

川西鲜水河断裂带拉丁期放射虫、硅质岩及构造演化意义*

梁 斌 冯庆来** 王全伟 郭建秋 钟长洪 李振江

(中国地质大学地球科学学院, 武汉 430074; 四川省地质调查院, 成都 610000)

摘要 鲜水河断裂带如年各组硅质岩中发现放射虫动物群, 包括 *Muelleritortis*, *Baumgartneria Oerlispongus*, *Paraoerlispongus* 和 *Pseudoerlispongus* 等, 地质时代为中三叠世拉丁期. 硅质岩 SiO_2 的含量变化范围在 71.16% ~ 90.06% 之间, Si/Al 比值为 49 ~ 71, 表明它们含有较高比例的陆源泥质沉积物; $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ 比值为 0.63 ~ 0.81, $\text{V} < 23 \mu\text{g/g}$, $\text{V/Y} < 2.8$, $\text{Ti/V} > 26$, 具有大陆边缘型硅质岩的特征; 大部分样品的稀土元素的 Ce/Ce^* 比值为 1.02 ~ 1.47, La_N/Ce_N 比值为 0.75 ~ 1.07, 为大陆边缘型硅质岩, 仅 1 件样品的稀土元素具有大洋盆地硅质岩的特征. 浊积岩、放射虫硅质岩和玄武岩组合及硅质岩地球化学特征研究表明, 鲜水河断裂带在中三叠世拉丁期处于强烈裂陷阶段.

关键词 硅质岩 放射虫 三叠纪 鲜水河断裂带 川西

鲜水河断裂带位于松潘-甘孜造山带西侧, 西临甘孜-理塘蛇绿混杂岩带(图 1), 具有强烈的构造变形和复杂的物质组成, 沿断裂带已发现层状堆晶超基性岩、橄榄玄武岩、玄武质火山角砾岩、深海浊积岩、放射虫硅质岩及古生代灰岩块体^[1,2]. 其岩石地层单位归为如年各组, 地质时代为晚三叠世卡尼期-诺利克期^[3]. 该断裂带以其新生代以来强烈的左旋走滑和地震活动而引起人们的广泛关注^[3,4], 但对其沉积历史和古构造演化的研究较为薄弱, 并存在不同的认识: 《四川省区域地质志》^[5]将该断裂带解释为晚三

叠世的裂陷海槽, 潘桂棠等^[6]认为是一个混杂岩带, 王小春^[7]则解释为二叠纪-三叠纪的古裂谷.

近年来, 在进行 1:25 万康定幅区域地质调查中, 在道孚县城南如年各组中发现了与玄武岩伴生的放射虫硅质岩. 放射虫动物群以及硅质岩沉积环境的研究, 加深了对鲜水河断裂带地质构造演化的认识.

1 地质背景和硅质岩样品的特征

在鲜水河断裂带, 以三叠纪如年各组为代表的混杂岩具有较为复杂的物质组成, 主要由灰色、紫红

2003-07-20 收稿

* 中国地质调查局 1:25 万康定县幅地质调查(批准号: 20011300004), 国家自然科学基金(批准号: 40232025)和湖北省地球表层实验室资助项目

