

郭家岭型花岗岩地球化学^① 特征与金矿化的关系

关 康 罗镇宽 苗来成 黄佳展

(冶金部天津地质研究院,天津,300061)

提 要 根据郭家岭型花岗岩与成矿后岩脉的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄,金矿化被限定在 126Ma ~120Ma 之间;结合岩体与金矿化密切的空间关系和岩石地球化学上的亲缘关系,认为招掖地区金矿化主要与郭家岭型花岗岩有关。岩体高 Na 和 Ba、Sr 是太古宙绿岩区与金矿化有关花岗岩的一个明显的地球化学标志。

关键词 郭家岭型花岗岩 地球化学 金矿化 成因关系

胶东招掖地区出露大面积花岗岩类侵入体,岩体与金矿床在空间上密切共存。因此,花岗岩类与金矿化的关系一直是前人研究的重点。本文主要讨论了郭家岭型花岗岩的岩石地球化学特征,并揭示了岩体与金矿床的关系。

1 区域地质概况

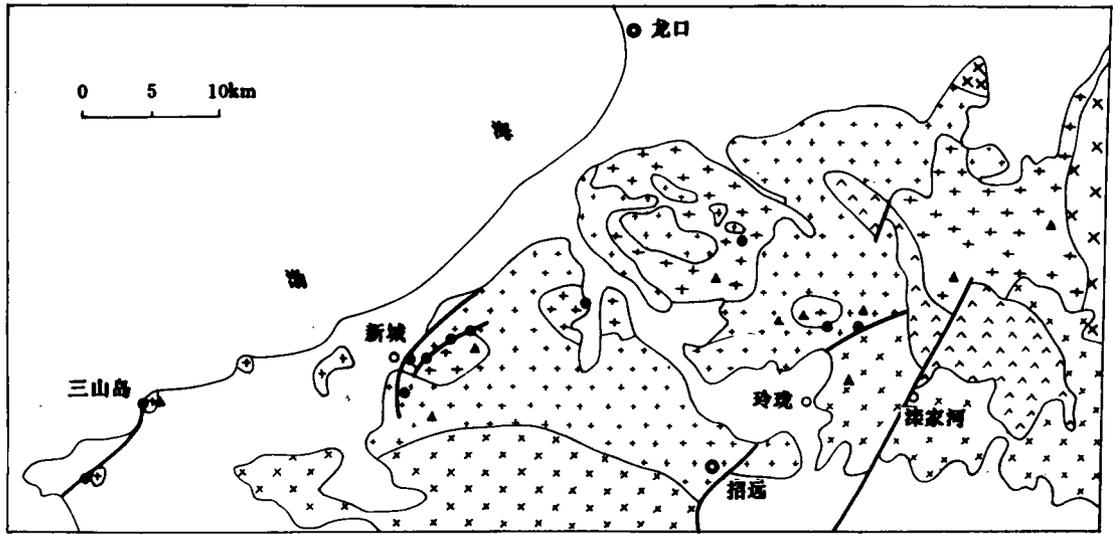
胶东招掖地区属于 NNE 走向的郯庐断裂和 NE 走向的五莲-荣成断裂所挟持的胶北地体^[1]。区内出露基底地层为太古宙胶东群绿岩建造和元古代荆山群、粉子山群孔兹岩系^[2],上覆元古代蓬莱群盖层性沉积,缺失整个古生代地层,中、新生代陆相碎屑岩和火山岩沿断陷盆地分布。区内花岗岩类侵入体出露面积达 4000 多平方公里。

2 岩体主要特征

招掖地区与金矿化有关的花岗岩类被划分为玲珑、滦家河和郭家岭型^[3]。郭家岭型花岗岩主要分布在招掖地区北部(图 1),从东向西由郭家岭、丛家、上庄、北截和三山岛等侵入体组

