



# 莱州湾南岸地下卤水水位 动态变化与开采量关系研究\*

刘刚<sup>1</sup>, 韩晓静<sup>2</sup>, 冯守涛<sup>1</sup>, 田庆安<sup>1</sup>

(1. 山东省鲁北地质工程勘察院, 山东 德州 253015; 2. 沾化县国土资源局, 山东 沾化 256800)

**摘要:** 由于多年来大量开采地下卤水, 莱州湾南岸已经形成多个地下卤水降落漏斗。该文根据区内盐场水位长期观测资料, 较系统地分析了地下卤水水位动态变化规律, 查明了卤水水位与开采量的关系, 建立了区内卤水水位与开采量相关关系方程。通过分析说明开采对水位的影响, 为改善区内地质环境, 合理利用卤水资源提供了科学依据。

**关键词:** 地下卤水; 水位; 相关关系; 莱州湾南岸

**中图分类号:** P578.3; TS312

**文献标识码:** A

莱州湾南岸有着丰富的地下卤水资源, 早在建国初期就已建成多家盐场, 经过多年的发展, 该区域已成为我国重要的盐化工基地, 为山东经济的发展发挥了重要作用<sup>[1,2]</sup>。但在开发过程中多数企业为了取得较大的经济效益, 盲目无序地过度开采, 形成了以羊口盐场、利渔盐场和廐里盐场为中心的3个降落漏斗, 漏斗中心的水位埋深分别为45.41 m, 55.00 m, 26.63 m, 漏斗呈椭圆形向外扩展, 长轴方向近EW向, -10 m等水压线圈闭面积约809.4 km<sup>2</sup> (图1)。为查明区内地下卤水水位与开采量的关系, 找出其内在的规律, 通过建立水位与开采量的相关关系方程进行了系统的分析研究。

## 1 研究区概况

### 1.1 卤水开发利用现状

目前, 地下卤水资源的开采主要集中在埋藏深度100 m以内的卤水资源, 主要用于提取原盐和溴素, 部分用于提取氯化镁和氯化钾, 开发利用方式有卤水→溴素→原盐、卤水→溴素→原盐→苦卤回收→盐化工产品等<sup>[3-5]</sup>。目前全区共有生产原盐和溴素的矿山企业211个, 矿区总面积142.1 km<sup>2</sup>, 共有

卤水生产井5922眼, 年开采地下卤水约2.95亿m<sup>3</sup> (表1)。

表1 卤水资源开发利用现状统计

行政 区划	矿 区		卤水井数 (眼)	卤水开采量 (万 m <sup>3</sup> /a)
	数量(个)	面积(km <sup>2</sup> )		
寿光市	74	48.4	3095	12229.8
寒亭区	76	28.8	1032	6840.8
昌邑市	53	41.5	1383	6219.3
莱州市	8	23.4	412	4199.8
合计	211	142.1	5922	29489.7

### 1.2 卤水资源形成条件

莱州湾作为宽浅的半封闭型内陆海湾, 形成一种良好的半封闭大环境, 宽阔的潮滩, 众多的海沟、古河道和潟湖, 为南岸卤水的生成提供了良好的地形地貌条件<sup>[6]</sup>。

该区自晚更新世以来, 发生了3次大的海侵与海退, 既为地下卤水的形成提供了海水来源, 又形成了较厚的海相层, 为地下卤水滞留赋存提供了良好的场所; 晚更新世以来越来越干燥的气候条件使滞留的海水不断蒸发、浓缩, 其浓度不断增大而形成卤水<sup>[7,8]</sup>。

