

贵州省挂丁幅区域地下水现状与开发利用研究

杨丽君, 赵叶江

贵州有色地质工程勘察公司, 贵州 贵阳

收稿日期: 2022年8月10日; 录用日期: 2022年10月21日; 发布日期: 2022年10月28日

摘要

本文以贵州省挂丁幅区域为研究对象, 对区内地下水现状与开发利用进行调查, 在现有的资料基础上, 开展大量野外核查工作和对空白区补充调查工作, 分析地下水水位、水量及水质变化情况、趋势, 调查地下水开发利用现状、方式, 并提出开发利用建议。研究表明: 区域的地下水水位整体呈下降趋势, 地下水质量整体良好, 参评的41组地下水样品中, IV类水有3组, 其中IV类水超标因子为Al、Pb、Hg。研究区生活用水以地下水开发为主, 地下水机井资源开发利用较少, 开发潜力较大。本研究进一步提高区内地下水研究程度, 实现新一轮地下水基础资料的更新, 服务于社会经济可持续发展, 可作为区内国土资源开发与整治规划、城镇与重大工程规划布局、环境保护与生态建设等的参考依据。

关键词

地下水利用, 地下水水位, 地下水开发, 评价结果

Study on the Present Status and Development and Utilization of Groundwater in the Guading Area of Guizhou Province

Lijun Yang, Yejiang Zhao

Guizhou Nonferrous Geological Engineering Reconnaissance Company, Guiyang Guizhou

Received: Aug. 10th, 2022; accepted: Oct. 21st, 2022; published: Oct. 28th, 2022

Abstract

In this study, the present situation, development and utilization of groundwater in Guading region of Guizhou Province were investigated. Based upon the current data, plenty of field verification and supplementary work were carried out for the blank area, and the change and trend of groundwater level,
作者简介: 杨丽君, 湖北当阳人, 出生于 1983 年 1 月, 硕士研究生, 水工环高级工程师, 长期从事水工环地质工作。Email: 44864556@qq.com

water quantity and water quality were analyzed. In addition, the current situation of groundwater development and utilization, and future development and utilization suggestions were provided. The results show that the groundwater level in the region is decreasing as a whole, and the groundwater quality is generally good. Among the 41 groundwater samples, there are 3 samples of class IV water, of which the exceeding standard factors are Al, Pb and Hg. In the study areas, the water for living is mainly provided by groundwater, the development and utilization of groundwater resources are less, indicating the development potential is greater. This study further improves groundwater research in the region, updates basic data of groundwater, serves the sustainable development of social economy, and can be used as a reference for the development and regulation planning of land resources, the planning and layout of towns and major projects, environmental protection and ecological construction in the region.

Keywords

Groundwater Utilization, Groundwater Level, Groundwater Utilization, Evaluation Results

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. 前言

工程地质勘察工作近年来持续发展,随着我国工程建设行业的发展,取得了众多骄人的成绩。水文地质勘察是对研究区域的水文地质基本情况进行实地调查和研究工作,以期认识地下水的内部结构和运动规律,进一步了解该区域相关物质的情况,包括微生物、矿物质以及其他元素等[1][2]。地下水作为水利工程或其他工程建设开展之前必须进行的研究重点,需要引起高度关注与重视,地下是影响工程运行和建筑稳定服役的关键因素,需要通过全面详细的勘察来避免地下水问题给建筑工程造成的安全隐患。

在对水文地质条件进行勘察时,相关工作人员必须结合勘察区域的实际状况,在确实保障全方位水文地质勘察资料收集工作的前提下,准确做好对地下水状况的评估工作,对于地下水位不稳定等问题需要采取积极有效的措施,确保地下水勘察工作数据的准确性,从而为工程活动的开展提供技术背景支持。在具体的水文地质勘察过程中,可能存在许多难点问题,比如工作人员不重视对水文地质勘察工作的数据收集和整理,缺乏完善的水文地质勘察评价,造成历史勘察数据缺失,无法用于有序推进水文地质勘察工作[3]。

