

文章编号:1000-0550(2014)06-0997-10

# 滇西兰坪盆地古近系构造—沉积演化与成矿关系<sup>①</sup>

朱志军<sup>1,2</sup> 郭福生<sup>1,2</sup> 宋玉财<sup>3</sup> 安倩<sup>2</sup>

(1.东华理工大学省部共建核资源与环境国家重点实验室培育基地 南昌 330013;

2.东华理工大学地球科学学院 南昌 330013;3.中国地质科学院地质研究所 北京 100037)

**摘要** 兰坪中新生代盆地因堆积了巨量金属而倍受关注,盆地内沉积岩容矿贱金属矿床矿体的就位与印—亚大陆碰撞挤压和扬子古陆与滇藏古陆拼接碰撞而引起的盆地内部及周缘变形密切相关。古近纪充填序列特征及物质聚集分布规律显示,盆地总体上处于挤压构造背景下,其构造—沉积演化可划分为古新一—早始新世挤压拗陷和晚始新世—渐新世挤压走滑两个阶段。盆地演化过程中形成的控矿构造有挤压—拗陷—褶皱构造和区域大规模挤压走滑断裂构造,这些构造变形可以是容矿构造,也可以是导矿构造。古近世中期碰撞挤压拗陷阶段(55~41 Ma),形成了兰坪盆地西部拗陷褶皱推覆带内的脉状Cu矿床和富隆厂等脉状Cu-Ag-Pb-Zn矿床(48~49 Ma);晚期挤压走滑阶段(40~26 Ma)形成兰坪盆地东部逆冲推覆带内河西—三山Pb-Zn(-Ag-Sr)矿床和金顶超大型Pb-Zn矿(-34 Ma)。兰坪盆地成矿与盆地构造—沉积演化显示出很好的耦合关系。

**关键词** 构造—沉积演化 成矿 古近系 兰坪盆地

**第一作者简介** 朱志军 男 1976年出生 博士 副教授 沉积学 E-mail: zhuzj013@163.com

**通讯作者** 郭福生 男 教授 E-mail: fsguo@263.net

**中图分类号** P612 **文献标识码** A

滇西兰坪盆地是以中、新生代沉积充填而成的盆地(图1)。盆地因为堆积了巨量金属而倍受关注,长期以来吸引了大量的地质学家在此开展研究工作。对盆地的演化前人已经做过大量研究,综合起来有以下几种观点:盆地在晚三叠世总体为金沙江结合带的后陆盆地<sup>[1]</sup>;中生代初,对于澜沧江和东侧金沙江—哀牢山来说,为双重后陆盆地;晚三叠世初在盆地东侧,为前陆盆地,稍后又发展成为滞后型弧后盆地,至喜马拉雅期,又发展为走滑拉分盆地<sup>[2]</sup>;中、新生代属碰撞陆内裂陷盆地<sup>[3]</sup>;中生代兰坪盆地经历了中三叠世晚期—早侏罗世陆内裂谷盆地、中晚侏罗世拗陷盆地、白垩纪前陆盆地和走滑盆地<sup>[4]</sup>;陶晓风等(2002)认为兰坪中、新生代盆地的演化经历了洋盆、洋陆转换、陆内汇聚多旋回的构造发展阶段<sup>[5]</sup>。

兰坪盆地金属成矿时代多数在古近纪(65~26 Ma)<sup>[6,7]</sup>,前人虽然做了大量关于盆地性质及演化的研究,但是对兰坪盆地金属成矿时期的古近纪盆地充填过程及构造—沉积演化未做深入研究,而此地质问题对于了解兰坪盆地金属成矿规律意义重大。因此,为了探明古近纪兰坪盆地演化与成矿的关系,本文从古近纪兰坪盆地沉积充填过程入手,对古近纪兰坪盆

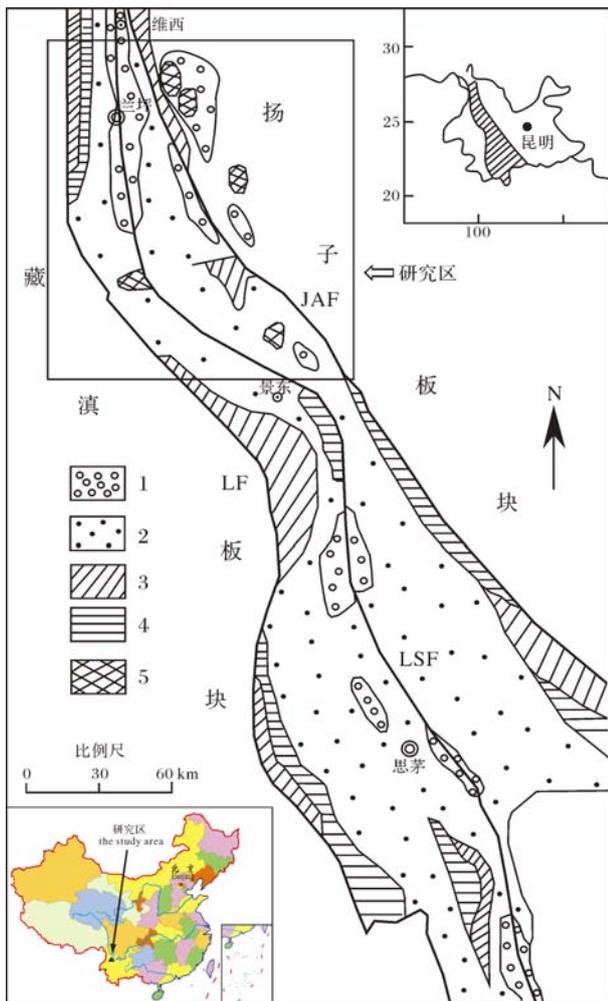
地构造—沉积演化进行研究,进一步探讨了兰坪盆地古近纪各演化阶段与成矿关系,为该区下一步找矿勘探指明方向。

## 1 地质背景

滇西北兰坪盆地地处欧亚板块与印度板块的结合部位,位于金沙江断裂带与澜沧江断裂带之间,是三江褶皱带的一部分<sup>[8,9]</sup>。东以金沙江断裂为界与扬子陆块西南缘的金沙江—哀牢山造山带相邻,西以澜沧江断裂为界与藏滇板块北东缘的碧罗雪山—崇山造山带相邻。北起维西,南至景东,与思茅盆地相连,南北长约270 km,宽约25~70 km,面积近2 000 km<sup>2</sup><sup>[22]</sup>(图1)。兰坪盆地除东西两侧发育巨型断裂以外,中部还有兰坪—思茅断裂。

盆地边缘出露的地层有:前震旦系角闪岩相片岩、片麻岩与混合岩相—低绿片岩相的变质岩系组成,多呈断片状分布于盆地周边,与周围震旦纪及其以后地层呈断层接触。震旦系澜沧群原岩为一套基性火山岩、碎屑岩、硅质岩夹碳酸盐岩的混源复理石建造,代表该期初始洋盆沉积,后经变质至绿片岩相。泥盆系主要为浅海陆棚相砂泥质碳酸盐岩建造到浅

<sup>①</sup>国家自然科学基金项目(批准号:U0933605)与国家自然科学基金项目(批准号:41362008)联合资助  
收稿日期:2013-08-22;收修改稿日期:2013-11-25



1:古近系; 2:侏罗系—白垩系; 3:三叠系; 4:古生界; 5:喜马拉雅期碱性岩;  
JAF:金沙江—哀牢山断裂; LF:澜沧江断裂; LSF:兰坪—思茅断裂

