

doi:10.3799/dqkx.2014.105

羌塘—三江古生代—中生代沉积盆地演化

孔令耀^{1,2}, 姚华舟^{2*}, 徐亚东^{3,4}, 骆满生³, 罗亮⁵, 吴旌⁴

1. 中国地质大学地质调查研究院, 湖北武汉 430074
2. 武汉地质调查中心, 湖北武汉 430205
3. 中国地质大学生物地质与环境地质国家重点实验室, 湖北武汉 430074
4. 中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074
5. 成都地质矿产研究所, 四川成都 610082

摘要: 羌塘—三江构造—地层大区的古生代—中生代沉积盆地和构造演化受特提斯洋的控制。通过综合分析前人对羌塘—三江地区大量岩石地层、生物地层、同位素年代学及构造学等研究资料, 对羌塘—三江构造—地层大区各分区古生代—中生代的沉积盆地类型进行了划分, 并分析了各个沉积盆地的形成和演化过程, 探讨了该区的大地构造演化: 早古生代该区主体属于大洋环境; 晚古生代随着特提斯洋向南东、北东方向的俯冲, 该区开始发育一系列活动陆缘沉积盆地, 产生金沙江弧后洋、澜沧江弧后洋和甘孜—理塘弧后洋, 形成多岛洋弧盆系; 中生代, 随着特提斯洋向北东的俯冲消减, 弧后洋逐渐闭合, 羌塘—三江地区发生大规模弧—弧、弧—陆碰撞增生, 逐渐转化成陆。随着白垩纪特提斯洋的闭合, 印度板块与中国西部碰撞、造山, 羌塘—三江地区发育陆内盆地。

关键词: 羌塘—三江; 活动陆缘; 特提斯; 沉积; 构造; 盆地演化。

中图分类号: P534

文章编号: 1000-2383(2014)08-1217-13

收稿日期: 2014-06-05

Evolution of Sedimentary Basins in Qiangtang-Sanjiang from Paleozoic to Mesozoic

Kong Lingyao^{1,2}, Yao Huazhou^{2*}, Xu Yadong^{3,4}, Luo Mansheng³, Luo Liang⁵, Wu Jing⁴

1. Institute of Geological Survey, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China
2. Wuhan Center of China Geological Survey, Wuhan 430205, China
3. State Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China
4. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China
5. Chengdu Center of China Geological Survey, Chengdu 610082, China

Abstract: The structure and evolution of Qiangtang-Sanjiang during Paleozoic-Mesozoic sedimentary basins were controlled by the Tethys. On the basis of the exploration of previous studies on lithostratigraphy, fossil assemblages, isotopic geochronology and tectonics of the study area, this paper classifies the sedimentary basins of Qiangtang-Sanjiang region, and analyzes the formation and evolution of each sedimentary basin. During the Early Paleozoic, Qiangtang-Sanjiang basins were mostly ocean environment; with the subduction of the Tethys Ocean to the northeastward and southeastward in Late Paleozoic, the active margin sedimentary basins developed in this area, forming Jinshajiang back arc-ocean, Lancangjiang back arc-ocean and Ganzi-Litang back arc-ocean and then the multiple island arc-basin systems of eastern Tethys system gradually formed. During the Mesozoic, with the subduction of the Tethys in Late Triassic in Qiangtang-Sanjiang, three arc-basins gradually closed, then large-scale arc-arc collision and arc-continent collision occurred in this area. This area eventually entered intracontinental evolution stage from the active margin sedimentary basins. Due to the close of Tethys in Cretaceous, the Indian plate and western China collided, inland basins developed in Qiangtang-Sanjiang.

Key words: Qiangtang-Sanjiang; active continental margin; Tethys; sedimentology; tectonics; basin evolution.

基金项目: 中国地质调查局项目 (Nos. 1212010733802, 12120113012500).
作者简介: 孔令耀 (1989—), 硕士研究生, 从事古生物地层学与沉积学研究. E-mail: 951121661@qq.com
* 通讯作者: 姚华舟, E-mail: 421814479@qq.com

羌塘—三江构造—地层大区(简称“羌塘—三江”)是受控于特提斯洋的演化而逐步形成的一个复杂的造山带.本文对羌塘—三江大区内的构造—地层区划参考了潘桂棠等(2009,2013)对青藏高原大地构造单元的划分方案.羌塘—三江构造—地层大区被划分为 9 个构造—地层区(简称“区”)以及 23 个构造—地层分区(简称“分区”)(图 1).本文所采用的盆地类型(沉积大地构造相)及代号参考张克信等(2014)的划分方案.一般“三江”指的是澜沧江、金沙江和怒江,但怒江所划(潘桂棠等,2013)属于班公湖—怒江—昌宁—孟连对接带,因此这里的“三江”实际上仅指金沙江与澜沧江地区.该构造—地层大区东南部受龙门山—金沙江—红河断裂所限,与扬子板块毗邻;西南部与班公湖—怒江—昌宁—孟连对接带相邻;北东界与康西瓦—南昆仑—玛多—玛沁造山带相邻;北西部至甜水海地块,总体上呈现一个西小东大、北西—南

东方向展布的巨大喇叭形状(图 1).近年来,随着研究的深入,羌塘—三江地区的铜、铅、锌、金等多种金属矿床的找矿工作取得重大进展,如在云南三江地区已经发现的铜、铅、锌、金、银、锡、钨、镍等各类矿床 190 余处(张生辉,2006;余宏全等,2009;杨钻云等,2010;钟文丽,2012);北羌塘地区已经有大量资料表明油气资源前景良好(张生辉,2006;张志攀,2006;付修根等,2009b;曾胜强等,2012),因此,对该区基础地质的调查研究具有重大意义.

1 羌塘—三江构造—地层大区沉积建造序列及盆地类型

1.1 甜水海构造—地层区 (IX-1)

本区位于我国新疆西南部,东南部受阿尔金断

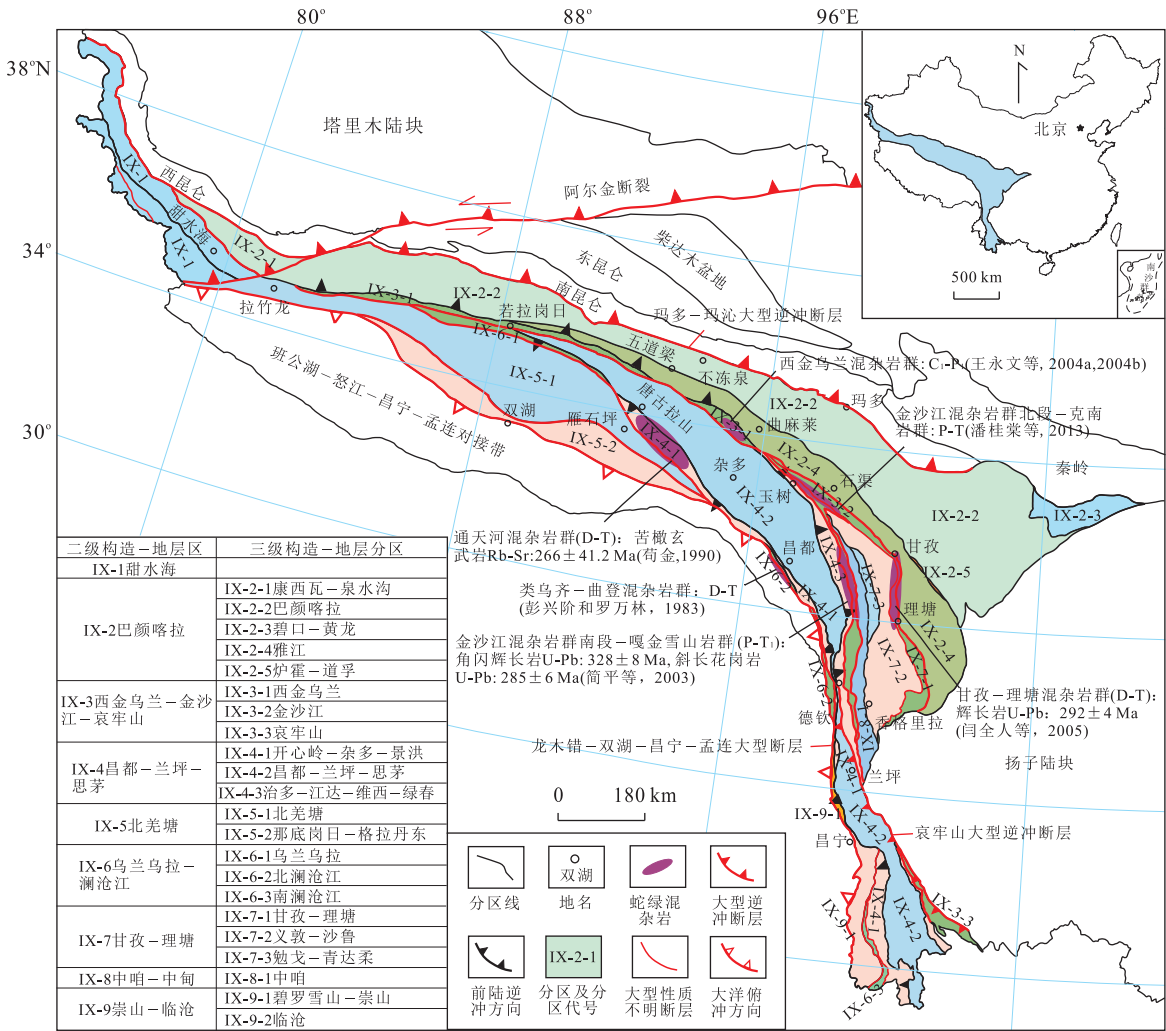


图 1 羌塘—三江构造—地层大区地层区划简图(据潘桂棠等,2009,2013 修改)

