

巴颜喀拉构造带二叠—三叠纪岩相特征及构造演化

陈守建¹, 李荣社¹, 计文化¹, 赵振明¹, 李国栋¹, 刘荣丽¹, 戴传固², 朱迎堂^{1,3}

1. 西安地质矿产研究所, 陕西西安 710054

2. 贵州省地质调查研究院, 贵州贵阳 550005

3. 成都理工大学地球科学学院, 四川成都 610059

摘要: 特提斯洋的形成与演化问题是青藏高原重大基础地质问题之一, 通过多年的野外观察、分析测试和综合研究, 结合覆盖全区及相邻地区的1:25万区域地质调查资料及其他前人研究成果, 尤其是对巴颜喀拉构造带二叠—三叠纪地层、岩相特征及构造古地理环境进行了系统研究, 并探讨了其构造演化, 以期对提高青藏高原特提斯洋演化历史和潘吉亚大陆形成特征等方面的研究工作有所裨益。巴颜喀拉构造带未出露前二叠纪地层, 二叠—新近纪地层均有出露, 尤以三叠纪地层广泛出露为其主要特征。其中, 二叠—三叠系主要为海相沉积, 比较连续, 尤以海相三叠系最具特色, 著名的巴颜喀拉山群横贯全区, 分布广泛, 厚度巨大, 侏罗—第四系主要为陆相河湖沉积。二叠系黄羊岭群岩性为碎屑岩、碳酸盐岩夹火山岩, 自下而上表现为浅海相—深海、半深海相—浅海相沉积演化特征; 三叠系主要为巴颜喀拉山群, 岩性单调, 主要为砂泥质类复理石沉积, 局部地区夹钙质及火山物质, 沉积环境总体表现为浅海相—深海、半深海相—滨浅海相—陆相沉积演化序列。二叠—三叠纪构造古地理环境表现为拉张裂陷形成洋(海)盆—汇聚、部分碰撞形成残留洋(海)盆、前陆盆地—拉张裂陷形成洋(海)盆—汇聚、部分碰撞形成残留洋(海)盆、前陆盆地—完全碰撞造山, 海水退出, 进入陆相沉积演化的历史。巴颜喀拉地区是塔里木—中朝陆块与南方大陆(冈瓦纳陆块)之间古特提斯洋域的主洋盆所在地区之一, 与其南部龙木错—双湖洋盆共同构成古特提斯洋域的双洋域。

关键词: 巴颜喀拉构造带; 二叠—三叠纪; 构造古地理; 古特提斯洋; 主洋域; 构造演化。

中图分类号: P313

文章编号: 1000-2383(2011)03-0393-16

收稿日期: 2010-07-15

Lithostratigraphy Character and Tectonic-Evolvement of Permian-Trias in the Bayankala Tectonic Belt

CHEN Shou-jian¹, LI Rong-she¹, JI Wen-hua¹, ZHAO Zhen-ming¹,
LI Guo-dong¹, LIU Rong-li¹, DAI Chuan-gu², ZHU Ying-tang^{1,3}

1. Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, China

2. Guizhou Institute of Geological Survey, Guiyang 550005, China

3. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China

Abstract: Tethys Ocean formation and evolution poses one of the important fundamental geological issues in studies concerning the Tibetan Plateau. Integrating the field work, data analysis, previous studies, and particularly with the 1:250 000 regional geology data, in Bayankala tectonic belt during Permian-Trias, including the normal stratum, lithofacies character and tectonic-paleogeography, we discussed the tectonic evolution in order to improve the research level of the Tethys ocean development in Tibetan Plateau and Rodinia continent formation. The Permian-Neogene's stratum appears in the main body of Bayankala tectonic belt, characterized by disappearing portion of Trias stratum before Permian. Permian-Trias stratum was continuously aggraded in ocean environment. Bayankala Group is distributed widely and formatting thick in Trias in continent and ocean environment being flysch and little volcanic sediment. Jurassic-Quaternary aggraded in continent formatting river and lake environment. Huangyangling Group aggraded in shallow and deep ocean environment formatting carbonate and fragmentary rock. It evolved from ocean environment to continent environment during Permian-Trias after collision, orogenesis and the blue

基金项目: 中国地质调查局重点项目“青藏高原北部空白区基础地质调查与研究”(No. 1212010310101); “青藏高原前寒武纪地质古生代构造—古地理研究”(No. 1212010610102); 国家自然科学基金(No. 40872084)。

作者简介: 陈守建(1963—), 男, 教授级高级工程师, 主要从事沉积地质与构造地质研究。E-mail: xacsoujian@126.com

water vanish, as the north part of main double ocean region contrasting with the south Longmu lake-Shuanghu ocean of Palaeo Tethys ocean lying between Talimu-China-Korea plate and south big continent (Gangwana continent).

Key words: Bayankala tectonic belt; Permian-Trias; tectonic-paleogeography; Palaeo Tethys ocean; main ocean; tectonic evolution.

巴颜喀拉构造带地域辽阔,自然环境恶劣,地质研究程度低.1999年以前仅做过一些矿点和路线地质考察等工作,局部进行过1:20万区域地质调查.中国地质调查局1999年启动、实施了以填补中国区域地质调查中比例尺空白区为重点的国土资源调查工作,开拓了该区地质工作的新局面,现已积累了大量资料.

巴颜喀拉构造带横亘于青藏高原北部,呈近东西向展布.北为康西瓦—木孜塔格—阿尼玛卿缝合带,南为郭扎错—西金乌兰—金沙江缝合带和歇武—甘孜缝合带(李荣社等,2008a)(图1).巴颜喀拉构造带除西部和东部部分地区出露二叠系,其他部分地区出露侏罗—第四系外,大部分地区为巨厚的三叠系所覆盖,掩盖了许多地质信息,成为国内一块神秘的土地,引起中外地质科学家的极大关注,被称为“中国地质百慕大”.由于其地质构造的特殊性,造成了许多地质问题的多解性和专家认识的不确定性.其中,专家对于二叠—三叠纪盆地类型、基底性

质等问题长期以来一直争论不休(青海省地质矿产局,1991;新疆维吾尔自治区地质矿产局,1993;杨逢清等,1994;潘桂棠等,1997,2004;殷鸿福和张克信,1998;郭福祥,1999;姜春发,2002;林启祥等,2003;肖序常等,2003;李德威,2005;罗志立等,2006;李荣社等,2008b).笔者通过多年的野外观察、分析测试和综合研究,结合覆盖全区及相邻地区的1:25万区域地质调查资料及其他前人研究成果,对其发展演化关键时期——二叠—三叠纪地层、岩相特征及构造古地理环境进行了系统研究,并探讨了其构造演化,以期对提高青藏高原东特提斯洋演化和潘吉亚大陆形成特征的研究工作有所裨益.

1 岩石地层划分与对比

巴颜喀拉构造带未出露前二叠纪地层,二叠—

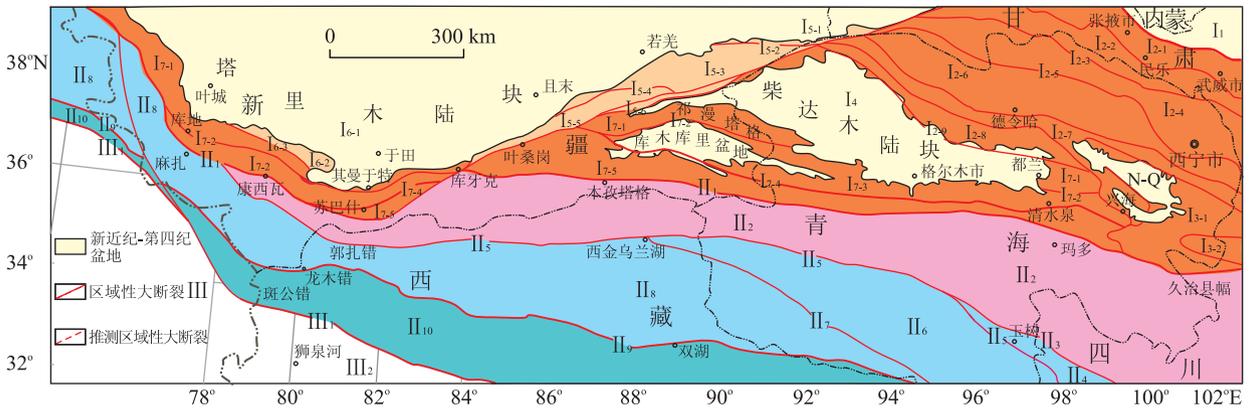


图 1 巴颜喀拉构造带及邻区构造单元划分

Fig. 1 The classification map in Bayankala tectonics belt and adjacent region

I. 古亚洲构造域: I₁. 阿拉善地块; I₂. 早古生代祁连造山带, I_{2.1}. 早古生代走廊麻后盆地, I_{2.2}. 早古生代走廊南山岩浆弧, I_{2.3}. 北祁连新元古—早古生代缝合带(Pt₃-S), I_{2.4}. 中祁连地块, I_{2.5}. 党河南山(O-S₁)—拉脊山(Є-O)陆缘裂谷带, I_{2.6}. 南祁连地块, I_{2.7}. 宗务隆山—青海南山晚古生代—早中生代裂陷带, I_{2.8}. 欧龙布鲁克地块, I_{2.9}. 赛什腾—锡铁山—哇洪山早古生代缝合带(柴北缘高压超高压变质带); I₃. 秦岭造山带, I_{3.1}. 泽库中生代弧前陆盆地褶断带, I_{3.2}. 西倾山(隐伏)微地块; I₄. 柴达木地块; I₅. 阿尔金造山带, I_{5.1}. 阿北微地块, I_{5.2}. 红柳沟—拉配泉早古生代缝合带, I_{5.3}. 米兰河—金雁山阿中微地块, I_{5.4}. 江孜勒萨依—巴什瓦克新元古—早古生代缝合带(高压超高压变质带), I_{5.5}. 阿南地块, I_{5.6}. 阿帕—茫崖早古生代缝合带; I₆. 塔里木陆块, I_{6.1}. 塔里木盆地, I_{6.2}. 铁克里克断隆带, I_{6.3}. 柯岗晚古生代裂谷带; I₇. 昆仑造山带, I_{7.1}. 北昆仑(祁漫塔格)早古生代岩浆弧带, I_{7.2}. 库地—其曼于特早古生代缝合带, I_{7.3}. 中昆仑微地块(早古生代复合岩浆弧带), I_{7.4}. 柳什塔格—诺木洪—乌妥中新元古—早古生代蛇绿构造混杂岩带, I_{7.5}. 昆南早古生代增生楔杂岩带; II. 昆南—羌塘缝合系: II₁. 康西瓦—木孜塔格—阿尼玛卿晚古生代缝合带; II₂. 可可西里—巴颜喀拉晚古生代—中生代浊积盆地褶断带; II₃. 歇武—甘孜中生代蛇绿构造混杂岩带; II₄. 中咱—中甸微地块; II₅. 郭扎错—西金乌兰—金沙江晚古生代缝合带; II₆. 芒康—思茅微地块; II₇. 拜惹布错—乌兰乌拉—北澜沧江晚古生代缝合带; II₈. 北羌塘—唐古拉地块; II₉. 龙木错—双湖晚古生代缝合带; II₁₀. 南羌塘地块; III. 冈瓦纳大陆: III₁. 班公湖—怒江中生代缝合带; III₂. 拉达克—冈底斯—腾冲地块

