

中國主要活動斷裂帶 衛星圖像集

國家地震局地震研究所 編

科學出版社

中國主要活動斷裂帶 衛星圖像集

國家地震局地震研究所 編

科學出版社



中国主要活动断裂带卫星图像集

国家地震局地震研究所 编

主 编：谢广林

副 主 编：李志良

编 辑：胡庭辉 朱源明 孔凡健 蒋蔺珍

古成志 范治如

图 像 制 作：余步厚 李永芳

英 文 翻 译：周秀琼

地势图编绘：邹廉介

英 文 校 译：傅惠生(武汉大学) 黄广思

图 件 清 绘：岳书玉 于 桦 张飞飞 耿爱玲

序

I

《中国主要活动断裂带卫星图像集》一书的出版，是地学研究的又一可喜成果。这本图像集从卫星遥感的角度展现了中国主要活动断裂带的影像概貌，宏观地展示了各断裂带的整体特征。

遥感技术日新月异的发展，推动了包括中国活动断裂研究在内的地学研究的巨大进展，而这本图像集则是遥感技术应用与活动断裂带研究相结合的一范例，是遥感技术应用于地震地质的新开拓。

这本图像集以地震地质学理论为基础，选取了中国50条主要活动断裂的卫星图像，分别对其进行光学和数字化处理以及镶嵌拼接，因而得以从直观到信息、从整体到局部、从宏观到微观，系统而深入地剖析各断裂带，作出和编制各断裂带的地震构造解译图及其说明，阐述各断裂带的概况、影像信息特征及其有关动态和地震活动状况。

这本图像集囊括了我国主要活动断裂带的绝大多数，因此可以从了解中国活动断裂的梗概，对比研究各主要活动断裂带的特征。图像集引用了二百多幅处理图像，提取了各断裂带重要地段的影像信息，增强了各断裂带隐伏地段的线性信息，为剖析各断裂带的动力学与运动学特征，获得了极其良好的效果。图像集对某些断裂带的展布提出了一些新认识，这是应用卫星图像解译的结果，值得进一步考察和验证。

当前的科学发展需要联合，需要综合。可以说，本图像集是适应科学发展的潮流，在地震地质、遥感技术、图像处理、航测制图等多种专业人员的相互配合、协同攻关下，是几种学科相互渗透、融会贯通而结出的丰硕成果。我祝贺图像集的出版，祝贺它在应用遥感技术研究地震地质的进程中进行了新的开拓。

马杏垣

1989年5月

序

II

国家地震局地震研究所编辑的《中国主要活动断裂带卫星图像集》现在和广大读者见面了，对此，我表示热烈的祝贺！

这部大型专题影像图集的出版，标志着我国卫星遥感应用，已经进入一个专业深化的新阶段。在《图像集》中，精选了我国50条主要活动断裂带，分别进行陆地卫星影像拼接；并对各条断裂带的重要和隐伏地段，进行大量计算机和光学图像增强处理，获得了十分成功的直观效果。同时根据现有的遥感资料、地质文献和地震记录，编制各断裂带的解译图，详尽准确，深入浅出。这样着重于区域构造和活动断裂特征的卫星影像典型分析图集，国内外均属首创。

从70年代开始，我国学者对卫星影像所反映的线性和环形构造形迹，进行了全国和地区的宏观分析，获得许多新的认识和概念，并为地质学界和工程学界所应用。欧美及苏联应用卫星影像，对多级大地构造体系的解译，也进行了大量的工作和多方面的探索，例如，将环形构造，控矿构造应用于找矿、找油、找水等领域，取得了一定的进展，也引起了我国地学界的注意。在地震研究所编辑出版的这部《图像集》中，把瞬时的卫星遥感影像，应用于漫长的地壳活动的研究，不仅为地球岩石圈动力学和自然环境变迁的研究开辟了一条新路，而且是遥感应用于地球动态观测和地震活动研究等领域的大胆尝试。

科学技术贵在创新，文化艺术贵在开拓。我对这部《中国主要活动断裂带卫星图像集》的出版是寄予厚望的。这部《图像集》选题突出，分析确切，图文并茂，内容丰富，结构新颖，雅俗共赏。它既是一部严谨的科学著作，又是一本瑰丽的艺术珍品；无论是我国遥感科技工作者或是其他地学工作者都可从中获得新的启迪，对于我国社会主义建设，则是一份宝贵的科学财富和出色的奉献。

陈世烈

1989年5月

前言

当代,航天遥感技术的发展为地球科学研究开辟了新的途径,目前许多国家已普遍应用遥感技术来研究地学中的若干重要领域,其中包括构造地质、矿床地质、地震地质等。在地震地质方面,卫星图像不仅直观地展现了活动构造的形态,而且宏观地展现了活动构造的全貌,为分析构造的活动状态及其与地震活动的相关性,为分析发震构造与孕震地段提供了丰富的信息。编辑这本图像集,旨在展示中国主要活动断裂带的影像全貌,并进行解译与分析,以供同行交流和研究者参考。本图像集的出版,期望在地震地质、烈度区划、地震危险区预测、构造地质、矿床地质、水文地质、工程地质、灾害地质、地貌与新构造运动的研究和有关的国民经济建设中能起到一定作用。

本图像集系在全面调查和系统分析中国活动断裂的基础上,选取了50条具有代表性的重要活动断裂带进行研究和编辑。本图像集几乎囊括了中国的主要活动断裂带。这些断裂带短者近200公里,长者逾1500公里,它们分布在中国各个区域,因此可以从中学了解中国活动断裂的基本状况,对比研究各主要活动断裂带的总体特征。这些断裂带在晚第三纪—第四纪时具有强烈的或明显的活动,在近代常常产生一些强震,它们的活动特征基本上反映了中国活动断裂的状态。对于单条断裂带来说,则可以通过镶嵌图像认识它们的全貌,并可以从整体到局部、从宏观到微观,逐步深入地分析各断裂带的动力学与运动学的信息特征。

50条断裂带的图像分别由几幅至30多幅卫星像片镶嵌而成,它们系按经纬格网或根据地理底图进行镶嵌拼接的。各断裂带镶嵌所用的多光谱扫描仪(MSS)粗制像片均选自美国陆地卫星L-1,L-2和L-3号。为了确保各条断裂带的主题鲜明、影像清晰、形态突出、色彩协调,应用的卫星底片都经过反复的筛选,并在同一断裂带中选用时相、清晰度与反差基本相近的底片。在放大像片与复照、复印过程中,通过选用不同摄影材料与处理方法,使同一断裂带镶嵌像片的色调基本一致。为了确保镶嵌图像的精度,拼接的像片比例尺一般放大到1:50万至1:100万,最后缩小为原图像的1/2至1/3。

本图像集各断裂带均附有经光学处理和数字化处理的局部地段卫星图像,以增强和突出重要地段与隐伏地段的线性构造,补充说明镶嵌图像中的影像信息,从而提高本图像集的科学性和使用价值。光学处理采用假彩色合成、假彩色密度分割、位相调制假彩色编码(本图

像集简称假彩色编码)等方法。图像集中选用的假彩色合成图像共70幅,它们的影像细节丰富,信息量大,立体感强,色彩鲜艳,较好地突出了各断裂带的主体线性构造。假彩色密度分割图像共选用26幅,它们的色彩对比分明,许多不明朗的线性构造经过输入扩张后,往往成为两种色彩的分界线,并在某些区域获得良好的效果。假彩色编码图像共选用37幅,它们所提取的线性构造醒目,影像层次清楚,在第四系覆盖区可大大增强隐伏断裂的线性信息。数字化处理图像共选用86幅,它们都是从卫星视频图像磁带中利用计算机图像处理系统直接提取出来的,分别采用了假彩色、算术运算、辐射变换、多波段频谱变换、空间变换、集群分类等所属20多种功能,图像的信息丰富,主题鲜明,并削减了云遮、冰雪、第四纪沉积物、地表水与植被等不利因素及噪声的影响,提取和增强了隐伏断裂的线性信息,获得了相当良好的效果。