图1 兰坪中生代盆地地质与构造略图

(转引李志明等, 2003)

Fig.1 Sketch geological and tectonic map of Lanping Mesozoic-Cenozoic Basin (after Li Zhiming, *et al.*, 2003)

海—深海相碎屑岩建造和硅泥质建造。石炭系为深海细碧角斑岩、硅泥质建造至浅海碳酸盐岩建造、复理石建造,反映洋盆由深变浅的趋势,与下伏地层多呈不整合接触。二叠系为一套砂页岩、灰岩夹中基性火山岩,属次活动型滨、浅海碳酸盐岩建造。上统为砂泥岩夹中基性至酸性火山岩,属次稳定型海陆交互至滨浅海碎屑岩含煤建造。二叠系在兰坪盆地边缘和中部有零星出露,下二叠统为一套浅海碳酸盐岩、砂泥岩建造;上二叠统在云龙县施家村一带为深灰色板岩、砂岩夹煤线,为滨海沼泽相煤系沉积,与下伏石炭纪地层呈假整合接触。

盆地内地层主要为中、上三叠统、侏罗系、白垩系、古近系和新近系。晚三叠世盆地沉积进入一个相

对稳定的环境,沉积区域较宽,形成了一套海相磨拉石沉积,侏罗纪和白垩纪沉积环境发生了根本性的转变,结束了盆地海相沉积的历史,主要为一套河湖相沉积。古近纪时期,盆地沉积范围进一步缩小,发育了滨—浅湖及半深湖相沉积和冲积扇及辫状河相沉积。

## 2 古近纪兰坪盆地充填序列

盆地充填序列主要有中—上三叠统、侏罗系、白垩系、古近系和新近系,自三叠系到新近系的沉积特征反映出从海相到陆相的变迁过程(图2)。本文仅对兰坪盆地主要成矿时期古近纪充填序列演化进行研究,以期查明兰坪盆地成矿规律与盆地构造—沉积演化的耦合关系。兰坪盆地古近系地层分布广泛,主要出露于云龙县西泚江沿岸,兰坪县的拉井镇、河西乡等地,主要地层有云龙组、果郎组、宝相寺组、金丝厂组。

云龙组( $E_1y$ ):为一套含盐河湖相红色砂泥质沉积,下段底部为棕红色、灰绿色等杂色泥砾岩、含石膏泥砾岩,泥质胶结。中部为钙质泥岩、粉砂岩夹薄层细砂岩;顶部为灰绿色、杂色粉砂质泥岩及含石膏化泥晶灰岩。与下伏上白垩统虎头寺组或南新组呈假整合接触。上段为砖红色泥质粉砂岩夹中薄层石英细砂岩<sup>[22]</sup>,钙质胶结,局部含石膏层。

果郎组( $E_2g$ ):主要为一套紫红色粉砂岩、泥岩与砂岩互层沉积。下段岩性为紫红色厚层—块状细粒长石石英砂岩夹同色粉砂岩、粉砂质泥岩,砂岩中见板状斜层理,粉砂岩具水平层理及对称波痕,整合于云龙组之上<sup>[22]</sup>。上段为暗紫红色中厚层细粒含长石岩屑石英砂岩。砂岩具平行层理、楔状交错层理、不对称波痕及冲刷充填构造。

宝相寺组( $E_2b$ ):主要为一套杂色块状复成分砾岩、含砾石英粗砂岩,向上变为灰白色厚层中粒石英砂岩;顶部为浅黄色中薄层钙质细砂岩夹泥质粉砂岩,为一套山间磨拉石建造。该组与下伏果郎组呈不整合接触<sup>[22]</sup>。

金丝厂组( $E_3j$ ):主要为一套冲积扇成因的巨厚层紫红色砾岩、岩屑石英砂岩,上部为棕红色泥质砂岩夹砂砾岩及少数灰绿色泥岩<sup>[22]</sup>,与下伏地层宝相寺组和上覆地层三营组均为不整合接触关系。

### 2.1 砂岩矿物组分记录了构造活动与盆地沉积充填的耦合关系

通过对砂岩组分分析,得到 Qm-F-Lt 三角图解

(图 3)显示:研究区云龙组碎屑物源成分主要落在切割岛弧、再旋回造山带的石英再旋回及混合区域内;

果郎组碎屑物源成分主要落在切割岛弧和混合区域内,小部分样品落在了石英再旋回区域,宝相寺组碎

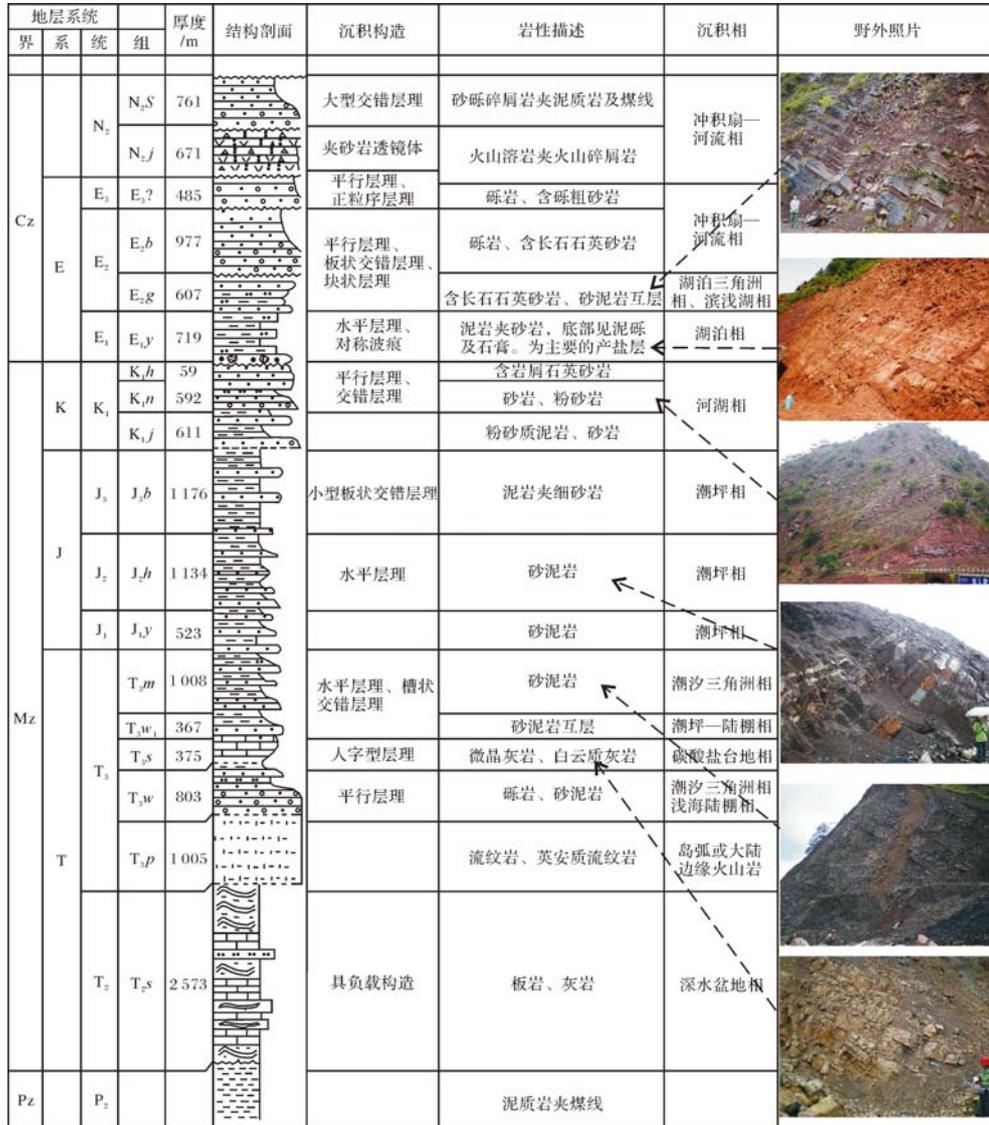


图 2 兰坪中新代盆地充填序列(据牟传龙等,1999 修改)

Fig.2 Mesozoic-Cenozoic sedimentary sequence of Lanping Basin(modified after Mu Chuanlong, et al.)

