

## 近年我国水土保持监测的主要理论与技术问题

许 峰

(水利部水土保持监测中心, 北京 100053)

**摘 要:** 回顾了近年我国水土保持监测这一年轻领域在发展中所面临的主要理论与技术问题。我国水土保持监测在宏观监测途径、微观监测方法、尺度转换等方面都有不少薄弱环节; 而监测点布设、开发建设项目监测、监测预报模型、水土保持评价等方面的理论更是亟待发展。当前比较关键的技术问题则集中在自动化观测技术、监测信息管理技术和调查技术的发展和运用等方面。

**关键词:** 水土保持; 监测; 理论; 技术

**中图分类号:** S157

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2004)02-0019-03

## The Recent Methodological and Technical Issues of Soil and Water Conservation Monitoring in China

XU Feng

(Monitoring Center of Soil and Water Conservation, Ministry of Water Resources, Beijing 100053, China)

**Abstract:** The author reviewed the main methodological and technical issues of soil and water conservation monitoring in China in recent years. It is argued that there are weaknesses of methodology on macroscopic and microscopic monitoring. The distribution designing of monitoring sites, monitoring for infrastructure construction, monitoring model and evaluation methods are those which need to be improved as soon as possible. The technical issues are focused on the fields of automatic observation, information technologies for monitoring, and the technologies of survey.

**Key words:** soil and water conservation; monitoring; methodology; technology

### 1 背景

水土保持监测指以从保护水土资源和维护良好的生态环境出发, 运用多种手段和方法, 对水土流失的成因、数量、强度、影响范围、危害及其防治成效等进行动态监测和评估, 是防治水土流失的基础工作。《中华人民共和国水土保持法》及其实施条例均规定, 由国务院水行政主管部门建立水土保持监测网络, 对全国水土流失动态进行监测预报, 并予以公告。由于水土流失对环境的严重威胁, 作为水土保持主管部门, 水利部一直认为水土保持监测资料是水土保持科学决策的基础, 因而给予了高度的重视。根据法律要求, 从 1998 年起, 我国水行政主管部门开始在全国陆续建立水土保持监测机构。2000 年, 水利部颁布 12 号令《水土保持生态环境监测网络管理办法》, 规定了全国水土保持监测网络的构成和各级机构的职责。目前, 中国的水土保持监测正依托四级监测机构(国家级监测中心- 大江大河流域监测中心站- 省级监测总站- 重点地区监测分站)和监测分站下属的大量监测点, 积极开展工作。我国水土保持监测工作在业务上依法由水利部水土保持监测中心负责管理和指导。近年来, 水土保

持监测越来越受到管理部门、研究机构和社会公众的广泛关注, 水土保持监测的数据成果直接为水土保持的规划、治理决策以及相应的研究服务, 已经成为中国水土保持研究和实践中一个单独的领域。2001 年中国水土保持学会水土保持监测专业委员会成立, 标志着这一领域的基本确立。

虽然水土保持监测机构成立的历史不长, 但国家组织的水土保持监测工作在 20 世纪 80 年代以后, 就已经开始较快发展。在这一时期以来, 水土流失的观测手段和设备有了一定的改善, 新的观测试验站点陆续投入运行, 地面观测在全国不同侵蚀类型区相继展开。同时, 随着遥感技术的普及, 水土流失遥感调查的研究开始出现。1985 年前后, 水利部以 80 年代中期 MSS 影像为主要信息源, 对水蚀、风蚀、冻融侵蚀开展了全国第一次土壤侵蚀遥感调查。随着技术发展和国家投入的增加, 20 世纪 90 年代后期以来, 水土保持监测得到了前所未有的发展。水土保持监测由法定的监测机构负责, 并且列入政府水土保持部门管理的常规业务。同时, 全国和大区域的监测工作全面开展。1999~ 2001 年水利部组织开展了全国第二次土壤侵蚀遥感调查, 并于 2002 年发布了成果公告。2001 年, 水利部又开展了全国第三次土壤侵蚀遥感

调查。近期水利部已陆续在黄河、长江中上游地区,黑河、塔里木河流域等重点水土保持生态建设区开展水土保持监测,各地监测站点的建设也在顺利进行。目前,我国水土保持监测队伍不断壮大,监测技术不断提高,监测成果不断积累,有力地支持了国家和地方的水土保持生态建设。但是由于理论基础的局限和部分技术原因,这一年轻的领域的继续发展还面临许多问题。

