

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

# 南天山东段榆树沟—铜花山巨型构造 混杂带的发现及意义

陆关祥<sup>1,2)</sup> 周鼎武<sup>2)</sup> 王居里<sup>2)</sup> 张成立<sup>2)</sup>

1) 北京师范大学环境科学系, 100875; 西北大学地质系, 陕西西安, 710069

**内容提要** 通过遥感构造综合解析, 认为南天山东段榆树沟—铜花山地区为一巨型构造混杂带。该构造带可划分为南部和北部的两带变质褶皱地层系统、中带的构造混杂系统和不同期次的岩浆侵入体。结合同位素定年和岩浆侵入的综合对比与研究, 认为该地区先后经历了五期构造运动, 分别为: ① 南北向逆冲推覆, ② 北西向西行走滑, ③ 北西向右行走滑, ④ 南北向逆冲推覆, ⑤ 北北西、北东向断裂。

**关键词** 构造混杂带 造山带 遥感解析 构造解析

大陆造山带是全球复杂地质系统中极端条件下的大陆地质问题, 是大陆上构造变形, 变质作用和岩浆活动最为强烈的场所。由于其漫长的地质演化历史、复杂多样的地壳物质组成和结构构造面貌, 成为大陆地质和大陆动力学解剖研究的关键地区, 其结构构造的复杂性也成为客观进行地质研究的难点。南天山东段榆树沟—铜花山地区是造山带复杂结构构造区的典型代表, 区内出露不同类型、不同深度层次的变质地质体, 变质作用差异显著。由于断裂构造发育及岩石遭受不同程度的变质, 古生物化石鉴定困难, 加之地层剖面不完整, 故该带地层划分及时代归属长期争论, 同一套地层的时代曾定为志留纪—泥盆纪, 晚志留世—早泥盆世, 志留纪及中泥盆世(吴文奎等, 1990, 1992a, 1992b)。本文通过遥感—构造交叉互动的综合解析, 表明该地区可划分为南部和北部的两带变质褶皱地层系统, 中带的构造混杂系统和不同期次的岩浆侵入体。中带显然为区域性的构造混杂带, 区内地层为不同时代、不同岩性、不同规模的块体的相互拼贴, 同一变质体内混杂有不同时代的地层, 因而造成地层年代确认的争议。这一发现对于南天山东段高压麻粒岩相地体成因及折返的构造动力学研究及天山造山带的构造演化与研究具有极为重要的意义。

## 1 区域地质特征

南天山东段铜花山—榆树沟地区位于新疆托克

逊县库米什镇南侧, 东经 $87^{\circ}40'$ ~ $88^{\circ}25'$ , 北纬 $42^{\circ}00'$ ~ $42^{\circ}15'$ , 大地构造上属哈萨克斯坦板块早—中生代活动大陆边缘南部(朱英等, 1989; 肖序常等, 1992; 车自成等, 1994; 蔡东升等, 1995; 王焰等, 1999; 张传恒等, 2002), 北邻库米什—新生界断陷盆地(图版 I-1)。区内出露志留系及中—上泥盆统麻粒岩相地体和绿片岩相变质火山—沉积体系。野外地质考察发现, 该区地表地质远不象已有地质资料提供的那么简单, 而表现为不同时代地层受多期构造的强烈变形和叠加改造, 地质体及岩片相互叠置, 构造面貌复杂, 叠加褶皱发育, 而且基性岩—超基性岩的空间产出状态及与其他地质体之间的关系也较为特殊。另外, 本区还发育不同时代、不同类型花岗岩岩体的侵入以及由地壳深部折返的高压麻粒岩地体, 它们共同组成了本区的复杂地质面貌。由于研究区的岩性大多数为绢云绿泥石英片岩与大理岩互层, 断裂两侧的岩性较为接近, 韧性剪切带与围岩岩性类似, 不易区别。强烈的物理风化作用常常掩盖早期断裂的存在标志, 野外填图时难以发现。但因地表无植被覆盖、地层裸露, 遥感图像所记录的地质信息反映充分, 并且遥感图像具有多波段电磁波对块体微观结构、宏观构造的对比、分析和区分能力, 特别是早期断裂受后期构造作用的改造, 断裂面被晚期面理置换的情况下, 遥感图像可以通过断裂两侧地层的图案、纹理、不同波段合成的色调变化加以识

