

文章编号: 1009-6248 (2003) 02-0020-10

阿尔金山中段清水泉—茫崖蛇绿构造 混杂岩带地质特征*

校培喜

(西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054)

摘要: 清水泉—茫崖蛇绿构造混杂岩带沿阿尔金山南坡分布, 呈醒目的“绿色岩带”, 其主要由蛇绿岩、蛇绿岩上覆岩系和元古代外来岩片或岩块组成, 现多为构造透镜体, 蛇绿岩上覆岩系具远洋深海沉积特征; 岩石地球化学资料研究证明, 蛇绿岩中的玄武岩与洋内岛弧拉斑玄武岩相似; 同位素测年结果显示蛇绿岩形成于早古生代, 蛇绿岩源自亏损的软流圈地幔, 同时有富集地幔物质加入, 暗示早古生代研究区曾出现过小洋盆构造环境。

关键词: 阿尔金山中段; 清水泉—茫崖; 蛇绿构造混杂岩带; 洋内岛弧构造环境

中图分类号: P58 **文献标识码:** A

阿尔金山西接昆仑山、东连祁连山, 是塔里木盆地和柴达木盆地之间的天然屏障, 阿尔金断裂带是我国西北地区的一条重要构造带, 也是中亚地区规模最大的北东东向走滑断裂系, 断裂的北东端切割了祁连构造带和北山构造带, 南西端插入昆仑构造带, 把塔里木地块和柴达木地块分割开来。阿尔金北缘断裂和阿尔金南缘断裂^[1-3]所夹持的阿尔金构造带总体由两带两块构成, 自北而南依次为阿北地块、红柳沟—拉配泉蛇绿构造混杂岩带、米兰河—金雁山地块、清水泉—茫崖蛇绿构造混杂岩带。其中, 米兰河—金雁山地块又可进一步划分为新太古代—古元古代深变质岩隆起带(碰撞杂岩带^[4])和中新元古代浅变质岩隆起带(图1)。

近年, 随着阿尔金山地区高压—超高压变质岩的陆续发现^[5-8], 使该区成为中国大陆地学研究的热点地区之一, 笔者仅对其中的清水泉—茫崖蛇绿构造混杂岩给予论述。

清水泉—茫崖蛇绿构造混杂岩带主体沿阿尔金山南坡出露, 属阿帕—茫崖蛇绿岩带一部分。围绕该蛇绿岩带, 前人曾作过路线地质调查研究工作, 获得了部分资料, 但由于工作区自然地理环境恶劣、交通不便等因素的制约, 使得前人的研究工作多集中在点上, 而区域性、面积性的研究工作尚未开展, 尤其是关于蛇绿构造混杂岩带的区域分布、各岩片空间叠置关系、蛇绿岩及其上覆岩系的岩石地球化学特征、蛇绿构造混杂岩带的变形变质特征等还不十分清楚。2000年随着国土资源大调查项目——新疆苏吾什杰幅1:25万区域地质调查项目的开展, 使笔者有机会对该蛇绿构造混杂岩带出露较全的地区(清水泉—茫崖)进行了较全面的调查和研究, 获得了第一手资料, 对蛇绿构造混杂岩带的区域展布、物质组成、剖面结构及岩片间的叠置关系等进行了比较系统的研究, 对该蛇绿混杂岩的形成、演化历史及大地构造意义有了更全面的认识。

