



鸟梁素海

生态安全调查与评估

张丽华◎著

国家“十二五”科技支撑计划项目
内蒙古师范大学学术著作出版基金
内蒙古自治区自然科学基金项目
内蒙古自治区高等学校科学研究项目

共同资助出版

乌梁素海生态安全调查与评估

张丽华 著

图书在版编目(CIP)数据

乌梁素海生态安全调查与评估 / 张丽华著. — 北京:
气象出版社, 2016. 4

ISBN 978-7-5029-6340-8

I. ①乌… II. ①张… III. ①淡水湖-生态安全-调
查研究-乌拉特前旗②淡水湖-生态安全-生态环境评价
-研究-乌拉特前旗 IV. ①X321. 226. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 083950 号

Wuliangsu hai Shengtai Anquan Diaocha Yu Pinggu 乌梁素海生态安全调查与评估

出版发行: 气象出版社

地 址: 北京市海淀区中关村南大街 46 号

邮政编码: 100081

电 话: 010-68407112(总编室) 010-68409198(发行部)

网 址: <http://www.qxcbs.com>

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

责任编辑: 张盼娟

终 审: 邵俊年

责任校对: 王丽梅

责任技编: 赵相宁

封面设计: 博雅思企划

印 刷: 北京中石油彩色印刷有限责任公司

开 本: 710 mm×1000 mm 1/16

印 张: 10.75

字 数: 205 千字

彩 插: 1

版 次: 2016 年 4 月第 1 版

印 次: 2016 年 4 月第 1 次印刷

定 价: 35.00 元

前 言

2007年6月10日时任国务院总理温家宝作出专门批示,要求“对我国几大湖泊的生态安全问题,要逐一进行评价,并提出综合治理措施”。同年7月,由环境保护部牵头,会同地方政府、国家发改委、水利部组成共同领导小组,选择全国优势单位和专家组成项目实施单位,启动了“全国重点湖泊水库生态安全调查及评估”专项。项目针对湖泊水库“生态安全状态评估”和“提出综合治理措施”两个关键问题,安排开展全国重点湖泊水库生态安全调查及评估工作。

内蒙古自治区乌梁素海是全世界范围内半荒漠地区极为少见的具有很高生态效益的多功能湖泊,目前湖区近一半的水面被芦苇覆盖,其余的水面也被水草覆盖,使乌梁素海成为典型的草藻型富营养化湖泊。乌梁素海因其在黄河流域独特的地理位置而具有重要的生态功能,不仅是河套灌区的唯一受纳水体和排水通道,也是黄河枯水期主要水源补给库,在当地社会经济发展与生态环境保护中占有十分重要的地位,具有重要的科学研究价值。因此,要对乌梁素海进行可持续利用,就必须加强对湖泊水环境的研究与治理工作,不断建设和完善该湖泊的生态安全与健康评估系统。乌梁素海曾被国家环境保护部作为“全国重点湖泊水库安全调查及评估Ⅲ期项目”的试点湖泊之一,要求进行生态安全调查及评估。本书的内容是继“我国九大重点湖库生态安全评估及综合治理项目”后,针对典型区域典型草藻型湖泊进行生态安全调查及评估工作的总结。

本书在总结过去研究工作的基础上,阐述了对乌梁素海生态展开的调查、评估以及乌梁素海生态安全问题的防范措施及建议,为乌梁素海的生态环境保护提供理论基础。全书共分为11章。第1章是乌梁素海及其流域概况;第2—4章是对乌梁素海生态的相关调查;第5—9章是乌梁素海生态的相关评估;第10章是基于遥感数据的乌梁素海“黄苔”监测与预警研究;第11章是乌梁素海生态安全存在的问题及相关预防措施和建议。

希望通过本书的出版,为乌梁素海“黄苔”的防治提供理论依据,为乌梁素海的生态安全贡献一份力量,祝愿我们能早日看到乌梁素海更加清澈的模样。

本书的研究工作得到了国家“十二五”科技支撑计划项目(2013BAK05B01)和内蒙古师范大学学术著作出版基金的经费资助,课题来源于内蒙古自治区高等学校科学研究项目(NJZY11072和NJZZ16041)、内蒙古自治区自然科学基金项目(2013MS0615和2016MS0408)和中华人民共和国环境保护部全国重点湖泊水库生态安全调查及评估专项Ⅲ期项目(WFYS-2010-1-HP-01)。特此向支

