

东昆仑南坡俯冲增生杂岩楔中纳赤台群物质组成特征

史连昌¹, 才航加², 许海全², 徐博¹, 魏有宁¹, 赵明福¹

SHI Lianchang¹, CAI Hangjia², XU Haiquang², XU Bo¹, WEI Youning¹, ZHAO Mingfu¹

1. 青海省地质调查局, 青海 西宁 810001;

2. 青海省地质调查院, 青海 西宁 810012

1. *Qinghai Geological Survey, Xining 810001, Qinghai, China;*

2. *Qinghai Geological Survey Institute, Xining 810012, Qinghai, China*

摘要: 东昆仑的形成经历了长期的构造演化、地体拼贴、碰撞及复合造山的动力过程。奥陶纪—志留纪昆中洋由南向北俯冲形成典型的东昆仑南坡俯冲增生杂岩楔, 其中发育的纳赤台群物质组成复杂, 也是该带主要的组成物质。通过野外详细调查, 发现纳赤台群物质由洋中脊—洋岛环境下的含蛇绿岩残片组分及远洋泥钙质沉积、具有浊积岩特征的大陆斜坡次深海—深海相物质、前陆盆地复理石沉积组合、火山岛弧环境下的物质组合等构成。不同岩石组合间多为断层后韧性剪切接触, 岩石构造变形十分强烈, 不同岩块间时代跨度大, 所处的构造环境迥异。在长期俯冲过程中, 将不同的物质在东昆仑陆块边缘以不同规模, 形态各异的岩片、岩块样式拼贴或堆垛在一起。

关键词: 东昆仑南坡俯冲增生杂岩; 奥陶纪—志留纪; 纳赤台群物质组成; 形成时代; 构造环境

中图分类号: P534.4; P58 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-2552(2017)02/03-0251-07

Shi L C, Cai H J, Xu H Q, Xu B, Wei Y N, Zhao M F. Material composition characteristics of Najital Group in subduction accretion complex on the southern slope of East Kunlun Mountains. *Geological Bulletin of China*, 2017, 36(2/3):251-257

Abstract: The formation of the East Kunlun Mountains experienced long-term tectonic evolution, collage, collision and the complex orogenic process, thus generating very complex geological structure. During its northward subduction, Ordovician-Silurian Kunduz formed typical subduction accretion complex on the southern slope of East Kunlun Mountains. In addition, the extremely complicated composition of the Najital Group is also the vital component in this belt. Through field investigation, the authors found that the Najital Group has very complicated composition, and consists of ophiolite fragments-bearing deposits, ocean mud calcium deposits, mid-ocean ridge-ocean island deposits that contain ophiolite fragments and ocean pelitic calcareous sediments, abyssal-bathyal sediments with the characteristics of turbidite on the continental slope, foreland basin flysch sediments and volcanic island arc material composition. The contact relationships between different rock combinations are ductile shear contact after faulting, and these rocks with strong tectonic deformation have very different ages and tectonic environments. In the process of long-term subduction, different materials collaged or heaped together at the edge of the east Kunlun block in the forms of rocks with different sizes and shapes.

Key words: subduction accretion complex on the southern slope of East Kunlun Mountains; Ordovician-Silurian period; Najital Group composition; formation age; tectonic environment

东昆仑具有十分复杂的地质构造, 其形成经历了特提斯洋长期的构造演化、地体拼贴、碰撞及复合造山的动力过程, 成为世界地学界争相探讨研究

的重要窗口之一。在东昆仑南坡发育一套非常典型的俯冲增生杂岩楔, 北部以昆中断裂为界与东昆仑岩浆弧毗邻, 南部以昆南断裂为界与木孜塔格—

收稿日期: 2015-11-13; 修订日期: 2016-10-15

资助项目: 中国地质调查局项目《青海1:25万布伦台、大灶火幅区调修测》(编号: 1212011121187)

作者简介: 史连昌(1968-), 男, 高级工程师, 从事区域地质矿产调查工作。E-mail: 2313012281@qq.com

西大滩-不青山蛇绿混杂岩带、玛多-玛沁增生楔接壤,是青藏高原北部一条重要的巨型结合带^[1](图1),也是秦祁昆造山系与西藏-三江造山系间一条重要的板块对接带^[2]。纳赤台群是构成该俯冲增生杂岩楔的主要地质体,对其物质组成、不同物质组合间接接触关系、构造环境、形成时代等问题存在不同认识和分歧。1962年青海省地质局石油普查大队创建“纳赤台系”^①,指大干沟-西大滩之间出露的一套浅变质岩系,将其时代置于古生代;1972年青海省区测队在《1:100万温泉幅(1-46)区域地质调查报告书》中将分布于昆仑河、秀沟一带的浅变质凝灰质千枚岩、板岩、砂岩及片岩、大理岩和片理化中酸性火山岩、火山碎屑岩、凝灰质砾岩等组成的“绿色岩系”称“纳赤台群”,时代归属早古生代^②;1982年李光岑等^[3]认为,“纳赤台群”由3个不完整的沉积旋回组成,据此将其自上而下分别命名为哈拉巴依沟组、石灰厂组、水泥厂组,依据珊瑚和腕足类化石将其时代定为晚奥陶世,但不排除有志留纪的可能;青海省地质矿产局在《青海省岩石地层》^[4]

