

内蒙古农业大学

硕士学位论文

内蒙古典型草原荒漠化研究—阿尔舒特干涸湖床沉积物理化性质空间分异及生态影响研究

姓名：宝力道

申请学位级别：硕士

专业：土壤学

指导教师：包翔

20080501

摘 要

本论文以内蒙古东乌旗典型草原阿尔舒特干涸湖床为研究对象,分析其沉积物理化性质的变化规律,以期说明湖泊干涸后引起的典型草原生态影响。主要结果如下:

1.典型剖面有机质、全钾含量:原生植被区>湖中心>湖西北岸;全磷含量:湖中心>湖西北岸>原生植被区;不同区域剖面全氮垂直分布与有机质分布一致;剖面速效钾含量:湖中心>湖西北岸>原生植被区;pH值、全盐量、盐度和电导率:湖中心>湖西北岸;总体上,干涸湖床盐碱化程度严重,pH值也很高,加之湖泊干涸迅速,植物演替跟不上,进而加快了荒漠化速度。

2.从典型剖面沉积物颗粒分析来看,1-0.05 mm 颗粒含量最高,<0.001 mm 颗粒含量次之,0-30 cm土层<0.05 mm 颗粒含量达52%,有丰富的沙源。裸露的干涸湖床是引起典型草原荒漠化、沙尘暴和盐碱尘暴的重要原因之一。

3.从水平分异来看,表层有机质、全氮、全磷、速效钾和碱解氮水平分异性趋于一致,由湖中心向外缘,随着距离的增大先增加后减少的趋势,在湖岸交界区和湖东南区域积累;全钾的水平分异规律不明显;整体上,湖东南区域速效钾含量高于湖西北区域,湖东南沙化区在风积作用下的盐碱积累较多;电导率水平分布与盐度分布一致,最高值出现在裸露区;pH值以裸露区为界,湖东南区域随深度增高趋势,湖西北区域随深度下降趋势,整体上,湖东南地带高于湖西北地带,湖东南区域盐碱化程度较严重。从盐度、电导率和全盐量的水平分异看,整体上,湖中心区域高,两边低,禾本草地出现增高的态势;从沉积物颗粒水平分异看,1-0.05 mm 颗粒含量湖中心低两边高,<0.001 mm颗粒含量水平分异与其正相反。

4.干涸前后植被发生很大变化,干涸后,引入了新的耐沙、耐盐碱植物,砂引草、盐地碱蓬、碱地风毛菊等。随着距湖边不同距离的增加,植被种数、盖度上升,植被从距湖面的耐碱植物砂引草、朝鲜碱茅逐渐过渡为的典型草原生植被如羊草、赖草、针茅等。

关键词:典型草原荒漠化 干涸湖床 沉积物理化性质 空间分异 生态影响

Study on desertification of Typical Steppe in Inner Mongolia

The Spatial Variation of physico chemical properties of lacustrine deposits of Arshut and its ecological impact

Abstract

By lacustrine deposits of Arshut as the research object, analyzed the variation of physico-chemical properties of soil to show the influence of grassland ecology caused by dried up lake. Main results are as follows:

1. Profile organic matter, total potassium content: primary vegetation area> the center of Lake>Northwest coast of lake; Total phosphorus content: the center of Lake>Northwest coast of lake>native vegetation area; Vertical distribution of total nitrogen in different area, Profile were very similar to that of correspondingly organic matter. Available potassium content of profile: the center of lake>northwest coast of lake>native vegetation area. PH value, total salt content, salinity and conductivity: the center of lake>Northwest Coast of Lake. Display generally that: salinization degree of lacustrine deposits became heavier, pH value became higher and lacustrine were drying rapid. Vegetation succession failed behind and then accelerated desertification.

2. The analyses of particle in profile deposits showed that when diameter of particle 1-0.05 mm the grain content were the highest, it took second place when diameter of particle < 0.001 mm, the diameter of particle 1-0.05 mm, which in 0~30cm, particles content reached 52%, with plentiful sand source. Bare lacustrine deposits is one of the important reasons for grassland desertification, sand storm, saline-Alkaline dust storm.

3. Analysis of horizontal differentiation showed that: the differentiation of organic matter, nitrogen, total phosphorus, available potassium and available nitrogen in surface layer tended to be uniform. tendency of increase first and reduction afterwards, from the center of lake to outer margin, accumulated in junctional area and Southeast Region of the lake. The horizontal distribution pattern of total potassium was less evident. Available potassium in the southeast Region were higher than that of northwest region. The accumulation of Saline-Alkaline in southeast region of lake were more under the action of wind-blown desert region. The horizontal distribution pattern of conductivity were similar to that of salinity and the highest value were in bare region; pH value took bare region as boundary, increased with depth in Southeast Region of the lake and decreased in northwest region. In general, they were higher in Southeast region of the lake than that of northwest Region. Horizontal differentiation salinity, conductivity and total salt content showed that

the center region higher than edge and increased in grass weeds. The practical of sediment showed that the content of diameter of particle 1-0.05 mm were higher in centre than edge. The distribution of diameter of particle <0.001 mm was opposite.

4 The vegetation changed seriously due to drying up of Arshut lake. When it dried up, drawing into new sand-tolerant, salt-tolerant plants, such as *Messerschmidia sibirica* and *Suaeda salsa* L., *Saussurea runcinata* DC, etc. With distance from the lake, the Arshut lake vegetation and terrain, vegetation changes regularly and variety of vegetation was from *Messerschmidia sibirica* and *Suaeda salsa* L. to *Leymus chinensis*, *L. chinensis* (Trin.) and *Stipa grandis*.

Key words: *Grassland desertification; lacustrine deposits; physico chemical properties of sediment; spatial differentiation; ecological impact*

Directed by: associate Professor. Bao Xiang

Applicant for Master degree: Bao Li Dao (Soil Science)

(College of Ecology and Environment, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, China)

内蒙古农业大学

研究生学位论文独创声明

本人申明所呈交的学位论文是我本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得我校或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料，与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

申请学位论文与资料若有不实之处，本人承担一切相关责任。

论文作者签名： 宝力道 日期： 2008.6.20

内蒙古农业大学研究生学位论文版权使用授权书

本人完全了解内蒙古农业大学有关保护知识产权的规定，即：研究生在攻读学位期间论文工作的知识产权单位属内蒙古农业大学。本人保证毕业离校后，发表论文或使用论文工作成果时署名单位为内蒙古农业大学，且导师为通讯作者，通讯作者单位亦署名为内蒙古农业大学。学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子文档，允许论文被查阅和借阅。学校可以公布学位论文的全部或部分内 容（保密内容除外），采用影印、缩印或其他手段保存论文。

论文作者签名：

宝力道

指导教师签名：

包朝

日

期：

2008.6.20

1 引言

湿地(wetlands)是地球上重要的生存环境和生态系统。它具有稳定环境、物种基因保护及资源利用功能,被誉为自然之肾、生物基因库和人类摇篮。湿地研究是当前国际众多学科学者们共同关注的前沿热门领域,在世界自然保护联盟、联合国环境规划署世界自然基金会编制的世界自然保护大纲中,湿地与森林、海洋一起并列为全球三大生态系统类型,是自然界最富生物多样性的生态景观和人类最重要的生存环境之一^[1]。

当今,荒漠化现象已成为一个全球性的环境和社会经济问题,受到世界各国的普遍关注。荒漠化一词是法国植物生态学家和地理学家Aubreville在1949年出版的《热带非洲的气候、森林与荒漠化》一书中首次提出的。在1977年于内罗毕召开的联合国防治荒漠化会议(UNCOD)上,将荒漠化定义为:“荒漠化是土地具有的生物潜在生产力的下降或破坏,最终成为荒漠状态的现象”。1992年在里约热内卢召开的联合国环境与发展大会上,将荒漠化定义为:“在包括气候与人类活动的种种因素作用下,干旱区、半干旱区及干旱亚湿润区的土地退化过程”。1994年签署的《国际荒漠化防治公约》采纳了这一定义^[2]。

1994年以前,荒漠化在我国仅仅被作为沙质荒漠化来定义。1994年,联合国防治荒漠化公约中的定义被我国政府采纳,以满足我国执行防治荒漠化公约的需要^[3]。

1.1 世界荒漠化现状及其原因

全世界陆地面积为1.49亿 km^2 ,占地球总面积的29%,其中约1/3是干旱、半干旱荒漠地,而且每年以6万 km^2 的速度扩大着。荒漠化已影响到全球100余个国家的9亿多人口,以后其范围还会增加^[4]。

亚洲是世界第一大洲,陆地面积4400万 km^2 ,其中37%是荒漠干旱区。西亚是荒漠化危险程度最高的地区之一,风蚀、水蚀、人口众多、生产力低下、国情不稳等加速了荒漠化进程。中亚和哈萨克斯坦有荒漠135万 km^2 ,其中草地荒漠129万 km^2 ,灌溉农地荒漠6.2万 km^2 。南亚地区由于过度放牧,低地土沙堆积等引起沙丘移动,使荒漠化进一步扩大^[5]。

非洲陆地面积3020万 km^2 ,其中荒漠干旱地占58%,还有34%受到荒漠化威胁。所有农耕地、草地荒漠化率达80%以上,涉及80%的农村人口,特别是世界最大的撒哈拉大沙漠南缘的萨赫勒地带,过去50多年间约有6500万公顷的农地、放牧地变为荒漠。马里、尼日尔、乍得、塞内加尔等国的农耕地、草地的荒漠化率高达86%。突尼斯、摩洛哥有1/2土地荒漠化,1/10为难以恢复的荒漠地^[6]。

澳洲陆地面积768万 km^2 ,其中85%是干旱、半干旱地。据UNCOD报告,国土的75%是荒漠化危险地区,放牧草地占30%,依赖降雨农耕地占20%,灌溉农地占15%。由于开垦自然桉树林,过度采伐,过度耕作,过度放牧等人为影响,造成飞沙、风蚀

频发, 虽采取了调整牲畜头数, 设置等高线土堤、谷物和牧草季节轮作等各种措施, 但荒漠化依然在延续。

美洲的沙漠呈带状分布, 北美的沙漠分布从美国西部到墨西哥, 总面积约130万 km^2 , 美国荒漠化面积约占国土的近1/6。在南美阿塔卡马秘鲁沙漠由于过度放牧, 土壤劣化, 过度开发等造成1/4~1/2的放牧草地荒漠化, 阿根廷因风蚀造成荒漠化不断扩大, 3/4为中等程度, 1/3为严重程度。南北美洲的荒漠主要是受山脉影响的内陆沙漠, 受寒流影响的海岸沙漠及信风形成的气候沙漠。中美洲墨西哥土壤侵蚀严重, 过度采伐薪材, 过度开垦使森林受到严重破坏, 灌溉农地盐碱化, 每年以1000~2000 km^2 的速度荒漠化^[4]。

欧洲面积1016万 km^2 , 荒漠化形态因地而异, 10%是干旱地, 地中海沿岸各国大多是半干旱地。土耳其安纳托利亚高原、西班牙东南丘陵地区荒漠化严重。北欧耕地土壤侵蚀, 特别是酸雨使森林遭到破坏, 大范围发生土壤、水质污染, 广义上的荒漠化程度严重^[4, 9]。

1.2 我国荒漠化现状

中国是世界上荒漠化最严重的国家之一, 据1997年林业部发布的《中国荒漠化报告》, 荒漠化面积已占国土面积的27.3%, 达262.2万 km^2 , 并以每年2460 km^2 的速度在扩大, 受其影响的范围约占国土面积的50%, 涉及18个省、市、自治区, 将近4亿人口受到危害^[5]。44%分布于干旱区, 35%分布于半干旱区, 其余的21%分布于亚湿润干旱区。

荒漠化土地占荒漠化潜在发生地区总面积的比例往往被作为衡量一个国家或地区荒漠化发展严重程度的重要指标^[7]。我国荒漠化土地占荒漠化潜在发生地区总面积的比例为79.0%, 不仅远远高于全世界的平均水平, 而且比荒漠化土地比例最高的北美洲还高近5个百分点(表1)^[7, 9]。

表1 我国及全球荒漠化土地占荒漠化潜在发生地区总面积百分比

地区	中国	全球	非洲	亚洲	北美洲	南美洲	澳大利亚
%	79.0	69.0	73.0	69.7	74.1	72.7	53.6

朱震达等^[9, 10]的研究指出, 50年代到70年代中期全国沙质荒漠化以每年1560 km^2 的速度扩展, 70年代中期到80年代中期以每年2100 km^2 的速度扩展。50年代为1.37 $\bar{5}$ 105 km^2 , 70年代中期为1.76 $\bar{7}$ 105 km^2 , 80年代中期为1.97 $\bar{5}$ 105 km^2 。根据他们的研究结果, 50年代到70年代中期中国沙质荒漠化土地年均增长率约为1%, 70年代中期到80年代中期约为1.1%, 50年代到80年代中期沙质荒漠化呈加速扩展趋势^[9]。

我国荒漠化土地大部分处于严重退化状态,土地退化严重程度远远高于世界平均水平(表2)^[7, 9]。

表2 我国和全球荒漠化程度比较 (Km²)

地区	极重度荒漠化		重度荒漠化		中度荒漠化		轻度荒漠化		合计	
	面积 (*10 ⁴)	%	面积 (*10 ⁴)	%	面积 (*10 ⁴)	%	面积 (*10 ⁴)	%	面积 (*10 ⁴)	%
中国			103.0	39.3	64.1	24.4	95.1	36.3	262.2	100
全球	7.4	0.2	130.1	12.7	470.3	45.8	427.8	41.3	1035.6	100

荒漠化发展最快、危害最严重的有两类地区:一是位于我国北方半干旱和半湿润区的农牧交错带,那里分布有四大沙地,即科尔沁沙地、毛乌素沙地、呼伦贝尔沙地和浑善达克沙地,主要分布在内蒙古;二是我国北方干旱区内沿内陆河分布或位于内陆河下游的绿洲地区,主要分布在新疆、甘肃和内蒙古西部。

内蒙古荒漠化指在干旱、半干旱和亚湿润干旱地区,因气候变化和人类活动各种因素造成的土地退化。内蒙古自治区1983年有退化草地21万km²,1995年发展到39万km²。草地退化面积以大约每年2%的速度增加。素以水草丰美著称的呼伦贝尔草原和锡林郭勒草原,退化草原而积比率分别为23%和41%,退化最为严重的鄂尔多斯高原草场退化面积已达68%。荒漠化土地分布范围涉及干旱、半干旱和亚湿润地区的7盟5市70个旗(县、市、区)^[10]。

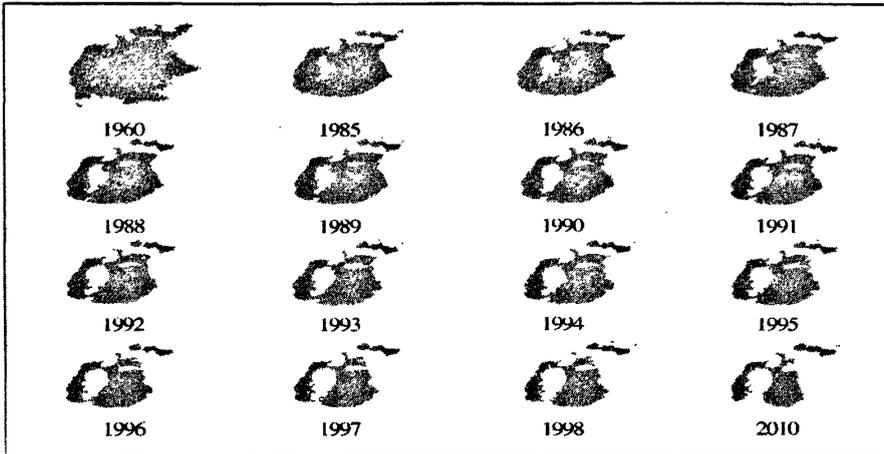
内蒙古荒漠化类型主要包括:风蚀荒漠化、水蚀荒漠化和盐渍荒漠化三种类型。风蚀荒漠化:内蒙古以风蚀荒漠化为主,风蚀荒漠化面积约为58.6万km²,占荒漠化总面积的90%以上。分布于干旱区16万km²,占28%,半干旱区22万km²,占38%,亚湿润区20万km²,占34%。水蚀荒漠化:内蒙古水蚀荒漠化面积2.8万km²,约占荒漠化土地面积的4.4%;分布于干旱区0.1万km²,约占3.6%,半干旱区0.2万km²,约占7.1%;亚湿润区2.6万km²,约占89.3%。盐渍荒漠化:内蒙古盐渍荒漠化面积2.6万km²,占荒漠化总面积的4.0%,分布于干旱区0.5万km²,占19.2%;半干旱区1.3万km²,占50%;亚湿润区0.8万km²,占30.8%^[11]。

