

气候变化对呼伦湖湿地及其周边地区 生态环境演变的影响

赵慧颖¹, 乌力吉², 郝文俊³

(1. 内蒙古呼伦贝尔市气象局生态与农业气象评估中心, 内蒙古 海拉尔 021008; 2. 内蒙古达赉湖国家级自然保护区管理局, 内蒙古 海拉尔 021008; 3. 内蒙古气候中心, 内蒙古 呼和浩特 010051)

摘要: 利用呼伦湖湿地的气象资料、水体面积、水位深度和生态环境等资料, 回归统计分析表明: (1) 呼伦湖湿地近 45 a 来的气候变化呈现出暖干化趋势, 并且是造成水资源短缺和周边地区生态环境恶化等问题的重要原因。 (2) 呼伦湖水域面积和水位逐渐减小的变化趋势一致。水域面积和水位变化率分别为 $34.78\text{km}^2/10\text{a}$ 、 $0.27\text{m}/10\text{a}$ 。且 1959 ~ 1963 年、1983 ~ 1991 年为缓慢的增加(上升)时期, 1964 ~ 1982 年、1992 ~ 2006 年为逐年减少(下降)时期, 21 世纪初至今减少(下降)幅度最大。 (3) 降水量与湖面面积、水位呈正相关, 年及四季降水量增加 10mm, 湖面面积约增加 2 ~ 19km^2 。气温和蒸发量与湖面面积、水位相关为显著的负相关, 年及四季气温升高 1°C , 湖面面积约减少 28 ~ 80km^2 , 水位约下降 4cm 左右。 (4) 受显著的暖干化影响, 湖周边沙漠化面积已超过 100km^2 ; 到 1997 年草场的退化面积占可利用草场总面积的 30% 以上; 1974 年以来植被的盖度降低 15% ~ 25%, 连续干旱的 2003 ~ 2005 年与降水量较多的 2002 年相比, 克氏针茅高度降低 11cm, 羊草、苔草、多根葱和小针茅降低 2 ~ 4cm; 草地初级生产力下降 30% ~ 50%; 优良牧草比重下降, 严重退化草场的产草量不足原来的 20%。

关键词: 气候变化; 生态系统退化; 呼伦湖湿地

文章编号: 1000-0933(2008)03-1064-08 中图分类号: Q143 文献标识码: A

Influences of climate change to ecological and environmental evolvement in the Hulun Lake wetland and its surrounding areas

ZHAO Hui-Ying¹, WU Li-Ji², HAO Wen-Jun³

1 Assessment Center on Ecology and Agrometeorology of the Hulunbeier City, Inner Mongolia, Hailaer 021008, China

2 Administrative Bureau of the Dalai Lake National Nature Reserve, Inner Mongolia, Hailaer 021008, China

3 Climate Center of Inner Mongolia, Huhehaote 010051, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(3): 1064 ~ 1071.

Abstract: Using meteorological data, water area and water level data, and ecological data in the Hulun Lake area, we analyzed influences of regional climate change to wetland ecosystem evolvement of the Hulun Lake area. Regression analyses shows (1) climate change presented a warmer and dryer trend during last 45 years that might be the major cause of water resources deficit and ecosystem degradation; (2) water area and level indicated a consistent trend with an average changing rate of $34.78\text{km}^2/10\text{a}$ and $0.27\text{m}/10\text{a}$, concretely, slowly increase during 1959 — 1963 and 1983 — 1991, decrease during 1964 — 1982 and 1992 — 2006 with maximum decrease from 2000 to 2006; (3) a positive correlation was detected between water area/level and precipitation with a changing rate of 2 — 19km^2 increases of water area per 10mm increase in seasonal

基金项目: 内蒙古自治区自然科学基金资助项目(200308020512)

收稿日期: 2007-03-06; 修订日期: 2008-01-20

作者简介: 赵慧颖(1964 ~), 男, 黑龙江省讷河县人, 硕士生, 高级工程师, 主要从事气候与生态研究. E-mail: zhaohyy2008@yahoo.com.cn

Foundation item: The project was financially supported by Natural Science Foundation of the Inner Mongolia Autonomous Region (No. 200308020512)

Received date: 2007-03-06; Accepted date: 2008-01-20

Biography: ZHAO Hui-Ying, Master candidate, Senior Engineer, mainly engaged in climate and ecology. E-mail: zhaohyy2008@yahoo.com.cn

and annual precipitation, whereas negative correlations were found between water area/level and air temperature and evaporation, respectively, with a changing rate of $28 - 80\text{km}^2$ and 4cm decreases of water area and water level per 1°C increase in seasonal and annual temperature; (4) induced by warmer and dryer climate, the desertification area increased to over 100km^2 , degradation area of pasture accounted for 30% of the total area, the vegetation coverage decreased 15%—25% since 1974, and the primary production decreased 30%—50% and less than 20% in the most severe area.

