

# 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\*

李道高 韩 美 赵明华 姜爱霞

(山东师范大学人口·资源与环境学院, 济南 250014)

**摘 要** 根据 2 100 余个钻孔资料,并结合大比例尺地形图、航片、卫片判读分析,以及野外实地考察和沉积物样品的粒度分析、岩相分析、 $^{14}\text{C}$  测年,研究了莱州湾南岸平原浅埋古河道带的分布规律、埋藏和沉积特征、古河道的分期断代以及与海(咸)水入侵关系。该区在埋深 60 m 内的浅埋古河道带,可分成弥河、潍河和白浪河 3 个系统,它们大都呈掌状、放射状分布,并与其所属河流的冲洪积扇范围相吻合。该区古河道的形成和发育与古气候和海平面变化密切相关。自晚更新世晚期以来,该区有 4 期古河道发育,其中玉木早冰期古河道和玉木主冰期古河道的砂层沉积粒度粗、连通性好、分布广,既是富水性强、水质好的淡水含水层,又是该区海(咸)水入侵的主要通道。控制在浅埋古河道带超采地下水,并在丰水季节利用其进行地下水回灌,是治理该区海(咸)水入侵灾害的重要措施之一。

**关键词** 莱州湾南岸平原 浅埋古河道带 海(咸)水入侵灾害

## 1 引言

渤海莱州湾南岸系指西起小清河口、东至虎头崖的岸段,为粉砂淤泥质海岸类型。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,地面高程一般在海拔 50 m 以下,地势向北倾斜,自南而北地貌类型依次为冲洪积平原、海积平原和海积平原。研究区行政上主要包括寿光、昌邑和寒亭 3 市(区)及青州市东北部(见图 1)。前人对莱州湾南岸平原浅埋古河道带尚无系统研究和专论发表,但自 70 年代以来,该区各县、市、区及乡、镇水利部门为农业供水打了大量机井,丰富的钻孔资料为本研究提供了科学依据。另外,山东省冶金地质勘探公司水文地质队和山东省地质矿产局第一水文地质队,为潍坊纯碱厂寻找水源地,分别于 1982 和 1984 年在寿光市

本文于 1998-12-16 收到,修改稿于 1999-07-08 收到。

\* 山东省自然科学基金资助项目(编号:Y96E01077)。

第一作者简介:李道高,男,58岁,教授,从事第四纪环境研究。

孙家集、寒桥等地进行了供水水文地质勘察;1993年山东省地质矿产局第二水文地质工程地质大队,为研究海(咸)水入侵问题,在潍河下游地区打了一些水文地质钻孔.上述前人工作为本研究提供了大量钻孔资料.本文主要根据2100余个钻孔资料并结合大比例尺地形图、航片、卫片判读分析,以及野外实地考察和采集样品的室内粒度分析、岩相分析、 $^{14}\text{C}$ 测年,主要研究了弥河和潍河浅埋古河道带的分布规律、埋藏和沉积特征、古河道的分期断代、古河道发育与海平面变化以及与该区海(咸)水入侵的密切关系.

