第43卷 第4期
2010年（总175期）

西 北 地 质
NORTHWESTERN GEOLOGY

Vol. 43 No. 4
2010 (Sum 175)

文章编号：1009-6248(2010)04-0218-14

# 东昆仑西段黑山构造蛇绿岩带特征

王向利，高小平，刘幼骐，李新林，周小康，崔继刚，戴新宇，何立新，曾忠诚

（陕西省地质调查院，陕西 西安 710065）

**摘 要**：通过对黑山构造蛇绿岩中基性火山岩、基-超基性岩的岩石组合及其岩石学、岩石化学、微量元素、稀土元素等特征研究认为：黑山构造蛇绿岩带是祁漫塔格结合带重要物质组分，是在加里东晚期板块俯冲-碰撞过程中逐渐演化形成的，区域上与那棱格勒构造带相连，是柴达木陆块与东昆北陆块的分界断裂。通过同位素地质年龄研究认为该蛇绿岩形成于南华—奥陶纪，构造就位于志留纪—早中泥盆世。对东昆仑构造演化提供了重要新资料。指出黑山构造蛇绿岩以北的祁漫塔格地区（柴达木陆块）发育与岩浆岩、变质岩有关的铜、钨、钛、铁等与热液、区域变质有关的内生矿产；以南的库木库里盆地发育砂砾岩型铜矿、砂金、石膏和石盐等外生矿产。

**关键词**：黑山；蛇绿岩；柴达木陆块；东昆北陆块

**中图分类号**：P588.3，P588.12　　**文献标识码**：A

## 1 概况

为了提高青藏高原北部空白区基础地质调查研究程度，为“西部大开发”提供资源战略基地和基础资料，中国地质调查局委托陕西省地质调查院承担阿牙克库木湖幅1∶25万区域地质调查项目。祁漫塔格结合带是本次1∶25万区调从祁漫塔格山南缘与东昆仑北坡之间新发现蛇绿混杂岩。笔者等在祁漫塔格山南缘黑山一带发现蛇绿岩残片，其由堆晶辉橄岩、堆晶辉石岩、堆晶辉长岩和枕状玄武岩组成，变玄武岩地球化学特征与大洋玄武岩相似；在后期构造改造的鸭子大坂构造混杂岩带中发现有变质橄榄岩、大洋拉斑玄武岩岩块，结合柴达木南缘存在的志留纪鸭子泉组和志留纪—早中泥盆世俯冲碰撞型花岗岩带的存在，显然，在祁漫塔格山南缘与东昆仑北坡之间存在一条早古生代的结合带，笔者称之为“祁漫塔格结合带”，其北的祁漫塔格地区火山岩经对比研究属岛弧火山岩，其构造环境属岛弧环境；祁漫塔格北缘地区白干湖一带为弧后盆地环境；它们共同组成早古生代洋-弧-盆体系。

黑山-那棱格勒断裂带（东昆北断裂带）分布于祁漫塔格山南缘，近东西向延伸，两端延出图幅。断裂沿线均被第四系覆盖，航、卫片显示线性色调差异和地貌差异性特征，沿断裂带盆地海拔最低，最低处仅3 870 m。断裂带北部为山前冲洪积扇裙，向东沿依协克帕提河、那棱格勒河延伸。以黑山-那棱格勒断裂带（东昆北断裂带）将研究区划分为一带两块的构造格局，即黑山-那棱格勒断裂带（祁漫塔格结合带）、柴达木陆块、东昆北陆块（图1）。

在漫长的地质演化历史中，黑山-那棱格勒河断裂长期起着控制性作用。在黑山发现的具洋中脊环境的蛇绿岩块，可能反映了该断裂是从古俯冲带演

**收稿日期**：2010-10-20；**修回日期**：2010-11-29

**基金项目**：新疆维吾尔自治区矿产资源补偿费地质勘查项目（任务书编号：新国土资发［2006］324号，项目编号：XJZBKD2006-1）

**作者简介**：王向利（1963-），男，陕西长安人，地质矿产高级工程师，长期从事区域地质矿产调查研究工作。E-mail：wxli0813@126.com。

万方数据

万方数据

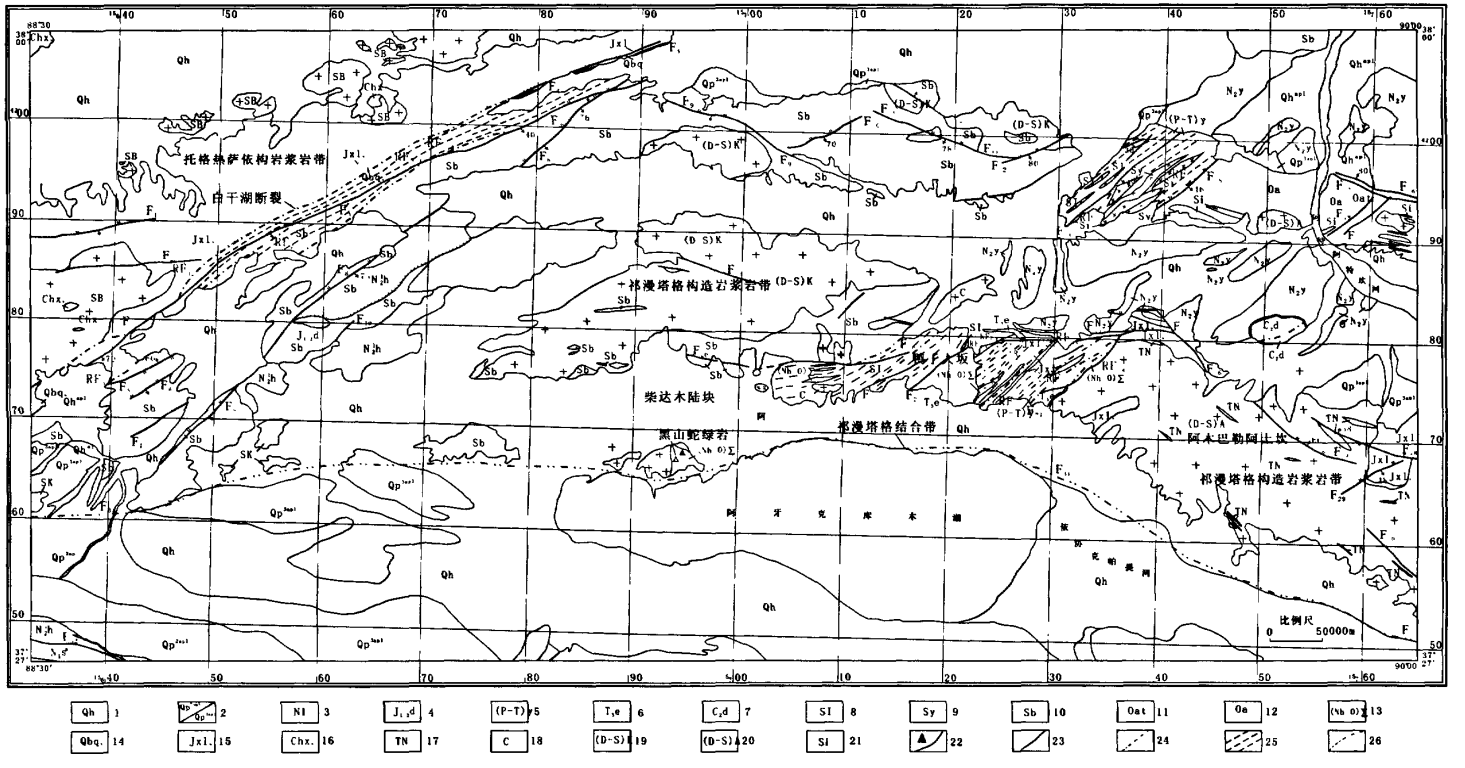



**图 1　黑山构造蛇绿岩地质简图**

Fig. 1　A schematic geological map of Heishan's structural ophiolite

1. 全新统；2. 更新统；3. 新近系；4. 侏罗系大煤沟组；5. 鸭子泉-鸭子大坂构造混杂岩；6. 三叠系鄂拉山组；7. 石炭系缔傲苏组；8. 石炭系鸭大坂硅质岩；9. 志留系鸭子泉组；10. 志留系白干湖组；11. 奥陶系阿特坎组；12. 奥陶系阿达滩组；13. 南华－奥陶系黑山构造绿混杂岩；14. 青白口系丘吉东沟组；15. 蓟县系狼牙山组；16. 长城系小庙岩组；17. 三叠系小尖山岩脉；18. 石炭系花岗岩；19. 泥盆—志留系库木拉格超单元；20. 泥盆—志留系阿木巴勒阿土坎超单元；21. 志留系阿特坎基性岩脉；22. 地质界线；23. 脆性断层及编号；24. 韧性断层及编号；25. 片理化带及编号；26. 航卫片解译区域断裂

