

西北地区油气储集和保存条件的 遥感图像分析

林恒章

(中国科学院遥感应用研究所)

1992年8月15日收稿

摘 要

本文以遥感图像信息的地貌-构造分析为基本手段,分析了某些含油气盆地的地质构造特征和动力学条件,探讨了新构造运动对油气流的再次运移和储集及其保存条件的正面和负面影响。从整个生油气盆地周边及盆内的主要断裂构造的活动特点和影响范围出发,着重分析了基底断裂对盖层的分割作用和断块活动对盖层形变的影响,提出了油气勘探的有利地段。

关键词 地貌-构造分析 再次运移和储集 保存条件 有利地段

在我国广大的西北地区,有众多的规模巨大的中、新生代含油气盆地,如塔里木、准噶尔、吐鲁番-哈密(以下称吐-哈)、柴达木和鄂尔多斯等,经过不同程度的勘探,都发现了具有工业价值的油气藏。其储层,自下古生代、上古生代、中生代直至第三系都有发现。在塔里木盆地西南部,甚至在上第三系中新统也发现了油气田。这表明活跃的新构造运动引起基底断裂和盖层断裂构造重新发生活动,使受到影响的岩层和构造产生变动。一方面增强了各个时代岩层的裂隙发育程度,从而改善油气流的渗透和运移条件,促使它们向上方或侧方重新运移,储集于有利的构造部位;另一方面是随着裂隙发育程度的增高,使原已成藏的油气的封盖条件发生变化,改变了油气流向地表的逸散条件。断裂构成的垂直通道使油气流得以溢向地表而散失。其实不同时代的油源岩,自它们形成油气的时候开始,其油气流总是在压力的驱动下,沿着有利通道储集成藏或散失。在各个地质构造运动时期,在赋存形态和部位方面都可能发生变化。这就增加油气资源勘探的难度。尤其在西北地区,受特提斯-喜马拉雅构造域的深刻影响,印度板块向北的碰撞活动使老的造山带如昆仑山、天山和秦岭等山脉重新活动,并在新生代晚期的中新世末期达到高潮。随着山地的隆起,前述各盆地进一步沉降。同时由于以帕米尔和中、缅、印交界处为两个端点的印度板块的钳形嵌入挤压作用,加上巨大的欧亚板块的阻挡作用,使塔里木、准噶尔、柴达木和吐-哈等菱形盆地的短轴方向受到挤压作用。在靠近山地的盆地边缘部分,形成具有表层褶皱性质的局部构造,出现平行排列的新生代背斜构造。而盆地内部在同一构造应力场的作用下,其边界与内部的断裂和褶皱,除了受到挤压或引张作用外,印度板块的钳形嵌入也引发剪切应力,使断层发生走向滑动,褶皱发生雁行变形。其中,构成菱形西南边和东北边的北西向断裂发生右旋滑动;而构成东南边和西北边的北东向断裂则发

生左旋滑动。它们两两相向,其合力压向盆地短轴(北北东向),而形成较早并已构成盆地长轴的中央隆起带(近东西向)受到的是引张作用而不是挤压作用。这两种应力都集中作用于盆地的中心部位。因此,包括巴楚断隆东南部和沙漠低隆西南部的塔中地区成为有利于油气运移和储集的构造部位,可能形成大油气田。塔北隆起也处于相似的受力状态,只是相对较弱而已。

近 20 年的构造地质研究新进展,突出地表明存在地球动力交变应力场,由此,即使在最稳定的地台区,水平压应力也往往超过由上覆岩石的重量引起的垂直压应力。“几乎到处都以水平应力表现最为活跃,它往往大大超过由地球静负荷造成的垂直压力”。“在水平运动前端部的地台构造组成中,可产生挤压型构造;在其后端部位的地台组成中可产生拉伸构造”。并且这两种状况都可出现剪切断层。“考虑到前端部位挤压和后端部位拉伸的空间配套关系,以及不同部位各种构造的共存现象,就避免了长期以来习惯于按一切都是原地生成的格局,打破了地台以垂直运动为主的传统观念,建立起在地台发展历史中水平运动起着重大作用的明确思想,使得对地台区的古地理和古构造的再造变得比较实际”¹⁾。作为克拉通拗陷的盆地(塔里木、鄂尔多斯)和碰撞中间地块的盆地(准噶尔)都明显地显示出这些特点。

