

青海祁漫塔格长山钼矿地质特征、 矿床成因及找矿前景

赵淑芳¹, 吴正寿², 张爱奎³, 刘光莲³

(1. 西北有色地质研究院, 陕西 西安 710054; 2. 青海省地质调查院, 青海 西宁 810000;
3. 青海省第三地质矿产勘查院, 青海 西宁 810029)

摘 要: 长山钼矿位于青海省东昆仑西段祁漫塔格地区, 在以往发现接触交代型铁矿体的基础上, 近年来发现了花岗斑岩及斑岩型钼矿。斑岩型钼矿的发现, 对于东昆仑西段祁漫塔格地区斑岩成矿研究和矿产勘查实践具有重要的意义。在初步研究长山矿区侵入岩分布、岩石类型、岩石学和岩石化学的基础上, 发现矿区花岗斑岩呈岩枝状侵入于似斑状二长花岗岩中, 地表出露面积小于 0.01 km², 深部揭露最大厚度可达 30 m, 岩石具有高 Si, 低 Ti, K/Na 值大, 分异程度高, 固结程度低的特征。与西藏冈底斯钾质钙碱性花岗岩和含矿斑岩具有相似的岩石化学特征, 但 SiO₂ 含量更高, Al₂O₃ 含量较低。综合分析认为, 矿区花岗斑岩可能与碰撞后伸展构造背景密切相关。矿区钼矿具有斑岩型成矿的特点, 矿区中西部的深部及区域具有进一步寻找斑岩型矿产的前景。

关键词: 侵入岩; 斑岩钼矿; 找矿前景; 祁漫塔格; 青海省

中图分类号: P618.65

文献标识码: A

文章编号: 1009-6248(2014)01-0179-09

Geological Features, Deposit Genesis and Prospecting Potential of Changshan Molybdenum Deposit in Qimantage, Qinghai Province

ZHAO Shu-fang¹, WU Zheng-shou², ZHANG Ai-kui³, LIU Guang-lian³

(1. Northwest Geological Institute of Nonferrous Metals, Xi'an 710054, China; 2. Qinghai
Geological Survey, Xi'ning 810000, China; 3. No. 3 Exploration Institute of
Geology and Mineral Resources, Xi'ning 810029, China)

Abstract: Changshan molybdenum deposit is located in Qimantage area of western East Kunlun of Qinghai province. In the past, Changshan deposit was a contact metasomatic iron deposit. Recently, some granite porphyries and porphyry molybdenum mines have been found, which has great significance for metallogenic study and mineral exploration of Qimantage area. Based on studying distribution, rock types, petrology and petrochemistry of intrusive rocks, the result has been achieved as follows. These granite porphyries are some apophyses intruded into porphyritic monzogranite. The outcrop area of granite porphyries is less than 0.01 km² and the biggest thickness are 30 meters. These rocks have the features of higher SiO₂ content, lower TiO₂ content, bigger ratio of K₂O and Na₂O, higher differentiation and lower consolidation. They are similar with potassic calc alkaline granite and mineralization porphyry rocks of Tibet Gangdise in petrochemistry feature, except for the higher SiO₂ and the lower Al₂O₃. They are possibly related

收稿日期: 2013-07-11; 修回日期: 2013-12-11

基金项目: “青海省格尔木市野马泉地区铁多金属矿整装勘查区找矿部署研究” (青地调勘 [2012] 62 号) 资助

作者简介: 赵淑芳 (1964-), 女, 地质工程师, 主要从事矿产地质勘查。E-mail: 916807609@qq.com

to extension of post-collision tectonic. The genesis of Changshan molybdenum deposit is considered as porphyry-type. There are better prospecting potential in mid-west Changshan deposit and Qimantage region.

Key words: intrusive rocks; porphyry molybdenum; prospecting potential; Qimantage; Qinghai

长山钼矿位于青海省东昆仑西段祁漫塔格地区，以往发现有接触交代型铁矿体。近年来发现了花岗斑岩及斑岩型钼矿。斑岩型钼矿的发现，为东昆仑西段祁漫塔格地区斑岩成矿研究和矿产勘查实践提供了重要的线索。

一些学者对矿区似斑状二长花岗岩和辉钼矿进行了成岩成矿年代学研究（丰成友等，2010），但目前对矿床成因和找矿前景探讨较少。基于此，笔者对长山矿区地质背景和成矿特征进行了初步研究，并讨论了矿床成因和找矿前景，希望对区内斑岩型矿产勘查有所帮助。

1 矿区地质概况

长山钼矿位于格尔木市西，野马泉矿床东，距离格尔木市直线距离约 280 km，地理坐标：92°30'34"~92°36'28"，36°49'25"~36°52'07"。1969 年青海省地质局物探队开展 1:5 万地磁测量时发现区内地磁异常，1975~1976 年青海省地质局地质一队对地磁异常钻探验证发现磁铁矿体，2004 年以来青海省地质调查院、青海省第三地质矿产勘查院开展了进一步普查，发现钼矿体。

