

冀东地区咸淡水界线变化的机理及阶段性分析

孟利山,方 成,秦雅飞,杨吉龙

(中国地质调查局天津地质调查中心,天津 300170)

摘 要:对冀东地区咸水体的野外调查发现,当前该地区咸淡水界线和1980年相比发生了不同程度的偏移,最大变化量达6.35 km;同时发现咸淡水界线附近咸水、微咸水的开发利用是影响咸淡水界线变化的外界因素,含水介质条件是影响咸淡水界线变化的内在因素。通过对区域水文地质条件的综合分析,笔者把咸淡水界线的改变划分成初始、中间和最终三个阶段。

关键词:冀东地区;咸淡水界线;机理;阶段划分;影响因素

中图分类号: P641.2

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2015)03-0205-05

冀东地区的第四系咸水体主要分布在唐山市丰南区的中南部、唐海县全县、滦南县南部、乐亭县的南部及东南地区,总面积约3511 km²。第四系咸水的形成是第四纪时期的海侵活动、古气候条件、古地理地质环境等各种因素综合作用的结果。咸淡水界线,是指山前平原全淡水区与中、南部平原咸水区之间的分界线。该线以出现TDS>2 g/L的地下水为标记,是在漫长的地质历史时期形成的,大致沿山前冲洪积扇前缘延伸的一条相对稳定的水质界线。在咸淡水界线附近的咸水,主要形成于大陆盐化作用^[1-4]。

咸淡水界线以北的山前平原区,地下水水量丰富,水质良好,以低矿化度的HCO₃-Ca和HCO₃-Ca·Mg型水为主,适宜做生活、工业及农田灌溉用水。该线以南的广大地区,埋深100 m以内的浅层地下水以TDS>2 g/L的咸水为主,在咸水体之下分布有深层淡水。咸淡水界线附近的咸水一般为2~5 g/L的微咸水,由于埋深较浅,开采成本低,适合于农业灌溉,所以自二十世纪七十年代以后,逐渐成为当地农田灌溉的主要水源^[5-6]。

2008年1月开始至2009年12月,河北省地矿局第四水文工程地质大队在冀东地区开展了“曹妃甸地区咸水资源及开采技术条件调查评价”工作,通过野外调查发现:与1983年《冀东农田供水水文地质勘察报告》^[1]对比,咸淡水界线唐海北部安各庄、新寨、

刘台庄北移2~3.5 km,咸水体扩张;乐亭东南部,柏各庄、黄各庄、小张各庄一带南移2~5 km左右,咸水体收缩。同期河北省地矿局水文工程地质勘察院开展的“曹妃甸地区水文地质工程地质环境地质基础调查评价”工作,认为:比较《冀东农田供水水文地质勘察报告》^[1]的咸淡水分界线位置,西部地区基本保持不变。在滦南、乐亭地区,受灌区淡水入渗影响部分咸水淡化,咸淡水分界线向南运移0.5~0.9 km,而在东部地区由于浅层水过量开采引起的小范围降落漏斗使得咸水入侵浅层水,咸淡水界线局部向北运移0.5~1.5 km。通过对比发现两个项目所绘制的咸淡水界线并不完全一致,为了厘清咸淡水界线现状及其变化,天津地质调查中心2010年开展了进一步的调查研究工作。

1 咸水体赋存条件与开发利用现状

咸水区含水层主要岩性为细砂、粉砂,砂层发育程度决定于古河道变迁的规模及持续时间,在姜各庄镇-胡家坨镇地区、银丰镇西部地区受滦河冲洪积扇影响,含水层厚度达40 m以上,岩性以中砂、细砂为主。在南部滨海地区含水层厚度变薄,厚度由北部的20~30 m向南逐渐变薄到4.40~5.76 m,含水层颗粒也逐渐变细,岩性以粉砂为主(图1)。

通过野外调查发现,在咸淡水界线附近是该地区主要的蔬菜和水稻种植区,蔬菜和水稻的种植始

收稿日期: 2015-02-05

资助项目: 中国地质调查“河北曹妃甸滨海地区海岸带环境地质调查评价项目(1212011120086)”

