

川西理塘地区雅江残余盆地西康群两河口组沉积地质特征及物源分析

田光昊*, 胡新茁#, 王晓阳

中国地质调查局廊坊自然资源综合调查中心, 河北 廊坊

收稿日期: 2022年10月3日; 录用日期: 2022年11月3日; 发布日期: 2022年11月11日

摘 要

川西理塘地区雅江残余盆地西康群两河口组地层位于甘孜理塘蛇绿混杂岩带东侧, 是研究西南三江造山带沟弧体系的重要地区, 为了解研究区两河口组沉积地质特征及物源性质, 丰富三江造山带沟弧体系中的沉积地层, 利用沉积学及岩石地球化学特征方法, 对研究区两河口组地层进行沉积地质特征和物源分析, 取得以下进展: 两河口组发育递变层理、平行层理、斜层理、包卷层理, 可见4种基本层序类型。沉积相分析可知, 两河口组为盆地-斜坡沉积环境形成。岩石地球化学特征及判别图解表明, 物源主要形成于被动大陆边缘, 但明显有大陆岛弧的物质加入。

关键词

川西理塘地区, 两河口组, 沉积地质特征, 物源

Sedimentary Geological Characteristics and Provenance Analysis of Lianghekou Formation, Xikang Group, Yajiang Residual Basin, Litang Area, Western Sichuan

Guanghao Tian*, Xinzhuo Hu#, Xiaoyang Wang

Langfang Center for General Survey of Natural Resources, CGS, Langfang Hebei

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 田光昊, 胡新茁, 王晓阳. 川西理塘地区雅江残余盆地西康群两河口组沉积地质特征及物源分析[J]. 自然科学, 2022, 10(6): 1005-1015. DOI: 10.12677/ojns.2022.106113

Abstract

The Lianghekou Formation of the Xikang Group in the Yajiang Residual Basin in the Litang Area of Western Sichuan is located on the east side of the Litang ophiolitic melange belt in Garzi, and it is an important window to study the gully arc system of the Sanjiang orogenic belt in the southwest. Source properties, enrich the sedimentary strata in the trench-arc system of the Sanjiang orogenic belt, and use the methods of sedimentology and petro-geochemical characteristics to analyze the sedimentary geological characteristics and provenance of the Lianghekou formation in the study area. The following progress has been made: the development of the Lianghekou Formation Variation bedding, parallel bedding, oblique bedding, and wrapping bedding can be seen in four basic sequence types. Sedimentary facies analysis shows that the Lianghekou Formation was formed in a basin-slope depositional environment. The petrochemical characteristics and identification diagrams show that the provenance of the Lianghekou Formation is mainly formed in the passive continental margin tectonic environment, but there are obvious additions from the continental island arc.

Keywords

Litang Area, Western Sichuan, Lianghekou Formation, Sedimentary Geological Features, Provenance

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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. 引言

两河口组最早由四川区调队 1980 年创名于雅江县两河口。辜学达等人在 1997 年认为：两河口组岩性主要以变质砂岩、板岩为主[1][2]。本次研究在通过野外地质调查和采集岩石地球化学样品，查明两河口组沉积地质特征及其物源属性。

2. 地层概况

两河口组在理塘地区大面积出露。岩层可见明显的鲍玛层序，与雅江组(T_3y^1)和新都桥组(T_3xd^2)呈整合接触[1][3][4][5][6]。岩性根据特征分为三段：

两河口组一段(T_3lh^1)：岩性为深灰色中厚层中 - 细粒变质岩屑石英砂岩夹灰黑色中薄层粉砂质板岩[3][7]，见图 1。岩屑砂岩内部常发育劈理；发育平行层理、斜层理，底部发育重荷模、槽模，局部见泥砾，多呈圆 - 椭圆状，总体在 1.2~2.0 厘米之间。板岩常见水平层理，见有“Nereites”遗迹[3]。两河口一段形成环境于深水环境。

两河口组二段(T_3lh^2)：岩性为深灰色中厚层一块状变质岩屑石英砂岩与粉砂质板岩不等厚间互[3][7]，见图 1。砂岩内见平行层理、斜层理、包卷层理，见图 2；底部发育重荷模、槽模，见泥砾，多呈圆 - 椭圆状，总体在 0.5~5.0 cm 之间。板岩内见水平层理，见有“Nereites”遗迹[3]，见图 3。两河口二段形成环境于较深水环境。

