

黄家二岔小流域土壤侵蚀强度 遥感调查制图

孙 保 平

(北京林业大学水保系, 北京)

摘 要

本文根据土壤侵蚀分类原则,在1:10 000彩色红外航片上获取影像的土壤侵蚀判读标志,应用遥感技术调查编制了小流域土壤侵蚀强度图。实践证明,该方法具有快速、准确和省工特点,可直观反映水土流失现状、侵蚀类型的分布面积大小和特征,评价土壤侵蚀强度,为流域综合治理和开发利用提供依据。分析结果同时表明:西吉试验区经过6年的综合治理,土壤侵蚀强度已由治理前的强度侵蚀类型下降为微度侵蚀类型。

关键词:遥感技术 侵蚀强度 侵蚀图

西吉县黄家二岔小流域是国家“七五”重点科研攻关项目“黄土高原综合治理试验示范区”之一。应用遥感技术调查编制土壤侵蚀类型及强度图的目的是探索遥感调查制图的技术路线和方法,为评价试区综合治理减沙效益提供依据。研究成果通过查清各种土壤侵蚀类型及其强度、面积大小和分布特点,反映水土流失现状及土壤侵蚀规律,为综合治理和合理开发服务。

1 西吉试验区特点与土壤侵蚀类型

黄家二岔小流域位于宁夏西吉县西部,流域面积 5.7km^2 ,人口密度 $100\text{人}/\text{km}^2$ 。该流域内的气候表现为明显的大陆性季风气候的特点。多年平均降水量为 402.2mm ,最大年降水量为 567.6mm ,最小为 258.6mm ;降水年际差异大,平均降水变率为 26% 。1日最大降水量 68.1mm ,30min最大降水量 18mm ,15min最大降水量 10.7mm 。该流域属黄土丘陵沟壑区,阳坡地形较破碎,阴坡地形较完整,海拔高度为 $1860\sim 2135\text{m}$ 。地面物质组成以黄土为主,第三纪红土局部出露。主要土类为细黄土和浅黑垆土,沟道低洼处分布有白盐土。土壤疏松,有机质含量低,抗蚀能力差。治理前流域内地表植被仅有 2.3ha 小片北京杨人工林,居民点附近零星栽有极少量旱柳、白榆、臭椿、杏树等,因为无抚育管理,长势较差。在 142.7ha 的荒坡上长有以禾本科为主的草类,由于当地严重缺乏燃料,群众常年铲草皮、挖草根,加上过度放牧,致使草被长势越来越差,覆盖度在最盛期也只有 30% 。本流域以种植业为主,土地贫瘠,耕作粗放,垦殖指数高,陡坡开荒严重,产量低下,经济收入低,这些因素加剧了水土流失。根据流域内水库淤积量实测计算,该流域年土壤侵蚀模数为 $7375\text{t}/\text{km}^2$ 。

黄家二岔小流域从1983年开始,经过6年的水土流失综合治理,造林种草面积率由1982年的 0.4% 增加到1988年的 57.4% ,坡耕地由原来的 51% 下降到 7% ,水平梯田面积从 5% 增加到 25% ,在流域内形成了较完整且具备多功能的生物措施和工程措施防护体系,有效地控制了水土流失。根据多种方法测定计算表明,小流域1988年土壤侵蚀模

数为804t/km²，比治理前减少了91%。

黄家二岔小流域土壤侵蚀主要发生在坡面上，以水力侵蚀为主。根据制图的目的和要求，土壤侵蚀类型的划分将遵循以下原则：

- 1) 反映水土流失的现状和特点，以综合治理和区域经济发展的生产服务为目的；
- 2) 以土壤侵蚀发生发展规律为基础，考虑影响土壤侵蚀的主导因素；
- 3) 根据成图比例尺、遥感信息源的种类，考虑可行性和分辨率；
- 4) 简单直观，且有一定的层次结构。

在这次调查制图中，按照黄土高原试区土壤侵蚀制图统一规定进行，采用三级分类制。一级类型按营力划分，包括水力侵蚀和重力侵蚀。二级类型以侵蚀强度划分，典型情况下分为微度、轻度、中度、强度、极强度和剧烈侵蚀6级。土壤侵蚀强度分级指标见表。三级类型主要依据地貌部位、土地利用类型、侵蚀形态和方式划分，是整个分类