作者简介: 孟利山(1972-),男,汉,河北省玉田县人,工程硕士,高级工程师,主要从事水工环地质勘察评价工作,Email:mls_316@126.com。

于上世纪七十年代末,此后蔬菜和水稻的种植面积逐年加大。以滦南县坨里镇为例,据滦南县水利局2009年水利统计报表显示^①,该镇2009年共有菜田1.3万亩,水稻2.02万亩,分别占全镇总耕地面积的35%和54%。2009年该镇共有灌溉机井1102眼,全部为井深小于60 m的浅井,灌溉机井密度达45眼/km²,总地下水灌溉用水量达274.2万m³,地下水开采强度可达11.08万m³/a·km²。长时间大强度的地下水开采,加速了地下水的循环交替。

2 咸淡水界线的变化概况

根据2010年的野外调查及收集的测井资料与《冀东农田供水水文地质勘察报告》^[1]对比分析(图2),咸淡水分界线在流智庄村-闫各庄镇地区北移0.5~3.25 km,在唐海县六分场-东黄坨村北移1.3~2.15 km,丰南区黄各庄镇-西葛镇-南庄户地区北移0.98~1.78 km;咸水体向北部扩张,表明咸水向淡水

的侵染,淡水体内的Cl、Na等咸水特征离子含量增加。在丰润区南曹庄-丰南区银丰镇以西地区南移3.05~6.35 km;在乐亭县大李庄-高家铺村-八亩湾村地区南移1.75~3.5 km,说明随着微咸水的开发利用,水质变淡。在丰南区大新庄镇以南以及乐亭县坨里镇以南地区,咸淡水分界线移动距离小于500 m,表明在这些地区地下(咸)水的开采与补给基本处于平衡状态。

3 咸淡水界线变化的机理分析

在天然状态下冀东平原区咸水的补给包括降水入渗和北部山前平原区淡水的侧向补给,而蒸发是咸水排泄的主要途径。这就是说,咸水是处于不停地循环交替之中。由于其循环交替能力的存在,水体的水质就存在着咸化或淡化的双重因素^[7-8]。所以咸淡水界线的位置本不应该是固定不变的,而应处于动态平衡之中,一旦外界条件发生变化,动态平衡

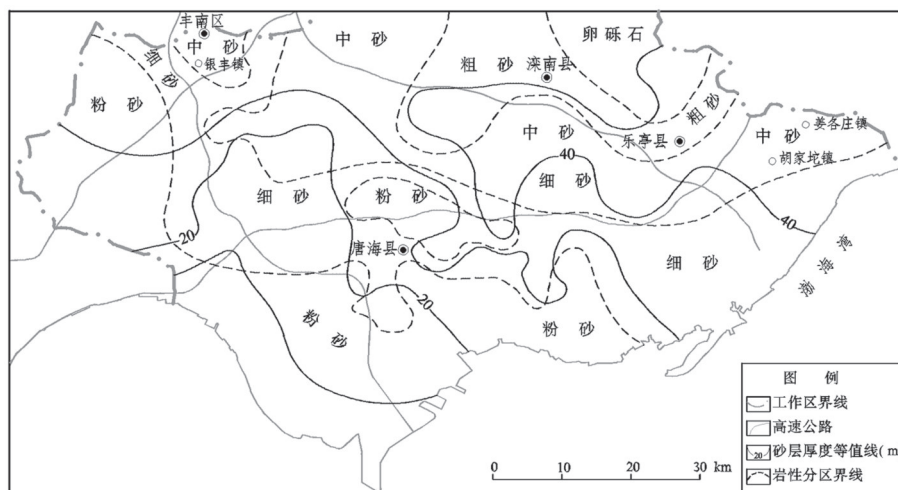


图1 冀东地区100 m以内含水层厚度等值线及岩性分区图

Fig.1 Aquifer thickness isoline and lithology partition map within 100 meters in the eastern area of Hebei Province

