

三江平原建三江地下水动态变化特征

刘伟坡, 沙娜, 程旭学*

(中国地质调查局 水文地质环境地质调查中心, 河北 保定 071051)

摘要:【目的】探明建三江分局地下水动态变化规律, 为水资源开发利用及科学管理提供理论支撑。【方法】在综合分析建三江分局 1997—2017 年 15 个农场监测井地下水位标高、农业种植结构、土地利用类型等统计资料的基础上, 应用衬度系数方差分析、Arcgis 空间插值分析、OriginPro 趋势分析等方法, 分析了地下水动态变化规律及地下水流场空间变异特征。【结果】由于地下水的过量开采, 地下水位呈持续下降趋势, 下降幅度为 1.60~9.29 m, 中东部、中西部下降幅度表现为最大; 地下水位衬度系数方差与地下水位下降幅度空间异变特征一致, 中西部、中东部地下水动态受人类开采作用影响最为强烈; 地下水流场空间异变特征明显, 北西、南东、南部地下水水力梯度明显增大, 局部地区地下水接受河水入渗补给, 中部低平原区为地下水集中汇流区。【结论】地下水过量开采引起的地下水流场变化, 激发了河水入渗补给地下水能力, 增加了地下水侧向径流补给量, 改善了地下水径流条件; 为合理开发利用地下水, 优化地下水资源管理提供了水文地质依据。

关键词: 地下水动态; 衬度系数; 地下水流场; 水力梯度

中图分类号: S512.11

文献标志码: A

doi: 10.13522/j.cnki.gggs.20190258

刘伟坡, 沙娜, 程旭学. 三江平原建三江地下水动态变化特征[J]. 灌溉排水学报, 2020, 39(5): 96-101.

LIU Weipo, SHA Na, CHENG Xuxue. Groundwater Dynamics in Catchment of Jiansanjiang in Sanjiang Plain [J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2020, 39(5): 96-101.

0 引言

【研究意义】地下水作为水资源的重要组成部分, 既在区域水循环中发挥着重要作用, 又是我国北方地区工农业生产和人类生活的重要供水水源^[1]。由于地下水的开发、利用缺乏统一的规划和有效管理, 致使当前的地下水开发利用过程中出现地下水位持续下降、地面沉降、地裂缝、海水入侵等一系列生态环境问题^[2-4]。因此, 地下水动态变化规律及其影响因素研究已成为国内外专家关注的热点问题之一^[5-7], 所采用的研究方法主要有双向回归分析方法^[8-9]、R/S 分析法^[10-11]、Mann-Kendall 检验、Yamamoto 检验、滑动 t 检验^[12-14]。【研究进展】李鸿雁等^[15]应用方差分析和分形理论研究了建三江地区 2005—2008 年地下水动态变化规律。危润初等^[16]采用双向回归突变分析方法和标准化降水指数 (SPI) 方法研究了建三江地区 1992—2011 年地下水埋深的趋势突变, 分析了地下水动态趋势突变与降水之间的响应关系。【切入点】

近年来, 随着区内农业种植结构的不断调整和水稻田种植规模的不断扩大, 地下水补排产生了新的变化趋势, 改变了地下水流场特征, 引起地下水位不同幅度下降。【拟解决的关键问题】本文运用 Arcgis 空间插值分析、OriginPro 趋势分析、衬度系数方差分析及地下水动力学等方法, 研究地下水时空动态变化特征, 揭示现状条件下地下水动态变化规律, 对指导地方合理开发利用地下水资源具有重要现实意义。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

