

文章编号: 1009-3850(2006)04-0025-08

班公湖-怒江结合带西段中特提斯多岛弧构造演化

曹圣华^{1,2}, 邓世权², 肖志坚², 廖六根²

(1. 中国地质大学 地球科学学院, 湖北 武汉 430074; 2. 江西省地质调查研究院, 江西 南昌 330030)

摘要: 本文根据 1:25 万地质填图成果, 将班公湖-怒江结合带西段弧-盆系时空结构自北向南划分为五峰尖-拉热拉新晚侏罗世—早白垩世陆缘火山-岩浆弧带、班公湖蛇绿混杂岩北、南亚带和昂龙岗日-班戈白垩纪—始新世岩浆弧带等, 初步认为中特提斯洋经历了三叠纪—早侏罗世扩张, 中—晚侏罗世往北、南双向俯冲, 晚三叠世—早白垩世残余洋(海)盆和早—晚白垩世陆-弧(陆)碰撞等演化阶段。

关键词: 班公湖-怒江结合带; 中特提斯; 多岛弧-盆系; 构造演化; 西藏

中图分类号: P542 **文献标识码:** A

班公湖-怒江结合带横亘于青藏高原中南部, 在西藏境内长 2800 km, 宽 5 ~ 50 km, 是一条巨型结合带。它以改则、丁青为界可分三段, 沿走向上各段蛇绿岩所代表的洋壳形成与消亡时间不同、俯冲方向不同。西段蛇绿岩以班公湖、拉果错及洞错为代表, 岩体群构造侵位于木嘎岗日岩群中, 并被下白垩统郎山组灰岩不整合覆盖。蛇绿岩可能形成于中、晚侏罗世之前, 经历了早中侏罗世与晚白垩世二次构造侵位作用。班公湖-怒江结合带处于古特提斯构造域与中特提斯构造域转换承接区^[1]。两者是如何转换的? 中特提斯洋是何时开始扩张的? 由于藏北地区研究程度低, 这些问题和冈瓦纳大陆的北界, 一直是青藏高原地质研究中争议的焦点。

2000—2004 年, 笔者等人在参加 1:25 万区调填图过程中, 根据研究区沉积事件、岩浆事件和变质变形事件等地质记录及同位素定年资料, 对该结合带西段及其南侧的中生代弧-盆系时空结构与演化规律作了初步总结^[2~4]。本文在此基础上, 通过分析班公湖蛇绿混杂岩带的时空结构和班-怒带南、北两侧构造单元地质特征的差异, 进一步探讨了班公湖-怒江结合带西段中特提斯构造演化过程。

1 各构造单元的岩石组成及其特征

班公湖地区中特提斯洋于中—晚侏罗世存在向北、往南双向俯冲作用, 其南侧类似于现代东南亚西太平洋多岛弧-洋盆体系, 而北侧与现代东太平洋陆缘弧型大陆边缘相似。因此, 区内自北向南形成了由五峰尖-拉热拉新晚侏罗世—早白垩世陆缘火山-岩浆弧带、班公湖-怒江结合带(中特提斯洋盆)和昂龙岗日-班戈白垩纪—始新世岩浆弧带等组成的弧-盆系时空结构。

1.1 班公湖蛇绿混杂岩带

该带位于结合带西段的班公湖蛇绿混杂岩带, 是中生代特提斯洋消亡的遗迹。蛇绿混杂带内部结构较复杂。根据蛇绿构造混杂岩的空间展布、物质组成、构造变形等地质特征, 结合新发现的龙泉山、麦克尔、拉木吉雄和茶罗等蛇绿混杂岩体(片), 以研究区中部日土县嘎公拉钦娃-巴尔琴断裂带为界, 将班公湖带内部结构划分为南、北两条亚带(图 1)。

1. 班公湖蛇绿混杂岩南亚带

南亚带为原班公湖蛇绿混杂带的主体部分, 呈北西西向展布于柴朱日、茶罗、界哥拉、热邦错一线,

收稿日期: 2006-08-21;
第一作者简介: 曹圣华, 1967 年生, 高级工程师, 硕士研究生, 主要从事区域地质、矿产调查及研究工作。
资助项目: 中国地质调查局“1:25 万邦多区幅、措麦区幅、羌多幅、日土县幅、喀纳幅(国内部分)区域地质调查”。

