

气候变化对浑善达克沙地沙漠化影响的评估

白美兰¹ 郝润全² 邸瑞琦¹ 刘宏伟¹

1 内蒙古气候中心, 呼和浩特 010051

2 内蒙古气象科技开发中心, 呼和浩特 010051

摘要 利用近43年气象观测资料, 分析得出浑善达克沙地气温在逐年升高, 而降水量、蒸发量、平均风速、大风日数、沙尘暴日数总体呈逐年减少态势。其中温度升高、降水减少和极端气候事件的增多加剧了浑善达克沙地沙漠化的发展; 平均风速逐年减少对该地区沙漠化治理有利。但进入本世纪以后, 蒸发量、大风日数和沙尘暴日数有增加趋势, 同时通过1976、1987和2002年的遥感卫星监测结果验证: 流动沙地面积不断增加, 进一步表明浑善达克沙地的沙漠化局部正在扩展, 这与该地区气候的变化有关。

关键词 浑善达克沙地 气候变化 沙漠化 评估

文章编号 1006-9585 (2006) 02-0215-06 **中图分类号** P468 **文献标识码** A

Assessment of Climatic Variation Impact on Desertification of Onqin Daga Sandland

BAI Mei-Lan¹, HAO Run-Quan², DI Rui-Qi¹, and LIU Hong-Wei¹

1 Inner Mongolia Climate Center, Huhhot 010051

2 Inner Mongolia Meteorological Scientific and Technological Center, Huhhot 010051

Abstract Based on the meteorological observation data in the last 43 years, the increasing of temperature, and the decreasing of precipitation, evaporation, mean velocity, gal and dust storm days in Onqin Daga sandland was pointed out. The increasing of the mean temperature and extreme climate incidents, as well as the decreasing of precipitation intensify the desertification, meanwhile, the decreasing of velocity is advantageous for defending desertification in Onqin Daga sandland. But the evaporation, gale and dust storm days have increasing trend after 2000, and we found that the area of the moving sand is enlarging in Onqin Daga sandland by analyzing the satellite sounding monitoring information in 1976, 1987, and 2002. This demonstrates that the development of desertification has close relationship with climatic change.

Key words Onqin Daga sandland, climatic change, desertification, assesement

1 引言

浑善达克沙地位于内蒙古自治区中部, 其分布区域为(42°N~43°45'N, 113°30'E~117°30'E), 纵贯锡林郭勒草原, 平均拔海高度1100多米, 总

面积710万hm², 是影响京津地区的重要风沙源地之一。

20世纪30、40年代, 该沙地是我国著名的有水沙地, 在沙地中分布着众多的小湖、水泡子和沙泉, 还有时令性河流。那时的浑善达克沙地水草丰美, 植被较好, 主要有榆、柳树及一些灌木

和沙生植物,有大小湖泊 100 多个,景观奇特,风光秀丽,当时有人称它为“塞外江南”,也有人称它为“花园沙漠”。由于野生动植物资源比较多,也是候鸟的产卵繁育地,还有很多珍稀的植物和药材^[1]。

但近年来,由于全球气候变暖,尤其是 20 世纪 90 年代以来干旱化严重,湿地变干,泡沼干涸,地下水位下降,以及极端气候事件发生频率的增加,导致沙漠化的局部发展^[2]。造成这一现象的原因很多,既有自然因素,又有人为因素。一方面恶劣的气候条件导致沙漠化的发生与发展,促进了沙漠化的进程,造成自然沙漠化范围的扩大;另一方面随着农牧业人口、牲畜头数等的逐年增多,使土地利用的压力加大,人类利用自然资源的强度升级,如开荒、过度放牧、乱砍乱伐等对下垫面的干扰加剧,人类的不合理活动打破了下垫面表层原有的稳定结构,在外营力风的作用下,诱发和促进了沙漠化的进程^[3]。