2 选题依据和目的意义

地球上湖泊(包括淡水湖、咸水湖和盐湖)总面积约270万km²,占全球大陆面积的1.8%左右。分布主要集中在北美、北欧、西伯利亚地区、非洲和亚洲(主要是中国)。中国是一个多湖泊的国家,湖泊总面积约9万km²,其中淡水湖泊面积为3.6万km²,而面积在1平方千米以上的天然湖泊达2800多个。在世界生命湖泊大会上,与会专家认为,近50年来,中国平均每年有近20个天然湖泊消亡。另据世界水论坛发布的调查报

告可知,全世界一半以上的湖泊和水库正面临大规模生态威胁^[12]。

新生代第三纪以来,北非-欧亚荒漠带陆地隆起,古海洋没有完全退缩进大海,而是形成大面积内陆海,以后演化成的咸水湖,并形成内陆水系。然后这些咸水湖逐渐干涸,大量的盐分都留存在土壤中,在缺少河流的下洗作用的情况下,盐碱物质大部分没有被冲洗进海洋,而是沉积在了这一带的土壤中或者进入了咸水湖中。例如里海、咸海、巴尔喀什湖、伊塞克湖等(图1)。



咸海(Aral Sea)萎缩年表: 1985-1998年的卫星遥感影像解译表明,水域(蓝色)日渐变小,并由原来的一个海分割成2-3个子海(1960年的数据来自传统记录,2010年为预测值)。

图1 咸海的萎缩

我国的咸水湖和干涸盐碱湖盆大多集中在西部,全国有1 km²以上的盐湖813个,面积近4万km²;全部咸水湖有10万km²以上,如果把干湖盆计算在内,要远远大于这个数字。

西部的湖泊处于逐渐干涸中,近些年明显加速。罗布泊面积5700 km²,1961年干涸;居延海面积300多km²,于1992年干涸;乌拉盖戈壁面积230 km²,1997年干涸;查干诺尔面积80 km²的咸水湖,2002年干涸;安固里诺尔面积超过70 km²,2004年干涸;中国最大的咸水湖青海湖总面积4232km²,近30年来,青海湖水位下降3.7米,面积缩小312km²,已开始从单一的高原大湖泊分裂为“一大数小”的湖泊群。

人为干扰也加速着湖泊的干涸,黑河上游筑起容量为百万立方米的水库30多座后,中下游泄水量锐减。40年代黑河入额济纳河的水量为13.3亿m³,目前只有1.3—2.0亿m³,草地灌溉面积由10万公顷减至不足2万公顷,且集中在3月份和11月份,夏季无水,出现断流,使20万公顷,由胡杨沙枣、怪柳构成的林灌草居延绿洲退化沙化,目前仅剩12.3万公顷,而且每年以133公顷的惊人速度退化消失。

东、西居延海面积分别为35.5 km²和267 km²,分别于1961和1992年干涸,“湍洪

不急”的居延海从此成为历史。额济纳旗先后有12处湖泊、16处泉水、4个沼泽干涸，造成人畜饮水困难，一部分牧民沦为“生态难民”，四处迁徙。

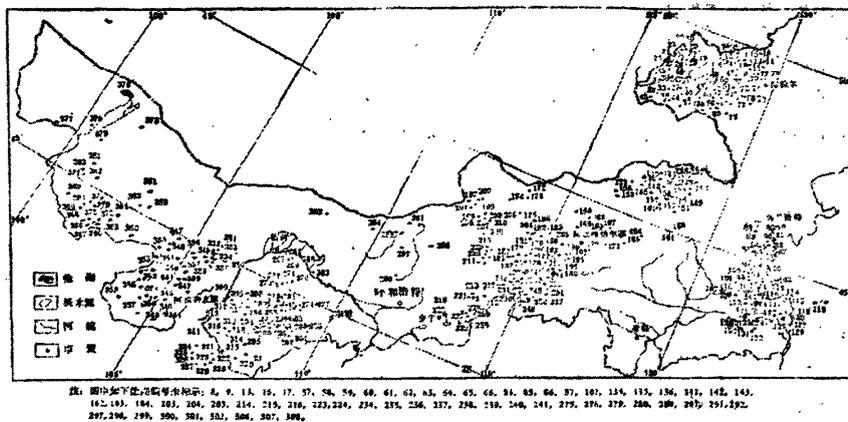


图2 内蒙古干涸盐渍湖盆区分布(据郑喜玉等著, 内蒙古盐湖, 科学出版社, 1992)

综上所述, 地球上的湖泊逐年干涸消失之中, 形势严峻, 湖泊干涸引起的生态影响, 逐渐被人类所注意认识。内蒙古草原分布着很多湖泊河流(图2), 千百年来, 草原上的河流湖泊支撑着草原生态系统, 滋润着广袤草原。它的干涸萎缩关系到草原生态系统, 湖泊干涸已成为草原荒漠化的重要原因之一, 对湖泊干涸原因分析及其生态影响的研究, 势在必行。目前, 面临着干涸的湖泊很多, 草原湖泊的干涸也逐渐引起人们的注意, 但是, 关于干涸湖泊引起的生态影响, 草原荒漠化方面的研究甚少。本论文通过干涸湖床沉积物理化性质空间分布的分析, 反映其荒漠化机理和对典型草原土壤的影响情况, 为说明湖泊的干涸对草原生态环境的影响程度, 严峻性提供土壤学方面的依据。

3 国内外研究现状

3.1 国外研究现状

咸海干涸风沙盐尘暴频繁发生, 初步估计盐(沙)尘暴搬运物质年平均沉降量为50万吨至2000~3000万吨^[13]。

湿地土壤有机质和氮、磷是湿地土壤的重要成分, 也是湿地生态系统的重要生态因子, 显著影响湿地生态系统的生产力^[15, 16]。湿地土壤有机质是气候变化的一种敏感指示物, 它能够用来指示对气候变化的响应^[17]; 而氮、磷则是引发水体富营养化的重要因子, 是湿地营养水平指示物^[18]。近年来湿地退化严重, 给湿地生态系统的结构、功能和过程带来巨大威胁, 湿地保护与恢复已经引起高度重视^[19]。

当前北美湿地研究成果很多,范围也很广,涉及生境特点和效率^[22, 23],生产力^[24, 25],湿地植被的因子分析^[26],湿地损失原因分析^[27, 28, 29]等方面,这些大都是在滨海湿地进行的。

湿地过程研究主要集中在以下方面:(1)化学过程侧重研究各类湿地C、N、P、S等大量元素^[40, 50]、微量元素和Hg等重金属元素循环,沉积物、枯落物的积累和降解及微生物在养分循环中的作用。研究营养元素循环与生态功能的关系,重金属元素的富集、迁移和转化,湿地净化水质的过程与机理。(2)生物过程研究更加注意长期定位和模拟实验研究,如法国进行长达55年的监测研究,研究自然与人类活动对盐沼植被干扰及其响应^[57]。美国对海岸盐沼进行30余年的监测研究,主要进行湿地植物生长、分解、积累过程与种群动态研究^[58]。同时开展了物种迁移与基因流动过程对区域生态环境影响的研究。(3)物理过程仍是侧重湿地生态系统能量流动过程,将系统热力学、信息论及控制论等新兴理论应用于湿地能量流动研究^[59, 60]。

3.2 国内研究现状

干枯的玛纳斯湖、古居延泽以及民勤盆地古猪野泽沉积物粒度分析结果表明,干枯湖床的地表湖相沉积物粒径小于 $10\mu\text{m}$ 的颗粒占60%以上,干涸湖床上沙质草原地表也含有大量小于 $10\mu\text{m}$ 的粘土颗粒含量接近50%;而弃荒土地地表细颗粒物散失迅速,民勤盆地弃荒地地表粘土含量仅存不到13.9%。中国西北地区活动沙丘粒度组成小于 $63\mu\text{m}$ 粒径的颗粒很少,小于 $10\mu\text{m}$ 的颗粒微乎其微。因此西北沙漠地区活动沙丘沙对华北或华东地区影响相对较小。认为沙尘暴、扬沙或浮尘天气虽然多发生于中国西部沙漠、阿拉善高原沙区、河西走廊北部沙区以及蒙古东部、中部地区,但由于粗颗粒沙扬起高度与搬运距离有限,真正影响整个华北、华东地区的沙尘物质是小于 $63\mu\text{m}$ 的粉砂级别的颗粒,特别是小于 $10\mu\text{m}$ 的粉尘。认为影响东亚地区的粉尘天气物源不仅是中国西部的内陆沙漠、沙地,更重要的是干枯的湖泊、弃耕的荒地与裸露的沙砾草场^[4]。

根据湖水含盐量的大小,湖泊湿地分为淡水、咸水和盐水三种类型^[20]。含盐量小于1 的为淡水湖泊湿地,主要分布于我国东部平原地区。含盐量介于1 与35 之间的为咸水湖大于35 的为盐湖。我国的咸水湖及盐湖湿地主要分布于青藏高原与内蒙古自治区、新疆自治区等干旱半干旱地区^[21]。

崔保山等介绍了湿地生态系统模型概念及类型,重点分析河流湿地、河漫滩湿地、湿地退化模型。在河流湿地中,重点讨论了水文水动力学模型,泥沙冲淤模型、河流水质模型;在沼泽及河漫滩湿地中,阐述水量模型、生物量模型、P模型和N模型^[30]。

安固里淖湿地土壤质地细腻粘重,土壤呈现从外向内盐渍化逐渐增加的趋势,由砂壤土向粘土逐渐变化的规律;湿地土壤强碱性,为硫酸 氯化物类型的盐土,影响植物生长的关键因子是盐度;土壤中有机质的含量相对较低,N、P的供应平较低,K

供应充足^[31]。

湖泊沉积物是矿物质和有机质的归宿,物质从流域中搬运来,或者是在水体中形成并沉积下来,沉积物的物质组成与流域侵蚀、污染排放等密切相关^[32]。沉积物中的养分主要来源于地表径流、地下水及大气沉降、人工投饵等方式输入湖泊水体的各种物质。来自各种途径的营养物,在环境因素等的影响下,经过一系列物理、化学及生物作用,其中一部分沉积物于湖泊底部,成为湖体营养物的内负荷。在一定条件下,进入沉积物中的磷,一部分可能被活化而通过孔隙水迁移回水体,被微生物吸收利用,重新加入湖泊生态系统的物质循环;另一些可能形成内生的稳定矿物而被“永久”埋藏^[33, 34, 35]。湖泊沉积物是湖泊演变过程中的产物,湖泊沉积物特征和沉积物的组成,是由湖泊本身所处的地理环境以及湖泊的发育阶段所决定的。由于环境条件和发育阶段的不同,沉积物类型往往呈现出较大的差异。另外,由于人类活动的影响,对湖泊沉积物也会产生深刻的影响,湖泊沉积过程包括化学沉积、生物沉积和碎屑沉积^[36]。一般浅水湖泊以生物沉积和碎屑沉积为主;化学沉积属于无机盐沉积,是通过湖泊长期的地球化学过程而产生。生物沉积属于有机沉积,包括动物沉积和植物沉积。早期湖泊研究认为沉积物是一种简单的贮积库,一旦沉积下来,就很少或者根本不与湖水发生作用,这些沉积物被看作湖泊的历史纪录。随着湖泊富营养化现象的出现和进一步加剧,人们越来越理解到沉积物在湖泊生态系统中所起到的作用。沉积物中的营养物质,通过生物和流体的迁移作用产生再循环,沉积物被认为是湖泊系统中营养状况动态变化模式的重要因素^[37, 38, 39]。

处于北方环境敏感带的封闭湖泊岱海,其沉积物的粒度特征反映了岱海降水、水动力搬运强度以及湖面水位高低的变化。较为丰富的降水及较强的水动力条件容易沉积成分较粗的陆源碎屑颗粒;当湖面较低时,缩短了沉积物搬运区与沉积区的距离,也容易使沉积物粗颗粒组分增加,沉积物的粒度特征是恢复过去古气候、古环境状况的一个重要代用指标,黄土的研究表明,其沉积物粒度值的大小是指示东亚冬、夏季风气候变化的良好代用指标^[40, 42];对深海沉积物的研究也揭示了沉积物各组分含量的高低可以度量洋流速度大小以及其搬运能力^[43]。已有的湖泊沉积学研究也表明,湖水能量是控制沉积物粒度分布的重要因素,粒度的粗细代表了水动力的强弱、湖泊输入水量的相对大小,在一定程度上可以反映湖区降水的变化,因而具有干湿变化的指示意义^[44, 45]。湖泊沉积物具有环带状分布的特点,即从湖岸到湖心大致出现砾 砂 粉砂 粘土的规律,位于湖心的沉积物粒度值的变化应大致反映水动力搬运条件强弱的变化^[46, 47]。

岱海表层沉积物中全氮含量在0.76g/kg~2.84g/kg间变化,有机氮含量在706.86mg/kg~2691.95mg/kg间变化,水平分布上全氮与有机氮总体具有从北到南、由深水区向浅水区含量递减的变化趋势,硝态氮含量在1.68mg/kg~7.36mg/kg间变化,湖区东北出现高值区,西南、南部及东南出现低值区,铵态氮含量在44.25mg/kg~

166.00mg/kg间变化, 呈现湖区西北部和东北部高而西南部低的分布特征; 沉积物全氮、硝态氮和有机氮总体呈现随深度增加含量递减的趋势, 铵态氮呈现随深度增加而含量增加的趋势。沉积物中全氮与有机氮间呈现较好的正相关, 全氮与硝态氮、铵态氮间相关性欠佳。岱海表层沉积物中全磷含量在0.57g/kg~0.91g/kg间变化, 水平分布上总体具有从北到南、由深水区向浅水区含量递减的变化趋势, 岱海表层沉积物中有机质含量在0.78%~4.28%间变化, 湖区北部及湖心深水区有机质含量较高, 湖区西南、南部及湖区东侧边缘区有机质含量较低; 浅水区沉积物有机质含量垂向分异大于深水区。沉积物TOC/TN比值在5.98~14.77之间变化, 总体呈现出浅水区高于深水区的特征, TOC/TN比值表明浮游生物是岱海有机质的主要供应者, 由地表径流带入的陆源碎屑有机物为数较少; 沉积物中TN与TOC呈明显的正相关, TP与TOC间虽呈正相关, 但线性关系不够好^[40]。

4 研究内容与研究方法

4.1 研究内容

本文以锡盟东乌旗阿尔舒特干涸湖为研究地, 通过对草原封闭型内陆湖干涸湖床剖面理化性质的比较和不同区域沉积物理化性质的对比研究, 说明湖泊干涸, 对典型草原荒漠化有何影响。

