水期出水量也有差别,建议总开采量27400 m³/d,则枯水期衰减率为22.2%。单井作用时,每眼渗流井的出水量较群井作用时有所增加,

但增幅不大。单、群井作用下的建议开采量情况对比如图2。

由图2可以看出,在平水期,相比于单井开采,群井开采时各渗流井的开采量衰减率较小,4口渗流井中最大衰减率仅为0.87%,总开采量的衰减率仅为0.46%;在枯水期,群井作用的开采量衰减率比枯水期略大,但各井的最大衰减率也只有2.11%,总开采量的衰减率为1.25%。这说明,在研究区使用渗流井开采水资源,各渗流井间的相互干扰程度很小,即使4口井全开,各渗流井的供水保证率不

会有显著下降,都能够安全高效地运行。为了使取水效果分析具有说服力,除了渗流井模型外,研究过程还分别对廊道取水结构及辐射井取水结构建立了模型(廊道开采方案为廊道埋深 5 m、水位降深 5 m;辐射井开采采用 13 眼井,竖井降深 5m),在平水期

和枯水期分别进行模拟。用廊道及辐射井取水结构模拟结果与渗流井模拟结果进行对比分析。在相同的开采技术条件下,廊道方案、辐射井方案以及渗流井方案的模拟结果对比见表 2。

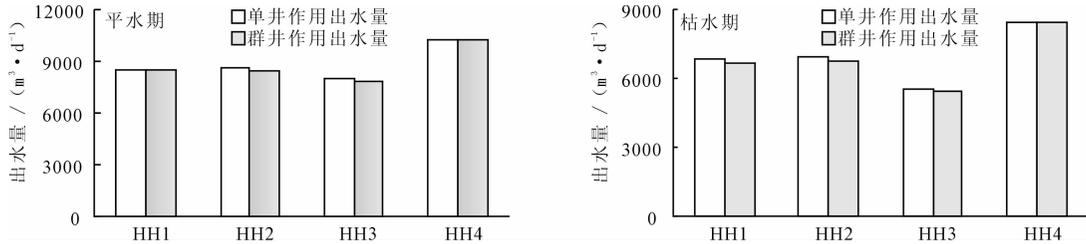


图 2 单、群井作用下各渗流井建议开采量对比图

表 2 3 种不同取水结构出水量对比表 $m^3/d, \%, m$

	廊道	辐射井	渗流井
开采方案	5 m 埋深, 5 m 降深	13 眼井、 5 m 降深	4 眼渗流井
总出水量 平水期	35400	30000	35200
枯水期	19900	21000	27400
枯水期衰减率	44	30	22
最大降深 平水期	5	5	5
枯水期	5	5	5

由表 2 可以看出:在平水期,渗流井取水结构的总出水量是廊道取水结构的 0.99 倍,是辐射井取水结构的 1.17 倍。渗流井与廊道、辐射井取水结构的总出水量相差不大;在枯水期,渗流井取水结构的总出水量是廊道取水结构的 1.38 倍,是辐射井取水结构的 1.3 倍。由于渗流井取水结构的辐射孔是延伸到黄河河床以下的,其枯水期出水量衰减率仅为 22% ,而廊道、辐射井枯水期的出水量衰减率分别高达 55%、30% ,则在枯水期,渗流井的供水保证率远高于廊道、辐射井。在水资源严重短缺的干旱半干旱地区,此种取水结构在总出水量方面的优越性就非常显著了。

4 结 语

通过对研究区水文地质条件的分析,建立地下水流三维数值模型。并与廊道、辐射井等取水结构

出水量及降深进行对比,得出如下结论:确定了在开采条件下,渗流井取水结构的建议开采量为:平水期 $35\ 200\ m^3/d$,枯水期 $27\ 400\ m^3/d$ 。通过与相同开采技术条件下的辐射井取水结构及渗流井取水结构进行对比,表明渗流井取水结构在研究区具有总出水量大,供水保证率高等优势。相同开采条件下,渗流井取水结构在建议开采量下水位降深在允许范围内,对研究区生态环境破坏较小。

由计算结果知,当枯水季节黄河水边线后退时,渗流井的出水量衰减较大,建议在渗流井的基础上,配以一定的蓄水工程设施,将渗流井所获取的河流渗漏补给量储存在蓄水工程内,这样可以通过以丰补歉、调节平衡的方式增大区内可供利用的水资源总量。

参考文献:

[1] 王 玮. 渗流井取水计算模型及其应用[M]. 西安:陕西科学技术出版社,2010.
 [2] Wang W, Zhang G. Numerical simulation of groundwater flowing to horizontal seepage wells under a river[J]. Hydrogeology Journal, 2007, 15(6) : 1211 - 1220.
 [3] 陈崇希,万军伟. 地下水水平井流的模型及数值模拟方法——考虑井管内不同流态[J]. 地球科学, 2002, 27(2) : 135 - 140.