

文章编号: 1000-0550(2008) 01-0011-10

青海南部治多—杂多地区 石炭纪—三叠纪砂岩地球化学特征与构造背景探讨¹

赵小明 王建雄 牛志军 汤朝阳 姚华舟
(宜昌地质矿产研究所 湖北宜昌 443003)

摘要 选取青海南部治多—杂多地区石炭纪—三叠纪的砂岩、粉砂岩样品,进行主量元素地球化学分析,利用分析结果判别物源区大地构造背景,探讨北羌塘盆地的性质及演化。研究表明:北羌塘中段的治多—杂多地区物源区大地构造背景早石炭世为被动大陆边缘;早中二叠世为被动大陆边缘、活动大陆边缘和大陆岛弧;晚三叠世为被动大陆边缘、活动大陆边缘和大陆岛弧。结合地层学、沉积学和岩石学,治多—杂多地区的沉积盆地经历了早石炭世被动陆缘克拉通盆地—早中二叠世裂陷盆地和早中三叠世被动边缘克拉通盆地—晚三叠世弧后前陆盆地的两个演化旋回,体现了金沙江缝合带和甘孜—理塘缝合带生成发展在研究区内的沉积响应。

关键词 盆地 构造背景 主量元素 北羌塘 青海

第一作者简介 赵小明 男 1970 年出生 在读博士 高级工程师 区域地质与地层古生物学 E-mail: zxm20040021@163.com

中图分类号 P595 P542 文献标识码 A

0 引言

羌塘盆地位于青藏高原腹地唐古拉山东段北坡,夹于金沙江缝合带和班公湖—怒江缝合带之间,大地构造位置属东特提斯构造域之羌塘—三江构造区^[1],是在特提斯洋消亡、板块碰撞基础上发展起来

的一个叠合盆地。羌塘盆地分为三个次级构造单元,即羌北坳陷、羌中隆起和羌南坳陷,盆地形成演化受特提斯洋构造带地球动力学背景的控制^[2-5]。羌北坳陷位于羌中隆起北侧,总体呈近东西走向,其面积占整个羌塘盆地的 1/2 青海南部的治多—杂多地区即位于羌北坳陷(图 1)。

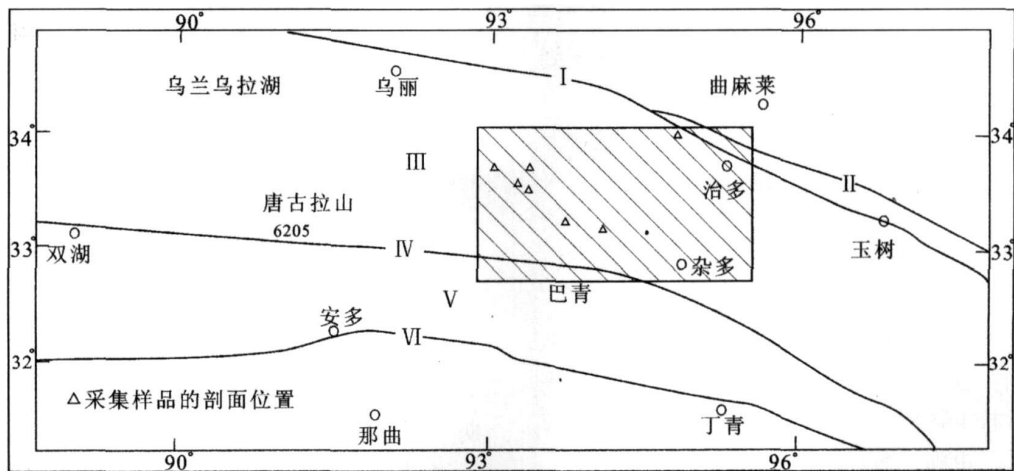


图 1 治多—杂多地区大地构造单元分区图(据潘桂棠, 2002 修改)

iv 金沙江缝合带 ⊕ 甘孜—理塘缝合带 ⊙ 羌北坳陷 ⊕ 龙木措—双湖—澜沧江缝合带 ⊙ 羌南坳陷 ∇ 班公湖—怒江缝合带

Fig 1 Sketch map of tectonic units in Zhiduo-Zaduo area(after Pan Guitang 2002)

¹ 中国地质调查局基础地质调查《1: 25 万直根尔卡幅(200213000003)》《1: 25 万曲麻莱县幅(200313000006)》和国家自然科学基金项目(批准号: 40372004)资助。

收稿日期: 2007-03-05 收修改稿日期: 2007-06-05

近几年来,青藏高原空白区 1/25 万区域地质调查和羌塘盆地油气勘探等项目在羌塘盆地取得了大量的地质成果。然而,对羌塘盆地的构造机理、构造性质、构造归属及南北差异等仍存在着不同的认识^[6],而且对羌塘地块的构造背景和构造归属大多从蛇绿岩^[7-10]、火山岩^[11]、花岗岩^[12-13]、地层序列和生物组合^[14-19]等角度来分析。碎屑岩的地球化学特征主要取决于其组成,而后者与其物源和大地构造背景的关系非常密切,虽然成岩作用可能会改变碎屑岩的原始地球化学特征,但这种变化本身就与构造环境密切相关^[20],因此,可以根据碎屑岩的地球化学特征来判别其形成的大地构造背景^[21-28]。笔者等 2002~2006 年在该地区 1/25 万区域地质调查及国家自然科学基金的支持下,获得了大量第一手的基础资料。本文选取杂多—治多地区石炭纪—三叠纪砂岩、粉砂岩样品,通过主量元素地球化学成分分析,运用现有沉积大地构造学理论,判别其物源区的构造背景,结合古生物地层学和沉积学资料,探讨盆地的性质及演化。

1 岩石组合与沉积环境

治多—杂多地区地层区划属于华南地层大区羌北—昌都—思茅地层区唐古拉—昌都地层分区乌丽—杂多小区^[29,30],以石炭纪—三叠纪地层出露最为广泛。

1.1 石炭纪

石炭纪地层仅发育早石炭世杂多群,自下而上划分为三个组^[31]。

下碳酸盐岩组厚 > 141.73 m,主要为深灰色中厚层状含鲕粒生物屑泥晶灰岩、生物屑鲕粒亮晶灰岩夹泥岩、细粒石英砂岩,泥岩中水平层理发育,灰岩中产筴类、非筴有孔虫、珊瑚等化石,为台地边缘浅滩沉积。

碎屑岩组厚 798.97 m,以深灰色薄层状泥岩、灰色中层状细粒岩屑石英砂岩、细粒石英砂岩为主,夹深灰色中层状生物屑泥晶灰岩,偶夹少量玄武岩,总体上反映了三角洲—台地—陆棚沉积环境。

上碳酸盐岩组厚 > 241.73 m,为深灰色、灰黑色厚层状生物屑泥晶灰岩、浅灰色厚层状含生物屑粉晶灰岩夹钙质泥岩、钙质细粒石英砂岩等,发育小型交错层理,产筴类、非筴有孔虫、珊瑚、腕足类、苔藓虫等化石,属开阔台地沉积。

1.2 二叠纪

二叠纪地层自下而上为早二叠世扎日根组、诺日巴日保组、尕笛考组,早中二叠世九十道班组,中二叠世尕日扎仁组、索加组^[32]及晚二叠世那益雄组和拉卜查日组(图 2)。

