

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2021.05.09

引用格式: 周琳雄,尹建华,王勇,等.东昆仑山中段布尔汗布达山地区断裂特征及昆中断裂带南界讨论[J].中国地质调查,2021,8(5):74-83.(Zhou L X,Yin J H,Wang Y,et al.Characteristics of the faults in Buerhanbuda Mountain area and discussion of the southern boundary of Kunzhong fault zone[J].Geological Survey of China,2021,8(5):74-83.)

东昆仑山中段布尔汗布达山地区断裂特征及昆中断裂带南界讨论

周琳雄,尹建华,王勇,郑科,张国忠,邓志龙

(四川省地质矿产勘查开发局一〇八地质队,四川成都 611230)

摘要:布尔汗布达山西南缘属东昆仑造山带腹地,新太古代以来区域构造作用强烈。中二叠世,随着东昆仑地区多岛洋盆依次关闭,研究区形成数条近于平行的EW向深大断裂组合,构成昆中断裂带主体格架。通过研究分析与断裂相关的地形地貌、遥感影像、地球物理、岩石地层、变形变质、断裂结构组成、显微构造等,总结出主要断裂特征,并梳理了区内构造格架,针对尚未统一认识的昆中断裂带南界问题进行探讨,最终认为温冷恩断裂属昆中断裂带南界断裂。研究成果为进一步开展相关地质问题分析提供了依据。

关键词:东昆仑造山带;昆中断裂带;温冷恩断裂;布尔汗布达山

中图分类号: P542.3

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2021)05-0074-10

0 引言

研究区位于柴达木盆地南缘,东昆仑山中段布尔汗布达山西南缘海德郭勒—德特郭勒地区,属东昆仑造山带核心部位,地质条件极为复杂,部分重要地质问题目前还存在诸多争议。其中,现存主要基础地质资料关于区内昆中断裂带的记载《1:20万埃德勒斯特幅区域地质调查报告》^[1]认为区内的埃德断裂、温冷恩断裂、布尔汗布达山断裂等断裂组属NWW—NEE向弧形构造体系,当时并未明确提出昆中断裂带的观点,但为后期昆中断裂带的研究奠定了基础;《1:5万海德郭勒、德特郭勒幅区域地质调查报告》^[2]提出海德郭勒—拉忍断裂(埃德断裂)属昆中断裂;《1:25万阿拉克湖幅区域地质调查报告》^[3]认为昆中断裂构造带由一系列断裂组构成,主干断裂包括温冷恩—拉忍近EW向弧形断裂(温冷恩断裂)、海德乌拉—德特近EW向弧形断裂(布尔汗布达山断裂)等,总体构成向南逆冲的叠

瓦状逆冲断裂组合,且并未将埃德断裂列入昆中断裂带。由此可见,关于昆中断裂带的研究目前并不统一。

本文在1:5万、1:20万和1:25万区域地质调查资料及前人研究成果的基础上,选择区内主要深大断裂作为研究内容,分析断裂组合特征,并探讨昆中断裂带南界问题。

1 构造背景

研究区位于华北地块与华南地块的拼合部位,据潘桂棠等^[4]以大地构造相系对中国大地构造单元的划分,研究区位于秦祁昆造山系(IV)内部,横跨于东昆仑弧盆系(IV-8)的北昆仑岩浆弧(IV-8-3)与南昆仑结合带(IV-9)的东昆仑南坡俯冲增生杂岩带(IV-9-1)之间^[5],大地构造环境较复杂。从区域演化上看,晚古生代时该区由陆内稳定期过渡为古特提斯洋(北支)的拉开—扩张—收缩的演化过程;进入中生代,古特提斯洋(北支)持续

收稿日期:2020-07-14;修订日期:2021-03-18。

基金项目:中国地质调查局“东昆仑铜镍多金属资源基地调查”的子项目“青海省都兰县石头坑德地区铜镍多金属调查评价(编号:121201011000150005-16)”资助。

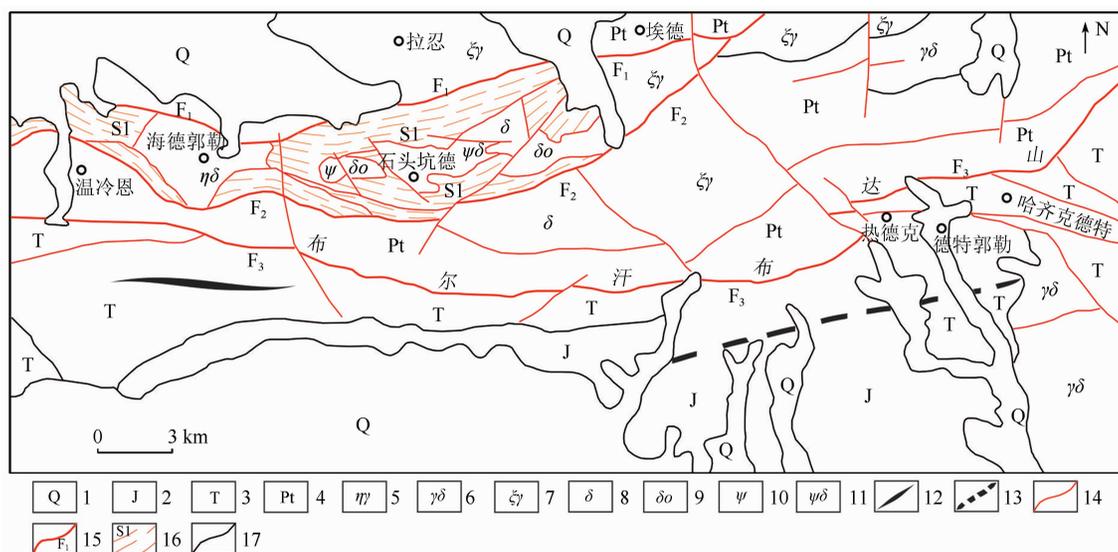
第一作者简介:周琳雄(1986—),男,工程师,主要从事构造地质学方面的研究。Email:82980258@qq.com。

