

文章编号:1000-694X(2006)03-0484-05

# 气候变化对浑善达克沙地生态环境演变的影响

白美兰<sup>1,2</sup>, 郝润全<sup>3</sup>

(1. 内蒙古气象探测资料中心, 内蒙古 呼和浩特 010051; 2. 内蒙古气象研究所, 内蒙古 呼和浩特 010051; 3. 内蒙古气象科技开发中心, 内蒙古 呼和浩特 010051)

**摘 要:** 利用近 43 a 气象观测资料, 分析得出浑善达克沙地气温在逐年升高, 降水量减少, 蒸发量加大, 平均风速、大风日数、沙尘暴日数呈逐年减少态势。其中温度升高、降水减少、蒸发量增加, 对浑善达克沙地生态恢复不利; 而平均风速尤其是大风日数、沙尘暴日数逐年减少对该地区生态保护、建设有利。通过 1976 年、1987 年和 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正在扩展, 这与该地区气候的恶化密切相关。

**关键词:** 浑善达克沙地; 气候变化; 生态恢复

**中图分类号:** X171.1 **文献标识码:** A

浑善达克沙地位于内蒙古自治区中部(42°~43°45'N、113°30'~117°30'E), 纵贯锡林郭勒草原, 平均海拔高度 1 100 m, 总面积 710 万 hm<sup>2</sup>, 是京津地区的主要生态防线。

过去该沙地是我国著名的有水沙漠, 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”。那里野生动植物资源比较多, 是候鸟的产卵繁育地, 还有很多珍稀的植物和药材<sup>[1]</sup>。

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, 以及极端气候事件的增多, 致使树木死亡等, 导致沙漠化的局部发展<sup>[2]</sup>。而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可以导致沙漠化的发生与发展, 促进正在进行的沙漠化进程, 同时也会引起新的沙漠化进程的发生, 造成自然沙漠化发生范围的扩大, 人为沙漠化进程的加速及发生、发展; 另一方面人类活动引发的人为沙漠化进程的扩大, 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<sup>[3]</sup>。此前许多专家分析研究过有关沙漠化的发生发展, 但主要考虑的是人类活动对沙漠化的影响<sup>[4~6]</sup>, 而从气候变化方面研究的较少, 而生态环境的演变是特定气候变化的反映。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演化的关系, 而未考虑人为活动的情况。

## 1 资料的来源与分析处理

### 1.1 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、正兰旗、多伦县、太仆寺旗以及赤峰的克什克腾旗。

### 1.2 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。

### 1.3 资料分析

浑善达克沙地的气候要素变化均指上述 11 个

收稿日期: 2005-01-04; 改回日期: 2005-02-07

作者简介: 白美兰(1964—), 女(汉族), 内蒙古通辽人, 高级工程师, 主要从事气候应用分析工作。Email: nmghrq@sina.com

万方数据

站的平均状况,按照年代际将气象资料做相应的处理。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 年、1987 年、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。其具体过程是:首先利用陆地卫星 TM 资料的 2、3、4 通道合成研究区的假彩色图像,然后进行滤波处理,图像配准及坐标校正到大地坐标上,随后在 Coreldraw 平台上放大到显像元状态(象素点可见),基于典型地段野外调查,进行面斑勾画和面斑类型的解译、判读,然后进行拓扑运算,对不同面斑进行地类编码,进而统计出不同地类所占的百分比。土地类型变化情况包括固定沙地、半固定沙地、流动沙地、草原及其他等(其他主要包括草甸、湖泊、湿地、人工草地等)。

2 气候要素变化对浑善达克沙地生态环境的影响

从 20 世纪 60 年代初至 21 世纪初,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。而在生态环境的漫长演变过程中,气候要素的变化起着重要的作用<sup>[7]</sup>。

2.1 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 0.3~0.6℃<sup>[8]</sup>。在此背景下,内蒙古浑善达克沙地从 60 年代开始,气温在逐渐回升,到 2003 年各季和年升温幅度均在 1℃左右(表 1),气候变暖趋势明显。

表 1 浑善达克沙地年代际平均气温变化情况  
Tab. 1 Decadal variation of mean temperature in Hunshandake sandland during 1961—2003

气温	1961—	1971—	1981—	1991—	2001—
	1970 年	1980 年	1990 年	2000 年	2003 年
冬季/℃	-16.4	-15.5	-16.1	-14.2	-13.6
春季/℃	2.4	2.8	3.6	3.9	4.1
夏季/℃	17.2	18.9	17.4	17.9	19.0
秋季/℃	1.9	2.3	2.3	2.8	3.0
全年/℃	1.2	1.7	1.8	2.6	3.1

