

文章编号:0258-7106(2001)04-0394-08

# 胶东磁山花岗岩的特征及其成矿性\*

孟繁聪

(中国地质科学院地质研究所,北京 100037)

孙岱生 李胜荣

(中国地质大学,北京 100083)

**摘要** 在胶东地区,岩浆岩是金富集成矿的重要因素之一。文章从矿物组合和岩石化学等方面将烟台磁山花岗岩与胶东玲珑岩体、郭家岭岩体、昆嵛山岩体进行了对比,结果表明磁山岩体主体为黑云母二长花岗岩,主要由斜长石、钾长石、石英、黑云母组成,副矿物有石榴子石、磷灰石、锆石、磁铁矿、褐帘石等。磁山岩体 $\sigma$ 值在 1.80~2.52 之间(平均 2.06),SI 值在 2.81~5.86 之间(平均 4.78),DI 值在 78.95~85.51 之间(平均 82),氧化率平均为 0.47,是成矿的有利岩体。文章指出,南张家金矿是潜在的大、中型金矿,因此应对其做进一步的勘探。

**关键词** 金矿 磁山花岗岩 胶东

**中图分类号**: P588.12<sup>+</sup>1; P618.51

**文献标识码**: A

胶东是我国重要的黄金基地之一,其金矿大多赋存在花岗岩中。为探讨金矿与花岗岩的成因关系,前人对花岗岩(如玲珑岩体、昆嵛山岩体和郭家岭岩体等)进行了大量深入细致的研究,获得了许多重要成果(陈光远等,1989,1993,1996;李胜荣等,1996;林文蔚等,1997,1998;陆松年等,1997;孟繁聪等,1999;苗来成等,1997;曲晓明等,2000;孙丰月等,1995;孙景贵等,2000;徐金方等,1989;杨敏之,1996;姚凤良,1990)。产于各岩体中的金矿在矿床类型、矿床规模和矿石品位等方面都有所不同,其影响因素较多,如:地层、岩浆岩和构造条件等,其中各花岗岩体之间存在的差别,可能是一个很重要的原因。在有矿源的情况下,岩体的形成演化相当于一个选矿机,使矿质不断富集。磁山岩体为烟台南张家金矿的容矿围岩,由于磁山岩体与南张家金矿的关系一直未引起重视,对岩体的岩石化学特征研究比较薄弱,且未探讨岩体的成矿性,因而很难对矿山的远景作出准确评价,矿山甚至放弃了对南张家金矿的进一步勘探开采。本文收集了玲珑岩体、郭家岭岩体和昆嵛山岩体等的相关资料,旨在对比讨论磁山岩体的岩石化学特征及其成矿性,进一步指导金矿生产。

## 1 区域地质背景

欧亚板块大致于海西末期( $C_2 \sim P_2$ )形成,古太平洋板块与欧亚板块的相互作用从三叠纪(250 Ma)开始。此后,中国东部便形成一个活动的大陆边缘,到晚白垩世(100 Ma)开始发生明显的转化,逐渐转变为现今的西太平洋型沟-弧-盆体系(王德滋等,1994)。胶东位于郯庐断裂以东,太平洋板块以西,五莲荣城断裂又把胶东一分为二,北为胶北地块,南为胶南地块。研究区位于胶北地块的北缘,区内 NE 向构造发育。胶东含矿花岗岩体的时空结构(陈光远等,1989,1993,1996;李胜荣等,1996;林文蔚等,1997,1998;孙丰月等,1995;孙景贵等,2000;徐金方等,1989;杨敏之,1996;姚凤良,1990)暗示了其形成与古太平洋板块的活动有关。

中国东部中生代是岩石圈地幔急剧减薄的时期(邓晋福等,1996;吴福元等,1999),岩石圈地幔的减薄引起软流圈地幔的上涌。地球物理测深资料显示,胶东地区莫霍面埋深总体表现为中心浅,外围相对深,具地幔隆起的构造特征(魏斯禹,1990)。金矿成矿溶液的氢、氧、铅、碳同位素都不同程度地显示出成矿物质和成矿流体有幔源的特征(孙丰月等,1995)。

\* 本文得到高等学校博士学科点专项基金(编号:9549108)的资助  
第一作者简介 孟繁聪,男,1967年生,副研究员,博士,矿物学专业。  
收稿日期 2001-04-23;改回日期 2001-09-27。李岩编辑。

## 2 磁山岩体特征

南张家金矿与胶东典型的蚀变岩型和石英脉型金矿不同,为复杂的充填脉状金矿。为什么在相同的大地构造背景下,南张家金矿(现为小型)与胶东其他金矿(如玲珑金矿、黑岚沟金矿和乳山金矿)有差异?南张家金矿是否为潜在的中-大型金矿?下面仅从岩浆岩条件来进行分析。

