

# 甘肃北山北带明水西新井埃达克岩质石英闪长岩 地球化学特征及地质意义

齐瑞荣<sup>1</sup>, 雷志才<sup>2</sup>, 黄增保<sup>2</sup>

(1. 甘肃省地质矿产勘查开发局第四勘查院, 甘肃 酒泉 735000; 2. 甘肃省地质调查院, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:** 明水西新井石英闪长岩位于甘肃北山晚古生代白山岩浆弧带上。通过对其岩石化学组成的研究表明, 主量元素  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{MgO}$  的含量分别为  $59.13\% \sim 67.90\%$ 、 $14.90\% \sim 16.42\%$  和  $1.96\% \sim 3.12\%$ , 微量元素 Y、Yb 和 Sr 的含量分别为  $11 \times 10^{-6} \sim 22.8 \times 10^{-6}$ 、 $1.19 \times 10^{-6} \sim 2.33 \times 10^{-6}$  和  $364 \times 10^{-6} \sim 871 \times 10^{-6}$ , LREE 为富集型和 Eu 为正异常, 这些特征反映石英闪长岩为埃达克质岩。是俯冲到深处具 MORB 性质的板片在一定的物理化学条件下部分熔融后直接侵位于近地表而形成的。本区埃达克岩与金矿化存在密切的时空关系。

**关键词:** 埃达克岩; 地球化学; 石英闪长岩; 甘肃

中图分类号:P588.34

文献标志码:A

文章编号:1009-6248(2016)02-0134-07

## Geochemical Characteristics of Xinjing Adakitic Quartz-diorite Complex from the Beishan Area, Gansu Province and Its Geological Significance

QI Ruirong<sup>1</sup>, LEI Zhicai<sup>2</sup>, HUANG Zengbao<sup>2</sup>

(1. No. 4 Geological Survey Party, Gansu Bureau of Geology and Mineral Resource Exploration, Jiuquan 735000, Gansu, China; 2. Geological Survey of Gansu Province, Lanzhou 730000, Gansu, China)

**Abstract:** The Xinjing quartz-diorite, lies in the Beishan area, Gansu Province, is occurred in the Paleozoic Beishan island arc belt. The results of petrochemistry show that, the contents of  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{MgO}$  are ( $59.13\% \sim 67.90\%$ ), ( $14.90\% \sim 16.42\%$ ) and ( $1.96\% \sim 3.12\%$ ), respectively, while the values of trace elements (such as Y, Yb and Sr) are ( $11 \times 10^{-6} \sim 22.8 \times 10^{-6}$ ), ( $1.19 \times 10^{-6} \sim 2.33 \times 10^{-6}$ ) and ( $364 \times 10^{-6} \sim 871 \times 10^{-6}$ ), and these rocks show positive Eu anomalies, indicating that the plagiogranite porphyry shows characteristics of adakitic rocks. These adakitic rocks were formed by the partial melting of subducting slab with MORB features under some physical and chemical conditions, and then they were directly emplaced to the near surface. Thus, these adakitic rocks have close spatial temporal relationship with gold mineralization in this studying area.

**Keywords:** adakitic rocks; geochemistry; quartz-diorite; Gansu

收稿日期: 2015-11-19; 修回日期: 2016-01-02

基金项目: 中国地质调查局“甘肃 1:25 万红宝石幅(K47C002001)区域地质调查修测”(200213000020)

作者简介: 齐瑞荣(1964-), 男, 甘肃武威人, 工程硕士, 高级工程师, 主要从事地质矿产勘查及区域地质调查工作。E-mail:

452343803@qq.com

埃达克岩不仅具有重要的地球动力学意义,而且与埃达克岩有关的 Au - Cu 成矿作用及成矿规律,得到地学同仁认可,备受关注(DEFANT 1993, 2001; OYARZUN, 2001; 王强等, 2002; 曲小明等, 2002)。近年来,在中国东部陆续识别出大量地球化学性质与埃达克岩类似的晚中生代中酸性火山岩和侵入岩(张旗等, 2001a, 2001b, 2001c; 王强等, 2000, 2001; 许继峰等, 2001; 王焰等, 2001, 刘红涛等, 2002),对其成岩机理、构造环境及与 Cu - Au 等的成矿作用进行了较为深入的探讨。近年在中国西部的东天山土屋—延东、西天山莫斯早特也有与铜矿有关的埃达克岩的报道(芮宗瑶等, 2000; 陈文明, 2001; 张连昌等, 2004; 赵振华等, 2004)。笔者在参加 1: 25 万红宝石幅区调时,在土屋-延东铜矿带邻区,甘肃北山北带的明水西,白山岩浆弧带南侧,首次发现具埃达克岩地球化学性质的早石炭世中酸性侵入岩,其岩石地球化学特征显示为与俯冲洋壳熔融有关的埃达克岩。明水埃达克岩的深入研究,对北山造山带晚古生代构造演化、成矿作用具有重要的意义。

