

新甫山奥长花岗岩的特征 和岩石成因

梁邦启

(山东省地质矿产局区域地质调查队)

提要 本文主要从岩石学、岩石化学及稀土元素组成等方面,论述了新甫山奥长花岗岩的特征,探讨了该岩体的岩石成因。并与国内外相应岩石的某些特征进行了类比,认为新甫山奥长花岗岩比较典型,成因类型与同熔型花岗岩相当。其与鲁西广泛分布的英云闪长岩、花岗闪长岩一起构成了该区的TTG花岗岩系列。文中还结合国外学者对奥长花岗岩产出地质环境的认识,佐证了泰山群为太古宙绿岩带。

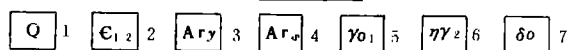
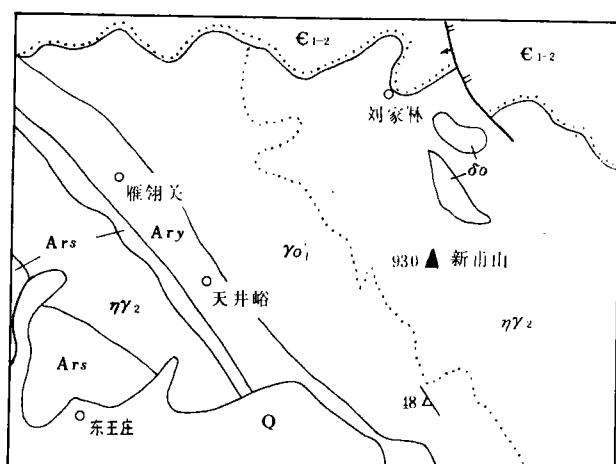


图1 新甫山地区地质略图

- 1. 第四系; 2. 寒武系中下统; 3. 雁翎关组; 4. 山草峪组;
- 5. 奥长花岗岩; 6. 二长花岗岩; 7. 石英闪长岩

新甫山地区是山东“泰山群”分布的主要地区,也是目前所重新厘定的泰山群建组剖面所在地。该区倍受我省和国内地质学者的关注,程裕淇先生曾多次来该区工作和考察。作为泰山群或其中雁翎关组主要围岩的新甫山花岗岩体,其特征和岩石成因等地质问题的探讨,将有助于了解该区的地壳起源与演化。对进一步研讨该区绿岩带存在与否,岩体与矿产的关系等都具有一定意义。

一、地质概况

新甫山岩体为一古老的侵入杂岩体,主体岩性为奥长花岗岩、二长花岗岩等。其Rb-Sr等时线同位素地质年龄为2586Ma(沈其韩等,1976)。岩体总体呈北西向分布,与区域构造线方向一致。奥长花岗岩

本文:1989年12月收到,1992年7月改回。

为新甫山杂岩体的一部分,其侵入泰山群雁翎关组底部地层,近二者接触带被较多含铌钽等稀有元素矿产的伟晶岩脉穿插(图1)。新甫山奥长花岗岩,程裕淇先生曾将其暂划为“任家庄组”,称黑云奥长均质混合岩^[1];王致本等在该区进行1:5万区调工作后划为混合质条带状奥长花岗岩、雾迷状混合岩等岩石^[1]。我们在从事“泰山群专题研究”及1:20万泰安等幅区调”工作中,曾先后将其划为二长花岗岩、花岗闪长岩。同一地质体不同岩石名称,反映了不同时代,不同人员及工作程度在认识上的差异,也反映了这些岩石里肉眼不能分辨的实际矿物分布的不均匀性。

二、岩石学及矿物学特征

岩石呈浅灰黄色至灰白色,中粒变余花岗结构,片麻状至弱片麻状构造。测定的主要造岩矿物为斜长石(54.16%),微斜长石(14.73%),石英(25.43%),黑云母(2.91%)。人工重砂中见微量角闪石。斜长石测定号码为 An_{23-28} ,属奥长石。

岩石中副矿物含量占0.26%。以磁铁矿、磷灰石为主,微量锆石、榍石、独居石、石榴石、金红石、褐铁矿、赤铁矿、碳硅石等。锆石晶形完好,形态类型繁多,以浅玫瑰色为主,浅黄色次之。磷灰石多呈不完整的六方断柱状,常破碎。