注: 本文为国家自然科学基金(编号 49972075)及国家重点基础研究发展规划项目(编号 2001CD409801)的成果。

收稿日期: 2002-10-29; 改回日期: 2003-11-12; 责任编辑: 任希飞、章雨旭。

作者简介: 陆关祥, 1963年生, 博士后。主要从事遥感、构造地质、生态环境方面的研究。通讯地址: 100875, 北京市海淀区北太平庄北京师范大学环境科学系; 电话: 010-62205053。

别,尤其是韧性剪切带两侧褶皱枢纽变化的影像特征确定剪切带运动指向的能力更是单纯的野外填图所不能达到。通过不同图像处理方法的遥感解析与构造解析相结合,获得研究区岩性解译图(图版 I-1)和不同期主要断裂构造分布特征(图2),在此基础上发现并确认了铜花山—榆树沟区域性构造混杂岩带。

## 2 巨型构造混杂带的确定

如图版 I-2所示,以  $F_{1-1}$ 、 $F_{1-2}$  两断裂构成了研究区三个构造块区。 $F_{1-1}$  以北和  $F_{1-2}$  以南两个块区影像色调均匀,地层稳定,具有统一的褶皱形态和构造线。 $F_{1-1}$  和  $F_{1-2}$  构成的中间块区为早期巨型构造混杂岩带。混杂带影像杂乱,透镜状块体发育,各块体大小不同、形态不一,色调各异。块体之间构造线不连续,各块体都有自己独特的纹理、图案影像(图版 I-3)。野外观察表明,这些块体都为不同时代、不同岩性特征的岩石构造块体,形状、大小相差悬殊,小者仅几厘米,大者可达数千米,大型透镜体往往由许多小型透镜体组成(图版 II-2a, II-2b)即为  $N42^{\circ}01'29.7'' E88^{\circ}14'52.5''$  处的透镜状块体照片)。块体之间都以断层接触。由于各块体的规模、刚性程度不一,受后期构造作用的改造,变形程度不同,各块体的褶皱样式、面理产状都不一致,块体内的构造线与基质面理往往有一定角度,整个构造带随同边界断裂发生褶皱并遭受后期构造的改造。特别是出露于该单元的蛇纹石化橄榄岩,其空间产出状态并不是原 1:20万, 1:5万地质图描述的整体连片侵位于造山带内,实际表现为大小不同的构造块体与其他地质体剪切拼贴或以不同产状的岩片与其他地质体以断层叠置、以褶皱交织。根据出露地层的块状独立性、无序性,综合考虑构造作用等因素,认为该单元为早期大型断裂带。这一发现为该区表壳结构构造的深入研究及构造演化的探讨提供了重要的参考资料。

## 3 构造混杂带边界断裂特征

$F_{1-1}$ : 断裂已发生褶皱,并被晚期断裂切割错移。断裂面与面理方向一致,两侧细纹理方向、节理疏密程度、褶皱枢纽变化方向都呈明显的不一致。断裂两侧块体的宏观色调、均匀度都存在较大差异。断裂两侧岩性都为绢云绿泥石英片岩及大理岩互层夹变质砂岩,两侧地层产状接近。尽管断裂面走向弯曲多变,但总体倾向北—北东,倾角波状起伏,介于  $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$  之间。北侧地层与南侧地层的褶皱枢纽方向相

反。野外测量数据为:北侧,早期枢纽  $130^{\circ} \angle 70^{\circ}$ 、晚期枢纽  $296^{\circ} \angle 12^{\circ}$ ,南侧,早期枢纽  $295^{\circ} \angle 50^{\circ}$ 、晚期枢纽  $145^{\circ} \angle 71^{\circ}$ 。断裂带内片理化强烈,挠曲牵引指示其左行逆冲。因此,  $F_{1-1}$  断裂为多期活动断裂,早期由北向南逆冲,晚期左行走滑。早期逆冲推覆形成轴向近东西向的褶皱、构造破碎带、构造透镜体及部分推覆体。晚期的左行走滑使早期褶皱轴面和枢纽再次发生褶皱,形成大规模陡倾伏褶皱。根据断裂带内褶皱的顶厚性及局部地段糜棱岩化判断,该断裂为脆韧性断裂。图版 II-3 为  $F_{1-1}$  断裂带图像特征。图版 II-4 为  $F_{1-1}$  断裂带野外照片。