各断裂的解译图系在参考了地质图件、地震构造图件、地震目录及其它有关资料的基楚上,根据各断裂带的镶嵌图像和处理图像编制而成。从研究新构造运动与活动构造的角度出发,解译图将早第三纪及以前岩层组成的山地、丘陵划归于隆起区,将上第三系与第四系覆盖的平原区划归于沉降区或盆地沉积,但台湾与塔里木盆地西北边缘的上第三系业已褶皱成山,所以也划归于隆起区范畴。解译图中标绘的地震震级一般取 $M \geq 5$ 级,地震活动频繁的南北构造带南部六条断裂带,以及帕米尔北缘、柯坪山、燕山南麓等断裂带只标绘 $M \geq 5\frac{1}{2}$ 级,台湾地区只标绘 $M \geq 6$ 级。解译图编绘的地震资料截止于1986年,且只注明其中几次较大震级的地震参数。各断裂带的文字说明列于本图像集后面,主要阐明各带的基本概况,影像信息特征,活动状况与地震活动等问题。

本图像集应用了多片种、多卫星、多波段、多时相、多方法、多功能来提取各断裂带的线性信息,系统地分析各断裂带的影像特征。本图集是地震地质、遥感制图等多种专业人员相互配合、协同攻关的结晶。

本图像集在研究与编辑过程中,始终在国家地震局科技司的关怀与领导下,并承蒙马杏垣、陈述彭、丁国瑜、马宗晋、郭增建、李坪等教授提出许多建设性的修改意见,以及有关单位和专家的大力协助与提供宝贵资料,特此一并致谢!

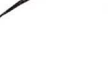
目 录

序 I	i	25. 西秦岭断裂带	58—59
序 II	ii	26. 金沙江断裂带	60—61
前言	iii	27. 鲜水河断裂带	62—64
图例	1	28. 龙门山断裂带	65—67
中国及邻区地势	2—3	29. 怒江断裂带	68—69
1. 富蕴断裂带	4—5	30. 洱海北部断裂带	70—71
2. 婆罗科努山断裂带	6—7	31. 安宁河-小江断裂带	72—73, 77
3. 巴里坤断裂带	8—9	32. 红河断裂带	74—76
4. 帕米尔北缘断裂带	10—11	33. 西拉木伦河断裂带	78—79
5. 柯坪山断裂带	12—13	34. 依兰-伊通断裂带	80—81
6. 秋立塔格断裂带	14—15	35. 密山-敦化断裂带	82—83
7. 库鲁克塔格断裂带	16—17	36. 河套断裂带	84—85
8. 疏勒河断裂带	18—19	37. 燕山南麓断裂带	86—87
9. 塔什库尔干断裂带	20—21	38. 汾河断裂带	88—89
10. 车尔臣河断裂带	22—23	39. 渭河断裂带	90—91, 116
11. 康西瓦断裂带	24—25	40. 太行山山前断裂带	92—93
12. 阿尔金山断裂带	26—28	41. 汉中-武当断裂带	94—95
13. 祁连山断裂带	29—31	42. 大别山断裂带	96—97
14. 毛毛山-西华山断裂带	32—33	43. 郯城-庐江断裂带	98—101
15. 昆仑山断裂带	34—36	44. 右江断裂带	102—103
16. 库赛湖-玛沁断裂带	37—39	45. 灵山断裂带	104—105
17. 狮泉河断裂带	40—41	46. 河源-邵武断裂带	106, 107, 113
18. 班公湖-色林错断裂带	42—44	47. 长乐-南澳断裂带	108—109
19. 雅鲁藏布江断裂带	45—47	48. 台湾断裂带	110—111
20. 当惹雍错断裂带	48—49	49. 台东纵谷断裂带	112
21. 当雄断裂带	50—51	50. 琼北断裂带	114—115
22. 嘉黎-察隅断裂带	52—53	《中国主要断裂活动带卫星图像集》说明	117—146
23. 贺兰山东缘断裂带	54—55	编后话	147
24. 六盘山断裂带	56—57		

L E G E N D

活动构造

ACTIVE STRUCTURE

-  主干断裂
Major fault
-  一般断裂
General fault
-  推测或隐伏断裂
Conjectural fault or hidden fault
-  正断层(单齿线为上盘下降)
Normal fault(burb shows subsidence of up side)
-  逆断层(双齿线为上盘逆冲)
Thrust fault(double burb shows thrust of up side)
-  平移断层
Strike-slip fault
-  线性影象
Linear image
-  环形构造
Circular structure
-  背斜轴
Anticline showing axis
-  向斜轴
Syncline showing axis
-  盆地及其边界
Basin and its boundary

新构造隆起与沉降

NEOTECTONIC UPHEAVAL AND SUBSIDENCE

 新构造隆起区(出露岩层有太古界Ar、元古界Pt、古生界Pz、中生界Mz、白垩系—第三系K—R、下第三系E、花岗岩类 γ_1 — γ_5 、闪长岩类 δ_4 — δ_5 等。台湾与塔里木盆地西北缘的上第三系N也褶皱隆起成山)

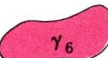
Neotectonic upwarped district (exposed rock formations contain Archaeian group Ar, Proterozoic group Pt, Palaeozoic group pZ, Mesozoic group Mz, Cretaceous system—Tertiary system K—R, Eogene system E, granites γ_1 — γ_5 , diorites δ_4 — δ_5 , etc, the Neogene system N in Taiwan Province and on the northwest margin of Tarim Basin also folded and uplifted as mountains)

 新构造沉降区或断陷、拗陷沉积区,(沉积地层包括新生界Kz上第三系N与第四系Q)

Neotectonic depression or fault depression (depression strata contain Cenozoic group Kz, Neogene system N and Quaternary system Q)

新生代岩浆活动

CENOZOIC MAGMATISM

-  新生代花岗岩
Cenozoic granite
-  新生代超基性岩
Cenozoic ultrabasic rock
-  新生代玄武岩(分为晚第三纪—早更新世 β_6^1 、中更新世 β_6^2 、晚更新世 β_6^3 、全新世 β_6^4)
Cenozoic basalt (divided into Late Tertiary—Early Pleistocene β_6^1 , Middle Pleistocene β_6^2 , Late Pleistocene β_6^3 and Holocene β_6^4)
-  新生代安山岩
Cenozoic andesite

地震

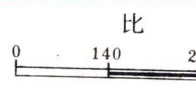
EARTHQUAKE

-  1900年以前地震
Earthquake before 1900
-  1901—1986年地震
Earthquake during 1901—1986
-  $M \geq 8$
-  $7 \leq M < 8$
-  $6 \leq M < 7$
-  $5 \leq M < 6$

