

莱州湾南岸平原浅埋古河道带及冲洪积扇地下水水环境*

赵明华¹, 姜爱霞², 韩美², 李道高² (1. 中国科学院地理研究所区域可持续发展机理与调控开放实验室, 北京 100101; 2. 山东师范大学地理系, 济南 250014)

摘要: 通过野外实地调查和水化学监测, 将莱州湾南岸平原浅埋古河道带及冲洪积扇浅层地下水水化学环境分为3大区域, 即北部的全咸水区、中部的咸淡水过渡区和南部的全淡水区。在3个系统的浅埋古河道带内的全淡水区, 仍有水化学特征的南北向差异。浅层地下水水化学特征具有年内及年际变化规律。人类应合理开发利用地下水资源, 防止咸水入侵和人工污染, 保持良好的地下水水环境。

关键词: 莱州湾南岸平原, 浅埋古河道带, 地下水水环境, 咸水入侵。

中图分类号: X143 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2000)01-0051-05

The Groundwater Environment of the Shallow-buried Paleochannel Zones and the Alluvial-diluvial Fans on the South Coast Plain of Laizhou Bay

Zhao Minghua¹, Jiang Aixia², Han Mei², Li Daogao² (1. Laboratory of Modeling and Adjustment of Regional Sustainable Development, Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. Geography Department, Shandong Normal University, Jinan 250014, China)

Abstract By field investigation and water-chemical monitoring, the groundwater environment of the shallow-buried paleochannel zones and alluvial-diluvial fans on the south coast plain of Laizhou Bay can be divided into 3 area: the salt groundwater district in the north, the transition district in the middle and the fresh groundwater district in the south. In the fresh groundwater district, the chemical characteristics of the groundwater exist still differences in S-N direction. The chemical characteristics of the shallow groundwater in the area exist interseasonal and interannual change regularities. The measures of rational developing and utilizing the groundwater resources, of preventing the salt water intrusion and artificial pollution, and of keeping a good groundwater environment should be taken in the area.

Keywords: south coast plain of Laizhou Bay, shallow-buried paleochannel zone, groundwater environment, salt-water intrusion.

渤海莱州湾南岸系指西起小清河口, 东至虎头崖的岸段。该岸段入海河流主要有弥河和潍河, 其次有白浪河、虞河和胶莱河等(见图1)。莱州湾南岸平原是泰沂山地丘陵北麓山前倾斜平原的东段, 自南而北包括山前冲洪积平原、冲积海积平原和海积平原。本文研究的重点区域是弥河、潍河和白浪河中下游冲洪积平原区, 行政上主要包括寿光、昌邑、寒亭三市(区)的大部分及青州市东北部。

1 浅埋古河道带形成及分布概述

古河道是废弃河道的形态物质体, 分为地面古河道和浅埋古河道^[1]。根据研究区内古河道的埋藏及沉积特征, 本文把埋深60m 以内的埋藏古河道称为浅埋古河道。该区浅埋古河道是晚更

* 山东省自然科学基金资助项目: Y96E01077

作者简介: 赵明华(1967~), 男, 博士研究生, 讲师, 主要研究方向为资源、环境与区域可持续发展。

收稿日期: 1999-04-16

新世晚期以来形成的。浅埋古河道带不是指单一的某条浅埋古河道,而是指自晚更新世晚期以来,河流长期作用形成的复杂砂体沉积分布带,它代表着该时期内河流频繁的改道差别。

根据2100多个钻孔的岩性记录资料,在1:10万工作底图上绘出60m深度内河流相砂层(粗于粉砂)累计厚度等值线图,考虑到该区砂层累计厚度的变化范围及其对富水性的影响,

确定以 $\geq 8\text{m}$ 的等值线所圈定的地带作为浅埋古河道带。从研究结果看,莱州湾南岸平原浅埋古河道带明显地分为弥河、潍河和白浪河3个系统,其空间分布与其所属河流的冲洪积扇体范围都相吻合。从形态上看,3个系统的浅埋古河道带大都呈掌状、放射状,向北靠近扇体前缘一般呈指状、放射带状分布;向南接近扇体顶部又往往连成一体,呈片状分布(见图1)。