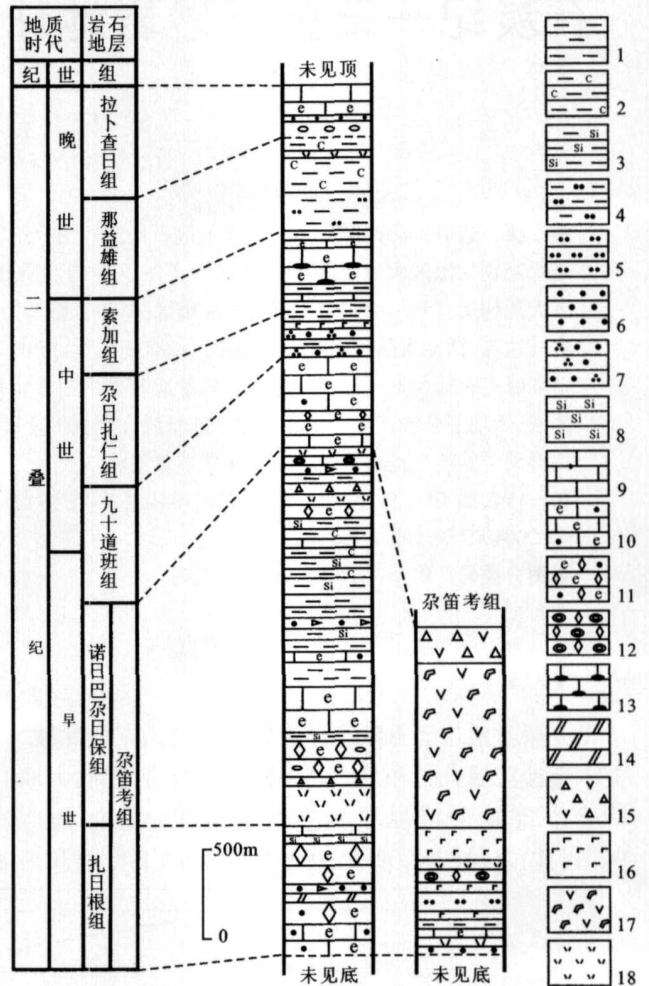


图 2 治多—杂多地区二叠纪地层柱状图

- 1. 泥岩 2. 炭质泥岩 3. 硅质泥岩 4. 粉砂质泥岩 5. 粉砂岩 6. 细砂岩
- 7. 石英砂岩 8. 硅质岩 9. 泥晶灰岩 10. 砂屑生物屑泥晶灰岩 11. 砂屑生物屑亮晶灰岩 12. 核形石亮晶灰岩 13. 燧石条带泥晶灰岩 14. 白云岩
- 15. 火山角砾岩 16. 玄武岩 17. 火山集块岩 18. 凝灰岩

Fig. 2 The column of Permian strata in Zhiduo-Zadoi area

由于早二叠世是青藏高原裂谷发育的鼎盛期^[17,33],强烈的火山喷发,形成的特殊火山—沉积地貌,在羌塘内部快速而间歇地构建一些呈链状展布的火山岛,海相为主的沉积围绕着火山岛链分布之特征表现突出,使得沉积相时空变化十分剧烈,特称之为“火山岛沉积体系”。具体说,该沉积体系包括火山岛相、岛间洼地相、岛缘局限台地相、岛缘开阔台地相、岛缘台地浅滩相、岛前浅水斜坡相及岛前深水斜坡相。

扎日根组厚 > 698.49 m, 岩性为浅灰色厚层—块状亮晶含砾屑砂屑生物屑灰岩、厚层状苔藓虫骨架灰岩、泥晶含砂屑生物屑灰岩夹少量暗红色中—薄层状微晶白云岩、灰—灰绿色薄层状粉砂质泥岩、细粒岩屑砂岩、暗红色薄层状含放射虫硅质岩等, 产筳类、非筳有孔虫、珊瑚等化石。属“火山岛沉积体系”中岛缘开阔台地、岛缘台地浅滩、岛前深水斜坡环境。

诺日巴日保组厚 > 2 460.85 m, 以深灰色的泥岩、灰色厚层状细粒岩屑砂岩为主夹灰绿色的凝灰岩、凝灰岩、砾屑灰岩、碳酸盐质角砾岩及含砾粗砂岩、玄武岩等, 灰岩中筳类、珊瑚、腕足类化石丰富。属“火山岛沉积体系”中岛缘开阔台地、岛缘台地浅滩、岛前浅水斜坡、岛前深水斜坡环境。

尕笛考组出露的最大厚度为 2 431.94 m, 岩性组合表现出火山岩或火山碎屑岩与碳酸盐岩或碎屑岩互层, 灰岩中产筳类、珊瑚、菊石等化石。该组与扎日根组和诺日巴日保组为同时异相的产物。属“火山岛沉积体系”中火山岛、岛缘开阔台地、岛缘台地浅滩、岛前深水斜坡环境。

九十道班组厚度 > 724.72 m, 主要岩石类型有灰—深灰色厚层状亮晶生物屑含砾屑砂屑灰岩、粉亮晶生屑灰岩、泥晶生物屑灰岩、泥晶灰岩等, 灰岩中略显低角度交错层理, 属开阔台地环境。

尕日扎仁组厚 236.10 m, 主体岩性为灰褐色中层状含钙质细粒石英砂岩、灰黑色薄层状泥岩, 夹灰色中层状硅质粉晶灰岩、火山岩, 砂岩分选性好, 略显沙纹层理, 灰岩中产少量有孔虫、双壳类、腕足类等化石, 属混合陆棚沉积。

索加组厚 > 430.56 m, 下部为灰色中厚层状复成分细砾岩、灰色厚层状粗中粒岩屑砂岩、灰黑色薄层状泥岩夹深灰色中层状生物屑泥晶灰岩, 砂岩中平行层理、板状斜层理发育, 泥岩中水平层理发育, 灰岩中产腕足类化石, 总体上显示出滨岸—局限台地沉积环境。

上部为灰色—深灰色中厚层状含燧石条带(团块)生屑泥晶灰岩夹细晶白云岩、泥岩等, 产筳类、非筳有孔虫、珊瑚、腕足类等化石, 泥岩中水平层理发育, 局部层位灰岩中见呈倒“小”字型、倒“八”字形排列的板片状砾屑, 丘状层理发育, 显示出风暴沉积特征, 属开阔台地夹少量局限台地沉积。

研究区内缺失晚二叠世地层, 区域上那益雄组为灰色厚层状细粒岩屑砂岩、生物屑灰岩和灰黑色中厚层粉砂质泥岩, 产筳类、植物化石, 属滨浅海环境; 拉

卜查日组为深灰色中厚层状灰岩、粉砂质粘土岩, 产筳类、双壳类、腕足类等化石, 属台地—陆棚相沉积。

1.3 三叠纪

研究区未见早中三叠世地层出露, 晚三叠世地层不见底, 但底部产粗砾岩, 推断研究区缺失早中三叠世地层, 赵仁夫等^[34]报道了邻区玉树可君一带发现晚三叠世地层角度不整合覆盖于石炭—泥盆纪地层之上也证明了这点。

晚三叠世地层包括结扎群和巴塘群, 结扎群自下而上分为甲丕拉组、波里拉组和巴贡组, 巴塘群分为下、中、上三个组^[35]。巴塘群呈狭长带状分布在羌北坳陷北缘的西金乌兰湖—玉树巴塘一带, 北以金沙江缝合带为界与巴颜喀拉山群相邻, 南部基本上沿郭钦—格玛—直尕寺—巴塘一线以断裂构造同结扎群分开。结扎群广布于唐古拉—昌都地区, 构成了北羌塘地区晚三叠世地层的主体。从生物群面貌来看, 巴塘群和结扎群以晚三叠世诺利期分子相对较多, 且存在诸多共同分子, 表明二者地质时代相近^[35,36]。但是, 两者在岩石组合、地层序列及大地构造位置等方面存在明显差异, 应为同时异相的产物^[29,36]。

甲丕拉组厚 > 571.6 m, 下部为灰色块状粗砾岩、紫红色中层状—块状含砾岩屑细砂岩和灰黄色薄层—中层状钙质细粒岩屑砂岩、紫红色中—厚层状石英粉砂岩、粉砂质泥岩、深灰色厚层状泥晶灰岩、白云质灰岩夹硬石膏岩。含砾砂岩和砂岩中发育正粒序层理和大型板状斜层理, 灰岩中发育水平层理, 白云岩中见鸟眼构造, 总体上代表由碎屑滨岸沉积向泻湖沉积的演化序列; 上部为灰绿色块状玄武岩、凝灰质集块岩、熔结火山角砾岩、熔岩夹深灰色砂屑粉晶灰岩、亮晶生物屑灰岩、含砾砂屑细晶白云岩、细粒岩屑砂岩和钙质泥岩, 熔岩中发育气孔和杏仁构造, 沉积岩夹层中发育水平层理、平行层理、水平虫迹, 灰岩中产双壳类化石, 偶见鸟眼构造, 主体为“火山岛沉积体系”中火山岛相、岛缘开阔台地相、岛缘局限台地相和岛间洼地相沉积。

