

# 冈底斯中北部及邻区中侏罗世—早白垩世 地球动力背景转换的证据

李奋其, 刘伟, 张士贞, 李勇

成都地质矿产研究所, 成都 610081

**内容提要:** 本文在分析冈底斯中北部及邻区侏罗系—下白垩统内部的角度不整合, 以及该时期沉积环境、变形变质和岩浆活动特点的基础上, 首次提出冈底斯中北部弧盆系发育时限为早—中侏罗世; 中侏罗世中晚期—早白垩世早期, 羌南地块与冈底斯地块碰撞, 班公湖—怒江带、狮泉河—嘉黎带强烈冲断, 并形成前陆盆地; 早白垩世中晚期, 研究区进入后造山演化阶段, 地幔物质上涌, 形成叠加在中北冈底斯—南羌塘南缘碰撞造山带之上的伸展盆地, 并发生强烈的深成岩浆活动; 此种盆地经历的早期火山断陷和晚期拗陷等2个演化阶段, 分别与地幔物质的早期上涌、晚期冷却回沉等深部地质过程对应。这些成果对研究青藏高原南部中生代地质构造演化具有重要意义。

**关键词:** 侏罗系—下白垩统; 角度不整合; 弧盆系; 前陆盆地; 断陷盆地; 冈底斯中北部

冈底斯构造带因位于印度—亚洲大陆的主碰撞部位早就引起国内外地质学家的关注(潘桂棠等, 2006; 成都地质矿产研究所, 2004; 莫宣学等, 2009)。该带夹于雅鲁藏布江结合带和班公湖—怒江结合带之间, 目前普遍认为南部地区受雅鲁藏布江洋壳向北消减和接踵而来的印度—亚洲大陆碰撞的影响, 于晚白垩世—古新世之交由火山岩浆弧转换为碰撞造山环境, 新近纪又进入陆内伸展阶段, 并发生了广泛而强烈的斑岩铜矿成矿作用, 形成了著名的南冈底斯斑岩铜矿带(侯增谦等, 2006a, 2006b; 莫宣学等, 2009)。相比之下, 中—北部地区地质构造属性迄今仍存在着不同的认识。一些学者主张冈底斯中—北部地区在侏罗纪受班公湖—怒江洋壳的向南消减而处于沟弧盆演化阶段, 早白垩世进入碰撞或后碰撞阶段(Pearce et al., 1988; Harris et al., 1990; Coulon et al., 1986), 但缺乏确切的地质证据; 另外一些学者主要基于岩浆岩地球化学特征的研究, 认为该区在整个侏罗纪—早白垩世处于弧盆系演化阶段, 晚白垩世则表现为冈底斯地块与羌南地块之间的碰撞(潘桂棠等, 2006; 康志强等, 2008, 2009)。此种情况制约着冈底斯带乃至青藏高原南部地质构造演化的研究。

本次研究基于对近年来青藏高原南部区域地质调查成果的分析, 以冈底斯中—北部及邻区上侏罗

统一白垩统或下白垩统与下伏侏罗系的角度不整合为切入点, 主要通过此种界面上、下侏罗纪—早白垩世地层沉积环境、变形变质特征和区域侏罗纪—早白垩世岩浆作用特点的分析, 重点探讨了该区侏罗纪—早白垩世地质构造属性。

## 1 侏罗—白垩纪构造—地层格架

本文所指的冈底斯中—北部及邻区是指狮泉河—措勤—纳木错—嘉黎一线以北, 直至南羌塘地块南缘的区域, 属于羌南地块与冈底斯地块的交接部位(图1)。班公湖—怒江带之南地区在侏罗纪—早白垩世通常被划分为隆格尔—工布江达弧背断隆带、措勤—申扎火山岩浆岩带、狮泉河—嘉黎蛇绿混杂岩带、昂龙岗日—班戈火山岩浆岩带和那曲弧前盆地等五个次一级构造单元(潘桂棠等, 2006; 成都地质矿产研究所, 2004), 其中的狮泉河—嘉黎蛇绿混杂岩带目前普遍被认为是班公湖—怒江洋向南消减形成的侏罗纪弧后盆地(和钟铨等, 2006; 叶培盛等, 2005; 杨日红等, 2003; 王保弟等, 2007; 郑有业等, 2006)。

该区侏罗系—下白垩统极其发育, 上白垩统出露零星。班公湖—怒江带以早—中侏罗世木嘎岗日岩群为主体, 它总体为一套整体无序、局部有序的浅变质复理石建造, 构造面理置换非常强烈, 局部地带

注: 本文为中国地质调查局项目(编号 12120113034700)的成果。

收稿日期: 2013-12-17; 改回日期: 2014-09-03; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 李奋其, 男, 1966年生。博士, 教授级高级工程师。主要从事西藏冈底斯成矿带基础地质研究。Email: lifenqi2012@163.com。

与蛇绿岩、前侏罗纪地层堆叠在一起,产珊瑚、双壳类、棘皮类和水螅等化石;此种岩系在狮泉河—嘉黎带也可见到,同样与蛇绿岩、相对较老的地层以构造—岩片状堆叠在一起,反映二者可能经历了相同或相近的成生演化。其它构造单元的侏罗系均为有序地层体,变形相对较弱。发育于南羌塘地块南部边缘的侏罗系迄今被认为形成于被动陆缘环境,下部的曲色组、色哇组以深海一次深海细碎屑岩+泥(页)组合为特征,局部夹玄武岩,上部的莎巧木组、捷布曲组都具有碳酸盐岩占主导地位的特征(潘桂棠等 2006)<sup>①</sup>。

出露于那曲弧前盆地的侏罗系自下而上主体由早—中侏罗世希湖群、中侏罗世桑卡拉侖组和中—晚侏罗世拉贡塘组构成<sup>②⑥</sup>,前者也为一套次深水—深水细碎屑岩+泥(页)组合,粒序层理、浊流沉积非常发育;后者分别为碳酸盐岩建造和滨浅海—一次深海砂板岩系。昂龙岗日—班戈—伯舒拉岭岩浆岩带的侏罗系沿东、西走向其特征有一定差异,东部地区的该层位自下而上由马里组、桑卡拉侖组和拉贡塘组构成,前两者分别为滨浅海陆源碎屑岩建造和碳酸盐岩沉积,后者属于滨浅海砂板岩类;西部地区仅出露拉贡塘组,特征与那曲弧前盆地一致,为次深海—浅海陆源碎屑岩建造<sup>③⑥</sup>。在措勤—申扎带,仅在措勤北部的卡马地区见中—上侏罗统,属于滨浅海陆源碎屑岩系<sup>④</sup>。上侏罗—下白垩统主要出露

于班公湖—怒江带、昂龙岗日—班戈带西部,在狮泉河—嘉黎带的果芒错地区也可见到,其特征将在下文分析。下白垩统在整个中北冈底斯地区广泛出露,下部为滨浅海相(局部为陆相)火山—沉积岩系,上部以碳酸盐岩为主;在班公湖—怒江带和羌南地块,该层位出露相对零星,均以火山岩为主。上白垩统出露零星,总体为角度不整合于下白垩统之上的河湖相磨拉石建造,西部地区为海相碳酸盐岩沉积,与下伏地层整合接触。

## 2 构造体制转换的表现

所谓板块汇聚带的构造体制转换是指洋壳消减、陆陆碰撞(或者弧陆碰撞、弧弧碰撞)和后造山伸展等地球动力背景的相互转换(杨文采等 2014a, 2014b, 2014c, 2014d, 2014e)。研究表明,此种构造转换的地质记录不仅反映在区域性角度不整合面上,而且体现在界面上、下沉积环境的转变,以及变形变质和岩浆活动等诸多方面(Graery et al., 1995; 曲永贵等 2003; 李才等 2003)。

### 2.1 角度不整合及其空间展布

一般而言,造山带内与造山运动有关的角度不整合主要有两类:一类是前陆盆地内与逆冲断裂带向外扩展密切共生的不整合;另一类是上叠盆地沉积充填体与造山带(盆地基底)之间的区域性角度不整合,它反映造山带经历了抬升剥蚀后,发生沉降,接受沉积(张传恒等 1997)。青藏高原南部 1:25 万区域地质调查工作成果表明,在冈底斯中—北部直至羌南缘的广大地区内,侏罗系—下白垩统不仅与古生界为角度不整合接触,其内部还发育上侏罗—下白垩统、下白垩统与下伏侏罗系等两种角度不整合,总体具有如下特点:

(1) 上侏罗统—下白垩统与下伏侏罗系的角度不整合在班公湖—怒江带、狮泉河—嘉黎带均可见到,密切地受冲断带控制。在班公湖—怒江带,此种不整合主要见于安多、改则、物玛和日土等地<sup>①②③④</sup>,界面之上为产状相对平缓的晚侏罗世—早白垩世沙莫罗组滨浅海相陆源碎屑岩系,之下为陡倾的、片理化较强的早—中侏罗世木嘎岗日岩群和蛇绿岩;在日土县宋巴一带,木嘎岗日岩群向南倾斜,沙莫罗组向北倾斜,底部为一套紫红色厚层—块状复成分火山质粗砾岩(图 2a),具有砾石砾径大、成分复杂和结构成熟度低等特点;往东至安多一带,也可见到一套厚达 2700m 的砂砾岩夹火山岩建造,角度不整合于晚三叠世确哈拉组之上,产 *Epistreptophyllum*

