

乳山海阳所地区超镁铁岩的主要特征

方长青

(山东省第一地质矿产勘查院)

提要 乳山海阳所地区超镁铁岩多以包体状赋存于新元古代片麻状二长花岗岩中,成群出现、分段集中;主要岩石类型有蛇纹石化橄辉岩、辉橄岩、透闪石化单斜辉石岩、角闪石岩和少量斜长角闪岩(变辉长岩),偶见纯橄岩;化学成分上贫镁、铝,富铁、钙, m/f 比值为 0.92~5.44;稀土总量为 $9.44 \times 10^{-6} \sim 88.56 \times 10^{-6}$, $\Sigma LREE/\Sigma HREE = 2.15 \sim 5.93$;所含微量元素与上地幔丰度比较,其中相容元素 Ni, Co 均亏损,不相容元素 Rb, Cs, Ta, Th, Hf 则均富集。从超基性岩到基性岩的微量元素变化特点可以看出,形成超镁铁岩的构造环境曾由活动陆缘向火山岛弧发生过迁移。海阳所地区超镁铁岩的宏观特征和化学成分特点与蛇绿岩中超镁铁岩差异较大,属非蛇绿岩型的超镁铁岩,为胶南造山带形成初期的深成侵入岩。

0 引言

超镁铁岩(Ultramafic rocks)是一种主要由镁铁矿物(含量达75%以上)组成的岩浆岩^[1]。山东省乳山市海阳所地区出露的一套超镁铁岩(图1),与鲁东荣成、梭罗树及苏北海等处的超镁铁岩一起构成了一条沿胶南造山带分布的基性-超基性岩带。这些超镁铁岩的发育和分布为探索地壳深部活动过程和演化趋势,提供了一条途径。

1 主要特征

1.1 地质特征

海阳所超镁铁岩主要分布于南唐家-西泓一带,出露总面积约4.5km²。岩体多已解体为岩块和包体,总体沿NEE向展布,分段集中,成群出现。其中多数包体赋存于新元古代片麻状二长花岗岩中,仅少数包体侵入于元古界荆山群中。

单个超镁铁岩岩块或包体多呈长条状,其出露面积最大者为1.7km²,小者不足1m²。包体总体走向60°~80°,地表长短轴之比为2:1~4:1,其长轴方向与区域构造线方向基本一致,变形叶理与围岩一致。超镁铁岩岩块上的磁异常梯度很大,强度高,异常半极值宽度与超镁铁岩地表分布范围相近,向上延拓磁场急剧衰减,其磁场特征显示超镁铁岩为浅部地质体。钻孔揭露岩块之下为二长花岗岩。以上资料表明超镁铁岩为无根岩块。

