文章编号：1001－6996（2004）02－0035－12

东昆仑祁漫塔格山南缘黑山蛇绿岩的发现及其特征

陈隽璐[1,2]，黎敦朋[1,2]，李新林[2]，周小康[2]，王向利[2]，王欣欣[2]，戴新宇[2]，杜少喜[2]，高小平[2]

（1. 中国地质大学资源学源，武汉　430074；2. 陕西省地质调查院，西安市　710054）

摘　要：在新疆阿牙克库木湖幅 1∶25 万区域地质调查中，于东昆仑祁漫塔格山南缘黑山新发现的蛇绿岩主要由堆晶杂岩和大洋拉斑玄武岩残片组成。其具有构造变形弱，蛇绿岩保留厚度较小的特点。拉斑玄武岩具低钾、低钛、富镁，轻、重稀土分馏不明显，大离子亲石元素正常—弱富集、高场强元素弱—强烈富集的特征。综合研究得出黑山蛇绿岩形成于南华—奥陶纪，构造就位于志留纪—早中泥盆世。

关　键　词：祁漫塔格；黑山；蛇绿岩；发现；特征

中图分类号：P588.1　　**文献标识码：**A

前人在东昆仑祁漫塔格山的鸭子泉发现有蛇绿岩[1]，笔者等在 2001 年实施国土资源大调查项目—阿牙克库木湖幅 1∶25 万区域地质调查中又在其南部的黑山（图 1）新发现了黑山蛇绿岩残片出露点，出露面积约 2km^2。黑山蛇绿岩残片出露点位于阿尔金山南的祁漫塔格山与昆仑山的结合部位，区域上向西可与西昆仑的其曼于特—库地蛇绿岩带相连，向东可以东昆仑的清水泉蛇绿岩带[2]相接。黑山蛇绿岩残片位于前人发现的鸭子泉蛇绿岩南约 10 km，位于祁漫塔格山南缘。黑山、鸭子泉蛇绿岩北为祁漫塔格山主脊志留纪鸭子泉岛弧火山岩和志留纪—早中泥盆世俯冲碰撞型花岗岩带①；其北为祁漫塔格山北部志留纪白干湖弧后复理石盆地[3]；它们共同组成一条早古生代的沟弧盆体系。

黑山蛇绿岩残片主要由堆晶杂岩和大洋拉斑玄武岩残片组成，蛇绿岩下部被石碳纪二长花岗岩侵入，上部和两侧被第四纪松散堆积物不整合覆盖，呈孤立出露点，实际上为一蛇绿岩的较大残留岩块，其内部变形变质均较弱，构造混杂特点不明显。蛇绿岩残片岩石构造线走向呈东西向延伸，大致平行于祁漫塔格山走向。

收稿日期：2004－09－20

作者简介：陈隽璐，男，1964 年生，中国地质大学（武汉）在职研究生，高级工程师，曾发表论文数篇。

地调项目：受中国地质调查局“1∶25 万阿牙克库木湖幅（J45C003004）区调”项目（2000111300009271）支助。

①陕西省地质调查院，阿牙克库木湖一比二十五万区调报告，2003。

万方数据

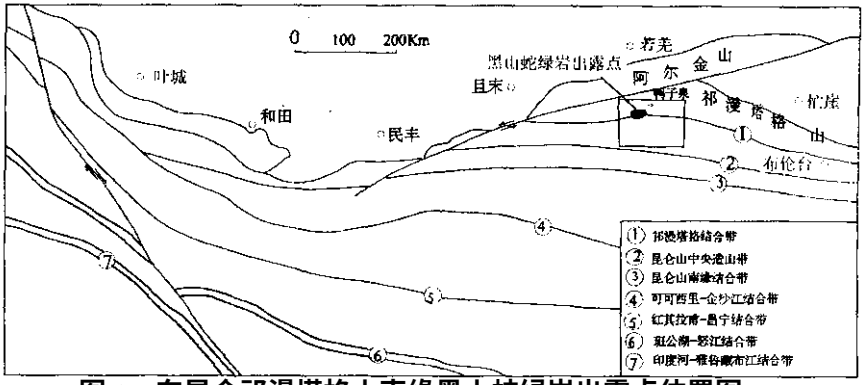

图 1 东昆仑祁漫塔格山南缘黑山蛇绿岩出露点位置图

Fig.1 Location map showing the Heishan ophiolite in the south margin of Qimantage mountain, eastern Kunlun

1 蛇绿岩的物质组成

黑山蛇绿岩总体表现为地幔岩石保存较完好、洋壳岩石成份保存较少、深海沉积物尚未发现。

地幔岩岩石类型主要有超镁铁质堆晶岩、镁铁质堆晶岩，以发育堆晶结构的超镁铁质堆晶岩、镁铁质堆晶岩为显著特色。其于黑山蛇绿岩剖面的下部（如图 2）。堆晶岩系从下部到上部岩石由超镁铁质向镁铁质演化，堆晶二辉橄榄岩、堆晶辉石岩位于堆晶岩系的下部，向上渐变为堆晶辉长岩，超镁铁质岩石呈深色条带状，镁铁质岩石呈浅色条带状，总体呈似层状构造。剖面上呈现多个由超镁铁质岩向镁铁质岩演化的韵律层，其出露宽度达 1.1 km^2。地幔岩下部（南部）被石碳纪二长花岗岩侵入，其上与枕状玄武岩直接接触，构造变形较弱，显示为冷接触特征。