Fig.1 The location and stratigraphic subregion map of Qiangtang-Sanjiang

裂所限,与北羌塘地块相邻,北东邻西昆仑造山带(图1)。该区寒武系—上白垩统均以边缘海相碎屑岩沉积为主,少量灰岩,沉积构造显示出不同的亚相沉积环境。寒武系下部主要为碎屑岩,上部主要为灰岩,属边缘海。奥陶系为一套海进序列的边缘海陆棚浅海沉积,志留系夹少量火山岩,含珊瑚化石,下一中志留统砂岩主微量元素特征显示为过渡型陆壳沉积(李博秦等,2007),为边缘海碎屑岩半深海。泥盆系—石炭系以碳酸盐岩为主,夹少量砾岩及碎屑岩,在沉积层序上是一个向上水体变浅的进积层序,为一套三角洲沉积,为混积浅海(李勇等,2013)(图2)。二叠系下部为碎屑岩,向上逐渐以灰岩为主,发育玄武岩和火山角砾岩,属于陆缘裂谷。三叠系至下侏罗统火山岩消失,属边缘海碎屑岩浅海(图3);中—晚侏罗世地层为稳定的陆表海碳酸盐岩台地建造序列(潘桂棠等,2013)。上白垩统为砾岩、砂岩及泥灰岩夹石膏,为滨海—潮坪相沉积,为混积陆表海。

1.2 巴颜喀拉构造—地层区(Ⅸ-2)

本区位于康西瓦—木孜塔格—阿尼玛卿断裂以南、金沙江—红河断裂的北东、阿尔金断裂以东、龙门山断裂以西,呈巨型的三角形状。该区的沉积特征显示C—C为边缘海,二叠纪发育弧后盆地,三叠纪发育以巴颜喀拉山群为代表的残余海盆沉积,侏罗纪进入陆内火山断陷盆地环境。

康西瓦—泉水沟分区志留系主要为边缘海相碎屑岩沉积,局部夹少量火山岩,属边缘海碎屑岩半深海。二叠系下部为碎屑岩,上部主要为碳酸盐岩,出现规模巨大的粗火山碎屑岩,同时发育中—酸性火熔岩,可能为岛弧发育而形成的火山岩(陈守建等,2011),属弧后陆坡。三叠系巴颜喀拉山群(TB)为具鲍马序列的浊积岩,夹硅质岩、灰岩和杏仁状玄武岩,总体表现为深海—半深海相(殷鸿福和张克信,2003;陈守建等,2011),属于残余海盆。

巴颜喀拉分区寒武系主要为一套变质火山碎屑岩和火山角砾岩,为陆缘裂谷。奥陶系—志留系下部以石英岩片岩为主,向上出现灰岩,上部为千枚岩和变砂岩夹灰岩,属陆棚沉积。泥盆纪—石炭纪沉积碳酸盐岩和浅海相碎屑岩,属被动陆缘斜坡。二叠系至下一中三叠统与康西瓦—泉水沟分区发育沉积环境分别为弧后陆坡和残余海盆。上三叠统发育鲍马序列,遗迹化石研究,表明上三叠统的沉积环境具有从深海—半深海盆地环境向大陆斜坡中下部环境转变、海水逐渐变浅的趋势(梁斌等,2003),属前陆盆地,表明晚三叠世该区大洋关闭,逐渐进入陆内盆地

演化。大洋闭合碰撞挤压导致该分区形成大规模断陷,侏罗系—下白垩统主要为碎屑岩夹少量煤线,上部见大量英安岩和含砾沉凝灰岩,为火山—沉积断陷盆地。

碧口—黄龙分区寒武系以一套碳酸盐岩与陆源碎屑岩交互层为主,夹杂碳质板岩、硅质岩及微晶白云岩,属混积台地。奥陶系—泥盆系主要为灰岩和浅海相碎屑岩,含硅质岩、火山岩及凝灰岩夹层,泥盆系底部夹少量劣质无烟煤,含丰富腕足类和珊瑚类等化石,为被动陆缘斜坡(图2)。三叠系—石炭系以大量碳酸盐岩为特征,属碳酸盐岩台地。

曲麻莱—雅江分区下志留统和石炭系以碎屑岩为主夹灰岩和硅质岩,属边缘海。上二叠统以大量火山岩为特征,发育火山熔岩、角砾岩和凝灰岩,少量砂岩和碳酸盐岩,属弧后陆坡。通过对该地区三叠系巴颜喀拉山群(TB)的遗迹化石研究,认为巴颜喀拉山群上部形成于浊流发育的半深海—深海环境(赵小明等,2006),为残余海盆。

炉霍—道孚分区中—上三叠为绢云板岩与变粉砂岩韵律互层,以及大量枕状或片理化玄武岩和(泥质)硅质岩等(四川省地质调查院,中华人民共和国1:25万色达县幅、阿坝县幅区域地质调查报告,2005;四川省地质调查院,中华人民共和国1:5万三岔桑幅区域地质调查报告,2005;四川省地质调查院,中华人民共和国1:25万炉霍县幅区域地质调查报告,2007),为大洋关闭时的沉积产物,属残余海盆。

1.3 西金乌兰—金沙江—哀牢山构造—地层区(Ⅸ-3)

本区沿拉竹龙—若拉岗日—西金乌兰—金沙江一线分布,向南经哀牢山一线进入越南境内,该线是北羌塘地块与巴颜喀拉地块的分界线(李勇等,2003)(图1)。该区包括西金乌兰(Ⅸ-3-1)、金沙江(Ⅸ-3-2)和哀牢山(Ⅸ-3-3)3个分区。该区泥盆纪之前为边缘海相,从泥盆纪开始进入弧后洋演化阶段,发育俯冲增生杂岩,三叠纪金沙江弧后洋逐渐关闭,发育残余海盆和前陆盆地,随着该弧后洋闭合,发生大规模挤压,形成压陷盆地。

金沙江分区底—下寒武统下部为碎屑岩,上部为基性—中基性火山岩夹少量碳酸盐岩,属陆缘裂谷建造。上寒武统—奥陶系下部以变质石英砂岩为主,上部为碳酸盐岩和碎屑岩;哀牢山分区志留系主要为杂色砂页岩,含少量灰岩,属边缘海沉积。

泥盆纪—三叠纪该区分布有金沙江混杂岩群(DT^{mlg}J)、通天河混杂岩群(DT^{mlg}T)和西金乌兰混

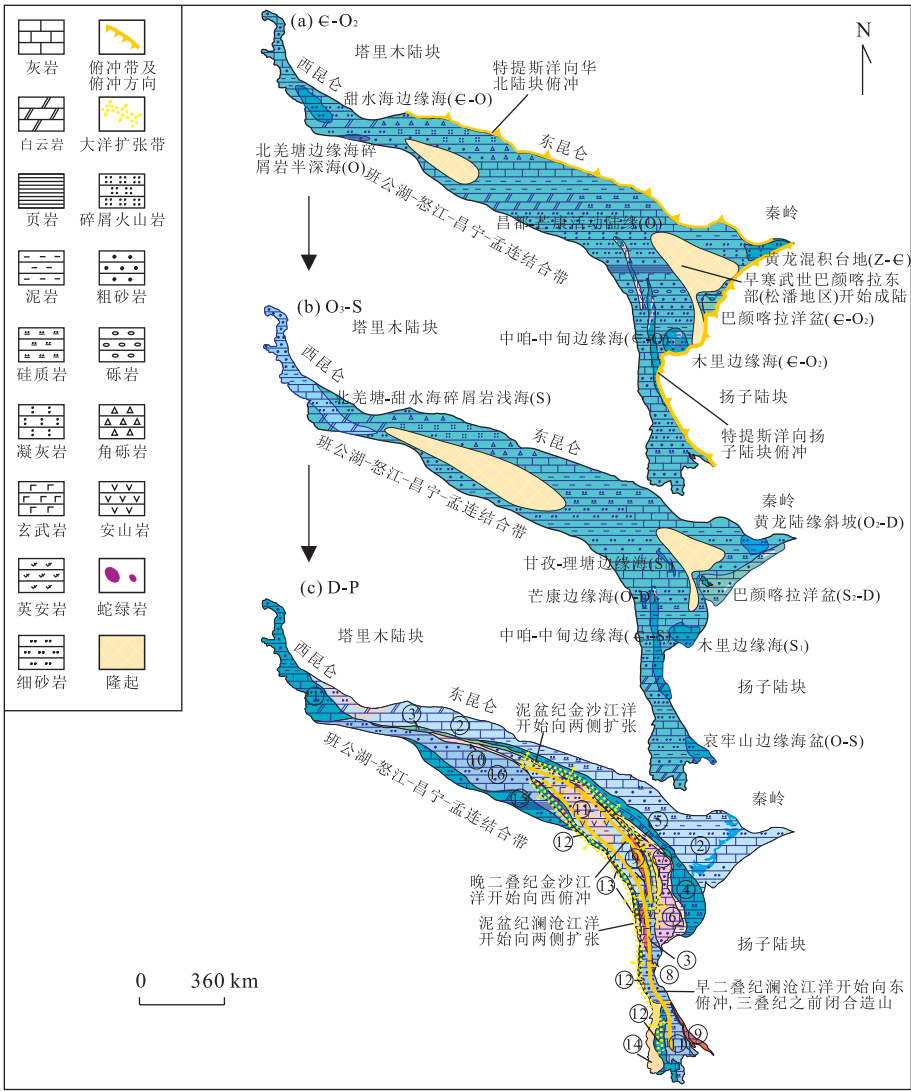


图 2 羌塘—三江古生代沉积盆地演化示意(据奚跃昆和王鸿祯(1985);潘桂棠等(2009,2013)修改)