陆地卫星和气象卫星等航天遥感信息的计算机处理和分类增强、专题提取技术的发展,对那些次生变形,尤其是走滑断层的识别,可以地貌-构造法,通过图像纹形和影像色调的异常,判读出标示基底或盖层断裂带的线性形迹。不同方向、不同性质的线性构造带的交接和交切,构成性质特殊的构造结点,以独特的地貌形态反映着真实的现代地质构造格局。以新疆塔里木等 3 个盆地为例,印度板块呈钳形嵌入欧亚大陆的一个显著构造态势,就是喜马拉雅山脉为第一道;昆仑山脉和阿尔金山脉为第二道;天山山脉和博格腾山脉为第三道的反向向西南凸出,作为各盆地南缘的断裂带也毫无例外地形成同向弯曲。它们分别由 NNW 向的挤压逆冲兼具右旋走滑断裂带、近东西向断裂带和 NEE 向(或 NE 向)的压性、压扭性左旋走滑断裂带构成聚敛型系统,其应力集中压向盆地中央部分。其实这些盆地的北缘也是近于共轭的聚敛型构造系统,其应力同样是向盆地中心部位会聚。这种应力作用机制将有利于使盆地内的次级构造受到局部隆升,从而有可能改善油气的储集条件¹⁾;处于与主压应力呈平行状态的断裂和裂隙的宽度变大,有利于油气运移,但过分扩宽则有使油气发生逸散的危险。

以塔里木盆地为例,其中央隆起带中部(巴楚断隆和沙漠低隆结合部)正处于压应力的会聚部位,其两侧均是大型生油拗陷,有利于形成大型油气田;处于盆地两锐角的喀什(西角)和罗布泊(东角)地区位于走滑发散型构造系统之中,断裂和裂隙以受到引张作用为主,因过分扩容而导致油气逸散的几率增大了,即使先期已形成的油气田也有可能受到分割或重新成藏或被破坏(图 1)。

NOAA 气象卫星信息的计算机处理图像显示,塔里木盆地的中心部位受到 NE 和 NW 这两组线性构造的交叉切割,呈现出多个菱形构造块体,不同块体具有不一样的热特性,而这种差异是深源结构特点不相同的一种表征。在和田河中游和克里雅河下游一带

1) 罗永国编,地台区的水平运动,1991年。

有轮廓鲜明的菱形块体,它正处于受挤压的中心,三面受生油坳陷围绕,具有形成大型油气田的生、运、储条件(图 2)。

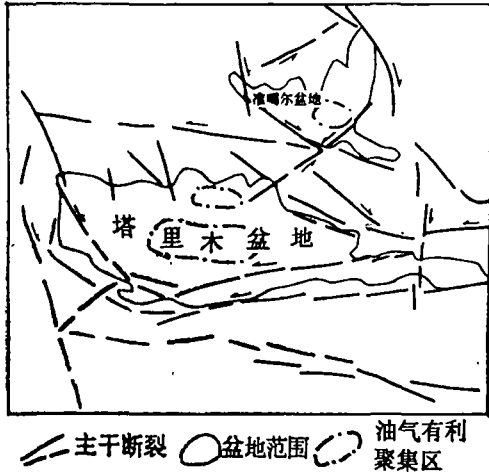


图 1 新疆两大盆地的主要线性构造及活动特征
Fig. 1 The chief linear structure and active features in the basins in Xinjiang

区域热特性差异性还揭示出在盆地的中间偏西部位,介于皮山—拜城和克里雅河下游—轮台等两条线性构造之间,存在宽达 180km 的 NNE 的带,带内的 NW 向和 NE—NNE 向线性构造明显增多,它们将带内分割成多个次级菱形块体(见图 2),不同块体间有热特性差异。由于这个带的存在,盆地的中心部分被分隔为东西两个部分,两部分都出现反映热特性差异的斑块,以其形态和色调表征着基底和盖层的构造特征。其它差别有:(1)东部的河流,泛滥性洪流很发育,连片的盐碱地也主要分布在东部;(2)中、强地震的历次震中大多分布在西部;而东部则极少;(3)反射

