

东特提斯构造演化与兰坪—思茅盆地蒸发岩的形成

苗忠英, 张 震*, 郑绵平, 牛新生, 张雪飞

中国地质科学院矿产资源研究所, 国土资源部盐湖资源与环境重点实验室, 北京 100037

摘 要: 兰坪—思茅盆地是中国西南部重要的成盐、成钾盆地, 其大地构造位置处于东特提斯构造域, 因此, 特提斯的形成和演化对盆地成盐潜力、成盐规模和盐类分布规律有重要的影响。这种影响主要体现在: (1)古特提斯闭合之后, 相关地块或地体上可残留陆表海, 除了在相关地块内形成海相沉积盆地之外, 海水还可能作为盐类物源补给迁移至相邻的沉积盆地; (2)兰坪—思茅盆地岩盐的物源除了来源于古特提斯闭合后的残留海, 中特提斯期间的海侵作用也是重要补给形式, 此外还受火山活动的影响; (3)新特提斯闭合后, 印度板块与欧亚大陆碰撞, 使兰坪—思茅盆地内发育大量走滑拉分 and 逆冲推覆构造, 古代岩盐的赋存位置和形式发生了调整改造。总之, 特提斯构造演化可以从提供盐类沉积的物源、控制盆地可容空间的大小、限制沉积盆地的边界和调整古代岩盐的分布等方面影响兰坪—思茅盆地的成盐、成钾条件。所以, 对特提斯构造演化清晰的认识不仅能够理解兰坪—思茅盆地成盐、成钾的机理提供帮助, 还能部署钾盐勘探方案、预测钾盐有利成矿区提供参考。

关键词: 特提斯; 兰坪—思茅盆地; 构造演化; 蒸发岩; 钾盐; 成矿模式

中图分类号: P542.4; P588.247 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2017.06.04

Tectonic Evolution of Eastern Tethys and Formation of Evaporite in Lanping–Simao Basin, Southwest China

MIAO Zhong-ying, ZHANG Zhen*, ZHENG Mian-ping, NIU Xin-sheng, ZHANG Xue-fei

MLR Key Laboratory of Saline Lake Resources and Environments, Institute of Mineral Resources,
Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037

Abstract: The Lanping–Simao basin, whose geotectonic position is in the Eastern Tethyan tectonic domain, is an important salt-forming and potash-forming basin in Southwest China. Therefore, the formation and evolution of Tethys has an important influence on the potential of salt formation, the scale of salt formation and the distribution of salts. This effect is mainly reflected in three aspects: (1) Apart from the formation of marine sedimentary basin in the relevant blocks, epicontinental sea could be retained in the relevant blocks or terranes after the closure of Paleo-Tethyan, and its water might also be used as a salt source to migrate to adjacent sedimentary basins. (2) The salt provenance originated from the transgression in the Meso-Tethys period, besides the residual sea after the closure of Paleo-Tethys, which in turn was affected by the volcanic activity. (3) Large strike slip and thrust nappe structures were developed in Lanping–Simao basin, with the collision of India and Eurasia plate after the closure of the Neo-Tethys. As a result, the location and form of ancient salt rock were adjusted and reconstructed. In summary, the salt and potassium-forming conditions of Lanping–Simao basin might have been influenced by the Tethyan tectonic evolution, with the providing of salt deposit provenance, the control of accommodation space of the basin, the limitation of boundary of sedimentary basin and the adjustment of ancient salt rock distribution. Therefore, a clear recognition of the evolution of Tethys can not only provide

本文由中国地质调查局地质调查二级项目“西部地区钾盐矿产远景调查评价”(编号: DD20160054)资助。

收稿日期: 2017-02-13; 改回日期: 2017-03-08。责任编辑: 闫立娟。

第一作者简介: 苗忠英, 男, 1982 年生。博士。主要研究方向为油气和钾盐等沉积型矿产资源的成因机理和分布规律。

E-mail: zhymiao@cags.ac.cn。

*通讯作者: 张震, 男, 1980 年生。高级工程师。主要从事盐类地质矿产与沉积学研究。E-mail: zhangzhenbj@163.com。

help for understanding the mechanism of salt-forming and potassium-forming in Lanping-Simaog basin, but also for the deployment of potash exploration plan and the prediction of the favorable potash mining area.

Key words: Tethys; Lanping-Simaog basin; tectonic evolution; evaporite; potash; metallogenic model

特提斯地跨欧、亚、非、南美和北美五大洲,其形成与演化对全球构造有着重要的影响(潘桂棠等, 2012)。对特提斯地质的研究涉及到全球构造、地壳和岩石圈演化、洋陆变迁等重大理论问题(潘桂棠, 1994),也涉及到固体矿产和油气资源勘探、评价和开发等现实问题,因此成为地球科学领域热门的研究课题。

特提斯构造域有丰富的盐类资源,从北美洲向东经欧洲、北非、西亚、中亚至我国有一个呈东西向延伸的聚盐带,该带内的英国、法国、德国、摩洛哥、突尼斯等国都有三叠纪蒸发岩分布,其中摩洛哥、法国有钾盐,德国有杂卤石(高广立, 1989)。

青藏高原和三江流域位于特提斯构造域东段,区域内已经发现大范围分布的蒸发岩(李亚林等, 2008),也有工业性盐矿、钾盐矿分布(曲懿华, 1997; 曲一华等, 1998),还有很多指示深层成盐潜力的盐泉分布(曲一华等, 1998)。有学者已经认识到蒸发岩的分布与特提斯构造域的展布有关,并从构造背景、沉积环境和岩盐物源等方面论述了其间的关系(高广立, 1989; 郑绵平等, 2014; Wang et al., 2015)。本文拟通过对特提斯相关文献的梳理,结合兰坪—思茅盆地特定的地质背景,论述特提斯构造演化与盆地内蒸发岩形成之间的关系,期望为该区域勘查钾盐资源、提高找矿成功率提供有益参考。

1 特提斯及其演化

1.1 特提斯的基本概念

特提斯的初始定义为(Jenkyns, 1980): (1)它是一个东西向的海道; (2)现今阿尔卑斯和喜马拉雅山脉是其闭合后演化的产物,它向西与加勒比海相通,向东延伸到东印度群岛; (3)现今的地中海是特提斯的残留部分。这一概念被提出后,尽管关于其含义、位置、存在时间、洋盆性质、演化模式等存在争议,但是由于它是发展地质学基本理论的最佳研究区,也是优质能源和矿产资源的富集区,所以仍被国际地质学界广泛运用(潘桂棠, 1994)。至今其基本含义,如“全球纬向性展布的构造”、“现今是巨型的造山带”、“分布区内的岩石记录了特提斯洋发生、发展、萎缩和消亡的全过程”以及“其南北两侧的古生物特征明显不同”等没有改变。

特提斯构造域,是指包括特提斯洋及其大陆边缘在内的广义特提斯洋闭合后形成的变形地区(丘东洲等, 2009)。它的主体是中生代特提斯洋盆与大

陆碎块或陆缘台地交替并最终拼合的地带(图 1),即现今的阿尔卑斯—喜马拉雅褶皱系;北部为劳亚大陆在古生代时的拼合增生部分;南部是新特提斯发育过程中冈瓦纳大陆北缘的大陆架区(甘克文, 2000)。

特提斯构造域的北界在欧洲、西亚为原—古特提斯消亡的缝合带,在东亚从东向西为索伦—贺根山、西拉木伦河、恩格尔乌苏缝合带和南天山的蛇绿岩带(李兴振等, 1995)。特提斯构造域的南界在欧洲、西亚为原—古特提斯消亡的缝合带,在东南亚经苏门答腊、帝汶直至新几内亚(潘桂棠, 1994; 李兴振等, 1995)。特提斯构造域的南界在青藏高原和三江流域的划分还存在争议,有学者认为澜沧江—文冬—劳勿缝合带为其南界(李兴振等, 1995),有学者根据地质和地球物理资料论证了班公湖—怒江缝合带为其南界(潘桂棠等, 1996, 2002, 2004),也有学者认为龙木错—双湖、昌宁—孟连缝合带为其南界(李才, 1987; Metcalfe, 2013)。

特提斯构造域东—西向可被分为 5 段(图 1),分别为:欧洲—北非段;西亚段;中亚段;东南亚段;西半球段。本文探讨的区域位于东南亚段。

1.2 特提斯的构造演化

国内外学者对特提斯构造演化阶段的划分(李兴振等, 1995; 罗建宁, 1995; 潘桂棠等, 2001a;

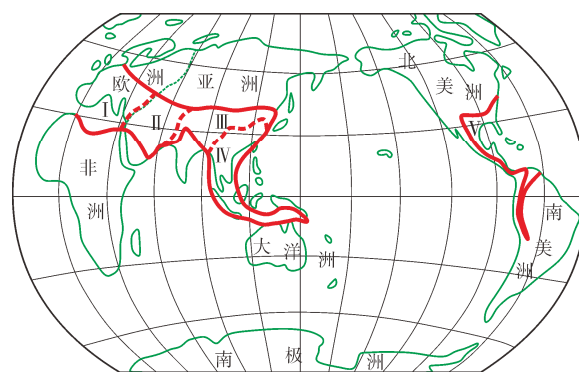


图 1 全球特提斯域现今展布位置示意图
(据甘克文, 2000)

Fig. 1 Sketch map of present location of Global Tethys tectonic domain (after GAN, 2000)

死海勒凡丁转换走滑断层作为欧洲—北非段(I)与西亚段(II)的分界; 恰曼—欧文断层带作为西亚段(II)与中亚段(III)的分界; 阿拉干—那加断层带和九十度海岭作为中亚段(III)与东南亚段(IV)的分界; V-西半球段

Dead Sea Levantine strike-slip fault is the boundary between I (Europe-North Africa) and II (West Asia); Chapman-Owen fault zone is the boundary between II and III (Central Asia); Arakan-Naga fault zone is the boundary between III and IV (Southeast Asia); V-the Western Hemisphere

代	纪	世	特提斯构造演化阶段划分方案									
新生代	第四纪Q											
	新近纪N											
	古近纪E											
中生代	白垩纪K	K ₁										
		K ₂										
		K ₃										
	侏罗纪J	J ₁										
		J ₂										
		J ₃										
	三叠纪T	T ₁										
		T ₂										
		T ₃										
		T ₄										
古生代	二叠纪P	P ₁										
		P ₂										
		P ₃										
	石炭纪C	C ₁										
		C ₂										
		C ₃										
	泥盆纪D	D ₁										
		D ₂										
		D ₃										
		D ₄										
	志留纪S	S ₁										
		S ₂										
		S ₃										
	奥陶纪O	O ₃										
		O ₂										
O ₁												
寒武纪Є	Є ₃											
	Є ₂											
	Є ₁											
参考文献			Metcalf, 2013	莫宣学和潘桂棠, 2006	潘桂棠等, 2012	潘桂棠等, 2001a	Özdamar et al., 2013	Deng et al., 2014	邓军等, 2014	罗建宁, 1995	罗建宁等, 1996	

