

区域水土流失研究综述

胡良军, 邵明安

(中国科学院、水利部水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 以区域水土流失为主题, 分析并阐述了该领域的研究现状, 指出了当前存在的主要问题, 并对研究的今后发展方向进行了展望。

关键词: 区域水土流失; 研究综述

中图分类号: S157

文献标识码: A

水土流失问题是水土保持学科的重要研究内容, 它是全球环境变化研究的一个方面, 按照研究尺度的不同可以归结为三个层次的内容: 坡面(地块)、小流域和区域(自然区域或人文区域)^[1]。现有的工作主要集中在前两个层次上, 对区域水土流失的研究还是一个相对薄弱的环节^[2,3]。

区域水土流失研究的是大面积范围水土流失的宏观规律, 在应用上涉及地区性区域、国家和全球三个层面。区域水土流失以全球环境变化为研究目标, 以坡面、小流域水土流失为基础, 以 GIS、RS、GPS 等先进的地学研究工具为手段, 通过尺度转换(Up-scaling)技术实现对区域水土流失的时空模拟。其重点是探讨区域尺度下水土流失的宏观发生机制、影响因素等, 在研究内容方面包括自然因素和人为因素两种, 但重点是人为因素。

从区域宏观的角度对大面积的水土流失进行整体、系统和综合的研究, 对于政府部门、水土保持机构的宏观决策、规划、揭示区域甚至全球环境变化规律、灾情快速调查以及水土流失公告的建立等具有十分重要和现实的意义, 并且可以避免坡面、小流域研究因研究尺度的局限而带来的研究视角局限, 同时还是土壤侵蚀/水土保持学科的重要组成部分。这种区域宏观研究, 无论在内容和方法上均有别于传统的坡面和小流域等微观尺度的水土流失研究, 更不是若干微观尺度研究结果的简单和机械堆砌。

在研究内容上, 区域水土流失主要涉及四个方面: 宏观影响因子及其影响机制(包括度量指标)研

究、区域宏观模型研究、模型实现及应用的技术研究、区域概念实现的关键技术研究。

将大面积的水土流失作为一个专门的问题进行研究, 最早源于区域土壤侵蚀图的制作以及区域环境治理的规划和决策需要^[4]。国内外这方面的工作均有相当的积累, 但从理论的高度进行专门和系统的论述则明显不足, 并且工作的侧重点各有不同。在美国, 主要是通过建立地面监测网络来获取全面的水土流失信息, 然后经汇总(Aggregation)和尺度转换(主要是 Upscaling)来获得区域水土流失的宏观信息, 其出发点仍是微观坡面研究^[5,6]; 在国内, 随着相关研究的不断积累和生产上的日益需要, 同时作为土壤侵蚀/水土保持学科的一个重要研究领域, 区域水土流失的概念被专门提了出来, 并从区域的宏观角度对其进行系统、综合的研究和论述^[1,4,7~10], 但无论从理论还是实践上均不甚成熟, 基本还处于研究的起步阶段。

1 区域水土流失研究的发展及现状

区域水土流失作为土壤侵蚀学科的一个年轻分支, 它在世界各国的发展很不平衡, 尽管还未上升为一门系统而成熟的理论, 但许多国家都或多或少地作过这方面的工作。前苏联早在 1948 年就完成了全苏土壤侵蚀图的编制工作^[11]; 美国水土保持局也编制了一幅侵蚀总图^[12]; 在中国则最早可追溯到 40 年代江西省土壤侵蚀图的编制(宋达泉, 朱显谟等), 迄今不过 50 余年的历史。从各国的工作内容来看,

收稿日期: 2000-08-30; 改回日期: 2000-09-15。

基金项目: 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室基金。

作者简介: 胡良军(1972-), 男(汉族), 河南新县人, 博士生。主要从事“3S”应用、区域环境评价、土壤水分与植被重建等方面的研究。电话: (029)7011190(办), 7010512; E-mail: Hufeng@mail.com

中国的工作比较注重区域的整体研究,有望发展为一门系统的区域水土流失理论。

根据研究的定量化程度,可以将区域水土流失研究的发展过程划分为三个阶段:定性研究(1940~1970年代)、半定量研究(1970~1980年代末)和定量研究阶段(1980年代以后)。这三个阶段之间并没有严格的时间意义上的区分,往往在同一时期内因研究的目的和主客观条件的限制,几种研究方式同时并存。

