

风蚀水蚀交错带侵蚀能量特征*

高学田

唐克丽

(西北农业大学·陕西杨陵·712100)(中国科学院、水利部水土保持研究所)

摘要 该文计算了黄土高原南北水力侵蚀区、风蚀水蚀交错带及风沙边缘区的风蚀能量、水蚀能量及地形附加侵蚀能量。结果表明:在风水蚀交错带,在降雨侵蚀能量的基础上,由于风蚀能量的迭加,加之地形附加侵蚀能量也较高,使风蚀水蚀交错带成为黄土高原的高侵蚀能量环境区和潜在侵蚀强度较大的地区。随着向风蚀区的过渡,侵蚀能量逐渐增大。同时表明,下垫面条件的脆弱性是该区土壤侵蚀严重的根本原因。

关键词 黄土高原 风蚀水蚀交错带 侵蚀能量

Study on Erosion Energy of Wind—Water Erosion Region

Gao Xuetian

(Northwestern Agricultural University, 712100, Yangling District, Xianyang Municipality, Shaanxi Province)

Tang Keli

(Institute of Soil and Water Conservation, the Chinese Academy of Sciences and the Ministry of Water Resources)

Abstract Crossing loess plateau from south to north, wind erosion energy, water erosion energy and gravity erosion energy attached with terrain are calculated in water erosion region, wind—water erosion region and wind erosion region. The results indicate that in wind—water erosion region, wind erosion energy makes up the decrease of water erosion energy, wind erosion energy, water erosion energy and gravity erosion energy attached with terrain make wind—water erosion region be an area of high erosion energy environment and potential erosion intensity. With transition from water erosion region to wind erosion region, total erosion energy increases, especially wind erosion energy increases abruptly. Additionally, the results also show that the fragility of earth surface in wind—water erosion region is the main course of severe soil erosion in this region.

Keywords the loess plateau region; wind—water erosion region; erosion energy

黄土高原考察研究^[1,2]揭示出,黄土高原土壤侵蚀强度最大的地区位于降水量400mm左右的水力侵蚀和风力侵蚀交错地带。通过全国范围的研究^[3,4]指出,由地理环境所决定,在我国中部存在一条东北—西南向延伸的强侵蚀带,黄土高原属于强侵蚀带的范围。上述研究主要着眼于流域侵蚀产沙强度,对于风力侵蚀而言,尤其是地面多沙时,虽然风蚀量较大,但风蚀与

① 收稿日期:1996-04-12 * 本文得到“黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室”基金资助。

风积同时存在,流域产沙强度只包括水蚀量和风沙入河(沟)的部分沙量,因而产沙强度并不完全反映区域侵蚀量。

土壤侵蚀是侵蚀动力因子与下垫面抗蚀力因子矛盾的产物。有关风蚀水蚀交错带土壤侵蚀的研究,已取得了一些研究成果^[5,6]。一般认为,本区土壤侵蚀强烈是暴雨、植被覆盖差、地表物质风化强烈结构松散等的结果。本文从能量观点出发,试图将降雨侵蚀力与风力侵蚀力相结合,计算黄土高原南北水力侵蚀类型区和风蚀水蚀类型区的侵蚀能量,并对风水蚀交错带土壤侵蚀的影响因素进行讨论。

1 侵蚀能量的计算方法

风蚀水蚀交错带侵蚀营力主要包括风力和水力。侵蚀力的大小是衡量区域潜在侵蚀强度和进行区域间对比的指标。因此,可以分别计算风力侵蚀力和水力侵蚀力,本文风力侵蚀力用风蚀能量表示,水力侵蚀力用降雨侵蚀能量表示。

1.1 风蚀能量的计算

风蚀强度是风速、地面覆盖、地面干湿状况、地表物质组成综合作用的结果。从侵蚀动力条件看,则主要由气候条件所决定。因此,风速是决定风力侵蚀力的最重要的因素,此外降水和蒸发决定着地面干湿状况,也是影响风力侵蚀力的重要因素。在风蚀方程中用风蚀气候侵蚀力表示,是风蚀方程的重要因子,有关风蚀气候侵蚀力的计算主要有 Chepil 公式、FAO 公式、Skidmore 公式等^[7],其中 FAO 公式为:

$$C = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{12} U^3 \left(\frac{EPT_i - P_i}{EPT_i} \right) D_i \quad (1)$$

