

研究进展

库车冲断带新构造遥感分析

范湘涛^{1,2)} 卢华复¹⁾ 郭华东²⁾ 邵芸²⁾

1) 南京大学地球科学系, 210093

2) 中国科学院遥感信息科学开放研究实验室, 北京, 100101

内容提要 库车坳陷区在新生代产生一系列向盆地逆冲的冲断构造, 这些构造在遥感图象上表现明显。通过对区内4景TM数据数字镶嵌, 编制了研究区岩性地层解译标志表并以此对全区进行了解译。根据遥感影像特征分析了该区的褶皱断裂构造分布, 确定了库车县北部、喀拉玉尔滚区、库独公路段的各个新生代晚期背斜构造和相关断层的空间分布, 以及相应的次级剪切面构造。从第四纪沉积物、冲积物以及沟系的影象中提取相关构造信息, 分析浅覆盖物下地质体界面信息, 以此确定了阳霞隐伏断裂和亚肯生长背斜第四纪活动的特征。

关键词 TM影象 数字镶嵌 解译标志 新构造活动

始新世末期, 印度板块与欧亚大陆发生碰撞作用产生向北持续的挤压推移作用, 其远距离构造效应在中亚地区诱发了强大的南北向挤压的新生代构造应力环境(郭令智等, 1992), 该应力场于晚第三纪传播到塔里木盆地, 造成盆地周边古老造山带以及边界断层的再次活动, 形成一系列由造山带向盆地逆冲的冲断岩席。卢华复等^①的研究发现塔里木盆地西北缘柯坪、库车坳陷区, 由于盆地向天山下发生陆内俯冲作用而发育着一系列新生代晚期由北向南的台阶状逆断层及与断层相关褶皱组合(Shi et al., 1994; Lu et al., 1997a, 1997b; 卢华复等, 1998); 康志宏等(1998)利用油气地震资料对库车坳陷这一前陆盆地的地质结构及油气带进行了一定的分析和研究; 贾承造等(1996)的研究认为库车前陆盆地在喜马拉雅运动晚期上新世受天山强烈挤压而形成复杂的前陆逆冲带构造, 塔里木油田的勘探为这一地区构造研究积累了丰富的素材。这些新生代构造由于时代新, 历时短, 遭受的剥蚀少, 保存比较完整, 有的至今仍在活动。

本文采用遥感方法从宏观上对库车坳陷这一再生前陆冲断构造带(Lu et al., 1997b; 陈楚铭等, 1999; 魏国齐等, 2000)进行了区域构造分析, 根据遥感影像特征分析了该区褶皱断裂构造分布; 确定了库车县北部、喀拉玉尔滚区、库独公路段新生代晚期背斜构造和相关断层的空间分布, 及相应的次级剪面构造; 从第四纪沉积物、冲积物以及沟系影象中提取相关构造信息, 分析浅覆盖物下地质体界面信息, 确定了阳霞隐伏断裂和亚肯生长背斜第四纪活动的特征。

1 数据处理

(1) 数据源: 库车坳陷区位于塔里木盆地北缘, 南天山构造带与塔北隆起之间, 西起温宿,

注: 本文为国家自然科学基金项目(编号49832040)的资助成果。

① 卢华复, 贾东, 蔡东升等. 1994. 塔里木板块北部边缘西段(轮台以西)及柯坪、英买力地区构造特征研究. “八五”国家重点科技攻关项目.《塔里木盆地油气资源》成果报告。

本文1999年7月收到, 2000年3月改回, 任希飞编辑。

东至库尔楚,长约 450 km,南界在轮台—库车—阿克苏公路一线,南北宽 20~60 km。区内气候干燥,基岩裸露,大部分新构造形迹保存完好。全区涉及 4 景 TM 数据(144-31,145-31,146-31,147-31)。数据获取时间为:TM144-31—94 年 10 月 18 日,TM145-31—89 年 1 月 20 日, TM146-31—90 年 8 月 21 日, TM147-31—89 年 8 月 22 日。以上 4 景数据质量高,影像清晰。TM145-31 与其它几景数据时相差别较大,且为冬季影像,部分地区(靠近天山)地质现象被雪覆盖,但对区域地质构造的研究无太大影响。

