水保监测与应用技术

中国水土流失动态监测与评价的现状与对策

赵 辉[1], 黎家作[2], 李晶晶[3]

(1. 水利部 水土保持监测中心, 北京 100055; 2. 水利部 淮河水利委员会, 安徽 蚌埠 233001; 3. 黄河水利委员会 黄河上中游管理局, 陕西 西安 710043)

摘 要: [目的] 水土流失动态监测与评价是一项基础性工作,研究动态监测的方法、技术与组织模式,是为了提高动态监测评价的科学性。[方法] 基于现状分析,研究科学推进水土流失动态监测工作的对策。[结果] 应从构建完善的动态监测空间尺度体系、合理的工作体系、科学快捷的动态监测评价体系和统一的动态监测技术体系等方面,完善水土流失动态监测评价工作。[结论] 进一步提高中国水土流失动态监测与评价技术水平,是国家水土保持与生态文明建设和宏观决策的要求,可进一步提高水土保持监测服务政府决策、经济社会发展和公众的能力。

关键词: 水土流失; 动态监测; 监测评价; 重点防治区; 对策

文献标识码: A **文章编号**: 1000-288X(2016)01-0115-05 **中图分类号**: S157.1

文献参数: 赵辉, 黎家作, 李晶晶. 中国水土流失动态监测与评价的现状与对策[J]. 水土保持通报, 2016, 36(1):115-119. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2016.01.021

Present Situation and Countermeasures of Dynamic Monitoring and Evaluation of Soil and Water Loss in China

ZHAO Hui[1], LI Jiazuo[2], LI Jingjing[3]

(1. *Monitoring Center of Soil and Water Conservation, Ministry of Water Resources, Beijing* 100055, *China*; 2. *Huaihe Water Resources Commission, Ministry of Water Resources, Bangbu, Anhui* 233000, *China*; 3. *Upper and Middle Reaches, Yellow River Administrative Bureau of Yellow River Conservancy Commission, Xi'an, Shaanxi* 710043, *China*)

Abstract: [Objective] Dynamic monitoring and evaluation of soil and water loss in China is the fundamental work for soil and water conservation. The goal of studying the method, technology and organization of dynamic monitoring is to improve the scientific validity of dynamic monitoring and evaluation. [Methods] Based on the analysis of current dynamic monitoring, this paper proposed the countermeasures to promote dynamic monitoring of soil and water loss scientifically. [Results] To improve the dynamic monitoring of soil erosion in China, we should focus more on the establishment of dynamic monitoring system at spatial scale, reasonable working system, scientific and convenient dynamic monitoring and evaluation system and unified technology system of dynamic monitoring. [Conclusion] To satisfy the requirements of the national water and soil conservation and ecological civilization construction and macro decision-making, further improvements in dynamic monitoring and evaluation of soil erosion is needed in China. It also can provide basis for government decision-making, economic and social development.

Keywords: **soil and water loss; dynamic monitoring; monitoring and evaluation; key prevention and control region; countermeasures**

完善全国水土保持监测网络,开展水土流失动态监测是《中华人民共和国水土保持法》[1]赋予水行政主管部门的重要职责,目的是及时掌握水土流失状况及其防治成效,定期公告水土流失类型、面积、强度、分布状况和变化趋势,水土流失造成的危害,以及水土流失预防和治理等信息。动态监测获取的基础信息,可综合反映生态建设状况,服务并支撑国家生态文明建设和宏观决策,不仅可为实行地方各级人民政

收稿日期:2015-09-17 **修回日期**:2015-10-27

资助项目:水利部财政预算项目"全国水土流失动态监测与公告项目"(1261521610273)

第一作者:赵辉(1971—),男(汉族),湖南省衡山县人,博士,博士后,教授级高级工程师,研究方向为土壤侵蚀与水土保持监测技术。E-mail:7166zhaohui@163.com。

府水土保持目标责任制和考核奖惩制度提供依据，也可满足社会公众知情权、监督权与参与权。同时，水土流失监测还是水土保持预防监督和综合治理的基础，搞好动态监测将推动水土保持事业全面健康发展，意义重大。

