

北山花岗岩 S 型/I 型空间变化规律及含矿性

杨合群¹⁾, 李 英²⁾, 李文明¹⁾, 杨建国¹⁾, 赵国斌¹⁾, 王小红¹⁾

1)西安地质矿产研究所, 陕西西安 710054;

2)长安大学, 陕西西安 710054

摘 要: 北山地区花岗岩十分发育, 出露面积接近总面积的 30%, 形成时代以华力西期为主, 约占 80% 以上。笔者根据岩石化学判别统计, 本区花岗岩的 S 型/I 型个数比例, 北带 0.33, 中带 0.54, 南带 0.59, 说明从北向南, I 型花岗岩逐渐减少, S 型花岗岩逐渐增多。区内花岗岩类为重要的含矿岩石, 其中典型斑岩铜矿床与 I 型花岗质斑岩有关, 当出现铜铅组合时则与 S 型花岗质斑岩有关; 钼矿床有关花岗岩一般属 I 型, 当出现钨钼组合时则向 S 型花岗岩过渡; 钨锡矿床主要与 S 型花岗岩有关; 金矿床有关的花岗岩既有 I 型, 也有 S 型, 专属性不明显。

关键词: 北山; 花岗岩; I 型; S 型; 含矿性

中图分类号: P581; P587 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-3021(2009)05-627-07

Spatial Variation Regularity and Ore Potential of S-type and I-type Granites in the Beishan Mountain

YANG He-qun¹⁾, LI Ying²⁾, LI Wen-ming¹⁾, YANG Jian-guo¹⁾, ZHAO Guo-bin¹⁾,
WANG Xiao-hong¹⁾

1) Xi'an institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an, Shaanxi 710054;

2) Chang'an University, Xi'an, Shaanxi 710054

Abstract: Granites are well developed in Beishan area, with the outcrop making up nearly 30% of the total area. Over 80% of the granites were formed in the Variscan epoch. According to petrochemical discrimination, the ratio of S-type to I-type granites is 0.33 in the north belt, 0.54 in the middle belt and 0.59 in the south belt respectively. From north to south, the I-type granite gradually decreases whereas the S-type granite increases. The granites in this area constitute important ore-bearing rocks. The typical porphyry Cu deposits are related to the I-type granitic porphyry, and the Cu-Pb combination has to do with the S-type granitic porphyry. The Mo deposits are associated with the I-type granite, which grades off into the S-type granite when the W-Mo combination appears. The W-Sn deposits are mainly linked with the S-type granite. The granites related to gold deposits are S-type and I-type ones, with indistinct specialization.

Key words: Beishan; granite; S-type granite; I-type granite; ore potential

0 引言

在我国北山地区, 花岗岩广泛分布, 其出露面积约占总面积的 30%(图 1)。几十年来地质部门系统区域地质调查积累了丰富的资料; 有许多学者对本区花岗岩时代、成因、与板块构造关系进行过论述(刘雪亚等, 1984; 左国朝等 1990; 徐茂泉 1991; 王

彦斌 1994; 修群业 1999; 梅华林 1999; 聂凤军等, 2002b; 戴霜等, 2003; 江思宏等 2003a, 2003b, 2006; 刘明强等 2005, 2006, 2007); 但仅有较少学者对该区花岗岩类型与矿产的关系有论述(聂凤军等, 2002a, 2003; 戴霜等, 2002), 远不能满足指导找矿的需要。