(2) 波段选取与数字镶嵌:TM 图象 7 个波段反映不同谱段的光谱信息:波段 1~4 为可见光及近红外波段,含铁矿物在此波段范围有明显的光谱吸收特征,对于探测干旱、半干旱环境含褐铁矿的岩石、土壤有较好的效果;波段 5 对土壤湿度及含水量、云雪、蚀变带反映较好;波段 7 用于岩石类型及岩石热液蚀变、粘土与碳酸盐矿物的识别(郭华东等,1995)。为便于对遥感图象进行解译,必须选取一定的波段组合成图。波段组合选取的方案很多,有美国查维茨的最佳指数选择组合波段方案(陆灯盛等,1991),样本间灰度差异选择组合波段方案(王廷颐等,1988),视觉色差合成方案(张昭贵,1992)等。对不同的研究目的,需要选取不同的波段组合成图以期达到最大信息量的效果。在地质构造研究中,不同区域、不同地质环境出露的岩石类型不同,构造特征变化大,要获得构造特征清晰且岩性区别明显的图象,应该根据研究区出露岩石光谱信息上的表现来适当选取波段组合。通过对研究区 4 景 TM 图象光谱特征的简单分析,结合全图视觉效果,认为 TM7(红)、5(绿)、2(蓝)波段组合的图象结构和反映的信息较好,有利于岩性描述和分析,因此采用 TM752 的组合进行图象镶嵌。以 TM147/31 作为地理参考图象,将其它几景 TM 数据配准到该图象上进行数字镶嵌。镶嵌过程中尽可能地利用 TM145/31 相邻两景图象重叠区来替代雪盖区域,尽可能多的展示基岩信息。然后从 1:10 万地形图读出地面控制点高斯—克吕格网的值,在卫星图象上找出对应的点,输入坐标值。控制点应尽量均匀分布在一景图象中,以一阶多项式进行拟合,将原图象生成一具地理坐标系新图象。这样便得到一幅具正规投影坐标的镶嵌图(图版 I-1)。

2 岩性解译

库车地区是塔里木盆地北部中生代地层出露最完整的地区,以库车河剖面为代表,展示了库车拗陷中、新生代前陆盆地的特点(叶留生等,1997)。该区出露新生代和部分中生代地层以及早古生代的变质岩系,中、新生代地层岩性有砂岩、粉砂岩、砾岩、泥岩、膏泥岩以及煤夹层等,二叠系有少量凝灰岩,早古生代的变质岩系列有千枚岩、绿片岩、混合岩化花岗岩等。由这些岩石构成的地层在 TM752 波段组合的镶嵌图上调色变化从浅灰白色到蓝绿色,条带状影纹明显,各组地层分界较明显。如西域组呈褐黑色,树枝状沟纹发育;黑英山以西靠近天山处侏罗系地层呈兰绿色调,影像平滑;老第三系地层中下部膏盐层在图象上表现为近紫色色调与周围岩石色调区别明显,底部巨厚层钙质砾岩在影像上呈一灰白、浅绿色影纹延伸极好;库车以东至阳霞段第四系冲积扇期次分明,影像上可通过其覆盖关系清楚辨别其新老关系,为新构造运动的研究提供了直接证据。

