

# 下辽河平原新近系地下水开采的动态变化特征

王卫东<sup>①</sup> 宋庆春

(辽宁水文地质工程地质勘察院)

**摘要:** 上第三系地下水是辽宁省地下水资源的重要组成部分,尤其是位于下辽河三角洲地区的盘锦市和辽河油田地区非常宝贵的水资源。自七十年代初,辽河油田开发时发现并开采,三十多年来,开采量不断增加,造成地下水位下降,形成区域地下水降落漏斗;由于滨海明化镇组含水层中咸水体的存在,也造成地下水水质变化。本文通过对上第三系地下水水位和水质动态分析,力图总结出开采条件下地下水动态变化特征,为上第三系地下水合理开发利用规划提供科学依据。

**关键词:** 上第三系 淡水资源 咸水体 动态特征 演化趋势

下辽河平原上第三系地下水是辽宁省地下水资源的重要组成部分,尤其是位于下辽河三角洲地区的盘锦市和辽河油田地区,地表水人为污染严重,第四系地下水主要为咸水(分布面积 4582Km<sup>2</sup>),因此上第三系地下淡水是其非常宝贵的水资源。

## 一、上第三系地下水赋存条件

上第三系地层深埋于下辽河平原区第四系下部,地层及含水层厚度巨大,贮存了丰富的地下水资源,地下水处于封闭一半封闭环境,包括明化镇组(Nm)和馆陶组(Ng)两个含水岩组。

**明化镇组含水岩组:** 明化镇组地层是一套河湖相冲积物,地层分为上下两段,上段为砂砾岩、砂岩、泥岩互层;下段以泥岩为主。地层厚度由东西两侧向中部、由北向南增厚,含水层厚度 30—450m,埋深 100—450m。下辽河平原南部明化镇组含水层上部存在由地质史上多期海侵及蒸发浓缩作用所残留的咸水体,咸水体超覆于淡水体之上,分布面积 1690.8km<sup>2</sup>,咸水区淡水含水层顶板埋深 600—900m;在地下水主要开采区,第四系含水与明化镇组含水层间普遍存在 3—4m 以上的泥岩,构成明化镇组含水层上部相对稳定的弱透水和隔水边界;明化镇组下段泥岩层(一般大于 50m)构成含水层下部的隔水边界。

**馆陶组含水岩组:** 馆陶组地层为一套河流冲洪积地层,经历了后期成岩作用,岩性主要为砾岩、砂砾岩及泥岩互层。地层厚度由东西两侧向中部、由北向南增厚,含水层厚度 130—350m,埋深 320—1200m。下第三系顶部泥岩、钙质页岩构成馆陶组含水层下部隔水底板。

综上,明化镇组和馆陶组两个含水层可以看作两个相对独立的地下水系统(第四系含水层与明化镇组含水层间存在弱越流补给;明化镇组含水层与馆陶组含水层仅在局部沿上第三系地层中发育的构造带可能存在“天窗”补给)。

## 二、上第三系地下水开采历史

下辽河平原区上第三系地下水的开采始于 1969 年。由辽河油田勘探开发石油过程中被

发现并开发利用的，是油田开发初期滨海平原区唯一可以利用的宝贵淡水资源。自 1969 年第一口水井（黄水 1 井）开采至今，开采上第三系地下水的历史近 35 年。上第三系地下水的开采，大体上分为四个阶段：

第一阶段：1969 年至 1975 年，油田开发的初期。以开采馆陶组地下水为主，主要为零星开采，钻井数 44 眼，用途为小型的生活水源和加压泵站；

第二阶段：1976 年至 1982 年，为辽河油田的全面发展时期。明化镇组和馆陶组地下水同时开采，从零星、分散供水，变成了集中分区供水，开采井达到约 100 眼，建成大小水源 15 座，开采能力达到  $15 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ；

第三阶段：1983 年至 1988 年，农业及城市用水增加时期。包括辽河油田开发新的油区增加的水源地，上第三系地下水开采井至 1988 年，已有各种水井 402 眼（其中辽河油田水源地 20 个），开采能力达到  $35 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ；