笔者在承担国土资源大调查“北山成矿带找矿重大疑难问题研究”项目过程中, 对北山地区花岗

本文由国土资源大调查项目(1212010531602; 1212010813036)资助。

收稿日期: 2009-01-22; 改回日期: 2009-09-11。

第一作者简介: 杨合群, 男, 1953 年生。研究员。地质矿产专业。E-mail: xayhequn@126.com。

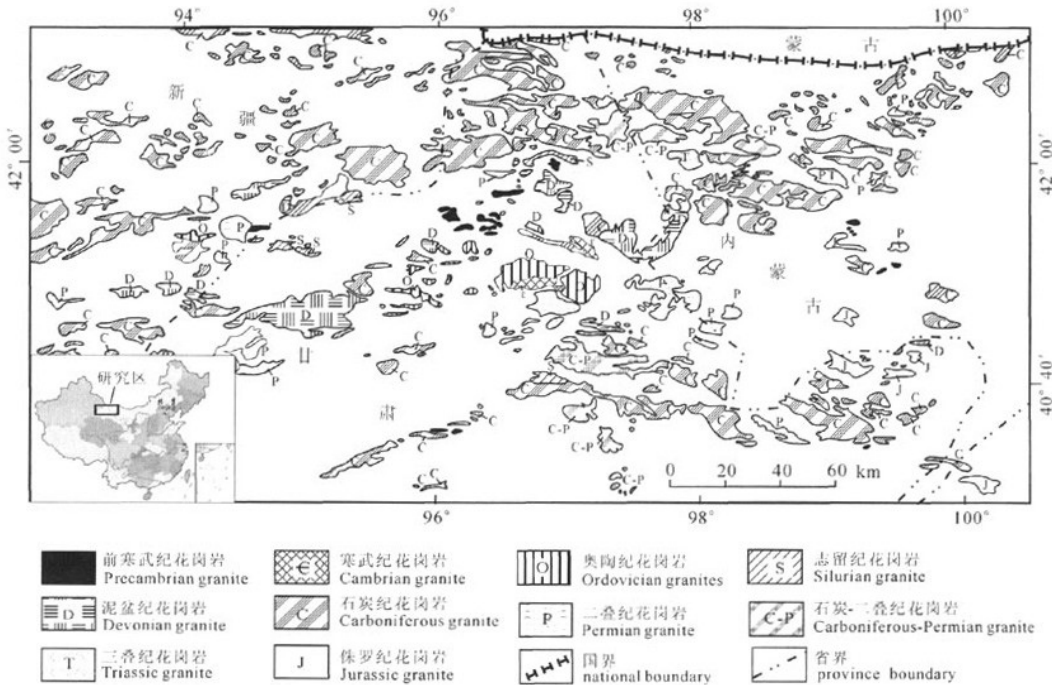


图 1 北山地区花岗岩类时空分布图
Fig. 1 Temporal and spatial distribution of granites in Beishan area

岩进行了含矿性分析,用于花岗岩有关成矿预测,并实地检查发现了有远景的“国庆钨矿”。本文重点论述该区花岗岩 S 型/I 型空间变化规律及含矿性。

1 花岗岩分布

1.1 时代分布

在东经 93°00'~100°30'、北纬 40°00'~42°40'范围内,前人 1/20 万区域地质调查记载的 300 余处花岗岩,前寒武纪 3 处,仅占 1%;加里东期 28 处,约占 9%;华力西期 245 处,占 81%;印支-燕山期 28 处,约占 9%,说明以华力西期最为发育。

1.2 空间分布

(1) 前寒武纪花岗岩:零星分布于古老地块中,例如 1/20 万安西幅中的石节子沟片麻状花岗岩株,敦煌幅中的火焰山北片麻状混合花岗岩和三危山东片麻状黑云斜长花岗岩,产于敦煌杂岩中。

(2) 加里东期花岗岩:加里东早期局限于本区中心偏西的花白山—墩墩山—马鬃山一线,为英云闪长岩,花岗岩,以及斜长花岗岩、石英二长闪长岩、花岗闪长岩等;加里东晚期花岗岩分布于 E 98°以西的南带和中带,又集中于 3 条线:北线沿中带北界,中线沿中带南界,南线沿南带南部,均呈弧

形展布。北、中线岩性主要为碱性花岗岩,南线主要为花岗岩、石英闪长岩,石英二长岩。

(3) 华力西期花岗岩:岩石类型最多,以酸性岩为主,主要有花岗岩、黑云母花岗岩,少量斜长花岗岩等。岩石为中粗粒-中细粒花岗结构,主要矿物成分为奥长石、正长石、石英、黑云母等。付矿物有锆石、磷灰石、榍石、金红石、钛铁矿或磁铁矿等。华力西晚期的花岗岩类主要为碱性-偏碱性花岗岩,如钾长花岗岩、二长花岗岩等。

华力西早期花岗岩分布十分有限,集中于 3 片,红柳园以北最集中,东七一山和老洞沟次之,圆包山南仅一个岩体。

华力西中晚期花岗岩出露面积超过侵入岩出露总面积的 50%以上,并成带分布。以明水—公婆北山—石板井—小黄山及方山口—牛圈子—三道明水—五道明水两道线为界,可以分为 3 个带:北带集中于红石山—甜水井—黑鹰山之南;中带出露差,主要集中于东部。华力西中晚期花岗岩,岩性在空间上也有变化:北带主要为华力西中期的二长闪长岩,英云闪长岩,花岗闪长岩和二长花岗岩,仅有少量华力西晚期碱性花岗岩;南带主要为花岗岩,二长花岗岩及少量花岗闪长岩;中带主要为华力西

晚期碱性花岗岩，包括正长花岗岩、钾长花岗岩、二长花岗岩等。

(4) 印支-燕山期花岗岩：主要是偏碱性的花岗岩。仅出现于图幅东西两端，西端位于长梁一带(N40°30′, E94°20′)，东端集中于 99°~100°—线的六驼山南(N 42°南)和五道明水—沙红山(N 41°南)两处，其间有零星出露。

2 岩石化学显示的 S 型/I 型变化规律

本文统计了 1:20 万区域地质调查报告¹收录的花岗岩类岩石化学数据共 480 组，并进行了花岗岩类型的图解判别。主要判别方法选择了 Na₂O-K₂O(图 2)、A-C-F 图解及铝饱和度指数(A/CNK): Na₂O-