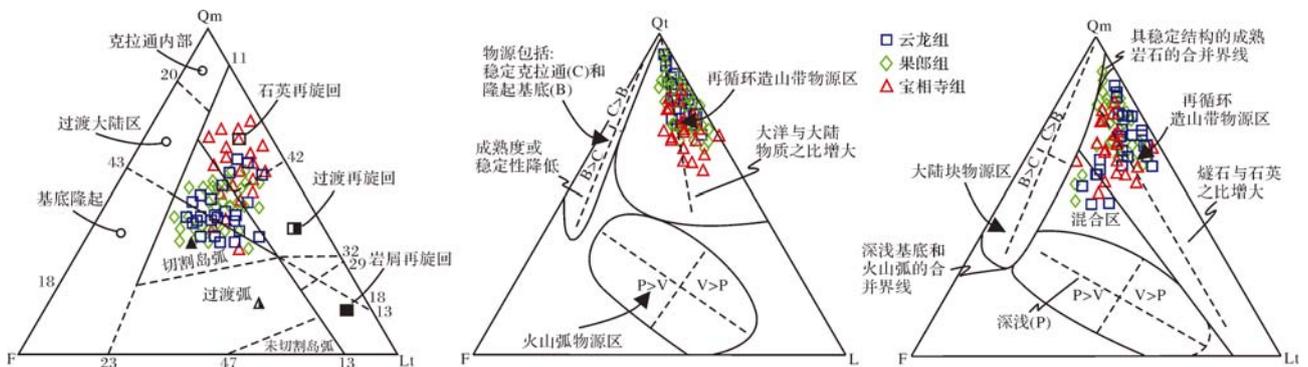


图 3 兰坪盆地古近纪碎屑岩 Qm-F-Lt、Qt-F-L 三角图解

Fig.3 Qm-F-Lt and Qt-F-L triplot of clastic rocks of Paleogene period in Lanping Basin

屑物源成分主要落在了石英再旋回区域内,少部分样品落在了切割岛弧和混合区。Qt-F-L 和 Qm-F-Lt 三角图解进一步阐明了研究区古近系物源区主要为切割岛弧和再循环造山带构造背景。云龙组和果郎组碎屑物源成分主要落在活动大陆边缘切割岛弧及再旋回造山带的石英再旋回区域内,结合区域构造分析得出云龙组和果郎组的物源供给主要来自盆地东缘,即盆地东侧的金沙江—哀牢山造山带。但是在果郎期加入了盆地西缘的物源供给。到了宝相寺组物源供给主要以盆地西缘为主,东缘为辅的特点。

从上面砂岩组分图解和重矿物稳定指数及分布特征(作者另文证据)分析,兰坪盆地古近系砂岩源区的构造背景为造山带,其经过了洋壳俯冲消亡过程,源岩性质包括了早期沉积岩、岩浆岩和变质岩特征,显示出板块汇聚下的产物。另外,砂岩成熟度由云龙期至宝相寺期逐渐降低,反映出构造活动逐渐增强的特点。

## 2.2 砂岩常量元素地球化学证据

砂岩地球化学特征能够反映物源区的特性<sup>[11,12]</sup>,可以利用砂岩常量及微量元素特征来判定源区特征及源岩类型。虽然,前人已经对兰坪盆地中、新生代砂岩做过常量元素分析<sup>[13]</sup>,但是他没有涉及到晚古近世宝相寺组及盆地中部兰坪县地区的样品,因此为了更好地反映兰坪盆地的演化,本文采用了 GB/T14506.28-93 硅酸盐岩石化学分析方法和 X 射线荧光光谱法测定主、次元素量,对兰坪盆地不同部位不同时期的碎屑岩进行了主量元素进行了测定(表 1),据测试结果反映:北部的河西剖面云龙期砂岩的常量元素特征反映出物源为大陆岛弧与大洋岛

弧的活动陆缘背景;果郎期 MgO 和 MnO 明显增高反映出基性、超基性物源的加入。南部的云龙县城西剖面云龙期常量元素特征亦反映出大陆岛弧的活动陆缘背景,MgO 和 MnO 明显增高反映出基性、超基性物源的加入;果郎期常量元素特征反映主要为大陆岛弧背景。盆地中部的啦井剖面云龙期常量元素特征反映出大陆岛弧背景;果郎期为被动大陆边缘背景+大陆岛弧背景;宝相寺期为被动大陆边缘构造背景。

Bhatia (1983) 认为  $Fe_2O_3^* + MgO$ 、 $TiO_2$ 、 $Al_2O_3/SiO_2$ 、 $K_2O/Na_2O$  和  $Al_2O_3/(CaO + Na_2O)$  等各项数值对碎屑岩的物源区及其构造背景最具判别性<sup>[11]</sup>。兰坪盆地不同部位,不同层位的砂岩样品除  $K_2O/Na_2O$  值都远远高于 Bhatia (1983) 给出的所有构造背景下的值<sup>[11]</sup>,其余数值差异较明显(表 2):在盆地北部的河西剖面云龙组和果郎组样品的  $Fe_2O_3^* + MgO$ 、 $Al_2O_3/SiO_2$  及  $Al_2O_3/(CaO + Na_2O)$  值都与大陆岛弧背景值相近,而  $Al_2O_3/(CaO + Na_2O)$  值则与大洋岛弧相近,因此具有大陆岛弧与大洋岛弧的活动陆缘背景;在盆地中部的啦井镇剖面云龙组  $Fe_2O_3^* + MgO$  和  $Al_2O_3/SiO_2$  值都与活动大陆边缘背景值相近,而果郎组和宝相寺组样品的  $Fe_2O_3^* + MgO$  和  $Al_2O_3/SiO_2$  值则与被动大陆边缘背景值相近;在盆地南部的云龙县西剖面云龙组样品的  $Fe_2O_3^* + MgO$  和  $Al_2O_3/SiO_2$  值与大陆岛弧相近,而  $Al_2O_3/(CaO + Na_2O)$  值则与大洋岛弧相近,因此具有大陆岛弧与大洋岛弧的活动陆缘背景。

兰坪盆地古近纪砂岩普遍含碳酸盐碎屑颗粒及钙质胶结为主,使得样品数据中 CaO、 $Na_2O$  和  $K_2O$  含量偏高,但其成分特征仍能反映出源区构造背景。在

表 1 兰坪盆地古近纪砂岩化学组分及不同构造背景下砂岩的平均化学组成(%)

