

阿尔金-康西瓦剪切-推覆系统和帕米尔 推覆构造的遥感解析

刘刚¹⁾ 李述靖²⁾ 赵福岳¹⁾ 张瑞江¹⁾

1) 中国国土资源航空物探遥感中心,北京,100083; 2) 中国地质大学,北京,100083

摘要 通过对遥感图像的解译,发现了阿尔金-康西瓦剪切-推覆构造系统,并从宏观上阐述了它和帕米尔推覆构造的主要构造特征及两者间的复合关系。认为该系统使塔里木板块沿阿尔金左行平移断裂向WS仰冲于青藏地块之上,康西瓦断裂掩覆了阿什库勒、泉水沟等陆缘盆地和阿克赛钦隆起带,对研究区大地构造特征进行了全新的遥感构造解析。

关键词 阿尔金 康西瓦 剪切-推覆系统 帕米尔推覆构造 遥感解析

A Remote Sensing Analysis of Altun-Kangxiwa Shear-Thrust System and Pamir Nappe Structure

LIU Gang¹⁾ LI Shujing²⁾ ZHAO Fuyue¹⁾ ZHANG Ruijiang¹⁾

1) China Aero Geophysical Survey & Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing, 100083;

2) China University of Geosciences, Beijing, 100083

Abstract The Altun-Kangxiwa shear-thrust system was discovered by interpretation of remote sensing images. The tectonic features and composite relationship of Pamir nappe structure and Altun-Kangxiwa shear-thrust system are described in this paper on the macroscopic scale. The Tarim plate was obducted southwestward over Qinghai-Tibet land mass along Altun left-slip fault, and the Kangxiwa fault thrust over Ashikule, Quanshuigou epicontinental basin and Aksayqin uplift. A new explanation of tectonic features of the study area is given in this paper on the basis of remote sensing data.

Key words Altun Kangxiwa shear-thrust system Pamir nappe structure remote sensing analysis

著名的阿尔金左行平移断裂总长 1600 km,上新世以来(20 Ma)平移距离 75 km (国家地震局《阿尔金活动断裂带》课题组,1992)。它的两端地壳岩石以何种方式实现消减,向来为地质学者所关注。1996 年第 30 届国际地质大会有一篇遥感图像构造解析论文(李述靖等,1995),提出其东端以弹塑性变形和位移三位一体(逆冲推覆及滑移线场、拉伸缩颈与“构造逃逸”)的形式实现地壳消减。西端因区域地质调查程度低,迄今尚无合理的消减机制说明。帕米尔推覆构造仅有些推断性认识(中国地质科学院地质力学所,1983;李述靖,1995)。最近根据 NOAA 和 Landsat ETM 遥感图像进行构造解译,重点通过 35°N 以北,73°30′~81°00′E 之间中国境内 11 个 1/25 万图幅 14 万 km² 的 ETM 图像处理和系

统的遥感解译编图以及 1/50 万航磁资料解释,发现和厘定了阿尔金-康西瓦剪切-推覆系统(以下简称 A-K 系统)和帕米尔推覆构造的一些构造特征及其相互间的复合关系。本文以此项研究为基础,从宏观角度对其基本特征和阿尔金断裂西端岩壳消减机制作初步探讨(图 1 和图 2a)。

1 阿尔金-康西瓦剪切-推覆系统

1.1 总体展布

阿尔金断裂显著的 NE 向遥感线性影像东起祁连山北端的宽滩山,西至民丰县东南的库牙克。库牙克以西遥感影像出现了变化。其中最明显的一条连续性线性影像在库牙克以西 75°30′~83°30′E 之间形成一个向 SW 凸出的宽缓弧形,这是康西瓦断裂