** 联系人, E-mail: fengqlye@public.wh.hb.cn

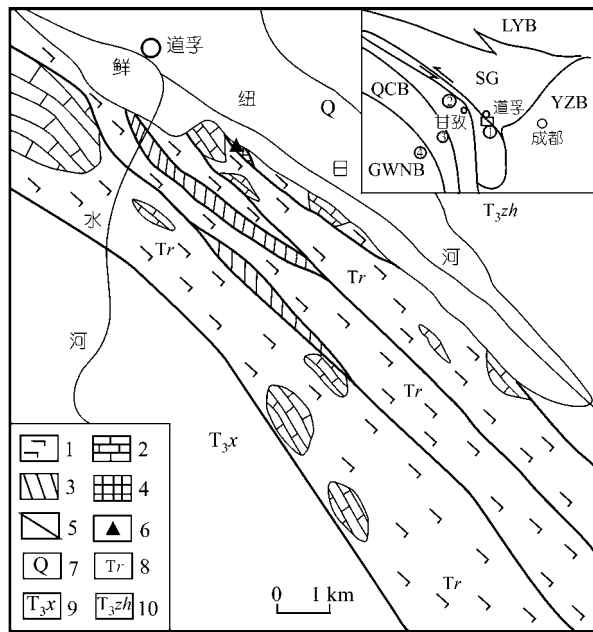


图1 研究区大地构造位置(据文献[3])及地质简图

1. 玄武岩; 2. 灰岩; 3. 板岩; 4. 硅质岩; 5. 断层; 6. 采样点; 7. 第四系;
8. 三叠系如年各组; 9. 上三叠统新都桥组; 10. 上三叠统侏倭组. SG, 松潘; 甘孜造山带; LYB, 劳亚大陆; QCB, 羌塘-昌都微大陆; GWNB, 冈瓦纳大陆; YZB, 扬子克拉通. 鲜水河断裂带; 甘孜-理塘蛇绿混杂岩带; 金沙江蛇绿混杂岩带; 澜沧江蛇绿混杂岩带

色块状灰岩、生物碎屑灰岩、灰绿色蚀变玄武岩、枕状玄武岩、玄武质角砾岩以及变质砂板岩、硅质岩组成。地层构造变形强烈，不同岩性的块体以构造岩片的形式拼贴在一起，组成了一个复杂的混杂岩带。灰岩块体中产 *Verbeekina* sp., *Waagenophyllum* sp. 等二叠纪化石；泥质灰岩中产有三叠纪海百合茎 *Traumatocrinus* sp.; 在黑色板岩中采得 *Halobia convexa* Chen, *H. sp. cf. H. yunnanensis* Reed, *Pergamidia* sp. cf. *P. irregularis* 等晚三叠世卡尼期-诺利克期的双壳化石¹⁾。《四川省岩石地层》^[4]将其作为特殊岩石地层单位，时代归为晚三叠世。

在川西道孚县城南，沿鲜水河左岸的雅江-道孚公路，出露有良好的如年各组地层剖面。在该剖面上，如年各组主要为橄榄玄武岩、碳酸盐化橄榄玄武岩、蛇纹石化碳酸盐化辉石苦橄玢岩、玄武质凝灰岩、角

砾状橄榄玄武岩等基性火山岩夹灰岩、板岩及硅质岩岩片，它们均以构造岩片的形式拼贴在一起。在火山岩及板岩内部发育透入性较好的劈理，灰岩一般呈角砾状，显示出强烈的构造混杂的特征。在该剖面上仅发现一处硅质岩露头，夹于含 *Verbeekina* sp. 的二叠纪灰岩与强劈理化的玄武岩之间，露头宽约 10m，以透镜体状产出，向两侧迅速尖灭。

放射虫硅质岩为深灰~灰紫色。薄片鉴定表明，样品中放射虫含量为 5%~12%，微粒石英及硅质物 60%~83%，水云母及粘土矿物 3%~10%，普遍含有白云石，含量约为 7%~20%，并见有海绵骨针，岩石定名为含白云石、泥质放射虫硅质岩。本文对 9 件硅质岩样品的放射虫作了分析，对其中 5 件样品进行了化学元素测试。

2 放射虫动物群特征

经室内反复分析，9 件硅质岩样品中有 6 件含有放射虫化石。其中，4 块样品中的放射虫化石保存较好，可供鉴定，另外 2 块样品中的放射虫化石保存较差，无法鉴定。共鉴定出 22 个种，可以划归为两个组合：*Oertlispongia inaequispinosus* 和 *Muelleritortis cochleata* 组合^[8]。*Oertlispongia inaequispinosus* 组合产自样品 D1612b1, D1612b5 和 D1612b6，包括 *Oertlispongia inaequispinosus* Dumitrica, Kozur et Mostler, *Paroertlispongia multispinosus* Kozur et Mostler, *Pseudoertlispongia mostleri* Kozur, *Pseudoertlispongia angulatus* Kozur, *Baumgartneria ambigua* Dumitrica, *Baumgartneria yehae* Kozur et Mostler, *Baumgartneria bifurcata* Dumitrica, *Triassocampe scalaris* Dumitrica, Kozur et Mostler, *Eptingium manfredi* Dumitrica, *Hozmadia pyramidalis* Gorican, *Staurolonche granulolum* (Dumitrica, Kozur et Mostler), *Falcispongia calcaneum* Dumitrica 等。该组合可以与 Fassanian 期早期的 *Oertlispongia inaequispinosus* 亚带对比^[9,10]。*Muelleritortis cochleata* 组合仅产于样品 D1612b9 中，该组合以丰富的 *Muelleritortis cochleata* (Nakaseko et Nishimura), *Muelleritortis firmum* (Gorican) 和 *Baumgartneria retrospina* Dumitrica 为特征，共生有 *Baumga-*

