

# 新疆东昆仑阿其克库勒湖西缘地区蛇绿岩的确证

吴 峻 兰朝利 李继亮 俞良军

(中国科学院地质与地球物理研究所岩石圈开放实验室, 北京 100029)

**摘 要:** 新疆东昆仑阿其克库勒湖西缘出了一套超基性—基性岩。该蛇绿岩的野外地质、岩石学以及岩石化学特征表明它们是由变质橄榄岩和堆晶岩两大单元组成的蛇绿岩, 是否存在蛇绿岩的其它单元值得进一步研究。同时, 这些特征表明其与青海东昆仑清水泉蛇绿岩相似, 指示它们可能为同一洋壳的残余。

**关键词:** 东昆仑; 阿其克库勒湖西缘; 蛇绿岩; 岩石化学

**中图分类号:** P588

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-7849(2001)03-0006-05

新疆的东昆仑地区, 大地构造位置十分特殊, 是了解青藏高原演化及阿尔金巨型走滑断裂形成的关键地区之一。它的西北以阿尔金南缘巨型走滑断裂为界与阿尔金微地块和塔里木板块为邻, 南与甜水海地体以木孜塔格—鲸鱼湖断裂(其西端为阿尔金南缘断裂所截)为界<sup>[1]</sup>, 向东延入青海省境内, 构成了广义的东昆仑的西段<sup>[2]</sup>, 范围大致相当于新疆地质志<sup>[3]</sup>所划分的东昆仑褶皱系。然而, 由于恶劣而独特的自然条件, 人们历来对其地质构造缺乏了解。尤其是, 目前该区仅在木孜塔格北坡<sup>[4]</sup>、祁漫塔格鸭子泉<sup>[5]</sup>和茫崖<sup>[6]</sup>等地发现了零星的蛇绿岩, 在其余地区鲜见蛇绿岩的公开报道, 这直接影响了对该区大地构造划分与演化的认识。

蛇绿岩作为侵位于造山带中的古洋壳残余, 它的存在指示了古碰撞缝合带的位置, 因此蛇绿岩的确证对区域大地构造划分意义重大。在此, 笔者将报道位于新疆东昆仑的阿其克库勒湖以南、东经88°西侧的超基性—基性岩, 我们根据这套岩石的野外地质、岩石学和岩石化学特征将其确定为蛇绿岩, 为探讨新疆东昆仑的板块划分和区域地质演化提供了新资料。

## 1 野外地质特征

在新疆东昆仑的阿其克库勒湖以南的东经88°西侧(图1), 分布着一套超基性—基性岩夹放射虫硅质岩组合, 其围岩为含泥盆纪和石炭纪化石的灰岩。姜春发等<sup>[2]</sup>和王岳军等<sup>[7]</sup>均认为这套组合可能

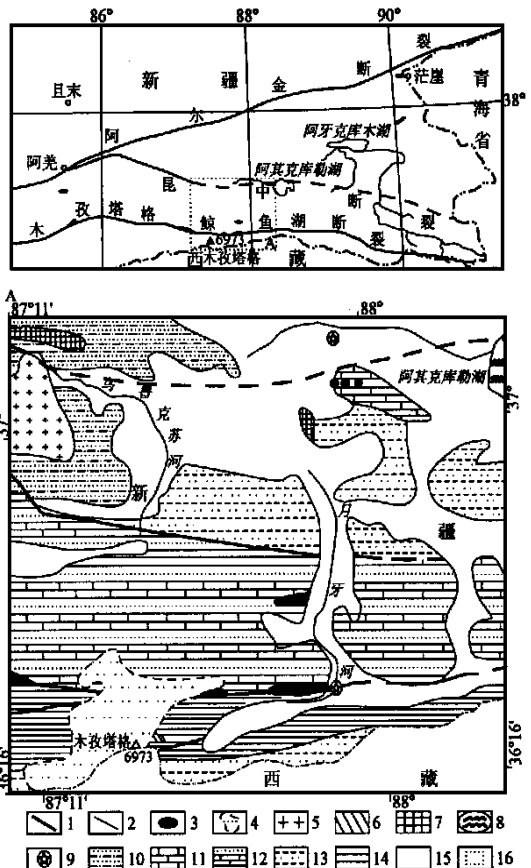


图1 研究区地质简图

Fig. 1 Geological sketch of the study area

1. 深断裂; 2. 一般断裂; 3. 超基性—基性岩; 4. 冰川及雪被; 5. 钾长花岗岩; 6. 花岗岩; 7. 二长花岗岩; 8. 湖泊; 9. 采样点; 10. 志留系; 11. 泥盆系; 12. 石炭系; 13. 二叠系; 14. 三叠系; 15. 新生界; 16. 工作区

