

# 多种信息复合在含油区深部构造研究中的应用

茹锦文 黄瑞照

(地质矿产部岩溶地质研究所)

1989年8月9日收稿

## 摘 要

研究区位于四川盆地的东北部,是一个油气的重要勘探区。为了进一步缩小勘探靶区,在10万平方公里的范围内采用了卫星遥感影像与区域地球物理资料(航磁,重力)的复合研究,同时与区域地质资料进行综合分析,发现了一些与油气田分析密切相关的长期活动的隐伏断层以及一系列的环形构造,为进一步油气勘探,提供了一批远景地区。

## 一、前 言

研究区位于四川盆地的东北部(图1)。川陕边境北西向绵延的大巴山系成为盆地的

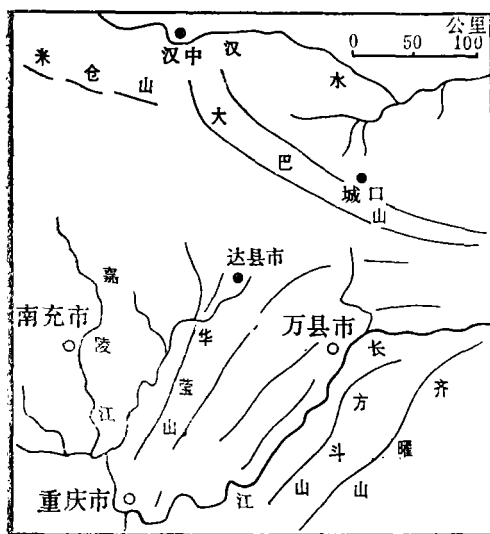


图1 川东北山川形势

Fig. 1 The Schema of Geomorphology in Northeastern Sichuan

东北屏障。盆地的东南缘自华莹山以东至齐耀山一带为一系列成北东向延伸的平行岭谷山地。两者在东部汇合成了一个在地形上向东收敛的喇叭形口。长江流经东南部,向东切穿齐耀山背斜后,构成了壮丽的长江三峡。西部盆地丘陵区则为蜿蜒曲折的渠江—嘉陵江水系。除测区西南侧南充一带为浅丘平坝,比高在50—100米以外,其他大部分地区地形切割较深,高差均在300—1000米。由于受西北部大高原的影响,区内形成了明显的季风气候以及亚热带常绿阔叶林景观。盆地内年平均气温为18—19℃,年平均降雨量在1000—1200毫米之间。外围山地略低。

四川盆地是在古生代地台型海相沉积的基础上发育而成的中生代陆相构造盆地。从震旦系到中三迭统都是稳定的地台型沉积,以碳酸盐岩为主。总的来说,生油、气

的条件比较好。是南方海相碳酸盐岩攻关课题的主要目的层。三叠系以上为一套巨厚的陆相碎屑岩建造,发育为本区储油气构造的良好盖层(图 2)。四川盆地的陆相油气藏,多年以来,已进行了不同程度的开发和利用。海相碳酸盐岩中油气藏的勘探和开发即是近十年来的事,而且不断地呈现出广阔的远景。

碳酸盐岩中的油气藏埋藏较深,一般均在地表以下 3000—4000 米。为研究深部构造的地面地质工作,地面物探工作,由于地表地形切割较深,带来了不少困难。采用卫星遥感技术以及与区域地球物理信息的复合研究含油区的深部地质构造就成为一项十分迫切的任务。

## 二、多种信息复合以及数字图像增强

利用各种地球物理,地球化学资料与卫星影像进行复合处理是当前国外的一个研究动向。航磁、重力、地震等区域地球物理资料,它们反映了地面以下多层次的结构特点。烷属烃类在地表逸散的地球化学场,提供了深部存在着油气藏的直接物质信息。因此,将上述多种信息进行复合研究,自然能更加深刻地揭露区域地质构造的功能。

川东北地区,多年来业已积累了丰富的地球物理资料。地质工作者,也包括一些遥感工作者,常常引证这些资料来探讨深部的一些地质构造现象。但往往由于图像配准的精度不够,影响对构造特征深入的分析 and 研究。笔者等通过国内外文献资料的调研,在四川地矿局遥感站软件组同志们的配合下,开拓了 S101 系统进行图像复合的功能,首次利用川东北地区的有关资料做了大规模的试验,取得了比较满意的地质效果。并且进一步进行了卫星磁带灰度与航磁磁场强度重力值之间的数字复合以及相关分析。现将上述两种方法概述如下:

### 1. 遥感图像与地球物理等值线的叠合

#### A、叠合前的准备。

首先将搜集到的地球物理等值线图,删去一些不必要的地物注记,修编、清绘并制成负片。

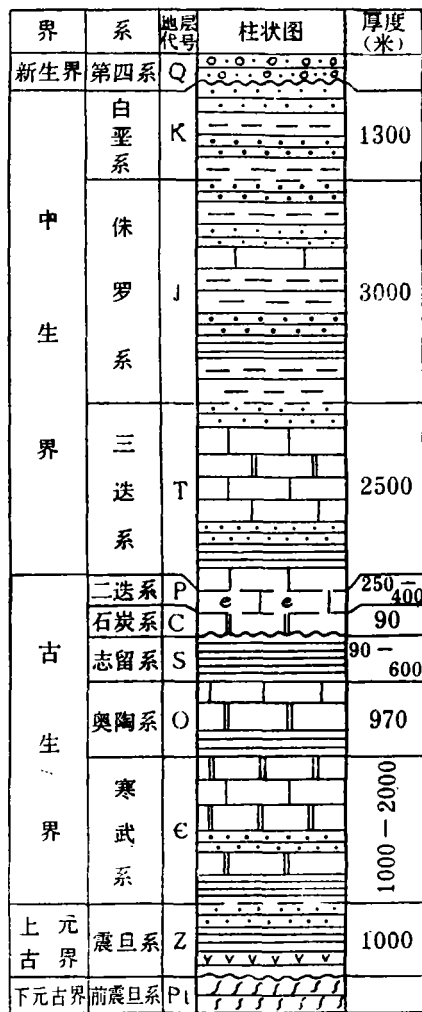


图 2 川东北地区地层柱状图  
Fig. 2 The Column of Northeastern Sichuan

### B、叠合的基本步骤。

(1) 输入。输入经几何校正的陆地卫星 CCT 磁带,存储于主机中,将相应的等值线图编号并经 C4500 数字化扫描输入。

(2) 跟踪球放大 (TMAG)。输入后的图像可通过 M-70 屏幕分别显示。如果发现图像之间尺寸大小过分悬殊,可用跟踪球放大任一图像,使两者能大致匹配。

(3) 复制图像 (COPY)。拟叠合的卫星图像先行拷贝成一个新的图像,作为文件存储,形成一个图像文件,以便在扭曲处理时,不必重新采样。

(4) 控制点 (CONT)。通过 M70 屏幕显示,分别读出两幅图像相应控制点的行、列参数,误差一般为 2—3 个像元,最多不能超过 5 个像元。否则必须重新选择控制点。

(5) 叠合前的预处理。为了使背景中的卫星影像醒目,在叠合以前,尚必须做一些增强的预处理。若涉及到不同图幅之间的镶嵌,对相邻图幅尚需做一些匹配。

(6) 扭曲 (WARP)。是叠合中最主要的处理步骤,由主机(CPU)完成。

(7) 等值线的二值化 (PLIM)。为了不至于过多地掩盖卫星影像信息,因此必须尽量压低等值线间的背景亮度值,需再进行一次二值化处理。

(8) 着色区 (BLOCH)。在叠合处理后,图像上常常会发现有其他信息的干扰,如多余的线条、斑点或边框不整齐等,影像图面整洁,可应用此功能获得任意多边形的图像。

(9) 导通图形平面 (GRON)。为了使一种地球物理等值线着上一种满意的颜色,可通过导通图形平面功能控制图面上红、绿、蓝三色的分量,加以变换。由于有此功能,理论上可进行多种图像叠合。

(10) 关闭图形平面 (GROFF)。可以将处理好的图形、内容保存下来。

(11) 加法 (ADD) 或写 (WRITE) 图形平面。将完成上述处理的图形最终叠合到卫星图像上,经注记后可用照相或 C4500 扫描输出。

叠合处理流程方框图见图 3。

借助于 SIOI 系统进行图像叠合,它的优点是使多种信息之间的空间关系直观醒目。基本上满足了区域地质构造分析研究中的要求。而且只要熟练操作,所费计时不多。比目测或照相叠合优越得多。但从本质上看,这种方法仍然是一种光学方法,是一种借助于计算机

