

文章编号:1009 - 0258(1999)03 - 0031 - 08

四海山地区二长—正长花岗岩 基本特征及成因探讨

仲卫国

(山东省第七地质矿产勘查院, 山东 临沂 276006)

摘要: 四海山地区的二长—正长花岗岩具有细粒—粗粒的结构演化和酸性—偏酸富碱性的成分演化特点,并含有 S 型花岗岩中的典型副矿物钛铁矿,岩石化学成分显示其富硅富铝,稀土配分模式为地壳重熔型,综合判别图解表明它们属造山后期侵入岩。其源岩为硅铝质地壳,属 S 型花岗岩。认为所有以硅铝质地壳(包括灰色片麻岩和变质沉积岩)为源岩岩浆的花岗岩都应属于 S 型花岗岩。

关键词: 二长—正长花岗岩; 岩石特征; 壳源; S 型花岗岩; 山东四海山

中图分类号: P588.12⁺¹; P588.11⁺¹ **文献标识码:** A

1 侵入岩分布概况

四海山地区位于山东省平邑县白彦镇以北(1:5 万关阳司幅北部),大地构造位置属鲁西台背斜尼山穹窿白彦凸起,区内盖层缺失,大面积出露有前寒武纪侵入岩,分别归属 4 个超单元的 7 个单元(表 1)。

表 1 四海山地区侵入岩岩石谱系划分

Table 1 Rock-family classification of intrusive rocks in Sishaishan area

代	期	超单元	单元	岩性
古元古代	吕梁期	红门	魏家沟	细粒黑云石英闪长岩
		四海山	西南岭	细粒正长花岗岩
			狼窝顶	中粗粒黑云正长花岗岩
	傲徕山	调军顶	细粒二长花岗岩	
			条花峪	中粒黑云二长花岗岩
新太古代	五台期	峰山	马家河	中粒黑云花岗闪长岩
			黑石查	巨斑状粗粒黑云二长闪长岩
			王家沟	细粒黑云石英闪长岩

收稿日期: 1998 - 10 - 06; 修订日期: 1999 - 07 - 15; 编辑: 孟舞平作者简介: 仲卫国(1968 -),男,山东烟台人,工程师,主要从事区域地质调查工作。

上述花岗岩体以中酸性的二长闪长岩—花岗闪长岩—花岗岩分布最广。在所有侵入岩单元中,除条花峪单元和狼窝顶单元接触界限不清外,其余各单元均呈清晰截然的侵入接触关系。

2 二长—正长花岗岩特征

2.1 地质特征

二长—正长花岗岩是四海山地区的主要岩石类型,呈岩株或岩枝产出,展布形态呈NW向不规则条带状,与区域构造线方向一致,片麻理较发育(走向 $320^{\circ}\pm$)。岩石色率中等,暗色矿物分布较均匀。二长—正长花岗岩体与其它侵入岩体均呈脉动接触关系,或呈脉状贯入早期侵入岩体中;二长花岗岩与正长花岗岩之间呈典型的涌动接触关系,短距离内黑云母等暗色矿物迅速减少,界线欠清晰。细粒正长花岗岩(西南岭单元)则呈细长的脉体产出,为明显的后期分异产物。作为主体岩性的中粗粒黑云正长花岗岩(狼窝顶单元),其粒度明显粗于中粒黑云二长花岗岩(条花峪单元)。

2.2 岩石学特征

中粗粒黑云二长花岗岩:中粗粒花岗结构,块状、片麻状构造,矿物粒度 $2.5\sim 4\text{mm}$ 。矿物成分:斜长石(39%~42%)、微斜长石(25%~28%)、石英(20%~28%)、黑云母(7%~8%),另有1%~2%的榍石、磷灰石、磁铁矿等副矿物和少量绿帘石、绿泥石、绢云母等蚀变矿物。斜长石聚片双晶发育,具强烈的钠黝帘石化、绢云母化、绿帘石化,边部为微斜长石和石英所交代,个别晶体甚至呈不规则残留体存在, $An=37$;微斜长石晶体较粗大,格子双晶发育,可见卡氏双晶,部分晶体具条纹构造,交代斜长石形成交代蠕英结构和交代残留结构, $(-)\ 2V=84^{\circ}$, $\alpha=1.0$, $ST=1.0$;石英具强烈的波状消光;黑云母具极完全解理,沿解理为绿泥石或绿帘石所交代,晶体中有副矿物包体。

