

兰坪盆地新生代碎屑岩地球化学特征及其对物源制约

李佑国¹ 侯中健¹ 王安建² 唐菊兴¹ 刘俊来³ 薛春纪³ 修群业²

LI YouGuo¹ , HOU ZhongJian¹ , WANG AnJian² , TANG JuXing¹ , LIU JunLai³ , XUE ChunJi³ and XIU QunYe²

1. 成都理工大学地球科学学院, 成都 610059

2. 中国地质科学院全球矿产资源战略研究中心, 北京 100037

3. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083

1. *Geoscience College, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China*

2. *Research Center for Strategy of Global Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China*

3. *College of Earth Sciences and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China*

2005-12-01 收稿, 2006-02-24 改回.

Li YG, Hou ZJ, Wang AJ, Tang JX, Liu JL, Xue CJ and Xiu QY. 2006. Geochemistry of Cenozoic detrital rocks and its constraints on provenance in Lanping Basin. *Acta Petrologica Sinica*, 22(3) 751 – 760

Abstract The Cenozoic strata developing in Lanping Basin, comprising Mengyejing, Denghei, Baoxiangsi, Jinsichang and Sanying Formations, are composed of sandstones, mudstone and conglomerate. Because of the vertically and horizontally faults in the basin, there is some difficulty in comparing Cenozoic strata in Lanping Basin. There is important implication that investigate the provenance of source rocks of the Cenozoic strata, renew the sedimentary facies and paleogeography, discuss the relation between evolvement of basin and tectonic evolvement. Based on petrochemical analysis of the sandstones, mudstone and conglomerate cement, according to the research results about La/Th, La/Yb, Cr/Th, K/Rb, K/Th, Zr/Hf, Th/Sc, U/Th, δCe and δEu etc. Combined with the data of sedimentary facies, it is referred that there are three provenance of source rocks in Cenozoic detrital rocks of Lanping basin: deep brine, basic-ultrabasic rocks, and felsic rocks. The primary materials of Cenozoic detrital rocks in Jinding area should come from the mixing of the felsic rocks, basic-ultrabasic rocks and deep brine. The primary materials of Cenozoic detrital rocks in Lajing area should come from the mixing of the felsic rocks and basic-ultrabasic rocks. It is referred in this article that the Cr/Co ratio of river-lake facies detrital rocks can show the distance of source rocks area, the ratio is more small, the source rocks area is more large.

Key words Geochemistry, Provenance of source rocks, Cenozoic detrital rocks, Yunnan, Lanping basin

摘 要 兰坪盆地的新生代地层, 包括勐野井组、等黑组、宝相寺组、金丝厂组和三营组等, 岩性有砂岩、泥岩和砾岩。由于盆地内部断层纵横, 新生代地层的横向对比比较困难, 研究揭示新生代地层的物源对于恢复盆地的岩相古地理环境、探讨盆地演化与构造演化的关系等具有重要地质意义。根据砂岩、泥岩和砾岩胶结物的 La/Th、La/Yb、Cr/Th、K/Rb、K/Th、Zr/Hf、Th/Sc、U/Th 比值以及 δCe 和 δEu 等地球化学参数并结合沉积相的研究成果, 可以看出兰坪盆地新生代沉积物存在三种物源组分: 即深源卤水、基性-超基性岩和长英质岩石。金顶地区存在长英质岩石、基性-超基性岩和深源卤水三种物源混合的现象, 啦井地区则存在长英质岩石、基性-超基性岩物源的混合。河湖相碎屑岩的 Cr/Co 比值可以指示物源区的距离远近, 这个比值越小则物源区距离越大。

关键词 地球化学; 物源; 新生代碎屑岩; 云南; 兰坪盆地

中图法分类号 P588.21

* 国家 973 计划项目(编号: 2002CB412607)资助。

第一作者简介: 李佑国, 男, 1963 年生, 在职博士, 教授, 主要从事地球化学和岩石学研究工作, E-mail: lyguo@cdut.edu.cn

1 引言

云南省兰坪中新生代盆地的成矿作用具有矿种多(Pb、Zn、Ag、Cu、Ni、Co、Sr、Ba等)、矿床类型多、矿床规模大和成矿时间长的特点,其中,金顶超大型矿床的成矿时代为喜山期。这种巨量成矿物质的来源、盆地流体的聚集方式、盆地演化过程中的沉积记录和岩浆记录等科学问题已引起了众多研究者的兴趣。

王国芝等(2001)和陶晓风等(2002)比较详细地研究了箐门—检槽一带沿沱江断裂及其西部分布的勐野井组地层层序和横向变化,初步建立了新生代沉积物与物源以及盆地演化之间的关系。刘登忠等(1999)、李志明等(2003)在研究兰坪盆地中生代沉积物地球化学特征和物源属性的过程中,对盆地内古新统和始新统湖相砂岩的地球化学特征也进行了分析。但是,如何客观地判断物源类型,具体确定物源区的位置?这些问题都有待深入探讨。

相对于中生代地层,兰坪盆地的新生代地层发育有限,特别是由于后期断裂构造的破坏,使得新生代地层的出露很不完整,利用碎屑成分进行物源区研究受到了制约。陆源碎屑岩的化学成分是源区性质、剥蚀和搬运等过程的综合反映,REE和Zr、Th、Sc、Y等微量元素具有良好稳定性,甚至它们在风化、搬运和成岩过程中基本上是稳定的(McLennan and Taylor, 1980; Taylor and McLennan, 1985; Girty *et al.*, 1994),它们保存了物源区成分的原始信息。

本次研究结合野外地质工作,在兰坪盆地内采集了37件新生代碎屑岩样品,通过研究其地球化学和岩相古地理特征,确定了兰坪盆地新生代碎屑岩的物质来源与物源类型。

2 区域地质特征

兰坪中—新生代盆地位于澜沧江断裂带和金沙江断裂带之间,奠基于兰坪—思茅微板块之上,盆地东侧与扬子板块相接,西侧与藏滇板块毗邻(图1)。兰坪盆地经历了印支期的裂谷(断陷)作用、燕山期的拗陷过程和喜马拉雅期的走滑拉分三个不同演化过程(薛春纪等, 2002; 李志明等, 2003),发育了巨厚的中—新生界沉积岩系,盆地沉积物的物源来自盆地东西两侧古陆及山地。

在岩浆岩方面,盆地西侧分布有侏罗纪辉长岩和辉石岩,三叠纪小定西组中基性火山岩、忙怀组中酸性火山岩以及三叠纪和白垩纪花岗岩。盆地东部边缘主要发育有元古宙基性岩、三叠纪辉长岩、三叠纪攀天阁组流纹岩、花岗岩,古近纪花岗岩和碱性岩。

兰坪盆地新生代地层包括古新统勐野井组、始新统等黑组和宝相寺组、渐新统金丝厂组、中新统双河组以及上新统剑川组和三营组,其岩性特征简述如下。

勐野井组(E_1m):下部主要为灰紫色钙质粉砂岩;上部

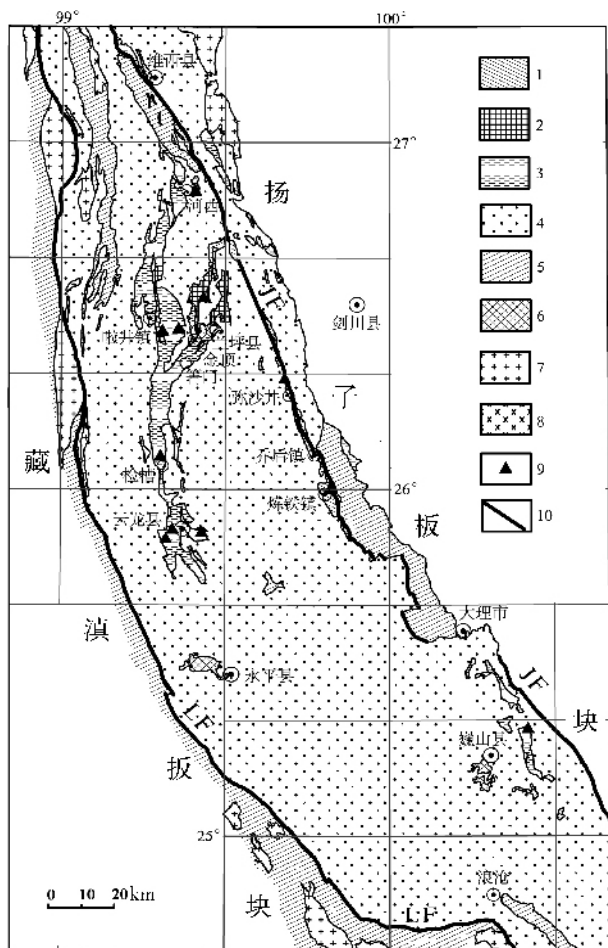


图1 兰坪中新生代盆地地质略图

1-中新统—上新统;2-渐新统;3-古新统—始新统;4-中生界;5-古生界—元古宙;6-喜马拉雅期碱性岩;7-中酸性岩浆岩;8-基性、超基性岩;9-采样位置;10-主要断裂;JF-金沙江断裂;LF-澜沧江断裂