从研究的内容来看,可以将现有的研究工作分为以下几个方面。

1.1 区域土壤侵蚀/水土流失的制图与规划

区域土壤侵蚀系列图的编制、水土保持规划是区域水土流失研究的最初形式,同时也是进行区域水土治理的一项基础工作。通常的做法是,分析区域内影响水土流失的各个因子,寻求土壤侵蚀结果与各因子间的联系,实现土壤侵蚀类型、侵蚀强度以及治理规划等图件的编制。从实现的手段来看,主要应用了下述三种方法。

1.1.1 地貌调查法

通过调查某一地区的坡度、坡长、坡向、坡形、山脉、川地、侵蚀沟形状、沟壑密度等地貌因素的方法来研究侵蚀作用的分布规律,可以了解该地区的地形条件与侵蚀作用的关系,进而根据地貌资料来分析侵蚀作用的分布特征。

1953年,黄秉维以植被覆盖状况作为划分侵蚀类型一级区的指标,以地面物质和地貌作为二级区的划分指标,将黄土高原划分为二个一级区,十个二级区和五个黄土丘陵副区,编制完成了《黄河中游流域土壤侵蚀分区图》,并按营力编制了《黄河中游流域水力侵蚀程度图》和《黄河中游流域风力侵蚀程度图》^[13]。这些图件内容简洁,区域差异明显,适用性强,多年来一直是黄土高原水土保持工作的重要依据之一。

1964年,罗来兴和朱震达运用地貌学方法编制完成了《黄土高原1:50万水土流失与水土保持图》^[14],该图首先将黄土高原划分为不急需治理的自然侵蚀地区和急需治理的现代加速侵蚀地区,并在此基础上,按侵蚀地貌形态示量指标区分出若干不同的侵蚀强度等级。

朱显谟根据生物气候特征,结合社会经济条件和地貌,编制了黄土高原侵蚀分区图以及片蚀、沟蚀和风蚀分布图^[15~17]。

上述各图件,从不同的角度系统地总结了土壤侵蚀的研究成果,揭示了区域内的分异规律,为该地区水土流失的综合治理与规划提供了重要的科学依据。

在国外,前苏联学者 Sobolev 在 40 年代利用地貌资料绘制了前苏欧洲部分的土壤侵蚀图^[11]。

1.1.2 制图学方法

用制图学的方法可以将某一地区的侵蚀作用在空间的分布清晰地反映出来,如可以绘制侵蚀影响因素分布图、侵蚀强度分布图、土壤抗蚀性分布图、沟壑分布图和水土保持措施分布图等。用不同的图组成的叠加图,可以用来分析侵蚀作用与各影响因素之间的关系^[11]。

Midriak 及 Zachar 曾将坡度、坡向、植被、土地利用等图叠置在一起;美国水土保持局编制的侵蚀总图中,将土壤片蚀、切沟侵蚀及风蚀均划分为6个等级^[11];保加利亚、罗马尼亚等国也完成了全国土壤侵蚀图的制图工作;匈牙利全国侵蚀图的比例尺为1:50万^[11]。

上述两种方法的制图工作,因资料积累和土壤侵蚀的研究水平,多属分区图性质,某些界线不够准确,且侵蚀强度及其等级的划分,缺乏数量的概念。

1.1.3 遥感法

随着水文气象资料的日益积累和完善,新技术尤其是遥感、GIS技术的应用,以及土壤侵蚀研究的不断深入,使得进行区域土壤侵蚀的定量或半定量研究成为可能。利用遥感、GIS等技术手段以及日益成熟的领域专家知识,结合定性研究与定量分析,对大面积水土流失进行研究,建立起土壤侵蚀强度的经验评判模型,用以揭示整个区域的土壤侵蚀类型、侵蚀强度的空间分布及其变化。

