

大兴迭隆起隐伏岩溶水资源评价及开采方案预测

南天¹, 李鹏², 李星宇¹, 王新娟², 谢振华², 邵景力¹

(1. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 2. 北京市水文地质工程地质大队, 北京 100195)

摘要:大兴迭隆起地区隐伏岩溶地下水是北京市的重要水源,为保障水源地能持续为大兴、通州地区提供优质的城镇生活用水,需对研究区岩溶地下水进行水资源评价和开采规划预测分析。利用数值模拟法,应用GMS模拟软件对研究区岩溶水系统进行地下水流数值模拟及水位变化预测。建立的岩溶水系统模型分为5层,模拟验证期为12年9个月。由模型评价的岩溶水系统补给资源量为 $14\,425.74 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,可开采资源量为 $14\,310.52 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,其中岩溶含水层可开采量为 $2\,309.36 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。在模型识别验证后,分4种开采方案对水源地进行开采预测,通过对典型观测孔水位过程线拟合和研究区水均衡分析可知,按2020年之前维持现状开采,2020年后停采念坛水源地,2025年后全区按可开采量进行开采的开采方案最为合理,可分批逐次实现水源地的采补平衡。

关键词:大兴迭隆起;数值模拟;隐伏岩溶水;水源地;开采规划;模型预测

中图分类号:P641.8

文献标识码:A

0 引言

岩溶水是北京市地下水资源的重要组成部分,其具有资源丰富、储存量大、水质优良等特点。2003年后,为保障北京市的供水安全和加强对枯水期水资源的调蓄,北京市相继建立了房山—张坊、北京—西山和平谷—中桥(部分)以岩溶水为供水水源的应急水源地^[1]。大兴迭隆起地区岩溶水为北京市的重要水源,目前主要为大兴、丰台、朝阳和通州等区县提供城镇生活用水^[2-3]。随着大兴、通州等地用水量的逐年增长,大兴迭隆起地区岩溶水出现了水位持续下降,水资源逐年衰减的现象。研究区此前的研究工作以水文地质勘查为主^[4-9],且年代较为久远,数据精度较差。因此,有必要对大兴迭隆起地区的岩溶地下水进行水资源评价和开采条件下的水位变化预测,保障其作为后备水源的供水能力,为制订合理的开采规划提供依据。

1 研究区概况

大兴迭隆起地区位于北京市南部,其范围主要包括大兴—丰台—朝阳—通县—线,面积约 767 km^2 (图1)。区内主要包括大兴念坛、丰台东高地和通州龙旺庄等3个岩溶水水源地,岩溶水现状供水量约为 $2\,767.23 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。研究区岩溶水隐伏于第四系岩层以下,主要由奥陶系、寒武系和青白口系岩溶含水岩组构成,其含水岩组受区内黄村向斜、通州向斜以及南苑通县断裂、永定河断裂等构造控制(图2、图3)。目前,各断裂的水文地质性质并没有得到统一的认识。

由大兴海子角DJ35-B观测水位过程线可知(图4),研究区岩溶水水位与第四系水位变化基本保持一致,且始终低于第四系地下水水位。通过水化学分析可知研究区岩溶地下水与第四系地下水水化学类型基本一致,均以 $\text{HCO}_3-\text{Ca} \cdot \text{Mg}$ 型为主(图5)。这说明,研究区岩溶地下水与第四系地下水保持着良好的水力联系^[10]。

资助项目:北京岩溶水资源勘查评价工程,专题类第一项:数据模拟(项目编号BJYRS-ZT-01-01)