此外,还可能由于地下水位变化频繁,未能保持统一高度,导致地下水位出现降低或升高的现象,这往往会对岩土层质量造成严重威胁,极大损害人民群众和施工单位的经济效益。同时,一些设计人员在设计勘察方案时往往会忽视对勘察工作的明确规定,导致工作人员由于不明白自身工作内容和职责而耽误勘察任务的顺利进行,进而影响整体工程项目的进展流程,阻碍水文地质勘察作业进度[4]。

贵州省位于我国西南地区,该省山区地表水严重匮乏,地下水自古以来就是贵州居民生活用水及灌溉用水的主要来源,由于地下水水质较好,成为岩溶山区的重要供水水源[5]。近代贵州的地下水开发利用主要以开采地下河、岩溶泉为主。开采方式以引水、提水为主,截水和勘探井为辅。21世纪后,贵州在岩溶地下水开发研究中投入了较大的人力物力,取得了丰硕的成果,在“十一五”及“十二五”期间,改善了一千多万农村人口饮水安全问题[6]。根据2015年的资料,全省地下水开发总量占可开采总量的21.9% [7],对于地下水资源的开发,仍然有极大的潜力,如何有效地开发地下水资源,成为目前的研究热点。

本文研究目的主要对贵州省挂丁幅区域的地下水状况与开发利用进行调查,该区域的地下水资料多为2000年前资料,而且调查点位不足,超过5 km²空白区较多,无法对于该区域地下水现状有全盘的了解、对地下水

的有效利用做全面的规划。有鉴于此，本文在现有资料基础上，对研究区开展大量野外核查工作和对空白区补充调查工作，分析地下水水位、水量及水质变化情况、趋势，并调查地下水开发利用现状、方式，并提出开发利用建议。本研究进一步提高区内地下水研究程度，实现新一轮地下水基础资料的更新，服务于社会经济可持续发展，为区内国土资源开发与整治规划、城镇与重大工程规划布局、环境保护与生态建设、地下水资源的勘查、开发与保护及管理提供基础水文地质技术依据。

2. 研究区域

2.1. 位置

本研究区域——挂丁幅位于贵州省东部(见图 1)，图幅编号为 G49E009001，经度范围为 108°00'~108°15'，纬度范围为 26°30'~26°40'，面积为 460.84 km²。行政区划隶属于黔东南州的凯里市、三棵树镇、台江县和雷山县所管辖。图幅区共涉及 7 个乡镇，包括凯里市旁海镇、洗马河办事处、开怀办事处、三棵树镇；台江县台盘乡、排羊乡；雷山县西江镇。区内有 G60 沪昆高速横穿东西向，贯穿凯里、三棵树镇及排羊乡，G320 国道连接凯里至台盘乡，凯雷高速连接凯里、三棵树镇及雷山县，沪昆高铁经过该图幅区，从凯里南至北东向台盘乡经过，区内各行政村、主要村寨均有简易公路相通，交通较为便利。

