

# 滩间山花岗质岩石化学特征 和脉岩型金矿成矿作用的关系

白开寅<sup>1</sup>, 陈丽秋<sup>2</sup>, 魏刚锋<sup>1</sup>

(1. 长安大学 地球科学与资源学院, 陕西西安 710054; 2. 新疆矿产实验研究所, 新疆 乌鲁木齐 830000)

**摘要:** 通过对青海滩间山金矿花岗质岩石的岩石化学、稀土元素和铅同位素研究, 证明了和金矿有关的花岗质岩浆源于加里东期基性超基性岩的部分熔融或同源玄武岩分离结晶。岩浆中富金属硫化物的热液以及岩浆自身的热能, 为地层和岩浆中金元素的活化和运移提供了能量和载体, 对金起着捕获和富集的作用, 有利于金矿床的形成。

**关键词:** 滩间山; 金矿; 碳质糜棱片岩; 闪长玢岩; 万洞沟群

**中图分类号:** P611.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2007)03-0252-04

## Relationship between Chemical Characteristics of Granitic Rocks and Gold Mineralization in Tanjianshan

BAI Kai yin<sup>1</sup>, CHEN Li qiu<sup>2</sup>, WEI Gang feng<sup>1</sup>

(1. School of Earth Sciences and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China;

2. Xinjiang Institute of Experimental Mineral, Ürümqi 830000 Xinjiang, China)

**Abstract** Mylonite schist and granite are the main wall rocks of Tanjianshan gold deposit in Qinghai Province, and granitic rocks play an important role in the formation of gold deposit. Petrochemistry, REE and Pb isotope prove that the granitic magma comes from partial melting of Caledonian basic ultrabasic rocks or crystallization of congeneric basaltic magma. The metal sulfide enriched hydrothermal fluid and thermal power of the granitic magma provide energy and carrier for the activation and movement of gold element, which capture and accumulate gold element, and is available to form gold deposit.

**Key words:** Tanjianshan; gold deposit; carbonaceous mylonite schist; diorite porphyrite; Wandonggou Group

## 0 引言

青海滩间山金矿位于塔里木盆地北缘, 是一个以糜棱片岩和花岗质脉岩为主要矿化围岩的大型构造蚀变岩、脉岩型金矿床<sup>[1]</sup>, 区内花岗质脉岩不但对金的运移和富集起着重要作用, 而且也是主要的容矿岩石类型。

滩间山金矿大地构造位置, 属祁连地槽与柴达

木地块过渡带, 地层为中元古界蓟县系万洞沟群碳质糜棱片岩。矿区火成岩脉非常发育, 主要为华力西期花岗斑岩、蚀变闪长玢岩和煌斑岩等。这些侵入脉体对滩间山金矿的形成和富集, 尤其是花岗质岩石对地层中金元素的活化和运移所起的作用以及闪长玢岩中金的富集机理, 目前尚无较系统的研究。

通过对滩间山花岗质岩石的岩石化学、微量元

收稿日期: 2006-12-28

基金项目: 中国地质调查局项目(92-35)

作者简介: 白开寅(1952), 男, 陕西西安人, 工程师, 从事岩矿鉴定工作。E-mail: kaiyeb@chd.edu.cn

素、铅同位素和稀土元素的综合研究, 试图对潍间山脉岩型金矿, 尤其是和闪长玢岩有关的金矿形成和富集机理, 提供理论依据。

1 地质背景

花岗岩脉岩侵位于中元古界万洞沟群( $Pt_2wd$ )地层中, 同位素年龄( $309.87 \pm 4.77$ )Ma。万洞沟群分布于潍间山—万洞沟一带。平面形态成带状, 出露宽度约 4 km, 出露面积 35 km<sup>2</sup>, 可见厚度大于 2300 m。按岩性可分为上下岩组, 两岩组之间为连续沉积。下岩组( $Pt_2wd^p$ )下部为碳质绢云片岩、钙质片岩和碳质大理岩; 上部以碳质糜棱片岩为主, 其间加有白云质大理岩透镜体。上岩组( $Pt_2wd^j$ )下部为白云质大理岩, 上部为绢云石英片岩。万洞沟群地层铷—锶等时线年龄( $1\,022 \pm 64$ )Ma<sup>[2]</sup>。