## 1 岩体基本地质特征与矿床特征

### 1.1 白山岩浆弧带与岩体地质特征

明水西新井埃达克岩质石英闪长岩出露于甘肃肃北县马鬃山镇西的明水一带,构造上位于塔里木板块北缘,与哈萨克斯坦板块华力西缝合带南侧的白山岩浆弧带上。白山岩浆弧带位于红石山蛇绿混杂岩带南侧,南北宽>40 km,东西长>300 km,向西延入新疆东天山,与康吉尔塔格断裂南缘的雅满苏弧相接,向东延入内蒙古境内,在该范围内晚古生代钙碱性火山岩及中酸性侵入岩广布。火山岩主要分布于早石炭世白山组中,岩石主要由安山岩、英安岩和流纹岩等中酸性火山岩和一些沉积岩组成,据最近研究表明该套岩石属典型的陆缘岛弧钙碱性火山-沉积岩系。中酸性岩多呈较大的岩基出露,如明水岩基、狼娃山岩基和大石山岩基,成因类型多为 S型、I型和 A型花岗岩。为一较为复杂的岛弧碰撞

造山带。

明水西新井埃达克质石英闪长岩主要分布于白山岩浆弧明水岩基的南侧。多呈形态各异的残留体团块状分布,在新井一带呈较大的岩株产出,面积 500 km<sup>2</sup>。其侵入于早石炭世白山组和前长城纪敦煌岩群中,为明水岩基主体侵入的淡色二长花岗岩(S型花岗岩)所侵入蚕食,呈捕虏体形式产出,并见有这些岩体岩枝侵入。岩体由中细粒闪长岩、似斑状中细粒石英闪长岩和中细粒石英闪长岩组成,其中以中细粒石英闪长岩分布较广泛,在中细粒闪长岩中多见辉长质包体和角闪质包体。岩体中脉岩发育,一般走向呈北东向,主要为片理化闪长玢岩脉、斜长花岗斑岩脉、闪长岩脉、花岗伟晶岩脉和石英闪长斑岩脉等(图 1)。

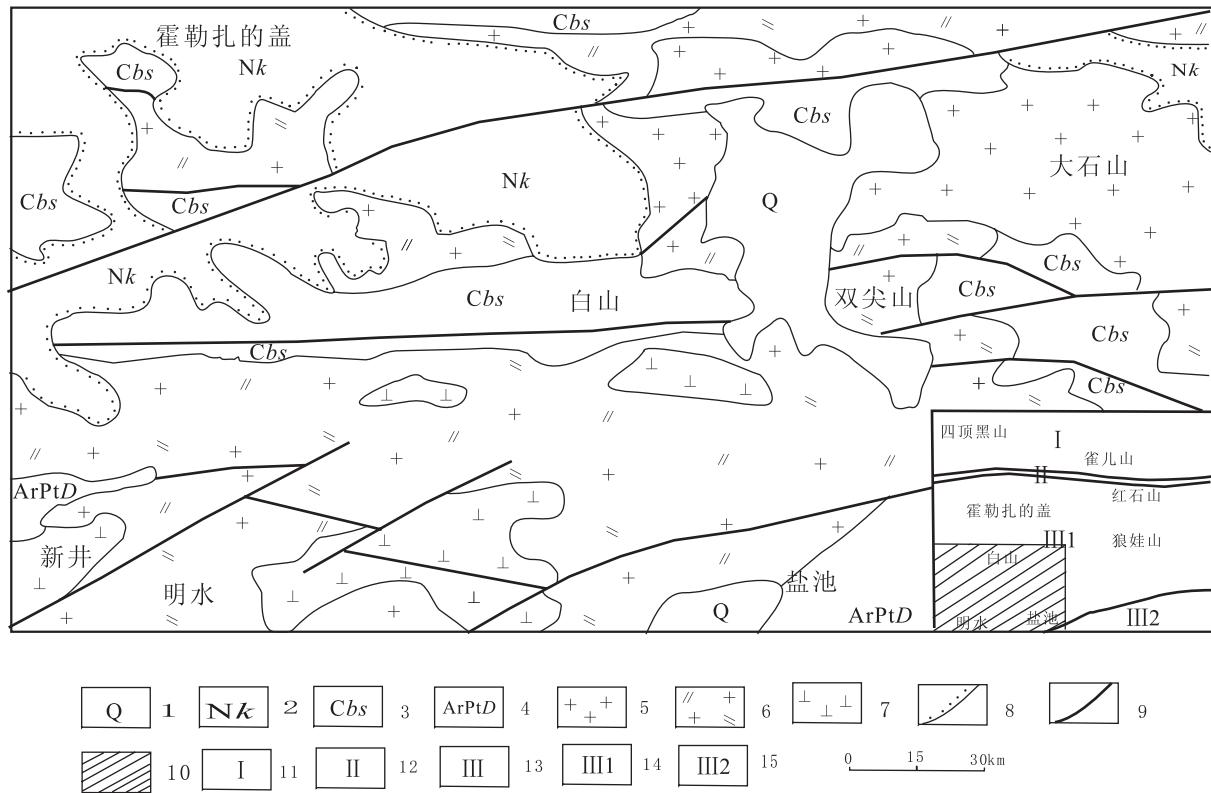
在 1: 25 万马鬃镇幅区调<sup>①</sup>研究区南侧,南查干努如西一带,采获(314±14) Ma 的全岩等时线 Rb - Sr 法同位素年龄值,在 1: 25 万红宝石幅区调中<sup>②</sup>,在白山东采获(273±14) Ma 全岩 Rb - Sr 等时线年龄,故将其侵位时代为早石炭世晚期—中石炭世早期。

