

风水两相侵蚀研究现状及我国今后风水蚀的主要研究内容*

海春兴^{1,3}, 史培军², 刘宝元¹, 严平²

(1. 北京师范大学资环系, 北京 100875; 2. 北京师范大学资源所 3. 内蒙古师范大学地理系, 内蒙古 呼和浩特 010022)

摘要: 土壤侵蚀的主要方式是风蚀和水蚀, 对其研究历史较长, 已经有了初步的认识。在我国, 由于独特的季风气候和地理位置, 风水两相侵蚀面积广布。风水两相侵蚀不是简单的风蚀加水蚀, 而是一个相互作用呈周期循环的复杂体系, 国内外关于风水两相侵蚀的研究较少。在阐述风水驱动因素的基础上, 说明了我国一些基本的风水两相侵蚀类型, 并对风水两相侵蚀的复杂性进行描述。今后在对这些类型研究的基础上, 可进一步确立风水侵蚀交错带的范围及分布, 并将其作为一个特殊的区域对待, 这对全国生态环境的整治和西部大开发战略的实施有十分重要的意义。

关键词: 风蚀; 水蚀; 两相侵蚀

中图分类号: S157.1 文献标识码: A 文章编号: 1009-224X(2002)02-0050-03

Research Status of Wind and Water Double Erosion and Its Main Study Content in Future

HAI Chun-xing^{1,3}, SHI Pei-jun², LIU Bao-yuan¹, YAN Ping²

(1. Department of Resource and Environmental Science, Beijing Normal University, Beijing 100875; 2. Institute of Resources Science, Beijing Normal University 3. Department of Geography, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022)

Abstract: The main way of soil erosion are wind erosion and water erosion, which have been studied for long time and primary understood the process. Since the particular monsoon climate and geography position in China, that area of double erosion are widely. Double erosion are not wind erosion plus water erosion simply, it is a complex system in which mutual action and recycle. Double erosion study is little inside and outside nation. The complex of double erosion is described, explain type of double erosion based on expatiating drive factor in China. Area and distributing of double erosion are established after those types studied. See it as a particular region, this is very important to environment repairing and realization strategic of west exploitation.

Key words: wind erosion; water erosion; double erosion

1 引言

土壤侵蚀过程中, 由于受气候条件、下垫面状况及人为的影响, 形成了不同的土壤侵蚀类型, 诸如, 水力侵蚀、风力侵蚀、冻融侵蚀、重力侵蚀和工程侵蚀等。在这些侵蚀类型之中, 水力侵蚀和风力侵蚀所占比例最大, 而且与气候的关系最为密切。在我国受降水时空差异的影响, 土壤侵蚀类型从东南以水力侵蚀为主的类型逐渐过渡到西北以风力侵蚀为主的类型, 二者在地域上是连续的。由于独特的季风气候和黄土地貌, 在中国形成了一条由东北向西南分布的水蚀风蚀交错带, 沿我国半干旱气候地带分布, 包括半干旱气候区河流受风沙影响的河流两岸及广大的黄土高原地区。水力侵蚀与风力侵蚀的作用机制和过程是完全不一样的, 单一的水力侵蚀或风力侵蚀的研究和治理措施已经较为明确, 而风水侵蚀交错带是两相侵蚀方式共同作用的结果, 其研究和治理即不能与水力侵蚀一样, 又不能与风力侵蚀一样。而且, 强烈的风水侵蚀是脆弱环境形成的根源之一, 也是脆弱环境的重要体现。半干旱地区的面积占全国总土地面积近 $1/10^{[1]}$, 由此可见, 研究该区域风水两相侵蚀的意义重大。所以, 通过划分风水侵蚀交错带, 从而对其形成规律采取有针对性研究, 以实现治理我国土壤侵蚀的目的。

根据许炯心对“黄土高原的高含沙水流侵蚀”和“黄土高原的高含沙水流形成的自然地理因素”的研究(1999), 认为我国沿黄流域含沙水流中, 大于 0.05 mm 固相的粗颗粒泥沙, 除一部分来自黄土(特别是粗泥沙区的沙黄土)以外, 相当大一部分均来自基岩风化物与风成沙, 河流泥沙中风蚀物占 10%~30%。流域中不同地表物质的分布为侵蚀产沙提供了物质来源, 由此决定了悬移质泥沙的粒度组成, 而这种组成的最终实现, 则取决于具体的地貌营力作用。研究表明, 黄河中游半干旱地区的水力、风力交替作用, 在这一过程中扮演了十分