### 2.1 磁山岩体的产状

岩浆岩出露面积较大,主要分布在西部地区,由西北往东南依次为:郭家岭岩体(花岗闪长岩)、九目山岩体(二长花岗岩)、燕子乔岩体(细粒二长花岗

岩)和磁山岩体(二长花岗岩)。出露的地层主要有胶东群(齐山组)、粉子山群、蓬莱群、白垩系火山岩和第四系(图 1)。

磁山岩体出露面积 17 km<sup>2</sup>,主体岩性为似斑状黑云母二长花岗岩,其次为二长花岗岩和中细粒花岗闪长岩。岩体中见有胶东群斜长角闪岩残留体(1.5 m × 1 m),呈透镜状。岩体中也有粉子山群捕虏体<sup>①</sup>。岩体北侧为九目山岩体,西侧为燕子乔岩体和郭家岭岩体,九目山岩体、燕子乔岩体均侵入到磁山岩体中。根据穿插关系,该区岩体的形成顺序为:磁山岩体、燕子乔岩体、九目山岩体、郭家岭岩体<sup>①</sup>。磁山岩体东部与粉子山群和蓬莱群呈断层接触。南张家金矿化发育在断层破碎带靠近岩体一侧(图 1)。

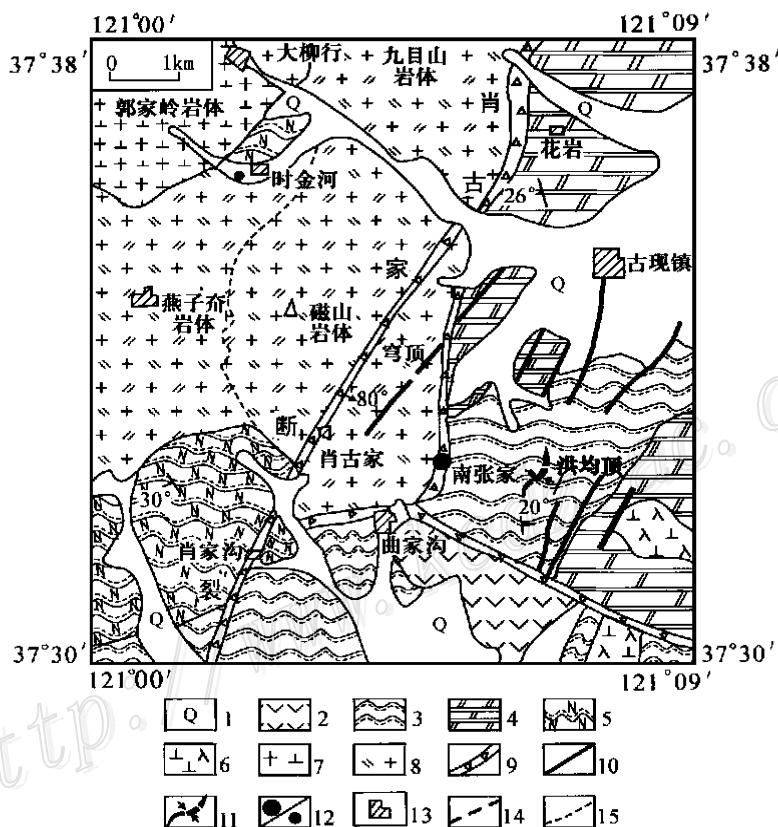


图 1 南张家金矿区域地质简图(据烟台黄金公司 1:5 万区域地质图,1994)

1—第四系; 2—安山岩(安山角砾岩); 3—蓬莱群千枚状板岩夹大理岩; 4—粉子山群白云质大理岩夹少量变粒岩; 5—胶东群黑云斜长片麻岩夹斜长角闪岩; 6—石英闪长玢岩; 7—花岗闪长岩; 8—二长花岗岩; 9—碎裂岩带; 10—张性断裂; 11—向斜; 12—矿床(点); 13—村镇; 14—推测断层; 15—岩相界线

Fig. 1 Simplified geological map of the Nanzhangjia gold deposit (after 1:50000 geological map, 1994, by Yantai Gold Bureau)  
1—Quaternary; 2—Andesite; 3—Penglai Group; 4—Fenzishan Group; 5—Jiaodong Group; 6—Quartz diorite-porphyrite; 7—Granodiorite; 8—Monzogranite; 9—Cataclastic zone; 10—Extensional fault; 11—Synclinal axis; 12—Deposit (spot); 13—Town; 14—Inferred fault; 15—Petrographic boundary

① 山东省地矿局第八地质队. 1992. 山东省福山区张家金矿区勘探中间地质报告.

