

白杨河流域达坂城盆地生态水位监测分析

湾疆辉

国检测试控股集团上海有限公司, 上海

收稿日期: 2024年5月6日; 录用日期: 2024年6月7日; 发布日期: 2024年6月14日

摘要

地下水埋深及植被生境是表征内陆干旱山间盆地河谷林草湿地的主要指标, 为探究地处中高海拔的白杨河流域达坂城盆地水生态环境现状及变化, 本文以达坂城盆地河谷林草湿地植被生境区域为研究对象, 采用地下水埋深定位监测及河流径流与生态水位相关方法分析, 结果表明: 1) 达坂城盆地源流区2022年内地下水平均埋深表现为1至7月呈增加趋势, 8至12月呈下降状态, 盆地三条河流区地下水埋深大小为: 黑沟河 > 高崖子河 > 阿克苏河, 地下水埋深与河道径流大小呈反比, 河道地表径流与地下水埋深变化相互影响较大, 反映达坂城盆地河道潜水含水层通过包气带直接与大气圈、水圈相通, 具有季节性变化特点。2) 地下水埋深2020至2022年际间表现为, 2021至2022年地下水埋深比2020年有所增加, 2020至2022年地下水埋深整体呈逐年略增状态。3) 建立了基于达坂城盆地三条源流径流与河段地下水埋深动态关联模型, 支持利用已知观测的河道径流信息评估地下水埋深变化趋势。

关键词

白杨河流域, 达坂城盆地, 生态水位, 监测分析

Monitoring and Analysis of Ecological Water Level in the Dabancheng Basin of the Baiyang River Basin

Jianghui Wan

State Owned Inspection and Testing Holdings Group Shanghai Co., Ltd., Shanghai

Received: May 6th, 2024; accepted: Jun. 7th, 2024; published: Jun. 14th, 2024

Abstract

Groundwater depth and vegetation habitat are the main indicators that characterize the forest and

grassland wetlands in inland arid mountain basins. In order to explore the current situation and changes of the aquatic ecological environment in the Dabancheng Basin, which is located at a medium to high altitude in the Baiyang River Basin, this article takes the vegetation habitat area of the Dabancheng Basin valley forest and grassland as the research object. Using groundwater depth positioning monitoring and river runoff and ecological water level correlation analysis methods, the results show that: 1) The average groundwater depth in the Dabancheng Basin source area in 2022 shows an increasing trend from January to July, and a decreasing state from August to December. The groundwater depth in the three river areas of the basin is: Heigou River > Gaoyazi River > Aksu River, and the groundwater depth is related to the river runoff size. In inverse proportion, the surface runoff of the river and the variation of groundwater depth have a significant mutual influence, reflecting that the groundwater aquifer in the Dabancheng Basin is directly connected to the atmosphere and hydrosphere through the aeration zone, with seasonal variation characteristics. 2) The groundwater depth between 2020 and 2022 showed an increase compared to 2020, and the overall groundwater depth showed a slight increase year by year from 2020 to 2022. 3) We have established a dynamic correlation model between the runoff of three source streams in the Dabancheng Basin and the groundwater depth in the river section, supporting the use of known observed river runoff information to evaluate the trend of groundwater depth changes.

Keywords

Baiyang River Basin, Dabancheng Basin, Ecological Water Level, Monitoring and Analysis

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

位于新疆天山东部的博格达峰南麓前山带达坂城盆地三条源流,与山间盆地水生态环境息息相关,河流补给浅层地下水为山间河谷林草植物生存主要水源[1]。达坂城盆地上中游为河道径流区,下游为达坂城低洼地泉水溢出湿地滞纳蓄洪区,形成基于峡口白杨河干流山间盆地水源地[2]。达坂城盆地以荒漠植被类型为主要分布类型,植被垂直带自上游而下依次为荒漠河谷灌木林草带、山间草原带、盆地湿地草甸带[3]。河道地表径流和地下水位及沼泽湿地是达坂城区域经济社会生态平衡的基础。近十年来白杨河流域达坂城区域实施“退耕还湿”生态工程的遥感影像显示[4],湿地面积由2014年的1653 hm²增加到2018年的2804 hm²湿地面积提升近70%,由此进一步体现了达坂城盆地河谷林草沼泽湿地环境与河流径流地表地下水转换关系密切[5]。本文首次基于地下水埋深监测井,分析达坂城区域河谷林草湿地生态水位动态,为评估白杨河流域达坂城盆地水生态环境变化提供技术依据。

