

北羌塘盆地沃若山地区中一下侏罗统 雀莫错组一段沉积环境分析

曾胜强^{1,2} 王 剑^{1,2} 冯兴雷^{1,2} 付修根^{1,2} 孙 伟^{1,2}

(1.中国地质调查局成都地质调查中心,四川成都610081;
2.国土资源部沉积盆地与油气资源重点实验室,四川成都610081)

摘要:北羌塘盆地沃若山地区中一下侏罗统雀莫错组一段主要为一套碎屑岩沉积,主要岩性包括紫红色含砾砂岩、中一细砂岩和泥质粉砂岩,形成于氧化环境。通过对雀莫错组一段碎屑岩岩性特征、沉积构造、概率累积曲线、萨胡判别式、粒度参数散点图和C-M图等分析表明,雀莫错组一段砂岩分选性较差,在概率直方图上多表现为双峰或多峰,概率累积曲线主要为“两段式”,少见“三段式”,跳跃总体含量较高,滚动总体和悬浮总体较少。在Sk-σ散点图中,雀莫错组一段的砂岩均落入河砂范围内;在C-M图上表现为PQ段发育,QR段次之,为一套典型的河流相沉积。雀莫错组的沉积从河流-冲积扇相开始,之上为三角洲相和局限台地相沉积,总体上表现为逐渐变深的海侵序列。

关键词:沉积环境;粒度分析;雀莫错组一段;北羌塘盆地

中图分类号:P534.52 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3657(2014)-0162-11

在藏北羌塘盆地北部沃若山地区,上三叠统那底岗日组火山碎屑岩之上角度不整合沉积了一套由陆相向海相过渡的紫红色碎屑岩地层,即雀莫错组,该套地层被认为是羌塘中生代盆地早期演化的产物,受到了极大的关注。前人对该套地层的时代、古生态环境等进行过研究^[1-4],而对于该组的沉积环境特征、由陆相向海相转变的过程以及在区域上的展布情况等研究甚少。雀莫错组作为羌塘中生代盆地开启后的早期沉积物,记录了羌塘中生代盆地由陆相向海相的转变过程,因此,对该套地层沉积环境特征的研究对于正确认识羌塘中生代盆地早期演化特征具有重要的意义。本文在对沃若山地区雀莫错组一段碎屑岩进行粒度分析的基础上,结合岩性特征、沉积构造、概率累积曲线、萨胡判别式、粒度散点图以及C-M图等,对该区雀莫错组一段的沉积环境进行了综合研究。

1 地质背景

羌塘盆地位于青藏高原北部,特提斯—喜马拉雅构造域东段,中生代盆地面积约 $18\times 10^4\text{ km}^2$ ^[5]。羌塘盆地夹于冈底斯—念青唐古拉板块与可可西里—巴颜喀拉板块之间,是在前寒武纪结晶基底和古生界褶皱基底之上发育起来的以中生界海相沉积为主的一个残留盆地^[6-8]。羌塘盆地南北分别以班公湖—怒江缝合带和可可西里—金沙江缝合带为界^[9-10],自北而南可分为北羌塘拗陷、中央隆起带和南羌塘拗陷^[11-13]3个次级构造单元(图1-a)。

沃若山地区雀莫错组剖面位于北羌塘盆地南缘,中央隆起带北侧(图1-a)。在沃若山地区,主要出露上三叠统土门格拉组、那底岗日组,中一下侏罗统雀莫错组,中侏罗统布曲组、夏里组以及第四系(图1-b)。上三叠统土门格拉组构成了沃若山背

