

张掖盆地东段‘三水’转化同位素特征

崔振卿 杨丽萍 赵艳娜

(甘肃省地质矿产勘查开发局水文地质工程地质勘察院,甘肃 张掖 734000)

摘要 利用传统手段与环境同位素技术结合的方法,以水源地建设为例,分析研究了张掖盆地东段地下水资源的可更新性,揭示了水源地及其外围地下水含水层系统之间的补、径、排条件,初步分析了地下水水流系统,由此得出结论:深层承压水越流补给浅层水,同时也是泉水的主要来源。

关键词 地下水;含水层;深层承压水;环境同位素

中图分类号:P641.2 文献标识码:A 文章编号:1004-693X(2007)04-0015-03

Isotope characteristics of transformation of three kinds of waters in East Zhangye Basin

CUI Zhen-qing, YANG Li-ping, ZHAO Yan-na

(Institute of Hydrogeology and Engineering Geology, Gansu Provincial Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Zhangye 734000, China)

Abstract Taking the construction of water source regions as an example, the renewal of the groundwater in East Zhangye Basin was studied using the method combining the traditional method with environment isotope technology. The conditions of water recharge, runoff and draining between the water source and its surrounding groundwater aquifer were discussed, and the groundwater fluid system was analyzed briefly. It is concluded that the deep confined water supplies the shallow water, and it's also the main sources of spring water.

Key words ground water; aquifer; deep confined water; environmental isotope

张掖市位于河西走廊黑河流域中游张掖盆地东段的细土平原带,随着工农业生产的不断发展和黑河流域综合治理方案的实施,中游地区以开采地下水为主、以引灌河水为辅的水资源利用格局已初步形成。近年来,农业地下水开采量进一步增加,占总开采量的80%以上,且开采层位一般集中在80m以浅,城市供水开采深度集中在80~160m^[1],从区域水文地质条件及开采现状分析,选择此开采层段既可避开区域开采互相干扰的影响,又有利于地下水资源保护,但对深层水的形成、循环特征等问题没有进行深入研究,缺乏地下水资源评价和合理开发利用的科学依据。本文根据“河西走廊地下水勘查”项目(20001040020073)^[2]、“西北典型内陆盆地水循环规律与地下水资源形成演化模式”项目

(200010301)^[3]取得的环境同位素资料,结合张掖市水源地勘探资料及区域水文地质条件,探讨张掖盆地东段地下水资源的可更新性及合理开发利用问题。

1 含水层系统

张掖市位于张掖盆地东段、黑河冲洪积扇东侧的细土平原,自上而下划分为3个含水层组(图1):①0~20m为全新统(Q₄)潜水含水层组,含水层岩性主要为各类砂,厚度一般小于10m,间夹2~3层亚黏土,单层厚度1~2m,单井涌水量一般小于1000m³/d,水化学类型以SO₄²⁻~HCO₃⁻为主,矿化度1.1~2.0g/L;②20~80m为上更新统(Q₃)浅层承压水含水层组,含水层岩性主要为砂砾卵石,平均厚度

55 m,单井涌水量一般为 5 000 ~ 10 000 m³/d,水化学类型以 HCO₃⁻ ~ SO₄²⁻ 或 SO₄²⁻ ~ HCO₃⁻ 为主,矿化度 0.3 ~ 0.8 g/L。区域上,上述 2 个含层组处于混合开采状态,统称为浅层水。③80 ~ 160 m 为中更新统(Q₂)深层承压水含水层组(未揭穿),岩性主要为砂砾卵石、泥质砂砾卵石,平均厚度 75 m,单井涌水量一般为 5 000 ~ 10 000 m³/d,水化学类型以 HCO₃⁻ ~ SO₄²⁻ 或 SO₄²⁻ ~ HCO₃⁻ 为主,矿化度 0.3 ~ 0.4 g/L。深、浅含水层之间为 2 ~ 4 m 厚的亚黏土所隔,该层分布在水源地及其以北较为稳定,埋深在 75 ~ 80 m 之间,局部地段在 60 ~ 64 m 之间存在亚黏土透镜体。区域上水源地南部为单一大厚度潜水,为地下水的主要补给径流区,水源地以北为蒸发、泉水排泄区;水源地外围及其以北潜水水位一般高于深、浅层承压水水位。深、浅层承压水水位关系一般有两种情况:①开采期(一般为每年 5 ~ 10 月)前者高于后者 3 ~ 5 m;②停采期(一般为每年 1 ~ 4 月或 11 ~ 12 月)前者低于后者 0.3 ~ 0.5 m。水源地以南 6 km、以西 2 km 为单一大厚度潜水,以北、以东为多层结构含水岩组。