收稿日期: 2003-04-01; 修回日期: 2003-04-28

基金项目: 中国地质调查局“新疆苏吾什杰1:25万区域地质调查”(项目编号20001300009201)部分成果

作者简介: 校培喜(1960-), 男, 陕西蒲城人, 高级工程师, 1983年毕业于西北大学地质学系, 从事区域地质调查与研究, 发表论文多篇。

* 参加工作的还有王永和, 潘长利, 赵平甲, 孙南一, 张社娃, 周庆华, 李建星, 张汉文, 王静平等。

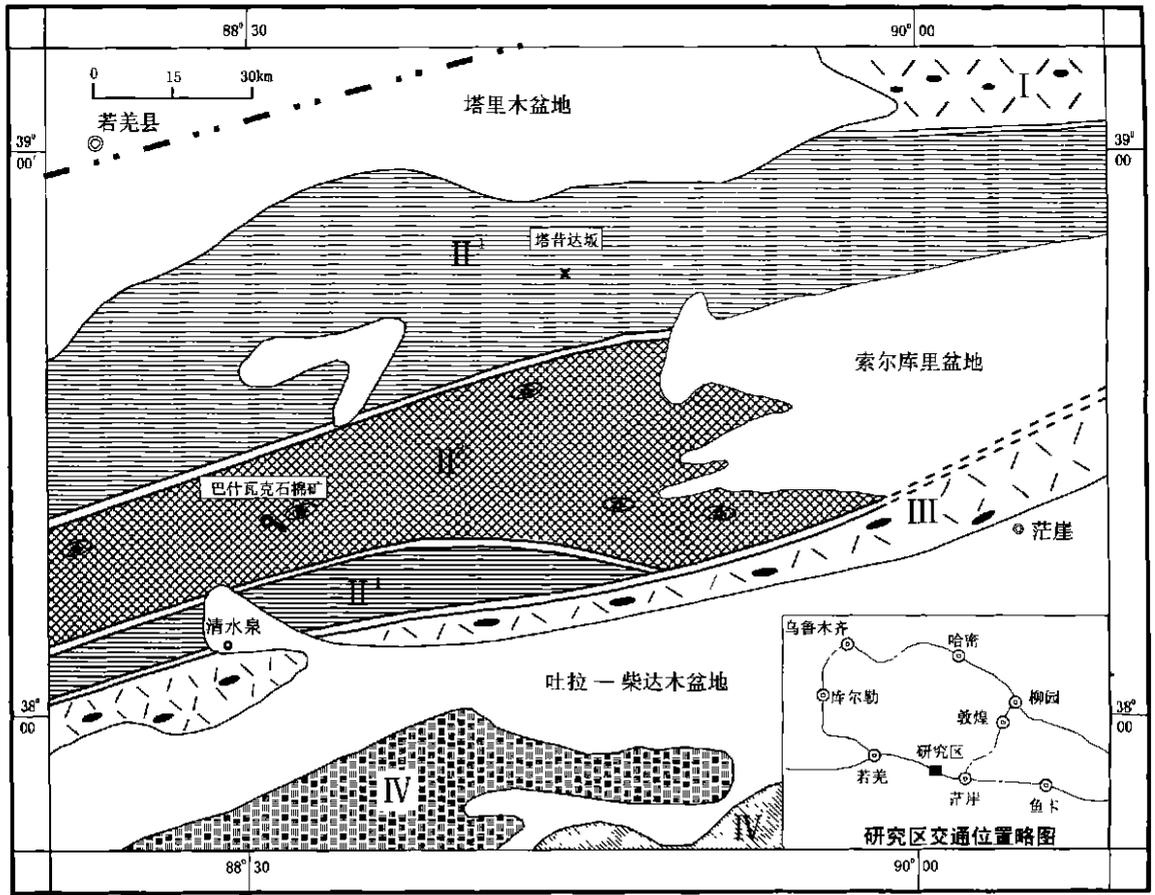


图 1 阿尔金山中段区域地质图

Fig. 1 Regional geological map of the middle section of Altgn Tagh

- 1. 蛇绿构造混杂岩带; 2. 超镁铁岩片; 3. 超高压变质岩构造透镜体; 4. 复合断裂带; 5. 解译区域性断裂; 6. 新生代沉积物;
- 7. 新太古- 古元古代杂岩带; 8. 柴达木地块南缘元古代隆起带; 9. 中新元古代浅变质岩隆起带; 10. 柴达木地块南缘古生代构造带;
- 红柳沟- 拉配泉蛇绿构造混杂岩带; · 米兰河- 金雁山地块; · 中新元古代浅变质岩隆起带; · 新太古- 古元古代碰撞杂岩带; · 清水泉- 茫崖蛇绿构造混杂岩带; · 柴达木地块南缘构造带

1 蛇绿构造混杂岩带宏观地质及岩相学特征

清水泉—茫崖蛇绿构造混杂岩呈大小不等的构造透镜体沿阿尔金山南坡断续分布, 因其颜色(绿色、杂色)明显区别于相邻地质单元, 构成清晰的“绿色岩带”。通过大比例尺地质填图和实测剖面, 初步确定研究区蛇绿岩多以蛇绿构造混杂岩的形式产出, 经历了多期变形、变质作用改造, 区域上呈大小不等的岩片或构造透镜体沿区域构造线(北北东向)出露, 其宽度变化较大(几米至几千米), 晚期显示自北向南的

逆冲推覆特征。初步厘定该蛇绿构造混杂岩带由 3 部分组成, 即蛇绿岩(主要包括超基性岩、堆晶辉长岩和浅变质的基性火山岩)、蛇绿岩上覆岩系(包括浅变质的凝灰岩、干枚岩、变质细砂岩、硅质岩和碳酸盐岩)及元古代外来岩块(包括片麻岩、片岩等); 剖面上这些岩块(片)之间以不同性质的构造面理相接触(糜棱面理、破劈理、脆性断裂面等)(图 2)。

1.1 蛇绿岩

1.1.1 超基性岩

主要为蛇纹岩, 岩石呈黑灰色, 具叶片状-纤维状变晶结构、柱-粒状变晶结构、网环-网纹状结构、假

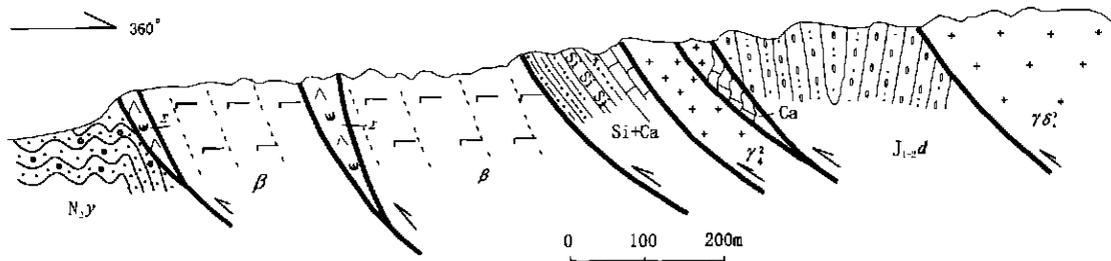


图2 茫崖蛇绿构造混杂岩剖面结构略图

Fig. 2 The geological section sketch map of ophiolite tectonic mixite in Mangnai

N_{2y} . 上新世沙山组紫红色砾岩、砂砾岩; J_{1-d} . 早中侏罗世大煤沟组灰、深灰色粉砂岩、泥岩、砾岩; Y_3 . 华里西期花岗岩长岩; Y_4 . 华里西期花岗岩; Σ . 超基性岩岩片; β . 基性火山岩岩片; Si. 硅质岩、泥质岩岩片; Ca. 碳酸盐岩片

象结构和致密块状结构; 岩石矿物成分主要为蛇纹石 ($50 \sim 80$) $\times 10^{-2}$ 、滑石 ($5 \sim 25$) $\times 10^{-2}$ 、菱镁矿 ($5 \sim 20$) $\times 10^{-2}$ 、透闪石 ($3 \sim 5$) $\times 10^{-2}$, 副矿物为铬尖晶石、磁铁矿等。透闪石集合体具辉石假象, 磁铁矿、菱镁矿、滑石集合体呈网环状、网格状、不规则状, 具有橄榄石的晶形特点, 据此恢复其原岩为纯橄榄岩和辉橄岩, 岩石发生强烈的次生蚀变作用, 形成超基性岩特有的蚀变岩石。

1.1.2 基性火山岩

主要为蚀变玄武岩, 岩石具显微鳞片状、纤柱状-不等粒变晶结构、变余斑状结构、基质变余填间结构, 变余杏仁构造、条纹状-块状构造。矿物成分几乎全由蚀变矿物次闪石和黝帘石组成, 副矿物为榍石、锆石、磷灰石等, 次闪石集合体具有辉石和角闪石假象, 黝帘石集合体显示斜长石的半自形板状晶形特征。受变形、变质作用影响, 杏仁体多呈椭圆状, 其间充填有放射状绿泥石、绿帘石、次闪石、方解石和蛋白石等。