### 1.2 明水西金-铅锌矿床地质特征

明水西新井石英闪长岩岩体还构成明水西金-铅锌矿床的赋矿围岩。金-铅锌矿床赋于闪长岩和石英闪长岩、斜长花岗斑岩中,矿体呈脉状、扁豆状、串珠状及网状分布,矿石可分为金-铅锌矿脉和含金石英脉 2 种类型,二者有时单独存在,有时含金石英脉呈细脉充填于金-铅锌矿脉中间。显示该矿床具有两期成矿的特点,早期为金-铅锌矿脉阶段,晚期为含金石英脉阶段。矿石矿物:金-铅锌矿脉以方铅矿为主,其次为闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿,其金属矿物总量一般为 3%~10%,局部可达 20%;含金石英脉:矿物有黄铁矿、孔雀石,其中以黄铁矿、赤铁矿为主,但一般含量不高,总含量仅为 1%~5%;围岩蚀变以碳酸盐化最为强烈,其次为绢云母化、绿泥石化、黄铁矿化,硅化及高岭土化等低温热液蚀变为主。据初步普查,明水西金-铅锌矿已达中型矿床。

<sup>①</sup> 甘肃省地质调查院. 1: 25 万马鬃山幅区调报告, 2001.

<sup>②</sup> 甘肃省地质调查院. 1: 25 万红宝石幅区调报告, 2004.



1. 第四系; 2. 新近纪苦泉组; 3. 石炭纪白山组; 4. 太古宙敦煌岩群; 5. 大石山岩体; 6. 明水岩体; 7. 新井岩体; 8. 角度不整合;
9. 断层界线; 10. 研究区; 11. 哈萨克斯坦板块; 12. 红石山蛇绿混杂岩带; 13. 塔里木板块; 14. 白山岩浆弧; 15. 明水-旱山微板块

图 1 新井岩体地质概图

Fig. 1 Geological sketch map of Xinjing intrusion

## 2 岩石学特征

(1) 细粒闪长岩: 细粒半自形粒状结构, 块状构造, 矿物粒径  $0.2\sim1.8$  mm。岩石组成: 斜长石(65%~75%)呈自形-半自形板状、宽板状, 卡纳双晶发育, An=28, 多数沿核心绢云母化、黏土化, 石英(5%±)呈他形粒状, 多数聚集充填在各矿物之间; 角闪石(20%±), 自形-半自形粒状, 局部为绿泥石、纤闪石所交代; 黑云母(1%~5%)呈半自形-自形、片状、鳞片状, 部分为绿泥石所交代, 个别晶体受外力作用有点弯曲现象, 副矿物主要为磷灰石、榍石等, 含量<1%。

(2) 中细粒石英闪长岩: 岩石具半自形中细粒状结构, 块状构造, 矿物粒径1~4 mm, 以1~2 mm为主, 由斜长石(50%~60%)、钾长石(1%~2%)、石英(10%±)、角闪石(5%~10%)、黑云母(20%~25%)及副矿物榍石、磷灰石、磁铁矿等组成。斜长石为半自形-自形宽板状, 聚片双晶发育, An=26, 属

更长石, 常具绢云母化, 钠黝帘石化, 局部发生钠长石化; 钾长石: 呈他形晶粒状, 为条纹长石, 条纹长石交代斜长石, 形成蠕英结构; 石英呈他形粒状, 常呈集合体聚集, 充填在其他矿物之间; 黑云母、角闪石具绿泥石化现象, 内常包裹磁铁矿、磷灰石等副矿物。