Fig.2 The distribution of sedimentary basins in Qiangtang-Sanjiang during Paleozoic

a.寒武纪到奥陶纪时期,羌塘—三江地区主体还是为海相,巴颜喀拉地层的松潘地区由于俯冲增生隆起成陆;b.北羌塘地块逐渐增大,松潘地体在奥陶纪之前一直增大,到志留纪由于巴颜喀拉弧后洋盆的扩张而缩小;c.泥盆纪金沙江洋开始形成,经过石炭及早二叠扩张洋盆达到最大,晚二叠世开始向西俯冲、洋盆开始缩小.①甜水海边缘海(DC)、陆缘裂谷(P);②巴颜喀拉被动陆缘斜坡(D₃C)、弧后陆坡(P);③西金乌兰—金沙江俯冲增生杂岩带(DP);④曲麻莱—雅江边缘海混积浅海(C);⑤甘孜—理塘弧前盆地(C-P);⑥义敦—沙鲁背盆地(D、P₂₋₃);⑦勉戈—青达柔弧后盆地(P₂₋₃);⑧中咱—中甸碳酸盐岩台地(D-P);⑨治多—江达—维西—绿春弧海山增生带(DP);⑩乌兰乌拉湖碳酸盐岩台地(D)、弧后盆地(C_{p1});⑪昌都—兰坪—思茅碳酸盐岩台地(C)、弧后盆地(P);⑫开心岭—杂多—景洪边缘海(C)、弧—陆壳残片增生带(P);⑬澜沧江弧后盆地(DP);⑭临沧隆;⑮那底岗日—格丹东边缘海混积浅海(C₁、P₃);⑯北羌塘碳酸盐岩台地(D)、边缘海、混积浅海(CP)

杂岩群(CT^{mlg}X)(图 1).混杂岩带地层复杂,主要由板岩、片岩、变砂岩、硅质岩、大理岩和灰岩、超基性岩、辉长岩、辉绿岩、辉长堆晶岩、枕状玄武岩等多类岩石混杂的地质体组成,各类岩石地质体(块体)间呈断层接触(潘桂棠等,2013),记录了金沙江弧后洋在各分区的演化,均属俯冲增生杂岩.

上三叠统金沙江分区主要为海陆交互相碎屑岩和浅海相砂页岩,含薄煤层及植物化石,属残余海盆,指示该区的大洋关闭.哀牢山分区中三叠统发育

玄武岩、火山碎屑岩;上三叠统一侏罗系主体为浊积岩沉积序列,以泥岩、粉砂岩和砂岩为主,夹钙质泥岩,发育鲍马序列,含介形虫和腕足等化石(潘桂棠等,2013);西金乌兰分区中—上侏罗统为一套杂色碎屑岩与泥岩互层,夹膏盐层,均属于前陆盆地沉积,表明晚三叠时期该区完成洋陆转化,进入陆内演化阶段.白垩系西金乌兰分区为一套河湖相沉积,主要为复成分砾岩夹砂岩和泥岩,属压陷盆地.

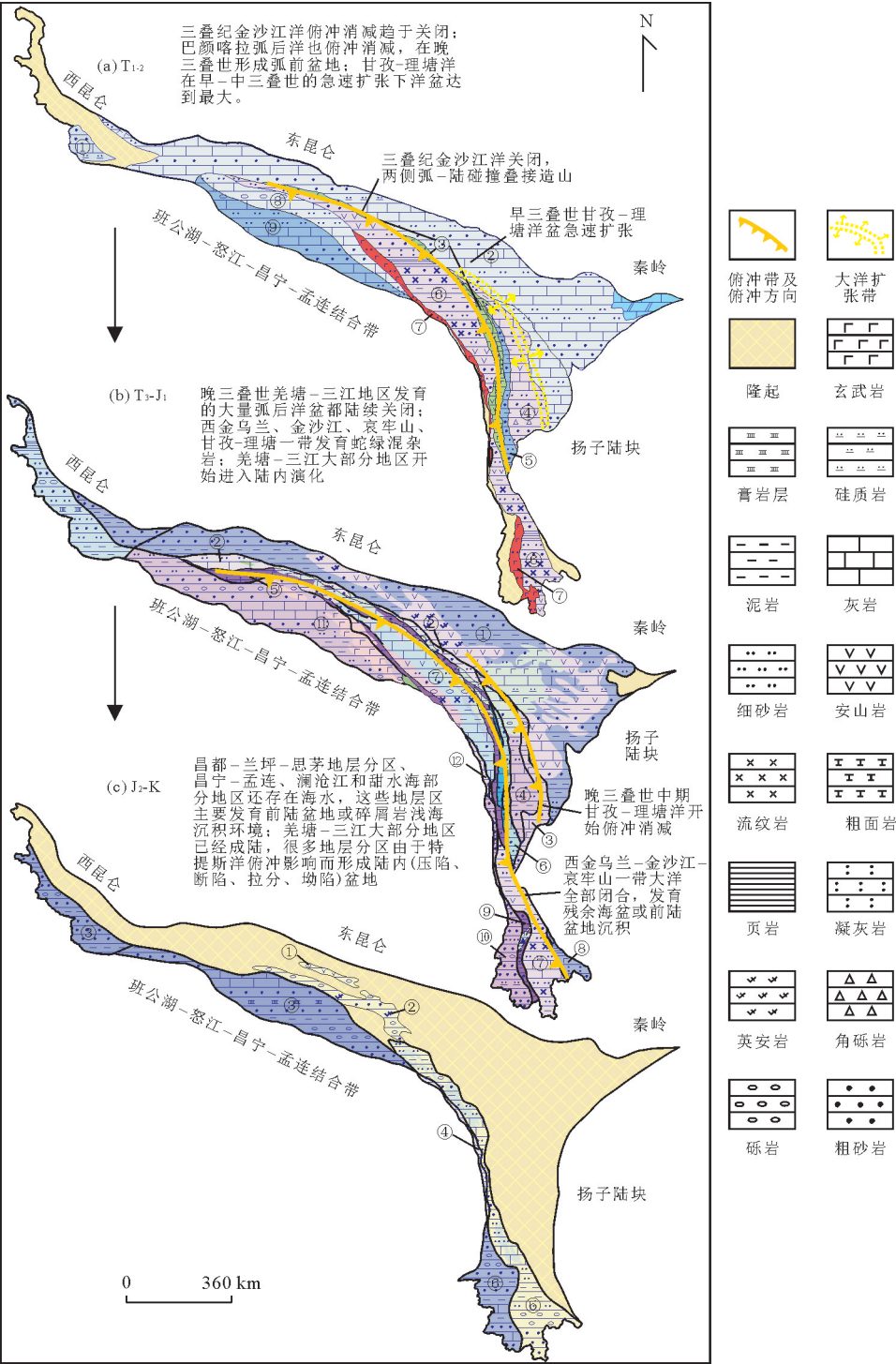


图 3 羌塘—三江中生代沉积盆地演化示意(据吴跃昆和王鸿祯(1985);潘桂棠等(2009,2013)修改)

Fig.3 The distribution of sedimentary basins in Qiangtang-Sanjiang in Mesozoic

图 a 中,①甜水海碎屑岩浅海(T₂-J₁);②巴颜喀拉-雅江残余海盆(T₁₋₂);③西金乌兰-雅江俯冲增生杂岩带(D-T);④义敦-沙鲁弧背盆地(P₂-T);⑤中咱-中甸边缘海混积浅海(T);⑥昌都-芒康弧后盆地(P-T);⑦开心岭-杂多-景洪弧-陆壳残片增生带(P₂-T);⑧雁石坪残余海盆(T);⑨羌塘浅海(T)。图 b 中,①巴颜喀拉前陆盆地(T₃);②西金乌兰-治多残余海盆(T₃)-前陆盆地(J₁);③玉树-甘孜-理塘弧前盆地(T₃);④义敦-沙鲁弧背盆地(T₃);⑤治多-江达-维西-绿春弧-海山增生带(T);⑥中咱-中甸边缘海混积浅海(T₃);⑦昌都-思茅双向弧后盆地(T₃)-前陆盆地(J₁);⑧治多-江达-维西-绿春前陆盆地(J₁₋₂);⑨开心岭-杂多-景洪弧陆-壳片增生带(T₃)-前陆盆地(J₁);⑩碧罗雪山-崇山-临沧弧后盆地(T₃)-前陆盆地(J₁);⑪北羌塘残余海盆(T₃)-那底岗日-格拉丹东弧背盆地(T₃J₁);⑫乌兰乌拉湖-澜沧江蛇绿混杂岩带(T₃)-前陆盆地(J₁)。图 c 中,①可可西里断陷盆地(K);②若拉岗日-多索岗日压缩盆地(J₂-K);③唐古拉弧后前陆盆地(J);④开心岭-杂多-景洪弧盆系;⑤昌都-思茅压陷盆地(J₃-K);⑥昌宁-孟连前陆盆地群(J₂-K)