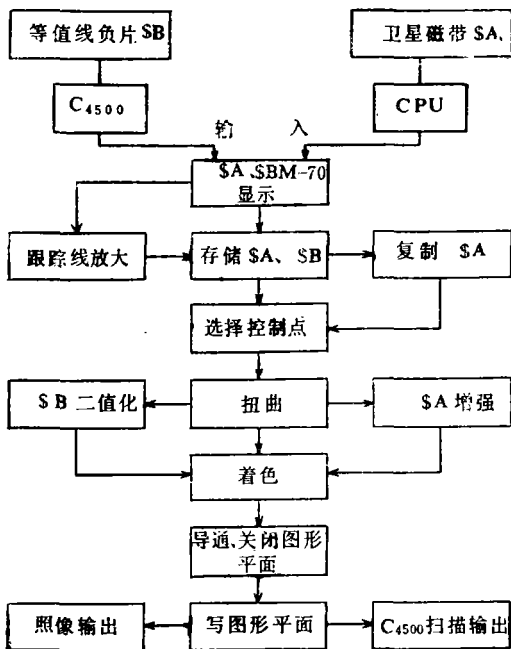


图 3 图像叠合流程方框图  
Fig. 3 The diagram of image superimposed processing

图像显示系统所完成的图像叠合功能。

## 2. 卫星磁带的亮度值与航磁 ( $\Delta T$ ) 磁场强度布伽重力异常值数字叠合以及相关分析

数字叠合是一种高级的叠合形式。它是将卫星磁带亮度值的网络为基础, 将地球物理信息数字化, 并进行系统的网络插值, 然后进行两种信息的相关分析。这些过程完全借助于计算机“Eortran”语言所编制的程序来完成。在研究工作中, 我们曾选择了达县子区为例。首先在“160”机上作了试验。然后, 又将程序转入微机上实现。其大致步骤如下:

(1) 在 SIOI 系统中将七波段的亮度值  $10 \times 10$  采样以行打的形式输出, 并存储在双面、双密度五英寸的软盘上。

(2) 将线距为 4 公里, 点距为 2 公里, 测线方向为任意的航磁资料进行系统网格插值, 转成点线距为 800 米  $\times$  800 米, 方位为 100 度、190 度网格。

(3) 通过数字化仪或直接在布伽重力异常等值线图中按 800 米  $\times$  800 米的网格取值。

(4) 卫星亮度值与相应的航磁 ( $\Delta T$ ) 磁场强度进行相关分析。并以相关系数 0.2 为间隔, 作成相关系数等值线图。

(5) 已网格化的重力资料与上述相关系数再进行二重相关分析并作成相应的等值线图。

## 三、油气普查勘探中的应用效果

### 1. 寻找长期活动的隐伏构造

四川盆地的基底构造和盖层构造有明显的不协调性。即所谓“明三块”、“暗三块”之说。“明三块”系指龙泉山、华莹山背斜将盆地内的地表构造划分为明显的三块。而“暗三块”则主要指根据航磁资料将四川盆地的基底构造划分为川西北, 川中, 川东南三块。分布大致呈北东东向。川中岩块由中一基性岩浆杂岩体以及各种深变质片麻岩所组成, 航磁显示为一种宽缓的正异常。而川西北, 川东南主要为浅变质的沉积岩系, 航磁上显示为平缓变化的负异常。盖层构造与基底构造之间走向有 40—50 度明显的交角。这两者之间的关系, 在卫星影像与航磁  $\Delta T$  异常等值线叠合图中显示得比较清楚。(见图版 I 图 4)。众所周知, 磁场强度主要是由于盆地褶皱基底的化学成分以及构造特征的不同所引起的, 基底岩块不同的变质程度所引起磁铁矿的次生富集以及基底表面的起伏形态也是影响磁场强度的一个因素。为了深入了解区内引起航磁异常的各主要岩类, 现将出露于盆地边缘各该岩类的磁化率参数摘录如下:

花岗岩  $861 \times 10^{-6} \text{C}, \text{G}, \text{S}, \text{M}$ ; 辉长岩  $2777 \times 10^{-6} \text{C}, \text{G}, \text{S}, \text{M}$ ; 玄武岩  $1458 \times 10^{-6} \text{C}, \text{G}, \text{S}, \text{M}$ ; 前寒武纪深变质岩  $200-800 \times 10^{-6} \text{C}, \text{G}, \text{S}, \text{M}$ ; 侏罗系上沙溪庙组砂岩  $200-600 \times 10^{-6} \text{C}, \text{G}, \text{S}, \text{M}$ ; 上沙溪庙组页岩  $20 \times 10^{-6} \text{C}, \text{G}, \text{S}, \text{M}$ 。

布伽重力异常图主要和地质体密度的分布有关。为了更好地解释叠合图的地质意义, 将各主要地质时代岩类的密度值概述如下:

侏罗、白垩系  $2.505 \text{ 克/厘米}^3$ ; 三叠系  $2.685 \text{ 克/厘米}^3$ ; 古生界  $2.700 \text{ 克/厘米}^3$ ; 花岗岩

2.69 克/厘米<sup>3</sup>; 辉长岩 2.87—2.94 克/厘米<sup>3</sup>; 辉绿岩 3.0—3.92 克/厘米<sup>3</sup>; 玄武岩 2.82—2.84 克/厘米<sup>3</sup>。

影响盆地基底的北东东向构造, 发生时间很早, 一直可追溯到前震旦纪的四堡期。以后, 在长期的地质历史中, 又曾多次活动。控制了古生界、中生界一些地层岩相的变化。燕

