

喀什噶尔河流域平原区地下水系统特征及划分研究

秦国强

新疆水利水电勘测设计研究院, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2021年12月31日; 录用日期: 2022年2月9日; 发布日期: 2022年2月28日

摘要

能否客观科学地划分地下水系统对区域地下水资源评价结果、功能区划分、保护和利用规划、超采区划定和治理均具有一定影响。本文按照地下水系统论, 研究对象为喀什噶尔河流域平原区地下水系统, 在全面分析研究区重要地质特征、地下水流场特征、地下水化学场特征基础上, 按照地下水系统划分的依据和原则, 将流域划分为3个地下水系统。通过对研究区地下水系统划分, 为流域地下水资源评价奠定了良好基础, 也为下一步流域开展地下水相关规划提供了科学依据, 可供类似生产项目或者研究提供参考借鉴。

关键词

地下水, 系统特征, 划分原则, 划分依据, 划分方案, 喀什噶尔河流域

Study on Characteristics and Classification of Groundwater System in Plain Area of Kashgar River Basin

Guoqiang Qin

Xinjiang Investigation and Design Institute of Water Resources and Hydropower, Urumqi Xinjiang

Received: Dec. 31st, 2021; accepted: Feb. 9th, 2022; published: Feb. 28th, 2022

Abstract

Whether the groundwater system can be divided objectively and scientifically has a certain impact on the evaluation results of regional groundwater resources, the division of functional areas, the planning of protection and utilization, the delimitation and treatment of overexploited areas. The plain area of

作者简介: 秦国强, 出生于 1988 年 5 月, 湖北红安人, 硕士研究生, 高级工程师, 主要从事地下水资源保护与利用研究工作, Email: qinguoqiang1988@163.com

Kashgar River basin is selected as case study. Based on the comprehensive analysis of the important geological characteristics, groundwater flow field characteristics and groundwater chemical field characteristics of the study area, according to the basis and principles of groundwater system division, the flow area is divided into three groundwater systems. The division of groundwater system in the study area lays a good foundation for the evaluation of groundwater resources in the basin, and also provides a scientific basis for the next step of groundwater related planning in the basin, which can be used as a reference for similar production projects or research.

Keywords

Groundwater, Characteristics of System, Division Principle, Division Basis, Division Scheme, Kashgar River Basin

Copyright © 2022 by author(s) and Wuhan University.

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

上世纪 80 年代后期我国开始引入“地下水系统”概念。中国地质调查局《地下水系统划分导则》(GWI-A5)中这样指出:地下水系统是具有水量、水质和能量输入、运移和输出的地下水基本单元及其组合,是指在时空分布上具有共同地下水循环规律的一个独立单位。它可以包括若干次一级的亚系统或更低的单位。陈梦熊院士对地下水系统的概念、理论及研究方法进行了总结,认为:每个地下水系统都具有各自的特征与演变规律,包括各自的含水层系统、水循环系统、水动力系统、水化学系统[1]。梁杏对地下水流系统理论与研究方法进行了系统总结,提出重视地下水流系统理论物理机制和数学模拟方法研究,加强新技术方法引入,拓宽应用领域研究等发展方向[2]。正确认识和合理划分地下水系统是调查与评价区域地下水资源的理论基础,也是区域地下水资源开发与规划的重要依据[3] [4]。

喀什噶尔河流域位于新疆西南部,是我国实施“一带一路”经济战略向西开放的桥头堡。该区域以往虽开展过一定程度的水文地质工作,但主要以供水水源地水文地质勘察为主,未曾以地下水系统理论进行过全流程的研究,本文依托喀什噶尔河流域地下水资源调查评价项目[5],在对全流域平原区地下水资源进行实际调查的基础上,结合前人资料,对流域平原区地下水系统特征进行分析划分,为科学、客观、合理评价流域平原区地下水资源及下一步规划提供科学依据。

2. 研究区概况

2.1. 自然地理

喀什噶尔河流域位于塔里木盆地西缘,地理位置介于东经 73°03'~80°25',北纬 38°10'~40°55'之间。流域平原区行政区域涉及喀什地区的喀什、疏附、疏勒、岳普湖、英吉沙、伽师,克州的阿图什、阿克陶,共 8 个县市及新疆生产建设兵团第三师的 41 团、42 团、伽师总场、东风农场、红旗农场共 8 个县(市)、5 个团(场),总面积 20,394 km²。

