北羌塘凹陷沃若山及邻区海相烃源岩形成时代

吴珍汉1),赵珍1),季长军2),陈程2)

1) 中国地质科学院,北京,100037; 2) 中国地质科学院地质力学研究所,北京,100081

内容提要:北羌塘凹陷沃若山、长蛇山、胜利河、西长梁地区出露海相含油泥页岩,以油页岩、暗色泥岩、黑色页 岩、泥灰岩为主,TOC含量高、生烃潜力大,属优质烃源岩。在西长梁和长蛇山油页岩剖面,分别发现丰富的腕足和 双壳化石。西长梁泥页岩含双壳类化石 Limea (Pseudolimea) cf. duplicata (J. de C. Sowerby, 1827), Integricardium (Integricardium) cf. bannesianum (Contejean, 1860), Radulopecten laminates (J. Sowerby, 1818), Pholadomya (Bucardiomya) lirata (J. Sowerby)及腕足类化石 Holocothyris-Burmirhynchia 组合,指示沉 积时代为早中侏罗世,层位不高于下巴通阶,地层单元归属雀莫错组。长蛇山油页岩含双壳类化石 Chlamys (Chlamys) textoria (Schlotheim), Radulopecten fibrosus (J. Sowerby), Cercomya (Capillimya) striata (Agassiz, 1843)及腕足类化石 Burmirhynchia obessa Buckman, B. asiatica Buckman, B. hpalaiensis Buckman,指 示沉积时代为中侏罗世巴通期—卡洛期,地层单元归属夏里组。沃若山及邻区那底岗日组火山岩与凝灰岩的锆石 U-Pb 年龄为 215~218Ma,指示其下伏肖茶卡组及烃源岩形成时代为晚三叠世卡尼期,上覆沃若山组暗紫色碎屑 岩沉积时代为晚三叠世诺利期—瑞替期。

关键词:海相烃源岩;化石组合;U-Pb年龄;地层时代;羌塘盆地

羌塘盆地是我国陆上面积最大的中生代海相含 油气盆地,发育多期油气成藏过程(Wang Jian et al., 2009; Wu Zhenhan et al., 2020), 形成了巨量 的油气资源(Wang Chengshan et al., 2001; Zhao Guangtong et al., 2019)。但羌塘盆地总体勘探程 度低,对不同生储盖组合的有效烃源岩仍然处于探 索阶段,分歧较大;如 Zhao Zhengzhang et al. (2001)和 Wang Chengshan et al. (2001)认为二叠 系碳酸盐岩、三叠系泥岩和页岩、中下侏罗统曲色组 和色哇组页岩、中侏罗统布曲组碳酸盐岩、上侏罗统 索瓦组碳酸盐岩为烃源岩; Wang Jian et al. (2009) 认为三叠系肖茶卡组泥岩、中下侏罗统曲色组和雀 莫错组页岩、布曲组灰岩、夏里组下部泥岩、索瓦组 灰岩为生油岩; Yang Guifang et al. (2003)认为双 湖地区发育下侏罗统曲色组、中侏罗统布曲组、上侏 罗统索瓦组3套生油层系。由于对羌塘盆地主力烃 源岩及形成时代研究不够深入,制约了对羌塘油气 成藏规律的认识,影响了油气资源潜力评价和油气 勘探部署。

北羌塘凹陷南部沃若山及邻区出露多层海相烃 源岩,主要有沃若山暗色泥页岩、西长梁油页岩、胜 利河油页岩、长蛇山油页岩,地层单元在1:25万地 质图分别为土门格拉群(T_3T)、索瓦组(J_3s)、布曲 组(J_2b)、夏里组(J_2x)。前人依据 Re-Os 同位素等 时线年龄及孢粉资料,将西长梁、胜利河、长蛇山油 页岩时代定为晚侏罗世末期一早白垩世(J_3 — K_1) (Wang Jian et al., 2007, 2009; Zeng Shengqiang et al., 2013)。本文基于锆石 U-Pb 测年及腕足、双 壳类化石组合,重新厘定沃若山及邻区海相烃源岩 及形成时代,力争为羌塘盆地油气成藏理论研究和 油气资源潜力评价提供必要支撑。

1 沃若山暗色泥页岩及形成时代

沃若山暗色泥页岩出露于沃若山背斜核部和两

注:本文为地质调查项目"中国大地构造演化和国际亚洲大地构造图编制"(编号 DD20190367)和国家自然科学基金项目"羌塘盆地油气 勘查评价战略研究"(编号 42042032)联合资助成果。

收稿日期:2020-12-21;改回日期:2021-01-08;网络发表日期:2021-01-09;责任编辑:周健。

作者简介:吴珍汉,男,1965年生。博士,研究员,构造地质学专业。长期从事青藏高原区域地质、构造地质及应用研究。Email: zhenhanwu@cags.ac.cn。

引用本文:吴珍汉,赵珍,季长军,陈程.2021.北羌塘凹陷沃若山及邻区海相烃源岩形成时代.地质学报,95(2):352~361,doi:10.19762/j.cnki.dizhixuebao.2021121.
 Wu Zhenhan, Zhao Zhen, Ji Changjun, Chen Cheng. 2021. Geological time of marine source rocks in the Woruoshan Mountain and its adjacent areas, northern Qiangtang depression. Acta Geologica Sinica, 95(2): 352~361.

翼(图1),江爱达日那幅1:25万区域地质调查报 告将其划归为土门格拉群(Zhu Tongxing et al., 2010)。这套地层主要由黑色页岩、暗色泥岩、粉砂 岩、细砂岩、泥灰岩、灰岩组成,形成于滨海和浅海沉 积环境,与上三叠统土门格拉群煤系地层存在明显 差别,拟划归肖茶卡组。已有观测资料表明,沃若山 上三叠统泥页岩 TOC 含量 1.0%~3.3%,镜质组 反射率(R_o)1.4%~1.9%,是比较好的烃源岩 (Wang Jian et al., 2009)。在北羌塘凹陷北部,对 应层位为上三叠统巴贡组,其中部分暗色泥页岩为 烃源岩;如雀莫错东南羌资7井上三叠统巴贡组泥 页岩 TOC 含量为 0.30%~1.29%,4 个样品 TOC 含量 0.6% ~ 1.0%,4 个样品 TOC 含量≥1.0% (Song Chunyan et al., 2018);北羌塘凹陷东北部 巴贡组有机碳(TOC)含量大于 1.0%的泥页岩厚度 超过 120m, TOC 大于 2.0%的优质烃源岩厚度约 40m(Wang Jian et al., 2009)。

对沃若山背斜核部和南翼暗色泥页岩取样分析 获得新的结果:背斜核部暗色泥页岩 14 个样品有机 碳(TOC)平均含量 1.46%(表 1);BD88903 黑色泥 岩 TOC 含量 5.67%,镜质组反射率 $R_o = 1.22\%$; BD8803 暗色页岩 TOC 含量 1.76%, $R_o = 1.02\%$; 背斜 南 翼 暗 色 泥 岩 BD8808 样 品 TOC 含量 4.15%, $R_o = 1.05\%$;BD8811 黑色页岩 TOC 含量 1.11%, $R_o = 1.44\%$ 。BD88903 和 BD8808 为优质 烃源岩,代表的暗色泥岩厚度分别为 18m、12m; BD8803 和 BD8811 为较好烃源岩,代表的暗色泥页 岩厚度分别为 15m、10m。沃若山背斜核部尚隐伏 有烃源岩(图 1),具有巨大的生烃潜力。