为蛇绿混杂岩,但未对这套岩石提出可信的蛇绿岩判据,也未对其做相关的岩石学研究。

我们在野外对这套超基性—基性岩组合做了考察,发现其以近东西向、呈构造岩片沿昆中断裂产出在泥盆系(灰黑色硅质灰岩、生屑灰岩和火山碎屑-碳酸盐岩混积岩夹绿帘绿泥石英片岩、绿帘白云石英片岩和云母石英片岩)和志留系(片麻岩)地层中(图2),并由变质橄榄岩和堆晶岩两部分组成,其中

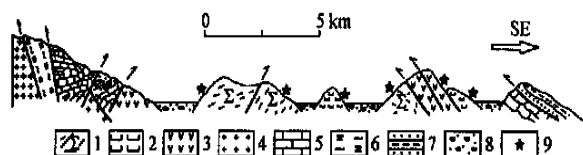


图2 阿其克库勒湖西南缘蛇绿岩剖面示意图

Fig 2 Sketch of ophiolite at the southwestern margin of Aqikekule Lake

1. 超基性岩; 2. 基性堆晶岩; 3. 火山岩; 4. 花岗岩; 5. 灰岩;  
6. 片麻岩; 7. 复理石; 8. 第四系; 9. 采样点

变质橄榄岩与灰岩为断层接触,而堆晶岩顶部或上覆石英片岩(原岩为硅质岩)和绿帘绿泥石英片岩和云母石英片岩(原岩为杂砂岩),或上覆灰岩,均为构造接触。变质橄榄岩包括蛇纹岩、含铬铁矿蛇纹岩和铬铁矿石等。堆晶岩由辉石岩、蛇纹岩、含铬铁矿蛇纹岩、铬铁矿石和变质超基性—基性岩等组成,见层状构造。其中铬铁矿石有两种产状:一种产于变质橄榄岩顶部,上覆堆晶辉石岩呈豆荚状;另一种产于堆晶的变质超基性—基性岩中。围岩灰岩呈近东西走向,倾角为 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ ,重结晶和白云岩化强烈,生屑结构仅见残余的藻类和腕足类等。绿帘绿泥石英片岩和云母石英片岩片理发育,产状与灰岩相近。因此,地质特征表明其可能为一套含铬铁矿的蛇绿岩。

## 2 岩石学特征

这套超基性—基性岩包括变质橄榄岩和堆晶岩两大类。在室内对所有的岩石样品进行了薄片鉴定。

### 2.1 变质橄榄岩

变质橄榄岩包括蛇纹岩、含铬铁矿蛇纹岩和铬铁矿石等。根据薄片观察,变质橄榄岩蚀变强烈,未见新鲜的橄榄石和斜方辉石等原生矿物。蛇纹岩为片状或块状构造,多见针叶状和纤维状蛇纹石,含量达75%以上,局部见绢石呈斜方辉石假象,斜方辉石蚀变过程中形成的它形磁铁矿呈定向排列,见少量的白云石和(或)方解石等。含铬铁矿蛇纹岩以蛇纹石为主,其中星散分布有细粒的椭球状或它形黑

色铬铁矿,局部见铬铁矿呈定向排列,并伴有拉长或扭折等变形,见适量的白云石和(或)方解石,一些样品中白云石和(或)方解石的含量达25%。

### 2.2 堆晶岩

堆晶岩包括辉石岩、蛇纹岩、含铬铁矿蛇纹岩、铬铁矿石和变质超基性—基性岩等。其中,蛇纹岩和含铬铁矿蛇纹岩的镜下特征与变质橄榄岩中的蛇纹岩和含铬铁矿蛇纹岩大致相同。辉石岩几乎全由单斜辉石构成,仅见少量橄榄石和斜方辉石,蚀变轻微,见正堆积和补堆积结构。堆晶成因的变质超基性—基性岩由角闪石、钠长石、绿泥石、白云石、方解石和绿帘石等组成,片理发育,组成的岩石类型包括角闪片岩、角闪钠长片岩和绿帘钠长片岩等。

