第11卷 增刊　　岩 石 学 报　　Vol. 11, Suppl.
1995年5月　　ACTA PETROLOGICA SINICA　　May, 1995

新疆东准噶尔蛇绿岩的基本特征和侵位历史*

Main Characteristics and Emplacement Processes of the East Junggar Ophiolites, Xinjiang, China

李锦轶
Li Jinyi
(中国地质科学院地质研究所　北京　100037)
(*Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing* 100037)

摘　要　新疆东准噶尔发育两条蛇绿岩带：中部呈北西向展布的扎河坝-北塔山岩带和南部呈北西西走向的卡拉麦里-莫钦乌拉岩带。前者是早古生代洋盆的遗迹；后者推测是泥盆纪洋盆岩石圈残片。构成这两条岩带的岩石类型基本相同，包括不同程度变质的方辉橄榄岩、纯橄榄岩、二辉橄榄岩(这三种岩石现今均为蛇纹岩)、辉长岩、辉绿岩、玄武岩和细碧岩，伴生有含放射虫的碧玉岩等较深水沉积物。蛇绿岩的岩石学和岩石化学特征类似于现代洋壳。卡拉麦里山蛇绿岩的侵位过程可以分为俯冲、碰撞仰冲和陆内逆冲推覆等三个构造阶段。

Abstract　There exist two ophiolite belts in E. Junggar, Xinjiang, NW China: Zhaheba-Beitashan belt in the centre and Karamaili-Moqinwula belt in the south, NW- and NWW-extended, respectively. The former is unconformably covered by the Devonnian, and supposed as relics of the Early Paleozoic ocean on basis of microfossils in associated cherts and regional geology. The latter one is unconformably overlain by Visean sediments and believed to be fragments of the Devonian oceanic lithosphere in the light of their regional geology, petrology, and microfossils contained in the associated silliceous rocks. These two belts consist mainly of dismembered serpentinites, metagabbros, diabases and pillow basalts, whose features in petro-chemistry, metamorphism, and rock associations are similar to the present oceanic lithosphere. The emplacement of the Karamaili ophiolite is divided into three stages: subduction during the oceanic contraction, obduction in the process of oceanic closure and collision between continental blocks, and intracontinental overthrust.

关键词　东准噶尔　蛇绿岩　岩石学　侵位过程
Key Words: East Junggar; Paleozoic ophiolites; Oceanic lithosphere fragments; Emplacement of ophiolites

* 本文1993年12月15日收到；1995年3月25日改回
国家"七.五"新疆305攻关项目成果.
作者简介：李锦轶　男　1956年出生　副研究员　构造地质学专业

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.n

1 前 言

新疆东准噶尔山系位于准噶尔盆地东北缘，夹持在阿尔泰山脉和天山山脉之间，是横贯亚洲大陆的中亚古生代造山带（肖序常等 1991）的一部分。该山系中保存着两条蛇绿岩带，即东准噶尔中部的扎河坝-北塔山蛇绿岩带和南部的卡拉麦里-莫钦乌拉蛇绿岩带（图 1）

对作为东准噶尔蛇绿岩一部分的超基性岩的地质调查，始于本世纪六十年代的铬铁矿会战，当时的重点研究对象为蛇纹岩和其中的铬铁矿。七十年代的后期才认识到该区的超基性岩属于蛇绿岩，是古洋盆的遗迹（任纪舜等 1980）。稍后，李春昱等（1982）和蔡文俊（1986）指出，扎河坝-北塔山岩带是西伯利亚古板块南缘的中泥盆世俯冲带，卡拉麦里-莫钦乌拉岩带则为哈萨克斯坦古板块与西伯利亚古板块之间的石炭纪缝合带。

笔者在李春昱教授指导下于八十年代后期对东准噶尔山系进行了为期三年的地质调查和室内研究，取得了一些新资料和新认识（李锦轶等 1988；1989；1990；1991；李锦轶 1991a，b），得出结论为：扎河坝-北塔山岩带是早古生代洋盆的遗迹，卡拉麦里-莫钦乌拉岩带是泥盆纪洋盆的遗迹。由于笔者曾撰文简要论述了扎河坝-北塔山岩带的特征及构造意义（李锦铁 1991a），所以本文重点介绍卡拉麦里-莫钦乌拉岩带并探讨该带蛇绿岩的侵位过程。

2 卡拉麦里-莫钦乌拉蛇绿岩带

该蛇绿岩带呈北西西-南东东走向断续出露在卡拉麦里山、塔克扎勒山和莫钦乌拉山等地。在卡拉麦里山，如图 2 所示，岩带连续性好，蛇纹石化超镁铁岩呈负地形，而灰白色变质辉长岩、灰黑色辉绿岩、玄武岩以及红色及绿色的硅质岩等呈正地形。它们在地貌特征及色调等方面与岩带北侧灰黑色泥盆纪弧前沉积物以及沿该岩带出露的灰色石炭纪陆间残余海盆沉积物等呈鲜明对比。

2.1 岩石学特征

在卡拉麦里山，蛇绿岩带内的蛇纹岩、变质辉长岩、辉绿岩和玄武岩等以不同比例相伴产出，彼此之间多为断层接触，仅局部地区见辉绿岩岩墙穿切其它岩石，迄今尚未见到理想的蛇绿岩连续剖面。岩石的变形特征和变质程度，无论是不同岩石类型之间，或者同一种岩石在不同露头上差别都很明显。

2.1.1 蛇纹岩

蛇纹岩呈透镜状及不规则形状产出，其长轴与岩带走向一致，累计露头面积大于 80km^2。岩块边部常发育硅化、碳酸盐化的糜棱岩带或浅灰白色的片理化带。除个别岩块呈块状构造外，绝大部分蛇纹岩发育与区域构造线及岩带的走向一致的近直立密集破劈理。

蛇纹岩呈灰黑色，具网状结构。矿物成分主要是蛇纹石和绢石，次为呈星散状及团块状的铬尖晶石和磁铁矿。绢石呈斜方辉石假像，保存清晰的辉石解理，常见解理褶曲变形现象，沿解理缝或绢石周围，偶见残存少量单斜辉石。铬尖晶石局部聚集成直径数厘米的扁豆状集合体，其表面保存有明显的滑动擦痕。尽管没有见到原生的橄榄石和斜方辉石，但由变余结构和全岩