在沃若山东部,肖茶卡组上覆地层为原雀莫错 组下段暗紫色碎屑岩 $(J_{1-2}q^1)$,两者之间呈微角度 不整合接触关系(图 2); $J_{1-2}q^1$ 底部发育沉凝灰岩, 锆石 U-Pb 年龄为 216.1±4.5Ma(Wang Jian et al.,2008)。在沃若山西部,肖茶卡组上覆那底岗 日组火山岩和原雀莫错组下段 $(J_{1-2}q^1)$ 暗紫色碎屑 岩, $J_{1-2}q^1$ 暗紫色泥岩与 T₃n火山岩呈喷发不整合 接触关系;形态不同的火山弹、火山碎屑、火山角砾 散布于 $J_{1-2}q^1$ 暗紫色泥岩和粉砂岩(图 3b)之中,指



图 1 羌塘盆地中部地质构造图

Fig. 1 Geological map of the central Qiangtang basin

1-逆冲断层;2-飞来峰;3-构造窗;4-三叠纪火山岩;5-三叠纪花岗岩;6-蛇绿岩;7-地层剖面;8-现代湖泊。Q-第四系;

E₃-N1一渐新统一上新统;E₁₋₂一古新统一始新统;K2一上白垩统;J3b一上侏罗统白龙冰河组;

 J_3s —上侏罗统索瓦组; J_2x —中侏罗统夏里组; J_2b —中侏罗统布曲组; $J_{1-2}q$ —中下侏罗统雀莫错组;T—三叠系;P—二叠系

1—Thrust fault; 2—nappe; 3—structural window; 4—Triassic volcanic rocks; 5—Triassic granite; 6—ophiolite (Oph);

 $7-stratigraphic cross section; \\ 8-present lake. \\ Q-Quaternary; \\ E_3-N_1-Oligocene-Miocene; \\ E_{1-2}-Paleocene-Eocene; \\ Paleocene-Eocene; \\ Paleocene; \\ Paleocene-Eocene; \\ Paleocene; \\ Paleocene; \\ Paleocene; \\ Paleocene; \\ Paleocene; \\ Pa$

K2—Upper Cretaceous; J3*b*—Upper Jurassic Bailongbinghe Fm. ; J3*s*—Upper Jurassic Suowa Fm. ; J2*x*—Middle Jurassic Xiali Fm. ;

J2b-Middle Jurassic Buqu Fm. ; J1-2q-Middle-Lower Jurassic Quomoco Fm. ; T-Triassic; P-Permian

表 1 羌塘盆地北部海相烃源岩对比表

Table 1 Comparison of source rocks of the northern Qiangtang basin										
产油区或沉积盆地	海相烃源岩及地层时代	TOC 含量(%)	裂解烃 S ₂ (mg/g)	镜质组反射率 R。(%)	有机质类型					
中国 羌塘盆地	长蛇山含油泥页岩/ 中侏罗统夏里组 J ₂ x	4.53~9.495.21~9.7平均 7.74平均 8.40		1.10~1.27 平均 1.19	II_1 , II_2 , $[[]$					
	西长梁含油泥页岩/ 中、下侏罗统雀莫错组 J ₁₋₂ q	4.07~21.37 平均 10.26	15.87~104.96 平均 44.39	0.37~0.67 平均 0.52	II_1 , II_2					
	比洛错含油泥页岩/ 下侏罗统曲色组 J ₁ qs	3.43~26.02 平均 8.43	10.09~97.28 平均 60.58	0.73~1.07 平均 0.99	I II_2					
	沃若山暗色泥岩/ 中三叠统肖茶卡组 T ₃ <i>x</i>	0.62~5.67 平均 1.46		0.90~1.44 平均 1.15						
沙特阿拉伯 Ghawar	中侏罗统 Hanifa/ Tuwaiq Mt. 组灰岩	2.0~5.0 平均 3.5		0.6~0.8	II (Li Haowu et al. ,2014)					
扎格罗斯 Iran, Iraq	中侏罗统 Sargelu 组 黑色泥页岩	1.17~7.59 平均 4.95	3.7~16.4	0.6~1.3	II(Tian Naxin et al. , 2017)					

<u> </u>		216.1±4.5Ma	BD8811	BD8808 BD8803	BD88903
				\//\Q I !////////////////////////////////////	T ₃ x
<u>173°∠34°</u> Ta	w (J ₁₋₂ q ¹) <u>165°∠38°</u>	<u>155°∠46°</u> T	$3x \qquad 0 \qquad 200$	400m 150°∠56°	<u>360°∠15°</u>

图 2 沃若山东南地层剖面图

Fig. 2 Cross section of stratigraphic system in southeastern Woruoshan Mt

 T_3w ($J_{1-2}q^1$)-沃若山组(原雀莫错组一段); T_3x -肖茶卡组; BD8803~BD88903-取样点

 $T_3 w (J_{1-2}q^1)$ —Upper Triassic Woruoshan Formation (previous lower section of the

Middle-Lower Jurassic Quemoco Formation); T₃x—Xiaochaka Formation; BD8803~BD88903—sampling locations



图 3 沃若山西侧火山机构与暗紫色碎屑岩沉积关系

Fig. 3 hotos of volcanic crater and volcanic breccias in violet-red siltstone in the west of Woruoshan Mt
(a)一晚三叠世那底岗日期火山机构流纹质潜火山岩与沃若山组暗紫色碎屑岩(T₃w)喷发不整合接触关系(镜向南西),BD7151与BD7152 为火山岩样品及取样位置;(b)一晚三叠世那底岗日期流纹安山质火山抛射物落人沃若山组(T₃w)暗紫色粉砂岩形成火山角砾(镜头向下)
(a)一View southwestward at volcanic eruption unconformity between the Late Triassic Nadigangrian rhyolite porphyry and dark violet clastic rocks of the Woruoshan Formation (T₃w) with BD 7151 and BD7152 marking volcanic rock samples; (b)—view downward at volcanic breccias in the dark violet siltstone of Woruoshan Formation (T₃w) caused by volcanic eruption of the Late Triassic Nadigangrian rhyoandesite

示暗紫色泥砂岩沉积与火山喷发同期。对 T₃n 火 山岩采集 2 个样品 BD7151 和 BD7152 进行锆石 U-Pb 测年,为 T₃n 和 J₁₋₂q¹提供年代学约束。

样品 BD7151 为花岗闪长斑岩(流汶斑岩),产 于火山颈相(图 3a);斑晶矿物主要为斜长石、石英、 角闪石,约占岩石总量 25%;基质矿物为显微晶质 的石英和霏细的长英质,约占岩石总量75%。样品 BD7152取自火山颈外围(图3a),岩性为玄武安山 质角砾沉凝灰岩;角砾主要由火山碎屑物和陆源碎 屑物组成,火山碎屑物主要为安山岩、玄武岩及陆源 碎屑。