持和关心作者研究工作的所有单位和个人表示衷心的感谢。

本书完成过程中得到内蒙古自治区环境科学研究院于长水老师的精心指导,对于老师的精心指导表示感谢;作者还要感谢北京师范大学水科学研究院院长王金生教授、博士后合作导师滕彦国教授和内蒙古师范大学地理科学学院海春兴教授的悉心指导;在成书过程中研究生孙川、徐锟、武捷春、戴学芳、薛慧等参与了专著的校稿等检查工作,对他们付出的辛劳表示感谢;同时还要感谢气象出版社为本书出版所付出的辛勤劳动。

由于本书用到了许多较新的理论与方法,再加上作者水平有限,虽经几次修改,但书中不足在所难免,希望广大读者不吝赐教。

著 者

2016 年 3 月

于内蒙古师范大学

目 录

前 言	(1)
1 乌梁素海及其流域概况	(1)
1.1 乌梁素海自然生态环境特点	(1)
1.2 乌梁素海水利条件	(4)
1.3 乌梁素海水文水动力特点	(6)
2 乌梁素海生态安全与健康调查	(9)
2.1 乌梁素海水环境	(9)
2.2 乌梁素海生态系统结构与功能变化	(16)
2.3 乌梁素海水环境净化	(29)
2.4 乌梁素海生态健康调查	(34)
2.5 乌梁素海生态灾变期间经济影响分析	(37)
3 乌梁素海环境生态压力分析	(40)
3.1 乌梁素海环境压力	(40)
3.2 乌梁素海产业发展压力	(53)
3.3 乌梁素海废水及废水中污染物	(56)
3.4 乌梁素海环境保护工程	(64)
4 乌梁素海生态服务功能调查	(65)
4.1 乌梁素海生态地位	(65)
4.2 乌梁素海水产品供给服务功能	(67)
4.3 乌梁素海鸟类栖息地服务功能	(68)
4.4 乌梁素海旅游服务功能	(69)
4.5 乌梁素海生物多样性功能	(71)
4.6 乌梁素海流域社会影响状态及问题分析	(71)
5 乌梁素海水生态系统健康评估	(77)
5.1 乌梁素海生态系统健康评估工作内容	(77)
5.2 乌梁素海生态系统健康评估方法	(78)
5.3 乌梁素海生态系统健康评估指数体系及计算方法	(78)
5.4 乌梁素海生态系统健康评估技术路线	(86)

5.5	乌梁素海生态系统健康评估结果	(86)
6	乌梁素海生态系统服务功能损失评估	(87)
6.1	生态系统服务功能损失评估概述	(87)
6.2	乌梁素海生态系统服务评估分析	(89)
6.3	乌梁素海流域生态系统服务功能损失评估结果	(106)
7	乌梁素海流域社会经济影响评估	(108)
7.1	乌梁素海流域社会经济影响评估指标体系	(108)
7.2	乌梁素海流域社会经济影响评估模型与评价方法	(111)
7.3	乌梁素海流域社会经济影响评估结果	(113)
8	乌梁素海生态灾变及其损失评估	(114)
8.1	乌梁素海灾变及其损失评估的工作内容	(114)
8.2	乌梁素海灾变及其损失评估的评估步骤	(115)
8.3	乌梁素海灾变及其损失评估的技术路线	(115)
8.4	乌梁素海灾变及其损失评估的评估结果	(115)
9	乌梁素海生态安全综合评估	(117)
9.1	乌梁素海生态安全综合评估工作思路与技术路线	(117)
9.2	乌梁素海生态安全综合评估方法	(118)
9.3	乌梁素海生态安全综合评估技术路线	(119)
9.4	乌梁素海生态安全监控与预警方案	(120)
9.5	乌梁素海流域生态安全综合治理方案与关键技术	(122)
9.6	乌梁素海生态安全综合评估结果	(124)
10	基于遥感数据的乌梁素海“黄苔”监测与预警研究	(126)
10.1	乌梁素海遥感数据的获取	(126)
10.2	乌梁素海遥感数据的预处理	(129)
10.3	基于 TM 数据的乌梁素海叶绿素 a 浓度反演	(131)
10.4	基于 MODIS 数据的乌梁素海水质参数反演模型	(137)
10.5	基于 MODIS 数据的乌梁素海“黄苔”信息提取	(141)
10.6	乌梁素海“黄苔”监测预警系统建设	(145)
10.7	乌梁素海“黄苔”监测与预警研究工作展望	(152)
11	乌梁素海生态环境存在的问题及措施	(153)
11.1	乌梁素海生态环境问题	(153)
11.2	乌梁素海治理措施	(154)
11.3	乌梁素海生态安全调查与评估主要结论	(159)
11.4	乌梁素海治理展望	(160)
	参考文献	(161)