图 2 特提斯演化阶段的划分

Fig. 2 Tethyan evolution stages divided by different scientists

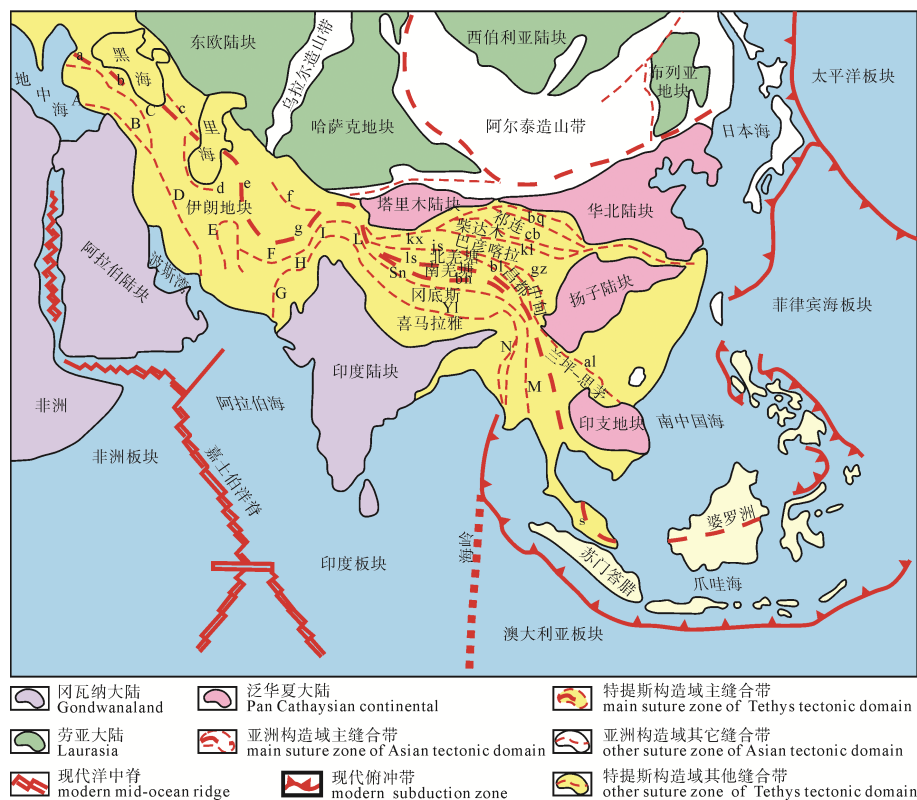


图 3 东特提斯各地体之间缝合带的展布示意图(据潘桂棠等, 2012)

Fig. 3 Sketch map of the distribution of suture zones between different parts of the Tethys (after PAN et al., 2012)

a-北土耳其; b-卡拉卡亚; c-小高加索; d-Talesh-Mashhad; e-Kopet Dag; f-Farah-Rud; g-北帕米尔; bq-北祁连; cb-柴北缘;

kx-康西瓦—苏巴什; kl-南昆仑—玛多—略阳; js-金沙江; gz-甘孜—理塘; bl-北澜沧江; ls-龙木错—双湖; bn-班公湖—怒江—昌宁;

al- 哀牢山; A- 塞浦路斯; B- 比特利斯; C- 伊兹密尔; D- 扎格罗斯; E- 环伊朗中部; F- 阿曼; G- Bela; H- Waziristan; I- Quetta; J- 拉达克;

3. 獅泉河, 納木錯, 喜穆, M-Si, B-1, YI 雅魯藏布江, N 尼布

Sn-狮泉河—纳木错—嘉黎; M-Shan Boundary; Yl-雅鲁藏布江; N-缅甸

a-Northern Turkey; b-Karakaya; c-small Caucasus; d-Talesh–Mashhad; e-Kopet Dag; f-Farah–Rud; g-northern Pamir; bq-northern Qilian;

cb-northern Margin of Qaidam Basin; kx-Kangxiwa-Subashi; kl-Southern Kunlun-Madoi-Lueyang; js-Jinsha River; gz-Garze-Litang;

northern Lancang River; ls-Longmu Co-Shuanghu; bn-Bangong Co-Nujiang-Changning; al-Ailao Mountain; A-Cyprus; B-Bitlis; C-Izr

Zagros; E-Surround Central Iran; F-Oman; G-Bela; H-Waziristan; I-Quetta; L-Ladakh; Sn-Shiquanhe–Namu Co–Lhari; M-Shan Bounda

Yl-Yarlung Zangbo River; N-Burma

Metcalfe, 2013)略有差异,图2总结了不同的划分方案,从中可以看出:(1)前寒武纪晚期至早古生代晚期的特提斯被定义为原特提斯或始特提斯;(2)古特提斯打开的时间基本都是从泥盆纪开始;(3)古特提斯关闭的时间略有差异,但是主体都在晚三叠世前后;(4)新特提斯打开的时间略有差异,但是主体都开始于晚三叠世;(5)新特提斯在新近纪之前关闭;(6)有的学者将中特提斯合并到新特提斯中(潘桂棠等, 2001a, 2012; 莫宣学和潘桂棠, 2006),也有学者认为其存在期仅为 72 Ma(罗建宁等, 1996),还有学者认为其存在期可达 233 Ma(Metcalfe, 2013); (7)对于各个演化阶段,有学者认为是此消彼长、顺序接替、不存在共存期,也有学者认为不同演化阶段之间有交叉。

总之,欧亚大陆与冈瓦纳大陆之间特提斯的存续时限为泥盆纪至古近纪已被国内外学者所共识。基于“冈瓦纳大陆裂离和欧亚大陆增生”的特提斯演化模式可较清晰地交代古、中、新特提斯演化阶段和各阶段洋壳与陆壳的分布特征;基于“多岛弧盆系”的特提斯演化模式可较好地解释蛇绿混杂岩带所代表的洋盆规模和造山带的形成。

1.3 东特提斯构造演化模式的主要依据

泥盆纪至二叠纪,泛华夏大陆群的各地体漂浮在特提斯大洋中,彼此孤立、较少有连接。三叠纪开始,各地体之间相互靠近,逐渐拼贴成一个整体,但是依然留下了拼贴的痕迹,表现为现今野外可观

察到的缝合带(蛇绿岩带)。

天山—内蒙古索伦山—林西—吉南缝合带南北两侧的地块分别为华北、塔里木板块和西伯利亚板块,它于石炭纪—中二叠世闭合,从而使中国北方统一成为劳亚大陆的组成部分(张国伟等, 2004)。

华北、塔里木、扬子、北羌塘、南羌塘、拉萨、印支、滇缅泰马、西缅等地体之间的缝合带见图3。其中,可可西里—金沙江—哀牢山—马江缝合带、龙木错—双湖—澜沧江—昌宁—孟连—清迈—庄武他里—文冬—劳勿缝合带、修沟—玛沁缝合带以及甘孜—理塘缝合带全部于晚三叠世之前闭合(李才, 1987; 李勇等, 2003; 莫宣学和潘桂棠, 2006; 李才等, 2007; 范蔚茗等, 2009; 张宏远和刘俊来, 2011; 邓军等, 2014; 范建军等, 2014),可能代表了古特提斯的关闭时限。这种认识得到了 SHRIMP 锆石 U-Pb、LA-ICPMS 锆石 U-Pb、⁴⁰Ar/³⁹Ar 等同位素定年数据的约束(表1, 2)。

班公湖—怒江缝合带的空间展布范围较大,可能与东南亚的 Metatus 和 Lok-Ulo 缝合带相连(Metcalfe, 2013)。在青藏高原,它是南羌塘地体与拉萨地体的分界线;在三江流域,它是滇缅泰马地体与西缅地体的分界线;在东南亚,它是东爪哇—西苏拉威西与西南婆罗洲地体的界限。班公湖—怒江缝合带的闭合时间发生在晚白垩世,代表了中特提斯的闭合,SHRIMP 锆石 U-Pb、LA-ICPMS 锆石

表 1 金沙江缝合带的定年数据及其意义
Table 1 Dating of the Jinsha River suture zone and its significance

缝合带	采样位置	样品岩性	定年方法	年龄/Ma	意义	参考文献
金沙江	之用	角闪辉长岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	328±8	反映了海底扩张的不同阶段。蛇绿岩浆活动可能始于晚泥盆世,主要形成于石炭纪	简平等, 2003
	白马雪山	辉长岩		352±9; 375±10; 267~285; 282~285		
	书松	斜长岩		329±7		
	娘九丁	斜长花岗岩		285±6		
	雪堆	斜长花岗岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	300±5; 239±10	斜长花岗岩中存在陆壳物质的混染,可能与洋壳俯冲消减有关。年龄数据记录了洋壳俯冲消减事件	王冬兵等, 2012
	吉义独	花岗闪长岩		263±6		
	东竹林	层状辉长岩	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	354±3	限定了蛇绿混杂岩的年代上限 表明在早石炭世已扩张形成洋壳,暗示其裂解时期应为更早的泥盆纪	

表 2 龙木错—双湖—澜沧江缝合带的定年数据及其意义
Table 2 Dating of the Longmu Co-Shuanghu-Lancang River suture zone and its significance

缝合带	采样位置	样品岩性	定年方法	年龄/Ma	意义	参考文献
龙木错—双湖—澜沧江	西段: 果干加年山	流纹岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	214±4	表明羌塘地区冈瓦纳与扬子板块在晚三叠世诺利期以前实现了闭合	李才, 2008
	西段: 那底岗日组剖面	流纹质晶屑凝灰岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	205±4	那底岗日组火山岩的形成时代应是晚三叠世诺利期	王剑等, 2007
	西段: 石水河复式背斜核部	流纹英安岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	210±4		
	西段: 改则县戈木乡果干加年山	流纹岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	208±4	年龄数据确认了不整合作用发生的时限,从而限定了缝合带的闭合时间,即 214 Ma 缝合带闭合,古特提斯消亡。羌北—昌都板块与羌南—保山板块“焊接”成一体,羌塘进入陆表海演化阶段	李才等, 2007
		阳起片岩	⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar	214±4 219.7±6.5		

表 3 班公湖—怒江缝合带的定年数据及其意义
Table 3 Dating of the Bangong Co–Nujiang River suture zone and its significance

缝合带	采样位置	样品岩性	定年方法	年龄/Ma	意义	参考文献
班公湖—怒江	中段: 江错	辉长岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	189.8±3.3	代表了班公湖怒江缝合带中段江错地区特提斯洋的扩张时代	黄强太等, 2015
	中段: 申扎—班戈	A 型 花岗岩	LA-ICPMS 锆石 U-Pb	109.6±1.4	表明这些 A 型花岗岩形成时代为早白垩世晚期。从岩石的碰撞后 A ₂ 型花岗岩特征推测班公湖—怒江中特提斯洋盆的闭合时间至少应该在白垩纪初	曲晓明等, 2012
				112.2±0.9		
				113.7±0.5		
	中段: 班戈—切里错	中酸性 火山岩	Rb-Sr	126	为同造山期的产物, 说明班公错—怒江结合带中段早白垩世的造山事件	陈玉禄和江元生, 2002
	西段: 洞错	堆晶 橄长岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	132±3	揭示班公—怒江缝合带西段在早白垩世尚处于洋盆形成和发展阶段	鲍佩声等, 2007
		玄武岩	⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar	137.4±2.7		
				140.9±2.8		
	西段: 嘎拉勒	岩基状花 岗闪长岩	LA-ICPMS 锆石 U-Pb	155.6±1.1	位于狮泉河—改则—洞错蛇绿岩带北侧, 反映了特提斯洋盆向北俯冲的时间	杜德道等, 2011
	西段: 改则北			142.2±0.4		
	西段: 扎布耶北			134.1±0.8		
	西段: 班公湖 畔日土段	斜长花岗 斑岩	LA-ICPMS 锆石 U-Pb	96.1±0.2	岩体形成的构造环境为碰撞后岛弧环境, 结合它们的成岩年龄, 认为班公湖—怒江缝合带西段日土地区中特斯洋盆彻底关闭发生在 96 Ma 以前	张向飞等, 2014
				96.1±0.30		

