

DOI:10.16788/j.hddz.32-1865/P.2022.03.012

引用格式:刘前进,黄旭娟,何文城. 赣南青塘盆地岩溶水特征及开发利用区划[J]. 华东地质, 2022, 43(3): 364-373. (LIU Q J, HUANG X J, HE W C. Characteristics and exploitation divisions of karst water in Qingtang Basin, Southern Jiangxi[J]. East China Geology, 2022, 43(3): 364-373.)

赣南青塘盆地岩溶水特征及开发利用区划

刘前进, 黄旭娟, 何文城

(江西省地质调查研究院, 江西 南昌 330030)

摘要: 通过地面调查、地球物理勘探、水文地质钻探及采样测试等手段, 研究赣南青塘盆地岩溶水特征。研究表明, 盆地内岩溶水主要赋存于岩溶地下河及岩溶管道-裂隙含水层中, 水资源较为丰富, 局部以地下河及岩溶上升泉形式溢出地表, 地下水开发以地下河及岩溶上升泉为主。综合分析认为: 青塘岩溶盆地内岩溶分布在侵蚀基准面以上, 沿层面发育并受断裂及构造裂隙控制; 水化学类型以 $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ 型、 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4\text{-Ca}$ 型为主, 分别占总水样的 58.33%、20.83%; 地下水水质以较好(Ⅲ类)为主, 占盆地内总水样的 50.00%; 青塘岩溶盆地外来地表水汇入流量为 $117\,094.5\text{ m}^3/\text{d}$, 汇出流量为 $416\,007.8\text{ m}^3/\text{d}$, 内部基础径流量为 $298\,913.3\text{ m}^3/\text{d}$ 。在综合分析盆地内岩溶地下水和地表水富集程度、地下水开发条件和环境承载力等因素基础上, 结合地貌和流域特点、盆地内岩溶塌陷易发性分区, 对区内岩溶地下水资源开发利用进行了区划, 为该区合理利用岩溶水资源提供依据。

关键词: 岩溶水; 地下水; 开发利用; 青塘盆地; 赣南

中图分类号: P641.134

文献标识码: A

文章编号: 2096-1871(2022)03-364-10

我国岩溶地下水资源丰富, 岩溶地下水天然资源总量约 $2\,039.67 \times 10^8\text{ t}/\text{年}$, 占全国地下水资源总量的 23.4%, 在支撑服务国民经济建设中发挥重要作用^[1-2]。岩溶山区地表破碎, 渗漏严重, 地表水资源匮乏, 地下水资源丰富, 但由于其储存空间分布和相互间连通的高度不均匀, 给岩溶地下水资源开采带来了极大的挑战^[3-5]。受气象水文、地形地貌、地质构造的影响, 岩溶发育的规模、岩溶地下含水结构、岩溶地下水的赋存运移与分布千差万别^[6]。岩溶山区地层岩石以碳酸盐岩为主, 在强烈的溶蚀作用下, 溶洞、落水洞、岩溶洼地、漏斗等岩溶地形发育, 地表水快速渗透补给岩溶地下水, 导致地表径流量小, 多数地区干旱缺水^[7]。围绕国家新型城镇化战略, 基本查明示范小城镇、重要城市和城市群三个不同层次地质环境条件和存在问题^[8], 是长江经济带地质环境综合调查工程任务之一。

本文在赣江流域水文地质调查的基础上, 系统总结青塘盆地岩溶发育规律、岩溶水化学特征、岩

溶水质量及资源量。在综合分析盆地内岩溶地下水和地表水富集程度、地下水开发条件和环境承载力等因素基础上, 结合地貌和流域特点、盆地内岩溶塌陷易发性分区, 对区内岩溶地下水资源开发利用进行区划, 为同类地区岩溶地下水开发利用提供依据。

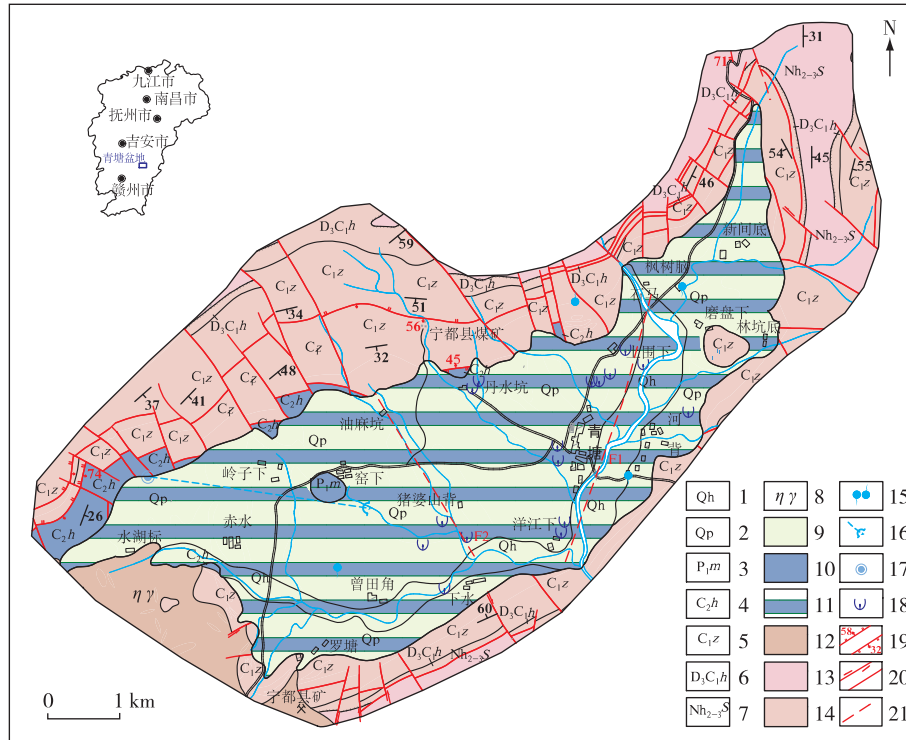
1 区域水文地质背景

青塘盆地位于江西省赣州市宁都县西南部, 为 NE 走向的向斜盆地, 长约 10 km, 宽约 5 km, 向斜两翼地层依次由泥盆系—石炭系华山岭组 (D_3C_1h)、石炭系梓山组 (C_1z) 对称分布, 核部由石炭系黄龙组 (C_2h) 和二叠系马平组 (P_1m) 组成 (图 1)。在地面调查时发现, 盆地中常见下伏岩溶盆地地下水冲破上覆第四系溢出地表, 形成岩溶上升泉, 因而认为本区是一个覆盖型岩溶承压盆地^[9]。该区地下水是由两侧山区往盆地中心运动, 盆地两

