

# 云南蒙自断陷盆地岩溶地下水流向研究

胡伟, 吕玉香, 郭传道

(重庆市地质矿产勘查开发局 208 水文地质工程地质队(重庆市地质灾害防治工程勘查设计院), 重庆 400700)

**摘要:**岩溶地区地下水径流特征复杂。以云南蒙自断陷盆地为例,通过开展水文地质调查、示踪试验、综合研究等,揭示了不同水文地质单元岩溶地下水径流方向:蒙自盆地内东山—蒙自(-1)、大屯(-2),蒙自盆地东南黑龙潭(-3)单元内岩溶地下水整体由南东流向北西;新安所(-4)单元内由南向北;蒙自盆地南部 8 号暗河(-1)、9 号暗河(-2)两个水文地质单元内岩溶地下水由北流向南,对研究西南典型岩溶区地下水径流特征、合理评价和开发地下水资源具有重要的理论意义和实际应用价值。

**关键词:**蒙自断陷盆地;岩溶水;径流方向

中图分类号:P641

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2017)04-0035-05

西南岩溶山区连绵不绝的群山之间,镶嵌着许多周围石山环绕、中间为新生界沉积的盆状地形,这就是通常所说的断陷盆地。断陷盆地由于自然资源和环境条件优越,人口和耕地集中,多为当地政治、经济、科技和文化中心。但岩溶石山地区气候类型主要为亚热带季风气候,断陷盆地多分布于各级高原面或溶蚀台面上,其高程大大高于大江河水面,尤其特殊的地质环境条件所决定,水资源时空分布不均,每当旱季或遇到干旱年,农业用水紧缺,工业和生活用水严重不足,制约着当地经济的发展<sup>[1]</sup>。断陷盆地及其周边岩溶地下水分布广泛、资源量大、水质优良、富水性强,在很大程度上弥补了地表水资源的缺陷,历来是地下水资源勘查和开发利用的主要对象<sup>[2]</sup>。国内外学者对断陷盆地岩溶地下水开展过广泛研究,孙由政探讨了砚山平远街盆地岩溶地下水富集规律<sup>[3]</sup>,王宇研究了西南岩溶石山区断陷盆地岩溶水系统分类及供水意义<sup>[4]</sup>,彭淑惠等分析了昆明盆地土地利用对岩溶水质的影响<sup>[5]</sup>。目前,对地表水径流特征研究较为成熟和深入<sup>[6-7]</sup>,对地下水尤其是岩溶地下水径流特征研究甚少。本文依托中国地质调查局项目——云南重点岩溶区 1:5 万水文地质调查(蒙自幅、新安幅),以西南岩溶石山地区典型的断陷盆地——云南蒙自断陷盆地为例,针对岩溶地下水径流方向开展研究,对分析岩溶地下水径流特征、

确定岩溶水系统边界、合理评价和开发地下水资源具有重要的理论意义和实际应用价值。

## 1 研究区概况

断陷盆地在云南俗称为“坝子”,蒙自坝是云南省六大坝子之一、红河州乃至滇南最大坝子。蒙自断陷盆地是蒙自市主要的耕地分布区、人口聚居区、经济活动区,面积 544.2km<sup>2</sup>。蒙自市是红河哈尼族彝族自治州首府,是全州的政治、经济、文化、科技、交通中心,也是滇南中心城市核心区。

研究区位于一级流域南盘江流域与红河(元江)流域的分水岭地带,云南南洞地下河流域的中上游。蒙自盆地是由湖沼相沉积物形成的湖积平原,盆底为不规则圆形,海拔在 1 281~1 350m,相对高差在 10m 以内,地表平坦,盆地边缘地带高出中部 5~20m,盆地中部发育有长桥海和大屯海两个天然湖泊。盆底覆盖层厚度一般 100~300m,个别地区厚达 700~800m,盆地底部为碳酸盐岩地层。盆地周边山区一般海拔 1 300~1 700m,蒙自盆地东部西北勒山上海拔 1 700~2 239m,盆地南部山区海拔 1 700~2 505m,海拔最高点为盆地西南部的莲花山山峰,海拔 2 505m,最低点为蒙自盆地的长桥海,海拔 1 281m。