动态监测与评价广泛应用于土地利用、主体功能区评价、资源环境和土壤侵蚀等研究领域[2-4]，通常采用遥感监测、定位观测、调查和动态对比分析等方法，既可评价现状，进行对比动态分析，又可分析变化趋势，对未来进行预测。在水土流失动态监测方面，国内一些学者进行了大量研究，针对区域和地面监测点等不同空间尺度，提出了一些较为成熟的监测技术[5-9]。当前，中国大力推进生态文明建设，要求及时、准确地掌握水土流失及其防治成效，以提高生态建设和宏观决策的科学性和针对性。这些均要求进一步提高水土流失动态监测与评价的服务支撑与快速反应能力，因此，开展水土流失动态监测与评价研究，具有较强的实践指导意义。

1 中国水土流失动态监测的现状分析

自20世纪80年代以来[10]，中国先后开展了4次土壤侵蚀或水土保持普查，基本摸清了全国水土流失状况及其动态变化情况，为国家水土保持与生态建设规划和宏观决策提供了依据，但存在监测周期长、时效性较差、方法不统一、成果单一等问题。进入21世纪，水利部及其流域派出机构先后在长江主要支流、黄河多沙粗沙区重点支流以及部分国家级水土流失重点防治区组织开展了土壤侵蚀遥感监测。自2007年开始，国家批准实施了全国水土流失动态监测与公告项目，选择部分国家级水土流失重点治理区、重点预防保护区和重点监督区开展遥感监测，并将监测成果以公告形式发布。因未实现持续的动态监测，监测反映的仅仅是现状以及与过去较长时段的对比情况。一些省(自治区、直辖市)也陆续开展了遥感调查或区域水土流失动态监测。2013年，水利部组织实施了全国范围内的水土流失动态监测与公告项目，以国家级水土流失重点预防保护区、重点治理区、生产建设项目集中区和典型监测点为对象，采用遥感监测、定量观测、调查统计以及动态分析等方法，从区域、小流域和监测点3个空间尺度，开展持续、固定的动态监测。3 a来，已累计投入1.3亿元，以典型县域为抽样单元，开展了15个重点预防保护区和18个重点治理区土地利用、植被覆盖和水土流失状况的动态监测，累计监测面积达102.43万 m^2，基本掌握国家级水土流失重点防治区土壤侵蚀的本底值，并取得了年际间的动态变化成果。同时，还开展了不同侵蚀类型区73个典型监测点和58个典型小流域的水土流失动态监测，积累了大量气象、径流与泥沙实测资料，为开展区域水土流失规律研究提供大量基础信息，监测成果被中国水土保持公报直接直接采用。

中国水土流失动态监测项目持续开展也将形成长序列监测数据，准确反映水土流失动态变化趋势与规律，可直接服务于中长期规划和政府决策。重点区域动态监测技术路线详见图1。中国水土流失动态监测工作起步较晚，受投入经费少、配套研究不够深入等因素影响，目前，还存在一些问题，主要表现为：空间尺度割裂，不同尺度间监测成果无法相互转换；监测空间、内容与类型覆盖不全面；成果形式单一，缺少规律与趋势分析；综合应用与服务能力差；尚未形成统一的工作机制；虽已出台部分技术规范或规程，但尚未统一不同空间尺度水土流失动态监测的技术要求，制定统一的动态监测与评价技术标准[11-12]等等，造成水土流失动态监测工作不能完成满足主管部门和社会公众的需求[13]。如何改进水土流失动态监测与评价技术，提高动态监测与评价成果的科学性和时效性，研究提出完善水土流失动态监测评价的对策，提高其服务政府决策、经济社会发展和公众的能力，是近期水土流失动态监测工作需重点关注的问题。

2 完善水土流失动态监测与评价的对策研究

2.1 构建完善的水土流失动态监测空间尺度体系

土壤侵蚀具有明显的尺度特征，易受时间、空间尺度以及土壤—植被—大气连续体系统间不同功能尺度的影响，主要表现为尺度的变异性、层次的复杂性和尺度的多维性与多重性等，不同空间尺度间存在显著的尺度效应。依据管理和实践现状，中国水土保持监测的空间尺度可划分为微尺度、小集水区、小流域、中流域、区域和国家6个尺度，不同空间尺度的监测内容与方法不尽相同，各有侧重[14]。完善水土流失动态监测，首先要覆盖全面，应按“大区套小区，大流域套小流域”的尺度嵌套原则，合理构建水土流失动态监测的空间尺度网络；实践中，应区别于全覆盖的水土保持普查，按侵蚀类型和监测内容，选择不同空间尺度的典型或代表性监测对象，开展动态监测与评价。在满足不同层级水土流失动态监测需求的基础上，有针对性地构建不同空间尺度间监测评价的有机联系，近期可为不同尺度间监测成果的相互引证、示例分析或规律研究等提供依据，远期还可为不同空间尺度间水土流失动态评价、分布式模型建立和尺度转换提供

