

# Hydrogeological Characteristics and Groundwater Resources Evaluation of Hanshuiquan Area in Santanghu Industrial Park of Barkol County, Xinjiang

Yubin Lei Xianzhong Jiang Minglei Su Ying Xi Zhilong Qi

Hydrogeological Environment Geological Survey Center, Xinjiang Uygur Autonomous Region Geological Bureau, Urumqi, Xinjiang, 830091, China

## Abstract

To meet the water supply demands for the Hanshuiquan Area Energy Base construction in Barkol Santanghu Industrial Park, this study comprehensively employed multiple exploration methods including hydrogeological mapping, geophysical exploration, drilling, pumping tests, and water quality analysis. The research systematically evaluated the natural geographical conditions, geological structural characteristics, and hydrogeological conditions of the Hanshuiquan Area. Based on the equilibrium method, groundwater resources were calculated, water-rich zones were delineated, and corresponding groundwater development plans were proposed. Results indicate that the groundwater types in the exploration area mainly include bedrock fracture water, Neogene clastic rock pore-fracture confined water, and loose rock pore groundwater. The total groundwater resources amount to 5.7604 million m<sup>3</sup>/a, with recoverable resources reaching 3.456 million m<sup>3</sup>/a. Water quality primarily meets Class V standards, with total hardness and dissolved solids being the main exceedance factors. The Kumusu Depression was identified as the core water-rich zone, serving as the primary water supply area. This study provides scientific support for both short-term and long-term water supply planning in the park, offering significant reference value for sustainable water resource development in arid industrial zones.

## Keywords

Hanshuiquan District; hydrogeological characteristics; Groundwater resources assessment; water-rich areas; arid regions

# 新疆巴里坤县三塘湖工业园区汉水泉区水文地质特征及地下水资源评价

雷育宾 蒋显忠 苏明磊 喜英 齐志龙

新疆维吾尔自治区地质局水文环境地质调查中心, 中国·新疆 乌鲁木齐 830091

## 摘要

为满足巴里坤三塘湖工业园区汉水泉区能源基地建设的供水需求,本研究综合采用水文地质测绘、地球物理勘探、钻探、抽水试验及水质分析等多种勘查方法,系统分析了汉水泉区的自然地理条件、地质构造特征及水文地质条件。基于均衡法计算了地下水资源量,圈定了富水地段,提出了相应的地下水开发利用方案。结果表明:勘查区地下水类型主要包括基岩裂隙水、新近系碎屑岩类孔隙-裂隙承压水以及松散岩类孔隙潜水;地下水资源总量为576.04万m<sup>3</sup>/a,可开采资源量为345.6万m<sup>3</sup>/a;水质以V类为主,主要超标因子为总硬度和溶解性总固体;库木苏洼地被确定为富水核心区,可作为主要供水地段。本研究为园区近期与远期供水规划提供了科学支撑,对干旱区工业园区水资源的可持续开发利用具有重要参考意义。

## 关键词

汉水泉区;水文地质特征;地下水资源评价;富水地段;干旱区

## 1 引言

### 1.1 研究背景与意义

巴里坤三塘湖工业园区是新疆哈密现代能源与化工产

业示范区核心组成,承担煤炭清洁高效利用与新能源开发等重要职能,汉水泉区作为园区三大功能区之一,供水保障能力直接影响产业布局落地与区域经济高质量发展。该区地处欧亚大陆腹地,属大陆性中温带干旱气候,降水稀少、蒸发强烈,地表水资源匮乏,地下水为主要供水来源。

以往区域水文地质工作多以大比例尺普查为主,针对工业园区范围的精细化勘查不足,地下水赋存规律、富水地段分布、资源总量及水质状况等关键问题未系统查明,制约水源地建设与水资源合理配置。因此,开展专项水文地质勘

【作者简介】雷育宾(1982-),女,中国陕西富平人,高级工程师,从事水文地质、工程地质、农业地质、环境地质、科技创新等研究。

查与资源评价,揭示地下水系统特征、估算可开采资源量、圈定适宜开发富水地段,对保障园区供水安全、实现水资源可持续利用至关重要。<sup>[1]</sup>

## 1.2 研究区概况

勘查区位于巴里坤县大红柳乡,距哈密市284公里、巴里坤县148公里,东接园区道路、西连S228省道、北有国防公路穿过,交通便捷。区域呈“两山夹一谷”地貌,南北高、中部低,海拔600–2438米,涵盖构造侵蚀中山、剥蚀低山、洪积倾斜平原等多种地貌类型。