第四阶段：1989 年至今，控制调整开采时期。由于地下水开采量增加，造成区域水位持续下降，引起了油田和地方政府的注意，对上第三系地下水的开采进行了专门研究，除新开油区必须的水源开发外，进行统一控制和开采布局调整。至 1996 年辽河油田有水源地 32 个，地方各种水源井 212 眼，上第三系地下水总开采量  $33 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ；其中明化镇组地下水开采量  $14 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ；馆陶组地下水开采量  $19 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。

### 三、开采条件下，地下水位动态变化及演化趋势

#### 1. 上第三系地下水天然特征

上第三系地下水在开采初期，明化镇组承压水天然水头接近或高于地表（于楼地区地下水位接近地表，盘山、曙光地区高于地表 2—3m，滨海地区高于地表可达 4.0m 以上）。馆陶组承压水天然水头一般高于地面 4m 以上。其水化学特征与其形成密切相关，地下水类型以重碳酸型水为主，阳离子主要为钠型和钠钙型水，矿化度多数小于 0.5 克/升。

#### 2. 开采条件下，地下水位动态特征及演化趋势

##### 2—1 区域地下水位变化特征

由于上第三系地下水深埋地下，处于封闭一半封闭状态，地下水补给量远小于开采量，开采性质为疏干性开采，因此，无论明化镇组还是馆陶组，区域上地下水位总体呈下降趋势。至 1996 年，明化镇组含水岩组地下水已经形成以盘东和兴隆台为中心的较大的降落漏斗和各开采水源范围内小的漏斗区；馆陶组含水岩组地下水已经形成了以兴隆台为中心的区域性降落漏斗。明化镇组地下水位及开采漏斗变化曲线见图 1。馆陶组地下水位及开采漏斗变化曲线见图 2。