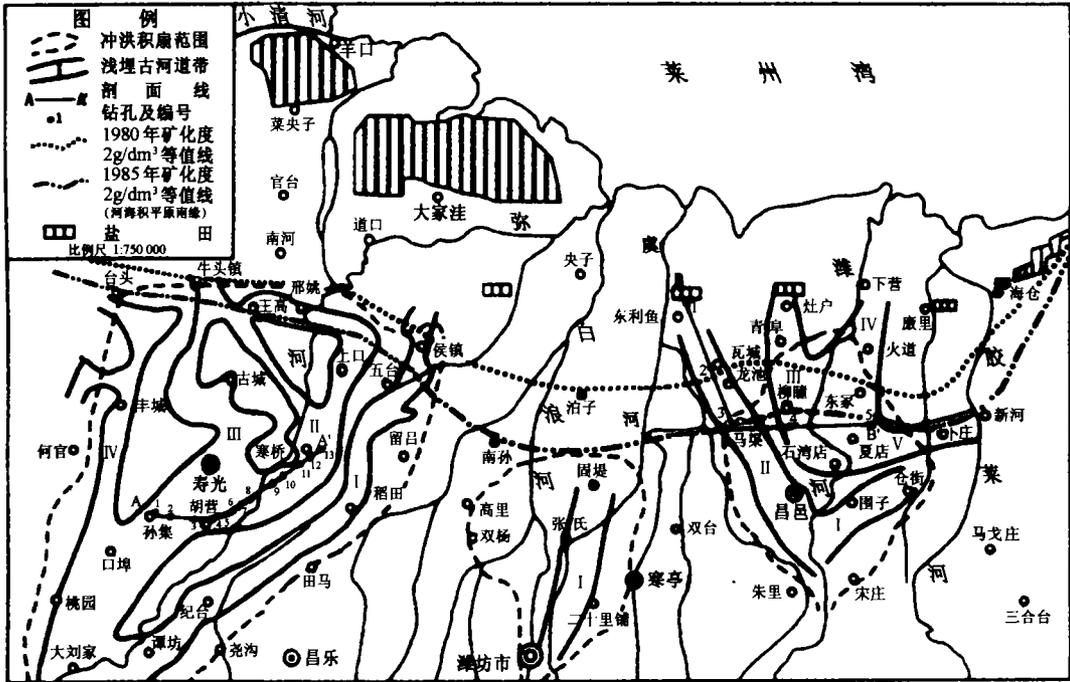


图1 莱州湾南岸平原浅埋古河道带分布及其与海(咸)水入侵关系

## 2 浅埋古河道带的含义及研究方法

古河道是废弃河道的形态物质体<sup>[1]</sup>.在地面上仍有遗迹显露的古河道称为地面古河道(埋深一般为 $0\sim 8\text{m}$ );在地面上已无遗迹显露而被埋藏在地下深处的古河道,称为埋藏古河道(埋深一般大于 $8\text{m}$ ).埋藏古河道的主要识别特征是地层中保留的河流相砂层沉积.该平原地区浅层淡水机井深度一般小于 $60\text{m}$ ,晚更新世晚期至冰期的地层底板埋深也大致在 $60\text{m}$ 以内,因此,我们把该区埋深 $60\text{m}$ 以内的埋藏古河道称之为浅埋古河道.浅埋古河道的复原只能通过浅埋古河道带的复原来体现.浅埋古河道带不是指单一的某条浅埋古河道,而是指在一定地质时期内,河流长期作用形成的复杂砂层沉积分布带,它代表在该时期内河流的频繁作用流路.

我们根据2100余个钻孔的岩性记录资料,在 $1:100\,000$ 工作底图上做 $60\text{m}$ 深度内河流相砂层(粗于粉砂)累积厚度等值线图.考虑到该区砂层累积厚度的变化范围及其对富水性的影响,确定以不小于 $8\text{m}$ 的等值线圈定的地带作为浅埋古河道带,它表示在这 $60\text{m}$ 厚的地层形成的地质时期内,河流沉积作用时间最长和流路摆荡最频繁的地带,即河流相砂层沉积最富

集的地带。对圈定出的浅埋古河道带,再通过野外调查及航片、卫片、大比例尺地形图的判读分析等方法加以验证和确认。利用典型钻孔样品的测年数据、岩相分析及粒度分析资料,对确认的浅埋古河道带进一步进行沉积特征和分期断代研究。利用浅埋古河道带的地下水水质监测资料来研究其与海(咸)水入侵的关系。

### 3 浅埋古河道带的分布规律

从利用上述研究方法得出的研究结果看,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,其空间分布均与其所属河流的冲洪积扇体的分布范围相吻合。从分布形态上看,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分支、放射带状分布;向南接近扇体顶部又往往联成一体,呈片状分布(见图 1)。