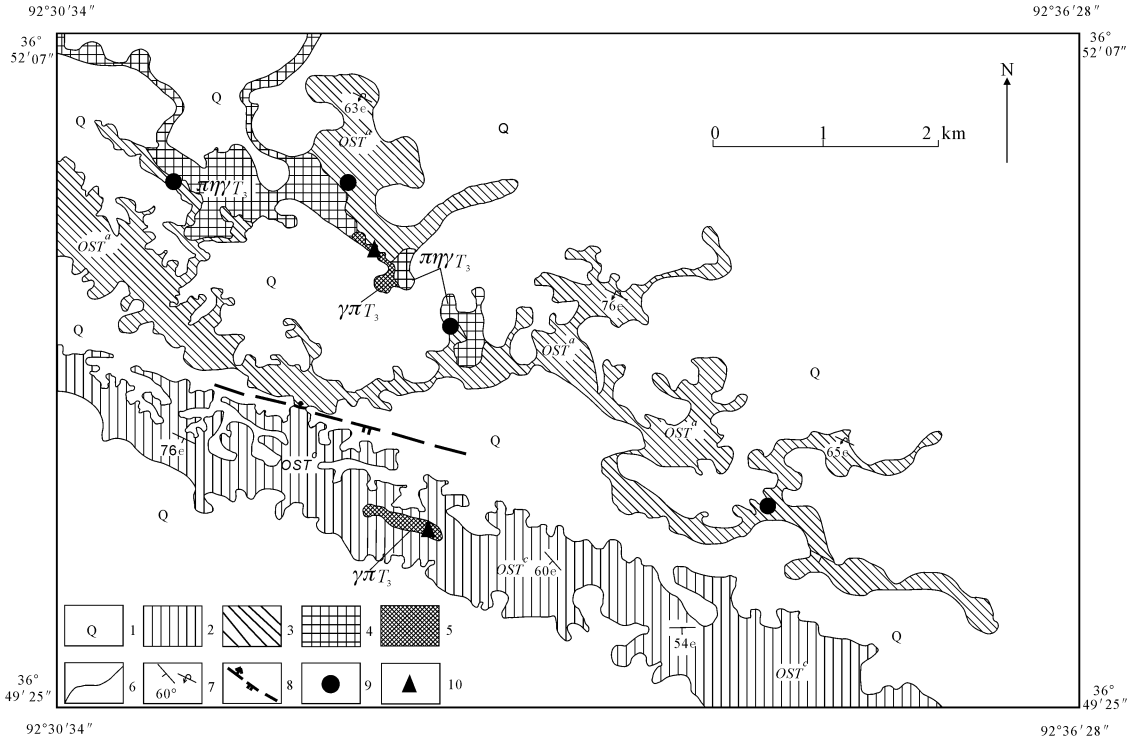


图 1 长山矿区地质矿产图

Fig. 1 Geology and mineral map of Changshan mineral area

- 1. 第四系风成砂；2. 奥陶系—志留系滩间山群上岩组；3. 奥陶系—志留系滩间山群下岩组；4. 晚三叠世似斑状二长花岗岩；5. 晚三叠世花岗斑岩；6. 地质界线；7. 地层产状；8. 实测及推测逆断层；9. 铁矿体；10. 钼矿体

矿区出露地层主要为奥陶系—志留系滩间山群（OST）和第四系（图 1）。滩间山群出露上、下两个岩组，而中岩组在矿区内缺失。下岩组岩性为火山角砾岩、凝灰岩、变粉砂岩、变砾岩、灰岩、大

理岩，局部夹硅质岩。上岩组岩性主要为大理岩、结晶灰岩。

矿区褶皱发育，分布有一条倒转背斜，轴向北西西向，轴面倾向南南西。核部为滩间山群下岩组

火山角砾岩、凝灰岩；南翼为滩间山群上岩组结晶灰岩、大理岩，倾向南，倾角 $54^{\circ} \sim 76^{\circ}$ ；北翼为滩间山群下岩组灰岩、大理岩、变粉砂岩、变砾岩，产状倒转，倾向南，倾角 $63^{\circ} \sim 76^{\circ}$ 。沿褶皱核部有似斑状二长花岗岩、二长花岗岩和花岗斑岩分布。断裂构造以北西西走向的压扭性断裂为主，主要分布于矿区南部，沿北西西和南东东

两个方向均被第四系覆盖，断裂倾向北北东，倾角约 40° ，上盘为滩间山群下岩组，下盘为滩间山群上岩组，下盘靠近断裂部位有似斑状二长花岗岩分布。

侵入岩主要分布于矿区北西部，岩石类型似斑状二长花岗岩、二长花岗岩和花岗斑岩为主，有少量闪长玢岩脉。

矿区已发现众多铁、钨、铅锌矿体和钼矿体，钼矿体主要产于花岗斑岩，少量产于花岗斑岩的围岩中，铁、钨、铅锌矿体主要产于似斑状二长花岗岩与滩间山群下岩组外接触带砂卡岩中。成矿与花岗斑岩和似斑状二长花岗岩关系密切。

2 侵入岩特征

2.1 岩石学特征

矿区似斑状二长花岗岩主要分布于北西部，呈岩株状产出。岩石呈浅肉红色、浅灰色、红色，以似斑状结构、粗中粒花岗岩结构为主，块状构造。岩石主要由斜长石（35%~40%）、钾长石（30%~35%）、石英（25%~30%）、黑云母（ $\pm 5\%$ ）组成。

斜长石呈半自形板状，大小一般为 0.5~1 mm，部分为 2~3 mm，杂乱分布，多被绢云母及方解石交代。钾长石呈半自形-他形粒状，大小一般为 0.5~1 mm，部分为 1~2 mm，少部分为 3~5 mm，杂乱分布，局部具黏土化。石英呈他形粒状，大小一般为 0.5~2 mm，少部分为 2~3 mm，填隙状分布。黑云母呈片状，直径为 0.5~1 mm，星散状分布，局部被绢云母、铁质、绿泥石交代。岩石内常见黑云母、斜长石角岩包体，包体大小不等，星散状分布。副矿物主要为磁铁矿、锆石、磷灰石。