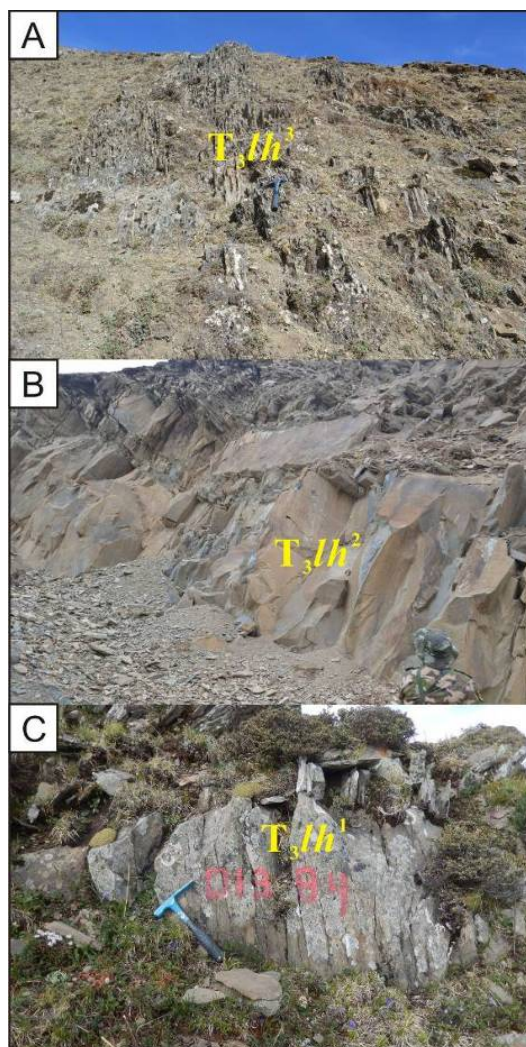


Figure 1. Field rock characteristics of Lianghekou formation. (A) Section III of Lianghekou Formation; (B) Section II of Lianghekou Formation; (C) Section I of Lianghekou Formation

图 1. 两河口组野外岩石特征。(A) 两河口组三段；(B) 两河口组二段；(C) 两河口组一段



B

两河口组二段板岩中“Nereites”遗迹

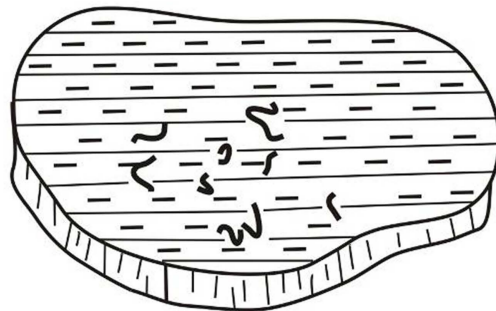


Figure 2. Encapsulated bedding developed in metamorphic siltstone of the second member of Lianghekou Formation and “Nereites” traces in slate

图 2. 两河口组二段变质粉砂岩中发育的包卷层理及板岩中 “Nereites” 遗迹

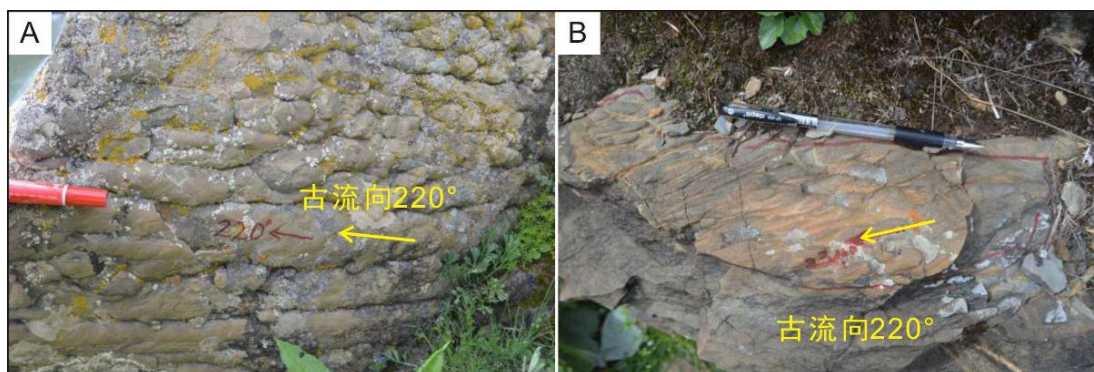


Figure 3. Measurement of groove model and ancient flow direction for the development of metamorphic lithic quartz sandstone in the second member of Lianghekou Formation

图 3. 两河口组二段变质岩屑石英砂岩发育的槽模及古流向测量

两河口组三段(T_3lh^3): 岩性为灰色粉砂质板岩夹中薄、中厚层状变质岩屑石英砂岩[3] [7], 见图 1。砂岩内见平行层理、斜层理、包卷层理, 见图 4; 发育重荷模、槽模; 地层可见褶皱。板岩内见水平层理, 可见动藻迹“*Zoophycos*”, 见图 5(B)。可见植物化石碎片(*Neocalamites*)及海百合茎[3], 见图 5(A)。两河口组三段形成于深海盆地与大陆斜坡的过渡部位[2]。