2. 材料与方法

2.1. 区域概况

白杨河流域达坂城山间盆地位于天山中东部博格达峰南麓,地处河谷与盆地、戈壁与湿地、地下水垂直水平蒸散交替多维自然地形地貌[6],构造了达坂城山间盆地黑沟河、阿克苏河、高崖子河三条原流格局,盆地具有独特的前山带降水冰川融雪-山地涵养林-河谷林草平原绿洲环境系统,表现为小河流、源流小、径流长、地表与地下水转换频繁、沼泽湿地洼地水面点多水量少分布不均特点。据达坂城2009

至 1999 年 11 年气象数据显示[7], 达坂城盆地年均气温 7.2℃, 平均日照时数 8.3 h, 平均风速 3.6 m/s, 平均相对湿度 51.8%, 年均降水量 67.7 mm, 年均蒸发量 2130.5 mm 为降水量的 30 多倍, 为降水少蒸发量高、气候干燥风多频繁、暖温带大陆性干旱气候区, 突显了自然生态环境与河流补给休戚与共、水生态环境十分脆弱的特征。

2.2. 监测方法

为了反映达坂城盆地地下水位生态植被生长环境, 分别在高涯子、阿克苏和黑沟河三条原流区域, 选择地表地下水相互补给带布设 12 眼观测井(表 1), 达坂城盆地源流区生态水位地下水埋深部分监测井区位见图 1 所示。每眼监测井定点安装重力式自计水位传感器, 对地下潜水埋深动态水位变化连续监测, 数据采集时间 1 小时/次, 全天候自动水位信息采集上传至管理平台。

Table 1. Distribution of groundwater level monitoring wells in Dabancheng, Baiyang River Basin
表 1. 白杨河流域达坂城地下水位监测井区位分布

| 河区 | 测点名称 | 河段部位 | 分布区位 | 地理坐标 | 高程/m | 监测作用 |
|------|------------|------------------------|-------------------|--------------------------------|--------|---------------------|
| 高崖子河 | 高崖子河 1 号井 | 河流上游段, 河西约 0.6 km。 | 东沟乡原山子村以东 3 km。 | 东经: 88°51'64" 北纬: 43°44'51" | 1424.0 | 河道外围植被环境地下水动态。 |
| | 高崖子河 2 号井 | 河流上游段, 河西约 1.3 km。 | 东沟乡原山子村南 4 km。 | 东经: 88°50'01" 北纬: 43°44'35" | 1422.9 | 河道边台地植被环境地下水动态。 |
| | 高崖子河下 1 号井 | 河流中下游段, 河西阶地 0.8 km。 | 东沟乡东湖村西南 5 km。 | 东经: 88°26'54" 北纬: 43°22'48" | 1202.6 | 河阶地灌木榆树植被环境地下水动态。 |
| | 高崖子河下 2 号井 | 河中下游段, 下 1 号井以南 140m。 | 东沟乡东湖村西南 5 km。 | 东经: 88°26'48" 北纬: 43°22'43" | 1203.7 | 为抽水试验对照的水位观测井。 |
| 阿克苏河 | 阿克苏河 3 号井 | 河流上游段, 河东约 0.5 km。 | 东沟乡王家村以西 0.5 km。 | 东经: 88°20'19" 北纬: 43°27'09" | 1394.2 | 湿地台地及农耕地环境地下水动态。 |
| | 阿克苏河 6 号井 | 上游河段冲击扇汇流河床岸边。 | 东沟乡西北方向 3 km。 | 东经: 88°28'24" 北纬: 43°27'38" | 1409.9 | 河谷榆树草甸芨芨草环境地下水动态。 |
| | 阿克苏河下 3 号井 | 河流中下游段, 河东阶地。 | 东沟乡兰州湾村南边 3 km。 | 东经: 88°26'17" 北纬: 43°23'36" | 1231.3 | 河谷林草耕地植被环境地下水动态。 |
| | 阿克苏河下 4 号井 | 中下游河段, 下 3 号井以南 60m。 | 东沟乡兰州湾村南 3 km。 | 东经: 88°26'15" 北纬: 43°23'35" | 1229.2 | 抽水试验观测井, 位于河床东边阶地。 |
| 黑沟河 | 黑沟河 4 号井 | 河流上游段, 河东约 3 km。 | 西沟乡雷家村西北向 3 km。 | 东经: 88°22'06" 北纬: 43°31'01" | 1476.8 | 灌木榆树草本耕地环境地下水动态。 |
| | 黑沟河 5 号井 | 河流上游段, 河东约 6 km。 | 西沟乡水磨村东北 5 km。 | 东经: 88°25'59" 北纬: 43°28'52" | 1442.4 | 耕地林草(井邻近渠水)环境地下水动态。 |
| | 黑沟河下 5 号井 | 河流中下游段, 河东约 1 km。 | 西沟乡 2 队南边方向 3 km。 | 东经: 88°20'05" 北纬: 43°23'35" | 1125.1 | 林带草地耕地植被环境地下水动态。 |
| | 黑沟河下 6 号井 | 中下游河段, 下 5 号井以南 0.3km。 | 西沟乡 2 队南 3.3 km。 | 东经: 88°19'58" 北纬: 43°23'28" | 1122.8 | 林草耕植被环境(邻近渠水)地下水动态。 |