#### 3.1 潍河浅埋古河道带

潍河古称巨洋水,发源于临朐县沂山西麓的天齐湾,流经临朐县、青州市和寿光市,在寿光市广陵乡南半截河村分为 3 股入渤海莱州湾。研究区内弥河为其中下游河段,它从沂山山丘区经临朐盆地进入山前平原地带后,形成了面积较大的冲洪积扇和众多的古河道。弥河浅埋古河道带分布于其扇体范围内,自东而西可分为 4 支(见图 1): I 支由青州市谭家坊进入寿光市,经纪台、稻田、五台至侯镇北去; II 支由青州市大刘家庄经口埠进入寿光市,经孙家集、胡营,折向东北至寒桥,在寒桥北分为两分支,一分支经上口、邢姚至王高,另一分支从寒桥向西北至王高,两分支于王高汇合后至牛头镇与 III 支古河道带合并; III 支自寿光向北经古城至牛头镇与 II 支汇合; IV 支自青州市口埠入寿光市,经丰城至台头西北而去。

#### 3.2 潍河浅埋古河道带

潍河古称潍水,其正源名箕山河,发源于沂水县官庄乡箕山西麓宝山坡村西北。潍河流经菅县、五莲、诸城、高密、安丘、坊子、寒亭、昌邑等县(市、区),于昌邑市下营镇北注入渤海莱州湾。研究区内潍河为其下游河段,它自青山和土门山之间的谷地向北流出后进入山前平原地带,形成了面积较大的冲洪积扇。潍河浅埋古河道带呈掌状以扇体为核向偏北方向放射状分布,可分为 5 支(见图 1): I 支自扇顶向东北,经围子、仓街至金山; II 支自扇顶向西北,经昌邑、马渠、龙池、瓦城至东利鱼; III 支自石湾店向北,经柳疃、青阜至灶户; IV 支自石湾店向北经夏店、东冢、火道至下营; V 支自石湾店向东北经卜庄至新河。

#### 3.3 白浪河浅埋古河道带

白浪河发源于昌乐县大姑山,流经昌乐县、潍城区、寒亭区、于央子北注入渤海莱州湾。研究区内白浪河为其中下游河段。与潍河和弥河比较,白浪河为小型河流,其冲洪积扇面积较小,浅埋古河道带也欠发育。白浪河仅有一支浅埋古河道带,分布于扇体轴部偏东位置,由扇顶向北经潍坊东郊、二十里堡、张氏至固堤南(见图 1)。

## 4 浅埋古河道带埋藏和沉积特征

莱州湾南岸平原在埋深 60 m 内,浅埋古河道带砂层的埋藏深度依其所在的地貌部位不同而异。根据钻孔资料分析,在弥河冲洪积扇上,砂层顶、底板埋深在近扇体顶部一般分别为 2~8、30~35 m;在扇体中部及前缘一般分别为 10~20、50~60 m。在潍河冲洪积扇上,砂层顶、底板埋深在近扇体顶部一般分别为 5~8、30~35 m,扇体中部及前缘一般分别为 8~20、50~

65 m, 在扇体外前缘外河海积平原一般分别为 12~24、40~50 m. 总之, 浅埋古河道带砂层的埋藏深度有如下规律: 其顶板埋深自南而北由浅到深, 底板埋深在扇体上自南而北也由浅到深, 至扇缘外平原区又变浅.

浅埋古河道带受河流作用次数多, 河流相砂层发育, 沉积环境属河床相、心滩相和边滩相. 根据钻孔岩性记录资料和粒度分析结果表明, 岩性粗于粉砂, 多为砂砾石、含砾粗砂、中粗砂、粗中砂、中细砂及细砂等. 砂层累计厚度大于 8 m, 一般在扇体中部地段砂层累计厚度较大, 如弥河 II 支浅埋古河道带在寒桥附近, 砂层累计厚度达 20~30 m(图 2); 潍河浅埋古河道带砂层累计厚度在柳疃附近达 24 m, 火道附近达 37 m, 夏店至马疃(5 号孔)一带达 50 m(图 3).