其它

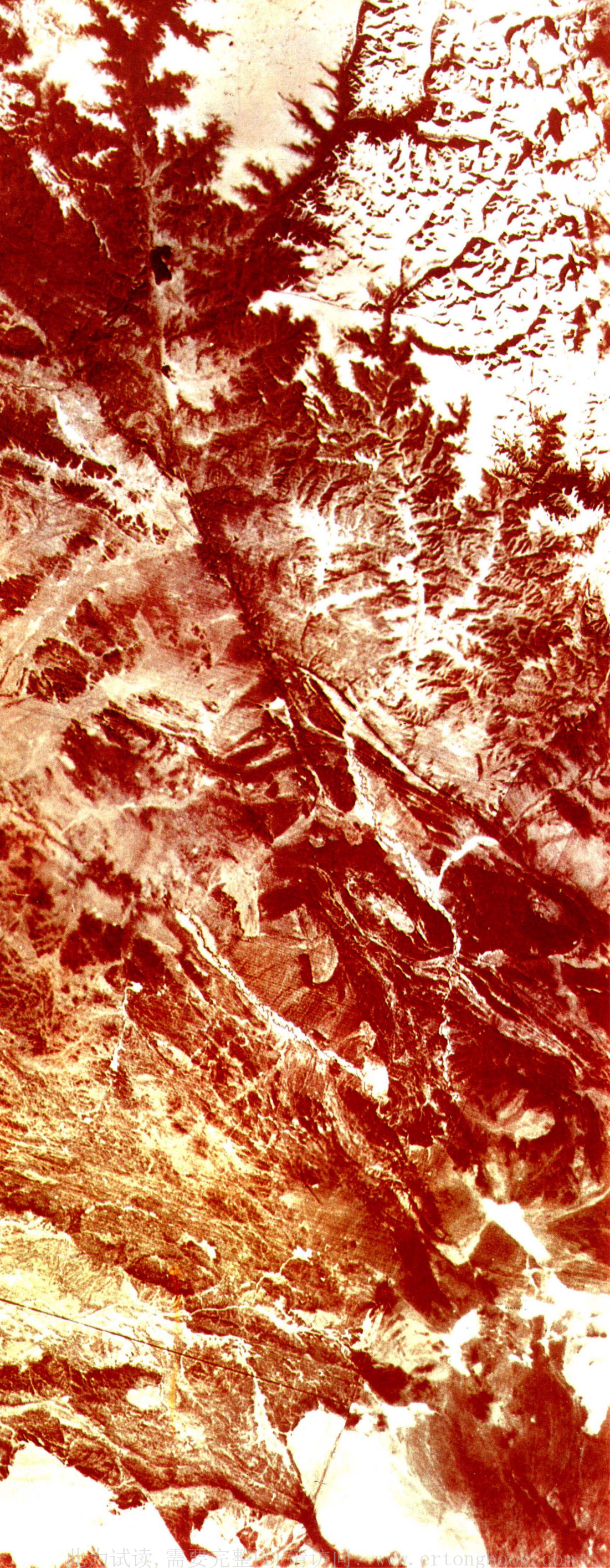
OTHERS

-  地质界线
Geologic boundary
-  火山口
Crater
-  山峰及海拔高程
Mountain peak and its elevation
-  高程点及海拔高程
Altimetric point and its elevation

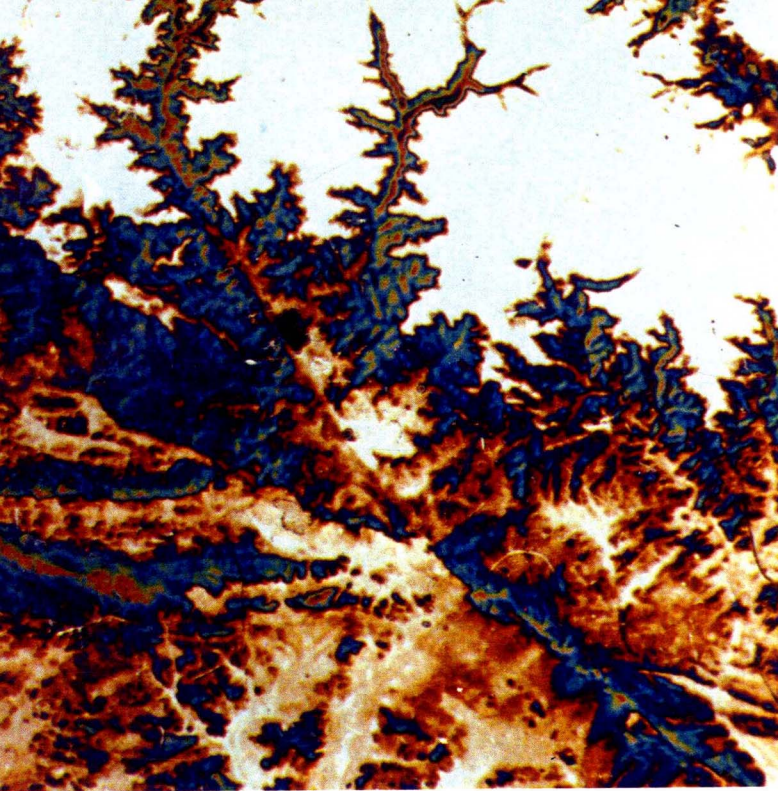


IN CHINA AND ITS ADJACENT REGIONS





本带位于新疆北部阿尔泰山西南坡，以北北西向的可可托海—二台断裂为主干，长约200公里。本带在卫星图像上影像清晰，线性明显，尤以主干断裂北段和中段最醒目。应用假彩色编码、假彩色密度分割、假彩色合成以及数字化等方法，分别对断裂各段进行图像处理，其结果增强了断裂活动形迹的信息和南段的线性影像，在中段还提取了过去未曾发现的两条北东—北东向线性影像。主干断裂在新构造运动时期以右旋平移错动为主，北段和中段兼具强烈的垂直差异错动。1900年至今，主干断裂曾发生6次 $M \geq 5$ 级地震，以1931年富蕴8级地震最大，并产生176公里长的地震断层。

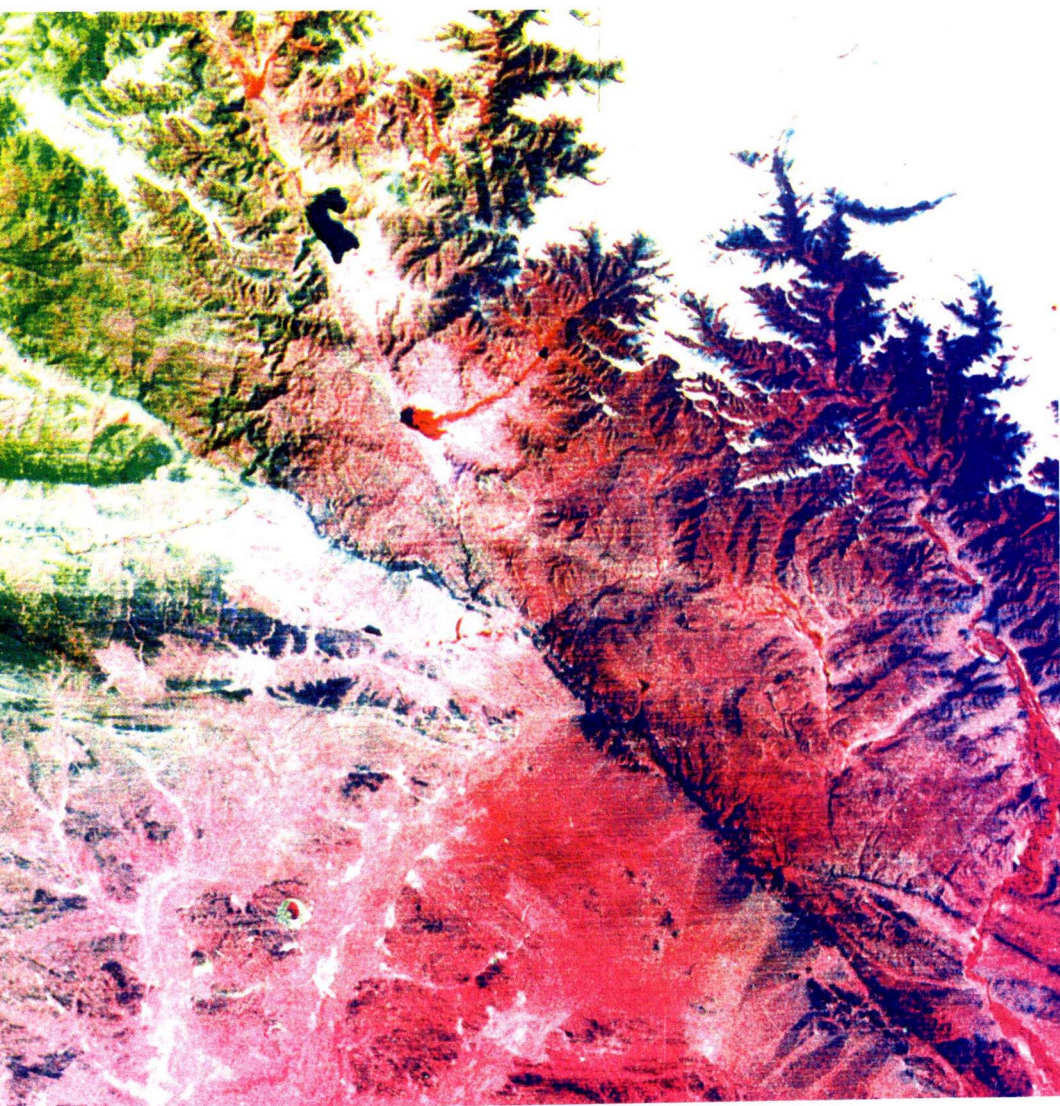
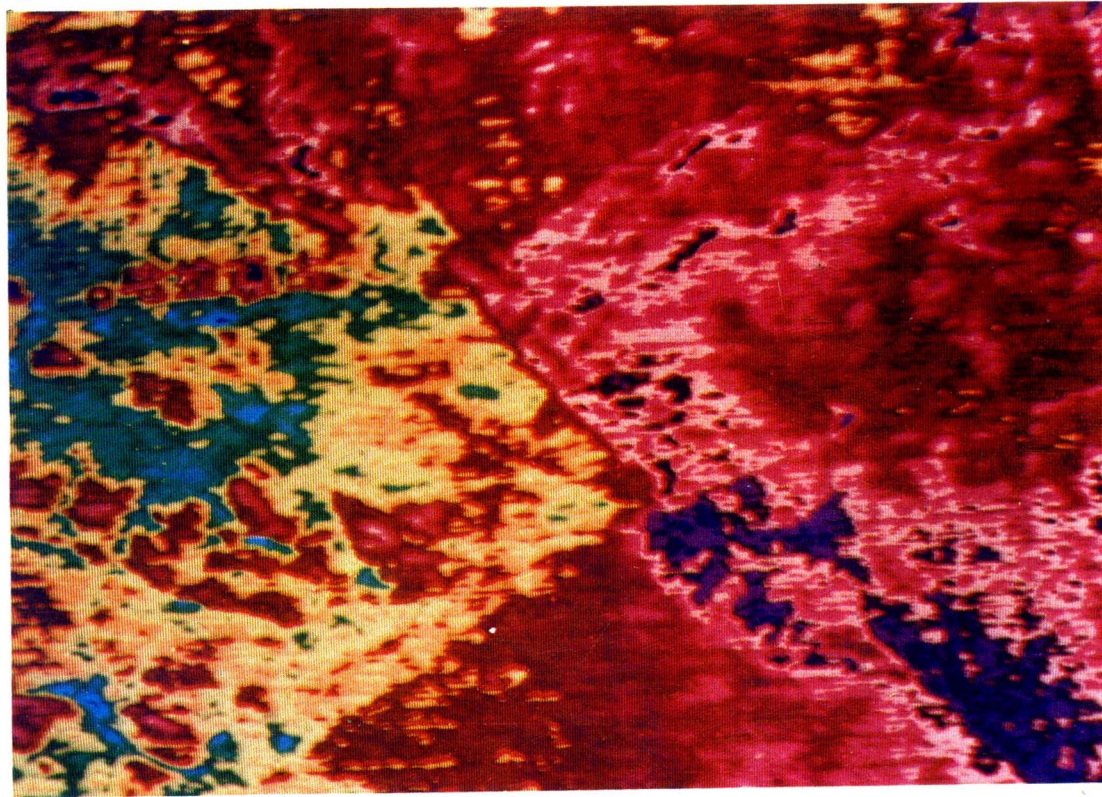


