

沱沱河地区埃达克岩的发现及意义

史连昌, 祁生胜, 王文, 陈健, 安守文

(青海省地质调查院, 青海 西宁 810012)

摘 要: 在青藏高原平均海拔 4 000 m 以上的沱沱河地区, 发育了一套新生代始新世特殊的侵入体。依据岩石组合系列和地球化学特征, 将其划分为灰白色闪长玢岩和灰白色石英闪长玢岩两种侵入岩, 由 13 个侵入体组成, 出露总面积为 26.85 km²。这些岩石具有高铝、高锆而贫重稀土的特征, 与区域上其他时代、类型的侵入岩形成显明对比。这套岩石组合的特征与埃达克岩的特征一致, 却与典型的埃达克岩形成环境又不同, 其为挤压消减环境, 值得关注。笔者重点探讨这套新生代埃达克岩的岩石学、地球化学特征及形成时代和环境分析, 以及对区域地质研究的重大意义。

关键词: 沱沱河地区; 发现; 埃达克岩; 地质意义

中图分类号: P588.1 **文献标识码:** A

埃达克岩最初的表述为形成于岛弧环境下高铝、高锆而贫重稀土的一种特殊类型的岩石组合。在最近几年国际地质文献中, 埃达克岩(肖庆辉等, 2002)(adakite)是一个经常见及的岩石学名词, 由于这一概念的提出仅十余年, 因而对它的确切定义、识别标志、岩石的形成过程及其大地构造意义等仍存在不同的认识。埃达克岩的定义是从地球化学特点出发的, 是否只有岛弧才有埃达克岩是目前争论的问题。因此, 深入研究埃达克岩的构造环境及形成机制、岩石学及地球化学特征具有重要的意义。

青藏高原素有世界屋脊之称, 被认为是世界第三极。自然地理条件决定该地区基础地质调查薄弱, 但其地壳结构、构造特殊性和典型性是地学研究的重要窗口。

前人对测区曾先后进行过区域地质调查和科学考查及专题研究, 但总体研究程度较低。笔者在 2003~2004 年进行沱沱河、曲柔杂卡幅 1:25 万区域地质调查工作中, 在沱沱河幅内岗齐曲上游发现

分布的闪长玢岩明显具有埃达克岩的特征。岩石类型主要为闪长玢岩、石英闪长玢岩, 其形成时代集中在 35.64~41.19 Ma (青海地质矿产局, 1989; 邓万明, 1999), 为古近纪始新世产物。为今后这一地区岩浆岩的研究起一个抛砖引玉作用。

1 大地构造位置

测区位于青藏高原腹地, 唐古拉山北坡(常承法等, 1982; 潘桂堂等, 1990)。大地构造位置处于东昆仑中缝合带之南, 红其拉甫-双湖-昌宁缝合带之北古特提斯缝合系(边千韬, 1991)中部; 泛华夏大陆晚古生代羌塘-三江构造大区(一级), 乌兰乌拉湖-北澜沧江结合带(二级)两侧(潘桂堂等, 1990), 结合区域地质资料, 笔者采用潘桂堂等, 2002 年划分方案。文中所研究的埃达克岩处于北羌塘陆块中。

2 岩石学特征

收稿日期: 2007-02-10; **修回日期:** 2007-04-16

基金项目: 青藏高原北部空白地区基础地质调查与研究《1:25 万沱沱河、曲柔杂卡幅区调联测》(200213000001)

作者简介: 史连昌(1968-), 男, 青海西宁人, 工程师, 长期从事青藏高原区域地质调查和找矿工作。通讯地址: 810012, 青海省地质调查院, 电话: 13997240109。

2.1 时代确定

进行1:25万沱沱河幅区调时,在图幅中西部发育一套灰白色石英闪长玢岩和闪长玢岩侵入体。闪长玢岩侵入最老地层为中侏罗世雀莫错组砂岩,最新地层为晚白垩世风火山群桑卡山组碎屑岩;石英闪长玢岩侵入最新地层为晚白垩世风火山群洛力卡组,最老地层为晚三叠世苟鲁山克措组。其中,全岩K-Ar同位素年龄分别为:35.64Ma,37.86Ma,37.74±0.52Ma,38.44±0.58Ma,41.19±0.48Ma(青海地质矿产局,1989;邓万明,1999),将该岩石时代归属为古近纪始新世。