### 2.3 铬铁矿石学

一类铬铁矿呈豆荚状产于变质橄榄岩的顶部,其围岩为蛇纹岩。铬铁矿呈黑色,主要为它形细粒—中细粒结构,而且铬铁矿颗粒常聚集成聚粒结构或致密状集合体结构;其矿石构造类型见稀疏侵染状和中等侵染状构造、斑杂状构造、豆状构造、结核状构造(nodular)(图3)、球状构造(orbicular)、斑点状构造、条带状构造和砾石状构造等<sup>[8]</sup>。其中,结核状构造和球状构造为豆荚状蛇绿质铬铁矿的特征性构造<sup>[9,10]</sup>,它们的发现证实了这套超基性—基性岩组合为蛇绿岩。铬铁矿石的基质为蛇纹石。

另一类铬铁矿分布于堆晶岩中,其围岩为蛇纹岩、含铬铁矿蛇纹岩和辉石岩等。铬尖晶石呈褐色,自形—半自形,以集合体或单颗粒的形式定向—

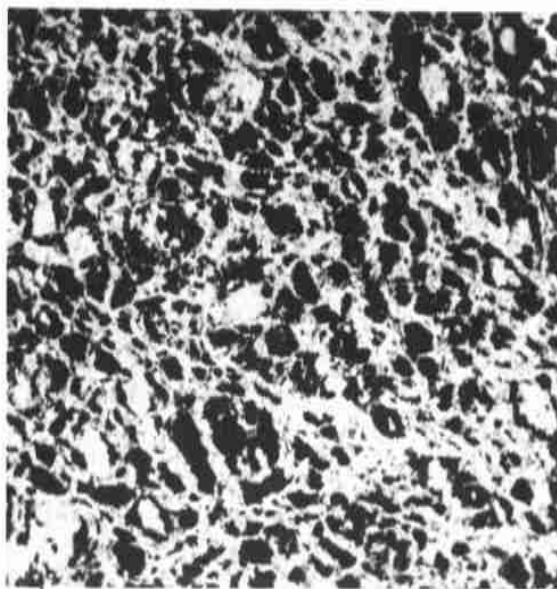


图3 铬铁矿的结核状构造(H29为含铬铁矿蛇纹岩,  $10 \times 2.5$ )

Fig 3 Nodular structure of chromites  
黑色颗粒为铬铁矿;白色基质为蛇纹石

表 1 阿 其 克 库 勒 湖 西 南 缘 蛇 纹 岩 主 量 元 素 分 析 结 果

Table 1 Analysis of major elements for the ophiolite at the southwestern margin of Aqikekule Lake										W B %
编号	H10	H12	H13	H21	H23	H24	H25	H26	H27	H28
岩性	蛇 纹 岩			角 闪 片 岩	含 铬 铁 矿 蛇 纹 岩					
SD <sub>2</sub>	41.96	41.33	40.48	38.93	36.19	38.28	37.73	40.03	38.82	39.47
TD <sub>2</sub>	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.14	0.09	0.20	0.04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.73	0.42	0.44	0.39	n.d.	n.d.	0.76	0.64	1.09	0.10
FeO	4.51	3.31	2.80	4.43	1.36	1.27	1.77	1.74	1.68	1.37
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.19	5.55	7.42	8.57	7.90	5.13	8.66	8.75	6.42	5.76
MnO	0.25	0.23	0.29	0.30	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04
CaO	0.15	0.14	0.11	0.11	4.23	3.10	1.45	0.98	1.66	1.84
MgO	37.10	37.25	37.30	36.21	34.36	36.87	36.96	35.82	36.40	36.87
K <sub>2</sub> O	0.01	n.d.	n.d.	n.d.	0.37	0.56	0.12	0.14	0.66	0.33
Na <sub>2</sub> O	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.01	0.04	0.01	0.04	0.01	0.01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.02	n.d.	0.01	n.d.	0.10	0.08	0.13	0.10	0.09	0.10
烧失量	11.71	11.24	10.86	10.96	15.60	14.62	11.95	11.06	12.87	13.66
总量	99.65	99.48	99.72	99.92	100.23	100.05	99.76	99.49	99.97	99.62