## 2 近年来面临的主要理论问题

### 2.1 监测方法

2002 年,在总结成熟经验的基础上,水利部颁行技术标准 SL 277-2002《水土保持监测技术规程》,该规程也反映了我国当前监测实践的一般状况。根据监测途径、监测对象的差异,水土保持监测在我国可以分为微观监测和宏观监测两类。前者的观测以小区/样地、坡面和重力侵蚀为主,后者则主要是基于地表覆盖信息的遥感监测。我国由于条件限制,不可能象美国一样在全国布置大量的地面观测站点,通过大量微观监测数据来对宏观的水土流失态势进行评价和分析,在很长的时期内将是十分困难的。同时,宏观尺度上土壤侵蚀和水土流失的规律或特点的表现将可能与微观尺度存在明显区别。因此,宏观监测和微观监测的相互支持和补充在我国将长期是水土保持监测方法的基础。但是,因缺乏关于监测方法的系统研究,在微观和宏观监测之间如何有效地进行关联分析目前还是一个空白。近年来,我国水土保持监测部门在全国和区域性的大型土壤侵蚀调查中获得了大量关于各类、各级土壤侵蚀分布的数据,但是与各监测站点所获取的地面观测数据基本上是相互独立解释的,远远不能满足监测部门分析水土流失状况,支持管理部门规划决策和向社会各界依法公告的需要。宏观和微观监测数据之间相互支持关系的缺失,使对区域土壤侵蚀与其它环境因子之间的关联分析也有诸多困难,如,区域土壤侵蚀强度的变化与江河输沙量动态之间关系等,就很难在现有水土保持监测数据的支持下研究。如何利用有限但是可靠的地面监测资料,支持分析典型地区土壤侵蚀或水土流失的空间分布特点与动态变化即成为监测部门普遍关心的问题。尺度转换技术需要大量有效数据的支持,在地面监测资料的空间覆盖面和时间覆盖长度都比较有限的情况下,发展适合我国国情的微观-宏观监测关联分析方法可能需要更多深入研究。

已经推广应用的微观监测方法方面,水蚀坡面观测有较好的基础,但对水土流失影响较大的沟道侵蚀观测方法相对较为薄弱。风蚀观测方法则尚在初步发展阶段,在水-风蚀交错地区(也是我国水土流失对生态威胁最严重的地带之一)对水蚀和风蚀及其复合作用进行有效观测的系统方法更加匮乏。宏观监测方面,官方调查大多采用多光谱航天遥感数据,在地面勘察的支持下以人-机交互解译获取土壤侵蚀专题信息。一些地区已经试用的影像自动分类方法的效果还有待继续改进。当前普遍应用的土壤侵蚀信息解译方法过多地受到土地利用调查的影响,还较难反映地形地貌、植被空间层次类型、近地覆盖(如枯落物等)对土壤侵蚀的影响,而过多地强调了土地利用类型、植被覆盖度的因素,对沟蚀信息的提取也较有限。另一方面,大规模遥感调查所需要的影像较多,经常性开展宏观动态监测经济性较差,发展科学性

更强、精度更高的快速宏观监测方法是监测部门追求的重要目标之一。

### 2.2 监测点布设

2002 年,国家批准水利部开展“全国水土保持监测网络与信息系统”项目的建设,将在全国建设 175 个监测分站,每个分站直接负责若干个监测点。这些分布在全国各地的监测点是全国监测网络的基础。这些监测点包括进行长期和定位观测的常规监测点、为特定监测任务设置的临时监测点。根据 SL 277-2002《水土保持监测技术规程》要求,常规监测点以大江大河流域为单元进行统一规划,主要进行水土流失及其影响因子、水土保持措施数量、质量及其效果的监测。在全国土壤侵蚀区划的二级类型区必须设置常规监测点,并设置观测小区和控制站。由于各地发展水平不平衡,监测点的布设难免受到具体条件的限制,但在全国监测网络建设背景下,以合理的数据地学分析为导向,合理选择监测点位置和数量、监测点内小区和控制站布设的理论依据也基本是一个空白。监测点的布设与土壤侵蚀和水土流失的空间关系有着密切关系,通过不同土壤侵蚀类型区的典型地貌部位土壤侵蚀分析,研究能较好反映该地区水土流失总体状况的监测点布设方法,将为保障水土保持监测的科学性基础提供有力的支持。