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n

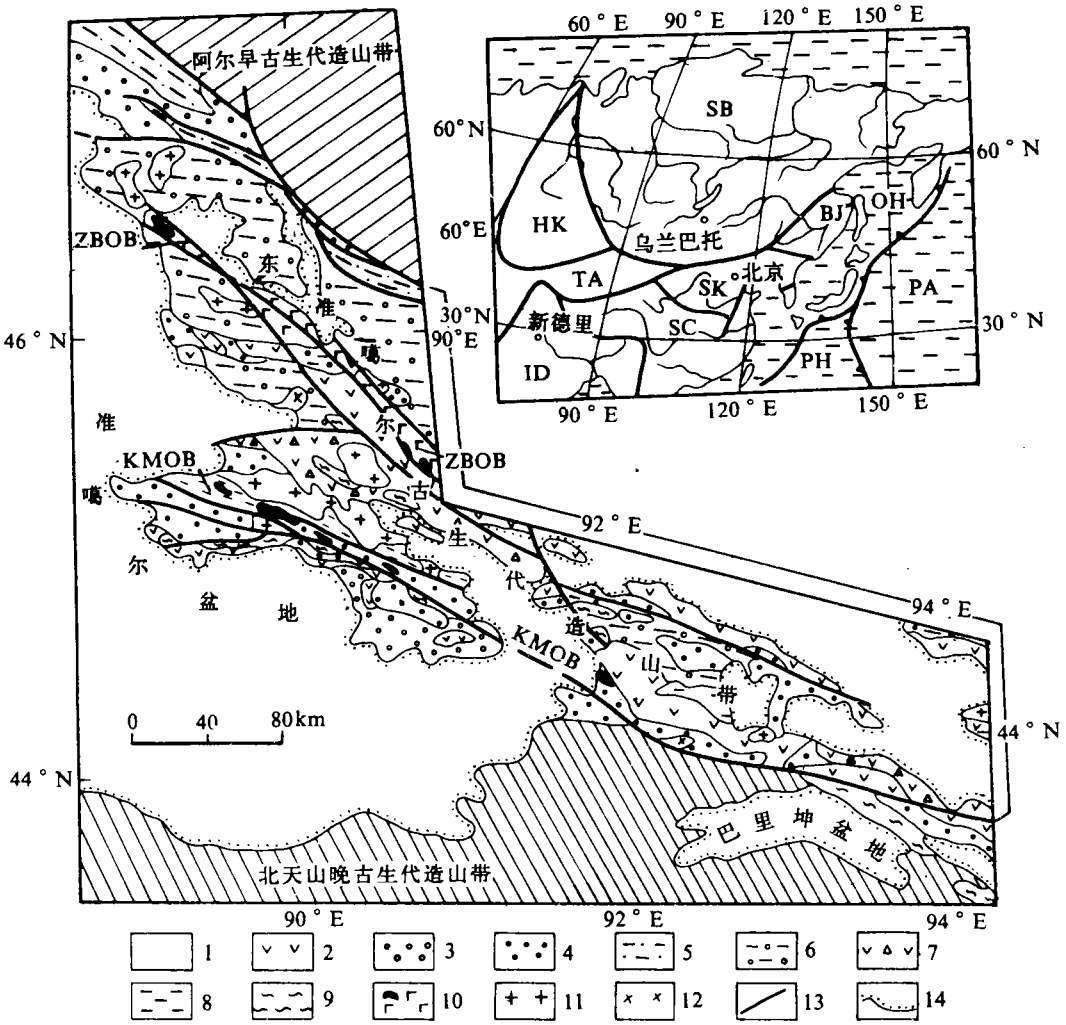


图 1　新疆东准噶尔山系地质构造简图

（根据 1:200 万新疆地质图及新获得的资料编制，右上插图示新疆东准噶尔山系的地理及大地构造位置）

1. 中生界和新生界陆相沉积物；2. C_2-P_1 板内陆相火山岩；3. C_1-P_1 陆表海沉积物；4. $C_2^1-C_2^2$ 陆间残余海盆沉积物；5. D_{1-2} 裂陷槽火山沉积岩系；6. $D-C_1$ 弧后及陆表海沉积岩系；7. D_{1-2} 火山弧岩系；8. D_2 弧前沉积岩系；9. 下古生界绿片岩系；10. 蛇绿岩：ZBOB 为扎河坝－北塔山蛇绿岩岩带，KMOB 为卡拉麦里-莫钦乌拉蛇绿岩岩带；11. 晚古生代花岗岩类；12. 早古生代花岗岩类；13. 主要断裂；14. 不整合地质界线

右上插图：PA. 太平洋；PH. 菲律宾海；OH. 鄂霍茨克海；SB. 西伯利亚古板块；BJ. 布列亚-佳木斯古板块；SK. 中朝古板块；TA. 塔里木古板块；HK. 哈萨克斯坦古板块；SC. 华南古板块；ID. 印度古板块。图中板块间实线为板块缝合带；带锯齿实线为现代俯冲带

Fig. 1　Schematic tectonic map of E. Junggar, Xinjiang, China. The small map inserted right-up shows the geographic and tectonic settings of the E. Junggar Mt.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.n

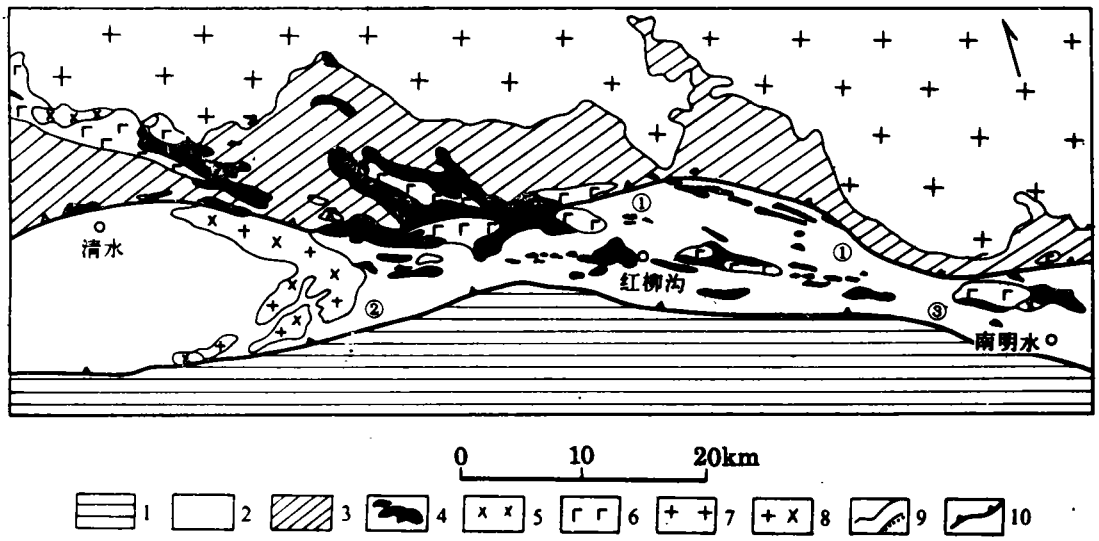


图 2 东准噶尔卡拉麦里山地区地质简图

1. 准噶尔地块北部被动陆缘 D—C_1 沉积岩系及上覆的 C_2—P_1 陆相火山岩和 P_1—J 陆相沉积物（未加以划分）；2. C_2^1—C_2^2 陆间残余海盆沉积物；3. 泥盆纪弧前沉积物；4～6. 蛇绿岩；4. 蛇纹岩；5. 辉长岩；6. 玄武岩和碧玉岩（含放射虫）；7. 晚石炭世花岗岩；8. 晚石炭世斜长花岗岩和石英闪长岩；9. 地质界线；10. 主要断裂：①清水-苏吉泉断裂；②卡拉麦里断裂