中废除组级单位,仍称纳赤台群,将其时代修订为奥陶纪-志留纪,与下伏中-新元古界万保沟群为断层接触。也有人认为形成时代可能包括寒武纪,同时指出由于变形强烈,含化石的灰岩有滑塌的外来岩块而非夹层,姜春发等^[5]认为不排除这种可能。由此可见,纳赤台群的物质组成及形成时代目前争议较大,对其中不同岩块所处的构造环境的探讨资料缺乏。

通过近年来的野外调查和综合研究发现,纳赤台群物质组成复杂,岩石变形强烈,由不同时代的基质和岩块构成,其间多为构造接触,属典型的俯冲增生杂岩。工作中通过路线地质调查、剖面测制和同位素测年等,初步划分了4个岩石组合,对不同的岩石组合进行了构造环境、形成时代的研究。这些研究对揭示整个东昆仑地区加里东期的构造演化具有重要意义。

1 区域地质概况

近年来中国地质调查局实施了1:25万大灶火幅、布伦台幅区域地质调查工作^{③④},项目横跨昆仑

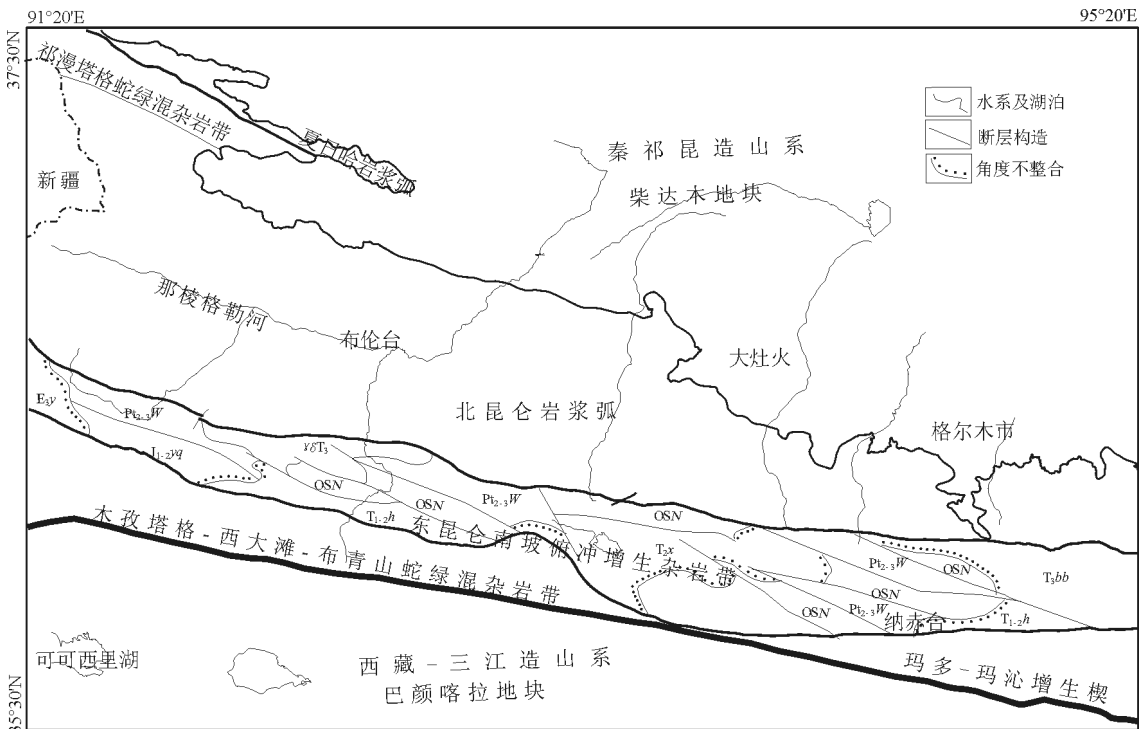


图1 纳赤台群的分布及大地构造略图

Fig. 1 Distribution of the Naichitai Group and geotectonic sketch map

γ δ T₃—晚三叠世花岗闪长岩;Pt₂₋₃W—中-新元古代万宝沟群;OSN—奥陶纪-志留纪纳赤台群;
T_{1-2h}—早-中三叠世洪水川组;T_{3x}—中三叠世希里可特组;T_{3bb}—晚三叠世
八宝山组;J_{1-2y}—早-中侏罗世羊曲组;E_{3y}—渐新世雅西措组