Key Words: climate change; ecosystem degradation; wetland of the Hulun Lake

呼伦湖也称达赉湖^[1,2],是中国第五大淡水湖,也是东北地区第一大湖。位于内蒙古东北部呼伦贝尔市境内呼伦贝尔大草原中部新左旗、新右旗和满洲里市之间,东经 $117^\circ00'10'' \sim 117^\circ41'40''$,北纬 $48^\circ30'40'' \sim 49^\circ20'40''$,湖水面积约 2339km^2 ,加上周边草原共 7400km^2 于 1992 年被批准为国家级湿地自然保护区,在呼伦贝尔草原的生态保护和经济发展中,其水域与湿地发挥着不可替代的重要作用。但近 40 多年以来,由于气候变化和人类活动的影响,湖水水位逐年下降、水域面积减小、湿地萎缩,致使湖周大面积芦苇消失、渔业资源濒临枯竭和大量珍稀鸟类迁移。目前,呼伦湖湿地生态环境正在急剧恶化,严重威胁着东北乃至华北地区的生态安全。

20 世纪 70 年代以来许多专家以三江平原湿地、三江源湿地、南方湿地为研究对象,发表了很多人类活动对湿地生态环境影响的论文^[3~7],很少看到从气候变化方面的研究成果,而关于气候变化对呼伦湖湿地生态环境影响的研究成果就更为少见。因此,本文通过对呼伦湖湿地的现状、生态环境的观测、调查和文献资料综合整理,从气候、生态学的角度探讨气候变化对呼伦湖湿地生态环境演变的影响,希望能为呼伦湖湿地的生态环境恢复、建设、利用和科研工作提供一些基础的、科学的依据。

1 材料与方法

1.1 资料来源

选取呼伦湖湿地所在地区的呼伦贝尔市新右旗、新左旗和满洲里市 1961~2005 年的年、四季气温、降水和蒸发量观测资料,并对气象资料进行了区域平均计算,以区域各站点平均序列代表该地区的气候序列;呼伦湖区域 1959~2006 年的水体面积、水位深度、生态环境资料来源于呼伦贝尔市生态与农业气象评估中心、达赉湖国家自然保护区管理局、满洲里市气象局、水文站和呼伦湖水产环保研究所的监测资料及文献^[2,8~11]记载。

1.2 分析方法

采用回归统计方法计算呼伦湖湿地的气候要素年、季序列的气候倾向率^[12~17],即以年代 t 为时间因子,气候要素 x 为模拟对象,建立 x 与 t 之间的线性回归方程: $x(t) = c + bt$, c 、 b 为待定系数,其中 b 为气候要素趋势,若 $b > 0$ 表示气候要素呈上升趋势, $b < 0$ 表示气候要素呈下降趋势, $b \times 10$ 称为气候倾向率,单位为:气象单位/10a。采用相关系数法进行气候要素变化趋势的显著性检验。另外结合呼伦湖区域水体面积、水位深度资料进行对比分析。

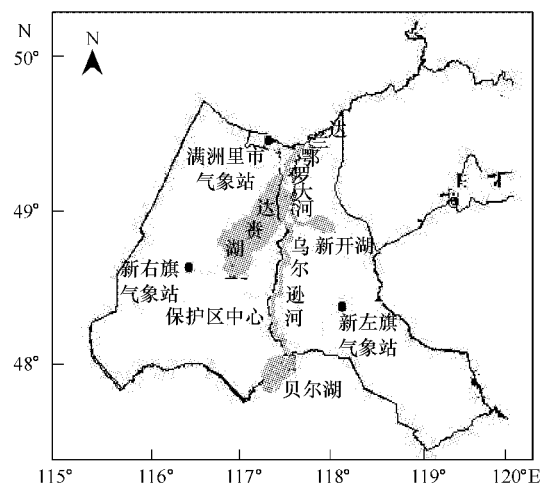


图 1 呼伦湖湿地和气象站点的位置

Fig. 1 Location of wetlands and meteorological stations in the Hulun Lake area

2 结果与分析

2.1 气候变化趋势分析

2.1.1 气温变化趋势

图 2 是 1961~2005 年呼伦湖湿地春、夏、秋、冬和年平均气温序列变化曲线,其气候倾向率按一阶线性趋势方程计算得出,为显现年代际的变化,由 2 阶多项式拟合了其变化趋势。由图 2 可以看出,近 45a 来呼伦湖湿地四季及年平均气温普遍升高,其冬季和年平均气温升幅最大,冬、春两季升幅要大于夏、秋季,但就气温升高的显著性水平而言,年和冬、春两季均达到了 0.01 的信度,而夏、秋季仅达到了 0.05 的信度,说明年平均气温的升高主要是由于冬、春季平均气温的升高引起的。但值得关注的是,2 阶多项式拟合的变化趋势表明,呼伦湖湿地春、夏、秋、冬和年平均气温变化均呈升高趋势,气候倾向率分别为 $0.45^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.40^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.34^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.58^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 和 $0.48^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。进入 21 世纪后,呼伦湖地区春、夏、秋、冬和年平均气温处于“峰值”区域,夏季增温加剧的趋势十分明显。

