

·非主题来稿选登·

阿尔金山东段大平沟地区褶皱构造的特征及其成因

陈柏林¹, 曹富根², 赵树铭², 李传班¹, 赵恒乐², 李 佳², 陈正乐¹,
任 燕², 李 艳², 刘崴国², 李建军², 黄家涛², 杨 屹², 崔玲玲¹

CHEN Bai-lin¹, CAO Fu-gen², ZHAO Shu-ming², LI Chuan-ban¹,

ZHAO Heng-le², LI Jia², CHEN Zheng-le¹, REN Yan², LI Yan²,

LIU Wei-guo², LI Jian-jun², HUANG Jia-tao², YANG Yi², CUI Ling-ling¹

1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081;

2. 新疆地质调查院第一地质调查所, 新疆乌鲁木齐 830011

1. *Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China;*

2. *Institute of Xinjiang Geological Survey, Urumqi 830011, Xinjiang, China*

摘要:大平沟地区位于北东向阿尔金走滑断裂北侧与东西向阿尔金北缘断裂所夹持的区域。区内出露卓阿布拉克组火山-沉积岩系,其中以灰黑色粉砂质泥岩为代表的沉积岩系出露宽度3~5km,是相邻20km的东侧喀腊大湾地区出露厚度(约1km)的3~5倍。通过野外详细的地质调查,特别是运用小褶皱分析方法、褶皱层理与轴面劈(片)理关系判别分析方法,首次对阿尔金山东段大平沟地区的卓阿布拉克组火山-沉积岩系中的沉积岩夹层沿剖面开展追索研究,恢复了大平沟地区褶皱构造的轮廓,并对其成因进行初步探讨。认为南侧喀腊达坂-阿克达坂断裂以南的元古宇碳酸盐岩系较强硬的岩层、北侧阿尔金北缘断裂以北的太古宇结晶基底的刚性岩块、以灰黑色粉砂质泥岩为代表的细碎屑岩的柔性特点、冰沟岩体隆升造成其东侧盖层向东收缩是基础,而北北东向区域挤压构造应力场作用下北东向卓阿布拉克断裂的左行走滑造成的卓阿布拉克组沉积岩系西端的侧向挤压是褶皱形成的直接原因。

关键词:褶皱构造;层理与劈理的关系;成因分析;大平沟地区;阿尔金山东段

中图分类号:P542⁺.1

文献标志码:A

文章编号:1671-2552(2011)12-1934-07

Chen B L, Cao F G, Zhao S M, Li C B, Zhao H L, Li J, Chen Z L, Ren Y, Li Y, Liu W G, Li J J, Huang J T, Yang Y, Cui L L. Fold structure and its origin in Dapinggou area, eastern Altun Mountains. *Geological Bulletin of China*, 2011,30(12): 1934-1940

Abstract: Dapinggou area of eastern Altun Mountains, is situated in the clamping area between NE-trending Altun strike-slip fault and EW-trending northern Altyn Mountains margin fault. There outcropping a series of volcano-sedimentary rocks of Zhuoabulake Formation. Among which, grayish black silt mudstone, as a deputy to the sedimentary rocks, outcrops about 3~5km in width, while there outcropping only about 1km in width in Kaladawan area only 20km eastern of the Dapinggou area. In this paper, after a detailed geological survey and investigation of the sedimentary rock section by means of minor fold analysis and discriminant analysis of the relation of the bedding and axial-plane cleavage of fold, the authors for the first time take an attempt to restore the outline of fold structure in the Dapinggou area. Then the authors analysis the origin of the fold structure and consider that the basic condition for forming Dapinggou fold structure are the competent bed of the Proterozoic carbonatite southern of the Kaladaban-Akedaban fault, the rigid block of the Archeozoic crystalline basement northern of the EW-trending northern Altyn Mountains margin fault, the plastic strata of

收稿日期:2011-04-11;修订日期:2011-10-10

资助项目:“十一五”国家科技支撑计划重点项目专题《阿尔金山东段红柳沟矿带大型铜、金、铅锌矿床找矿靶区优选与评价技术与应用研究》(编号:2006BAB07B02-04)和国家重点基础研究发展“973”计划项目课题《中生代陆内造山作用与成矿》(编号:2007CB411305)

作者简介:陈柏林(1962-),男,研究员,从事区域构造、矿田构造和成矿预测研究。E-mail: cblh6299@263.net

the grayish black silt mudstone of Zhuoabulake Formation and the shrinkage to the east of the cover strata of the Binggou granite mass causing from the uplift of the granite mass. And the authors also believe that the direct cause is lateral compression in the western end of the sedimentary rock of Zhuoabulake Formation result from sinistral strike slip of the NEE-trending Zhuoabulake fault in the regional SN-trending compressive stress field.

