

中国降雨侵蚀力空间变化特征

章文波, 谢云, 刘宝元

(北京师范大学资源与环境科学系 环境演变与自然灾害教育部重点实验室, 北京 100875)

摘 要: 降雨是导致土壤侵蚀的主要动力因素, 通用土壤流失方程(USLE) 中降雨侵蚀力因子 R 反映了降雨气候因素对土壤侵蚀的潜在作用。为更精确估算降雨侵蚀力, 以全国 564 个测站 1971~ 1998 年的逐日降雨资料为基础, 采用一种新方法估算降雨侵蚀力, 分析全国降雨侵蚀力空间变化特征。结果显示全国降雨侵蚀力的空间分布与降雨量近似, 但降雨降雨侵蚀力取决于降雨量和降雨强度两个方面, 因此二者的空间分布又存在许多差别。一般在降雨侵蚀力较小地区, 降雨侵蚀力的年内分配非常集中, 全国大部分地区降雨侵蚀力年际变化表现出正的趋势, 江西和湖南等交界的部分地区为明显的正趋势中心。

关键词: 降雨侵蚀力; 空间分布; 时间变化; 日雨量; 土壤侵蚀

中图分类号: S157. 1

文献标识码: A

1 引言

我国是世界上土壤侵蚀最严重的国家之一, 据统计全国土壤侵蚀面积高达 492 万 km^2 [1]。雨滴击溅及由降雨产生的径流是土壤侵蚀的主要动力, 研究评价气候因素- 降雨对土壤水蚀的潜在作用, 对定量预报土壤流失、制定水土保持规划等具有重要意义。通用土壤流失方程 USLE [2] 以及后来的修订版 RUSLE [3] 是目前世界上推广应用最广泛的土壤侵蚀模型, 降雨侵蚀力是方程中一个最基本因子, 定义为由降雨引起土壤侵蚀的潜在能力。精确估算降雨侵蚀力的方法是根据拟定的降雨侵蚀力指标、计算一定时期内全部侵蚀性次降雨的侵蚀力 [2, 3]。但由于很难获得所必须的次降雨过程资料, 因此一般建立降雨侵蚀力简易算法, 即利用气象站常规降雨统计资料如日雨量、月雨量、年雨量或其它雨量参数来估算侵蚀力 [4, 5]。

降雨侵蚀力与降雨一样具有明显的空间分异特

征, 存在明显的年际变化。降雨侵蚀力年内分配与植被覆盖季节变化的配合状况对土壤侵蚀有重大影响, 同时降雨侵蚀力年内分配也是 USLE 或 RUSLE 中计算作物覆盖与管理 C 因子的重要参考因素 [2, 3]。美国农业部颁发的 USLE [2] 或 RUSLE [3] 各期农业手册都编绘了降雨侵蚀力等值线图, 并以图表形式给出各地理气候区的降雨侵蚀力年内分配特征, 以用于指导农业生产实践。我国自 1980 年代以来也开展了很多有关降雨侵蚀力的研究, 一般利用月或年降水资料估算侵蚀力, 编制区域降雨侵蚀力图和分析降雨侵蚀力季节分布, 获得了很多有意义的成果 [6~ 8], 但由于各地区采用的计算方法不同、单位也不完全一致, 难以进行区域之间的对比分析。王万忠等 [9, 10] 还曾以全国 29 个站点资料为基础简要分析了我国降雨侵蚀力的年内分配规律, 并利用 125 个站点的多年平均降雨特征参数分析估算了全国降雨侵蚀力空间分布。国内对降雨侵蚀力年内分配特征的研究一般都以月为时段, 但由于地表植被覆盖在一个月可能变化极大, 以月

收稿日期(Received date): 2002- 06- 11; 改回日期(Accepted): 2002- 12- 12。

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金(编号 40171059) 和北京师范大学青年科学基金资助。[Supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 40171059) and Youth Science Foundation of Beijing Normal University.]

作者简介(Biography): 章文波(1971-), 男(汉族), 湖南长沙人, 博士, 讲师。目前在北京师范大学资源与环境科学系工作, 主要从事土壤侵蚀与土地资源研究。电话: (010) 62202121; E-mail: zwb1998@263.net. [ZHANG Wen bo (1971-), male (the Han nationality), Doctor degree, Docent. The native place is Changsha of Hunan province, now working at Department of Resource and Environmental Sciences of Beijing Normal University, undertaking the research work on soil erosion and land resource. Tel: (010) 62202121; E-mail: zwb1998@263.net.]

