

文章编号:1007-3701(2004)01-0024-05

巴彦诺尔公花岗岩体与乌力吉花岗岩体的地球化学特征及成矿意义

王喜宽¹, 张丽莉¹, 廖 蕾¹, 丛立民²

(1. 内蒙古自治区地质调查院, 内蒙古 呼和浩特 010020; 2. 内蒙古自治区 115 地质队, 内蒙古 乌兰浩特 137400)

摘要:巴彦诺尔公花岗岩体和乌力吉花岗岩体均属二叠纪花岗岩, 两岩体在地球化学组成上基本一致, 均富 SiO_2 、 K_2O 和 Al_2O_3 , 富集轻稀土, 而重稀土亏损。其差别是: 前者属钙碱性岩石 ($\sigma = 1.91$), 较富集 Fe, Mg, Ca, Cu, Cr, Sr, Ba 和 F, 而后者为钙性岩石 ($\sigma = 1.68$) 较富集 W, As, Sb 和 Au 等。两岩体不仅为其周围矿产的形成提供了充分的热液, 也提供了丰富的物质来源。正是由于充分的热液活动和物质迁移以及后期富集形成了朱拉扎嘎大型金矿。

关键词:巴彦诺尔公花岗岩体; 乌力吉花岗岩体; 地球化学特征; 金矿成因; 内蒙古图分类号: P588.12⁺1 文献标识码: A

巴彦诺尔公花岗岩体和乌力吉花岗岩体均位于内蒙古自治区阿拉善盟阿拉善左旗境内。两岩体基本在同一经度, 南北相距约 80 km (图 1)。它们的大地构造位置属于华北板块西部, 均为走向近 EW 向的大岩基, 形成于二叠纪。两岩体虽然岩性、时代相同, 但地球化学特征却既具有相似性, 又有较明显的差异。本文主要是对比两岩体地球化学特征的异同及其与金矿成因的关系。

1 岩体岩石特征

巴彦诺尔公花岗岩体位于阿拉善盟阿拉善左旗巴彦诺尔公一带, 总体为一近 EW-NEE 向延伸的岩基。总出露面积约 2 000 km²。其北部侵入太古宙和元古宙地层, 东南部被三叠纪花岗岩侵入, 西南部被第四系、第三系覆盖。该岩基主要由黑云二长花岗岩构成, 岩石从边缘相到过渡相, 颜色由灰白色 (或略带红色) 变化为浅肉红色; 结构从细粒花岗结构过渡为中粒—中粗粒粒状结构。副矿物有锆石、磷灰石、独居石、榍石, 偶见白钨矿、方铅

矿、锐钛矿、萤石、钼石、磷钼矿和褐帘石等。

乌力吉花岗岩体位于阿拉善盟阿拉善左旗乌力吉苏木北约 7 km, 南距巴彦诺尔公花岗岩体约 80 km, 在 1:20 万乌力吉幅中出露总面积大约为 1 250 km², 呈 EW 向延伸。岩体向西延入沙拉套尔汗幅, 向东延入银根幅, 其在该两幅图内均有大面积出露。被侵入的围岩为晚石炭世板岩、结晶灰岩、砂岩、凝灰岩, 以及早期侵入的辉长岩体、石英闪长岩体、花岗闪长岩体等。这些地层及岩体有部分呈悬浮体或捕虏体状分布在岩体中, 白垩纪地层不整合覆盖其上。岩体相带不发育, 以中粒结构的过渡相为主, 两侧发育少量细粒结构的花岗岩及混染岩等边缘相, 局部分异为钾长花岗岩。从边缘相到过渡相, 岩石颜色由灰白色、浅肉红色变化为浅肉红色为主, 结构从细粒、中—细粒花岗结构渐变为中粒、中—粗粒结构及中粒似斑状结构。副矿物有锆石、磁铁矿、黄铁矿、榍石、金红石、磷灰石及少量白钨矿、褐帘石、独居石、钛石等。