波里拉组厚 450 m, 为灰色中厚层—块状泥晶生屑灰岩、泥晶砂屑灰岩夹细晶白云岩、灰质白云岩、白云石化泥晶灰岩、白云石化砂屑灰岩、砾屑灰岩、石膏和少量粉、细砂岩等, 产菊石、双壳类化石, 发育生物扰动构造、似瘤状构造, 总体为碳酸盐台地—浅海陆棚沉积环境, 其内的白云岩、石膏为泻湖环境。

巴贡组厚 > 220.0 m, 岩性主要为灰色中厚层状岩屑细砂岩夹灰黑色薄层状泥岩、粉砂质泥岩, 发育

水平层理、平行层理, 含大量的炭化植物碎片, 主体属三角洲沉积。

巴塘群下组厚 729.60 m, 岩性组合为灰绿色、暗红色中厚层状中细粒长石石英砂岩、细粒岩屑砂岩, 间夹少量暗红色中层状弱细晶白云石化岩屑石英粉砂岩, 局部地区在下部层位夹紫红色厚层状含砾粗粒石英砂岩、复成分中砾岩、弱绿泥石化弱方解石化玄武岩。砂岩中板状斜层理、平行层理发育, 粉砂岩中砂纹层理发育, 属滨浅海环境。

巴塘群中组厚 > 1634.61 m, 主要岩性为灰色厚层状砾屑砂屑灰岩、含生物屑泥晶灰岩、泥晶灰岩、灰色—灰绿色块状玄武岩、中酸性(沉)凝灰岩、碳酸盐化安山岩、玄武质火山角砾岩夹细晶白云岩、灰色薄层状泥岩、细粒岩屑砂岩, 灰岩中产丰富的腕足、珊瑚、双壳、腹足、菊石、海百合等化石。沉积环境单元包括“火山岛沉积体系”中的火山岛相、岛缘开阔台地相、岛前浅水斜坡相、岛前深水斜坡相和岛间洼地相。

巴塘群上组厚 > 84.25 m, 为青灰色中厚层状细粒石英砂岩、细粒岩屑砂岩夹灰黑色薄层状炭质粉砂岩, 砂岩中发育粒序层理、平行层理、包卷层理、砂纹层理等, 发育完整或不完整的鲍玛序列, 总体上显示深水斜坡沉积环境。

1.4 沉积环境演化

晚古生代至早中生代是北羌塘地区演化史上最重要的时期, 其沉积环境和古地理格局明显受金沙江缝合带和甘孜—理塘缝合带成生发展的影响。

早石炭世以灰岩和细粒碎屑岩为主, 夹少量中、基性火山岩, 各地岩性变化较小, 属稳定和较稳定型的沉积; 早二叠世金沙江洋(具洋壳性质的裂谷)达到鼎盛, 其南侧的北羌塘地区沉积了一套碳酸盐岩、细砂岩、泥质岩、火山岩夹放射虫硅质岩的岩石组合, 总体显示出火山岩产出多, 沉积类型多样、沉积厚度大的特征, 表明该时期裂谷活动强烈; 中二叠世金沙江洋开始闭合, 构造活动渐趋平静, 形成碳酸盐岩或以其为主的较稳定型的沉积; 晚二叠世金沙江碰撞造山, 北羌塘地区发生大面积的海退, 晚二叠世末地壳重新下降, 仅在局部地区沉积了少量的岩屑砂岩、粘土岩、生物屑灰岩的岩石组合, 包括研究区在内的北羌塘大部分地区普遍缺失晚二叠世及早中三叠世的地层; 伴随早中三叠世甘孜—理塘洋的扩张, 羌北地区逐渐成为稳定的浅海环境; 晚三叠世甘孜—理塘洋俯冲消减、碰撞造山, 北羌塘地区沉积了一套砂岩、板岩、碳酸盐岩夹火山岩等的岩石组合, 总体显示活

动类型的特征。

2 构造背景判别

本文从早石炭世杂多群、早二叠世开心岭群、中二叠世尕日扎仁组和索加组、晚三叠世结扎群和巴塘群实测地层剖面中, 选取 25 个砂岩、粉砂岩样品进行主量元素化学成分分析(结果见表 1), 利用不同的判别图解, 研究物源区的大地构造背景, 探讨北羌塘地区盆地的性质及构造演化史。

2.1 利用 Bhatia (1983) 函数判别图解

Bhatia^[21] 根据不同元素在其风化、搬运、沉积过程中所具有的不同特点, 确定其相应氧化物在对构造环境反映中的地位, 并由此给出它们的影响系数(表 2), 通过函数关系来表达所有主量元素与构造背景间的联系。用 2 个判别函数 F_1 、 F_2 来作为砂岩构造背景判别图的二端元, 并根据世界上已知构造背景下的砂岩成分资料所计算出的 F_1 、 F_2 值, 在该图解中总结并划分出了 4 种不同的构造背景区(图 3)。

将本区样品结果投入到图 3 中, 可以看出, 石炭纪有 4 个样品落入被动陆缘判别区, 2 个落入靠近被动陆缘的大陆岛弧和大洋岛弧判别区; 早二叠世 7 个样品中有 5 个落入活动陆缘, 2 个落入大洋岛弧; 中二叠世两个样品均落入被动陆缘与大陆岛弧之间; 晚三叠世 10 个样品比较分散, 3 个落入被动陆缘(T_3j 2 个, T_3b 1 个), 5 个落入大陆岛弧(T_3j 3 个, T_3b 2 个), 2 个落入活动陆缘(T_3j)。

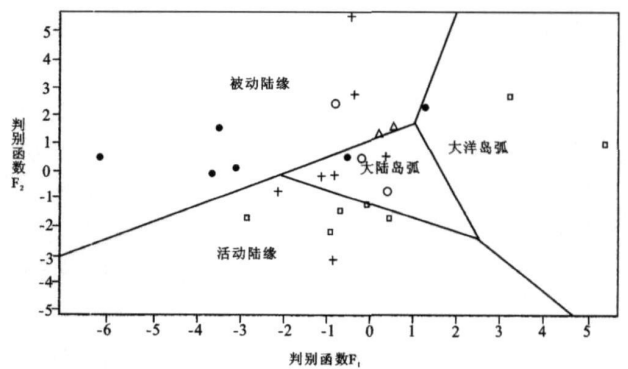


图 3 治多—杂多地区砂岩、粉砂岩构造背景函数判别图解
(据 Bhatia 1983)

● C_1 □ P_1 △ $P_2 + T_3j$ (结扎群) ○ T_3b (巴塘群)

Fig 3 Plot of discrimination scores along Function F_1 versus F_2 for sandstone and siltstone from Zhidoi-Zadoi area
(after Bhatia 1983)

表 1 治多-杂多地区石炭纪-三叠纪砂岩测试结果 (%)