1.1.3 蚀变辉长辉绿岩和堆晶辉长岩

岩石具变余辉长辉绿结构, 块状构造, 矿物成分为斜长石 ($60 \sim 55$) $\times 10^{-2}$ 、阳起石 ($30 \sim 35$) $\times 10^{-2}$ 、角闪石 ($5 \sim 10$) $\times 10^{-2}$, 副矿物为榍石、磁铁矿、钛铁矿、磷灰石等。另外在约马克其一带, 零星分布有堆晶辉长岩(?), 岩石具细粒辉长结构, 条带状-块状构造, 矿物成分为斜长石、辉石, 斜长石几乎全部钠黝帘石化, 但仍保留了斜长石的板柱状假象; 辉石全部阳起石化和绿泥石化, 其矿物集合体呈辉石的短柱状假象。显微镜下此岩石发育黑白相间的似层状构造, 浅色层矿物以长石为主, 暗色层以辉石为主。

1.2 蛇绿岩上覆岩系

1.2.1 硅质岩

岩石为烟灰色, 具隐晶质结构 (粒径 < 0.01mm), 块状构造, 矿物主要成分为玉髓 > 90 $\times 10^{-2}$, 次有微量的方解石 (脉体)。

1.2.2 变质细粉砂岩

岩石具变余粉砂状-砂状结构, 块状构造, 岩石由碎屑和填隙物组成, 碎屑物主要为石英、长石、云母及少量的岩屑, 岩屑类型复杂 (千枚岩、硅质岩、泥质岩、火山岩等); 填隙物以铁白云石和泥质为主; 长石包括斜长石和钾长石, 以前者为主, 且已发生绢云母化, 填隙物中的泥质重结晶成绢云母, 此岩石碎屑物分选性好, 碎屑物多呈次圆状或圆状, 原岩为细粒长石石英砂岩, 发生绿片岩相变质作用。

1.2.3 绿泥绢云千枚岩

岩石具显微鳞片粒状变晶结构, 变余粉砂泥质结构, 千枚状构造, 矿物成分主要为绢云母 ($30 \sim 35$) $\times 10^{-2}$ 、绿泥石 ($25 \sim 30$) $\times 10^{-2}$ 、铁白云石 ($10 \sim 15$) $\times 10^{-2}$ 、石英 ($10 \sim 15$) $\times 10^{-2}$ 和少量钠长石, 原岩为含粉砂白云泥质岩, 发生绿片岩相变质作用。

1.2.4 凝灰岩 (包括安山质晶屑凝灰岩、英安质晶屑凝灰岩和碳酸盐质球粒状凝灰岩)

(1) 安山质晶屑凝灰岩: 岩石具变余凝灰结构, 块状构造, 岩石由碎屑和基质两部分构成, 碎屑物主要为中酸性斜长石, 次为角闪石 (已全部绿泥石化) 和安山岩岩屑, X-衍射粉末分析岩石矿物成分主要为绿泥石 28×10^{-2} 、石英 36×10^{-2} 、钠长石 22×10^{-2} , 次有微量的伊利石、蒙脱石; 碎屑物多呈棱角状、阶

梯状, 少量长石晶屑为自形晶, 个别碎屑有磨圆(为混入的沉积碎屑); 基质粒径小于 0.01 mm, 以绿泥石、帘石为主, 少量的绢云母。

(2) 英安质晶屑凝灰岩: 岩石呈紫红色, 具变余凝灰结构, 块状构造, 粒级 0.3~0.005 mm, 碎屑占全岩的 55×10^{-2} , 其余为粒度小于 0.005 mm 的火山灰, X-衍射粉末分析, 其矿物成分为绿泥石 28×10^{-2} 、石英 32×10^{-2} 、钠长石 16×10^{-2} , 次有少量的蒙脱石、方解石、白云石和白云母等。

(3) 碳酸盐质球粒状沉凝灰岩: 岩石呈黑灰—黑绿色, 泥质结构, 球粒状构造, 球粒约 $(50 \sim 60) \times 10^{-2}$ 、凝灰质 $(40 \sim 60) \times 10^{-2}$; 岩石由隐晶质泥晶方解石和凝灰质组成, 矿物成分主要为方解石、绿泥石、石英和钠长石。

1.2.5 碳酸盐岩

现多已变为构造岩——碳酸盐岩质糜棱岩, 岩石具糜棱结构、碎裂结构, 条纹状构造, 矿物成分主要为方解石, 残斑含量 $< 10 \times 10^{-2}$, 残斑呈小眼球状, 其与细粒化静态重结晶的方解石之间为缝合线接触, 岩石中的炭铁质条纹绕残斑分布。

如上所述, 蛇绿岩上覆岩系主要以细碎屑岩(复理石沉积)为主, 并与硅质岩共生, 反映了深海沉积特征。

1.3 元古代外来岩块

1.3.1 片岩块体

分布于红石崖泉一带, 主要为绿泥石英片岩和黑云母片岩。绿泥石英片岩呈灰色, 鳞片粒状变晶结构 $(0.08 \sim 0.8 \text{ mm})$, 片状构造; 石英含量 $(50 \sim 65) \times 10^{-2}$ 、绿泥石 $(15 \sim 25) \times 10^{-2}$ 、斜长石 $(5 \sim 10) \times 10^{-2}$ 和方解石 $(5 \sim 7) \times 10^{-2}$ 。黑云母片岩呈深棕灰色, 显微鳞片-粒状变晶结构、斑状变晶结构 $(0.05 \sim 0.3 \text{ mm})$, 片状构造; 石英含量 $(30 \sim 50) \times 10^{-2}$ 、黑云母 $(25 \sim 40) \times 10^{-2}$ 、斜长石 $(5 \sim 10) \times 10^{-2}$ 、矽线石和红柱石 $(10 \sim 15) \times 10^{-2}$ 和铁铝榴石 $5 \times 10^{-2} \pm$ 。

1.3.2 黑云斜长片麻岩块体

分布于红石崖泉和嘎斯煤田一带, 呈浅褐灰—浅棕灰色, 显微鳞片-粒状变晶结构、穿孔交代结构、显微蠕虫交代结构 $(0.2 \sim 1.5 \text{ mm})$, 片麻状构造; 斜长石含量 $(35 \sim 45) \times 10^{-2}$ 、石英 $(20 \sim 30) \times 10^{-2}$ 、黑云母 $(15 \sim 25) \times 10^{-2}$ 、钾长石 $10 \times 10^{-2} \pm$ 和绿帘石 $10 \times 10^{-2} \pm$ 。

