

# 黄河流域水土流失遥感监测中 土地利用现状分类体系构建

高云飞<sup>1</sup>, 李智广<sup>2</sup>, 刘晓燕<sup>3</sup>

(1. 黄河水利委员会 黄河上中游管理局, 陕西 西安 710021;

2. 水利部 水土保持监测中心 北京 100053; 3. 黄河水利委员会, 河南 郑州 450003)

**摘要:** [目的] 提出一种新的适于水土流失遥感监测的土地利用现状分类体系, 并验证其合理性, 为黄河流域水土流失遥感监测提供依据。[方法] 以黄河流域不同地类水土流失的差异为出发点, 按照科学性、可行性和完整性原则, 参考国家土地利用现状分类标准, 基于水利部颁布的土壤侵蚀分类分级标准, 构建了黄河流域水土流失遥感监测土地利用现状分类体系。[结果] 以坡耕地、梯田、林草地、在建开发用地、淤地坝、沙地和其他用地 7 个类型构建了黄河流域水土流失遥感监测土地利用现状分类体系, 并用 5 个县(旗)的土地利用数据进行验证, 结果表明该分类体系具有科学性。[结论] 本研究提出的土地利用分类体系在获取同等精度水土流失评价结果的同时, 又能提高水土流失遥感监测的效率。

**关键词:** 黄河流域; 水土流失; 遥感监测; 土地利用

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1000-288X(2018)01-0111-05

**中图分类号:** S157.2

**文献参数:** 高云飞, 李智广, 刘晓燕. 黄河流域水土流失遥感监测中土地利用现状分类体系构建[J]. 水土保持通报, 2018, 38(1):111-116. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2018.01.019. Gao Yunfei, Li Zhiguang, Liu Xiaoyan. Construction of land use classification system for remote sensing monitoring of soil and water erosion in Yellow River basin[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(1):111-116.

## Construction of Land Use Classification System for Remote Sensing Monitoring of Soil and Water Erosion in Yellow River Basin

GAO Yunfei<sup>1</sup>, LI Zhiguang<sup>2</sup>, LIU Xiaoyan<sup>3</sup>

(1. Upper and Middle Yellow River Bureau, Yellow River Conservancy Commission, Xi'an,

Shaanxi 710021, China; 2. Soil and Water Conservation Monitoring Center, Ministry of Water

Resources, Beijing 100053, China; 3. Yellow River Conservancy Commission, Zhengzhou, He'nan 450003, China)

**Abstract:** [Objective] This study aims to propose and test a new land use classification system for remote sensing monitoring of soil erosion in Yellow River basin. [Methods] Based on the soil and water loss in different areas across the Yellow River basin, and with the national standard of land use classification and the standard of soil erosion classification by Ministry of Water Resources as a reference, we proposed a new land use classification system for remote sensing monitoring of soil and water loss in the Yellow River basin according to the scientificity, feasibility and integrity principles. [Results] We finally developed a classification system for land use including slope farmland, terraced fields, forest land and grassland, construction development land, check dam, sandy land and other land types. This classification system was validated in five counties and the results showed that the classification system was reasonable. [Conclusion] The land use classification system in this study not only had the same precision of soil and water loss evaluation results with the traditional classification system but also improved the efficiency of remote sensing monitoring of soil and water loss in the Yellow River basin.

**Keywords:** Yellow River basin; soil and water loss; remote sensing monitoring; land use

收稿日期: 2017-08-31

修回日期: 2017-11-17

资助项目: 国家重点研发计划项目“黄河水沙变化机理与趋势预测”(2016YFC0402403), “全国水土流失动态监测与公告项目(1261520154801)”

第一作者: 高云飞(1978—), 男(汉族), 吉林省东辽县人, 博士, 高级工程师, 主要从事遥感、水土保持监测研究。E-mail: 284549851@qq.com.