2 “三水”转化的同位素特征

2.1 黑河沿岸河水、地下水转化同位素特征

同位素最新研究结果表明,自出山口至张掖城的河流两岸(1 ~ 2 km),地下水氘(³H)值为 57 ~ 69.7 TU,接近山区地下水和地表水氘值为 33.4 ~ 60.2 TU,地下水的 δ¹⁸O 在山前带为 -0.85‰,δD 为 -5.57‰,与出山河水 δ¹⁸O (-0.81‰)及 δD (-5.49‰)接近,说明河流两岸地表水和地下水之间在一定范围存在水力联系。

2.2 平原区承压水与潜水同位素特征

承压水与潜水同位素特征有所不同,由山前带至溢出带潜水的 δ¹⁸O 值和 δD 值较承压水为重(表 1),³H 值自山前至细土平原带呈衰减态势,表明

沿地下水水平径流方向,径流途径越长,地下水年龄越老。

表 1 张掖盆地地下水同位素特征统计

含水层	δD/‰		δ ¹⁸ O/‰		³ H 值/TU	
	范围	平均	范围	平均	范围	平均
入渗带潜水	-5.1 ~ -4.9	-5.3	-0.95 ~ -0.79	-0.84	51.2 ~ 69.7	62
溢出带 以下潜水	-5.7 ~ -4.7	-5.2	-0.87 ~ -0.75	-0.79	16.3 ~ 165.2	70
溢出带以下 承压水	-5.9 ~ -5.1	-5.6	-0.10 ~ -0.91	-0.96		29

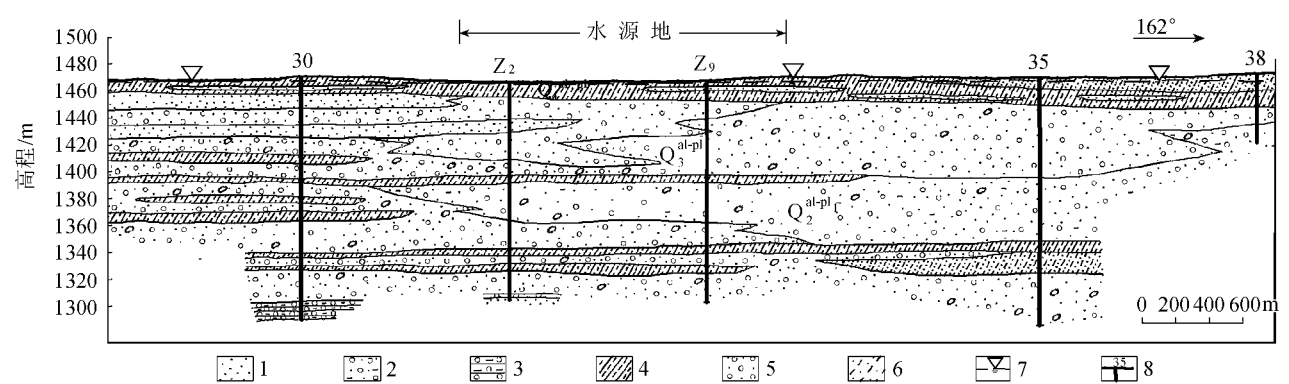
垂向上,随着深度的增加,地下水的 δ¹⁸O 和 δD 明显偏负(表 1),反映了不同的补给条件和水环境的变化。3 个含水带具有明显不同的环境同位素特征,上覆潜水 δ¹⁸O 值和 δD 值较富集;下伏深层承压水 δ¹⁸O 值和 δD 值较贫化;中部浅层承压水介于潜水、深层承压水之间。由此表明,深层水的补给与排泄不同于浅层水。就深层水而言,存在由下部向上部的顶托补给,受控于含水层结构,深层水封闭性较强,其中一部分以水平侧向径流的方式向下游排泄,一部分以垂向越流的形式补给浅层水或溢出成泉。潜水³H 值影响因素复杂,接受越流补给的承压水、大气降水、灌溉回归水等多源补给。从溢出带以下承压水中的³H 平均值为 29TU 可以看出,承压地下水的补给周期较短,表明深部断裂带是泉水的主要补给通道。