收稿日期:2013-03-07;改回日期:2013-05-07

基金项目:国家油气专项项目(XQ-2009-01)和国家自然科学基金项目(41172098、40972087)共同资助。

作者简介:曾胜强,男,1987年生,硕士,助理工程师,从事沉积地质学研究;E-mail:zengshengq@126.com。

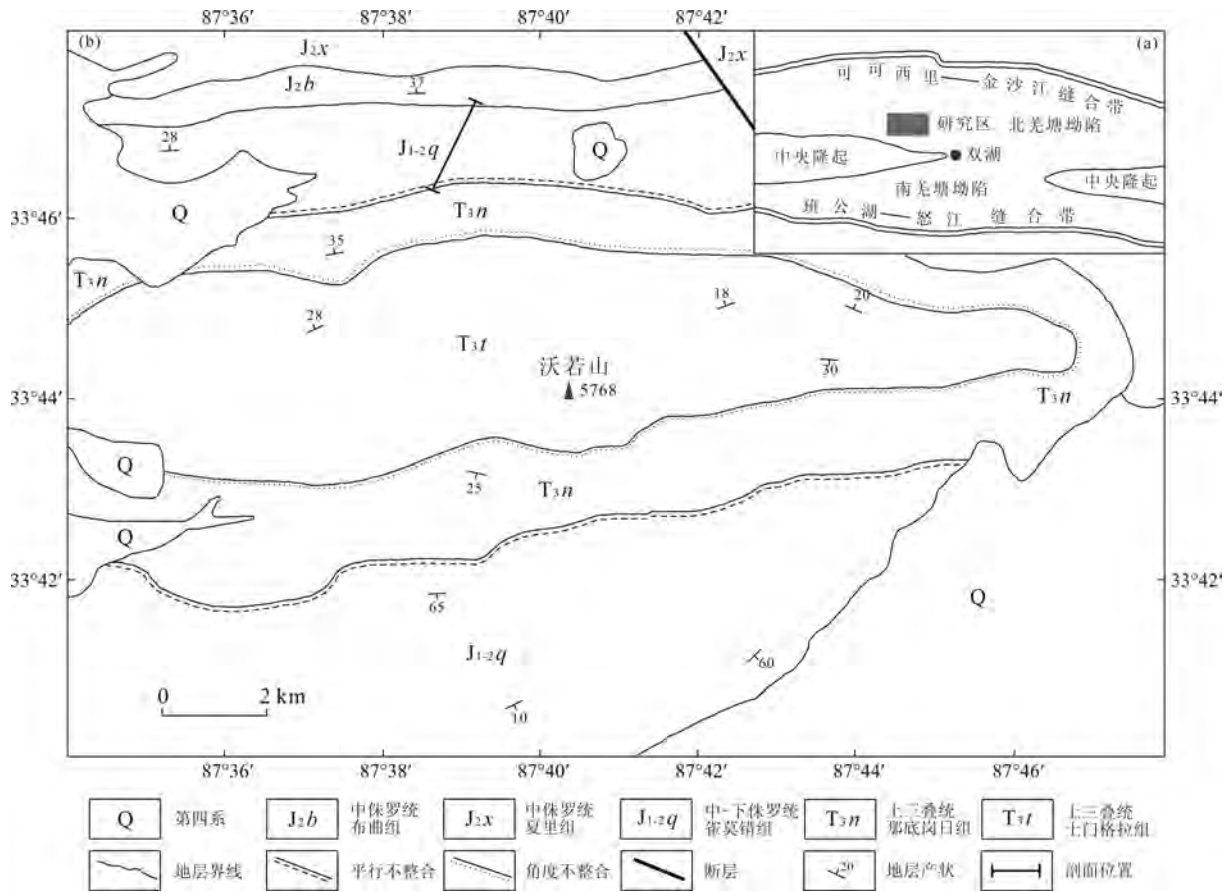


图1 羌塘盆地构造单元及沃若山地区简要地质图(据文献[14]修改)

Fig.1 Tectonic units of Qiangtang Basin (a) and simplified geological map (b) of Woruo Mountain area (modified after [14])

斜的核部(图1-b),由一套三角洲平原相的灰—深灰色泥灰岩、钙质泥岩、长石石英砂岩、粉砂岩、炭质泥岩、页岩夹煤线组成。那底岗日组沉积超覆于土门格拉组顶部底砾岩之上,为一套三角洲—河流相的沉火山碎屑岩、陆源碎屑岩、泥灰岩夹火山岩地层,从该套地层底部玻屑凝灰岩夹层中获得了(216±4.5)Ma的 SHRIMP 锆石U-Pb年龄,其代表了沃若山地区火山岩的喷发年龄^[14]。就整个北美塘盆地而言,那底岗日组火山岩显示出双峰式火山岩的特征,形成于板内裂谷的构造背景^[15-16]。中—下侏罗统雀莫错组即沉积于该套火山碎屑岩之上,代表了羌塘中生代盆地早期演化的产物,在沃若山地区分布广泛。

2 岩性特征

羌塘盆地雀莫错组最初由白生海^[17]在盆地东部

雀莫错剖面创名,下部为一套紫红色巨厚层砾岩;中部为紫红、灰绿色岩屑石英砂岩、粉砂岩;上部为灰绿色粉砂岩、泥岩和泥灰岩。但是在区域上,该组的岩性向盆地西部出现了较大的沉积差异,中部的该底岗日、双湖一带,为一过渡沉积区,下部为紫红色砾岩、砂岩,中部为微晶灰岩、泥晶灰岩以及泥晶白云岩夹两层石膏,上部为紫红、灰绿色泥岩、粉砂质泥岩夹灰岩和石膏组合。

沃若山地区的雀莫错组一段主要岩性为含砾砂岩、中砂质细砂岩、含中砂细砂岩、中砂—细砂岩、含泥中砂质细砂岩和细砂岩。砾岩、含砾砂岩主要为紫红色及杂色,砾石成分较为复杂,以石英、火山岩为主,次为变质岩、硅质岩、灰岩等,磨圆度中等,呈次棱角—次圆状,粒径一般为0.2~3.0 cm,大者可达5.0 cm,分选差—中等,钙质砂泥质胶结(图2)。砂岩颜色以紫红色为主,颗粒以中砂



图2 雀莫错一段含砾砂岩

Fig.2 Pebbly sandstone in the first member of the Qemo Co Formation

(6.67%~65%)和细砂(26.77%~87.33%)为主,个别样品中含有粗砂,但含量均不高,为1.35%~16.21%,泥质含量4%~10%,分选性较差,厚约820 m。

3 沉积构造特征

羌塘盆地沃若山地区的中—下侏罗统雀莫错组一段中发育大量的沉积构造,常见的有粒序递变层理、板状交错层理、平行层理以及底冲刷构造(图3)。在冲刷面以上发育粒度从下到上变细的正粒序递变层理,反应了水流速度或强度逐渐降低而沉积的结果。递变单层的厚度为10~20 cm,反映了河道亚相的沉积特征。板状交错层理在垂向上位于下部具正粒序的砾岩或含砾砂岩之上,主要为中砂—细砂岩,与层系界面斜交,顺水流方向倾斜,细层厚度一般为1~2 cm,层系厚度在15~30 cm,最大可达1 m以上。根据交错层理测得的古流向在10°左右,而且砂岩的分选性差,说明搬运距离较近,推测当时的物源可能来自盆地南部的中央隆起区。

4 粒度资料分析

对采自沃若山地区雀莫错组一段的砂岩进行薄片粒度统计,在显微镜下,用测微尺直接测量岩石薄片颗粒的最大视直径,并将测量值换算成 Φ 值,按1/4间隔分组,计算各组内颗粒百分数,每个薄片的统计颗粒在397~471颗,并考虑到砂岩中基质的影响进行了杂基校正,计算出了雀莫错组砂岩的粒度参数(表1)。

4.1 岩石结构特征

在概率频率直方图中,雀莫错组一段的砂岩表现为双峰或多峰的不对称分布(图4),颗粒粒径为 $0.50\Phi\sim 4.25\Phi$,说明该段砂岩的粒度分布很不集中,分选性较差,显示河流相的粒径分布特征。

雀莫错组一段砂岩的粒度概率累积曲线主要为两段式,少数为三段式(图5-a、5-b)。粒径主要集中在 3Φ 左右,跳跃总体十分发育,而悬浮总体含量较低,滚动总体少见。根据概率累积曲线分布形态,分为2种曲线形态:

(1)二段式:该类型在雀莫错组一段中广泛分布(图5-a),粒径在 $0.75\Phi\sim 4.25\Phi$,跳跃总体含量较高,悬浮组分含量次之,为7.22%~16.23%,显示河流相沉积物的特点,悬浮总体与跳跃总体的细截点较细,在 $2.75\Phi\sim 3.25\Phi$,跳跃总体的斜率在 $61^\circ\sim 69^\circ$ 。

(2)三段式:该类型在雀莫错组一段中少见(图5-b),包括了滚动组分、跳跃组分和悬浮组分3部分,其中滚动组分含量较低,在5.82%~12.3%;跳跃组分依然含量很高,占75.57%~85.72%;而悬浮总体含量在9.81%~11.96%。悬浮总体与跳跃总体的截点在 2.75Φ 左右。