$F_{1-2}$ : 总体影像弯曲多变,局部地段呈锯齿状(图版 II-5)。断层北侧影像特征复杂,大小不同、色调各异、纹理多样的构造块体组成斑块状、斑点状图案。断层南侧影像规整,平行状纹理组成轴向东西的褶皱。经野外观察,断层带受后期构造改造,断裂面随后期面理发生褶皱,局部地段表现为多组叠瓦式断裂的组合(图1)。断裂带上岩层产状混乱,褶皱样式多变(图版 II-6),不同岩性的片理环绕大小不同的早期透镜体(图版 II-7)呈东西向分布。

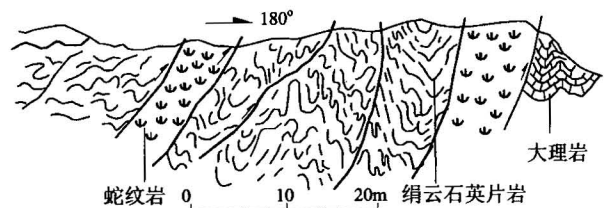


图 1 榆树沟—铜花山地区  $F_{1-2}$  断裂带剖面素描  
Fig. 1 Section sketch of fault zone  $F_{1-2}$  in the Yushugou—Tonghuashan area

## 4 构造序列

通过遥感—构造解析并结合变质岩的同位素定年和岩浆活动的综合对比与研究,表明该地区先后经历了五期构造作用(图2),依次为:

(1) 南北向逆冲推覆 榆树沟高压麻粒岩地体是本区研究程度很高的特殊地体。通过岩石学和矿物学的研究,确定榆树沟高压麻粒岩地体的构造作用至少经过高压麻粒岩相、中压麻粒岩相、角闪岩相和绿片岩相四期变质作用的改造。麻粒岩体作为蛇绿岩的原岩形成年龄为  $440 \pm 18$  Ma, 高压麻粒岩相深层固态流变的变质年龄为  $368$  Ma (王润三等, 1998; 王润三等<sup>①</sup>), 变质形成于  $40 \sim 50$  km 深处。说

明泥盆纪时南天山洋开始向中天山俯冲,该地体是洋壳俯冲于40~50 km深度,经受了变形变质的改造,代表本区高压麻粒岩地质体在地壳深层次的固态流变作用。此后在地表形成由北向南的逆冲推覆及一系列轴向东西的不对称褶皱。如图2所示,以 $F_{1-x}$ (1-x代表1-1、1-2、1-3、1-4,以下类同)为代表, $F_{1-1}$ 、 $F_{1-2}$ 断裂构成铜花山含有超基性岩的构造混杂岩带边界。构造岩块包括不同岩石单元的构造块体,包括云母片岩、碳酸岩和火山碎屑岩,块体之间均以断层、韧性剪切带或变形的基质相分割。不同的岩性分别形成不同的构造样式和构造组合。 $F_{1-1}$ 明显表现出对志留系地层分布的控制作用,使其不越过断裂进入南侧构造区。 $F_{1-1}$ 在不同区段其走向弯曲多变,倾角波状起伏,反映其具有多期活动性。断层带内部片理强烈挠曲变形,两侧发育牵引褶皱,指示断裂带总体为由北向南的逆冲推覆。这期构造事件使蛇绿岩块体下插到地壳深处,经受深层固态流变作用。地表志留系地层发生区域性变形变质作用,并导致区域性斜长花岗岩、石英闪长岩的侵入。