化而来。黑山蛇绿岩中基性火山岩、基性-超基性岩的岩石组合及其岩石学、岩石化学、稀土元素和微量元素等特征均证明其为蛇绿岩套的一部分，为古洋壳残片物质。

黑山构造蛇绿岩带分隔柴达木地块和东昆北地块，二者沉积及岩浆建造大相径庭。

### 1.1 柴达木南缘地层小区

中元古界柴达木古陆由长城系金水口岩群小庙岩组中浅变质陆源碎屑岩、变质基性火山岩（过渡基底）和蓟县系冰沟岩群狼牙山岩组镁质碳酸盐岩组成，地层呈北东—南西展布；新元古代早中期研究区为统一的中国联合古陆（Rodiner 的一部分），属于统一地层区，以青白口系冰沟岩群丘吉东沟岩组浅变质的陆源碎屑岩、中基性火山岩与火山碎屑岩为主，地层呈北东—南西展布。

根据古生物化石和同位素测年资料，依据地层指南和地层清理，将前人所建立的滩间群（或祁漫塔格群）重新厘定为奥陶系滩间山群（OT）、志留系白干湖岩组（S*b*）和鸭子泉组（S*y*）、石碳系鸭子大坂硅质岩（Si）、三叠系鄂拉山组（$T_3e$）。其中，滩间山群按岩性组合可分为下部阿达滩碎屑岩组（O*a*）和上部阿特阿特坎灰岩组（O*at*）两个非正式地层单位（图 1、表 1）。

### 1.2 东昆北地层小区

泥盆纪布拉克巴什组主要为一套灰色、灰黑色粉晶、细晶碳酸盐岩-镁质碳酸盐岩建造，夹团块状角砾灰岩，属于台缘斜坡相-陆棚相的陆缘稳定碳酸盐建造。

马尔争组上部以浅变质的碎屑岩、化学沉积组合为主，属浅海陆棚相沉积，下部为碳酸盐岩建造，属温暖浅海的开阔台地-台缘斜坡相，地质构造较为稳定。属被动陆缘沉积。

中新生代全区为统一的华北板块的组成部分，可分为北部祁漫塔格山间盆地和南部库木库里盆地两个地层小区，北部祁漫塔格陆相火山岩和山间盆地红层沉积，南部库木库里断陷盆地湖相沉积。

中生界只出露于祁漫塔格山地区，划分为三叠系鄂拉山组和侏罗系大煤沟组。

新生代全区为统一的华北板块的组成部分，可分为北部祁漫塔格山间盆地和南部库木库里盆地两个地层小区，北部祁漫塔格陆为山间盆地红层沉积，南部库木库里为断陷盆地河湖相沉积。

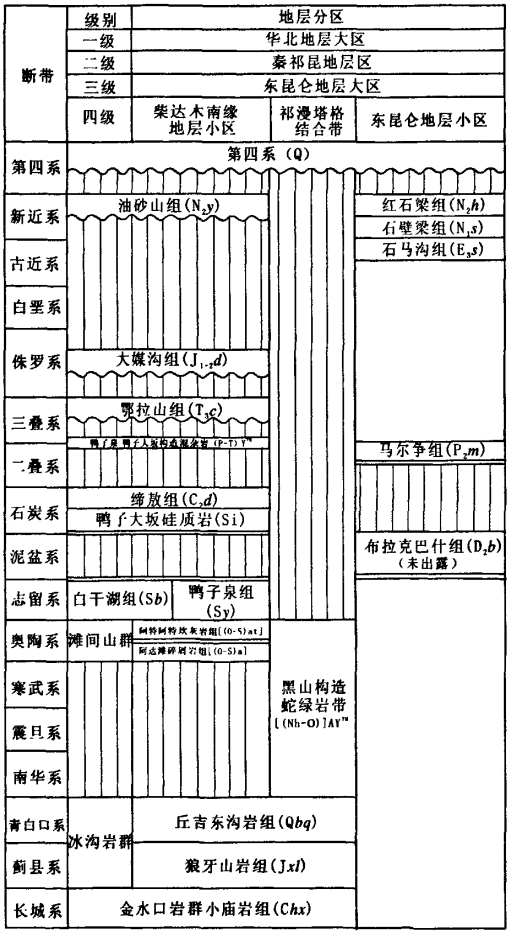
第四纪冲积、洪积、沼泽沉积和湖积等沉积物在测区各地分布较为广泛。

岩浆建造主要发育于黑山构造蛇绿岩北边的柴达木陆块中，按岩浆岩所形成的构造环境、时代等划分托格热萨依构造岩浆岩带、祁漫塔格构造岩浆岩带两个构造岩浆岩带（图 1）。

托格热萨依构造岩浆岩带出露于研究区西北角托格热萨依—巴什尔希一带，呈北东向展布于白干湖断裂以西。该岩浆岩带以早古生代晚期酸性岩浆侵入活动为主，中、新元古代基性火山活动次之。早

表 1 地层分层及岩石地层系统

Tab. 1 The table of stratigraphic division and lithostratigraphic stystem




万方数据

古生代晚期巴什尔希超单元被划分为 6 个单元、16 个侵入体，属加里东晚期板块内部花岗岩；中-新元古代基性火山岩分为早期的中元古代基性火山岩和新元古代基性火山岩。依据小庙岩组岩石学、岩石化学特征，其具大陆内碱性玄武岩特征，为板块内稳定环境下形成。丘吉东沟岩组形成于活动陆缘的岛弧环境。巴什尔希超单元侵位于在青白口纪末的塔里木运动已固结成陆的中、新元古代较为稳定的过渡基底中，属板块内较为稳定的环境。

祁漫塔格构造岩浆岩带出露于研究区北部，沿大沙沟—祁漫塔格山—鸭子大坂—阿木巴勒阿土坎等地呈向北“凸”出的弧形展布，组成祁漫塔格山主脊，总体呈近东西向；该岩浆岩带岩石类型复杂，岩浆侵入活动频繁。从新元古代到古生代到中生代均有岩浆活动，岩石类型从超基性-基性侵入岩、火山岩到中酸性-酸性侵入岩、火山岩等均有出露，其中以早古生代起基性到晚古生代早期中、酸性岩浆活动最为广泛，晚古生代晚期酸性侵入岩、中生代三叠纪中基性脉岩出露零星，其时、空展布受黑山-那陵格勒断裂带控制，具有一定的规律性。

阿木巴勒阿土坎超单元形成构造环境可能是与板块碰幢有关的大陆碰幢构造环境，相当于邓晋福等所划的陆间大陆碰撞造山阶段末到陆内碰撞造山阶段初期，Liegeois 所划分的碰撞作用末-碰撞后或后碰撞阶段。

库木布拉格超单元可能为大陆碰幢-大陆弧构造环境，相当于邓晋福等所划的陆间大陆碰撞造山阶段-陆内碰撞造山阶段初期，Liegeois 所划分的碰撞造山作用阶段。

黑山构造蛇绿岩以北的祁漫塔格地区（柴达木陆块）与岩浆岩、变质岩有关的铜、钨、钛和铁等与热液、区域变质有关的内生矿产较发育。如，阿特阿特坎河铁矿点、托格热萨依金红石矿（化）点；黑山构造蛇绿岩以南的库木库里盆地以砂砾岩型铜矿、砂金、石膏、石盐等外生矿产发育为特征。如，大沙沟砂金矿点、克其卡勒克铜矿点、碱土梁石膏矿床、碱土梁石盐矿；在黑山构造蛇绿岩中新发现一处与超基性岩有关的铜矿化点。

## 2　黑山构造蛇绿岩带特征

### 2.1　地质特征

黑山构造蛇绿岩出露于阿牙克库木湖北部黑山（图 2），长约 2 km、宽约 1.5 km，西被志留—泥盆纪库木布拉克超单元花岗闪长岩侵吞，周围被第四系覆盖，呈孤岛状。其构造线走向呈近东西向展布。主要由堆晶辉橄岩、堆晶辉石岩、堆晶辉长岩和枕状玄武岩等组成，以发育堆晶结构的超镁铁质堆晶岩、镁铁质堆晶岩（图 3）为显著特色。超镁铁质堆晶岩、镁铁质堆晶岩出露宽度达 1.3 km。枕状玄武岩位于堆晶岩上部，出露宽度约 0.2 km，以发育枕状构造为特征。玄武岩岩枕多分布于层面，一般 20cm×20cm×30cm 大小，为椭球状、不规则状，呈下平上突状，表面多具冷凝边。岩石发育 $S_1$ 片理，各岩系之间有糜棱岩分布。

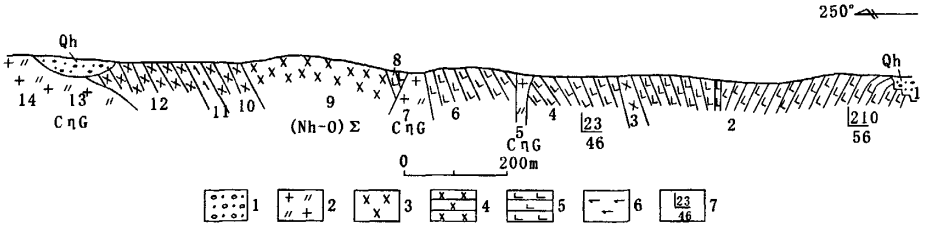



**图 2　新疆若羌县黑山构造蛇绿岩实测地质剖面图**

Fig. 2　The measured geological section of Heishan's structural ophiolite in Ruoqiang, Xinjiang