2 蛇绿构造混杂岩岩石地球化学特征

2.1 常量元素

蛇绿构造混杂岩主要岩石类型常量元素含量如表1。其中, 超基性岩岩石化学成分变化不大, SiO_2 含量为 $(37.31 \sim 40.74) \times 10^{-2}$, MgO 含量较高为 $(35.86 \sim 38.44) \times 10^{-2}$, $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ 为 $(7.01 \sim 8.21) \times 10^{-2}$, $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 为 $(0.83 \sim 2.00) \times 10^{-2}$, TiO_2 为 $(0.01 \sim 0.04) \times 10^{-2}$, Al_2O_3 为 $(0.79 \sim 4.82) \times 10^{-2}$, $\text{MgO}/(\text{FeO} + \text{MgO})$ 为 0.9, M/F 为 8.2~10.4, 为镁质超基性岩, 岩石化学资料与蛇绿岩套中的变质橄榄岩相似^[9], 它是地幔部分熔融后残余的物质。

基性火山岩中 SiO_2 含量为 $(43.86 \sim 51.28) \times 10^{-2}$, TiO_2 含量为 $(0.69 \sim 2.48) \times 10^{-2}$, Al_2O_3 为 $(11.43 \sim 14.72) \times 10^{-2}$, Fe_2O_3 为 $(2.02 \sim 6.73) \times 10^{-2}$, FeO 为 $(5.75 \sim 10.15) \times 10^{-2}$, MnO 为 $(0.17 \sim 0.38) \times 10^{-2}$, MgO 为 $(3.56 \sim 8.25) \times 10^{-2}$, CaO 为 $(8.65 \sim 14.06) \times 10^{-2}$, K_2O 为 $(0.05 \sim 0.59) \times 10^{-2}$, Na_2O 为 $(1.10 \sim 3.62) \times 10^{-2}$, 所有样品的 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$, 在 $\text{SiO}_2 - (\text{FeO}/\text{MgO})$ 、 $\text{FeO} - (\text{FeO}/\text{MgO})$ 图解中 (Coleman, 1977), 所有样品落入拉斑玄武岩区域, 与标准的大洋中脊玄武岩相比, 研究区玄武岩中 Al_2O_3 、 CaO 含量偏低, K_2O 含量较高 (标准的 Al_2O_3 为 17.04×10^{-2} 、 K_2O 为 0.16×10^{-2} , Hughes, 1982); 与岛弧拉斑玄武岩相比, SiO_2 、 K_2O 含量偏低; 与洋岛玄武岩相比, K_2O 、 TiO_2 含量偏低 (表2), 但其总体特征与洋脊拉斑玄武岩相类似^[10-12]。

2.2 稀土元素

蛇绿构造混杂岩主要岩石类型稀土元素组成及特征参数如表3。其中, 超基性岩稀土总量较低, 为 $(3.77 \sim 25.88) \times 10^{-6}$, 轻、重稀土比值为 1.16~9.95, $\delta\text{Eu} = 0.01 \sim 0.93$, 多数样品的稀土配分模式呈略向右倾的“U”型分布模式 (图3A), 轻重稀土分馏作用不明显, 具不太明显的 Eu 负异常, 显示轻稀土有一程度的富集, 个别样品稀土配分曲线呈“N”型, 显示轻稀土亏损, 反映地幔物质不均一性。

总体来看, 超基性岩稀土配分型式与希腊蛇绿岩共生的超镁铁岩相似 (Frey, 1984), 反映了亚固相重结晶作用的地幔历史。

表1 阿尔金山中段蛇绿混杂岩各岩片岩石化学分析结果

Tab. 1 The lithochemistry analytical data of ophiolite mixtite microlithons in the middle of Altgn Tagh

样 品	氧化物含量 ($\times 10^{-2}$)														Σ
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	P ₂ O ₅	NiO	LOI	
1144 (1)	51.28	0.69	12.57	3.02	5.75	0.17	6.67	8.65	2.20	0.46	/	0.11	/	7.98	99.55
1154 (1)	47.53	2.00	14.58	3.27	7.95	0.25	6.22	10.22	3.62	0.11	/	0.23	/	3.29	99.30
6314 (4)	50.49	1.10	14.72	2.02	7.95	0.22	7.18	9.28	3.62	0.50	/	0.16	/	2.17	99.42
1159 (1)	44.94	1.08	14.63	2.82	6.05	0.20	7.58	9.44	3.52	0.59	/	0.09	/	8.60	99.54
1170 (1)	49.05	0.99	12.75	3.66	7.90	0.19	7.55	9.79	2.15	0.41	/	0.05	/	5.83	99.48
1144 (2)	39.74	0.01	0.98	5.26	2.95	0.05	35.86	0.68	0.06	0.08	0.10	0.34	0.25	14.05	100.41
1154 (3)	40.62	0.03	1.05	4.22	3.15	0.08	36.93	0.60	0.06	0.08	0.01	0.37	0.27	13.11	100.58
6318 (2)	38.68	0.00	0.67	4.96	2.05	0.10	38.44	0.83	0.06	0.08	0.17	0.38	0.27	13.81	100.50
6314 (2)	37.31	0.02	4.82	3.71	3.50	0.10	35.91	1.06	0.06	0.05	0.08	0.18	0.29	13.09	100.23
6328 (2)	40.43	0.04	0.79	4.15	3.30	0.08	38.06	0.76	0.06	0.05	0.06	0.32	0.24	11.92	100.26
3191 (1)	40.74	0.03	1.05	3.82	3.50	0.08	37.69	0.53	0.06	0.08	0.12	0.31	0.24	11.98	100.23
6310 (3)	39.93	0.01	0.91	4.32	3.80	0.06	36.66	1.51	0.04	0.08	0.09	0.32	0.25	12.14	100.12
6328 (1)	43.86	2.48	11.43	6.73	10.15	0.38	8.25	9.28	1.10	0.05	/	0.29	/	5.85	99.85
洋脊玄武#	49.3	1.49	17.04	1.99	6.82	0.17	7.19	11.7	2.73	0.16	/	0.16	/	/	99.00