本文1997-02收到,1997-04改回。

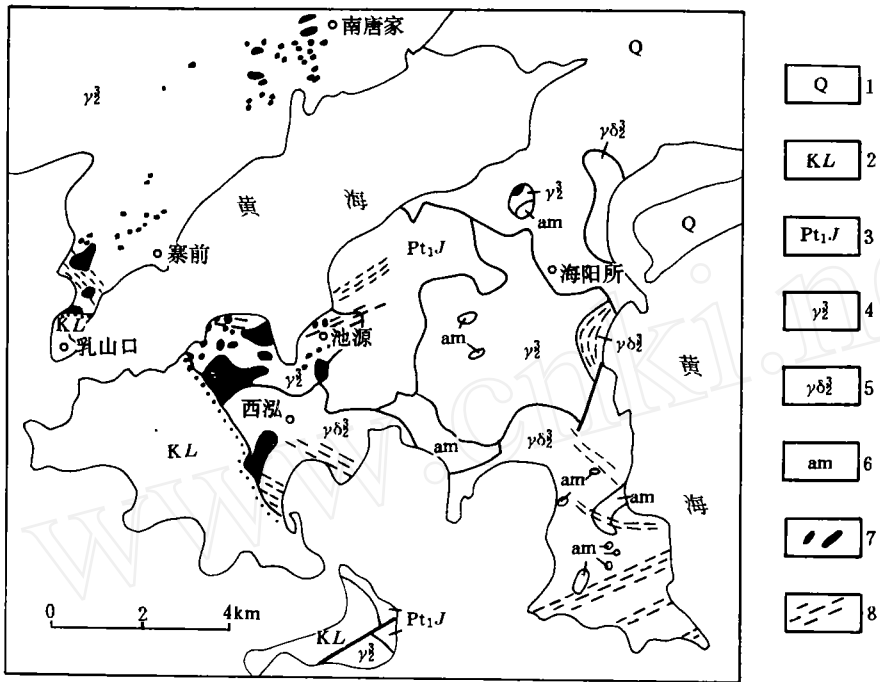


图1 海阳所地区超镁铁岩分布略图

Fig. 1 Sketch showing the distribution of the ultramafic rocks in Haiyangsuo area

1—第四系; 2—莱阳群; 3—荆山群; 4—新元古代二长花岗岩;
5—新元古代花岗闪长岩; 6—斜长角闪岩; 7—超镁铁岩; 8—韧性剪切带

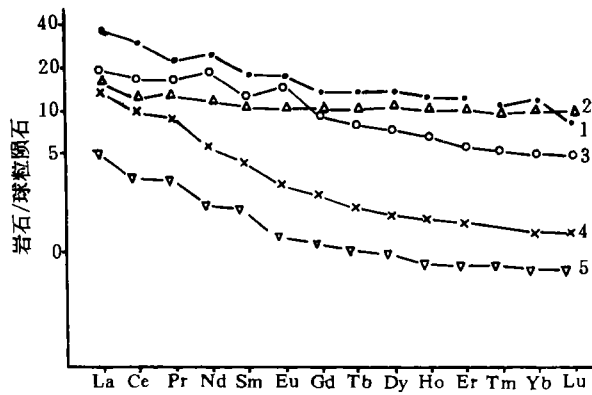


图2 海阳所地区超镁铁岩的稀土元素分布模式

(图中曲线标号同表2序号)

REE distribution pattern of the ultramafic rocks in Haiyangsuo area

按国际地科联(IUGS)火成岩分类学分委员会(Maitre R W Le, 1989; Streckeisen, 1973)所推荐的深成岩类实际矿物分类,本区超镁铁岩的主要岩石类型有:辉石岩、橄辉岩、角闪石岩、辉橄岩和纯橄岩,除此还有斜长角闪岩(变辉长岩)。从平面上看,各岩石的矿物成分含量和矿物粒度变化均较大。总的变化趋势是以辉橄岩、纯橄岩等超基性岩为中心,向外变为基性岩,具环状分布特点。以上各类岩石普遍遭受了较强的蛇纹石化、透闪石化、绿泥石化等蚀变,之后又经历了高绿片相—低角闪岩相的变质变形。从超镁铁岩的内部接触关系分析,从橄榄岩类→辉石岩、角闪石岩→斜长角闪岩乃是同源岩浆演化的产物。各类岩石的蚀变类型也具明显的规律性,即纯橄岩、辉橄岩和橄辉岩以蛇纹石化为特征,而辉石岩和角闪石岩则以透闪石化为主,几乎不见蛇纹石化。

该区超镁铁岩成矿作用微弱,仅局部有铬铁矿富集。受新元古代二长花岗岩影响,局部超镁铁岩见有蛭石化和蛇纹石石棉矿化。

1.2 岩石学特征

不少地勘单位先后对海阳所超镁铁岩进行过调查和研究^①,积累了比较丰富的野外观察和镜下鉴定资料。本区超镁铁岩几种主要岩石的特征分述如下。

(1)蛇纹石化辉橄岩 褐绿—黑绿色,网状结构,块状构造。矿物粒度0.1~2mm±,主要矿物为叶蛇纹石和胶蛇纹石(80%~85%)及绢石(4%~5%),残留橄榄石一般为0~5%,残留单斜辉石为5%~8%,仅金港、南唐家有少量分布。

(2)蛇纹石化橄辉岩 棕灰—棕褐色,网环状或格子状结构,块状构造。主要矿物组成为蛇纹石(80%±)、残留斜方辉石(10%±)和橄榄石(残留状,1%~5%)等矿物。矿物粒度0.5~3mm。蛇纹石以纤状为主,斜方辉石为顽火辉石,发育“席勒构造”,并且多变为绢石。其分布同蛇纹石化辉橄岩,二者呈渐变关系。