1) 四川省地质矿产局 1:20 万丹巴幅区域地质调查报告, 1984

rneria curvispina Dumitrica, *Triassocampe* sp.等。该组合可以与 Longobardian 期早、中期的 *Muelleritortis cochleata* 带对比^[9,10]。Fassanian 相当于拉丁期早期, Longobardian 相当于拉丁期晚期。所以, 该放射虫动物群的地质时代可以确定为拉丁期。

3 硅质岩地球化学特征及沉积环境

3.1 主量元素

5 件硅质岩样品的分析结果表明, SiO₂ 含量变化范围在 71.16% ~ 90.06% 之间(表 1), 低于纯硅质岩 SiO₂ 含量(91% ~ 99.8%)^[11]; Al₂O₃ 的含量为 1.78% ~ 3.08%, Si/Al 为 49 ~ 71, 远低于纯硅质岩 Si/Al (80 ~ 1400)^[11], 表明它们含有较高比例的陆源泥质沉积物。前人研究结果表明, Al₂O₃/(Al₂O₃ + Fe₂O₃) 是判别硅质岩形成环境, 特别是区分洋中脊和大陆边缘成因的一个良好指标^[12,13]。鲜水河断裂带道孚县城南的 5 个硅质岩样品中, D1612b4 和 D1612b6 的 Al₂O₃/(Al₂O₃ + Fe₂O₃) 比值分别为 0.63 和 0.64, 明显高于洋中脊硅质岩(< 0.4)^[13], 而与大洋盆地硅质岩(0.4 ~ 0.7)和大陆边缘硅质岩(0.5 ~ 0.9)的重叠区相当^[13]; D1612b2, D1612b5 和 D1612b9 样品的 Al₂O₃/(Al₂O₃ + Fe₂O₃) = 0.71 ~ 0.81, 与大陆边缘硅质岩相当。从 Al₂O₃/(Al₂O₃ + Fe₂O₃) 的特征可以看出, 鲜水河断裂带中的硅质岩样品 D1612b2, D1612b5 和 D1612b9 为典型的大陆边

缘成因, D1612b4 和 D1612b6 可能形成于大陆边缘或大洋盆地。

3.2 稀土元素

硅质岩的 REE 元素, 特别是 Ce/Ce* 以及用北美页岩平均值(NASC)标准化的 La_N/Ce_N 比值, 可用来有效地判别硅质岩的形成环境。从大洋中脊、大洋盆地至大陆边缘等不同构造背景沉积的硅质岩, Ce/Ce* 从负异常变为无异常, 甚至正异常^[12-14]。洋中脊附近的硅质岩 Ce/Ce* 为 0.3 ± 0.13, La_N/Ce_N 约为 3.5; 大洋盆地硅质岩的 Ce/Ce* 为 0.60 ± 0.13, La_N/Ce_N 为 1.0~2.5; 大陆边缘盆地硅质岩的 Ce/Ce* 为 1.09 ± 0.25, La_N/Ce_N 为 0.5 ~ 1.5^[12,13]。

鲜水河断裂带放射虫硅质岩的 REE 分析结果见表 2, 用北美页岩(NASC)标准化的 REE 分布形式见图 2。除样品 D1612b4 外, 其他样品没有明显的 Ce 负异常, Ce/Ce* 比值变化范围为 1.02 ~ 1.47, La_N/Ce_N 比值为 0.75 ~ 1.07, 与大陆边缘硅质岩的 REE 特征类似; 样品 D1612b4 的 Ce/Ce* 为 0.53, La_N/Ce_N 为 2.05, 与大洋盆地硅质岩的 REE 特征相类似。