2.2 灰白色闪长玢岩、灰白色石英闪长玢岩

闪长玢岩分布在测区的约改附近,由6个侵入体组成,出露面积20.99km²;石英闪长玢岩分布于领玛尔托、谢日同那等地,由7个侵入体组成,总面积为4.11km²(图1)。

2.2.1 地质特征

闪长玢岩侵入最老地层为中侏罗世雀莫错组砂

岩,最新地层为晚白垩世风火山群桑卡山组碎屑岩。其中,侵入岩体与桑卡山组接触关系清楚,接触界线弯曲,红色砂岩在靠近岩体处产状突然变陡,沿接触面灰紫色砂岩色调加深变为深紫红色,形成宽约2m的桔红色热蚀变带,接触面产状外倾,倾角为60°~65°,出露面积大者为0.8km²。呈不规则状,其边部有褐铁矿化蚀变;石英闪长玢岩侵入最新地层为晚白垩世风火山群洛力卡组紫红色、灰红色长石砂岩中,侵入最老地层为晚三叠世苟鲁山克措组砂岩夹砾岩之中。大部分岩体周边被第四系覆盖,与围岩接触关系不清楚,只有个别岩体与围岩接触界线分明,呈弯曲状,围岩具烘烤蚀变现象,有岩体、岩枝穿插,岩体内有围岩捕虏体,接触面外倾。

2.2.2 岩石学特征

灰白色闪长玢岩,斑状结构,基质具显微粒状-隐晶质结构,岩石由斑晶和基质两部分组成,斑晶由斜长石(5%)、黑云母(2%)、角闪石(1%)组成。其斑晶大小呈两种状态,一种斑晶大小约0.5~