收缩至关闭;中三叠世,古特提斯洋(北支)彻底消亡,华北板块与华南板块拼合造山^[6],为现今该区的构造格架奠定基础;新生代,受远程造山效应影响,青藏高原持续隆升,东昆仑地区整体处于拉张环境,并局部凹陷形成断陷盆地。

2 断裂构造特征

研究区所在的东昆仑造山带东段,新太古代以

来区域构造作用强烈,经多期构造作用的约束和叠加改造,形成区内复杂的构造体系,各式构造形迹普遍发育(图1)。区内保留较好的构造形迹主要分为2组:一组为NW向断裂和褶皱,另一组为EW向主干断裂。后者多被后期不同程度的构造叠加作用改造或破坏;前者整体受控于后者,主要表现为一些挤压兼走滑断裂或张性小断裂。本文通过分析与断裂相关的地形地貌、遥感影像、地球物理、岩石地层、变形变质、显微构造、断裂结构组成等,总结主要断裂特征,进而理清区内构造格架。



1. 第四系松散堆积物; 2. 侏罗系碎屑岩地层; 3. 三叠系碎屑岩地层; 4. 元古宇变质岩地层; 5. 二长花岗岩; 6. 花岗闪长岩; 7. 正长花岗岩; 8. 闪长岩; 9. 石英闪长岩; 10. 辉石岩; 11. 辉橄岩; 12. 背斜轴迹; 13. 向斜轴迹; 14. 一般断层; 15. 主干断层及代号; 16. 韧性剪切带及代号; 17. 地层界线

图1 研究区构造纲要

Fig. 1 Structure outline map in the study area

2.1 埃德断裂(F₁)

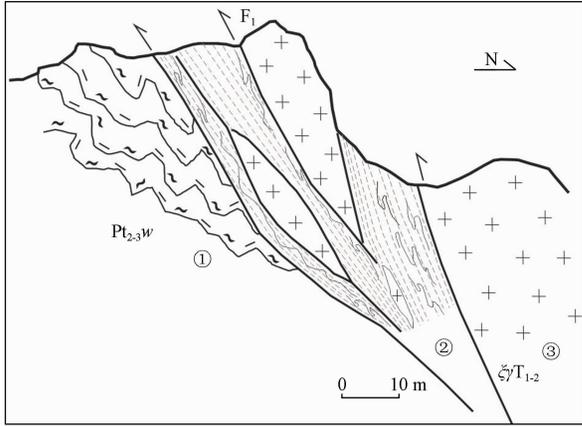
埃德断裂位于拉忍—海德郭勒—埃德一线,平面展布呈轻微往南凸起的圆弧状,整体走向近EW向,与区域主构造形迹基本一致。区内控制长度约21 km。该断裂受NW、NS向后期断裂的切割和局部第四系覆盖,在区内出露4段。沿断裂走向,向西被第四系掩覆,向东延伸出研究区。

断裂主要发育于加里东期闪长岩体(δo)、华力西晚期—印支早期正长花岗岩体(ξγ)、二长花岗岩体(ηγ)及古元古界金水口群(Pt_{1j})、中新元古界万保沟群(Pt_{2-3w})及岩体之间,顺断裂走向多切割山脊形成负地貌,遥感影像上线性特征明显。断裂代表性产状为356°∠77°,断裂面产状呈上陡下缓状。断裂上盘古元古界金水口群(Pt_{1j})斜长片麻岩及华

力西晚期—印支早期正长花岗岩体(ξγ)整体具有强烈的碎裂岩化特征,斜长片麻岩内偶有牵引褶皱发育;断裂下盘主体为古元古界金水口群(Pt_{1j})斜长片麻岩、中新元古界万保沟群(Pt_{2-3w})变质玄武岩和大理岩、华力西晚期—印支早期正长花岗岩体(ξγ)、二长花岗岩体(ηγ),整体岩性极为复杂,其中元古宇均呈明显糜棱岩化且叠加后期脆性破裂,岩体碎裂岩化明显,并多被不规则状石英脉所充填。

断裂破碎带宽10~30 m,卷入断裂带中的岩石包括正长花岗岩、黑云母石英闪长岩、闪长岩、斜长片麻岩、石英片岩等,主破碎带内以发育大小数十厘米至数米不等的透镜体为特征(花岗岩透镜体为主),破碎带边部发育大量碎裂岩、断层泥

等,片岩、片麻岩等多形成强劈理化“基质”包绕透镜体。透镜体长轴排列方向与劈理平行或呈微小锐夹角,指示逆冲断裂特征(图2)。从断裂破碎带的发育情况及断裂结构面来看,断裂受力特征为压扭性。

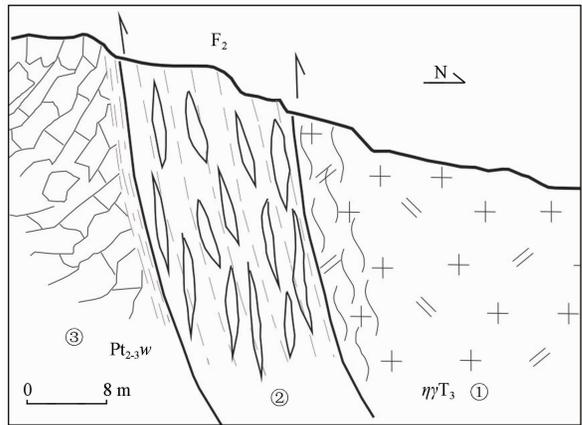


①揉皱片麻岩; ②破碎带内构造透镜体、劈理等; ③断层面上盘花岗岩体

图2 埃德断裂素描(拉忍南侧)

Fig. 2 Aide fault sketch (south of Laren)

整体来看,该断裂两侧构造变形程度差别较大,断裂南侧的古元古界金水口群(Pt_{1,j})和中元古界万保沟群(Pt_{2-3w})变质岩地层相较断裂北侧的古元古界金水口群(Pt_{1,j})变质岩地层及华力西晚期—印支早期花岗岩体(ξγ)的变形程度更高,且具有明显韧性变形的特征,反映该断裂对区域构造变形有一定的控制作用(图3)。