Table 1 Chemical components of sandstones from the Paleogene of Lanping Basin

大地构造背景	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MnO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
大洋岛弧	58.83	17.11	1.95	5.52	3.65	5.83	4.1	1.6	0.15	1.06	0.26	
大陆岛弧	70.69	14.04	1.43	3.05	1.97	2.68	3.12	1.89	0.1	0.64	0.16	
活动型大陆边缘	73.86	12.89	1.3	1.58	1.23	2.48	2.77	2.9	0.1	0.46	0.09	
被动型大陆边缘	81.95	8.41	1.32	1.76	1.39	1.89	1.07	1.71	0.05	0.49	0.12	
河西剖面	云龙组 E <sub>1y</sub> (10)	54.19	11.4	4.43	0.81	1.90	11.51	0.17	2.52	0.13	0.55	0.11
	果郎组 E <sub>2g</sub> (16)	54.48	9.9	3.81	1.43	4.58	9.44	0.46	2.34	0.13	0.49	0.1
云龙县西剖面	云龙组 E <sub>1y</sub> (8)	58.57	9.33	2.92	0.61	3.57	10.53	0.70	2.47	0.18	0.46	0.08
	果郎组 E <sub>2g</sub> (8)	58.98	8.69	2.74	0.59	1.88	13.45	0.88	1.84	0.17	0.49	0.09
啦井剖面	云龙组 E <sub>1y</sub> (6)	61.31	9.71	2.95	2.13	10.62	0.76	1.95	0.09	0.50	0.09	0.46
	果郎组 E <sub>2g</sub> (5)	73.02	6.15	1.38	1.52	8.13	0.81	2.41	0.08	0.26	0.05	0.2
宝相寺组 E <sub>1b</sub> (11)	72.22	9.48	2.01	0.48	6.65	0.21	2.44	0.09	0.38	0.09	0.22	

注:核工业北京地质研究院分析测试研究中心完成;不同构造背景下砂岩化学成分平均值,据参考文献[11];括号内的数值为样品数。

表 2 兰坪盆地古近纪砂岩化学组分特征

Table 2 Chemical component characteristics of Paleogene sandstones in Lanping Basin

剖面名称	河西乡剖面		云龙县西剖面		啦井镇剖面			引自 Bhatia, 1983			
	样品分布	果郎组	果郎组	果郎组	果郎组	宝相寺组	大洋岛弧	大陆岛弧	活动大陆边缘	被动大陆边缘	
	E <sub>1</sub> y(10)	E <sub>2</sub> g(16)	E <sub>1</sub> y(8)	E <sub>2</sub> g(8)	E <sub>1</sub> y(6)	E <sub>2</sub> g(5)	E <sub>1</sub> b(11)				
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *+MgO	7.22	9.98	7.17	5.27	5.59	3.12	2.73	11.7	6.79	4.63	2.89
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub>	0.21	0.19	0.16	0.15	0.17	0.09	0.13	0.29	0.20	0.18	0.10
K <sub>2</sub> O/NaO	15.18	6.86	3.82	2.15	4.23	8.2	18.41	0.39	0.61	0.99	1.60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /(CaO+Na <sub>2</sub> O)	1.3	1.29	1.02	0.75	1.21	1.46	12.04	1.72	2.42	2.56	4.15

注:Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\* = Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+FeO;括号内的数值为样品数。

K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub>构造分区图(图 4)清楚反映出:河西剖面云龙组和果郎组样品主要投点于活动大陆边缘区域内及附近;啦井剖面云龙组样品投点于活动大陆边缘与大洋岛弧区域内,而果郎组和宝相寺组样品则多数投于被动大陆边缘区域内;云龙县西剖面云龙组样品投点于活动大陆边缘和大洋岛弧区域内,而果郎组则多数投于大洋岛弧区域内。

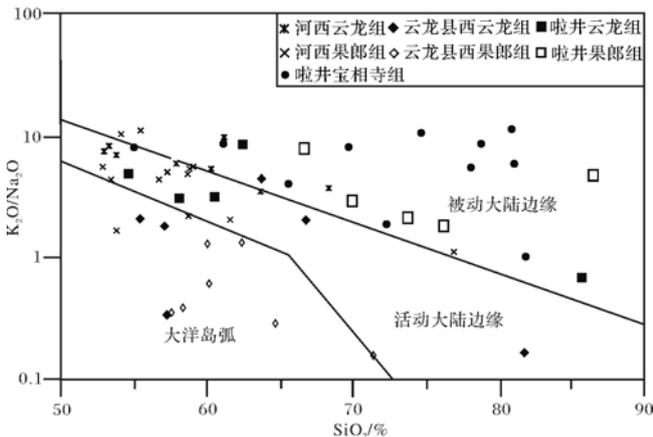


图 4 兰坪盆地古近纪砂岩 K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub>图解 (底图据参考文献[12])

Fig.4 K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> diagram for the Paleogene sandstones in Lanping Basin(after Roser, et al., 1986)

Bhatia(1983)的 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub>-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*+MgO 图解(图 5)进一步证明了物源区的构造背景<sup>[11]</sup>,图解显示出盆地不同部位不同时期的源区构造背景也有差别。盆地北部的河西剖面云龙期所有样品全部投点于大陆岛弧和大洋岛弧区及其附近;果郎早期样品全部投点于大陆岛弧区,晚期样品有 2 件样品落入活动大陆边缘,说明在盆地北部云龙期和果郎早期的物源应同来自盆地东缘。到了果郎晚期从源区的构造背景判断应该具有多源的特点。即以东缘物源供给为主,西缘为辅(作者在另外重矿物已做详细论证)。盆地中部的啦井镇剖面云龙期样品落于大陆岛弧区域内,果

郎期样品多数落于被动大陆边缘区域内,宝相寺组样品则落于活动大陆边缘区域内。盆地南部的云龙县西剖面云龙组和果郎组样品大陆岛弧和活动大陆边缘区域内。

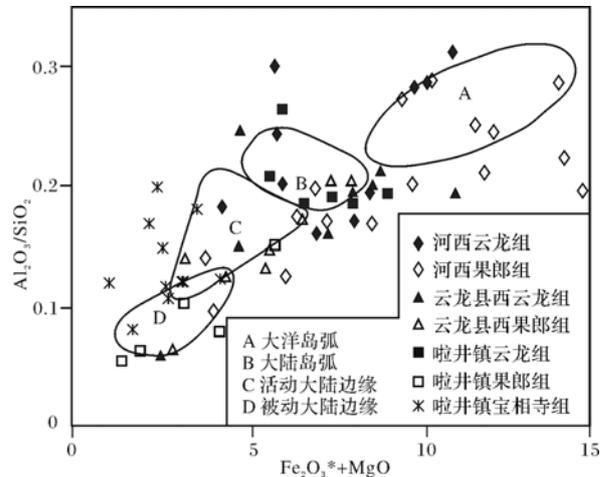


图 5 兰坪盆地古近纪砂岩 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub>-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*+MgO 构造背景判别图解(底图据 Bhatia 等,1983)

Fig.5 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub>-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*+MgO diagram for the Paleogene sandstones in Lanping Basin(after Bhatia, et al., 1983)

