

引用格式: 杨志岩,孙标,李元杰,等. 内蒙古临河区地下水补径排特征及动态变化规律[J]. 中国地质调查,2016,3(6): 63-67.

内蒙古临河区地下水补径排特征及动态变化规律

杨志岩¹, 孙标², 李元杰¹, 丁慧君¹

(1. 内蒙古地质环境监测院, 呼和浩特 010020;

2. 内蒙古农业大学水利与土木建筑工程学院, 呼和浩特 010018)

摘要: 查明地下水的补给、径流、排泄特征及动态变化规律, 可为地下水资源开发与保护提供科学依据。通过长期观测内蒙古临河区地下水变化, 综合研究前人资料, 分析该区地下水补给、径流和排泄特征及动态变化规律。该区属于河套灌区, 人类灌溉活动对地下水的补给占全部补给量的 65.5%; 人工开采及排干沟排泄等人为因素排泄占排泄总量的 67.7%。通过分析该区年内地下水动态变化趋势, 认为该区灌区地下水水位动态与灌溉活动一致, 城区地下水水位动态主要受人工开采活动影响。

关键词: 地下水; 补给; 径流; 排泄; 动态变化; 内蒙古临河

中图分类号: P641.1

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2016)06-0063-05

0 引言

内蒙古河套灌区是黄河中游的大型引黄灌区, 是中国设计灌溉面积最大的灌区, 位于内蒙古自治区西部的巴彦淖尔盟。河套灌区传统的“秋后淋盐、春季保墒”的特殊灌溉及排泄制度^[1]对临河区地下水具有显著影响。目前河套地区地下水的研究大多关注砷超标^[2-5]、土壤盐分运移^[6-9]等环境问题, 对地下水的补给、径流、排泄特征及动态变化等尚未进行研究。本文通过分析临河区地下水补给、径流、排泄特征, 根据长期监测的地下水变化资料, 探讨该区地下水的动态变化规律, 以为该区地下水开发与保护提供参考。

1 研究区概况

1.1 自然地理概况

临河区位于河套平原腹地, 属于河套灌区(图1), 中温带干旱—半干旱大陆性气候, 四季变化明显。该区降水量少, 蒸发量大, 风大沙多, 无霜期短, 昼夜温差大, 日照时间长。气象资料显示, 该

区多年平均降水量为 145.95 mm, 多集中在 7—9 月; 多年平均蒸发量为 2 183 mm; 冻土层厚度为 100~138 cm。



图1 研究区地理位置

Fig.1 Location of the study area

该区面积约 1 400 km², 地势自西南向东北微倾, 开阔平坦, 局部有一定起伏, 形成岗丘和洼地。黄河是研究区内唯一的长年地表水流, 是河套平原农田灌溉的主要水源。研究区内干、支、斗、农、毛

各级人工渠系纵横分布,渠系渗漏及农田灌溉补给地下水。由于灌溉不合理,地下水中的盐分沿土壤毛细管孔隙上升并在地表积累,研究区普遍存在土地盐渍化现象^[9]。

1.2 水文地质概况

研究区所在的河套平原为形成于中生代的断陷盆地。盆地内沉积巨厚的第四系,厚度达数千千米,主要由冲湖积粉砂、粉细砂、细砂、中砂互层组成。浅层地下水含水层由上更新统至全新统组成,岩性为黄褐、灰褐色中细砂、粉细砂,局部粉土夹层,结构松散,分选均匀。顶部大部分为粉土,局部有黏性土覆盖层,形成“上细下粗”的二元结构,为潜水-微承压水含水层。该含水层厚度大,分布稳定,埋深浅,地下水补给条件好,水质佳,供水意义较好^[10-12](图2,图3)。

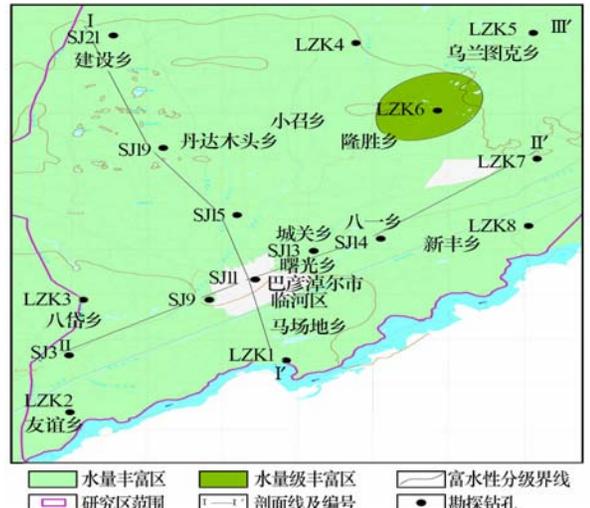


图2 研究区富水性分区及水文地质剖面位置图
Fig.2 Distribution of hydrogeological sections and water rich zone in the study area

