

青岛市黄岛区潮河水源地地下水数值模拟

付佳妮¹, 孙建明¹, 林青²

(1. 青岛地质工程勘察院, 山东 青岛 266071; 2. 青岛大学环境科学系, 山东 青岛 266071)

摘要:在分析研究青岛市黄岛区潮河流域水文地质条件基础上,建立了水文地质概念模型和地下水数值模拟模型,利用地下水水位动态监测资料对模型进行了识别,并预测了三枯一丰一平条件下地下水最大开采量以及水位、降深分布情况。结果表明,模型验证拟合结果较好,地下水最大开采量为2.4万 m³/d,地下水开采不会引起地面沉降、海水入侵等问题。

关键词:地下水;数值模拟;水位;降深;开采量;青岛市黄岛区

中图分类号: P641.134

文献标识码: B

引文格式:付佳妮,孙建明,林青.青岛市黄岛区潮河水源地地下水数值模拟[J].山东国土资源,2015,31(7):45-49.
FU Jiani, SUN Jianming, LIN Qing. Numerical Simulation of Groundwater Sources of Chaohe River in Huangdao District in Qingdao City[J]. Shandong Land and Resources, 2015, 31(7): 45-49.

随着经济社会快速发展及城市化进程加快,青岛市水资源供需矛盾日益突出,地下水超采日趋严重,引发了一系列环境地质问题^[1-2]。部分正在建设中的开发区或港城需水量巨大,造成供水水量远不能满足近期要求,亟需建设新的水源及供水工程。潮河发源于日照市五莲县的九泉,属青岛市的过境河道,地下水资源量丰富,开发利用程度较低,未有大规模的水资源利用项目。通过数值模拟方法评价潮河地下水开采潜力,预测开采条件下地下水变化趋势,对有效管理、合理利用地下水,缓解区域供水紧张状态,保护区域生态环境等,具有重要的意义。

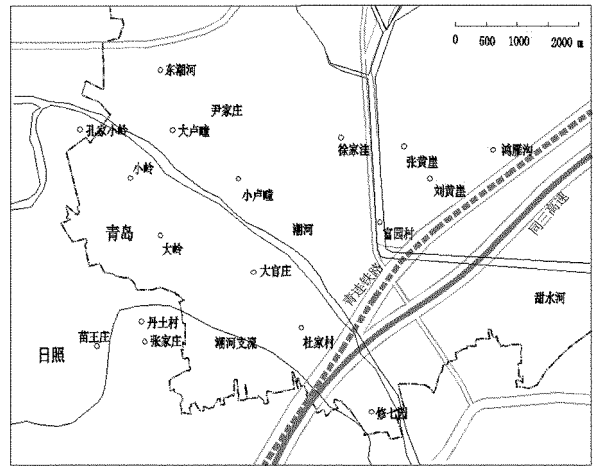


图1 潮河流域位置示意图

1 水文地质概况

潮河发源于日照市五莲县的九泉,由海青镇孔家小岭村东北入青岛市,流经海青镇,于海青镇修七园村东南入日照市(图1)。河道全长33 km,全部流域面积为367.1 km²,青岛境内河段长6.8 km,流域面积34.1 km²。地貌类型为河谷冲积平原和剥蚀丘陵。

地下水类型分为松散岩类孔隙水和基岩裂隙水2种,松散岩类孔隙水含水层主要由第四纪冲积、冲洪积层不同粒径的砂及砂砾石组成,其平面形态呈

NW—SE向带状展布,厚度一般4.0~9.0 m,透水性强,水量较丰富,单井出水量一般大于1 000.0 m³/d,水位埋深一般0.5~7.0 m(图2)。基岩裂隙水主要赋存于基岩表层风化裂隙或构造破碎带中,岩性为新元古代晋宁期片麻状中粗粒含黑云二长花岗岩,裂隙发育呈网状,有统一水面,厚度一般为20.0~30.0 m,渗透系数一般为0.3~2.6 m/d,单井涌水量一般小于100.0 m³/d,局部裂隙发育地区单

收稿日期:2014-08-04;修订日期:2014-11-26;编辑:曹丽丽

作者简介:付佳妮(1987—),女,山西长治人,助理工程师,主要从事水文地质勘察、地下水质量监测等工作;E-mail:497384588@qq.com

井涌水量可大于 100.0 m³/d。地下水化学类型为 HCO₃ · Cl - Ca · Na, HCO₃ · SO₄ - Ca · Na, 矿化度小于 1 g/L。