本文为中国地质调查局国土资源大调查项目(编号:200215100001)资助的成果。

收稿日期:2005-10-17;责任编辑:郝梓国。

第一作者简介:刘刚,男,1950 年生,高级工程师,从事遥感地质工作;E-mail:lgang@2911.net。

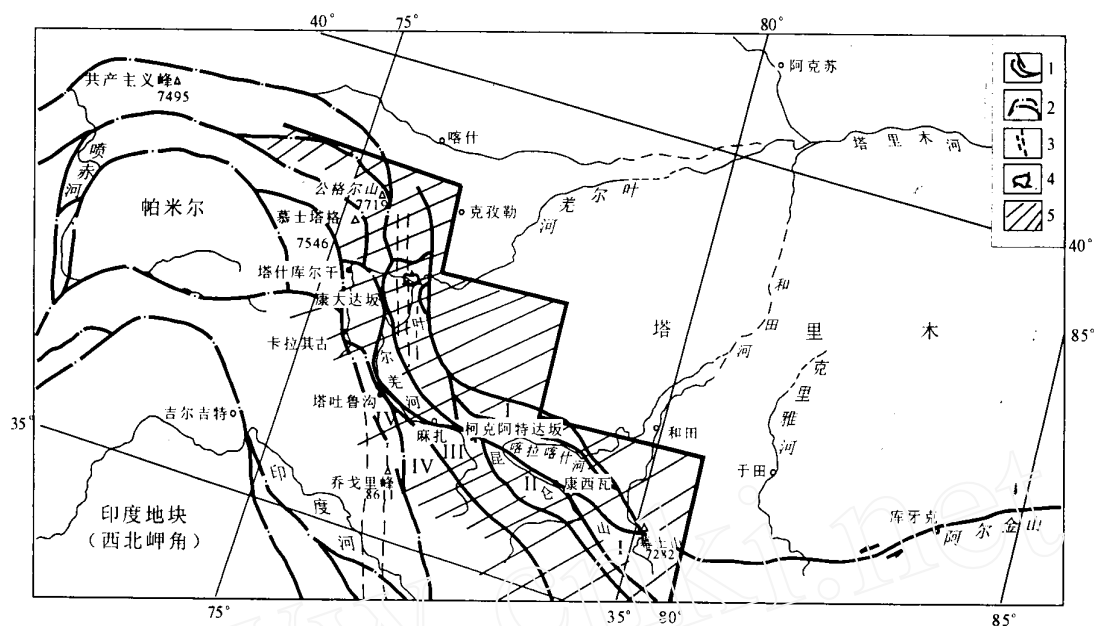


图1 阿尔金-康西瓦剪切-推覆系统和帕米尔推覆构造遥感解译构造略图(据 Noaa 卫星合成图像)

Fig. 1 Remote sensing interpretation map of Altun-Kangxiwa shear-thrust system and Pamir nappe structure

I—阿什库勒带; II—泉水沟带; III—阿克赛钦带; IV—冈底斯带;

1—A-K 系统及相关断裂; 2—帕米尔推覆构造; 3—剪切-拉伸构造; 4—大型构造窗; 5—工作区

I—Ashikule zone; II—Quanshuigou zone; III—Aksayqin zone; IV—Gangdize zone;

1—A-K system and relate faults; 2—Pamir nappe structure; 3—shear-stretching fabric; 4—tectonic window; 5—studied area

在遥感图像上的反映。在中国航磁异常图(ΔT 平面等值线图)上,反映阿尔金和康西瓦断裂的磁异常梯度带与其同步连续呈弧形延展,说明他们是连为一体的(图 2b)。前者影像走向稳定且相对平直,剪切性质明显;后者总体呈弧形展布,反复波状延伸,显示出挤压推覆特征。二者构成了一个连续完整的剪切-推覆系统。系统的遥感解译编图发现,81°E 以西,A-K 系统主要由康西瓦断裂和柯冈断裂两条逆冲构造组成(新疆地质矿产局,1993;程裕淇,1994)。推覆体前缘在塔什库克山一带,麻扎弧形断裂构成了它的最前缘。其中,康西瓦断裂是主推覆面,柯岗断裂上盘是背驮式岩片。推覆体上盘三组岩片均主要由塔里木陆块基底的元古宙变质岩系组成,下盘则由多个不同时期的构造带组成。

1.2 掩覆特征

柯克阿特达坂以东至库牙克之间,康西瓦断裂呈近东西向的南凸缓弧形,略显波状延伸。这一段的突出影像特征是其自东向西依次斜切掩覆了阿什库勒晚古生代陆缘盆地、泉水沟早中生代陆缘盆地

和阿克赛钦隆起带(图 2c;贾群子等,1999)。推覆构造上盘古老岩块在卫星图像上色调比较一致,线性交叉影纹密布,反映脆性破裂发育,但其总体是相对统一的块体,并作为“外来岩块”覆盖在具有不同影像特征的 NW 向构造带之上(管海晏等,1997)。下盘阿什库勒带主要由石炭系组成,在影像上色调较暗,是一套浅变质的砂板岩系,水网密度中等,岩层走向 WNW,多见有“丰”字形水系;泉水沟带呈粉红色,色调较浅,水网相对稀疏,多呈羽状,山体浑圆,为三叠纪砂泥质沉积岩系;阿克赛钦带呈黑红相间的暗色调,是志留系下统黑红两套砂板岩系的反映,岩层走向 NW,水网密度中等,“丰”字形水系发育,图像反映内部结构比较复杂。康西瓦断裂明显切截了作为上述三带分界的大红柳滩断裂和泉水沟断裂(新疆地质矿产局,1993)。