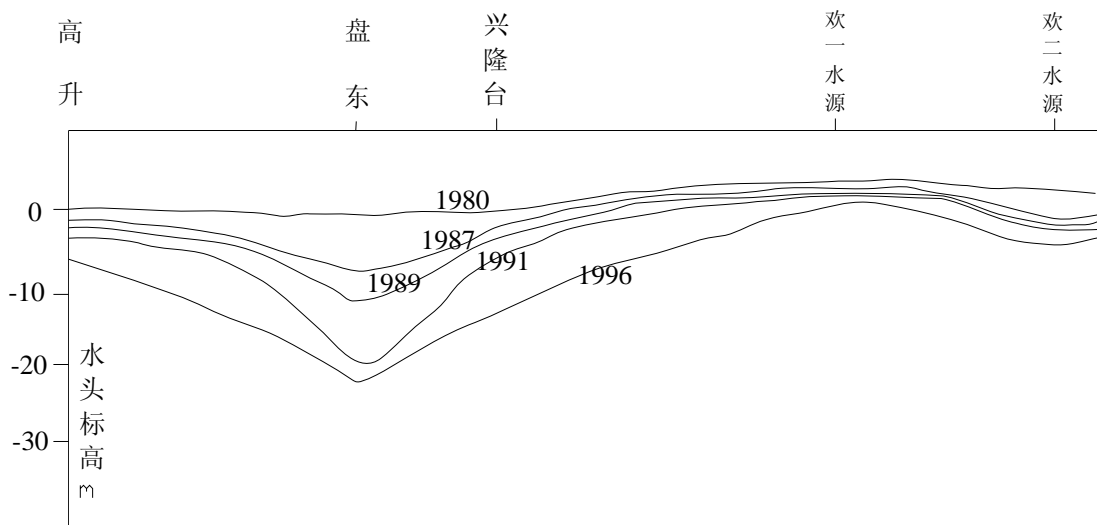


图1 明化镇组地下水水位及开采漏斗变化曲线图

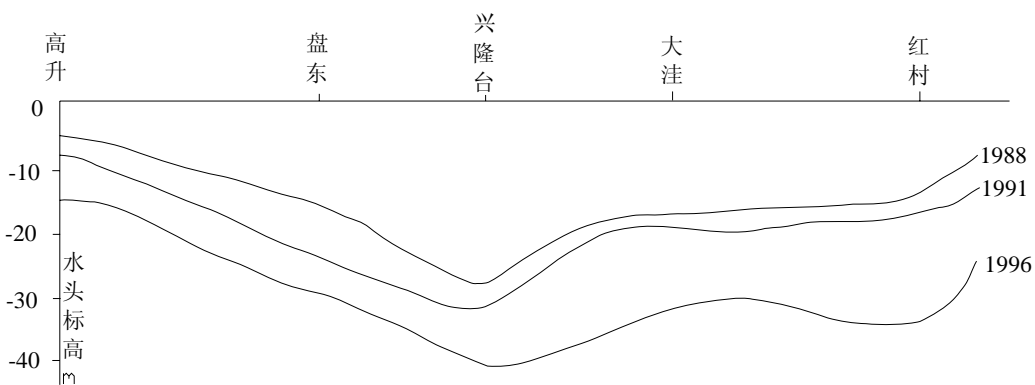


图2 馆陶组地下水水位及开采漏斗变化曲线图

## 2—2 地下水水位动态演化趋势

明化镇组地下水经多年开采后，区域地下水位普遍下降，并呈持续下降趋势，地下水位埋深一般大于 5m。至 1996 年，开采强度较高的盘东水源区，地下水位埋深 20—26m，地下水位降 0.63—1.13m/a；开采强度相对较低或无开采区的地下水位埋深一般小于 10m，地下水位降 0.2—0.44m/a。馆陶组地下水主要开采区位于兴隆台、曙光和欢喜岭地区。兴隆台地区地下水位埋深 33.5—45.0m，水位降 1.26—1.68m/a；曙光和欢喜岭地区地下水位埋深 20—30m，水位降 1.0—1.22m/a。其它地区地下水位也均呈下降趋势，水位降一般在 1.0m 左右。

从地下水位动态变化曲线看，上第三系明化镇组和馆陶组地下水表现为较为相同的特点；开采初期，开采量虽然不大，但地下水位下降速度较快，水位动态曲线较陡；随着开采时间增长，开采量逐年增加，地下水位降并没有进一步增加，而是减慢，水位动态曲线变缓，