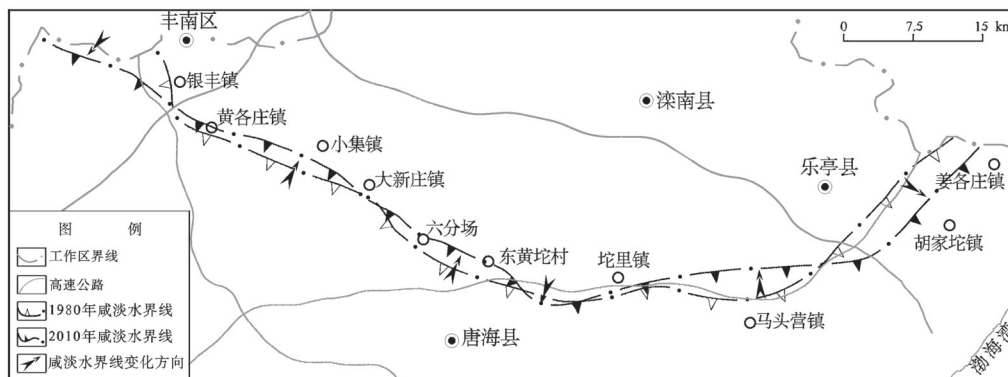


图2 冀东地区咸淡水界线变化示意图

Fig.2 Sketch map of the fresh water-salt water boundary changes in the eastern area of Hebei Province

^①滦南县水政水资源管理科《河北省水资源管理年报表(滦南县)》,2010年2月。

受到破坏,必然引起该界线的水平移动,至于向哪个方向移动,则取决于外部条件。

在冀东地区,咸淡水界线处于山前冲洪积倾斜平原区和冲积海(湖)积低平原区的分界线附近。在山前冲洪积倾斜平原区的地层岩性颗粒较粗,渗透条件好,侧向迳流较快;而在冲积海(湖)积低平原区地层岩性颗粒较细,渗透条件变差,侧向迳流缓慢。山前地区的侧向来水在这里受阻,抬高了地下水位。在地下水大规模开采以前,该界线附近的地下水位埋深只有1~2 m,甚至溢出地表,使侧向来水及降水入渗水受到强烈蒸发,盐份聚集。因此,山前地区的侧向来水对咸水的冲淡作用是微不足道的,咸淡水界线位置也就保持相对稳定状态(图3)。

3.1 地下水动力场的改变

自上世纪七十年代以来,随着农业生产的发展,地下水开采量特别是咸淡水界线附近的微咸水的开采量逐渐加大,地下水位逐渐加深,地下水位下降漏斗逐渐形成,改变了天然状态下的地下水流向,打破了咸淡水交替的平衡状态。如1981年6月黄各庄镇-西葛镇水位降落漏斗(图4),漏斗中心水位埋深大于10 m,以后漏斗范围逐渐加大,至2010年在咸淡水界

