

关中盆地大荔县安全供水方案研究

乔 冈^{1,2} 朱 桦² 赵阿宁² 杨炳超² 柯海玲²

(1. 长安大学环境科学与工程学院, 陕西 西安 710054; 2. 西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054)

摘要:大荔县是关中盆地的农业大区,也是陕西经济最活跃的地区之一,而水资源不足成为经济快速发展的制约因素。本文在收集资料、水文地质调查的基础上,通过对地下水采样分析测试,采用单项指标法,对大荔县地下水水质进行综合评价,找到 3 处地下水水质安全区域;采用整理水文勘探资料、地下水数值模拟方法对水质安全区地下水资源量、天然资源量、地下水现状开采量以及地下水开采潜力进行定量评价;结合大荔县安全饮用水缺水现状,对农村安全供水进行区划;结果表明:地下水水质安全区只有黄河漫滩南部地区具有 $1.687 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 的开采潜力,对解决大荔县安全饮用水供需矛盾具有重要意义。

关键词:安全供水;开采潜力;水质;地下水;大荔县

中图分类号: 641

文献标志码: A

文章编号: 1000-3657(2012)02-0524-06

大荔县是关中盆地农业大区之一,在陕西省经济结构中占有重要的地位^[1]。近年来,随着经济快速发展,大荔县对水资源的需求量与日俱增,现有的水源地由于不同程度过量开采地下水,水量明显减少,加之长期以来对水资源不合理的开发利用模式^[2],使农村饮用水供需矛盾日益突出。依据农村饮用水安全卫生评价指标体系确定的水质、水量、取水方便程度和供水保证率四项评价指标,截止 2008 年底大荔县农村饮水不安全人口数为 32.51 万人,占农村总人数的 51%,其中饮用高氟水人数 18.78 万人,占农村饮水不安全总人数的 58%;饮用苦咸水人数 3.35 万人,占农村饮水不安全总人数的 10.3%,故开辟新的水源地,寻求新的取水途径以及探索新的水资源开发利用模式迫在眉睫。

本文在对大荔县收集资料、水文地质勘查的基础上,通过对地下水采样分析测试,采用单项指标法对大荔县地下水水质进行综合评价,以求找到水质安全的水源;采用数值模型的方法,来达到水质安全区地下水资源开采潜力研究的目的;在查明水质安全

区地下水开采潜力的基础上,结合大荔县农村安全饮用水缺水现状,对农村安全供水进行区划;对关中盆地大荔县农村安全供水方案研究具有重大意义。

1 研究区概况

大荔县以三水环绕,南有沙苑,北峙镰山为自然地理特征,全区总面积约 $1\ 760 \text{ km}^2$ 。总体地貌属渭北黄土台塬区、渭洛河下游冲积平原区、洛河以南沙苑区以及黄、渭河漫滩区,地势西北高东南低,地面趋向渭、洛倾斜,平均海拔 $330 \sim 450 \text{ m}$,地形地貌见图 1。区内除北部塬区有少量碳酸盐岩出露地表^[3]外,大面积被第四系所覆盖;北部为断块隆起,形成了黄土塬区;中部断块呈阶梯状分布,形成了渭河的一、二、三和四级阶地;南部和东部为地堑构造深陷区,分别形成了渭河、黄河漫滩区。

区内水资源丰富,多年平均降水量达 514 mm ;地下水大致自北而南径流,东部偏向东南,而在西部塬区则由塬中部流向两侧的谷地和阶地区。地下水系统的补给主要靠大气降水、渠系渗漏、灌溉回归以

收稿日期:2011-09-10;改回日期:2012-01-05

基金项目:中国地质调查局项目“陕西省大荔县高氟水调查评价”(1212010634713)资助。

作者简介:乔冈,男,1980年生,助理研究员,博士生,主要从事地下水资源合理开发利用与生态环境保护方面的工作;