建三江位于三江平原的东北部, 地处黑龙江、松花江和乌苏里江三江汇流的河间地带, 辖区总面积 1.24 万 km², 拥有 15 个大中型农场, 是我国重要的商品粮生产基地。多年平均气温 1.0~2.0 °C, 极端最高气温 38 °C, 极端最低气温 -41.6 °C, 多年平均降水量为 383.5~886.1 mm。区内河流水系发育, 黑龙江、乌苏里江南北环绕, 松花江贯穿全境, 挠力河、七星河、别拉洪河和其他支流纵横交错。自第四纪以来, 研究区以间歇式沉降为主, 地表沉积了 3~20 m 不等厚度的黏土和亚黏土, 大大降低了大气降水对地下水的垂直入渗补给^[17-19]。区内地势平缓, 地下水水力坡度与地面坡降相近, 为 1/10 000~1/5 000,

收稿日期: 2019-06-10

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目 (DD20190339)

作者简介: 刘伟坡 (1984-), 男。硕士研究生, 主要从事水文地质方向研究。E-mail: vapour0609@126.com

通信作者: 程旭学 (1969-), 男。教授级高工, 主要从事水文地质方向研究。E-mail: 373799287@qq.com

地下水径流缓慢。根据黑龙江垦区 1998—2018 年统计年鉴资料, 1997—2017 年 20 a 间, 区内耕地面积由 38.12 万 hm^2 增加至 75.28 万 hm^2 , 增长了近 1 倍, 水稻田种植面积由 14.67 万 hm^2 增加至 65.66 万 hm^2 , 增长了近 3.5 倍。区内地表水资源虽较为丰富, 但开发利用程度低, 灌溉用水 90% 以上以地下水为主。因此, 随着水稻田种植规模的不断扩大, 对地下水的需求量日益增加, 地下水严重超采, 地下水位呈不等程度下降。

1.2 数据来源

本研究收集了建三江分局 15 个农场监测井 20 a (1997—2017 年) 的逐年地下水位标高、1997—2017 年不等时期土地利用类型遥感影像数据, 以及建三江分局 20 a 耕地面积和水稻田面积的统计数据。收集监测井监测层位为第四系松散岩类孔隙含水层, 为区内地下水主要开采目的层, 能较好反映区内地下水动态。

1.3 数据分析

对 1997—2017 年的地下水位标高数据应用 OriginPro 软件分析地下水位动态变化规律; 根据 SPSS 预测模型预测未来 5 a 地下水位变化趋势; 应用衬度系数方差分析揭示研究区地下水位变幅空间变化特征, 应用 Arcgis 空间插值分析揭示地下水流动场空间异变特征, 查明地下水动态变化规律及其影响因素。

1.3.1 衬度系数方差分析

离散型变量方差计算公式为:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2, \quad (1)$$

式中: n 为样本个数; X_i 为样本值; $\bar{X}$ 为样本均值。

衬度系数 V 作为一种变量波动性评判指标, 反映样本值与样本均值的比较, 其表达式为:

$$V = V_i / \bar{V}, \quad (2)$$

式中: V_i 为样本值; $\bar{V}$ 为样本均值。

由式 (2) 可知, 衬度系数值的大小可以体现样本值的异常程度。衬度系数方差分析即先求取每个变量的衬度系数值, 再求其方差^[20]。

1.3.2 Arcgis 空间插值分析

以建三江分局 15 个农场监测井 1997、2017 年地下水位标高数据为基础, 利用 Arcgis 克里金插值分析, 绘制了区内 1997—2017 年地下水位变幅图、地下水位衬度系数方差图以及地下水流动场图, 揭示地下水过度开采引起的地下水位下降幅度空间分布规律及地下水流动场变化趋势。

2 结果与分析

2.1 地下水位动态分析

建三江分局 15 个农场监测井 20 a (1997—2017

年) 地下水动态曲线如图 1 所示。区内除前哨、勤得利农场地下水位动态变化相对较小外, 其他 13 个农场监测井地下水位动态波动幅度均大于 3.0 m, 浓江农场监测井地下水位降幅最大, 为 9.29 m, 地下水位平均下降速率为 0.46 m/a。