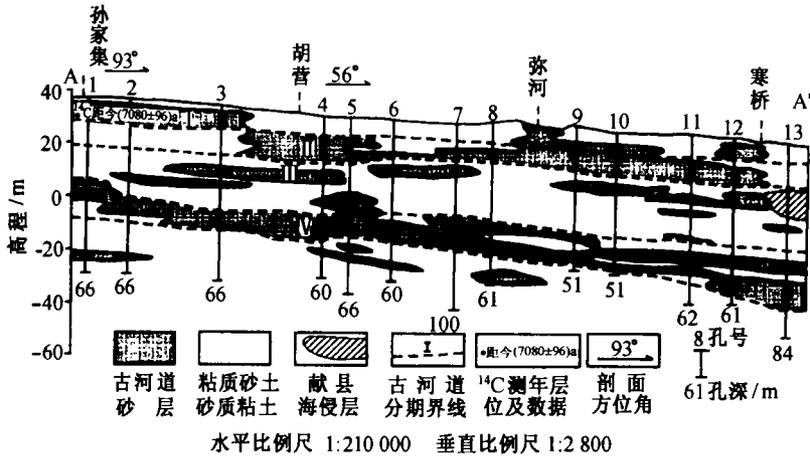


图 2 A—A'剖面古河道分期

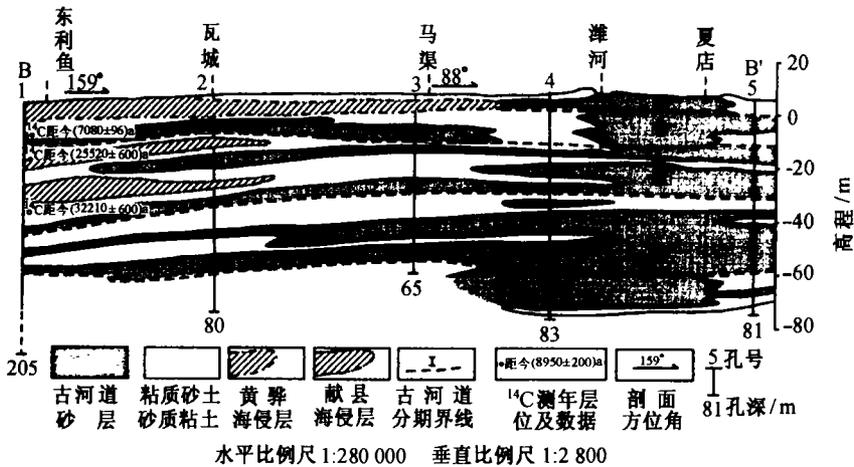


图 3 B—B'剖面古河道分期

浅埋古河道带砂层沉积特征呈南北纵向明显变化. 在纵剖面上, 砂层多呈连续条带状, 自南而北粒度一般由粗到细, 砂层层数由少到多, 单层厚度由大到小变化(图 2、3). 该区浅埋古河道带沉积韵律具明显垂向变化, 自下而上可分为 3 个正向沉积旋回: 下部旋回底板埋深一般为 40~65 m; 中部旋回底板埋深一般为 30~45 m; 上部旋回底板埋深一般为 12~25 m, 顶板

埋深一般为 8~12 m. 每个旋回均呈现出下粗、上细的二元沉积结构. 从每个旋回的砂层沉积来看, 上部旋回和下部旋回的砂层南北连续性好, 粒度较粗, 多为砂砾石、含砾粗砂、中粗砂等; 中部旋回的砂层南北连续性差, 多呈孤立的透镜体状, 粒度较细, 多为中粗砂、中细砂等(见图 2、3). 上述这种砂层的垂向变化特征与 3 个旋回沉积期的不同古气候环境密切相关, 并成为古河道分期的基础.

## 5 古河道的分期和时代

### 5.1 滨海平原晚更新世以来的地层划分

自晚更新世以来, 随着冰期、间冰期的气候变化以及海平面的多次升降波动, 渤海发生了沧州海侵、献县海侵和黄骅海侵以及它们之间的海退事件, 莱州湾南岸滨海平原区(包括河海积平原和海积平原)便相应地沉积了海、陆相间的地层. 自上而下、由新到老可分为晚全新世陆相层( $Q_3^1$ , 小于距今 3.0~2.5 ka)、中全新世黄骅海侵层( $Q_4^2$ , 距今 7.0~2.5 ka)、早全新世陆相层( $Q_4^1$ , 距今 12~7 ka)、晚更新世晚期玉木主冰期陆相层( $Q_3^{2-3}$ , 距今 21~12 ka)、晚更新世晚期献县海侵层( $Q_3^{-2}$ , 距今 40~21 ka)、晚更新世晚期玉木早冰期陆相层( $Q_3^{-1}$ , 距今 70~40 ka)和晚更新世早期沧州海侵层( $Q_3^1$ , 距今 110~70 ka)<sup>[2~5]</sup>.