基础信息和支撑。另外,还可根据区域特征和生态建设需要,增加水土流失危害、水土保持工程效益、特定流失类型、应急监测等各方关注的监测对象或内容,提高水土流失动态监测的快速反应能力。

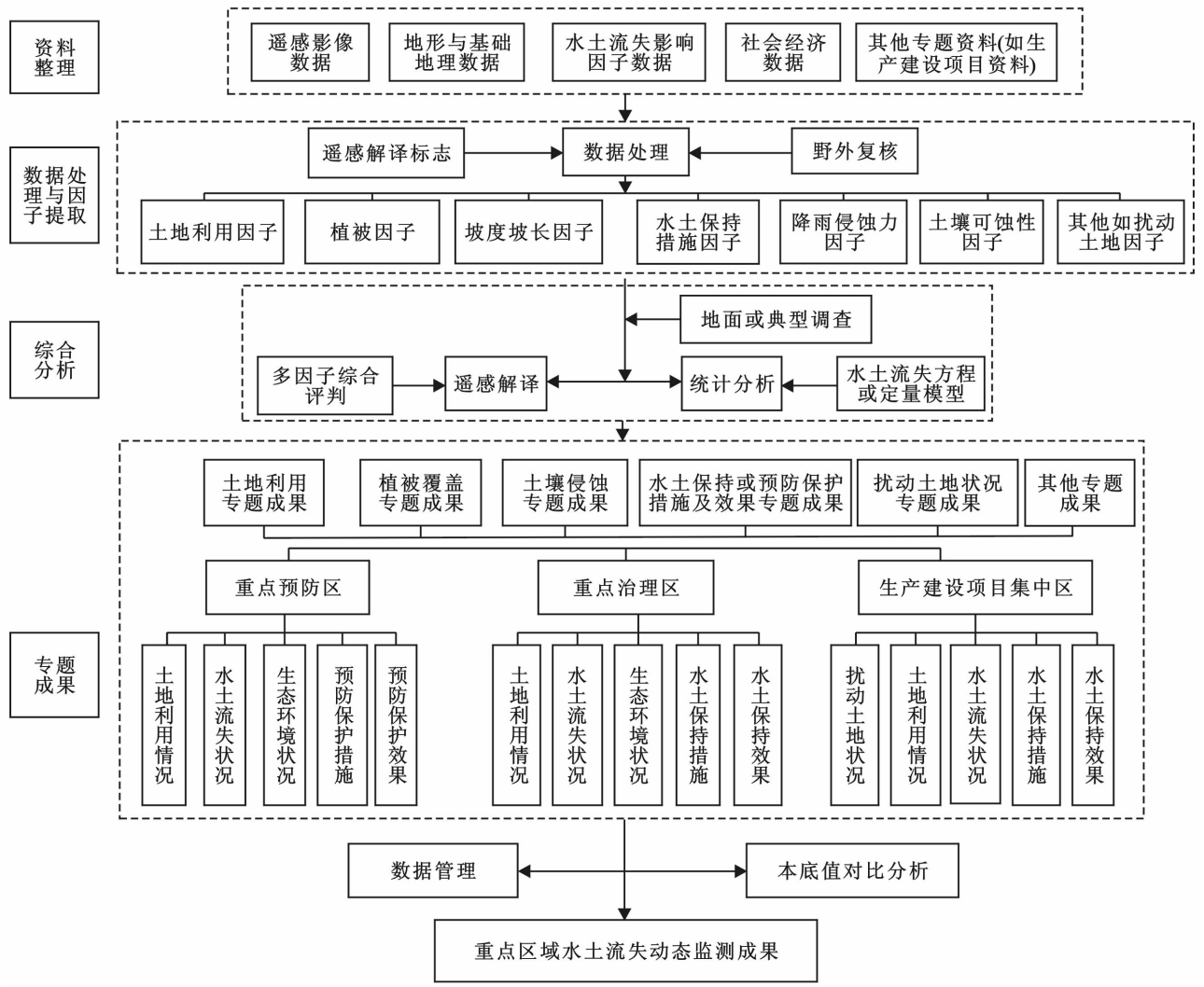


图 1　重点区域动态监测技术路线

2.2　构建合理的水土流失动态监测工作体系

构建全国水土流失动态监测网络,目的是分工协作,全面、动态地反映国家水土流失状况及其防治效果。首先,应基于国家水土流失动态监测的总体目标,统一规划,明确国家、流域机构和省级水行政主管部门及其监测机构的监测任务、范围和对象,以及工作组织与协作机制。在全面覆盖的同时,兼顾各级政府公告所辖行政区域水土流失状况及其防治效果的需要。组织实施方面,既要立足于行政辖区水土保持目标考核,又要形成互为协作、互为补充的工作机制;实践中,可依据行政层级,明确年度水土流失动态监测的对象与范围,应重点关注对生态建设宏观政策制订、重点工程规划、经济社会发展与生态安全(以及国土安全、粮食安全等)等有重大影响,以及社会公众普遍关注的对象。在国家层面,应关注国家级重点治理区、重点预防区等水土保持敏感或重点区域,以及水土保持重点工程、大型生产建设项目、重大水土流失灾害事件等监测对象,突出宏观性、全局性和指导性特点。省级应关注辖区内重点支流或敏感区域、区域特定监测对象以及省级重点预防区和重点治理区等监测对象。地市或县级的水土流失动态监测对象则应更具体,区域针对性更强,要基于地市或县级人民政府水土保持目标考核需要,开展动态监测。各级人民政府应按照水土保持法律法规的明确要求,安排水土流失动态监测专项经费,确保工作有序开展。不同层级的水土流失动态监测成果应实现共享,通过信息平台,及时向行业部门和社会公众发布。

2.3　构建科学快捷的水土流失动态监测评价体系

科学评价是确保水土流失动态监测成果质量的重要保证。水土流失动态监测具有涉及内容多、对象