综合分析区域地质背景,结合砂岩地球化学特征对兰坪盆地古近纪砂岩物源区类型及其构造背景进行了分析研究:古近世早期(云龙组沉积阶段)源区主要为活动大陆边缘背景,结合区域地质资料成果分析物源主要来自盆地东缘。因受扬子古陆的缓慢挤压抬升,此时盆地为挤压拗陷盆地,相对稳定。古近世中期(果郎组沉积阶段)源区主要为被动大陆边缘背景,尤其在盆地南部的云龙县西还具有大洋岛弧的源区背景,反映出该阶段物源除东缘来源外还有盆地西缘物源的加入,进一步说明在古近世中期盆地西缘开始活动,为成矿流体的运移提供动力。古近世晚期—渐新世由于受喜马拉雅运动影响,盆地东、西两侧活动剧烈,形成对冲挤压格局,促使成矿流体运移和

聚集。

### 2.3 沉积充填序列反映盆地性质的转换

从晚二叠世开始,金沙江洋壳由东向西往兰坪陆块下俯冲,扬子古陆逐渐向西靠近,在二叠纪末与兰坪地块碰撞拼合在一起,从此开始兰坪盆地的演化。

云龙组早期,在盆地周缘及东部大部分地区发育冲积平原—滨浅湖相沉积,盆地西部的兰坪县城西、云龙县—顺荡井一带发育一套黄绿色钙泥质粉砂岩、泥岩为主的浅湖—半深湖相沉积。盆地东部的小盐井—马登—图象—乔后一带沉积厚度较小,并有向西部温井一带增厚、泥质含量增多、同生泥砾含量增高的趋势,以发育滨浅湖相砂、泥岩沉积为主<sup>[22]</sup>。盆地整体上形成西陡东缓、西深东浅;由下至上碎屑物粒度逐渐变粗,反映出水体逐渐变浅的趋势,并且湖盆显示出逐渐萎缩的趋势(图 6)。

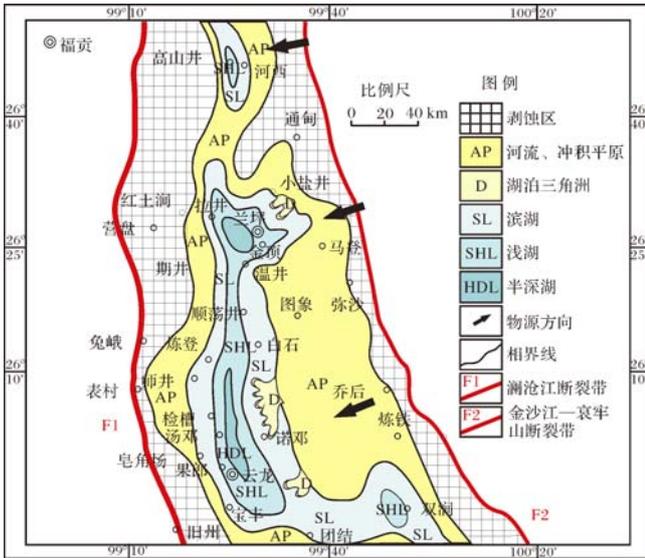


图 6 兰坪盆地云龙期沉积相展布图

Fig.6 The sedimentary facies distribution map of Yunlong period in Lanping Basin

果郎组继承了前期云龙组盆地沉积的特征,沉降中心基本保持一致,岩相古地理表明该时期湖泊较前期有些扩张<sup>[22]</sup>。在盆地中北部老母井村、啦井镇等地岩性组合显示出较前期变粗的特征,代表了少量滨湖砂坝微相及三角洲前缘亚相沉积。盆地中南部滨、浅湖砂泥沉积较为发育,主要分布在宝丰、检槽及顺荡井等地。南部沉积受控于盆缘断裂带,仅向盆地西部有所扩张,显示出向西超覆现象,整体表现出西浅东深的古地理格局<sup>[22]</sup>。该时期表现为局部淹没低缓的冲积平原被浅湖沉积超覆,反映出水位明显较期升

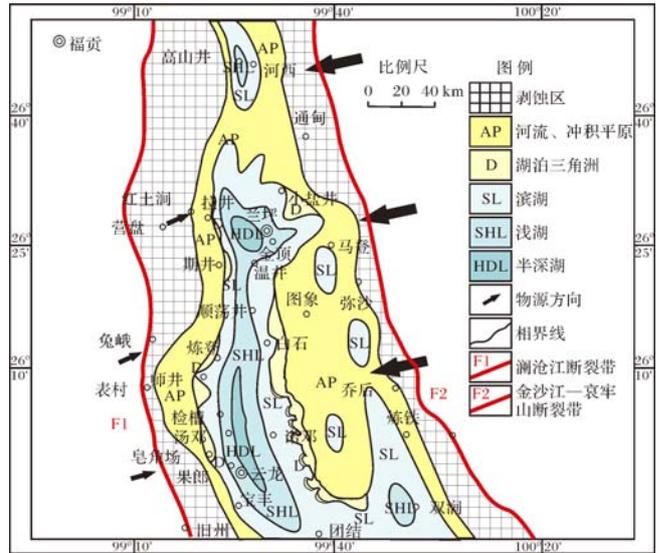


图 7 兰坪盆地果郎期沉积相展布图

Fig.7 The sedimentary facies distribution map of Guolang period in Lanping Basin

高(图 7)。在走滑挤压背景下显示出局部新地层对老地层的超覆现象,从沉积碎屑物源分析盆地性质由单边挤压拗陷盆地转变为双边对冲挤压拗陷盆地。

始新世晚期—渐新世由于受喜山运动影响,兰坪盆地东、西两侧的造山带向盆地腹地强烈推覆扩展,形成对冲推覆的构造格局,盆地沉积范围进一步逐渐变小,大部分地区发生挤压褶皱隆升为剥蚀区<sup>[22]</sup>,仅在盆地北部残留山间盆地冲积相沉积记录(图 8)。原兰坪盆地大部分地区反转成山,盆地内充填以始新

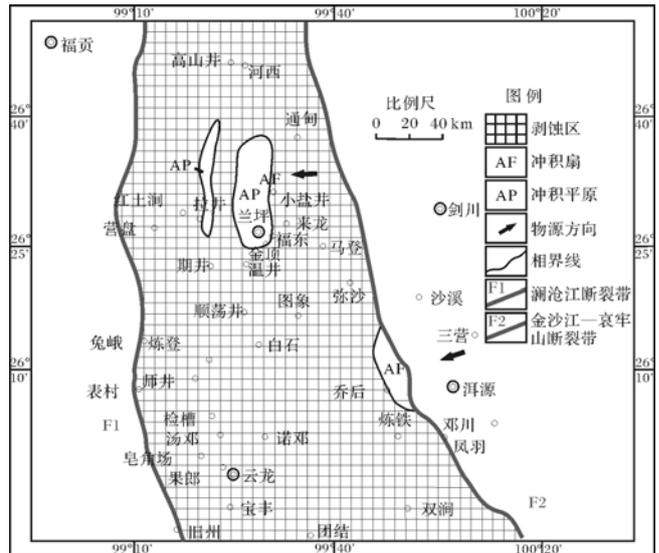


图 8 兰坪盆地始新世晚期—渐新世沉积相展布图

Fig.8 The sedimentary facies distribution map of Late Eocene-Oligocene period in Lanping Basin

