

对滇西昌宁—孟连带大地构造背景的认识

王新利, 林 丽, 朱利东, 庞艳春, 付修根, 马叶情

(成都理工大学 沉积地质研究院, 成都 610059)

摘 要: 昌宁—孟连带是我国西南“三江”地区重要的多金属成矿带。该带火山岩化学成分、稀土元素地球化学特征以及硅质岩的沉积地球化学特征均可与大陆边缘裂谷环境相类比。尽管区内玄武岩的微量元素地球化学特征与洋岛玄武岩相似, 这是因为洋岛玄武岩与大陆裂谷玄武岩的地球化学特征本身就很相似。综合分析表明该带在晚古生代是在保山—掸邦地块东部发展起来的大陆边缘裂谷环境。

关键词: 昌宁—孟连带; 地质背景; 硅质岩

中图分类号: P548 文献标识码: A 文章编号: 1001-1412(2007)02-0134-05

0 引言

昌宁—孟连带位于我国“三江”地区西南部, 大地构造位置为保山—掸邦地块东缘, 该带北起昌宁、双江, 经铜长街、老厂至孟连, 向南沿入缅甸(图 1), 是“三江”地区重要的多金属成矿带。该带地质构造非常复杂, 基础地质研究难度较大, 一直都是“三江”地区争议的热点, 对其构造环境的认识主要有弧后裂谷盆地^[1, 2]、大陆边缘裂谷^[3-9]以及大洋盆地^[10-15]3种观点。在前人研究的基础上, 本文主要对昌宁—孟连带火山岩及硅质岩的地球化学特征、沉积特征进行分析并与典型大地构造环境相对比, 认为该带属于大陆边缘裂谷环境。

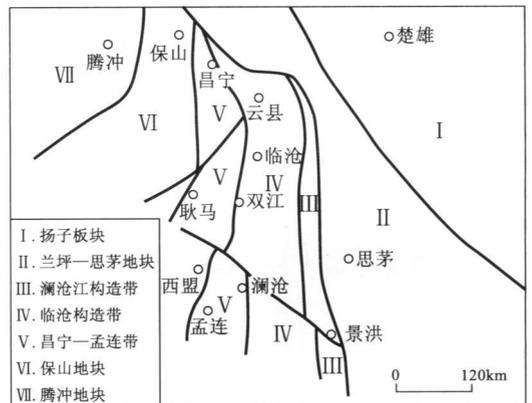


图 1 滇西南大地构造单元划分
(据张翼飞等 2001, 修改)

Fig. 1 The geotectonic division of southwestern Yunnan

1 区域地层

昌宁—孟连带内的地层从震旦系—第四系均有出露, 其中上古生界最为发育。泥盆系为碎屑岩、硅质岩及页岩建造; 下石炭统以中基性火山岩为主, 夹硅质岩和碳酸盐岩, 中上石炭统为连续沉积的碳酸盐岩建造; 下二叠统主要为碳酸盐岩、杂砂岩、页岩建造, 上二叠统出露零星, 为浅海碳酸盐岩台地沉

积。其中石炭系和二叠系为本区的主要赋矿层位。

2 火山岩岩石化学和稀土元素特征

昌宁—孟连带晚古生代火山岩均属玄武岩类, 根据岩石化学成分、TAS 图和 CIPW 标准矿物划分为两个岩浆系列, 即拉斑玄武岩系列和碱性玄武岩

收稿日期: 2006-03-07

基金项目: 国家自然科学基金项目(40472013)、教育部跨世纪优秀人才基金项目、四川省青年科技基金项目资助。

作者简介: 王新利(1981-), 男, 内蒙古喀喇沁人, 硕士研究生, 主要从事盆地流体与金属矿床研究。

系列^[16]。拉斑玄武岩系列分布较局限, 仅在昌宁、铜长街、孟连等地出露; 碱性玄武岩系列则广泛分布于整个带内^[16]。区内玄武岩富集 K_2O (2.52%), TiO_2 (2.99%), P_2O_5 (0.55%)^[17] 及大离子亲石元素^[15, 18], Al_2O_3 质量分数较低(平均为 14.6%)^[16]。岩石的球粒陨石标准化配分模式平缓右倾, 轻稀土(LREE)富集, 没有 $\delta(Ce)$ 和 $\delta(Eu)$ 异常^[8]。在岩石