* 收稿日期: 2001-12-26

基金项目: 国家重点基础发展规划项目(973-G2000018602)及教育部高等学校骨干教师资助计划项目

作者简介: 海春兴, 男, 生于 1963 年, 在读博士生, 副教授。主要研究方向为水土资源规划设计与管理, 发表论文 30 余篇。

重要的角色。高含沙水流在一定意义上讲 ,它是侵蚀的产物 ,但它一旦形成之后 ,便作为一种强大的侵蚀和搬运营力 ,在侵蚀过程中发挥重要作用 ,严重影响流经水蚀风蚀交错带的各大水系^[2 3]。水蚀风蚀交错带的划分及研究有利于解决黄河泥沙问题和下游的淤积问题。

2 国内外关于风、水两相侵蚀的研究进展

国内外土壤侵蚀研究工作者除对风蚀和水蚀单独进行研究外 ,对风水两相侵蚀也做了一些工作。1946-1947 年期间 ,前苏联专家 Г. А. 普罗霍罗娃在水和风的搬运作用对卡拉库姆沙的矿物成分及沙粒形态的影响研究中 ,涉及到了风水两相侵蚀对区域地貌形成的作用。她认为卡拉库姆沙漠的形成是风水两相侵蚀堆积的产物 ,但以风力作用为主^[4]。美国波士顿大学遥感中心的 Farouk El-Baz ,Cordula Robinson 等人(2000)研究了非洲撒哈拉东北部的风水动力过程 ,阐明了地表集水与风水作用系统的关系^[5] ,地表集水的多少直接决定着风或水的主导作用。Harrison J. B. J 等人对以色列内盖夫沙漠的 Nissan 地区晚更新世的风水两相作用的过程进行了研究^[6] ,认为风水两相作用是一个复杂的循环体系。关于风水两相侵蚀的研究在国内尚不多见 ,但史培军(1986)在“ 试论风、水两相作用地貌的特征及其发育过程 ”一文中提出了风水两相侵蚀作用。风水两相侵蚀主要分布在我国的半干旱地区 ,仅黄河及其支流两岸 800 km 的地段 ,存在着不同程度的风水两相侵蚀作用^[1]。查轩 ,唐克丽提出了“ 水蚀风蚀交错带小流域生态环境综合治理模式研究 ” ,认为水蚀风蚀交错带是黄土高原侵蚀最严重的地区和黄河下游河床粗泥沙的主要来源区^[7]。张仓平以神木六道沟小流域为例 ,对水蚀风蚀交错带水风两相侵蚀时空特征进行了研究^[8] ,对风水两相侵蚀的时空特征进行了定量分析。从国内外研究现状来看 ,对风水两相侵蚀的研究还停留在对点的研究上 ,没有形成系统性的规模研究。我国风水两相侵蚀交错带面积广大 ,需要专门对此区域开展广泛深入的研究。

3 风水两相侵蚀驱动因素

风力侵蚀和水力侵蚀均为气候作用的产物 ,其中降水起决定性的作用。地质地貌决定了侵蚀和堆积物的状况 ,局部的水文条件及土壤水分直接影响土壤侵蚀方式 ,植被盖度和人为因素作用下的土地利用方式可影响土壤侵蚀类型的过程 ,并能加速和减缓各种土壤侵蚀作用。

3.1 气候条件

气候主要通过降水来影响土壤侵蚀方式 ,降水较多地区以水力侵蚀为主 ,降水少 ,蒸发强烈的地区以风力侵蚀为主。在我国可将风蚀水蚀交错带与 200400 mm 年降水线联系起来。随着季节变化 ,夏秋季节降水较多 ,土壤以水力侵蚀为主。冬春季节 ,随着降水的减少及风力活动的加强 ,干旱状况下的土壤以风力侵蚀为主。

3.2 地质地貌因素

除降水对土壤侵蚀影响外 ,地表的物质组成和地形对侵蚀方式有很大影响。我国水力侵蚀主要发生在土质松散的黄土高原 ,而风力侵蚀主要则发生在缺少水分的草原及荒漠地区。在我国 ,从东南向西北过渡过程中 ,由于受地形及海拔高度的影响 ,在半湿润向半干旱过渡地带 ,地形的东南侧以水蚀为主 ,而地形的西北则以风蚀为主 ,风水侵蚀交错主体位于此过渡带内。