E-mail: qgcyboy@163.com。

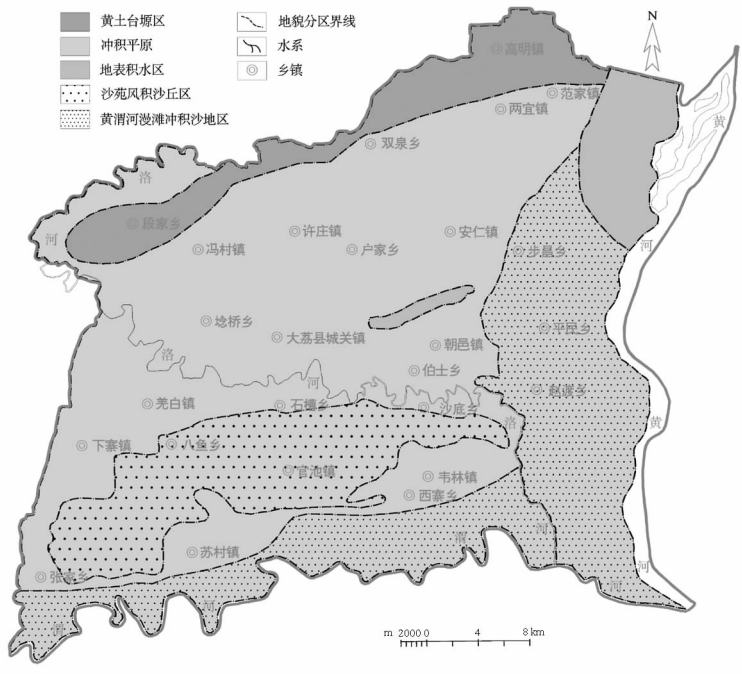


图 1 大荔地形地貌图
Fig.1 Landform map of Dali

及岩溶水越流等补给;排泄主要以人工开采、潜水蒸发为主。

虽然区内地下水量较为丰富,但大荔县近三分之二面积的地下水属于不能被居民开发利用的高氟水、苦咸水^[4],加之不合理的水资源开发利用模式^[5,6],大荔县水资源的供需矛盾日益突出。

2 地下水水质综合评价

2.1 样品采集

评价区内地下水水质普遍较差,分布面积较为广泛,大部分区域潜水受到不同程度污染。由于为数众多的水井为民用井,缺乏水文地质钻探资料,加之区内地质条件较为复杂,故无法具体辨别地下水类型。据调查,区内多数地下水井已将潜水和承压水含水层打通,且未做任何封水、止水措施,造成地下水不同含水层之间混合污染;给水质评价工作带来一定困难。为了对大荔县地下水水质做出尽可能准确的评价,将区内埋深 300 m 以浅的第四系松散岩类孔隙水作为本次水质评价的目标含水层。

本次大荔县地下水水质评价是在充分收集区内气象水文、地形地貌、地质水文地质条件等资料,开展 1:5 万水文地质调查,综合考虑地氟病分布规律、地下水用途等因素的基础上,2006—2008 年先后在区

内布设近 400 个采样点对地下水水质进行监测;在剔除个别测试结果异常的样品外,最终选取 344 件地下水样品作为分析对象。

2.2 评价方法

依据国家生活饮用水卫生标准 (GB 5749—2006),地下水质量标准 (GB/T 14848—93) 和农田灌溉水质标准 (GB 5084—2005),结合选取有评价标准且对危害人体健康较敏感的指标 TDS、Cl⁻、SO₄²⁻、F⁻、NO₃⁻等作为水质评价因子,并采用单项指标法,也即地下水中单项因子浓度超过标准限值即为不适宜水质,对大荔县浅层地下水水质进行评价。

2.3 评价结果分析

从评价结果(表 1)可以看出,大荔县大部分地区第四系孔隙水已被污染,主要体现在 TDS、F⁻、Cl⁻、SO₄²⁻、NO₃⁻等特征污染物严重超标。矿化度超标主要分布在洛河以北地区,许庄镇、户家乡、平民乡等最严重,矿化度普遍高达 3 000 mg/l;氟离子超标主要分布在洛河以北 16 个乡镇,洛南羌白、八鱼、下寨 3 个乡镇以及张家乡的西北、西南部;氯离子超标主要分布在黄土台塬和渭河阶地区的双泉—户家—许庄—冯村东部—城关镇以及黄河滩地区的平民—赵渡乡一带;硫酸根离子超标主要分布在黄土台塬、渭河二、三、四级阶地、黄河滩地北部等区域;硝酸根