* 收稿日期: 2021-06-11 修订日期: 2021-09-07 责任编辑: 叶海敏

基金项目: 中国地质调查局“赣江流域水文地质调查(编号: DD20190329)”项目资助。

第一作者简介: 刘前进, 1987 年生, 男, 高级工程师, 本科, 主要从事水文地质、环境地质方面的工作。Email: 44607152@qq.com。



1.第四系全新统;2.第四系更新统;3.二叠系马平组;4.石炭系黄龙组;5.石炭系梓山组;6.泥盆系一石炭系华山岭组;7.南华系上施组;8.燕山期岩体;9.松散岩类含水岩组;10.碳酸盐岩类含水岩组;11.覆盖型碳酸盐岩类含水岩组;12.岩浆岩类含水岩组;13.变质岩类含水岩组;14.碎屑岩类含水岩组;15.上升/下降泉;16.暗河及出口;17.暗河天窗;18.岩溶塌陷;19.实测正断层、逆断层及产状;20.实测平移断层、性质不明断层;21.推测断层

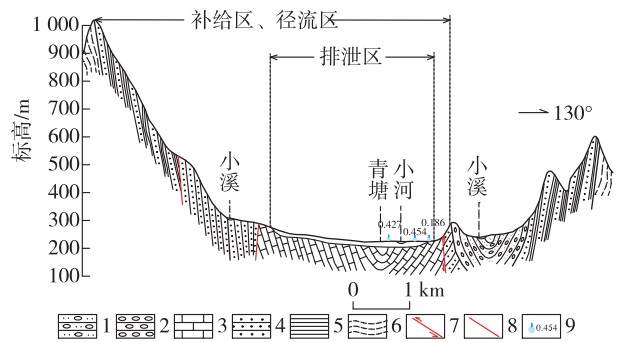
图 1 青塘岩溶盆地水文地质图

Fig. 1 Hydrological geological map of Qingtang Karst Basin

侧山体发育不对称,北侧山体高大,地下水补给丰富。通过 NW 向张性断裂的导水作用,该区岩溶地下水获得了较丰富的基岩裂隙水的补给。流经盆地后,最终由水口圩集中排出。盆地周围地下水源源不断地向盆地径流时,受灰岩岩溶水成层发育的控制,多数地下水沿各种通道向盆地中汇集,在向斜轴部形成顶底均是灰岩的承压含水层,并在向斜轴部附近以泉的形式集中排泄(图 2)。在第四系覆盖层较薄地区,承压水沿裂隙冲破第四系冲积物形成岩溶上升泉,而在第四系残坡积的黏土、黏土碎石层分布区,因其厚度较大,略有胶结,隔水能力较强,一般不易形成岩溶上升泉。

2 分析测试方法

分析测试方法主要采用《GBT/5750—2006 生活饮用水标准检验方法》^[10]、《GB8538—2016 饮用天然矿泉水检验方法》^[11]、《DZ0064—2021 地下水



1.砂砾岩;2.砾岩;3.灰岩;4.砂岩;5.页岩;6.千枚岩;7.压性断裂;8.性质不明断裂;9.上升泉及流量

图 2 青塘盆地补给区、径流区与排泄区示意图

Fig. 2 Schematic map of recharge area, runoff area and discharge area in Qingtang Basin

质分析方法》^[12]、《GB14848—2017 地下水质量标准》^[13]及《GB3838—2002 地表水环境质量标准》^[14]

中规定的检验检测方法。测试单位为国土资源部南昌矿产资源监督检测中心,选择以电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)、电感耦合等离子体发射光谱法(ICP-AES)、紫外分光光谱法(UV)、离子色谱法(IC)、原子荧光法(AFS)、容量法(VOL)、重量法分析配套方案。地下水样品测试过程中的质量控制通过实验室空白、加标回收、实验室重复样进行,每批样品(每20组样品为一批,不足20组按一批对待)分析实验室空白样2个,加标回收1~2个,实验室重复样3~4个,确保分析方法检出限、准确度、精密度达到有关规范的要求。

本文对青塘盆地内地下暗河、民井、泉点及地表水等24处采取水样,其中全分析18处,简分析6处。根据《GB/T 14848—2017 地下水质量标准》^[13]及《DZ/T 0290—2015 地下水水质标准》^[15]的有关规定,结合分析测试项目,主要选择的评价指标有 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 F^- 、 NO_2^- 、 I^- 、 Zn 、 Se 、 Cu 、 Hg 、 Cd 、 Ba 、 Cr^{6+} 、 Pb 、 Co 、 Mo 、 Mn 、 Ni 、 As 、 Ag 、 Fe 、 Al^{3+} 、 NH_4^+ 、耗氧量、磷酸根、溶解性总固体、总硬度(简分析水样仅选择其中部分评价指标)。

本次对青塘岩溶盆地地表水进出水量测流时间为2020年11月28~29日,属枯水期,测流前后长时间未降雨,数据较具代表性。测流地点进口5处,出口4处,测流方法为堰测法,包括三角堰和矩形堰。在水渠或平缓宽阔的河道主要选择矩形堰,通过测量过堰水头高、矩形堰宽度,再查表换算成流量,从而获得青塘岩溶盆地地表水进出水量。

3 岩溶发育特征及规律

据本次收集掌握的44口灰岩钻孔显示,有24口见到溶洞,见洞率55%。溶洞洞体高度一般为1~5 m,最高26.9 m,钻孔岩溶率13%,揭露含水层平均厚度19.5 m,地下水水位标高242.7~220.4 m,水位埋深9~20 m。地表调查中见到溶洞1个,暗河1条,盆地内岩溶发育,岩溶水主要沿大小溶洞活动。

3.1 岩溶赋存特征

由于可溶性岩层在沉积形成过程中是根据沉积旋回进行的,沉积旋回之间有薄弱环节,造成层面有一定空隙,再加上裂隙的连通作用,有利于地下水的活动,从而对岩石产生溶蚀形成裂隙和溶洞。据青塘狮吼山矿区资料,该矿区范围内溶洞发