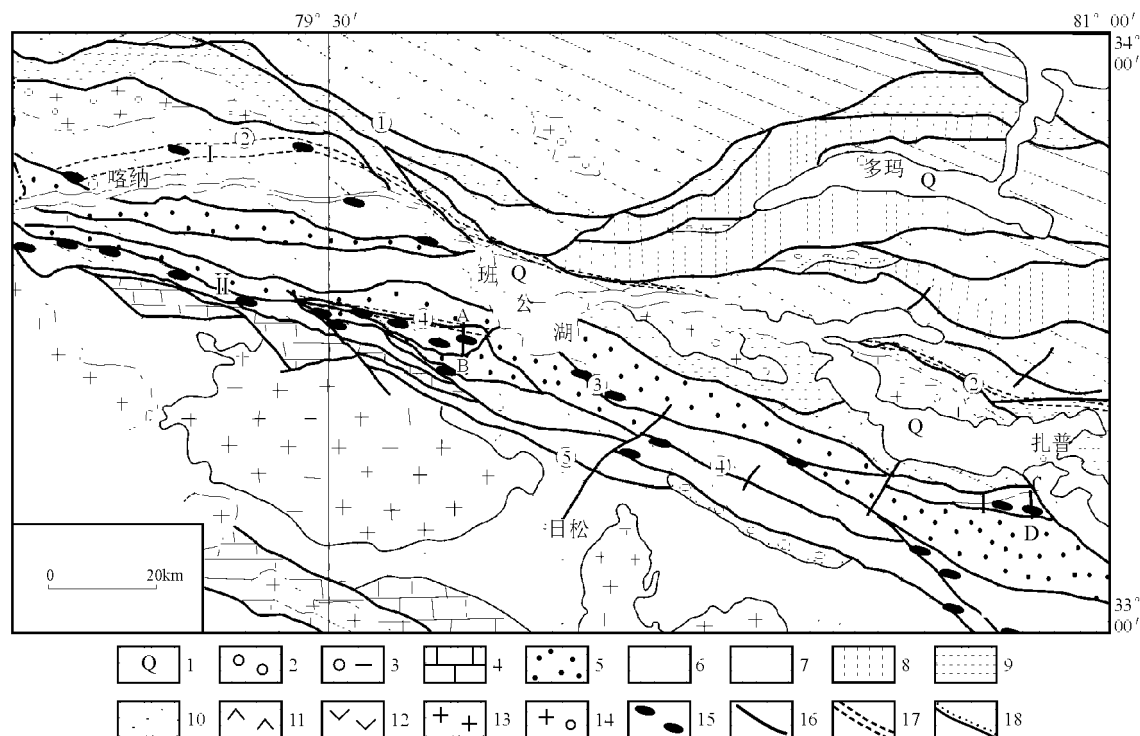


图1 西藏班公湖地区地质构造简图

1. 第四系; 2. 古近系牛堡组; 3. 下白垩统欧利组; 4. 下白垩统多尼组、郎山组; 5. 上侏罗—下白垩统沙木罗组; 6. 中—上侏罗统接群; 7. 下—中侏罗统木嘎岗日岩群; 8. 下—中侏罗统色洼组、莎巧木组; 9. 上三叠统日干配群; 10. 上古生界; 11. 古近系火山岩; 12. 上侏罗统火山岩; 13. 晚白垩—始新世花岗岩; 14. 早白垩世花岗岩; 15. 蛇绿混杂岩; 16. 断裂带; 17. 韧性剪切带; 18. 角度不整合。①. 工普—多玛断裂带; ②. 喀纳—扎普剪切带; ③. 班公湖右行平移断裂带; ④. 嘎公拉钦娃—巴尔琴断裂带; ⑤. 日土—热邦错断裂带。I. 班公湖带北亚带; II. 班公湖带南亚带

Fig. 1 Simplified geological and structural map of the Bangong Lake area in Xizang

1= Quaternary; 2= Paleogene Niubao Formation; 3= Lower Cretaceous Ouli Formation; 4= Lower Cretaceous Duoni and Langshan Formations; 5= Upper Jurassic—Lower Cretaceous Shamuluo Formation; 6= Middle—Upper Jurassic Jienu Group; 7= Lower—Middle Jurassic Mugar Kangri Group Complex; 8= Lower—Middle Jurassic Sewa and Shaqiaomu Formations; 9= Upper Triassic Rigain Punco Group; 10= Upper Palaeozoic; 11= Paleogene volcanic rock; 12= Upper Jurassic volcanic rock; 13= Late Cretaceous—Eocene granite; 14= Early Cretaceous granite; 15= ophiolitic mélange; 16= fault; 17= ductile shear zone; 18= angular unconformity. ① Gongpu-Doima fault; ② Kana-Zapug shear zone; ③ = Bangong Lake right-lateral strike-slip fault; ④ = Gagonglaqinwa-Barqin fault; ⑤ = Rutog-Rabang fault. I = northern subzone of the Bangong Lake ophiolitic mélange zone; II = southern subzone of the Bangong Lake ophiolitic mélange zone

南北宽2~10km, 两侧为断裂所限。宏观上, 混杂带北侧主体由蛇纹质混杂岩体构成, 南侧为木嘎岗日群泥砂质混杂岩带, 两者接触界面为韧性剪切带。微观上, 蛇绿岩与砂、泥(板)岩互相混杂, 区别在于前者以蛇绿岩为基质, 后者以砂板岩为基质。西段蛇绿岩套成员发育齐全; 东段零星出露于木嘎岗日群砂泥质混杂带中, 蛇绿岩套成员在各地出露不全。

南亚带蛇绿岩层序以日土嘎公拉钦娃剖面(图2)出露较全, 通过对不同类型的蛇绿混杂岩片按正常蛇绿岩层序重新组合排列, 恢复的蛇绿岩层序综合剖面自下而上为:

(1)超镁铁质岩: 以强蛇纹石化斜辉橄榄岩为

主, 少部分纯橄岩、二辉橄榄岩、橄榄辉石岩; 出露宽度30~302m, 一般呈大小不等的碎块与辉长岩、灰岩岩块混杂一起; 在嘎公拉钦娃剖面第2、8层中见磁铁矿、铬尖晶石矿石。

(2)堆积岩: 在剖面上出露宽约30m; 层状蛇纹石化斜辉橄榄岩和层状角闪辉长岩; 区域上见辉长岩发育由斜长石、辉石含量变化显示暗色、浅色相间的层状构造。

(3)辉长岩岩墙群: 在嘎公拉钦娃南部较发育, 出露宽约540m; 单个岩墙一般宽0.8~2.5m, 往往彼此平行, 密集分布, 主要穿插于(超)镁铁质岩中, 大部分构造剪切变形成长透镜状分布。