为时段反映降雨侵蚀力年内分配状况存在一定不足^[3]。

逐日雨量是目前我国公开发布的气象站最详细雨量整编资料。鉴于次降雨过程资料很难得到,同时尽可能精确地估算降雨侵蚀力,本文以 1971~1998 年约 600 个气象站逐日雨量资料为基础、采用一种新方法估算全国降雨侵蚀力,分析全国降雨侵蚀力的空间变化特征,以更好地了解我国土壤侵蚀背景,为制定水土保持规划等提供依据。

2 资料和方法

2.1 资料收集和预处理

广泛收集全国约 700 个测站 1971~1998 年的逐日降雨资料(缺台湾地区测站资料)。由于部分测站存在缺测漏测情况,对收集到的测站资料进行仔细检查,去除了平均一年缺测日数超过 5% 的测站,但鉴于西北地区站点相对较少,且缺测较多的站点多数分布在我国西北地区,因此该地区缺测日数略微超过 5% 的站点予以保留。以此为原则确定了全国共 564 个有效测站,并对其中还存在少量缺测的站点资料进行统计,发现缺测情况发生在 11、12、1、2 等 4 个月份的占到总数的 90% 以上,即缺测月份一般都发生在少雨季节,而发生在少雨季节中的少量缺测对本研究影响不大。最后对 564 个有效测站中还存在少量缺测的站点,以距离倒数为权重、利用最近相邻 3 个测站的数据进行了空间插补,得到完整的逐日降雨资料序列。

2.2 降雨侵蚀力计算

利用日雨量采用下式计算降雨侵蚀力^①

$$M_i = \alpha \sum_{j=1}^k (D_j)^\beta \tag{1}$$

式中 M_i 表示第 i 个半月时段的侵蚀力值 ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$), α 和 β 是模型参数; k 表示该半月时段内的天数, D_j 表示半月时段内第 j 天的日雨量,要求日雨量 $\geq 12 \text{ mm}$,否则以 0 计算, 12 mm 与侵蚀性降雨标准对应^[11]; P_{d12} 表示日雨量 $\geq 12 \text{ mm}$ 的日平均雨量, P_{y12} 表示日雨量 $\geq 12 \text{ mm}$ 的年平均雨量。参数 α 和 β 反映了区域降雨特征,根据逐日雨量资料按式 (2) (3) 估算不同测站的 α 和 β 值

$$\beta = 0.8363 + \frac{18.144}{P_{(d12)}} + \frac{24.455}{P_{(y12)}} \tag{2}$$

$$\alpha = 21.586 \beta^{-7.1891} \tag{3}$$

利用公式 (1~3) 计算逐年各半月的降雨侵蚀

力,经汇总统计得到年降雨侵蚀力。最后采用 Kriging 内插方法^[12],将各离散测站的降雨侵蚀力值进行空间内插,得到空间连续分布的降雨侵蚀力值,并绘制降雨侵蚀力等值线图、进行降雨侵蚀力分区等。

3 结果与分析

3.1 降雨侵蚀力空间分布

在全国共 564 个有效测站中,个别测站的多年平均降雨侵蚀力 R 值在 $20\,000 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ 以上,其中以广西东兴计算的 R 值最大,达到 $32\,034 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$;新疆蔡家湖计算的 R 值最小,只有 $51.5 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ 。以各个测站的 R 值为基础进行空间插值,图 1 显示了多年平均降雨侵蚀力 R 的空间分布状况。 R 值分布从东南到西北逐渐降低,其中 R 值在 $15\,000 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ 以上的区域主要分布在我国的广东、广西、海南等省的沿海局部地带,东部长江以南地区的侵蚀力值一般都在 $6\,000 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ 以上;东北除沿海部分地区外, R 值一般在 $1\,000 \sim 2\,000 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ 间;土壤流失特别严重的黄土高原地区,侵蚀力大多在 $2\,000 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ 以下;西北内陆地区的新疆、青海、西藏等省区的侵蚀力一般在 $500 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ 以下。尽管降雨侵蚀力的分布趋势大致与降雨量类似(图略),但由于降雨侵蚀力取决于降雨量和降雨强度两个方面,因此二者的分布也有许多不同,主要表现在:降雨侵蚀力从东南向西北递减的速度明显比雨量快,在相同区域内侵蚀力值从 $30\,000 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ 左右递减到 $100 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ 以下,而降雨量是从近 $2\,800 \text{ mm}$ 递减到 100 mm 以下;在降雨量 $200 \sim 600 \text{ mm}$ 的宽广地带,雨量等值线的分布比较水平,而降雨侵蚀力等值线的分布由西南到东北倾角明显相对较大。

利用空间内插生成的连续降雨侵蚀力数据,计算我国主要农业气候区^[13]的降雨侵蚀力。在我国主要农业气候区中(表 1),东部农业气候大区除藏南亚热带外,从北至南平均 R 值逐渐增大,中热带

① Zhang Wenbo, Fu Jinsheng. Rainfall Erosivity Estimation Using Different Kinds of Rainfall Amount. Resources Science(in press). [章文波,付金生. 不同类型雨量资料估算降雨侵蚀力. 资源科学(已接收).]