Key words: fold structure; relation of the bedding and axial-plane cleavage of fold; origin analysis of fold; Dapinggou area; eastern Altun Mountains

阿尔金山东段大平沟地区位于北东向阿尔金走滑断裂北侧与东西向阿尔金北缘断裂所夹持的区域,北接塔里木地块南缘,南与柴达木盆地毗邻。阿尔金断裂带和阿尔金山地区的区域构造演化已经成为最近十几年来的研究热点,并取得了重要进展^[1-20]。20 世纪 90 年代中期以来,以化探为先导,随着国家 305 项目和地质大调查项目的实施,于 90 年代中后期相继发现了大平沟、喀腊大湾、喀腊达坂、索尔库里北山等铜金多金属矿床(点),并开展了相应的勘查、研究工作^[21-27]。最近 3 年来,随着 1:5 万矿产调查和新一轮国家科技支撑计划重点项目的实施,在该区又取得了铁矿找矿的重大进展^[28-29]。然而,相对于矿产勘查工作,对该地区褶皱构造的研究几乎是空白。在新疆维吾尔自治区地质矿产局^①完成的 1:20 万索尔库里幅区域地质调查中,对于索尔库里北盆地南侧的碎岩山地区灰岩中的褶皱构造进行过野外初步调查,将索尔库里北盆地北侧的产状陡立、水平出露宽度数千米厚的卓阿布拉克组火山-沉积岩系均作为单斜层处理。然而,仅仅在相距约 20km 的大平沟地区和喀腊大湾地区,卓阿布拉克组火山-沉积岩系沿走向却存在很大差异,特别是其中以灰黑色粉砂质泥岩为代表的沉积岩系在喀腊大湾地区出露厚度仅 1km 左右,而同样的灰黑色粉砂质泥岩在大平沟地区出露厚度为 3~5km,差别甚大,并一直成为悬而未决的问题。本文首次在阿尔金山东段大平沟地区的卓阿布拉克组火山-沉积岩系中的沉积岩夹层沿剖面开展了野外小褶皱构造、层理与劈理的置换关系的详细分析和研究,恢复了大平沟地区褶皱构造的基本格局,并对其成因进行初步探讨。

1 地质构造背景

在大地构造上,阿尔金山东段喀腊大湾地区位于阿尔金走滑断裂北侧与东西向阿尔金北缘断裂之间的红柳沟-拉配泉裂谷带,北接塔里木地块南缘,南与柴达木盆地毗邻(图 1)。喀腊大湾地区构造

演化历史十分复杂,具有多旋回的岩浆作用,并经历了不同程度的变质作用,形成多样化的火山-沉积-变质岩石序列。

区域构造线以近东西向为特征,主干断裂主要为东西向,一级断裂有喀腊达坂断裂和阿尔金北缘断裂,呈东西向横贯区域南北两侧。其中阿尔金北缘断裂规模巨大,出露于研究区北部,是太古宇与下古生界之间的界线。在喀腊大湾沟一带沿北缘断裂发育糜棱岩化带和碎裂岩化带,宽度超过 600m。喀腊达坂断裂位于研究区南部,是下古生界与新生界之间的界线。二级断裂有白尖山断裂,呈东西向延伸,产状陡立,贯穿研究区中北部,为卓阿布拉克组($\in zh$)与斯米尔布拉克组($\in s$)之间的界线。此外,本区低级别(次级)小断裂也非常发育,呈北东东向和北西向,断裂性质以压性、压扭性为主(图 1)。

研究区地层属于塔里木地层区中塔南地层分区的阿尔金山地层小区。自老到新依次出露太古宇达格拉格布拉克组($Ardg$),震旦系金雁山组(Z_j),寒武系上统卓阿布拉克组($\in zh$)和斯米尔布拉克组($\in s$),石炭系上统因格布拉克组(C_3y),古近系渐新统下干柴沟组(E_g),新近系中新统上干柴沟组(N_{1g})和中新统下油砂山组(N_{1y}),第四系(Q)(图 1)。其中卓阿布拉克组($\in zh$)和斯米尔布拉克组($\in s$)原 1:20 万区域地质调查确定为中元古界塔肯达坂群。