Table 1 The analytic results of Carboniferous-Trassic sandstones in Zhiduo-Zaduo area

| 地质时代 | 岩石地层 | 样品编号 | 名称 | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | FeO | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | 烧失 | Totals | F ₁ | F ₂ | F ₃ | F ₄ | 剖面位置 |
|----------------|--------|---------|--------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------------------|------------------|-------------------------------|-------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| T ₃ | 结扎群 | E-6b1 | 岩屑石英砂岩 | 77.12 | 0.539 | 10.11 | 0.617 | 1.34 | 0.018 | 0.756 | 1.21 | 1.78 | 4.24 | 0.148 | 2.19 | 100.07 | -0.93 | -3.07 | -8.11 | 2.27 | 俄撒金南 |
| | | E-11b3 | 粉砂岩 | 68.82 | 0.567 | 10.61 | 3.62 | 1.06 | 0.05 | 1.26 | 4.45 | 0.281 | 2.8 | 0.108 | 6.18 | 99.81 | -2.17 | -0.77 | -3.34 | -1.9 | |
| | | E-23b1 | 岩屑石英砂岩 | 75.8 | 0.434 | 9.05 | 1.88 | 1.42 | 0.06 | 0.792 | 2.3 | 2.61 | 1.89 | 0.083 | 2.98 | 99.25 | -0.83 | -0.12 | -3.69 | 0.14 | |
| | | E-24b1 | 岩屑石英砂岩 | 75.66 | 0.377 | 10.04 | 0.653 | 1.64 | 0.057 | 1.08 | 2.59 | 3.6 | 1.21 | 0.072 | 3.08 | 100.06 | 0.37 | 0.60 | -2.84 | 0.78 | |
| | | E-25b1 | 粉砂岩 | 72.73 | 0.682 | 12.18 | 2.82 | 1.16 | 0.036 | 1.44 | 0.84 | 1.94 | 3.34 | 0.174 | 2.62 | 99.96 | -1.18 | -0.15 | -5.51 | -0.1 | |
| | E-26b1 | 岩屑石英砂岩 | 76.2 | 0.477 | 10.32 | 2.2 | 0.93 | 0.104 | 1.88 | 2.24 | 3.22 | 1.78 | 0.094 | 3.64 | 99.09 | -0.36 | 2.73 | -3.98 | -0.4 | | |
| | E-26b2 | 杂砂岩 | 52.38 | 0.53 | 10.55 | 2.47 | 0.915 | 0.478 | 4.31 | 8.1 | 1.77 | 2.83 | 0.106 | 11.18 | 99.62 | -0.43 | 5.50 | -5.79 | -1.2 | | |
| | 巴塘群 | CW-15g1 | 长石石英砂岩 | 73.34 | 0.638 | 11.9 | 1.67 | 2.26 | 0.044 | 1.18 | 1.01 | 2.94 | 1.83 | 0.129 | 2.22 | 99.16 | -0.23 | 0.43 | -3.62 | -0.1 | 采吾曲 |
| | | CW-18g | 长石石英砂岩 | 77.74 | 0.474 | 9.34 | 2.66 | 1.19 | 0.029 | 1.06 | 0.731 | 3.45 | 0.735 | 0.079 | 1.68 | 99.17 | -0.77 | 2.45 | -2.52 | -1.4 | |
| | | CW-16g1 | 杂砂岩 | 69.52 | 0.666 | 13.7 | 0.649 | 3.26 | 0.049 | 1.63 | 1.62 | 2.42 | 2.36 | 0.158 | 3.48 | 99.51 | 0.41 | -0.71 | -4.57 | 0.02 | |
| P ₂ | 杂日扎仁组 | GZ-1h | 钙质石英砂岩 | 69.62 | 0.234 | 4.97 | 3.26 | 1.12 | 0.042 | 0.202 | 9.66 | 0.028 | 0.497 | 0.282 | 9.36 | 99.28 | 0.27 | 1.17 | 1.04 | -2.5 | 杂日扎仁北 |
| | | GZ-12h2 | 岩屑砂岩 | 49.44 | 2.66 | 14.3 | 3.04 | 7.8 | 0.142 | 1.61 | 6.98 | 2.78 | 0.418 | 0.142 | 9.48 | 98.79 | 0.68 | 1.53 | -0.03 | 0.48 | |
| P ₁ | 开心岭群 | A-36h | 钙质长石砂岩 | 49.22 | 0.668 | 14.91 | 1.02 | 2.98 | 0.16 | 1.48 | 11.68 | 5.47 | 0.951 | 0.214 | 10.1 | 98.85 | 5.42 | 0.95 | 6.15 | 7.08 | 阿日永 |
| | | ZC-1h | 钙质粉砂岩 | 67.24 | 0.494 | 9.97 | 0.652 | 1.87 | 0.132 | 0.552 | 8.26 | 0.212 | 2.02 | 0.074 | 8.9 | 100.38 | -0.96 | -2.23 | -1.52 | 0.07 | 左支 |
| | | ZC-2h | 岩屑砂岩 | 74.91 | 0.454 | 7.56 | 0.516 | 3.46 | 0.09 | 0.871 | 4.74 | 1.38 | 0.834 | 0.055 | 5.26 | 100.13 | -0.70 | -1.56 | -3.62 | -2 | |
| | | ZC-5h | 细粒杂砂岩 | 67.82 | 0.456 | 7.84 | 0.549 | 2.7 | 0.214 | 0.768 | 9.07 | 1.39 | 0.865 | 0.06 | 8.58 | 100.31 | -0.06 | -1.22 | -0.64 | 0.13 | |
| | | ZC-7h2 | 细粒岩屑砂岩 | 68.44 | 0.447 | 8.19 | 0.286 | 2.91 | 0.115 | 0.634 | 8.28 | 1.66 | 1.06 | 0.065 | 7.84 | 99.93 | 0.40 | -1.92 | -1.00 | 0.7 | |
| | | ZC-11h2 | 岩屑砂岩 | 82.41 | 0.322 | 10.48 | 0.152 | 1.92 | 0.026 | 0.28 | 0.315 | 0.103 | 1.65 | 0.042 | 2.57 | 100.27 | -2.89 | -1.89 | -5.38 | -3.7 | |
| C ₁ | 杂多群 | GR-12g1 | 凝灰质粉砂岩 | 62.66 | 0.567 | 17.33 | 1.55 | 1.32 | 0.036 | 1.27 | 2.08 | 6.45 | 1.49 | 0.16 | 4.08 | 98.99 | 3.21 | 2.83 | 2.44 | 5.32 | 赛瑞贡玛 |
| | | XR-1g2 | 岩屑石英砂岩 | 69.06 | 0.646 | 7.64 | 14.65 | 1.01 | 0.032 | 0.292 | 0.485 | 0.206 | 1.12 | 0.095 | 3.96 | 99.20 | -6.19 | 0.56 | 4.13 | -7.9 | 西巧日森 |
| | | XR-2g1 | 岩屑石英砂岩 | 77.54 | 0.898 | 7.69 | 3.24 | 1.71 | 0.09 | 0.279 | 1.78 | 0.237 | 1.2 | 0.099 | 4.12 | 98.88 | -3.50 | 1.47 | -4.22 | -4.2 | |
| | | XR-5g1 | 岩屑石英砂岩 | 67.49 | 1.04 | 7.12 | 1.26 | 2.44 | 0.075 | 0.495 | 8.7 | 1.03 | 0.908 | 0.099 | 8.66 | 99.31 | -0.51 | 0.47 | -1.63 | -0.2 | |
| | | XR-16g3 | 钙质石英砂岩 | 54.8 | 0.521 | 3.79 | 1.26 | 5.56 | 0.189 | 3.49 | 12.16 | 0.118 | 0.54 | 0.102 | 16.26 | 98.79 | 1.31 | 2.18 | -5.10 | -4.4 | |
| | | XR-22g | 岩屑石英砂岩 | 87.48 | 0.218 | 2.17 | 1.41 | 1.62 | 0.065 | 0.136 | 2.66 | 0.124 | 0.358 | 0.039 | 2.76 | 99.04 | -3.13 | 0.13 | -6.03 | -5.3 | |
| | | XR-24g | 石英细砂岩 | 96.16 | 0.101 | 0.995 | 0.104 | 1.58 | 0.019 | 0.031 | 0.188 | 0.091 | 0.108 | 0.01 | 0.2 | 99.59 | -3.67 | -0.07 | -8.60 | -6.4 | |

表 2 砂岩、粉砂岩构造环境 F₁、F₂ 判别函数的变量及其系数 (据 Bhatia, 1983)