### 5.2 古河道的分期和时代

在地层中对古河道进行分期的主要标志是:(1) 侵蚀面和河床滞留沉积;(2) 具有二元沉积结构的河流相沉积旋回;(3) 古河道砂层的顶、底板埋深及其岩性特征;(4)  $^{14}\text{C}$  测年和古地磁测年数据及文物考古发现. 把在地层中具有相同或相似分期标志的古河道归为同一期古河道, 是古河道分期的综合原则.

根据上述分期标志和原则, 结合 A—A' 和 B—B' 剖面典型钻孔的岩相分析结果及  $^{14}\text{C}$  测年数据(A—A' 剖面 1 孔  $^{14}\text{C}$  测年数据由山东省地震局碳十四实验室测定, B—B' 剖面 1 孔  $^{14}\text{C}$  测年数据由中国科学院古脊椎动物与古人类研究所测定), 认为该区在深埋 60 m 以内自上而下、由新到老有 4 期古河道发育, 并大致与该区滨海平原晚更新世晚期以来的地层时代划分一致(见图 2、3).

第 I 期古河道( $Q_4$ )底板埋深为 6~12 m, 沉积物厚度为 6~12 m, 由棕黄色、浅黄色砂层和其上的黄褐色砂质粘土、粘质砂土组成, 底部明显有一侵蚀面,  $^{14}\text{C}$  测年小于距今 11~12 ka, 为全新世古河道, 亦称地面古河道. 它埋藏浅, 在地面上往往有古河道遗迹显露, 地貌上表现为古河槽、槽状洼地或条状高地等. 可通过查阅历史记载、考古发现或对沉积物进行  $^{14}\text{C}$  测年来确定其年代. 如在弥河古河道的野外调查中, 于青州市大刘家庄、王岗村、口埠及寿光市的孙家集等地, 许多挖砂坑揭露了该期古河道. 在孙家集村北挖砂坑所见, 古河道砂层埋深为 2~8 m, 厚度为 6 m, 上覆 2 m 厚的黄土状粘质砂土, 砂层底部有一侵蚀面与下伏砂质粘土层呈不整合接触. 砂层具单斜层理和水平层理, 自上而下可分为 4 层, 分别为细中砂、粗砂、中粗砂、中粗砂. 按粒度结构平均粒径  $M_z$  为 0.15~1.75 $\phi$ , 标准偏差  $\sigma_1$  为 0.58~1.06, 偏度  $SK_1$  为 -0.08~0.39, 峰态  $KG$  为 0.71~1.32. 概率累计曲线为三段式, 粗截点为 -0.35~0.90 $\phi$ , 细截点为 1.50~3.00 $\phi$ . 石英砂粒磨圆度为 II~III 级, 在扫描电镜下可见其表面微结构有浅碟形凹面和 V 形机械撞击痕、坑, 以及硅质沉淀及其溶蚀形态. 砂层第 4 层上部埋藏有树木, 经山东省地震局碳十四实验室测定,  $^{14}\text{C}$  测年为距今(7 080 ± 96)a(见图 2).