4.2 标准偏差及分选性

碎屑岩分选性的好坏可以作为环境标志。碎屑物质的分选程度与沉积环境的水动力条件和自然地理条件有着密切的关系。其中,风成沙丘的分选最好,海(湖)滩砂次之,河砂更差,分选最差的是冲积扇沉积和冰川沉积。前人根据分析大量样品,

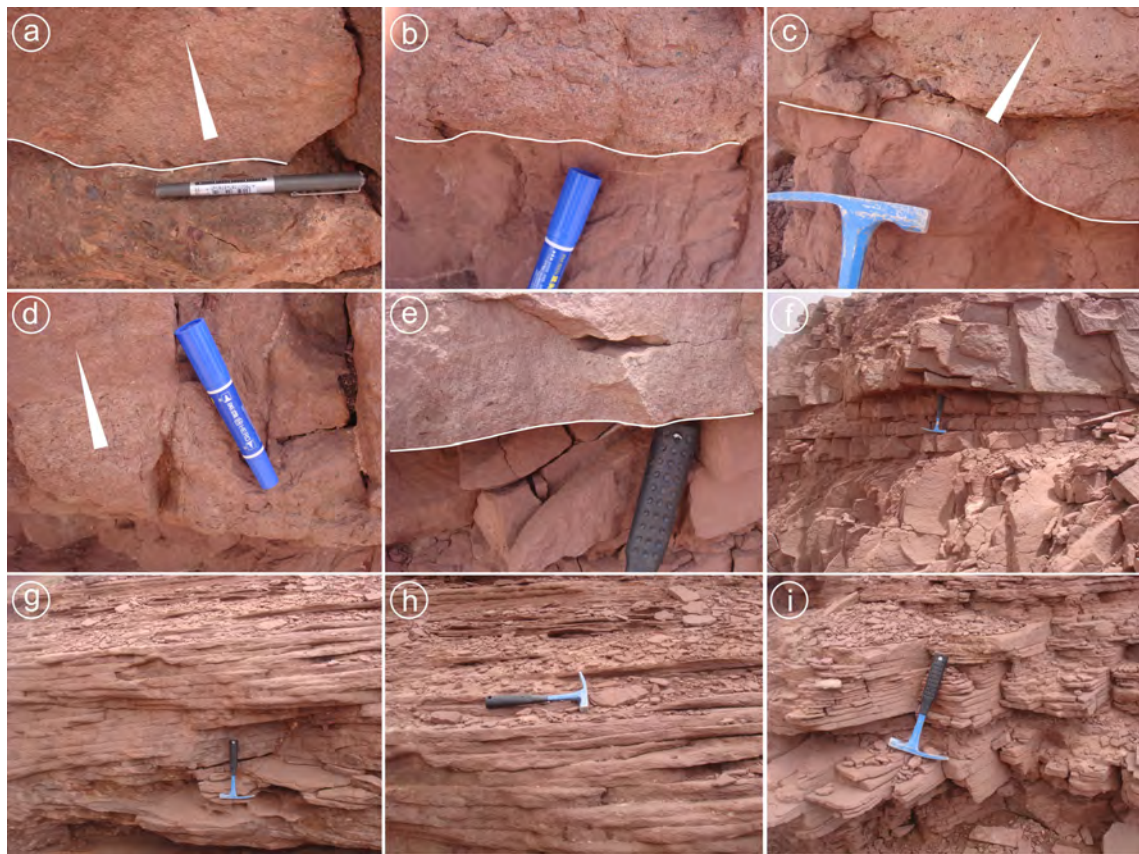


图3 沃若山地区雀莫错组一段沉积构造
 a—粒序递变层理及底冲刷; b、e—底冲刷; c—粒序递变层理及底冲刷; d—粒序递变层理; f、g—板状交错层理; h、i—平行层理;
 白线代表冲刷面; 白色箭头代表粒度变化方向

Fig.3 Sedimentary structures in the first member of the Qemo Co Formation
 a—Graded bedding and basal erosion; b, e—Basal erosion; c—Graded bedding and basal erosion; d—Graded bedding; f, g—Tabular cross-bedding; h, i—Parallel bedding; white line—Erosional base; white arrow—Direction of the grain size change

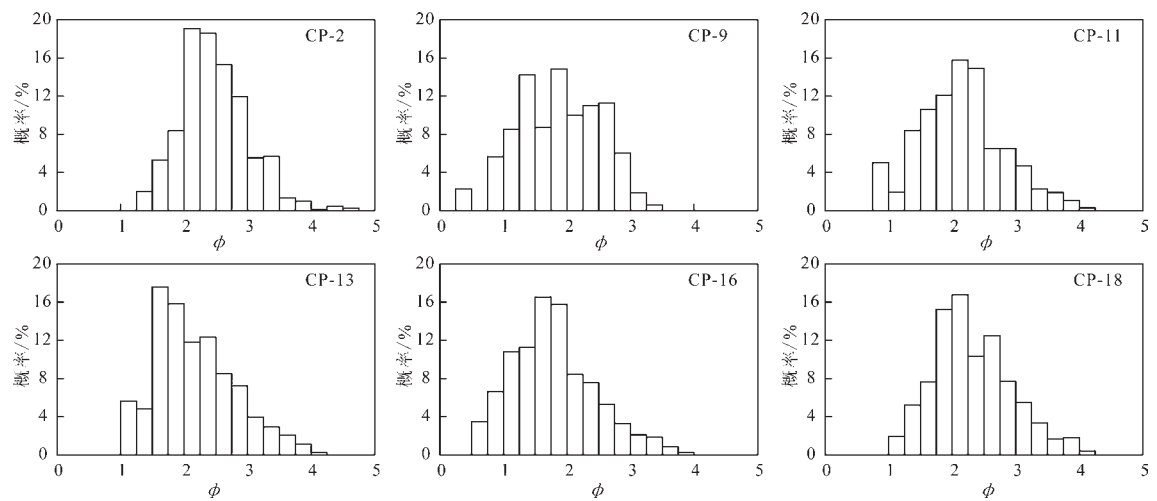


图4 雀莫错组一段砂岩粒度分布直方图
 ($\phi = -\log_2 D$, 其中 D 为颗粒直径)

Fig.4 Histogram showing size distribution of the first member of the Qemo Co Formation

表1 沃若山地区雀莫错组一段砂岩粒度参数

Table 1 Grain-size parameters of the sandstones of the first member of the Quemo Co Formation in the Woruo Mountain area