地震的解释结果是:该带和西部主要是中、新生界挤压背斜构造和中、新生界挤压背斜与古生界地台背斜组合成的复合型背斜构造;而东部则主要是古生界地台背斜或潜山或潜山—背斜构造;(4)已发现的油气田大都位于东部;(5)该带使西部与东部之间存在一左旋扭动距。

由上可见,盆地分为东西两部分是客观存在的。其间的克—轮一线应是大型断裂,并且对新构造活动性有控制作用,其本身又构成一个薄弱结构面。在前述的相向挤压应力的作用下,巴楚断隆的东南缘和沙漠低隆的西缘均沿此下沉,以致它们呈相向倾斜的格局。再从(2)(3)两点看,西北部在中、新生代(以至现代)受到明显的挤压作用,并且比起东南部要强得多,菱形构造很发育,可能是印度板块的西北嵌入端(帕米尔)距盆地近得多,而西部正首当其冲,受到的挤压应力更强(见图 1)。因此可以作出进一步推测:巴楚断隆的东南部倾伏端的挤压作用得到加强,因而次生构造更为发育,中、新生代背斜构造较发育便是重要表现之一。再联系到第(4)点,则可推断位于东部的塔中 1 号背斜地区有更好的油气运移和储集条件,具有发现大型油气田的条件。但也受到明显的分割,局部逸散丧失的可能性是存在的,因此不大可能是一整块大油气田。

航天飞机侧视雷达扫描图像判读结果同样表明:在塔里木河中游地段的线性构造是以 NE 向和 NW 向为最主要,并且在相互关系上更多地呈现 NE 向截切、阻挡 NW 向构造的现象,表明其是一组具有新活动的断裂构造。同时,还根据影纹判读出了环状构造,它们以近圆形为主要轮廓特征。从其对风沙地貌和塔里木河支汊上的泛滥岔流流向的局部控制的特征来看,它们是新构造高点。其分布部位已处于生油坳陷的边部,因而也成为油气的有利储集环境(图 3,图版 I 图 4)。