的平均 R 值最大, 达到 $13\,134\text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$; 西北干旱农业气候大区和青藏高寒农业气候大区的侵蚀力都在 $1\,000\text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ 以下, 其中以干旱南温带的 R 值最小, 平均取值为 $269.1\text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ 。降雨侵蚀力表达了降雨因素对土壤侵蚀的潜在作用, 但降雨侵蚀力的空间分布与我国实际土壤流失的分布状况并不一

致, 这是因为土壤侵蚀还受植被、土壤、土地利用和水土保持等多种因素的影响。在土壤侵蚀相对比较轻微的南亚热带、北热带、中热带等农业气候带, 其多年平均 R 值达到 $10\,000\text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ 以上, 而土壤侵蚀特别严重的黄土高原地区, 侵蚀力大多在 $2\,000\text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ 以下。

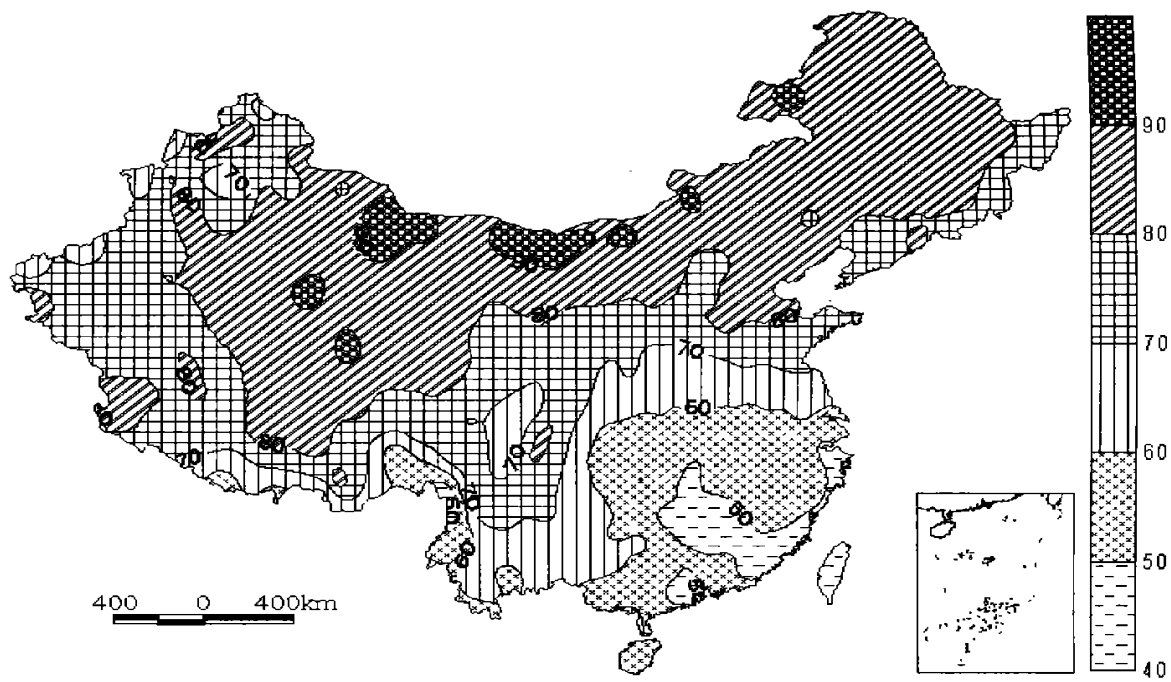


图 1 中国多年平均降雨侵蚀力年内分配集中度的空间分布

Fig. 1 The distribution of centralization extent of average annual rainfall erosivity in China

表 1 主要农业气候区的平均降雨侵蚀力

Table 1 Average annual rainfall erosivity values of representative agricultural climate zones