育主要有2种形态:①溶洞沿层面发育,底部多近于水平和缓倾斜的溶洞,这主要是由于该区灰岩地层倾角很缓,地下水沿层面侵蚀溶解而形成的,如梅窖盆地溶洞(图3),它就是主要沿层面发育的。②溶蚀沿层面发育,这一现象在裸露的残丘表面清晰可见,如梅窖盆地溶蚀残丘上,清楚可见岩溶层面和微层理发育,层面上溶蚀宽100~350 mm,沿微层理溶蚀较弱,溶蚀宽仅5~40 mm。

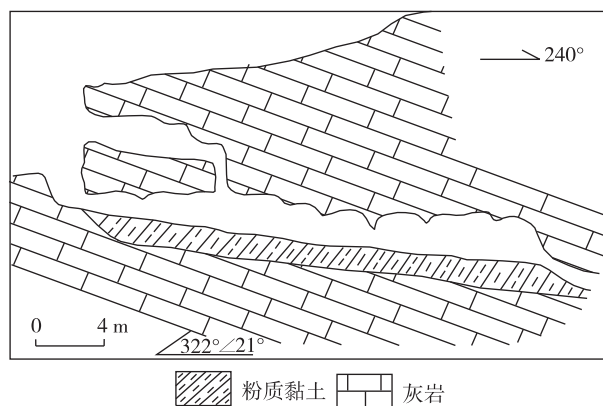


图3 溶洞沿层面发育纵剖面图

Fig. 3 Vertical sectional map of karst cave developing along layer surface

区内岩溶发育普遍表现为由低至高溶蚀逐渐减弱直至消失。据黄贯、梅窖、银坑、南塘等地28口揭露灰岩的钻孔统计,共揭露大小溶洞86个:0~100 m有54个,占62.8%;100~200 m有28个,占32.5%;200 m以上有4个,占4.7%。近地表岩溶发育的原因:一是近地表一般风化裂隙、构造裂隙发育,有利于地表水的渗入,从而对岩石产生侵蚀和溶解;二是受侵蚀基准面的控制,在侵蚀基准面以上的地下水循环强烈,因而侵蚀基准面以上岩溶发育(图4),而侵蚀基准面以下地下水活动弱,甚至处于停滞状态,地下水对可溶岩的侵蚀溶解作用大大降低。

3.2 岩溶控制因素

地表可溶性岩层具有不同程度的溶蚀现象,在节理裂隙或断裂破碎带发育地区尤为突出^[16]。地质构造与岩溶发育关系密切,地层展布及产状、断裂发育程度、方向、充填程度等控制了地下水运动方向和地下水动态,决定岩溶发育的强度、方向、规

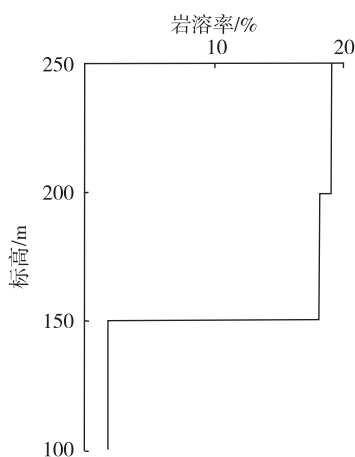
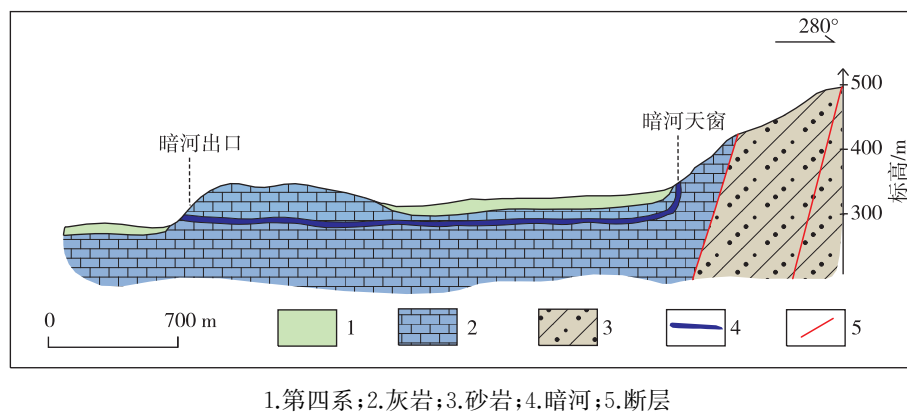


图 4 青塘盆地岩溶发育随标高分布图

Fig. 4 Distribution of karst development along elevation in Qingtang Basin

模及岩溶形态^[17]。区内岩溶盆地断裂发育,构造裂隙密集。因此,岩溶沿断裂及构造裂隙发育,成为该区岩溶发育的主要特征。此次研究在盆地中部窑下发现地下暗河 1 条,补给区为青塘岩溶盆地的北翼三峰仙—油菜峡一带,由石炭系与泥盆系碎屑岩组成。浅层地表水在向岩溶区径流的过程中,通过发育的暗河天窗向南东径流,在瑶下一带以暗河形式排泄。地下河管道发育于二叠系马平组(P_1m)碳酸盐岩含水岩组中,受近 EW 向构造裂隙控制(图 5)。该地下河平面上呈近 EW 向展布,流域总面积 7.4 km^2 ,岩溶区水头高差 78.7 m 左右,岩溶管道总长为 $2\,620 \text{ m}$,平均水力坡度 30.04% 。据现场观察,暗河出口受控于张性构造裂隙($210^\circ \angle 65^\circ$)控制,出口处被人为修缮供村民饮用与灌溉。



1.第四系;2.灰岩;3.砂岩;4.暗河;5.断层

图 5 青塘地下河系统主流剖面图

Fig. 5 Sectional map of mainstream of underground river system in Qingtang area

4 岩溶水水化学及水质特征

通过对水质测试结果进行整理统计分析,发现水样 pH 值主要为 $6.5 \sim 7.5$,水质呈弱酸性—弱碱性,个别呈偏酸性,如盆地 NW 翼补给径流区的石炭系梓山组(C_1z)悬挂泉(QTQ026)水样 pH 值是 5.31 ,青塘煤矿环境调查点(QTE027)煤矿废水 pH 值是 4.92 。水样溶解性总固体含量(TDS)为 $38 \sim 340 \text{ mg/L}$,整体上随着距离核部排泄区越近其含量越高,即排泄区 TDS 含量相对较高,补给区、径流区含量相对较低,含量最低的是盆地 NW 翼补给径流区的石炭系梓山组(C_1z)悬挂泉(QTQ026)水样,最高的是盆地径流排泄区的民井(QTJ159)。梓山组