洋壳岩石类型主要有枕状玄武岩和少量辉长岩成份，位于黑山蛇绿岩剖面的上部（如图 2）。枕状玄武岩位于堆晶岩系之上，出露面积约 0.2 km^2，以发育枕状构造为特征。玄武岩岩枕多分布于层面，一般 $20\times20\times30$ cm^3 大小，呈椭球状、不规则状，呈下平上突特征，表面多具冷凝边。辉长岩岩墙零星分布于玄武岩中，一般厚 1～5 m，延伸长度数十米。枕状玄武岩上部和两侧被第四纪松散堆积物不整合覆盖，与其它岩石接触关系不明。

黑山蛇绿岩总体构造变形较弱，岩石发育一组片理，片理产状向南中等倾斜，总体呈北西—南东走向，不发育剪切基质，枕状玄武岩基本未变形，而堆晶岩系之间剪切面理也不发育。

2 蛇绿岩岩石学特征

蛇绿岩岩石类型以超镁铁质堆晶岩、镁铁质堆晶岩、枕状玄武岩为主，还有少量二辉橄榄岩、辉长岩。

万方数据

二辉橄榄岩：深灰—灰黑色，矿物成份橄榄石（75～80）$\times10^{-2}$、斜方辉石（5～10）

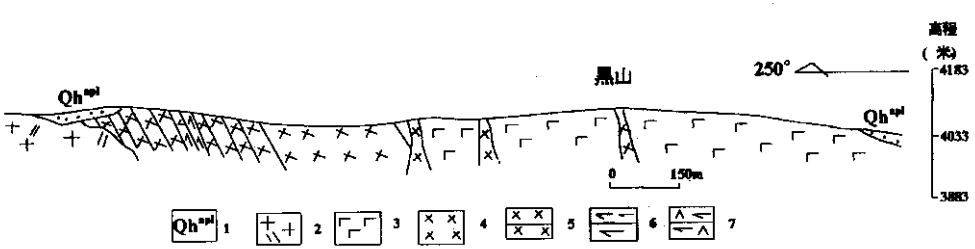

图 2　黑山蛇绿岩实测地质剖面图

Fig.2　Geological section of the Heishan ophiolite

1. 现代冲积砂砾层；2. 二长岗岩；3. 玄武岩；4. 辉长岩；5. 堆晶辉长岩；6. 堆晶辉石岩；7. 堆晶辉橄岩

×10^{-2}、单斜辉石（5～10）×10^{-2}、金属矿物 5×10^{-2}。橄榄石粒径 2～7 mm，被蛇纹石化溶蚀为浑圆状小颗粒，呈嵌晶状分布于大颗粒辉石中。单斜辉石、斜方辉石粒径 2～5 mm，呈自形柱结构，强烈透闪石化。岩石呈自形粒状结构，嵌晶结构，网环、网格状结构。堆晶结构不明显，产于堆晶橄榄辉石岩下部。

堆晶橄榄二辉岩：深灰色，矿物成份橄榄石（10～35）×10^{-2}、斜方辉石（15～40）×10^{-2}、单斜辉石（10～35）×10^{-2}、斜长石（5～15）×10^{-2}、金属矿物（3～5）×10^{-2}。橄榄石粒径 0.5～2 mm，自形粒状、不规则状，蛇纹石化、次闪石化、滑石化强烈。辉石粒径 1～2 mm，半自形，他形粒状、不规则状结构，次闪石化、绿泥石化强烈。斜长石粒径 2～3 mm，呈自形柱状，聚片双晶发育，局部出现高岭土化。金属矿物呈尘状浸染状充填于裂隙中。堆晶岩石层序从下部到上部杆栏石含量逐渐减少，辉石、斜长石含量逐渐增加，从下部到上部岩石从超镁铁质向镁铁质演化，堆晶橄榄二辉岩位于堆晶岩系的下部，呈深色条带状或似层状产出。

堆晶辉长岩：深灰绿色，矿物成份斜长石（45～55）×10^{-2}，辉石（35～40）×10^{-2}，角闪石含量（3～5）×10^{-2}，矿物粒径 0.5～5 mm，斜长石、辉石呈半自形—他形柱状结构，大致定向平行排列分布，绿泥石化、钠黝帘石化较强，细—中粒辉长结构，块状构造。堆晶辉长岩位于堆晶岩系的上部，呈浅色条带状或似层状产出。

辉长岩：浅灰绿色，矿物成份斜长石（35～55）×10^{-2}、辉石（10～15）×10^{-2}、角闪石（20～30）×10^{-2}。斜长石粒径 1～2 mm，呈自形—半自形柱状及短柱状，聚片双晶发育，局部出现高岭土化，角闪石粒径 0.8～2 mm，半自形柱状，岩石呈细中粒辉长结构，块状构造。多产于玄武岩中。

玄武岩：灰绿色，斑晶为斜长石（5～7）×10^{-2}、角闪石（3～5）×10^{-2}，呈自形长柱状，粒径＜1 mm，斑晶总含量（5～10）×10^{-2}。基质矿物为斜长石 50×10^{-2}±、角闪石 30×10^{-2}±，矿物粒径＜0.3 mm，斜长石呈自形柱状及板条状，角闪石呈柱状。岩石呈斑状结构，气孔、杏仁构造，块状构造。气孔、杏仁呈椭圆状，粒径 0.5～3.5 mm，充填物一般为方解石。