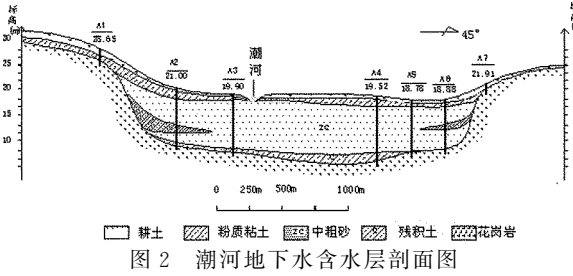


图 2 潮河地下水含水层剖面图

地下水主要补给来源为大气降水入渗补给和上游径流补给, 其次为潮河河流渗漏补给和基岩裂隙水侧向补给。地下水的排泄方式主要为径流排泄和蒸发, 人工开采较少。地下水总体流向以顺河流流势和地形坡降的方向为主, 排泄强度随季节而变化。枯水期河流量较小, 第四系地下水部分向河流补给。

2 水文地质概念模型的建立

水文地质概念模型的建立, 在原则上尽量充分利用自然边界, 以避免人为边界对模拟计算造成干扰^[3]。

模拟区北部为基岩丘陵区, 分布有裂隙十分发育的基岩裂隙含水层, 且多与区内孔隙含水层直接接触, 接受大气降水入渗补给, 并形成地下水径流侧向补给含水层, 将这一边界概化为给定水头边界; 西部为地下水径流补给区, 上游为日照水库, 水力坡度较大, 在开采条件下水位相对稳定, 故将这一边界概化为定水头边界; 南部地势较缓, 含水层延伸较远, 地下水水位不受开采影响, 以青岛市界为边界, 与地下水流线平行, 概化为隔水边界; 中部自西向东有潮河穿过, 河流切割含水层, 二者有密切水力联系, 但水量随季节变化明显, 将其概化为变水头边界。开采条件下潮河下游将设置防渗墙, 为隔水边界。地下水顶部边界为潜水面, 受大气降水、河水入渗、人工开采以及蒸发等因素影响, 水位不断变化^[4]。底部边界为第四纪砂或砂砾石含水层底板, 概化为隔水边界^[5]。地下水水源地数值模型的模拟面积为 26.6 km²。

3 数学模型的建立及求解

依据渗流的连续性方程和达西定律, 结合潮河地区地下水系统实际水文地质条件, 运用地下水模拟系统 Visual Modflow 软件中的 Modflow 模块, 建立与潮河地区地下水系统水文地质概念模型相对应的数学模型^[6-8]。地下水的三维流动数学模型如下:

$$S \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (k_x \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (k_y \frac{\partial h}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (k_z \frac{\partial h}{\partial z}) + Q$$

$$(x, y, z) \in \Omega, t \geq 0 \quad (1)$$

$$h(x, y, z, t) |_{t=0} = h_0(x, y, z) \quad (x, y, z) \in \Omega \quad (2)$$

$$h(x, y, z, t) |_{S_1} = h(x, y, z) \quad (x, y, z) \in S_1, t \geq 0 \quad (3)$$

式中: Ω —渗流区域; h —含水层的水位标高(m); k_x, k_y, k_z — x, y, z 方向的渗透系数(m/d); S —自由面以下含水层储水系数(1/m); Q —单位体积流量, 用以表示流进汇或来自源的水量(m³/d); H_0 —含水层的初始水位(m); t —计算时段时间(s)。

4 数学模型的识别与验证

模拟区网格剖分为 70 行 × 100 列, 每个单元格为 103 m × 106 m, 共 7 000 个单元, 去除研究区范围以外不用参与计算的单元, 其中有效计算单元共计 4 596 个。垂向上分为 1 层, 为潜水含水层, 将有效计算单元划分为 4 个渗透系数分区和 3 个给水度、降水入渗系数分区(图 3、图 4), 每个分区内的含水介质可看作均质各向同性, 参数分配情况见表 1。

