

呼伦湖流域生态水文过程对水环境系统的影响

严登华¹, 何岩², 邓伟¹, 王茂军³, 王春梅¹

(1. 中国科学院 长春地理研究所, 吉林 长春 130021; 2. 中国科学院, 北京 100864;
3. 辽宁师范大学 海洋资源研究所, 辽宁 大连 116029)

摘要: 呼伦湖是一典型的草原型湖泊, 受人类活动的直接影响较小, 湖泊水环境系统的演化受到流域生态水文过程的影响。在全球变化和人类非理性活动的干扰下, 湖泊水环境系统呈现出恶化的趋势。对呼伦湖水环境系统的调控必需建立在对流域生态水文过程的调控上。

关键词: 呼伦湖; 生态水文过程; 水环境系统

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2001)05-0001-05

中图分类号: X524

Influences of Eco-hydrological Process to Water Environmental System in Hulun Lake Basin

YAN Deng-hua¹, HE Yan², DENG Wei¹, WANG Mao-jun³, WANG Chun-mei¹

(Changchun Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021, Jilin Province, PRC)

Abstract: Hulun lake is a typical lake characteristic of grassland. Being less affected by the human being, the water environmental system of Hulun lake is strongly affected by the eco-hydrological process of the basin. Under the condition of global change and irrational action of human being, the water environmental system is being deteriorating. The control of water environmental system must be on the base of the control of eco-hydrological process of the basin.

Keywords: Hulun lake; eco-hydrological process; water environmental system

呼伦湖(又称达赉湖),是我国第四大淡水湖之一,位于内蒙古呼伦贝尔盟西部高原境内,素有“草原明珠”的美誉。呼伦湖面积为 2 342.5 km²(包括新开湖),其流域面积为 33 469 km²,占呼伦贝尔草原总面积的 41.3%。呼伦湖的开发利用主要用于工农业生产用水、淡水养殖以及湿地种植,人类活动对湖泊水环境系统的直接影响较小^[1],其营养物质和污染物质的来源受到流域半干旱草原生态水文过程的制约,其污染源是一个大的以草原为主体的非点源。在全球变化和人类非理性活动的影响下,流域内和谐的生态水文过程遭到破坏,导致湖泊水环境系统的严重恶化。从流域尺度出发,调控流域内生态水文过程的发生发展,以实现水环境系统持续发展势在必行。

从生态水文学的角度进行流域水环境系统的演化与调控,国外已结合生态水文学(eco-hydrology)这门年轻的学科做了一些工作,指出生态水文学是实现水资源水环境持续管理的重要理论和有益工具,但国内学者对这方面的报道甚少^[2-3]。

本文将从呼伦湖流域生态水文过程的发生发展着手,探求生态水文过程对水环境系统的影响。一方面为呼伦湖水环境系统的调控提供参考,另一方面,为生态水文学在我国的发展做一点探索。

1 流域环境概况

呼伦湖在地质构造上是东亚多字型构造体系中华夏沉降带的一部分,流域内主要隆起和凹陷、断裂带,以及侵入岩多呈现北北东向。褶皱不强烈,呈现缓状起伏,新生界呈现平行状产出,疏松且成岩性差。地貌类型较为简单。

流域内的主要土壤为栗钙土,主要植被为典型草原植被。植被由多年生草本组成,其中主要为旱生丛生禾本科植物,其次是根茎类及早生杂草、草原灌木和半灌木。典型草原有羊草草原、大针茅草原、克氏针茅草原、丛生小禾草草原等,其次是草甸草原。沙地灌木丛、半灌木丛、沼泽及盐生植被、农业植被等构成了湖周的植被群落。

收稿日期: 2001-06-28

资助项目: 中国科学院特别支持领域“湖沼系统基础研究”(KZHZ-3-5); 中国科学院研究生暑期社会实践资助专项

作者简介: 严登华(1976-),男(汉),安徽省太湖县人,博士研究生,主要从事水资源与水环境研究。电话(0431)5657715, E-mail: denghuay@yeah.net, yandenghua@mail.ccig.ac.cn

呼伦湖位于我国的高纬度地区,属于温带半干旱大陆性季风气候,冬季漫长而冷,夏季并不炎热,年均温 0.5°C 。多年平均降水量为 268 mm ,且多集中在 6—9 月份(约占全年降水的 76%);年均蒸发量高达 1872 mm ,由此造成该区异常干旱。全年盛行西北风,年平均风速 4.2 m/s 。