但随开采量和开采强度变化波动；见盘东地区明化镇组盘观 3 井地下水多年动态曲线图（图 3）和盘东地区馆陶组盘观 4 井地下水多年动态曲线图（图 4）。

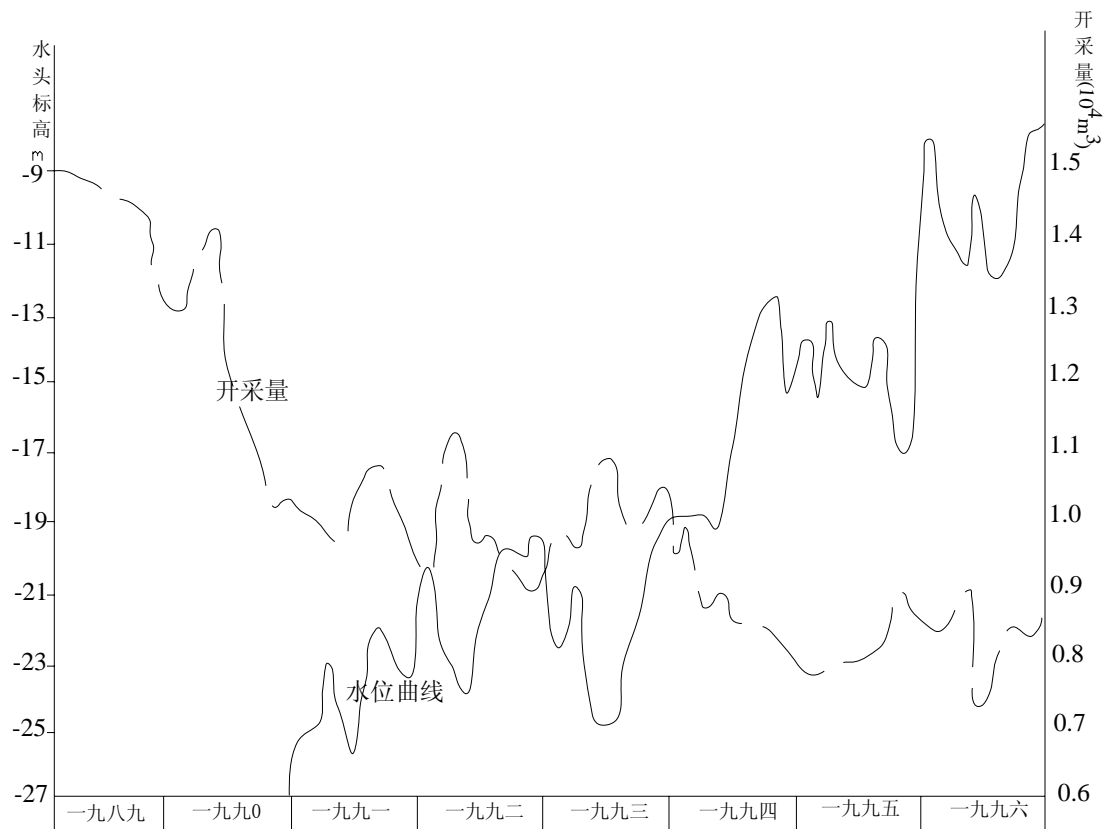


图 3 盘东地区明化镇组盘观 3 井地下水多年动态曲线图

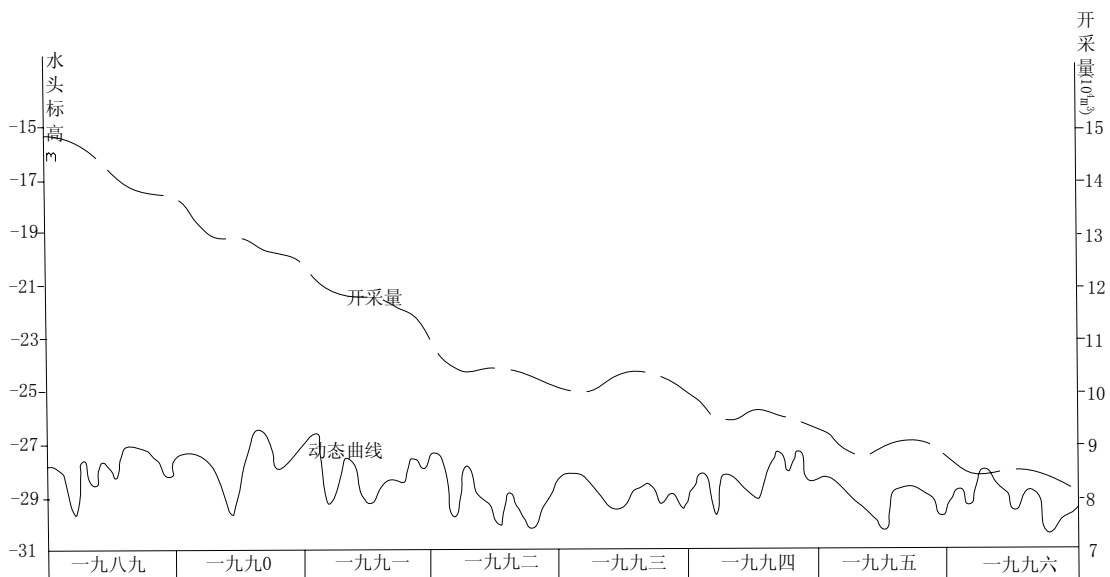


图 4 盘东地区馆陶组盘观 4 井地下水多年动态曲线图

从水位监测资料来看（见表 1 和表 2），水源地开采初期，地下水位降较大，随着开采

时间增加，影响范围增大，含水层弹性释水量增加，地下水位降均减缓。以开采明化镇组地下水为主的盘东水源，开采初期地下水位降 1.61—5.19m/a，至 1996 年降至 0.63—1.03m/a，由表 1 中可以看出，地下水位主要受开采强度影响，当开采量逐年增加时，则地下水位均表现为逐年下降，而 1992 年开采量比上年减少  $160.44 \times 10^4 \text{m}^3$ ，表现为水源地范围地下水位普遍上升，上升幅度 0.29—3.65m；以开采馆陶组地下水为主的各水源地（见表 2）开采初期地下水位降 2.10—4.21m/a，至 1996 年，地下水位降减至 1.49—2.05m/a。