样品	岩性	平均值/ M_z	标准偏差/ σ_1	偏度/ Sk	尖度/ K_G	分选性
CP-1	中砂质细砂岩	2.44	1.32	0.40	3.20	较差
CP-2	含中砂细砂岩	2.54	1.25	0.48	3.42	较差
CP-3	中砂质细砂岩	2.47	1.37	0.39	3.00	较差
CP-4	含中砂细砂岩	2.74	1.39	0.28	3.53	较差
CP-5	细砂岩	2.76	1.18	0.38	4.30	较差
CP-6	中砂—细砂岩	1.86	0.80	-0.02	1.22	中等
CP-7	中砂质细砂岩	2.35	0.59	0.14	1.02	较好
CP-8	细砂岩	2.81	1.22	0.42	3.70	较差
CP-9	细砂—中砂岩	1.95	1.44	0.38	2.67	较差
CP-10	含中砂细砂岩	2.59	1.32	0.52	3.66	较差
CP-11	中砂质细砂岩	2.27	1.57	0.43	3.14	较差
CP-12	中砂质细砂岩	2.35	1.49	0.49	3.32	较差
CP-13	中砂—细砂岩	2.24	1.44	0.49	2.92	较差
CP-14	含泥中砂质细砂岩	2.42	1.49	0.51	3.37	较差
CP-15	含粉砂细砂岩	3.44	1.28	0.45	3.00	较差
CP-16	含粗砂细砂质中砂岩	1.86	1.52	0.46	3.15	较差
CP-17	中砂—细砂岩	2.13	1.48	0.48	4.38	较差
CP-18	中砂质细砂岩	2.48	1.54	0.52	3.09	较差
样品	C/mm	M/mm	Y_1	Y_2	Y_3	颗粒总数
CP-1	0.4092	0.1889	17.27	20.69	-16.37	401
CP-2	0.3852	0.1823	10.04	22.54	-15.15	407
CP-3	0.4568	0.1821	21.16	19.53	-17.50	420
CP-4	0.3457	0.1442	18.95	21.77	-17.34	404
CP-5	0.2919	0.1492	1.31	26.75	-13.06	425
CP-6	0.5883	0.2589	-6.83	7.41	-4.92	400
CP-7	0.4726	0.2003	-22.82	7.90	-3.02	471
CP-8	0.2897	0.1461	3.91	23.84	-14.11	445
CP-9	0.7793	0.2627	34.71	17.26	-19.34	467
CP-10	0.3250	0.1774	14.67	24.04	-16.89	409
CP-11	0.5744	0.2192	41.99	20.16	-22.90	397
CP-12	0.6778	0.2146	33.08	21.67	-21.02	407
CP-13	0.4848	0.2284	30.33	19.53	-19.78	411
CP-14	0.5310	0.2022	32.04	22.12	-21.09	461
CP-15	0.2021	0.0971	0.18	20.73	-15.43	405
CP-16	0.6727	0.2930	42.86	20.18	-21.81	448
CP-17	0.4783	0.2399	34.57	27.07	-20.72	457
CP-18	0.4570	0.1992	36.06	20.69	-22.46	442

注: C 、 M 值由帕塞加^[19-20]提出, C 值对应概率累积曲线1%处的值, M 是中值或平均粒径; Y_1 、 Y_2 、 Y_3 为萨胡关于以粒度特征区分河流与泥石流、河流与浊流、河流与浅滩的3个函数。

制定了用标准偏差 σ_1 确定沉积物分选级别的标准, 即: ①当 $\sigma_1 < 0.35$, 分选极好; ②当 $\sigma_1 = 0.35 \sim 0.50$, 分选好; ③当 $\sigma_1 = 0.50 \sim 0.70$, 分选较好; ④当 $\sigma_1 = 0.70 \sim 1.00$, 分选中等; ⑤当 $\sigma_1 = 1 \sim 2$, 分选较差; ⑥当 $\sigma_1 = 2 \sim 4$, 分选很差; ⑦当 $\sigma_1 > 4$, 分选极差。

从雀莫错组一段砂岩的标准偏差来看, 除了个别样品(CP-6为0.80, CP-7为0.59)显示分选中等

—较好外, 其余标准偏差均为1~2, 分选性均较差, 反映河流相的沉积特点。

4.3 偏度和尖度

碎屑岩粒度参数偏度的研究对于了解沉积物的成因有一定的参考意义。一般分选很好的纯砂岩、纯砾等沉积物, 其频率曲线呈对称态。按照福克偏度值划分方案, 雀莫错组一段砂岩的偏度基本

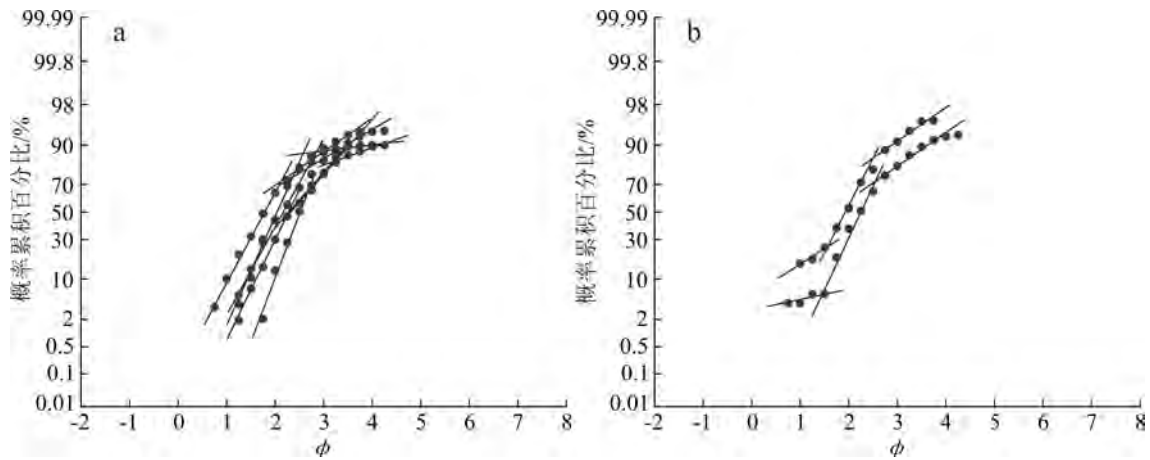


图5 沃若山地区雀莫错一段砂岩粒度概率累积曲线
Fig.5 Grain-size cumulative probability curves of sandstones in the first member of the Quemo Co Formation in Woruo Mountain area

