

文章编号: 1000-0550(2007) 04-0487-08

藏北羌塘盆地晚三叠世古风化壳地质地球化学特征及其意义

王 剑 付修根 陈文西 汪正江

(成都地质矿产研究所 成都 610082)

摘 要 对最近在藏北羌塘盆地菊花山、肖茶卡、石水河等地区新发现的肖茶卡组顶部的粘土质角砾岩的地质、地球化学特征研究表明: 其岩石矿物成分、结构构造、角砾层产状及剖面演化序列等与古风化壳的形成及其特征较为一致; 相对于基岩, 古风化壳的主量元素表现为 CaO 、 CO_2 的淋失和 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 K_2O 、 Na_2O 、 MnO 、 P_2O_5 等不同程度的相对富集; 古风化壳中的粘土质风化残积层的稀土元素具有明显的富集, 表现为 LREE 含量远大于 HREE 的特征, 存在明显的 Ce 的正异常以及 Eu 的负异常; 微量元素除 Mg 和 Sn 和 U 外, 粘土质风化残积层的其余元素含量均有明显的增加。这些特征从另一角度证实了羌塘盆地晚三叠世存在明显的沉积间断。

晚三叠世肖茶卡组顶部古风化壳的发现, 为了解区域地壳发展史、古气候、古地理演化、层序地层的划分与对比、羌塘含油气盆地分析等提供了重要的依据。

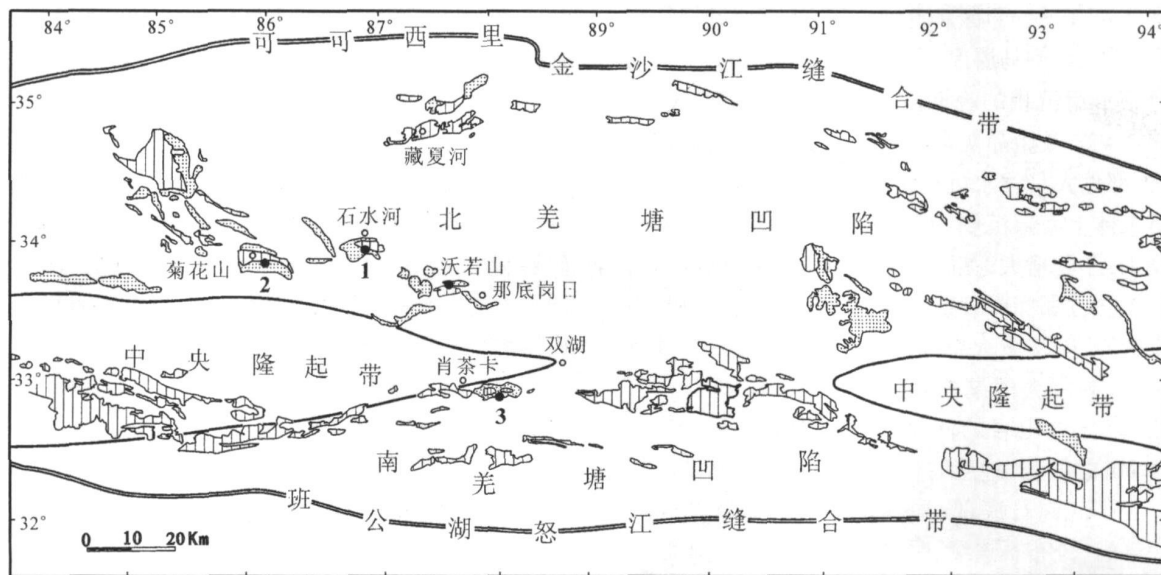
关键词 古风化壳 沉积间断 地球化学 羌塘盆地

第一作者简介 王 剑 男 1962 年出生 研究员 博士 石油地质学及大地构造学 E-mail cdfking@ cgs. gov. cn

中图分类号 P618.13 **文献标识码** A

藏北羌塘盆地位于特提斯构造域东段, 南北分别以可可西里—金沙江缝合带和班公湖—怒江缝合带为界, 由北羌塘凹陷(北羌塘次级盆地)、中央隆起带

和南羌塘凹陷(南羌塘次级盆地)三部分组成(图 1), 北羌塘盆地实际上是指由北羌塘凹陷构成的羌塘盆地的一个次级盆地^[1]。



1. 晚三叠世肖茶卡组(T_{3xc}) 2. 晚三叠世那底岗日组(T_{3nd}) 3. 风化壳剖面位置与编号

图 1 羌塘盆地晚三叠世肖茶卡组 (T_{3xc})—那底岗日组 (T_{3nd})露头分布及古风化壳剖面位置

Fig 1 Outcrop array of the Upper Triassic Xiaochaka Formation and Nadikangri Formation and location of main sections of paleoweathering crust in the Qiangtang Basin

最近,笔者等在羌塘盆地菊花山、石水河、肖茶卡、胜利河、沃若山、藏夏河等地区开展野外油气地质调查中,发现在晚三叠世肖茶卡组的顶部普遍存在一层数十厘米至 1 m 左右的褐—紫红色粘土质角砾岩,地层与岩石学研究表明,这套褐—紫红色粘土质角砾岩具古风化壳地质特征。付修根等^[2]对该套风化壳进行了报道,并简要地提出了相应地球化学特征。本文在上述研究的基础上,对古风化壳中的角砾、残积层及其基岩分别从矿物成分、主量元素、特征微量元素、稀土元素等进行了取样测试分析与研究,并与其下伏基岩进行对比。其结果表明,肖茶卡组顶部的粘土质角砾岩与常见的古风化壳的元素地球化学分布特征基本一致,从而从另一个角度证实了北羌塘盆地至中央隆起带,在晚三叠世中期存在明显的沉积间断与古风化壳的形成演化过程。

