

# 古浪地区地震构造的遥感分析\*

邹 谨 敬

(国家地震局兰州地震研究所)

1987年9月14日收稿

## 摘 要

古浪地区 1927 年曾发生过 8 级地震, 现今中强地震活动仍很频繁。本文根据卫星影像和航空像片的判读结果及野外调查, 介绍了古浪地区的构造地貌和主要线性构造的基本特点。并初步探讨了本区中强地震 ( $M \geq 4$  级) 的构造环境, 指出了本区中强地震的发生与深部构造特征及主要活动断裂带的关系, 并指出了本区大多数地震震中受网络状线性构造“结点”的控制。

## 一、引 言

1927 年 5 月 23 日在甘肃省古浪地区发生了一次 8 级大地震。地震当时无任何专业性考察, 仅在报纸和当地县志中反映了一些情况。解放后, 有关专业人员曾于 1954 年在古浪地震区做过短暂考察。60 年代以后, 又多次就古浪大震的裂度分布和地震破裂带特征做了野外考察、访问和研究, 取得了不少的宝贵资料。本区现今地震活动仍十分频繁, 中强地震不断发生, 特别是本区西部, 1986 年 8 月 26 日在门源北又发生了  $M_s = 6.4$  级地震。所以系统分析本区地震构造是有意义的。由于地震大多发生在地形崎岖的高寒地区, 交通条件太差, 难以做实地调查, 因此本文利用航空和卫星像片的判读结果, 来分析本区的地质构造特征及发生地震的环境背景, 以期对地震地质、地震危险区划和地震预报等研究提供有益资料

## 二、区域构造地貌景观

研究中使用的卫星像片, 主要是 1:50 万 MSS4, 7 波段的像片及其假彩色合成像片, 还使用了 MSS5 的 1:100 万卫星像片镶嵌图。所收集到的卫星像片的成像时间为 1973—1977 年。研究中以目视判读为主, 也使用 NST-1 假彩色密度分割仪做了彩色增强, 同时也做了一些光学线性增强(图版 I 图 1)和光学比值图像线性增强(图版 I 图 2)。使用的航空像片比例尺为 1:35 万—1:6 万。主要使用反光立体镜观察。航空像片基本覆盖全区。根据以上遥感图像的判读和野外调查, 编制了本区 1:50 万地震地质构造图(图 3)。

根据遥感图像的色调、形态和影纹的不同, 本区可以分为三个不同的地貌单元。

\* 本研究曾参考了本所 1974 年以来的有关工作报告和考察报告, 及甘肃水文二队张海恒等同志的有关资料, 特此致谢。



### 1. 风成沙漠

位于本区东北部,为腾格里沙漠的一部分。灰白色调,地面平坦。卫星像片上可见色调较深的走向为北北西—南北的沙垅及沙沟呈直线状延伸。在航空像片上为典型的新月形沙丘链。沙漠的西侧和南侧分别为北北向和东西向线性构造(线性体)与祁连山山前洪积平原分界。

### 2. 祁连山山前洪积平原

主要由灰色或斑点状图案的洪积物组成。一系列叠置的斜坡状山前洪积扇裙为其基本特征。其中可见到色调界面变化明显的线性体。根据水文地质和物探查明的隐状断裂在卫星像片上有较好的线性显示,如走向北西、北北西及近东西的隐伏断裂等。

### 3. 祁连山山地与其中的小型山间盆地

位于本区西南部,是本区地震发生最多的构造地貌。一般为深色调,主要由高度崎岖的祁连山山地及夹持其间的小型盆地组成。小型盆地多为受到活动性断裂控制的新生代活动性盆地,主要有古浪盆地、金强河盆地,本区东南部的毛毛山以北的干紫洼盆地以及西部的皇城盆地、门源盆地等。根据影像特征,以武威—古浪—天祝一线为界,还可进一步划分两个次级影像单元。

