

文章编号: 1008 - 2786 - (2014) 2 - 150 - 04

# 对我国水土流失调查评价方法若干问题的思考

刘淑珍<sup>1</sup>, 刘斌涛<sup>1</sup>, 苏正安<sup>1</sup>, 游翔<sup>2</sup>

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041; 2. 四川省水土保持监测总站, 四川 成都 610041)

**摘 要:** 历时 3 a (2010—2012 年) 的全国第一次水利普查工作圆满结束, 同步开展的我国水土保持情况普查取得了一系列的成果, 为国家生态环境建设宏观决策提供了科学依据。在总结经验的同时, 为了使今后的普查工作更符合我国实际、科学性, 提出 5 点需要加强研究及改进的建议。1. 建议分类调查评价, 自然侵蚀区开展“潜在土壤侵蚀危险度”调查, 20 a 为一个调查周期, 加速侵蚀区则应缩短调查周期; 2. 建议水蚀调查将点、面结合, 将实地单元格调查、模型评价法与遥感调查结合, 优势互补, 完成区域土壤侵蚀强度空间格局分布图; 3. 将坡面侵蚀调查与侵蚀沟道调查结合, 纠正侵蚀沟道发育区可能产生的侵蚀强度偏低的问题; 4. 建议加强水、风、冻复合侵蚀区土壤侵蚀调查与评价方法的研究; 5. 建议加强冻融作用对土壤侵蚀影响的研究。

**关键词:** 水土保持; 土壤侵蚀; 调查; 评价

中图分类号: S157, S159

文献标志码: A

历时 3 a 的 (2010—2012 年) 全国第一次水利普查工作已圆满结束, 其普查成果《第一次全国水利普查》经国务院批准, 第一次全国水利普查领导小组办公室于 2013 - 03 - 26 进行了发布。全国水土保持情况普查 (也称全国第四次土壤侵蚀调查) 是本次水利普查的第八专项, 历时 3 a, 进一步摸清了全国水土流失状况和水土保持措施保存等情况, 为国家宏观生态建设决策和水土流失防治提供了科学依据。此次普查方法科学, 技术手段先进, 组织严密, 工作有序, 成果可信, 对推进我国水土保持工作信息化、现代化建设意义重大<sup>[1]</sup>。

本次水土保持情况普查与前 3 次土壤侵蚀调查比较, 无论是整体设计、技术路线, 还是调查、评价方法都有了很大的进步, 实现水土保持情况半定量、定量评价, 其中水蚀、风蚀采用模型评价方法, 冻融侵蚀采用了全国统一的评价指标体系和方法, 调查和评价方法有了突破性提高。笔者有幸全程参加了这次水土保持普查工作, 对我国土壤侵蚀现状及其调查、评价和监测方法等有了更全面的了解和认识, 通过对整个普查过程的回顾和思考, 深感我国水土流失具有复杂性和特殊性。为了使我国今后水土流失

普查能更好地反映实际情况和更具科学性, 在此对水土流失调查、评价方法提出一些改进和完善的建议, 供同行讨论。

## 1 因地制宜分区域设计调查、评价方法及频次

我国国土辽阔, 地貌、气候、植被类型复杂多样, 各地域自然、社会环境差异明显, 为此建议根据不同地区土壤侵蚀影响因子、侵蚀营力、侵蚀类型等来设计其调查、评价方法及频次。王礼先等在《水土保持学》中将土壤侵蚀划分为自然侵蚀和加速侵蚀两大类<sup>[2]</sup>。在没有人类活动干扰的自然状态下, 由自然因素引起的地表侵蚀过程, 其速率非常缓慢, 叫自然侵蚀。但是在有人类居住的地方, 随着人类活动强度逐渐加大, 带来陆地表面自然状态的破坏, 因而改变了地表覆被的结构, 在外力的作用下使土壤侵蚀速度加剧, 表层土壤侵蚀速率大于成土速率, 土壤遭到严重破坏, 这种侵蚀过程称之为加速侵蚀。我国地域辽阔, 人口分布极不均衡, 据不完全统计, 西藏、青海、新疆等省 (区) 人口密度 < 1 人/km<sup>2</sup> 的无

收稿日期 (Received date): 2013 - 12 - 11。

作者简介 (Biography): 刘淑珍, 女, 研究员, 主要从事山地环境与山地生态研究。 [Liu Shuzhen, female, research professor engaged in mountain environment and ecology research. ]