2.2. 气象水文

研究区三面环山,深藏内陆,印度洋的湿润水气难以到达,北冰洋的寒冷气流也较难穿越,且地处北温带、亚欧大陆腹地,远离海洋,因而干燥少雨,属暖温带大陆性干旱-半干旱气候带。多年平均气温在 11.2°C~13.2°C,

降水量在 61.7~89.2 mm/a, 蒸发量(E601 蒸发皿)在 1076~1794 mm/a; 主要气象要素年内变化为, 气温七月份最高, 平均 24.6℃~29.9℃, 一月份最低, 平均-1.9℃~-7.7℃; 降水量八月份最大, 5~9 mm, 十二月份最小, 0~4.3 mm; 蒸发量七月份最大, 185.6~319.4 mm。

自北向南布谷孜河、恰克马克河、克孜勒苏河、盖孜河、库山河和依格孜牙河为喀什噶尔河 6 大源流, 各主要河流特征值见表 1。

Table 1. Characteristic values of main water systems in the Kashgar River Basin

表 1. 喀什噶尔河流域主要水系特征值表

河流名称	流域面积(km ²)	河道长度(km)	多年平均径流量(10 ⁸ m ³)
布谷孜河	7000	98	1.09
恰克马克河	4800	117.5	2.01
克孜勒苏河	24,143	525	21.44
盖孜河	18,543	361	13.78
库山河	10,924	245	6.41
依格孜牙河	1340	110	1.167

3. 地下水系统划分原则和依据

3.1. 划分原则

1) 整体性原则。每个地下水系统均具有相对较为完整的补给、径流、排泄条件, 如果某一区域地下水体与其临近的地下水体之间无水量交换, 那么就可以视其为一个独立地下水系统, 进而便于研究该区地下水的补径排和水质演化过程[6] [7]。

2) 与地下水资源评价相结合原则。系统划分须明确各边界, 同时与地下水均衡计算各边界相统一, 从而便于地下水资源评价[8]。

3.2. 划分依据

地下水系统划分本质上就是在一定原则条件下划定地下水系统边界[9] [10]。地下水系统边界往往由地质构造和地形地貌控制, 进而具有统一的地下水流场和水化学场。通过对区域地下水补径排条件, 水化学特征等研究, 查明地下水系统特征[11]。

4. 地下水系统特征

4.1. 重要地质特征

喀什噶尔河流域平原区北面、南面和西面三面环山, 中部和东部低, 北部为南天山山脉, 南部为昆仑山山脉, 西部为帕米尔高原, 中部为塔里木盆地西端, 东面为地势低平的塔里木盆地底部, 呈现开口向东的“簸箕”状地形。

研究区受新构造运动伴随有强烈的挤压活动, 形成较大规模的喀什背斜和库木塔格背斜, 上述背斜以低山丘陵为主, 表现为背斜成山, 构成地表水、地下水的天然分水岭, 决定了研究区内总体地貌及地下水的补径排排泄条件[12]。

喀什背斜由西域砾岩组成, 位于流域北部, 近东西走向, 东起喀什市的伯什克然木, 西至明尧勒, 南北宽 5~9 km, 长 60 km。由于该构造体的存在, 阻挡了北部阿图什谷地的地下水向南部喀什绿洲平原的快速运移, 形成调查区恰克马克流域同克孜河流域的天然分水岭。

库木塔格背斜主要由新近系组成，位于研究区西部，走向为近东西向，背斜控制着克孜河、盖孜河地表水的流向，同时决定了地下水的补径排条件，成为了克孜河流域与盖孜河流域之间的分水岭，见图 1。

4.2. 地下水水流场特征

喀什背斜以北，靠近上游的山前冲洪积倾斜平原和中上游的冲积细土平原为主要补给、径流区，下游地下水位埋深较浅，蒸发作用强烈是主要排泄区，地下水流向大体与恰克马克河和布谷孜河流向相一致，自西向东，末端地下水径流条件较差，向克孜河流域排泄量极少。

克孜河流域位于喀什背斜以南，库木塔格背斜以北，流域内地下水基本上是由西向东径流、山前冲洪积倾斜平原和冲积细土平原为主要补给、径流区，下游纵坡相对较缓且地下水位埋深相对较浅，蒸发蒸腾作用强烈是主要排泄区，克孜河流域接受北部布谷孜河流域补给量极少，接受南部盖孜河流域和库山河流域补给量亦极少。

