

文章编号: 1009-3850(2004)02-0030-05

青海西金乌兰还东河中二叠世埃达克岩的发现及其意义

朱迎堂¹, 伊海生¹, 王强², 杨延兴³, 郭通珍³, 彭伟³

(1. 成都理工大学 沉积地质研究所, 四川 成都 610059; 2. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640; 3. 青海省地质调查院, 青海 西宁 810012)

摘要: 在西金乌兰-金沙江缝合带西段还东河发现了中二叠世埃达克岩, 其岩石类型主要为闪长岩。还东河埃达克岩与I类埃达克岩化学成分相近, 可能是俯冲洋壳熔融形成的产物。还东河埃达克岩的大地构造位置相当于西金乌兰-金沙江缝合带西段西金乌兰段, 进一步证明了西金乌兰大洋板片向南俯冲消减的重要事实。埃达克岩常与金、银、铜、钼等热液和斑岩矿床密切共生, 西金乌兰-金沙江缝合带东段具有丰富的铜、金等矿产资源, 这一发现对在该带西段寻找该类矿产提供了一定的理论依据。

关键词: 中二叠世; 埃达克岩; 西金乌兰; 青海

中图分类号: P588.14

文献标识码: A

1 引言

埃达克岩(adakite)以美国阿留申群岛的埃达克岛(Adak Island)新生代中酸性火山岩而命名, 它形成于火山弧环境, 由俯冲的年轻($\leq 25\text{Ma}$)洋壳熔融而成^[1]。其岩石类型为中酸性钙碱性岩石, 缺失基性端员, 岩石为安山岩、英安岩、钠质流纹岩及相应的侵入岩; 主要矿物组合为斜长石+角闪石±黑云母±辉石±不透明矿物; $w(\text{SiO}_2) \geq 56 \times 10^{-2}$, $w(\text{Al}_2\text{O}_3) \geq 15 \times 10^{-2}$, $w(\text{MgO}) < 3 \times 10^{-2}$ (很少大于 6×10^{-2}); 与正常的岛弧安山岩-英安岩-流纹岩相比, 低重稀土元素和Y(如 $Y \leq 18 \times 10^{-6}$, $Yb \leq 1.9 \times 10^{-6}$), 高Sr(大多数大于 400×10^{-6}), 但高场强元素(HFSEs)含量相似^[2]。埃达克岩是地球化学分类, 没有特征的岩石学和/或矿物学标志, 基性源岩出现石榴子石残留是形成埃达克岩地球化学特点的首要前提^[2~14]。

埃达克岩的成因类型主要有两种: 一是俯冲环境中大洋板片的熔融, 形成I类埃达克岩; 二是加厚的地壳环境中下地壳的熔融, 形成II类埃达克岩^[6~10, 15, 16]。另外, 埃达克岩与铜、金成矿等关系极为密切^[2]。因此对埃达克岩的研究不仅对地球动力学过程、壳幔相互作用、大陆地壳的生长与演化等具有一定的意义, 而且对铜金等矿产的普查勘探具有重要的现实意义。

2 地质及岩石学特征

过去十年来在埃达克岩的研究方面取得了许多重要进展, 然而在青藏高原埃达克岩的研究才刚刚起步。2000—2002年笔者等进行1:25万可可西里湖区域地质调查时, 在相当于西金乌兰-金沙江缝合带的西金乌兰段还东河发现了中二叠世埃达克岩(图1), 其岩石类型为闪长岩、及二长闪长岩, 但没有发现安山岩、英安岩、钠质流纹岩, 并对闪长岩进

收稿日期: 2004-04-12

第一作者简介: 朱迎堂, 1964年生, 高级工程师, 博士生, 从事区域地质及矿产调查工作。

资助项目: 中国地质调查局“1:25万《可可西里湖幅》(146C001001)地质调查成果”(2000130009211)