近年越来越多的科学家正在关注浑善达克沙地的生态恢复,经过几年的实践,逐步探索出一条比较成功的路子,生态环境逐步得到好转。如沙地采用封育为主,飞机播种,造林种草相结合,带、片、网相结合,乔、灌、草相结合的技术措施,营造复合型生态带,防治沙漠移动,变活化沙区为固定、半固定沙区等等。但在生态工程实施的同时,必须遵循气候变化的规律。此前许多专家分析研究过有关该地区沙漠化的发生发展以及防治对策,但主要考虑的是人类活动对沙漠化的影响^[2,3],而从气候演变方面研究的较少,本文仅从气候变化的角度出发,分析探讨气候要素的变化如温度、降水、蒸发量、大风日数、平均风速、沙尘暴日数以及所发生的极端气候事件等与沙漠化发展的关系,而未考虑人为活动的情况。

2 资料的来源与分析处理

2.1 站点选择

浑善达克沙地是一个东西狭长,南北较窄的区域,沙区中心无气象观测站点,只在周边地区有 11 个相临的气象观测站,分别为锡林浩特市、二连浩特市、阿巴嘎旗、苏尼特左旗、苏尼特右旗、镶黄旗、正镶白旗、正蓝旗、多伦县、太仆

寺旗以及赤峰的克什克腾旗。

2.2 气象资料

选取上述 11 个站 1961~2003 年的历年逐月平均气温,降水量、蒸发量、大风日数、平均风速、沙尘暴日数以及所发生的极端气候事件,并根据遥感资料监测时段,进行资料的同步处理。

2.3 资料分析处理

利用方差分析方法,计算了上述 11 个气象站点资料方差,并进行了 F 检验,验证了各站点气候要素无显著差异。因此,可用 11 个站的平均资料变化趋势来代表浑善达克沙地区域气候变化。遥感卫星资料来源于内蒙古气象卫星遥感中心监测的结果。通过对浑善达克沙地 1976、1987、2002 年的陆地卫星资料进行处理,分析其各土地类型的面积变化情况。

3 气候要素变化对浑善达克沙地演变的影响

从 20 世纪 60 年代初至本世纪,浑善达克沙地的生态环境发生了较大的变化。50 年代之前还是牧草繁茂的草场,而现如今已被风沙吞噬,许多牧民不得不被迫迁徙,成为生态难民。而在沙漠化的漫长演变过程中,气候要素的变化起着重要的作用^[4]。

3.1 气温变化的影响

从 20 世纪 80 年代以来,全球气温持续上升,进入 90 年代以后,这种趋势更为明显,增温幅度为 $0.3\sim 0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[4]。在此背景下,内蒙古浑善达克沙地从 20 世纪 60 年代开始,气温逐渐回升,到 2003 年各季和年升温幅度均在 $1\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右(见表 1),气候变暖趋势明显。

从表 1 可看出,近 43 年来浑善达克沙地冬季增温最为明显,其次是春季、夏季,而秋季增温幅度最小。气温的增高,使牧草生长期延长,应该说是有利于浑善达克沙地生态环境的恢复与沙漠化的治理,但气候的变暖尤其是冬季、春季气温的大幅度增高,使地表蒸发量加大,干旱化趋势加剧。

同时从浑善达克沙地气温年际变化趋势分析(见图 1),可见年平均气温变化趋势是逐年递增的。其 10 年的增温率为 $0.482\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,增温效果

表 1 浑善达克沙地各年代平均气温的变化情况

Table 1 Mean temperature variations of Onqin Daga sandland in different decades (1961—2003)

℃

		1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	2001~2003
冬季	Winter	-16.4	-15.5	-16.1	-14.2	-13.6
春季	Spring	2.4	2.8	3.6	3.9	4.1
夏季	Summer	17.2	18.9	17.4	17.9	19.0
秋季	Autumn	1.9	2.3	2.3	2.8	3.0
全年	Year	1.2	1.7	1.8	2.6	3.1