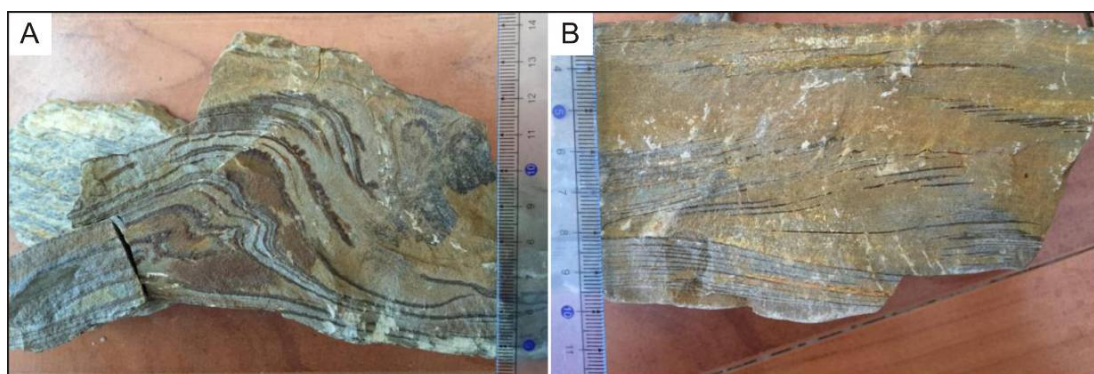


Figure 4. Sedimentary structure in the third member of Lianghekou Formation. (A) Encapsulation bedding in metamorphic lithic quartz sandstone; (B) Oblique bedding in metamorphic lithic quartz sandstone

图 4. 两河口组三段岩层内沉积构造。(A) 变质岩屑石英砂岩中包卷层理; (B) 变质岩屑石英砂岩中斜层理

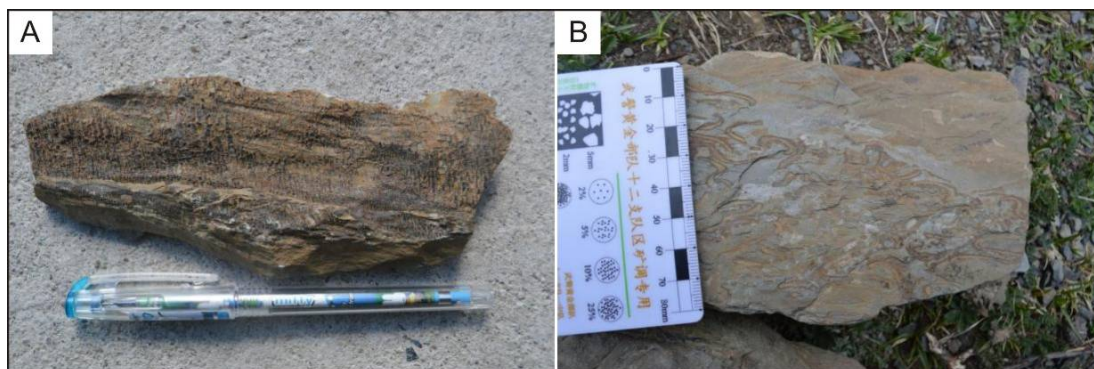


Figure 5. Plant fossil fragments and remains of the third member of Lianghekou Formation. (A) Plant fossil fragments in metamorphic lithic quartz sandstone; (B) “*Zoophycos*” relics in slate

图 5. 两河口组三段岩层植物化石碎片及遗迹。(A) 变质岩屑石英砂岩中植物化石碎片; (B) 板岩中“*Zoophycos*”遗迹

3. 沉积相分析

两河口组一段(T_3lh^1): 本段地层基本层序对应鲍马层序的 ad、ac、abc、acd 段[3], 见图 6。根据包卷层理发育方向(282°)和槽模古流向方向(102°), 沉积时古流向由东到西的同时, 局部层出现小段逆流向。其特征变现为浊积扇的扇根沉积。

两河口组二段(T_3lh^2): 本段地层基本层序对应鲍马层序的 ac、ad、bd、bcd 段[3], 见图 6。根据古流向方位(282° 、 234° 、 235° 、 220°), 沉积时古流向由东向西。其特征表现为浊积扇的扇中沉积。