判读区为沙漠所覆盖,植被稀少,干旱,塔里木河支汊横贯而过。雷达波的大部穿透

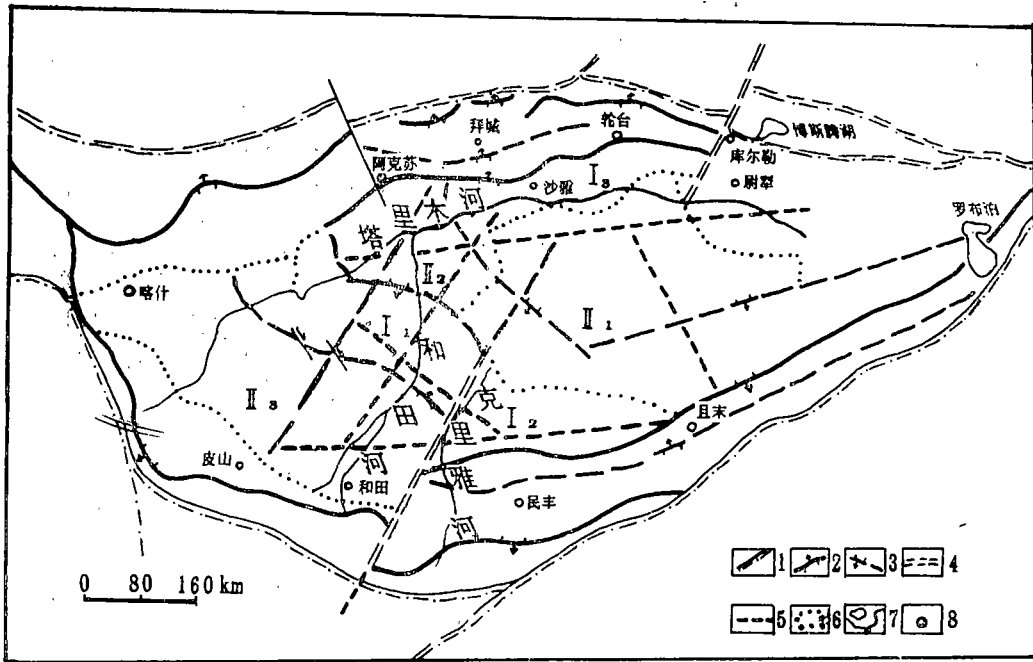


图 2 塔里木盆地简要构造特征

(据张恺和雍天寿等的有关图件综合、简化和补充)^(2,3)

- 1. 盆地边界, 2. 一级逆断层, 3. 二级逆断层, 4. 亚板块分界线, 5. 盆内主要遥感线性构造, 6. 构造分区界线, 7. 河流、湖泊, 8. 居民点, I₁. 巴楚断隆, I₂. 沙漠低隆, I₃. 塔北隆起, II₁. 满加尔拗陷, II₂. 阿瓦提拗陷, II₃. 塔西南拗陷

Fig. 2 Tectonic features of Tarim basin

(after Zhang Kai and Yong Tianshou etc.)

表层干沙体,回波微弱,整幅图像以深灰色调为主,只有河床及季节性泛滥沟床显为淡灰色条带;河岸回波强,显为灰白色细线;固定的汊流河床有较丰富的色调组合。河旁及老河漫滩上的植被较为茂密,糙率加大,回波增强,显示为灰白色斑块。河道及汊流多呈现“之”字形拐弯,表明受到 NW 和 NE 向线性构造的控制,而泛滥岔流则往往沿 NW 向线性构造流动(见图 3, A1, D2, H2 网格);从河道各段的摆动幅度不等、植被的斑状分布以及岔流明显拐弯处和再次分叉的结点等方面分析,又可看到 NE 向线性构造的控制作用(见图 3, F1, G2, I1, K1 及 L2 等网格)。线性构造的影像特征均为淡黑色粗线状影纹,从其延伸规模和对河道流向的控制程度看, NW 向的规模相对大,影响深;而 NE 向的现代作用较明显。

在 NW 向和 NE 向线性形迹的交会点附近,常见大小不等的环状构造,它们影响泛滥岔流的发育和流向,从岔流向环的外缘偏流和岔流无法形成的现象中,可看出环状构造是隐伏隆起的表征。同时,以 D2—J5 的 NW 向线性体为界,西部未见明显的泛滥沟道形迹,色调单调均一,应是相对隆起区;而东部则出现密而乱的泛滥沟道,其中,东北角又呈现出富水和植被相对密集的特点,是近代下沉幅度相对大的标示;而东南角的中型环状构造发育区,又显示出相对隆起的特征(见图 3)。