附近可见多处露天开采的小型煤矿和堆积的煤矸石,在大气降水和地表流水的淋滤下,煤矸石中的含硫矿物氧化、水解形成硫酸,在降水过程中地表径流转化为地下径流渗入至地下造成地下水酸化。

4.1 岩溶水水化学特征

根据水样舒卡列夫命名,盆地内岩溶地下水化学类型共有 6 种(图 6),以 $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ 型水、 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4\text{-Ca}$ 型水为主,分别占总水样的 58.33% 、 20.83% ;其次为 $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ 型水,占比 8.33% ; $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3\text{-Ca}$ 型水、 $\text{SO}_4\text{-Mg-Ca}$ 型水、 $\text{NO}_3\text{-Ca}$ 型水各 1 处,占比均为 4.17% 。水样阳离子以 Ca^{2+} 为主,阴离子以 HCO_3^- 为主。距离盆地核部排泄区越近, Cl^- 毫克当量百分比越低, SO_4^{2-} 毫克当量百分比越高。

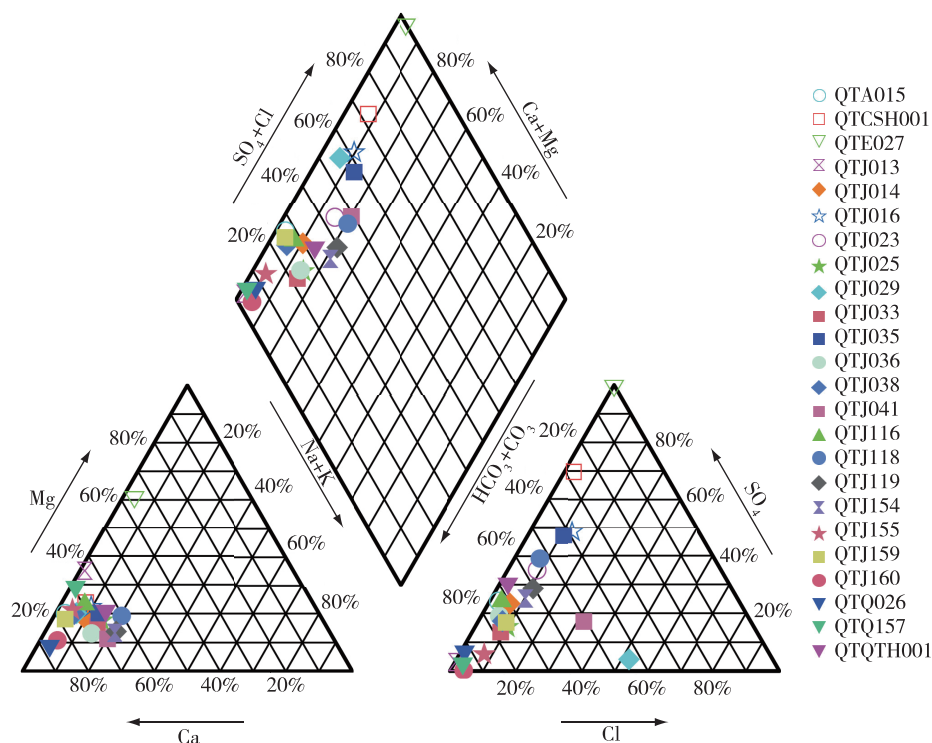


图6 青塘岩溶盆地地下水化学 Piper 图

Fig. 6 Piper trilinear diagram of hydrochemistry in Qingtang Karst Basin

4.2 岩溶水水质

据地下水质量评价标准及方法可知,青塘岩溶盆地地下水水质以较好(Ⅲ类)为主(图7),有12处水样,占盆地内总水样的50.00%;其次为优良(Ⅰ类),有5处水样,占盆地内总水样的20.83%;极差(Ⅴ类)有4处,占盆地内总水样的16.67%,主要分布于矿山附近;良好(Ⅱ类)水样3处,占盆地内总水样的12.50%。青塘岩溶盆地内水质最差类别指标有 Al^{3+} 、Co、Ni、Mn、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、Fe,其中主要为 Al^{3+} 、Ni,分别有4处和12处水样,主要原因是盆地两翼不规范的矿产资源开采、废水排放等活动污染了地下水资源。

5 岩溶水资源量

青塘岩溶盆地形态完整,具有明显的补、径、排条件,流域界线明显,呈长梭形,面积约 26.94 km^2 ,整体上四周高,中间低,受两翼降水补给,整体向SE径流排泄。外来地表水汇入口有2处,分别位于盆地北侧西迳村开子坝和盆地南东侧河背村上芳底附近,地表水汇出口仅1处,位于盆地南东侧水口寺附近。地表水汇入、汇出方式主要为水渠及天然河

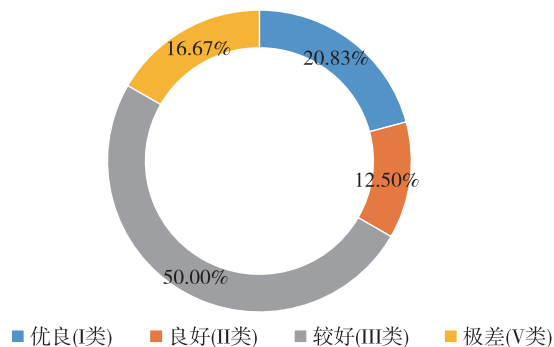
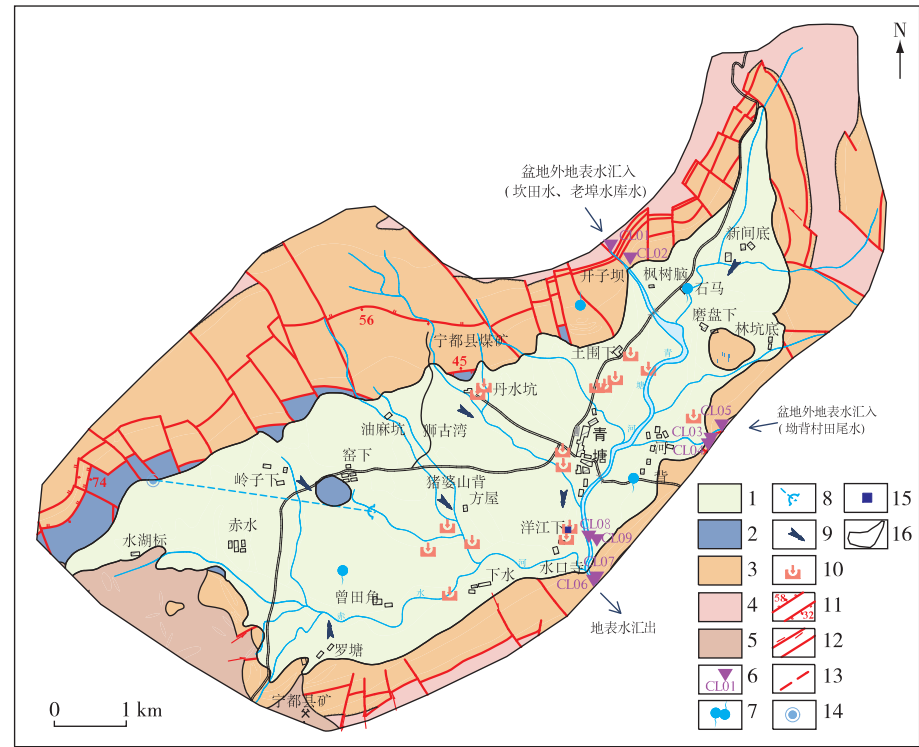


