

* 中国土壤侵蚀与水土保持学的特点及展望

唐克丽

(中国科学院水土保持研究所 陕西杨陵 712100)
水利部

摘要 以中国的自然和社经情况为基础,综合论述了中国土壤侵蚀与水土保持的特点。重点分析了人为活动影响下土壤侵蚀发展的严重性及其防治特点;水土保持与农业持续发展及大江大河治理的紧密联系。讨论了土壤侵蚀与水土保持研究的重大问题及学科发展。

关键词 中国 土壤侵蚀 水土保持 展望

Characteristics and Perspectives on Scientific Discipline of Soil Erosion and Soil and Water Conservation in China

Tang Keli

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences
and Ministry of Water Resources Yangling Shaanxi 712100)

Abstract Based on the natural and social situation of China, the characteristics of soil erosion and soil and water conservation were analyzed comprehensively in China. It also analyzed the serious problem of accelerated soil erosion by human activities and its special control measurements. In addition, the relationship of soil and water conservation to sustainable agricultural development and river system management was discussed. Furthermore, it brought some perspective sight on the scientific development of soil erosion and the key issues in soil and water conservation of China.

Key words China soil erosion soil and water conservation prospects

1 中国土壤侵蚀与水土保持的特点

中国地处北纬 $4^{\circ}05' \sim 53^{\circ}30'$,跨寒温带、暖温带、亚热带、热带、赤道带及青藏高原。在境内可见到北半球所有的自然植被和土壤类型,以及世界上的主要侵蚀类型。我国地质、地形复杂,山地丘陵占总土地面积的 $2/3$,大陆性季风气候显著,降水量年际变化大,年内洪、枯悬殊,加之毁林毁草农垦历史悠久,土壤侵蚀十分严重。另一方面,历代劳动人民在与水土流失斗争中创造了丰富的经验,随着现代科学技术的进步,中国水土保持有了新的发展,并有其特色和创新,对世界水土保持产生了深远的影响。

1.1 侵蚀营力和侵蚀类型的复杂多样性

按照我国生物气候地带性规律和侵蚀营力, 土壤侵蚀可划分为3个地带: 水力侵蚀、风力侵蚀和冻融侵蚀3个地带; 其主要侵蚀营力除水力、风力、冻融侵蚀力外, 尚有重力。重力侵蚀常与水蚀或风蚀伴随发生, 呈复合侵蚀区。我国“三北”地区南缘的农牧交错带, 尤其在黄土高原北部半干旱的片沙覆盖的黄土丘陵区, 多为水蚀、风蚀两相侵蚀交错分布和交互作用带, 其侵蚀强度大于单相的水蚀地区或风蚀地区。不同侵蚀营力作用下, 形成和发展了多种侵蚀类型。

1.1.1 水蚀 降水径流侵蚀力作用下发生的侵蚀, 称之水蚀。水蚀为全球分布最广泛的侵蚀类型, 在中国自南而北均有水蚀分布, 总面积179万 km^2 。水蚀可分为面蚀和沟蚀两大类。面蚀可分为牧草地鳞片状侵蚀和坡耕地面蚀两类, 发生在坡耕地上的面蚀可分为溅蚀、片蚀和细沟侵蚀。细沟侵蚀深不超过耕层, 犁耕后能消灭痕迹, 故归为面蚀。

沟蚀是降水径流汇集成股流对地面冲刷而形成固定的沟谷形态。现代沟谷系统是在古地貌基础上发展演变而成, 包括切沟、冲沟、沟道水路网。黄土丘陵区的沟谷侵蚀最为发育, 常伴随或激发崩塌、滑坡等重力侵蚀及洞穴侵蚀, 沟谷密度达4~6 km/km^2 , 形成了世界上特有的千沟万壑侵蚀地貌景观。

世界上的主要水蚀类型在中国都能见到。此外, 在坡耕地上还发育了特殊的浅沟侵蚀。浅沟是人为不断耕作大于15°的陡坡逐渐形成的沟蚀类型, 在黄土丘陵区大于25°的陡坡耕地最为发育。浅沟侵蚀导致坡耕地的侵蚀量增加50%~200%, 浅沟又是现代切沟侵蚀发生发展的缘由。浅沟侵蚀是我国研究坡耕地侵蚀规律及进行坡耕地侵蚀预报的重要内容, 未见国外这方面的研究报导。