表 1 盘东地区明化镇组地下水动态变化一览表

时 间		1989 年	1990 年	1991 年	1992 年	1993 年	1994 年	1995 年	1996 年
盘东水源开采量 ( $10^4 \text{m}^3$ )			549.26	901.46	1061.9	998.5	1350.5	1454.0	1727.2
年水头变化值 (m)	盘观 1#	-1.63	-1.61	-1.42	-0.92	+0.29	-1.89	-0.95	-1.13
	盘观 2#	-2.67	-2.87	-2.01	-1.12	+1.05	-2.25	-0.49	-1.09*
	盘观 3#	-3.96	-5.19	-2.51	-0.38	+3.65	-2.05	-0.21	-0.63

表 2 兴隆台地区馆陶组地下水动态变化一览表

时期	水源名称	兴二水源	兴四水源	陈水源	兴 416 水源
	水位动态				
前期动态	水头埋深 (m)	+2.15 (1973 年)	+4.28 (1970 年)	+3.75 (1972 年)	+2.15 (1974 年)
	水头埋深 (m)	-17.28 (1979 年)	-19.36 (1980 年)	-1.50 (1975 年)	-18.90 (1979 年)
	降速 (m/a)	2.88	2.36	2.10	4.21
后期动态	水头埋深 (m)		-31.67 (1990 年)		
	水头埋深 (m)	-42.15 (1996 年)	-42.17 (1996 年)	-44.60 (1996 年)	-45.00 (1996 年)
	降速 (m/a)	1.49*	1.50	2.05	1.53.

### 2—3 地下水流场变化特征

开采状态下，上第三系明化镇组和馆陶组地下水流场的变化规律基本一致。由于上第三系地下水处于半封闭—封闭状态，地下水的补给区位于东西部及上部山前区，位置较高，天然状态下地下水位一般高于地表，地下水开采初期，地下水流场与天然状态下浅层地下水流场基本一致，地下水径流滞缓，由东西两侧山前向平原中部、平原上游向滨海区缓慢流动。由于地下水的开采，形成了区域性降落漏斗，上第三系地下水流场均发生显著变化，形成汇向开采区的向心流场，沿海地区无论是明化镇组还是馆陶组地下水流场特征均有开采初期的地下水向海流动变为向内流动，有弱排泄边界转为弱补给边界；滨海明化镇组含水层中的咸水体因地下水流场改变表现为咸水体内侵和下移（见地下水水质动态特征及演化趋势）。

总的来看，开采条件下，上第三系地下水流场均表现为：一是地下水位的持续下降和开采漏斗的不断发展；二是地下水流场的显著变化，天然流场已不复存在，向地下水开采的漏斗区汇流成为主要地下水流动方式。

### 3. 开采条件下，地下水水质动态特征及演化趋势

上第三系淡水由于深埋地下，处于封闭和半封闭状态，以重碳酸钠型和钠钙型水为主。开采条件下一般水质变化不大；仅在滨海明化镇组含水层咸淡水接触带附近，受开采影响，地下水水流场改变，引起咸水体内侵和下移，造成水质恶化。

根据辽河石油勘探局供水公司水文地质研究所和辽宁水文地质工程地质勘察院 1999 年完成的<下辽河平原南部咸水体现状及运移特征研究>报告，现状明化镇组咸水体分布面积 1690.8km<sup>2</sup>。平面上分为大小两个互不联系的大小两部分，大的咸水体位于下辽河平原南部滨海区，分布面积 1678.3km<sup>2</sup>，占明化镇组咸水体总面积的 99.3%，为多期海侵残留，并经后期降水稀释和蒸发浓缩而形成，矿化度 1—30g/l，局部可达 80g/l，咸水体顶板埋深 249.0—516.0m，底板埋深 366.0—1121.0m。小的咸水体位于大咸水体东北部的古城子和郑家店一带，分布面积 12.5km<sup>2</sup>，占明化镇组咸水体总面积的 0.7%，矿化度 1—5g/l，底板埋深 325.0—700.0m，根据其贮水空间、岩性特点及水质特征，其成因主要为牛轭湖相蒸发浓缩咸水。从明化镇组咸水体发育分布来看，咸水体在古河道及地势低洼处地板埋深较大，在基底隆起的榆树至平安一带，底板埋深较浅，反映了海水沿古河道和地势低洼处入侵的特点。