1 地质背景

晚三叠世中期—早侏罗世期间,是羌塘盆地北界金沙江洋关闭和南羌塘怒江洋打开的构造活动重要时期,也是羌塘盆地盆山演化的重要转折期^[3,4]。

晚三叠世肖茶卡组沉积的早、中期,北羌塘南部主要为含煤碎屑岩夹碳酸盐岩沉积,且向中央隆起带逐渐过渡为陆相沉积,中部以碳酸盐缓坡沉积为主,北部主要发育了一套深灰色细碎屑岩,以浊流相复理石沉积为主,具鲍马层序。

肖茶卡组沉积的晚期,主要发育了一套泥灰岩、生物碎屑灰岩及微晶灰岩,剖面上具向上变浅的演化序列,顶部见大量浅水沉积结构构造与暴露标志。肖茶卡组总体上南部沉积物粒度较粗,厚度较小,向西北部变细,厚度增大,在区内出露地层均未见底。

晚三叠世那底岗日期主要为陆相火山岩沉积,为一套凝灰岩、凝灰质火山碎屑岩、火山熔岩夹少量玄武岩组合,局部夹河湖相陆源碎屑岩。最新资料表明,那底岗日火山岩的同位素年龄为 $205 \pm 4 \text{ Ma}$ ~ $210 \pm 4 \text{ Ma}$ 之间,其地层时代归属应为晚三叠世诺利期^[5]。在那底岗日底部,局部发育了一套紫红色河流相底砾岩,分布不连续,呈楔状地层产出,底砾岩砾石成分复杂,以火山岩碎屑及下伏基底肖茶卡组生物灰岩碎屑为主。

那底岗日组陆相火山岩及其底部的冲洪积相底砾岩与下伏肖茶卡组海相碳酸盐岩之间为角度不整合接触关系,本文研究的风化壳即出露在肖茶卡组顶部的不整合面之上。

2 古风化壳的地质特征

宏观上,古风化壳野外露头具明显的正地形特征,但风化面往往又不受地貌的制约,常常见风化面分布于同一正地形的一侧,而另一侧则不发育;也不受地层产状的控制,风化面往往与岩层层面斜交。如菊花山剖面,古风化面产状为 $15^\circ \angle 28^\circ$,地层产状为 $135^\circ \angle 56^\circ$;肖茶卡剖面,古风化面产状为 $285^\circ \angle 55^\circ$,地层产状为 $175^\circ \angle 29^\circ$ 。一般而言,现代喀斯特风化壳往往与地貌有关,通常与地貌一致或平行,而层间溶蚀面应与岩层产状平行或相近。因此,这些特征反映了研究区的风化壳可能为古风化壳。区域上,同层位的这种古风化壳发育在整个北羌塘盆地与邻近中央隆起带的南羌塘北侧,以石水河、菊花山、肖茶卡等地出露最好(图 1 图版 -1, 2)。

剖面露头上,岩溶角砾状构造及皮壳状构造发育(图版 -1, 2),风化壳表面凸凹不平,见溶沟或溶槽,风化后多呈褐—紫红色,部分为土红色。古风化壳厚度一般为数十厘米至 1 m 不等,褐色风化壳下部为溶蚀角砾层,该层厚为 3~40 cm,角砾成分十分单一,几乎均为肖茶卡组灰岩,砾径 0.1~4 cm,个别可达 10~20 cm,角砾无分选,角砾间为钙质胶结,具明显的溶蚀特征。角砾层之下为肖茶卡组基岩,与风化壳层呈渐变过渡关系,但与古风化壳之间在颜色、岩性、结构、致密程度上,均具有较为明显的差异。

岩石显微结构观察表明,古风化壳中次生矿物具淋滤作用形成的钙质胶结物多次沉淀形成的玛瑙状结构和皮壳状结构,铁质沉淀物常沿方解石缝隙充填。岩屑成分除灰岩岩屑外,还见有较多的铁泥质粉砂岩、硅质岩、石英岩以及少量的自生石英。风化壳即由上述破碎的岩屑堆积而成,压实作用明显,粉砂岩屑常呈不规则条带与长条状灰岩岩屑不均匀相间,具一定的定向排列。

3 地球化学特征

3.1 矿物成分与⁸⁷Sr/⁸⁶Sr分析

古风化壳与基岩矿物成分对比分析发现,古风化壳中的粉砂岩屑含量明显高于基岩,个别样品中粉砂岩屑含量高达 72.3%左右,这与下伏的基岩(弱风化的肖茶卡组泥晶灰岩,砂屑含量小于 5%)存在较大的差异。这种差异可能是由两方面的原因造成的,一方面可能与风化残留有关,另一方面,也可能与风化暴露期间地表径流带来的陆源碎屑物质有关。

表 1 藏北羌塘盆地古风化壳与基岩化学全量分析结果对比 (%)