3.3 微量元素

微量元素中的某些元素是判别硅质岩成因的有效指标。从 Murray 等^[12]发表的少数微量元素资料看, 洋中脊和大洋盆地硅质岩的 V 含量明显高于大陆边

表 1 放射虫硅质岩主量元素分析结果(%)^{a)}

样品编号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	H ₂ O ⁺	CO ₂	总合
D1612 b2	89.16	3.08	0.73	0.28	2.6	0.77	0.48	0.04	0.14	0.04	0.19	0.89	2.26	100.7
D1612 b4	71.16	1.78	1.03	0.24	12.86	0.29	0.42	0.05	0.06	0.03	0.52	0.74	8.02	97.2
D1612 b5	86.34	3.03	1.26	0.12	3.4	0.55	0.5	0.05	0.16	0.04	0.17	1.18	2.71	99.5
D1612 b6	86.44	2.05	1.13	0.09	3.97	0.51	0.25	0.03	0.1	0.02	0.35	1.04	3.18	99.2
D1612 b9	90.06	2.18	0.77	0.08	0.251	0.21	0.42	0.04	0.12	0.04	0.31	0.99	1.72	97.2

a) 测试由中国地质调查局宜昌地质矿产研究所完成

表 2 硅质岩的稀土元素分析结果(μg/g)^{a)}

样品编号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	REE	La _N /Ce _N	Ce/Ce*
D1612 b2	18.5	39.1	3.83	15.2	2.66	0.53	2.09	0.34	1.84	0.46	0.95	0.14	0.84	0.11	7.61	94.2	1.07	1.02
D1612 b4	13.9	15	2.85	12.1	2.24	0.6	2.38	0.44	3.07	0.53	1.44	0.22	1.35	0.14	13.5	69.76	2.05	0.53
D1612 b5	20.6	43.6	4.03	17.9	3.9	0.66	2.48	0.44	2.33	0.45	1.05	0.16	0.95	0.1	9.02	107.67	1.07	1.04
D1612 b6	11.4	29.6	2.23	9.95	2.02	0.47	1.92	0.34	2.01	0.35	0.87	0.13	0.8	0.09	7.03	69.21	0.88	1.28
D1612 b9	13.5	40.8	2.58	12.1	2.38	0.52	2.07	0.34	1.87	0.4	0.74	0.12	0.69	0.07	7.02	85.2	0.75	1.47

a) 由中国地质调查局宜昌地质矿产研究所采用 ICP-AES 分析; 用北美页岩(NASC)标准化

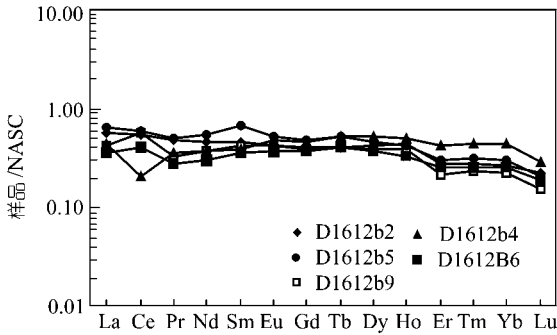


图 2 鲜水河断裂带放射虫硅质岩用北美页岩(NASC)标准化的 REE 分布形式
北美页岩 REE 值引自文献[15]

缘硅质岩, 而 Y 含量则相反, 所以洋中脊和大洋盆地硅质岩的 V/Y 明显高于大陆边缘硅质岩。鲜水河断裂带中硅质岩的微量元素分析结果见表 3。在 Ti-V 相关图上(图 3(a)), 硅质岩的 $V < 23 \mu\text{g/g}$ ($15 \sim 23 \mu\text{g/g}$), Ti 和 V 呈正相关关系, $\text{Ti}/\text{V} = 26 \sim 43$, 与大陆边缘硅质岩($V = 20 \mu\text{g/g}$, $\text{Ti}/\text{V} = 40$)相当, 而明显不同于洋中脊硅质岩($V = 42 \mu\text{g/g}$, $\text{Ti}/\text{V} = 7$)和大洋盆地硅质岩($V = 38 \mu\text{g/g}$, $\text{Ti}/\text{V} = 25$)。在 V/Y-Ti/V 相关图上(图 3(b)), 鲜水河断裂带硅质岩的 $\text{V}/\text{Y} < 2.8$ ($1.1 \sim 2.8$), $\text{Ti}/\text{V} > 26$, 大致与大陆边缘硅质岩组成接近, 而明显不同于洋中脊硅质岩($\text{V}/\text{Y} = 4.3$, $\text{Ti}/\text{V} = 7$)和大洋盆地硅质岩($\text{V}/\text{Y} = 5.8$, $\text{Ti}/\text{V} = 25$)。