呼伦湖流域人口总数为 191 899 人(1987 年)。湖周三旗市工农业总产值 2.25×10^8 元(1980 年不变价)。企业总数 122 个。流域内土地利用情况是林地 46 km^2 、灌木林地 30.1 km^2 、草地 27026.7 km^2 、农田 21.5 km^2 、建筑 34 km^2 、交通 17.6 km^2 、水体 3185.5 km^2 ,其它 218 km^2 ,合计 30579.4 km^2 。

呼伦湖流域内的河流主要有 4 条,即西南的克鲁伦河,东部、北部的新开河和南部的哈拉哈河(图 1)。克鲁伦河发源于内蒙古人民共和国的肯特山东麓,内蒙古境内长度约为 1058 km ,国内长度 206 km ;流域内是天然草场,河水浑浊,透明度低,仅为 $5 \sim 28\text{ cm}$;含沙量大,平均为 $353 \sim 652\text{ g/m}^3$ (1978—1980)。乌尔逊河南端与贝尔湖(中蒙界湖)相连,全长 223.3 km 。贝尔湖湖水面积 600 km^2 ,其西北部水域为我国所有,面积 40 km^2 左右。乌尔逊河是呼伦湖的补给源之一,水源来自哈拉哈河和贝尔湖。

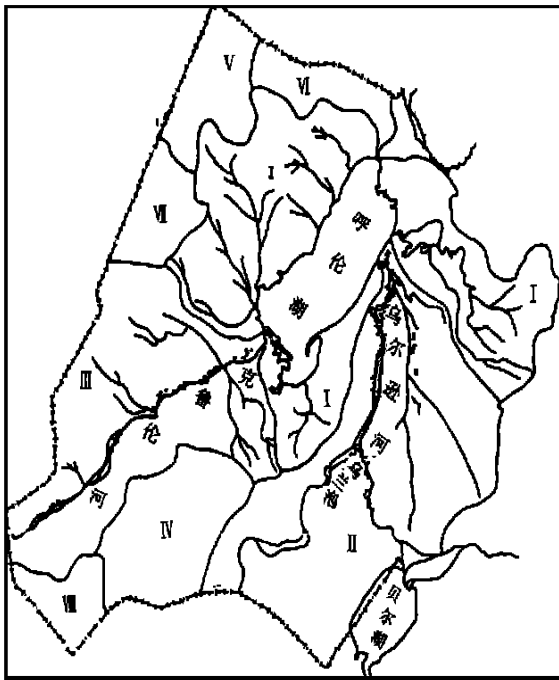


图 1 呼伦湖水系图

哈拉哈河发源于大兴安岭山脉中段,全长 399 km ,流经内蒙古人民共和国。在下游分为 2 条,主流在内蒙古一侧入贝尔湖,支流称沙尔勒金河与乌尔逊河直接相通。在乌尔逊河与呼伦湖之间有一小湖,称

为“乌兰泡”,水很浅,水草茂盛。达兰鄂罗木河(新开河)是一条调节湖水的吞吐性河流,全长 25 km 。海拉尔河水位高于呼伦湖水位时河水注入呼伦湖,反之呼伦湖水则外流,成为额尔古纳河水源的一部分。1958 年达兰鄂罗木河被煤矿堵塞,于 1971 年挖出了一条长 16.4 km 的人工河(新开河),将达兰鄂罗木河的一段河床改道,并修建了泻水闸和拦洪闸,使呼伦湖水位得到了人工控制。

2 呼伦湖流域生态水文过程及水环境系统的演化

2.1 地质历史时期

在元古代早期(距今 $2.4 \times 10^9 \sim 6.0 \times 10^8\text{ a}$),呼伦湖流域还是一片海洋,同周围的海洋连在一起,属于蒙古海槽,是中亚著名的“蒙古—兴安海”的一部分,气候温湿,水文过程十分强烈。

在晚古生代的泥盆纪晚期,强烈的火山活动在此发生,一些熔岩推出海面,上升为陆地,形成一种海陆交错的景象,气候适宜于低级植物的生长,在露出水面的陆地上,最原始的陆生生物裸蕨类开始生长,生态过程也随之发生。