南坡俯冲增生杂岩楔,其中发育的纳赤台群岩石组合出露较全,不同岩石组合间接触关系明显,岩石构造变形强烈且典型,是研究纳赤台群物质组成特征的理想场所。

昆仑南坡俯冲增生杂岩楔总体呈北西西向展布,发育有中—新元古代万保沟群、早古生代奥陶纪—志留纪纳赤台群,早三叠世洪水川组、早—中三叠世闹仓坚沟组、晚三叠世八宝山组、早侏罗世羊曲组等;火山活动微弱,岩浆侵入作用强烈,主要有新元古代碰撞型花岗闪长片麻岩、二长花岗片麻岩,早志留世俯冲型过铝质二长花岗岩,晚志留世同碰撞型强过铝质高钾钙碱性石英闪长岩—花岗闪长岩组合等,另外,局部发育晚三叠世伸展型辉长岩。中生代地层角度不整合覆盖于早期地层或岩体上,局部呈断层接触,小雪峰地区中更新世冰碛物覆盖其上。

奥陶纪—志留纪昆中洋由南向北俯冲形成典型的东昆仑南坡俯冲增生杂岩楔。将不同构造类型、时代的岩石块体、构造地层体以不同规模、形态各异的岩片、岩块样式拼贴或堆垛在一起。带内宏观上表现出北老南新的趋势,说明由北向南存在不断的增生过程。该带中断裂具有明显的推覆型韧性剪切变形,发育S—C结构(图2),剪切褶皱及旋转碎斑的强变形的钙质糜棱岩总是包绕不同规模弱变形的基性火山岩,在平面上形成首尾连接的菱形网结状,并由于后期叠加的各类构造,使其在时空展布上更加复杂化,至少可识别出早期右形斜冲、晚期左形走滑2期构造变形,具有典型的俯冲增生杂岩特点。纳赤台群的物质记录代表了奥陶纪—志留纪整个东昆仑南坡的一个完整的俯冲拼贴过程。

2 纳赤台群的地质剖面描述

(1)青海省格尔木市郭乡哈萨坟沟纳赤台群实测剖面

剖面位于格尔木市郭乡哈萨坟沟,该处出露的地层基本可以代表纳赤台群长石石英砂岩、石英砂岩、板岩、千枚岩组合;片理化砾岩、片岩组合及中酸性火山岩、碎屑岩夹碳酸盐岩组合的主体。剖面北部纳赤台群与早志留世花岗闪长岩断层接触,南部到纳赤台群中发育的背斜构造轴部。剖面上岩石糜棱岩化发育,其中1~2层主要控制长石石英砂岩、石英砂岩、板岩、千枚岩组合;3层控制片理化砾

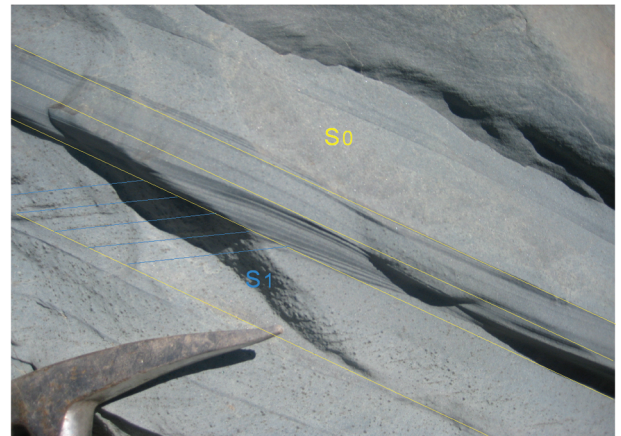


图2 碎屑岩中发育的S/C结构

Fig. 2 The S/C composition and structure in clastic rocks

岩、片岩组合;4~10层控制中酸性火山岩、碎屑岩夹碳酸盐岩组合,不同岩石组合间多为断层或韧性剪切接触。控制厚度1145.36m(图3)。

纳赤台群中酸性火山岩、碎屑岩夹碳酸盐岩组合

10.灰绿色(片理化)安山岩(向斜轴部)	53.33m
9.灰绿色英安—安山质角砾熔岩	62.03m
8.灰色中厚层状中粒岩屑长石砂岩(与上层断层接触)	101m
7.灰绿色安山岩	> 134.64m
6.灰色—深灰色中厚层状中细粒岩屑长石砂岩局部夹灰色含砂质灰岩	104m