式中: C ——风蚀气候因子指数(无量纲); U ——月平均风速(2m 高处, m/s); EPT_i ——月潜在蒸发量(mm); P_i ——月平均降水量(mm); D_i ——月天数。

从能量观点看,若取 m 为单位质量,则 V^2 是衡量风蚀强度大小的量度。此外,风蚀不仅与风蚀能量大小有关,也与风力作用时间有关。故本文采用具有能量量纲的公式计算风蚀气候侵蚀力,称之风蚀能,它代表由气候条件决定的区域潜在风蚀强度。

$$C = \sum_{i=1}^{12} \left(\rho V^2 \frac{E_i - P_i}{E_i} D_i \right) \quad (2)$$

式中: C ——风蚀能 $J \cdot d/m^2$, 实际为单位体积的风蚀能量,对于地表来说,则为单位面积上的侵蚀能; ρ ——大气密度,取 $1.205 kg/m^3$; V_i ——月平均风速(m/s); E_i ——月平均蒸发量(mm); P_i ——月平均降水量(mm); D_i ——月天数。

式中若采用超过起沙风速的风速及其持续时间则更能准确反映风蚀能量的大小,但限于资料,采用了月平均风速和月天数。

1.2 降雨侵蚀能量的计算

关于降雨侵蚀力的计算,自通用流失方程问世以来,国内外学者进行了大量研究。 EI_{30} 作为预报土壤流失量的最佳指标已得到认可,但其计算复杂,工作量大。因此,国外学者普遍采用了降雨量与时段雨强的组合形式^[8]。我国学者在不同地区做了大量工作,得出了区域性应用的降雨侵蚀力公式。江忠善等认为黄土高原降雨侵蚀力可用 PI_{30} 代替 EI_{30} ,且资料易获得,计算方便,精度可满足要求,并指出, I_{30} 是影响侵蚀量的最重要因子。根据前人的研究成果及现有资料,同时考虑到与风蚀能量的一致性,本文采用具有能量量纲的公式计算降雨侵蚀力,并称

之降雨侵蚀能:

$$R = P \cdot e \cdot d \tag{3}$$

式中: R —— 降雨侵蚀能($J \cdot d/m^2$); e —— 单位雨量的动能,采用 $e = 27.83 + 11.55 \log i$ 计算^[9],其中 i 为年最大 30min 雨强的多年平均值(mm/min); P —— 年汛期(6~10月)降水量的多年平均值(mm); d —— 降水历时(日),按式 $P/1440i$ 计算。

1.3 风、降雨总侵蚀能的计算

理论上可以认为,一个地区风蚀能量与降雨侵蚀能量的总和即是该区域总侵蚀能量。但当前计算风蚀气候侵蚀力和降雨侵蚀力的公式基本上都是统计方程,直接求和存在量纲的不一致性及数量级差别太大的问题。本文所定义的公式(2)和(3)具有量纲上的统一性,按式(2)和(3)计算,黄土高原风蚀能量和水蚀能量的数量级是一致的,可以简单相加计算出风力和降雨总侵蚀能量。

2 结果与讨论

为分析比较风水蚀交错带土壤侵蚀能量和土壤侵蚀强烈的原因及其影响因素,我们利用 1951~1980 年陕西省地面气候资料,计算了横跨黄土高原陕西部分的一个断面,包括风蚀水蚀交错带,以水力侵蚀为主区和风沙区边缘的风蚀能量和降雨侵蚀能量,其结果如图 1。