(3)透闪石化单斜辉石岩 棕褐—灰绿色,纤状变晶结构,块状构造。矿物粒度0.5~1.5mm。主要由透闪石—阳起石和少量透辉石。闪石类矿物一般80%±,绿泥石10%~20%。根据蚀变特征和残留矿物推测,原岩为单斜辉石岩。主要分布于乳山口和西泓。

(4)斑状角闪透辉岩 灰绿—灰黑色,细粒斑状变晶结构,块状构造。主要由透辉石和普遍角闪石组成。斑晶为半自形定向分布的透辉石,含量为50%,粒径3~10mm。斑晶形成较早,其有被小颗粒透辉石穿插现象。基质由含量近相等的透辉石和角闪石组成,矿物粒度0.05~0.3mm,呈近等轴状粒状集合体,紧密镶嵌。仅见于池源一带,侵入于古元古界荆山群中。

(5)角闪石岩 暗灰绿色,粒柱状变晶结构,块状构造。矿物成分单一,几乎全部由普通角闪石组成。矿物粒度0.15~0.4mm。角闪石具绿—浅绿—黄绿多色性。该岩石在西泓北分布面积较大,脉状侵入蛇纹石化辉橄岩中。

(6)斜长角闪岩 暗绿色,柱粒状变晶结构,定向构造。主要矿物组成为普通角闪石(75%~80%)、斜长石(15%~25%)和少量石英、榍石等矿物组成。矿物粒度0.2~0.8mm。角闪石呈半自形—他形柱状,黄绿—深绿多色性明显;斜长石聚片双晶发育,An

^① 山东地质局816队,1965,山东省超基性岩调查报告;山东地矿局区调队,1992,1:20万海阳等四幅区域地质调查报告;山东省第一地矿勘察院,1996,1:5万乳山等四幅区域地质调查报告。

=25~35。该岩石分布面积较广,在金港以东、杜家岛见其侵入角闪石岩和透闪石化单斜辉石岩,其原岩为辉长岩。

1.3 岩石化学特征

本区超镁铁岩各岩石化学成分分析结果列于表1。从表中可以看出:本区超镁铁岩的 SiO_2 含量变化于34.04%~49.80%之间,属超基性—基性岩;橄辉岩类岩石的 SiO_2 含量明显低于透辉石岩、角闪石岩和斜长角闪岩;各岩石的 m/f 比值变化于0.92~5.44之间,按吴利仁(1963)对超镁铁岩的分类方法,应属铁质超镁铁岩。显而易见本区超镁铁质岩与含镁质高的蛇绿岩中的超镁铁岩截然不同,后者之 m/f 几乎毫不例外地在6.5以上^[2]。本区超镁铁岩的另一特征是随着 SiO_2 含量的增加,固结指数(SI)由大渐小,岩石向贫镁、富硅、碱的方向演化,显示该超镁铁岩为同源岩浆分异演化的产物。

1.4 稀土元素特征

海阳所地区超镁铁岩稀土元素含量及有关参数见表2。各岩石中以蛇纹石化辉橄岩的稀土总量 ΣREE 最低。随 SiO_2 的增加,岩石稀土总量 ΣREE 随之逐渐富集,显示各岩石具同源岩浆演化的特征。岩石的 $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ 比值在2.15~7.08之间;稀土分布模式见图2,其中斜长角闪岩的分布曲线近水平,其它岩石稀土分布曲线为略向右倾的轻稀土富集型; δEu 变化于0.76~1.37,其中超基性岩 $\delta\text{Eu}<1$,基性岩 $\delta\text{Eu}>1$ 。本区超镁铁岩与蛇绿岩中超镁铁岩的稀土特征有明显差异,从 $\text{La}/\text{Sm}-\text{La}$ 图解上(图3)可以看出各岩石的投点呈一近似水平线,显示这套岩石是由同一母岩浆经分离结晶作用形成的。