1.4 昌都—兰坪—思茅构造—地层区(Ⅸ-4)

本区包括开心岭—杂多—景洪(Ⅸ-4-1)、昌都—兰坪—思茅(Ⅸ-4-2)和治多—江达—维西—绿春(Ⅸ-4-3)3个分区。该区夹于金沙江结合带和澜沧江结合带之间。在泥盆纪之前,该区的盆地演化都属于大洋阶段(朱创业等,1997)。泥盆纪—三叠纪该区发育俯冲增生杂岩和弧后盆地;早—中侏罗世随着这两个弧后洋趋于闭合,昌都地块与邻近地块发生碰撞,形成前陆盆地,逐渐进入陆内盆地演化,发育压陷盆地。

开心岭—杂多—景洪分区出露的古生界为一套绿片岩相变质岩系,原岩为一套碎屑岩及泥质岩和火山岩建造(雍永源等,1987),属活动陆缘。石炭系主要为变质碎屑岩夹灰岩,偶夹火山岩和煤层,含大量腕足类、珊瑚等化石碎片及植物化石组合(潘桂棠等,2013),属边缘海。二叠系—三叠系发育大量酸、中、基性火山岩,生物灰岩和少量碎屑岩,二叠系产丰富腕足类化石(宜昌地质矿产研究所,中华人民共和国1:25万直根卡幅区域地质调查报告,2004);三叠系产筴类和植物等化石,属弧—陆壳残片增生带,指示澜沧江弧后洋的俯冲。

昌都—兰坪—思茅分区奥陶系—泥盆系均为浅海相砂岩、灰岩及板岩夹碎屑岩组合,变形较强,泥盆系产腕足类等化石,属边缘海环境。石炭系主要为碳酸盐岩,夹少量碎屑岩及凝灰岩,产腕足类和珊瑚等化石,属碳酸盐岩台地。二叠系—三叠系主要为灰岩、板岩和砂岩夹硅质岩,局部夹灰绿色凝灰岩、页岩和煤线(潘桂棠等,2013),该套地层化石丰富,产珊瑚、双壳类、腕足类、腹足类和植物化石等(青海省地质调查院,中华人民共和国1:25万杂多幅区域地质调查报告,2005);二叠系含大量酸、中、基性火山岩,三叠系含流纹岩和火山角砾凝灰岩,大量的火山岩组合均显示出岛弧火山岩的特征,属弧后盆地。

治多—江达—维西—绿春分区泥盆系—三叠系主要为浅海相灰岩及碎屑岩和页岩,大量中—基性火山岩与火山碎屑岩、角砾岩和凝灰岩。上三叠统发育酸—中—基性火山岩组合,对该时期火山岩的研究发现其属弧后海相拉张环境下的产物(寇林林等,2009),指示金沙江洋的强烈俯冲(图3);该分区北段上三叠统发现双壳类等种群(潘桂棠等,2013)和珊瑚等多门类化石,显示以大洋沉积环境为主,对基性火山岩研究发现普遍显示出弧火山性质(米云川等,2012),指示从泥盆系到三叠系属于弧—海山增生带的产物。

该区下一中侏罗统发育滨海相杂色泥岩、粉砂岩和砂岩,夹薄层砾岩,底部显示复理石沉积序列,上部见不完整磨拉石沉积,为典型的前陆盆地沉积,指示该区大洋关闭。上侏罗统为一套河湖相、滨岸—陆相沉积,产少量恐龙及双壳化石;白垩系为一套河湖沉积,产恐龙、鱼和植物等化石(潘桂棠等,2013),属压陷盆地。

1.5 北羌塘构造—地层区(Ⅸ-5)

本区包括北羌塘(Ⅸ-5-1)和那底岗日—格拉丹东(Ⅸ-5-2)2个分区。该区的形成和演化与特提斯洋的演化密切相关。沉积地层特征显示,三叠纪之前,北羌塘为一个独立的边缘海相沉积盆地,侏罗纪及之后,那底岗日—格拉丹东与北羌塘沉积地层完全一致的前陆盆地和陆内压陷盆地,指示特提斯洋向东北的强烈俯冲消减,导致该分区已经与北羌塘地层分区拼合为一体,而发育完全相同的地层沉积序列。

北羌塘分区在前寒武纪时期已经有部分地区固结形成基底(奚跃昆和王鸿祯等,1985)(图2),致使该分区缺失寒武系及之下地层。奥陶系主要为碎屑岩夹灰岩透镜体,为边缘海碎屑岩半深海。志留系为灰岩和碎屑岩,上部见炭质页岩,含腕足、珊瑚及双壳、海百合茎等化石,属边缘海混积浅海。泥盆系以碳酸盐岩为主,珊瑚礁发育,属碳酸盐岩台地(图2)。石炭系—二叠系主要为灰岩和碎屑岩,顶部夹煤层,为边缘海混积浅海。三叠系主要为碳酸盐岩和碎屑岩,夹玄武岩层,上部地层表现为稳定型地块与活动型缝合带相间、火山岛弧与弧后盆地相间的造山构造格局(潘桂棠等,2013),属残余海盆。

那底岗日—格拉丹东分区被夹于北羌塘分区与班公湖—怒江—昌宁—孟连连接带之间(图1)。该分区为一个中央隆起,将南、北羌塘盆地分开。张胜业等(1996)通过地球物理手段研究发现南、北羌塘地壳结构差异明显,表明该中央隆起带是一个深部地球物理异常带。该分区下石炭统发育一套变质较浅、变形很强,化石稀少的暗色碎屑岩,夹灰岩和玄武岩,属主动大陆边缘的边缘海沉积。二叠系—中三叠统主要为灰岩、碎屑岩夹鲕粒灰岩和有孔虫灰岩,产双壳类化石,属边缘海混积浅海。上三叠统一下侏罗统以大量火山岩为特征,属陆缘岩浆弧,主要为酸、中、基性火山岩,火山角砾岩和凝灰岩,局部夹碎屑岩,野外特征显示下部为喷发相,上部为溢流相;尹福光(2003)和朱同心等(2010)认为是由于特提斯洋盆在晚三叠世进入弧—陆碰撞阶段,引发羌塘中部发育较大规模的高压变质事件,形成那底岗日—各

拉丹东陆缘火山弧(图4)。

中—晚侏罗世—白垩纪2个分区地层岩石组合完全一致,以杂色碎屑岩、灰岩夹膏盐岩为主,灰岩中较多层位为鲕粒灰岩,含丰富的菊石和双壳类化石,发育巨厚的同构造期的复理石和磨拉石,具有总体向上变粗变浅的充填序列(李勇等,2002),上侏罗统部分岩层面呈瘤状突起,并且发育浪成波痕斜层理,在垂向上灰岩和粉砂岩频繁交替出现,咸水和半咸水生物混生(陈兰等,2002),属弧后前陆盆地,表明该区大洋演化阶段结束,白垩纪进入陆内演化阶段,沉积一套砾岩、砂岩和泥岩组成正粒序韵律式沉积,砂泥岩为湖泊相灰绿、紫红色砂岩,上白垩统发育陆相山间磨拉石建造,与其下地层呈角度不整合接触,贾健称等(2006)研究认为印度板块持续向北俯冲,在南北向挤压应力作用下发生陆内逆冲造山为主的构造变形而形成,属山间压陷盆地。

1.6 乌兰乌拉—澜沧江构造—地层区(Ⅸ-6)

本区包括乌兰乌拉(Ⅸ-6-1)、北澜沧江(Ⅸ-6-2)和南澜沧江(Ⅸ-6-3)3个分区。该区属于结合带构造环境,其形成和发展受控于澜沧江洋的演化,泥盆纪—三叠纪时期发育大量火山岩,发育火山弧,形成弧后盆地为主的沉积环境。

乌拉乌拉分区泥盆系以灰岩为主,下部少量碎屑岩,为碳酸盐台地。石炭系至下侏罗统发育大量酸、中、基性火山岩、凝灰岩、部分碎屑岩和少量灰岩,下侏罗统中、酸性火山岩和凝灰岩均显示岛弧火山岩性质(朱同兴等,2010),属弧后盆地。中—上侏罗统火山岩消失,岛弧停止发育,沉积一套杂色碎屑岩、灰岩夹膏盐,含鲕粒状灰岩,总体为一套海退沉积序列(潘桂棠等,2013),属残余海盆。白垩纪进入陆内演化,主要为湖泊相和河流相碎屑岩、灰岩,下白垩统底部普遍见河道冲刷面,粉砂质泥岩中沙纹层理、水平层理发育,为典型的曲流河沉积,上白垩统自下而上总体为一套由细变粗的滨湖、河三角洲及河流相沉积(赵兵等,2002),属压陷盆地。

泥盆系—三叠系北澜沧江分区发育大量基性火山岩,类乌齐—曲登混杂岩群(DT^{mlg}LQ)包含超镁铁岩(彭兴阶和罗万林,1982;西藏自治区地质调查院,中华人民共和国1:25万察隅县幅区域地质调查报告,2009),洋中脊玄武岩和辉绿岩(雷德俊,1987)以及一套片理岩化的含基性火山岩的复理石岩系,夹少量硅质岩、灰岩,代表澜沧江洋闭合的残留洋片;南澜沧江分区上二叠统至上三叠统同样发育大量酸、中、基性火山岩、凝灰岩、火山角砾岩、集块岩以及碎屑