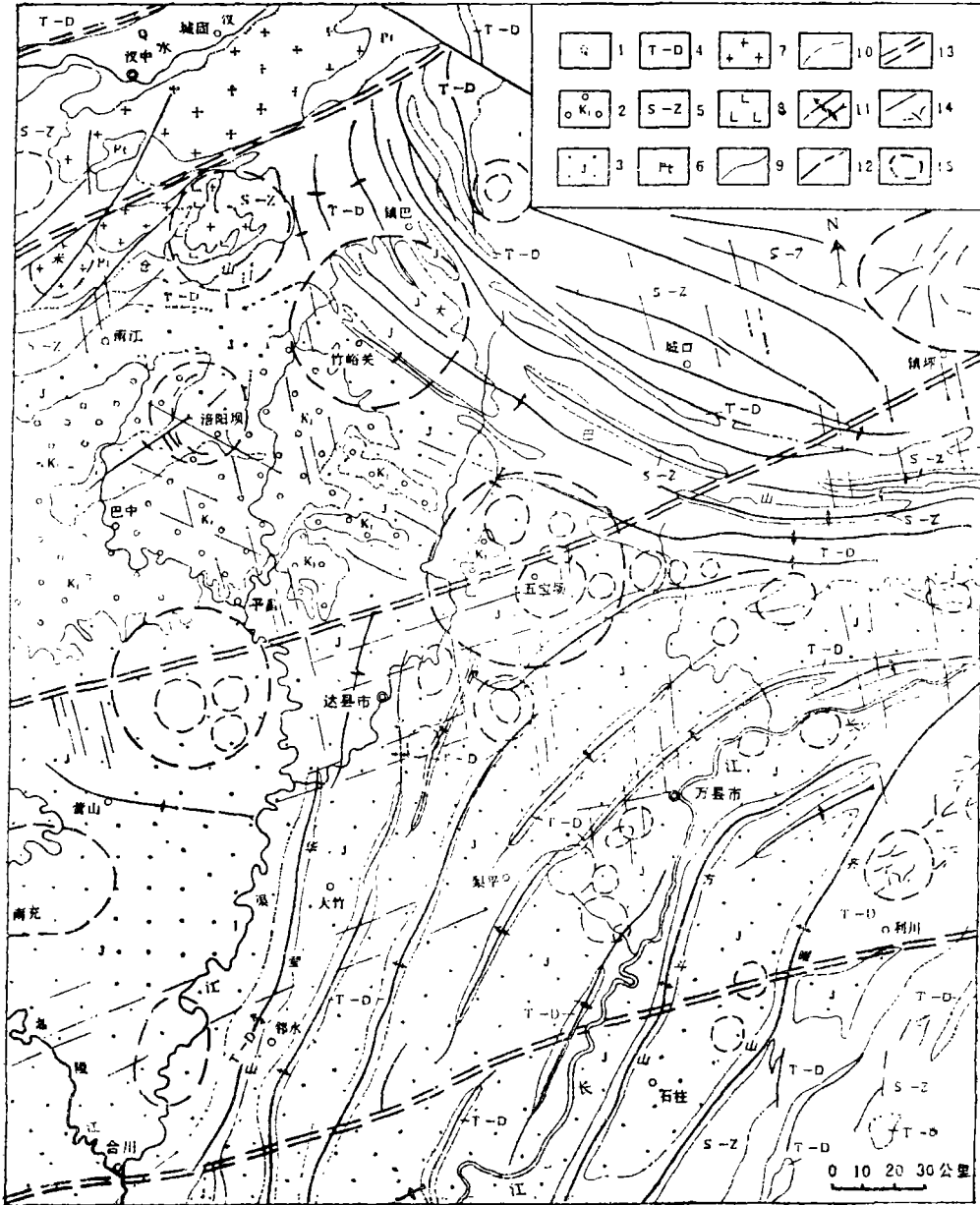


图5 川东北卫星影像地质构造解译图

Fig. 5 The structure interpretation of MSS in Northeastern Sichuan.

- 1. 第四系 2. 白垩系下统 3. 侏罗系 4. 三迭系至泥盆系 5. 志留系至震旦系 6. 太古界 7. 中酸性岩 8. 基性岩 9. 地层界线 10. 推测地层界线 11. 背斜轴线 12. 断裂 13. 推测隐伏大断裂 14. 构造线性体 15. 环形影像

山期则主要表现为一系列的断裂褶皱。这类北东东向的构造线在盆地边缘表现得比较明显(图 5),在盆地内部,由于巨厚的中生代陆相地层的覆盖,后期不同构造线的干扰,表现出一种断续的隐伏信息。但是这类构造线性体常常与航磁或重力异常梯度带吻合。这类长期继承,而活动缓慢的断裂,对油气的运移和储集有十分重要的意义。国外的油气地质工作者已越来越重视在油田中对这类断裂的研究<sup>[1]</sup>。因为这类断裂有利于断裂带两侧 10—20 公里的范围内碳酸盐岩地层中破裂带的形成。而对于上覆的盖层,常由于泥质含量较高,受缓慢力作用后,表现为一种塑性变形。镇坪断裂即房县断裂、合川—利川断裂是笔者等通过工作发现的最有意义的两条北东东向断裂。它们分别位于航磁  $\Delta T$  正异常带以及梯度带中。尤其是后者,川东碳酸盐岩已知的几个主要油气田,有规律地分布在这条断裂带的两侧<sup>[2]</sup>。除了这两条主要的北东东向断裂带以外,川东地区还大致存在 8—9 条互相平行的北东东向构造,它们在地表时隐时现,一时把握不住它们的方向。但它们在叠合的航磁或重力等值线图中,常常有一定的反应。如达县附近,航磁等值线中,有三个比较明显的次一级突出,大致和三条北东东向的隐伏构造相吻合。在万县附近,在万县宽向斜中,正对着龙驹坝的方向,卫星影像中的线性构造与重力等值线中的舌状突出相吻合(见图版 I 图 4)。

## 2. 寻找隐伏的圈闭构造

环形构造的普遍存在是卫星遥感对构造地质学所作出的重要贡献。但是环形构造的成因是形形色色的。它们的地质意义也就不完全相同。通过我们本次多种信息的复合研究,将工作区 10 万平方公里的范围内所发现的 54 个环形构造,作了大致的成因分类。一类环形构造如南充—巴中—仪龙,五宝场等系基底环形的磁性硬块所控制的。(见图版 I 图 4)。上述三个环形的卫星影像与所叠合的环形的航磁异常吻合得比较好。这些航磁( $\Delta T$ )等值线所显示的环形体表明盆地基底存在着古老的磁性硬块。当然,古老基底的磁场强度并不是完全一致的。南充附近的磁性硬块的磁场强度高达 +480r,巴中—仪龙的略低为 +235r,五宝场磁性硬块磁场强度更低,位于 +80r—80r 之间。五宝场基底弱磁性硬块在叠合图中轮廓颇为清晰,呈直径 64 公里的环形体。环形体中还包含着若干个次一级的小异常体。它比卫星影像中所显示的环形体略大。从前,对川陕边境大巴山系的弧形形态以及川东山系喇叭形口的展布问题,有颇多的解释。常常借助于遥远的汉中地块、黄陵地块,这些出露于地表的古老的地块,作