-----韧性剪切带-----

5.灰色中厚层状粉砂岩与灰色含粉砂泥质岩互层	41.30m
4.浅灰绿色英安质凝灰岩夹浅灰绿色安山岩	156.85m
3.浅灰色片理化复成分砾岩(与上层断层接触)	52.92m
2.浅灰绿色粉砂质粘土岩(与上层断层接触)	78.14m
1.灰绿色中粒岩屑长石砂岩加深灰色粉砂质板岩(与早志留世花岗闪长岩断层接触,未见底)	> 131.15m

(2)格尔木市郭乡万保沟沟脑纳赤台群实测剖面

剖面位于格尔木市郭乡万保沟沟脑,该处出露的地层可以代表纳赤台群细碎屑岩夹硅质岩、变拉斑玄武岩组合的主体,区域上在没草沟该套地层中发育有紫红色硅质岩、枕状玄武岩、辉长岩、辉绿岩岩墙等蛇绿岩组分。剖面从背斜构造轴部开始测制,上部与中—新元古界万宝沟群大理岩组断层接触,厚度大于228m(图4)。

纳赤台群细碎屑岩夹硅质岩组合

与中—新元古界万宝沟群断层接触(未见顶)	
3.灰色中厚层粉砂质细粒长石砂岩与灰色粉砂岩互层,局部夹厚5~10cm的深海泥钙质层	> 103.81m

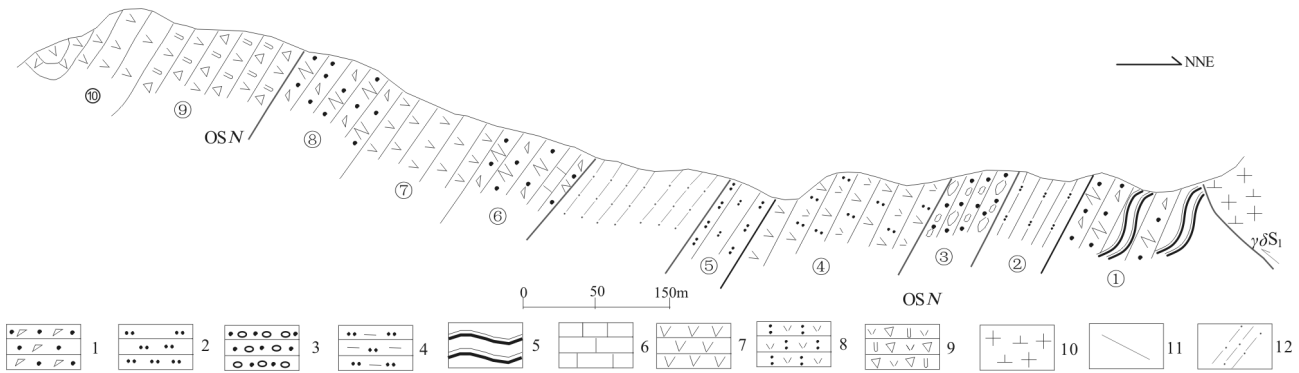


图3 青海省格尔木市郭乡哈萨坟沟奥陶纪—志留纪纳赤台群实测剖面

Fig. 3 The measured profile of Ordovician-Silurian Najital Group in Hasafen Valley of Guo Township, Golmud, Qinghai Province

1—岩屑砂岩;2—粉砂岩;3—复成分砾岩;4—粉砂质泥岩;5—板岩;6—灰岩;7—安山岩;
8—凝灰岩;9—火山角砾岩;10—花岗闪长岩;11—断层;12—韧性剪切带

- 2. 灰色中厚-厚层状粉砂质细粒长石岩屑砂岩夹深灰色粉砂岩 80.80m
- 1. 灰色中厚层粉砂质细粒长石岩屑砂岩与粉砂岩互层(背斜轴部,未见底) 43.39m

3 纳赤台群的物质组成特征

东昆仑地区纳赤台群主要发育有:角岩化砂岩、含堇青石长石岩屑砂岩、硅质岩、灰岩、片理化-强糜棱岩化细碎屑岩、砂砾岩、中酸性火山岩、中基性火山岩等。通过地质路线和剖面中岩石组合划分、形成时代及构造环境探讨,将这些岩石类型划分为4个岩石

组合,即细碎屑岩夹硅质岩、变拉斑玄武岩组合,长石石英砂岩、石英砂岩、板岩、千枚岩组合,片理化砾岩、片岩组合,中酸性火山岩、碎屑岩夹碳酸盐岩组合,发现不同组合间物质组成、形成时代、构造环境等差别较大。现分述如下。