Fig. 2 Geological schematic map of the Karamaili Mts., E. Junggar, NW China

成分推测，原岩可能以方辉橄榄岩为主，次为二辉橄榄岩和纯橄榄岩。

2.1.2 变质辉长岩

变质辉长岩的岩石学特征沿蛇绿岩带走向差别较大。红柳沟至南明水一带，它们以灰白色为主，粒度较粗，条带状构造发育，矿物成分以辉石和斜长石为主，基本不含橄榄石。根据其变质作用特征可以分成两种类型。一种为易剥钙榴岩化辉长岩，其中多数可以不同程度保留有原生的普通辉石和钙质斜长石，个别变质较深的已不见原生岩浆矿物，当称之为易剥钙榴岩。另一种类型为斜长角闪片岩，矿物成分为偏酸性的斜长石和绿色角闪石，角闪石沿片理面不规则排列构成片理。相对说来，第一种类型的变质辉长岩在数量上多于第二种类型。类似的不均一变质作用已经在多处现代洋底采到的样品中见到，被认为是洋脊（底）水热变质作用的产物（Fox et. al. 1981）。

红柳沟以西清水地区的变质辉长岩颜色总体较深，为灰黑色，粒度较细。在清水 11 号以西的较大辉长岩块体内，自上而下可恢复为角闪辉长岩、辉长岩、橄榄辉长岩和含长橄榄辉石岩。变质程度为绿片岩相至低角闪岩相，而且极不均匀。含绿色角闪石的变质辉长岩数量很少，且明显渐变为基本未变质的岩石。在橄榄辉长岩和辉长岩中，发育数条糜棱岩化带，带内及附近围岩中可见铜镍矿化，个别样品铜的含量可达 0.4%。在清水 15 号地区出露的辉长岩基本没有变质。总体上看，清水地区辉长岩的动热变质程度低于红柳沟和南明水地区，但动力变质作用则相对强烈一些，使得除上述糜棱岩化带以外，还常见辉石晶体碎裂现象。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n

2.1.3 辉绿岩

辉绿岩露头相对较少，尚未发现完好的岩墙群。在红柳沟食宿站西南约 1.5km 处，出露有较大块体的强劈理化的辉绿岩，其矿物大小有一定的粗细变化规律，是否为岩墙群残片，有待进一步研究。在红柳沟食宿站以北约 2km 处，见辉绿岩岩墙侵入块状玄武岩，在约 50m 的露头剖面上，识别出有七条岩墙。在其它地段，辉绿岩均呈较小岩块产出。所有露头的辉绿岩都遭受了低绿片岩相变质作用，原生岩浆矿物成分和结构都已模糊不清，变质矿物以绿泥石、绿帘石和钠长石为主。

2.1.4 玄武岩

就露头面积而言，玄武岩数量最多，它们常与紫红色放射虫碧玉岩、泥质粉砂岩、灰绿色硅质粉砂岩及硅质岩类共生。根据结构构造、变质程度和产出状态，玄武岩可以划分出如下三种类型。第一种玄武岩具块状构造，变质程度较低，主要出露在红柳沟以北，在南明水以北的下石炭统底砾岩中有它们的砾石。第二种类型普遍具有枕状构造，在岩枕边部发育有气孔和杏仁构造；变质程度不均一，但总体不高于低绿片岩相。这类玄武岩分布较广，沿整个岩带都可以见到。第三种类型仅见于红柳沟以西地区，特征是变质程度相对较高，在岩枕的横断面上，气孔杏仁构造呈现出环带状分布，最发育者在一个岩枕横断面上可以分出四个气孔杏仁密集环带。

玄武岩多发育斑状结构，根据变余矿物成分及变余结构推测，斑晶由单斜辉石和斜长石构成。玄武岩中变质程度较高者可见变质矿物组合为绿帘石、绿泥石和钠长石，个别见有阳起石；变质程度较低者呈隐晶质结构，原生矿物和变质矿物已难以识别，镜下观察仅见模糊不清的污浊状。除在红柳沟及其以东个别露头见到玄武岩强劈理化，发育密集的与区域构造线走向一致的破劈理外，玄武岩的变形以碎裂为主。

2.1.5 其它岩石

在卡拉麦里山，蛇绿岩带还包括少量橄榄辉石岩和橄长岩。但因其数量较少，不再赘述。与蛇绿岩伴生的硅质岩类总体上变质不强。在变形方面，红柳沟一带的硅质岩遭受强烈劈理化，褶皱形态不清；南明水北东可见条带状硅质岩（条带为浅肉红色和白色相间，单个条带宽约 2～3cm）构成紧密而杂乱的褶曲，其形态明显不同于相邻的石炭系及蛇绿岩带北侧的泥盆系，推测可能为水下动力作用的产物。需要指出的是，该岩带中未见与蛇绿岩有关的斜长花岗岩。清水等地的斜长花岗岩和石英闪长岩岩体（见图 2）以前曾被认为是蛇绿岩的一部分（李锦轶等 1990），但最新研究表明，它们为石炭纪晚期构造热事件的产物，不属于蛇绿岩套（笔者将另文论述）。

2.2 岩石化学特征

2.2.1 分析方法

卡拉麦里山蛇绿岩带主要岩石类型的主要元素、稀土元素（REE）和部分微量元素分析结果列于表 1、2、3 和 4。其中主要元素是分别采用 XRF 方法在地质矿产部岩石矿物测试研究所和采用湿化学法在地质矿产部西安地质矿产研究所测试的；REE 和微量元素分析由地质矿产部岩石矿物测试研究所完成，其中蛇纹岩的稀土元素由摄谱法测定，其余样品的稀土元素用 ICP 法测定；所有样品的微量元素都是用 XRF 法测定的。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n