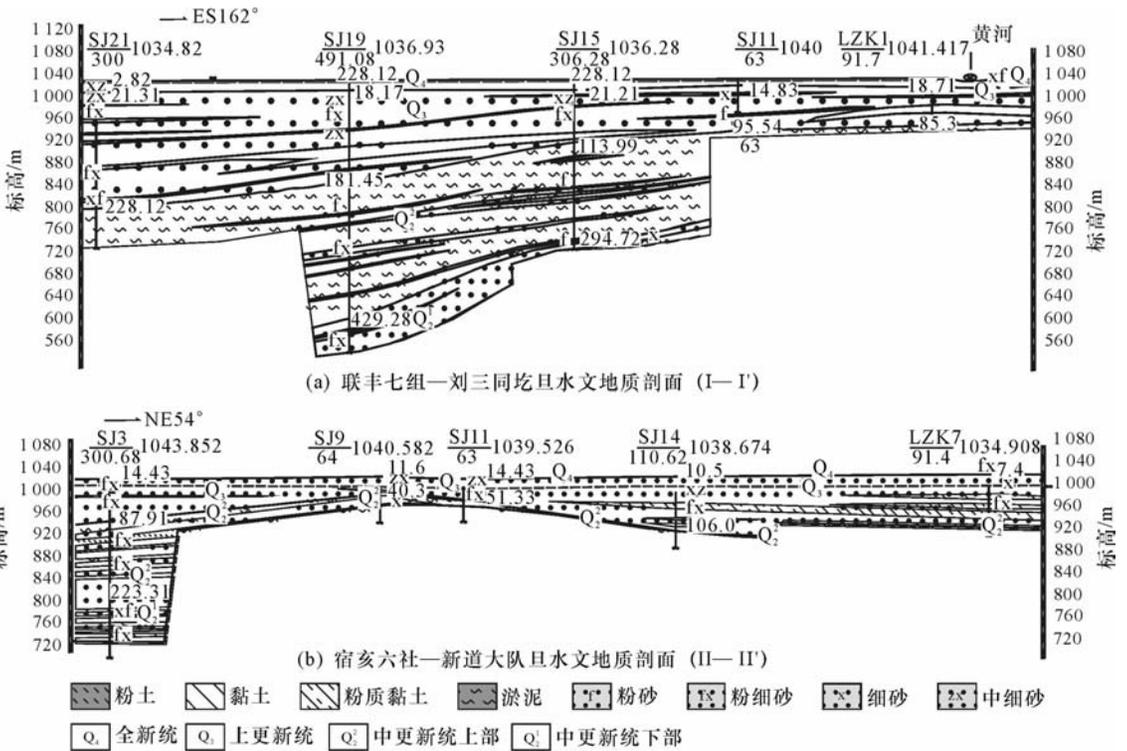


图3 研究区水文地质剖面图
Fig.3 Hydrogeological sections in the study area

2 地下水补、径、排特征

研究区引黄灌溉、开挖排水沟及对地下水的开采利用等人为活动改变了地下水天然补、径、排条件。人为活动已成为该区地下水补给的主导因素,

地下水补给量的大小受人为活动控制。本文研究时段为2012年5月1日至2013年4月30日,计算面积约为1400 km²(图2)。计算依托在巴彥淖尔市杭锦后旗建立的包气带水盐运移试验场^[13],通过长期试验观测,获取降水入渗系数、蒸发系数及灌溉入渗系数等。

2.1 地下水补给特征

引黄灌溉水入渗对研究区地下水的补给作用突出,其包括渠道行水过程中渠道渗漏与灌溉水进入田间后的入渗。灌溉期从 2012 年 5 月上旬至 11 月中旬,地下水动态严格受灌溉控制。张志杰等^[14]通过试验及模拟计算,得出灌溉入渗补给地下水系数为 0.15~0.3,入渗补给量与灌溉水量直接相关。大气降水入渗补给地下水是该区地下水的补给源之一。大气降水主要集中在 7 月、8 月和 9 月,此期间正是灌溉期,地下水位埋深一般 <2 m,表层土渗透性较好,为大气降水入渗创造了良好条件。由野外渗水试验^[12]可知,该区表层土渗透系数一般为 0.18~0.65 m/d,入渗补给较容易。