① 收稿日期:1997-01-28 改回日期:1997-08-04

成,出露面积达 800km²。岩体出露面积从东向西由大变小,东部郭家岭岩体为岩基,向西逐渐变为岩株。郭家岭型岩体与太古宙胶东群变质岩、玲珑型、滦家河型花岗岩呈侵入或断层接触。东部郭家岭型岩体主要侵入于胶东群变质岩中,岩体中的残留体以斜长角闪岩为主,局部可见含角闪石的暗色包体。中、西部的丛家、北截、上庄和三山岛岩体则侵入到玲珑型花岗岩中。



- 1. 艾山型花岗岩
- 2. 郭家岭型花岗岩
- 3. 滦家河型花岗岩
- 4. 玲珑型花岗岩
- 5. 胶东群地层
- 6. 主要断层
- 7. 城镇或村庄
- 8. 样品位置
- 9. 金矿床

图1 招掖地区地质简图(据山东地质志改编)

Fig. 1 Geological map of Zhaoye district

郭家岭型诸岩体以含巨大的钾长石斑晶的似斑状结构和含数量不等的角闪石而区别于其它两类花岗岩。薄片可见各种交代结构,如交代残留结构、蠕英结构、包含结构等。在断裂带内或断裂旁侧,岩石变形后形成糜棱结构。造岩矿物属石英-斜长石-钾长石-角闪石或黑云母组合,岩体从东向西具有角闪石含量逐渐减少,黑云母含量逐渐增多,钾长石斑晶越来越大的特征。

3 岩体与金矿床的关系

3.1 岩体与金矿床的空间关系

从空间上看,东部郭家岭岩体含矿性极差,无成型金矿床产出,中部丛家、北截岩体产有小型金矿床,以西的上庄、三山岛岩体则赋存了新城、界河、上庄和三山岛大型、特大型金矿床。由此可见,郭家岭型花岗岩与金矿床的空间关系极为密切。

3.2 岩体与金矿化的时间关系

本研究中采用 SHRIMP(灵敏的高分辨率的离子探针)测年技术测定了三类花岗岩和玲珑矿田一条成矿后的酸性岩脉的锆石年龄(表 1)。玲珑型黑云母花岗岩(包括滦家河型)的年龄为 160Ma~152Ma,郭家岭型花岗岩年龄为 130Ma~126Ma;成矿后的花岗斑岩脉年龄为 120Ma,因此,主要金矿化期被限制在 126Ma~120Ma 之间。此外,在岩体锆石 SHRIMP 测年过程中发现有太古宙、元古代和晚侏罗世的继承锆石(表 1),说明岩体在侵入过程中曾同化混染了大量胶东群变质岩等成分。

表 1 招掖地区花岗岩类锆石 SHRIMP U-Pb 年龄结果

Table 1 SHRIMP U-Pb ages for zircon in granitoids of Zhaoye district

岩体名称	测定样数	年龄范围(Ma)	继承锆石年龄范围(Ma)
玲珑型岩体	4	153±4~160±3	180~3400
滦家河型岩体	2	152±10~154±4	180~400
郭家岭型岩体	5	126±2~130±3	155~2500
花岗斑岩脉	1	120±2	150~3100

测试单位:西澳大学

以上可见,郭家岭型岩体无论在时间上还是在空间上都与招掖金矿田金矿化的关系最密切。

4 岩体的地球化学特征

4.1 岩体常量和微量元素特征

从区内三类花岗岩的岩石化学全分析和微量元素分析(表 2)结果统计可看出,郭家岭型花岗岩比玲珑型花岗岩有相对高的 Al_2O_3 、 MgO 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 CaO 、 Na_2O 含量,较低的 SiO_2 、 K_2O 含量。在成岩构造环境图解中,玲珑、滦家河型花岗岩都落在同碰撞造山花岗岩区,郭家岭型花岗岩主要位于碰撞造山晚期花岗岩区(图 2)。这一特点说明了郭家岭型侵入岩是在陆块碰撞后熔融形成的,而晚于其它两类花岗岩。