(1) 细碎屑岩夹硅质岩、变拉斑玄武岩组合

主要分布于古而温才次而台、小库赛湖北、黑海北、没草沟及万保沟一带。与纳赤台群其他岩石组合呈断层或韧性剪切接触,与沙松乌拉组、闹仓竖沟组、早一中侏罗世羊曲组,志留纪花岗岩、中三叠世花岗闪长岩呈断层接触,局部被第四系沉积物所掩盖;黑

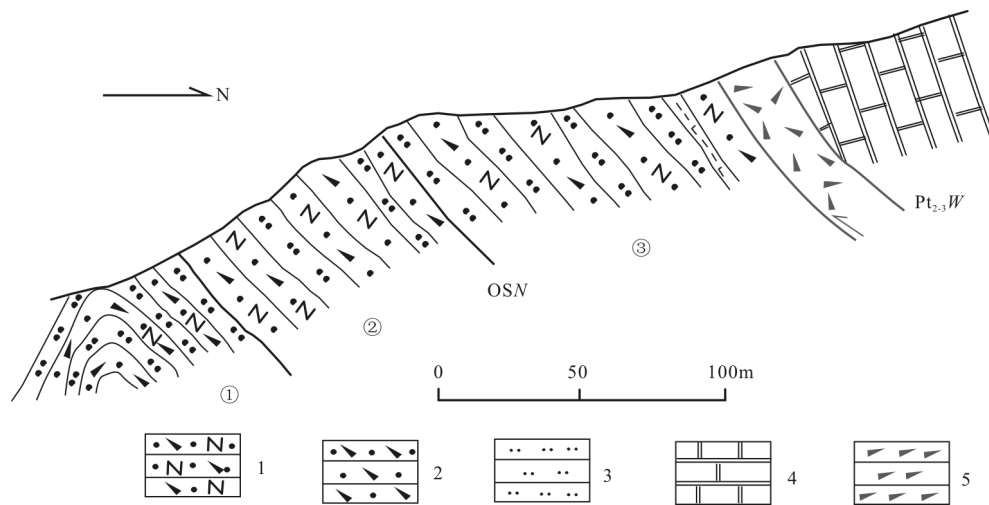


图4 格尔木市郭乡万保沟沟脑奥陶纪—志留纪纳赤台群实测剖面

Fig. 4 The measured profile of Ordovician-Silurian Najital Group at the end of Wanbao Valley in Guo Township, Golmud

1—岩屑长石砂岩;2—岩屑砂岩;3—粉砂岩;4—大理岩;5—断层角砾岩

海北早一中三叠世闹仓坚沟组角度不整合其上,没草沟晚三叠世似斑状二长花岗岩侵入其中,地层经多期次构造变形、变位,其基本沉积层序已荡然无存。

岩石组合为变质中细粒-细粒岩屑长石砂岩或长石岩屑(杂)砂岩、不等粒长石岩屑砂岩、泥质板岩、方解钠长石千枚岩,局部发育中性拉斑玄武岩及硅质岩。其中有大量的辉长岩、辉绿岩侵入。碎屑岩以粒度较细为特征,部分地区发育远洋泥钙质层,普遍遭受区域低温动力变质作用,同时伴有浅部韧性剪切或脆性变形作用,表现为弯滑褶皱、尖棱褶皱、鞘褶皱、层间褶皱等。

玄武岩表现为低 SiO_2 、 K_2O 和高 Na_2O 的特征,随 SiO_2 含量增加, Al_2O_3 减少, MgO 逐渐增加,为拉斑系列,主量元素成分特征与扩张大洋玄武岩特征十分相似。稀土元素总量(ΣREE)介于 $76.12\times 10^{-6}\sim 99.14\times 10^{-6}$ 之间,LREE/HREE值为3.55~4.09,稀土元素的分馏作用不明显。稀土元素配分模式呈轻稀土元素富集的右倾型, δEu 值在0.86~0.90之间,反映火山岩的源区物质具有上地幔特征。大离子亲石元素Rb、Sr、Ba的含量较低,放射性元素中Th的含量普遍较高。高场强元素Nb、Ta、Zr、Hf的含量普遍较低,微量元素蛛网图分布型式与岛弧火山岩相似。

纳赤台群细碎屑岩夹硅质岩、变拉斑玄武岩组合中的火山岩的熔岩厚度不大,岩性主要为玄武岩、安山岩等,属拉斑玄武岩系列, SiO_2 含量低,稀土元素总量低,稀土元素配分模式呈右倾的平坦型, Na_2O 含量大于 K_2O ,高场强元素含量普遍较低。地质特征与地球化学特征反映,火山岩主要形成于洋弧-洋中脊构造环境。在没草沟玄武岩中见枕状构造,碎屑岩粒度较细,发育硅质岩,辉绿岩、辉长岩侵入其中。在玄武岩的 $\text{TFeO}/\text{MgO}-\text{TiO}_2$ 构造环境成因判别图解(图5)中,样品投点落入洋中脊环境,部分落入洋岛与洋中脊交界区。结合地质特征,认为该组合为含蛇绿岩碎片的远洋沉积环境,是昆中洋扩张的产物。