中粗粒正长花岗岩:具典型的花岗结构,块状、片麻状构造,镜下可见连续不等粒结构和交代结构,矿物粒度 $1\sim 7\text{mm}$ 不等,其中石英粒度较细,多在 $1\text{mm}\pm$ 。矿物成分:微斜长石(49%~55%)、斜长石(5%~20%)、石英(19%~25%)、黑云母(5%),另有少量的磁铁矿、磷灰石、榍石等副矿物。斜长石双晶不发育,具弱的绢云母化,沿边部或中央被微斜长石交代形成交代残留结构或交代蠕英结构, $(+)\ 2V=88^{\circ}$, $An=34$,有序度 1.0 ;微斜长石颗粒粗大,发育格子双晶,晶体中常见大量的不规则状斜长石残留体, $(-)\ 2V=84^{\circ}$, $\alpha=1.0$, $ST=1.0$;石英呈它形粒状集合体填隙于长石矿物之间;黑云母呈绿色片状集合体产出,常为绿泥石、绿帘石等矿物所交代。另外在长石矿物颗粒之间可见长英质矿物组成的微粒交生体。

细粒正长花岗岩:细粒花岗结构,块状构造,矿物颗粒均一,粒径 $1\sim 2\text{mm}$,具定向排列。矿物成分:斜长石(6%)、微斜长石(59%)、石英(33%)、黑云母($<1\%$)、磁铁矿和榍石等(1%)。

2.3 岩石化学特征

四海山地区二长—正长花岗岩岩石化学成分见表2。

表 2 二长—正长花岗岩岩石化学成分(B %)

Table 2 Rock - chemical components of the monzonitic - orthoclase granites(B %)

单元名称	样号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	Los	Sum
西南岭 单元	YQ15	78.14	0.08	11.47	0.59	0.66	0.01	0.14	0.40	0.48	6.20	0.01	0.03	0.01	98.22
	YQ16	67.72	0.15	17.37	0.93	0.68	0.03	0.33	0.73	4.82	6.95	0.02	0.30	0.33	100.36
狼窝顶 单元	YQ12	73.08	0.32	13.54	0.58	1.38	0.02	0.48	1.06	3.71	5.15	0.06	0.23	0.27	99.88
	YQ115	69.04	0.40	14.35	1.39	1.04	0.03	0.41	1.12	4.70	7.00	0.20	—	0.37	100.05
条花峪 单元	YQ04	76.04	0.12	12.44	0.94	0.66	0.01	0.19	0.73	2.92	5.60	0.02	0.13	0.15	99.95
	YQ07	76.66	0.15	12.39	0.63	0.68	0.02	0.33	0.53	3.65	4.00	0.01	0.10	0.12	99.27
南岭花岗岩		72.09	0.28	13.73	0.98	1.96	0.08	0.66	1.38	3.22	4.54	0.12	—	—	—
中国花岗岩		70.09	0.31	14.63	1.37	1.79	0.08	1.01	2.00	3.75	3.85	0.19	—	—	—