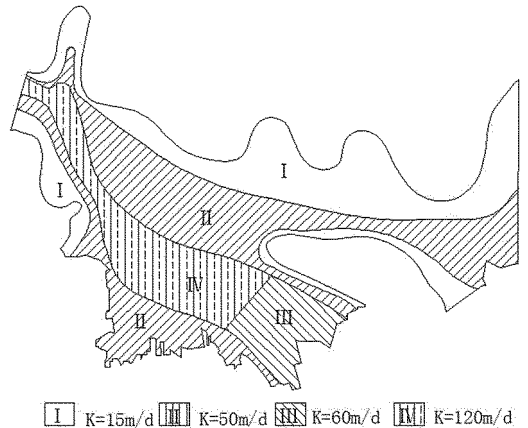


图 3 数值模拟区渗透系数分区图

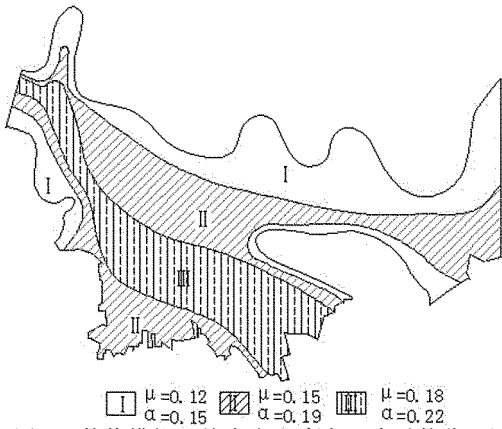


图 4 数值模拟区给水度和降水入渗系数分区图

为了检验所建立模型以及模型参数的准确性,以 2001 年 1 月 1 日至 2010 年 12 月 31 日作为模型校正的时段,共分 120 个应力期,每个应力期(计算时段)为 30 天,通过拟合模拟区上游 MJ6 和下游 MJ29 两个观测孔水位对模型进行校正。经多次参数调整,曲线拟和结果较好(图 5、图 6),水文地质参数的识别值与实际值基本一致(表 1)。

表 1 水文地质参数模拟识别结果

分区	渗透系数		分区	给水度		降水入渗系数	
	初始值	识别值		初始值	识别值	初始值	识别值
I	15	17.28	I	0.12	0.11	0.15	0.15
II	50	60.48	II	0.15	0.15	0.19	0.19
III	60	69.12	III	0.18	0.18	0.22	0.22
IV	120	129.6					

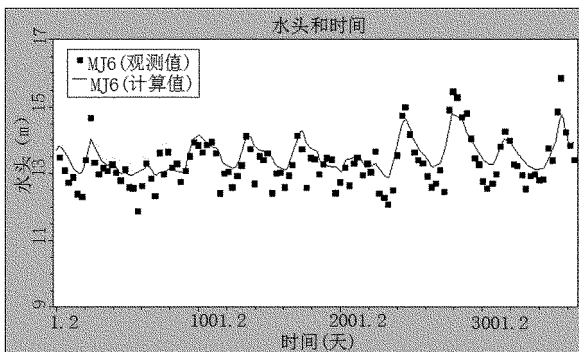


图 5 MJ6 水位模拟值和观测值对比

为进一步检验所建数学模型和模型校正后确定的水文地质参数的可靠性,利用模拟区内 6 个长期观测孔(MJ6, MJ15, MJ18, MJ25, MJ27, MJ35)在 2013 年 7 月 1 日—2014 年 3 月 31 日时间段内的地下水位动态监测资料验证模型^[9-11]。模型验证水位