①片理化二长花岗岩; ②强劈理化大理岩及少量石英闪长岩透镜体带; ③碎裂岩化大理岩

图3 温冷恩断裂素描图(海德郭勒段)

Fig. 3 Wenleng'en fault sketch

(the portion of Haideguole)

2.2 温冷恩断裂(F₂)

区域上,温冷恩断裂整体沿东昆仑山主脊呈近EW向延伸,西始博卡雷克塔格北坡,向西进入新疆后与奥依塔格—库地断裂相接;东经大干沟、清水泉、青根河至鄂拉山,被哇洪山—温泉断裂切割。断裂整体走向近EW向,平面上呈弧形,中段呈S弯曲,东、西两段分别往NE、NW向偏转。区内控制长度约50 km。该断裂于区内被数条NW及NE向断裂切割而分为多段,局部错动距离为200~1 000 m。

从区域物探资料来看,该断裂大部分位于区域航磁异常平缓梯级异常带上,略呈NEE—SWW向展布,具有与区域构造一致的异常方向,另外中段出现正负异常递变带,主要反映了断裂切割较深、规模较大(图4);断裂位于剩余重力异常陡变带上,其南侧异常陡变,反映了地壳密度的变化剧烈,北侧异常变化平缓,反映了地壳密度较为均一,岩石圈厚度整体呈北薄南厚状。区域莫霍面等深图上也反映该断裂位于陡变带上,莫霍面深度值北低南高,落差达8 km^[7-8],反映该断裂为一条深达下地壳的分划性断裂。断裂地貌特征较发育,遥感影像上线性特征明显,线性构造带上地貌特征以负地形的山谷、垭口等为主,局部与山脊走向一致,断裂中段能见多处断裂陡崖发育。

温冷恩断裂对区内地层岩浆组合的控制性较强,为基底地层与后期岩体之间的重要控岩构造。断裂南侧主要为万保沟群(Pt_{2-3w})碳酸盐岩地层,断裂北侧为晋宁期超基性岩体(ψ,ψδ)。加里东期基性岩(ψ)、中—酸性岩(δo,δ,ηγ),华力西晚期—印支早期中—酸性岩体(ξγ),古元古界金水口群(Pt_{1,j})黑云斜长片麻岩、长石石英片岩、混合花岗岩、花岗质糜棱岩等^[9]。

该断裂为断面北倾的逆冲断裂,断面整体呈上陡下缓的特征,断裂倾向为350°~6°,倾角为43°~74°。断裂破碎带普遍宽为30~150 m不等,且多被残坡积物(Q)覆盖,走向上局部出露较完整破碎带。不同位置卷入断裂带内的岩石略有不同,整体为大量的金水口群大理岩被卷入,局部可见闪长岩(δS₃)、花岗岩(ξγT₂)及片麻岩等。位于海德郭勒南侧,卷入断裂带内的岩石较破碎,大多呈碎裂岩化,局部发育构造透镜体、密集劈理、断层泥等,断裂北盘石英闪长岩体(δoS₃)边部有明显片理化构