表 1 大荔地区地下水水质综合评价结果
Table 1 Comprehensive evaluation result of groundwater quality in Dali

地下水类型	地貌单元	地下水水质特征及饮用水标准限值 (单位: mg/l)						水质类型	地下水用途	
		样品数	TDS	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻			
		水质标准限值	≤1000	≤1.0	≤250	≤250	≤20			
第四系松散层孔隙水	黄土塬区	5	962.8	1.2	162.1	248.7	8.9	高氟水	适宜灌溉、不宜饮用	
	黄土塬区	23	1814	2.1	206.1	386.3	27.7	高氟水 苦咸水	适宜灌溉、不宜饮用	
	渭河四级阶地	14	2395	2.3	282.1	703.2	48.7	高氟水 苦咸水	不宜灌溉、不宜饮用	
	渭河三级阶地	52	3058	2.1	567.9	964.5	52.1	高氟水 苦咸水	不宜灌溉、不宜饮用	
	二级阶地	渭河阶地	81	2104	3.22	345.9	442.9	95.3	高氟水 苦咸水	不宜灌溉、不宜饮用
		近洛河区	27	993.2	1.1	115.4	187.1	61.9	高氟水	适宜灌溉、不宜饮用
	一级阶地	渭河阶地	81	1255	1.8	137.5	334.4	76.5	高氟水 苦咸水	适宜灌溉、不宜饮用
		沙苑地区	26	612	0.4	31.9	80.3	88.9	饮用水	处理后适宜生活饮用
	渭河漫滩区	18	629.9	0.3	43.2	100.3	61.1	饮用水	处理后适宜生活饮用	
	黄河漫滩	漫滩北部	7	2640	1.6	305.9	552.5	118.7	高氟水 苦咸水	不宜灌溉、不宜饮用
		漫滩南部	10	988.5	0.4	176.4	193.0	2.0	饮用水	处理后适宜生活饮用

离子超标主要分布在洛河以北地区。水质类型均为高氟水、苦咸水,多数不宜生活饮用,仅少数适宜灌溉。

地下水循环规律受地形地貌单元的控制,其水质也表现出同地貌单元相一致的分布特征,通过对 344 件地下水样品测试结果对比分析,地下水水质良好的区域主要分布在黄河漫滩南部地区,其地下水特征污染物符合三类水质量标准,可以作为生活饮用水;地下水水质较好的区域分布在沙苑地区、渭河漫滩区,其水质除硝酸根离子略有超标排外,其他离子符合地下水质量三类水标准,故该区地下水处理后适宜生活饮用;区内除黄河漫滩区、渭河漫滩区及沙苑地区水质良好之外,其余地区均为高氟水、苦咸水,远超过国家地下水三类水质标准,居民无法饮用,其中,仅局部地区适合农田灌溉。

2.4 水质安全区划分

依据地下水水质综合评价结果,结合地形地貌特征在区内划分了 3 处地下水水质安全区,其分区见图 2。黄河漫滩区南部,包括有平民乡、赵渡乡等,总

面积约 161.1 km²;渭河北岸漫滩区,包括有苏村乡、韦林镇等,总面积约 144.3 km²;洛河以南沙苑地区,包括有官池镇、西寨乡等,总面积约 191.2 km²。

3 地下水开采潜力评价

通过对研究区内地下水水质综合评价,划分出 3 处地下水水质安全分布区,下面分别对各区地下水开采潜力进行评价。

3.1 评价方法

采用数值模拟方法仅对具有安全供水意义第四系孔隙水进行开采潜力评价^[7]。

数值计算以大荔县全境作为模拟区。根据区内地质地貌、水文地质条件以及地下水资源开发现状,将研究区埋深 300 m 以浅的地下水概化为潜水和承压水两个含水层及一个弱透水层,其中,北部黄土塬区潜水位埋深 150~200 m,承压水位埋深 200~300 m,渭河冲积平原水位埋藏深度较小,潜水埋深 0.5~10 m,承压水埋深 150~200 m。潜水含水层主要由砂