注:中国花岗岩平均成分引自黎彤、饶纪龙(1963)。

在其主要岩石化学特征参数中,二长花岗岩酸度值 55.19 ~ 61.23,基度值 1.70 ~ 1.89,里特曼指数 2.01 ~ 2.20,碱度率 2.84 ~ 2.92, $Al > Na + K + Ca$, Na/K 值低,属于铝过饱和系列,钙碱性岩系酸性岩,分异指数 89.32 ~ 93.29,固结指数 1.85 ~ 4.53,显示岩体分异程度较高;正长花岗岩酸度值 48.70 ~ 75.42,基度值 1.52 ~ 4.00,里特曼指数 2.14 ~ 2.19,碱度率 2.87 ~ 6.44, $Al > Na + K + Ca$, Na/K 值极低,属强烈铝过饱和系列,钙碱性酸性岩,分异指数 88.66 ~ 96.31,固结指数 1.39 ~ 5.10,表明岩体分异程度极高。从 CIPW 标准矿物计算结果来看,较高的 Q(石英)值(绝大部分大于 32%)及 C(刚玉)的出现也是四海山地区二长—正长花岗岩明显区别于该区其它类型岩浆岩的一个显著特征。

与中国花岗岩类和世界花岗岩类平均成分相比较,四海山地区二长—正长花岗岩更为富硅、钾、钠而低钛、铁、钙、磷等,与南岭地区 S 型花岗岩成分则较接近,同时该岩类由酸性到偏酸富碱性的成份演化也与南岭花岗岩的演化趋势相一致(表 2)。

2.4 微量元素特征

四海山地区二长—正长花岗岩微量元素分析结果见表 3。

表 3 二长—正长花岗岩微量元素含量(10^{-6})Table 3 Microelements contents of the monzonitic - orthoclase granites(10^{-6})

单元名称	样号	Sb	Bi	Hg	Sm	Cu	Pb	Zn	Cr	Co	Ni	Rb	Y	Th	Ba	V	La	Zr
狼窝顶 单元	W5	0.50	0.040	13	17	18	43	21	7.5	2.3	82	262	20.1	7.2	969	53	30	315
	W6	0.52	0.035	20	12	22	21	27	5.4	1.9	112	242	14.5	8.3	1284	49	29	348
条花峪 单元	W2	0.06	0.025	13	8	15	9	28	2.9	0.4	132	85	13.0	9.6	606	38	21	169
	W3	0.05	0.032	19	8	13	5	19	1.7	0	111	61	11.3	7.8	445	37	24	167
	W4	0.07	0.025	11	10	14	4	28	2.7	0	151	74	12.8	8.7	522	37	20	139

从表中可以看出,二长—正长花岗岩中 Rb, Ni 元素含量相对偏高,而 Sr, Th, Cr, Cu

等元素含量则低。其微量元素总体组成与南岭地区 S 型花岗岩极为相似,与本区其他酸性岩则相差较大。

2.5 稀土元素特征

四海山地区二长—正长花岗岩稀土元素含量及主要参数见表 4,其稀土元素分布型式见图 1。从表 4 及图 1 可以看出,稀土元素丰度变化范围较大($54.91 \times 10^{-6} \sim 384.11 \times 10^{-6}$),即便同一岩体稀土元素丰度变化仍可达 $112.66 \times 10^{-6} \sim 384.11 \times 10^{-6}$),铈负异常较高,轻重稀土分异显著且轻稀土元素高度富集。与陈德全(1982)所作的不同成因花岗岩的稀土元素分布型式图相比较,其曲线模式与地壳重熔型十分相近。

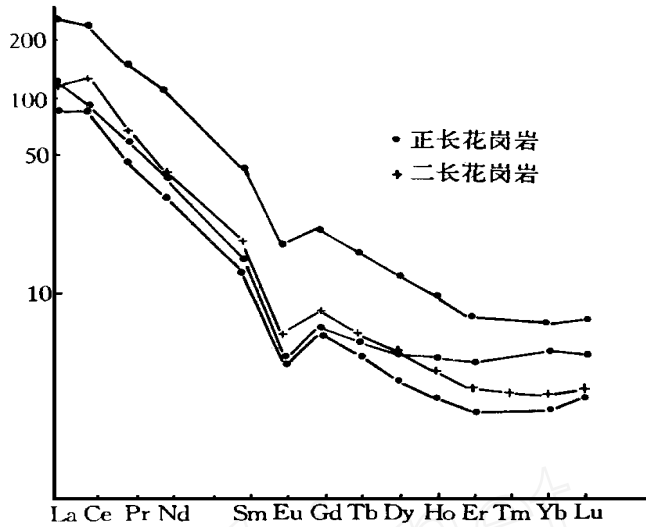


图 1 二长—正长花岗岩稀土元素分布型式
Fig. 1 Distribution pattern of rare earth elements in the monzonitic - orthoclase granites