编号	H29	H34-1	H40	H43	H60	H61	H62	H16	H18	H22-1
岩性	含 铬 铁 矿 蛇 纹 岩	蛇 纹 岩			绿 帘 黝 帘 片 岩			滑 石 片 岩	绿 帘 绿 泥 片 岩	绿 泥 片 岩
SD <sub>2</sub>	37.71	40.42	41.07	39.50	39.54	43.27	43.32	57.40	48.36	45.14
TD <sub>2</sub>	0.01	0.01	0.01	0.83	1.68	1.28	0.75	0.01	0.27	0.71
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	n.d.	0.42	0.51	16.68	15.85	16.60	16.74	0.62	13.89	14.51
FeO	1.73	2.12	1.22	11.65	12.48	7.63	3.83	6.16	7.60	10.83
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.86	1.98	5.70	2.16	3.14	4.31	6.23	n.d.	0.39	0.27
MnO	0.06	0.16	0.20	0.34	0.36	0.32	0.33	0.23	0.30	0.34
CaO	2.08	3.43	0.46	14.73	11.60	16.79	20.13	12.10	13.73	13.81
MgO	35.93	36.80	38.15	8.50	9.05	5.90	2.97	21.45	8.43	9.39
K <sub>2</sub> O	0.11	n.d.	0.46	0.03	0.01	0.02	0.03	0.04	0.21	0.08
Na <sub>2</sub> O	0.01	n.d.	0.01	0.32	n.d.	0.13	n.d.	n.d.	3.32	0.56
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.06	0.04	0.08	0.02	0.15	0.16	0.29	0.02	0.01	0.01
烧失量	12.94	14.38	11.83	5.17	6.00	3.24	4.74	2.06	2.84	3.81
总量	99.63	99.76	99.83	99.93	99.86	99.65	99.36	100.09	99.35	99.46

编号	H31	H32-1	H37	H38	H39	H41	H57	H63
岩性	辉 石 岩	辉 石 岩	角 闪 片 岩				角 闪 岩	
SD <sub>2</sub>	51.01	51.32	47.44	49.86	48.95	45.32	51.90	46.19
TD <sub>2</sub>	0.09	0.08	0.36	0.16	0.24	0.29	0.26	0.17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.45	1.29	14.15	18.70	14.86	14.99	9.64	14.10
FeO	4.35	3.32	6.86	1.53	1.70	2.51	6.46	6.11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.19	1.99	2.26	4.21	4.50	6.46	1.08	0.50
MnO	0.29	0.29	0.27	0.08	0.08	0.14	0.30	0.31
CaO	18.07	18.75	14.28	8.92	15.88	14.14	12.92	16.33
MgO	19.93	19.94	9.95	8.39	8.72	9.99	12.82	10.79
K <sub>2</sub> O	n.d.	n.d.	0.15	1.74	0.98	0.55	0.04	0.29
Na <sub>2</sub> O	n.d.	n.d.	0.87	2.84	0.93	1.02	1.13	0.03
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	n.d.	0.01	n.d.	0.14	0.10	0.19	0.02	n.d.
烧失量	3.33	2.96	2.83	3.46	2.95	4.28	3.14	4.65
总量	99.71	99.45	99.42	100.07	99.93	99.97	99.71	99.47

注: 样品由中国科学院地质与地球物理研究所曹杰等用 XRF 分析; n. d. 表示低于检测下限

半定向分布。铬尖晶石显示出分带现象, 边缘为蚀变成因的黑色铬铁矿, 核心为褐红色的铬尖晶石, 指示了原生堆晶成因的铬尖晶石遭受了后期的改造。铬铁矿石的基质为蛇纹石或角闪石。

### 3 岩石化学特征

对在野外采样的这套岩石组合样品进行了主量元素分析(表1)。

#### 3.1 变质橄榄岩

据表1可知, 除H16, H18和H22-1号样品外, 变质橄榄岩类的 $w(\text{MgO})$ 为40.53%~43.18%,  $Mg^\#$ 为74.89~86.22, 与典型方辉橄榄岩的 $w(\text{MgO})$ 的变化范围(39.6%~48.4%)基本一致, 而H18和H22-1的原岩可能为变质橄榄岩中常见的辉长岩侵入体<sup>[11]</sup>。