由于地壳的剧烈变化,陆地面积不断扩大,至二叠纪,陆地植物非常茂密,有真蕨、芦木、石松、科达树等,生态水文过程耦合发生,程度明显加强。在海西运动中,发生了强烈的褶皱运动,从此呼伦湖流域结束了海洋统治的时代,上升为陆地。在中生代呼伦湖流域呈现出热带森林的景致,爬行动物开始生存、繁衍,生态水文过程较为强烈;在侏罗纪后期至白垩纪发生了著名的燕山运动,火山活动频繁,呼伦湖流域的气候逐渐变干,一些爬行动物灭绝,裸子植物开始衰亡,生态水文过程减弱。由于亚洲地块相对于太平洋地块向东南滑移,形成海拉尔多字形构造。

呼伦贝尔沉降带位于多字形构造的中部,即今呼伦贝尔盆地的中间凹陷区,而呼伦湖正处于此盆地的最低区域,这是湖的最早雏形。由于燕山运动的强烈褶皱、断裂、沉降,火山喷发,这个时候被人们称为造煤的黄金时代。第三纪是呼伦湖流域原哺乳动物繁衍生长期,植物则由被子植物取代了裸子植物,那时呼伦湖流域气候温热,原始草原上有各种马和鹿类的生存繁衍,生态水文过程又逐渐增强;第三纪渐新世发生了喜马拉雅山运动,呼伦湖曾向东南乌尔逊河移动的辉河迁移。

到第三纪末期,在现今湖区的东西两侧产生了 2 条北北东向的大断层,此断层一直延伸到查干湖的西部,垂直断距达 400 m ,全长 200 km 余。由于断层的

活动,使湖两岸地面抬高,湖西岸地势高于东岸,且坡度大。这次运动使呼伦湖流域上升为高平原,与西伯利亚大平原连成一片,气候逐渐变干。

第三纪末和第四纪初,呼伦湖流域继续隆起,并不断夷平、剥蚀,逐渐形成今日的地貌。第四纪更新世晚期开始,呼伦湖流域由气候温暖干燥而变得更为干燥和严寒,呼伦湖流域进入了历史上的最后一次冰川时期。古动物无法适应这样的重大的变化,便逐渐灭绝,而在雪原上又出现了新的生命,生态水文过程几乎终止。随着第四纪构造运动形成海拔 560~570 m 的高平原,致使呼伦湖又迁至现今位置。距今 10000 a 左右,冰川时期结束,呼伦湖流域气候转暖,冰雪消融,生态水文过程逐渐加强。全新世开始,呼伦湖流域全部生物的面貌与现代基本相似,随着全新世古动物不断衰亡和绝迹,呼伦湖流域走进了人类史的时代^{1,4)}。

从以上过程可以看出,在地质历史时期,生态水文过程经历了逐渐增强——逐渐减弱——逐渐增强——逐渐减弱——逐渐增强的演化,古生态水文过程主要受到构造运动的影响。呼伦湖水环境系统也逐渐形成。

2.2 人类历史时期

《山海经》中称呼伦湖为“大泽”,唐代称“俱轮泊”,蒙古秘史中称“阔连海子”,清代称“库楞湖”,20 世纪初是由一些小泡子、洼地构成,是一片沼泽地貌。由此可见,进入人类历史时期的很长一段时间内,呼伦湖有着强烈的沼泽过程。据史书记载,在 100 a 多前,沈阳还作为犯人流放地,说明更为偏北的呼伦湖流域尚未受到人类活动的强烈影响。湖泊水环境系统受到自然状态下区域生态水文过程的制约,并耦合发展。约在 1908 年,克鲁伦河水位上涨,形成大片水域,到 20 世纪 20 年代一直处于水面上涨状态;至 60 年代,达到近 100 a 的最高水位,并在湖东双子山一带决口,向东蔓延,成为一个面积达到 $1.52 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 的新开湖。20 世纪 70 年代水位呈现下降趋势,80 年代后期又呈现上涨势头。同时随着人类开发活动的逐渐北移和东移,呼伦湖生态水文过程逐渐受到人类活动的影响,并在近期内达到了一个顶峰。

2.3 近代生态水文过程及水环境系统的演化

呼伦湖流域近代水文过程受人类活动干扰十分强烈。在全球变化和人类非理性活动的双重作用下,流域内生态水文过程严重紊乱。特别是近 20 a 来,生态水文过程破坏明显,水环境系统恶化。