Fig. 1 Sketch geological map of Lanping Mesozoic-Cenozoic Basin

岩性为紫红、灰紫色泥岩、粉砂质泥岩,发育小型沙纹层理,属于盐湖相沉积。该组是区域含盐层位,与下伏白垩系虎头寺组呈假整合接触。

等黑组(E_2d):为一套以湖泊沉积为主体的紫红色泥岩、粉砂质泥岩和粉砂岩夹泥砾岩。与下伏勐野井组呈整合接触。

宝相寺组(E_2b):仅分布于兰坪县啦井镇附近,岩性主要为灰紫色砂岩、含砾砂岩、砾岩夹泥岩。与不同时代的下伏地层呈角度不整合接触。本组下部主要为滨湖—浅湖相沉积,中上部主要为冲积—洪积扇沉积(牟传龙等, 1999)。

金丝厂组(E_3j):分布于啦井和兰坪县附近,岩性为厚层块状砾岩,局部夹砂岩,属于冲积扇沉积。与下伏宝相寺组为不整合接触。

双河组(N_1s):仅分布于河西乡北东的盆地边缘,总体为

一套含煤碎屑岩建造, 岩性包括长石石英砂岩、砂岩、泥岩局部夹煤层。与下伏宝相寺组为不整合接触。

剑川组(N_{2j}): 分布于通甸附近, 为一套含煤的粗面岩和粗面质火山碎屑岩。与下伏老地层呈角度不整合接触。

三营组(N_{2s}): 分布于兰坪县、炼铁镇和后甸地区, 为一套含煤碎屑岩沉积。岩性包括砾岩、砂岩、黑色泥岩及煤线。与下伏老地层为角度不整合。

古新世—中始新世, 兰坪盆地被分化为两个相互独立的沉积盆地, 它们是受沱江断裂控制的兰坪-云龙盆地和受维西-莽后断裂带控制的弥沙-莽后盆地, 两盆地间为雪帮山隆起所分隔(王国芝等, 2001); E_1-E_2 早期, 盆地的走滑拉张背景有利于盆底深源卤水的注入, 这为利用盆地碎屑岩的地球化学特征来研究沉积物源区特征提供了基础。

3 碎屑岩地球化学特征

本次研究分别在新生代勐野井组、等黑组、宝相寺组、金丝厂组、三营组采集了相关样品, 其中测试了 37 件样品(表 1 和图 1)。测试样品主要为中—细粒砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩和砾岩胶结物(主要为砂泥质胶结)。

样品中 K、Na、Ca、Sr 为西南冶金地质测试所采用原子吸收方法测试, 其相对误差优于 5% ~ 12.5%; Nb、Y、B 由西南冶金地质测试所用 ICP 发射光谱测定, 相对误差优于 15%; 其它元素由成都理工大学应用核技术研究所采用中子活化分析方法完成, 分析的准确度和精度一般优于 5% ~ 10%, 个别元素如 Hf、Rb、Cs 和 Zr 的分析精度优于 11% ~ 15%(表 1 和 2)。

主量元素 Ca、K、Na、Fe 的分析数据见表 1。新生界 5 个地层单元的化学成分具有较大的差异, 勐野井组的主要化学成分存在 3 种情况, 即 Ca 含量(17.5% ~ 26.8%)特别高的钙质泥岩, Ca(3.1% ~ 8.1%), K、Na、Fe 含量均较高的泥岩或砂岩, 以及 Ca 含量低(Ca < 0.35%)的砂岩。等黑组砂岩主要特征是 Ca 含量相对较高(3% ~ 8.1%), 个别样品 Ca(Ca < 0.3%), K、Fe 含量低, 但相对富 Na。宝相寺组砂岩和泥岩的 Ca(3.5% ~ 4.6%), K(1.8% ~ 2.4%)含量相对较高, 个别砂岩样品的 Ca、K、Na、Fe 含量均较低。金丝厂组砾岩的砂泥质胶结物和砂岩的特点是 Ca(3.9% ~ 12.3%)和 K(1.2% ~ 3.1%)的含量较高。三营组砂岩的成分特点是 Ca 含量(< 0.4%)和 Na 含量(< 0.35%)偏低。从岩性上看, 砂岩和粉砂岩的 Ca、K 和 Fe 的含量相对较低, 而砾岩胶结物和泥岩(钙质泥岩除外)的 Ca、K 和 Fe 含量相对较高(表 3)。

稀土元素分析数据见表 1。新生代碎屑岩的 ΣREE 为 94.6×10^{-6} ($24.7 \times 10^{-6} \sim 170.3 \times 10^{-6}$), δEu 异常为 0.70 (0.51 ~ 0.96), δCe 异常为 0.91 (0.55 ~ 1.08), 轻稀土元素明显富集, La_N/Yb_N 为 9.6 (7.1 ~ 23.8)。从勐野井组到三营组, 稀土元素含量变化较大(表 1), 宝相寺组和金丝厂组的 ΣREE 相对较高(平均 $114.1 \times 10^{-6} \sim 120.3 \times 10^{-6}$), 等黑

组和三营组的 ΣREE 相对较低(平均 $72.7 \times 10^{-6} \sim 78.0 \times 10^{-6}$)。勐野井组的 ΣREE 中等, 平均为 97.8×10^{-6} 。总体上看, 从砂岩、粉砂岩、砾岩胶结物到泥岩, ΣREE 逐渐递增, 其几何平均值从 81.2×10^{-6} 到 123.6×10^{-6} (表 3); 从具体的岩石类型上看, 石英砂岩和钙质泥岩的 ΣREE 含量低(< 80×10^{-6}), 而稀土总量高($\Sigma REE > 135 \times 10^{-6}$)的岩石有泥岩、粉砂岩, 也有砂岩。

除了与地层时代和岩性有关外, 新生代碎屑沉积岩的稀土元素特征在很大程度上与样品所处的盆地位置关系密切。如图 2 所示, 啦井地区的等黑组、宝相寺组和金丝厂组碎屑岩的稀土元素分布型式非常相似, 具有轻稀土分馏程度高(La_N/Sm_N 2.9 ~ 4.3)、重稀土分馏程度相对较低(Tb_N/Yb_N 1.2 ~ 1.8), 并具弱的负铈异常(勐野井组 1 件样品例外)。兰坪地区的碎屑沉积物, 其稀土元素分布型式大致与啦井地区一致, 显示出更宽的稀土元素丰度范围。箐门在空间上与金顶毗邻, 箐门的 3 件样品与金顶的 1 件灰绿色钙质泥岩(LP2004-91)具有特殊的稀土元素分布型式(图 2), 表现为稀土元素分馏程度高(La_N/Yb_N 14.1 ~ 23.8), 基本无铈异常(δEu 0.71 ~ 0.83), 负铈异常($\delta Ce = 0.55 \sim 0.67$)显著。河西和弥沙井地区的碎屑沉积物, 除了河西的 1 件样品外, 其余 7 件样品的稀土元素分布型式非常相似, 以中等负铈异常(δEu 0.51 ~ 0.60)为特征。云龙县和检槽地区的勐野井组和等黑组的稀土分布型式属于轻稀土富集型, 铈异常不明显, 但检槽地区的样品比云龙地区具有更高的稀土元素丰度(表 1)。炼铁镇和巍山县一带的勐野井组和三营组的稀土分布型式属于轻稀土富集型, 负铈异常弱或不明显。

微量元素分析数据见表 2。与兰坪盆地新生代碎屑岩的平均值相比, 勐野井组元素含量偏高的是 B、Ba、Co、Hf、Rb、Sc、Sr、Ta、U、Zr; 偏低的元素是 As、Cr、Cs、Zn。等黑组元素含量偏高的是 As、Sr; 偏低的元素是 B、Ba、Co、Cr、Cs、Hf、Nb、Rb、Sc、Ta、Th、U、Y、Zn、Zr。宝相寺组元素含量偏高的是 As、Cs、Hf、Nb、Rb、Sc、Th、U、Y、Zr; 偏低的元素是 B、Ba、Co、Cr。金丝厂组元素含量偏高的是 Ba、Co、Cr、Cs、Hf、Nb、Rb、Sc、Ta、Th、U、Y、Zn、Zr; 偏低的元素仅有 B。三营组元素含量明显偏高的是 Cr、Zn, 明显偏低的元素是 As、B、Ba、Co、Cs、Hf、Nb、Rb、Sc、Ta、U、Y、Zr。

从岩性上看, 砂岩、粉砂岩、砾岩胶结物到泥岩, B、Ba、Co、Sc、U 等元素的含量逐渐增高; 在砾岩胶结物中含量最高的元素有 Cr、Cs、Nb、Rb、Th、Y、Zn 和 Zr; 此外, 粉砂岩中的 Hf 以及砂岩中的 Sr 含量均比较高。

不同地区的新生代碎屑岩, 其微量元素也存在较明显的差异, 如河西和弥沙井地区的样品, 有的 Sr(> 600×10^{-6})和 Ba(达 1%)的含量特别高, 兰坪、啦井地区的 Cr 含量可高达 200×10^{-6} 以上。