按照常规程序进行碎样和矿物分选,再在双目

镜下人工挑选锆石单矿物。对锆石完成制靶、阴极 发光拍照后,进行 LA-ICP-MS 原位测试。激光剥 蚀平台为 Resolution SE 型 193nm 深紫外激光剥蚀 进样系统,采用 Agilent7900 型电感耦合等离子体 质谱仪及合理的调谐参数(Thompson et al., 2018)。在束斑直径 30 μm、剥蚀频率 5 Hz、能量密 度 2J/cm² 的激光条件下分析样品,采用 5 个激光脉 冲对每个剥蚀区域进行预剥蚀,剥蚀深度 0.3μm。 数据处理采用 Iolite 程序(Paton et al., 2010), 锆 石 91500 作为校正标样,GJ-1 作为监测标样,每隔 10~12个样品点分析 2个 91500标样及一个 GJ-1 标样,按指数方程进行深度分馏校正(Paton et al., 2010)。以 NIST 610 作为外标、⁹¹ Zr 作为内标,计 算微量元素含量。实验测定的标样 91500(1061.5 ±3.2 Ma, 2_{\sigma})、GJ-1(604±6 Ma, 2_{\sigma})年龄在不确 定范围内与推荐值一致。Plesovice 标样作为未知 样品,对应的年龄推荐值为 337.13 ± 0.37 Ma (Sláma et al., 2008)。应用 Glitter 4.4 程序对所 测得的数据进行处理,用 ISOPLOT 程序进行年龄 加权平均值计算及 U-Pb 谐和图绘制;单个数据点 误差均为 1σ ,加权平均值误差为 2σ 。火山岩锆石 U-Pb 测年数据如表 2。

锆石 LA-ICP-MS U-Pb 测年揭示了沃若山西 侧火山机构不同部位火山岩的年龄。火山颈 BD7151 花岗闪长斑岩 25 颗岩浆锆石 U-Pb 谐和年 龄为 217.99±0.66Ma(图 4a),均值年龄为 218.05 ±0.63Ma(图 4b);火山机构外围 BD7152 玄武安山 质角砾沉凝灰岩 24 颗岩浆锆石 U-Pb 谐和年龄为 215.08±0.76Ma(图 4c),均值年龄为 215.05± 0.75Ma(图 4d)。沃若山西侧火山岩锆石 U-Pb 年 龄与保护站北侧那底岗日组英安岩 U-Pb 年龄 217.1±4.9Ma(Fu Xiugen et al., 2010)、沃若山东



Fig. 4 Diagrams of U-Pb ages of zircons from volcanic rocks of the Nadigangri Formation

表 2 北羌塘凹陷沃若山西侧火山岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 测年一览表

Table 2 LA-ICP-MS U-Pb dating of zircons from volcanic rocks in the west of Woruoshan Mountain,