1.5 微量元素特征

本区超镁铁岩的微量元素含量及有关参数见表3。从表中可以看出,各岩石相容元素 Ni, Co 相对于上地幔丰度均亏损,不相容元素 $\text{Rb}, \text{Cs}, \text{Ta}, \text{Th}, \text{Hf}$ 则均富集;随着 SiO_2 含量增加, $\text{Li}, \text{Sr}, \text{Ba}, \text{Nb}, \text{Zr}$ 则由亏损到富集, Rb/Sr 和 Ni/Co 比值则相应降低; Th/Ta 比值较高,反映岩浆上升过程中受到了陆壳物质的混染。图4是按不相容程度排列的洋中脊玄武岩(MORB)标准化的地球化学模式图。由图可看出,斜长角闪岩从 Sr 到 Ce 均富集;而辉橄岩和橄辉岩除出现 Ba 亏损外, P 到 Yb 亦均亏损。各岩石 Th 均富集,显示岩浆的生成与放射性生热元素之间的联系。相对于上地幔丰度,各岩石矿物中 Y, Yb 两相容元素均亏损,反映岩浆具幔源性质。各岩石具相似的微量元素分配模式曲线,揭示了岩浆的同源性特征。

对于斜长角闪岩来说,其大离子亲石元素($\text{Rb}, \text{K}, \text{Cs}, \text{Sr}, \text{Ba}$)和高场强元素($\text{Nb}, \text{Ta}, \text{Zr}, \text{Hf}$)均富集;稀土分布曲线近水平, ΣREE 强烈富集, Th/Ta 很高,说明其生成环境具火山(岛)弧的特点。而蛇纹石化辉橄岩则是大离子亲石元素 Rb, Cs 富集, Sr, Ba 亏损;高场强元素 Ta, Th 富集, $\text{Nb}, \text{Zr}, \text{P}, \text{Ti}$ 亏损; ΣREE 中等富集,重稀土亏损, $\text{Th}/\text{Ta}=3$,表明其产于具陆壳基底的活动陆缘环境,而非洋内岛弧环境。

2 非蛇绿岩型的超镁铁岩

海阳所地区分布的超镁铁岩、石英岩、变辉长岩等,与残留洋壳的岩石组合有相似之处。尤其是从区域构造上看,在该区其又位于胶南造山带中,因此很容易将其与蛇绿岩套

表 1 乳山海阳所地区超镁铁岩石化学成分 ($\omega_B\%$) 及有关参数
 Table 1 Chemical compositions ($\omega_B\%$) and related parameters of the ultramafic rocks in Haiyangsuo area

序号	岩石名称	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	Cr ₂ O ₃	NiO	H ₂ O ⁺	总和	m/f	SI
1	斜长角闪岩	49.80	1.60	13.59	2.40	11.77	0.24	7.20	10.23	1.83	0.56	0.11	—	—	1.27	100.60	0.92	30.30
2	斜长角闪岩	49.69	1.08	14.31	3.40	7.81	0.27	7.00	11.32	2.64	0.82	0.10	—	—	0.91	99.90	1.15	32.30
3	角闪石岩 ^①	45.07	1.32	12.09	3.30	8.69	0.21	13.63	12.58	1.76	0.46	0.03	—	—	1.75	100.89	2.07	48.96
4	蛇纹石化辉橄岩	37.94	0.28	3.20	10.87	4.13	0.17	30.86	2.92	0.18	0.20	0.04	—	—	9.85	100.64	3.96	66.74
5	蛇纹石化辉橄岩 ^②	37.35	0.19	1.18	10.76	2.59	0.21	37.48	0.30	0.22	0.07	0.02	—	—	9.28	99.65	5.44	73.30
6	蛇纹石化辉橄岩	37.84	0.20	0.68	11.76	2.21	0.08	34.58	0.15	0.05	0.03	—	0.32	0.16	11.99	100.05	4.82	71.11
7	蛇纹石化辉橄岩	36.30	0.13	0.77	12.87	1.96	0.14	34.20	0.27	0.04	0.03	—	1.06	0.30	11.92	99.99	4.46	69.65
8	透辉石岩 ^①	45.32	0.64	6.94	7.52	2.59	0.14	19.63	12.25	0.42	0.27	0.02	—	—	4.22	99.96	3.75	64.51