Pearce等<sup>[12]</sup>按产出的构造背景将蛇绿岩分为俯冲带型(SSZ)和洋中脊型(MORB), 两者的变质橄榄岩有明显不同的地球化学特征, SSZ型较MORB型明显亏损高场强元素, SSZ型的 $w(\text{TiO}_2)$ 为0.01%~0.04%。这里的变质橄榄岩的 $w(\text{TiO}_2)$ 为0.01%~0.02%, 指示该变质橄榄岩为SSZ型蛇绿岩的变质橄榄岩类。

#### 3.2 堆晶岩

堆晶岩类包括基性岩和超基性岩两种类型。除H34-1和H40号样品的 $Mg^\#$ 超过80外, 其余的为23.95~79.61, 与Coleman<sup>[11]</sup>所列举的典型镁铁质堆晶岩的变化范围( $Mg^\#$ 为20~80)一致; 在ACM图(图4)中, 它们大多落入蛇绿岩的基性岩区, 并表

现出向富钙方向演化的趋势。

### 4 蛇绿岩层序

野外地质、岩石学和岩石化学特征表明, 这套超基性-基性岩由变质橄榄岩和堆晶岩构成。变质橄榄岩由下而上为蛇纹岩、含铬铁矿蛇纹岩、铬铁矿(豆荚状), 向上过渡为堆晶岩。堆晶岩由下而上为辉石岩(或蛇纹岩)、含铬铁矿蛇纹岩、角闪片岩、蛇纹岩、角闪斜长片岩。其中, 变质橄榄岩中有辉长岩脉侵入。蛇绿岩顶部上覆的是黑色硅质岩。综合起来, 这套蛇绿岩的垂向层序如图5所示。

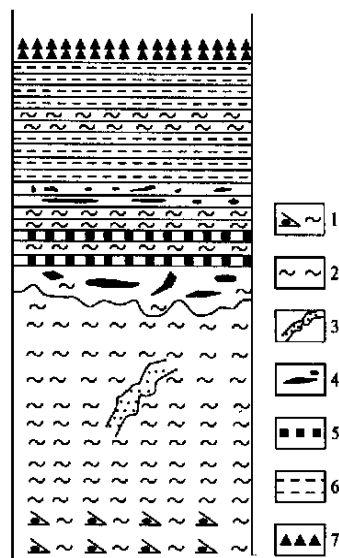


图5 阿其克库勒湖西南缘蛇绿岩垂向剖面示意图

Fig. 5 Vertical section of ophiolite at the western margin of Aqkekule Lake

1. 蛇纹石化方辉橄榄岩; 2. 蛇纹岩; 3. 辉长岩脉; 4. 铬铁矿; 5. 辉石岩; 6. 绿片岩; 7. 硅质岩

### 5 讨论

阿其克库勒湖西缘蛇绿岩的确证为新疆东昆仑蛇绿岩的研究提供了新资料, 同时表明对新疆东昆仑的大地构造格局需进行重新划分。阿其克库勒湖西缘蛇绿岩仅出露了变质橄榄岩和堆晶岩两个单元。由于该蛇绿岩强烈蛇纹石化和在构造侵位时被肢解等原因, 因此是否存在蛇绿岩的其它单元如喷出岩等需做进一步的研究。

阿其克库勒湖西缘蛇绿岩沿昆中断裂呈近东西向出露, 围岩变质程度达绿片岩相-角闪岩相, 堆晶岩中含铬铁矿, 变质橄榄岩的 $w(\text{TiO}_2)$ 含量低(<0.04%), 这些特征与祁漫塔格<sup>[5]</sup>、木孜塔格<sup>[1,4]</sup>和茫