潍间山金矿床位于万洞沟群下岩组( $Pt_2wd^p$ )上部的碳质糜棱片岩和侵位于其中的闪长玢岩之中。矿石矿物组合比较简单, 以含砷黄铁矿为主, 少量毒砂。矿石化学成分以金、砷高度富集为特征<sup>[3]</sup>。

万洞沟群下岩组碳质糜棱片岩中金、砷背景值较高, 无矿化蚀变的岩石中金质量分数为( $28.5 \sim 32.0$ ) $\times 10^{-9}$ , 砷为( $17.68 \sim 79.68$ ) $\times 10^{-9}$ , 原岩为同生热水沉积的碳质泥岩。

2 花岗岩脉岩地球化学特征

2.1 岩石化学特征

花岗斑岩、闪长玢岩化学成分和里特曼组合指数列于表 1。表 1 表明, 里特曼指数变化为 1.69~2.3, 属钙碱性花岗岩类。在图 1 中, 均投影于 I 型

表 1 矿区侵入岩化学成分及化学指数

Tab.1 Chemical Composition and Chemical Index of Intrusive Rock in the Deposit

		$w_B / \%$							
岩石类型	序号	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	
斜长花岗斑岩	1	66.26	0.250	14.18	0.94	1.72	0.010	1.28	
斜长花岗斑岩	2	66.96	0.240	13.43	0.96	1.61	0.015	1.89	
斜长花岗斑岩	3	67.73	0.240	15.60	1.54	0.80	0.075	1.09	
闪长玢岩	4	67.72	0.34	15.29	0.97	0.75	0.620	0.62	
闪长玢岩矿石	5	67.63	0.913	17.38	3.08	0.16	0.530	0.53	
闪长玢岩矿石	6	67.76	0.945	14.94	3.06	0.20	0.550	0.55	
岩石类型	序号	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	F	Cl	灼失	总计
斜长花岗斑岩	1	2.54	6.08	1.42	0.020			3.79	99.52
斜长花岗斑岩	2	2.86	4.50	1.88	0.084			4.74	98.98
斜长花岗斑岩	3	2.70	4.88	2.07	0.098			2.81	99.24
闪长玢岩	4	2.19	4.34	2.38	0.062	0.06	0.083	4.59	99.41
闪长玢岩矿石	5	0.19	0.35	5.20	0.113	0.14	0.052	4.00	99.79
闪长玢岩矿石	6	0.69	0.34	4.74	0.113	0.18	0.031	5.48	99.03

岩石类型	序号	里特曼 指数 $\delta$	原子数		
			K	Na	Ca
斜长花岗斑岩	1	2.30	11.1	72.2	16.7
斜长花岗斑岩	2	1.69	16.9	61.5	21.6
斜长花岗斑岩	3	1.99	17.6	63.1	19.3
闪长玢岩	4	1.85	22.0	61.0	17.0
闪长玢岩矿石	5				
闪长玢岩矿石	6				

花岗岩区。

根据钾质量分数的变化, 钙碱性岩系进一步分为低钾的奥长花岗岩系列、中钾的花岗闪长岩系列和高钾的二长岩系列。早期造山带内部, 以低钾岩系为特征, 晚期造山带外部, 以高钾的钙碱性岩系为特征<sup>[4]</sup>。潍间山斜长花岗斑岩、闪长玢岩贫钠富