测区内早一中三叠世闹仓坚沟组角度不整合其上,晚三叠世似斑状二长花岗岩侵入其中;1:5万万保沟幅区调中区域上在相当层位的石灰岩夹层中采有珊瑚、腹足、海绵等动物化石^⑤。在该组合的玄武岩中获得U-Pb同位素表面年龄值为488Ma^⑥,其形成时代为奥陶纪。

(2)长石石英砂岩、石英砂岩、板岩、千枚岩组合

该组合主要发育于稳流河、黑海以北、大灶火沟及万保沟一带,构成纳赤台群的基质主体部分。与古元古代金水口岩群、晚三叠世八宝山组、中三叠世希里可特组、该群其他岩石组合呈断层接触,晚泥盆世花岗闪长岩侵入其中,早一中三叠世洪水川组呈角度不整合覆盖其上。岩石组合主要为变长石石英砂岩、板岩、变砂岩、绢云母板岩、绢云母千枚岩、岩屑石英砂岩、长石石英砂岩等。

千枚岩及板岩中皆发育变余水平层理,细砂岩具平行层理,粉砂岩中见包卷层理或翻卷层理,中细粒砂岩中发育斜层理,并见楔状交错层理,另外见重荷模、包卷层理等。砂岩以中厚层状为主,粉砂岩及泥质岩以中-薄层状为主。上部层位发育下粗上细的非对称自旋回性层序,发育鲍马层序abe、abc或abd和bd段,局部见be段;中部层位发育韵律性层序(图6-A);下部层位千枚岩与砂岩互层,构成下粗上细的韵律性层序(图6-B)。

晚泥盆世花岗闪长岩侵入其中,早一中三叠世洪水川组角度不整合覆盖其上,前人在1:20万塔鹤托坂日幅区调时,在千枚岩、板岩中获Rb-Sr同位素表面年龄为450Ma,属奥陶纪^⑥。

岩石粒度自下而上由粗变细,内部发育鲍马序列,根据岩石组合、岩石特征,分析该岩石组合总体面貌具有浊积岩特征,其沉积环境应为大陆斜坡次深海-深海相堆积。

(3)片理化砾岩、片岩组合

该组合出露面积较小,呈透镜状产出,主要分布在稳流河北及小库赛湖北、黑海以北、大灶火沟一带。在稳流河一带,与中一新元古代万保沟群、古近纪沱沱河组呈断层接触,与该群其他岩石组合呈断层接触;在小库赛湖北呈透镜体产于中酸性火山岩及碎屑岩夹碳酸盐岩组合中。主要岩性为片理化砾岩夹少量片岩。岩石强烈剪切变形,片理化构造发育(图7)。

倪晋宇等^⑦对水泥厂地区分布的纳赤台群碎屑岩进行了地球化学分析,认为其形成于被动大陆边缘。根据岩石组合、岩石特征,综合分析该岩石组合总体面貌具有复理石沉积特征,沉积环境为弧后前陆盆地复理石沉积。

(4)中酸性火山岩、碎屑岩夹碳酸盐岩组合

该组合出露面积较小。主要分布于稳流河北、洪水河西、小库赛湖北、没草沟、大灶火沟、万保沟

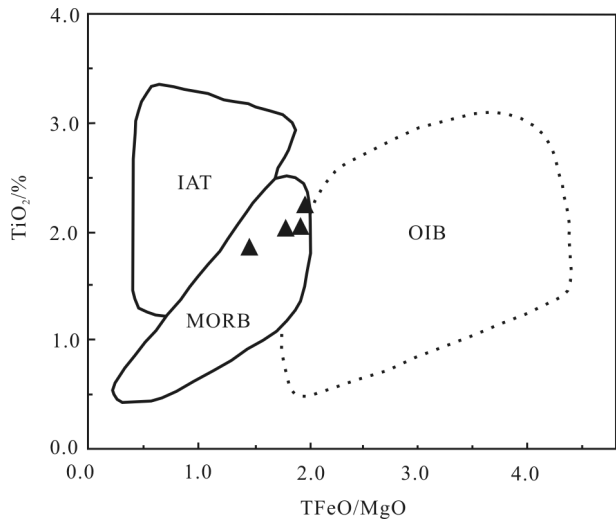


图5 TFeO/MgO-TiO₂成因图解

Fig. 5 The genetic diagram of TFeO/MgO-TiO₂
MORB—洋中脊玄武岩; IAT—岛弧拉斑玄武岩; OIB—洋岛玄武岩

一带。多呈断块状与古元古代金水口岩群、古近纪沱沱河组、中二叠世马尔争组、晚三叠世钾长花岗岩、早志留世二长花岗岩呈断层接触,局部与该群其他岩石组合呈断层接触;早一中三叠世闹仓坚沟组不整合于其上。

