

# 王东沟试验区土壤侵蚀类型与遥感制图

郑世清 周保林

(中国科学院水土保持研究所·陕西杨陵·712100)  
(水利部)

赵克信

(长武县黄土高原治理站)

**摘要** 通过野外调查、定位监测和野外人工降雨试验以及对不同时期航片解译,并参照试验区土地类型、土壤类型、土地利用、植被等图件,编制了不同时期的土壤侵蚀动态图。以定性、定位、定量的图件显示土壤侵蚀类型的动态变化,研究泥沙来源,为评价土壤侵蚀变化,水土保持规划和综合治理提供科学依据。

**关键词** 土壤侵蚀类型 遥感制图 泥沙来源 综合治理

## Soil Erosion type and Mapping of Remot Sensing in Wangdong Gully Experimental Area

Zheng Shiqing Zhou Baolin

(Institute of Soil and Water Conservation, the Chinese Academy of Sciences and  
the Ministry of Water Resources, 712100, Yangling District, Xianyang Municipality, Shaanxi Province)

Zhao Kexin

(Control Station in Loess Plateau of Changwu County)

**Abstract** On the basis of field investigation, location observation and field artificial rainfall test, as well as using remote sensing information source in different periods, the danamic map of soil erosion in different periods are drawn up by consulting maps of land type, soil type, land use and vegetation etc. It shows dynamic change of soil erosion type by means of quantitive and locational maps, and it provides a scientific basis for evaluating soil erosion change, soil and water conservation program, and comprehensive control planning.

**Keywords** remot sensing mapping; soil erosion type; sediment source; comprehensive control

## 1 研究区概况

王东沟试区位于陇东长武塬区洪家乡境内,北纬 35°14',东径 107°41',与甘肃省泾川县接

壤,土地面积为 $8.3\text{km}^2$ ,王东沟试验区主体部分是王东沟流域,面积为 $6.3\text{km}^2$ ,系泾河支流——黑河的一级支沟,主沟道长 $5.03\text{km}$ ,沟壑密度为 $2.78\text{km}/\text{km}^2$ 。北部为平坦塬面,海拔 $1\ 200\sim 1\ 226\text{m}$ ,南部为三梁四沟组成的沟壑,海拔高度 $949\sim 1\ 200\text{m}$ 之间,流域相对高差 $280\text{m}$ ,沟坡占土地面积的 $65\%$ ,塬面占 $35\%$ 。其地貌分异规律为塬面——塬坡(或梁坡)——坡麓(古代谷坡)——现代沟谷。这种地貌形态,导致了地表水热的再分配,影响了现代土壤和植被的发生和演化,也在一定程度上决定了人们开垦和利用土地的空间格局。目前试验区所建造的14个沟坡综合开发单元,正是根据沟坡不同立地条件,保护沟坡生态环境,自然条件不被破坏而设立的。

## 2 土壤侵蚀的特点

(1)村庄道路侵蚀是黄土塬区沟谷系统演化的主要途径之一。黄土塬区、塬面宽阔平坦,侵蚀微弱,但塬区周围沟道密布,其中大部分沟头与农田集流槽和村庄道路胡同直接相连,特别是村庄场院、道路等硬地面集水径流的下切侧蚀作用,导致黄土塬区沟头迅速延伸,塬面更加破碎。

(2)沟谷地带是该地区泥沙主要来源地,重力侵蚀为主要侵蚀方式。从王东沟主沟两侧的侵蚀沟分布情况来看,较大的冲沟沟头已延伸到塬面和梁顶。如百子沟、郭家干沟、干沟等,如果没有外部集水径流汇入,在塬区不可能形成这样大的沟壑,而较小的冲沟多数已发育到一、二级沟台地上。由于黄土塬区土层深厚,黄土垂直节理十分发育,黄土抗冲性又特别弱,沟道深切,沿现代谷缘线,崩滑侵蚀频繁发生,多数呈陡坡立壁割切状,特别是沟道的中上游,以及沟头附近分布有村庄的地带,重力侵蚀则更加活跃,沿沟底线两侧,特别是沟床弯曲处重力侵蚀程度更为严重。随着崩塌、滑坡频繁发生,泻溜侵蚀面不断扩大,随着泻溜侵蚀面的不断剥蚀,从而使上部土体失去支撑,又促进了崩塌、滑坡的循序发生。

