doi:10.3969/j.issn.1674-3636.2010.03.271

数值模拟法在西龙河峄山断层带岩溶水允许开采量评价中的应用

刘志峰[1]，柳硕林[2]，王琳琳[3]，林洪孝[4]

(1. 济南市邢家渡引黄灌溉管理处,山东 济南 250100; 2. 河南省地质矿产勘查开发局第一地质勘查院,河南 南阳 473056; 3. 山东省环境保护学校,山东 济南 250014; 4. 山东农业大学,山东 泰安 271018)

摘要:在研究西龙河峄山断层带水源地地下岩溶水系统特征的基础上,成功建立了符合该水源地实际地下水流场的数值模型,对地下水位动态变化进行模拟和预测,进而对岩溶水允许开采量进行了评价。最后得出的结论是该水源地允许开采量定为2.8万 m^3/d 是绝对可行的。

关键词:数值模拟法;岩溶水;允许开采量;山东邹城

中图分类号:P641.134　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1674-3636(2010)03-0271-04

1 水文地质条件

1.1 地理位置

西龙河峄山断层带水源地位于山东省邹城市唐村镇西龙河村、孙家庄至王炉村、西郭村一带,西边界为一号井东断层,东边界为峄山断层,呈西北—东南走向的长条状,长约3.3km,宽约1.8km,面积为7.33km^2。

1.2 水文地质概况

水源地主要含水层发育在奥陶系中统马家沟组2段—4段碳酸盐岩中。该地段灰岩隐伏于第四系之下,第四系厚度一般在19m~40m,第四系下部普遍发育一层10m左右的粘土层,具弱透水性,第四系孔隙水与灰岩岩溶水可通过弱透水层发生微弱垂向水力联系。

1.3 水文地质条件概化模型

该水源地可概化为一个东部有峄山断裂阻隔,北部有煤系地层阻隔,南、西部接受地下水侧向径流补给,上覆第四系孔隙水与下伏地下岩溶水可通过弱透水层发生微弱垂向水力联系的3层水文地质模型。

2 数值模型的建立及模拟区网格剖分

2.1 数值模拟软件简介及模拟范围确定

本次采用的模拟模型(GWMS)是基于迦辽金有限元法的三维地下水水流和污染质或热溶质运移模型软件包,计算时采用GWMS软件包之Aqua 3D地下水流数值模拟模型软件。根据水源地地质详查可知,在该水源地北部地区,即孙庄以北地区,系煤系地层分布区,根据以往多期研究成果,其岩溶发育微弱,富水性差,故认为孙庄—孔庄一线为模型北部隔水边界,所以此次数值模拟模拟区为孙庄—孔庄一线以南的水源地,即岩溶水富存区,面积为5.05km^2,故模拟区的岩溶水资源量即为整个工作区的岩溶水资源量。

2.2 数值模拟模型

模拟区可概化为3层结构:第一层孔隙含水层当潜水处理,第二层为弱透水层只考虑垂向一维流,第三层为具承压性质的岩溶含水层。第一层与第三层可通过中间的弱透水层发生水力联系,各个地段的联系程度不同,模型中通过调整弱透水层垂向渗透系数(越流系数)来实现对越流程度的控制。对于上述3层结构的非均质各向异性非稳定地下水流系统,采用偏微分方程进行描述。

2.3 模拟区网格剖分及边界确定

对模型采用三角网格剖分,考虑该软件计算精度和计算规模大小等因素,把模拟区共划分为974个三角单元,含534个节点,其中边界节点91个,内

收稿日期:2009-03-19;修订日期:2009-04-13;编辑:陆李萍

作者简介:刘志峰(1982—),男,助理工程师,硕士,主要研究方向为水文地质、水利水电工程经济与项目管理.