世宝相寺组和渐新世金丝厂组磨拉石砾岩为代表,此时期也是兰坪盆地东西双向逆冲推覆最强烈活动时期。

### 3 兰坪盆地演化与成矿

兰坪盆地成矿分布在碰撞造山带内部,与碰撞挤压/走滑有关。在古近世早期碰撞挤压拗陷阶段(65~55 Ma);古近世中期(55~41 Ma)由于盆地西缘开始活动,从而使兰坪盆地西部拗陷褶皱推覆带内的成矿流体的贯入,形成脉状Cu矿床和富隆厂等脉状Cu-Ag-Pb-Zn矿床(48~49 Ma);古近世晚期—渐新世挤压走滑阶段(40~26 Ma)形成兰坪盆地东部逆冲推覆带内河西—三山Pb-Zn(-Ag-Sr)矿床和金顶Pb-Zn矿(~34 Ma)<sup>[14]</sup>。其中,Pb-Zn贱金属矿床与新生代沉积盆地空间上伴生,但矿床不出现新生代盆地内部,而是出现在盆地外围或者盆地边缘强烈变形的晚古生代—中生代地层中,反映形成这些矿床既需要新生代沉积盆地提供卤水,又需要晚古生代—中生代沉积地层提供流体运移通道和排泄场所(在变质岩和岩浆岩大面积分布区很难实现流体大规模迁移)。另外,新生代盆地发育的巨厚膏盐层是形成盐丘底辟穹窿,为巨量金属聚集提供了不可或缺的条件。

#### 3.1 挤压拗陷阶段与成矿

在兰坪盆地内沉积岩容矿贱金属矿床矿体的就位与印—亚大陆碰撞及扬子古陆和滇藏古陆拼接碰撞所引起的盆内变形密切相关,控矿构造主要有两种方式:一是挤压—拗陷—褶皱构造;二是区域大规模挤压走滑构造,这些构造变形可以是容矿构造,也可以是导矿构造。

古新世—始新世早期( $E_1 \sim E_2^1$ )印度与欧亚大陆开始发生碰撞<sup>[15~17]</sup>,一直持续到早始新世可能还处于软碰撞和调整阶段,被挤压—盆地壳受挤压应力作

用下发生挠曲变形形成近南北向展布的狭长型挤压拗陷盆地<sup>[10]</sup>。该阶段在盆地东西边缘形成拗陷—褶皱,甚至局部发现逆冲断层,为容矿提供有利空间,是盆地内铜银多金属矿化的主要成矿时期,且成矿物质来源具有多种来源<sup>[18~21]</sup>,以深部来源和盆地热卤水为主。在挤压背景下,深部发生局部的动力变质作用并产生富含CO<sub>2</sub>的变质流体,在区域压力驱动下这些化学活动性流体向地表浅层运移,同时萃取深部地质变质岩中的Cu、S等元素及浅部地层中的金属元素。携带大量成矿元素的流体在盆地外围或者盆地边缘强烈变形的晚古生代—中生代地层中就位。矿体主要受近东西向挤压而产生的断裂或劈理,以及受主逆冲断裂派生的次级断裂和近东西向推覆挤压形成的E—W向走滑断裂控制。从而使成矿流体向盆地西部聚集,由于盆地西缘阻挡作用,而发生褶皱逆冲,在有利部位聚集成矿。例如,挤压拗陷导致地层褶皱,甚至形成倒转褶皱,并在一翼形成沿褶皱走向的劈理和小型逆断层,在挤压力的驱使下,成矿流体注入这些容矿空间,形成金满和连城脉状Cu矿床,由于容矿空间的限制,矿体只能呈断续的脉状产出。又因为该阶段挤压拗陷盆地处于温暖干燥的氧化环境<sup>[22]</sup>,为山间蒸发盐湖盆地,盆地内含有大量高盐度的卤水,随着卤水下渗,萃取地层中的Pb、Zn等金属元素而形成成矿流体,同时地层中的硫酸盐发生热还原作用为成矿提供硫源(图9)。

另一方面,近南北的剪切走滑,使得断裂带内岩石破碎为河西—三山Pb-Zn(-Ag-Sr)矿床矿体的就位提供了有利的场所。伴随逆冲断裂发育一系列次级断裂,为富隆厂、白秧坪、吴底厂Cu-Ag-Pb-Zn矿床提供容矿空间;随着挤压进一步发展,在垂直于挤压方向产生一系列平推断层,控制了李子坪Cu-Ag-Pb-Zn矿床矿体的就位<sup>[6]</sup>。

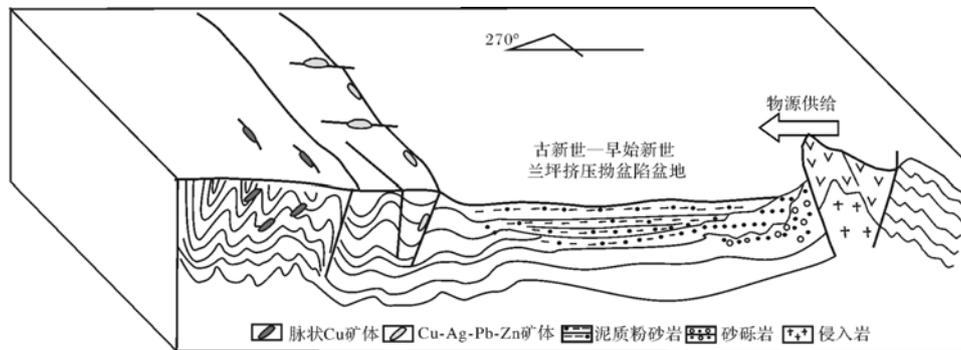


图9 挤压拗陷阶段盆地流体成矿示意图(据宋玉财,2009)

Fig.9 The metallogenetic diagrammatic sketch of basin fluid during the extrusion depression (after Song Yucai, 2009)

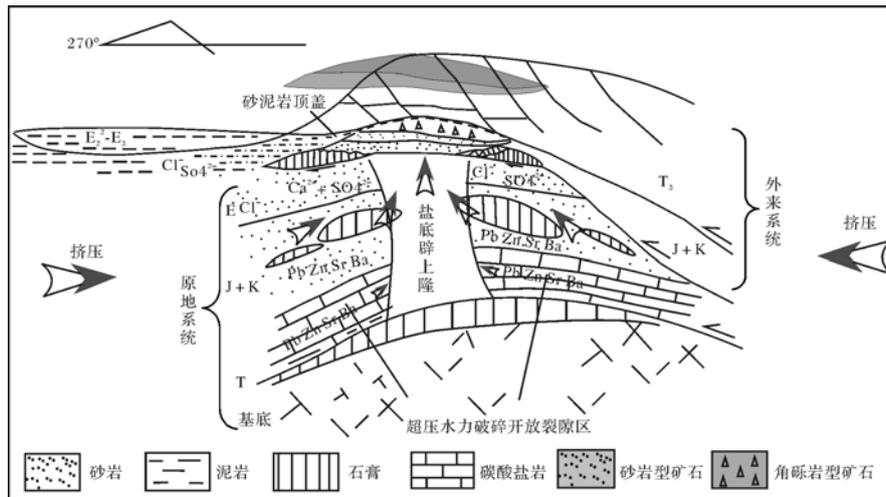


图 10 挤压走滑阶段盆地流体成矿示意图

Fig.10 The metallogenic diagrammatic sketch of basin fluid during the napping strike-slip stage

