

文章编号:1000-694X(2012)03-610-08

# 气候变化对风水蚀复合区的影响

安志山<sup>1</sup>, 李栋梁<sup>2</sup>, 王涛<sup>1</sup>, 张伟民<sup>1</sup>, 屈建军<sup>1</sup>

(1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 敦煌戈壁荒漠生态与环境研究所/沙漠与沙漠化重点实验室, 甘肃 兰州 730000; 2. 南京信息工程大学 大气科学学院, 江苏 南京 210044)

**摘要:** 风水蚀复合区作为农牧交错带的敏感区域,对气候变化有着显著的响应。通过实地考察和气象资料的分析,厘定了风水蚀复合区的概念并对其范围加以界定。由于风水蚀复合区内气候类型复杂、侵蚀动力多样、风季和雨季的交错分布及其脆弱的生态环境,造成水土流失和沙漠化相当严重,并发育了独特的地貌景观。风水蚀复合区的界限受降水的影响而呈南北摆动,干旱年,向东南方向移动;多雨年,向西北方向移动。

**关键词:** 气候变化; 农牧交错带; 风水蚀复合区

中图分类号: P467

文献标识码: A

当前,全球气候变化已经成为不争的事实,也是国际社会关注的重要问题。IPCC 报告指出,近百年来,中国气温上升幅度大于全球平均水平<sup>[1]</sup>。由于交错带气候的过渡性和特殊性,形成风力侵蚀、水力侵蚀、重力侵蚀等,造成农牧交错带的水土流失、环境恶化、沙尘暴频繁等生态问题逐渐彰显出来,并且在农牧交错带内形成了具有多种侵蚀力共同作用的风水蚀复合区。在研究过程中,王涛等<sup>[2]</sup>通过对北方农牧交错带中的水土流失现状进行统计并加以分析。李栋梁等<sup>[3]</sup>利用历史资料和部分气象资料对农牧交错带的气候条件作出了分析和预测。姚正毅等<sup>[4]</sup>通过对北方农牧交错带风水蚀复合区调查,得出复合区水土流失的现状、分布特点及其发展趋势。常月明等<sup>[5]</sup>以四子王旗南部为例,研究区风蚀水蚀具有突发性、间歇性,并在年内具有持续性等特点。张伟民等<sup>[6]</sup>提出了风水蚀复合区水土流失的防治目标及其措施配置。董满宇等<sup>[7]</sup>分析了近 50 a 来北方农牧交错带气温变化趋势及突变,得出北方农牧交错带年、季升温幅度在空间上表现出一定的区域差异性。但到目前为止,气候变化对风水蚀复合区的影响尚无人研究。

## 1 概念及范围

风水蚀复合区是中国北方农牧交错带的一部分,指年降雨量 300~450 mm,以半干旱、半湿润气候为主,风力侵蚀、水力侵蚀交错复合作用的地

区<sup>[2]</sup>,也是典型的生态脆弱区、贫困区和多民族聚居区<sup>[8]</sup>。复合区的形成有其特定的原因,其中自然因素是决定因素<sup>[4]</sup>。据统计,中国北方农牧交错带风水蚀复合区跨 6 省(自治区)75 个旗、县、市,土地面积 42.8 万 km<sup>2</sup>,人口 2 436 万人,其中,农村牧区人口 1 488 万人,占人口总数的 61.08% (2004 年,表 1)。

## 2 风水蚀复合区的特点

### 2.1 地貌和气候复杂性

风水蚀复合区主要分布在中国半干旱、半湿润的区域内,其分布范围广泛。复合区内地形地貌复杂,包括溅蚀、细沟、浅沟等水蚀地貌形态,以及吹蚀坑、风蚀洼地、风蚀条痕、风蚀穴等风蚀形态,复合区的南界延伸到黄土高原北部沙黄土分布区。降水主要受来自东亚和南亚夏季风,而亚洲夏季风在中国大陆进退的迟早、停留时间的长短、影响范围的大小和强度等因素波动性较大。因而气候特点表现为旱涝无常,降水季节分布不均,暴雨、大风、干旱、洪涝、风沙、土地沙化和沙尘暴等自然灾害频繁,水土流失严重<sup>[9]</sup>。

### 2.2 侵蚀动力多样化

由于气候的波动性较大,因而在风水蚀复合区内形成了水蚀、风蚀、重力侵蚀、冻融等多种侵蚀力

收稿日期:2011-08-15; 改回日期:2011-09-20

基金项目:水利部公益性科研专项(201201047);国家重点基础研究发展计划项目(2007CB407203)资助

作者简介:安志山(1986—),男,河南安阳人,在读研究生,主要从事风沙工程和荒漠化研究。Email: an1986wen@163.com

表1 风水蚀复合区的范围

Table 1 The geographical scope of wind-water complex erosion region in China

## 内蒙古自治区

巴彦淖尔市: 磴口县、杭锦后旗、五原县、临河区、乌拉特前旗(后套平原部分)