万方数据

节点 443 个。

岩溶水西部边界和南部边界为流量边界,北部和东部边界为隔水边界,即二类边界中的零流量边界。

3 模型识别

鉴于模拟区为水源地的一部分,其地下水开采动态监测资料只有开采性抽水试验期间的数据,故选择抽水试验期间的观测井水位进行模拟识别,即识别期为 2006 年 3 月 26 日— 4 月 26 日。模型调参初始值是根据本次开采性抽水试验的结果,结合模拟区的水文地质条件进行的,其在每个计算单元上的数值都有可能不同,其中参数数值相近的各个单元组成若干个分区,不断进行迭代,时刻注意模型的模拟程度,严格控制每次迭代的误差,确定模拟区内的水文地质参数的分区和各分区内的水文地质参数。

图 1 是识别期末时段(2006 年 4 月 26 日)地下岩溶水流场拟合图。从模拟成果得知,水位模拟值与实测最大误差小于 0.3m,符合模拟标准,由此推出水文地质参数(表 1、图 2、图 3、图 4、图 5、图 6)。

表 1 数值模拟水文地质参数

孔隙水区号	渗透系数/(m/d)	岩溶水区号	渗透系数/(m/d)	孔隙水区号	给水度	岩溶水区号	储水率/(10^{-6}/m)	区号	弱透水层渗透系数/(m/d)
1	6	1	367	1	0.020	1	0.091	1	0.000 004
2	9	2	800	2	0.016	2	0.100	2	0.000 005
3	12	3	560	3	0.020	3	0.121		
4	32	4	758	4	0.022	4	0.133		
5	30	5	80	5	0.014	5	0.107		
6	25					6	0.133		