降水入渗系数: 结合以往降水入渗数据,对临河地区降水入渗系数进行校正,根据岩性及埋深不同,降水入渗系数取值范围为 0.07~0.42。

给水度: 以样品测定值为基础,参考地下水动态资料,水位变动带岩性、水位变动带沉积环境等水文地质条件,综合得出研究区的给水度范围为 0.14~0.18。

渠道入渗补给量: 参考内蒙古自治区水利服务中心《内蒙古巴彦淖尔市临河区水资源调查与评价报告》中关于临河区灌域渠系渗漏模数的相关试验数据。

灌溉入渗系数: 以 2010—2011 年在杭锦后旗实验场获取的粉土、粉质黏土、粉砂在 0.5 m、1 m、1.5 m、2 m、3 m 的灌溉入渗系数为基础,依据河套平原的灌溉方式、包气带岩性、水位埋深等,灌溉入渗系数取值范围为 0.132~0.385。

渗透系数: 对研究区 7 个双孔孔组(1 抽水孔 + 1 观测孔)和 1 个多孔孔组(1 抽水孔 + 7 观测孔)进行非稳定流抽水试验,得出取值范围为 5~10 m/d。

通过计算得出研究区地下水补给量见表 1。

表 1 研究区地下水补给量表

Tab.1 Groundwater recharge in the study area

补给项	补给量/(10 ⁴ m ³ · a ⁻¹)	占比/%
降水入渗补给	10 147.85	33.66
引黄田间灌溉入渗	8 405.05	27.88
渠道入渗补给	10 335.66	34.28
井灌回渗补给	998.68	3.31
黄河侧渗补给	116.73	0.39
地下水侧向流入	145.62	0.48

2.2 地下水径流特征

研究区地下水由西南流向东北。由于地形平坦,含水岩组岩性颗粒较细,地下水径流滞缓,其水力坡度为 0.1‰~0.15‰,渗透系数为 5.20~16.61 m/d^[10]。近年来,由于地下水开采量的增加,临河市区及附近逐渐形成地下水降落漏斗,漏斗分布面积在 2013 年枯水位期时达 153.72 km²。临河地下水降落漏斗的形成,导致地下水流向发生变化,漏斗中心水位较周围低 5~6 m,漏斗中心水力坡度达 2.0‰。在漏斗区,地下水流向漏斗中心。由于总干渠渠底低于地下水位 2~3 m,研究区总干渠周围地下水排向总干渠,在流经临河区段,与临河漏斗连成一片,此段总干渠水也渗向漏斗。地下水水动力条件的变化加速了该区地下水的循环(图 4)。



图 4 城区漏斗流场

Fig.4 Funnel flow field of groundwater in urban areas

2.3 地下水排泄特征

该区地下水排泄主要有以下 4 个途径。

(1) 蒸发排泄。浅层地下水蒸发量计算式为:

$$Q_{蒸发} = C \times F \times \varepsilon_0 \times 10^{-5} \quad (1)$$

式中: $Q_{蒸发}$ 为浅层地下水蒸发量, 10⁸ m³/a; C 为潜水蒸发系数; F 为计算区面积, km²; ε_0 为水面实际蒸发强度, mm/a, 水面蒸发观测数据乘以折算系数 0.62 (根据《内蒙古自治区水资源利用调查评价》), 转换成 E601 型蒸发皿水面蒸发值。

将全年分为灌溉期和非灌溉期, 通过计算获得灌溉期浅层地下水蒸发量为 0.79 × 10⁸ m³/a, 非灌溉期浅层地下水蒸发量为 0.13 × 10⁸ m³/a, 研究区全年浅层地下水蒸发量为 0.92 × 10⁸ m³/a。

(2) 人工开采。城区范围由于工业和生活用

水的需要,集中开采地下水,已逐渐形成较稳定的降落漏斗(图4)。本次调查结果显示集中供水水源现状开采量约为 $0.202 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

(3) 排水沟排泄。为降低地下水位,河套平原修建排水沟系统工程以达到改土治碱的目的。排水沟具有一定的排泄地下水的的作用。

(4) 侧向流出。研究区有一定流量向北及东北方向侧向流出,根据均衡分析,研究时段内该区地下水侧向排泄量为 $0.027 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