库木塔格背斜以南盖孜河流域和库山河流域地下水流向先是由西南向东北，后转为由西向东，依格孜牙河地下水流向主要是由南向北。在阿克陶县加马铁热克乡、疏勒县阿拉甫乡均存在库山河流域地下水补给盖孜河流域地下水，在英吉沙县克孜勒乡存在依格孜牙河流域地下水补给库山河流域地下水，盖孜河流域末端 42 团处，下游纵坡较缓且地下水位埋深较浅，蒸发作用强烈是主要排泄区，盖孜河流域向克孜河流域排泄量极少。喀什噶尔河流域地下水流场特征见图 2。

4.3. 地下水化学场特征

地下水化学特征受影响因素众多，首要因素是补给来源，其次是含水层岩性，最后还受地下水径流条件影响，喀什噶尔河流域地下水化场特征见图 3。

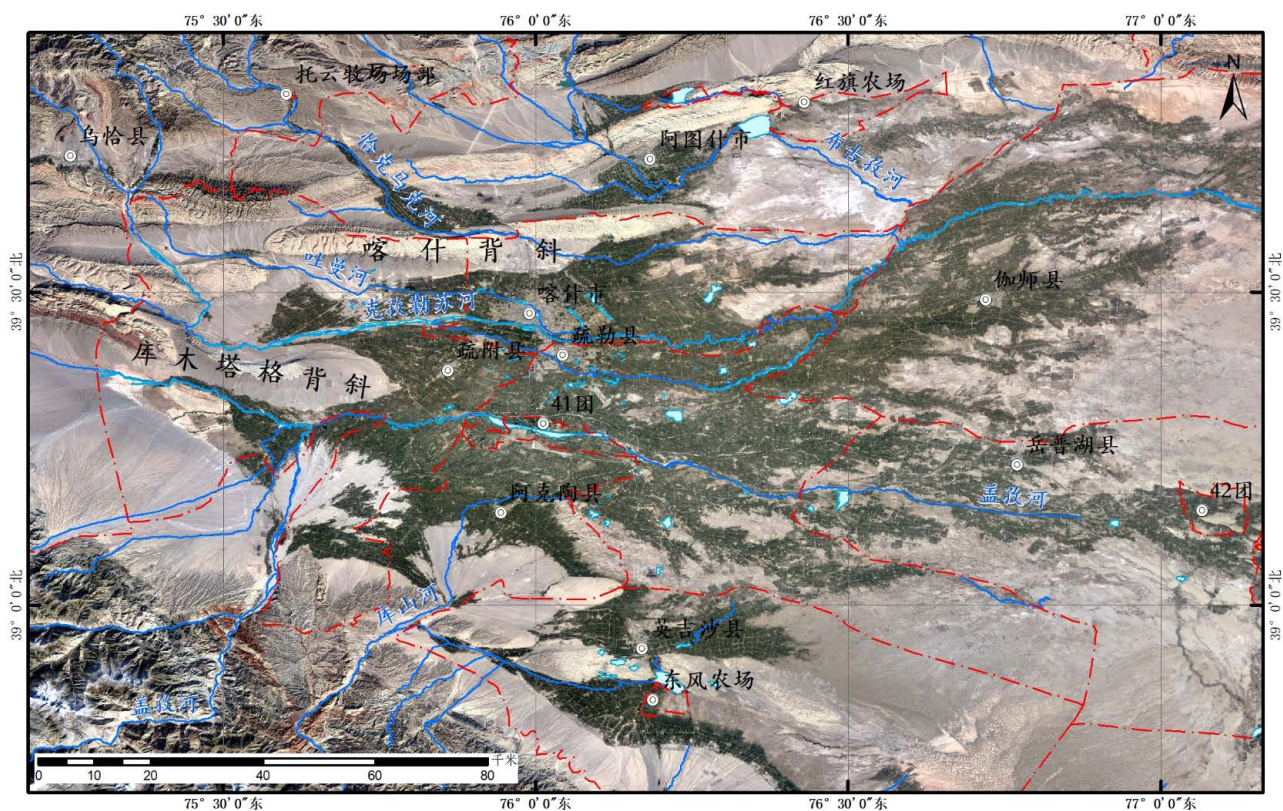


Figure 1. Schematic diagram of the topography of the plain area of the Kashgar River basin