图7 青塘岩溶盆地地下水水质类别饼状图

Fig. 7 Pie graph of groundwater quality type in Qingtang Karst Basin

流溪沟。鉴于青塘岩溶盆地的完整性,本次采用测流法来计算盆地的水资源量(图8)。

青塘岩溶盆地外来地表水汇入口2处,汇出口1处,因此,在汇入口及汇出口进行测流,即可获得青塘岩溶盆地外来地表水汇入水量及地表水汇出水量,从而得出青塘岩溶盆地内部地表水径流量。外来地表水汇入口均位于青塘河流域子系统,在该子系统汇出口测流可获得其地表水汇出水量。赤水



1.松散岩;2.碳酸盐岩;3.碎屑岩;4.变质岩;5.花岗岩;6.测流位置及编号;7.泉点;8.地下暗河及暗河出口;9.地表水流向;
10.地面岩溶塌陷点;11.实测正断层、逆断层;12.实测平移断层、性质不明断层;13.推测断层;14.地下暗河天窗;15.井点;
16.青塘岩溶盆地范围

图 8 青塘岩溶盆地地表水汇入汇出测流位置分布图

Fig. 8 Distribution of flow measurement positions of surface water import and discharge in Qingtang Karst Basin

河流域子系统仅有地表水汇出口,使用总汇出水量 子系统地表水汇出水量。系统内基础径流量为汇
减去青塘河流域子系统汇出水量即为赤水流域 出总量减去汇入总量(表 1)。

表 1 青塘岩溶盆地测流汇总结果
Table 1 Result of flow measurement in Qingtang Karst Basin

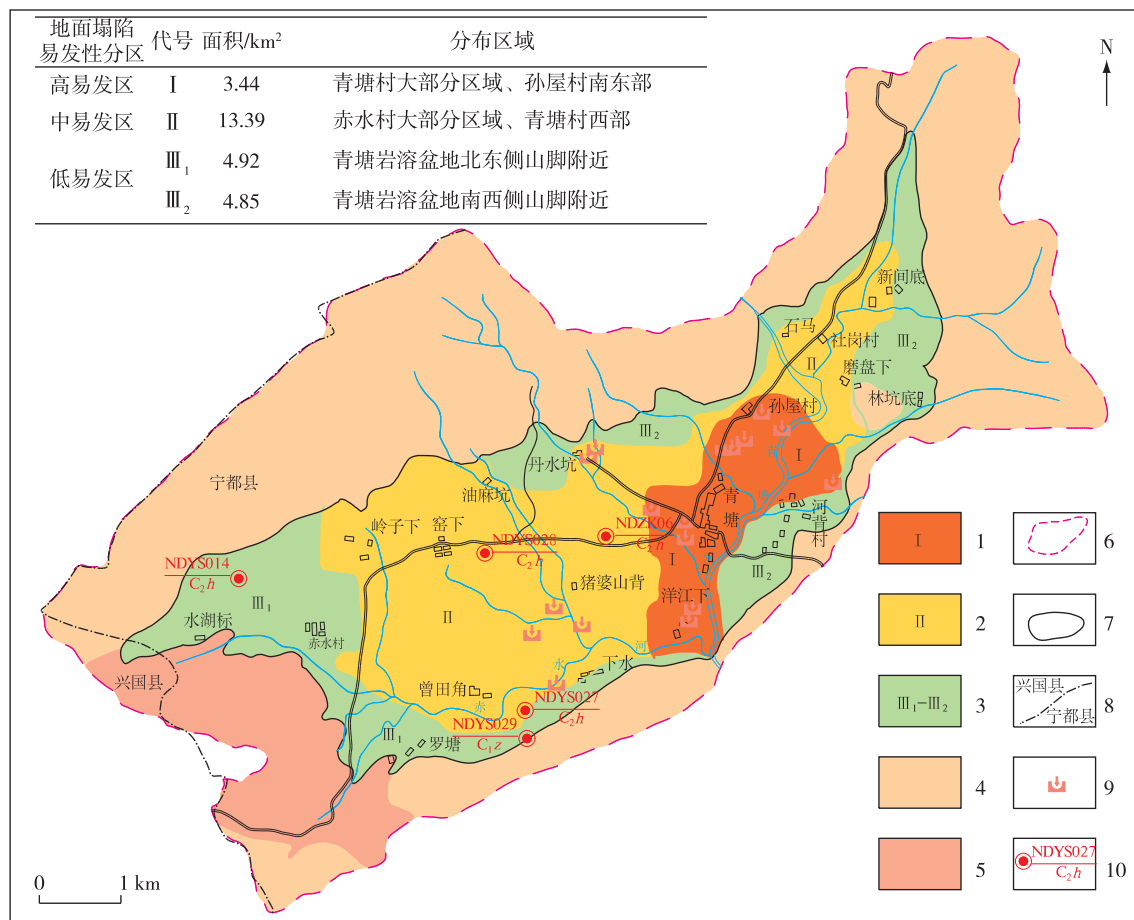
项目	测流点编号	地理位置	测流方法	堰宽/cm	过堰水头高/cm	流量/(m ³ ·d ⁻¹)	总流量小计/ (m ³ ·d ⁻¹)
青塘岩溶盆地地表水汇入量	CL01	西迳村开子坝组	矩形堰	230	36	76 423.7	117 094.5
	CL02	西迳村开子坝组	矩形堰	390	16	39 312.1	
	CL03	河背村上芳底组	三角堰	/	7.5	187.6	
	CL04	河背村上芳底组	三角堰	/	6.9	152.5	
	CL05	河背村上芳底组	矩形堰	173	2.4	1 018.6	
青塘岩溶盆地地表水流出量	CL06	坳背村桥头	矩形堰	333	83	379 938.1	416 007.8
	CL07	坳背村桥头	矩形堰	790	9.4	36 069.7	
青塘河地表水流出量	CL08	水口寺附近	矩形堰	1 337	27.2	299 966.9	303 870.9
	CL09	水口寺附近	矩形堰	140	6.8	3 904.0	