区内构造复杂,断裂发育,主干构造以北西向、南

收稿日期:2016-07-01

基金项目:中国地质调查局项目(12120114069101);重庆市国土房管局科技项目(KJ-2016015)

作者简介:胡伟(1984-),男,四川邛崃人,工学硕士,高级工程师,主要从事水文地质、工程地质、岩土工程等方面科研与实践工作。

E-mail:83317936@qq.com

北向为主。盆地东部边缘发育大庄—蒙自东山断层、黑龙潭断层,盆地底部发育老燕子—雨过铺断裂、灰土地—大郭西断裂、永宁—长冲断裂3条第三系以后发育的隐伏断裂,盆地东南部发育龙骨塘—吉米—南汗大断裂、大黄塘—补机白断裂、马家寨—寸桔母白断裂、水田断裂。

区内主要出露寒武系、泥盆系、二叠系、三叠系、下第三系、上第三系和第四系。盆地覆盖层主要为上第三系(N)和第四系(Q),分别厚357~864m和厚度2~291m。盆地底部主要为三叠系下统个旧组( $T_{2g}$ )碳酸盐岩地层,厚1107~2048m,为覆盖型岩溶区;盆地外围分别出露三叠系(T)、泥盆系(D)、寒武系( $\epsilon$ )碳酸盐岩及碎屑岩地层,为裸露型岩溶区(见图1)。

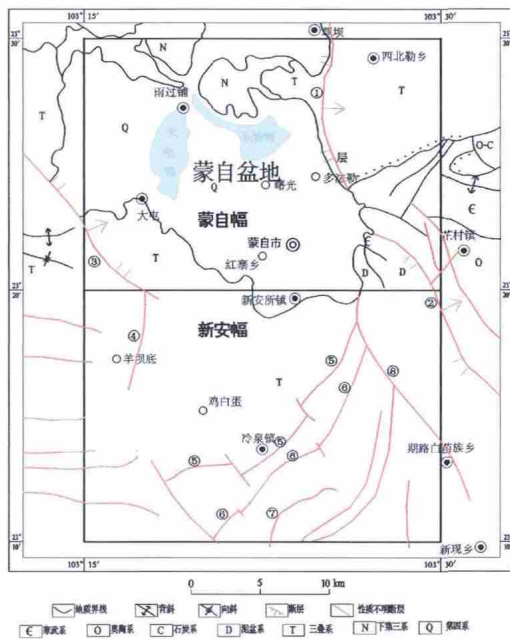


图1 工作区地质图

Fig.1 The geological conditions in the working area

根据含水层的性质、赋存地下水的空隙特征,将工作区内地下水划分为孔隙水、裂隙水和岩溶水三大类型(见图2)。其中:孔隙水是指赋存于第四系松散岩类和上第三系(N)孔隙中的地下水,主要分布在蒙自盆地内;裂隙水主要是指碎屑岩层间裂隙水,含水岩组为 $E$ 、 $T_2f$ 、 $P_2l$ 、 $D_1p$ 、 $\epsilon_{1c}$ 、 $T_3h$ 、 $T_{1x}$ 、 $\epsilon_{1c}$ ,呈条带状分布在蒙自盆地东部及东南部;岩溶水指赋存于碳酸盐岩洞穴或溶隙中的地下水,在工作区内以裸露型和覆盖型两种形式存在,其中裸露型分布在蒙自盆地东部、南部,覆盖型分布在蒙自盆地底部。

岩溶水又分为碳酸盐岩裂隙溶洞水、碳酸盐岩夹碎屑岩裂隙溶洞水、碎屑岩夹碳酸盐岩裂隙溶洞水三类,其中:碳酸盐岩裂隙溶洞水广泛分布在盆地东北部、西南部、南部地区,含水岩组由 $T_{2g}^1$ 、 $T_{2g}^2$ 、 $T_{2g}^3$ 、 $T_{1y}$ 、 $D_3$ 、 $D_2d$ 中的厚层—中厚层灰岩、白云岩组成,岩溶极为发育,地下水循环交替迅速,以大泉、暗河集中排泄为主。