(2) 北西西向左行走滑 根据麻粒岩体内角闪石 Ar-Ar 的同位素定年表明(王润三等<sup>①</sup>),角闪岩相变质年龄为310 Ma $\pm$ ,说明蛇绿岩块体开始折返,经受韧性剪切变形,根据剪切标志判断具左行特征。根据 $F_{1-1}$ 断裂两侧变形岩层顶厚型褶皱及局部地段大理岩糜棱岩化判断,此时的志留系地层也被卷入构造作用过程,发生脆韧性变形。并且 $F_{1-1}$ 断裂两侧弱变形区的牵引褶皱以及该地区广泛分布的陡倾伏不对称褶皱,同样表明该断裂具后期左行走滑性质。

(3) 北西西向右行走滑 由图2可知, $F_{2-x}$ 明显

右行切割 $F_{1-x}$ 及早期岩层,使早期断裂面、岩层发生弯曲和褶皱牵引。并且 $F_{2-1}$ 附近发育大量倾竖褶皱,根据野外观察,这期倾竖褶皱明显改造了第二期陡倾伏褶皱,褶面上有第四期褶皱线理。此外,淡灰白云母花岗岩的同位素年龄为250 Ma(吴文奎等,1992a,1992b),岩体明显被右行走滑节理切割,表明这期构造运动时间晚于花岗岩的侵入。此时的麻粒岩体已折返到地壳浅部,接受绿片岩相改造。

(4) 南北向逆冲推覆 铜花山南侧表现为由南向北的推覆,形成区域性的叠瓦式断裂和轴面南倾的不对称褶皱。榆树沟表现为由北向南的逆冲推覆,使麻粒岩体与泥盆纪火山碎屑岩相互叠置,麻粒岩体内部也表现为由北向南的脆性逆冲断裂。这期构造在 $F_{1-1}$ 与 $F_{1-2}$ 为边界的断裂带南北两侧结构清晰,表现为大型不对称褶皱与逆冲断裂的叠瓦式组合,在断裂带内部则明显使构造块体呈北西西向分布。

(5) 北北西、北东向断裂 这是研究区最晚的断裂构造体系,切割了研究区所有的构造、岩性地层单元,并使研究区地质单元在东西方向上成断块分布。

## 5 结论

(1) 通过遥感图像解析与野外地质相结合,发现并确认了榆树沟—铜花山大型构造混杂带,对该地区地层层序混乱作了较为满意的解释。重新认识了铜花山—榆树沟地区的区域地质特征,在此基础上,将榆树沟—铜花山地区划分为三个构造带。

(2) 不同波段合成的遥感图像对于因强烈物理风化而在野外难以发现的早期断裂构造的辨认极为有效。

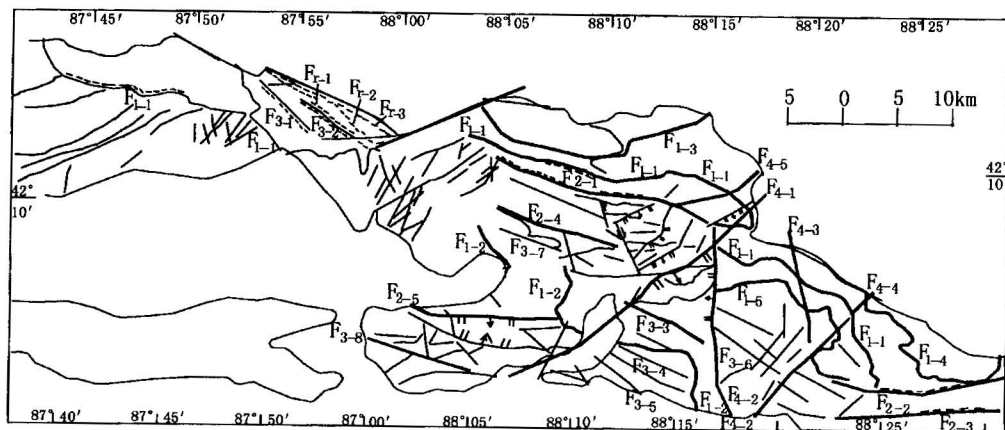


图2 南天山东段铜花山—榆树沟地区不同期主要断裂构造分布图

Fig. 2 Fault distribution of different era in Tonghuashan—Yushugou area, Eastern section of the South Tianshan