此外,张掖市大气降水多年(1986 ~ 1996 年)加权平均 δD、δ¹⁸O 分别为 -3.83‰ 和 -0.56‰(原始数据来自 2001 年 IAEA 数据库)。

3 水源地及外围地下水同位素特征

3.1 氘同位素特征

氘同位素分析结果表明,自水源地南部至北部流泉村,存在一个深、浅层水(Y₉、Y₈)氘值与潜水(Y₂₁、Y₂₂)氘值基本一致的条带,该带氘值为 0.5 ~



1—中细砂 2—泥质砂砾卵石 3—泥质砾岩 4—亚黏土 5—砂砾石 6—亚砂土 7—水位 8—钻孔编号

图 1 水文地质剖面

表2 张掖城区及外围同位素分析成果

编号	井深/m	含水层组	$\delta D/\%$	$\delta^{18}O/\%$	3H 值/TU
Y ₄	100	深层水	-6.3	-0.83	31.55
Y ₇	115	深层水	-5.5	-0.81	24.20
HX ₃₅₋₁	180	深层水	-5.8	-1.00	<2.00
Y ₆	50	浅层水	-5.5	-0.82	13.46
Y ₈	80	深层水	-5.3	-0.79	0.50
Y ₉	90	深层水	-5.7	-0.84	1.55
Y ₁₀	80	浅层水	-5.2	-0.78	71.39
Y ₁₂₋₁	70	浅层水	-5.9	-0.85	28.78
Y ₁₃	63	浅层水	-6.1	-0.71	34.53
Y ₁₄	80	浅层水	-5.2	-0.88	78.92
Y ₁₆	60	浅层水	-5.9	-0.81	43.19
Y ₁₈	70	浅层水	-5.7	-0.86	0.66
Y ₁₉	70	浅层水	-5.6	-0.92	0.50
Y ₂₀	65	浅层水	-5.7	-0.86	11.66
Y ₁	11	潜水	-5.3	-0.76	36.22
Y ₂	5	潜水	-4.9	-0.79	62.15
Y ₃	8	潜水	-5.1	-0.72	35.52
Y ₅	21	潜水	-5.3	-0.71	47.84
Y ₁₁	4	潜水	-5.0	-0.80	55.02
Y ₁₂₋₂	18	潜水	-6.1	-0.79	0.50
Y ₁₅	13	潜水	-5.4	-0.78	23.44
Y ₁₇	7	潜水	-5.6	-0.78	25.98
Y ₂₁	12	潜水	-6.2	-0.93	0.50
Y ₂₂	11	潜水	-6.8	-1.01	0.50
Y ₂₃	7	潜水	-4.6	-0.75	31.95
Y ₂₄	10	潜水	-6.1	-0.85	1.38
Y ₂₉	17	潜水	-6.6	-0.76	53.32
Y ₃₀	13	潜水	-6.7	-0.70	39.56
Y ₂₅		地表水 (城北黑河)	-6.4	-0.73	19.05
HX ₂₈		地表水 (莺落峡)	-5.0	-0.81	58.30

1.55 TU,为1951年以前补给的较老水。Y₉、Y₈、Y₂₁、Y₂₂4个取样点沿城区及北部出城泉沟呈线状分布(图2)。氡值(小于2 TU)与城南田家小庙(HX₃₅₋₁)深层水大致相当,表明自南向北通过城区中心存在一个承压水强劲补给潜水的条带,类似通常所说的优势通道或优势流。大部地段潜水氡值介于23.44~62.15 TU之间,10个样品的均值为41.10 TU,低于同期莺落峡河水氡值(58.3 TU),反映出河水不是唯一的补给水源,可能还有低氡值水和山区地下水补给(表2)。此外,城区北部地下水埋深高于黑河水位,从另一个角度说明河水不可能成为泉水的补给源,同时泉水流量(庚名渠)稳定,其动态不受河水影响^[4],由此可推测泉水是通过深大断裂补给的。表2中部分深层水具有较高的氡值, 3H 值与孔位距离断裂带的位置有关,靠近泉水井中的 3H 值一般较大,因为泉水主要是来自断裂带的补给,而远离断裂的井水中 3H 值较低。