表 1 侏罗—白垩纪构造—地层格架  
Table1 Stratigraphic framework for  
the Jurassic—Cretaceous

构造单元 地层系统	元	拉萨地块				班公湖—怒江带	羌南地块
		CS	SJM	ABMB	NQAB		
白垩系	K <sub>2</sub>	竟柱山组					阿布山组
		朗山组				东巧组	
	K <sub>1</sub>	则弄群	多尼组			去中拉组	美口切错组
侏罗系	J <sub>3</sub>	接奴群	日拉组	沙莫罗组		沙莫罗组	索瓦组
			拉贡塘组				捷布曲组
			桑卡拉侖组				莎巧木组
	J <sub>2</sub>		马里组				
		木嘎岗日岩群	蛇绿岩群			蛇绿岩群	色哇组
	J <sub>1</sub>			希湖群		木嘎岗日岩群	曲色组

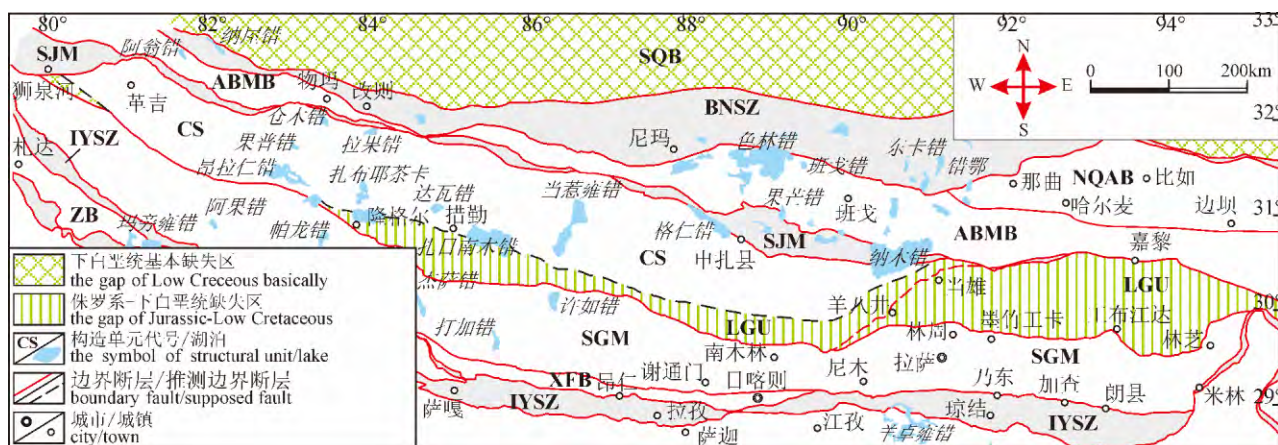


图1 冈底斯构造带及邻区构造单元划分图

Fig. 1 Sketch map showing the tectonic units of the Gangdese and its adjacent regions

SQB—羌南地块; BNSZ—班公湖—怒江缝合带; 北冈底斯: NQAB—那曲弧前盆地, ABMB—昂龙岗日—班戈—伯舒拉岭岩浆岩带; SJM—狮泉河—嘉黎蛇绿混杂岩带; 中冈底斯: CS—措勤—申扎岩浆岩带; LGU—隆格尔—工布江达弧背断隆带; SGM—南冈底斯岩浆岩带; XFB—日喀则弧前盆地; IYSZ—雅鲁藏布江蛇绿混杂岩带; ZB—仲巴地块

QB—southern Qiangtang block; BNSZ—Bangonghu—Nujiang suture zone; Northern Gangdese belt: NQAB—Naqu fore-arc basin, ABMB—Anglonggangri—Bango—Boshulaling magmatic belt; SJM—Shiquanhe—Jia—Namucuo ophiolite méla nge zone; Middle Gangdese: CS—Coqên—Xainza magmatic belt, LGU—Longgaer—Gongbuijiangda uplift belt; SGM—Southern Gangdese magmatic belt; XFB—Xigaze forearc basin; IYSZ—Yalungzangbo sutere zone; ZB—Zhongba block

*giganeum*—*Cladophyllia dichotoma* 化石组合,为上侏罗统牛津阶—提塘阶<sup>⑥</sup>,相当于沙莫罗组的中—下部层位。在狮泉河—嘉黎带的果芒错地区,在蛇绿岩之上沉积了一套河湖相橄榄质砂砾岩(图2d),向上逐渐变化为橄榄质岩屑砂岩、泥晶灰岩和生物碎屑灰岩,并夹硅质岩,被定为晚侏罗世—早白垩世日拉组,该组中一下部的粗碎屑岩被定为索尔砾岩<sup>⑧</sup>(曲永贵等,2003)。

(2) 下白垩统与下伏地层的角度不整合进一步分为下部的火山—沉积岩系、上部的碳酸盐岩建造与下伏侏罗系的角度不整合等2种类型:① 早白垩世火山—沉积岩系与下伏侏罗系的角度不整合在冈底斯中北部各构造单元均可见到,南羌塘地区的此类不整合目前仅见于物玛乡北部的多不杂一带,表现为向北缓倾斜的早白垩世美日切错组火山岩不整合于向南倾斜的早侏罗世曲色组次深水—深水细碎屑岩之上<sup>①</sup>(图2c)。我们的调研表明,出露于那曲弧前盆地那曲县城、哈尔麦等地的中—上侏罗统拉贡塘组黑色砂板岩产状为 $318^{\circ} \sim 330^{\circ} \angle 50^{\circ} \sim 65^{\circ}$ ,其上被一套产状为 $10^{\circ} \sim 20^{\circ} \angle 25^{\circ} \sim 32^{\circ}$ 的中基性火山岩角度不整合覆盖(图3),这两个地区火山岩的LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄加权平均值分别为 $116.3 \pm 1.4\text{Ma}$ 和 $111.4 \pm 0.73\text{Ma}$ (李奋其等,

2010)。向南西至昂龙岗日—班戈带的纳木错地区,也可见到此种现象,表现为向北缓倾的早白垩世中酸性火山岩角度不整合于向南倾斜的拉贡塘组砂板岩之上<sup>②</sup>(图2b)。此种角度不整合在狮泉河—嘉黎带的阿索、狮泉河等地也可见到,分别表现为与侏罗纪蛇绿混杂岩、中—晚侏罗世拉贡塘组构成的角度不整合<sup>③⑩</sup>。② 早白垩世碳酸盐岩与下伏地层的角度不整合在中冈底斯带见于夏康坚北东部,表现为与中—晚侏罗世接奴群滨浅海陆源碎屑岩建造构成的角度不整合<sup>⑥</sup>。在狮泉河—嘉黎带,主要见于狮泉河、纳木错等地,均表现为与蛇绿混杂岩之间的角度不整合接触。

由上看来,上侏罗统—下白垩统与早—中侏罗世木嘎岗日岩群和蛇绿岩之间的角度不整合反映了班公湖—怒江洋、狮泉河—嘉黎弧后盆地很可能在中侏罗世消亡,属于冲断带内与前陆盆地扩展相关的角度不整合;下白垩统与侏罗系的角度不整合在整个冈底斯中北部及邻区的各构造单元均存在,属于区域性角度不整合,此种不整合被认为是先期碰撞造山事件的结束,新的构造事件的开始(徐开礼等,1998;张传恒等,1997;李才,2003),暗示着该区在晚侏罗世/早白垩世之交发生了一次地球动力背景大转换。



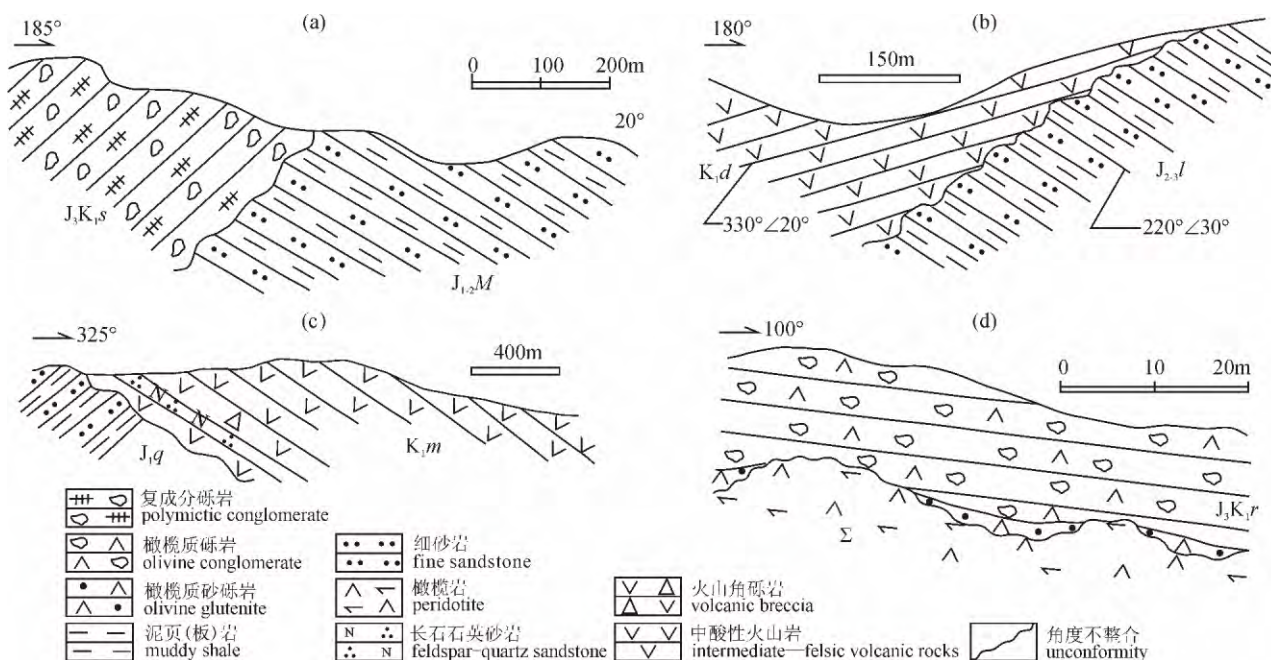


图 2 上侏罗一下白垩统与下伏地层的角度不整合

Fig. 2 The Cross sections of unconformity between Upper Jurassic—Lower Cretaceous and its underlying strata