碳酸盐岩夹碎屑岩裂隙溶洞水分布在盆地东部、东南部,含水岩组为 $\epsilon_3b$ 、 $\epsilon_3x$ 、 $\epsilon_2l$ 、 $\epsilon_2t$ 、 $\epsilon_2g$ ,岩性为灰色中—厚层状白云岩夹灰岩或灰岩夹白云岩、板岩、粉砂岩,泥质条带状灰岩夹板岩或页岩及粉砂质页岩。岩溶发育弱,泉水流量小。

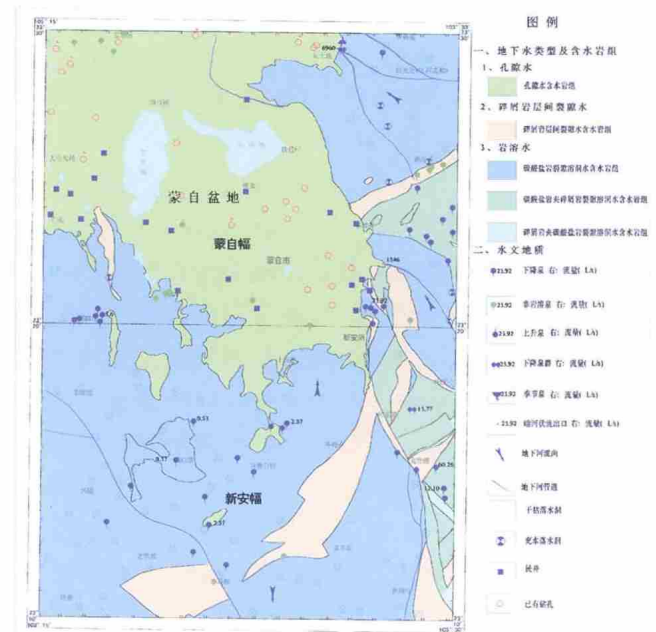


图2 工作区水文地质图

Fig.2 The hydrogeological conditions in the working area

碎屑岩夹碳酸盐岩裂隙溶洞水分布在盆地东南五里冲东部一带,含水岩组为夹 $\epsilon_{1d}$ 、 $\epsilon_{1m}$ ,主要岩性为页岩、泥岩夹泥质灰岩、瘤状灰岩等。岩溶发育弱,含水层厚度小。

## 2 研究方法与手段

本文采用的工作手段主要有水文地质调查、钻孔资料收集与分析、示踪试验。通过水文地质调查,确定了地下水系统补径排及边界特征;通过分析区内100余个水文地质钻孔资料,确定不同水文地质单元内的地下水水头,对分析区内地下水流向提供数据支撑;通过示踪试验验证了对不同水文地质单元地下水流向的推测。

3 地下水径流方向研究

3.1 水文地质单元划分

工作区分为南洞流域、南溪河流域、屏边诸河流域三个三级流域。南洞流域属于泸江流域,屏边诸河流域及南溪河流域属于元江流域,元江流域为元江—红河流域的子流域。根据流域内水文地质条件的差异性及地下水的补给、径流、排泄条件,将区内南洞流域( )划分成东山—蒙自( -1)、大屯盆地( -2)、黑龙潭( -3)、新安所( -4)四个水文地质单元;将屏边诸河流域( )划分成8号暗河( -1)、9号暗河( -2)两个水文地质单元(见表1)。

表1 工作区各水文地质单元划分

Table1 The division of hydrogeological units

一级	二级	三级	水文地质单元
南盘江	泸江流域 (AHA00006)	南洞流域( )	东山—蒙自( -1)
			大屯( -2)
			黑龙潭( -3)
			新安所( -4)
元江—红 河流域 (J)	元江 流域 (JA)	屏边诸河流域 ( )	8号暗河( -1)
			9号暗河( -2)
	南溪河流域 (AJA13001)	南溪河流域 ( )	