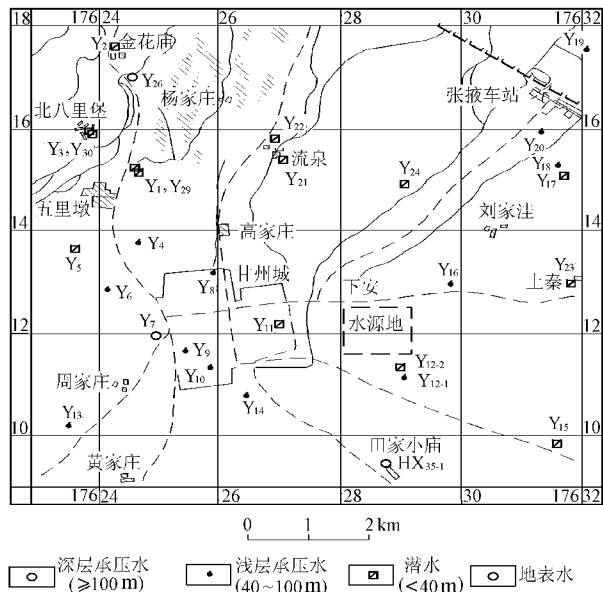
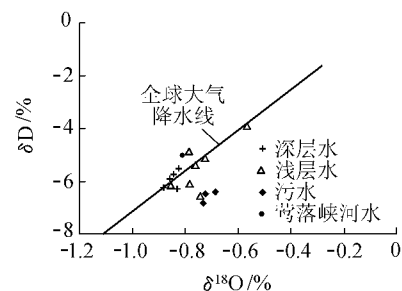


图2 张掖城区及外围地下水同位素取样点位置

3.2 氡、氧同位素特征

从表2可见,张掖市深、浅层地下水的 δD 、 $\delta^{18}O$ 分别为 -6.3% ~ -5.2% 和 -0.90% ~ -0.71% ,12个样品(不含Y₈、Y₉)的均值分别为 $(-5.7 \pm 0.3)\%$ 和 $(-0.83 \pm 0.05)\%$ 。莺落峡河水的 δD 、 $\delta^{18}O$ 为 -5.0% 和 -0.81% 。因此,张掖市深、浅层地下水的 δD 、 $\delta^{18}O$ 值不同于其他水体,地下水点落在全球大气降水线附近(图3),但是所有地下水点都低于当地大气降水多年加权平均值,表明张掖市深、浅层地下水是来自黑河流域南部祁连山高海拔、寒冷区降水通过深大断裂补给为主。

图3 张掖城区及外围地下水及地表水 δD ~ $\delta^{18}O$ 关系

综合以上分析,张掖市深层地下水年龄较老(一般大于30 a),渗透路径长,径流较为滞缓,沿泉水溢出带表现更为明显,为深循环水流系统;浅层地下水年龄较新(一般小于30 a),具有河水(引灌)补给等多源特征,水循环积极,为浅循环水流系统。

4 结论与讨论

a. 深层承压水资源来自黑河流域南部祁连山高海拔、寒冷区降水通过深大断裂补给,同时也是泉水的主要来源,可作为大型工矿企业的供水目的层;靠近河道的浅层地下水资源与现代水联系密切,可恢复性较强,为理想的农业区域开采层位。

(下转第25页)

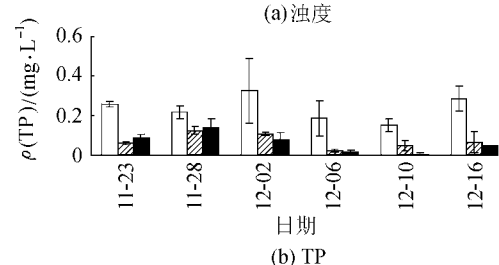
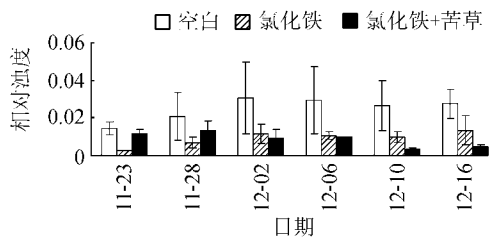