northern Qiangtang depression

	含量(×10 ⁻⁶)				同位素比值				年龄(Ma)						此和南		
点号	DI	TI	тĭ	Th/U	$^{207}\mathrm{Pb}/$	0	²⁰⁶ Pb/	0	$^{207}\mathrm{Pb}/$	0	$^{207}\mathrm{Pb}/$		$^{206}\mathrm{Pb}/$	0	$^{207}\mathrm{Pb}/$	0	酒 仲 度
	Pb	Ih	U		²³⁵ U	Ζσ	²³⁸ U	Ζσ	$^{206}\mathrm{Pb}$	2σ	$^{235}\mathrm{U}$	20	$^{238} m{U}$	$Z\sigma$	206 Pb	$Z\sigma$	(%)
	BD7151:花岗斑岩																
1	10.6	123.1	260.6	0.47	0.2487	0.0094	0.0346	0.0005	0.0520	0.0019	224.5	7.6	219.2	3.0	243.0	77.0	98
2	9.2	164.2	226.2	0.73	0.2360	0.0100	0.0340	0.0005	0.0503	0.0021	214.5	8.6	215.8	3.4	179.0	90.0	99
3	21.8	540.0	489.4	1.10	0.2457	0.0089	0.0346	0.0005	0.0514	0.0018	222.6	7.2	219.2	3.1	235.0	75.0	98
4	8.3	146.6	193.6	0.76	0.2500	0.0160	0.0346	0.0006	0.0522	0.0032	225.0	13.0	218.9	3.7	230.0	120.0	97
5	8.7	147.6	218.5	0.68	0.2510	0.0130	0.0341	0.0006	0.0535	0.0027	226.4	10.0	215.9	3.6	320.0	110.0	95
6	18.0	299.0	448.0	0.67	0.2333	0.0087	0.0338	0.0005	0.0500	0.0018	212.4	7.2	214.5	2.9	172.0	76.0	99
7	9.8	122.5	243.2	0.50	0.2375	0.0087	0.0342	0.0005	0.0505	0.0018	215.5	7.2	216.7	2.9	183.0	75.0	99
8	13.7	235.1	316.0	0.74	0.2413	0.0080	0.0346	0.0005	0.0507	0.0016	218.8	6.5	219.2	2.9	203.0	69.0	100
9	13.7	276.0	316.0	0.87	0.2440	0.0120	0.0345	0.0005	0.0514	0.0023	220.9	9.4	218.6	3.1	219.0	96.0	99
10	14.1	206.1	325.4	0.63	0.2470	0.0100	0.0349	0.0006	0.0513	0.0021	223.2	8.5	221.0	3.4	225.0	88.0	99
13	8.0	106.5	189.5	0.56	0.2319	0.0100	0.0345	0.0005	0.0489	0.0021	211.6	8.1	218.5	3.0	130.0	87.0	97
15	8.5	131.8	195.6	0.67	0.2470	0.0150	0.0346	0.0007	0.0522	0.0033	223.0	12.0	219.3	4.2	250.0	130.0	98
16	9.8	149.7	227.0	0.66	0.2310	0.0130	0.0345	0.0006	0.0481	0.0025	210.0	10.0	218.9	3.6	90.0	110.0	96
17	12.6	243.4	288.3	0.84	0.2362	0.0089	0.0346	0.0005	0.0501	0.0019	214.5	7.3	219.1	3.1	164.0	79.0	98
18	12.9	244.6	303.1	0.81	0.2315	0.0084	0.0343	0.0005	0.0489	0.0016	210.8	6.9	217.6	2.8	140.0	73.0	97
19	12.0	142.1	309.9	0.46	0.2361	0.0089	0.0346	0.0005	0.0499	0.0018	214.6	7.3	219.0	3.2	176.0	79.0	98
20	15.5	266.0	375.6	0.71	0.2366	0.0087	0.0345	0.0005	0.0501	0.0018	215.1	7.2	218.7	3.1	184.0	79.0	98
21	12.1	230.4	264.8	0.87	0.2350	0.0150	0.0345	0.0006	0.0490	0.0029	213.0	12.0	218.6	3.7	130.0	120.0	97
22	13.2	213.3	312.6	0.68	0.2406	0.0078	0.0343	0.0005	0.0509	0.0016	218.2	6.4	217.3	2.8	212.0	66.0	100
23	8.4	125.1	200.6	0.62	0.2340	0.0100	0.0346	0.0005	0.0493	0.0020	212.3	8.3	219.3	3.0	128.0	86.0	97
24	15.6	209.7	380.4	0.55	0.2354	0.0074	0.0345	0.0005	0.0498	0.0015	214.7	5.9	218.5	2.9	160.0	64.0	98
25	17.2	240.7	403.0	0.60	0.2490	0.0120	0.0343	0.0005	0.0530	0.0026	225.2	9.6	217.4	3.2	280.0	100.0	96
27	13.8	244.0	327.0	0.75	0.2363	0.0095	0.0343	0.0005	0.0501	0.0019	214.4	7.8	217.5	2.9	169.0	81.0	99
28	24.2	561.0	530.0	1.06	0.2405	0.0087	0.0341	0.0005	0.0514	0.0018	218.4	7.1	216.3	3.2	232.0	77.0	99
30	10.4	127.2	257.0	0.49	0.2399	0.0095	0.0343	0.0005	0.0510	0.0020	217.3	7.8	217.6	2.9	199.0	81.0	100
			•]	BD7152:	花岗闪长	、斑岩							
1	4.0	46.7	97.6	0.48	0.2460	0.0160	0.0342	0.0006	0.0526	0.0036	221.0	13.0	216.6	3.7	230.0	130.0	98
4	5.1	64.8	126.2	0.51	0.2320	0.0130	0.0337	0.0005	0.0503	0.0026	211.0	11.0	213.8	3.3	170.0	110.0	99
6	3.4	35.7	85.4	0.42	0.2340	0.0150	0.0341	0.0007	0.0505	0.0033	211.0	12.0	216.2	4.0	140.0	130.0	98
7	8.7	126.0	213.3	0.59	0.2269	0.0100	0.0339	0.0005	0.0487	0.0021	206.4	8.4	214.8	3.0	106.0	89.0	96
8	3.8	45.6	96.0	0.48	0.2420	0.0170	0.0338	0.0006	0.0520	0.0036	217.0	14.0	214.4	3.9	180.0	130.0	99
9	3.7	50.6	90.0	0.56	0.2520	0.0160	0.0340	0.0006	0.0543	0.0035	225.0	13.0	215.7	3.8	250.0	120.0	96
10	3.8	44.7	95.0	0.47	0.2320	0.0140	0.0339	0.0006	0.0499	0.0031	209.0	12.0	214.9	3.6	130.0	120.0	97
11	7.0	113.3	107.0	0.68	0.2420	0.0097	0.0343	0.0005	0.0516	0.0020	219.4	16.0	217.3	5.1	221.0	81.0	99
12	5.5 6.4	41.0	164 0	0.40	0.2250	0.0190	0.0330	0.0009	0.0405	0.0038	205.0	10.0	215.0	0.0 3.6	180.0	110.0	95
14	43	55 2	104.0	0.52	0.2300	0.0120	0.0333	0.0006	0.0491	0.0020	213.0	12.0	215.0	3.0	80.0	120.0	96
15	6.1	99.9	156.7	0.64	0. 2310	0.0150	0.0338	0.0006	0.0500	0.0031	210.0	12.0	214.2	4.0	140.0	120.0	98
16	3.6	42.4	89.2	0.47	0.2380	0.0150	0.0340	0.0006	0.0517	0.0033	215.0	13.0	215.2	3.9	180.0	130.0	100
17	6.5	62.6	164.8	0.38	0.2310	0.0110	0.0340	0.0005	0.0497	0.0025	209.5	9.3	215.3	3.2	124.0	99.0	97
18	5.1	59.8	125.7	0.48	0.2300	0.0140	0.0345	0.0006	0.0481	0.0028	208.0	11.0	218.7	3.7	70.0	120.0	95
20	5.3	78.5	128.5	0.61	0.2270	0.0120	0.0340	0.0005	0.0484	0.0024	207.2	10.0	215.3	3.3	100.0	100.0	96
21	4.5	51.1	115.6	0.44	0.2320	0.0140	0.0338	0.0006	0.0497	0.0030	209.0	12.0	214.4	3.6	100.0	120.0	97
22	4.0	48.2	101.0	0.48	0.2380	0.0140	0.0340	0.0006	0.0512	0.0030	214.0	12.0	215.5	3.9	180.0	120.0	99
23	6.9	120.4	167.0	0.72	0.2390	0.0130	0.0337	0.0006	0.0514	0.0028	216.0	11.0	213.8	3.6	200.0	110.0	99
24	3.9	49.5	98.6	0.50	0.2340	0.0140	0.0338	0.0007	0.0507	0.0032	211.0	12.0	214.4	4.0	140.0	120.0	98
26	5.0	53.2	132.8	0.40	0.2380	0.0140	0.0335	0.0006	0.0516	0.0030	215.0	12.0	212.4	3.9	210.0	120.0	99
27	5.3	57.1	134.5	0.42	0.2390	0.0130	0.0338	0.0005	0.0502	0.0025	215.0	10.0	214.5	3.3	180.0	100.0	100
28	3.7	44.5	94.7	0.47	0.2420	0.0160	0.0339	0.0006	0.0516	0.0033	217.0	13.0	214.6	3.7	170.0	130.0	99
29	7.5	123.7	168.8	0.73	0.2380	0.0120	0.0339	0.0006	0.0507	0.0026	215.2	10.0	215.1	4.0	190.0	110.0	100

注:锆石 U-Pb 测年在北京锆年领航公司 LA-ICP-MS 实验室完成。

357

南部沉凝灰岩 U-Pb 年龄 216.1±4.5Ma(Wang Jian et al., 2008)相似,表明沃若山地区晚三叠世 火山喷发时代为卡尼晚期一诺利早期(约 218~ 215Ma);下伏肖茶卡组暗色泥岩(烃源岩)沉积时代 早于 218Ma,归属上三叠统下部卡尼阶。

原雀莫错组一段暗紫红色碎屑岩 $(J_{1-2}q^1)$ 与那 底岗日组火山岩呈喷发不整合接触关系(图 5), $J_{1-2}q^1$ 底部碎屑岩富含那底岗日组火山角砾、火山 弹、火山碎屑(图 3b),火山岩锆石 U-Pb 年龄为 218.05±0.63~215.05±0.75Ma,指示 $J_{1-2}q^1$ 沉积 时代为晚三叠世诺利期一瑞替期。由于原雀莫错组 一段暗紫红色碎屑岩 $(J_{1-2}q^1)$ 归属于上三叠统诺利 阶一瑞替阶,拟将其从中下侏罗统雀莫错组 $(J_{1-2}q)$ 分解出来,命名为上三叠统沃若山组 (T_3w) ;中下侏 罗统雀莫错组 $(J_{1-2}q)$ 只保留原雀莫错组二段一灰 岩段 $(J_{1-2}q^2)$ 和雀莫错三段一含膏细碎屑岩段 $(J_{1-2}q^3),T_3w与J_{1-2}q 呈整合接触(图 5)。$