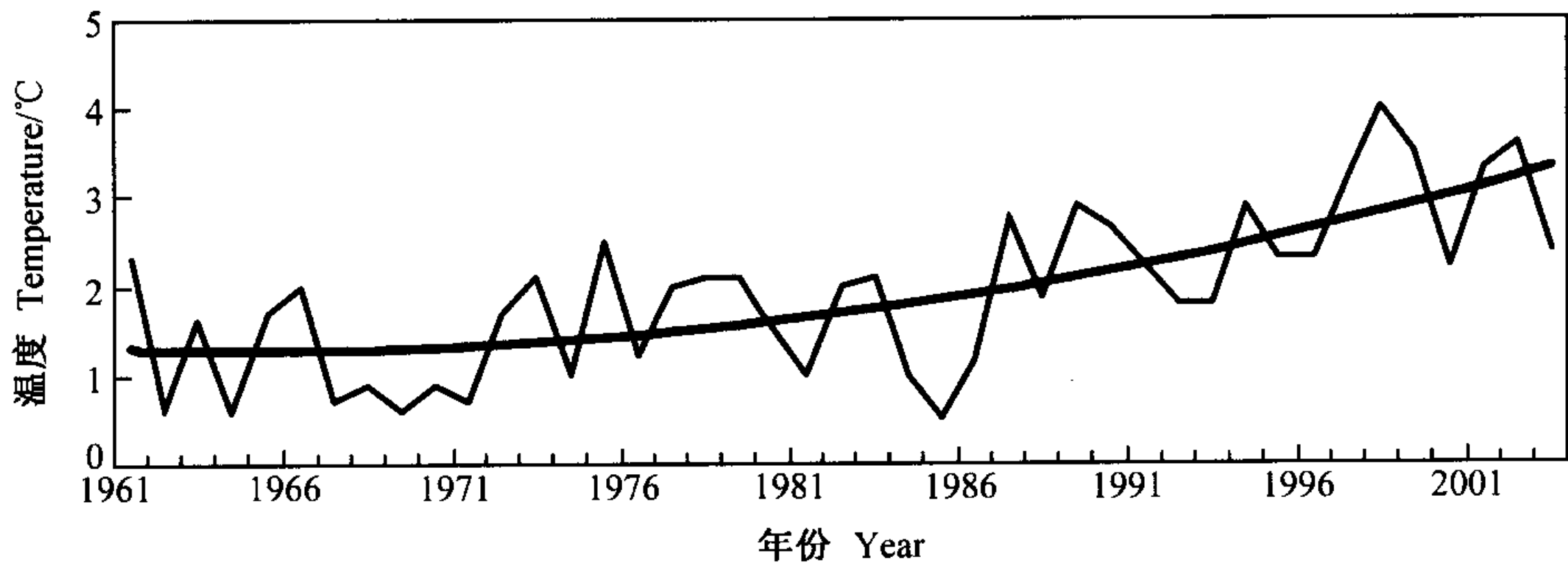


图 1 浑善达克沙地气温年际变化趋势
Fig. 1 Mean temperature variations trend of Onqin Daga sandland in the last 43 years

是显著的。目前正处于升温的高值区域。这与卫星遥感监测到的流动沙地面积增加趋势是一致的，说明气温的升高，加剧了干旱化的趋势，使该地区沙漠化局部有所发展。

3.2 降水量的影响

浑善达克沙地位于半干旱大陆性季风气候区，年降水量为 200~350 mm，并且降水量的年际变率较大，季节分布极不均匀。春季雨量仅占 10% 左右，而 50% 以上的降水量集中在 7、8 两月，阶段性干旱成为制约该地区经济发展的主要因素之一。因此，对于浑善达克沙地这样一个生态环境脆弱及敏感地带，每年降水量的多少，直接影响该地区生态环境的恢复与沙漠化的扩展^[5,6]。

从表 2 可看出，浑善达克沙地各年代四季降水量和年降水量均呈现波动式的变化，20 世纪 60 年代降水较多，从 70 年代到 80 年代降水明显减少，进入 90 年代后，降水总量有所增加，但多为暴雨到特大暴雨，绝大多数台站日最大降水量占全年总降水量的 50% 左右^[4]。而从 2000 年以后，四季和年降水量均明显减少，并降到 40 年以来的最低值，降水总量的锐减以及降水变率增大，使水分的利用效率降低，水资源亏缺现象严重，进一步增大了干旱发生的几率。