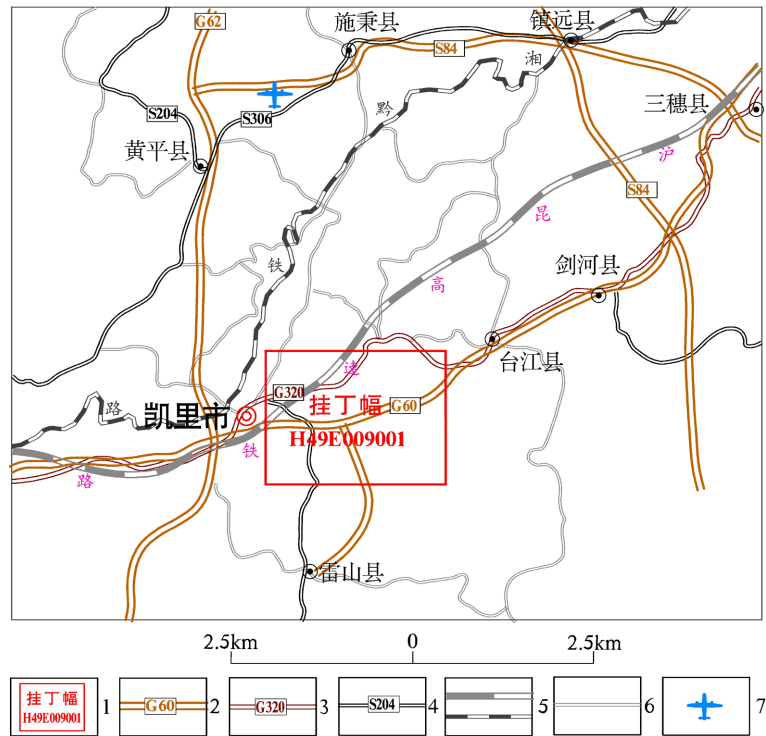


Figure 1. Map of administration division and traffic location of Guading areas in Guizhou Province

图 1. 贵州省挂丁幅行政区划及交通位置图

2.2. 自然地理概况

2.2.1. 水文

研究区域属于长江流域洞庭湖水系沅江浦市镇以上，四级流域属清水江施洞以上及施洞至锦屏流域，清水江施洞以上流域内发育有翁色河、洗马河，自东向西径流，汇入清水江；施洞至锦屏流域内主要河流为巴拉河，

由南向北径流,其余乌猛河、朗利河、格冲河等均为巴拉河支流,东部台江县排羊乡发育翁你河,自南向北径流,巴拉河与翁你河汇合于台江县老屯乡,最终汇入清水江。区内的主要水库有小堡水库、地伍水库、脚里水库、马脚冲水库、康巴水库,均为小型水库。

2.2.2. 地形

研究区域地处云贵高原东部,贵州高原向湘西丘陵过渡的斜坡地带,区内地势为北西低、南东高。境内海拔高度多在 800~1200 m 之间,最高点位于雷公山自然保护区,海拔为 1896 m,最低点位于空寨村滥坝组附近的巴拉河面,高程 620 m,相对高差 50~1276 m。

2.2.3. 地下水系统

研究区域属于长江流域洞庭湖水系沅江浦市镇以上,四级流域属清水江施洞以上(F070210)及施洞至锦屏(F070220)流域,共划分出 4 个五级流域,分别为 F070210-4、F070210-6、F070220-3、F070220-4。在五级流域划分的基础上,按地下水系统相对独立且完整的补给、径流、排泄条件,边界条件清楚、水力联系密切的原则进行地下水系统的划分,以施洞口断层为界,东侧为变质岩区,不对其进行系统划分,将西侧划分为 6 个地下水系统。其地下水系统边界主要根据地质构造、地层岩性、地形地貌、地表分水岭、地下分水岭来确定,当地貌边界与地质边界冲突情况下,采用地质边界作为地下水系统的系统边界,具体划分见图 2。根据区内地下水赋存的岩性、含水介质类型及其组合,将地下水类型划分为三大类型:碳酸盐岩岩溶水、基岩裂隙水和松散岩类孔隙水,其中,基岩裂隙水又分为碎屑岩含水岩组和变质岩含水岩组。区内岩溶含水介质分为裂隙-溶洞和溶孔-溶隙两类。