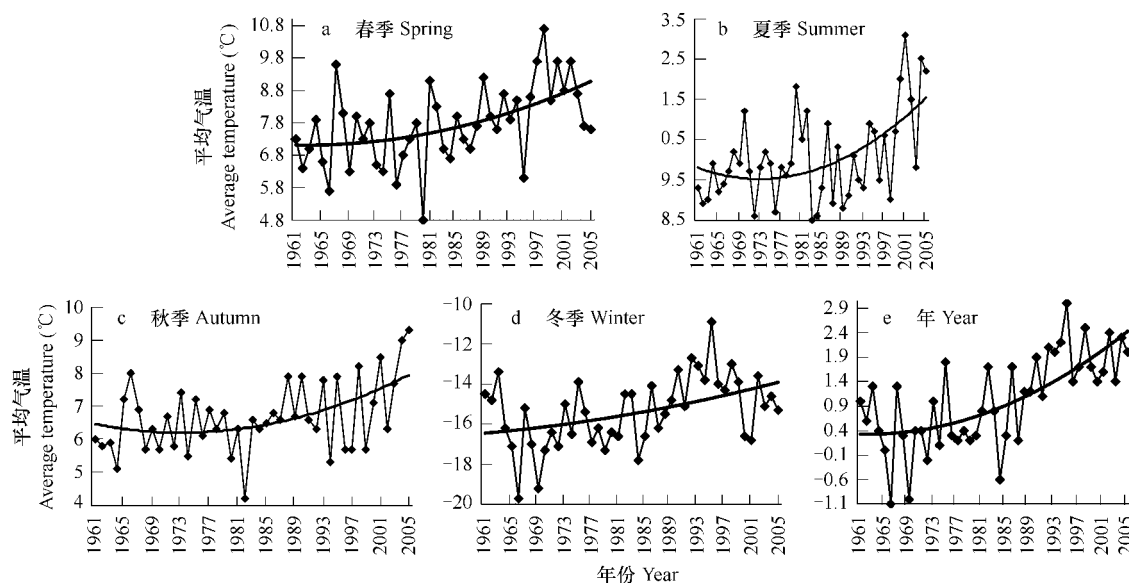


图 2 呼伦湖湿地 1961~2005 年四季与年平均气温变化

Fig. 2 Changes of seasonal and annual mean air temperature during 1961—2005 in wetlands of the Hulun Lake area

3.1.2 降水量变化趋势

图 3 给出了 1961~2005 年呼伦湖湿地四季及年降水量序列变化曲线。统计表明,该地区冬、春、夏、秋季降水量分别占年降水量的 5%、9%、75% 和 11%。由图 3 可见,呼伦湖湿地年及夏、秋季降水量的变化呈减少趋势,20 世纪 80 年代中期以来减少趋势明显,目前正处在干旱少雨期,但只有夏季降水量达到了 0.05 的显著性水平,其气候倾向率分别为 $-6.5\text{mm}/10\text{a}$ 和 $-4.2\text{mm}/10\text{a}$ 、 $-2.0\text{mm}/10\text{a}$ 。该区冬、春季降水量总体呈现出微弱的减少趋势,其气候倾向率几乎为零,且未通过显著性检验。6 阶多项式拟合的降水量趋势表明,呼伦湖地区冬季降水量的增加主要集中在 20 世纪 90 年代以来,而春季降水量的增加则进入 21 世纪后更为明显,这正是呼伦湖地区雪灾在 20 世纪 90 年代后期的冬季和 21 世纪初春季多有发生的原因所在。

2.1.3 蒸发量变化趋势

图 4 为 1961~2005 年呼伦湖湿地四季及年蒸发量序列变化曲线。由图 4 可知,四季及年蒸发量变化呈现增大趋势,蒸发量增大显著的顺序依次为年蒸发量、夏季蒸发量、秋季蒸发量、冬季蒸发量和春季蒸发量,其气候倾向率分别为 $48.65\text{mm}/10\text{a}$ 、 $16.90\text{mm}/10\text{a}$ 、 $16.13\text{mm}/10\text{a}$ 、 $13.40\text{mm}/10\text{a}$ 和 $0.20\text{mm}/10\text{a}$ 。2 阶多项式拟合的蒸发量趋势表明,年及四季蒸发量的增加趋势明显时期主要集中在 20 世纪 80 年代末期以来,现正处在“峰值”区域。这与降水量进入明显减少时期基本一致。说明在气温普遍升高的前提下,降水量作为蒸