3.2 径流方向研究

工作区内由于存在有地表水和地下水分水岭的交叉叠置,使岩溶水的流向问题趋于复杂,依其不同的水文地质单元而各具特色。

在蒙自—东山( -1)这一水文地质单元内,东山一带广大岩溶水补给区,由于受构造地层条件和地形差异的影响,地下水由南东向北西运动(见图3),向盆地边缘汇集,雨季由盆地边缘一系列出水点排出,其余从深部流向南洞<sup>[8]</sup>,2014年,桂林理工大学在盆地东部石洞一带投放示踪剂,在盆地边缘灰土地暗河和大黑水洞暗河都接收成功,再一次证实了地下水流向由南东到北西<sup>[9]</sup>;雨季,大黑水洞和灰土地暗河水部分以地表径流的形式汇入盆地内长桥海,多余的长桥海水经永宁村落水洞进入深部岩溶水系统,最终在南洞暗河出口流出,这一结论也已通过示踪试验证实——2015年,中国地质科学院岩溶地质研究所在永宁洞投放荧光素钠示踪剂,47d后,在南洞暗河出口接收到示踪剂<sup>[10]</sup>。

在大屯( -2)这一水文地质单元内,岩溶水为承压水,北东侧及南侧有第三系泥灰岩沉积深槽阻水(见图4),2014~2015年,在蒙自盆地雨过铺大台子一带(大屯海东侧)钻探一口地热井,井深3000m,水温

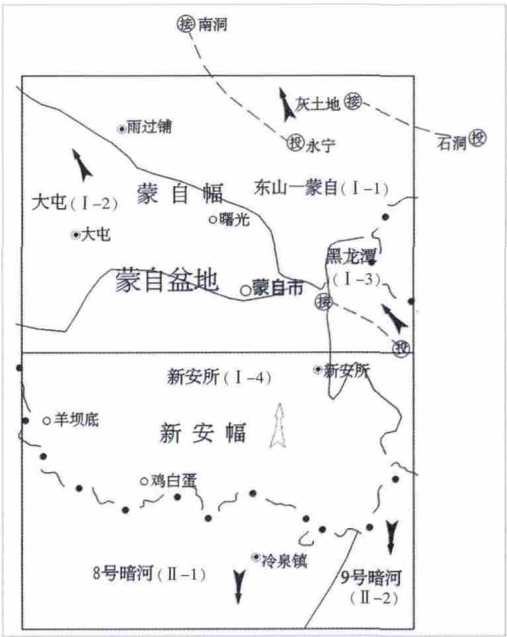


图3 工作区水文地质单元划分及其地下水流向

Fig.3 Division of hydrogeological units in the working area and the runoff direction

42℃,水量约800m<sup>3</sup>/d,证明了其深部岩溶发育,地下水资源丰富,补给充分,其北西部为盆地,推测其补给区是蒙自盆地南部或东部的裸露岩溶区,地下水流向为南东→北西(见图3),地下水能否越流进入南洞,目前尚无定论。

2014年11月,本项目在盆地东南侧下菲秃落水洞投放荧光素钠示踪剂,5.7h后,在黑龙潭暗河出口接收的示踪剂达到峰值,示踪试验证明(见图5),黑龙潭地下河系统( -3)岩溶地下水由南东流向北西