第Ⅱ期古河道( $Q_3^{-3}$ )底板埋深一般为12~25 m,厚度为6~13 m,由棕黄色砂层及其上的黄土状粘质砂土组成,底部有一明显侵蚀面, $^{14}C$ 测年为距今12~21 ka,为晚更新世晚期玉木主冰期古河道。该期古河道砂层沉积粒度粗,多为砂砾石、含砾粗砂、中粗砂等,在南北纵剖面上连续性甚好。

第Ⅲ期古河道( $Q_3^{-2}$ )底板埋深一般为30~45 m,厚度为18~20 m,由棕黄色透镜状砂层和砂质粘土组成, $^{14}C$ 测年为距今21~40 ka,为晚更新世晚期玉木亚间冰期古河道。该期古河道砂层沉积粒度细,多为中粗砂、中细砂、细砂等。剖面上连续性差,多呈透镜体状。

第Ⅳ期古河道( $Q_3^{-1}$ )底板埋深一般为40~65 m,厚度为10~20 m,由棕黄色砂层及其上的砂质粘土、粘质砂土组成, $^{14}C$ 测年为距今40~70 ka,为晚更新世晚期玉木早冰期古河道。该期古河道砂层沉积南北连续性好,粒度粗,多为砂砾石、含砾粗砂、中粗砂等。砂层底部有一明显侵蚀面,与下伏晚更新世早期末次间冰期沉积( $Q_3^1$ )呈不整合接触。

## 6 古河道发育与海平面变化关系

古河道的形成与发育严格受基底构造及新构造运动的制约和控制。莱州湾南岸平原在大地构造上处于渤海拗陷周边地区,第四纪以来缓慢沉降,为古河道的发育提供了构造条件。古河道的形成和发育,除与山丘区长期抬升、平原区不断沉降的地质构造因素有很大关系外,还受古气候和海平面变化的支配和控制。自晚更新世晚期以来,随着古气候环境的演化和渤海海平面升降变化,该区古河道的发育过程和发育程度呈有规律的韵律和分期。

在距今70~40 ka的玉木早冰期,该区处于寒冷干燥的气候环境中,渤海处于低海平面的时期。寒冷干燥的气候可使:(1)降水量减少,河流流量减少,且分配不均,因而河流流量变率增大,具有暴涨、暴落的洪水性质,河流属于以推、跃移质输沙类型为主的辫状-顺直状河型;(2)岩石物理风化加强,河流物源碎屑增多,含沙量增大。低海平面使河流侵蚀基准面降低,地面坡度增大,河流改道变迁频繁。此时形成了第Ⅳ期古河道。第Ⅳ期古河道砂层粒度粗,连续性好,分布广泛,从冲洪积平原延伸直逼现今海岸。

在距今40~21 ka的玉木亚间冰期,该区处于比较暖湿的气候环境中,其滨海平原经受了渤海献县海侵。献县海侵层分布范围广,南界抵达土山-火道-龙池-固堤-留吕-寒桥一线<sup>[3]</sup>。在该线以南的陆区此时由于:(1)气候暖湿,河流流量增大,但流量变率减小,含沙量也减小,河流属于以悬移质输沙类型为主的弯曲状河型;(2)渤海高海平面使地面坡度减小,河流以侧向侵蚀为主,产生许多牛轭湖和洼地,形成了以湖沼相沉积为主、河流相沉积为辅的沉积环境。因此,此时形成的第Ⅲ期古河道不甚发育,且仅分布于献县海侵界线以南的冲洪积平原区,古河道砂层的粒度较细,连续性也差。

在距今21~12 ka的玉木主冰期,干冷的气候环境和低海平面使该区河型又演变为辫状-顺直状,于是该区进入了第Ⅱ期古河道发育期。献县海侵之后,随着气候逐渐变冷和渤海海平面的下降,河流先是以深向侵蚀为主,形成了砂层底部的侵蚀面,而后随着干冷气候和渤海低海平面的稳定,河流则快速堆积,形成了第Ⅱ期古河道砂层。玉木主冰期最盛时,裸露的渤海海底呈现一片荒漠化景观,强劲的偏北风将其碎屑物质搬运至该区形成了砂黄土堆积<sup>[6]</sup>,所以第Ⅱ期古河道砂层和献县海侵层之上,往往覆有风成黄土沉积。第Ⅱ期古河道砂层粒度粗,连续性好,分布也广,从冲洪积平原可延伸至渤海海底全新世沉积之下。

自全新世以来, 该区进入了第 I 期古河道发育期. 在距今 7.0~2.5 ka 的中全新世, 该区滨海平原经受了黄骅海侵, 黄骅海侵层分布范围大, 南界抵达土山—新河—卜庄—柳疃—南孙—王高—台头一线<sup>[3]</sup>, 所以该期古河道仅在冲洪积平原区有所发育, 而在滨海平原区仅见晚全新世古河道遗迹.