微量元素含量上,郭家岭型花岗岩最明显的特征是具有特别高的 Ba、Sr 大离子亲石元素和 Au、Ag 成矿元素,其 Ba、Sr、Au、Ag 含量分别是玲珑型和滦家河型花岗岩的两倍(表 2)。岩体这种 Ba、Sr 含量高的特征揭示了可能有深源物质参与。和小秦岭金矿化有关的文峪、娘娘山花岗岩相比,尽管它们之间的 SiO_2 含量有差别,但 Na_2O+K_2O 总量、 $Na_2O>K_2O$ 和异常高的 Ba、Sr 含量与郭家岭型花岗岩则完全相似(表 2)。

根据上述与成矿有关的侵入体 $Na_2O>K_2O$ 和异常高的 Ba、Sr、Au、Ag 含量构成了太古宙绿岩地体中与金矿化有关花岗岩的一个明显的地球化学标志。

表 2 花岗岩类岩石化学($\times 10^{-2}$)、微量元素($\times 10^{-6}$)对比Table 2 Comparison of granitoids for their petrochemistry ($\times 10^{-2}$) and minor elements ($\times 10^{-6}$)

	玲珑型(18)	滦家河型(4)	郭家岭型(13)	小秦岭型(18)*
SiO ₂	72.74	73.22	67.89	70.28
TiO ₂	0.11	0.09	0.33	0.23
Al ₂ O ₃	14.59	14.59	15.55	15.03
Fe ₂ O ₃	0.11	0.21	0.67	1.53
FeO	1.18	0.89	1.60	1.27
MnO	0.05	0.04	0.06	0.11
MgO	0.25	0.17	1.29	0.50
CaO	1.57	1.27	2.70	2.23
Na ₂ O	4.41	4.24	4.50	4.61
K ₂ O	4.11	4.36	3.94	4.02
P ₂ O ₅	0.03	0.02	0.18	0.11
Rb* *	102.87(46)	1347.41(20)	82.00(33)	
Sr	570.54(97)	376.68(46)	993.74(60)	850.23(6)
Ba	158.17(97)	1076.71(46)	2387.5(60)	1695.10(6)
Cr	13.80(63)	15.50(28)	28.87(40)	3.27(6)
Au	8.80(100)	6.70(46)	15.90(58)	
Ag	117.80(96)	87.00(43)	246.90(58)	
Cu	46.12(93)	15.61(43)	17.22(60)	2.21(6)
Pb	43.90(92)	21.31(43)	34.70(57)	21.75(6)
Zn	55.42(93)	46.13(43)	51.81(58)	43.95(6)

测试单位:国家地质试验测试中心

注:括号内为样数,*据栾世伟;* *以下微量元素据本文、王炳成、徐金方、栾世伟;Au、Ag单位($\times 10^{-9}$)表 3 郭家岭型诸岩体岩石化学分析结果($\times 10^{-2}$)Table 3 Petrochemical analysis of Guojialing suite plutons ($\times 10^{-2}$)

岩体名称	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	CO ₂	H ₂ O ⁺	总量
郭家岭(4)*	65.59	0.41	15.13	0.93	2.02	0.07	3.42	4.27	4.46	0.32	0.28	0.77	99.74
丛家(4)	67.86	0.34	15.88	0.74	1.56	0.06	2.65	4.45	4.07	0.16	0.18	0.77	99.95
上庄(3)	69.17	0.32	15.61	0.49	1.48	0.06	2.19	4.41	3.80	0.11	0.38	0.75	99.59
三山岛(2)	70.64	0.16	15.63	0.28	0.98	0.04	2.13	5.18	2.88	0.04	0.28	0.78	99.55