两河口组三段(T_3lh^3): 本段地层基本层序对应鲍马层序的 ac、abc、bd、bcd、cd 段[3], 见图 6。根据古流向方位, 沉积时由东向西。其特征表现为浊积扇的扇缘沉积。

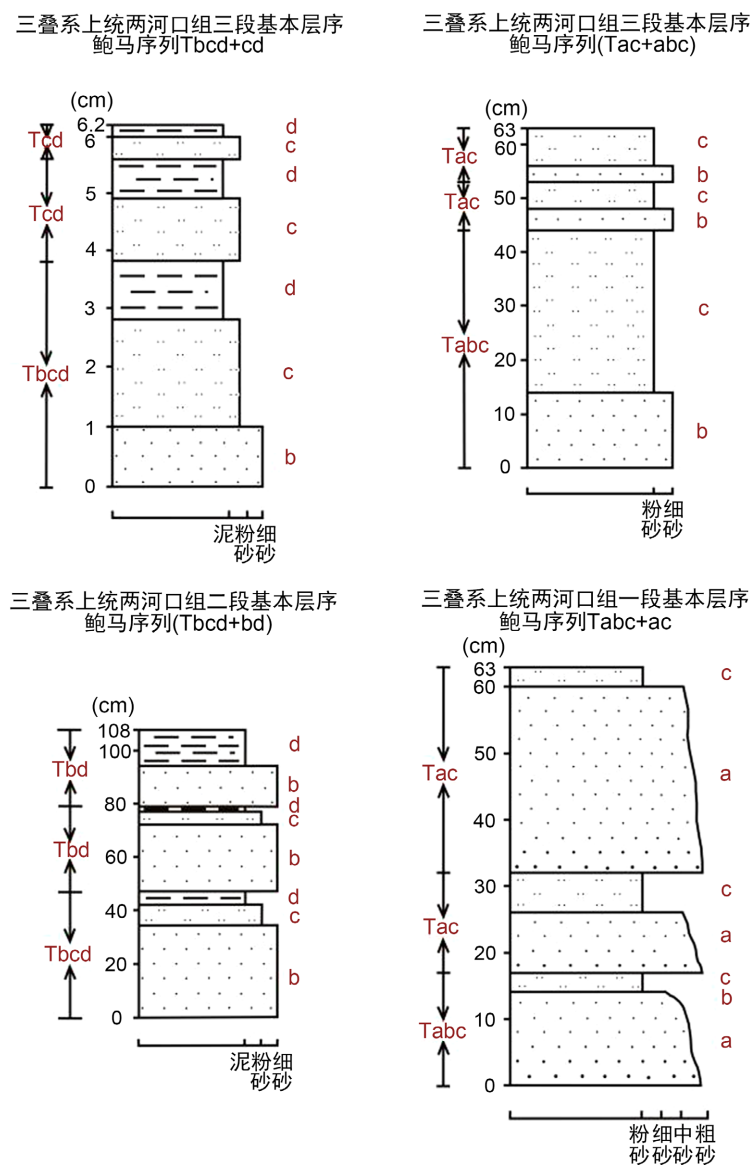


Figure 6. Basic sequence of Lianghekou Formation
图 6. 两河口组岩层基本层序

综上, 两河口组地层基本层序主要有两种: ① 基本层序 Tabc + Tbcd 段组合, 由变质岩屑石英砂岩

与板岩互层组成，主体为砂岩。② 基本层序 Tac + Tbcd + Tcd 段组合，由粉砂质板岩、变质岩石石英砂岩、变质长石砂岩等互层组成，主体为板岩。

一般在砂岩底面上可见十分发育的重荷模、沟模、槽模等沉积构造，见图 3。两河口组的沉积环境为盆地 - 斜坡，属浊积扇扇根 - 扇中 - 扇缘沉积[3]。

4. 沉积物源分析

4.1. 样品采集

本次工作在研究区雅江残余盆地两河口组内采集了 7 件岩石样品，进行了岩石地球化学分析，试图恢复雅江残余盆地晚三叠世沉积地球化学特征。其中两河口组一段 3 件，两河口组二段 2 件，两河口组三段 2 件，见表 1。

Table 1. Geochemical analysis samples of Lianghekou Formation of Upper Triassic Xikang Group in Yajiang Residual Basin
表 1. 雅江残余盆地三叠系上统西康群两河口组地球化学分析样品表

样品编号	岩石名称	所属层位
PM14-4FX1	细粒变质岩屑石英砂岩	T ₃ lh ¹
PM14-6FX1	细粒变质长石石英砂岩	
PM14-10FX1	中粗粒变质长石石英砂岩	
PM14-26FX1	粉砂质板岩	T ₃ lh ²
PM14-26FX2	细粒方解变质岩屑石英砂岩	
PM14-45FX1	细粒变质岩屑石英砂岩	T ₃ lh ³
PM14-45FX2	中粗粒变质岩屑砂岩	