3.3 水文条件

水是土壤水力侵蚀的主要动力 ,但它又是阻止风蚀的主要因素之一。大江大河及湖泊对土壤侵蚀类型起着至关重要的作用 ,在我国的干旱地区 ,地表过境客水的长期作用 ,减少了风蚀作用 ,但也加剧了部分地区的水蚀作用。湿地保护及土壤水分的增加大大减轻了干旱半干旱地区的风蚀作用。

3.4 人为因素

在半湿润向半干旱过渡地区 ,受人类活动的影响 ,土地利用方式各种各样 ,既有农耕方式 ,又有林地和牧草地。在有些地区 ,原本是受水力侵蚀为主的林地和牧草地 ,但由于长期耕种 ,地表裸露 ,侵蚀变为以风蚀为主。以风蚀为主的荒坡地 ,经过植树造林 ,保护生态 ,反而由风蚀转为轻微的水蚀。所以 ,人为因素对风蚀水蚀交错带的分布边界起着一定的作用 ,在农牧交错带这一作用更为突出。

4 今后主要研究内容

通过野外调查和降水资料分析 ,将降水与风水两相侵蚀紧密地联系起来 ,并把降水视为确定风水两相侵蚀的一个重要指标。地质地貌如何影响风水两相侵蚀的形成和分布 ,必须在进行野外考察和定位半定位研究的基础上才能确定。通过水文地质资料分析和野外调查 ,进一步确定水文状况与风水两相侵蚀的相互作用及关系。通过土地利用现状调查可说明人为因素对风水两相侵蚀的作用。在已有资料的基础上 ,进行航空遥感调查和野外考察 ,划分风蚀水蚀交错带的范围。通过设立野外定位和半定位观测站 ,研究风水两相侵蚀的过程及

相互作用规律。结合风蚀水蚀交错带的计算机制图和两相侵蚀过程的研究,分析解决风水两相侵蚀的方法,进而提出治理此环境问题的方案。

4.1 野外定位和半定位观测研究

对水力侵蚀和风力侵蚀进行观测研究,分析风水两相侵蚀的相互作用。就目前的观测而言,风水两相侵蚀不是两种侵蚀的简单相加,而是相互作用,相互加速或减速的作用。具体加速减速到什么程度,尚待进一步研究,但其作用规律可表述如下:

$$F(t) = F(t) + \Delta f \quad (1)$$

式中: $F(t)$ 为风水侵蚀随时间变化的强度($\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$); t 为时间(min); Δf 为风水侵蚀相互作用增加的强度($\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$)。 Δf 可能为正,也可能为负。如半干旱地区夏秋季降水量增大后,在发生水蚀的同时,也增加土壤中的水分,土壤水分增加后可抑制风蚀,所以在冬春季风蚀过程中,从土壤水分角度出发,夏秋水蚀对其影响就是负值,随着冬春季河流水位的下降,夏秋流水侵蚀搬运到河流两侧的泥沙,在冬春季强风的作用下,产生风蚀过程,此时夏秋水蚀对其影响就是正值。正因为如此,风水侵蚀是一个复杂的体系,而不是两个侵蚀过程的简单相加。

风水两相侵蚀最终结果是地表物质被搬运,根据野外初步调查和总结,现将风水两相侵蚀的方式在我国总结为 5 种类型:

(1)风力搬运为主的风水两相侵蚀。地表物质在风力作用下,搬运到河流流水中,然后被流水带走。这一现象在黄河上游的乌兰布和沙漠尤为明显。杨根生等人在“黄河沿岸风成沙入黄沙量估算”一文中,对风水侵蚀带入河流中的沙量已做出估算^[9]。

(2)破坏性的风水两相侵蚀。在我国风水两相侵蚀地带,长期的风力作用或人为作用,使下伏沙地的植被破坏。夏秋雨季遭受水蚀,9月份降水减少,水力侵蚀逐渐停止,此时,风力逐渐加大,又受到风力侵蚀的作用,5月份风蚀停止后,水力侵蚀又开始。所以,这些地区往往有风水两个侵蚀高峰,风水侵蚀是互为条件的加速。

(3)高原风蚀为主的风水两相侵蚀。在内蒙古高原的一些地区,也就是降水量在 350~400mm 的地区,由于长期受风蚀的作用,地表发生粗化,土壤表层结构遭到破坏后,在降雨过程中经流水作用形成侵蚀沟,3年后就形成小切沟。