线附近形成了一系列的水位漏斗带(图5)。尤其在小集镇-大新庄镇、流智庄村-乐亭县等地区表现出了由咸水区向淡水区汇流的特征。

3.2 地质背景条件

含水层的岩性和厚度是控制咸淡水界线变化速率的主要因素。由于冀东地区第四系松散沉积物厚度大,成因类型及地层结构复杂,所以在不同地带咸淡水界线的变化量也有很大差别。

含水介质颗粒的粗细、含水层的厚度是影响咸淡水界线变化的内在因素,同时也是控制咸淡水界

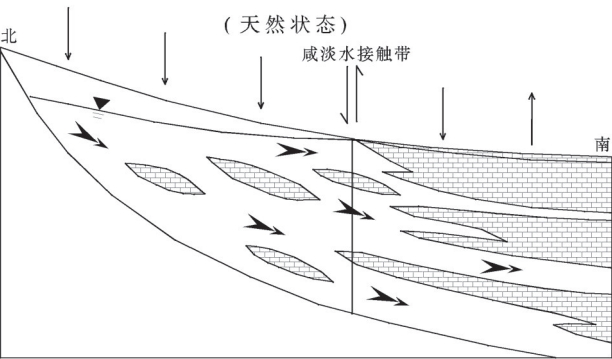


图3 天然条件下的咸淡水界线示意图(引自参考文献[7])
Fig.3 The fresh water-salt water boundary in nature

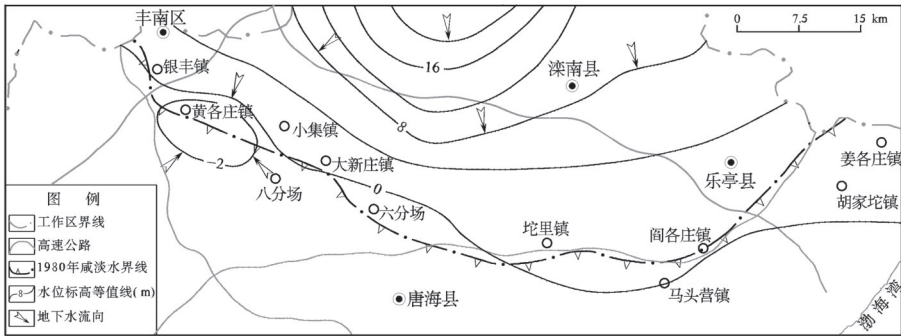


图4 冀东地区咸淡水界线附近浅层地下水1981年6月水位标高等值线图
Fig.4 The water level elevation contour map in June 1981 near the fresh water-salt water boundary in shallow groundwater in the eastern area of Hebei Province

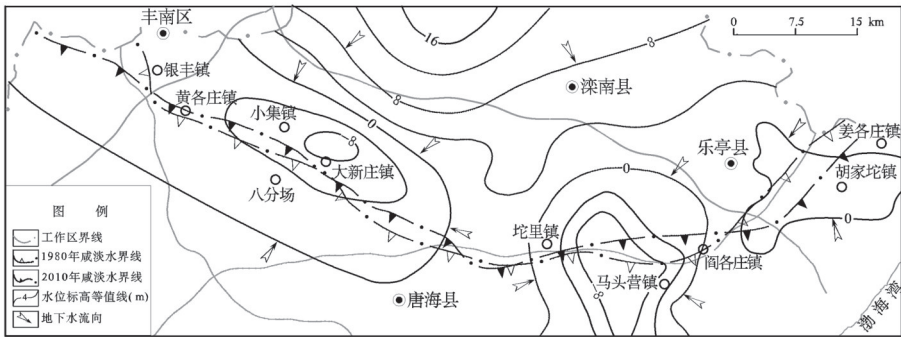


图5 冀东地区咸淡水界线附近浅层地下水2010年6月水位标高等值线图
Fig.5 The water level elevation contour map in June 2010 near the fresh water-salt water boundary in shallow groundwater in the eastern area of Hebei Province

线变化速度的关键。通过野外调查发现在丰南区黄各庄镇-西葛镇以南、唐海县六分场-东黄坨村、乐亭县流智庄村-阎各庄镇等地区含水层岩性以细砂、粉砂为主,含水层厚20~40 m,在这些地区咸淡水界线的变化速度较慢;而在丰南区南曹庄村-银丰城、乐亭县胡家坨镇-姜各庄镇以北地区含水层岩性以中砂为主,含水层厚大于30 m,特别是在姜各庄镇地区含水层厚度大于50 m,在这些地区咸淡水界线的变化速度较快^[5-6]。

4 咸淡水界线变化的阶段性分析

咸淡水界线附近的地下水开采,使咸淡水界线发生了改变。由于在不同地区咸水的赋存条件差异较大、地下水动力场各异、开发利用情况不一,造成咸淡水界线变化的差异性较大。通过对冀东平原区水文地质条件的综合分析,该地区咸淡水界线的变化可分为如下三个阶段:

(1)初始阶段:咸淡水界线附近地下淡水、(微)咸水的开采利用,改变了原来的地下水动力场,形成了一系列的水位下降漏斗,漏斗区南部的咸水向北部运移,加剧了咸、淡水的混合,咸淡水边界呈现北移趋势。由于地下(微)咸水的北移,从而造成咸淡水界线北部的地下淡水咸化;而南部地区的地下(微)咸水的水位逐渐下降,在降水入渗补给的作用下,地下(微)咸水慢慢淡化(图6)。如丰南区黄各庄镇-西葛镇-大新庄镇以南地区、唐海县六分场-东黄坨村等地区均处于咸淡水界线变化的初始阶段。