综合分析全区遥感镶嵌图的影像特征,我们认为本区卫星影像特征清晰,可解程度高,是进行地面构造分析的重要依据。

通过对研究区遥感图象室内解译和野外验证,我们认为该区新生代地层基本能够从影象上解译到组,中生代地层可解译到系,并建立全区地层解译标志如表 1。

表1 库车坳陷地层解译标志表

Table 1 The strata interpretation index of the Kuqa depression

地层	地层	岩性特征	影像特征	特征区
Q ₁	第四系 (西域组)	暗灰、灰黑色砾石,松散沉积,成层差	褐黑色影像,树枝状沟纹发育	大宛其北
N ₂ k	库车组	灰黄色、土黄色中细砾岩,泥质砂岩,灰绿色杂砂岩	灰白色、白色影像,弱影纹	东秋立塔格
N ₁₋₂ k	康村组	褐红色、褐色石英砂岩粉砂岩	浅褐色、紫灰色平滑影像	木扎提河南北秋立塔格
N ₁ j	吉迪克组	紫红色砂岩、泥岩,下部夹薄一厚层石膏、膏泥岩	深黄色、黄褐色影像	托克逊北
E	下第三系	深砖红色、紫红色砂岩、泥岩,含膏盐层(中下部),底部为厚层钙质砾岩	黄色及黄褐色块状影像,含膏盐层呈紫色	卡拉玉尔滚至包子敦公路边
K	白垩系	上部粉红色粉砂岩、中细砾岩,中下部黄褐色细砂岩夹砂质泥岩,底部灰褐色砾岩	灰白、灰绿条带状影纹夹深红褐色影像	库独公路东风煤矿以南剖面
J	侏罗系	上部紫红、棕红色砂岩、页岩夹灰色泥岩;中部灰色厚层、巨厚层砂岩夹灰色石英细砂岩和煤层;下部灰色、土黄色砂岩、砂质泥岩,碳质泥岩夹煤层	淡绿色、灰绿色夹深黄色条带状影像,影纹连续性好	库独公路段东风煤矿处
T	三叠系	上部紫红色、灰绿色砂岩、含砾砂岩、粉砂岩、泥岩;下部灰绿色砂岩、泥岩、粉砂岩	深墨绿、黄绿色块状影像	黑英山北
P	二叠系	黄绿色砂岩夹薄层页岩,褐红色凝灰岩,玢岩等	深褐色、灰褐色块状影像	库独公路天山段
Pz ₁	下古生界	灰白色千枚岩,灰绿色、黑褐色绿片岩	浅黄、黄白色块状影像	天山段

3 区域构造变形特征分析

由于受印藏碰撞远距离效应的影响,库车前陆盆地在上新世末受到天山强烈挤压,发育一系列基底滑脱断层和台阶状逆断层及断层相关褶皱组合,自北向南具明显的分带性。TM 图像上表现出北部断层、褶皱复杂,破坏明显,往南逐渐为紧闭线状褶皱、宽缓褶皱等特征。表明应力自北向南传递,冲断带前缘不断南移。卢华复等^①,陈楚铭等(1999)根据该区构造形态和变形特征将库车前陆冲断带划分为5个亚带和一个拜城拉分盆地,这些构造在卫星影像图上反映清楚(图版 I-1)。

在库车坳陷受天山挤压向南推覆后期存在着明显的后期走滑叠加作用,发育一系列受左行走滑而产生的构造特征。如吐格尔明背斜平面“Z”字形展布,拜城拉分盆地,秋里塔格构造带中段一系列小型拉分盆地(如乔勒格谷地、孜玉牙谷地等),这些构造形态在遥感影像上可以直接分析其动力学特征。

4 新构造活动特征分析

遥感图象是对现实情况的真实记录,新构造活动所产生的一切痕迹、现象在遥感图象上都会有一定的表现。特别在新疆这种干燥的环境下几乎所有新构造活动的痕迹都能比较完整的保存下来,那些与水系、洪积物、冲积物相关的构造活动现象更能从遥感图象上得到反映,以此来分析本区的构造活动史是相当有意义的。

以下各子区清楚显示上第三系和第四系均卷入构造变形,是典型的新构造例证。

(1) 库车县北部子区构造影像解译:库车县北地区出露地层有库车组(N₂k)、康村组

① 卢华复,贾东,蔡东升等.1994.塔里木板块北部边缘西段(轮台以西)及柯坪、英买力地区构造特征研究。“八五”国家重点科技攻关项目,《塔里木盆地油气资源》成果报告。