表 4 雅鲁藏布江缝合带的定年数据及其意义
Table 4 Dating of the Yalung Zangbo River suture zone and its significance

缝合带	采样位置	样品岩性	定年方法	年龄/Ma 或地质年代	意义	参考文献
雅鲁藏布江	吉定洞拉村	放射虫硅质岩	放射虫化石	K ₁	表明这些地区蛇绿混杂岩的形成时代主体为晚侏罗世至早白垩世	朱弟成等, 2008
	错拉山口	放射虫硅质岩	放射虫化石	K ₁		
	萨嘎桑单林	放射虫硅质岩	放射虫化石	K ₁		
	1:25 万区调图: 萨嘎县幅/ 桑桑区幅	放射虫硅质岩	放射虫化石	J ₃ -K ₁	雅鲁藏布江带的蛇绿岩形成时代应为晚三叠世—早白垩世, 即晚三叠世雅鲁藏布江已有洋盆存在	潘桂棠等, 2004
		岛弧型玄武岩	K-Ar	158.0±32.0		
		洋岛型玄武岩	K-Ar	168.5±17.4		
		洋岛型辉长岩	K-Ar	190.0±19.1		
	墨脱县幅	超镁铁质岩	⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar	200±4		
	缝合带 东段	玄武岩下	Rb-Sr	215.6±19.1		
		玄武岩上	Rb-Sr	168.2±11.0		
		枕状玄武岩	Rb-Sr	173.3±10.9		
		枕状玄武岩	Rb-Sr	168.2±11.0		

U-Pb、Rb-Sr 同位素定年数据见表 3, 反映了特提斯洋存在和闭合的确切时间。其最终定型的地质标志为晚白垩世竟柱山组磨拉石和冈底斯弧-弧、弧-陆碰撞的岛弧造山作用(潘桂棠等, 2006)。

雅鲁藏布江缝合带是欧亚大陆与印度板块之间的界限, 代表了新特提斯洋的存在。晚三叠世该洋盆即已存在, 晚侏罗世—早白垩世经历一次洋盆扩张(表 4), 闭合于古近纪始新世(邓军等, 2014)。新特提斯洋闭合后, 于 40~45 Ma 发生了印度板块与欧亚大陆的碰撞, 碰撞后的持续俯冲导致青藏高原隆起(莫宣学和潘桂棠, 2006)和印支地块顺时针旋转 15°~20°(尹济云等, 1999)。

2 兰坪—思茅盆地的沉积盖层特征

2.1 兰坪—思茅盆地的沉积背景

根据地震资料推测思茅地区存在刚性的中、晚元古代变质基底与印支地块的基底相似, 因此认为兰坪—思茅盆地是印支地块北延的部分(曲一华等, 1998; Metcalfe, 2013)。晋宁期印支地块增生到扬子板块之上, 古生物群与扬子地块相同, 缺乏代表冈瓦纳的冰水沉积物; 约在石炭纪, 由于弧后扩张作用印支地块从扬子板块上裂离, 形成了以金沙江—哀牢山蛇绿岩为代表的弧后盆地; 晚三叠世, 思茅地块与腾冲、保山、临沧等地块一同拼贴到扬子板

块之上构成亚洲大陆的一部分。古地磁、沉积岩、古生物等资料综合分析,也能得出类似的结论(林舸, 1992; 从柏林等, 1993; 曲一华等, 1998; 李朋武等, 2003; 潘桂棠等, 2006)。

兰坪—思茅盆地以前寒武系一下古生界绿片岩相变质杂岩为基底(殷鸿福等, 1999), 盆地中部的兰坪—思茅断裂带将基底分为东、西两个部分, 东部属地台型稳定基底, 西部属地槽型活动基底(尹汉辉等, 1990; 林舸, 1992)。晚古生代—中—新生代, 兰坪—思茅盆地在东、西两种不同类型的基底之上接受沉积和后期的构造演化(林舸, 1992)。

2.2 兰坪—思茅盆地沉积盖层的特征

思茅地区已知最老的沉积地层为志留系(钟维敷等, 2012), 但是公开发表的资料较少。中石炭统台地相灰岩是较老的沉积地层, 在此基础之上发育了上石炭统滨岸相、浅海-台地相和深水浊流相, 岩性主要为炭质页岩、粉砂岩、石英砂岩、钙质泥岩(滨岸相); 碳酸盐岩(浅海-台地相); 火山碎屑岩(深水

浊流相)(谭富文等, 1999)。其中, 在上石炭统上段的滨岸相碎屑沉积岩中含有丰富的双壳类、腕足类、苔藓虫、蠕类及植物等化石, 为准确划分地层年代提供了依据(谭富文等, 1999)。

下二叠统的岩性主要包含冲积扇相砾岩、含砾砂岩; 潮坪相或湖相泥岩、泥灰岩夹砂岩; 潮坪相灰色砂岩夹泥岩、灰岩(牟传龙等, 2005)。上二叠统下部为深水盆地相灰黑色泥岩夹灰岩, 中部为陆棚相泥岩、粉砂质泥岩夹粉砂岩、细砂岩, 上部为浅海台地相碳酸盐岩夹碎屑岩(牟传龙等, 2005)。

中三叠世以来, 是兰坪—思茅盆地沉积盖层和盐类沉积发育的主要时期。在弧后前陆盆地的沉积背景之下(余谦等, 2000), 沉降中心由西向东迁移(谭富文, 2002)。中三叠统主要为滨浅海相碎屑岩、碳酸盐岩, 底部为复成分砾岩; 上三叠统下部为粗-细碎屑岩, 中部为浅海相灰岩, 上部为砂页岩和含煤碎屑岩(尹福光等, 2006)。三叠纪沉积盖层的总体特征表现为(图 4): (1)盆地的东、西边缘发育陆内碰

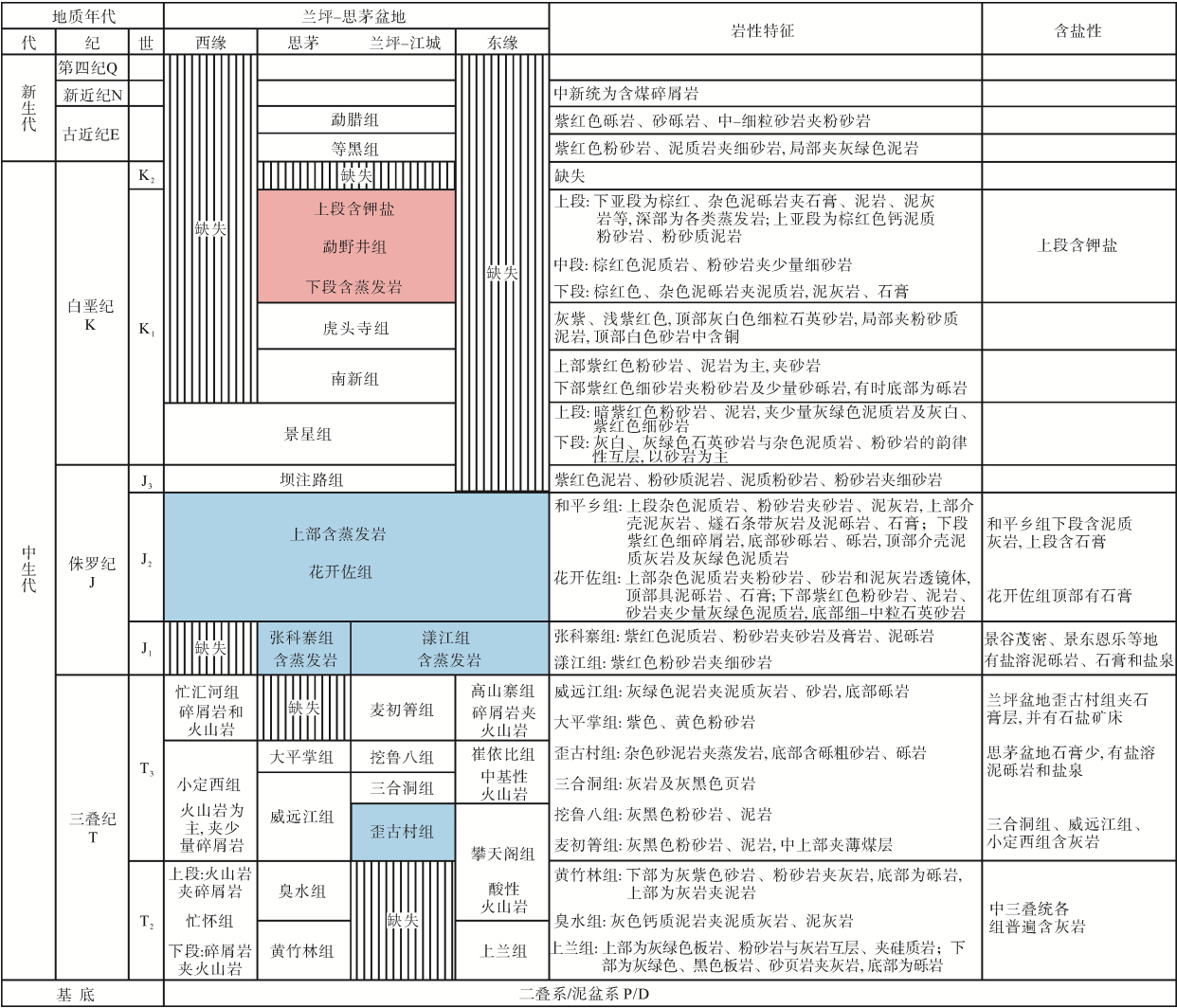


图 4 兰坪—思茅盆地的地层格架及岩性特征
Fig. 4 Stratigraphic framework and lithologic characteristics of the Lanping-Simao basin

撞成因的火山岩(曲一华等, 1998; 谭富文, 2002); (2)盆地内部上三叠统歪古村组发育膏盐岩、岩盐和盐溶泥砾岩(曲一华等, 1998), 三合洞组含中-厚层状石膏和天青石(李以科等, 2012); (3)盆地内部上三叠统三合洞组发育黑色页岩和海相灰岩, 麦初箐组发育薄煤层(曲一华等, 1998; 文海霞等, 2011)。