\* 收稿日期: 2010-07-13; 修订日期: 2010-08-30; 编辑: 曹丽丽

矿费项目: 山东省地下卤水资源综合调查评价(鲁国土资发[2007]149号)。

作者简介: 刘刚(1981—), 男, 山东德州人, 助理工程师, 主要从事水工环地质勘查工作; E-mail: lg\_sfz@163.com。

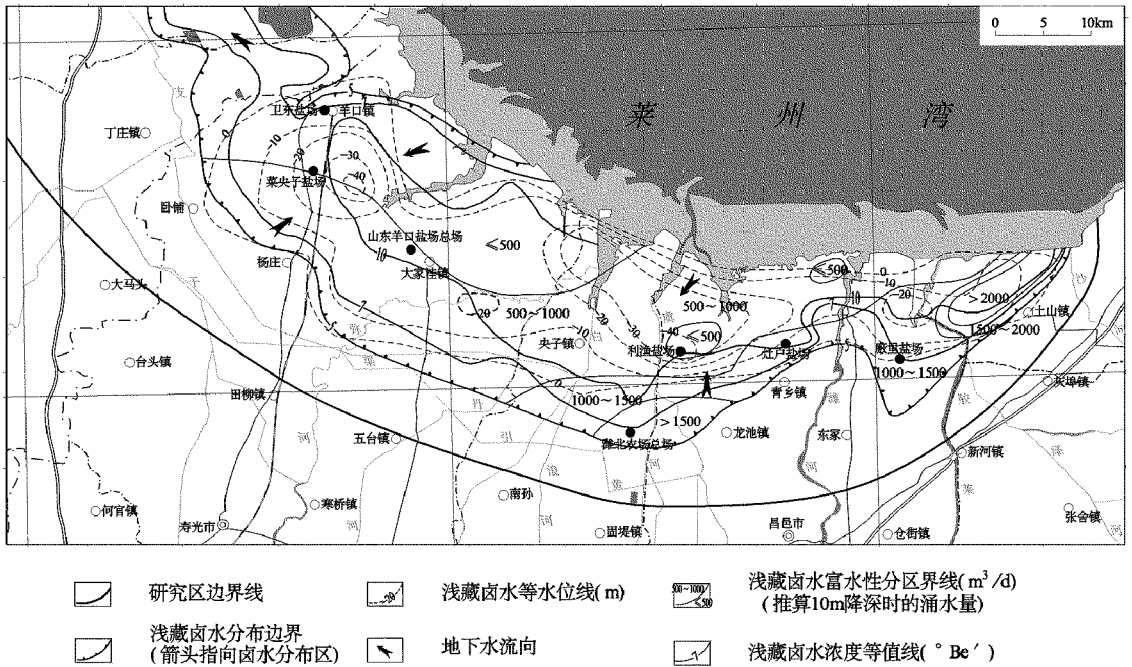


图1 研究区水文地质图

其过程可归纳为:海水→潮滩→蒸发浓缩→下渗聚集→海退埋藏→继续浓缩+化学作用+生物作用→地下卤水<sup>[9]</sup>。但形成过程也不仅仅是简单的海水蒸发浓缩,期间还包括反复的水化学变质过程。

### 1.3 卤水资源分布及特征

莱州湾南岸地下卤水主要分布在小清河和沙河之间的北部沿海地带,南部边界为卧铺乡北东2 km、杨庄乡1.5 km、道口乡-岔河乡北东1.0 km、沿辛沙路(320省道)、胶莱河大桥—莱州市土山镇,北部一直延伸到海,总分布面积约1 511.48 km<sup>2</sup>。

潜水—微承压卤水层赋存于第四纪全新世第一海相沉积层中,为潜水—微承压含水层,一般由1~3层较稳定的含水层组成,单层厚度0.5~6.0 m,累计厚度1.0~14.5 m。顶板埋深2.8~28.65 m,底板埋深5~31.3 m,卤水层岩性为粉砂、细砂、淤泥质粉细砂、粉砂质粘土等,含有贝螺类碎片,属于浅滩滨海相沉积,卤水浓度5~15°Be',矿化度50.0~187.5 g/L,根据抽水试验,降深1.60~5.75 m,涌水量为12.0~519.4 m<sup>3</sup>/d,水化学类型为Cl-Na型。由于持续性开采地下卤水,该层仅在水位埋深小于10 m的地区存在,其他地区已被疏干。

承压卤水层在该区均有分布,赋存于第四纪晚更新世第二或第三海相地层中,与上部的潜水—微

承压卤水层有一定厚度的隔水层,为承压含水层,是该区域主要卤水层,该层在潍坊北部沿海地区由2~4层较稳定的卤水层组成,在莱州土山地区由3层较稳定的卤水层组成,累计厚度4.0~54.2 m,顶板埋深7.0~44.1 m,底板埋深14.8~89.5 m,卤水层岩性为细砂、中粗砂、砂砾石。卤水浓度5~16°Be',矿化度50.0~180.8 g/L,单井涌水量一般28.8~1 054.1 m<sup>3</sup>/d,莱州土山镇局部大于2 000.0 m<sup>3</sup>/d,水化学类型为Cl-Na型<sup>[10]</sup>。

## 2 地下卤水水位动态特征

### 2.1 水位年动态

潜水—微承压卤水层水位主要受大气降水和盐场屯水的影响,水位年变幅在1.5 m左右,近海岸地带还受海潮涨落影响。承压卤水层水位主要受人工开采的影响。

年内卤水水位一般变化趋势是:3—5月和9—11月为卤水的主要开采时间,水位逐渐下降;6—8月和12月至翌年2月,政府从保护资源角度出发限制卤水开采,卤水开采量减小或停采,水位缓慢回升。但在常年开采卤水的地区,年内卤水水位呈下降趋势<sup>[4]</sup>(图2),年变幅达到了7 m。