人区(或称人口活动微弱区)面积约有  $180 \times 10^4 \text{ km}^2$ ;另据调查,全国各类各级自然保护区面积约  $150 \times 10^4 \text{ km}^2$ (其中国家级自然保护区 363 个,面积达  $94.15 \times 10^4 \text{ km}^2$ );两者相加约  $330 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,约占我国国土面积的 1/3。这 1/3 国土面积人类活动极其微弱,基本上为自然侵蚀,因此建议对这部分区域采用“潜在危险性评价方法”进行调查和评价。不同地区土壤侵蚀影响因素的组合特征有所不同,因而“土壤侵蚀潜在危险度”(degree of soil erosion potential danger)不同。自然侵蚀类型区一般来说生态环境脆弱,但是其脆弱性程度有区域差异,其中脆弱度高的区域土壤侵蚀潜在危险性大,虽然目前没有产生加速侵蚀,但是一旦地表植被及地表物质遭到破坏或扰动,自然生态平衡失调将产生严重水土流失,因此开展这些区域土壤侵蚀潜在危险性调查和评价很有必要。在对不同自然侵蚀类型进行土壤侵蚀危险度评价的基础上,制定相应的预防保护和监督措施。自然侵蚀类型区野外工作条件比较艰苦,现场调查艰难,因此建议采用遥感调查,辅助少量人工验证,如能采用部分高分辨遥感数据,其调查精度完全可以达到要求。

土壤侵蚀调查频率(或周期)也应该考虑区域差异选择不同的频率(或周期)。对于自然侵蚀区,侵蚀速度缓慢,调查频度可大大减小,周期加长,建议 10~20 a 为一个调查周期;对于加速侵蚀区调查,建议全国 5~10 a,省级 3~5 a 为一个周期调查一次,局部人类活动剧烈区建议 1~3 a 调查一次。

## 2 点、面结合的调查方法

本次土壤侵蚀调查首次在全国范围内应用中国土壤流失方程(CSLE),在全国范围内布设 33 966 个野外调查单元<sup>[1]</sup>,对每个野外调查单元土壤侵蚀影响因素进行实地调查采集数据,计算调查单元土壤侵蚀强度面积比例,然后采用空间插值生成省级(或县级)行政区水蚀强度分级比例和水蚀面积比例<sup>[3]</sup>。该方法是我国学者将美国通用土壤流失方程(USLE)经多年试验,结合我国国情创造性地应用到我国及本次土壤侵蚀调查与评价的实践。但因受我国多种条件的限制,其抽样的数量大大的少于美国。美国规模最大的 1982 年抽样调查,全国共有 321 000 个 PSU(抽样单元)和 800 000 个采样点<sup>[4]</sup>,而我国本次调查仅 30 000 多个野外调查单元,是美

国的 1/10(国土面积美国陆地面积  $919.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,我国陆地面积  $960 \times 10^4 \text{ km}^2$ ),可见,我国抽样调查单元明显偏少,如四川省茂县国土面积 4 064  $\text{km}^2$ ,才一个调查单元,汶川县 4 084  $\text{km}^2$ ,也只有 2 个调查单元。因此建议国家布设一定数量的基本控制调查单元,各行政区域(省、市、县)根据水土保持需要和经济条件自行加密,提高调查精度。

我国是一个多山的国家,山地、丘陵面积占国土面积的 73.45%<sup>[5]</sup>,山区地貌类型复杂,用有限的调查单元数据空间插值完成县域(或省域)的水土流失空间格局显然是非常困难的,因而本次调查缺乏省级及县级土壤侵蚀强度空间格局分布图。为此笔者建议采用点面结合的方法完成县域(或省域)土壤侵蚀强度空间格局分布图,即采用遥感调查方法实现区域无缝隙评价(我国第二、第三次土壤侵蚀调查的方法),结合本次调查单元所计算的不同地类的侵蚀模数,验证遥感调查方法确定的土壤侵蚀强度及侵蚀模数,弥补遥感调查方法的三个不足<sup>[3]</sup>,实现优势互补。通过这两种方法的结合,可以较好地完成水蚀强度空间格局分布,完成县域(或省域)土壤侵蚀强度空间格局分布图,为县域水土保持规划提供各类侵蚀强度空间分布格局,便于水土保持项目在县域内布置到乡级。在本次水土流失调查后期,中科院成都山地所在四川省采用该方法编制的县域土壤侵蚀图效果较好,较客观地反映了县域土壤侵蚀空间格局分布现状。