图 1. 喀什噶尔河流域平原区地貌示意图

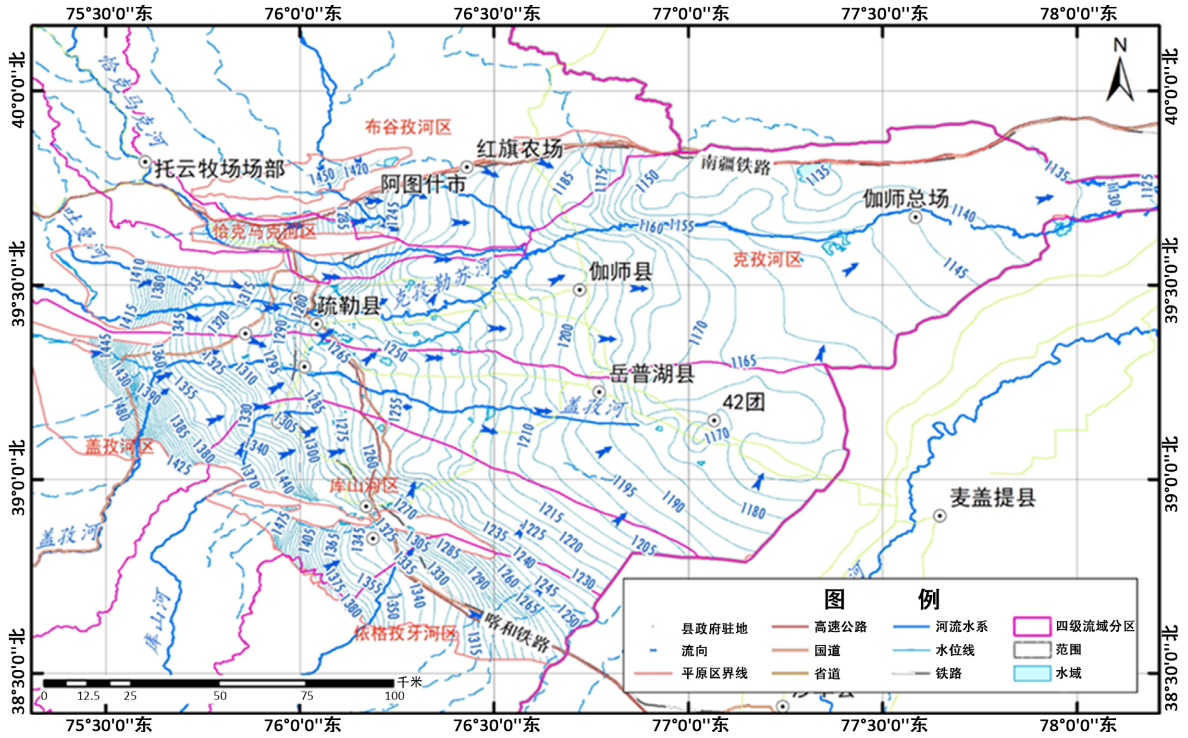


Figure 2. Characteristic map of groundwater flow field in the plain area of Kashgar River basin