Table 1 Chemical composition of the paleo-weathering crust and bedrocks in the Qiangtang Basin, northern Tibet (%)

采集地	样品名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	烧失量
石水河	风化壳	6.61	2.80	0.78	0.20	48.70	0.79	0.63	0.076	0.065	0.031	0.12	39.12
	基岩	3.51	0.38	0.27	0.26	52.05	0.88	0.064	0.040	0.0072	0.028	0.080	42.00
肖茶卡	风化壳	5.74	2.13	0.81	0.17	48.74	1.12	0.51	0.10	0.072	0.021	0.16	39.85
	基岩	0.05	0.09	0.04	0.068	55.60	0.31	0.007	0.009	0.0013	0.0034	0.084	43.62
菊花山	风化壳	20.01	2.65	1.21	0.17	40.79	0.81	0.54	0.15	0.089	0.030	0.12	33.18
	基岩	0.25	0.14	0.02	0.04	55.79	0.31	0.040	0.007	0.004	0.012	0.077	43.17

注: 样品由成都地质矿产研究所分析测试中心测定

对各风化壳剖面的 Sr 同位素分析结果表明, 风化壳层的 ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 值分别为 0.70956 (石水河)、0.71034 (菊花山)、0.71292 (肖茶卡), 均高于对应剖面中基岩的 ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 值 (分别对应为 0.70848、0.70735、0.70869)。Rb 和 Sr 都是典型的分散元素, 在地表岩石和沉积物中 Rb 主要分散在含 K 的矿物中, 如白云母、黑云母和钾长石; 而 Sr 主要分散在含 Ca 的矿物中, 如斜长石、角闪石、辉石、碳酸盐。在风化淋滤过程中, 黑云母最不稳定, 其次为斜长石、钾长石, 而石英则相对稳定。因此, 对正常风化岩层而言, 风化残积物常常表现为具有更低的 ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 值。但事实上, 本文所测的石水河、菊花山和肖茶卡风化残积物中均具有更高的 ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 值, 表明这些风化残积物中可能有其他物质的混染, 很可能是风化暴露

期间地表径流带来的壳源碎屑物质, 风化壳中大量石英、陆源碎屑物的检出 (镜下鉴定) 证实了这一推测。

因此, Sr 同位素分析结果从另一个角度证实了肖茶卡组沉积期末有过沉积间断、暴露剥蚀, 以及风化壳的形成过程。

3.2 主量元素演化特征

表 1 给出了羌塘盆地各剖面部分样品的全分析结果。从表中可以看出, 与基岩相比, 碳酸盐岩风化形成过程中, 主要表现为 CaO、CO₂ 的淋失和 SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃、K₂O、Na₂O、MnO、P₂O₅ 等不同程度的相对富集。对于不同的剖面, SiO₂ 的富集程度存在一定的差异, 在菊花山剖面, 采集的风化壳主要为红色风化表层, 表现为 SiO₂ 的高度富集 (20.01%); 在石水河剖面和肖茶卡剖面, 采集的样品主要为风化角砾层,

表 2 藏北羌塘盆地各古风化壳剖面稀土元素分析结果 (μg/g)

Table 2 REE contents (μg/g) in the paleo-weathering crust from the Qiangtang Basin, northern Tibet

样品	SSH7	SSH7-2	SSH7-1	JHS9	JHS9-1	JHS9-2	JHS12-1	XCK19-3	XCK19-4	XCK19-5
La	2.89	2.17	0.76	0.34	0.87	2.77	4.93	0.63	2.50	0.16
Ce	5.93	4.49	1.38	0.63	1.46	5.37	9.97	1.34	5.26	0.30
Pr	0.64	0.49	0.17	0.07	0.21	0.60	1.07	0.14	0.54	< 0.05
Nd	2.45	1.97	0.67	0.28	0.87	2.33	4.09	0.51	2.04	0.13
Sm	0.51	0.46	0.16	< 0.05	0.19	0.47	0.80	0.09	0.40	< 0.05
Eu	0.10	0.10	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.09	0.16	< 0.05	0.07	< 0.05
Gd	0.56	0.54	0.20	< 0.05	0.21	0.46	0.82	0.09	0.37	< 0.05
Tb	0.08	0.08	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.07	0.11	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Dy	0.46	0.46	0.20	< 0.05	0.20	0.39	0.68	0.05	0.31	< 0.05
Ho	0.09	0.09	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.08	0.13	< 0.05	0.06	< 0.05
Er	0.28	0.28	0.14	< 0.05	0.12	0.24	0.41	0.06	0.19	< 0.05
Tm	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.06	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Yb	0.26	0.27	0.13	< 0.05	0.11	0.23	0.40	< 0.05	0.17	< 0.05
Lu	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.06	< 0.05	< 0.05	< 0.05
ΣREE	14.25	11.4	3.81	1.32	4.24	13.1	23.69	2.95	11.91	0.59
LREE/HREE	7.24	5.63	4.69	> 3.3	5.63	7.91	7.87	11.29	10.74	> 1.475
δCe	3.36	3.38	2.97	3.07	2.7	3.19	3.32	3.48	3.46	3.75
δEu	0.19	0.20	< 0.28	< 0.25	0.19	0.20	< 0.56	0.18		