①引自 1:20 万海阳等四幅区调报告;②引自第三地质队铬矿点检查报告,余者由第一地质矿产勘查院实验室分析。

表 2 乳山海阳所地区超镁铁岩稀土元素分析结果(10^{-6})及有关参数
Table 2 REE analyses and related parameters of the ultramafic rocks in Haiyangsuo area

序号	岩石名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Σ REE	Σ HREE	$\frac{\Sigma$ REE}{\SigmaHREE}	$\frac{\delta$ Eu}{(La/Sm) ^N		
1	斜长角闪岩	13.6	29.6	3.03	18.5	4.16	1.55	4.15	0.80	5.43	1.06	2.99	0.44	2.92	0.33	23.5	88.56	70.44	18.12	3.88	1.14	1.99
2	斜长角闪岩	6.64	12.1	1.8	8.49	2.66	0.97	3.14	0.62	4.39	0.97	2.66	0.42	2.59	0.37	22.0	47.82	32.66	15.16	2.15	1.03	1.52
3	角闪石岩	7.26	17.1	2.38	13.2	2.92	1.32	2.93	0.46	2.95	0.56	1.46	0.21	1.24	0.19	12.4	54.15	44.18	9.97	4.43	1.37	1.51
4	蛇纹石化橄辉岩*	4.8	10.2	1.3	4.4	1.1	0.28	0.87	0.13	0.74	0.16	0.43	0.38	0.35	0.059	3.4	25.20	22.08	3.12	7.08	0.85	2.66
5	蛇纹石化辉橄岩	2.05	3.38	0.47	1.57	0.50	0.11	0.36	0.06	0.40	0.07	0.22	0.033	0.19	0.03	1.57	9.443	8.08	1.363	5.93	0.75	2.49

*号者分析数据引自1:20万海阳等四幅区调查报告(1992),余者由地矿部宜昌地质矿产研究所分析。

表 3 乳山海阳所地区超镁铁岩微量元素含量(10^{-6})及有关参数
Table 3 Trace element contents and related parameters of the ultramafic rocks in Haiyangsuo area

序号	岩石名称	Ni	Co	Li	Rb	Cs	Sr	Ba	Nb	Ta	Zr	Hf	Th	Rb/Sr	Ni/Co	Th/Ta
1	斜长角闪岩	—	—	7.7	14	3.1	160	140	11.8	0.4	58	1.5	6.6	0.09	—	16.5
2	斜长角闪岩	62	49.8	10.2	14	4.7	140	160	6.2	0.8	81	3.1	7.6	0.1	1.24	9.5
3	角闪石岩	524	54.0	12.9	11	4.6	82	74	3.6	0.6	34	0.9	5.0	0.13	9.7	8.3
4	蛇纹石化橄辉岩*	1369	70.8	—	5	—	26	13	3.9	—	28	—	3.6	0.19	19.3	—
5	蛇纹石化辉橄岩 上地幔丰度 (据黎彤等,1981)	1690	119	2.3	5	2.3	13	22	3.7	0.8	8.0	1.3	2.4	0.39	14.2	3
		1500	160	4.1	2.6	0.3	120	76	6.0	0.1	50	0.3	0.75	0.02	9.4	7.5

*号者分析数据引自1:20万海阳等四幅区调查报告(1992),余者由地矿部宜昌地质矿产研究所分析。

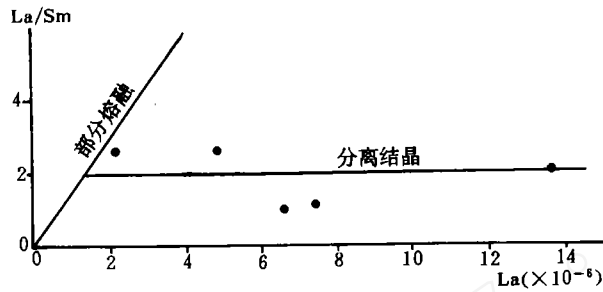


图 3 海阳所地区超镁铁岩 La/Sm-La 图解

(据李昌年,1983;转引自 Allegre,1978)