(4)河流作用下的风、水、重力三相侵蚀。古代风成沙被河流切割后,在风的掏蚀作用下,其上部悬空,在重力作用下,往往发生崩塌,崩塌物被流水带走后又发生风的掏蚀作用,最后形成了风蚀、水蚀及重力侵蚀的周期循环,即三相复合侵蚀。

(5)风选为主的风水两相侵蚀。降水在 350~400mm 的科尔沁沙地区的南缘,分布着大量流水作用形成的次生黄土,此处的黄土被风再次风选,植被减少,形成沙丘,即黄土沙化,也就是风蚀余相沙丘。我国风水侵蚀的类型变化较大,但其发生、发展规律基本一致,所以,对风水侵蚀范围的划分在风水两相侵蚀研究中具有十分重要的意义。

4.2 水蚀风蚀交错带的确定

在定位观测研究的基础上,查明风水侵蚀的相互作用机制,结合农牧交错带的降水资料、野外地质地貌调查情况、水文资料和土地利用方式调查,总结风水侵蚀的地域分布特点,建立风水侵蚀与下垫面特征之间的关系。利用遥感和 GIS 确定我国风水侵蚀的范围及分布状况。

4.3 建立治理措施体系

在定位和半定位观测研究的基础上,对不同类型的风水相互作用机制进行研究,总结出相应的防治对策;在明确风水侵蚀分布带后,可实施区域性环境整治对策,减少土壤侵蚀量,降低土地退化程度,为区域可持续发展奠定基础。

5 结 论

土壤侵蚀严重地制约着我国工农业生产的发展,而风水两相侵蚀在我国分布面积广大。如何确立风水侵蚀交错带在我国的分布,在土壤侵蚀研究中意义重大。对改善我国生态环境及西部大开发均有十分重要的战略意义。通过对风水两相侵蚀及相互作用机理进行研究后,总结出相应的治理对策,根据风水两相侵蚀的特点,确立风水侵蚀带在我国的分布,并将其作为一种特殊的地理环境区进行研究治理,为半干旱地区国土整治提供了新的科学依据,这对全国总体生态建设有着十分重要的意义。

下转第 56 页

的。比较 B1 ~ B5 剖面土壤流失量不难发现 ,从坡顶到坡脚 ,土壤中的¹³⁷Cs 含量增加 ,土壤流失量渐减 ,在坡地上部 ,土壤以净流失为主 ,在坡的中下部除土壤流失外 ,还接受坡面上部流失的土壤 ,因而在相同坡度下 ,坡耕地土壤净流失上部大于中下部。另外 ,虽两坡面的坡度不同 ,B1 ~ B3 为 3° ,B4 ~ B5 为 6° ,但土壤流失却是坡度小的流失量较坡度大的多(除 B5 外) ,说明种植方式对土壤流失有重要影响 ,横坡种植较顺坡种植有利于防止土壤流失。B0 剖面由于处在两块坡地的汇水处 ,可能汇水增加的径流导致了土壤流失的增加 ,其土壤流失量反较 B4 剖面高。

(3)按水利部水土保持监测中心和中国科学院遥感所拟定的标准^[9] ,竹园坡地的土壤侵蚀属于微至轻度侵蚀 ,茶园坡地属中度侵蚀。据土壤学家估算^[10] ,要形成 25 mm 厚的表土层 ,在不扰动的条件下需 300 年 ,若经扰动则只需 30 年 ,据此推算 ,非耕作土的成土速率为 0.083 mm/a ,耕作土为 0.83 mm/a。而竹园年均土壤侵蚀厚度达 0.04 ~ 0.17 mm/a ,茶园为 1.17 ~ 3.01 mm/a ,可见 ,尽管苏南低山丘陵区的土壤侵蚀强度不大 ,但土壤流失速率尤其是耕地的土壤流失速率已快于土壤自然形成速率 ,长此以往必然造成土壤资源消失 ,并且苏南丘陵区的土层厚度远不能与黄土区相比 ,土壤流失必将破坏种植业的生存基础。又由于苏南丘陵区的自然条件及精耕细作的传统使这里的土壤比黄土区和红壤区更肥沃 ,由土壤侵蚀引起的养分流失相对较高 ,养分流失一方面导致土壤肥力退化 ,土地贫瘠 ;另一方面引起太湖流域水体营养元素过剩 ,水体质量下降。因此 ,对苏南低山丘陵区土壤侵蚀引起的生态影响不可熟视无睹 ,应积极采取有效措施 ,减轻并防治水土流失的危害。

参考文献 :

[1] McHenry J R ,Ritchie J C. Physical and chemical parameters affecting transport of Cs-137 in arid watersheds[J]. Water Resour. Res ,1977 ,13 :923 - 927.

