

# 安塞县纸坊沟流域土壤侵蚀 类型遥感制图

武春龙 江忠善 郑世清

(中国科学院  
水利部西北水土保持研究所)

## 提 要

采用彩色红外航片,结合野外实地调查,编制了安塞县纸坊沟流域1:1万的土壤侵蚀类型图。该图详细反映了流域内土壤侵蚀类型的定位关系。土壤侵蚀类型的面积清单,可为水土保持综合治理评价与规划提供基础数据。制图结果表明,该流域经过综合治理,土壤水蚀强度已由治理前的极强度侵蚀类型下降为中度侵蚀类型。

关键词:遥感技术 小流域 土壤侵蚀强度 侵蚀图

## 一、前 言

黄河是世界上泥沙量最多的河流,年输沙量约16亿吨,其主要来源于黄土高原成千上万的小流域。小流域是土壤侵蚀、产沙和输沙的基本单元。近年来,以小流域为单元,在黄土高原水土保持综合治理工作中,起着越来越显著的作用。为了推动小流域综合治理的顺利发展,很有必要进行小流域土壤侵蚀特征的深入研究。小流域土壤侵蚀类型遥感调查制图,是国家“七五”期间“黄土高原综合治理定位试验示范综合研究”专题土壤侵蚀课题的部分内容。课题要求利用彩色红外航片,结合野外地面实况调查,编制陕西省安塞县纸坊沟流域1:1万土壤侵蚀类型图,提供面积量算清单。前人利用野外详细调查填图和黑白航片解译方法,在黄土高原编制过小流域大比例尺的土壤侵蚀类型图,这些是我们工作的基础。这次工作我们着重于流域内的土壤侵蚀强度评价。大比例尺小流域土壤侵蚀类型图,可反映土壤侵蚀类型的定性、定位和定量关系,为研究流域产沙规律与水土保持治理规划提供基础。在黄土高原开展小流域大比例尺土壤侵蚀制图,是土壤侵蚀工作者研究水土流失规律,搞好水土保持工作的重要内容之一。

## 二、流域概况

纸坊沟流域位于陕西省安塞县境内,是杏子河的一级支流,属于黄土丘陵沟壑区,地理位置为E109°14'12"~109°16'25",N36°46'25"~36°43'11"。流域总面积为8.273 8km<sup>2</sup>。纸坊沟流域地处暖温带半干旱森林草原地带,年平均气温8.8℃,年平均降水量546.1mm,降雨主要集中于7~9月,其降水量占全年降水量的61%。暴雨是该流域土壤侵蚀的主要外营力,年平均发生0.88次。人口数量的增加,种植业活动范围扩大,流域内显域地带性植被已不存在。近年来,人工建造了成片的刺槐林和柠条林,多分布于沟间地,沟谷地也有小面积的分布,但多为天然灌丛植被。该流域分布地层主要为第四纪黄土和侏罗纪青灰色砂页岩,地形破碎,坡度陡峻(表1)。第四纪以来,流域受地壳间歇性抬升的影响,沟谷下切侵蚀剧烈,滑坡发育,主河

床基岩上有 3 个裂点。流域内现代土壤侵蚀方式主要有片蚀、细沟侵蚀、浅沟侵蚀、切沟侵蚀、滑坡、崩塌和泻溜等。

表1 纸坊沟流域坡度组成

坡 度	0°~5°	5°~10°	10°~15°	15°~25°	25°~35°	>35°
面积 (ha)	69.21	24.31	50.36	180.43	238.67	264.40
百分比 (%)	8.36	2.94	6.09	21.81	28.85	31.96

### 三、制图信息源及程序

(一) 遥感信息源和地形图收集 本次制图采用的主要遥感信息源为 1 : 1 万的彩色红外航片, 航摄时间为 1987 年 9 月。辅助遥感信息源为 1 : 7.5 万的彩色红外航片, 航摄时间为 1987 年 8 月。地形图采用最新编制的 1 : 5 000 和 1 : 1 万两种比例尺。彩红外航片的时相, 有利于植被覆盖度和地表组成物质的解译。