K₂O 图解直接使用氧化物的质量分数, A-C-F 图解的 A 为 Al₂O₃-Na₂O-K₂O 分子数, C 为 CaO 分子数, F 为 FeO + MgO 的分子数, A/CNK 为 Al₂O₃/(CaO+Na₂O+K₂O)的摩尔数比值。

由于这 3 种判别选用了不同性质的指标，因而判别结果会出现一定差别。为此，在确定类型时，如果 3 种方法判别为 I 型或者 S 型，说明其可靠性大，确定其隶属度为 3/3 的 I 型或 S 型花岗岩；如果只有两种方法判别为 I 型或者 S 型，则是隶属度为 2/3 的 I 型或 S 型花岗岩。

收集的本区 480 个样品，判别为 I 型花岗岩类的 312 个，其中隶属度为 3/3 的有 139 个，隶属度为 2/3 的有 173 个；判别为 S 型花岗岩类的 158 个，其中隶

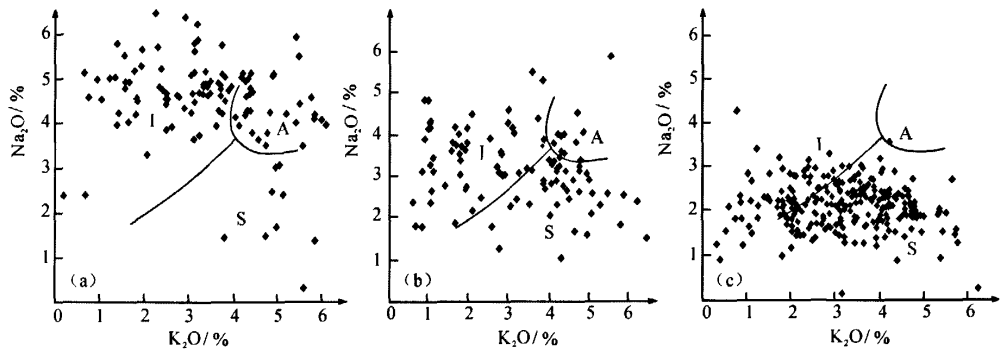


图 2 北山地区花岗岩类型判别 Na₂O-K₂O 图解
Fig. 2 Na₂O-K₂O granite types discrimination diagram of granites in Beishan area
(a) 北带;(b) 中带;(c) 南带
(a) north belt; (b) middle belt; (c) south belt

表 1 综合判别的 I 型和 S 型花岗岩样品数量
Table 1 Comprehensive discrimination sample quantity for I-type and S-type granites

地 区	总样品数	I 型		S 型		S 型/I 型
		隶属度 3/3	隶属度 2/3	隶属度 2/3	隶属度 3/3	
北带	117	40	48	25	4	0.33
中带	107	34	29	20	14	0.54
南带	256	65	96	68	27	0.59
全 区	480	139	173	113	45	0.51

¹ 中华人民共和国区域地质调查报告(1:20 万)：新疆地质局区测队(1966)大南湖幅(K-46-16)；新疆第一区测队(1966)烟墩幅(K-46-17)；新疆地质局区测队(1965)梧桐窝子泉幅(K-46-18)；新疆地质局区测队(1976)图兹甫克幅(K-46-22)；新疆地质局区测队(1966)沙泉子幅(K-46-23)；新疆区调大队(1979)白玉山幅(K-46-27)；新疆区调大队(1979)白山幅(K-46-28)；甘肃地质局第一区测队(1966)星星峡幅(K-46-24)；甘肃区测二队(1973)方山口幅(K-46-29)；甘肃地质局一区测队(1967)红柳园幅(K-46-30)；甘肃区测二队(1973)玉门关幅(K-46-34)；甘肃区测二队(1974)敦煌幅(K-46-35)；甘肃地质局一区测队(1966)安西幅(K-46-36)；甘肃省地质局二队(1969)明水幅(K-47-13)；甘肃地质局区测二队(1971)红石山幅(K-47-14)；甘肃力学区测队(1977)黑鹰山幅(K-47-15)；甘肃力学区测队(1979)六驼山幅(K-47-16)；甘肃力学区测队(1981)嘎顺滩尔幅(K-47-17)；甘肃省地质局(1968)牛圈子幅(K-47-19)；甘肃省地质局二队(1969)公婆泉幅(K-47-20)；甘肃局第二区测队(1972)石板井幅(K-47-21)；甘肃力学区测队(1977)路井幅(K-47-22)；甘肃力学区测队(1982)建国营、额济纳旗、湖西新村、务桃亥、咸水、吉鲁乃幅区(K-47-23、K-47-24、K-47-29、K-47-30、K-47-35、K-47-36)；甘肃地质局第一区测队(1967)安北幅(K-47-25)；甘肃省地质局(1969)后红泉幅(K-47-26)；甘肃地质局区测二队(1970~1971)红柳大泉幅(K-47-27)；甘肃力学区测队(1977)五道明幅(K-47-28)；甘肃省地质局(1969)报恩寺幅(K-47-31)；甘肃局第二区测队(1971)玉门镇幅(K-47-32)；甘肃省第一区测队(1969)旧寺墩、天仓幅(K-47-33、K-47-34)。