注:*括号内为样数

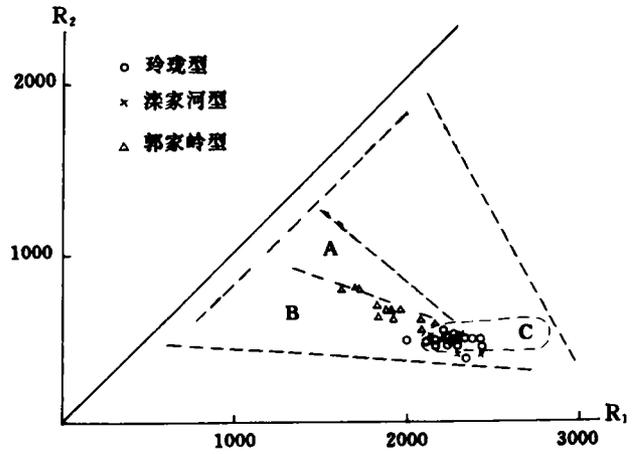
测试单位:国家地质试验测试中心

4.2 岩体空间岩石地球化学变化特征

郭家岭型诸岩体从东向西岩石化学成分上表现出有规律的变化(表3),表中可见,郭家岭→三山岛岩体, SiO₂含量从65.59%上升到70.64%, Na₂O从4.27%升高到5.18%, Fe₂O₃、MgO、CaO、K₂O含量逐渐降低。经正规化和多变量选择后可以看出(表4)郭家岭→三山岛岩体, SiO₂从0升高到1, 而 Fe₂O₃、MgO、CaO、K₂O从1逐渐降低到0, 反映了西部岩体酸性程度

较高。结合岩体产状,郭家岭岩体主要侵入到太古宙胶东群变质岩中,西部上庄、三山岛等岩体则侵入到玲珑型花岗岩中,造成东部岩体岩石偏基性,西部岩体岩石偏酸性,反映出从东向西岩性从花岗闪长岩过渡到二长花岗岩。

郭家岭型诸岩体微量元素从东向西也表现出有规律的变化,岩体微量元素中,元素 Zr、Ti、Cr 和大离子亲石元素 Rb、Sr、Ba 含量逐渐降低(表 5)。经对数处理后可见(图 3),除成矿元素外,其它元素含量都随酸性程度增加而降低,成矿元素中,西部岩体 Au、Ag、Cu 含量明显偏高。这可能与西部熔有较多的玲珑型花岗岩,造成了岩体中金等成矿元素再富集。



A. 板块碰撞后隆起期花岗岩 B. 造山晚期花岗岩 C. 同碰撞造山期花岗岩

图 2 花岗岩类成岩环境图解(据 Batchelor 等,1985)

Fig. 2 Discrimination plot of rock-forming environment of granitoids

表 4 郭家岭型诸岩体岩石化学多变量选择特征

Table 3 Characteristic variables of petrochemistry for Guojialing suite plutons

岩体名称	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O
郭家岭	0	1	1	1	1
丛家	0.45	0.71	0.45	0.40	0.75
上庄	0.71	0.32	0.19	0.05	0.58
三山岛	1	0	0	0	0

表 5 郭家岭型诸岩体微量元素($\times 10^{-6}$)

Table 5 Minor element of Guojialing suite plutons($\times 10^{-6}$)

岩体名称	Cr	Zr	Ti	Rb	Sr	Ba	Cu	Pb	Zn	Au	Ag
郭家岭(4)*	85.36	185.25	2511.50	87.25	2020.50	3542.50	6.54	49.57	63.15	5.40	120.00
丛家(4)	36.58	130.75	2093.00	85.25	1607.25	2958.00	5.66	39.21	48.15	4.60	80.00
上庄(3)	28.07	109.33	2021.00	83.67	1280.80	2592.00	9.10	34.23	51.17	4.30	120.00
三山岛(2)	17.09	49.50	1023.00	67.50	1014.00	1734.50	6.01	19.65	43.55	7.90	4900.00