#### (1) 西部高山区

为大面积冰雪覆盖区(按9月29日卫星像片),山高谷深,地形切割强烈,水系形态复杂,为现今强烈上升的地貌景观。

#### (2) 东部中山区

山势比较低平,仅毛毛山显示为一细长的高山地貌景观,主要发育似平行状水系。

大型构造地貌景观的不同,显示了新构造活动的差异。沙漠地貌为阿拉善地块的组

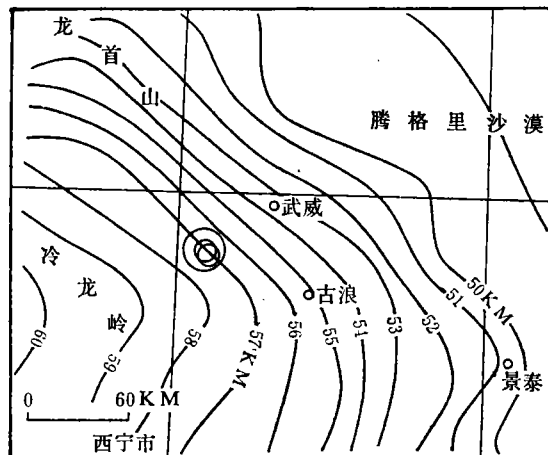


图 4 古浪地区莫霍面等深线图

Fig. 4 Depth Contour of MOHO

成部分,为现今活动性相对较弱的地区。祁连山山地为现今强烈隆升的青藏高原的组成部分。山前平原为这两个活动性差的明显的过渡地带。

大型影像单元不仅显示了受到区域构造控制的大型构造地貌特征,而且也显示了地下深部构造特征的信息。例如苏联对东高加索卫星像片判读中认为,一般说来,莫霍面的拗陷相当于地表最新隆起区,当然也应是莫霍面拗陷区。据本所有关的研究,本区位于根据重力资料演算得出的莫霍面等深线为一由北西走向转为近南北向的弧形斜坡地区,等深线的走向与高山地貌边缘的走向完全一致,仅百余公里,地壳自祁连山高山区加厚了十公里之多(图 4)<sup>1)</sup>。这种地壳加厚现象,从地壳动力学特征分析,可能是东北部的阿拉善块体与西南部的甘青块体<sup>[4]</sup>相互挤压的结果,甘青块体在挤压作用下缩短加厚并隆升成高山地貌。这两个块体的相互挤压,也是本区发生中强地震的动力来源。

### 三、区域线性构造特征

本区线性构造的展布如图 3 所示,图中的线性构造(线性体)主要是指活动断裂。它是指线形影像清晰,在不同波段或不同时间成像的像片上均有显示,成带分布控制断层构造地貌和不同的地貌单元明显等。如控制水系的分流点、水系的扭曲变形、断层陡坎、断裂谷、断层三角面、断错山脊及河流等。在第四纪沉积覆盖区,线性构造与水文、植被及土壤的分布特征有密切关系。现将本区线性构造的基本特征,按走向简介如下。

#### 1. 北西与北西西向

该线性构造延伸远、线形多连续且成带分布,与褶皱山系的走向基本一致,为区内的主要构造线。断裂性质压性特征较明显。如祁连山—毛毛山断裂带,为横贯本区南部的区域性大断裂,具有多期活动特征,现今有强裂活动,压性为主兼左旋的断裂带。它与北东向、北北西向构造复合时,往往被切错或走向发生局部弯曲。如在松山村附近被北东向断裂切断,在天祝被北北西向断裂切断等。

#### 2. 近东西向

一般延伸比较远,线形直,既见有规模较大的现今仍有强烈活动的老断裂,也见有断续出现的新断裂。如大圈滩到秦家大山北侧的断裂带,为直线状延伸、色调差异明显的界面。沿断层线,可在航空像片上观测到断层陡坎、堑口、切错山脊水系,据断层两侧水系被扭曲变形特征分析,为左旋错动(图 5)。该断裂带大圈滩向西逐渐与祁连山北西西向断裂带重合。

