

涪陵、万州隐伏断裂的物化探异常特征

赵琦¹, 陈桐军², 沈前斌³, 李雁龙⁴

(1. 四川省地质矿产勘查局, 四川 成都 610081; 2. 四川省地质矿产勘查局 404 地质队, 四川 西昌 615000; 3. 四川省地质矿产勘查局 物探队, 四川 成都 610072; 4. 四川省地质矿产勘查局 攀西地质大队, 四川 西昌 615000)

摘要:在重庆市沿江经济带生态地球化学调查中, 根据地球化学元素异常, 结合地球物理、地质、矿产、物产等特征, 提出万州近南北向和涪陵东西向存在隐伏断裂, 为该区域基础地质研究提出了存在 2 条重要的基底构造的新认识。
关键词:隐伏断裂; 地球化学; 地球物理及地质特征
中图分类号: P632 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2008)03-0247-05

继在成都市多目标地球化学测量中利用化探资料发现隐伏断裂后, 最近在重庆市沿江经济带多目标地球化学测量中也发现诸多隐伏断裂, 其中最主要的是万州南北向和涪陵东西向隐伏断裂。这些断裂在已往的地质图上是没的, 通过研究认为它们控制了长江走向、地形、地貌、地质、矿产、作物的分布, 地球化学元素差异, 并在深部物探异常上有明显的反映, 是多目标地球化学测量中的重要新发现。

1 涪陵东西向隐伏断裂

1.1 发育部位

重庆市长寿—巫山长江段是呈倒 Z 字型展布的, 长寿—丰都长江呈东西向, 这就是涪陵隐伏断裂发育的部位。涪陵隐伏断裂是沿长江河谷分布的。

1.2 地质特征

- (1) 构造方向转向。南盘为南北向、北北东向, 北盘则转成北东向。
- (2) 地热发育。沿该断裂两侧, 特别是涪陵天台地区是 U、Th、K₂O 的异常发育区, 无论是从地热实际发育, 还是从地热发育的指示元素异常, 都显示出涪陵断裂, 特别是断裂的南盘是地热发育的远景区。
- (3) 地层断开。两盘的新老地层在此断开不连续。
- (4) 岩性差异。位于北盘的涪陵盆地和南盘的新妙盆地都是侏罗纪盆地, 但相同时代的地层, 北盘泥岩比例高, 南盘砂岩比例高。南盘侏罗系地层岩性更接近于下伏的老地层区, 是侏罗纪沉积的边缘

地带。而北盘是侏罗纪沉积盆地的中心地段, 泥质含量较高(表 1)。土壤母岩砂岩在植物营养元素总量地区衬值为 0.92, 泥岩为 0.97; 污染元素衬值总量砂岩为 0.92, 泥岩为 0.95。泥岩比例高, 植物营养元素和有害元素总量也是高值。

表 1 涪陵隐伏断裂两盘岩性与榨菜地测点分布 %

位置	测点 个	岩性测点 ¹⁾			榨菜地测点 ²⁾
		砂岩	泥岩	砂岩、泥岩	
北盘	166	43.7	53.9	1.23	82
南盘	68	51.7	44.0	0.85	1

注: (1) 根据野外采样时实测的成土母岩岩性, 并以其占总样本百分比统计得出(表 5 同); (2) 榨菜地中的测点占总测点的比例。

1.3 作物差异

两盘同是侏罗系地层, 但榨菜和亚热带水果生长环境北盘显然优于南盘, 北盘榨菜地测点占总测点的 82%, 是著名的涪陵榨菜的主产区, 而隔江相望的新妙地区仅占 1%。

1.4 地球化学异常差异

1.4.1 主要植物营养元素

- (1) 地区衬值。用全区表层样平均值计算衬值 K₂, 北盘与南盘地区衬值比除 N、Mo、B 外均是北盘高于南盘, 北盘与南盘衬值比平均为 1.02。
- (2) 地层衬值。以各地层平均值计算的衬值 K₃, 除 Mo 外均是北盘高, 北盘与南盘地层衬值的平均值为 1.15。
- (3) 表层与深层变异系数比。植物营养元素表层与深层变异系数比值, 除 N、Mo、B 外均是北盘高于南盘(表 2)。