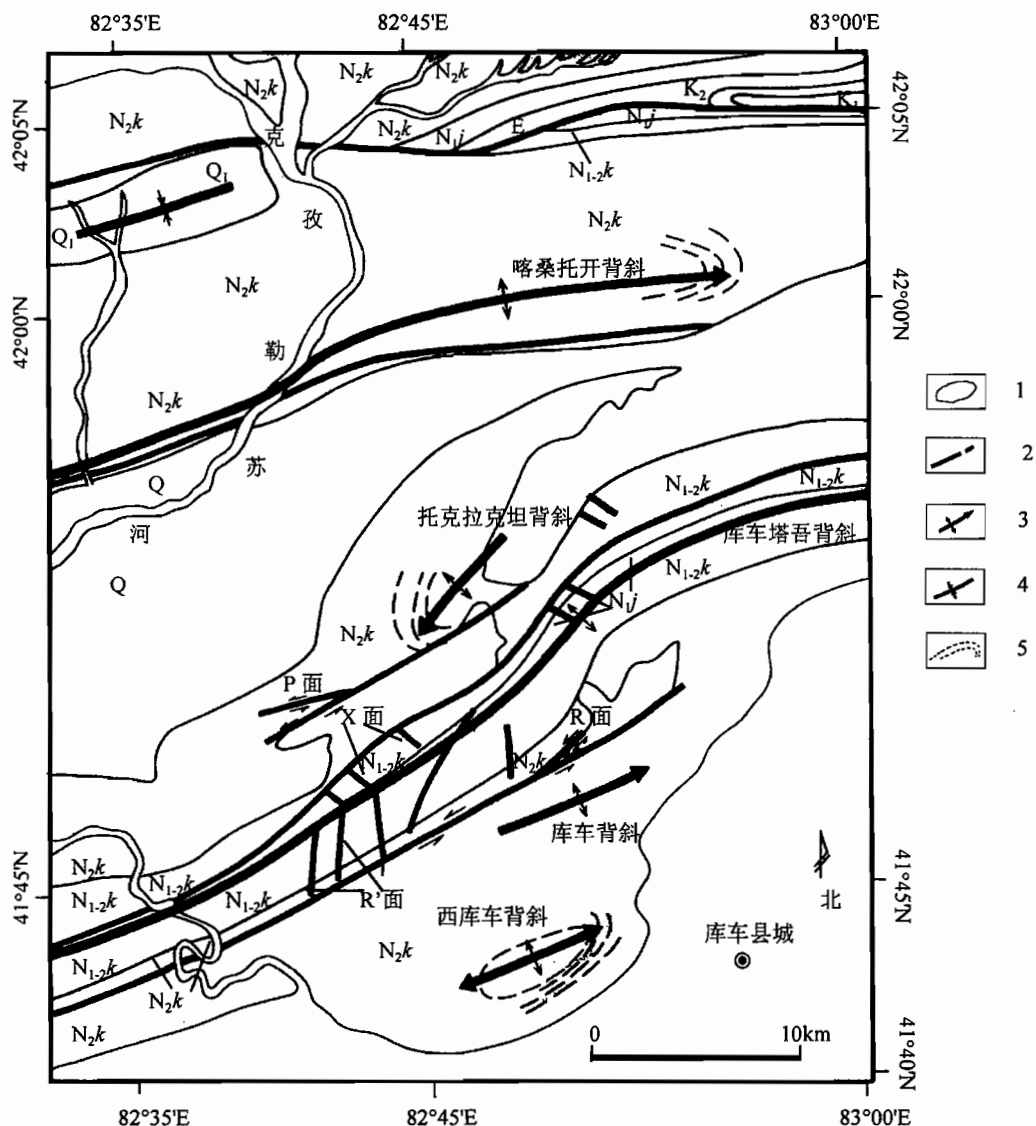


图1 库车县北子区影象解译图

Fig. 1 Interpreting map of TM image for sub-area of the northern Kuqa County

Q—第四系; N_2k —新第三系库车组; N_{1-2k} —新第三系康村组; N_{1j} —新第三系吉迪克组; E—老第三系;
K—白垩系; 1—地质界线; 2—断层线; 3—背斜; 4—向斜; 5—标志层

Q—Quaternary; N_2k —Neogene Kuqa Formation; N_{1-2k} —Neogene Kangcun Formation; N_{1j} —Neogene Jidike Formation;
E—Eogene; K—Cretaceous; 1—Geological borderline; 2—fault line; 3—anticline; 4—syncline; 5—index layer