表1 磁山岩体与胶东其他含矿岩体主矿物组合

Table 1 Main minerals in Cishan granite and other gold-bearing granites within eastern Shandong Province

岩体名称	采样地点	样品数	$\varphi(B)/\%$					资料来源
			石英	斜长石	钾长石	黑云母	角闪石	
磁山岩体	肖古家	5	25	35	30	10	0	本文
玲珑岩体	西山	1	22	52	24	2~4	0	陈光远等,1993
玲珑岩体	—	32	27	31	38	4	0	姚凤良等,1990
双顶	—	7	26	46	20	5	3	徐金方等,1989
玲珑岩体	—	—	25	27	40	6	2	陈光远等,1989
郭家岭岩体	本地	3	22	46	20	6	6	徐金方等,1989
郭家岭岩体	胶西北	24~30	22(30)	42(26)	26(30)	3(24)	7(24)	姚凤良等,1990
郭家岭岩体	—	1	15	50	21	5	6	陈光远等,1989
昆崙山岩体	牧牛山	9	24	39	33	4	0	李胜荣等,1996

注：“—”为原文献中空缺。括号中为样品数。

表2 磁山岩体与胶东其他含矿岩体副矿物组合(均为1个全岩样品)

Table 2 Accessory minerals in Cishan granite and other gold-bearing granites within eastern Shandong Province (samples are all whole rock ones)

岩体(采样地点)	$w(B)/(g \cdot t^{-1})$																			
	Nc	Nt	Py	Pyr	Gn	Mot	Rt	Ant	Le	Mt	Il	Zi	Gr	Sph	Alt	Ep	Tou	Ap	Mz	Fl
磁山(肖古家) <sup>①</sup>	0	0	9.58	0	1粒	0	0	0	0	101	微量	9.5	317.6	微量	少量	微量	0	8.12	0	0
玲珑(西山) <sup>②</sup>	8粒	0	0.025	0	0	0	微量	0	微量	987	37.11	24.3	少量	微量	少量	微量	0	24.13	微量	1粒
郭家岭(本地) <sup>②</sup>	5粒	2粒	微量	0	0	0	微量	数粒	数粒	534.5	微量	5.2	数粒	1442	少量	微量	数粒	538	数粒	微量
昆崙山 (乳山县七里岩) <sup>③</sup>	0	0	45.54	0	0	0	0	0	0	2881	微量	22.78	少量	614.6	303.38	11.2	0	312.8	2粒	66粒

表中矿物代号: Nc—自然铜; Nt—自然锡; Py—黄铁矿; Pyr—磁黄铁矿; Gn—方铅矿; Mot—辉钼矿; Rt—金红石; Ant—锐钛矿; Le—白钛矿; Mt—磁铁矿; Il—钛铁矿; Zi—锆石; Gr—石榴石; Sph—榍石; Alt—褐帘石; Ep—绿帘石; Tou—电气石; Ap—磷灰石; Mz—独居石; Fl—萤石。① 本文; ② 陈光远等,1993; ③ 陈光远等,1996。

2.2 矿物组成

磁山岩体主要造岩矿物为斜长石〔体积分数  $\varphi$  (Pl) = 35%〕、钾长石〔 $\varphi$  (Kp) = 30%〕、石英〔 $\varphi$  (Qz) = 25%〕、黑云母〔 $\varphi$  (Bit) = 10%〕,副矿物有石榴子石、磷灰石、锆石、磁铁矿、褐帘石等(表1,表2)。在QAP深成岩分类命名图(国际地科联,1972)中,实测矿物含量投点落在二长花岗岩区内,靠近花岗闪长岩一侧(图2)。岩体具花岗结构、似斑状结构,块状构造和流动构造。

与胶东其他花岗岩相比,矿物组合中以不含角闪石与郭家岭岩体(含角闪石)相区别;以黑云母〔 $\varphi$  (Bit) = 10%〕,(副矿物中)石榴石〔 $w$  (Gar) = 318 g/t〕、黄铁矿〔 $w$  (Py) = 9.58 g/t〕含量高,磁铁矿〔 $w$  (Mt) = 101 g/t〕含量低,而与玲珑、昆崙山岩体相区别。铁铝榴石、黑云母和钾长石均为富铝矿物,此类矿物含量高,表明花岗岩源岩富铝,可能与粉子山群的加入有关。磁铁矿反映了岩体的氧化性,磁铁矿含量大于钛铁矿含量,表明岩体为氧化性岩体(陈光远等,1993)。与胶东其他岩体相比,磁山岩体磁铁矿含量较低,表明其氧化性相对较弱。

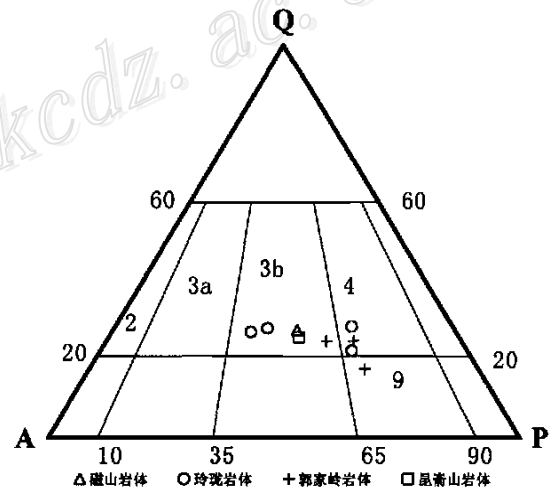


图2 深成岩 QAP(实测矿物)分类命名图

(据国际地科联,1972)(数据见表1)

Q—石英; A—碱性长石; P—斜长石; 3b—二长花岗岩;  
4—花岗闪长岩; 9—石英二长闪长岩

Fig. 2 QAP classification and nomenclature of plutonites (after IUGS, 1972)(data from Table 1)