(二) 野外实况调查 野外实况调查目的, 是为了建立遥感图像的影响土壤侵蚀因子的解译标志。影响土壤侵蚀的因子主要包括地形、地表组成物质、植被类型及其覆盖度、人为活动等。最后达到典型位置的地面实况, 彩红外航片及地形图定位三者统一。

(三) 室内航片解译 根据野外建立的彩红外航片影响土壤侵蚀因子的解译标志, 用聚脂薄膜蒙于航片上, 解译勾绘土壤侵蚀因子 (主要为地形部位, 地表组成物质、植被和耕地等) 的分异界线。

(四) 野外检验 对室内解译中的疑难图斑、阴影图斑、尚未调查到的图斑, 进行野外实地补充调查验证。检查图斑的判读情况, 发现问题, 及时纠正。

(五) 室内编图 采用自然地形格网控制视转绘的方法, 把航片上检验过的解译图斑, 转绘到 1 : 5 000 地形图上。最后进行量算面积和编写说明书。

### 四、土壤侵蚀与分类

土壤侵蚀分类是土壤侵蚀调查制图的基础性工作, 应引起重视。据目前的研究状况, 土壤侵蚀分类总的有两种方案。其一是根据土壤侵蚀的发生发展过程及侵蚀形态的分类。其二是根据影响土壤侵蚀的因子组合, 判定侵蚀强度的分类方案。这次制图我们采用后一种分类方案。现就有关土壤侵蚀分类的原则及指标体系作一简述。

#### (一) 分类原则

(1) 体现影响土壤侵蚀的因子。土壤侵蚀因子主要指侵蚀营力 (降雨、风力和重力等), 地形、地表组成物质及土壤类型、植被类型及其覆盖度, 种植作物与人类活动等。根据土壤侵蚀因子的差异来确定土壤侵蚀类型。

(2) 反映土壤侵蚀强度。土壤侵蚀强度是描述土壤侵蚀特征的重要指标之一。它的确定主要依据影响土壤侵蚀的主导因子综合判定。确定土壤侵蚀强度是水土保持工作实践的需要。

(3) 实用性和生产性。土壤侵蚀分类系统要具有实用性, 能为生产部门所采用, 便于在水土保持基层单位推广应用。分类系统中采用的指标, 如植被覆盖度及地面坡度, 能易于被群众掌握。

(4) 遥感技术的可行性。本次制图采用的彩红外航片,其比例尺为1:1万,能详细反映流域内各种要素的面貌,特别有助于解译植被覆盖度、农田和地表组成物质。

### (二) 分类等级与指标

在安塞县纸坊沟流域土壤侵蚀遥感制图中,按照《黄土高原各试区编制土壤侵蚀类型图的规定》(以下简称规定),本次制图采用三级分类系统,第1级反映侵蚀营力,如水蚀、风蚀和重力侵蚀等;第2级反映侵蚀强度;第3级反映影响土壤侵蚀强度的因子。土壤侵蚀强度分为6级见表2。影响土壤侵蚀的地面坡度分级和植被覆盖度等级见表2。地表组成物质分为5类,即为石质、土石质、砂质黄土、黄土和红土。纸坊沟内地表组成物质主要为黄土和石质基岩。

表2 土壤侵蚀强度分级及其判别指标

土壤侵蚀强度分级	年平均侵蚀模数 (t/km <sup>2</sup> )	坡度等级 (度)	植被覆盖度等级 (%)
微度侵蚀	<1 000	<5	>90 (极高覆)
轻度侵蚀	1 000~2 500	5~10	75~90 (高覆)
中度侵蚀	2 500~5 000	10~15	60~75 (较高覆)
强度侵蚀	5 000~10 000	15~25	40~60 (中覆)
极强度侵蚀	10 000~20 000	25~35	20~40 (低覆)
剧烈侵蚀	>20 000	>35	<20 (疏覆)