(N_{1-2k})和吉迪克组(N_{1j})。主要构造自南向北有西库车背斜,库车背斜,库车塔吾背斜,托克拉克坦背斜和喀桑托开背斜。在TM影象上,上述几个构造均有一定的显示(图版Ⅱ-1)。由库车组构成的西库车短轴背斜和库车背斜在TM影象上虽被一层冲积物所盖,但仍然清晰可见西库车背斜向东西两端倾伏,库车背斜向东倾伏。库车背斜以北的两条断层有一条在TM影象有显示,北部的断层在TM影象上被冲积物所覆盖。库车塔吾背斜在库车县北,核部由下第三

系紫红色砂页岩组成,其被一与背斜走向平行的 ENE 走向左行平移断层所扭曲,整个背斜在平面上呈一宽 S 形,背斜北侧明显为断层所截,线性影象特征明显。库车塔吾背斜第三系地层,发育了大量左行走滑断层所产生的 R' 剪面、X 剪面和 P 剪面(Bartlett et al., 1981)。托克拉克坦背斜核部由库车组砂砾岩组成,南翼被一 ENE 向左行走滑兼逆冲断层割切而部分缺失,背斜向西南倾伏,在 TM 影象上有显示。该背斜南翼受到左行平移断层的影响出现明显拖曳。喀桑托开背斜在克孜勒苏河以西表现为一极窄背斜并为断层所截,而其北部宽缓向斜影象十分明显,在克孜勒苏河以东,褶皱形迹明显,向东倾伏。图 1 为全子区解译图。

(2) 喀拉玉尔滚子区构造影象解译:该子区主要构造有呈右列斜列的北喀拉玉尔滚、喀拉玉尔滚、南喀拉玉尔滚 3 个短轴背斜,其核心均由库车组砂砾岩组成。转折端影象清晰,西部明显受 NNW 向阿瓦提右行走滑断层控制。在喀拉玉尔滚大桥以北,北喀拉玉尔滚背斜北端明显受断层拖曳,南喀拉玉尔滚背斜西端亦明显呈拖曳影象,示右行平移断层性质(见图版 II-2、图 2)。该断层为柯坪—库车左行走滑系中一大型次级的 X 剪面。

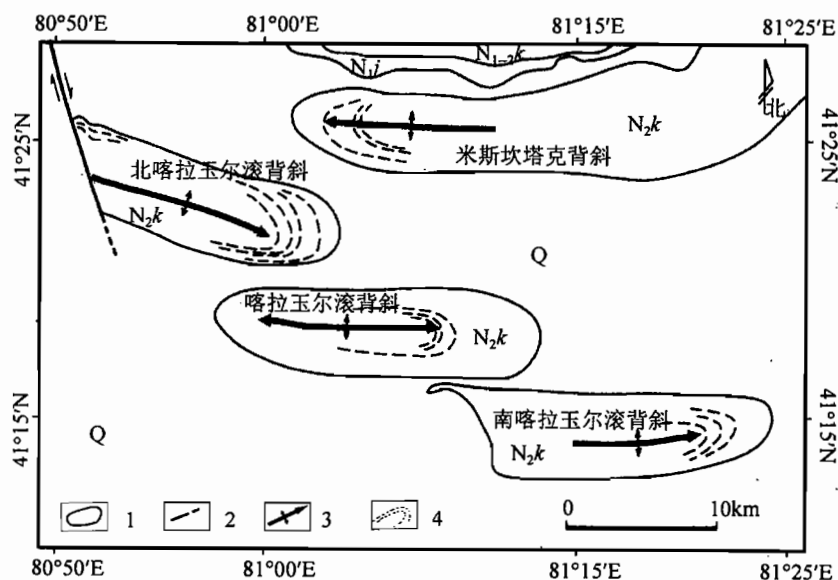


图 2 喀拉玉尔滚子区影象解译图

Fig. 2 Interpreting map of TM image for sub-area of Kalayu'ergun

图例同图 1

Legends are the same as that in Fig. 1

(3) 库独公路段子区构造影象解译:该子区构造影象和地层影象最为特征、出露地层也最为完整(图版 II-3)。它跨越了南天山前缘楔状构造带和依奇克里克—库姆格列木构造带,断裂构造关系明确。自北向南出露地层有二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系、老第三系以及新第三系的吉迪克组、康村组、库车组等,各地层影象清晰,界限分明,整个研究区大多解译标志出自这一子区(图 3)。在南天山前缘楔状构造带中清晰地表现 T_3-J_1 为核心的捷斯特里克背斜和 T_3 为核心的比尤勒包谷子背斜。在依奇克里克—库姆格列木构造带显示了 J_3 为核心的坎亚肯背斜(在东段)和以 K_1 为核心的巴什基其克背斜(在西段),它们东西相连构成一个统一向西倾