#### 3. 北西西向

此走向线性构造多为断续延伸且呈带状分布,规模最大的是大柳树—古浪—天祝断裂带,为色调差异明显的直线形影像,向南越出本区,地貌上反映为西高东低的陡坎带。

1) 廖元模等,南北地震带北段深部构造特征与地震,1985年。

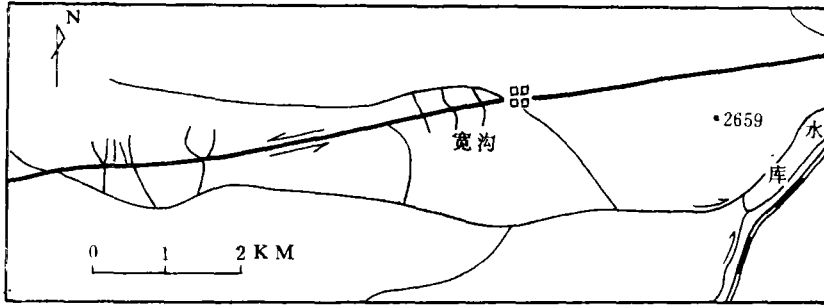


图 5 宽沟附近断层与水系形态(据航空像片)

Fig. 5 Facolt and Deformed Drainages (by air-photos)

古浪北的水文钻孔证实,北北西向断层控制了第四纪地层的沉积厚度。金强河断陷盆地与松山村盆地的中—上更新统 ( $Q_2-Q_3$ ) 地层连续,岩性一致,而位于金强河下游的庄浪河上的永登盆地(出图),却未见到  $Q_2-Q_3$  地层。这表明金强河与庄浪河在第四纪中期以前是互不沟通的,由此可以推测北北西向构造带第四纪中期以来的强烈活动。

### 4. 北东向

北东向构造呈带状断续延伸,且为等间距排列,控制河流的走向,如闸渠河、黄羊河等,野外均见有小型北东向断层。像片上一般呈现为短而粗的断裂,规模虽小,但断续呈带状显示。从它们雁列式的排列特征及其性质分析,为右旋张性。

### 5. 其它

区内发育于山前洪积扇中的山前断裂为洪积扇前缘断裂。线性特征清晰。据区域构

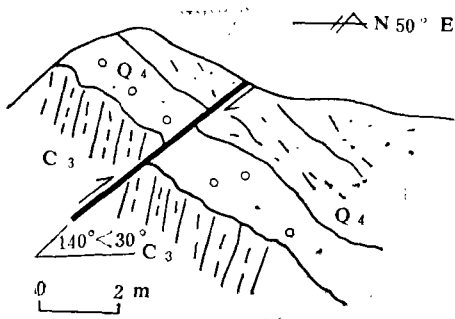


图 6 何家槽北西向断层地质剖面素描图

Fig. 6 Sketched Profile of NW-trending Fault

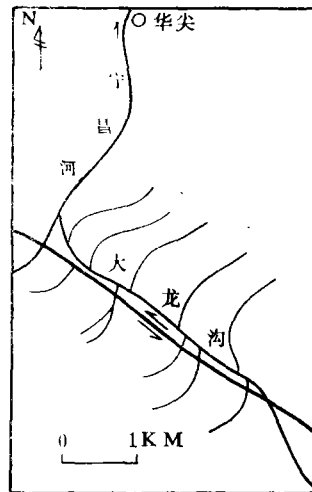


图 7 活断层与水系形态(据航空像片)

Fig. 7 Active Fault and Deformed Drainages (by air-photos)

造特征分析,可能为压性断层。如土门子东的何家槽附近,见有切断全新世( $Q_4$ )沉积层的北西向逆断层(图 6)。

区内另一条规模较大的断裂为皇城—塔儿庄断裂带。据野外观察,断裂带宽数十米,见有断层角砾岩、碎裂岩、糜棱岩等。据断层附近的地层牵引现象及构造透镜体的排列特征分析,为左旋压性。从断层附近水系变形特征看,左旋特征亦很明显(图 7)。断裂带在实地为一夷平面分界线,影像上显示为一不同色调分界面或亮色带。如上寺附近是在 1927 年古浪 8 级地震区用仪器测出的震中区,该断裂南北两侧同为二级夷平面,高差达 1000 米左右,构成本区同级夷平面高差最大的分界线(图 3)。这也是本区控制地形高差最大的分界线断裂。该断裂带在上寺以西为北西走向,上寺以东转为东西向,向东可与沈家窝铺—土门子近东西向隐伏断裂相接。古浪大震仪器测定的震中基本位于该断裂带由北西向转为近东西向的转折部位。