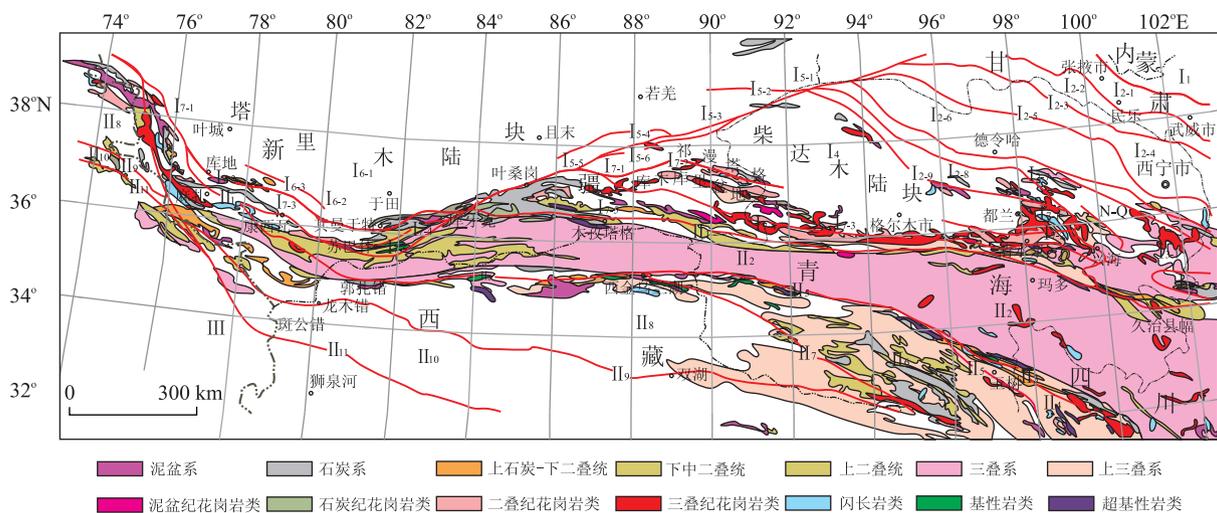


图 2 巴颜喀拉构造带及邻区泥盆—三叠纪地层、岩浆岩分布略图

Fig. 2 The classification map of Devonian-Triassic stratum and magma in Bayankala tectonics belt and adjacent region

新近纪地层均有出露,尤以三叠纪地层广泛出露为其主要特征(图 2)。其中,二叠—三叠系主要为海相沉积,比较连续,尤以海相三叠系最具特色,著名的巴颜喀拉山群横贯全区,分布广泛,厚度巨大,侏罗—第四系为陆相河湖沉积。

1.1 黄羊岭群(PH)

出露于康西瓦、泉水沟向东至伯力克、叶亦克、黑石北湖、羊湖等地,达日、久治等地亦有少量出露。为陆源碎屑复理石夹碳酸盐岩沉积,主要岩性为灰黑色页岩与岩屑砂岩互层,韵律性强,发育鲍马序列。下部以灰黑色页岩为主,夹灰褐色中厚层细—粗粒岩屑砂岩,偶夹泥晶灰岩,局部夹礁灰岩;中部灰黑色页岩与岩屑砂岩互层,夹多层复成分砂质砾岩及泥晶砾屑灰岩;上部深灰色中—细粒岩屑砂岩、细粒长石岩屑砂岩,夹生物屑微—泥晶灰岩。与下伏地层断层接触,未见底。羊湖地区与覆三叠纪巴颜喀拉山群整合接触,厚约 960 m。

黄羊岭群中部产筵类化石,下面 *Misellina* 代表中二叠世栖霞期沉积,上面 *Neoschwagerina* 代表中二叠世茅口期沉积;上部产孢粉化石,为晚二叠世长长期。生物组合的连续性(昆仑、羌塘等地中上二叠统之间为不整合)说明黄羊岭群与高原北部的同期沉积环境有差异(陈守建等,2006),加之其与三叠系巴颜喀拉山群共生,说明北羌塘—唐古拉地块与昆仑造山带间可能存在从二叠纪—三叠纪连续沉积的继承性盆地。

黄羊岭群下部主体处于浅海陆棚环境;中部浊积岩发育,为半深海—深海环境;上部已不夹砾屑灰

岩、砂质砾岩和浊积岩,说明盆地已经淤浅,处于浅海陆棚环境。该群从羊湖地区向西,在伯力克一带出现规模巨大的粗粒火山碎屑岩、中酸性火山岩,可能是靠近岛弧一侧所致。

1.2 西长沟组(T_{1x})

为 1:25 万奥依亚依拉克幅(2002 年贵州省地质调查研究院 1:25 万《奥依亚依拉克幅》区域地质调查报告)新建岩石地层单位,出露于西长沟地区两个泉—刀峰山一线以南,雪雨水湖—黄羊沟一线以北的区域。为浅变质的陆源细碎屑岩系,由变长石岩屑砂岩、变岩屑长石砂岩、片理化变长石岩屑砂岩、变粉砂岩及绢云板岩构成。劈理发育,下部具正粒序递变层理。与下伏黄羊岭群断层接触,厚度大于 400 m。在叶亦克和黑石北湖地区,为暗绿色变凝灰质砂岩夹泥岩、泥质粉砂岩及少量泥晶灰岩及灰岩团块,为浅海陆棚相,距陆源区不远。产孢粉化石组合 *Densiporites nejburgii*, *D. playfordi*, *Lundbladispora obsolete*, *L. willmotti*, *L. variabilis*, *Pattellisporites orbustus*, *Nevesisporites forssulatus*, *Punctalisporites fungosus*, *Aratrisporites palettae*, *Alisporites parvus*, *Taeniaesporites pellucidus* 等。绝大多数产在澳大利亚、巴西、加拿大、德国以及我国新疆北部、云南富源等地的早三叠世,西长沟组的时代为早三叠世。

1.3 巴颜喀拉山群(TB)

广泛分布,构成巴颜喀拉造山带的主体,占全区面积的 70% 以上。主要为砂泥质类复理石沉积,钙质及火山物质很少,厚度巨大,浅变质,具活动性沉积特

点,多为次深海—深海相浊流沉积.由于断裂发育,褶皱紧密,生物贫乏,岩性单调,缺少标志层,主要为灰色、灰绿色为主,覆盖大,岩石裸露差,剖面不完整,各地出露的层位又不一致,地层划分对比相当困难.与下伏黄羊岭群为整合或断层接触,厚度大于 6 160 m.根据岩石组合、接触关系、岩相及生物化石特征等,将本群划分为以下 4 个非正式组级地层单位.

砂岩板岩组(TB₁):厚层状不等粒岩屑长石砂岩、长石砂岩、长石石英砂岩、粉砂岩与深灰色叶片状钙质板岩、粉砂质板岩互层,组成大型、巨大型韵律结构,砂岩中发育斜层理、水平纹层理.在砂板岩层中局部见有大小不等、形态各异,无固定层位的外来碳酸盐岩岩块,碳酸盐岩岩块产二叠纪腕足类化石.本组产菊石化石 *Leiophyllites pitamaha*、植物化石 *Calamites* sp. 等,该菊石为早三叠世晚期至中三叠世早期分子,东昆仑中三叠世闹仓坚沟组中产有丰富的该属分子.本组为近物源区快速堆积的产物,属台地边缘至浅海陆架沉积环境.

砂岩组(TB₂):青灰色岩屑长石砂岩、粉砂岩、粉砂质板岩、板岩组成的韵律层序,层位稳定,发育粒序层理、平行层理,砂岩底层面槽模、沟模十分发育,局部发育重荷模,有些地段尚夹有厚约 5~8 m 的安山岩、英安岩等火山岩.砂岩组显示出活动构造背景下的造山带物源特征,属半深海环境内扇叠置中扇沉积.化石极少,珊瑚具有明显的搬运和磨蚀痕迹,植物碎片较多.遗迹化石为深水环境组合,属 *Nereites* 遗迹相,主要为造迹生物进食时所造成的觅食潜穴,产于砂岩与板岩的界面之间,这种遗迹相化石产于深水环境,尤其在浊流环境中易出现.

板岩组(TB₃):由岩屑长石砂岩、粉砂岩、板岩组成.具有相当好的韵律性,板岩中夹薄层砂岩透镜体、硅质团块,说明当时沉积物补给不足,为海水较深的外扇—盆地平原环境.产双壳类 *Halobia yandcngensis*, *H. yunnanensis*, *H. convexa*, 为半浮游的 *Halobia* 动物群,生活的海底可能较动荡,海水较深,缺氧或含氧甚少,绝大多数底栖生物难以生存.与其共生的尚有遗迹化石,也是一种深水环境下的 *Nereites* 遗迹相.时代为晚三叠纪.

顶部砂岩组(TB₄):下部以中细粒砂岩、粉砂岩为主,夹粉砂质板岩,局部夹菱铁矿、粉砂质粉晶灰岩.发育风暴层序,未见暴露标志和海滩冲洗层理;上部以粉砂岩、粉砂质泥岩和泥岩为主,夹细砂岩.“潮汐层理”极为发育,顶部岩层发育对称波痕及煤线.产双壳类化石 *Myophoria (Costatoria) man-*

suyi, *Placunopsis remuensis*, *Plagiostoma* sp., *Myophoria (Elegantinia) venusta*, 含少量 *Halobia* sp., 常与植物碎片共生,可能代表了一种有淡水注入的砂泥质底的近岸滨海环境.遗迹化石组合属浅水环境下的 *Cruziara* 遗迹相.上述双壳类化石在我国西南及青海玉树地区的晚三叠世诺利期均有分布,其中 *Myophoria* 为东南亚一带那贡动物群的代表分子和扬子区诺利期的带化石.因此,顶部砂岩组的时代应属晚三叠世诺利期.本组下部为风暴沉积,反映了水动力条件较强的浅海陆棚环境.顶部出现了海陆交互相—沼泽相沉积,并以沼泽相沉积为主,为有利的成煤环境,但由于大量的陆源碎屑以粘土质为主,从而破坏了沼泽的聚煤环境,未能形成现有开采价值的煤层.

巴颜喀拉山群区域上岩性比较稳定,但在羊湖地区出现了大量黑色页岩,在木孜塔格一带夹有少量火山岩,在伯力克一带夹有少量砾岩等.

1.4 卧龙岗组(T_{3w})

出露于叶亦克幅(2002 年山西省地质调查研究院 1:25 万《叶亦克幅》区域地质调查报告)的黄羊岭至硝尔库勒湖之间的卧龙岗一带.为河流相碎屑岩沉积.底部为灰绿色细粒长石岩屑砂岩、钙质细粒岩屑石英砂岩、长石岩屑砂岩、含砾不等粒岩屑石英砂岩、灰红色薄层砾岩、砂砾岩夹黑色页岩、炭质泥岩、页片状粉砂岩,具正粒序;下部中、细粒长石岩屑砂岩,页片状粉砂岩与页岩不均匀互层,砂岩层面常发育不对称波痕;中上部中细粒长石岩屑砂岩与粉砂岩互层,砂岩发育斜层理、平行层理及砂泥韵律层理.与下伏黄羊岭群断层接触,厚约 3 880 m.卧龙岗剖面为中粗粒岩屑砂岩、含砾粗粒岩屑石英砂岩与黑色粉砂岩互层,夹细砂岩、似层状砂砾岩、砾岩,上部夹厚约 30 cm 的煤层,产丰富的植物化石.从下向上,沉积环境大致可划分为河道、河岸和河漫滩等三个亚相.底部为河道亚相,以河底残留沉积、曲流砂坝沉积为主.下部为河岸亚相,为天然堤或边滩沉积.中、上部为河漫滩亚相,以漫滩湖泊和漫滩沼泽沉积为特征.当时气候温暖潮湿,有利于植物生长,横向上形成不连续的劣质煤层或煤线.前人在卧龙岗剖面黑色粉砂岩中采到植物化石 *Neocalamites carrerei*, *Drepanozamites* sp., *Bernoulia* sp., *Sinozamites leeiana*, *Glossophyllum shansiensis* 等.上述植物化石产于鄂尔多斯盆地上三叠统延长群以及祁连山地区的上三叠统南营儿群中,它们的时代是一致的,都属于晚三叠世.