包头市: 市区、土默特右旗

呼和浩特市: 市区、土默特左旗、和林格尔县、托克托县、清水河县、武川县

鄂尔多斯市: 东胜区、达拉特旗、准格尔旗、伊金霍洛旗、乌审旗

乌兰察布市: 集宁区、察右中旗、察右后旗、商都县、化德县、凉城县、丰镇县、卓资县、察右前旗、兴和县

锡林郭勒盟: 正镶白旗(查干诺日镇以南5个乡镇、苏木、场)、正蓝旗(南部5个乡镇、苏木和场)、太仆寺旗、多伦县、镶黄旗

赤峰市: 红山区、克什克腾旗(大兴安岭5苏木不在之列)、翁牛特旗、敖汉旗、林西县、巴林右旗、巴林左旗、阿鲁科尔沁旗(北部大兴安岭山区4苏木不在之列)

通辽市: 科尔沁区、开鲁县、奈曼旗、库伦旗、科左后旗、科左中旗、扎鲁特旗(鲁北镇以南16个乡镇、苏木)

兴安盟: 科右中旗、突泉县、乌兰浩特市

## 陕西省

榆林市(榆阳区)、定边县、靖边县、横山县、神木县、府谷县、佳县

## 山西省

左云县、右玉县、朔州市、偏关县、河曲县

## 宁夏回族自治区

盐池县(北部)

## 河北省

张北县、尚义县、康保县、沽源县、丰宁县(坝上5乡、牧场)、围场县(御道口等3乡、场)

## 吉林省

白城市、洮南市、镇赉县、通榆县、长岭县

并存,侵蚀动力分布广泛,侵蚀强度大<sup>[10]</sup>。

由图1可知,复合区内风力侵蚀时段集中在3—5月,最强是4月。水力侵蚀时段集中在7—9月,大雨多集中在7—8月,日最大降水占全年降水量的1/3~1/2。水力和风力侵蚀交错时段集中在5—7月。

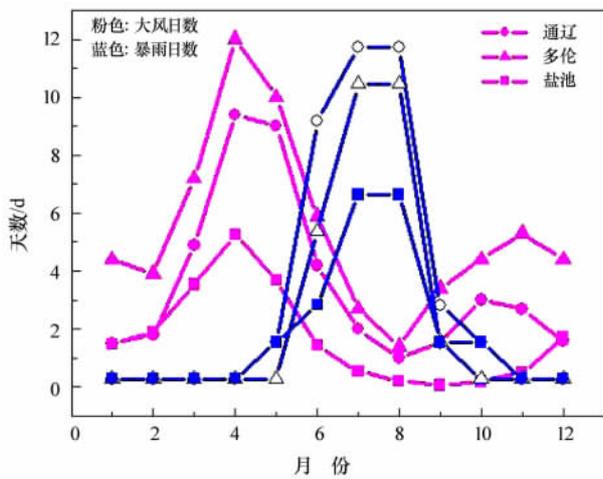


图1 复合区内大风和暴雨日数的月变化

Fig. 1 The variations of monthly strong wind day frequency and rainstorm day frequency in the wind-water complex erosion region

## 2.3 生态问题严重化

## 2.3.1 水土流失

复合区内多种动力侵蚀共同作用,造成区内水土流失严重,成为中国水土流失最严重的地区之一。2000年复合区的水土流失面积26.15万km<sup>2</sup>,占全区总土地面积的61.1%。其中,中度以上侵蚀面积15.66万km<sup>2</sup>,占全区土地面积的36.6%,强度以上侵蚀面积7.43万km<sup>2</sup>,占全区土地面积的17.4%(图2)。

## 2.3.2 土地沙化严重

根据王涛等制定的沙漠化土地分类分级的指标体系,将沙漠化土地等级分为4级。依据指标体系,进而计算出不同等级的沙漠化土地在不同省份的分布(图3)。

其中,内蒙古的沙漠化土地最多,占有比例最大。并且,风水蚀复合区以轻度沙漠化土地为主,约641.69万hm<sup>2</sup>,占沙漠化土地面积的46.5%;中度沙漠化土地482.78万hm<sup>2</sup>,占35%;重度沙漠化土地161.70万hm<sup>2</sup>,占11.7%;严重沙漠化土地91.78万hm<sup>2</sup>,占6.6%。