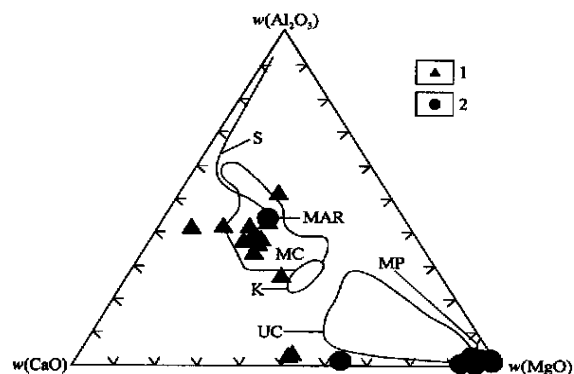


图4 阿其克库勒湖西缘蛇绿岩ACM图

Fig. 4 ACM diagram for ophiolite at the western margin of Aqkekule Lake

K. 金伯利岩; S. Skaergaard 液体趋势; MAR. 大西洋中脊玄武岩; MC. 镁铁质堆晶岩; UC. 超镁铁质堆晶岩; MP. 变质橄榄岩; 1. 堆晶岩; 2. 变质橄榄岩

崖<sup>[6]</sup>等地的蛇绿岩有着显著差异,而与青海东昆仑清水泉蛇绿岩<sup>[13,14]</sup>的特征相似,指示它们可能为同一洋壳的残余。姜春发等<sup>[2]</sup>曾指出,以清水泉蛇绿岩为代表的东昆仑蛇绿岩带沿昆中断裂向西延伸,可能越过阿尔金断裂与西昆仑蛇绿岩带相连。阿其克库勒湖西缘蛇绿岩的确证对此提供了证据,至少在东昆仑地区这种可能性较大,但尚需确切的年龄数据支持这种看法。

#### 参考文献:

- [1] 潘裕生,文世宣,孙东立,等 喀喇昆仑山—昆仑山地区地质演化[M] 北京: 科学出版社,2000. 393- 426.
- [2] 姜春发,杨经绥,冯秉贵,等 昆仑开合构造[M]. 北京: 地质出版社,1992. 154- 161; 205- 217
- [3] 新疆地质矿产局. 新疆维吾尔自治区区域地质志[M] 北京: 地质出版社,1993. 163- 165
- [4] Molnar P, Burchfiel B C, Zhao Z Y, et al Geologic evolution of northern Tibet: results of an expedition to Ulu Muztagh [J]. Science, 1987, 235: 299- 305
- [5] 杨金中,沈远超,李光明,等. 新疆东昆仑鸭子泉蛇绿岩的基本特征及其大地构造意义[J]. 现代地质, 1999, 13: 309- 314
- [6] 王焰,刘良,车自成,等 阿尔金茫崖地区早古生代蛇绿岩的地球化学特征[J] 地质论评, 1999, (增刊): 1 010- 1 014.
- [7] 王岳军,沈远超,林舸. 中昆仑北部地区构造地层学初步研究[J]. 地层学杂志, 2000, 24(1): 55- 59.
- [8] 鲍佩声,王希斌,彭根永,等 中国铬铁矿床[M] 北京: 科学出版社 1999. 350.
- [9] Leblanc M, Nicolas A. Ophiolitic chromites [J]. International Geology Review, 1992, 34: 653- 686.
- [10] Paktunc A D. Origin of podiform chromite deposits by multi-stage melting, melt segregation and magma mixing in the upper mantle [J] Ore Geology Reviews, 1990, 5: 211- 222.
- [11] Coleman R G. Ophiolites: Ancient Oceanic Lithosphere? [M] Berlin: Springer, 1977. 229.
- [12] Pearce J A, Lippard S J, Roberts S. Characteristics and tectonic significance of suprasubduction zone ophiolites [A] In: Kokeelaar B P, Howells M F. Marginal Basin Geology [C]. Oxford: Blackwell, Geol Soc Spec Publ, 1984, 16: 77- 94
- [13] 高延林,吴向农,左国朝. 东昆仑山清水泉蛇绿岩特征及其大地构造意义[J]. 中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊, 1988, (21): 17- 28
- [14] Yang J-S, Robinson P T, Jiang C-F, et al Ophiolites of the Kunlun mountains, China and their tectonic implications [J] Tectonophysics, 1996, 258: 215- 231.

## DETERMINATION OF OPHIOLITE AT THE WESTERN MARGIN OF AQIKEKULE LAKE, EAST KUNLUN OF XINJIANG

Wu Jun Lan Chao Li Ji Jiliang Yu Liangjun

(Laboratory of Lithosphere Tectonic Evolution, Institute of Geology and Geophysics, CAS, Beijing 100029, China)

**Abstract:** A suite of ultramafic-mafic rock outcrops is found at the western margin of Aqikekule Lake, East Kunlun of Xinjiang. Its geological, petrological and petrochemical characters show that it is an ophiolite composed of metamorphic peridotite and cumulate, but whether there are other components of ophiolite deserves further research. Meanwhile, these characters show their similarities to Qingshuiquan ophiolite, which indicates that they may be remnants of the same oceanic crust.

**Key words:** East Kunlun; western margin of Aqikekule Lake; ophiolite; petrochemistry