全面、影响因素复杂等特征，需运用多种方法进行综合评价。要保证成果质量，提高其科学性、准确性和时效性，必须开展监测与评价方法研究，秉着基于现状、着眼未来的原则，构建科学、快捷的动态监测评价体系。

(1) 基于定性分析的水土流失监测评价方法。它是在对水土流失影响因子进行综合评判与分析的基础上，依据土壤侵蚀分级分类标准，定性分析评价水土流失状况的一种监测方法。该方法通常基于专家经验[15-16]，只考虑有限的水土流失影响因子指标或对部分指标进行概化处理，适用于基础数据相对缺乏的宏观区域遥感快速监测，评价指标主要包括土壤侵蚀类型、强度、分布与面积等。曾广泛应用于第2和第3次全国土壤侵蚀普查，目前部分区域或流域水土流失动态监测中也有应用。由于该方法易受解译或评判人员主观因素影响，实践中监测成果科学性和准确性较差。

(2) 基于抽样统计分析的水土流失监测评价方法。它是采用随机抽样、层次抽样或系统抽样等方法，在全国或区域设置水土流失调查单元或样区，通过水土流失影响因子的信息提取和水土流失方程或模型运算，定量评价水土流失状况的监测方法。该方法要求准确掌握水土流失规律且基础信息全面、模型适用性强，可采用不同定量评价模型进行相应空间尺度的水土流失监测评价。评价指标主要是土壤侵蚀量和侵蚀强度，依据遥感影像，可分析评价水土流失面积及其分布。曾应用于全国第4次水土保持情况普查[17-20]，在水土流失动态监测项目中也有应用。目前，受抽样比例设置、水土流失影响因子间精度匹配程度低、流失规律研究不够深入以及流失方程或模型适应性不强等因素影响，在中、小空间尺度水土流失监测评价方面，该方法还存在一定局限性，通常忽略或概化了降雨侵蚀力、土壤可蚀性、坡度坡长等影响因子在空间尺度上的变异性，或未考虑土壤侵蚀在地学空间上的不连续性特性，造成监测成果与下垫面的互相匹配与精度较差。现阶段应加强水土流失影响因子基础信息数据库建立，并进一步加强统计方法、水土流失规律、流失方程或模型构建及其适应性等方面的研究。