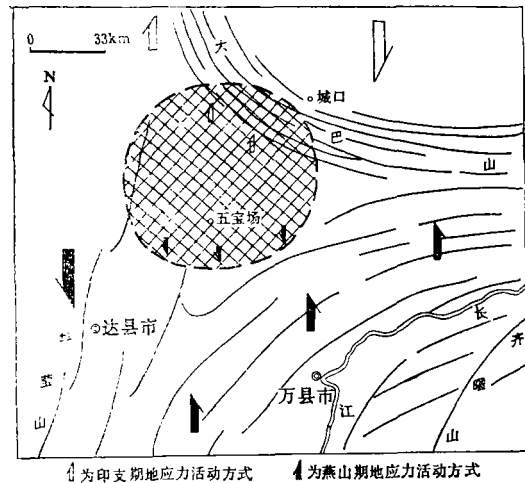


图 6 盆地基底五宝场环形磁性硬块与盖层构造线展布关系图

Fig. 6 The relationship between the structure line of superjacent strata and cycle feature of magnetic basement

为边界条件来进行推测。某些工作者还就此进行了泥巴模拟试验。但结果往往比较牵强。五宝场基底环形硬块的发现\*,揭开了川东山地喇叭形口展布的谜。这个硬块正位于这个喇叭形口中,控制了盆地盖层构造线的展布形态(图6)。

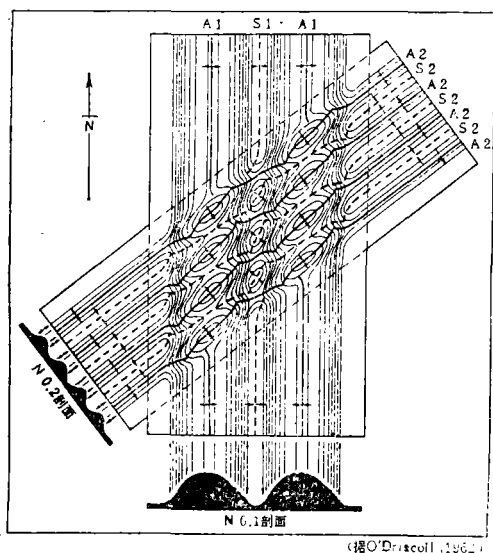


图7 两期不同方向背斜横跨模式

Fig. 7 The interference of two anticlines in different directions

另一类环形构造,位于两期不同方向构造线横跨的部位(图7)。比较常见的有北东东向与北北东向的横跨;北西向与北东向的横跨。这类环形构造影响较浅仅波及到古生界以后的沉积盖层。研究区内所发现的54个环形构造,其中大多数属于这一类。对油气运移储集的意义较大。常常成为地下有利的圈闭构造。亭子铺、沙罐坪两环形构造,分别位于达县市东南,东数十公里,已证实为具有一定工业规模的圈闭构造。它们位于同一个北东东向航磁梯度带上。环形构造的中心分别位于航磁梯度带所代表的隐伏北东东向构造与北北东向构造,北西向构造横跨交汇处。此外,尚有其他一系列的环形构造,如涪阳坝,竹峪关,马槽坝,黑楼门以及五宝场内,万县宽间斜

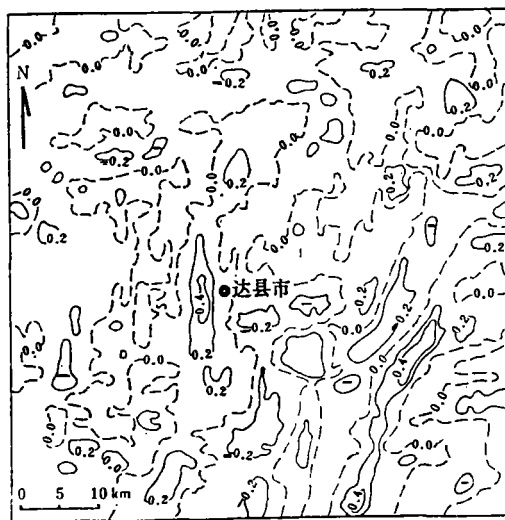


图8 卫星影像灰度(七波段)与航磁相关分析图

Fig 8 The related analysis between the aeromagnetic data and the 7 band brightness