### 3.2 挤压走滑阶段与成矿

晚始新世—渐新世 ( $E_2 \sim E_3$ ) 为挤压走滑阶段,是兰坪盆地内铅锌成矿的主要时期<sup>[23]</sup>。随着印度板块持续向欧亚板块强烈挤压,由于构造强度较前期明显增强,超出地壳的承受压力,在盆地边缘一边向盆地腹地发生推覆运动,一边顺着边界断裂发生走滑运动,作为缓冲释放来自盆地边缘的挤压应力。因此,在阶段兰坪盆地东西两缘不仅可见有大规模的东向西向推覆体,还可见有走滑拉分充填序列。进一步挤压导致逆冲构造发展为推覆构造,当推覆体推进到赋膏盐的沉积建造时,重力压覆和密度倒置使得盐丘底辟上升形成穹窿构造,构成了金顶 Pb-Zn 矿床的容矿空间。同时并导致新生代湖盆进一步缩小,早期湖盆形成的多层膏盐沉积在重力压覆和盆地两缘对冲挤压作用下,逐渐向盆地中心聚集。随着盆地进一步缩小及盆地两侧对冲挤压压力的增大,最终在近盆地中部发生底辟上升形成盐穹窿、盐穿刺等盐构造,后期膏盐的溶解可能形成破盐穹窿及圈闭构造,同时在细菌或有机作用下还原膏盐中的硫酸盐形成还原硫。同时,中—新生代盐盆提供盆地卤水,不同层位的卤水在侧向挤压作用下发生水平运移,分别萃取地壳不同深度的成矿元素而形成成矿流体。成矿流体上升至破盐穹窿内与富还原硫的流体发生混合形成 Pb-Zn 矿床(图 10)(金顶超大型 Pb-Zn 矿)。

## 4 结论

(1) 古近纪兰坪盆地充填序列及地球化学特征研究表明:古近世早期(云龙组沉积阶段)印度与欧

亚大陆处于缓慢挤压阶段,由于东侧的扬子古陆的阻挡作用,从而形成近南北向挤压拗陷盆地。古近世中期(果郎组沉积阶段)盆地开始受到东西两侧挤压,直至古近世晚期东、西两侧活动剧烈,形成对冲挤压格局,形成大面积逆冲推覆体。

(2) 兰坪盆地内沉积岩容矿贱金属矿床矿体的就位与印—亚大陆碰撞和持续汇聚及扬子古陆和滇藏古陆发生拼接碰撞作用所引起的盆地内部变形密切相关,控矿构造主要有挤压—拗陷—褶皱构造和区域大规模挤压走滑构造,这些构造变形可以是容矿构造,也可以是导矿构造。古近世早期的挤压拗陷阶段不成矿;中期盆地东西侧对冲挤压阶段形成兰坪盆地西部拗陷褶皱推覆带内的脉状 Cu 矿床和富隆厂等脉状 Cu-Ag-Pb-Zn 矿床(48~49 Ma);晚期挤压走滑阶段形成兰坪盆地东部逆冲推覆带内河西—三山 Pb-Zn(-Ag-Sr)矿床和金顶 Pb-Zn 矿。

### 参考文献 (References)

- 1 罗建宁,张正贵,陈明,等. 三江特提斯沉积地质与成矿[M]. 北京:地质出版社,1991:1-231 [ Luo Jianning, Zhang Zhenggui, Chen Ming, et al. Sanjiang Tethyan Sedimentary Geology and Mineralization [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991: 1-231 ]
- 2 刘增乾,李兴振,叶同庆,等. 三江地区构造岩浆带的划分与矿产分布规律[M]. 北京:地质出版社,1993:1-246 [ Liu Zengqian, Li Xingzhen, Ye Tongqing, et al. Sanjiang Area Tectonic Magmatic Belts and Mineral Resources Distribution [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993: 1-246 ]
- 3 刘肇昌,李凡友,钟康惠,等. 扬子地台西缘构造演化与成矿[M]. 成都:电子科技大学出版社,1996:165-219 [ Liu Zhaochang, Li

- Fanyou, Zhong Kanghui, *et al.* The Western Margin of the Yangtze Craton Tectonic Evolution and Mineralization [M]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology Press, 1996: 165-219
- 4 牟传龙, 王建, 余谦, 等. 兰坪中新生代沉积盆地演化[J]. 矿物岩石, 1999, 19(3): 30-36 [Mou Chuanlong, Wang Jian, Yu Qian, *et al.* The evolution of the sedimentary basin in Lanping area during Mesozoic-Cenozoic [J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 1999, 19(3): 30-36]
  - 5 陶晓风, 朱利东, 刘登忠, 等. 滇西兰坪盆地的形成及演化[J]. 成都理工大学学报, 2002, 29(5): 521-525 [Tao Xiaofeng, Zhu Lidong, Liu Dengzhong, *et al.* The formation and evolution of the Lanping Basin in western Yunnan [J]. Journal of Chengdu University of Technology, 2002, 29(5): 521-525]
  - 6 宋玉财, 侯增谦, 杨天南, 等. “三江”喜马拉雅期沉积岩容矿贱金属矿床基本特征与成因类型[J]. 岩石矿物学杂志, 2011, 30(3): 355-380 [Song Yucai, Hou Zengqian, Yang Tiannan, *et al.* Sediment-hosted Himalayan base metal deposits in Sanjiang region: characteristics and genetic types [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2011, 30(3): 355-380]
  - 7 唐永水, 毕献武, 武丽艳, 等. 金顶铅锌矿黄铁矿 Re-Os 定年及其地质意义[J]. 矿物学报, 2013, 3(3): 287-294 [Tang Yongyong, Bi Xianwu, Wu Liyan, *et al.* Re-Os isotopic dating of pyrite from Jinding Zn-Pb ore deposit and its geological significance [J]. Acta Mineralogica Sinica, 2013, 3(3): 287-294]
  - 8 罗君烈, 杨友华, 赵准, 等. 滇西特提斯的演化及主要金属矿床的成矿作用[M]. 北京: 地质出版社, 1994: 157-215 [Luo Junlie, Yang Youhua, Zhao Zhun, *et al.* Tethyan Evolution and Mineralization of Major Metallic Ore Deposits in Western Yunnan [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994: 157-215]
  - 9 王义昭, 李兴林, 段丽兰, 等. 三江地区南段大地构造与成矿[M]. 北京: 地质出版社, 2000: 107-120 [Wang Yizhao, Li Xinlin, Duan Lilan, *et al.* Sanjiang Area South of Tectonics and Metallogeny [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2000: 107-120]
  - 10 马宏杰. 中国西南横断山地区新生代地层学及古环境变化研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2013: 132-148 [Ma Hongjie. The study on the Cenozoic stratigraphy and paleoenvironmental changes in Hengduan Mountains located in Southwest China [D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2013: 132-148]
  - 11 Bhatia M R. Plate tectonics and geochemical composition of sandstone [J]. Journal of Geology, 1983, 91(6): 611-627
  - 12 Roser B P, Korsch R J. Determination of tectonic setting of sandstone mudstone suites using SiO<sub>2</sub> content and K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O ratio [J]. Journal of Geology, 1986, 94(5): 635-650
  - 13 李志明, 刘家军, 胡瑞忠, 等. 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[J]. 沉积学报, 2003, 21(4): 547-552 [Li Zhiming, Liu Jiajun, Hu Ruizhong, *et al.* Tectonic setting and provenance of source rock for sedimentary rocks in Lanping Mesozoic-Cenozoic basin; evidence from geochemistry of sandstones [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21(4): 547-552]
  - 14 宋玉财. “三江”沉积岩容矿贱金属矿床: 发育特点与成矿模型[D]. 北京: 中国地质科学院, 2009: 1-120 [Song Yucai. "Sanjiang" the sedimentary rock hosted base metal deposits; development characteristics and metallogenic model [D]. Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences, 2009: 1-120]
  - 15 莫宣学, 赵志丹, 喻学惠, 等. 青藏高原新生代碰撞—后碰撞火成岩[M]. 北京: 地质出版社, 2009: 1-396 [Mo Xuanxue, Zhao Zhidan, Yu Xuehui, *et al.* The Cenozoic Collision and Post Collision Volcanic Rock [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2009: 1-396]
  - 16 Ding Lin, Kapp Paul, Wan Xiaoqiao. Paleocene-Eocene record of ophiolite obduction and initial India-Asia collision, south central Tibet [J]. Tectonics, 2005, 24(1): 1-18
  - 17 侯增谦, 潘桂棠, 王安建, 等. 青藏高原碰撞造山带: II. 晚碰撞转换成矿作用[J]. 矿床地质, 2006, 25(5): 521-533 [Hou Zengqian, Pan Guitang, Wang Anjian, *et al.* Metallogenesis in Tibetan collisional orogenic belt: II. Mineralization in late-collisional transformation setting [J]. Mineral Deposits, 2006, 25(5): 521-533]
  - 18 曾荣, 薛春纪, 刘淑文, 等. 云南金顶铅锌矿床成矿流体与流体的稀土元素研究[J]. 地质与勘探, 2007, 43(2): 55-61 [Zeng Rong, Xue Chunji, Liu Shuwen, *et al.* REE of fluid inclusion and ore-forming fluids in the giant Jinding Pb-Zn deposit, Yunnan [J]. Geology and Prospecting, 2007, 43(2): 55-61]
  - 19 徐晓春, 谢巧勤, 陆三明, 等. 滇西兰坪盆地西缘铜矿床矿物流体包裹体研究[J]. 矿物学报, 2005, 25(2): 170-176 [Xu Xiaochun, Xie Qiaoqin, Lu Sanming, *et al.* Fluid inclusion characteristics of copper deposits on the western border of Lanping Basin, Yunnan province [J]. Acta Mineralogica Sinica, 2005, 25(2): 170-176]
  - 20 张乾. 云南金顶超大型铅锌矿床的铅同位素组成及铅来源探讨[J]. 地质与勘探, 1993, 29(5): 21-28 [Zhang Qian. Pb isotopic composition of Jinding super-large Pb-Zn deposit in Yunnan province and discussion on the source of lead [J]. Geology and Prospecting, 1993, 29(5): 21-28]
  - 21 薛春纪, 陈毓川, 杨建民, 等. 滇西兰坪盆地构造体制和成矿背景分析[J]. 矿床地质, 2002, 21(1): 36-44 [Xue Chunji, Chen Yuchuan, Yang Jianmin, *et al.* Analysis of ore-forming background and tectonic system of Lanping Basin, western Yunnan province [J]. Mineral Deposits, 2002, 21(1): 36-44]
  - 22 朱志军, 姜勇彪, 郭福生, 等. 兰坪盆地古近纪沉积相类型及沉积环境演化[J]. 岩石矿物学杂志, 2011, 30(3): 409-418 [Zhu Zhijun, Jiang Yongbiao, Guo Fusheng, *et al.* Palaeogene sedimentary facies types and sedimentary environment evolution in Lanping Basin [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2011, 30(3): 409-418]
  - 23 张峰, 唐菊兴, 陈洪德, 等. 兰坪盆地演化与成矿特征[J]. 地质与勘探, 2010, 46(1): 85-92 [Zhang Feng, Tang Juxing, Chen Hongde, *et al.* The evolution and metallogenic characteristics of Lanping Basin [J]. Geology and Exploration, 2010, 46(1): 85-92]