4.2 研究方法

4.2.1 采样点的布置

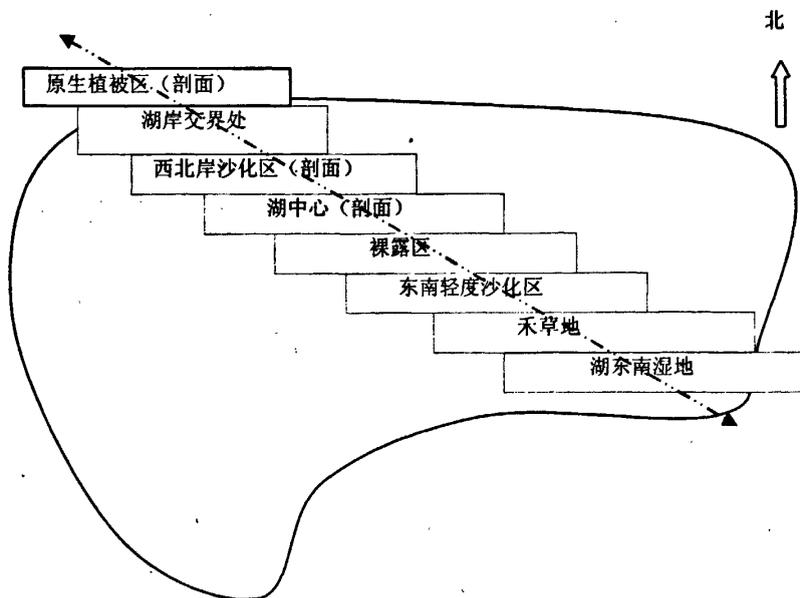


图3 湖床分区及土样采样地示意

在干涸湖床的东南、西北走向上,分别在湖中心地带、湖边缘地带、原生植被区挖剖面,分四层取土样(0-30cm、30-60 cm、60-90 cm、90-120 cm),根据不同的植物覆盖度,人为划分八个区(湖东南湿地、禾本草地、轻度沙化区、裸露区、湖中心区、西北岸沙化区、湖岸交界区、原生植被区),每区选三点,做重复,每点分三层(0-10cm、10-20 cm、20-30 cm)取土样。取样时间于2006年10月上旬,土壤样品运回实验室后,风干、碾磨处理,分<2mm和<0.15mm两种粒径,并对土壤样品的理化性质进行分析测试。

4.2.2 测定方法

有机质:重铬酸钾-外加热法。

全氮:凯氏定氮法。

全磷:钼锑抗比色法。

全钾:原子吸收光谱法。

机械组成:甲重比重计法。

土壤速效氮:碱解扩散皿法。

土壤速磷:碳酸氢钠浸提,比色法。

速效钾:醋酸铵浸提,火焰光度法。

pH值:用酸度计测定(PHS-3D型pH计)。

电导率:用的DDSJ-308电导仪测定。

八大离子:EDTA滴定法,双指示剂中和滴定法。

以上项目的测试在内蒙古农业大学生态环境学院土壤实验室完成。

4.2.3 数据处理方法

使用Excel完成原始数据处理和各指标的空间分布图,沉积物中各项指标间的方差分析和相关分析使用SAS9.0完成。

5 研究区概况

5.1 地理位置

阿尔舒特湖位于锡盟东乌珠穆沁旗境内的满都镇(N 46-15'22.81", E 118-26'49.04"),海拔 870m,湖水主要靠地表径流和湖面降水补给,主要地表径流由岗根河注入,排泄主要通过垂直蒸发,属内陆封闭型湖泊。

5.2 地质地貌

阿尔舒特湖属于乌珠穆沁盆地,乌珠穆沁盆地位于博利舒依兴干隆起带的中部,属大兴安岭新华夏隆起带的延续部分,主要由古生代变质岩和变质火山岩系等组成。

经多次构造运动,古生代岩层多形成紧密的线状复式背斜褶皱束构造。北侧以彦吉嘎大断裂与乌拉盖沉降区相接。褶皱构造以平行于轴面的压性断裂带加强了新华夏系的构造形迹,垂直轴面的张性断裂形成一系列宽谷洼地。

乌珠穆沁盆地大体上为阿巴嘎熔岩台地以东,巴隆马格龙丘陵带以南的地区,这里有着众多的小盆地,盆地海拔800-1400m不等,盆地中第四纪洪积、冲积、湖积物质广泛覆盖地面,并分布有很多的湖泊、湿地。区内地貌类型主要为平原,还分布有低山丘陵、阶地、河漫滩。

5.3 气候

该地区属于半干旱典型草原。年均降水量仅为300~350 mm,年平均气温0~3℃之间。降水集中于6~8月份,冬春季盛行偏北风。地处中纬度内陆,属中温带大陆性季风气候,1月平均气温-25℃,极端最低气温-45℃,7月平均气温20℃,极端最高气温38℃,平均无霜日期90-120天。年日照时数在2800小时以上,≥10℃积温1900-2650℃,湿润度(K值)在0.6以上。主要特点为:冬季寒冷而漫长,夏季温热而短暂,降水少而集中,春季风沙大,雨量少。

5.4 植被状况

该地区主要以典型草原植被为主,在大兴安岭山地与典型草原之间形成带状分布的草甸草原植被。地带性植被主要为大针茅、羊草、克氏针茅及贝加尔针茅为建群种,并伴有丰富杂类草形成的草原。阿尔舒特湖边植物沿湖而生,由于河流和湖泊的发育,分布有隐域性湿地植被,主要植被有:克氏针茅(*Stipa krylovii* Roshev.)、羊草(*Leymus chinensis* (Trin.) Tzvel.)、沼柳(*Salix rosmarinitolia* L.Chou)、海乳草(*Glaucomaritima* Linn.)、西伯利亚蓼(*Polygonum sibiricum* Laxm.)、砂引草(*Messerschmidia sibirica*)、盐地碱蓬(*Suaeda salsa* (L.) Pal.)、糟隐子草(*Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng)、赖草(*Leymus secalinus* (Georgi) Tzvel.)、朝鲜碱茅(*Puccinellia chinampoensis* Ohw.)、大拂子茅(*Calamagrostis macrolepis* Litv.)、沙葱(*Allium bidentatum* Fisch.)、蒲公英(*Taraxacum mongolicum* Hand. Mazz.)、二裂叶萎陵菜(*Potentilla biturca* L.)、扁蓿豆(*Melilotoides ruthenica*)、直立黄芪(*Astragalus adsurgens* Pall.)、披针叶黄花(*Thermopsis lanceolata* R.Br.)、大叶藜(*Chenopodium hybridum* L.)、小粒苔草(*Carex koroi* (Freyn) Freyn.)、芦苇(*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex S. tendl.)、碱地风毛菊(*Saussurea runcinata* DC.)、灰绿藜(*Chenopodium glaucum* L.)等。

表 3 八个区植被盖度对比

区域	主要植被	盖度
湖东南湿地	沼柳群落	80%
禾本草地	赖草	70%
轻度沙化区	猪毛草	60%
裸露区	砂引草	5%
湖中心	无植被	-
西北岸沙化区	植被	10%
湖岸交界区	芨芨草	60%
原生植被区	克氏针茅	85%

5.5 土壤状况

地带性土壤主要为栗钙土，隐域性土壤类型主要为草甸沼泽土、腐泥沼泽土和泥炭沼泽土，此外还有草甸土、盐化草甸土和盐土，其中以草甸沼泽土分布面积最大。土壤基本层次为：草根盘结层、腐殖质层和潜育化母质层。

5.6 阿尔舒特干涸湖床现状

目前，阿尔舒特湖干涸后，荒漠化面积正在逐年扩大，2000 年湖床面积为 530 公顷，2006 年荒漠化面积向外扩张了 120-275m，达到 873 公顷，面积平均年增长 50 多公顷，如果这样速度发展下去，几十年后，当地的草原都将被它吞噬。有关专家学者称之为草原上的疥癣。

6 结果与分析

6.1 典型剖面比较分析

主要在干涸湖床的湖中心、湖西北岸和原生植被区挖剖面，深度为1.2m土层，分四层取样，进行理化性质比较分析。

6.1.1 化学性质分析

(1)有机质：原生植被区和湖西北岸剖面有机质含量随深度下降趋势，湖中心剖面有机质含量随深度先下降后增高的趋势，整体上，剖面有机质含量：原生植被区>湖中心>湖西北岸。原生植被区有机质含量：8.77~12.23g/kg；湖中心有机质含量：6.03~9.14g/kg；湖西北岸剖面有机质含量：2.46~3.98 g/kg。(如图4所示)

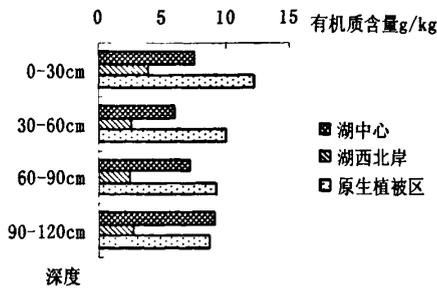


图4 剖面有机质比较

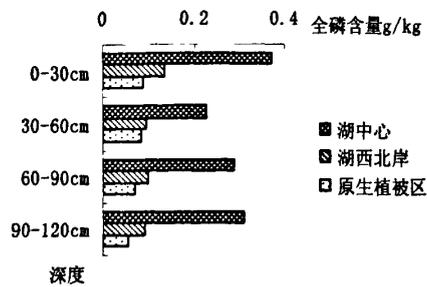


图5 剖面全磷比较

(2)全磷：原生植被区和湖西北岸剖面全磷含量随深度下降趋势，湖中心剖面全磷含量随深度先下降后增高的趋势，整体上，剖面全磷含量：湖中心>湖西北岸>原生植被区，湖中心远远高于其余两个地区。原生植被区全磷含量：0.056~0.088g/kg；湖中心全磷含量：0.226~0.371g/kg；湖西北岸剖面全磷含量：0.092~0.133g/kg。（如图5所示）

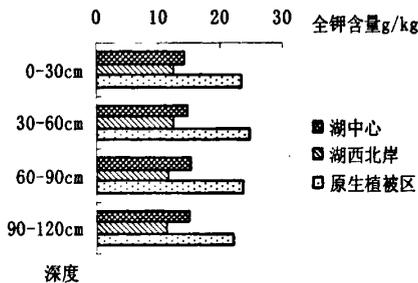


图6 剖面全钾比较

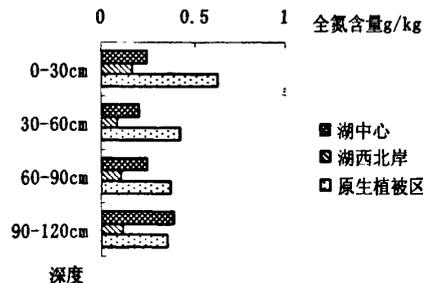


图7 剖面全氮比较

(3)全钾：整体上，剖面全钾含量的随深度变化不明显，剖面之间全钾含量次序：原生植被区>湖中心>湖西北岸。原生植被区全钾含量：22.24~24.62g/kg；湖中心全钾含量：14.09~15.32g/kg；湖西北岸剖面全钾含量：11.24~12.46 g/kg。（如图6所示）

(4)全氮：原生植被区和湖西北岸剖面全氮含量随深度下降趋势，湖中心剖面全氮含量随深度先下降后增高的趋势，总趋势与有机质分布一致，全氮含量：原生植被区>湖中心>湖西北岸。原生植被区全氮含量：0.36~0.63g/kg；湖中心全氮含量：0.20~0.39g/kg；湖西北岸剖面全氮含量：0.09~0.13 g/kg。（如图7所示）

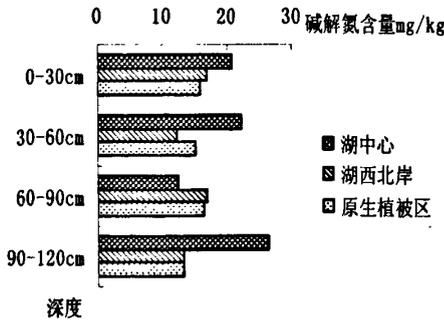


图8 剖面碱解氮比较

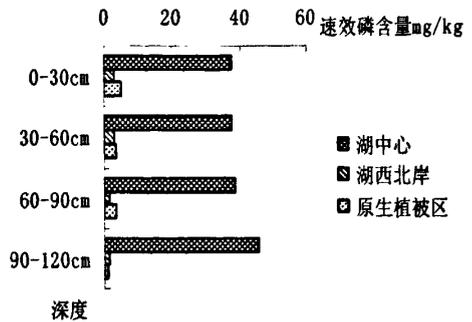


图9 剖面速效磷比较

(5) 碱解氮：湖中心剖面含量总体上高于原生植被区和湖西北岸，随深度增高的趋势，60-90cm 土层出现低谷；原生植被区剖面含量随深度下降趋势，0-90cm 土层变化不大，90-120cm 明显下降；湖西北岸剖面含量随深度有先下降后增高再下降趋势。湖中心剖面碱解氮含量：12.53~26.52mg/kg；湖西北岸剖面碱解氮含量：12.35~16.98 mg/kg；原生植被区剖面碱解氮含量：13.23~16.39mg/kg。（如图 8 所示）

(6) 速效磷：湖中心剖面含量随深度增高的趋势，湖中心剖面含量远远高于其余两个区域。原生植被区和湖西北岸变化规律基本趋于一致，随深度下降趋势，整体上，原生植被区高于湖西北岸，90-120cm 土层含量湖西北岸高于原生植被区。湖中心剖面速效磷含量：37.41~45.87mg/kg；湖西北岸剖面速效磷含量：1.42~3.12 mg/kg；原生植被区剖面速效磷含量：1.25~5.33mg/kg。（如图 9 所示）

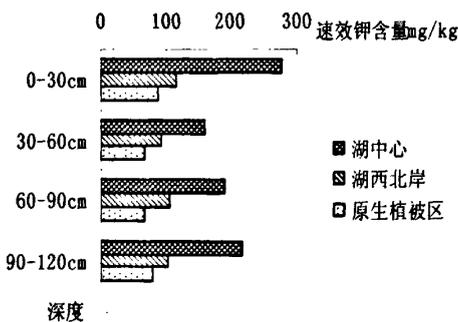


图10 剖面速效钾比较

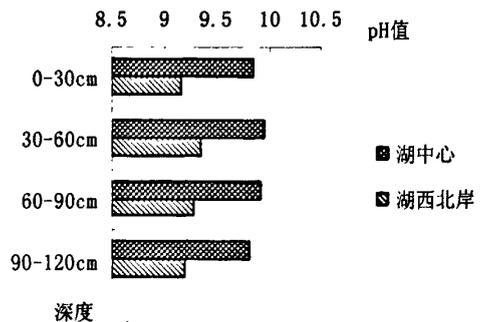


图11 剖面pH值比较

(7) 速效钾：湖中心剖面含量随深度先下降后增高的趋势，原生植被区和湖西北岸剖面含量变化均不明显，整体上，剖面速效钾含量：湖中心>湖西北岸>原生植被区。湖中心剖面速效钾含量：159.08~276.74 mg/kg；湖西北岸剖面速效钾含量：93.45~117.19 mg/kg；原生植被区剖面速效钾含量：66.83~87.31mg/kg。

(8) pH 值 (图 11)：湖中心和湖西北岸剖面 pH 值随深度先增高后下降趋势，pH 值：湖中心>湖西北岸，湖中心 pH 值 9.81~9.95，湖西北岸剖面 pH 值 9.17~9.36。(如图 10 所示)