(3)本区域的沟坡地带既是北方温带果树的最佳适生区,又是生态条件十分脆弱的地带。分布在沟台阶地的地块与塬面相比较。同样是一种坡面或者一片梯田、硬地面等,在同样的降雨条件下,往往其冲刷程度具有很大差异,分布在沟台阶地的坡面不仅受到来自塬坡或梁坡侵蚀沟集水冲刷,以及自身产流的冲刷,而且还要受到现代沟谷谷缘线重力侵蚀的蚕食,这是导致沟台阶地生态条件进一步恶化的主要原因,在开展水土保持综合治理的基础上,具有很高经济开发价值。

(4)严重的水土流失是一种强大的冲刷现象,其根本原因在于坡面产流和不断集中,水力侵蚀是本区域土壤侵蚀主要营力,重力侵蚀在加强水力侵蚀产沙中有极重要的作用,考虑到黄土高原常以超渗径流为主,且土壤抗冲刷又特别弱的特点,评价本区域土壤侵蚀强弱的主要标志体现在土壤抵抗径流冲刷方面。

## 3 土壤侵蚀类型

### 3.1 分类的原则、指标及其方法

土壤侵蚀类型的划分,是对土壤侵蚀规律的系统认识,又是进行调查制图工作的基础。划分土壤侵蚀类型,既要反映土壤侵蚀营力类型的不同,又要反映出同一种侵蚀营力类型在侵蚀强度上的差异。本文通过详细的野外调查,定位试验研究以及解译彩虹外航片与黑白航片,同时参考试验区地面坡度、土地利用、土地类型、土壤类型以及植被等系列图件,以地貌成因与形

态特征相结合的方法进行分类。

按照侵蚀营力可划分为水蚀、重力侵蚀两部分。主要侵蚀类型为片蚀(面蚀)、沟蚀、滑坡、泻溜、崩塌侵蚀(重力侵蚀)、村庄道路硬地面侵蚀。片蚀与植被覆盖度、坡度、土壤抗冲抗蚀性有着密切关系,并以植被覆盖作为划分片蚀程度的主要指标,面蚀则以下垫面坡度作为划分指标;沟蚀和重力侵蚀则以单位面积内沟谷和崩塌,滑坡占坡面面积的百分数作为划分指标。

对于土壤侵蚀程度分级,主要根据侵蚀模数、植被覆盖度、地面坡度进行划分。对于侵蚀模数的确定可根据径流小区观测资料与野外人工降雨资料,并结合野外考察确定,作为分级主要指标。并根据“黄土高原试验区编制土壤侵蚀图划分侵蚀类型和侵蚀强度分级标准”的规定,结合当地具体情况,拟定“王东沟试验区土壤侵蚀强度分级及主要判别指标”(见表 1)。

表 1 王东沟试验区土壤侵蚀强度分级及主要判别指标

分级	强度类型	年平均侵蚀模数 (t/km <sup>2</sup> )	植被覆盖度 (%)	地面坡度 (°)	利用方式及地形部位
0	无明显侵蚀	<100	>90	<0.5	塬面及梁顶梯田
1	微度侵蚀	100~1 000	80~90	0.5~2	平缓坡高质量梯田
2	轻度侵蚀	1 000~2 500	70~80	2~10	缓坡质量差梯田
3	中度侵蚀	2 500~5 000	60~70	10~25	陡林及幼林分布坡面
4	强度侵蚀	5 000~10 000	40~60	25~35	治理较差及未治理坡面
5	极强度侵蚀	10 000~20 000	20~40	35~45	过度放牧的坡面
6	剧烈侵蚀	>20 000	<20	<45	几乎无植被的泻溜坡面

### 3.2 土壤侵蚀分类系统

根据上述土壤侵蚀分类原则,强度和划分依据,考虑土地利用与地形条件,拟定王东沟试验区土壤侵蚀分类系统如下:

#### (1)水力侵蚀部分

0. 无明显侵蚀;01. 塬面及梁顶梯田无明显侵蚀;02. 塬坡乔灌林无明显侵蚀;03. 塬坡草地无明显侵蚀;04. 梁坡乔灌林无明显侵蚀;05. 梁坡草地无明显侵蚀;06. 沟坡乔灌林无明显侵蚀;07. 沟坡草地无明显侵蚀。