1. 第四系松散砂砾石层；2. 二长花岗岩；3. 辉长岩；4. 条带状堆晶辉长岩；5. 玄武岩；6. 堆晶辉石岩；7. 岩层产状

### 2.2　岩石与地球化学特征

#### 2.2.1　岩石学特征

黑山构造蛇绿岩主要以超镁铁质堆晶岩、镁铁质堆晶岩为主，枕状玄武岩次之。其岩石类型有堆晶橄辉岩、堆晶辉长岩、枕状玄武岩等，岩石变质较浅。

万方数据

(1) 堆晶橄辉岩：呈深灰绿色，细—中粒结构、堆晶结构，块状构造。辉石含量 $50\times10^{-2}$～$70\times10^{-2}$，斜长石含量 $10\times10^{-2}$～$15\times10^{-2}$，橄榄石含量 $10\times10^{-2}$～$15\times10^{-2}$，角闪石含量 $3\times10^{-2}$～$5\times10^{-2}$，尖晶石含量 $1\times10^{-2}$～$3\times10^{-2}$，金属矿物少量。矿物粒径 2～5 mm，矿物呈半自形—自形柱状。堆晶岩石层序从下部到上部橄榄石、辉石含量减少，斜长石、角闪石增加，岩石从超镁铁质向镁铁质演化，堆晶橄辉岩位于堆晶岩系的下部，呈深色条带状或似层状产出。

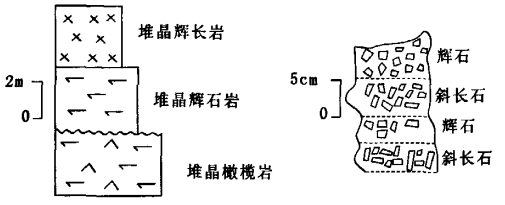



**图 3 堆晶岩基本层序、堆晶结构示意图**

Fig. 3 The schematic diagram of basic sequence and structure of cumulate

(2) 堆晶辉长岩：呈深灰绿色，具细—中粒辉长结构，块状构造。矿物成分为斜长石 $45\times10^{-2}$～$55\times10^{-2}$，辉石 $35\times10^{-2}$～$40\times10^{-2}$，角闪石含量 $3\times10^{-2}$～$5\times10^{-2}$，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。辉石绿泥石化、钠黝帘石化较强。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。

(3) 玄武岩：呈灰绿色，具斑状结构，变余含长结构，杏仁构造、块状构造。斑晶为斜长石 $5\times10^{-2}$～$7\times10^{-2}$、角闪石 $3\times10^{-2}$～$5\times10^{-2}$，呈自形长柱状，粒径 1 mm，斑晶总含量 $5\times10^{-2}$～$10\times10^{-2}$。基质矿物为斜长石 $50\times10^{-2}$±、角闪石 $30\times10^{-2}$±，斜长石呈自形柱状及板条状，矿物粒径 0.3 mm。气孔、杏仁呈椭圆状，粒径 0.5～3.5 mm，充填物一般为方解石。

对测区橄榄岩中的橄榄石、斜方辉石、单斜辉石电子探针分析表明其分别为贵橄榄石、古铜辉石、透辉石。

### 2.2.2 岩石化学特征

黑山构造蛇绿岩岩石化学分析结果见表 2。由表可以看出：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 $42.51\times10^{-2}$～$49.18\times10^{-2}$，属超基性-基性岩；岩石 $Al_2O_3$ 为 $15.1\times10^{-2}$～$17.22\times10^{-2}$、$TFeO_3$ 为 $6.05\times10^{-2}$～$13.19\times10^{-2}$、MgO 为 $11.27\times10^{-2}$～$26.71\times10^{-2}$ 含量较高，$TiO_2$ 为 $1.02\times10^{-2}$～$1.32\times10^{-2}$、$K_2O$ 为 $0.04\times10^{-2}$～$0.38\times10^{-2}$ 含量低。$Mg^{\#}$ 值 $(Mg)_N/(Mg)+\Sigma Fe)_N$ 为 0.69～0.77，M/F 值一般在 1.25～2.09。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 值也减少，反映了岩浆的分离结晶作用。采用超镁铁质岩-镁铁质岩 FAM 图解（图 4）和 $Al_2O_3$-CaO-MgO 图解（图 5）判别，全部样品投影在堆晶岩区。

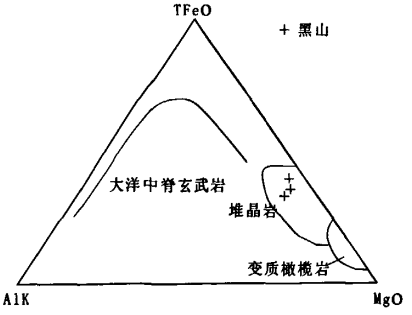



**图 4 黑山超镁铁质-镁铁质岩 AFM 图解**

Fig. 4 FAM diagram of Heishan mafic-ultramafic rocks

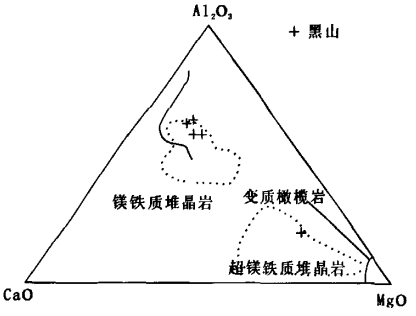



**图 5 黑山 $Al_2O_3$-CaO-MgO 图解**

Fig. 5 $Al_2O_3$-CaO-MgO diagram of Heishan

黑山构造蛇绿混杂岩中玄武岩与 MORB 岩石化学成分比较接近。各玄武岩成分含量比较稳定，其 $SiO_2$ 含量一般在 $49.36\times10^{-2}$～$50.44\times10^{-2}$，属基性岩；岩石 $Al_2O_3$ 含量为 $13.75\times10^{-2}$～$15.17\times$

万方数据

$10^{-2}$，含量较高、$TFeO_3$ 含量为 $10.2\times10^{-2}\sim12.95\times10^{-2}$ 富集；$TiO_2$ 含量在 $0.97\times10^{-2}\sim1.32\times10^{-2}$，与 MORB 玄武岩 $TiO_2$（平均含量为 $1.5\times10^{-2}$）比较接近；$K_2O$ 含量在 $0.09\times10^{-2}\sim0.38\times10^{-2}$，$K_2O$ 含量较低。$Na_2O/K_2O$ 较高（18±），$Mg^{\#}$ 值 $(Mg)_N/(Mg+\Sigma Fe)_N$ 为 0.60±，M/F 值为 0.61～0.87，里特曼指数介于 1.02～1.84。采用丘家骥硅-碱图解（1982）判别，黑山玄武岩落入玄武岩区（图 6），采用 T. N. Ivine（1971）火山岩硅-碱图解（图 7）及 A-F-M 图解（图 8）判别，黑山玄武岩投入亚碱性系列和拉斑玄武岩系列区。上述玄武岩化学成分说明其为低钾拉斑玄武岩。