雷达影像所揭示的隐伏构造特征表明,在塔里木盆地内部,基底隐伏构造以 NW 向

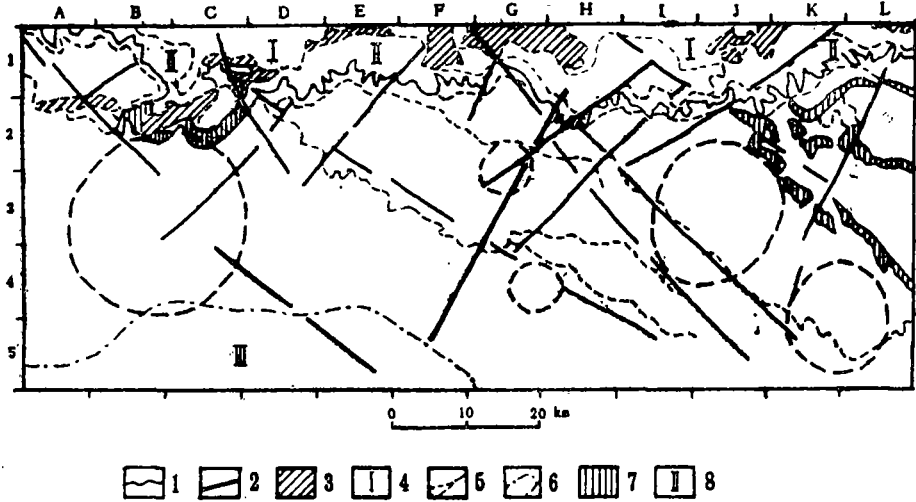


图3 塔里木河中游地段遥感隐伏构造

- 1.塔里木河支叉, 2.线性构造, 3.植被分布区, 4.塔里木河摆动范围, 5.泛滥岔流, 6.环状构造, 7.相对富水区, 8.泛滥岔流摆动范围

Fig. 3 Remote sensing buried structures in middle course of Tarim river

和 NE 向断裂为基本特征,被它们分割的局部块体,存在相对升降的新构造活动特点。那些出现在构造隆起单元内的相对隆起带,更有利于油气的聚集,可视为油气勘探的重点地区。

从准噶尔盆地来看,克拉玛依油田的所在位置,也正好落在盆地边缘聚敛型断裂构造挤压轴的轴部位置上(见图1),其原已形成的 NW 向中央隆起带也处于张扭应力场中,从而也反证这种特殊的次级构造的确提供了大型油气田形成的有利条件。

位于西北地区东部的鄂尔多斯盆地,虽然在接受印度板块向北偏东方向碰撞的应力方面,受到了阿尔泰山麓—青海湖的 NW—NNW 向右行断裂的阻挡,但仍然受到明显影响,尤其在其西南部的六盘山一带。当然整个盆地也受到滨太平洋活动构造带的影响,盆地基底的 NNE 向前古生代形成的古中央隆起带受到横向的张扭性应力。根据对陆地卫星 TM 数据和清晨过境的 NOAA 气象卫星的热红外信息的机助分析,发现以大中型黄土滑坡、黄土塬地和沙漠区滩地等特殊地貌类型的分布特征为依据,可推断出中央隆起带的范围,它在位置和范围上同物探资料推测的很吻合。同时还依据影像的线性体密度和线性构造,证论了靖边—绥德南侧的纬向隆起带的存在(图5)。该带在地质历史上作为枢纽带曾多次制约着其南北两大块体的升降活动,并且至今仍对这两块体之间,在河流流向、沟谷切割密度、塬顶相对高差以及土壤侵蚀强度等方面的差异发挥着影响。在油气资源分布方面,也成为一条有影响的分界线。

同时还针对油气藏上方的烃类微渗漏及其蚀变效应的遥感信息异常,进行了 TM 不同波段数据的计算机处理及复合分析,发现有与烃类物质的特殊吸收谱段有关的影像色调异常,这种异常有的呈菱块状斑,有的呈椭圆形斑,从而表明其与构造部位有密切的关系。如在榆林市西北面的河口水库所在地区,在经过信息增强处理的合成图像上,显示出

一个清晰的、由 NE 向和 NW 向线性构造交叉切割出的菱形块状异常区。区内沙丘所占面积减小,滩地(小绿洲)发育,显示出隆起块体的特征(图版 I 图 6)。在构造部位上,这一块体正处在陕甘宁盆地中央隆起带的北延部分,属于陕北古生界双层结构油气区的核心范围。物探资料也证明这一地区属于构造相对隆起部位,并靠近乌审旗古生界气源岩生气中心,利于油气运移、储集,勘探中见有油气显示,因而可以作为进一步开展油气勘探的有利地区。循此方向往北,在窟野河和秃尾河河源一带的陕蒙交界部位,又显示出一个长轴方向为 NW 的椭圆形异常斑块,其内部同样出现沙丘面积变小、富水滩地增多的现象(图版 I 图 7)。据地质和物探资料,这一块体亦属相对隆起区,但属于东胜隆起带的范围,沉积和构造层与前者有所不同,是上古生界油气藏勘探远景区。类似的构造单元还有介于横山和米脂两县城之间、无定河和大理河之间的大型椭圆形斑块。毛乌素沙漠向东南推进受到其阻挡,只能呈钳状从南北两侧侵绕,生动地表明这是一个穹窿状隆起块体。鉴于已在该块体的西南部靖边、东部米脂和东南部子洲县境内均钻遇天然气藏,因此其油气勘探前景是明朗的。

