

# 黄河河源区水土流失空间结构遥感分析

张 志

(中国地质大学地球科学学院, 湖北 武汉 430074)

**摘 要:** 引进景观生态学的空间结构分析思路, 水土流失空间结构的 4 个主要元素是斑块、廊带、基面和边缘带。根据黄河河源区地质调查所获实际资料和遥感影像信息, 从 3 个不同的等级层次对河源水土流失的空间结构特征进行了研究。河源区水土流失受自然因素和人类不合理开发利用因素联合控制, 但后者的作用更为重要, 而且导致了河源新的危害性更大的水土流失类型。河源的水土保持措施是增强全民生态意识, 制止短期经济行为。具体途径是(1) 保护草场; (2) 实施植被、栅栏护岸工程; (3) 沙金矿开采后的植被恢复。

**关键词:** 黄河河源区 水土流失 空间结构特征 成因机理

**文献标识码:** B **文章编号:** 1000-288X(1999)06-0031-05 **中图分类号:** S157.1, TP79

## Spatial Structure of Soil Erosion in Headstream Region of the Yellow River Analyzed by Remote Sensing

ZHANG Zhi

(Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, PRC)

**Abstract:** The thought of spatial structure in landscape ecology is introduced. The patch, cor-ridor, matrix, edge are the main elements according to remote sensing information and material from regional geological mapping in headstream region, and based on the spatial structure features of soil erosion on three scales. Mechanism of soil erosion is put a bridle on spontaneous factor and action of humanity. Measures of soil and water conservation are to enhance consciousness of ecotope and restrain from short-term action paying attention to economy. The specific methods is safekeeping rangeland, safekeeping riverside using plant cover and stockade, resuming plant cover postmining goldmine.

**Keywords:** headstream of the Yellow river; soil erosion; spatial structure; mechanism

黄河河源一般指在多石峡以上的集水范围, 即北以扎日加山、布青山, 西以约古宗列曲, 南以巴颜喀拉山的分水岭为界。黄河河道长 323 km, 汇水面积  $2.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 水面落差 361 m, 平均河流比降 1.2‰。黄河河源处于东西向的构造凹地中, 西面海拔高度近 4 500 m, 东面多石峡河段高 4 200 m, 再向东至达日河段高 3 960 m, (据全国土壤侵蚀遥感调查技术规程, 1999 年)。随着近年来全球气候变暖、河源过度放牧和粗放型开采金矿等短期行为的增强, 河源的植被遭到严重破坏, 水土流失类型在逐步增多、强度也在增加。

## 1 水土流失发生的机理

对水土流失过程的基本规律研究, 应以物质流、能量流、信息流的研究为核心, 造成河源大

收稿日期: 1999-09-03

资助项目: 原地质矿产部地质调查局“中国西部不同类型造山带及非史密斯地地区 1:25 万区域地质填图方法研究课题”下属的 1:5 万花石峡七道班幅区及 1:25 万冬给措纳湖幅区调查项目联合资助。

作者简介: 张志, 男 1964 年生, 汉族, 讲师, 在读博士。主要从事遥感地质及区域地质的教学与研究。

面积水土流失的原因除自然因素外,很大程度是由于人们生态环境意识差,人为不合理的利用对植被的破坏所致。

## 1.1 自然因素

1.1.1 地形及下垫面特征 河源地势高亢,深居内陆,冰川发育,寒冷干燥,植被稀少,土层浅薄,山体裸露,冻裂冰融现象普遍。黄河河源分布的地层主要是三叠系巴颜喀拉群砂岩、板岩。第三系砖红色砂砾岩、粘土岩和早更新世湖相沉积物、全新世的冲积物、残坡积物。前者形成的地形坡度相对较陡,后者形成的地形坡度相对平缓。巴颜喀拉群砂岩、板岩地层区的植被较好,岩石裸露率低,水土流失不太严重。