属度为 3/3 的有 45 个, 隶属度为 2/3 的有 113 个。

根据岩石化学判别, 本区 S 型/I 型花岗岩比例, 北带仅 0.33, 中带 0.54, 南带 0.59(表 2)。说明从北向南, I 型花岗岩逐渐减少, S 型花岗岩逐渐增多。

3 稀土元素对 S 型/I 型变化规律的印证

统计了区域中具有代表性的各类花岗岩样品 49 个(左国朝等 1990, 聂凤军等 2002; 何世平等, 1999)。稀土配分型明显可分为三类: ①类为斜率相对较小的, 无铕异常的右倾型, 岩性主要为中性的闪长岩类; ②类为斜率较大, 弱铕异常的右倾型, 岩性主要为中酸性的花岗闪长岩类; ③类为斜率较大, 负铕异常明显的右倾型, 岩性主要为偏碱性的花岗岩类。

δEu 值大于 1 的有狼娃山的斜长花岗岩为 1.15, 红石山有三个石英闪长岩为 1.00 和 1.01。 δEu 值小于 0.5 的有 12 个, 公婆泉一个(钾长花岗岩), 明水-黑鹰山两个, 狼娃山两个, 其余在花牛山一大奇山

一带, 最低值也在该区, 为 0.18。本区的稀土配分型类型①、②类应属 I 型花岗岩, 这两类的区别可以解释为上地壳的混染程度不同, 或侵入时地壳厚度不同, 也可以解释为构造背景演化阶段的不同。本区③类稀土配分型应属 S 型花岗岩, 具有明显的重熔型花岗岩特征。

稀土配分型的区域分布规律: 以红石山—六驼山一线为界, 可以把红柳河—牛圈子—洗肠井以北的北带, 进一步划分为北带北部和北带南部。对全区这三个区带的花岗岩稀土配分型及花岗岩成因类型进行对比, 可以发现北带北部主要为①类花岗岩稀土配分型(图 3a), 属 I 型花岗岩; 北带南部明显有 I 型花岗岩的①②类稀土配分型(图 3b), 也有较多的③类稀土配分型的 S 型花岗岩(图 3c); 南带的花牛山—帐房山一带, 与公婆泉矿区相似, 三种稀土配分型区分明显(图 3d, 图 3e, 3f, 3g), 而局部的地区, 如干泉—大奇山地区, 主要为③类稀土配分型