1.3 前缘特征

柯克阿特达坂以西是 A-K 系统的前缘,康西瓦断裂和麻扎断裂总体走向由近 EW 转为 NW,并呈向 SW 凸出的弧形。在 TM 图像上,二者于塔什库



克山一带圈闭了一个位于推覆体前缘的舌状外来构造岩片,该岩片与康西瓦断裂上盘影像相近。塔里木陆块基底岩系向西推掩于志留系和可能属华南陆块基底的布伦库勒群和公格尔山群之上,沿康西瓦断裂带有二叠系、三叠系和侏罗系构造岩片出现(新疆地质矿产局,1993)。推覆体北端迹线向东圈闭于克孜勒陶断裂,在 38°N 附近元古宇盖于石炭系之上,在其南侧叶尔羌河中游谷地则在长城系分布区剥露出奥陶纪和石炭纪地层,形成了大型的“构造窗”和“飞来峰”群。这些构造现象在遥感图像上均有明显反映,证明了推覆构造的存在(图 2d)。

1.4 驮载岩块

遥感图像显示,A-K 系统前缘具有多重叠置结构,主推覆体之上还驮载着另一个推覆构造岩片。该岩片底界断裂于慕士山西坡(80°E)开始从康西瓦断裂向 NW 方向分支,大体相当于柯冈断裂,在 77°E 附近与克孜勒陶断裂局部重合,至 $76^{\circ}30'\text{E}$ 与克孜勒陶断裂分离,使其上覆岩块推掩于长城系之上。该岩块以其特别破碎的外貌在遥感图像上有清晰显示,线性交叉影纹特别密集,可能是由于其位于推覆体顶部,长期遭受风化剥蚀,所剩外来岩片较薄所致。它的前缘迹线亦呈向 SW 凸出的弧形,大体与主推覆面前缘平行协调展布,在塔里木盆地西南边缘形成了一段特有的“破碎盆沿”。在其下盘 $77^{\circ}\sim 79^{\circ}30'\text{E}$ 之间影像显示有一个宽约 30 km 的扁菱形深色构造岩块,是被 A-K 系统卷入的阿什库勒带构造残片,进一步显示了系统的复杂结构。

1.5 深部资料

据新疆地学断面深地震测深剖面(高锐等,2001),西昆仑山下存在北倾反射体和低角度壳内拆离层,支持塔里木地块向南仰冲的认识。

由此可见,A-K 系统西部是一个多层构造岩片叠置的驮载式推覆构造,自东向西掩覆宽度近 600 km。粗略估算,推覆距离达百千米以上,影响深度 $>30\text{ km}$,推覆面倾角在 10° 左右。

图 2 阿尔金-康西瓦地区遥感影像和解释图
Fig.2 Interpretation and remote sensing image maps
in Altun-Kangxiwa area
1—正磁异常;2—负磁异常
1—positive magnetic anomaly; 2—negative magnetic anomaly

2 帕米尔推覆构造

2.1 帕米尔推覆构造特征

从遥感图像上看,帕米尔山区存在一系列弧形北凸的“新月状”构造岩块。在研究区内主要解译出 4 条北凸弧形断裂。自北向南依次为:公格尔山北坡断裂(布伦口断裂)、慕士塔格北坡断裂、塔什库尔干断裂(相当于原康西瓦断裂西端)和卡拉其古-塔吐鲁沟断裂(相当于喀喇昆仑断裂)。

它们在 36°N 以北围限出 3 个主要由古元古界组成的构造岩块。其中处于推覆构造前缘的公格尔山北坡断裂低角度逆掩影像相当清楚,元古宇推覆于上古生界之上,北侧还有“飞来峰”存在,散布范围已达到 39°N 以北。塔什库尔干断裂逆冲推覆现象也是清楚的,其前缘断崖出现在海拔 5000 余米的昆仑山主峰之上,控制着冰斗群的分布。在其后侧有弧形分布的重力下滑断裂和库拉尔新生代山间凹陷相伴出现,是逆冲推覆构造发生后重力调整产物。解译显示公格尔山和慕士塔格北坡断裂在 38°N 以南均被塔什库尔干弧形断裂所截,塔什库尔干断裂上盘岩块以古元古界下部布伦库勒群深变质岩为主,属磁性地层,北盘两构造岩片主要由古元古界上部公格尔山群绿片岩系组成,磁性特征并不明显,这一区别在航磁异常图上有清楚显现。