2.3.1 生态水文过程与水环境系统的概况

(1) 生态水文过程概况。呼伦湖基本上是一个

内陆封闭湖泊,湖水来源除了湖面的大气降水外,主要靠地面径流和位于湖中的泉水补给。直接接纳的年平均降水量 276.1 mm,折算成水量为 $6.29 \times 10^8 \text{ m}^3$;湖区的径流系数为 0.1,多年平均径流量为 $2.58 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。地下水年补给量为 $3.90 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。呼伦湖湖水除了有的年份顺达兰鄂木河(新开河)流向额尔古纳河外,其水量损失主要是湖面的蒸发。多年平均蒸发量为 1103 mm,约 $2.58 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。出湖水量以湖面蒸发为主(96.81%);新开河仅有 2 个月为出湖流向,占 3.11%。

生态过程和水文过程耦合发生,以草甸草原为例⁵⁾,生态过程的综合指标产草量与水文过程的重要指标月降水量几乎是同步进行的。草甸草原生态水文过程耦合关系见图 2。由图 2 可以看出,在呼伦湖流域,水文过程制约着生态过程的发生。同时,生态过程影响到下垫面因素的变化,反过来又对水文过程产生深远的影响。

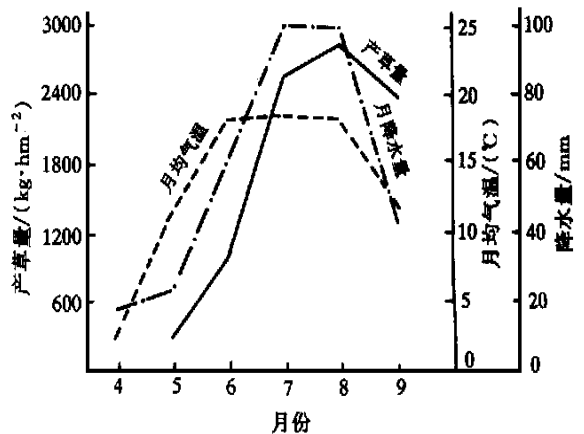


图 2 草甸草原生态水文过程耦合关系

(2) 水质概况。呼伦湖水中主要的阴离子是 HCO_3^- , 年平均 555.7 mg/L (119~1006 mg/L), 占总阴离子量的 50%, 主要阳离子是 Na^+ 离子, 年平均值为 245.7 mg/L (0.99~478 mg/L), 占阳离子总量的 62.9%。 $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, 所以呼伦湖水化学类型属于重碳酸盐钠组 I 型水(CNaI)。呼伦湖近期水质状况见表 1。

2.3.2 生态水文过程与水环境系统的演化

(1) 生态过程的演化。由于超载放牧,盲目地加大畜群规模和放牧频率,实行掠夺式的生产经营,导致了局部地区畜群的采食量长期超过牧草的再生量。同时由于长期的过度放牧,牧草因长期被反复啃食、践踏而不能正常生长,完不成生长发育周期,优良牧草大量减少或消失,如此发展下去,植被变得稀疏低矮,土壤出现沙化现象。

表 1 呼伦湖近期水质状况

年 份								mg/L
	pH	TH(CaO)	总碱度	Cr ⁶⁺	总 铁	As	F	THg
1998 年均值	8.95	166.91	10.717	0.0136	0.702	0.0207	2.00	0.025
1999 年 6 月	8.58	140.13	10.365	0.0233	0.684	0.0183	2.13	0.025
年 份	COD	BOD	NH ₃ -N	NO ₃ -N	NO ₂ -N	TN	TP	DO
1998 年均值	8.57	2.278	0.714	0.071	0.011	0.806	0.1173	8.86
1999 年 6 月	10.41	1.615		0.010		0.093	0.0608	7.28

根据阿尔金牧场调查,1983 年鲜草的产草量为 4830 kg/km²,1989 年鲜草的产量下降到 1852.5 kg/km²,产量减少了 62%。同时,草原开荒是草原生态系统遭受破坏的主要原因。在不适宜开垦的土壤较浅地区大面积地垦殖,耕种几年以后,由于风力和土壤肥力下降,不能垦种而撂荒。

由于缺乏植被保护,土壤侵蚀加剧,直接导致了土壤沙化和水土大量流失。已往的研究结果表明,每开垦 1 hm² 的草地可引起周围 3 hm² 的草地出现沙化现象 5,开垦过的撂荒地恢复到初始植被状况需 15~20 a 时间,如再有人为放牧活动,将永远地停留在退化状态。在全球气候变化加上森林和草原植被遭受严重破坏情况下,土壤水分蒸发加剧,风蚀也使得土壤涵养水分的能力降低。从而使得干旱程度加剧,干旱间隔时间缩短。这方面呼伦贝尔草原虽呈不显著的干旱趋势,但总的趋势还是低降水量加之局部超载过牧原因加速了退化的速度。