1.5 侏罗—第四系(J-Q)

三叠纪末的印支运动使全区褶皱隆升,早侏罗世开始,全面进入陆内构造演化阶段.侏罗—第四系地层分布比较零星,主要为陆相河湖相和沙漠相碎屑岩沉积.

2 构造岩浆活动与岩浆岩

巴颜喀拉构造带岩浆岩分布零星(图2),侵入岩主要为中酸性的钙碱性系列,属I型花岗岩,火山岩主要赋存于二叠系、三叠系中,多为钠质型钙碱性系列,显示活动大陆边缘(或岛弧)构造环境.

2.1 侵入岩

侵入岩不甚发育,仅见三叠纪侵入体呈规模较小的岩基分布于阿拉克湖(2002年中国地质大学(武汉)1:25万《阿拉克湖幅》区域地质调查报告)扎拉依—哥琼尼洼深大断裂带附近,呈小岩基近东西向展布,侵入的最新地层为三叠纪巴颜喀拉山群,含少量的深源暗色包体.岩石类型有黑云石英闪长岩、石英二长闪长岩和黑云母花岗闪长岩,属钙碱性系列.轻稀土富集, Eu 异常不明显, Sm/Nd 比值为 0.17~0.22, 显壳源型花岗岩特点. 花岗闪长岩单矿物锆石 U-Pb 一致年龄 228 Ma.

2.2 火山岩

二叠纪火山岩集中出露于东西昆仑结合部位的黄羊岭一带(2002年陕西省地质调查研究院1:25万《伯力克幅》区域地质调查报告),赋存于黄羊岭群中,出露规模巨大,主要为粗粒火山碎屑岩、中酸性火山熔岩.岩石类型有安山岩、英安岩,属钙碱性系列. $\sum REE = (111 \sim 168) \times 10^{-6}$, $(La/Yb)_N = 48.7 \sim 54.91$, $\delta Eu = 0.63 \sim 0.74$, 为右陡倾,具 Eu 负异常; N-MORB 标准化蛛网图上 K、Rb、Ba、Th、Ta、Nb、Ce 富集, Rb、Th 强富集、显峰, Ba、Ta、Nb 显谷, Zr、Ti、Y、Yb、Sc、Cr 亏损, Zr、Ti、Yb 显谷, Ti 强亏损. 总体显示活动陆缘构造背景.

三叠纪火山岩零星分布,赋存于巴颜喀拉山群内.从西向东零星分布于银石山(2002年湖南省地质调查研究院1:25万《银石山幅》区域地质调查报告)、木孜塔格峰(2002年新疆维吾尔自治区地质调查研究院1:25万《木孜塔格幅》区域地质调查报告)一鲸鱼湖(2002年新疆维吾尔自治区地质调查研究院1:25万《鲸鱼湖幅》区域地质调查报告)、马兰山(2002年青海省地质调查研究院1:25万《可可西里湖幅》区域地质调查报告)及曲柔杂卡(2004

年青海省地质调查研究院1:25万《曲柔杂卡幅》区域地质调查报告)等地.银石山一带为安山岩(类埃达克岩),木孜塔格—鲸鱼湖为以火山灰为主的火山碎屑岩,马兰山东北为安山岩,曲柔杂卡为玄武安山岩.火山岩在巴颜喀拉山群内呈似层状、夹层状、透镜状和脉状产出,产状常与地层一致.火山岩与地层上下接触面处见有冷凝边,围岩局部见明显角岩化和烘烤边.火山岩规模一般不大,银石山出露的火山岩一般宽约10~8 m,长约50~3 000 m;马兰山北东出露宽度21~30 m,延伸性差.据火山岩与围岩接触关系,认为属晚三叠世.岩石类型有玄武安山岩、安山岩、英安岩.岩石化学成分中 $K_2O < Na_2O$, 为钠质型钙碱性系列,其中银石山一带的安山岩类似于埃达克岩,与马兰山东北的安山岩同属铝过饱和和岩石,其他安山岩类为正常类型.稀土元素 $\sum REE = (66.49 \sim 91.41) \times 10^{-6}$, $LREE/HREE = 2.07 \sim 7.8$, $\delta Eu = 0.77 \sim 1.16$, 稀土模式曲线为右倾, Eu 异常不明显至弱 Eu 负异常,显示岩浆来源较深或受基性组分加入的影响.类埃达克岩的安山岩 $\sum REE$ 中等,具弱的 Eu 负异常,微量元素 N-MORB 标准化蛛网图中,类埃达克岩的安山岩与阿留申埃达克岩十分相似.曲柔杂卡一带的玄武安山岩为单隆起型式, Bb、Ba、Th、Ta、Nb、Ce 强富集, Zr、Hf、Sm、Ti、Y、Yb、Sc、Cr 富集或亏损, $Nb/La < 0.8$, $Th/Yb = 1.24$, $Ta/Yb = 1.29$, 显示岛弧火岩特征, $Zr/Nb = 108$, 表明源于亏损地幔的岩浆受地壳物质混染, 总体显示大陆边缘构造环境.

3 二叠—三叠系岩相特征

3.1 黄羊岭群岩相特征

黄羊岭群(PH)是一套陆源碎屑复理石夹碳酸盐岩,主要为灰黑色页岩与岩屑砂岩互层,韵律性强、鲍马序列发育,沉积连续,层序清楚,易于划分.代表性剖面为新疆维吾尔自治区且末县半岛湖剖面(2002年贵州省地质调查研究院1:25万《羊湖幅》区域地质调查报告)(图3).依据岩石组合特征的差异性,黄羊岭群可划分成3段,自下而上为:

(1)黄羊岭组第一段(PH₁):1~3层,以灰黑色页岩为主,夹灰黄、灰褐色中厚至厚层细—粗粒岩屑砂岩,中上部偶夹薄至中厚层泥晶灰岩.局部为砂岩与粉砂岩的韵律层,下部砂岩大多具平行层理,并发育正粒序和逆粒序递变层理.厚度大于200 m.

(2)黄羊岭组第二段(PH₂):4~14层,下部灰

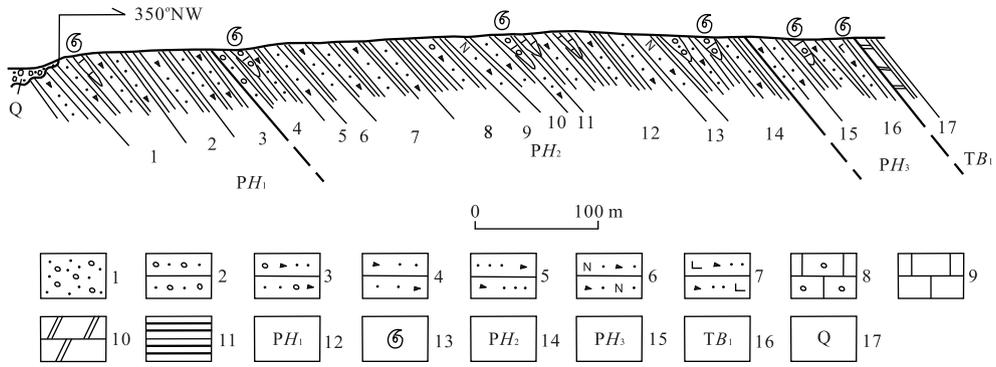


图 3 新疆维吾尔自治区且末县半岛湖二叠系黄羊岭群实测地层剖面

Fig. 3 The stratum profile of Huangyangling group of Permian in Qiemo county bandao lake in Xinjiang

- 1. 松散砂砾沉积; 2. 复成分砂质砾岩; 3. 含砾岩屑砂岩; 4. 细-粗粒岩屑砂岩; 5. 细粒岩屑砂岩; 6. 细粒长石岩屑砂岩; 7. 钙质岩屑细砂岩; 8. 砾屑灰岩; 9. 泥晶灰岩; 10. 泥晶白云岩; 11. 页岩; 12. 二叠系黄羊岭群第一段; 13. 化石采集点; 14. 二叠系黄羊岭群第二段; 15. 二叠系黄羊岭群第三段; 16. 三叠系巴颜喀拉山群砂岩板岩组; 17. 第四系

黑色页岩与灰色中至厚层块状细-粗粒岩屑砂岩以大约 1 : 1~2 : 1 的比例互层, 夹多层灰、深灰色厚层块状复成分砂质砾岩和中厚至厚层泥晶生物屑砾屑灰岩、泥-亮晶礁角砾灰岩等, 底部为深灰色块状复成分砂质砾岩; 上部以灰黑色页岩为主, 间夹灰、褐灰色中至厚层细-粗粒岩屑砂岩及多层灰绿、褐红色中至厚层复成分砂质砾岩以及浅灰色厚层块状泥晶砾屑灰岩、亮晶藻团块灰岩。砂岩具平行层理、粒序层理及鲍马序列, 鲍马序列发育是本段上部的主要沉积构造特征, 局部见有槽模构造。产腕足类 *Martinina*, *Transennatia grationsa* (Waagen), *Bullarina rostrata* Jinetsun *Amomphalus* cf. *fusiensis* Pan; 筴 *Pseudofusulina* sp., *Pseudofusulina* cf. *fusiiformis* (Schellwien et. Dyhrenfurth), *Misellina* cf. *claudiae* (Deprat), *Nankinella* sp., *Schwagerinidae*, *Neoschwagerina* sp.; 有孔虫 *Pachyphloia* sp., *Condonofusiella?* sp., *Nodosaria* sp.; 珊瑚 *Thomasiphyllum carinatiseptatum*; 牙形石 *Mesogondolella* sp. 等。厚约 630 m。

(3)黄羊岭组第三段(PH₃): 下部为一套深灰色中厚层中-细粒岩屑砂岩、含钙质粉-细粒长石岩屑砂岩, 发育平行层理, 易风化成片状; 中部夹两层中厚至厚层泥-微晶砂砾屑灰岩, 砾屑中产腕足、苔藓虫、介形虫、藻等生物屑; 上部以灰、浅灰微带绿色页岩为主, 间夹浅灰色厚层含钙质细粒岩屑砂岩及浅灰色薄层生物屑微-泥晶灰岩。产孢粉 *Leiotriletes* sp., *Gulispores?* sp., *Apiculatisporis* cf. *xiaolongkouensis* Hou et Wang, *Zonotiletes* (*Vallatisporites?* sp.), *Cordaitina?* sp., *Samoilovitchisaccites?* sp., *Florinites* cf.

minutus Bharadwaj, *Klausipollenites* sp., *Pityosporites* cf. *evolutus* Ouyang 等。厚约 130 m。

黄羊岭群未见底, 下部以灰黑色页岩为主, 夹灰褐色中厚层细-粗粒岩屑砂岩, 偶夹泥晶灰岩, 局部夹礁灰岩, 具正粒序和逆粒序递变层理。上述岩性特征表明, 黄羊岭群下部主体处于浅海陆棚环境, 呈现出深(半深海-深海)-浅(浅海陆棚)-深(半深海-深海)沉积环境的震荡变化。中部灰黑色页岩与岩屑砂岩互层, 夹多层复成分砂质砾岩及泥晶砾屑灰岩, 砂岩发育鲍马序列, 为半深海-深海环境。上部已不夹砾屑灰岩、砂质砾岩和浊积岩, 说明盆地已经淤浅, 处于浅海陆棚环境。

3.2 巴颜喀拉山群岩相特征

主要为砂泥质类复理石沉积, 钙质及火山物质很少, 厚度巨大, 浅变质, 具活动性沉积特点, 多为半深海-深海浊流沉积。根据岩石组合、接触关系、岩相及生物化石特征等, 可将其划分为 4 个非正式组级单位, 分别为砂岩板岩组、砂岩组、板岩组和顶部砂岩组。前 3 个组大致相当于新疆维吾尔自治区且末县半岛湖剖面所划分的 3 个组(图 4), 第四组在青海省多县扎朵乡昂然曲表现较为典型。新疆维吾尔自治区且末县半岛湖剖面巴颜喀拉山群主要为陆源碎屑岩夹少量碳酸盐岩, 主要岩性由黑色页岩与长石岩屑砂岩不等厚互层构成, 底部夹泥晶灰岩及(含铁)泥晶白云岩, 砂岩发育平行层理和正粒序递变层理。