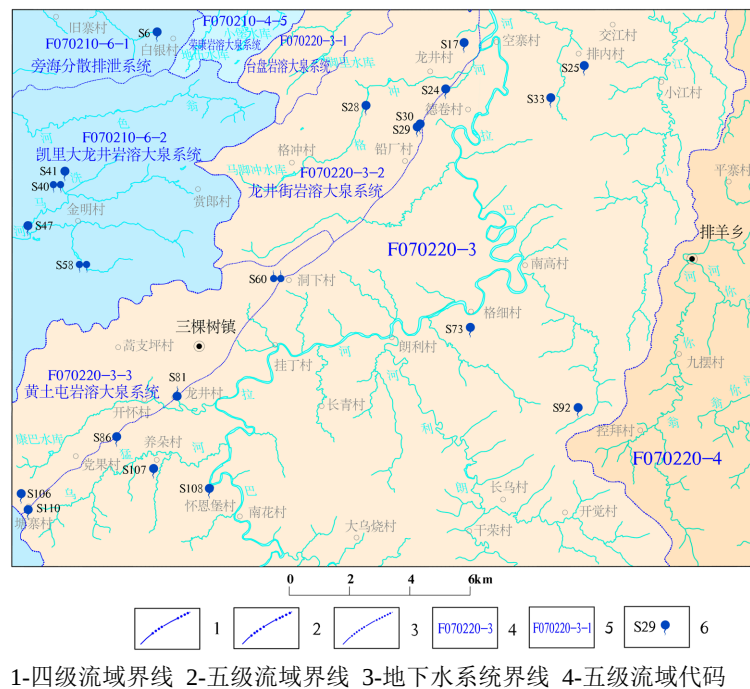


Figure 2. Map of groundwater system division in Guading area

图 2. 挂丁幅地下水系统划分图

3. 研究方法

本研究的研究方法以收集、分析历史资料、野外查核及补充调查。在历史资料上,本研究收集、分析了:

1) 1982 年由贵州省地质矿产勘查开发局 111 地质大队完成的“剑河幅 1:20 万区域水文地质普查”，该报告按 20 万精度划分了主要含水岩组，岩溶水的补给、径流、排泄特征，评价了各岩组的富水性，并采样进行水化学全分析，划分了地下水类型并对水质进行了评价。

2) 1985~1991 年由贵州省地质矿产勘查开发局 111 地质大队完成了贵州省凯里市城市供水水文地质初勘，为本次研究提供天然泉点 101 处，钻孔 9 处。

3) 2011~2015 年由贵州省地质矿产勘查开发局 101 地质大队在区内开展了地下水机井工程，施工机井工程 14 口，并完成了相应的地球物理勘探、水文地质试验、地下水水质检测。

4) 2012 年由贵州省地质矿产勘查开发局完成的包括挂丁幅在内的“贵州省岩溶泉及地下河枯季测流”，该项工作是在贵州省经历了 2009~2011 年连续 3 年干旱的背景下，于 2012 年 4 月完成了全省流量大于 5 l/s 的岩溶泉、地下河出口的测流工作。

上述历史资料提供了不同时期调查天然水点 110 个、水文地质钻孔 27 个、地热井 1 个，岩溶特征点 1 个、地下水样品测试资料 35 份，但由于收集天然水点大多调查时间久远且研究区域内超过 5 km²空白区较多，因此需要进行大量的野外核查工作和对空白区补充调查工作。

由于研究区域收集资料大多为 2000 年前资料，本研究核查点共计 71 个，新增点 180 个，其中新增水点 69 个、机井点 5 个、地质环境点 10 处、溪沟测流点 58 个、水源地 4 处、地貌点 15 处。

通过资料收集整理、野外核查、补充调查工作，本研究中共有各类控制点 240 个，其中包括天然泉点 119 个、机井 29 个、地热井 1 个、岩溶点 1 个、地表水溪沟测流点 58 个、地质地貌点 15 个、地质环境点 10 个、水源地 4 个、水库 3 座，控制点密度 0.52 个/km²。另外地下水水样 54 组(本研究新采集 19 组)，并且无连续 5 km²的空白区，全部调查结果的可信度及精度皆满足要求。