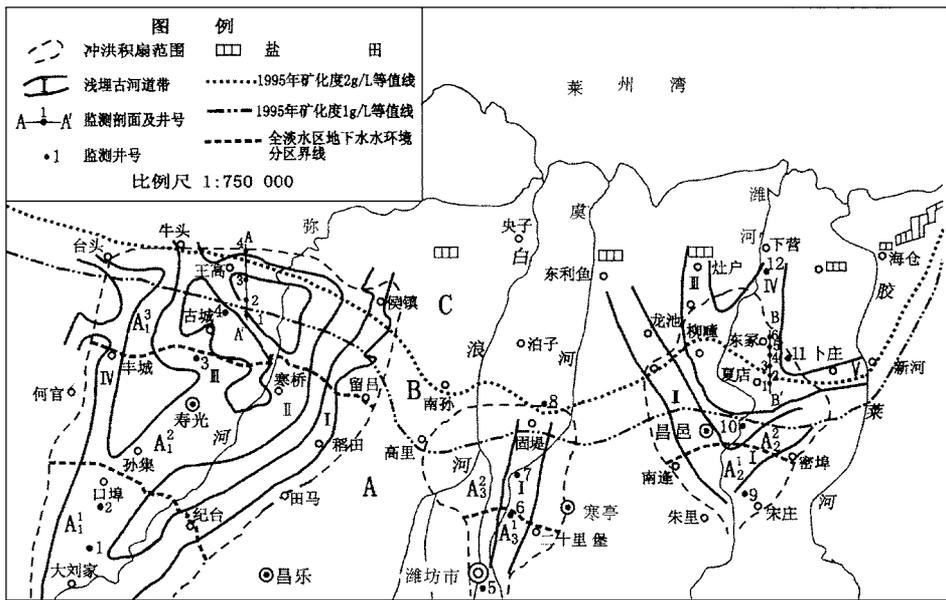


图1 莱州湾南岸平原浅埋古河道带及冲洪积扇地下水环境分区

2 地下水水化学环境分区及特征

2.1 浅层地下水水化学环境分区及特征概述

自晚更新世以来,随着冰期、间冰期的气候变化及海平面多次升降,渤海发生了3次海侵及海退事件^[2],加之河流的冲洪积作用,使该区浅层地下水的水化学环境深受第四纪古地理环境演变的制约,在地域分布上较复杂。根据浅层地下水水化学特征的地域分异,本文将该区浅层地下水水化学环境划分为3个大的区域,即全咸水区(C),咸淡水过渡区(B)和全淡水区(A)。

(1)全淡水区(A) 该区位于1995年实测矿化度 1g/L 等值线以南,主要包括弥河和白浪河冲洪积扇及浅埋古河道带的绝大部分,及潍河冲洪积扇和浅埋古河道带的南部(见图1)。由

于河流的侵蚀切割和溶解作用及离子交换、吸附作用,在不同流域和岩性地段,水化学环境具有不同特征。分析区内水化学成分的组成结构与浓度结构,对于水源地选址、水资源的合理开发利用及水环境功能区的划分,无疑具有重要意义。

(2)咸淡水过渡区(B) 该区位于全淡水界线与全咸水界线之间,主要包括弥河冲洪积扇和浅埋古河道带的前缘,白浪河冲洪积扇前缘,及潍河冲洪积扇和浅埋古河道带的中部区域(见图1)。地下水水化学环境具有咸淡水过渡性质,矿化度为 $1\sim 2\text{g/L}$, Cl^- 浓度有所增加,接近 250mg/L ,为 $\text{HCO}_3^--\text{Cl}^--\text{Ca}-\text{Na}$ 型水。

(3)全咸水区(C) 该区位于全咸水界线以北的浅埋古河道带北端至海,主要包括弥河

和白浪河冲洪积扇以北区域,及潍河冲洪积扇和浅埋古河道带的前缘及其以北区域(见图1)。该区咸卤水体主要由海相层赋存的古海水演化而成,含水层主要由晚第四纪海相砂及砂层粉砂组成,埋深一般0~60m,最深可达70~80m。区内地下水矿化度 $> 2\text{g/L}$,有些地段甚至高达 $100\sim 180\text{g/L}$; Cl^- 浓度 $> 2000\text{mg/L}$,最高可达 $70000\sim 100000\text{mg/L}$;地下水水化学类型为 Cl^- - HCO_3^- - Na 型和 Cl^- - Na 型。