### 2.3 开发建设项目监测

开发建设项目水土保持监测是近年来水土保持领域的一大热点,也日益成为水土保持监测的工作重点。随着我国经济建设的快速发展,西部大开发和振兴东北老工业基地战略的实施,资源开发、基础设施建设对区域生态的影响也越来越为政府、学界和公众所关注。水土保持监测成果已成为开发建设项目水土保持监督执法的基本依据。开发建设项目水土保持监测一般采取地面观测和调查监测相结合的方法,对大型工程和重点项目,还同时利用遥感手段进行水土流失背景调查和动态监测。

采矿、交通、电力、冶炼、水利水电、城镇建设等重点监测的开发和建设项目在工程施工和工程运行期间对地表的扰动状况都各不相同,地表原貌及地表植被的恢复要求也存在较大差异。如何针对各类工程项目的特点选择监测方法,拟订监测指标、确定监测时段,都需要全面对开发建设项目水土保持监测进行理论研究。建设项目对地表的扰动情况变化频繁,计算弃土弃渣量、评估植被破坏、水土保持工程措施效益都需要不同于常规地面观测的监测方法。大中型点状、线状、面状工程项目对水土流失有着不同的空间影响,分析开发建设项目的土壤侵蚀及其发展和控制需要结合其它环境因素合理地进行综合研究。当前监测部门急切希望,基于工程类型、水土流失影响类型的分类研究基础上开展开发建设项目监测方法研究能为监测实践提供有益的参考。

### 2.4 水土流失监测预报模型

我国水土保持监测和管理部门很早就认识到水土流失监测预报模型是量化开展监测、评价水土流失环境危害和水土保持设施防治效益的核心。近数十年以来,我国土壤侵蚀和水土保持工作者在黄土高原、长江中上游等地区开展的大量水土流失预测预报模型研究和应用试验都积累了丰富的经验。不过由于大部分应用模型基本都是经验模型,推广应用明显受到地域限制。迄今为止,监测部门还没有象 USLE/RUSLE 一类的成熟微观监测预报模型可供应用和

全面推广,对水土流失程度和危害的分级基本上还是半定量或半定性的,对次降雨(或大风气象条件下等侵蚀事件为基础的)土壤侵蚀和监测地域的水土流失还未能作到真正的定量监测和预报。发展出符合我国国情、适合推广应用的水土流失(微观)监测预报模型是近一个时期内我国水土保持监测最大和最关键的理论问题。同样由于缺乏实用性的专业模型,对面源污染的监测更加困难。应用性风蚀监测预报模型也尚待时日。

随着中国水土保持从小流域综合治理逐步向大示范区建设发展,水土保持规划、治理对不同尺度数据综合的要求进一步提高,宏观水土流失监测模型日益受到关注。近年一些研究机构一直致力于区域性水土流失预测模型的研究,并进行了初步的应用。中国的区域性模型是针对微观监测支持不足、国家决策机构和科学研究对宏观水土流失数据的需求不能得到及时满足的情况下开展的,在因子选择、数据获取、模型结构等方面都需要大量的研究。

### 2.5 水土保持评价

中国的水土保持监测还包括对土壤侵蚀和水土流失的环境危害、水土保持措施的效益进行评估。因缺乏量化的水土流失监测预报模型,定量评估水土流失和水土保持受到很大限制。尤其是对水土流失的环境危害的评价,监测机构在评价指标选择、指标方法方面还没有足够的理论支持,即使拥有较好的地面观测数据也难以定量评估不同的水土流失区域和水土保持建设项目。此外,如何服务于农村小康社会建设,为水土保持生态建设项目的规划、监督、落实提供直接的参考信息,也是以往不少研究工作所未予足够重视的视角。近年来一些研究开始对参与式水土保持评价,农村经济发展、扶贫与水土保持治理的相互影响等领域开展了有益的探讨,引起了监测部门很大的兴趣。我国的水土保持工作以广大农(牧)民为主要力量,以农村发展基本背景,以各类水土保持生态建设和治理项目为主要管理对象。对农村社会经济背景和项目建设管理特点给予充分考虑的重要性,之于水土保持评价是不在评价工具本身之下的。