表 2 侏罗纪盆地植物营养元素浅层样与深层样变异系数比值

指标	盆地	样本个	Corg	N	P	K ₂ O	TFe ₂ O ₃	Mn	Cu	Zn	Mo	B	归一化数据
K ₂	北盘	154	0.87	0.84	1.24	1.00	1.00	1.00	1.21	1.08	1.20	1.30	1.05
	南盘	42	0.73	0.91	1.07	0.85	0.89	0.91	1.09	1.00	2.43	1.35	1.12
	北盘与南盘比		1.17	0.96	1.10	1.23	1.40	1.30	1.42	1.27	0.55	0.96	1.02
K ₃	北盘	154	0.98	1.06	1.22	1.02	1.06	1.13	1.09	1.08	1.02	1.14	1.09
	南盘	42	0.90	0.95	0.81	0.92	0.98	0.87	0.93	0.96	1.04	1.07	0.95
	北盘与南盘比		1.09	1.12	1.51	1.11	1.08	1.30	1.17	1.13	0.98	1.07	1.15
C _v 表层/C _v 深层			1.17	0.96	1.10	1.23	1.40	1.30	1.42	1.27	0.55	0.96	1.02
表层样平均含量			0.759	957	508	2.54	5.13	576	22.5	71.6	0.638	55.3	1.00

注:K₂系地区平均含量衬值,K₃系地层平均含量衬值;表层样平均含量单位为w(Corg,氧化物)/%,w(其他元素)/10⁻⁶。表3~4、表7~9同。

表 3 涪陵东西向隐伏断裂两盘次要植物营养元素地区 K₂ 值

指标	pH	S	Se	Cl	Na ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂	$\frac{K_2(F) + K_2(Cl)}{K_2(Br) + K_2(I)}$	$\frac{K_2(Br)}{K_2(I)}$	$\frac{K_2(S)}{K_2(Si)}$
表层样平均含量	7.24	178	0.16	64.5	1.05	2.52	1.92	63.1	1.00	1.00	1.00
K ₂ (北盘)	0.95	1.23	1.15	1.01	1.16	0.77	0.60	1.05	0.47	0.74	1.17
K ₂ (南盘)	0.90	0.93	0.99	0.96	1.03	0.67	0.57	1.09	0.40	0.69	0.91
K ₂ (北盘)/K ₂ (南盘)	1.06	1.32	1.16	1.05	1.13	1.15	1.05	0.96	1.18	1.07	1.29

表 4 涪陵东西向隐伏断裂两盘有害元素地区 K₂ 值

有害元素	Hg	Cd	Pb	As	Cr	Cu	Zn	Ni	归一化数据
表层样平均含量	0.064	0.214	25.3	7.40	81.5	22.5	71.6	31.5	1.00
K ₂ (北盘)	3.05	1.01	1.05	1.39	0.99	1.21	1.08	0.95	1.34
K ₂ (南盘)	2.02	0.91	0.99	1.37	0.81	1.09	1.00	0.80	1.12
K ₂ (北盘)/K ₂ (南盘)	1.51	1.11	1.06	1.01	1.22	1.42	1.27	1.19	1.22