中国是世界上水土流失最严重的国家之一,水土流失现在是中国面临的最严重的环境问题之一。据调查<sup>[1]</sup>显示,截止到 20 世纪末,中国水土流失总面积达  $4.85 \times 10^6 \text{ km}^2$ , 占中国国土总面积的 51.1%。降雨和下垫面是影响水土流失的主要因素,下垫面因素又包含土地利用、植被、土壤、地形等因子<sup>[2-3]</sup>。其中土地利用类型是反映下垫面状况的主要指标之一,也是流域水土流失状况(水土流失量、流失面积和分布等)评价的核心基础数据。不同土地利用类型的水土流失规律、水土保持效益及分析评价方法都存在显著差异<sup>[4-5]</sup>。中国的水土保持监测明确提出按土地利用类型说明土地利用情况<sup>[6]</sup>。目前黄河流域水土流失遥感监测主要是沿用《土地利用现状分类》(GB/T 21010—2007),尚未根据工作的需要建立相应的土地利用现状分类体系。

基于此,本研究基于水利部颁布的土壤侵蚀分类分级标准<sup>[7]</sup>,并根据水土流失遥感监测评价的实际需要,构建了黄河流域水土流失遥感监测的土地利用分类体系,并验证了用该分类体系进行水土流失评价的合理性,旨在为黄河流域水土流失评价提供依据。

## 1 现有分类体系

1984 年发布的《土地利用现状调查技术规程》规定了《土地利用现状分类及含义》。其土地利用现状分类采用两级系统,8 个 I 级类,46 个 II 级类,并可按实际情况进行 III, IV 级分类。1989 年颁发的《城镇地籍调查规程》规定了《城镇土地分类及含义》,将全国城镇土地采用两级分类,城镇土地分为 10 个 I 级类,24 个 II 级类。2007 年发布了《土地利用现状分类》(GB/T 21010-2007),采用 I, II 级两个层次的分类体系,共分 12 个 I 级类,56 个 II 级类,标志着中国土地利用现状分类第一次拥有了全国统一的国家标准<sup>[8]</sup>。

2011 年,第一次全国水利普查水土保持普查以《土地利用现状分类》(GB/T21010-2007)为主,参考 1984 年制订的《土地利用现状调查技术规程》,制定了野外调查单元土地利用现状分类表,采用土地利用现状分类 II 级系统,包括耕地、园地、林地、草地、居民点及工矿用地、交通运输用地、水域及水利设施用地和其他土地 8 个 I 级类型以及 17 个 II 级类型<sup>[9]</sup>。

2015 年,中国科学院地理科学与资源研究所在编制 1:10 万比例尺土地利用现状图时,采用土地利用现状分类 II 级系统,包括耕地、林地、草地、水域、居民地和未利用土地 6 个 I 级类型以及 25 个 II 级类型<sup>[10]</sup>。

2015 年形成了全国水土流失动态监测与公告项目参考标准,结合区域水土流失动态监测需求,制定了水土流失重点区域土地利用统计表,包括 8 个 I 级类型以及 24 个 II 级类型<sup>[11]</sup>。

## 2 存在问题

《土地利用现状分类》(GB/T 21010-2007)中的“土地利用类型”是根据土地利用的地域差异划分的反映土地用途、性质及其分布规律的基本地域单位,而不是反映水土流失特点的土地资源单元。水土流失遥感监测与其他行业部门关注土地利用类型的侧重点不同,沿用既有分类标准没有突出梯田、淤地坝、在建开发建设项目等对水土流失影响较大的地类。同时,单独划分居民点、水域、裸岩等水土流失轻微的地类,大大降低了监测效率。对水土流失监测沿用既有的土地利用分类体系主要存在以下几个方面的问题。

(1) 部分地类划分过粗,其内部水土流失差异显著。从水土流失角度而言,部分地类内部实际上又包含着几个子地类,各子地类之间水土流失状况差异很大,现有土地利用分类体系中没有进一步细分。既有分类体系中将耕地划分为一个 I 级类,坡耕地、梯田和平原旱地等地类作为耕地的 II 级类。耕地的水土流失主要影响因素是坡度。坡耕地水土流失严重,梯田和平原旱地水土流失轻微,梯田、坡耕地、平原旱地三者水土流失差异显著划分为一个地类不能有效地评价水土流失状况。