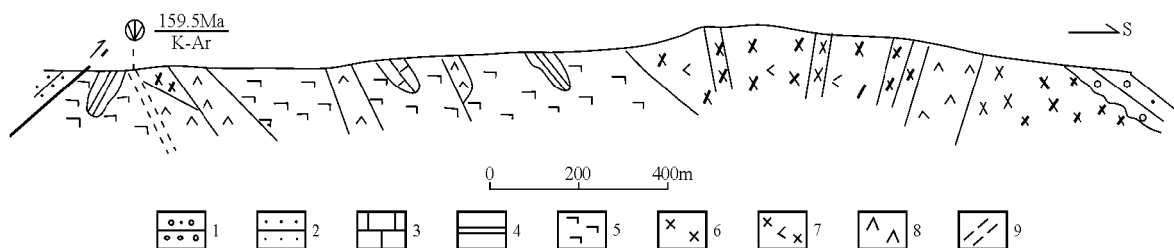


图2 西藏日土县嘎公拉钦娃蛇绿混杂岩剖面图

1. 上白垩统竟柱山组砾岩; 2. 上侏罗—下白垩统沙木罗组砂岩; 3. 上古生界灰岩岩块; 4. 紫红色硅质岩; 5. 细碧质玄武岩; 6. 辉长辉绿岩; 7. 角闪辉长岩; 8. 橄榄岩; 9. 剪切带(剖面位置见图1中A-B)

Fig. 2 Cross-section through the ophiolitic mélanges in Gagonglaqinwa, Rutog, Xizang

1= Upper Cretaceous Jingzhusan Formation conglomerate; 2= Upper Jurassic—Lower Cretaceous Shamuluo Formation sandstone; 3= Upper Palaeozoic limestone; 4= purplish red siliceous rock; 5= spilitic basalt; 6= gabbro-diabase; 7= bojite; 8= peridotite; 9= shear zone (See A—B in Fig. 1 for the studied section)

(4) 镁铁质熔岩: 可分为块状熔岩和枕状熔岩, 岩石类型有玄武岩、蚀变玄武岩、苦橄玄武岩和玄武质细碧岩等, 出露宽度198~487m, 主要混杂有大小不等的硅质岩、辉长岩、灰岩岩块。

(5) 深海—一半深海沉积: 以紫红色硅质岩为主, 剖面上的硅质岩主要呈数十厘米至数米的岩块产于玄武岩、灰岩中, 但在区域上可出露近百米。

在嘎公拉钦娃剖面南端见由石榴二云石英片岩和辉长岩质糜棱岩组成的韧性剪切带, 产状总体往南倾, 其南侧(上盘)为较完整的蛇绿岩层序组合, 北侧(下盘)为苦橄玄武岩、玄武岩夹紫红色硅质岩组成的深海沉积物, 具有许志琴等(1999)提出的雅鲁藏布江“洋内型”剪切带^[5]的特点。在片岩白云母中获K-Ar法年龄 $159.5 \pm 1.6\text{Ma}$ (由中国地震局地质与地球物理研究所测定), 可能代表洋内俯冲的变形变质事件。

2. 班公湖蛇绿混杂岩北亚带

北亚带位于班公湖北岸麦克尔、拉木吉雄、查拉木、巴尔穷北一线, 出露宽10~25km, 呈北西西向展布。西段在喀纳一线, 混杂岩带总体表现为砂泥质构造混杂岩带, 由一系列东西向韧性剪切片理化带夹蛇纹岩、大理岩、砂岩透镜体组成; 剪切片理产状主要倾向北、北东, 并伴有倾向北、北东的中高角度逆冲断层发育。在龙泉山一线, 蛇绿混杂岩岩片长约4km, 宽1~2km。岩性为蛇纹岩、糜棱岩化蛇纹岩、辉长岩、辉绿玢岩及细碧岩等; 基质为绿泥绢云母板岩、岩屑砂岩、大理岩夹细碧岩、角斑岩等。板岩中产早—中侏罗世孢粉。在麦克尔, 混杂岩带主体由灰色片理化千枚状板岩、灰黑色片理化中厚层状生物碎屑砂屑灰岩夹细粒岩屑石英砂岩、糜棱岩

化灰岩、辉绿岩、杏仁状玄武岩及硅质岩块体等组成; 灰岩中产早二叠世珊瑚, 未见超基性岩。在班公湖南岸由一系列韧—脆性断裂带、剪切带夹由木嘎岗日群、沙木罗组构成的弱应变域组成, 零星出露蛇绿质混杂岩。东段蛇绿混杂岩零星出露于查拉木、界哥拉、巴尔穷等地, 多被沙木罗组不整合覆盖或与其呈断层接触。

北亚带蛇绿岩层序以日土县巴尔穷蛇绿(混杂)岩剖面(图3)出露较全, 剖面中部由蛇绿岩套中下部的变质橄榄岩、橄榄辉长岩、辉长岩岩墙群和层状辉长岩组成; 而两侧混杂岩中则夹有较多的硅质岩、灰岩外来岩块, 枕状玄武岩不太发育。

总之, 班公湖带南、北两条亚带的蛇绿岩层序及成因存在明显差异, 即南亚带层序发育较全, 多形成于洋中脊环境^[9], 而北亚带蛇绿岩被构造肢解变形要强于南亚带, 成因多为洋岛环境^[9]; 且在物质组成、地质结构上有明显差异, 即北亚带主体为砂泥质混杂带, 南亚带主体为蛇绿质混杂带。