表 4 二长—正长花岗岩稀土元素含量及主要特征参数 (10^{-6})

Table 4 Rare earth elements contents and major parameter characteristics of the monzonitic - orthoclase granites (10^{-6})

单元名称	样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Sc	REE	Ce/ r	Eu	Ce
狼窝顶单元	X4	38.9	60.2	6.1	19.2	2.4	0.28	1.4	0.20	1.0	0.19	0.47	—	0.48	0.09	4.4	1.0	130.91	33.18	0.43	1.00
	X5	27.3	57.4	4.8	15.3	2.2	0.29	1.5	0.24	1.4	0.30	0.84	—	0.95	0.14	7.1	1.1	112.66	19.98	0.46	1.31
	X6	78.2	154.0	14.6	50.4	7.0	1.10	4.6	0.65	3.4	0.60	1.40	—	1.30	0.21	13.9	4.5	317.46	25.11	0.56	1.20
	X7	100.0	185.0	18.3	61.6	7.5	1.50	4.6	0.57	2.6	0.43	0.92	—	0.93	0.16	10.3	4.7	384.11	36.62	0.75	1.13
	X24	80.2	158.4	17.1	51.9	7.5	1.68	3.8	0.63	4.1	0.81	2.19	0.30	1.89	0.26	18.6	3.13	340.83	23.38	0.86	0.98
调军顶单元	X41	13.3	22.0	2.8	9.9	1.9	0.48	1.4	0.23	1.2	0.25	0.71	0.11	0.81	0.12	7.3	1.55	54.91	10.37	0.86	0.84
条花峪单元	X3	36.3	77.9	6.3	20.9	2.0	1.39	1.0	0.25	1.4	0.25	0.47	—	0.55	0.09	5.8	1.1	149.53	29.27	0.50	1.34

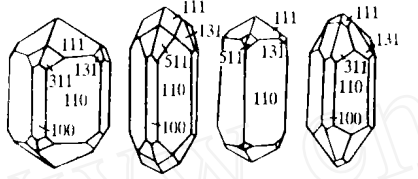
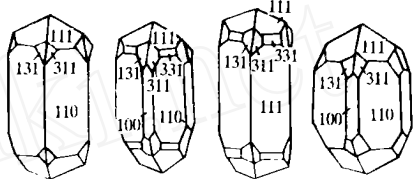
2.6 副矿物特征

二长花岗岩中主要副矿物为磁铁矿、磷灰石、榍石、锆石、黄铁矿、电气石、锐钛矿、钛铁矿等,其副矿物组合属于磁铁矿-磷灰石-锆石型。锆石特征见表 5。

正长花岗岩主要副矿物为磁铁矿、磷灰石、榍石、锆石、黄铁矿及少量钛铁矿、电气石、辉钼矿、金红石等,其副矿物组合属磁铁矿-磷灰石-锆石型。锆石特征见表 5。

表 5 二长花岗岩、正长花岗岩锆石特征

Table 5 Characteristics of zircon in the monzonitic - orthoclase granites

锆石特征	二长花岗岩	正长花岗岩
颜色	以浅黄色、蜜黄色为主,次为浅玫瑰红色	以浅玫瑰色、淡黄色为主,次为白色和红色
光泽	金刚光泽、油脂光泽或玻璃光泽	金刚光泽
透明度	透明—半透明	透明
粒径	以长<0.3mm,宽<0.1mm为主; 少量长>0.3mm,宽>0.1mm	以长0.8~0.2mm,宽0.5mm为主; 个别长>0.3mm,宽>0.15mm
长宽	2:1~3:1为主,少量3.5:1~1.5:1	1.5:1~2.5:1为主,其次为1:1~1.5:1
晶形		

