

四川省会东县雷家湾金沙江河谷地段水化学特征

吴 刚, 李 晓, 张 恒

(成都理工大学环境与土木工程学院, 成都 610059)

摘 要: 利用水化学、氢氧同位素分析, 结合研究区水文地质条件, 阐述了研究区水环境特征, 为工程建设提供了参考依据。水化学、同位素分析表明, 该区地下水径流条件较差, 水交替性弱; 溶滤作用和蒸发作用对于该区地下水中各化学组分的形成有较大的贡献; 大气降水和雪山融水为该区水体主要来源。以石英砾岩(P_1)为界的双层含水系统, 上部的风化裂隙水为就近的大气降水渗入补给, 下部含水系统接受长距离运移的高山补给源补给。

关键词: 水化学特征; 矿化度; 氢氧同位素

中图分类号: P342

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)03-0015-03

Hydrochemical Characteristics of Jinshajiang Valley in Leijiawan, Huidong County, Sichuan Province

WU Gang, LI Xiao, ZHANG Heng

(College of Environment and Civil Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Utilizing hydrochemistry analysis and oxygen and hydrogen isotope analysis, integrating with hydrogeologic condition, the water environment of study area is described and reference to engineering construction is provided. From the results of hydrochemistry and isotope analysis, it can be seen that the groundwater runoff condition and the water alternate condition is relative bad, the dissolution or precipitation and evaporation has great contribution to the formation of each groundwater chemical constituent and the main source of water in this area is precipitation water and ice-snow molten water. The two aquifers are divided by quartz conglomerate(P_1). The upper weathering crevice water are recharged by precipitation water. The under aquifer accept alpine recharge by long distance moving.

Key words: hydrochemical characteristics; mineralization; oxygen and hydrogen isotope

金沙江古称丽水, 为长江上游, 发源于青海青藏高原的唐古拉山脉中段, 蕴藏着丰富的水能资源。研究区位于四川会东县雷家湾与云南禄劝县交界的金沙江河谷地段。为开发利用金沙江丰富、独特的水能资源, 拟在研究区建造一座坝高约 220 m, 正常蓄水位 950 m 高程, 水库总库容 40 亿 m^3 , 电站装机容量 7 400 MW, 年发电量约 320 亿 $kW \cdot h$ 的水电站。本文利用水化学及氢氧同位素分析, 结合研究区水文地质条件, 阐述了水电站坝区的水环境特征, 为水利工程设计提供了参考依据。

1 研究区概况

研究河谷地段金沙江由西而东流出, 主要支流为鲹鱼河, 自北而南注入金沙江。两岸水流均向金沙江内或江底排泄。该河谷气候炎热、干燥少雨。最高气温达 $40^\circ C$, 最低气温在 $5^\circ C$ 以上。河谷两侧的高山地区降水较多, 最高气温约 $22^\circ C$, 最低零下 $10^\circ C$ 。

研究河谷地段位于方家山向斜南西翼。方家山走向北西-南东, 轴向延伸 20 km 以上, 为开闸褶皱, 核部为白垩系地层, 两翼为侏罗系、三叠系、二叠系、震旦系地层。南翼较平缓, 地层倾角不超过 $10^\circ \sim 25^\circ$ 。

研究河谷出露的主要地层和含水情况如下: 以石英砾岩(P_1)为界, 存在双层含水系统。震旦系灯影组(Zbd)以裂隙、溶隙含水介质为特征, 在区域性是富水性强的岩层; 二叠系石英砾岩(P_1)厚 1.3~55 m, 为坚硬、致密岩层, 不含水、不

透水层, 在研究区属相对隔水层; T_3-K 砂泥岩互层, 以紫红色砂岩、泥岩互层状结构组成, 该层分布有少量硫铁矿。含水介质为构造裂隙和风化裂隙, 为弱含水层。