1.2 班-怒带南、北两侧构造单元地质特征

1. 南羌塘陆块南缘五峰尖-拉热拉新晚侏罗—早白垩世火山-岩浆弧带

该带呈近北西西向展布于研究区中部红柳沟、五峰尖、拉热拉新、埃永错一线, 东段受北西向班公湖断裂带错动。北以尼亚格祖-野马滩-吉普断层与南羌塘断隆带为界, 东以班公湖断裂与南羌塘拗陷带为界, 南以喀纳-扎普断裂与班公湖蛇绿混杂岩带为邻。沿带有晚侏罗世火山岩和大规模的早白垩世花岗岩呈北西西向产出, 构成火山-岩浆弧带的主体。

火山岩 SiO_2 为45.04%~59.21%, δ 为1.45~

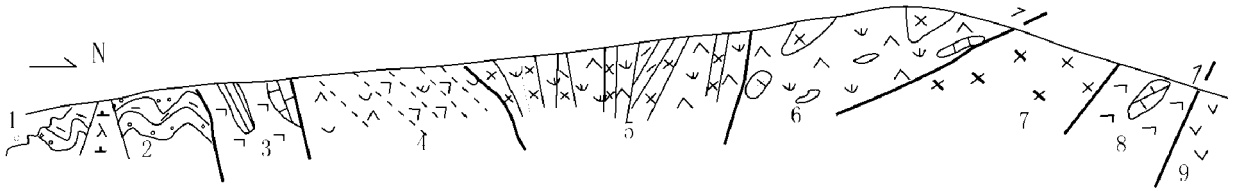


图3 西藏日土县巴尔穷蛇绿混杂岩剖面图

1. 沙木罗组砾岩; 2. 木嘎岗日岩群砂板岩; 3. 细碧质玄武岩夹硅质岩、灰岩岩块; 4. 蛇纹石化橄榄岩; 5. 层状蛇纹石化橄榄岩与辉长岩, 辉长岩墙群; 6. 碎裂蛇纹岩夹辉长岩、灰岩岩块; 7. 辉长岩; 8. 玄武岩夹灰岩岩块; 9. 古近系安山岩(剖面位置见图1中C-D)

Fig.3 Cross-section through the ophiolitic mélanges in Barqiong, Rutog, Xizang

1= Shamuluo Formation conglomerate; 2= Mugar Kargri Group Complex sandstone and slate; 3= spilitic basalt intercalated with siliceous rock and limestone; 4= serpentinized peridotite; 5= stratified serpentinized peridotite and gabbro, and gabbro dyke swarm; 6= cataclastic serpentinite intercalated with gabbro and limestone; 7= gabbro; 8= basalt intercalated with limestone; 9= Paleogene andesite (See C-D in Fig. 1 for the studied section)

6. 35. 总体属中性岩的钙碱性岩类的安山岩类, 从早到晚具有拉斑玄武岩系列向钙碱性系列到碱性系列演化的特点。火山岩岩石化学性质反映了岛弧发生—发展—成熟的完整过程^[7]。早白垩世中酸性侵入岩岩性主要有黑云闪长岩、石英二长闪长岩、石英二长岩等, 同位素年龄为 $120.9 \sim 138.3 \pm 6.91\text{Ma}$, 个别 192Ma 。侵入岩 SiO_2 含量逐渐增高, 由中性岩向酸性岩演化; $(\text{A/CNK})=0.82 \sim 6.89$, 均小于1, 为次铝型花岗岩质; $\delta=2.65 \sim 3.41$, 属钙碱性岩闪长岩类—二长岩类。在 R_1-R_2 图解^[7]中, 早期闪长岩—花岗闪长岩类样点大部分落入板块碰撞前区及其边界附近, 少部分落入造山晚期区(4区)和碰撞后的抬升区(3区); 而晚期花岗岩类多投入同碰撞区(6区)和后造山区(7区)。上述特征说明其岩浆作用经历了较长的构造演化过程: 早期(石英)闪长岩—花岗闪长岩类是在晚侏罗—早白垩世时中特提斯洋向北俯冲、并与南羌塘陆块碰撞所形成的岩浆弧型花岗岩; 晚期花岗岩类是在班公湖—怒江中特提斯洋向北俯冲碰撞结束后相对松弛阶段所形成的后造山型花岗岩, 两者与晚侏罗世火山岩构成陆缘火山—岩浆弧带。

该带与喀纳—扎普(被动陆缘)褶皱—冲断带相互叠加改造, 是一条长达200多公里的剪切逆冲推覆构造带, 构造—岩浆活动强烈, 成矿地质条件十分有利。因此, 它是班公湖—怒江结合带北部一条重要的构造—岩浆成矿带, 属于俯冲造山成矿系统, 沿带已发现梅花山、扎普、材玛、弗野等铁、铜多金属矿(化)点^[8]。

2. 冈底斯陆块北缘昂龙岗日—班戈白垩—古近纪岩浆弧带

该带北侧以班公湖—怒江结合带为界, 南侧为狮

泉河—申扎结合带, 介于噶尔—古昌—吴如错断裂和斯潘古尔—日土—热邦断裂之间。在岩浆弧带的中部和东部都曾有三叠纪、晚侏罗—早白垩世岛弧型花岗岩报道, 表明冈底斯陆块在三叠纪晚期曾发生广泛的岛弧造山作用, 而晚侏罗—早白垩世岩体则与中特提斯洋壳在侏罗纪期间向南的俯冲作用有关^[9]。

岩体侵入于侏罗纪—早白垩世地层中, 岩石化学特征反映成因类型属岩浆弧型花岗岩, 物质来源为幔壳混熔或下地壳物质部分熔融所形成的“I”型花岗岩。在 R_1-R_2 图解(图4)中, 一部分样点较