4. 研究结果

4.1. 地下水变化情况及趋势分析

4.1.1. 地下水水量变化

研究区域有沪昆高铁经过该区碳酸盐岩分布区，途径上寨、红丰村、樱桃寨等地，高铁两侧的泉点水量变化较大，本次调查中，高铁两侧 7 个天然泉点全部干涸。根据贵州省地质矿产勘查开发局 111 地质队 1991 年的《贵州省凯里市城市供水水文地质初勘报告》，对龙井街 S29 号、黄土屯 S81 号泉点(见图 2)流量开展了为期 2 年(1988.01.03~1989.12.28)的长观监测，其中 S29 号泉最大流量为 86 L/s，最小流量为 54 L/s，两者比值为 1.6；S81 号泉最大流量为 358 L/s，最小流量为 179 L/s，两者比值为 2.1，最高月平均流量与最低月平均流量比值均为 1.5 左右，最低流量在 5 月，最高流量在 10 月或 11 月，流量过程线峰谷明显，呈近似的马鞍形，动态变化较稳定。

根据收集的资料及本次核查的情况，对研究区域内部分地下水天然泉点进行了不同年份流量的对比，主要有 1982 年 1:20 万区域水文地质普查、贵州省凯里市城市供水水文地质初勘 1985 年及 1987 年的泉点测流、2012 年的挂丁幅岩溶大泉枯季测流、以及 2018 年本项目开展调查核查，数据显示区内地下水流量整体上呈逐渐减小的趋势(见表 1)。

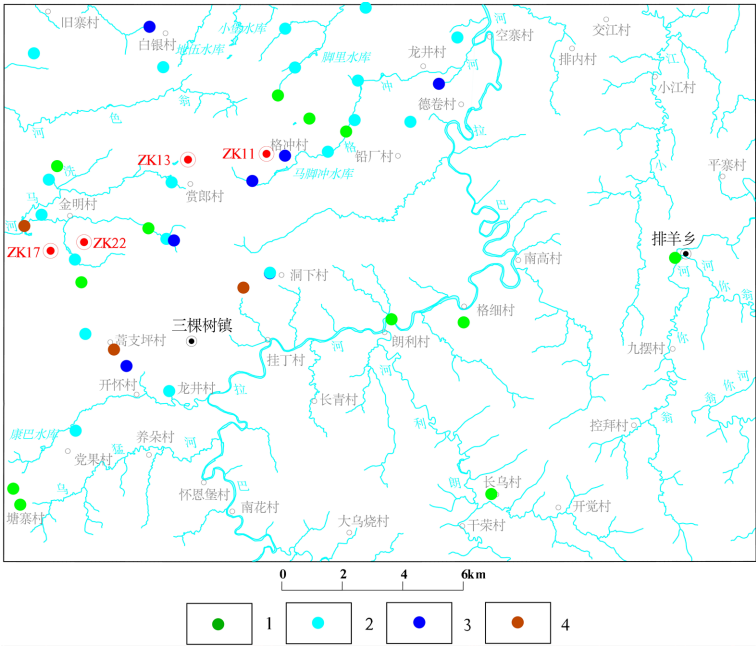
Table 1. Comparisons of discharge at typical groundwater points for different periods
表 1. 典型地下水水点不同时期流量对比统计表

图 2 编号	不同时期流量(L/s)				
	20 万水文地质普查	1985 年城市供水初勘	1987 年城市供水初勘	2012 年枯季测流	2018 年枯季调查
S6	72.00			14.196	28.40

Continued					
S17		70	61.438		35
S23		12.86			2.5
S24		11.24			16
S29	626.40	46.90	29.017	10.771	20.50
S30	60.93	18.66	17.68	0	14.350
S60	29.340	153.60	3.41		7.470
S81	178.00	351	155.793	226.01	28.370
S86		19.20			1.519