区内侵入岩的时代以早古生代为主(原 1:20 万区域地质资料为晚古生代,最近锆石 SHRIMP U-Pb 测年数据显示为早古生代,将另文报道),少量为新元古代。新元古代侵入岩仅有花岗闪长岩,出露于研究区西侧偏北,侵位于太古宇达格拉格布拉克组深变质岩系中。早古生代侵入岩有中-酸性侵入岩和辉长岩类。辉长岩类沿白尖山断裂的南侧呈比较零散状分布,属于阿尔金北缘蛇绿岩带的组成部分。早古生代中-酸性侵入岩广泛分布,呈规模较大的岩枝或岩基状产出,岩石类型有闪长岩、石英闪长

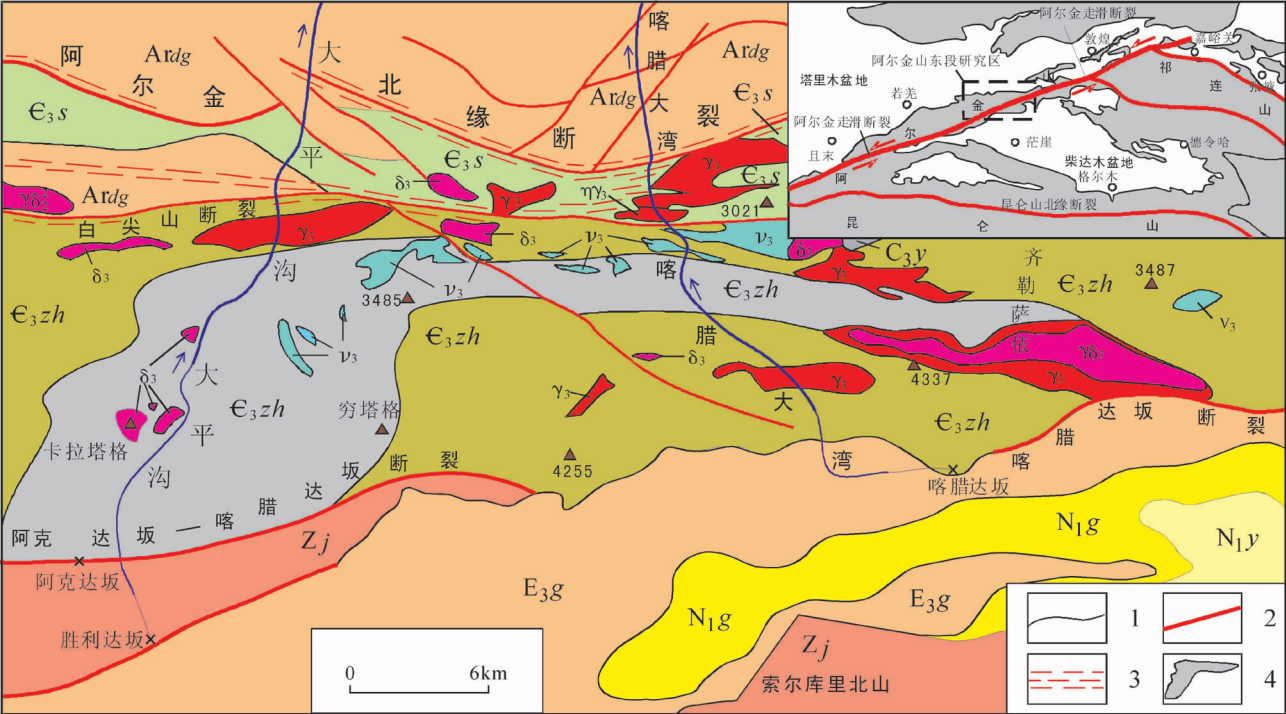


图 1 阿尔金山东段大平沟地区地质构造图(据 1:20 万索尔库里幅、1:25 万石棉幅和本文资料编制)

Fig. 1 Geological and structural map of Dapinggou area, eastern Altun Mountains

N_{1y}—中新世下油砂山组;N_{1g}—中新世上干柴沟组;E_{3y}—渐新世下干柴沟组;C_{3y}—石炭系上统因格布拉克组;
ε_{3s}—寒武系上统斯米尔布拉克组;ε_{3zh}—卓阿布拉克组;Z_j—震旦系金雁山组;
Ardg—太古宇达格拉格布拉克组;δ₃—早古生代闪长岩;γδ₂²—元古宙花岗闪长岩;γδ₃—早古生代花岗闪长岩;
γ₃—早古生代花岗岩;ηγ₃—早古生代似斑状二长花岗岩;ν₃—早古生代辉长岩
1—地质界线;2—断裂;3—切脆性变形带;4—灰黑色粉砂质泥岩出露区