该组合岩石有角岩化砂岩、中粒含堇青石长石岩屑砂岩、碳酸盐岩及安山岩、英安岩、流纹英安岩等,火山岩在不同的地区岩石组合和分布特点明显不同,大灶火沟、黑海北等地以灰绿色安山岩为主,万保沟沟脑、中灶火南沟等地以安山岩、英安岩、流纹岩为主。火山岩受韧性剪切作用现多为糜棱岩、千糜岩、糜棱岩化的火山岩。

火山岩 SiO₂ 含量为 55.63%~74.15%, Na₂O 含量较低,而 K₂O 含量较高, TiO₂ 含量变化较大。岩石属钙碱性系列,显示具岛弧成分特征。稀土元素总量较高,轻稀土元素分馏明显,稀土元素配分模式呈轻稀土元素富集的右倾型, δEu 变化在 0.47~0.77 之间,显示负 Eu 异常。大离子亲石元素 Rb、Sr、Ba 含量较高,放射性元素 Th 含量普遍较高,高场强元素 Nb、Ta、Zr、Hf 等中等富集, P、Ti 亏损。微量元素蛛网图呈“M”型,显示为岛弧环境特征。

火山岩中发育有碳酸盐沉积夹层,火山岩 SiO₂ 含量大于 55%, K₂O > Na₂O, 属高钾钙碱性系列。稀土元素配分模式呈右倾型,具负 Eu 异常,大离子亲石元素富集,具活动陆缘环境下火山岩的特点,反映熔岩来源于壳源物质部分熔融。在 Th-Hf-Ta 图解(图 8)中,样品投点落入火山弧玄武岩区。

火山岩多以断块形式产出,早一中三叠世闹仓坚沟组不整合于其上。1:20 万不冻泉幅区调,在该变碎屑岩夹碳酸盐岩中采获牙形石、孢粉、微古植物等化石,化石资料显示,时代为晚奥陶世—志留纪^⑦; 1:20 万纳赤台幅区调,在相应的灰岩中采获珊瑚 *Favistella alveolata*, *Wormsipora* sp. 等,腹足 *Maclurites cf. neritoides*, *Helicotoma* sp. 等^⑧,珊瑚化石时代为晚奥陶世,腹足是中奥陶世常见分子。张耀玲等^⑨在水泥厂一带纳赤台群流纹岩中获得 450.4±4.3Ma 的 U-Pb 同位素年龄,形成时代为晚奥陶世;本次 1:25 万区调工作在大灶火沟的英安岩中获得 416±2Ma 的 U-Pb 同位素年龄^⑩、在小库赛湖北获得 431.2±3Ma 的 U-Pb 同位素年龄^⑪,表明火山喷发时代为志留纪。

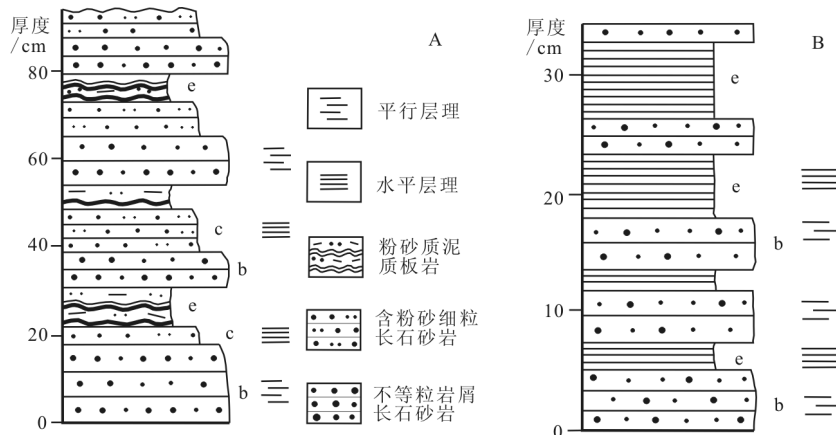


图6 碎屑岩组合发育的基本层序(A为中部层位,B为下部层位)

Fig. 6 The basic sequences in clastic rocks



图7 强片理化砾岩

Fig. 7 Conglomerate with strong schistosity

4 结论及意义

(1)产于东昆仑南坡俯冲增生杂岩楔中的奥陶纪—志留纪纳赤台群物质组成极端复杂,构造变形十分强烈,可划分为4个岩石组合:细碎屑岩夹硅质岩、变拉斑玄武岩组合,长石石英砂岩、石英砂岩、板岩、千枚岩组合,片理化砾岩、片岩组合及中酸性火山岩、碎屑岩夹碳酸盐岩组合,不同岩石组合间多为断层或韧性剪切接触。