黄河河源区第三系地层下部为一套砾岩和巨砾岩夹粗砂岩,上部主要为砂泥岩沉积,砂泥岩中多发育有平行层理和水平层理,顶部为紫红色泥岩。该地层区植被较少、岩石裸露易吸热,吸热后岩石不均匀膨胀,发生物理、化学风化。其上又主要发育紫色土,土层较薄,土壤熟度低,水源涵养能力也低,容易造成暴雨径流加速汇集,因此水土极易流失。另外由于高原的不断隆升,造成早期湖底大面积暴露。河源区大面积分布的沉积物属早更新世湖相沉积物,岩性为一套浅黄色砾石层、含砾砂土层及亚沙土组合。其成岩度低,固结程度差,在地表流水、风力作用下极易造成水土流失。全新世的冲积物、残坡积物中由于含有沙金,近年来成为人工开采的对象加剧了河源的水土流失。

1.1.2 气候条件 本区平均海拔高度 4200m 以上,气候高寒干燥,夏季受东南季风和高原季风的影响,玛多县年平均气温 $-4.1^{\circ}\text{C}$ ,7月为 $7.5^{\circ}\text{C}$ ,6—9月为雨季,占全年降水量 303.9mm 的 $2/3$ 以上。冬季主要受西风带控制,多大风,干冷,1月气温为 $-16.8^{\circ}\text{C}$ ,11月至翌年1月降雪量不大,2—3月降雪较多。年降水量以东部边缘高山较多,如久治比河源大1倍,东南岷山东坡的青川比河源区大3倍。

河源区水热同季为水土流失创造了良好的自然条件。6—9月为雨季,同时也是该区的高温季节,这样的条件无论是对于基岩区还是对于第四系地层区的水土流失,都极为有利的。另外被高原动力作用加强的西风带为河源的风力侵蚀提供了动力。

## 1.2 人类不合理开发利用因素

人为活动是维持土地生态系统稳定和促使土地系统演替的调控因子。在河源区,由于超载放牧和粗放型开采沙金导致水土流失增强,生态环境逐步恶化。

1.2.1 超载放牧 河源区近年属放牧失控区,放牧强度的增大直接影响到草地的覆盖程度,限制了草场资源的再生速度,有时对草场的破坏甚至是毁灭性的。牧区的土壤侵蚀很大程度上决定于其可蚀性,假定坡度值和土壤可蚀性不易改变,通过对植被覆盖度的管理即可控制土壤侵蚀。即通过加大植被覆盖度来有效地控制土壤流失量。

非常明显,地表植被覆盖水平与放牧程度以及管理状况有关。在该区有大量人类活动、无节制自由放牧的情况下,减轻放牧强度可能是控制地表覆盖度以及土壤流失的唯一选择。从无节制放牧改变为有计划控制放牧,能改良地表植被覆盖。同时,较好的草场覆盖能供给牲畜更多的饲料,实现草场资源的可持续利用,将贡献出较好的动物营养。

1.2.2 粗放型开采沙金 河源的沙金资源丰富,给地方经济带来了新的增长点。目前当地政府的管理办法是凡进入河源采金者,每人收取 50 元的开采补偿费的管理措施。表面上看来这样可以提高当地的经济效益,但是河源区及整个黄河流域的生态效益和社会效益却在负增长,很显然这是一种得不偿失的做法。

大量开采沙金一方面破坏了地貌,改造了地表径流路径,使地表植被严重受损,增加了岩石的裸露程度,在地表径流和风力的作用下,水土流失强度增加。另一方面在采矿过程中人为的不间断地用高压水流冲洗沙砾石,直接增加了河流中的泥沙,相当于延长了河源地表径流的时间,而且用水流冲洗沙砾石的水流强度远大于降雨强度,它造成的水土流失强度远大于降雨造成的水土流失强度。两者共同作用导致河源区产生大量含有泥沙的地表水进入黄河,淤积后,河床升高,泻洪能力下降。