注: * 样数 Au、Ag 为 $\times 10^{-9}$

测试单位:国家地质试验测试中心

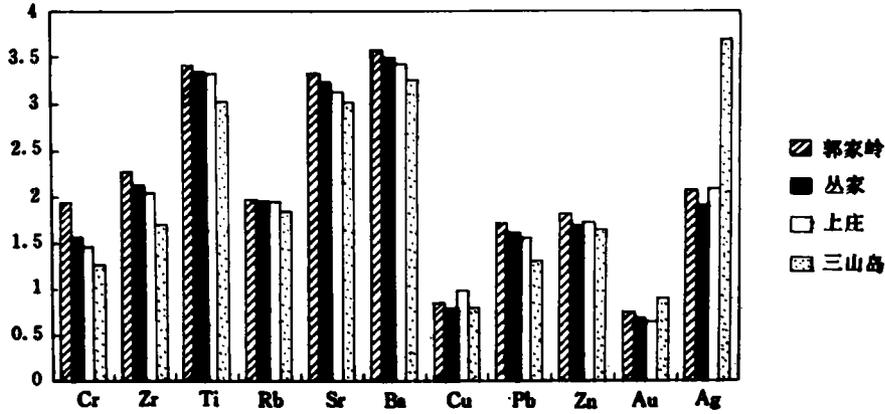


图3 郭家岭型诸岩体微量元素对数柱状图

Fig. 3 Minor elements log column of Guojialing suite plutons

4.3 岩体铅同位素特征

本研究测定了招掖地区花岗岩类长石铅和金矿床的矿石铅同位素组成,并搜集了前人所作的胶东群变质岩铅同位素分析结果(表6)。从岩体铅同位素组成特征可以看出郭家岭型岩体岩石铅 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的比值与招掖地区金矿床矿石铅的比值极其相似, μ 值非常接近,显示岩体铅和矿石铅有一致的源区,经历了相似的铅同位素演化历史,基本上达到了U-Th-Pb的均一化,因此,推测

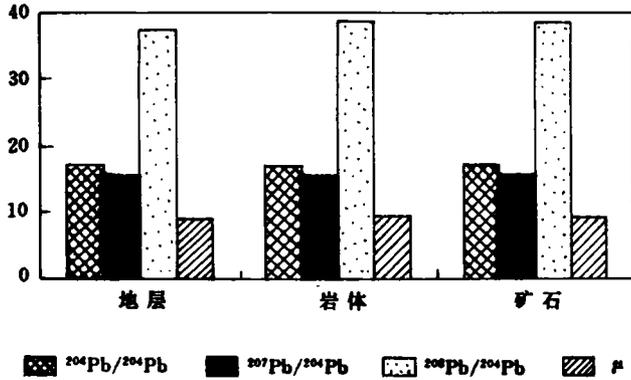


图4 地层、岩体、金矿床铅同位素组成对比柱状图

Fig. 4 Lead isotope distribution of strata, plutons and gold deposits

成矿物质主要来自郭家岭型岩体。将胶东群变质岩的铅和岩体铅以及矿石铅同位素组成相比,三者的平均值也非常相近(图4),它们的 μ 值平均差为0.14。前人根据岩体长石铅和太古宙胶东群铅同位素组成一致和其它地球化学特征,推测岩体主要由胶东群岩石重熔-交代形成的^(3,4,5),并根据区内金矿床矿石铅与花岗岩类长石铅相似的特征,进而推测成矿物质的初始来源也是胶东群变质岩——绿岩建造。笔者结合郭家岭型岩体中还发现有太古宙的继承锆石,进一步证实了地层、岩体和矿石三者之间的物质成分上的继承和演化关系。

表 6 招掖地区地层、岩体、金矿床铅同位素组成特征

Table 6 The lead isotope character of strata, plutons and gold deposits in Zhaoye district

样号	位置	测定矿物	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	μ 值	资料来源	
	胶东群	方铅矿	17.115	15.347	37.260	9.13	王义文,1989	
NM-1	丛家岩体	钾长石	17.098	15.523	37.875	9.50	本专题,1995	
JH-8	上庄岩体	钾长石	17.131	15.518	37.963	9.48		
SSD-15	三山岛岩体	钾长石	17.299	15.548	38.237	9.52		
SSD-5	三山岛金矿	方铅矿	17.240	15.502	37.940	9.43		
SSD-6	三山岛金矿	方铅矿	17.243	15.506	37.949	9.44		
CS-5	苍上金矿	方铅矿	17.182	15.480	37.886	9.39		
LD-16	玲珑金矿	方铅矿	17.403	15.507	38.030	9.42		
LX-22	玲珑金矿	方铅矿	17.262	15.487	37.930	9.39		
LX-31	玲珑金矿	方铅矿	17.312	15.492	37.967	9.40		
LX-34	玲珑金矿	方铅矿	17.242	15.488	37.917	9.40		
平均值	地层(1)		17.115	15.347	37.260	9.13		
	岩体(3)		17.176	15.530	38.025	9.50		
	矿石(7)		17.269	15.495	37.946	9.41		