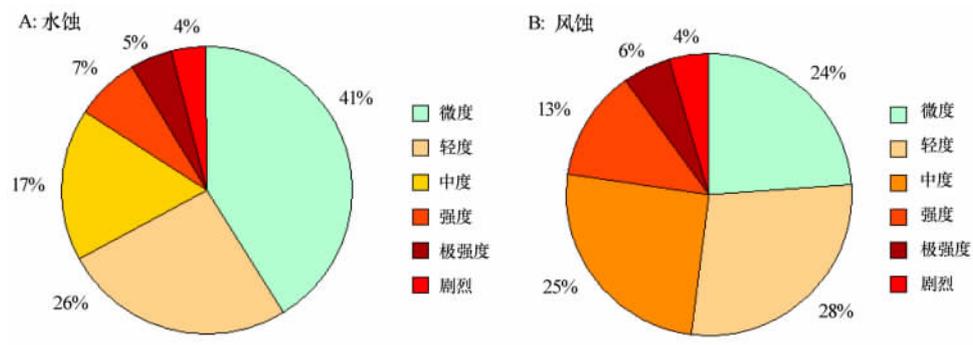


图 2 复合区水、风蚀强度比例结构图

Fig. 2 Percentage structure of water erosion and wind erosion intensity in wind-water complex erosion region

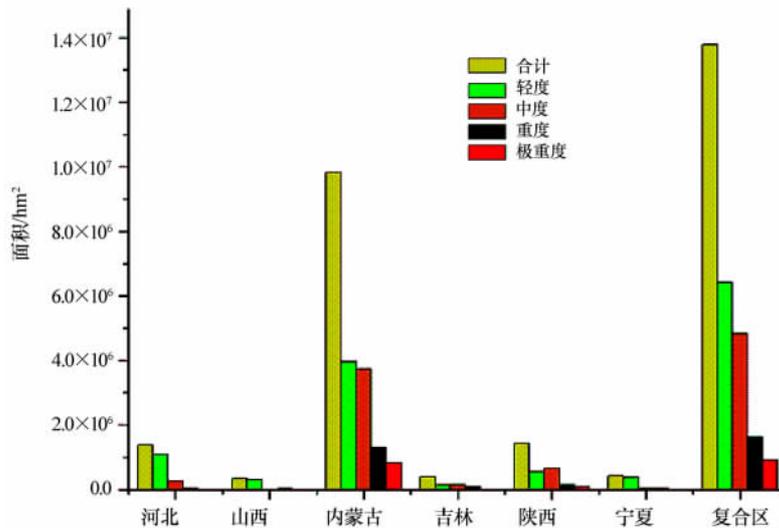


图 3 不同省份的沙漠化土地面积分布

Fig. 3 Area of different intensities of sandy desertification lands in provinces of China

### 3 气候变化对风水蚀复合区的影响

#### 3.1 降水

风水蚀复合区的气候影响因子较多,因此,选取气候因子中对风水蚀复合区影响较大的因子——降水因子,通过分析降水与风水蚀复合区的变化关系,得出降水对风水蚀复合区的影响,并进一步分析得出气候变化对风水蚀复合区生态环境的影响。

##### 3.1.1 年际变化

风水蚀复合区是东亚季风气候区与内陆干旱气候区的过渡地带,当季风气候系统势力强劲时,区内降水量多,植被覆盖度较好;当内陆干旱气候系统占优势时,区内干旱少雨,多大风沙尘天气。

图 4A、图 4B 分别给出干旱年和多雨年单纯在降雨量条件下圈定的风水蚀复合区位置变化。干旱年,风水蚀复合区向东南方向移动,且面积扩大,450 mm 降水量等值线可能压缩到黑龙江和吉林西部-

河北南部、山西西部-陕西中北部-宁夏南部;相应地,西北干旱区也向东南方向扩展。多雨年,300 mm 和 450 mm 降水量等值线向西北方向移动。相比较多年平均,300 mm 降水量线较 450 mm 降水量线稳定,且多雨年风水蚀复合区的北扩距离远小于干旱年的向南延伸的距离。依据多年气候资料,风水蚀复合区的干旱年多于多雨年,也就是风水蚀复合区的南移次数大于北移次数。并且,从西北、华北的历次特大干旱事件来看,每一次旱灾往往都从风水蚀复合区的西南部开始逐渐向四周扩展,进而影响到西北东部和华北地区。

图 4C、图 4D 进一步给出了 20 世纪 60 年代到 90 年代,共 40 a 两种极端气候状态下风水蚀复合区的变化,并且反映出风水蚀复合区位置南北移动的最大范围。极端干旱年份,200 mm 雨量线正好与多年平均状态下的 400 mm 雨量线相吻合,而 400 mm 雨量线则南压到东北南部-山东西北部-河南北部-陕西中部;多雨年份,风水蚀复合区向北移动。