### (三) 土壤侵蚀强度判别

该规定对于坡耕地是采用坡度因子判别土壤侵蚀强度级别。川台地和梯田其侵蚀强度定为微度侵蚀。黄土质沟坡的天然和人工林灌草地,依据植被覆盖度判别土壤侵蚀强度。沟间地林灌草地,依据其立地条件的地面坡度判定的土壤侵蚀强度等级为基数,再用植被覆盖度修正。当植被覆盖度大于75%时,降低4级强度,如由剧烈侵蚀降为轻度侵蚀。当植被覆盖度为60%~75%时,降低3级。当植被覆盖度为40%~60%时,降低2级。当植被覆盖度为20%~40%时,降低1级。当植被覆盖度小于20%时,土壤侵蚀强度不变。

沟坡区域的林灌草地,在植被覆盖度判定土壤侵蚀强度的基础上,石质时降低2级强度,土石质降低1级强度,砂质时则升高1级强度,黄土和红土仍为植被覆盖度等级判定的对应侵蚀强度。

利用地面坡度和植被覆盖度为基础判定的侵蚀强度,在作地表组成物质和植被覆盖度修正时,最终侵蚀强度不应低于或高于土壤侵蚀强度的微度和剧烈级别。

### (四) 制图单元系统

根据上述分类原则、等级及指标和土壤侵蚀强度判定标准及规定提出的土壤侵蚀分类系统。经过野外调查和彩红外航片解译,纸坊沟流域土壤侵蚀制图单元系统,1级类型有水力侵蚀和重力侵蚀2个,2级类型有8个,3级类型有26个,其它类型2个(见表3)。

## 五、影响土壤侵蚀因子的彩红外航片解译

纸坊沟1:5 000土壤侵蚀类型图图斑勾绘是以土壤侵蚀影响因子的分异为基础。在彩色红外航片解译中,我们采用分层解译提取土壤侵蚀影响因子的方法。第1层解译地貌,包括地形和

表3 安塞县纸坊沟流域土壤侵蚀类型面积清单

代 码	侵 蚀 类 型	面 积 (ha)	百 分 比 (%)
1	微度侵蚀	234.60	28.36
11	平缓坡农地微度侵蚀	66.27	8.01
12	梁峁坡林地微度侵蚀	59.61	7.20
14	沟坡林地微度侵蚀	90.65	10.96
15	沟坡草地微度侵蚀	18.08	2.19
2	轻度侵蚀	56.70	6.85
21	缓坡农地轻度侵蚀	2.75	0.09
22	梁峁坡林地轻度侵蚀	11.91	1.44
23	梁峁坡草地轻度侵蚀	1.50	0.18
24	沟坡林地轻度侵蚀	23.60	2.85
25	沟坡草地轻度侵蚀	18.94	2.29
3	中度侵蚀	128.67	15.56
31	较缓坡农地中度侵蚀	46.75	5.65
32	梁峁坡林地中度侵蚀	6.17	0.75
33	梁峁坡草地中度侵蚀	0.63	0.08
34	沟坡林地中度侵蚀	24.35	2.94
35	沟坡草地中度侵蚀	50.77	6.14
4	强度侵蚀	155.17	18.75
41	较陡坡农地强度侵蚀	100.72	12.17
42	梁峁坡林地强度侵蚀	1.17	0.14
44	沟坡林地强度侵蚀	0.30	0.04
45	沟坡草地强度侵蚀	52.97	6.40
5	极强度侵蚀	140.14	16.94
51	陡坡农地极强度侵蚀	77.52	9.37
55	沟坡草地极强度侵蚀	62.62	7.57
6	剧烈侵蚀	54.49	6.59
61	极陡坡农地剧烈侵蚀	3.69	0.45
65	沟坡草地剧烈侵蚀	50.80	6.14
8	崩滑侵蚀	49.54	5.99
81	中度崩滑侵蚀	38.49	4.65
82	强度崩滑侵蚀	8.33	1.01
83	剧烈崩滑侵蚀	2.72	0.33
9	泻溜侵蚀	0.08	0.01
92	强度岩屑泻溜侵蚀	0.08	0.01
	泥沙沉积	3.04	0.37
	河流水域	4.95	0.60
	合 计	827.38	100.00