第一作者简介:南天(1986—),男,博士研究生,地下水科学与工程专业。E-mail:sky1986sky@aliyun.com。

通讯作者:邵景力(1959—),男,教授,从事水文地质专业教学与科研。E-mail:jshao@cugb.edu.cn。

收稿日期:2013-11-29

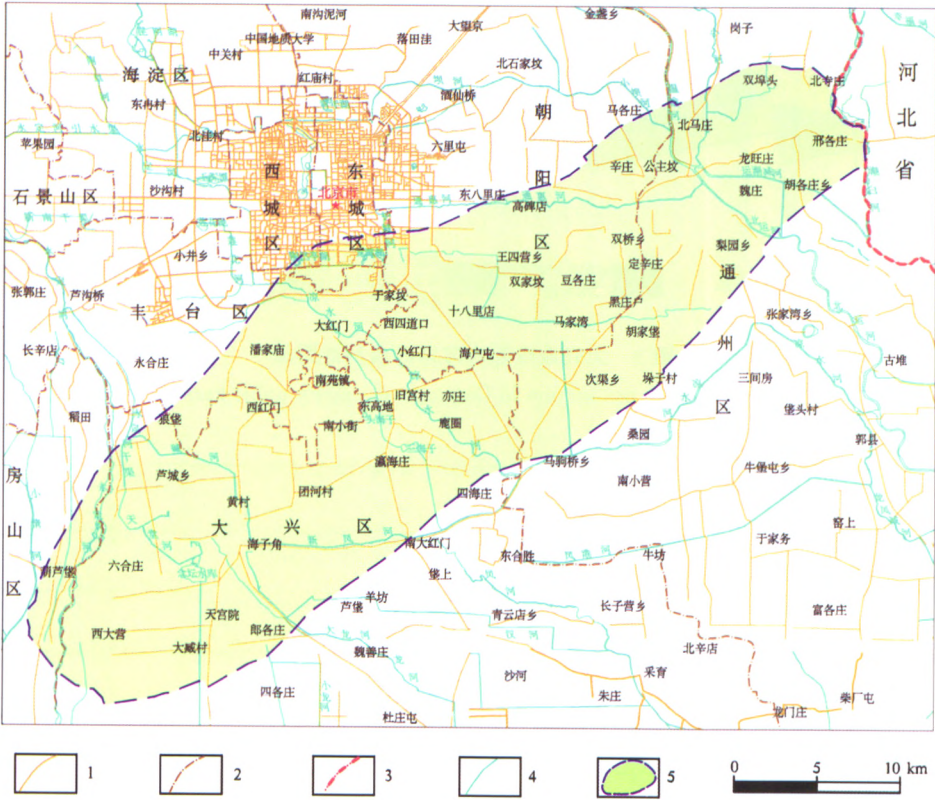


图 1 研究区地理位置和行政分区图

Fig. 1 Location and administration zone map

1. 公路;2. 区界;3. 省界;4. 水系;5. 研究区范围

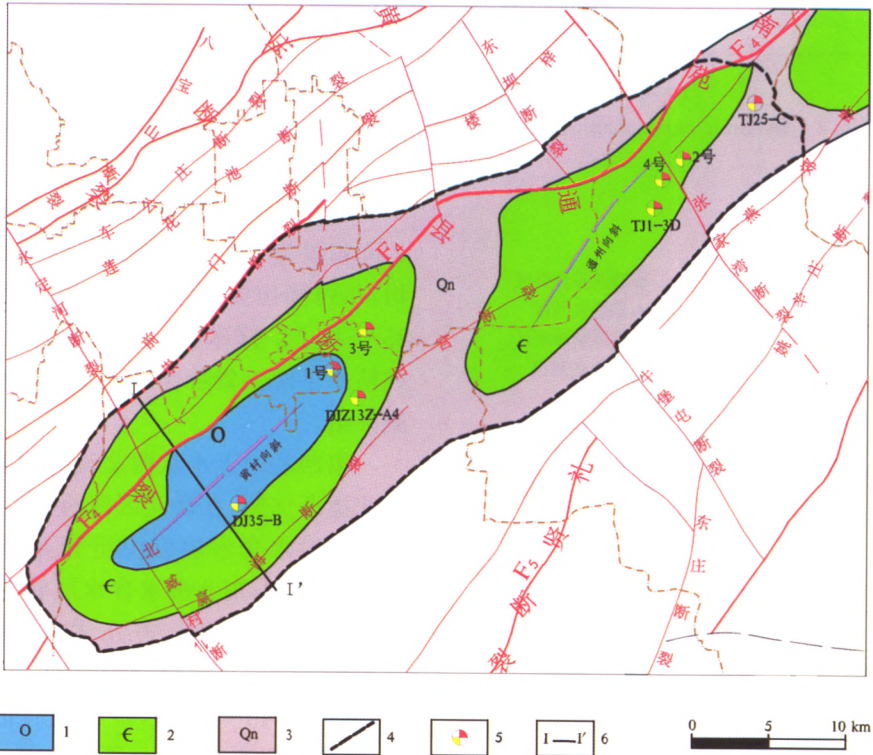


图 2 大兴迭隆起岩溶水系统地质构造图(注:根据北京市地质勘察技术院“北京市平原区基岩立体地质调查报告”改编)

Fig. 2 Map of karst water system geological structure in Daxing overlapping uplift area

1. 奥陶系;2. 寒武系;3. 青白口系;4. 模型边界;5. 观测孔位置;6. 剖面位置及编号

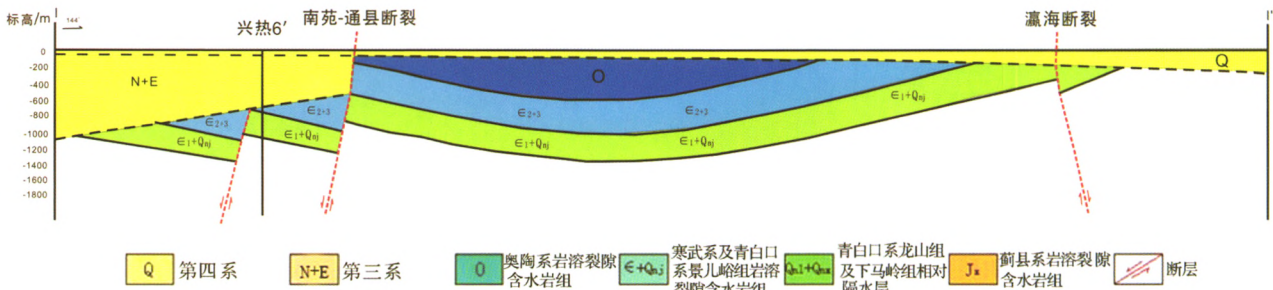


图 3 大兴迭隆起岩溶地区典型剖面图

Fig. 3 Typical cross-section in Daxing overlapping uplift karst area

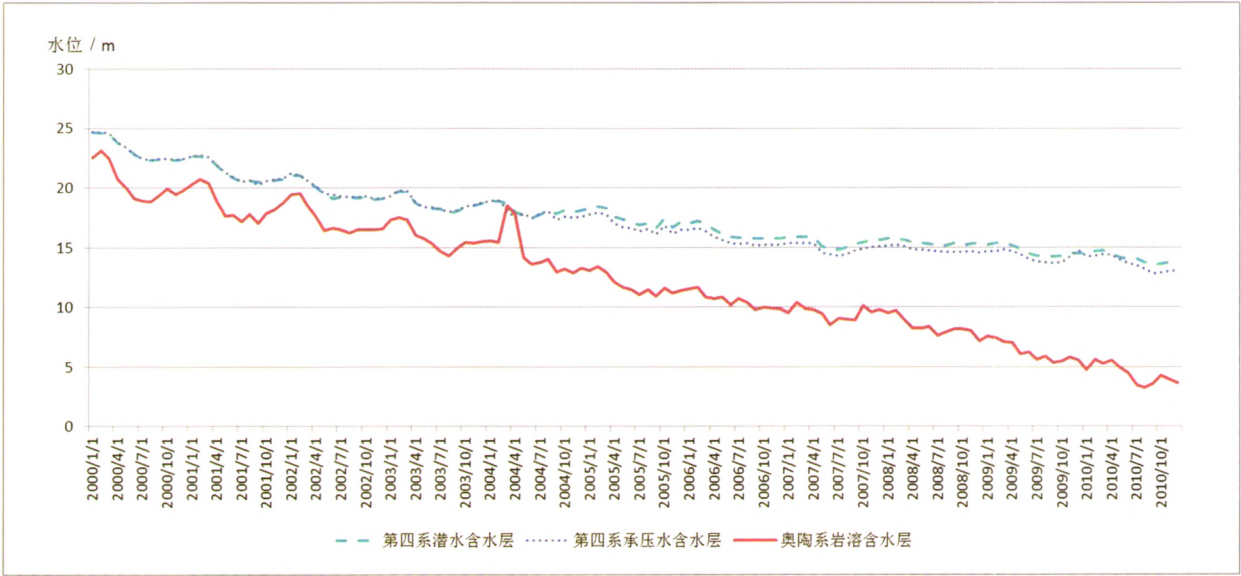


图 4 大兴海子角观测孔水位动态曲线图

Fig. 4 Dynamic curve map of observation well water table in Haizijiao, Daxing area

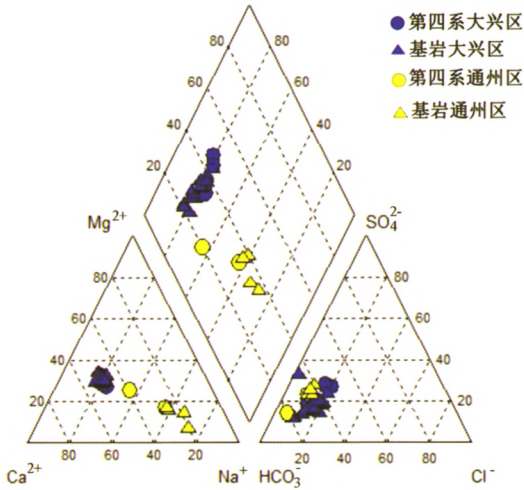


图 5 水化学 piper 三线图

Fig. 5 Water chemistry piper trilinear chart

研究区第四系含水层的主要补给为大气降水,年均降雨量为 536 mm 左右(1960—2010),时空分布不均,年内降雨多集中在 6—9 月份,占全年降水量的 85 % 以上。降水量年际变化较大,常出现连续丰水或枯水年份。岩溶含水层主要接受上覆第四系的越流补给。