(3) 似斑状中细粒石英闪长岩: 似斑状结构, 块状构造, 斑晶由斜长石(15%±), 局部地段可见角闪石(1%~3%)、黑云母(1%~2%)斑晶, 粒径  $1.6\times2.0$  mm~ $2.4\times5.2$  mm; 基质具中细粒状结构, 由斜长石(52%)、角闪石(2%)、黑云母(10%)、石英(10%~15%)组成, 粒径<1 mm, 副矿物主要为榍石、磷灰石、磁铁矿等。斜长石为自形宽板状, 板状, 卡纳聚片双晶发育, 并且环带构造, 属中长石, 边部较洁净, 具钠长边, 内具补丁状消光, 并具轻微绢云母化现象; 角闪石为自形-半自形长柱状; 黑云母为自形-半自形片状, 具深褐-红褐-棕褐色多色性, 边缘有榍石、磷灰石等副矿物少量分布; 石英呈他形粒状, 多齿状镶嵌聚集状分布, 局部具重结晶现象。

### 3 岩石地球化学特征

岩石化学、微量元素和稀土元素样品分别采自明水西岩体中,通过显微镜观察,尽量挑选无蚀变和矿化影响或蚀变较弱的样品。分析结果见表1、表2、表3。

#### 3.1 岩石化学特征

从表1中可以看出,主量元素: $\text{SiO}_2$ 为59.13%~67.90%,属中酸性侵入岩范畴。 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量较高为14.90%~16.42%, $\text{MgO}$ 为1.96%~3.12%, $\text{Mg}^{\#}$  $[100 \times \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe})]$ 介于0.29~0.33,具有埃达克岩的地球化学特征( $\text{SiO}_2 \geq 56\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 15\%$ ,  $\text{MgO}$ 通常<3%,很少>6%, $\text{Mg}^{\#} < 0.5$ )。所有样品中 $\text{Na}_2\text{O}$ 含量为2.70%~5.00%, $\text{K}_2\text{O}$ 含量为2.11%~3.86%, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 为0.84~2.63,说明岩石较富钠,具有O型埃达克岩的特点(张旗等,2001a,2001b)。 $\delta$ 值介于1.59~2.18,KNC值介于0.73~1.68,属钙碱性系列岩石。

#### 3.2 稀土元素特征

对岩石稀土元素分析表明(表2),稀土总量 $\Sigma \text{REE}$ 较低,介于 $91.22 \times 10^{-6}$ ~ $193.53 \times 10^{-6}$ ,其中 $\text{LREE} = 71.26 \times 10^{-6}$ ~ $159.33 \times 10^{-6}$ , $\text{HREE} = 19.96 \times 10^{-6}$ ~ $42.09 \times 10^{-6}$ , $\text{LREE}/\text{HREE}$ 值介于3.24~6.14, $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 值介于7.85~17.99, $(\text{La}/\text{Sm})_{\text{N}}$ 介于3.02~5.22,轻稀土富集,且轻稀土分馏明显,重稀土亏损,Y和重稀土元素含量较岛弧安山岩-英安岩-流纹岩要低,其中 $\text{Yb}$ 值介于 $1.19 \times 10^{-6}$ ~ $2.33 \times 10^{-6}$ ,大多数为 $1.19 \times 10^{-6}$ ~ $1.9 \times 10^{-6}$ ,Y值介于 $11 \times 10^{-6}$ ~ $21.8 \times 10^{-6}$ ,大多数为 $11 \times 10^{-6}$ ~ $15.1 \times 10^{-6}$ ,与埃达克岩含量基本相当( $\text{Y} < 18 \times 10^{-6}$ , $\text{Yb} \leq 1.9 \times 10^{-6}$ ),个别样品个别元素超标,可能是作为捕虏体受后期淡色花岗岩侵入影响所致。稀土配分曲线右倾(图2),属轻稀土富集型,且轻重稀土分馏明显,与埃达克岩稀土配分型式相似(钱青等,2001), $\delta \text{Eu}$ 值介于0.64~0.95,具弱的负Eu异常。

#### 3.3 微量元素特征

从岩体微量元素含量来看(表3),低场强元素Ba、Th、K、LREE、Sr含量较高,而高场强元素Nb、Ta、P、Ti含量较低。 $\text{Sr}/\text{Y} > 20$ (22.4~79.1),Sr含

量一般为 $364 \times 10^{-6}$ ~ $871 \times 10^{-6}$ ,多数 $> 400 \times 10^{-6}$ ,较岛弧安山岩-英安岩-流纹岩要高,与埃达克岩含量相当(一般 $> 400 \times 10^{-6}$ )。在洋脊玄武岩标准化蛛网图(图3)中显示:Ba、Nb、P、Ti等元素呈负异常,而Rb、Th、Ta、La、Ce、Sr、Hf、Zr等元素和多数Eu呈正异常。其中Ta、Sr、Zr、Hf等元素的正异常,与正常岛弧钙碱中酸性侵入岩石特征不同,一般岛弧钙碱性岩石具有明显的Sr、Zr、Hf的负异常。岩石轻重稀土元素分馏明显,Sr正异常,Eu正异常或轻微的负异常,表明源区残留物含石榴子石且不含斜长石,暗示其熔融岩浆的温压条件与石榴子石稳定的温压条件相同。