Figure 1. Location of some monitoring wells in the source flow area of the Dabancheng Basin
图 1. 达坂城盆地源流区部分监测井区位

3. 结果与分析

3.1. 地下水埋深年内变化状态

表 2 和图 2 为流域达坂城盆地三条源流区，2022 年 12 眼观测井不同河段区位生态植被环境地下水埋深监测综合平均。由监测结果可以看出，1 月份地下水平均埋深 7.53 m，其中：上游河段高崖子 2 号井、阿克苏 3、6 号井位于沼泽湿地区域，中下游段阿克苏下 3、下 4 号井位于河流岸边台地，地下水埋深 1.52~3.76 m 之间，地下水埋深较小；黑沟河上游段尤其中下游下 5、6 号井，地下水埋深 10.90~20.53 m 之间，地下水埋深较大。2 月份地下水平均埋深 7.53 m，与 1 月环比持平，其中：地下水埋深最小最大仍为同河流部

位。3月份地下水平均埋深 8.02 m，环比略增 6.5%，其中：地下水埋深最小最大仍为同河流部位。4月份地下水平均埋深 7.86 m，环比微降 2.0%，其中：地下水埋深最小最大仍为同河流部位。5月份地下水平均埋深 8.21 m，环比略增 4.5%，其中：地下水埋深最小最大仍为同河流部位。6月份地下水平均埋深 8.15 m，环比略减 0.7%，其中：地下水埋深最小及最大仍为同河流部位。7月地下水平均埋深 8.23 m，环比略增 1.0%，其中：地下水埋深最小及最大仍为同河流部位。8月份地下水平均埋深 7.29 m，环比明显下降 11.4%，其中：地下水埋深最小最大仍为同河流部位。9月份地下水平均埋深 7.01 m，环比略降 3.8%，其中：地下水埋深最小最大同河流部位。10月份地下水平均埋深 7.29 m，环比略增 3.9%，地下水埋深最小最大仍为同河流部位。11月份地下水平均埋深 7.00 m，环比下降 4.0%，地下水埋深最小最大仍为同河流部位。12月份地下水平均埋深 7.31 m，环比略增 4.4%，地下水埋深最小最大仍为同河流部位。

Table 2. Groundwater burial depth of 12 monitoring wells in the upstream source area of the basin in 2022 (unit: m)
表 2. 2022 年流域上游源流区 12 眼监测井地下水埋深(单位: m)

| 月份 | 高崖子1号井 | 高崖子2号井 | 阿克苏3号井 | 阿克苏6号井 | 黑沟河4号井 | 黑沟河5号井 | 高崖子下1号井 | 高崖子下2号井 | 阿克苏下3号井 | 阿克苏下4号井 | 黑沟河下5号井 | 黑沟河下6号井 | 综合平均 |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| 1 | 5.44 | 1.72 | 1.52 | 1.61 | 10.90 | 11.41 | 6.49 | 11.57 | 3.76 | 3.06 | 20.53 | 12.38 | 7.53 |
| 2 | 5.45 | 1.70 | 1.59 | 1.86 | 10.73 | 11.12 | 6.30 | 11.25 | 3.67 | 2.96 | 20.88 | 12.85 | 7.53 |
| 3 | 5.91 | 1.94 | 1.73 | 2.24 | 11.28 | 11.96 | 6.48 | 11.55 | 3.24 | 2.55 | 23.00 | 14.39 | 8.02 |
| 4 | 6.10 | 2.15 | 1.81 | 2.49 | 10.71 | 12.20 | 6.07 | 10.63 | 1.94 | 1.46 | 23.54 | 15.25 | 7.86 |
| 5 | 6.67 | 2.56 | 2.06 | 2.96 | 9.35 | 13.23 | 5.39 | 10.16 | 2.14 | 1.71 | 25.48 | 16.79 | 8.21 |
| 6 | 6.25 | 2.60 | 2.03 | 3.14 | 8.80 | 13.23 | 5.51 | 10.10 | 2.39 | 1.84 | 25.16 | 16.79 | 8.15 |
| 7 | 6.21 | 2.77 | 1.90 | 2.91 | 8.39 | 13.81 | 5.33 | 9.99 | 1.92 | 1.97 | 26.10 | 17.48 | 8.23 |
| 8 | 5.50 | 2.48 | 1.58 | 1.65 | 7.30 | 13.76 | 4.73 | 8.54 | 1.65 | 1.68 | 23.42 | 15.14 | 7.29 |
| 9 | 5.66 | 2.49 | 1.67 | 0.79 | 8.81 | 13.74 | 5.39 | 8.74 | 2.18 | 1.99 | 20.18 | 12.53 | 7.01 |
| 10 | 5.89 | 2.58 | 1.74 | 1.04 | 8.60 | 13.93 | 5.36 | 10.13 | 2.63 | 2.30 | 20.67 | 12.55 | 7.29 |
| 11 | 5.44 | 2.30 | 1.61 | 1.14 | 7.29 | 12.24 | 5.86 | 10.51 | 3.03 | 2.52 | 19.93 | 12.10 | 7.00 |
| 12 | 4.99 | 2.06 | 1.51 | 1.35 | 10.16 | 11.39 | 6.45 | 11.42 | 4.02 | 3.05 | 19.98 | 11.32 | 7.31 |