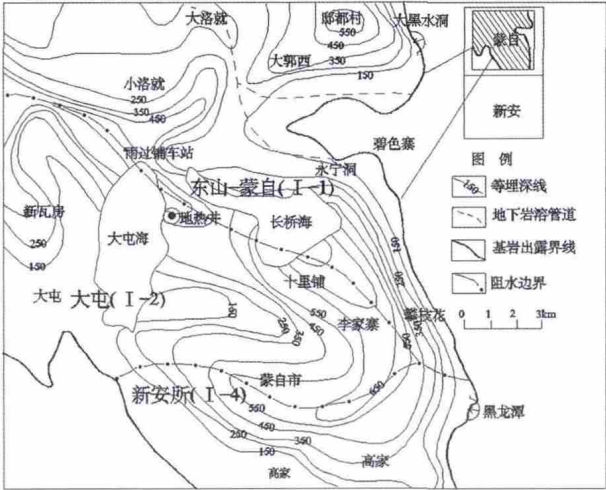


图4 蒙自盆地第三系底板埋深等值线图<sup>[6]</sup>

Fig.4 Tertiary slab depth contour map at the bottom of the Mengzi basin

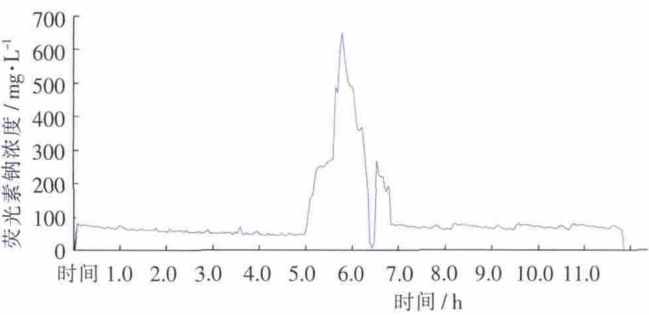


图5 下菲秃落水洞至黑龙潭暗河出口段示踪剂浓度历时变化曲线图  
Fig.5 The tracer concentration change of the Xiaofei sinkhole to the Heilongtan underground river outlet

(见图3),地下水主要在黑龙潭一带排泄。

在新安所(—4)这一水文地质单元内,由于蒙自县城附近地下有一宽缓阻水深槽(第三系泥灰岩)存在(见图4),使得该区地下水流向问题较为复杂,有研究认为地下水流向为由北向南<sup>[6]</sup>,南涧流域南部地表、地下水分水岭不一致,关于此点,争议颇多。本次研究认为该区地下水流向整体向北,局部地区因阻水深槽的存在,导致阻水带附近地下水流向南北两侧。原因如下:

(1)根据以往钻孔资料(见表2),阻水带内钻孔地下水位高程为1 215.2~1 279.88m,高于北部和南部部分钻孔水位,这是由于阻水深槽的存在,致使浅部岩溶水具备承压性质;根据五里冲水库25个水文地质钻孔的统计资料,其地下水位标高为1 317.99~1 482m<sup>[11]</sup>,远高于阻水带内水位标高,因此地下水流向不可能由北向南(见图6)。

(2)在阻水带内——蒙自盆地雨过铺大台子一带实施的地热井,井深3 000m,水量约800m<sup>3</sup>/d,证明了其深部地下水补给充分,其补给区是蒙自盆地南部或东部的裸露岩溶区,因此,阻水深槽并不能阻挡深部岩溶水。

在盆地南部地表分水岭以南(8号暗河、9号暗河)的地区,地下水主流方向为由北向南,最终汇入元江。

#### 4 结语

随着社会经济的发展,人类活动对地下水环境的影响越来越强烈,地下水径流特征愈加复杂多变,地下水的研究内容不应再仅限于水资源评价、水文地质

表2 蒙自盆地地下水分水岭两侧钻孔水位统计表  
Table2 The borehole water levels on the both sides of the groundwater ridge in the Mengzi basin

孔号	位置	孔深 / m	含水层	静止水位 / m	地下水位标高 / m	观测日期(年.月.日)	备注
208	大洛就	300	T <sub>2</sub> g <sup>2</sup>	163.34	1124.05	1991.5.25	北部
CK8	灰土地	231	T <sub>2</sub> g <sup>2</sup>	120.40	1173.60	1991.5.25	北部
J025	关圣庄	290.4	T <sub>2</sub> g <sup>1</sup>	170	1120	2014.8.11	北部
123	蒙自飞机场	181	T <sub>2</sub> g <sup>3</sup>	30.12	1279.88	1966.2.5	阻水带
109	楼房寨	90	T <sub>2</sub> g <sup>3</sup>	21.37	1298.45	1983.4.6	阻水带
494	新瓦房	202.1	T <sub>2</sub> g <sup>1</sup>	68.8	1215.2	1966.2	阻水带
J002	新安所	357.7	T <sub>2</sub> g <sup>3</sup>	202.86	1138.09	1980.4.22	南部
62	大红寨	250	T <sub>2</sub> g <sup>3</sup>	159.80	1149.17	1982.5.8	南部
ZK3	五里冲水库	150	T <sub>2</sub> g <sup>3</sup>	129.43	1320.57	1987.10	南部
ZK8	五里冲水库	130.05	T <sub>2</sub> g <sup>3</sup>	19.76	1419.44	1987.10	南部