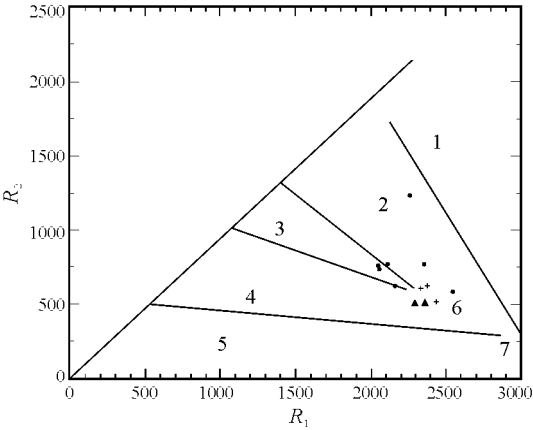


图4 研究区晚白垩世花岗岩 R_1-R_2 图解(据 Batchelor 和 Bowden, 1985)

● 闪长岩类; + 花岗岩类; ▲ 花岗闪长岩类。1. 地幔分异; 2. 板块碰撞前; 3. 碰撞后抬升; 4. 造山晚期; 5. 非造山; 6. 同碰撞期; 7. 造山后

Fig.4 R_1-R_2 diagram for the Late Cretaceous granites in the study area (after Batchelor and Bowden, 1985)

● Diorites; + Granites; ▲ Granodiorites. 1= mantle fractionates; 2= pre-plate collision; 3= post-collision uplift; 4= late orogenic; 5 = anorogenic; 6= syn- collision; 7= post-orogenic

为集中地投入同碰撞区(6区),一部分造山期后区(7区)。区域上,岩体空间展布受北西西向断裂控制,部分岩体外接触带发育剪切片理化带。在双向剪切状俯冲挤压碰撞造山过程中,相继发育了同碰撞型花岗岩和后造山型花岗岩,并伴有岛弧地壳挤压收缩和剪切应变形成的复杂变形构造。

2 构造演化

2.1 古特提斯与中特提斯的演化关系

在综合分析前人成果的基础上,根据班-怒带南、北两侧大陆边缘古特提斯地层沉积特征的差异,笔者初步认为中特提斯演化是在古特提斯多岛弧-盆系基础上发展起来的,班公湖地区晚古生代处于古特提斯多岛弧-盆系构造环境,主要依据为:

第一,该区北西角尼亚格祖新发现了中泥盆世石英闪长岩质初糜棱岩(获单矿物锆石U-Pb法同位素年龄 $381\pm39\text{Ma}$)和志留系擦蒙组、展金组夹中基性火山岩。双湖一带有二叠系枕状玄武岩的大片出露,擦蒙—展金一带的砂板岩夹多层中基性熔岩和凝灰岩,其间存在以前泥盆系阿木岗群为代表的岛链状陆块分隔,这些特征反映古特提斯洋存在以残余弧为基底的多岛弧-盆系统^[19]。因此,与区域构

造资料对比说明,尼亚格祖岩体和志留纪地层(软基底)构成的地质体可能代表古特提斯多弧-盆系统中残余弧的一部分。第二,该区未发现代表中特提斯洋早期扩张事件的一套裂谷型粗碎屑陆源建造,火山陆源建造及含盐沉积建造(上三叠统确哈拉群);相反在班-怒带北侧却发现裂谷型火山岩(日干配错群),班-怒带南侧晚三叠—早侏罗世花岗岩也可能代表班公湖-怒江洋盆向南的早期俯冲事件^[9]。这些特征说明中特提斯洋扩张可能早于晚三叠世,晚三叠世—中侏罗世应该是洋壳形成的主要时期。因此,中特提斯演化可能跨越了古特提斯演化阶段。第三,受古特提斯洋消亡影响,该区石炭—二叠纪地层经历了第一期褶皱变形,以层理为变形面,形成近东西向紧闭同斜倒转复式褶皱,发育透入性轴面劈理;同时伴有低级区域变质作用;上二叠统吉普日阿组底部粗碎屑岩建造可能是这次碰撞造山运动的产物。

2.2 中特提斯演化

综上所述,该区中特提斯洋演化经历了4个阶段(表1,图5)。

1. 三叠纪—早侏罗世:中特提斯洋扩张阶段
中特提斯洋壳以班公湖蛇绿岩为代表,洋盆南

表1 班公湖-怒江中特提斯洋盆与南、北大陆边缘各演化阶段建造对比表
Table 1 Correlation of the formations during individual evolutionary stages of northern Gangdise, Bangong Lake Nujiang suture zone and southern South Qiangtang

演化阶段		冈底斯陆块北缘	班公湖-怒江结合带	南羌塘陆块南缘
中特提斯演化阶段	弧-陆碰撞阶段	俯冲碰撞型花岗岩($81.89\pm1.02\text{Ma}$) ^①	陆相磨拉式盆地(K_2)	后造山-同碰撞型花岗岩 陆相磨拉式盆地(K_2)
	残余海(洋)盆阶段	多岛弧-洋盆体系 弧前盆地(J_2-K_1):复理石-类复理石建造	残余洋(海)盆(J_3-K_1) (粗)碎屑岩-碳酸盐岩 细碧质玄武岩($102.5\pm2.9\text{Ma}$) ^⑥ -硅质岩	
	双向俯冲阶段	岛弧型花岗岩(154.9Ma) ^② 岛弧型火山岩(J_2-K_1) 弧后小洋盆(J_2-K_1): 复理石建造夹火山岩-碳酸盐建造、蛇绿质消减杂岩建造	洋壳消减(J_{23}) 中高压变质($159.5\pm1.6\text{Ma}$) ^③	安第斯型活动大陆边缘 陆缘弧型火山岩夹沉积-火山岩系(J_3) 岛弧型花岗岩($138.3\pm6.9\text{Ma}$) ^⑤
	扩张阶段	安第斯型大陆边缘 剥蚀区($T-J_1$)	成熟洋壳:深海—半深海沉积(J_{1-2})和海山碳酸盐岩MORB型和洋岛型火山岩同时发育阿尔卑斯型镁铁质—超镁铁质岩组合($191\pm22\text{Ma}$) ^④	被动大陆边缘沉积(T_{1-2} , T_3-J_2):碳酸盐岩、碎屑岩建造夹大陆裂谷型火山岩(200.5Ma) ^⑥