呼伦湖流域生态过程的退化表现为突出的草原沙化和草地退化。1965 年草场资源调查,呼伦贝尔盟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 年呼伦贝尔盟草场的退化面积已经超过 30%,其中新巴尔虎右旗、鄂温克族自治旗 45%,新巴尔虎左旗占 40%。草原退化加速,即 1965—1985 年每年以 5% 的速度退化,1985—1997 年每年以 10% 的面积加速退化。退化草场的程度越来越严重,最初的草场退化以轻度退化为主,后期以中度和重度退化为主。退化草场的范围越来越大,初期的草场退化仅仅在河流沿岸、机井周围,后来发展到冬春营地、居民点周围^[6-10]。

(2) 水文情势的演化。由于生态过程发生了明显的变化,即流域下垫面的理化性质发生了改变,使得区域内的水文过程也发生着与之类似的同频率变化。海拉尔的最大降水量是最小降水量的 3 倍,变差系数 C_v 值为 0.22。同时存在 10~20 a 的变化周期,从 20 世纪初到 20 年代为枯水阶段,30—50 年代为丰水阶段,60—70 年代又转入枯水阶段,80 年代又进

入丰水阶段,当然在多阶段中也存在丰、平、枯水交替的现象。整体上来说,干旱有加重的情势(表 2)。从年内变化来看,呼伦湖流域河流的中上游地区,植被茂密,涵养水分,对径流具有显著的调节作用,使得径流的年内变化小。以乌尔逊河坤都冷站为例,其 C_v 值为 0.35,克鲁伦河阿拉坦莫勒站 C_v 值为 0.4。由于地形平缓,干旱少雨,蒸发强烈,水蚀作用微弱,产流条件差,河网不发育^[11-12]。根据 1959—1980 年的水文资料统计,22 a 来湖泊年内水位涨落变幅平均为 41 cm。

表 2 干旱变化情况

年 代	%			
	50	60	70	80
早及重早	21	60	65	80
重 早	0	20	20	20

(3) 水质演化。呼伦湖是典型的草原型湖泊,其污染物和营养物质主要来自周边的草原。以 N 和 P 为例,其主要来自于流域内河流系统的输入(表 3)。生态水文过程决定着湖泊水环境系统所接纳的水质和水量。气候变化不仅影响了地表径流的减少,同时也导致了湖区内湖水变浅,矿化度增高。呼伦湖在 20 世纪 50 年代的面积为 2667 km²,到 70 年代则为 2320 km²,进入 80 年代,其面积为 1968 km²。

表 3 呼伦湖中 N、P 来源统计

来 源	总 量	N/t	P/t
降 尘	6.40×10 ⁴ t	372.00	201.60
降 水	8.83×10 ⁸ m ³	419.60	29.40
地表径流	3.40×10 ⁸ m ³	277.20	102.14
干 草	1.58×10 ³ t	21.08	8.69

注:干草为有冰面附着者。

近 10 a 来,呼伦湖的水质主要污染指标呈现出波状变化,在近几年的变化中,溶解氧有下降的趋势,六价铬有上升的趋势,硝酸盐氮基本持平,生化需氧量呈现出上升的趋势。同时,呼伦湖是一个由淡水湖、微咸水湖(半咸水湖)和咸水湖不断转化的湖泊。从污染物和盐分的来源来看,这与呼伦湖流域近年来的水土流失是吻合的。

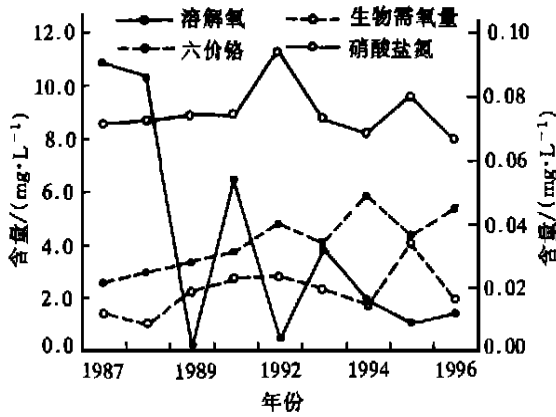


图 3 呼伦湖水水质演化过程

3 生态水文发展态势及其对水环境系统的影响

近年来, 虽然采取了一定的措施来抑制草原退化, 但总体而言, 流域内草原退化和沙漠化程度还在继续增加。由于沙漠化和草场退化, 对位于干旱地区的呼伦湖流域来说, 虽然降水量增加, 蒸发量减少(图 4), 但水分的下渗程度明显增加, 这样使得地表径流仍然减少。