综上所述,青塘岩溶盆地外来地表水汇入流量为 $117\ 094.5\ \text{m}^3/\text{d}$, 汇出流量为 $416\ 007.8\ \text{m}^3/\text{d}$, 内部基础径流量为 $298\ 913.3\ \text{m}^3/\text{d}$; 青塘河流域子系统地表水汇出流量为 $303\ 870.9\ \text{m}^3/\text{d}$, 基础径流量为 $186\ 776.3\ \text{m}^3/\text{d}$; 赤水河流域子系统地表水汇出流量为 $112\ 136.9\ \text{m}^3/\text{d}$, 基础径流量为 $112\ 136.9\ \text{m}^3/\text{d}$ 。

6 岩溶水开发利用区划

岩溶地下水具有埋藏深度大、分布不均匀、开采利用难度大的特征^[18]。表层岩溶带拥有许多水质优越的天然表层岩溶泉, 合理开发表层岩溶泉, 对解决岩溶缺水山区人民的日常饮水问题具有重要的现实意义^[19]。表层岩溶泉的开发利用可分为利用天然露头点形式和人工开挖形式, 人工开挖根据不同的岩溶地貌及植被覆盖条件进一步分为人工大井、人工隧

洞、人工浅井、人工浅槽、人工小水窖等^[20]。表层岩溶水的水资源四季分配很不均匀, 利用蓄水池蓄水, 可以将雨季剩余的水量储存下来供枯季使用^[21]。钻井取水是开采地下水资源的主要方式, 但中国不少岩溶地区的成井率低于 50%, 尤其在岩溶山区成井率低于 30%, 可能是由于人们对岩溶地下水资源赋存特征认识不够^[22-23]。目前, 盆地内岩溶地下水开发利用主要采用围堵地下河出口、岩溶泉引水等形式, 开发程度较低, 部分地区甚至因开采岩溶地下水引发了地面岩溶塌陷等地质灾害。本文以盆地内岩溶塌陷易发性分区(图 9)为基础, 结合地貌和流域特点, 对区内岩溶地下水资源开发利用进行了详细区划, 总结分析了 3 个区划的岩溶地下水和地表水富集程度、水质特点、水资源量、开发条件和环境承载力等特征, 具体特征如下(表 2)。



1.地面岩溶塌陷高易发区;2.地面岩溶塌陷中易发区;3.地面岩溶塌陷低易发区;4.碎屑岩;5.花岗岩;6.青塘岩溶盆地范围;
7.研究区范围;8.县界;9.地面岩溶塌陷点;10.钻孔及揭露岩性

图9 青塘盆地岩溶塌陷易发性分区图

Fig. 9 Prone partition map of karst collapse in Qingtang Basin

表 2 青塘盆地岩溶水开发利用区划表

Table 2 Division of karst water development and utilization in Qingtang Basin

岩溶水开发利用区划	代号	面积/ km ²	分布区域	水文地质及工程地质条件	建议
限制开采区	I	3.44	青塘村大部分区域、孙屋村南东部、河背村北西部	该区主要位于盆地核部排泄区、集镇区域及青塘河沿岸,全新统,土体为多元结构,覆盖层较薄,厚度 0~8 m,岩溶发育程度较高	建议该区作为限制性地下水开发区,对岩溶地下水资源开发利用活动进行限制
主要开采区	II	13.39	赤水村大部分区域、青塘村西部	该区主要分布于盆地南西区域径流区、排泄区,以更新统为主,力学性质较好,覆盖层厚度约 13 m。区内发现 1 处地下暗河出口及 1 处岩溶上升泉,枯季流量分别为 2 823.46 m ³ /d、805.9 m ³ /d。根据本次调查及收集钻孔(NDZK06、NDYS028)资料,该区单井涌水量 130.5~737.1 m ³ /d,影响半径 92.0~200.0 m	建议岩溶地下水开发利用以围堵地下河出口及引水扩泉为主,并采为辅,布井密度 3~4 眼/km ² ,开采量不超过 300 m ³ /d
次要开采区	III ₁	4.92	青塘岩溶盆地北东侧山脚附近	该区位于盆地北东侧及南西侧山脚径流区,以更新统为主,力学性质较好,覆盖层相对较厚,厚度约 20 m,地下岩溶发育程度较低,岩溶泉点出露少。根据本次调查及收集钻孔(NDYS014)资料,该区单井涌水量 452.7 m ³ /d,影响半径 667.1 m	建议岩溶地下水开发利用以井采为主,布井密度 1~2 眼/km ² ,开采量不超过 250 m ³ /d
	III ₂	4.85	青塘岩溶盆地南西侧山脚附近		

7 结论

(1)青塘岩溶盆地地下水主要赋存于岩溶地下河及岩溶管道-裂隙含水层中,水资源较为丰富,局部以地下河及岩溶上升泉形式溢出地表,地下水开发以地下河及岩溶上升泉为主。

(2)青塘岩溶盆地岩溶分布具沿层面发育、受断裂及构造裂隙控制、侵蚀基准面以上岩溶更为发育等特征。岩溶水化学类型以 HCO₃-Ca 型、HCO₃·SO₄-Ca 型为主,地下水水质以较好(Ⅲ类)为主,盆地内部基础径流量为 298 913.3 m³/d。

(3)针对岩溶地面塌陷低易发区,建议岩溶地下水开发利用以井采为主;岩溶塌陷中易发区,建议岩溶地下水开发利用以围堵地下河出口及引水扩泉为主,并采为辅;岩溶地面高易发区,建议作为限制性地下水开发区。

(4)建议根据水资源规范化、合理化开采地下水,避免大规模同时开采、激化开采,同时建立区域地下水监测网络,及时掌握地下水水位变化情况。

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,2002:413-418.

CHEN M X, MA F S. Groundwater resources and the environment in China [M]. Beijing: Seismological Press,2002:413-418.