38 $\mu\text{g/g}$, $\text{Ti}/\text{V} = 25$). 在 V/Y-Ti/V 相关图上(图 3(b)), 鲜水河断裂带硅质岩的 $\text{V}/\text{Y} < 2.8$ ($1.1 \sim 2.8$), $\text{Ti}/\text{V} > 26$, 大致与大陆边缘硅质岩组成接近, 而明显不同于洋中脊硅质岩($\text{V}/\text{Y} = 4.3$, $\text{Ti}/\text{V} = 7$)和大洋盆地硅质岩($\text{V}/\text{Y} = 5.8$, $\text{Ti}/\text{V} = 25$)。

4 结论和讨论

4.1 地质时代

到目前为止, 鲜水河断裂带如年各组混杂岩中, 已发现二叠纪䗴和珊瑚化石、中三叠世海百合茎和放射虫化石、以及晚三叠世双壳类化石。含二叠纪䗴和珊瑚化石的灰岩块体被认为属混杂岩块, 不能代表如年各组的沉积时代。《四川省岩石地层》认为如年各组具有混杂岩的特征, 其黑色板岩中的晚三叠世双壳类化石代表了如年各组的形成时代, 即晚三叠世^[1]。

如年各组中三叠世放射虫动物群的地质时代代表了如年各组硅质岩和玄武岩的地质时代, 为该沉积盆地伸展阶段的产物; 黑色板岩中的晚三叠世双

表 3 硅质岩的微量元素分析结果($\mu\text{g/g}$)^{a)}

样品编号	Cu	Ni	Co	Rb	As	Sb	Bi	Sr	V	Ga	Zr	U	Th	Ti
D1612 b2	32.1	21.9	30.6	25.2	10.4	3.28	0.26	46	20	3.6	61	2.1	0.7	800
D1612 b4	22.9	51.5	13	18.5	4.5	10.3	0.18	94	15	0.3	52	2.2	1.4	400
D1612 b5	40.4	24	21	26.3	1.2	1.67	0.13	32	23	3.8	61	2.3	0	1000
D1612 b6	44	35.9	17.3	13.9	8.1	10.2	0.24	53	19	3	46	1.7	7	600
D1612 b9	36.9	26.6	23.4	23	1.2	1.09	0.27	32	20	3.4	44	1.9	1.6	600