从浑善达克沙地降水量的年际变化趋势（图

2）来看，波动性较大，且呈现减少态势。气候趋势倾向率为 -4.1 mm/10 a，未通过显著性检验，说明浑善达克沙地年降水量的减少，属于气候的自然波动。但降水总趋势是逐渐减少的，这将进一步加剧该地区水分的亏缺，导致沙漠化的扩展和面积的增加。

3.3 蒸发量的影响

浑善达克沙地由于其独特的生态地理单元，使气象站蒸发皿测得的蒸发量远远大于降水量，并且季节间和年际间变化较大。

如表 3 所示，四季和年蒸发量的变化趋势并不完全相同。冬季蒸发量在 20 世纪 70 和 80 年代略有减少，而从 90 年代至本世纪逐步增加；春、秋两季蒸发量从 20 世纪 60 年代至今变化较小；夏季蒸发量从 2000 年以后明显增加。年蒸发量从 60 年代开始至 90 年代逐渐减少，到 2000 年以后猛增，并创近 40 多年来的最高值。因此从本世纪开始至今气候要素变化趋势为：气温升高，降水减少，蒸发量加大。气候条件的不利变化，使该沙地沙漠化有局部发展的趋势。这与卫星遥感监测到的流动沙地面积的增加结果基本一致。

3.4 大风天气的影响

浑善达克沙地从 20 世纪 60 年代至 90 年代，四季及年平均风速、大风日数、沙尘暴日数呈减

表 2 浑善达克沙地各年代降水量变化情况

Table 2 Precipitation variations of Onqin Daga sandland in different decades (1961—2003) mm

		1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	2001~2003
冬季	Winter	6.1	6.9	8.3	6.7	5.9
春季	Spring	49.1	45.3	42.2	59.7	44.3
夏季	Summer	250.1	234.8	234.1	260.1	223.1
秋季	Autumn	84.3	71.6	52.1	73.6	40.6
全年	Year	389.6	358.5	336.6	400.2	313.9

表 3 浑善达克沙地各年代蒸发量变化情况

Table 3 Evaporation variations of Onqin Daga sandland in different decades (1961—2003) mm

		1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	2001~2003
冬季	Winter	96.1	89.9	69.9	95.6	96.0
春季	Spring	687.1	715.0	687.7	659.8	699.9
夏季	Summer	770.1	758.5	773.1	739.5	842.9
秋季	Autumn	388.3	359.4	380.1	388.0	356.9
全年	Year	1941.6	1922.9	1911.5	1882.9	1981.3

注：表中蒸发量均为气象站蒸发皿测得的数据
Note: Data in the table got by eoaporating dishes from meteorological stations