Fig. 3 La/Sm-La diagram of the ultramafic rocks in Haiyangsuo area

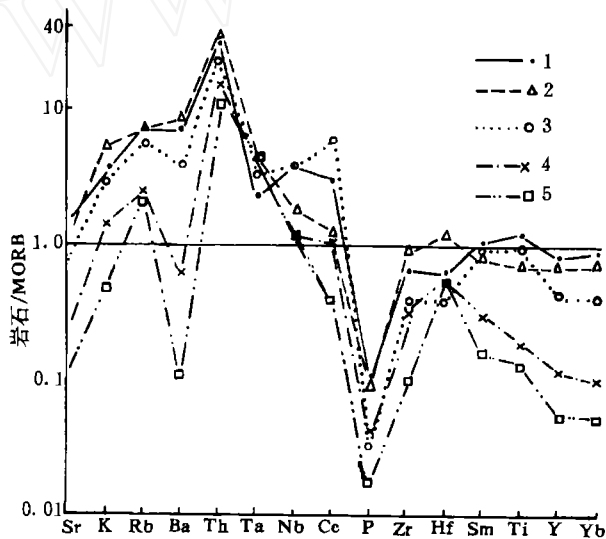


图 4 超镁铁岩微量元素 MORB 标准化的地球化学模式

(据李昌年,1985;转引自 Pearce,1982)

(图中曲线标号同表 2、表 3 序号)

Fig. 4 MORB-normalized trace element distribution pattern of the ultramafic rocks

联系起来,进而认为该区存在洋壳残片,超镁铁岩是蛇绿岩的组成部分^[5]。但野外调查结果则表明,该区超镁铁岩与蛇绿岩中的超镁铁岩差异较大,主要表现在以下几个方面。

(1) 蛇绿岩被认为是洋壳和上地幔的组成部分,具有层状构造,底部为具变质结构的橄榄岩—辉长岩的堆积岩系,再向上是枕状熔岩及伴生的补给岩体,最上部是包括放射虫硅质岩在内的深海沉积物。但海阳所地区的超镁铁岩并不具层状构造特征,宏观和微观上均未见堆晶结构。野外见到的只是透闪石化单斜辉石岩脉动侵入蛇纹石化辉橄岩,变辉长岩(斜长角闪岩)脉动侵入角闪石岩和辉石岩中,以及斑状角闪透辉岩侵入荆山群中(池源村南),其侵入接触面还发生了接触变质作用。该区亦未见枕状熔岩,而广泛出露的与含石墨黑云片岩、大理岩和黑云变粒岩呈互层状产出的石英岩,经 1:5 万区调工作证实归属

于荆山群陡崖组。该石英岩镜下常见变余砂状结构,而未见包括放射虫硅质岩在内的深海沉积物,显然其原岩应为碎屑岩,而非硅质岩。

(2)蛇绿岩的原始侵位与构造侵位是两个过程:形成于扩张洋脊蛇绿岩中的超镁铁岩各组分原始侵位时,因受高温岩浆的影响,会在洋脊部位产生热变质作用,但这种变质作用通常只出现在蛇绿岩各组分及与深海沉积物之间,一般不会产生于蛇绿岩与大陆边缘沉积物之间;不过当洋壳消亡于海沟被铲刮下来,即构造侵位时,蛇绿岩与大陆边缘沉积物之间一定呈断层接触关系,而不会产生热变质作用^[2]。海阳所地区超镁铁岩是热侵位于荆山群的,因此并非具岛孤性质的蛇绿岩。

(3)海阳所地区超镁铁岩在化学成分上铁含量较高, m/f 比值较低,与含镁高的蛇绿岩中的超镁铁岩截然不同。各岩石的主元素、稀土元素和微量元素均反映这套岩石为同源岩浆演化分离结晶的产物^①。它们形成于活动大陆边缘环境,来源于活动陆壳(过渡壳)下部的上地幔或大陆边缘过渡型地壳,后者虽已拉薄但尚未减薄到出现洋盆的程度。微量元素从超基性岩到基性岩的变化特征,反映了构造环境由活动陆缘向火山弧发生迁移。这也说明本区超镁铁岩形成于胶南造山带的造山初期。