**表 2　黑山构造蛇绿岩岩石化学含量一览表**

Tab. 2　Chemical composition of rocks of Heishan's structural ophiolite

| 样　号 | 岩性 | 地点 | $SiO_2$ | $TiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | FeO | MnO | MgO | CaO | $Na_2O$ | $K_2O$ | $P_2O_5$ | LOI | TOTAL | $Mg^{\#}$ | 里特曼指数 | M/F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D0388-GS3 | 玄武岩 | 黑山 | 50.22 | 1.19 | 13.84 | 1.48 | 9.14 | 0.17 | 7.86 | 10.84 | 2.82 | 0.12 | 0.12 | 0.7 | 98.5 | 0.57 | 1.20 | 0.75 |
| D0388-GS4 | | | 49.68 | 1 | 14.28 | 1.42 | 9.09 | 0.18 | 8.72 | 10.84 | 2.54 | 0.09 | 0.11 | 0.44 | 98.39 | 0.60 | 1.04 | 0.84 |
| D0388-GS5 | | | 50.24 | 0.97 | 15.17 | 1.32 | 8.84 | 0.17 | 8.72 | 10.84 | 2.79 | 0.12 | 0.1 | 0.36 | 99.64 | 0.61 | 1.17 | 0.87 |
| D0388-GS6 | | | 49.68 | 0.97 | 14.22 | 1.18 | 9.09 | 0.18 | 8.72 | 10.84 | 2.62 | 0.15 | 0.09 | 0.84 | 98.58 | 0.60 | 1.15 | 0.86 |
| D0388-GS7 | | | 50.14 | 1.23 | 13.9 | 2.17 | 9.14 | 0.17 | 8.52 | 10.75 | 2.84 | 0.15 | 0.13 | 0.5 | 99.64 | 0.58 | 1.25 | 0.77 |
| D0388-GS1 | | | 49.36 | 1.32 | 13.75 | 3.4 | 9.55 | 0.17 | 7.65 | 10.49 | 3.26 | 0.16 | 0.13 | 0.69 | 99.93 | 0.52 | 1.84 | 0.61 |
| D0388-GS2 | | | 50.44 | 1.02 | 14.71 | 2.08 | 8.12 | 0.11 | 8.48 | 12.2 | 2.38 | 0.38 | 0.11 | 0.51 | 100.54 | 0.60 | 1.02 | 0.85 |
| D0389-GS4 | 堆晶辉长岩 | | 49.96 | 0.36 | 15.56 | 0.6 | 5.97 | 0.13 | 8.12 | 10.11 | 2.02 | 0.79 | 0.02 | 2.1 | 95.74 | 0.69 | 1.13 | 1.25 |
| D0389-GS2 | | | 48.15 | 0.32 | 15.1 | 2.81 | 5.49 | 0.16 | 11.57 | 14.3 | 1.15 | 0.03 | 0.03 | 0.56 | 99.67 | 0.72 | 0.27 | 1.44 |
| D0389-GS1 | | | 49.12 | 0.26 | 15.68 | 2.18 | 5.08 | 0.14 | 11.82 | 13.3 | 1.21 | 0.38 | 0.02 | 0.94 | 100.13 | 0.75 | 0.41 | 1.68 |
| D6065-GS2 | | | 47.95 | 0.19 | 17.22 | 1.5 | 4.5 | 0.11 | 11.27 | 13.98 | 1.44 | 0.09 | 0.01 | 1.23 | 99.49 | 0.77 | 0.47 | 1.93 |
| D6065-GS1 | 堆晶橄辉岩 | | 42.51 | 0.25 | 7.0 | 4.19 | 9 | 0.18 | 26.71 | 5.43 | 0.38 | 0.04 | 0.02 | 3.39 | 99.1 | 0.79 | −0.36 | 2.09 |
| 大洋中脊玄武岩平均成分 | | | 49.34 | 1.49 | 17.04 | 1.99 | 6.82 | 0.17 | 7.19 | 11.72 | 2.73 | 0.16 | 0.16 | (Hughes, 1982) | | | | |

注：样品由西安岩矿测试中心分析，含量单位为 $\times10^{-2}$。

### 2.2.3　岩石地球化学特征

黑山蛇绿混杂岩中堆晶岩微量元素含量及其多元素 MORB 标准化蜘蛛图解见表 3、图 9。从图、表可以看出：微量元素的 MORB 标准化蜘蛛图曲线呈锯齿状的倒“V”型。其中，大离子亲石元素 Rb 为中等富集，K、Ba、Sr 极弱富集、与 MORB 元素 K、Ba、Sr 丰度相似，但 Ba 处显谷为负异常；高场强元素 Th、Ta 强裂富集，Nb 含量正常，未显异常，其他元素呈中等程度亏损；相容元素 Cr、Ni 呈弱到富集型，Cr 丰度介于 $763\times10^{-6}\sim13\,793\times10^{-6}$、平均为 $3\,489\times10^{-6}$，Ni 丰度为介于 $148\times10^{-6}\sim797\times10^{-6}$、平均为 $317.4\times10^{-6}$，高于或远高于洋中脊岛弧拉斑玄武岩 Cr（$97\times10^{-6}$）、Ni（$297\times10^{-6}$）丰度。

黑山玄武岩微量元素含量及其多元素 MORB 标准化蜘蛛图解见表 3、图 10。依据图、表：大离子亲石元素 Rb 为中等富集，K、Ba、Sr 正常—极弱富集、与 MORB 元素 K、Ba、Sr 丰度相似，但 Ba 处显谷、为负异常，在多元素的 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 弱—中等富集，Nb 含量正常、未显异常，其他元素 Zr、Ti、Y、Yb 弱亏损、其丰度与 MORB 丰度相当，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。相容元素 Cr、Ni 为极弱亏顺，Cr 丰度为 Cr 介于 $126\times10^{-6}\sim241\times10^{-6}$、平均为 $172\times10^{-6}$，Ni 丰度为介于 62～89、平均为 $80\times10^{-6}$，与洋中脊岛弧拉斑玄武岩 Cr（$97\times10^{-6}$）、Ni（$297\times10^{-6}$）丰度相近。

黑山堆晶岩稀土元素含量及其球粒陨石配分模式见表 4、图 11。依据表、图：稀土元素总量低、$\Sigma REE$ 介于 $8.84\times10^{-6}\sim23.02\times10^{-6}$，为球粒陨石的 1～10 倍；轻稀土元素总量（LREE）介于 $6.01\times10^{-6}\sim11.74\times10^{-6}$，$(La/Sm)_N$ 值介于 1.33～3.78，模式

万方数据

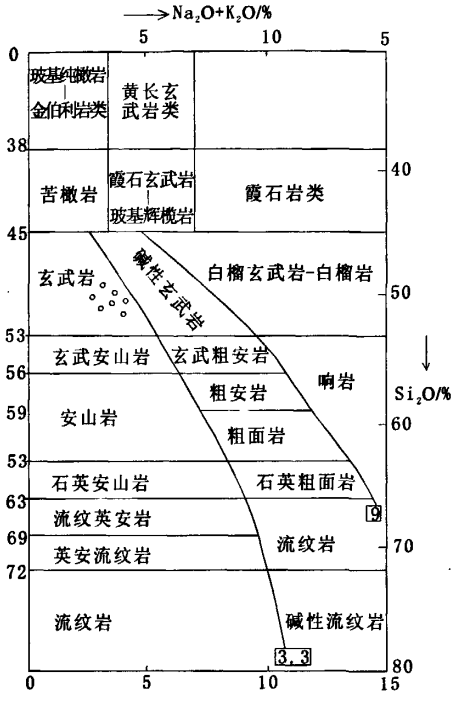



**图 6 黑山火山岩硅-碱、组合指数与种属名称图**

Fig. 6 TAS, mix index and generic designation diagram of Heishan volcanic rocks

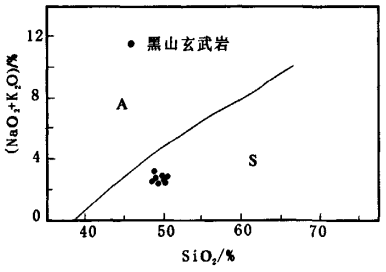



**图 7 黑山玄武岩硅-碱图**

(据 T. N. Irvine, 1971)

Fig. 7 TAS diagram of Heishan basalt

S. 亚碱性系列 A. 碱性系列

曲线为平缓型;重稀土元素总量(HREE)介于 $2.827\times10^{-6}$～$6.28\times10^{-6}$，重稀土元素总量极低，$(Gd/Yb)_N$ 介于 1.04～1.59，模式曲线平缓;δEu 为 0.87～1.39;轻、重稀土元素总量比值低、LREE/HREE 介于 1.08～2.67，$(La/Yb)_N$ 介于 0.95～3.44，模式曲线从亏损到平坦型到轻稀土元素极弱亏损型均有。上述黑山蛇绿岩中堆晶岩稀土元素含量和特征值表明其稀土元素球粒陨石配分曲线为亏损型和平坦型，稀土分配模式与与 MORB 玄武岩稀土分配模式近似。

黑山玄武岩稀土元素含量及其球粒陨石配分模式见表 1、图 11。依据表、图：稀土元素总量较低，

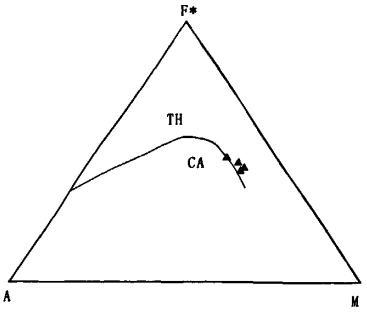



**图 8 黑山蛇绿岩中玄武岩的 FAM 图解**

(据 Kuno, 1968)

Fig. 8 FAM diagram of basalt of Heishan's structural ophiolite

TH. 拉斑玄武岩; CA. 钙碱性玄武岩; ▲. 黑山玄武岩

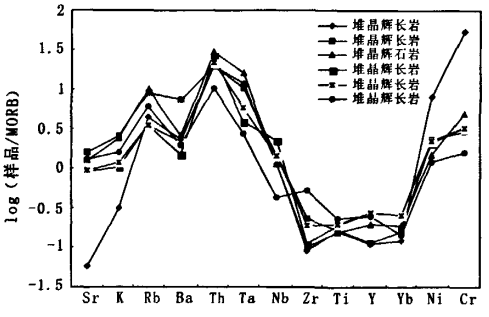



**图 9 黑山堆晶辉长岩辉石岩多元素 MORB 标准化蛛网图解**

Fig. 9 MORB-normalized trace element spidergrams for Heishan cumulative gabbro and pyroxenite