图 a、b、c、d 分别为班公湖—怒江带沙莫罗组 ( $J_3K_{1s}$ ) 与木嘎岗日岩群 ( $J_{1-2}M$ )、北冈底斯纳木错地区多尼组 ( $K_1d$ ) 与拉贡塘组 ( $J_{1-2}L$ )、南羌塘多不杂地区美日切错组 ( $K_1m$ ) 与曲色组与狮泉河—嘉黎带日拉组 ( $J_3K_{1r}$ ) 与蛇绿岩的角度不整合;  $\Sigma$ —蛇绿岩

(a) The unconformity between Shamoluo Fm. ( $J_3K_{1s}$ ) and Mugagangri Group in Bangong Lake—Nujiang River suture zone; (b) the unconformity between Duoni Fm. ( $K_1d$ ) and Lagongtang Fm. ( $J_{1-2}L$ ) in Nam Lake region, North Gangdese; (c) the unconformity between Meiriquecuo Fm. and Quse Fm. in Duobuza region, South Qiangtang block; (d) the unconformity between Rila Fm. and the ophiolite in Shiquanhe—Jiali zone.  $\Sigma$ —ophiolite

## 2.2 沉积记录

沉积环境的突变往往与构造体制转换密切联系 (Krapez et al., 1996)。大洋盆地(包括大陆斜坡)基本上为深海一次深海沉积;陆—陆碰撞作用导致岩石圈抬升剥蚀、海水退出,结束了大洋深水盆地的演化历史;在造山期后,常处于陆内伸展动力状态,形成一些相对浅水的沉积盆地(马昌前等, 2006; 马文璞等, 2002; 汪劲草等, 2005; 杨文采等, 2014d)。

与狮泉河—嘉黎带、班公湖—怒江带蛇绿岩相伴产出的中—下侏罗统无疑是在大洋或弧后盆地背景下形成的,内部发育鲍马层序、粒序层理、水平层理、印模和地震造成的液化流动现象,可见震积砂岩呈岩墙状穿切板岩,为形成于次深海—深海环境的复理石建造<sup>⑥</sup>;相比之下,角度不整合于其上的上侏罗统一下白垩统主体上为滨浅海沉积,底部发育冲积扇或扇三角洲(图 4b、e),与早—中侏罗世深海一次深海环境形成的木嘎岗日岩群构成明显的区别;另从安多、果芒错等地的该层位普遍含棱角一次棱

角状超基性岩、硅质岩砾石来看(陈国荣等, 2004; 曲永贵等, 2003),班公湖—怒江洋、狮泉河—嘉黎弧后盆地很可能在侏罗纪中期闭合,蛇绿岩抬升遭受剥蚀。在羌南地块南缘,早—中侏罗世以深海一次深海浊流沉积为主,中—晚侏罗世则转变为稳定的碳酸盐岩沉积(图 4a);那曲弧前盆地也存在类似的现象,亦即早—中侏罗世希湖群深海一次深海沉积建造被中侏罗世桑卡拉组碳酸盐岩建造整合覆盖(图 4c)。以上羌南地块、那曲弧前盆地侏罗纪中期的区域沉积转换界面很可能表明,班公湖—怒江洋、狮泉河—嘉黎弧后盆地在中侏罗世期间闭合,导致水体明显变浅。

冈底斯中—北部及邻区的下白垩统广泛出露于南到隆格尔—工布江达弧背断隆带南界,北到羌南地块南缘,南北宽达 300km 的范围内。虽然该早白垩世盆地受新生代印度—亚洲大陆碰撞的影响而强烈反转、盆地充填体遭受剥蚀,但措勤—申扎带的措勤地区下白垩统残留厚度逾 6200m,狮泉河—嘉黎

带的果芒错一带逾 5400m, 昂龙岗日—班戈带的纳木错地区达 8000m, 班公湖—怒江带的改则、南羌塘南缘的多不杂等地厚度均逾 1600m(图 4a、b), 反映该区在早白垩世沉降幅度明显较大。盆地充填体下部以巨厚的滨浅海火山—沉积建造为主(图 4), 冲积扇、扇三角洲沉积次之, 主要由岩屑石英砂岩、含砾砂岩等低成熟度的岩石组成, 表明物源区较近, 地壳活动性较强; 上部基本上为厚度巨大的碳酸盐岩建造(图 4c、d、e、f), 反映晚期地壳沉降相对稳定。由上可见, 冈底斯中北部及邻区早白垩世盆地在沉积范围、沉积特征等方面与早—中侏罗世、晚侏罗世—早白垩世盆地有明显的区别, 沉降范围、沉降幅度明显较大, 暗示着早白垩世地球动力背景发生了转变。

### 2.3 岩浆活动

被动陆缘常处于伸展地球动力背景, 岩浆活动以基性岩墙群的贯入和发育富碱的拉斑玄武岩、碱性玄武岩为特点(Halls, 1987; Muller, 1992), 活动大陆边缘火山岩为以安山岩、英安岩和流纹岩为主的组合, 侵入岩以 TTG 和  $\gamma$  为主; 陆—陆碰撞造山时期的火成岩组合分为缺乏火成岩和出现火成岩等 2 种情况, 火成岩为  $\text{SiO}_2\text{—K}_2\text{O}$  图上的 "Sh 系列" 为主 + HKCA" 组合(常以安粗岩和二长岩为主)、"强过铝花岗岩组合"(邓晋福等, 2007)。后碰撞阶段的岩浆岩具有岩石类型多样性和构造环境判别复杂性的特点, 总体为中—高钾钙碱性系列和钾玄岩系列

(以钙碱性系列为主); 按照 MISA 分类, 可以有 I 型、S 型和 A 型等 3 种类型(韩宝福, 2007)。下边对研究区不同时期岩浆岩特征予以简述。

(1) 早—中侏罗世岩浆岩目前仅见于南羌塘南部边缘的早侏罗世曲色组、中侏罗世色哇组中, 表现为玄武岩夹层, 很可能与被动大陆边缘伸展作用有关。中侏罗世岩浆岩局限于革吉、比如—丁青地区和聂荣等地, 前者主要为花岗闪长岩( $170 \pm 3\text{Ma}$ ), 其  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$  值为  $-16.8 \sim -13.4$ , Hf 同位素地壳模式年龄为  $2.1 \sim 2.3\text{Ga}$ (姜昕等, 2010); 比如—丁青地区的岩体呈岩滴状产出, 为英云闪长岩 + 花岗闪长岩 + 花岗岩组合, CA 系列<sup>⑨⑩</sup>; 聂荣岩体表现为英云闪长岩、含斑花岗闪长岩( $185.4 \pm 1\text{Ma}$ )、巨斑状角闪二长花岗岩( $170.9 \pm 6.3\text{Ma}$ )、二长花岗岩和正长花岗岩的依次侵位, 也为 CA 系列, 具有岛弧型花岗岩的地球化学特征<sup>⑨⑩</sup>。

(5) 晚侏罗世岩浆岩目前仅在革吉、当惹雍错北部和昂孜错地区得到证实。革吉地区主要为碱长花岗岩( $149 \pm 3\text{Ma}$ )、正长花岗岩( $144 \pm 3\text{Ma}$ )等岩石类型, 它们的  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$  值分别为  $-11.3 \sim -6.2$  和  $-4 \sim -0.8$ , Hf 同位素地壳模式年龄分别为  $1.2 \sim 1.5\text{Ga}$ 、 $1.2 \sim 1.4\text{Ga}$ (姜昕等, 2010)。当惹雍错北部、昂孜错地区的深成岩为强过铝花岗岩, 具有碰撞型花岗岩的地球化学特征(卢书炜等, 2006)<sup>⑫⑬</sup>。