岩、花岗闪长岩、似斑状斜长花岗岩、黑云母花岗岩和花岗斑岩(图 2)。

2 大平沟地区褶皱构造基本特征

2.1 褶皱构造层理与劈(片)理关系形成机理

在褶皱构造研究中,发生褶皱地层的层理产状与劈(片)理产状及其相互关系是分析褶皱构造存在及其类型、部位、级别的重要依据。如图 2 所示,在褶皱构造的发育过程中地层受到挤压,垂直挤压方向形成压性劈理,这种劈理与褶皱的轴面平行,所以也称为褶皱的轴面劈理。通过褶皱层理(b)与轴面劈理(apc)的关系可以分析判断高一级别褶皱的发育部位。如果作为剖面褶皱,根据层理与劈理的关系,可以判断是褶皱的正常翼还是倒转翼以及高一级别褶皱存在的部位;同样在平面上也适用于判断高一级别褶皱的发育位置。

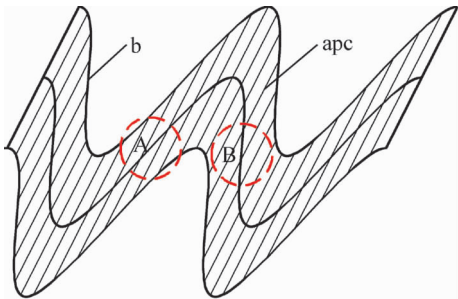


图 2 典型褶皱构造中层理与劈(片)理的关系

Fig. 2 Relationship between the bedding and axial-plane cleavage in a typical fold

b—褶皱层理;apc—轴面劈理;A—正常翼;B—倒转翼

2.2 露头范围褶皱构造出露特征

大平沟地区沿大沟露头规模的褶皱构造非常发育,主要出露在阿克达坂东侧的大平沟中南段一直到平沟花岗闪长岩体的中北段约 6.5km 的

范围内。

(1)H251 点紧密 M 型褶皱:H251 地质观察点位于大平沟中段,该处可见中等-紧密褶皱,露头范围内发育 2 个背斜和 3 个向斜,由灰黑色泥灰岩、粉砂质泥岩组成,局部夹安山质火山岩。褶皱轴面近东西走向,倾角近于直立(图 3-A、B)。褶皱枢纽倾向东,倾角中等偏陡。该褶皱在位态分类上属于直立倾伏褶皱,在剖面上为近 M 型紧闭褶皱,尤其在剖面的南端,为一典型的 M 型向斜构造,并可见明显的劈(面)理置换(图 3-A、B)。反映该地质观察点位于高一级褶皱的近核部(或转折端)附近。

(2)H229 点中等 M 型褶皱:H229 观察点位于大平沟南段,该处可见中等 M 型褶皱,由灰色(局部深灰色或浅灰色)火山凝灰岩夹凝灰质粉砂岩、泥岩等组成,两翼夹角中等,局部具有不协调的特点;褶皱轴面北东东走向,倾角近于直立(图 3-C)。褶皱枢纽倾向东,倾角中等偏缓。反映该部位位于高一级褶皱的近转折端附近。

(3)H230 点中等 M 型褶皱:H230 观察点位于大平沟南段,在 H229 点以北约 700m 处。该点出露中等“M”型褶皱,主要由细碎屑岩(以泥岩为主夹少量粉砂质泥岩)组成,两翼夹角中等;褶皱轴面北东东走向,倾角近于直立;褶皱轴面劈(片)理置换强烈,劈(片)理与地层层理夹角较大(图 3-D)。反映该地质观察点也处于另一褶皱构造转折端附近。

(4)H229 点与 H230 点之间的劈(片)理置换:在 H229 观察点北侧 100~300m 一带,地层主要由细碎屑岩组成,以粉砂质泥岩和泥岩为主,地层层理产状为 $20^{\circ}\sim 35^{\circ}/SE60^{\circ}\sim 70^{\circ}$,倾角陡到近直立;而轴面劈(片)理走向 $70^{\circ}\sim 85^{\circ}$,近直立,轴面劈(片)理强烈置换地层层理。反映该处位于高一级别褶皱构造的翼部。