1 乌梁素海及其流域概况

乌梁素海是全球同纬度地区内最大的自然湿地,是中国的第八大淡水湖泊,是内蒙古干旱区最为典型的浅水草藻型湖泊,是黄河中上游重要的保水、蓄水和调水场地,也是全球范围内荒漠半荒漠地区极为少见的具有生物多样性和生态作用的大型草藻型湖泊。本章对乌梁素海自然生态环境、水利条件以及水文水动力特点进行了简要介绍。

1.1 乌梁素海自然生态环境特点

乌梁素海地处内蒙古自治区,在巴彦淖尔市乌拉特前旗境内,也就是河套平原的最南端,如图 1-1 所示。该湖东面是乌拉山洪积阶地,向西向南皆为黄河北岸的冲积平原,北面是狼山南麓山前冲积平原。其地理坐标为北纬 $40^{\circ}36'$ — $41^{\circ}03'$,东经 $108^{\circ}43'$ — $108^{\circ}57'$ 。



图 1-1 乌梁素海地理位置图

乌梁素海流域内部地貌形态包括山麓阶地、山前冲洪积平原、黄河冲积湖积平原及风成沙丘。黄河冲积湖积平原是河套平原的主体,土壤由细砂、粉砂、亚砂土和亚黏土组成。黄河故道上有沉积物分布,土质较粗,以砂质沉积物为主。在黄河沉积分选的作用下,乌梁素海流域土质有由西向东颗粒渐细的分布趋势。风积物在本区的分布也很广泛,有些流动沙丘高度在 2~20 m;半固定沙丘高 1~2 m;固定沙丘很平缓,呈波状起伏,长满沙蓬等耐旱植物。风蚀洼地主要分布于西北东南一线,一般面积为 0.5~2 km²,深 0.5 m 左右。山前冲洪积平原介于黄河冲积平原与山麓洪积平原之间,组成物质以砂砾、碎石和砂为主,常夹有黏质砂土。在此地带也有许多沙丘,高度一般在 8 m 左右,丘间洼地一般在 1 km² 以内,多生长喜湿性植物,因而沙地趋于稳定。乌梁素海流域最北端为山麓洪积平原,地形坡度较大,向南倾斜,坡度一般在 3°~7°。组成物质有明显的分带性,由洪积扇顶向下土质由粗变细,分布顺序为砾石、碎石、小砾石、粗砂、细砂、粉砂、黏质砂土和砂质黏土。在洪积扇交接处,常有南北向凹地,称为洪沟或干谷。

乌梁素海位于我国北方干旱半干旱地区,太阳辐射强、降雨稀少、蒸发强烈、干湿期差异大、昼夜温差大,并且经常出现多风和扬沙天气,湖泊所在地区四季更替明显,气温变化差异大,湖泊流域内降雨少而蒸发大,湖水于每年 11 月初结冰,直到翌年 3 月末—4 月初开始融化,冰封期约为 5 个月。根据乌梁素海所在的旗县乌拉特前旗气象站所提供的 1988—2006 年实测资料,得到乌梁素海流域的降雨、蒸发、气温、平均湿度、平均风速等基本气象因子的参数数据,如表 1-1 所示。