国家“七五”科技攻关项目“黄土高原1:50万土壤侵蚀强度与侵蚀类型遥感调查与制图”中,采用下述方法对黄土高原的水土流失状况进行研究^[18]。

在1:50万TM卫星影像上,将综合影像地貌组合结构、植被覆盖等级、地面组成物质等特征相近的区域划分为一个单元。将影响土壤侵蚀的因子分为侵蚀因子和抗侵蚀因子两类。在分析各类因子作用的基础上,选取汛期降雨量、地面物质组成、植被盖度、沟壑密度、相对高差等指标,通过卫片判读,大比例尺(1:25万)地形图、航片抽象等方式取得参数,并运用专家知识赋给每一因子以权重和分值,变权模糊数学模型进行半定量评判。其形式为

$$P = (a+b+c+d) /$$

$$[(a/R)+(b/G)+(c/Y)+(d/L)] \quad (1)$$

式中 R 、 Y 和 L 分别是降雨、地面物质抗蚀性、植被覆盖度等级和地形等因子的分值, a 、 b 、 c 、 d 分别是上述各因子的权重, P 是计算所得侵蚀强度的分值。据总分值查表求得侵蚀强度。

该评判模型的建立过程, 实质上就是因子分值和权重的确定过程, 它的完成依赖于丰富的专家知识。类似的做法在北京市水土流失评价中也有所体现^[19~21]。

1.2 区域水土流失的趋势预测或预警研究

随着土壤侵蚀研究的深入和技术的进步, 一些学者开始从定量的角度来研究区域水土流失问题^[7, 22~23], 试图通过建立区域水土流失的宏观定量数学模型, 实现区域水土流失的预测预报, 或是通过分析一些水土流失的数理指标, 对区域内可能发生水土流失的危险性进行预警研究。这些区域宏观模型, 就目前的研究而言, 均属统计模型性质。

周佩华在《2000 年中国水土流失趋势预测及其防治对策》一文中^[24], 根据各地区的自然和社会经济条件, 将全国划分为七个大的类型区: 黄土高原区, 东北漫岗丘陵区, 华北山地丘陵区, 四川盆地丘陵区, 江南红土丘陵区, 华南丘陵区, 青藏高原区。在各类型区内, 选择有代表性的河流和测站, 根据该测站及其所控制流域内的有关资料, 确定该流域内影响水土流失的各主要因子, 建立起河流年输沙量与各影响因子间的相关模型, 进行各分区水土流失的趋势预测, 最后据各分区的预测结果, 分析全国的水土流失发展趋势。模型的基本形式为

$$Y = a_1 M^{a_2} Q^{a_3} P^{a_4} \quad (2)$$

式中 Y 为河流年输沙量(亿吨); M 为一日最大洪水量(亿方); Q 是年径流量; P 是水保治理面积占流失面积百分数; a_1 , a_2 , a_3 , a_4 为系数。

杨艳生在《区域性水土流失预测方程初步研究》一文中^[7], 阐述了利用 USLE 的建模思想, 应用我国南方花岗岩侵蚀红壤区的径流小区观测资料和野外调查资料, 同时据我国南方流失区的实际, 确定各项基本流失因子, 推导出花岗岩母质的赣南侵蚀红壤区及长江三峡区的土壤流失预测方程。

赣南丘陵山区方程为

$$y = 5.459 - 0.472x_1 + 0.128x_2 + 1.715x_3 - 14.041x_4 \quad (3)$$

$$A = 4y \cdot K \cdot LS \quad (4)$$

式中 y 为观测样区的坡面流失量; $x_1 \sim x_4$ 分别为降雨量、降雨强度、径流深度和径流系数; A 为区域坡面流失量($t/km^2 \cdot a$); K 为可蚀性因子; LS 为地形因子。

长江三峡地区方程为

$$A = 0.8351RKLS C^{-2.3} \quad (5)$$

$$LS = 0.0023 \cdot 1.1^\alpha \cdot h(1 - \cos \alpha) / \sin \alpha \quad (6)$$

式中 C 为植被度; α 为地面坡度; h 为相对高差(m)。该方程中的 R 、 K 、 LS 、 C 等参数, 其含义与 USLE 基本相同, 但在应用中均是按区域宏观指标来处理的。