第四系地下水从西北流向东南,含水层由西南到东北逐渐加厚,在研究区西南至十八里店—亦庄一带第四系潜水含水层以中粗砂夹卵砾石为主,一般在 20~40 m,向东北潜水含水层颗粒变细,以中砂夹粉质黏土为主,厚度在 60 m 左右,渗透条件减弱;承压含水层在研究区西南以中粗砂、卵砾石夹粉质黏土为主,厚度在 40~60 m,研究区东北部颗粒较细,为中细砂、中粗砂夹亚黏土、黏土为主,厚度一般在 100 m 以上。

研究区岩溶水的开采主要为奥陶系岩溶含水层和寒武系岩溶含水层。奥陶系含水层在黄村向斜中

部黄村镇、念坛水库一带富水性较好,一般单位涌水量在 $450 \sim 500 \text{ m}^3/\text{d} \cdot \text{m}$,最大单位涌水量可达 $2\,930.02 \text{ m}^3/\text{d} \cdot \text{m}$ 。寒武系中上统含水层在黄村向斜中部、黑庄户一带发育较好,单位涌水量可达 $80 \text{ m}^3/\text{d} \cdot \text{m}$ 左右。研究区东北部龙旺庄水源地寒武系下统昌平组岩溶裂隙发育,出水量可达 $1\,371 \sim 5\,152 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

2 岩溶水流数值模型的建立

2.1 水文地质概念模型

通过对研究区水文地质条件分析可知,由于第四系含水层与岩溶含水层之间水力联系密切,则将第四系含水层和岩溶水含水层作为统一的地下水流系统进行研究。

根据研究区第四系的 235 个钻孔和基岩的 35 个钻孔(图 6),利用 GMS 软件中的 Boreholes 模块,参照《北京区域岩石地层表》和研究区的构造特征,首先建立了研究区地质结构联合剖面(图 7)。

通过分析联合剖面,结合各含水层的实际分布和富水性情况,将模型概化为五层。第四系可概化为潜

水含水层和承压水含水层,岩溶含水层概化为三层,由上至下分别为奥陶系含水岩组(O)、寒武系中上统含水岩组(C_{2+3})、寒武系下统及青白口系含水岩组(C_1 、 Q_n)。由于受到褶皱和断裂的影响,岩溶含水层各层的出露情况不同,其中奥陶系含水层仅分布于大兴念坛一带,而寒武系在通州地区仅存在馒头组以下地层。由于常用地下水模拟软件尚不能对地层尖灭情况进行模拟,地层的不完整性为概化模拟带来了困难。因此,本次模拟在奥陶系和寒武系中上统含水层概化时,将其外源进行虚拟扩展,至与寒武系下统及青白口系含水岩组相同范围,虚拟层厚度设置为 20 m。

根据以往水文地质试验、前人研究成果结合研究区水文地质条件,对研究区各含水层水文地质参数进行赋值:第四系潜水含水层渗透系数在研究区西南较大,研究区东北较小,取值在 $6 \sim 50 \text{ m/d}$,给水度范围为 $0.1 \sim 0.25$ /m;第四系承压含水层相对潜水含水层颗粒较粗,渗透系数较大,研究区西南渗透系数较大,研究区东北渗透系数较小,取值在 $10 \sim 100 \text{ m/d}$,储水率范围为 $0.000\,01 \sim 0.000\,8/\text{m}$;奥陶系含水层渗透系数为 15.48 m/d ,储水率为 $10^{-7} \sim 10^{-6}/\text{m}$;寒