2 地球化学特征

收稿日期: 2003-05-06

作者简介: 王喜宽 (1969—), 男 (汉族), 化探高级工程师, 长期从事地球化学勘查工作。

巴彦诺尔公岩体、乌力吉岩体及中国花岗岩^[1]化学成分、微量元素及稀土元素含量见表 1。

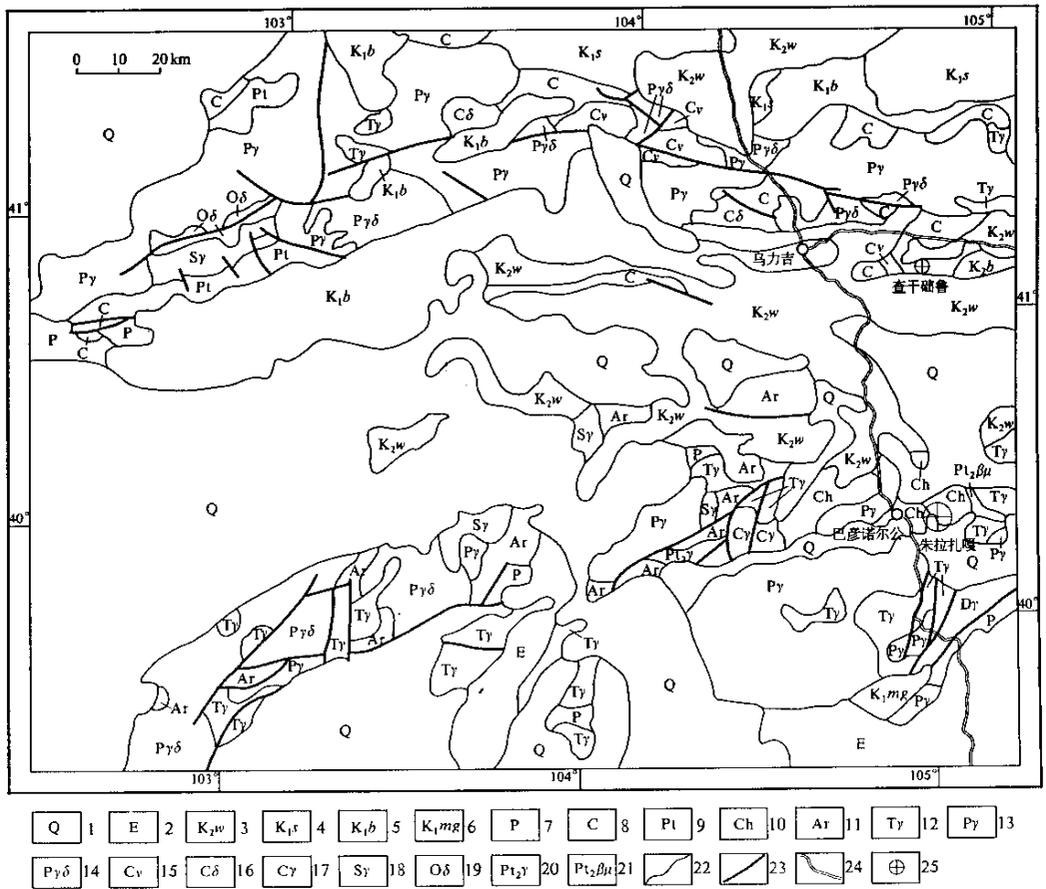


图 1 内蒙古巴彦诺尔公和乌力吉一带地质图

Fig. 1 Geological map of Bayannuoergong and Wuliji area in Inner Mongolia

1. 第四系; 2. 第三系; 3. 白垩系乌兰苏海组; 4. 白垩系苏红图组; 5. 白垩系巴音戈壁组; 6. 白垩系庙沟组; 7. 二叠系; 8. 石炭系; 9. 元古宙北山群; 10. 元古宙渣尔泰山群; 11. 太古宙; 12. 三叠纪花岗岩; 13. 二叠纪花岗岩; 14. 二叠纪花岗岩闪长岩; 15. 石炭纪辉长岩; 16. 石炭纪闪长岩; 17. 石炭纪花岗岩; 18. 志留纪花岗岩; 19. 奥陶纪花岗岩; 20. 中元古代花岗岩; 21. 中元古代辉绿岩; 22. 岩层界线; 23. 断层; 24. 公路; 25. 金矿