4.1.2. 地下水水位变化

根据研究区域的 4 个地下水水位长期观测点自 2001 年至 2017 年水位动态变化图(图 3 及图 4)，ZK17 地下水水位动态变化较为稳定，ZK22 地下水水位动态变化较大，ZK11 和 ZK13 地下水水位整体上呈下降趋势，结合岩溶泉流量的变化，研究区域的地下水水位整体呈下降趋势。



1-地下水质量 I 类；2-II 类；3-III 类；4-IV 类
Figure 3. Map of groundwater quality status in Guading area
图 3. 挂丁幅地下水水质现状图

4.1.3. 地下水水质变化

研究区内天然水点的水质变化情况以 1989 年《凯里市城市地下水供水初勘》项目与本次核查(2018 年 3 月)在同一水文地质单元内相同的天然水点水质资料进行对比分析(表 2)，其主要阴阳离子含量总体变化较小，水化学类型无变化，研究区内地下水水质较为稳定。

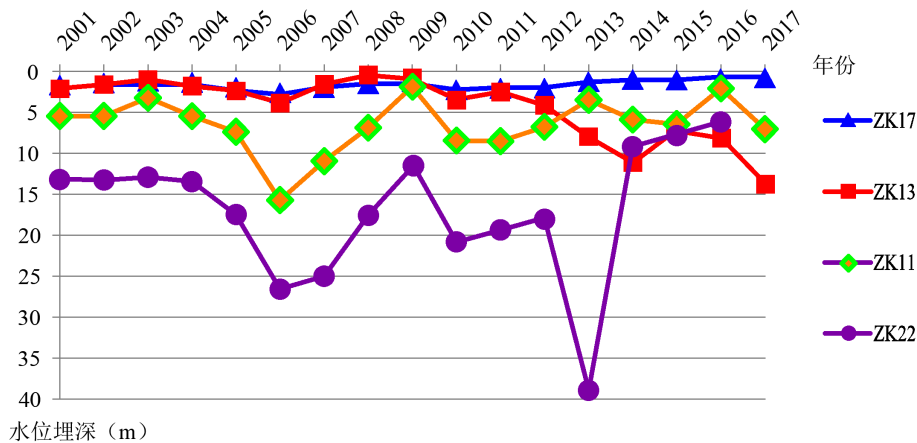


Figure 4. Dynamic change of groundwater level for four selected points in Guading area
图 4. 挂丁幅四个选择点地下水水位动态变化图

Table 2. Comparisons of water quality at natural groundwater points for different periods
表 2. 天然水点水质变化分析对比表

序号	图 2 编号	分析时间	对比因子(单位 mg/L)									水化学类型
			PH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
1	S29	1989	7.60	44.50	26.40	0.50	1.04	1.78	10.00	251.01	1.00	HCO ₃ -Ca·Mg
		2018	7.43	46.26	27.01	0.56	0.28	2.65	9.17	247.58	5.87	HCO ₃ -Ca·Mg
2	S81	1989	7.58	56.00	32.46	0.50	1.18	0.90	5.00	325.70	2.00	HCO ₃ -Ca·Mg
		2018	7.29	63.98	37.23	0.24	1.08	3.54	9.17	340.05	8.80	HCO ₃ -Ca·Mg

4.2. 地下水质量评价

为评价研究区的地下水质量情况,本次收集 1989 年凯里市城市地下水供水初勘项目中的钻孔水质资料 8 份, 2007 年~2017 年钻孔水质资料 17 份, 本次核查共采集地下水水样 19 组, 其中 3 个钻孔水质资料重复, 采用最新的水质资料。通过整理, 选择 41 组测试数据进行评价。评价方法采用《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017) 中提供的方法, 即将地下水质量分为五级, 按地下水质量单指标评价方法进行评价。

根据以上评价标准和评价方法, 利用历史水质得到地下水质量综合评价结果: 即参评的 41 组地下水样品中, I 类水有 12 组, 占 29.27%; II 类水有 19 组, 占 46.34%; III 类水有 7 组, 占 17.07%; IV 类水有 3 组, 占 7.32%, IV 类水影响因子为浑浊度、Al、Pb、Hg, 如图 3 所示。