[2] Ritchie J C ,McHenry J R. A comparison of three methods for measuring recent rates of sediment accumulation[J]. Water Resources Bulletin ,1985 ,21(1):99 - 103.

[3] Monlgomery J A ,Busacia A J ,Frazier B E ,et al. Evaluating soil movement using cesium-137 and revised universal soil loss equation[J]. Soil Sci. Soc. Am. J. ,1997 ,61(2):571 - 579.

[4] 唐翔宇 ,等. ¹³⁷Cs 法估算南方红壤地区土壤侵蚀作用的初步研究[J]. 水土保持学报 ,2001 ,15(3)4 - 7.

[5] Zhang X B ,Higgitt D L ,Walling D E. A preliminary assessment of potential for using cesium-137 to estimate rates of soil erosion in the Loess Plateau of China[J]. Hydrol. Sci. J. ,1990 ,35 :243 - 252.

[6] Yang H ,Qing C ,Du M Y ,et al. Quantitative model of soil erosion rates using ¹³⁷Cs for uncultivated soil[J]. Soil Sci. ,1998 ,63 (3):248 - 257.

[7] Lowance R ,et al. Erosion and deposition in a field/forest system estimated using caesium - 137 activity[J]. J. soil water conservation. 1988(2):195.

[8] Ritche J C ,McHenry J R. Application of radioactive fallout cesium - 137 for measuring soil erosion and sediment accumulation rates and patterns : A review[J]. J. Environ. Qual. ,1990 ,19(2):215 - 233.

[9] 中华人民共和国水利部. 土壤侵蚀分类分级标准[M]. 北京 :中国水利水电出版社 ,1977.9 - 10.

[10] Johnson L C. Soil loss tolerance : Fact or myth[J]. J. Soil and Water Cons. ,1987 ,42(3):155 - 160.

[11] 文安邦 ,等. 长江上游云贵高原区泥沙来源的¹³⁷Cs 法研究[J]. 水土保持学报 ,2000 ,14(2)25 - 27.

[12] 文安邦 ,等. 雅鲁藏布江中游地区土壤侵蚀的¹³⁷Cs 示踪法研究[J]. 水土保持学报 ,2000 ,14(4)47 - 50.

上接第 52 页

参考文献 :

[1] 史培军 ,王静爱. 论风水两相作用地貌的特征及其发育过程[J]. 内蒙古林学院学报 ,1986 ,2 :49 - 56.

[2] 许炯心. 黄土高原的高含沙水流形成的自然地理因素[J]. 地理学报 ,1999 ,54(4)318 - 325.

[3] 许炯心. 黄土高原的高含沙水流侵蚀研究[J]. 水土保持学报 ,1999 ,13(1)27 - 34.

[4] 中国科学院地理研究所. 沙漠地貌的起源与研究方法[M]. 北京 :科学出版社 ,1962.114 - 154.

[5] El-Baz F ,Maingue M ,Robinson C. Fluvio-aeolian dynamics in the north-eastern Sahara : The relationship between fluvial/aeolian systems and ground-water concentration[J]. Journal of Arid Environment ,1999 ,44(2):173 - 183.

[6] Harrison J B ,et al. Late Pleistocene Aeolian and fluvial interactions in the development of Nissana dune field , Negev Desert , Israel [J]. Sedimentology ,1998 ,45 :507 - 518.

[7] 查轩 ,唐克丽. 水蚀风蚀交错带小流域生态环境综合治理模式研究[J]. 自然资源学报 ,2000 ,15(1)98 - 100.

[8] 张仓平. 水蚀风蚀交错带水风两相侵蚀时空特征研究[J]. 水土保持学报 ,1999 ,13(3)93 - 94.

[9] 杨根生 ,刘阳宣 ,史培军. 黄河沿岸风成沙入黄沙量估算[J]. 科学通报 ,1989 ,33 :1017 - 1021.