4.2. 分析结果

本次研究采集的样品其测试结果均在允许误差范围内。分析结果见表 2。

Table 2. Petrochemical characteristics of sedimentary rocks of Lianghekou Formation, Xikang Group, Yajiang Residual Basin
表 2. 雅江残余盆地西康群两河口组沉积岩岩石地球化学特征

样品编号	PM14-4FX1	PM14-6FX1	PM14-10FX1	PM14-26FX1	PM14-26FX2	PM14-45FX1	PM14-45FX2
SiO ₂	75.14	78.92	72.60	56.71	72.02	77.76	77.67
Al ₂ O ₃	10.59	10.00	13.83	19.01	8.73	10.59	10.98
Fe ₂ O ₃	4.30	3.05	3.79	6.83	2.71	3.17	3.33
FeO	1.99	1.39	1.03	4.53	1.39	1.15	1.87
CaO	1.62	0.62	0.43	1.52	4.58	0.66	0.44
MgO	1.33	1.37	1.10	3.57	1.90	1.26	1.25
K ₂ O	1.53	1.48	1.45	3.93	1.30	1.26	1.07
Na ₂ O	1.71	1.84	3.78	0.85	1.73	2.45	2.84
MnO	0.065	0.070	0.105	0.026	0.040	0.058	0.055

Continued

TiO ₂	0.513	0.531	0.619	0.890	0.503	0.558	0.542
P ₂ O ₅	0.105	0.172	0.182	0.175	0.108	0.174	0.149
烧失量	3.25	2.01	2.15	6.88	6.43	2.11	1.80
La	34.5	43.0	20.2	53.8	43.8	38.6	23.8
Ce	54.6	71.4	33.5	98.2	79.3	63.5	41.1
Pr	8.21	10.4	4.96	13.3	10.5	9.27	5.38
Nd	28.5	35.0	17.4	45.6	35.2	31.2	17.7
Sm	5.39	6.29	3.17	8.16	6.38	5.37	2.50
Eu	1.16	1.14	0.69	1.61	1.05	0.92	0.41
Gd	4.35	5.24	2.58	6.22	4.82	4.47	2.31
Tb	0.66	0.73	0.35	0.88	0.68	0.65	0.30
Dy	3.44	3.58	1.66	4.40	3.32	3.42	1.45
Ho	0.73	0.71	0.34	0.92	0.66	0.70	0.30
Er	2.19	2.18	1.05	2.98	2.13	2.19	1.01
Tm	0.35	0.35	0.16	0.52	0.35	0.36	0.17
Yb	2.54	2.47	1.10	3.85	2.53	2.33	1.10
Lu	0.44	0.44	0.20	0.66	0.41	0.40	0.20
Y	20.0	19.2	8.64	21.6	18.4	18.6	7.71
Li	43.1	28.8	21.6	83.9	26.7	23.4	19.4
Be	1.84	1.62	1.21	3.79	1.46	1.37	0.74
Sc	5.55	4.53	3.59	8.97	8.69	4.08	3.50
V	97.0	85.4	69.6	166	93.9	72.2	51.0
Cr	64.1	68.3	65.9	108	68.1	80.5	51.5
Co	13.2	8.83	8.41	18.5	7.64	8.49	5.89
Ni	34.0	29.1	20.6	49.3	25.2	36.1	24.6
Cu	24.7	25.1	18.7	32.8	23.3	20.1	13.7
Zn	62.5	42.2	41.7	98.7	41.7	37.5	22.3
Ga	13.2	11.0	9.54	25.2	10.4	8.10	5.98
As	6.67	5.03	7.48	6.79	6.00	3.99	6.00
Rb	75.6	68.8	55.7	168	69.6	55.2	41.6
Sr	46.5	29.3	54.7	34.3	83.4	32.4	22.4
Zr	146	278	180	181	326	327	337
Nb	1.35	1.60	0.53	4.52	1.07	1.18	0.95
Mo	0.26	0.13	0.20	0.23	0.14	0.16	0.11