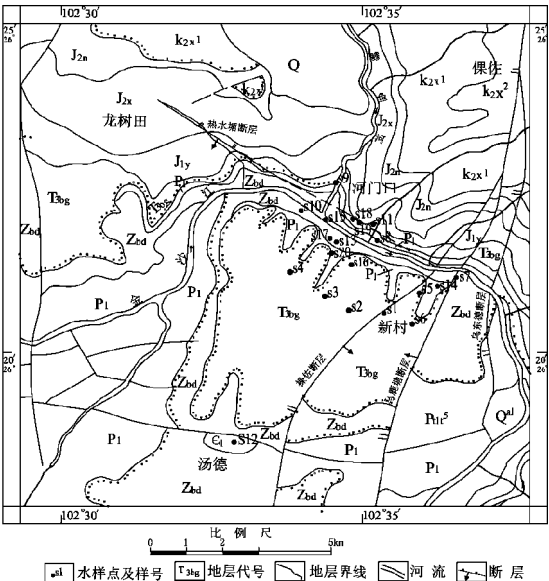


图 1 研究区地质条件及采样位置图

2 水化学特征

2.1 水化学组分特征

本次研究于 2004 年 10 月共采集水样 20 件(其中地表水 9 件,地下水 11 件),分析了其主要化学成分和氢氧同位素。

研究区水化学成分主要特征:地表水矿化度变化范围较大,最小值为 53.20 mg/L,最大值为 443.4 mg/L,属低矿化

度水。地下水矿化度最小值为 301.80 mg/L,最大值为 845.50 mg/L。该区主要阳离子为 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ,主要阴离子为 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 。阳离子含量随 SO_4^{2-} 离子含量增加而增加, SO_4^{2-} 的含量随取样海拔位置的降低而增加,这主要是由于该区在 1 000 m 左右高程的二叠系石英砾岩下部接触带有硫铁矿分布,地下水在接近河谷地带时,因部分水流切割含硫地层,从而使水中硫酸根离子含量增加。

表 1 水化学组分含量表

		阳离子/(mg·L ⁻¹)				阴离子/(mg·L ⁻¹)			其它/(mg·L ⁻¹)			H ₂ SiO ₃	F	TDS
		K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Sr	Li	B	/(mg·L ⁻¹)	/(mg·L ⁻¹)	/(mg·L ⁻¹)
地下水	平均值	7.33	15.54	87.03	60.74	7.08	239.33	315.8	0.29	0.19	0.28	17.28	0.30	574.90
	最大值	16.9	52.30	126.0	84.40	15.4	502.0	436.0	1.17	1.03	0.40	32.70	0.47	845.50
	最小值	1.20	2.40	54.40	31.20	1.80	3.60	109.0	0.02	0.00	0.20	9.34	0.10	301.80
地表水	平均值	2.21	10.84	35.49	19.89	7.84	79.95	140.2	0.39	0.03	0.20	13.76	0.20	226.34
	最大值	4.40	17.00	67.7	62.3	21.7	285.0	394	2.32	0.12	0.29	33.1	0.28	443.4
	最小值	1.30	2.00	9.60	2.50	2.00	7.10	0.00	0.03	0.00	0.12	4.67	0.10	53.20

地下水中的微量组分 Li、B 均较地表水高, Sr 较地表水略低, HSiO₃ 略高于地表水。地下水 F⁻ 平均含量为 0.30 mg/L, 为地表水 F⁻ 平均含量 0.20 mg/L 的 1.5 倍, 显示出该区水交替弱, 地下水径流较为缓慢, 循环条件较差。

研究区内的水化学类型共有八类: $\text{SO}_4-\text{Ca}\cdot\text{Mg}$ 、 SO_4

$-\text{Mg}\cdot\text{Ca}$ 、 $\text{HCO}_3-\text{Ca}\cdot\text{Mg}$ 、 $\text{HCO}_3-\text{Mg}\cdot\text{Ca}$ 、 $\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4-\text{Ca}\cdot\text{Mg}$ 、 $\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4-\text{Mg}\cdot\text{Ca}$ 、 $\text{SO}_4\cdot\text{HCO}_3-\text{Ca}\cdot\text{Mg}$ 、 $\text{SO}_4\cdot\text{HCO}_3-\text{Mg}\cdot\text{Ca}$ 型水。主要类型为 $\text{HCO}_3-\text{Ca}\cdot\text{Mg}$ (6 件)、 $\text{SO}_4-\text{Ca}\cdot\text{Mg}$ (4 件)、 $\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4-\text{Mg}\cdot\text{Ca}$ (4 件)。

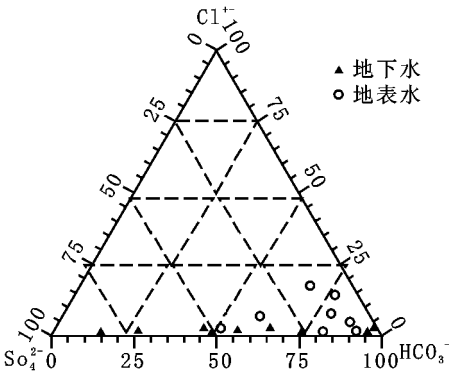
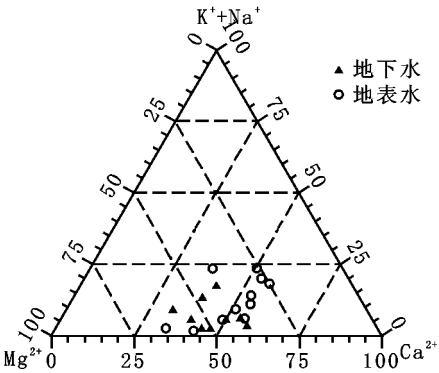