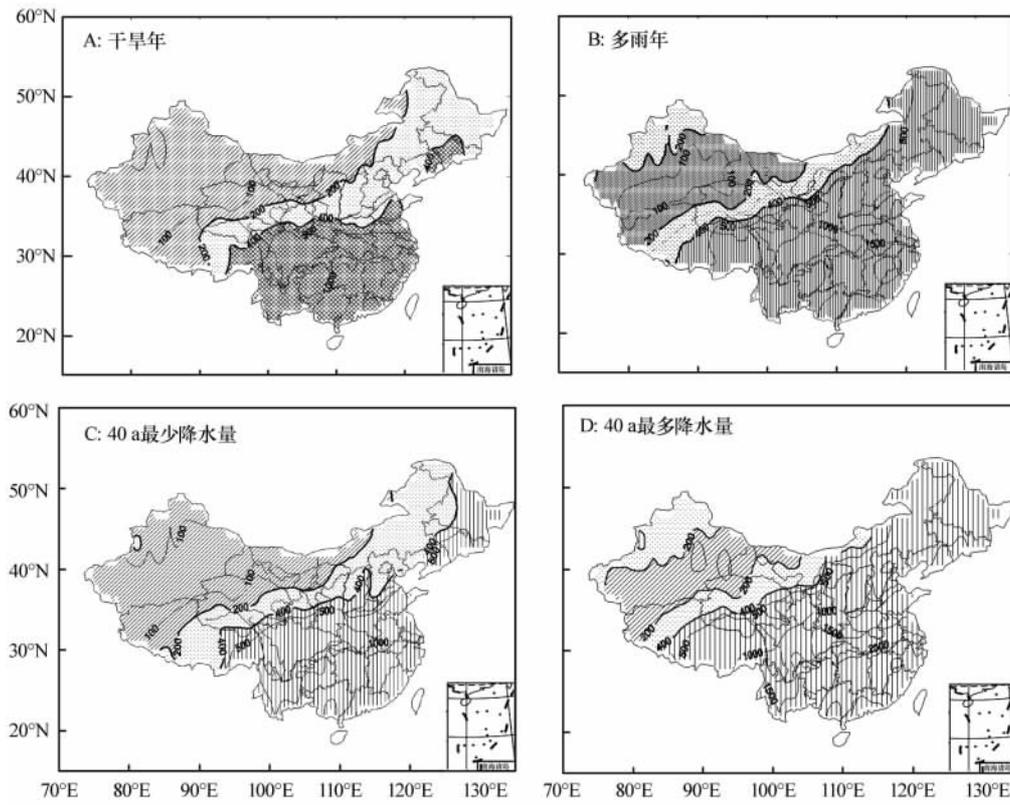


图 4 复合区不同年份降水量分布图

Fig. 4 The spatial patterns of precipitation in different years

且风水蚀复合区的移动趋势同图 4A、图 4B 相近。综上所述，风水蚀复合区在多雨年向东南方向移动；少雨年则向西北方向移动，且干旱年的移动范围大于多雨年的移动范围。

3.1.2 年代际变化

风水蚀复合区 40 a 平均年降水量为 392.3 mm。用降水量分析，区域位置具有明显的年代际变化(表 2)。20 世纪 60 年代和 70 年代其区域中心分别位于(43°26' N, 117°40' E)和(43°29' N, 117°38' E)，比多年平均状态(42°30' N, 116°31' E)偏东 1 个经度和 1 个纬度；而 80 年代和 90 年代其区域中

表 2 风水蚀复合区年代平均降水量及其位置

Table 2 The decadal average rainfall and core location in wind-water complex erosion region

时段(20 世纪)	降水量/mm	平均经度(°)	平均纬度(°)
多年平均	392.3	116.52	42.50
60 年代	416.3	117.66	43.44
70 年代	379.5	117.63	43.48
80 年代	393.3	115.47	41.63
90 年代	380.2	115.86	41.85

心分别位于(41°38' N, 115°28' E)和(41°51' N, 115°52' E)，比多年平均状态偏西偏南 0.5~1 个经度和纬度，即 1980—1990 年比 1960—1970 年整个风水蚀复合区区域位置的年代际位移最大可达 1.5~2 个纬度或经度。

图 5 给出了以降水圈定的 20 世纪 60 年代到 90 年代 40 a 内，10 个最多雨年和 10 个最少雨年风水蚀复合区的位置和范围。在连续极端多雨的情况下，该区域的年降水量达到 450 mm 以上，风水蚀复合区位置西移到马尔逊河-锡林浩特-正白旗以西，且宽度变窄，范围变小。东边界(450 mm 等雨量线)收缩到气候平均位置的西界位置。在科尔沁沙地，降水量将增加到 450 mm 左右，干旱范围收缩并超过多年平均降水量等值线界定得风水蚀复合区界限之外；在连续极端干旱的情况下，该区的年降水量减少到 300 mm 以下，研究区位置大幅度东移，宽度变宽，范围扩大。西边界(300 mm 等雨量线)东扩到气候平均位置的东界。科尔沁沙地的降水量则减少到 250 mm 以下，干旱范围扩张。