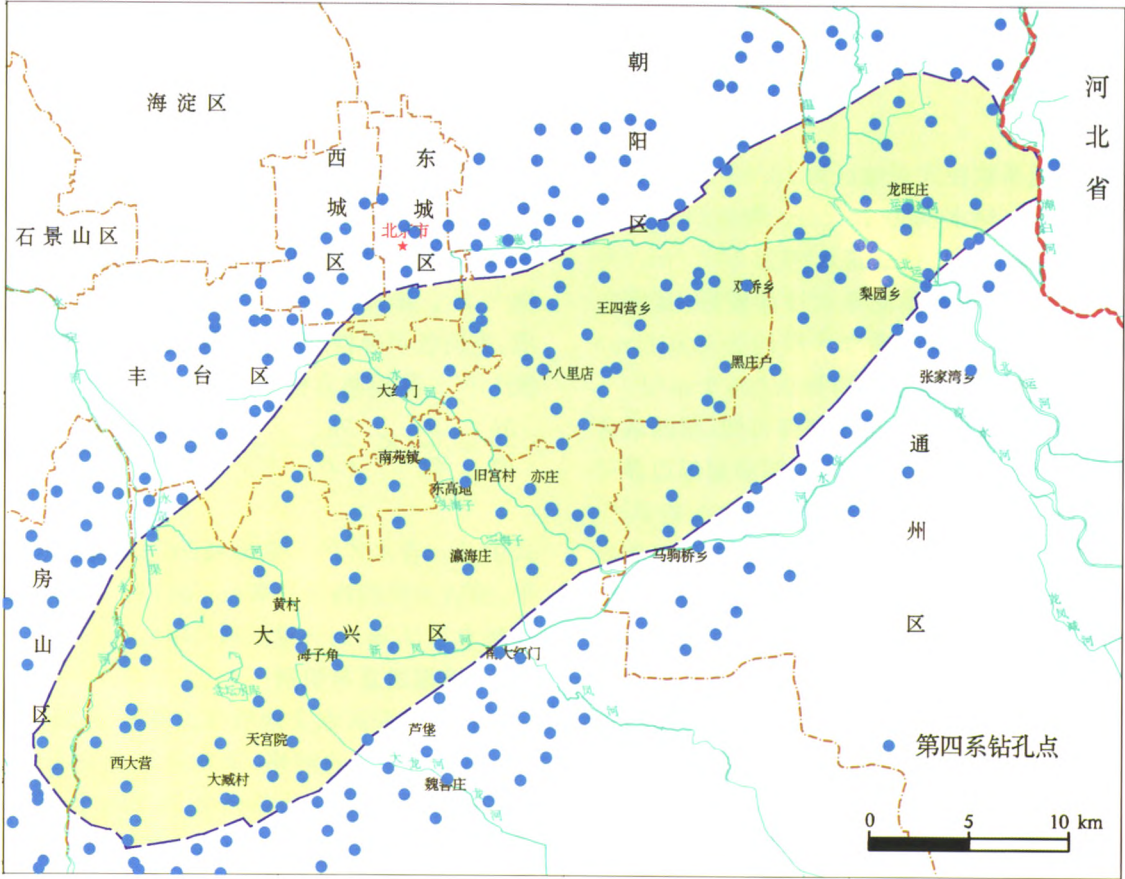


图 6 研究区钻孔分布图
Fig. 6 Well locations in the study area

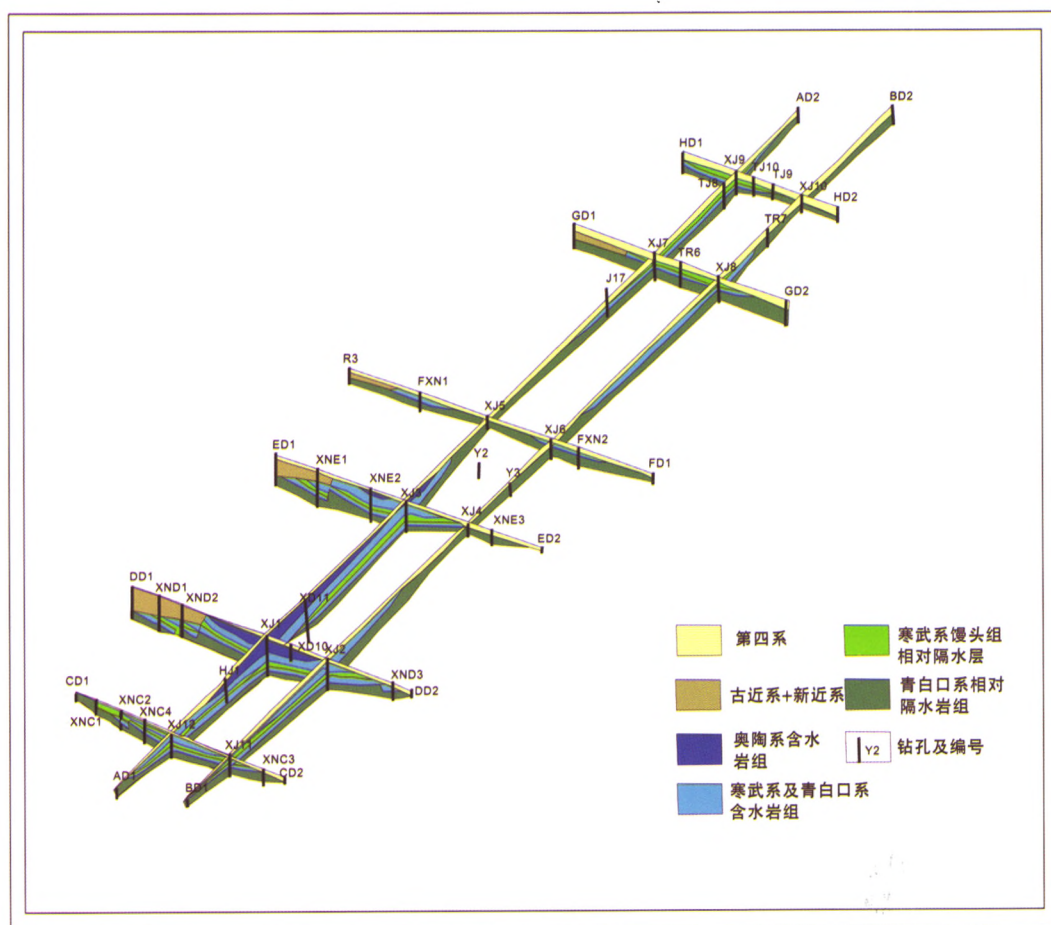


图7 研究区联合剖面图

Fig. 7 Joint profile in the study area

武系含水层渗透系数在大兴地区为 13.68 m/d,在通州地区为 10 m/d,储水率为 10^{-7} /m;青白口系含水层渗透系数较小,为 1 m/d,储水率为 10^{-7} /m。另外,考虑到永定河断裂带垂向导水性能较好,其垂向渗透系数相对较大,在奥陶系含水层约为 0.016 m/d,在寒武系和青白口系含水层约为 0.000 7 m/d。

根据第四系含水层水文地质条件可知,第四系含水层西北边界可概化为流入边界,东部和南部边界可概化为流出边界。在模型中处理为通用水头边界(图 8)。岩溶水含水层受构造影响,其侧向及底部为蓟县系相对阻水的泥页岩层,故处理为隔水边界。

研究区主要补给为大气降水入渗,根据研究区水量站收集到的雨量观测数据以及降雨入渗系数进行计算,得到研究区降雨入渗量为 $11\,458 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。地下水开采在研究区东北及西南部以农业灌溉为主,在郊县以工业和城镇生活用水为主,市区以城镇生活用水为主,开采总量为 $20\,514.13 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

综上所述,选用美国 Brigham Young 大学环境模拟研究实验室开发的基于概念模型的地下水环境模拟软件 GMS^[11-13],建立研究区岩溶含水系统地下

水流数值模拟模型,对岩溶含水系统资源量、可开采资源量进行评价,进而对岩溶水开采方案进行预测,为研究区岩溶水的合理开发利用提供科学依据^[14-18]。最终,将岩溶水地下水流系统概化为非均质、垂向各项异性、空间三维结构、非稳定地下水流系统^[9-10]。其控制方程为:

$$S \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (K_L \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (K_L \frac{\partial h}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (K_z \frac{\partial h}{\partial z}) + \epsilon \quad (1)$$

式中: h —含水体的水位标高(m); K_L 、 K_z —分别为水平、垂直方向的渗透系数(m/d); S —自由面以下含水水体释水率(1/m); ϵ —源汇项(1/d)。

2.2 模型建立与识别

根据研究区水文地质概念模型,将研究区剖分为 $100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$ 的网格,第四系部分剖分为 430 行、560 列,每层有效活动单元格 76 748 个,岩溶含水层每层剖分为 55 556 个有效活动单元格。以 2000 年 1 月地下水位作为模拟的初始地下水位,2000 年 1 月—2012 年 9 月为模型的识别期。以一个月为一个应力期进行模拟。

