

# 呼伦贝尔草原沙化的遥感分析

范卫红 赵 济

(北京师范大学地理系)

1986年5月22日收稿

呼伦贝尔草原是我国自然条件最好,牧草单位面积产量最高的草原,是我国重要的畜牧业生产基地。但在生产发展的过程中,由于人们没有合理地利用自然,过度放牧或开垦,造成了草场沙化。据调查,1975年呼伦贝尔盟(以下简称呼盟)大兴安岭以西牧业四旗沙化草场面积共1311.5万亩,占天然草场总面积的12.4%,牧区草原载畜量比五十年代减少34%;1983年沙化面积约3638.3万亩,占草场总面积的34.4%,接近1975年沙化面积的三倍。

呼伦贝尔草原地处由东部湿润的森林区向西北干旱区的过渡地带,降雨年变率高,牧草产量和质量受气候影响,变化迅速,所以需要采用一种短周期的快速环境监测手段,才能适应草场的变化,为控制它的沙化提供依据。本文利用遥感方法对呼伦贝尔草原地区沙化的条件进行分析,对沙化的危险程度进行分区评价,编绘1:100万的沙化现状图。同时,利用数学方法建立呼伦贝尔草原沙化成因要素的关系模型。

## 一、呼伦贝尔草原沙化自然条件的综合评价

本区属于温带半干旱区,年雨量在250—350毫米之间,表现为森林草原—干草原景观,具备发生沙化的潜在气候因素,大面积的第四纪松散沉积砂,使其具备沙化的潜在物质基础,平坦的地形使风长趋直入,是沙化的潜在动力条件,而繁茂的草被覆盖则成为沙化的抗御因素。所以,气候、地表物质组成和植被覆盖构成影响沙化的主要方面。

根据本区12个气象站30年的气温、降水、相对湿度、绝对湿度、年平均风速、日照时数等资料,利用彭门公式<sup>[1]</sup>进行蒸发力计算,然后减去年降水量,得到水份亏损量。把年平均大风日数与年平均风速的乘积作为风力强度指标。这两项指标的分布,可以反映本区沙化气候条件的分布状况。

利用1978年4月19日MSS影像和呼盟水文总站的钻井资料并参考地质图,可以较详细地了解呼伦贝尔草原地表物质组成的分布状况。在卫星像片上,海拉尔河以北、呼伦湖以西、辉河以东纹理结构清楚,水系清晰,地形起伏明显,呈黄灰色。根据钻井资料和地质图可定为火山岩区。呼伦湖的东南部,缓坦起伏,据地质图可定为砂岩区,第三纪的砂层虽已胶结成岩,但易风化,碎屑物质比火山岩区丰富。本区中部、南部大面积为第四纪冲积湖积砂层,结构松散,在卫星像片上表现为较均匀的浅色调。此外,在辉河、伊敏河等河流的滞积处下伏断续的淤泥质湖相沉积层和埋藏沼泽,这是由于第四纪时,这些地方地势

低洼,排水不畅而致。在卫星像片上表现为带状的暗色调,目前这类沼泽,淤泥大部已疏干,成为一层坚硬的物质埋藏于现代土壤层中。

土壤水份状况是土壤抗侵蚀能力的重要表现。由于水体对可见光,尤其是近红外波段电磁波的吸收能力很强,在卫星像片上,水份含量高的土壤的亮度较低。但由于植被等一些因素的干扰,在通常使用的卫星像片上表现不清楚,需选定某一有利时相的卫星像片,进行信息提取处理,才能得到较好的效果。由于本区春季少雨,多大风,植被没有覆盖地面,因此,春季是本区沙化的关键时期。另外,春季的积雪融水量、地形部位、坡向、植被盖度(羊草 [*Ancurolepidium chinense*], 寸草台 [*Carex dariusdula*] 等返青早,5月中旬进入拔节期,覆盖地面迅速)等对土壤含水量都有影响,其作用相互叠加,加大了不同条件下土壤水分含量的差别,利于卫星像片的识别。所以,我们选定本区 1975 年春季的 Landsat MSS 影像作为基础资料,通过最佳方案选择和光学处理,得到一张能够较好地反映土壤含水量分布状况的非标准假彩色图象(图版 1 图 1)。