2.1 相似特征

(1) 两岩体 SiO_2 含量均大于 66%, K_2O 含量均小于中国花岗岩的 K_2O 含量。

(2) 将两岩体 Al_2O_3 的含量与 $CaO + K_2O + Na_2O$ 的含量相比可见, 两岩体 Al_2O_3 的含量均 $> CaO + K_2O + Na_2O$ 含量之和, 属过铝花岗岩。

(3) 两大岩体中含量基本接近 ($C = 0.8 \sim 1.2$) 的氧化物和元素有 $SiO_2, Al_2O_3, K_2O, Na_2O, Nb, Y, Rb, U, B, Li, Be, Ag, Pb$, 说明两花岗岩体部分常量元素和微量元素在含量上一致 (表 1)。

(4) 与中国花岗岩相比, 两大岩体中平均含量均大于中国花岗岩平均含量的氧化物和元素有: $CaO, Fe_2O_3, Cu, Cr, Co, Sn, Hg, Li, B, Au, As$; 均小于中国花岗岩平均含量的氧化物和元素有:

$Na_2O, K_2O, SiO_2, La, Nb, Y, Rb, Pb, Ag, Be, U$ 及 Mo 。

(5) 两岩体的稀土元素 La/Y 之比值分别为 1.82 和 1.54, 均大于 1, 说明两岩体中轻稀土富集, 重稀土亏损。

(6) 巴彦诺尔公花岗岩体 $Rb/Sr = 0.42$, 乌力吉花岗岩体 $Rb/Sr = 0.594$ 。根据南京大学对华南显生宙花岗岩的研究, Rb/Sr 一般在 0.5~5 之间, 其中同熔型平均为 0.5, 而改造型普遍比同熔型高一个数量级。两岩体 Rb/Sr 比值基本为 0.5 左右, 可作为判断两岩体均为同熔性岩体的证据。

(7) 同位素年龄值 (K-Ar 法) 巴彦诺尔公花岗岩体为 2.47 Ma, 乌力吉花岗岩为 2.05 Ma。二者大体相近。

表1 巴彦诺尔公花岗岩体与乌力吉花岗岩体地球化学特征

Table 1 Geochemistry characteristics of granite body of Bayannuoergong and Wuliji