上述研究表明, 砂岩与泥岩的主要化学成分差异显著, 微量元素和稀土元素的含量也存在较明显的差别; 但无论砂岩或泥岩, 一些元素对的比值, 如 La/Sm 、 K/Rb 、 Cr/Th 和 δEu

表1 兰坪盆地新生代碎屑岩主元素含量(wt%)和稀土元素含量($\times 10^{-6}$)

Table 1 Major elements (wt%) and REEs ($\times 10^{-6}$) of the Cenozoic detrital rocks in the Laping Basin

样品号	采样位	区号	地层	样品名称	Ca	K	Na	Fe	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	Σ REE	δCe	δEu	$\left(\frac{\text{La}}{\text{Sm}}\right)_N^*$	$\left(\frac{\text{Tb}}{\text{Yb}}\right)_N$	$\left(\frac{\text{La}}{\text{Yb}}\right)_N$
LP2004-27	啦井地区	1	勐野井组(E _{1m})	粗粒长石石英砂岩	0.24	1.11	0.43	1.53	17	31.7	12.9	2.49	0.528	0.24	1.24	0.196	74.57	0.93	0.81	4.29	0.86	9.24
LP2004-28			金丝厂组(E _{3j})	砾岩胶结物	5.31	2.57	0.38	2.79	28.6	55.3	23.4	4.95	1.09	0.641	2.27	0.353	134.51	0.95	0.75	3.63	1.24	8.49
LP2004-29			等黑组(E _{2d})	紫红色砂岩	3.19	1.3	0.53	1.2	15.4	32.6	14.8	2.81	0.622	0.395	1.06	0.186	78.45	1	0.72	3.45	1.64	9.79
LP2004-30			金丝厂组(E _{3j})	砾岩胶结物	3.93	2.28	0.5	2.67	28.8	57.8	24	4.72	0.989	0.614	1.83	0.313	136.26	0.98	0.7	3.84	1.48	10.61
LP2004-31			宝相寺组(E _{2b})	含砾砂岩	4.56	2.37	0.38	2.54	30.8	62.6	26.6	5.21	1	0.62	2.03	0.341	147.3	0.98	0.67	3.72	1.34	10.23
LP2004-32			宝相寺组(E _{2b})	砾岩胶结物	4.46	1.79	0.51	1.85	22.1	43.4	19.2	3.71	0.722	0.469	1.54	0.277	104.86	0.95	0.67	3.75	1.34	9.68
LP2004-33			宝相寺组(E _{2b})	泥岩	3.51	2.38	0.7	2.78	31.2	61.1	30.5	5.61	1.21	0.8	2.51	0.4	155.23	0.92	0.7	3.5	1.41	8.38
LP2004-34			宝相寺组(E _{2b})	砂岩	0.24	0.54	0.082	0.429	13.4	29.3	13.2	2.89	0.542	0.389	0.968	0.155	70.8	1.02	0.61	2.92	1.77	9.33
LP2004-02	兰坪县		三营组(N _{2s})	浅紫红色泥质粉砂岩	0.22	0.37	0.12	1.06	12.3	25.9	9.8	1.65	0.354	0.234	0.859	0.131	58.16	1.04	0.71	4.69	1.2	9.65
LP2004-03			三营组(N _{2s})	浅灰色中粒石英砂岩	0.39	0.27	0.34	0.403	16.3	33	12.8	2.06	0.382	0.183	0.605	0.093	72.19	1	0.71	4.98	1.33	18.16
LP2004-04	兰坪北		勐野井组(E _{1m})	紫红色泥质粉砂岩	0.24	2.77	0.95	1.62	21.7	47.8	17.5	3.07	0.736	0.31	1.87	0.288	103.33	1.08	0.92	4.45	0.73	7.82
LP2004-17			金丝厂组(E _{3j})	砾岩胶结物	12.3	1.21	0.12	1.58	17.7	34.5	14	3.21	0.722	0.393	1.49	0.224	83.26	0.96	0.79	3.47	1.16	8.01
LP2004-18	金顶		金丝厂组(E _{3j})	紫红色砂岩	5.91	3.14	0.94	2.68	31.3	54.7	24.6	4.44	0.942	0.569	2.71	0.421	137.36	0.87	0.74	4.43	0.93	7.79
LP2004-37			勐野井组(E _{1m})	紫红色钙质泥岩	17.5	1.11	0.34	0.993	14.6	27.6	11.3	2.3	0.473	0.32	0.991	0.16	66.49	0.94	0.68	3.99	1.42	9.93
LP2004-40	簪门		勐野井组(E _{1m})	紫红色钙质泥砾岩	26.8	0.63	0.19	1.45	9.9	15.2	6.4	1.29	0.279	0.167	0.564	0.086	38.75	0.8	0.73	4.83	1.31	11.83
LP2004-91			勐野井组(E _{1m})	灰绿色钙质泥岩	18.21	1.74	0.16	2.14	18.8	19.3	10.3	3.33	0.662	0.32	0.533	0.093	61.65	0.55	0.71	2.82	2.16	23.78
LP2004-87	簪门		等黑组(E _{2d})	紫红色长石石英砂岩	0.29	0.51	1	1.24	6	7.6	5.3	1.34	0.314	0.14	0.286	0.045	24.72	0.61	0.83	3.57	1.87	14.14
LP2004-88			勐野井组(E _{1m})	紫红色粉砂岩	6.67	1.96	1.11	2.73	30	39.5	21.2	5.29	1.02	0.424	1	0.146	111.74	0.67	0.74	3.59	2.31	20.23
LP2004-89	桧槽		勐野井组(E _{1m})	粉砂质泥岩	6.62	2.32	1.14	3.13	28	35.1	19.7	4.9	0.986	0.468	0.895	0.133	103.43	0.64	0.73	3.55	2.65	21.09
LP2004-42			勐野井组(E _{1m})	紫红色粉砂质泥岩	5.97	2.2	0.66	3.18	31.4	60.8	28.2	5.27	1.1	0.689	2.41	0.378	150.06	0.97	0.71	3.75	1.26	8.78
LP2004-43	云龙县		勐野井组(E _{1m})	紫红色粉砂质泥岩	7.39	1.79	0.68	2.88	28.7	59.2	27.8	4.89	1.1	0.692	2.64	0.385	145.2	0.97	0.75	3.69	1.16	7.33
LP2004-48			勐野井组(E _{1m})	紫红色粉砂质泥岩	5.81	1.74	0.71	2.62	20.6	40.2	18.7	3.45	0.778	0.425	1.84	0.284	99.16	0.93	0.79	3.76	1.02	7.55
LP2004-49	云龙县		等黑组(E _{2d})	紫红色泥质粉砂岩	8.07	1.15	0.87	1.95	21.9	49.2	23.7	4.39	1.08	0.575	1.95	0.29	119.23	1.03	0.83	3.14	1.3	7.57
LP2004-50			等黑组(E _{2d})	紫红色砂岩	3.06	0.68	0.53	1.27	11.5	24.7	11.4	2.18	0.53	0.184	0.907	0.154	58.01	1	0.96	3.32	0.9	8.55
LP2004-51	云龙县		勐野井组(E _{1m})	泥质粉砂岩	4.59	1.51	0.57	1.51	16.9	37.6	17.6	3.68	0.858	0.5	1.39	0.218	91.78	1.03	0.77	2.89	1.59	8.2
LP2004-52			勐野井组(E _{1m})	砂岩	5.62	0.57	0.82	1.33	16	35.2	16.8	3.36	0.836	0.533	1.46	0.24	87.8	0.97	0.51	2.95	2.08	7.39
LP2004-77	河西地区		勐野井组(E _{1m})	紫红色泥岩	6.41	3.46	0.58	3.53	35.2	68.2	30.5	5.74	1.16	0.974	2.43	0.367	169.2	0.94	0.6	3.86	1.77	9.77
LP2004-78			勐野井组(E _{1m})	钙质泥岩	8.14	2.07	0.39	2.79	23	45.4	21.5	4.58	0.994	0.946	1.75	0.268	119.38	0.94	0.57	3.16	2.39	8.86
LP2004-79	弥沙井		勐野井组(E _{1m})	砂岩	4.24	0.59	0.8	2.13	13.4	28.2	15.2	2.9	0.671	0.433	1.24	0.187	73.44	0.95	0.74	2.91	1.54	7.29
LP2004-80			等黑组(E _{2d})	紫红色砂岩	7.2	0.57	0.15	2	16.2	33	17.2	3.4	0.661	0.738	1.54	0.248	89.45	0.94	0.51	3	2.11	7.09
LP2004-81	炼铁镇		等黑组(E _{2d})	砂岩	6.38	1.55	0.15	2.84	23.1	44.6	23.7	4.93	1.04	0.992	2.1	0.307	123.14	0.9	0.57	2.95	2.08	7.42
LP2004-83			勐野井组(E _{1m})	紫红色泥岩	3.15	1.14	0.71	3.35	23.1	46	21.2	4.05	0.794	0.822	1.87	0.31	117.42	0.95	0.53	3.59	1.94	8.33
LP2004-84	弥沙井		勐野井组(E _{1m})	杂色泥岩	2.37	0.66	0.31	2.52	19.9	39.4	13.2	3.62	0.711	0.753	1.89	0.314	96.41	1.02	0.53	3.46	1.75	7.1
LP2004-85			勐野井组(E _{1m})	紫红色泥质粉砂岩	6.21	2.24	0.31	3.19	35.9	71.4	29.6	5.5	0.958	0.849	2.69	0.41	170.31	0.97	0.55	4.11	1.39	9
LP2004-62	巍山县		三营组(N _{2s})	浅灰色石英砂岩	0.24	1.08	0.16	2.36	17.8	33.4	14.7	2.88	0.6	0.237	1.45	0.218	80.08	0.92	0.84	3.89	1.72	8.28
LP2004-64			三营组(N _{2s})	灰白色细砂岩	0.24	2.19	0.14	1.62	25.8	46.4	19.3	3.07	0.512	0.411	1.4	0.223	109.86	0.9	0.56	5.29	1.3	12.42
LP2004-59	三营组(4)		勐野井组(E _{1m})	泥质粉砂岩	0.34	0.63	0.15	2.03	19.4	37.2	17.3	3.6	0.691	0.43	1.58	0.25	92.82	0.92	0.67	3.39	1.2	8.28
					0.27	0.7	0.17	1.13	17.4	33.9	13.7	2.34	0.451	0.254	1.01	0.156	77.96	0.96	0.7	4.68	1.11	11.59
	宝相寺组样品几何平均值(4)				6.24	2.17	0.38	2.37	26	49.6	21	4.27	0.925	0.545	2.02	0.319	120.32	0.94	0.74	3.83	1.19	8.66
					2.03	1.53	0.32	1.54	23.1	47	21.3	4.21	0.83	0.548	1.66	0.277	114.14	0.97	0.66	3.46	1.45	9.38
	等黑组样品几何平均值(6)				3.19	0.88	0.42	1.66	14.3	27.6	14.3	2.91	0.652	0.403	1.1	0.175	72.71	0.9	0.72	3.23	1.58	8.82
					4.13	1.38	0.49	2.21	21.1	38.6	17.5	3.65	0.768	0.489	1.45	0.226	97.84	0.89	0.69	3.6	1.5	9.82
	勐野井组样品几何平均值(19)				2.85	1.26	0.40	1.90	20.0	37.8	17.2	3.46	0.727	0.452	1.40	0.221	94.60	0.91	0.70	3.65	1.42	9.64