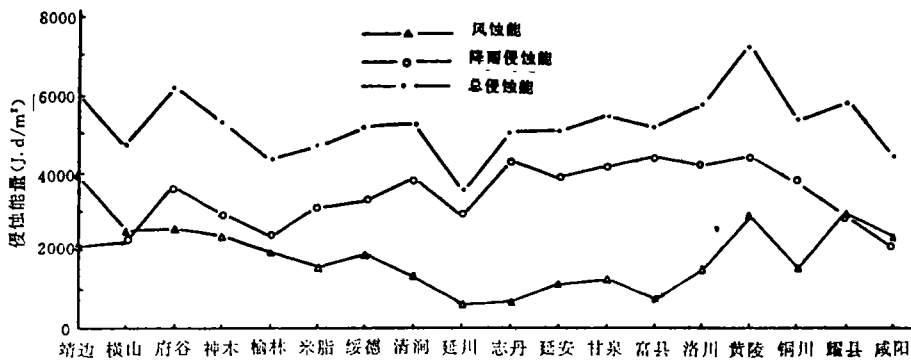


图 1 黄土高原南北侵蚀能量的变化

从图 1 可以看出,黄土高原风蚀能量南北方向上呈峰谷型分布,洛川以南其值较高(似欠合理,有待进一步分析),大于 $1500 J \cdot d/m^2$,富县至清涧间为一低谷区,平均 $980 J \cdot d/m^2$,绥德及其以北的风水蚀交错带则逐渐增大,风沙区边缘风蚀能量增大尤为迅速,都在 $2300 J \cdot d/m^2$,6 县平均为 $2387 J \cdot d/m^2$,靖边达 $3894 J \cdot d/m^2$ 。与此相反,降雨侵蚀能量则由南而北呈减小的趋势,志丹至铜川间为高值区,平均为 $4097 J \cdot d/m^2$,绥德以北 7 县平均只有 $2784 J \cdot d/m^2$,但府谷因处于暴雨中心区,降雨侵蚀能较高,达 $3613 J \cdot d/m^2$ 。从风水蚀总能量看,风水蚀交错带 7 县平均为 $5171 J \cdot d/m^2$,清涧至富县间平均为 $4868 J \cdot d/m^2$,略低于风蚀水蚀地区,洛川至耀县间平均为 $5992 J \cdot d/m^2$,高于风蚀水蚀地区。因此,从总体上看,南部的侵蚀能量略高于北部水蚀风蚀交错带的侵蚀能量。但值得一提的是,位于风蚀水蚀交错带的神木、府谷、横山、靖边和榆林,尽管降雨侵蚀能量减少了,但由于风蚀能量的增大,风水蚀总侵蚀能量

依然较高。

上述事实表明,若从侵蚀能量看,风水蚀交错带土壤侵蚀严重,除降雨侵蚀能量较高外,风蚀能量的迭加也是不容忽视的。风蚀为水蚀搬运作了物质储备,提高了水力侵蚀能量的侵蚀效率,风蚀能量的迭加是导致风水蚀交错带土壤侵蚀严重的重要原因。另一方面也应看到,从侵蚀动力因子看,风水蚀交错带的侵蚀总能量与南部水蚀地区的侵蚀能量基本相当,风水蚀交错带 7 县平均 $5\ 175\text{J}\cdot\text{d}/\text{m}^2$,南部水蚀地区 9 县平均 $5\ 426\text{J}\cdot\text{d}/\text{m}^2$,而侵蚀强度则远高于南部水蚀地区,因此,从区域对比看,侵蚀强烈的根源不仅在于高能环境,而且在于风水蚀交错带下垫面条件的脆弱性。我们认为,地表土壤抗冲性差是风水蚀交错带土壤侵蚀严重的极其重要的原因。因此,风水蚀交错带脆弱环境治理的根本途径在于提高地表土壤的抗冲性,其中包括建造植被。

从多项式回归曲线图(图 2)看,风水蚀交错带总侵蚀能量有增加趋势,这主要是风蚀能量增加的缘故。随着侵蚀能量的增大,侵蚀强度必将逐渐增大,表明愈近风蚀区侵蚀强度愈大,风蚀区侵蚀强度并不小于水蚀区的侵蚀强度,但流域产沙强度并非一定很大。