组合上, 带内发育一套碎屑岩—基性火山岩—碳酸盐岩建造, 总厚度达万米, 火山岩系夹碳酸盐岩、泥岩和少量硅质岩, 含瓣鳃、腕足、珊瑚、有孔虫、筳等化石^[9]。由此可见, 该区火山活动环境主要为浅海—半深海。与典型的构造环境特征对比(表 1), 该带属于大陆边缘裂谷环境。

表 1 典型大地构造火山岩特征对比表

Table 1 Character comparison of volcanic rocks of typical tectonic environment

构造环境	玄武岩名称	所属系列	岩石化学特征	稀土元素特征
大洋盆地	大洋中脊 洋脊玄武岩	拉斑系列	贫 K_2O ($< 0.3\%$), TiO_2 ($\leq 1.25\%$), P_2O_5 , Ba, Rb, Sr, Pb, Th, U, Zr, Ta ($\leq 0.7 \times 10^{-6}$), Nb ($\leq 12 \times 10^{-6}$), 高 CaO, K/Rb 异常高(700~1700)	球粒陨石标准化的稀土元素配分模式属于平坦型
	洋岛 洋岛玄武岩	拉斑或碱性系列	富集高场强元素如 Nb, Ta, Ti, Zr, Hf 等, 比洋脊玄武岩富集大离子亲石元素(LIL)及 K_2O (约 0.33%)	球粒陨石标准化的稀土元素配分模式表现 LREE 富集
大陆边缘裂谷	大陆深源玄武岩	碱性系列	Al_2O_3 含量相对较低(13%~16%), 高场强元素含量低, 富集大离子亲石元素, 比大洋玄武岩富 K_2O (0.75%), $^{86}Sr/^{87}Sr$ 比值较高(> 0.706), $^{143}Nd/^{144}Nd$ 比值较低(< 0.5125)。	球粒陨石标准化的稀土元素配分模式表现 LREE 富集平缓右倾模式, 一般无明显的 Ce 和 Eu 异常
弧后盆地	岛弧玄武岩	钙碱性系列	贫 TiO_2 (约 1.05%), FeO, CaO, 高 Al_2O_3 , 亏损高场强元素 Nb, Ta, Ti, Zr, Hf 和重稀土元素 Yb, Y 等; 富集大离子亲石元素和轻稀土元素 La, Ce 等	球粒陨石标准化的稀土元素配分模式表现 LREE 富集

数据来源: 大洋中脊数据来源于参考文献[19-22]; 洋岛数据来源于参考文献[19, 23, 24]; 大陆边缘裂谷数据来源于参考文献[20, 23-27]; 弧后盆地数据来源于参考文献[24, 28-32]。

3 火山岩微量元素地球化学特征

岩浆岩微量元素地球化学特征是判别其形成的大地构造环境的重要方法之一, 在 20 世纪 80 年代提出了许多判别理论和方法^[33]。然而这些判别方法多是基于对大洋的研究建立起来的, 能够很好地判别大洋环境下岩浆源区, 但不能很好地解决大陆及洋陆结合带这种复杂构造环境的判别。近年来, 汪云亮等^[34]、孙书勤等^[33]和武莉娜等^[35]根据世界典型大地构造环境区岩浆岩系的 Th, Ta, Hf, Nb, Zr, La, Ce 最新数据, 提出了一系列岩浆源区大地构造环境判别的图解, 很好地解决了大陆及洋陆结合带这种复杂构造环境岩浆源区的判别。本文选取铜长街、老厂和曼信等地的火山岩微量元素测试数据, 计算其典型微量元素(都为不相容元素)的比值(表 2), 可以看出, 微量元素比值多数属于大陆板内玄武岩和洋岛玄武岩, 而与弧后盆地和大洋中脊