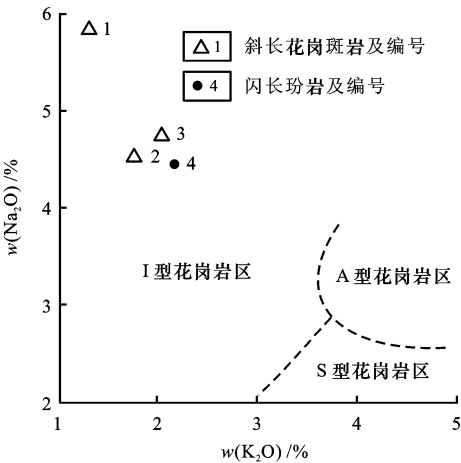


图 1 花岗岩类 Na<sub>2</sub>O-K<sub>2</sub>O 图解

Fig. 1 Na<sub>2</sub>O-K<sub>2</sub>O Diagram of Granite

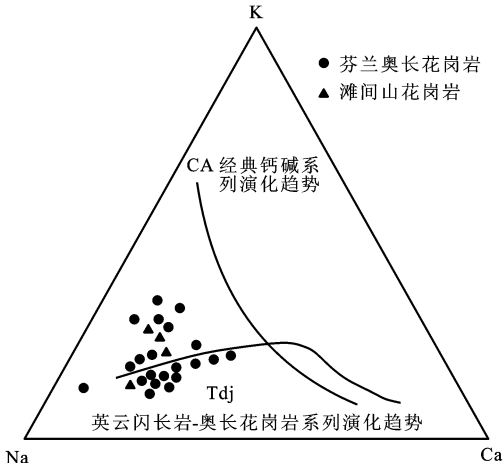


图 2 花岗岩类 K-Na-Ca 图解

Fig. 2 Na-K-Ca Diagram of Granite

钾,在图 2 中,均投于英云闪长岩 – 奥长花岗岩系列演化趋势线上。同位素投影表明,华里西期花岗质岩石与加里东期基性岩源区特征参数相同。由此可以推断,华里西期花岗质岩石或源于加里东期基性、超基性岩的部分熔融,或源于加里东同源玄武岩浆的分离结晶并有上地壳组分的混入(图 3、表 2)。

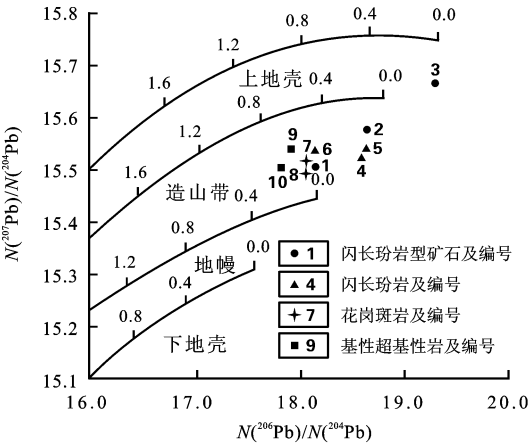


图 3 铅同位素及源区坐标

Fig. 3 Coordinate Graph of Pb Isotope and Its Source Region

2.2 闪长玢岩及其矿石的元素地球化学特征

2.2.1 造岩元素地球化学特征

表 1 表明,含矿闪长玢岩中钾、铁质量分数显著增高,钠、钙较明显的降低,这显然和矿化热液蚀变有关。值得注意的是,矿化剂元素氟和氯在矿化闪长岩脉中出现互补趋势,和原岩相比,氟增加而氯降低,这种情况和不同源区的流体混合有关。

2.2.2 稀土和微量元素地球化学特征

闪长玢岩和闪长玢岩矿石的稀土元素质量分数和分配形式如表 3、图 4。闪长玢岩矿石中,稀土总量

明显高于闪长玢岩,而且闪长玢岩矿石的轻稀土质量分数显著高于闪长玢岩的轻稀土质量分数,进一步证实了促使金富集的热液中无疑有外源稀土成分的加入。这些外源成分,只能来源于地层和矿化热液<sup>[5]</sup>。

闪长玢岩和闪长玢岩矿石的微量元素质量分数如表 4。以闪长玢岩为标准,对闪长玢岩矿石进行微量元素标准化处理,其微量元素标准化分布形式如图 5。与原岩比较,矿石中微量元素增加最显著的是钽,其次是铌、铷、锆、钪等大离子亲石元素。明显亏损的是镍、锑和钴,同样也显示了与热液有关的特征<sup>[6]</sup>。

3 花岗质岩石和金矿成矿作用的关系

滩间山花岗质岩石尤其是闪长玢岩相对富氯,在岩浆侵位过程中,氯主要集中在岩浆的气 – 水相中,并具有促使酸性岩浆富水的气 – 液相产生液态分离和沸腾的作用。富氯及大离子不相容元素的岩浆热液,不仅可以使岩浆中的金以氯络合物的形式富集于热液中,而且也可以促使围岩中的金元素活化,形成富金矿化流体<sup>[7]</sup>。从闪长玢岩及其矿石的化学成分和稀土元素分配形式(图 4)以及微量元素分配形式(图 5)的对比,也可看出金有在热液中的富集趋势。