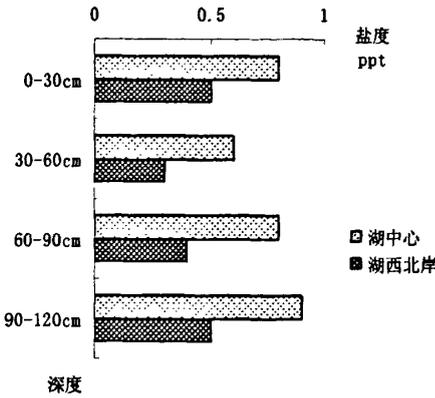


图12 剖面盐度比较

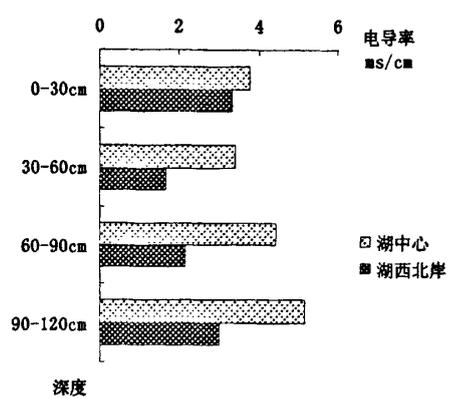


图13 剖面电导率比较

(9) 盐度和电导率：各剖面垂直变化规律一致，先下降后增高的趋势，盐度和电导率湖中心剖面均高于湖西北岸剖面。湖中心盐度：0.6~0.9ppt，电导率：3.41~5.16us/cm；湖西北岸盐度：0.3~0.5ppt，电导率：1.68~3.31 us/cm。(如图 12、图 13 所示)

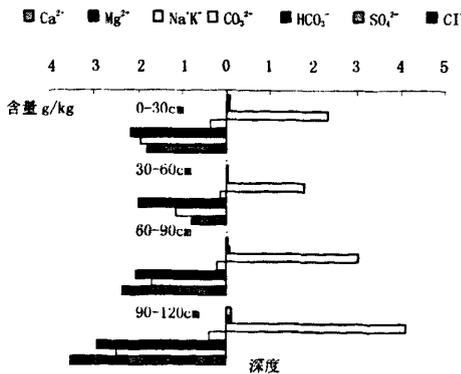


图 14 湖中心阴阳离子垂直分布

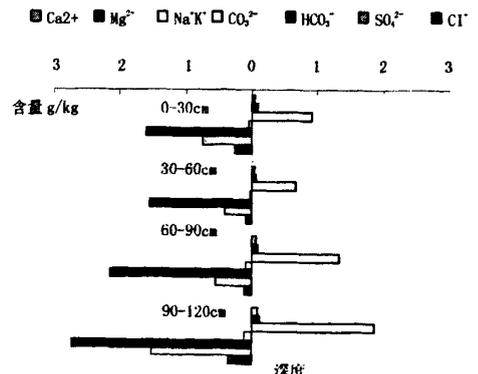


图 15 湖西北岸阴阳离子垂直分布

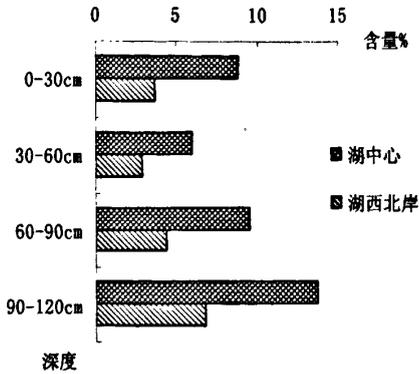


图16 全盐量比较

(10) 从剖面沉积物水溶性盐的分析来看(图14、图15、图16), 整体上, 两个剖面全盐量变化规律基本一致, 随深度先下降后上升的趋势, 全盐量: 湖中心 > 湖西北岸, 湖中心为 6.03 ~ 13.70%; 湖西北岸为 2.87 ~ 6.81%。湖中心剖面各离子含量均高于湖西北岸。湖中心剖面主要阳离子为钠钾, 阴离子为硫酸根、氯离子和碳酸氢根, 钠钾离子含量相对最高, 氯离子随深度变化较明显。湖西北岸剖面主要阳离子为钠钾,

阴离子顺序为碳酸氢根 > 硫酸根 > 氯离子, 垂直分布看, 两个剖面离子含量都先下降后增高的趋势。

6.1.2 湖床沉积物机械组成的垂直变化

从湖床沉积物机械组成分析来看(图17, 图18), 1-0.05mm 颗粒含量最高, <0.001mm 颗粒含量次之, 垂直分布来看, 湖中心1-0.05mm 颗粒含量0-30cm土层最小, 先增高后下降趋势, 湖西北岸剖面1-0.05mm 颗粒含量随深度下降趋势, <0.001mm 颗粒含量分布与其正相反。

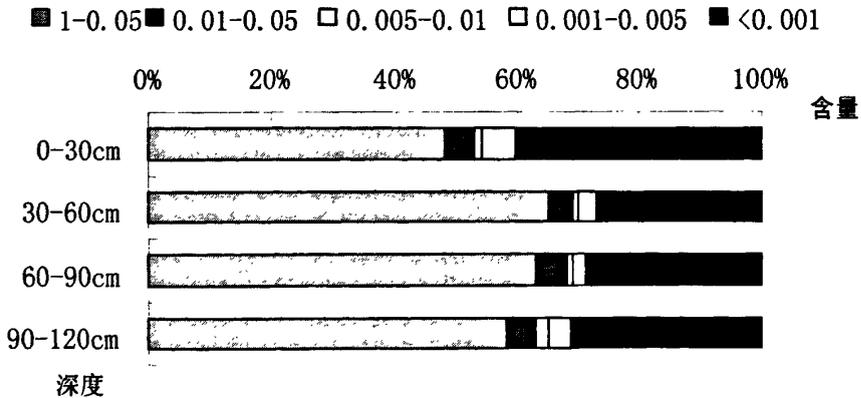


图 17 湖中心剖面不同粒径颗粒垂直分布

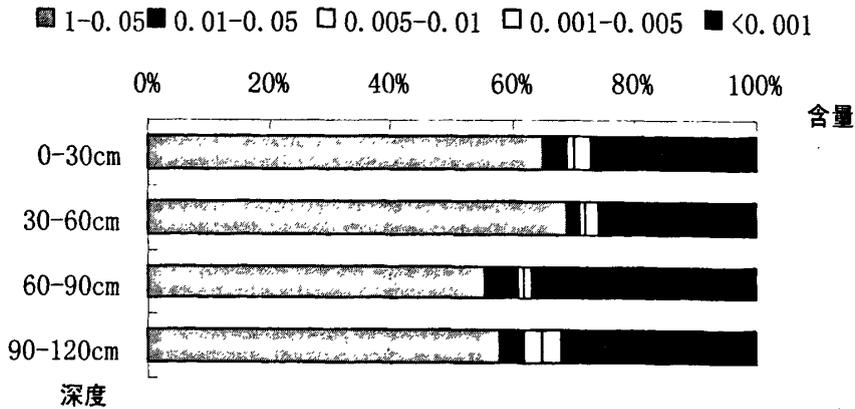


图 18 湖西北岸剖面不同粒径颗粒垂直分布

6.1.3 剖面各指标之间的相关性

湖中心有机质与全氮、盐度有显著正相关性，有机质和pH值有显著负相关性；湖中心全氮与0.005-0.01mm 颗粒含量、速效磷有显著正相关性；湖中心全磷与速效钾有显著正相关性，与1-0.05mm 颗粒有显著负相关性；速效磷与0.005-0.01mm 颗粒含量有显著正相关性；速效钾与1-0.05mm 颗粒含量有显著负相关性，与<0.001mm 颗粒含量有显著正相关性；1-0.05mm 颗粒含量与<0.001mm 颗粒含量有显著负相关性。（见表4）

湖西北岸有机质与全氮、全磷有显著正相关性；全钾与速效磷有显著正相关性；速效磷与1-0.05mm 颗粒含量有显著正相关性；pH值与电导率、盐度有显著负相关性；电导率与盐度有显著正相关性；1-0.05mm 颗粒含量与<0.001mm 含量有显著负相关性。（见表5）

原生植被区剖面有机质和全氮有显著正相关性外，其余各指标之间无显著相关性。（见表6）

表 4 湖中心剖面各指标之间相关性分析

	有机质	全氮	全磷	全钾	速效磷	速氮	速效钾	pH	电导率	盐度	1-0.05	0.01-0.05	0.005-0.01	0.001-0.005	<0.001
有机质	1.000														
全氮	0.956*	1.000													
全磷	0.592	0.337	1.000												
全钾	0.127	0.287	-0.531	1.000											
速效磷	0.876	0.979*	0.138	0.405	1.000										
速氮	0.417	0.534	0.052	-0.331	0.563	1.000									
速效钾	0.508	0.254	0.986*	-0.662	0.056	0.123	1.000								
pH	-0.942*	-0.854	-0.743	0.210	-0.741	-0.551	-0.706	1.000							
电导率	0.887	0.921	0.252	0.570	0.908	0.178	0.120	-0.682	1.000						
盐度	0.946	0.837	0.689	0.182	0.726	0.109	0.579	-0.859	0.873	1.000					
1-0.05	-0.437	-0.196	-0.947*	0.769	-0.006	-0.221	-0.987*	0.676	-0.009	-0.471	1.000				
0.01-0.05	0.764	0.571	0.802	0.079	0.419	-0.204	0.693	-0.703	0.680	0.927	-0.571	1.000			
0.005-0.01	0.851	0.964*	0.131	0.299	0.989*	0.681	0.070	-0.755	0.836	0.662	-0.044	0.333	1.000		
0.001-0.005	0.292	0.108	0.785	-0.910	-0.046	0.448	0.872	-0.591	-0.180	0.234	-0.939*	0.274	0.039	1.000	
<0.001	0.329	0.070	0.934	-0.793	-0.124	0.111	0.978*	-0.574	-0.089	0.395	-0.990*	0.542	-0.091	0.922	1.000

注: *表示<0.05水平下显著相关

表 5 湖西北岸剖面各指标间的相关性分析

有机质	全氮	全磷	全钾	速效磷	碱解氮	速效钾	pH	电导率	盐度	1-0.05	0.01-0.05	0.005-0.01	0.001-0.005	<0.001
有机质	1.000													
全氮	0.964*	1.000												
全磷	0.948*	0.925	1.000											
全钾	0.557	0.348	0.635	1.000										
速效磷	0.582	0.347	0.560	0.95*	1.000									
碱解氮	0.426	0.584	0.645	0.117	-0.132	1.000								
速效钾	0.814	0.933	0.849	0.134	0.052	0.791	1.000							
pH	-0.734	-0.881	-0.648	0.135	0.095	-0.500	-0.902	1.000						
电导率	0.752	0.876	0.631	-0.129	-0.063	0.425	0.870	-0.996*	1.000					
盐度	0.586	0.761	0.480	-0.342	-0.295	0.453	0.829	-0.977*	0.972*	1.000				
1-0.05	0.362	0.100	0.290	0.842	0.952*	-0.424	-0.299	0.293	-0.243	-0.460	1.000			
0.01-0.05	0.055	0.306	0.193	-0.501	-0.684	0.799	0.624	-0.540	0.472	0.622	-0.875	1.000		
0.005-0.01	-0.173	-0.049	-0.423	-0.793	-0.576	-0.414	-0.044	-0.374	0.416	0.522	-0.440	0.132	1.000	
0.001-0.005	0.678	0.650	0.410	0.067	0.305	-0.222	0.421	-0.689	0.749	0.636	0.287	-0.207	0.522	1.000
<0.001	-0.539	-0.309	-0.389	-0.738	-0.911	0.432	0.048	-0.012	-0.051	0.172	-0.945*	0.197	-0.584	1.000

注: *表示<0.05水平下显著相关

表 6 原生植被区剖面各指标间的相关性分析

	有机质 g/Kg	全氮 g/Kg	全磷 g/Kg	全钾 g/Kg	速效磷 mg/kg	速氮 mg/Kg	速效钾 mg/Kg
有机质 g/Kg	1.000						
全氮 g/Kg	0.993*	1.000					
全磷 g/Kg	0.859	0.796	1.000				
全钾 g/Kg	0.314	0.205	0.741	1.000			
速效磷 mg/kg	0.910	0.873	0.893	0.567	1.000		
速氮 mg/Kg	0.501	0.442	0.611	0.664	0.811	1.000	
速效钾 mg/Kg	0.595	0.681	0.131	-0.568	0.273	-0.204	1.000

注：*表示<0.05 水平下显著相关

6.2 干涸湖床沉积物理化性质的水平分布规律

6.2.1 化学性质比较

6.2.1.1 有机质、全氮、全磷、全钾的水平分异规律

从有机质和全氮水平分布来看（图19，图20），变化规律一致，这是因为氮元素主要来源于有机质，0-10cm土层有机质和全氮在湖西北岸交界区和轻度沙化区出现高峰，说明该区域由于冲积风积作用下，有机质堆积所致，湖中心区域含量低，两边高，10-20cm、20-30cm土层有机质和全氮水平分布，除10-20cm土层含量，在轻度沙化区出现高峰外，总体上，从湖东南向湖西北方向上逐渐增高的趋势，说明湖东南地带

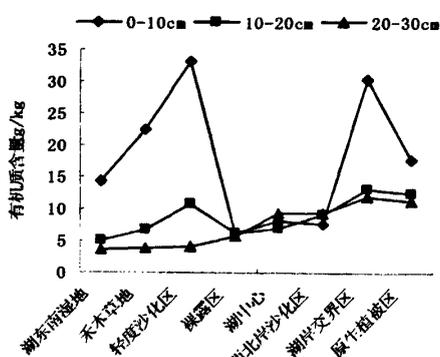


图19 有机质水平分布

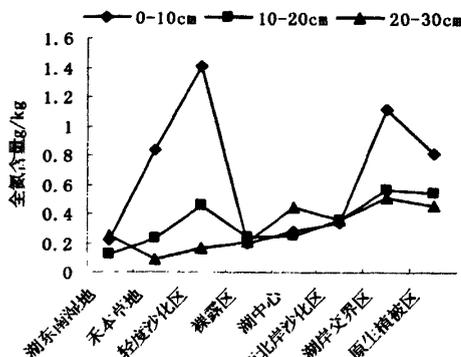


图20 全氮水平分布

10cm土层以下较贫瘠，养分集中在表层；全钾的各土层水平分异规律不明显（图21），原生植被区和西北岸沙化区不同土层含量基本趋于一致；全磷在水平分异上，10-20cm、20-30cm土层含量，由湖中心向边缘有减少的趋势，20-30cm土层全磷含量最高峰出现在湖中心（图22），0-10cm土层含量呈波浪式分布，变化规律类同于有机质和全氮分布，说明表层全磷主要来源于有机质，下层全磷含量受有效磷的影响较大。

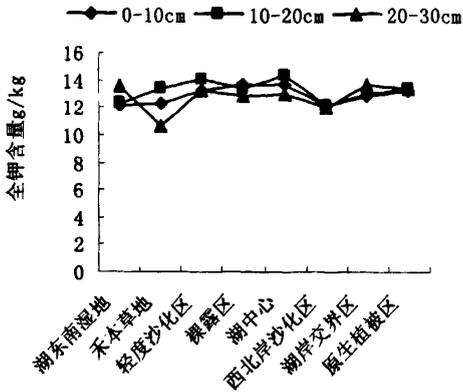


图21 全钾水平分布

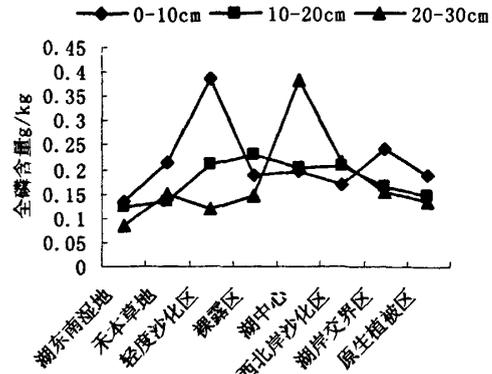


图22 全磷水平分布

6.2.1.2 有效氮、磷、钾的水平分异规律

从速效磷水平分布看(图23), 0-10cm 土层含量, 除了禾本草地和湖中心没有显著差异外, 其它区域在 0.01 水平下, 有显著性差异, 轻度沙化区和西北岸沙化区出现高峰, 原生植被区和湖东南湿地含量最低, 说明水溶性磷在湖东南沙化区积累。10-20cm 土层含量, 总体上, 湖中心地带高, 湖边缘地区低, 裸露区和西北沙化区、湖岸交界区和原生植被区无明显差异外, 其余区域在 0.01 水平下, 有显著性差异。禾本草地出现最高值达 45mg/Kg, 说明水溶性磷在风力作用下湖东南区域积累后, 淋