样 品	特 征 参 数							
	δ_{25}	τ	K ₂ O+ Na ₂ O	K ₂ O/Na ₂ O	F	MF	A. R	SI
1144 (1)	0.27	15.03	2.66	0.21	0.53	56.80	1.29	36.85
1154 (1)	0.62	5.48	3.73	0.03	0.41	64.34	1.35	29.38
6314 (4)	0.67	10.09	4.12	0.14	0.25	58.13	1.41	33.76
1159 (1)	0.85	10.29	4.11	0.17	0.47	53.92	1.41	36.87
1170 (1)	0.27	10.71	2.56	0.19	0.46	60.49	1.26	34.84
1144 (2)	0.00	92.00	0.14	1.33	1.78	18.63	1.18	81.11
1154 (3)	0.00	33.00	0.14	1.33	1.34	16.64	1.19	83.10
6318 (2)	0.00	61.00	0.14	1.33	2.42	15.42	1.21	84.32
6314 (2)	0.00	238.00	0.11	0.83	1.06	16.72	1.04	83.07
6328 (2)	0.00	18.25	0.11	0.83	1.26	16.37	1.15	83.43
3191 (1)	0.00	33.00	0.14	1.33	1.09	16.26	1.01	83.48
6310 (3)	0.00	87.00	0.12	2.00	1.14	18.13	1.10	81.65
6328 (1)	0.07	4.17	1.15	0.05	0.66	67.17	1.12	31.39

注：—玄武岩；—超基性岩；—辉长辉绿岩； δ_{25} —里特曼修正指数； τ —戈梯尼指数；F—氧化系数；MF—铁镁指数；A. R—碱度指数；SI—固结指数；#—洋脊玄武岩标准值 (Hughes, 1982)；样品测试单位：西安地质矿产研究所测试中心。

表2 测区拉斑玄武岩与不同构造背景玄武岩成分比较

Tab. 2 Comparison of tholeiite in survey area and basalt of different tectonic settings

主要氧化物 ($\times 10^{-2}$)	岛弧拉斑玄武岩	洋脊拉斑玄武岩	洋岛拉斑玄武岩	测区玄武岩
FeO/MgO	1~7	0.8~2.1	0.5~2.5	0.86~1.28
SiO ₂	46~76	47~51	45~65	45~51
(FeO)	6~16	6~14	8~16	8~10
Na ₂ O	1.1~3.6	1.7~3.3	0.7~4.5	1.1~3.6
K ₂ O	0.1~2.0	0.07~0.40	0.06~2.0	0.1~0.59
TiO ₂	0.3~2.0	0.7~2.3	0.2~5.0	0.7~2.0

注：据都城秋穗，1975。

玄武岩稀土元素总量变化范围较大, $\Sigma\text{REE} = (29 \sim 144) \times 10^{-6}$, $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y} = 0.9 \sim 18$, $\delta\text{Eu} = 0.85 \sim 1.16$, $\delta\text{Ce} = 0.77 \sim 0.91$, $(\text{La}/\text{Yb})_N = 1.65 \sim 5.02$, $(\text{La}/\text{Sm})_N = 1.4 \sim 3.23$, $(\text{Gd}/\text{Yb})_N = 0.99 \sim 1.49$; 稀土元素配分型式略向右倾 (图 3B) 或近于平坦型, 显示轻稀土略富集, 轻、重稀

土分馏作用不明显, 无 Eu 负异常, 其稀土元素配分型式与洋内岛弧拉斑玄武岩 (OIB) 十分相似, 不同于 N-型洋中脊玄武岩 (N-MORB), 反映其源岩可能来自于亏损的地幔, 但由于消减带水的加入使亏损地幔物质再次发生部分熔融, 使之富集 LREE。

表 3 蛇绿混杂岩各岩片稀土元素含量一览表

Tab. 3 The contents of rare earth elements (REE) of ophiolite mixtite microlithons

样 品	稀 土 元 素 含 量 ($\times 10^{-6}$)														
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
1144 (1)	13.40	21.70	2.67	13.10	2.52	0.78	2.96	0.51	3.45	0.78	2.24	0.29	1.76	0.26	13.50
1154 (1)	14.10	27.20	5.01	20.90	5.40	2.02	6.82	1.36	9.37	1.78	5.86	0.69	4.38	0.57	38.50
6314 (4)	2.27	3.20	20.27	1.30	0.19	0.10	0.25	0.03	0.14	0.07	0.21	0.01	0.10	0.02	0.67
1159 (1)	5.66	11.40	1.52	9.35	2.46	1.13	3.68	0.66	4.36	1.01	2.59	0.38	2.29	0.33	18.70
1170 (1)	13.00	21.80	3.63	13.70	3.21	0.97	3.81	0.68	5.40	1.00	3.38	0.48	3.09	0.44	24.00
1144 (2)	3.88	8.22	0.41	1.37	0.25	0.001	0.28	0.034	0.095	0.026	0.43	0.012	0.078	0.025	0.44
1154 (3)	2.11	3.34	0.14	1.02	0.36	0.059	0.066	0.011	0.25	0.052	0.084	0.012	0.21	0.040	1.43
6318 (2)	1.80	1.34	0.14	0.60	0.26	0.070	0.19	0.028	0.11	0.017	0.051	0.010	0.056	0.036	0.18
6314 (2)	0.18	0.82	0.14	1.18	0.23	0.031	0.26	0.017	0.11	0.017	0.051	0.016	0.12	0.033	0.56
6328 (2)	1.99	3.44	0.41	1.48	0.26	0.001	0.63	0.085	0.40	0.10	0.25	0.040	0.32	0.059	2.13
3191 (1)	3.38	6.64	0.62	2.53	0.58	0.14	1.10	0.17	1.08	0.37	0.80	0.13	0.78	0.12	7.44
6310 (3)	2.68	4.29	0.41	1.67	0.68	0.064	0.064	0.011	0.25	0.044	0.13	0.012	0.10	0.024	0.54
6328 (1)	1.99	3.44	0.41	1.48	0.26	0.001	0.63	0.09	0.40	0.10	0.25	0.04	0.32	0.06	2.13
样 品	特 征 参 数														
	ΣREE	ΣCe	ΣY	$\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$	δEu	δCe	$(\text{La}/\text{Yb})_N$	$(\text{La}/\text{Sm})_N$	$(\text{Gd}/\text{Yb})_N$						
1144 (1)	77.68	54.17	23.51	2.30	0.88	0.81	5.02	3.23	1.35						
1154 (1)	143.96	74.63	69.33	1.08	1.03	0.76	2.12	1.59	1.24						
6314 (4)	28.83	27.33	1.50	18.22	0.91	0.91	3.01	2.31	1.49						
1159 (1)	65.52	31.52	34.00	0.93	1.16	0.90	1.63	1.40	1.28						
1170 (1)	98.59	56.31	42.28	1.33	0.85	0.73	2.77	2.46	0.99						
1144 (2)	15.55	14.13	1.42	9.95	0.01	1.27	33.23	9.45	2.90						
1154 (3)	9.18	7.03	2.15	3.27	0.76	1.04	6.64	3.55	0.25						
6318 (2)	4.89	4.21	0.68	6.19	0.93	0.47	21.64	4.21	2.77						
6314 (2)	3.77	2.58	1.19	2.17	0.39	1.13	1.00	0.48	1.75						
6328 (2)	11.59	7.58	4.01	1.89	0.01	0.86	4.08	4.65	1.57						
3191 (1)	25.88	13.89	11.99	1.16	0.53	1.01	2.86	3.55	1.13						
6310 (3)	10.97	9.79	1.18	8.29	0.47	0.87	17.73	2.40	0.53						
6328 (1)	11.60	7.581	4.02	1.89	0.96	0.77	1.09	1.00	1.12						