(1)砂岩板岩组(TB₁): 中下部灰、浅灰微带绿色之泥质页岩为主, 间夹深灰色中厚层钙质粉砂岩及多层褐灰、深灰色薄至中厚层(含铁)泥晶白云岩、泥晶灰岩(多为透镜体), 泥晶白云岩产大量垂直管生物潜

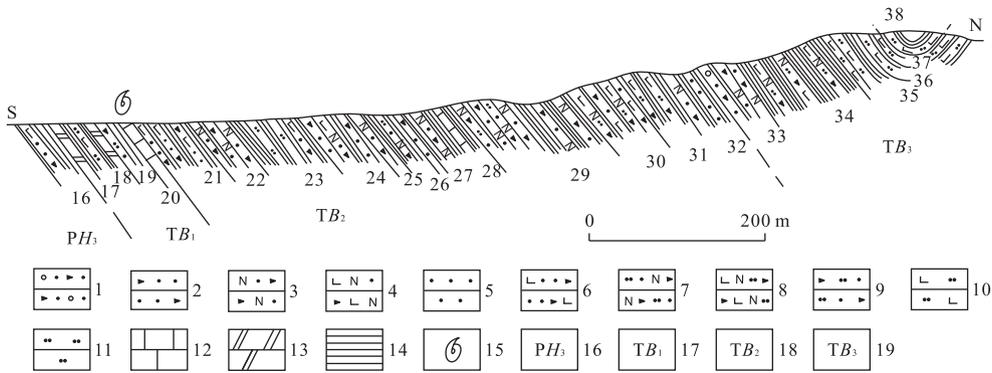


图 4 新疆维吾尔自治区且末县半岛湖三叠系巴颜喀拉山群实测地层剖面

Fig. 4 The stratum profile of Bayankala group of Trias in Qiemo county bandao lake in Xinjiang

1. 含砾岩屑砂岩; 2. 岩屑砂岩; 3. 细粒岩屑长石砂岩; 4. 钙质岩屑长石砂岩; 5. 细砂岩; 6. 钙质岩屑砂岩; 7. 粉砂质岩屑长石砂岩; 8. 钙质粉砂质岩屑长石砂岩; 9. 粉砂质岩屑细砂岩; 10. 钙质粉砂岩; 11. 粉砂岩; 12. 泥晶灰岩; 13. 泥晶白云岩; 14. 页岩; 15. 化石采集点; 16. 二叠系黄羊岭群第三段; 17. 三叠系巴颜喀拉山群第一段; 18. 三叠系巴颜喀拉山群第二段; 19. 三叠系巴颜喀拉山群第三段

穴, 偶见菊石, 页岩中产孢粉化石, 局部砂岩发育中型双向交错层理, 页岩 (50~140 cm) → 白云岩 (4~20 cm) 构成本段底部的基本层序; 上部灰、深灰色中厚层粉砂质细—中粒岩屑砂岩、含钙质粉砂质细粒岩屑砂岩夹灰色页岩, 基本层序厚 15~20 cm, 由细—中粒岩屑砂岩 → 粉砂质细粒岩屑砂岩 → 页岩构成; 顶部浅灰色薄至中厚层泥—微晶灰岩为主, 间夹多层灰绿色中厚层粉砂质中—细粒岩屑砂岩及灰黑色页岩, 泥晶灰岩具水平层理. 产牙形石 *Neospathodus bransoni*, *N. waageni*, *N. homeri*, *N. cf. excelsus*, *Neogondolella? sp.*, *Priondina sp.*, *Cyprodidella conflexa*, *Prioniodella sp.*, *Ozarkodina sp.*; 孢粉 *Granulatisporites subtilis* Qu et Wang, *Sphagnumsporites tenuis* de Jersey, *Limatulasporites dalongkouensis* Qu et Wang, *Lundbladispota subornata* Ouyang et Li, *Leiotriletes directus* Balme et Hennelly, *Limatulasporites sp.*, *Pteruchiopollenites reticorpus* Ouyang et Li 等. 厚约 260 m.

该组总体表现为浅海相沉积, 局部发育半深海、深海相.

砂岩组 (TB₂): 底部肉红色中厚层细粒岩屑砂岩、含钙质中—细粒长石岩屑砂岩, 下部以灰黑色页岩为主, 间夹浅灰微带绿色及深灰色薄至中厚层粉砂岩、中厚至厚层中—细粒岩屑砂岩、厚层不等粒 (长石) 岩屑砂岩, 偶夹中厚层泥晶灰岩, 砂岩大多含钙质; 中部以灰色中厚至厚层中—细粒 (长石) 岩屑砂岩为主, 夹灰黑色页岩, 具鲍马序列 Tace、Tce; 上部灰、深灰色厚层块状含钙质 (长石) 岩屑粉砂岩、含钙质粉砂质细—中粒岩屑砂岩、钙质细粒 (长石) 岩

屑砂岩, 间夹灰、灰黑色页岩, 平行层理与鲍马序列 Tabcde、Tabcd、Tace、Tce 极其发育. 总体上由 4 个旋回构成, 每个旋回的底部或下部为砂岩段 (砂岩为主夹少量页岩), 旋回上部为页岩段 (页岩为主夹少量砂岩). 各旋回从下至上, 砂岩夹层逐渐减少, 粒度逐渐变细, 代表了向上变深的沉积层序. 厚约 2 100 m. 巴颜喀拉山群浊积岩古流向在中西部银石山地区舌状槽模中测得 5 组流向, 分别为 200°、207°、202°、196° 和 195°, 晚期沉积测得一组古流向, 为 204°; 东部阿拉克湖地区古流向主要为北、北西—南、南东; 南部可可西里盆地测得早期流向为 160°~130°, 中期流向为 175°~130°, 晚期流向为 150°~145°; 盆地南部边缘紧邻歇武—孜缝合带的蛇形地一带古流向有两组, 一组为 270°, 另一组为 40°. 总体上, 巴颜喀拉盆地物源主要来自北侧, 主体是北部造山带物质的再循环.

该组沉积环境为半深海、深海相.

板岩组 (TB₃): 下部灰色中厚至厚层细粒 (长石) 岩屑砂岩间夹灰黑色页岩, 发育平行层理与鲍马序列 Tabce; 中部以灰黑色页岩和灰色中厚至厚层含钙质粉砂质细粒长石岩屑砂岩以 4:1 比例互层, 发育水平层理; 上部黑色页岩与钙质粉砂岩大约以 2:1 比例互层, 粉砂岩发育水平层理. 总体由一个正粒序旋回和一个逆粒序旋回构成, 代表一个向上变深然后变浅的沉积序列. 产孢粉: *Punctatisporites sp.*, *Concavisporites toralis* (Leschik) Nilsson, *Granulatisporites sp.*, *Rugulatisporites sp.*, *Annulispora folliculosa* (Rogalska) de Jersey, *Duplexisporites sp.*, *Polycingulatisporites sp.*,

Kraeuselisporites sp., *Cyacadopites* sp., *Monosulcites* sp., *Chasmatosporites hians* Nilsson, *C. aperitus* Nilsson, *Taeniaesporites* sp., *Protopinus* sp., *Piceites* sp. 等. 厚度大于 580 m.

从区域岩性及岩相变化以及遗迹化石特征等方面看, TB_1 时期主体处于浅海陆棚环境, 沉积了较多的碳酸盐岩和具正粒序递变层理的陆源碎屑岩, 发育有垂直管生物潜穴(圆筒迹); 随后海水加深, 部分地区同沉积沉陷, 形成 TB_2 时期的深海、半深海浊积盆地, 堆积了厚约 1 000 m 的浊积岩; TB_3 时期, 海盆逐渐淤浅, 呈现出深海、半深海浊积盆地—浅海陆棚环境演化特点.

顶部砂岩组(TB_4): 在青海省称多县扎朵乡昂然曲表现较典型, 自下而上共划分为 19 层, 厚度大于 2 553.73 m(2005 年西安地质矿产研究所 1:25 万《玉树幅》区域地质调查报告). 该组岩性组合为灰色中至厚层状中—细粒长石岩屑砂岩、中至厚层状细粒长石石英砂岩、灰色厚层状粗粒岩屑砂岩、灰色中层状细粒岩屑长石砂岩、灰色中层状细粒钙质长石砂岩、粉砂岩夹深灰色粉砂质板岩、泥质板岩和钙质板岩. 岩石中普遍含有黄铁矿晶体, 砂岩中发育平行层理、波状层理、羽状交错层理、脉状层理、透镜状层理和粒序层理, 并且具火焰构造. 砂岩单层厚一般在 10~30 cm, 板岩中水平层理发育, 含泥沙质及钙质结核. 粒度分析结果平均值 $1.94\sim 2.90\phi$ 、尖度 6.61~14.49、偏度 1.60%~2.72%、标准差 0.81~1.09, 累计概率曲线图显示为跳跃和悬浮两个次总体, 其中跳跃次总体占 90%, 粒度分布区间较宽, 斜率大, 分选中等, 悬浮总体分选差. 反应了水流作用较弱, 相对稳定的沉积环境. 该组含古生物化石较少, 主要以双壳类为主, 除个别 *Halobia* sp. 为浮游生活外, 其他 *Plagiostoma nuitoense*, *Unionites trapezoidalis*, *Palaeocardita rhomboidalis* 是以底栖固着生活, 其生态代表正常浅海环境. 珊瑚 *Stylophyllopsis* 的出现, 指示为滨浅海环境. 遗迹化石 *Chondrites* sp., *Arthrophycus* sp., *Rhabdoichnum* sp., *Phycosiphon incertum* 等为代表浅水环境的 *Cruziana* 遗迹相, 显示低能条件下水动力中等—弱的沉积环境. 综上所述, 该组沉积环境为浅海—滨海—陆相.

4 大地构造背景

4.1 康西瓦—木孜塔格—阿尼玛卿缝合带

为巴颜喀拉构造带北界, 缝合带内组成复杂, 有

前寒武纪变质岩块体、中新元古代镁铁质—超镁铁质岩块、早古生代蛇绿岩残块等, 主体为石炭—二叠纪的碎屑岩、复理石及其间所夹的蛇绿岩块体(王国灿等, 1999).

前寒武纪变质地层见于冬给措纳湖西部布青山及玛沁南部德尔尼. 布青山地区为中深变质岩系, 岩石组合为斜长角闪岩—长英质变粒岩, 其变质作用特征和形成时限与苦海岩群一致. 玛沁地区岩石组合有两种, 其一为斜长角闪岩—大理岩组合, 其二为绿片岩组合, 其中斜长角闪岩的 Sm-Nd 等时年龄为 $1\,097.8\pm 13.9$ Ma 和 $1\,443\pm 28$ Ma, 反映出了中新元古代的时代信息. 玛沁地区的镁铁—超镁铁质岩的 Sm-Nd 等时年龄多集中于 825~1 358 Ma, 为中新元古代(2005 年青海省地质矿产开发局 1:100 万青海省地质图及说明书(草案)), 与昆中清水泉等地镁铁—超镁铁质岩 Sm-Nd 等时年龄一致.