### 4 岩石成因及构造环境讨论

#### 4.1 岩石成因

明水西石英闪长岩体主要矿物组合为斜长石+角闪石+黑云母+石英,未见单斜辉石和斜方辉石,副矿物包括磷辉石、锆石、榍石及钛铁矿等,且含量较高。岩石中局部见辉长质包体。从地球化学的角度来说,大体相当于埃达克质岩石的特征。主要表现为 $\text{SiO}_2 \geq 56\%$ , $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 15\%$ , $\text{MgO} < 3\%$ ,富集轻稀土,且轻重稀土分异强烈,无Eu(或轻微的负Eu异常), $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值较小,为0.703,贫Y和Yb(多数 $\text{Y} < 18 \times 10^{-6}$ , $\text{Yb} \leq 1.9 \times 10^{-6}$ ),Sr含量较高,多数 $> 400 \times 10^{-6}$ , $\text{Sr}/\text{Y}$ 值很高( $> 20$ ), $\text{La}/\text{Yb}$ 高场强元素(HFSE)亏损,在蛛网图上,Sr和Eu呈正异常或没有异常,反应源区没有斜长石分离结晶作用。与典型的岛弧钙碱性火山岩有明显区别(DEFENT等,1990),同位素 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为0.704,接近MORB值<sup>①</sup>,且 $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 质较高, $\text{Mg}^{\#}$ 值 $< 0.5$ ,反映本区石英闪长岩的岩浆起源于洋脊玄武岩质岩石的部分熔融。

#### 4.2 构造环境讨论

埃达克岩的形成要求源区必须是基性的含水残留相有石榴石存在。因此,只要由适合的物理化学条件,俯冲板片和下地壳熔融都可以形成埃达克岩(ATHERTON et al., 1993; RAPP, 2001)。国外发现的埃达克岩主要形成于岛弧环境(DEFENT et al., 1990; MARTIN, 1999),在国内所识别出的埃达克岩主要形成于玄武岩底侵(王强等,2001;张旗等,

① 甘肃省地质调查院. 1:25万红宝石幅区调报告, 2004.

**表 1 新井岩体化学成分主量元素分析结果表(%)**

Tab. 1 The major element compositions of Xinjing intrusion(%)

送样号	岩石名称	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O+H <sub>2</sub> O-	Total	δ	SI	Mg#	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	A/NCK	Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O	
3YQ2668-1	石英闪长岩	64.83	0.40	15.34	1.58	2.18	0.05	2.26	4.68	5.00	1.90	0.22	0.36	0.78	0.06	99.64	2.18	17.49	0.33	6.90	1.05	2.63
3YQ2669-1	石英闪长岩	59.13	0.62	16.42	2.09	3.86	0.10	3.00	7.06	2.80	2.85	0.26	0.32	0.84	0.03	99.38	1.98	20.55	0.29	5.65	1.16	0.98
3YQ2668-1	石英闪长岩	64.39	0.36	15.37	2.30	2.29	0.10	2.51	4.51	2.70	3.20	0.17	0.16	1.24	0.04	99.34	1.63	19.31	0.31	5.90	1.28	0.84
3YQ2667-1	石英闪长岩	67.90	0.45	14.90	1.16	2.11	0.05	1.96	3.74	2.90	3.40	0.17	0.20	0.76	0.04	99.74	1.59	17.00	0.33	6.30	1.26	0.85
3YT644-1	闪长岩	59.27	0.74	15.92	2.07	3.60	0.06	3.12	6.94	2.70	2.40	0.14	0.88	2.00	0.16	100.00	1.60	22.46	0.31	5.10	1.19	1.13

**表 2 稀土元素分析结果表(10<sup>-6</sup>)**

Tab. 2 The REE element compositions of Xinjing intrusion(10<sup>-6</sup>)

送样号	岩石名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	LREE/HREE	δEu	(La/Yb) <sub>N</sub>	(Ho/Yb) <sub>N</sub>	Y/Yb
3XT2698-1	石英闪长岩	17.2	31.1	3.37	15.36	3.27	0.96	2.75	0.4	2.4	0.46	1.36	0.2	1.19	0.2	11	91.22	3.57	0.95	9.74	1.13	9.24
3XT2699-1	石英闪长岩	35.9	66.8	7.61	33.2	7.48	1.45	6.01	1.02	5.24	1.05	2.74	0.43	1.44	0.36	22.8	193.53	3.62	0.64	16.81	2.12	15.83
3XT2088-1	石英闪长岩	24	39.8	4.34	17	3.69	0.85	3.25	0.57	3.44	0.69	1.98	0.29	2.06	0.33	15.1	117.39	3.24	0.73	7.85	0.97	7.33
3XT2697-1	石英闪长岩	43.5	68.5	8.04	32.8	5.24	1.25	4.02	0.57	3.57	0.54	1.78	0.24	1.63	0.2	13.4	185.28	6.14	0.80	17.99	0.96	8.22
3XT644-1	闪长岩	37.1	69.5	6.66	28.1	6.39	1.43	5.34	0.88	4.24	0.91	2.54	0.39	2.33	0.38	11.8	177.99	3.84	0.73	10.74	1.14	5.06