2 西长梁油页岩及形成时代

西长梁油页岩总体呈近东西向分布于东长梁和 西长梁地区(图 2)。成都地质调查中心对西长梁油 页岩进行过探槽工程揭露,发现油页岩 8~12 层 (Wang Jian et al., 2009),控制总厚度 74~105m, 主要岩石类型为黑色含油页岩、灰色泥晶灰岩、生屑 泥晶灰岩、泥岩,形成于滨浅海沉积环境。西长梁油 页岩属优质海相烃源岩,总有机碳(TOC)含量平均 为 10.26%;氯仿沥青"A"均值 0.8345%。油页岩 残留 烃 S₁ 均 值 为 2.05mg/g, 裂 解 烃 S₂ 均 值 为 44.39mg/g, 生烃潜量 S₁ + S₂ 均 值 为 46.44 mg/g, 优于中东产油区主力烃源岩(表 1)。西长梁油页岩 R_{o} 为 0.37% ~ 0.67%, 均 值 为 0.52%, 热解 峰温 T_{max} 为 432~460 °C, 均 值 为 446 °C, 有 机 质处于未 成熟一低成熟阶段(Li Zhongxiong et al., 2010)。

西长梁含油泥页岩曾经定名为胜利河油页岩, 据 Re-Os 等时线年龄(101±24Ma)将其时代定为晚 侏罗世一早白垩世(Wang Jian et al., 2007, 2009)。野外观测表明,西长梁油页岩下伏地层为雀 莫错组二段 $(J_{1-2}q^2)$ 生屑灰岩、泥晶灰岩、灰岩、白 云质灰岩、泥灰岩,整合覆盖于沃若山组 T₃w(原雀 莫错组一段 $J_{1-2}q^1$) 暗紫色粗碎屑岩之上, T_3w 主要 岩石类型为暗紫色粗砂岩、砂岩、粉砂岩、含砾砂岩、 砾岩。油页岩上覆地层为雀莫错组三段含膏细碎屑 岩(J₁₋₂q³),由膏岩、膏灰岩、泥晶灰岩、泥岩、粉砂 岩组成;石膏岩层累计厚度 348m,单层石膏最大厚 度 196m(Wu Tao et al., 2010;He Yongzhong & Bai Peirong, 2011)。这与羌参1井早中侏罗统雀 莫错组下部颇为相似:石膏岩层累计厚度 302m,单 层石膏最大厚度 197m(Wang Jian et al., 2020)。 西长梁部分油页岩顶部被古近系红色砂砾岩(红层) 角度不整合覆盖(图 6)。

在西长梁东部 BD8061 发现不同类型的化石, 采样点坐标为北纬 33°43′15.71″、东经 87°13 54.85″,海拔高程 5223m,主要岩石类型为含油页 岩、泥岩、生物碎屑灰岩。化石组合包括双壳化石和







图 6 西长梁西段地层剖面图 Fig. 6 Cross section of stratigraphy in the western Xichangliang Mountain 腕足化石,双壳类化石有 Actinostreon gregareum (J. Sowerby, 1815), Camptonectes sp. Radulopecten fibrosus (J. Sowerby, 1816), Pholadomya (Bucardiomya) sp. A, Chlamys (Chlamys) textoria (Schlotheim, 1820); 腕足类化 Holocoth yris 石有 luchiangensis Reed, Burmirh ynchia h palaiensis Buckman. Burmirrh ynchia Buckman, asiatica Burmirh ynchia obessa Buckman(图 7)。

双壳化石 Actinostreon gregareum (J. Sowerby, 1815)(图 7, 1~3), 地质时代为侏罗纪; Limea (Pseudolimea) cf. duplicata (J. de C. Sowerby, 1827) (图 7, 4~5), 地质时代为早一中 侏罗世; Integricardium (Integricardium) cf. bannesianum (Contejean, 1860)(图 7, 7),地质时 代为早一中侏罗世。Pseudopecten (Pseudopecten) equivalvis (J. Sowerby, 1816)(图7, 9),地质时代 在欧洲分布为早一中侏罗世(Hettangian to Bajocia); Pholadomya (Bucardiomya) lirata (J. Sowerby, 1818)(图 7, 10),牛心海螂 Pholadomya (Bucardiomya) 始自早侏罗世的土阿辛期至早第 四纪,现有标本最为接近英国中侏罗统巴通阶的射 线牛心海螂 Pholadomya (Bucardiomya) lirata (J. Sowerby), Radulopecten laminates (J. Sowerby, 1818)(图 7, 11~12), Radulopecten 属 是侏罗纪类型之一,主要特征是具有两两孪生的射 肋和鳞片状同心圈,现有标本很好地表现出这两个 特征,该属时代为中一晚侏罗世 Bajocian-Tithonian (Cox & Hertlein, 1969). Radulopecten laminatus 是西特提斯、羌塘雁石坪、雀莫错地区巴通期的典型 分子。Camptonectes sp. (图 7, 13~14),现有标本 为内模, 难以确定到种,属侏罗纪化石。

侏罗纪腕足动物化石的定年功效好于双壳类化 石。腕足类的一大优势是一般个体保存比较完整, 特征明显,尤其是缅甸贝(Burmirhynchia)这个属的 时代仅限于侏罗纪。现有腕足类可以识别并建立 Holocothyris-Burmirhynchia 组合,这一组合在云 南、羌塘等地是下巴通阶的代表。综合腕足和双壳 化石组合,确定地层沉积时代为早侏罗世一中侏罗 世早期,归属雀莫错组(J₁₋₂q²⁻³),这与西长梁地层 剖面野外观测结果吻合(图 6)。

3 长蛇山油页岩及形成时代

长蛇山油页岩位于沃若山北侧(图1),主要由



图 7 西长梁东部泥页岩化石组合 Fig. 7 Fossils of mudstone and shale in the eastern Xichangliang Mountain

 $1\sim 3$ —Actinostreon gregareum (J. Sowerby, 1815); $4\sim 5$ —Limea (Pseudolimea) cf. duplicata (J. de C. Sowerby, 1827); 6—待定 (undetermined); 7—Integricardium (Integricardium) cf. bannesianum (Contejean, 1860); 8—Spondylopecten sp.; 9—Pseudopecten (Pseudopecten) equivalvis (J. Sowerby, 1816); 10—Pholadomya (Bucardiomya) lirata (J. Sowerby, 1818); 11 ~ 12 —Radulopecten laminates (J. Sowerby, 1818); 13 ~ 14 , Camptonectes sp