4.3. 地下水开发利用

4.3.1. 开发利用现状

研究区域内地下水开发利用量统计主要依据区内出露的泉点、地下河及机井的开发利用量为基础, 以五级地下水流域为单元, 按照人口、牲畜饮用水及农田灌溉用水定额来计算水点的利用量, 统计出区内每个五级流域的开发利用量, 并得出区内地下水的开发利用总量。区内地下水主要用于农村、乡镇、县城生活饮用及农田灌溉, 地下水的开发利用量主要为本次野外调查访问来取得开发利用资料, 并参考用水定额《贵州省行业用水定额 DB52/T725-2011》进行统计。

经统计计算, 目前区内已开发的天然水点为 32 个、地下水开采井为 9 个, 地下水开发利用量为 3231.9 m³/d, 表 3 为研究区域的地下水开发利用现状统计表。

Table 3. Comparisons of groundwater development and utilization status in Guading area
表 3. 挂丁幅地下水开发利用现状统计表

五级流域编号	地下水开发量(m ³ /d)	集中供水		分散供水		机井供水	
		水源点(个)	开采量(m ³ /d)	泉点(个)	开采量(m ³ /d)	机井(个)	开采量(m ³ /d)
F070210-4	24	0	0	1	24	0	0
F070210-6	655.6	2	156	6	207.6	3	292
F070220-3	2512.3	6	1237.6	16	467.1	6	807.6
F070220-4	40	0	0	1	40	0	0
总计	3231.9	8	1393.6	24	738.7	9	1099.6

研究区域的地下水开发情况，可分为：

- 1) 集中供水：研究区域中集中供水点共有 8 处，均为岩溶天然泉点供水，可供水量为 12,496.9 m³/d，供水现状为 1393.6 m³/d。
- 2) 机井供水水源：从 2007 年起连续实施了地下水资源勘查、抗旱打井、找水打井等项目。截止 2018 年，区内 18 口机井的水利配套设施已建成，其中 9 口机井正在利用，利用量 1099.6 m³/d。
- 3) 分散供水水源：部分位置较高的村寨受水文地质条件限制，地下水集中开采难度较大；碎屑岩区村寨，地表水、地下水均较贫乏；部分村寨分布较为分散，集中供水成本高、难度大，这些地区均以分散型的小流量水点供水为主，根据对区内已完成泵房、蓄水池等基本的供水工程建设的野外核查调查情况，分散水源出露流量共 8179.2 m³/d，现阶段开采量 738.7 m³/d，开发利用率较低。

4.3.2. 开发利用建议

研究区内共划分四个五级流域(图 2)，总体各流域内地下水开发利用程度较小，开发潜力较大。根据现场调查结果，对各流域内地下水开发利用情况和供水建议阐述如下：

- 1) F070210-4 流域：流域内为康荣岩溶系统(F070210-4-5)的补给区，区内地形起伏不大，村寨稀少、分布分散，泉点稀少，大部分为表层岩溶泉。区内分布两个小型水库：地伍水库和小堡水库，可对水库进行修整完善，作为该区村民的水源地，枯水季节，建议在区内实施小山塘、小水池、小水窖“三小”工程，以保障村民生活需求。
- 2) F070210-6 流域：流域内有旁海分散排泄系统(F070210-6-1)和凯里大龙井岩溶大泉系统(F070210-6-2)。旁海分散排泄系统地形起伏较大，区内泉点大部分为表层岩溶泉，仅 S6 已开发利用，供旧寨村和中甲村生活用水，但要加强该水源地的保护；其他区域分布有多处小型泉点，但其开发利用程度较小，现可以满足人畜供水需求，建议加强小流量泉点的综合开发，另外翁色河附近的村寨可优先考虑河水作为生活用水水源。凯里大龙井岩溶大泉系统在区内为补给区和径流区，分布泉点流量均小于 3 L/s，格冲隧道的南西侧出口泉流量较大，但未开发利用，建议将该泉水修建为集中供水水源地；区内分布 9 个机井，但开发利用程度低，建议提高机井的利用率。
- 3) F070220-3 流域：流域内有台盘岩溶大泉系统(F070220-3-1)、龙井街岩溶大泉系统(F070220-3-2)和黄土屯岩溶大泉系统(F070220-3-3)。区内在屯秋、龙塘、龙井街、开怀龙井分布有四个大泉，虽然已开发利用，但利用率低，建议完善水源地的修建工程，提高利用率；格冲隧道北东出口泉流量较大，但未开发利用，建议将该泉水修建为集中供水水源地；泉流量小，地形起伏大的地区，建议完善机井的配套设施，提高机井的利用率。