含量较为稳定，ΣREE 介于 $42.14\times10^{-6}$～$52.09\times10^{-6}$，为球粒陨石的 10～11 倍；轻稀土元素总量(LREE) 介于 $24.86\times10^{-6}$～$39.87\times10^{-6}$，(La/Sm) 值介于 1.14～1.44，模式曲线为平坦；重稀土元素总量 (HREE) 介于 $14.55\times10^{-6}$～$20.95\times10^{-6}$，重稀土元素总量极低，$(Gd/Yb)_N$ 介于 0.89～1.04，模式曲线平缓或向左倾；δEu 为 0.95～1.04；轻、重稀土元素总量比值低、LREE/HREE 介于

万方数据

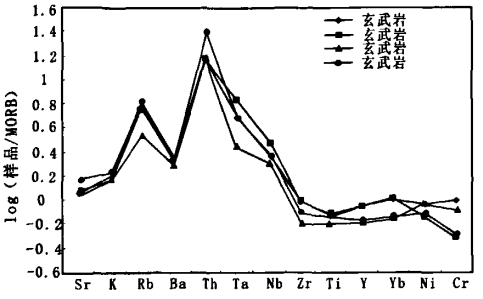



**图 10　黑山玄武岩微量元素 MORB 标准化蛛网图解**

**Fig. 10　MORB-normalized trace element spidergramsfor Heishan basalt**

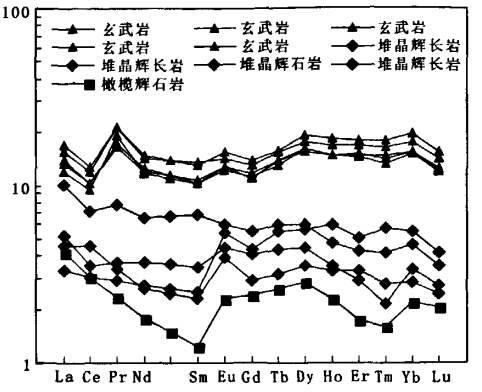



**图 11　黑山构造蛇绿岩超基性-基性岩稀土元素球粒陨石标准化分布型式图**

**Fig. 11　*Chondrite-normalized REE patterns for ultrabasic-basic rocks of Heishan's structural ophiolite***

1.46～2.07，$(La/Yb)_N$ 介于 1.40～2.89，模式曲线从亏损到平坦型到轻稀土元素极弱亏损型均有。上述黑山蛇绿岩中玄武岩稀土元素含量和特征值表明稀土元素含量低，轻、重稀土分馏不明显，稀土元素分配曲线呈平坦型。

**表 3　黑山构造蛇绿岩超基性-基性岩微量元素含量及特征值**

Tab. 3　Trace elements analyses and characteristic parameters of ultrabasic-basic rocks of Heishan structural ophiolite

| 岩　性 | 送样号 | Ba | Nb | Zr | Sr | U | Rb | Th | Hf | V | La |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 堆晶辉长岩 | D6065-GP1 | 46.00 | 4.00 | 8.00 | 7.00 | 0.50 | 9.00 | 4.00 | 4.00 | 69.00 | 15.00 |
| 堆晶辉长岩 | D6065-GP2 | 145.00 | 5.00 | 21.00 | 190.00 | 0.60 | 18.00 | 4.00 | 4.00 | 86.00 | 20.00 |
| 玄武岩 | D0388-GP1 | 44.00 | 8.00 | 93.00 | 178.00 | 0.60 | 12.00 | 3.00 | 6.00 | 242.00 | 21.00 |
| 玄武岩 | D0338-GP2 | 36.00 | 10.00 | 81.00 | 131.00 | 0.70 | 11.00 | 3.00 | 6.00 | 283.00 | 14.00 |
| 玄武岩 | D0338-GP3 | 38.00 | 7.00 | 53.00 | 125.00 | 0.50 | 7.00 | 3.00 | 7.00 | 266.00 | 22.00 |
| 玄武岩 | D0388-GP5 | 37.00 | 8.00 | 69.00 | 137.00 | 0.60 | 13.00 | 5.00 | 7.00 | 237.00 | 19.00 |
| 堆晶辉石岩 | D0389-GP1 | 51.00 | 4.00 | 9.00 | 152.00 | 0.21 | 20.00 | 5.90 |  | 164.00 | 21.00 |
| 堆晶辉长岩 | D0389-GP2 | 30.00 | 8.00 | 10.00 | 108.00 | 0.18 | 7.00 | 5.30 |  | 116.00 | 26.00 |
| 堆晶辉长岩 | D0389-GP3 | 44.00 | 5.00 | 17.00 | 112.00 | 0.21 | 7.00 | 4.30 |  | 135.00 | 23.00 |

| 岩　性 | 送样号 | Ta | Sc | K/% | Co | Ni | Cr | Ti | P | Rb/Sr | K/Rb |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 堆晶辉长岩 | D6065-GP1 | 2.10 | 24.50 | 0.04 | 77.40 | 797.00 | 13793.00 | 1439.00 | 178.00 | 1.29 | 44.44 |
| 堆晶辉长岩 | D6065-GP2 | 1.85 | 44.00 | 0.32 | 36.80 | 230.00 | 736.00 | 1501.00 | 189.00 | 0.09 | 177.78 |
| 玄武岩 | D0388-GP1 | 0.90 | 48.00 | 0.21 | 85.90 | 85.90 | 241.00 | 6204.00 | 720.00 | 0.07 | 175.00 |
| 玄武岩 | D0388-GP2 | 1.20 | 60.00 | 0.18 | 66.50 | 66.50 | 117.00 | 6794.00 | 574.00 | 0.08 | 163.64 |
| 玄武岩 | D0388-GP3 | 0.50 | 58.00 | 0.18 | 35.10 | 89.10 | 205.00 | 5221.00 | 428.00 | 0.06 | 257.14 |
| 玄武岩 | D0388-GP5 | 0.82 | 52.00 | 0.18 | 37.60 | 71.80 | 126.00 | 5723.00 | 491.00 | 0.09 | 138.46 |
| 堆晶辉石岩 | D0389-GP1 | 2.90 | 56.00 | 0.30 | 21.00 | 148.00 | 1210.00 | 1380.00 | 133.00 | 0.13 | 150.00 |
| 堆晶辉长岩 | D0389-GP2 | 0.69 | 40.00 | 0.13 | 31.00 | 206.00 | 860.00 | 1673.00 | 207.00 | 0.06 | 185.71 |
| 堆晶辉长岩 | D0389-GP3 | 1.05 | 46.00 | 0.15 | 35.00 | 220.00 | 819.00 | 1775.00 | 233.00 | 0.06 | 211.29 |

注：样品由西安岩矿测试中心分析，单位为 $\times 10^{-6}$。

万方数据

表 4 黑山构造蛇绿岩超基性-基性岩稀土元素含量及特征值

Tab. 4 REE analysis of ultrabasic-basic rocks of Heishan structural ophiolite

| 样品号 | 样品名 | La | Ce | Pr | Nd | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb | Lu |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 玄武岩 | D0388-XT3 | 5.01 | 11.3 | 2.55 | 8.47 | 2.74 | 1.04 | 4.02 | 0.77 | 5.52 | 1.23 | 3.53 | 0.55 | 3.38 | 0.44 |
| 玄武岩 | D0388-XT4 | 4.26 | 9.81 | 2.09 | 7.52 | 2.08 | 0.94 | 3.61 | 0.69 | 4.98 | 1.08 | 3.06 | 0.44 | 2.9 | 0.37 |
| 玄武岩 | D0388-XT5 | 3.85 | 8.86 | 2.32 | 6.98 | 2.08 | 0.89 | 3.51 | 0.65 | 4.98 | 1.08 | 3.12 | 0.49 | 2.94 | 0.39 |
| 玄武岩 | D0388-XT6 | 4.49 | 9.77 | 1.99 | 7.25 | 2.15 | 0.93 | 3.45 | 0.69 | 4.84 | 1.08 | 3.16 | 0.47 | 2.95 | 0.38 |
| 玄武岩 | D0388-XT7 | 5.4 | 11.9 | 2.56 | 8.93 | 2.64 | 1.13 | 4.31 | 0.8 | 5.95 | 1.35 | 3.78 | 0.59 | 3.7 | 0.48 |
| 玄武岩 | D0388-XT1 | 6.56 | 16.50 | 2.510 | 10.4 | 2.85 | 1.05 | 3.75 | 0.74 | 5.65 | 1.17 | 3.55 | 0.53 | 3.39 | 0.44 |
| 玄武岩 | D0388-XT2 | 4.62 | 9.00 | 1.310 | 7 | 2.14 | 0.79 | 3.01 | 0.55 | 4.23 | 0.83 | 2.87 | 0.4 | 2.32 | 0.34 |
| 堆晶辉长岩 | D0388-XT4 | 1.06 | 2.87 | 0.35 | 1.63 | 0.5 | 0.4 | 1.36 | 0.28 | 1.76 | 0.44 | 1.06 | 0.19 | 1.06 | 0.13 |
| 堆晶辉长岩 | D0389-XT1 | 1.66 | 3.33 | 0.440 | 2.23 | 0.69 | 0.33 | 1.28 | 0.22 | 1.39 | 0.26 | 0.61 | 0.072 | 0.65 | 0.084 |
| 堆晶辉石岩 | D0389-XT2 | 3.22 | 6.81 | 0.940 | 3.95 | 1.38 | 0.44 | 1.73 | 0.3 | 1.86 | 0.35 | 0.9 | 0.14 | 0.89 | 0.11 |
| 堆晶辉长岩 | D6065-XT2 | 1.48 | 4.33 | 0.410 | 1.57 | 0.46 | 0.29 | 0.9 | 0.16 | 1.09 | 0.24 | 0.69 | 0.092 | 0.54 | 0.077 |
| 橄榄辉石岩 | D6065-XT1 | 1.35 | 2.88 | 0.280 | 1.08 | 0.25 | 0.17 | 0.74 | 0.13 | 0.88 | 0.17 | 0.37 | 0.053 | 0.42 | 0.064 |