#### (2)微度侵蚀

21. 塬坡和梁坡及梯田轻度侵蚀;22. 塬面乔灌林轻度侵蚀;23. 塬坡草地轻度侵蚀;24. 梁地乔灌林轻度侵蚀;25. 梁坡草地轻度侵蚀;26. 沟坡乔灌林轻度侵蚀;27. 沟坡草地轻度侵蚀。

#### (3)中度侵蚀

32. 塬坡乔灌林中度侵蚀;33. 塬坡草地中度侵蚀;34. 梁坡乔灌林中度侵蚀;35. 梁坡草地中度侵蚀;36. 沟坡乔灌林中度侵蚀;37. 沟坡草地中度侵蚀。

#### (4)强度侵蚀

42. 塬坡乔灌林强度侵蚀;43. 塬坡草地强度侵蚀;44. 梁坡乔灌林强度侵蚀;45. 梁坡草地强度侵蚀;46. 沟坡乔灌林强度侵蚀;47. 沟坡草地强度侵蚀。

#### (5)极强度侵蚀

53. 塬坡草地极强度侵蚀;53. 梁坡草地极强度侵蚀;重力侵蚀部分。

#### (7)泻溜及崩滑侵蚀

91. 黄土沟坡强度泻溜侵蚀;92. 黄土沟坡剧烈泻溜侵蚀;93. 黄土陡崖强度侵蚀。

## (8)村庄道路侵蚀

## 3.3 不同时期土壤侵蚀类型面积统计结果

表2 不同时期土壤侵蚀类型面积统计结果

侵蚀类型	1986年面积 (hm <sup>2</sup> )	百分比 (%)	1990年面积 (hm <sup>2</sup> )	百分比 (%)	1995年面积 (hm <sup>2</sup> )	百分比 (%)
无明显侵蚀类型	370.55	100	428.77	115.71	369.29	99.67
微度侵蚀类型	90.45	100	131.81	145.73	189.26	209.24
轻度侵蚀类型	130.72	100	96.71	73.98	96.14	73.55
中度侵蚀类型	14.51	100	34.50	237.77	23.70	163.34
强度侵蚀类型	65.56	100	21.47	32.75	7.76	11.84
极强度侵蚀类型	3.38	100	0.90	26.63	0	0
黄土沟坡强度泻溜侵蚀类型	33.41	100	33.41	100	10.25	30.68
黄土沟坡剧烈泻溜侵蚀类型	10.07	100	10.07	100	8.35	82.92
黄土陡崖强度崩滑侵蚀类型	56.36	100	56.36	100	86.75	153.92
村庄道路侵蚀类型	54.92	100	16.00	29.13	38.50	70.10

## 4 土壤侵蚀类型的分布规律

## 4.1 土壤侵蚀类型的分布规律

(1)无明显侵蚀类型:根据表2计算结果,1995年面积为369.29hm<sup>2</sup>,占试区总面积的44.49%,与1990年面积为428.77hm<sup>2</sup>相比减少13.87%,与1986年统计面积比几乎相同,而1990年的统计结果比1986年增加1.16倍,“八五”比“七五”为什么减少呢?究其原因,“七五”期间由于大量修建达标梯田而增加,“八五”是人口密度的继续增加,村民弃沟上塬,塬区大量新修住宅所致。

(2)微度侵蚀类型:主要分布在塬坡或梁坡沟台地范围内,1995年面积为189.26hm<sup>2</sup>,占总面积22.8%,其中沟坡梯田为119.96hm<sup>2</sup>,占总面积14.55%,这部分土地作为本试验区沟坡开发的主体部分,随着沟坡开发实体模型进一步完善,成为优质果品基地和综合开发样板,抗御10年一遇暴雨冲刷。根据1986年~1995年不同时期面积统计结果,具有明显的增长趋势,充分体现在王东沟试区综合治理的侧重点。塬坡或梁坡乔灌林、荒坡草地、植被覆盖度80%~95%,多年侵蚀模数100~1000t/(km<sup>2</sup>·a)。

(3)轻度侵蚀类型:1995年面积为96.14hm<sup>2</sup>,占试验区土地面积11.58%。主要包括两部分,一部分塬坡或梁坡,沟坡乔灌林或荒坡草地;另一部分为沟坡质量差的硷地或旧有梯田,坡度一般在2°~10°之间,面积为44.04hm<sup>2</sup>,占总面积的5.31%,这种类型的土地水土流失严重,成为泥沙主要来源地之一。如马家山3号农地径流小区,坡度为10°,土壤为黄壤土,土壤容重为1.1g/cm<sup>3</sup>,当年种植的豆子,植被覆盖度为45%,在1988年8月8日,降雨量为91.2mm,平均降雨强度为1.287mm/m的条件下,侵蚀模数为1314.2t/km<sup>2</sup>,径流系数为27.83%,在丰水的1988年,全年侵蚀模数为2542.91t/(km<sup>2</sup>·a),为本试验区水土保持综合治理重点部位。