1. 富蕴断裂带

FUYUN FAULT ZONE

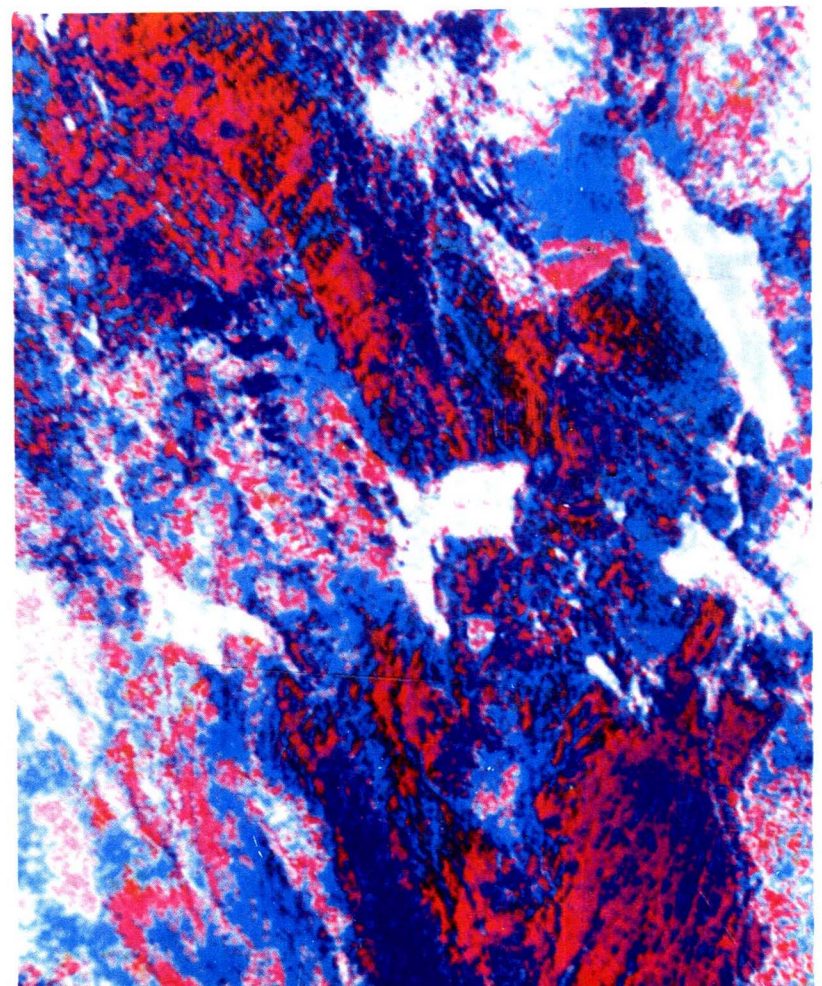
↑ 1-1 假彩色编码 L-2 MSS 7 富蕴
北北西向的主干断裂切割北西西向断裂

⇔ 1-2 假彩色密度分割 L-2 MSS 5 喀拉通克
北东东向线性构造与北北西向主干断裂的交切关系



↑ 1-3 假彩色合成 L-2 MSS 7, 5, 4 喀拉通克
北北西向主干断裂与1931年8级地震震中区的构造影像

↓ 1-4 数字化处理, 哈达姆变换(2)分量图像参与的卷积、
假彩色综合处理 L-1 MSS 7, 6, 5, 4 喀斯克尔索克坎
断裂带南段呈斜列式展布的北西向断裂影像