上述不同走向构造带的特征说明,本区现今区域构造应力场的主压应力方向,大体为北东—南西向。在这一主压应力的作用下,不同走向的断裂表现了不同的活动特征。

## 四、地震构造特征

本区自有地震记载至 1986 年 9 月,共发生  $M_s \geq 4$  级地震 42 次,其中包括 1927 年古浪 8 级大震的强余震 14 次(因震中位置重合未全部表示在图 3 中)和 1986 年门源北  $M_s = 6.4$  级地震的强余震 5 次。图 3 中表示的地震震级和震中位置,1980 年以前的根据文献[2]绘制,1980 年以后的据本所测震资料绘制。

### 1. 古浪地震

古浪大震发生于 1927 年 5 月 23 日,震中烈度为 11 度<sup>[3]</sup>,仪器震中位置为东经 102.2°,北纬 37.7°<sup>[2]</sup>,地震等震线的长轴方向为北西向(图 8)。据以往的调查资料<sup>[3]</sup>、航空像片分析和野外调查,大震产生的地面破坏现象有成带分布的特点。

(1) 塔儿庄—沈家窝铺—王家庄与地震陡坎裂缝带,位于塔儿庄—皇城断裂带的东段,其特征主要为地裂缝、陡坎等组成。文献[3]认为是主要形变带。根据航空像片分析,可能也有比较大的山体滑动现象。

(2) 荣山庄—中坝地震滑坡、裂缝带,走向北西西,横穿山脊延伸,荣山庄附近有宽达 1.5 公里的滑坡体,山脊裂缝规模也很大(图 9)。据地貌特征分析,该带线形清晰,黄羊河在荣山庄附近有位错现象,中坎附近沙沟河向北则突然加宽。

(3) 西山堡南地震滑坡陡坎带,走向北东东—近东西向,亦横穿山脊分布,而不是顺山沟分布,说明也不是受地形控制,滑动方向与滑坡带的延伸方向一致(图 10)。

(4) 磨咀子—水峡口地震陡坎、裂缝带,走向北北西,主要由陡山、裂缝组成,还有北北西向的地震“鼓梁”。

上述地面破坏现象,特别是滑坡体的分布,往往不受地形条件的限制而按一定的方向延伸,说明其存在岩性或构造的脆弱带。地震时由于地震力的作用,沿着这些脆弱带极易产生滑坡、裂缝、陡坎等破坏现象。