(4)中度侵蚀类型:1995年面积为23.70hm<sup>2</sup>,占总面积2.85%,零星分布在沟坡、沟谷、沟头范围内,大多数临近村庄分布,过去坡面以杂果为主,人为破坏严重,植被覆盖度60%~70%,侵蚀模数3000~8000t/(km<sup>2</sup>·a)之间。根据面积统计结果,1995年与1986年相比面积

增加了 63.34hm<sup>2</sup>,但是与 1990 年相比面积强度侵蚀类型仍在减少,其主要原因是**对强一级的侵蚀类型的治理,在近期还未发挥效益,特别是连续几年干旱影响草林生长所致。**

(5)强度侵蚀类型:1995 年面积为 7.76hm<sup>2</sup>,占总面积的 0.94%,主要分布在沟坡,沟谷陡坡以及冲沟沟头附近坡面上,坡度一般 25°~35°之间,由于长期严重的水土流失,坡面侵蚀物充分发育,土壤贫瘠,坡面上林木难以正常生长,植被覆盖度为 40%~60%之间,侵蚀模数为 5 000~10 000t/(km<sup>2</sup>·a),通过连续 9 年的重点综合治理,由 1986 年 65.56hm<sup>2</sup> 减少至 7.76hm<sup>2</sup>,减少 84.16%。

(7)黄土沟坡强度泻溜侵蚀类型:1995 年面积为 10.25hm<sup>2</sup>,占土地面积的 1.23%,与 1986 年相比,减少 69.32%,主要分布在海拔 1 127~980m 黄土露头范围内,地面坡度一般在 30°~45°之间。泻溜侵蚀是高原沟壑区最重要的重力侵蚀产沙方式,是河流泥沙的主要来源地之一,通过不同地块泻溜侵蚀厚度测算,多年侵蚀模数 5 000~10 000t/(km<sup>2</sup>·a)。

(8)黄土沟坡剧烈泻溜侵蚀类型:1995 年面积为 8.35km<sup>2</sup>,占总面积的 1.01%,主要分布在主沟道中上游以及较大冲沟沟口附近陡峭的阴坡,半阴坡和沟床,沟道凹岸陡坡上,侵蚀堆积物直接堆放在沟道内,可被洪水直接搬运。通过对杜家坪与荒山沟底连续几年的侵蚀断面调查,年侵蚀模数为 10 000~20 000t/(km<sup>2</sup>·a)。

(9)黄土陡崖强度侵蚀类型:主要分布在现代沟谷的沟缘线以及沟床曲流凹岸处,其中以主沟道中上游较为明显,1995 年面积为 86.75hm<sup>2</sup>,占试验区总面积的 10.45%。与 1986 年相比侵蚀面积增加了 53.92%,由此可见本区域重力侵蚀十分活跃。通过对王东沟试验区古滑坡体分布情况全面调查,古滑坡具有滑坡体积小的特征,滑坡体积大的不多见,主要分布在沟道中上游。而这一区域正是村庄道路密集区域,人为活动频繁,由此来看,除地质因素之外,人为活动对重力侵蚀具有显著的影响。

(10)村庄道路侵蚀类型:1995 年王东试验区村庄道路侵蚀面积为 38.50hm<sup>2</sup>,占试验区土地面积的 4.64%,与 1986 年相比减少 29.9%。试区指导王东村民修建的 20.19km 的沟坡简易公路,其密度已达 4.55km/km<sup>2</sup>,已全部配置了沟坡道路防蚀工程。解决了沟坡道路防蚀问题,目前主要是村庄道路等硬地面产流问题还未得到彻底根治,特别是随着人口迅速增加,住宅占地面积不断扩大,仍是“八五”末重点治理的项目。