**表 3 微量元素分析结果表(10<sup>-6</sup>)**

Tab. 3 The trace element compositions of Xinjing intrusion(10<sup>-6</sup>)

送样号	岩石名称	F	Cr	Li	Rb	Cs	Sr	Ba	Sc	Nb	Ta	Zr	Hf	Th	Ti	P	K	Y	K/Rb	Rb/Sr	Nb/Y	Sc/Y
3XT2698-1	石英闪长岩	462	58	22.6	44.6	3.45	871	308	12.6	3.54	0.66	110	3.4	4.04	2.397	480	7.886	11	176.8	0.05	0.32	79.2
3XT2699-1	石英闪长岩	816	60.6	23.3	138	8.7	511	609	21.5	12.9	1.54	173	5.12	12.6	3.716	567	11.829	22.8	85.7	0.27	0.57	22.4
3XT2088-1	石英闪长岩	279	38.4	18.1	96.3	2.1	364	473	17.3	6.25	1.06	82.9	2.7	11.5	2.158	371	13.282	15.1	137.9	0.26	0.41	24.1
3XT2697-1	石英闪长岩	728	49	26.8	146	8.7	526	933	9.37	14.6	1.29	116	3.58	16.2	2.697	371	14.112	13.4	96.7	0.28	1.09	39.3
3XT644-1	闪长岩	702	66.9	32.4	121	4.8	725	641	24	10.2	1.18	137	4.31	12.2	4.435	305	9.961	11.8	82.3	0.17	0.47	33.3

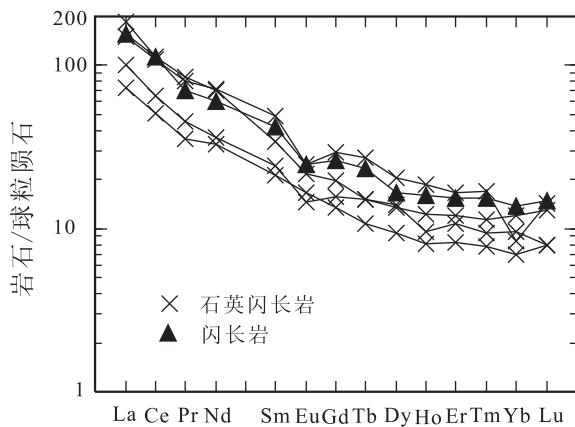


图2 新井岩体稀土元素配分型式图

Fig. 2 Chondrite-normalized REE diagrams for the Xinjin intrusion

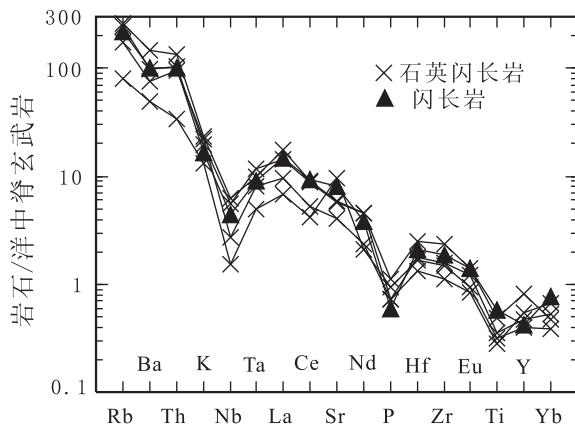


图3 新井岩体微量元素蛛网图

Fig. 3 Spider diagrams of trace elements for intrusion  
the Xinjin intrusion

2001a, 2001b; 周新民等, 2000)。此外还有下地壳拆沉作用(PEACOCK et al.)。明水西新井埃达克质石英闪长岩分布于红石山蛇绿混杂岩带南侧, 与早石炭世白山组火山-沉积岩系及I型、S型花岗岩共同构成白山岩浆弧带。白山组火山岩由安山岩、流纹岩、英安岩和火山碎屑岩系组成, 且具钙碱性陆缘岛弧火山岩的性质, 而早石炭世侵入的明水石英闪长岩具埃达克性质, 反映了早石炭世北山北带白山岩浆弧带火山-岩浆活动经历了不同的地质环境演化过程。

研究表明岛弧火山岩的形成与大洋板块俯冲导致深部的脱水作用, 使板片之上的地幔楔发生部分熔融, 形成的玄武质岩浆分异作用上升至地表或地壳浅部, 或底侵到岛弧地壳底部, 加热下部地壳使之发生深熔作用形成中酸性岩浆(RAPPETAL,