5. 结论

本研究对贵州省挂丁幅区域地下水现状与开发利用进行研究，得出以下结论：

- 1) 沪昆高铁两侧 7 处泉点干涸，地下水水位呈下降趋势。根据研究区域的 4 个地下水水位长期观测点自 2001

年至 2017 年水位动态变化图, 结合岩溶泉流量的变化, 结果表明研究区域的地下水水位整体呈下降趋势。

2) 研究区域地下水质量整体良好, 参评的 41 组地下水样品中, I 类水有 12 组, II 类水有 19 组, III 类水有 7 组, IV 类水有 3 组, 其中 IV 类水影响因子为 Al、Pb、Hg。

3) 研究区地下水开发利用总量为 3231.9 m³/d, 区内生活用水以地下水开发为主, 地下水机井资源开发利用较少, 开发潜力较大。

参考文献

- [1] 杨婷. 水文地质勘察中地下水的问题及应对措施[J]. 科技资讯, 2021, 19(35): 46-48.
YANG Ting. Groundwater problems and countermeasures in hydrogeological survey. Science and Technology Information, 2021, 19(35): 46-48. (in Chinese)
- [2] 陈亮. 地下水在工程地质勘察中的重要性分析[J]. 绿色环保建材, 2021(5): 153-154.
CHEN Liang. Analysis of importance of groundwater in engineering geological prospecting. Green Building Materials, 2021(5): 153-154. (in Chinese)
- [3] 冯祯辉, 郭万鹏, 曹风旭. 论地下水的作用及其勘察[J]. 工程建设与设计, 2020(20): 33-34.
FENG Zhenhui, GUO Wanpeng and CAO Fengxu. On the function of groundwater and its investigation. Engineering Construction and Design, 2020(20): 33-34. (in Chinese)
- [4] 王超. 地下水环境影响评价中水文地质勘察工作的内容和方法[J]. 工程技术研究, 2020, 5(10): 261-262.
WANG Chao. Contents and methods of hydrogeological investigation in groundwater environmental impact assessment. Engineering and Technological Research, 2020, 5(10): 261-262. (in Chinese)
- [5] 陈犇. 贵州省岩溶山区区域地下水资源量计算分区探讨[J]. 地下水, 2022, 43(3): 35-40.
CHEN Ben. Discussion on calculation zones of groundwater resources in Karst mountainous areas of Guizhou Province. Ground Water, 2022, 44(3): 35-40. (in Chinese)
- [6] 杨光照, 张学东. 贵州岩溶山区地下水的开发利用探讨[J]. 山西建筑, 2017, 43(21): 64-66.
YANG Guangzhao, ZHANG Xuedong. On development and utility of underground water in Karst mountainous areas in Guizhou. Shanxi Architecture, 2017, 43(21): 64-66. (in Chinese)
- [7] 王明章. 贵州省岩溶区地下水与地质环境[M]. 北京: 地质出版社, 2015.
WANG Mingzhang. Groundwater and geological environment in Karst area of Guizhou Province. Beijing: Geology Press, 2015. (in Chinese)