## 2 黄河河源区水土流失概况

### 2.1 水土流失类型概述

河源区地处高原内部,地貌相对平坦,降雨量虽少,但该区降雨集中在夏季同时又以暴雨的形式出现,易形成地表径流,因而水力侵蚀以地表片蚀、细沟侵蚀和浅沟侵蚀的形式进行<sup>[1]</sup>。

根据河源地面组成物质的特点,认为风力侵蚀主要有扬蚀、跃移 2 种形式。随着近年来气候的变暖,河源植被覆盖率的下降和裸土面积的增加,河源区的风力侵蚀作用正逐步加强,土地沙化面积逐步增加。在河源的构造凹地中已形成了大片明显的沙丘,沙丘的展布方向在遥感图象上已有非常明显的显示。图 1 中的 2 个次级窗口为沙漠化廊带的局部放大,放大后沙丘的规模、形态可辨,特征的风向可恢复。大片沙丘掩埋了大量河源湿地和草场,减少了植被。挤占、掩压黄河河道和湖泊水面,增大蒸发量和水体含沙量。沙丘物质来源主要是河源两湖地区早更新世湖底沉积物。风力侵蚀使该区本来就脆弱的生态环境更加恶化,使国家第一批重点保护湿地面积明显减少。

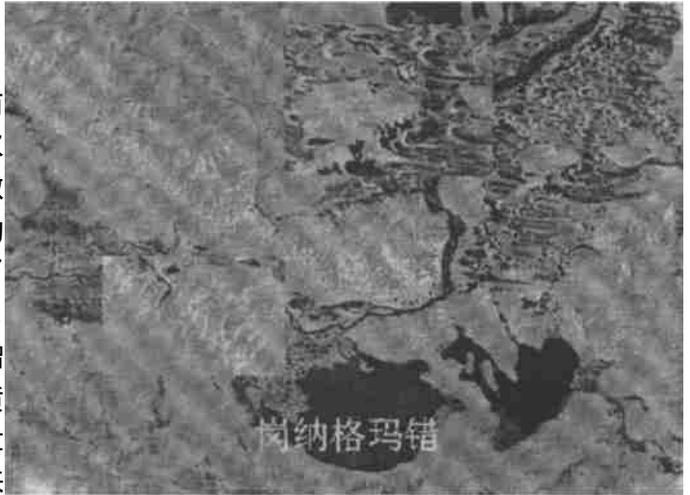


图 1 黄河河源区沙丘 TM 影象

黄河河源地处高寒区,日温差和季节温差均极大,土层易遭受强烈的冻融风化作用,因而冻融侵蚀普遍存在。主要发生在坡度较大的三叠系地层区,那里分布着较厚的冰碛物和残积物,在反复的冻融作用下易形成土体的蠕动、滑塌。这类侵蚀作用受遥感图象分辨率的制约不能确定,但实地调查发现由于土体的蠕动、滑塌而导致的水土流失、植被破坏现象非常广泛。

工程侵蚀是人们在利用自然资源和经济开发中造成的土壤侵蚀现象,目前在河源是一种新增加的危害性极大的侵蚀类型。河源区本来人烟稀少,但最近一段时间来,存在大批非法采金者,采金过程中产生了大量的弃土、裸土,给河源的植被带来了毁灭性的破坏。在地表径流的作用下可产生大量的泥沙,形成水土流失。实际观察表明在河源黄河水中的泥沙含量已相当高,河源流失的泥沙对黄河水中泥沙的“贡献”不容忽视。河源工程侵蚀应该引起全社会的关注,“再造一个山川秀美的西北地区”必须从源头的生态环境治理开始。

### 2.2 水土流失空间结构分析

我们基于遥感图象的地质信息结构特征,从土壤生态景观学和系统论出发总结出斑块、廊

带、基面和边缘带 4 种空间结构元素及其组合类型<sup>[4]</sup>。在对河源水土流失空间结构分析时,分为 3 个不同的等级层次进行,(1)宏观尺度的整体空间构架;(2)中尺度的典型空间组合型;(3)空间元素的基本形态特征。空间结构能直观地显现水土流失纵向、横向的镶嵌组合规律,空间结构分析正是通过直观全面的方式透视其中的秩序关联。水土流失空间结构的研究在于能以直观、方便有效的途径探析系统的整体性状,达到综合研究水土流失规律的目的。