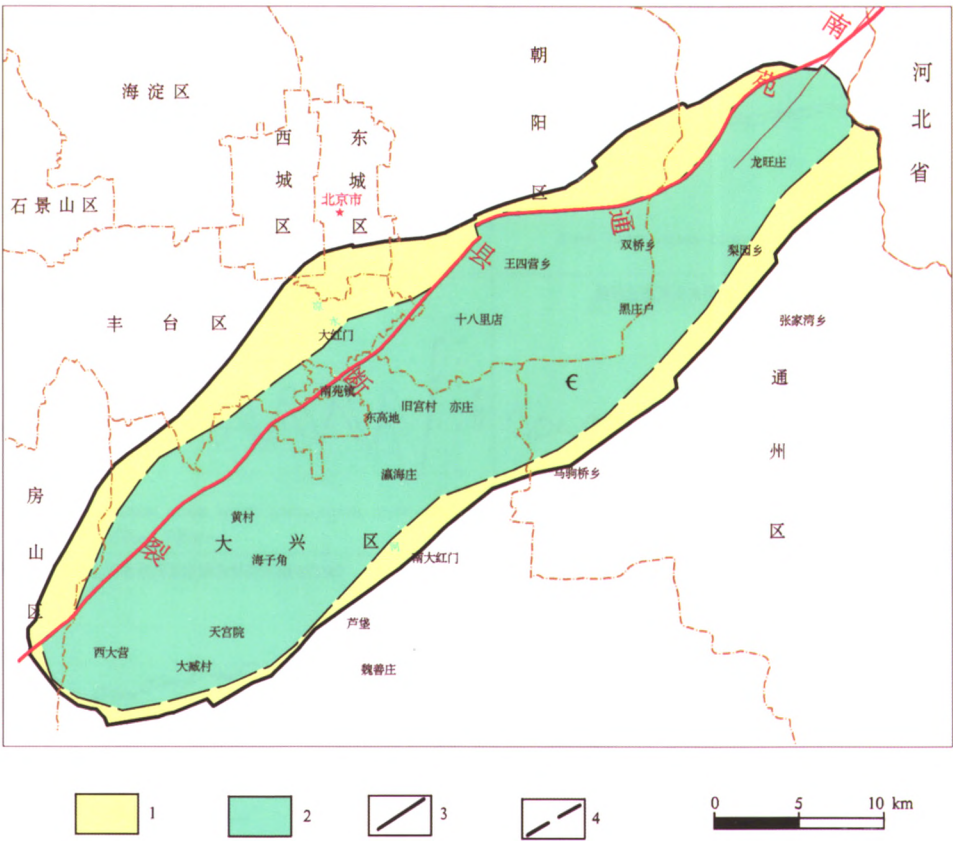


图 8 研究区含水层边界类型示意图

Fig. 8 Aquifer boundaries diagram in the study area

1. 研究区第四系范围;2. 研究区基岩范围;3. 通用水头边界;4. 隔水边界

通过“试错法”反复对模型参数进行调整,至研究区观测孔拟合误差在 1 m 之内。图 9 展示了位于大兴海子角 DJ35-1B、DJ35-2B、DJ35-3B,德茂牛场 DJZ13Z-A4,宋庄 TJ-25C 和通州梨园 TJ1-3D 等典型水位观测孔的拟合效果。观测孔拟合误差可根据式(2)计算:

$$\delta = \frac{\sqrt{\sum_{k=1}^n (hrk - hsk)^2}}{n\Delta h} 100\% \tag{2}$$

式中: n —总应力期数; hrk —应力期 k 的观测水头; hsk —应力期 k 的模拟水头; Δh —最大观测水头变幅。各观测孔误差见表 1。

由典型观测孔水位拟合过程线和观测孔拟合误差可知,研究区各层观测孔整体拟合效果较好。大兴地区潜水含水层趋势基本一致,模拟水位波动较小,第四系承压水在大兴地区拟合效果良好,在通州部分误差略大,TJ25-C 误差大于 1.0 %。岩溶水含水层由于缺少寒武系下统观测孔,仅对奥陶系含水层和寒武系中上统含水层典型观测孔水位过程线进行拟合。大兴念坛奥陶系观测孔前期拟合效果较好,后期模拟水位偏高,寒武系上统观测孔初期模拟水位波动较小,中后期基本与实测水位一致。

表 1 观测孔拟合误差表

Table 1 Observation well fitting error

观测孔	层号	平均残差	误差/%
DJ35-3B	1	-0.64	0.61
DJ35-2B	2	0.23	0.62
TJ1-3D	2	-0.2	0.79
TJ25-C	2	-1.09	1.93
DJ35-1B	3	0.27	0.44
DJZ13Z-A4	4	0.3	0.49

3 地下水资源评价

研究区主要补给为大气降水,模拟期年均降雨入渗补给量为 $11\,457.67 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$, 占总补给量的 79.43 %。其次为侧向流入量 $1\,638.48 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$, 占补给总量的 11.36 %。另外区内灌溉回渗补给量为 $1\,329.59 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$, 占总补给量的 9.22 %。在研究区的排泄中,农业开采量为 $7\,567.43 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$, 占总排泄量的 36.89 %,城镇和工业开采量为 $12\,937.7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$, 占总排泄量的 62.55 %。此外,仅有 $115.22 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 的排泄量通过侧向边界流出本区。

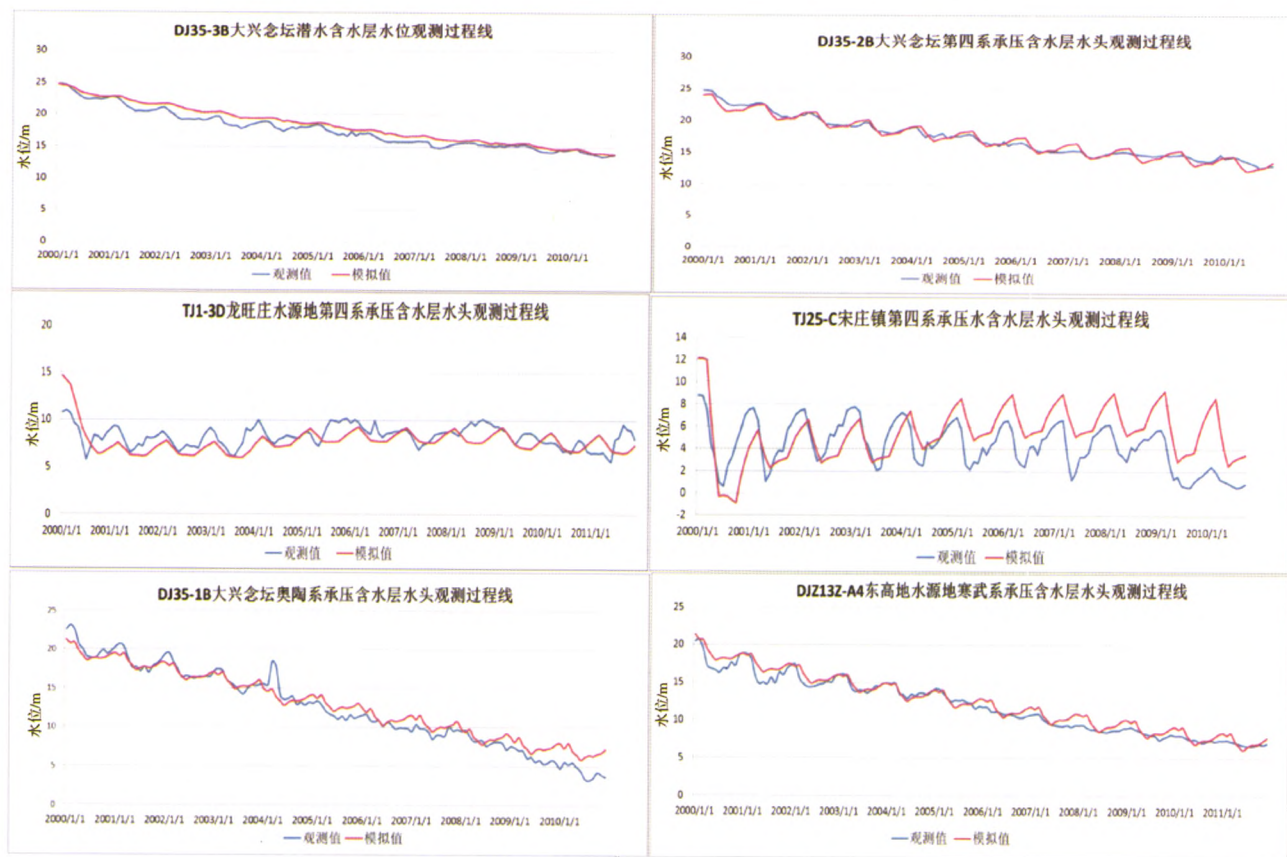


图9 典型观测孔水位拟合过程线

Fig. 9 Typical observation well hydrograph

根据岩溶含水层水文地质条件可知,岩溶含水层基本不接受来自侧向的补给,其补给资源量主要来自上覆第四系的垂向越流补给。由水均衡表2可知,模拟期平均补给资源量为 $14\,425.74 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