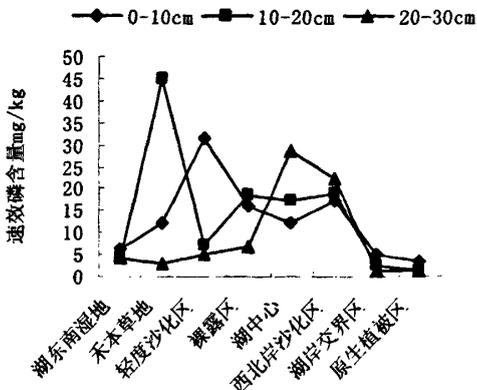


图23 速效磷水平分布

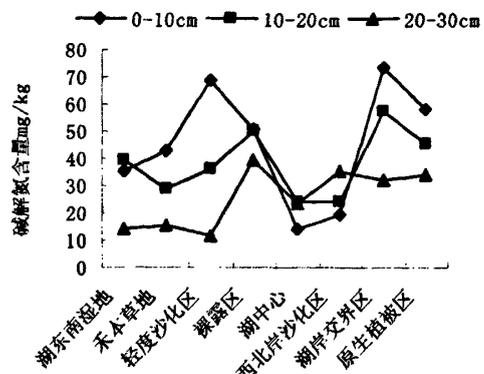


图24 碱解氮水平分布

溶下移。八个区 20-30cm 土层含量, 在 0.01 水平下, 有显著性差异, 并以湖中心为中心, 向两边减少, 说明该层速效磷受干涸湖床荒漠化影响较少。

从碱解氮水平分布看(图24), 0-10cm 土层含量, 八个区有显著性差异, 湖中心含量最低, 两边高, 最高含量出现在湖西北岸交界区, 分布规律与该层有机质、全氮和全磷一致; 10-20cm 土层含量, 除湖中心和西北沙化区无明显差异外, 其余区域有

极显著差异，水平走向极相似于0-10cm土层，最低值出现在湖中心，最高值出现在西北湖岸交界区；八个区20-30cm土层含量，有极显著差异，最高值出现在裸露区，最低值出现在湖东南轻度沙化区，整体上，湖西北区域含量高于湖东南区域。

从速效钾的水平分布看（图25），0-10cm土层含量，湖东南湿地、湖西北湖岸交界区、原生植被区有极显著差异，裸露区、湖中心、湖西北岸沙化区有显著差异，最

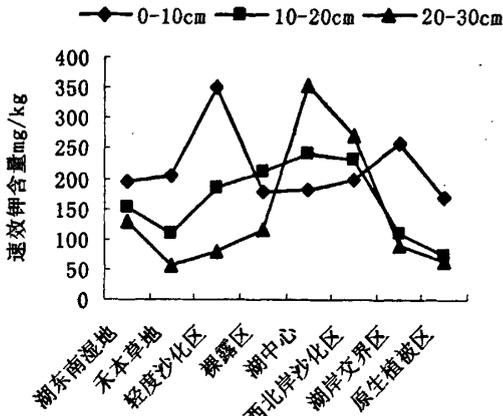


图25 速效钾水平分布

高值出现在轻度沙化区，最低值出现在原生植被区，分布规律类同于有机质、全磷、全氮和碱解氮，说明湖东南沙化区在风积作用下的盐碱积累较多；

10-20cm土层含量，除禾本草地和湖岸交界区无明显差异外，其余区域有着极显著差异，湖中心最高，向两边减少的趋势，湖东南湿地有增高的态势；八个区20-30cm土层含量，有极显著差异，湖中心最高，达355mg/Kg，向两边降低，最低出现在禾本草地，东南湿地同

样有增高的态势。整体上，湖东南区域速效钾含量高于湖西北区域，说明湖东南地带盐碱化程度较严重。

6.2.1.3 pH值、盐度、电导率水平分异规律

从pH值的水平分布看（图26），0-10cm土层pH值，禾本草地和轻度沙化区有极显著差异，与湖东南湿地有显著差异，裸露区、湖中心、湖岸沙化区无显著差异，原生植被区和湖岸交界区无明显差异，整体上，湖中心区域高，湖边缘区域，最低值出现在原生植被区（8.47），最高值出现在西北岸沙化区（9.76）；10-20cm土层pH值，湖东南湿地、湖中心和湖西北岸沙化区有显著差异，禾本草地、轻度沙化区和裸露区无明显差异，并pH值最高，原生植被区和湖岸交界区也无差异，pH值为最小；20-30cm土层pH值，原生植被区和湖岸交界区显著无差异，其余区域有显著差异，最高值出现在轻度沙化区，最低值出现在原生植被区。垂直分布上，以裸露区为界，湖东南区域pH值有随深度增高趋势，湖西北区域pH值有随深度下降趋势，整体上，湖东南区域高于湖西北区域。

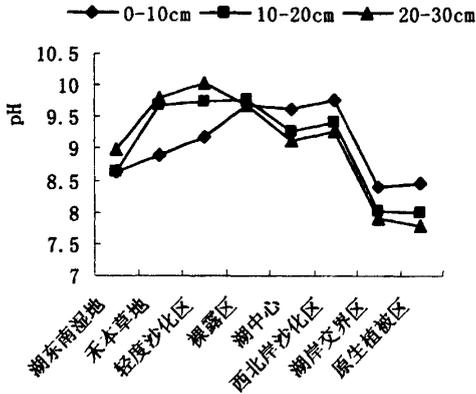


图26 pH值水平分布

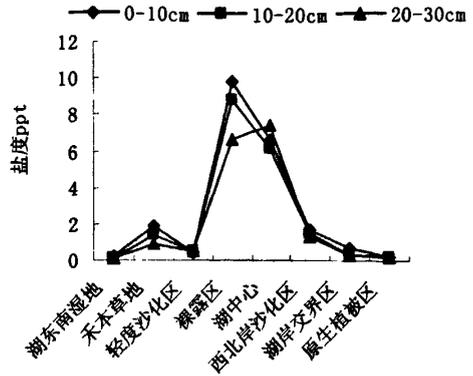


图27 盐度水平分布

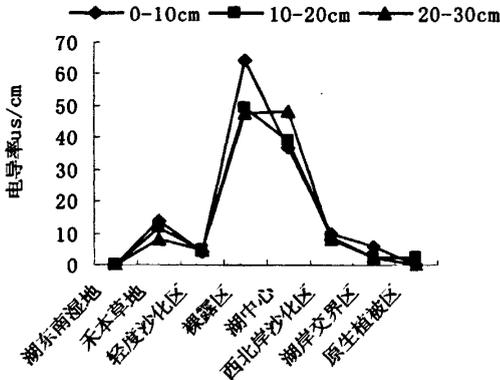


图28 电导率水平分布

从盐度的水平分布看(图27), 0-10cm土层, 除湖东南湿地和原生植被区无明显差异外, 其余区域有极显著差异, 最高值出现在裸露区, 达9.8ppt, 原生植被区和湖东南湿地盐度最小0.2ppt, 整体上, 湖中心区域盐度高, 两边低, 禾本草地出现增高的态势; 10-20cm土层, 各区都有极显著差异, 整体分异规律与0-10cm土层分异规律一致; 20-30cm土层,

各区同样有着极显著差异, 最高值出现在湖中心, 分异规律与上两层一致, 三层最高值出现在裸露区表层。从电导率水平分布看(图28), 三层水平分异规律与盐度分异规律一致, 最高值也同样出现在裸露区表层。

6.2.1.4 不同区域沉积物八大离子水平分异规律

从 SO_4^{2-} 的水平分布看(图29), 不同土层水平分异规律基本一致, 湖中心含量最高, 裸露区次之, 湖西北岸沙化区其后, 整体上, 湖中心区域高, 两边有降低的趋势。从 HCO_3^- 水平分布看(图30), 0-10cm 土层含量, 各区域都有显著性差异, 最高

值出现在裸露区, 达0.977g/Kg, 其次为湖中心0.671g/Kg, 最小值0.149g/Kg出现在原生植被区; 10-20cm土层水平分布, 与0-10cm土层水平分布一致, 20-30cm土层含量, 湖中心、裸露区、西北岸沙化区、湖岸交界区和禾本草地有极显著差异, 湖东南湿地、原生植被区和湖东南轻度沙化区无明显差异, 最高值出现在湖中心, 达

0.899g/Kg, 裸露区次之, 达0.777g/Kg。总体上, 三个土层HCO₃⁻含量, 湖中心区域高, 两边低, 湖东南区域有增高的态势。

从Cl⁻的水平分布看(图31), 不同土层水平分异规律基本一致, 裸露区含量最

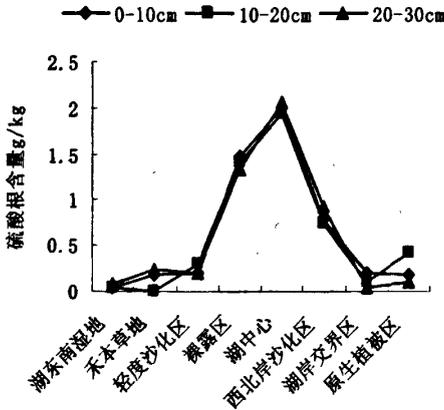


图29 硫酸根水平分布

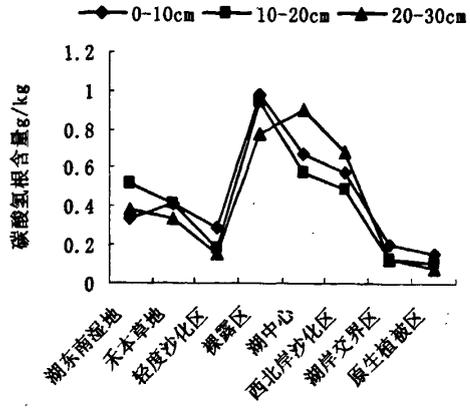


图30 碳酸氢根水平分布

高, 湖中心次之, 禾本草地出现小峰。

从CO₃²⁻水平分布看(图32), 0-10cm土层含量, 最高值出现在湖中心, 达0.3g/Kg, 向两边减少的趋势, 原生植被区、湖岸交界区、轻度沙化区和湖东南湿地不含碳酸根; 10-20cm土层含量, 除湖中心和禾本草地无明显差异, 最高值0.36g/Kg出现在裸露区; 20-30cm土层含量, 最高值0.21g/Kg出现在轻度沙化区, 禾本草地次之。

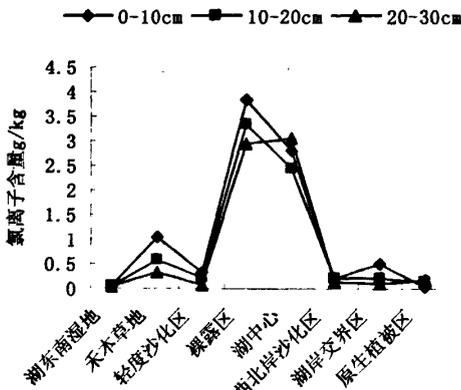


图31 氯离子水平分布

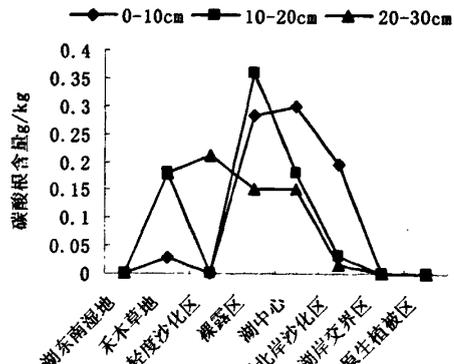


图32 碳酸根水平分布

从Na⁺K⁺水平分布看(图33), 0-10cm、10-20cm土层水平分布一致, 最高峰出现在裸露区, 原生植被区和湖东南湿地无明显差异外, 其余区域都有极显著差异, 禾本

草地出现小峰，轻度沙化区也出现低谷；20-30cm土层水平分布最高值出现在湖中心，裸露区次之。

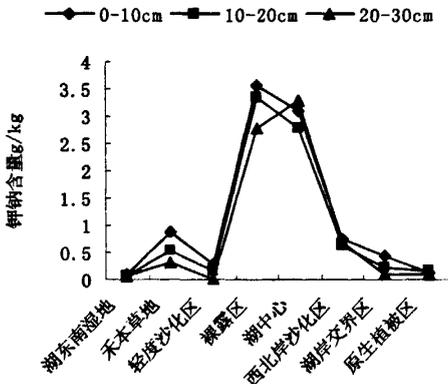


图33 钾钠离子水平分布

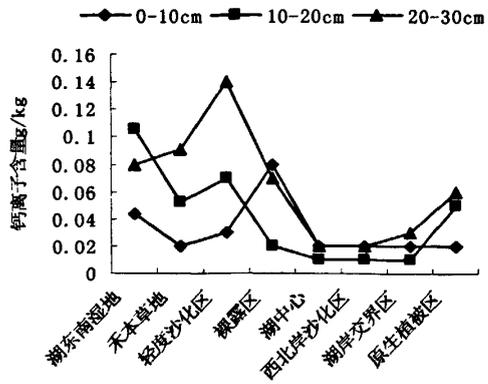


图34 钙离子水平分布

从Ca²⁺的水平分布看(图34), 0-10cm土层含量, 裸露区出现最高值, 湖中心、西北沙化区、湖岸交界区和原生植被区无明显差异, 湖东南区域含量高于湖西北岸; 10-20cm土层钙离子含量湖中心区低两边高, 最高值出现在湖东南湿地; 20-30cm土层含量, 轻度沙化区最高, 湖东南区域含量高于湖西北区域。

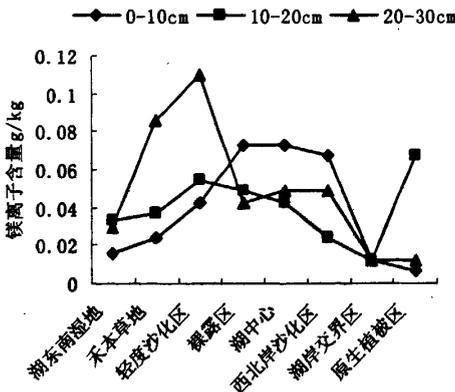


图35 镁离子水平分布

从Mg²⁺水平分布看(图35), 0-10cm土层含量, 除裸露区和湖中心无显著差异外, 其余区域有显著差异; 最低值出现在原生植被区, 有湖中心区域高两边低的分布趋势; 10-20cm土层含量, 最高值出现在轻度沙化区, 两边降低的趋势, 最低值出现在湖岸交界区; 20-30cm土层含量, 最高值出现在轻度沙化区, 向两边降低的趋势, 最低值出现在原生植被区。

6.2.2 机械组成水平分异规律

从八个区域0-10cm土层沉积物机械组成的水平分布看(图36), (1) 1-0.05mm颗粒含量: 禾本草地、湖中心和裸露区有极显著差异, 其余区域无明显差异, 整体上, 湖中心区域含量低, 沙化区高, 原生植被区和湖东南湿地有下降趋势, 并均高于其它颗粒含量, 最高达80%, 最低也达40%。(2) 0.01-0.05mm颗粒含量: 八个区域相互之间有极显著差异, 最高值9.5%出现在裸露区, 两边先减少后增高的趋势。(3) 0.005-0.01mm颗粒含量(1%~13.2%): 原生植被区和湖中心无显著差异, 其余区域有