Q—Quartz; A—Alkali feldspar; P—Plagioclase; 3b—Monzogranite;  
4—Granodiorite; 9—Quartz monzodiorite

2.3 岩石化学

笔者在远离矿区的肖古家采石场采集了新鲜的

岩石标本进行化学分析,综合前人资料,一并统计、计算,结果见表 3。

表 3 磁山岩体与胶东其他含金岩体岩石化学成分、CIPW 标准矿物及岩石化学指数

Table 3 Petrochemical indices, CIPW normative minerals and chemical composition of Cishan granite and other gold-bearing granite

成分及指数	磁山						玲珑			双顶		郭家岭				昆崙山	
	1(1)	2(1)	3(1)	4(1)	5(3)	6(1)	7(2)	8(2)	9(90)	10(16)	11(3)	12(1)	13(10)	14(57)	15(35)	16(53)	17(37)
化学成分 w(B) / %																	
SiO <sub>2</sub>	69.06	73.58	67.79	70.34	71.44	70.78	72.08	72.42	71.95	71.44	67.98	65.92	66.18	67.61	67.20	72.02	72.07
TiO <sub>2</sub>	0.42	0.11	0.31	0.36	0.15	0.28	0.14	0.14	0.17	0.17	0.36	0.38	0.39	0.34	0.54	0.13	0.17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.13	13.89	15.57	15.04	14.92	15.32	13.80	14.83	14.68	15.23	15.36	14.97	15.28	15.27	15.25	14.49	14.78
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.86	0.62	1.61	1.57	0.38	0.92	1.10	0.36	0.48	0.36	0.59	1.06	0.87	0.69	0.89	0.47	0.67
FeO	1.27	0.55	1.21	1.07	1.81	1.64	0.82	1.09	1.40	1.64	2.62	1.71	2.74	2.37	2.36	1.53	1.23
MnO	0.03	0.04	0.08	0.04	0.06	0.07	0.05	0.05	0.04	0.04	0.06	0.07	0.04	0.05	0.08	0.05	0.05
MgO	0.64	0.00	0.53	0.48	0.30	0.60	1.30	0.61	0.38	0.31	1.58	2.58	2.14	1.50	1.56	0.27	0.46
CaO	3.22	2.78	3.54	3.11	1.92	2.71	1.61	1.62	1.83	1.89	2.99	3.74	3.56	3.13	3.28	1.38	1.82
Na <sub>2</sub> O	2.97	3.71	3.55	3.12	3.90	3.13	4.24	4.14	4.06	4.33	3.89	4.38	4.17	4.25	4.07	4.40	4.20
K <sub>2</sub> O	4.23	4.01	4.39	3.86	4.17	3.95	4.21	4.23	3.82	3.72	3.42	3.98	3.75	3.66	3.71	4.18	3.97
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.11	0.02	0.10	0.08	0.06	0.25	0.07	0.03	0.07	0.04	0.19	0.27	0.16	0.15	—	0.08	0.09
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.53	0.41	0.51	0.45	0.30	—	0.55	0.09	0.81	0.55	0.78	0.09	0.59	0.65	—	0.56	0.38
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.15	0.04	0.12	0.04	—	—	—	0.07	—	—	0.18	0.14	—	—	—	—	—
CO <sub>2</sub>	0.19	0.27	0.34	0.27	—	—	—	—	0.39	0.05	—	—	0.07	0.30	—	—	0.16
F	0.019	0.007	0.019	0.019	—	—	0.24	0.02	—	—	0.12	0.10	—	—	—	—	—
S	0.007	0.027	0.012	0.022	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Σ	99.92	100.06	99.66	99.85	—	—	100.21	99.70	—	99.77	100.12	99.39	99.94	—	—	99.56	—
CIPW 标准矿物含量 w(B) / %																	
Qz	28.27	31.68	23.00	29.92	27.29	30.36	26.39	27.27	28.84	26.72	22.49	15.10	16.62	19.66	19.79	26.55	27.55
Kp	25.29	23.87	26.30	22.99	24.88	23.45	25.00	25.12	22.81	22.19	20.39	23.77	22.34	21.86	22.19	24.94	23.58
Ab	25.39	31.65	30.46	27.42	33.34	26.55	36.05	35.20	34.78	36.90	33.25	37.37	35.54	36.27	34.78	37.57	35.71
Pl	15.41	9.45	13.75	15.06	9.23	12.03	6.26	7.89	8.72	9.22	13.74	9.48	11.98	11.85	12.42	6.37	8.49
Ap	0.26	0.05	0.24	0.19	0.14	0.55	0.17	0.07	0.17	0.09	0.45	0.60	0.38	0.33	0.00	0.19	0.21
Mt	2.73	0.90	2.36	2.29	0.55	1.34	1.61	0.52	0.71	0.53	0.87	1.55	1.28	1.01	1.30	0.68	0.97
Hy	1.78	0.00	0.57	1.35	3.66	3.43	3.22	3.10	2.94	3.30	7.87	5.39	7.23	5.93	5.17	3.01	2.68
Il	0.80	0.21	0.59	0.68	0.28	0.53	0.27	0.27	0.32	0.33	0.68	0.00	0.23	0.65	1.04	0.25	0.32
Di	0.00	0.73	2.74	0.00	0.00	0.00	1.04	0.00	0.00	0.00	0.00	5.50	3.92	2.43	3.31	0.00	0.00
Crd	0.08	0.00	0.00	0.11	0.63	1.49	0.00	0.56	0.71	0.70	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.48
Wl	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Σ	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.99	100.00	100.00	100.00	100.02	100.00	100.02	100.00	100.00	99.99	100.00
岩石化学指数																	
σ	1.98	1.95	2.52	1.82	2.28	1.80	2.44	2.38	2.13	2.27	2.12	3.01	2.69	2.40	2.48	2.52	2.29
SI	5.86	0	4.72	4.67	2.81	5.84	11.17	5.82	3.70	2.97	13.08	18.81	15.67	12.23	12.41	2.47	4.35
DI	78.95	87.20	79.76	80.32	85.51	80.68	87.43	87.58	86.43	85.88	76.13	77.31	74.50	77.25	76.67	89.06	86.84
LI	22.37	25.39	21.99	22.84	24.17	22.67	24.65	25.17	24.46	23.91	19.06	18.81	17.49	19.41	19.10	25.26	24.60
OX	0.59	0.53	0.57	0.59	0.17	0.36	0.58	0.25	0.26	0.18	0.18	0.38	0.24	0.23	0.27	0.23	0.35