*-采用 Boynton(1984)球粒陨石推荐值标准化, δCe 、 δEu 和 ΣREE 采用内插法进行估算, 样品几何平均值括号内的数字为样品数。

表2 兰坪盆地新生代碎屑岩微量元素含量(×10⁻⁶)

Table 2 Trace elements (×10⁻⁶) of the Cenozoic detrital rocks in the Laping Basin

样品号	采样位	区号	地层	样品名称	As	B	Ba	Co	Cr	Cs	Hf	Nb	Rb	Sc	Sr	Ta	Th	U	Y	Zn	Zr	Cr/Co	Cr/Th	K/Rb	Th/U	La/Th	Zr/Hf	
LP2004-27	啦井地区	1	勐野井组(E ₁ m)	粗粒长石石英砂岩	28.7	56	148	8.4	275	2.8	5	5.68	46	3.9	183	0.47	5.1	1.4	19	105	264	32.74	53.92	241	2176	3.64	3.33	52.8
LP2004-28				砾岩胶结物	7.3	77	341	13.8	222	6	5.2	11.2	100	9.2	39.6	1	9.6	2.2	30	232	330	16.09	23.13	257	2677	4.36	2.98	63.5
LP2004-29				紫红色砂岩	4.3	28	286	8	246	2.6	3.8	7.46	41.3	2.8	40.0	41.4	2.1	6.2	24	226	180	30.75	58.57	315	3095	2.63	3.67	47.4
LP2004-30				砾岩胶结物	8.5	62	302	10.6	108	8.7	5.5	11.2	95	8.8	54.6	77	9.6	2.6	30	108	339	10.19	11.25	240	2375	3.69	3	61.6
LP2004-31				含砾砂岩	22.1	35	240	9.3	55.6	14.8	5.7	6.55	90	8.8	56.8	84	9.6	2.6	25	39	242	5.98	5.79	263	2469	3.69	3.21	42.5
LP2004-32				宝相寺组(E ₂ b)	7	55	265	7.1	43	8.3	7.1	10.3	69.2	6.3	56	0.55	7.4	2.4	22	89	290	6.06	5.81	259	2419	3.08	2.99	40.8
LP2004-33				宝相寺组(E ₂ b)	8.4	49	307	11.6	62.6	12.8	5.9	12.1	103	9.8	59.4	1	10.7	3.6	24	128	323	5.4	5.85	231	2224	2.97	2.92	54.7
LP2004-34				宝相寺组(E ₂ b)	259	46	116	0.94	26.4	4.2	5.1	6.55	22.2	1.9	359	0.32	3.7	1.3	16	59	201	28.09	7.14	243	1459	2.85	3.62	39.4
LP2004-02	兰坪县		三营组(N ₂ s)	浅紫红色泥质粉砂岩	7.4	40	99	5.8	272	0.84	3	4.59	19.3	2.1	28.2	0.43	3.7	0.9	18	1056	156	46.9	73.51	192	1000	4.11	3.32	52
LP2004-03				浅灰色中粒石英砂岩	3.8	33	59	3.4	193	0.41	2.1	3.93	12.60	93	236	0.34	5.3	1.2	8.2	124	116	56.76	36.42	214	509	4.42	3.08	55.2
LP2004-04				紫红色泥质粉砂岩	7.2	75	449	5.9	81	2.8	8.4	16.4	84.6	6	72.2	1	9	2.2	25	95	434	13.73	9	327	3078	4.09	2.41	51.7
LP2004-17				砾岩胶结物	32	29	732	6	33.7	6.8	5.9	6.99	46.6	4.6	291	0.5	6	1.9	16	108	327	5.62	5.62	260	2017	3.16	2.95	55.4
LP2004-18	兰坪北		金丝厂组(E ₃ j)	紫红色砂岩	12.1	37	458	10	50	4.4	7	12.1	102	9.2	96	1.1	9.8	3.5	20	109	374	5	5.1	308	3204	2.8	3.19	53.4
LP2004-37				紫红色钙质泥岩	7.2	33	264	2.6	28.8	3.5	6.2	5.9	39.6	2.5	1656	0.43	4.3	1.7	6.2	233	271	11.08	6.7	280	2581	2.53	3.4	43.7
LP2004-40				紫红色钙质泥砾岩	16.7	27	270	1.3	15.2	2	2.4	2.1	25.6	1.8	300	0.23	2.9	3	5.3	1880	155	11.69	5.24	246	2172	0.97	3.41	64.6
LP2004-91				灰绿色钙质泥岩	4.7	89	52	5.9	22.8	9.3	2.8	3.93	26.1	5.6	232	0.53	2.1	2.5	9.2	31	220	3.86	10.86	667	8286	1.43	8.95	78.6
LP2004-87	箐门	6	等黑组(E ₂ d)	紫红色长石石英砂岩	4	25	37	2.5	5.0	0.74	1.8	3.93	5.5	0.83	32	0.36	1	0.7	9.7	7.4	124	2.16	5.4	927	5100	1.54	6	68.9
LP2004-88				紫红色砂岩	9.5	74	99	8.8	32.5	5.3	10	12.1	24.1	5	85.5	0.98	3.7	2.4	18	67	489	3.69	8.78	813	5297	1.45	8.11	48.9
LP2004-89				粉砂质泥岩	13.6	74	128	10.3	38.7	6.8	6.9	10.7	28.5	5.8	72.5	1.1	3.2	2.2	27	47	270	3.76	12.09	814	7250	0.84	8.75	39.1
LP2004-42				紫红色粉砂质泥岩	7.9	85	252	11.8	70	8.6	5.7	14.8	87.4	10	74	1.1	11	3.2	26	133	208	5.93	6.36	252	2000	3.44	2.86	36.5
LP2004-43	云龙县	3	勐野井组(E ₁ m)	紫红色泥质粉砂岩	10	92	223	9.9	57.6	6.1	7	12.1	77.8	8.9	65.1	0.87	10.6	2.5	14	101	238	5.82	5.43	230	1689	4.24	2.71	34
LP2004-48				紫红色粉砂质泥岩	16	51	176	7.7	78.2	4	5.1	8.85	82.8	6.6	38	80.74	7.8	2.1	11	55	176	10.16	10.03	210	2231	3.71	2.64	34.5
LP2004-49				紫红色泥质粉砂岩	9.9	33	214	7	48.3	3.7	4.6	9.79	58.5	6.2	103	0.8	7.7	1.4	12	63	147	6.9	6.27	197	1494	5.5	2.84	32
LP2004-50				紫红色砂岩	4.7	24	163	3.8	53.7	1.5	6	4.37	30.8	2.7	41	0.37	3.9	1.2	6.5	64	230	14.13	13.77	221	1744	3.25	2.95	38.3
LP2004-51	河西地区		勐野井组(E ₁ m)	泥质粉砂岩	8.3	47	744	7.2	33	3	6.3	5.68	53.8	4.5	62.6	0.38	5.4	1.3	7.5	72	307	4.58	6.11	281	2796	4.15	3.13	48.7
LP2004-52				砂岩	5.3	27	145	5	28.2	1.9	5.4	8.39	30.6	3.6	56.6	0.5	5.4	1.5	16	72	197	5.04	5.22	186	1056	3.6	2.96	36.5
LP2004-77				紫红色泥岩	16	97	276	13.1	64	15.2	4.2	12.1	142	12.5	91	1.1	12.7	3.2	15	68	147	4.89	5.04	244	2724	3.97	2.77	35
LP2004-78				钙质泥岩	9.3	62	366	9.3	67.4	6	3.9	6.55	72.2	6.2	73.2	0.6	6.8	2.2	16	37	96	7.25	9.91	287	3044	3.09	3.38	24.6
LP2004-79	弥沙井		勐野井组(E ₁ m)	砂岩	11.9	47	118	11.4	22.8	1.9	3.1	3.54	30.3	3.1	52.4	0.38	4.4	1.3	14	26	136	2	5.18	195	1341	3.38	3.05	43.9
LP2004-80				紫红色砂岩	511	77	671	7.3	28.7	3.8	5.3	6.55	26.5	4.1	661	0.44	5.1	1.8	7.8	102	179	3.93	5.63	215	1118	2.83	3.18	33.8
LP2004-81				等黑组(E ₂ d)	176	82	402	16	45.8	14	4	9.32	71.8	7.7	61.1	0.8	8.4	2.2	16	170	107	2.86	5.45	216	1845	3.82	2.75	26.8
LP2004-83				紫红色泥岩	9.8	78	1102	11.7	72.6	5	6	6.55	72.5	7.3	75.8	0.84	7.8	2.2	25	83	146	6.21	9.31	157	1462	3.55	2.96	24.3
LP2004-84	炼铁镇		勐野井组(E ₁ m)	杂色泥岩	6.4	58	103	1611.7	66.1	3.8	13.4	47.46	46.2	5.4	362	0.4	7.4	2.2	18	54.1	382	5.65	8.93	143	892	3.36	2.69	28.5
LP2004-85				紫红色泥质粉砂岩	18.4	63	482	12.9	71.2	6	8.4	15.2	132	9.7	58.4	1.2	13	3.3	16	88	208	5.52	5.48	170	1723	3.94	2.76	24.8
LP2004-62				浅灰色石英砂岩	67.4	37	129	2.3	40.2	13	3.8	6.12	95.7	4.6	14.70	54	6.8	1.6	14	46.3	170	17.48	5.91	113	1588	4.25	2.62	44.7
LP2004-64				灰白色细砂岩	6	50	274	3.1	48.5	15.3	4.8	12.1	104	5.6	15.4	0.8	9.7	2.6	13	52	119	15.65	5	211	258	3.73	2.66	24.8
LP2004-59	巍山县东	5	勐野井组(E ₁ m)	泥质粉砂岩	14.2	52	123	11.8	48.2	2.5	7.1	7.46	42.3	5.6	65.2	0.7	6	1.7	12	114	249	4.08	8.03	149	1050	3.53	3.23	35.1
				三营组(4)	10.3	40	120	3.4	100.6	2.9	3.3	6.05	39.4	2.7	35	0.5	6	1.5	13	133	138	29.21	16.77	177	1162	4.12	2.91	42.2
				金丝厂组样品几何平均值(4)	12.4	48	431	9.7	79.7	6.3	5.9	10.15	82	7.7	88.2	0.81	8.6	2.5	23	131	342	8.24	9.29	265	2532	3.45	3.03	58.3
				宝相寺组样品几何平均值(4)	24.1	46	218	5.2	44.6	9	5.9	8.55	61.4	5.7	90.8	0.62	7.3	2.3	21	72	260	8.61	6.12	249	2098	3.13	3.17	44
				等黑组样品几何平均值(6)	20.4	39	215	6.3	40.7	2.9	4	6.52	30.3	3.3	114.3	0.5	4.2	1.4	11	70	156	6.46	9.71	290	2096	3.04	3.42	39.2
				勐野井组样品几何平均值(19)	10.5	59	277	7.8	49.1	4.3	5.7	7.7	51.9	5.4	104.04	65	6	2.1	14	85	223	6.31	8.15	266	2292	2.82	3.51	39.3
	新生代碎屑岩样品几何平均值(37)				13.0	50	248	6.7	53.6	4.4	5.1	7.61	49.4	4.8	91.1	0.61	6.0	2.0	15	89	213	7.96	8.91	256	2102	3.07	3.33	41.8