极显著差异,最高值13.2%出现在裸露区,两边减少的趋势。(4) 0.001-0.005mm颗粒

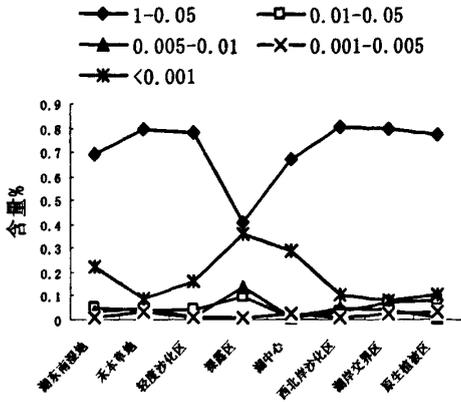


图36 0-10cm层土壤颗粒水平分布

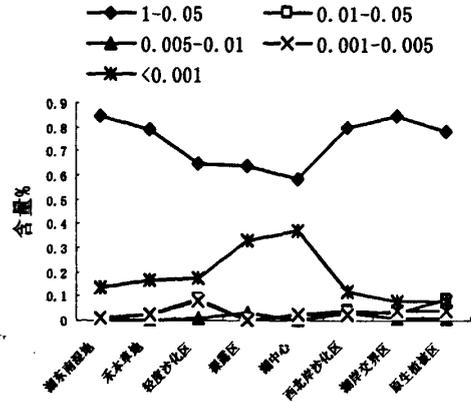


图37 10-20cm层土壤颗粒水平分布

含量(0.4%~3.3%):轻度沙化区、裸露区和西北岸沙化区无显著差异,其它区域有极显著差异,最高值出现在禾本草地。(5) <0.001mm颗粒含量(1%~36.3%):原生植被区和西北岸沙化区无明显差异,其余区域有极显著差异,湖中心区域含量高,向两边先下降后增高的趋势。

从八个区10-20cm土层沉积物机械组成的水平分布看(图37):(1) 1-0.05mm颗粒含量居于57%~84%之间,各区域1-0.05mm颗粒含量均高于其它颗粒含量,整体上,湖中心区域含量低,两边高,原生植被区有下降趋势。(2) 0.01-0.05mm颗粒含量居于0.2%~9%之间,最高出现在轻度沙化区和原生植被区,其余区域有极显著差异,整体上,锯齿状分布。(3) 0.005-0.01mm颗粒含量居于1%~3%之间,各区之间无显著差异。

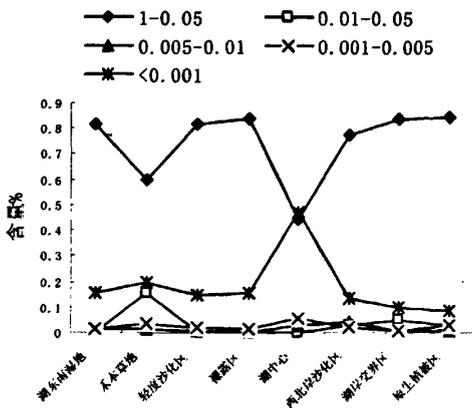


图38 20-30cm层土壤颗粒水平分布

于1%~8%之间,最高值出现在轻度沙化区,湖西北区域含量相对高于湖东南区域。(5) <0.001mm颗粒含量居于7.6%~36.8%之间,湖岸交界区和原生植被区无显著差异,其余区域有极显著差异,整体上,湖中心区域含量高,向两边下降。

从八个区20-30cm土层沉积物机械组成的水平分布看(图38):(1) 1-0.05mm颗粒含量居于42%~84%之间,同样,各区域1-0.05mm颗粒含量均高于其它颗粒含量,湖中心含量最小,其次为禾本草地,其余区域无明显差异。(2)

0.01-0.05mm 颗粒含量居于1%~5%之间,最高值出现在湖岸交界区。(3) 0.005-0.01 mm 颗粒含量居于0~4%,最高值出现在湖西北岸沙化区,其余区域无明显差异。(4) 0.001-0.005mm 颗粒含量居于1%~6%之间,最高值出现在湖中心,其次为禾本草地。(5) <0.001mm 颗粒含量居于9%~47%之间,湖东南湿地、轻度沙化区和裸露区无明显差异,其余区域有极显著差异,最高值出现在湖中心,向两边下降的趋势。

表7 不同区域不同土层机械组成含量方差分析

土层 (cm)	机械组成 mm	湖东南 湿地	禾本 草地	轻度 沙化区	裸露 区	湖 中心	西北岸 沙化区	湖岸 交界区	原生 植被区
0-10	1-0.05	0.69D	0.79AB	0.78BC	0.40F	0.67E	0.80A	0.79AB	0.77C
	0.01-0.05	0.045D	0.04F	0.043E	0.095A	0.01H	0.03G	0.07C	0.08B
	0.005-0.01	0.031E	0.047C	0.012F	0.132A	0.01G	0.05B	0.04D	0.01G
	0.001-0.005	0.004F	0.033A	0.01E	0.01E	0.024C	0.01E	0.02D	0.03B
	<0.001	0.225C	0.086F	0.158D	0.363A	0.283B	0.106E	0.076G	0.106E
10-20	1-0.05	0.82A	0.79B	0.64C	0.64C	0.57D	0.79B	0.84A	0.78B
	0.01-0.05	0.021F	0.014D	0.09A	0.002G	0.022E	0.04B	0.03C	0.09A
	0.005-0.01	0.01B	0.01B	0.01B	0.027A	0.01B	0.03A	0.01B	0.01B
	0.001-0.005	0.011D	0.02C	0.08A	0.01D	0.027C	0.02C	0.04B	0.04B
	<0.001	0.134E	0.164D	0.176C	0.329B	0.368A	0.116F	0.076G	0.076G
20-30	1-0.05	0.80BC	0.59E	0.81C	0.83AB	0.42F	0.77D	0.83AB	0.84A
	0.01-0.05	0.02C	0.15D	0.01D	0.01D	0.02C	0.03B	0.05A	0.03B
	0.005-0.01	0.01C	0.01C	0.01C	0.00D	0.03B	0.04A	0.01C	0.01C
	0.001-0.005	0.01E	0.04B	0.02D	0.01E	0.06A	0.02D	0.01E	0.03C
	<0.001	0.15C	0.20B	0.15C	0.15C	0.47A	0.14D	0.10E	0.09F

*注: 同一行标记大写字母不同表示差异达到 1%显著水平。

6.2.3 水平方向上各指标之间的相关性分析

0-10cm土层有机质水平分异性与0-10cm土层全氮、全磷、速效钾和速效氮水平分异性有显著正相关性。10-20cm土层有机质水平分异性与20-30cm土层有机质水平分异性, 0-10 cm、10-20cm土层全氮水平分异性有显著正相关性。20-30cm土层有机质水平分异性与10-20cm、20-30cm土层全氮水平分异性有显著正相关性, 与20-30cm土层pH值水平分异性有显著负相关性。

0-10cm土层全氮水平分异性与0-10cm土层全磷、速效氮和速效钾有显著正相关性, 与10-20cm土层全氮水平分异性有显著正相关性。20-30 cm土层全氮水平分异性

与10-20cm、20-30cm土层pH值水平分异性有显著负相关性。

0-10cm土层全钾水平分异性与10-20cm土层全钾水平分异性有显著正相关性，与0.005-0.01mm颗粒水平分异性有显著负相关性。10-20cm土层全钾水平分异性与0.005-0.01mm颗粒水平分异性有显著负相关性。20-30cm土层全钾水平分异性与20-30cm土层速效磷水平分异性有显著负相关性。

0-10cm土层全磷水平分异性与0-10cm土层速效磷、速效钾水平分异性有显著正相关性。10-20cm土层全磷水平分异性与10-20cm土层速效钾和0-10cm pH值水平分异性有显著正相关性。20-30cm土层全磷水平分异性与20-30cm速效磷、速效钾、盐度和全盐量水平分异性有显著正相关性。

0-10cm土层有效磷水平分异性与10-20cm、20-30cm土层pH值水平分异性有显著正相关性。20-30cm土层速效磷水平分异性与10-20cm土层速效氮、速效钾和0-10cm土层pH值水平分异性有显著正相关性，与20-30cm速效钾水平分异性有极显著正相关性，与0-10cm土层碱解氮水平分异性有显著负相关性。

0-10cm土层碱解氮水平分异性与10-20cm土层碱解氮、20-30cm土层速效钾水平分异性有显著正相关性。

10-20cm土层有效钾水平分异性与20-30cm土层速效钾、0-10cm土层pH值、20-30cm土层全盐量水平分异性有显著正相关性，与10-20cm土层0.01-0.05mm颗粒水平分异性有显著负相关性。

0-10cm土层盐度水平分异性与10-20cm盐度、电导率、0-10cm、10-20cm土层全盐量水平分异性有极显著正相关性，与20-30cm土层盐度、0.001-0.005mm、<0.001mm颗粒、20-30cm土层全盐量有显著正相关性。与1-0.05mm、0.01-0.05mm颗粒水平分异性有显著负相关性。10-20cm土层盐度水平分异性与电导率、0-10cm、10-20cm土层全盐量水平分异性有极显著正相关性，与20-30cm土层盐度、0-10cmpH值、0.001-0.005mm颗粒、<0.001mm颗粒、20-30cm土层全盐量有显著正相关性，与1-0.05mm颗粒、0.01-0.05mm颗粒水平分异性有显著负相关性。20-30cm土层盐度水平分异性与10-20cm、20-30cm土层电导率、全盐量水平分异性有极显著正相关性，与0-10cm土层pH值、电导率、<0.001mm颗粒水平分异性有显著正相关性，与1-0.05mm、0.01-0.05mm颗粒水平分异性有显著负相关性。

0-10cm土层pH值水平分异性与10-20cm土层pH值、10-20cm、20-30cm土层电导率、全盐量水平分异性有显著正相关性，与0.01-0.05mm颗粒水平分异性有显著负相关性。10-20cm土层pH值水平分异性与20-30cm土层pH值水平分异性有极显著正相关性，与0.01-0.05cm颗粒水平分异性有显著负相关性。20-30cm土层pH值水平分异性与0.01-0.05mm颗粒水平分异性有显著负相关性。

0-10cm土层电导率水平分异性与10-20cm土层电导率、0-10cm、10-20cm土层全盐量水平分异性有极显著正相关性，与20-30cm土层电导率、0.001-0.005mm、

<0.001mm颗粒、20-30cm土层全盐量水平分异性有显著正相关性，与1-0.05mm、0.01-0.05mm颗粒水平分异性有显著负相关性。10-20cm土层电导率水平分异性与20-30cm土层电导率、全盐量水平分异性有极显著正相关性，与0.001-0.005mm、<0.001mm颗粒水平分异性有显著正相关性，与1-0.05mm、0.01-0.05mm颗粒水平分异性有显著负相关性。20-30cm土层电导率水平分异性与全盐量有极显著正相关性，与<0.001mm颗粒水平分异性有显著正相关性，与1-0.05mm、0.01-0.05mm颗粒水平分异性有显著负相关性。

1-0.05mm颗粒水平分异性与<0.001mm颗粒水平分异性有极显著负相关性，与0.001-0.005mm颗粒、0-10cm、10-20cm、20-30cm土层全盐量水平分异性有显著负相关性。0.01-0.05mm颗粒水平分异性与<0.001mm颗粒、0-10cm、10-20cm、20-30cm全盐量水平分异性有显著负相关性。0.001-0.005mm颗粒水平分异性与0-10cm、10-20cm土层全盐量有显著正相关性。<0.001mm颗粒水平分异性与0-10cm、10-20cm、20-30cm土层全盐量有显著正相关性。不同土层全盐量水平分异性之间有极显著正相关性。

6.3 干涸前后植被变化

阿尔舒特湖干涸前主要植被与干涸后距湖边大于500米处具有相似性，且干涸前、后湖边的植被随着距湖面距离及地形的不同，植被具有规律性变化。

干涸前后植被发生很大变化，干涸后，引入了新的耐沙、耐盐碱植物，砂引草、盐地碱蓬、碱地风毛菊等。随着距湖边不同距离的增加，植被种数、盖度上升，植被从距湖面的耐碱植物砂引草、朝鲜碱茅逐渐过渡为的典型草原生植被如羊草、赖草、针茅等。（如表8）

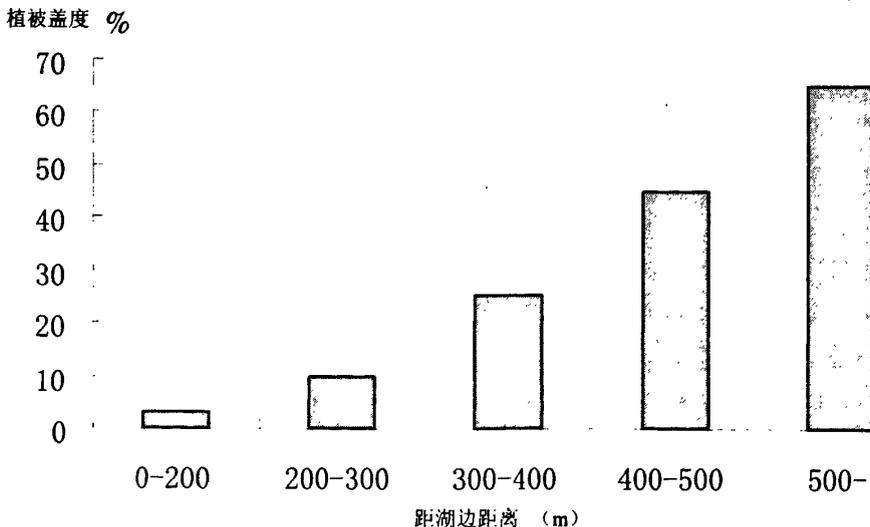


图39 植被盖度变化

表 8 阿尔舒特湖距湖边不同距离植被变化

距湖距离 (m)	干涸前后植被变化	植被类型	盖度%	植物种数	主要植物种类
0-200	干涸前	湿生	30	5	芦苇 海乳草
	干涸后	中生 湿中生	3 45	1 10	盐地碱蓬 芦苇
200-300	干涸前				小粒苔草 海乳草
	干涸后	中生	10	3	朝鲜碱茅 砂引草 盐地碱蓬 海乳草
300-400	干涸前	中生	55	15	与 200-300 基本相同:
	干涸后	中生	25	6	大拂子茅 砂引草 盐地碱蓬 海乳草 朝鲜碱茅
400-500	干涸前	中生	65	16	与 300-400 基本相同,
	干涸后	中生、 中旱生	45	8	沼柳 羊草 碱地风毛菊 西伯利亚蓼 芦苇 灰绿藜 盐地碱蓬 砂引草
	干涸前	中生	65	18	与 400-500 基本相同

	干涸后	中旱生	65	15	羊草
					朝鲜碱茅
					赖草
					大拂子茅
					糟隐子草
>500					沙葱
					克氏针茅
					蒲公英
					二裂叶萎陵菜
					扁蓿豆
					直立黄芪
					披针叶黄花
					大叶藜
					小粒苔草

7 湖泊干涸原因分析及生态影响

7.1 湖泊干涸原因分析

从湖泊沉积环境和历史文献记录的近代湖泊变迁历史中可以看出,内蒙古草原湖泊有较长的演化历史,其间还存在湖泊扩张的时期,如全新世大暖期的湖泊扩张,但湖泊水资源总体演化趋势是逐渐萎缩。在现代人类活动大规模干预之前,湖泊环境仍得到维持,如内蒙古西部居延海附近在新石器时代就有人类临湖生息,远古的湖泊面积在数千平方公里以上,秦汉时期湖泊面积还有700km²以上,虽然秦汉时期河西走廊和居延海附近土地开垦有一定的发展,但人类活动对湖泊水资源和湖泊环境不足以产生快速的突变影响,使得居延海这颗高原明珠保持漫长的演化历史^[61],并拥有丰富的湖泊生物和鱼类资源,而今天的居延海已经在现代人类活动的强烈影响下干涸形成盐漠景观;新疆玛纳斯湖和罗布泊也有漫长的演化历史,在近50年的现代人类活动强烈干预下,因水资源短缺湖泊转化为荒漠景观^[62]。