a) 由中国地质调查局宜昌地质矿产研究所测试, 采用光度法、原子吸收、原子荧光、发射光谱分析

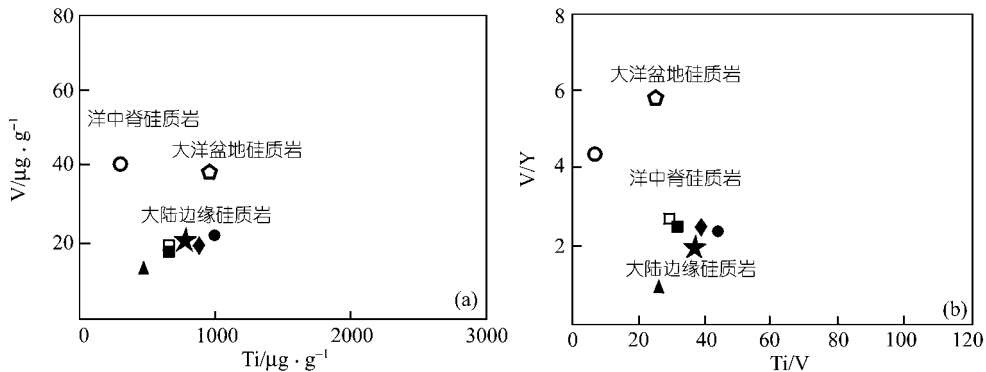


图 3 鲜水河断裂带放射虫硅质岩 Ti-V(a)和 V/Y-Ti/V (b)相关图
洋中脊、大洋盆地和大陆边缘硅质岩资料引自文献[14], 图例同图 2

壳类化石应代表该沉积盆地收缩变浅时期的沉积。因此, 如年各组地质时代主体应为中-晚三叠世。

4.2 沉积构造背景

鲜水河断裂带位于甘孜-理塘蛇绿混杂岩带的东侧。根据放射虫动物群的研究, 以甘孜-理塘蛇绿岩带为代表的古特提斯洋盆地质时代为晚二叠世至晚三叠世^[6,16-18]; 根据火山岩地球化学研究, 甘孜-理塘古洋盆宽度约为 400 余公里^[18]。从放射虫硅质岩的时代来看, 鲜水河断裂带在拉丁期强烈裂陷, 玄武岩广泛发育, 并出现了洋脊型玄武岩^[7]。在地球化学特征方面, 与玄武岩伴生的放射虫硅质岩主要为大陆边缘背景, 一个样品的稀土元素具有大洋盆地的特征。这些特征表明, 鲜水河断裂带在中三叠世拉丁期具有初始洋盆的性质, 但规模十分有限, 沉积作用明显受陆地影响。该洋盆与其西侧的甘孜-理塘洋盆地质时间相当, 规模均较小, 空间上关系密切。所以, 鲜水河断裂带可能为甘孜-理塘洋盆的一个分支小洋盆。

参 考 文 献

- 四川省地质矿产勘查开发局. 四川省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 341~347
- 侯立玮, 罗代锡, 付得明, 等. 川西藏东地区三叠纪沉积-构造演化. 中华人民共和国地质矿产部地质专报, 岩石-矿物-地球化学, 第 13 号. 北京: 地质出版社, 1991. 1~138
- 许志琴, 侯立玮, 王宗秀, 等. 中国松潘-甘孜造山带的造山过程. 北京: 地质出版社, 1992. 1~182
- 杨主恩, 郭芳, 李铁民, 等. 鲜水河断裂西北段的断层泥特征及其地震地质意义. 地震地质, 1999, 21(1): 21~28
- 四川省地质矿产勘查开发局. 四川省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1990. 1~682
- 潘桂棠, 陈智梁, 李兴振, 等. 东特提斯地质构造形成演化. 北京: 地质出版社, 1997. 1~103
- 王小春. 川西炉霍二叠纪-三叠纪古裂谷的识别及其地质演化. 地质学报, 2000, 74(3): 247~253
- Feng Q-L, Liang B. Ladinian radiolarian fauna from West Sichuan, China. *Revue de Micropaleontologie*, 2003, 46: 217~227[DOI]
- Kozur H, Mostler H. Anisian to Middle Carnian radiolarian zonation and description of some stratigraphically important radiolarians. *Geologisch-Palaeontologische Mitteilungen Innsbruck*, 1994, (3): 39~199
- Dumitrica P. The Oertlispongidae (Radiolaria) from the Middle Triassic of Masirah Island (Oman). *Revue de Micropaleontologie*, 1999, 42(1): 33~42
- Murray R W, Buchholtz Ten Brink M R, Gerlach D C, et al. Rare earth, and trace element composition of Monterey and DSDP chert and associated host sediment: Assessing the influence of chemical fractionation during diagenesis. *Geochim Cosmochim Acta*, 1992, 56: 2657~2671[DOI]
- Murray R W, Buchholtz Ten Brink M R, Gerlach D C, et al. Rare earth, major, and trace element in chert from Franciscan complex and Monterey Group: Assessing REE source to fine-grained marine sediments. *Geochim Cosmochim Acta*, 1991, 55: 1875~1895 [DOI]
- Murray R W. Chemical criteria to identify the depositional environment of chert: general principles and applications. *Sediment Geol*, 1994, 90: 213~232[DOI]
- Murray R W, Jone D L, Buchholtz Ten Brink M R. Diagenetic formation of bedded chert: evidence from chemistry of the chert-shale couplet. *Geology*, 1992, 20: 271~274[DOI]
- Gromet L P, Dymek R F, Haskin L A, et al. The "North American shale composite": Its compilation, major and trace element characteristics. *Geochim Cosmochim Acta*, 1984, 48: 2469~2482[DOI]
- Feng Qinglai, Ye Mei, Zhang Zhengjun, et al. Triassic radiolarian fauna from Southwest China. *Scientia Geologica Sinica*, 1996, 5: 381~394
- 刘增乾, 李兴振. 三江地区构造岩浆岩带的划分与矿产分布. 北京: 地质出版社, 1993. 1~90
- 莫宣学, 路凤香, 沈上越, 等. 三江特提斯火山作用与成矿. 北京: 地质出版社, 1993. 1~105