1999)。而埃达克岩是俯冲到深处的具MORB性质的板片在一定物理条件下发生部分熔融, 形成中酸性岩浆直接侵位于地表浅部而形成的(DEFANT et al., 1990; MARTIN, 1999)。

结合本区晚古时代构造演化, 笔者认为在早石炭当红石山洋壳向塔里木板块北缘低角度快速俯冲时, 俯冲洋壳在75~90km深处的部分熔融形成埃达克质岩浆, 而白山组火山-沉积岩系形成于大洋板块较高角度的缓慢俯冲作用。

明水西新井埃达克质石英闪长岩在R1-R2构造图解中(图4)落入板块碰撞前环境, 在Rb-(Y+Nb)图解(图5)中落入岛弧花岗岩区也说明了其形成于岛弧环境, 为俯冲板片部分熔融的产物。

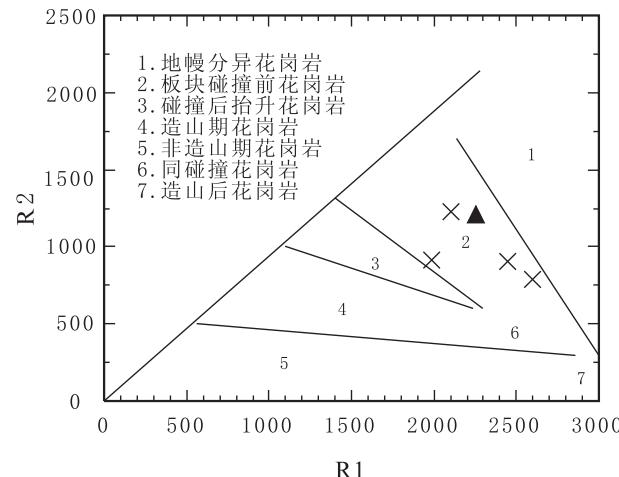


图4 深成岩R1-R2构造环境判别图

Fig. 4 R1-R2 diagrams for the Xinjin intrusion

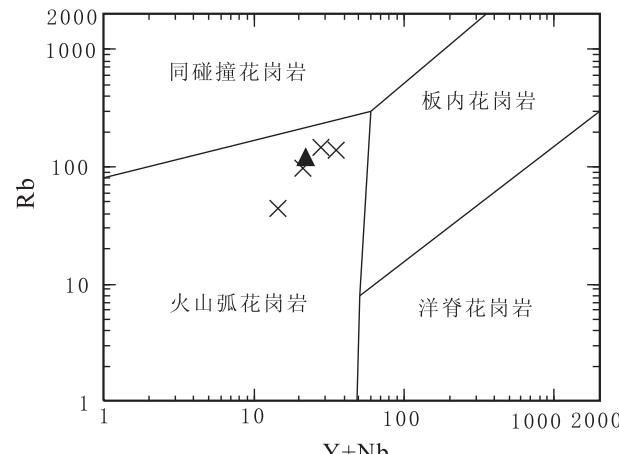
图5 花岗岩Rb-(Y+Nb)图解(R. A. Batchelor等, 1985)  
(据PEARCE等, 1984)

Fig. 5 Rb-(Y+Nb)diagrams for the Xinjin intrusion

## 5 结论

(1) 明水西新井石英闪长岩  $\text{SiO}_2 \geq 56\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 15\%$ ,  $\text{MgO} < 3\%$ ,  $\text{Mg}^{\#} < 0.5$ , 符合埃达克岩前兆标志; 基本符合  $\text{Sr} > 400 \times 10^{-6}$ ,  $\text{Y} < 18 \times 10^{-6}$ ,  $\text{Yb} \leq 1.9 \times 10^{-6}$  的标志(张旗等, 2008), 明水西新井石英闪长岩属埃达克质岩。

(2) 明水西新井埃达克质石英闪长岩具 MORB 性质, 其形成于岛弧环境, 为俯冲板片部分熔融的产物。

(3) 埃达克岩与金-铜成矿作用关系密切, 是金-铜找矿的前提。明水西新井埃达克质石英闪长岩呈捕虏体、残留体出露, 且是明水西金-铅锌矿的赋矿围岩。因此, 在该区应按照张旗先生“新的与埃达克岩有关的找矿方法”(张旗等, 2008)安排部署找矿普查, 通过区调、物化探等工作, 首先以圈定埃达克岩为目标, 发现隐伏埃达克岩体或其他岩体, 进而开展明水西金-铅锌矿床外围及深部找矿。

## 参考文献(References):

张连昌, 秦克章, 英基丰, 等. 东天山土屋—延东斑岩铜矿埃达克岩及其与成矿作用关系 [J]. 岩石学报, 2004, 20(2): 259-268.