(2)中间阶段:随着咸淡水界线附近地下淡水、(微)咸水的不断开采,加速了地下水的更新速度,使(微)咸水的淡化速率不断加快,咸淡水界线逐渐向南移动,在移动至原来界线附近时建立起新的平衡(图7)。

(3)最终阶段:随着咸淡水界线附近地下(微)咸水的逐步淡化,(微)咸水的开采量进一步加大,在咸淡水界线附近的水位下降漏斗逐渐南移,在中间阶段建立的平衡逐渐被打破,在水压力和降水入渗补给的综合作用下,咸淡水界线逐渐南移(图8)。如丰南区南曹庄村-银丰镇地区、乐亭县胡家坨镇-姜各庄镇以北地区均处于咸淡水界线变化的最终阶段。

5 结论

咸淡水界线变化受控于多种因素,地下水动力场的改变和地质背景条件是控制其水平变化及变化速

率的主要因素。由于冀东地区第四系松散沉积物厚度大,成因类型及地层结构复杂,所以在不同地带咸淡水界线的变化量也有很大差别。

冀东地区咸淡水界线变化可以分为初始、中间和最终三个阶段,可以肯定随着该地区咸水、微咸水开采力度的加大,冀东地区的咸淡水界线最终会向原来界线的南部地区发生水平移动。该条界线的变化客观上改变了咸淡水界线附近的地下水质量,有利于地质环境的改善。

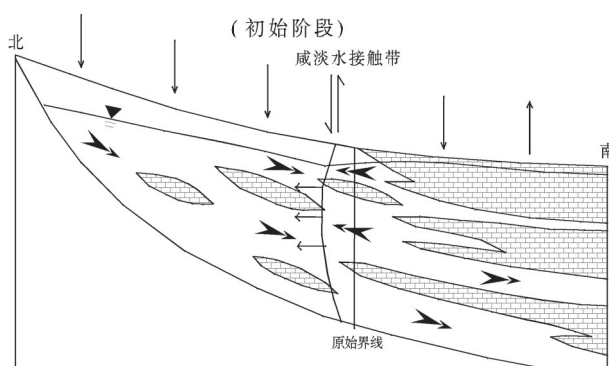


图6 咸淡水界线变化的初始阶段示意图

Fig.6 The initial stage of the fresh water-salt

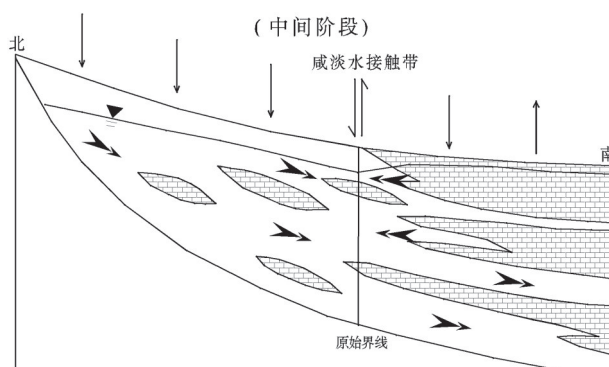


图7 咸淡水界线变化的中间阶段示意图

Fig.7 The intermediate stage of the fresh water-salt water boundary change

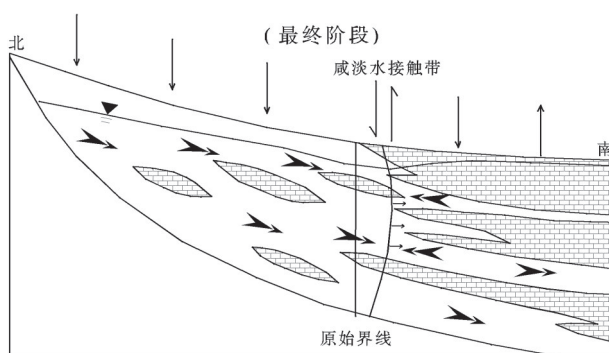


图8 咸淡水界线变化的最终阶段示意图(据文献[7]有修改)