① 黑云母 K-Ar 法,引自西藏 1:25 万日土县幅报告(2004);② 锆石 U-Pb 法,引自西藏 1:25 万邦多区幅报告(2002);③ 白云母 K-Ar 法,引自西藏 1:25 万日土县幅报告(2004);④ Sm-Nd 等时线法^[11];⑤ Rb-Sr 等时线法,引自西藏 1:25 万日土县幅报告(2004);⑥ 全岩 K-Ar 法,引自西藏 1:25 万日土县幅报告(2004)。

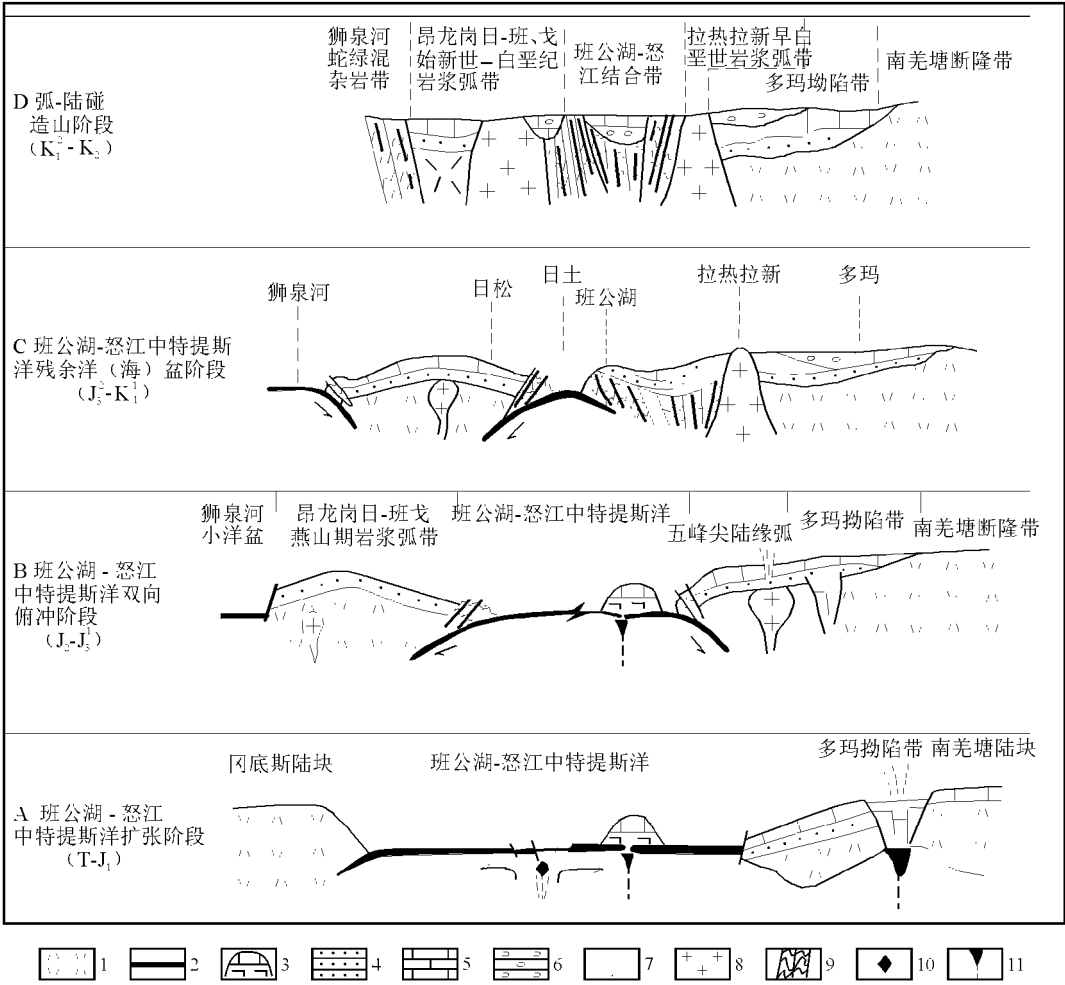


图5 班公湖-怒江中特提斯洋构造演化示意图

1. 陆壳; 2. 洋壳+深海沉积; 3. 洋岛和海山; 4. 大陆边缘沉积; 5. 台地沉积; 6. 磨拉石沉积; 7. 陆缘弧+板内火山岩; 8. 中酸性侵入岩; 9. 蛇绿混杂岩; 10. 洋中脊岩浆房; 11. 地幔柱

Fig. 5 Sketches to show the tectonic evolution of the Meso-Tethys in the Bangong Lake-Nujiang suture zone

1= continental crust; 2= oceanic crust + deep-sea deposits; 3= oceanic island and seamount; 4= epicontinental deposits; 5= platform deposits; 6= molasse deposits; 7= epicontinental arc + intraplate volcanic rock; 8= intermediate to acidic intrusive rock; 9= ophiolitic mélanges; 10= mid-oceanic ridge magma chamber; 11= mantle plume