[2] 韩行瑞.岩溶水文地质学[M].北京:科学出版社,2015:1-311.

HAN X R. Karst hydrogeology [M]. Beijing: Science Press,2015:1-311.

[3] 王中美.贵州碳酸盐岩的分布特征及其对岩溶地下水的控制[J].地质与勘探,2017,53(2):342-349.

WANG Z M. Characteristics of the distribution of carbonate rocks and their control on Karst groundwater in Guizhou[J]. Geology and Exploration, 2017, 53 (2): 342-349.

[4] 郑智杰.高密度电法在柳州太阳村镇岩溶塌陷区调查中的应用研究[J].地质与勘探,2017,53(1):124-132.

ZHENG Z J. Application of high-density electrical resistivity imaging to Karst collapse investigation at the Taiyangcun town, Liuzhou[J]. Geology and Exploration, 2017, 53(1):124-132.

[5] 吴攀,鄢贵权.贵州岩溶地区地下水成库与开发利用[J].贵州科学,2006,24(1):25-27.

WU P, YAN G Q. Exploitation and utilization and forming conditions of underground reservoirs in Karst area of Guizhou Province[J]. Gui Zhou Science, 2006, 24(1):25-27.

[6] 潘晓东,梁杏,唐建生,等.黔东南高原斜坡地区 4 种岩

- 溶地下水系统模式及特点[J].地球学报,2015,36(1):85-93.
- PAN X D, LIANG X, TANG J S, et al. The Patterns and Characteristics of Four Karst Groundwater Systems in Northeast Guizhou Slope Zone Based on the Landscape and Reservoir Structure [J]. Acta Geoscientica Sinica, 2015, 36(1): 85-93.
- [7] 覃小群, 蒋忠诚. 表层岩溶带及其水循环的研究进展与发展方向[J]. 中国岩溶, 2005, 24(3): 250-254.
- QIN X Q, JIANG Z C. A review on recent advances and perspective in epikarst water study[J]. Carsologica Sinica, 2005, 24(3): 250-254.
- [8] 中国地质调查局南京地质调查中心. 长江经济带地质环境综合调查工程简介[J]. 华东地质, 2016, 37(1): 76-78.
- Nanjing Center, China Geological Survey. A brief introduction to the comprehensive geological environment survey project in the Yangtze River Economic Belt[J]. East China Geology, 2016, 37(1): 76-78.
- [9] 方起东. 应用航片研究江西宁都青坑盆地覆盖型岩溶[J]. 中国岩溶, 1988, 7(1): 57-62.
- FANG Q D. Application of airphotos to the study of buried-type Karst in Qingtang Basin at Ningdu, Jiangxi Province[J]. Carsologica Sinica, 1988, 7(1): 57-62.
- [10] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5750—2006 生活饮用水标准检验方法[S].
- Ministry of Health of the People's Republic of China. GB/T 5750—2006 Standard examination methods for drinking water-General Principles[S].
- [11] 国家食品药品监督管理总局. GB 8538—2016 饮用天然矿泉水检验方法[S].
- State Administration for Market Regulation. GB 8538—2016 Methods for examination of drinking natural mineral water[S].
- [12] 中华人民共和国自然资源部. DZ 0064—2021 地下水水质分析方法[S].
- Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. DZ 0064—2021 Methods for analysis of groundwater quality[S].
- [13] 中华人民共和国国土资源部. GB/T 14848—2017 地下水质量标准[S].
- Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. GB/T 14848—2017 Standard for groundwater quality[S].
- [14] 国家环保总局. GB 3838—2002 地表水环境质量标准[S].
- Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. GB 3838—2002 Environmental quality standards for surface water[S].
- [15] 中华人民共和国国土资源部. DZ/T 0290—2015 地下水水质标准[S].
- Ministry of Land and Resources of the People's Republic of China. DZ/T 0290—2015 Standard for groundwater quality[S].
- [16] 刘前进, 董毓, 封林波. 九江地区长江沿岸工程地质特征与岸坡稳定性探讨[J]. 华东地质, 2017, 38(2): 147-154.
- LIU Q J, DONG Y, FENG L B. Engineering geological characteristics and bank slope stability in the Jiujiang region along the Yangtze River [J]. East China Geology, 2017, 38(2): 147-154.
- [17] 杨永革, 赵毅斌, 陈静, 等. 江西景德镇城区岩溶塌陷地质特征及防治建议[J]. 华东地质, 2017, 38(4): 306-313.
- YANG Y G, ZHAO Y B, CHEN J, et al. Characteristics and prevention measures of Karst collapses in the Jingdezhen urban area, Jiangxi Province[J]. East China Geology, 2017, 38(4): 306-313.
- [18] 蒋忠诚, 夏日元, 时坚, 等. 西南岩溶地下水资源开发利用效应与潜力分析[J]. 地球学报, 2006, 27(5): 495-502.
- JIANG Z C, XIA R Y, SHI J, et al. The Application Effects and Exploitation Capacity of Karst Underground Water Resources in Southwest China[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2006, 27(5): 495-502.
- [19] 王伟. 基于层次分析法的表层带岩溶水资源评价方法探讨——以大小井流域为例[J]. 贵州地质, 2007, 24(1): 17-21, 26.
- WANG W. Evaluation Method for Epikarst Water Resources Based on Analytic Hierarchy Process: A Case Study of the Daxiaojing Drainage Area [J]. Guizhou Geology, 2007, 24(1): 17-21, 26.
- [20] 李东. 贵州表层带岩溶水特征及有效开发利用[J]. 金属材料与冶金工程, 2010, 38(4): 60-63.
- LI D. Features of Guizhou Epikarst Water as well as Effective Development and Utilization[J]. Metal Materials and Metallurgy Engineering, 2010, 38(4): 60-63.
- [21] 高渐飞, 熊康宁, 覃焕勋. 基于极度干旱条件下的喀斯特峡谷区水资源利用方式——以贵州花江峡谷示范区

- 为例[J].中国农村水利水电,2015(9):119-122,127.
- GAO J F, XIONG K N, QIN H Y. Water Resources Using Methods under Extreme Drought Conditions in Karst Gorge Areas: Taking Huajiang Gorge Demonstration Area in Guizhou for Example[J]. China Rural Water and Hydropower, 2015(9):119-122,127.
- [22] 焦彦杰,吴文贤,杨剑,等.云南岩溶石山区物探找水方法与实例分析[J].中国地质,2011,38(3):770-778.
- JIAO Y J, WU W X, YANG J, et al. Geophysical water exploration methods in stone mountain Karst areas and case analysis[J]. Geology in China, 2011, 38(3):770-778.
- [23] 潘晓东,唐建生,苏春田,等.贵州高原斜坡岩溶地区逆断层两盘地下水开采规律探讨[J].地质论评,2015,61(1):121-127.
- PAN X D, TANG J S, SU C T, et al. Discussion of Groundwater Exploring in Compressive Fault Zones in Karst Areas of Guizhou Plateau Slopes[J]. Geological Review, 2015, 61(1):121-127.