2.2.2 岩石化学特征

表 1 和表 2 列举的七个蛇纹岩样品，除 QE1-1 为二辉橄榄岩外，其余均为方辉橄榄岩。方辉橄榄岩贫 TiO_2 富 MgO，二辉橄榄岩除 TiO_2 含量略高外，以富 Al_2O_3 和 CaO 为特征。二辉橄榄岩的 M/F 比值(0.78)低于方辉橄榄岩(0.81～0.86)(表 1)，REE 丰度接近球粒陨石，为 LREE 富集型的。方辉橄榄岩稀土元素丰度低，除少数 LREE 轻微富集外，多数为 V 型的 REE 分布(图 3)，与洋底变质橄榄岩(Frey 1984)基本相同。

变质辉长岩的 Al_2O_3 和 MgO 变化大(表 1)，部分样品 Al_2O_3 高达 25%，MgO 高达 17.6%。Al_2O_3 高指示斜长石的堆晶作用，MgO 高则暗示橄榄石的明显增加，显示出橄长岩的特征。在 REE 方面，对应其岩石学特征，清水一带的辉长岩和其他地段的辉长岩有一定的差别，从表 2 和表 3 可以看出，清水一带的辉长岩 $(La/Yb)_N$ 比值大于 1，ΣREE 丰度较低；而其它地段的辉长岩 $(La/Yb)_N$ 小于 1，ΣREE 丰度较高。总体上看，变质辉长岩的 $(La/Sm)_N$ 比值都小于 1，REE 分布型式以 LREE 亏损和明显的正 Eu 异常为特征，与现代洋壳(Fox et al. 1981)及典型蛇绿岩的辉长岩(Coleman 1977)一致。

表 1 卡拉麦里山蛇纹岩和变质辉长岩的主要元素化学成分(Wt. %)

Table 1 Chemical composition of major elements of serpentinites and meta-gabbros from the Karamaili Mt.

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
样号	D11-2	D106	E22	E16	QE1-1	Q15-10	Q5	N8	E25	E30	E97	Q7	Q9	Q11
SiO_2	38.18	41.4	39.13	40.06	37.25	41.43	38.02	45.36	37.37	47.34	46.89	46.75	47.94	42.88
TiO_2	0	0	0.01	0.01	0.08	0	0	0.07	0.1	0.08	0.17	0.09	0.21	0.13
Al_2O_3	0.67	0.76	1.21	0.51	5.37	0.99	2.08	23.17	16.43	21.73	16.25	25.32	20.53	15.81
Cr_2O_3	0.26	0.38	0.36	0.3	0.5	0.26	0.83	0.07						
Fe_2O_3	5.73	4.53	5.48	5.11	6.82	4.27	6.58	1.01	1.45	0.74	0.88	0.59	0.86	1.14
FeO	2.3	1.4	2.62	2.18	3.02	2.8	2.68	1.6	7.13	2.55	4.89	1.69	3.46	4.09
MnO	0.08	0.1	0.1	0.1	0.14	0.06	0.11	0.06	0.31	0.16	0.28	0.06	0.11	0.11
MgO	38.52	33.54	37.18	38.28	31.88	38.16	37.37	6.91	17.58	5.42	12.15	5.16	4.92	14.2
NiO	0.22	0.23	0.22	0.21	0.16	0.21	0.24	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.19
CaO	0.13	4.11	0.05	0.08	5.38	0.03	0.1	13.73	10.82	15.61	10.99	17.03	15.95	16.22
Na_2O	0.29	0.3	0.22	0.19	0.32	0.3	0.29	2.14	0.2	2.02	2	1.18	1.9	0.48
K_2O	0	0	0.04	0.04	0	0	0	0.86	0.08	0.96	0.66	0.15	0.28	0.15
P_2O_5	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.06	0.08	0.1	
H_2O^+	11.59	8.89	12.14	12.1	8.85	10.45	10.55	2.67	7.87	2.87	3.97	1	2.2	2.5
H_2O^-	0.41	0.68	0.59	0.46	0.48	0.36	0.58	0.3	0.25	0.05	0.25	0.04	0.16	0.02
CO_2	0.67	3.65	0.5	0.35	0.22	0.58	0.77	0.31	0.03	0.04	0.2	0.11	0.41	0.61
M/MF	0.84	0.86	0.83	0.85	0.78	0.85	0.81	0.73	0.68	0.63	0.68	0.7	0.54	0.74
采样地	H	H	H*	H*	P	Q15	Q15	N	H*	H*	H*	Q11	Q11	Q11

①M 为 MgO，MF 为 MgO+FeO*(FeO* 为以 FeO 形式表示的全铁含量)。

②H 为红柳沟一带，P 为红柳沟以西的平顶山，Q15 为清水 15 号地区，N 为南明水北，Q11 为清水 11 号地区。

带"*"号者由西安地质矿产研究所化验室分析，其余均为地矿部岩石矿物测试研究分析。1～7 为蛇纹岩；8～14 为变质辉长岩

与玄武岩相比，辉绿岩以富 TiO_2、贫碱质和 P_2O_5 为特征(表 3)，REE 分布为 LREE 亏损型的(图 4)，部分微量元素的丰度也接近于洋底拉斑玄武岩的特征(表 4)。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n

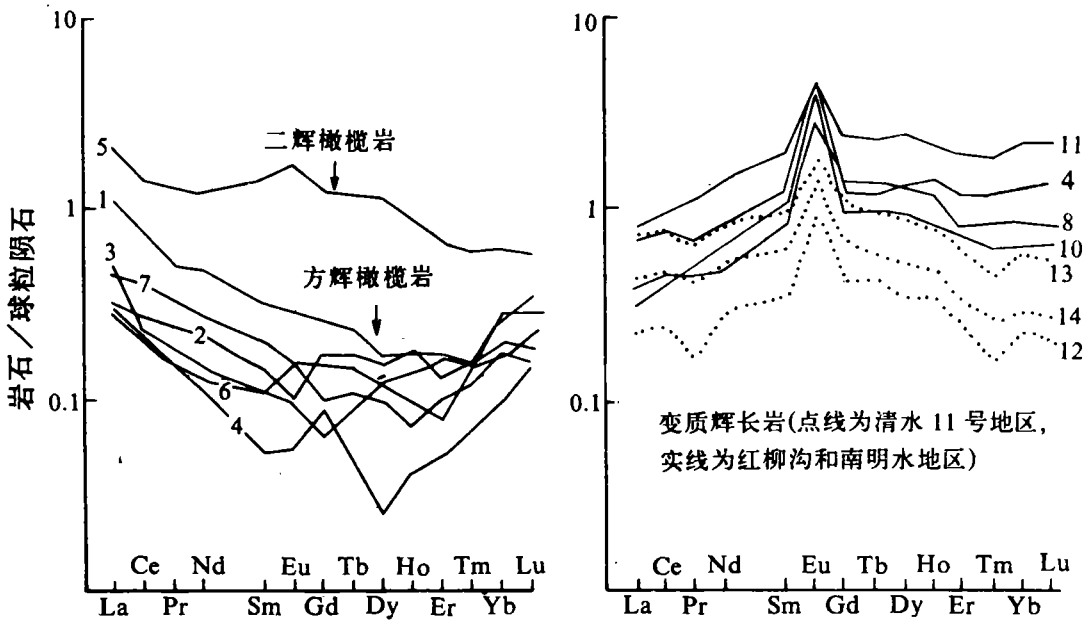


图 3　卡拉麦里山蛇纹岩和变质辉长岩的 REE 分布图

Fig. 3　REE patterns of serpentinites and meta-gabbros from the Karameili Mt. Ophioliles