岩,火山岩均显示为岛弧性质(朱勤文等,1999),均属弧后盆地。侏罗系南、北澜沧江分区主要为碎屑岩夹少量灰岩,火山岩消失,产腕足等化石,属前陆盆地,指示澜沧江弧后洋的闭合。区域上缺失白垩系,表明白垩纪该区强烈隆升成陆,进入剥蚀阶段。

1.7 甘孜—理塘构造—地层区(Ⅸ-7)

本区包括甘孜—理塘(Ⅸ-7-1)、义敦—沙鲁(Ⅸ-7-2)和勉戈—青达柔(Ⅸ-7-3)3个分区。该区的演化主要受东北的甘孜—理塘洋和西南金沙江洋演化控制。泥盆纪之前,该区属边缘海沉积环境。甘孜—理塘分区出露的奥陶系和下志留统均以砂岩与板岩互层为主,夹少量灰岩,属边缘海碎屑岩半深海。义敦—沙鲁分区寒武系到奥陶系为碎屑岩、灰岩及少量板岩,产叠层石等化石,属边缘海。

甘孜—理塘分区石炭系以灰岩为主,夹杂少量板岩;下二叠统以纯灰岩为特征,顶部夹扁豆状赤铁矿及少量玄武岩,属弧前盆地底部沉积。中—上二叠统至三叠系发育甘孜混杂岩群(PT^{mlg}G)(北段)和理塘混杂岩群(PT^{mlg}L)(南段),蛇绿岩零星分布,记录了该分区大洋的发展演化,属弧前盆地。下—中侏罗统下部显示以滨浅海碎屑岩为主,夹少量硅质岩和板岩,富产珊瑚、腕足和双壳等化石,属残余海盆。

义敦—沙鲁分区泥盆系、二叠系—三叠系发育大量基性火山岩,主要为碎屑岩和灰岩,偶夹硅质岩,上三叠统沉积巨厚的复理石和浅水碳酸盐(陈明和罗建宁,1999);三叠系基性火山岩具有海相的钙碱性特征(戴宗明和孙传敏,2008),属岩漿弧。

勉戈—青达柔分区二叠系—三叠系主要为碎屑岩、灰岩和板岩夹硅质岩,为海退序列,发育大量中基性—中酸性火山岩,火山岩的地球化学特征展现出“双峰式”火山岩性质(朱勤文等,1991),构成典型的岛弧火山岩带,为弧后盆地。

1.8 中咱—中甸构造—地层区(Ⅸ-8)

本区自早古生界至中生界沉积特征均为稳定浅海相环境。该区寒武系至志留系以碎屑岩和灰岩为主,夹少量玄武岩,属边缘海混积浅海。泥盆系—二叠系以大套稳定沉积的纯灰岩为特征,底部见少量碎屑岩,顶部夹扁豆状赤铁矿及少量玄武岩,含珊瑚、鱼类等少量化石,属碳酸盐岩台地。三叠系主要为杂色碎屑岩和灰岩,含少量碳质板岩和煤线,产大量双壳类化石,属边缘海混积浅海。区域上缺侏罗系和白垩系。

1.9 崇山—临沧构造—地层区(Ⅸ-9)

本区包括崇山—碧罗雪山(Ⅸ-9-1)和临沧(Ⅸ-

9-2)2 个分区.沉积地层显示该区石炭系和三叠系岛弧相沉积为特征,发育弧后盆地沉积环境.

崇山—碧罗雪山分区石炭系和中—上三叠统发育大量酸、中、基性火山岩,以及滨浅海相碎屑岩,结晶灰岩和沉凝灰岩,含珊瑚及苔藓虫碎片(潘桂棠等,2013),属弧后盆地.下一中侏罗统为一套浅海碎屑岩,底部发育浊积岩序列,向上开始发育灰岩及页岩,表现为海退序列,属前陆盆地,表明该分区完成洋陆转化,进入陆内演化.

临沧分区中—上三叠统发育大量中、酸性火山岩以及碎屑岩、凝灰岩,属陆缘岩浆弧.侏罗系为红色碎屑岩,夹膏盐;中侏罗统开始发育海退序列,含腕足等化石(潘桂棠等,2013),为弧后前陆盆地.

2 羌塘—三江构造—地层大区构造演化

羌塘—三江构造—地层大区构造演化主要受特提斯洋的控制,早古生代属浅海沉积环境,晚古生代随着特提斯洋向东的强烈俯冲,在羌塘—三江地区产生大量岛弧,发育多岛弧盆系统,形成澜沧江弧后洋、西金乌兰—金沙江—哀牢山弧后洋和甘孜—理塘弧后洋盆沉积环境,随着这 3 个弧后洋的形成扩张—俯冲消减—关闭造山,羌塘—三江地区发生大规模弧—弧、弧—陆碰撞,逐渐由分散的大洋环境转变为一个统一的造山带(图 4).

早古生代时期,羌塘—三江地区属特提斯洋的一部分,主要发育边缘海沉积,如碎屑岩半深海、堆积台地等.该时期特提斯洋向东俯冲(图 2),导致巴颜喀拉的松潘地区隆起成陆,形成小型松潘古陆(奚跃昆和王鸿祯,1985),同时昆仑—祁连等地区形成大量火山弧及弧后洋盆(潘桂棠等,2009,2012,2013),巴颜喀拉与扬子陆块接触带为边缘海沉积环境,昌都地块与北羌塘地块之间的开心岭—杂多—景洪地区发育活动陆缘,产生大量火山岩.

泥盆纪开始,羌塘—三江地区进入到“三江”构造演化期,形成 3 个弧后洋盆:金沙江洋、澜沧江洋和甘孜—理塘洋,一直持续到三叠纪.羌塘—三江地区早期主要发育边缘海相沉积盆地,如混积浅海、碳酸盐台地等;部分地区已经开始发育岛弧,同时地层中开始出现大量火山岩,大多显示出海相岛弧性质(朱勤文等,1999;戴宗明和孙传敏,2008;米云川等,2012),可能是由于特提斯洋该时期强烈的俯冲作用在羌塘—三江地区形成大量火山弧多岛弧盆系统,开始发育与岛弧有关的沉积盆地,如弧前、弧后盆

地、混杂岩带等.三叠纪,随着大洋强烈的俯冲消减作用,洋盆缩小,开始形成残余海盆和前陆盆地,逐渐结束大洋演化.以下详细讨论 3 个弧后洋盆的演化过程.

2.1 金沙江弧后洋

金沙江洋盆于泥盆纪打开(图 2,4),获得金沙江缝合带混杂岩中斜长花岗岩的 2 个 U-Pb 年龄为 340 ± 3 Ma 和 294 ± 3 Ma(Wang *et al.*, 2003),层状角闪辉长岩 SHRIMP 的年龄为 328 ± 8 Ma,书松斜长岩为 329 ± 7 Ma,白马雪山辉长岩为 $282 \sim 285$ Ma(简平等,2003),这些证据均显示金沙江洋在晚泥盆世至早石炭世已经形成.在哀牢山分区石炭纪至二叠纪发育的蛇绿混杂岩中,获得双沟辉长岩单斜辉石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄为 339.2 ± 13.6 Ma(钟大赉,1998),双沟斜长花岗岩体的锆石 U-Pb 年龄为 328 ± 16 Ma,龙塘辉长岩 U-Pb 年龄为 362 ± 41 Ma,和角闪石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄为 349 ± 13 Ma(简平等,1998),说明哀牢山洋与金沙江洋打开时间基本一致,结合二者在空间上的关系,可以证明金沙江洋与哀牢山洋盆是相通的,属于同一个洋盆,可能是由于金沙江洋经历石炭纪的急剧扩张,导致在哀牢山地区也扩张形成洋盆(汪啸风等,1999).早二叠世金沙江洋达到最大,在晚二叠世开始向西俯冲(图 2),在俯冲带西侧一线形成大量岩浆弧,如江达岩浆弧(图 4).强烈的俯冲消减作用导致金沙江洋盆缩小,到晚三叠世金沙江洋已演化为残留洋盆(王立全等,1999),发育残余海盆;随着金沙江洋的消减闭合,在金沙江分区形成金沙江蛇绿混杂岩群(DT^{mlg}J),记录了金沙江洋的演化过程;晚三叠世末期到侏罗纪在金沙江地区形成前陆盆地,金沙江洋闭合(图 3,4).