2.2 深部资料

西邻区吉尔吉斯斯坦托克托古尔至克什米尔斯利那加(73°~74°E 之间)的深地震测深剖面(转引自崔作舟等,1991)显示,这一带地壳岩石在深 40 km 以内至少存在 3~5 个南倾倾角仅 10°左右的速度界面,显然存在自南向北逆掩推覆的叠置构造岩片。从剖面看,推覆体前锋可达 39°30'N 附近,向南至吉尔吉特山以北(36°N)仍见有多个南倾的速度界面,根部影响深度约 80 km,已达莫氏界面,到 35°N 附近才出现众多的北倾速度界面。结合区域地质构造资料分析(中国地质科学院,1975;中国地质科学院地质研究所,1982),向北逆冲的帕米尔推覆构造的根部可能已波及南侧的印度地块。

上述现象说明:帕米尔推覆构造是一个自南向北推掩、多重叠置、波及深度很大的复杂系统,影响了近 4 个纬度(500 km 以上)、5 个经度(也在 400 km 以上)的范围,推覆底面北缓南陡,推覆距离估计在 100 km 以上。

2.3 复合关系

帕米尔推覆构造与 A-K 系统的复合主要发生在 36°00'~39°00'N, 75°30'~76°30'E 之间的范围内。首先表现为塔什库尔干断裂南段与麻扎断裂和康西瓦断裂西段存在互相牵就、改造和利用的现象。这一段断裂走向 NNW 至近 SN,断裂面比较陡,而且主要表现为右行扭错,使塔里木地块基底与华南陆块基底相遇。该带向南延伸构成 NNW 向剪切-拉伸构造带。特别有意义的是康西瓦推覆断裂前缘与塔什库尔干推覆体前缘在昆仑山主脊冰峰上(康达大坂附近)几乎直接发生碰撞。在长约 30 km 的 NW 向近距离接触地段,20 余条冰川谷在塔什库尔干推覆体前缘大都呈 NE 走向,冰川向 NE 溢流,至下盘后则同步转为近 EW 向,进入康西瓦推覆岩块前缘后又同步转为 NNE 或近 SN 向。这一罕见现象既反映前者上盘向北推覆,又表明后者上盘向西运动,而且显然都是第四纪构造活动表现,说明了两者的运动方向和现今活动性(图 2e)。

其次,图像显示青藏高原东部各构造带的宽度在研究区内迅速变窄或发生扭曲,其中以冈底斯带表现最为明显。这一方面有逆掩推覆掩盖的影响,而且还有 A-K 系统自东向西推挤和帕米尔推覆体自南向北拉伸造成的塑性变形影响。

3 形成机制

本区遥感影像表明,A-K 系统与帕米尔推覆构造是在塔里木地块与印度地块 SN 向相向运动,在青藏地块参与下,共同塑造出的大型变形体系。塔里木地块在向南运动过程中,沿阿尔金左行平移断裂向 SW 仰冲,掩覆于青藏高原多个不同时期的构造带之上。与此同时或稍后,在印度地块西北岬角向北推挤作用下,青藏地块基底与盖层岩系多重叠置,以极低角度向北逆掩推覆。青藏地块受塔里木地块和印度地块的共同影响被强烈挤压变窄,大量岩壳物质分别向两侧运移积聚,形成了帕米尔和青藏两个巨大岩瘤,相应形成两个深达 80km 以上的幔凹,在重力均衡作用下急剧抬升,在地球表面造就了世界屋脊帕米尔山结和高大宏伟的青藏高原。

阿尔金左行平移断裂西端岩壳消减方式以剪切-推覆和塑性变形为主,与东端有所不同。这是由于青藏地块形成较晚,具有较强“塑性”所决定的。这再次印证了李四光教授关于天然岩石在变形中兼

有弹性和塑性表象的论断(李四光,1973)。

4 构造意义和应用前景

4.1 构造意义

(1)阿尔金断裂西端是比较典型的剪切-推覆系统,而且规模大,形成新,破坏小,为研究这类构造变形机制与规律提供了良好的条件。

(2)康西瓦断裂带并非板块碰撞带,而是经过强烈改造的拼合线,它实际上是新生代形成的剪切-推覆构造底界的地表迹线。

(3)青藏高原各构造带被 A-K 系统斜切掩覆,它对南盘各构造带既有脆性变形破坏,又有塑性变形改造。

(4)帕米尔推覆构造是一个影响较深的宏伟构造,帕米尔山结可能主要是由南向北堆叠的构造岩片组成的。它对青藏高原各构造带同样既有掩覆破坏又有很强的塑性变形改造,特别是形成较晚的冈底斯带受影响最大而急剧变窄。