这种光学处理的方法是依据色度学的原理,经加色法合成试验实现的。我们知道,用不同的底片组合,匹配不同的滤色片组合,可以改变合成影像的密度和色调。当不同性质的地物之间的色差达到一定程度时,就可以表现为两种色调,为选择出色差最大的一种方案,我们首先进行波段选择。根据我们在野外实测的地物反射光谱曲线分析,土壤水在不同波段的反射率与水体的变化趋势大体一致,只是反射率值高一些。从直观分析,我们应该选用 MSS 4, 6, 7 波段进行合成,因为,4 波段是土壤水反射率最高的波段;6 波段是湿润土壤与干燥土壤反射率差别最大的波段;在 7 波段,水对近红外辐射的吸收能力最强,所以选用这三个波段的正负片匹配红、绿、蓝三原色滤色片,在彩色合成仪上进行试验,结果证明用 MSS 4<sup>+</sup>、MSS 6<sup>-</sup>和 MSS 7<sup>+</sup> 分别匹配蓝、绿、红滤色片是一种最佳方案,在这种方案的合成片上(图版 1 图 1),湿润土壤表现为淡品色。利用内蒙古大学生物系 1975, 1978 和 1983 年在研究区内的 148 个植物样方来验证,77 个喜湿植物群落样方中,有 67 个落在这种淡品色区内,判对率达 87%。通过对图像的分析,我们可以看到水份状况较好的土壤,主要分布在辉河以东,海拉尔河以北,呼伦湖以西等地区,在中部波状高平原上,则主要分布在背风缓坡洼地,东部缺水草场以及植被盖度较好的局部地块。

把上述三方面的资料复合起来,编绘成一张沙化的自然条件分析与评价图(图 2),可以确定本区不同条件下沙化的可能性。

最易沙化区,即风力最强,水份亏损量最大,沙源丰富的干旱草原。它主要分布在新巴尔虎左旗至完工一带和呼伦湖的东南岸边缘一带。

易沙化区,主要指分布在海拉尔市周围,辉河沿岸及以西的地区,这些地区沙源丰富,但多已形成一定厚度的土壤层,结构稍好,水份条件比前类地区好。如果植被被破坏,土壤受风蚀,降低了保墒能力,就会使草原向沙化方向发展。

不易沙化区分布于克鲁伦河两岸。克鲁伦河与贝尔湖之间的地区。这一带气候干旱,风大,植被盖度低,土壤层薄。由于下伏火山岩,缺少沙源,沙化只限于表层,加之,人口密度比东部小,利用强度小,所以,沙化的可能性相对较小。