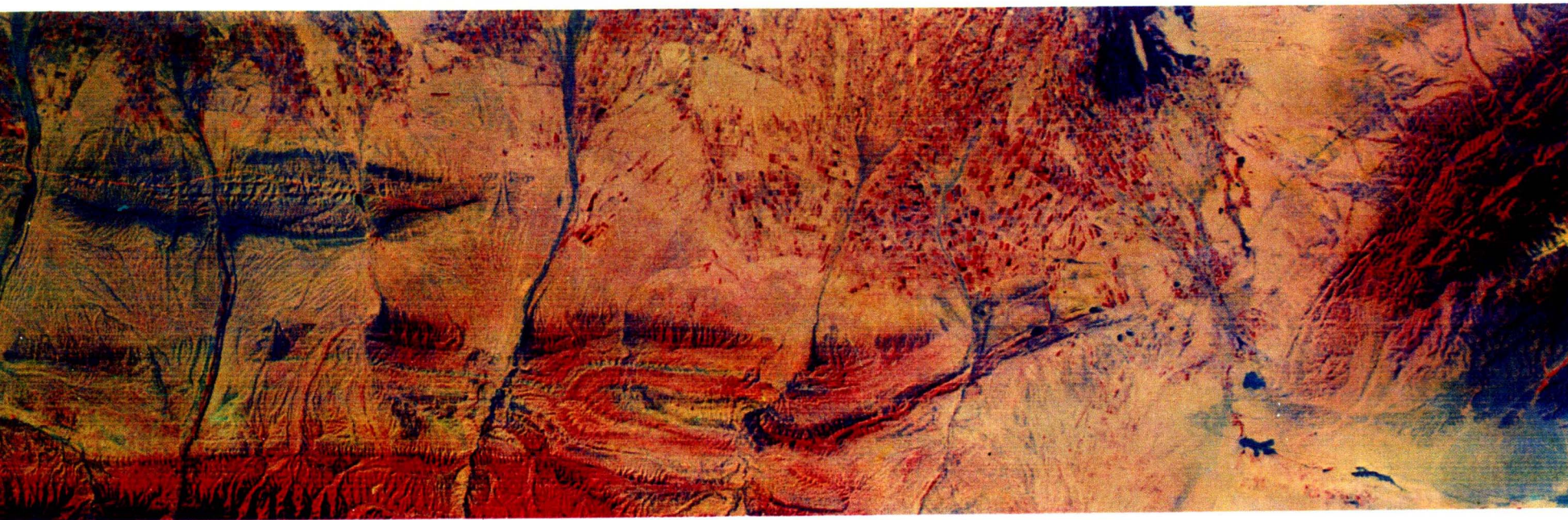


图 2-1 假彩色合成 L-2 MSS 7,6,4 乌鲁木齐(西)
近东西向断裂与晚第三纪—早更新世的褶皱影像

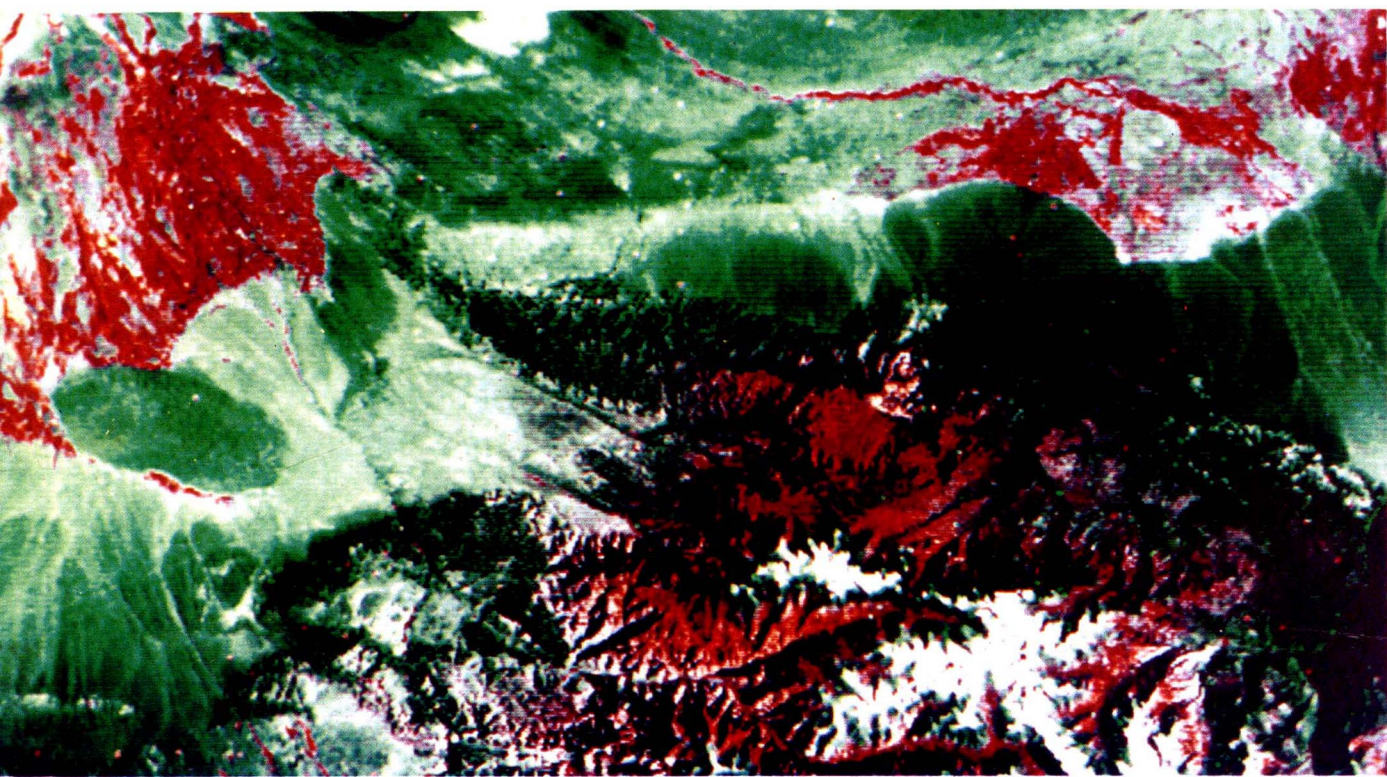


图 2-2 数字化处理,局部增强 L-2 MSS 7,5,4 精河(南)
隐伏于第四系与高山冰雪下的精河-托克逊断裂线性影像及其与另一北西向断裂(照片右侧)的交切关系

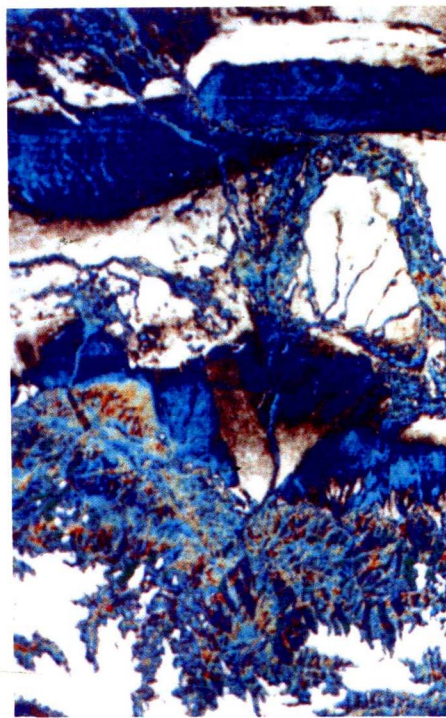
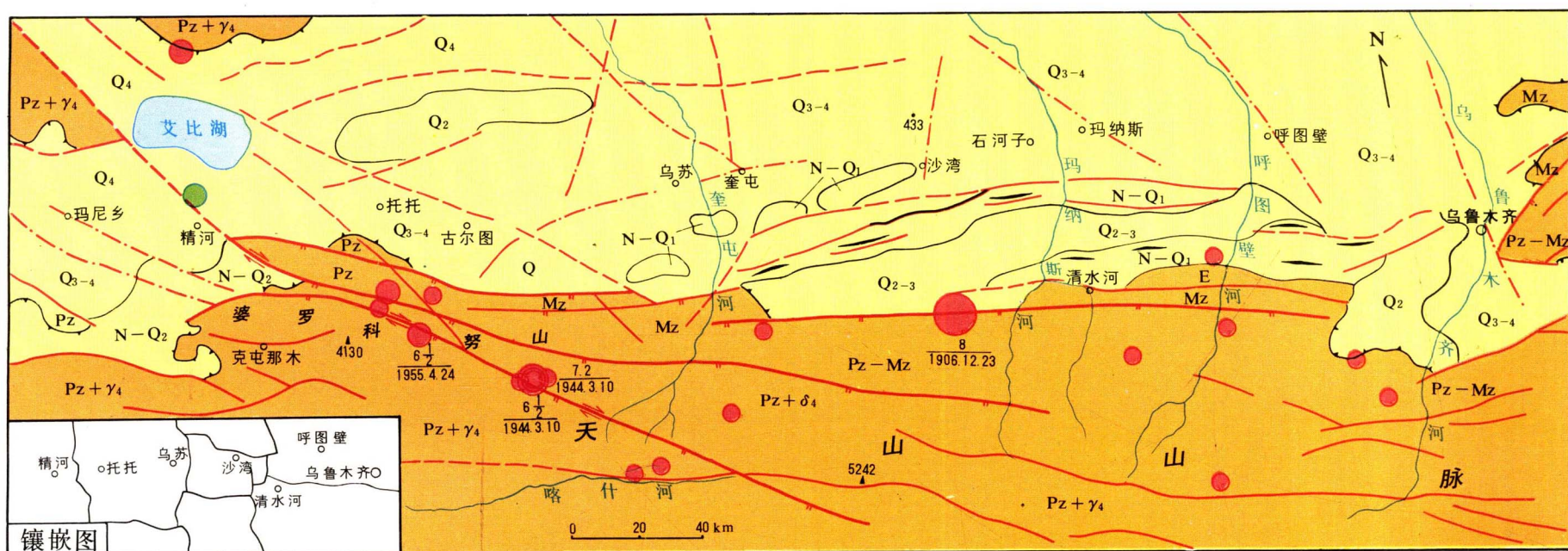