注: 样品由国家地质测试中心测定, 表中 SSH 为石水河剖面, JHS 为菊花山剖面, XCK 为肖茶卡剖面; 表中 SSH7-1、JHS9 和 XCK19-5 为基岩, 其余样品为风化壳

虽然均表现为一定程度的 SiO_2 富集, 但其含量远小于菊花山剖面风化壳中 SiO_2 的含量 (表 1)。代表氧化环境的 Fe_2O_3 在风化壳中的含量大幅增加, 表明风化壳形成时处于暴露氧化条件, 而易溶性元素 Ca 的被淋失说明当时气候温暖潮湿, 利于元素的淋失和富集; Al_2O_3 、 SiO_2 等难溶成分的含量有很大幅度的增加, 可能与暴露期间地表径流带来的陆源碎屑有关, 而 K_2O 、 Na_2O 等易溶成分的富集可能也与外来物质的带入有关, 但这些外来物质是暴露期间带来的还是在再沉积期间形成的, 有待进一步研究; 风化壳中 P 元素的高度富集在一定程度上表征了生物活动的影响。

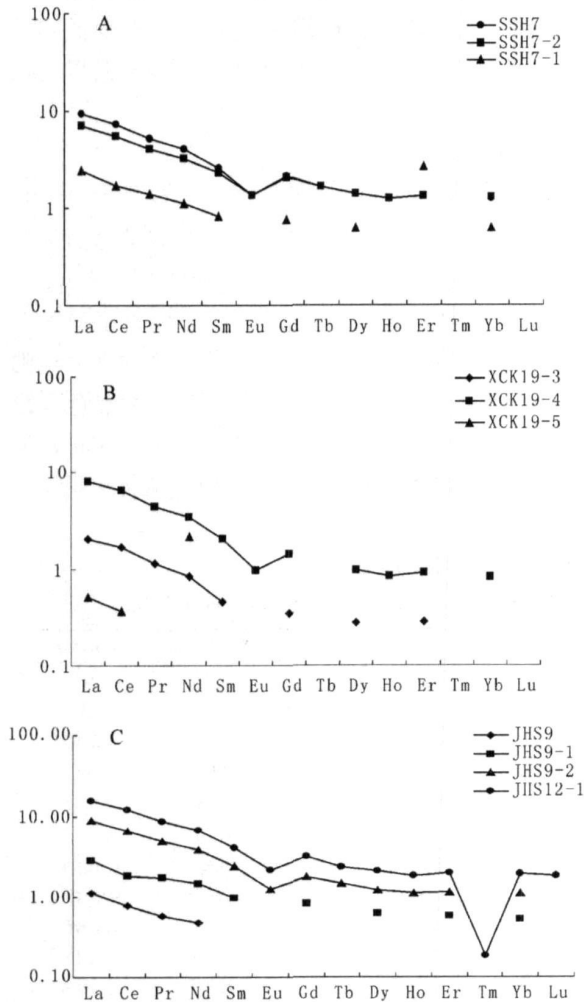


图 2 稀土元素配分模式图

(A: 石水河剖面; B: 肖茶卡剖面; C: 菊花山剖面)

Fig 2 REE distribution patterns for the paleo-weathering sections in the Qiangtang Basin, northern Tibet

(A Shishuihe section; B Xiaochaka section; C Juhuaishan section)

3.3 稀土元素演化特征

表 2 给出了部分样品稀土元素含量和特征值, 从

表中可以看出, 基岩稀土总量较低, 肖茶卡剖面仅为 $0.59 \mu g/g$, 石水河剖面最高, 也仅为 $3.81 \mu g/g$, 遭受风化作用后, 稀土元素总量均有不同程度的增加, 最高可为基岩的 20.19 倍 (肖茶卡剖面)。在同一剖面中, 稀土元素的富集程度也存在一定的差异, 常表现为风化表土层具有更高的稀土元素总量 (如石水河剖面中的 SSH7, 菊花山剖面的 JHS12-1 和肖茶卡剖面的 XCK19-4), 风化角砾层其次 (如石水河剖面中的 SSH7-2, 菊花山剖面的 JHS9-1 和肖茶卡剖面的 XCK19-3), 基岩稀土元素总量最低。这可能是长期遭受风化淋溶的结果, 部分被淋滤的 REE 在风化表土层中淀积或被吸附, 形成了风化表土层中 REE 的富集, 而风化角砾层虽然也表现为一定的 REE 的富集, 但部分角砾保存了基岩的稀土元素特征, 因此, 其稀土元素总量介于二者之间。