4.2 应用前景

(1)资源问题:首先是油气资源,A-K 系统对塔里木盆地储油构造会造成影响,“构造脱顶”现象值得在相关物探资料解释中引起重视,对藏北羌塘地块油区构造的影响也不容忽视。某些金属、非金属资源既要考虑推覆体掩覆下含矿区域存在的可能性,又要注意推覆过程中可能存在的成矿过程。对区域上成矿远景区带的划分也将有一定影响。

(2)环境与灾害问题:A-K 系统造成塔里木陆块近代发生西南翘起,可以较好说明盆地地势和水系分布的总体态势,对分析相关的气候环境等问题有一定帮助。现代推覆构造造成的山区急剧隆起,强烈切割与岩体极度破碎,导致山地地质灾害频发,有关其分布与发生规律及防治问题也可以从中得到启示。A-K 系统及帕米尔推覆构造的厘定与研究还可以为现代地震孕育发生和分布联系提供新的思路。

参考文献

程裕淇. 1994. 中国区域地质概论. 北京:地质出版社,145~159.
崔作舟,等. 1991. 青藏高原速度结构与深部构造. 北京:地质出版社,14~15.
高锐,肖序常,等. 2001. 新疆地学断面深地震反射剖面揭示的西昆仑-塔里木结合带岩石圈细结构. 地球学报,22(6):547~552.
管海晏,王学佑,等. 1997. 塔里木盆地遥感地质. 北京:地质出版社,图版 II.
国家地震局《阿尔金活动断裂带》课题组. 1992. 阿尔金活动断裂

带. 北京:地震出版社,305~314.
贾群子,等. 1999. 西昆仑块状硫化物矿床成矿条件和成矿预测. 北京:地质出版社.
李述靖. 1995. 中国云南兰坪-思茅喜马拉雅褶皱带构造特征及其形成机制和意义. 中国地质科学院地质力学研究所所刊,第16号. 北京:地质出版社,1~10.
李述靖,等. 1995. 塑性块体挤入刚性地块所形成的拉伸缩颈与滑移线场. 中国第九届全国遥感技术学术交流会议论文集(下册),1~4.
李四光. 1973. 地质力学概论. 北京:科学出版社,111~120.
新疆维吾尔自治区地质矿产局. 1993. 新疆维吾尔自治区区域地质志. 北京:地质出版社,702~709,718~726.
中国地质科学院地质研究所. 1982. 亚洲大地构造图(1:800万). 北京:地图出版社.
中国地质科学院. 1975. 亚洲地质图(1:500万). 北京:地图出版社.
中国地质科学院地质力学所. 1983. 中华人民共和国及其毗邻海区构造体系图(1:250万)简要说明书. 北京:地图出版社.

References

Cheng Yuqi. 1994. Outline of regional geology of China. Beijing: Geological Publishing House, 145~159 (in Chinese).
Compilation Group of the Geological Map of Asia. 1982. The Geology of Asia. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
Cui Zuozhou, et al. 1991. Velocity framework and deep structure of Qinghai-Tibet plateau. Beijing: Geological Publishing House, 14~15 (in Chinese).
Gao Rui, Xiao Xuchang, et al. 2001. Detail lithospheric structure of the contact zone of west Kunlun and Tarim revealed by deep seismic reflection profile along the Xinjiang geotranssect. Acta Geoscientia Sinica, 22(6):547~552(in Chinese with English abstract).
Guan Haiyan, Wang Xueyou, et al. 1997. Remote sensing application in geological investigation in Tarim Basin. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences. 1984. Abstract of tectonic systems map of the Peoples Republic of China and adjacent sea area. Beijing: Cartographic Publishing House (in Chinese).
Jia Qunzi, et al. 1999. Metallogenic condition and prediction of massive sulfide deposits in west Kunlun area. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
Li Shujing. 1995. Structural features of the Lanping-Simaoguo, Yunnan Himalayan fold belt, mechanism of its formation and the tectonic significance. Bulletin of the Institute of Geomechanics CAGS, 16: 1~10 (in Chinese).
Li Siguang. 1973. Outline of Geomechanics. Beijing: Science Publishing House, 111~120 (in Chinese).
Research Group of Active Altun Fault Zone. 1992. The active Altun fault zone. Beijing: Seismological Press, 305~314(in Chinese).
The Research Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences. 1982. Tectonic Map of Asia. Beijing: Cartographic Publishing House (in Chinese).
Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources. 1993. Regional geology of Xinjiang Uygur Autonomous Region. Beijing: Geological Publishing House, 702~709, 718~726 (in Chinese).