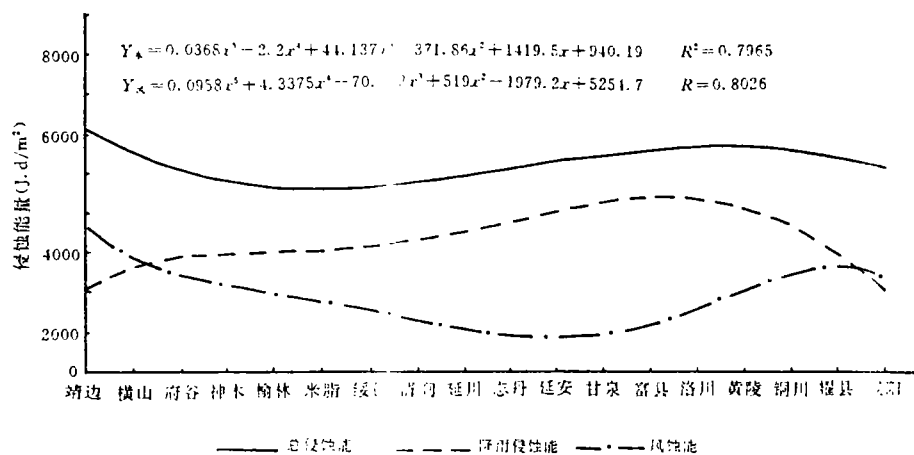


图 2 黄土高原南北侵蚀能量的变化趋势

3 地形条件附加的高能环境

地形因子虽然不是侵蚀动力因子,但它却影响侵蚀能量的利用效率,特别是影响水力侵蚀能量的效率。在同样降雨能量条件下,地面切割越破碎,切割深度越大,土壤侵蚀面积率^[10]越大,则土壤侵蚀强度必然较大。在土壤侵蚀能量环境中,将这种由地形条件决定的侵蚀能量的潜在差异用地形附加的侵蚀位能来表示。侵蚀位能切割深度和土壤侵蚀面积率的函数,可按下式计算(与张信宝重力侵蚀地形因子值类似,本文表示为能量):

$$E_g = m \cdot g \cdot H \cdot S \quad (4)$$

式中: E_g ——地形附加侵蚀能量(J); m ——质量,取为 1; g ——重力加速度($9.8\text{m}/\text{s}^2$);

H ——地面切割深度(m); S ——土壤侵蚀面积率,数量上按甘枝茂提出的土壤侵蚀面^[10]计算公式计算,计算时不进行植被因子的修正,即植被因子修正系数为 1。

从黄土高原现代构造运动图^[11]可以看出,风水蚀交错带主要属于次强上升区,地面切割

强烈,沟壑密度较大,因而土壤侵蚀面积率也较大,地形条件附加的侵蚀位能较高。黄土高原部分地区地形附加侵蚀能量如表1。从表1可以看出,风蚀水蚀交错带的地形附加侵蚀能量明显高于水蚀地区的附加侵蚀能量,这表明风蚀水蚀交错带是潜在侵蚀强度较大的地区。

表1 黄土高原部分地区地形附加侵蚀能量

侵蚀分区	地貌类型	切割深度 H (m)	土壤侵蚀面积率 S	地形附加侵蚀能量 E_g (J)
风水蚀地区	白于山南侧丘陵	200~300	4.79	1174
	绥米梁峁丘陵	100~200	4.24	623
	神木东侧黄土丘陵	150~250	5.20	1019
	神木东南黄土丘陵	200~300	7.40	1813
	吴旗长梁沟壑	200~300	3.14	923
水蚀地区	安塞、延安梁峁丘陵	150~250	2.88	705
	洛川高原沟壑	150~200	0.84	240
	甘泉洛河两侧丘陵	150~200	1.45	598
	子长梁峁丘陵	100~200	3.90	573
	宜君长梁沟壑	150~300	0.66	727

注:据参考文献[10]整理计算, E_g 为将植被因子修正为1后的计算值。

4 结 语

(1)从侵蚀动力因子来看,风蚀水蚀交错带由于风力侵蚀能量的迭加,弥补了水力侵蚀能量的减少,风蚀能量的迭加和风水侵蚀营力的共同作用形成了风蚀水蚀交错带高侵蚀能量区,属于黄土高原地区高能侵蚀环境区,风沙区域的侵蚀强度将不小于水蚀区的侵蚀强度。