(3) 对榆树沟—铜花山地区的蛇纹石化橄榄岩的空间产出状态有了新的认识;笔者认为,榆树沟—铜花山地区的蛇纹石化橄榄岩都呈岩片、构造透镜体与周围地层、地质体以断层叠置,而不是原1:5万,1:20万地质图描述的整体连片侵入于造山带内。

(4) 铜花山—榆树沟地区构造序列的正确建立及构造混杂带的发现为天山造山带构造演化的进一步研究提供了重要参考。

### 注 释

① 王润三,周鼎武,王焰,王居里,桑海清,张任祜. 南天山榆树沟高压麻粒岩地体多期变质定年研究. 待刊.

### 参 考 文 献

- 蔡东升,卢华复,贾东,吴世敏. 1995. 南天山古生代板块构造演化. 地质论评, 41(5): 432~443.
- 车自成,刘洪福,刘良. 1994. 中天山构造带的形成和演化. 北京:地质出版社,10~51.
- 王润三,王焰,李惠民,周鼎武,王居里. 1998. 南天山榆树沟高压麻粒岩地体锆石 U-Pb 定年及其地质意义. 地球化学, (6): 517~522.
- 王润三,周鼎武,王居里,王焰,刘养杰. 1999a. 南天山榆树沟华力西期深地壳麻粒岩地体研究. 中国科学(D辑), 29(4): 306~313.
- 王润三,王居里,周鼎武,王焰,刘养杰. 1999b. 南天山榆树沟遭受麻粒相变质改造的蛇纹岩套研究. 地质科学, 1999b. 34(2): 166~176.
- 王焰,王润三,周鼎武,王居里. 1999. 南天山榆树沟麻粒岩地体的尖晶石研究. 岩石矿物学杂志, 18(3): 247~254.
- 吴文奎,姜常义,徐福留,李良辰. 1990. 新疆库米什地区晚志留系地层划分及沉积环境的初步探讨. 西安地质学院学报, 12(2): 12~20.
- 吴文奎,姜常义,徐福留,杨复. 1992a. 库米什地区古生代地壳演化及成矿规律. 西安:陕西科学技术出版社, 67~96.
- 吴文奎,姜常义,杨复,李良辰. 1992b. 南天山榆树沟—铜花山构造混杂体争议. 西安地质学院学报, 14(1): 8~13.
- 肖序常,汤耀庆,冯益民,朱宝清. 1992. 新疆北部及其邻区大地构造. 北京:地质出版社, 1~171.
- 张传恒,周洪瑞,刘本培,李红生,王训练. 2002. 南天山造山带中段古生界构造地层研究新进展. 地质论评, 48(1): 9~14.
- 朱英. 1989. 南天山—北塔里木的大地构造和深部构造. 地质论评, 35(6): 512~520.
- Tianshan Mountains. Geochimica Sinica, (6): 517~522 (in Chinese with English abstract).
- Wang Runsan, Zhou Dingwu, Wang Juli, Wang Yan, Liu Yangjie. 1999a. Study on Yushugou terrance of granulite facies in deep crust at Variscan stage in southern Tianshan Mountains. Science in china (Series D), 29(4): 306~313 (in Chinese).
- Wang Runsan, Wang Juli, Zhou Dingwu, Wang Yan, Liu Yangjie. 1999b. Study on Yushugou ophiolite suite modified with the metamorphism of granulite facies in southern Tianshan. Scientia Geologica Sinica, 34(2): 166~176 (in Chinese with English abstract).
- Wang Yan, Wang Runsan, Zhou Dingwu, Wang Juli. 1999. A study on spinel in the Yushugou granulitic terrain, South Tianshan Mountains. Acta Petrologica et Mineralogica, 18(3): 247~254.
- Wu Wenkui, Jiang Changyi, Xu Fuli, Li Liangchen. 1990. A preliminary discussion on Late Silurian stratigraphy subdivision and sedimentary environment in Kumishi area, Xinjiang. Journal of Xi'an College of Geology, 12(2): 12~20 (in Chinese with English abstract).
- Wu Wenkui, Jiang Changyi, Xu Fuli, Yang Fu. 1992a. Palaeozoic Crust Evolution and Ore-formation in Kumishi Area. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Publishing House, 67~96 (in Chinese with English abstract).
- Wu Wenkui, Jiang Changyi, Yang Fu, Li Liangchen. 1992b. A preliminary discussion on the Yushugou—Tonghuashan melange in South Xinjiang. Journal of Xi'an College of Geology, 14(1): 8~13 (in Chinese with English abstract).
- Xiao Xuchang, Tang Yaoqing, Feng Yimin, Zhu Baoqing. 1992. The Tectonics of Northern Xinjiang and Its Neighboring Area. Beijing: Geological Publishing House, 1~171 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Chuanheng, Zhou Hongrui, Liu Benpei, Li Hongsheng, Wang Xunlian. 2002. New progress in the tectonostratigraphic study of the paleozoic in the central sector of the South Tianshan orogenic belt. Geological Review, 48(1): 9~14 (in Chinese with English abstract).
- Zhu Ying. 1989. The tectonics and deep structures in South Tianshan and north Tarim. Geological Review, 35(6): 512~520 (in Chinese with English abstract).