上处于正偏态($Sk=+0.1\sim+0.3$)或很偏态($Sk=+0.3\sim+1$),结合概率直方图特征,这种情况多属于河流相沉积^[18]。

雀莫错组一段砂岩的尖度值多处处在尖锐($K_c=1.56\sim3.00$)和非常尖锐($K_c>3.00$)范围,这可能和河流砂砾中掺有粘土、粉砂等悬浮物有关,说明了该沉积物是由多物源混合沉积造成的,这在河流沉积中常见,与偏度的判断结果相吻合。

4.4 离散图及C-M图

不少人用已知环境的现代沉积物粒度参数作散点图,在图上划分出不同的环境范围,并以此来

推断古代沉积物的沉积环境。对沃若山地区雀莫错组一段砂岩的粒度参数离散图进行了分析,结果表明,全部样品点均落入弗里德曼所作的河流砂分布区(图6-a),根据散点图的分布情况,将散点图分为A和B两部分,A区代表了河道沉积,这些样品的粒度频率曲线的标准偏差值较大;而B区分布在靠近河流与海滩砂的分界处,可能代表了河道边缘或河漫滩沉积。

C-M图是帕塞加在研究密西西比河沉积物特征后提出的一种综合性成因图解^[19-20],C值对应概率累积曲线1%处对应的值,M是中值或平均粒径。对

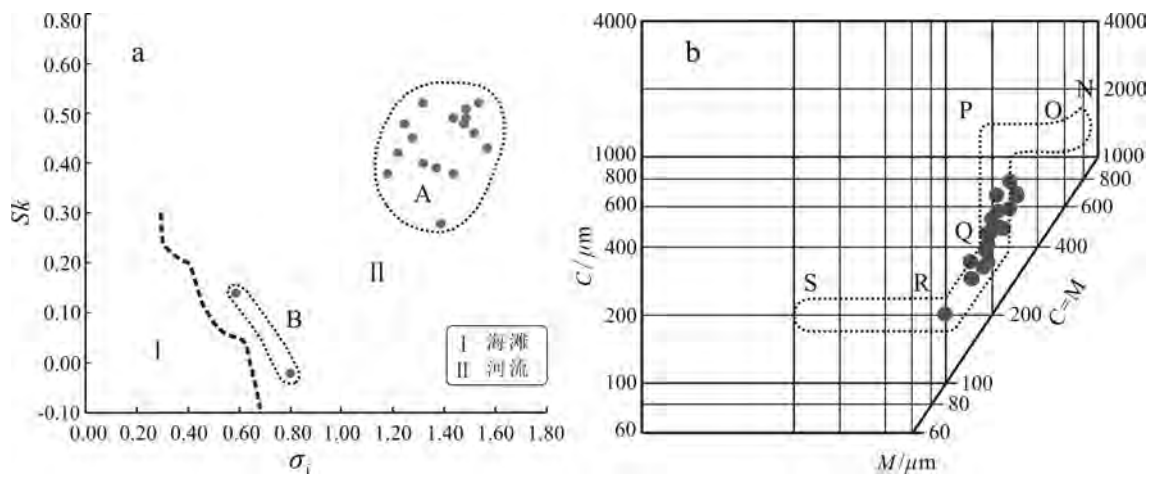


图6 雀莫错组一段砂岩标准偏差、偏度离散图及C-M图
Fig.6 Divergence map of standard deviation with departure and C-M pattern of the first member of the Quemo Co Formation

雀莫错组一段的砂岩在C-M图上投点,其主要发育PQ和QR段(图6-b),PQ段表现为悬浮搬运为主,滚动搬运组分极不发育,该段M值基本不变,C值逐渐减小,说明水动力条件逐渐减小的过程,越向下滚动组分颗粒越小。QR段代表递变悬浮沉积,在C-M图中次于PQ段,该段沉积物的最大特点是C值与M值成比例的增加,该段与C=M基线平行。雀莫错组一段砂岩的C-M图与典型的牵引流的PQ和QR段相吻合,具河流相的特点。

4.5 萨胡判别式

利用萨胡^[21]关于以粒度特征区分河流与泥石流、河流与浊流、河流与浅滩的3个函数。对雀莫错组一段的砂岩粒度参数进行了判别函数计算。3个判别函数为:

$$Y_1 = -13.9200M_z + 30.9492\sigma^2 - 1.6336Sk - 0.6370K_G$$

$$Y_2 = 0.7215M_z - 0.4030\sigma^2 + 6.7322Sk + 5.2927K_G$$

$$Y_3 = 0.2852M_z - 8.7604\sigma^2 - 4.8932Sk + 0.0482K_G$$

式中, M_z 为中值, σ 为标准偏差, Sk 为偏度, K_G 为峰度。

对判断函数 Y_1 而言:当 $Y < 87.8547$ 时,为河流;当 $Y > 87.8547$ 时,为浊流;

对判断函数 Y_2 而言:当 $Y < 9.8433$ 时,为浊流;当 $Y > 9.8433$ 时,为河流三角洲;

对判断函数 Y_3 而言:当 $Y < -7.4190$ 时,为河流或三角洲沉积;当 $Y > -7.4190$ 时,为浅滩。

根据雀莫错组一段18块砂岩样品的粒度参数,计算出了对应的Y值(表1),结果表明,对于判别函数 Y_1 ,所有样品的Y值均 < 87.8547 ,属于河流相沉积;对于判别函数 Y_2 ,除了样品CP-6、CP-7和CP-19外,其他样品均 > 9.8433 ,属于河流三角洲沉积范围;而对于判别函数 Y_3 而言,除了样品CP-6、CP-7、CP-19和CP-20外,其他样品参数均 < -7.4190 ,代表了河流或三角洲沉积类型。

5 雀莫错组一段沉积特征

雀莫错组一段的总体特征表现为紫红色和杂色砂岩夹薄层泥质粉砂岩或粉砂质泥岩沉积,细砾岩及含砾砂岩具有粒度向上变细的粒序递变层理,底部多以冲刷面与下伏泥质粉砂岩呈突变接触。在雀莫错组一段中,发育有大型板状交错层理和平行层理,具有明显的“二元结构”特征,并发育典型的辫状河沉积(图7)。