灰黑色含油页岩、泥晶灰岩、泥灰岩、黑色页岩及泥 质粉砂岩组成,地表出露厚度 30~50m,形成于海相 沉积环境;下伏地层为中侏罗统布曲组生物碎屑灰 岩、灰岩、白云质灰岩,地层产状 15° \angle 35°;上覆地 层为夏里组灰绿色泥岩、页岩夹薄层灰岩、泥灰岩及 杂色泥岩、粉砂岩、砂岩。北侧为上侏罗统索瓦组 (J₃s)生屑灰岩、礁滩灰岩、介壳灰岩、泥晶灰岩,整 合覆盖夏里组杂色细碎屑岩(J₂x)。长蛇山油页岩 总有机碳(TOC)含量平均为 7.74%,氯仿沥青"A" 均值为 0.2643%,残留烃 S₁均值为 1.61mg/g,裂解 烃 S₂均值为 8.40mg/g,产烃潜量(S₁+S₂)平均为 10.01 mg/g,属优质海相烃源岩,具有很好的生烃 潜力;油页岩镜质组反射率(R_o)平均为 1.19%,热 解最高峰温 T_{max} 为 452 ~462 °C,有机质处于成熟 阶段(Zeng Shengqiang et al., 2013)。 差塘盆地北部长蛇山谷地南部含油泥页岩厚度 约 30~45m,前人认为油页岩 Re-Os 等时线年龄为 101±24Ma(Wang Jian et al., 2007),结合孢粉组 合将时代定为晚侏罗世一早白垩世(Wang Jian et al., 2009;Li Zhongxiong et al., 2010)。长蛇山泥 页岩剖面南部为中侏罗统布曲组灰岩、生物碎屑灰 岩;剖面北部为中侏罗统有曲组灰岩、生物碎屑灰 岩;剖面北部为中侏罗统夏里组灰绿色泥页岩夹薄 层灰岩。我们在 D667 剖面中下段含油泥页岩发现 大量双壳和腕足化石,为重新厘定地层时代提供了 重要证据,化石图版与鉴别描述由季长军、阴家润等 另文发表。

长蛇山剖面腕足化石主要包括肥大缅甸贝 (Burmirhynchia obessa Buckman)、亚洲缅甸贝(B. asiatica Buckman)、帕莱缅甸贝(B. hpalaiensis Buckman)、水滴状缅甸贝(B. guuta Buckman)、 Burmirhynchia sp.,常见于那底岗日、长红河、雁石 坪布曲组,形成时代为中侏罗统巴通期(Bathonian) (Shi & Yang, 1994; Sun, 2001)。缅甸贝 (Burmirhynchia)时代为中侏罗统,广泛分布于欧 洲、中东、缅甸、中国(Arger et al.,1965)。腕足化 石 组 合 Burmirhynchia guuta-Holcothyris subovalis 生物地层年代意义明确(Shi & Yang, 1994),指示下巴通阶(Bathonian),北羌塘凹陷主要 分布于侏罗统布曲组下部层位。

长蛇山剖面双壳化石主要有 Chlamys (Chlamys) textoria (Schlotheim, 1820)(编织栉孔 扇贝)、Radulopecten fibrosus (J. Sowerby, 1816), Cercomya (Capillimya) striata (Agassiz, 1843) (细线尾海螂)。编织栉孔扇贝(Chlamys (Chlamys) textoria)是侏罗纪标型化石, Chlamys (Chlamys) textoria (Schlotheim) 在雁石坪、达卓玛 等剖面产出层位为中侏罗统中上部,Radulopecten fibrosus (J. Sowerby, 1816)在西藏羌塘和西欧发 育层位为中侏罗统 Lower Bathonian -Lower Callovian. Cercomya (Capillimya) striata (Agassiz, 1843) 在中东和西欧分别出现于 Callovian 和 Kimmeridgian, 在长蛇山 Cercomya (Capillimya) striata 出现于 Burmirhychia (缅甸 贝) 层位之下,推断时代为中侏罗世 Bathonian。

综合双壳和腕足化石组合资料,表明长蛇山原 定晚侏罗世一早白垩油页岩实际时代为中侏罗世 Lower Bathonian (巴通期)-Lower Callovian (卡洛 期),这与野外观测资料相符。长蛇山含油泥页岩位 于中侏罗统布曲组灰岩之上、夏里组杂色泥砂岩之 下,结合腕足和双壳化石证据,确定沉积时代为中侏 罗统 Bathonian-Callovian,地层归属为夏里组 (J_2x) 下部层位。

在长蛇山西南侧胜利河西岸,出露布曲组(J₂b) 下部灰黑色含油泥页岩,岩石组合为灰黑色薄层泥 岩、黑色油页岩、暗色泥灰岩,上覆风暴介屑灰岩、生 物碎屑灰岩,下伏灰岩、泥晶灰岩;在邻区那底岗日 布曲组下部对应层位,发现腕足化石 Burmirhynchia shanensis Buckma, B. trilobata Ching Sun et Ye, B. asiatica Buckman, B. nyainrongensis Ching Sun et Ye, B. gutta buckman, Holcothyris tong gulaica Ching Sun et Ye (Zhu Tongxing et al., 2010), 指示地层归属为 中侏罗统下巴通阶(Lower Bathonian)。在沃若山 西侧长蛇山和胜利河地区,依据新发现的双壳和腕 足化石组合将原定晚侏罗世一早白垩世油页岩重新 厘定为中侏罗统 Bathonian-Callovian 海相烃源岩, 对羌塘盆地油气成藏理论研究和油气资源潜力评价 具有重要意义。

4 结论与讨论

综合野外观测、化石组合、同位素测年等资料, 将沃若山、西长梁、胜利河、长蛇山出露的海相烃源 岩分别厘定为肖茶卡组暗色泥页岩、雀莫错组油页 岩、布曲组灰黑色泥页岩、夏里组油页岩。那底岗日 组火山岩呈微角度不整合覆盖肖茶卡组泥页岩,火 山岩锆石 U-Pb 年龄为 215.08±0.76~218.05± 0.63Ma,指示肖茶卡组及烃源岩沉积时代为晚三叠 世卡尼期,上覆沃若山组(原雀莫错组一段)暗紫色 碎屑岩形成时代为晚三叠世诺利期一瑞替期。西长 梁油页岩含腕足化石 Holocothyris-Burmirhynchia 组合,化石层位不高于中侏罗统下巴通阶,沉积时代 为中侏罗世早期一早侏罗世,下伏原雀莫错组二段 灰岩及沃若山组(原雀莫错组一段)暗紫色碎屑岩。 长蛇山油页岩含双壳类化石 Chlamys textoria, Radulopecten fibrosus 及腕足类化石 Burmirhynchia,沉积时代为中侏罗世巴通期一卡 洛期。

中国羌塘盆地侏罗系海相烃源岩与中东地区具 有良好可对比性。北羌塘凹陷中下侏罗统雀莫错组 $(J_{1-2}q)$ 油页岩、中侏罗统布曲组 (J_2b) 泥页岩、中侏 罗统夏里组 (J_2x) 油页岩有机碳含量高,TOC 平均 含量 8.43%~10.26%; R_0 均值 0.52%~1.19%,成 熟度适中; S_2 均值 8.4~60.58 mg/g,生烃潜量大, 生油条件优于中东阿拉伯盆地和扎格罗斯盆地侏罗 系海相烃源岩(表 1)。沙特阿拉伯 Ghawar 油田中 侏罗统 Hanifa 组、Tuwaiq Mountain 组 烃 源 岩 TOC 平均含量 3.5%(Li Haowu et al., 2014),伊 朗和伊拉克中侏罗统 Sargelu 组泥页岩 TOC 平均 含量 4.95%(Tian Naxin et al., 2017)。北羌塘凹 陷上三叠统肖茶卡组暗色泥页岩 TOC 平均含量 1.46%,低于侏罗系主力烃源岩;但肖茶卡组烃源岩 厚度大,分布范围广,部分层位 TOC 含量 4.15%~ 5.67%,生烃潜力大,对中生界下部油气成藏具有重 要意义。二叠系龙格组(P₁))暗色泥岩有机碳含量较 高(Wang Jian et al., 2009),是可能的海相烃源岩,其 生烃潜力及油气成藏意义有待进一步评价研究。