| 样品号 | 样品名 | LREE | HREE | REE | δEu | δCe | LREE /HREE | $(La/Sm)_N$ | $(Gd/Yb)_N$ | $(La/Yb)_N$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 玄武岩 | D0388-XT3 | 31.11 | 19.44 | 50.55 | 0.96 | 0.76 | 1.60 | 1.14 | 0.96 | 1.41 |
| 玄武岩 | D0388-XT4 | 26.7 | 17.13 | 43.83 | 1.04 | 0.76 | 1.56 | 1.28 | 1.00 | 1.40 |
| 玄武岩 | D0388-XT5 | 24.98 | 17.16 | 42.14 | 1.00 | 0.76 | 1.46 | 1.16 | 0.96 | 1.24 |
| 玄武岩 | D0388-XT6 | 26.58 | 17.02 | 43.6 | 1.04 | 0.76 | 1.56 | 1.31 | 0.94 | 1.45 |
| 玄武岩 | D0388-XT7 | 32.56 | 20.96 | 53.52 | 1.02 | 0.76 | 1.55 | 1.28 | 0.94 | 1.39 |
| 玄武岩 | D0388-XT1 | 39.87 | 19.22 | 59.09 | 0.98 | 0.76 | 2.07 | 1.44 | 0.89 | 1.84 |
| 玄武岩 | D0388-XT2 | 24.86 | 14.55 | 39.41 | 0.95 | 0.76 | 1.71 | 1.35 | 1.05 | 1.89 |
| 堆晶辉长岩 | D0389-XT4 | 6.81 | 6.28 | 13.09 | 1.39 | 0.76 | 1.08 | 1.33 | 1.04 | 0.95 |
| 堆晶辉长岩 | D0389-XT1 | 8.68 | 4.566 | 13.246 | 1.06 | 0.76 | 1.90 | 1.50 | 1.59 | 2.43 |
| 堆晶辉石岩 | D0389-XT2 | 16.74 | 6.28 | 23.02 | 0.87 | 0.76 | 2.67 | 1.46 | 1.57 | 3.44 |
| 堆晶辉长岩 | D6065-XT2 | 8.54 | 3.789 | 12.329 | 1.35 | 0.76 | 2.25 | 2.01 | 1.34 | 2.60 |
| 橄榄辉石岩 | D6065-XT1 | 6.01 | 2.827 | 8.837 | 1.12 | 0.76 | 2.13 | 3.38 | 1.42 | 3.05 |

注：样品由宜昌地研所岩矿测试中心分析，含量单位为$\times 10^{-6}$。

### 2.3 构造环境分析

黑山构造蛇绿岩中以超镁铁质堆晶岩、镁铁质堆晶岩、玄武岩为主。其中，玄武岩 $Al_2O_3$ 含量高、MgO 及 TFeO 富集、$K_2O$ 及 $K_2O/Na_2O$ 极低为特征，玄武岩属低钾拉斑玄武岩，稀土元素总量低，稀土元素轻、重稀土分馏不明显，稀土元素分配曲线属平坦型，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，Nb 未显异常，其他元素弱亏损；相容元素 Cr、Ni 丰度极高、远高于洋中脊岛弧拉斑玄武岩 Cr、Ni 丰度。以上所述黑山构造蛇绿岩中超基性、基性岩岩石学、岩石化学成分说明其为大洋中脊低钾拉斑玄武岩系列岩石组合。其形成环境可能为洋中脊扩张环境。

采用 Pearce 的玄武岩 FMA 图解（1976）（图 12）判别，投影在 MORB 与洋岛区；采用 Pearce 的 $TiO_2$-$K_2O$-$P_2O_5$ 图解（1975）（图 13）判别，主要投影在大洋玄武岩区；采用 Mullen 的 $TiO_2$-MnO×10-$P_2O_5$ 图解（1983）（图 14），主要投影在 MORB

万方数据

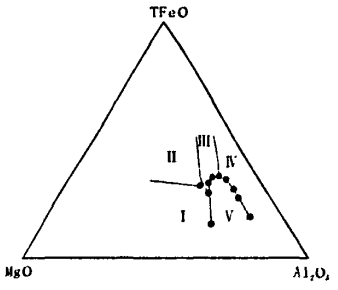



**图 12　黑山蛇绿岩玄武岩 $TFeO-MgO-Al_2O_3$ 图解**

（据 Pearce，1976）

Fig. 12　$TFeO-MgO-Al_2O_3$ diagram of basalt of Heishan ophiolite

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；• 黑山玄武岩坂玄武岩

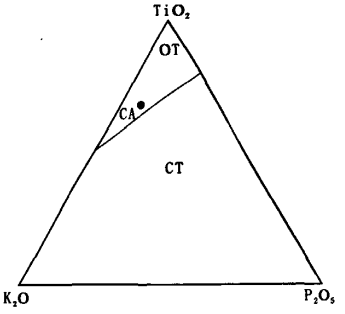



**图 13　玄武岩 $TiO_2-K_2O-P_2O_5$**

（据 Kuno，1968）

Fig. 13　$TiO_2-K_2O-P_2O_5$ diagram of basalt

OT. 大洋玄武岩；CT. 大陆玄武岩；• 黑山玄武岩

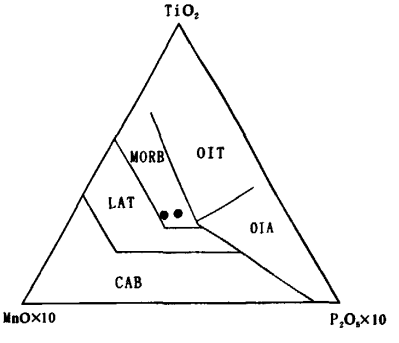



**图 14　玄武岩 $TiO_2-MnO\times10-P_2O_5\times10$ 图解**

（据 Mullen，1983）

Fig. 14　$TiO_2-MnO\times10-P_2O_5$ diagram of basalt

AB. 岛弧-碱性玄武岩；IAT. 弧岛拉斑玄武岩；MORB. 大洋中脊玄武岩；OIT. 洋岛拉斑玄武岩第一组为鸭子泉火山岩组；• 黑山玄武岩

区；采用 Pearce 的 Ti/100-Zr-Y×3 图解（图 15）（1973）、Meschede 的 2Nb-Zr/4-Y 图解（1986）判别（图 16）、Pearce 的 Ti-Zr 图解（图 17）（1973）等多种图解判别，绝大多数投影在 MORB 区及边缘。

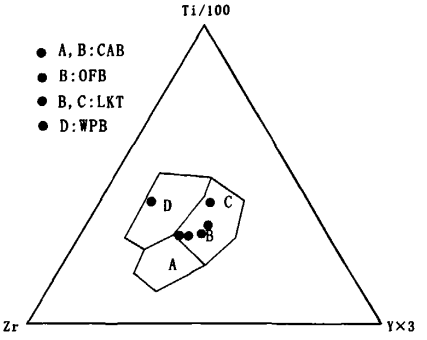



**图 15　玄武岩 Ti/100-Zr-Y×3 图解**

（据 Pearce，1973）

Fig. 15　Ti/100-Zr-Y×3 diagram of basalt

A. 钙碱性玄武岩；B. MORB；C. 弧岛；D. 板内玄武岩；• 黑山玄武岩

综上说述，黑山超基性、基性岩中的玄武岩的岩石学、岩石化学成分洋中脊玄武岩成份相似，说明其可能形成于拉张型板块边界的洋中脊环境。

此外，在研究区鸭子大坂了发现宽 2～4 m、长 35～80 m 凸镜状超基性岩、暗绿色大洋拉斑玄武岩，其与黑山蛇绿混杂岩中的蛇绿岩同属古洋壳残片-蛇绿岩的一部分。鸭子大坂现今北东向构造线与黑山近东西向构造线不协调是由于鸭子泉构造带改造作用及阿木巴勒阿土坎超单元、库木布拉格超单元的侵吞就位共同作用的结果。