采用了美国地调局（USGS）开发研制的ModelFlow软件，对明化镇组咸水体运移特征的进行了数值模拟。根据模型追踪结果，平面上：下辽河平原第三系地下水开采初期，1976—1981 年间咸水体范围平均每年增加 0.1km<sup>2</sup>，1982—1987 年间咸水体范围平均每年增加 0.35km<sup>2</sup>，1988—1993 年间咸水体范围平均每年增加 0.83km<sup>2</sup>，1994—1988 年间咸水体范围平均每年增加 3.18km<sup>2</sup>。在上第三系地下水开采初期咸水体运移速率多小于每年 2.0m，随着地下水开采量增加，咸水体平面运移速率不断增加，在盘东水源南部，咸水体运移速率已达每年 220m。垂向上：上第三系地下水开采初期，咸水体的垂向年运移速率变化较大，多数地区运移速率很小（小于 0.2m），仅新兴农场、黄金带等地下水主要开采区垂向运移速率较大（2.0—6.08m）。至 1998 年咸水体垂向运移速率差异不大，一般在每年 0.5—1.67m。

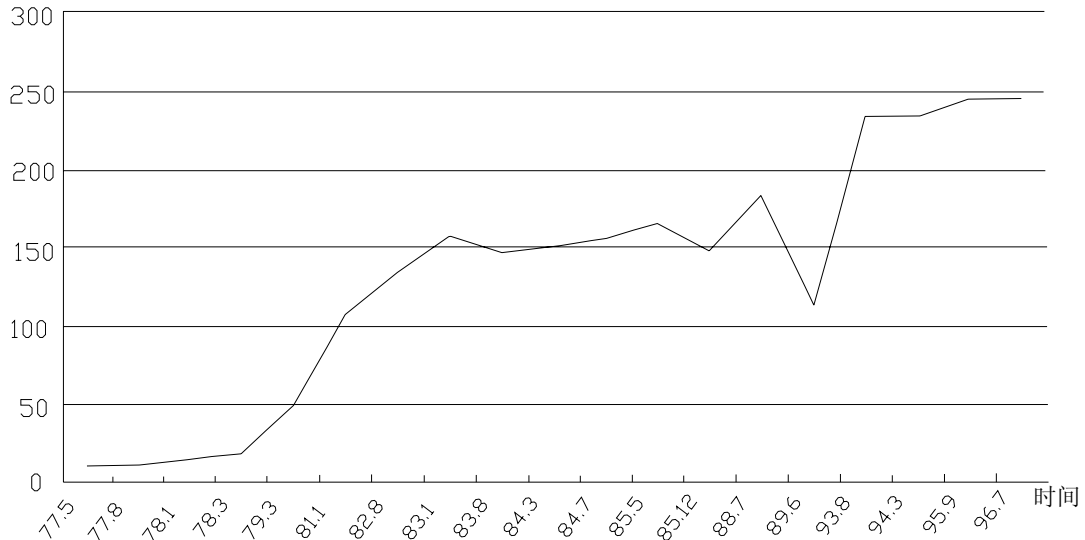
根据水质动态监测资料：辽河油田的黄水源（黄金带）位于明化镇咸水体范围内，含水层上部为咸水，中下部为淡水，天然状态下淡水Cl<sup>-</sup>含量 10—30mg/l，水源地 1970 年陆续开采后，至七十年代后期，开采深度较低水井已出现了水质恶化现象。水质化验表明，1985 年 5 月开采深度较低的黄 4、黄 6 井水质恶化（见表 3）；从黄 6 井地下水Cl<sup>-</sup>含量多年变化来看（见图 5），地下水Cl<sup>-</sup>含量呈逐年增加趋势。