从表 1 可看出,近 43 a 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,牧事活动时间变长,应该说是有利于生态环境的恢复与建设,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,同时冬季温度的升

高,有利于害虫的安全越冬,使得病虫害的危害越来越大。如近几年锡林郭勒草原蝗虫成灾,损失较大就是一个典型的事例。

同时从浑善达克沙地气温年际变化趋势分析(图 1),年平均气温变化趋势是逐年递增的。其 10 a 的增温率为 0.482℃,线性拟合值与实况值的相关系数为 0.4518,通过 0.01 的可信度检验,并且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,使该地区沙漠化局部有所发展。这对当地生态环境恢复较为不利。

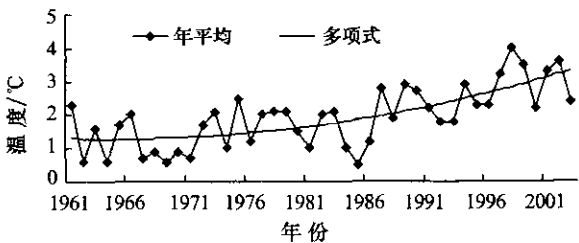


图 1 浑善达克沙地气温年际变化趋势

Fig. 1 Inter-year change trend of mean temperature in Hunshandake sandland

2.2 降水量的影响

浑善达克沙地属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,春旱出现几率较高,且 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脆弱带和环境变化敏感地带来说,每年降水量的多少,直接影响浑善达克沙地生态环境的恢复与建设。

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

表 2 浑善达克沙地年代际降水量变化情况

Tab. 2 Decadal variation of precipitation in Hunshandake sandland during 1961—2003

降水量	1961—	1971—	1981—	1991—	2001—
	1970 年	1980 年	1990 年	2000 年	2003 年
冬季/mm	6.1	6.9	8.3	6.7	5.9
春季/mm	49.1	45.3	42.2	59.7	44.3
夏季/mm	250.1	234.8	234.1	260.1	223.1
秋季/mm	84.3	71.6	52.1	73.6	40.6
全年/mm	389.6	358.5	336.6	400.2	313.9

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,绝大多数台站一日的降水量占全年总降水量的 50% 左右。而从 2000 年至今,四季和年降水量均明显减少,并降到 60 年代以来的最低值,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,使得浑善达克沙地生态环境面临更为严重的考验。

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,且呈现减少趋势。气候趋势倾向率为  $-4.1\text{ mm}\cdot(10\text{a})^{-1}$ ,其拟合的相关系数为 0.0042,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。但降水总趋势的减少,与沙漠化面积的增加是同步的。同时降水变率大造成了地表径流量的增大及洪涝灾害的发生,洪水会搬运大量的泥沙,强劲的降水增强了对地表岩石的破碎作用,产生了巨大的侵蚀力,最终导致沙漠化的形成和扩展,给浑善达克沙地环境治理带来难度<sup>[9]</sup>。

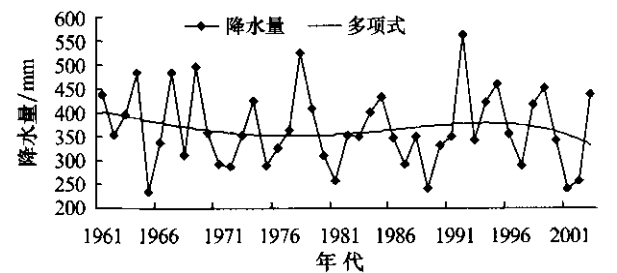


图 2 浑善达克沙地降水量年际变化趋势  
Fig. 2 Inter-year change trend of precipitation in Hunshandake sandland

2.3 蒸发量的影响

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

从表 3 可见,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 年代和 80 年代略有减少,而从 90 年代至今逐步增加;春、秋两季蒸发量从 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 43 a 来的最高值。因此从 21 世纪开始至今,气温升高,降水减少,蒸发量加大,气候恶化趋势明显。气候条件的不利变化,对生态环境的演变以及治理不利。

表 3 浑善达克沙地年代际蒸发量变化情况  
Tab. 3 Decadal variation of evaporation in Hunshandake sandland during 1961—2003

蒸发量	1961— 1970 年	1971— 1980 年	1981— 1990 年	1991— 2000 年	2001— 2003 年
冬季/mm	96.1	89.9	69.9	95.6	96.0
春季/mm	687.1	715.0	687.7	659.8	699.9
夏季/mm	770.1	758.5	773.1	739.5	842.9
秋季/mm	388.3	359.4	380.1	388.0	356.9
全年/mm	1 941.6	1 922.9	1 911.5	1 882.9	1 981.3