1.4.2 次要植物营养元素

除了 SiO₂ 外,次要植物营养元素均是北盘高,南盘低。北盘样偏碱性(表3)。

1.4.3 有害元素

各类有害元素均是北盘高于南盘。总量比值达 1.22(表4)。

1.5 重力异常

四川省地调院根据区域重力资料推测 G2109 为向北陡倾隐伏断裂,深度达 40 km,东西走向,与涪陵断裂位置相当。

2 万州南北向隐伏断裂存在的依据

2.1 发育部位

在重庆市万州区西段长江走向东北向,向东转

至东西向,在转折段就是万州南北向隐伏断裂。沿此一线,河流发育,地形低洼。

2.2 地质特征差异

2.2.1 构造线方向变向

断裂以西是北东向,以东是东西向。长江由西部北东向转成东部东西向,是该区长江第 2 次呈东西走向的转折处。

2.2.2 侏罗系盆地断开

在此一线开县—渠马、梁平—云阳晚侏罗世盆地断开,断裂以西为万州、梁平、开县盆地,以东为渠马、云阳盆地。侏罗纪沉积不连续。

2.2.3 岩性差异

表 5 表明在断裂两盘地层是西部泥岩、杂砂岩、页岩多,东部砂岩、粉砂岩多。三叠系地层东盘灰岩

表 5 万州隐伏断裂两盘岩性发育所占比例

%

多。从地质图上看这些地层是连续的,但岩性差异很大。隐伏断裂的存在控制了新、老地层的岩性和岩相、古地理特征。渠马与开县、云阳与万州 2 对侏罗纪盆地,在走向上连通而岩性差异很大,表现为不仅盆地地层形成后的褶皱构造形态不同,而且原始沉积的岩相也有差异。

2.2.4 岩石破碎程度

东部地表岩石十分破碎,打钻数百米均为原生破碎岩石,地质灾害较严重,航磁异常显示该区沿江有另一条东西向隐伏断裂发育;西部岩石较完整。

2.2.5 地形地貌特征

在东盘,长江还有沿江的东西向隐伏断裂带,长江北岸地势宽缓,山顶陡,支流与长江主流呈直角,甚至呈钝角相交,有学者推测长江古代曾经是倒流的,随着喜玛拉雅山隆起的喜山期造山运动改西流为东流。但东盘一侧的长江南岸地势陡窄,山顶宽缓。这种地貌截止在万州隐伏断裂。

2.3 矿产发育差异

断裂东部岩盐发育,西部天然气发育,开县井喷就发生在断裂西侧的地段,这与岩石较完整有关(表 6)。在断裂西盘的开县西部发现有许多元素异常与周围地层是很不协调的,异常发育很零乱。这里最近曾经发生开县井喷事故,是天然气集中发育区之一。

研究了开县以西 266 件浅层样和 1 064 km² 异常发现, T₃—J 地层有 30 个元素高于全区相同的地层(全区地层均值计算的 K₃ 地层衬值), K₃ ≥ 1.05 的共 30 个元素,其中, K₃ (Bi、P) ≥ 1.20; K₃ (Zr、Ni、

表 6 万州隐伏断裂两盘特殊物产和矿产对比

位置	样本个	名优特产地大格数			名优特预测指标			矿产
		榨菜	脐橙	亚热带水果	榨菜	脐橙	亚热带水果	
西盘	914	90	1	27	1.08	0.98	1.13	天然气
东盘	2171	8	217	3	0.92	1.02	0.87	岩盐

注:物产地大格数系采样地物产发育记录。预测指标榨菜为 N、P、K₂O、B、Se、S、Cl、Na₂O;奉节脐橙为 N、B、Sr、CaO;亚热带水果为 P、TFe₂O₃、Cu、B、S 的地层衬值 K₃ 组合,在各类作物区发育明显。

Cd、Cr、B、Na₂O) > 1.2 ~ 1.10; K₃ (Mn、Co、Zn、Mo、Cu、Ba、MgO、Ge、Cl) > 1.10 ~ 1.07; K₃ (Sn、Li、TFe₂O₃、K₂O、Be、V、Y、Ga、Rb) > 1.07 ~ 1.05; K₃ (Pb、F、Al₂O₃) > 1.05。按元素组 K₃ 值由高至低排序为:其他元素组(K₃ = 1.15)、铁族(K₃ = 1.10)、高温元素(K₃ = 1.09)、中温、稀有稀土元素(K₃ = 1.08)、常量元素(K₃ = 1.07)。这里是 P、Cd 伴生的高值区,异常元素的发育很不协调,可能是天然气发育造成的大面积异常。东盘是本区明显的元素含量低值区。