(3) 基于综合指数法的水土流失监测评价方法。它是在构建水土流失监测评价指标体系的基础上，通过动态监测，获取基础数据，综合水土流失影响因子、综合治理、预防保护、水土保持政策等信息，以及林业、国土、资源环境和国民经济等行业或部门信息，计算水土保持综合指数，通过指数的消长，动态评价水土流失状况及其防治效果。综合指数法多应用于区域或持续发展能力、环境保护、生态环境质量等监测评价。由于综合指数的消长表象直观，易被社会和公众接受。该方法适用于相对闭合的特定范围或区域的动态监测评价，如完整的行政区域等，可通过动态评价水土保持综合指数的消长情况，为地方政府水土保持目标考核、财政经费的拨付或地方转移支付等提供依据。近期应研究并构建科学合理的监测评价指标体系，合理设计水土保持综合指数，通过水土流失动态监测，分析综合指数的消长情况，综合评价水土流失状况及其防治成效。

(4) 基于遥感和地统计方法的水土流失监测评价方法。土壤侵蚀在空间尺度上既存在尺度变异性，还存在地学意义上的空间的不连续性。与传统统计学方法相比，地统计学能够有效地揭示水土流失在空间上的分布、变异和相关特征，可将空间格局与水土流失过程联系起来，有效地解释空间格局对水土流失过程与功能的影响。地统计方法通常用半方差函数表征区域化变量[21-22]，可在一定程度上解决传统抽样方法对下垫面水土流失影响因子的概化问题。综合遥感监测方法，又可增加监测评价与地理空间(如地块)的对应性或匹配程度，既可提高水土流失监测评价的科学性，又可提高效率，达到事半功倍的效果。它适用于大、中尺度的土壤侵蚀遥感监测。近期，应根据不同侵蚀类型区地形地貌、气象水文以及土壤地质等特征，按水土流失过程和规律，构建不同空间尺度或侵蚀类型区的水土流失地统计模型，并综合运用遥感监测等方法，基于地块或图斑，进行不同空间尺度水土流失的定量监测评价。

(5) 基于分布式模型的水土流失监测评价方法。它是从能量和物质平衡角度出发，对土壤—植物—大气等水土流失全过程进行分析，综合考虑水文响应单元及其产流、产沙的能量输入、输出过程，构建具有物理基础的分布式模型，定量评价水土流失状况的科学方法，也是目前能找出水土流失信息在不同尺度之间的转换规律，有可能实现水土流失空间尺度转换的方法之一[23-24]。构建分布式模型，需深入研究水土流失过程、规律以及不同影响因子间的作用机理或机制，需要长期、固定、持续的观测数据的有效支撑。目前，国内引进了大量国外分布式模型，并应用于降雨过程、小流域或区域水土流失评价或预测研究中，但普遍存在模型地域适应性、参数本地化等问题[25-27]。分布式模型适用于不同空间尺度水土流失状况的定量评价，并可能实现空间尺度转换，不仅可对现状进行评价，而且可对未来进行预测。因此，近期应优化我

国水土流失监测站网布设,积累长序列观测数据,开展不同尺度水土流失过程与规律以及相关基础理论研究,为构建中国(或不同侵蚀类型区)水土流失分布模型奠定基础。

2.4　构建统一的水土流失动态监测技术体系

统一技术标准是科学开展水土流失动态监测评价的基础。水土流失动态监测技术体系包括基础理论、监测方法和监测技术等方面。构建统一的技术体系,首先,要加强基础理论研究,包括水土流失过程与规律、区域动态监测理论、尺度与尺度转换理论等。其次,要统一监测方法,包括区域动态监测方法、地面观测方法、数据处理与整编方法、动态监测与评价方法等;第三,要统一技术标准,包括监测内容与指标设置(如基本指标、特定指标、综合指标等)以及数据整编与成果质量标准、仪器设备准入与技术条件、信息化与数据库建设标准、信息平台建设与信息共享、成果发布等;第四,要研究并统一监测技术,包括设施设备研发、抽样与统计技术、信息采集与传输技术、网络与信息化管理技术等。第五,要完善技术标准的制订,加强技术培训,提高各级水土流失动态监测与评价技术人员的业务技能,组建技术与人才队伍,保证水土流失动态监测与评价工作科学、有序、持续地开展。

3　结 论

水土流失动态监测与评价是一项基础性工作。基于当前工作现状,研究如何提高未来实施水土流失动态监测的科学性和服务功能,搞好顶层设计,是国家水土保持与生态文明建设和宏观决策的要求,也是近期需重点关注的问题。下阶段,应从构建完善的动态监测空间尺度体系、合理的工作体系、科学快捷的动态监测评价体系和统一的技术标准体系等方面,开展有针对性的研究和谋划,完善水土流失动态监测评价工作,进一步提高中国水土流失动态监测与评价技术水平和监测成果的科学性、时效性,更大程度地提高水土流失动态监测服务于政府决策、经济社会发展和公众的能力。

[参 考 文 献]

[1] 全国人民代表大会常务委员会. 中华人民共和国水土保持法[M]. 北京:法律出版社,2011.