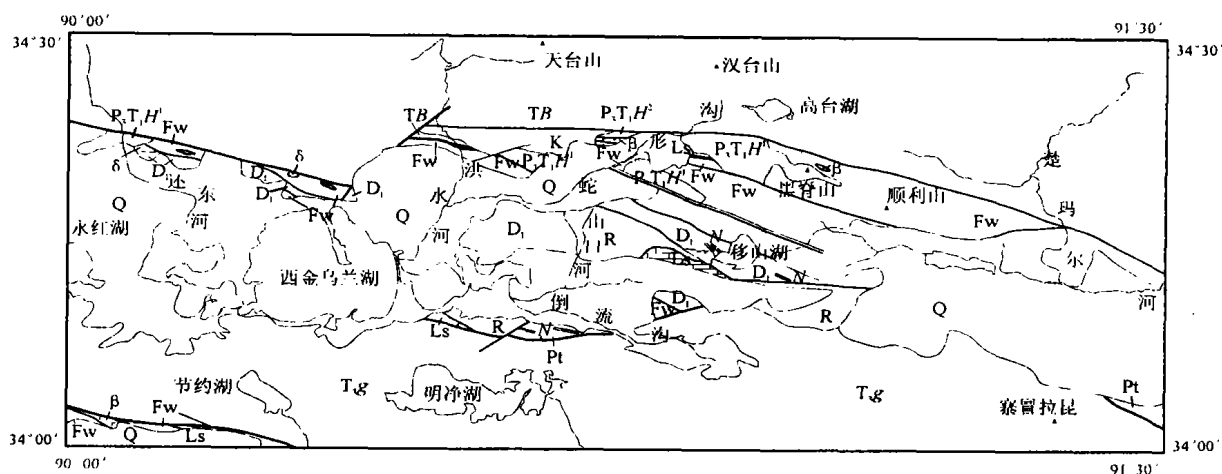


图1 西金乌兰地带地质略图

Q. 第四系; R. 古、新近系; TB. 三叠系巴颜喀拉山群; T_{3g} . 上三叠统苟鲁克组; $P_3T_1H^1$. 上二叠统一下三叠统汉台山群砂砾岩组; $P_3T_1H^2$. 汉台山群灰岩组; D_1 . 下泥盆统; Pt. 元古宇; Fw. 石炭-二叠系复理石; Ls. 海山碳酸盐岩; β . 玄武岩; $\beta\mu$. 辉绿岩; N. 晚泥盆世基性岩墙; δ . 闪长岩(埃达克岩)

Fig. 1 Simplified geological map of the Xijir Ulan zone

Q= Quaternary; R= Paleogene and Neogene; TB= Triassic Bayan Har Group; T_{3g} = Upper Triassic Gouluke Formation; $P_3T_1H^1$ = Upper Permian— Lower Triassic Sandstone and Conglomerate Formation of the Hantaishan Group; $P_3T_1H^2$ = Upper Permian— Lower Triassic Limestone Formation of the Hantaishan Group; D_1 = Lower Devonian; Pt= Proterozoic; Fw= Carboniferous-Permian flysch; Ls= Haishan carbonate rocks; β = basalt; $\beta\mu$ = diabase; N= Late Devonian basic dyke; δ = diorite (adakite)

行了初步的研究。

该岩体出露于西金乌兰湖北还东河, 共有两个小型独立侵入体, 出露面积约500m²。西侧岩体走向与混杂岩带走向一致, 见侵入于蛇绿构造混杂岩, 侵入界线清楚, 且弯曲不平直, 并具细粒化现象。

西金乌兰蛇绿构造混杂岩曾被命名为石炭系—中二叠统西金乌兰群^[17,18]。经过1:25万区域地质调查认为, 该混杂岩由石炭—二叠系复理石、海山碳酸盐岩及蛇绿岩组成, 蛇绿岩组分有辉长岩、枕状玄武岩及辉绿岩, 伴生有放射虫硅质岩, 产石炭—二叠纪放射虫。带内见有呈岩片产出的元古宇灰色二云石英片岩、石英岩、大理岩及黑云斜长片麻岩、变粒岩, 晚泥盆世变质灰色—灰白色石英砂岩、长石石英砂岩夹土黄色凝灰岩、硅质岩组成的地层(1:25万可可西里湖幅, 2003)。

闪长岩呈灰色—灰绿色, 细粒半自形粒状结构, 粒度在0.05~2mm之间, 块状构造。主要矿物有斜长石、普通角闪石(24%)、黑云母(5%)、磁铁矿(2%)、磷灰石(1%)及少量榍石、锆石。长石全部为中长石, 占60%, $An=34$, 呈半自形粒状晶体, 具环

带构造, 呈不规则状排列, 次生变化后被绢云母、钠长石交代。普通角闪石呈棕褐色和绿色柱状晶体, 解理发育, Ng' —红褐, Np' —淡褐; 绿色角闪石 Ng' —深绿, Np' —淡黄, 沿晶体边缘和节理被纤闪石化交代, 不均匀分布于中长石空隙中。黑云母呈褐色板状晶体, Ng' —红褐, Np' —淡黄, 沿晶体边缘和节理被绿泥石轻微交代, 不均匀分布。磁铁矿呈规则粒状晶体包裹于普通角闪石和黑云母中。磷灰石呈半自形长柱状、针状和正六边形晶体包裹于中长石和普通角闪石中。