1.1.2 风蚀 风蚀是引起土地沙质荒漠化的主要原因。中国的风蚀主要分布在西北、东北和华北的“三北”一带, 有的沿海地区也有少量分布, 总面积达188万 km^2 。近半个世纪来, 我国风沙治理取得一定成效, 但仍有发展趋势。在河北丰宁及内蒙多伦等地, 沙质荒漠化面积自70年代占土地总面积的3.6%, 到80年代增到7.7%, 到1993年已发展到15.8%。由于气候及人为不合理耕垦和放牧, 一些沙漠绿洲地区的地下水位急剧下降, 绿洲沙漠化面积呈扩张趋势。

1.1.3 重力侵蚀 在黄土高原和南方丘陵山区, 重力侵蚀都比较活跃, 其主要类型有崩塌、崩岗、滑坡、泻溜等。一些土石山区的滑坡侵蚀常与泥石流的发生发展密切相联。长江上游为滑坡、泥石流多发区, 两者多分布在同一地区。自三峡坝址三斗坪到重庆的库区范围内, 查明有泥石流沟271处, 滑坡、崩塌214处, 两者多集中分布在人口密度较大的沿江两岸, 对人民生命财产造成很大威胁。

1.1.4 冻融侵蚀 冻融侵蚀主要分布在高寒山区, 以青藏高原为主, 占冻融侵蚀总面积132万 km^2 的70%; 此外, 在青海南部, 四川的甘孜、阿坝两州, 新疆天山及黑龙江大、小兴安岭一带均有分布。由于这些地区基本无人居住, 对人类未构成明显危害, 尚未列入现代侵蚀研究范畴。

以上列举的侵蚀营力和侵蚀类型的复杂多样性, 一方面决定了区域自然因素, 另一方面因人为活动对生态平衡破坏的发展而更趋向复杂性, 侵蚀强度愈益严重。

1.2 人为加速侵蚀的严重性及潜在危险性

1.2.1 自然侵蚀和人为加速侵蚀的评价问题 要认识到人为加速侵蚀的严重性, 首先应对自然侵蚀和人为加速侵蚀有一个正确的认识。有的研究者基于黄土高原特殊的降雨、地质、地貌及黄土特性, 提出自然侵蚀应占主导地位的论点; 有的研究者强调了太阳黑子活动和地质过程对黄河泥沙的主导作用。我们认为应首先区别自然侵蚀和影响侵蚀的自然因素这两种不同的概念。凡

自然生态平衡遭人为活动破坏情况下的侵蚀,均属于人为加速侵蚀,自然因素对侵蚀的作用相应可发生根本的变化。例如,据我们的定位观测,在同样降雨、地形情况下,植被已遭破坏的坡面和沟谷,其侵蚀量和侵蚀速率为植被未遭破坏的数百倍、数千倍以上。前者即人为加速侵蚀,后者即自然侵蚀。全国绝大部分地区的自然生态平衡因人为活动已严重失调,自然侵蚀多演变成人为加速侵蚀,故在现代侵蚀过程中人为加速侵蚀已占主导地位。

正确评价自然侵蚀和人为加速侵蚀在现代侵蚀过程中的地位和作用,才能确切制定水土保持的方针和战略、战术的部署。

1.2.2 坡耕地水土流失的严重性及潜在危险性 我国丘陵山区占土地总面积的 $2/3$,一些地区的粮食供应约50%需依赖于坡耕地。但坡耕地水土流失严重,易遭洪、旱灾害袭击,加之土地贫瘠,粮食产量极不稳定。

黄土丘陵区坡耕地面积占耕地总面积的70%~90%,坡耕地 1hm^2 产量一般不足750 kg,坡耕地的流失量占总流失量的50%以上。贵州省大于 25° 坡耕地占全省耕地的28.6%,其流失量占全省总流失量的77.9%。江西省自50年代初到80年代末,坡耕地增长了2.4倍,其中大于 25° 的陡坡耕地增长了10倍。全国大部分地区坡耕地流失量占总流失量的60%以上。