2.2 弥河浅埋古河道带地下水水化学环境(A_1)

弥河浅埋古河道带分布于弥河冲洪积扇体

表1 弥河浅埋古河道带地下水水化学特征/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

井号	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	矿化度
1	80.2	23.1	39.1	323.4	70.9	14.4	390
2	73.2	14.6	26.7	303.9	29.4	9.4	310
3	93.2	39.5	43.2	369.2	109.9	30.3	500
4	80.8	66.1	172.5	457.7	290.7	84.1	920

(1)南部分区(A_1^1) 口埠、纪台以南的山前倾斜平原区,属冲洪积扇上部。该分区地形起伏较大,岩性松散,颗粒较粗,故径流条件好,水交替循环强烈。地下水中阴离子以 HCO_3^- 为主,阳离子以 Ca^{2+} 或 Mg^{2+} 为主,形成 HCO_3^- - Ca 型水。地下水的形成属于正常溶滤的第一阶段,矿化度 $< 0.5\text{g/L}$ 。

(2)中部分区(A_1^2) 丰城、留吕以南,口埠、纪台以北的冲洪积扇中部区。在该分区内,地形坡度减小,岩性颗粒变细,径流趋缓,地下水交替循环有所减弱。阳离子中的 Mg^{2+} 浓度有所增加;阴离子仍以 HCO_3^- 为主,形成 HCO_3^- - Ca - Mg 型水,矿化度 $< 0.5\text{g/L}$ 。

(3)北部分区(A_1^3) 丰城、留吕至全淡水界线之间的冲洪积扇下部。此带内地势较为平坦,地下径流较弱,水循环交替较慢。由于受北部莱州湾的影响,含 Cl^- 的水汽和土壤颗粒在海风吹扬下,随降水渗入地下,增加了地下水中的 Cl^- 和 Na^+ ,在局部地段形成了复杂的地下水化学类型。沿弥河现河道形成 HCO_3^- - Na - Ca - Mg 型水;在弥河两侧及古河道地带,形成

范围内,自东向西可分为4支(见图1)。地下水属弥河冲洪积扇孔隙潜水、微承压水。含水层以粗砂夹砾石为主,自冲洪积扇轴部向北及两侧渐变为含砾中细砂。冲洪积扇轴部的孙集-纪台一带为最强富水区,单井涌水量 $> 5000\text{m}^3/\text{d}$ 。向北富水程度略减,单井涌水量为 $1000\sim 3000\text{m}^3/\text{d}$ 。

弥河浅埋古河道带和冲洪积扇的全淡水水化学特征在区域分布上略有差异,可分为南部分区(A_1^1),中部分区(A_1^2)和北部分区(A_1^3),见表1。

HCO_3^- - Cl^- - Na - Ca - Mg 型水,还有少量的 HCO_3^- - Cl^- - Ca - Mg 型水。矿化度略有增高,为 $0.5\sim 1.0\text{g/L}$ 。

2.3 潍河浅埋古河道带地下水水化学环境(A_2)

潍河浅埋古河道带呈掌状以冲洪积扇体为核,向偏北方向放射状分布,按顺时针方向可分为5支(见图1)。地下水属冲洪积层孔隙潜水及微承压水。近河地段属潜水,大部分地区属微承压、承压水。冲洪积物颗粒粗,层次少,单层厚。含水层岩性上层为中粗砂及粗砂夹砾石,下层为细砂或中粗砂。自冲洪积扇轴部向两侧边缘,自南向北,岩性由粗变细,富水性由大变小,轴部单井涌水量 $> 3000\text{m}^3/\text{d}$,边缘地带单井涌水量为 $1000\sim 3000\text{m}^3/\text{d}$ 。