蒋定生则采用所谓“加权重叠排序方法”, 对黄土高原腹地的 106 个县(旗)、市发生水土流失的危险程度进行了预警研究^[23]。其做法是, 对研究区域进行分析和评价, 建立一系列指标体系, 通过对决定各县水土流失危险程度的综合因素进行动态排序, 找出影响各样本区内水土流失程度的主要问题, 并进行归类和预警。该研究所选择的排序因子有: 降雨侵蚀力 R 、土壤侵蚀模数 m 、坡耕地面积 F 、未治理的水土流失面积 F_0 、沙尘暴天数 n 、植被覆盖度 a 和土壤抗冲性 c 。其排序方法分两步: 先根据各排序因子的计算结果, 依从大到小或从小到大的要求将各单因子进行排序; 然后按加权重叠法进行综合排序。重叠排序指数按下式计算

$$A = \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2} \quad (7)$$

式中 A 为重叠排序指数; y_i 为参加排序样本数; x_i 为排序分指数(如 R 、 m 、 F 、 F_0 、 n 、 a 、 c 等); n 为重叠排序项目数。

国外的研究则不太注重区域综合和整体性, 一般属常规地面调查与监测方法, 如 USLE(通用土壤流失方程)、RUSLE、WEPP(水蚀预报项目)等模型虽能解决一定的区域问题, 但实际上均不是真正意义上的区域性宏观研究模型, 其模型参数的数据获取完全依赖于对微观坡面(地块或标准小区)的定位观测(即配套监测网络的建立和运行)^[5, 6, 24~27]。

1.3 区域水土流失调查与评价

区域水土流失的调查评价, 主要强调对地面水土流失现状信息的获取和结果分析, 它在目前的研究中占有相当的比例。其实现包括常规地面调查(观测)法和遥感法两种。

应用地面调查法的基础是建立完善的地面监测网络, 实现对水土流失信息的迅速或定期采集, 从而完成区域水土流失的全面评价。该方法中, 地面监

测网的建设是一项庞大的系统工程,其实施需要大量的人力和财力支持,所以在各国的应用及其规模都有限。美国是应用该方法的代表,由 NRCS(自然资源保护局)将全美划分为六个工作区,设立监测点,并派驻专职联络员,按照评价项目(如 USLE、WEPP)的要求,定期采集各项水土流失的参数信息,经处理、汇总后上报^[13, 24, 28]。

遥感在获取植被、地形、土地利用等信息方面具有快速、可量化、低成本的优点,同时这也是遥感技术在地学中应用最成功的领域^[29, 30]。解放后我国先后开展了两次全国范围内的水土流失遥感普查^[31],通过分析拍摄的卫片和航片,提取出影响水土流失的各项地面因子信息,结合地面调查和统计资料,获得全国的水土流失基本信息。但总的说来,还存在不少的问题。

1.4 区域水土流失信息系统研究

水土流失的信息系统,是服务于区域水土治理的信息需要、将水土流失的领域知识与先进的信息技术相结合,实现对项目的科学、高效管理的一种手段。一个较完善的水土流失信息系统,必须兼备数据库与应用分析工具的职能,可以进行方便的信息查询、录入、输出以及应用分析。其中,应用分析模型是水土流失信息系统的核心部分。

北京大学遥感所利用遥感、GIS 等技术,对北京郊区 10 417.5 km² 面积的地区的水土流失进行了研究,建立了北京市水土流失信息系统^[19~21]。在该项目中,建立了所谓的专家权重和专家评判模型。专家权重模型,即将水土流失影响因素按其相对重要性进行排队,给出各因素所占的权重值。对每一要素再按内部的分类进一步排队,即按其内部重要性再一次给各类别赋予权重值(打分),从而得到各类因素影响水土流失的结果,最后进行系统复合,得出表示水土流失影响程度的排序结果,作为决策依据。其数学表达式为

$$G = \sum_{i=1}^m W_i C_{ij} \quad (8)$$

式中 G 为最终复合结果; W_i 为第 i 个因素的权重; C_{ij} 为第 i 个因素中第 j 类的专家评分值; m 为影响因素的个数。

专家评判模型则是一种基于专家系统逻辑规则的系统分析模型,将研究目标与影响要素归纳为一组逻辑表达式,对相应的属性和图形进行逻辑运算,得到分级的目标研究结果。该模型的关键是评判条件的确定。