就其生成环境而论,滩间山花岗质岩石无论是基性、超基性岩的部分熔融还是同源玄武岩的分离结晶(图 3),都是一种富热液相流体。滩间山碳质糜棱片岩原岩为与热水沉积有关的水云母粘土岩,金质量分数  $(28.5 \sim 32.0) \times 10^{-9}$  较高。花岗质

表 2 铅同位素组成及源区特征参数

Tab. 2 Characteristic Parameter of Pb Isotope and Its Source Region

样品名称	序号	$\frac{N(^{206}\text{Pb})}{N(^{204}\text{Pb})}$	$\frac{N(^{207}\text{Pb})}{N(^{204}\text{Pb})}$	$\frac{N(^{208}\text{Pb})}{N(^{204}\text{Pb})}$	$t_m / 10^8 \text{ a}$	$\frac{n(^{238}\text{U})}{n(^{204}\text{Pb})}$	$\frac{n(^{232}\text{Th})}{n(^{204}\text{Pb})}$	$\frac{n(^{232}\text{Th})}{n(^{238}\text{U})}$
闪长玢岩矿石	1	18.154	15.509	37.783	2.35	9.030	34.30	3.68
闪长玢岩矿石	2	18.688	15.588	38.234	-0.07	9.410	34.50	3.66
闪长玢岩矿石	3	19.467	15.662	38.651	-0.54	10.200	35.80	3.51
闪长玢岩	4	18.583	15.523	38.276	-0.08	9.376	34.60	3.69
闪长玢岩	5	18.712	15.539	38.724	-0.16	9.500	36.30	3.82
闪长玢岩	6	18.194	15.506	38.314	2.06	9.020	36.20	4.01
石英闪长岩	7	18.184	15.539	38.486	2.12	9.300	37.00	3.98
斜长花岗斑岩	8	18.100	15.495	37.915	2.60	9.300	35.00	3.76
辉长岩	9	17.914	15.534	38.185	4.41	9.400	39.00	4.15
辉石岩	10	17.872	15.506	38.176	4.40	9.300	33.90	3.65

注:同位素年龄由国土资源部宜昌地质矿产研究所五室测定  
©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表3 闪长玢岩及闪长玢岩矿石的稀土元素

Tab.3 REE of Diorite Porphyrite and Its Ores

$w_B/10^{-6}$

样品名称	序号	本文测试数据													
		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
闪长玢岩	1	21.7	42.0	3.91	14.0	2.49	0.78	1.90	0.25	1.64	0.32	0.80	0.12	0.72	0.11
闪长玢岩矿石	2	40.3	76.2	9.07	40.8	6.58	1.26	4.08	0.64	3.86	0.86	2.51	0.38	2.28	0.27
闪长玢岩矿石	3	34.9	69.1	68.7	30.3	4.06	0.76	2.31	0.42	2.75	0.61	1.80	0.28	1.68	0.25

样品名称	序号	里德标准化数据													
		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
闪长玢岩	1	57.4	43.0	28.3	19.6	10.8	9.01	6.11	4.40	4.021	3.69	3.14	3.01	2.89	2.84
闪长玢岩矿石	2	107	78.1	65.7	57.0	28.6	14.5	13.1	11.3	9.90	9.91	9.84	9.52	9.16	6.98
闪长玢岩矿石	3	92.3	70.8	49.8	42.0	17.7	8.78	7.43	7.39	7.05	7.03	7.06	7.02	6.75	6.46

表4 闪长玢岩及闪长玢岩矿石微量元素质量分数

Tab.4 Content of Micro Elements of Eiorite Porphyrite and Its Ore

$w_B/10^{-6}$

样品名称	序号	本文测试数据												
		Ni	Co	Rb	Sr	Ba	Nb	Ta	Zr	Hf	Th	B	S	CO <sub>2</sub>
闪长玢岩	1	14	7.3	73	170	400	2.7	0.4	150	3.3	13.8	25	0.05	1.60
闪长玢岩矿石	2	9	5.7	170	76	360	9.1	7.0	168	4.7	17.1	81	0.29	0.16
闪长玢岩矿石	3	3	3.2	158	38	360	6.8	10.8	178	4.4	11.1	75	1.02	0.10