几何平均值括号内的数字为样品数。

表 3 兰坪盆地新生代碎屑岩地球化学成分和元素比值*

Fig. 3 Geochemistry and elemental ratios of the Cenozoic detrital rocks in the Lanping Basin

样品	Ca(%)	K(%)	Na(%)	Fe(%)	B	Rb	Σ REE	δEu	La/Sm	Tb/Yb	K/Rb	Zr/Hf	Th/U	Cr/Th
泥岩(8)*	4. 87	1. 81	0. 61	2. 97	67	72. 1	123. 6	0. 64	5. 7	0. 38	251	33. 6	2. 87	8. 1
砾岩胶结物(4)	5. 82	1. 89	0. 33	2. 16	53	74. 4	112. 5	0. 73	5. 8	0. 30	254	54. 6	3. 5	9. 6
粉砂岩(8)	1. 94	1. 31	0. 46	2. 00	56	52. 0	106. 9	0. 74	5. 9	0. 29	252	39. 6	3. 7	9. 2
砂岩(14)	1. 40	0. 93	0. 35	1. 46	40	38. 3	81. 2	0. 71	5. 7	0. 31	244	42. 0	3. 2	9. 4

*. 有 3 件金顶地区的钙质泥岩未参与统计, 表中统计值为几何平均值, 括号内的数字为样品数; B、Rb、Σ REE 单位为 × 10⁻⁶

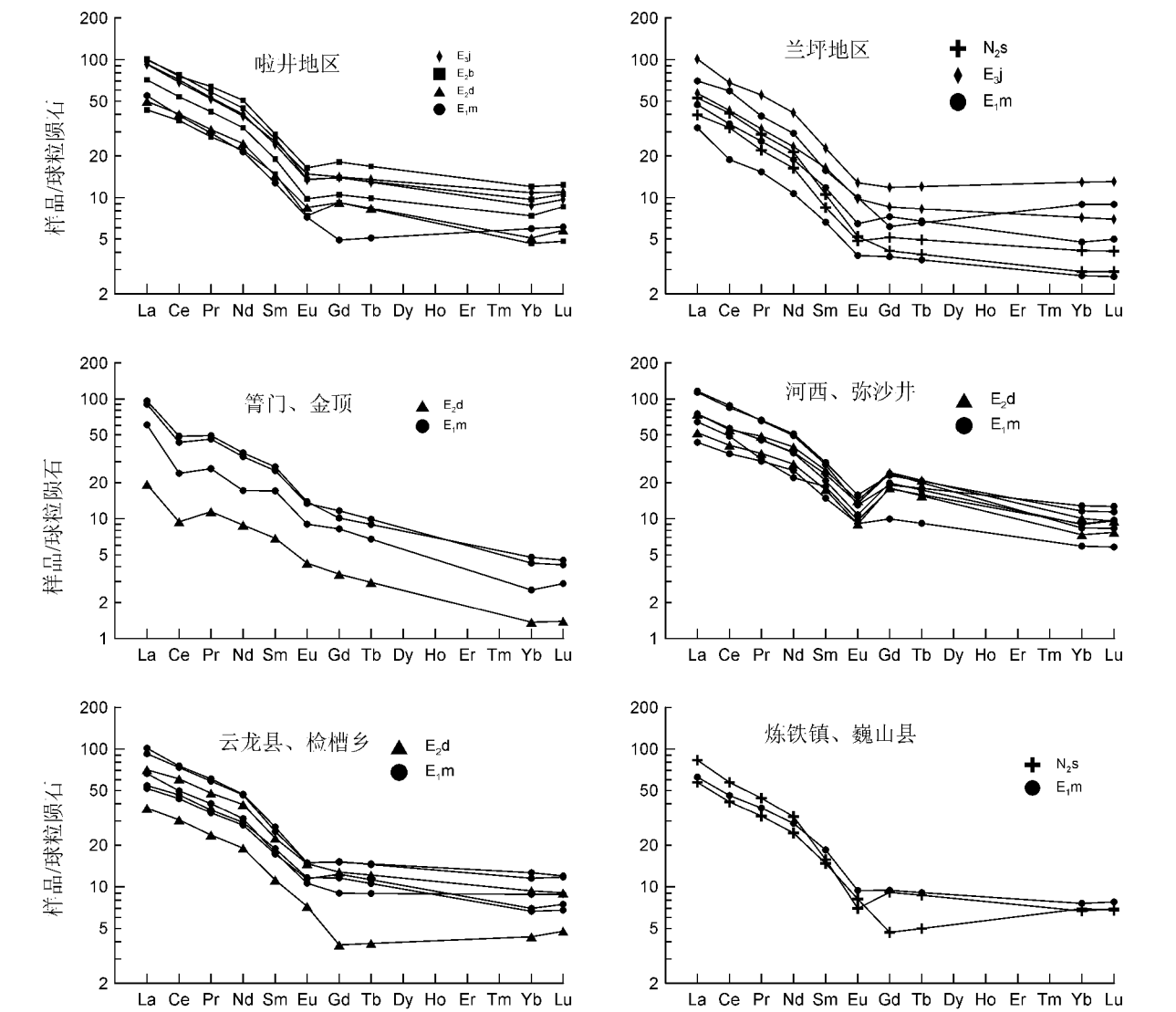


图 2 兰坪盆地新生代碎屑岩 REE 分布模型

Fig. 2 Chondrite-normalized REE diagrams of the Cenozoic detrital rocks in the Lanping Basin