元素	中国花岗岩 ^[1]	巴彦诺尔公花岗岩体 ^① (N=151)		乌力吉花岗岩体 ^② (N=61)		C ^③
		含量	变异系数(C _v)	含量	变异系数(C _v)	
SiO ₂	72.4	68.9	0.09	71.3	0.04	0.97
Al ₂ O ₃	13.83	14.06	0.11	13.26	0.07	1.06
Fe ₂ O ₃	1.02	3.41	0.63	1.93	0.43	1.77
MgO	0.64	1.04	1.32	0.45	0.92	2.31
CaO	1.34	2.93	0.61	1.97	0.58	1.49
Na ₂ O	3.55	3.39	0.2	3.07	0.09	1.1
K ₂ O	4.34	3.64	0.37	3.82	0.32	0.95
Mn	320	500	0.67	290.5	0.52	1.72
V	23	45.73	1.02	22.31	0.78	2.05
Ti	1380	2360	0.76	1578	0.58	1.5
Cr	6.6	15.97	1.07	9.43	0.78	1.69
Ni	5.2	6.66	0.85	4.28	0.94	1.56
Co	3	6.92	0.9	3.69	0.54	1.88
Au	0.48	1.28	0.97	1.91	0.44	0.67
Ag	0.06	0.05	0.48	0.053	1.11	0.94
Cu	5.5	12.66	2.52	6.79	1.64	1.86
Pb	26	20.76	0.47	21.2	0.34	0.98
Zn	40	52.94	0.5	31.6	0.45	1.68
Cd	0.06	0.06	0.6	0.047	0.67	1.28
As	1.2	1.61	0.53	6.05	1.71	0.27
Sb	0.13	0.12	0.35	0.4	3.04	0.3
Bi	0.24	0.27	2.76	0.21	1.03	1.29
Hg	6.4	13.72	0.95	7.87	1.23	1.74
W	1.0	0.62	0.89	1.03	1.7	0.6
Mo	0.7	0.53	1.14	0.64	1.78	0.83
Sn	2.2	3.02	0.45	2.3	0.3	1.31
Sr	220	288	0.65	189.7	0.62	1.52
Ba	680	705	0.74	436.5	0.29	1.62
B	5.5	9.12	0.86	10.19	0.67	0.89
F	485	491	0.99	319	0.56	1.54
P	345	526	0.76	320.5	0.73	1.64
Zr	155	167	0.95	126	0.53	1.33
La	41	38.76	0.49	30.4	0.27	1.28
Y	23	21.31	0.28	19.75	0.25	1.08
Rb	160	121.87	0.44	112.6	0.39	1.08
Nb	16	10.51	0.47	9.81	0.28	1.07
Th	17	17.3	0.46	14.17	0.3	1.22
U	2.9	1.71	0.62	1.8	0.39	0.95
Li	19	23.24	0.62	23.61	0.6	0.98
Be	3.2	2.43	0.59	2.45	0.33	0.99

注:①内蒙古国土资源勘查开发院,阿拉坦敖包等幅地球化学图说明书,1998;②内蒙古国土资源勘查开发院,乌力吉幅地球化学图说明书,2000;氧化物单位为%,Au、Hg为10⁻⁹,其余为10⁻⁶;③C=巴彦诺尔公花岗岩体含量/乌力吉花岗岩体含量。

2.2 相异特征

(1) 巴彦诺尔公花岗岩体里特曼指数为 1.91, 根据里特曼指数^[2]划分, 属钙碱性岩; 乌力吉花岗岩体里特曼指数为 1.68, 属钙性岩。

(2) 在巴彦诺尔公花岗岩体中富集($C > 1.2$)的元素有: Th, Sr, Ba, F, P, Mn, Ti, Cr, Ni, Co, La, Zr, Zn, Cd, Sn, Hg, Bi 及 Fe_2O_3 , CaO, MgO, Cu; 略显富集($C > 1.0$)的元素有 Al_2O_3 , Na_2O , Y, Rb 和 Nb。在乌力吉花岗岩体中富集($C < 0.8$)的元素有 W, As, Sb, Au, Mo; 略显富集($0.8 < C < 1.0$)的元素有 SiO_2 , K_2O , Ag, Pb, U, Li 及 Be (表 1)。

3 岩体地球化学特征及与金矿成因关系探讨

3.1 地球化学特征

(1) 与中国花岗岩平均成分相比(表 1): 两大岩体基本造岩成分 SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Na_2O 与中国花岗岩的平均成分基本接近。巴彦诺尔公花岗岩体中大多数元素含量要明显高于中国花岗岩平均成分, 只有 Nb, Y, Rb, U, Be, La, W, Mo 等花岗岩的特征元素低于中国花岗岩的平均成分。乌力吉花岗岩体中大部分元素含量低于或接近于中国花岗岩平均成分, 只有 Au, As 和 Sb 等个别元素明显高于中国花岗岩平均成分。