(5)H231 点层理与劈(片)理的关系:在 H229 观察点和 H230 观察点北侧的大平沟中段,距 H229 观察点 1500m 一带,主要出露泥岩和粉砂质泥岩,岩石劈(片)置换非常强烈。有趣的是,在近南北方向约 8m 的露头范围内,地层层理发生舒缓的开阔褶皱,走向自北向南的变化是 $15^{\circ}\rightarrow 0^{\circ}\rightarrow 345^{\circ}\rightarrow 300^{\circ}\rightarrow 290^{\circ}$,而褶皱轴面劈(片)理走向也发生同样的变化 $60^{\circ}\rightarrow 45^{\circ}\rightarrow 10^{\circ}\rightarrow 350^{\circ}\rightarrow 330^{\circ}$,换一句话说,就是褶皱轴面劈(片)理与地层层理夹角基本不变,劈(片)理走向总是在地层走向的顺时针方向,夹角为 45° 左右。该层劈(片)理关系说明其属于早一期褶皱的翼

部,后期又发生了变形,使地层与片(劈)理一起形成较开阔的褶皱,最后被小断层断错(图 3-E)。

(6)其它地质点的层劈(片)理关系:沿大平沟自南向北,其它各个地质观察点的地层层理与劈(片)理的关系发生规律性变化,不再一一细述(图 3-F、G)。

3 大平沟地区褶皱构造形态恢复与成因初探

3.1 大平沟地区褶皱构造大致形态

依据整个大平沟地区各个小褶皱构造的发育状况、地层层理与褶皱劈(片)理的关系可以初步恢复大平沟地区较高级别的褶皱构造的大致形态,即以 6 个背斜和 7 个向斜相间出露为特征(图 3)。从恢复后的褶皱样式看,褶皱明显具有不对称的特征,这与区域构造变形环境和相关边界条件有关(详见下一节)。该褶皱构造的发育使大平沟中南段地区卓阿布拉克组中部的这套灰黑色粉砂质泥岩发生褶皱重复,其南北方向上的出露宽度达到原来的 3~5 倍。该褶皱构造的发育是导致大平沟以西地区与喀腊大湾地区地层沉积走向上不连续的主要原因。

3.2 大平沟地区褶皱构造成因初探

大平沟地区灰黑色粉砂质泥岩出露厚度比喀腊大湾地区大很多是褶皱重复的缘故。那么为什么发生在大平沟地区,而相邻不算远的喀腊大湾地区褶皱构造比较少呢?这与其特殊的构造部位有关。

第一,在区域构造上,大平沟-喀腊大湾及相邻地区规模较大的断裂构造有 2 组。第一组是东西向断裂,北侧有阿尔金北缘断裂和白尖山断裂,南侧有喀腊达坂-阿克达坂断裂,从区域构造应力场分析,近东西向断裂表现为压扭性力学性质,并具左行的运动学特点;第二组是北东东向断裂,主要是大平沟以西地区的卓阿布拉克断裂,该断裂与阿尔金左行走滑的主断裂平行,具有明显的左行走滑运动学特点(图 1)。

第二,从岩石力学性质上,阿尔金北缘断裂以北的太古宇结晶基底和喀腊达坂-阿克达坂断裂以南的元古宇碳酸盐岩系都是比较强硬岩层,而卓阿布拉克组火山-沉积岩系是比较软弱的岩层,尤其是自喀腊大湾向西卓阿布拉克组中火山岩含量逐渐变少,沉积岩含量增加,可塑性增强。同时大平沟以西地区发育冰沟花岗岩体,出露面积达 300km^2 以上,