图 2-3 假彩色编码 L-2 MSS 7,5,4
北西向线性构造与北东东向构造的交切关系

2. 婆罗科努山 断裂带

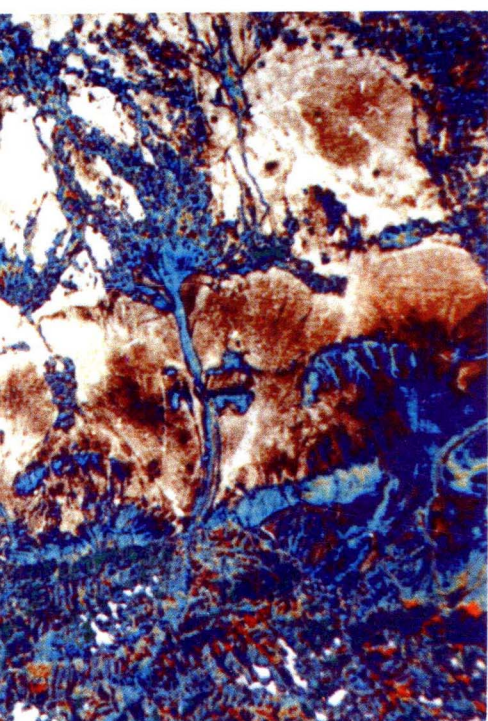
BOROHOROSHAN FAULT ZONE

本带位于新疆乌鲁木齐以西，由几条近东西向、北西西向断裂组成，以精河-托克逊断裂的规模最大，长约400公里。这几条断裂均倾向南，成生时代自南往北逐渐递新，它们在卫星图像上大多有良好的线性显示，并表现为深、浅两种色调的分界线。图像处理之结果，增强



了第四系覆盖区的断裂线性信息。数字化局部增强处理的图像，还提取了冰雪掩盖下的断裂影像。该带的强烈活动造成天山的断块隆起和北坡的阶梯状断陷，清水河断裂以北则形成强烈断陷的准噶尔盆地。

本带断裂的新活动主要表现为逆冲倾向滑动，其中北西向断裂兼具明显的右旋走向错动。1900年以来，这些断裂的活动产生20多次 $M \geq 5$ 级地震，以1906年清水河断裂中段的8级地震最大。