本次研究中,可开采资源量可认为是现状开采量与含水层储存量的亏损量之差,研究区补给资源总量为 $14\,425.74 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,现状条件下含水层开采量为 $20\,514.13 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,含水层储存量的亏损量为 $6\,203.61 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,可知本区地下水的可开采资源量不大于 $14\,310.52 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,开采模数不大于 $18.65 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 。其中第四系可开采资源量 $12\,001.16 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,奥陶系含水层可开采资源量为 $1\,178.98 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,寒武系中上统含水层可开采资源量为 $316.28 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,寒武系下统及青白口系含水层可开采资源量为 $814.10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

4 地下水位变化趋势预测

4.1 开采方案的确定

为分析研究区岩溶水开采能力,以2012年10月地下水流场作为预测期的初始流场,预测研究区至2042年的开采能力。降雨采用1985年10月—1996

年10月的降雨量作为预测期的降水量。根据研究区具体水文地质条件、开采条件以及南水北调工程设计供水情况,拟定四个地下水开发利用方案对研究区地下水进行开采预测(表3)。方案一为维持现状供水,研究区开采总量为 $21\,182.63 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$;方案二按可开采量进行开采,研究区开采总量为 $14\,310.52 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$;方案三结合南水北调来水的时间节点,2020年以前保持现状开采,在2020年以后按可开采量进行开采;方案四在2020年以前维持现状开采,在2020年以后念坛水源地停止开采,2025年以后全区按可开采量开采。

4.2 预测方案对比

由各方案均衡情况可知(表4),按现状开采量进行开采,研究区整体亏损量较大,为 $4\,714.90 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,而方案三在2020年之前维持现状开采,在此开采方案下含水层整体也呈负均衡,但含水层亏损量较小;在方案二和方案四的开采条件下,岩溶含水系统整体为正均衡,且在预测期全期按可开采量进行开采的情况下,含水层盈余量较大。

根据预测期不同方案各层水头观测线拟合情况可知(图10),在现状开采条件下,各层水头下降较快,为 $0.3 \sim 0.7 \text{ m/a}$,各含水层处于超采状态;在方

表 2 研究区地下水均衡表(单位:10⁴ m³/a)
Table 2 Groundwater balance resource (unit: 10⁴ m³/a)

均衡项		第四系潜水		第四系承压		奥陶系承压		寒武系中上统		寒武系下统及		总量	比例/%
		含水岩组		含水岩组		含水岩组		含水岩组		青白口系含水岩组			
		数量	比例/%	数量	比例/%	数量	比例/%	数量	比例/%	数量	比例/%		
补 给 项	降雨入渗补给量	11 457.67	87.83									11 457.67	79.43
	灌溉入渗	1 329.59	10.19									1 329.59	9.22
	侧向流入	257.40	1.97	1 381.07	7.12	106.55	9.04			43.52	5.35	1 638.48	11.36
	越流补给			18 006.68	92.88	1 072.43	90.96	728.24	100.00	770.58	94.65		
	小计	13 044.66	100.00	19 387.75	100.00	1 178.98	100.00	728.24	100.00	814.10	100.00	14 425.74	100.00
排 泄 项	农业开采			7 576.43	36.97							7 576.43	36.73
	工业城镇			10 602.68	51.73	1 181.69	100.00	322.29	43.89	831.04	100.00	12 937.70	62.72
	侧向流出	108.55	0.60	6.67	0.03			150.07	20.44			115.22	0.56
	越流排泄	18 006.68	99.40	2 309.35	11.27			261.90	35.67				
	小计	18 115.23	100.00	20 495.13	100.00	1 181.69	100.00	734.26	100.00	831.04	100.00	20 629.35	100.00
补排差		-5 070.57		-1 107.38		-2.71		-6.02		-16.94		-6 203.61	

表 3 4 种开采方案水源地开采量表 (单位:10⁴ m³/a)
Table 3 Abstraction resource chart for the four exploitation plans(unit:10⁴ m³/a)

开采方案 开采分区			方案三		方案四		
	方案一	方案二	2012.10— 2019.12	2020.1— 2042.10	2012.10— 2019.12	2020.1— 2024.12	2025.1— 2042.10
第四系农业开采	7 987.50	7 987.50	7 987.50	7 987.50	7 987.50	7 987.50	5 327.62
第四系工业城镇开采	10 427.90	4 013.55	10 427.90	4 013.55	10 427.90	7 101.57	5 636.75
东高地水源地	525.03	509.5	525.03	509.37	525.03	525.03	509.37
念坛水源地	1 564.66	1 129.59	1 564.66	1 129.59	1 564.66	0	0
龙旺庄水源地	677.54	670.38	677.54	670.38	677.54	677.54	670.38
开采量总计	21 182.63	14 310.52	21 182.63	14 310.39	21 182.63	16 291.64	12 144.12
与现状开采比较		－6 872.11	0	－6 872.24	0	－4 890.99	－9 038.51

表 4 研究区 4 种方案预测年均衡表 (单位:10⁴ m³/a)
Table 4 Predictions of average annual water balance resource about four exploitation plans (unit:10⁴ m³/a)

开采方案 均衡项	方案一	方案二	方案三	方案四
补 给 项	降雨入渗补给量	13 872.73	13 872.73	13 872.73
	灌溉回渗量	1 075.80	1 075.80	919.36
	边界流入量	1 621.56	235.73	568.31
	小计	16 570.10	15 184.26	15 360.40
排 泄 项	农业开采量	7 987.50	7 987.50	5 527.35
	工业城镇开采量	13 195.13	6 323.02	9 477.63
	边界流出量	102.37	373.06	208.87
	小计	21 285.00	14 683.58	15 213.85
补排差	-4 714.90	500.68	-492.50	146.55