2.2 澜沧江弧后洋

澜沧江洋打开于晚泥盆世,最迟在早石炭世,在北澜沧江分区泥盆系开始出现玄武岩,可能代表澜沧江洋形成初期的火山岩.在昌宁附近,发现具有 N-MORB 特征的洋脊玄武岩;在曼信、依柳、老厂等地发现准洋脊型玄武岩,其上为洋岛玄武岩,在洋岛玄武岩之上发现含有早石炭世放射虫组合的硅质岩(莫宣学和潘桂棠,2006),这些证据都表明澜沧江洋打开不晚于石炭纪(图 2).从早二叠世开始,澜沧江洋开始向东俯冲,俯冲作用在北澜沧东侧(德钦县阿登各—捕村、南佐—维西县巴迪—叶枝—白济汛—兰坪县一线)形成一系列以安山岩为主的钙碱性陆缘火山岩组合;在南澜沧江东侧(云县—景洪一线)

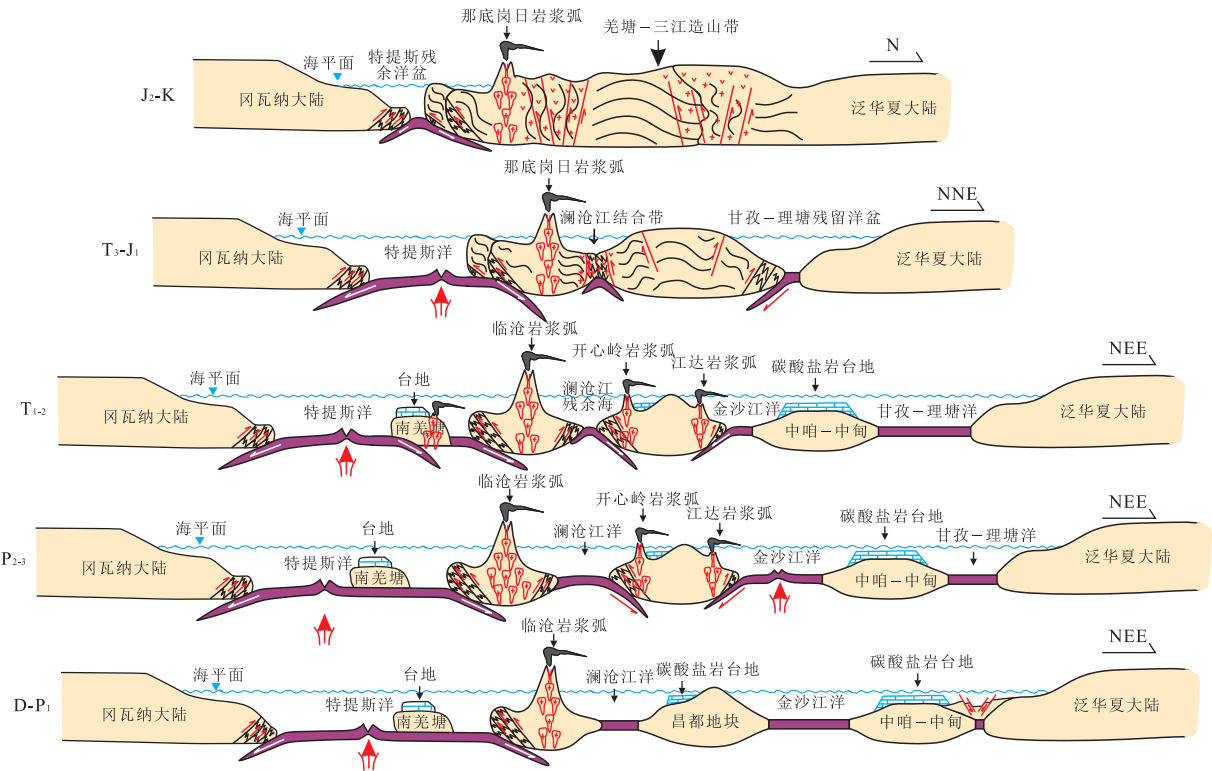


图 4 羌塘—三江地层区构造演化示意(据潘桂棠等(2012,2013)修改)

Fig.4 Sketch of tectonic-sedimentary evolution from Neoproterozoic to Mesozoic in Qiangtang-Sanjiang

出露的二叠纪钙碱性系列的玄武岩、安山岩、英安岩、流纹岩火山岩组合,其地球化学特征均显示出俯冲性质(朱勤文等,1991),可以判断澜沧江洋于二叠纪开始向东部的昌都地块之下俯冲(图 2),发育岩浆弧,形成弧前、弧后盆地,产生俯冲增生杂岩。三叠纪,在澜沧江竹卡和景洪一带出露中三叠统的高硅、高铝、高钾中酸—酸性火山岩组合,地球化学特征显示出碰撞期的火山岩性质,表明大洋已经开始闭合碰撞(朱勤文等,1991),澜沧江洋壳消失,昌都地块与羌塘地块发生碰撞,侏罗纪开始发育前陆盆地,随着造山隆升,进入陆内剥蚀阶段(图 3,4)。

2.3 甘孜—理塘弧后洋

甘孜—理塘洋位于甘孜—理塘地区,莫宣学和潘桂棠(2006)通过对甘孜混杂岩带和理塘混杂岩带的玄武岩的主微量元素特征分析,认为其与现代大洋中脊玄武岩(MORB)相似,对玄武岩时代及上覆放射虫硅质岩中放射虫的研究表明,甘孜—理塘洋打开于中二叠世至三叠纪之间(冯庆来等,1997)(图 3,4)。到晚三叠世早期洋盆达到最大,在局部地区产生锰结核,锰结核的规模及特征反映甘孜—理塘洋盆较为有限(彭东等,2011),为一个较小的弧后洋盆,梁斌等(2004)研究认为甘孜—理塘古洋盆宽度

仅 400 余千米。晚三叠世中期,洋盆开始俯冲消减,沉积环境逐渐由次深海盆地向斜坡、浅海、潮坪环境演化(戴宗明和孙传敏,2008),三叠纪末洋盆关闭,侏罗纪发育残余海盆(图 4)。

侏罗纪,羌塘—三江地区已近拼合为一体,洋壳基本消失,大部分地区发育残余海盆、前陆盆地及弧后前陆盆地。白垩纪,特提斯洋已经处于消亡期,由于俯冲作用产生大规模岩浆活动,在北羌塘西南部形成那底岗日火山弧,在特提斯闭合之后,南北羌塘地块碰撞,发育弧后前陆盆地。那底岗日—格拉丹东带受到造山作用的挤压隆升,成为分割南北羌塘的中央隆起。随着特提斯洋的闭合,冈瓦纳大陆和羌塘地体拼合,印度板块向青藏高原强烈的挤压作用使羌塘—三江地区形成一系列陆内(火山)断陷盆地,压陷盆地和拉分盆地,至此羌塘—三江地区已经全部进入陆内演化(图 3,4)。

3 结论

(1)早古生代特提斯洋已经向东(扬子和华北陆块之下)俯冲,羌塘—三江地区主要为边缘海相沉积盆地,巴颜喀拉地区发育陆缘裂谷盆地。

(2)晚古生代泥盆纪开始,羌塘三江地区相继形成 3 个弧后洋盆:金沙江洋、澜沧江洋和甘孜—理塘洋,随着 3 个弧后洋的发展演化,形成一系列的蛇绿混杂岩带和俯冲增生杂岩带;三叠纪,这 3 个弧后洋盆依次消减,发育残余海盆,洋盆逐渐关闭,发生大规模弧—弧、弧—陆碰撞,最终整个羌塘—三江地区逐渐拼合为一个整体。

(3)侏罗纪整个羌塘—三江地区洋壳基本消失,发育残留洋盆和前陆盆地,逐渐完成洋陆转化,形成区域角度不整合;随着白垩纪特提斯洋的闭合,在印度板块的作用下,中国西部开始受到挤压而碰撞造山、快速隆升成陆,羌塘—三江地区发育陆内盆地:(火山)断陷盆地、拉分盆地和压陷盆地。

致谢:本文撰写参考了大量区域地质调查基础资料,包括全国 30 个省(市、自治区)地质调查院、全国重要矿产成矿背景项目组的所有专家学者们提供了大量资料,在此深表感谢!同时感谢匿名审稿人提出宝贵的建议!

References

- Chen, L., Yin, H. S., Shi, Z. Q., 2002. The Jurassic Sediments and Their Depositional Environments in the Yanshiping Region of the Qiangtang Basin, Northern Xizang. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 22(3): 80—84 (in Chinese with English abstract).
- Chen, M., Luo, J. N., 1999. Sedimentary Characteristics and Evolution of the Yidun Foreland Basin, Western Sichuan during the Early-Late Triassic. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 23: 108—120 (in Chinese with English abstract).
- Chen, S. J., Li, R. S., Ji, W. H., et al., 2011. Lithostratigraphy Character and Tectonic-Evolvement of Permian-Trias in the Bayankala Tectonic Belt. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 36(3): 393—408 (in Chinese with English abstract).
- Dai, Z. M., Sun, C. M., 2008. Evolution of Triassic Volcanic-Sedimentary Basins in the Central Segment of the Yidun Island Arc of the Songpan-Garzê Orogenic Belt, Western Sichuan, China. *Geological Bulletin of China*, 27(6): 799—813 (in Chinese with English abstract).
- Feng, Q. L., Ye, M., Zhang, Z. J., 1997. Early Carboniferous Radiolarians from Western Yunnan. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 14(1): 79—92 (in Chinese).
- Fu, X. G., Wang, J., Tan, F. W., et al., 2009a. Zircon SHRIMP U-Pb Age of Volcanic Rocks in E'rlongba Formation, Eastern Part of the Qiangtang Basin, Qinghai-Tibet Plateau, China and Its Geological Significance. *Geological Bulletin of China*, 28(5): 561—567 (in Chinese with English abstract).
- Fu, X. G., Wang, J., Wu, T., 2009b. Discovery of the Large-Scale Paleo-Weathering Crust in the Qiangtang Basin, Northern Tibet, China and Its Significance. *Geological Bulletin of China*, 28(6): 696—700 (in Chinese with English abstract).
- Gou, J., 1990. The Basic Features of Ultrabasic Rocks in Bayinchawuma, Tanggula. *Northwestern Geology*, (1): 1—5 (in Chinese).
- Jia, J. C., Wu, X. G., Wang, H. G., et al., 2006. Mesozoic Sedimentary Characteristics and Tectonic Evolution in the Eastern Part of the Qiangtang Basin. *Geology in China*, 33(5): 999—1004 (in Chinese with English abstract).
- Jian, P., Liu, D. Y., Zhang, Q., et al., 2003. SHRIMP U-Pb Dating of Ophiolites and Leucocratic Rocks within Ophiolites. *Earth Science Frontiers*, 10(4): 439—456 (in Chinese with English abstract).
- Jian, P., Wang, X. F., He, L. Q., 1998. Geochronology of Ophiolitic Rocks from the Ailaoshan Suture, Yunnan Province, Southwestern China: Implications of Palaeoethyan Evolution. *Geology and Mineral Resources of South China*, (1): 1—11 (in Chinese with English abstract).
- Kou, L. L., Zhong, K. H., Tang, J. X., et al., 2009. Geochemistry Discrimination of Late Triassic Volcanic Rocks in Changdu-Simao Tectonic Zone. *Northwestern Geology*, 42(1): 79—87 (in Chinese with English abstract).
- Lei, D. J., 1987. The Cognition of Major Active Fault Zones in the West of Lancangjiang. *Yunan Geology*, 6(2): 188—196 (in Chinese).
- Li, B. Q., Yao, J. X., Gao, L. D., et al., 2007. Age and Source Regions of the Wenquangou Group in the Mazar-Kangxiwar Area, West Kunlun Mountains. *Geological Bulletin of China*, 26(4): 457—465 (in Chinese with English abstract).
- Li, Y., Hou, M. C., Kang, K., et al., 2013. Sedimentary Environments of the B Formation of the Upper Carboniferous Qiati'er Group in the Tianshuihai-Mazar Block, Western Kunlun Mountains. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 33(1): 55—61 (in Chinese with English abstract).
- Li, Y., Wang, C. S., Yi, H. S., 2002. Filled Sequence and Evolution of the Mesozoic Qiangtang Composite Foreland Basin in the Qinghai-Tibet Plateau. *Journal of Stratigraphy*, 26(1): 62—79 (in Chinese with English abstract).
- Li, Y., Wang, C. S., Yi, H. S., 2003. The Late Triassic Collision and Sedimentary Responses at Western Segment of