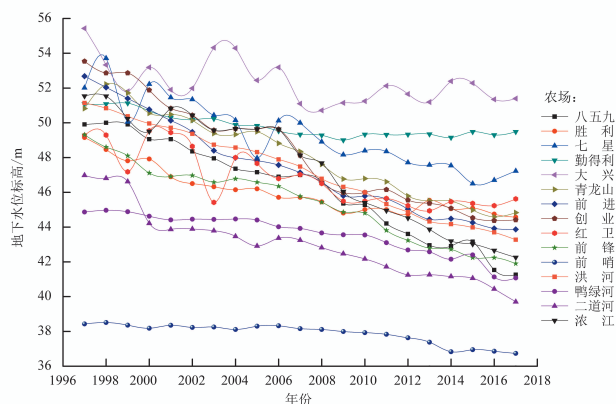


图 1 建三江地下水水位多年动态曲线

Fig.1 Multi-year dynamic curve of groundwater level in Jiansanjiang

2007—2017 年, 勤得利农场地下水位波动幅度为 0.15~0.48 m, 波动幅度相对稳定; 2015 年以来, 创业农场地下水位基本保持相对稳定状态, 波动幅度为 0.12~0.16 m, 七星农场、红卫农场地下水位呈现小幅上升趋势, 七星农场地下水位由 2015 年的 46.5 m 上升至 2017 年的 47.23 m, 上升幅度为 0.37 m/a。

根据 15 个监测井 1997—2017 年地下水位变化幅度, 应用 Arcgis 空间插值绘制了地下水位变幅图 (图 2)。

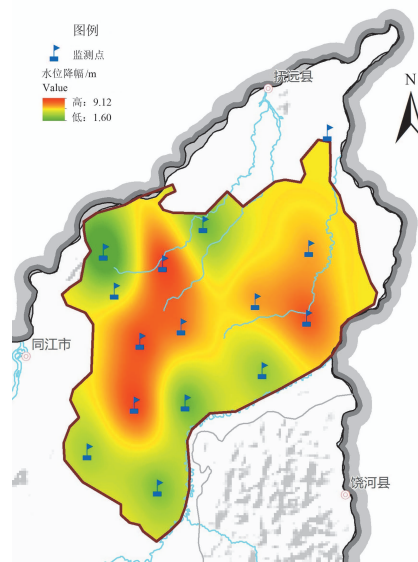


图 2 1997—2017 年地下水位变幅

Fig.2 The drop of groundwater level from 1997 to 2017

从图 2 可以看出, 区内东部、西部地下水位下降幅度较大, 为 7.8~9.29 m, 且西部下降幅度明显大于东部, 南部和北部下降幅度相对较小, 位于东北部的勤得利农场下降幅度最小, 为 1.60 m, 推测主要受地下水开采强度及地表水侧向补给的影响。

由于农业种植结构和土地利用类型的不断调整,耕地面积和水稻田种植面积呈逐年增长趋势,自 1997—2017 年耕地面积由 38.12 万 hm^2 增加至 75.28 万 hm^2 ,增长了近 1 倍,水稻田种植面积由 14.67 万 hm^2 增加至 65.66 万 hm^2 ,增长了近 3.5 倍。区内水稻田灌溉用水 90% 以上以开发利用第四系孔隙水为主。因此,随着水稻田种植规模的不断扩大,地下水的开采量不断增加致使地下水超采是导致区内地下水位下降的主要原因。近年来,随着三江平原水稻田种植规模的相对稳定和农业节水灌溉意识的不断提高,水稻需水量灌溉定额由 4 500~5 250 m^3/hm^2 调为 4 200~4 950 m^3/hm^2 ,灌溉渠道的修整、防护间接提高了井水灌溉利用系数,有效降低了渠间渗漏量,地下水开采量得到有效控制,地下水位呈现小幅波动或缓慢上升趋势。

区内南部和东北部山前地表水较为发育,挠力河、七星河、浓江和黑龙江环绕其间,地表水—地下水动态转化频繁,受人类活动因素影响引起的区域地下水位下降,改变了天然地下水流场特征,增大了山前地下水水力坡度,地表水—地下水动态转化关系以入渗补给地下水为主,致使山前侧向径流补给量和河流入渗补给量增加,是区内南部和北部地下水位下降幅度相对较小的主要原因。