### References

- Cai Dongsheng, Lu Huafu, Jia Dong, Wu Shimin. 1995. Paleozoic plate tectonic evolution in South Tianshan Mountains. Geological Review, 41(5): 432~443 (in Chinese with English abstract).
- Che Zicheng, Liu Hongfu, Liu Liang. 1994. The Evolution and Formation of Structure Belt of Central Tianshan Mountain. Beijing: Geological Publishing House, 10~51 (in Chinese with English abstract).
- Wang Runsan, Wang Yan, Li Huimin, Zhou Dingwu, Wang Juli. 1998. Zircon U-Pb age and its geological significance of high-pressure terrance of granulite facies in Yushugou area, southern

### 图 版 说 明

#### 图 版 I

1. 铜花山—榆树沟地区遥感影像图。
2. 混杂带透镜状块体解译图。
3. 混杂带内透镜状块体纹理解译图。

#### 图 版 II

1. 铜花山—榆树沟地区岩性解译图。
- 2a、2b. 构造混杂带中的透镜状块体。
3. 早期  $F_{1-1}$  断裂影像。
4. 早期断裂带  $F_{1-1}$  野外照片。
5.  $F_{1-2}$  断裂影像。
6.  $F_{1-2}$  断裂带上褶皱。
7.  $F_{1-2}$  断裂带上透镜状块体。

## Discovery of Tectonic Melange Belt in the Yushugou—Tonghuashan Area and Its Significance

LU Guanxiang<sup>1, 2)</sup>, ZHOU Dingwu<sup>2)</sup>, WANG Juli<sup>2)</sup>, ZHANG Chengli<sup>2)</sup>

1) *Institute of Environmental Science, Normal University of Beijing, Beijing, 100875*