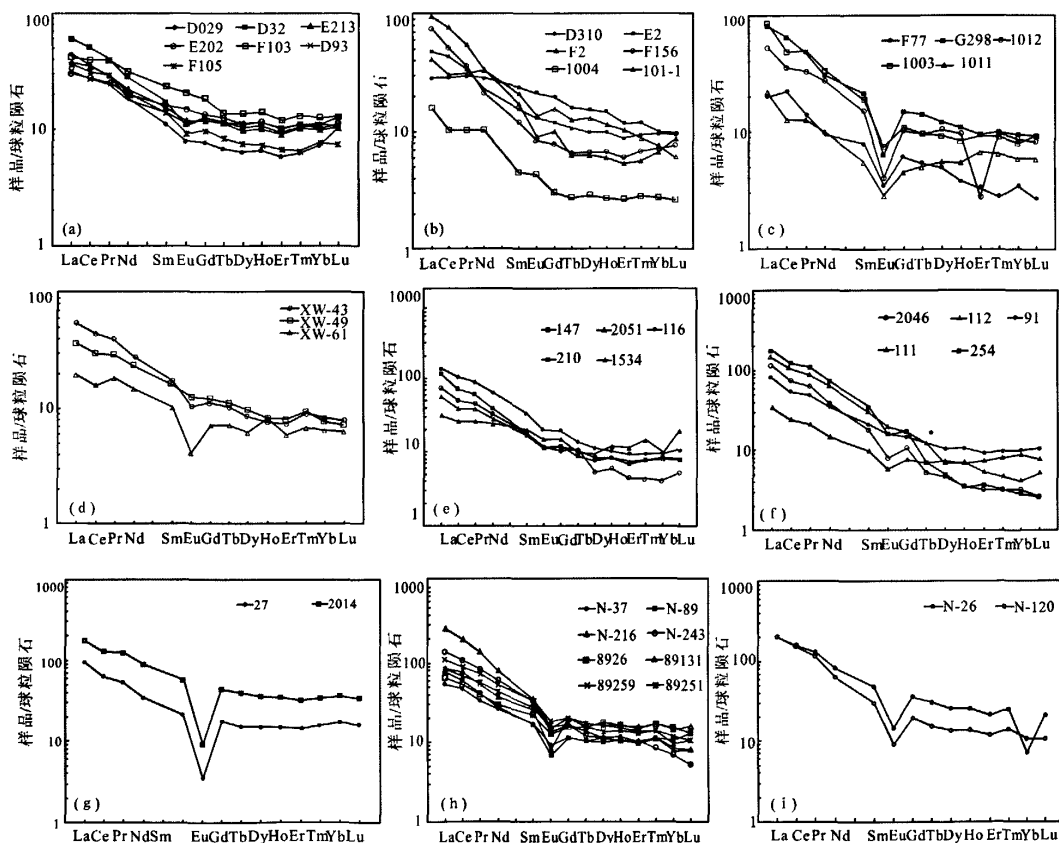


图 3 花岗岩稀土元素配分型式

Fig. 3 Chondrite-normalized REE patterns of granites

(a) 红石山-六驼山以北花岗岩; (b, c) 红石山-六驼山以南花岗岩; (d) 公婆泉花岗岩; (e, f, g) 花牛山-帐房山花岗岩; (h, i) 干泉-大奇山花岗岩

(a) Granite north of Hongshishan-Liutuoshan; (b, c) Granite south of Hongshishan-Liutuoshan; (d) Gongpoquan granite;

(e, f, g) Huaniushan-Zhangfangshan granite; (h, i) Ganquan-Daqishan granite

(图 3h, 图 3i)。这些特点似乎可印证岩石化学判别显示的 S 型/I 型值由北向南增大的变化规律。

类型与不同类型的花岗岩类有关(表 2)。

4 花岗岩的含矿性

北山地区许多有色、贵重金属矿床与华力西期及印支期花岗岩类关系密切, 但不同的矿种和矿床

婆泉斑岩铜矿床一般与 I 型花岗质斑岩有关, 出现铜铅组合时与 S 型花岗质斑岩有关。公婆泉斑岩铜矿床相关的花岗闪长斑岩和英安斑岩属 I 型; 东七一山斑岩铜矿点相关的斜长花岗斑岩属 I

表 2 北山地区花岗岩类型及有关矿床
Table 2 Granite types and related ore deposits in Beishan area

产地	岩石名称	A/CNK	σ	成因类型 ACF 图解	有关矿床
公婆泉	花岗闪长斑岩	0.952~0.978	1.15~3.59	I 型	公婆泉斑岩铜矿床
	英安斑岩	0.723~0.809	2.59~4.17	I 型	
白山堂	斜长花岗斑岩	1.026~1.119	1.49~1.70	S 型	白山堂斑岩铜铅矿床
	流纹斑岩	1.116~1.670	1.05~2.64	S 型	
花黑滩	花岗岩	1.016	2.44	I 型	花黑滩钨矿床
花牛山	花岗岩	1.008~1.021	2.35~2.72	I-S 型	花牛山砂卡岩钨钼矿点
红尖 东部	二长花岗岩	0.990~1.495	1.16~2.09	S 型为主, 次为 I 型	红尖兵山钨矿床
兵山 西部	二长花岗岩	1.122~1.522	1.29~2.14		
鹰嘴红山	似斑状二长花岗岩	0.925~1.051	1.83~2.45	I 型为主, 次为 S 型	古铜井金矿点
	二长花岗岩	1.056~1.172	1.45~1.56	S 型为主, 次为 I 型	鹰嘴红山钨矿床
	斜长花岗斑岩	0.932~1.049	1.52~2.24	I 型	东七一山斑岩铜矿点
东七一山	斑状花岗岩	1.359~1.480	1.16~1.64	S 型	东七一山钨钨锡-萤石矿床
	花岗斑岩	0.914~1.312	1.77~3.92	S 型	
	钠长石化花岗岩	1.087~1.312	1.22~2.79	主要为 S 型, 个别为 I 型	
	钠长石化似斑状花岗岩	1.132~1.238	2.32~2.89	S 型	
盘陀山	花岗闪长岩	1.263	1.65	S 型	国庆钨矿床(新发现)
	钾长花岗岩	1.195	1.67	S 型	
460	花岗闪长岩	1.077~1.514	1.08~1.16	I 型	460 金矿床
	二长花岗岩	1.389	1.90	S 型	
霍勒扎德盖	花岗闪长岩	0.980~1.010	1.32~1.94	I-S 型	霍勒扎德盖金矿床
	闪长岩	0.712	0.76	I 型	
流沙山	石英闪长岩	0.848~0.952	0.83~1.80	I 型	流沙山钨金矿床
	花岗闪长岩	0.936~0.985	1.53~1.81	I 型	
金窝子	花岗闪长岩	0.996~1.144	0.92~1.70	S 型为主, 少量为 I 型	金窝子金矿床
照壁山	花岗岩	0.846~1.016	1.91~2.03	I 型	照壁山金矿床
马庄山	石英斑岩	1.513~2.602	0.43~1.88	S 型	马庄山金矿床
	石英二长闪长岩	0.885	1.98	I 型	
南金山	英云闪长岩	0.892	2.04	I 型	南金山金矿床
	花岗闪长岩	0.958~0.981	2.08~2.51	I 型	
	二长花岗岩	0.904~1.039	1.79~2.31	I 型	
金场沟北	花岗闪长岩	0.980~1.014	1.58~1.59	I 型	金场沟金矿床
金场沟南	花岗岩	0.991~1.189	1.28~2.41	I-S 型	
老洞沟	闪长玢岩脉	0.946~0.990	2.12~2.64	I-S 型	老洞沟金铅矿床
	蚀变花岗岩脉	1.922~2.053	0.63~0.66	I-S 型	
	斑状花岗闪长岩脉	0.818~0.932	2.21~2.29	I 型	
	正长斑岩	0.986~1.106	2.46~2.89	S 型	
小西弓	石英闪长岩	0.882~0.899	1.18~1.60	I 型	小西弓金矿床
	钾长花岗岩	0.916~1.062	1.68~2.46	I-S 型	
	二长花岗岩	0.858	1.42	I 型	
小宛南山	石英闪长岩	0.861~0.954	1.42~2.25	I 型	小宛南山金矿床