二长花岗岩在地表基本未出露，深部钻孔揭露，主要侵入于似斑状二长花岗岩中。岩石成分与

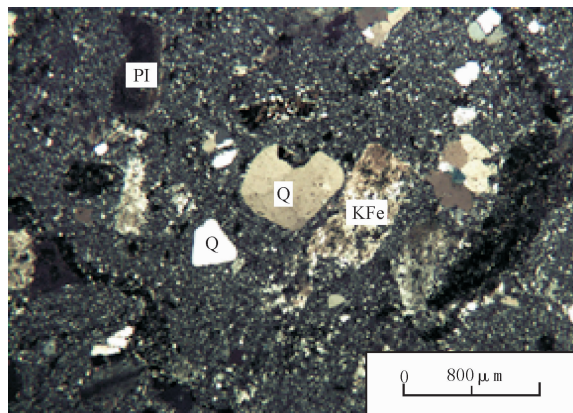


图2 花岗斑岩显微照片（+）

Fig. 2 Photomicrograph of granite porphyry

Q. 石英；Pl. 斜长石；Kfs. 钾长石

似斑状二长花岗岩较相近，但岩石结构具有明显差异，其结构多为中细粒花岗岩结构。

矿区花岗斑岩分布较少，地表仅见 2 处，呈不规则脉状或透镜状，出露宽度通常不足 10 m，面积小于 0.01 km^2 （图 1）。地表勘查及深部钻孔揭露，花岗斑岩呈岩枝状侵入于似斑状二长花岗岩中，接触界线较模糊，深部向南西部具有变大趋势，钻孔揭露厚度最大可达 30 余米。岩石呈浅肉红色，斑状结构，基质霏细-微晶结构，块状构造（图 2）。斑晶为石英（5%~10%）、斜长石（5%~10%）、钾长石（5%~10%），均为半自形晶，大小一般为 0.2~0.5 mm，部分为 0.5~1 mm，少部分为 1~2 mm，星散状分布。石英可见港湾状熔蚀；斜长石呈板状，具绢云母化，部分可见聚片双晶；钾长石呈板状，被方解石、高岭土交代。基质为斜长石（10%~15%）、钾长石（45%~60%）、石英（20%~30%），呈霏细-微晶状，微晶大小一般为 0.01~0.02 mm，杂乱分布，局部被绢云母交代。副矿物主要为磁铁矿、锆石、磷灰石。

2.2 岩石化学特征

矿区侵入岩的主量元素分析结果及其参数特征见表 1。

似斑状二长花岗岩 SiO_2 含量为 69.24%~72.99%，平均含量为 69.24%。 Al_2O_3 含量为 13.61%~14.92%，平均含量为 14.29%， A/CNK 值为 0.978~1.054，平均为 1.012，CIPW 标准矿物计算出现刚玉分子，属偏铝质-弱过铝质。

表 1 长山矿区侵入岩主量元素分析结果及参数特征
Tab.1 Major elements compositions and parameters of intrusive rocks in Changshan ore district

样品号	3237	3240	3242	3239	3241	3244
岩石名称	似斑状二长花岗岩			花岗斑岩		
ω (SiO ₂)	69.24	69.25	72.99	77.83	76.20	75.98
ω (TiO ₂)	0.41	0.35	0.26	0.093	0.086	0.10
ω (Al ₂ O ₃)	14.35	14.92	13.61	11.00	12.01	12.67
ω (Fe ₂ O ₃)	2.88	3.03	2.99	1.74	2.83	1.77
ω (FeO)	1.27	1.68	2.33	0.65	1.67	1.15
ω (MnO)	0.054	0.046	0.074	0.045	0.054	0.042
ω (MgO)	1.04	0.82	0.47	0.11	0.10	0.12
ω (CaO)	1.13	0.75	1.57	0.89	0.76	0.83
ω (Na ₂ O)	4.48	4.31	3.95	2.72	3.48	3.48
ω (K ₂ O)	4.85	5.27	3.90	4.51	4.29	4.81
ω (P ₂ O ₅)	0.11	0.11	0.053	0.018	0.014	0.015
ω (H ₂ O ⁺)	0.18	0.56	0.10	0.44	0.06	0.08
ω (H ₂ O ⁻)	0.11	0.12	0.13	0.15	0.14	0.12
LOS	0.54	0.76	0.12	0.64	0.07	0.08
total	100.644	101.98	102.55	100.84	101.76	101.25
A/CNK	0.978	1.054	1.003	1.002	1.022	1.018
σ	3.31	3.51	2.08	1.5	1.83	2.09
DI	87.04	87.8	84.45	92.15	90.08	91.7
SI	7.21	5.45	3.46	1.14	0.81	1.06
R1	1 774	1 711	2 350	3 113	2 679	2 597
R2	455	412	449	318	317	340

注：样品由国土资源部西宁矿产资源监督检测中心测试；分析方法：ICP-MS，分析结果含量为%。

Na₂O 含量为 3.95 %~4.48 %，平均为 4.25 %，K₂O 含量为 3.9 %~5.27 %，平均含量为 4.67 %，钾钠含量较高， ω (Na₂O) / ω (K₂O) 值为 0.82~1.01，平均为 0.92，Na₂O 含量多小于 K₂O 含量。里特曼指数 σ 值为 2.08~3.51。分异指数 DI 值为 84.45~87.8，平均为 86.43，分异程度高。固结指数 SI 值为 3.46~7.21，平均为 5.37。

花岗斑岩 SiO₂ 含量为 75.98 %~77.83 %，平均含量为 76.67 %。Al₂O₃ 含量为 11 %~12.67 %，平均含量为 11.89 %，A/CNK 值为 1.002~1.022，平均为 1.014，CIPW 标准矿物计算均出现刚玉分子，属弱过铝质。Na₂O 含量为 2.72 %~3.48 %，平均为 3.23 %，K₂O 含量为 4.29 %~4.81 %，平均含量为 4.54 %，钾钠含量较高， ω (Na₂O) / ω (K₂O) 值为 0.60~0.81，平均为

0.71，Na₂O 含量小于 K₂O 含量。 ω (K₂O) / ω (K₂O+Na₂O) 值为 0.55~0.62，平均为 0.59。里特曼指数 σ 值为 1.5~2.09。分异指数 DI 值为 90.08~92.15，平均为 91.31，分异程度高。固结指数 SI 值为 0.81~1.14，平均为 1.00。与似斑状二长花岗岩相比较，花岗斑岩高 Si，低 Ti，K/Na 值大，分异程度高，固结程度低。