图 2 研究区水化学三线图

根据派珀(A.M.Piper)三线图(图 2),研究区内地下水和地表水的阴阳离子显示出较大的差异性。地下水的阳离子 $\text{K}^+ + \text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+}$ 百分含量总体上较地表水低,也显示出该区的地下水径流条件相对较差这一特征。 Mg^{2+} 百分含量较地表水高。阴离子中地表水 Cl^- 、 HCO_3^- 百分含量总体高于地下水,地下水 SO_4^{2-} 总体上较地表水高。

2.2 水中矿化度与主要化学成分间的关系

水的矿化度是表征水文地球化学作用过程的重要参数,也是反映水径流条件的重要指标。分析其与水中化学组分间的关系,对于研究水化学成因有着重要的意义^[1]。

矿化度与主要的水化学组分关系密切,相关性良好。矿化度与 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 的相关系数 R 分别为 0.95, 0.89, 0.86。 HCO_3^- 与矿化度间的相关性不强,但总体上仍显示出随着矿化度的增高而增高的趋势。该区水中矿化度主要是由 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 等离子做出的贡献。

2.3 水同位素特征

水中同位素成分及其含量上的变化,客观上充当了记录和指示了水的发展和演变过程的良好标记。同位素分析可以较为准确的确定水的补给来源、补给高程及水的形成年龄等^[2]。

由研究区 $\delta\text{D}\sim\delta^{18}\text{O}$ 关系图,水样点均落在降水线附近,表明了本区所有水体均来源于大气降水,属大气降水入渗成

因。研究区水体总体上相对金沙江水富重同位素,也证实了研究河谷地段的蒸发作用较强。部分水具有 δD 漂移与 $\delta^{18}\text{O}$ 漂移现象,其原因是大气降水在地质作用下形成各种类型水体的过程中,氢氧稳定同位素发生同位素交换平衡反应,主要是水体与碳酸盐岩接触而发生氢氧同位素交换平衡反应(简称“碳酸盐交换”),反应式如下:

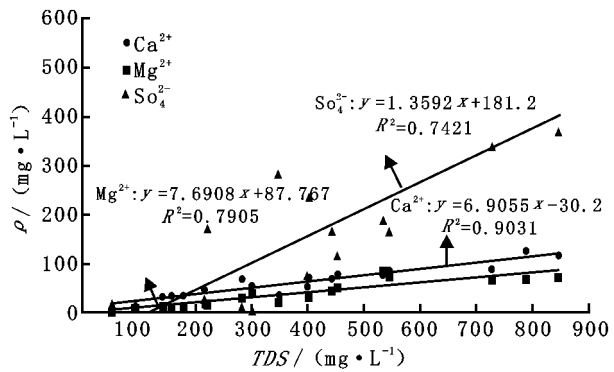
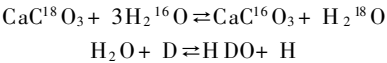


图 3 矿化度(TDS)与 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 间的关系

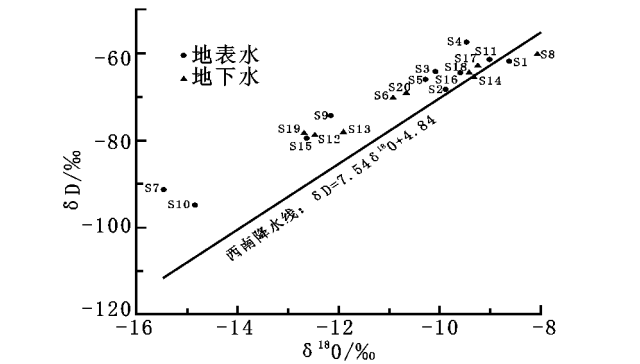


图 4 研究区 $\delta D-\delta^{18}O$ 关系图

本节在利用同位素的高程效应,用 $\delta^{18}O$ 估算地下水和地表水补给高程。据于津生等^[4]中国西藏东部、四川、贵州地区 $\delta^{18}O$

值高度梯度为0.31‰/100 m,以本底 $\delta^{18}O$ 值-8.6‰对应的高程1300 m为基准,推算出各水点的降水补给高程(见表2)。

地表水主要有金沙江江水和两岸溪流。金沙江江水为全区最贫重同位素水。据同位素高程效应,其主要来源于高3300 m以上的降水或雪水融化补给。左右两岸的溪流以及平硐裂隙水主要是补给高程为1200~1500 m的大气降水就近补给形成。

地下水氢氧同位素分析也证实了以石英砾岩为界,存在两个不同的含水系统,即石英砾岩以上的风化裂隙水系统和石英砾岩以下的岩溶含水系统。黄沟泉和新村泉为大气降水就近补给形成的三叠系风化裂隙水。河门口泉水和钻孔水均位于震旦系白云岩地层内,补给高程2300~2600 m以上。为较为典型的地下滞留时间较长、远距离运移高山补给源补给的地下水特征。同时也表明了该区地下水径流缓慢、交替性差。