伏的东西向背斜。背斜南翼被向南逆冲的纵向断层所截,此断层在巴什基其克背斜南翼兼有左行走滑特征清晰可辨。

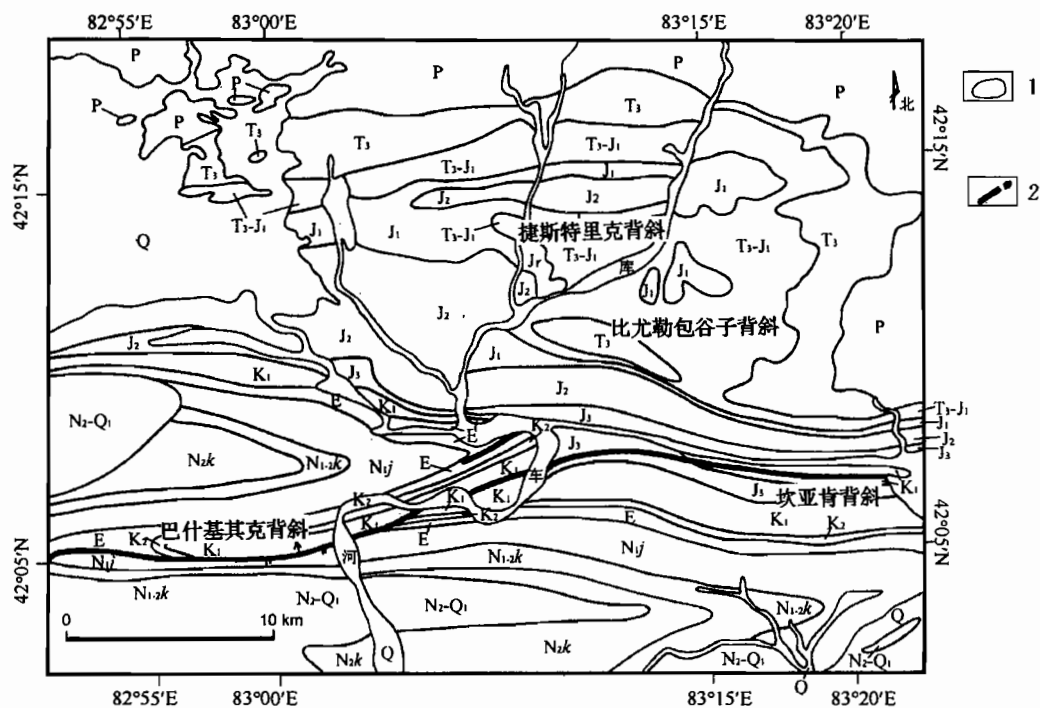


图 3 库独公路子区影像解译图

Fig. 3 Interpreting map of TM image for sub-area of Kuqa-Dushanzi highway

图例同图 1

Legends are the same as that in Fig. 1

(4) 第四纪构造运动影像特征解译:从库车坳陷的镶嵌图我们可以看出,该区的第四纪构造活动比较明显,库车县东的阳霞绿洲以北近十个冲积扇十分规则地东西分布(图版 I-1),扇顶呈近东西向线形排列盖在其北吐格明背斜南翼的库车组地层(图版 I-1 灰白色影像)之上,表明有隐伏断裂构造存在,称为阳霞隐伏断裂。该隐伏断裂在塔里木油田勘探的地震剖面中已证实为向南逆冲的台阶状逆断层^①。这一隐伏断裂对该区的冲积扇沉积起控制作用,从冲积扇顶的展布可以判断断裂的走向,而且这些冲积扇期次分明,说明该处断层北盘有多次明显地壳隆升活动。