注:参数采用 D. S. (1974)和 H. (1965)

测试单位:西澳大学

5 结论

(1)根据金矿床的分布和岩体、成矿后岩脉锆石 SHRIMP 年龄测定结果,金矿化被限定在 126Ma~120Ma 之间,矿化与郭家岭型花岗岩时空关系最密切。

(2)郭家岭型花岗岩 Au、Ag 含量较高,并与金矿床的铅同位素组成一致,证明了金矿与郭家岭型花岗岩有成因上的联系。

(3)郭家岭型花岗岩是碰撞造山晚期侵入岩,西部岩体偏酸性,东部岩体偏基性,反映东部熔有较多的胶东群变质岩,西部熔有较多的玲珑型花岗岩。

(4)郭家岭型花岗岩 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$,富集 Ba、Sr 等大离子亲石元素,是太古宙绿岩地体中与金矿化有关花岗岩的一个显著的地球化学标志。

感谢 本文锆石 SHRIMP 测年是在西澳完成的,测试和计算由西澳大学地质系战略矿床研究中心王良根博士、N. J. McNaughton 博士完成,研究中得到该中心主任 D. I. Groves 教授的帮助和指导,研究过程中裘有守教授曾多次提出过宝贵意见,文中插图由郑汝华女士完成,在此一并表示感谢。

参考文献

1. 贾东, 何永明, 施央申. 鲁东联合地体的形成及其构造演化. 南京大学学报(地球化学), 1990, (1)
2. 赵懿英, 卢冰, 季海章, 等. 山东胶北地体的前寒武纪地层问题. 中国区域地质, 1995, (3)
3. 裘有守, 王孔海, 杨广华. 山东招远-掖县地区金矿区域成矿条件. 辽宁科学技术出版社, 1988
4. 王炳成. 山东招掖地区郭家岭斑状花岗岩的地质地球化学特征及成因探讨. 山东地质, 1988, (1)
5. 徐金方, 沈步云, 牛良柱, 等. 胶北地块与金矿有关的花岗岩类的研究. 山东地质, 1989, (2)
6. 栾世伟, 陈尚迪, 曹殿春, 等. 小秦岭地区深部金矿化特征及评价. 成都科技大学出版社, 1991
7. 陈光远, 孙岱山, 周洵若, 等. 胶东郭家岭花岗闪长岩成因矿物学与金矿化. 中国地质大学出版社, 1993
8. Wang L G, McNaughton N J, Groves D L, et al. SHRIMP U-Pb in zircon studies of plutonic rocks from the Jiaodong Peninsular, Shandong Province, China; Constraints on crustal and tectonic evolution and gold metallogeny. Geology and mineral resources proceedings of ministry of metallurgical industry. International academic publishers, 1996, 64~68

PETROCHEMICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF GUOJIALING SUITE GRANITE IN ZHAOYE DISTRICT AND THE GENETIC RELATION OF GOLD MINERALIZATION TO THE GRANITE

Guan Kang Luo Zhenkuan Miao Laicheng Huang Jiazhan

(Tianjin Geological Academy MMI, Tianjin 300061)

Abstract

SHIRIMP U-Pb age determination defines Au mineralization in Zhaoye District in the temporal interval of 126-120Ma. Petrochemical and geochemical analysis shows affinity of the mineralization to Guojialing suite granite which is similar to greenstone terrain granite, such as high values of Na, Ba and Sr.

Key words Guojialing suite granite geochemistry gold mineralization genetic relation