ZHANG Liangchang, QIN Kezhang, YING Jifeng, et al. The relationship between ore forming processes and adakitic rock in Tuwu-Yandong porphyry copper metallogenesis belt, eastern Tianshan mountains [J]. Acta Petrologica Sinica, 2004, 20(2): 259-268.

张旗, 王焰, 刘伟, 等. 埃达克岩的特征及其意义 [J]. 地质通报, 2002, 21(7): 431-435.

ZHANG Qi, WANG Yan, LIU Wei, et al. Adakite: Its characteristics and implications [J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21(7): 431-435.

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.

ZHANG Qi, WANG Yan, QIAN Qing, et al. The characteristics and tectonic metallogenesis significance of the Mesozoic adakites in eastern China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2001, 17(2): 236-244.

赵振华, 熊小林, 王强, 等. 新疆西天山莫斯早特石英钠长斑岩铜矿——一个与埃达克质岩石有关的铜矿实例 [J]. 岩石学报, 2004, 20(2): 249-258.

ZHO Zhenhua, XIONG Xiaolin, WANG Qiang, et al. A case study on porphyry Cu deposit related with adakite quartz albite porphyry in Mosizaote, Western Tianshan Xinjiang China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2004, 20(2): 249-258.

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. 埃达克质富钠石英闪长玢岩的证据 [J]. 地球化学, 2001, 30: 353-362.

WANG Qiang, ZHAO Zhenhua, XIONG Xiaolin, et al. Melting of the underplaiting basaltic lower crust evidence from the Saxy adakite sodic quartz diorite-porphyrates, Anhui Province [J]. Geochimica, 2001, 30: 353-362.

王强, 赵振华, 许继峰, 等. 扬子地块东部燕山期埃达克质(adakite-like)岩与成矿[J]. 中国科学(D), 2002, 46(增刊): 164-176.

WANG Qing, ZHAO Zhenhua, XU Jifeng, et al. Petrogenesis and metallogenesis of the Yanshanian adakite like rocks in the eastern Yangtze Block [J]. Science in China (D), 2002, 46(sup.): 164-176.

何世平, 任秉琛, 姚文光, 等. 甘肃内蒙古北山地区构造单元划分 [J]. 西北地质, 2002, 35(4): 30-40.

HE Shiping, REN Bingchen, YAO Wenguang, et al. The division of tectonic units of Beishan area, Gansu\_Inner Mongolia [J]. Northwesten Geology, 2002, 35(4): 30-40.

齐瑞荣, 黄增宝, 金霞. 甘肃北山大石山 A型花岗岩体的地球化学特征及构造意义 [J], 岩石矿物学杂志, 2006, 25(2): 90-96.

QI Ruirong, HUANG Zengbao, JIN Xia. Dashishan A-type Granitic Intrusives in the Beishan area, Gansu Province [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2006, 25(2): 90-96.

魏志军, 黄增保, 金霞, 等. 甘肃红石山地区蛇绿混杂岩地质特征 [J]. 西北地质, 2004, 37(2): 13-17.

WEI Zhijun, HUANG Zengbao, JIN Xia, et al. Geological characteristics of ophiolite magmatic complex of Hongshishan region, Gansu [J]. Northwesten Geology, 2004, 37(2): 13-17.

张旗, 王焰, 熊小林, 等. 埃达克岩和花岗岩: 挑战与机遇 [M]. 北京: 中国大地出版社, 2008.

ZHANG Qi, WANG Yan, XIONG Xiaolin, et al. Adakite and Granite: Challenge and Opportunity [M]. Beijing: China Land Press, 2008.

地质部甘肃省地质局第二区域地质测量队. 1: 200000 明水幅《区域地质测量报告》[R]. 甘肃酒泉, 1969.

DEFANT M J, DRUMMOND M S. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subduction lithosphere [J]. Nature, 1990, 347: 662-665.

DEFANT M J, DRUMMOND M S. Mount St. Helens: potential example of the partial melting of the subduction lithosphere in a volcanic arc [J]. Geol., 1993, 21: 547-550.

MARTIN H. Adakitic magmas: modern analogues of Archaean granitoids [J]. Lithos, 1999, 46(3): 411-429.

OYARZUN R, MARQUEZ A, LILLO J, et al. Giant versus small porphyry copper deposits of Cenozoic age in northern Chile: adakitic versus normal cala-alkaline magmatism [J]. Mineral Deposit, 2001, 36: 794-798.

RAPP R P, SHIMIZU N, NORMAN M D. Reaction between slab-derived melts and peridotite in the mantle wedge: experimental constraints at 3.8 GPa [J]. Chemical Geology, 1999, 160: 335-356.

PEACOCK S M, RUSHMER T, THOMPSON A B. Partial melting of subducting oceanic crust [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1994, 121: 27-244.