发量的主要物质来源,其变化趋势在很大程度上决定了蒸发量的变化特点,同时表明,呼伦湖湿地气候暖干化趋势十分显著。

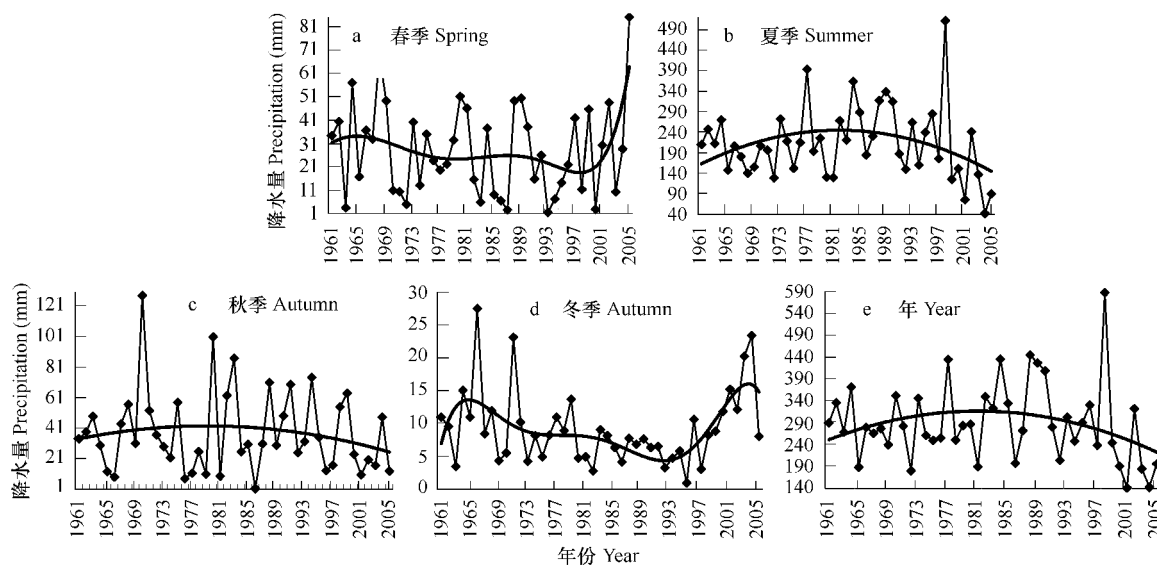


图3 呼伦湖湿地 1961 ~ 2005 年四季与年降水量变化

Fig.3 Changes of seasonal and annual mean precipitation during 1961 — 2005 in wetlands of the Hulun Lake area

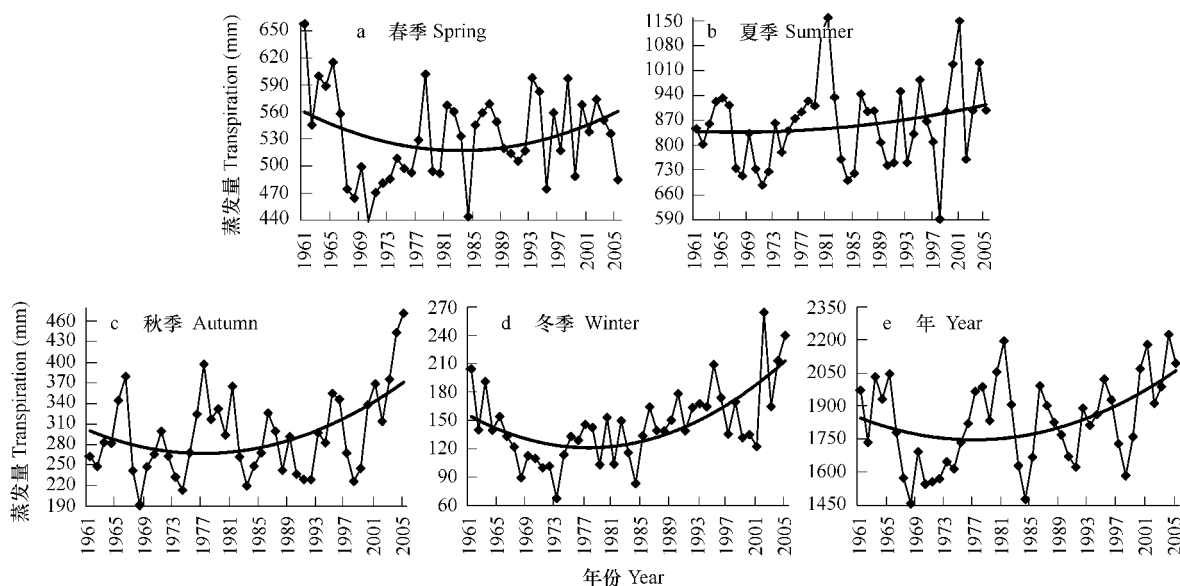


图4 呼伦湖湿地 1961 ~ 2005 年四季与年蒸发量变化

Fig.4 Changes of seasonal and annual mean evaporation during 1961 — 2005 in wetlands of the Hulun Lake area

2.2 气候变化对呼伦湖湿地生态环境的影响

综上所述,呼伦湖地区近 45a 来的气候变化呈现出气温升高、降水减少、蒸发量增大的暖干化趋势。在不合理的人类经济活动和气候暖干化的共同作用下,导致呼伦湖地区水资源的短缺和生态环境的恶化。