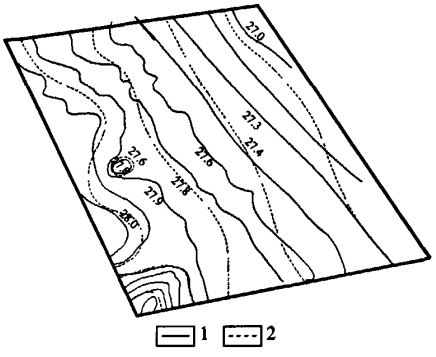

图 1 识别期末时段地下岩溶水流场拟合图

1-计算流场;2-实测流场

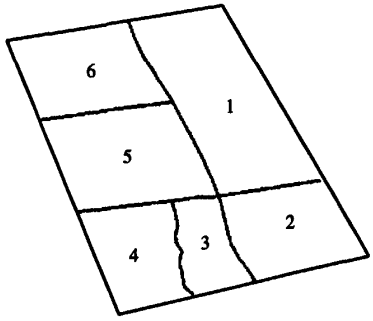

图 2 孔隙含水层渗透系数分区图

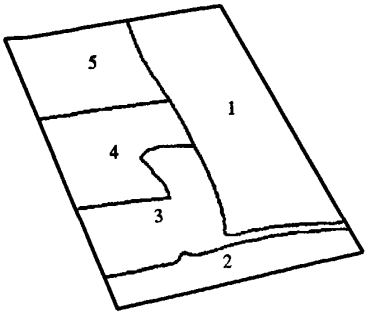

图 3 岩溶含水层渗透系数分区图

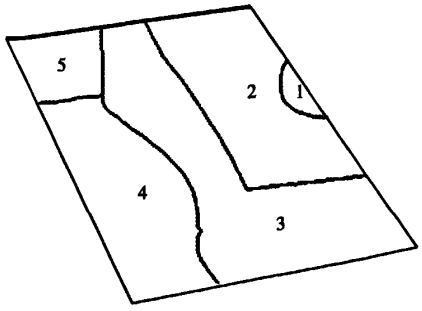

图 4 孔隙含水层给水度分区图

万方数据

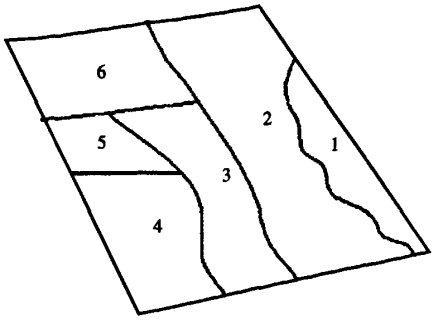

图5　岩溶含水层给水度分区图

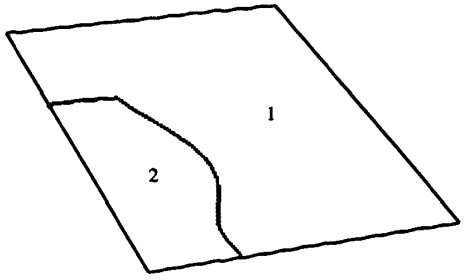

图6　弱透水层渗透系数分区层

4　模型验证

为了对西龙河水源地计算区的允许开采量进行科学评价,需对已识别的模型进行验证。由于是新建水源地,资料很少,就用识别期内其他未参加模型识别的观测井资料进行验证。模型验证水位动态曲线见图7、图8,由图中水位拟合曲线分析,水位模拟曲线的变化趋势与实测水位一致,模拟区内模拟岩溶水水位最大误差点小于0.20m,模型通过验证。

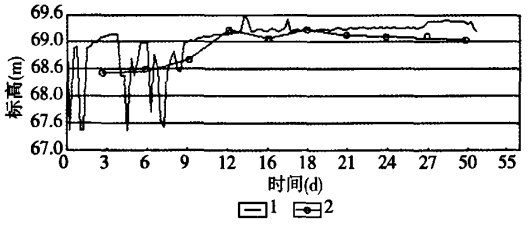

图7　验证孔隙地下水水位动态拟合曲线图

1-实测水位;2-计算水位

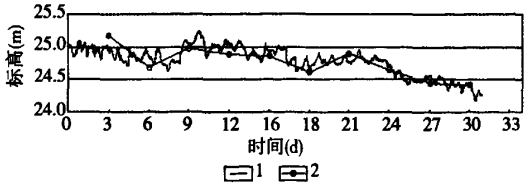

图8　验证期地下岩溶水水位动态拟合曲线图

1-实测水位;2-计算水位

5　水源地允许开采量预测

从模型识别期与验证期水位与流场拟合效果来看,所建立的模拟模型符合工作区水文地质条件,满足精度要求,可以用来进行地下岩溶水开采量预测。

5.1　预报模型

5.1.1　*水文地质参数、边界条件与初始水位*　以模型识别的水文地质参数和确定的边界条件作为预报模型参数和边界条件,并以模拟计算末时段水位作为预报模型初始水位。

5.1.2　*降水序列的选择*　降水量是地下水系统最重要的补给源,降水量的大小控制着地下水系统的动态和均衡,决定着地下水资源量的多少。为此,在综合分析多年降水系列基础上,选取自然降水序列中1986年—1990年连续枯水年的降水量资料,作为枯水年补给量计算与开采量预报的依据。选取1994年—1998年降水量资料,作为平水年补给量计算与开采量预报的依据(表2)。

表2　预报模型降水序列选取统计表

枯水年序列		平水年序列	
年份	降水量/mm	年份	降水量/mm
1986	388.0	1994	752.4
1987	603.9	1995	562.3
1988	268.5	1996	601.0
1989	405.6	1997	442.4
1990	804.9	1998	915.7
平均	494.2	平均	654.7

5.1.3　*开采方案设置*　根据水文、气象、区域水文地质条件和用水需求,为了充分合理地利用地下水资源,本次水位预报按不同设计开采量分别进行,以求得满足约束条件的最大允许开采量。

5.1.4　*开采约束条件*　以开采井动水位不低于岩溶水含水层顶板、不改变岩溶水的水动力性质为约束条件,确定计算区内约束条件为岩溶水限制标高>12m,限制埋深<45m。

万方数据

5.2 开采量预测

经过对设置的多个级别开采量进行试算，最后预测计算区内在满足各类约束条件下的最大允许开采量为 2.8 万 m^3/d。

按照确定的预报模型，将平水年和枯水年降水序列以及 2.8 万 m^3/d 的开采量输入模型，以 2006 年 4 月的水位为初始水位进行计算，即可得到相应预测结果(图 9、图 10)。