缘位于冈底斯陆块北缘剥蚀区, 缺失三叠纪一早侏罗世沉积。北部早—中三叠世沉积继承了晚二叠世的沉积特点, 接受了一套碳酸盐沉积。沉积物以泥晶灰岩、生物碎屑灰岩为特征, 局部可夹有少量碎屑岩和中细砾岩, 偶见有粗玄岩和含放射虫硅质岩, 显示在区域上有水体深浅的变化, 总体属局限滞流浅海碳酸盐台地相沉积。上三叠统日干配错群下部为砾岩、砂砾岩与大陆拉斑玄武岩、安山岩组合, 玄武岩K-Ar法同位素年龄值为200.5Ma, 代表了大陆裂谷早期的粗碎屑陆源火山岩建造; 上部为碳酸盐与碎屑岩组合。早中侏罗世时, 裂谷进一步扩张, 进入新的海侵阶段(图5A)。

2. 中侏罗世—晚侏罗世早期: 中特提斯洋双向俯冲阶段

中侏罗世, 班公湖-怒江洋继续向南俯冲消减于冈底斯陆块之下, 形成类似于现代东南亚西太平洋多岛弧-洋盆体系构造环境(图5B)。班戈-昂龙岗日侏罗—白垩纪岩浆弧带内出现了中晚侏罗世早期岛弧型钙碱性火山岩, 并有花岗闪长岩侵入(如班戈岩体^[1]、邦多区幅文部岩体^[3]), 该岩浆弧带南侧为狮泉河-永珠(阿索)弧后小洋盆。该区北部中侏罗世仍为正常的陆缘浅海环境; 晚侏罗世, 洋盆向北消减开始形成五峰尖-拉热拉新晚侏罗—早白垩世火山岩浆弧带。

洋盆消减的另一标志是,在日土嘎公拉钦娃剖面上,见由石榴二云石英片岩和辉长岩质糜棱岩组成韧性剪切带产状总体往南倾,其南侧(上盘)为较完整的蛇绿岩层序组合,北侧(下盘)为苦橄玄武岩、玄武岩夹紫红色硅质岩组成的深海沉积物,具有许志琴等(1999)提出的雅鲁藏布江“洋内型”剪切带的特点。在片岩获白云母K-Ar法年龄 $159.5 \pm 1.6\text{Ma}$,可代表洋内俯冲的变形变质事件。该年龄值和昂龙岗日-班戈岛弧火山岩浆活动的高峰期相当(如文部岛弧型花岗岩锆石U-Pb法年龄值为 $154.9\text{Ma}^{[3]}$),反映中特提斯洋由扩张转向萎缩,俯冲与岛弧岩浆活动属同一构造事件。

3. 晚侏罗世—早白垩世早期:中特提斯残余洋(海)盆阶段

洋盆继续消减并在其洋中脊处发生断开,导致了向南的洋内俯冲,并使其南侧演化为晚侏罗—早白垩世残余洋(海)盆(图5C)。洋内俯冲的依据,一是班公湖蛇绿混杂带南侧不发育晚侏罗—早白垩世岩浆弧带;二是在班公湖蛇绿岩带与狮泉河蛇绿岩带之间的火山岩中识别出玻安岩(高镁安山岩)^[11],与玻安岩一起产出的岩石组合是方辉橄榄岩-岛弧拉斑玄武岩-玻安岩,常常代表初始俯冲时的不成熟的洋内岛弧;三是“洋内型”剪切带的厘定。该区残余洋盆特征是范围小(仅限于南部)、洋壳时代偏新,如日土柴朱日枕状玄武岩的K-Ar法年龄值为 $102.5 \pm 2.9\text{Ma}$ (可能偏新),紫红色硅质岩的放射虫时代为晚侏罗—早白垩世。

洋盆向北消减形成混杂岩北亚带,消减杂岩增生楔与五峰尖-拉热拉新火山岩浆弧带之间由弧前盆地演化为残余海盆地,沉积物来源于南北两侧蛇绿混杂岩体和火山弧,其杂砂岩的岩石化学和稀土元素特征显示出活动大陆边缘的构造背景。洋盆消减导致早白垩世陆缘弧型花岗岩侵位,拉热拉新岩体同位素年龄为 $120.9 \sim 138.3 \pm 6.9\text{Ma}$,这一侵位时间大致与洋盆向北消减时期相当。

4. 早白垩世晚期—晚白垩世:弧-陆碰撞造山阶段

早白垩世晚期,班公湖残余洋盆向南俯冲,同时,南侧狮泉河小洋盆也向北俯冲消减,冈底斯陆块与南羌塘陆块发生陆-陆碰撞,形成蛇绿混杂岩南亚带、早白垩世晚期残留海盆地和日松晚白垩世岩浆弧带(图5D)。残余洋盆消亡后,该区南部向残留海盆地演化,以多尼组、郎山组沉积为代表,分布在日松晚白垩世岩浆弧带南北两侧。

晚白垩世,在陆-陆碰撞后续的陆内俯冲挤压构造环境下,残余海盆地消亡,海水完全退出该区,进入陆内造山阶段。竟柱山组下部陆相磨拉石建造广泛不整合于早白垩世地层之上,亦是陆内造山运动的沉积效应。造山运动伴随一系列构造变形组合,逆冲断层、韧性剪切带和叠加褶皱、剪切褶皱十分发育。

3 结论与讨论

(1)位于班公湖-怒江结合带西段的班公湖蛇绿混杂岩带是中生代特提斯洋消亡的遗迹,它经历了T-J₂扩张, J₂-J₃往北、南双向俯冲, J₃-K₁残余洋(海)盆和 K₂-E₂陆-弧(陆)碰撞等构造演化阶段。