Table 2 Variable and indexes of the parameters F₁, F₂ in tectonic setting identification functions (after Bhatia, 1983)

| 变量 | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | FeO | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | 常数 |
|-------------------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|--------|-------|--------|-------------------|------------------|-------------------------------|-------|
| F ₁ 系数 | -0.0447 | -0.972 | 0.008 | -0.267 | 0.208 | -3.082 | 0.140 | 0.195 | 0.719 | -0.032 | 7.510 | 0.303 |
| F ₂ 系数 | -0.421 | 1.988 | -0.526 | -0.551 | -1.610 | 2.720 | 0.881 | -0.907 | -0.177 | -1.840 | 7.224 | 43.57 |

注: 判别公式 $F = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + C$, 其中, $x_1 - x_n$ 为 n 判别变量, $a_1 - a_n$ 为其相应系数, C 为常数。

2.2 利用 Bhatia (1983) 氧化物含量判别图解

沉积物中 Fe、Ti 元素不易流失, 且在海水中驻留时间较短, 可以较好地反映其母源性质, Mg 虽不如 Fe 和 Ti 但也基本可以代表母源的原始含量, 故砂岩中这几种元素氧化物的含量可作为反映母源区性质及其构造背景的良好参数。利用氧化物含量及其相对比值如 $(Fe_2O_3 + MgO) / (SiO_2 + TiO_2)$, $TiO_2 / (SiO_2 + TiO_2)$, $Al_2O_3 / (SiO_2 + TiO_2)$, $K_2O / (Na_2O + K_2O)$ 及 $Al_2O_3 / (CaO + Na_2O)$ 等参数, 将其配对组成二端元图, 即得到判别图^[26] (图 4)。

将研究区内的样品结果投入到上述图解中:

在 $TiO_2 - Fe_2O_3 + MgO$ 图解中, 石炭纪样品有 2 个落入被动陆缘附近, 其余样品较分散; 早二叠世 7 个样品都落入活动陆缘及附近; 中二叠世两个样品落入活动陆缘附近; 晚三叠世样品有 4 个落入活动陆缘

(T_{3j}), 6 个落入大陆岛弧 (T_{3j} 3 个, T_{3b} 3 个)。

在 $Al_2O_3 / SiO_2 - Fe_2O_3 + MgO$ 图解中, 石炭纪样品有 5 个落入被动陆缘及附近; 早二叠世 5 个样品落入活动陆缘及附近, 2 个落入大陆岛弧附近; 中二叠世 1 个样品落入活动陆缘附近, 1 个落入大洋岛弧; 晚三叠世样品有 8 个落入活动陆缘及附近 (T_{3j} 5 个, T_{3b} 3 个), 2 个落入大陆岛弧 (T_{3j} 1 个, T_{3b} 1 个)。

在 $Al_2O_3 / (CaO + Na_2O) - Fe_2O_3 + MgO$ 图解中, 石炭纪有 3 个样品落入活动陆缘附近, 1 个样品落入被动陆缘; 早二叠世样品有 6 个落入活动陆缘及其附近; 中二叠世样品落入活动陆缘附近; 晚三叠世有 7 个样品落入活动陆缘及附近 (T_{3j} 5 个, T_{3b} 2 个), 1 个落入被动陆缘 (T_{3j}), 2 个落入大陆岛弧及附近 (T_{3j} 1 个, T_{3b} 1 个)。

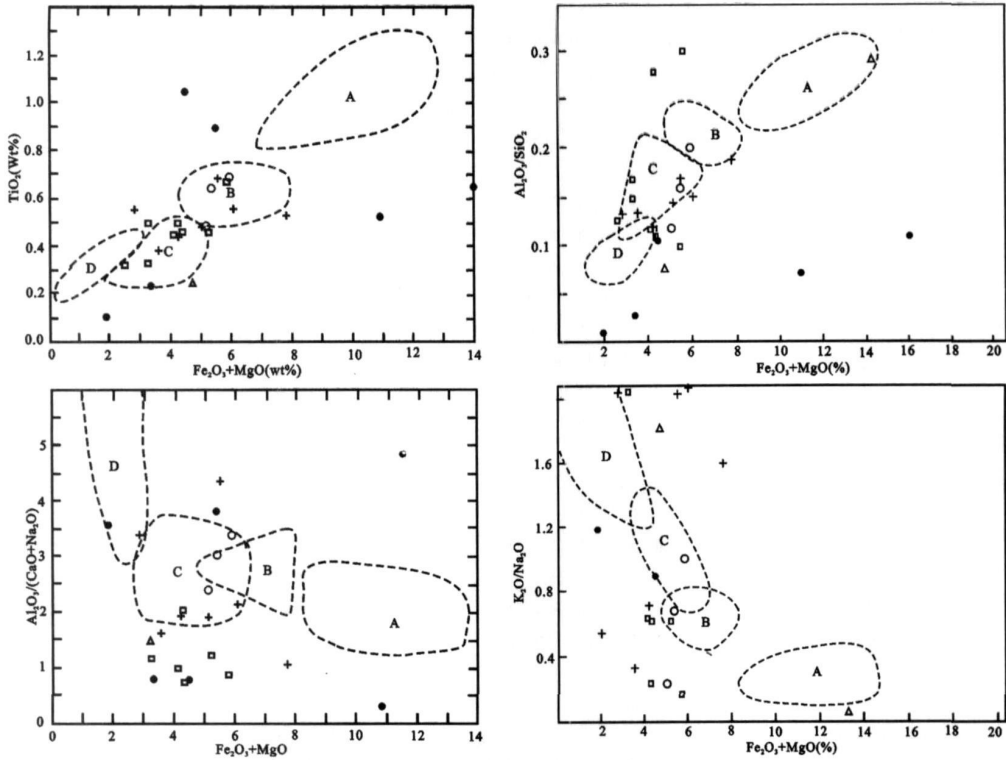


图 4 砂岩、粉砂岩中主量元素化学成分的构造背景判别图解(据 Bhatia 1983)

● C₁□ P₁△ P₂+ T_{3j}(结扎群) ○ T_{3b}(巴塘群) A 大洋岛弧; B 大陆岛弧; C 活动大陆边缘; D 被动大陆边缘

Fig 4 Major element composition plots of sandstone and siltstone for tectonic setting discrimination (after Bhatia 1983)

在 $K_2O/Na_2O-Fe_2O_3+MgO$ 图解中, 石炭纪有 1 个样品落入活动陆缘附近, 1 个落入被动陆缘, 其余较分散; 早二叠世有 5 个样品落入大陆岛弧及附近, 1 个落入被动陆缘附近; 中二叠世 1 个样品落入大洋岛弧附近, 1 个落入被动陆缘附近; 晚三叠世 4 个样品落入大陆岛弧及附近 (T_{3j} 2 个, T_{3b} 2 个), 3 个落入被动陆缘及附近 (T_{3j}), 3 个落入活动陆缘及附近 (T_{3j} 2 个, T_{3b} 1 个)。

虽然样品在各判别图解上有所差异, 但是总体上仍然反映出石炭纪物源区构造背景以被动陆缘为主, 其次为活动陆缘和大陆岛弧; 早、中二叠世物源区构造背景以活动陆缘为主; 晚三叠世的物源区构造背景较复杂, 总体上以活动陆缘为主, 其次为大陆岛弧和被动陆缘。

2.3 利用 Roser 和 Korsch 氧化物含量判别图解

Roser 和 Korsch^[28] 探讨了沉积物颗粒大小对其化学成分的影响, 认为不同粒度的沉积物化学成分的变化在其构造环境判别图上可显示一定的变化趋势, 由此可以得到有用的信息。因此, 他们认为细碎屑岩可通过判别函数进行计算, 投点, 反映其构造环境。