兰坪—思茅盆地侏罗系全部由红层组成, 含有丰富的 *Lufengosaurus*, *Shunosaurus*, *Mamenchisaurus* 爬行类动物群和双壳类、叶肢介、介形类等无脊椎动物群, 植物化石稀少, 仅发现少量孢粉化石, 中侏罗统海相地层含有海生双壳类化石(王思恩等, 2000)。盆地东西两侧由于物源区、沉积速率和沉积可容空间的不同, 充填物和沉积厚度有较大区别, 但是在侏罗纪时整个盆地连通性较好, 表现为统一的陆相湖盆, 中侏罗世为海泛湖沉积(杨鑫等, 2010)。也有学者认为侏罗系仍为一套浅海潮坪环境的砂页岩夹灰岩, 偶尔间互陆相沉积(尹福光等, 2006)。下侏罗统沉积于海湾潮坪-潟湖环境, 是区域内第一套红层, 主岩性为细碎屑岩, 含纤维状石膏层(曲一华等, 1998; 郑绵平等, 2014); 中侏罗世, 海水由西部进入盆地, 几乎淹没整个滇西地区(廖宗廷和陈跃昆, 2005), 岩性呈红、灰相间的“杂色岩组”, 下部以红色碎屑岩为主, 向上灰绿色层增加, 顶部为盐溶泥砾岩、膏盐岩(曲一华等, 1998); 晚侏罗世经历了短暂的抬升剥蚀后, 再次接受沉积, 主岩性为红色细碎屑岩(曲一华等, 1998)。

白垩系为一套典型河湖相砂页岩、砾岩, 且盆地明显从东西两侧向中心收缩(尹福光等, 2006), 普遍缺失上统(陈跃昆等, 2004; 廖宗廷和陈跃昆, 2005)。下白垩统由景星组、南新组、虎头寺组组成, 主岩性为红色砂岩, 粒度有向上变粗的趋势(曲一华等, 1998)。勐野井组的孢粉组合资料显示地层时代为阿普第期—阿尔必期(袁秦等, 2013), 凝灰岩夹层的 SHRIMP U-Pb 年龄为 110~100 Ma(Wang et al., 2015), 根据 2015 年的国际年代地层表(Cohen et al., 2013), 这套地层属于下白垩统。勐野井组目前是兰坪—思茅盆地工业性固体钾盐的产层(曲懿华, 1997; 高翔等, 2013)。

古近系等黑组假整合于勐野井组之上, 两者均主要分布在各含盐带向斜构造的核部, 生物化石定年为始新世已无争议; 勐腊组不整合于等黑组之上, 零星分布于兰坪、拉井、景谷、普洱、勐腊等地, 属山间盆地型磨拉石堆积; 新近系中新统不整合于渐新统之上, 形成若干小型含煤盆地, 多与第四纪盆地重合(曲一华等, 1998)。

3 特提斯的构造演化与兰坪—思茅盆地蒸发岩的形成

高广立(1989)较早地将兰坪—思茅盆地纳入到特提斯聚盐带, 讨论了盆地内蒸发岩的分布、含盐层系、蒸发岩矿床及其共生矿床等问题。曲一华等(1998)认为, 兰坪—思茅盆地的形成和发展与古特提斯演化以及印度板块向北漂移的关系十分密切: 盆地的西边界澜沧江断裂带是古特提斯的主海道; 盆地的东边界金沙江—哀牢山断裂带是古特提斯的东(北)分支; 新特提斯消亡和印度板块向北俯冲、碰撞, 最终导致兰坪—思茅盆地封闭、消亡, 沉积地层形成褶皱。郑绵平等(2014)从古构造、古纬度、物质来源三个方面探讨了兰坪—思茅盆地侏罗纪成盐、成钾条件, 认为: 兰坪—思茅盆地属于特提斯构造域东部的羌北—滇西盐类成矿带, 该带西部的土库曼—乌兹别克斯坦已发现晚侏罗世巨型钾盐矿床; 中、晚侏罗世该带位于 N20°附近, 气候炎热干旱, 利于成盐、成钾。王立成等(2014)认为, 晚白垩世新特提斯海侵, 在兰坪—思茅—万象—呵叻盆地形成相互联通的蒸发盆地系。上述研究从蒸发岩的静态分布、盆地边界的形成、盐类物质的来源等角度较好地论述了兰坪—思茅盆地蒸发岩与特提斯之间的关系。

特提斯关闭后, 海水并没有马上从各地块上撤离, 而是以陆表海(李才等, 2007)或残留海(潘桂棠等, 2001b)的形式继续存在于多个地块之上。扬子与华北板块之间古特提斯(原特提斯的继承和发展)的闭合提供了陆表海(残留海)的演化模式。加里东晚期, 扬子板块东段大别山地区先与华北板块拼贴, 板块间的古大洋从东向西逐渐闭合, 至中三叠世拉丁期两板块拼贴成一整体, 古大洋完全闭合(殷鸿福等, 1999), 闭合的板块上形成了巴颜喀拉残留海。羌塘盆地也提供了类似的演化模式。晚三叠世古特提斯闭合, 南羌塘地块与北羌塘地块拼合成为一个整体, 但是海相沉积在羌塘盆地依然发育, 例如: 盆地的性质为古生代—中生代海相复合盆地(和钟铎等, 2000); 侏罗系广泛发育布曲组、夏里组、索瓦组海相烃源岩(伍新和等, 2008); 沉积相主要为深海-次深海相、台地相、潟湖亚相、前三三角洲亚相等(秦建中, 2006); 下侏罗统曲色组(王永胜和郑春子, 2007)、中侏罗统雀莫错组、布曲组、夏里组(李亚林等, 2008)发育的大套石膏层, 说明沉积环境是一个闭塞的海盆。早白垩世晚期—晚白垩世早期(96~113 Ma)中特提斯闭合, 拉萨地体拼贴到羌塘地体之上, 晚白垩世拉萨地体大部及羌塘地体南缘仍然被海水侵漫(李祥辉等, 2001; 张予杰, 2013)。

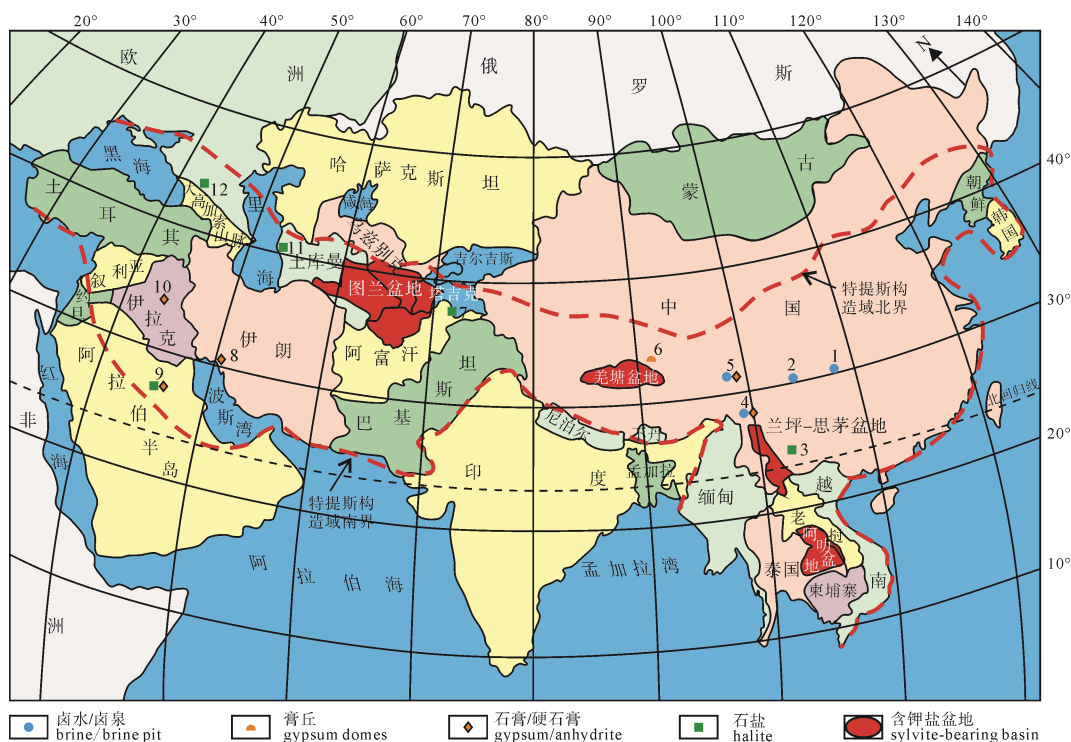


图5 东特提斯构造域内中生界主要蒸发岩产地和蒸发岩盆地的分布(据郑绵平等, 2010)

Fig. 5 Distribution of main evaporite rocks and evaporite basins of the Mesozoic in the Eastern Tethys tectonic domain (after ZHENG et al., 2010)

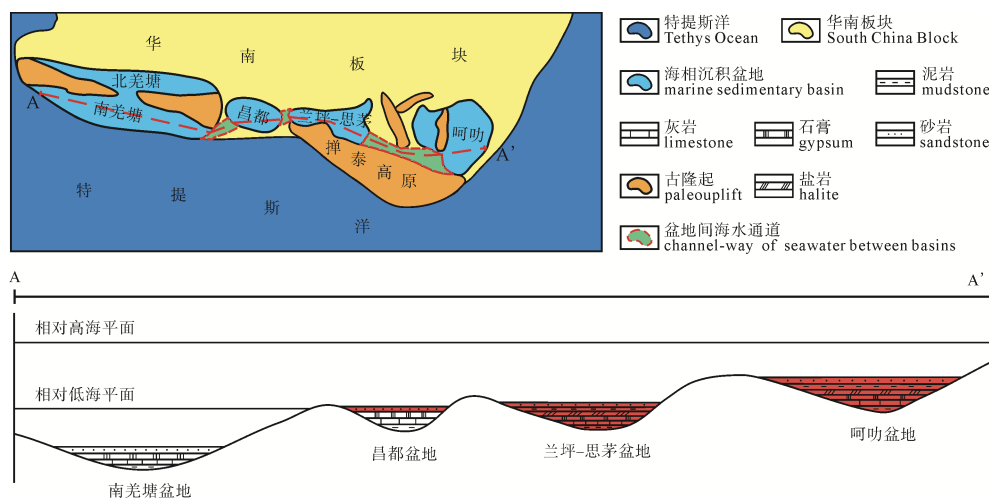


图6 羌塘—昌都—兰坪—思茅—呵叻盆地侏罗纪的相对位置及蒸发成盐模式

Fig. 6 Relative position and evaporation salt formation model of the Jurassic in the Qiantang–Changdu–Lanping–Simao–Khorat basins

所以,除了前人研究认为的海侵可以为盐类沉积提供物源之外,特提斯闭合后的残留海也可能是盐类沉积的重要物源。郑绵平等(2010)研究指出,侏罗纪以来古特提斯闭合后形成的局限海在东特提斯构造域处于赤道以北低纬度地区,古气候条件利于成盐、成钾,可形成中—新生界特提斯成盐带(图5)。

特提斯洋闭合过程中,洋壳向陆壳俯冲可形成安第斯型弧后前陆盆地,为沉积物提供了可容空间。兰坪—思茅盆地三叠纪的盆地属性属于此类(罗建宁, 1995; 谭富文, 2002)。侏罗—白垩纪沉积空间转化为陆内裂谷盆地,新生代受印度与欧亚大陆碰