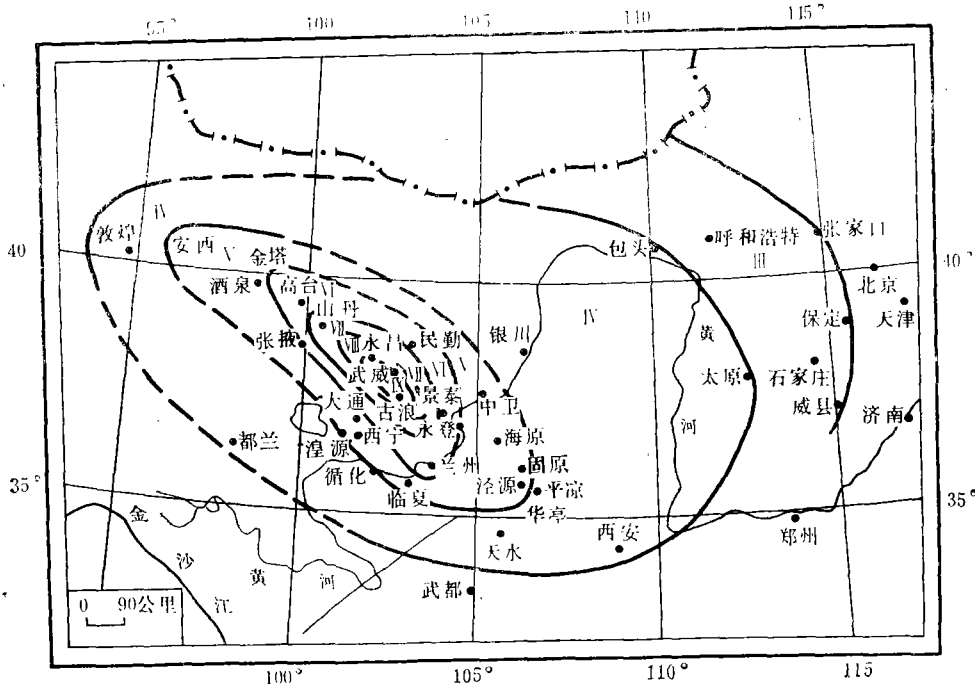


图8 1927年古浪大地震等震线略图

Fig. 8 Isoseismic Line of Gulang Large Earthquake

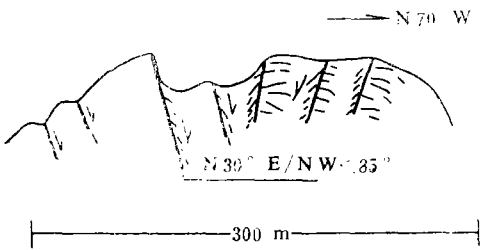


图9 柴山庄东3公里处山谷古浪大震裂缝素描图

Fig. 9 Sketched Profile of Seismic Rupture

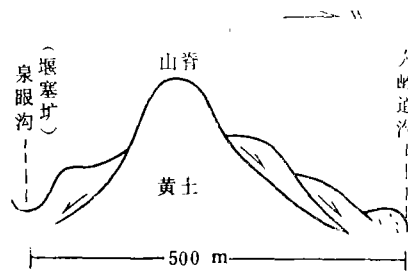


图10 西山堡附近古浪大震滑坡剖面图

Fig. 10 Landslide Profile

古浪大震震中位于皇城一塔儿庄断裂带、由北向西转为东西向的转折部位。航空像片上显示的东西向断层谷和断层崖尤为清晰，震中附近北北西向线性构造也较明显。但上述地震的破坏现象与仪器测定的震中不吻合，尚需要进一步的调查和分析。

## 2. 门源地震

1986年8月26日门源北的  $M_s = 6.4$  级地震，震中在东经  $101^{\circ}34'$  北纬  $37^{\circ}42'$ ，位于规模较大的北西向祁连山山脊附近的逆断层上。震中附近有四组不同走向的线性构造，即北西向、北东向、东西向和北北西向。卫星像片上(1977年7月15日)积雪分布的雪线走向亦如此。门源地震的  $M_s \geq 4$  级强余震共5次，均集中在主震附近，其中4次余震与主震

位于同一纬度上(图 3)。若余震也集中在主震附近,则余震为北东向分布。震中烈度为 7 度,等震线的长轴方向为  $N40^{\circ}W$ 。该地震有感范围较大,最远达宁夏的银川市<sup>[4]</sup>。由此看来,震中除位于北西西向逆断层上之外,遥感图像上显示的东西向和北东向构造,可能对此次地震活动起了一定的作用。门源地震与古浪大震的震中位置均呈东西向分布,也值得注意。

### 3. 地震与线性构造

本区线性构造特征前面已做了介绍。从图 3 还可以看出,不同走向的线性构造活动性质、规模及其连续性虽有所不同,但多具有带状延伸的特点,它们互相交织形成本区网络状的线性构造格局,中强地震震中的分布多位于网络状构造的交点附近。区域性断裂带与其它走向的构造复合(交点),则是发生较大地震的地点(如门源地震、古浪地震)。今后在分析本区未来中强震发生的地点时,尤其要注意网络状构造的“结点”及断裂带的规模。