属大陆性干旱型,年均气温8.3℃,年均降水量仅41.6毫米,蒸发量达2273.7毫米,无霜期长、多大风、昼夜温差大,无常流河,仅见季节性洪沟,地表水资源极度短缺。园区以煤炭资源为依托,重点发展煤制清洁能源与新型建材产业,规划总面积27平方公里;近期(2020–2025年)年需新水292万立方米,远期(2026–2035年)达2677.54万立方米,供水需求紧迫<sup>[2]</sup>。

## 2 研究区地质与水文地质条件

### 2.1 地质构造条件

#### 2.1.1 地层岩性

勘查区地层以古生界石炭系一二叠系为基底,依次发育侏罗系及新生界新近系、第四系。由老至新简述如下:

古生界:石炭系上统祁家沟组(C<sub>2</sub>h)分布于东南部,岩性为含砾硬砂岩、钙质砂岩及灰岩,厚452–2700米;二叠系上统(P<sub>2</sub>)上部为深绿色泥岩、页岩,下部为英安斑岩、凝灰岩,与下伏地层呈不整合接触。

中生界:侏罗系为主要含煤地层,包括下统八道湾组(J<sub>1</sub>b)、三工河组(J<sub>1</sub>s)及中统西山窑组(J<sub>2</sub>x),岩性以砂岩、泥岩、砂砾岩为主,夹炭质泥岩与煤层,广泛出露于盆地内部。

新生界:新近系(N)为橙红–紫红色泥岩、粉砂质泥岩夹钙质砾岩,厚度0–200米,超覆于老地层之上;第四系(Q)广泛分布,包括中–上更新统洪积层(Q<sub>2–3</sub>pl)与全新统冲洪积层(Q<sub>4</sub>apl),岩性主要为砂砾石、卵砾石、粉砂及亚砂土。

#### 2.1.2 地质构造

三塘湖盆地为阿尔泰山与天山之间的叠合改造型盆地,历经基底形成、雏形盆地发育等多构造阶段,勘查区位于盆地西南缘中央拗陷带西段,核心构造单元为库木苏凹陷与巴润塔拉凸起,整体呈宽缓向斜形态,发育北西西向及近东西向断裂,构造复杂程度自西向东递减,地层倾角较缓<sup>[3]</sup>。

区内主导断裂为汉水泉–老爷庙断裂,属南倾高角度逆断层,对地下水赋存控制作用显著:断裂北盘第四系与新近系地层富水性较好,南盘石炭系地层抬升、富水性极差,形成以北盘为核心的储水洼地。此外,勘查区中北部新近系基底呈“锅底”状拗陷,中心位于汉水泉东北约15千米,最大厚度约250米,为区内重要储水构造。

### 2.2 水文地质条件

#### 2.2.1 地下水类型及富水特性

根据地下水赋存条件、水理性质及水力特征,勘查区地下水划分为三类:

基岩裂隙水:分布于南部白依山低山区及北部大哈甫提克山中山区,含水层岩性为石炭系砂岩、凝灰砂岩等,富水性受裂隙发育程度与降水控制。呼洪得雷山、苏海图山区富水性中等,单泉流量0.10–0.5L/s,矿化度1.0–1.5g/L;大哈甫提克山区富水性弱,单泉流量0.014–0.016L/s,矿化度1.405–2.266g/L<sup>[4]</sup>。

新近系碎屑岩类孔隙裂隙承压水:广泛分布于全区,含水层以砂砾岩、砂岩为主,厚度20–40m,泥岩及砂质泥岩为隔水层,分布稳定性较差。库木苏洼地富水性中等,单井涌水量80.23–208.66 m<sup>3</sup>/d,换算涌水量10–100m<sup>3</sup>/d,矿化度0.27–0.65g/L;山前地带富水性极弱,涌水量一般低于57m<sup>3</sup>/d。

松散岩类孔隙潜水:主要分布于北部国防公路以北,含水层为砂砾石、含砾中粗砂,厚度60–119.53m,水位埋深21.5–49.6m。库木苏洼地富水性中等至强,单井涌水量720–1766.92m<sup>3</sup>/d,换算涌水量149–1499.1m<sup>3</sup>/d,渗透系数0.67m/d;洪积平原上部富水性极差,局部为透水不含水层。

#### 2.2.2 地下水补径排条件

地下水主要接受北部大哈甫提克山和南部白依山的侧向径流补给,以及暴雨洪流的入渗补给。平原区年均降水量仅30.32毫米,蒸发量达2269.68毫米,大气降水对地下水补给贡献微弱;暴雨洪流主要形成于山区及山前带,通过冲沟下渗补给含水层。