撞的影响,沉积空间具走滑拉分的特征(杨鑫等, 2010)。

特提斯洋闭合过程中以及闭合以后会发生弧—弧、弧—陆碰撞,但是阻隔外海与碰撞拼合后的地块相连的造山带,可能发育的时间稍晚,例如:班公湖—东巧—丁青侏罗纪小洋盆,它开始闭合和缝合的时间是侏罗纪末—白垩纪初(大约 150 Ma),而它开始抬升时间可能在中新生(大约 23 Ma)(殷鸿福等, 1999),这使蒸发岩盆地多次接受海侵从而为盐类沉积提供物源补给成为可能。造山活动开始之后,可使深部热液卤水补给盆地盐类物源成为可能,也

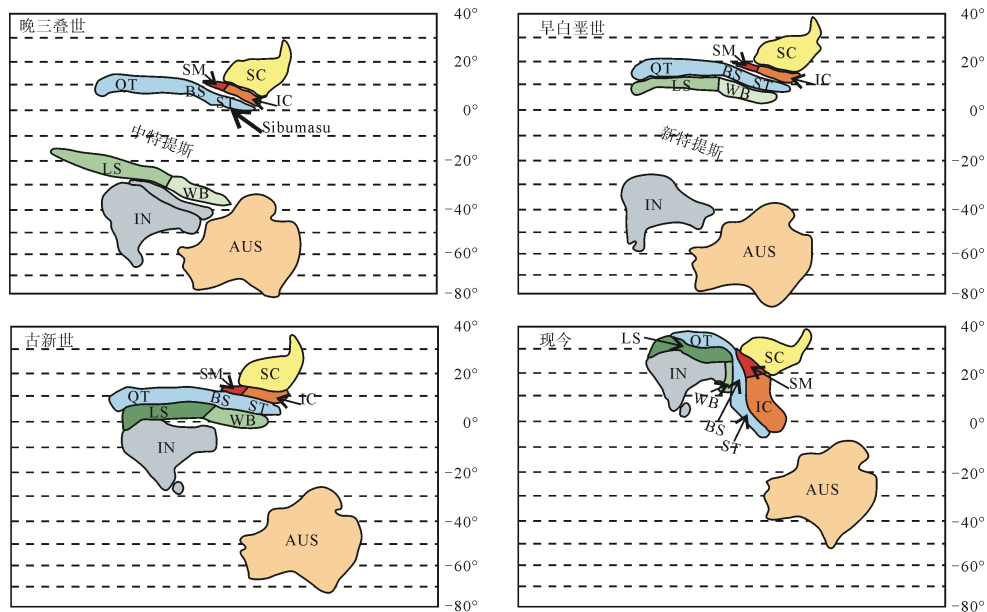


图7 中生代以来兰坪—思茅盆地的古地理位置(据李朋武等, 2005)

Fig. 7 Palaeogeography of the Lanping-Simao basin since Mesozoic (after LI et al., 2005)

SC-华南地块; SM-思茅地块; IC-印支地块; QT-羌塘地块; BS-保山地块; ST-缅泰地块; LS-拉萨地块; WB-西缅甸地块;

IN-印度地块; AUS-澳大利亚地块

SC-South China Block; SM-Simao Block; IC-Indochina Block; QT-Qiangtang Block; BS-Baoshan Block; ST-Shan-Thai Block; LS-Lhasa Block; WB-West Burma Block; IN-Indian Block; AUS-Australian Block

为多级成盐盆地内卤水的迁移提供了动力支持。

兰坪—思茅盆地西侧的保山—掸泰地块在晚寒武世—三叠纪, 主体为稳定-次稳定型浅海相碎屑岩、碳酸盐岩沉积, 形成巨厚的掸邦高原灰岩; 晚中生代发育陆相红层, 并不整合在下伏不同时代地层之上(王宏等, 2012)。这说明侏罗纪以来补给兰坪—思茅盆地盐类物源的海侵作用可能并未经过现今盆地西部的保山—掸泰地块。结合侏罗纪—白垩纪羌塘地体、拉萨地体广泛发育的海相沉积, 推测侏罗纪—白垩纪海水从西部的羌塘地体和拉萨地体方向侵入兰坪—思茅盆地。盆地北西侧发育的海道(谭富文等, 2001)是这一认识的有利依据。昌都盆地处于羌塘与兰坪—思茅盆地之间, 盆地内下侏罗统为陆相、海相与海陆交互相, 中侏罗统有广泛的海相沉积(杜德勋等, 1997), 也支持这种认识。

所以, 侏罗纪以来羌塘—昌都—兰坪—思茅—呵叻部分时间海水联通, 当与外海隔离时可能构成多级成盐盆地。此外, 这些盆地同处于中特提斯北岸, 也可能形成边缘海或局限海等相对封闭的沉积环境, 岩盐物源的补给是通过多次海侵作用实现的。总之, 兰坪—思茅盆地岩盐物源主要为海水这一认识已无争议。

基于古特提斯闭合后形成残留海或局限海提供岩盐沉积物源, 闭合过程中洋壳向陆壳俯冲提供岩盐沉积的可容空间, 中特提斯闭合过程中洋壳向陆壳俯冲导致陆壳相对抬升而引起卤水迁移, 以

及火山活动补充成盐元素并改造卤水特征, 我们认为兰坪—思茅盆地的成盐模式可能为(图 6): 晚三叠世, 古特提斯闭合, 羌塘、印支、掸泰等地块拼贴成为一个整体(图 7), 但是海水并未立即从这些地块上退出, 而是以陆表海或局限海的形式存在于这些地块之上; 至侏罗纪, 掸泰地块高出海平面成为碎屑物源的补给区, 其它地块依然发育海相沉积; 羌塘—昌都—兰坪—思茅—呵叻盆地的相对海拔依次逐渐升高, 古气候的干热程度也逐渐增加, 导致兰坪—思茅—呵叻盆地红层发育; 在海平面相对较高时, 海水可能通过海道将羌塘—昌都—兰坪—思茅—呵叻盆地联通为一个整体, 在海平面相对较低时兰坪—思茅和呵叻盆地形成局限环境, 开始形成蒸发岩; 相对海平面的周期性升降为蒸发岩的形成提供物源补给, 处于 $N20^{\circ}$ 附近为蒸发岩的形成提供了有利的气候条件; 侏罗纪, 中特提斯闭合过程中洋壳的俯冲可能导致羌塘—昌都—兰坪—思茅—呵叻盆地的相对海拔发生反转, 从而使富钾卤水向兰坪—思茅—呵叻盆地迁移成为可能; 晚白垩世, 中特提斯闭合后, 拉萨地块与羌塘地块拼贴, 仅在南羌塘坳陷的部分地区发育海相沉积, 说明海水对岩盐沉积的物源补给能力减弱; 始新世, 新特提斯闭合导致印度板块与欧亚大陆碰撞, 这不仅引起了青藏高原的急剧隆升, 还导致兰坪—思茅盆地形成了大量的走滑拉分和逆冲推覆构造, 具有塑性、流动性的古代岩盐在沉积岩层构造应力薄弱之处上拱

形成底辟或穿刺构造,从而使“深源浅储”的成矿模式成为可能。

4 结论

特提斯构造域是全球重要的盐类成矿域,兰坪—思茅盆地是东特提斯构造域内重要的成盐、成钾盆地,主要的沉积盖层为中—新生界。其中,勐野井组红层中已发现工业性钾盐资源。

特提斯构造演化从控制盆地边界、改变盆地可容空间、迁移盆地沉积中心、海侵或残留海补给盐类沉积的物源、断裂补给热液卤水、底辟或穿刺作用调整古岩盐的分布等方面影响着兰坪—思茅盆地成盐、成钾。

早侏罗世—早白垩世,羌塘—昌都—兰坪—思茅—呵叻等盆地处于中特提斯的北岸,距离赤道相对较近,古气候条件利于蒸发岩的形成。由于它们紧邻中特提斯洋,所以其沉积环境可能为边缘海或局限海。相对海平面的上升或古特提斯闭合后的残留海为蒸发岩沉积提供物源,相对海平面下降为蒸发岩沉积提供空间条件。中特提斯闭合引起的地壳抬升使卤水侧向迁移成为可能;新特提斯闭合引起的走滑和逆冲推覆构造使先期形成的盐类矿床发生调整改造。

Acknowledgements:

This study was supported by China Geological Survey (No. DD20160054).

参考文献:

- 鲍佩声,肖序常,苏犁,王军. 2007. 西藏洞错蛇绿岩的构造环境: 岩石学、地球化学和年代学制约[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 37(3): 298-307.
- 陈玉禄,江元生. 2002. 西藏班戈-切里错地区早白垩世火山岩的时代确定及意义[J]. 地质力学学报, 8(1): 43-49.
- 陈跃昆,廖宗廷,魏志红,李明辉. 2004. 兰坪—思茅中生代盆地的特征及构造演化[J]. 石油实验地质, 26(3): 219-222.
- 从柏林,吴根耀,张旗,张儒媛,翟明国,赵大升,张雯华. 1993. 中国滇西古特提斯构造带岩石大地构造演化[J]. 中国科学 (B 辑), 23(11): 1201-1207.
- 邓军,王长明,李文昌,杨立强,王庆飞. 2014. 三江特提斯复合造山与成矿作用研究态势及启示[J]. 地学前缘(中国地质大学(北京); 北京大学), 21(1): 52-64.
- 杜德道,曲晓明,王根厚,辛洪波,刘治博. 2011. 西藏班公湖-怒江缝合带西段中特提斯洋盆的双向俯冲: 来自岛弧型花岗岩锆石 U-Pb 年龄和元素地球化学的证据[J]. 岩石学报, 27(7): 1993-2002.
- 杜德勋,罗建宁,李兴振. 1997. 昌都地块沉积演化与古地理[J]. 岩相古地理, 17(4): 1-17.
- 范建军,李才,彭虎,毛文朋,许伟,王明. 2014. 藏北龙木错-双湖-澜沧江板块缝合带发现晚石炭世-早二叠世洋岛型岩石组合[J]. 地质通报, 33(11): 1690-1695.
- 范蔚茗,彭头平,王岳军. 2009. 滇西古特提斯俯冲-碰撞过程的