(2)黄土高原地区侵蚀能量的区域对比表明,风蚀水蚀交错带土壤侵蚀强烈的根源在于下垫面条件的脆弱性,提高地表的抗侵蚀性能是脆弱侵蚀环境治理的根本途径。

(3)风蚀水蚀交错带的地形附加侵蚀能量明显高于水蚀地区的附加侵蚀能量,是潜在侵蚀强度较大的地区,也是风蚀水蚀交错带成为黄土高原土壤侵蚀严重地区的重要原因。

应当提出,侵蚀能量不仅仅与气候因子有关,与下垫面条件紧密相关。侵蚀能量相同,由于下垫面抗侵蚀能力不同,侵蚀效果也不相同。因此,本文所指侵蚀能量实际上代表侵蚀潜力。有关考虑下垫面条件时侵蚀能量的计算有待进一步研究。

参 考 文 献

- 1 中科院黄土高原综合科学考察队. 黄土高原地区土壤侵蚀区域特征及其治理途径. 北京:中国科学技术出版社,1990,83~84
- 2 景可,陈永宗,李凤新. 黄河泥沙与环境. 北京:科学出版社,1993,37~39
- 3 许炯心. 我国流域侵蚀产沙的地带性特征. 科学通报,1994,39(11)
- 4 景可,陈永宗. 我国土壤侵蚀与地理环境的关系. 地理研究,1990,39(2)
- 5 唐克丽,侯庆春,王斌科. 黄土高原水蚀风蚀交错带和神木试区的环境背景及整治方向. 西北水保所集刊,1993,(18)
- 6 江忠善,贾志伟,刘志. 晋陕蒙接壤地区土壤侵蚀影响因子的分析. 黄土高原地区综合治理开发研究论文集,北京:中国环境科学出版社,1993 (下转第60页)

耕地实施改造,进行农田基本建设。一方面,进行土地平整,发展灌溉条件,改旱作为水浇,稳定提高农业生产水平;另一方面,进行土质改良,培肥地力,提高土壤有机质和各种营养元素含量水平,促进土粒细化,增强保水保肥能力,为农业持续发展奠定基础。

4.3.5 加强天然牧草地管理,建立配套的水土保持体系 坡度较陡的沟坡上生长的天然牧草,草质差,盖度低,水土流失严重。对此,在实施全面规划的最后阶段,要进行治理改造,采取封沟(山)轮牧,品种改良,人工管理,修建水平沟(阶)等措施,提高其产草量和载畜量。在坡度较缓的坡地上种植人工优质牧草。

与此同时,在一些水土流失严重,侵蚀不断发展的地段和风力强劲的山口、坡面营造灌木林,以减少水土流失,并根据需要,在迎风方向建设防风林带,保护农田免受风蚀危害,改善生态环境,提高系统抗御自然灾害的能力。

参 考 文 献

- 1 宋桂琴等. 黄土高原综合治理试验示范区土地分类研究. 西北水土保持研究所集刊, 1989, 10: 1~13
- 2 林培主编. 土地资源学. 北京: 北京农业大学出版社, 1991
- 3 中国科学院黄土高原综合科学考察队. 黄土高原地区土壤资源及其合理利用. 北京: 中国科学技术出版社, 1991
- 4 朱显谟主编. 陕西省土地资源及其合理利用. 西安: 陕西科学技术出版社, 1981
- 5 宁夏农业勘察设计院. 宁夏土壤. 银川: 宁夏人民出版社, 1990
- 6 王继武等. 提高畜牧业产量的途径和技术的研究. 水土保持学报, 1991, 5(2)

(上接第31页)

- 7 董玉祥, 康定国. 中国干旱半干旱地区气候侵蚀力的计算与分析. 水土保持学报, 1994, 8(3)
- 8 王万忠, 焦菊英, 郝小品. 中国降雨侵蚀力 R 的计算与分布(Ⅰ). 水土保持学报, 1995, 9(4)
- 9 江忠善. 黄土地区天然降雨雨滴特性. 中国水土保持, 1983, (3)
- 10 甘枝茂主编. 黄土高原地貌与土壤侵蚀研究. 西安: 陕西人民出版社, 1989, 106~108
- 11 陈永宗, 景可, 蔡强国. 黄土高原现代侵蚀与治理. 北京: 科学出版社, 1988, 68