潍河浅埋古河道带和冲洪积扇的全淡水水化学环境可以南逢、密埠一线为界,划分为南北2个分区,即南部分区(A_2^1)和北部分区(A_2^2),见表2。

(1)南部分区(A_2^1) 该分区位于潍河冲洪积扇的顶部。此处地形坡度大,径流条件好,地下径流通畅,阴离子以 HCO_3^- 为主。由于上游补

表2 淮河浅埋古河道带地下水水化学特征/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

井号	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	矿化度
9	59.2	30.9	69.3	122.2	79.1	49.0	480
10	71.1	23.7	29.9	326.5	44.3	9.6	300
11	75.2	66.8	953.4	527.8	1349.0	192.1	2900
12	772.5	277.1	438.2	94.6	2776.0	26.5	4300

给区多为明村组大理岩分布,故阳离子为 Ca^{2+} ,水化学类型为 HCO_3^- -Ca型水,矿化度 $< 0.5\text{g/L}$,水质优良。

(2)北部分区(A_2^3) 该分区位于南逢密埠一线和北部全淡水界线之间.由于径流减弱,加之距海及北侧咸卤水体较近,地下水中 Cl^- 含量增加,水化学类型为 HCO_3^- - Cl^- -Ca或 HCO_3^- - Cl^- -Ca- Na - Mg ,矿化度为 $0.5\sim 1.0\text{g/L}$ 。

2.4 白浪河浅埋古河道带地下水水化学环境(A_3)

白浪河仅有1支浅埋古河道带,分布于其冲洪积扇体轴部偏东地段(见图1).地下水属冲洪

积层孔隙潜水、微承压水,含水层岩性为粉砂、中粗砂夹砾石.自南而北地下水由潜水变为微承压或承压水.单井涌水量一般为 $1000\sim 5000\text{m}^3/\text{d}$.水量大小变化规律与砂层厚薄变化规律基本相同,冲洪积扇轴部单井涌水量为 $3000\sim 5000\text{m}^3/\text{d}$,南部近冲洪积扇顶部地段砂层厚度较大,颗粒粗,单井涌水量 $> 3000\text{m}^3/\text{d}$;远离河流及山前地带水量变小,单井涌水量为 $1000\sim 3000\text{m}^3/\text{d}$ 。

该浅埋古河道带及冲洪积扇的全淡水区水化学环境以二十里堡为界,划分为南北两个分

表3 白浪河浅埋古河道带地下水水化学特征/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

井号	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	矿化度
5	74.2	30.4	32.2	317.3	60.3	33.6	400
6	49.3	23.3	43.0	285.9	33.7	26.5	320
7	62.1	36.5	99.8	378.3	102.2	40.8	500
8	106.2	91.2	510.0	353.9	819.0	319.9	2220

区,即南部分区(A_3^1)和北部分区(A_3^2)(表3)。

(1)南部分区(A_3^1) 该分区位于冲洪积扇上部,此处地形坡度大,地下水径流条件好,处于溶滤的第一阶段,阴离子以 HCO_3^- 为主,阳离子以 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 为主,水化学类型为 HCO_3^- -Ca- Mg 型,矿化度 $< 0.5\text{g/L}$ 。

(2)北部分区(A_3^2) 由于地形坡度趋缓,地下水径流条件变差.另由于距莱州湾较近,海风吹送的盐分渗入地下,使地下水中的 Cl^- 和 Na^+ 含量均增高,使 Cl^- 浓度略超标.阴离子以 HCO_3^- 和 Cl^- 为主,阳离子为 Ca^{2+} , Na^+ 和 Mg^{2+} ,形成较为复杂的 HCO_3^- - Cl^- -Ca- Na - Mg 型水,矿化度为 $0.5\sim 1.0\text{g/L}$ 。

3 浅层地下水水化学特征的变化

3.1 年内变化

年内变化与丰枯水季节交替及人工开采密切相关.在丰水季节,地表及地下径流量大,地下水水位高,沿冲洪积扇及古河道坡向自南而北流动,迫使各种物质向水化学类型界线北移, HCO_3^- 型及 HCO_3^- - Cl^- 水区域向北扩张;而枯水季节地表及地下径流较弱,加之人工开采量大,尤其是春季的农业灌溉用水,使南部的 HCO_3^- 型及 HCO_3^- - Cl^- 型水区域向南退缩,而北部的 Cl^- 型和 Cl^- - HCO_3^- 区域均不同程度地向南扩张,咸淡水界线南移.如A-A'剖面上的3号井,该井位于B区,代表地下水处于枯水期的1994-06的采样分析数据是:矿化度 1.2g/L , Cl^- 浓度 486mg/L ;代表丰水期的1994-12采样分析数据是:矿化度 0.8g/L , Cl^- 浓度 292mg/L ,表明同一监测井的地下水水化学特征指标,丰水期较