我国不少地区正面临耕垦坡度愈来愈陡,土地愈来愈贫瘠的危机,整治改造的任务也愈来愈艰巨,不仅威胁农业持续发展及人类的食物安全,且已危及最基本的生存条件。四川省在“81·8”一次洪灾中,约670万 hm^2 耕地遭冲刷,粮食减产15亿kg,相当于750万人1年的口粮;且在此灾害中2.7万 hm^2 耕地被冲成岩漠化光板地。贵州省因坡耕地侵蚀造成的岩漠化面积已达133.3万 hm^2 ,每年以11.5万 hm^2 的速率增长。因土地岩漠化的发展,当地居民彻底丧失了生存条件,被迫迁移。对于南方丘陵山区土层极薄的坡耕地,如不强化整治,土地资源将完全丧失再生能力,岩漠化的潜在危险仍将扩展。

1.2.3 城镇、矿区建设过程中新的水土流失问题 近年来,我国社会经济的飞速发展大大促进了资源开发和城市化建设步伐。由于缺乏经济建设和环境建设协调发展的经验及认识上的不足,出现了新的水土流失问题,甚至已发展成城镇、矿区建设的限制因素。地处晋陕蒙接壤区的神府—东胜煤田属世界级大型煤田,到下一世纪初将建成我国重大能源重化工基地,在国民经济建设中处举足轻重地位。但是该煤田地域自然条件恶劣,生态环境脆弱,水蚀风蚀均十分强烈,自然灾害频繁。煤田开发初期由于对原有侵蚀环境的严酷性认识不足,加之小煤窑的无序开发,导致脆弱生态环境更加恶化,且激发了人为滑坡、泥石流灾害,并出现了土地沙化,地面沉陷、地下水渗漏及大气、水土资源污染等一系列新的环境问题。

城市化建设过程中引发新的水土流失问题主要有两种类型。一种是城市建设前该地区并无明显的侵蚀,当建设用地向山冈、丘陵推进时,林草植被遭破坏,大片闲置的裸露地面,引发了强烈的水土流失,例如深圳市开发建设过程中出现新的水土流失问题。另一种类型是城市建设基地水土流失等环境问题原已十分严重,在建设过程中又不重视环境整治,其结果往往加剧或激发了新的水土流失灾害,例如在晋陕蒙接壤区水蚀风蚀交错带正在兴建的工矿型城市;在长江上游峡谷两岸正在兴建的山城等。在这些地区应吸取历史上的教训,如建在风沙区的榆林城,曾因风沙袭击,三迁城址;建在长江峡谷湖北省的秭归县城,因滑坡灾害三迁城址。

城镇、矿区建设过程中引发的水土流失是现代新生人为加速侵蚀,如不及时处置,将影响矿区建设持续发展及城市的生存发展,潜在危险性很大。其防治的关键问题是加强预防监督和规划,城镇、矿区建设应与环境建设同步进行。

1.3 水土保持与大江大河治理的紧密联系

大江大河治理与水土保持的同步规划和同步实施,是我国水土保持的特点,因全国主要水系发生的洪涝、河患灾害与流域内水土流失灾害有不可分割的联系。

黄河自古为多沙多灾的河流,黄土高原的水土流失为黄河泥沙及河患的症结所在。近半个世纪来黄河保持安流,主要依靠长 2 148 48 km 黄河大堤加高加固工程及流域内水利水保工程措施效益。黄河流域共建成梯、坝地 333 万 hm^2 ,总增产粮食 329 亿 kg,年减少入黄泥沙量 2~3 亿 t。60 年代初修建的三门峡工程和 90 年代开始新建小浪底水库工程,既为了保证黄河运行的安全,同时又为进一步开展黄土高原水土保持,提供机遇和保证。