## 3 坡面侵蚀调查与侵蚀沟调查结合

本次水蚀评价方法采用国产化的通用土壤流失方程 CSLE,与前几次土壤侵蚀调查与评价相比有了很大的进步,但本方法主要适用于坡面土壤侵蚀调查与评价。我国地貌类型复杂,土壤侵蚀环境与美国土壤侵蚀环境有较大的差异,在我国土壤侵蚀中沟道侵蚀是不可忽视的重要侵蚀形式,据本次水土保持调查,黄土高原侵蚀沟道达 666 717 条,其中黄土丘陵沟壑区侵蚀沟道 556 425 条,占 83.46%<sup>[6]</sup>,东北黑土区侵蚀沟道共计 295 663 条,其中松花江流域侵蚀沟道 224 529 条,占 75.94%<sup>[7]</sup>。大兴安岭东坡丘陵沟壑区、呼伦贝尔高平原区沟壑密度分别高达 0.56 km/km 和 0.36 km/km,而且大部分属于发展期侵蚀沟,其土壤侵蚀量及对地表的破坏程度可想而知。可见仅仅采用 CSLE 评价的土壤侵蚀强

度在侵蚀沟道发育的区域可能会有一定的偏差。因此,为使今后的全国土壤侵蚀普查结果科学性更强,更符合实际,需要加强侵蚀沟侵蚀强度及评价模型的研究。建议在黄土区、黑土区、紫色土区和红壤区等侵蚀沟发育区设立侵蚀沟道观测研究站,通过观测、研究建立沟道侵蚀评价模型,将CSLE评价模型与沟道侵蚀评价模型相结合对区域土壤侵蚀进行评价,就可以更客观、全面地评价一些侵蚀沟道比较发育的区域的土壤侵蚀强度。在这方面我国学者已进行了大量的探索,如江忠善<sup>[8]</sup>提出了黄土高原区浅沟侵蚀影响的因子,在USLE模型中考虑了沟蚀影响因子。笔者在进行青海省土壤侵蚀评价中采用江忠善模型,并修正了其中参数,提出了浅沟发育区界定方法,合理评价了坡面、沟蚀复合下的区域土壤侵蚀强度。

#### 4 复合侵蚀区的调查与评价

从我国土壤侵蚀的现状分布状况可以看出,水土流失比较严重的区域主要分布在降水量300~600mm的范围内,大致包括西北、东北、华北半干旱、半湿润地区和西南山区等区域,而且这些区域的大部分都是水、风、冻三种侵蚀类型复合发生的区域,一年四季不同季节不同土壤侵蚀类型交替发生,冬春干旱大风季节一方面物理风化强烈,给水蚀提供了松散物质,另一方面大风作用形成强烈的风蚀;而夏季由于降雨集中,特别是在半干旱地区,少量降水主要集中在夏季,形成强烈的水蚀;而春、秋季节又是冻融侵蚀发生的季节,因此在这些区域,水、风、冻三类侵蚀复合发生,某些区域可能水、风、冻在同一地块不同季节交替发生,特别是冻融侵蚀区冬春的风蚀、夏季的水蚀在局部地区还是比较严重的。因此建议加强对复合侵蚀区侵蚀量和侵蚀强度的监测、评价方法的研究,提出合理的、科学的评价方法。

#### 5 加强冻融作用对土壤侵蚀影响的研究

本次水土流失普查中对我国冻融侵蚀区采用了统一的调查和评价方法进行冻融侵蚀调查,冻融侵蚀区界限采用了模型来确定。我国国土面积大,除在界定的冻融侵蚀区外还有广大区域存在冻融作用。根据笔者研究,反复的冻融作用对土壤物理性质,如团聚体稳定性、水分传导率、抗剪切力、可蚀性

等都产生一定的影响,进而降低土壤抗侵蚀能力,同时冻融作用对土壤性质的破坏增加了水力、风力、重力等侵蚀作用的物质来源。张瑞芳等利用1961—2007年我国累年年平均气温年较差的空间分布图的研究<sup>[9]</sup>表明,我国冻融侵蚀除主要分布于青藏高原、西北地区、黑龙江、内蒙古局部地区外,东北大部、华北地区以及黄河以南长江以北的广大区域也是受冻融作用影响较大的区域。根据此次水利普查资料,年冻融循环天数和日均冻融相变水量可作为定量描述冻融作用的指标,年冻融日循环天数>30d(即一个月)是一个区域有冻融侵蚀现象发生的重要标志。据调查,华北平原冻融期平均可达106d。东北的侵蚀沟内的大量物质是由于冬春冻融作用产生的松散物质坠落于沟道形成的,春天冰雪融水及夏季降水对沟内松散物质冲刷造成严重水土流失,同时加快了侵蚀沟道的发育,冻融作用常伴随着水蚀、风蚀、重力侵蚀等相互作用,对土壤造成严重侵蚀。因此加强冻融作用对土壤侵蚀影响研究很有必要。建议在东北、西北、西藏、青海、四川等冻融作用比较发育的区域选址建立观测研究站,进行观测研究,研究不同的年冻融日循环作用天数和日均冻融相变水量对土壤侵蚀强度的影响,建立和完善相应的水蚀、风蚀、冻融侵蚀的评价模型。