(2)沉积特征、岩石化学、地球化学等分析研究显示,纳赤台群岩石分别由含蛇绿岩组分的洋中脊—洋岛环境、具有浊积岩特征的大陆斜坡次深海—深海相沉积环境、前陆盆地复理石沉积环境、火山岛弧构造环境下的产物构成,不同的岩石组合对应的形成构造环境迥异。

(3)纳赤台群不同岩块间时代跨度较大。同位素测年成果表明,蛇绿岩组分的形成时代为奥陶纪,岛弧火山岩的形成时代为志留纪,同时在不同岩块中发现了大量的奥陶纪—志留纪珊瑚、腹足等生物化石。分析认为,纳赤台群的形成时代为奥陶纪—志留纪。

致谢:参加本项目野外工作的还有青海地质调查局祁生胜、安勇胜、马志远等,本文部分图解由徐博清绘,在工作过程中西安地调中心李荣社、校培喜、纪文化等领导给予了多方面的指导,在此一并表示衷心的感谢。

参考文献

[1]李增乾,徐宪,潘桂棠,等.青藏高原大地构造与形成演化[M].北京:地质出版社,1990:7-57.

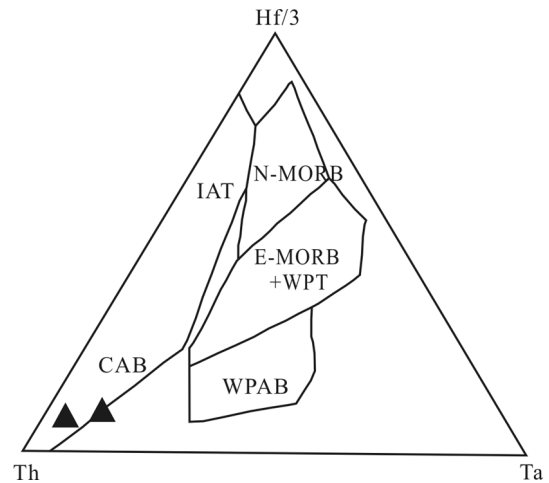


图8 玄武岩的Th-Hf-Ta判别图解

Fig. 8 The Th-Hf-Ta discrimination diagram of basalt

WPAB—碱性板内玄武岩;CAB—火山弧玄武岩;

IAT—岛弧拉斑玄武岩;N-MORB—正常型洋脊玄武岩;

E-MORB+WPT—富集型洋脊玄武岩和板内拉斑玄武岩

[2]高延林,肖序常,常承法,等.青藏高原及邻区构造单元划分及地质特征[M].北京:地质出版社,1988:25-97.

[3]李光岑,林宝玉.昆仑山东段几个地质问题的探讨[C]//青藏高原地质文集(1).1982:28-48.

[4]青海地质矿产局.青海省岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1997:80-150.

[5]姜春发,杨经绥,冯秉贵,等.昆仑开合构造[C]//北京:地质出版社,1992:10-57.

[6]朱志直.东昆仑中段“纳赤台群”的解体与万宝沟群的建立[C]//北京:地质出版社,青藏高原地质文集.1985:1-10.

[7]倪晋宇,胡道功,周春景,等.东昆仑造山带纳赤台群形成的大地构造环境探讨[J].地质力学学报,2010,16(1):11-18.

[8]刘兆祥,彭耀全.对纳赤台群的新认识[J].中国区域地质,1984(9):42-47.

[9]张耀玲,张绪教,胡道功,等.东昆仑造山带纳赤台群流纹岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄[J].地质力学学报,2010,16(1),21-26.

①青海省地质局石油普查大队.祁连、阿尔金山昆仑山地层概况[R].1962:36-74.

②青海省地质局.1:100万温泉幅(I-46)区域地质调查报告.青海省区测队,1972.

③史连昌,祁生胜,才航加,等.青海省1:25万大灶火幅区域地质调查报告.青海省地质调查院,2013.

④史连昌,祁生胜,才航加,等.青海省1:25万布伦台幅区域地质调查报告.青海省地质调查院,2013.

⑤王毅智,曾小平,马彦虎,等.青海省1:5万万保沟等四幅区域地质调查报告.青海省地质调查院,2001.

⑥青海省地质局.青海省1:20万塔鹤托坂日幅地质调查报告.青海省区调综合地质大队,1992.

⑦青海省地质局.1:20万不冻泉幅区域地质调查报告.青海省区调综合地质大队,1988.