(2)从本文所讨论的西段中特提斯洋盆及其两侧大陆边缘形成演化史分析,中特提斯洋盆俯冲、消减、碰撞过程经历一个较完整的威尔逊旋回。每一阶段都有相应的构造岩石组合系列,在空间上展布相当纷繁,随着时间演化,横向上迁移,垂向上转化。但是,中特提斯洋是何时开始扩张的?目前已有的资料说明洋壳形成时代为侏罗纪—早白垩世,很可能代表残余洋盆时代。其次,威尔逊旋回每个阶段时限在洋盆不同部位往往是重叠的^[12]。研究区碰撞造山阶段从晚侏罗世已开始,而残余洋盆仍持续到早白垩世晚期;碰撞造山也是一个脉冲挤压缩短过程,除在前陆形成磨拉式沉积外,在结合带上,碰撞后持续一段时间,主洋盆封闭后还保留残余海盆,其中充填了滨海沉积(该区沙木罗组上段、多尼组和郎山组),到晚白垩世才全部转入陆内造山阶段。

参考文献:

- [1] 潘桂棠,李兴振,王立全,等.青藏高原及邻区大地构造单元初步划分[J].地质通报,2002,21(11):701-707.
- [2] 谢国刚,邹爱建,袁建芽,等.邦多区幅、措麦区幅地质调查新成果及主要进展[J].地质通报,2004,23(5-6):498-505.
- [3] 曹圣华,罗小川,唐峰林,等.班公湖-怒江结合带南侧弧-盆系时空结构与演化特征[J].中国地质,2004,31(1):51-56.
- [4] 刘庆宏,肖志坚,曹圣华,等.班公湖-怒江结合带西段多岛弧盆系时空结构初步分析[J].沉积与特提斯地质,2004,24(3):15-21.
- [5] 许志琴,张建新,徐惠芳.中国主要大陆山链韧性剪切带及动力学[M].北京:地质出版社,1997.
- [6] 曹圣华,廖六根,邓世权,等.西藏班公湖蛇绿岩组合层序、地球化学及成因研究[J].沉积与特提斯地质,2005,25(3):.
- [7] 廖六根,曹圣华,肖业斌,等.班公湖-怒江结合带北侧陆缘火山-岩浆弧带的厘定及其意义[J].沉积与特提斯地质,2005,25(1-2).

- [8] 冯国胜, 廖六根, 陈振华 等. 西藏西部日土县玛铁多金属矿地质特征及找矿意义[J]. 地质通报, 2006, 25(1—2): 267—272.
- [9] 廖忠礼, 莫宣学, 潘桂棠 等. 西藏南部过铝花岗岩的分布及其意义[J]. 沉积与特提斯地质, 2003, 23(3): 12—19.
- [10] 潘桂棠, 陈智梁, 李兴振, 等. 东特提斯地质构造形成演化[M]. 北京: 地质出版社, 1997.
- [11] 邱瑞照, 蔡志勇, 李金发. 青藏高原西部蛇绿岩中玻安岩(boninite)及其地质意义[J]. 现代地质, 2004, 18(3): 305—307.
- [12] 钟大赉 等. 滇川西部古特提斯造山带[M]. 北京: 科学出版社, 1998, 107—215.
- [13] CHEN C S, PAN G T, RATSCHBACHER L, *et al.* Cenozoic deformation in Southern Tibet [J]. *Geowissenschaften*, 1996, 14: 7—8.
- [14] GIRARD M, BRSSY F. Late Pan-African magmatism in the Himalaya: new geochronological and geochemical data from the Ordovician Tso Moriri metagranites (Ladakh, NW India) [J]. *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.*, 1999, 79: 399—417.
- [15] MILLER C, THONI M, FRANK W, *et al.* The early Palaeozoic magmatic event in the Northwest Himalaya, India: Source, tectonic setting and age of emplacement [J]. *Geol. Mag.*, 2001, 138(3): 237—251.
- [16] PETER D CLIFT, ROBYN HANNIGAN, *et al.* Geochemical evolution of the Deras-Kohistan arc during collision with Eurasia: evidence from the Ladakh Himalaya, India [J]. *The Island Arc*, 2002, 11: 255—273.

The archipelagic arc tectonic evolution of the Meso-Tethys in the western part of the Bangong Lake-Nujiang suture zone

CAO Sheng-hua^{1,2}, DENG Shi-quan², XIAO Zhi-jian², LIAO Liu-gen²

(1. *Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China*; 2. *Jiangxi Institute of Geological Survey, Nanchang 330030, Jiangxi, China*)

Abstract: The spatial-temporal framework of the arc-basin systems in the western part of the Bangong Lake-Nujiang suture zone may be divided, from north to south on the basis of the results of the 1:250 000 geological mapping, into the Wufengjian-Lareixin Late Jurassic—Early Cretaceous epicontinental volcanic-magmatic arc zone, northern and southern subzones of the Bangong Lake ophiolitic mélange zone, and Nganglong Kangri-Baingoin Cretaceous—Eocene magmatic arc zone. The Meso-Tethyan Ocean once went through the Triassic—Early Jurassic spreading, Middle—Late Jurassic northward and southward bidirectional subduction, Late Triassic—Early Cretaceous residual ocean (sea) basin and Early—Late Cretaceous continent-arc (continent) collision.

Key words: Bangong Lake-Nujiang suture zone; Meso-Tethys; archipelagic arc-basin system; tectonic evolution; Xizang