(2) 部分地类划分过细,各地类之间评价指标方法一致或水土流失差异很小。从水土流失评价角度来看,部分地类之间采用的水土流失评价指标方法一致或水土流失状况差异很小,没有必要进一步细分。如在《土地利用现状分类》(GB/T 21010-2007)中, I 级类中的林地、草地及对应 II 级类中的 6 个 II 级类,按照标准<sup>[4]</sup>进行土壤侵蚀强度分类分级时,参考的指标均为覆盖度和坡度; II 级类中的城镇居民点、农村居民点和 I 级类中的交通运输用地、公共管理与公共服务用地等,水土流失都很轻微。各地类单独划分对评价水土流失状况意义不大,沿用既有分类体系开展水土流失监测工作,大大降低了监测效率。

(3) 部分特定的水土流失监测对象没有体现。部分黄河流域特定的水土流失监测对象,如黄土高原的淤地坝,是黄河流域主要的水土保持措施之一,人民治黄 70 a(1946—2015 年)以来,累计拦减泥沙  $9.54 \times 10^9 \text{ t}$ <sup>[12]</sup>,防治水土流失效果十分显著,但没有体现在目前的土地利用分类体系中。

(4) 没有必要进行多个层次的划分。土地利用现状分类中使用了 I, II 级类等多个层次来划分,在进行水土流失评价的时候,主要考虑的是坡度、植被覆盖度等因素,而不考虑每一种地类的具体类别,故在利用既有土地利用分类体系进行水土流失监测评价时,只需将土地利用划分为一个层次即可。

### 3 材料与方法

#### 3.1 构建原则

遵循以下原则构建黄河流域水土流失遥感监测的土地利用现状分类体系:

(1) 科学性原则。以不同地类水土流失的差异为出发点,能够较为客观和真实的反映水土流失机理和来源,能体现人类活动强度等,保证各地类间的独立性。

(2) 可行性原则。构建的土地利用现状分类体系,要满足遥感基础数据易获取,技术方法易推广,经费、人员等具有可操作性。对于划分可行性差的地类,在本次分类体系中暂不单独。

(3) 完整性原则。要充分考虑黄河流域土地利用现状,保证与水土流失相关的主要土地利用类型全覆盖。

#### 3.2 构建方法

依据以上原则,基于土壤侵蚀分类分级标准<sup>[4]</sup>的应用需求,根据土壤侵蚀要素及特点,参考既有土地利用分类体系,构建了黄河流域水土流失遥感监测土地利用现状分类体系,包括坡耕地、梯田、林草地、在建开垦用地、淤地坝、沙地和其他用地 7 个类型(详见表 1)。以下对这 7 个类型进行详细说明:

(1) 坡耕地是指分布在 5°以上坡面的旱地,平整度差、跑水、跑肥、跑土、作物产量低。坡耕地在黄河流域分布较广,是黄河流域水土流失的主要来源地之一。截至 1999 年,黄河流域仅山西段 15°以上坡面的耕地有 6 170 km<sup>2</sup><sup>[13]</sup>。

(2) 梯田指在山区沿等高线方向修筑的条状阶台式田地,是黄河流域主要的水保工程措施之一,水土保持作用显著,分布广、数量多。截至 2015 年,黄河流域梯田面积为  $5.50 \times 10^4$  km<sup>2</sup>,约占水土流失面积的 12%。梯田的水土保持作用不仅仅局限于梯田自身,当流域的梯田比大于 35%~40%后,流域减沙可稳定在 90%左右<sup>[14]</sup>。

(3) 林草地指以生长乔木、竹类、果树、灌木和草本植物的用地,包括及地表土质覆盖、基本无灌草覆盖(覆盖度<5%)的用地。黄河流域林草地分布面积广,是水土流失的主要来源地之一。不同林草地水土流失的强弱主要体现在郁闭度/覆盖度、坡度上的差异,可通过遥感影像、DEM 等其他数据进一步区分。