3.1.3 多年际变化

为了更好地表示风水蚀复合区的多年际连续变化与降水之间的关系，笔者选取 4 个代表不同风水

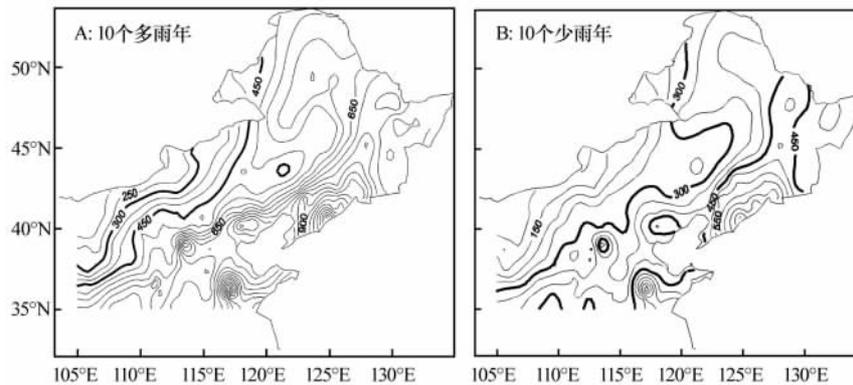


图 5 10 个多雨年和 10 个少雨年风水蚀复合区的位置和范围

Fig. 5 The location and geographical scopes of wind-water complex erosion region during both wet ten years and dry ten years

蚀程度的观测站的降水资料进行分析,分别是通过(43°45' N, 122°16' E)、多伦(42°11' N, 116°28' E)、东胜(39°50' N, 109°59' E)和盐池(37°47' N, 107°24' E)4站,并对其近 50 a 的降水资料做回归分析(图 6)。由图 6 可以分析得出,各站 1950 年(或建站年代起)到 2003 年的 50 a 左右时间里,降水量每年都有所波动,部分年代波动幅度较大,其线性回归方程的回归系数分别为: -1.6537(通辽)、-0.0643(多伦)、-0.5643(东胜)、-0.2635(盐池)。由此可见,4 个代表站的年降水量均呈现出不同程度的减少,其中以位于覆沙平原亚区的松辽流域东北部的通辽站减少速度最快。由统计资料可得,通辽和多伦多年平均降水量为 374 mm 和 387 mm,近 50 a 降水量总体减少 16.5 mm/10a 和 0.6 mm/10a,减

少量通辽比多伦更明显,变化过程是波动式的。通辽和多伦 20 世纪 50 年代和 90 年代降水都偏多,但通辽 70 年代到 80 年代中期比较干旱,多伦的干旱时段则主要集中在 60 年代。西北部的东胜多年平均年降水量为 389 mm,西南部的盐池仅 274 mm。近 50 a 降水量略有减少,但并不明显,递减率分别为 5.6 mm/10a 和 2.6 mm/10a,变化过程也是波动式的。东胜 50 年代中期到 60 年代中期、80 年代中期到 90 年代中降水偏多。盐池的多雨时段在 60 年代和 90 年代。由此可见,风水蚀复合区中降水的变化与图 4 中复合区的变化存在一定的关联性,降水量增加,风水蚀复合区随雨带前进;降水量减少,风水蚀复合区随雨带回缩。并且,随着气候变暖,降水量减少,风水蚀复合区整体随雨带后退。