苏一带

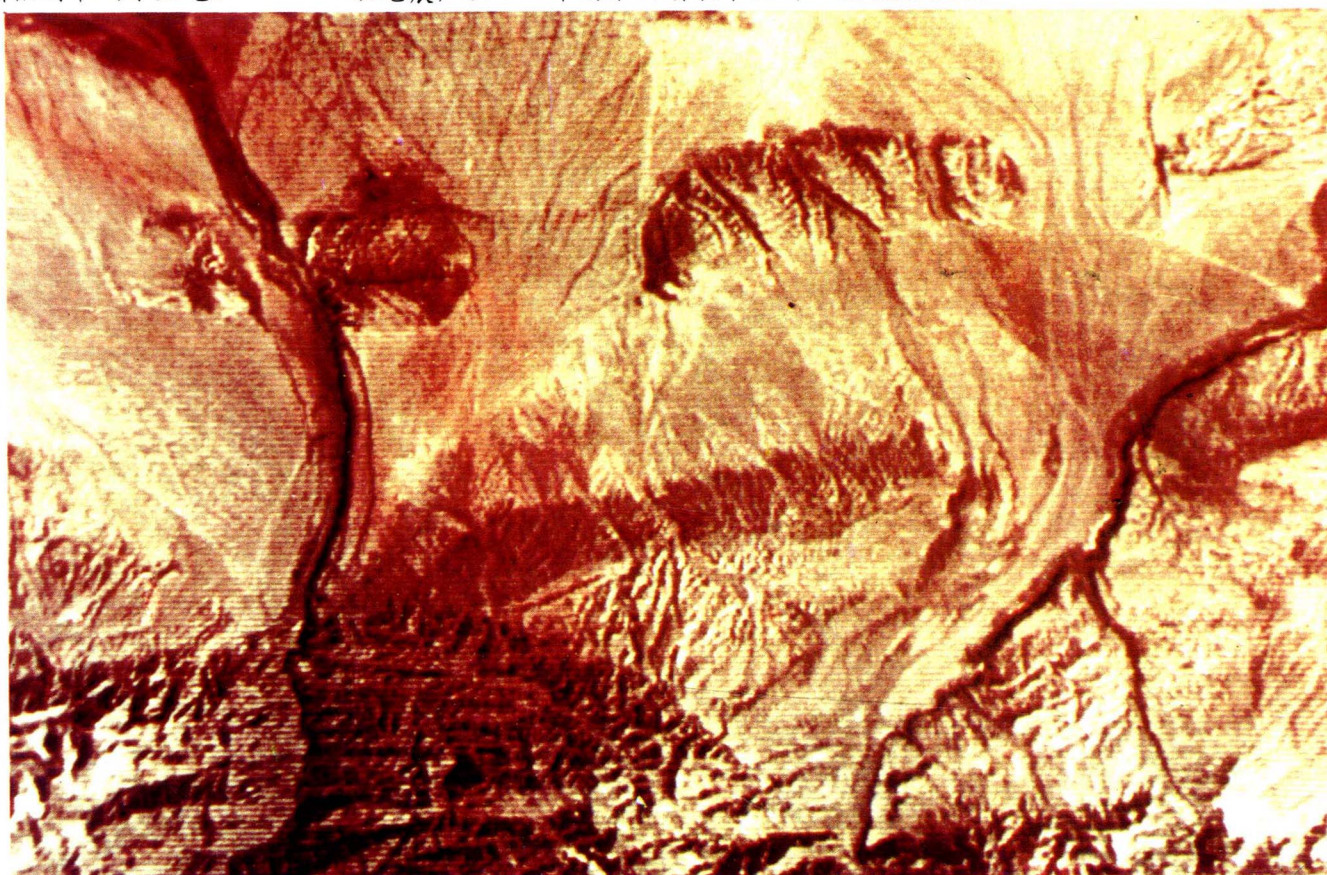
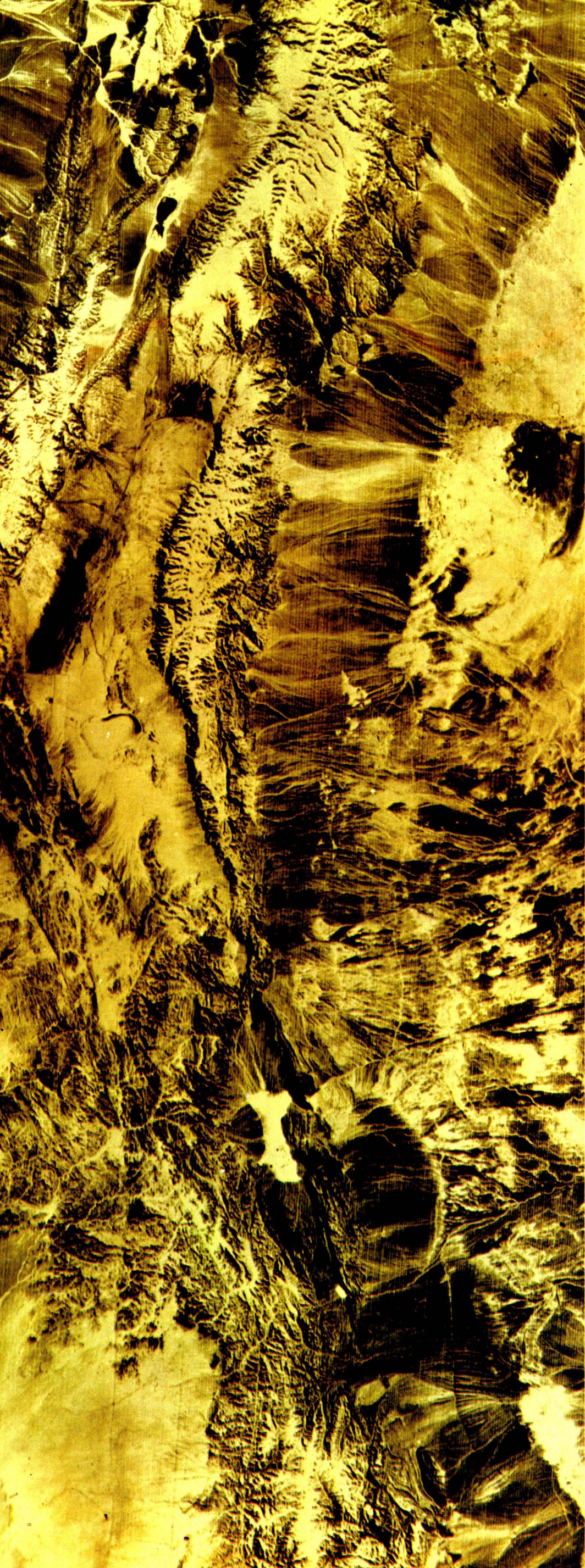
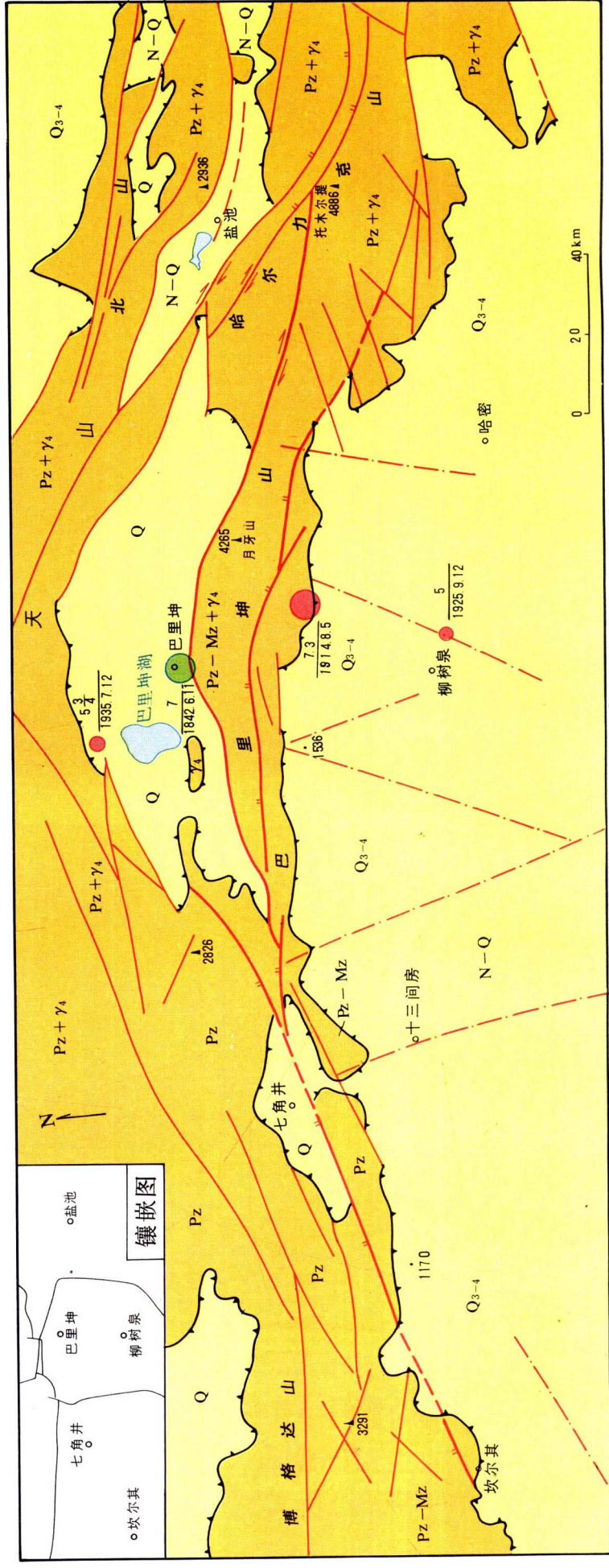


图2-4 数字化处理，比例扩张 L-2 MSS 7,5,4 乌苏
近东西向断裂及晚第三纪—早更新世褶皱影像



本带展布在新疆东部，由几条近东西向的弧形断裂组成，以七角井-巴里坤断裂为主干，长逾320公里。本带各断裂的线性影像醒目，主干断裂的断崖、三角面及悬谷的形态清晰，且具高低不同的层状现象。图像处理结果，提取了巴里坤山和雪下的断裂影像，并可见到断裂两侧山脊线与河谷的扭动变形，反映了主干断裂东段兼具右旋错动。新构造运动时本带主要表现为垂直差异错动，造成海拔逾4000米的巴里坤断块山与其北侧第四系厚约500米的断陷盆地成为鲜明的对照；另一方面，巴里坤山的断块隆起还自北而南呈阶梯状的倾斜断陷。一百多年来，本带只发生四次 $M \geq 5$ 级地震，其中7级和7.3级地震发生在巴里坤断块山边缘，并分别产生长20公里、垂直错距1米的地震断层。