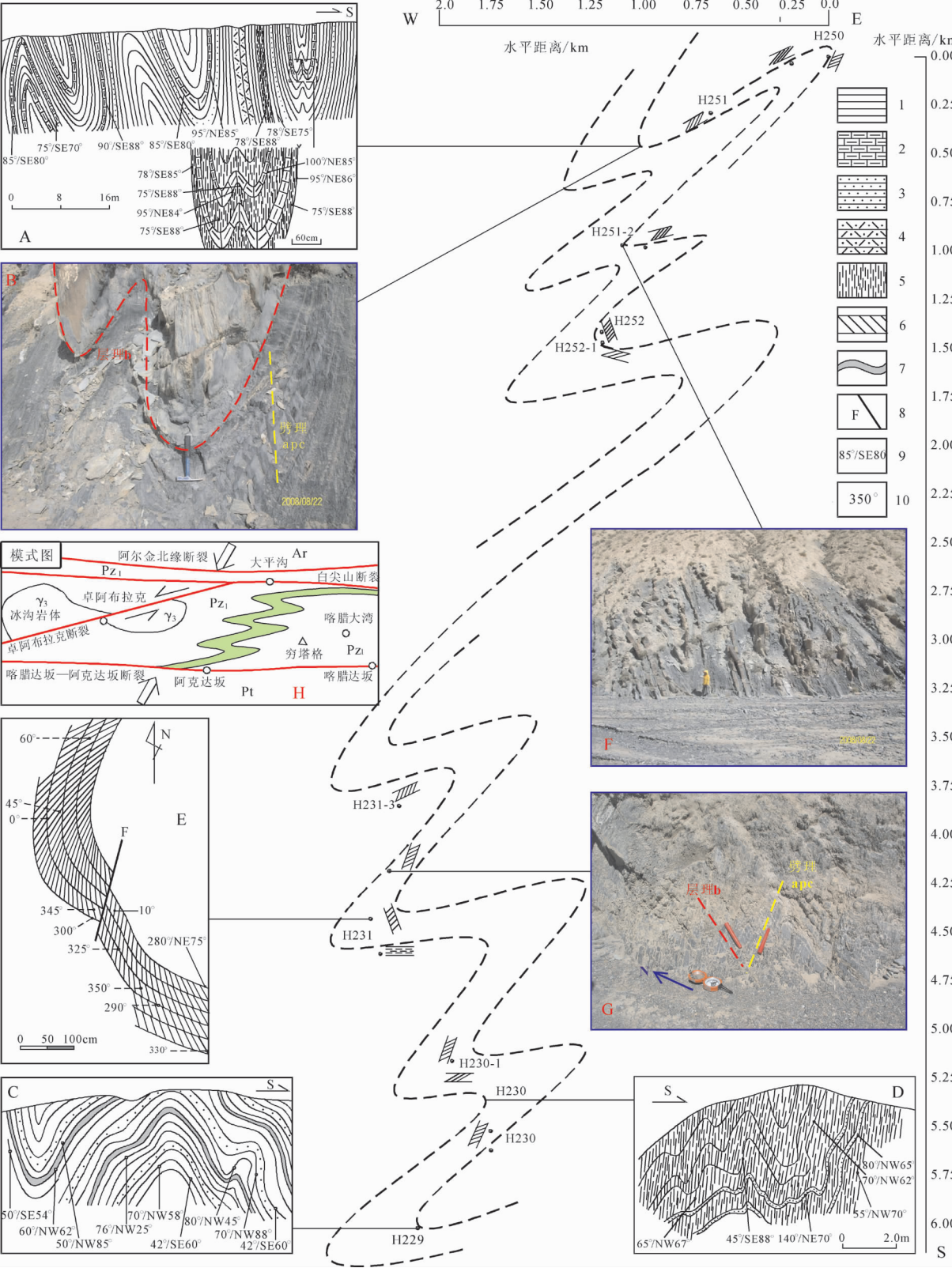


图 3 大平沟地区褶皱构造初步轮廓图

Fig. 3 Outline drawing showing the fold structure in Dapinggou area
1—泥岩;2—泥灰岩;3—粉砂岩;4—英安岩;5—轴面劈理;6—层劈关系;7—标志层;8—断裂;9—产状;10—地层和
劈理走向;Ar—太古代;Pt—元古宇;Pz₁—下古生界;γ₃—早古生代花岗岩;H250 等—地质观察点

该岩体也是刚性的地质体。

第三,冰沟花岗岩体的侵位和隆升使得卓阿布拉克组火山-沉积岩系在该隆起区接受剥蚀,导致花岗岩体隆升区东侧的卓阿布拉克组的向东收缩,出露范围逐渐减小。

第四,区域构造应力场的作用分2个方面。一方面区域构造应力场表现为主压应力为北北东向,在北北东向主压应力的作用下,整个大平沟—喀腊大湾地区表现为近南北向的压缩,介于2条东西向主干断裂之间近东西向展布的卓阿布拉克组火山-沉积岩系因受挤压而产状陡立或直立。另一方面也是最关键的,卓阿布拉克断裂在北北东向主压应力作用下发生左行走滑,根据冰沟花岗岩体东侧边界被错断的状况判断,卓阿布拉克断裂左行走滑位移距离为16~18km;卓阿布拉克断裂左行走滑运动使大平沟一带不仅受到北北东向挤压,而且还存在自南西西向北东东的推挤,加上西侧冰沟花岗岩体的隆升,从而在卓阿布拉克组火山-沉积岩系出露的西端(大平沟地区)形成枢纽向东陡倾斜的褶皱构造(图3-H)。