3 结论

(1)海阳所地区超镁铁岩的主要岩石类型有蛇纹石化辉橄岩和橄辉岩、透闪石化单斜辉石岩、角闪石岩和斜长角闪岩。

(2)本区超镁铁岩的化学成分富铁、钙,贫镁、铝。其 m/f 比值为 0.92~5.44,属铁质超镁铁岩。

(3)本区超镁铁岩为非蛇绿岩型超镁铁岩,为胶南造山带形成初期的深成侵入岩。

本文曾得到徐金方、游文澄高级工程师的认真审阅和帮助,在此深表谢意。

参 考 文 献

- 1 南京大学地质系矿物岩石教研室编. 火成岩岩石学. 北京:地质出版社,1980
- 2 朱文斌等. 论新疆东部黄山-镜儿泉杂岩带的构造属性. 地质科学,1996,31(1):33~42
- 3 李昌年编著. 微量元素及其在岩石学中的应用. 武汉:中国地质大学出版社,1985
- 4 张旗等. 滇西古特提斯造山带的威尔逊旋回——岩浆活动记录和深部过程讨论. 岩石学报,1996,12(1):17~28
- 5 王仁民等. 胶东蛇绿岩套的发现及其地质意义. 岩石学报,1995,11(Sup):221~227

① 第一地质矿产勘查院,1996,1:5 万乳山等四幅区调报告。

MAJOR CHARACTERISTICS OF ULTRAMAFIC ROCKS IN THE HAIYANGSUO AREA

Fang Changqing

(No. 1 Geological Mineral Exploration Institute
of Shandong Geological Exploration Bureau)

Abstract

A set of ultramafic rocks with an outcropping area of 4.5 km² spread in Haiyangsuo area, Rushan city of Shandong Province. They occur largely as inclusions in Neoproterozoic slightly gneissic adamellite. The individual inclusions vary in size from 1 m² for small ones to 1.7 km² for the largest one. They are elongated and as lens in shape. The direction of long axes ranges between 60°~80°. The magnetic survey and drilling data have shown that the ultramafic rocks are all rootless blocks. Serpentinized olivine pyroxenite, pyrolite, tremolitized clinopyroxenite, hornblendite and a small amount of dunite and amphibolite (metagabbro) are its major rock types. They have experienced high greenschist—facies—low amphibolite facies metamorphism and deformation. The SiO₂ content of the ultramafic rocks varies from 34.04%~49.80%, belonging to ultrabasic—basic rocks. *m/f* ratios are between 0.92~5.44. According to the ultramafic rock classification proposed by Wu Liren (1963), they belong to the ferruginous ultramafic rocks. The total rare earth element are $9.44 \times 10^{-6} \sim 88.56 \times 10^{-6}$ with $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ being 2.15~7.08 and δEu equal to 0.76~1.37 (δEu values of the ultrabasic rocks are less than 1, while those of the basic rocks greater than 1). On the REE distribution plot, amphibolites have flat curves, while other rocks are of light—rare earth enrichment type with the normalized REE patterns declined slightly to the right. In terms of the trace element contents relative to their abundances in the upper mantle, the compatible elements, such as Ni and Co are depleted, while the incompatible elements such as Rb, Cs, Ta, Th and Hf are enriched. Compared with the MORB—amphibolite, Sr, K, Rb, Ba, Th, Ta, Nb and Ce are enriched, while Y and Yb are depleted. As to the Serpentinized pyrolite, Rb, Cs, Ta, Th, Y and Yb are depleted; and the variations of trace elements from ultrabasic to basic rocks reflect the migration of the tectonic environment from the active continental margin towards volcanic arc. The macroscopic features and chemical compositions of the ultramafic rocks all suggest that the ultramafic rocks in this region are of non—ophiolite type. The arguments are as follows: cumulate texture are absent and no associated deep—sea sediments and pillow lavas have ever been found; the ultramafic rocks have intruded into the Jinshan group; and clinopyroxenite intruded into tyrolite; and chemically, the *m/f* ratios are low, as contrast to the ultramafic rocks in ophiolites, for which the *m/f* ratios are greater than 6.5 in general.