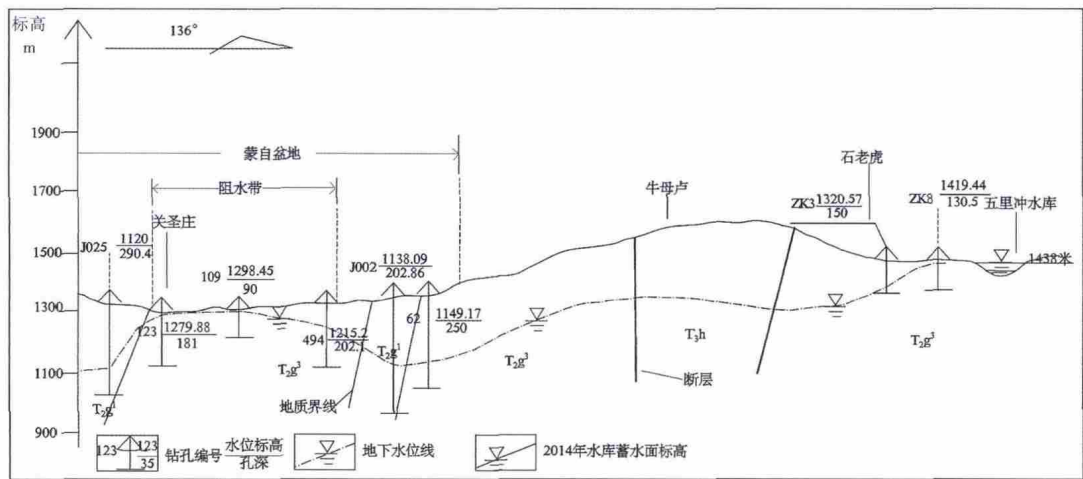


图6 蒙自盆地阻水带两侧地下水水位横剖面图  
Fig.6 The transverse sections of the groundwater levels on both sides of water-blocking tape in the Mengzi basin

参数、水系统特征、动态变化等,应逐步加强地下水径流特征的研究。本次研究揭示了蒙自盆地不同水文地质单元岩溶地下水径流方向:盆地内东山—蒙自(Ⅰ-1)、大屯(Ⅰ-2),盆地东南黑龙潭(Ⅰ-3)单元内岩溶地下水整体由南东流向北西;新安所(Ⅰ-4)单元内以往研究认为地下水流向由北向南,本研究认为由南向北;蒙自盆地南部8号暗河(Ⅱ-1)、9号暗河(Ⅱ-2)两个水文地质单元内岩溶地下水由北流向南。

蒙自盆地岩溶地下水复杂多变,深部浅部存在差异,应采用多种手段、开展综合研究方能查清岩溶地下水径流特征。

参考文献:

- [1] 王宇. 断陷盆地岩溶水赋存规律[M]. 昆明:云南科技出版社, 2003.9. (WANG Yu. The Occurrence Regularity of the Karstic Water in the Fault Basins[M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2003.9. (in Chinese))
- [2] 张果,许模. 南盘江上游草海断陷盆地岩溶水系统研究[J]. 地下水, 2011,3(1):25-27. (ZHANG Guo, XU Mo. Study on karst water system of Caohai fault basin in the upper Nanpan River [J]. Ground Water, 2011,3(1):25-27. (in Chinese))
- [3] 孙由政. 砚山平远街盆地电测深解译成果及岩溶地下水富集规律探讨[J]. 云南地质, 1986,5(1):59-69. (SUN Youzheng. The results on explanation of electrical sounding and the approach of the concentration law for karst ground water in Ping Yuan basin [J]. Yunnan Geology, 1986,5(1):59-69. (in Chinese))
- [4] 王宇. 西南岩溶石山区断陷盆地岩溶水系统分类及供水意义[J]. 中国地质, 2003,30(2):220-224. (WANG Yu. Classification of karst water systems in karst down-faulted basins of the southwestern China karst region[J]. Geology in China, 2003,30(2):220-224. (in Chinese))
- [5] 彭淑惠,王宇,张贵. 昆明盆地土地利用对岩溶水质的影响[J]. 昆明理工大学学报(自然科学版), 2011,36(6):1-8. (PENG Shuhui, WANG Yu, ZHANG Gui. Effect of Kunming basin land use on karst water quality [J]. Journal of Kunming University of Science and Technology (Natural Science), 2011,36(6):1-8. (in Chinese))
- [6] 陈国富,姜光辉,周文亮,等. 岩溶石山区山坡表层径流水文动态特征对比分析—以桂林丫吉试验场为例[J]. 水文, 2013,33(5):58-63. (CHEN Guofu, JIANG Guanghui, ZHOU Wenliang, et al. Comparative analysis of surface runoff hydrologic dynamic characteristics in Karst mountainous areas: taking Yaji experimental station as study case[J]. Journal of China Hydrlogy, 2013,33(5):58-63. (in Chinese))
- [7] 张晓晓,张钰,徐浩杰. 1950~2005年大通河流域径流变化特征及影响因素[J]. 水文, 2013,33(6):90-96. (ZHANG Xiaoxiao, ZHANG Yu, XU Haojie. Variation characteristics of runoff and its driving forces in Datong River basin from 1950 to 2005 [J]. Journal of China Hydrlogy, 2013,33(6):90-96. (in Chinese))
- [8] 朱学稳,康彦仁. 云南南洞地下河系统的形成演化及水资源开发研究[R]. 地质矿产部岩溶地质研究所,1991.11. (ZHU Xuewen, KANG Yanren. Study on the formation and evolution of the underground river system in the south of Yunnan and the development of water resources [R]. Institute of Karst Geology, Ministry of Geology and Mineral Resources, 1991.11. (in Chinese))
- [9] 李社宏,覃小峰,苑红庆,等. 云南重点岩溶区1:5万水文地质调查(鸣就幅、阿优幅)成果报告[R]. 桂林理工大学, 2016. (LI Shehong, QIN Xiaofeng, YUAN Hongqing, et al. Report on the 1:5 million hydrological geological survey of the key karst area in Yunnan (Mingjiu, Ayou) [R]. Guilin University of Technology, 2016. (in Chinese))
- [10] 蓝芙宁,李衍青,赵一,等. 南洞地下河流域水文地质综合调查报告[R]. 中国地质科学院岩溶地质研究所, 2016. (LAN Funing, LI Yanqing, ZHAO Yi, et al. Comprehensive investigation report on the hydrology and geology of the Nandong underground river basin[R]. Institute of Karst Geology, Chinese Academy of Geological Science, 2016. (in Chinese))
- [11] 康彦仁,王挺,梁彬,等. 云南省五里冲水库枢纽区岩溶发育规律与水库运营关系研究 [R]. 地质矿产部岩溶地质研究所, 1997.6. (KANG Yanren, WANG Ting, LIANG Bin, et al. Study on the relationship between karst development law and reservoir operation in the Wulichong reservoir in Yunnan province [R]. Institute of Karst Geology, Ministry of Geology and Mineral Resources, 1997.6. (in Chinese))

## Study on Flow Direction of Karst Groundwater in Mengzi Fault Basin of Yunnan Province

HU Wei, LV Yuxiang, GUO Chuandao

(Hydrogeology & Engineering Team 208, Chongqing Bureau of Geological Exploration (Chongqing Reconnaissance and Design Academy of Geological Disasters Prevention and Treatment Engineering), Chongqing 400700, China)

**Abstract:** The characteristics of groundwater flow in karst area is complicated. This paper took the Mengzi fault basin as a case to reveal the flow directions of the karst groundwater in different hydrogeological units based on hydrogeological investigation, tracing experiment and comprehensive study. The results show that karst groundwater flow from southeast to northwest in the units of Dongshan - Mengzi (Ⅰ-1), Datun (Ⅰ-2) and Heilongtan (Ⅰ-3) in the Mengzi basin, from south to north in the unit of Xin'ansuo (Ⅰ-4), and from north to south in the 2 units of No.8 underground river (Ⅱ-1) and No.9 underground river (Ⅱ-2).

**Key words:** Mengzi fault basin; karst water; runoff direction