长江流域年均土壤侵蚀总量 24 亿 t,其中 70% 来自长江上游的丘陵山区。长江中下游的洪水灾害主要源自长江上游的暴雨、洪水及其伴随发生的水土流失和滑坡、泥石流。长江中游的鄱阳湖、洞庭湖因泥沙淤积,大大削减了滞洪、泄洪能力,威胁到长江中游的安危。长江三峡水利枢纽工程的主要功能在于调控宜昌以上长江上游地区的暴雨洪水,确保中下游防洪安全,同时发挥发电、航运等巨大效益。三峡工程建设促使长江上游水土保持必须加快步伐,特别应控制宜昌以上悬移质来沙量,以保证三峡工程安全运行。为此,国务院特批准专门设立长江上游水土保持委员会,强化开展长江上游水土保持工程的规划工作,使水土保持和大江大河的治理统一实施。

淮河、海河、珠江及松花江、辽河流域的水土流失也常常是激发河患的重要原因。我国历代劳动人民早就创造了“平治水土”“沟洫治黄”“治水先治源”“使天下人人治田,则人人治河”的宝贵经验和理论,延续应用至今,并得到了丰富和发展。中国的水土保持基本上以水系流域为单元与大江大河治理统一规划,同步实施。

2 中国土壤侵蚀与水土保持重大问题的研究及学科发展

水土保持工作常被看作一种“打坝修梯田,植树种草”的简单模式,忽视基础性、规律性问题的研究。在治坡与治沟,生物措施与工程措施,水土保持与治黄效益等重大问题,长期出现争议,其根本原因在于缺乏系统的基础性研究,各持己解,但又论据不足,以致影响治理进度和投资决策。有的研究缺乏立足本国实际的创新精神,机械套用国外成果,不能切合生产治理的需要。在生产治理中偏重短期效应,忽视基本性科学规律的研究,往往导致走不少弯路;不仅缺乏后劲限制了持续发展,甚至出现负效应。本文拟从土壤侵蚀与水土保持科研的关键性、基础性问题及其学科发展,讨论水土保持生产治理再上新台阶问题。限于篇幅,仅举例说明。

2.1 土壤侵蚀基础性、关键性问题的研究及其学科发展

2.1.1 土壤侵蚀与环境演变机制及拓展侵蚀环境学交叉学科 土壤侵蚀是多种环境因子综合影响的过程,它的发生发展又形成了特殊的环境,即侵蚀环境。例如原为森林、森林草原的景观,因土壤侵蚀逐渐演变退化为草原化,乃至荒漠草原化脆弱生态景观。侵蚀环境的特点主要表现为土地切割破碎,自然植被退化,生物多样性消失,土壤质量急剧下降,水资源耗损并濒临枯竭,生态系统功能削减,旱、洪灾害与河患增多或加剧,乃至发展演变成沙质荒漠化和寸草不生岩漠化的侵蚀环境。因此,一个地区土壤侵蚀的治理不能仅限于水和土的不再流失,控制泥沙不再入河,最根本的问题在于侵蚀环境整体系统的整治。例如通过侵蚀土地的整治、侵蚀土壤的改良、降水资源的拦蓄和高效利用,建设水土保持生态农业等综合措施全面调控侵蚀环境,有可能取得水土保持、生产建设、大江大河治理统一的持续效益,随之—门新兴交叉学科——侵蚀环境学逐步形成和发展,又反馈为生产治理再上新台阶。