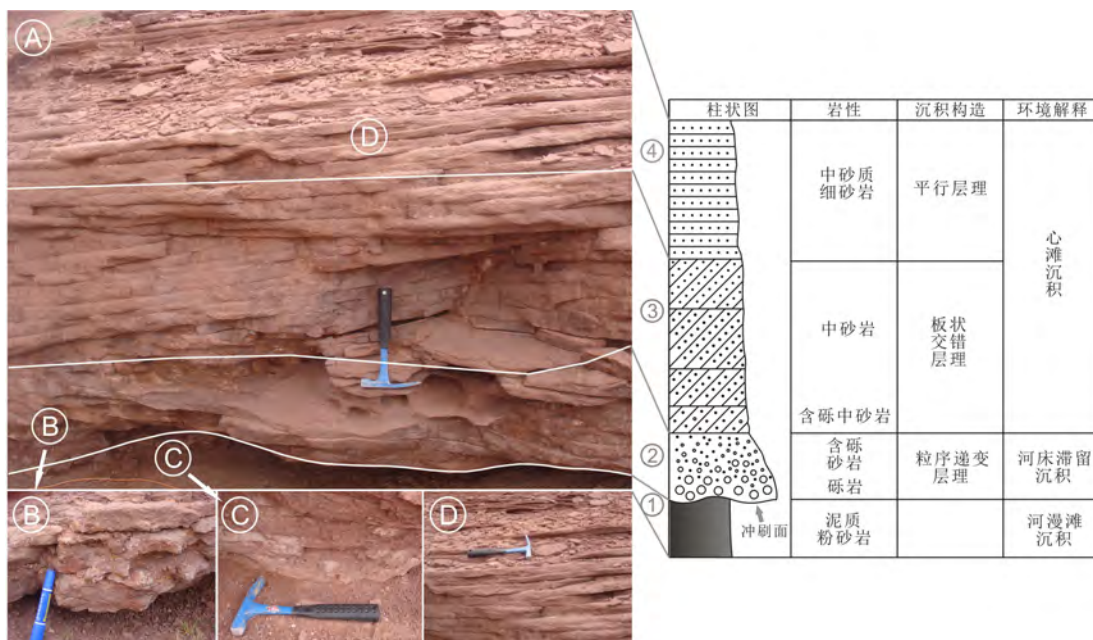


图7 沃若山地区雀莫错组一段典型河流相沉积层序
(地质锤长28 cm,记号笔长14 cm)

Fig.7 Typical sedimentary sequence of fluvial facies of the first member of the Quemo Co Formation in Woruo Mountain area
(The length of the geological hammer and the marking pen is 28 cm and 14cm respectively)

图7为典型辫状河沉积序列,根据其岩性组合特征,可大致将其分为4层:

第①层:河漫滩沉积。河漫滩是洪水泛滥期间,河水溢出到两岸平原中较低洼的部位形成的泛滥盆地。其沉积物主要是洪水带来的悬浮荷载,一般岩石类型有泥岩、粉砂岩以及薄层状泥质灰岩。雀莫错组一段的河漫滩沉积主要以泥质粉砂岩为主,其顶部一般突变为颗粒较粗的河道沉积,之间发育底冲刷(图7-C)。

第②层:河道滞留沉积。河道滞留沉积主要岩性以粗砾岩和含砾粗砂岩为主,发育正粒序,底部具冲刷面,下部为块状,中、上部发育大型板状交错层理,向上过渡为心滩沉积(图7-B)。

第③~④层:心滩沉积。心滩沉积物相对较粗,在图7中表现为含砾砂岩和中砂岩,上部为中砂质细砂岩,岩石的成熟度较低。其中发育大型板状交错层理以及平行层理(图7-A)。

6 对羌塘中生代盆地早期演化的启示

羌塘中生代盆地演化以那底岗日组火山岩的广泛发育为特征,之上沉积了一套由陆相向海相过

渡的地层,即为雀莫错组,该套地层被认为是中生代羌塘盆地早期演化的产物。沃若山地区雀莫错组一段为河流相沉积,在区域上,雀莫错组后期经历了由河流相向海相的转变,沉积了厚度较大的局限台地相的灰岩和膏岩层^[1]。

沃若山地区雀莫错组之下的那底岗日组在北羌塘南部中央隆起带北侧,盆地东部各拉丹冬和北部弯弯梁、多色梁子等地均有出露。最新的研究结果表明,那底岗日组火山岩具有高的Nb/Zr(0.039~0.058),Ta/Hf(0.095~0.15)和Zr/Y(3.57~6.01)比值,在构造环境判别图(如:Zr-Zr/Y和Th/Hf-Ta/Hf)中,大多位于板内玄武岩区,表明那底岗日组火山岩形成于伸展的构造环境^[15-16]。该时期整个羌北地区在经历晚三叠世早期隆升后发生了强烈的裂谷作用,而沉积于那底岗日组上部的雀莫错组代表了羌塘中生代盆地裂谷后的早期沉积物。雀莫错组早期在整个盆地以冲洪积—河流相沉积为特征,在沃若山地区以河流相沉积为主(图8)。而后在拉张和快速沉降构造背景下,陆源剥蚀区减小,盆地范围扩大,海水频繁从盆地南部越过中央隆起带向北侵漫,形成陆源近海湖泊(图8),使盆地内沉积物带