#### 4.2 产沙来源分析

侵蚀是产沙的前提,产沙是侵蚀的结果。产沙方式因地表物质受外界侵蚀营力作用的不同而不同,有关黄土高原产沙来源的分析研究前人曾作了一些工作,到目前为至,达到定量评价泥沙源还是十分困难的,产沙来源问题分析仍是今后亟需解决和研究的课题,目前主要采用水保法,观测资料统计法和元素示踪法,均存在一些问题,其中最有可能的是采用元素示踪法。本文采取不同时期不同地形部位土壤侵蚀类型相应变化的面积统计法,分析研究不同地形部位产沙问题,为今后流域综合治理提出工作重点。

根据对王东沟小流域(6.3km<sup>2</sup>)统计分析,沟谷面积占全流域的 24.7%，“七五”治理前沟台产沙量占总产沙量的 50.9%,其中重力侵蚀类型面积占沟谷面积的 39.1%,而侵蚀产沙量占 86.3%,沟间地占流域总面积 68.8%,产沙量仅占流域总侵蚀量的 22.2%,其中塬坡或梁坡占沟间地面积的 26.9%,产沙量占 93.9%。村庄道路占全流域面积的 6.4%,产沙量占总量的 26%。流域产沙来源见表 3,由此看出长武王东沟泥沙主要来自现代沟谷,以泻溜和崩滑等重力侵蚀居多,其次为村庄道路侵蚀。

表3 长武王东沟产沙来源分析

年份(年)	产沙部位	坡面及梁顶	塬坡	梁坡	沟坡	村庄道路	合计
1986	产沙量(t)	158.6	1 090.6	1 332.9	5 959.6	3 137.1	11 677.8
	占总量(%)	1.4	9.3	11.5	50.7	26.9	100.00
1990	产沙量(t)	34.6	395.1	509.9	3 705.2	991.0	
	占总量(%)	0.6	7.0	9.0	65.8	17.6	100.00

经过“七五”期间治理后,王东沟流域的各个产沙部位产沙量均不同程度的降低,尤其以古代沟坡和村庄道路降低最为明显。虽然经过“七五”期间大规模的综合治理,总的来看,还没有改变总的产沙来源趋势。由表3可以看出,现代沟坡产沙量占总产沙量的65.8%,村庄道路占总量的17.6%,仍是流域的主要产沙来源地,为“八五”期间综合治理重点。现代沟谷产沙方式主要是重力侵蚀,重力侵蚀的活跃程度又与水力侵蚀的下切侧线密切相关,村庄道路又是塬区集流下泻通道。由此看来,防止塬面径流下泻入沟,削减沟谷水力侵蚀发生与发展是控制水土流失的关键。

## 5 水土保持综合治理

王东沟试验区经过“七五”、“八五”连续9年水土保持综合治理,水土流失基本得到控制,流域平均侵蚀模数减少688.68t/(km<sup>2</sup>·a),减沙效益已到63%,昔日荒山群岭,如今已被道路成网,林果满山新的自然景观所代替,呈现出一方致富景象,已由过去单纯的治理型转变成全方位综合开发型,把水土保持寓于经济开发之中,为了使王东沟试区农业经济更上新的台阶提出今后工作重点:

(1)继续完善以道路网为控制系统的14个沟坡综合开发模型建设,加强基础设施配置,尤其是道路与引水工程配套,全面完成沟坡旧式梯田改建工程,控制沟坡地带水土流失。综合治理的目的是为了进一步发展农村经济,只有发展了经济,村民在实施水土保持综合治理过程中才能受益,才能保护好生态环境,取得治理成果,把治理与经济开发紧密结合起来,使治理的效益得到充分发挥。

(2)突出庭院经济,大力发展庭院生态农业,推动农村经济迅速稳步发展,充分利用这部分宝贵的土地资源发展养殖业、手工业、园艺业,在完善村庄道路涝池群引排水工程的基础上,全部就地入渗拦蓄庭院硬地降水径流,提高农户经济收入。

(3)重点进行重力侵蚀类型综合治理,特别是现代沟谷缘线陡坡立壁的治理,采用工程措施与生物措施相结合的方法,把治理陡坡立壁与治理村庄道路,塬边、坡边结合起来,在开展研究重力侵蚀成因与发生和发展规律的基础上,研究适宜树种快速生长技术,达到全面治理的目的。

(4)对于沟底的治理,在水土保持措施垂直配制的基础上,加强沟道上游谷坊工程与沟口坝库工程建设,并配抽水设施,实现水资源全部利用,进一步提高沟坡单元产出,从而实现高效农业。