Continued

Cd	0.22	0.10	0.15	0.02	0.15	0.15	0.07
In	0.042	0.036	0.027	0.093	0.033	0.032	0.018
Cs	3.27	2.77	2.06	9.08	3.68	3.06	1.27
Ba	368	298	203	775	298	174	102
Hf	1.26	1.95	0.37	5.28	0.79	1.07	1.19
Ta	0.123	0.164	0.047	0.471	0.072	0.099	0.116
W	0.60	0.53	0.23	2.00	0.48	0.44	0.31
Tl	0.63	0.57	0.46	1.46	0.54	0.42	0.26
Pb	19.3	16.2	9.91	25.5	13.9	14.3	9.67
Bi	0.17	0.95	0.10	0.66	0.15	0.12	0.08
Th	2.07	3.89	2.48	5.31	11.2	3.36	3.88
U	2.14	2.49	1.17	3.72	2.38	1.96	1.28
ΣREE	147.03	182.94	87.35	241.06	191.07	163.27	97.76
LREE/HREE	8.99	10.66	10.75	10.80	11.84	10.25	13.31
(La/Yb) _N ^a	9.73	12.49	13.19	10.04	12.43	11.85	15.56
(Ce/Ce) ^{*a}	0.71	0.59	0.72	0.66	0.56	0.56	0.51
(Eu/Eu) ^{*a}	0.77	0.80	0.80	0.87	0.88	0.80	0.86
(La/Yb) _N ^b	1.28	1.64	1.73	1.32	1.63	1.56	2.05
(Ce/Ce) ^{*b}	1.12	0.93	1.13	1.06	0.89	0.88	0.80
(Eu/Eu) ^{*b}	0.77	0.80	0.79	0.87	0.88	0.80	0.86

注: (La/Yb)_N^a、(Ce/Ce)^{*a}、(Eu/Eu)^{*a} 分别代表球粒陨石标准化的值, (La/Yb)_N^b、(Ce/Ce)^{*b}、(Eu/Eu)^{*b} 分别代表北美页岩(NASC)标准化的值,球粒陨石标准引自 Sun and MacDonough(1989),北美页岩(NASC)标准引自 Gromet 等(1984)。

样品 SiO₂ 含量集中在 56.71%~78.92%,其中粉砂质板岩样品 PM14-26FX1 SiO₂ 含量较低,为 56.71%;其余砂岩 SiO₂ 含量为 69.83%~78.92%。Al₂O₃ 含量集中在 8.73%~19.01%。所有样品的 CaO 含量小于 5%,表明碳酸盐化较弱。K₂O/Na₂O 值集中在 0.37~1.03,粉砂质板岩 K₂O/Na₂O 值较高,为 4.64。

4.3. 元素地球化学特征

雅江残余盆地西康群两河口组沉积岩样品球粒陨石标准化的(La/Yb)_N 值为:两河口组 12.18,略高于被动大陆边缘(10.8),与其他类型差别明显,见表 3;显示西康群两河口组沉积岩主要形成于被动大陆边缘环境。

Eu 异常(Eu/Eu^{*})是示踪地壳演化和壳-幔交换作用的重要探针[3] [8] [9]。大陆上地壳的 Eu/Eu^{*}为 0.65~0.75 (Gao, 1995),研究区两河口组沉积岩球粒陨石标准化的 Eu/Eu^{*}平均值为 0.61,接近并略低于大陆上地壳的平均值。北美页岩标准化的 Eu/Eu^{*}为 0.97。

沉积岩的 Ce 异常(Ce/Ce^{*})可以判断岩石形成的沉积环境。具体可表现为 Ce 在深海和深海沉积物中亏损,呈现负异常,在铁镁结核中正异常。当还原环境时,Ce 异常不明显。研究区沉积岩北美页岩标准化的 Ce/Ce^{*}变化幅度较小,两河口组为 0.82,表明三叠系雅江盆地沉积环境的氧化还原条件变化并不大,

总体上处于弱还原环境。

Table 3. Main rare earth element parameters of sedimentary rock samples of Lianghekou Formation in Yajiang Residual Basin (Sun and MacDonough, 1989)

表 3. 雅江残余盆地两河口组沉积岩样品稀土元素主要参数(球粒陨石数据采用 Sun and MacDonough, 1989)

项目	La	Ce	ΣREE	LREE/HREE	La/Yb	(LaYb) _N
大洋岛弧	8 ± 1.7	19 ± 3.7	58 ± 10	3.8 ± 0.9	4.2 ± 1.3	2.8 ± 0.9
大陆岛弧	27 ± 4.5	59 ± 8.2	146 ± 20	7.7 ± 1.7	11 ± 3.6	7.5 ± 2.5
安第斯型边缘	37	78	186	9.10	12.5	8.5
被动大陆边缘	39	85	210	8.50	15.9	10.8
雅江组	40.98	72.02	178.45	10.60	17.02	12.21
两河口组	36.81	63.08	158.64	10.94	16.99	12.18