2.2.1 宏观尺度的整体空间构架 黄河河源地处秦—昆系与青藏系、巴—松弧形带的结合部位,为印度板块向欧亚板块俯冲时在青藏高原北缘所形成的特殊地段。遥感图象客观真实地记录了地物特征的信息,从图象上能解译出影响土壤侵蚀的多种因素和人为活动因素,还可以通过各种因素综合分析出土壤侵蚀强度<sup>[3]</sup>。遥感图象视域宽广,是研究区域尺度水平上水土流失空间结构分析必不可少的资料。气候与地质构造分异廊带往往控制水土流失群体空间格局。河源北侧的布青山山脉即为黄河外流水系与塔里木内陆水系的分界线,该分界线也是青海省雪灾分异线。河源区水土流失强度空间结构具有平行状廊带结构特征,以黄河玛曲河床

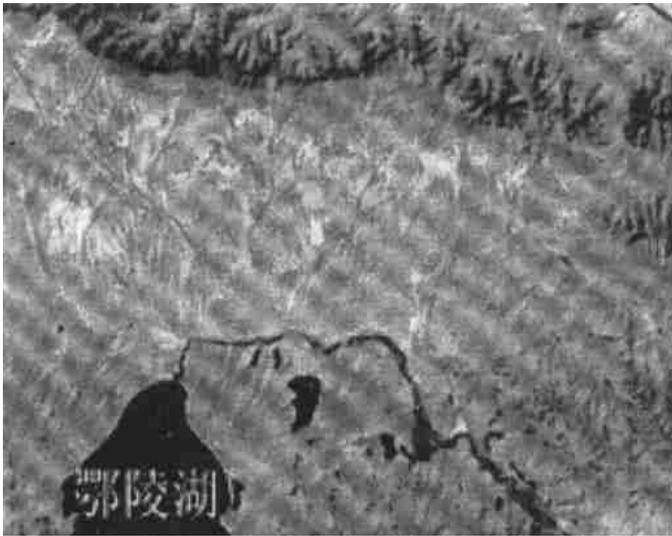


图 2 河源区水土流失平行状廊带结构 TM 图象景观

作为边缘带,向北依次分布着冲洪积物草地廊

带、早更新世的湖积物草地廊带、第三系地层区草地廊带和布青山混杂岩带草地廊带(图 2)。上述平行分布的廊带结构特征与河源宏观构造线呈 NW—SE 方向,下垫面的物质组成为 NW—SE 方向,与条带状分布密切相关,各廊带的水土流失强度和类型亦有差别。河源区水土流失的基面为巴颜喀拉地层分布区,是斑状、廊状等元素的环境背景。基面上的斑块、廊带主要由分布于其中的廊带状、廊线状的生物礁灰岩、第三系红色砂砾岩、砂岩和斑块状岩浆岩侵入

体形成。

2.2.2 典型的中等尺度空间组合型 在中等尺度地域范围内,地貌类型、水系格局及地方气候基本控制了景观生态系统的空间格局。中等尺度的空间组合型是空间结构分析的主要内容,它在等级层次结构、在研究内容上均起承上启下的地位。空间组合型的形成可以是局部性的自然地域分异,也可以是人文因素作用的后果。