2.2 衬度系数方差分析

根据衬度系数方差分析公式对建三江分局 15 个农场监测井进行统计分析,为便于对比分析,将地下水位衬度系数方差结果均放大 10^3 倍,结果见表 1。

表 1 地下水水位衬度系数方差值

Table 1 Variances of contrast coefficients of groundwater level

监测井名称 Name of monitoring well	衬度系数方差 Contrast coefficient variance	监测井名称 Name of monitoring well	衬度系数方差 Contrast coefficient variance
八五九	3.72	红 卫	1.21
胜 利	0.83	前 锋	2.44
七 星	1.65	前 哨	0.23
勤得利	0.19	洪 河	2.93
大 兴	0.56	鸭绿河	0.74
青龙山	2.52	二道河	2.19
前 进	3.48	浓 江	4.61
创 业	4.07	-	-

从表 1 可以看出,研究区 15 眼监测井地下水位衬度系数方差为 0.19~4.61,地下水位波动幅度最小位于勤得利农场,浓江农场地下水位波动幅度最大。对地下水位衬度系数方差值进行 Arcgis 插值处理,结果见图 3。从图 3 可以看出,研究区地下水位波动呈明显的空间分异特征。研究区内形成 3 个“向心圆”

状地下水位波动渐变区,渐变区中心分别为浓江农场、创业农场、八五九农场,自四周向中心区地下水位波动幅度呈逐渐增大趋势,渐变区中心最大衬度系数方差分别为 4.61、4.07、3.72,西部地下水位波动幅度明显大于东部地区,除东南部八五九农场衬度系数方差较大外,研究区四周地下水位衬度系数方差均小于研究区内部。

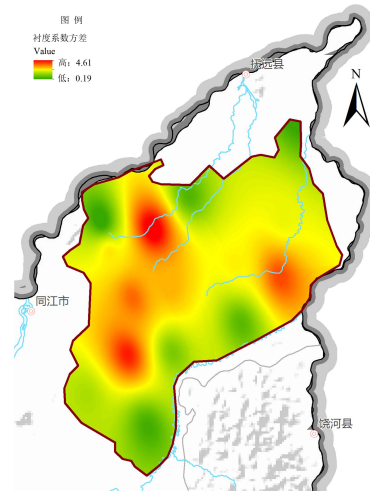


图 3 地下水位衬度系数方差空间分布

Fig.3 Spatial structure of variances of contrast coefficients of groundwater level

2.3 地下水流场变化分析

地下水流场方向及水力梯度的变化主要受地下水开采量、大气降水入渗补给量、侧向径流入渗补给量、地表水入渗补给量等因素的影响,为了直观地反映研究区地下水流场变化特征,将 1997 年、2017 年研究区地下水流场绘于图 4。

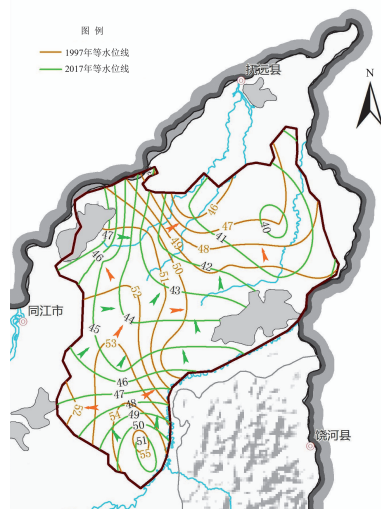


图 4 1997、2017 年地下水流场

Fig.4 Groundwater flow field in 1997 and 2017

从图 4 可以看出,1997 年地下水流向大致为南北向、北东向,以北东向为主,最终排泄于乌苏里江流出区外,地下水径流条件差、径流缓慢。1997—2017 年由于地下水的过量开采引起的地下水位不等幅度