5. 物源分析

碎屑岩的微量元素含量的变化与构造背景之间有着内在的必然联系，通过分析碎屑岩的化学成分，可以很好的反映物源区的大地构造背景和构造演化特征[3]。

根据 $\log(w(K_2O)/w(Na_2O))$ 与 $w(SiO_2)$ 的关系图解，见图 7(A)，两河口组样品主要投在被动大陆边缘与活动大陆边缘之间，但相对被动大陆边缘占优势。这表明西康群沉积岩应形成于被动大陆边缘环境，但可能有活动大陆边缘或岛弧的物质参与。在 $La/Sc-Ti/Zr$ 图解上，见图 7(B)，研究区大多数样品投在活动大陆边缘区域内或其附近。由前人的研究可知，雅江残余盆地的沉积环境为被动大陆边缘，并有一定程度大陆岛弧的参与影响[10] [11]。本次研究的雅江残余盆地西康群两河口组构造环境符合前人观点。

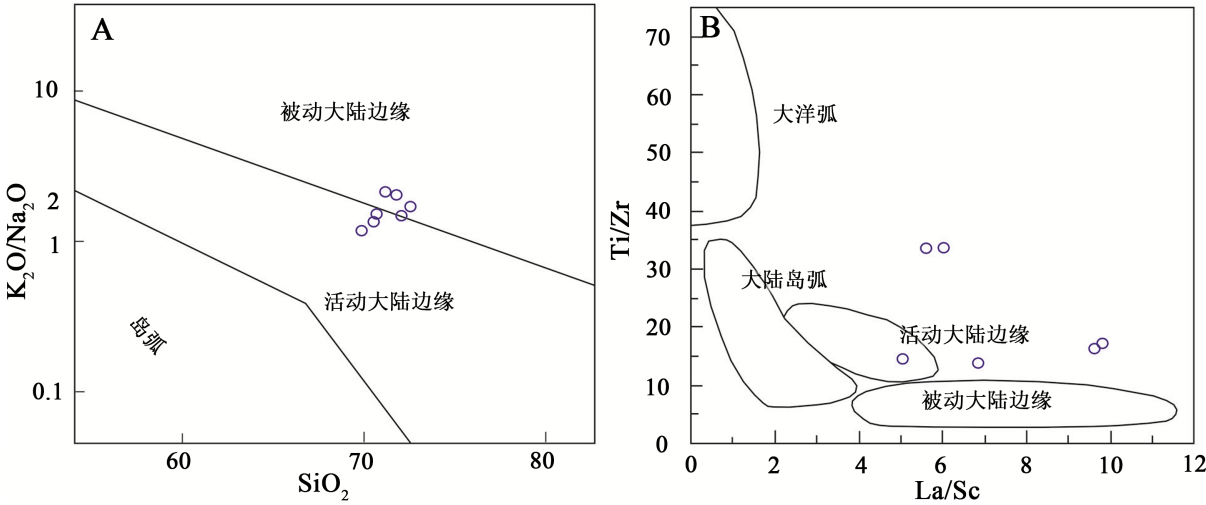


Figure 7. Structural environment discrimination diagram of major and trace elements of sedimentary rocks in Lianghekou Formation of Xikang Group in Yajiang relict basin. (Based on Pettijohn *et al.*, 1973; Bhatia and Crook, 1986)

图 7. 雅江残余盆地西康群两河口组沉积岩主量及微量元素构造环境判别图解。(底图据 Pettijohn *et al.*, 1973; Bhatia and Crook, 1986)

在 $Th-Co-Zr/10$ 和 $Th-Sc-Zr/10$ 构造环境判别图解上，研究区样品主要投在被动大陆边缘和大陆岛弧

区域下方, 见图 8, 这在一定程度说明晚三叠世雅江残余盆地西康群两河口组沉积岩的物源可能并不是来自单一的物源区, 其形成构造背景可能为被动大陆边缘, 但明显有大陆岛弧的物质加入。