- 岩浆作用记录[J]. 地学前缘(中国地质大学(北京); 北京大学), 16(6): 291-302.
- 甘克文. 2000. 特提斯域的演化和油气分布[J]. 海相油气地质, 5(3-4): 21-29.
- 高广立. 1989. 我国的特提斯聚盐带及有关矿产[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 14(5): 545-551.
- 高翔,方勤方,姚薇,彭强,董娟,秦红,邸迎伟. 2013. 云南兰坪—思茅盆地勐野井钾盐矿床物质组分对成因的指示[J]. 地球学报, 34(5): 529-536.
- 和钟铎,李才,杨德明,陈光权. 2000. 西藏羌塘盆地的构造沉积特征及演化[J]. 长春科技大学学报, 30(4): 347-352.
- 黄强太,李建峰,夏斌,殷征欣,郑浩,石晓龙,胡西冲. 2015. 西藏班公湖-怒江缝合带中段江错蛇绿岩岩石学、地球化学、年代学及地质意义[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 40(1): 34-48.
- 简平,刘敦一,孙晓猛. 2003. 滇川西部金沙江石炭纪蛇绿岩 SHRIMP 测年: 古特提斯洋壳演化的同位素年代学制约[J]. 地质学报, 77(2): 217-228.
- 李才,翟庆国,董永胜,曾庆高,黄小鹏. 2007. 青藏高原龙木错-双湖板块缝合带与羌塘古特提斯洋演化记录[J]. 地质通报, 26(1): 13-21.
- 李才. 1987. 龙木错-双湖-澜沧江板块缝合带与石炭二叠纪冈瓦纳北界[J]. 长春地质学院学报, 17(2): 155-166.
- 李才. 2008. 青藏高原龙木错-双湖-澜沧江板块缝合带研究二十年[J]. 地质论评, 54(1): 105-119.
- 李朋武,高锐,崔军文,管烨. 2003. 滇西藏东三江地区主要地块碰撞拼合的古地磁分析[J]. 沉积与特提斯地质, 23(2): 28-34.
- 李朋武,高锐,崔军文,管烨. 2005. 西藏和云南三江地区特提斯洋盆演化历史的古地磁分析[J]. 地球学报, 26(5): 387-404.
- 李祥辉,王成善,伊海生,李勇. 2001. 西藏中白垩世和始新世岩相古地理[J]. 中国区域地质, 20(1): 82-89.
- 李兴振,许效松,潘桂棠. 1995. 泛华夏大陆群与东特提斯构造域演化[J]. 岩相古地理, 15(4): 1-13.
- 李亚林,王成善,李永铁. 2008. 西藏羌塘盆地侏罗系膏盐岩与油气成藏[J]. 石油学报, 29(2): 173-178.
- 李以科,王安建,曹殿华,黄玉凤,张明超,李瑞萍,杨利军,隰弯弯. 2012. 滇西北兰坪盆地北部上三叠统含盐层位的厘定及其意义[J]. 地质通报, 31(8): 1313-1322.
- 李勇,王成善,伊海生. 2003. 西藏金沙江缝合带西段晚三叠世碰撞作用与沉积响应[J]. 沉积学报, 21(2): 191-197.
- 廖宗廷,陈跃昆. 2005. 兰坪—思茅盆地原型的性质及演化[J]. 同济大学学报(自然科学版), 33(11): 1527-1531.
- 林舸. 1992. 滇西兰坪—思茅盆地的形成演化和成因[J]. 大地构造与成矿学, 16(1): 84-85.
- 罗建宁,彭勇民,潘桂棠. 1996. 东特提斯板块会聚边缘与岛弧造山作用[J]. 岩相古地理, 16(3): 1-15.
- 罗建宁. 1995. 论东特提斯形成与演化的基本特征[J]. 特提斯地质, (19): 1-8.
- 莫宣学,潘桂棠. 2006. 从特提斯到青藏高原形成: 构造-岩浆事件的约束[J]. 地学前缘(中国地质大学(北京); 北京大学), 13(6): 43-51.
- 牟传龙,谭钦银,余谦. 2005. 云南思茅盆地二叠纪层序格架与生储盖研究[J]. 沉积与特提斯地质, 25(3): 33-37.
- 潘桂棠,陈智梁,李兴振,徐强,江新胜. 1996. 东特提斯多弧-盆系统演化模式[J]. 岩相古地理, 16(2): 52-65.
- 潘桂棠,李兴振,王立全,丁俊,陈智梁. 2002. 青藏高原及邻

- 区大地构造单元初步划分[J]. 地质通报, 21(11): 701-707.
- 潘桂棠, 莫宣学, 侯增谦, 朱弟成, 王立全, 李光明, 赵志丹, 耿全如, 廖忠礼. 2006. 冈底斯造山带的时空结构及演化[J]. 岩石学报, 22(3): 521-533.
- 潘桂棠, 王立全, 李荣社, 尹福光, 朱弟成. 2012. 多岛弧盆地构造模式: 认识大陆地质的关键[J]. 沉积与特提斯地质, 32(3): 1-20.
- 潘桂棠, 王立全, 李兴振, 王洁民, 徐强. 2001b. 青藏高原区域构造格局及其多岛弧盆地的空间配置[J]. 沉积与特提斯地质, 21(3): 1-26.
- 潘桂棠, 王立全, 朱弟成. 2004. 青藏高原区域地质调查中几个重大科学问题的思考[J]. 地质通报, 23(1): 12-19.
- 潘桂棠, 徐强, 王立全. 2001a. 青藏高原多岛弧-盆系格局机制[J]. 矿物岩石, 21(3): 186-189.
- 潘桂棠. 1994. 全球洋-陆转换中的特提斯演化[J]. 特提斯地质, 18: 23-40.
- 秦建中. 2006. 青藏高原羌塘盆地海相烃源层的沉积形成环境[J]. 石油实验地质, 28(1): 8-14.
- 丘东洲, 谢渊, 李晓清, 黄福喜. 2009. 亚洲特提斯域岩相古地理与油气聚集地质特征[J]. 海相油气地质, 14(2): 41-51.
- 曲晓明, 辛洪波, 杜德道, 陈华. 2012. 西藏班公湖-怒江缝合带中段碰撞后 A 型花岗岩的时代及其对洋盆闭合时间的约束[J]. 地球化学, 41(1): 1-14.
- 曲一华, 袁品泉, 帅开业, 张琰, 蔡克勤, 贾疏源, 陈朝德. 1998. 兰坪—思茅盆地钾盐成矿规律及预测[M]. 北京: 地质出版社: 5-23.
- 曲懿华. 1997. 兰坪—思茅盆地与泰国呵叻盆地含钾卤水同源性研究兼论该区找钾有利层位和地区[J]. 化工矿产地质, 19(2): 81-84.
- 谭富文, 潘桂棠, 王剑. 2001. 滇西泥盆纪—三叠纪盆-山转换过程与特提斯构造演化[J]. 矿物岩石, 21(3): 179-185.
- 谭富文, 许效松, 尹福光, 李兴振. 1999. 云南思茅地区上石炭统沉积特征及其构造背景[J]. 岩相古地理, 19(4): 26-34.
- 谭富文. 2002. 云南思茅三叠纪弧后前陆盆地的沉积特征[J]. 沉积学报, 20(4): 560-567.
- 王冬兵, 王立全, 尹福光, 孙志明, 王保弟, 张万平. 2012. 滇西北金沙江古特提斯洋早期演化时限及其性质: 东竹林层状辉长岩锆石 U-Pb 年龄及 Hf 同位素约束[J]. 岩石学报, 28(5): 1542-1550.
- 王宏, 林方成, 李兴振, 施美凤, 刘朝基, 石洪召. 2012. 缅甸中北部及邻区构造单元划分及新特提斯构造演化[J]. 中国地质, 39(4): 912-922.
- 王剑, 汪正江, 陈文西, 付修根, 陈明. 2007. 藏北北羌塘盆地那底岗日组时代归属的新证据[J]. 地质通报, 26(4): 404-409.
- 王立成, 刘成林, 费明明, 沈立建, 张华. 2014. 云南兰坪盆地云龙组硫酸盐硫同位素特征及其地质意义[J]. 中国矿业, 23(12): 57-65.
- 王思恩, 郑少林, 于菁珊, 刘桂芳, 张武, 陈其夷. 2000. 中国地层典: 侏罗系[M]. 北京: 地质出版社: 5.
- 王永胜, 郑春子. 2007. 藏北色哇地区索布查组、曲色组岩石地层、层序地层、生物地层特征及三叠系与侏罗系界线[J]. 地层学杂志, 31(4): 377-384.
- 文海霞, 石和, 王道永. 2011. 云南思茅盆地东南部上三叠统歪古村组双壳化石的新资料及其地质意义[J]. 地质通报, 30(1): 179-183.
- 伍新和, 张丽, 王成善, 伊海生. 2008. 西藏羌塘盆地中生界海相烃源岩特征[J]. 石油与天然气地质, 29(3): 348-354.
- 杨鑫, 苏龙, 刘兴旺, 刘玉虎, 刘燕红, 郑建京. 2010. 滇西三江地区新生代“盆山”耦合运动学过程[J]. 地质调查与研究, 33(2): 81-88.
- 殷鸿福, 吴顺宝, 杜远生, 彭元桥. 1999. 华南是特提斯多岛洋体系的一部分[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 24(1): 1-12.
- 尹福光, 潘桂棠, 万方, 李兴振, 王方国. 2006. 西南“三江”造山带大地构造相[J]. 沉积与特提斯地质, 26(4): 33-39.
- 尹汉辉, 范蔚茗, 林舸. 1990. 云南兰坪—思茅地洼盆地演化的深部因素及幔-壳复合成矿作用[J]. 大地构造与成矿学, 14(2): 113-124.
- 尹济云, 孙知明, 杨振宇, 梁其中. 1999. 滇西兰坪盆地白垩纪——早第三纪古地磁结果及其地质意义[J]. 地球物理学报, 42(5): 648-659.
- 余谦, 牟传龙, 王剑. 2000. 云南兰坪盆地三叠纪沉积相与古地理演化[J]. 沉积与特提斯地质, 20(2): 33-42.
- 袁秦, 秦占杰, 魏海成, 盛淑蓉, 山发寿. 2013. 云南江城勐野井组钾盐成矿时代及其古环境研究[J]. 地球学报, 34(5): 631-637.
- 张国伟, 程顺有, 郭安林, 董云鹏, 赖绍聪, 姚安平. 2004. 秦岭-大别中央造山系南缘勉略古缝合带的再认识——兼论中国大陆主体的拼合[J]. 地质通报, 23(9-10): 846-853.
- 张宏远, 刘俊来. 2011. 三江南段-中南半岛特提斯蛇绿岩大地构造与成矿[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 36(2): 262-276.
- 张向飞, 李佑国, 曹晓民, 曲晓明, 辛洪波, 王健, 杜德道. 2014. 班公湖-怒江缝合带西段酸性侵入岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄与地球化学特征[J]. 地质通报, 33(7): 984-994.
- 张予杰. 2013. 青藏高原晚白垩世地层区划[J]. 沉积与特提斯地质, 33(3): 1-9.
- 郑绵平, 袁鹤然, 张永生, 刘喜方, 陈文西, 李金锁. 2010. 中国钾盐区域分布与找钾远景[J]. 地质学报, 84(11): 1523-1553.
- 郑绵平, 张震, 尹宏伟, 谭筱虹, 于常青, 施林峰, 张雪飞, 杨尖絮, 焦建, 武国朋. 2014. 云南江城勐野井钾盐成矿新认识[J]. 地球学报, 35(1): 11-24.
- 钟维数, 冯庆来, CHONGLAKMANI C, MONJAI D, 张志斌. 2012. 老挝与云南二叠纪—三叠纪地层对比及其构造意义[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 37(增刊 2): 73-80.
- 朱弟成, 莫宣学, 王立全, 赵志丹, 廖忠礼. 2008. 新特提斯演化的热点与洋脊相互作用: 西藏南部晚侏罗世-早白垩世岩浆作用推论[J]. 岩石学报, 24(2): 225-237.