(3) 早白垩世火山作用、深成岩浆活动发生于整个中北冈底斯和邻区, 喷发范围、喷发强度远较任

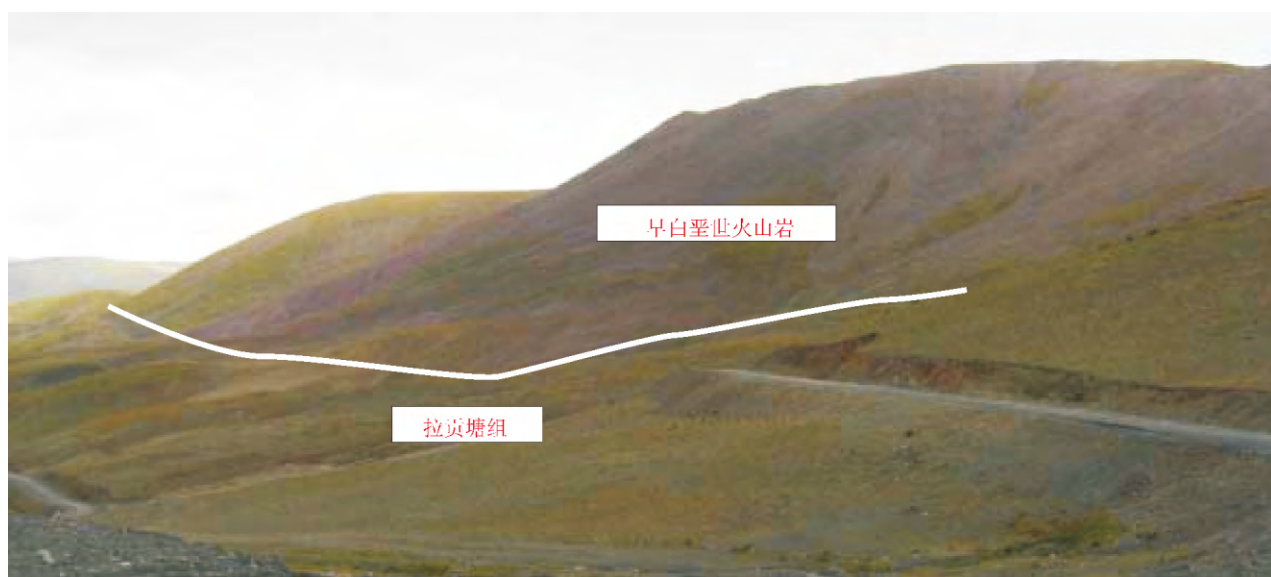


图3 那曲地区下白垩统火山岩和拉贡塘组角度不整合地貌景观

Fig. 3 The Landscape of the unconformity between early Cretaceous volcanics and Jurassic Lagongtang Fm in Nagqu area

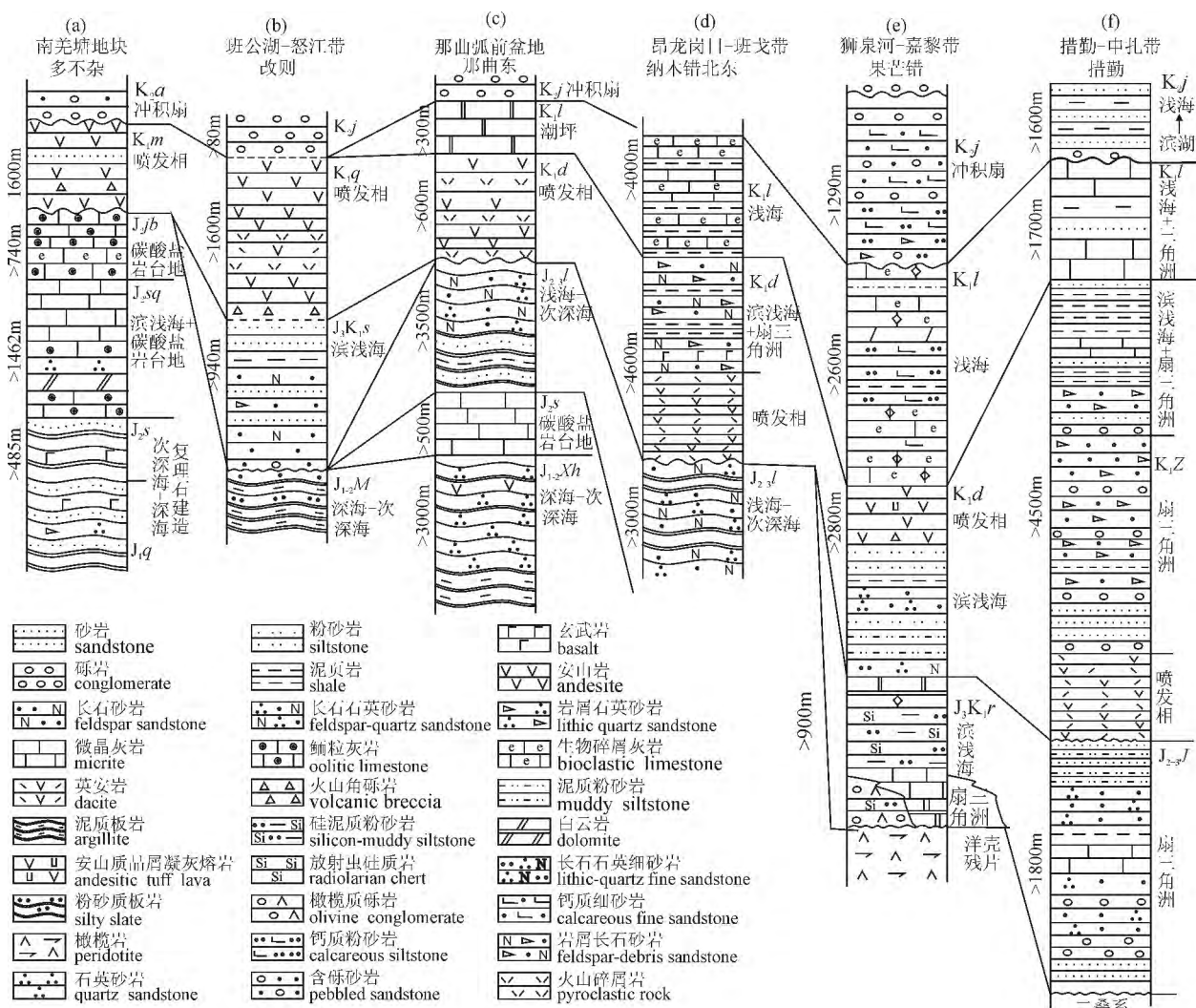


图4 冈底斯中北部及邻区侏罗纪—早白垩世地层对比图

Fig. 4 The Strata correlation of Jurassic—Early Cretaceous in central—north Gangdese and its adjacent area

K<sub>2</sub>a—阿布山组; K<sub>2</sub>j—竟柱山组; K<sub>1</sub>m—美日切错组; K<sub>1</sub>q—去申拉组; K<sub>1</sub>l—朗山组; K<sub>1</sub>d—多尼组; K<sub>1</sub>Z—则弄群; J<sub>3</sub>K<sub>1</sub>s—沙莫罗组; J<sub>3</sub>K<sub>1</sub>r—日拉组; J<sub>2-3</sub>l—拉贡塘组; J<sub>2-3</sub>J—接奴群; J<sub>2</sub>sb—捷布曲组; J<sub>2</sub>sq—莎巧木组; J<sub>2</sub>s—色哇组; J<sub>1-2</sub>M—木嘎岗日岩群; J<sub>1</sub>q—一曲色组

K<sub>2</sub>a—Abushan Fm.; K<sub>2</sub>j—Jinzhusan Fm.; K<sub>1</sub>m—Meiriqueuo Fm.; K<sub>1</sub>q—Qushela Fm.; K<sub>1</sub>l—Langshan Fm.; K<sub>1</sub>d—Duoni Fm.; K<sub>1</sub>Z—Zelong Gr.; J<sub>3</sub>K<sub>1</sub>s—Shamoluo Fm.; J<sub>3</sub>K<sub>1</sub>r—Rila Fm.; J<sub>2-3</sub>l—Lagongtang Fm.; J<sub>2-3</sub>J—Jienu Gr.; J<sub>2</sub>sb—Jiebuqu Fm.; J<sub>2</sub>sq—Shaqiaomu Fm.; J<sub>2</sub>s—Sewa Fm.; J<sub>1-2</sub>M—Mugangangri Fm.; J<sub>1</sub>q—Quse Fm.

何地质历史时期猛烈,被称为早白垩世岩浆大爆发(潘桂棠等,2006;朱弟成等,2008,2009)。该时期火山岩角度不整合于古老地层和早—中侏罗世俯冲增生杂岩之上,中基性岩富集强不相容元素 Rb、Th、U,亏损 Nb、Ta、Ti;酸性岩以中钾—高钾钙碱性系列为主,富集大离子亲石元素 Rb、Ba 以及 Th、U 和 LREE 等;二者分别来源于亏损地幔和上地壳局部熔融(刘伟等,2010,2012;康志强等,2008,2009,2010;陈越等,2010;吴浩等,2010)。该时期侵入岩

类从基性到酸性均有发育,花岗岩类普遍富含时代相近的闪长质、辉长质暗色包体,多为渐变接触关系;嘉黎桑巴岩体(117.2Ma)、措勤尼雄岩体(110Ma)、班戈巴尔达岩体(114Ma)、措勤麦嘎岩体(122Ma)和申扎岩体(113Ma)均显示出 I 型和 S 型花岗岩并存的特征,被认为是源于软流圈的基性岩浆与地壳熔融体混合的结果(和钟铎等,2006;张晓倩等,2010,2012;张亮亮等,2010,2011)。除此之外,最新的研究表明,冈底斯中北部的申扎—班戈—



带还发育A型花岗岩(113Ma),具有富硅、偏高的全碱和全铁含量、弱过铝—亚铝质的特点,LILE明显富集,Ba、Sr、Nb、Ta、Ti亏损明显(曲晓明等,2013),此种岩石类型反映该区处于伸展地球动力背景,是低压、高温环境下地壳局部熔融的产物(张旗等,2012;贾小辉,2009;吴锁平等,2007;王廷印等,1998)。