造,属强烈剪应力下的塑性变形,反映该断裂具明显压扭性特征(图4)。

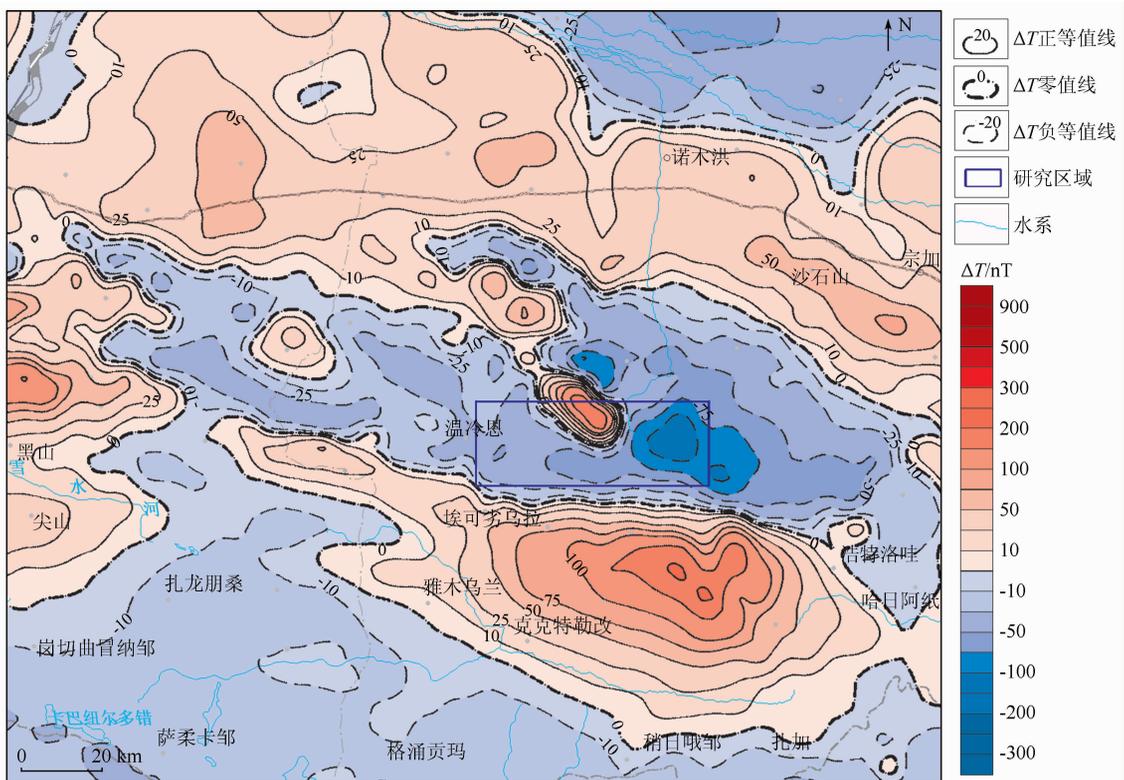


图4 布尔汗布达山地区航磁 ΔT 等值线

Fig.4 Aeromagnetic ΔT contour plan in Buerhanbuda Mountain area

断裂位于石头坑德南侧出露较完整,破碎带结构清楚。主破碎带宽约 50 m,影响宽度约 300 m。该断裂破碎带主体可分为 7 个次级构造带: ①滑劈理带; ②板劈理带; ③构造角砾岩、碎裂岩、碎斑岩及断层泥组合带; ④构造透镜体带; ⑤牵引褶皱带; ⑥构造角砾岩带; ⑦构造角砾岩与碎裂岩组合带(图 5)。破碎带北段劈理极为发育,主要发育 2 类劈理: 滑劈理和板劈理。其中,板劈理属于早期构造面理,为一组密集平行的剪裂面,其产状为 $356^{\circ} \angle 68^{\circ}$; 滑劈理带切过先存的早期面理,并发育成 S 形的弯曲,局部形成褶皱; 板劈理带为主构造期的构造形迹表现,其产状与主断裂一致; 滑劈理带属后期构造叠加作用所致。破碎带中段主要发育各类构造岩,主要特征为: 砾径相对较小的构造角砾岩、碎裂岩、碎斑岩及断层泥等均匀分布于构造透镜体周围,带内碳化作用明显,反映高温高压的演化背景和强烈的挤压作用; 构造透镜体原岩主要为金水口群大理岩、片岩等,其长轴为 2 ~ 8 m,透镜体排列方向主要有 2 组组合方式: 一组倾向北, 60° 左右倾角; 一组倾向南, 80° 左右倾角(产状

$178^{\circ} \angle 75^{\circ}$)。北倾一组透镜体为早期主构造期形迹,往南陡倾一组透镜体为后期叠加改造的构造形迹。破碎带南段主要发育牵引褶皱及破碎带边



①滑劈理带; ②板劈理带; ③构造角砾岩、碎裂岩、碎斑岩及断层泥带; ④构造透镜体; ⑤牵引褶皱带; ⑥构造角砾岩带; ⑦构造角砾岩与碎裂岩组合带

图5 断裂主破碎带结构特征(石头坑德南侧)

Fig.5 Structural features of the main fracture zone (south of Shitoukengde)

部的构造角砾岩、碎裂岩等,此外,断裂南盘金水口群(Pt_{1j})岩层发生普遍揉皱现象(图6),该段的主要特征为岩层的牵引变形及脆性破裂,牵引褶皱及揉皱反映了强烈的NS向挤压造山作用。



图6 强烈揉皱化岩层(断裂南盘)

Fig. 6 Strongly crumpled rock formation (south wall of the fault)

断裂结构特征反映,温冷恩断裂具备明显多期活动的特征^[10],保留较好的主要构造形迹有2期:①以产状 $356^\circ \angle 68^\circ$ 为代表的主构造,出露破碎带

中早期板劈理、构造透镜体及牵引褶皱皆属其构造形迹;②以产状 $178^\circ \angle 75^\circ$ 为代表的后期叠加对冲作用,主要表现为滑劈理改造先期面理形成S形弯曲及往南陡倾构造透镜体带等。该断裂具备高温高压的演化背景,属NS向挤压造山作用形成的深达下地壳的分划性断裂,为压扭性断裂。

2.3 布尔汗布达山断裂(F_3)

布尔汗布达山断裂与温冷恩断裂平行,位于温冷恩断裂带南侧2~4 km之间,整体呈EW向横穿研究区,断裂发育于昆南地块之中。断裂沿布尔汗布达山南缘展布,往东经热德克向NE偏转,最后于哈齐克德特东侧出研究区,全区内控制长度约57.5 km。

从遥感影像来看,沿布尔汗布达山主山脊一线,自西向东延伸,线性影像特征十分明显^[11],局部可见负地貌特征,负地形两侧为高耸突出的山线(图7)。影像整体银灰色色调界面醒目,断裂两盘色调、地貌差异明显,北盘为高山地貌,表现黑褐色、灰色出露万保沟岩群(Pt_{2-3w})碳酸盐岩地层;南盘为断陷谷地,表现为灰白色、绿色出露的八宝山组(T_3b)砂岩、羊曲组($J_{1-2}yq$)砂板岩及第四系(Q)松散堆积物。

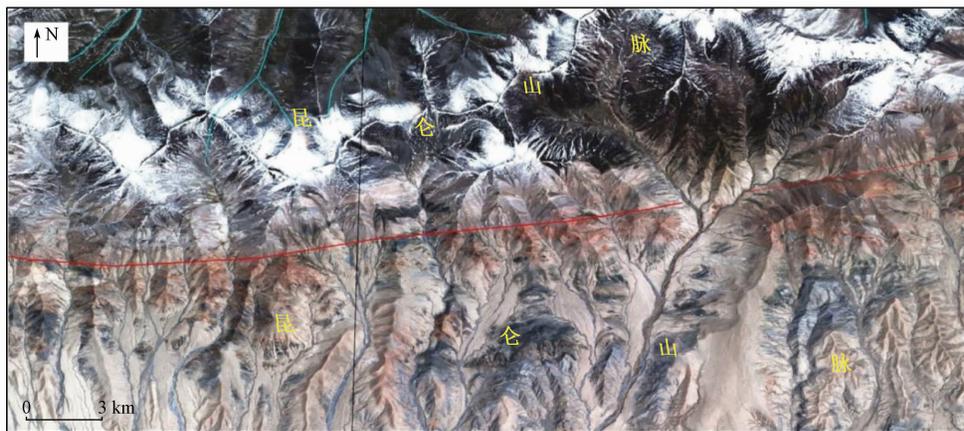


图7 布尔汗布达山断裂带(温冷恩南—热德克段)影像

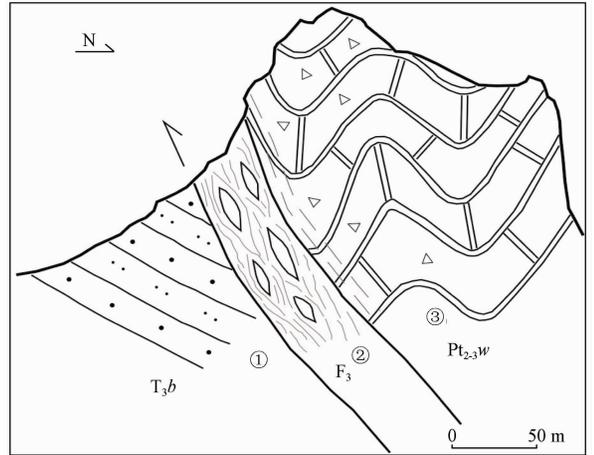
Fig. 7 Image of Buerhanbuda Mountain fault zone (between the south of Wenleng'en and Redeke)