(4) 在建开垦用地指正在建设的交通运输、工矿、住宅、商服等用地。近年来,随着经济的高速发展,这类用地的面积增加很快。在建设过程中,对原地表和生态环境破坏较大,水土流失往往十分严重,是水土保持监督监测的重点。

(5) 淤地坝指在黄土高原各级沟道中,以拦泥淤地为目的而修建的坝工建筑物,是黄河流域特有的主要水保工程措施之一。淤地坝拦减泥沙的效果十分显著,受遥感影像判读限制,本分类中的淤地坝主要指总库容 $\geq 1.0 \times 10^5$  m<sup>3</sup>的中型坝和骨干坝。截至 2011 年底,此类淤地坝约有 16 920 万座<sup>[15]</sup>。

(6) 沙地指地表为沙覆盖、基本无植被的用地。这类用地风蚀严重,在黄河流域分布较广,在标准<sup>[4]</sup>中,针对风蚀沙地,有明确的分级规定,需单独列出。

(7) 其他用地指无水土流失或水土流失轻微的土地利用类型。包括原有分类体系中的水田、水浇地和分布在 5°以下坡面的旱地,水域和水利设施用地,已建成的居民点、工矿、交通用地,设施农用地、盐碱地、沼泽地、裸岩等。该类型无水土流失或水土流失轻微,不需要单独划分。

表 1 黄河流域水土流失遥感监测土地利用监测分类体系

编号	土地类型	分类标准
1	坡耕地	坡度 $\geq 5^\circ$ 的耕地
2	梯田	在山区沿等高线方向修筑的条状阶台式耕地
3	林草地	生长乔木、竹类、果树、灌木和草本植物的用地,包括及地表土质覆盖、基本无灌草覆盖(覆盖度<5%)的用地
4	在建开垦用地	正在建设的交通运输、工矿、住宅、商服等用地
5	淤地坝	在各级沟道中,以拦泥淤地为目的而修建的坝工建筑物
6	沙地	地表为沙覆盖、植被覆盖度<5%的用地
7	其他用地	包括坡度<5°的平原耕地,水域和水利设施用地,已建成的居民点、工矿、交通用地,设施农用地、盐碱地、沼泽地、裸岩等

## 4 结果与分析

基于 2012 年资源 3 号 2.1 m 分辨率的全色波段与 5.8 m 多光谱波段融合后的影像,按照全国水土流失动态监测与公告项目土地利用分类体系,采用人机交互式判读的方式,解译形成了黄河流域准格尔旗、吴起县、永靖县、定西市安定区和洛宁县 5 个水土流失重点县的土地利用成果。结合对应区域的植被覆盖度和坡度数据,参考土壤侵蚀分类分级标准<sup>[7]</sup>,对

土壤侵蚀状况进行评价,评价成果已正式发布<sup>[16]</sup>。

采用本文构建的土地利用分类体系,对 5 个县的土地利用成果重新进行分类,形成新的土地利用成果。典型县既有分类体系<sup>[11]</sup>和本研究分类体系的不同土地利用类型的图斑数对比如表 2 所示。5 县所采用的本研究的分类体系较原分类成果的图斑数明显大大减少,5 县的总图斑数平均减少 59.98%。其中,吴起县总图斑数减少最多,达到 73.49%,安定区总图斑数减少最少,也达到 33.40%。

表 2 研究区典型县的 2 个分类体系的土地利用类型图斑数对比

既有	本研究	准格尔旗		吴起县		安定区		永靖县		洛宁县	
		既有	本研究	既有	本研究	既有	本研究	既有	本研究	既有	本研究
坡耕地	坡耕地	5 282	5 282	4 532	4 532	1 176	1 176	185	185	1 631	1 631
梯田	梯田	1 181	1 181	10 918	10 918	7 329	7 329	1 220	1 220	997	997
林地	林草地	14 520	1 639	43 205	537	4 539	3 486	1 351	2 285	3 666	985
草地		5 628		10 579		5 080		1 718		59	
在建开发用地	在建开发用地	1 742	1 742	1 973	1 973	1 969	1 969	886	886	655	655
淤地坝	淤地坝	778	778	339	339	155	155	7	7	7	7
沙地	沙地	1 135	1 135	0	0	0	0	0	0	0	0
其他用地	其他用地	12 836	7 528	24 012	7 123	8 351	4 340	3 306	1 193	2 594	1 181
图斑总数		43 102	19 285	95 891	25 422	28 599	18 455	8 673	5 776	9 609	5 456
图斑减少比/%		55.26		73.49		35.47		33.40		43.22	