2.4 物产不同

断裂西盘是榨菜、亚热带水果、梁平柚子产区,东盘是脐橙、芝麻、魔芋、药材等产区(表 6)。西盘榨菜、亚热带水果实际和预测指标均较高,东盘是脐橙的产区,预测指标也较高。各类预测指标是根据作物发育研究提出的指标。

2.5 地球化学场的差异

2.5.1 元素异常总体差异

元素组衬值差异表现出以下特征。

(1) 断裂西盘高东盘低的有铁族、有害元素总

表 7 万州隐伏断裂两盘元素组衬值

项目	区域			J 地层					T ₂ —T ₃ 地层	
	西盘平均	东盘平均	K(西盘) K(东盘)	西盘			东盘		西盘	东盘
				梁平盆地	开县盆地	万州盆地	渠马盆地	云阳盆地		
样本/个	656	888		111	109	365	282	409	71	197
K ₂ (铁族元素)	1.02	0.96	1.06	1.06	1.04	1.02	0.89	1.00	0.93	0.97
K ₂ (Br)/K ₂ (I)	1.04	0.89	1.17	1.07	0.94	1.03	0.90	0.82	1.19	1.03
K ₂ (污染元素总量)	0.97	0.90	1.08	0.99	0.98	0.96	0.85	0.88	0.95	1.02
K ₂ (营养元素总量)	1.03	0.97	1.06	1.05	1.05	1.03	0.89	0.99	1.01	1.04
K ₃ (营养元素总量)	1.01	0.95	1.06	1.03	1.06	1.01	0.92	0.97	0.93	0.93

量(表 7),显著的有 Pb、Zn、Cd、B、Corg、P、S、Tl。

(2) 断裂带为低值异常的元素有 Y、La、Ga、Sc、Se、Rb、Zr、Br。

(3) 断裂带为高值异常的元素有 Bi、TFe₂O₃、Mn、Co、Ni、V、Ti、Cr、CaO、MgO,铁族元素很明显。

(4) 断裂西盘 K₂ (Br)/K₂ (I) 高于东盘,显示断裂两盘差异很大,地球化学图上诸多元素均存在一个近南北向的界线,而地层走向是近东西向,界线与

地层走向近乎垂直。断裂带内高铁族元素和碳酸盐岩为主,低稀有、稀土元素,部分热液元素和植物营养元素在西盘是高值,这是该断裂在区域地球化学场上的特征。

2.5.2 植物营养元素

断裂横切 2 个走向近东西向的侏罗纪盆地。北段西盘是开县盆地,东盘是渠马盆地;南段西盘是万州盆地,东盘是云阳盆地。2 组侏罗系地层相连的

表 8 开县与渠马侏罗纪盆地植物营养元素化探指标

类别	盆地	总量	Corg	N	P	K ₂ O	TFe ₂ O ₃	Mn	Cu	Zn	Mo	B
K ₂ (深层)	开县	0.90	0.77	0.84	1.06	0.97	0.94	0.97	0.91	0.93	0.73	0.84
	渠马	0.90	1.01	0.88	1.01	0.95	0.87	0.88	0.87	0.88	0.80	0.80
	比值 ¹⁾	1.00	0.76	0.95	1.05	1.02	1.08	1.10	1.05	1.06	0.91	1.05
K ₂ (表层)	开县	0.98	0.99	0.88	1.15	1.03	0.97	1.00	0.96	1.02	0.84	0.92
	渠马	0.83	0.86	0.81	0.82	0.98	0.88	0.86	0.80	0.86	0.79	0.65
	比值	1.18	1.15	1.09	1.40	1.05	1.10	1.16	1.20	1.19	1.06	1.42
K ₃ (表层)	开县	1.07	1.14	1.03	1.08	0.99	1.02	1.04	1.05	1.05	1.12	1.22
	渠马	0.93	0.98	1.00	0.79	1.00	0.94	0.93	0.91	0.91	1.02	0.85
	比值	1.15	1.16	1.03	1.37	0.99	1.09	1.12	1.15	1.15	1.10	1.44
C _v (表层) C _v (深层)	开县	1.00	0.68	0.96	0.96	1.00	0.87	0.77	0.89	0.93	1.93	1.93
	渠马	0.70	0.48	0.59	0.46	0.82	0.79	0.69	0.78	0.86	1.14	1.18
	比值	1.43	1.42	1.63	2.09	1.22	1.10	1.12	1.14	1.08	1.69	1.64
向上富集 系数 ²⁾	开县	1.30	2.42	1.69	1.36	1.04	1.00	0.92	0.99	1.13	1.26	1.17
	渠马	1.08	1.60	1.48	1.01	1.01	0.98	0.87	0.86	1.01	1.08	0.88
	比值	1.20	1.51	1.14	1.35	1.03	1.02	1.06	1.15	1.12	1.17	1.33