注:括号内为样品数。样品 1~4:本文,采用 X 荧光光谱法测试,中国地质大学化学分析室,王英滨;样品 5,9,14,16,17:杨敏之,1996;样品 6:LOS=0.31,刘连登,1997;样品 7,8,11,13:陈光远,1989,1993;样品 10:徐金方,1989;样品 16:李胜荣,1996;样品 15:姚凤良,1990;σ—里特曼指数;SI—固结指数;DI—分异指数;LI—拉森指数;OX—氧化率。矿物代号:Qz—石英;Kp—钾长石;Ab—钠长石;Pl—斜长石;Ap—磷灰石;Mt—磁铁矿;Hy—紫苏辉石;Il—钛铁矿;Di—透辉石;Crd—刚玉;Wl—硅灰石。“—”为原文献中空缺。

### 2.3.1 岩石化学特征

磁山二长花岗岩的岩石化学特征如下(表3):

(1)  $w(\text{SiO}_2)$ : 67.79% ~ 73.58%, 加数平均值为 70.44%。低于玲珑岩体和昆崙山岩体 [ $w(\text{SiO}_2)$  分别为 72.85% 和 72.04%], 高于郭家岭岩体 [ $w(\text{SiO}_2) = 67.33\%$ ], 也低于中国和世界花岗岩  $w(\text{SiO}_2)$  的平均值 (71.27% 和 71.30%) (邱家骥, 1985)。

(2)  $w(\text{K}_2\text{O}) + w(\text{Na}_2\text{O})$ 、 $w(\text{K}_2\text{O})/w(\text{Na}_2\text{O})$  值: 全碱含量  $w(\text{K}_2\text{O}) + w(\text{Na}_2\text{O})$  为 6.98% ~ 8.07%, 平均 7.64%。低于玲珑岩体和昆崙山岩体 (8.92% 和 8.43%), 也低于郭家岭岩体 (7.92%)。 $w(\text{K}_2\text{O})/w(\text{Na}_2\text{O}) > 1$ , 与胶东玲珑岩体、郭家岭岩体和昆崙山岩体 [ $w(\text{K}_2\text{O})/w(\text{Na}_2\text{O}) < 1$ ] 不同, 而与中国和世界花岗岩平均值近似。

(3)  $w(\text{CaO})$ : 平均 2.90%, 高于中国和世界花岗岩平均值, 也高于玲珑岩体、昆崙山岩体, 与郭家岭岩体相近。

(4)  $w(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO})$ 、 $w(\text{MgO})$  含量: 分别为 2.43% 和 0.51%, 低于郭家岭花岗闪长岩, 而与玲珑、昆崙山岩体相近。

### 2.3.2 岩石化学指数特征

磁山岩体  $\sigma$  值在 1.80 ~ 2.52 之间变化, 属钙碱性岩系, 碱性程度低于胶东其他含矿岩体。碱质特征为  $w(\text{K}_2\text{O}) > w(\text{Na}_2\text{O})$ 。

岩体的 SI 值在 2.81 ~ 5.86 之间(平均 4.78), 高于玲珑、昆崙山岩体, 低于郭家岭岩体。这表明磁山岩体分异程度较郭家岭岩体高, 而不及玲珑岩体和昆崙山岩体。

DI 值在 78.95 ~ 85.51 之间(平均 82), 高于郭家岭岩体, 而低于玲珑岩体和昆崙山岩体。因此, 其分异程度介于郭家岭岩体和玲珑岩体、昆崙山岩体之间。