表 2　卡拉麦里山蛇纹岩和变质辉长岩的稀土元素丰度(μg/g)

Table 2　REE abundance of serpentinites and metagabbros from the Karamaili Mt.

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
样号	D11-2	D106-a	E22	E16	QE1-1	Q15-10	Q5	N8	25	30	17	Q7	Q9	Q11
La	0.33	0.14	0.155	0.085	0.653	0.101	0.085	0.22	0.1	0.125	0.261	0.065	0.208	0.122
Ce	0.597	0.328	0.192	0.279	1.142	0.214	0.155	0.632	0.32	0.389	0.77	0.175	0.58	0.334
Pr.	0.057	0.02			0.149	0.015		0.08	0.057	0.052	0.131	0.017	0.07	0.044
Nd	0.281	0.166	0.089	0.067	0.71	0.13	0.074	0.491	0.391	0.297	0.863	0.159	0.461	0.283
Sm	0.06	0.038		0.01	0.27	0.027	0.02	0.232	0.195	0.158	0.39	0.064	0.176	0.109
Eu	0.02	0.011	0.007	0.004	0.121	0.007	0.011	0.337	0.215	0.292	0.322	0.064	0.121	0.094
Gd	0.067	0.038	0.016	0.023	0.311	0.045	0.025	0.301	0.359	0.244	0.614	0.101	0.253	0.157
Tb	0.011	0.007	0.004	0.002	0.055	0.008	0.005	0.054	0.065	0.044	0.108	0.018	0.041	0.024
Dy	0.054	0.037	0.041	0.008	0.366	0.048	0.031	0.425	0.429	0.296	0.803	0.105	0.256	0.156
Ho	0.013	0.007	0.01	0.003	0.072	0.013	0.005	0.089	0.101	0.072	0.157	0.022	0.053	0.031
Er	0.037	0.016	0.036	0.011	0.142	0.027	0.021	0.171	0.249	0.15	0.411	0.047	0.112	0.061
Tm	0.005	0.005	0.005		0.019	0.005	0.004	0.028	0.039	0.02	0.06	0.005	0.014	0.008
Yb	0.054	0.35	0.06	0.21	0.128	0.041	0.037	0.185	0.268	0.131	0.456	0.043	0.108	0.054
Lu	0.011	0.007	0.01	0.005	0.018	0.006	0.005	0.026	0.044	0.021	0.071	0.006	0.016	0.008
Y	0.36	0.22	0.29	0.11	1.42	0.31	0.19	2.01	2.57	1.52	4.17	1.15	2.58	1.54
Eu	0.96	0.9		0.91	1.29	0.62	1.53	3.93	2.48	4.59	2.03	2.45	1.77	2.2
$(La/Yb)_N$	3.95	2.64	1.71	2.75	3.37	1.69	1.47	0.29	0.24	0.62	0.38	1	1.27	1.5
LREE/HREE	2.2	1.89			1.01	0.98		0.6	0.31	0.53	0.4	0.36	0.46	0.48

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.n

玄武岩的岩石化学特征与其岩石学特征相对应。第一类玄武岩的岩石化学特征类似于辉绿岩(表 3,图 4)。第二类玄武岩相对富碱质(尤其是富 K_2O)和 P_2O_5,贫 MgO,个别样品还富铁质(表 3 序号 10,11);TiO_2 为 1.46～2.36%,LREE 相对富集,Eu 异常不明显(表 4,图 4);但其 Zr 为 40～84μg/g,Ba 为 127～251μg/g,Ba/Y 比值为 5～12,Zr/Y=2.0～3.9,Y/Nb=1.21～2.04,既明显不同于 N 型洋脊玄武岩(Le Roex et al. 1983),也与板内玄武岩(Pearce et al. 1979)和裂谷玄武岩(Bellieni et al. 1992)有很大差别,是否为初始洋岛或 E-MORB 的残片,还需要进一步研究。第三类玄武岩富 TiO_2(2.68～3.23%)、P_2O_5(0.73～0.77%)和碱质(Na_2O 为 3.43～4.36%,K_2O 为 1.25～2.18%)(表 3),LREE 强烈富集,REE 配分曲线向右陡倾(表 4,图 4),但它们与含放射虫的红色硅质岩伴生,说明不是陆内裂谷产物,但由于原始产状不清,目前不能区别它们是洋岛(热点型)还是类似于红海的洋盆早期阶段的残片。

表 3 卡拉麦里山辉绿岩和玄武岩的主要元素化学成分(Wt.%)

Table 3 Chemical composition of major elements of diabases and pillow lavas from the Karamaili Mt.

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
样号	E20	E23	OM5a	om6b	Pb5-2	E36a	E36b	E52a	E52b	E56a	E56b	Qz2A6	Qz2A8
SiO_2	48.42	46.76	48.72	48.14	49.35	46.45	49.81	51.34	48.73	48.98	44.67	46.29	47.18
TiO_2	1.31	2.73	2.12	2.14	1.89	1.46	1.42	1.65	1.66	2.02	2.36	3.23	2.68
Al_2O_3	15.27	12.41	12.99	13.62	12.37	14.53	15.71	15.65	13.6	13.5	14.42	16.1	14.03
Fe_2O_3	2.36	3.54	4.46	4.55	3.71	4.19	6.79	6.8	7.01	12.66	12.58	6.02	2.01
FeO	8.33	12.21	8.89	8.78	11.51	3.92	3.81	4.69	3.92	3.31	2.3	6.05	4.04
MnO	0.25	0.38	0.23	0.22	0.24	0.15	0.12	0.13	0.16	0.14	0.17	0.14	0.17
MgO	5.05	5.17	6.59	6.85	5.61	1.81	2.03	3.76	3.96	3.43	3.32	4.46	2.81
CaO	11.16	9.25	10.83	10.62	8.29	10.74	6.78	4.65	7.99	8.09	9.17	5.77	10.38
Na_2O	2.44	3.12	2.55	2.87	3.03	5.08	5.74	4.18	4.06	3.78	4	4.36	3.43
K_2O	0.54	24	0.08	0.1	0.62	1.66	1.95	3.63	2.2	0.88	0.68	0.125	2.18
P_2O_5	0.13	0.24	0.18	0.19	0.16	0.31	0.34	0.2	0.27	0.29	0.31	0.77	0.73
H_2O^+	3.17	3.23	2.28	1.15	2.67	2.02	2.02	2.1	2.6	2.12	2.49	3.6	2.86
H_2O^-	0.15	0.25	0.31	0.47	0.3	0.42	0.28	0.36	0.36	0.18	0.38	0.46	0.34
CO_2	0.57	0.06	0.4	0.31	0.31	6.73	3.4	0.67	3.52	1.41	2.7	2.04	6.96
合计													
采样地	H*	H*	H	H	N	L*	L*	N*	N*	N*	N*	Q11	Q11