2.2.1 水资源短缺

从图 5 可以看出,呼伦湖水域面积在波动中逐渐减小,1959 ~ 1963 年为缓慢的增加时期,1964 ~ 1982 年为逐年减少时期,1983 ~ 1991 年为波动中增加时期,1992 ~ 2006 年为快速减少时期,特别是 21 世纪初至今减少幅度最大。呼伦湖水域面积总体呈逐年萎缩趋势,6 阶多项式拟合相关系数高达 0.9326,通过了 0.001 的

信度。其湖面面积变化率为 $-34.78\text{km}^2/10\text{a}$,减小的趋势明显。而 1999 ~ 2006 年呼伦湖水面面积萎缩趋势更为明显,在短短 8a 的时间里,湖面面积缩小了 373.6km^2 以上,萎缩率高达 $537.76\text{km}^2/10\text{a}$ 。

从图 6 可以看出,呼伦湖水位与水域面积变化趋势一致,在波动中逐渐下降。1959 ~ 1963 年为缓慢的上升时期,1964 ~ 1982 年为逐年下降时期,由 1963 年的 545.2m 下降到 1983 年的 543.0m, 1983 ~ 1991 年为波动中上升时期,在波动中又上升到最高水位 545.2 m (1991 年),1992 ~ 2006 年为快速下降时期,特别是 21 世纪初至今下降幅度最大。呼伦湖水位总体为下降趋势,6 阶多项式拟合相关系数高达 0.9292,通过了 0.001 的信度,水位下降率为 $0.27\text{m}/10\text{a}$ 。近年来,由于干旱少雨,水位急剧下降,在 1999 ~ 2006 年 8a 时间内,水位连续下降了 2.9m,下降率为 $4.24\text{m}/10\text{a}$,可见呼伦湖水位下降趋势显著。

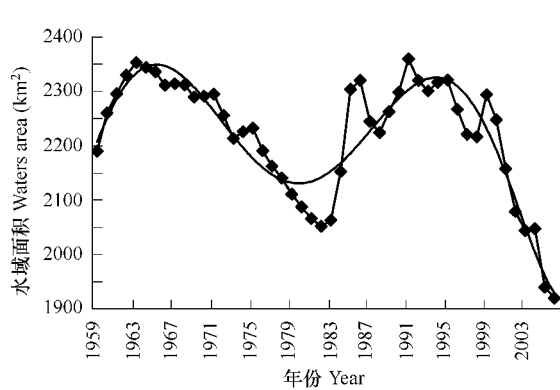


图 5 呼伦湖水域面积变化趋势
Fig. 5 Trends of water area changes of the Hulun Lake

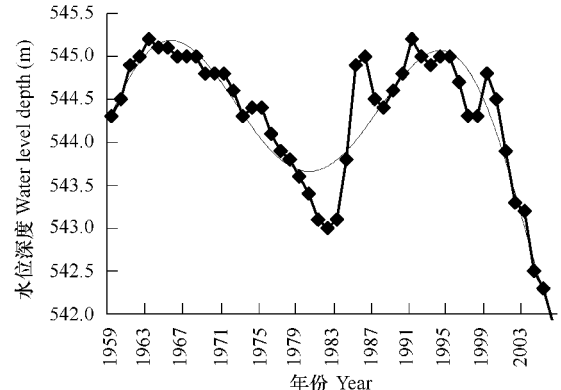


图 6 呼伦湖水位变化趋势
Fig. 6 Trends of water level changes of the Hulun Lake

利用 1959 ~ 2006 年呼伦湖水面面积和水位与年及四季平均气温、降水量和蒸发量进行相关统计分析,表 1 呼伦湖水面面积与气温、降水量、蒸发量的相关关系。从表 1 可以看出,降水量与湖面面积相关不密切,但均为正相关,说明湖面面积是随着降水量增加而增加的,年及四季降水量增加 10mm,湖面面积约增加 2 ~ 19km^2 ,可见,作为对湖水的补给量的降水量减少,加快了湖面面积的萎缩;气温与湖面面积相关密切,但均为负相关,说明湖面面积是随着气温的升高而减少的,年及四季气温升高 1°C ,湖面面积约减少 28 ~ 80km^2 ,说明气温升高大大加速了湖面面积的萎缩;蒸发量与气温一样,同湖面面积负相关密切,说明湖面面积是随着蒸发量的增加而减少的,同时表明蒸发量增加加速了湖面面积的萎缩。而呼伦湖水位与气温、降水量、蒸发量的相关关系同水域面积一致,但均不显著,随降水量的变化幅度较大,年及四季降水量增加 10mm,湖水水位约升高 0.11 ~ 4.19m 。

综合以上得出,在不考虑人为因素的情况下,呼伦湖地区近 45a 来的气候变化呈现出气温升高、降水减少、蒸发量增大是湖水面积萎缩和水位下降的重要原因。

表 1 呼伦湖水面面积与气象要素(气温、降水量、蒸发量)的相关关系

Table 1 Correlation between water area of the Hulun Lake and meteorological factors (air temperature, precipitation and evaporation)