断裂带南北两侧沉积、岩浆建造均差别较大。断裂南侧主要为三叠系洪水川组($T_{1-2}h$)中一酸性火山岩建造、三叠系八宝山组(T_3b)碎屑岩建造、侏罗系羊曲组($J_{1-2}yq$)河湖相粗碎屑岩建造、印支期中一酸性岩浆建造;断裂北侧主要为古元古界金水口群(Pt_{1j})、中新元古界万保沟群(Pt_{2-3w})洋岛—海山建造、加里东期中一酸性岩浆建造、印支

期基性—酸性岩浆建造等。晚三叠世—早侏罗世,昆南地块发生强烈的陆内“A”型俯冲^[12-13],研究区表现为由北往南的逆冲推覆^[14],将古元古界金水口群(Pt_{1j})、中新元古界万保沟群(Pt_{2-3w})逆冲推覆到上三叠统八宝山组(T_3b)和中下侏罗统羊曲组($J_{1-2}yq$)之上(图8,图9)。

断裂面均向北或北西陡倾,断裂倾向为 $335^\circ \sim$

10°, 倾角为 55° ~ 78°, 代表性产状为 4° ∠ 68°。断裂分别于怀苗利更和热德克西侧被错断, 错距分别为 0.3 km 和 1.8 km, 区内整体被错断为 3 段。断裂破碎带宽为 30 ~ 100 m, 断裂带中卷入大理岩、砾岩、砂岩、英安岩、安山岩、玄武岩、斜长角闪片麻岩及花岗岩等, 成分十分复杂, 其中岩块大小数十厘米至数米不等, 多呈碎裂状、透镜体状, 局部可见透镜体周边包绕大量与透镜体长轴方向一致的破劈理(图 10), 整体以脆性破裂为主, 断裂边部发育角砾状大理岩。由于该断裂切割深度较大, 断裂带内常见印支期花岗岩脉侵入, 后期脆性形变对早期构造进行了强烈的破坏和改造。整体来看, 该断裂规模较大, 切割较深, 属东昆仑造山带一重要控岩断裂, 为一逆冲推覆断裂。



①八宝山组碎屑岩地层; ②断层破碎带(强劈理、构造透镜体等); ③角砾状大理岩

图 10 布尔汗布达山断裂带特征(局部)
Fig. 10 Characteristics of Buerhanbuda Mountain fault zone(local area)

2.4 石头坑德—拉忍韧性剪切带(S₁)

石头坑德—拉忍韧性剪切带^[15]位于埃德断裂与温冷恩断裂之间, 其总体展布方向与区域主构造方向一致, 总体呈 EW 向展布。该韧性剪切带主要位于石头坑德周边及拉忍南侧, 呈网结状分布, 石头坑德超基性岩体及金水口群中一高级变质岩残片呈“类透镜状”岩块分布于韧性剪切带内部。剪切带宽度为 0.4 ~ 3 km, 长度约 12 km。剪切带内发育大量的“σ”型石英旋斑及“Ω”型鞘褶皱^[16], 反映了强烈的塑性流变和旋转应变特征(图 11, 图 12)。

显微构造分析显示, 其矿物颗粒常被压扁、拉长, 石英碎粒出现变形纹、亚颗粒构造以及平行光轴的波状消光带。在磨碎的基质中偶见残留较大的石英、长石单个晶粒(或碎屑), 或由两者集合构

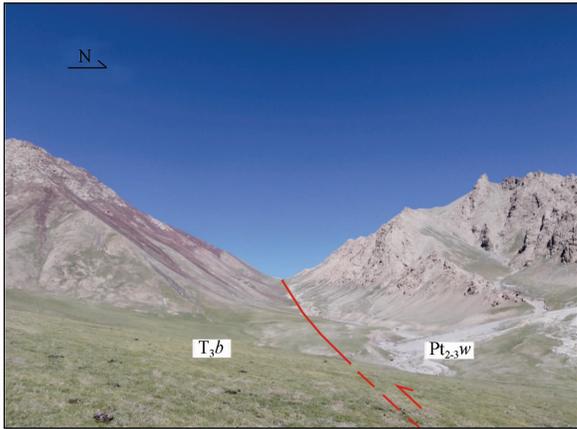


图 8 布尔汗布达山断裂地貌特征及地层分布(中段)
Fig. 8 Geomorphologic features and stratigraphic distribution of Buerhanbuda Mountain fault (midpiece)

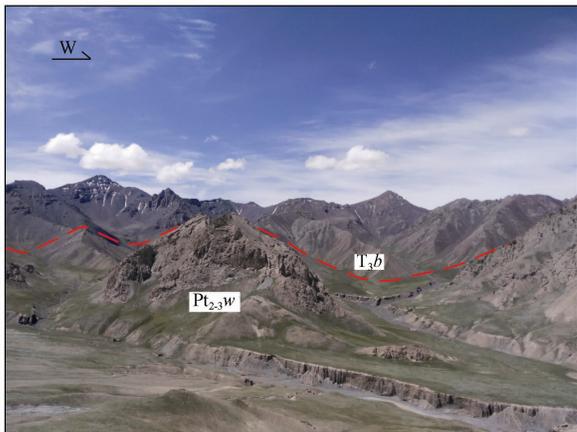


图 9 布尔汗布达山断裂带特征(中段)
Fig. 9 Characteristics of Buerhanbuda Mountain fault zone (midpiece)