地下水主要排泄方式为侧向径流排泄(向东北边界)和泉水溢出。平原区泉水多通过水面蒸发消耗;库木苏洼地局部潜水埋深浅,形成草滩灌木林,蒸发蒸腾亦为重要排泄途径。

#### 2.2.3 地下水化学特征

勘查区地下水化学类型具有明显水平分带性,从南北山区向盆地中心呈现规律性演变:山区为SO<sub>4</sub>·HCO<sub>3</sub>-Na型水,溶解性总固体0.5–2g/L;山前洪积平原过渡为HCO<sub>3</sub>·SO<sub>4</sub>-Ca·Na型、SO<sub>4</sub>-Na·Ca型水;盆地中心库木苏洼地演化为SO<sub>4</sub>·Cl-Na·Ca型、Cl·SO<sub>4</sub>-Na型水,溶解性总固体1–7g/L。

第四系松散岩类孔隙水主要为Cl·SO<sub>4</sub>-Na·Ca型水,溶解性总固体6.81g/L;碎屑岩类裂隙-孔隙水为SO<sub>4</sub>·Cl-Na型水,溶解性总固体1–7g/L;基岩裂隙水为SO<sub>4</sub>·HCO<sub>3</sub>-Na型水,溶解性总固体0.5–2g/L。地下水pH值在8–9之间,呈弱碱性<sup>[5]</sup>。

## 3 地下水资源计算与评价

### 3.1 计算原则与方法

本次地下水资源计算遵循以下原则:①以勘查区平原

区为计算对象,重点评价250m以浅含水层;②充分利用本次实测参数,未实测参数参考类似地区经验值;③均衡期确定为2020年,天然条件下地下水补排基本平衡,储变量为零。

采用水均衡法计算地下水资源量,均衡方程为: $\Delta Q$  储= $\Sigma Q$  补- $\Sigma Q$  排,其中 $\Delta Q$  储为储存量变化量(天然条件下为0), $\Sigma Q$  补为总补给量(侧向径流补给量+暴雨洪流入渗补给量), $\Sigma Q$  排为总排泄量(侧向排泄量+蒸发蒸腾量)。

### 3.2 水文地质参数确定

#### 3.2.1 实测参数

通过2眼水文地质勘探孔(KT01孔210m、KT02孔240m)开展稳定流抽水试验,解析法计算得:KT01孔(碎屑岩类孔隙裂隙水)渗透系数0.18m/d,涌水量288m<sup>3</sup>/d;KT02孔(第四系松散岩类孔隙水)渗透系数1.28m/d,最大涌水量720m<sup>3</sup>/d。

#### 3.2.2 经验参数

参考《新疆东疆地区煤炭基地地下水勘查巴里坤-伊吾盆地地下水勘查报告》及区域水文地质资料,确定暴雨洪流入渗系数0.23,地表水产流系数0.1;潜水蒸发系数根据岩性与埋深取值0.07,植物蒸腾系数1.1;可开采系数综合考虑生态保护与开发利用现状,取值0.6。

### 3.3 地下水资源量计算

#### 3.3.1 补给量计算

侧向径流补给量:采用断面法计算,划分南、西、北三个补给断面。南侧断面长11000m,含水层厚度40m,渗透系数0.12m/d,侧向径流量42.24万m<sup>3</sup>/a;西侧断面长5000m,含水层厚度70m,渗透系数1.6m/d,侧向径流量238万m<sup>3</sup>/a;北侧断面长12000m,含水层厚度50m,渗透系数0.6m/d,侧向径流量276.48万m<sup>3</sup>/a。总侧向径流补给量556.72万m<sup>3</sup>/a。

暴雨洪流入渗补给量:库木苏洼地北部面积150km<sup>2</sup>,降雨量20mm,入渗量6.9万m<sup>3</sup>/a;南部面积180km<sup>2</sup>,降雨量30mm,入渗量12.42万m<sup>3</sup>/a。总暴雨洪流入渗补给量19.32万m<sup>3</sup>/a。

总补给量:556.72+19.32=576.04万m<sup>3</sup>/a。

#### 3.3.2 排泄量计算

蒸发蒸腾量:库木苏洼地地下水埋深5m区域面积16km<sup>2</sup>,E601蒸发量2273mm,蒸发蒸腾量280.03万m<sup>3</sup>/a。