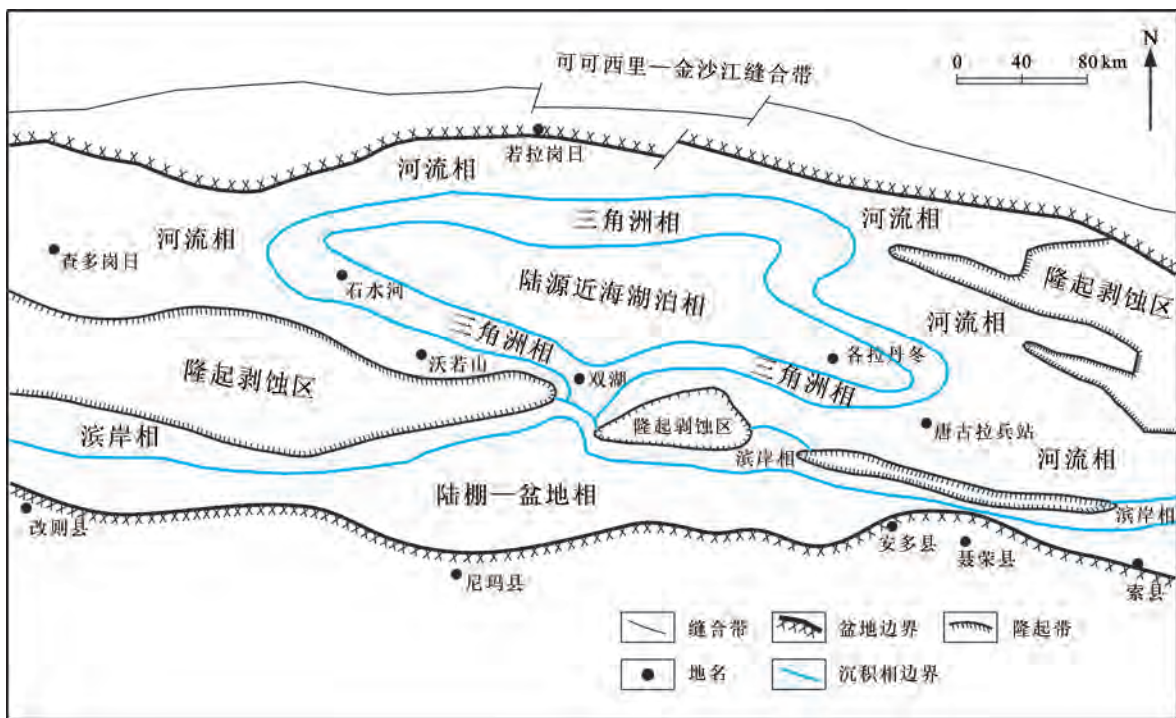


图8 羌塘盆地雀莫错组岩相古地理图(据文献[8]修改)

Fig.8 Palaeogeographic map of the Quemo Co Formation in Qiangtang Basin (modified after [8])

有明显的海相色彩^[8]。在盆地其他地方的雀莫错组中上部,还发现了淡水双壳、半咸水双壳和咸水双壳混生的组合。

而后,中侏罗统布曲组整合沉积于雀莫错组之上,在经历了前期的快速充填之后,整个羌塘盆地发生了相对均匀沉降作用,发生了大规模的海侵^[22],海水淹没了中央隆起带,将南北羌塘连为一体,沉积了大套的碳酸盐岩,其中产丰富的、保存完好的菊石化石,反映水体较深的低能环境^[1, 23]。

上述分析表明,羌塘中生代盆地雀莫错组经历了一个由陆相向海相沉积超覆的过程。雀莫错组早期,以河流-冲积扇相为特征,之上沉积了一套三角洲相碎屑岩及局限台地相灰岩地层,总体上表现为一个向上由浅变深的海侵序列^[1, 23]。

7 结 论

(1) 羌塘盆地沃若山地区雀莫错组一段形成于氧化环境,根据岩性特征、沉积构造以及粒度特征分析,认为其为一套河流相沉积。

(2) 雀莫错组一段中发育明显的“二元结构”,具有典型的辫状河沉积特征,同时识别出了河床滞留沉积、心滩以及河漫滩沉积亚相。

(3) 雀莫错组沉积从河流-冲积扇相开始,之后沉积了一套三角洲相碎屑岩及局限台地相灰岩和膏岩地层,总体上经历了一个由陆相向海相沉积超覆的过程。

致谢:感谢成都地质矿产研究所车队王勇和西藏自治区地勘局地热地质大队刘志兵、周玲、余波等同志在藏北无人区给予的大力帮助。

参考文献(References):

- [1] 付修根, 王剑, 吴滔, 等. 羌塘盆地胜利河地区雀莫错组地层及其古环境[J]. 中国地质, 2010, 37(5): 1305-1312.
Fu Xiugen, Wang Jian, Wu Tao, et al. Stratigraphy and paleoenvironment of the Quemo Co Formation in Shengli River area, northern Tibet[J]. Geology in China, 2010, 37(5): 1305-1312 (in Chinese with English abstract).
- [2] 王建坡, 赵兵. 羌塘雁石坪中侏罗统雀莫错组地层及沉积环境[J]. 沉积与特提斯地质, 2004, 24(3): 43-47.
Wang Jianpo, Zhao Bing. Stratigraphy and sedimentary environment of the Qoimaco Foration in the Yanshiping region, Qiangtang[J]. Sedimentary and Tethyan Geology, 2004, 24(3): 43-

- 47(in Chinese with English abstract).
- [3] 谭富文, 王剑, 王小龙, 等. 羌塘盆地雁石坪地区中-晚侏罗世碳、氧同位素特征与沉积环境分析[J]. 地球学报, 2004, 26(2): 119-126.
Tan Fuwen, Wang Jian, Wang Xiaolong, et al. Analysis of carbon and oxygen isotope composition and sedimentary environment of the Yanshiping area of the Qiangtang basin in Middle-Late Jurassic[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2004, 26(2): 119-126(in Chinese with English abstract).
- [4] 李勇, 王成善, 伊海生, 等. 青藏高原中侏罗世-早白垩世羌塘复合前陆盆地充填模式[J]. 沉积学报, 2001, 19(1): 20-27.
Li Yong, Wang Chengshan, Yi Haisheng, et al. Fill models of the Qiangtang composite foreland basin in Qinghai-Xizang Plateau, China[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 19(1): 20-27(in Chinese with English abstract).
- [5] 王成善, 伊海生, 刘池洋, 等. 西藏羌塘盆地古油藏发现及其意义[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 139-143.
Wang Chengshan, Yi Haisheng, Liu Chiyang, et al. Discovery of paleo-oil-reservoir in Qiangtang basin in Tibet and its geological significance[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(2): 139-143(in Chinese with English abstract).
- [6] 王剑, 付修根, 李忠雄, 等. 北羌塘盆地油页岩形成环境及其地质意义[J]. 沉积与特提斯地质, 2010, 30(3): 11-17.
Wang Jian, Fu Xiugen, Li Zhongxiong, et al. Formation and significance of the oil shales from the North Qiangtang basin[J]. Seimentary Geology and Tethyan Geology, 2010, 30(3): 11-17(in Chinese with English abstract).
- [7] 王剑, 谭富文, 李亚林, 等. 青藏高原重点沉积盆地油气资源潜力分析[M]. 北京: 地质出版社, 2004: 44-47.
Wang Jian, Tan Fuwen, Li Yalin, et al. The Potential of the Oil and Gas Resources in Major Sedimentary Basins on the Qinghai-Xizang Plateau[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004: 44-47(in Chinese).
- [8] 王剑, 丁俊, 王成善, 等. 青藏高原油气资源战略选区调查与评价[M]. 北京: 地质出版社, 2010: 215-263.
Wang Jian, Ding Jun, Wang Chengshan, et al. Potential Analysis and Geological Survey of the Hydrocarbon Resources in Tibet Plateau[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2010: 215-263 (in Chinese).
- [9] Kapp P, Yin A, Manning C E, et al. Blueschist-bearing metamorphic core complexes in the Qiangtang block reveal deep crustal structure of northern Tibet[J]. Geology, 2000, 28(1): 19-22.
- [10] 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: 科学技术出版社, 2000, 208-220, 321-359.
Zhao Zhengzhang, Li Yongtie, Ye Hefei, et al. Tectonic