3 常量、微量元素及同位素地球化学

该侵入体的岩石化学成分($w_B/\%$)如下: SiO_2 为59.98, TiO_2 为0.84, Al_2O_3 为15.08, Fe_2O_3 为2.39, FeO 为4.3, MnO 为0.14, MgO 为3.19, CaO 为4.0, Na_2O 为4.71, K_2O 为2.22, P_2O_5 为0.2(表1), $Na_2O+K_2O=6.93\%$, Na_2O/K_2O 比值为2.12, $A/CNK=0.87$, $ANK=1.49$, 里特曼指数为2.83, 属钙碱性系列, 在 SiO_2-K_2O 图中投点落于钙碱性系列区。还东河闪长岩体在CIPW标准矿物组合中无刚玉分子。

表 1 常量 ($w_B/10^{-2}$) 和微量元素 ($w_B/10^{-6}$) 含量表
Table 1 The contents of major ($w_B/10^{-2}$) and trace ($w_B/10^{-6}$) elements

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	H ₂ O	LOS	总量	Na ₂ O /K ₂ O	Mg#	σ			
59.98	0.84	15.08	2.39	4.3	0.14	3.19	4.0	4.71	2.22	0.2	1.86	2.66	99.71	2.12		2.83			
Mo	W	Zr	Ba	Be	Cs	Cu	Pb	Zn	V	Co	Cr	Bi	Sr	Nb	Li	U	Th	Ta	Hf
0.55	1.2	80	930	1.6	2.3	18.2	44.9	73	123	15.1	10.3	0.05	611	6.4	343	2.7	11.2	0.5	2.7
La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Σ	δ Eu	LREE	HREE	La/Yb
19.03	39.28	5.01	17.22	3.49	1.02	3.06	0.48	2.6	0.52	1.55	0.25	1.58	0.25	14.67	110.1	0.93	85.05	10.29	12.04
																			35.48

表 2 还东河闪长岩锆石 U-Pb 测定结果表
Table 2 Zircon U-Pb age determinations for the diorites along the Huangdong River

样号	锆石中绝对量 (10^{-12} mol)		同位素比率								表面年龄/Ma			
	U	Pb	Pb^{206}/U^{235}	Pb^{206}/Pb^{206}	Pb^{207}/Pb^{206}	Pb^{206}/Pb^{204}	Pb^{207}/Pb^{204}	Pb^{208}/Pb^{204}	U^{235}/U^{238}	$Pb^{207}/^{235}U$	$^{206}Pb/^{238}U$	$^{207}Pb/^{235}U$	$^{206}Pb/^{207}Pb$	
JD4406-1	326.06	11.72	0.1701	0.0248	0.0499	239.7973	26.4212	57.3518	0.10305	159.3	157.7		186.3	
JD4406-2	314.26	10.14	0.1603	0.0237	0.0492	322.2145	30.1853	64.5005	0.10416	150.9	150.7		154.4	
JD4406-3	255.58	9.89	0.1780	0.0240	0.0537	171.5721	23.6609	53.3020	0.12226	166.3	153.1		357.5	
JD4406-4	300.94	10.89	0.1896	0.0257	0.0535	271.8765								
JD4406-5	336.63	77.46	0.0076	0.0198	0.0028	24.1909								

* 由中国科学院地质与地球物研究所测试

从表 1 看到, 该岩石的各元素与地壳元素的丰度值相比, 富含 W、Mo、Bi、Cu、Ba、V、U、Sr、Li、Pb、Hf 元素含量, 贫 Cs、Nb、Co、Cr 等, $Rb/Sr=0.13$, $Rb/Li=2.24$, $U/Th=0.24$, $Zr/Hf=29.63$ 。稀土元素特征显示, 稀土元素总量较低, 为 110.1×10^{-6} , LREE 为 85.05×10^{-6} , HREE 为 10.29×10^{-6} , $(La/Yb)_N$ 为 8.64, $(La/Sm)_N$ 为 3.52, $(Ce/Yb)_N$ 为 6.9, $(Ga/Yb)_N$ 为 1.6。LREE/HREE=8.27, 为轻稀土富集, $Sm/Nd=0.202$, 表明其物质来源可能来自于大洋玄武岩。 δEu 为 0.93, 表明铕亏损不明显, 稀土配分曲线较为平缓, 右倾斜, 铕呈弱负异常。