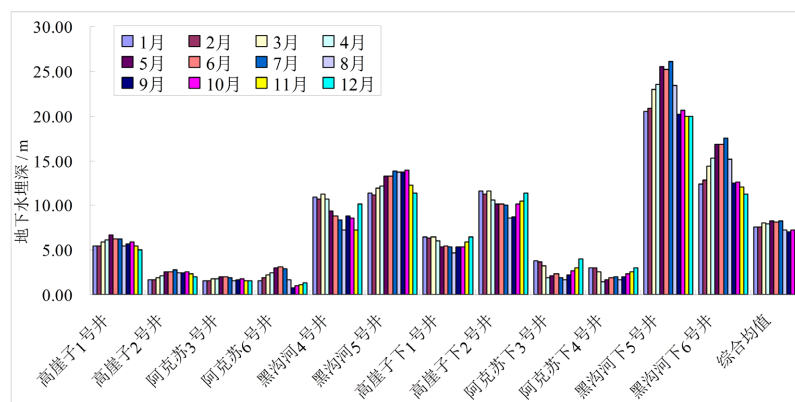


Figure 2. Changes in groundwater depth of monitoring wells in the source flow area of the Dabancheng Basin
图 2. 达坂城盆地源流区监测井地下水埋深变化

综合分析表明,达坂城盆地三条源流区 2022 年 1 至 12 月份,地下水平均埋深为: 7.53 m、7.53 m、8.02 m、7.86 m、8.21 m、8.15 m、8.23 m、7.29 m、7.01 m、7.29 m、7.00 m 和 7.31 m。地下水埋深 1 至 7 月份整体为增加趋势,8 至 12 月整体呈下降状态。

3.2. 地下水埋深年际变化

白杨河流域达坂城盆地三条源流区,先后安装运行 12 眼地下水位监测井,鉴于观测井数据系列完整同质性分析的需要,因此选用早期安装的 6 眼井 2020 至 2022 年地下水埋深监测数据分析。由地下水埋深分析结果(表 3 和图 3)看出,达坂城盆地三条河源流区,2020 年 1 至 12 月地下水埋深变幅 4.34~5.86 m,年均距平-17.1%~4.7%; 2021 年 1 至 12 月地下水埋深变幅 5.47~6.12 m,年均距平 0.9 %~11.3%; 2022 年 1 至 12 月地下水埋深变幅 5.00~6.14 m,年均距平为-6.3%~13.7%。分析结果表明,2021 年和 2022 年地下水埋深比 2020 年有所增加,达坂城盆地三源流区 2020 至 2022 年,地下水埋深整体呈逐年略增状态。

Table 3. Inter annual variation of groundwater depth in the source flow area of the Dabancheng Basin
表 3. 达坂城盆地源流区地下水埋深年际变化

| 月份 | 地下水埋深/m | | | | 距平/% | | |
|----|---------|------|------|------|-------|------|------|
| | 2020 | 2021 | 2022 | 年均 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1 | 4.34 | 5.76 | 5.43 | 5.18 | -16.2 | 11.3 | 4.9 |
| 2 | 4.96 | 5.66 | 5.41 | 5.34 | -7.2 | 5.9 | 1.2 |
| 3 | 4.92 | 6.07 | 5.85 | 5.61 | -12.3 | 8.2 | 4.2 |
| 4 | 4.70 | 5.85 | 5.91 | 5.49 | -14.4 | 6.7 | 7.7 |
| 5 | 4.48 | 5.58 | 6.14 | 5.40 | -17.1 | 3.4 | 13.7 |
| 6 | 4.94 | 5.55 | 6.01 | 5.50 | -10.1 | 0.9 | 9.2 |
| 7 | 5.14 | 6.12 | 6.00 | 5.75 | -10.6 | 6.3 | 4.2 |
| 8 | 4.70 | 5.63 | 5.38 | 5.23 | -10.3 | 7.5 | 2.8 |
| 9 | 4.79 | 5.47 | 5.53 | 5.27 | -9.0 | 4.0 | 5.0 |
| 10 | 5.25 | 5.80 | 5.63 | 5.56 | -5.5 | 4.2 | 1.3 |
| 11 | 5.41 | 5.60 | 5.00 | 5.34 | 1.3 | 4.9 | -6.2 |
| 12 | 5.86 | 5.69 | 5.24 | 5.60 | 4.7 | 1.6 | -6.3 |