磁山岩体的 LI 值高于郭家岭岩体, 比玲珑岩体、昆崙山岩体低, 反映其酸性程度高于郭家岭岩体, 低于玲珑岩体、昆崙山岩体, 与固结指数(SI)、分异指数(DI)反映的情况一致。

磁山岩体的氧化率平均为 0.47, 高于胶东的玲珑岩体、郭家岭岩体和昆崙山岩体。此值越大, 岩体的氧化性越差, 对金的运移越不利。因此, 南张家金矿矿化不及玲珑金矿(围岩为玲珑岩体)、黑岚沟金矿(围岩为郭家岭岩体)和乳山金矿(围岩为昆崙山岩体)。

## 3 岩体成矿性

磁山二长花岗岩的特征同与金矿有关的花岗岩类岩石化学和地球化学标志(杨敏之等, 1996) 大部分相符, 说明其与金矿有关。

该岩体对金矿成矿有利的标志有以下几点:

(1) 有金的来源: 磁山岩体中有胶东群的捕虏体, 说明其源岩有胶东群。

(2) 以 I 型为主: 在 QAP 图解(图 3) 上, 投点落入 I 型花岗岩区。

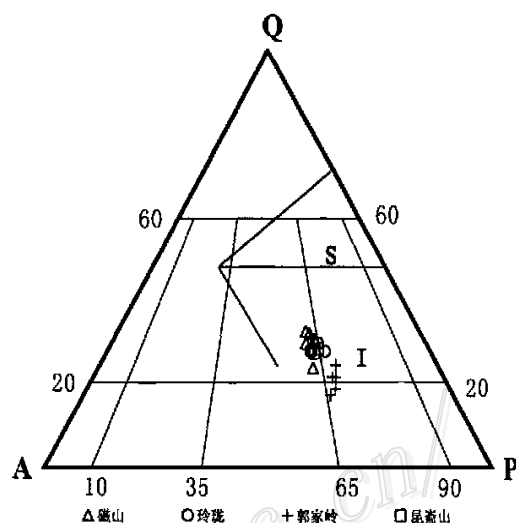


图 3 QAP 图解(据 Bowden et al., 1985) (数据见表 3)

Q—石英; A—碱性长石; P—斜长石

Fig. 3 Diagram of QAP (after Bowden et al., 1985)  
(data from Table 3)

Q—Quartz; A—Alkali feldspar; P—Plagioclase

(3) 有一定的氧化性: 磁铁矿含量大于钛铁矿含量, 属磁铁矿型花岗岩; 黄铁矿含量大于磁黄铁矿含量(表 1)。

(4) 分异程度较差:  $DI = 82$ , 低于玲珑岩体和昆崙山岩体(表 3)。

(5) 富 S,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$  等挥发分: 黄铁矿含量高; 锆石主要在岩浆晚期结晶, 从花岗岩的锆石群型看, 磁山岩体与玲珑岩体更接近(孟繁聪等, 1999);  $w(\text{CO}_2) = 0.27\%$  (均值); 钾长石呈斑晶。

上述特征表明, 磁山岩体是形成金矿的有利岩体, 因此, 南张家金矿不应轻易放弃。

与胶东其他岩体相比, 磁山岩体有以下不利因素:

(1) 源岩有粉子山群(硅铝质成分)加入,说明岩体侵位较高,可能主要由胶东群上部层位重熔而成。

(2) 氧化性差:虽有一定的氧化性,但与胶东其他岩体相比,氧化性较差,磁铁矿含量较低;缺乏榍石、褐帘石、绿帘石等含 $Fe^{3+}$ 的矿物(表2)。

(3) 高铝:出现大量铁铝榴石〔摩尔分数  $x(\text{Ald}) = 32.30\% \sim 58.41\%$ 〕、锰铝榴石〔 $x(\text{Spe}) = 25.58\% \sim 35.20\%$ 〕、钾长石〔 $\varphi(\text{Kp}) = 30\%$ 〕、黑云母〔 $\varphi(\text{Bit}) = 10\%$ 〕等铝硅酸盐矿物(表1)。

(4) 岩石化学成分中  $w(\text{K}_2\text{O}) > w(\text{Na}_2\text{O})$  (表3)。

因此,在相同的构造条件下,磁山岩体的成矿能力不如胶东的玲珑岩体、郭家岭岩体和昆崙山岩体。况且,本区构造活动强度不及胶西北,不利于形成大矿、富矿。因此,无论从物质基础上,还是从成矿机制上,磁山岩体都显得“先天不足”,这就增加了该区找大矿、富矿的难度。