三、岩石化学特征

从奥长花岗岩岩石样品分析结果(表1)可以看出,其岩石化学成分基本稳定。条痕状奥长花岗岩与表中奥长花岗岩的某些组分有点差异,可能为暗色条痕引起。岩石的里特曼指数(δ)变化在1.70—2.20之间,与正常太平洋型钙碱性岩石系列相当。对表中岩石样品的化学成分分析结果进行了标准矿物计算(C.I.P.W法),岩石主要造岩矿物的重量百分比为:钠长石35.65—49.80%,一般为45%左右;钙长石1.11—11.68%,一般为8%左右;钾长石12.80—18.37%,一般为14%左右;石英20.70—29.76%,一般为27%左右(表2)。计算与前述实际测定的主要造岩矿物含量非常接近。计算的斜长石号码为 An_5-38 。奥长花岗岩为 An_{25} 左右;条痕状奥长花岗岩、雾迷状混合岩为 An_5-38 ,后者多为奥长石至中长石。

根据岩石样品标准矿物计算结果,将其投影在硅质深成岩分类图解中,样品全部落在奥长花岗岩区域内。但条痕状奥长花岗岩的投影点多靠近花岗岩区域(图2),说明这种岩石有向花岗岩过渡的趋势。

把英云闪长岩同花岗岩和奥长花岗岩区分开的主要成分是 $FeO^* + MgO$ 和 K_2O , $FeO^* + MgO$ 涉及到确定铁镁矿物的比例,并由此得出颜色指数;而 K_2O 则是钾长石和黑云母的决定性成分。另外还有 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 Na_2O 等特征值,用于综合判定是否属奥长花岗岩。根据我们在雁翎关、任家庄一带所取样品的岩石化学成分分析结果,其几个特征值与目前较公认的标准奥长花岗岩的化学成分特征完全相当(表3)。

① 山东省地矿局第一地质大队,1988,1:5万东王庄、徂徕幅区域地质调查报告(验收稿)。

表1 新南山奥长花岗岩化学成分及对比表

样号	TD ₅₇₉	TD ₅₈₀	TP ₃₋₃₈	平均	AY ₁₂₈₈	IP _{3yQ59}	IP _{3yQ68}	ID _{22yQ}	蒙山	中国平均	世界平均	中国平均	世界平均
岩性	奥长花岗岩	奥长花岗岩	奥长花岗岩	TD ₅₇₉ TD ₅₈₀ TP ₃₋₃₈	条痕状奥长花岗岩	条痕状奥长花岗岩	条痕状奥长花岗岩	雾迷状混合岩	英云闪长岩	花岗闪长岩	花岗闪长岩	花岗岩	花岗岩
SiO ₂	71.56	72.12	72.13	71.97	71.75	71.85	72.30	71.67	61.52	64.98	66.09	71.27	71.30
TiO ₂	0.20	0.16	0.18	0.18	0.16	0.10	0.13	0.13	0.73	0.52	0.54	0.25	0.31
Al ₂ O ₃	15.27	15.05	14.90	15.07	16.76	15.11	14.92	14.66	16.48	16.33	15.73	14.25	14.32
Fe ₂ O ₃	0.71	0.60	0.62	0.64	1.55	0.48	0.45	0.46	1.83	1.89	1.38	1.24	1.21
FeO	1.08	1.12	1.20	1.13	1.09	1.20	1.60	3.06	3.82	2.49	2.73	1.62	1.64
MnO	0.031	0.036	0.036	0.034	0.02	0.03	0.03	0.02	0.08	0.09	0.08	0.08	0.05
MgO	0.55	0.44	0.38	0.47	0.37	0.53	0.32	0.59	2.80	1.94	1.74	0.80	0.71
CaO	1.86	1.78	1.96	1.87	0.37	2.58	2.50	1.89	5.42	3.70	3.83	1.62	1.84
Na ₂ O	5.41	5.60	5.37	5.46	4.97	4.20	4.75	5.85	3.63	3.67	3.75	3.79	3.68
K ₂ O	2.53	2.23	2.36	2.37	2.99	3.13	2.30	2.675	2.07	2.95	2.73	4.03	4.07
P ₂ O ₅	0.11	0.12	0.05	0.09	0.02	0.07	0.06	0.073	0.25	0.32	0.18	0.16	0.12
CO ₂			0.27						0.14	0.29	0.08	0.33	0.05
H ₂ O ⁺	0.39	0.56	0.45	0.47	0.32	0.88	0.90	0.24	1.04	0.83	0.85	0.56	0.64
LoS	0.31	0.54	0.57	0.47		0.12	0.06						
合计	100.10	100.36	100.48	100.49	100.37	100.28	100.32	100.75	99.81	100	99.71	100	99.94
δ	2.20	2.11	2.05	2.12	2.20	1.86	1.70	2.59	1.75	1.99	1.82	2.16	2.12
备注	A	A	A	A	B	C	C	C	A	D	E	D	E