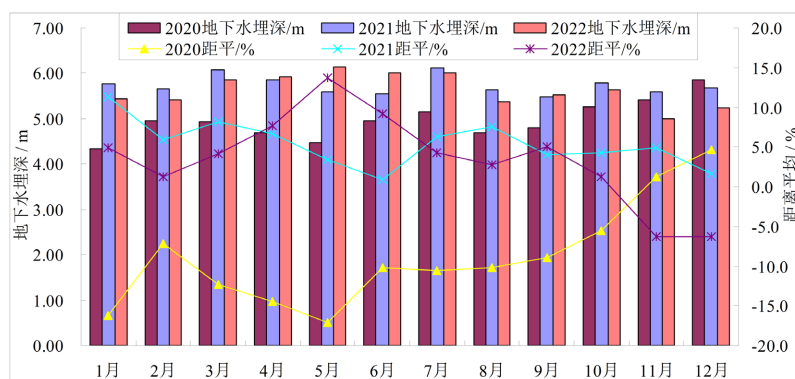


Figure 3. Inter annual variation of groundwater depth in the source flow area of the Dabancheng Basin
图 3. 达坂城盆地源流区地下水埋深年际变化

3.3. 地下水埋深与河流径流变化

表 4 为达坂城盆地黑沟河、阿克苏河、高崖子河 3 条源流区, 2020 至 2022 年三年平均的河道径流、灌区引用水量及主要气象数据信息, 表 5 为河道径流与地下水位相关性检验筛选后的 8 眼监测井地下水位信息。由监测结果看出, 随着河道来水流量及气温增大, 黑沟河上游段 4 号井、阿克苏中游段下 3 号井和下 4 号井、高崖子河中游段下 1 号井和下 2 号井, 地下水埋深减少, 即地下水位上升变化的趋势明显; 随着灌区农业灌溉渠首引用水量的增加以及季节气温下降变化, 表现出地下埋深增加了, 即地下水位降低的变化趋势, 达坂城盆地河道地表水与地下水位变化相互影响关系, 说明了河道潜水含水层通过包气带直接与大气圈、水圈相通, 具有季节性变化特点。地下水埋深比较分析表明, 黑沟河地下水埋深变幅为 5.15~14.40 m, 高崖子河地下水埋深变幅为 1.87~11.57 m, 阿克苏河地下水埋深变幅为 1.46~3.85 m。

Table 4. Annual average river runoff reference water quantity and meteorological information for the 3 source areas of the Dabancheng Basin from 2020 to 2022

表 4. 达坂城盆地 3 源流区 2020~2022 年均河道径流引用水量及气象信息

| 月 | 黑沟河/万 m ³ | | 阿克苏河/万 m ³ | | 高崖子河/万 m ³ | | 源流区气象 | |
|----|----------------------|-----|-----------------------|-----|-----------------------|------|-------|-------|
| | 径流 | 引用 | 径流 | 引用 | 径流 | 引用 | 降水/mm | 气温/°C |
| 1 | 88 | 0 | 83 | 0 | 71 | 0 | 4.4 | -9.6 |
| 2 | 99 | 0 | 58 | 0 | 40 | 0 | 1.8 | -4.9 |
| 3 | 93 | 35 | 70 | 0 | 45 | 0 | 0.5 | 2.1 |
| 4 | 116 | 62 | 102 | 37 | 99 | 26 | 4.8 | 11.2 |
| 5 | 355 | 176 | 509 | 415 | 558 | 448 | 3.0 | 17.5 |
| 6 | 577 | 374 | 1210 | 765 | 907 | 747 | 5.4 | 20.0 |
| 7 | 1023 | 585 | 2768 | 998 | 1910 | 1103 | 11.9 | 22.2 |
| 8 | 1025 | 513 | 2908 | 934 | 2227 | 998 | 15.0 | 20.0 |
| 9 | 618 | 368 | 1463 | 385 | 963 | 349 | 7.7 | 14.8 |
| 10 | 344 | 157 | 668 | 274 | 268 | 175 | 0.2 | 5.6 |
| 11 | 186 | 51 | 314 | 85 | 146 | 27 | 1.8 | -2.1 |
| 12 | 121 | 0 | 110 | 0 | 105 | 0 | 0.5 | -9.3 |