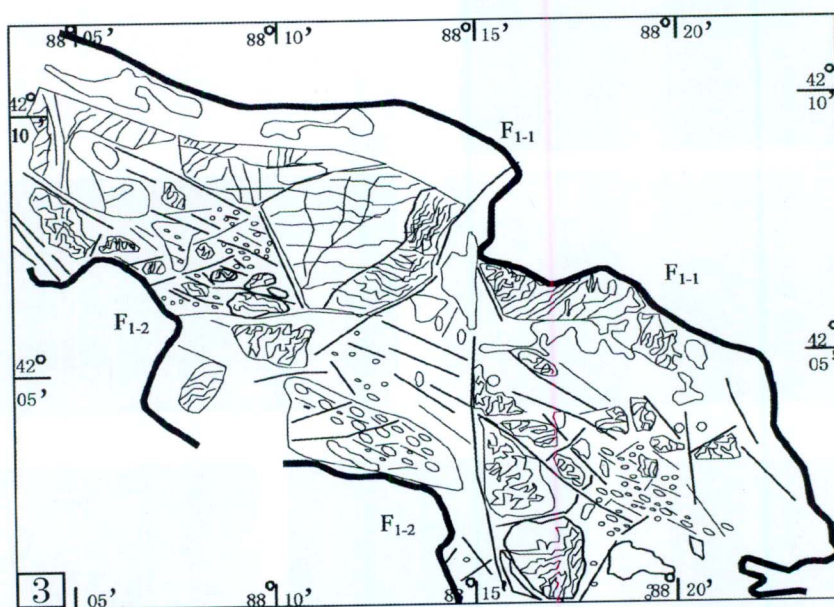
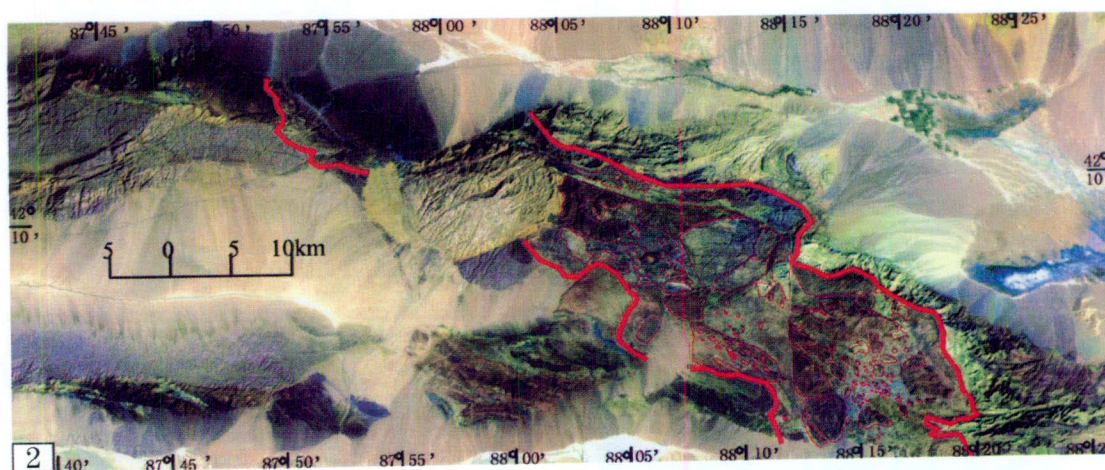
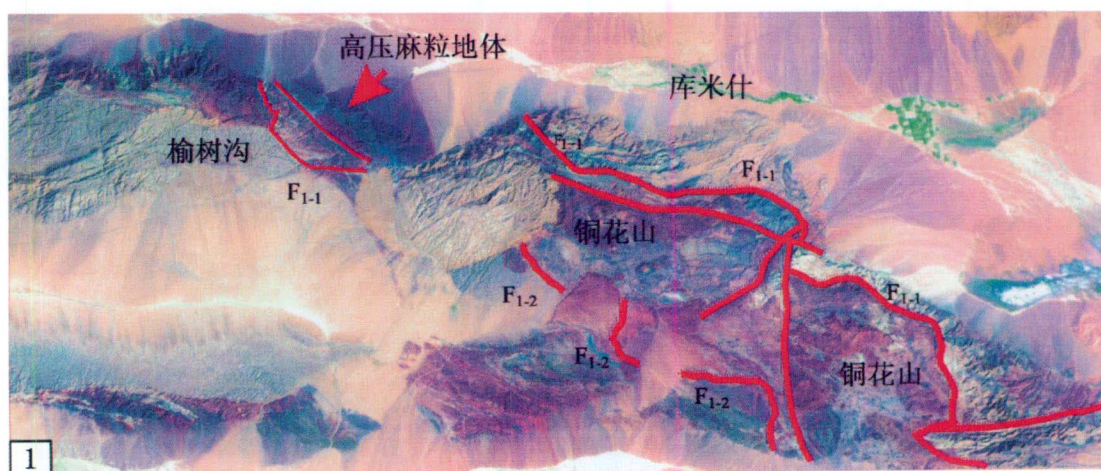
2) *Geological Department of Northwest University, Xi'an, 710069*