较难沙化区主要指呼伦湖以西、海拉尔河以北、伊敏河以东的丘陵区。由于坡度大、地形复杂,减少了风力的侵蚀,土壤湿润,缺少沙源,沙化的可能性很小。

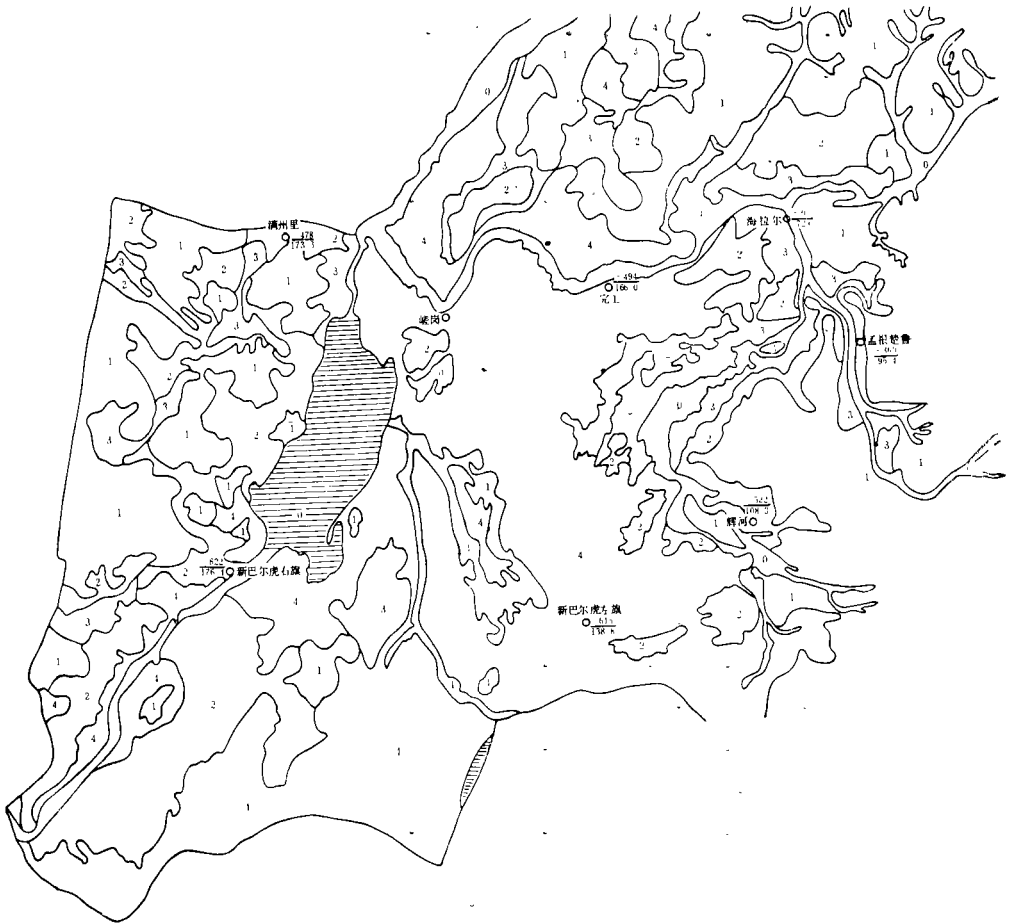


图 2 呼伦贝尔草原沙化的自然条件分析与评价图

Fig. 2 The Evaluation of the natural Condition of desertification in Hulun Buir Grassland

0 水体, 1 难沙化区, 2 不易沙化区, 3 易沙化区, 4 最易沙化区

$$\frac{-300}{150} = \frac{\text{水份盈亏值 (mm)}}{\text{风力强度}}$$

## 二、沙化成因要素之间定量关系的探讨

土壤沙化表现为土壤质地的变化。它与风速、土壤结构、土壤湿度、植被覆盖情况有关,反映了草原沙化的程度。

我们选用土壤各剖面 A 层 (一般小于 20 cm), AB 层 (20—40 cm) 0.005—0.01 mm 粒径含量的百分比的比值作为因变量  $T$ , 代表沙化的程度。选用表层土壤中粘粒含量 (小于 0.001 mm) 的百分数  $C$ 、植被盖度  $V$ , 风力强度  $W$ , 年雨量  $r$  和表层土壤中有机质含量  $H$  作为自变量, 利用多元逐步回归, 建立关系模式。