呼伦湖流域所在的额尔古纳河水系, 1956—1969 年的年均径流量为 $1.41 \times 10^{10} \text{ m}^3$, 1970—1989 年的年均径流量为 $1.14 \times 10^{10} \text{ m}^3$, 平均减少 19.4%。径流量减少, 湖泊面积和需水量会减少, 使得湖泊的自净能力减弱。同时, 水土流失和草场退化加剧, 使得进入到水体中营养物和污染物的浓度增加, 会更进一步加剧湖泊水环境系统的恶化。

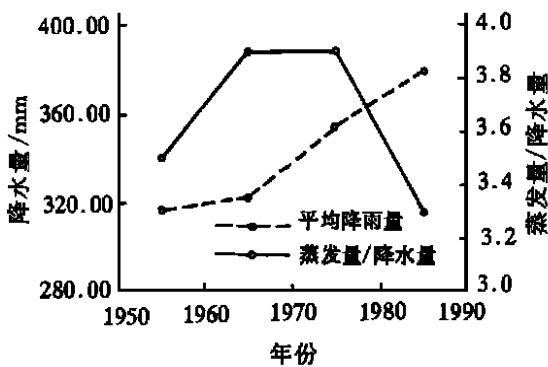


图 4 多年降雨与蒸发变化

地质时期的呼伦湖流域的生态水文过程受到构造运动的影响, 在人类历史的很长一段时间内, 呼伦湖流域是大片的沼泽, 呼伦湖流域的水环境系统具有明显的沼泽特征。近代呼伦湖流域的生态水文过程受到全球气候变化和人类活动的干扰非常强烈, 湖泊水质呈现出波状起伏的变化。如不采取有效措施, 未来呼伦湖流域的生态水文过程会发生进一步的紊乱, 其水环境系统会进一步恶化。

呼伦湖水环境系统受到流域内生态水文过程的影响十分明显, 因而, 从生态水文学的角度对水环境系统进行治理势在必行。

本文得到朱颜明研究员、王金达博士的悉心指导, 在野外调研的过程中得到罗先香博士、栾兆擎博士的帮助, 在此一并感谢!

[参 考 文 献]

[1] 金相灿, 等著. 中国湖泊环境(第二册)[M]. 北京: 海洋出版社, 1995. 457—495.

[2] 严登华, 何岩, 邓伟, 等. 东辽河流域生态水文过程对水环境系统的影响[C], 吉林省环境科学学会论文集, 长春, 2000.

[3] 严登华, 何岩, 邓伟, 等. 生态水文学研究进展[J], 地理科学, 2000(5): 87—93.

[4] 徐占信, 徐占江. 边城满洲里[M]. 呼和浩特: 内蒙古出版社, 1995. 4—6.

[5] 吕新龙. 呼伦贝尔地区草甸草原初级生产力动态研究[J]. 中国草地, 1994(4): 9—11.

[6] 韩广, 张桂芳. 30 多年来呼伦贝尔草原沙漠化的演变特点及防治对策研究[J]. 中国沙漠, 1998(3): 56—64.

[7] 韩广. 呼伦贝尔草原沙漠化的综合评估研究[J], 中国草地, 1995(2): 20—25.

[8] 赵宗琛, 刘静. 呼伦贝尔盟土壤侵蚀及防治对策[J]. 水土保持通报, 1998, 18(4): 31—36.

[9] 孙辉成. 呼伦贝尔盟水土流失演变分析[J]. 东北水利水电, 1996(9): 4.

[10] 王洪胜, 包秀玉, 张昕琢. 走可持续发展之路 合理地保护、利用和建设呼伦贝尔草原[J]. 内蒙古草原, 1999(2): 13—15.

[11] 赵福林, 马焕章. 内蒙古呼伦贝尔盟水文特性[J]. 水文, 1994(3): 52—56.

[12] 王长河, 李明贵. 呼伦贝尔盟水土流失分区及防治对策[J]. 东北水利水电, 1996(9): 40.