研究区地下水各项排泄量见表2。

表2 研究区地下水各项排泄量

Tab.2 Groundwater drainage in the study area

排泄项	排泄量/ $(10^8 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1})$	占比/%
潜水蒸发	0.920	31.43
排干排泄	1.260	43.05
地下水开采	0.720	24.60
侧向排泄	0.027	0.92

综上所述,研究区地下水的补、径、排条件主要受人为因素控制。地下水的补给主要是人为引黄灌溉水的入渗,其补给量的大小由人为控制。由于该区

地下水径流滞缓,埋深浅,加之蒸发强烈,该区地下水主要通过潜水蒸发和排沟排泄,部分为人工开采。

3 地下水动态变化规律

本次工作在研究区共布置42个长观点,观测序列从2012年4月中旬至2013年4月下旬,获得的地下水水位观测资料总体反映了研究区地下水水位年内的变化趋势。该区地下水动态变化分为灌溉入渗-蒸发型和开采型2种类型。

3.1 灌溉入渗-蒸发型

研究区内沿用传统的灌溉方法,每年4月开始春浇,至5月结束。因此,地下水位从4月底开始逐渐升高,5月底达到峰值后水位开始回落,6—8月短暂放水灌溉农田导致地下水位小幅波动。9月底至10月是传统的秋浇,地下水位11月达到最高值。12月至次年4月枯水期水位逐渐下降,至3月底4月初降至最低值。研究区现状年地下水水位动态曲线及蒸发量变化如图5所示,由于现状年6月初降雨量过大,导致地下水位在6—7月略有升高。

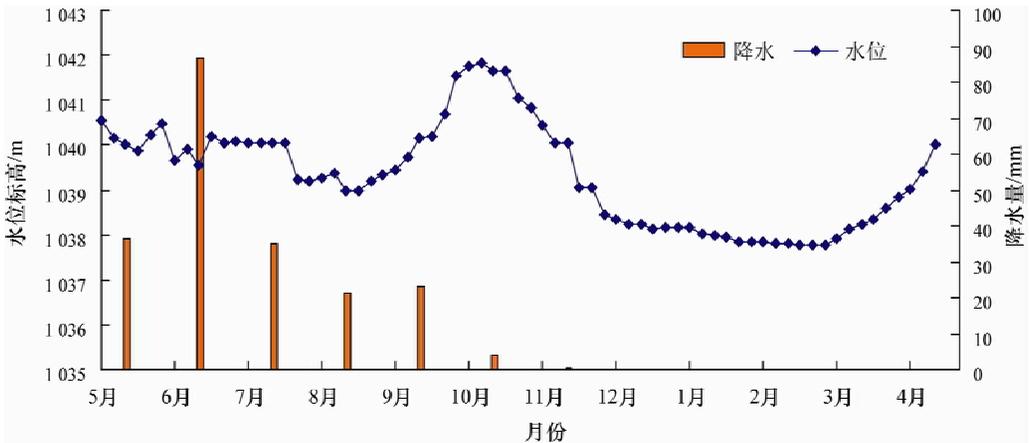


图5 灌溉区地下水水位动态曲线(灌溉入渗-蒸发型)

Fig.5 Dynamic curve of groundwater level in irrigated areas(irrigation infiltration - evaporation type)

由图5可知,地下水位的变化与人类灌溉活动密切相关;根据临河气象站提供的蒸发数据,通过前述分析的研究区排泄量结果(表2)可知,该区蒸发排泄占排泄总量的31.43%。4—10月蒸发量所占比重较大,这段时间内如果没有农田灌溉(6—8月),地下水位将缓慢下降,11—3月(来年)灌溉区几乎没有地下水开采活动,地下水位将随着潜水的蒸发而缓慢下降。

3.2 开采型

临河城区地下水位动态受城区地下水开采、降水、蒸发以及侧向补给影响,动态曲线与灌溉区地下水位动态(灌溉入渗-蒸发型)不同。城区地下水位动态曲线与地下水开采量对比如图6所示,由于现状年6月临河区降雨量达80 mm(图5),导致地下水位标高提升,其他时间段地下水位标高基本随地下水开采量的增加而降低,随地下水开采量的减少而升高。