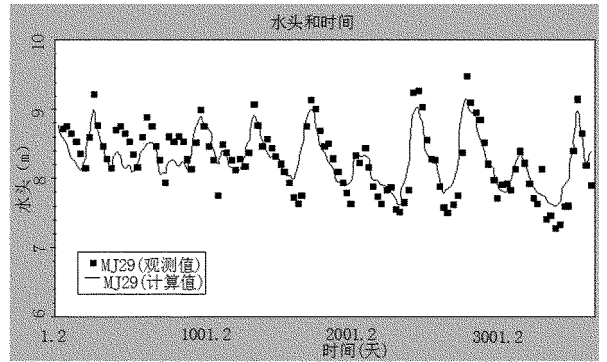


图 6 MJ29 水位模拟值和观测值对比

拟合结果见图 7。

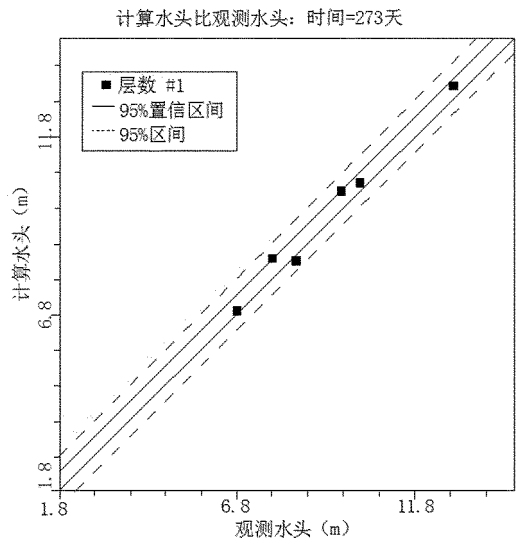


图 7 地下水水位模型验证图

拟合结果显示,各点均匀地分布在 1:1 相关线两侧,标准误差为 0.12 m,标准均方根误差为 6.529%,各种误差指标均在允许的范围,相关系数为 0.991,表明计算地下水位和实测结果吻合较好,模型所取参数和水文地质条件概化的准确、合理,运行稳定,可以采用该模型进行水位预测。

5 模型的预测

根据青岛市历年降水量和蒸发量观测资料,最不利供水条件为连续出现 3 个枯水年 1 个丰水年 1 个平水年系列。地下水合理开采量预测目标为:开采活动对地下水水流场影响较小,连续 3 个枯水年后地下水位降深小于含水层厚度 2/3,且在丰水年水位基本能够恢复。三枯一丰一平的水文气象条件由

黄岛区 2006—2010 年的相应气象条件来表示,初始水位由 2013 年 1 月 4 号的观测水位插值得。

将工作区已有的 24 口抽水孔全部设定为开采井,各井的开采量为其单井涌水量,在此基础上逐步增加开采井数量。通过多个阶段的开采流量试算,连续 3 个枯水年后,地下水水位降深范围为 0~3.0 m,大部分区域水位降深 1.0 m,局部地区形成降落漏斗,但降深小于含水层厚度 2/3,此时地下水开采量为 2.4 万 m³/d(图 8)。丰水年雨季来临后地下水水位逐渐回升(图 9),平水年开采相同水量,地下水降落漏斗仅局部存在,降深为 0~2.0 m,未对地下水流场造成大面积影响(图 10)。