地表组成物质,地形主要解译沟间地、沟谷地、川台地和湾塌地等。地表组成物质解译主要区分黄土和基岩。第2层解译林草和耕地。第3层解译林草覆盖度。

彩红外航片的地貌解译易于进行。解译产生的主要界线有流水线、沟谷缘线、坡脚线,以及黄土与基岩的分界线。其它地物有水库、坝地、梯田、居民点和道路等,也是解译的目标。在彩色红外航片上,沟间地形态浑圆平滑,色调较浅,沟谷地坡度较大,发育有顺坡延伸的平行切沟,形态粗糙,色调较深,两者以沟谷缘线为界。川台地位于坡脚线和流水线之间,坡度平缓,地表组成物质为冲积黄土,彩红外航片上呈红色条块状。基岩位于沟谷坡下部,彩红外航片上呈青灰色,而黄土色调比较浅。

彩红外航片林草和耕地解译,主要依据影像的颜色和影纹结构等特征。纸坊沟流域主要林地类型为人工刺槐林和柠条林。彩红外航片上,刺槐林图斑规则,边缘整齐,毡状影纹,林冠形态清晰,大颗粒状结构,鲜红色,沟间地和沟谷地皆有分布。柠条林多分布于梁峁坡上,影纹较细,中颗粒状结构,红褐色。人工刺槐林和柠条林典型位置见于蟠龙山和红崖沟东侧。封育恢复的狼牙刺灌木林,影纹细密,色调不均匀,浅红褐色,典型位置分布于老林塌沟口处的阴坡上。草地类型主要为铁杆蒿—长芒草和白羊草—铁杆蒿群落,前者多见于阴坡,后者多见于阳坡。草地在彩红外航片上色调较深。耕地多数分布于沟间地,在彩红外航片上背景色调为浅白色,反映马兰黄土的特性,种有农作物的耕地色调为黄色。地形平缓,水分条件较好耕地色调为青色。耕地表面平滑均匀。

纸坊沟林地长势较好,其植被覆盖度一般大于40%,依据林地色调和影纹结构,可划分出4级,分别为极高覆、高覆、较高覆和中覆。草地覆盖度解译主要依据色调深浅,覆盖度高者,色调偏红、结构均匀;覆盖度低者,色调偏向地表组成物质,色调浅淡且不均匀。植被覆盖度解译,还依据微域地理景观的阴阳坡分异原理,阴坡植被覆盖度高于阳坡。