注:既有分类体系中的其他用地为该分类体系下除坡耕地、梯田、林草地、在建开发用地、淤地坝、沙地以外的所有地类。

基于新的土地利用分类体系,重新评价土壤侵蚀状况(植被覆盖度、坡度数据相同)。坡耕地和林草地类型,按表 3 进行土壤侵蚀强度分级。沙地类型结合

对应区域的植被覆盖度数据,按表 4 进行土壤侵蚀强度分级。在建开发用地类型结合野外调查数据确定。梯田、淤地坝和其他用地类型按微度赋值。

表 3 研究区水力侵蚀强度分级参考指标

土地类型	不同地面坡度/(°)水力侵蚀强度分级				
	5~8	8~15	15~25	25~35	>35
60~75	轻度	轻度	轻度	中度	中度
非耕地林草覆盖度/%	轻度	轻度	中度	中度	强度
30~45	轻度	中度	中度	强度	极强度
<30	中度	中度	强度	极强度	剧烈
坡耕地	轻度	中度	强度	极强度	剧烈

表 4 研究区风力侵蚀强度分级指标

侵蚀级别	地表形态	植被覆盖度/%	侵蚀模数/(t·km <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )
微度	固定沙丘、沙地和滩地	>70	<200
轻度	固定沙丘、半固定沙丘、沙地	70~50	200~2 500
中度	半固定沙丘、沙地	50~30	2 500~5 000
强烈	半固定沙丘、半流动沙丘、沙地	30~10	5 000~8 000
极强烈	流动沙丘、沙地	<10	8 000~15 000
剧烈	大片流动沙丘	<10	>15 000

基于 2 个土地利用分类体系,得到的土壤侵蚀面积、各等级土壤侵蚀强度和分布结果一致,表明本文提出的土地利用分类体系在进行流域尺度水土流失评价

时是可行的。在流域尺度水土流失评价以人机交互式判读为主的现行解译方式下,应用本研究的土地利用分类标准,将大大提高水土流失遥感监测效率。

## 5 讨论与结论

(1) 本研究以黄河流域不同地类水土流失的差异为出发点,按照科学性、可行性和完整性原则,根据水土流失监测评价的需求和特点,参考国家土地利用现状分类标准和水利部颁布的土壤侵蚀分类分级标准,构建了黄河流域水土流失遥感监测土地利用现状分类体系,包括坡耕地、梯田、林草地、在建开发用地、淤地坝、沙地和其他用地 7 个类型。

(2) 对 5 个典型县分别按照既有和本研究所构建的土地利用分类体系进行了土壤侵蚀评价,评价结果表明,在获取同等精度水土流失评价结果的同时,大大提高黄河流域水土流失遥感监测的效率,对全国及大区域尺度的水土流失遥感监测也具有较高的参考价值。

(3) 水土流失遥感监测的土地利用分类分级体系与获取土地利用后采用的评价模型密切相关,本文建立的土地利用分类体系适用于土壤侵蚀分类分级标准中的评价规定,在应用其他模型评价时,还需要进行相应的调整。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 李智广,曹炜,刘秉正,等.我国水土流失现状与发展趋势研究[J].中国水土保持科学,2008,6(1):58-62.
- [2] 卫伟,陈利顶,傅伯杰,等.半干旱黄土丘陵沟壑区降水特征值和下垫面因子影响下的水土流失规律[J].生态学报,2006,26(11):3847-3853.
- [3] 满建利,姜成彭,红霞,等.降雨因素和不同土地利用方式对水土流失的影响[J].水土保持研究,2010,17(1):31-34.
- [4] Feng Qiang, Zhao Wenwu, Wang Jun, et al. Effects of

different land-use types on soil erosion under natural rainfall in the Loess Plateau[J]. Pedosphere, 2016, 26(2):243-256.