农业气候大区	农业气候带	R 值
		$\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$
东部季风农业气候大区	北温带	1138.5
	中温带	1877.7
	南温带	3379.4
	北亚热带	6466.8
	中亚热带	7131.4
	南亚热带	11004.4
	藏南亚热带	2247.6
	北热带	10712.9
	中热带	13134.1
西北干旱农业气候大区	干旱中温带	504.2
	干旱南温带	269.1
青藏高寒农业气候大区	高原寒带	367.9
	高原亚寒带	427.2

3 2 降雨侵蚀力年内分配的空间分异

鉴于不同地区多年平均降雨侵蚀力 R 值年内

分配的主要集中月份并不一致, 以降雨侵蚀力年内分配集中度—连续 6 个半月的最大 R 值与年平均 R 值的百分比, 来表降雨侵蚀力年内分配的集中状况。在所选全部测站中, 云南贡山站的降雨侵蚀力年内分配集中度最小, 为 39.6%, 即降雨侵蚀力年内分布最均匀; 青海茫崖站的降雨侵蚀力年内分配集中度最大, 达到 99.9%。从降雨侵蚀力年内分配集中度图(图 1)并结合降雨侵蚀力等值线图(图 2)可以看出, 在降雨侵蚀力较小的广大西北和东北地区, 连续 6 个半月的最大 R 值与年 R 值的比率多数在 80% 以上, 部分地区在 90% 以上; 在降雨侵蚀力较大的长江以南多数地区, 这种年内分配集中度一般在 60% 以下, 其中福建、广东等沿海地区的集中度在 40%~50% 之间。黄土高原多年平均降雨侵蚀力尽管相对较小, 但降雨侵蚀力集中度很高, 一般在 70%~90% 之间。