## 7 浅埋古河道带与海(咸)水入侵关系

### 7.1 浅埋古河道带是该区海(咸)水入侵的主要通道

莱州湾南岸滨海平原区埋深在 60~70 m 以内的晚更新世以来的地层中, 发育了 3 个海相层, 海相层中赋存的以及进入海相层之间陆相含水层的古海水, 经过蒸发和冰冻浓缩的演化<sup>[7,8]</sup>, 形成了该区滨海平原地下的原生咸卤水体, 它与其南侧冲洪积平原淡水体之间形成了天然存在的咸淡水界面. 以浅层地下水矿化度  $2 \text{ g/dm}^3$  等值线(大致相当于  $\text{Cl}^-$  浓度  $250 \text{ mg/dm}^3$  等值线)来标定咸淡水界线, 在 70 年代末该界线大致沿牛头—侯镇—泊子—瓦城—东冢—土山一线<sup>[9]</sup>(见图 1). 自 70 年代末以来, 由于冲洪积平原区超采地下水, 导致了滨海平原咸水体向南入侵, 至 1995 年咸水南侵已达河海积平原南缘一带, 即颜徐—王高—南孙—柳疃—卜庄—新河—土山一线, 咸水入侵面积达  $417.7 \text{ km}^2$ <sup>[9]</sup>(见图 1); 咸水侵染界线(浅层地下水矿化度  $1 \text{ g/dm}^3$  等值线)已达台头—五台—高里—固堤—仓街—土山一线, 咸水侵染面积达  $850.8 \text{ km}^2$ <sup>[9]</sup>, 从而成为该区严重的资源与环境灾害, 并已造成了重大经济损失. 该区浅埋古河道带在河海积平原南缘沟通了咸卤水体, 延伸到河海积平原和海积平原区的浅埋古河道带, 尤其第 II、IV 期古河道砂层不仅已贮存了咸卤水, 而且还直接连通着海水. 这两期古河道砂层粒度粗、连通性好、导水性强, 又都在区域地下水位以下, 成为该区海(咸)水入侵的主要通道.

### 7.2 浅埋古河道带中海(咸)水入侵速度快

浅埋古河道带地下水水质监测资料表明, 浅埋古河道带中海(咸)水入侵速度大大超过古河道带间地区. 根据 1993 和 1995 年两次野外实测 1 200 眼井的地下水矿化度资料, 该区浅层地下水矿化度  $2 \text{ g/dm}^3$  等值线南移速度平均为  $166 \text{ m/a}$ ; 位于弥河浅埋古河道带上的王高 I 监测剖面上, 40 m 深处咸水南侵速度为  $300 \text{ m/a}$ , 而位于浅埋古河道带间地区的王高 II 监测剖面上, 40 m 深处咸水基本没有南侵.

### 7.3 浅埋古河道带中海(咸)水入侵具明显年内和年际动态变化

年内动态变化与丰、枯水季节交替以及人工开采量变化密切相关. 浅埋古河带砂层发育, 透水性大, 导水性强. 在丰水季节地下径流量丰富, 地下水水头高, 沿古河道砂层自南而北流动, 迫使海(咸)水入侵界线北移距离较大. 在枯水季节, 浅埋古河道带中地下径流减小, 加之人工开采量大, 尤其春季农灌过量开采地下水, 致使冲洪积平原区浅埋古河道带中地下淡水降落漏斗扩大, 从而导致咸淡水界线南移距离较大. 这不仅使咸淡水界线随丰、枯水季节交替而南北位移较大, 而且浅埋古河道带中地下水水化学特征也随之具有明显的季节变化. 例如位于咸水入侵区弥河浅埋古河道带上的王高监测井, 代表地下水处于枯水期的 1994 年 6 月采样分析数据的矿化度为  $1.2 \text{ g/dm}^3$ ,  $\text{Cl}^-$  浓度为  $486 \text{ mg/dm}^3$ , 而代表地下水处于丰水期的 1994 年 12 月采样分析数据的矿化度为  $0.8 \text{ g/dm}^3$ ,  $\text{Cl}^-$  浓度为  $292 \text{ mg/dm}^3$ . 同一监测井的地下水水化学指标丰水期较枯水期明显减小.