致谢:西藏地勘局谢渊副局长及成都地质调查 中心宋春彦、彭清华研究员参加了部分野外工作并 给予了现场指导,化石鉴定和时代分析由阴家润教 授完成,锆石 U-Pb 测年由北京锆年领航公司 LA-ICP-MS 实验室协助完成,在此一并致谢。

References

- Ager D V, Grant R E, McLaren D J, Schimidt H. 1965. Rhynchonellida. In: Moore R C, ed. Treatise on Invertebrate Paleontology, Part H, Brachiopoda. Boulder, Co. & Lawrence, Kansas (Geological Society of America & University of Kansas Press), H552~H632.
- Cox L R, Hertlein LG. 1969. Family Limidae Rafinesque, 1815. In: Moore R C, ed. Treatise on Invertebrate Palaeontology, Part N, Mollusca 6, Bivalvia 1. Boulder, Co., and Lawrence, Kansas (Geological Society of America & University of Kansas Press), N385~N393.
- Fu Xiugen, Wang Jian, Chen Wenbin, Feng Xinlei. 2010. Age and tectonic implications of the Late Triassic Nadi Kangri volcanic rocks in the Qiangtang basin, northern Tibet, China. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 37(6): 605~615 (in Chinese with English abstract).
- He Yongzhong, Bai Peirong. 2011. Sedimentary environment and significance of oil shale and gypsum in Suowa Formation in Late Jurassic in Shenglihe area of Shuanghu, north Tibet. Guizhou Geology, 28(1): 58~64 (in Chinese with English abstract).
- Li Haowu, Tong Xiaoguang, Wang Jianjun, Wen Zhixin, Zhang Yongxin. 2014. Geological characteristics and hydrocarbon accumulation of Arab-Hith play in the Persian Gulf basin. Xinjiang Petroleum Geology, 35 (5): $607 \sim 613$ (in Chinese with English abstract).
- Li Zhongxiong, He Jianglin, Xiong Xingguo, Wu Tao, Bai Peirong. 2010. The Upper Jurassic-Lower Cretaceous Shenglihe oil shales and their formation in the Qiangtang basin, Northern Xizang. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 40 (2): 264~272 (in Chinese with English abstract).
- Paton C, Woodhead J D, Hellstrom J C, Hergt J M, Greig A, Maas
 R. 2010. Improved laser ablation U-Pb zircon geochronology through robust downhole fractionation correction. Geochemistry Geophysics Geosystems, 11: Q0AA06.
- Sláma J, Kosler J, Condon D J, Crowley J L, Gerdes A, Hanchar J M, Horstwood M S A, Morris G A, Nasdala L, Norberg N, Schaltegger U, Schoene B, Tubrett M N, Whitehouse M J. 2008. Plesovice zircon—A new natural reference material for U-Pb and Hf isotopic microanalysis. Chemical Geology, 249: 1

 $\sim 35.$

- Shi X, Yang Z. 1994. The Jurassic brachiopod sequence of the Qinghai-Tibetan Plateau. In: Mackinnon D I, Lee D E, Campell J D, eds. Brachiopods through Time. Brookfield: Balkema Publishers, $405 \sim 413$.
- Song Chunyan, Wang Jian, Fu Xiugen, Chen Wenbin, Xie Shangke, He Li. 2018. Geochemical characteristics and the significance of the Upper Triassic hydrocarbon source rocks of the Bagong Formation in the eastern Qiangtang basin. Journal of Northeastern Petroleum University, 42(5): $104 \sim 114$ (in Chinese with English abstract).
- Sun D. 2001 Brachiopod succession. In: Zhao Z, Li Y, Luo J, Ye H, Zhang Y, eds. Stratigraphy of Qi-Zang (Qinghai-Tibet) Plateau. Beijing: Science Press, 36~43.
- Thompson J, Meffre S, Danyushevsky L. 2018. Impact of air, laser pulse width and fluence on U-Pb dating of zircons by LA-ICPMS. Journal of Analytical Atomic Spectrometry, 33: 221~230.
- Tian Naxin, Yin Jinyin, Tao Chongzhi, Kong Fanjun. 2017. Petroleum geology and resources assessment of major basins in Middle East and Central Asia. Oil & Gas Geology, 38(3): 582 ~593 (in Chinese with English abstract).
- Wang Chengshan, Yi Haisheng, Li Yong, et al. 2001. The geological evolution and prospective oil and gas assessment of the Qiangtang basin in northern Tibetan Plateau. Beijing: Geological Publishing House, 1~249 (in Chinese with English abstract).
- Wang Jian, Fu Xiugen, Shen Lijun, Tan Fuwen, Song Chunyan, Chen Wenbin. 2020. Prospect of the potential of oil and gas resources in Qiangtang basin, Xizang (Tibet). Geological Review, 66 (5): 1091 ~ 1113 (in Chinese with English abstract).
- Wang Jian, Ding Jun, Wang Chengshan, Tan Fuwen et al. 2009. Investigation andEvaluation of Oil and Gas Resources Strategic Selection in the Tibetan Plateau. Beijing: Geological Publishing House, 1~424 (in Chinese).
- Wang Jian, Fu Xiugen, Chen Wenxi, Tan Fuwen, Wang Zhengjiang, Chen Ming, Zhuo Jiewen. 2008. Chronology and geochemistry of the volcanic rocks in Woruo Mountain region, northern Qiangtang depression: Implications to the Late Triassic volcanic-sedimentary events. Science in China (D), 51 (2): 194~205.
- Wang Jian, Fu Xiugen, Du Andao, Wang Zhengjiang, Chen Wenxi. 2007. Organic geochemistry and Re-Os dating of marine oil shalein Shenglihearea, northern Tibet, China. Marine Origin Petroleum Geology, 12(3): 21~26 (in Chinese with English abstract).
- Wu Tao, Xiong Xingguo, Yi Chengxing, Bai Peirong, He Yongzhong, Liu Zhencai. 2010. Gypsolyte sedimentary environment of Upper Jurassic-Lower Cretaceous in Shenglihe area, northern Qiangtang basin. Xinjiang Petroleum Geology, 31(4): 376~378 (in Chinese with English abstract).
- Wu Zhenhan, Ji Changjun, Zhao Zhen, Chen Cheng. 2020. Buried depth evolution and hydrocarbon generation history of the Jurassic system in central Qiangtang Basin. Acta Geologica Sinica, 94 (10): 2823 \sim 2833 (in Chinese with English abstract).
- Yang Guifang, Teng Yuhong, Zhuo Shengguang, Lu Bin. 2003. Conditions for the formation of petroleum accumulations in the Shuanghu area, Qiangtang basin, northern Tibet. Geological Bulletin of China, 22(4): 285~289 (in Chinese with English abstract).
- Zeng Shengqiang, Wang Jian, Fu Xiugen, Feng Xinglei, Sun Wei. 2013. Hydrocarbon generation potential and sedimentary environment for the source rocks along the Changshe Mountain oil shale section in North Qiangtang Basin. Geology in China, 40(6): 1861~1870 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Guangtong, Li Junwu, Deng Xiang, Cao Zhanyuan. 2019. Geology characterization and hydrocarbon accumulation pattern of oil sand in Longeni of Qiangtang Basin. Special Oil & Gas

Reservoirs, 26(2): 40~44 (in Chinese with English abstract). Zhao Zhengzhang, Li Yongtie, Ye Rufei, Zhang Yuwen. 2001. Petroleum Geology of Qiangtang Basin in the Tibetan Plateau. Beijing: Science Press, 1~398 (in Chinese).