2.3 岩石成因及构造背景

侵入岩岩石成因系列 SiO₂-K₂O 图解（图 3）显示，似斑状二长花岗岩属于高钾钙碱性系列和钾玄岩系列，花岗斑岩属于高钾钙碱性系列。在 Q-A-P (I-S) 图解（图 4）中，似斑状二长花岗岩位于 I 型花岗岩区，花岗斑岩位于 I 型和 S 型花岗岩过渡区。在 R1-R2 构造环境判别图解（图 5）中，似斑状二长花岗岩位于晚造山期花岗岩和同碰撞花岗岩区，花岗斑岩靠近造山期后 A 型花岗岩分布。矿区似斑状二长花岗岩中测得的 SHIMP U-Pb 同位素年龄为 (220±1) Ma（丰成友等，2010），属晚三叠世。区域研究结果显示，晚三叠世似斑状二长花岗岩产于同碰撞晚期，斑岩产于后碰撞晚期（张爱奎，2012）。这与矿区侵入岩成因及构造分析结果一致。

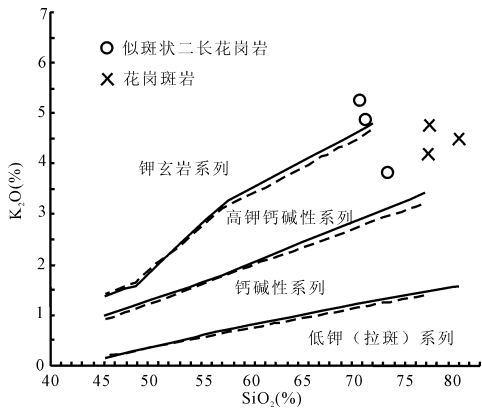


图 3 长山地区侵入岩岩石成因系列 SiO₂-K₂O 图解

Fig. 3 SiO₂-K₂O discrimination diagrams of intrusive rocks in Changshan area
(实线据 Peccerillo R, Taylor S R. 1976,
虚线据 Middlemost E A K. 1985)

与成矿密切的斑岩主要属于钙碱性和高钾钙碱性系列，只有少部分属于碱性系列，它们的源岩总的以上地幔为主，混合了少量地壳成分（芮宗瑶等，2004，2006）。大陆环境斑岩铜矿至少可产出

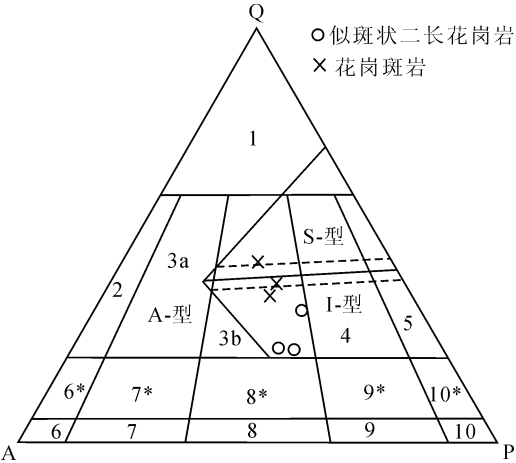


图 4 长山地区侵入岩 Q-A-P 图解

Fig. 4 Q-A-P diagrams of intrusive rocks in Changshan area

1. 富石英花岗岩; 2. 碱长花岗岩; 3a. 花岗岩; 3b. 花岗岩 (二长花岗岩); 4. 花岗闪长岩; 5. 英云闪长岩、斜长花岗岩; 6*. 碱长石英正长岩; 7*. 石英正长岩; 8*. 石英二长岩; 9*. 石英二长闪长岩; 10*. 石英闪长岩、石英辉长岩、石英斜长岩; 6. 碱长正长岩; 7. 正长岩; 8. 二长岩; 9. 二长闪长岩、二长辉长岩; 10. 闪长岩、辉长岩、斜长岩

于 4 类环境：晚碰撞走滑环境、后碰撞伸展环境、后造山伸展环境和非造山崩塌环境。大陆环境含矿斑岩以高钾质为特征，多具高钾钙碱性和钾玄质特征（韩吟文等，2003）。西藏冈底斯斑岩矿带的后碰撞钾质钙碱性花岗岩 SiO_2 含量变化于 62.7 %~75.5 %， $\text{K}_2\text{O}/(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ 值变化于 0.16~0.60，岩石普遍含刚玉标准矿物分子， A/CNK 值变化于 0.99~1.09，显示 S 型花岗岩的特征（吴珍汉等，2003）。冈底斯含矿斑岩体具有高 Si ($\text{SiO}_2 > 64\%$)、高 Al ($\text{Al}_2\text{O}_3 > 15\%$)、高 K ($\text{K}_2\text{O} 2.6\% \sim 8.7\%$) 的特征。与冈底斯钾质钙碱性花岗岩和含矿斑岩相比，矿区花岗斑岩具有与其相似的特征，但 SiO_2 含量更高， Al_2O_3 含量较低。据研究，西藏冈底斯高钾钙碱性花岗岩和斑岩铜矿形成于后碰撞地壳挤压向伸展转换的环境中。基于上述分析和对比，将矿区花岗斑岩厘定为后碰撞晚期较合理。多数人认为碰撞造山过程中成矿作用主要发生在后碰撞伸展阶段。青海祁漫塔格地区的印支期大规模岩浆侵入活动和多金属成矿作用形成于后碰撞构造阶段，为区域东昆仑造山带晚古生代—早中生代构造旋回的产物（丰成友等，2011）。长山矿区发现的花岗斑岩正是发育于后碰撞伸展阶