注:a,岩枕边部;b,岩枕内部。1～4 为辉绿岩;5～13 为玄武岩;在玄武岩中,Pb5-2 为第一种类型,Qz2A6 和 Qz2A8 为第二类,其余为第三类(见正文)。采样地点和分析单位同表 1,其中 L 为红柳沟和南明水之间的六棵树地区。

如表 1～4 所示,卡拉麦里山变质橄榄岩、变质辉长岩、辉绿岩和玄武岩都含有数量不等的 H_2O 和 CO_2,尤其是玄武岩的 H_2O^+,H_2O^- 和 CO_2 含量明显高于洋脊玄武岩的玄武质玻璃(Hughes 1982),揭示出它们都遭受了较强烈的蚀变和变质作用。另外,与洋底玄武岩相比,玄武岩类的 MgO 明显偏低,K_2O 偏高,是受变质作用影响所致,还是当时该区地壳具有特殊性,目前还不清楚。从岩石学和岩石化学特征看,卡拉麦里蛇绿岩带中玄武岩类的成因类型比较复杂,但根据岩石学和岩石组合特征可以肯定它们的形成均与该区的古洋盆形成演化有关。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n

表 4　卡拉麦里山辉绿岩和玄武岩的稀土元素和部分微量元素丰度(μg/g)

Table 4　REE and some trace elements abundance of diabases and pillow lavas from the Karamaili Mt.

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
样号	Ej20	Ej23	OM5	OM6	Pb5-2	Ej36a	Ej36b	Ej52a	Ej56b	Ej5ba	Ej56b	Qz2A6	Qz2A8
La	3.59	5.76	4.49	5.03	2.39	11.46	10.34	19.4	18.37	15.45	19.56	53.51	76.16
Ce	15.74	23.63	13.45	14.33	8.81	32.29	30.67	47.45	46.08	44.08	50.4	111.3	114.8
Pr	1.776	2.57	2.12	2.18	1.73	3.16	3.01	4.25	4.23	3.93	4.72	12.87	11.8
Nd	10.86	16.87	13.6	14.58	11.31	16.52	16.02	21.05	21.15	20.17	23.88	59.7	51.16
Sm	3.93	5.82	4.6	4.85	4.28	4.3	4.42	5.11	5.26	5.25	6.11	13.32	10.61
Eu	1.14	1.84	1.61	1.67	1.36	1.42	1.33	1.46	1.51	1.63	1.88	4.2	3.53
Gd	5.5	8.32	6.75	7.09	6.14	5.07	5.11	5.49	5.71	5.66	6.76	12.29	9.46
Tb	1	1.46	1.09	1.25	1.08	0.71	0.87	0.93	0.81	0.89	0.94	1.51	1.16
Dy	6.25	9.53	7.58	8.35	7.39	4.58	5.11	4.93	5.06	5.27	6.09	9.78	7.64
Ho	1.27	2.02	1.66	1.9	1.57	0.81	0.98	0.92	0.94	1.02	1.1	2	1.5
Er	3.56	5.12	4.16	4.95	4.48	2.2	2.47	2.32	2.3	2.39	2.74	4.28	3.38
Tm	0.51	0.72	0.61	0.75	0.65	0.31	0.36	0.32	0.33	0.36	0.39	0.6	0.45
Yb	3.33	5.7	3.99	4.88	4.57	2.1	2.41	2.15	2.14	2.23	2.47	3.53	2.68
Lu	0.52	0.7	0.61	0.73	0.83	0.2	0.28	0.25	0.23	0.22	0.26	0.53	0.35
Y	29.54	46.38	36.19	42.98	38.76	20.34	20.46	21.4	21.16	21.22	25.17	40.68	31.48
Eu	0.76	0.82	0.89	0.88	0.82	0.94	0.86	0.85	0.85	0.91	0.9	0.1	1.06
$(La/Yb)_N$	0.71	0.67	0.74	0.68	0.34	3.6	2.83	5.95	5.66	4.56	5.22	9.98	18.43
LREE/HREE	0.72	0.71	0.64	0.59	0.46	1.9	1.73	2.55	2.5	2.31	2.32	3.39	4.62
Cr	79.04	18.14	205	205	68	187.2	189.6	221.6	2.5.1	34.55	34.15	68	136
Zr	39.33	61.84				40.38	46.68	83.93	75.37	67.58	80.48		
Nd	<12.00	<12.00				12.3	15.39	17.27	17.54	15	12.31		
Ni	34.13	12.37	50	51	21	51.8	60.08	105	95.76	22.13	31.01	11	80
Ba	148.4	25.36				130.1	139.4	234.6	250.8	170.7	127.2		
Sr	370.4	81.78	111	101		142.1	152.8	188.8	181.4	194.5	342.5	259	250
V	264.5	382.7				186.6	149.9	207.5	194.5	216.8	227.5		
Sc	28.61	27.5	35.45	40.52	33.26	30.08	29.74	21.24	20.17	21.65	24.62	16.29	13.92

注：表中空缺者为未检测。

2.3　形成时代

张梓歆等(1983)最早在塔克扎勒山南坡发现了含图瓦贝的志留纪地层，稍后李恒海等在八十年代早期的区域地质调查工作中，又在卡拉麦里山南坡多处地点发现了同样的浅海壳相沉积物。据苏养正(1981)的观点，图瓦贝是中晚志留世期间局限于西伯利亚地区南部陆缘海的地方性生物群落；区内的志留系地层中的图瓦贝为 Tg 组合，属于晚志留世。由此推论，东准噶尔在晚志留世期间应该是西伯利亚古板块陆缘海的一部分。