### Abstract

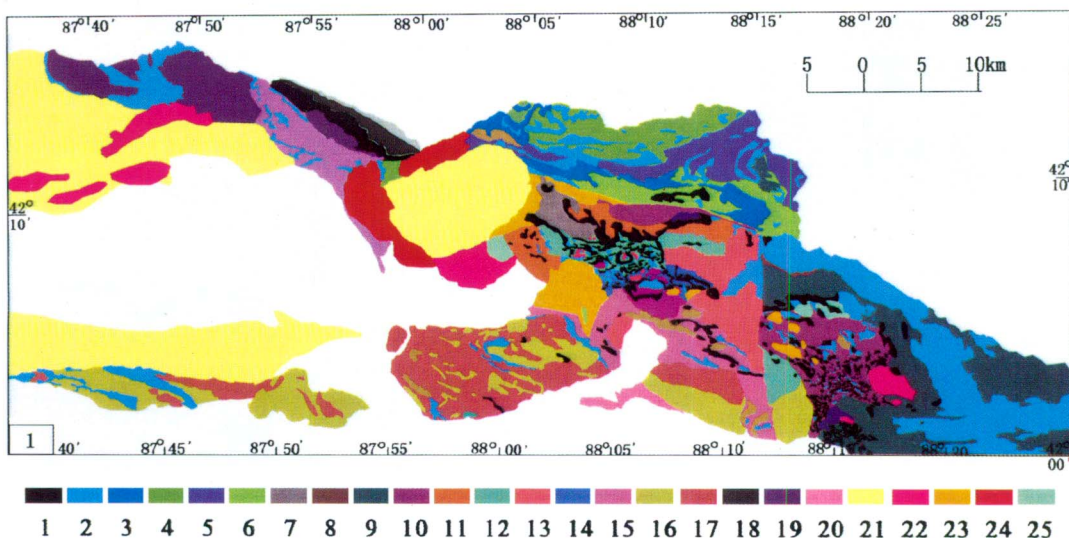
The Yushugou—Tonghuashan area is a typical example of complex structure in orogenic belt. There are varieties of geological mass formed in different high-levels and they undergone different metamorphisms. Based on a comprehensive remote sensing structural analysis, the whole district can be subdivided into three structural belts, namely southern and northern metamorphic fold stratigraphic system, central tectonic mixed system and multi-stage intrusives. Isotopic dating of metamorphics and comparative analysis of rock types, tectonic block types and the characteristics of deformation further indicate that this area experienced five tectonic stages: (1) N—S overthrusting; (2) WNW—ESE trending sinistral strike-slipping; (3) WNW—ESE trending dextral strike-slipping; (4) N—S overthrusting; and (5) NNW and NE late-stage faulting.

**Key words:** mixed tectonic belt; orogenic belt; remote sensing analysis; structural analysis









1—蛇纹岩; 2—大理岩; 3—青灰色大理岩绿片岩; 4— $S_2k^a$ (地层代号,下同)钙质绿泥石英片岩大理岩; 5— $S_2k^b$ 绢云绿泥石英片岩及大理岩夹变质砂岩; 6— $S_2k^c$ 绢云绿泥石英片岩夹少量大理岩; 7—变火山沉积岩; 8— $S_3a^b$ 生物碎屑灰岩礁灰岩绢云绿泥石英片岩; 9— $S_3a^c$ 绢云绿泥石英片岩夹变质砂岩; 10— $D_2tb^a$ 大理岩绢云绿泥石英片岩砾状大理岩; 11— $D_2tb^b$ 绢云绿泥石英片岩大理岩; 12— $D_2tb^c$ 大理岩钙质片岩; 13— $D_3t^a$ 石英角斑岩凝灰岩、细碧岩、硅质板岩; 14—硅质岩、大理岩、绿泥片岩; 15— $D_3tb$ 凝灰岩夹硅质岩、大理岩、火山角砾岩; 16—大理岩绿泥石英片岩凝灰岩; 17— $D_3tc$ 凝灰岩、凝灰质片岩; 18—第四单元麻粒岩体; 19—大理岩、基性火山岩、绢云石英片岩; 20—石炭系粉砂岩; 21—淡灰白色二云母花岗岩; 22—红色斑状花岗岩; 23—斜长花岗岩; 24—深红色钾长花岗岩; 25—石英闪长岩