A—山东地矿局区调队；B—山东省地质厅 805 队；C—山东地矿局第一地质大队；D—黎彤(1962)；E—R. W. 利曼特(1976)。

表 2 奥长花岗岩标准矿物计算结果

数值 (%) 样号	项 目											合计	斜长石 号 码
	Ab	An	Or	Q	En	Fs	Ap	Tpn	Mt	C			
TD ₅₇₉	45.61	7.51	15.03	25.86	1.00	1.45	0.34	0.59	0.93	0.92	99.24	An ₂₄	
TD ₅₈₀	47.19	7.23	12.80	26.58	1.10	1.58	0.34	0.39	0.93	0.82	98.86	An ₂₂	
TP ₃₋₃₈	45.09	8.34	13.91	27.00	0.90	1.72	0.34	0.39	0.93	0.51	99.13	An ₂₆	
平均(TD ₅₇₉ 、 TD ₅₈₀ 、TP ₃₋₃₈)	46.14	8.34	13.91	26.40	1.10	1.19	0.34	0.46	0.93	0.51	99.32	An ₂₅	
Ay ₁₃₈₈	41.94	1.11	17.81	29.76	0.90	0.92	—	0.39	2.08	5.00	99.91	An ₅	
IP _{3yQ58}	35.65	11.68	18.37	28.70	1.31	1.85	0.34	0.20	0.70	0.51	99.31	An ₃₈	
IP _{3yQ68}	39.85	11.4	13.36	29.40	0.70	2.51	0.34	0.20	0.70	0.51	98.97	An ₃₅	
ID _{22yQ}	49.80	5.60	16.14	20.70	2.65 (Di)	4.52 (Hy)	0.34	0.20	0.70		100.65	An ₁₈	

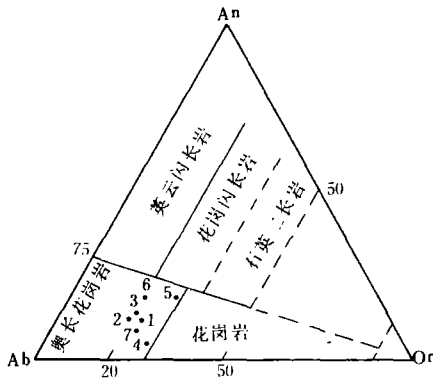


图 2 岩石标准矿物分类图解

(O'Connor, J. T. 1965)

- 1, 2, 3. 奥长花岗岩;
- 4, 5, 6. 条痕状奥长花岗岩;
- 7. 雾迷状混合岩

表 3 新甫山奥长花岗岩与标准奥长花岗岩对比表

项 目	斜长石	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*+MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	备 注
奥长花岗岩 (标准)	奥长石或 中长石	>68% 一般<75%	典型的>15%; SiO ₂ 为70%	<3.4%	1.5— 3.0%	4.0— 5.5%	<2.5% 典型的 <2%	{2}
奥长花岗岩 (新甫山)	奥长石	71.97%	15.07%	2.176%	1.87%	5.46%	2.37%	TD ₅₇₉ TD ₅₈₀ TP ₃₋₃₈

从上述图、表均可看出,新甫山奥长花岗岩是较典型的。其化学成分特征与花岗闪长岩、花岗岩相差甚远,与英云闪长岩亦有差别。无论其成因如何,将其定名为花岗闪长岩或二长花岗岩都是不确切的。

四、稀土元素地球化学特征

在新甫山奥长花岗岩的稀土元素组成(表4)中,其轻稀土元素明显富集。稀土元素球粒陨石标准化分布模式图(图3)为右倾曲线。奥长花岗岩的稀土总量明显低于二长花岗岩,轻、重稀土总量之比为14左右,无Eu及Ce异常或略显正异常。其特点与蒙山太平顶英云闪长岩类似,而与该区的二长花岗岩有明显区别。但条痕状奥长花岗岩的 ΣREE 、 $\Sigma LREE/\Sigma HREE$ 、 $(La/Yb)_N$ 、 δEu 、 δCe 等特征值则不稳定。其中具Eu正异常的样品(IP₃-68),岩石化学及稀土元素组成特征都与奥长花岗岩相似,个别样品则趋于二长花岗岩(IP₃-59)。这与其在前述分类图解中的投影位置也是吻合的。说明奥长花岗岩体同其它地质体一样,不是十分均一的。这种差异也可能是岩体的岩石由于所处的构造位置不同,后期地质作用对其改造程度不同所致。