### 4. 圆形构造及其与地震的关系

据卫星像片的色调、形态特征,本区可见较为典型的武威圆形构造。它们分别由直径为 50 公里和 85 公里的同心圆状构造组成(图版 I 图 11)。其特征是中央隆起,边缘下陷。由西北边缘的皇城盆地、东北边缘的武威盆地、东南边缘的古浪—塔儿庄盆地等新生代活动性盆地及南缘的祁连山—毛毛山断裂所围限。这些围限圆形构造盆地的边缘走向与圆形构造线基本一致,说明盆地的下陷与圆形构造的隆起密切相关。而环状水系则是圆形构造新活动的重要标志。皇城—塔儿庄断裂带穿越圆形构造,使之成为南高北低。该断裂带与圆形构造组合成“ $\phi$ ”形构造形态。圆形构造的边缘,未见明显的弧形或圆形断裂,主要发育环状水系和弧形山脊。沿圆形构造的边缘断续发育一些与圆形构造边缘走向一致的线性构造。而包括皇城—塔儿庄断裂带在内的一些穿越圆形构造的断裂,在圆形构造的边缘,走向往往改变,这表明圆形构造有其本身的活动特征,值得进一步研究。

本区已发生的中强地震震中,大部分在圆形构造展布地区及其附近,主要是圆形构造的中部和边缘地带,因此,研究武威圆形构造对于预测本区未来中强震发生的地点是有一定意义的。

## 五、结 语

(1) 古浪地区位于我国祁连山北西西向构造地震带上。遥感图像上不同构造地貌单元接触带,也就是地壳结构特征控制的地壳厚度变化的梯度带,以及可能显示了地壳中、深层结构的武威圆形构造,是本区发生中强地震的地下深处的构造环境。而地表显示的线性构造与武威圆形构造的叠置地区,是本区中强地震发生的主要地区,地震震中与网络状线性构造的“结点”关系密切。而区域性断裂带的特殊构造部位(交点、拐点等),是本区发生更大地震的危险地点。以上就是对古浪地区地震构造环境的基本认识。

(2) 本区以往的地震地质工作仅限于对古浪大震形变带的调查,尚未对本区进行过

包括具有一定破坏性的中强地震的地震构造分析。本文使用遥感图像,分析本区地震构造环境是一次尝试。判读结果表明,遥感图像上构造地貌景观的分析,能提供地壳构造的补充资料,并与深部地壳的地球物理资料吻合,这表明图像的构造地貌景观分析,对了解地壳深部构造有特殊意义,也是分析地震构造环境值得采用的方法。影像清晰,可能反映地壳一定深度的圆形构造与地震的关系,但并不一定都象本文中论述的武威圆形构造那样,与地震震中的空间分布关系非常密切。至少有一种相反的情况,即圆形构造可能是相对稳定的地块,与地震活动的关系不明显。这两种可能,对分析地震构造都是有意义的。在高寒山区,使用遥感图像分析线性构造,其优点更突出。根据对本区遥感图像的判读结果,不仅查明了某些已知断裂的延伸情况和新活动特点(图5和图7),而且发现了一些原有地质资料没有表示过的断层,如百花掌附近的東西向和北东向构造,在航空像片上都有清晰的断层构造地貌特征。

总之,遥感图像提供的从地壳深层到地表的构造信息表明;地震构造环境的遥感分析,对地震危险区划、地壳稳定性评价以及地震预报的研究都是一种值得采用的手段。

### 参 考 文 献

- [1] 马杏恒,中国岩石圈动力学概要,地质学报,61(2),1987。
- [2] 顾功叙,中国地震目录(公元前1831年—公元1969年),科学出版社,1983年。
- [3] 国家地震局兰州地震研究所、宁夏回族自治区地震队,一九二〇年海原大地震,地震出版社,1980年。
- [4] 国家地震局兰州地震研究所和青海省地震局联合考察队,1986年8月26日门源6.4级地震考察初步总结,西北地震学报,9(2),1987。

## The Seismic Structure Analysis Based on Remote Sensing Images in the Gulang Region

Zou Jinchang

(Lanzhou, Seismological Institute State Seismological Bureau)

### Abstract

In 1927 year, 8 magnitude earthquake occurred in the Gulang region. Present, medium-strong earthquakes occur frequently. This paper introduced the basic character of tectonic landform, circular structure and main linear structure based on the interpretative result from the Landsat images, air-photos and field investigation.

