

地下水位变化在分析海水入侵中的应用

张怡辉¹, 王玉广², 魏庆菲³, 王传珺²

(1. 大连理工大学 海岸和近海工程国家重点实验室, 辽宁 大连 116024; 2. 国家海洋环境监测中心, 辽宁 大连 116023; 3. 北京中环国宏环境资源科技有限公司, 北京 100012)

摘要:基于同期的外海潮位与 S-1 监测井电导率监测数据,对辽东湾西侧绥中砂质平原海水入侵岸段的外海潮位对海水入侵的影响进行了分析。结果表明外海潮位的变化可以对海水严重入侵区域的 S-1 监测井附近产生显著的影响,高潮位时会导致该地区海水入侵程度加重。基于实测的过渡区地下水位与 Cl^- 含量数据,得出季节变化的地下水位与季节变化的地下水 Cl^- 含量呈现明显的正相关关系,相关系数在 0.92 以上。利用该相关关系,可以得出该地区的海水入侵过渡区 (250 mg/L) 对应的地下水位值为 $-2.22\text{ m} \sim 0.25\text{ m}$,可以为确立该地区海水入侵过渡断面的位置提供间接的依据和参考。

关键词:海水入侵;外海潮位;地下水位; Cl^- 含量

中图分类号:X83

文献标识码:A

文章编号:1007-6336(2015)05-0788-04

Application of the change groundwater level in analysing seawater intrusion

ZHANG Yi-hui¹, WANG Yu-guang², WEI Qing-fei³, WANG Chuan-jun²

(1. State Key Laboratory of Coastal and Offshore Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China; 2. National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian 116023, China; 3. China Environmental Resources Technology Co., Ltd., Beijing 100012, China)

Abstract:Based on the monitoring data of sea tide level and electric conductivity of S-1 well during the same period, the influence of sea tide level on seawater intrusion in Suizhong sandy plain of the west of Liaodong Bay was analyzed. The results show that the change of sea tide level has a noticeable effect on the area with heavy seawater intrusion nearby the S-1 well and the extent of seawater intrusion will increase during high sea tide period. Based on the field monitoring data about groundwater level and Cl^- content in seawater intrusion transition region, it shows a significant positive correlation between the groundwater level and Cl^- content with various seasons and the correlation coefficient is above 0.92. Making use of the relationship, we could found that the range of groundwater level in seawater intrusion transition region is between -2.22 m and 0.25 m in this area, which could provide indirect basis and reference on establishing the seawater intrusion section.

Key words:seawater intrusion; sea tide level; groundwater level; Cl^- content

海水入侵是由于自然或人为因素,海滨地区地下水动力条件发生改变,使含水层中的地下淡水与海水及地下咸水之间的平衡状态遭到破坏,导致海水或地下咸水沿含水层向陆地方向扩侵的现象^[1]。

本文以辽东湾西侧绥中砂质平原地区为研究区域,基于本区域实测的海水入侵监测数据,研究地下水位变化监测在分析该地区海水入侵现象时的应用。李新运等^[2]、郑新奇等^[3]通过建立莱州湾南岸海水入侵面积与地下水位负面积的回归模

收稿日期:2014-08-20, 修订日期:2014-09-26

基金项目:环渤海区域海水入侵、土壤盐渍化预警与防控关键技术研究示范(201105020)

作者简介:张怡辉(1985-),男,河南卫辉人,在读博士,主要从事海洋环境及近岸环境方面的研究, E-mail:376184266@qq.com

型,指出了该地区地下水位负值区是导致海水入侵发生与发展的主要因素;刘冬雁等^[4]利用莱州市平原区二十年的水文资料,指出海水入侵与地下水位负值区存在阶段性演变现象;唐心强利用试验分析了海水楔因地下水位升级而引起的移动规律,给出了能预测因地下水位的升降引起的海水楔前进和后退的数学模型。

研究区位于辽东湾西侧,葫芦岛市的西南部。研究区含水层岩性为砂砾石、砾卵石及砂砾卵石、砾卵石及砂砾卵石混土,分布连续,厚度从西北至东南逐渐增厚,渗透能力较强,这种强透水地层为海水入侵创造了极为有利的条件。近年来,由于过量开采地下水,地下水位下降,海水入侵范围呈扩大趋势。

1 材料与方法

为了研究本区域的海水入侵现状,在辽东湾绥中—六股河流域垂直岸线方向布置了三个观测井,其位置见图1。S-1、S-2、S-3三个观测井的井深分别为17.5 m、13.2 m、12.0 m。