## 4 讨论和初步结论

从上述的对比分析中不难看出,胶东的磁山花岗岩、玲珑花岗岩、昆崙山花岗岩和郭家岭花岗岩都具有成矿潜力,但它们的成矿能力不同。这种差异取决于岩体本身。岩体与金矿床有两种关系:岩体成矿含矿和岩体成矿不含矿。胶东不含矿岩体与含矿岩体在成分上并无多大差异,两类岩体的矿物组合也类似,如艾山二长花岗岩与玲珑花岗岩类似(杨敏之等,1996),三佛山花岗岩与昆崙山花岗岩类似(李胜荣等,1996)。因此,不含矿岩体也应具有成矿潜力。但是,到目前为止,在艾山二长花岗岩和三佛山花岗岩中未发现金矿床,即有成矿潜力的花岗岩本身并非能全部含矿,这有两种可能:由晚期含矿热液形成的矿床未被保存或成矿物质被热液运移到其他地质体中沉淀成矿。同时,若在成因上将容矿岩体与金矿化完全对应起来,必然会出现偏差。实际上,成矿岩体、容矿岩体与金矿化三者空间上不完全重合,它们是一个成矿过程的“开端”和“终端”。

许多学者总结的含金花岗岩的岩石化学特征以及矿物学特征有许多共同之处,如 Ивох Э. П. (1978) 统计了前苏联 103 个含金和弱含金花岗岩体,指出了它们的共同特征:① 碱质(钠质)类型;

② 总碱含量中一低;③ 酸度中等(闪长岩有利),酸性和超酸性岩差;④ 矿物特征: $\varphi(\text{Pl}) > \varphi(\text{Kp})$ ;黑云母含铁低,呈橄榄绿或绿色;副矿物为磁铁矿、磷灰石、榍石、锆石;⑤ 均为浅成、剥蚀弱的岩体。但含金花岗岩的某些特征并不完全一致,甚至有些矛盾(陈光远等,1993;徐克勤等,1992;Ивох,1978;Ренф,1990)说明了金矿化对容矿围岩的无选择性,由此总结出的含矿岩体的特征必然是多样化的。正因为花岗岩与金矿化的这种空间上的密切关系,才使我们开始思考它们之间的成因联系,实际情况表明它们之间的关系往往是比较复杂的。

胶东许多花岗岩中都有金矿化,而从含矿角度出发,将花岗岩中的金矿与该岩体的形成对应起来,就产生了一些分歧。有些学者认为金矿化与玲珑岩体有关(陈光远等,1989)或与滦家河岩体有关(曲晓明等,2000;姚凤良等,1990),还有一些人认为与郭家岭岩体有关(陈光远等,1993;陆松年等,1997;苗来成等,1997),而另有一些学者则认为,不能从单一岩体考虑金矿化,应从区域地壳演化方面加以研究(杨敏之等,1996)。

胶东不仅含矿岩体具有成矿能力,不含矿的花岗岩也具有成矿能力,因此每期岩浆活动都有可能使金富集形成金矿。若将所有的金矿床都与某一岩体的形成联系起来,显然有失偏颇。要给不同的金矿床找出自己的“生母”,在胶东这一中生代岩浆活动强烈的地区,仍需做大量的工作。

所有的岩浆都具有潜在的含金属性(阿布杜拉耶夫,1957),对“无矿”的侵入体不能作出“不成矿”的结论。在岩浆中呈分散状态的金属元素只有在有利的地质及物理化学条件下才可能富集成矿。因此,探索金在岩浆和热液中运移、沉淀、富集的机理以及金矿床的保存条件是至关重要的。

目前,对胶东花岗岩成矿能力的研究仍处于定性阶段。由于定性分析难以判断花岗岩的综合成矿能力,这就容易引起学术观点上的争论。花岗岩综合成矿能力是花岗岩源岩金含量,花岗岩岩浆的氧化性、含水性(包括挥发分)以及碱质的函数,可用公式表示为: $F(x) = f(x_1, x_2, x_3, x_4 \dots)$ ,其中  $F$  为成矿能力; $x_1$  为源岩金含量; $x_2$  为岩浆的氧化性; $x_3$  为岩浆的含水性; $x_4$  为岩浆的碱质,从定性分析可知, $F$  与各因子成正比关系,但如何求得各因子的系数,仍需探索。

通过对磁山岩体的矿物组成和岩石化学特征的

分析可得出以下初步结论:

(1) 磁山岩体与胶东其他含矿岩体在矿物组成、岩石化学特征上有一定的相似性。岩体以I型为主,可提供金,有一定的氧化性,富含挥发分,是有利的成矿岩体。因此,南张家金矿不应放弃。