等并没有明显的区别(表 3); 地球化学特征的差异似乎与样品所处地理位置的关系更加密切。

4 物源分析

许多微量元素由于它们具有非迁移性, 常常被用来判断

源区源岩类型和构造背景的重要工具, 如 Zr、Y、Th、Sc、Hf、Ti、La、Co 等(Bhatia and Taylor, 1981; Taylor and McLennan, 1985; Bhatia and Grook, 1986; Girty *et al.*, 1994; Garver and Scott, 1995)。REE 总被认为是非迁移的, 在沉积作用过程中仅仅显示微小的变化, 在源区岩石中的丰度以及源区的风化条件是控制沉积物中 REE 的主要因素, 沉积作用(沉积和成

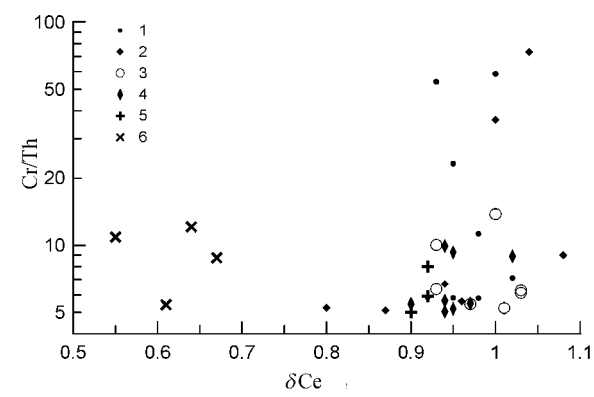


图3 兰坪盆地新生代碎屑岩 Cr/Th-δCe 图解
投点1~6 同表1 中区号内的样品,下同
Fig. 3 Plots on Cr/Th vs δCe diagram of the Cenozoic detrital rocks in the Lanping Basin

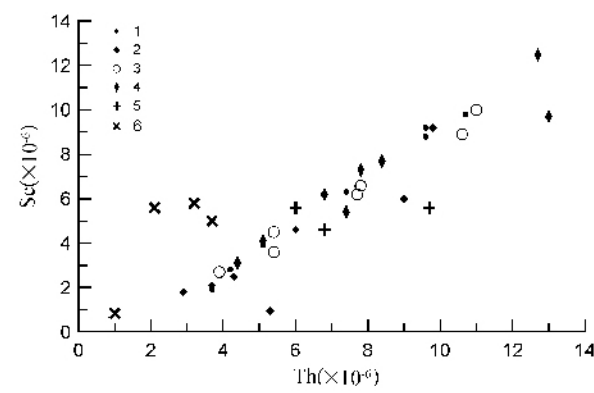


图4 兰坪盆地新生代碎屑岩 Sc-Th 图解
投点1~6 同表1 中区号内的样品
Fig. 4 Plots on Sc vs Th diagram of the Cenozoic detrital rocks in the Lanping Basin

岩)对于沉积物中 REE 含量的改变是微不足道的,因此,源区岩石 REE 特征能够较完整地保存在沉积物中(Bhatia , 1985)。所以,碎屑沉积岩的 REE 也被广泛用作判别源区岩石的主要标志(Bhatia and Taylor , 1981 ; Bhatia , 1985 ; Girty *et al.* , 1994 ; 于炳松 , 1998 ; 邵磊 2000 ; 李双应 2004)。

在 Cr/Th-δCe 图解(图3)上,新生代碎屑岩基本上可以分为三类:①箐门、金顶地区的勐野井组(含等黑组 1 件样品)碎屑岩,以负铈异常(δCe 0.55 ~ 0.67)为特征;②啦井、兰坪地区的部分样品,以 Cr/Th 比值(23.1 ~ 73.5)高为特征,这种相容元素/不相容元素的比值较高,反映了沉积物物源中镁铁质组分比例较高,而长英质组分相对较低(Taylor and McLennan , 1985);③无铈异常且 Cr/Th 比值相对较低的样品,以云龙县、巍山县、河西、弥沙井等地区沉积物为代表。

在 Sc-Th 图解上,箐门地区的样品具有相对较高的 Sc/Th 比值(图4 中投点6);其他地区的成分点,Sc 与 Th 呈现

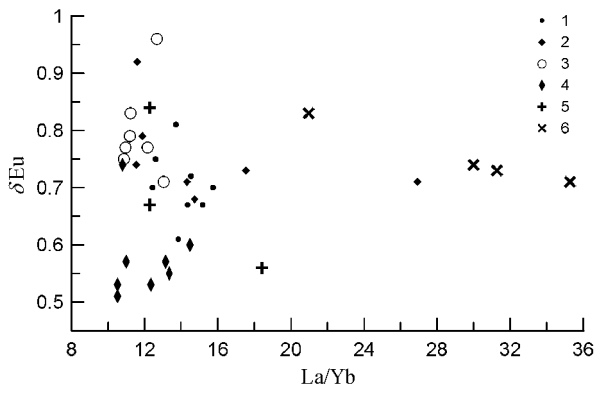


图5 兰坪盆地新生代碎屑岩 δEu-La/Yb 图解
投点1~6 同表1 中区号内的样品
Fig. 5 Plots on δEu vs La/Yb diagram of the Cenozoic detrital rocks in the Lanping Basin

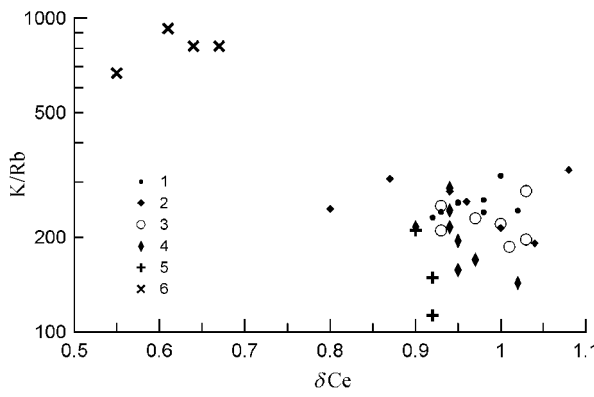


图6 兰坪盆地新生代碎屑岩 K/Rb-δCe 图解
投点1~6 同表1 中区号内的样品
Fig. 6 Plots on K/Rb vs δCe diagram of the Cenozoic detrital rocks in the Lanping Basin

出明显的线性关系(图4),这种正相关关系暗示可能存在两种沉积物物源的混合作用(孙书勤等 2000),特别是偏基性的镁铁质物源与偏酸性的长英质物源组分的混合作用,可以造成此种现象。

图5 和图6 进一步表明,新生代碎屑岩的稀土元素特征与样品所处的地理位置密切相关:箐门、金顶地区的沉积物,除了具有明显的负铈异常外,还具有较高 La/Yb 比值以及很高的 K/Rb 比值,暗示沉积物物源具有某种特殊性;河西、弥沙井地区的样品(图5 投点4)以 δEu 值低、负铈异常明显为特征;云龙县、检槽地区的样品(图5 中投点3)以 La/Yb 比值低,铈异常不明显为特点。

在 La/Th-Hf 源岩属性判别图解(图7)中,云龙县、检槽乡、炼铁镇、巍山县等地的样品,全部落在长英质源区及其附近;啦井地区 75% 的样品,河西、弥沙井地区 63% 的样品落在长英质源区;兰坪地区 43% 的样品投入长英质源区及其附近,43% 的样品投入混合长英质/基性源区域;箐门地区