万方数据

3 蛇绿岩地球化学特征

3.1 岩石化学特征

黑山蛇绿岩岩石化学分析结果如表 1。

表 1 黑山蛇绿岩岩石化学成份一览表

Tab.1 Petrochemical content of the Heishan ophiolite

样号	D6065-GS1	D6065-GS2	D0389-GS1	D0389-GS2	D0388-GS1	D0388-GS2	D0388-GS3	D0388-GS4	D0388-GS5	D0388-GS6	D0388-GS7
岩性	堆晶杆辉岩	堆晶辉长岩	堆晶辉长岩	堆晶辉长岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩	玄武岩
SiO_2	42.51	47.95	49.12	48.15	49.36	50.44	50.22	49.68	50.24	49.68	50.14
TiO_2	0.25	0.19	0.26	0.32	1.32	1.02	1.19	1	0.97	0.97	1.23
Al_2O_3	7.00	17.22	15.68	15.10	13.75	14.71	13.84	14.28	15.17	14.22	13.9
$TFeO_3$	13.19	6.05	7.20	8.30	12.95	10.20	1.48	1.42	1.32	1.18	2.17
FeO	9.00	4.50	5.08	5.49	9.55	8.12	9.14	9.09	8.84	9.09	9.14
MnO	0.18	0.11	0.14	0.16	0.17	0.11	0.17	0.18	0.17	0.18	0.17
MgO	26.71	11.27	11.82	11.57	7.65	8.48	7.86	8.72	8.72	8.72	8.52
CaO	5.43	13.98	13.30	14.30	10.49	12.20	10.84	10.84	10.84	10.84	10.75
Na_2O	0.38	1.44	1.21	1.15	3.26	2.38	2.82	2.54	2.79	2.62	2.84
K_2O	0.04	0.09	0.38	0.30	0.16	0.38	0.12	0.09	0.12	0.15	0.15
P_2O_5	0.02	0.01	0.02	0.03	0.13	0.11	0.12	0.11	0.1	0.09	0.13
LOI	3.93	1.23	0.94	0.56	0.69	0.51	0.7	0.44	0.36	0.84	0.5
TOAL	99.72	99.54	100.07	99.94	99.93	100.54	98.5	98.39	99.64	98.58	99.64
$Mg^{\#}$	0.815	0.796	0.779	0.755	0.554	0.628	0.57	0.60	0.61	0.60	0.58
M/F	2.02	1.86	1.64	1.39	0.59	0.83	1.20	1.04	1.17	1.15	1.25
ó	−0.36	0.473	0.413	0.408	1.84	1.02	0.75	0.84	0.87	0.86	0.77

样品由西安岩矿测试中心分析，单位为 $\times 10^{-2}$

蛇绿岩中超镁铁质堆晶岩、镁铁质堆晶岩岩石化学成分比较稳定。其 SiO_2 含量一般在（42.51～49.18）$\times 10^{-2}$之；TiO_2 含量较低，为（0.19～0.32）$\times 10^{-2}$；K_2O 含量为（0.04～0.38）$\times 10^{-2}$。$Mg^{\#}$值 n（Mg）／（Mg＋ΣFe）为 0.815～0.755，M/F 比值一般在 2.02～1.39。超镁铁质堆晶岩、镁铁质堆晶岩岩石化学成分从堆晶层序下部到上部，SiO_2 含量含量增加，MgO 与 FeO 含量减少，$Mg^{\#}$与 M/F 比值也减少，反映了岩浆的分离结晶作用。在超镁铁质岩－镁铁质岩 FAM 图解和 ω（Al_2O_3）－ω（CaO）－ω（MgO）图解中，全部样品投影在堆晶岩区。

黑山蛇绿岩中玄武岩 SiO_2 含量一般在（49.36～50.44）$\times 10^{-2}$之间；TiO_2 含量在（0.97～1.32）$\times 10^{-2}$之间，与 MORB 玄武岩 TiO_2 平均含量 1.5×10^{-2}比较接近；K_2O 含

万方数据

量在（0.09～0.38）$\times10^{-2}$之间；$Mg^{\#}$值 n（Mg）／（Mg＋ΣFe）为 0.55～0.63，M/F 比值为 0.59～1.25，里特曼指数介于 0.75～1.84。与 MORB 岩石化学成分比较接近，拉斑玄武岩总体具有低钾、低钛、富镁的特征。

超镁铁质岩中的二辉橄榄岩主要造岩矿物电子探针分析结果如表 2。

橄榄石：对本区二辉橄榄岩中的橄榄石电子探针分析表明，其成分具有一定的变化，其贵橄榄岩成分 Fo 在 80～88 之间，FeO 含量在（10.3～19.5）$\times10^{-2}$，MnO 含量在（0.21～0.57）$\times10^{-2}$，其 Mg＃值 n（Mg）／（Mg＋ΣFe）从 0.79 到 0.89 之间变化。这些橄榄石成分变化范围较宽，表明橄榄石来源于岩浆堆晶作用。

表 2　二辉橄榄岩矿物电子探针分析成份一览表

Tab.2　Mineral electron-probe analysis of lherzolite

样号	D4885－DT1	D0389－DT1	D0384－DT1	D0384－DT2	D0389－DT1
矿物	贵橄榄石	贵橄榄石	贵橄榄石	斜方辉石	单斜辉石
Cr_2O_3	0.01	0.08	0.08	0.39	0.43
MnO	0.57	0.27	0.21	0.38	0.17
NiO	0.03	0.21	0.35	0.02	0.05
TiO_2	0.04	0.02	0.03	0.00	0.07
K_2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na_2O	0.04	0.37	0.05	0.08	0.54
CaO	0.00	0.03	0.00	0.52	23.22
MgO	47.15	40.79	49.39	32.78	13.99
Al_2O_3	0.00	0.29	0.05	0.24	1.76
FeO	11.03	19.52	10.30	8.67	6.16
SiO_2	40.5	38.4	39.83	57.29	53.30
TOTAL	99.36	99.98	100.28	100.37	99.69
$Mg^{\#}$	0.885	0.79	0.896	0.874	0.80