图2 各实验组水体浊度和总磷质量浓度的变化

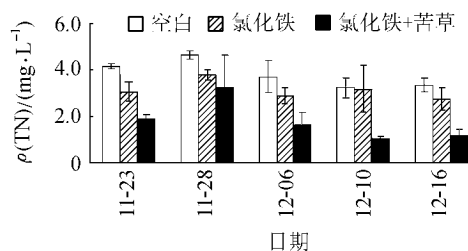


图3 各实验组水体总氮质量浓度的变化

水体添加三氯化铁对苦草的生长并无有害影响。絮凝剂的添加,有效地降低了水体的浊度,提高了水体透明度,为苦草的生长提供良好的环境条件。

表2 苦草的生长状况

日期	编号	湿重/g	叶长/cm		增重/g	分支率/%
			最长	平均		
11-21	7号桶	64.90	25.5	19.2		
	8号桶	65.90	29.1	18.3		
	9号桶	66.07	26.7	19.6		
12-16	7号桶	92.25	26.0	21.0	27.35	31.25
	8号桶	91.21	30.0	21.3	25.31	25.00
	9号桶	96.36	27.0	21.0	30.29	9.09

3 结论

三氯化铁可有效降低水体的悬浮物浓度和总磷浓度,为水生植物早期的生长提供良好的条件,水生植物可保持和加强三氯化铁絮凝剂对水质的处理效果,并降低水体的总氮浓度。本实验初步证明了两者的复合运用可把两者的优点结合起来,修复富营养化水体,使水质得到持续改善,为淡水湖泊的生态修复提供一种新的思路。

参考文献:

[1] COOKE G D, WELCH E B, PETERSON S A, et al. Restoration and management of lakes and reservoirs[M]. Second Edition.

New York: Lewis Publishers, 1993.

[2] 王国祥, 成小英, 濮培民. 湖泊藻型富营养化控制——技术、理论及应用[J]. 湖泊科学, 2002, 14(3): 273-282.
 [3] BOERS P, VAN der DOES J, QUAAK M, et al. Fixation of phosphorus in lake sediments using iron (III) chloride: experience, expectations[J]. Hydrobiologia, 1992, 233: 211-212.
 [4] 朱广伟, 陈英旭, 周根娣, 等. 运河(杭州段)沉积物磷释放的模拟试验[J]. 湖泊科学, 2002, 14(4): 343-349.
 [5] 宋福, 陈艳卿, 乔建荣, 等. 常见沉水植物对草海水体总氮去除速率的研究[J]. 环境科学研究, 1997, 10(4): 47-50.

(收稿日期 2006-07-24 编辑:傅伟群)

(上接第17页)

b. 水源区及北部泉水溢出带地下水来自深层地下水的补给,此溢出带深、浅层水氟值一致,也表明优势补给通道的存在。

c. 平面上自山前戈壁带至细土平原带,径流途径越长,地下水年龄越老,垂向上存在由深部向浅部的越流补给,受控于含水层结构和优势,补给通道垂向越流表现出地段性差异。

d. 浅层水局部地段已受污染。为遏制污染向深部蔓延,考虑到农业开采井分布范围广,细土带农业区开采层位宜控制在80m以浅,工矿企业等大型水源区开采深度宜控制在80m以深,同时成井过程中必须做好止水工作,一方面实现区域上的分层开采以减少井间干扰,另一方面有利于水资源保护。

参考文献:

[1] 崔振卿, 杨丽萍, 王福利, 等. 甘肃省张掖市城区供水扩建工程东郊水源区水文地质勘探报告[R]. 兰州:甘肃省地质矿产勘察开发局水文地质工程地质勘察院, 2005.
 [2] 丁宏伟, 张荷生, 王文科, 等. 河西走廊地下水勘查[R]. 兰州:甘肃省地质调查院, 2003.
 [3] 张光辉, 刘少玉, 谢悦波, 等. 西北内陆黑河流域水循环与地下水形成演化模式[M]. 北京:地质出版社, 2005: 158-318.
 [4] 丁宏伟, 崔振卿. 黑河干流中游地区泉水资源衰减原因及趋势分析[J]. 甘肃地质学报, 2001, 10(1): 71-73.

(收稿日期 2006-08-15 编辑:傅伟群)