(2) 两大岩体元素含量对比(表 1): 两岩体中 SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Na_2O 基本相近, 花岗岩中的特征元素 Li, Be, Rb, Nb 及其他元素 Y, U, B, Mo, Ag, Pb 含量也基本相近, 反映了这两大岩体为花岗岩体的特征。

巴彦诺尔公花岗岩体比乌力吉花岗岩体明显富集铁族元素和 Ca, Mg, Cu, Zn 以及 Sr, Ba, F, P, La, Zr, Cd, Sn, Hg, Bi 和 Th。反映巴彦诺尔公花岗岩体的物质来源含有基性、超基性成分, 且其物质来源可能比乌力吉岩体要深。

(3) 岩体元素含量的变异性对比(表 1): 巴彦诺尔公花岗岩体中各元素变异性较强($C_v > 0.8$)的元素有 B, F, V, Cr, Ni, Co, Zr, W, Mo, Hg, Bi, MgO, Au 和 Cu; 变异性较弱($C_v < 0.5$)的元素有 Nb, Y, Rb, Th, La, Sn, Sb, SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O ,

Na_2O , Ag 和 Pb; 其余元素 C_v 介于 0.5~0.8 之间。乌力吉花岗岩体中变异性较强($C_v > 0.8$)的元素有 Ni, W, Mo, Hg, As, Sb, Bi, MgO, Ag 和 Cu; 变异性较弱($C_v < 0.5$)的元素有 Nb, Y, Rb, U, Th, Ba, Be, La, Zn, Sn 及 SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Na_2O , Fe_2O_3 , Au 和 Pb; 其余元素 C_v 介于 0.5~0.8 之间。

在两岩体中元素变异性均较强($C_v > 0.8$)的元素有 Ni, W, Mo, Hg, Bi, MgO, Ag 及 Cu; 变异性较弱($C_v < 0.5$)的元素有 Nb, Rb, Th, SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Na_2O 及 Pb。

上述元素变异特征反映了两大岩体的基本造岩元素在岩体内分布较均匀, 而 Au, Cu 及铁族元素等在巴彦诺尔公花岗岩体内变异性较大, 说明了其在该岩体内分布的不均匀性。

3.2 与金矿成因关系探讨

(1) 巴彦诺尔公花岗岩体: 在巴彦诺尔公岩体北东侧发现了朱拉扎嘎大型金矿, 并在岩体与周围地层接触处也有以 Au, As, Sb, Hg 和 Ag 等为主的区域化探异常。

在朱拉扎嘎金矿北西部有多期岩浆侵入活动, 巴彦诺尔公花岗岩体就是其中最大的一期, 在朱拉扎嘎金矿成矿过程中, 其提供了一次规模最大的热液活动, 同时也为金矿的后期富集提供了丰富的物质来源, 这可以从以下几方面来证明:

① 综合物探测量成果表明, 在朱拉扎嘎金矿区西南有一隐伏岩体存在, 其为朱拉扎嘎金矿床的形成提供了热源^①;

② 后期热液改造在朱拉扎嘎金矿床中占据有非常重要的地位, 金的主体成矿作用有较明显的后成性;

③ 矿石硫同位素研究表明, 朱拉扎嘎金矿具有深源岩浆热液成矿的特点^②, 而这与该岩体富含铁镁物质的特征相符;

④ 巴彦诺尔公花岗岩体的 Au 含量比中国花岗岩平均 Au 含量要高出 2.67 倍, 说明岩体富含 Au, 具有丰富的成矿物质;

⑤ 朱拉扎嘎金矿的形成具有多成因、多期次的特点, 有利的构造和赋矿地层以及岩浆热液侵入、

① 马润等, 内蒙古自治区阿拉善左旗朱拉扎嘎及外围金矿资源评价报告, 2002。

② 丁天才, 内蒙古朱拉扎嘎金矿地质特征、矿化规律及成因, 2002。

火山岩浆活动均起了巨大的作用;