注:(1)为万州盆地某化探指标与云阳盆地相应化探指标的比值,(2)为各盆地表层样和深层样元素含量绝对值的比值;表9同。

表 9 万州—云阳侏罗纪盆地植物营养元素化探指标

类别	盆地	总量	Corg	N	P	K ₂ O	TFe ₂ O ₃	Mn	Cu	Zn	Mo	B
K ₂ (深层)	万州	0.93	0.75	0.89	1.07	1.01	0.99	0.94	0.97	1.00	0.80	0.83
	云阳	0.87	0.71	0.78	0.93	0.99	0.93	0.88	0.89	0.92	0.84	0.80
	比值	1.07	1.06	1.14	1.15	1.02	1.06	1.07	1.09	1.09	0.95	1.04
K ₂ (表层)	万州	0.96	0.95	1.02	1.17	1.00	0.96	0.97	0.92	1.00	0.78	0.78
	云阳	0.92	0.88	0.87	1.06	1.02	0.97	0.98	0.96	0.96	0.74	0.71
	比值	1.04	1.08	1.17	1.10	0.98	0.99	0.99	0.96	1.04	1.05	1.10
K ₃ (表层)	万州	1.07	1.14	1.03	1.08	0.99	1.02	1.04	1.05	1.05	1.12	1.22
	云阳	0.93	0.98	1.00	0.79	1.00	0.94	0.93	0.91	0.91	1.02	0.85
	比值	1.15	1.16	1.03	1.37	0.99	1.09	1.12	1.15	1.15	1.10	1.44
C _v (表层) C _v (深层)	万州	1.10	0.78	0.90	1.00	1.27	1.36	1.17	1.31	1.23	1.14	1.23
	云阳	0.68	0.42	0.51	0.57	0.65	0.65	0.93	0.79	0.68	0.88	1.06
	比值	1.62	1.86	1.76	1.75	1.95	2.09	1.26	1.66	1.81	1.30	1.16
向上富集 系数	万州	1.25	2.39	1.85	1.37	0.96	0.95	0.92	0.88	1.05	1.08	1.01
	云阳	1.26	2.34	1.79	1.44	1.00	1.02	0.99	1.01	1.08	0.97	0.95
	比值	0.99	1.02	1.03	0.95	0.96	0.93	0.93	0.87	0.97	1.11	1.06

盆地,断裂两盘植物营养元素差异却很大。

(1)由表 8 知,东西两盘的侏罗纪盆地深层样 K₂ 总量大体相当,开县高的是 P、K₂O、TFe₂O₃、Mn、Cu、Zn、B;但是表层样地区衬值 K₂、地层衬值 K₃、表层样与深层样 C_v 比均是开县盆地高于渠马盆地。表层样开县盆地植物营养元素丰度和变异系数均有所提高,表层样在万州隐伏断裂西盘的开县盆地是富集的。其原因是东盘岩层由于受长江沿岸东西向另一隐伏断裂影响,岩石很破碎,地表元素风化强烈所至。向上富集系数是表层样和深层样元素含量绝对值的比值,所有元素含量均是开县盆地表层样高,表生环境植物营养元素丰度显著提高。