为了比较全面的了解本地区的地下水海水入侵情况,在一个周期年中,分别对三个观测井在2011年6月、2011年8月、2011年12月、2012年4月、2012年6月进行了地下水取样和水位观测,并对水体的化学成分进行了全面的分析。样品分析项目包括 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、矿化度(M)。主要离子 Cl^- 含量采用硝酸银容量法进行检测分析; Na^+ 和 K^+ 采用火焰原子吸收分光光度法; Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 采用原子吸收分光光度法; SO_4^{2-} 采用 BaCrO_4 分光光度法; HCO_3^- 采用滴定法。



图1 监测井位置

Fig. 1 The location of monitoring wells

2 结果与讨论

2.1 外海潮位对海水入侵的影响

根据水压力平衡的原理,地下水位低于外海海水水位时,会导致海水入侵发生。郑丹^[5]指出近岸区域土壤中的地下水受外海潮汐水位的波动变化而产生水位的波动效应,即地下水位具有潮汐波动效应,海潮的波动效应在强透水层中可影响离岸较远的区域。张怡辉等^[6]根据该区域的地下水位与 Cl^- 含量的变化关系得出,S-1监测井处于海水严重入侵区,该站的水位变化和 Cl^- 含量主要受外海海水的影响,认为S-1监测井离岸较近,当外海水位升高时,由于该区域是砂质岸段,颗粒较粗,透水性良好,导致海水向内陆倒灌,以至该站水位也升高,伴随着海水入侵加重, Cl^- 也会相对较高;S-2监测井处于海水入侵过渡区,主要受大气降水的影响, Cl^- 含量与水位变化呈反比关系。

实际研究中,海水入侵的监测,通常是对监测点的地下水样中氯化物和矿化度进行化验分析。传统的方法是采用滴定法进行化验分析,不仅工作量大、操作复杂、分析速度慢,且对操作人员也有一定要求^[7]。而采用电导仪法测定,具有准确度高、速度快、操作简便、不用消耗化学试剂等优点^[7]。国内一些学者^[7-10]已在不同地区成功开展了电导率法替代氯化物监测海水入侵的应用研究,指出地下水中 Cl^- 含量与电导率值呈正比关系。

为进一步分析S-1监测井(海水严重入侵区)与外海潮位的关系,于2014年4月对S-1站进行一个完整日的电导率监测,监测时间间隔为20 min,并用验潮仪记录了同期外海的潮位变化。变化趋势如图2所示,其中电导率变化采用实时值(S_p)/平均值($S_{均}$)来表征。

从图2可以明显看出,S-1监测井的电导率随着潮位的升高而升高,这种现象在高潮时更加显著,低潮时相对不明显。这表明S-1监测井主要受外海水位的变化影响,由于该区域主要是砂质平原岸段,颗粒较粗,透水性良好,所以外海潮位的变化可以对海水严重入侵的S-1监测井附近产生显著的影响,高潮位时会导致该地区的海水入侵程度加重。因此在分析该地区近岸海水入侵严重区域的地下水海水入侵变化及水化学特性时,

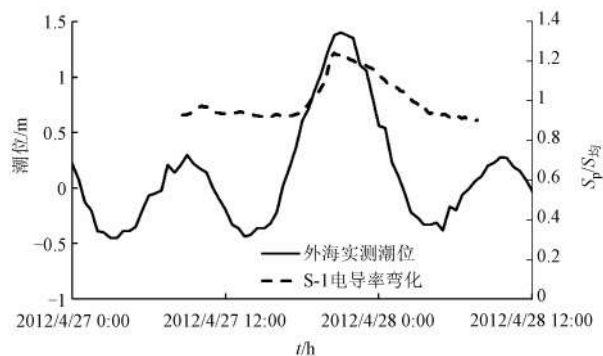


图2 S-1 监测井同期的电导率和外海潮位变化情况

Fig.2 Variations of the electrical conductivity and sea tide level of S-1 well in the same period

应考虑外海潮位变化的影响。此外当发生极端天气(如风暴潮)时,该区域海水入侵严重区域的海水入侵现象将会加重。

2.1.2 地下水位变化的应用

该地区根据实测的同期的 Cl^- 离子含量和水位的变化关系可知^[6], S-2 监测井处于海水入侵过渡区,该地区地下水位主要受大气降水及内陆地下水影响; S-3 监测井为无入侵区,地下水位与 Cl^- 含量主要受内陆水的影响; S-2、S-3 监测井 Cl^- 含量与水位变化均呈反比关系。为进一步分析地下水位与地下水 Cl^- 含量的关系,我们给出 S-2、S-3 监测井季节变化的地下水位与 Cl^- 含量的变化关系,如图3所示。