2.4 大风天气的影响

浑善达克沙地从 20 世纪 60 年代至今,四季及年平均风速、大风日数、沙尘暴日数总体上呈减少的趋势,尤其是年、冬、春季减少的趋势更为明显(表 4~6)。

表 4 浑善达克沙地年代际平均风速变化情况  
Tab. 4 Decadal variation of mean wind velocity in Hunshandake sandland during 1961—2003

风速	1961— 1970 年	1971— 1980 年	1981— 1990 年	1991— 2000 年	2001— 2003 年
冬季/( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	4.8	4.7	4.0	3.7	3.5
春季/( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	5.4	5.8	5.0	4.3	4.5
夏季/( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	3.7	3.9	3.8	3.3	3.2
秋季/( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	4.4	4.5	4.0	3.8	3.3
全年/( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	4.6	4.7	4.2	3.8	3.6

由表 4 可知,年平均风速 2001 年以来比 20 世纪 60 年代减少  $1.0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,四季减少幅度在  $0.5\sim 1.1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  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,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;三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。

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  $3.1\sim 9.2\text{ d}$ (表 5); 90 年代沙尘暴日数累计比 60 年代减少  $1.2\sim 9.7\text{ d}$ (表 6)。风和沙尘

表 5 浑善达克沙地年代际累计大风日数变化情况  
Tab. 5 Decadal variation of accumulative gale days in Hunshandake sandland during 1961—2003

大风日数	1961— 1970 年	1971— 1980 年	1981— 1990 年	1991— 2000 年
冬季/d	13.0	13.1	10.3	9.9
春季/d	37.2	37.1	33.2	28.8
夏季/d	13.8	13.2	15.9	13.6
秋季/d	14.1	13.7	11.7	16.6
全年/d	78.1	77.1	71.1	68.9

表 6 浑善达克沙地年代际累计沙尘暴日数变化情况  
Tab. 6 Decadal variation of accumulative sandstorm days in Hunshandake sandland during 1961—2003

沙尘暴日数	1961— 1970 年	1971— 1980 年	1981— 1990 年	1991— 2000 年
冬季/d	1.6	1.4	0.4	0.4
春季/d	8.2	8.4	6.3	2.4
夏季/d	0.8	0.7	0.7	0.0
秋季/d	1.0	0.9	0.3	0.1
全年/d	11.6	11.4	7.7	2.9

暴是沙漠化的动力,平均风速特别是大风和沙尘暴天气的减少,为浑善达克沙地生态环境的治理和周边地区的生态环境恢复创造了良好的条件<sup>[10]</sup>。

2.5 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,尤其是普雨和连阴雨天气更少,多数为分布不均匀的阵性降水,且年季降水变率大,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频发,而干旱是造成该地区生态环境恶化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。

表 7 浑善达克沙地旱灾发生频率  
Tab. 7 Occurring frequency of drought disaster in Hunshandake sandland

干旱 种类	春旱		夏旱		春夏 连旱
	旱	重旱	旱	重旱	
频率/%	60	27	60	17	43

众所周知,干旱对浑善达克沙地草原植被生产危害最为严重,对草类来说,浑善达克沙地光、热条件较好,且比较稳定,基本能满足草类生长需要。而对草类生长有影响的不稳定因子主要是生长季降水。春季降水少,返青牧草得不到及时的水分补充,往往减缓了牧草的长势。遇有春旱年份,牧草返青后常会凋萎、黄枯,严重时甚至枯死,造成植被覆盖度降低,而春季大风天气多,极易发生沙尘天气,引起黄沙蔓延,影响京津地区的生态环境。夏季是牧草生长最需水分的季节,夏季降水是影响牧草产量的最主要因素。夏季干旱常造成牧草减产,严重时

草籽不能成熟,冬季干草量低,牲畜采食困难。春夏连旱造成的经济损失最大,常造成牧草产量极低,牲畜采食时间延长,对地表植被的破坏加重。并且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<sup>[9]</sup>。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。

2.6 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、蒸发量的变化以及极端气候事件的影响分析,进一步表明从 20 世纪 60 年代至今,浑善达克沙地气温、蒸发量在逐年增高,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 年以来更为明显。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。而平均风速、大风日数和沙尘暴日数的逐年减少,对浑善达克沙地生态环境的恢复与建设较为有利。