样品名称	序号	闪长玢岩石与闪长玢岩标准化数据												
		Ni	Co	Rb	Sr	Ba	Nb	Ta	Zr	Hf	Th	B	S	CO <sub>2</sub>
闪长玢岩	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
闪长玢岩矿石	2	0.64	0.78	2.36	0.45	0.90	3.37	17.5	1.12	1.42	1.24	3.24	5.8	0.1
闪长玢岩矿石	3	0.21	0.44	2.19	0.22	0.90	2.52	27.0	1.19	1.33	0.80	3.0	20.4	0.06

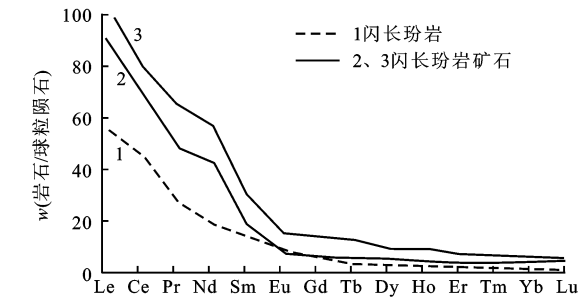


图4 闪长玢岩及其矿石稀土配分形式  
Fig.4 REE Distribution Formation of Diorite Porphyrite and Its Ores

岩浆中富金属硫化物热液和岩浆自身的热能,对地层中金元素的活化和运移,提供了能量和载体。两种含矿流体共同作用于花岗质脉岩的构造裂隙中,有利于金的富集成矿。

4 结语

(1) 潍间山金矿岩石类型为钙碱性岩浆花岗岩,其演化趋势属于英云闪长岩-奥长花岗岩系列。

(2) 花岗质岩石同源于加里东期基性、超基性

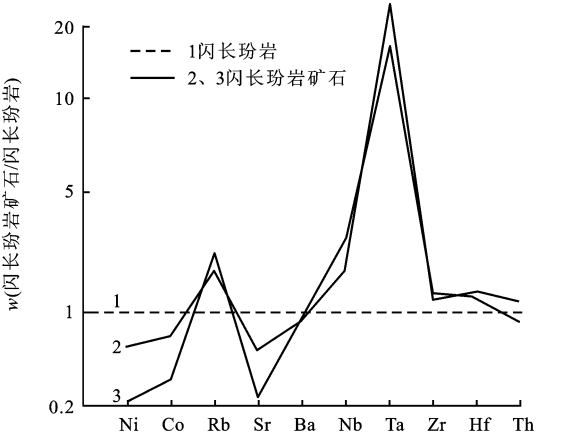


图5 微量元素标准化配分形式  
Fig.5 Standard Distribution Formation of Micro Elements of Diorite Porphyrite and Its Ores

(3) 金来源于花岗质脉岩侵位过程中的矿化热液和地层中的富金同生热水沉积物。花岗质岩浆的热能,为地层中金元素的活化,提供了能量。两种含矿流体共同作用于花岗质脉岩的构造裂隙中,有利于金的富集成矿。

(下转第279页)

蚀。依次类推, 4 种符号全部叠加在一起的区域, 则代表 4 种组合均有 pH<sub>s</sub> 分解性侵蚀的区域。

3.3 绘制 3 种分解性侵蚀综合评价迭加图

除了可以象图 3 那样用  $sk_1$ 、 $sk_2$ 、 $sk_3$  等值线图幅绘制 pH<sub>s</sub> 侵蚀、碳酸性侵蚀、酸性侵蚀分区图外, 还可以很方便地实现用  $sk_1 \sim sk_3$  3 种判别值分别针对 DA、DB、SA、SB 4 种组合的迭加同图绘制 3

种分解性侵蚀的综合迭加图。按照分解性侵蚀的判断原则, 其分解性侵蚀中只要其中任何一种侵蚀性存在, 就判断为具有分解性侵蚀, 因此, 在 3 种分解性侵蚀的综合迭加图上, 按照迭加取大的原则, 圈定出分解性侵蚀的总分布区, 即在综合迭加图上, 其分解性侵蚀中只要其中一种在某区段存在, 则认为该区段具分解性侵蚀。