拜城盆地西端开普台尔哈勒地区西的大型冲积扇特征明显,有比较清晰的期次信息,且自西向东逐渐变新(图版 I-1),拜城东部的冲积扇明显向西南展布,反映了拜城盆地这一拉分盆地仍在不断下陷的构造活动特征。

库车县东的亚肯背斜影像比较特别(见图版 I-2 亚肯生长背斜影像图),从图象上看,亚肯背斜以库车组为核心,向东作东西向线状延伸并向东倾伏,库车组影像灰白,表面断断续续

^① 卢华复,贾东等. 1999.《克依构造带构造分析与地质建模》研究报告. 塔里木石油勘探指挥部.

有第四系冲积扇的沉积物覆盖。在牙哈至大涝坝段,东秋里塔格背斜与亚肯生长背斜之间数个第四系冲积扇影象明显被截,表明亚肯生长背斜形成的时间为第四纪,在冲积扇形成之时仍在活动。地质观察第四系沉积结构和地震剖面解释也证实了亚肯背斜为在第四纪仍在活动的生长背斜(Lu et al., 1994, 1997b)。亚肯背斜在库车冲断带的最南缘,表明库车冲断带向南逆冲运动仍在进行中。

5 结论与讨论

库车前陆冲断带是上新世末以后受天山挤压形成的复杂前陆逆冲构造带(贾承造等, 1992),发育了大量台阶状逆断层及与断层相关褶皱,形成许多背斜及断层圈闭。构造形成期与该区油气成熟高峰期匹配较好(陈楚铭等, 1998, 1999),有利于油气藏的形成。研究库车冲断带第三、第四纪新构造特征对该区石油勘探有着重要的意义。通过对库车地区的遥感图象的分析和研究,获得如下认识:

(1) 遥感图像真实地记录了地质构造形迹的地表几何形态及其物理特征,且具有高度的概括性,并包含有大量的隐伏地质构造信息。采用遥感方法研究构造变形及其动力学特征,既能从宏观上把握全区的构造格架,又可以体现构造细节,克服地质观察中范围小的局限性。

(2) 通过对研究区几个特征子区的研究,确定了库车县北部、喀拉玉尔滚区、库独公路段的各个新生代晚期背斜构造和相关断层的空间分布,并研究了该区断裂的左行走滑特征以及相关的次级剪切面构造。

(3) 库车地区第四系冲积扇多期次的特征明显,它们与研究区构造变形密切相关。冲积扇的展布清楚显示了阳霞隐伏断层和亚肯生长背斜的存在,如果对这些多期次的冲积扇沉积物进行年龄测试分析,可以进一步确定新构造活动的时期。

参 考 文 献

- 陈楚铭,卢华复,贾东等. 1998. 塔里木盆地晚第三纪—第四纪沉积特征、构造变形与石油地质意义. 沉积学报, 16(2): 113~116.
- 陈楚铭,卢华复,贾东等. 1999. 塔里木盆地北缘库车再生前陆褶皱逆冲带中丘里塔格前锋带的构造与油气. 地质论评, 45(4): 423~433.
- 郭华东等. 1995. 新疆北部地质矿产遥感. 北京: 科学出版社, 13~24.
- 郭令智,施央申,卢华复等. 1992. 印—藏碰撞的两种远距离构造效应. 见: 李清波,戴金星,刘如琦等主编. 现代地质学研究文集(上). 南京大学出版社, 1~7.
- 贾承造,姚慧君,高杰等. 1992. 塔里木盆地板块构造演化 and 主要构造单元地质构造特征. 见: 童晓光,梁狄刚主编. 塔里木盆地油气勘探论文集. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 207~225.
- 贾承造,魏国齐. 1996. 塔里木盆地的古生界隆起和中、新生界前陆逆冲带构造及其控油意义. 见: 童晓光,梁狄刚,贾承造主编. 塔里木盆地石油地质研究新进展. 北京: 科学出版社, 225~234.
- 康志宏,梁慧社. 1998. 库车坳陷地质结构及油气带预测. 新疆地质, 16(1): 49~57.
- 陆灯盛,游先祥,崔赛华. 1991. TM 图像的信息量分析及特征信息的研究. 环境遥感, 6(4): 268~274.
- 卢华复,贾东,蔡东升等. 1998. 塔西北柯坪剪切挤压构造. 高校地质学报, 4(1): 49~58.
- 王廷颐,张妙玲,俞纯绅. 1988. 利用 TM 资料对里下河地区的湖泊和滩地进行调查的几个技术问题. 环境遥感, 3(3): 183~189.
- 魏国齐,贾承造,施央申等. 2000. 塔里木新生代复合再生前陆盆地构造特征与油气. 地质学报, 74(2): 123~133.
- 叶留生,王根长,翟晓先. 1997. 塔里木盆地库车河及柯坪地质. 新疆地质, 15(2): 174~192.
- 张昭贵. 1992. 彩色合成选择法及其在黄河入海口研究中的应用. 环境遥感, 7(4): 261~264.
- Bartlett W L, Friedmen M, Logan J M. 1981. Experimental folding and faulting of rocks under confining pressure. Tectonophysics, 79(2): 255~277.