时段 Period	气温 Air temperature		降水量 Precipitation		蒸发量 Evaporation	
	相关系数	变化率/($\text{km}^2/^\circ\text{C}$)	相关系数	变化率/(km^2/mm)	相关系数	变化率/(km^2/mm)
	<i>r</i>	Changing rate	<i>r</i>	Changing rate	<i>r</i>	Changing rate
年 Year	0.576 **	-79.93	0.243	0.43	0.456 **	-0.24
春季 Spring	0.211	-20.60	0.323 *	1.86	0.122	-0.25
夏季 Summer	0.517 **	-49.69	0.290	0.56	0.393 *	-0.37
秋季 Autumn	0.357 *	-35.49	0.051	0.22	0.502 **	-0.82
冬季 Winter	0.348 *	-28.09	0.219	1.45	0.446 **	-1.20

** 通过 0.01 的信度, * 通过 0.05 的信度; ** $P < 0.01$, * $P < 0.05$

2.2.2 环湖土地沙化、草场退化,生物多样性遭到破坏

呼伦湖湿地气温、蒸发量在逐年增高,而降水量逐渐减少,暖干化趋势显著,极端气候事件干旱出现频率增高,这些因子的综合作用,导致湖水水域面积萎缩、水位大幅度下降,湖周边大面积芦苇和湿地消失,湖滨沼泽干枯,部分湖底裸露,表面覆盖的松散沙砾已成为沙源,并快速向外扩展。同时由于呼伦湖周边草原长期超载过牧,环湖地区草原植被严重破坏,经初步调查,呼伦湖周边沙漠化面积已超过 100km²。据调查资料表明:1965 年草场资源调查,退化草场占可利用草场总面积的 12% ~ 14%;1985 年退化草场面积占可利用草场面积的 21%;1997 年草场的退化面积占可利用草场总面积的 30% 以上。样方和观测资料分析:1974 年以来植被的盖度降低 15% ~ 25%,草层高度下降 10 ~ 18 cm,近年来优势草种高度下降更为明显,从呼伦湖自然保护区每年 8 月份(2002 ~ 2006 年)各种植物高度观测资料可知(表 2),连续干旱的 2003 ~ 2005 年与降水量较多的 2002 年相比,克氏针茅(*Stipa krylovii* roshev.) 降低 11cm,羊草(*Aneurolepidium chinense* Kitag.)、苔草(*Carex bohemica* Schreb.)、多根葱(*Allium polyrhizum* Turcz. ex Regel.) 和小针茅(*Stipa klemenzi* Roshev.) 降低 2 ~ 4cm,而 2006 年降水条件较好,各种植物生长高度有所恢复,但仍不及 2002 年,说明降水量减少是草层高度降低的主要原因。草地初级生产力下降 30% ~ 50%,低劣杂类草比例上升 10% ~ 45%。草原退化每年的退化速度达到 1.35%,优良牧草比重下降,严重退化草场的产草量不足原来的 20%。天然草原理论载畜量随之逐年降低,20 世纪 90 年代理论载畜量比 80 年代下降 18.2%,目前理论载畜量比 20 世纪 90 年代下降 33.3% 左右。尤其是 2000 年以来呼伦湖地区暖干化趋势加剧,水分亏缺现象严重,生态缺水矛盾突出。据内蒙古呼伦贝尔市气象卫星遥感中心监测的 2002 ~ 2006 年呼伦湖周边地区归一化植被指数等级面积表明,5a 来退化草场面积占可利用草场面积的 53%,据吕世海、卢欣石研究:潜在沙化、退化草地,植被盖度降至 25% 左右,1、2 年生植物所占比例逐渐增大,多年生草本植物逐渐减少。与未沙化、退化的草地相比,多年生草本物种数下降幅度达 16.3%。特别是呼伦湖地区的西南部,由于过度放牧和严重超载,使该地区生态环境受到严重破坏,退化草场面积占可利用草场面积的 58%,生态环境有局部恶化的趋势。

表 2 每年 8 月 呼伦湖周边各种植物高度(2002 ~ 2006 年)

Table 2 Height of plants in August around the Hulun Lake area during 2002 — 2006 (cm)

年份 Year	克氏针茅 <i>Stipa Krylovii</i> Roshev.	羊草 <i>Aneurolepidium</i> <i>Chinense</i> Kitag.	苔草 <i>Carex bohemica</i> Schreb.	多根葱 <i>Allium polyrhizum</i> Turcz. ex Regel.	小针茅 <i>Stipa Klemenzi</i> Roshev.
2002	33	17	12	13	18
2003	22	15	8	11	15
2004	21	14	8	10	13
2005	21	14	8	11	12
2006	27	16	12	12	14

由于呼伦湖周边生态环境遭到不同程度的破坏,加上气候变化的重要作用,湖水水环境破坏严重,目前湖水已不适合人饮用,渔业资源濒临枯竭,红鳍鱼白、细鳞鱼、哲罗鱼已绝迹消亡,野杂鱼类数量有所增加,而且低龄化现象严重,鱼虾存量急剧下降。对珍禽和鸟类的生存环境威胁较大,呼伦湖周边芦苇沼泽是诸多珍贵水禽和鸟类的重要栖息地和繁衍的场所,也是候鸟的重要迁徙通道和“驿站”。湖周边大面积芦苇和湿地消失,湖滨沼泽干枯,缩减了丹顶鹤等珍贵鸟类的家园,生物多样性受到了前所未有的考验。