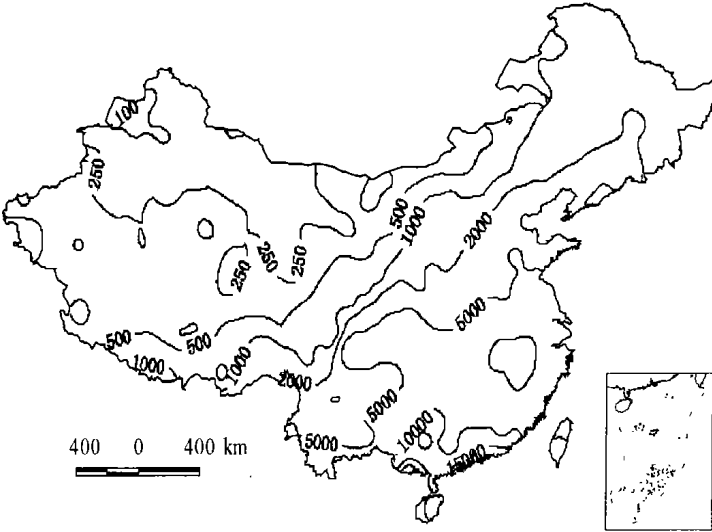


图 2 中国多年平均降雨侵蚀力等值线图

Fig. 2 Isoerosivity map in China

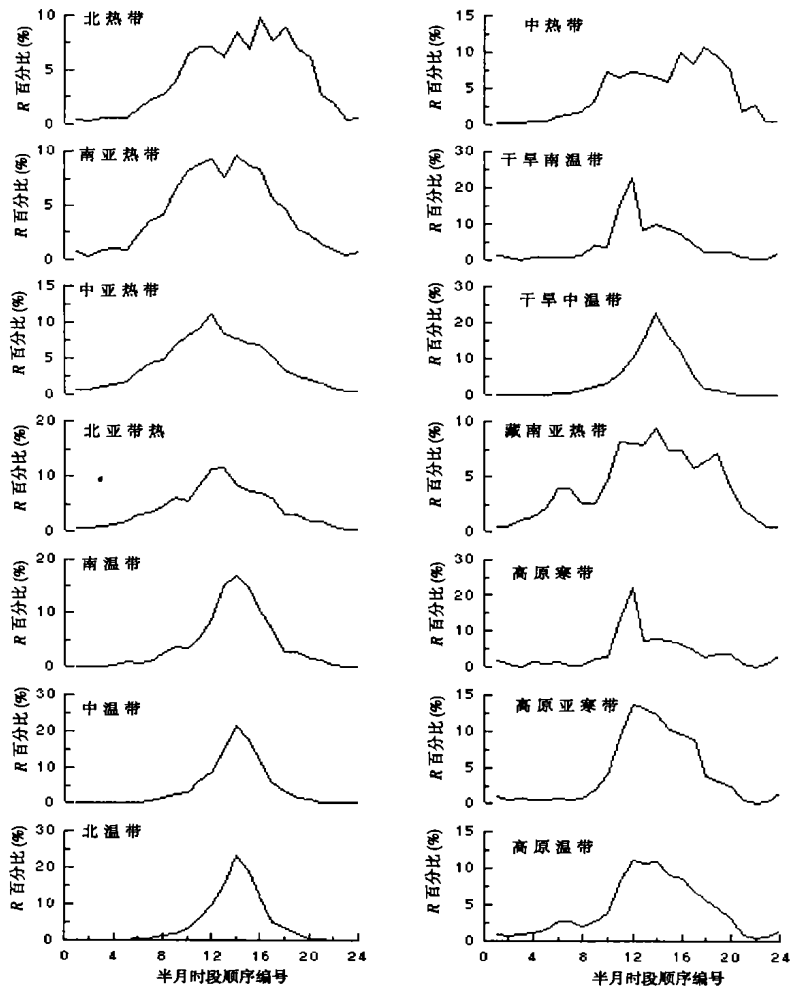


图 3 我国主要农业气候区多年平均降雨侵蚀力的年内分配特征

Fig. 3 Seasonal changes of average annual rainfall erosivity in representative agricultural climate zones in China

计算各半月的平均降雨侵蚀力值占年侵蚀力值的比率, 并以此为基础绘制我国主要农业气候区多年平均降雨侵蚀力的年内分配曲线。从图 3 可以看出, 中热带、北热带、南亚热带和藏南亚热带的 R 值年内分配曲线的峰顶比较宽平, R 值分布主要集中在 5~10 月, 可占全年 R 值的 80%~90%, 其中最大半月侵蚀力值占全的比率一般在 10% 以内; 北亚热带和中亚热带 R 值年内分配曲线的变化比较和缓, 并存在一个不很突出的钝峰, R 值分布主要集中在 5 月到 9 月上半月, 可占全年 R 值的 70% 左右, 其中最大半月侵蚀力值占全年的比率一般在 12% 左右; 北温带、中温带、南温带、干旱中温带、干旱南温带和高原寒带的 R 值年内分配曲线存在一个明显的锐峰, R 值分布主要集中在 6 月到 9 月上半月, 可占全年 R 值的 70%~90%, 其中最大半月侵蚀力值占全年的比率一般在 17%~23% 之间; 高原温带和高原亚寒带的 R 值年内分配曲线的峰顶也较宽平, R 值分布集中在 6~8 月, 可占全年 R 值的 65%~76%, 其中最大半月侵蚀力值占全年的比率一般在 11%~14% 之间。

3.3 降雨侵蚀力年际变化的空间分异

我国降水存在明显的长期变化趋势^[14], 降雨侵蚀力是降雨特性的函数, 同样存在年际和长期变化。降雨等气候要素的长期变化趋势常用倾向率表示,

倾向率相当于以时间为自变量的气候要素一元回归方程中斜率的 10 倍^[14, 15]

$$x_t = a + bt \quad (4)$$

式中 x_t 表示某气候要素, t 为年份序号(以顺序编号 1、2、3、……等表示), a 、 b 为参数, 该气候要素的倾向率为 $10b$, 即每 10a 的变化量。

从图 4 可以看出, 在甘肃北部与内蒙古西部, 四川、陕西、重庆、河南等交界地带以及云南南部等地区, 近 30 年来降雨侵蚀力年际变化呈现不同程度的负趋势, 部分地区达到侵蚀力每 10a 减少 400 $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 以上; 全国大部分地区降雨侵蚀力年际变化呈现不同程度的正趋势, 多数地区每 10a 增加量在 0~400 $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 之间; 长江以南的江西和湖南等部分地区为明显的高值中心, 每 10 年增加 800 $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 以上。

降雨侵蚀力年际变化的趋势和程度与降雨量的年际变化特征并不完全一致。以山东济南和贵州贵阳两个测站为例, 山东济南的降雨倾向率只有 2.1mm, 即近 30a 来降雨量基本不存在长期变化趋势, 而降雨侵蚀力倾向率达到 493.5 $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$, 降雨侵蚀力存在较明显的增长趋势(图 5a); 贵州贵阳的降雨倾向率为 -37.8mm, 近 30a 来降雨量存在较明显的减少趋势, 而降雨侵蚀力的变化趋势相反, 倾向率为 575 $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$, 存在