- Jinshajiang Suture, Tibet. *Acta Sedimentologica Sinica*, 21(2):191—197 (in Chinese with English abstract).
- Liang, B., Feng, Q. L., Wang, Q. W., et al., 2004. The Tectonic Evolution of the Ladinian Radiolarian and Siliceous in Xianshui River of West Sichuan Province. *Science in China (Ser. D)*, 34(7):644—648 (in Chinese).
- Liang, B., Yang, F. Q., Guo, J. Q., et al., 2003. Discovery of Deep Water Trace Fossils from Late Triassic Yajiang Formation and Lianghekou Formation in Yajiang County, Sichuan Province. *Geological Science and Technology Information*, 22(3):41—44 (in Chinese with English abstract).
- Mi, Y. C., Fang, P. Y., Hu, Y. X., et al., 2012. The Division and Evolution of Tectonic Unit in Changdu-Puer Massif of Mid Sector of Lancangjiang River. *Yunnan Geology*, 32(4):512—515 (in Chinese with English abstract).
- Mo, X. X., Pan, G. T., 2006. From the Tethys to the Formation of the Qinghai-Tibet Plateau: Constrained by Tectono-Magmatic Events. *Earth Science Frontiers*, 13(6):43—51 (in Chinese with English abstract).
- Pan, G. T., Wang, L. Q., Li, R. S., et al., 2012. Tectonic Model of Archipelagic Arc-Basin Systems: The Key to the Continental Geology. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 32(3):1—20 (in Chinese with English abstract).
- Pan, G. T., Wang, L. Q., Zhang, W. P., et al., 2013. The Instructions of Tectonic Map in Qinghai-Tibet Plateau and Its Adjacent Areas (1 : 1 500 000). Chengdu Cartographic Publishing House, Chengdu (in Chinese).
- Pan, G. T., Xiao, Q. H., Lu, S. N., et al., 2009. Subdivision of Tectonic Units in China. *Geology in China*, 36(1):1—28 (in Chinese with English abstract).
- Peng, D., Lin, L., Wang, Q. W., et al., 2011. The Discovery of Manganese Nodules in Garze-Litang Suture Zone. *Geology in China*, 38(2):442—450 (in Chinese with English abstract).
- Peng, X. J., Luo, W. L., 1982. A Preliminary Identification of the Paired Metamorphic Zones in the Southern Segment of Lancangjiang. *The Tibetan Plateau Geological Collected Works*, (13):21—30 (in Chinese with English abstract).
- She, H. Q., Li, J. W., Ma, D. F., et al., 2009. Molybdenite Re-Os and SHRIMP Zircon U-Pb Dating of Duobuza Porphyry Copper Deposit in Tibet and Its Geological Implications. *Mineral Deposits*, 28(6):737—746 (in Chinese with English abstract).
- Wang, E., Wan, J., Liu, J., 2003. Late Cenozoic Geological Evolution of the Foreland Basin Bordering the West Kunlun Range in Pulu Area: Constrain on Timing of Uplift of Northern Margin of the Tibet Plateau. *Journal of Geophysical Research*, 108(B8):1—15.
- Wang, L. Q., Pan, G. T., Li, D. M., et al., 1999. The Spatio-Temporal Framework and Geological Evolution of the Jinshajiang Arc-Basin Systems. *Acta Geologica Sinica*, 73(3):206—218 (in Chinese with English abstract).
- Wang, X. F., Metcalfe, I., Jian, P., et al., 1999. The Stratigraphic Division and Age Determination of Jinshajiang Suture Zone. *Science in China (Ser. D)*, 29(4):289—297 (in Chinese).
- Wang, Y. Y., Li, S. P., Wang, F. M., 2004a. Characteristics of the Basement Rock in the Xijinwulan Structure Belt and Geological Significance. *Northwestern Geology*, 37(1):40—44 (in Chinese with English abstract).
- Wang, Y. Y., Wang, Y. D., Li, S. P., et al., 2004b. Characteristics of the Xijinwulan Tectonic Mélange Belt. *Northwestern Geology*, 37(3):15—20 (in Chinese with English abstract).
- Xi, Y. K., Wang, H. Z., 1985. Geographic Atlas of Ancient China. Map Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Yan, Q. R., Wang, Z. Q., Liu, S. W., et al., 2005. The Tethys Expansion and the Gondwana Cleavage in West-Northern Sanjiang: The SHRIMP Chronological Evidence from Ganzi Ophiolite Gabbro. *Chinese Science Bulletin*, 50(2):158—166 (in Chinese).
- Yang, Z. Y., Shi, Z. J., Zhong, K. H., et al., 2010. Cu-Potential Evaluation of Multimetal Ore Resource in the Zhiduo Area, Northern Margin of the Sanjiang Metallogenic Belt, Southern Qinghai Province. *Geology and Exploration*, 46(3):426—433 (in Chinese with English abstract).
- Yin, F. G., 2003. Nature and Origin of the Central Uplift in the Qiangtang Basin. *Geotectonica et Metallogenia*, 27(2):143—146 (in Chinese with English abstract).
- Yin, H. F., Zhang, K. X., 2003. PRC 1 : 250 000 Donggi Conag Hu Map Regional Geological Report. China University of Geosciences Press, Wuhan, 415—416 (in Chinese).
- Yong, Y. Y., Xiang, T. X., Wang, J. M., 1987. Some New Observations on North Lancangjiang Metamorphic Rocks. Contribution to the Geology of the Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau(20), 87—89 (in Chinese with English abstract).
- Zeng, S. Q., Wang, J., Chen, M., 2012. Geological Age, Paleoclimate and Petroleum Geological Characteristics of the Upper Part of the Suowa Formation in the North Qiangtang Basin. *Geoscience*, 26(1):10—21 (in Chinese with English abstract).