型;白山堂斑岩铜铅矿床相关的斜长花岗斑岩和流纹斑岩属 S 型。

4.2 花岗岩有关钼矿床

本区含钼花岗岩一般属 I 型,钼钨组合时则向 S 型花岗岩过渡。流沙山钼金矿床相关的闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩属 I 型;花黑滩钼矿床有关花岗岩属 I 型;花牛山矽卡岩钨钼矿床相关的花岗岩属 I-S 型。

4.3 花岗岩有关钨矿床

本区钨矿床主要与 S 型花岗岩有关。红尖兵山钨矿床相关的二长花岗岩以 S 型为主,次为 I 型;鹰嘴红山钨矿床相关二长花岗岩也以 S 型为主,次为 I 型;东七一山钨钨锡矿床相关的似斑状花岗岩主要为 S 型;本项目新发现的国庆钨矿床相关的钾长花岗岩属 S 型。

4.4 花岗岩有关金矿床

本区许多金矿床的形成与华力西中-晚期及印支期造山作用过程中侵入的花岗岩类关系密切。

460 金矿区花岗闪长岩属 I-S 型,二长花岗岩属 S 型;霍勒扎德盖金矿区花岗闪长岩属 I-S 型;金窝子矿区花岗闪长岩以 S 型为主,次为 I 型;照壁山金矿区花岗岩为 I 型;马庄山金矿区石英斑岩属 S 型,流纹斑岩属 I 型;南金山金矿区的石英二长闪长岩、英云闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩均属 I 型;金场沟金矿区花岗闪长岩属 I 型,花岗岩属 I-S 型;老洞沟金矿区闪长玢岩、斑状花岗闪长岩属 I 型;小西弓金矿区石英闪长岩属 I 型,钾长花岗岩属 I-S 型过渡类型,二长花岗岩属 I 型;小宛南山金矿区石英闪长岩属 I 型。

由此可见,与金矿床有关的花岗岩类没有明确的成矿专属性,岩石类型可以是 I 型、S 型花岗岩,或是 I-S 型过渡类型。

5 结论

(1) 北山地区花岗岩非常发育,出露面积约占总面积的 1/3。按形成时代,前寒武纪占 1%,加里东期占 9%,华力西期占 81%,印支-燕山期约占 9%。

(2) 根据岩石化学判别统计,本区花岗岩的 S/I 型比例,北带 0.33,中带 0.54,南带 0.59,说明从北向南, I 型花岗岩逐渐减少, S 型花岗岩逐渐增多。

(3) 区内典型斑岩铜矿床与 I 型花岗质斑岩有关,当出现铜铅组合时则与 S 型花岗质斑岩有关;钼矿床有关花岗岩一般属 I 型,当出现钨钼组合时则向 S 型花岗岩过渡;钨锡矿床主要与 S 型花岗岩有关;金矿床有关的花岗岩既有 I 型,也有 S 型,专

属性不明显。

参考文献:

- 戴霜,任育智,程或,高兆奎,张翔,王方成. 2002. 公婆泉铜矿岛弧型含矿斑岩地质地球化学特征[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 38(5): 100-107.
- 戴霜,方小敏,张翔,王方成. 2003. 北山中部地区闪长岩—花岗岩类成因及构造背景[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 39(1): 86-92.
- 江思宏,聂凤军,陈文,刘妍,白大明,刘新宇,张思红. 2003a. 甘肃辉铜山铜矿床燕山期钾长花岗岩的发现及其地质意义. 矿床地质, 22(2): 185-190.
- 江思宏,聂凤军,陈文,刘妍,白大明,刘新宇,张思红. 2003b. 北山明水地区花岗岩时代的确定及其地质意义. 岩石矿物学杂志, 22(2): 107-111.
- 江思宏,聂凤军. 2006a. 北山地区花岗岩类成因的 Nd 同位素制约[J]. 地质学报, 80(6): 826-842.
- 江思宏,聂凤军. 2006b. 甘肃北山红尖兵山钨矿床的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 同位素年代学研究[J]. 矿床地质, 25(1): 89-94.
- 刘明强,王建军,代文军,党引业. 2005. 甘肃北山造山带红石山地区正 ϵ Nd(t)值花岗质岩石的成因及其地质意义[J]. 地质通报, 24(9): 831-836.
- 刘明强,王建军,代文军. 2006. 甘肃北山红石山地区马鞍山北花岗岩体的单颗粒锆石 U-Pb 年龄及地质意义[J]. 岩石矿物学杂志, 25(6): 473-479.
- 刘明强. 2007. 甘肃北山造山带红石山地区埃达克质花岗岩类的发现及其地质意义[J]. 岩石矿物学杂志, 26(3): 232-238.
- 刘雪亚. 1984. 甘肃北山区的钙碱系列岩浆活动及其与板块构造的关系[J]. 中国地质科学院院报, 第 10 号: 151-165.
- 梅华林,李惠民,陆松年,于海峰,左义成,李铨. 1999. 甘肃柳园地区花岗质岩石时代及成因[J]. 岩石矿物学杂志, 18(1): 14-17.
- 聂凤军,江思宏,白大明,王新亮,苏新旭,李景春,刘妍,赵省民. 2002a. 北山地区金属矿床成矿规律及找矿方向[M]. 北京:地质出版社, 1-408.
- 聂凤军,江思宏,刘妍,陈文,刘新宇,张思红. 2002b. 甘肃花牛山东钾长花岗岩 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 同位素年龄及其地质意义[J]. 地质科学, 37(4): 415-422.
- 聂凤军,江思宏,赵省民,白大明,刘妍,赵月明,王新亮,苏新旭. 2002c. 内蒙古流沙山(铜)矿床地质特征及矿床类型划分[J]. 地质地球化学, 30(1): 1-7.
- 聂凤军,江思宏,白大明,张义,赵月明,王新亮. 2003. 北山中南带海西印支期岩浆活动与金的成矿作用[J]. 地球学报, 24 (5): 415-422.
- 王大为,邹治平,李绍雄. 1995. 甘肃公婆泉铜矿成矿地质特征及矿床成因[J]. 西北地质科学, 16(1): 115-122.
- 王彦斌. 1994. 甘肃北山地区后造山花岗质岩石的大地构造背景[J]. 中国区域地质, 20(3): 234-239.
- 修群业. 1999. 甘肃北山地区花岗岩类地球化学特征及大地构造意义[J]. 前寒武纪研究进展, 22(1): 31-39.
- 徐茂泉,卢长胜. 1991. 甘肃肃北音凹峡花岗岩体的初步研究[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 27(1): 107-117.
- 左国朝,何国琦. 1990. 北山板块构造及成矿规律[M]. 北京:北京大学出版社, 1-209.

References:

- DAI Shuang, REN Yu-zhi, CHENG Huo, GAO Zhao-kui, ZHANG Xiang, WANG Fang-cheng. 2002. The ore-bearing porphyry at island-arc in the Gongpoquan copper deposit: its geology and geochemistry [J]. Journal of Lanzhou University (Natural Sciences), 38(5): 100-107(in Chinese with English abstract).
- DAI Shuang, FANG Xiao-min, ZHANG Xiang, WANG Fang-cheng. 2003. The origin and tectonic settings of diorite granitoid in the centre of Beishan Region of Gansu[J]. Journal of Lanzhou University(Natural Sciences), 39(1): 86-92(in Chinese with English abstract).
- JIANG Si-hong, NIE Feng-jun, CHEN Wen, LIU Yan, BAI Da-ming, LIU Xin-yu, ZHANG Si-hong. 2003a. Discovery of Yanshanian K-feldspar granite in Huitongshan copper deposit, Gansu Province, and its implication. Mineral deposits, 22(2): 185-190(in Chinese with English abstract).
- JIANG Si-hong, NIE Feng-jun, CHEN Wen, LIU Yan, BAI Da-ming, LIU Xin-yu, ZHANG Si-hong. 2003b. The determination of the emplacement age of granite in Mingshui, Beishan area, and its implication. Acta petrologica et mineralogica, 22(2): 107-111(in Chinese with English abstract).
- JIANG Si-hong, NIE Feng-jun. 2006a. Nd-Isotope Constraints on Origin of Granitoids in Beishan Mountain Area[J]. Acta geologica sinica, 80(6): 826-842 (in Chinese with English abstract).
- JIANG Si-hong, NIE Feng-jun. 2006b. ^{40}Ar - ^{39}Ar geochronology of Hongjianbingshan tungsten deposit in Beishan Mountain, Gansu Province, China[J]. Mineral deposits, 25(1): 89-94 (in Chinese with English abstract).
- LIU Ming-qiang, WANG Jian-jun, DAI Wen-jun, DANG Yin-ye. 2005. Genesis and geological significance of positive $\epsilon\text{Nd}(t)$ granitoids in the Hongshishan area in the Beishan orogenic belt, Gansu, China[J]. Geological Bulletin of China, 24(9): 831-836(in Chinese with English abstract).
- LIU Ming-qiang, WANG Jian-jun, DAI Wen-jun. 2006. The U-Pb age of single-grained zircon from Maanshanbei granite in Hongshishan area of the Beishan orogenic belt, Gansu Province[J]. Acta petrologica et mineralogica, 25(6): 473-479 (in Chinese with English abstract).
- LIU Ming-qiang. 2007. Geochemical characteristics and geological significance of adakitic granitoids in Hongshishan area of the Beishan orogenic belt, Gansu Province[J]. Acta petrologica et mineralogica, 26(3): 232-238 (in Chinese with English abstract).
- LIU Xue-ya. 1984. Magmatism of calc alkaline series in the Beishan region of Gansu Province and its relation to plate tectonics[J]. Bulletin of the Chinese Academy of Geological Sciences, 10: 151-165 (in Chinese with English abstract).
- MEI Hua-lin, LI Hui-min, LU Song-nian, YU Hai-feng, ZUO Yi-cheng, LI Quan. 1999. The age and origin of the Liuyuan granitoid, northwestern Gansu[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 18 (1): 14-17 (in Chinese with English abstract).
- NIE Feng-jun, JIANG Si-hong, LIU Yan, CHEN Wen, LIU Xin-yu, ZHANG Si-hong. 2002b. ^{40}Ar - ^{39}Ar isotopic age dating on K-feldspar separates from eastern Huaniushan granite, Gansu Province, and its geological significance[J]. Chinese Journal of Geology, 37(4): 415-422(in Chinese with English abstract).
- NIE Feng-jun, JIANG Si-hong, BAI Da-ming, WANG Xin-liang, SU Xin-xu, LI Jing-chun, LIU Yan, ZHAO Xing-min. 2002a. Metallogenic studies and oreprospecting in the conjunction area of Inner Mongolia Autonomous Region, Gansu Province and Xinjiang Uygur Autonomous Region (Beishan Mt.), northwest China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1-408(in Chinese with English abstract).
- NIE Feng-jun, JIANG Si-hong, LIU Yan, CHEN Wen, LIU Xin-yu, ZHANG Si-hong. 2002b. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ isotopic age dating on K-feldspar separates from eastern Huaniushan granite, Gansu Province, and its geological significance. Chinese Journal of Geology, 37(4): 415-422(in Chinese with English abstract).
- NIE Feng-jun, JIANG Si-hong, ZHAO Xing-min, BAI Da-ming, LIU Yan, ZHAO Yue-ming, WANG Xin-liang, SU Xin-xu. 2002c. Geological features and metallogenic type of the liushashan gold (molybdenum) deposit in Ejiaqi(Prefecture), western Inner Mongolia. Geology-Geochemistry, 30(1): 1-7(in Chinese with English abstract).
- NIE Feng-jun, JIANG Si-hong, BAI Da-ming, ZHANG Yi, ZHAO Yue-ming, WANG Xin-liang. 2003. Hercynian-Indosinian Magmatic Activities and Gold Metallogeny in Central and Southern Beishan Region, Northwest China [J]. Acta Geoscientia Sinica 24(5): 415-422(in Chinese with English abstract).
- WANG Da-wei, ZHOU Zhi-zhong, LI Shao-xiong. 1995. Geological characteristics and ore genesis of Gongpoquan copper deposit, Gansu Province[J]. Northwest geoscience, 16(1): 115-122(in Chinese with English abstract).
- WANG Yan-bin. 1994. The tectonic setting of the post-orogenic granitoids in Beishan area, Gansu province[J]. Geological bulletin of China, 20(3): 234-239(in Chinese with English abstract).
- XIU Qun-ye. 1999. Geochemical characteristics and tectonic significance of the granitoids in Beishan area, Gansu province[J]. Progress in Precambrian Research, 22(1): 31-39(in Chinese with English abstract).
- XU Mao-quan, LU Chang-sheng. 1991. A Preliminary Study on the granite in Yinwaxia, Subei County, Gansu Province [J]. Journal of Lanzhou University (Natural Sciences), 27(1): 107-117 (in Chinese with English abstract).
- ZUO Guo-chao, HE Guo-qi. 1990. Plate tectonics and metallogenic regularities in Beishan region[M]. Beijing: Beijing university publishing house, 1-209(in Chinese with English abstract).