从内蒙古草原湖泊漫长的演化历史过程可以得到一个基本的结论是:现代人类活动对草原的大规模开发,造成入湖径流急剧减少,湖泊水资源在降水稀少的干旱气候背景下蒸发强烈,受人为因素的影响,湖泊缺乏水源补给,造成湖泊水资源严重短缺,湖面迅速萎缩、水质咸化并向盐湖发展,失去其水资源价值,并最终形成干涸的荒漠景观。

人类活动主要通过修筑大量水利设施拦截入湖地表径流,开矿洗矿利用大量的地下水,造成河流断流或减水量,加剧下游湖泊水资源的短缺,导致湖泊迅速萎缩、咸

化甚至干涸等问题,严重危及湖泊及其相邻区域的生态环境,造成湖泊生物多样性丧失、湖滨地区荒漠化加剧等问题^[62]。

阿尔舒特湖干涸原因来看,在其主要地表径流岗根河上修建的公路涵洞过高,河水被截流,影响湖泊的原有水源补给,加快了湖泊的干涸。

7.2 湖泊干涸萎缩的生态影响

(1)对湖泊生态环境的影响

湖泊水资源短缺对湖泊生态系统有直接影响,湖泊水体咸化,严重影响湖泊生物的生存繁衍,西北干旱区一些湖泊鱼类减少、消失和湖泊咸化有直接的关系。由于水资源短缺造成的湖泊干涸,对湖泊生态系统的影响则是彻底的破坏,内蒙古西居延海在20世纪60年代初干涸,形成350km²的盐碱滩,寸草不生,风蚀加强,风蚀沟在0.6m以上。东居延海原属于微咸水湖,原产有鲤鱼、鲫鱼、蒙鳅等,后因湖泊水资源短缺,湖泊萎缩咸化和干涸,在60年代鱼类消失,湖滨原有的2m多高的芦苇,严重退化,变成“鸡爪芦苇”,并最终全部死亡^[63]。青海湖因湖泊水资源短缺,水位降低,原来湖水环绕的鸟岛和陆地相连,昔日的鸟岛景观不复存在。

(2)环湖地区生态环境恶化,荒漠化加剧发展

草原湖泊由于湖泊萎缩、地下水位下降,周围湖滨平原的草场退化,土地沙化加快,如艾比湖周围1958年的沙漠面积是1618.8km²,1978年增加到2415.6km²;一些湖泊干涸则直接形成荒漠景观,如艾丁湖、玛纳斯湖、居延海等^[64]。居延海附近额济纳旗是我国胡杨林长势最好的自然保护区之一,胡杨是浅水旱生树木,根系分布在1—3m,居延海湖泊干涸,地下水下降,对胡杨林的生存造成极大的威胁,胡杨大片死亡,至90年代索古诺尔苏木富泉嘎查附近有近千亩的胡杨死亡;聋子河流域由于常年断流,地下水位下降,死亡树木面积逐年扩大。除胡杨林外,沙枣、怪柳也存在类似的情况^[65]。

(3)农牧业生产和居民生存受到极大威胁

湖泊萎缩甚至干涸、地下水位降低,对区域农牧业生产造成严重威胁。九十年代内蒙古居延海附近额济纳旗灌溉用水和生活用水严重短缺,居民生存受到很大影响,“救救居延海”已经成为迫在眉睫的任务。同时,荒漠化的加重,造成沙尘暴天气增多,严重影响工农业生产和居民生活^[66]。

7.3 阿尔舒特干涸湖床主要生态影响

7.3.1 盐碱化

随水位与地形变化明显的分为三个层次。在湖中心区退水后的滩地,土壤表面多碱斑、盐霜,盐渍化程度重,无植被生长;盐生植被分布在外围,以碱蓬等盐生植被

为主，最外围为草原植被，以赖草为主，形成盐渍化草原植被。

7.3.2 化学尘暴、沙尘暴

一年四季都刮尘暴，草原盛夏7、8月也能看到草原“奇观”——沙尘遮天蔽日。4-5级风时，在湖床局部升起的几乎是纯的盐碱尘暴，粉尘升腾的很高；风力到6-8级的时候，连尘土也卷起，成为混合尘暴，主要从湖中心开始。在春天强风到来之际，干涸湖泊尘土飞扬、昏天黑地，人们不敢出门，盐碱粉尘吸进呼吸道造成呼吸困难，咳嗽。下风方大片草原被污染，植物枯萎，稀疏，退化。

7.3.3 沙漠化

干涸湖床上斑状沙化，逐渐趋于集中连片。湖北岸和东北岸由于长着芨芨草，砂粒被截住，堆积成一米多厚的沙垅，宽为几米到十几米。主风下风地区沙化严重，逐年扩大，沙化带最宽达600米。吞噬着草原，主要荒漠化区植物阻挡风沙，堆积沙土，沙丘迅速增高，每年增20-30公分。

7.3.4 风蚀化

干涸湖床上，遍地是风蚀的小坑，主要分布在湖西北地区，严重地方一年风蚀深度达30cm，湖床处于动态演变之中，西北风蚀后逐渐下降，湖东南则被沙化抬高，湖床下降到小于当前水位时，湖泊移动到此处，通过洪积等作用，重新积累粗细沙粒，湖床被填补。

7.4 阿尔舒特湖泊环境的治理措施

从2006年起，对该湖泊进行了生态治理。在干涸湖床的不同荒漠化区域进行十二种禾草的生长试验，并在不同盐渍化地带进行驼绒藜对比种植试验。结果发现，从其发芽率看，不同禾草的耐盐碱能力有所不同，发芽率各异。驼绒藜在盐碱化较轻地段能够发芽长苗。

不同荒漠化地带选择不同树种，进行植苗造林。林灌草结合，主要乔木有杨树，榆树，柽柳。主要灌木有白柠条、山竹子、驼绒藜。主要草类有苏丹草、大麦、赖草等。

树种的配置上，按适地适树原则，盐碱化程度严重地区栽植柽柳，株行距为0.5*4m；沙化地带栽植榆树，株行距为1*4m；盐碱化沙化程度低的地带栽植杨树，株行距为2*4m；灌木主要栽植在沙化带，株行距为0.5*4m，带状栽植。

1. 自然恢复为主，人工治理为辅

与当地苏木政府合作，并和当地牧民签协议，对湖泊进行围封禁牧，为自然恢复提供条件。

2. 先治上风头, 后治下风头

主要是西北风, 湖西北区域荒漠化程度较轻, 沙化沿湖岸带状分布, 宽为10-20m, 该区域地势较高, 地下水位相对低, 干涸较早, 分布大面积光板地, 风蚀严重, 是湖床沙尘暴、沙化的沙源地区。

在湖西北风蚀区用免耕机播种草籽40多公顷, 主要草籽是大麦、赖草等, 设想长草后, 自然形成沙障, 控制上风头干涸湖床的沙源, 但由于长出来后被牲畜啃食、加之下暴雨被洪水冲刷等原因, 没能达到预期效果。

3. 植物沙障和机械沙障相结合

植物沙障的设置当年就可发挥阻沙、固沙与积沙的作用。随着高生长和根系的增加, 沙障孔隙度减少, 其阻沙、固沙与积沙的作用增强。植物再生沙障措施具有投入少、见效快、使用时间长等优点。

植物沙障主要在盐碱化程度较轻的沙化地段用山竹子、白柠条、驼绒藜、沙地榆为植物材料, 带状栽植, 株行距为0.5*5m。

机械沙障是工程治沙中最常用的措施, 在各种流沙治理中都可使用。机械沙障作为植物固沙的辅助性措施, 在流动沙地的治理中, 二者同等重要, 缺一不可。机械沙障主要材料为当地的芦苇, 主要铺在湖东南沙化带, 规格为7*7m、5*5m、3*3m、1*1m。结果, 5*5m规格的沙障又经济又效果好。试验性地在光板地上架设的沙障, 效果也较好, 有很好的截留种子的作用, 当年就在沙障底部生长不少耐盐碱的碱蓬等植物。不足之处是, 沙障截住干草后, 成为不透沙粒的沙障, 容易被沙子埋没, 失去沙障的防风固沙作用。

4. 模拟飞播与机械沙障相结合

模拟飞播造林是一种新型的造林方式, 具有速度快、成本低的特点, 适合人口稀少或边远地区进行生态治理。在湖东南半流动沙丘上, 先人工撒播草籽, 主要草籽有: 沙蒿、柠条、赖草苜蓿, 用羊群踩踏, 保证种子及时被覆土, 然后架设沙障, 固定沙丘为植物生长提供良好的环境。

7.5 草原湖泊水资源保护对策

7.5.1 实施草原湖泊流域水资源管理战略

草原湖泊水资源开发处于盲目混乱状态, 农业灌溉过程中水资源浪费严重。近期亟待健全草原湖泊流域水资源保护法规, 建立湖泊全流域水资源开发利用与保护的决策和管理机制, 统一行使对湖泊流域系统水资源数量、质量的优化控制。在湖泊流域水资源数量、质量调查评价的基础上, 根据流域人口、社会与经济现状, 科学地制定、优化湖泊流域水资源供需规划, 并作为地方政府制定社会与国民经济发展规划的重要依据, 统筹兼顾湖泊流域的社会、经济和生态环境效益。

7.5.2 制止工业企业滥用草原水资源现象

随着工业化进程的进一步深入,草原深处的不少旗县纷纷提出“工业强旗”战略口号,只追求经济增长,不顾生态破坏,不经过生态评价,就让污染企业纷纷上马,工业用水日剧增,比如有的企业为了节省成本,当地洗矿,打深水井抽取大量的地下水,打乱草原地下水系,造成草原河流的干涸断流,进而造成草原湖泊的萎缩干涸,影响草原生态系统。

7.5.3 遏制草原上盲目开发的水利项目

草原上的湖泊多为内陆湖,草原上的河流多为内陆河,千百年来形成固有的、和草原生态系统紧密联系的独特的生态景观,形成独有的植物多样性。人为地去改变其原有面貌,最终结果是破坏赖以生存的草原生态环境。草原湖泊上游河流上,建水库开发农业项目、上引水工程等都将改变原有的草原生态链条,从而诱发湖泊干涸的一系列生态影响。

7.5.4 实施湖泊环境恢复工程,减慢荒漠化进程

持续漫长演化历史的内陆湖泊,在现代人类活动的强烈影响下,一些著名的湖泊迅速萎缩并出现间歇性干涸,湖泊生态环境恶化,流域荒漠化加剧发展,如罗布泊、居延海、艾丁湖、玛纳斯湖等。对于这些历史上已形成的被人类破坏的湖泊生态系统,我们只有采取补救措施,减慢它的荒漠化速度,可以说,恢复已经干涸的湖泊环境是一项事关内陆干旱半干旱气候区社会、经济、生态环境可持续发展的重大战略举措,在流域节约用水、合理地调配流域水资源利用的基础上,保证一定的入湖水量,可以再现(或部分地再现)湖泊环境。

7.5.5 大力宣传草原湖泊生态系统的重要性

从草原湖泊的自然属性看,它是自然的,是全球的,是全人类赖以生存环境的重要组成部分。草原湖泊生态系统和海洋生态系统、森林生态系统一样,为全球生态环境服务着的。在强调基础教育的同时,加强对公民的环境教育具有重要的意义。通过教育,提高公众的草原水资源意识,获得初步的水资源知识和科学利用水资源的基本技能,使公众在日常生活中采取措施,改善其生存的湖泊流域环境。

8 讨论

8.1 典型剖面比较

原生植被区和湖西北岸剖面有机质含量随深度下降趋势,湖中心剖面有机质含量随深度先下降后增高的趋势,整体上,剖面有机质含量:原生植被区>湖中心>湖西北岸。这是因为地形^[66]、水循环^[67]对于干涸湖床沉积物有机碳、全氮影响巨大。由湖中

心区域到边缘地带,淹水时间逐渐变短,淹水频率逐渐减少,沉积物含水量逐渐降低,通气性逐渐增强,沉积物由还原环境逐渐变为氧化环境,而沉积物含水量越低、通气性越好,有机碳含量越低^[66],因此由湖中心到边缘,越来越不利于有机碳的积累,造成由湖中心沉积物向边缘土壤下层(须根层以下)和各层土壤平均有机质含量逐渐降低趋势。原生植被区地上有丰富的植被,有较厚的腐殖质层,所以有机质含量最高,并集中在上层,湖西北岸剖面上层由于淹水时间短,通气性较好,有机碳分解加快;所以,有先下降后增高的趋势。湖中心有机质与全氮、盐度有显著正相关性,有机质和pH值有显著负相关性,是因为氮元素主要来源于有机质,有机质和盐度的正相关性,可能淹水条件有关,湖中心长期处于淹水状态,可溶性盐聚集在表层,同时也不利于有机质的分解,所以显示出正相关性。土壤有机质、全氮、全磷的空间分布受植物体元素的含量影响较大。土壤表层(枯落物层和须根层)有机质的含量受地上植物有机碳的含量影响较大,土壤表层的有机质主要来自植物残体,原生植被区和湖西北岸剖面全磷含量随深度下降趋势,湖中心剖面全磷含量随深度先下降后增高的趋势,整体上,剖面全磷含量:湖中心>湖西北岸>原生植被区,湖中心远远高于其余两个地区。湖中心无机磷积累多,磷存在于可溶性盐的形态。

8.2 湖床沉积物理化性质水平分异规律

土壤有机质、全氮、全磷的空间分布受植物体元素的含量影响较大。土壤表层(枯落物层和须根层)有机质的含量受地上植物有机碳的含量影响较大,土壤表层的有机质主要来自植物残体,由于湖中心区、裸露区和西北沙化区地上没有植被,因此,表层土壤中有机质含量由湖中心到边缘逐渐升高。全氮含量在湖东南区域表层分布与有机质一致,这是因为,湖东南地带较平缓,典型的湿地,植被多产草量大,随之,全氮含量也高。

地形^[66]、水循环^[67]对于湖床沉积物有机碳、全氮影响巨大。由湖中心区域到边缘地带,淹水时间逐渐变短,淹水频率逐渐减少,沉积物含水量逐渐降低,通气性逐渐增强,沉积物由还原环境逐渐变为氧化环境,而沉积物含水量越低、通气性越好,有机碳含量越低^[66],因此由湖中心到边缘,越来越不利于有机碳的积累,造成由湖中心沉积物向边缘土壤下层(须根层以下)和各层土壤平均有机质含量逐渐降低趋势。

干旱半干旱地区降雨量少,地表蒸发强烈,盐分在土壤毛管作用下向表层迁移,使盐分在土壤表层积累^[66]。另外风力也是造成土壤盐渍化的原因之一,吸附在土壤颗粒上的盐分随风飘至没有盐碱化或盐碱化很轻的地区,降落沉积也会使土壤表层的含盐量升高^[66]。所以,湖中心区域含盐量高,禾本草地截留风飘的盐分而出现小峰。

湖泊尤其是封闭湖泊这种大型地表水体其物质来源主要是陆源碎屑物,按照理想的沉积作用模式,从湖岸到湖心,随着水深的不断加大,其水动力条件由强变弱,湖泊沉积物具有环带状分布的特点,即从湖岸到湖心大致出现砾 砂 粉砂 粘土的规

律,那么位于湖中心的沉积物粒度值的变化应大致反映水动力搬运条件强弱的变化^[67,68]。对于封闭湖泊来说,沉积物来源单一,沉积物粒度值的大小与湖区降水丰度、湖面高度的变化密切相关。高湖面时较高的平均粒径值和粗颗粒组分含量代表了较强的水动力搬运条件,较低的平均粒径值和细颗粒组分含量代表了较为相对稳定的水动力条件,但在极端条件下,较小的湖面面积减少了沉积物搬运区与沉积区的距离,也容易造成沉积物粒度值增大,并使其它沉积作用参与湖泊沉积过程。湖中心区域1-0.05cm颗粒含量低,<0.001mm颗粒含量高。