### 2.4　黑山蛇构造蛇绿混杂岩同位素年龄探讨

在黑山构造蛇绿混杂岩堆晶辉长岩中获得（2 380±12）Ma的上交点年龄和（816±10）Ma 的下交点年龄（锆石 U-Pb 法），各样品同位素组成见表 5，谐和图见图 18；侵入黑山堆晶岩和玄武岩中的花岗闪长岩中获得(1 090±26)Ma 的上交点年龄和（312±9）Ma 的下交点年龄（锆石 U-Pb 法）；鸭子泉侵入安山玄武岩（岛弧环境）中的辉长岩中获得（405.3±1.0）Ma 的权重平均值（锆石 U-Pb 法）。因此，黑山蛇绿岩形成时代为南华纪至奥陶纪，与罗丁尼亚超大陆解体的年龄相当；与俯冲花岗岩年龄和弧后盆地化石确定蛇绿岩构造就位时代为志留纪—早中泥盆世可配套。

万方数据

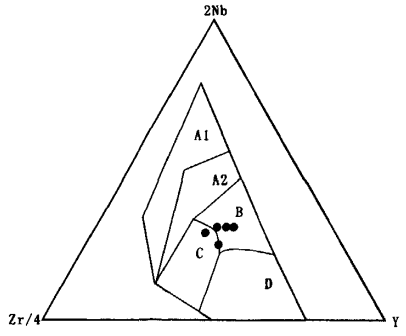



**图 16 玄武岩 2Nb-Zr/4-Y 图解**

(据 Meschede，1986)

Fig. 16 2Nb-Zr/4 diagram of basalt

A. 板内玄武岩；B. E- MORB；C. N－MORB；D. 板内拉斑玄武岩和火山弧玄武岩；·黑山玄武岩

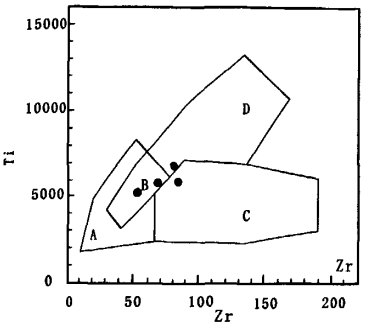



**图 17 玄武岩 Ti-Zr 图解**

(据 Pearce，1973)

Fig. 17 Ti-Zr diagram of basalt

A. 岛弧玄武岩；B. MORB－钙碱性玄武岩；C. 钙碱性玄武岩；D. MORB；·黑山玄武岩

**表 5 黑山构造蛇绿岩堆晶辉长岩锆石 U-Pb 测定结果表**

**Tab. 5 Zircon U-Pb isotope analysis of cumulative gabbro of Heishan's structural 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 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 岩组 | 岩性 | No. | 样 号 | 质量/μg | U | Pb | | $^{206}Pb/^{204}Pb$ | $^{206}Pb/^{238}U$ | $^{207}Pb/^{235}U$ | $^{207}Pb/^{206}Pb$ | $^{206}Pb/^{238}U$ | $^{207}Pb/^{235}U$ | $^{207}Pb/^{206}Pb$ |
| 黑山构造蛇绿岩 | 堆晶辉长岩 | 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：2 380 Ma；上交点年龄：2 380±12 Ma；下交点年龄：816±10 Ma；MSWD：0.06407

## 3 构造特征及构造活动时限讨论

黑山构造蛇绿岩带是祁漫塔格结合带重要物质组分，是在加里东晚期板块俯冲-碰撞过程中逐渐演化形成的。其物质组成和构造变形特征为祁漫塔格结合带的形成演化提供了强有力的证据。

由于多期的构造变形、改造，蛇绿岩各组分均以构造残片或透镜体产出，无一完整的剖面结构，但各组分均有零星出露。在黑山出露堆晶辉橄岩、堆晶辉石岩、堆晶辉长岩和变玄武岩长几十至几百米，宽几十至几百米；在鸭子大坂由蛇纹岩、二辉橄榄岩、橄榄辉石岩、变玄武岩组成，呈透镜状产出，单个长度一般十几米，最长小于 40 m，宽 1～3 m。黑山与鸭子大坂出露的蛇绿岩在岩石学、岩石化学、稀土元素、微量元素等方面具有相同的特征，产于洋中脊环境，均说明为蛇绿岩套的组份，为古洋壳残片物质。而这些物质之间均以剪切面接触，其本身也遭受了强烈的变形变质作用。

除蛇绿岩组份外，还包括外来岩块（片）和陆源碎屑岩。大理岩岩块是卷入构造混杂岩带中的外来岩块(片)，主要分布于鸭子大坂以东，大小不等，呈构造岩块或构造透镜体产于剪切基质中，其边界均为构造面。内部变形强烈，发育早期固态流变变形相的顺层掩卧褶皱、顺层流劈理，普遍遭受糜棱

万方数据

岩化，可能是基底岩片的组成物质（冰沟岩群狼牙山岩组）。遭受强烈变形变质的剪切基质中的绿泥石英片岩、绿泥钠长阳起石片岩、钠长绿泥石绿帘石片岩、绢云石英片岩，其原岩一部分可能属于岛弧火山岩岩片，一部分为陆源碎屑岩。

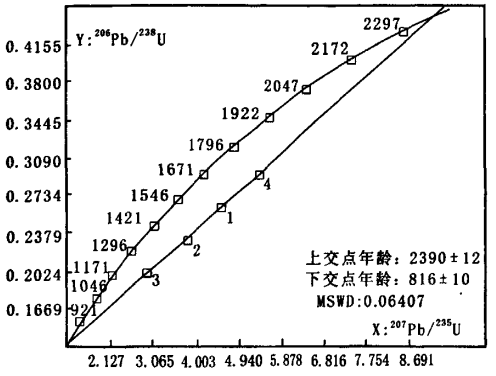



**图 18　黑山构造蛇绿岩堆晶辉长岩 U-Pb 测年谐和图**

Fig. 18　Zircon U-Pb concordia diagrams of cumulative gabbro of Heishan's structural ophiolite

在鸭子大坂一带，宏观上表现为不同成因、不同时代或经历不同演化阶段的构造变形、变质岩片（岩块），以构造面（韧性剪切带、构造面理）相互拼贴、相互叠置，显示强烈的构造形变混杂特征。该带实际上表现为一个大规模的韧性剪切带，同时又是一个高度的物质混杂场，由构造片岩包绕刚性块体，其平面构造形态表现为以剪切基质环绕构造岩块，以主干韧性剪切带为骨架，形成强弱构造域相间排布的网络状的构造面貌（图 1）。由此，构造混杂岩带根据构造变形特征可分刚性构造块体和剪切基质两部分，分别处于强、弱构造域中。刚性块体由上述所说的蛇绿岩块、大理岩块等组成，变形相对较弱；剪切基质是带内强构造域的组成物质，主要岩性为绿泥石英片岩、绿泥钠长阳起石片岩、钠长绿泥石绿帘石片岩、绢云石英片岩等。

在鸭子大坂一带发育一组早期面理 $S_2$，为主要成层面理，属片理、糜棱面理，在后期构造变形中形成无根褶皱、斜歪褶皱，倾竖褶皱。该构造面理表现强烈剪切变形特征。如，在鸭子大坂西，构造片岩中石英岩构成的无根褶皱显示的残留面理，而发育的“S-C”组构、云母“鱼”以及拔丝石英等，以及在递进变形过程中形成的剪切褶皱、钩状无根褶皱和斜列排列的构造透镜体，均反映了强烈的剪切变形机制和强烈的构造形变混杂作用，鸭子大坂西绿泥钠长片岩中卷入透镜状的石英岩中，在鸭子大坂东，蛇绿岩块呈透镜状混杂于构造片岩中，辉橄岩韧性剪切变形较强，发生糜棱岩化作用，残斑为透镜状、眼球状橄榄石，条纹状的蛇纹石、滑石定向平行分布，且包绕残斑，部分橄榄石呈多米诺骨牌构造。

黑山分布的蛇绿岩构造线走向近东西向，可能代表了祁漫塔格结合带的走向。从鸭子大坂所发育的构造运动学标志分析和区域构造所反映的构造极性，表现为由南向北的逆冲推覆变形。黑山-那棱格勒断裂带以北的包括白干湖组及滩间山群的褶皱变形显然与此相联，处于相同的构造变形机制，即南北向的挤压。

柴达木陆块与东昆北陆块之间的祁漫塔格洋俯冲-碰撞造山的时限为志留纪—早中泥盆世。其证据为：①参于构造变形的最晚物质记录为志留系地层。②在东邻青海省茫崖镇南奥陶—志留系滩间山群与上覆晚泥盆世的黑山沟组呈角度不整合接触，是加里东末期收缩运动的有力证据。③与本期俯冲-碰撞构造活动-有关的花岗岩同位素年龄为 388～418 Ma（锆石 U-Pb）。④弧后盆地沉积岩中采集到早志留世笔石化石。