下降致使地下水流程变化表现出明显的空间分异特征, 中西部地下水流向由中心向西北、东南边界补给地表水转变为由北西、北东边界向中心补给地下水, 使得中西部低平原成为地下水的集中汇流区, 南部大兴农场、七星农场、创业农场及西北部勤得利农场地下水水力坡度明显增大, 地下水径流条件增强, 东南部山前地区水力坡度增大致使地下水侧向补给量显著增加, 地下水径流条件增强, 中部低平原区由于地势低平, 地下水径流缓慢, 为地下水的弱径流区, 水力坡度无明显变化, 地下水主要接收南、北西及北东向补给, 成为地下水汇流区。

3 讨论

研究区表层广泛分布 3~20 m 厚黏土和亚黏土层, 大气降水垂直入渗补给能力差, 地下水主要接收侧向径流补给, 西部、东南部山前地区由于地下水位的持续下降致使水力梯度明显增大, 地下水径流条件变强, 侧向补给量显著增加。南部创业农场、七星农场、大兴农场部分地表水系较为发育的地区地下水位降至河水位以下, 地下水接受河水入渗补给, 佐证了前人的研究成果。中西部、中东部广大低平原区地势低平, 地下水径流迟缓, 地下水垂直入渗补给及侧向径流补给能力相对较差, 因此, 由于地下水的过量开采致使地下水位波动及下降幅度表现为最大, 与前人研究成果相一致^[12,16]。

地下水动态预测模型可分为确定性模型和随机性模型, 确定性模型包括解析法、数值法、物理模拟法等; 随机性模型有回归分析模型、频谱分析模型以及时间序列模型等^[21-23]。为揭示研究区未来 5 a 地下水位变化趋势, 应用 SPSS 时间序列统计预测模型对 15 个监测点 1997—2017 年地下水位数据进行了动态模拟, 建立了 ARIMA 模型, 拟合度均大于 0.80, 拟合度较好, 预测模型结果显示: 位于研究区北部的勤得利农场和南部的胜利、大兴农场地下水位呈不同幅度上升趋势, 上升幅度为 0.31~2.27 m, 推测主要原因是由于农业种植结构的调整和节水灌溉措施的实施, 有效控制了水稻田种植面积和农作物耗水量, 大大减少了地下水开采量^[26]; 其他地区呈现不等幅度下降趋势, 下降幅度为 0.3~3.55 m, 其中八五九农场地下水位下降幅度最大为 3.55 m, 地下水不同程度过量开采是导致地下水位不等幅度下降的主要原因^[15]。

由于本研究未收集到研究区内河水位高程数据, 且缺少相关水化学数据支撑, 地下水、河水补排关系及补给量多少等问题具有不确定性, 因此, 在后续工作中需开展河水位高精度 GPS 测量及地表水-地下水定量转化关系相关性研究, 定量评价地表水-

地下水转化关系^[24-25], 进一步研究地下水流场及时空异变特征。

4 结论

1) 1997—2017 年, 区内水稻田种植面积由 14.67 万 hm^2 增加到 65.66 万 hm^2 , 灌溉用水对地下水的需求量不断增加, 地下水位呈持续下降趋势, 下降幅度为 1.60~9.29 m。

2) 中东部、中西部地下水位下降幅度在空间上表现为最大, 地下水动态变化受人类活动的影响更强烈。

3) 东北部、东南部及南部水力梯度变化幅度最大, 中西部、中东部低平原区变化幅度最小; 地下水自北西、南东边界向平原中心汇流沿北东向流出区外。

4) 地下水过量开采激发了河水入渗补给地下水能力, 增加了地下水侧向径流补给量。

参考文献:

- [1] 贾艳辉, 武玉刚, 朱文江, 等. 宝山农场地下水动态分析[J]. 灌溉排水学报, 2018, 37(9): 73-78.
JIA Yanhui, WU Yugang, ZHU Wenjiang, et al. Dynamic of groundwater table in Baoshan farm[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2018, 37(9): 73-78.
- [2] 彭燕, 沈照理. 地下水开发利用中的环境地质问题与防御对策[J]. 广州大学学报(自然科学版), 2007, 6(2): 41-46.
PENG Yan, SHEN Zhaoli. Analysis of environmental geology problems on exploration and utilization of groundwater[J]. Journal of Guangzhou University (Natural Science Edition), 2007, 6(2): 41-46.
- [3] 孙化江, 李洪文, 叶凤. 黑龙江省地下水资源开发利用引起的环境问题及防治对策[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2001, 12(2): 90-93.
SUN Huajiang, LI Hongwen, YE Feng. The environmental problems caused by developing and utilizing groundwater resources in Heilongjiang Province and its prevention countermeasures[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2001, 12(2): 90-93.
- [4] 牛磊, 张玉莹. 宁河南部地区地下水流场特征研究[J]. 地下水, 2019, 41(2): 45-48.
NIU Lei, ZHANG Yuying. Characteristics of groundwater flow field in the southern part of Ninghe[J]. Ground Water, 2019, 41(2): 45-48.
- [5] 雷米, 周金龙, 曾妍妍, 等. 干旱区绿洲城市地下水超采区综合治理研究: 以新疆库尔勒市为例[J]. 南水北调与水利科技, 2019, 17(2): 67-74.
LEI Mi, ZHOU Jinlong, ZENG Yanyan, et al. Comprehensive treatments of groundwater over-exploitation in arid oasis City: A case of Korla City in Xinjiang[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2019, 17(2): 67-74.
- [6] SIEBERT S, BURKE J, FAURES J, et al. Groundwater use for