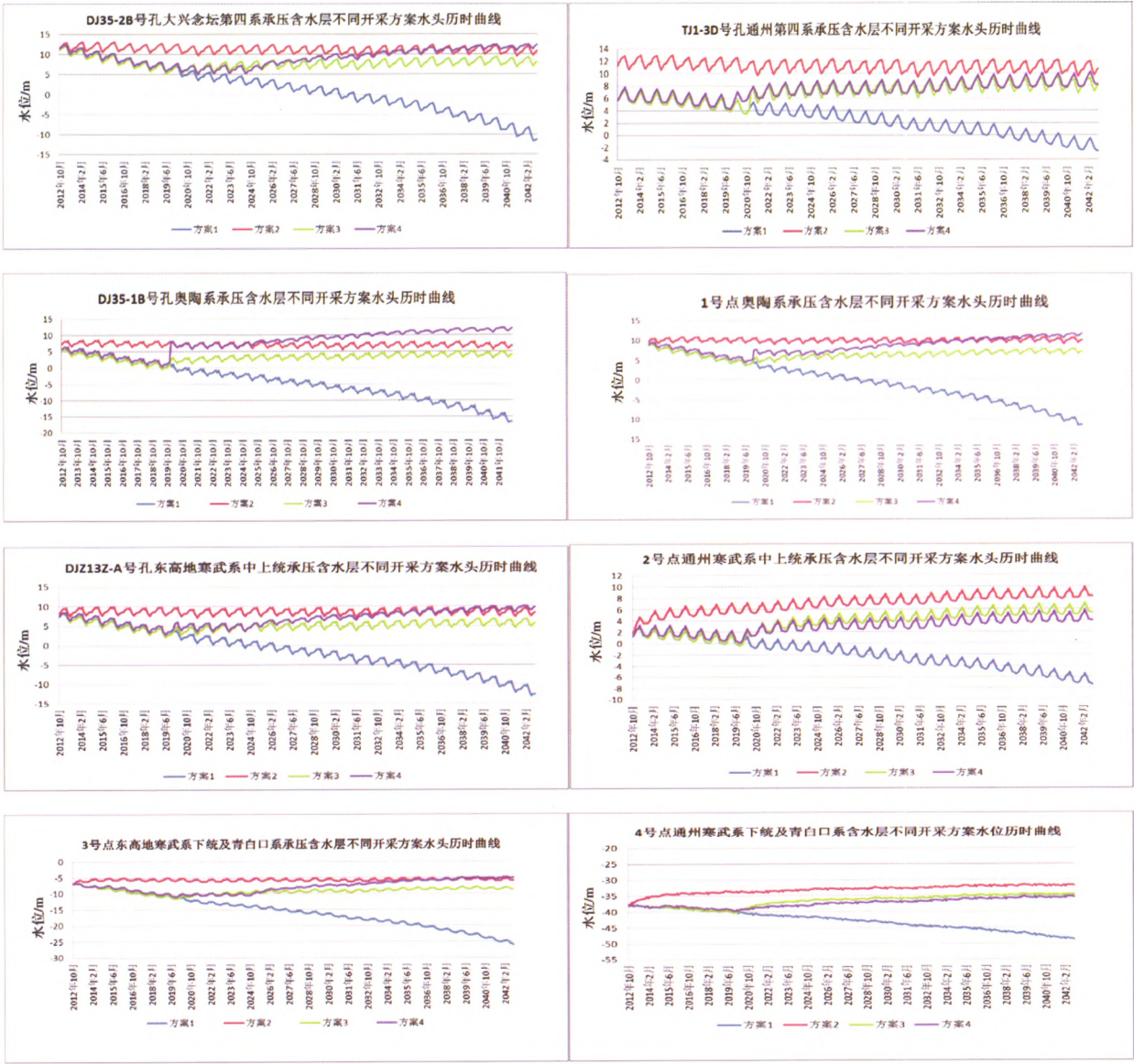


图 10 4 种开采方案下各层典型观测孔拟合过程线

Fig. 10 Hydrograph of typical observation well in each aquifer about four exploitation plans

案二的开采条件下,各层水头基本处于稳定状态;在方案三开采条件下,在 2020 年以前各层水头持续下降,下降趋势与方案一相同,2020 年之后水头逐渐回升,2036 年后基本保持稳定;在方案四开采条件下,2020 年后由于第四系承压水工业开采量的减少,各层水位明显回升,尤其在念坛水源地,由于停采其水头明显迅速回升至 7 m 左右,2025 年后全区均按可开采量进行开采,各层水位逐渐恢复,至模拟期末基本达到稳定。

综上可知,虽然方案二岩溶含水系统盈余量最大,但在 2020 年前,南水北调不能向本区供水,本区也没有其他替代水源,因而大量减少现状开采量并不现实。方案四可分区分类分批逐步实现研究区

整体采补平衡。因此,方案四为最合理的开采方案。

5 结 论

(1) 利用 GMS 软件,对大兴选隆起地区岩溶水系统进行了模拟。在模拟过程中,为解决岩溶含水层地层不连续的问题,在奥陶系和寒武系中上统含水层设立了虚拟薄层,层厚设置为 20 m,水文地质参数设置为与下伏岩层相同。通过对区内典型观测孔拟合效果可知,除通州 TJ25—C 模拟值与实测值误差均在 1 % 以内。综上,可认为本次建立的模型概化准确,参数取值合理,能够准确地反映出研究区的实际情况。

(2)运用所建立的模型可对研究区进行补给资源量和可开采资源量的评价。通过对研究区均衡表进行分析可知,研究区2000年至2012年年均补给资源量为 $14\,425.74 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。根据研究区特点,地下水可开采资源量采用补给资源量与含水层亏损量之差进行计算。计算结果表明,研究区可开采资源量不大于 $14\,310.52 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,开采模数不大于 $18.65 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 。

(3)根据研究区具体水文地质条件、开采条件以及南水北调工程设计供水情况,拟定四个地下水开采方案对研究区地下水进行开采预测。方案一为按现状开采;方案二为按可开采量开采;方案三为2020年以前保持现状开采,2020年以后按可采量进行开采;方案四为2020年以前维持现状开采,2020年以后念坛水源地停止开采,2025年以后全区按可开采量开采。根据地下水位动态变化趋势和地下水均衡情况可知,方案一和方案三均会使研究区各层水位持续大幅下降,并处于负均衡状态,而方案二不能满足现状用水情况,综上可知,方案四为最佳开采方案。