上述第一至第三方面因素是发生褶皱构造的物质基础,第四方面因素(北北东向主压应力作用下卓阿布拉克断裂的左行走滑)是褶皱形成的直接原因。

4 结 论

大平沟地区位于北东向阿尔金走滑断裂北侧与东西向阿尔金北缘断裂所夹持的区域。区内出露卓阿布拉克组火山-沉积岩系,其中以灰黑色粉砂质泥岩为代表的沉积岩系出露宽度3~5km,是相邻的东侧喀腊大湾地区出露厚度(约1km)的3~5倍。通过野外详细的地质调查,特别是运用小褶皱分析方法、褶皱层理与轴面劈(片)理关系判别分析方法,首次对阿尔金山东段大平沟地区的卓阿布拉克组火山-沉积岩系中的沉积岩夹层沿剖面开展追索研究,恢复了大平沟地区褶皱构造的轮廓,并对其成因进行了初步探讨,认为南侧喀腊达坂-阿克达坂断裂以南的元古宇碳酸盐岩系较强硬岩层和北侧阿尔金北缘断裂以北的太古宇结晶基底刚性岩块的存在,以灰黑色粉砂质泥岩为代表的细碎屑岩的柔性特点和冰沟岩体隆升造成其东侧盖层向东收缩是基础,而北北东向区域挤压构造应力场作用下北东东向卓阿布拉克断裂的

左行走滑造成的卓阿布拉克组沉积岩系西端的侧向挤压,是陡枢纽褶皱形成的直接原因。

致谢: 新疆305项目办公室多年来一直给予关心和支持,审稿专家提出了宝贵的修改意见,在此一并表示感谢。

参考文献

- [1]新疆维吾尔自治区地质矿产局. 新疆维吾尔自治区区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1993: 1-941.
- [2]车自成,刘良,孙勇. 阿尔金铅铋锑钨同位素研究及其早期演化[J]. 地球学报,1995,16(3): 334-337.
- [3]郭召杰,张志诚,王建君. 阿尔金山边缘蛇绿岩带的Sm-Nd等时线年龄及其大地构造意义[J]. 科学通报,1998,43(18): 1981-1984.
- [4]张建新,许志琴,崔军文. 一个韧性转换挤压带的变形分解作用——以阿尔金断裂带东段为例[J]. 地质论评,1998,44(4): 348-356.
- [5]刘良,车自成,王焰,等. 阿尔金高压变质带的特征及其构造意义[J]. 岩石学报,1999,15(1): 57-64.
- [6]刘良,车自成,王焰,等. 阿尔金芒崖地区早古生代蛇绿岩的Sm-Nd等时线年龄证据[J]. 科学通报,1998,43(8): 880-883.
- [7]崔军文,唐哲民,邓晋福,等. 阿尔金断裂系[M]. 北京:地质出版社,1999:1-249.
- [8]许志琴,杨经绥,张建新,等. 阿尔金断裂两侧构造单元的对比及岩石圈剪切机制[J]. 地质学报,1999,73(3): 193-205.
- [9]周勇,潘裕生. 阿尔金断裂早期走滑运动方向及其活动时间探讨[J]. 地质论评,1999,45(1): 1-9.
- [10]Yin A, Gehrels G, Chen X. Evidence for 280km of Cenozoic left slip motion along the eastern segment of the Altyn Tagh fault system, western China[J]. Eos. Trans. AGU, 1999,80(17): FallMeet. Suppl., F1018.
- [11]Sobel E R, Arnaud N. A possible middle Paleozoic suture in the Altyn Tagh, NW China[J]. Tectonics, 1999,18(1): 64-74.
- [12]尹安. 喜马拉雅—青藏高原造山带地质演化——显生宙亚洲大陆生长[J]. 地球学报,2001, 22(3): 193-230.
- [13]Gehrels G E, Yin A, Wang X F. Magmatic history of the northeastern Tibetan Plateau[J]. J. Geophys. Res., 2003, 108 (B9), 2423, doi: 10.1029 / 2002 JB001876.
- [14]Liu Yongjiang, Genser J, Ge Xiaohong, et al. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age evidence for Altyn fault tectonic activities in western China[J]. Chinese Science Bulletin, 2003,48(18): 2024-2030.
- [15]Liu Yongjiang, Neubauer F, Genser F, et al. Geochronology of the initiation and displacement of the Altyn Strike-Slip Fault, western China[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2007,29(2/3): 243-252.
- [16]戚学祥,李海兵,吴才来,等. 北阿尔金恰什坎萨依花岗闪长岩的SHRIMP U-Pb 锆石定年及其地质意义[J]. 科学通报,2005,50(6): 571-576.
- [17]吴才来,杨经绥,姚尚志,等. 北阿尔金巴什考供盆地南缘花岗岩杂岩特征及锆石 SHRIMP 定年[J]. 岩石学报,2005,21(3): 846-858.
- [18]吴才来,姚尚志,曾令森,等. 北阿尔金巴什考供—斯米尔布拉克花岗岩杂岩特征及锆石 SHRIMP U-Pb 定年[J]. 中国科学(D辑), 2007,37(1): 10-26.