- Characteristics and Basin Evolution of the Tibet Plateau[M]. Beijing: Science & Technology Press, 2000: 208–220, 321–359 (in Chinese).
- [11] 西藏自治区地质矿产局. 西藏自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1993: 100–188.
- Bureau of Geological and Mineral Resources of Tibet Autonomic Region. Regional Geology of Tibet Autonomic Regional[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993: 100–188(in Chinese).
- [12] 尹福光, 潘桂棠, 李兴振, 等. 昆仑造山带中段蛇绿混杂岩的地质地球化学特征[J]. 大地构造与成矿学, 2004, 28(2): 194–200.
- Yi Fuguang, Pan Guitang, Li Xingzhen, et al. Geological and geochemical characteristics of the ophiolite complex in the central section of the Kunlun mountains[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2004, 28(2): 194–200(in Chinese with English abstract).
- [13] 尹福光. 羌塘盆地中央隆起性质与成因[J]. 大地构造与成矿学, 2003, 27(2): 143–146.
- Yi Fuguang. Nature and origin of the central uplift in the Qiangtang basin[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2003, 27(2): 143–146(in Chinese with English abstract).
- [14] Wang Jian, Fu Xiugen, Chen Wenxi, et al. Chronology and geochemistry of the volcanic rocks in Woruo Mountain region, Northern Qiangtang depression: Implications to the Late Triassic volcanic–sedimentary events[J]. Science in China (Series D), 2008, 51(2): 194–205.
- [15] Fu Xiugen, Wang Jian, Tan Fuwen, et al. The Late Triassic rift-related volcanic rocks from eastern Qiangtang, northern Tibet (China): Age and tectonic implications[J]. Gondwana Research, 2010, 17(1): 135–144.
- [16] 付修根, 王剑, 陈文彬, 等. 羌塘盆地那底岗日组火山岩地层时代及构造背景[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2010, 37(6): 605–615.
- Fu Xiugen, Wang Jian, Chen Wenbin, et al. Age and tectonic implications of the Late Triassic Nadi Kangri volcanic rocks in the Qiangtang basin, northern Tibet, China[J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2010, 37(6): 605–615(in Chinese with English abstract).
- [17] 白海生. 青海西南部海相侏罗纪地层新认识[J]. 地质论评, 1989, 35(6): 529–536.
- Bai Haisheng. New recognition of the marine Jurassic strata in Southwestern Qinghai[J]. Geological Review, 1989, 35(6): 529–536(in Chinese with English abstract).
- [18] 朱筱敏. 沉积岩石学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2008: 71–79.
- Zhu Xiaomin. Sedimentary Rock[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2008: 71–79(in Chinese).
- [19] Passega, R. Texture as characteristic of clastic deposition[J]. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1957, 41(9): 1952–1984.
- [20] Passega, R. Grain size representation by CM patterns as a geological tool[J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1964, 34(4): 830–847.
- [21] Sahu B K. Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments[J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1964, 34(1): 73–83.
- [22] 贾建称, 吴新国, 王根厚, 等. 羌塘盆地东部中生代沉积特征与构造演化[J]. 中国地质, 2006, 33(5): 999–1004.
- Jia Jiancheng, Wu Xinguo, Wang Genhou, et al. Mesozoic sedimentary characteristics and tectonic evolution in the eastern part of the Qiangtang basin[J]. Geology in China, 2006, 33(5): 999–1004(in Chinese with English abstract).
- [23] 王剑, 付修根, 谭富文, 等. 羌塘中生代(T_3-K_1)盆地演化新模式[J]. 沉积学报, 2010, 28(5): 884–893.
- Wang Jian, Fu Xiugen, Tan Fuwen, et al. A new sedimentary model for the Qiangtang Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2010, 28(5): 884–893(in Chinese with English abstract).

A sedimentary environment analysis of the first member of the Quemo Co Formation in Woruo Mountain area of the North Qiangtang Basin

ZENG Sheng-qiang^{1,2}, WANG Jian^{1,2}, FENG Xing-lei^{1,2}, FU Xiu-gen^{1,2}, SUN Wei^{1,2}

(1. Chengdu Center, China Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China; 2. Key Laboratory for Sedimentary Basin and Oil and Gas Resources, Ministry of Land and Resources, Chengdu 610081, Sichuan, China)

Abstract: The first member of the Quemo Co Formation in the Woruo Mountain area of the North Qiangtang Basin is mainly composed of purplish red pebbly sandstone, medium to fine sandstone, and argillaceous siltstone, deposited in an oxidation environment. The lithologic characters, sedimentary structures, probability cumulative grain size curves, Sahu formula, grain-size parameters scattergram, and $C-M$ pattern of the sandstones of the first member of the Quemo Co Formation all show that the sandstones are of bad sorting, and the frequency histogram is bimodal or multimodal, the probability cumulative curve of the sandstones mostly represents two-stage and a few three-stage, the percentage of the traction populations is high, and the percentage of the saltation and suspension populations is relatively low. In the $Sk-\sigma$ diagram, the sandstones of the first member of the Quemo Co Formation fall into the river sand area. Its $C-M$ pattern has the typical feature of fluvial deposit, with the PQ section richly developed but the QR section poorly developed. The deposition of the Quemo Co Formation started with fluvial-alluvial facies, and then these strata were overlain by delta and restricted platform deposition, thus overall displaying a deepening-upward transgressive sequence.

Key words: sedimentary environment; grain size analysis; the first member of the Quemo Co Formation; North Qiangtang Basin

About the first author: ZENG Sheng-qiang, male, born in 1987, master, assistant engineer, mainly engages in the study of sedimentary geology; E-mail: zengshengq@126.com.