早古生代蛇绿岩残块零星出露于东昆仑得力斯坦沟一带, 围岩为石炭—二叠纪碎屑复理石. 由蛇纹岩、方辉橄榄岩、橄榄岩、纯橄岩、辉石橄榄岩、辉长岩、玄武岩和辉绿岩墙构成. 其中辉长辉绿岩 Rb-Sr 等时线年龄为 495.32 ± 80.6 Ma, 辉长岩锆石 U-Pb 年龄为 467.2 ± 0.9 Ma, 侵入于得力斯坦沟蛇绿岩中的岛弧花岗岩—英云闪长岩锆石 U-Pb 年龄为 402 ± 2 Ma. 托索河南侧牧羊山辉长辉绿岩 Rb-Sr 等时线年龄为 517.89 ± 101.6 Ma. 在布青山—牧羊山蛇绿混杂岩中的硅质岩及泥质岩中分离出可疑的早古生代放射虫 *Spumellaria* sp. (边千韬等, 1999a).

晚古生代蛇绿岩(或蛇绿混杂岩)主要发育在西昆仑苏巴什, 东昆仑可支塔格、木孜塔格、库赛湖、阿拉克湖—冬给措那湖、阿尼玛卿等地. 呈透镜状产出, 同位素年龄为 $(340.3\pm 11.6)\sim(265\pm 15)$ Ma, 镁铁质—超镁铁质岩岩块具有亏损的稀土元素配分模式, 显示了不同类型洋壳特点. 此外, 在邻区得力斯坦沟早古生代蛇绿混杂带的浅紫灰色硅质岩中分离出大量早石炭世放射虫, 得力斯坦沟和牧羊山枕状玄武岩获 340.3 ± 11.6 Ma Rb-Sr 等时年龄和 310 ± 15 Ma 普通 Pb 等时年龄(边千韬等, 1999b). 姜春发等(2000)认为布青山地区存在晚二叠世至中侏罗世蛇绿岩.

碎屑岩所在地段的时代不同、组成及形成背景不同. 西昆仑苏巴什构造混杂带中石炭—二叠系发育比较齐全, 石炭系哈拉米兰河群下部为陆棚相碎屑岩, 上部为潮坪相碳酸盐岩; 下中二叠统再依勒克组以局限台地—生物礁灰岩为主体, 下部为陆棚相

碎屑岩,与东部树维门科组相同。卡拉孔木组、卡拉勒塔什岩群为深水碎屑岩—火山碎屑岩及中酸—中基性火山岩组成的弧前盆地沉积建造,与东部马尔争组可对比。向东在岩碧山—可支塔格,下石炭统托库孜达坂群为陆棚相碎屑岩,上石炭统哈拉米兰河群以陆棚相碳酸盐岩为主体,为陆缘环境。南部华道山—横条山下中二叠统,为弧后盆地碎屑岩、灰岩、硅质岩夹基性火山岩。南部飞云山—昆明沟发育早中二叠世岛弧安山岩、玄武岩,相邻则为耸石山—可支塔格弧前复理石及可支塔格蛇绿岩块。木孜塔格下石炭统托库孜达坂群在北部月牙河为陆棚相碎屑岩夹含珊瑚、层孔虫、海百合灰岩和玄武岩;中部黄沙河—雁头山为斜坡相碎屑岩夹硅质岩,底部硅质岩含早石炭世放射虫;在雁头山以南的木孜塔格为深水碎屑岩夹含大量放射虫硅质岩、玄武岩及蛇绿岩残块,玄武岩为拉斑系列,稀土分配曲线为 N-MORB 型。

东昆仑鲸鱼湖及其以东地区主要为二叠系碎屑岩,其中以马尔争组为主体。为一套深海—半深海相浊积复理石。其组成复杂,包括浅变质的泥砂质浊积岩、硅质岩、中酸性火山岩、变玄武岩、碳酸盐岩及基性—超基性岩。不同岩性单元均以构造岩片、岩块产出,构成一系列近东西向岩片(块)组合(Zhang *et al.*, 2000, 2004; 张克信等, 2001, 2004),显示构造混杂堆积的面貌。马尔争组复理石中的灰岩岩块产 *Misellina sp.*、*Schwagerina sp.* 等,为早中二叠世,晚二叠世格曲组角度不整合于缝合带之上(2003年中国地质大学(武汉)1:25万《东给措纳幅》区域地质调查报告)。布青山一线马尔争组复理石楔可能主要形成于早中二叠世,但在长石头山、花石峡、下大武及其东南,冀六祥和欧阳舒(1996)分离出的孢粉中含有早三叠世标志分子 *Lundbiadispora*,意味着混杂带卷入的地层时代上延至早三叠世。但有人认为,这些三叠系自成体系,遭受低级变质、具浊积特点的砂板岩和巴颜喀拉山群极为相似,可从马尔争组中解体出来归属到巴颜喀拉山群,因而混杂带组成主体仍是中二叠统。

与马尔争组大体同时异相的下中二叠统树维门科组由生物灰岩、块状生物礁灰岩和生物碎屑灰岩组成,多以构造岩片或推覆体产出,与马尔争组相伴遍及整个缝合带,西部喀尔瓦山分布更广,除台地相灰岩外,这些生物礁成因复杂,有洋岛、海山或生物建隆。反映了晚古生代多岛洋盆体系的复杂结构。

晚二叠世格曲组,下部为石英砾岩、含砾砂岩、

砂岩夹板岩、薄层灰岩,上部具礁灰岩,角度不整合于构造混杂岩带的马尔争组及树维门科组之上(2000年青海省地质调查研究院1:25万《兴海幅》区域地质调查报告),说明该缝合带形成于中、晚二叠世间。

总之,康西瓦—苏巴什—阿尼玛卿缝合带的物质组成以晚古生代蛇绿岩、洋岛等洋盆沉积及相关的边缘沉积建造为主体,后者有弧前相、岛弧相、弧后盆地相及浅海陆棚相等,充分反映了该结合带的复杂性。其中包含有前寒武纪变质岩块、早古生代蛇绿岩残片,结合昆仑、羌塘地区泥盆系与下伏地层的不整合关系,反映该缝合带奠基于昆南早古生代弧前增生楔杂岩带之上,在晚古生代经历裂解、扩张,中晚二叠世之交主体完成拼合的复杂消减拼贴过程。该缝合带中生代为陆内俯冲、消减,新生代走滑挤出,现代地震频繁发生,是青藏高原北部最主要的应力释放、转换带,同时控制了青藏高原北部的现今地貌格局。

4.2 郭扎错—西金乌兰—金沙江缝合带

缝合带在郭扎错西经大红柳滩北西斜接康西瓦断裂,向东经碎石山—羊湖—玉媚山—西金乌兰转向南东,经苟鲁山克错—多彩—玉树,向南接金沙江—哀劳山缝合带。蛇绿岩呈断夹块或断续透镜体延伸。

缝合带在西段称若拉岗日结合带,东段有西金乌兰群(张以弗等,1997)和通天河蛇绿混杂岩(青海省地质矿产局,1997)等不同称谓。其组成由不同构造背景下形成的多种地层(或岩石)体混杂而成。前寒武纪基底岩块在东部治多县多彩—玉树称宁多岩群,在西部玉帽山称玛依岗日组(2002年新疆维吾尔自治区地质调查研究院1:25万《玉帽山幅》区域地质调查报告),主要由一套高绿片岩相—低角闪岩相的石英片岩—矽线斜长片麻岩—大理岩组成,其主体属元古代,应是羌塘陆块基底的残块。

中上泥盆统下部为滨岸碎屑岩,上部为台地相碳酸盐岩,含大量珊瑚、层孔虫,呈岩块产出。早石炭—中二叠统西金乌兰群是缝合带物质组成的主体,其中碎屑岩组是蛇绿构造混杂岩的基质,以泥砂质浊积复理石为主,火山岩组出露在带内岗扎日、多彩、直门达等地,显示为岛弧建造特征,呈构造岩片产出。缝合带内的其他混杂岩块还有镁铁质—超镁铁质岩、基性熔岩、放射虫硅质岩、海山灰岩等。放射虫硅质岩出露在玛尔盖茶卡、西金乌兰湖、楚玛尔河、称山湖、康特金等地,所含放射虫、牙形刺主体为

早石炭世—早二叠世,说明郭扎错—西金乌兰—金沙江蛇绿岩的形成时代是石炭纪—中二叠世。

蛇绿岩残块由镁铁—超镁铁质岩及基性熔岩等组成,不同区段变化较大。西部碎石山地区蛇绿岩的岩石类型有蛇纹岩、橄榄玄武岩、块状蚀变玄武岩、安山岩;若拉岗日地区为辉长岩、辉长辉绿岩、蛇纹石化橄榄岩、中—基性火山岩、放射虫硅质岩;西金乌兰地区为变质橄榄岩、块状辉长岩、基性岩墙群及枕状熔岩和与之紧密共生的放射虫硅质岩,其中基性岩墙群年龄为 347 Ma,硅质岩中产早二叠世放射虫;杂多县多彩—玉树地区为超镁铁质岩、辉长岩、辉绿岩、枕状熔岩及与之相关放射虫硅质岩,以构造混杂形式堆叠产出。郭扎错—西金乌兰—金沙江蛇绿岩的超镁铁质岩岩石化学特征是镁值高,低碱,与方辉橄榄岩成分一致,稀土弱富集。辉长岩属拉斑系列, $TiO_2 > 2 \times 10^{-2}$, 部分高达 5×10^{-2} , 具有富集的稀土元素配分模式。玄武岩及辉绿岩以拉斑玄武岩系列为主,部分碱性系列。若拉岗日段火山岩主要为碱性钠质系列,稀土配分以富集型模式为主,有少量亏损配分模式。总体看,郭扎错—西金乌兰—金沙江带镁质—超镁铁质岩及基性熔岩,主体形成于洋岛或陆间裂谷扩张环境(E-MORB)。玉树—多彩蛇绿岩残块、熔岩的化学成分反映为初始或发展中洋盆,或者是与消减带相隔较远的弧后盆地环境(潘裕生, 1984)。

缝合带在萨玛绥加日和藏北腹地金狮山地区出露的晚二叠世地层称热觉茶卡组,为滨浅海—三角洲相碎屑岩夹灰岩,底部有复成分砾岩,不整合于西金乌兰蛇绿构造混杂岩之上,含较多微古化石。出露的早三叠世地层称康鲁组,为滨浅海相碎屑岩—碳酸盐岩建造,含早三叠世牙形刺,与下伏热觉茶卡组整合接触。在可可西里段,带内出露的晚二叠世—早三叠世地层称汉台山群,主要为海滩亚相石英砂岩,角度不整合于西金乌兰蛇绿构造混杂岩之上,其底部砾岩中含下伏蛇绿岩套的硅质岩、玄武岩、辉长岩等砾石,属于磨拉石建造,说明西金乌兰—金沙江洋盆于中二叠世末闭合。

4.3 歇武—甘孜蛇绿混杂岩带

该带西起可可西里山蛇形沟,沿西金乌兰—金沙江缝合带北呈透镜状岩块、岩片断续分布,至治多县立新乡逐渐连续成帚状向南东撒开,北界为通卡涌—歇武断裂,南界为金沙江缝合带的北界断裂,向东接甘孜—理塘断裂,总体呈北西—南东向延伸。

带内蛇绿岩受后期构造改造较弱,以治多查涌、

康巴让赛、称多、歇武发育较好。蛇绿岩呈构造岩块产出,岩石类型有橄榄辉石岩、蛇纹岩、辉长岩、辉绿岩岩墙群、枕状玄武岩、块状玄武岩、硅质岩,蛇绿岩岩块呈不同尺度的岩片分布在上三叠统巴塘群中,相互间及与周围变形基质呈断层或构造面理接触。蛇绿岩的不同岩类在空间上关系密切,以枕状玄武岩最为发育,出露面积大,形态完整,构成蛇绿混杂岩主体。硅质岩可见紫红、灰和灰白色 3 种,尤以紫红色较普遍,多含放射虫,其中可可西里蛇形沟硅质岩中产中三叠世拉丁期放射虫 *Spongoserula rarauaua* 动物群,在治多一带硅质岩中放射虫含量可达 $(12 \sim 20) \times 10^{-2}$ 。东部甘孜—理塘产大量早中三叠世放射虫。超镁铁质岩石稀土配分曲线具 Eu 正异常,总体呈轻稀土亏损的中间突起型。镁铁质岩稀土总量 = $(53.06 \sim 87.03) \times 10^{-6}$ 、LREE/HREE = $2.635 \sim 4.06$ 、 $\delta Eu = 0.93 \sim 1.03$, 稀土配分曲线呈弱右倾近水平。玄武岩高 Ti、低 K, $\Sigma REE = (51.43 \sim 71.29) \times 10^{-6}$, 属亚碱性拉斑系列。玄武安山岩高 Ti、低 K, 属亚碱性系列, $\Sigma REE = 80.72 \times 10^{-6}$ 、LREE/HREE = $1.91 \sim 2.08$ 、 $\delta Eu = 0.98 \sim 1.01$, 稀土配分曲线近平坦型,玄武岩稀土曲线特征与大洋玄武岩稀土曲线特征基本一致,玄武安山岩稀土特征与岛弧安山岩特征一致。