[19]刘永江, F. Neubauer, 葛肖虹, 等. 阿尔金断裂带年代学和阿尔金山隆升[J]. 地质科学, 2007,42(1): 134-146.

[20]杨经绥, 史仁灯, 吴才来, 等. 北阿尔金地区米兰红柳沟蛇绿岩的岩石学特征和 SHRIMP 定年[J]. 岩石学报, 2008,24(7): 1567-1584.

[21]杨风, 陈柏林, 陈宣华, 等. 阿尔金北缘大平沟金矿床成因初探[J]. 地质与资源, 2001,10(3): 133-138.

[22]陈柏林, 陈宣华, 王小凤, 等. 阿尔金北缘地区韧性剪切带型金矿床构造控矿解析[J]. 地质学报, 2002,76(2): 235-243.

[23]陈柏林, 杨屹, 王小凤, 等. 阿尔金北缘大平沟金矿成因[J]. 矿床地质, 2005,24(2): 168-178.

[24]李学智, 陈柏林, 王小凤, 等. 大平沟金矿床矿石及金矿物特征[J]. 地质与勘探, 2002,38(5): 49-53.

[25]陈正乐, 陈宣华, 王小凤, 等. 新疆阿尔金山拉配泉铜矿区地质特征及成因初析[J]. 地质力学学报, 2002,8(1): 71-78.

[26]杨屹, 陈宣华, George Gehrels, 等. 阿尔金山早古生代岩浆活动与金成矿作用[J]. 矿床地质, 2004,23(4): 464-472.

[27]李月臣, 陈柏林, 陈正乐, 等. 阿尔金北缘红柳沟—拉配泉一带铜金矿床硫同位素特征及其意义 [J]. 地质力学学报, 2007,13(2): 131-140.

[28]陈柏林, 蒋荣宝, 李丽, 等. 阿尔金山东段喀腊大湾地区铁矿带的发现及其意义[J]. 地球学报, 2009,30(2): 143-154.

[29]祁万修, 马玉周, 王瑞, 等. 阿尔金北缘八八铁矿地质特征与找矿标志[J]. 新疆地质, 2008,26(3): 253-257.

① 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 1:20 万索尔库里幅和巴什供幅区域地质调查报告. 1981.

《地质通报》第 31 卷第 1 期要目预告

蛇绿岩研究的最新进展	张 进等
首编大别造山带侵入岩地质图(1:50 万)及其说明	陈 玲等
A probable crouching theropod dinosaur trace from the Tuchengzi Formation in Chicheng County, Hebei Province, China	XING Li-da,et al.
韧性剪切带的剪切作用类型和韧性减薄量	李建波等
青海省格尔木市小南川地区昆南构造混杂岩带的物质组成、LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义	张海迪等
西天山乌孙山地区大哈拉军山组火山岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及其构造环境	茹艳娇等
西藏冈底斯北缘尼玛地区帮勒村一带寒武纪火山岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及其地球化学特征	潘晓萍等
浙江诸暨地区石角-璜山侵入岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄——对超镁铁质球状岩的成因启示	王孝磊等
广西钦州地区那丽花岗岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年及其地质意义	贾小辉等
成都经济区近地表大气尘地球化学基线	施泽明等
成都经济区农业土壤 Cd 元素的解吸动力学	黄 艺等
矿业活动固体废弃物中重金属元素释放机理的浸出实验	徐争启等
极低放射性废物地质处置中的几个问题	王永利等
深穿透勘查集成技术在高原寒冷区找矿预测中的应用——以甘肃南部碌曲地区忠曲金矿为例	黄学强等
烃气测量法在广西南丹县大厂镇更庄地区找矿潜力评价中的应用	陈晓雁等
地球电化学法在中国-澳大利亚两国寻找隐伏铀矿中的对比研究	侯冬梅等
广西南丹县大厂矿田铜坑锡矿成矿地球化学模型和找矿预测标志	李昌明等
利用地电化学法寻找隐伏铅、锌、银多金属矿——以内蒙古阿巴嘎旗陶勒盖矿区为例	刘秀娟等
湖北恩施地区土壤-植物系统中 Se 元素的地球化学特征	郭 宇等
北京市大气可吸入颗粒物的化学成分和来源	于 扬等
三江平原典型土地利用类型土壤呼吸强度对温度的敏感性	廖 艳等
珠江三角洲第四纪沉积物 Cd 元素的分布特征及成因	刘子宁等