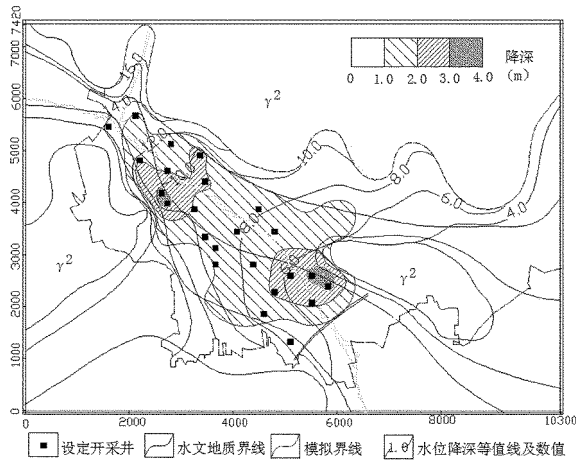


图 8 连续 3 个枯水年后地下水水位等值线及降深预测图

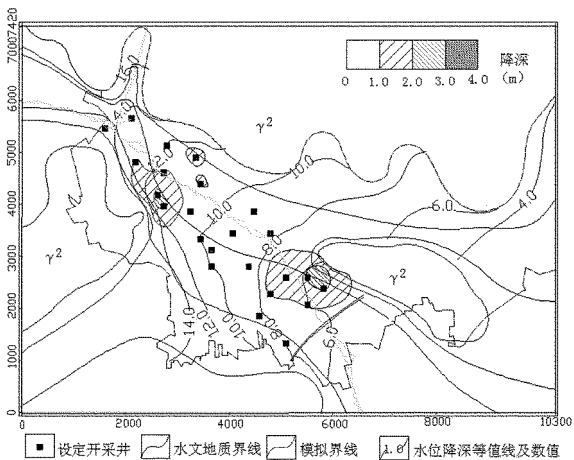


图 9 丰水年后地下水水位等值线及降深预测图

地下水位和降深模拟结果满足地下水最大开采量预测目标,因此青岛市黄岛区潮河供水水源地地下水合理开采量为 2.4 万 m³/d。

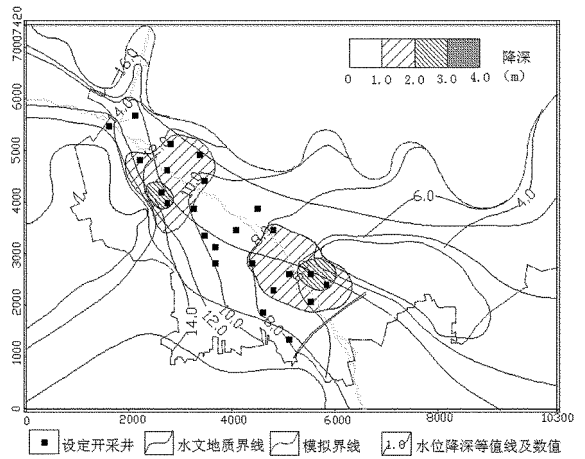


图 10 平水年后地下水水位等值线及降深预测图

6 结论

(1)该次数值模拟所建立的水文地质概念模型合理,模拟所取参数和其边界条件概化准确合理,模型验证拟合结果较好,符合青岛市黄岛区潮河流域实际情况。

(2)模型预报的结果显示,在三枯一丰一平条件下青岛市黄岛区潮河地下水最合理的开采量为 2.4 万 m³/d,地下水资源具有较大的开发利用潜力,可对其进行合理开发利用,缓解区域供水矛盾。

(3)地下水开采不会造成大面积降水漏斗,丰水期水位基本能够恢复,不会引发地面沉降、海水入侵等问题,但地下水位降低在不同程度上影响周围村民生活和农业生产,建议在后期地下水开采规划中将村民用水考虑在内。

参考文献:

- [1] 明强,高宗军,赵玉祥.青岛市主要供水水源地地下水资源开采潜力分析[J].地下水,2010,32(1):56-58.
- [2] 徐军祥,康风新.山东省地下水资源可持续开发利用研究[M].北京:海洋出版社,2001:79-85.
- [3] 沈媛媛,蒋云钟,雷晓辉,等.地下水数值模拟中人为边界的处理方法研究[J].水文地质工程地质,2008,(6):12-15.
- [4] 王世贵.商丘北部地区地下水极限蒸发深度的测定[J].水文地质工程地质,1985,(5):38.
- [5] 寇文杰.格尔木河流域地下水数值模拟[J].水文地质工程地质,2013,40(1):34-40.
- [6] 王晓明,黄新,闫黎东.地下水流数值模型的分解与叠加[J].水文地质工程地质,2010,37(1):31-33.
- [7] 赵宝峰,康卫东,马连净.截潜流在地下水开采中应用的数值模拟研究[J].水文地质工程地质,2010,37(1):27-30.

- [8] 肖华,郭加朋,朱宁,等.基于 Visual ModFlow 的苑庄水源地下水位预测[J].山东国土资源,2012,28(10):38-41.
- [9] 袁立江.地下水资源评价中地下水水量计算时段的选择[J].水文地质工程地质,2001,28(1):71-72.
- [10] 邹友琴,周文斌,兰盈盈,等.南昌市突发性应急供水水源地模拟研究[J].水文地质工程地质,2013,40(4):20-24.
- [11] 史启朋,王博伦,王强,等.庄里水库建设对地下水水位的影响[J].山东国土资源,2012,28(2):34-38.

Numerical Simulation of Groundwater Sources of Chaohe River in Huangdao District in Qingdao City

FU Jiani¹, SUN Jianming¹, LIN Qing²

(1. Qingdao Geo-engineering Exploration Institute, Shandong Qingdao 266071, China; 2. Environmental Science Department of Qingdao University, Shandong Qingdao 266071, China)

Abstract: On the basis of studying hydrogeological condition of Chaohe river basin in Huangdao district in Qingdao city, hydrogeological conceptual model and numerical simulation model of groundwater flow have been established. The maximum of groundwater exploitation and the groundwater level as well as the drawdown have been predicted in three dry years, one wet year and one flat year after the model identification by using dynamic monitoring data of groundwater level. It is known that the calculated results can fit the measured data well. The maximum of exploitation of groundwater is 24000 m³/d, and will not lead to land subsidence and seawater intrusion.

Key words: Groundwater; numerical simulation; water level; drawdown; exploitation amount