4.4 乌兰乌拉—北澜沧江缝合带

呈北西—南东向介于北美塘—唐古拉地块与茫康—思茅微地块之间,向北并入郭扎错—西金乌兰—金沙江缝合带,向南在仓来拉东与龙木错—双湖缝合带重合。

该带发育多种构造背景下形成的不同构造地层岩块。其中基底岩块在拜惹布错为黑云斜长片麻岩夹斜长角闪岩、含榴黑云斜长变粒岩、石英岩等,属角闪岩相中高级变质岩,与西部布伦纳勒岩群相似。在高原腹地车道山等东南部地区的宁多岩群为高绿片岩与低角闪岩相的石英片岩—矽线斜长片麻岩—大理岩,均呈构造岩片、岩块产出。泥盆系见于尖头湖,为陆棚相碎屑岩夹碳酸盐岩,产中泥盆世牙形刺。康特金一带混杂岩块特征与北部金沙江缝合带地层混杂体相同。

带内镁铁质—超镁铁质岩呈断续分布的残块,被混杂基质包绕,岩石类型有斜辉橄榄岩、滑石化橄榄岩、辉长岩、蚀变辉长岩、蚀变辉长辉绿岩、枕状玄武岩、块状玄武岩、放射虫硅质岩、泥质灰岩、千糜岩等。西部尖头湖蚀变橄榄辉石岩、辉石角闪辉长岩等超基性—基性岩稀土总量 $\Sigma REE =$

($88.28 \sim 223.54$) $\times 10^{-6}$ 、 $LREE/HREE = 3.07 \sim 9.59$, 属轻稀土富集型, δEu 主体大于 1, 个别小于 1, 以 Eu 富集为主, 个别 Eu 亏损. 玄武岩属碱性玄武岩系列, 稀土总量平均 167.94×10^{-6} , $LREE/HREE = 8.46 \sim 9.33$, $\delta Eu = 0.96$, 稀土配分曲线右倾, 为轻稀土富集型. 中酸性火山岩以碱性系列为主, 少量钙碱性系列, 稀土配分曲线为右倾, 属轻稀土富集型. 以上特征说明西部火山岩可能是变薄的大陆岩石圈裂谷环境产物. 中部玛尔盖茶卡山、石渣坡基性火山岩, 仍以碱性系列为主, 岩石化学特征反映为板内裂谷, 与火山岩相关的硅质岩中产早中二叠世放射虫.

巴音查乌马蛇绿岩套的超镁铁质岩 M/F $8.31 \sim 10.62$, 属阿尔卑斯型, 稀土总量 $\Sigma REE = (72.63 \sim 166.64) \times 10^{-6}$; 基性岩属亚碱性系列, 基性辉长岩稀土配分曲线为轻稀土富集的右倾型, 辉绿岩稀土配分曲线为平坦型, 基性熔岩稀土配分曲线为轻稀土富集的右倾型, 并具 Eu 弱负异常. 大离子亲石元素类似于 P-MORB, 显示富集地幔特征. 以上基性、超基性岩的岩石地球化学特征, 反映蛇绿岩的基性组分不是大洋洋脊上的产物, 可能是洋岛构造背景. 蛇绿岩北部的辉长岩 Rb-Sr 等时年龄为 266 ± 41 Ma, 硅质岩中放射虫组合时代为石炭纪—早二叠世(苟金, 1990).

4.5 龙木错—双湖缝合带

龙木错—双湖缝合带是南、北羌塘地块的重要分界线, 西起龙木错, 向东至清激湖折向南东, 经羌马错后再折向东, 沿冈玛错—戈木日—玛依岗日—查桑南—双湖—阿尔下穷—扎萨—查吾拉一线在查吾拉以东与北澜沧江结合带相接.

1:25 万区调工作取得了重要新进展和新认识, 在羌塘中部发现早古生代和中二叠世两期蛇绿岩, 早古生代蛇绿岩仅见于果干加年山, 是一套变质的蛇绿岩, 由堆晶辉长岩和枕状玄武岩等组成, 地球化学特征分析蛇绿岩形成于大洋中脊环境. 中二叠世蛇绿岩主要出露地点在羌塘中部的红脊山、角木日、雪水河、玛依岗日南坡和北坡、角木茶卡东, 纳若、恰格勒拉和双湖以东的才多茶卡等地, 延伸超过 450 km. 蛇绿岩组合中主要岩石类型有辉石橄榄岩、橄榄辉石岩、辉长辉绿岩、橄榄辉长辉绿岩、块状玄武岩、枕状玄武岩和放射虫硅质岩, 另外在角木日西坡还见有发育较好的具鲍马序列的浊积岩. 根据蛇绿岩及其相伴生的岩石, 结合地球化学特征, 认为其形成于大洋中脊环境. 双湖以东到吉塘地区由于

中生界大面积覆盖和花岗岩的大规模侵入, 以及藏东三江地区强烈挤压走滑作用的影响, 地表尚未发现蛇绿岩. 在双湖以东才多茶卡以北的灰黑色硅质岩中, 获得大量晚泥盆世法门期的放射虫, 同时在一条剖面上还获得了二叠世的放射虫化石, 为确定洋盆的形成和持续演化时间提供了重要信息(李才, 1997; 李才等, 2006, 2007).

5 构造古地理环境及构造演化

巴颜喀拉构造带是古特提斯洋闭合形成的横贯欧亚的巨型“T”字形碰撞造山系的主体组成部分, 是现今中国大陆构造中突出的分隔中国大陆地质南北、东西的巨型大陆推覆构造和陆内强构造变形带, 在中国大陆现今组成与结构中占有突出地位. 但由于其除西部和东部部分地区出露二叠系, 其他地区出露侏罗系至第四系外, 大部分地区为巨厚的三叠纪沉积所覆盖, 掩盖了许多地质信息. 本文试图通过大量的地质事实对其构造古地理环境和构造演化作以探讨.

(1) 巴颜喀拉构造带出露的地层二叠系自下而上表现为浅海相(包含半深海、深海相)—半深海、深海相—浅海相沉积演化特征, 三叠纪沉积环境总体表现为浅海相(包含半深海、深海相)—半深海、深海相—滨浅海相—陆相沉积演化序列, 侏罗—第四系全区褶皱隆升, 主要为陆相河湖相和沙漠相碎屑岩沉积. 二叠—三叠纪构造古地理环境表现为拉张裂陷形成洋(海)盆—汇聚、部分碰撞形成残留洋(海)盆、前陆盆地—拉张裂陷形成洋(海)盆—汇聚、部分碰撞形成残留海(洋)盆、前陆盆地—完全碰撞造山, 海水退出, 进入陆相沉积的演化历史. 二叠系未见底, 二叠系—三叠系连续沉积. 通过对紧邻巴颜喀拉构造带的北部昆仑造山带石炭纪岩相特征及构造古地理的研究表明, 石炭纪巴颜喀拉地区亦为深海、半深海相沉积(陈守建等, 2008). 以上特征说明其具有持续海(洋)盆的存在特征.

(2) 巴颜喀拉构造带内已完成的 1:25 万区调项目均未发现三叠纪蛇绿岩, 黄羊岭群和巴颜喀拉山群中的火山岩具有岛弧型地球化学特征, 说明火山岩来源于两侧岛弧或洋内弧亦或两者兼而有之.

(3) 巴颜喀拉构造带两侧蛇绿岩或蛇绿混杂岩有从两侧向内逐渐变新的趋势, 尤其是北侧康西瓦—木孜塔格—阿尼玛卿缝合带及其以北地区最为典型, 从昆北向昆南蛇绿岩由老至新的变化趋势非

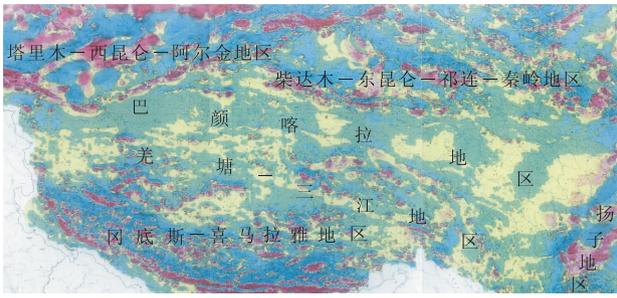


图 5 青藏高原及邻区航磁 ΔT 等值线平面图(成都地质调查中心“青藏高原基础地质调查成果集成和综合研究”项目成果,未正式发表)

Fig. 5 The isoline ichnography of aeromagnetics ΔT in Qinghai-Xizang plateau and adjacent area

常明显(黄继春等,1999). 南部郭扎错—西金乌兰—金沙江蛇绿岩的形成时代是石炭纪—中二叠世, 歌武—甘孜蛇绿岩的形成时代是早中三叠世, 并且两条蛇绿混杂岩带本身亦表现出从南向北由老至新的变化特征. 上述特征说明构造带两侧为“多岛弧盆系”的残留(李荣社等,2008b).

(4)巴颜喀拉构造带两侧甚至更大范围内均存在中上二叠统之间的不整合(陈守建等,2006). 以康西瓦—木孜塔格—阿尼玛卿缝合带上的青海省玛多县醉马滩剖面最为典型, 上二叠统格曲组角度不整合在下伏得格龙中基性火山岩之上. 郭扎错—西金乌兰—金沙江缝合带内在萨玛绥加日和藏北腹地金狮山地区出露的上二叠统地层称热觉茶卡组, 为滨浅海—三角洲相碎屑岩夹灰岩沉积, 底部有复成分砾岩, 不整合于西金乌兰蛇绿构造混杂岩之上, 含较多微古化石. 出露的上三叠统地层称康鲁组, 为滨浅海相碎屑岩—碳酸盐岩建造, 含早三叠世牙形刺, 与下伏热觉茶卡组整合接触, 二叠系与三叠系为连续沉积. 在可可西里段, 带内出露的上二叠统—下三叠统地层称汉台山群, 主要为海滩亚相石英砂岩, 角度不整合于西金乌兰蛇绿构造混杂岩之上, 其底部砾岩中含下伏蛇绿岩带的硅质岩、玄武岩、辉长岩等砾石, 属于磨拉石建造, 说明西金乌兰—金沙江洋盆于中二叠世末已闭合. 而巴颜喀拉盆地内部中上二叠统之间为整合接触, 仅表现出海退(海水变浅)—海侵(海水变深)的震荡变化.

(5)已有的物探、化探和遥感资料清楚地显示, 巴颜喀拉构造带与周围地质体物性差异最为明显, 而构造带内部则相对均一, 变化较小(图 5).

(6)地质、物探、化探和遥感等各种资料均表现出巴颜喀拉构造带周围地质体呈明显的向巴颜喀拉

地区汇聚的凸出的弧形特征, 说明古特提斯洋最后的闭合区应在巴颜喀拉地区. 但是, 汇聚并没有发生完全的碰撞和推覆叠置, 而是形成了一个东西向展布, 东宽西窄的宽阔的条带状地带, 基底相对平坦. 古特提斯洋并没有完全俯冲消减完毕, 而是在俯冲消减到一定程度时停止, 随后被四周, 尤其是北部快速隆起的造山带剥蚀下来的大量的碎屑物质快速充填, 形成被一些地质学家所称的“垃圾盆地”.