- irrigation – a global inventory[J]. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2010, 14(10): 1 863-1 880.
- [7] XU L H, LIU H Y, CHU X Z, et al. Desert vegetation patterns at the northern foot of Tianshan Mountains: The role of soil conditions[J]. *Flora*, 2006, 201(1): 44-50.
- [8] 万思成, 李琼芳, 虞美秀, 等. 北京市平原地区地下水动态变化规律及影响因素分析[J]. *水电能源科学*, 2013, 31(12): 46-50.
- WAN Sicheng, LI Qiongfang, YU Meixiu, et al. Groundwater dynamic changing characteristics and its influence factors of Beijing plain area[J]. *Water Resources and Power*, 2013, 31(12): 46-50.
- [9] 高志鹏, 屈吉鸿, 陈南祥, 等. 地下水动态时空变化特征及其驱动因素[J]. *水电能源科学*, 2017, 35(6): 116-119, 18.
- GAO Zhipeng, QU Jihong, CHEN Nanxiang, et al. Study on spatial and temporal variability of groundwater and driving factors[J]. *Water Resources and Power*, 2017, 35(6): 116-119, 18.
- [10] 王鸽, 肖长来, 梁秀娟, 等. 挠力河流域地下水动态特征分析及预测[J]. *水电能源科学*, 2017, 35(12): 144-147.
- WANG Ge, XIAO Changlai, LIANG Xiujuan, et al. Analysis and prediction of dynamic characteristics of groundwater level in naoli river basin[J]. *Water Resources and Power*, 2017, 35(12): 144-147.
- [11] 刘婕, 杨鹏年, 阚建, 等. 变化环境下新疆沙湾县灌区地下水动态趋势及驱动因素[J]. *节水灌溉*, 2019(3): 53-58.
- LIU Jie, YANG Pengnian, KAN Jian, et al. Dynamic trend and driving factors of groundwater in Shawan irrigated district under changing environment[J]. *Water Saving Irrigation*, 2019(3): 53-58.
- [12] 李生潜, 张彦洪, 马雁萍, 等. 石羊河流域盆地地下水动态变化特征分析[J]. *干旱区资源与环境*, 2018, 32(12): 145-151.
- LI Shengqian, ZHANG Yanhong, MA Yanping, et al. Analysis of groundwater dynamic changes in Shiyang river basin[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2018, 32(12): 145-151.
- [13] 吉磊, 刘兵, 何新林, 等. 玛纳斯河下游灌区地下水埋深变化特征及成因分析[J]. *灌溉排水学报*, 2015, 34(9): 59-65.
- JI Lei, LIU Bing, HE Xinlin, et al. Changing characteristics and influencing causes of groundwater depth in irrigation areas in the lower reaches of the manas river[J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2015, 34(9): 59-65.
- [14] GHAZAVI R. Impacts of land-use change on groundwater resources using remote sensing and numerical modeling[J]. *Journal of Biodiversity & Environmental Sciences*, 2016, 9(4):149-157.
- [15] 李鸿雁, 贾丽娜, 姚永亮, 等. 黑龙江建三江分局地区地下水动态特征分析[J]. *节水灌溉*, 2013(6): 14-17.
- LI Hongyan, JIA Lina, YAO Yongliang, et al. Dynamical characteristics of groundwater in Jiansanjiang area of Heilongjiang Province[J]. *Water Saving Irrigation*, 2013(6): 14-17.
- [16] 危润初, 肖长来, 方樟. 黑龙江建三江地区地下水动态趋势突变点分析[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2016, 46(1): 202-210.
- WEI Runchu, XIAO Changlai, FANG Zhang. Trends mutation nodes of groundwater dynamic in Jiansanjiang area of Heilongjiang Province[J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 2016, 46(1): 202-210.
- [17] 赵清, 韩玉梅, 杨玉春, 等. 三江平原建三江地下水激发补给再分析[J]. *黑龙江水专学报*, 2008(1): 1-4.
- ZHAO Qing, HAN Yumei, YANG Yuchun, et al. Analysis on groundwater stimulated recharge on Jiansanjiang farm of Sanjiang plain[J]. *Journal of Heilongjiang Hydraulic Engineering College*, 2008(1): 1-4.
- [18] 赵菲菲, 刘东, 于苗, 等. 建三江分局用水结构演变及其驱动机制研究[J]. *水土保持研究*, 2012, 19(2): 244-247.
- ZHAO Feifei, LIU Dong, YU Miao, et al. Study on evolution and its driving mechanism of water utilization structure in Jiansanjiang branch bureau[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2012, 19(2): 244-247.
- [19] 罗天琦, 刘东, 刘文婷. 建三江管理局人类活动对地下水位影响程度评价[J]. *中国农村水利水电*, 2015(10): 47-50, 57.
- LUO Tianqi, LIU Dong, LIU Wenting. The impact assessment of human activities on ground water in Jiansanjiang branch bureau[J]. *China Rural Water and Hydropower*, 2015(10): 47-50, 57.
- [20] 孟凡傲, 梁秀娟, 郝洋, 等. 洮儿河扇形地地下水动态特征分析[J]. *节水灌溉*, 2016(4): 65-68, 74.
- MENG Fan'ao, LIANG Xiujuan, HAO Yang, et al. Dynamic characteristics of groundwater in taoer river fan[J]. *Water Saving Irrigation*, 2016(4): 65-68, 74.
- [21] 张海飞. 地下水动态预测模型概述[J]. *地下水*, 2016, 38(1): 68-70.
- ZHANG Haifei. Overview on groundwater dynamic prediction model[J]. *Ground Water*, 2016, 38(1): 68-70.
- [22] 张斌, 刘俊民, 张博炜, 等. 灰色神经网络在地下水动态预测中的应用[J]. *中国农村水利水电*, 2013(1): 5-6, 10.
- ZHANG Bin, LIU Junmin, ZHANG Bowei, et al. A dynamic prediction of groundwater based on coupled model of GM(1, 1) model and BP model[J]. *China Rural Water and Hydropower*, 2013(1): 5-6, 10.
- [23] 张晓峰, 崔艳富, 霍晓峰, 等. 基于 RBF 神经网络的地下水位动态预测[J]. *内蒙古民族大学学报(自然科学版)*, 2012, 27(6): 654-657.
- ZHANG Xiaofeng, CUI Yanfu, HUO Xiaofeng, et al. Groundwater dynamic forecasting based on RBF neural network[J]. *Journal of Inner Mongolia University for Nationalities (Natural Sciences)*, 2012, 27(6): 654-657.
- [24] 田浩然, 肖长来, 徐梦瑶. 松花江佳木斯以下干流段地表水与地下水相互转化关系研究[J]. *节水灌溉*, 2012(5): 26-28.
- TIAN Haoran, XIAO Changlai, XU Mengyao. Transformation relationship between surface water and groundwater of downstream section of Jiamusi on Songhua river[J]. *Water Saving Irrigation*, 2012(5): 26-28.
- [25] 肖长来, 张力春, 方樟, 等. 洮儿河扇形地地表水与地下水资源的转