表 3

黄水源地下水垂向Cl<sup>-</sup>含量变化统计表

水源井	取样日期	Cl <sup>-</sup> 含量 (mg/l)	取水位置 (m)
黄 4 井	1985 年 5 月 28 日	280.18	375.35—456.87
黄 6 井	1985 年 5 月 28 日	163.12	416.87—479.30
黄 7 井	1985 年 5 月 28 日	14.18	487.57—540.58
黄 9 井	1985 年 5 月 28 日	14.18	567.75—617.51

氯根 (毫克/升)

图 5 黄 6 井开采条件下地下水中Cl<sup>-</sup>含量变化曲线

因此, 开采条件下上第三系地下水水质动态变化较明显的, 主要表现在明化镇组咸淡水接触带的水质恶化和范围的扩大, 因此, 地下水开采需严格控制咸淡水接触带的地下水水位, 以保护宝贵的地下淡水资源。

#### 四. 小结

上第三系地下淡水资源是辽宁省, 尤其是下辽河三角洲的盘锦市和辽河油田宝贵的淡水资源; 由于多年开采, 已经形成了区域性地下水位降和降落漏斗, 地下水位逐年下降; 造成明化镇组咸水体内侵和下移, 咸水体边缘淡水水质恶化。因此, 对于上第三系地下水开采必须重视动态特征和演化趋势监测研究, 分析其影响因素, 并随时进行开采方案调整, 为合理开发利用上第三系宝贵的淡水资源提供科学依据。

## 参考文献

1. 王捷夫,《下辽河平原南部上第三系承压水开发实践与研究》,1989年4月,辽河石油勘探局
2. 王卫东、张戈、魏家华,《下辽河平原南部咸水体现状及运移特征研究》,1999年12月,辽河石油勘探局、辽宁水文地质工程地质勘察院
3. 王卫东、张国祥、李宝兰,《辽宁盘锦市地下水管理模型初步研究报告》,1992年7月,辽宁水文地质工程地质勘察院
4. 卢景峰、闫宝强等,《辽宁省下辽河平原南部上第三系地下水勘察评价报告》,1997年12月,辽宁地勘局第一水文地质工程地质大队

## Exploitation dynamic change Character of Neogene System Ground water in Lower Liaohe River Plain

WANG Wei-dong, SONG Qing-chun

(Liaoning Hydrological-Engineering-Geological Prospecting Academy, Dalian,  
116037)

Abstract: The underground fresh water in Neogene System from lower Liaohe delta area is the main water resource for Panjin City and Liaohe Oil field. The groundwater is in the closed and semiclosed state, and including the Minghuazhen and Guantao two water-bearing formations. In the natural condition, the underground water table is near or slight higher than the land surface. Under the pumping condition, it lowered year after year, forming subsidence cone. The underground water flow field changed greatly. It became the central flow field. The water flew toward the pumping centre. The water is being pumped from Minghuazhen formation in Pandong area. At the beginning, the water table lowered for 1.61 ~ 5.19 m/a, and in 1996, it reduced to 0.63 ~ 1.03 m/a. In the other water source Guantao formation, at the beginning of pumping, the water level lowered at 2.10 ~ 4.21 m/a, and decreased to 1.49 ~ 2.05 m/a in 1996. That is because the salty water body in Minghuazhen formation intruded toward inland and moved downward. It is proved by the  $Cl^-$  in the underground water has been increasing constantly since 1977. Till 1998, the salt water went forward 3.18 km<sup>2</sup> every year. In the south to the Pandong water source, it intruded for 220 m every year. In the vertical direction, the salt water migrated for 0.5 m ~ 1.67 m downward every year. Study on the water dynamic character and evolution trend will provide us with scientific basement for reasonably exploitation of the valuable fresh water resource.

Key words: Neogene System; fresh water resource; salty water moving downward; dynamic state

### ①作者简介

王卫东:男,1962年11月生,高级工程师,长期从事水文地质工程地质环境地质的实际和研究工作。