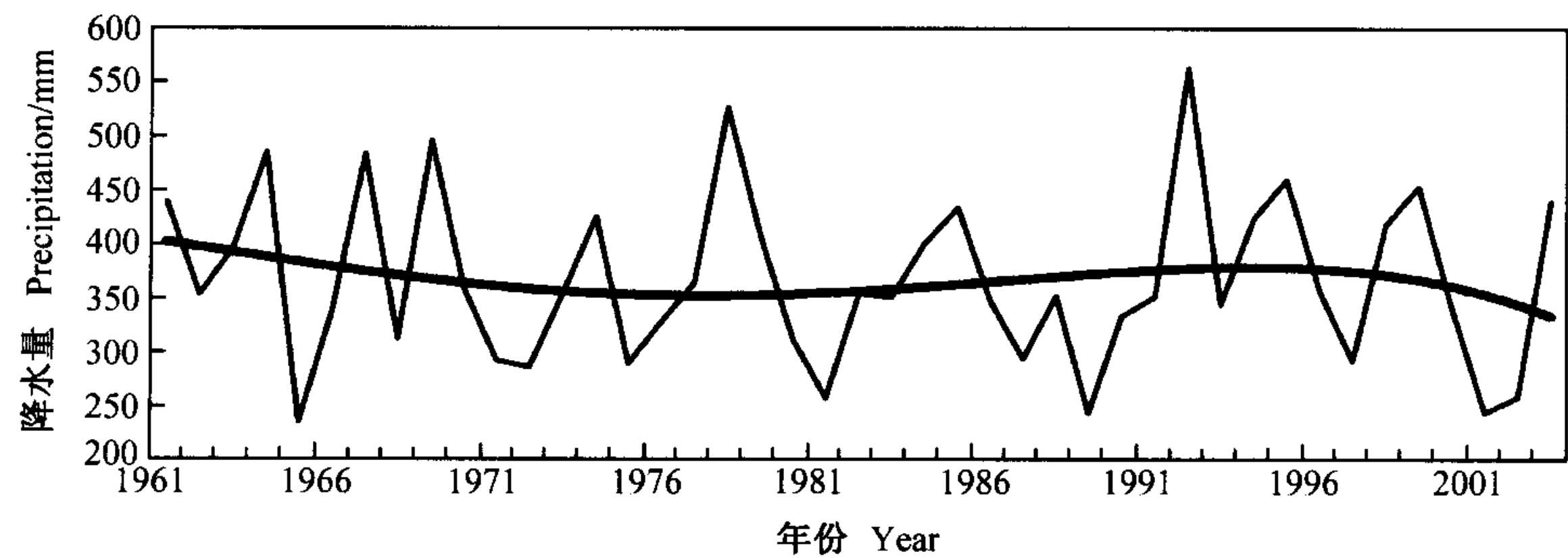


图 2 浑善达克沙地降水量年际变化趋势
Fig. 2 Precipitation variations trend of Onqin Daga sandland in the last 43 years

少的趋势，尤其是年、冬、春季减少的趋势更为明显（见表 4~6）。但从 2000 年以后，大风日数和沙尘暴日数有增加的态势。

表 4 中年平均风速 2001 以后比 60 年代减少 $1.0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，四季减少幅度在 $0.5\sim1.1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间。平均风速减少的可能原因，一是随着全球气候变暖，西风带环流指数减弱，冷空气活动减少，风速逐渐变小；二是由于国家对生态环境建设的重视，加大投入而取得的成效；第三可能是由于城镇发展和规模的扩大，使气象观测站点的周边环境发生变化，导致观测站所测风速比浑善达克沙地实际风速小的缘故。

表 5 中浑善达克沙地 20 世纪 90 年代大风日数累计比 60 年代呈明显减少趋势，尤其是冬、春季和全年减少更多为 3.1~9.2 天；表 6 中浑善达

克沙地 90 年代沙尘暴日数累计比 60 年代减少 1.2~9.7 天。但从 2000 年以后大风日数和沙尘暴日数均有增加的趋势，尤其是冬、春季节。这进一步说明该地区由于近年的连续干旱少雨，使得大风沙尘天气有增加的态势。而风和沙尘暴是沙漠化的动力^[7]，大风和沙尘暴天气的增多，表明近年浑善达克沙地沙漠化局部有扩展的趋势。

3.5 极端气候事件的影响

浑善达克沙地深居内陆，距海远，海拔高，加之由大兴安岭余脉同燕山余脉所构成的天然屏障之阻，使暖湿气流不能完全深入境内，造成浑善达克沙地雨季短促，雨量不足，尤其是连阴雨天气更少，多数为分布不均匀的阵性降水，且降水变率大，故常有区域性或阶段性干旱发生。由于上述气候特点，使浑善达克沙地极端气候事件

表 4 浑善达克沙地各年代平均风速变化情况

Table 4 Mean wind velocity variations of Onqin Daga sandland in different decades (1961—2003) m · s⁻¹

		1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	2001~2003
冬季	Winter	4.8	4.7	4.0	3.7	3.5
春季	Spring	5.4	5.8	5.0	4.3	4.5
夏季	Summer	3.7	3.9	3.8	3.3	3.2
秋季	Autumn	4.4	4.5	4.0	3.8	3.3
全年	Year	4.6	4.7	4.2	3.8	3.6