泥盆纪期间，卡拉麦里山蛇绿岩带以北为活动陆缘，以南属于被动陆缘环境(李锦轶等 1990；李锦轶 1991b)。卡拉麦里蛇绿岩带北侧的中泥盆统形成于弧前区，其中包裹有大小不等的蛇绿岩块体(李锦轶等 1990)；与卡拉麦里蛇绿岩伴生的碧玉岩中含有泥盆纪的放射虫和高级疑源类化石(李锦轶等 1990)，表明该区存在泥盆纪的洋盆。在区域上，可能与卡拉麦里-莫钦乌拉蛇绿岩带同时的西准噶尔、蒙古佐伦和内蒙古贺根山等地的蛇绿岩，都有证据显示为泥盆纪洋盆的遗迹(张驰等 1992；Kulkov 1993；Ruzhentsev. et al. 1991；王荃等 1991)。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.n

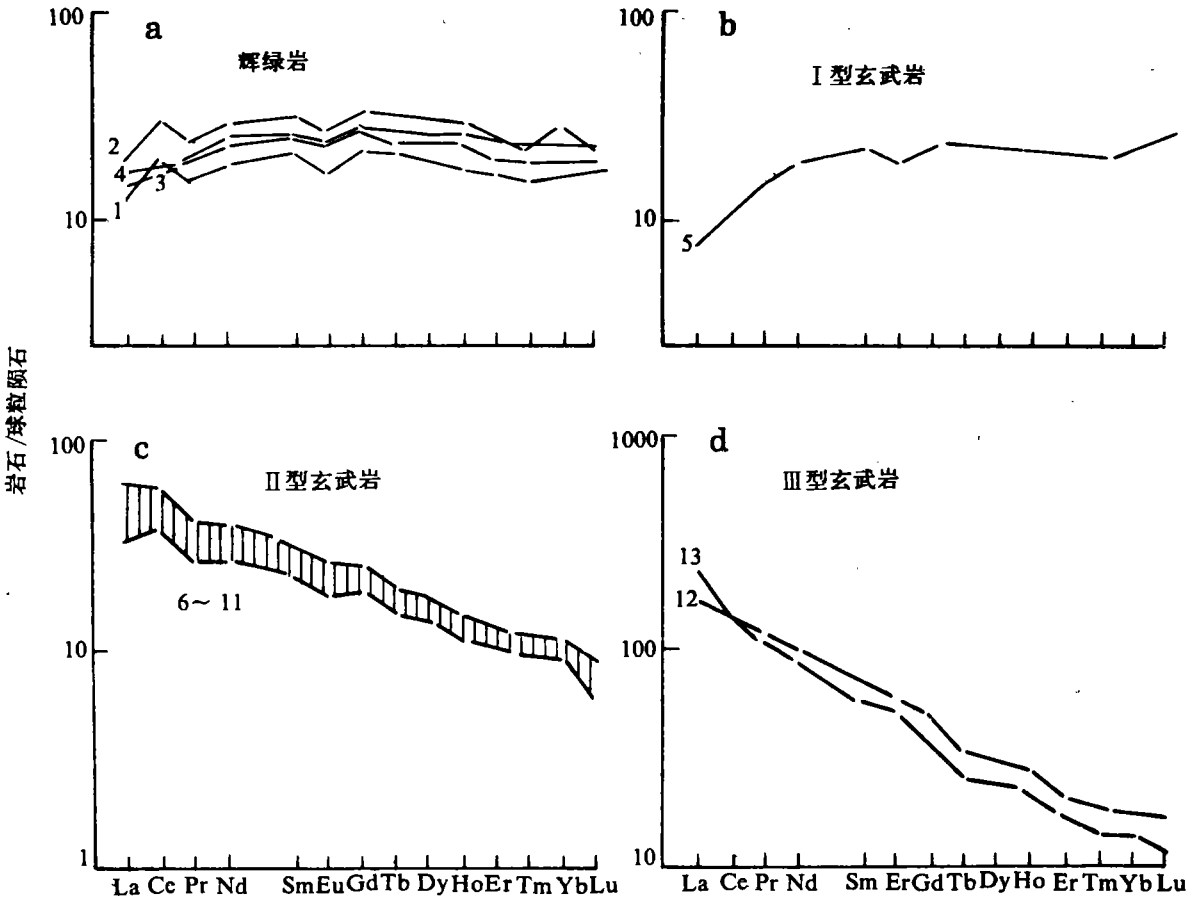


图 4 卡拉麦里山辉绿岩和玄武岩的 REE 分布型式

曲线编号同表 4 中序号. a 为辉绿岩; b 为 I 型玄武岩; c 为 II 型玄武岩; d 为 III 型玄武岩

Fig. 4 REE Patterns of diabases and basalts from the Karameili Mt.

在卡拉麦里山的南明水等地,石炭系南明水组(维宪阶)不整合覆盖在蛇绿岩之上,被认为是形成于陆间残余海盆之内(李锦轶等 1988,1989)。在清水以北地区,被测定是石炭纪晚期(约 300Ma)的花岗质岩基穿切了蛇绿岩带。由此可见,该带古洋盆的关闭应该是在维宪阶之前。

综上所述,卡拉麦里-莫钦乌拉蛇绿岩很可能是泥盆纪早期形成于早石炭初关闭的古洋盆的洋壳残片。

3 扎河坝-北塔山蛇绿岩带

该蛇绿岩带呈北西—南东走向位于东准噶尔中部,断续出露在北塔山北坡、阿尔曼太山主脊及两侧和乌伦古河中下游。对其一般地质特征和岩石化学特征等,文献中已有较详细描述(李锦轶 1991a),这里仅作简要介绍。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n

在北塔山北坡，变质玄武岩被变质辉绿岩岩墙侵入，变质辉长岩和蛇纹岩均遭受强烈片理化，与其伴生的红色碧玉岩也遭受了低级变质作用，其中含有早古生代微体化石。沿岩带走向向北西至阿尔曼太山，也发育类似的蛇绿岩，不同之处在于变质橄榄岩更发育，其中含有豆荚状铬铁矿。再向北西，沿乌伦古河出露类似的变质玄武岩和碧玉岩；至扎河坝地区，蛇纹岩大面积出露并构成蛇纹质混杂岩的基质，其中的岩块有变质辉长岩、玄武岩和硅质岩等。从岩石化学角度看，蛇纹岩为亏损的地幔橄榄岩；变质辉长岩为岩浆房分异的产物，玄武岩比较复杂，但以 LREE 富集型为主(李锦轶 1991a)。在阿尔曼太山，上泥盆统陆相或海陆交互相火山-沉积岩系不整合覆盖在蛇绿岩之上，下-中泥盆统为陆表海沉积(李锦轶 1991b)。根据碧玉岩中牙形石和放射虫等早古生代化石，结合蛇绿岩带两侧区域地质特征，推测该蛇绿岩为早古生代洋盆的岩石圈残片(李锦轶 1991a,b)。