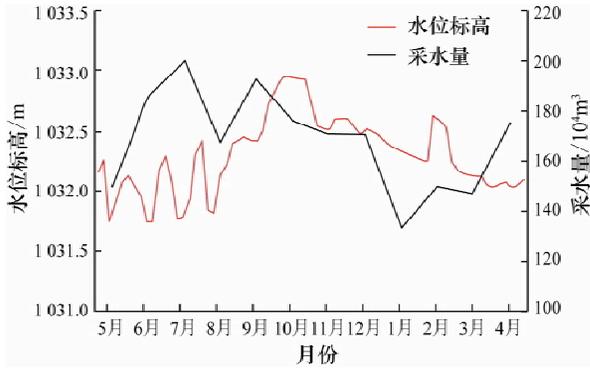


图6 城区地下水位动态曲线(开采型)及地下水开采量对比

Fig. 6 Dynamic curve of groundwater level (mining type) and groundwater exploitation in urban areas

4 结论

(1) 人为因素对内蒙古临河区地下水补给、径流、排泄具有控制作用,引黄灌溉对地下水的补给占全部地下水补给量的65.5%,人工开采及排干沟排泄等人为因素排泄占排泄总量的67.7%。

(2) 灌溉区和城区地下水年内动态变化趋势不同,灌溉区(灌溉入渗-蒸发型)地下水位动态曲线变化与灌溉活动一致,城区(开采型)受灌溉和降雨影响较小,主要与人类地下水开采活动有关。

参考文献:

[1] 岳勇,郝芳华,李鹏,等.河套灌区陆面水循环模式研究[J].

灌溉排水学报,2008,27(3):69-71.

- [2] 李树范,李浩基.内蒙古河套地区地方性砷中毒区地质环境特征与成因探讨[J].中国地质灾害与防治学报,1994,5(增刊):213-219.
- [3] 高存荣.河套平原地下水砷污染机理的探讨[J].中国地质灾害与防治学报,1999,10(2):25-32.
- [4] 张翼龙,曹文庚,于娟,等.河套地区典型剖面下地下水砷分布及地质环境特征研究[J].干旱区资源与环境,2010,24(12):167-171.
- [5] 杨素珍,郭华明,唐小惠,等.内蒙古河套平原地下水砷异常分布规律研究[J].地质学前缘,2008,15(1):242-249.
- [6] 寇薇.内蒙古河套灌区土壤盐空间变异性研究[D].兰州:西北师范大学,2008.
- [7] 邹超煜,白岗栓.河套灌区土壤盐渍化成因及防治[J].人民黄河,2015(9):143-148.
- [8] 刘秉旺,张茂盛,陈龙生,等.内蒙古河套灌区土壤盐渍化成因研究[J].西部资源,2012(3):172-173.
- [9] 内蒙古自治区水文地质队.内蒙古巴盟河套平原土壤盐渍化水文地质条件及其改良途径的研究[R].1982.
- [10] 李元杰,杨志岩,丁慧君,等.内蒙古自治区巴彦淖尔市临河区地下水资源综合评价(1:5万)[R].2014.
- [11] 内蒙古自治区水事监理服务中心.内蒙古巴彦淖尔市临河区水资源调查与评价报告[R].2007.
- [12] 中国地质科学院水文地质环境地质研究所,内蒙古地质环境监测院.河套盆地地下水资源及其环境问题调查评价成果报告(1:25万)[R].2013.
- [13] 内蒙古地质局第一区调队.内蒙古自治区杭锦旗后旗工业园区供水水源水文地质详查报告(1:5万)[R].2008.
- [14] 张志杰,杨树青,史海滨,等.内蒙古河套灌区灌溉入渗对地下水的补给规律及补给系数[J].农业工程学报,2011,27(3):61-66.

Characterization of groundwater recharge, runoff and drainage and their dynamic changes in Linhe, Inner Mongolia

YANG Zhiyan¹, SUN Biao², LI Yuanjie¹, DING Huijun¹

(1. Inner Mongolia Geological Environment Monitoring, Hohhot 010020, China;

2. Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

Abstract: We have identified groundwater recharge, runoff, drainage characteristics and dynamic variation, and provided a reliable scientific basis for the development and protection of groundwater resources. Based on the long-term observation data and collecting research data of Linhe groundwater, we analyzed the regional groundwater recharge, runoff and drainage characteristics and influencing factors. The study area belongs Hetao irrigation area and human irrigation activities accounted for 65.5% of all replenishment. Human exploitation and drains ditches or other human activities accounted for 67.7% of all excretion. In addition, we studied the changing trends of groundwater level in the study area, and concluded that dynamic changes of groundwater level were consistent with irrigation activities in irrigation district. Dynamic changes of urban groundwater level were mainly affected by human exploitation.

Key words: groundwater; recharge; runoff; drainage; dynamic changes; Linhe, Inner Mongolia

(责任编辑:刘永权)