环境相差甚远。另外, 带内玄武岩在岩石化学和地球化学图解上也多数落在了大陆裂谷和洋岛区域^[3, 15]。本区大陆边缘裂谷玄武岩岩石化学和地球化学特征与洋岛玄武岩相似, 为了更加准确地判断昌宁—孟连带的大地构造环境, 特对区内广泛出露的硅质岩的地球化学特征和沉积特征进行分析。

4 昌宁—孟连带硅质岩特征

硅质岩是指由化学作用、生物和生物化学作用以及火山作用所形成的富含 SiO_2 (一般超过 70%, 有时高达 90%, 甚至 99%) 的岩石, 其中也包括在盆地内经机械破碎再沉积的硅质岩。其矿物成分主要是各种类型的蛋白石、结晶质的玉髓和自生石英, 及少量混入的粘土矿物、碳酸盐矿物和氧化铁等。硅质岩可单独成层, 也可成薄层、透镜体、条带或各种形状的结核夹于其他岩石中^[36, 37]。硅质岩的分布环境较为广泛, 它可出现在洋中脊、深海大洋盆地、

浅海陆棚,甚至潮汐带的各种海洋沉积环境中,也可形成于陆地湖泊沉积环境中^[38]。Murray^[39]将硅质岩常见的形成环境分为3种:扩张脊附近、大洋盆地和大陆边缘;并指出硅质岩的某些地球化学特征可以作为其形成环境的判别指标,在硅质岩的成岩过程中,Al₂O₃,TiO₂和Fe₂O₃比较稳定,其中Al₂O₃和TiO₂可作为陆相物质的指标,Fe₂O₃在扩张脊沉积物中含量较高(平均为3.16%),可作为扩张轴部水热活动的指标^[40,41]。大洋中脊、大洋盆地和大陆边缘不同大地构造环境的硅质岩从滨海到大洋盆地具有稀土元素总量降低、重稀土元素(HREE)相对富集和Ce亏损的明显特征,因此硅质岩中的稀土元素可以作为不同海相沉积环境的指示剂^[42]。

在沉积特征上,被动大陆边缘及其物源区构造条件稳定,有稳定持续的沉积物供应,成熟度也较高,硅质岩与碎屑岩(砂岩、粉砂岩)、泥页岩或碳酸

盐岩呈韵律层,可与大陆板内火山岩共生。硅质岩单层厚度多为毫米级至10余cm,可见粒序层理少量滑动构造。大洋盆地沉积区远离物源区,故不含陆源碎屑物质。洋中脊附近的硅质岩常表现为蛇绿岩三位一体的建造和含铁硅质建造^[43]。

昌宁—孟连带硅质岩的特征指示元素分析见表3,Ce/Ce* = 0.91(介于0.90和1.30之间),(La/Ce)_N = 0.9~1.2(接近于0.5~1.5),(La/Yb)_N = 0.8~1.9(近似于1.1~1.4),Al/(Al+Fe+Mn) = 0.498(接近0.619),以及微量元素Fe, Mn, Ni的含量都接近于大陆边缘硅质岩。该区硅质岩的单层厚度从几厘米至十几厘米,与泥页岩、碎屑岩及凝灰岩构成连续沉积,硅质岩中缺少潜穴,纹层发育,还见有部分冲切及软变形构造,反映硅质岩形成于浅水环境^[5],结合硅质岩的地球化学特征,可以认为本区硅质岩形成于受陆源影响的大陆边缘沉积环境。