This paper also discussed initially the seismo-tectonic environment ( $M \geq 4$ ) and pointed out the relation between the seismic occurrence and the deep-seated structure, circular structure, main active faults zone and net rift of linear structures. Most epicentres are controlled by the cross points of netted linear structures in the region.

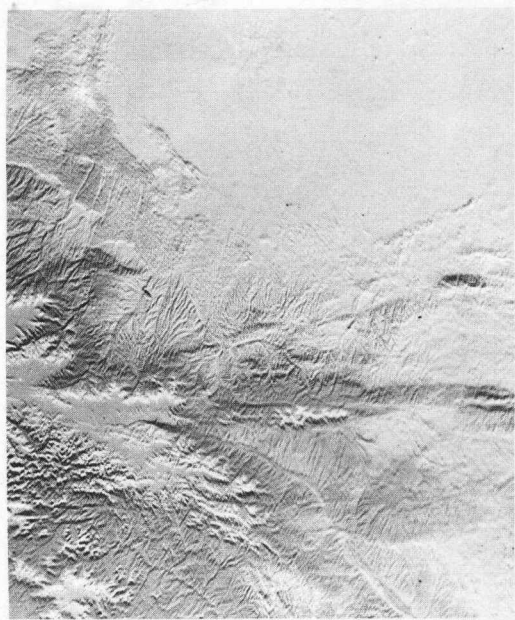


图1 古浪幅MSS 5 卫星像片边缘增强图像(浮雕片)

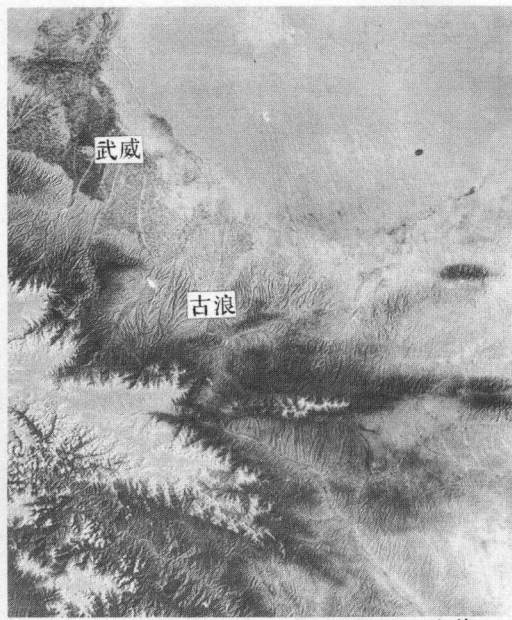


图2 古浪幅MSS 4 和 MSS 7 比值影像增强图像

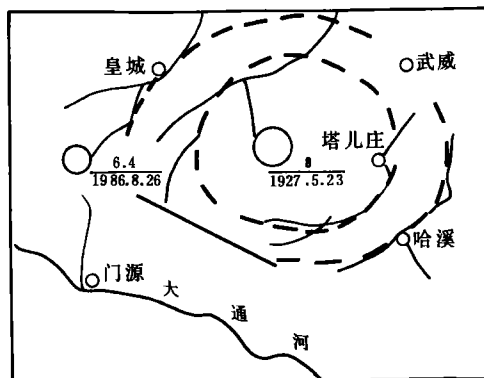
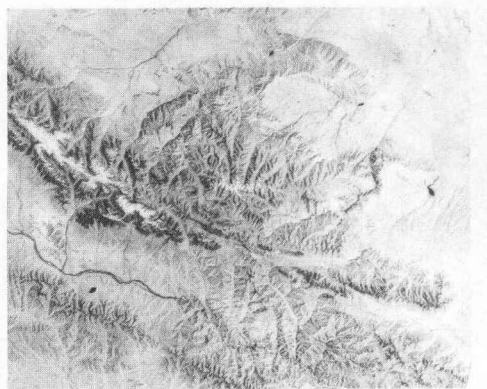


图11 武威圆形构造MSS 7 卫星影像(左)及其判读图(右)