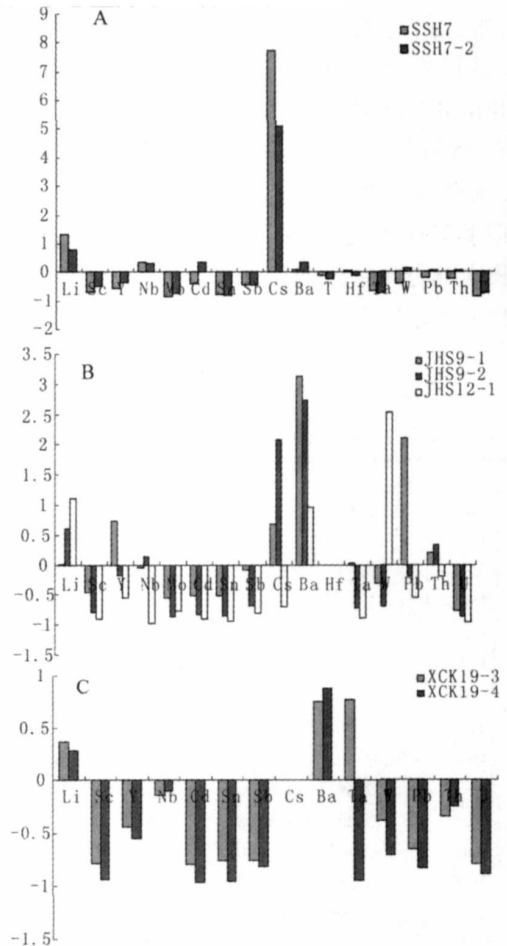


图 3 各剖面古风化壳质量迁移系数

(A 石水河; B 菊花山; C 肖茶卡)

Fig 3 Mass transfer coefficients for the paleo-weathering crust in the Qiangtang Basin, northern Tibet

(A Shishuihe section; B Juhuaishan section; C Xiaochaka section)

基岩稀土配分模式和其它地区碳酸盐岩基本一致, LREE明显富集, 在石水河剖面中 LREE/HREE 值为 4.69, Ce具明显的正异常, 各剖面中 δCe 值分别为 2.97(石水河)、3.07(菊花山)和 3.75(肖茶卡); Eu异常明显, 这与晚三叠世羌塘地区大部分水体较浅, 处于氧化的环境有关。与基岩相比, 风化残积层稀土元素具有明显的富集, 部分剖面(包括菊花山和石水河剖面)中 Ce的正异常也更为明显, 可能是由于 Ce^{3+} 在风化环境中氧化为 Ce^{4+} 而与其它稀土元素分异所致。总体上看, 上述三个风化壳剖面稀土元素的分布特征和配分模式, 均明显地继承了原岩的特点; 风化过程中产生的一些分异, 也完全遵循一般风化壳稀土地球化学的各种特征^[6,7]。

3.4 微量元素演化特征

表 3 给出了风化壳剖面主要微量元素的分析结果。与基岩相比, 除 Mo、Sn 和 U 外, 风化壳中其余元素含量均有明显的增加, 说明风化作用早期主要是方解石的溶失和其他矿物的残余富集。在同一风化剖面中, 随着风化作用的加强, 各元素的含量存在一定的差异, 在菊花山剖面, 除 Pb 外, 总体上表现为各元素含量的增加; 在石水河剖面, 表现为 Li、Sr、Zr、Nb

Sr、Cs、Ba、Ti、Hf、Ta、Pb 和 Th 含量的逐渐增加, 而 Y、Cd、W 和 U 则逐渐降低; 在肖茶卡剖面, 表现为 Li、Sr、Zr、Nb、Sr、Cs、Ba、Ti、Hf、W、Pb、Th 和 U 含量的逐渐增加, 而 Cd 则逐渐降低。反映了它们各自相对活动和相对惰性的特点。

图 3 是各主要微量元素以不活动性元素 Zr 作为参比元素的质量迁移系数。考虑到分析测试误差和原岩并非绝对均匀的特点, 一般认为质量迁移系数 (T_i) 小于 10% 的元素均可被看作风化过程中没有发生迁移和富集^[8]。从这个角度看, T 和 Hf 在风化过程中基本没有带出、带进, 其质量迁移系数在各风化剖面中几乎小于 10%。被明显淋失的元素包括 Sr、Y、Mo、Cd、Sn、Sh、Ta、U, 不同剖面中, 这些元素被淋失的程度存在一定的差异, 在石水河剖面, Mo、Sn、Ta、U 等元素的 T_i 值大于 60%, 而其他元素 T_i 值相对较小; 在菊花山剖面, Sr、Mo、Cd、Sn、U 等元素的 T_i 值大多大于 60%, 具有较高的淋失程度; 在肖茶卡剖面, Sr、Cd、Sn、Sh、Ta、U 等元素的淋失程度相对较高。明显富集的元素包括 Li、Cs 和 Ba、Li 在石水河剖面中富集程度较为明显, 在该剖面中, T_i 值最大超过 100%; Cs 在石水河剖面以及肖茶卡剖面中均表现为

表 3 各古风化壳剖面部分样品微量元素含量 ($\mu g/g$)

Table 3 Concentrations of trace elements in the paleo-weathering crust from the Qiangtang Basin, northern Tibet ($\mu g/g$)