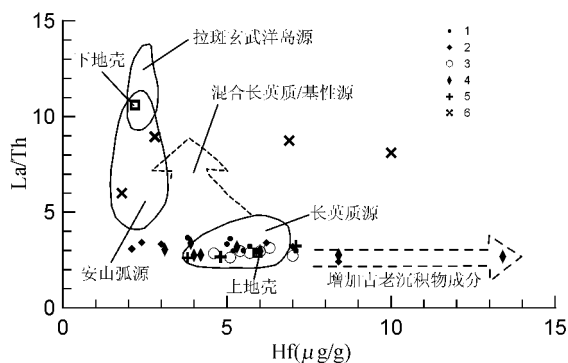


图7 兰坪盆地新生代碎屑岩 La/Th-Hf 源岩判别图解
投点1~6同表1中区号内的样品;图中不同源区据 Floyd and
Leveridge(1987)转引自 Gu *et al* 2002

Fig.7 Source rock discrimination for the Cenozoic detrital
rocks in the Lanping Basin (from Gu *et al*, 2002)

的样品,由于 La/Th 比值比较高,其成分点投入安山弧源区以及长英质源与基性源的混合区,显示出不同于长英质源区的地球化学特征。

Zr/Hf 和 Th/U 比值是地球化学研究中比较常用的地球化学参数,兰坪盆地新生代沉积物的成分点在 Zr/Hf-Th/U 图解中的分布具有规律性(图8):位于金顶镇及其附近的啦井、兰坪和箐门的样品投入相对较高的 Zr/Hf 比值区域或投入低 Th/U 比值的区域,而距金顶较远的云龙、检槽、河西、弥沙井、巍山、炼铁镇等地区的样品具有相对较低的 Zr/Hf 比值(图8)。

箐门地区的4件样品取自勐野井组和等黑组下部,为 E₁—E₂ 早期沉积的产物,野外观察发现,该套地层具有盐类溶蚀孔洞发育的特征。分析结果表明,样品具有低的 Th/U 比值(0.84~1.54,平均1.32),这与柴达木盆地第三系盐湖相泥灰岩“大咸盆”样品的 Th/U 平均值1.29(金强,2003)几乎相等,这与观察到盐类矿物溶蚀后留下一些孔洞(LP2004-

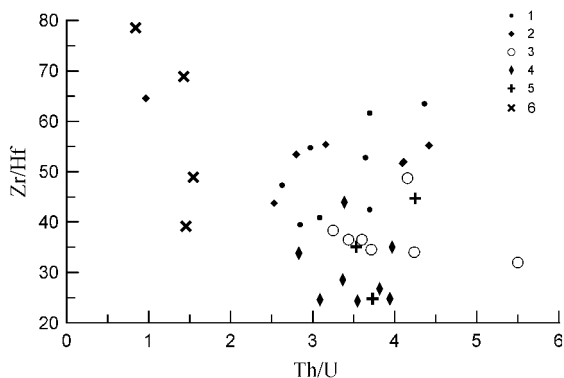


图8 兰坪盆地新生代碎屑岩 Zr/Hf-Th/U 图解

投点1~6同表1中区号内的样品

Fig.8 Plots on Zr/Hf vs. Th/U diagram of the Cenozoic
detrital rocks in the Lanping Basin

88)以及与石膏相伴生(LP2004-91)是吻合的。由于 U 在氧化条件下容易随水而迁移, Th/U 比值低是直接来自上地幔的岩石地球化学特征,也是蒸发相沉积物的特征(刘英俊等, 1987),也可能是深层卤水通过活动的断层而进入盆地,并经过蒸发沉淀形成蒸发岩的特征(金强, 2003)。

Zr/Hf 比值一般在镁铁质超基性岩中较高,从基性岩到酸性岩 Zr/Hf 比值逐渐减小(刘英俊等, 1987)。Zr 即使在变质作用过程中也被认为是非迁移的(MacLean and Barrett, 1993),在风化、沉积和变质作用中 Zr/Hf 比值一般比较稳定。因此,啦井及兰坪地区相对较高的 Zr/Hf 比值,暗示物源中基性或超基性岩浆岩组分占据一定的比例。河西、弥沙井地区的沉积物具有较低的 Zr/Hf 比值,暗示可能有酸性岩岩浆物源成分的加入。

根据兰坪盆地新生代沉积物的地球化学和沉积学特征,我们识别出如下三种类型的物源:

(1) 深源卤水 箐门地区 E₁—E₂ 下部的沉积岩样品,以 La/Yb 比值高、无铕异常、负铈异常(δCe 0.55~0.67)显著,高的 K/Rb 比值(667~927)、K/Th 比值(5100~8286)和 Sc/Ti(图4)比值以及低的 Th/U 比值为特征,不同于正常的陆相淡水环境下形成的沉积岩,而类似于盐湖沉积。但是,沉积物的负铈异常以及高的 K/Rb 比值也不是蒸发相沉积岩的特点(金强, 2003),负铈异常通常是海水的特征。在蒸发湖水中 Rb 和 Cs 的含量一般较高(刘英俊和曹励明, 1987; 金强, 2003),箐门地区的样品,其 K 含量正常而 Rb 含量偏低, K/Rb 比值高的特点也与海水的特点相似(韩吟文和马振东, 2003)。因此,箐门、金顶地区的勐野井组(局部可能包括等黑组)地层中的盐类物质很可能主要来源于深源卤水的沉积作用,这种深源卤水具有某些海水的特征。

(2) 基性-超基性岩物源 啦井和兰坪地区的碎屑沉积物,以较高的 Cr、较低的 Hf,高的 Cr/Th、Zr/Hf 以及 K/Rb 比值(表4)为特征,指示新生代碎屑沉积物的物源区应当存在较高比例的基性岩物源。

(3) 长英质物源 新生代碎屑沉积物的大部分样品在 La/Th-Hf 源岩属性判别图(图7)中投入长英质源区,由此推断,沉积物的物源主要为长英质组分。沉积学研究表明,云龙县、检槽地区的物源主要为沉积岩,检槽以北的兰坪、啦井等地区,沉积物物源中除了沉积岩外,还有变质岩(王国芝等, 2001)。河西和弥沙井地区的新生代沉积物,其负铕异常(δEu 平均0.57)特征不同于兰坪盆地中生代沉积物(δEu 0.6~0.85),而与盆地东缘的三叠纪攀天阁组流纹岩和三叠纪花岗岩(δEu 0.3~0.6)类似(刘登忠等, 1999),因此,河西和弥沙井地区的长英质物源组分中可能存在较多的酸性火山岩或花岗岩组分。

此外,关于沉积物搬运距离的问题,我们借助于 Co 和 Cr 的地球化学分析讨论如下:在分选性很差的冲积物中, Cr 富集在粗粒中,向河流下游方向则逐渐富集在中粒和细粒中。通常情况下,粗粒的沉积物在湖边首先沉积,而溶解或悬浊

表4 兰坪盆地新生代碎屑岩化学成分与源岩属性

Table 4 Geochemistry of the Cenozoic detrital rocks and provenance nature of source rocks

主要物源类型	K/Rb	K/Th	Sr/Ba	Co/Th	Cr/Th	δCe	δEu	La/Yb	Th/Sc	Th/U	Zr/Hf
基性物源*(15)	256	2050	0.47	0.91	12.49	0.96	0.72	14.4	1.48	3.1	51.3
深源卤水(4)	800	6349	1.17	2.71	8.88	0.62	0.75	28.9	0.66	1.28	56.7
长英质物源(18)	199	1679	0.23	1.1	6.74	0.96	0.67	12.2	1.25	3.7	33

注：*为几何平均值,括号内的数字为样品数。

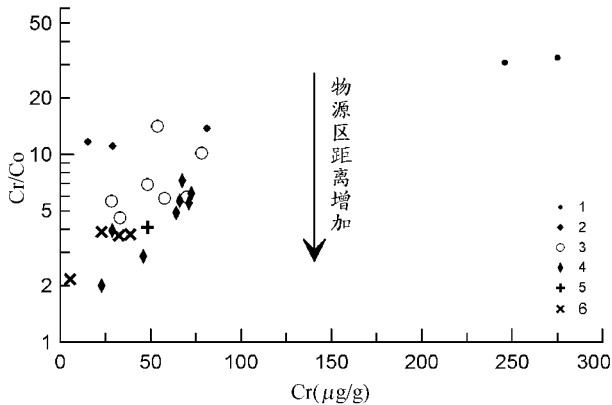


图9 兰坪盆地古新统－始新统碎屑岩 Cr/Co-Cr 图解
投点1~6同表1中区号内的样品
Fig.9 Plots on Cr/Co vs Cr diagram of the Palaeocene-Eocene series detrital rocks in the Lanping Basin

部分可以向湖心带入相当距离才沉积,湖心沉积物主要是盆地本身的产物(阮天健和朱有光,1985)。元素Co的迁移能力相对较强,随着与物源区距离增加、水体深度的加深,Co的丰度值呈现增大的趋势(吴智平等,2002)。因此,Cr/Co比值对河湖相沉积物的物源区距离具有一定的指示作用。

啦井、兰坪地区的碎屑沉积物因具有较高的Cr/Co比值(图9)反映其物源区比较近,这与这些地区发育砾岩、含砾砂岩、粗粒长石石英砂岩等特征是吻合的。云龙和检槽地区的Cr/Co比值相对较高,反映了沉积时的物源距离不太远,物源可能来自南面,这与沉积学研究得出的检槽以北的水体相对较深的结论是一致的。河西和弥沙井地区新生代沉积物因Cr/Co比值低,可能指示物源区比较远。