化关系[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2006, 36(2): 234-239.

XIAO Changlai, ZHANG Lichun, FANG Zhang, et al. Research on transform relationship between surface water and groundwater in taoer river fan[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2006, 36(2): 234-239.

[26] 于凤荣, 刘义, 于恩顺. 建三江管理局水田变化的时空特征分析[J]. 现代化农业, 2018(9): 65-67.

YU Fengrong, LIU Yi, YU Enshun. Analysis on Spatio-Temporal characteristics of paddy field changes in Jiansanjiang [J]. Modernizing Agriculture, 2018 (9): 65-67.

Groundwater Dynamics in Catchment of Jiansanjiang in Sanjiang Plain

LIU Weipo, SHA Na, CHENG Xuxue*

(Center for Hydrogeology and Environmental Geology Survey, CGS, Baoding 071051, China)

Abstract: 【Background】 Sanjiang Plain, located in northeast Heilongjiang province, refers to the flood plains of three rivers: Songhua river, Heilong river and Wusuli river. It is rich in water and land resources and is one of the main food production bases in China. Its annual grain production has reached 15 million tons, accounting for 25% of the total grain production in Heilongjiang province. Jiansanjiang is in northeast Sanjiang plain, comprising 15 state-owned farms with total cultivation area of 12400 km². With continuous optimization and adjustment of planting structure from 1997, its rice area in 2017 was 656 600 hm², about 3.5 times that in 1997. Jiansanjiang is rich in surface water resources with Heilongjiang and Wusulijiang rivers flowing through, but the water use efficiency still has room for improvement. Over past decades, extracting groundwater for irrigation has changed natural course of groundwater flow and the groundwater level has been in decline as a result. 【Objective】 The purpose of this paper is to unveil spatiotemporal groundwater dynamics in Jiansanjiang in attempts to provide baseline for improving water resources management in this region. 【Method】 Spatiotemporal changes in groundwater table were monitored from boreholes in the 15 farms, and we also collated data of agricultural planting structure and land usage from 1997 to 2017. The spatiotemporal changes in groundwater dynamics was analyzed using the variances of contrast coefficients, OriginPro trend and arcgis spatial interpolation. 【Result】 The groundwater table in the studied area had been falling at annual rates of 1.60 to 9.29 m, especially in the central-east and west region where the falling was fastest. The variance of contrast coefficient and spatial variation of the groundwater table falling were identical, with the groundwater in the central-east and west part most affected by extraction. There was a noticeably spatial variation in groundwater flow, with the gradient of groundwater table in northwest, southeast and south much steeper than in other parts. Groundwater in the proximity of the river at the confluence of the two rivers received recharge from the rivers. 【Conclusion】 Change in groundwater flow in the studied area was instigated by excessive groundwater extraction, which enhanced river exfiltration and accelerated groundwater flow.

Key words: groundwater dynamic; variance of contrast coefficients; groundwater flow; hydraulic gradient

责任编辑：陆红飞