Zhu Tongxing, Zhang Zongliang, Zhang Huihua, Zhang Qiyue, Zhang Zhenggui, Fan Yingyan, Zhou Mingkui. 2010. Geological Survey Report of the Jiangaidarina Quadrangle at Scale 1 : 250000. Wuhan: China University of Geosciences Press, 12~125 (in Chinese).

参考文献

- 付修根,王剑,陈文彬,冯兴雷.2010. 羌塘盆地那底岗日组火山岩 地层时代及构造背景.成都理工大学学报(自然科学版),37 (6):605~615.
- 贺永忠,白培荣,2011. 藏北双湖胜利河晚侏罗世索瓦组油页岩及石 膏的沉积环境及意义.贵州地质,28(1):58~64.
- 李浩武,童晓光,王建君,温志新,张永新.2014. 波斯湾盆地 Arab 组一Hith 组成藏组合地质特征及油气成藏规律.新疆石油地 质,35(5):607~613.
- 李忠雄,何江林,熊兴国,吴涛,白培荣. 2010. 藏北羌塘盆地上侏 罗一下白垩统胜利河油页岩特征及其形成环境. 吉林大学学报 (地球科学版),40(2): 264~272.
- 宋春彦,王剑,付修根,陈文彬,谢尚克,何利.2018. 羌塘盆地东 部上三叠统巴贡组烃源岩特征及意义.东北石油大学学报,42 (5):104~114.
- 田纳新,殷进垠,陶崇智,孔凡军. 2017.东亚一中亚地区重点盆地油 气地质特征及资源评价.石油与天然气地质,38(3):582~593.

- 王成善,伊海生,李勇,等. 2001. 西藏羌塘盆地地质演化与油气远 景评价. 北京:地质出版社,1~249.
- 王剑,付修根,杜安道,汪正江,陈文西. 2007. 羌塘盆地胜利河海相油 页岩地球化学特征及 Re-Os 定年. 海相油气地质,12(3):21~26.
- 王剑,付修根,陈文西,谭富文,汪正江,陈明,卓皆文.2008.北羌 塘沃若山地区火山岩年代学及区域地球化学对比——对晚三叠 世火山-沉积事件的启示.中国科学(D辑),38(1):33~43.
- 王剑,丁俊,王成善,谭富文,等著. 2009. 青藏高原油气资源战略选 区调查与评价. 北京;地质出版社,1~424.
- 王剑,付修根,沈利军,谭富文,宋春彦,陈文彬. 2020. 论羌塘盆 地油气勘探前景. 地质论评,66(5):1091~1113.
- 吴滔,熊兴国,易成兴,白培荣,贺永忠,刘贞才. 2010. 北羌塘坳陷 胜利河组膏岩沉积环境. 新疆石油地质,31(4):376~378.
- 吴珍汉,季长军,赵珍,陈程. 2020. 羌塘盆地中部侏罗系埋藏史和 生烃史. 地质学报,94(10): 2823~2833.
- 杨桂芳,藤玉洪,卓光胜,鲁兵. 2003. 藏北羌塘盆地双湖地区油气 成藏条件. 地质通报,22(4):285~289.
- 曾胜强,王剑,付修根,冯兴雷,孙伟. 2013. 北羌塘盆地长蛇山油页 岩剖面烃源岩生烃潜力及沉积环境.中国地质,40(6):1861 ~1870.
- 赵光通,李俊武,邓翔,曹占元. 2019. 羌塘盆地隆鄂尼地区油砂矿 地质特征及成藏模式. 特种油气藏,26(2):40~44.
- 赵政璋,李永铁,叶如飞,张昱文. 2001. 青藏高原羌塘盆地石油地 质. 北京:科学出版社,1~398.
- 朱同兴,李宗亮,张惠华,张启跃,张正贵,范影年,周铭魁. 2010. 江 爱达日那幅1:25万区域地质调查报告. 武汉:中国地质大学 出版社,12~125.

Geological time of marine source rocks in the Woruoshan Mountain and its adjacent areas, northern Qiangtang depression

WU Zhenhan^{*1)}, ZHAO Zhen¹⁾, JI Changjun²⁾, CHEN Cheng²⁾

1) Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037; 2) Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing, 100081
 * Corresponding author: zhenhanwu@cags.ac.cn

Abstract

Marine oil-bearing mudstone and shale, including oil shale, dark mudstone, black shale, and marl, form main source rocks of high TOC in the Woruosha Mountain, Changsheshan, Shenglihe and Xichangliang areas, northern Qiangtang depression. Fossil assemblages of Bivalve fauna and brachiopods are discovered in the Xichangliang and Changsheshan oil shale. Bivalve fauna represented by Limea (Pseudolimea) cf. duplicata (J. de C. Sowerby, 1827), Integricardium (Integricardium) cf. bannesianum (Contejean, 1860), Radulopecten laminates (J. Sowerby, 1818), Pholadomya (Bucardiomya) lirata (J. Sowerby), and brachiopods assemblage of Holocothyris-Burmirhynchia in the Xichangliang oil shale indicate geological time from Lower Bathonian to Lower Jurassic, which belongs to Quemoco Formation. The Changsheshan oil shale contains bivalve fauna as Chlamys (Chlamys) textoria (Schlotheim), Radulopecten fibrosus (J. Sowerby), Cercomya (Capillimya) striata (Agassiz, 1843) and brachiopods represented by Burmirhynchia obessa Buckman, B. asiatica Buckman, B. hpalaiensis Buckman, which indicate geological time of the Bathonian-Callovian, and the strata belongs to Middle Jurassic Xiali Formation. U-Pb ages of zircons from the Nadigangrian volcanic rocks and sedimentary tuff are 218~215 Ma, indicating that geological time of the Xiaochaka Formation as well as its source rocks beneath the volcanic rocks and tuff is the Carnian of Late Triassic, and the dark violet clastic rocks of Woruoshan Formation overlying the volcanic rocks belongs to the Norian-Rhaetian of Upper Triassic in the Woruoshan Mountain and surrounding areas.

Key words: marine source rocks; fossil assemblage; U-Pb age; time of strata; Qiangtang basin