浅埋古河道带中海(咸)水入侵的年际变化与气候波动及人工开采量变化密切相关. 气候

波动引起丰水年与枯水年交替,人工开采量也相应变化,同年内季节变化一样也导致咸淡水界线出现南北位移和地下水水化学特征相应变化.例如上述同一监测井,比较干旱的1995年6月采样分析数据的矿化度为 $1.4\text{ g/dm}^3$ , $\text{Cl}^-$ 浓度为 $525\text{ mg/dm}^3$ ,而降水比较多的1998年6月采样分析数据的矿化度为 $1.0\text{ g/dm}^3$ , $\text{Cl}^-$ 浓度为 $337\text{ mg/dm}^3$ .同一监测井地下水水化学指标丰水年较枯水年明显减小.

根据上述浅埋古河道带中海(咸)水入侵的年内和年际动态规律,在冲洪积平原区合理控制在浅埋古河道带开采地下淡水,并能在丰水季节和丰水年利用浅埋古河道带进行地下水回灌,是治理该区海(咸)水入侵的重要措施之一.

## 参考文献

- 1 吴忱,朱宣清,何乃华等.华北平原古河道研究.北京:中国科学技术出版社,1991,116~118
- 2 李道高.山东半岛滨海平原全新统研究.海洋学报,1995,17(6):90~96
- 3 许多,庄振业,牟信侃等.莱州湾南岸平原区第四纪沉积地层与咸水入侵.海水入侵灾害防治研究.济南:山东科学技术出版社,1996,53~61
- 4 影子成,韩岳,张巽等.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
- 5 韩有松,孟广兰,王少青.莱州湾滨海平原晚第四纪地质事件与古环境.海洋科学集刊,第35集.北京:科学出版社,1993,87~96
- 6 张祖陆.渤海莱州湾南岸滨海平原的黄土.海洋学报,1995,17(3):127~134
- 7 韩有松,吴洪发.莱州湾滨海平原地下卤水成因初步探讨.地质论评,1982,28(2):126~131
- 8 韩有松,孟广兰,王少青等.中国北方沿海第四纪地下卤水.北京:科学出版社,1996,123~155
- 9 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

## A study of the shallow-buried paleochannel zones and their relations with sea(salt)-water intrusion on the south coast plain of Laizhou Bay

Li Daogao,<sup>1</sup> Han Mei,<sup>1</sup> Zhao Minghua,<sup>1</sup> Jiang Aixia<sup>1</sup>

1. College of Population, Resources and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250014

**Abstract**—According to more than 2 100 drilling hole data, the lithofacies analysis,  $^{14}\text{C}$  dating of the sediments, and the field investigation, etc. the distribution regularities, buried situation and sedimentary characteristics of the shallow buried paleochannel zones on the south coast plain of Laizhou Bay, and their stage division and their relations with sea(salt)-water intrusion have been studied. The shallow buried paleochannel zones within a buried depth of 60 m on the plain can be divided into the Mihe River, the Weihe River and the Bailang River system. The shallow buried paleochannel zones appear in palm-like and radial distribution, and coincide respectively with their river's alluvial diluvial fans. On the plain within a buried depth of 60 m, there are 4 stages of paleochannels which have developed since the late period of Late Pleistocene, in which the paleochannel sand strata of the early Würm glaciation and the principal Würm glaciation, with coarse granularity, well continuity and wide distribution, are both rich in fresh groundwater and the main passage ways of sea(salt)-water intrusion. It is the important measures of managing salt-water intrusion to control excessive extraction of fresh groundwater in the shallow-buried paleochannel zones and to recharge the groundwater using the paleochannel zones in the rainy seasons.

**Key words** South coast plain of Laizhou Bay, shallow buried paleochannel zone, disaster of sea(salt)-water intrusion