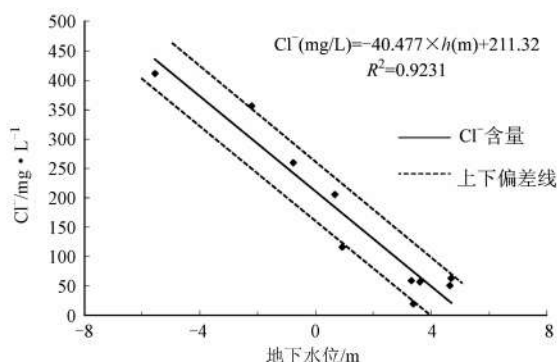


图3 地下水位与 Cl^- 含量的关系

Fig.3 The relationship between groundwater level and Cl^- content

图3可以看出,该地区海水入侵过渡区,季节变化的地下水位与地下水 Cl^- 含量呈现明显的正相关关系,相关方程为 $\text{Cl}^- (\text{mg/L}) = -40.477 \times h(\text{m}) + 211.32$,相关系数0.92以上,因此该地区海水入侵过渡区域,地下水位的变化可以间

接的反应出该区域地下水中 Cl^- 含量的变化。在分析该地区不同位置的海水入侵状况时,可以根据地下水位近似的推测出该位置的海水入侵状况,对于分析不同地下水位时,海水入侵过渡区的位置有很好的指导意义。

从2013年1月开始,对 S-2 监测井进行了长期的地下水位监测,监测间隔时间为5 d。依据2013年1月~2014年4月地下水位的长期观测值计算出了该过渡地区地下水中 Cl^- 含量的变化区间及上下限区间,如图4。可以看出该过渡区3月~5月期间地下水位较低,计算出的地下水中 Cl^- 含量较高,计算的上限已经超过海水入侵的限制 250 mg/L ^[11],处于了海水入侵的状态。

此外,我们可以通过该地区地下水位与氯度值的相关关系,反推出该地区的海水入侵过渡区 (250 mg/L) 的地下水位值,利用地下水位与氯度值的上下限曲线,我们可以得出该地区的海水入侵过渡区 (250 mg/L) 对应的地下水位值为 $-2.22 \text{ m} \sim 0.25 \text{ m}$,由此我们可以通过测量该地区的地下水位值来定位出该地区海水入侵过渡区的位置及范围。

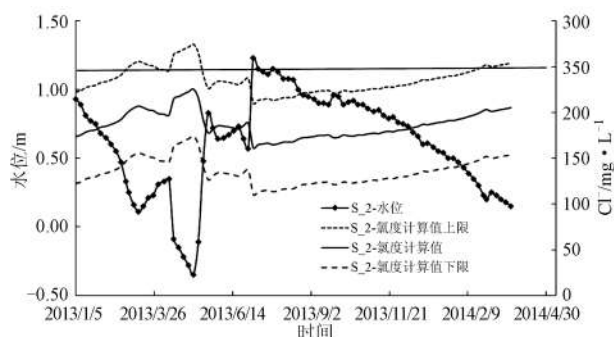


图4 S-2 监测井 Cl^- 含量计算值

Fig.4 The calculated Cl^- content values of S-2 monitoring well

3 结论

(1)通过同期的外海潮位与 S-1 监测井电导率监测,表明 S-1 监测井的电导率随着潮位的升高而升高,这种现象在高潮时更加显著,低潮时相对不明显。而电导率的变化正比于地下水 Cl^- 含量的变化,这表明 S-1 监测井 Cl^- 含量主要受外海水位的变化影响,高潮位时会加重该地区的海水入侵程度。因此在分析该地区近岸海水入侵严重区域的地下水海水入侵变化及水化学特性时,

应考虑外海潮位变化的影响。

(2)该地区海水入侵过渡区,季节变化的地下水位与季节变化的地下水 Cl^- 含量呈现明显的正相关关系,相关方程为 $\text{Cl}^- (\text{mg/L}) = -40.477 \times h(\text{m}) + 211.32$,相关系数 0.92 以上,因此该地区海水入侵过渡区域,地下水位的变化可以间接的反应出该区域地下水中 Cl^- 含量的变化。

(3)通过该地区地下水位与氯度值的相关关系,我们可以得出该地区的海水入侵过渡区(250 mg/L)对应的地下水位值为 $-2.22 \text{ m} \sim 0.25 \text{ m}$ 。对于我们确立该地区海水入侵过渡断面的位置提供间接的依据和参考。

参考文献:

- [1] 丁玲,李碧英,张树深.海岸带海水入侵的研究进展[J].海洋通报,2004,23(2):82-87.
- [2] 李新运,姜文明,张乃兴.莱州湾东南岸海水入侵相关分析和趋势预测[J].中国地质灾害与防治学报,1994(4):33-39.
- [3] 郑新奇,张乃兴,李新运.莱州湾东南沿岸地下水水位动态与

海水入侵相关规律研究[J].水文地质工程地质,1997(3):6-9.