3 结论

综合以上分析,可以得出以下主要结论:

(1) 呼伦湖地区近 45a 来的气候变化呈现出气温升高、降水减少、蒸发量增大的暖干化趋势,这与我国北方干旱化的总体趋势是一致的。四季和年平均气温升高率为 0.34 ~ 0.58℃/10a,蒸发量增大率分别为 48.65、16.90、16.13、13.40 mm/10a 和 0.20mm/10a,年及夏、秋季降水量的减少率分别 6.5mm/10a 和 4.2、2.0 mm/10a。

(2) 呼伦湖水域面积和水位均在波动中逐渐减小, 变化趋势一致。1959 ~ 1963 年为缓慢的增加(上升)时期, 1964 ~ 1982 年为逐年减少(下降)时期, 1983 ~ 1991 年为波动中增加(上升)时期, 1992 ~ 2006 年为快速减少(下降)时期, 特别是 21 世纪初至今减少(下降)幅度最大。呼伦湖水域面积变化率为 $-34.78\text{km}^2/10\text{a}$, 水位下降率为 $0.27\text{m}/10\text{a}$ 。而 1999 ~ 2006 年湖面面积缩小了 373.6km^2 以上, 萎缩率高达 $537.76\text{km}^2/10\text{a}$, 水位连续下降了 2.9m , 下降率为 $4.24\text{m}/10\text{a}$ 。

(3) 呼伦湖水面面积和水位与年及四季平均气温、降水量和蒸发量相关统计表明, 降水量与湖面面积、水位相关不密切, 但均为正相关, 说明湖面面积、水位是随着降水量增加而增加的, 年及四季降水量增加 10mm , 湖面面积约增加 $2 \sim 19\text{km}^2$, 湖水水位约升高 $0.11 \sim 4.19\text{m}$ 。气温与湖面面积、水位密切相关, 但均为负相关, 说明湖面面积是随着气温的升高而减少的, 年及四季气温升高 1°C , 湖面面积约减少 $28 \sim 80\text{km}^2$, 水位约下降 4cm 左右。蒸发量与气温一样, 同湖面面积、水位负相关密切, 说明湖面面积是随着蒸发量的增加而减少的, 同时表明蒸发量增加加速了湖面面积的萎缩。

(4) 呼伦湖湿地气温、蒸发量在逐年增高, 而降水量逐渐减少, 暖干化趋势显著, 极端气候事件干旱出现频率增高, 这些因子的综合作用, 除导致湖水水域面积萎缩、水位大幅度下降外, 湖周边沙漠化面积已超过 100km^2 ; 到 1997 年草场的退化面积占可利用草场总面积的 30% 以上; 1974 年以来植被的盖度降低 15% ~ 25%, 草层高度下降 $10 \sim 18\text{cm}$, 连续干旱的 2003 ~ 2005 年与降水量较多的 2002 年相比, 克氏针茅降低 11cm , 羊草、苔草、多根葱、恰草和小针茅降低 $2 \sim 4\text{cm}$; 草地初级生产力下降 30% ~ 50%; 低劣杂类草比例上升 10% ~ 45%; 优良牧草比重下降, 严重退化草场的产草量不足原来的 20%; 草原退化每年的退化速度达到 1.35%。另外, 呼伦湖湿地的生物多样性受到了前所未有的考验。

(5) 在不考虑人为因素的影响下, 呼伦湖地区气候暖干化是造成水资源短缺和周边地区生态环境荒漠化等问题的重要原因。呼伦贝尔草原这个北方屏障因受到严重破坏而出现了前所未有的生态危机, 因此, 尽快治理和改善呼伦湖湿地的生态环境迫在眉睫。

References:

- [1] Wang S H, Lian H W, Yang Y S. Shouts the roentgen wetness water environment government countermeasure. Inner Mongolia Water Resources, 2006, (1): 35 - 40.
- [2] Local chronicle compilation committee. Shouts the roentgen lake will. Hailaer: Inner Mongolian Culture Publishing House, 1998.
- [3] Li L, Zhu X D, Zhou L S, *et al.* Climatic Changes over Headwater of the Three-River-Area and Its Effect on Ecological Environment. Meteorological Monthly, 2004, 30(8): 18 - 21.
- [4] Guo H, Jiang T, Wang G J, *et al.* Observed trends and jumps of climate change over Lake Poyang Basin, China: 1961 - 2003. Journal of Lake Sciences, 2006, 18(5): 443 - 451.
- [5] Wang X L, Xiao D N, Bu Y C, *et al.* Analysis on landscape patterns of liaohe delta wetland. Acta Ecologica Sinica, 1997, 17(3): 317 - 323.
- [6] Sun Guangyou. Development and prospect of wetland science in China. Advance in Earth Sciences, 2000, 15(6): 665 - 672.
- [7] LÜ X G, Wang Q C, Liu J P. Primary study on impact assessment of wetland ecological environment. Chinese Journal of Ecology, 2004, 23(1): 83 - 85.
- [8] Wang W H. The brief analysis shouts the roentgen lake water position change to add water the archery target influence. Inner Mongolia Water Resources, 2005, (3): 3 - 5.
- [9] Chu Y H, Li J C, Jiang W P, *et al.* Monitoring of water level variations of hulun lake with Jason-1 altimetric data. Crustal Deformation and Earthquake, 2005, 25(4): 11 - 16.
- [10] Na R S, Li Y P, Li X H, *et al.* Monitoring analysis of ecological change and its influence on Hulun Lake region. Meteorological Monthly, 2006, 32 (Menoir): 25 - 30.
- [11] Li C, Ma W, Shi X W, *et al.* Shouts the roentgen lake water level, the salinity change (1961 - 2002 year). Journal of Lake Sciences, 2006, 18(1): 13 - 20.
- [12] Wang M, Li Y, Huang R Q, *et al.* The effects of climate warming on the alpine vegetation of the Qinghai-Tibetan Plateau Hinterland. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(6): 1275 - 1281.
- [13] Mao F, Lu Z G, Zhang J H, *et al.* Relations between AVHRR NDVI and climate factors in Northern Tibet in recent. Acta Ecologica Sinica, 2007,

27(8):3198—3205.

- [14] Liu M, Zhang Y C, Zhou X. Climatic Change Features of Tieling, Liaoning Province in Recent 45 Years. *Meteorological Monthly*, 2006, 32(5):84—91.
- [15] Liu J, Zheng Y F, Zhao G Q, *et al.* Responses of phenology to climate change in Zhengzhou area. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(4):1471—1479.
- [16] Xu X K, Lin C H, Xue F. Correlation analysis between meteorological factors and the ratio of vegetation cover. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(2):221—230.
- [17] Lou D J, Sun W G, Li Z M. Temperature Variations of Qiqihar City for Last 100 Years. *Meteorological Monthly*, 2004, 30(12):65—67.

参考文献:

- [1] 王素慧, 梁宏伟, 杨玉生. 呼伦湖湿地水环境治理对策. *内蒙古水利*, 2006, (1):35~40.
- [2] 地方志编写委员会. 呼伦湖志. 海拉尔: 内蒙古文化出版社, 1998. 4~25.
- [3] 李林, 朱西德, 周陆生. 三江源地区气候变化及其对生态环境的影响. *气象*, 2004, 30(8):18~21.
- [4] 郭华, 姜彤, 王国杰, 等. 1961~2003年间鄱阳湖流域气候变化趋势及突变分析. *湖泊科学*, 2006, 18(5):443~451.
- [5] 王宪礼, 肖笃宁, 布仁仓, 等. 辽河三角洲湿地的景观格局分析. *生态学报*, 1997, 17(3):317~323.
- [6] 孙广友. 中国湿地科学的进展与展望. *地球科学进展*, 2002, 15(6):665~672.
- [7] 吕宪国, 王起超, 刘吉平. 湿地生态环境影响评价初步探讨. *生态学杂志*, 2004, 23(1):83~85.
- [8] 王文华. 浅析呼伦湖水位变化对水质的影响. *内蒙古水利*, 2005, (3):3~5.
- [9] 褚永海, 李建成, 姜卫平, 等. 利用 Jason21 数据监测呼伦湖水位变化. *大地测量与地球动力学*, 2005, 25(4):11~16.
- [10] 娜日苏, 李云鹏, 李兴华, 等. 呼伦湖区域生态变化及其影响因子的观测分析. *气象*, 2006, 32(专刊):25~30.
- [11] 李冲, 马巍, 史晓新, 等. 呼伦湖水位、盐度变化(1961~2002年). *湖泊科学*, 2006, 18(1):13~20.
- [12] 王谋, 李勇, 黄润秋, 等. 气候变暖对青藏高原腹地高寒植被的影响. *生态学报*, 2005, 25(6):1275~1281.
- [13] 毛飞, 卢志光, 张佳华, 等. 近20年藏北地区 AVHRR NDVI 与气候因子的关系. *生态学报*, 2007, 27(8):3198~3205.
- [14] 刘敏, 张耀存, 周昕. 铁岭市近45年气候变化特征分析. *气象*, 2006, 32(5):84~91.
- [15] 柳晶, 郑有飞, 赵国强, 等. 郑州植物物候对气候变化的响应. *生态学报*, 2007, 27(4):1471~1479.
- [16] 徐兴奎, 林朝辉, 薛峰. 气象因子与地表植被生长相关性分析. *生态学报*, 2003, 23(2):221~230.
- [17] 姜德军, 孙卫国, 李治民. 近百年齐齐哈尔市的气温变化. *气象*, 2004, 30(12):65~67.