图 11 韧性剪切带内的“σ”型旋斑
Fig. 11 σ-type rotary spot in ductile shear zone



图 12 “Ω”型鞘褶皱
Fig. 12 Ω-type sheath fold

成的“眼球状体”^[17] (图 13)。带内岩石常具条带状和纹层状构造,矿物常作定向排列(局部形成云母鱼)。石英在受剪切或拉压作用下发生动力重结晶,常形成花状边缘。在塑性变形过程中,形成的“σ”型旋转碎斑,指示左行运动的特征(图 14)。

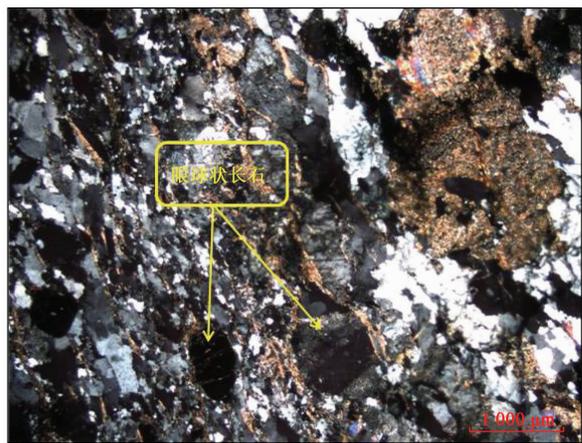


图 13 眼球状长石
Fig. 13 Augen feldspar

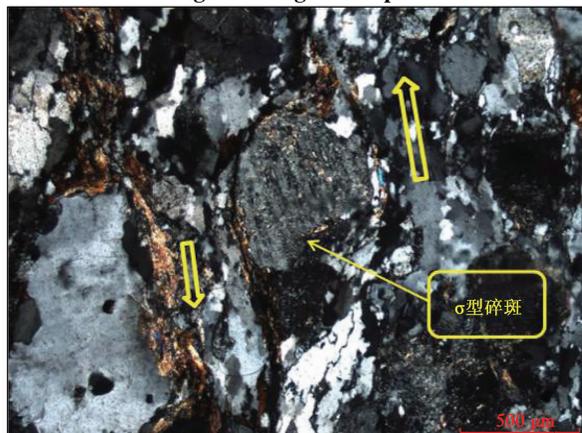


图 14 “σ”型长石碎斑(左行)
Fig. 14 σ-type of porphyroclastic feldspar (left-lateral shear)

石头坑德一拉忍韧性剪切带主要物质来源为新元古代基性侵入岩,带内糜棱岩与围岩呈渐变过渡关系,剪切带延展受区域断裂控制明显,反映其主要发育阶段稍滞后于埃德断裂和温冷恩断裂。

3 昆中断裂带南界的讨论

3.1 昆中断裂带演化

昆中断裂带的演化史可溯源至古元古代,东昆仑地区此时还处于稳定的局部小洋盆阶段;直至中新元古代,该洋盆关闭,区域上形成了清水泉蛇绿岩带,带内变玄武岩 Sm - Nd 等时线年龄为 $(1372 \pm 85) \text{ Ma}$ ^[18-19],本次工作于石头坑德采集辉长岩锆石 U - Pb 年龄为 $(921 \pm 10) \text{ Ma}$,此时昆中断裂带最初格架已形成。寒武纪洋盆再次拉开,直至奥陶纪一志留纪关闭,其间发生了石头坑德超基性岩浆侵位,橄榄岩锆石 U - Pb 年龄为 $(449.9 \pm 4.1) \text{ Ma}$,昆中断裂带在此期间得到进一步发展。石炭纪,随着潘吉亚大陆的裂解,全球性板块裂离作用使东昆仑地块向南漂移,并形成了东昆仑多岛洋格局,昆中断裂再次复活。至中二叠世,昆中洋盆关闭,洋壳俯冲增生到东昆仑地块之上,东昆仑多岛洋格局也逐渐消失,此时基本形成东昆南、东昆中及东昆北的三大断裂构造格架。早三叠世,巴颜喀拉地块开始向东昆仑地块之下俯冲,昆中断裂带进一步活动,发生右旋剪切作用;直至中晚三叠世,巴颜喀拉地块完全拼贴到东昆仑地块之下^[6,12,20-21]。燕山期,昆中断裂带受陆内改造作用,以压扭性变形为特征。喜山期中期,由于陆内改造作用持续进行,昆中断裂带发生左行斜冲;喜山期晚期,昆中断裂带再受构造机制转换,以走滑剪切作用为主,并沿断裂带一线发生走滑拉分,强烈改造了印支期以来的构造形迹。

3.2 昆中断裂带南界的讨论

通过野外调查及区域资料分析表明,昆中断裂并非简单的一线状构造,而是由近 EW 向的多条相互平行的断裂组合而成,简单地说是“带状构造”,而非“线状构造”。王国灿等^[7-8]认为晚古生代沿东昆中断裂带并没有统一的贯通的洋盆,可能为一些不连贯的有限小洋盆,华力西期东昆中单元的多个有限小洋盆与南部的东昆南单元洋盆一起构成多岛洋格局,因而华力西期可能不存在统一的贯通的东昆中断裂带。由于昆中断裂带形成之初便不是统一贯通的断裂带,中二叠世,多岛洋分为多次

与昆北地块拼合,随着多岛洋盆依次关闭,形成数条近于平行的深大断裂组合,加之后期多期叠加构造作用改造,组成了近EW向(研究区内主体呈NEE—SWW向)昆中断裂带主体格架。因此,对于昆中断裂带的研究须以其代表性的边界断裂为主线,进而理清晰裂带中的次级断裂系统,重点把控断裂带的整体特征,不再局限于某一线状断裂上的研究。