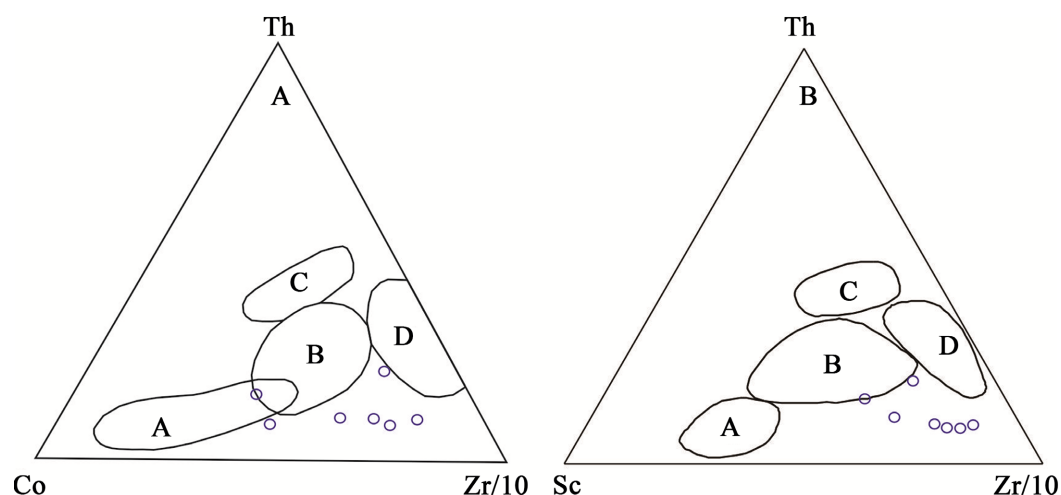


Figure 8. Th Co Zr/10 and Th SC Zr/10 tectonic environment discrimination diagram of sedimentary rocks of Lianghekou Formation of Xikang Group in Yajiang Residual Basin. (A) Ocean island arc; (B) Continental island arc; (C) Active continental margin; (D) Passive continental margin (Base map according to Bhatia and Crook, 1986)

图 8. 雅江残余盆地西康群两河口组沉积岩 Th-Co-Zr/10、Th-Sc-Zr/10 构造环境判别图解。(A) 大洋岛弧; (B) 大陆岛弧; (C) 活动大陆边缘; (D) 被动大陆边缘(底图据 Bhatia and Crook, 1986)

综合岩石地球化学特征及其判别图解, 两河口组的物源主要形成于被动大陆边缘构造环境, 但明显有大陆岛弧的物质加入。

6. 结论

- 1) 川西地区雅江残余盆地西康群两河口组岩性主要为变质岩屑石英砂岩、粉砂质板岩、变质长石岩屑砂岩等, 发育递变层理、平行层理、斜层理等。
- 2) 川西地区雅江残余盆地西康群两河口组的沉积环境为盆地 - 斜坡。
- 3) 综合岩石地球化学特征及图解, 两河口组的物源主要形成于被动大陆边缘, 但明显有大陆岛弧的物质加入。

基金项目

中国地质调查局项目(12120114009001、12120113071300), 中国地质调查局自然资源综合调查指挥中心项目(ZD20220318)。

参考文献

- [1] 中国人民武装警察部队黄金第十二支队. 四川甘孜州金沟、大河边幅 1:50000 区域地质矿产调查[M]. 北京: 全国地质资料馆, 2016.
- [2] 辜学达, 刘啸虎. 四川省岩石地层[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1997.
- [3] 刘涛, 毛世东. 四川理塘地区三叠系上统西康群地层沉积特征[J]. 工业 C, 2016(1): 244-245.
- [4] 白宪洲, 何明友, 王玉婷, 杨学俊. 四川若尔盖地区西康群地球化学特征及其物源区和古风化程度分析[J]. 现代地质, 2010, 24(1): 151-157.
- [5] 曾宜君, 黄思静, 阚泽忠, 熊昌利, 郝雪峰, 谢启兴, 曾勤. 四川西部三叠系西康群地球化学特征与大地构造背景[J]. 沉积与特提斯地质, 2006(1): 22-29.

-
- [6] 戴宗明, 王全伟. 四川甘孜-理塘地区三叠系西康群地层层序的有关问题[C]. 青藏高原及邻区地质与资源环境学术讨论会论文摘要汇编: 2003 年卷. 北京: 中国地质学会, 2003: 85-86.
 - [7] 田光昊, 侯红星, 邵兴坤, 孙肖, 胡新茁, 马永君, 王晓阳. 川西西康群酸性侵入岩地质、地球化学特征及找矿意义[J]. 现代矿业, 2021, 37(12): 91-97.
 - [8] 李利阳, 刘博. 大兴安岭乌奴尔地区裸河组沉积地质特征及物源分析[J]. 现代矿业, 2020, 36(9): 37-40+45.
 - [9] 周雄, 周玉, 谭洪旗, 岳相元. 川西甲基卡地区西康群砂岩地球化学特征及对物源区、构造背景的指示[J]. 地质学报, 2022, 96(4): 1380-1404.
 - [10] 曾宜君, 黄思静, 易同富, 郝雪峰, 熊昌利, 胡作维. 四川西部西康群新都桥组碳酸盐岩的锶同位素特征[J]. 地球科学与环境学报, 2007(2): 126-129.
 - [11] 四川省地质矿产局. 四川省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1991.