(2) 该岩体与胶东其他含矿岩体相比,也存在不利因素,如侵入层位较高,相对富铝和氧化性较弱,加上构造活动强度弱,难形成大矿、富矿。

**致谢** 野外工作期间,得到烟台黄金局岳书义和宋玉祥等同志的大力支持和帮助,在此表示感谢。

#### 参考文献

- 阿布杜拉耶夫 X M 著,徐韦曼,黄蕴慧,孟宪民,等译.1957.成矿作用与花岗岩类侵入作用的成因关系[M].北京:地质出版社.1~270.
- 陈光远,孙岱生,邵伟,等.1989.胶东金矿成因矿物学与找矿[M].重庆:重庆科技出版社.1~125.
- 陈光远,孙岱生,周珣若,等.1993.郭家岭花岗闪长岩成因矿物学与金矿化[M].武汉:中国地质大学出版社.1~220.
- 陈光远,孙岱生,邵岳.1996.胶东昆崙山二长花岗岩副矿物成因矿物学研究[J].现代地质,10(2):176~186.
- 邓晋福,赵海玲,莫宣学,等.1996.中国大陆根-柱构造——大陆动力学的钥匙[M].北京:地质出版社.1~102.
- 李胜荣,陈光远,邵伟,等.1996.胶东乳山金矿田成因矿物学[M].北京:地质出版社.1~116.
- 林文蔚,赵一鸣,赵国红.1997.胶东西北部金矿的控制因素[J].矿床地质,16(2):1~9.
- 林文蔚,殷秀兰.1998.玲珑花岗杂岩体形成的物理化学条件及其地质意义[J].地球学报,19(1):40~48.
- 陆松年,李怀坤,李惠民,等.1997.金矿密集区的基底特征与成矿作用研究[M].北京:地质出版社.1~104.
- 孟繁聪,孙岱生,李胜荣,等.1999.胶东磁山花岗岩锆石形态群的特征及其意义[J].岩石矿物学杂志,18(1):87~94.
- 苗来成,罗镇宽,黄佳展,等.1997.山东招掖金矿带内花岗岩类侵入体锆石 SHRIMP 研究及其意义[J].中国科学,27(3):207~213.
- 曲晓明,王鹤年,饶冰.2000.胶东群部分熔化实验及其对花岗岩成因的指示[J].地球化学,29(2):153~161.
- 邱家骧.1985.岩浆岩岩石学[M].北京:地质出版社.
- 孙丰月,石准立,冯本智.1995.胶东金矿地质及幔源 C-H-O 流体分异成岩成矿[M].长春:吉林人民出版社.1~140.
- 孙景贵,胡受奚,赵懿英,等.2000.初论胶东地区金矿成矿模式[J].矿床地质,19(1):26~35.
- 王德滋,赵乙英,胡志宏,等.1994.中国东部中生代大陆边缘构造-岩浆作用演化和发展[J].岩石学报,10(4):370~380.
- 魏斯禹.1990.中国东部大陆边缘地带的岩石圈结构与动力学[M].北京:科学出版社.1~120.
- 吴福元,孙德有.1999.中国东部中生代岩浆作用与岩石圈减薄[J].长春科技大学学报,29(4):313~317.
- 徐金方,沈步云,牛良柱,等.1989.胶北地块与金矿有关的花岗类研究(专集)[J].山东地质,5(2):1~125.
- 徐克勤,陆建军,倪培.1992.与金矿床有关花岗岩类的岩石地球化学特征[J].桂林冶金地质学院学报,12(1):1~10.
- 杨敏之,吕古贤.1996.胶东绿岩带金矿地质地球化学[M].北京:地质出版社.1~76.
- 姚凤良,刘连登,孔庆存,等.1990.胶东西北部脉状金矿床[M].长春:吉林科技出版社.1~220.
- Bowden P, Batchelor R A 著.1985.花岗岩岩石分类的岩石学、地球化学和来源准则:讨论[J].徐贵珍译.1986.国外花岗岩类与矿产,(2):1~9.
- IUGS.1973. Plutonic Rocks classification and Nomenclature[J]. Geotimes,18(10):18~24.
- Изох Э П.1978. Оценка рудности Гранитоидных формаций в целях прогнозирования[M]. Москва: Недра.1~137.
- Рейф Ф Г.1990. Рудообразующий потенциал Гранитов и условия его реализации[M]. Москва: Недра.1~184.

## Characteristics and Metallogeny of Cishan Granite, East Shandong (Jiaodong)

Meng Fancong

(Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

Sun Daisheng, Li Shengrong

(China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

### Abstract

According to the tectonic setting of the Jiaodong granite, the deep genesis of the Jiaodong granite and its gold deposits is attributed to the strong activation of the Mesozoic mantle in eastern China, which resulted in partial melting of the Jiaodong Group, the crystallization of the melt into granite, and the concentration of gold into ore in the rock-forming process.

Mineral composition and petrological chemistry of the Cishan granite indicate that the Cishan granite is mainly composed of biotite monzogranite, its major minerals consist mainly of plagioclase, potassium feldspar, quartz and biotite, and its minor minerals include garnet, apatite, zircon, magnetite, epidote etc. The  $\sigma$  values ( $< 4$ ) vary from 1.80 to 2.52 (2.60 on average), the SI values vary between 2.81 and 5.86 (4.78 on average), and the DI values range from 78.95 to 85.51 (82 on average), with the oxidation ratio averaging 0.47. These characteristics are different from the other three major ore-bearing granites—Linglong granite, Guojialing granite and Kunyushan granite, indicating that their gold-bearing ore deposits are different. It is shown that the Cishan granite is the favorable rock body for metallization. Therefore, the Nanzhangjia gold deposit should not be abandoned rashly in spite of the fact that its metallogenic capacity is not as big as that of other rock bodies in Jiaodong and it bears no large and rich ore deposits.

**Key words:** gold deposit, Cishan granite, east Shandong (Jiaodong)

<http://www.kcdz.ac.cn/>