(7)巴颜喀拉构造带为突出的分隔中国大陆地质南北、东西的巨型大陆推覆构造和陆内强构造变形带, 如果用平衡剖面等方法计算出二叠—三叠纪原始地层沉积时的展布规模, 那将数倍于现今的分布范围, 说明当时的洋(海)域规模是十分巨大的. 此特征有别于高原及周围任何地区, 如果基底有大规模的陆块存在显然是不可能的, 说明二叠—三叠系与基底为两个差别巨大的构造层(洋壳基底).

6 讨论与结论

(1)巴颜喀拉地区是塔里木—中朝陆块(华夏陆块)与南方大陆(冈瓦纳陆块)之间的古特提斯洋的主洋盆所在地区之一, 与其南部龙木错—双湖洋盆

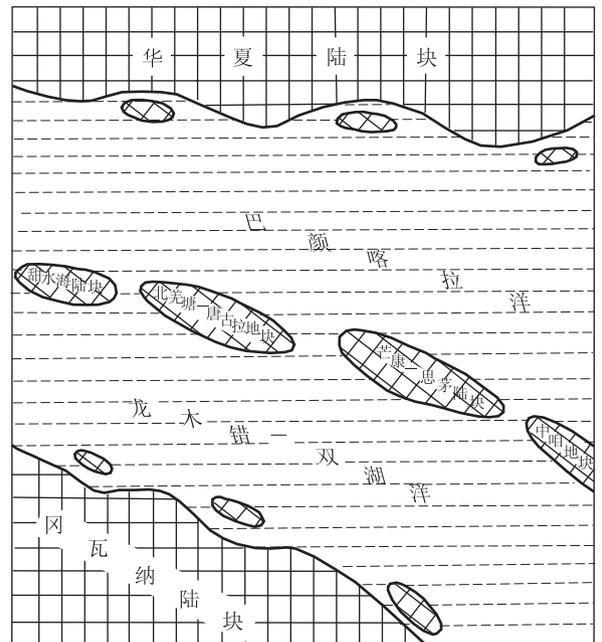


图 6 巴颜喀拉洋盆与龙木错—双湖洋盆组成的古特提斯双洋域平面展布示意

Fig. 6 The plane distributing sketch map of Palaeo Tethys ocean building Bayankala ocean and Longmu lake-Shuanghu ocean

共同构成古特提斯洋的双洋域,洋盆规模比较广阔,二者具有大致相同的演化历史,之间为北美塘—唐古拉地块、芒康—思茅微地块和中咱—中甸微地块等(图 6). 晋宁运动(格林维尔运动)形成的 Rodinin 超大陆可能在南华纪时即开始裂陷扩张,在塔里木—中朝陆块与南方大陆之间形成古特提斯洋域,在塔里木—中朝陆块与北方大陆(欧亚古陆)之间形成古亚洲洋域. 巴颜喀拉地区晋宁运动可能未完全闭合,发育有残留洋(海)盆. Rodinin 超大陆可能为一个相对于泛大洋而存在的陆块汇聚体——泛大陆或联合陆块,各陆块间的汇聚既有碰撞造山的形式存在,也有仅局部相连的软碰撞的形式存在,更有仅具汇聚趋势,存在有限洋盆相隔的“汇而不连”的形式存在.

(2)古亚洲洋域在多次的拉张—汇聚之后,于早石炭世初期闭合(夏林圻等,2007),而古特提斯洋域在多次的拉张—汇聚之后,与中三叠世末最后碰撞造山,三叠纪末完全退出海相沉积(图 7). 青藏高原南部的班公湖—怒江洋盆(晚三叠世至早白垩世)和印度河—雅鲁藏布江洋盆(晚侏罗世至始新世)(潘桂棠等,2004)则为古特提斯洋域三叠纪末碰撞造山后相继拉开的新洋盆. 不论古亚洲洋域还是古特提斯洋域、中新特提斯洋域以及新特提斯洋域均为与陆表海盆地形态有一定相似性的较宽阔的相对较浅的水域,其间陆块(岛)发育,随着海水升降时隐(或部分)时现,与联合陆块周围的泛大洋不可同日而语,与现今的太平洋及其两岸亦有较大差别. 在巴颜喀拉盆地北部康西瓦—木孜塔格—阿尼玛卿缝合带的布喀达坂峰、鲸鱼湖等地发现的石炭纪—一早中二叠世冷水型单通道蜓类、冷暖混生的腕足类及珊瑚等化石就是最好的证明.

(3)巴颜喀拉洋域自形成后表现为多次的拉张裂陷形成洋(海)盆—汇聚、部分碰撞形成残留洋(海)盆及前陆盆地的震荡演化(图 6 和图 8),沉积环境总体表现为浅海相—深海、半深海相—滨浅海相的多次旋回性变化. 最后于三叠纪末完全碰撞造山,进入陆相沉积演化历史.

(4)巴颜喀拉构造带两侧蛇绿岩、蛇绿混杂岩有从两侧向内逐渐变新的趋势,更有泥盆系、上二叠统、上三叠统等的与下伏岩层的不整合,说明其两侧随着拉张—汇聚形成过不同时期的岛弧、弧后盆地、边缘增生楔等.

(5)巴颜喀拉山群浊积岩古流向在中西部银石山地区舌状槽模中共测得 5 组流向,分别为 200°、

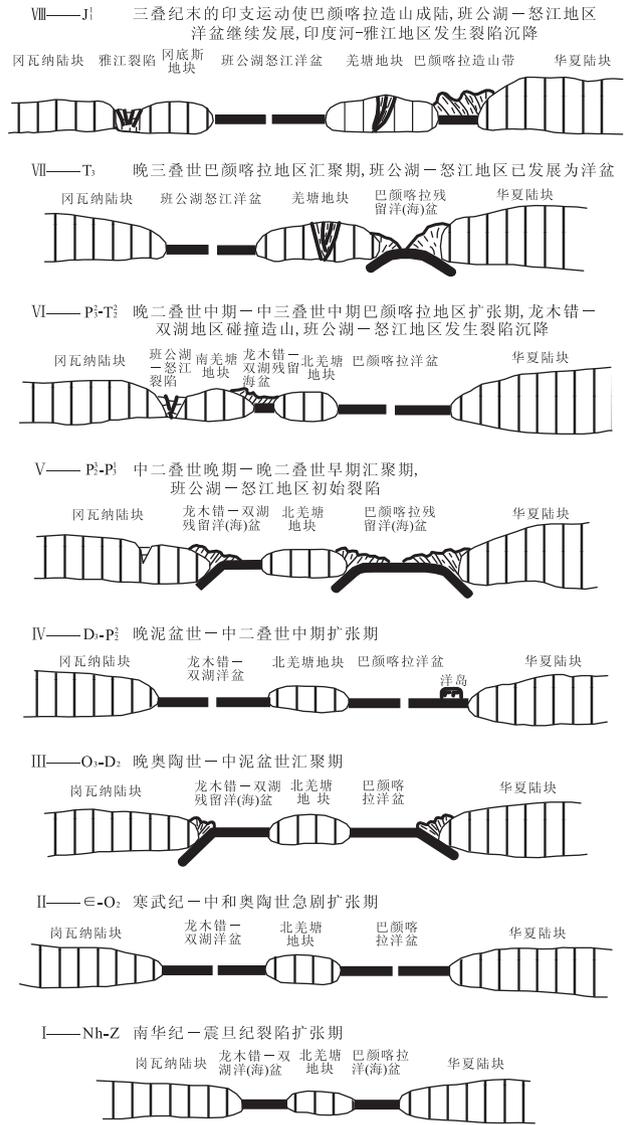


图 7 青藏高原南华—三叠纪古特提斯洋域构造演化示意
Fig. 7 The tectono-evolution sketch map of Palaeo Tethys ocean from Nanhua period to Trias period

207°、202°、196°和 195°,晚期沉积测得一组流向,为 204°;东部阿拉克湖地区古流向主要为北、北西—南和南东;南部可可西里盆地测得早期流向 160°~130°,中期流向 175°~130°,晚期流向 150°~145°;盆地南部边缘紧邻歇武—甘孜缝合带的蛇形地一带古流向有两组,一组为 270°,另一组为 40°. 总体上看,巴颜喀拉盆地物源主要来自北侧,主体是北部造山带物质的再循环. 这说明北部塔里木—中朝陆块边缘地势高耸、剥蚀强烈,而南部北美塘—唐古拉地块、芒康—思茅微地块和中咱—中甸微地块等随着海水升降时隐(或部分)时现,地势低平没有强烈的剥蚀作用.

(6)巴颜喀拉构造带二叠—三叠系基底主体应

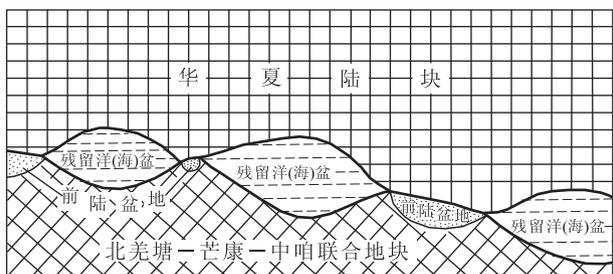


图 8 巴颜喀拉洋汇聚期形成的残留洋(海)盆和前陆盆地平面展布示意

Fig. 8 The plane distributing sketch map of the remain ocean and foreland basin during Bayankala ocean convergent period

为洋壳基底,南北边部可能有两侧的古老陆块基底裂隙的块体,而东部靠近扬子板块陆缘的古老陆块基底主要是由于晚古生代—早中生代的太平洋板块向西、西北的推挤,巴颜喀拉洋盆相向的向东、东南的俯冲,从扬子陆块裂离出的产物。

(7)中、晚二叠世之间强烈的华力西构造运动使古板块间的相对运动加剧,地表所有陆块几乎均聚合在一起形成联合大陆,使得全球大部分的浅水区域消失,古板块间逐渐拼接形成联合古大陆(泛大陆或潘吉亚大陆、盘古大陆),周围由泛大洋环绕。巴颜喀拉地区是联合古大陆中仅有的少数二叠—三叠纪连续发育海相沉积的地区之一,对其岩石地层发育特征及构造演化进行研究具有重要意义。本文仅对其岩石地层发育特征、构造古地理环境及演化历史进行了简单探讨,以期对提高青藏高原提斯洋演化历史和潘吉亚大陆形成特征等方面的研究工作以及对指导我国战略性矿产资源的找矿部署工作有所裨益。

致谢:本篇得以完成,是奋战在昆仑地区广大地学工作者集体智慧的结晶,是他们长期艰苦努力,无私奉献的结果。在蕴酿、成文过程中,作者自始至终得到了史秉德研究员、杨永成教授级高级工程师、王战教授、冯益民研究员、洛长义研究员、张维吉教授以及编辑老师和评审专家等的精心指导和帮助,谨致谢忱!大量前人资料、看法和心得等限于篇幅有限,参考文献中未能悉数列出,在此一并致谢!

References

Bian, Q. T., Luo, X. Q., Chen, H. H., et al., 1999a. Zircon U-Pb age of granodiorite-tonalite in the A'nyemaqen ophiolitic belt and its tectonic significance. *Scientia Geo-*

logica Sinica, 34(4): 420—426 (in Chinese with English abstract).

Bian, Q. T., Luo, X. Q., Li, H. S., et al., 1999b. Discovery of Early Paleozoic and Early Carboniferous-Early Permian cophiolites in the A'nyemaqen, Qinghai Province, China. *Scientia Geologica Sinica*, 34(4): 523—524 (in Chinese with English abstract).