侧向排泄量:东北部流出断面长7000m,含水层厚度100m,渗透系数0.3m/d,侧向径流量294万m<sup>3</sup>/a。

总排泄量:280.03+294=574.03万m<sup>3</sup>/a。

#### 3.3.3 均衡结果

勘查区地下水补给量576.04万m<sup>3</sup>/a,排泄量574.03万m<sup>3</sup>/a,正均衡2.01万m<sup>3</sup>/a,地下水资源量基本处于均衡状态。可开采资源量=地下水资源量×可开采系数=576.04×0.6=345.6万m<sup>3</sup>/a。

## 4 富水地段划分与供水方案

### 4.1 富水地段划分

#### 4.1.1 划分原则

富水地段圈定遵循以下原则:①具有良好储水空间及储水构造;②补给来源稳定;③富水性相对较好;④经济合理、技术可行、取水便利。

#### 4.1.2 富水地段特征

圈定库木苏洼地富水地段,位于国防公路以北库木苏洼地内,西部以库木苏以西平缓洼地为界,东西长约14km、南北宽约3km,面积38km<sup>2</sup>。该地段发育基底拗陷储水构造,赋存第四系松散岩类孔隙潜水与新近系碎屑岩类孔隙裂隙承压水,补给含北部山区侧向径流、暴雨洪流入渗,富水性中等-强,可开采资源量345.6万m<sup>3</sup>/a,满足园区近期供水需求。

## 5 地下水开发利用保护与可持续发展

### 5.1 水资源保护措施

1. 完善污水收集处置:建设全覆盖污水管网,确保园区生活污水、企业预处理废水全纳入污水处理厂,严禁乱排;配套事故应急池,防范污水处理厂故障导致的废水外排风险。

2. 强化厂区防渗阻污:工业厂区实施地基防水与结构防渗工程,针对易受水湿、腐蚀液污染地面采取专项防护,从源头防控污染物下渗。

3. 推广节水灌溉技术:农业区域全面采用滴灌技术,实行定额灌溉管理,降低农业用水消耗与回归水入渗量,保护地下水环境<sup>[6]</sup>。

### 5.2 可持续开发利用策略

充分利用含水层调蓄功能:上部第四系地下水更新速度快,可通过雨季储水、旱季取水实现"以丰补欠",提高水资源利用效率。

加强矿区排水回收利用:园区产业依托煤炭资源开发,矿区矿坑排水应加强回收处理,用于工业生产及生态建设,减少新鲜水资源消耗。

严格水资源管理:实行业务许可制度,建立统一的地下水动态监测系统,实时监控水位、水质变化;按行业用水定额分配水量,推广节水工艺与设备,提高水资源重复利用率<sup>[7]</sup>。

强化生态保护:保障生态用水,合理开发微咸水用于植树造林与植被恢复,防止过量开采地下水引发土地荒漠化、植被退化等生态问题。

## 6 结论

勘查区地层以新生界第四系、新近系为主,古生界石炭系、二叠系及中生界侏罗系分布有限;整体呈宽缓向斜构造,汉水泉-老爷庙断裂与基底拗陷对地下水赋存控制显著。

地下水含基岩裂隙水、新近系碎屑岩类孔隙-裂隙承压水、松散岩类孔隙潜水三类。全区地下水资源量 576.04 万  $\text{m}^3/\text{a}$ ，可开采量 345.6 万  $\text{m}^3/\text{a}$ ，补排基本均衡；水质以 V 类为主，总硬度、溶解性总固体为主要超标因子，需处理后使用。

### 参考文献

- [1] 董新光, 邓铭江. 新疆地下水资源调查与评价[M]. 乌鲁木齐: 新疆科学技术出版社, 2005.
- [2] 新疆地矿局第二水文工程地质大队. 新疆东疆地区煤炭基地地下水勘查巴里坤~伊吾盆地地下水勘查报告[R]. 2013.
- [3] 巴里坤三塘湖工业园区管理委员会. 巴里坤三塘湖工业园区总体规划(2020-2035)[R]. 2020.
- [4] 王文科, 杨泽元, 段磊. 干旱区地下水系统演化与可持续利用[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [5] 张光辉, 聂振龙, 申建梅. 中国北方干旱半干旱区地下水可持续利用研究[J]. 地质学报, 2018, 92(12): 2521-2533.
- [6] 新疆煤田地质局一六一煤田地质勘探队. 新疆东疆地区三塘湖煤田三塘湖煤炭资源预查报告[R]. 2010.
- [7] 新疆地矿局第一水文地质工程地质大队. 新疆东部三塘湖~下马崖地区区域水文地质普查报告(1: 50万)[R]. 1981.