样品由西安地质矿产研究所电子探针室分析，单位为$\times10^{-2}$

斜方辉石：变质橄榄岩中的斜方辉石电子探针分析表明，斜方辉石以古铜辉石为主，Mg＃值 n（Mg）／（Mg＋ΣFe）为 0.87，MgO 含量较高，为 32.78×10^{-2}；Al_2O_3 含量较低，为 0.24×10^{-2}。Cr_2O_3、FeO、CaO 含量较稳定，分别为 0.39×10^{-2}、8.67×10^{-2}、0.52×10^{-2}。

单斜辉石：变质橄榄岩中的单斜辉石电子探针分析表明，单斜辉石以透辉石为主，Mg＃值 n（Mg）／（Mg＋ΣFe）为 0.80，Cr_2O_3 含量为 0.43×10^{-2}，MgO 含量为 13.99×10^{-2}，FeO 含量为 6.16×10^{-2}，CaO 含量为 23.23×10^{-2}，Al_2O_3 含量为 1.76×10^{-2}，以高钙、低镁为特征。

3.2　稀土元素特征

万方数据

黑山蛇绿岩中堆晶岩稀土元素配分模式见图 3，稀土元素总量介于（8.84～23.02）×10^{-6}之间，为稀土元素含量低型，是球粒陨石的 1～10 倍，δEu 为 0.97～1.53，δCe 介于 0.80～1.15，LREE/HREE 介于 1.90～2.25，（La/Yb）介于 2.55～3.62，（La/Sm）介于 2.41～5.40。黑山蛇绿岩中堆晶岩稀土元素含量呈轻稀弱富集、重稀土分馏不明显的轻微右倾型特征。

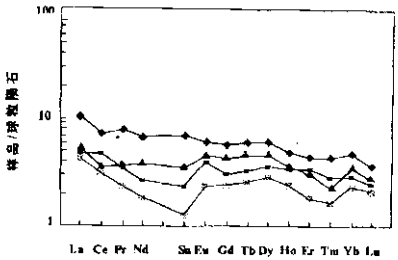

图 3 黑山蛇绿岩中堆晶岩稀土元素配分模式图

Fig.3 The distribution pattern of rare earth elements from cumulus crystal rocks in the Heishan ophiolite

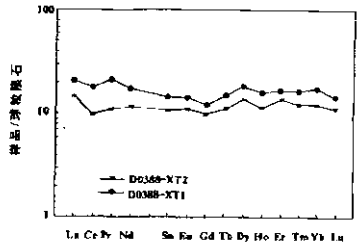

图 4 黑山蛇绿岩中玄武岩稀土元素配分模式图

Fig.4 The distribution pattern of rare earth elements from basalt in the Heishan ophiolite

黑山蛇绿岩中玄武岩稀土元素配分模式见图 4，稀土元素总量介于（39.41～59.09）×10^{-6}之间，稀土元素含量稳定，是球粒陨石的 10～11 倍，δEu 为 1.06～1.09，δCe 介于 0.76～0.85，LREE/HREE 介于 1.71～2.07，（La/Yb）介于 1.94～1.99，（La/Sm）介于 2.16～2.30。黑山蛇绿岩中玄武岩稀土元素含量呈现轻、重稀土分馏不明显的平坦型特征，与典型的 MORB 玄武岩略亏损轻稀土稀土元素略有异[3]。

3.3 微量元素特征

黑山蛇绿岩中堆晶岩微量元素的 MORB 标准化蛛网图见图 5，其大离子亲石元素 K、Rb、Ba 正常－弱富集，Sr 元素正常—弱亏损；高场强元素的 Th、Ta 强烈富集，Nb 含量正常—弱富集，其它元素中等不同程度亏损。在微量元素的 MORB 标准化蛛网图上曲线呈锯齿状的倒“V”型。

黑山蛇绿岩中玄武岩微量元素的 MORB 标准化蛛网图见图 6，其大离子亲石元素 K、Rb、Sr、Ba 正常－弱富集，在微量元素的 MORB 标准化蛛网图上曲线呈倒“V”型；高场强元素的 Th 强烈富集，Ta、Nb、P 弱富集，其它元素弱亏损，高场强元素在微量元素的 MORB 标准化蛛网图上曲线呈右倾的锯齿状。

综上所述，黑山蛇绿岩在岩石学、岩石化学、稀土元素和微量元素方面，均与 MORB 岩石相似，具有蛇绿岩特征。因此，东昆仑祁漫塔格山南缘黑山一带发现的堆晶杂岩和基性火山岩可能属于蛇绿岩残片。