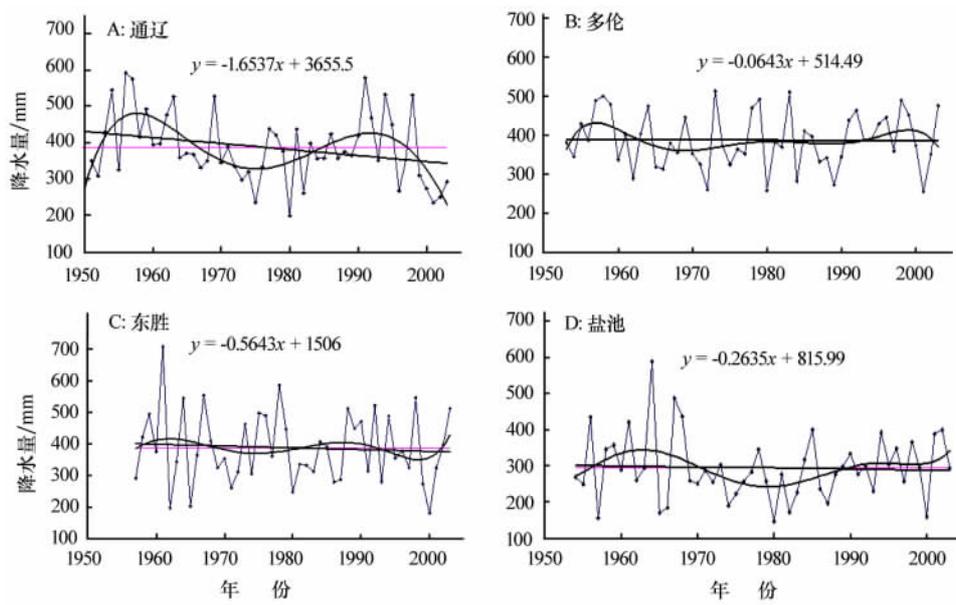


图 6 代表站降水量年际变化曲线

Fig. 6 Variation of annual precipitation in representative stations in wind-water complex erosion region

### 3.2 生态环境的脆弱性

#### 3.2.1 风水蚀复合区大雨变化

气候变化对生态环境造成一系列影响,其中包括对风水蚀复合区的灾害性天气的影响。按国家气象局制定的统一标准,日雨量 $\geq 50$  mm的降水为暴雨,日雨量 $\geq 25$  mm的降水为大雨。风水蚀复合区暴雨少,大雨是成灾的重要雨型。风水蚀复合区大雨的主要特征是次数少、时间短、面积小、强度高。大雨一般出现在 4—10 月,以 7、8 月为最多。笔者选取具有代表性的多伦和盐池气象站的降水数据进

行分析(图 7A、图 7B)。

由图 7 可知,大雨日数具有较大的年际变化,且以 0.2 次/10a 的速率呈线性增长趋势,即从 20 世纪 50 年代初的大约 1.5 次 $\cdot$ a $^{-1}$ 增加到 90 年代的大约 2.5 次 $\cdot$ a $^{-1}$ 。最少年(1951 年,1955 年,1956 年,1972 年,1980 年,1992 年)全年没有出现 1 次大雨;最多的 1995 年曾出现了 5 次大雨,次数多的 1958 年,1974 年,1979 年,1983 年,1993 年和 1999 年均均有 4 次。近 50 a 内有 6 a 未出现大雨,其中 5 a 在 1980 年以前;7 a 多大雨年中有 4 a 在 1980 年以后。

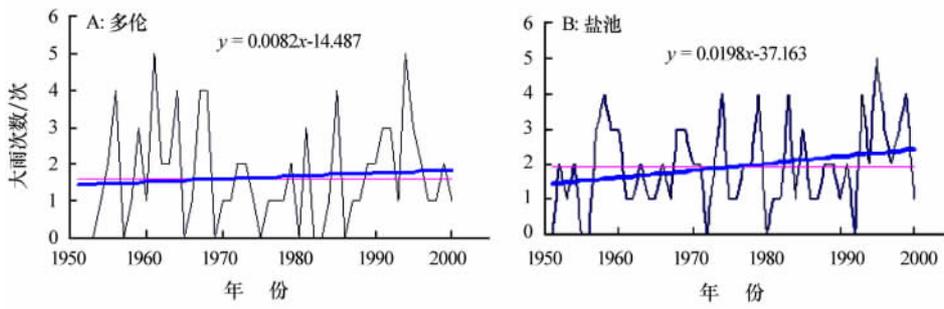


图 7 大雨日数年际变化曲线

Fig. 7 Variation of annual rain storm day frequency in representative stations in wind-water complex erosion region

#### 3.2.2 大风沙尘暴

按气象观测标准,8 级(风速 $\geq 17.2$  m $\cdot$ s $^{-1}$ )为大风。规定的 24 h 内出现大风定为一个大风日。风水蚀复合区大部分地区年平均风速较大,一般在 3~4 m $\cdot$ s $^{-1}$ ,最大风速达 29 m $\cdot$ s $^{-1}$ ,春、秋两季尤甚,春季平均风速 4~5 m $\cdot$ s $^{-1}$ 。风水蚀复合区年大风日数在 15~70 d,自西北向东南减少。东北部的多伦年均大风日数 68 d,每 5 d 中就可能出现 1 次大风,而西南部盐池的年平均大风日数仅 15 d。随着气候变暖,大风日数逐渐减少,大风带逐渐向北退缩。近 40 a 来东北部 5 站[通榆、通辽(科尔沁区)、赤峰、多伦、张北]平均大风日数的减少率为 2.6 d/10a;西南部 5 站(大同、四子王旗、包头、东

胜、榆林)减少率为 7.5 d/10a。全区平均变化率 -5 d/10a;西南部减少得比较明显(图 8)。

为了更好地表示大风日数的变化,选取了 4 个代表站的气象资料进行分析。从代表站年大风日数的年际变化曲线(图 9)看出,风水蚀复合区多数站的大风日数总体呈线性下降趋势。多伦的下降速率最明显,达到 11.5 d/10a,东胜和盐池的下降速率也比较明显,分别为 8.3 d/10a 和 4.3 d/10a。但通辽站在近 40 多年大风日数有弱增加趋势,增加速率为 2.5 d/10a。大风日数的变化比较复杂,不同地区,不同时段大风日数随时间的变化有较大差异。