2.1.2 土壤侵蚀与沟道河流泥沙机制及发展侵蚀水文学交叉学科 我国黄河泥沙问题的研究居国际先进水平,相应发展了河流泥沙动力学。就河流泥沙进一步追溯泥沙来源,就必要查明流域的侵蚀产沙规律,包括流域的侵蚀环境、侵蚀产沙的地形部位、侵蚀产沙地层和侵蚀产沙方式。例如黄河北干流的支流皇甫川、孤山川和窟野河均为多沙粗沙水系,年均河流输沙模数达1万至2.5万 t/km^2 。如果仅依靠水利工程控制入黄泥沙,任务艰巨,耗资大,且难以收到持续效益。现初步查明以上三个水系均属典型脆弱生态区,地貌类型为片沙覆盖的黄土丘陵,水蚀风蚀均十分强烈,产沙地层多为易剥蚀搬运的粗颗粒风积沙、沙黄土及强烈风化的砂页岩,故形成了多沙粗沙河流。把流域的侵蚀产沙规律与沟道河流泥沙输移规律的研究有机结合,将大力推进流域侵蚀环境的整治,减少入黄粗泥沙也将取得显著成效,同时一门新的交叉学科——侵蚀水文学将得到丰富和发展。近年来黄河断流问题非常突出,不仅涉及到降水量的多少、黄河水资源全流域的调控与合理利用问题,而且土壤侵蚀及水土保持也直接关系到陆地水文循环及黄河水量变化问题,以侵蚀水文学为指导,将有助于拓展黄河断流问题的研究。侵蚀环境学和侵蚀水文学交叉学科的发展,不仅是土壤侵蚀分支学科的发展,而且将指导水土保持和治黄的有机结合,推进治理效益,并使土壤侵蚀的研究扩展到“全球变化”和“防灾减灾”前沿领域。

2.1.3 坡耕地土壤侵蚀过程及其防治的基本性、规律性研究和发展土壤侵蚀力学交叉学科 坡耕地土壤侵蚀是人为加速侵蚀的主要侵蚀方式。美国的通用土壤流失方程(U SLE),或其修正方程(RU SLE),即是反映美国坡耕地水土流失实际情况下的各项参数及侵蚀量的预报。美国的科学家曾希望在中国推行该方程的应用,但当他们通过在中国实地考察后,不再提U SLE在中国的推广应用,却热衷于收集中国大量径流小区的实测数据,用以丰富和补充他们正在研究的W EPP模型。

自80年代以来,我国不少学者曾企图以U SLE为模式,应用于中国坡耕地水土流失的预报,就建立各项参数进行了大量的研究,但至今尚未正式建立适用于我国坡耕地的水土流失预报模型。土壤侵蚀过程基本上是做功的过程,以力学为指导是探明土壤侵蚀物理成因和建立预报模型的基础。国内、外不少研究者曾就雨滴动能、降雨侵蚀力、径流侵蚀力、土壤抗侵蚀力等进行了大量的研究,并探讨了侵蚀过程中出现的溅蚀、片蚀、细沟侵蚀等各种侵蚀方式的动力学问题。

中国坡耕地的土壤侵蚀有其自身的发生发展规律,尤其在黄土丘陵区坡耕地上,不仅发生通常的溅蚀、片蚀、细沟侵蚀,且形成了特殊的浅沟侵蚀,并影响到沟谷侵蚀的发展。自丘陵顶部分水岭随丘陵斜坡向下延伸到谷坡直至沟床,坡度逐渐增大,侵蚀强度随之增大,与侵蚀强度相对应的不同侵蚀方式有片蚀、细沟侵蚀、浅沟侵蚀和切沟侵蚀,自上而下呈明显的垂直分布特征。因此,黄土丘陵区坡耕地的侵蚀动能,不仅标志了各个因子的侵蚀能量,特别显示了各个因子之间及各种侵蚀方式相互联接成链状的加速作用的动能关系,我们称之为侵蚀链动能机制。物理力学和侵蚀学的交叉形成发展了侵蚀力学,尤其在黄土高原进一步研究揭示坡、沟系统侵蚀链的动力机制,乃是设计配置调控降雨径流侵蚀动能水土保持措施的重要理论依据。

2.2 水土保持关键性、基本性问题的研究及学科发展

我国广大水土流失区生态环境脆弱,土地瘠薄,生产力低下,且自然灾害频繁。对这类地区,欧美等发达国家多采取生态保护措施,不作为生产开发区。显然在我国的暖温带、亚热带等湿润、半湿润地区,采取自然封禁或退耕栽种林草,能较快地取得保持水土和改善生态环境的效应;即使在半干旱的黄土高原地区,退耕自然恢复或重建草、灌植被也是可能的。问题在于我国当前的实际情况不能采取简单的退耕或人口迁移,而且在国家投入有限情况下,既要实施水土保持又必