样品	SSH7	SSH7-2	SSH7-1	JHS9	JHS9-1	JHS9-2	JHS12-1	XCK19-3	XCK19-4	XCK19-5
Li	8.14	4.75	1.02	0.53	1.32	7.72	14.7	2.47	8.09	0.36
Sr	3.52	4.20	3.08	2.19	2.89	4.22	4.84	2.93	3.34	2.65
Y	3.28	3.78	2.23	0.38	1.61	2.87	4.38	0.68	1.91	0.24
Zr	13.3	10.0	3.87	1.22	2.96	10.9	29.3	3.22	11.3	0.64
Nb	0.94	0.67	0.20	0.09	0.21	0.94	1.64	0.26	0.95	0.06
Mo	0.27	0.38	0.53	0.19	0.21	0.22	1.04	0.22	0.15	<0.05
Cd	0.17	0.27	0.08	0.11	0.13	0.17	0.27	0.29	0.22	0.28
In	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Sn	2.00	1.47	2.66	1.82	2.13	2.69	2.74	2.01	1.54	1.61
Sb	0.48	0.38	0.26	0.14	0.31	0.41	6.33	0.89	1.14	0.35
Cs	3.75	2.06	0.13	0.08	0.33	2.25	3.38	1.05	3.91	<0.05
Ba	180	166	48.4	1.97	19.8	67.0	96.5	20.9	78.3	2.37
$T_i(\%)$	0.03	0.02	0.01	<0.01	0.01	0.03	0.06	0.01	0.04	<0.01
Hf	0.40	0.25	0.11	<0.05	0.10	0.29	0.80	0.10	0.31	<0.05
Ta	0.33	0.20	0.28	0.10	0.25	0.26	0.31	0.17	0.17	0.15
W	0.51	0.74	0.25	0.16	0.27	0.44	14.1	0.59	0.98	0.19
Pb	4.17	3.77	1.52	0.52	3.94	3.84	5.81	3.33	5.57	1.91
Th	1.37	0.86	0.32	0.10	0.29	1.20	2.02	0.30	1.18	0.09
U	0.83	1.17	1.73	1.06	0.56	1.26	1.41	0.30	0.61	0.29

注: 样品由国家地质测试中心测定, 表中 SSH 为石水河剖面, JHS 为菊花山剖面, XCK 为肖茶卡剖面; 表中 SSH7-1、JHS9 和 XCK19-5 为基岩, 其余样品为风化壳

较高程度的富集,这两个剖面中 τ 值均超过 100%; Ba 在菊花山剖面中的富集程度最为明显,在该剖面中, τ 值最大为 3.12。另外,对于其他元素,包括 Nb、Pb 和 Th, 富集与淋失的规律则不那么明显,在石水河剖面, Nb 表现为轻度富集,而在肖茶卡剖面则表现为轻度的淋失; Pb 在肖茶卡剖面中表现为较高程度的淋失,而在石水河剖面中并没有明显的带入与带出; Th 的变化无规律性,但总体上看, Th 在各剖面中的带入和带出均较弱。

以上分析表明,各剖面主要元素地球化学行为和演化特征与一般风化壳基本一致。

4 讨论

4.1 古风化壳的形成时代

岩相古地理研究表明,晚三叠世中晚期,北美塘盆地海平面下降,大部分地区开始隆升成陆^[9]。晚三叠世肖茶卡组与那底岗日组之间存在明显的沉积间断,其沉积间断时间约 2 Ma,为肖茶卡组顶部风化壳的发育提供了充裕的时间。受当时古地中海海洋性气候的影响,晚三叠世的羌塘地区属于温暖潮湿的热带—亚热带气候^[10],这样的气候环境有利于暴露区风化壳的形成。

在肖茶卡组地层中,大量的孢粉化石^[10]、双壳化石以及腕足化石资料表明,这套地层形成时代为晚三叠世无疑;而超覆在肖茶卡组之上的那底岗日火山岩最近获得了新的定年数据,取自北美塘盆地的两个那底岗日组晶屑凝灰岩及一个流纹质英安岩样品的 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年结果分别为 205 ± 4 Ma、 208 ± 4 Ma 和 210 ± 4 Ma^[5],根据新的国际地层划分方案,其地层时代归属应为晚三叠世中期(诺利期, T_3nd),而不是早侏罗世 (“ J_1nd ”) ^[11-14]。因此,肖茶卡组顶部古风化壳的形成应该发生在晚三叠世,大致在晚三叠世中期末以前。

4.2 古风化壳发现的地质意义

羌塘盆地地处复杂的特提斯构造域东段,长期以来,对于盆地的性质存在较大的争议,但对于盆地演化阶段的划分却没有太大的歧义,一般认为,晚二叠世以来的羌塘盆地存在三个阶段性盆地,即晚二叠

世—中三叠世 (P_3-T_2) 盆地、晚三叠世盆地 (T_3) 盆地和侏罗纪盆地^[4]。在这些划分中,常把晚三叠世作为一个独立的整体,羌塘侏罗纪盆地是在晚三叠世盆地基础上发育起来的复合盆地^[1]。事实上,晚三叠世末,由于全球海平面的下降以及区域性构造作用的影响,北美塘大部分地区已经隆升成陆,并接受风化和剥蚀,从而形成了肖茶卡组顶部广泛发育的风化壳。从所测的那底岗日组火山岩年龄以及下伏地层的生物组合来看,北美塘盆地风化暴露的时间应该在晚三叠世诺利期,显然,诺利期—瑞替期的北美塘盆地与卡尼期相比,在盆地性质上存在显著的差异。因此,从盆地演化角度分析,北美塘盆地的诺利期—瑞替期沉积应该属于上构造层,而与卡尼期构造层相区别。