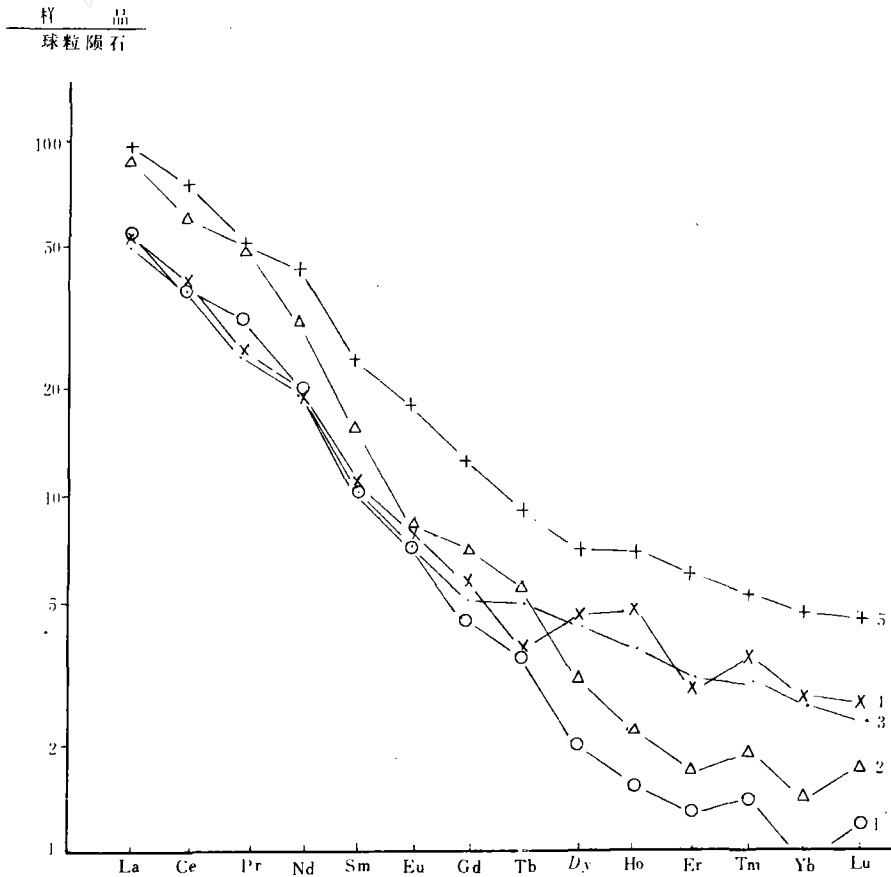


图3 奥长花岗岩 REE 标准化分布模式图

1. 1x-2; 2. 1D22-X; 3. TD579; 4. TD580; 5. 蒙山英云闪长岩

表 4 新甫山奥长花岗岩类稀土元素组成数值表

数值 ($\times 10^{-3}$)	样 品	TD ₇₀	TD ₅₀₀	I ₁₋₂	ID ₂₂₋₁	IP ₃₋₅₀	IP ₁₋₅₀	IP ₃₀	蒙山	Leady
		奥长 花岗岩	奥长 花岗岩	条痕状奥 长花岗岩	雾迷状 混合岩	条痕状奥 长花岗岩	条痕状奥 长花岗岩	奥长花 岗岩(?)	英云 闪长岩	球粒 陨石
La		19.40	19.80	21.00	32.99	6.2	68.00	18	34.25	0.378
Ce		36.50	38.70	37.30	60.31	9.4	126.00	31	72.45	0.976
Pr		3.40	3.60	4.46	6.92	2.7	9.60	5.3	6.9	0.136
Nd		11.10	11.10	11.25	21.60	5.4	15.00	11	31.2	0.716
Sm		2.30	2.50	2.35	3.59	2.1	7.50	1.3	5.6	0.230
Eu		0.62	0.69	0.621	0.698	0.81	1.30	0.46	1.6	0.0866
Gd		1.60	1.80	1.376	2.158	0.91	4.10	2.6	3.9	0.311
Tb		0.28	0.21	0.197	0.317	<0.5	<0.5	<0.5	0.51	0.0568
Dy		1.70	1.80	0.731	1.143	1.1	2.10	3.2	2.75	0.390
Ho		0.32	0.41	0.135	0.191	0.27	0.53	0.72	0.595	0.0868
Er		0.76	0.73	0.326	0.432	0.66	1.20	2.1	1.5	0.255
Tm		0.12	0.41	0.056	0.075	0.12	0.36	0.51	0.21	0.0399
Yb		0.61	0.67	0.223	0.318	0.56	0.65	2.5	1.15	0.249
Lu		0.09	0.10	0.045	0.066	0.15	0.38	0.71	0.175	0.0387
Y		5.6	4.40	5.44	5.29	7.3	9.00	15.30	12.7	
Σ REE		81.83	85.25	83.08	131.73	30.91	267.22	88.9	162.79	
Σ LREE		76.32	79.39	79.98	126.14	26.61	257.1	76.06	152	
Σ HREE		5.51	5.86	3.10	5.59	4.10	9.82	12.3	10.79	
$\frac{\Sigma$ LREE}{ Σ HREE}		13.85	13.55	25.80	22.57	6.49	26.21	6.18	14.09	