[2] 魏怀东,周兰萍,徐先英,等. 2003—2008 年甘肃民勤绿洲土地荒漠化动态监测[J]. 干旱区研究,2011,28(4):572-579.

[3] 高学磊,李志宏. 基于遥感对土地退化监测与评价的几个方法[J]. 北方环境,2011,23(8):18-24.

[4] 常军,刘高焕,刘庆生. 黄河三角洲海岸线遥感动态监测[J]. 地球信息科学,2004,6(1):94-98.

[5] 水利部水土保持监测中心. 水土流失动态监测方法研究[M]. 北京:中国水利水电出版社,2011:50-61.

[6] 肖冬,吴海霞,康占艳,等. 不同空间尺度水土流失动态监测方法的标准化探讨[J]. 内蒙古水利,2011(2):139-141.

[7] 陈剑桥,周利军. 大渡河流域冻融侵蚀监测与分析[J]. 水土保持应用技术,2013(4):14-16.

[8] 张锦凰,刘丹强,姜小三,等. 丹江口库区水土流失遥感监测应用研究:以商南县为例[J]. 农业资源与环境学报,2015,32(2):162-168.

[9] 何兴照,喻权刚,梁剑辉. 黄河流域水土保持监测评价能力建设[J]. 中国水土保持科学,2008,6(3):28-32.

[10] 郭索彦,李智广. 我国水土保持监测的发展历程与成就[J]. 中国水土保持科学,2009,7(5):19-24.

[11] 中华人民共和国水利部. SL277-2002 水土保持监测技术规程[S]. 北京:中国水利水电出版社,2002.

[12] 中华人民共和国水利部. SL592-2012 水土保持遥感监测技术规范[S]. 北京:中国水利水电出版社,2012.

[13] 姜德文. 水土保持公报的改革方向与内容趋向[J]. 中国水土保持,2015(7):1-3.

[14] 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.

[15] 曾大林,李智广. 第二次全国土壤侵蚀遥感调查工作的做法与思考[J]. 中国水土保持,2000(1):28-31.

[16] 杨勤科,李锐,李智广,等. 区域水土流失快速调查研究初报[J]. 水土保持通报,1999,19(3):36-39.

[17] 李智广,刘宪春,刘建祥. 第一次全国水利普查水土保持普查方案[J]. 水土保持通报,2010,30(3):87-91.

[18] 李智广,符素华,刘宝元. 我国水力侵蚀抽样调查方法[J]. 中国水土保持科学,2012,10(1):77-81.

[19] 李智广,邹学勇,程宏. 我国风力侵蚀抽样调查方法[J]. 中国水土保持科学,2013,11(4):17-21.

[20] 李智广,刘淑珍,张建国,等. 我国冻融侵蚀的调查方法[J]. 中国水土保持科学,2012,10(4):1-5.

[21] 马驰,卢玉东. 地统计方法在土石山区土壤侵蚀空间变异性研究的应用[J]. 水土保持研究,2006,13(4):72-74.

[22] 陈志强,陈志彪,陈明华. 福建省水土流失强度的地统计分析[J]. 自然资源学报,2011,26(8):1394-1399.

[23] 傅伯杰,赵文武,陈利顶,等. 多尺度土壤侵蚀评价指数[J]. 科学通报,2006,51(16):1936-1943.

[24] 刘纪根,蔡强国,樊良新,等. 流域侵蚀产沙模拟研究中的尺度转换方法,泥沙研究,2004(3):69-74.

[25] Arnold J G, Srinivasan R, Muttiah R S, et al. Largearea hydrologic modeling and assessment(part I): Model development[J]. Journal of American Water Resources Association, 1998,34(1):73-89.

[26] 祁伟,曹文洪,郭庆超,等. 小流域侵蚀产沙分布式数学模型的研究[J]. 中国水土保持科学,2004,2(1):16-21.

[27] 刘瑞娟,张万昌. 基于动态产流机制的分布式土壤侵蚀模型研究[J]. 水土保持通报,2010,30(6):140-144.