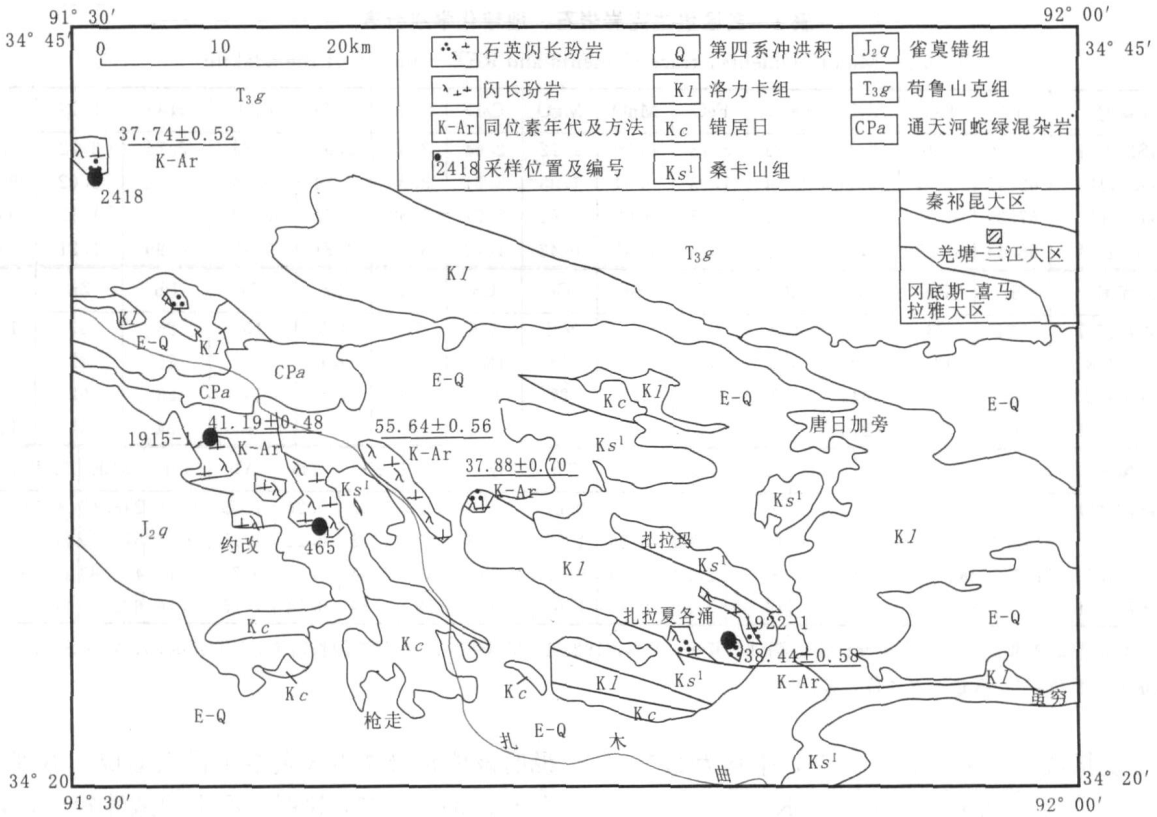


图1 埃达克岩分布图

Fig. 1 Map showing the distribution of adakite

0.9 mm, 另一种大小在 1~3 mm, 无论那种斑晶, 大小不同, 成分相同, 且斜长石呈半自形板状, 较新鲜, 普遍发育环带构造。有的中长石发育聚片双晶。因受应力影响, 晶体内不规则裂隙很发育, 黑云母呈半自形板条状, 角闪石为普通角闪石, 呈半自形柱粒状, 红褐色, 多色性明显, 解理发育, 并常见暗化边 (即在角闪石边缘具一层不透明的边), 这反映岩石为浅成产状。基质由斜长石组成, 斜长石一部分呈显微粒状, 另一部分呈隐晶质, 其中夹少量不透明矿物及绿泥石等, 副矿物磷灰石、锆石具破碎现象。

灰白色石英闪长玢岩具斑状结构, 基质具粒状结构, 岩石由斑晶 (22%) 和基质 (78%) 两部分组成, 并有少量的榍石、锆石、磷灰石。斑晶由斜长石 (5%)、石英 (8%)、黑云母 (8%)、角闪石 (1%) 组成, 大小为 0.4~0.6 mm, 个别为 0.9~1.6 mm。其中, 斜长石呈半自形板柱状晶, 为中长石, 有的具环带构造阴影。石英呈不规则粒状, 有的被熔蚀。黑云母呈板状晶体, 多色性明显, 有的交代

角闪石。角闪石呈半自形假象, 已全部被碳酸盐矿物交代或被黑云母交代, 并析出铁质, 斑晶矿物多发育晶内碎裂。基质由斜长石和少许石英及氧化物组成, 斜长石 (70%) 呈不规则微粒状或半自形微粒状, 个别有轻微绢云母化现象; 石英 (< 5%) 呈微粒状分布于斜长石粒间空隙, 这些斜长石粒间分布较多的铁质 (3%) 粉末; 榍石、锆石和磷灰石多分布于其他矿物之中, 呈包体存在或散布于岩石中。

3 岩石化学、地球化学特征

3.1 闪长玢岩

3.1.1 岩石化学特征

岩石化学特征见表 1。SiO₂ 含量为 67.2%~68.44%, 均大于 56%, K₂O + Na₂O 总量为 7.54%~8.37%, Al₂O₃ 含量分别为 16.23%、16.50%, 均大于 15%, MgO 含量分别为 0.62%、0.42%, 均小于 3%。它们具有埃达克岩的主量元素地球化学特征。