Characteristics and exploitation divisions of karst water in Qingtang Basin, Southern Jiangxi

LIU Qianjin, HUANG Xujuan, HE Wencheng

(Geology Survey Institute of Jiangxi Province, Nanchang 330030, Jiangxi, China)

Abstract: This paper studied the characteristics of karst water in Qingtang Basin, southern Jiangxi Province by ground survey, geophysical prospecting, hydrogeological drilling, sampling test, etc. The results showed that the groundwater in the basin is mainly hosted in karst subterranean rivers and karst pipeline-fractured aquifer. The water resources are relatively abundant and overflow surface in form of subterranean rivers and karst-ascending spring at local areas, which are the focus of groundwater exploitation in the area. By comprehensive analysis, this paper considered that the Karst developed along layer surface above erosion base level in the Qingtang Karst Basin and are controlled by fracture and structural fissure; the primary hydrochemistry type were $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ and $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4\text{-Ca}$, with the proportion 58.33% and 20.83% respectively; the groundwater quality primary was preferable (class III), accounting for 50.00% of total water sample in the Basin; the import flow was 117 094.5 m^3/d , while the discharge flow was 416 007.8 m^3/d of external surface water, basic runoff was 298 913.3 m^3/d in the Qingtang Karst Basin. Based on the enrichment degree of karst groundwater and surface water in the basin, development conditions of groundwater and environmental load capacity, etc, combined features of landform and watershed, prone partition of karst collapse in the basin, this paper proposed development and utilization zoning of the karst groundwater resources, which can provide basis for rational utilization of the karst water resources in the area.

Key words: karst water; groundwater; development and utilization; Qingtang Basin; Southern Jiangxi Province

《华东地质》征稿简则

《华东地质》创办于 1980 年,季刊,是由中国地质调查局主管、中国地质调查局南京地质调查中心主办的国内外公开发行的学术期刊。本刊以“正确的办刊方向”“质量第一”“创办精品”为办刊原则,以“打造科学性、思想性、可读性俱佳的地学类学术期刊”为编辑方针,以“创办精品学术期刊”为追求,贯彻开放获取的理念为学术交流服务。

《华东地质》立足华东地区,坚持面向国际地质前沿、国家战略及国家重大需求,报道、宣传地质调查、地质科技和地质管理工作的基础性、应用性和创新性研究成果,为推进新时代地质工作、地学科技创新和科技成果转化提供学术交流平台。设有“特约稿件”、“基础地质”、“矿产地质”、“水工环地质”等栏目以及“城市地质”、“生态地质”、“灾害地质”等特色专题。本刊已被中国科技论文与引文数据库(CSTPCD)、中国学术期刊网络出版总库、中国核心期刊(遴选)数据库、中文科技期刊数据库、超星期刊域出版平台、万方数据—数字化期刊群、中国学术期刊影响因子年报统计源刊、美国化学文摘社(CAS)、美国 EBSCO 学术数据库、日本科学技术振兴机构(中国)数据库(JST China)等国内外重要数据库收录。

1.《华东地质》对稿件内容的要求

- (1)题目:精炼、准确,一般在 25 个汉字以内。
- (2)作者:署名及署名顺序由作者确定,每位作者应是文章真正的著作权人,对文章负责。
- (3)单位:提供作者完成本文时所在单位的名称,注明所在城市及邮政编码。
- (4)摘要:应交代清楚论文的目的、方法、结果和结论。
- (5)关键词:选取能准确反映研究方向、研究领域及研究地点的专业术语。
- (6)引言:介绍本文研究领域的历史、现状、存在问题以及本文研究的特点和创新之处。
- (7)正文:一般应包括地质背景、研究方法、研究结果、讨论、结论等几个部分。
- (8)图和表:只附必要的图和表。首次发表的原始数据一定要附表,引用数据则不必。
- (9)参考文献:采用顺序编码制,具体请在本刊投稿网站首页“作者中心”下载参考文献著录格式。
- (10)英文摘要:必须提交英文摘要和英文关键词。
- (12)第一作者简介:作者姓名,xxxx 年生,性别,职称,主要从事的专业研究。
- (13)基金项目:注明基金(项目)来源,具体名称及编号。

2.《华东地质》编辑部与作者的约定

(1)作者投稿时应保证投稿本刊之前未投给任何其他期刊,或虽曾投给其他期刊,但已被拒绝刊用。投稿本刊之日起 60 日内,不要再投给任何其他期刊,除非收到本刊拒稿信息。

(2)稿件一旦被本刊录用,作者即将论文整体及附属于论文的图、表等可许可使用的著作权转交本刊。许可期限为论文著作权的法定保护期为限,许可地域范围为全世界。作者依著作权法行使或向第三方转让上述权利时,不得损害本刊利益。

(3)本刊除具有印刷版外,还具有网络版。稿件一经录用,所有版本的版权即由作者转让给本刊,同时许可本刊转授第三方使用。凡不愿将文章以网络版发表者,请在来稿时声明,本刊将作适当处理。来稿刊用后,一次性支付稿酬(包含中国学术期刊(网络版)、中文科技期刊数据库、中国核心期刊(遴选)数据库等收录单位的作者著作权费),并向作者免费赠送当期样刊 2 册。

(4)编辑部承诺在 60 日内给出刊用与否的通知。在 60 日内未收到退稿通知时不应将稿件另投他刊,否则视为一稿多投。对一稿多投的稿件,本刊无条件弃用;对其作者及其所在团队,编辑部保留有关权利。

(5)稿件文责自负。编辑部有权对来稿进行文字和技术性删改,如不可修改,作者应事先声明。

(6)投稿方式:请登录本刊投稿网站,点击“作者投稿”注册后投稿。

3.《华东地质》编辑部联系方式

投稿网址: <http://www.hddz.cgsnjzx.cn>

联系邮箱: hddzbjb@163.com

联系电话: (025)84602261/84897762

作者 QQ 群: 155383569



群名称:《华东地质》作者群
群号:155383569