段，具有十分有利的斑岩成矿条件。

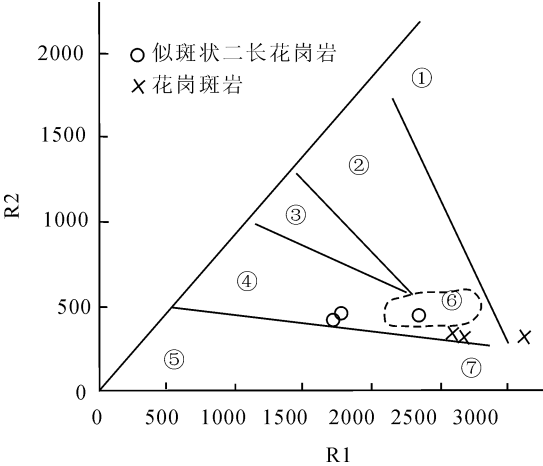


图 5 长山地区侵入岩 R1-R2 构造背景图解

（底图根据 Batchelor R A and Bowden P, 1985）

Fig. 5 R1-R2 discrimination diagrams for granite tectonic settings of Changshan area intrusive rocks

- ①. 地幔斜长花岗岩; ②. 破坏性活动板块边缘（板块碰撞前）花岗岩; ③. 板块碰撞后隆起期花岗岩; ④. 晚造山期花岗岩; ⑤. 非造山区 A 型花岗岩; ⑥. 同碰撞（S 型）花岗岩; ⑦. 造山期后 A 型花岗岩

3 矿床特征

3.1 矿体特征

矿区共圈定钼矿体 27 条，铁矿体 13 条，钨矿体 5 条，另有少量铅锌矿体。钼矿主要产于花岗斑岩内，以辉钼矿化为主，尤其在花岗斑岩硅化较强、石英细脉发育地段，辉钼矿密集分布，与区内鸭子沟斑岩矿床（何书跃等，2008，2009）具有相似的成矿特点。钼矿化与硅化呈明显正相关，斑岩体内石英脉是最直接的找矿标志。靠近花岗斑岩外接触带的碎屑岩、凝灰岩及砂卡岩中也有少量辉钼矿分布。辉钼矿化与花岗斑岩具有明显依赖关系。在花岗斑岩分布的矿区中西部，发现钼矿体 20 条，占整个矿区发现钼矿体总数的 74%，其中 14 条矿体产于花岗斑岩中，4 条矿体产于花岗斑岩外接触带的砂卡岩及碎屑岩、凝灰岩中，2 条矿体产于似斑状二长花岗岩中；远离花岗斑岩分布的其他地段，仅发现 7 条辉钼矿体，且矿体延伸较小，品位也较低，其中 4 条矿体产于凝灰岩中，3 条矿体产于碎屑岩中。辉钼矿体围岩主要为似斑状二长花岗岩，其次为碎屑岩、凝灰岩、硅

化灰岩、矽卡岩等。围岩具硅化、钾化、绿泥石化、绿帘石化,局部见碳酸盐化、蛇纹石化等。27 条钼矿体中,规模较大的矿体有 6 条,其中 4 条产于花岗斑岩中,2 条产于花岗斑岩外接触带的矽卡岩中,长 100~200 m,厚度 1.35~3.75 m,延深 150~360 m,Mo 平均品位 0.034 %~0.111 %。

铁、钨、铅锌矿体主要产于似斑状二长花岗岩与滩间山群下岩组灰岩、大理岩外接触带矽卡岩中。矽卡岩类型主要有石榴透辉石矽卡岩、透辉石矽卡岩、透闪透辉绿帘石矽卡岩等。铁矿以磁铁矿化为主,矿体体长 100~200 m,厚度 1.09~

5.15 m,延深 40~165 m,TFe 平均品位 20.08 %~40.5 %。钨矿体长 150~200 m,厚度 1.58~3.17 m,延深 100~313 m, WO_3 平均品位 0.068 %~0.098 %。

3.2 矿石特征

辉钼矿矿石:金属矿物主要为辉钼矿,多呈细脉浸染状、树枝状、网脉状分布,硅化脉中尤其发育(图 6),矿化细脉长 5~15 cm,宽 0.2~6 cm。辉钼矿多呈叶片状结构,叶片长 0.324~2.52 mm,一般为 0.83 mm 以上,叶片宽 0.036~0.79 mm,少数呈鳞片状,鳞片多在 0.01~0.486 mm 之间。