表 1-1 乌梁素海流域气象因子参数

项目	气温 (℃)	最高 气温 (℃)	最低 气温 (℃)	平均 风速 (m/s)	日照 时数 (h)	最大冻 土深度 (cm)	沙尘暴 日数 (d)	无霜期 (d)	降雨量 (mm)	蒸发量 (mm)	平均 湿度 (%)
平均值	25	47	-25	2.9	3203.2	82	3	173	210	2374.8	49
最小值	7	31	-47	2.0	2966.8	60	0	108	73	2069.3	46
最大值	47	64	-7	35	3390.2	100	14	217	330.7	2636.4	53

流域的水文气象条件是该区生态系统健康发展的基础,是湖泊水体中污染物迁移转换的前提。风力特征和蒸发因素又是湖泊水体流动和变化的主要驱动力。

根据乌拉特前旗气象站 1988—2006 年实测资料,分析乌梁素海的降雨量、蒸发量、气温、平均湿度、平均风速等基本气象因子的年变化趋势,变化曲线如图 1-2 至图 1-9 所示。从图 1-5 可以看出,在乌梁素海流域,湿度范围在 45% 至

53%。风向的变化随机性很大,但从整体上看,全年主要的风向为西北风和东北风,大风多在3~5月,最大风速达到27.7 m/s。全年的日照时数在3200小时左右变化。无霜期的平均天数为173天。最大冻土深度在80 cm左右变化。由于降雨少,多风且大,光热充足,年蒸发量大,从多年来的降雨蒸发总量上计算可知:多年平均蒸发量为多年平均降雨量的11.3倍左右。