Bureau of Geology and Mineral Resources of Qinghai Province, 1991. Regional geology of Qinghai Province. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese with English abstract).

Bureau of Geology and Mineral Resources of Qinghai Province, 1997. Stratigraphy (Lithostratic) of Qinghai Province (Multiple classification and correlation of the stratigraphy of China). China University of Geoscience Press, Wuhan (in Chinese).

Chen, S. J., Li, R. S., Ji, W. H., et al., 2006. Study on stratigraphic lost of northern Qinhai-Tibet plateau. *Journal of Stratigraphy*, 30(3): 231—236 (in Chinese with English abstract).

Chen, S. J., Li, R. S., Ji, W. H., et al., 2008. Carboniferous period lithofacies character and Tectono-Paleogeography in Kunlun orogenic belt. *Journal of Earth Sciences and Environment*, 30(3): 221—233 (in Chinese with English abstract).

Gou, J., 1990. The basis character of ultra-basic rockes in Bayinchama region in Tanggula Mountains. *Northwestern Geology*, 23(3): 1—5 (in Chinese with English abstract).

Guo, F. X., 1999. "Indosinian Geosyncline" fold process of the East Qingzang (Qinghai-Tibet) plateau of Southwest China. *Geoscience*, 13(3): 268—274 (in Chinese with English abstract).

Huang, J. C., Zhang, K. X., Zhu, M. Y., et al., 1999. Paleomagnetic evidence for Hercynian-Indosinian tectonopaleogeographical evolution in eastern Kunlun orogenic zone. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 24(2): 155—160 (in Chinese with English abstract).

Ji, L. X., Ouyang, S., 1996. Spore-pollen assemblage from Buqingshan Group, Qinghai and its geological age. *Acta Palaeontologica Sinica*, 35(1): 1—25 (in Chinese with English abstract).

Jiang, C. F., 2002. Several geologic problems and their research advance of Central orogenic belt. *Geological Bulletin of China*, 21(8): 453—455 (in Chinese with English abstract).

Jiang, C. F., Wang, Z. Q., Li, J. T., et al., 2000. Opening-

- closing tectonics in Central orogenic belt. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Li, C., 1997. The $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age and its significance of the crossite from the blueschist in the Mid-Qiangtang area. *Chinese Science Bulletin*, 42(4): 448 (in Chinese).
- Li, C., Huang, X. P., Zhai, Q. G., et al., 2006. The Longmu Co-Shuanghu-Jitang plate suture and the northern boundary of Gondwanaland in the Qinghai-Tibet plateau. *Earth Science Frontiers*, 13(4): 136—147 (in Chinese with English abstract).
- Li, C., Zhai, Q. G., Dong, Y. S., et al., 2007. Longmu Co-Shuanghu plate suture in the Qinghai-Tibet plateau and records of the evolution of the Paleo-Tethys Ocean in the Qiangtang area, Tibet, China. *Geological Bulletin of China*, 26(1): 13—21 (in Chinese with English abstract).
- Li, D. W., 2005. Compendium of dynamics of earth system. *Geotectonica et Metallogenia*, 29(3): 285—292 (in Chinese with English abstract).
- Li, R. S., Ji, W. H., Yang, Y. C., et al., 2008a. The geology in Kunlun and its adjacent region. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Li, R. S., Xu, X. Y., Ji, W. H., et al., 2008b. Some problems of geological study in the western China orogenic belt. *Geological Bulletin of China*, 27(12): 2020—2025 (in Chinese with English abstract).
- Lin, Q. X., Zhang, Z. Y., Zhang, K. X., et al., 2003. Triassic lithofacies Paleogeography in the joint of Qinling, Qilian and Kunlun. *Earth Science — Journal of China University of Geosciences*, 28(6): 660—668 (in Chinese with English abstract).
- Luo, Z. L., Yao, J. H., Sun, W., et al., 2006. Attempt to explain the enigma of “Chinese Geological Bermuda”. *Xinjiang Petroleum Geology*, 27(1): 1—14 (in Chinese with English abstract).
- Pan, G. T., Chen, Z. L., Li, X. Z., et al., 1997. Geological tectonic evolution in the eastern Tethys. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese with English abstract).
- Pan, G. T., Ding, J., Yao, D. S., et al., 2004. Instruction of the geological map of Qinghai-Tibet plateau and its adjacent regions. Chengdu Cartographic Publishing House, Chengdu (in Chinese).
- Pan, Y. S., 1984. Ophiolite suite was discovered in Tongtian River, Qinghai Province. *Seismology and Geology*, 6(2): 46—46 (in Chinese).
- Wang, G. C., Zhang, T. P., Liang, B., et al., 1999. Composite ophiolitic mélange zone in central part of eastern section of eastern Kunlun orogenic zone and geological significance of “fault belt in central part of eastern section eastern Kunlun orogenic zone”. *Earth Science — Journal of China University of Geosciences*, 24(2): 129—133 (in Chinese with English abstract).
- Wang, Y. B., Zhang, K. X., Gong, Y. M., et al., 1998. The discovery of Early Permian reef belt in East Kunlun and its significance. *Chinese Science Bulletin*, 43(11): 947—950 (in English).
- Xia, L. Q., Xia, Z. C., Xu, X. Y., et al., 2007. Tianshan magmatism. China Dadi Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Xiao, X. C., Wang, J., Su, L., et al., 2003. A further discussion of the küda ophiolite, West Kunlun, and its tectonic significance. *Geological Bulletin of China*, 22(10): 745—750 (in Chinese with English abstract).
- Yang, F. Q., Yin, H. F., Yang, H. S., et al., 1994. The Songpan-Garze massif: its relationship with the Qinling fold belt and Yangtze platform and development. *Acta Geologica Sinica*, 68(3): 208—218 (in Chinese with English abstract).
- Yin, H. F., Zhang, K. X., 1998. Evolution and characteristics of Central orogenic belt. *Earth Science — Journal of China University of Geosciences*, 23(5): 437—442 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, K. X., Huang, J. C., Yin, H. F., et al., 2000. Application of radiolarians and other fossils in non-Smith strata—exemplified by the A'nyemaqen mélange belt in East Kunlun Mts. *Science in China (Ser. D)*, 43(4): 364—374.
- Zhang, K. X., Lin, Q. X., Zhu, Y. H., et al., 2004. New paleontological evidence on time determination of the east part of the eastern Kunlun Melange and its tectonic significance. *Science in China (Ser. D)*, 47(10): 865—873. doi: 10.1360/03yd0231
- Zhang, K. X., Yin, H. F., Zhu, Y. H., et al., 2001. The theory, method and practice to geological mapping in mélange district of orogenic belts. China University of Geosciences Press, Wuhan (in Chinese).
- Zhang, Y. F., Pang, C. L., Li, C. L., 1997. The formation and development of Trias basin in Hohxil-Bayankala. Qinghai People Publishing House, Xining (in Chinese).

附中文参考文献

- 边千韬, 罗小全, 陈海泓, 等, 1999a. 阿尼玛卿蛇绿岩带花岗—英云闪长岩锆石 U-Pb 同位素定年及大地构造意义. *地质科学*, 34(4): 420—426.
- 边千韬, 罗小全, 李红生, 等, 1999b. 阿尼玛卿山早古生代和

- 早石炭—早二叠世蛇绿岩的发现. 地质科学, 34(4): 523—524.
- 陈守建, 李荣社, 计文化, 等, 2006. 青藏高原北部茅口晚期地层缺失研究. 地层学杂志, 30(3): 231—236.
- 陈守建, 李荣社, 计文化, 等, 2008. 昆仑造山带石炭纪岩相特征及构造古地理. 地球科学与环境学报, 30(3): 221—233.
- 苟金, 1990. 唐古拉巴音查乌马地区超基性岩的基本特征. 西北地质, 23(3): 1—5.
- 郭福祥, 1999. 中国西南青藏高原东部“印支地槽”的褶皱过程. 现代地质, 13(3): 268—274.
- 黄继春, 张克信, 朱明艳, 等, 1999. 东昆仑造山带海西—印支期构造古地理演化的古地磁证据. 地球科学——中国地质大学学报, 24(2): 155—160.
- 冀六祥, 欧阳舒, 1996. 青海中东部布青山群孢粉组合及其时代. 古生物学报, 35(1): 1—25.
- 姜春发, 2002. 中央造山带几个重要地质问题及其研究进展. 地质通报, 21(8): 453—455.
- 姜春发, 王宗起, 李锦铁, 等, 2000. 中央造山带开合构造. 北京: 地质出版社.
- 李才, 1997. 西藏羌塘中部蓝片岩青铝闪石⁴⁰Ar/³⁹Ar定年及其地质意义. 科学通报, 42(4): 448.
- 李才, 黄小鹏, 翟庆国, 等, 2006. 龙木错—双湖—吉塘板块缝合带与青藏高原冈瓦纳北界. 地学前缘, 13(4): 136—147.
- 李才, 翟庆国, 董永胜, 等, 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. 地质通报, 26(1): 13—21.
- 李德威, 2005. 地球系统动力学纲要. 大地构造与成矿学, 29(3): 285—292.
- 李荣社, 计文化, 杨永成, 等, 2008a. 昆仑山及邻区地质. 北京: 地质出版社.
- 李荣社, 徐学义, 计文化, 等, 2008b. 对中国西部造山带地质研究若干问题的思考. 地质通报, 27(12): 2020—2025.
- 林启祥, 张智勇, 张克信, 等, 2003. 秦祁昆结合部早中三叠世构造古地理. 地球科学——中国地质大学学报, 28(6): 660—668.
- 罗志立, 姚军辉, 孙伟, 等, 2006. 试解“中国地质百慕大”之谜. 新疆石油地质, 27(1): 1—14.
- 潘桂棠, 陈智梁, 李兴振, 等, 1997. 东特提斯地质构造形成演化. 北京: 地质出版社.
- 潘桂棠, 丁俊, 姚东生, 等, 2004. 青藏高原及邻区地质图说明书. 成都: 成都地图出版社.
- 潘裕生, 1984. 青海省通天河发现蛇绿岩套. 地震地质, 6(2): 46—46.
- 青海省地质矿产局, 1991. 青海省区域地质志. 北京: 地质出版社.
- 青海省地质矿产局, 1997. 青海省岩石地层(全国地层多重新划分对比研究). 武汉: 中国地质大学出版社.
- 王国灿, 张天平, 梁斌, 等, 1999. 东昆仑造山带东段昆中复合蛇绿混杂岩带及“东昆断裂带的地质涵义”. 地球科学——中国地质大学学报, 24(2): 129—133.
- 夏林圻, 夏祖春, 徐学义, 等, 2007. 天山岩浆作用. 北京: 中国大地出版社.
- 肖序常, 王军, 苏犁, 等, 2003. 再论西昆仑库地蛇绿岩及其构造意义. 地质通报, 22(10): 745—750.
- 新疆自治区地质矿产局, 1993. 新疆自治区区域地质志. 北京: 地质出版社.
- 杨逢清, 殷鸿福, 杨恒书, 等, 1994. 松潘甘孜褶皱带、扬子地块的关系及其发展史. 地质学报, 68(3): 208—218.
- 殷鸿福, 张克信, 1998. 中央造山带的演化及其特点. 地球科学——中国地质大学学报, 23(5): 437—442.
- 张克信, 林启祥, 朱云海, 等, 2004. 东昆仑东段混杂岩建造时代厘定的古生物新证据及其大地构造意义. 中国科学(D辑), 34(3): 210—218.
- 张克信, 殷鸿福, 朱云海, 等, 2001. 造山带混杂岩区地质填图理论、方法与实践——以东昆仑造山带为例. 武汉: 中国地质大学出版社.
- 张以弗, 庞存廉, 李长利, 1997. 可可西里—巴颜喀拉三叠纪沉积盆地的形成和演化. 西宁: 青海人民出版社.