(2)在表 9 中,万州盆地深层样、表层样的 K₂、K₃ 值,特别是表层样与深层样 C_v 比值,均高于云阳盆地。向上富集系数相差不大,万州盆地高 Corg、

N、Mo、B。植物营养元素西盘高东盘低的特征与开县—渠马盆地变化一致。

2.6 航磁异常

王世称教授依据航磁异常推断出该段发育有编号 M1121 的隐伏构造,深度达 40 km,其位置和元素异常差异分区不谋而合,只是位置后者比前者略向东偏,故认为该构造是向西陡倾的延深很大的隐伏断裂。

3 结论

综上所述,无论是从地球化学和地球物理场特征,还是从地质、岩性、地形、矿产、物产等特征判断该区确实存在万州南北向和涪陵东西向隐伏断裂。

涪陵东西向隐伏断裂的特征为:在重力推断的 G2109 异常带有向北陡倾的延深 40 km 的东西向隐

伏断裂,断裂沿东西向长江发育,向东构造方向转至北东,沿断裂带有地热发育。北盘泥岩多,元素总体发育,是榨菜、亚热带水果发育区,南盘砂岩、碎屑岩多。

万州南北向隐伏断裂特征为:在航磁推断的M11212异常带有向东陡倾的延深40 km的隐伏断裂,构造方向由西至东由北东转至东西,侏罗纪盆地被切断。西盘泥岩多,各类元素发育,榨菜、亚热带水果、柚子多,天然气发育;东盘砂岩多,岩石破碎,元素总体偏低,脐橙、芝麻、魔芋、药材多,岩盐发育。

这一地区是大片红层发育区,隐伏断裂带在地表很难看到直接出露,大量出现的是间接的地质现象。通过深部物探和化探异常首次明确提出该区的2条主要的隐伏断裂,对于该区地质特征的深化认识起到很大作用,也为地球化学研究隐伏构造提供了经验。

隐伏断裂对于该区基本地质特征起到控制作用,控制了两盘的岩相古地理和岩性、地形地貌、元

素分布、作物和矿产分布,是本次多目标地球化学测量的主要成果之一。

本文资料来自重庆市地勘局川东南队承担的“重庆市沿江经济带多目标地球化学调查”项目,在此表示感谢。

参考文献:

- [1] 唐将,赵琦,沈前斌,等.成都市区域化探深层样品元素异常与物探重、磁异常及遥感解译构造的关系[J].物探与化探,2004,28(5):415.
- [2] 四川省地矿局.四川省区域地质志[M].北京:地质出版社,1991.
- [3] 赵琦.成都市多目标地球化学调查和双层采样的效果[J].中国地质,2002(2):186.
- [4] 赵琦.成都市土壤测量Hg元素发育特征及来源探讨[J].贵州工业大学学报,2003(2).
- [5] 赵琦,李萍.成都地区隐伏构造元素的地球化学特征[J].物探化探计算技术,2002(3):257.
- [6] 赵琦,罗正春,刘应平.土壤化探元素预测天然气的探索[J].物探与化探计算技术,2001(3):250.

CHARACTERISTICS OF GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL ANOMALIES RESULTING FROM CONCEALED FAULTS IN FULING AND WANZHOU AREA

ZHAO Qi¹, CHEN Tong-jun², SHEN Qian-bin³, LI Yan-long⁴

(1. Sichuan Bureau of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610081, China; 2. No. 404 Geological Party, Sichuan Bureau of Geology and Mineral Resources, Xichang 615000, China; 3. Geophysical Exploration Party, Sichuan Bureau of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610072, China; 4. Panxi Geological Party, Sichuan Bureau of Geology and Mineral Resources, Xichang 615000, China)

Abstract: According to geochemical anomalies in combination with characteristics of geophysics, geology, mineral resources and products revealed during the eco-geological investigation along the Yangtze River Economic Belt of Chongqing, the authors hold that there exists a nearly NS-trending concealed fault belt in Wanzhou and an EW-trending concealed fault belt in Fuling. The new understanding that there exist two important basement structures is of great importance in basic geological researches of this area.

Key words: concealed fault; geochemistry; geophysical and geological characteristics

作者简介: 赵琦(1943-),男,汉族,天津市人,教授级化探高级工程师,目前从事化探多目标应用的研究