4 关于蛇绿岩侵位过程的讨论

蛇绿岩作为一个独特的地质单位，其侵位过程应该包括其形成以后从洋盆岩石圈拆离肢解下来开始，到它们最后定位于现今所在构造位置为止这样一段较长的地质时期。

就卡麦里-莫钦乌拉蛇绿岩带来说，蛇绿岩的侵位过程可以划分为三个阶段。第一阶段为俯冲过程中的侵位，部分洋壳在俯冲过程中被从洋盆岩石圈肢解下来，而在俯冲带上与弧前沉积物一起构成增生楔，其记录被保存在该蛇绿岩带北侧，表现为较小的蛇绿岩块体被包裹在泥盆纪弧前沉积物内。第二阶段为碰撞过程中的侵位，尽管对其具体情形尚不清楚，但笔者相信南明水北东被石炭纪维宪阶不整合覆盖的蛇纹岩和变质辉长岩很可能为碰撞过程中仰冲侵位的蛇绿岩。这一阶段侵位的蛇绿岩构成了卡拉麦里山蛇绿岩主体并提供了维宪阶底部的蛇绿岩碎屑物。第三阶段的侵位发生在陆内地壳缩短期间，推测可能为古生代晚期至侏罗纪。因为现有地质和地球物理资料表明，该区从石炭纪晚期至侏罗纪，发生有多期大规模的自北向南的推覆，整个卡拉麦里碰撞带向南掩覆到准噶尔地块之上。在这一变动过程中，蛇绿岩不仅随围岩一起运移，而且与围岩之间也有较大幅度的相对运动，结果是在卡拉麦里山多处地点见到蛇绿岩逆冲到维宪阶陆间残余海盆沉积物之上，二者之间的片理化带和糜棱岩带可宽达数米至数十米。通过这次变动之后，该区进入相对稳定发展时期，构造变动变为以缓慢差异隆升为主，蛇绿岩也基本到达现今所在地理位置。扎河坝-北塔山蛇绿岩带的侵位历史与上述基本相似，只是发生在不同的地质时期。

通过对中国北方古造山带构造演化和蛇绿岩的综合分析，发现其中的蛇绿岩都有类似的侵位过程。因此，上述蛇绿岩的三阶段侵位模型可能具有普遍意义。

致谢： 在与本文有关的研究工作中，李春昱、肖序常、王荃、汤耀庆、冯益民、朱宝清、赵民、姜春发、胡金庆、白光群和张以榕等给予了精心指导和大力帮助；国家“305 项目”和地矿部地质研究所提供了经费资助；撰写本文过程中，张旗提出了许多有益的建议。在此笔者一并致以衷心地感谢。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n

参 考 文 献

王荃,刘雪亚,李锦轶. 1991. 中国华夏与安加拉古陆块间的板块构造. 北京:北京大学出版社

任纪舜,姜春发,张正坤等. 1980. 中国大地构造及其演化. 北京:科学出版社

肖序常,汤耀庆,李锦轶等. 1991. 古中亚复合巨型缝合带南缘构造演化(肖序常和汤耀庆主编). 1～29. 北京:北京科学技术出版社

肖序常,汤耀庆,冯益民等. 1992. 新疆北部及其邻区大地构造. 北京:地质出版社

李春昱,王荃,刘雪亚等. 1982. 亚洲大地构造图说明书. 北京:地图出版社

李锦轶,肖序常,汤耀庆等. 1988. 新疆东准噶尔卡拉麦里地区古板块构造研究的新进展. 科学通报. 33:762～764

李锦轶,朱宝清,冯益民. 1989. 南明水组和蛇绿岩之间不整合关系的确认及其意义. 中国区域地质. (3):250～255

李锦轶,肖序常,汤耀庆等. 1990. 新疆东准噶尔卡拉麦里地区古生代板块构造的基本特征. 地质论评. 36 (4):305～316

李锦轶. 1991a. 试论新疆东准噶尔早古生代岩石圈板块构造演化. 中国地质科学院院报. (23):1～12

李锦轶. 1991b. 试论新疆东准噶尔古生代板块构造演化. 见肖序常,汤耀庆主编:古中亚复合巨型缝合带南缘构造演化. 92～108. 北京:科学出版社

苏养正. 1981. 论图瓦贝 Tuvaella 的时空分布和生态环境. 古生物学报. 20:565～576

张弛,黄萱. 1992. 新疆西准噶尔蛇绿岩形成时代和环境的探讨. 地质论评. 38:509～524

张梓歆,戎嘉余,邱巧玲. 1983. 新疆巴里坤地区志留纪的大型图瓦贝组合. 古生物学报. 22:278～294

蔡文俊. 1986. 新疆准噶尔东北缘板块构造初步研究. 中国北方板块构造论文集. (1):1～26. 北京:地质出版社

H C 扎依采夫,Б 卢夫桑旦赞. 1977. 蒙古地质结构和构造的基本问题. 见苏蒙地质科学研究队著. 王集源等译:蒙古地质基本问题. 1～8. 北京:地质出版社(1980)

Bellieni G, et al. 1992. Evidence of magmatic activity related to Middle Jurassic and Lower Cretaceous rifting fron northeastern Brazil. Chem. Geol., 97: 9～32

Coleman, R, G., 1977. Ophiolites. Springer-Verlag, Berlin

Don Elthon. 1981. Metamorphism in oceanic spreading centers. in: The Oceanic Lit hosphere(ed. by S. Emiliani), 285～304.

John Wiley & Sons. Inc. (New York)Fox P J, Stroup J B. 1981. The Plutonic foundation of the oceanic crust. in:The Oceanic Lithosphere(ed. by S. Emiliani), John Wiley & Sons Inc. ,New York, 119～218

Hughes C J. 1982. Igneous Petrology. Elsevier Sci. Publ. Comp. (Amsterdam)

Kulkov N P. 1993. Biogeographic data on the time of origin of the south-Mongolian paleoocean. Report No. 4 of the IGCP project 283. Novosibirsk, 159～161

Le Rox A P, et al. 1983. Geochemistry, mineralogy and petrogenesis of lavas erupted along the southeast Indian ridge between Bouvet Triple junction and 11 degrees east. J. Petrol., 24:267～318

Pearce J A, Norry M J. 1989. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks. Contr. Mineral. Petrol., 69:33～47

Ruzhestsev S V, et al. 1991. Report of USSR Academy of Sciences. 319: 451～455

Геологея СССР, т. 40, Восточный Кацакстан. "Недра". 1967

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n