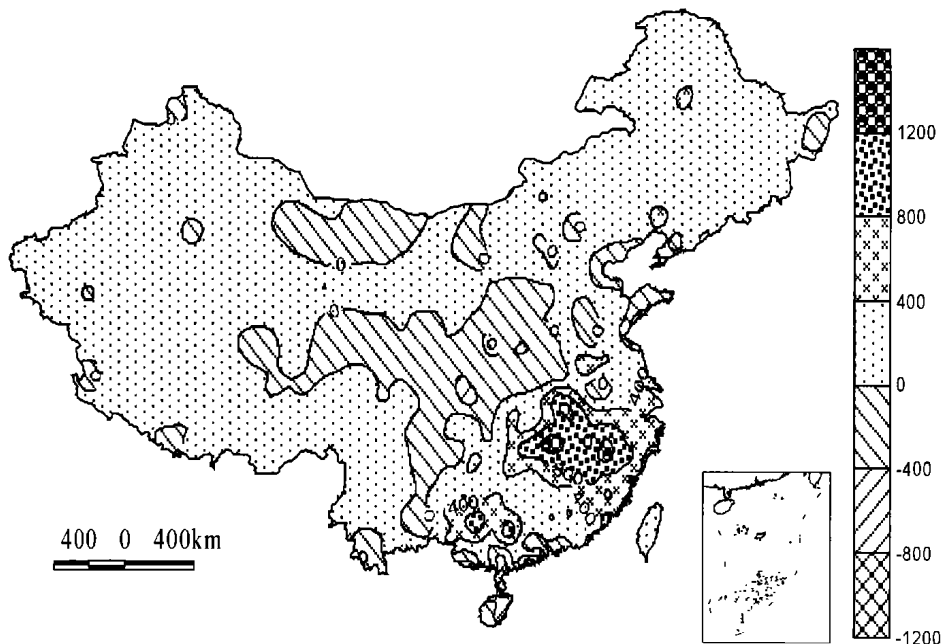


图 4 中国 1971~1998 年间降雨侵蚀力倾向率的空间分布

Fig. 4 The spatial distribution of dip direction rate of annual rainfall erosivity from 1971 to 1998

较明显的增加趋势(图 5b)。对济南和贵阳两个测站近 30 年来的日降雨资料进行详细检测,在贵阳年降雨量趋于减少的同时,降雨强度呈现增长趋势,暴雨(日雨量 ≥ 50 mm)以上的降雨量和暴雨次数分别从 1970 年代的年平均 141.6 mm、2.3 次增加到 1990 年代的年平均 241.9 mm 和 3.1 次;在济南降雨量没有明显的长期变化趋势,但暴雨以上的降雨

量和暴雨次数分别从 1970 年代年平均 208.9 mm、3.0 次增加到 1990 年代的年平均 273.5 mm 和 3.1 次。降雨侵蚀力大小主要取决于降雨量和降雨强度两个方面,尽管两测站的降雨量呈现下降趋势或基本保持不变,但降雨强度有明显增加趋势,因此降雨侵蚀力仍表现出增长趋势。