综上所述,遥感信息不仅以纹形揭示出基底和盖层的断裂构造,显示区域的地质构造格局,而且还可以通过影像色调异常反映近地表的物理、化学特性的某些差别,揭示出水、气、热等因素所产生的地物波谱特征上的差异。地貌对深部构造反应敏感,与纹理特征和色调差异结合分析,既可探测油气藏上方烃类微渗漏及其形成的还原环境所引起的地表物质的变异,又可圈画出油气藏的赋存空间,指明进一步开展地面勘探的远景区。以探测微渗漏到地表的烃类为目标的油气藏遥感直接勘探,无疑是一种优越的前期勘探技术。如果能配合地球化学、地球物理资料的复合分析和地震探测结果的解剖,则一定能够提高油气资源的勘探速度和精度。特别是在自然条件恶劣的我国广大西北地区,更能显示出其优越性。

自新第三纪末以来,我国国土范围内受到印度板块的向北碰撞和太平洋板块的向西偏北俯冲,加上巨大的欧亚板块对这两种活动的顶撞作用,新构造运动是十分明显的。地震的震级高、分布广、活动频繁便是其重要的表现。活动断层是地壳新构造运动的重要表

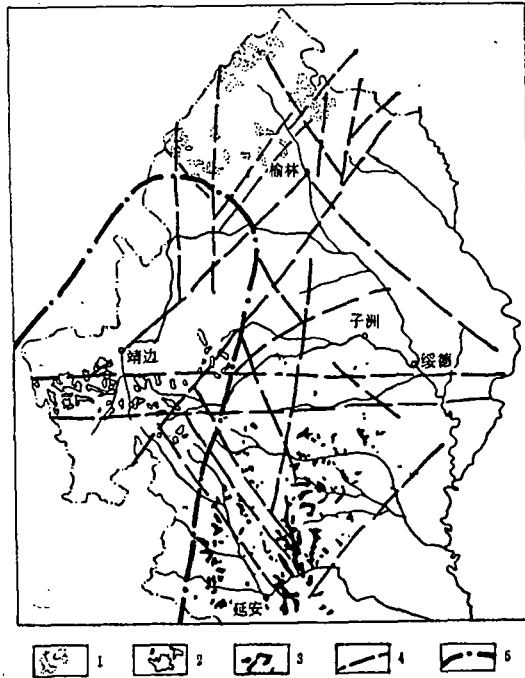


图 5 陕北地区隐伏构造的遥感分析

1.沙区滩地, 2.黄土坳地, 3.大中型黄土滑坡体集中分布区, 4.遥感线性构造形迹, 5.据地貌-构造推断的隆起带范围

Fig. 4 The analysis of buried structures by using remote sensing in north Shaanxi

现之一,尤其在我国的西部地区,活动断层数量多,规模大,主要是前第四纪老断裂复活的,其中的大多数具有走向滑动性质。随着印度板块持续的向北偏东方向挤压,各个中、新生代含油气盆地内的断裂容易向东北方向滑动,其中喜马拉雅运动的第三幕对盆地内的构造格局的改造有决定性的作用。建立区域性断裂网络并加强对它们的新构造活动特点的研究,认识新构造运动对既有地质构造的改造和再造的程度、对研究油气流的再次运移和储集甚至最终逸散来说,都具有重要的意义。烃类物质运移的总趋势是向上方迁移的,合适的、连通的通道是非常重要的条件。水平方向的构造挤压会产生差异水平应力,促使岩石破裂,而其破裂面,特别是其中的张性破裂面,便是油气运移通道,循此,油气流发生了局部的或部分的重新储集,成为今日油气资源勘探的真实目标。逸散了的则油气资源量的成矿率大为降低。