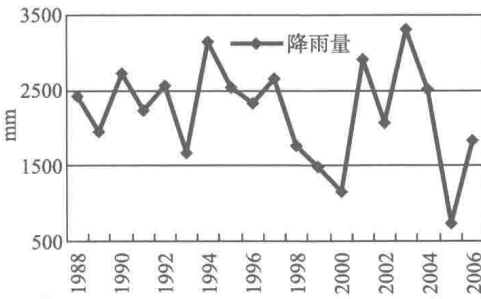


图 1-2 历年降雨量变化图

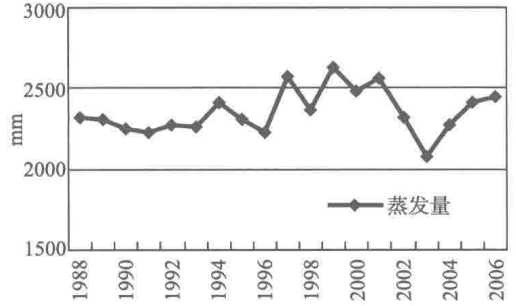


图 1-3 历年蒸发量变化图

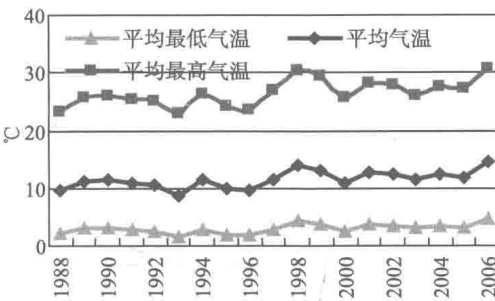


图 1-4 历年气温变化图

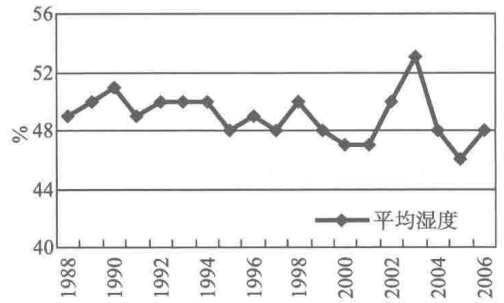


图 1-5 历年平均湿度变化图

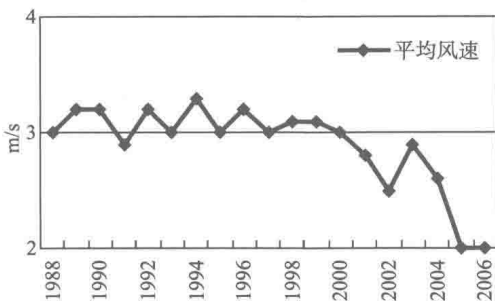


图 1-6 历年平均风速变化图

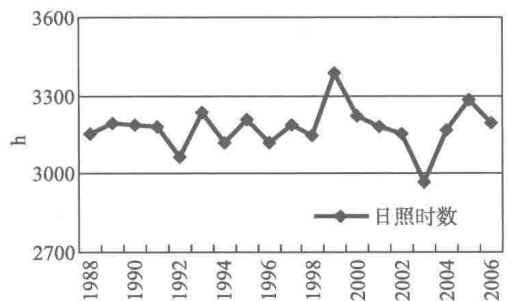


图 1-7 历年日照时数变化图

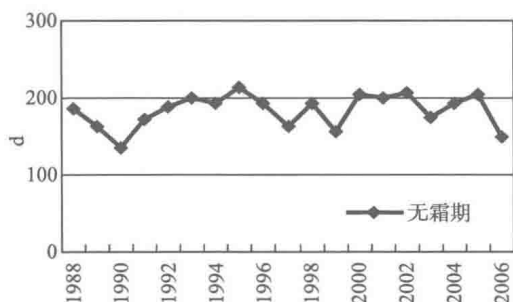


图 1-8 历年无霜期变化图

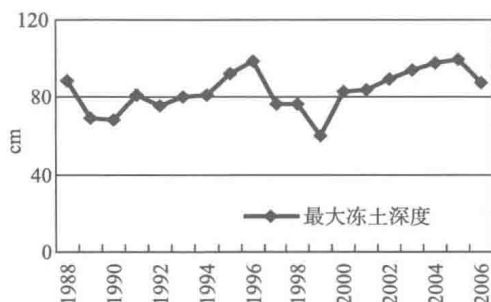


图 1-9 历年最大冻土深度变化图

1.2 乌梁素海水利条件

河套灌区位于内蒙古自治区巴彦淖尔市南部,西与乌兰布和沙漠相接,东邻包头,南邻黄河,北抵阴山,是全国三个特大型灌区之一。现引黄灌溉面积 861 万亩*,其中农田 787 万亩、林草地 74 万亩。河套灌区从西到东分为三部分:西端为保尔套勒盖灌区,有黄河三盛公枢纽上游一干渠引水;中部为后套灌区,从三盛公总干渠引水,东到乌梁素海;东部为三湖灌区,地处乌梁素海排水渠以东。河套灌区区域图,如图 1-10 所示。

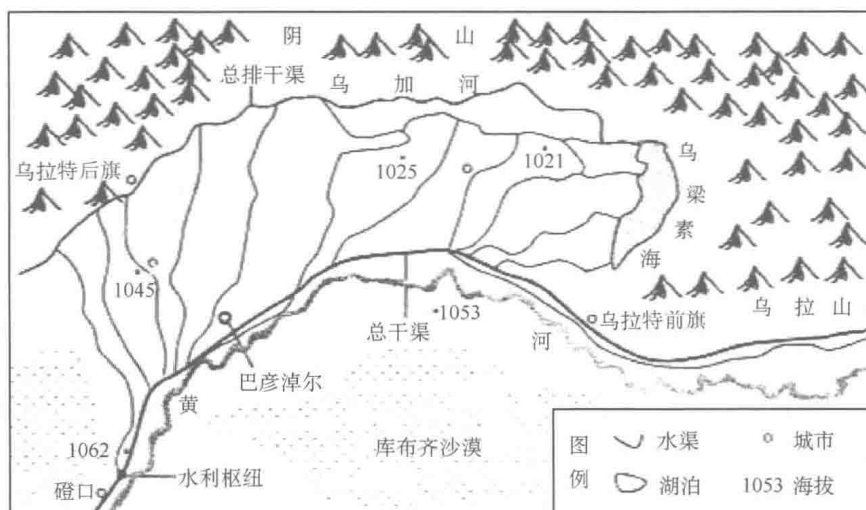


图 1-10 河套灌区区域图

河套平原的灌溉渠系,由总干渠、干渠、分干渠、支渠、斗渠、农渠、毛渠 7 级组成,灌溉用水依次由上一级供给下一级,灌溉水最后由毛渠进入田间。各级渠

* 1 亩 $\approx$ 666.67 m^2 ,下同。

系之间均有闸门控制水量,可人工调节。

河套灌区的排水系统与灌溉系统正好相反,由毛沟、农沟、斗沟、支沟、分干沟、干沟、总排干沟 7 级组成。农田灌溉后渗入地下的水经土壤过滤后依次进入毛沟、农沟、斗沟、支沟、分干沟、干沟,最后汇入总排干沟,与约 200 km 处的主灌溉渠平行向东通过主泵站进入乌梁素海。其中八排干和九排干的水不汇入总排干,通过各自的泵站直接排入乌梁素海。乌梁素海灌排渠道分布如图 1-11 所示。