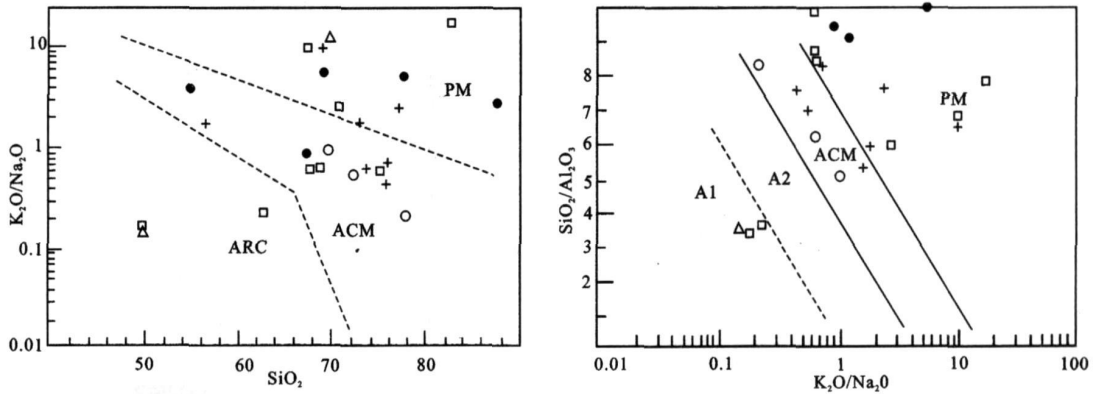
此后, 他们在对新西兰来源于不同物源区的砂岩和泥岩主量元素成分研究的基础上, 结合世界上其它地区已知构造背景下砂岩和泥岩的化学成分分析资料, 利用某些氧化物的比值作为参数, 通过图解法判别出它们的不同物源区和构造环境。

将研究区砂泥岩主量元素比值投入上述判别图(图 5), 可以看出, 石炭纪大部分样品落入被动陆缘, 少量落入活动陆缘; 早、中二叠世样品较为分散, 分别落入被动陆缘、活动陆缘、大洋岛弧; 晚三叠世样品落入活动陆缘和被动陆缘。这与前述利用 Bhatia 各种判别图解得出的结果是一致的。

2.4 利用 Roser 和 Korsch 函数判别图解

Roser 和 Korsch 在 Bhatia 的研究基础上, 针对其构造环境判别函数中存在的问题, 于 1988 提出了砂—泥物源区的综合图解^[28]。这一图解法是以砂—泥岩中几种氧化物含量为变量, 并根据这些氧化物在反映物源区特征中的各自地位, 确定其相应系数(表 3), 由此建立了区分砂泥岩构造环境的 2 个判别函数。然后利用这两个判别函数为端元, 作出二元图(图 6), 计算不同样品的判别值将其投入到图中, 籍

此来判别其形成的构造环境。



● C₁ □ P₁ △ P₂ + T_{3j}(结扎群) ○ T_{3b}(巴塘群) ARC 大洋岛弧; ACM 活动陆缘; PM 被动陆缘; A1 岛弧背景; A2 演化的岛弧背景

图 5 砂岩的化学成分与板块构造环境关系图解(据 Roser和 Korsch, 1988)

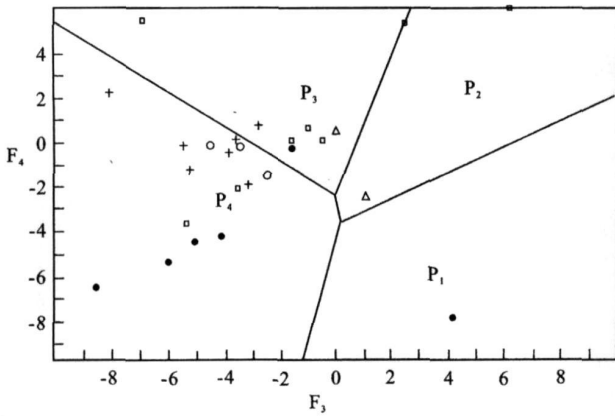
Fig. 5 Discrimination diagrams of chemical compositions for the tectonic settings of sandstones (after Roser & Korsch, 1988)

表 3 砂泥岩构造环境判别函数的变量及其系数(据 Roser和 Korsch, 1988)

Table 3 Variable and indexes of the parameters F₃, F₄ in tectonic setting identification functions (after Roser & Korsch, 1988)

| 变量 | TD ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | 常数 |
|-------------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|-------|-------------------|------------------|--------|
| F ₃ 系数 | -1.773 | 0.607 | 0.76 | -1.5 | 0.616 | 0.509 | -1.224 | 09.09 |
| F ₄ 系数 | 0.445 | 0.070 | -0.25 | -1.142 | 0.438 | 1.475 | 1.426 | -6.861 |

注: 判别公式 $F = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + C$, 其中, $x_1 - x_n$ 为 n 判别变量, $a_1 - a_n$ 为其相应系数, C 为常数。



● C₁ □ P₁ △ P₂ + T_{3j}(结扎群) ○ T_{3b}(巴塘群)
● P₁ 基性火山物源区; P₂ 中性火山岩物源区;
P₃ 长英质火山岩物源区; P₄ 成熟大陆石英质物源区

图 6 砂岩、粉砂岩 F₃, F₄ 构造背景判别图解 (据 Roser和 Korsch, 1988)

Fig. 6 Plot of discrimination scores using Function F₃ versus F₄ for sandstone and siltstone (after Roser & Korsch, 1988)

从图 6 中可以看出, 研究区早石炭世样品大部分落入成熟大陆石英质物源区, 表明碎屑岩母源以稳定陆块为主; 早、中二叠世样品多数落入成熟大陆石英质物源区和长英质火山岩物源区, 少量落入中性火山

岩物源区, 表明碎屑岩母源为稳定陆块、活动陆缘及火山岛弧; 晚三叠世样品大部分落入成熟大陆石英质物源区, 少量落入长英质火山岩物源区, 表明碎屑岩母源为稳定陆块和火山岛弧。这与前面的分析结果是一致的, 进而也相互验证了判别结果的有效性。

3 盆地性质及演化

本文运用沉积大地构造学的方法, 结合古生物学、地层学、构造学等其它方面的研究, 对包括研究区在内的北羌塘盆地性质可获以下认识:

(1) 治多—杂多地区早石炭世沉积了台地—陆棚相的碳酸盐—碎屑岩建造, 盆地物源区构造背景以被动陆缘为主, 显示了早石炭世时研究区所属的北羌塘地区为稳定陆块基底上发育而成的被动陆缘克拉通盆地;

(2) 治多—杂多地区早中二叠世沉积了“火山岛沉积体系”的碳酸盐、碎屑岩夹火山岩建造, 盆地物源区构造背景以活动陆缘为主, 另有少量大陆岛弧和被动陆缘, 显示研究区早中二叠世时为拉张背景下的裂陷盆地, 即北羌塘地区从石炭纪至二叠纪逐渐由稳定型向活动型演化;

(3) 晚三叠世治多—杂多地区沉积了巨厚的陆

棚—台地相的碎屑岩、碳酸盐夹火山岩建造,盆地的物源区构造背景较为复杂:结扎群包括被动陆缘、活动陆缘和大陆岛弧,巴塘群以活动陆缘和大陆岛弧为主。这是因为此时羌塘盆地一隆两坳的格局已基本形成^[17, 18, 37],北羌塘盆地的北缘紧邻甘孜—理塘缝合带,发育晚三叠世的火山弧,而北羌塘盆地的主体则属于弧后前陆盆地环境,金沙江缝合带、陆缘火山弧和中央隆起带共同为北羌塘盆地提供物源,故而使得其多物源特征明显。

(4) 研究区所属的羌北坳陷为一复合型盆地,早石炭世时为被动大陆边缘上发展起来的克拉通盆地;晚古生代青藏高原的泛裂谷化使得金沙江洋裂开^[17, 33],研究区由稳定向活动转变,晚石炭世—早中二叠世在拉张背景下转变成裂陷盆地;晚二叠世金沙江洋俯冲闭合^[38],发育岛弧型火山岩,砂岩微量元素分析结果也表明其物源区构造背景为岛弧型,说明自晚二叠世羌塘地区由拉张机制转入挤压机制,晚二叠世末金沙江缝合带碰撞闭合,羌塘陆块与中咱—中甸陆块完全拼合,金沙江缝合带对羌塘盆地演化的控制趋于结束;中三叠世末发生构造反转,强烈的拉张机制使甘孜—理塘洋进一步扩张,北羌塘地区发生沉降,形成大型的陆缘海盆地^[17];受晚三叠世印支运动的影响,甘孜—理塘洋向南俯冲闭合^[17, 39, 40],在其南侧形成晚三叠世火山弧,北羌塘地区则由陆缘海盆地转变成弧后前陆盆地。