表 1 测区埃达克岩岩石、地球化学成分表

Tab. 1 Major elements, trace elements and REE contents of the adakite

样品编号	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	Σ			
VTGS1922-1	62.00	0.46	17.11	1.83	3.78	0.10	2.12	2.64	3.33	2.94	0.33	2.75	3.22	99.86			
VTGS2418	62.97	0.74	16.36	3.04	1.03	0.04	1.35	3.31	3.89	4.34	0.54	1.22	2.02	99.64			
VTGS0465	67.20	0.91	16.23	2.31	0.95	0.02	0.62	2.57	3.52	4.02	0.40	0.93	1.13	99.88			
VTGS1915-1	68.44	0.58	16.50	1.79	0.36	0.01	0.42	1.72	3.56	4.81	0.42	0.99	1.21	99.81			
样品编号	Sr	Rb	Ba	Zr	Hf	Sc	Cr	Co	Ni	Cs	Cu	Pb	Zn	Y			
VTGS1922-1	984	83	1590	138	2.7	7	9.5	8.6	5.9	4.5	13	25	57	13.95			
VTGS2418	2268	149	3981	322	6.7	8.8	38	12.8	33	9.1	10	25	47	14.81			
VTGS0465	1359	147	3641	365	8.2	4.4	27	8.7	19	4.5	14	28	62	8.37			
VTGS1915-1	2466	167	4274	326	9.2	6	11	7.2	11	5	9	54	57	14.91			
样品编号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	REE	L/H	δEu
VTGS1922-1	63.67	107.5	11.69	42.71	7.24	2	5	0.69	3.2	0.6	1.66	0.26	1.69	0.26	248.17	8.60	0.96
VTGS2418	145.7	258.3	29.54	106.8	14.9	3.55	8.34	1.02	4.19	0.77	1.68	0.22	1.13	0.16	576.29	17.29	0.89
VTGS0465	107.7	186.9	20.42	65.82	8.65	2.23	4.83	0.55	2.39	0.45	0.96	0.13	0.71	0.11	401.83	21.19	0.96
VTGS1915-1	160.5	271.8	30.56	107	14.99	3.51	8.88	1.08	4.64	0.79	1.74	0.24	1.15	0.16	606.99	17.54	0.86

注: 样品由原地矿部武汉综合岩矿测试中心测试。其中, VTGS1922-1、VTGS2418 为石英闪长玢岩; VTGS0465、VTGS1915-1 为闪长玢岩。常量元素单位: %; 微量元素单位: ×10⁻⁶。

里特曼指数 δ 介于 2.35~2.75, 平均为 2.70, 说明该单元岩浆属钙碱性岩系。N/K 介于 0.74~0.86, 平均为 0.79, 说明岩石低 Na, 而高 K。A/NKC 介于 1.11~1.17, 平均为 1.09, 说明岩石中 Al₂O₃ 处于过饱和, 固结指数 SI 介于 3.85~5.42,

说明该单元岩体为残余熔浆侵入形成。碱度率 AR 介于 2.34~2.69, 说明岩石中的碱性较低, 氧化度 OX 介于 0.68~0.81, 平均为 0.75, 说明岩石遭受风化剥蚀作用较强 (丘家骥等, 1989)。

CIPW 标准矿物计算出现刚玉标准分子。Al₂O₃

$> \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO}$, 属铝过饱和类型。岩石属亚碱性岩区。

3.1.2 微量元素特征

微量元素特征见表 1, Sr : $1.359 \times 10^{-6} \sim 2.466 \times 10^{-6}$; Ba : $3.640 \times 10^{-6} \sim 4.274 \times 10^{-6}$; Y : 8.37

$\times 10^{-6} \sim 14.91 \times 10^{-6}$; Sr/Y : $162.37 \sim 165.39$ 。与典型埃达克岩相比, $\text{Y} < 18 \times 10^{-6}$ 、 $\text{Yb} \leq 1.9 \times 10^{-6}$ 、 $\text{Sr} > 400 \times 10^{-6}$ 的特征十分相似。目前大多采用 Sr/Y - Y 图解的鉴别方法。从图 2 上可以看出样品均落入埃达克岩区。