由上看来,中北冈底斯及邻区早—中侏罗世、中—晚侏罗世和早白垩世各阶段在岩浆活动强度、岩石组合、地球化学特征等方面存在显著差异,反映该区在中侏罗世—早白垩世发生了地球动力背景的大转换。

#### 2.4 变形变质作用

板块消减作用的重要标志之一是变形强烈的俯冲增生杂岩和高压变质岩的形成,它往往被碰撞阶段前陆盆地沉积建造角度不整合覆盖。此种现象在北祁连、天山、雅鲁藏布江等国内外造山带较为常见(杜远生等,2004;朱宝清等,2002)。在班公湖—怒江带、狮泉河—嘉黎带,俯冲增生杂岩(木嘎岗日岩群)与蛇绿岩呈岩片状堆叠,局部作为构造混杂岩的基质,蛇绿岩、放射虫硅质岩呈构造岩块包裹于其中。此种增生杂岩变质程度总体极低或基本未变质,定向排列特征明显(图5a)。值得指出的是,增生杂岩内的蛇绿岩在局部地带变质程度差异较大,例如改则地区除了见浅表层次、基本未变质的蛇绿岩外,还有中浅层次的绿片岩、蓝片岩以及深层次的角闪岩类。以上不同构造层次岩石并存的局面很可能与俯冲到深部的增生杂岩后期折返有关。在此类岩系中,普遍可见褶皱叠加、构造面理置换等现象,韧性剪切作用非常强烈;早期形成顺层掩卧褶皱、同斜褶皱,出现S1渗透性流劈理;中期以S1为变形面,形成新的同斜褶皱、歪斜褶皱,并出现S2折劈理;此种现象在北祁连俯冲增生杂岩中也可见到,被认为与洋壳的持续俯冲有关(张建新等,1998;许志琴等,1994)。相比之下,角度不整合于木嘎岗日岩群或蛇绿岩之上的沙莫罗组、日拉组基本未变质,未见矿物定向排列等后期改造现象(图5b、c),它们常构成转折端圆滑的直立对称褶皱,不发育劈理等构造面理,与俯冲增生杂岩带的构造样式明显不同。在南羌塘、冈底斯陆块区,侏罗系、下白垩统等层位的岩石均广泛出现绿泥石、绢云母等新生矿物,变质程度相近;但是,不同层位的变形强度存在一定差异,侏罗系褶皱的翼间角一般变化于 $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 范围内,而下白垩统背向斜相对宽缓,多在 $100^{\circ} \sim 120^{\circ}$

之间,结合二者为角度不整合接触,推测它们经历了不同的构造变形历史<sup>①②③④⑤⑥⑦</sup>。由上看来,中北冈底斯及邻区在中侏罗世中晚期、晚侏罗世/早白垩世之交分别经历了一次构造转换事件。

### 3 讨论

板块之间的相互作用相继表现为洋壳消减及相关的弧盆系、陆陆碰撞和后造山过程等地球动力背景的转换。通过以上角度不整合、岩浆活动,以及该界面上、下侏罗系—下白垩统沉积特征和变形变质程度等方面的分析,认为冈底斯中北部及邻区在侏罗纪—早白垩世经历了弧盆系、陆陆碰撞和后造山伸展等演化阶段(图6)。

#### 3.1 早—中侏罗世弧盆系

以往的研究主要依据冈底斯中—北部早白垩世岩浆岩具有弧火山岩的某些地球化学特点,认为班公湖—怒江洋于早白垩世发生双向消减,在南部地区自北而南形成那曲弧前盆地、昂龙岗日—班戈—伯舒拉岭火山岩弧带、狮泉河—嘉黎弧后盆地和措勤—申扎火山岩弧带,北部地区则形成南羌塘火山岩弧(潘桂棠等,2006;杨日红等,2003;王保弟等,2007;朱弟成等,2008;李金祥等,2008;周金胜等,2013)(图1)。但由于迄今未在班公湖—怒江带发现早白垩世俯冲增生杂岩,尤其是早—中侏罗世俯冲增生杂岩普遍被具有岛弧岩浆岩某些地球化学特点的早白垩世火山岩角度不整合覆盖,无疑此种认识很难令人信服。从班公湖—怒江带、狮泉河—嘉黎带蛇绿混杂岩以及相伴产出的早—中侏罗世大洋沉积建造被晚侏罗世—早白垩世滨浅海沉积建造角度不整合覆盖,尤其是界面上、下地层(包括蛇绿岩)变形程度差别很大等特点来看,中北冈底斯弧盆系的发育时代应该限于早—中侏罗世。近年来开展的地质调查和相关研究表明,狮泉河—嘉黎带蛇绿岩基本上为SSZ型,其中狮泉河蛇绿岩各端元的锆石U-Pb年龄加权平均值在191~163Ma之间,永珠蛇绿岩为 $178 \pm 10$ Ma,纳木错蛇绿岩为 $166 \pm 26$ Ma,拉果错蛇绿岩斜长花岗岩端元为 $166.6 \pm 2.5$ Ma,反映该带属于早—中侏罗世弧后盆地<sup>⑧⑨</sup>(张玉修等,2007;郑有业等,2006;杨日红等,2003);班公湖—怒江带发育MORB型蛇绿岩,班公湖、舍马拉沟蛇绿岩的辉长岩端元分别为 $167 \pm 1.4$ Ma和 $191 \pm 22$ Ma,改则蛇绿岩斜长花岗岩端元为 $189.8 \pm 1.9$ Ma,代表洋壳在早—中侏罗世消减(史仁灯,2007;邱瑞照等,2002;樊帅权等,2010)。

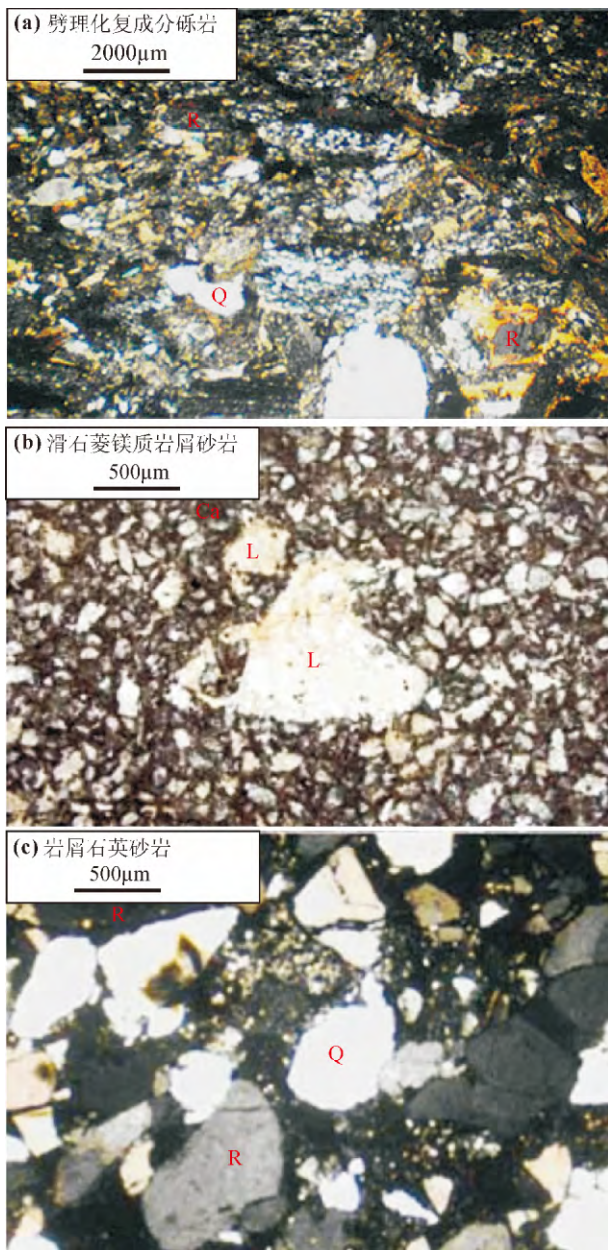


图5 典型显微照片

Fig. 5 The Petrographic photographs

(a) 木嘎岗日岩群片理化复成分砾岩; (b) 日拉组滑石菱镁质岩屑细砂岩; (c) 多尼组岩屑石英砂岩; Q—石英, R—砂岩岩屑, Tc + Mag—滑石菱镁岩质岩屑; Ca—碳酸盐

(a) schistositized polymict-conglomerate of Mugag angri Group; (b) talc—magnesite lithic quartz sandstone of Rila Fm.; (c) lithic quartz sandstone in Duoni Fm.; Q—quartz; R—sandstone debris; L—listwanitic debris; Ca—carbonate cement