总之,伴随金沙江缝合带和甘孜—理塘缝合带的成生发展,石炭纪—三叠纪北羌塘地区构造演化经历了稳定—拉张—挤压,拉张—挤压两个不完整的构造旋回,与此对应,盆地经历了被动陆缘克拉通盆地—裂陷盆地和陆缘海盆地—弧后前陆盆地的两个演化过程,盆地性质的演化正是对金沙江缝合带和甘孜—理塘缝合带构造演化的响应。

致谢 向共同参加野外工作的宜昌地质矿产研究所全体同仁表示感谢;青海地调院邓中林高级工程师等提供了部分资料,在此一并致谢。

参考文献 (References)

- 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 [Pan Guítang, Li Xìngzhèn, Wáng Lìquán, *et al.* Preliminary division of tectonic units of the Qinghai-Tibet Plateau and its adjacent regions[J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21(11): 701-707]
- 王岫岩,云金表,罗笃清,等. 西藏羌塘盆地动力学演化与油气前景探讨[J]. 石油学报, 1999, 20(3): 38-42 [Wáng Xiùyán, Yún Jīnbǎo, Luò Dǔqīng, *et al.* Discussion on geodynamic evolution and oil gas prospect of Qiangtang Basin[J]. Acta Petrologica Sinica, 1999, 20(3): 38-42]
- 和钟铨,李才,杨德明,等. 西藏羌塘盆地的构造沉积特征及演化[J]. 长春科技大学学报, 2000, 30(4): 347-352 [Hé Zhōngquán, Lǐ Cǎi, Yáng Dè míng, *et al.* The tectonic-sedimentary feature and evolution of Qiangtang Basin in Northern Tibet[J]. Journal of Changchun University of Science and Technology, 2000, 30(4): 347-352]
- 李勇,王成善,伊海生,等. 中生代羌塘前陆盆地充填序列及演化过程[J]. 地质学杂志, 2002, 26(1): 62-67 [Lǐ Yǒng, Wáng Chéngshàn, Yī Hǎishēng, *et al.* Filled sequence and evolution of the Mesozoic Qiangtang composite foreland basin in the Qinghai-Tibet Plateau[J]. Journal of Stratigraphy, 2002, 26(1): 62-67]
- 黄继钧. 羌塘盆地性质及构造演化[J]. 地质力学学报, 2000, 6(4): 58-66 [Huang Jijun. Nature of the Qiangtang Basin and its tectonic evolution[J]. Journal of Geomechanics, 2000, 6(4): 58-66]
- 李才,翟庆国,程立人,等. 青藏高原羌塘地区几个关键地质问题的思考[J]. 地质通报, 2005, 24(4): 295-301 [Lǐ Cǎi, Zhāi Qíngguó, Chéng Lìrén, *et al.* Thought on some key geological problems in the Qiangtang area, Qinghai-Tibet Plateau[J]. Geological Bulletin of China, 2005, 24(4): 295-301]
- 边千韬,郑祥身,李红生,等. 青海可可西里地区蛇绿岩的时代及形成环境[J]. 地质论评, 1997, 43(4): 347-355 [Biān Qiāntāo, Zhèng Xiāngshēn, Lǐ Hóngshēng, *et al.* Age and tectonic setting of Ophiolite in the Hohxil Region, Qinghai Province[J]. Geological Review, 1997, 43(4): 347-355]
- 李才,郑安柱. 西藏“羌塘”地区古生界划分及其与构造关系的讨论[J]. 西藏地质, 1990, (1): 1-8 [Lǐ Cǎi, Zhèng Ānzhū. A discussion on the division of Paleozoic Era then and relationship with plate tectonics in Qiangtang area of Tibet[J]. Tibet Geology, 1990, (1): 1-8]
- 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: 1-197 [Pan Guítang, Chén Zhìliáng, Lǐ Xìngzhèn, *et al.* Geological tectonic evolution in the Eastern Tethys[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997: 1-197]
- 翟庆国,李才,程立人,等. 西藏羌塘角木日地区二叠纪蛇绿岩的地质特征及构造意义[J]. 地质通报, 2004, 23(12): 1228-1230 [Zhāi Qíngguó, Lǐ Cǎi, Chéng Lìrén, *et al.* Geological features of Permian ophiolite in the Jiāmùrì area, Qiangtang Tibet and its tectonic significance[J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(12): 1228-1230]
- 邓万明. 青藏高原北部新生代板内火山岩[M]. 北京:地质出版社, 1998: 56-64 [Dèng Wànmíng. Cenozoic intraplate volcanic rocks in the Northern Qinghai-Xizang Plateau[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1998: 56-64]
- 邓希光,丁林,刘小汉,等. 青藏高原羌塘中部蓝片岩的地球化学特征及其构造意义[J]. 岩石学报, 2002, 18(4): 517-525 [Dèng Xīguāng, Dīng Lín, Liú Xiǎohàn, *et al.* Geochemical characteristics of the blueschists and its tectonic significance in the central Qiangtang area, Tibet[J]. Acta Petrologica Sinica, 2002, 18(4): 517-525]
- 李才,王天武,杨德明,等. 西藏羌塘中部都古尔花岗岩质麻岩同