Fig.8 The final stage of the freshwater-salt water boundary change

参考文献:

- [1] 乔念龙,柳才亭,袁士华,等.冀东地区农田供水水文地质勘察报告[R].石家庄:河北省地质局水文地质工程地质大队,1983:34-47.
- [2] 肖桂珍,魏风华,孙晓明,等.曹妃甸区域开发地质环境保障调查评价成果报告[R].石家庄:河北省国土资源厅,天津:中国地质调查局天津地质调查中心,2012:657-671.
- [3] 陈望和,曾渊深,田级生,等.河北地下水[M].北京:地震出版社,1999,358-362.
- [4] 张宗祜,沈照理,薛禹群,等.华北平原地下水环境演化[M].北京:地质出版社,2000,67-77.
- [5] 张成兵,张熟,王彦静,等.曹妃甸地区咸水資源及开采技术条件调查评价报告[R].沧州:河北省地矿局第四水文工程地质大队,2010,24-31.
- [6] 冯创业,刘有才,张增勤,等.曹妃甸地区水文地质工程地质环境地质基础调查评价专题报告[R].石家庄:河北省地矿局水文工程地质勘察院,2009,34-64.
- [7] 郭永海,张作辰,沈照理,等.河北平原咸淡水界线的变化及影响因素探讨[J].水文地质工程地质,1996,23(4):38-40.
- [8] 王大纯,张人权,史毅虹.水文地质学基础[M].北京:地质出版社,1995,63-80.

Analysis on the Fresh Water-salt Water Boundary Change Mechanism and Stage in the Eastern Area of Hebei Province

MENG Li-shan, FANG Cheng, QIN Ya-fei, YANG Ji-long

(Tianjin Center, China Geological Survey, Tianjin 300170, China)

Abstract: The fresh water-salt water boundary have different degrees of migration compared with 1980 in the eastern area of Hebei Province. The biggest change is about 6.35 km. The development and utilization of salt water and brackish water is the external factors of the fresh water-salt water boundary changes. Aqueous medium conditions is the internal factors of the fresh water-salt water boundary changes. The changes of the fresh water-salt water boundary is divided into initial, intermediate and final stages, through a comprehensive analysis of the regional hydrogeological conditions.

Key words: the eastern area of Hebei Province; fresh water-salt water boundary; mechanism; stage division; influence factor

《地质调查与研究》征订启事

我刊《地质调查与研究》为地质科学领域中的学术性刊物。办刊宗旨:执行党的基本路线及国家的出版政策法规,坚持“百花齐放,百家争鸣”的双百方针,面向地质调查和研究工作,为地质调查和研究成果提供交流载体,推动我国地质调查和研究工作的开展,为我国的经济建设和发展服务。主要刊登内容:地质调查和研究中的新认识、新成果、新进展,地区性、专业性焦点、难点问题讨论,新理论、新技术、新方法、新工艺的研究和引进。内容涉及基础地质、矿床地质、同位素地质年代、第四纪地质、水资源与环境、灾害地质、城市地质、农业地质、地球物理勘查、地球化学勘查、地质调查信息等领域,以及国民经济和社会发展对地质工作的需求等方面的文章,亦刊登国外相关领域的研究动态和成果。主要开设栏目:基础地质、矿产资源、水文地质、灾害地质、环境地质、技术方法等,非常适合地质工作者、地质院校师生和有关单位的管理者阅读参考。

本刊为80页的季刊,每期约12万字,铜版纸印刷,公开发行,可全年订阅,也可分期订阅。订阅办法:1)单位和个人均可向我刊编辑部订阅;2)邮局汇款地址:天津市河东区大直沽八号路4号编辑部,邮编:300170;3)银行信汇:天津市河东区工商行大直沽分理处,账号:0302040109006621382。联系电话:022-84112950。

本刊编辑部