综上推测,班公湖—怒江洋壳早—中侏罗世向南消减,自北而南形成那曲弧前盆地、昂龙岗—班戈—伯舒拉岭岛弧和狮泉河—嘉黎弧后盆地(图6a);相

应的羌南地块南缘处于被动大陆边缘环境,接受了早—侏罗世曲色组、色哇组深海一次深海复理石建造,局部地带发生火山活动。

### 3.2 中侏罗世中晚期—早白垩世陆—陆碰撞作用

在同碰撞阶段,陆—陆汇聚部位(结合带)构造应力最强,造成先期断层活动最为强烈,上盘逆冲导致下盘挠曲而形成前陆盆地(徐开礼等,1998;张传恒等,1997;刘少峰等,1995)。从前文的分析可知,狮泉河—嘉黎弧后盆地、班公湖—怒江大洋很可能在中侏罗世中—晚期消亡,进入隆升剥蚀阶段,该区基本缺乏中—晚侏罗世沉积很可能就是证据;但该时期沉积在狮泉河—嘉黎带和班公湖—怒江带南、北两侧都较为发育,羌南缘表现为整合于被动大陆边缘深海一次深海复理石建造之上的、厚达1500m的碳酸盐岩建造,向北逐渐减薄,显示出楔形沉积的特征;北冈底斯带该层位也具有楔形沉积的特点,中—上侏罗统为整合于早—中侏罗世弧前盆地深海一次深海复理石建造之上的陆源碎屑岩+碳酸盐岩建造,那曲一带厚达3000m,向南至罗马乡变为2000m,下部为碳酸盐岩台地沉积,上部为浅海一次深海陆源碎屑岩建造,具有向上变深的沉积特点;在狮泉河—嘉黎带南侧的纳木错、措勤等地,中—上侏罗统厚达1000m,向南缺失该层位,表明为向南变薄的楔形沉积体(图6b)。由上看来,此种楔形沉积很可能是班公湖—怒江大洋、狮泉河—嘉黎弧后盆地于中侏罗世中期闭合后,相继发生强烈的逆冲推覆活动,南、北相邻地区挠曲沉降,表现为前陆盆地沉积。

晚侏罗世—早白垩世盆地充填体属于滨浅海陆源碎屑岩+碳酸盐岩建造,除了零星见于班公湖—怒江、狮泉河—嘉黎带及其附近外(果芒错厚逾900m,聂尔错厚达740m,改则厚度大于940m,日土逾2000m),其他地区未接受沉积,表明中北冈底斯带及邻区该时期主体上处于隆升剥蚀状态。从此套岩系与区域性近EW向断裂相伴产出,平面上具有靠近断裂的部位为冲积扇或扇三角洲沉积,远离断裂方向显示出滨浅海沉积的特征,垂向上水体向上加深(图4b、d),以及岩石成熟度低和砾岩中含有断裂上盘地质体的分子(如晚侏罗—早白垩世日拉组、沙莫罗组含有蛇绿质砾石)等特点来看,上侏罗—下白垩统属于受冲断裂控制的前陆盆地沉积,盆地充填物质来源于逆冲断层上盘部位。

同碰撞阶段的另一重要特点是地壳的缩短加厚并进而发生局部熔融。前文所述的革吉、当惹雍错



北部和昂孜错地区的花岗岩均显示出地壳重熔的特点,也具有同碰撞花岗岩的微量元素地球化学特征,很可能与本时期的地壳加厚密切相关。

### 3.3 早白垩世后碰撞伸展活动

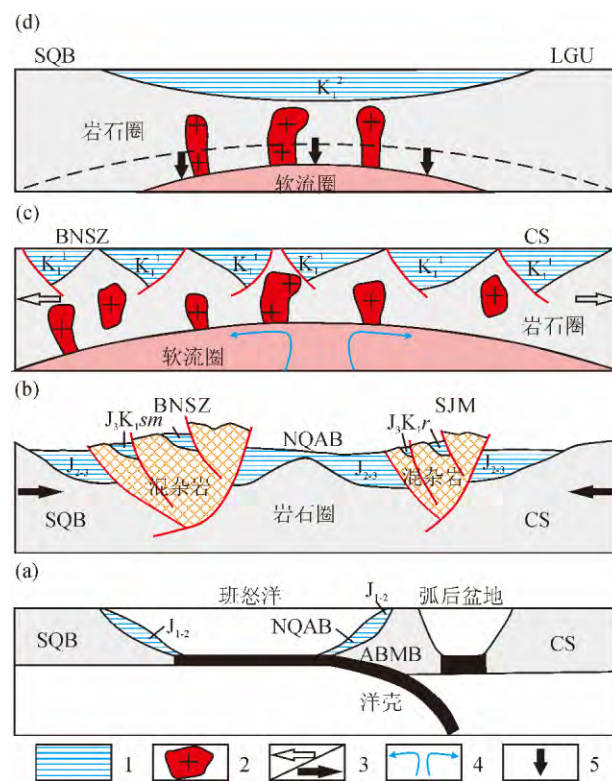
后碰撞造山阶段处于伸展地球动力背景,具有持续时间长、断陷活动强烈和花岗岩类型多样性等特征,被认为与软流圈底侵与拆沉作用、俯冲板片的断离—折返等壳幔作用有关(Davis et al., 1995; 高山等, 1997; 翟明国等, 2005; 张中杰等, 2003)。研究区早白垩世时期在南抵弧背断隆带、北到羌南地块的范围内结束了隆升剥蚀的历史,进入沉降状态,并发生岩浆大爆发。从岩浆岩表现出幔源、壳源并存,普遍为中钾—高钾钙碱性系列(甚至出现钾玄岩),花岗岩类型的多样性以及出现A型花岗岩等特点来看,冈底斯中—北部及邻区的此种沉降作用无疑与后碰撞阶段的伸展作用有关。

后碰撞伸展阶段的盆地自早而晚表现为断陷型盆地向拗陷型盆地的演化,且断陷阶段火山活动最为强烈(李奋其等, 2006; 杨鑫等, 2012; Harris et al., 1990)。综合岩石组合、沉积特征和火山作用等方面的特点,该区早白垩世盆地明显地表现为断陷、拗陷两个演化阶段。其特点如下:

(1) 早期火山断陷盆地( $K_1^2$ ): 前已述及,中北冈底斯及邻区在南北宽逾300km的范围内普遍沉降、接受沉积,但从已有的沉积记录来看,并未显示出盆缘地带粒度较粗、盆地中央部位较细的特征,而是表现为该层位下部广泛出现冲积扇、扇三角洲和水下扇相(局部砾质水下扇)沉积,它们由复成分砾岩、含砾砂岩、长石砂岩和岩屑砂岩等低成熟度岩石组成,此种现象很难用正常的滨浅海盆地沉积模式来解释。一般而言,区域伸展体制下常表现为一系列走向上尖灭再现、剖面上平行排列的箕状断陷;单个断陷盆地宽度一般不超过20km,靠近控盆正断层部位为冲积扇相(扇三角洲),向断陷中央方向渐变为深水沉积(李奋其等, 2010)。由上看来,中—北冈底斯及邻区早白垩世时期很可能表现为一系列滨浅海背景下的小型断陷(图6c)。

一般而言,伸展作用愈强,盆地充填体愈厚,火山活动愈强。措勤—申扎带的早白垩世火山—沉积岩系厚度逾4500m,昂龙岗日—班戈带厚逾2800m,班公湖—怒江带和羌南缘的下白垩统仅1600m,表明伸展作用强度自南而北有减弱的趋势。就该区火山岩发育时代而言,措勤—申扎带火山作用大致持续于130~108Ma之间(朱弟成等, 2008; 康志强等,

2008; 刘伟等, 2010, 2012),昂龙岗日—班戈带、那曲弧前盆地大约为120~110Ma(李奋其等, 2010; 陈越等, 2010; 康志强等, 2009),班公湖—怒江带为107~103Ma(吴浩若等, 2013),此种特征表明南部地区更早地进入强烈伸展阶段。



大,地壳稳定沉降,陆源物质供给不充分,以整体拗陷作用为主(图 6d)。以上特点表明,该时期伸展断陷活动基本停歇,整体进入区域性拗陷演化阶段。

后碰撞阶段俯冲板片发生断离被认为在国内外造山带普遍存在,板片断离导致软流圈地幔减压熔融,岩浆沿断离窗上涌、对流,导致上覆岩石圈拉伸减薄并在浅表部形成一系列断陷盆地;随着底侵幔源岩浆的逐步冷却,岩浆对流减弱,相应的伸展作用强度变小,上覆岩石圈在自身重力作用下沉降而进入拗陷盆地演化阶段。在以上过程中,上覆岩石圈由于炽热的幔源岩浆释放的热能而局部熔融,形成丰富多彩的岩浆岩(Krapez et al., 1996; 马昌前等, 2006; Baker et al., 1978; 周树青等, 2007)。已有的中—北冈底斯、班公湖—怒江带早白垩世岩浆岩地球化学研究表明俯冲板片发生过断离(张亮亮等, 2011; 陈越等, 2010; 康志强等, 2009, 2010; 张晓倩等, 2010, 2012; 曲晓明等, 2013)。由上看来,中—北冈底斯及邻区早白垩世盆地的两个演化阶段分别与软流圈物质底侵对流、冷却回沉相对应。在早期断陷盆地演化阶段,随着上涌地幔物质质量逐步增加,对流强度不断加大,上覆岩石圈伸展作用逐渐加强,盆地范围逐步加大,同时地幔物质释放的热能促使岩石圈局部熔融,造成火山作用、深成岩浆活动较强;在晚期阶段,随着底侵岩浆的冷却回沉,对流活动减弱,其上的岩石圈在重力作用下整体沉降,进入碳酸盐岩拗陷盆地演化阶段。