References:

- BAO Pei-sheng, XIAO Xu-chang, SU Li, WANG Jun. 2007. Petrological, geochemical and chronological constraints for the tectonic setting of the Dongco ophiolite in Tibet[J]. Science in China Series D: Earth Sciences, 37(3): 298-307(in Chinese).
- CHEN Yao-kun, LIAO Zong-ting, WEI Zhi-hong, LI Ming-hui. 2004. Characteristics and tectonic evolution of the Lanping-Simao mesozoic basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 26(3): 219-222(in Chinese with English abstract).
- CHEN Yu-lu, JIANG Yuan-sheng. 2002. Age and significance of volcanic rock of Early Cretaceous in the Ban ge-Qielicuo area in Tibet[J]. Journal of Geomechanics, 8(1): 43-49(in Chinese with English abstract).
- COHEN K M, FINNEY S C, GIBBARD P L, FAN J X. 2013. The

- ICS International Chronostratigraphic Chart[J]. Episodes, 36: 199-204.
- CONG Bo-lin, WU Gen-yao, ZHANG Qi, ZHANG Ru-yuan, ZHAI Ming-guo, ZHAO Da-sheng, ZHANG Wen-hua. 1993. Tectonic evolution of the Paleo-Tethyan tectonic belt, western Yunnan, China[J]. Science in China Series B, 23(11): 1201-1207(in Chinese).
- DENG J, WANG Q F, LI G J, LI C S, WANG C M. 2014. Tethys tectonic evolution and its bearing on the distribution of important mineral deposits in the Sanjiang region, SW China[J]. Gondwana Research, 26: 419-437.
- DENG Jun, WANG Chang-ming, LI Wen-chang, YANG Li-qiang, WANG Qing-fei. 2014. The situation and enlightenment of the research of the tectonic evolution and metallogenesis in the Sanjiang Tethys[J]. Earth Science Frontiers, 21(1): 52-64(in Chinese with English abstract).
- DU De-dao, QU Xiao-ming, WANG Gen-hou, XIN Hong-bo, LIU Zhi-bo. 2011. Bidirectional subduction of the Middle Tethys oceanic basin in the west segment of Bangonghu-Nujiang suture, Tibet: Evidence from zircon U-Pb LAICPMS dating and petrogeochemistry of arc granites[J]. Acta Petrologica Sinica, 27(7): 1993-2002(in Chinese with English abstract).
- DU De-xun, LUO Jian-ning, LI Xing-zhen. 1997. Sedimentary evolution and palaeogeography of the Qamdo block in Xizang[J]. Sedimentary Facies and Palaeogeography, 17(4): 1-17(in Chinese with English abstract).
- FAN Jian-jun, LI Cai, PENG Hu, MAO Wen-peng, XU Wei, WANG Ming. 2014. The discovery of Late Carboniferous-Early Permian oceanic island in the Lungmu Co-Shuanghu-Lancang River suture zone[J]. Geological Bulletin of China, 33(11): 1690-1695(in Chinese with English abstract).
- FAN Wei-ming, PENG Tou-ping, WANG Yue-jun. 2009. Triassic magmatism in the southern Lancangjiang zone, southwestern China and its constraints on the tectonic evolution of Paleo-Tethys[J]. Earth Science Frontiers, 16(6): 291-302(in Chinese with English abstract).
- GAN Ke-wen. 2000. Evolution of Tethys tectonic domain and distribution of hydrocarbon[J]. Marine Origin Petroleum Geology, 5(3-4): 21-29(in Chinese).
- GAO Guang-li. 1989. Tethyan evaporite zone and corresponding mineral deposits in china[J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 14(5): 545-551(in Chinese with English abstract).
- GAO Xiang, FANG Qin-fang, YAO Wei, PENG Qiang, DONG Juan, QIN Hong, DI Ying-wei. 2013. Genesis of the Mengyejing Potash Deposit in Lanping-Simao Basin, Yunnan: Indication from the Components of the Deposit[J]. Acta Geoscientica Sinica, 34(5): 529-536(in Chinese with English abstract).
- HE Zhong-hua, LI Cai, YANG De-ming, CHEN Guang-quan. 2000. The tectonic-sedimentary feature and evolution of Qiangtang basin in northern Tibet[J]. Journal of Changchun University of Science and Technology, 30(4): 347-352(in Chinese with English abstract).
- HUANG Qiang-tai, LI Jian-feng, XIA Bin, YIN Zheng-xin, ZHENG Hao, SHI Xiao-long, HU Xi-chong. 2015. Petrology, Geochemistry, Chronology and Geological Significance of Jiang Tso Ophiolite in Middle Segment of Bangonghu-Nujiang Suture Zone, Tibet[J]. Earth Science—Journal of China University of Geoscience, 40(1): 34-48(in Chinese with English abstract).
- JENKYN H C. 1980. Tethys: past and present[J]. Proceedings of the Geologists' Association, 91(1-2): 107-118.
- JIAN Ping, LIU Dun-yi, SUN Xiao-meng. 2003. SHRIMP Dating of Carboniferous Jinshajiang Ophiolite in Western Yunnan and Sichuan: Geochronological Constraints on the Evolution of the Paleo-Tethys Oceanic Crust[J]. Acta Geologica Sinica, 77(2): 217-228(in Chinese with English abstract).
- LI Cai, ZHAI Qing-guo, DONG Yong-sheng, ZENG Qing-gao, HUANG Xiao-peng. 2007. Lungmu Co-Shanghu plate suture in the Qinghai-Tibet Plateau and records of the evolution of the Paleo-Tethys Ocean in the Qiangtang area, Tibet, China[J]. Geological Bulletin of China, 26(1): 13-21(in Chinese with English abstract).
- LI Cai. 1987. The Longmucuo-Shuanghu-Lancangjiang Plate Suture and the North Boundary of Distribution of Gondwana Facies Permo-Carboniferous System in Northern Xizang, China[J]. Journal of Changchun College of Geology, 17(2): 155-166(in Chinese with English abstract).
- LI Cai. 2008. A Review on 20 Years Study of the Longmu Co—Shuanghu—Lancang River Suture Zone in Qinghai—Xizang (Tibet) Plateau[J]. Geological Review, 54(1): 105-119(in Chinese with English abstract).
- LI Peng-wu, GAO Rui, CUI Jun-wen, GUAN Ye. 2003. The palaeomagnetic study of the collision and collage of major landmasses in the Nujiang-Lancangjiang-Jinshajiang area in western Yunnan and eastern Xizang[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 23(2): 28-34(in Chinese with English abstract).
- LI Peng-wu, GAO Rui, CUI Jun-wen, GUAN Ye. 2005. Paleomagnetic Results from the Three Rivers Region, SW China: Implications for the Collisional and Accretionary History[J]. Acta Geoscientica Sinica, 26(5): 387-404(in Chinese with English abstract).
- LI Xiang-hui, WANG Cheng-shan, YI Hai-sheng, LI Yong. 2001. Middle Cretaceous and Eocene lithofacies and paleogeography in Tibet[J]. Regional Geology of China, 20(1): 82-89(in Chinese with English abstract).
- LI Xing-zhen, XU Xiao-song, PAN Gui-tang. 1995. Evolution of the Pan-Cathaysian Landmass Group and Eastern Tethyan Tectonic Domain[J]. Sedimentary Facies and Palaeogeography, 15(4): 1-13(in Chinese with English abstract).
- LI Ya-lin, WANG Cheng-shan, LI Yong-tie. 2008. Characteristics of the Jurassic saline deposits its significance to hydrocarbon accumulation in Qiangtang basin of Tibet area[J]. Acta Petrologica Sinica, 29(2): 173-178(in Chinese with English abstract).
- LI Yi-ke, WANG An-jian, CAO Dian-hua, HUANG Yu-feng, ZHANG Ming-chao, LI Rui-ping, YANG Li-jun, XI Wan-wan. 2012. Sequence stratigraphic definition of Late Triassic salt-bearing horizons in northern Lanping basin of northwestern Yunnan Province and its implications[J]. Geological Bulletin of China, 31(8): 1313-1322(in Chinese with English abstract).