## 六、转绘成图与面积量算

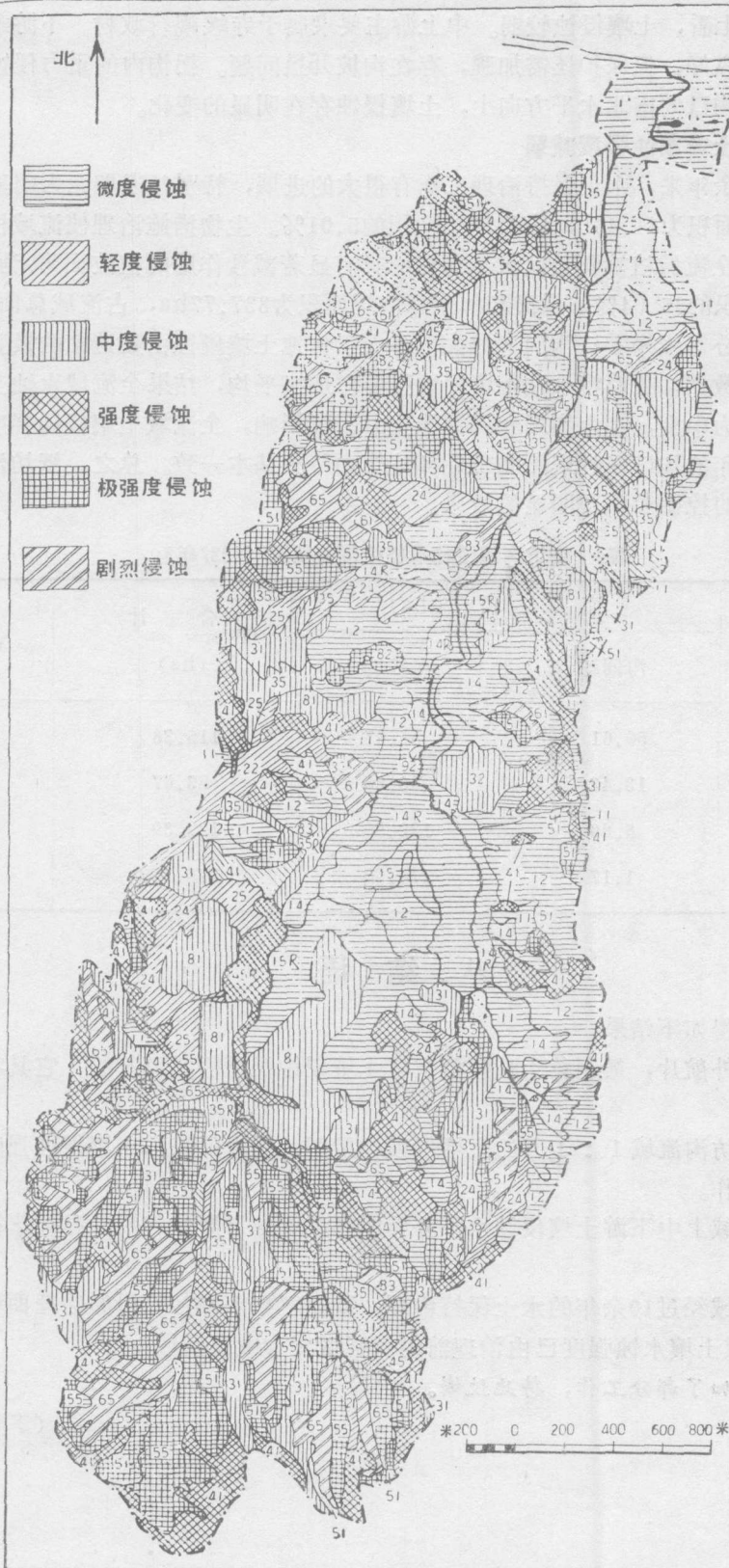
黄土丘陵沟壑区独特的地貌结构,为采用自然格网控制的目视转绘法提供了基础。经专题系列制图试验,此方法可达到制图的定位精度要求。土壤侵蚀影响因子的转绘顺序和解译顺序相同。先转绘地形和地表组成物质界线,再转绘林草和耕地界线,及林草覆盖度分异界线。最后,复合地形图上的坡度信息和土壤侵蚀影响因子信息,判定土壤侵蚀强度。在转绘过程中,特别注意吸收了地形图上的信息。地形图上沟谷缘线常与耕地边界重合,耕地及林草地界线都有标记,这些都保证了转绘精度的提高。

本次面积量算采用方格法。单位方格面积为 $1\text{mm}^2$ ,量算中估读半个单位方格。此方法精度高,但费工费时。面积量算具体程序为,先获得全流域的理论控制面积(课题组提供),然后逐个图斑量算,每个图斑量算3次,最后计算平差。本次量算闭合误差为0.47%,达到要求。纸坊沟流域土壤侵蚀类型面积清单见表3,附图为该流域土壤侵蚀类型图的缩编图。其中土壤侵蚀类型代码与规定中的相同。

## 七、流域土壤侵蚀特征

### (一) 土壤侵蚀的空间分异

由图1可见,纸坊沟流域土壤侵蚀类型上中下游水平分异明显。上游包括正沟、阎家沟和大罗锅沟,植被稀疏,沟谷窄深,水土保持措施治理差,土壤侵蚀强烈。中游与下游的分界线在老林塌沟和杜庄圪塔,其特点为塌地发育,基岩侵蚀严重,水土保持林草措施面积大,虽坡耕地侵



附图 安塞纸坊沟流域土壤侵蚀类型图

蚀强烈,但从整体上看,土壤侵蚀较弱。中上游主要隶属于寺峪峁行政村。下游隶属于茶坊行政村,林草植被覆盖良好,但保护还需加强,存在沟坡开垦问题。拐沟内的重力侵蚀甚为剧烈。纸坊沟流域从沟头到沟口的南北水平方向上,土壤侵蚀存在明显的变化。