在岩体中获得的 U-Pb 同位素年龄值为 $257 \pm 3.6Ma$, 同位素特征见表 2, 从而确定其侵入时代为中二叠世。

4 讨论及结论

与两类埃达克岩的地球化学特征比较反映(表 3), 还东河闪长岩的岩石和稀土元素成份与 I 类埃达克岩相近, 在微量元素蛛网图上(图 2), 其特点与岛弧花岗岩相似, 在图 3 中样点落入埃达克岩区, 因此判断该闪长岩为埃达克岩。

还东河埃达克岩与 I 类埃达克岩化学成分非常相似, 其可能是俯冲洋壳熔融形成的, 由于其大地构造位置相当于西金乌兰-金沙江缝合带西段西金乌兰段, 说明了二叠纪洋-陆转换阶段西金乌兰大洋板片向南俯冲消减的重要事实, 这对研究区域地质构造具有重要的理论价值。

埃达克岩常与金、银、铜、钼等矿床关系密切, 西金乌兰-金沙江带东段具有丰富的铜、金等矿产资源, 因此, 这一进展对指导该地区矿产普查找具有重要的实际意义。

表 3 两类埃达克岩与还东河埃达克岩的地球化学特征
Table 3 Comparison of the geochemical signatures for the adakites along the Huandong River and for the types I and II adakites

地球化学参数	I 类埃达克岩	II 类埃达克岩	还东河埃达克岩
$SiO_2/10^{-2}$	≥ 56.00	56.06~72.48	59.98
$Al_2O_3/10^{-2}$	≥ 15.00 (很少<15.0)	14.53~19.81	15.08%
Na_2O/K_2O	> 1.00	1.00~5.57	2.12
$MgO/10^{-2}$	通常<3 (很少>6)	0.10~2.56	3.19
$Y/10^{-6}$	≤ 18.00	2.00~15.00	14.67
$Yb/10^{-6}$	≤ 1.90	0.07~1.03	1.58
$Sr/10^{-6}$	> 400 (很少<400)	355~1512	611
Sr/Y	20.0~40.0	38.1~617.5	41.65
La/Yb	≥ 10.0	26.9~142.9	12.04
Sr	正异常	正异常	正异常
δEu	正异常或微弱负异常	≥ 0.60	0.93

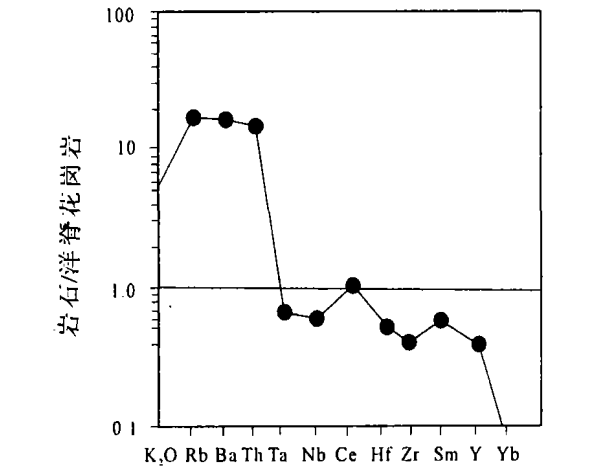


图 2 微量元素蛛网图(Pearce 等, 1984)
fig.2 Trace element spidergram (after Pearce et al., 1984)

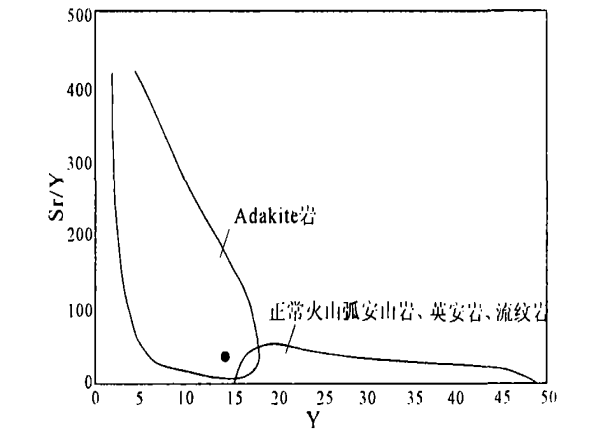


图 3 火成岩 Sr/Y-Y 图解
Fig. 3 Sr/Y plotted against Y for igneous rocks

参考文献:

- [1] DEFANT M J, DRUMMOND M S. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere [J]. *Nature*, 1990, 347: 662—665.
- [2] DEFANT M J, 许继峰, KEPEZHINSKAS P, 等. 埃达克岩: 关于其成因的一些不同观点[J]. *岩石学报*, 2002, 18(2): 129—140.
- [3] CASTILLO P R. 南菲律宾地区类埃达克岩和富铌玄武质熔岩的成因[J]. *岩石学报*, 2002, 18(2): 143—151.
- [4] KAY R W, MAHLBURG K S. Andean adakites: there ways to make them [J]. *岩石学报*, 2002, 18(3): 304—311.
- [5] STERN C D, WANG Q, YU X. Role of the subducted slab, mantle wedge and continent crust in the generation of adakites from the Sanchazi block of the Mianxian-Lueyang ophiolitic mélange in Qingling Mountains, central China: Evidence of partial melting of the subducted Paleo-Tethyan crust and its implication [J]. *Geochemical Journal*, 2000, 34: 359—377.
- [6] 王强, 许继峰, 王建新, 等. 大别山 adakite 型灰色片麻岩的确定及其与超高压变质作用的关系[J]. *科学通报*, 2000, 46(10): 1017—1024.
- [7] 王强, 许继峰, 赵振华. 一种新的火山岩: 埃达克岩(adakite)的研究综述. *地球科学进展*, 2001, 16(2): 201—208.
- [8] 王强, 许继峰, 赵振华, 等. 大别山燕山期亏损重稀土元素花岗岩的成因及动力学意义[J]. *岩石学报*, 2001, 17(4): 551—564.
- [9] 王强, 许继峰, 赵振华, 等. 河北矾山燕山期侵入岩地球化学特征及成因[J]. *矿物学报*, 2000, 22(2): 160—168.
- [10] 王强, 赵振华, 熊小林, 等. 底侵玄武质下地壳的熔融: 来自安徽沙溪adakite 质富钠石英闪长玢岩的证据[J]. *地球化学*, 2001, 30(4): 353—363.
- [11] 王焰, 张旗, 钱青. 埃达克岩(adakite)的地球化学特征及其构造意义[J]. *地质科学*, 2000, 35(2): 251—256.
- [12] 熊小林, 赵振华, 白正华, 等. 西天山阿吾拉勒型钠中酸性岩及地壳垂向增生[J]. *科学通报*, 2001, 47(4): 281—287.
- [13] 张旗, 钱青, 王二七, 等. 燕山中晚期的中国东部高原: 埃达克岩的启示[J]. *地质科学*, 2001, 36(2): 248—255.
- [14] 张旗, 王焰, 钱青, 等. 中国东部中生代埃达克岩的特征及其构造—成矿意义[J]. *岩石学报*, 2001, 17(2): 236—244.
- [15] 许继峰, 梅厚均, 于学元, 等. 准噶尔北缘晚古生代岛弧中与俯冲作用有关的 adakite 火山岩: 消减板片部分熔融的产物[J]. *科学通报*, 2001, 46(8): 684—687.
- [16] 许继峰, 王强, 徐义刚, 等. 宁镇地区中生代安基山中酸性侵入岩的地球化学: 亏损重稀土和钇的岩浆产生的限制[J]. *岩石学报*, 2001, 17(4): 576—584.
- [17] 张以, 郑健康. 青海可可西里及邻区地质概论[M]. 北京: 地震出版社, 1994. 26—29.
- [18] 张以, 郑祥身. 青海可可西里地区地质演化[A]. 可可西里地区综合科学考察丛书[C]. 北京: 科学出版社, 1996. 1—202.

The discovery and significance of the Middle Permian adakites along the Huandong River north of the Xijir Ulan Lake, Qinghai

ZHU Ying-tang¹, YIN Hai-sheng¹, WANG Qiang², YANG Yan-xing³, GUO Tong-zhen³, PENG Wei¹

(1. *Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China*; 2. *Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Sinica, Guangzhou 510640, Guangdong, China*; 3. *Qinghai Institute of Geological Survey, Xining 810012, Qinghai, China*)

Abstract: The Middle Permian adakites were recognized during the geological surveys in 2000—2002 along the Huandong River in the western part of the Xijir Ulan-Jinshajiang suture zone in Qinghai. This kind of rocks is represented by diorites, and similar in chemical composition to the type I adakites, which maybe resulted from the melting of the subducted oceanic crust. Tectonically, the adakites in the study area are confined to the Xijir Ulan section of the Xijir Ulan-Jinshajiang suture zone, implying that the Xijir Ulan oceanic slab was once subducted southwards. The adakites are often closely associated with hydrothermal and porphyry ore deposits such as gold, silver, copper and molybdenum deposits. The copper and gold mineral resources also abound in the eastern part of the suture zone. The discovery may provide a theoretical basis for the prospecting and exploration of the above-mentioned mineral resources in the western part of the suture zone.

Key words: Middle Permian; adakite; Xijir Ulan; Qinghai