Table 5. Annual average groundwater depth of monitoring wells in the source flow area of the Dabancheng Basin (unit: m)

表 5. 达坂城盆地源流区监测井年均地下水埋深(单位: m)

| 月 | 黑沟河上游段 | | 高崖子河上游段 | | 阿克苏河中游段 | | 高崖子河中游段 | |
|---|--------|-------|---------|------|---------|--------|---------|--------|
| | 4 号井 | 5 号井 | 1 号井 | 2 号井 | 下 3 号井 | 下 4 号井 | 下 1 号井 | 下 2 号井 |
| 1 | 10.84 | 11.47 | 5.59 | 1.87 | 3.76 | 3.06 | 6.49 | 11.57 |
| 2 | 10.69 | 11.16 | 5.57 | 1.83 | 3.67 | 2.96 | 6.30 | 11.25 |
| 3 | 11.23 | 12.00 | 6.04 | 2.07 | 3.24 | 2.55 | 6.48 | 11.55 |
| 4 | 10.10 | 12.24 | 6.23 | 2.28 | 1.94 | 1.46 | 6.07 | 10.63 |
| 5 | 5.15 | 12.65 | 6.83 | 2.75 | 2.11 | 1.86 | 5.49 | 10.30 |
| 6 | 5.22 | 13.09 | 6.69 | 2.80 | 2.08 | 1.85 | 5.24 | 9.95 |

续表

| | | | | | | | | |
|----|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|
| 7 | 6.02 | 14.02 | 6.67 | 2.87 | 1.83 | 1.89 | 5.12 | 9.57 |
| 8 | 5.46 | 14.07 | 6.07 | 2.60 | 1.68 | 1.70 | 4.66 | 8.35 |
| 9 | 6.19 | 13.97 | 5.97 | 2.60 | 2.19 | 2.00 | 5.02 | 8.20 |
| 10 | 6.93 | 14.40 | 6.18 | 2.64 | 2.54 | 2.25 | 5.40 | 9.62 |
| 11 | 7.58 | 13.06 | 5.84 | 2.39 | 3.08 | 2.55 | 5.70 | 10.10 |
| 12 | 10.22 | 12.47 | 5.63 | 2.12 | 3.85 | 3.03 | 6.39 | 11.34 |

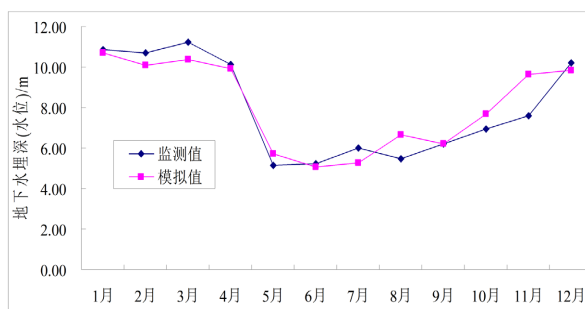
地下水埋深大小顺序为：黑沟河 > 高崖子河 > 阿克苏河。由此看出，地下水埋深与河道年径流大小呈反比，黑沟河年径流量相对最小，黑沟河区域自然环境植被生长，地下水位埋深潜水利用受限，在地下水埋深大于 8 m 区域河谷林草植被生态需水，主要取决自然降水及少量引水灌溉。表 6 为基于表 4 河流径流和表 5 河流不同部位监测井地下水埋深监测数据，拟合的多元线性模型，图 4 为基于拟合多元线性模型的河流径流与地下水埋深模拟。

经统计检验表明，达坂城盆地三源流区河道径流与不同河段部位监测地下水埋深存在相互动态关联性，实测数据与模拟计算结果代表性较好。由此，可以利用达坂城盆地河道地表径流量监测信息，分析评估达坂城地下水埋深动态变化趋势。