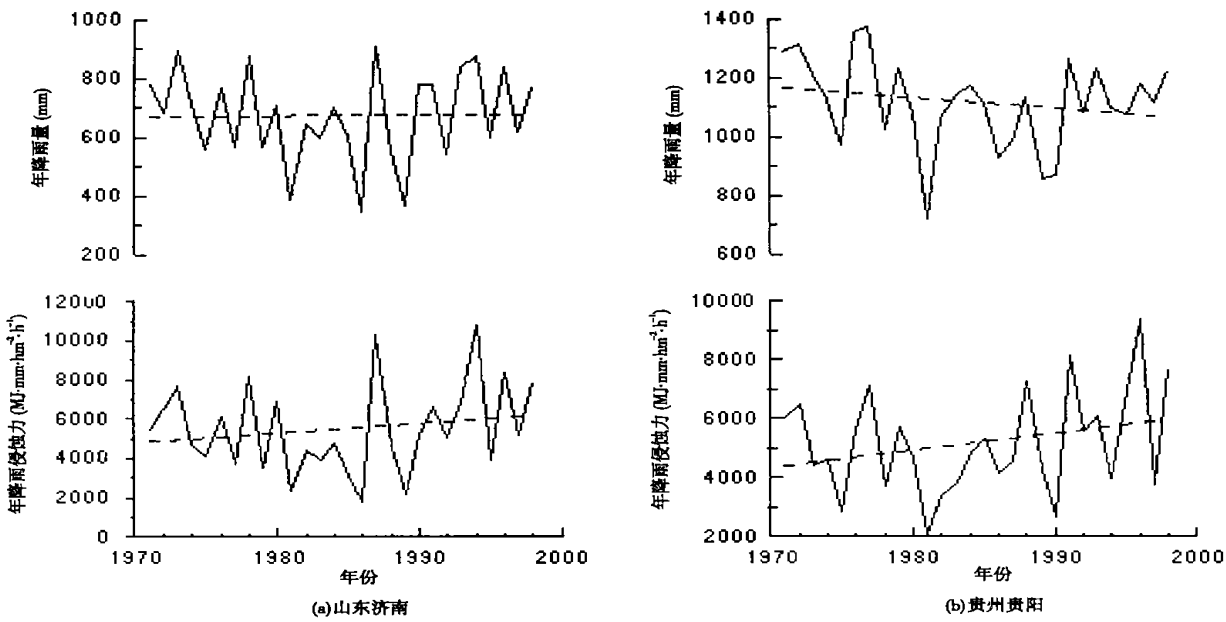


图 5 在 1971~1998 年间济南和贵阳降雨和降雨侵蚀力的变化特征

Fig. 5 The annual changes of rainfall and erosivity in Jinan and Guiyang weather stations from 1971 to 1998

4 结论

降雨是引起土壤侵蚀的主要动力因素,本文以通用土壤流失方程 USLE 中的降雨侵蚀力因子 R 为指标,反映气候因素-降雨对土壤侵蚀的潜在作用能力。为尽可能精确地估算降雨侵蚀力,利用全国 564 个测站近 30a 的逐日降雨资料,采用一种新的简易算法分析计算全国降雨侵蚀力的空间特征和时间变化规律。

降雨侵蚀力的空间分布具有从东南到西北递减的趋势,这与降雨量的空间分布特征类似。但是降雨侵蚀力取决于雨量和雨强两个方面,因此降雨侵蚀力和降雨量的空间分布也有许多不同点。土壤侵蚀是降雨、植被、土壤、土地利用和水土保持等多因素相互作用的结果,我国降雨侵蚀力的空间分布与实际土壤流失分布状况并不一致。在降雨侵蚀力较

小地区,多年平均降雨侵蚀力的年内分配非常集中;全国大部分地区降雨侵蚀力年际变化呈现不同程度的正趋势,长江以南的江西和湖南等部分地区为正趋势高值中心,正倾向率达到 $800 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 以上。由于降雨侵蚀力同时受降雨量和降雨强度的影响,降雨侵蚀力和降雨量的年际变化趋势和程度并不完全一致。

参考文献(References):

[1] Wang Zhanli. Analyses of affecting factors of soil erosion and its hams in China[J]. *Transactions of the CSAE*, 2000, 16(4): 32~36. [王占礼. 中国土壤侵蚀影响因素及其危害分析[J]. 农业工程学报, 2000, 16(4): 32~36.]

[2] Wischmeier W H, Smith D D. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning [M]. *Agriculture Handbook*, No. 537. USDA, 1978.

[3] Renard K G, Foster G R, Weesies G A, et al. Predicting soil Erosion By Walter: A Guide to Conservation Planning with the Revised