### (二) 治理后土壤侵蚀强度减弱

纸坊沟流域10余年来,水土保持治理工作有很大的进展,特别是近期尤为明显。截止1987年制图时,梯田建造面积为41.43ha,占流域总面积的5.01%。生物措施治理使流域植被覆盖状况,得到极大地改善,全流域植被覆盖度大于60%的具有显著减沙作用的植被面积为298.34ha(表4),占全流域面积的35.64%。梯田和林草总治理面积为337.77ha,占流域总面积的40.65%。从侵蚀强度制图划分等级来看,沟间地的大部分人工林地土壤侵蚀由建造前的极强度、强度变为微弱侵蚀。据表3数据,我们将水蚀土壤侵蚀强度作加权平均,结果全流域水蚀土壤侵蚀强度由治理前的极强度变为中度,加上崩塌和泻溜等重力侵蚀影响,全流域土壤侵蚀强度为中度到强度。此结果与近4年的沟口泥沙观测数值 $7140t/km^2 \cdot y$ 基本一致。总之,纸坊沟流域林草和梯田建设对土壤侵蚀的控制起到了明显的效果。

表4 纸坊沟流域林草植被覆盖状况(1987年)

植被覆盖度	面 积 (ha)		合 计 (ha)	占流域面积%
	沟间地	沟谷地		
>90%	59.61	55.67	115.28	13.61
75%~90%	13.42	40.25	53.67	6.49
60%~75%	6.80	122.59	129.39	15.64
<60%	1.17	174.58	175.75	21.24

## 八、结 语

综上所述,取得如下结果:

1. 利用彩红外航片,编制黄土丘陵沟壑区土壤侵蚀类型图是可行的。它具有快速,准确,省钱的优点。
2. 编制了纸坊沟流域1:1万的土壤侵蚀类型图,图中反映了土壤侵蚀强度,有益于指导小流域水土保持工作。
3. 纸坊沟流域上中下游土壤侵蚀水平分异明显,起主导影响作用的是林草植被和人类活动。
4. 纸坊沟流域经过10余年的水土保持治理,取得了显著减沙作用的治理面积占流域总面积的40.65%。全流域土壤水蚀强度已由治理前的极强度变为中度侵蚀。

注:周佩华参加了部分工作,特此致谢。

(下转第19页)

## Collect Funds from Multiple Sources and Different Levels to Carry out Soil and Water Conservation

*Duan Qiaofu*

*(Country Side water Resource and Conservancy Department, Ministry  
of water Conservancy)*

### Abstract

Many experiences have been gotten in collecting funds. This paper studied and summarized the experience for collecting funds in various place, pointed out that increase input is the base for strengthening the vitality of soil conservation and the key of water conservancy steady development. As it's impossible for the state to increase input in soil and water conservation during the period of national economic consolidation, it should: 1) Make full use of and regulate existed funds; 2) develop new source for funds; 3) reform the way of funds utilization to get great benefit from limited input.

**Key words:** Collect funds Soil and water Conservation increase input funds utilization

(Continued from page 12)

## The Remote Sensing Mapping of Soil Erosion Type in Zhifanggou Watershed, Ansai County

*Wu Chunlong Jiang Zhongshan Zheng Shiqing*

*(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation,  
Academy of Science and Ministry of Water Resources, P. R. C.)*

### Abstract

In application of color infrared aerophoto and combining with ground truth investigation, we worked out the map of soil erosion type (1:10,000 scale) of Zhifanggou watershed in Ansai County. The map of soil erosion type shows thoroughly the space relationship of the soil erosion type. The detailed area list of soil erosion type may serve for the evaluation and planning of soil and water comprehensive conservation. The soil erosion intensity of Zhifanggou watershed before comprehensive control is very intensive erosion type. Through comprehensive control, the soil erosion intensity reduce to medium erosion type.

**Key words:** remote sensing technology small watershed soil erosion intensity soil erosion map