4 蛇绿岩时代讨论

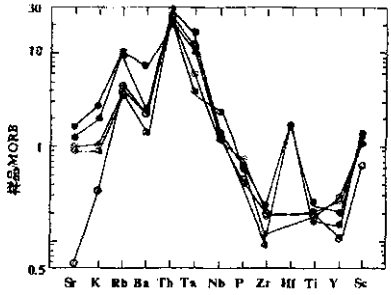

图 5　堆晶岩微量元素 MORB 标准化蛛网图

Fig.5　Standardized web figure of MORB of microelements from cumulus crystals

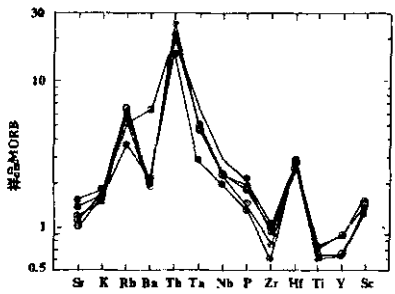

图 6　玄武岩微量元素 MORB 标准化蛛网图

Fig.6　Standardized web figure of MORB of microelements from basalt

4.1　堆晶辉长岩形成年龄

对黑山蛇绿岩中的堆晶辉长岩挑选晶型完好的自形锆石，在宜昌地质矿产研究所同位素实验室用融熔法进行了 U—Pb 法年龄测定，其同位素组成如表 3、图 7，获得 2380 ± 12 Ma 的上交点年龄和 816 ± 10Ma 的下交点年龄。从图 7 可见 4 个测点线性关系良好，样品具有较高的可信度，上交点年龄的含义有待进一步研究，下交点年龄可能代表蛇绿岩形成的年龄。

表 3　黑山蛇绿岩中堆晶辉长岩锆石 U－Pb 测定结果表

Tab.3　U-Pb examination of zircon from crystallized gabrro in the Heishan ophiolite

样品信息			含量 (10^{-6})		普通铅含量 (ng)	同位素原子比及误差 (2σ)				表面年龄及误差 (Ma)		
点号	样号	重量 (ug)	U	Pb		$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{206}Pb/^{238}U$	$^{207}Pb/^{235}U$	$^{207}Pb/^{206}Pb$	$^{206}Pb/^{238}U$	$^{207}Pb/^{235}U$	$^{207}Pb/^{206}Pb$
1	D0389/RZ1	10	480.2	177.4	3.707	215	0.26218	4.57097	0.12644	1501	1743	2049
							0.00089	0.11325	0.00316	5.1	43.2	51.2
2	D0389/RZ1	10	547.8	335.2	18.213	57.5	0.23163	3.79793	0.11891	1343	1592	1939
							0.00212	0.17126	0.00547	12.3	71.8	89.2
3	D0389/RZ1	10	314.4	110.2	3.937	111.6	0.20094	2.96408	0.10698	1181	1398	1748
							0.00106	0.10041	0.00366	6.2	47.3	59.9
4	D0389/RZ1	10	110.8	166.5	12.317	31.2	0.29126	5.35911	0.13344	1647	1878	2143
							0.00683	0.63381	0.01609	38.6	222.1	258.4
谐和线年龄：2380Ma　　上交点年龄：2380 ± 12 Ma　　下交点年龄：816 ± 10 Ma　　MSWD：.06407												

宜昌地矿所同位素室测定

4.2　岛弧火山岩系中的辉长岩年龄

对蛇绿岩俯冲消减过程中形成的岛弧火山岩系中的辉长岩挑选自形锆石，天津地矿所同位素室（李怀坤）用稀释法进行了 U—Pb 年龄测定如图 8。该样品获得了 405.3 ± 1.0 Ma

万方数据

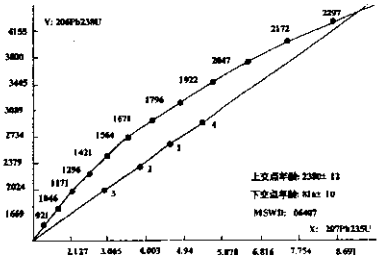

图 7 黑山蛇绿岩中堆晶辉长岩 U—Pb 测年谐和图

Fig.7 Compromise diagram of U-Pb dating of cumulus crystal gabbro from the Heishan ophiolite

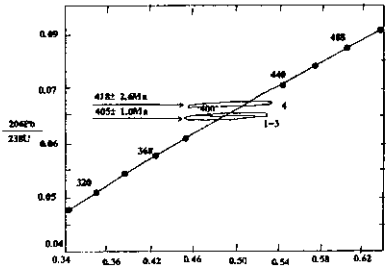

图 8 岛弧火山岩系中辉长岩 U—Pb 测年谐和图

Fig.8 Compromise diagram of U-Pb dating of grabbro in island arc-volcanic rocks

的权重年龄，表明在志留纪末、泥盆纪初古洋盆已发生了大规模的俯冲消减作用。

4.3 俯冲碰撞型花岗岩年龄

对俯冲碰撞过成中形成的俯冲碰撞型花岗岩，通过锆石 U—Pb 年龄测定，获得了 413—388 Ma 的权重年龄如图 9、10（天津地矿所同位素室李怀坤测定），表明洋盆是由志留纪末开始向北俯冲，到泥盆纪早中期达到弧陆碰撞。

此外在黑山蛇绿岩俯冲碰撞过程中形成的弧后盆地中发现可靠的早志留世笔石化石[4]，同时黑山蛇绿岩又被晚石炭世板内花岗岩（312 Ma）侵吞。

前人在东昆仑铁石斯群[5]发现早石碳世的放射虫硅质岩[6]，据此认为该蛇绿岩可能代表晚古生代的板块俯冲带。根据我们对地质、同位素年代学、古生物等方面的综合研究，得出黑山蛇绿岩形成于南华纪—奥陶纪，构造就位于志留纪—早中泥盆世。显然，该蛇绿岩是早古生代就位的。