## The Relationship between Paleogene Tectonic-sedimentary Evolution and Mineralization of Lanping Basin in the Western Yunnan

ZHU Zhi-jun<sup>1,2</sup> GUO Fu-sheng<sup>1,2</sup> SONG Yu-cai<sup>3</sup> AN Qian<sup>2</sup>

(1. State Key Laboratory Breeding Base of Nuclear Resources and Environment, East China Institute of Technology, Nanchang 330013;

2. College of Geosciences, East China Institute of Technology, Nanchang 330013;

3. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

**Abstract:** The Mesozoic and Cenozoic basin of Lanping attracts more and more attention because of its accumulation of large amounts of metal deposits. This paper take Paleogene infilling sequence in the basin as the research object, adopt clastic composition, geochemical means to study the evolution of Lanping Paleogene basin, to further explore the relationship between Paleogene each evolution stage and mineralization in Lanping Basin, for the next step prospecting direction. The results show that Lanping Basin occur deformation due to the slow uplift of the Yangtze continent in Paleocene- Early Eocene( $E_1-E_2^1$ ), thus formed nearly north and south trending long and narrow type extrusion depression basin, on the whole the basin formed East steep and west slope, shallow in the east and deep in the west, sediment grain size coarsening upward gradually, showed the water upward shallowing and lake gradually atrophy. Because of the stage of the extrusion depression, it's relatively stable. Lanping Basin both east and west sides of orogenic belt to the basin hinterland strong thrust propagation because of the Himalayan movement in Late Eocene- Oligocene( $E_2^2-E_3$ ), formed pattern of the wedge nappe and sedimentary basin to further narrow, most areas of extrusion fold and with some degree of difference uplift, caused only residual sedimentary record intermontane basin in the north of Lanping Basin, the southern and central part of basin is mostly uplift and develop into denudation area. Most area of Lanping Basin inversion mountain, only in the nappe front residual intermontane basin, basin filling by molasse conglomerate of Baoxiangsi Formation and Jinsichang Formation in the Eocene-Oligocene, this period is Lanping Basin bidirectional thrust nappe most intensely active period. On the results of previous studies on the Lanping Basin metallogenic rule discovery that ore-forming and tectonic-sedimentary evolution of Lanping Basin with good coupled. Basin sedimentary rocks-hosted base metal deposit ore emplacement is closely related to the internal deformation of the basin, which controlled by Indian - Asian continental collision and extrusion, Yangtze paleocontinent and Yunnan-Tibet ancient mosaic and collision. According to the basin Paleogene infilling sequence characteristics and substance accumulation rules, thinking that the Paleogene Lanping Basin under the compressional tectonic background, forming the ore-control structures are extruded and depression - fold structure, mass region extrusion strike-slip structure. These structural deformation can be ore structures, can also be a guide ore structure. The Paleogene tectonic and sedimentary evolution of the Lanping Basin can be further divided into two stages: The first stage is squeeze-depression of the Paleocene - early Eocene, the second stage is the extrusion strike-slip stage of late Eocene-Oligocene. In the early stage of the extrusion and depression(65~41 Ma), formed vein Cu deposit and Fulongchang vein Cu-Ag-Pb-Zn (48~49 Ma) deposit of the Lanping Basin western depression fold nappe belt. Ore was only intermittent veinlike due to the space constraints of ore. In the late extrusion strike-slip stage (40~26 Ma), the edge of the basin to the side basin hinterland produce nappe movement and one side along the boundary fault strike slip movement. Formed large-scale east and west nappe. When the nappe advance to the deposition of gypsum salt built, gravity pressure and density inversion makes salt diapir rise form the dome structure, Thus formed Hexi-Sanshan Pb-Zn (-Ag-Sr) deposits and Jinding super large Pb-Zn (-34 Ma) deposits of the Lanping Basin Eastern thrust nappe belt.

**Key words:** tectonic -sedimentary evolution; mineralization; Paleogene; Lanping Basin