图 2. 喀什噶尔河流域平原区地下水水流场特征图

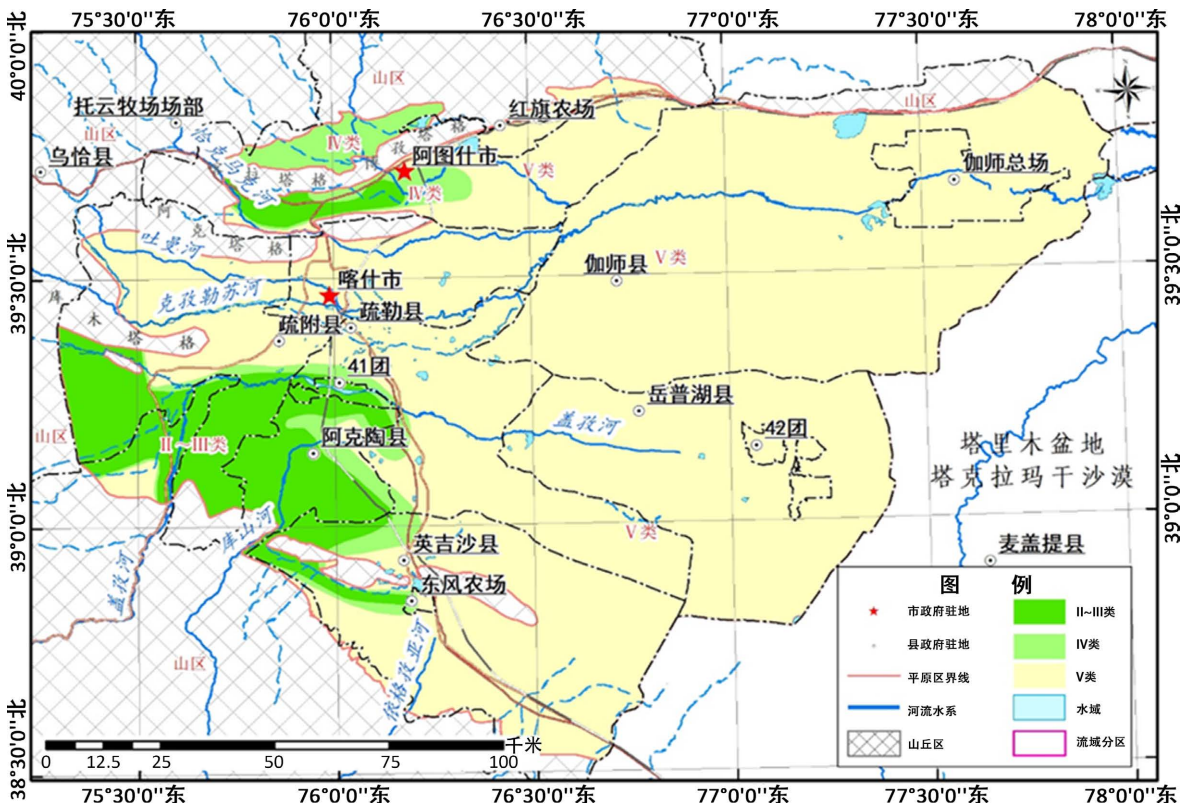


Figure 3. Characteristic map of groundwater formation in the plain area of the Kashgar River basin

图 3. 喀什噶尔河流域平原区地下水水化场特征图

喀什背斜以北,地下水化学特征从西向东,呈现出主要水化学指标沿流程的增加而逐渐增大的趋势,中上游区域地下水水质为 III 类水,到下游逐渐过渡到 V 类水。地下水水化学类型在西部恰克马克河出山口及中部阿图什谷地为 $\text{SO}_4\cdot\text{HCO}_3$ 型水;到中东部托卡依水库一带,水化学类型过渡为 $\text{SO}_4\cdot\text{Cl}$ 型水。

克孜河流域地下水水化学特征从西向东呈现出主要水化学指标沿流程的增加而逐渐增大的趋势,全流域均为 V 类水,总体上来说,西部比东部水质略好,水化学类型在西部克孜河及山区为 $\text{SO}_4\cdot\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3$ 型水;到中部兰干乡-站敏乡地区,喀什市-疏勒县-洋大曼乡地区水化学类型变为 SO_4 型;到东部克孜勒博依乡、伽师县等地区,潜水化学类型过渡为 SO_4 型、 $\text{SO}_4\cdot\text{Cl}$ 型水。

库木塔格背斜以南盖孜河、库山河、依格孜牙地下水化学特征在从西部到东部的水平方向上,潜水主要化学指标整体上自河流上游到下游呈逐渐增大,水化学类型也从 II 类逐渐过渡到 III 类、IV 类、V 类,总体上来说,该地下水系统西部比东部水质好,上游大部分区域水化学类型以 $\text{SO}_4\cdot\text{HCO}_3$ 型水和 $\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4$ 型水为主;到疏勒县罕南力克乡-艾西曼镇-下巴扎乡一带、牙甫泉乡-艾尔木东乡东部局部地带、依格孜牙河山前平原区及英吉沙县城一带局部地段为 SO_4 型水;东部岳普湖县南部、英吉沙县塔尔开其克山前平原区-苏盖提乡-托普鲁克乡东部一带为 $\text{SO}_4\cdot\text{Cl}$ 型水。