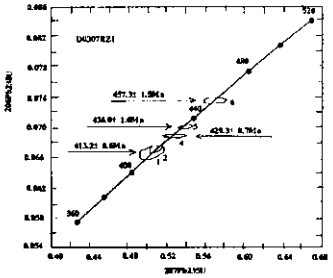

图 9 俯冲型花岗岩 U—Pb 测年谐和图

Fig.9 Compromise diagram of U-Pb dating of subduction granite

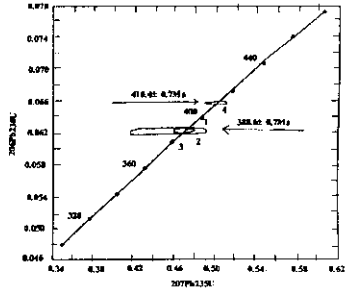

图 10 碰撞型花岗岩 U—Pb 测年谐和图

Fig.10 Compromise diagram of U-Pb dating of collision granite

5 黑山蛇绿岩构造环境分析

万方数据

黑山蛇绿岩以超镁铁质堆晶岩、镁铁质堆晶岩、玄武岩为主。其玄武岩稀土元素轻、重

稀土分馏不明显，稀土元素配分曲线呈平坦型，大离子亲石元素正常—弱富集，高场强元素的 Th 强裂富集，Ta、Nb、P 弱富集，其它元素弱亏损。

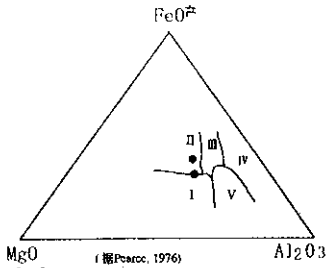

图 11　玄武岩 $FeO^{\#} - MgO - Al_2O_3$ 图解

Fig.11　Diagram of $FeO^{\#}$-MgO-Al_2O_3 from basalt

Ⅰ = MORB；Ⅱ = 洋岛；Ⅲ = 板内玄武岩
Ⅳ = 扩张中心岛屿；Ⅴ = 岛弧及活动陆缘

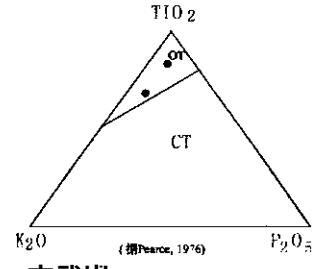

图 12　玄武岩 $TiO_2 - K_2O - P_2O_5$ 图解

Fig.12　Diagram of TiO_2-K_2O-P_2O_5 from basalt

OT = 大洋玄武岩；CT = 大陆玄武岩

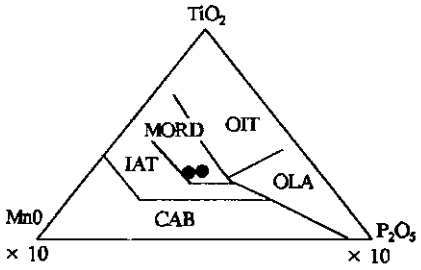

图 13　玄武岩 $TiO_2 - MnO \times 10 - P_2O_5$ 图解

Fig.13　Diagram of TiO_2-MnO×10 -P_2O_5 from basalt

CAB = 岛弧—碱性玄武岩；IAT = 岛弧拉斑玄武岩
MORB = 大洋中脊玄武岩 OIT = 洋岛拉斑玄武岩

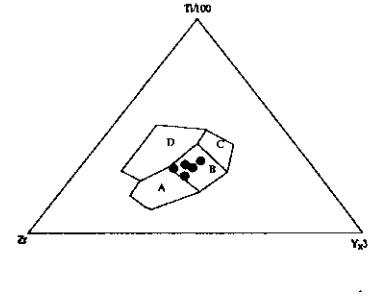

图 14　玄武岩 $Ti/100 - Zr - Y \times 3$ 图解

Fig.14　Diagram of Ti/100-Zr-Y×3 from basalt

A = 钙碱性玄武岩；B = MOBB 与岛弧；
C = 岛弧；D = 板内玄武岩

在玄武岩 FMA 图解（图 11）（据 Pearce，1977）上投影在 MORB 与洋岛区；在 $TiO_2 - K_2O - P_2O_5$ 图解（图 12）（据 Pearce，1975）上投影在大洋玄武岩区；在 $TiO_2 - MnO \times 10 - P_2O_5$ 图解（图 13）（据 Mullen，1983）上主要投影在 MORB 区；在 $Ti/100 - Zr - Y \times 3$ 图解（图 14）（据 Pearce，1973）上投影在 MORB 与岛弧区。

因此，黑山蛇绿岩的玄武岩可能形成于大洋中脊环境，它可能是中元古代 Rodinada 超大陆裂解形成的有限洋盆之一。

6　蛇绿岩的演化

6.1　蛇绿岩特点

祁漫塔格蛇绿岩的区域地质构造格局由南向北依次是：

万方数据

1 祁漫塔格山南缘蛇绿岩带；

2 祁漫塔格山主脊火山岩浆弧带；

3 祁漫塔格山北部弧后复理石盆地。

上述各构造单元的构造格局明显地显示出沟—弧—盆体系的遗迹。蛇绿岩带北侧出现的祁漫塔格山主脊火山岩浆弧是俯冲带北倾的标志，表明祁漫塔格洋的俯冲极性是由南向北的。由于受后期构造改造和新生代盆地的覆盖，蛇绿岩的主体可能被库木库里盆地新生代沉积覆盖。