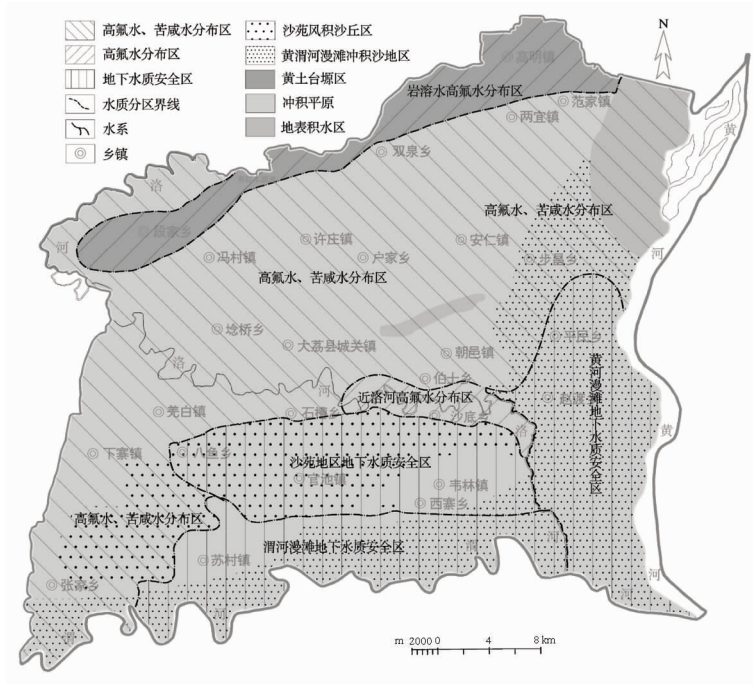


图 2 地下水水质安全区分布图

Fig.2 Distribution of safe drinking groundwater quality area in Dali

砾及中细砂层组成,承压水含水层由砂砾、砂组成,弱透水层主要由粘性土组成。

大荔县地处关中盆地渭北平原东部黄、洛、渭三河汇流地带,河流径流量年内变幅较小,故可以将东部黄河、渭河北岸作为第一类边界来处理;依据潜水等水位线图,北部、西部可以作为第二类边界条件来处理。各含水层边界性质基本相同,边界流入与流出按水均衡法计算的结果给出。模型上部边界接受大气降水、渠系渗漏、灌溉回归以及岩溶水越流等补给;承压水下部边界按隔水边界处理。据此将模拟区地下水概化为非均质各向同性非稳定流。

模型以 2006 年 1 月地下水流场作为初始流场,模拟期为一个完整水文年,2007 年和 2008 年分别作为模型识别期和验证期。

首先,在保证地下水开采过程中不至于发生水位持续下降、降落漏斗等重大环境问题以及地下水开采量小于地下水天然资源的前提下(对存在激发补给量的地区除外),利用在研究区所建立的地下水流数值模型分别对黄河漫滩南部区、渭河漫滩区、沙苑地区等 3 处水质安全区进行地下水资源总量进行计算,分析其地下水可采资源总量,并在此基础上计算地下水天然资源量。

其次,对现有水利工程条件下 3 处水质安全区

进行现状开采量统计。

最后,通过分析水质安全区可采资源总量、现状开采量,利用可采资源总量减去现状开采量,即为开采潜力的方法,实现对各分区地下水资源开采潜力评价目的。

3.2 评价结果分析

通过计算,安全区地下水开采潜力见表 2,从中可以看出,黄河漫滩区南部地下水可采资源量占地下水总资源总量的 46%,渭河北岸漫滩区地下水可采资源量占地下水总资源总量的 41%,洛河以南沙苑区地下水可采资源量占地下水总资源总量的 40%,3 处地下水水质安全区的可采资源量占地下水总资源总量的百分数均未超过 50%,且占地下水天然资源量的百分数均未超过 100%,表明可采资源量具有一定的可靠性。

从现状开采量来看,黄河漫滩南部地区地下水的现状开采资源量 $263 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,仅占地下水总资源量的 6%,占地下水天然资源量的 11%,表明黄河漫滩南部地区地下水的现状开采资源量具有较大的开采潜力,地下水处于正均衡状态,因此,该区地下水的开采潜力较大,经过计算,其开采潜力达 $1687 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,属于鼓励开采地下水分布区。