与四海山地区其他侵入岩比较,二长—正长花岗岩的副矿物组合具两个特点:一是岩石中出现了S型花岗岩的代表性副矿物钛铁矿;二是锆石晶形多且复杂。

3 二长—正长花岗岩岩浆作用

3.1 物质来源

从前述的岩石化学、微量元素、稀土元素及副矿物特征来看,四海山地区二长—正长花岗岩岩浆来源于较古老的硅铝质地壳(灰色片麻岩及泰山岩群变质地层),这个推论与徐惠芬等人对鲁西地区二长花岗岩和正长花岗岩的研究结果相吻合^[1],典型的地壳物质来源表明它们确属S型花岗岩。

3.2 构造环境

Maniar(1989)认为,有关的矿物学和岩石化学图解可以作为花岗岩类岩石构造环境判别分析的依据。从 K_2O-SiO_2 图解(图2)、 $Q-Ab-Or$ 图解(图3)和里特曼-戈蒂尼图解(图4)等可以看出,四海山地区

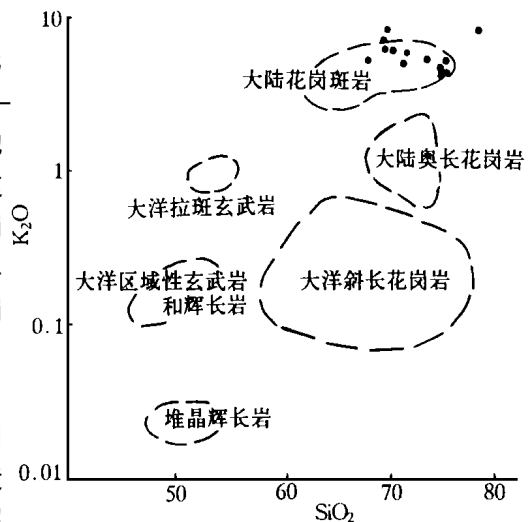
图 2 二长—正长花岗岩 K_2O-SiO_2 图解

Fig. 2 K_2O-SiO_2 diagram of the monzonitic-orthoclase granites

(据科尔曼和彼得曼,1975)