表2 昌宁—孟连带火山岩特征微量元素比值

Table 2 Trace elements ratio of volcanic rock in Changning-Menglian belt

火山岩类型	比值类型	Th/Ta	Th/Nb	Nb/Zr	Ta/Hf
大陆边缘裂谷	平均值	1.6~4	0.11~0.27		
	初始张裂阶段值	>4	>0.27	>0.04	>0.1
大洋盆地	洋脊玄武岩(N-MORB)	<1.6	<0.11	<0.04	<0.1
	洋岛碱性玄武岩	<1.6	<0.11	>0.15	>0.3
岛弧	岛弧玄武岩	>1.6	>0.11	<0.04	<0.1
老厂火山岩	比值	0.62~2.8	0.14~0.23	0.19~0.33	0.62~1.4
	平均值	1.21	0.17	0.24	0.96
铜长街火山岩	比值	0.5~1	0.45~2.5	0.04~0.07	0.71~2
	平均值	0.92	1.04	0.05	1.06
曼信火山岩	比值		0~1	0.03~0.13	
	平均值		0.67	0.05	

数据来源:大陆裂谷、大洋盆地和岛弧数据据参考文献[33,34,35];老厂、铜长街火山岩据参考文献[8,16]计算得出;曼信火山岩据参考文献[8]计算得出。

表3 昌宁—孟连带硅质岩指示元素特征与环境

Table 3 Environment of Changning-Menglian belt and characteristics of indicative elements of its silicalite

构造环境	Ce/Ce*	(La/Ce) _N	(La/Yb) _N	Fe(10 ⁻⁶)	Mn(10 ⁻⁶)	Ni(10 ⁻⁶)	Al/(Al+Fe+Mn)
大洋中脊	(0.3±0.13)	≥3.5	0.3				0.00819
大洋盆地(洋岛)	0.55	2~3		56500	6262	168	0.319
大陆边缘	0.90~1.30	0.5~1.5	1.1~1.4	32000	500	25	0.619
昌宁—孟连	0.91	0.9~1.2	0.8~1.9	23210	218	18.3	0.498

数据来源:Ce/Ce*,(La/Ce)_N,(La/Yb)_N标准值据参考文献[39,42];Al/(Al+Fe+Mn)标准值据参考文献[44];昌宁孟连Ce/Ce*,Al/(Al+Fe+Mn)据参考文献[45]计算的平均值;昌宁孟连(La/Ce)_N,(La/Yb)_N据参考文献[46]计算的平均值;Fe, Mn, Ni数据据参考文献[6]。

5 结论

昌宁—孟连带火山岩化学成分、稀土元素地球化学特征以及硅质岩的沉积地球化学特征均可与大陆边缘裂谷环境相类比。尽管区内玄武岩的微量元素地球化学特征与洋岛玄武岩相似, 这是因为洋岛玄武岩与大陆裂谷玄武岩的地球化学特征本身就相似^[9, 15]。综合分析结果表明该带在晚古生代是在保山—掸邦地块东部发展起来的大陆边缘裂谷环境。

参考文献:

- [1] 张翼飞, 段锦荪, 张罡, 等. 滇西蛇绿岩带地质构造演化与澜沧江板块缝合线研究[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2001. 6-7.
- [2] 李兴振, 江新胜, 孙志明, 等. 西南三江地区碰撞造山过程[M]. 北京: 地质出版社, 2002. 180-181.
- [3] 胡祥昭, 陈惜华, 匡立新. 昌宁—孟连火山岩带玄武岩的岩石学及地球化学[J]. 中南矿冶学院学报, 1994, 25(5): 560-564.
- [4] 方宗杰, 周志澄, 林敏基. 从地层学的角度探讨昌宁—孟连缝合带的若干问题[J]. 地层学杂志, 1992, 16(4): 292-303.
- [5] 崔春龙, 曾允孚, 段丽兰, 等. 昌宁—孟连带海西印支期硅岩沉积学[J]. 西南工学院学报, 1995, 10(4): 44-53.
- [6] 崔春龙, 曾允孚, 段丽兰, 等. 滇西昌宁—孟连带存在一个古生代大洋么[J]. 沉积学报, 1999, 17(2): 176-182.
- [7] 崔春龙, 曾允孚. 滇西昌宁—孟连带海西—印支期成因地层学分析[J]. 矿物岩石, 2000, 20(4): 31-36.
- [8] 段锦荪, 侯增谦, 张罡, 等. 滇西地区晚古生代裂谷作用与成矿[M]. 北京: 地质出版社, 2000. 27-65.
- [9] 陈百友. 云南省澜沧老厂银铅锌铜多金属矿床成矿学研究[D]. 长沙: 中南大学, 2002.
- [10] 黄汲清, 陈炳蔚. 中国与邻区特提斯海的演化[M]. 北京: 地质出版社, 1987.
- [11] 张旗, 李达周, 张魁武. 云南省云县铜厂街蛇绿混杂岩的初步研究[J]. 岩石学报, 1985, 1(3): 1-14.
- [12] 李达周. 云南孟连地区火山岩的岩石化学特征及其地质意义[A]. 青藏高原研究: 横断山考察专集[C]. 北京: 北京科技出版社, 1986.
- [13] 吴根耀. 滇西昌宁—孟连地区依柳组、平掌组地层初议[J]. 地层学杂志, 1993, 17(4): 302-309.
- [14] 刘本培, 冯庆来, 方念乔, 等. 滇西南昌宁—孟连带和澜沧江带古特提斯多岛洋构造演化[J]. 地球科学, 1993, 18(5): 524-538.
- [15] 莫宣学, 沈上越, 朱勤文, 等. 三江中南段火山岩—蛇绿岩与成矿[M]. 北京: 地质出版社, 1998. 5-47.
- [16] 莫宣学, 路凤香, 沈上越, 等. 三江特提斯火山作用与成矿[M]. 北京: 地质出版社, 1993. 146-156.
- [17] 陈惜华, 胡祥昭. 滇西澜沧—孟连火山岩带火山岩特征与成因[J]. 中南矿冶学院学报, 1992, 23(1): 1-7.
- [18] 沈上越, 冯庆来, 刘本培, 等. 昌宁—孟连带洋脊、洋岛型火山岩研究[J]. 地质科技情报, 2002, 21(3): 13-17.
- [19] Mitsunobu Tatsumoto. Isotopic composition of lead in oceanic basalt and its implication to mantle evolution[J]. Earth and planetary science letters, 1978, 38: 63-87.
- [20] 邱家骧. 岩浆岩岩石学[M]. 北京: 地质出版社, 1985. 295-308.
- [21] 周金城, 王孝磊, 邱检生, 等. 南桥高度亏损 N-MORB 的发现及其地质意义[J]. 岩石矿物学杂志, 2003, 22(3): 211-216.
- [22] Condie K C. Geochemical changes in basalts and andesites across the Archaean-proterozoic boundary: identification and significance[J]. Lithos, 1989, 23: 1-18.
- [23] Wilson M. Igneous petrogenesis[M]. London: Unwin Hyman, 1989.
- [24] 林景旸. 岩浆岩成因导论[M]. 北京: 地质出版社, 1987. 211-245.
- [25] 张鸿翔, 徐志方, 马英军, 等. 大陆溢流玄武岩的地球化学特征及起源[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2001, 26(3): 261-268.
- [26] Karner G D, Driscoll N W, McGinnis J P, et al. Tectonic significance of syn-rift sediment packages across the Gabon-Cambinda continental margin[J]. Marine and petroleum Geology, 1997, 14: 973-1000.
- [27] Eitrem S L. Transition from continental to oceanic crust on the Wilkes-Adelie margin of Antarctica[J]. Oceanographic Literature Review, 1995, 42: 368.
- [28] Perfit M R, Gust D A, Arculus R J, et al. Chemical characteristics of island-arc basalts: implication for mantle sources[J]. Chemical geology, 1980, 30: 227-256.
- [29] McCulloch M T, Gamble J A. Geochemical and geodynamical constraints on subduction zone magmatism[J]. Earth and planetary science letters, 1991, 102: 358-374.
- [30] Hawkesworth C J, Gallagher K, Hergt J M, et al. Mantle and slab contributions in arc magmas[J]. Annual Review of earth and planetary science, 1993, 21: 175-204.
- [31] 颜耀阳. 玄武岩的构造环境判别及其多解性分析[J]. 国外前寒武纪地质, 1994, (4): 71-75.
- [32] Shaw A M, Hilton D R, Macpherson C G, et al. The CO₂-H₂O systematics of the Manus back-arc basin: Resolving source composition from degassing and contamination effects[J]. Geochemica et Cosmochimica Acta, 2003, 68, 1837-1856.
- [33] 孙书勤, 汪云亮, 张成江. 玄武岩类大地构造环境的 Th, Nb, Zr 判别[J]. 地质评论, 2003, 49(1): 40-47.
- [34] 汪云亮, 张成江, 修淑芝. 玄武岩类形成的大地构造环境的 Th/Hf-Ta/Hf 图解判别[J]. 岩石学报, 2001, 17(3): 413-421.
- [35] 武莉娜, 王志畅, 汪云亮. 微量元素 La, Nb, Zr 在判别大地构造环境方面的应用[J]. 华东地质学院学报, 2003, 26(4): 343-348.