(1) 斑散布型。河源区最典型的是在冲洪积物草地廊带上零散分布的沙金采坑和在其它廊带、基面上散布的羊圈和用栅栏保护的草地斑块。

(2) 条带枝状组合型。以玛曲干支流系统为格局的河床、高河漫滩土地等条带单元的空间组合。这种组合型以“两湖”南部的卡日曲、日玛曲和玛曲为代表。

(3) 格状组合型。该组合型由北西向构造与北东向构造交叉构成,前者相对占有优势,以鄂陵湖北地带典型。

(4) 条带型。以早更新世条带状分布的湖相岩石地貌所构成的土壤生态景观呈带状平行

展布的几何图式为代表,它与地形坡度等级的空间配置均高度相关,在土壤侵蚀强度等级上,也显示出强度呈条带展布的空间格局。

2.2.3 空间元素的基本形态特征 小尺度的地域范围内,斑块是土壤生态类型的最小单元,它反映了土壤侵蚀分类分级体系中的一个独立空间要素。斑块与斑块之间的区别表现在大小、形状、边界线、物理性状及环境要素。因此,斑块是专业数据层中最稳定的个体。如上述的羊圈、用栅栏保护的草地或沙金采坑均可作为一个独立的空间要素。

廊带是地球表层系统空间结构的基本要素,如河流或冲沟、山脊线及其组合、山前冲积扇带、盆地边缘带等。从土壤侵蚀角度看,廊带反映了土壤生态环境的典型成因、均质性等空间特性,如沿山前地带分布的草场、沿山脊线分布的寒冻风化景观带等。这些廊带反映了土壤生态带状分区空间结构规律。

从土壤侵蚀强度与水土保持应用角度来看,基面是进行区域规划的基础,也是作为生态环境治理、生态农业工程的设计依据。从土壤生态区划与分类角度看,基面具有研究生态多样性空间组合规律及其可持续发展条件的功能。

边缘带是一种过渡地带,基于土壤侵蚀类型,它可能反映了侵蚀强度的划分界线,从水土保持工程角度,它可能反映重点治理区域的边界。边缘带不仅是 2 种类型交替的边界,也可能反映土壤生态的脆弱带或土壤侵蚀的突变带,有时也是地球表层环境的灾变带,如河源北部布青山山系既是土壤强度侵蚀带的突变带也是地质灾害的突变带。

### 3 水土保持是黄河河源区牧业持续发展的根本

水土流失的直接后果是使水、土、肥大量流失,造成地形破碎,植被减少,土壤日益瘠薄,生态环境破坏,导致草地减少,牧业生产低而不稳定。另一个后果是淤塞江河和水利工程。河源的水土保持措施应是增强全民生态意识,制止短期经济行为。

(1) 保护草场。众所周知,植被具有涵养水源、固土防蚀的功能。在草地上放牧、运物或挖土会使植被减少,土壤板结,增加径流及侵蚀量。地表裸露是导致土壤流失的主要因素,地表覆盖度增加,径流中的泥沙就会减少,因此在河源区应减轻放牧强度,使草场可持续利用。

(2) 实施营造植被、栅栏护岸工程。因为黄河的一级阶地多由粉沙、粘土质沙组成,固结程度差,稳定性差,易于垮塌。因此黄河河源的土壤流失一部分直接来自于河岸放牧。在岸边设置栅栏,并种植植物形成过滤层,可有效防止牲畜破坏河岸,减轻牧地表土流失<sup>[4]</sup>。

(3) 沙金矿开采后的植被恢复。目前河源地区采矿后植被恢复工作还没有进行。应保留表层土壤,为将来植被恢复时使用;淘金后的沙坑应及时用沙砾石回填,上面覆盖前期保留的表层土壤;回填后的沙坑往往会出现不均匀的沉陷而产生变形,应及时回填表土,待稳定后选择适合河源区生长的植被类型进行人工种植。

#### 参 考 文 献

- [1] 郑本兴,王苏民. 黄河河源的古冰川与古环境探讨[J]. 冰川冻土, 1996, 18(3): 210-217.
- [2] 王仰麟, 赵一斌, 韩荡. 景观生态系统的空间结构: 概念、指标与案例[J]. 地球科学进展, 1999, 14(3): 235-241.
- [3] 陈曦川, 钟劭南, 严慕绥. 基于土壤侵蚀遥感调查的河流输沙量的计算[J]. 水文, 1998, 6: 14-17.
- [4] Owens L B et al 著, 卿大明译. 牧地围栅对径流泥沙的影响[J]. 水土保持科技情报, 1996: 36-38.