5. 地下水系统划分方案

由以上地下水系统特征分析可知,喀什背斜以北布谷孜河流域受恰克马克河流域地下水补给作用强烈,地下水化学场各项特征要素也基本一致,可将其划为同一地下水系统。

库木塔格背斜以南,盖孜河流域、库山河流域和依格孜牙河流域地下水流域之间相互融汇影响,导致地下水化学场特征也基本相似,因此可将其划定为同一地下水系统。

克孜河流域地下水流域受南北部影响极小,地下水化学场也相对独立,因此其可以划为单一地下水系统。

根据地下水系统的划分原则和依据,在综合考虑喀什噶尔河流域内重要地质特征、地下水流域特征、地下水

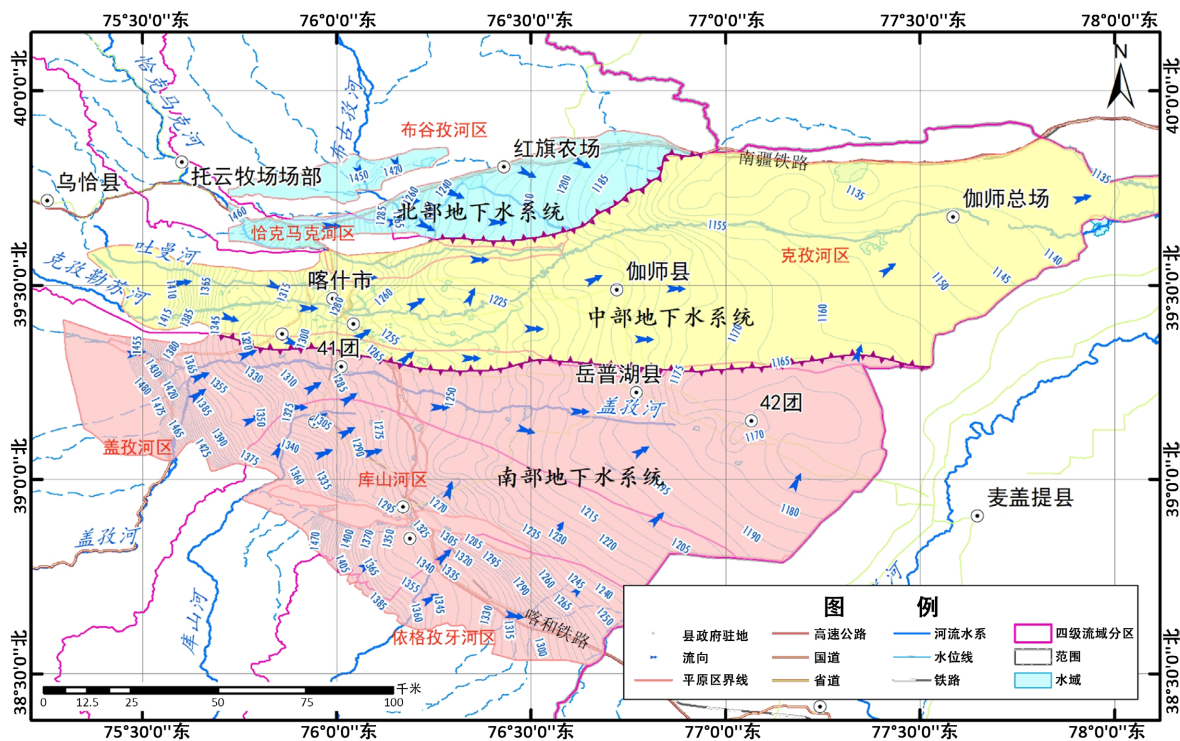


Figure 4. The division map of groundwater system in the plain area of Kashgar River basin

图 4. 喀什噶尔河流域平原区地下水系统划分图

化学场特征的基础上,以喀什背斜和库木塔格背斜作为各地下水系统之间的边界,将流域平原区地下水系统划分为北部、中部和南部三个地下水系统;其中北部地下水系统包含布谷孜河流域水文地质单元和恰克马克河流域水文地质单元、中部地下水系统即克孜河流域水文地质单元、南部地下水系统包含盖孜河流域水文地质单元、库山河流域水文地质单元和依格孜牙河流域水文地质单元。喀什噶尔河流域平原区地下水系统划分图结果见图4。