2 区域水土流失研究展望

区域水土流失研究源于土壤侵蚀/水土保持学,又超出侵蚀学的研究范畴,它是土壤侵蚀学与综合自然地理学的交叉学科,其研究的目的主要是为了解决三个方面的问题:揭示区域水土流失的发生机制、区域侵蚀制图与规划、区域水土流失评价和预测,在学科上则涉及土壤学、地理学、生态学、制图学以及区域论、系统论等多个方面^[32~39]。

随着相关研究的不断发展和技术手段的日益进步,结合区域水土流失研究所涉及的内涵,区域水土流失有望在以下几个方面展开深入的研究。

2.1 区域水土流失的机理研究

区域水土流失有别于坡面、小流域的水土流失,它是大面积水土流失发生的宏观规律,有着自身的独特性。影响水土流失的因素包括降水、土壤、植被、地形和土地利用状况(人为因素),这也同样适用于区域水土流失问题的研究,但决定区域流失过程的是区域降水特征、区域土壤特征、区域植被特征、区域地形特征以及区域土地利用状况,这些因素对区域水土流失的影响机制是否与坡面、小流域的流失机理相同,目前还不清楚。

在区域水土流失的各单因素及其影响机制之外,还存在各因素的综合作用。对应于各单因素的独立作用,可开展相应的指标体系的研究,如关于土壤植被生态系统的研究^[33]等;对各因子的综合作用,可进行区域水土流失的分带性研究^[34]等宏观性综合研究。

2.2 区域土壤侵蚀模型(EM)系统的建立研究

数学模型是研究水土流失问题的一种重要手段。在全面掌握区域水土流失发生机理的基础上,可以建立区域水土流失的评价或预测模型。由于区域水土流失研究涉及的面积广大,且对其发生机理不甚了解,所以现有的一些模型均属统计模型性质,在模型参数的分析和选择上也大都是直接沿用坡面和小流域水土流失研究的思路和成果,对区域水土流失问题还缺乏系统的分析和思考。目前,对区域水土流失物理模型的探讨和开发尚属一块空白。

区域是一个笼统的概念,有自然区域与人文区域(包括经济区域、行政区域等)之分。水土流失是一种自然地理现象,其发生与特定自然地理区域的自然特征有着必然的一致性(人为影响最终表现为自然因子的变化)。不同的自然区域,其水土流失规

律的表现形式不同。所以, 要开展对不同自然区域的水土流失宏观规律的研究, 建立起各区域的宏观流失模型, 形成国家层次上的区域水土流失模型系统, 这对于国家的水土流失普查、定期评价等具有重要的意义, 并有助于对全球变化问题的研究和理解。

2.3 区域水土流失模型实现及应用的技术研究

区域水土流失模型的建立、应用以及“3S”技术在该领域的应用已成为当前地学领域的几大研究热点。尤其是“3S”与侵蚀模型的集成一体化研究, 引起了世界各国侵蚀学家的浓厚研究兴趣并受到普遍关注。

区域水土流失的研究包括信息采集、数据处理以及结果分析三个环节。遥感技术在大面积水土流失的动态监测方面具有显著的优越性, 它是区域水土流失研究重要而有效的数据更新手段; 但是, 由于应用研究的不足, 遥感在当前的水土流失研究中仍处于配角的地位, 只能解决一部分数据的获取问题, 不能解决所有的环境因子数据的获取。在数据的分析处理方面, GIS 是分析和管理大量地理信息的有力工具。随着区域水土流失模型系统的建立和完善, 可以实现遥感、GIS 与 EM 的集成和一体化, 从而实现区域水土流失的实时动态监测与评价以及定期定量公告。可以说, 遥感与 GIS 技术在未来的区域水土流失研究中具有非常灿烂的应用前景。

2.4 实现区域概念的关键技术研究

这里主要是指尺度转换的理论与技术研究。由于要获取的是区域尺度的水土流失信息, 这里的尺度转换主要是指 Upscaling—自下而上的尺度转换方法。

区域水土流失研究结果的获取有两种途径: 一种是从宏观出发获得宏观的结果, 即本文所提的区域整体的宏观研究; 一种则是从微观出发, 并在掌握大量微观尺度信息的基础上进行适当综合, 即尺度转换, 最后也能获得区域的整体结果, 但这种思路的基础仍是微观研究, 并且尺度转换的理论和实践在目前还很不成熟, 对该领域的探讨已成为当前国内外地理界的一个研究热点^[31, 42]。

随着水土流失研究水平的不断发展和基础研究资料的日益积累和完善, 区域水土流失研究必将在定量化、模型化和智能化等方面取得新的进展。

参考文献:

[1] 杨勤科, 李锐. 中国水土流失和水土保持定量研究进展[J]. 水土保持通报, 1998, 18(5): 13~18.