注: - 玄武岩岩片; - 超基性岩; - 辉长辉绿岩; ΣREE - 稀土总量; $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ - 轻重稀土比值; δEu - Eu 异常程度参数; δCe - 表示 Ce 异常程度; $(\text{La}/\text{Yb})_N$ - 稀土元素标准化曲线斜率; $(\text{La}/\text{Sm})_N$ - 轻稀土之间分馏程度; $(\text{Gd}/\text{Yb})_N$ - 重稀土之间分馏程度; 样品测试单位: 宜昌地质矿产研究所测试中心。

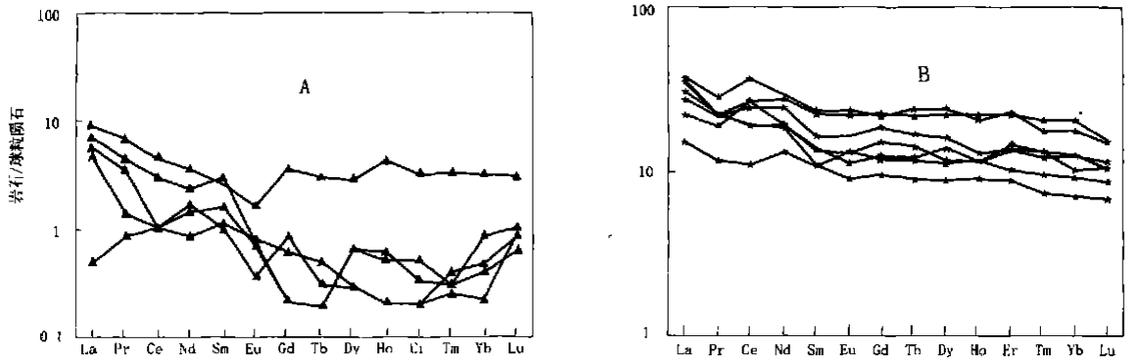


图3 清水泉—茫崖蛇绿混杂岩岩片稀土元素配分模式(球粒陨石标准化值据里德常数)

Fig.3 The geological section sketch map of ophiolite tectonic mixtite from Qingshuiquan to Mangnai

A. 超基性岩岩片; B. 玄武岩岩片

2.3 微量元素

蛇绿混杂岩各岩片微量元素含量如表4。超镁铁岩微量元素含量与原始地幔岩相比,多数元素明显富集,少数元素如 Nb、Ti、V 贫化;玄武岩微量元素含量与标准的洋中脊玄武岩相比较,多数元素富集,仅有少数元素(Cr、Ni)贫化,与不同构造环境火山岩的大离子亲石元素丰度值比较,研究区玄武岩的含量接近于洋岛玄武岩。

玄武岩微量元素在 MORB(洋中脊玄武岩) 标准化的蛛网图上(图4),其曲线型式与洋脊玄武岩中过渡型玄武岩极为相似,明显不同于洋中脊拉斑玄武岩和洋中脊碱性玄武岩,表现最不相容元素(K、Rb、Ba、Ta、Nb) 较之中等不相容元素(Ce、P、Zr、Sm) 更加富集,另外,多数样品的 Ti、Yb、Y 元素丰度值低于 MORB 标准值,从 Zr—Yb 总体呈现逐渐降低的趋势。

表4 蛇绿构造混杂岩各岩片微量元素含量一览表

Tab.4 The content of trace elements in ophiolite mixtite microlithons

样品	微量元素含量 ($\times 10^{-6}$)										
	Ba	Sr	Cr	Ni	Co	Zr	V	Be	Nb	Ta	Sc
1144 (1)	90	300	200	90	56	90	520	125	14.8	0.96	68
1154 (1)	115	276	170	90	46.5	103	240	2.5	14.5	1.45	41
6314 (4)	340	135	165	72	48	60	225	2.3	14.2	0.92	34
1159 (1)	70	125	250	97	46.5	54	158	2	13	1.05	40
1170 (1)	90	300	200	90	56	90	520	1.6	14.8	1.15	68
标准洋中脊 [#]	20	120	250	90	/	90	/	/	3.5	0.18	40
1144 (2)	25	30	> 500	> 1 000	160	10	30	1.9	9.2	0.62	7
1154 (3)	30	9	> 500	> 1 000	155	9	30	1.4	8	0.78	6.2
6318 (2)	34	20	> 500	> 1 000	82	11	24	3.6	10.5	0.74	8.6
6314 (2)	37	10	> 500	> 1 000	190	9	20	2	8.4	0.90	5.2
6328 (2)	27	27	> 500	> 1 000	135	14	32	7	13	0.68	7.4
3191 (1)	35	10	> 500	> 1 000	140	32	28	1.2	9	1.00	4.4
6310 (3)	40	10	> 500	> 1 000	100	25	24	3.8	34	1.05	8
原始地幔*	7.56	23	1 020	2 400	105	11	59	/	0.62	0.04	/