- Universal Soil Loss Equation (RUSLE) [M]. National Technical Information Service, USDA, 1997.
- [4] Renard, K. G., Freimund JR. Using Monthly Precipitation Data to Estimate the R-factor in the Revised USLE [J]. *Journal of Hydrology*, 1994, 157: 287~ 306.
- [5] Yu B, Rosewell C J. A robust estimator of the R-factor for the universal soil loss equation [J]. *Transactions of the ASAE*, 1996, **39** (2): 559~ 561.
- [6] Wu Suye. Simplified method on calculation of runoff erosion force in Dabieshan mountainous area and its temporal and spatial distribution [J]. *Soil and Water Conservation in China*, 1994, (4): 12~ 13. [吴素业. 安徽大别山降雨侵蚀力简易算法与时空分布规律研究 [J]. 中国水土保持, 1994, (4): 12~ 13.]
- [7] Zhou Fujian, Chen Minghua, Lin Fuxing, et al. The rainfall erosivity index in Fujian province [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1995, **9**(1): 13~ 18. [周伏建, 陈明华, 林福兴, 等. 福建省降雨侵蚀力指标 R 值 [J]. 水土保持学报, 1995, **9**(1): 13~ 18.]
- [8] Bu Zhaohong, Dong Qinrui, Zhou Fujian, et al. Preliminary study on new algorithm of erosivity factor of rainfall [J]. *Acta Pedologica Sinica*, 1992, **29**(4): 408~ 417. [卜兆宏, 董勤瑞, 周伏建, 等. 降雨侵蚀力因子算法的初步研究 [J]. 土壤学报, 1992, **29**(4): 408~ 417.]
- [9] Wang Wanzhong, Jiao Juying, Hao Xiaopin, et al. Distribution of rainfall erosivity R value in China(I) [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1995, **9**(4): 5~ 18. [王万中, 焦菊英, 郝小品, 等. 中国降雨侵蚀力 R 值的计算与分布(I) [J]. 水土保持学报, 1995, **9**(4): 5~ 18.]
- [10] Wang Wanzhong, Jiao Juying, Hao Xiaopin. Distribution of rainfall erosivity R value in China(II) [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1996, **2**(1): 29~ 39. [王万中, 焦菊英, 郝小品. 中国降雨侵蚀力 R 值的计算与分布(II) [J]. 水土保持学报, 1996, **2**(1): 29~ 39.]
- [11] Xie Yun, Liu Bao-yuan, Zhang Wen-bo. Study on standard of erosive rainfall [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2000, **14**(4): 6~ 11. [谢云, 刘宝元, 章文波. 侵蚀性降雨标准研究 [J]. 水土保持学报, 2000, **14**(4): 6~ 11.]
- [12] Wang Guangde, Guo Changling. Application of the Kriging technique in geography [J]. *Acta Geographica Sinica*, 1987, **42**(4): 366~ 374. [王广德, 过常龄. “Kriging” 空间内插方法在地理学中的应用 [J]. 地理学报, 1987, **42**(4): 366~ 374.]
- [13] Weather bureau of China, editors. Chinese Climate resource Map [M]. Beijing: Map Press, 1994. [中国气象局编制. 中国气候资源地图集 [M]. 北京: 地图出版社, 1994.]
- [14] Ren Guoyu, Wu Hong, Chen Zhenghong. Spatial patterns of change trend in rainfall of china [J]. *Quarterly Journal of Applied Meteorology*, 2000, **11**(3): 322~ 330. [任国玉, 吴虹, 陈正洪. 我国降水变化趋势的空间特征 [J]. 应用气象学报, 2000, **11**(3): 322~ 330.]
- [15] Shi Neng, Chen Jiaqi, Tu Qipu. 4-phase climate change features in the last 100 years over China [J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 1995, **53**(4): 431~ 439. [施能, 陈家其, 屠其璞. 中国近 100 年来 4 个年代际气候变化特征 [J]. 气象学报, 1995, **53**(4): 431~ 439.]

Spatial Distribution of Rainfall Erosivity in China

ZHANG Wenbo, XIE Yun, and LIU Baoyuan

(Department of Resource and Environmental Sciences, Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster, Ministry of Education of China, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract Rainfall is the main dynamic factor that causes soil loss. Rainfall erosivity factor in Universal Soil Loss Equation (USLE) shows the potential ability of the soil loss caused by rainfall. Estimating the rainfall erosivity accurately is very significant to predict soil loss quantitatively and make soil and water conservation program. Typical method of computing rainfall erosivity needs data of rainfall events, but this data is unready available. In order to estimate rainfall erosivity more accurately and analyze the spatial distribution and temporal change of rainfall erosivity, an new method was adopted to compute the rainfall erosivity of china using daily rainfall data between 1971 and 1998 from 564 weather stations.

The distribution of rainfall erosivity has the trend of decreasing from southeast to northwest, which is similar to the distribution of rainfall. However, the rainfall erosivity is influenced by rainfall amount and intensity, so there are a lot of difference between the distribution of rainfall and rainfall erosivity. Moreover, the distribution of rainfall erosivity in china is different from actual distribution of soil loss in china. The average annual rainfall erosivity exceeds the $10000 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ in south semitropical zone, north torrid zone and middle torrid zone where the soil loss is relative light, but the average annual rainfall erosivity is under the $2000 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ in all or most parts of the Loess Plateau where the soil loss is very serious.

In general, the seasonal distribution of average annual rainfall erosivity is very centralized in the regions where the average annual rainfall erosivity is relatively small. The percentage of the sum of continual six-semimonth rainfall erosivity to annual rainfall erosivity is over 80% in northwest and northeast regions in china, however the percentage in most parts of south of Changjiang River is under 60%. The annual change of rainfall erosivity shows the positive trends in most parts of county and the rainfall erosivity increases $800 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ or more per 10 years for recent 30 years in the parts of Jiangxi and Hunan province. There are a lot of difference between the annual changes of rainfall and rainfall erosivity because rainfall erosivity is influenced by rainfall amount and intensity.

Key words: rainfall erosivity; spatial distribution; daily rainfall; soil erosion