根据本区 12 个站 1950—1981 年的气候实测资料及相应的 1983—1984 年 21 个样点

的土壤分析资料和 1983 年 30 个样方的植被资料,通过计算有如下结果:

$$T = 0.5367 + 0.0219C + 0.0103V - 0.0023W - 0.0020r - 0.0078H$$

$$R = 0.8479^*$$

如果加上信度标准限制,计算过程中就会使某些自变量因达不到主要因素的标准而被剔除。当信度为 0.01 水平时,方程为:

$$T = 0.07568 + 0.0081V$$

$$R = 0.7310^{**}$$

只有植被盖度因素被选入方程,说明它与土壤质地的变化密切相关。

当信度为 0.2 时,  $C$  被引进,方程为:

$$T = -0.1014 + 0.0137C + 0.0078V$$

$$R = 0.7980$$

说明土壤的抗侵蚀能力与质地变化有较明显的关系。

结果证明,植被状况是影响本区沙化的最直接因素,远远超过其它要素的作用。

根据野外调查,我们把土壤质地变化分成三级,作为划分沙化程度的指标,分别代入方程,得出沙化的临界植被盖度:

轻度沙化:  $0.5 < T \leq 0.7$

$$V = (0.7 - 0.0756)/0.0081 = 77.06$$

中度沙化:  $0.3 < T \leq 0.5$

$$V = (0.5 - 0.0756)/0.0081 = 52.37$$

重度沙化:  $T \leq 0.3$

$$V = (0.3 - 0.0756)/0.0081 = 40.03$$

据上述分析,可得出如下结论:只要把植被盖度保持在 77% 以上,土壤就不会出现沙化;如果降到 52% 以下,土壤出现中度沙化;如果降到 40%,沙化程度明显加重,所以,在呼伦贝尔草原防止沙化的关键,是保持植被对地面的良好覆盖。

### 三、呼伦贝尔草原沙化的现状

未沙化草原与沙化草原以及不同程度的沙化草原之间的主要区别是土壤质地的变化。由于沙化,降低了土壤的保墒能力,植被盖度降低,因此,在 MSS 7 波段的光谱反射率升高,但在一般的彩色合成片上,这些细微的变化较难反映出来,所以,我们采用北京师范大学物理系研究的光栅编码位相型图像的假彩色合成方法,对 1983 年 6 月 3 日的 MSS 7<sup>+</sup> 海拉尔幅软片进行了处理,对各密度等级进行了细分,其效果比较理想(图版 1 图 3)。

由于沙化草场比未沙化草场的反射率高,在 MSS 7<sup>+</sup> 上沙化草场的密度小,未沙化草场密度大,经编码后原片上低密度区的曝光量比高密度区的曝光量大,因此,在图像上基本未沙化草场表现为蓝偏黄色,轻度沙化草场表现为黄色,中度沙化草场表现为桔黄色,严重沙化草场表现为红色。

根据野外调查分析和沙化草场临界植被盖度计算,以上述方法处理的影像为基础,我



图 4 呼伦贝尔草原沙化现状图

Fig. 4 The present desertification states of Hulun Buir Grassland

图例见文中的分类系统。

们编制了 1:100 万的呼伦贝尔草原沙化现状图 (图 4)。以成因类型和沙化程度为二维结构制定如下分类系统:

#### Z. 以自然因素影响为主的沙化

##### ZI. 风蚀风积沙地

ZI<sub>1</sub> 重度风蚀风积沙地

ZI<sub>2</sub> 中度风蚀风积沙地

ZI<sub>3</sub> 轻度风蚀风积沙地

##### ZII. 风蚀沙化草场

ZII<sub>1</sub> 重度风蚀沙化草场

ZII<sub>2</sub> 中度风蚀沙化草场

ZII<sub>3</sub> 轻度风蚀沙化草场

##### ZIII. 盐碱风蚀沙化草场

ZIII<sub>1</sub> 重度盐碱风蚀沙化草场

ZIII<sub>2</sub> 轻度盐碱风蚀沙化草场

## R. 以人为因素影响为主的沙化

## RI 过牧风蚀沙化草场

RI<sub>1</sub> 重度过牧风蚀沙化草场RI<sub>2</sub> 中度过牧风蚀沙化草场RI<sub>3</sub> 轻度过牧风蚀沙化草场

## RII. 开垦风蚀沙化草场

RII<sub>1</sub> 重度开垦风蚀沙化草场RII<sub>2</sub> 轻度开垦风蚀沙化草场

## RIII. 工矿交通引起的风蚀沙化草场

风蚀风积沙地分布于本区中部沙质高原,由此向南共三条沙带。据前人研究,这三条沙带的形成与本区第四纪时期水系变迁和人为活动有关,是历史时期就已形成的。目前大部分表现为固定半固定沙丘。在沙丘的迎风侧和风蚀洼地内部,植被盖度小,约 10—15%;沙丘的坡脚和背风坡植被覆盖较好,约 30%以上,多为小叶锦鸡儿 (*Caragana microphglla*), 沙蒿 (*A. desertorum spreng*), 差巴嘎蒿 (*A. holodcndron Turcz. ex Bess*) 等沙生植物和山榆、稠李等小灌木。从整体来讲,这一带的土壤层已基本破坏了。

过牧风蚀沙化草场,指主要由于人类对草原的不合理利用而引起土壤沙化,草质草量降低的草场,主要分布在辉河、海拉尔河、伊敏河、乌尔逊河沿岸和新巴尔虎左旗、陈巴尔虎旗、海拉尔市等居民点、井点及大小湖泊周围。这种类型的沙化草原大多是近期形成的。据所采土壤样品分析,表层细粒物质(0.005—0.01 mm)减少量为 15%—42%。在严重过牧风蚀沙化地区,土壤表层腐殖质层基本侵蚀殆尽,松散的风砂层出露,地表为典型的沙生植物差巴嘎蒿、铁杆蒿 (*A. gmeljnji wib. ex stechm*), 小叶锦鸡儿等,盖度约 40% 左右。在中度过牧风蚀沙化草场,优势种已发生变化,以冷蒿 (*Artemjsia frigida wiud*), 寸草 (*Carax dariusdula*)、糙隐子草 (*Calamagrostis Squarrosa*) 代替了羊草 (*Aneurolepidium chinense*) 和大针茅 (*Stipa grandis p. Smirn*)。盖度在 40—60% 之间。尽管土壤仍为暗栗钙土,但表层有明显的粗化现象。轻度过牧风蚀沙化草场表现为草被盖度的降低,优势种群无明显变化,土壤开始受到风蚀。

风蚀沙化草场。乌尔逊河和贝尔湖以西,呼伦湖以南较平坦的大面积干草原都属于此种类型。它的形成与人类活动有一定关系,但主要是由自然因素决定的,逐渐形成的。此区风大,气温高,蒸发力强,降水少,年理论水份亏损量达 660 mm。干旱多风限制了草本植物的生长,盖度约 40—50%。土壤表层受风蚀,普遍覆有约 1 cm 厚的粗砂和砂砾。但由于缺少沙源,栗钙土的钙积层接近地表,使土壤具有较强的抗风蚀能力,沙化限于表层。

此外,土壤的盐渍化、沙质草原的开垦以及工矿交通事业的发展都可能引起草场的沙化。

经计算,本区严重沙化草场面积约为 528.7 万亩,占天然草场的 5%;中度沙化草场面积约为 1628.8 万亩,占天然草场的 15.4%;轻度沙化草场面积约为 1532 万亩,占天然草场的 14.4%。

## 四、沙化草场的改造建议

为了防止草原沙化,迅速增加生产,满足人们对畜产品的需要,必须改变靠天养畜的粗放生产方式,加强草原管理和建设,充分利用呼伦贝尔草原优越的自然条件,积极种植饲草饲料,搞好饲料的粗、精加工和综合饲料,改良畜种。

在三大沙带区应视沙层中水份状况种植樟子松和沙生植物,加速植被恢复。据雷启迪<sup>[2]</sup>的试验研究,按  $2 \times 2 \text{ m}$  的株行距造林,九年生的樟子松林生长季蒸腾耗水量为 3533 t,相当于 353 mm 的年雨量。三条沙带所处地段的年雨量完全满足此条件。所以,在沙带水份条件较好的地方重新种植樟子松,恢复原始植被是有可能的。