注: - 玄武岩岩片; - 超基性岩; # - Pearce (1982); * - Wood (1979) 和 Kay 等 (V、Cr、Co、Ni) (1978); 样品测试单位: 西安地质矿产研究所测试中心。

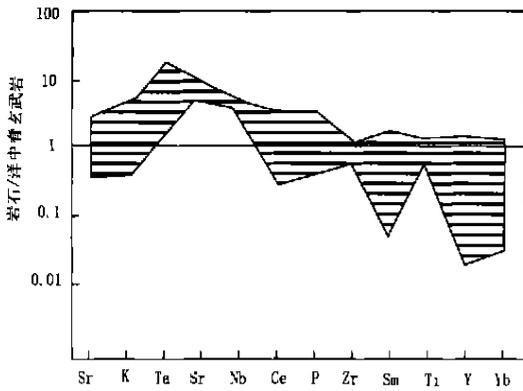


图 4 玄武岩微量元素洋脊玄武岩标准化分配型式

Fig. 4 Oceanic ridge basalt-normalized trace elements patterns for basalt

3 蛇绿岩形成时代讨论

关于清水泉—茫崖蛇绿构造混杂岩的形成时代, 刘良等人^[2]在青海茫崖石棉矿一带作过详细的研究工作, 在玄武岩中共采集了 8 件样品, 中国科学院地质研究所同位素室对其 Sm-Nd 含量进行了测定, 8 件样品构成相关性较好的直线, 计算得到 Sm-Nd 等时线年龄为 481.3 ± 53 Ma, 这一等时线年龄可能代表了该蛇绿岩的形成年龄; 另外, 在阿尔金山北坡的红柳沟—拉配泉一带亦发育有蛇绿构造混杂岩, 前人从基性杂岩之辉长岩中获得 474.9 ± 1.7 Ma 的单颗粒锆石 U-Pb 测年结果, 据此认为早古生代时阿尔金山南、北两侧曾出现过规模不等的洋盆。

4 蛇绿岩形成构造环境分析

近年研究表明, 大陆造山带中的蛇绿岩在其组成、类型及形成环境上具有多样性, 虽然代表着古洋壳, 但并非正常的洋壳, 并且没有完整的层序, 多数蛇绿岩以蛇绿构造混杂岩形式产出(张旗, 1994)。研究区蛇绿构造混杂岩之玄武岩岩石化学特征虽类似于洋脊拉斑玄武岩, 但微量元素和稀土元素特征与洋内岛弧拉斑玄武岩相似^[13], 反映其形成构造环境较为复杂, 在不同构造环境玄武岩的 TiO_2 -Zr 图解(图 5)、 (Zr/Y) -Zr 图解(图 6)、 $\text{Ti}-\text{Cr}$ 和 $\text{V}-\text{Ti}$ 图解、 $(\text{TFeO}/\text{MgO})-\text{TiO}_2$ 图解中(图 7), 几乎所有样品落入洋脊玄武岩区域, 个别样品

则落入洋岛玄武岩区, 而在 $\text{TFeO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ 图解中(图 8), 多数样品落入洋脊玄武岩与洋岛玄武岩的过渡区域, 在 $(\text{Ti}/\text{Cr})-\text{Ni}$ 图解中, 多数样品落入洋脊玄武岩与岛弧玄武岩过渡区域; 在玄武岩 Nb-Zr、Y-Zr 图解中, 多数样品落入过渡型地幔或过渡型地幔与亏损型地幔过渡区域。

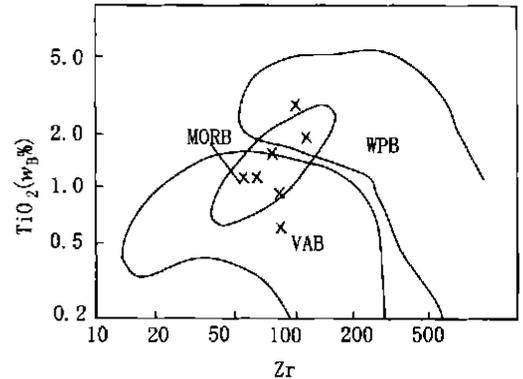


图 5 不同构造环境玄武岩的 TiO_2 -Zr 图解

Fig. 5 TiO_2 -Zr diagram of basalt in different tectonic settings (据 Pearce, 1992)

VAB. 火山弧玄武岩; MORB. 洋脊玄武岩; WPB. 板内玄武岩

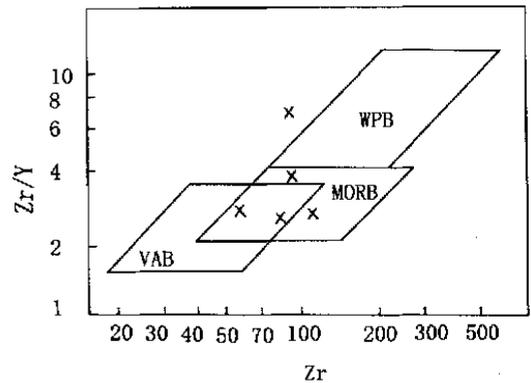


图 6 玄武岩 $\text{Zr}/(\text{Y}-\text{Zr})$ 图解

Fig. 6 $\text{Zr}/(\text{Y}-\text{Zr})$ diagram of basalt (据 Pearce, 1992)

VAB. 火山弧玄武岩; MORB. 洋脊玄武岩; WPB. 板内玄武岩

上述资料证明, 研究区蛇绿岩形成构造环境较为复杂, 既有洋岛环境, 又有洋脊过渡环境。蛇绿岩所代表的洋壳是非正常大洋岩石圈残片, 为洋内岛弧或洋脊过渡构造环境的产物, 洋岛玄武岩和洋

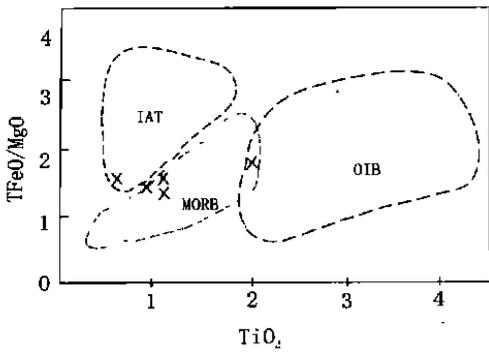


图7 (TFeO/MgO) -TiO₂ 图解

Fig. 7 (TFeO/MgO) -TiO₂ diagram
(据 Glassiey, 1997)