表4 1998-06地下水监测剖面主要观测井水化学特征/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

剖面	井号	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	矿化度
A-A'	1	96.6	38.6	70.0	439.0	102.0	36.5	560
	2	85.4	67.7	99.3	526.0	151.0	42.3	710
	3	135.0	100.0	108.0	523.0	337.0	57.2	1000
	4	164.0	134.0	433.0	616.0	776.0	215.0	2030
B-B'	1	8.0	24.1	333.0	791.0	47.0	64.4	930
	2	91.8	112.0	168.0	472.0	294.0	216.0	1110
	3	10.0	13.7	466.0	412.0	397.0	71.6	1170
	4	72.1	85.1	430.0	467.0	691.0	31.7	1550
	5	96.2	729.0	1300.0	697.0	1770.0	62.7	3660
	6	119.0	511.0	1610.0	525.0	3560.0	183.0	6250

枯水期有所减小,见表4.

3.2 年际变化

年际变化与气候环境及人类对水资源的开发利用密切相关.其中气候环境起控制作用.丰水年与枯水年的交替出现,导致了各种水化学类型界线的南北移动.如A-A'剖面上的3号井,1998-06的采样分析数据是:矿化度 1.0g/L , Cl^- 浓度 337mg/L ,同降水量与径流量均较小的1995年的采样分析数据(矿化度 1.4g/L , Cl^- 浓度 525mg/L)相比,各种水化学特征指标均有不同程度的减小,表明在丰水年 HCO_3^- 型及 HCO_3^- - Cl^- 型水区域向北推进,见表4.

3.3 人类活动对地下水水环境的影响

人类对地下水水环境最直接的影响是大量开采咸淡水分界线以南淡水区一侧的地下淡水.由于80年代的持续干旱,水资源供需矛盾激化,不得不大量超采地下淡水,在淡水区北缘形成了一系列沿咸淡水界线展布的地下水降落漏斗,破坏了咸淡水之间的初始平衡状态,使北侧的 Cl^- 型和 Cl^- - HCO_3^- 型水区域向南扩展,引发了咸水入侵灾害^[3-5].

人类开发利用水资源的其他措施,如大量拦蓄地表径流、不合理的农业灌溉等,也会引起地下水水环境的变化.

人类活动对环境资源的破坏,如工业“三废”及城镇生活污水的排放,会改变地下水的化学组成结构.自80年代以来,3个流域地下水中 COD 、 BOD 、挥发酚及氰化物等严重超标.

通过本课题研究可知,莱州湾南岸平原浅埋古河道带及冲洪积扇地下水水环境存在着南北向的地域分异;地下水水化学特征具有年内及年际变化的规律;人类活动对地下水水环境产生了巨大影响,并主导了海(咸)水入侵灾害的发生;应通过加强对地表水的利用,合理开采与保护地下淡水和强化环境与生态保护等措施做到保持良好的地下水水环境.

参考文献

- 1 吴忱等.华北平原古河道研究.北京:中国科学技术出版社,1991.116~118
- 2 彭子成等.莱州湾地区10万年以来沉积环境变化.地质论评,1992,38(4):360~367
- 3 姜爱霞,李道高.莱州湾南岸滨海平原咸水入侵区浅层地下水水化学特征.海洋学报,1997,19(4):142~147
- 4 韩美,赵明华,李道高等.莱州湾南岸平原古河道及其与海(咸)水入侵关系研究.自然灾害学报,1999,8(2):73~80
- 5 李道高,韩美,赵明华等.渤海莱州湾南岸平原浅埋古河道带及其与海(咸)水入侵关系研究.海洋学报,1999,21(6):64~71