(La/Yb) _n		19.97	19.17	62.04	6.43	7.29	68.92	4.74	19.62	
δ Eu		1.00	1.00	1.07	0.77	1.78	0.72	0.42	1.06	
δ Ce		1.04	1.06	0.895	0.93	0.53	1.15	0.81	1.09	

注:稀土元素采用黎彤(1983)推荐的 Leady 球粒陨石为标准;

δ Eu、 δ Ce 的计算采用赵振华(1987)推荐的公式:

$$\delta Eu = \frac{Eu_N}{\sqrt{Sm_N \cdot Gd_N}} \quad \delta Ce = \frac{Ce_N}{\sqrt{La_N \cdot Pr_N}}$$

新甫山奥长花岗岩的稀土元素组成特征与国内某些地区的相应岩石亦可对比。山西五台期的晚太古代同熔型奥长花岗岩(2500Ma)稀土元素总量一般小于 170×10^{-6} ,Eu正常或略显正异常;牟惟喜、刘昌实统计了有确凿地质证据的31件同熔型花岗岩和26件改造型花岗岩类岩石稀土元素含量,表明同熔型花岗岩相对富集轻稀土,Eu具弱的正异常至弱的负异常,而上部地壳重熔形成的改造型花岗岩以重稀土明显增高,Eu呈显著负异常为特征^①。赵振华等在对华南花岗岩类研究的基础上,将我国不同地区,不同时代的花岗岩划分为三大类^②。其中的壳幔型花岗岩类的稀土元素组成特点与新甫山奥长花岗岩有相似性,而与壳源型花岗岩类(混合花岗岩、重熔型花岗岩、强结晶分异型花岗岩)有明显区别。

新甫山岩体的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比为0.7062,应属同熔型花岗岩类的壳混染型($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比0.705—0.710左右)^③。徐克勤等认为我国的金矿主要与同熔型花岗岩类有关^④,因此,该区泰山群中分布的含金石英脉,与该岩体可能有成生联系。

五、岩体成因探讨

从野外地质观察,新甫山奥长花岗岩有明显侵入于泰山群地层的现象,岩体中也见有地层的捕虏体,说明其经历了岩浆作用阶段;岩石的主要造岩矿物和副矿物组合为:斜长石+微斜长石+石英+黑云母+磁铁矿+磷灰石+锆石(榍石),而没有出现堇青石、矽线石、红柱石、钛铁矿等副矿物组合,都说明其是典型的岩浆结晶产物^⑤,而不是原地交代的沉积变质产物。岩石中发育的面状要素,主要属于构造成因,不具地层学意义,因此不能进行层序恢复,那么也就不可能存在所谓的“新甫山复背斜”。

新甫山奥长花岗岩的岩石化学及稀土元素组成特征都表明,其与壳源型花岗岩有较大差异,而与同熔型花岗岩相当。同熔型花岗岩的岩浆来源为幔源的,新甫山奥长花岗岩的岩浆也可能源于地幔。在其侵入作用发生的过程中,引起了同熔作用、混染作用等。造成混染的岩石主要为泰山群雁翎关组基性—超基性岩类。