- [5] 闫胜军,郭青霞,闫瑞,等.不同土地利用类型下水土流失特征及雨强关系分析[J].水土保持学报,2015,29(2):45-49.
- [6] 赵辉,陈康,尹义莉.构建我国水土保持监测空间尺度体系的思考[J].中国水土保持,2013(6):1-5.
- [7] 中华人民共和国水利部.(SL190-2007)土壤侵蚀分类分级标准[S].北京:中国水利水电出版社,2008.
- [8] 陈百明,周小萍.《土地利用现状分类》国家标准的解读[J].自然资源学报,2007,22(6):994-1003.
- [9] 国务院第一次全国水利普查领导小组办公室.第一次全国水利普查培训教材之 6:水土保持情况普查[M].北京:中国水利水电出版社,2010.
- [10] 中国科学院资源环境科学数据中心.2015 年中国土地利用现状遥感监测数据[EB/OL].(2017-02-27)[2017-12-05].<http://www.resdc.cn/data.aspx?DATAID=184>.
- [11] 水利部水土保持监测中心.全国水土流失动态监测与公告项目水土流失重点区域监测成果整编工作手册(试行)[Z].2015.
- [12] 高健翎,高云飞,岳本江,等.人民治理黄河 70 a 水土保持效益分析[J].人民黄河,2016,38(12):20-23.
- [13] 刘晶妹,马巨革.黄河流域山地坡耕地利用问题与对策[J].中国土地科学,2003,17(2):59-64.
- [14] 刘晓燕,王富贵,杨胜天,等.黄土丘陵沟壑区水平梯田减沙作用研究[J].水利学报,2014,45(7):793-800.
- [15] 罗西超.黄土高原淤地坝建设现状及其发展思路[J].中国水土保持,2016(9):24-25.
- [16] 中华人民共和国水利部.中国水土保持公报(2013)[DB/OL].(2013-12-31)[2017-12-05][http://www.mwr.gov.cn/sj/tjgb/zgstbcgb/201612/t20161222\\_776095.html](http://www.mwr.gov.cn/sj/tjgb/zgstbcgb/201612/t20161222_776095.html).

(上接第 110 页)

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 姜海燕,赵雨森,信小娟,等.大兴安岭几种典型林分林冠层降水分配研究[J].水土保持学报,2008,22(6):197-201.
- [2] 常志勇,包维楷,何丙辉,等.岷江上游油松与华山松人工混交林对降雨的截留分配效应[J].水土保持学报,2006,20(6):37-40.
- [3] 何常清,薛建辉,吴永波,等.岷江上游亚高山川滇高山栎林的降雨再分配[J].应用生态学报,2008,19(9):1871-1876.
- [4] 时忠杰,王彦辉,徐丽宏,等.六盘山华山松林降雨再分配及其空间变异特征[J].生态学报,2009,29(1):76-85.
- [5] 殷晖,关文斌,薛肖肖,等.贡嘎山暗针叶林林冠对降雨

能量再分配的影响研究[J].北京林业大学学报,2010,32(2):2-5.

- [6] 党宏忠,周泽福,赵雨森.青海云杉林冠截留特征研究[J].水土保持学报,2005,19(4):61-64.
- [7] 党宏忠,董铁狮,赵雨森.水曲柳林冠的降水截留特征[J].林业科学研究,2008,21(5):657-661.
- [8] 巩合德,张一平,刘玉洪,等.哀牢山常绿阔叶林林冠的截留特征[J].浙江林学院学报,2008,25(4):469-474.
- [9] 孙忠林,王传宽,王兴昌,等.两种温带落叶阔叶林降雨再分配格局及其影响因子[J].生态学报,2014,34(14):3918-3986.
- [10] 张宁,郭宾良,张国强,等.沿坝地区天然次生林对降雨再分配的影响[J].水土保持研究,2015,22(6):99-102.