#### 参考文献(References)

- [1] Liu Zhen. Soil and water conservation survey in China and its application [J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2013, 10: 1-5 [刘震. 我国水土保持情况普查及成果运用 [J]. *中国水土保持科学* 2013, 10: 1-5]
- [2] Wang Lixian, Zhu Jinzhao. Soil and water conservation (the 2nd edition) [M]. Beijing: China Forestry Press, 2005: 92-93 [王礼先, 朱金兆. 水土保持学(第二版) [M]. 北京: 中国林业出版社, 2005: 92-93]
- [3] Liu Baoyuan, Guo Suoyan, Li Zhiguang, et al. Sampling survey of water erosion in China [J]. *Soil and Water Conservation in China*, 2013, 10: 26-34 [刘宝元, 郭索彦, 李智广, 等. 中国水力侵蚀抽样调查 [J]. *中国水土保持* 2013, 10: 26-34]
- [4] Xie Yun, Zhao Ying, Zhang Yuping, et al. The history and current situation of soil erosion survey for the United States [J]. *Soil and Water Conservation in China*, 2013, 10: 53-60 [谢云, 赵莹, 张玉平, 等. 美国土壤侵蚀调查的历史与现状 [J]. *中国水土保持*, 2013, 10: 53-60]
- [5] Zhong Xianhao, Liu Shuzhen. A study of classification for China mountainous area [J]. *Mountain Research*, 2014, 32(2): 129-140 [钟祥浩, 刘淑珍. 中国山地分类研究 [J]. *山地学报*, 2014, 32(2): 129-140]
- [6] Wang Qing, Li Zhiguang, Gao Yunfei, et al. Gully erosion survey on

- the Loess Plateau of the northwest based using DEM and high resolution remote sensing image [J]. *Soil and Water Conservation in China*, 2013, 10: 61–63 [王庆, 李智广, 高云飞, 等. 基于DEM及高分辨率遥感影像的西北黄土高原侵蚀沟道普查[J]. *中国水土保持*, 2013, 10: 61–63]
- [7] Wang Yansong, Wang Nianzhong, Zhong Yunfei, et al. Provincial distribution characteristic of gully in black soil region of northeast China [J]. *Soil and Water Conservation in China*, 2013, 10: 67–69 [王岩松, 王念忠, 钟云飞, 等. 东北黑土区侵蚀沟省级分布特征[J]. *中国水土保持*, 2013, 10: 67–69]
- [8] Jiang Zhongshan, Zheng Fenli, Wu Min. Prediction model of water erosion on hillslopes of China [J]. *Journal of Sediment Research*, 2005, 4: 1–6 [江忠善, 郑粉莉, 武敏. 中国坡面水蚀预报模型研究[J]. *泥沙研究*, 2005, 4: 1–6]
- [9] Zhang Ruifang, Wang Xuan, Fan Haoming, et al. Study on the regionalization of freeze-thaw zones in China and the erosion characteristics [J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2009, 7(2): 24–28 [张瑞芳, 王瑄, 范昊明, 等. 我国冻融区划分与分区侵蚀特征研究[J]. *中国水土保持科学*, 2009, 7(2): 24–28]

## Thoughts on the Methods of Soil and Water Loss Survey and Evaluation in China

LIU Shuzhen<sup>1</sup>, LIU Bintao<sup>1</sup>, SU Zhengan<sup>1</sup>, YOU Xiang<sup>2</sup>

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China;

2. Sichuan Soil and Water Conservation and Ecological Environment Monitoring Station, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** The First National Water Conservancy Survey, which included soil and water conservation survey, was conducted in China during the period of 2010–2012. This national survey will provide scientific basis for macro-decision in ecological and environmental construction of China. Furthermore, to attain the successful experience for the following national survey, we offer some proposals which need to be researched intensively or improved in the future. First of all, the soil loss area in China should be divided as natural erosion area and accelerated erosion area. The method of potential soil erosion risk should be applied to natural erosion areas with a period of 20 years, while the survey period should be shortened in the accelerated areas. The onsite unit survey method, model evaluation method and remote sensing method should be combined to investigate the water erosion, and thus the spatial distribution map of water erosion intensity can be proposed. Furthermore, to avoid the underestimate of soil erosion rate in the gully developmental area, both the slope soil erosion and the gully erosion need to be taken into the soil erosion survey. More studies need to be conducted in the multiple erosion areas where contain water erosion, wind erosion and freeze-thaw erosion. Finally, more studies which focus on effects of freeze-thaw on soil erosion should be conducted.

**Key words:** soil and water conservation; soil erosion; survey; evaluation