- LI Yong, WANG Cheng-shan, YI Hai-sheng. 2003. The Late Triassic Collision and Sedimentary Responses at Western Segment of Jinshajiang Suture, Tibet[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 21(2): 191-197(in Chinese with English abstract).
- LIAO Zong-ting, CHEN Yue-kun. 2005. Nature and Evolution of Lanping-Simao Basin Prototype[J]. *Journal of Tongji university (Natural Science)*, 33(11): 1527-1531(in Chinese with English abstract).
- LIN Ge. 1992. Evolution and Genesis of Lanping-Simao Basin in Western Yunnan[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 16(1): 84-85(in Chinese).
- LUO Jian-ning, PENG Yong-min, PAN Gui-tang. 1996. Plate convergent margin and island-arc orogenesis in eastern Tethys[J]. *Sedimentary Facies and Palaeogeography*, 16(3): 1-15(in Chinese with English abstract).
- LUO Jian-ning. 1995. Formation and Evolution of Eastern Tethys[J]. *Tethyan Geology*, (19): 1-8(in Chinese with English abstract).
- METCALFE I. 2013. Gondwana dispersion and Asian accretion: Tectonic and palaeogeographic evolution of eastern Tethys[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 66: 1-33.
- MO Xuan-xue, PAN Gui-tang. 2006. From the Tethys to the formation of the Qinghai-Tibet Plateau: constrained by tectono-magmatic events[J]. *Earth Science Frontiers*, 13(6): 43-51(in Chinese with English abstract).
- MOU Chuan-long, TAN Qin-yin, YU Qian. 2005. The Permian sequence stratigraphic framework and source-reservoir-caprock associations in the Simao Basin, Yunnan[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 25(3): 33-37(in Chinese with English abstract).
- ÖZDAMAR Ş, BILLOR M Z, SUNAL G, ESENLİ F, RODEN M F. 2013. First U-Pb SHRIMP zircon and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of metarhyolites from the Afyon-Bolkardag Zone, SW Turkey: Implications for the rifting and closure of the Neo-Tethys[J]. *Gondwana Research*, 24: 377-391.
- PAN Gui-tang, CHEN Zhi-liang, LI Xing-zhen, XU Qiang, JIANG Xin-sheng. 1996. Models for the Evolution of the Pol-yarc-Basin Systems in Eastern Tethys[J]. *Sedimentary Facies and Palaeogeography*, 16(2): 52-65(in Chinese with English abstract).
- PAN Gui-tang, LI Xing-zhen, WANG Li-quan, DING Jun, CHEN Zhi-liang. 2002. Preliminary division of the tectonic units of the Qinghai-Tibet Plateau and its adjacent regions[J]. *Geological Bulletin of China*, 21(11): 701-707(in Chinese with English abstract).
- PAN Gui-tang, MO Xuan-xue, HOU Zeng-qian, ZHU Di-cheng, WANG Li-quan, LI Guang-ming, ZHAO Zhi-dan, GENG Quan-ru, LIAO Zhong-li. 2006. Spatial-temporal framework of the Gangdese Orogenic Belt and its evolution[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(3): 521-533(in Chinese with English abstract).
- PAN Gui-tang, WANG Li-quan, LI Rong-she, YIN Fu-guang, ZHU Di-cheng. 2012. Tectonic model of archipelagic arc-basin systems: The key to the continental geology[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 32(3): 1-20(in Chinese with English abstract).
- PAN Gui-tang, WANG Li-quan, LI Xing-zhen, WANG Jie-min, XU Qiang. 2001b. The tectonic framework and spatial allocation of the archipelagic arc-basin systems on the Qinghai-Xizang Plateau[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 21(3): 1-26(in Chinese with English abstract).
- PAN Gui-tang, WANG Li-quan, ZHU Di-cheng. 2004. Thoughts on some important scientific problems in regional geological survey of the Qinghai-Tibet Plateau[J]. *Geological Bulletin of China*, 23(1): 12-19(in Chinese with English abstract).
- PAN Gui-tang, XU Qiang, WANG Li-quan. 2001a. The frame mechanism of multiple island arc-basin system in Tibetan plateau[J]. *Journal Mineral Petrology*, 21(3): 186-189(in Chinese with English abstract).
- PAN Gui-tang. 1994. An Evolution of Tethys in Global Ocean-continent Transformation[J]. *Tethyan Geology*, 18: 23-40(in Chinese with English abstract).
- QIN Jian-zhong. 2006. Depositional environment of the marine hydrocarbon source rock in the Qiangtang basin, Qinghai-Tibet plateau[J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 28(1): 8-14(in Chinese with English abstract).
- QIU Dong-zhou, XIE Yuan, LI Xiao-qing, HUANG Fu-xi. 2009. Geological Characteristics of Lithofacies Paleogeography and Hydrocarbon Accumulation in Asian Tethyan Tectonic Domain[J]. *Marine Origin Petroleum Geology*, 14(2): 41-51(in Chinese with English abstract).
- QU Xiao-ming, XIN Hong-bo, DU De-dao, CHEN Hua. 2012. Ages of post-collisional A-type granite and constraints on the closure of the oceanic basin in the middle segment of the Bangonghu-Nujiang suture, the Tibetan plateau[J]. *Geochimica*, 41(1): 1-14(in Chinese with English abstract).
- QU Yi-hua, YUAN Pin-quan, SHUAI Kai-ye, ZHANG Ying, CAI Ke-qin, JIA Shu-yuan, CHEN Chao-de. 1998. Potash-forming Rules and Prospect of Lower Tertiary in Lanping-Simao Basin, Yunnan[M]. Beijing: Geological Publishing House: 5-23(in Chinese).
- QU Yi-hua. 1997. On affinity of potassium bearing brine in Lanping Simao basin, China to that in ale basin, Thailand, and location of target areas for potassium hunting in former basin[J]. *Geology of Chemical Minerals*, 19(2): 81-84(in Chinese with English abstract).
- TAN Fu-wen, PAN Gui-tang, WANG Jian. 2001. Devonian-Triassic Basin-Range Transformation and the Tectonic Evolution of Paleo-Tethys in Western Yunnan, China[J]. *Journal Mineral Petrology*, 21(3): 179-185(in Chinese with English abstract).
- TAN Fu-wen, XU Xiao-song, YIN Fu-guang, LI Xing-zhen. 1999. Upper Carboniferous sediments in the Simao region Yunnan and their tectonic settings[J]. *Sedimentary Facies and Palaeogeography*, 19(4): 26-34(in Chinese with English abstract).
- TAN Fu-wen. 2002. The Sedimentary Characteristics of Simao Triassic Rear Arc Foreland Basin, Yunnan Province[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 20(4): 560-567(in Chinese with English abstract).
- WANG Dong-bing, WANG Li-quan, YIN Fu-guang, SUN Zhi-ming, WANG Bao-di, ZHANG Wan-ping. 2012. Timing and nature of the Jinshajiang Paleo-Tethys: Constraints from zircon U-Pb age and Hf isotope of the Dongzhulin layered gabbro from Jinshajiang ophiolite belt, northwestern Yunnan[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 28(5): 1542-1550(in Chinese with English abstract).

- WANG Hong, LIN Fang-cheng, LI Xing-zhen, SHI Mei-feng, LIU Chao-ji, SHI Hong-zhao. 2012. Tectonic unit division and Neo-Tethys tectonic evolution in north-central Myanmar and its adjacent areas[J]. *Geology in China*, 39(4): 912-922(in Chinese with English abstract).
- WANG Jian, WANG Zheng-jiang, CHEN Wen-xi, FU Xiu-gen, CHEN Ming. 2007. New evidences for the age assignment of the Nadi Kangri Formation in the North Qiangtang basin, northern Tibet, China[J]. *Geological Bulletin of China*, 26(4): 404-409(in Chinese with English abstract).
- WANG L C, LIU C L, FEI M M, SHEN L J, ZHANG H, ZHAO Y J. 2015. First SHRIMP U-Pb zircon ages of the potash-bearing Mengyejing Formation, Simao Basin, southwestern Yunnan, China[J]. *Cretaceous Research*, 52: 238-250.
- WANG Li-cheng, LIU Cheng-lin, FEI Ming-ming, SHEN Li-jian, ZHANG Hua. 2014. Sulfur isotopic composition of sulfate and its geological significance of the Yunlong formation in the Lanping Basin, Yunnan Province[J]. *China Mining Magazine*, 23(12): 57-65(in Chinese with English abstract).
- WANG Si-en, ZHENG Shao-lin, YU Jing-shan, LIU Gui-fang, ZHANG Wu, CHEN Qi-shi. 2000. *Stratigraphical Lexicon of China: Jurassic*[M]. Beijing: Geology Press: 5(in Chinese).
- WANG Yong-sheng, ZHENG Chun-zi. 2007. Lithostratigraphy, sequence stratigraphy, and biostratigraphy of the Suobucha and Quse formations and the Triassic-Jurassic boundary in the Sewa area on the south margin of the Qiangtang basin, northern Tibet[J]. *Journal of Stratigraphy*, 31(4): 377-384(in Chinese with English abstract).
- WEN Hai-xia, SHI He, WANG Dao-yong. 2011. New information and geological sense of bivalve fossils from the Waigucun Formation in southeast of the Simao basin, Yunnan, China[J]. *Geological Bulletin of China*, 30(1): 179-183(in Chinese with English abstract).
- WU Xin-he, ZHANG Li, WANG Cheng-shan, YI Hai-sheng. 2008. Characteristics of the Mesozoic marine source rocks in the Qiangtang basin, Tibet[J]. *Oil & Gas Geology*, 29(3): 348-354(in Chinese with English abstract).
- YANG Xin, SU Long, LIU Xing-wang, LIU Yu-hu, LIU Yan-hong, ZHENG Jian-jing. 2010. Kinematic Process of Basin-mountain Coupling During Meso-Cenozoic in "Sanjiang" Region of Western Yunnan[J]. *Geological Survey and Research*, 33(2): 81-88(in Chinese with English abstract).
- YIN Fu-guang, PAN Gui-tang, WAN Fang, LI Xing-zhen, WANG Fang-guo. 2006. Tectonic facies along the Nujiang-Lancangjiang-Jinshajiang orogenic belt in southwestern China[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 26(4): 33-39(in Chinese with English abstract).
- YIN Han-hui, FAN Wei-ming, LIN Ge. 1990. Deep processes and mantle-crust compound mineralization in the evolution of the Lanping-Simao Mesozoic-Cenozoic Diwa basin in western Yunnan, China[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 14(2): 113-124(in Chinese with English abstract).
- YIN Hong-fu, WU Shun-bao, DU Yuan-sheng, PENG Yuan-qiao. 1999. South China Defined as Part of Tethyan Archipelagic Ocean System[J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 24(1): 1-12(in Chinese with English abstract).
- YIN Ji-yun, SUN Zhi-ming, YANG Zhen-yu, LIANG Qi-zhong. 1999. Cretaceous and Early Tertiary paleomagnetic results from the Lanping basin and its geological implications[J]. *Chinese Journal of Geophysics*, 42(5): 648-659(in Chinese with English abstract).
- YU Qian, MOU Chuan-long, WANG Jian. 2000. Sedimentary facies and palaeogeographic evolution of the Lanping Basin in Yunnan[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 20(2): 33-42(in Chinese with English abstract).
- YUAN Qin, QIN Zhan-jie, WEI Hai-cheng, SHENG Shu-rong, SHAN Fa-shou. 2013. The Ore-forming Age and Palaeoenvironment of the Mengyejing Formation in Jiangcheng, Yunnan Province[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 34(5): 631-637(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Guo-wei, CHENG Shun-you, GUO An-lin, DONG Yun-peng, LAI Shao-cong, YAO An-ping. 2004. Mianlue paleo-suture on the southern margin of the central orogenic system in Qinling-Dabie-with adiscussion of the assembly of the main part of the continent of China[J]. *Geological Bulletin of China*, 23(9-10): 846-853(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Hong-yuan, LIU Jun-lai. 2011. Plate Tectonics and Mineralization of the Tethyan Ophiolite in the Southern Sanjiang and Indo-China Peninsular Area[J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 36(2): 262-276(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Xiang-fei, LI You-guo, CAO Xiao-min, QU Xiao-ming, XIN Hong-bo, WANG Jian, DU De-dao. 2014. LA-ICP-MS zircon U-Pb age and geochemical characteristics of the acid intrusive rocks in the western part of Bangong Lake-Nujiang River suture zone[J]. *Geological Bulletin of China*, 33(7): 984-994(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Yu-jie. 2013. Stratigraphic regionalization of the Upper Cretaceous strata on the Qinghai-Xizang Plateau[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 33(3): 1-9(in Chinese with English abstract).
- ZHENG Mian-ping, YUAN He-ran, ZHANG Yong-sheng, LIU Xi-fang, CHEN Wen-xi, LI Jin-suo. 2010. Regional Distribution and Prospects of Potash in China[J]. *Acta Geologica Sinica*, 84(11): 1523-1553(in Chinese with English abstract).
- ZHENG Mian-ping, ZHANG Zhen, YIN Hong-wei, TAN Xiao-hong, YU Chang-qing, SHI Lin-feng, ZHANG Xue-fei, YANG Jian-xu, JIAO Jian, WU Guo-peng. 2014. A New Viewpoint concerning the Formation of the Mengyejing Potash Deposit in Jiangcheng, Yunnan[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 35(1): 11-24(in Chinese with English abstract).
- ZHONG Wei-fu, FENG Qing-lai, CHONGLAKMANI C, MONJAI D, ZHANG Zhi-bin. 2012. Permian-Triassic Stratigraphic Correlations between Laos and Yunnan and Their Tectonic Significance[J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 37(Suppl. 2): 73-80(in Chinese with English abstract).
- ZHU Di-cheng, MO Xuan-xue, WANG Li-quan, ZHAO Zhi-dan, LIAO Zhong-li. 2008. Hotspot-ridge interaction for the evolution of Neo-Tethys: insights from the Late Jurassic-Early Cretaceous magmatism in southern Tibet[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 24(2): 225-237(in Chinese with English abstract).