从内蒙古气象卫星遥感中心的遥感监测结果也可得出相同的结论。从 1976 年到 2002 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,如沙地采用封育为主,飞播、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;干旱退化草原重点建设以水为中心、林网配套的高产饲料基地,实行围栏封育、划区轮牧、季节性休牧和舍饲禁牧等方式,同时搞生态移民,合理利用草场;农区和半农半牧区实施退耕还林还草工程,建设配套灌溉饲草料基地和生态经济沟,逐步把沙化地和坡度 15°以上

的坡耕地退下来种树种草等措施。使人工草地面积和自然植被的地块数量明显增加,有力的遏制了浑善达克沙地生态环境恶化的趋势,局部地段的植被开始恢复,生态系统的活力开始增加。经过 2004 年的实地调查,流动沙地上已出现了沙地先锋植物群落,各种灌木开始了拓殖性生长,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。

3 结 论

- (1) 从自然气候的演变来看,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、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,因此浑善达克沙地生态环境的建设工作任重而道远。
- (2) 从引发沙漠化的大风天气来看,平均风速尤其是大风日数和沙尘暴日数的减少,对浑善达克沙地生态环境的恢复、建设较为有利。
- (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,人工治理和恢复的难度很大。
- (4) 20 世纪 70 年代、80 年代和 21 世纪初的遥感监测结果表明,浑善达克沙地植被覆盖度逐年下降,进而导致了地表蒸发加强,涵养水分的能力下

降,使得分布于沙地中的湖泊、湿地的水量减少,有些湖泊甚至彻底干涸。而流动沙地面积的逐年增大,表明沙漠化正在发展。

(5) 浑善达克沙地沙漠化的发生与发展,具有脆弱性、可恢复性和可逆行的三性特征,在治理的同时,必须加大保护的力度和采取有效的措施,否则只能达到事半功倍的效果。

参考文献 (References):

[1] 杨根生. 中国北方沙漠化地区在历史上曾是“水草丰美”之地[J]. 中国沙漠, 2002, 22(5): 36—38.

[2] 白美兰, 沈建国, 裴浩, 等. 气候变化对沙漠化影响的评估[J]. 气候与环境研究, 2002, 7(4): 457—464.

[3] 贾鲜艳, 海棠, 王月琴. 浑善达克沙地草场沙漠化原因与防治对策[J]. 中国草地, 2004, (01): 6—10.

[4] 高志海, 孙保平, 丁国栋. 荒漠化评价研究综述[J]. 中国沙漠, 2004, 24(1): 19—24.

[5] 张英杰, 宋豫秦. 论我国半干旱草原地区沙漠化防治战略的转型[J]. 中国沙漠, 2004, 24(1): 90—93.

[6] 王涛. 我国沙漠化研究的若干问题——沙漠化的研究内容[J]. 中国沙漠, 2003, 23(5): 1—6.

[7] 乌云娜, 裴浩, 白美兰. 内蒙古土地沙漠化与气候变化和人类活动[J]. 中国沙漠, 2002, 22(3): 91—96.

[8] 徐祥德, 吴正华. 华北干旱预研究进展[M]. 北京: 气象出版社, 1999. 44—45.

[9] 董建林. 浑善达克沙地(局部)沙化土地动态变化分析[J]. 林业资源管理, 2000, (5): 25—29.

[10] 王涛, 吴薇, 薛嫻, 等. 中国北方沙漠化土地时空演变分析[J]. 中国沙漠, 2003, 23(3): 446—451.

Impact of Climatic Variation on Ecological Environmental Evolution in Hunshandake Sandland

BAI Mei-lan<sup>1,2</sup>, HAO Run-quan<sup>3</sup>

(1.Inner Mongolia Climate Center, Hohhot 010051, China; 2.Inner Mongolia Meteorological Institute, Hohhot 010051, China; 3.Inner Mongolia Meteorological Scientific and Technological Center, Hohhot 010051, China)

**Abstract:** Having analyzed on the meteorological observation data in recent 43 years, this study has find out the increase of the temperature and the evaporation, the reduction of the precipitation, the mean wind velocity, gale and sandstorm days year by year. The increase of temperature and evaporation, as well as the reduction of precipitation is disadvantageous to the ecological restoration of Hunshandake sandland, but the decrease of wind velocity especially gale and sandstorm days is advantageous. The satellite remote monitoring information in 1976, 1987 and 2002, showed that the area of moving sandland had an increasing trend, which demonstrated a positive development process of desertification in Hunshandake sandland. At the same time, this has explained the close relationship between climatic change and desertification evolution.

**Key words:** Hunshandake sandland; climatic variation; ecological restoration