⑥由于岩浆活动的多期性,以及朱拉扎嘎金矿体距离热源体远近的不同,出现了矿区内同一地层中东北面矿化较弱、西南面矿化较强的现象。而西南面的岩浆岩主要是巴彦诺尔公岩体。

上述特征充分证明了该期岩浆活动在朱拉扎嘎金矿的后期富集过程中起了巨大的作用,是朱拉扎嘎金矿能达到大型矿床的重要因素。

(2)乌力吉花岗岩体:在乌力吉花岗岩体南侧,发现了查干础鲁金矿点,在两侧与石炭系接触处有众多铜矿点和 Au, Ag, As, Sb, Hg 及 Cd 等区域化探异常(1:20万),并在与岩体接触处有矽卡岩化、铁铜矿化。

乌力吉岩体规模也十分巨大,其侵入的最老地层为石炭系。在此前内蒙古的石炭系未发现赋存金矿,经过 1:20 万乌力吉幅区域化探扫面及异常检查和后期的地质工作,在其南侧发现了查干础鲁金矿体;在岩体的两侧与石炭系相接触处也发现了不少以 Au, As, Sb 和 Hg 为主的区域化探异常(1:20万)和一些金矿化点,在接触带内见有矽卡岩化,并伴有铁、铜矿化,且乌力吉岩体 Au 平均含量是中国花岗岩平均含量的 3.98 倍。这说明乌力吉花岗岩体不仅是携带 Au, As 和 Sb 等元素的巨大物质来源,而且在侵入过程中可形成矿体和矿化体,与

岩体接触的石炭系是寻找金矿的主要地段。

4 结论

(1)巴彦诺尔公岩体与乌力吉岩体基本成分含量是一致的,反映了花岗岩的基本特征;

(2)就微量元素而言,铁族元素及 MgO, CaO, Cu, Zn, Sr, Ba, F, P 和 Hg 等在巴彦诺尔公花岗岩体中要明显比在乌力吉花岗岩体中富集,反映了两岩体物质来源的不同。铁镁物质的富集反映了巴彦诺尔公花岗岩体比乌力吉花岗岩体物质来源深;

(3)两大岩体在其形成过程中不仅是提供热液活动的主要动力,同时也是形成金矿的物质来源。尤其是朱拉扎嘎金矿后期的叠加富集与巴彦诺尔公花岗岩体提供充分的热液活动和丰富的物质来源是分不开的,是形成朱拉扎嘎大型金矿必不可少的条件。

参考文献:

- [1] 鄯明才, 迟清华. 中国东部地壳与岩石的化学组成[M]. 北京: 科学出版社, 1997. 73—75.
[2] 邱家骥. 岩浆岩岩石学[M]. 北京: 地质出版社, 1985. 12—15.

Geochemical characteristics and prospecting significance of the Bayannuoergong and Wuliji granite bodies in Inner Mongolia

WANG Xi-kuan¹, ZHANG Li-li¹, LIAO Lei¹, CHONG Li-ming²

(1. Inner Mongolia Institute of Geological Survey, Hohhot 010020, China; 2. No. 115 Geological Brigade of Inner Mongolia Bureau of Geological Survey, Wulanhote 137400, China)

Abstract: The Permian Bayannuoergong and Wuliji granitic bodies have similar geochemical characteristics and are characterized by rich in Si, K, Al, LREE and depleted in HREE. On the other hand, the Bayannuoergong granite body is relatively richer in Fe, Mg, Ca, Cu, Zr, Sr, Ba and F, belonging to calc-alkaline rock series; while the Wuliji granite body is relatively richer in W, As, Sb and Au, belonging to calcic rock series. Research shows that the two granitic bodies provided both sufficient hydrothermal fluids and gold sources for formation of the large-sized Zhulazhaga gold deposit.

Key words: Bayannuoergong granitic body; Wuliji granitic body; geochemical characteristics; genesis of gold deposits in Inner Mongolia