## 4 结语

(1) 上侏罗—下白垩统与早—中侏罗世蛇绿混杂岩的角度不整合表明班公湖—怒江洋、狮泉河—嘉黎弧后盆地很可能在中侏罗世期间消亡,广泛发育于中北冈底斯及邻区的下白垩统与侏罗系之间的角度不整合表明该区可能在晚侏罗世/早白垩世之交发生了地球动力背景转换。

(2) 冈底斯中北部及邻区早—中侏罗世、中侏罗世—早白垩世早期和早白垩世等阶段在沉积特点、岩浆活动和变形变质等方面均存在一定的差异,很可能表明这些阶段所处的地球动力背景存在较大差异。

(3) 综合分析表明,中北冈底斯弧盆系发育于早—中侏罗世。随着中侏罗世期间班公湖—怒江洋、狮泉河—嘉黎弧后盆地的闭合,冈底斯中北部及邻区进入前陆盆地演化阶段。早白垩世中晚期,研究区进入后碰撞造山演化阶段,减压熔融的软流圈

地幔物质沿断离窗上涌、对流,不仅造成该区岩浆大爆发,还自早而晚表现出断陷盆地向拗陷盆地的演化。

## 注 释 / Notes

- ① 西藏自治区地质调查院. 2006. 1: 25 万改则县幅区域地质调查报告.
- ② 西藏自治区地质调查院. 2006. 1: 25 万那曲县县幅区域地质调查报告.
- ③ 西藏自治区地质调查院. 2005. 1: 25 万比如县幅区域地质调查报告.
- ④ 四川省地质调查院. 2003. 1: 25 万物玛区幅区域地质调查报告.
- ⑤ 成都地质矿产研究所. 2006. 青藏高原南部空白区基础地质综合研究成果之一——喜马拉雅—冈底斯造山带地层与古生物(科技报告).
- ⑥ 成都理工大学. 2003. 1: 25 万措勤县幅区域地质调查报告.
- ⑦ 中国地质大学(北京). 2005. 1: 25 万安多县幅区域地质调查报告.
- ⑧ 吉林省地质调查院. 2003. 1: 25 万多巴区幅区域地质调查报告.
- ⑨ 中国地质科学院地质力学研究所. 2002. 1: 25 万当雄县幅区域地质调查报告.
- ⑩ 西藏自治区地质调查院. 2003. 1: 25 万狮泉河幅、斯诺乌山幅区域地质调查报告.
- ⑪ 西藏自治区地质调查院. 2005. 1: 25 万丁青县幅区域地质调查报告.
- ⑫ 江西省地质调查院. 2003. 1: 25 万邦多区幅区域地质调查报告.
- ⑬ 河南省地质调查院. 2003. 1: 25 万热布喀区幅区域地质调查报告.

## 参 考 文 献 / References

- 陈国荣, 刘鸿飞, 蒋光武, 曾庆高, 赵守仁, 张相国. 2004. 西藏班公湖—怒江结合带中段沙木罗组的发现. 地质通报, 23(2): 193 ~ 194.
- 陈越, 朱弟成, 赵志丹, 张亮亮, 刘敏, 于枫, 管琪, 莫宣学. 2010. 西藏北冈底斯巴木错安山岩的年代学、地球化学及岩石成因. 岩石学报, 26(07): 2193 ~ 2206.
- 邓晋福, 肖庆辉, 苏尚国, 刘翠, 赵国春, 吴宗絮, 刘勇. 2007. 火成岩组合与构造环境: 讨论. 高校地质学报, 13(3): 392 ~ 402.
- 杜远生, 朱杰, 韩欣, 顾松竹. 2004. 从弧后盆地到前陆盆地——北祁连山带奥陶纪—泥盆纪的沉积盆地与构造演化. 地质通报, 23(9~10): 911 ~ 907.
- 樊帅权, 史仁灯, 丁林, 刘德亮, 黄启帅, 王厚起. 2010. 西藏改则蛇绿岩中斜长花岗岩地球化学特征、锆石 U-Pb 年龄及构造意义. 岩石矿物学杂志, 29(5): 467 ~ 478.
- 韩宝福. 2007. 后碰撞花岗岩类的多样性及其构造环境判别的复杂性. 地学前缘(中国地质大学(北京); 北京大学), 14(3): 64 ~ 72.
- 和钟铎, 杨德明, 王天武. 2006. 冈底斯带桑巴区早白垩世后碰撞花岗岩类的确定及构造意义. 岩石矿物学杂志, 25(3): 185 ~ 193.
- 侯增谦, 杨竹森, 徐文艺, 莫宣学, 丁林, 高永丰, 董方浏, 李光明, 曲晓明, 李光明, 赵志丹, 江思宏, 孟祥金, 李振清, 秦克章, 杨志明. 2006a. 青藏高原碰撞造山带: I. 主碰撞造山成矿作用. 矿床地质, 25(4): 337 ~ 359.
- 侯增谦, 曲晓明, 杨竹森, 孟祥金, 李振清, 杨志明, 郑绵平, 郑有业, 聂凤军, 高永丰, 江思宏, 李光明. 2006b. 青藏高原碰撞造山带: III. 后碰撞伸展成矿作用. 矿床地质, 25(6): 629 ~ 652.