- 位素年代学研究[J]. 长春科技大学学报, 2000, 30(2): 105-109 [Li Cai, Wang Tianwu, Yang Deming, *et al*. Isotopic chronology of Duguer granitic gneiss of Central Qiangtang Tibet[J]. Journal of Changchun University of Science and Technology, 2000, 30(2): 105-109]
- 14 黄志勋, 马召军, 刘协章. 用现代地层学方法判断风瓦纳大陆的北界[J]. 沉积与特提斯地质, 2000, 20(4): 1-19 [Huang Zhixun, Ma Zhaojun, Liu Xiezhong. Recognition of the northern boundary of Gondwanaland using modern stratigraphic techniques[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2000, 20(4): 1-19]
- 15 伊海生, 林金辉, 赵兵, 等. 藏北羌塘地区地层新资料[J]. 地质论评, 2003, 49(1): 59-65 [Yi Haisheng, Lin Jinhui, Zhao Bing, *et al*. New biostratigraphic data of the Qiangtang area in the Northern Tibetan Plateau[J]. Geological Review, 2003, 49(1): 59-65]
- 16 李勇, 王成善, 伊海生. 西藏晚三叠世北羌塘前陆盆地构造层序及充填样式[J]. 地质科学, 2002, 37(1): 27-37 [Li Yong, Wang Chengshan, Yi Haisheng. Tectonic sequence and filling models of Late Triassic Northern Qiangtang Foreland Basin in Xizang, China[J]. Geological Science, 2002, 37(1): 27-37]
- 17 赵政璋, 李永铁, 叶和飞, 等. 青藏高原大地构造特征及盆地演化[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 17-106 [Zhao Zhengzhang, Li Yongtie, Ye Hefei, *et al*. The tectonic characteristics of the Qinghai-Tibet Plateau and basin evolution[M]. Beijing: Science Press, 2001: 17-106]
- 18 黄继钧. 藏北羌塘盆地构造特征及演化[J]. 中国区域地质, 2001, 20(2): 178-186 [Huang Jijun. Tectonic characteristics and evolution of the Qiangtang Basin[J]. Regional Geology of China, 2001, 20(2): 178-186]
- 19 朱同兴. 从弧后盆地到前陆盆地的沉积演化—以西藏北部羌塘中生代盆地分析为例[J]. 特提斯地质, 1999, 23: 1-14 [Zhu Tongxing. Sedimentary evolution from back-arc to foreland basin: an example from the Qiangtang Mesozoic Basin in Northern Xizang[J]. Tethyan Geology, 1999, 23: 1-14]
- 20 Siever R. Plate tectonic controls on diagenesis[J]. Geology, 1979, 87: 126-155
- 21 Bhatia M R. Plate tectonic and geochemical compositions of sandstones[J]. Journal of Geology, 1983, 91: 611-627
- 22 Bhatia M R. Rare earth element geochemistry of Australian Palaeozoic graywackes and provenance and tectonics[J]. Sedimentary Geology, 1985, 45: 97-113
- 23 Condie KC, Lee D, Farmer GI. Tectonic setting and provenance of the Neoproterozoic Uinta Mountain and Big Cottonwood groups northern Utah: constraints from geochemistry, Nd isotopes and detrital modes[J]. Sedimentary Geology, 2001, 141-142: 443-464
- 24 李曰俊, 孙龙德, 龚福华, 等. 藏北查桑上三叠统复理石沉积大地构造背景的初步探讨[J]. 岩石学报, 2000, 16(3): 443-448 [Li Yujun, Sun Longde, Gong Fuhua, *et al*. A preliminary study on the tectonic setting of Upper Triassic flysch at Chasang, North Tibet[J]. Acta Petrologica Sinica, 2000, 16(3): 443-448]
- 25 蔚远江. 藏北羌塘查郎地区中生代盆地沉积构造背景探讨[J]. 地质学前沿, 2000, 7(4): 470-476 [Wu Yuanjiang. Discussion on the sedimentary tectonic setting of Mesozoic Basin in Chalang areas Qiangtang Northern Tibet[J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(4): 470-476]
- 26 王国林, 彭更新, 邱斌, 等. 塔里木盆地西北缘克孜布拉克剖面下二叠统砂岩沉积构造背景的初步研究[J]. 地质科学, 2004, 39(4): 599-603 [Wang Guolin, Peng Guangxin, Qiu Bin, *et al*. A preliminary study on Lower Permian sandstone from the Kezibulake profile in NW margin of Tarim Basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2004, 39(4): 599-603]
- 27 Roser B P, Korsch R J. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones: a discussion[J]. Journal of Geology, 1985, 93: 81-84
- 28 Roser B P, Korsch R J. Provenance of signatures of sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major element data[J]. Chemical Geology, 1988, 67: 119-139
- 29 青海省地质矿产局. 青海省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997: 240-252 [Bureau of Geology and Mineral Resources of Qinghai Province. Stratigraphy (Lithostratigraphic) of Qinghai Province[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997: 240-252]
- 30 杨遵仪, 张舜新, 杨基端, 等. 中国地层典(三叠系)[M]. 北京: 地质出版社, 2000: 11-118 [Yang Zunyi, Zhang Shunxin, Yang Jidun, *et al*. Stratigraphical Lexicon of China: the Triassic System[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2000: 11-118]
- 31 牛志军, 段其发, 王建雄, 等. 青海南部治多—杂多一带下石炭统杂多群[J]. 地层学杂志, 2005, 29(增): 490-499 [Niu Zhijun, Duan Qifa, Wang Jianxiong, *et al*. Lower Carboniferous Zadoi Group in the Zhiduo and Zadoi Area, Southern Qinghai[J]. Journal of Stratigraphy, 2005, 29(suppl): 490-499]
- 32 牛志军, 段其发, 王建雄, 等. 青海南部治多—杂多一带二叠系阳新统上部层位的发现及杂日扎仁组及索加组的建立[J]. 地质通报, 2006, 25(1-2): 176-182 [Niu Zhijun, Duan Qifa, Wang Jianxiong, *et al*. Discovery of the upper part of the Permian Yangxinian Series and establishment of the Garizaren and Suojia Formations in the Zhiduo-Zadoi area, southern Qinghai, China[J]. Geological Bulletin of China, 2006, 25(1-2): 176-182]
- 33 张以菲. 可可西里—巴颜喀拉及邻区特提斯海的特征[J]. 西藏地质, 1991, (2): 62-72 [Zhang Yifei. Characteristics of Kekexili-Bay-anhar and neighboring Tethys[J]. Tibet Geology, 1991, 2: 62-72]
- 34 赵仁夫, 朱迎堂, 周庆华, 等. 青海玉树地区三叠纪地层之下角度不整合面的发现及意义[J]. 地质通报, 2004, 23(5-6): 616-619 [Zhao Renfu, Zhu Yingtang, Zhou Qinghua, *et al*. Discovery of angular unconformity below Triassic strata in the Yushu area, Qinghai[J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(5-6): 616-619]
- 35 赵小明, 牛志军, 姚华舟, 等. 青海省治多西北上三叠统巴塘群划分对比与环境分析[J]. 沉积学报, 2006, 24(4): 511-520 [Zhao Xiaoming, Niu Zhijun, Yao Huazhou, *et al*. Division contrast and environment analysis of the Triassic Batang Group in Northwest Zhiduo Area of Qinghai Province[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24(4): 511-520]
- 36 汤朝阳, 姚华舟, 牛志军, 等. 羌塘北部拗陷东段晚三叠世地层沉积特征对比[J]. 地质与资源, 2006, 15(2): 81-88 [Tang Zhaoyang, Yao Huazhou, Niu Zhijun, *et al*. Comparison of sedimentary characteristics of Late Triassic strata in the eastern segment of the northern Qiangtang depression[J]. Geology and Resources, 2006, 15(2): 81-88]

- ang Yao Huazhou, Niu Zhijun, *et al.* Sedimentary features and stratigraphical correlation of Late Triassic strata in the East of Northern Qiangtang basin depression [J]. *Geology and Resources*, 2006, 15 (2): 81-88]
- 37 李才. 西藏羌塘中部蓝片岩青铝闪石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年及其地质意义 [J]. *科学通报*, 1997, 42(4): 488 [Li Cai. The $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age and its significance of the crossite from the blueschist in the mid-Qiangtang area, Tibet [J]. *Chinese Science Bulletin*, 1997, 42(4): 488]
- 38 任纪舜, 肖黎薇. 1:25万地质填图进一步揭开了青藏高原大地构造的神秘面纱 [J]. *地质通报*, 2004, 23(1): 1-11 [Ren Jishun, Xiao Liwei. Lifting the mysterious veil of the tectonics of the Qinghai-Tibet Plateau by 1:250000 geological mapping [J]. *Bulletin of China*
- na, 2004, 23(1): 1-11]
- 39 张雪亭, 王秉章, 俞建, 等. 巴颜喀拉残留洋盆的沉积特征 [J]. *地质通报*, 2005, 24(7): 613-620 [Zhang Xueting, Wang Bingzhang, Yu Jian, *et al.* Sedimentary characteristics of the Bayanhar remnant ocean basin, northwest China [J]. *Geological Bulletin of China*, 2005, 24(7): 613-620]
- 40 许志琴, 侯立伟, 王宗秀, 等. 中国松潘-甘孜造山带的造山过程 [M]. 北京: 地质出版社, 1992, 1-183 [Xu Zhiqin, Hou Liwei, Wang Zongxiu, *et al.* Orogenic processes of the Songpan-Ganze Orogenic Belt of China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992, 1-183]

Discussion on the Tectonic Setting and Geochemical Characteristics of Sandstones from Carboniferous to Triassic in Zhiduo-Zadoi Area, Southern Qinghai

ZHAO Xiao-ming WANG Jian-xiong NIU Zhijun TANG Zhao-yang YAO Hua-zhou
(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang Hubei 443003)

Abstract The major element geochemical analysis of sandstone and siltstones samples were performed for tectonic setting discrimination and discussion the nature and evolution of northern Qiangtang basin in Zhiduo-Zadoi area, southern Qinghai. The result of study indicates that the tectonic settings of provenances are passive continental margin in the Early Carboniferous, passive continental margin, active continental margin and continental island arc in the Early and Middle Permian, passive continental margin, active continental margin and continental island arc in the Late Triassic. Along with the stratigraphy, sedimentology and petrology, the nature of basin evolved from craton basin in the Early Carboniferous to rift-basin in the Early and Middle Permian and passive continental margin basin in the Early and Middle Triassic to back-arc basin in the Late Triassic; and this is sedimentation responding to evolution of Jinshajiang suture belt and Garze-Litang suture belt in study area.

Key words basin, tectonic setting, major elements, northern Qiangtang, Qinghai