虽然祁漫塔格山蛇绿岩以零星露头出露，通过其残片我们大体可以恢复蛇绿岩的物质组成，代表洋壳的有枕状玄武岩、辉长岩，代表上地幔的物质有二辉橄榄岩、辉石岩等。与世界典型的蛇绿岩[3]比较，可以看出祁漫塔格山蛇绿岩具有如下特点：

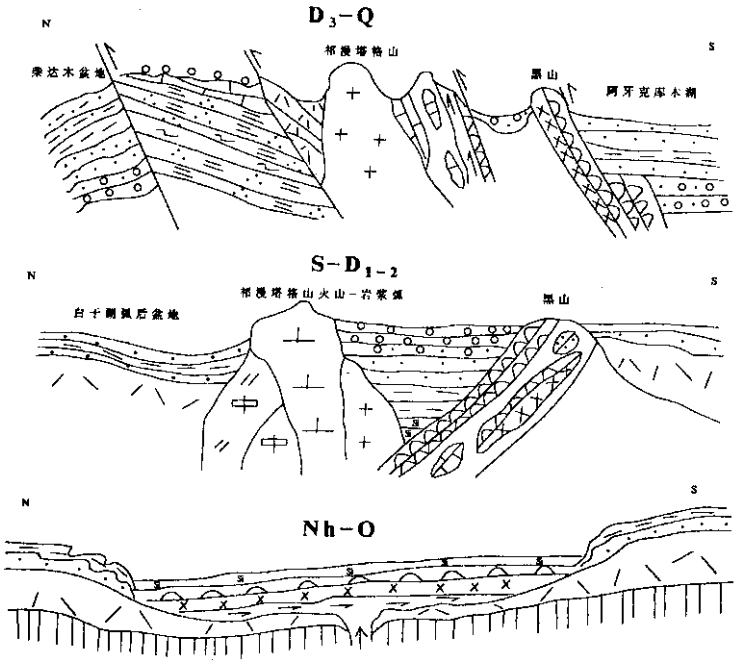

图 15 蛇绿岩演化示意图

Fig.15 Sketch map showing evolution of ophiolite

1 堆晶岩石比较发育，具有由二辉橄榄岩—辉石岩—辉长岩的堆晶演化序列；

2 地幔橄榄岩保存少，堆晶辉石岩厚度较大，枕状熔岩厚度小，席状岩墙不发育；

3 与蛇绿岩伴生的深海沉积物尚未发现；

4 与蛇绿岩配套的火山岩浆弧和弧后复理石盆地发育齐全。

综上所述，祁漫塔格蛇绿岩层序保存不完整，其可能是中元古代 Rodina 超大陆裂解形成的有限洋盆之一，经过中晚元古代—奥陶系演化，于志留纪—早中泥盆世构造就位的。

6.2 蛇绿岩的演化

东昆仑造山带是中央造山系的重要组成部分，其具复杂的物质组成，经历了多期次复杂的构造演化，祁漫塔格山南缘黑山蛇绿岩的发现，对讨论本区和中央造山系的大地构造演化

万方数据

历史具有重要意义。根据本次工作收集的资料，结合前人的研究成果，我们可以初步勾勒出祁漫塔格山南缘黑山蛇绿岩带的演化历史。

南华纪，在拉张背景下，Rodina 超大陆裂解，在柴达木陆块上裂解形成祁漫塔格洋盆，经过南华—奥陶纪的发展演化，祁漫塔格洋盆发展为有限洋盆，柴达木陆块一分为二，游离出柴北缘微陆块和柴南缘微陆块（相当于现在的东昆中微陆块），形成相应的蛇绿岩建造。

志留纪—早中泥盆世，祁漫塔格有限洋盆由南向北俯冲，蛇绿岩构造就位，在其北侧形成祁漫塔格主脊火山岩浆弧带；其后又在岛弧带的北侧发生局部伸展，形成祁漫塔格北部白干湖弧后复石盆地；在早中泥盆世，弧—陆碰撞最终结束，形成上泥盆统黑山沟组磨拉石建造[5]。

石炭纪—第四纪，受后期构造改造，蛇绿岩发生了强烈的走滑、逆冲推覆等构造变形，蛇绿岩被强烈位移和肢解。

因此，上述蛇绿岩演化历程实际上反映了祁漫塔格有限洋盆的消亡过程（图 15）。

[参　考　文　献]

[1] 杨金中，沈超远，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．第 13 卷第 3 期，309－314

[2] 朱云海，张克信，Pan Yuanming，等．东昆仑造山带不同蛇绿岩带的厘定及其构造意义［J］．地球科学—中国地质大学学报．第 24 卷第 2 期，134－138

[3] 张旗，周国庆．中国蛇绿岩［M］．北京：科学出版社，2001，8－13

[4] 黎敦朋，樊晶，肖爱芳，等．东昆仑祁漫塔格山发现早志留世笔石动物群［J］．地质通报．第 21 卷第 3 期，145－147

[5] 青海省地质矿产局．青海省区域地质志［M］．北京：地质出版社，1987

[6] 李日俊，贾承造，郝杰，等．东昆仑铁石达斯群发现放射虫动物群［J］，科学通报，第 45 卷第 2 期，205－207

万方数据

THE DISCOVERY AND THE FEATURES OF THE HEISHAN OPHIOLITE IN THE SOUTH MARGIN OF QIMANTAGE MOUNTAIN, EASTERN KUNLUN

CHEN Jun-lu[1,2], LI Dun-peng[1,2], LI Xin-lin[2], ZHOU Xiao-kang[2], WANG Xiang-li[2], WANG Xin-xin[2], DAI Xin-yu[2], DU Shao-xi[2] and GAO Xiao-ping[2]