二长—正长花岗岩的形成环境位于靠近大陆碰撞花岗岩区和大陆花岗斑岩区,属于造山带花岗岩,形成于造山晚期。野外观察表明它们属于原地—准原地产物。

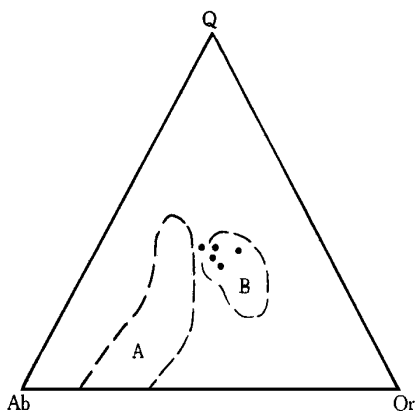


图3 二长—正长花岗岩 Q-Ar-Or 图解

Fig. 3 Q-Ar-Or diagram of the monzonitic-orthoclase granites

A—造山早期;B—造山晚期

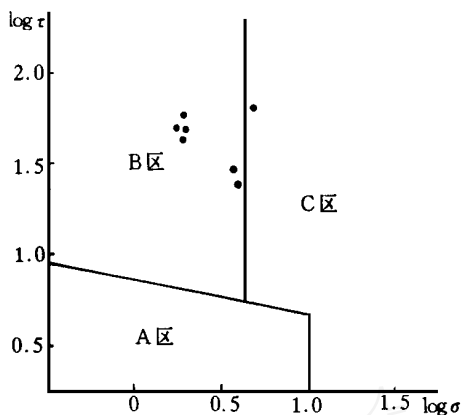


图4 二长—正长花岗岩里特曼-戈蒂尼图解

Fig. 4 Rittman - Gilhene diagram of the monzonitic-orthoclase granites

A区—非构造带岩浆岩;B区—造山带岩浆岩
C区—由A、B区岩浆岩派生的碱性岩

3.3 形成机制

从图5可以看出,四海山地区二长—正长花岗岩的投影点位于该三元体系的中心部位,即花岗岩体系的低熔区内。其各种主要氧化物均与二氧化硅呈负相关。徐惠芬等在《鲁西地区花岗岩-绿岩带》一书中指出,鲁西地区的二长—正长花岗岩在La/Sm-La图解上的投影点严重偏离部分熔融线,其稀土配分曲线呈现明显的铕负异常,由此可以说明四海山地区二长—正长花岗岩的母岩浆是由组成硅铝质地壳的灰色片麻岩和变质火山—沉积岩经重熔作用形成的,铕负异常表明岩浆中存在有斜长石的残留相,还表明斜长石在后期的分离结晶过程中不同程度地从熔体中移出。

3.4 演化规律

与四海山地区其它侵入岩相比,二长—正长花岗岩岩浆的演化作用较为简单,其成分上表现为碱性组分(主要是K₂O)的增加,结构上变化不甚明显,表现为一种近等粒的结构。这反映了岩浆形成深度浅且运移距离

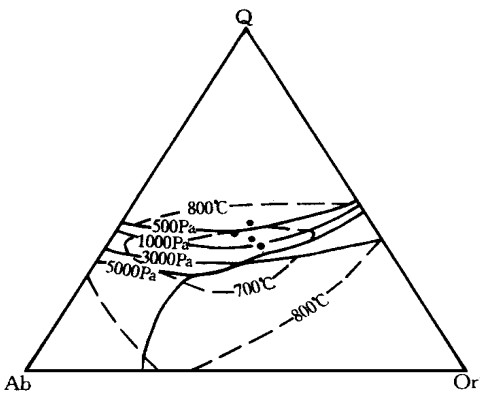


图5 二长—正长花岗岩 Q-Ar-Or 图解
(不同 P_{H₂O}条件下)

Fig. 5 Q-Ar-Or diagram of the monzonitic-orthoclase granites under different P_{H₂O}

短,结晶时外部环境较为稳定。

4 结语

按照岩浆来源的部位,花岗岩浆有幔源、壳源和壳幔混合源的类别之分。B. W. Chappell 和 A. J. R. White (1974) 根据源岩类型曾将花岗岩分为 I 型和 S 型,它们分别由火成岩 (Igneous) 和变质沉积岩 (Sedimentary) 经部分熔融形成。随着花岗岩研究的不断深入,近年来有人提出 I 型花岗岩实际上是由幔源岩浆和壳源岩浆混合而成的,是一种混合花岗岩岩浆,此观点得到了岩浆熔融实验的支持^[2]。因此,只有 S 型花岗岩才是真正的壳源花岗岩,那种将钛铁矿型花岗岩等同于 S 型花岗岩,而把磁铁矿型花岗岩等同于 I 型花岗岩的观点也有局限性,因为变质的火山—沉积岩通常富含磁铁矿,由其重熔形成的岩浆岩也必然富含这种副矿物。

我国典型的 S 型花岗岩分布于南岭地区,而四海山地区的二长—正长花岗岩的基本特征与其相似,故后者亦应属于 S 型花岗岩。作者认为,S 型花岗岩的真正含义应该是由硅铝质地壳(包括变质的沉积岩和古老的灰色片麻岩)重熔形成的岩浆岩,它们的划分依据应更多地考虑 S 型花岗岩的总体特征,尤其是岩石的地球化学特征,而不应当只是单一的 A-C-F 图解所显示的经验值(当然 A-C-F 图解仍然是区分 S 型与 I 型花岗岩的重要手段)。相对而言,岩石化学特征和稀土元素参数更能说明岩浆的具体来源。

本文撰写过程得到胡世杰、张培强高级工程师和王德伟工程师的帮助,在此谨表谢意。

参 考 文 献

- [1] 徐惠芬等. 鲁西花岗岩—绿岩带[M]. 北京:地质出版社,1992.
 [2] 周若旬. 花岗岩混合作用[J]. 地学前缘,1994,1(1-2):87-96.