## 4 气候变化对风水蚀复合区的影响

由于人类活动和燃烧化石燃料,使大气 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 等温室气体的不断排放,目前全球大气 CO<sub>2</sub> 浓度以每年 1.2~1.8 mg $\cdot$ kg $^{-1}$  的速度增长。按照目前的速度,到 21 世纪中期,大气 CO<sub>2</sub> 浓度将达到 500 mg $\cdot$ kg $^{-1}$ ,21 世纪末将达到 650~700 mg $\cdot$ kg $^{-1}$ ,而大气中 CH<sub>4</sub> 的浓度近年来每年大约以 0.5% 的速率递增。据预测如果温室气体以目前的排放速率持续下去,地球表面的气温有可能每 10 a 上升 0.2 $^{\circ}$ C,100 a 后的全球平均温度将约增加 2 $^{\circ}$ C<sup>[11]</sup>。随着全球气候变化,其对风水蚀复合区的影

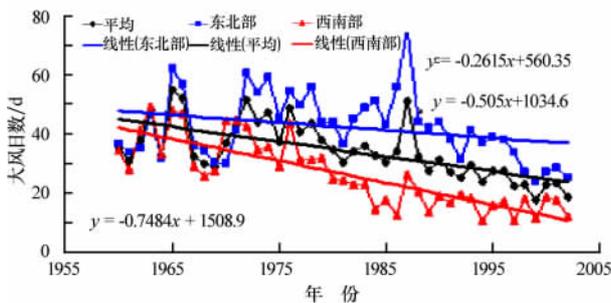


图 8 不同区域的大风日数随时间变化趋势

Fig. 8 Variation of annual strong wind day frequency in different sub-areas of wind-water complex erosion region

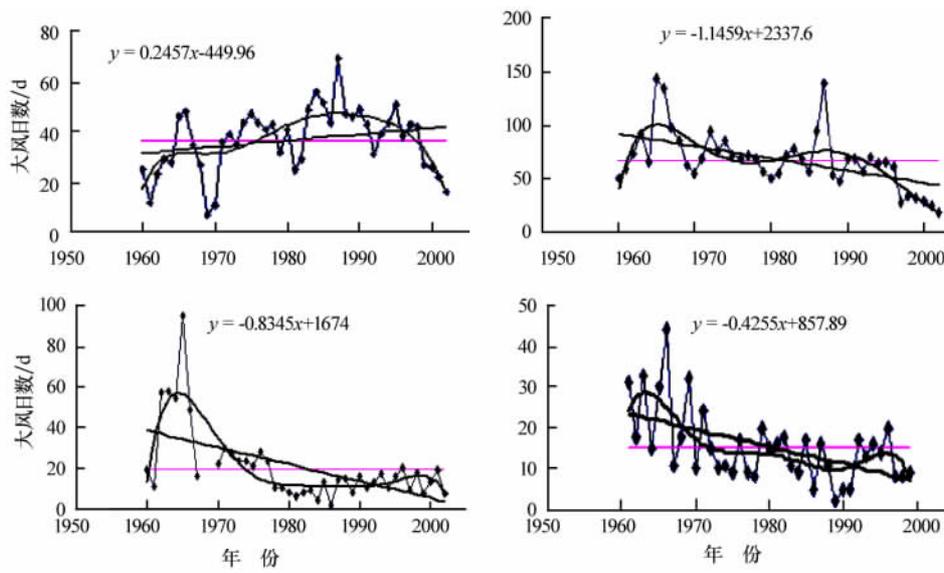


图 9 代表站年大风日数变化曲线

Fig. 9 Variation of annual strong wind day frequency in the representative stations in wind-water complex erosion region

响有:

气候变化将引起风水蚀复合区位置移动。气候变暖,土壤水分蒸发量增加,若没有足够的降水增加,必然导致风水蚀复合区在空间上的移动<sup>[12]</sup>。在CO<sub>2</sub>浓度倍增,温度升高、降水不增加的情况下,风水蚀复合区将向东南扩张。假定温度增加2℃,根据风水蚀复合区63个站点1961—1995年的气候资料,计算了降水量不变、降水增加5%、10%、20%4种情况下,风水蚀复合区的可能移动幅度。结果表明,在温度增加2℃、降水不变时,风水蚀复合区范围向东南扩张,北界移动相对较少;在温度增加2℃、降水增加5%时,风水蚀复合区向东南移动较少;降水增加10%时,风水蚀复合区的位置基本上与目前的位置一致;降水增加20%时,风水蚀复合区的北界甚至北移。