(1. The Resources college of China University of Geosciences, Wuhan 4300744;
2. Geological Survey of Shaanxi Province, Xi'an 710054)

Abstract: Regionally geological survey at 1:250, 000 in the Ayakekumu lake area in SinKiang has revealed that the ophiolite, new-dicovered in Heishan mountain of the south margin of Qimantageshan, eastern Kunlun, mainly consists of cumulus crystal complex and residual oceanic tholeiite, with a little structural deformation and a small thickness of remaining ophiolite. The tholeiite is characterized by low-potassium, low-titanium, high-magnesium, unclear in light and heavy rare earth, normal and little enrichment of large-ion lithophile elements, low-highenrichment of high-field elements. Comprehensive researches have concluded that the Heishan ophiolite was formed in Nanhua-Ordovician period and its structural location in Silurian period-early Middle Devonian epoch.

Key words: Qimantage; Heishan; ophiolite; discovery; characteristics

万方数据

东昆仑祁漫塔格山南缘黑山蛇绿岩的发现及其特征

万方数据 WANFANG DATA 文献链接

作者： 陈隽璐， 黎敦朋， 李新林， 周小康， 王向利， 王欣欣， 戴新宇， 杜少喜， 高小平

作者单位： 陈隽璐,黎敦朋(中国地质大学资源学源,武汉,430074;陕西省地质调查院,西安市,710054)， 李新林,周小康,王向利,王欣欣,戴新宇,杜少喜,高小平(陕西省地质调查院,西安市,710054)

刊名： 陕西地质

英文刊名： GEOLOGY OF SHAANXI

年，卷(期)： 2004,22(2)

被引用次数： 12次

参考文献(7条)

1. 杨金中;沈超远;李光明 新疆东昆仑鸭子泉绿岩的基本特征及其大地构造意义

2. 朱云海;张克信;Pan Yuanming 东昆仑造山带不同蛇绿岩带的厘定及其构造意义

3. 张旗 中国蛇绿岩 2001

4. 黎敦朋;樊晶;肖爱芳 东昆仑祁漫塔格山发现早志留世笔石动物群 2000(03)

5. 青海省地质矿产局 青海省区域地质志 1987

6. 李日俊;贾承造;郝杰 东昆仑铁石达斯群发现放射虫动物群

7. 陕西省地质调查院 阿牙克库木湖一比二十五万区调报告 2003

引证文献(12条)

1. 王秉璋. 罗照华. 潘彤. 宋泰忠. 校培喜. 张志青 青藏高原祁漫塔格地区早古生代火山岩岩石构造组合和LA-ICP-MS锆石U-Pb年龄[期刊论文]-地质通报 2012(6)

2. 宋泰忠. 赵海霞. 张维宽. 白旭东. 安守文. 杨明 祁漫塔格地区十字沟蛇绿岩地质特征[期刊论文]-西北地质 2010(4)

3. 肖爱芳 东昆仑祁漫塔格山西段鸭子泉志留纪火山岩特征[期刊论文]-陕西地质 2005(2)

4. 郝娜娜. 袁万明. 张爱奎. 曹建辉. 陈小宁. 冯云磊. 李希 东昆仑祁漫塔格晚志留世—早泥盆世花岗岩:年代学、地球化学及形成环境[期刊论文]-地质论评 2014(1)

5. 刘艳宾. 弓小平. 陈斌. 王哲. 毛磊. 阿丽娜 东昆仑山西段铁矿成矿机制和找矿模型[期刊论文]-地质通报 2011(12)

6. 崔美慧. 孟繁聪. 吴祥珂 东昆仑祁漫塔格早奥陶世岛弧:中基性火成岩地球化学、Sm-Nd同位素及年代学证据[期刊论文]-岩石学报 2011(11)

7. 王国良. 任二峰. 保广普. 李建放. 常有英 青海祁漫塔格晚泥盆世侵入岩锆石U-Pb年龄、地球化学特征及其地质意义[期刊论文]-矿产勘查 2013(4)

8. 郭通珍. 刘荣. 陈发彬. 白旭东. 李红刚 青海祁漫塔格山乌兰乌珠尔斑状正长花岗岩LA-MC-ICPMS锆石U-Pb定年及地质意义[期刊论文]-地质通报 2011(8)

9. 王方国. 杨君雅. 陈莉 青藏高原的蛇绿岩与铬铁矿[期刊论文]-地质通报 2009(12)

10. 马文. 丁玉进. 李社宏. 张志青. 胡兰基. 李五福. 刘世宝. 马延景 祁漫塔格中部元古代高钾(变质)侵入岩体的发现及其地质意义[期刊论文]-西北地质 2013(1)

11. 高晓峰. 校培喜. 谢从瑞. 范立勇. 过磊. 奚仁刚 东昆仑阿牙克库木湖北巴什尔希花岗岩锆石LA-ICP-MS U-Pb定年及其地质意义[期刊论文]-地质通报 2010(7)

12. 崔美慧. 孟繁聪. 吴祥珂 东昆仑祁漫塔格早奥陶世岛弧:中基性火成岩地球化学、Sm-Nd同位素及年代学证据[期刊论文]-岩石学报 2011(11)

引用本文格式：陈隽璐. 黎敦朋. 李新林. 周小康. 王向利. 王欣欣. 戴新宇. 杜少喜. 高小平 东昆仑祁漫塔格山南缘黑山蛇绿岩的发现及其特征[期刊论文]-陕西地质 2004(2)