3. 巴里坤 断裂带

BARKOL FAULT ZONE

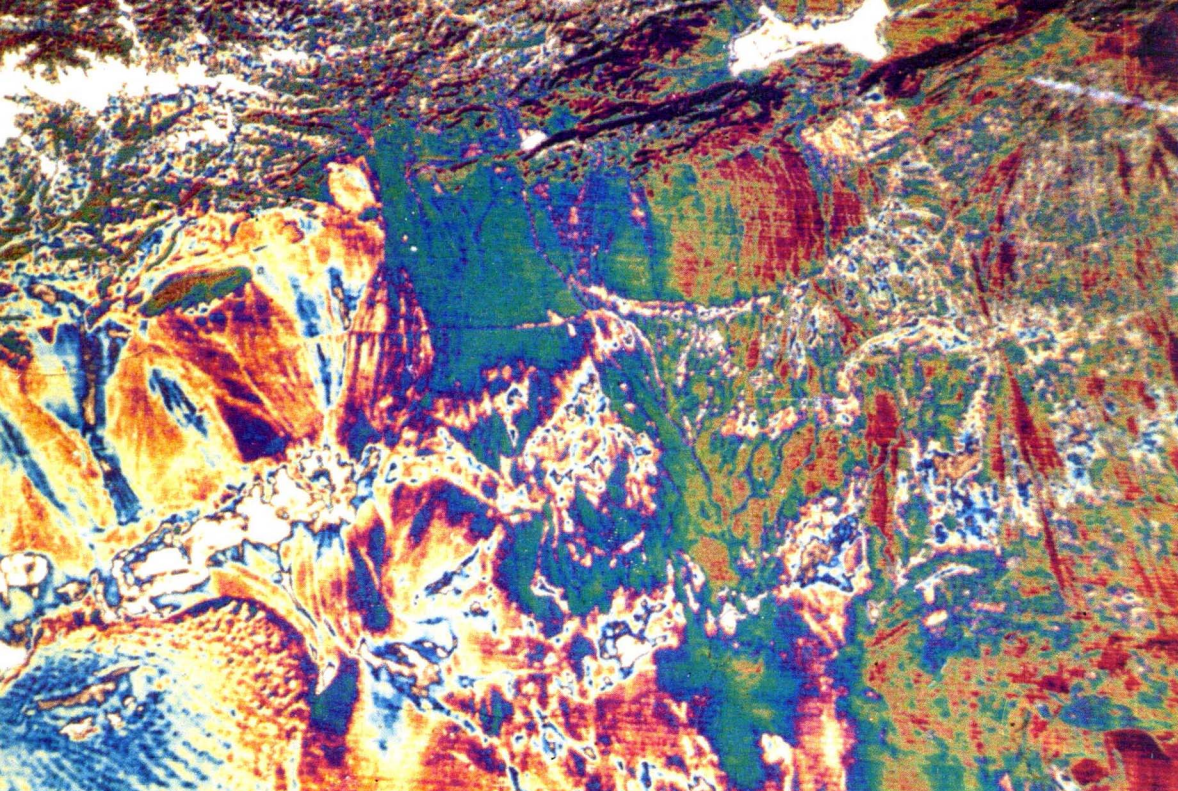


图 3-1 假彩色编码 L-2
S 5 七角井
隐伏于第四系洪积物中的主干断
段线性影像

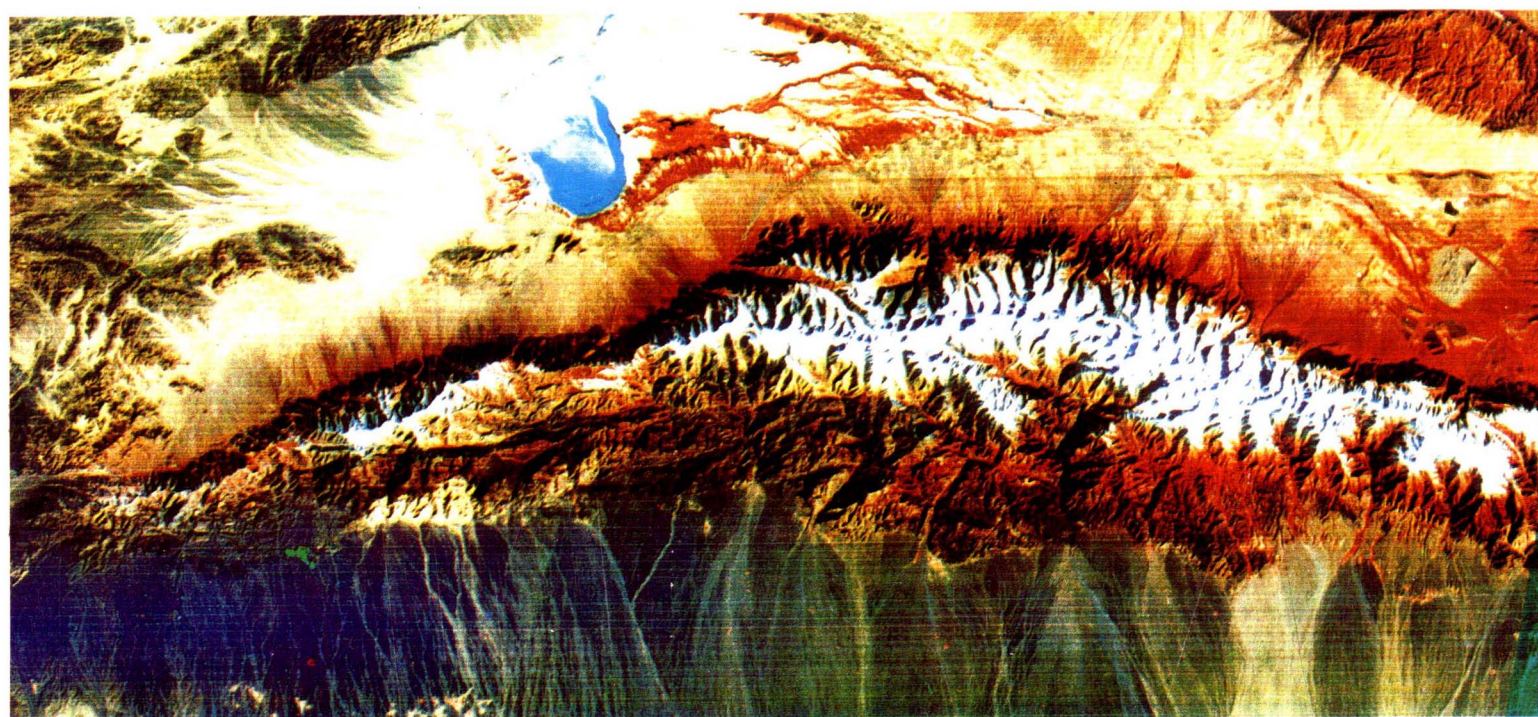


图 3-2 假彩色合成 L-2 MSS 7,6,4
巴里坤

主干断裂中段呈弧形展布的影像及
其控制形成的断块山与断陷盆地

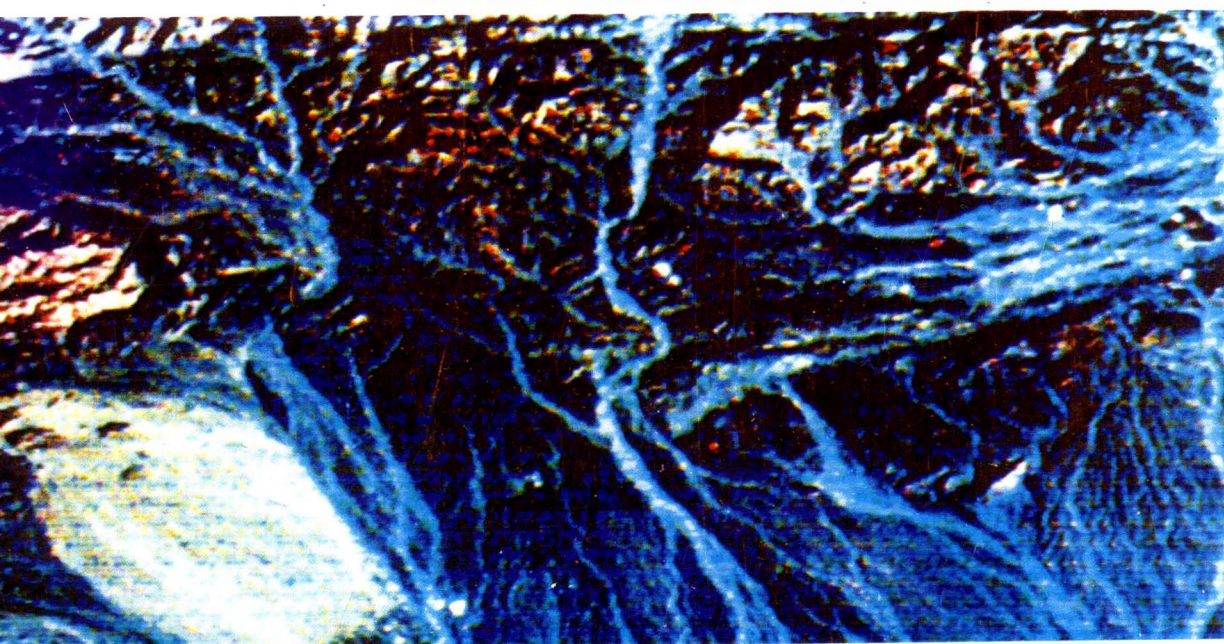


图 3-3 数字化处理, 比例扩张 L-2 MSS 7,5,4
七角井 (西)

隐伏于第四系洪积物中的主干断裂西段线性影像

图 3-4 数字化处理, KL变换主
分量图像的比例扩张处理 L-1

MSS 7,6,5,4 盐池 (南)

主干断裂东段的右旋平移错动影
像及其与北西向断裂的交切关系