表 土壤侵蚀强度分级主要判别指标

强度级别	年土壤侵蚀模数 (t/km ²)	地面坡度 (°)	植被覆盖度 (%)
微度侵蚀	<1 000	< 5 (平缓坡)	>90(极高)
轻度侵蚀	1 000~2 500	5~10(缓坡)	75~90(高)
中度侵蚀	2 500~5 000	10~15(较缓坡)	67~75(较高)
强度侵蚀	5 000~10 000	15~25(较陡坡)	40~67(中)
极强度侵蚀	10 000~20 000	25~35(陡坡)	20~40(低)
剧烈侵蚀	>20 000	>35(极陡坡)	<20(疏)

注：坡耕地依据坡度因子判定；沟坡林灌草地依据植被覆盖度判定；沟缘线以上的梁峁坡的林灌草地，依其立地条件的地面坡度等级为基数，当覆盖度大于75%时，降低四级强度或降到最低一级，60%~75%覆盖度降低三级或降到最低一级，40%~60%覆盖度降低二级，20%~40%覆盖度降低一级，<20%覆盖度依据坡度等级判定。

的基础。水力侵蚀的发展序列为：母质片蚀—鳞片状侵蚀—面蚀—细沟侵蚀—浅沟侵蚀—切沟侵蚀和人为活动影响下的特殊序列。该流域内农耕地以面蚀、细沟侵蚀为主，陡坡坡耕地有浅沟和切沟侵蚀发生；荒坡、撂荒地、乔灌草地以鳞片状侵蚀为主，其强度与植被盖度的关系很大；在梁峁坡下部、沟头等径流集中处，易形成浅沟、切沟，向沟蚀系列发展，并与洞穴、崩塌、滑坡侵蚀等相伴发生，其侵蚀强度也与植被盖度及采取的工程防治措施有关。重力侵蚀分滑坡、崩塌和泻溜等，以符号标出。

2 图例系统与判读标志

调查制图中共有2个一级类型，6个二级类型，18个三级类型。图例系统与相应的判读标志如下：

2.1 微度侵蚀型

2.1.1 平缓坡农地微度面蚀。指5°以下沟台地和水平梯田，彩红外片影像呈桔红色、桔黄色、淡红色或绿褐色，无作物时呈灰蓝色或灰白色；田块平整，条块状或阶梯状分布。

2.1.2 梁峁坡乔灌林地微度鳞片状侵蚀。覆盖度大于75%，影像呈紫红色或棕褐色，条带状分布，有颗粒状。

2.1.3 梁峁坡草地微度鳞片状侵蚀。影像呈深红色，规则的环状或条块状，颗粒

细致均匀,比作物显得浓密。

2.1.4 沟坡乔灌林地微度鳞片状侵蚀。覆盖度大于90%,影像呈紫红色,粒状纹理,树冠高低可辨,密集灌木,似绒布状。

2.1.5 沟坡草地微度鳞片状侵蚀。覆盖度大于90%,影像呈桔红色或棕褐色,人工草地呈条带状分布,自然草地为不规则片状。

2.2 轻度侵蚀型

2.2.1 缓坡农地轻度面蚀。指 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 农地和质量差的水平梯田,影像呈淡绿色(作物成熟黄化),无作物时灰蓝色,田面较平,块状或条状分布。

2.2.2 梁峁坡乔灌林地轻度鳞片状侵蚀。覆盖度60%~75%,影像呈桔红色或红褐色,条带状分布,有颗粒感。

2.2.3 梁峁坡草地轻度鳞片状侵蚀。覆盖度40%~60%,影像呈灰绿色,有白色图斑,无颗粒,均匀平滑绒状,流域内分布较广。

2.2.4 沟坡乔灌林地轻度鳞片状侵蚀。覆盖度75%~90%,影像呈褐红色,条带状,斑点大小不一,流域内分布不多。

2.2.5 沟坡草地轻度鳞片状侵蚀。覆盖度75%~90%,影像呈桔红色或灰绿色,有白色斑点。

2.3 中度侵蚀型

2.3.1 较缓坡农地中度面蚀。指 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 农地,影像呈桔红色、桔黄色或淡蓝色,条块状分布,无颗粒,细致均匀边缘流线状,作物立体感不强,收获后田面光滑。