联系到美国原子能委员会在 60 年代的研究,证实小分子的烃类气体在 14 天内能穿透 300m 厚的上覆盖层;28 天可穿透 600 m;处在 3 000 m 地下的油气藏,其烃类物质渗漏到地表也仅需 140 天的时间,以及在塔里木盆地周边的具有强烈新构造活动的地带内有许多地表油苗出露的事实,都说明以保存条件的研究为前提,建立大型油气田的勘探战略,是十分重要的方面。因此,区域断裂网络的建立以及开展对其新构造活动特点和强度的研究,并以其结果与航空短波红外细分扫描信息处理所获取的烃类微渗漏遥感异常进行复合分析,两者相互间接验证,可以提高遥感直接勘探油气资源的成功率。如果再与已有的地球物理、地球化学、地质与参考井的资料复合,则可以为在被厚层第四纪堆积物(沙漠和黄土)广为覆盖的西北广大地区的石油天然气资源的勘探,提出集中进行地面勘探的靶区,从而达到提高勘探速度和成功率、降低勘探费用、获得较好经济效益的目的。这在沙漠广布、环境十分恶劣的塔里木盆地的勘探业务中尤具特别的意义。

参 考 文 献

- [1] 李建林等,新疆准噶尔盆地东部三台地区线性体的特征与油气藏的关系,油气遥感勘探评价研究(1),中国科学技术出版社,1991 年。
- [2] 张愷等,中国新疆含油气区大地构造与主要含油气盆地分类、演化、叠合和含油气远景评价,石油工业出版社,1986 年。
- [3] 雍天寿等,塔里木盆地油气资源评价,石油工业出版社,1986 年。

Analysis of Oil-gas Assemblage and Reserved Condition Using Remote Sensing Images

Lin Hengzhang

(*Inst. of R. S. A.; The Chinese A. S.*)

Abstract

Based on geomorphological and structural analysis methods, the structural features and dynamic condition of some oil-gas bearing basins were analyzed on images of R.S. The paper emphasized to analyze the activity characteristics of the chief faults in the oil-gas bearing basins and in its edges area during neotectonics; to analyze the overlying strata's distortion influenced by reaction of separating paleo-basement composed of crystalline rock and folds and reaction of Neotectonics on removement and assemblage of oil-gas and reserved condition of oil pools. In the end, we intend to present the favorable areas for oil-gas exploration.

Key words Geomorphology-structure methods Neotectonism removement and resevation



图4 塔里木河
中游地区侧
视雷达图像

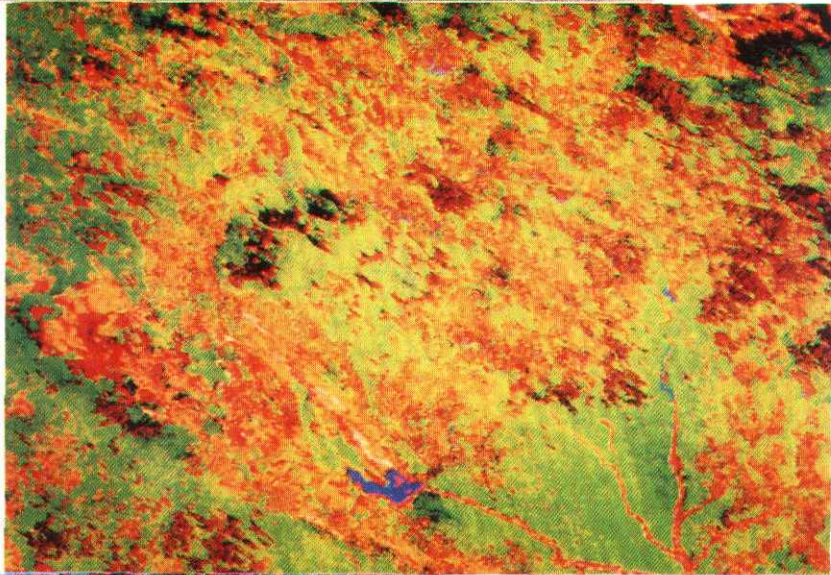


图6 陕北河口水
库地区TM信
息计算机处理
图像



图7 陕蒙交界处的TM信息计算
机处理图像