奥长花岗岩—英云闪长岩多半都产在四种地质环境中^⑥,其中有两种地质环境与新甫山奥长花岗岩相同或相似。一是产于太古宙灰色片麻岩地区,常常与玄武质岩石伴生,在某些情况下也与科马提岩伴生。这些岩石通常都变质到角闪岩相或麻粒岩相,有的也常常退化到绿片岩相,有些地区还伴有相当富钾的侵入体。二是产于太古宙绿岩带的周围,是在那些绿岩带褶皱期间或稍后侵位的,通常伴有花岗闪长岩和花岗岩等深成岩体。因此,新甫山奥长花岗岩的存在和确认,也从另一方面佐证了泰山群地层应属太古宙绿岩带。根据同位素地质年龄及其与泰山群的接触关系,新甫山奥长花岗岩的形成时代应大于2586Ma,为晚太古代。是该区较早的侵入体。

基于目前国际上对奥长花岗岩等T.T.G质灰色片麻岩的研究和认识,奥长花岗岩只有在太古宙灰色片麻岩综合体(T.T.G)中才大量存在,这些片麻岩综合体构成了大量

① 稀土元素地球化学学术讨论会论文摘要汇编(1985),全国稀土元素地球化学学术讨论会论文编辑组。

② 徐克勤,程海,1989,金矿与两类花岗岩的不同关系。庆祝山东地质学会成立三十周年学术报告会论文摘要汇编,山东地质学会。

地球上已知最古老岩石。新甫山奥长花岗岩的存在或对其进行研讨,都具有较重要的地质意义。它与鲁西广泛分布的英云闪长岩、花岗闪长岩一起构成了该区的 T. T. G 质花岗岩系列,为该区能与国内乃至世界上相应地质体的研究对比提供了依据,从而表明该区的成岩成矿作用、地壳起源和演化等都不是孤立的。

小 结

1. 野外观察及岩石学、岩石化学、稀土元素和同位素地质年龄等特征表明,新甫山奥长花岗岩是古老侵入体。

2. 新甫山奥长花岗岩是较典型的岩石类型,其与鲁西广泛分布的英云闪长岩、花岗闪长岩一起构成了该区的 T. T. G 质花岗岩系列,为其与国内外相应岩石的研究对比提供了依据。

3. 岩石体成因与过渡地壳同熔型花岗岩相当,其岩浆可能源于地幔。

4. 佐证了泰山群地层应为太古宙绿岩带。

5. “新甫山复背斜”的传统称谓是无意义的。

本文编写过程中,得到了张自桓高级工程师,王建华、杨恩秀工程师的指导和帮助,文稿承蒙曹国权、孟庆珠先生提出修改意见,文中插图由许东平清绘,英文摘要由张淑芳代劳,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 程裕淇、沈其韩、王泽九,1982,山东太古代雁翎关变质火山—沉积岩。地质出版社。
- [2] 李上森译,1982,奥长花岗岩。国外前寒武纪地质,第3期,第84—85页。
- [3] 骆庭川,1986,稀土元素地球化学在花岗岩类研究中的意义。武汉地质学院,地质科技情报,5卷2期,第140—146页。
- [4] 徐克勤、胡受溪等,1983,论花岗岩的成因系列——以华南中生代花岗岩为例。地质学报,第2期,第107—116页。
- [5] 陈伟邦、陈岳龙等,1988,华北某些太古代花岗岩类副矿物的初步研究。地球化学,第4期,第368—375页。

FEATURES AND PETROGENESIS OF TRONDHJEMITE IN XINFUSHAN MOUNTAIN

Liang Bangqi

*(Regional Geological Survey Brigade, Shandong Bureau
of Geology and Mineral Resources)*

Abstract

This paper deals with features of trondhjemite in Xinfushan mountain, which were compared with those of similar rocks at home and abroad, mainly in terms of its petrology, petrochemistry and REE composition. The petrogenesis of the Xinfushan trondhjemite was discussed. The author suggests that the trondhjemite in this area is quite typical and belongs to syntectonic granite; together with the widespread tonalite and granodiorite it makes up TTG granite series in western Shandong. The paper gives evidence indicating that the Taishan Group in western Shandong belongs to a part of the Archean greenstone belt, according to the knowledge on the geological occurrence of trondhjemite given by some renowned geologists in the world.