2.3.2 梁峁坡乔灌林地中度鳞片状侵蚀。覆盖度40%~60%,影像呈暗绿色并夹有稀疏红色颗粒。

2.3.3 梁峁坡草地中度鳞片状侵蚀。覆盖度20%~40%,影像呈淡蓝色或淡青色,有白色浑圆的图斑,多分布于阳坡坡上部,无颗粒且平滑。

2.3.4 沟坡乔灌林地中度鳞片状侵蚀。覆盖度60%~75%,影像呈红色或棕褐色,有颗粒感,夹有较大白色斑点。

2.3.5 沟坡草地中度鳞片状侵蚀。覆盖度60%~75%,影像呈灰绿色并夹有白色斑块。

2.4 强度侵蚀型

较陡坡农地强度面蚀是指 $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 农地,有作物时呈红色和棕褐色,无作物时呈浅蓝色,阳坡浅色调,阴坡色调发暗,多为条状或扇面状。

2.5 极强度侵蚀型

陡坡农地面蚀、浅沟极强度侵蚀是指大于 25° 农耕地,影像呈淡红色、桔黄色、灰蓝色或灰白色,多为环状或扇面状,无颗粒,无作物时田面光滑感强。有浅沟分布,其形态受地形影响,直形坡呈平行状,凹形坡呈树枝状,凸形坡呈放射状。浅沟数目清晰可数,一般每100m横断面内浅沟多为4~6条。

2.6 剧烈侵蚀型

本流域内无分布。在重力侵蚀中,本流域内有一种类型,即强度崩滑侵蚀,多分布于沟谷陡坡及沟头,下部多见二色土出露,崩滑后壁围椅状明显,呈深色半圆弧状。

此外,为了定位及比较判断的需要还应判读道路、水库和居民点等,判读中要注意

各种类型的影像特征,掌握它们与地物光谱、构像特征的关系。既要分析时间、空间变化与色彩结构变化的关系,还要分析侵蚀类型与地貌部位、植被分布、人类活动与土地利用之间的关系,结合实地典型调查,提高精度和判读速度。

3 土壤侵蚀强度图编制

在对黄家二岔小流域土壤侵蚀类型划分的基础上,编制土壤侵蚀图件,其目的是要把地面土壤侵蚀结果和环境系统给予科学的概括和图形直观显示,从而揭示土壤侵蚀过程、空间分布规律和类型数量结构。用制图方法研究土壤侵蚀时,我们是从以下两个方面进行工作的。

3.1 转绘与面积量算

土壤侵蚀强度图是与坡度分级图、土地利用现状图、土地资源评价图和水土保持措施分布图协调进行的。在分类系统、判读标志确定之后,第一步工作是各专题图斑轮廓界线的协调,主要根据地形界线、植被界线^[1]、土地利用界线等进行,考虑各专题要素界线相互对应关系,使各专题图中图斑尽量一致,将图斑轮廓不重合部分控制在小范围内,这样有利于面积计算协调和提高制图速度。

在制图过程中,需要从遥感图象上判读出的土壤侵蚀类型界线转绘到地形图上,根据判读区域的地理特征和制图条件,可以采用不同的转绘方法如仪器转绘、辐射网格转绘、目视转绘方法等。比较几种方法利弊,在本次制图中,较多地采用了网格目视转绘的方法,这种方法转绘技术简单,易于掌握,以天然沟谷体系、分水线和流水线作为控制格网,一般均可满足制图精度的要求。

面积量测是在1:10 000的土壤侵蚀类型原图上进行的。比较求积仪法、称重法和方格网法量测结果,我们认为方格法虽费工量大,但较为准确,相对误差1%左右。

3.2 土壤侵蚀强度图的内容和表示方法

我们根据不同需要先后编制了1:5 000和1:10 000黄家二岔小流域治理前后土壤侵蚀强度图。该图的内容包括三个方面:第一,反映以水力侵蚀为主的侵蚀强度级别,分为微度、轻度、中度、强度、极强度和剧烈;第二,反映土壤侵蚀的类型和方式,包括地面物质组成和土地利用状况;第三,反映侵蚀范围和面积数量。

我们选用底色法^[3]和影线法表示侵蚀强度的差异,侵蚀强度等级以色调的浓淡和饱和度或者是以影线疏密和多少的变化来反映,浓密者侵蚀强度大,淡疏者侵蚀强度小,此为侵蚀强度图的第一层面;以数字注记法表示土壤侵蚀的类型和方式,并可概略反映物质组成和土地利用状况,为该图的第二层面;以范围法加要素注记,表示侵蚀类型和强度的空间分布,地块号、面积数量和侵蚀量(是根据野外试验和分析计算求得的),为该图的第三层面,它提供土壤侵蚀强度图阅读的背景,同时便于参阅小流域其它专题图件。