[2] 胡良军, 李锐, 杨勤科. 基于 GIS 的区域水土流失评价模型[J]. 应用基础与工程科学学报, 2000, (1): 1~8.

[3] 杨勤科, 李锐, 王占礼. 中国水土流失宏观动态预报研究[A]. 见: 李锐. 全国区域水土流失快速调查与管理信息系统研讨会论文集[C]. 1998: 39~41.

[4] 李锐, 杨勤科, 等. 现代空间信息技术在水土保持中的应用[J]. 水土保持通报, 1998, 18(5): 1~5.

[5] Meyer L D. Evolution of the universal soil loss equation[J]. *Journal of soil and water conservation*, 1984, 39 (2): 99~104.

[6] G Renard Kenneth, R Foster George, A Weesies Glenn, P Porter Jeffrey. RUSLE: Revised universal soil loss equation[J]. *Journal of soil and water conservation*, 1991, 46(1): 30~33.

[7] 杨艳生. 区域性土壤流失预测方程的初步研究[J]. 土壤学报, 1990 27(1): 73~78.

[8] 杨艳生. 土壤侵蚀区域性地形因子值的求取[J]. 水土保持学报, 1988 2(2): 89~96.

[9] 胡良军. 基于 GIS 的区域水土流失定量评价指标研究[J]. 水土保持通报, 1998, 18(5): 24~27.

[10] 郑粉莉. 浅谈我国土壤侵蚀学科亟待加强的研究领域[J]. 水土保持研究, 1999, 6(2): 26~31.

[11] 王礼先. 关于土壤侵蚀规律研究的目的与方法[J]. 中国水土保持, 1983.

[12] Wischmier W H, Smith D D. 1978. A guide to Conservation Planning [Z]. *USDA Agriculture Handbook*, No. 537.

[13] 黄秉维. 编制黄河中游流域土壤侵蚀分区图的经验教训[J]. 科学通报, 1955, (12): 15~21.

[14] 罗来兴, 朱震达. 编制黄土高原水土流失与水土保持图的说明与体会[A]. 见: 中国地理学会地貌专业委员会编, 中国地理学会 1965 年地貌学术讨论会文集[C]. 北京: 科学出版社, 1965. 126~134.

[15] 朱显谟. 1:1500 万中国土壤侵蚀图(1965)[A]. 见: 中国科学院地理所. 中国华人民共和国自然地图集[Z]. 北京: 科学出版社, 1965.

[16] 朱显谟. 有关黄河中游土壤侵蚀区划问题[J]. 土壤通报, 1956, 4(1): 1~6.

[17] 朱显谟. 黄土区土壤侵蚀的分类[J]. 土壤学报, 1956, 4(2): 99~116.

[18] 1:50 万黄土高原地区资源与环境遥感系列图编委会. 黄土高原地区资源与环境遥感调查和系列制图研究[Z]. 北京: 地震出版社, 1992.

[19] 王治堂, 高林. 北京郊区水土流失信息系统的建立与应用[J]. 水土保持学报, 1989 3(2): 1~9.

[20] 任伏虎, 马蔼乃. 北京市水土流失信息系统的研究[J]. 中国水土保持, 1989, (11): 44~45.

[21] 郭伦, 任伏虎. 地理信息系统概论[M]. 北京: 北京大学出版社, 1993.

[22] 周佩华. 2000 年中国水土流失趋势预测及防治对策[J]. 西北水土保持研究所集刊, 1988 (7): 57~72.

[23] 蒋定生. 黄土高原水土流失危险程度预警研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1995 1(1): 12~19.