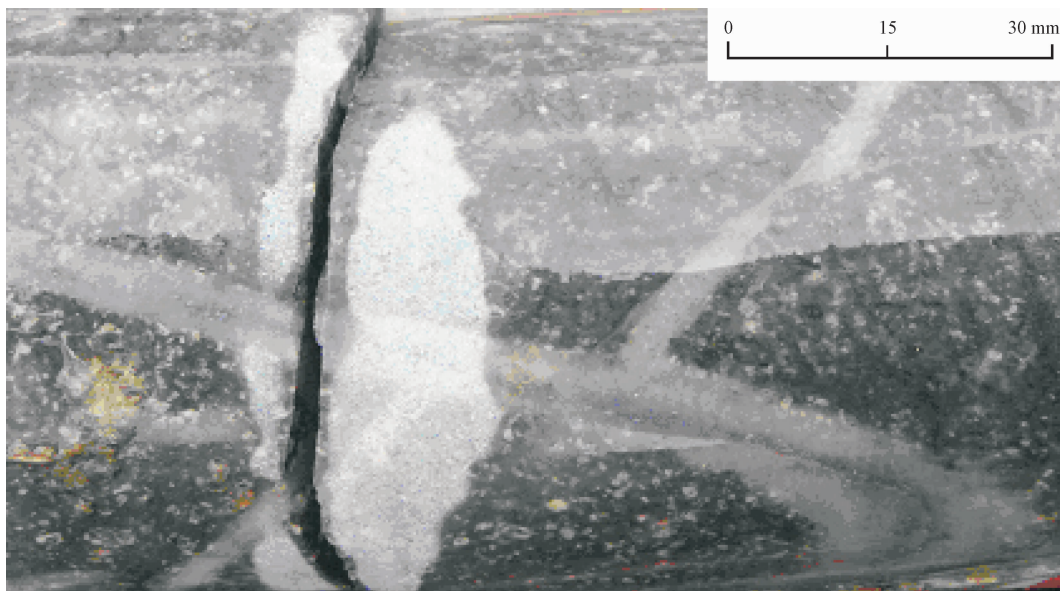


图 6 花岗斑岩硅化脉中的辉钼矿

Fig. 6 Molybdenite in silicified veins of porphyry

磁铁矿矿石:金属矿物主要为磁铁矿,有少量赤铁矿、黄铜矿、黄铁矿等。磁铁矿呈他形-不规则粒状,也有的呈半自形粒状,粒径一般为 0.008~0.35 mm,多在 0.02 mm 以上。少数磁铁矿集合体呈脉状充填在裂隙中,部分集合体呈“斑点状”分布在脉石矿物间,或似“胶结物”状充填在脉石矿物形成的不规则状裂隙中,其形态受裂隙制约。赤铁矿含量甚微,多分布于磁铁矿八面体解理中。另见有后期金属硫化物黄铁矿、黄铜矿等,晶粒细小,呈星散状分布。

4 讨论

4.1 矿床成因

长山矿区铁、钨、铅锌矿体主要产于似斑状二

长花岗岩与滩间山群下岩组灰岩、大理岩外接触带矽卡岩中,具有接触交代成矿的特征。近年来发现的钼矿体主要产于花岗斑岩岩枝及靠近花岗斑岩的围岩中。辉钼矿化与花岗斑岩具有明显依赖关系。花岗斑岩微量元素含量与陆壳丰度比较(表 2),Bi、Mo、W、Sn、Pb 含量较高,其中 Bi 为陆壳丰度值的 336.11 倍,Mo 为陆壳丰度值的 38.62 倍,W 为陆壳丰度值的 3.38 倍,Sn 为陆壳丰度值的 5.15 倍,Pb 为陆壳丰度值的 1.99 倍。表明花岗斑岩具有形成 Bi、Mo、W、Sn 高温组合元素矿床的良好成矿条件。

矿区似斑状二长花岗岩中测得的 SHIMP U-Pb 同位素年龄为 (220 ± 1) Ma (丰成友等, 2010),辉钼矿 Re-Os 模式年龄为 218 Ma 和 228 Ma (丰成友等, 2010)。矿区花岗斑岩虽然未取得

表 2 长山矿区花岗斑岩微量元素含量与陆壳丰度比值

Tab. 2 Trance elements compositions ratio between porphyry of Changshanmineral area and continental crust

元素含量	Ag	Au	Bi	Co	Cu	Mo	Pb	Sn	Zn	W
花岗斑岩平均值	60	1. 1	1. 21	10. 44	13. 35	46. 34	25. 82	8. 75	39. 54	3. 72
陆壳丰度值	70	3. 4	0. 003 6	20	54	1. 2	13	1. 7	85	1. 1
花岗斑岩/陆壳丰度比值	0. 86	0. 32	336. 11	0. 52	0. 25	38. 62	1. 99	5. 15	0. 47	3. 38

注：青海省中心实验室测试，Au、Ag 元素含量单位为 $\times 10^{-9}$ ，其他元素含量单位为 $\times 10^{-6}$ ；花岗斑岩平均值为 14 件样品平均；陆壳丰度引自韩吟文等，2003（转引自国际地球化学参考模型）。

详细同位素测年资料，但区域分布的乌兰乌珠尔含矿花岗斑岩获得 SHRIMP U-Pb 同位素年龄为 (215.1 ± 4.5) Ma（余宏全等，2007），鸭子沟钾长花岗斑岩中获得 SHRIMP U-Pb 同位素年龄为 (224.0 ± 1.6) Ma（李世金等，2008）。从上述同位素年龄资料可看出，区域斑岩年龄在 215.1~224.0 Ma，与矿区分布的似斑状二长花岗岩年龄较为接近，与辉钼矿成矿年龄亦较为一致，属晚三叠世。

综上所述，矿区铁多金属矿与晚三叠世似斑状二长花岗岩关系密切，具有接触交代成矿特征，钼矿与花岗斑岩关系密切，具有斑岩成矿的特点。矿床成因属于斑岩型-接触交代型。

4.2 找矿前景

矿区原生晕特征显示（图 7），Mo 元素含量在 47 勘探线至 63 勘探线之间较高。尤其靠近花岗斑岩部位，Mo 元素含量明显高于其他部位，这与已发现的辉钼矿矿体特征吻合。说明 Mo 元素原生晕特征对于寻找斑岩型钼矿具有良好的指示意义。从图 7 可看出，Mo 元素含量向矿区中西部的深部有更加富集的趋势，尤其是深部原生晕异常仍未能有效控制。63 勘探线及其西部的深部，花岗斑岩规模变大，Mo 元素原生晕异常变强，是找矿十分有利的部位。

从矿区发现的侵入岩特征及其关系推断，花岗斑岩与似斑状二长花岗岩可能是同期不同阶段形成，似斑状二长花岗岩形成稍早一些，而花岗斑岩岩浆房可能更深一些。在花岗斑岩斑晶结晶后，受晚三叠世造山挤压抬升的影响，少量花岗斑岩沿有利构造快速上升，此时似斑状二长花岗岩的似斑晶已在其岩浆房中结晶。由于在抬升过程中顶部压力影响，未形成有效通道，似斑状二长花岗岩岩浆房在新的应力平衡位置定位，基质显全晶质。而少量