注：表中的风速均为 10 m 的定时风速
Note: Wind velocities at the height of 10 m in the table recoded regularly

表 5 浑善达克沙地各年代大风日数累计变化情况

Table 5 Accumulation gale days variations of Onqin Daga sandland in different decades (1961—2000) d

		1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	2001~2003
冬季	Winter	13.0	13.1	10.3	9.9	12.3
春季	Spring	37.2	37.1	33.2	28.8	30.7
夏季	Summer	13.8	13.2	15.9	13.6	10.7
秋季	Autumn	14.1	13.7	11.7	16.6	11.7
全年	Year	78.1	77.1	71.1	68.9	65.3

表 6 浑善达克沙地各年代沙尘暴日数累计变化情况

Table 6 Accumulation dust storm days variations of Onqin Daga sandland in different decades (1961—2000) d

		1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	2001~2003
冬季	Winter	1.6	1.4	0.4	0.4	1.3
春季	Spring	8.2	8.4	6.3	2.4	9.3
夏季	Summer	0.8	0.7	0.7	0.0	0.3
秋季	Autumn	1.0	0.9	0.3	0.1	0.3
全年	Year	11.6	11.4	7.7	2.9	11.3

表 7 浑善达克沙地旱灾发生频率

Table 7 Dry damage frequency of Onqin Daga sandland %

		春旱 Spring drought		春夏连旱 Spring-summer drought	夏旱 Summer drought	
		旱 Drought	重旱 Serious drought		旱 Drought	重旱 Serious drought
频率	Frequency	60	27	43	60	17

频发，而干旱是造成该地区沙漠化发展的主要气候事件之一。

从表 7 可看出，浑善达克沙地春旱、夏旱出现频率均达 60%左右，即使是春夏连旱其出现频率也达 43%左右，干旱的频繁发生，严重制约着该地区生态环境的恢复和建设。春旱的年份往往伴随的大风天气也多，由于草场植被差，易起沙尘，常造成沙尘暴危害，而大风和沙尘暴对干旱地表的风蚀严重，并且干旱和大风是近年来浑善达克沙地退化和沙化的主要原因^[7]。春夏连旱又常伴随蝗虫灾害，春夏连旱的年份，往往气温也高，适宜于蝗虫繁衍，而蝗虫对牧草的采食量极大，对地表的植被破坏性很大，进一步加剧了该地区沙漠化的发展。

3.6 气候变化的综合影响

通过对浑善达克沙地气温、降水、大风天气、蒸发量四季和年代际的变化分析，以及极端气候事件—干旱的影响分析，进一步表明从 20 世纪 60 年代至今，浑善达克沙地气温在逐年增高，而降水量逐渐减少，极端气候事件出现频率增高，这些因子的综合作用，尤其在 2000 年以后更为明显。使得浑善达克沙地干旱化趋势加剧，水分亏缺现象严重，生态缺水矛盾突出，特别是浑善达克沙地的西部，由于过度放牧和超载的巨大压力，使该地区生态环境受到严重破坏，生态环境有局部恶化的趋势。

从内蒙古气象卫星遥感中心的遥感监测结果（表 8）也可得出相同的结论。从 1976 年到 2002

表 8 遥感卫星监测的浑善达克沙地代表年各种土地类型所占面积的百分比

Table 8 Percent of various soil types in and total Onqin Daga sandland in model year (1976, 1987 and 2002) by satellite sounding monitoring %

	1976	1987	2002
固定沙地 Static sands	29.58	23.43	21.01
半固定沙地 Half-static sands	27.76	21.50	11.01
草原 Grassland	23.70	22.68	22.57
流动沙地 Moving sands	9.66	11.01	15.85
其他 Others	9.3	21.38	29.56