Basic Characteristics of Monzonitic - orthoclase Granites and Its Origin Study in Shandong Area

ZHONG Wei - guo

(No. 7 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources,
Linyi, Shandong 276006)

Abstract: Monzonitic - orthoclase granites in Sihai Shan area have the structure evolution from fine grain to coarse grain, and component evolution from acid to meta - acid and rich - alka-

line, as well as include typical accessory mineral ilmenite which specially occurred in S-type granites. As showed by the chemical components, the granites are rich in silicium and aluminium, and their rare earth pattern model belongs to crust-remelting type, while the compound diagnostic diagram shows them as intrusives formed in the late of mountain making stage. Their source rocks are salic crust and the granites belong to S-type granites. It is also recognized that all granites possess the source rocks of salic crust including gray gneiss and metamorphic sedimentary rocks should belong to S-type granites.

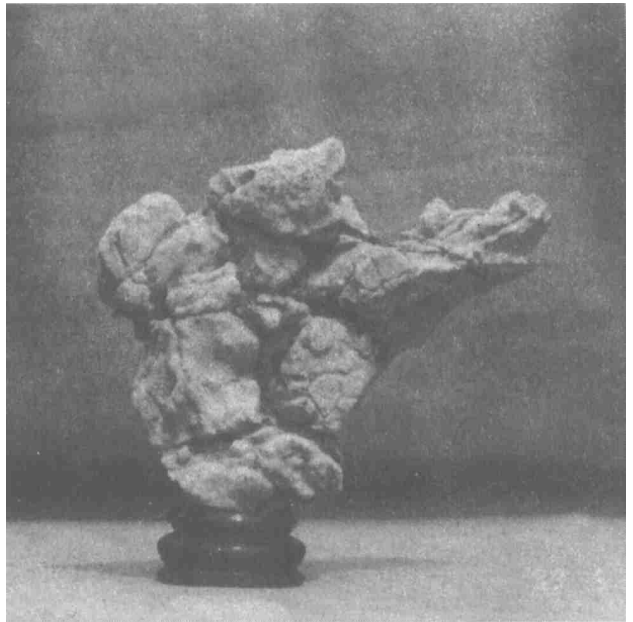
Key words: Monzonitic - orthoclase granites; rock characteristics; crust source; S-type granites

奇石观赏

惟妙惟肖“山东构造格架石”

石品万千,各有情趣。我往昔从事地矿工作,与山石结下了不解之缘,平素颇爱收藏奇石。

近来得一奇石,奇就奇在其外形酷似山东陆域图像。此石乃寒武系下部之石英砂岩,高8厘米,长12厘米,其比值恰与齐鲁大地纵、横之比相近。令人赞叹不已者,乃其表面节理裂隙分布有序,极象山东构造格架轮廓:石中间近南北向纹理形似郯庐断裂;石之上方隐约见有齐河-广饶断裂及之北的众多凹陷和突起;石之下方的裂纹颇似近东西向的枣庄-苍山断裂与通过岚山头入海的莒南构造带互相交汇,此处不正是近年来地震多发区吗?石右侧的莱州湾、蓬莱角、成山头形态明显,北东向和东西向裂隙交叉处极象形成金矿床的构造交汇部



位;石左侧依稀可见聊城-兰考隐伏断裂,闻名全国的兖州—济宁煤田不就在断裂东侧那块平原之下吗?

仁者乐山,智者乐水。拳石寸心地久天长。地矿工作者能不为此妙趣横生的奇石所惑吗?真可谓“石不能言最可人”。

(艾宪森)