近年来,阴家润等^[15]在青藏高原的聂拉木县发现了特提斯地区唯一未曾“压缩”的三叠系侏罗系剖面,具有瑞替阶 *Marshi* 菊石带、赫塘阶 *Tibeticum*、*Calypillum* 和 *Pleuro-notum* 菊石带。连续的海相三叠系侏罗系地层剖面不仅在藏南有一定的分布,在藏北的南羌塘盆地也能见到。而晚三叠世诺利期,北美塘盆地大部分地区已经隆升成陆,并接受风化和剥蚀,显然,在岩相古地理上,诺利期的北美塘盆地与南羌塘盆地以及藏南地区存在显著的差异。北美塘盆地大面积出露的古风化壳表明,晚三叠世的羌塘地区属于温暖潮湿的热带—亚热带气候;风化残积物中 Fe_2O_3 的富集以及 Ce 具明显的正异常特征显示,晚三叠世的北美塘盆地大部分地区处于氧化环境。

藏北北美塘盆地古风化壳的发现,对于青藏地区油气资源评价也具有重要意义。羌塘中生代海相盆地存在多套生储盖组合,油气资源潜力巨大,是油气勘探的有利区块^[1,16,17]。然而,长期以来的研究表明,该盆地中储集层大多具有低孔低渗的特征,储集性能较差,发育于晚三叠世肖茶卡组之上古风化壳的发现,无疑为该地区油气资源勘探提供了新的思路。

参考文献 (References)

- 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. 北京:地质出版社, 2004. 6-198 [Wang Jian, Tan Fuwen, Li Ya-

成都环境地质与资源开发研究所. 羌塘盆地西区综合地质工程 (QT96YZ-01). 中国石油天然气总公司勘探局青藏项目经理部, 1996
中国地质调查局成都地质矿产研究所. 中华人民共和国区域地质调查报告 (1: 25万江爱达日那幅). 北京:中国地质调查局, 2005
中国地质调查局成都地质矿产研究所. 中华人民共和国区域地质调查报告 (1: 25万黑虎岭幅). 北京:中国地质调查局, 2005
贵州地质调查院. 中华人民共和国区域地质调查报告 (1: 25万丁固幅). 北京:中国地质调查局, 2005
吉林地质调查院. 中华人民共和国区域地质调查报告 (1: 25万昂达尔错幅). 北京:中国地质调查局, 2005

- lin, *et al*. The Potential of Oil and Gas Resources in Major Sedimentary Basins on the Qinghai-Xizang Plateau. Beijing Geological Publishing House, 2004. 6-198]
- 2 付修根, 王剑, 汪正江, 等. 藏北羌塘盆地上三叠统那底岗日组与下伏地层沉积间断的确立及意义. 地质论评, 2007, 53(3): 待刊 [Fu Xiugen, Wang Jian, Wang Zhengjiang, *et al*. Identification of sedimentary gap between the Late Triassic Nadi Kangri Formation and its underlying strata in the Qiangtang Basin, northern Tibet and its geological significance. Geological Review, 2007, 53(3): in press].
 - 3 高春文, 贾庆军, 魏春光. 羌塘盆地晚三叠世原型盆地性质探讨. 地质论评, 2006, 52(2): 198-206 [Gao Chunwen, Jia Qingjun, Wei Chunguang. Study on the nature of late Triassic prototype basin of Qiangtang Basin. Geological Review, 2006, 52(2): 198-206]
 - 4 王剑, 谭富文, 王小龙, 等. 藏北羌塘盆地早侏罗世—中侏罗世早期沉积构造特征. 沉积学报, 2004, 22(2): 198-205 [Wang Jian, Tan Fuwen, Wang Xiaolong, *et al*. The sedimentary and tectonic characteristics of Qiangtang Basin in the early Jurassic in northern Xizang (Tibet). Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22(2): 198-205]
 - 5 王剑, 汪正江, 陈文西, 等. 藏北羌塘盆地那底岗日火山岩时代归属新发现. 地质通报, 2007, 26(4): 待刊 [Wang Jian, Wang Zhengjiang, Chen Wenxi, *et al*. New finding on the age of volcanic rock of the Nadi Kangri Formation in the northern part of the Qiangtang Basin, northern Tibet. Geological Bulletin of China, 2007, 26(4): in press]
 - 6 Braun J.J., Pagel M., Muller J.J. Cerium anomalies in lateritic profiles. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1990, 54: 781-789
 - 7 Prudencio M. I., Braga M. A. S., Gouveia M. A. REE mobilization, fractionation and precipitation during weathering of basalts. *Chemical Geology*, 1993, 107: 251-254
 - 8 Nieuwenhuysse A., Breemen N. V. Quantitative aspects of weathering and neof ormation in selected Costa Rican volcanic soils. *Soil Science Society of American Journal*, 1997, 61: 1450-1458
 - 9 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图册. 北京: 地质出版社, 2004. 12 [Wang Jian, Tan Fuwen, Li Yalin, *et al*. The Potential Album of the Oil and Gas Resources in Major Sedimentary Basins on the Qinghai-Xizang Plateau. Beijing Geological Publishing House, 2004. 12]
 - 10 沙金庚, 王启飞, 卢辉栏. 羌塘盆地微体古生物. 北京: 科学出版社, 2005. 77 [Sha Jingen, Wang Qifei, Lu Hui lan. Micropaleontology in the Qiangtang Basin. Beijing Science Press, 2005. 77].
 - 11 王成善, 伊海生, 李勇, 等. 羌塘盆地地质演化与油气远景评价. 北京: 地质出版社, 2001. 184-215 [Wang Chengshan, Yi Haisheng, Li Yong, *et al*. Geological Evolution and Oil-gas Prospect Evaluation in the Qiangtang Basin. Beijing Geological Publishing House, 2001. 184-215]
 - 12 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. 北京: 科学出版社, 2001. 412-420 [Zhao Zhengzhang, Li Yongtie, Ye Hefei, *et al*. Tectonic Features and Evolution of the Basin in the Qinghai-Tibet Plateau. Beijing Science Press, 2001. 412-420]
 - 13 李勇, 王成善, 伊海生. 中生代羌塘前陆盆地充填序列及演化过程. 地层学杂志, 2002, 26(1): 62-68 [Li Yong, Wang Chengshan, Yi Haisheng. Filled sequence and evolution of the Mesozoic Qiangtang composite foreland basin in the Qinghai-Tibet plateau. *Journal of Stratigraphy*, 2002, 26(1): 62-68]
 - 14 李勇, 王成善, 伊海生. 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, 2003, 21(2): 191-197 [Li Yong, Wang Chengshan, Yi Haisheng. The late Triassic collision and sedimentary responses at western segment of Jinshajiang suture, Tibet. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2003, 21(2): 191-197]
 - 15 阴家润, 蔡华伟, 周志广, 等. 西藏海相三叠系—侏罗系界线及晚三叠世生物绝灭事件研究. 地学前缘, 2006, 13(4): 244-254 [Yin Jianrun, Cai Huawei, Zhou Zhiguang, *et al*. Study of marine Triassic/Jurassic boundary stratigraphy and the latest Triassic mass extinction in Tibet. *Earth Science Frontiers*, 2006, 13(4): 244-254]
 - 16 秦建中. 青藏高原羌塘盆地中生界主要烃源层分布特征. 石油实验地质, 2006, 28(2): 134-140 [Qin Jianzhong. Distributions of the main Mesozoic hydrocarbon source rocks in the Qiangtang Basin of the Qinghai-Tibet plateau. *Petroleum Geology & Experiment*, 2006, 28(2): 134-140]
 - 17 丁文龙, 苏艾国, 李伟. 西藏羌塘盆地中生代海相地层含油气系统及勘探方向. 天然气工业, 2003, 23(1): 13-17 [Ding Wenlong, Su Aiguo, Li Wei. Petroleum systems and exploration trend of Mesozoic marine strata in the Qiangtang Basin of Tibet autonomous region. *Natural Gas Industry*, 2003, 23(1): 13-17]