须解决吃粮和脱贫致富问题, 任务的艰巨性在世界上可能尚无先例。

客观形势要求我们必须立足本国实际开创新的局面。近半个世纪来, 国家对水土保持的重视也是前无先例的, 对推动生产治理和水土保持科学技术发展起了决定性的作用, 我国水土保持群众经验和科学技术成就, 在世界上已产生深远的影响。近年来, 国民经济建设的飞速发展, 要求水土保持科学技术必须再上新台阶, 我们认为就必须重视水土保持学科发展, 以能适应水土流失治理和农业可持续发展的需要。现例举如下:

2.2.1 发展水土保持生态学, 促进生态农业建设 水土保持农业不仅在于由“三跑田”变成“三保田”, 还必须与改善农田生态环境相结合, 即建设可持续发展的水土保持生态农业。基于我国不同侵蚀地貌景观和生态环境, 在生产实践中已创造了极为丰富的、独特的水土保持生态农业, 例如改造千沟万壑的坝地农业, 变害为利的引洪淤地农业、引水拉沙造田农业, 历史悠久且不断更新发展的梯田农业、防风固沙林网田农业, 混林(果)或混牧坡地生态农业及农林牧综合配置的水土保持生态大农业等, 以上各种类型的生态农业构成了我国特有的水土保持景观生态系统。融合水土保持学和生态学进一步指导生态农业建设, 有可能在已有成效基础上取得突破性进展, 同时为丰富和发展世界水土保持作出新贡献。

2.2.2 发展水土保持系统工程学, 推动大面积生产治理 近半个世纪来, 我国以小流域为单元的水土流失综合治理成效显著, 且取得了不少宝贵的典型经验; 近年来在探讨治理与开发、生态与经济同步效益等方面, 又取得了不少的成功经验。但上述经验由点到面的推广应用进展不大, 其原因是多方面的, 关键是缺乏综合性、系统工程学的指导。现代计算机技术的发展大大推动了系统工程学, 使经验上升到理论, 从众多的特殊性中揭示出普遍性、规律性问题, 从而建立能指导生产实际的数学模型。这些都是水土保持系统工程学的内容和发展方向, 将大大推动典型经验的总结推广。为发展水土保持系统工程学必须注意纠正或避免几种偏向: 例如不重视第一线实际调查或第一手观测资料的积累, 仅依靠文献, 甚至第二次、第三次文献或数据资料, 在很不科学基础上进行数据处理和建模; 不查明家底, 指标空洞, 不求实效的区划、规划等。现代科学技术的发展一方面促使学科发展愈益深化、分工愈来愈细; 另一方面又不断出现多学科交叉渗透而形成发展的边缘学科和综合性学科, 水土保持系统工程学即属后一类学科。因此, 培养专业基础知识广博、融合宏观与微观科研与实践的水土保持人才, 是推进我国水土保持上新台阶的关键。

2.2.3 发展水土保持社会经济学, 推进社会发展和进步 水土保持学不仅是自然科学也是一门社会科学。滥垦、滥伐、滥牧这是人们对自然界认识愚昧的初始行为, 也是不合理社会制度遗留下来的恶根。林、草破坏可发生于旦夕, 但其恢复和重建需几十年, 而铲除恶根、消除愚昧及其隐患则需几百年。因此, 搞好水土保持不仅关系到国民经济建设, 且关系到社会的发展和进步, 乃至子孙万代的生存环境。水土保持社会经济学研究的内容很丰富, 例如历史时期以来社会经济发展演变与水土保持; 人口、文化、教育与水土保持; 战争、屯耕与水土保持; 水土保持方针、政策与水土保持立法; 水土保持生产组织形式(个体、户包、集体、股分制、产业化); 水土保持生产与市场经济; 水土保持生态效益、经济效益与社会效益的一体化问题等。

一个科学技术知识革命推动社会发展的高潮正在兴起, 融合自然和社会科学的水土保持学将在我国改天换地的生态环境建设和国民经济建设中, 迸发出强大的生命力。