参考文献

- [1] 郭高轩,刘文臣,辛宝东,等.北京岩溶水勘查开发的现状与思考[J].南水北调与水利科技,2011,9(2):33-36,45.
- [2] 谢振华,张兆吉,邢国章,等.华北平原典型城市地下水供水安全保障分析[J].资源科学,2009,31(3):400-405.
- [3] 吕晓俭,李宇.北京市通州区龙旺庄隐伏灰岩水源地勘查与评价研究[J].水文地质工程地质,1999,(2):17-21.
- [4] 北京市水文地质工程地质大队.北京市大兴县念坛水源地供水水文地质详查报告[R].1993.
- [5] 北京市地质矿产开发局.北京地区岩溶地下水资源研究与开发利用工程可行性研究报告[R].2000.
- [6] 北京市水文地质工程地质大队.北京市大兴区隐伏基岩地下水普查[R].1997.
- [7] 北京市水文地质工程地质大队.通州龙旺庄隐伏灰岩应急水源地供水水文地质勘探报告[R].1998.
- [8] 北京市水文地质工程地质大队.北京市东南城郊隐伏基岩供水水文地质调查评价报告[R].2001.
- [9] 北京市地质工程勘察院.北京市丰台区东高地中国运载火箭技术研究院隐伏基岩供水水文地质详查报告[R].2002.
- [10] 中国地质大学(北京).大兴选隆起岩溶水流数值模型成果报告[R].2013.
- [11] 祝晓彬.地下水模拟系统(GMS)软件[J].水文地质工程地质,2003,(5):53-55.
- [12] MacDonald M G, Harbaugh A W. A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model[R]. Techniques of Water-Resources Investigations of USGS, Book 6, Chapter A1,1988.
- [13] Harbaugh A W, MODFLOW-2005, The U S Geological Survey Modular Ground-Water Model; The Ground-Water Flow Process, the U. S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A16[R]. Reston, Virginia; the U. S. Geological Survey, 2005.
- [14] 邵景力,赵宗壮,崔亚莉,等.华北平原地下水流模拟及地下水资源评价[J].资源科学,2009,31(3):361-367.
- [15] 崔亚莉,王亚斌,邵景力,等.南水北调实施后华北平原地下水调控及恢复效果研究[J].资源科学,2009,31(3):382-387.
- [16] Panagopoulos G. Application of MODFLOW for simulating groundwater flow in the Trifilia karst aquifer, Greece [J]. Environmental Earth Sciences, 2012, 67(7): 1877-1889.
- [17] Mauro Giudici, Stefano Margiotta, Fiorella Mazzone, et al. Modelling hydrostratigraphy and groundwater flow of a fractured and karst aquifer in a Mediterranean basin(Salento peninsula, southeastern Italy)[J]. Environment Earth Sciences, 2012, 67(7): 1891-1907.
- [18] Welsh W D. Great Artesian Basin Transient Groundwater Model[R]. Bureau of Rural Sciences,Canberra,2000.

The covered karst water resource evaluation and mining plan prediction in Daxing overlapping uplift area

NAN Tian¹, LI Peng², LI Xing-yu¹, WANG Xin-juan², XIE Zhen-hua², SHAO Jing-li¹

(1. China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China;

2. Hydrogeology and Engineering Geology Team of Beijing, Beijing 100195, China)

Abstract: The Daxing overlapping uplift area is located in the middle and lower reaches of the alluvial-proluvial plain of the Yongding and Chaobai rivers in the south of Beijing. The karst water under the quaternary aquifer has good quality and large storage. With the development of the urban area, the demand for groundwater has increased. Leadings to increased use of the karst water. With the continuous decline of the karst water level, it is essential to assess the groundwater resource and analyze the exploitation plan.

A numerical model was set up by means of GMS, simulating the karst groundwater flow system and

predicting variations in the groundwater level. The model was conceptualized with five layers, the 1st and 2nd layers are quaternary aquifers, the 3rd to 5th layers are karst aquifers. The model was calibrated using historical data spanning 12 years and 9 months. According to the model's water budget, the recharge of the groundwater system is $14,425.74 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$, the total allowable exploitation of the groundwater system is $14,310.52 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$, of which the karst aquifer is $2,309.36 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$. Analysis of the groundwater budget indicates, that the main recharge of the karst water aquifer is the leakage from the upper quaternary aquifer. Considering the local hydrogeological condition and the groundwater supply conditions, four exploitation plans have been proposed, (1) Maintain current exploitation; (2) Exploit according to the allowable exploitation level; (3) Maintain current exploitation until 2020, exploit by according to allowable exploitation level after 2020; (4) Maintain current exploitation until 2020, then stop the Niantan water source exploitation after 2020, and exploit according to the allowable exploitation level after 2025. By analyzing the stage hydrograph of typical observed well and the water balance, The 4th plan is the best exploitation plan.

In conclusion, the model is fit to describe the local hydrogeological features and has been successfully applied to predict changes in groundwater level.

Key words: Daxing overlapping uplift; numerical simulation; covered karst water; water resource; mining plan; model prediction

(编辑 黄晨晖 韦复才)

《西南岩溶石山地区重大环境地质问题及对策研究》新书简介

由袁道先院士主编,中国地质科学院岩溶地质研究所、广西地质勘查总院、云南省地质环境监测院、贵州省地质调查院、湖南省地质调查院、重庆市地质矿产勘查开发局南江水文地质工程地质队、广西水文地质工程地质队、广东省工程勘察院(原广东省地质局水文工程地质二大队)、中国地质大学(武汉)、西南大学等单位共同合作的《西南岩溶石山地区重大环境地质问题及对策研究》一书,近日已由中国科学出版社出版发行。

西南岩溶石山地区特殊的地质、水文、气候条件使该地区形成环境容量小、敏感程度高、相对脆弱的地质环境,加之不合理的人类活动干扰,给该地区带来一系列环境地质问题,如石漠化、岩溶塌陷、岩溶干旱、岩溶地下水污染等,极大地影响了西南岩溶地区经济社会的发展。为了系统地研究和解决西南岩溶山区环境地质问题,中国地质调查局于2008年“西南岩溶石山地区地下水与环境地质调查”计划项目中设立了“西南岩溶石山地区重大环境地质问题及对策研究”工作项目(2008—2010)。该项目调动了西南岩溶区近10个水工环单位,组织了上百名科研人员,先后在广西、云南、重庆、粤北、湘西、鄂西进行了6次长距离野外考察,累计行程7000多公里,通过实地考察、野外现场检测和取样室内分析等技术明确考察地存在的重大环境地质问题,并选取典型地区开展系统调查分析,探究环境地质问题形成机理和影响。项目还多次召开大型研讨会、座谈会,集合数百名专家之力对西南岩溶山区

重大环境地质问题进行全面总结、深入剖析,并探讨相应对策和措施。

本著作以该项目获取的大量野外资料、实验数据为基础,分地区、分专题、分典型案例对广大西南岩溶石山地区各类环境地质问题现状、形成原因、后果影响、治理措施以及防范对策等进行了深入地探讨。本书不仅涵盖了以袁道先院士为首的西南岩溶科研工作者们数十年的岩溶山区科研成果与认识,更是在地球系统科学理论指导下,将岩溶动力系统理论鲜活地运用在广袤的西南岩溶石山地区,可有效地指导水工环部门解决当地的岩溶环境地质问题,为当地寻求经济发展与环境保护的双赢指明方向。

全书分为综合篇,云南篇,贵州篇,广西篇,广东(粤北)篇,湖南(湘西)篇,湖北(鄂西)篇,川南、重庆篇,有机污染篇共9篇,42章,522页,图版68幅,共78万字,硬壳精装。该书立足理论,着眼实践,资料翔实,内容丰富,论证有据,是岩溶动力学理论转变为惠民利民的科学实践,可供岩溶学、环境学、工程学、水力学、生态学、农学以及区域经济可持续发展等领域的科技人员、项目施工人员、大中专院校师生参考,也可以供在岩溶石山地区从事行政管理、环境管理等有关工作的人员作决策参考。

(肖琼 供稿)