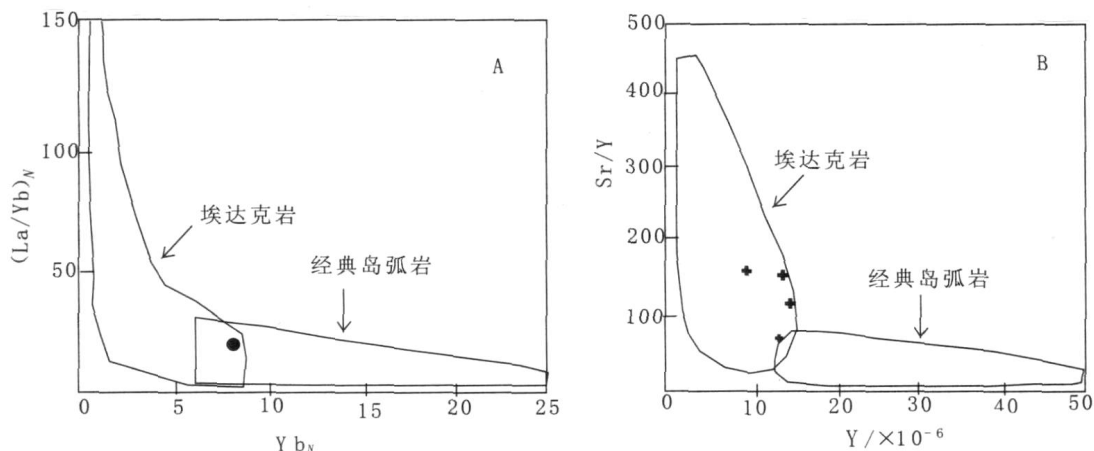


图 2 埃达克岩判别图解

Fig. 2 Differentiation diagram of adakite

3.1.3 稀土元素特征

稀土元素含量见表 1。各样品稀土总量一般在 $401.8 \times 10^{-6} \sim 606.9 \times 10^{-6}$; Yb 含量为 $0.71 \sim 1.15$, $\text{Yb} \leq 1.9 \times 10^{-6}$; La/Yb 为 $139.56 \sim 151.69$ 。说明该单元以轻稀土富集为特征。 δEu 介于 $0.86 \sim 0.96$, 说明岩浆中 Eu 处于亏损, $(\text{La}/\text{Sm})_N$ 介于 $5.70 \sim 7.83$, $(\text{Gd}/\text{Yb})_N$ 介于 $3.29 \sim 6.29$, 也说明轻稀土富集, 且分馏程度高。在稀土配分模式图上 (图 3), 投影曲线均为右倾斜, 轻稀土富集而重稀土亏损。从各种样品曲线之间的相互一致性分析, 各岩体具同源岩浆特点。

3.2 石英闪长玢岩

3.2.1 岩石化学特征

该单元岩石化学特征见表 1。由表中可知 SiO_2 含量为 $62\% \sim 62.97\%$, 均大于 56% , Al_2O_3 含量分别为 16.36% 、 17.11% 均大于 15% , MgO 含量分别为 1.35% 、 2.12% , 均小于 3% 。它们具有埃达克岩的主量元素地球化学特征。

里特曼指数 δ 在 $2.07 \sim 3.47$, 平均为 2.38 , 属于钙碱性系列。固结指数 SI 在 $9.85 \sim 15.14$, 说明该单元岩浆已经历较高分异作用。氧化度平均为 0.79 , 说明岩石遭受风化剥蚀作用强烈。以铝