[24] Laffen John M, Lane Leonard J, Foster George R. WEPP: A new generation of erosion prediction technology[J]. *Journal of soil and water*

- conservation, 1991, 46(1): 34~38.
- [25] The USLE. Some reflections[J]. *Journal of soil and water conservation*, 1984, 39(2): 105~107.
- [26] Daniel Yoder, Joel Lown. The future of RUSLE: Inside the new Revised Universal Soil Loss Equation[J]. *Journal of soil and water conservation*, 1995, 50(5): 484~489.
- [27] Laflen J M, Elliot W J, Simanton J R, Holzhey C S, Kohl K D. WEPP Soil erodibility experiments for rangeland and cropland soils[J]. *Journal of soil and water conservation*, 1991, 46(1): 39~44.
- [28] Lane L J, Renard K G, Forster G R, Laflen J M. Development and Application of Soil Erosion Prediction Technology-The USDA Experiment[J]. *Aust. J. Soil Res.*, 1992, (30): 893~912.
- [29] 刘纪远. 国家资源环境遥感宏观调查与动态监测研究[J]. 遥感学报, 1997, 1(3): 225~230.
- [30] 陈述彭, 赵英时. 遥感地学分析[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [31] 李锐, 杨勤科, 赵永安. 水土流失动态监测与评价研究现状与问题[A]. 见: 李锐. 全国区域水土流失快速调查与管理信息系统研讨会论文集[C], 1998, 1~7.
- [32] 唐克丽, 蒋定生, 史德明. 土壤侵蚀的研究及其展望[J]. 水土保持通报, 1984, 4(5): 1~6.
- [33] 周 跃. 土壤植被系统及其坡面生态工程意义[J]. 山地学报, 1999, 17(3): 224~229.
- [34] 卢金发. 中国东部亚热带丘陵山区土地退化坡面分带性的成因[J]. 山地学报, 1999, 17(3): 218~223.
- [35] 柯克比(王礼先译). 土壤侵蚀[M]. 北京: 水利出版社, 1980.
- [36] 陈永宗. 黄土高原土壤侵蚀规律研究工作回顾[J]. 地理研究, 1987, 6(1).
- [37] 唐克丽, 郑粉莉, 史德明. 土壤侵蚀研究的回顾与展望[J]. 土壤学报, 1989, 26(3).
- [38] 夏卫兵. 具有中国特色的水土保持科学体系浅述[J]. 水土保持通报, 1989, 9(4).
- [39] 赵登峰, 马治量, 韩福军. 土壤侵蚀区位论研究[J]. 水土保持研究, 1999, 6(2): 93~97.
- [40] 徐稚利. 综合自然地理学在山区国土整治中的作用[J]. 地理学报, 1987, (2).
- [41] 李春芬. 区际联系—区域地理学的近期前沿[J]. 地理学报, 1995, (6).
- [42] Kirkby M J, Ineson A G, Bergkamp G, Cammeraat L H. Scaling up processes and models from the field plot to the watershed and regional areas[J]. *J. Soil and Water Cons.*, 1996, 51(2): 1~5.

Review on Regional Soil Loss Study

HU Liang-jun and SHAO Ming-an

(The Key State Lab. of Soil Erosion and Dryland Farming, Institute of Soil and Water Conservation,
Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Resources, P. R. C. Yangling 712100 China)

Abstract: The region-scaled soil loss study is an important issue of the subject of soil and water conservation. Its aim is to disclose the regional soil loss regulation which may be different from that of slope and catchment studies, plot and forecast the regional soil erosion, and then make a fine support to decision-making for regional soil and water control. Such studies can be reached by upscaling, where the slope or small watershed studies are its foundation and GIS, GPS and remote sensing technologies are strong support. On the other hand, regional study can also be got by macro-synthesis. But, because of different reasons, such study is still immature. In this paper, taking this issue as a topic, its current situation is discussed; the main problems are described; and the coming studies are previewed here. Finally, such ideas are kept: factors affecting regional soil loss are different from that of slope and catchment studies, and the law of each factor should be studied respectively; the models system of regional soil loss should be constructed; and some key technologies about regional soil loss study, such as the integration between "3S" and erosion model, upscaling method and so on should be focused to get a fine answer.

Key words: regional soil loss; review