- 康志强,许继峰,董彦辉,王保弟. 2008. 拉萨地块中北部白垩纪则弄群火山岩 Slainajap 洋南向俯冲的产物. 岩石学报, 24(2): 303~314.
- 康志强,许继峰,王保弟,董彦辉,王树庆,陈建林. 2009. 拉萨地块北部白垩纪多尼组火山岩的地球化学: 形成的构造环境. 地球科学, 34(1): 89~104.
- 康志强,许继峰,王保弟,陈建林. 2010. 拉萨地块北部去申拉组火山岩: 班公湖—怒江特提斯洋南向俯冲的产物? 岩石学报, 26(10): 3106~3116.
- 姜昕,赵志丹,朱弟成,张凤琴,董国臣,莫宣学,郭铁鹰. 2010. 西藏冈底斯西部江巴、邦巴和雄巴岩体的锆石 U-Pb 年代学与 Hf 同位素地球化学. 岩石学报, 26(7): 2155~2164.
- 贾小辉,王强,唐功建. 2009. A 型花岗岩的研究进展及意义. 大地构造与成矿学, 33(3): 465~480.
- 刘少峰. 1995. 前陆盆地挠曲过程模拟的理论模型. 地质前缘(中国地质大学,北京) 2(3~4): 69~77.
- 刘伟,李奋其,袁四化,张万平,卓皆文,王保弟,唐文清. 2010. 西藏措勤地区则弄群火山岩源区——地球化学及 Sr—Nd 同位素制约. 岩石矿物学杂志, 29(4): 367~376.
- 刘伟,李奋其,袁四化,卓皆文,张万平,梁婷等. 2010. 西藏中冈底斯带措勤地区则弄群熔结凝灰岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄. 地质通报, 29(7): 1009~1016.
- 刘伟,李奋其,杨晓勇,袁四化. 2012. 西藏南木林县罗扎地区早白垩世流纹岩锆石 U-Pb 年龄及地球化学特征. 中国地质, 39(5): 1151~1161.
- 李才. 2003. 羌塘基底质疑. 地质论评, 49(1): 4~9.
- 李奋其,刘伟,耿全如. 2010. 西藏那曲地区中生代火山岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及地质意义. 地球学报, 31(6): 781~790.
- 李奋其,王成善,王崇孝. 2006. 酒泉早白垩世盆地群构造特征和成因. 地质学报, 80(2): 181~191.
- 李金祥,李光明,秦克章,肖波. 2008. 班公湖带多不杂富金斑岩铜矿床斑岩—火山岩的地球化学特征与时代: 对成矿构造背景的制约. 岩石学报, 24(3): 531~543.
- 卢书炜,任建德,白国典,杨俊峰,吕际根. 2006. 西藏尼玛县南部中晚侏罗世松木果强过铝花岗岩带的发现及其意义. 中国地质, 33(2): 332~339.
- 马昌前,余振兵,张金阳,张超. 2006. 地壳根、造山热与岩浆作用. 地质前缘(中国地质大学(北京): 北京大学), 13(2): 130~139.
- 马文璞,李锦轶,李江海,张长厚. 2002. 造山带概念的演变及它在现今大陆构造研究中面临的问题. 地质论评, 48(2): 153~157.
- 莫宣学,赵志丹,朱弟成,喻学惠,董国臣,周肃. 2009. 西藏南部印度—亚洲碰撞带岩石圈: 岩石学—地球化学约束. 地球科学, 34(1): 17~27.
- 邱瑞照,肖润,周肃,李胜荣,蔡志勇,张文秦. 2002. 藏北班公湖—怒江带舍玛拉沟蛇绿岩中辉长岩 Sm-Nd 定年和 Sr、Nd 同位素研究. 地质论评, 48(增刊): 64~68.
- 曲晓明,辛洪波,杜德道,陈华. 2013. 西藏班公湖—怒江缝合带中段 A 型花岗岩的岩浆源区与板片断离. 地质学报, 87(6): 759~626.
- 曲永贵,张树岐,郑春子,王永胜,吕鹏,王洪双,李学斌,李庆武. 2003. 西藏北部永珠蛇绿岩带晚侏罗世—早白垩世日拉组、日拉组索尔碎屑岩及生物群特征. 地质通报, 22(11~12): 959~962.
- 史仁灯. 2007. 班公湖 SSZ 型蛇绿岩年龄对班—怒洋时限的制约. 科学通报, 52(2): 222~227.
- 汪劲草,夏斌. 2005. 中国阿尔泰山后造山伸展垮塌的地质证据. 桂林工学院学报, 25(3): 267~272.
- 王保弟,许继峰,曾庆高,康志强,陈建林,董彦辉. 2007. 西藏改则地区拉果错蛇绿岩地球化学特征及成因. 岩石学报, 23(6): 1521~1530.
- 王廷印,高军平,王金荣,吴家弘. 1998. 内蒙古阿拉善北部地区碰撞期和后造山期岩浆作用. 地质学报, 72(2): 126~137.
- 吴浩,李才,胡培远,范建军,张红雨,李娇. 2013. 西藏尼玛县塔色普勒地区去申拉组火山岩的发现及其地质意义. 地质通报, 32(7): 1014~1026.
- 吴锁平,王梅英,戚开静. 2007. A 型花岗岩研究现状及其述评. 岩石矿物学杂志, 26(1): 57~66.
- 成都地质矿产研究所. 2004. 青藏高原及邻区地质图(附说明书). 成都: 成都地图出版社, 36~40.
- 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. 岩石学报, 22(3): 521~523.
- 徐开礼,朱志澄. 构造地质学. 1998. 北京: 地质出版社, 28~35.
- 许志琴,徐惠芬,张建新,李海兵,朱志直,曲景川,陈代璋,陈金禄,杨开春. 1994. 北祁连走廊南山加里东俯冲杂岩—增生地体及其动力学. 地质学报, 68(1): 1~15.
- 杨日红,李才,迟效国,王天武. 2003. 西藏永珠藏布—纳木湖蛇绿岩地球化学特征及其构造环境初探. 现代地质, 17(1): 184~191.
- 杨文采,宋海斌. 2014a. 从地壳上地幔构造看洋陆转换作用. 地质论评, 60(1): 1~21.
- 杨文采,于常青. 2014b. 从地壳上地幔构造看大陆碰撞作用(上). 地质论评, 60(2): 237~259.
- 杨文采,于常青. 2014c. 从地壳上地幔构造看大陆碰撞作用(下). 地质论评, 60(3): 486~502.
- 杨文采,于常青. 2014d. 从地壳上地幔构造看大陆碰撞带岩石圈的克拉通化. 地质论评, 60(4): 721~740.
- 杨文采. 2014e. 从地壳上地幔构造看大陆岩石圈伸展与裂解. 地质论评, 60(5): 945~961.
- 杨鑫,王亚东,刘兴旺,郑建京. 2012. 后碰撞伸展环境下的盆地特征与成盆机制. 地质论评, 58(3): 444~450.
- 叶培盛,吴珍汉,胡道功,江万,杨欣德. 2005. 西藏永珠—果芒错蛇绿岩的地球化学特征及其构造意义. 现代地质, 19(4): 508~514.
- 张传恒,王志强,贾维民. 1997. 论造山运动的时间特征. 地质学报, 77(1): 18~26.
- 张亮亮,朱弟成,赵志丹,廖忠礼,王立全,莫宣学. 2011. 西藏申扎早白垩世花岗岩类: 板片断离的证据. 岩石学报, 27(7): 1938~1948.
- 张亮亮,朱弟成,赵志丹,董国臣,莫宣学,管琪,刘敏,刘美华. 2010. 西藏北冈底斯巴尔达地区岩浆作用的成因: 地球化学、年代学及 Sr—Nd—Hf 同位素约束. 岩石学报, 26(6): 1871~1988.
- 张旗,冉白皋,李承东. 2012. A 型花岗岩的实质是什么? 岩石矿物学杂志, 31(4): 621~626.
- 张玉修,张开均,黎兵,汪洋,魏庆国,唐显春. 2007. 西藏改则南拉果错蛇绿岩中斜长花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 年代学及其成因研究. 科学通报, 52(1): 100~106.
- 张建新,许志琴,李海兵,徐惠芬. 1997. 北祁连加里东造山带从挤压到伸展造山机制的转换. 长春地质学院学报, 27(3): 277~283.
- 张晓倩,朱弟成,赵志丹,王立全,黄建村,莫宣学. 2010. 西藏措勤尼雄岩体的岩石成因及其对富 Fe 成矿作用的潜在意义. 岩石学报, 26(6): 1793~1804.
- 张晓倩,朱弟成,赵志丹,隋清霖,王青,袁四化,胡兆初,莫宣学. 2012. 西藏措勤麦嘎岩基的锆石 U-Pb 年代学、地球化学和锆石 Hf 同位素: 对中部拉萨地块早白垩世花岗岩类岩石成因的约



- 束. 岩石学报 28(5): 1615 ~ 1634.
- 郑有业, 许荣科, 马国桃, 高顺宝, 张刚阳, 马新民, 茨邛. 2006. 锆石测年对狮泉河蛇绿岩形成和俯冲的时间约束. 岩石学报 22(4): 895 ~ 904.
- 周金胜, 孟祥金, 臧文栓, 杨竹森, 徐玉涛, 张雄. 2013. 西藏青草山斑岩铜金矿含矿斑岩锆石 U-Pb 年代学、微量元素地球化学及地质意义. 岩石学报 29(11): 3755 ~ 3766.
- 周树青, 李存贵. 2007. 与岩石圈拉伸有关的盆地的形成机理、类型及特征. 海洋地质动态 23(4): 1 ~ 6.
- 朱宝清, 冯益民, 杨军录, 张开春. 2002. 新疆中天山干沟一带蛇绿混杂岩和志留纪前陆盆地的发现及其意义. 新疆地质 20(4): 326 ~ 335.
- 朱弟成, 潘桂棠, 莫宣学, 王立全, 廖忠礼, 赵志丹, 董国臣, 周长勇. 2009. 冈底斯中北部晚侏罗世—早白垩世地球动力学环境: 火山岩约束. 岩石学报 22(3): 534 ~ 546.
- 朱弟成, 莫宣学, 赵志丹, 许继峰, 周长勇, 孙晨光, 王立全, 陈海红, 董国臣, 周肃. 2008. 西藏冈底斯带措勤地区则弄群火山岩锆石 U-Pb 年代学格架及构造意义. 岩石学报 24(3): 401 ~ 412.
- Baker B H. 1978. Continental rifting: progress and outlook. Eos, Trans. Am. Geophys. Union 1981 62: 585 ~ 586.
- Coulton C, Maluski H, Bollinger C, et al. 1986. Mesozoic and Cenozoic volcanic rocks from central and southern Tibet:  $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  dating, petrological characteristics and geodynamical significance. Earth and Planetary Science Letters 79: 281 ~ 302.
- Halls H C. 1987. Dyke swarms and continental rifting: some concluding remarks. Mafic Dyke Swarms. Halls H C and Fahrig W F. Geological Association of Canada Special Paper 34: 5 ~ 24.
- Harris N B W, Inger S and Xu R. 1990. Cretaceous plutonism in Central Tibet: An example of post-collision magmatism. Journal of Volcanology and Geothermal Research 44: 21 ~ 32.
- Graery P A. 1995. Recognition, interpretation and classification of unconformities in carbonate sequences. Sedimentary Geology 90(10): 97 ~ 121.
- Krapez B. 1996. Sequence-stratigraphic concept applied to identification of basin-filling rhythms in Precambrian successions. Australian Journal of Earth Science 43(5): 355 ~ 380.
- Muller D, Rock N M and Groves D I. 1992. Geochemical discrimination between shoshonitic and potassic volcanic rocks in different tectonic settings: A pilot study. Mineral. Petrol. 46: 259 ~ 289.
- Pearce J A and Mei H J. 1988. Volcanic rocks of the 1985 Tibet Geotraverse: Lhasa to Golmud. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A, Mathematical and Physical Sciences 327(1594): 169 ~ 201.

## The Evidence of Earth Dynamic Background Conversion in the North—Central Gangdese and Its Adjacent Regions during Middle Jurassic—Early Cretaceous

LI Fenqi, LIU Wei, ZHANG Shizheng, LI Yong

Chengdu Institute of Geology and mineral resources, Chengdu 610081

**Abstract:** Based on the analysis of the unconformity internal Jurassic to Lower Cretaceous, the characteristics of sedimentary deformation metamorphism and magmatic activity at that time in the North—Central Gangdese and its adjacent area, the paper first proposes that the North—Central Gangdese was being arc basin system in Early—Middle Jurassic. Southern Qiangtang block collided with the Gangdese terrane from Middle Jurassic to the early stage of Early Cretaceous, thrust activities took place strongly and produced foreland basins in Bangong—Nujiang zone and Shiquanhe—Jiali zone at the same time. The North—Central Gangdese and its adjacent area was being postorogenic environment in Middle—Late Cretaceous, meanwhile, mantle material upwelling and convection, produced extensional volcano—sedimentary basins which superimposed on the North—Central Gangdese—southern Qiangtang collisional orogenic belt, magma intrusion activities was strongest than before. The superimposed basin recorded the two evolution stages of early volcano rift and late depression, they resulted respectively from mantle material upwelling and its cooling depression. The conclusion has important significance for the Mesozoic tectonic evolution of Southern Xizang (Tibetan) plateau.

**Key words:** Jurassic—Lower Cretaceous; unconformity; arc—basin system; foreland basin; rift basin; North—Central Gangdese