渭河漫滩区地下水的现状开采资源量 $2957 \times$

表 2 水质安全区地下水开采潜力一览表(单位: $10^4\text{m}^3/\text{a}$)Table 2 Groundwater exploitation potentiality in the safe water quality area ($10^4\text{m}^3/\text{a}$)

	地下水 总量(1)	天然资 源量(2)	可采资源量			现状开采量			开采潜力 (3)-(4)
			资源 量(3)	占(1) 百分数	占(2) 百分数	资源 量(4)	占(1) 百分数	占(2) 百分数	
黄河漫滩	4219	2347	1950	46%	83%	263	6%	11%	1687
渭河漫滩	3257	1796	1350	41%	75%	2957	91%	165%	-1607
沙苑地区	3990	3087	1580	40%	51%	6118	153%	198%	-4538

$10^4 \text{ m}^3/\text{a}$, 占地下水总资源量的 91%, 占地下水天然资源量的 165%, 表明渭河漫滩区地下水的现状开采资源量已经达到或超过极限, 地下水略呈负均衡状态, 因此, 该区地下水开采潜力有限, 属于维持现状或限量开采地下水分布区。

沙苑地区地下水的现状开采资源量达 $6\ 118 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$, 占地下水总资源量的 153%, 占地下水天然资源量的 198%, 表明沙苑地区地下水的现状开采资源量已经不仅超过了其天然资源量, 同时也超过了地下水总水资源量, 地下水处于负均衡状态, 因此, 该区地下水已经不具备开采潜力, 必须做禁止开采地下水处理。

综上所述, 在水质安全的前提下, 大荔县安全区第四系孔隙水只有黄河漫滩南部地区具有 $1\ 687 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 的开采潜力, 主要以潜水为主, 属于鼓励开采地下水分布区; 渭河漫滩区地下水开采潜力有限, 属于维持现状或限量开采地下水分布区; 而沙苑地区属于地下水超采区, 地下水已经不具备开采潜力, 必须做禁止开采地下水处理。

4 安全供水方案研究

依据本次地下水调查评价结果, 在大荔县划定黄河漫滩南部孔隙水安全地下水供水区, 为解决大荔县安全饮用水供需矛盾开辟了新的水源地, 由此获得相应的取水方案, 在此基础上, 结合居民安全饮用水需求以及给水工程分布状况, 对地下水开发利用模式进行区划。

东部黄河漫滩区第四系孔隙水开采潜力较大, 单井涌水量达 $1\ 400 \sim 1\ 435 \text{ m}^3/\text{d}$, 勘探孔下管宜采用 273 mm 管径, 下管深度 100~140 m, 影响半径约 120 m, 依据井距 1 500~4 500 m 计算, 可布设 30 口第四系孔隙水开采井, 年总开采量达 $1\ 533 \times 10^4 \sim 1\ 571 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$, 按照居民平均用水量约 $365 \text{ m}^3/(3.5$

人·a) 计算, 可以解决约 14.7 万人的饮用水难题。

黄河漫滩区地下水主要用来解决大荔县平民乡、赵渡乡等工业、农业及生活用水, 多余的水量可以用来调到渭河一级阶地沙苑地区, 以缓解大荔县官池镇工业园区、西寨乡等工业、农业及生活用水矛盾。

5 结论与建议

本文通过对大荔县地下水综合评价, 可以得出如下结论:

(1) 大荔县地下水水质安全区主要分布在黄河漫滩区南部、渭河北岸漫滩区以及洛河以南沙苑地区。

(2) 黄河漫滩区南部地下水具有一定开采潜力, 而渭河北岸漫滩区以及洛河以南沙苑区均不具有更多的开采潜力。

(3) 对于渭河一级阶地沙苑、渭河漫滩等地下水超采区要禁止或限量开采地下水, 并且加大地表水开发力度, 保持一定量生态用水, 实现水资源可持续开发利用。

(4) 黄河漫滩区南部地下水可以解决累计约 14.7 万人的安全饮水问题, 对缓解居民饮用水供需矛盾具有重要意义。

(5) 大荔县近三分之二的地下水属于高氟水、苦咸水, 不能被居民所利用, 解决安全饮水问题, 改善用水结构, 寻求新的水源是当前亟待解决的问题。

参考文献(References):