9 结论

1.典型剖面有机质、全钾含量:原生植被区>湖中心>湖西北岸;全磷含量:湖中心>湖西北岸>原生植被区;不同区域剖面全氮垂直分布与有机质分布一致;剖面速效钾含量:湖中心>湖西北岸>原生植被区;pH值、全盐量、盐度和电导率:湖中心>湖西北岸;总体上,干涸湖床盐碱化程度严重,pH值也很高,加之湖泊干涸迅速,植物演替跟不上,进而加快了荒漠化速度。

2.从典型剖面沉积物颗粒分析来看,1-0.05 mm 颗粒含量最高,<0.001 mm颗粒含量次之,0-30 cm土层<0.05 mm 颗粒含量达52%,有丰富的沙源。裸露的干涸湖床是引起典型草原荒漠化、沙尘暴和盐碱尘暴的重要原因之一。

3.水平分布上,0-10cm土层有机质、全氮、全磷、速效钾和碱解氮含量水平分异规律一致,“M”型分布;整体上,10-30cm土层有机质、全氮含量湖西北区域高于湖东南区域;全钾的水平分异规律不明显;10-30cm土层全磷含量由湖中心向边缘有减少的趋势;速效钾含量湖中心最高,达355mg/Kg,向两边降低,整体上,湖东南地带速效钾含量高于湖西北岸,盐碱化程度较严重。速效磷在风力作用下湖东南区域积累后,有淋溶下移现象;整体上,pH值水平分异湖中心区域高,湖边缘地区低,最低出现在原生植被区,垂直分布上,以裸露区为界,湖东南区域pH值有随深度增高趋势,湖西北区域pH值有随深度下降趋势,整体上,湖东南地带高于湖西北地带;电导率、盐度和全盐量水平分异规律一致,最高值出现在裸露区,禾本草地出现小峰。从沉积物颗粒水平分异看,1-0.05 mm颗粒含量湖中心低两边高,<0.001 mm颗粒含量水平分异与其正相反。

4.干涸前后植被发生很大变化,干涸后,引入了新的耐沙、耐盐碱植物,砂引草、盐地碱蓬、碱地风毛菊等。随着距湖边不同距离的增加,植被种数、盖度上升植被从距湖面的耐碱植物砂引草、朝鲜碱茅逐渐过渡为的典型草原生植被如羊草、赖草、针茅等。

致 谢

时光如水，岁月如歌，转眼间难忘的研究生生活即将结束。在这里，向三年来曾给予我无限关怀和帮助的人以由衷的感谢！

首先，我要衷心的感谢我的导师！三年来，承蒙导师的精心指导，使我在学习和生活中进步成熟。导师渊博的知识、认真严谨的治学态度、谦和豁达的处世风格使我在学习知识的同时学到了为人处世的道理，受益匪浅，终生难忘。老师，谢谢您！

同时，感谢在论文资料的收集给予我大力帮助和指导的易津教授、红梅老师、李跃进老师、乌恩老师、土壤实验室的李霞老师、孙智老师和师姐田晓艳、师妹春兰、师友兴安、教登高娃、王普昶、李雪松、苗青旺、何金军的大力帮助；感谢我的家人，他们对我的学业给予了最无私的支持，这些热情无私的帮助给了我无限的动力，使我能够顺利的完成论文。

在此，谨借论文完成之际，在此向所有在生活上、学习上给予我关心、爱护和帮助的人表示衷心的感谢！

参 考 文 献

- 1 殷康前, 倪晋仁. 湿地研究综述[J]. 生态学报 1998, 18(5): 539~546.
- 2 张煜星, 等. 《联合国防治荒漠化公约》的荒漠化土地范畴. 中国沙漠 1999, (6): 6~12.
- 3 吴波. 我国荒漠化现状、动态与成因. 林业科学研究 2001, 14(2): 195~202.
- 4 李星. 沙漠化与沙漠绿化. 世界林业研究, 1999, 12(1): 52~57.
- 5 刘拓, 等. 世界防治荒漠化和干旱日专题报道. 中国林业, 1999, (6): 6~12.
- 6 真木太一, 等. 沙漠绿化の最前线. 东京: 新日本出版社, 1993: 1~214
- 7 UNEP. 沙漠化现状与联合国防治荒漠化行动计划执行情况[R]. Nairobi, 1992.
- 8 CCICCD. China country paper to combat desertification [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1996.
- 9 朱震达. 中国北方沙漠化现状及发展趋势[J]. 中国沙漠, 1985, 5(3): 3~11.
- 10 朱震达, 王涛. 从若干典型地区的研究对近十余年来中国土地沙漠化演变趋势的分析[J]. 地理学报, 1990, 45(4): 430~440.
- 11 曹建军等. 内蒙古荒漠化现状与防治对策. 内蒙古林业科技 2001(增刊): 58~59
- 12 李一平、谢坚. 全球湖泊在加速“死亡”
- 13 尼古拉·奥罗夫斯基 莉雅·奥罗夫斯嘎雅《20世纪60年代的白色盐尘暴》
- 14 岳乐平等. 中国西北地区西北地区干枯湖床沉积粒度组成与东亚沙尘天气. 沉积学报 2004(22)
2
- 15 MITSCHW J, GOSSELINK JG. Wetlands [M]. NewYork: VanNostrand Reinhold Company Inc., 2000: 89-125.
- 16 BAI J H, OUYANG H, DENG W, et al. Spatial Distribution characteristics of Organic Matter And Tota Nitrogen of arsh Soils in River Marginal Wetlands[J]. Geoderma, 2005, 124(1/2): 181-192.
- 17 XIAO H. Climate Change in Relation to Soil Organic Matter[J]. Journal of Soil and Environment, 1999, 8(4): 300-304.
- 18 DOWNING JA, MCCLAINM, TWILLEY R, et al. The Impact of Accelerating Land-Use Change oneN-CycleofTropicalAquaticEcosystems: CurrentConditionsandProjectedChanges [J]. Bio geochemistry, 1999, 46(1/2/3): 109-148.
- 19 刘吉平, 吕宪国等. 三江平原环型湿地土壤养分的空间分布规律. 土壤学报, 2006, 43(2): 248-255
- 20 王洪道等. 中国湖泊资源. 科学出版社, 1989.
- 21 马学慧. 新疆博斯腾湖的湖滨沼泽. 海洋与沼泽, 1989, 20(6).
- 22 Maltby E. Waterlogged Wealth, London Earth-scan. 1986.
- 23 Michal J. Bardecki. What Value Wetlands? Jour-nal of Soil and Water Conservation, May-June 1984.

- 24 Gopal B. et al. Wetlands Ecology and Management, International Scientific Publications and National Institute of Ecology, Lucknow publishinghouse, India, 1982.
- 25 M. A. K. Ngoile and C. J. Horrill. Coastal Ecosystems, Productivity and Ecosystem Protection: Coastal Ecosystem Management. AMBIO, 1993, 22 (7): 461-467.
- 26 Norton H. Nickerson. Modification of Bog Vegetation by Power Utility rights-of-way. Journal of Environmental Management, 1984, 19.
- 27 James H. Cowan J. K. Modeling Wetland loss on Coastal Louisiana, Geology, Geography, and Human Modifications. Environmental Management, 1988, 12 (6).
- 28 Tiner, R. W. Wetlands of the United States: Current Status and Recent Trends, Fish and Wildlife Service, 1984.
- 29 H. Hanson and G. Lindh. Coastal Erosion—An Escalating Environmental Threat. AMBIO, 1993, 2 (4): 188-195.
- 30 崔保山, 杨志峰, 湿地生态系统模型研究进展 地球科学进展. 2001, 16 (3): 352~358
- 31 王超等 安国里淖湿地土壤理化性状初步研究 河北林业科技 2006 (5) 1~3
- 32 金相灿, 湖泊富营养化控制和管理技术, 化学工业出版社, 2001;
- 33 胡玲珍等, 长江三角洲湖泊富营养化演变趋势及其调控对策, 重庆环境科学, 25 (3): 6~9;
- 34 张路等, 模拟扰动条件下太湖表层沉积物磷行为的研究, 湖泊科学, 2001, 13 (2) 1: 35~42
- 35 张振克, 太湖流域湖泊水环境问题、成因与对策, 长江流域资源与环境, 1999, 8 (1): 81~86
- 36 玉坤宇等, 海洋沉积物——水界面营养盐交换过程的研究, 环境化学, 2001, 20 (5): 426~431
- 37 Hishai Joh. Fractionation of Phosphorus and Erioseptin traction in sediment mud of Oskaa Bay [J]. Bull Jap Soc Sei Fish, 1983, 49 (4): 447~454;
- 38 黄小平等, 河口营养盐动力学过程研究的若干进展, 黄渤海海洋, 2001, 19 (4): 86~92;
- 39 高效江等, 长江口滨岸潮滩沉积物中磷的环境地球化学特征, 环境科学学报, 2003, ;;
- 40 AN Zhi-sheng, Kukla G, Porter S C, et al. Late Quaternary dust flow on the Chinese loess plateau [J]. Catana, 1991, 18: 125-132.
- 41 DING Zhong-li, YU Zhi-wei, Rutter N W, et al. Towards an orbital time scale for Chinese loess deposits [J]. Quaternary Science Reviews, 1994, 13: 39-70.
- 42 XIAO Ju-le, ZHENG Hong-bo, ZHAO Hua. Variation of winter monsoon intensity on the Loess Plateau, Central China during the last 130 000 years: evidence from the grain size distribution [J]. Quaternary Research, 1992, 31: 13-19.
- 43 Giancarlo G Bianchi, Nicholas McCave I. Holocene periodicity in North Atlantic climate and deep-ocean flow south of Iceland [J]. Nature, 1999, 397: 515-517.
- 44 Celina Campell. Late Holocene lake sedimentology and climate change in southern Alberta, Canada [J]. Quaternary Research, 1997, (49): 96-101.

- 45 陈敬安,万国江,唐德贵,等. 洱海近代气候变化的沉积物粒度与同位素记录[J]. 自然科学进展, 2000, 10(3): 253-259.
- 46 鹿化煜, 安芷生. 前处理方法对黄土沉积物粒度测量影响的实验研究[J]. 科学通报, 1997, 42(23): 2 535-2 538.
- 47 孙永传, 李惠生. 碎屑岩沉积相和沉积环境[M]. 北京: 地质出版社, 1986. 65-81.
- 48 高兴东. 岱海湖泊营养盐的环境地球化学特征研究[d] 内蒙古大学. 2006
- 49 Mitsch W J, Reeder B C. Modelling nutrient retention of a fresh water coastal wetland: estimating the role of primary productivity, sedimentation, resuspension and hydrology[J]. Ecological Modeling, 1991, 54: 151 ~ 187.
- 50 Charman D J, Ramon aravena et al. Carbon dynamics in a forest peatland in north-eastern Ontario, Canada[J]. Journal of Ecology, 1994, 84: 55 ~ 63.
- 51 Moustafa M Z. Analysis of phosphorus retention in free-water surface treatment wetlands[J]. Hydrobiologia, 1999, 392: 41 ~ 53.
- 52 Sundareshwar P 从 Morris J T. Phosphorus sorption characteristics of intertidal marsh sediments along an estuarine salinity gradient[J]. Limnol. Oceanogr, 1999, 44(7): 1693 ~ 1702.
- 53 Mitsch W J, Cronk J K et al. Phosphorus retention in constructed fresh water riparian marshes[J]. Ecological Application, 1995, 3: 830 ~ 845.
- 54 Mariano Guardo. Hydrologic balance for a subtropical treatment wetland constructed for nutrient removal[J]. Ecological Engineering, 1999, 12: 315 ~ 337.
- 55 杨永兴, 何太蓉, 王世岩. 三江平原湿地生态系统 P, K 分布特征及季节动态研究[J]. 应用生态学报, 2001, 12(4): 522 ~ 526.
- 56 王世岩, 杨永兴. 三江平原小叶樟枯落物分解动态及其分解残留物中磷素季节动态[J]. 中国草地, 2000, 22(6): 6 ~ 10.
- 57 Allan Crowe Quebec Millennium Wetland Event Program with Abstracts[C]. Quebec Canada Elizabeth MacKay, 2000. 12 ~ 56.
- 58 Sundareshwar P V, Morris J T. Phosphorus sorption characteristics of intertidal marsh sediments along an estuarine salinity gradient[J]. Limnol. Oceanogr, 1999, 44(7): 1693 ~ 1702.
- 59 Keddy PA. Wetland Ecology-Principles and Conservation[M]. Cambridge University Press, 2000. 1 ~ 146.
- 60 何池全, 赵魁义, 等. 湿地生态过程研究进展[J]. 地球科学进展, 2000, 13(5): 165 ~ 171.
- 61 张振克, 吴瑞金, 王苏民等. 近 2600 年来内蒙古居延海湖泊沉积记录的环境变迁. 湖泊科学 [J]. 1998, 10(2): 44-52
- 62 王树基. 我国西北干旱区近四十年水土资源开发利用问题. 干旱区地理学集刊[J]. 1989, 31-35

- 63 张振克. 历史时期中国不同气候区人与自然相互作用的湖泊响应、环境演化与亚洲季风变迁研究. 博士学位论文[D]. 南京:
- 64 张振克 杨达源. 中国西北干旱区湖泊水资源—环境问题与对策. 干旱区资源与环境, 2001, 15 (2): 8-10
- 65 刘吉平, 吕宪国等. 三江平原环型湿地土壤养分的空间分布规律. 土壤学报, 2006, 43(2): 248-255
- 66 Graniero P A, Price J S. Distribution of bog and heath in a new foundland blanket bog complex: Topographic limits on the hydrologic processes governing blanket bog development. Hydrology and Earth System Sciences, 1999, 3: 223~232
- 67 Devito K J, Hill A R. Sulphate dynamics in relation to groundwater- surface water interactions in headwater wetlands of the Southern Canadian shield. Hydrological Processes, 1997, 11: 485~500
- 68 Burke I C, Yonker CM, Ponton W J, et al. Texture, climate, and cultivation effects on soil organic matter content in U.S. grassland soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 1989, 53: 800~805

作者简介

宝力道, 男, 蒙古族, 林业高级工程师, 1972年6月出生于内蒙古赤峰市巴林右旗, 1990年考入内蒙古林学院, 在林学系攻读森林保护专业。1994年7月获得农学学士学位。之后至2002年6月在巴林右旗巴林桥林场工作, 先后担任技术员, 业务副场长等职务, 2002年至2005年9月, 在巴林右旗白音沙那林场工作, 担任副场长, 同年通过全国硕士研究生统一入学考试正式考入内蒙古农业大学生态环境学院土壤学专业, 师从包翔副教授, 专业方向是草原土壤的利用与保护。

曾发表过的学术会议论文方面:

2004.01 《科学》(蒙文版)上发表论文《灌木在生态建设中的重要地位和作用》

2004.04 《科学》(蒙文版)上发表论文《沙柳—固沙先锋树种》

2005.05 《科学》(蒙文版)上发表论文《朝鲜碱茅》

2006.10 参加中韩第三届荒漠化防治与草原保护研讨会, 以《内蒙古典型草原湿地次生荒漠化发生原因分析》论文题目发言, 并录入论文集。

2007.03 参加中蒙《蒙古高原典型草原荒漠化原因及恢复的对比研究》项目研讨会

2007.10 参加中韩第四届荒漠化防治与草原保护研讨会, 以《阿尔舒特湖干涸湖床沉积物理化性质分析》论文题目发言。

2007.11 将论文《阿尔舒特干涸湖床沉积物养分的空间分布规律》发表于《土壤肥料与农业可持续发展》。

2007.12 将论文《干涸湖床引起草原次生荒漠化的初步研究》(英语)投稿于2008年《世界草地大会》论文集。

2008.4 参加中蒙《蒙古高原典型草原荒漠化原因及恢复的对比研究》项目研讨会, 以《湖泊干涸引起的草原荒漠化研究》题目发言。

2008.5 参加第一届“草原保护与牧区发展”研究生论坛, 论文《湖泊干涸引起的草原荒漠化研究——以阿尔舒特干涸湖床为例》荣获“十佳论文”。