对过牧风蚀沙化草场的利用应该合理。在重度过牧沙化草场应尽量减轻利用,而不能用围栏的方式,可以把牲畜疏散到附近丘陵草场,待其恢复后再逐渐增加利用。在中度和轻度过牧风蚀沙化草场可以利用围栏轮牧,加强缺水草场的水利设施建设,在地下水条件好的地方打机井,加强管理和维护,在地下水贫乏地方可利用邻近的湖泡或用管道输送的方法在牧草和水紧张的季节解决急需,充分利用缺水草场。另一方面,加强秋季的打草和冬季饲草贮备。在水份条件好,风力较弱的地方种植青贮,备足冬春牲畜所需牧草,减少春季牧场的压力。

对干旱风蚀沙化草场应适当减少利用,加强河滩地的种草种树工作,如在克鲁伦河滩地,牧民们试封的草库仑和试种的优良牧草都获成功,应在沿河一带大面积推广,搞集约化种草,尽最大可能提高产量。同时,在有水源处种植防护林带,减少风蚀。

在下伏砂层地区应尽量避免开垦。

与内蒙西部相比,呼伦贝尔草原沙化的程度并非很严重,而且恢复条件良好。据海拉尔气象站 1950—1981 年的气候资料,利用傅利叶级数展开式进行时间序列分析的结果表明,本区气候三十多年来没有向干旱方向发展的趋势。从趋势成份上看,气温升高  $0.93^{\circ}\text{C}$ ,雨量增加  $0.30 \text{ mm}$ ,风速减少  $0.27 \text{ m/s}$ ;从周期成份上看,这三个要素的周期性变化尽管不十分明显,但气温大致可以看出有 3 年和 13 年的周期;年雨量变化大致有 11 年的周期。如果注意发现和预测少雨年与高温年相遇的时期,并在这期间注意保护草场的话,就可以防止草原的沙化。

## 参 考 文 献

- [1] 王懿贤,彭门公式的快速计算方法,地理研究,(1),1984年。
- [2] 雷启迪,樟子松蒸腾耗水量的估算与宜林地选择,内蒙古东部地区风沙干旱综合治理研究,内蒙古人民出版社,1983年。

## Remote Sensing Analysis on Desertification in Hulun Beier Grassland

Fan Weihong Zhao Ji

(Beijing Normal University)

### Abstract

In this study, the MSS images taken in 1975, 1978 and 1983 were interpreted through applying geographical and optical methods, the choice of the projects of the combination of non-standard pseudo colors and the pseudo colourization of numbered phase picture produced by grating. According to the calculation, the area of seriously desertificated pastures is about 352,000 ha., it is 5% of the natural pastures in Hulun Beier Grassland; the area of moderately desertificated pastures is about 1,085,866.7 ha., it is 15.4%; the area of slightly desertificated pastures is about 1,021,333.3 ha., it is 14.4%.

The windy weather and abundant sandy materials constituted the potentialities of desertification in this area, the destructive activities on vegetation during the utilizing of grassland is the main causal force of desertification.

In the process of stepwise regression, statistical significance being 0.01, the strength of wind, the content of clay and organic matter in soil and the annual precipitation are not dominant. The relationship between desertificated degree and the coverage of grass is as follows

$$T = 0.07568 + 0.00810 V$$

$$R = 0.731$$

where  $T$  = content of sand (0.005—0.1) in A/content of sand (0.005—0.01) in AB

$V$  = coverage of grass

From this formula, critical coverage of grass for various degrees of desertification can be derived. The grassland may be prevented from desertification if the coverage of grass is kept above 77%, moderately and seriously desertification may occur within 52%—40% and below 40% respectively. So it is important to protect the vegetation in order to prevent grassland from desertification.