\* 编者批注:大巴山弧形构造与川东弧形断褶带,系两个更大圆形结构的边缘,实际是控制本区大地构造的基底背景。

内的一些次一级的环形构造,它们的成因都属于两个不同时期,不同方向构造横跨的同步现象。目前这些环形构造,工作程度都很低,是有希望的勘探靶区。

### 四、结 论

借助 SIOI 系统将卫星影像与地球物理图像进行叠合,它的优点是使多种信息之间的空间关系直观醒目,基本上已能满足含油区深部地质构造研究的目的。通过叠合不仅大大深化了区域地质构造的认识程度,而且获得了一批有希望的远景区。但从本质上看,这种方法仍然是一种光学方法,是一种借助于计算机图像显示系统所完成的图像叠合功能。

如前所述,我们在本次研究工作中,亦曾以 2 × 2 采样的达县市子区为例,在通用机中进行了数字叠合以及相关分析的试验(图 8, 9, 10)。七波段的灰度信息,主要通过地面形态的反差,反映表层构造线的展布特征。航磁和重力值则主要反映盆地基底构造特征。由于四川盆地盖层构造和基底构造十分不协调,因此上述几种信息复合以后所进行的相关

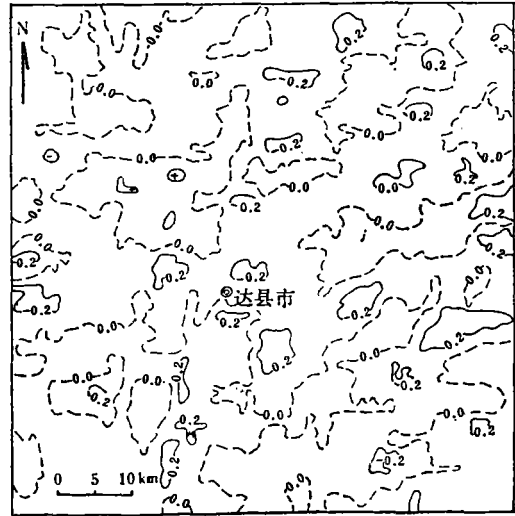
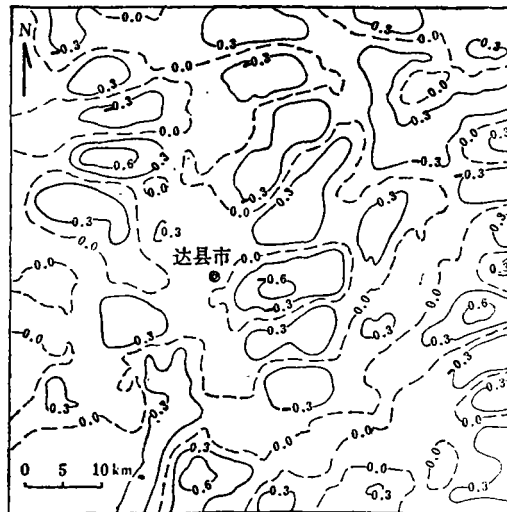


图 9 卫星影像灰度(七波段)与重力相关分析图  
Fig. 9 The related analysis between the gravity data and the 7 band brightness



航磁、重力相关分析图

图 10 卫星影像灰度(七波段)与航磁、重力相关分析图

分析,相关性不好。相关系数均在  $\pm 0.5$  以内,且相关系数等值线的形态多呈短轴状。国外,目前十分推崇这种多信息源的复合方法<sup>[3,4]</sup>。可见,其效果必须根据不同的对象选择不同的信息进行复合处理。但是这种方法的摸索还是很有意义的,这为遥感微机数据库的筹建迈出了有力的一步。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] R. Perterson, Oil and Gas Exploration by Pattern Recognition of Lineament Assemblages Associated with Bends in Wrench Faults, Proc. Int. Symp. Remote Sens. Environ. Vol. 2. pp. 993—1014, 1979.
- [ 2 ] 茹锦文等,利用卫星遥感以及地球物理信息的叠合研究川东北区域地质构造,中国岩湾,第四卷,第三期, p. 279—286,1985.
- [ 3 ] P. V. Florensky et al., Combined Formalized Processing of Space Image and Geological Geophysical Data in Connection with the study of Deep Structure of Petroliferous Platform Regions, Proceedings of the First Annual Willian T. Pecora Memorial Symposium. p. 11—18, 1977.
- [ 4 ] Hall, J. R., Remote Sensing Application to the development of an intergrated data base for oil and gas exploration. Proceedings of an EAR Sec-ESA Symposium. Igls. Austria. 20—21, 1982.