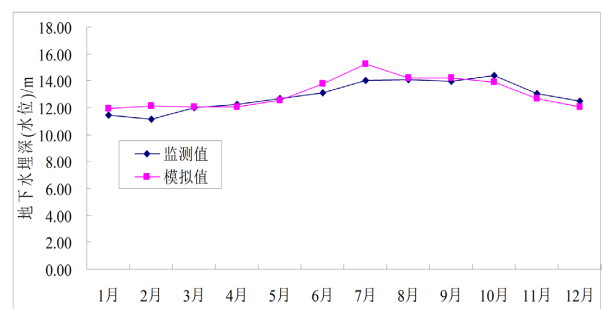
Table 6. Equations for river runoff and groundwater depth in the Dabancheng Source Area
表 6. 达坂城源流区河道径流与地下水埋深方程

| 监测井位 | 拟合函数(式中: H 地下水埋深, m; Q 河道径流量, 万 m^3) | R | F |
|---------|--|---------|---------|
| 黑沟河上游段 | $H_{4 \text{ 号井}} = 12.935 - 0.035 Q_{\text{黑沟河}} + 0.0101 Q_{\text{阿克苏河}} + 0.0001 Q_{\text{高崖子河}}$ | 0.937** | 19.17** |
| | $H_{5 \text{ 号井}} = 11.458 + 0.0074 Q_{\text{黑沟河}} + 0.0014 Q_{\text{阿克苏河}} - 0.0040 Q_{\text{高崖子河}}$ | 0.881** | 9.22** |
| 高崖子河上游段 | $H_{1 \text{ 号井}} = 5.2493 + 0.0071 Q_{\text{黑沟河}} - 0.0025 Q_{\text{阿克苏河}} + 0.00049 Q_{\text{高崖子河}}$ | 0.838** | 6.27* |
| | $H_{2 \text{ 号井}} = 1.6506 + 0.0054 Q_{\text{黑沟河}} - 0.0012 Q_{\text{阿克苏河}} - 0.0005 Q_{\text{高崖子河}}$ | 0.933** | 18.04** |
| 阿克苏河中游段 | $H_{\text{下}3 \text{ 号井}} = 3.8498 - 0.0071 Q_{\text{黑沟河}} + 0.0022 Q_{\text{阿克苏河}} - 0.0005 Q_{\text{高崖子河}}$ | 0.812** | 5.14* |
| | $H_{\text{下}4 \text{ 号井}} = 2.9906 - 0.0048 Q_{\text{黑沟河}} + 0.0018 Q_{\text{阿克苏河}} - 0.0007 Q_{\text{高崖子河}}$ | 0.693* | 2.46 |
| 高崖子河中游段 | $H_{\text{下}1 \text{ 号井}} = 6.6904 - 0.0054 Q_{\text{黑沟河}} + 0.0009 Q_{\text{阿克苏河}} + 0.0005 Q_{\text{高崖子河}}$ | 0.928** | 16.61** |
| | $H_{\text{下}2 \text{ 号井}} = 12.627 - 0.0066 Q_{\text{黑沟河}} - 0.0002 Q_{\text{阿克苏河}} + 0.00206 Q_{\text{高崖子河}}$ | 0.840** | 6.41* |

注：“*” $R_{0.05(12,2)} = 0.576$ 显著；“**” $R_{0.01(12,2)} = 0.708$ 极显著；“*” $F_{0.05(12,3)} = 3.49$ 显著；“**” $F_{0.01(12,3)} = 5.95$ 极显著。