- [1] 张萍, 李富荣. 我国农业产业结构存在的问题及对策——以大荔县为例[J]. 集团经济研究, 2007, (09S): 107-108.
Zhang Ping, Li Furong. Problem and counterplan in the industrial structure of the agriculture, China [J]. Group Economy Studies, 2007, (09S): 107-108.
- [2] 乔冈, 杜玲玲, 朱桦, 等. 大荔县地下水资源评价与可持续利用对策[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 25(6): 1163-1168.
Qiao Gang, Du Lingling, Zhu Hua, et al. Evaluation and continual

- using countermeasures of groundwater resources in Dali County[J]. *Arid Land Resources and Environment*, 2010, 25(6):1163-1168.
- [3] 党学亚, 张茂省, 喻胜虎. 陕西渭北东部寒武纪—奥陶纪岩相古地理与岩溶水赋存关系[J]. *地质通报*, 2004, 23(11):1103-1108.
- Dang Xueya, Zhang Maosheng, Yu Shenghu. Relations between Cambrian-Ordovician lithofacies-paleogeography and occurrence of karst groundwater in eastern Weibei, Shaanxi Province[J]. *Regional Geology of China*, 2004, 23 (11):1103-1108 (in Chinese with English abstract).
- [4] 柯海玲, 朱桦, 杨炳超, 等. 陕西大荔潜水环境质量现状及其变化[J]. *地质通报*, 2008, 27(8):1196-1204.
- Ke Hailing, Zhu Hua, Yang Bingchao et al. Present state and change of phreatic water quality in Dali County, Shaanxi, China[J]. *Geological Bulletin of China*, 2008, 27(8):1196-1204.
- [5] 王文科, 王钊, 孔金玲, 等. 关中地区水资源分布特点与合理开发利用模式[J]. *自然资源学报*, 2001, 16(6): 499-504.
- Wang Wenke, Wang Zhao, Kong Jinling, et al. The distribution characteristics and patterns of rational exploitation utilization of water resources in Guanzhong Region [J]. *Journal of Natural Resources*, 2001, 16(6):499-504.
- [6] 张光辉, 刘少玉, 张翠云, 等. 黑河流域地下水循环演化规律研究[J]. *中国地质*, 2004, 31(3):289-293.
- Zhang Guanghui, Liu Shaoyu, Zhang Cuiyun, et al. Evolution of groundwater circulation in the Heihe River drainage area[J]. *Geology in China*, 2004, 31(3):289-293(in Chinese with English abstract).
- [7] 张二勇, 李长青, 李旭峰. 区域地下水数值模拟的方法和实践——以华北平原为例[J]. *中国地质*, 2009, 36(4):920-926.
- Zhang Eryong, Li Changqing, Li Xufeng. Regional groundwater numerical modeling:a case study of North China plain [J]. *Geology in China*, 2009, 36(4):920-926(in Chinese with English abstract).

A study of the safe water supply scheme for Dali County in Guanzhong Basin

QIAO Gang^{1,2}, ZHU Hua², ZHAO A-ning², YANG Bing-chao², KE Hai-ling²

(1. School of Environment Science and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 2. Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract: Dali County is an important agricultural area in Guanzhong Basin, and is one of economically active areas in Shaanxi Province. However, water resource shortage has become a factor restricting further economical development. Based on collecting some information and surveying the hydrogeological conditions, the authors evaluated the water quality of the shallow groundwater by conducting groundwater test and using the single norm method. Three areas of safe groundwater resource were found. This paper evaluated the safe area groundwater resource quantity in Dali County by adopting the information collection and numerical simulation technique. At last, the exploitation potential of the safe area groundwater resource was computed. According to the fact of the safe groundwater resource shortage, the safe water supply in Dali County was zoned. The result indicates that the exploitation potential of the safe area groundwater resource in Dali County is up to $1687 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$. This conclusion has important significance for solving the contradiction between the supply and the need of the safe groundwater resource.

Key words: safe water supply; exploitation potential; water quality; groundwater; Dali County

About the first author: QIAO Gang, male, born in 1980, assistant researcher, mainly engages in the study of groundwater resources reasonable exploitation and eco-environment protection; E-mail: qgcyboy@163.com.