过饱和类型为特征, 出现刚玉碳分子。

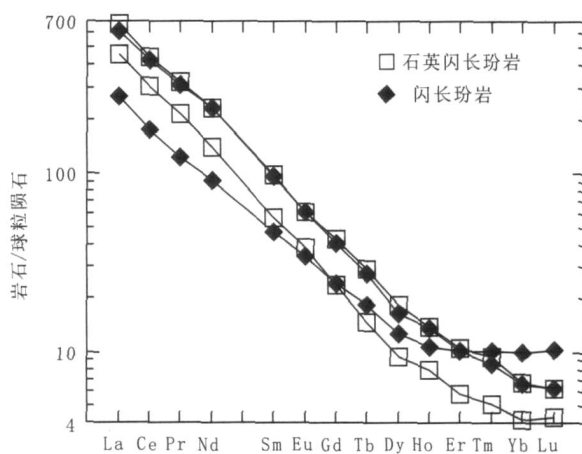


图 3 埃达克岩稀土配分模式图

Fig. 3 REE distribution patterns of adakite

3.2.2 微量元素特征

由表 1 可知, 本单元微量元素表现为 Sr : $984 \times 10^{-6} \sim 2.268 \times 10^{-6}$; Ba : $1.590 \times 10^{-6} \sim 3.981 \times 10^{-6}$; Y : $13.95 \times 10^{-6} \sim 14.81 \times 10^{-6}$; Sr/Y : $70.54 \sim 153.14$ 。与典型埃达克岩的特征一致, 在 Sr/Y - Y 图解 (图 2) 上可以看出样品均落入埃达克岩区。从

成矿角度看, 该单元有利于 Pb 的富集。

3.2.3 稀土元素特征

稀土元素含量及特征见表 1。稀土总量最高为 $248.17 \times 10^{-6} \sim 576.29 \times 10^{-6}$, Yb 含量在 1.13~1.69; La/Yb 为 37.67~128.9, Eu 具有弱负异常, 各样品均反映轻稀土富集型, 贫重稀土。在稀土配分模式图上(图 3), 单元内各样品的曲线为右倾斜, 各样品曲线基本一致说明各岩体具同源岩浆性。

综上所述, 测区古近纪始新世灰白色石英闪长玢岩、闪长玢岩为埃达克岩类。

4 埃达克岩的成因与构造环境分析

通过岩石化学分析, 岩石以高 Al 低 Mg、Mn 为特征。说明岩浆来原于地壳的部分熔融, 微量元素以高 Sr、Rb、Th、Zr、Hf、Ba 而低 Cr、Ni、Co、Cu 为特征, 反映“S”型花岗岩的特点(常承法等, 1982), 稀土元素以稀土总量高为特征, 同样具有“S”型花岗岩的特点。青藏高原地区在新生代已经处于一种陆内环境(李吉均等, 1979), 从测区的地质资料分析, 其为形成于陆内伸展背景下的加厚下地壳发生拆沉作用的产物(许保良等, 1998)。测区就位形成的埃达克岩很可能与张旗等的 C 型埃达克岩或王强等的埃达克岩类似。

5 结论及意义

(1) 青藏高原沱沱河地区发育的以高铝、高铈而贫重稀土为特征的灰白色石英闪长玢岩和闪长玢岩为埃达克岩类无疑。在测区首次发现埃达克岩为该地区岩浆作用的地球动力学、高原隆升研究和基础地质研究提供了可靠的地质资料和信息。

(2) 埃达克岩形成以岛弧环境为主, 但现在的研究发现, 一些年龄较老的洋壳也可发生熔融形成埃达克岩。如初始俯冲, 斜向俯冲和平板俯冲等。新生代始新世青藏高原已开始大幅隆升(李吉均等, 1979), 形成于陆内伸展背景下的加厚下地壳发生拆沉作用, 造成壳源物质的部分熔融形成了测区的埃达克岩。

(3) 根据岩体产状及大量的同位素资料, 埃达克岩形成时代集中在 35.64~41.19 Ma, 从而将埃

达克岩的形成时代确定为古近纪始新世。

(4) 埃达克岩与贵金属成矿有专属性特征(肖庆辉等, 2002)。测区内现已在这些岩石中发现了两处岩金矿化线索(1 处为脑多卓柔金矿化线索, 含金量达 0.18×10^{-6} 。人工重砂中发现直径为 0.05 mm 的自然金 6 粒/10 kg; 另 1 处为扎拉夏各涌金矿化线索), 为今后在这一地区寻找岩金矿指明了方向, 提供了理论依据。

参考文献 (References):