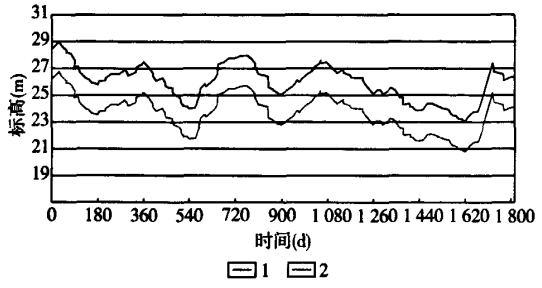

图 9 开采量预报平水年地下水水位过程曲线图

1-观测孔水位；2-抽水孔水位

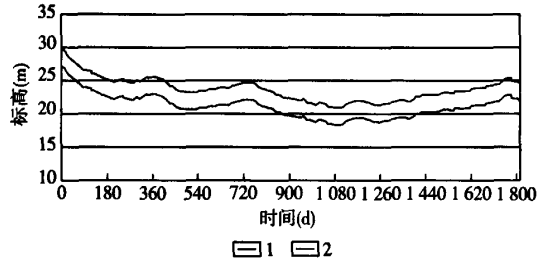

图 10 开采量预报枯水年地下水水位过程曲线图

1-观测孔水位；2-抽水孔水位

6 结 语

数值模拟法考虑了西龙河峄山断层带水源地含水层在空间上的非均质性和降水、开采、越流等各汇源项在时间上的动态变化特点，建立了双层结构三维流数学模型，通过识别校正和推演，较好地刻划了岩溶蓄水系统的特征，并且根据各种约束条件预测了允许最大开采量为 2.8 万 m^3/d，并依据以前的降雨量资料预报了今后 5 年的水位变化。预报在计算区内按 2.8 万 m^3/d 连续开采时，连续 5 个枯水年水源地最低水位仍略高于允许最低水位 12m，说明进行 2.8 万 m^3/d 的抽水是完全可行的。

参考文献：

[1] 苏淑荣，林洪孝，牛磊，等. 兖矿集团国宏化工公司西龙河峄山断层带水源地供水水文地质详查报告[R]. 2006.

[2] 卢京，张钦. 数值模拟在银川市地下水资源开采评价中的应用[J]. 河北师范大学学报：自然科学版，2000，24(4)：536－539.

[3] 刘志峰，林洪孝，许向军，等. 小范围群井与单井抽水试验推求水文地质参数的比较分析 [J]. 地质与勘探，2007，43(1)：94－97.

[4] 刘志峰，李福军，王琳琳，等. 山东某断层带水源地岩溶水允许开采量评价[J]. 勘察科学技术，2007(6)：44－47.

[5] 张勇，田胜龙，赵云云. 黑龙洞泉域地下水流数值模拟与预测[J]. 地球科学，2008，33(5)：693－698.

[6] 李斌，王刚，王开章. Aqua 3D 在傍河饮用水水源地地下水污染数值模拟中的应用[J]. 山东农业大学学报：自然科学版，2007，38(2)：281－290.

Application of numerical modeling in permissive karst water yield assessment in fault zone in Yishan along Xilong River

LIU Zhi-feng[1], LIU Shuo-lin[2], WANG Lin-lin[3], LIN Hong-xiao[4]

(1. Xingjiadu Yellow River Water Drawing Irrigation Station, Jinan 250100, China; 2. The First Geological Prospecting Institute of Henan Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Nanyang 473056, Henan; 3. Environmental Protection School of Shandong Province, Jinan 250014, China; 4. Shandong Agriculture University, Taian 271018, Shandong)

Abstract: Based on the karst groundwater system characters of the fault zone water source site in Yishan along Xilong River, the authors established the numerical model for real flow field of karst groundwater of the water source site, in order to simulate and forecast the groundwater level dynamic variation, and then carried out the assessment of the permissive karst water exploitation yield. It was concluded that a yield of 28 000m^3/d was feasible for the permissive karst water exploitation yield.

Keywords: Numerical modeling method; Karst groundwater; Permissive exploitation yield; Zoucheng, Shandong

万方数据