本文基于1:20万、1:5万及1:25万区域地质调查研究的基础上,认为昆中断裂带整体位于温冷恩断裂的北西侧,即温冷恩断裂为昆中断裂带的南边界断裂,而将1:5万区域地质调查厘定的昆中断裂(埃德断裂)划归为昆中断裂带内部的一条主要次级断裂,石头坑德—拉忍韧性剪切带受埃德断裂和温冷恩断裂的控制,亦属昆中断裂带内次级断裂。如此划分的依据主要有4点:其一,从遥感影像图上来看,温冷恩断裂具备非常明显的线状负地形特征,与埃德断裂形成的线状负地形特征对比,无论从宽度、长度及对地貌的控制程度来讲均超过埃德断裂;其二,以温冷恩断裂为界线,两侧地质体及构造变质变形特征均属不同体系,具明显差别。断裂北侧以古老基底地层残片及加里东期、华力西期侵入岩体为主,除后期侵入体外,总体变质变形程度非常高,以强烈的韧性变形及动力变质作用为主,尤其以对韧性剪切带的明显控制反映了深大断裂的特点,而断裂南侧则以洋岛—海山组合及中生代浅海—河湖相沉积为主要特征,无论变质程度还是变形程度均不及断裂北侧;其三,据航磁重力测量资料分析,温冷恩断裂北西侧为一重力高带,显示巨大的基底隆起带,该隆起带应受埃德岩体的影响,反映温冷恩断裂对岩体的分布有较明显的控制作用;其四,于石头坑德采集的基性—超基性岩样品微量元素分析表明,石头坑德地区构造环境为陆缘弧环境^[14],昆中洋盆关闭前,温冷恩断裂位于陆缘弧(石头坑德地区)的南侧,故将温冷恩断裂作为昆中断裂带南界似乎更为妥当,而将布尔汗布达山断裂划归为昆南断裂带。

4 结论

综上所述,布尔汗布达山地区经历长期的地质演化,形成复杂的构造体系,本文通过对区内主要断裂构造的分析得出以下几点认识。

(1)布尔汗布达山西南缘海德郭勒—德特郭勒地区属东昆仑造山带东段,新太古代以来区域构造作用强烈,区内主要保留NW向和EW向构造形迹;前者整体受控于后者,发育一些挤压兼走滑断裂及张性小断裂,后者多被不同程度的构造叠加作用改造。

(2)研究区主要区域性深大断裂为埃德断裂(F_1)、温冷恩断裂(F_2)、布尔汗布达山断裂(F_3)等,这些深大断裂均呈近EW向稳定延伸,具备以下共同特点:①构造地貌较为发育;②区域航磁及剩余重力等异常较明显;③变形变质作用强烈;④控制岩石地层及变形变质体的空间分布;⑤多具深部高温高压的发育背景;⑥均属东昆仑多岛洋依次闭合的产物。

(3)石头坑德—拉忍韧性剪切带主要物质组成主要为新元古代基性侵入岩,带内发育“类透镜状”弱变形体,整体呈网结状的剪切带,其发展相对滞后且受控于埃德断裂和温冷恩断裂。

(4)昆中断裂并非简单的一线状构造,整体由近EW向多条相互平行的断裂组合而成,笔者认为,温冷恩断裂或属昆中断裂带的南界断裂,埃德断裂及石头坑德—拉忍韧性剪切带或为昆中断裂带中部的次级大断裂,而布尔汗布达山断裂可能属于昆南断裂带。

参考文献(References):

- [1] 青海省地质矿产勘查开发局. 1:20万埃坑德勒斯特幅区域地质调查报告[R]. 1982:131-139.
Geology and Mineral Exploration and Development Bureau of Qinghai Province. 1:200 000 Regional Geological Survey Report of Aikengdelesi[R]. 1982:131-139.
- [2] 青海省地质矿产勘查开发局. 1:5万海德郭勒、德特郭勒幅区域地质调查报告[R]. 1996:46-48.
Geology and Mineral Exploration and Development Bureau of Qinghai Province. 1:50 000 Regional Geological Survey Report of Haideguole and Deteguole[R]. 1996:46-48.
- [3] 中国地质大学(武汉),青海省地质调查院. 1:25万阿拉克湖幅区域地质调查报告[R]. 2003:263-270.
China University of Geosciences (Wuhan), Geological Survey Institute of Qinghai Province. 1:250 000 Regional Geological Survey Report of Arak lake[R]. 2003:263-270.
- [4] 潘桂棠,肖庆辉,陆松年,等. 大地构造相的定义、划分、特征及其鉴别标志[J]. 地质通报,2008,27(10):1613-1637.
Pan G T, Xiao Q H, Lu S N, et al. Definition, classification, characteristics and diagnostic indications of tectonic facies[J]. Geol Bull China, 2008,27(10):1613-1637.