年期间固定沙地、半固定沙地的面积不断减少, 流动沙地的面积由 9.66% 增加到 15.85%, 增加幅度较大, 而流动沙地面积的增加, 说明了浑善达克沙地局部沙漠化正在发展。这与近年来气候的变干、变暖, 尤其是 2000 年以后气温升高、降水减少、蒸发量增大, 以及大风日数和沙尘暴日数的增加等气候要素的不利变化有关。但从其他土地类型来看, 由 1976 年的 9.3% 增加到 2002 年的 29.56%, 说明从 20 世纪 80 年代以来, 国家致力于浑善达克沙地生态环境的建设, 开始实施大量的生态建设工程, 同时实施一系列生态保护措施, 使人工草地面积和自然植被的地块数量明显增加, 有力遏制了浑善达克沙地生态环境恶化的趋势。同时也说明在目前的气候条件下, 经过人工治理浑善达克沙地的生态环境是可以逐步得到恢复的。

4 结论

(1) 从气候要素的变化来看, 2000 年以后浑善达克沙地气温的升高, 降水的减少, 蒸发量的加大, 大风日数、沙尘暴日数和极端气候事件的增多, 对生态环境恢复不利。气候的不利变化, 加速了浑善达克沙地局部沙漠化的进程。

(2) 从引发沙漠化的大风天气来看, 平均风速的逐渐减少, 对浑善达克沙地生态环境的恢复和沙漠化的治理较为有利。

(3) 实践验证: 在目前的气候条件下, 浑善达克沙地的沙漠化是可以逐步得到治理的。但由

于浑善达克沙地地处生态脆弱带和环境变化敏感地带, 可逆行极强。

(4) 20 世纪 70、80 年代和本世纪的遥感监测结果表明, 浑善达克沙地中流动沙地面积在逐年增大, 表明局部沙漠化正在发展, 这与气候要素的变化密切相关。

参考文献 (References)

- [1] 李孝泽, 董光荣. 浑善达克沙地的形成时代与成因的初步研究. 中国沙漠, 1998, **18** (1): 18~23
Li Xiaoze, Dong Guangrong. Preliminary studies on formative age and cases of Onqin Daga sandland in china. *Journal of Desert Research* (in Chinese), 1998, **18** (1): 18~23
- [2] 董建林. 浑善达克沙地 (局部) 沙化土地动态变化分析. 林业资源管理, 2000, (5): 25~29
Dong Jianlin. Analysis on dynamical variation of land desertification in Onqin Daga sandland. *Forest Resources Management* (in Chinese), 2000, (5): 25~29
- [3] 贾鲜艳, 海棠, 王月琴. 浑善达克地区草场沙漠化原因与防治对策. 中国草地, 2004, **26** (1): 69~72
Jia Xianyan, Hai Tang, Wang Yueqin. The reasons of desertification of desertification of Onqin Daga sandland grassland and control countermeasures. *Grassland of China* (in Chinese), 2004, **26** (1): 69~72
- [4] 白美兰, 沈建国, 裴浩, 等. 气候变化对沙漠化影响的评估. 气候与环境研究, 2002, **7** (4): 457~464
Bai Meilan, Shen Jianguo, Pei Hao, et al. Assessment of climate change impact on desertification. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2002, **7** (4): 457~464
- [5] 王涛. 中国沙漠化研究的若干问题——2 沙漠化研究内容. 中国沙漠, 2003, **23** (5): 1~6
Wang Tao. Study on sandy desertification in china. Part II: Contents of desertification research. *Journal of Desert Research* (in Chinese), 2003, **23** (5): 1~6
- [6] 李香云, 王立新, 章予舒. 近 40 年我国西北荒漠化区降水和气温的时空变异特征——以塔里木河流域为例. 气候与环境研究, 2004, **9** (4): 658~670
Li Xiangyun, Wang Lixin, Zhang Yushu. A study of the Spatial-temporal changes of precipitation and temperature in desertification area in the northwestern china—an example of the Tarim river basin. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2004, **9** (4): 658~670
- [7] 陆均天, 邹旭恺, 王锦贵, 等. 近 3 年我国沙尘天气较频繁发生的原因分析. 气候与环境研究, 2003, **8** (1): 107~113
Lu Juntian, Zou Xukai, Wang Jingui, et al. Analyses of the causes for frequent dust weather occurred in china during the last three years. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2003, **8** (1): 107~113