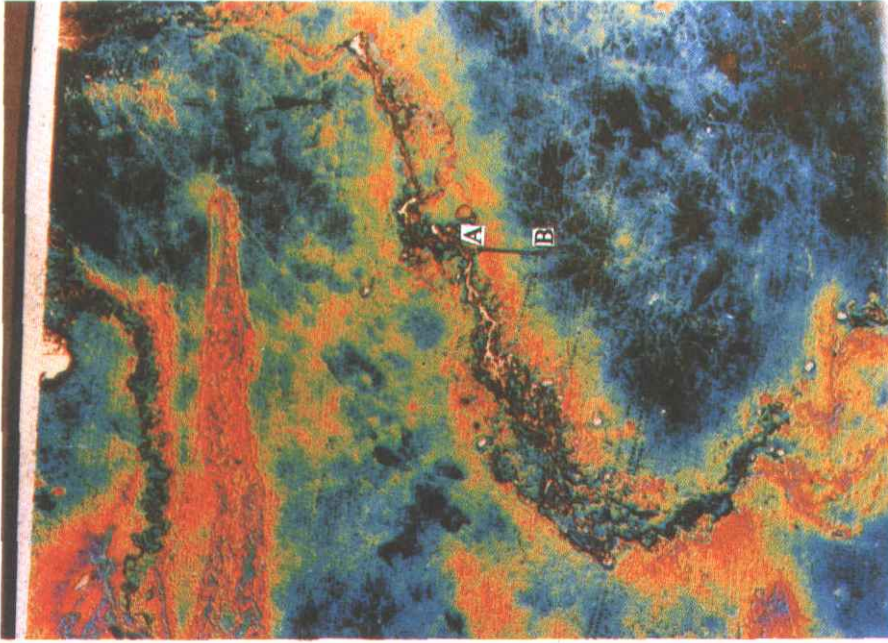


图 3 光栅编码假彩色片

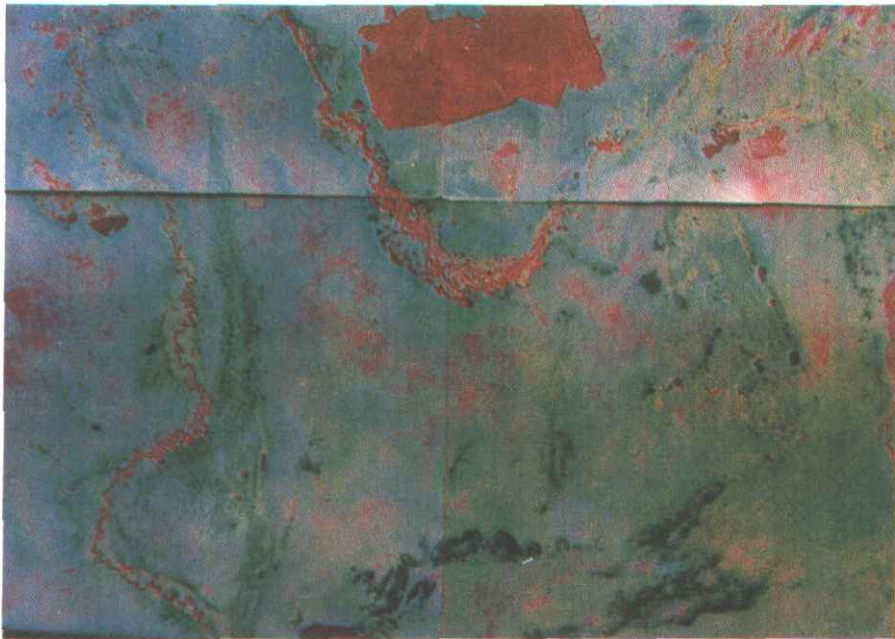


图 1 1975年春季非标准假彩色合成片