IAT. 岛弧拉斑玄武岩; MORB. 洋脊玄武岩;
OIB. 洋岛玄武岩

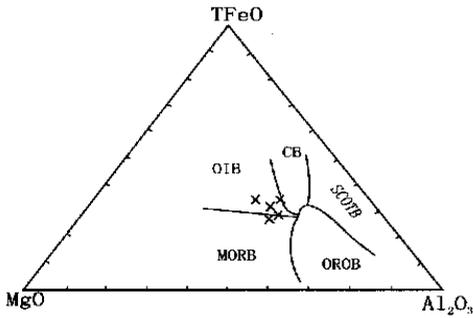


图8 TFeO-MgO-Al₂O₃ 图解

Fig. 8 TFeO-MgO-Al₂O₃ diagram
(据 Pearce, 1977)

MORB. 洋脊玄武岩; OIB. 洋岛玄武岩; CB. 大陆玄武岩;
OROB. 造山玄武岩 (岛弧或活动陆缘);
SCOTB-扩张中心洋玄武岩

脊过渡玄武岩的存在暗示该地区古生代已有洋盆存在, 推测其形成与消减带之上的地幔楔发生地幔对流导致新洋壳形成有关, 物质源于相对亏损的软流圈地幔, 同时受富集地幔的影响。

5 蛇绿构造混杂岩带大地构造意义及演化历史

阿尔金山地区南、北两条蛇绿构造混杂岩带的出露, 标志着该地区在加里东早期已出现板块机制, 此时以拉张作用为主, 由于在不同地区拉张强度的差异出现不同结果, 研究区南祁漫塔格一带形成裂

陷槽, 发育裂谷型火山岩和火山碎屑岩沉积; 研究区则出现初始小洋盆构造环境, 可能未形成成熟大洋; 加里东晚期随着柴达木地块、阿中地块和塔里木地块之间会聚, 南阿尔金洋壳向阿中地块之下俯冲消减, 同时在阿中地块南缘岩浆弧上发育大量的加里东期碰撞型花岗岩。

清水泉—茫崖蛇绿构造混杂岩带在其演化历程中经历了多期多阶段变形变质作用改造, 依据构造混杂带内各岩片相互叠置关系、构造岩岩性特征及变质矿物交代关系等, 初步将其变形变质作用厘定为早、晚二期。

早期 (加里东晚期) 伴随大规模的板块俯冲消减作用, 岩石发生韧性变形, 构造岩为各类糜棱岩和糜棱岩化岩石, 构造面理发育, 露头尺度可见由同构造分泌方解石石英脉等形成的无根勾状剪切褶皱、“多米诺骨牌式”构造 (红柳泉西北), 超镁铁岩中发育旋转碎斑构造等。糜棱岩特征和构造样式反映其变形、变质层次较深; 剪切褶皱倒向、糜棱岩旋转碎斑指向等反映向北俯冲, 并兼有左行走滑。

晚期 (燕山—喜山期) 受阿尔金山南缘大规模逆冲-走滑作用的影响, 糜棱岩和糜棱岩化岩石再次发生脆性变形, 裂隙发育, 其中充填了晚期的方解石脉、石英脉; 大量加里东—华里西期花岗岩、侏罗纪和新近纪陆相碎屑沉积物等被构造卷入, 构造岩和构造形迹反映其变形、变质层次较浅, 为地壳浅表层, 其逆冲方向由北向南, 先右行走滑后左行走滑。

参考文献:

- [1] 陈宣华, 王小凤, 等. 阿尔金山北缘早古生代岩浆活动的构造环境 [J]. 地质力学学报, 2001, 7(3): 193-200.
- [2] 刘良, 等. 阿尔金茫崖地区早古生代蛇绿岩的 Sm-Nd 等时线年龄证据 [J]. 科学通报, 1998, 43(8): 880-883.
- [3] 催军文, 唐哲民, 邓晋福, 等. 阿尔金断裂系 [M]. 北京, 地质出版社, 1999.
- [4] 于海峰, 等. “阿尔金山岩群”的组成及其构造意义 [J]. 地质通报, 2002, 21(12): 834-840.
- [5] 刘良, 等. 阿尔金山西段榴辉岩的确定及其地质意义 [J]. 科学通报, 1996, 41(16): 39-41.

- [6] 张建新, 等. 阿尔金山西段榴辉岩的 S_{m-Nd} 及 $U-Pb$ 年龄 [J]. 科学通报, 1999, 44 (3): 1109-1112.
- [7] 校培喜, 等. 阿尔金山中段高压-超高压 (含菱镁矿) 石榴子石二辉橄榄岩的发现及其地质意义 [J]. 西北地质, 2001, 34 (4): 67-74.
- [8] 刘良, 等. 阿尔金发现超高压 (> 3.8GPa) 石榴二辉橄榄岩 [J]. 科学通报, 2002, 47 (9): 657-662.
- [9] 董显扬, 等. 中国超镁铁岩 [M]. 北京: 地质出版社, 1995.
- [10] 李春昱, 等. 板块构造基本问题 [M]. 北京: 地震出版社, 1986.
- [11] 李昌年, 等. 火成岩微量元素岩石学 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991.
- [12] 刘肇昌. 板块构造学 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1985.
- [13] 张旗, 等. 中国蛇绿岩 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.

The geological features of ophiolite tectonic mixtite belt from Qingshuiquan to Mangnai in the middle section of Altgn Tagh

XIAO Pei-xi

(*Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, China*)

Abstract: The ophiolite tectonic mixtite belt from Qingshuiquan to Mangnai, appearing strike "green belt", distributed on the south slope of Altgn Tagh. And it is composed of ophiolite, overlying rock series with ocean deep-sea deposit characteristics and exotic block, which are tectonic lens now. The lithochemistry data testify that basalt in ophiolite is similar to ocean inner arc tholeiite. Results of isotopic age prove that this ophiolite was formed in the Early Paleozoic and originated from depletion flowagesphere mantle and the enrichment mental matter joined at the same time. They imply survey area is ever a small ocean basin.

Key words: the middle section of Altgn Tagh; ophiolite tectonic mixtite belt; Qingshuiquan; Mangnai; Ocean inner island arc tectonic environment