- [4] 刘冬雁,庄振业,邱汉学,等.莱州海水入侵与地下水位负值区的演变模式[J].海洋湖沼通报,1999(2):18-23.
- [5] 郑丹,王大国,韩光.潮汐循环作用下海水入侵模型的现状及展望[J].辽宁工程技术大学学报:自然科学版,2009,28(S1):240-242.
- [6] 张怡辉,王玉广,许有良,等.辽东湾西侧缓中砂质平原海水入侵岸段地下水化学特征[J].海洋环境科学,2013,32(5):717-720.
- [7] 王凤和,孙洪梅.电导仪法在海水入侵监测分析中的应用[J].吉林水利,2007(12):30-31.
- [8] 孙乃波,钱玉香,田仙言,等.电导率替代氯离子在海水入侵自动监测管理系统中的应用研究[J].山东水利科技论坛,2007,2007:16-20.
- [9] 刘冀闽,师沙沙,韩涛.电导率法在海水入侵监测中的应用[J].中国环境管理干部学院学报,2009,19(1):77-79.
- [10] 刘忠义,刘文军,汤玉福.电导仪在海水入侵监测分析中的应用[J].东北水利水电,2012,30(6):34-42.
- [11] 国家海洋局908专项办公室.海洋灾害调查技术规程[M].北京:海洋出版社,2006.

(上接第782页)

- [6] 罗宏,王业耀,冯慧娟,等.论流域环境经济学[J].环境科学研究,2010,23(2):232-236.
- [7] 王重玲,朱志玲,王梅梅,等.宁夏沿黄经济区城市群人居环境与经济协调发展评价[J].水土保持研究,2014,21(2):189-194.
- [8] 桑秋,张平宇,苏飞,等.20世纪90年代以来沈阳市人口、经济、空间与环境的协调度分析[J].中国人口·资源与环境,2008,18(2):115-119.
- [9] 熊鹰,曾光明,董力三,等.城市人居环境与经济协调发展不确定性定量评价-以长沙市为例[J].地理学报,2007,62(4):397-406.
- [10] 孙志高,秦泗刚,刘景双,等.环境经济系统分类及协调发展的熵研究[J].华中师范大学学报:自然科学版,2004,38(4):533-538.
- [11] 李倩,鞠美庭,邵超峰,等.基于复杂系统理论的天津市环境经济关系分析[J].环境科学研究,2013,26(1):109-114.
- [12] 刘志霞,张加恭.广东省沿海经济带区域差异探析[J].云南地理环境研究,2006,18(6):57-62.
- [13] 郭晋杰.广东省海洋经济构成分析及主要海洋产业发展战略构思[J].经济地理,2001,21(增刊):209-212.
- [14] 刘渝琳.我国可持续发展指标体系的设计和评价方法探索[J].生态经济,1999(6):17-20.
- [15] 李勇,王金南.经济与环境协调发展综合指标与实证分析[J].环境科学研究,2006,19(2):62-65.

- [16] 韩增林,狄乾斌,刘锴.辽宁省海洋产业结构分析[J].辽宁师范大学学报:自然科学版,2007,30(1):107-111.
- [17] 纪建悦,孙岚,张志亮,等.环渤海地区海洋经济产业结构分析[J].山东大学学报:哲学社会科学版,2007(2):97-102.
- [18] 国家海洋局.中国海洋统计年鉴[M].北京:海洋出版社,2007-2011.
- [19] 国家统计局.广东统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2007-2011.
- [20] 广东省海洋与渔业局.海洋环境质量公报:2007-2011[R].广东:广东省海洋与渔业局,2007-2011.
- [21] 周丰,郭怀成,黄凯,等.基于多元统计方法的河流水质空间分析[J].水科学进展,2007,18(4):544-551.
- [22] 张妍,尚金城,于相毅.主成分-聚类复合模型在水环境管理中的应用——以松花江吉林段为例[J].水科学进展,2005,16(4):592-595.
- [23] 王红莉,姜国强,陶建华.渤海湾水环境系统多级灰关联评价[J].海洋技术,2004,23(4):48-52.
- [24] 郑晶.宁德市生态环境与经济协调发展度分析评价[J].化学工程与装备,2014(7):242-246.
- [25] HOSONO T, SU C C, SIRINGAN F, et al. Effects of environmental regulations on heavy metal pollution decline in core sediments from Manila Bay[J]. Marine Pollution Bulletin, 2010, 60(5):780-785.
- [26] 曾庆飞,谷孝鸿,周露洪,等.东太湖水质污染特征研究[J].中国环境科学,2011,31(8):1355-1360.