## 3 主要技术问题

### 3.1 自动化地面观测

目前我国水土保持监测机构拥有100多个地面观测、实验站和超过6000名技术人员,但地面监测点的密度相对于水土流失面积占国土37%的中国来说是远远不够的。而且目前我们的地面监测设施还有待于进一步加强和完善。另外,对开发建设项目进行全面、及时的跟踪监测还比较困难。扩大地面监测点的覆盖面,增加监测频次和监测内容是我们的长期目标。因此,发展自动化的地面观测手段将是我们实现这一目标的重要基础。

当前地面观测的效率瓶颈包括取样、分析、数字化观测结果生成和地表量测等环节。这些环节涉及的径流、泥沙、土壤取样技术,泥沙样品分析技术,滑坡和泥石流监测技术,开发建设项目水土流失的跟踪测量等技术的自动化程度都有所提高,但大多存在经济性和可靠性不高的问题。这些技术也是监测部门普遍关心的领域,自动化地面观测相关技术的发展,不仅需要提高监测效率和数据精度,还需要考虑在人工成本日益上升的背景下提高监测经济性的设计。自动化地

面观测技术中比较薄弱的领域包括风蚀监测、沟道侵蚀监测等。取样、样地和小区布设的设计等问题也是在提高自动化程度中需要改进的。

### 3.2 监测信息管理技术

我国未来的水土保持监测将基于全国水土保持监测网络,开展网络化的综合监测。在全国监测网络中,微观和宏观的数据将根据不同的权限进行管理和共享。届时全国数百个监测点将为各级监测机构提供更加全面和完整的数据。新的信息网络专业管理系统,将把全国水土保持监测基础数据的采集、传输、交换和处理有机地结合起来。

监测信息管理技术将决定我国网络化监测的总体水平。当前亟需根据各级监测机构的业务需求,发展监测管理信息系统。由于全国水土保持监测网络的物理结构是一个多层C/S和B/S混合结构,在全国四级监测机构和监测点中的分布和数据发布、传输与共享需求较复杂,监测管理信息系统的开发设计将有较大难度。

而监测点内的数据传输和处理、监测点与监测分站之间的信息交换则是难度较大的另两个领域。在这两个领域,不同环节的数据传输和处理的实时性要求是不同的,其分类对待对技术设计和数据收集、处理的经济性和总体效率影响很大。

### 3.3 调查技术

询问调查、抽样调查、典型调查等和地面观测一样,也属于常规监测方法。但相对地面监测和遥感监测技术而言,水土保持监测的调查技术还不够成熟。尤其询问调查、典型调查和地面观测技术差异很大,所使用的技术需要考虑较多的社会经济和人文因素,调查技术对调查成果可能产生很大影响,从而影响水土流失和水土保持评价,但目前相关研究却甚少。著名国际水土保持技术合作组织——世界水土保持方法和技术纵揽(WOCAT)设计了一系列水土保持技术调查表(QT),以标准化的方式提供了评价世界各地水土保持技术的依据,值得我国水土保持监测中的典型调查参考。但是我国幅员辽阔,各地自然条件差异大,社会经济发展水平不一,设计标准化的调查技术还需要充分考虑水土流失和农村经济结构的区域差异。

## 4 结 语

我国水土保持监测实践和理论研究上都是一个十分年轻的领域,要为全国微观、宏观的网络化监测提供有力支持还需要长期的努力和大量的工作。近年随着地球信息技术和计算机技术的发展,监测工具和监测手段的改善和进步具备了诸多有利条件,但监测的基础性研究,包括土壤侵蚀与水土保持领域的相关理论研究之缺乏,限制了监测方法的发展。尤其是监测量化方面的困难,很大程度源于土壤侵蚀和水土流失应用研究的局限。发展我国自己的侵蚀监测预报模型(包括区域监测模型),是监测领域最为急迫的需要之一。

实施中的全国水土保持监测网络和信息系统的建设(2002~2010),将成为近年我国水土保持监测发展的框架。监测信息管理技术、观测技术的研究和应用推广,将与该项建设密切结合,进一步推动我国水土保持监测业务的开展,更好地支持国家和地方的水土保持规划、治理与监督工作,服务于各种公益性需求。