5 结论

河湖相碎屑岩的地球化学特征能够揭示盆地沉积岩的源区特征和物源的岩石类型,Cr/Co比值可以用来指示盆地中碎屑沉积物的物源距离,该比值越小则物源距离越远。

兰坪盆地新生代沉积物存在三种物源:①位于箐门、金顶附近的勐野井组合盐系的盐类物质主要来自于深源卤水,并且这种卤水具有某些海水的特征。②啦井、兰坪、金顶一带的新生代沉积物除了长英质物源外,还有较多的基性-超基性岩物源,物源区可能位于北面的华昌山。③远离兰坪

县的早第三纪沉积物主要为长英质物源:云龙、检槽地区的物源类型主要是沉积岩,物源区位于盆地的南部;盆地东部的河西、弥沙井地区,物源岩石类型除了沉积岩外,还有较多酸性岩浆岩。

在古近早期,金顶、箐门地区处于兰坪盆地的沉降中心,成矿流体和深源卤水先后聚集于金顶构成超大型矿床及其围岩,表明金顶地区存在有效沟通地幔且有利于流体最终聚集的盆地动力学机制。

References

Bhatia MR and Crook KAW. 1986. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 92 :181 – 193

Bhatia MR and Taylor SR. 1981. Trace-element geochemistry and sedimentary provinces : A study from the ‘ I ’ asman geosyncline , Australia. *Chemical Geology* , 33 :115 – 125

Bhatia MR. 1985. Rare earth element geochemistry of Australian Paleozoic graywackes and mudrocks :Province and tectonic control. *Sedimentary Geology* , 45 :97 – 113

Garver JI and Scott TJ. 1995. Trace elements in shales as indicators of crustal provenance and terrane accretion in the southern Canadian Cordillera. *Geological Society of America Bulletin* , 107(4) :440 – 453

Gitty GH , Hanson AD , Knaack C and Johnson D. 1994. Provenance determined by REE , Th , and Sc analyses of metasedimentary rocks , Boyden Cave Pendant , central Sierra Nevada , California. *Journal of Sedimentary Research* , B64(1) :68 – 73

Gu XX , Liu JM , Zheng MH , Tang JX and Qi L. 2002. Provenance and Tectonic setting of the proterozoic : turbidites in Hunan , south China :Geochemical evidence. *Journal of Sedimentary Research* , 72 (3) :393 – 407

Han YW and Ma ZD. 2003. *Geochemistry*. Beijing : Geological Publishing House(in Chinese)

Jin Qiang. 2003. Geochemisitry characteristics of trace elements in evaporates of the tertiary in western Qaidam basin. *Journal of the University of Petroleum , China* , 27(2) :1 – 5 (in Chinese with English abstract)

Li SY , Li RW , Yue SC , Wang DX , Liu Y , Meng QR and Jing FQ. 2004. Geochemistry of Mesozoic detrital rocks and its constraints on provenance in Feiza area , Anhui province. *Acta Petrologica Sinica* , 20(3) :667 – 676(in Chinese with English abstract)

Li ZM , Liu JJ , Hu RZ , Liu YP , Li CY and He MQ. 2003. Tectonic Setting and Provenance of Source Rock for Sedimentary Rocks in Lanping Mesozoic-Cenozoic Basin : Evidences from geochemistry of sandstones. *Acta Sedimentologica Sinica* , 21(4) :547 – 552(in Chinese with English abstract)

Liu DZ , Tao XF , Zhu LD , Wang GZ , Li YG and Xu XH. 1999. Sedimentary basin-orogen linking of Lanping Basin , Western

- Yunnan. Chengdu: Publications of Southwest Jiaotong University(in Chinese)
- Liu YG and Cao LM. 1987. Introduction about geochemistry of individual elements. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese)
- MacLean WH and Barrett TJ. 1993. Lithogeochemical techniques using immobile elements. *Journal of Geochemical Exploration*, 48: 109 – 133
- McLennan SM and Taylor SR. 1980. Th and U in sedimentary rocks: crustal evolution and sedimentary recycling. *Nature*, 285: 621 – 624
- Mou CT, Wang J, Yu Q and Zhang LS. 1999. The evolution of the sedimentary basin in Lanping area during Mesozoic-Cenozoic, *Journal of Mineralogy and Petrology*, 19(3): 30 – 36(in Chinese with English abstract)
- Ruan TJ and Zhu YG. 1985. Geochemical prospecting. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese)
- Shao L, Liu ZW and Zhu WL. 2000. Application of Sedimentary Geochemistry of Terrigenous Clastic Rock to Basin Analysis. *Earth Science Frontiers*, 7(3): 297 – 304(in Chinese with English abstract)
- Sun SQ, Liu F and Wang JH. 2000. Geochemical characteristic of mixing process for sandstone-claystone of northern Sichuan. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 20(2): 19 – 22(in Chinese with English abstract)
- Tao XF, Zhu LD, Liu DZ, Wang GZ and Li YG. 2002. The formation and evolution of the Lanping basin in western Yunnan. *Journal of Chengdu University of Technology*, 29(5): 521 – 525(in Chinese with English abstract)
- Taylor SR and McLennan SM. 1985. The continental crust: its composition and evolution. Oxford: Blackwell Scientific Publications
- Wang GZ, Hu RZ, Wang CS and Zeng YF. 2001. Mineralization geological setting of Jinding superlarge Pb-Zn deposit, Yunnan. *Acta Mineralogica Sinica*, 21(4): 571 – 577(in Chinese with English abstract)
- Wu ZP, Ma ZP and Zhou YQ. 2002. Element geochemical characters of sedimentary facies in the triassic-jurassic boundary section of jiyuan basin in Henan province. *Journal of University of Petroleum*, 26(3): 20 – 25(in Chinese with English abstract)
- Xue CJ, Chen YC, Yank JM, Wang DH, Yank WG and Yang QB. 2002. Analysis of Ore-forming Background and Tectonic System of Lanping Basin, Western Yunnan Province. *Mineral Deposits*, 21(1): 36 – 44(in Chinese with English abstract)
- Yu BS and Yue CS. 1998. Some information about the inner earth contained in composition of sedimentary rocks, *Earth Science Frontiers*, 5(3): 105 – 112(in Chinese with English abstract)
- 附中文参考文献
- 韩吟文, 马振东. 2003. 地球化学. 北京: 地质出版社
- 金强. 2003. 柴达木盆地西部第三系蒸发岩微量元素组成及其地球化学特征. *石油大学学报(自然科学版)*, 27(2): 1 – 5
- 李双应, 李任伟, 岳书仓, 王道轩, 刘因, 孟庆任, 金福全. 2004. 安徽肥西中生代碎屑岩地球化学特征及其对物源制约. *岩石学报*, 20(3): 667 – 676
- 李志明, 刘家军, 胡瑞忠, 刘玉平, 李朝阳, 何明勤. 2003. 兰坪中新生代盆地沉积岩源区构造背景和物源属性研究——砂岩地球化学证据. *沉积学报*, 21(4): 547 – 552
- 刘登忠, 陶晓风, 朱利东, 王国芝, 李佑国, 徐新煌. 1999. 滇西兰坪盆地盆山耦合. 成都: 西南交通大学出版社
- 刘英俊, 曹励明. 1987. 元素地球化学导论. 北京: 地质出版社
- 牟传龙, 王剑, 余谦, 张立生. 1999. 兰坪中新生代沉积盆地演化. *矿物岩石*, 19(3): 30 – 36
- 阮天健, 朱有光. 1985. 地球化学找矿. 北京: 地质出版社
- 邵磊, 刘志伟, 朱伟林. 2000. 陆源碎屑岩地球化学在盆地分析中的应用. *地学前缘*, 7(3): 297 – 304
- 孙书勤, 刘峰, 王建华. 2000. 川北砂岩泥岩系混合作用地球化学特征. *矿物岩石*, 20(2): 19 – 22
- 陶晓风, 朱利东, 刘登忠, 王国芝, 李佑国. 2002. 滇西兰坪盆地的形成及演化. *成都理工大学学报*, 29(5): 521 – 525
- 王国芝, 胡瑞忠, 王成善, 曾允孚. 2001. 云南金顶超大型铅锌矿床的成矿地质背景. *矿物学报*, 21(4): 571 – 577
- 吴智平, 马在平, 周瑶琪. 2002. 济源盆地三叠系与侏罗系界线地层沉积相及元素地球化学特征. *石油大学学报(自然科学版)* 26(3): 20 – 25
- 薛春纪, 陈毓川, 杨建民, 王登红, 杨伟光, 杨清标. 2002. 滇西兰坪盆地构造体制和成矿背景分析. *矿床地质*, 21(1): 36 – 44
- 于炳松, 乐昌硕. 1998. 沉积岩物质成分所蕴含的地球深部信息. *地学前缘*, 5(3): 105 – 112