8 亿年左右的新元古代，罗丁尼亚超大陆解体，中国古陆所属的劳伦古陆与南美、澳大利亚古陆分离，昆仑地区也开始裂解扩张，在北部裂解出古昆北洋，在南部裂解出祁漫塔格洋，其间分布有库木库里—布伦台（东昆中）中间地块，形成以多岛洋为特征的古昆仑洋。黑山蛇绿构造混杂岩带中出露的变质杆栏岩、堆晶杂岩系、拉斑玄武岩残片，就是大陆裂解的物质记录，此外在大陆边缘的青白口纪丘吉东沟岩组的陆源碎屑沉积中夹的裂谷型变质玄武岩也是大陆裂解的证据。黑山堆晶辉长岩锆石 U-Pb 测年中获得的下交点 816 Ma 的年龄值，它可能提供了大陆裂解祁漫塔格洋形成的时间信息，这与全球罗丁尼亚超大陆解体的时间是基本同步的。

## 4　结论

（1）黑山构造蛇绿岩带是祁漫塔格结合带重要

万方数据

物质组分，是在加里东晚期板块俯冲-碰撞过程中逐渐演化形成的．区域上与那棱格勒构造带相连。是柴达木陆块与东昆北陆块的分界断裂。

（2）黑山构造蛇绿岩为古洋壳残片物质。黑山堆晶辉长岩中的锆石 U-Pb 测年获得（2 380±12）Ma 的上交点年龄和（816±10）Ma 的下交点年龄；侵入黑山堆晶岩和玄武岩中的花岗闪长岩中的锆石 U-Pb 测年获得（1 090±26）Ma 的上交点年龄和（312±9）Ma 的下交点年龄；鸭子泉侵入安山玄武岩（岛弧环境）中的辉长岩中获得 405.3±1.0 Ma 的权重平均值（锆石 U-Pb 法）。因此，黑山蛇绿岩形成时代为南华纪至奥陶纪，与罗丁尼亚超大陆解体的年龄相当；与俯冲花岗岩年龄和弧后盆地化石确定蛇绿岩构造就位时代为志留纪—早中泥盆世。

（3）黑山构造蛇绿岩以北的祁漫塔格地区（柴达木陆块）发育与岩浆岩、变质岩有关的铜、钨、钛、铁等与热液、区域变质有关的内生矿产；以南的库木库里盆地发育砂砾岩型铜矿、砂金、石膏、石盐等外生矿产。

## 参考文献（References）：


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.

Xinjiang Geological Mine Bureau. Regional geology of Xinjiang Uigur Autonomous Region［M］. Geological Publishing House, Beijing, 1993.

新疆地质矿产局．新疆维吾尔自治区多重地层划分对比［M］．北京：地质出版社，1998.

Xinjiang Geological Mine Bureau. The nationwide multifold stratigraphic division and correlation: Xinjiang lithostratigraphic［M］. China University of Geosciences Press, Wuhan, 1999.

青海省地质矿产局．青海省多重地层划分对比［M］．北京：地质出版社，1991.

Qinghai Geological Mine Bureau. The nationwide multifold stratigraphic division and correlation: Qinghai lithostratigraphic［M］. China University of Geosciences Press, Beijing, 1997.

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.

Qinghai Geological Mine Bureau. Regional geology of Qinghai［M］. Geological Publishing House, Beijing, 1987.

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.

Jiang Chunfa, Yang Jingsui, Feng Binggui. Opening-closing tectonics of Xinjiang［M］. Geological Publishing House, Beijing, 1992.

沈超远，王岳军．新疆东昆仑祁漫塔格地区上三叠统火山岩成因初探［J］．大地构造与成矿学，1999，23（01）：50-58.

Shen Chaoyuan, Wang Yuejun. Petrologic characteristics and tectonic setting of volcanic rocks from upper triassic system in the Qimantage regionin east Kunlun orogenic belt, Xinjiang［J］. Geotectonica et metallogenia, 1999, 23 (01): 50-58.

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，1999，13（3）309-314.

Yang Jinzhong, Shen Yuanchao, Li Guangming, et al. Basic features and its tectonic significance of Yaziquan ophiolite belt in eastern Kunlun orogenic belt, Xinjiang［J］. Geoscience, 1999, 13 (3): 309-314.

崔军文，唐哲民，邓晋福，等．阿尔金断裂系统［M］．北京：地质出版社，1999.

Cun Junwen, Tang Zhemin, Deng Jinfu, et al. Fault Systems of the Altyn Tagh［M］. Geological Publishing House, Beijing, 1999.

单文琅，宋鸿林，等．构造变形分析的理论、方法和实践［M］．中国地质大学出版社，1991.

Shan Wenlang, Song Honglin. Deformation analysis theory, methods and practices［M］. China University of Geosciences Press, Wuhan, 1997.

计文化，阚新望，王巨川，等．西昆仑苏巴什蛇绿混杂岩带组成、特征及其地质意义［J］．陕西地质，2001，19（2）．

Ji Wenhua, Lin Xinwang, Wang Juchuan, et al. Composition, characteristics and the geological significance of ophiolitic complex in the western Shubashi in Kunlun［J］. Geology of Shaanxi, 2001, 2001, 19 (2): 40-47.


万方数据

# The Characteristics of Heishan Structural Ophiolite Belt in the West Part of East Kunlun

WANG Xiang-li, GAO Xiao-ping, LIU You-qi, LI Xin-lin,
ZHOU Xiao-kang, CUI Ji-gang, DAI Xin-yu,
HE Li-xin, ZENG Zhong-cheng

(*Shaanxi Geological Survey, Xi'an* 710054, *China*)

**Abstract**: Through research on the rock assemblage of basic volcanic rock and basic-ultrabasic volcanic rock as well as their feature on petrology, lithochemistry, trace element and REE etc, it is suggested that Heishan structural ophiolite belt is an important material component of Qimantage binding belt, which was formed gradually in the process of plate's dive-collision and connected with Nalinggele structural belt, and was the division fault between Qaidam basin and north block of East Kunlun. Comprehensive researches from isotopic dating have concluded that the Heishan ophiolite was formed in Nanhua Ordovician period and its structural location was formed in Silurian period-early Middle Devonian epoch. This paper provides new important information for the structural evolution of East Kunlun and indicates that in the Qimantage area (Qaidam basin), at the north of Heishan Structural Ophiolite Belt, generated some endogenetic deposits which were concerned with hydrothermal fluid and region metamorphism, such as copper, tungsten, titanium and iron, which were related to magmatic rocks and metamorphic rocks; and in the Kumukuli basin (the northern block of East Kunlun), at the south of Heishan Structural Ophiolite Belt, occur some exogenetic ore deposits, such as sandstone-conglomerate type copper deposits, placer gold, gypsum, and halite etc.

**Key words**: Heishan; ophiolite; Qaidam basin; north block of east Kunlun

万方数据

# 东昆仑西段黑山构造蛇绿岩带特征

万方数据 WANFANG DATA 文献链接

作者： 王向利， 高小平， 刘幼骐， 李新林， 周小康， 崔继刚， 戴新宇， 何立新， 曾忠诚， WANG Xiang-li， GAO Xiao-ping， LIU You-qi， LI Xin-lin， ZHOU Xiao-kang， CUI Ji-gang， DAI Xin-yu， HE Li-xin， ZENG Zhong-cheng

作者单位： 陕西省地质调查院,陕西,西安,710065

刊名： 西北地质 ISTIC

英文刊名： NORTHWESTERN GEOLOGY

年，卷(期)： 2010,43(4)

## 参考文献(10条)

1. 新疆地质矿产局 新疆维吾尔自治区区域地质志 1993

2. 新疆地质矿产局 新疆维吾尔自治区多重地层划分对比 1998

3. 青海省地质矿产局 青海省多重地层划分对比 1991

4. 青海省地质矿产局 青海省区域地质志 1987

5. 姜春发;杨经绥;冯秉贵 昆仑开合构造 1992

6. 沈超远;王岳军 新疆东昆仑祁漫塔格地区上三叠统火山岩成因初探[期刊论文]-大地构造与成矿学 1999(01)

7. 杨金中;沈超远;李光明 新疆东昆仑鸭子泉蛇绿岩的基本特征及其大地构造意义[期刊论文]-现代地质 1999(03)

8. 崔军文;唐哲民;邓晋福 阿尔金断裂系统 1999

9. 单文琅;宋鸿林 构造变形分析的理论、方法和实践 1991

10. 计文化;蔺新望;王巨川 西昆仑苏巴什蛇绿混杂岩带组成、特征及其地质意义[期刊论文]-陕西地质 2001(02)

引用本文格式：王向利.高小平.刘幼骐.李新林.周小康.崔继刚.戴新宇.何立新.曾忠诚.WANG Xiang-li.GAO Xiao-ping.LIU You-qi.LI Xin-lin.ZHOU Xiao-kang.CUI Ji-gang.DAI Xin-yu.HE Li-xin.ZENG Zhong-cheng 东昆仑西段黑山构造蛇绿岩带特征[期刊论文]-西北地质 2010(4)