6. 结语

本文以喀什噶尔河流域平原区地下水系统作为研究对象,在全面分析流域重要地质特征、地下水流场特征、地下水化学特征基础上,按照地下水系统划分的原则和依据,将研究区划分为北、中、南3个地下水系统,为客观评价区域地下水资源提供了科学和理论依据,同时本文对喀什噶尔河流域地下水系统划分的研究,也是对区域地下水系统划分方法的有益尝试,可为其他区域地下水资源调查评价和保护利用规划提供一定借鉴意义。

参考文献

- [1] 陈梦熊,马凤山.中国地下水资源与环境[M].北京:地震出版社,2002:385-417.
CHEN Mengxiong, MA Fengshan. Groundwater resources and environment in China. Beijing: Earthquake Press, 2002: 385-417. (in Chinese)
- [2] 梁杏,张人权,等.地下水流系统理论与研究方法的发展[J].地质科技情报,2011,31(5):143-150.
LIANG Xing, ZHANG Quanquan, *et al.* Development of groundwater flow system theory and research methods. Geological Science and Technology Information, 2011, 31(5): 143-150. (in Chinese)
- [3] 任法衡.当代水文地质学发展趋势与对策浅析[J].西部资源,2018(1):81-82.
REN Faheng. Development trend and countermeasures of contemporary hydrogeology. Western Resources, 2018(1): 81-82. (in Chinese)
- [4] 杨会峰,王贵玲,张翼龙.中国北方地下水系统划分方案研究[J].地学前缘,2014,21(4):74-82.
YANG Huifeng, WANG Guiling and ZHANG Yilong. Research on the division scheme of groundwater system in northern China. Frontiers of Geosciences, 2014, 21(4): 74-82. (in Chinese)
- [5] 秦国强.喀什噶尔河流域地下水资源调查评价报告[R].乌鲁木齐:水利部新疆维吾尔自治区水利水电勘测设计研究院,2020.
QIN Guoqiang. Investigation and evaluation report on groundwater resources in the Kashgar River basin. Urumqi: Ministry of Water Resources, Xinjiang Uygur Autonomous Region Water Resources and Hydropower Survey and Design Institute, 2020. (in Chinese)
- [6] 张俊,赵振宏,等.鄂尔多斯盆地内蒙能源基地地下水系统划分方法[J].工程勘察,2011,39(1):57-63.
ZHANG Jun, ZHAO Zhenhong, *et al.* Division of groundwater system in Inner Mongolia energy base in Ordos Basin. Engineering Investigation, 2011, 39(1): 57-63. (in Chinese)
- [7] 李崇博,褚宏宽,等.哈密盆地地下水系统划分及特征研究[J].新疆地质,2016,34(1):139-143.
LI Chongbo, CHU Hongkuan, *et al.* Research on the division and characteristics of groundwater system in Hami Basin. Xinjiang Geology, 2016, 34(1): 139-143. (in Chinese)
- [8] 王占和,谌天德,等.塔里木盆地地下水系统划分[J].新疆地质,2004,22(3):262-264.
WANG Zhanhe, CHEN Tiande, *et al.* Division of groundwater system in Tarim Basin. Xinjiang Geology, 2004, 22(3): 262-264. (in Chinese)
- [9] 周阳,王友林,等.关中盆地地下水系统的划分与特征[J].中国地质调查,2018,5(4):67-75.
ZHOU Yang, WANG Youlin, *et al.* Division and characteristics of groundwater system in Guanzhong Basin. China Geological Survey, 2018, 5(4): 67-75. (in Chinese)
- [10] 何丽珊.江西省兴国县北部地下水系统特征研究[D]:[硕士学位论文].抚州:东华理工大学,2019.
HE Lishan. Research on the characteristics of groundwater system in northern Xingguo County, Jiangxi Province. Master's Thesis, Fuzhou: Donghua University of Science and Technology, 2019. (in Chinese)
- [11] 杨会峰,张翼龙,等.河套盆地构造控水研究及地下水系统划分[J].干旱区资源与环境,2017,31(3):177-184.
YANG Huifeng, ZHANG Yilong, *et al.* Research on structural water control in Hetao Basin and division of groundwater system. Resources and Environment in Arid Areas, 2017, 31(3): 177-184. (in Chinese)
- [12] 王艺星,乃尉华.喀什经济开发区地下水系统划分浅析[J].西部探矿工程,2017,29(11):113-115+118.
WANG Yixing, NAI Weihua. Analysis on the division of groundwater system in Kashgar economic development zone. Western Prospecting Engineering, 2017, 29(11): 113-115+118. (in Chinese)