- [36] 刘家军, 郑明华. 西秦岭寒武系金矿床中硅质岩的地质地球化学特征及其沉积环境意义[J]. 岩石学报, 1999, 15(1): 145-154.
- [37] 邓希光, 李献华, 陈志刚. 广西钦州板城晚泥盆世硅质岩地球化学特征及沉积环境探讨[J]. 地质科学, 2003, 38(4): 460-469.
- [38] Balt H, Middlton G V, Murray R C. Origin of sedimentary rocks[M]. 2nd ed. New Jersey: prentice-Hall Inc., 1980, 571-568.
- [39] Murray R W. Chemical criteria to identify the depositional environment of chert: general principles and application[J]. Sedimentary Geology, 1994, 90: 213-232.
- [40] Murray R W, Ten Brink M R B, Jones D L, *et al.* Rare earth, major and trace elements in chert from the Franciscan complex and Monterey Group, California: assessing REE sources to fine-grained marine sediment[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1991, 55: 1875-1895.
- [41] Murray R W, Ten Brink M R B, Brumsack H J, *et al.* Rare earth elements in Japen Sea sediments and diagenetic behavior of Ce/Ce*: results from ODP Leg 127[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1991, 55: 2453-2463.
- [42] Murray R W, Ten Brink M R B, Jones D L, *et al.* Rare earth element as indicators of different marine depositional environments in chert and shale[J]. Geology, 1990, 18:268-271.
- [43] 崔春龙. 硅质岩研究中的若干问题[J]. 矿物岩石, 2001, 21(3): 100-104.
- [44] Baltuck M. Provenance and distribution of tethyan pelagic and hemipelagic siliceous sediments, pindos mountains, Greece[J]. Sedimentary Geology, 1982, 31: 63-88.
- [45] 张凡, 冯庆来, 张志斌, 等. 滇西南耿马地区弄巴剖面早石炭世硅质岩的地球化学特征及古地理意义[J]. 地质通报, 2003, 22(5): 335-340.
- [46] 张振芳, 冯庆来, 方念乔, 等. 滇西南昌宁—孟连带三叠纪牡音河组硅质岩地球化学特征及沉积环境[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2001, 26(5): 449-455.

BACKGROUND OF CHANGNING-MENGLIAN GEOTECTONIC BELT, WESTERN YUNNAN, CHINA

WANG Xia-li, LIN Li, ZHU Li-dong, PANG Yan-chun, FU Xiu-gen, MA Ye-qing

(College of sedimentary geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Changning-Menglian belt is an important polymetallic ore belt in Three-River area of southwestern China. Geologic structure in this belt is very complex so different recognitions are involved with its geotectonic background. By analyzing the geochemical and depositional characters of volcanic rock and silicalite in the belt and comparing it with the typical geotectonic environment, the author considers that the belt belongs to continental margin rift environment developed on the basis of Baoshan-Shanbang block.

Key Words: Changning-Menglian belt; geological background; silicalite