花岗斑岩由于存在有利构造，必然向应力较小的位置运移，即向着似斑状二长花岗岩新的岩浆房位置运移。最终，侵入到刚刚冷却但未完全固结的似斑状二长花岗岩中。宏观所见花岗斑岩与似斑状二长花岗岩侵入接触界线较模糊可以作为较好的佐证。此时，由于结晶空间不足，花岗斑岩岩浆较少，长距离运移热量散失等因素影响，快速结晶形成具有斑状结构特征的岩石。

上述对于花岗斑岩和似斑状二长花岗岩的推断虽然存在很多不足，但某些方面可以合理解释矿区以及区域内发现较多斑岩均呈岩枝状，且主要侵入于中酸性侵入岩中，尤其是多侵入于似斑状二长花岗岩中等现象。虽然目前未能在矿区及区域内发现较大规模的斑岩型矿产，但不能排除斑岩体在深部存在的可能。在有利构造存在的情况下，斑岩体有可能被抬升至浅部。因此，矿区乃至区域内还可能存在其他未被发现的斑岩体，有进一步寻找斑岩型矿产的潜力。综上所述，长山矿区具有良好的斑岩型钼矿找矿前景。

5 结论

长山钼矿区花岗斑岩及斑岩型钼矿的发现，丰富了青海东昆仑西段祁漫塔格地区斑岩成矿的事实，对于祁漫塔格地区斑岩成矿研究和矿产勘查实践具有重要的意义。初步研究取得如下主要成果。

（1）矿区侵入岩以似斑状二长花岗岩为主，花岗斑岩呈岩枝状侵入于似斑状二长花岗岩中，地表出露面积小于 0.01 km²，花岗斑岩具有高 Si，低 Ti，K/Na 值大，分异程度高，固结程度低的特征。花岗斑岩可能与碰撞后伸展构造体制有关。

（2）花岗斑岩及其围岩中产出有细脉浸染状、树枝状和网脉状辉钼矿，矿化与硅化关系十分密

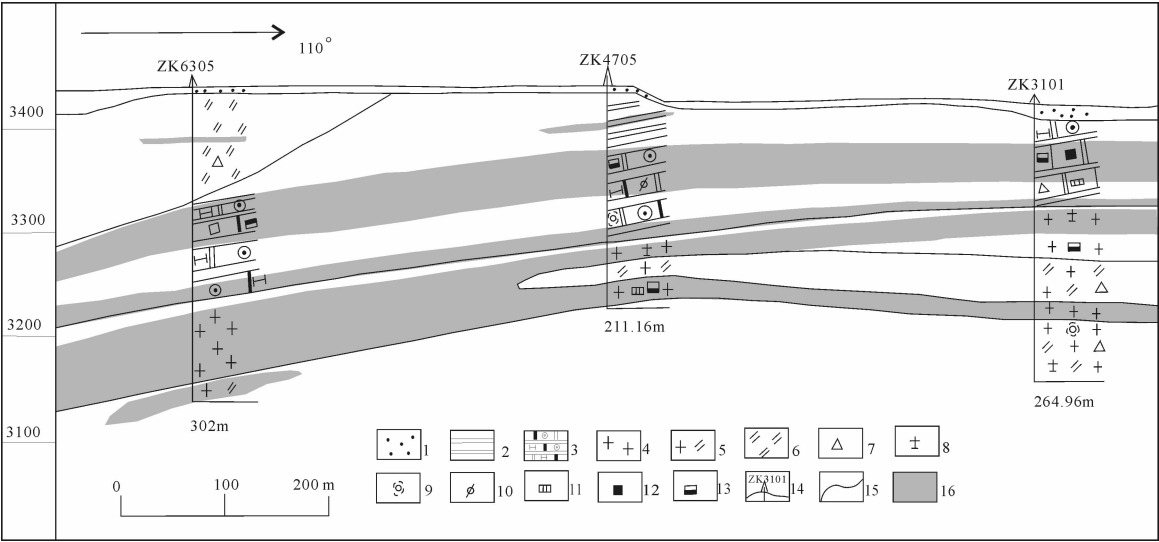


图 7 长山矿区 Mo 元素原生晕地质纵向剖面图

Fig. 7 Strike profiles of molybdenum element halo in Changshan mineral area

1. 风成砂; 2. 碳质岩; 3. 石榴石透辉石砂卡岩; 4. 花岗斑岩; 5. 似斑状二长花岗岩; 6. 二长花岗岩; 7. 碎裂岩化; 8. 高龄石化; 9. 硅化; 10. 绿帘石化; 11. 黄铁矿化; 12. 磁铁矿化; 13. 辉钼矿化; 14. 钻孔及编号; 15. 地质界线; 16. Mo 含量大于 32×10^{-6} 的原生晕范围

切, 硅化发育地段辉钼矿化强烈, 辉钼矿具有斑岩成矿特征。

(3) 矿床成因属于斑岩型-接触交代型复合矿床。斑岩型矿产找矿前景较好, 矿区中西部的深部通过矿产勘查工作有望取得找矿突破。区域内斑岩型矿产勘查仍值得进一步关注。

致谢: 野外地质工作得到了马生龙和张培青高级工程师的大力支持和帮助, 在此深表感谢!

参考文献 (References):

丰成友, 李东生, 吴正寿, 等. 东昆仑祁漫塔格成矿带矿床类型、时空分布及多金属成矿作用 [J]. 西北地质, 2010, 43 (04): 10-17.

Feng Chengyou, Li Dongsheng, Wu Zhengshou, et al. Major types, Time-Space Distribution and Metallogenesis of Polymetallic Deposits in the Qimantage Metallogenic Belt, Eastern Kunlun Area [J]. Northwestern Geology, 2010, 43 (04): 10-17.

丰成友, 王雪萍, 舒晓峰, 等. 青海祁漫塔格虎头崖铅锌多金属矿区年代学研究及地质意义 [J]. 吉林大学学报 (地球科学版), 2011, 41 (6): 1806-1817.