气候变化对风水蚀复合区农业的影响。气候变暖后,由于温度升高引起的蒸发加大,以及风速、大风日数增加,土壤表层水分散失亏损,致使农田更加干旱,荒漠化加速发展,本来生产水平低下、产量不稳的农业生产面临更大威胁<sup>[13-15]</sup>。自然驱动因子将有利于土壤侵蚀的发展。土壤侵蚀将有进一步发展的趋势。

## 5 结论

风水蚀复合区是农牧交错带中较为敏感的区域,有着气候地貌多样化、侵蚀动力多样化、生态问题严重的特点。其主要结论为,如风水蚀复合区随着降水的增加而向大陆内部移动;降水减少,则移动

方向相反。全球气候增加2℃、降水不变时,风水蚀复合区范围向东南扩张,北界移动相对较少,并将进一步加剧风水蚀复合区的土壤侵蚀。

## 参考文献 (References):

- [1] 范锦龙,张艳,李贵才.北方农牧交错带中部区域气候变化特征[J].气候变化研究进展,2007,3(2):91-94.
- [2] 王涛,屈建军,姚正毅,等.北方农牧交错带风水蚀复合区水土流失现状与综合治理对策[J].中国水土保持,2008,6(1):28-36.
- [3] 李栋梁,吕兰芝.中国农牧交错带的气候特征与演变[J].中国沙漠,2002,22(5):47-50.
- [4] 姚正毅,屈建军,郑新民,等.北方农牧交错带风水蚀复合区水土流失现状、分布特点及发展趋势[J].中国水土保持,2008(12):63-66.
- [5] 常月明,王军花,赵爱荣,等.半干旱区农牧交错带风水交互侵蚀特点研究[J].内蒙古师范大学学报,2006,35(4):485-489.
- [6] 张伟民,屈建军,杨根生,等.北方农牧交错带风水蚀复合区水土流失防治目标与措施配置研究[J].中国水土保持,2009(1):38-41.
- [7] 董满宇,江源,任斐鹏,等.近50a来北方农牧交错带气温变化趋势及突变分析[J].中国沙漠,2010,30(4):926-932.
- [8] 刘红来,王艺萌,窦潇,等.农牧交错带研究进展[J].生态学报,2009,29(8):4420-4425.
- [9] 唐克丽.中国水土保持[M].北京:科学出版社,2004.
- [10] 朱丽,秦富仓,杨翠林,等.阴山北麓农牧交错带土壤侵蚀驱动机制研究[J].水土保持研究,2008,15(5):34-37.
- [11] 秦大河,陈宜瑜,李学勇,等.中国气候与环境演变(上卷)[M].北京:科学出版社,2005.
- [12] 裴国旺,赵艳霞,王石立.我国北方农牧交错带生态环境影响分析[J].中国人口资源与环境,2001,11(51):49-50.

- [13] 周立华, 马永欢, 马绍休. 中国北方农牧交错带风水蚀复合区的粮食与退耕还林问题[J]. 中国沙漠, 2007, 27(4): 552—557.
- [14] 董光荣, 苏志珠, 马义娟. 中国北方农牧交错带农业经营方向初探——以晋陕蒙甘宁青地区为例[J]. 中国沙漠, 2002, 22(5): 428—438.
- [15] 李加洪, 蒋卫国, 武建军. 基于遥感与 GIS 的北方农牧交错带生态环境背景状况评价与分析[J]. 中国沙漠, 2007, 27(1): 71—75.

## The Effect of Climate Change on Wind-water Complex Erosion Region

AN Zhi-shan<sup>1</sup>, LI Dong-liang<sup>2</sup>, WANG Tao<sup>1</sup>, ZHANG Wei-min<sup>1</sup>, QU Jian-jun<sup>1</sup>

(1. Dunhuang Gobi and Desert Ecological and Environment Research Station/Key Laboratory of Desert and Desertification, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 2. College of Atmospheric Science, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China)

**Abstract:** The wind-water complex erosion region is a sensitive part of agro-pasture interlocked zone in northern China, and has significant response to global climate change. The concept and geographical scope of the wind-water complex erosion region have been defined through on-the-spot investigation and meteorological data analysis. In the wind-water complex erosion region, wind and water have combined action, and ecological environment there is vulnerable. Therefore, the diverse weather and erosion forces give rise to soil erosion and desertification, which are serious in the wind-water complex erosion region. It has also developed unique geomorphologic landscape. The boundary of wind-water complex erosion region is influenced by precipitation and it exhibits a characteristic of north-south direction swing. It moves to southeast in dry years, and to northwest in humid years.

**Keywords:** climate change; agro-pasture zigzag zone; wind-water complex erosion region