表 2 各水点的推算补给高程

编号	采样位置	水类型	取样高程/m	推算补给高程/m	编号	采样位置	水类型	取样高程/m	推算补给高程/m
S ₁	大沟(右岸)	溪水	1260	1300	S ₁₁	阴地沟(左岸)	溪水	915	1400
S ₂	搭桥沟(右岸)	溪水	1400	1780	S ₁₂	汤德村井	井水	2090	2500
S ₃	老深沟上部(右岸)	溪水	1350	1700	S ₁₃	河门口(右岸)	泉水	853	2300
S ₄	强溶洞沟(右岸)	溪水	1320	1500	S ₁₄	新村(右岸)	泉水	1030	1500
S ₅	清水沟(右岸)	溪水	1050	1800	S ₁₅	鱼河河口	河水	825	2600
S ₆	黄沟上部泉群(右岸)	泉水	1260	2000	S ₁₆	白滩沟水(右岸)	溪水	962	1600
S ₇	新村渡口	江水	820	3500	S ₁₇	PD07(右岸河门口)	裂隙渗水	976	1500
S ₈	PD19(左岸白滩)	裂隙渗水	941	1200	S ₁₈	ZK23(左岸河门口)	钻井水	920	1500
S ₉	鱼河阶地处	河水	829	2400	S ₁₉	ZK12(左岸白滩)	钻井水	860	2600
S ₁₀	金沙江上游	江水	830	3300	S ₂₀	ZK16(右岸河门口)	钻井水	930	1900

3 水化学组分来源及形成作用

3.1 主要离子来源

水化学的形成与区内地质构造、地层岩性等地质背景存在着必然联系。该区的水化学成分形成主要与该区出露地层岩性相关。研究河谷地段出露的主要地层震旦系白云岩(P₁),二叠系石英砾岩(P₂),三叠系(T₃)与侏罗系(J)的紫红色砂岩、泥岩互层以及第四系堆积物。水中Ca²⁺、Mg²⁺主要来源于白云岩、泥灰岩、钙质砂岩等,HCO₃⁻主要来源于碳酸盐岩,SO₄²⁻则主要是水流与该区含硫地层的相互作用形成的结果。

3.2 水化学形成作用

研究河谷地段的水化学形成作用主要有溶滤作用和蒸发作用。Ca²⁺、Mg²⁺、HCO₃⁻、SO₄²⁻等主要来源于水流对该区岩土体的溶滤。 $\delta D-\delta^{18}O$ 同位素分析都位于我国西南区降水线附近,与雨水中的氢氧同位素含量相近,总体富轻同位素,也表明了该区溶滤作用较强。研究河谷地段属于干热河谷气候,地下水矿化度及各种离子含量总体上都高于金沙

江江水中的含量,研究区水体总体上相对金沙江水富重同位素,都反映了研究河谷地段的蒸发作用较强。

4 结 论

(1) 该区主要阳离子为Ca²⁺、Mg²⁺,主要阴离子为HCO₃⁻、SO₄²⁻。主要水化学类型为HCO₃⁻Ca·Mg、SO₄²⁻Ca·Mg、HCO₃⁻·SO₄²⁻Mg·Ca型水。Ca²⁺、Mg²⁺、HCO₃⁻主要来自于水流对该区岩土的溶滤,SO₄²⁻的来源则主要是水流与该区含硫地层的相互作用形成的结果。

(2) 水化学和氢氧同位素分析表明该区水交替弱,地下水径流较为缓慢,循环条件较差。

(3) 该区所有水体均来源于大气降水以及雪山融水。以石英砾岩(P₁)为界的双层含水系统,上部的风化裂隙水为就近的大气降水渗入补给,下部震旦系白云岩地层存在长距离运移、交替性较弱的高山补给源补给的含水系统。

(4) 该区水化学组分的形成作用主要为溶滤作用和蒸发作用。

参考文献:

[1] 沈照理,等.水文地球化学基础[M].北京:地质出版社,1993.94—120.
[2] 王恒纯.同位素水文地质概论[M].北京:地质出版社,1991.37—57.
[3] 王大纯,等.水文地质学基础[M].北京:地质出版社,1995.50—62.
[4] 于津生.中国同位素地球化学研究[M].北京:科学出版社,1997.
[5] 张恒,等.四川西北部张腊盆地地下水化学特征研究[J].地球与环境,2004,(3—4):39—44.
[6] Dansgaard W. Stable isotopes in precipitation[J]. Tellus, 1964, 16: 436—468.
[7] Songlin Cheng. Isotopic tracing of the source water for Cedar Bog in west-central Ohio, USA[J]. Journal of Hydrology, 1996, 186: 31—42.