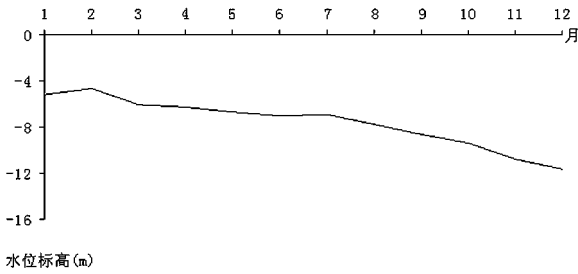


图 2 卤水水位动态曲线图(灶户盐场)

## 2.2 水位多年动态

根据潍坊市地质环境监测站多年卤水水位动态

表 2 寒亭区卤水水位动态与开采量统计

年份	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
开采量 (万 m <sup>3</sup> )				960.0	800.0	1505.9	1820.2	1004.5	1856.0	3008.0	2640.0	5248.0	4800.0	5760.0	6400.0	6460.8	7526.4	6840.8
累计开采量 (万 m <sup>3</sup> )				960.0	1760.0	3265.9	5086.1	6090.6	7946.6	10954.6	13594.6	18842.6	23642.6	29402.6	35802.6	42263.4	49789.8	56630.6
水位标高 (m)	0.77	0.5	0.62	1.36	1.2	0.84	0.1	0.06	-0.3	-0.79	-0.82	-1.11	-1.02	-0.78	-1.13	-1.78	-3.9	-5.3
水位埋深 (m)	2.67	2.94	2.82	2.08	2.24	2.6	3.34	3.38	3.74	4.23	4.26	4.55	4.46	4.22	4.57	5.22	7.34	8.74

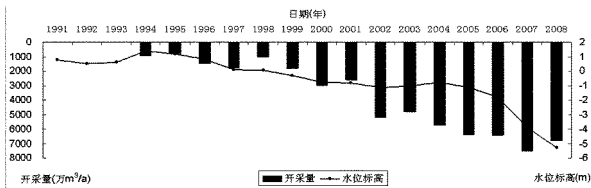


图 3 卤水水位多年动态曲线图(央子盐场)

## 3 水位与开采量相关性分析

### 3.1 关系式的建立

为查明卤水水位动态与卤水开采量的相关关系,对表 2 中的 1994—2008 年的卤水累计开采量与卤水水位标高两组数据进行了简单的相关分析,两组数据的简单相关系数  $r = -0.931$ ,其相关系数  $0.8 < |r| < 1$ ,属高度负相关。说明卤水水位动态与开采量关系非常密切,卤水的大量开采是造成卤水水位逐年下降的直接原因。

根据表 2 中卤水水位动态与开采量资料,卤水水位标高与开采量呈非线性相关关系,两者可建立的曲线关系式包括二次曲线、三次曲线、对数曲线、指数曲线等近 10 种类型。通过对各曲线方程的分析,二次曲线方程较符合区内实际,其残差平方和较

监测资料和寒亭区卤水开采量统计资料看出(表 2),卤水水位随开采量的增加而逐渐降低,随开采量的减小而略有回升,但总体上呈逐年下降的趋势(图 3)。如卤水开采量从 1994 年的 960.0 万 m<sup>3</sup> 增加到 2008 年的 6 840.8 万 m<sup>3</sup>,卤水水位埋深也由 1991 年的 2.67 m 降至 2008 年的 8.74 m,年均下降速率为 0.33 m。自 2005 年以后,由于原盐和溴素价格的升高,开采量大幅增加,水位迅速下降,年均下降速率达到了 1.39 m,说明卤水资源有限,缺乏补给,长期开采必将造成卤水水位降低。

小,相关系数较大,拟合效果较好。因此,根据卤水水位与开采量的相关方程可采用二次多项式的二阶回归方程式表示为:

$$Y = b_0 + b_1X + b_2X^2$$

式中:Y—水位标高(m); $b_0, b_1, b_2$ —待定系数;X—开采量(万 m<sup>3</sup>)。

### 3.2 关系式的求解

根据上述建立的相关方程式,只要知道 3 个时间段内卤水的水位标高和开采量,即可求出待定系数  $b_0, b_1, b_2$  的值,从而建立起卤水动态与开采量的曲线方程。为准确反映出卤水动态与开采量的关系,各时间段最好是大于一个水文年,且利用时间段越长越好。该次利用寒亭区 1994—2008 年的卤水开采量与央子盐田卤水水位动态资料,求得卤水水位动态与开采量相关关系方程为:

$$y = -1 \times 10^{-9}x^2 - 4 \times 10^{-5}x + 0.5739$$

判定系数  $R^2 = 0.8677$  接近 1,说明回归方程对样本数据点的拟合优度较好。卤水水位与开采量关系曲线如图 4 所示。

### 3.3 计算结果

根据卤水资源的开采现状和卤水资源净储量,确

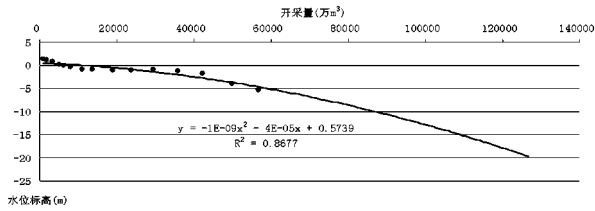


图4 卤水水位与开采量相关关系曲线图

定开采期限为20年,在开采期末(2028年),根据央子盐场长观点处的现状水位、水位下降速度和卤水层的底板埋深,从考虑保护资源和后人开发利用出发,防止资源枯竭,最终确定开采期限末该点处的水位降深为15 m,卤水水位标高为-20.3 m,寒亭区卤水累计开采量为 $Q_{2028} = 125\ 850.2$ 万 $\text{m}^3$ (以1994年卤水开采量为起始开采量),又 $Q_{2008} = 56\ 630.6$ 万 $\text{m}^3$ ,所以在计算期限内(20年)的卤水总开采量为 $Q = 69\ 219.6$ 万 $\text{m}^3$ ,由此得到寒亭区的卤水可开采量为3 461.0万 $\text{m}^3/\text{a}$ 。进一步推算出莱州湾南岸地区卤水可开采量约为26 116.8万 $\text{m}^3/\text{a}$ 。

## 4 结语

通过对莱州湾南岸地下卤水水位和开采量动态资料的分析,揭示了卤水水位动态变化规律,说明水位的迅速下降是由大量开采造成的,如果当地政府不加强开采量的调控,随着当地盐化工产业的发展,需水量、开采量的增大,地下卤水将会持续下降。

# Study on Relation between Dynamic Change and Water Exploitation Amount of Underground Brine Water in South Coast of Laizhou Bay

LIU Gang<sup>1</sup>, HAN Xiaojing<sup>2</sup>, FENG Shoutao<sup>1</sup>, TIAN Qing'an<sup>1</sup>

(1. Lubei Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Dezhou 253015, China; 2. Zhanhua Bureau of Land and Resources, Shandong Zhanhua 256800, China)

**Abstract:** Due to over exploitation of underground brine water in many years, many underground brine funnels have been formed in south coast of Laizhou Bay. Based on long term observational datas of water level in brine mining field, dynamic changes of underground brine water level are analyzed systematically, the relationship between the brine water level and the mining amount is identified, and the correlation equation is established. As showed by the equation, the water level is directly determined by the mining amount. It will provide a scientific basis for improving geological environment and rational use of brine resources.

**Key words:** Underground brine; water level; correlation equation; south coast of Laizhou Bay

因此,必须对卤水资源的开采利用进行严格控制和科学管理,防止水位继续下降而导致生态地质环境的进一步恶化。

## 参考文献:

- [1] 韩有松,孟广兰,王少青,等. 中国北方沿海第四纪地下卤水[M]. 北京:科学出版社,1996:1-193.
- [2] 郭建勇,刘桂珍,徐金欣,等. 潍坊滨海区开采卤水对资源及环境的影响[J]. 山东国土资源,2008,24(7-8):54-56.
- [3] 孙岩. 我国北方滨海平原区地下卤水资源开发利用前景[J]. 海洋地质动态,1998,(3):8-12.
- [4] 邹祖光,张东生,谭志容. 山东省地下卤水资源及开发利用现状分析[J]. 地质调查与研究,2008,31(3):214-221.
- [5] 张立荣,朱红梅. 潍坊市北部沿海地下卤水资源特征及开发利用前景[A]//加强地质工作,促进可持续发展——华东六省一市地学科技论坛[C]. 济南:山东地图出版社,2006:241-244.
- [6] 徐鸿儒,王少青. 我国第四纪滨海相地下卤水研究进展[J]. 地球科学进展,1990,(4):58-59.
- [7] 韩有松,吴洪发. 莱州湾滨海平原地下卤水成因初探[J]. 地质评论,1982,28(2):126-131.
- [8] 王珍岩,韩有松. 第四纪滨海相地下卤水的研究[J]. 海洋科学,1998,(1):22-24.
- [9] 马龙,于洪军,王树昆,等. 渤海地区晚第四纪环境演化与第四纪滨海相地下卤水的形成[J]. 海岸工程,2006,25(4):1-6.
- [10] 孔庆友,张天祯,于学峰,等. 山东矿床[M]. 济南:山东科学技术出版社,2006:522-536.