(a) 黑沟河上游段 4#



(b) 黑沟河上游段 5#

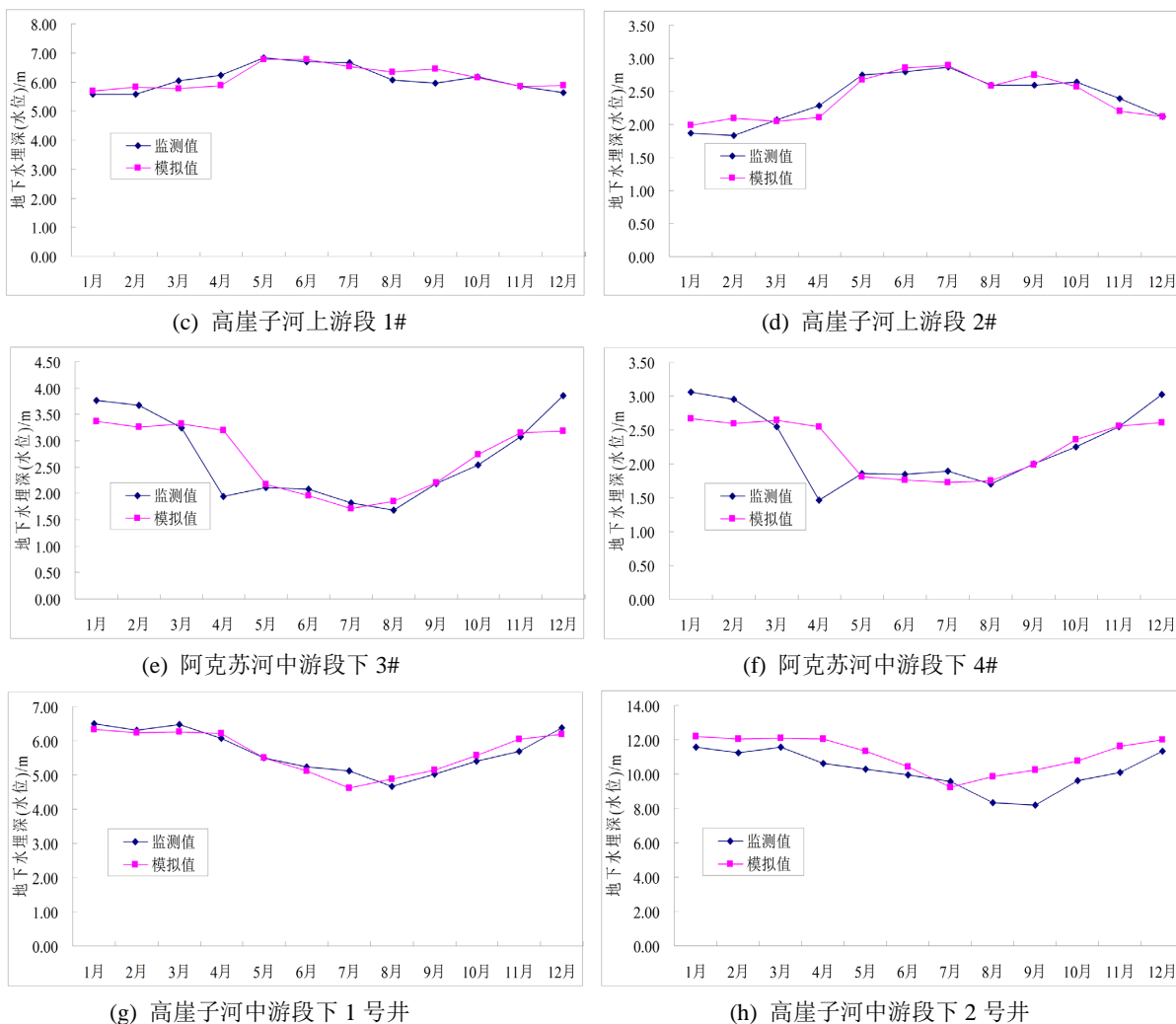


Figure 4. Simulation of river runoff and groundwater depth in the Dabancheng Basin
图 4. 达坂城盆地河道径流与地下水埋深模拟

4. 结论

白杨河流域达坂城水文气象及用水资料表明[8], 1986 及 2004 年达坂城源流河道来水基本处于枯水及偏枯期, 达坂城区经济社会尤其是农业用水基本处于高位状态, 自然人为双重因素的影响使得生态水位环境有所下降。白杨河流域达坂城盆地源流区地下水埋深及河谷林草沼泽湿地环境, 成为流域人水生态共生的“风向标”, 达坂城盆地适宜的河谷林草荒漠湿地水生态环境, 影响流域经济社会生态可持续发展。为此, 本文采用地下水埋深定位监测相关分析方法, 实施达坂城盆地生态水位监测研究获得结果: 1) 由 2020 至 2022 年监测分析看出, 达坂城盆地地下水埋深略降及植被湿地生境总体尚处正常变幅, 盆地河道径流、农业引用水量及气温, 对地下水位变化具有明显水圈相通季节性变化影响。2) 基于达坂城盆地源流区地下水埋深、河流径流相互关系变化构建了动态关系模型, 分析评估达坂城盆地地下水埋深及生态环境变化状态。

参考文献

[1] 张经天, 席海洋. 荒漠河岸林地下水位时空动态及其对地表径流的响应[J]. 干旱区地理, 2020, 43(2): 388-397.

- [2] 张爱民, 郝天鹏, 周和平, 马占宝, 崔师胜. 新疆白杨河流域特征及生态植被需水分析[J]. 生态学报, 2021, 41(5): 1921-1930.
- [3] 阿衣帕热·帕尔哈提. 达坂城柴窝堡湖区域植被的垂直分布格局及区系分析[D]: [硕士学位论文]. 乌鲁木齐: 新疆师范大学, 2016.
- [4] 蔡凯龙. 乌鲁木齐达坂城湿地保护工程实施效果分析及民意调查[D]: [硕士学位论文]. 乌鲁木齐: 新疆师范大学, 2022.
- [5] 王晓琴. 达坂城湿地保护管理工作实践[J]. 新疆林业, 2022(3): 42-43.
- [6] 张爱民, 郝天鹏, 周和平, 等. 新疆白杨河流域达坂城地下水文参数及出流测评[J]. 地下水, 2022, 44(5): 130-132.
- [7] 新疆维吾尔自治区气象台. 新疆各地州气象资料汇编[Z]. 2020.
- [8] 新疆维吾尔自治区水利厅. 新疆水利统计资料汇编[Z]. 2020.