- Zhang, K. X., He, W. H., Xu, Y. D., et al. 2014. The Sedimentary Tectonic Facies Classification and Identification Signs in China. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 39(8): 915—928 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, S. H., 2006. The Prediction of Copper, Lead-Zinc, Gold and Silver Resources Based on Comprehensive Information in the Sanjiang Area, Yunnan Province (Dissertation). Jilin University, Changchun (in Chinese with English abstract).
- Zhang, S. Y., Wei, S., Wang, J. Y., et al., 1996. Magnetotelluric Sounding Research in the Qiangtang Basin, Tibet. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 21(2): 198—202 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, Z. P., 2006. A Primary Discussion in the Character of Acidolytical Hydrocarbon and Thermoluminescence Related with Gas Hydrate in Qiangtang Basin (Dissertation). China University of Geosciences, Beijing (in Chinese with English abstract).
- Zhao, B., Yi, H. S., Lin, J. H., et al., 2002. Cretaceous Lithostratigraphy and Sedimentary Environment in the Ulan Ul Lake Area, Northern Qiangtang. *Geological Bulletin of China*, 21(11): 749—755 (in Chinese with English abstract).
- Zhao, X. M., Jiao, M. L., Niu, Z. J., 2006. The Recognizable Symbol of Ancient Technological in the Bayan Group Turbidite in Qumarleb Region, Qinghai. *Geology and Mineral Resources of South China*, (3): 48—54 (in Chinese with English abstract).
- Zhong, D. L., 1998. Paleo-Tethyan Orogenic Belt in West Sichuan and West Yunnan. Science Press, Beijing, 12—17 (in Chinese).
- Zhong, W. L., 2012. Metallogenic Regularity of Copper Polymetallic Deposits in Zhongza-Derong in the Center of the “Jinsha-Lancang-Nu Rivers” Metallogenic Belt (Dissertation). Chengdu University of Technology, Chengdu (in Chinese with English abstract).
- Zhu, C. Y., Xia, W. J., Yi, H. S., et al., 1997. The Tectonic Nature and Evolution of Mesozoic Lanping-Simaoguo Basin. *Journal of Chengdu University of Technology*, 24(4): 23—30 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, Q. W., Mo, X. X., Zhang, S. Q., 1999. The Evolution of the Palaeo-Tethys in the South Lancangjiang Zone, Western Yunnan: Evidences from Magmatic Rocks. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 23(1): 16—30 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, Q. W., Shen, S. Y., Yang, K. H., et al., 1991. Tectono-Magmatic Types of Volcanic Rock in Lancangjiang Belt and Evolution of Tethys. Contribution to the Geology of the Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau (21), 127—140 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, Q. W., Zhang, S. Q., Tan, J., 1999. Magmatic Genesis of Volcanic Rocks of Southern Lancangjiang Convergent Margin—Magmatism about Ocean Ridge, Ocean Island and Island Arc. *Geoscience*, 13(2): 138—143 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, T. X., Feng, X. T., Wang, X. F., et al., 2010. Late Triassic Tectono-Palaeogeography of the Qiangtang Area on the Qinghai-Xizang Plateau. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 30(4): 1—10 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 曾胜强, 王剑, 陈明, 等, 2012. 北羌塘盆地索瓦组上段的时代、古气候及石油地质特征. *现代地质*, 26(1): 10—21.
- 陈兰, 伊海生, 时志强, 2002. 羌塘盆地雁石坪地区侏罗纪沉积物特征与沉积环境. *沉积与特提斯地质*, 22(3): 80—84.
- 陈明, 罗建宁, 1999. 晚三叠世早期义敦前陆盆地的沉积特征与形成演化模式. *特提斯地质*, 23(1): 108—120.
- 陈守建, 李荣社, 计文化, 等, 2011. 巴颜喀拉构造带二叠—三叠纪岩相特征及构造演化. *地球科学——中国地质大学学报*, 36(3): 393—408.
- 戴宗明, 孙传敏, 2008. 松潘—甘孜造山带义敦岛弧中段三叠纪火山—沉积盆地的演化. *地质通报*, 27(6): 799—813.
- 冯庆来, 叶玫, 章正军, 1997. 滇西早石炭世放射虫化石. *微体古生物学报*, 14(1): 79—92.
- 付修根, 王剑, 谭富文, 2009a. 青藏高原羌塘盆地东部鄂尔陶巴组火山岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义. *地质通报*, 28(5): 561—567.
- 付修根, 王剑, 吴滔, 等, 2009b. 藏北羌塘盆地大规模古风化壳的发现及其意义. *地质通报*, 28(6): 696—700.
- 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*, (1): 1—5.
- 贾建称, 吴新国, 王根厚, 等, 2006. 羌塘盆地东部中生代沉积特征与构造演化. *中国地质*, 33(5): 999—1004.
- 简平, 刘敦一, 张旗, 等, 2003. 蛇绿岩及蛇绿岩中浅色岩的 SHRIMP U-Pb 测年. *地学前缘*, 10(4): 439—456.
- 简平, 汪啸风, 何龙清, 1998. 中国西南哀牢山蛇绿岩同位素地质年代学及大地构造意义. *华南地质与矿产*, (1): 1—11.
- 寇林林, 钟康惠, 唐菊兴, 等, 2009. 昌都—思茅构造带晚三叠世构造环境的火山岩地球化学判别. *西北地质*, 42(1): 79—87.
- 雷德俊, 1987. 对澜沧江以西几条主要断裂带的认识. *云南地质*, 6(2): 188—196.

- 李博秦,姚建新,高联达,等,2007.西昆仑麻扎—康西瓦一带温泉沟群的形成时代及物源区分析.地质通报,26(4):457—465.
- 李勇,侯明才,康孔,等,2013.西昆仑甜水海—麻扎地块上石炭统恰提尔群B组沉积环境分析.沉积与特提斯地质,33(1):55—61.
- 李勇,王成善,伊海生,2002.中生代羌塘前陆盆地充填序列及演化过程.地层学杂志,26(1):62—79.
- 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.沉积学报,21(2):191—197.
- 梁斌,冯庆来,王全伟,等,2004.川西鲜水河断裂带拉丁期放射虫、硅质岩及构造演化意义.中国科学(D辑),34(7):644—648.
- 梁斌,杨逢清,郭建秋,等,2003.四川雅江县上三叠统雅江组 and 两河口组深水遗迹化石的发现.地质科学情报,22(3):41—44.
- 米云川,方沛英,胡永兴,等,2012.澜沧江中段昌都—普洱地块构造单元划分与演化.云南地质,32(4):512—515.
- 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.地学前缘,13(6):43—51.
- 潘桂棠,王立全,李荣社,等,2012.多岛弧盆系构造模式:认识大陆地质的关键.沉积与特提斯地质,32(3):1—20.
- 潘桂棠,王立全,张万平,等,2013.青藏高原及邻区大地构造图说明书(1:150万).北京:地质出版社.
- 潘桂棠,肖庆辉,陆松年,等,2009.中国大地构造单元划分.中国地质,36(1):1—28.
- 彭东,林丽,王全伟,等,2011.甘孜—理塘结合带锰结核的发现及其地质意义.中国地质,38(2):442—450.
- 彭兴阶,罗万林,1982.澜沧江南段双变质带的初步确定.青藏高原地质文集(13),21—30.
- 余宏全,李进文,马东方,等,2009.西藏多不杂斑岩铜矿床辉钼矿 Re-Os 和锆石 U-Pb SHRIMP 测年及地质意义.矿床地质,28(6):737—746.
- 王立全,潘桂棠,李定谋,等,1999.金沙江弧—盆系时空结构及地史演化.地质学报,73(3):206—218.
- 汪啸风, Metcalfe, I., 简平, 等, 1999.金沙江缝合带构造地层划分及时代厘定.中国科学(D辑),29(4):289—297.
- 王永文,李善平,王发明,2004a.西金乌兰构造混杂带中基底变质岩的特征和意义.西北地质,37(1):40—44.
- 王永文,王玉德,李善平,等,2004b.西金乌兰构造混杂岩带特征.西北地质,37(3):15—20.
- 奚跃昆,王鸿祯,1985.中国古地理图集.北京:地图出版社.
- 闫全人,王宗起,刘树文,等,2005.西南三江特提斯洋扩张与晚古生代东冈瓦纳裂解:来自甘孜蛇绿岩辉长岩的 SHRIMP 年代学证据.科学通报,50(2):158—166.
- 杨钴云,施泽进,钟康慧,等,2010.青海南部三江成矿带北缘治多地区铁铜铅锌多金属成矿带矿产资源潜力评价.地质与勘探,46(3):426—433.
- 尹福光,2003.羌塘盆地中央隆起性质与成因.大地构造与成矿学,27(2):143—146.
- 殷鸿福,张克信,2003.中华人民共和国 1:25 万东给措纳湖幅区域地质调查报告.武汉:中国地质大学出版社,415—416.
- 雍永源,向天秀,王洁民,1987.初论北澜沧江变质岩.青藏高原地质文集(第20集),87—89.
- 张克信,何卫红,徐亚东,等,2014.中国大陆沉积大地构造划分与鉴别标志.地球科学——中国地质大学学报,39(8):915—928.
- 张生辉,2006.云南三江地区铜铅锌金银综合信息矿产预测(学位论文).长春:吉林大学.
- 张胜业,魏胜,王家映,等,1996.西藏羌塘盆地大地电磁测深研究.地球科学——中国地质大学学报,21(2):198—202.
- 张志攀,2006.羌塘盆地天然气水合物勘察的酸解烃、热释光特征初探(学位论文).北京:中国地质大学.
- 赵兵,伊海生,林金辉,等,2002.北羌塘乌兰乌拉湖地区白垩纪岩石地层及沉积环境.地质通报,21(11):749—755.
- 赵小明,焦明路,牛志军,2006.青海省曲麻莱地区巴颜喀拉山群浊积岩系识别的古遗迹学标志.华南地质与矿产,(3):48—54.
- 钟大赉,1998.川滇西部古特提斯造山带.北京:科学出版社,12—17.
- 钟文丽,2012.三江成矿带中段中咱—得荣地区铜多金属矿成矿规律研究(学位论文).成都:成都理工大学.
- 朱创业,夏文杰,伊海生,等,1997.兰坪—思茅中生代盆地性质及构造演化.成都理工学院学报,24(4):23—30.
- 朱勤文,莫宣学,张双全,1999.南澜沧江古特提斯演化的岩浆岩证据.特提斯地质,23(1):16—30.
- 朱勤文,沈上越,杨开辉,等,1991.澜沧江带火山岩构造—岩浆类型与特提斯演化.青藏高原地质文集(第21集),127—140.
- 朱勤文,张双全,谭劲,1999.南澜沧江结合带火山岩岩浆成因—洋脊洋岛与弧岩浆作用的性质.现代地质,13(2):138—143.
- 朱同兴,冯心涛,王晓飞,等,2010.青藏高原羌塘地区晚三叠世构造—古地理研究.沉积与特提斯地质,30(4):1—10.