- [5] 刘成东. 东昆仑造山带东段花岗岩岩浆混合作用[M]. 北京:地质出版社,2008:1-4.
Liu C D. Granitoid Magma Mixing in Eastern Part of the East Kunlun Orogenic Belt[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2008:1-4.
- [6] 刘战庆,裴先治,李瑞保,等. 东昆仑南缘布青山构造混杂岩带的地质特征及大地构造意义[J]. 地质通报,2011,30(8):1182-1195.
Liu Z Q, Pei X Z, Li R B, et al. Geological characteristics of the Buqingshan tectonic melange belt in the southern margin of East Kunlun and its tectonic implications[J]. Geol Bull China, 2011, 30(8):1182-1195.
- [7] 王国灿,张克信,梁斌,等. 东昆仑造山带结构及构造岩片组合[J]. 地球科学——中国地质大学学报,1997,22(4):352-356.
Wang G C, Zhang K X, Liang B, et al. Texture and tectonic slices of the eastern Kunlun orogenic belt[J]. Earth Sci - J China Univ Geosci, 1997, 22(4):352-356.
- [8] 王国灿,张天平,梁斌,等. 东昆仑造山带东段昆中复合蛇绿混杂岩带及“东昆中断裂带”地质含义[J]. 地球科学——中国地质大学学报,1999,24(2):129-133.
Wang G C, Zhang T P, Liang B, et al. Composite ophiolitic melange zone in central part of eastern section of Eastern Kunlun orogenic zone and geological significance of “fault belt in central part of eastern section of Eastern Kunlun orogenic zone”[J]. Earth Sci - J China Univ Geosci, 1999, 24(2):129-133.
- [9] 姜寒冰,李文渊,董福辰,等. 昆中断裂带南北陆块基底、盖层沉积、岩浆岩对比研究——昆中断裂带构造意义的讨论[J]. 中国地质,2012,39(3):581-594.
Jiang H B, Li W Y, Dong F C, et al. A comparative study of the basement, the sedimentary blanket and the magmatic rocks of the south and north landmasses in the middle Kunlun fault belt; The tectonic significance of the middle Kunlun fault belt[J]. Geol China, 2012, 39(3):581-594.
- [10] 丰成友. 青海东昆仑地区的复合造山过程及造山型金矿床成矿作用[D]. 北京:中国地质科学院,2002:11.
Feng C Y. Multiple Orogenic Processes and Mineralization of Orogenic Gold Deposits in the East Kunlun Orogen, Qinghai Province[D]. Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences, 2002:11.
- [11] 李庆凯,邱盛南,曹玉鉴. 布尔汗布达山地区的地质构造[J]. 西北地质,1985(3):1-7.
Li Q K, Qiu S N, Cao Y J. The geological structure of the Buerhanbuda Mountain area[J]. Northwestern Geol, 1985(3):1-7.
- [12] 郑健康. 东昆仑区域构造的发展演化[J]. 青海地质,1992(1):15-25.
Zheng J K. Regional tectonic evolution of East Kunlun[J]. Qinghai Geol, 1992(1):15-25.
- [13] 古凤宝. 东昆仑地质特征及晚古生代—中生代构造演化[J]. 青海地质,1994(1):4-14.
Gu F B. Geological characteristics of East Kunlun and tectonic evolution in late Palaeozoic - Mesozoic era[J]. Qinghai Geol, 1994(1):4-14.
- [14] 祁生胜. 青海省东昆仑造山带火成岩岩石构造组合与构造演化[D]. 北京:中国地质大学(北京),2015:304-321.
Qi S S. Petrotectonic Assemblages and Tectonic Evolution of the East Kunlun Orogenic Belt in Qinghai Province[D]. Beijing: China University of Geosciences(Beijing), 2015:304-321.
- [15] 陈树云,伊有昌,吴小霞,等. 青海东昆仑东段区域成矿地质特征及金属矿产找矿方向研究[J]. 黄金科学技术,2007,15(4):9-17.
Chen S Y, Yi Y C, Wu X X, et al. Eastern of Qinghai East Kunlun Mountains the section region mineralization geological feature and the metal minerals prospecting direction research[J]. Gold Sci Technol, 2007, 15(4):9-17.
- [16] 李猛,王超,张鑫,等. 柴达木盆地北缘鱼卡地区构造混杂岩带解剖填图新进展[J]. 中国地质调查,2017,4(5):40-47.
Li M, Wang C, Zhang X, et al. New progresses of geological mapping of tectonic melange zone in Yukahe area, the north margin of Qaidam Basin[J]. Geol Surv China, 2017, 4(5):40-47.
- [17] 李同柱,冯孝良,张惠华,等. 四川省九龙县中咀铜矿床地质特征及成因探讨[J]. 沉积与特提斯地质,2010,30(2):91-96.
Li T Z, Feng X L, Zhang H H, et al. Geology and genesis of the Zhongzui copper deposit in Jiulong, Sichuan[J]. Sediment Geol Tethyan Geol, 2010, 30(2):91-96.
- [18] 朱云海,张克信,潘 Y M,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,1999,24(2):134-138.
Zhu Y H, Zhang K X, Pan Y M, et al. Determination of different ophiolitic belts in Eastern Kunlun orogenic zone and their tectonic significance[J]. Earth Sci - J China Univ Geosci, 1999, 24(2):134-138.
- [19] 王国灿,王青海,简平,等. 东昆仑前寒武纪基底变质岩系的锆石 SHRIMP 年龄及其构造意义[J]. 地学前缘,2004,11(4):481-490.
Wang G C, Wang Q H, Jian P, et al. Zircon SHRIMP ages of Precambrian metamorphic basement rocks and their tectonic significance in the eastern Kunlun Mountains, Qinghai Province, China[J]. Earth Sci Front, 2004, 11(4):481-490.
- [20] 范丽琨,蔡岩萍,梁海川,等. 东昆仑地质构造及地球动力学演化特征[J]. 地质调查与研究,2009,33(3):181-186.
Fan L K, Cai Y P, Liang H C, et al. Characters and evolution of the geodynamics in the Eastern Kunlun[J]. Geol Surv Res, 2009, 33(3):181-186.
- [21] 张晓飞. 东昆仑阿拉克湖—红水川地区地质构造演化特征及成矿规律研究[D]. 西安:长安大学,2011:29-31.
Zhang X F. Study on Characteristics of Tectonic Evolution and Me-

Characteristics of the faults in Buerhanbuda Mountain area and discussion of the southern boundary of Kunzhong fault zone

ZHOU Linxiong, YIN Jianhua, WANG Yong, ZHENG Ke, ZHANG Guozhong, DENG Zhilong
(No. 108 Geological Prospecting Team, Geology and Mineral Exploration and
Development Bureau of Sichuan Province, Sichuan Chengdu 611230, China)

Abstract: The southwest margin of Buerhanbuda Mountain belongs to the hinterland of the East Kunlun orogenic belt, and it has strong regional tectonic effects since late Archean. In the Middle Permian, several nearly parallel EW deep fractures were formed in the study area with successive closure of ocean basins in multiple islands of the East Kunlun region, which are the main framework of Kunzhong fault zone. Through the analysis of landform, remote-sensing images, geophysical exploration, lithostratigraphy, deformation and metamorphism, the structure of fault, microstructure, the authors in this research summarized the main characteristics of the faults and clarified the structural framework in the area. Besides, the southern boundary of Kunzhong fault zone which has not been recognized has been discussed, and the results show that Wenleng'en fault belongs to the southern boundary of Kunzhong fault zone. This research would provide some reference for the related geological issues.

Keywords: East Kunlun orogenic belt; Kunzhong fault zone; Wenleng'en fault zone; Buerhanbuda Mountain

(责任编辑: 常艳)