- Lu H, Howell D G, Jia D, et al. 1994. Kalpin transpression tectonics, north western Tarim Basin, western China. *Intel. Geol. Review.*, 36(10):975~981.
- Lu H, Jia D, Chen C, et al. 1997a. A new model deduced from Kalpin transpression tectonics and its implications to the Tarim Basin. *Proc. 30th Intl. Geol. Congr.*, 14(1):196~202.
- Lu H, Jia D, Chen C, et al. 1997b. Evidence for growth fault-bend folds in the Tarim Basin and its implications for fault-slip rates in the Mesozoic and Cenozoic. *Proc. 30th Intl. Geol. Congr.*, 14(1): 253~262.
- Shi Yanshen, Lu Huaifu, Jia Dong, et al. 1994. Paleozoic plate-tectonic evolution of the Tarim and western Tianshan regions, western China. *International Geology Review*, 36(11): 1058~1066.

图 版 说 明

图 版 I

1. 库车坳陷 TM 影像图;
- I 南天山前缘楔状构造带;
- II 依奇克里克—库姆格列木断层传播褶皱构造带;
- III 吐格来明—吉迪克断层转折褶皱构造带;
- IV 秋里塔格断层传播褶皱构造带;
- V 库车—亚肯生长背斜构造带;

- VI 拜城拉分盆地;
2. 亚肯生长背斜影像图。

图 版 II

1. 库车县北子区 TM 影像图;
2. 喀拉玉尔滚子区 TM 影像图;
3. 库独公路子区 TM 影像图。

Neotectonic Analysis of the Kuqa Foreland Thrust Belt by Using Remote Sensing Data

Fan Xiangtao¹⁾²⁾ Lu Huaifu¹⁾ Guo Huadong²⁾ Shao Yun²⁾

1) *Department of Earth Sciences of Nanjing University, Nanjing, 210093*

2) *Laboratory of Remote Sensing Information Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101*

Abstract

A series of thrust structures developed in the Kuqa depression during the Cenozoic are clearly shown on the remote sensing images. A mosaic image consisting of four scenes of TM data was analyzed and interpreted for the Kuqa foreland basin. The distributions of folds and faults are analyzed using remote sensing data. The late Cenozoic anticlines, distributions of related faults and second-order shear structures of three sub-areas, the northern Kuqa County, the Kalayuergun sub-area and the Kuqa—Dushanzi Highway sub-area, are identified. The information of subsurface geological body interface is extracted from the TM images of the Quaternary sediments, alluvium and gully. Based on this information, the characteristics of neotectonic movements of the Yangxia buried fault and Yaken growth anticline in this area are identified.

Key words: TM data; digital mosaic; interpretation index; neotectonic movement

作 者 简 介

范湘涛,男,1968年生。1999年于南京大学地球科学系获博士学位。现在中国科学院遥感应用研究所工作。通讯地址:100101,北京 9718 信箱,中国科学院遥感所开放室;电话:(010) 64889544;E-mail:radar1@irsa. irsa. ac. cn。