The Late Triassic Paleo-weathering Crust in the Qiangtang Basin Northern Tibet geology geochemistry and significance

WANG Jian FU Xi-gen CHEN Wen-xi WANG Zheng-jiang

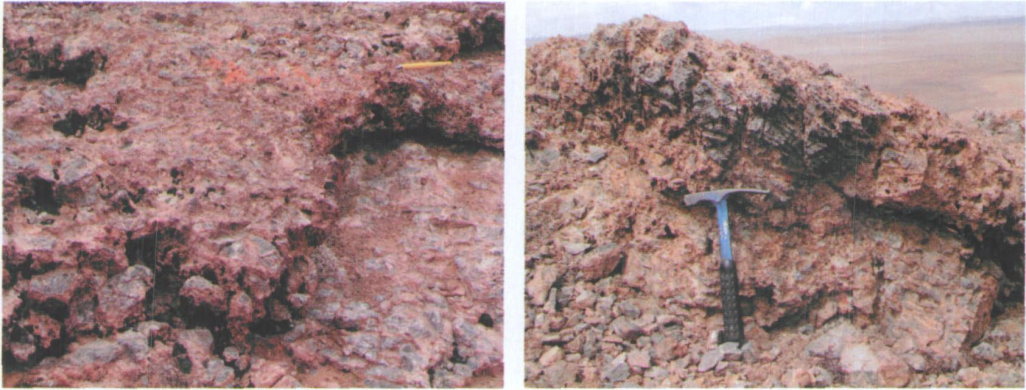
(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082)

Abstract Recent developments in the research on the geology and geochemistry of the newly-discovered clayey breccias at the top of the Xiaochaka Formation in the Juhashan, Xiaochaka and Shishuhe areas, Qiangtang Basin, northern Tibet have disclosed that mineral compositions, textures and structures, occurrences and sectional architectures of the clayey breccias agree well with those of the paleo-weathering crust in these areas. Compared with the bedrocks

the paleo-weathering crust is characterized by the leaching out of CaO and CO_2 , and relative enrichment of SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , Na_2O , MnO and P_2O_5 . The clayey weathered residues in the paleo-weathering crust are characterized by marked enrichment of REEs, much higher contents of LREEs than those of HREEs, markedly positive Ce anomalies and negative Eu anomalies, and a noticeable increase in other element contents besides Mo, Sn and U from the clayey weathered residues. The characteristics cited above have documented that there was a sharp depositional hiatus in the Qiangtang Basin during the Late Triassic.

The discovery of the paleo-weathering crust at the top of the Upper Triassic Xiaochaka Formation has provided important evidence for the understanding of regional history of crustal, paleoclimatic and paleogeographic evolution, sequence stratigraphic division and correlation and Qiangtang petroliferous basin analysis.

Key words paleo-weathering crust; depositional hiatus; geochemistry; Qiangtang Basin



图版 说明: 1 菊花山地区肖茶卡组顶部发育的古风化壳; 2 肖茶卡地区肖茶卡组顶部发育的古风化壳