4 调查制图结果分析

4.1 土壤侵蚀类型的分布规律

彩色红外航空像片直观易判,信息丰富,制图结果可示显出土壤侵蚀的垂直分布和水平分布。

西吉试区以水力侵蚀为主,农地微度面蚀和无明显侵蚀地块(包括居民区和水面面积)面积为67.09ha,占总面积11.8%,主要分布在流域内阳坡坡下部的沟台地上;植被覆盖度大于75%的乔灌木草地微度鳞片状侵蚀,在流域内只有极少量分布,合计面积13.08ha,占总面积2.3%。缓坡农地轻度面蚀,零星分布于流域内仅有9.99ha,占1.7%;梁峁坡草地轻度鳞片状侵蚀面积114.53ha,占总面积20.1%,主要分布于流域内梁峁顶和坡上部的天然草地以及沟道底部。由于当地严重缺乏燃料,群众经常上山挖草根、铲草皮,加之长期过度放牧,草场植被遭到严重破坏,加剧了水土流失。农地中度面蚀面积为47.06ha,占总面积8.2%,主要分布于阳坡中部和阴坡下部;梁峁坡草地中度鳞片状侵蚀,主要分布在阳坡坡上部,坡度较大,覆盖度只有20%~40%,面积为59.42ha,占总面积的10.4%。较陡坡农地强度面蚀,主要分布在阴坡中下部,阳坡中部也有分布,面积为167.54ha,占总面积29.4%。陡坡农地面蚀、浅沟极强度侵蚀,主要分布在流域下游的坡中部,面积为71.12ha,占12.5%。强度崩滑侵蚀;主要指分布在沟缘线以下的沟坡、沟头和一些崩滑体,面积为20.18ha,占总面积3.5%。

土壤侵蚀类型的垂直分异明显。梁峁坡中上部以草地鳞片状侵蚀为主,坡中部以中度、强度面蚀为主,在陡坡坡耕地中伴随有细沟侵蚀发生。阳坡陡短,阴坡缓长且开垦指数高。坡下部沟台地由于坡度变缓,侵蚀量显著减少,多为轻度度面蚀。沟道内沟坡部位以重力侵蚀为主,沟底部较开阔平缓,草被较好,多为鳞片状侵蚀。

黄家二岔小流域经过6年多来的综合治理,采用生物防护措施和工程防护措施,大面积人工造林种草和修筑水平梯田,取得了明显的水土保持效果,流域内的侵蚀类型也发生了根本改变。据统计,治理后平缓坡农地微度面蚀面积为195.73ha,占总面积34.3%;乔灌木林地微度鳞片状侵蚀面积为109.23ha,占19.2%;草地微度鳞片状侵蚀面积为208.5ha,占36.6%;缓坡农地轻度面蚀面积为3.04ha,占0.5%;梁峁坡草地轻度鳞片状侵蚀面积为26.11ha,占4.6%;较缓坡农地中度面蚀只有3.78ha,占0.6%;较陡坡农地强度面蚀仅为11.53ha,占2%;居民区和水面面积为12.04ha,占2.2%。

4.2 土壤侵蚀强度

黄家二岔小流域治理前土壤侵蚀强度可划分为5个等级,即:

- 1) 微度侵蚀 ($<1\,000\text{t}/\text{km}^2$): 面积为80.17ha, 占流域总面积14.1%;
 - 2) 轻度侵蚀 ($1\,000\sim2\,500\text{t}/\text{km}^2$): 面积为124.52ha, 占流域总面积21.8%;
 - 3) 中度侵蚀 ($2\,500\sim5\,000\text{t}/\text{km}^2$): 面积为106.48ha, 占流域总面积18.7%;
 - 4) 强度侵蚀 ($5\,000\sim10\,000\text{t}/\text{km}^2$): 面积为187.72ha, 占流域总面积32.9%;
 - 5) 极强度侵蚀 ($10\,000\sim20\,000\text{t}/\text{km}^2$): 面积为71.12ha, 占流域总面积12.5%;
- 依据多年平均侵蚀模数 $7\,375\text{t}/\text{km}^2$ 判定,该流域治理前土壤侵蚀强度属强度侵蚀型。

治理后黄家二岔小流域土壤侵蚀强度划分为4个等级,即:

- 1) 微度侵蚀面积为525.50ha, 占流域总面积92.2%;
- 2) 轻度侵蚀面积为29.51ha, 占流域总面积5.1%;
- 3) 中度侵蚀面积为3.78ha, 占0.7%;
- 4) 强度侵蚀面积为11.53ha, 占2%。

通过上述分析,不难看出黄家二岔小流域土壤侵蚀强度已由治理前的强度侵蚀型下

降为微度侵蚀型, 综合治理取得了非常明显的减沙效益。

5 小 结

实践证明, 应用航空遥感技术编制小流域土壤侵蚀强度图, 以彩红外航片为主, 结合一定的野外调查, 并以地形图作基础的调查工作程序和方法是合理的、可行的, 它具有快速、准确、省工特点。土壤侵蚀强度图反映了水土流失规律和现状, 查明了各侵蚀类型的分布和特点。评价土壤侵蚀强度, 为流域综合治理与开发利用的决策和减沙效益评价提供基础资料。我们的体会如下:

5.1 彩色红外航片为编制土壤侵蚀强度图提供了第一手资料。彩红外片表现地类的信息丰富、获取快、分辨率高。调查制图工作以影像作基础, 以色调和形状为依据, 加上地形图的控制, 掌握判读要领后, 能迅速准确判读制图, 从而减少了大量的野外工作。

5.2 土壤侵蚀强度图直观地反映了各类侵蚀的面积和分布特征, 反映了土壤流失现状, 通过土壤侵蚀类型划分, 并结合地貌地形和植被盖度划分土壤侵蚀强度等级, 与试区土壤侵蚀试验研究结果相比, 反映了侵蚀的相同规律和趋势, 因此具有多方面的应用价值。

5.3 建议今后的工作中充分利用彩红外航片信息量大的特点, 使图像反映的信息尽可能多地得到利用, 探讨从光谱和颜色的定量化提取与土壤侵蚀有关的信息, 以实现土壤侵蚀定量评价。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院自然资源综合考察委员会等:《黄土高原遥感调查试验研究》, 科学出版社, 1988年
- [2] 唐克丽: 小流域土壤侵蚀调查制图的探讨, 《水土保持通报》, 1984年第5期
- [3] 赵羽、金争平等:《内蒙古土壤侵蚀研究》, 科学出版社, 1989年

Mapping the Intensity Chart of Soil Erosion With the Data From Remote Sensing Investigation in Huangjia-Ercha Small Watershed

Sun Baoping

(Dept. of Soil Conservation, Beijing Forestry University)

Abstract

Based on the principles of classifying soil erosion, the mark of the 'Read with film' was obtained by using 1:10 000 colour infrared aerial photo. By the method of remote sensing technology, we investigated and made a map of soil erosion intensity in Huangjia-Ercha small watershed.

(Continued to page 103)

Nitrogen Loss of Cultivated Loessial Soil Under Erosion Condition

Wang Jizeng Peng Lin Yu Cunzu

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation
Under Academia Sin'ca and Ministry of Water Conservancy)

Abstract

The runoff plot experiment and nitrification experiment was made to study nitrogen loss and supplying capacity on slopping farmland in loess hilly region. Nitrogen supplying capacity of cultivated loessial soil with serious erosion is lower than the non-erosion soil. For applying fertilizer plot, the runoff amounts are increased so that the nitrogen loss increased and nitrogen "richness ratio" in silt is 1.05-1.58. Nitrogen loss is attributed mainly soil erode during in a few number of time rainstorm erosion. Nitrogen loss may be increased by planting intertilled crop and decreased by planting grass. The paper pointed out that powerful measure must be adopted to improve the nitrogen suppling capacity and provent soil erode.

Key words: Soil erosion, Cultivated loessial soil, Nitrogen loss

(Continued from page 79)

It was probed in practice that this method is such a method with the characteristics of quickness, accuracy and labour-saving, which can directly reflect the present situation of soil erosion, areas of various erosion type and its distribution, and be used to evaluated the soil erosion intensity. All these above provide a scientific basis for the comprehensive control of soil erosion and development of small watershed. It was showed out clearly in the section of result and analysis that after 6 year's comprehensive harness, the soil erosion intensity in Xiji Experiment and Exemplary Area has been changed to be a weak one from intensive type before harness.

Key words: Remote sensing technplogy, Intensity of soil erosion, Chart of soil erosion