## Remote Sensing, Geological and Geophysical Data in Connection with the Study of Deep Structure of Petroliferous Platform Region

Ru Jinwen    Hwang Reizhao

(*Institute of Karst Geology*)

### Abstract

Research district is located in the Northeastern part of Sichuan province, west of China. In order to select the target of petroleum exploration, images of landsat were superimposed regional geophysical data (aeromagnetic, gravity) and were analyzed connecting with regional geological data. As a result, some subtle-inherited fault zones and a series ring-shape structures are discovered. These structures are closely related to the existed petroleum structure, and provided some prospect regions for oil and gas exploration in the future.

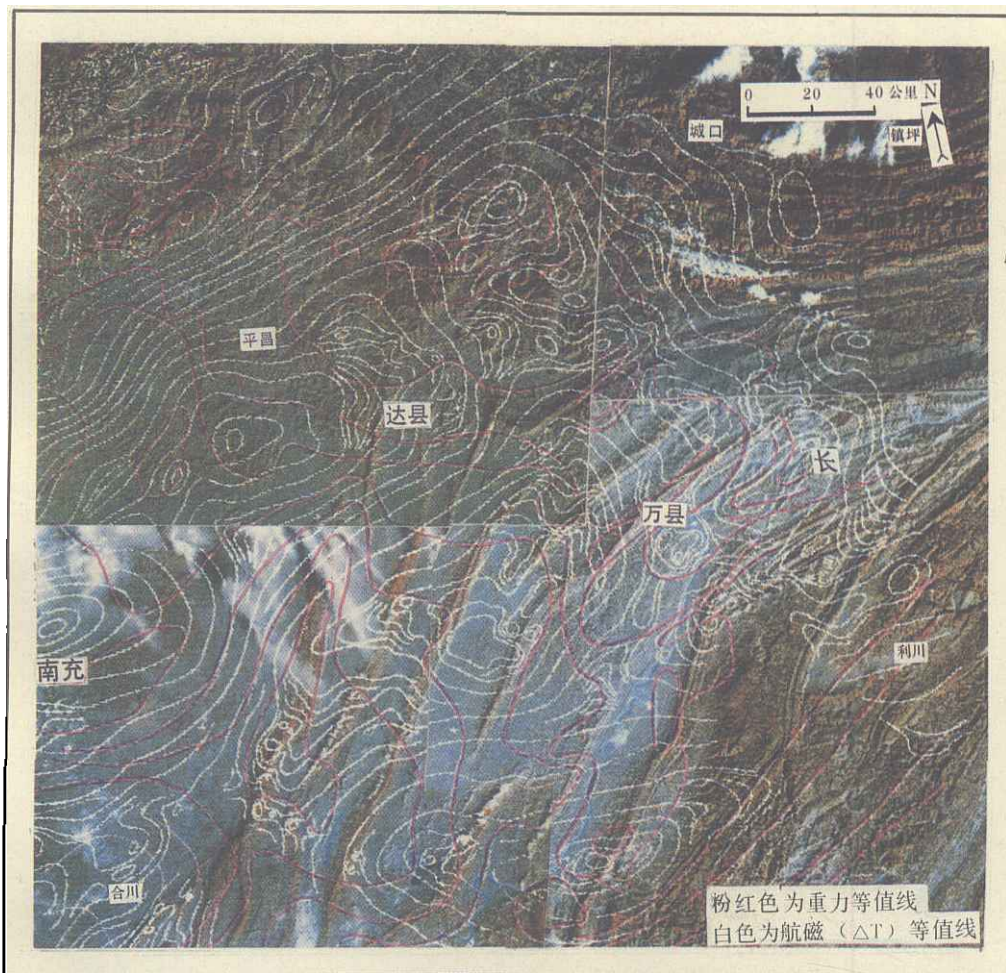


图4 川东北卫星影像与航磁( $\Delta T$ )重力叠合图