- 肖庆辉, 邓晋福, 等. 花岗岩研究思维与方法 [M]. 北京: 地质出版社, 2002: 172-189.
- 常承法, 潘裕生, 郑锡澜, 等. 青藏高原地质构造 [M]. 北京: 科学出版社, 1982.
- 李吉均, 等. 青藏高原隆起的时代、幅度和形式探讨 [J]. 中国科学 (B 辑), 1979, (6): 608-616.
- 刘增乾, 徐宪, 潘桂棠, 等. 青藏高原大地构造与形成演化 [M]. 北京: 地质出版社, 1990.
- 青海省地质矿产局. 1:20 万沱沱河幅、章岗日松幅区域地质调查报告 [R], 1989.
- 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, 1999.
- 邱家骧, 林景任. 岩石化学 [M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- 潘桂棠, 等. 青藏高原新生代构造演化 [M]. 北京: 地质出版社, 1990.
- 青海地质矿产局. 《青海省区域地质志》[M]. 北京: 地质出版社, 1991.
- 史连昌, 郭通珍, 等. 可可西里湖地区新生代火山岩同位素地球化学特征及火山成因源区性质讨论 [J]. 西北地质, 2004, 37 (1): 19-25.
- 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.
- 许保良, 阎国翰, 张臣, 等. A 型花岗岩的亚类型及其物质来源 [J]. 地质前缘, 1998, (3): 113-124.
- XIAO Qinghui, DEN Jinfu, et al. The ways of investigation on granitoids [M]. Geological publishing House, Beijing, 2002: 172-189.
- CHANG Chengfa, PAN Yushen, ZHEN Xilan, et al. Geological tectonic of the Tibetan Plateau [M]. Beijing: Science Press, 1982.
- LI Jijun, et al. A discussion on age, extent, form of uplift of the Tibetan Plateau [J]. Science in China (B), 1979, (6): 608-616.
- LIU Zengqian, XU Xian, PAN Guitang, et al. Geotectonic

- and formation, evolution of the Tibeaten Plateau [M]. Geological Publishing House, Beijing, 1990.
- Geological and Mineral Resource Bureau of Qinghai Province 1: 200000 geology survey in Tuotuo river and Zhanggangrisong [R]. 1989.
- DENG Wanning. Cenozoic volcanic of plate in Northern Tibeaten Plateau [M]. Geological Publishing House, Beijing, 1999.
- QIU Jiaxiang, LI Ningqian. Petrochemistry [M]. Geological Publishing House, Beijing, 1989.
- PAN Guitang, et al. Cenozoic tectonical evolution of the Tibeaten Plateau [M]. Geological Publishing House, Beijing, 1990.
- Geological and Mineral Resource Bureau of Qinghai Province. Regional Geology of Qinghai Province [M]. Geological Publishing House, Beijing, 1991.
- SHILianchang, GUO Tongzhen, et al. Isotopic geochemistry and volcanic genesis and magmatic origin of the Cenozoic volcanic rocks in Hoh Xil lake area [J]. Northwestern Geology, 2004, 37 (1): 19-25.
- Geological and Mineral Resource Bureau of Qinghai Province. Lithostratigraphy of Qinghai Province [M]. China University of Geosciences Press, Wuhan, 1997.
- XU Baoliang, YAN Guohan, ZHANG Chen, et al. Subtype and its substance origin of A-type granite rock [J]. Earth Science Frontiers, 1998, 3: 113-124.

Discovery and Geological Significance of Adakites in the Tuotuo River Region

SHILianchang, QI Sheng-sheng, WANG Wen,
CHEN Jian, AN Shouwen

(Qinghai Institute of Geological Survey, Xining 810012, China)

Abstract: A suite of Cenozoic intrusive rocks is exposed in the Tuotuo river region in Qinghai-Tibet plateau. According to the rock assemblage and geochemical characteristics, the rocks can be divided into two sorts of intrusives: quartz-diorite-porphyrite and diorite-porphyrite. The suite is made up of 13 intrusive bodies in an area of 26.85 km². These rocks are high in Al and Sr, and low in heavy REE. The features are identical to those of adakites. However, their formation environment of compression and subduction is different from the ideal adakites. This is noteworthy of further concern. The article primarily discusses petrological and geochemical features, formation ages and environment of the Cenozoic adakite-like intrusive rocks, and also their geological significance for regional geology.

Key words: Tuotuo river region; adakite; discovery; geological significance