Feng Chengyou, Wang Xueping, Shu Xiaofeng, et al. Isotopic Chronology of the Hutouya Skarn Lead-Zinc Polymetallic Ore District in Qimantage Area of Qinghai

Province and Its Geological Significance [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2011, 41 (6): 1806-1817.

韩吟文, 马振东. 地球化学 [M]. 北京: 地质出版社, 2003.

Han Yinwen, Ma Zhendong. Geochemistry [M]. Geological press, Beijing, 2003.

何书跃, 祁兰英, 舒树兰, 等. 青海祁漫塔格地区斑岩铜矿的成矿条件和远景 [J]. 地质与勘探, 2008, 44 (2): 14-22.

He Shuyue, Qi Lanying, Shu Shulan, et al. Metallogenic environment and potential in the Qimantage porphyry copper deposit, Qinghai [J]. Geology and Prospecting, 2008, 44 (2): 14-22.

何书跃, 李东生, 李良林, 等. 青海东昆仑鸭子沟斑岩型铜 (钼) 矿区辉钼矿铼-钨同位素年龄及地质意义 [J]. 大地构造与成矿学, 2009, 33 (02): 236-242.

He Shuyue, Li Dongsheng, Li Lianglin, et al. Re-Os age of molybdenite from the Yazigou copper (molybdenum) mineralized area in Eastern Kunlun of Qinghai province, and its geological significance [J]. Geotectonica Et Metallogenia, 2009, 33 (02): 236-242.

李世金, 孙丰月, 丰成友, 等. 青海东昆仑鸭子沟多金属矿的成矿年代学研究 [J]. 地质学报, 2008, 82 (7): 949-955.

Li Shijin, Sun Fengyue, Feng Chengyou, et al. Geochronological study on Yazigou polymetallic deposit in Eastern

Kunlun, Qinhai Province [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2008, 82 (7): 949-955.

芮宗瑶, 张立生, 陈振宇, 等. 斑岩铜矿的源岩或源区探讨 [J]. *岩石学报*, 2004, 20 (2): 229-238.

Rui Zongyao, Zhang lisheng, Chen Zhenyu, et al. Approach on source rock orsource region of porphyry copper deposits [J]. *Aeta Petrolo Gica Sinica*, 2004b, 20 (2): 229-238.

芮宗瑶, 张洪涛, 陈仁义, 等. 斑岩铜矿研究中若干问题探讨 [J]. *矿床地质*, 2006, 25 (4): 491-500.

Rui Zongyao, Zhang Hongtao, Chen Renyi, et al. An approach to some problems of porphyry copper deposits [J]. *Mineral Deposits*, 2006, 25 (4): 491-500.

余宏全, 张德全, 景向阳, 等. 青海省乌兰乌珠尔斑岩铜矿床地质特征与成因 [J]. *中国地质*, 2007, 34 (2): 306-314.

She Hongquan, Zhang Dequan, Jing Xiangyang, et al. Geological characteristics and genesis of the Ulan Uzhur porphyry copper deposit in Qinghai [J]. *Geology in Chian*, 2007, 34 (2): 306-314.

吴珍汉, 叶培盛, 胡道功, 等. 拉萨地块北部逆冲推覆构造 [J]. *地质论评*, 2003, 49 (1): 74-80.

Wu Zhenhan, Ye Peisheng, Hu Daogong, et al. Thrust system of the north Lhasa block [J]. *Geol. Rev.*, 2003, 49 (1): 74-80 (in Chinese with English abstract).

张爱奎. 青海野马泉地区晚古生代—早中生代岩浆作用与成矿研究 [D]. 中国地质大学 (北京), 2012.

Zhang Aikui. Studies on late Paleozoic-early Mesozoic magmatism and mineralization in Yemaquan area, Qinghai province [D]. China University of Geosciences (Beijing), 2012.

Batchelor R A, Bowden P. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters [J]. *Chemical Geology*, 1985, (48): 43-55.

Middlemost E A K. *Magma and Magmatic Rocks* [M]. Longman, London, 1985.

Peccerillo R, Taylor S R. Geochemistry of eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey Contrib [J]. *Mineral Petrol*, 1976, 58: 63-81.

吴珍汉, 叶培盛, 胡道功, 等. 拉萨地块北部逆冲推覆构造

《西北地质》“获第二届华文出版物艺术设计大赛“提名奖

为了提升新闻出版业的装帧艺术水平，强化新闻出版业的文化创意理念，促进高水准的华文出版物走向国门、走向世界，2014 年 3 月 14—17 日，由中国新闻文化促进会与中国新闻出版研究院联合举办的“第二届华文出版物艺术设计大赛”在北京举行颁奖仪式。《西北地质》荣获“第二届华文出版物艺术设计大赛”提名奖。

全国政协委员、中国新闻文化促进会会长、原国家新闻出版总署副署长李东东，中国新闻出版研究院院长郝振省、以及来自全国各新闻出版单位的 100 多位代表出席了颁奖典礼。

华文出版物艺术设计大赛是目前唯一一个面向出版物艺术创意和装帧设计的全国性大赛，每两年举办一次。“第二届华文出版物艺术设计大赛”历经六个多月共收到来自全国各地报刊出版单位及音像公司选送的 2890 件出版物参赛作品，大赛将参赛出版物分为期刊、图书、报纸、电子音像制品四大类别，由中外设计装帧界的知名专家组成的评审委员会进行严格评议，共评出 324 件获奖作品，其中期刊类获奖作品 134 件，金奖空缺，银奖和铜奖共 26 件、优秀奖 58 件、提名奖 50 件。

通过这个活动，《西北地质》将更加重视提高出版物的艺术设计水平，大力强化纸质出版物的美学特质，以便使期刊出版物给读者创造较高的审美价值。

《西北地质》编辑部