3 种分解性侵蚀的综合迭加图, 只能按 DA、DB、SA、SB 4 种组合分成 4 幅图来单独绘制。图 4 是实例绘制出的 4 幅图之一, 图中, 实心圆点表示该点位置, 圆点上方标注的是该点的编号, 圆点左侧标注该点的  $sk_1$  值, 下方标注  $sk_2$  值, 右侧标注  $sk_3$  值。DA 组合的 pH<sub>s</sub> 分解侵蚀区( $sk_1 > 0.5$ ) 用水平的平行线条填充, 碳酸性侵蚀分布区( $sk_2 > 20$ ) 用垂直的平行线条填充, 酸性侵蚀分布区( $sk_3 > 6.2$ ) 用右斜的平行线条符号填充。

参考文献:

[ 1 ] 河北省地质局水文地质四大队. 水文地质手册[ M ] . 北京: 地质出版社, 1978.

[ 2 ] 房佩贤, 卫中鼎, 廖资生. 专门水文地质学[ M ] . 北京: 地质出版社, 1987.

[ 3 ] 曹剑峰, 迟宝明, 王文科, 等. 专门水文地质学[ M ] . 北京: 科学出版社, 2006.

[ 4 ] 刘秀花. 模糊信息分配法及其在水质评价中的应用[ J ] . 西安工程学院学报, 2002, 24( 1 ) : 29 32.

[ 5 ] 谌会芹, 李 萍, 程祖耀. 邯郸市地下水对混凝土的腐蚀性评价研究[ J ] . 河北建筑科技学院学报, 2004, 21( 1 ) : 19 22.

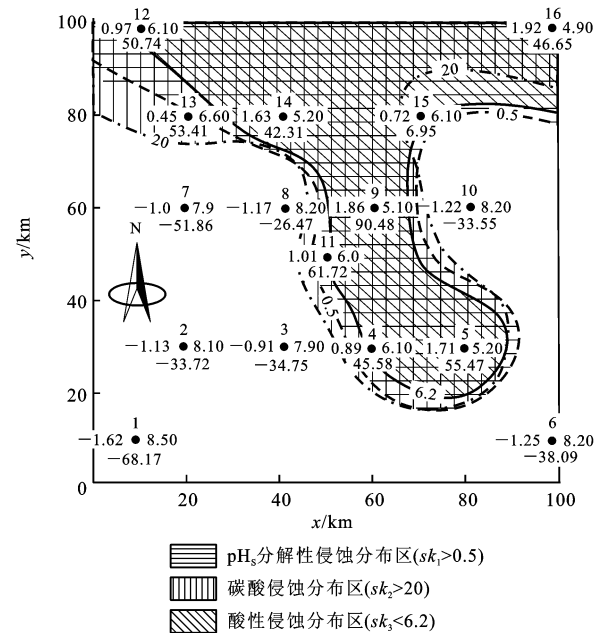


图 4 研究区潜水 DA 组合 3 种分解性侵蚀综合迭加  
Fig. 4 Superposition Map of Synthetical Decomposable Corrosion of Phreatic Water Acting on Three DA Combination

(上接第 255 页)

参考文献:

[ 1 ] 于风池, 魏刚锋, 孙继东, 等. 青海滩间山金矿成矿模式[ J ] . 西安工程学院学报, 1998, 20( 1 ) : 29 32.

[ 2 ] 张德全, 党兴彦, 余安全, 等. 柴北缘—东昆仑地区造山型金矿床的 Ar-Ar 测年及其地质意义[ J ] . 矿床地质, 2005, 24( 2 ) : 87 98.

[ 3 ] 崔艳合, 张德全, 李大新, 等. 青海滩间山金矿床地质地球化学及成因机制[ J ] . 矿床地质, 2000, 19( 3 ) : 214 221.

[ 4 ] 刘瑛俊. 元素地球化学[ M ] . 北京: 科学技术出版社, 1988.

[ 5 ] 涂光炽. 地球化学[ M ] . 上海: 科学技术出版社, 1984.

[ 6 ] 李锁成, 李永军, 李金宝, 等. 天水平道花岗岩体的地球化学特征及构造环境[ J ] . 地球科学与环境学报, 2005, 27( 4 ) : 33 37.

[ 7 ] Tullis J, Yuneil R A. Experimentasl Deformation of Westerly Oranite [ J ] . J Geophysics Res. 1977, 82: 44 53.