乌梁素海总排干是灌区排水的主要通道,控制排水面积 6448 km^2 , 占总排水面积的 85%, 共有汇入口 115 个。其中一至七排干沟接纳灌区约 84% 的退水(三、五、七干沟还接纳城市生活污水和工业废水), 经总排干在红圪卜排水站汇入乌梁素海;八、九排干沟的排水直接汇入乌梁素海,全部为灌区农田退水,占总排水量的 14%;另有十排干退水直接排入乌梁素海退水渠,约占总排水量的 2%。

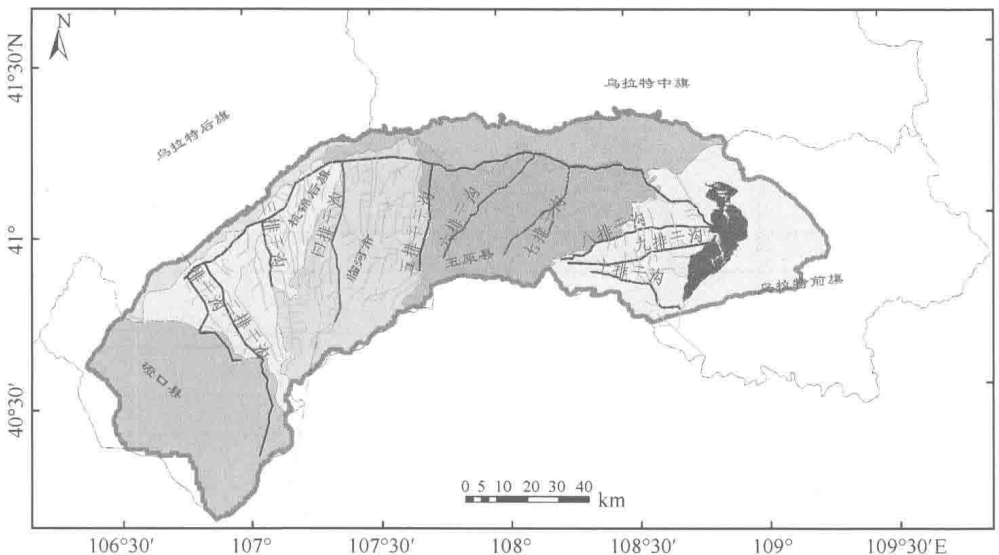


图 1-11 乌梁素海灌排渠道分布图

灌区农田排水经扬水站汇入乌梁素海,其排水经过西山咀镇(乌拉特前旗的旗政府所在地)后排入黄河,对灌区排水和控制土地盐碱化起着关键作用。

由于乌梁素海位于后套冲淤积平原下游,地势最低,可直接纳入后套农业灌溉退水。其中后套灌区主要种植小麦、玉米以及小麦—玉米的套种,小面积用于种植向日葵、森林、果园、油料植物及甜菜,放牧。其农田退水及工业、生活的污水经总排干沟、通济干渠、八排干沟、长济干渠、九排干沟、塔布干渠、十排干沟流入乌梁素海,经乌梁素海南端的西山咀镇汇入黄河,如图 1-12 所示。其中总排干沟汇集了很多排干的排水,是乌梁素海的水源。总排干退水占农田退水

90%以上。夹杂着大量污染物的污废水被排入乌梁素海,是乌梁素海水体的重要营养物来源。乌梁素海是内蒙古河套灌区排灌水系的重要组成部分,处于黄河河套平原末端,属黄河内蒙古段最大的湖泊,是当地农田退水、工业废水和生活污水的唯一承泄渠道,是河套农业灌区目前约 6900 km² 农田灌溉退水的唯一受纳水体和排水通道。

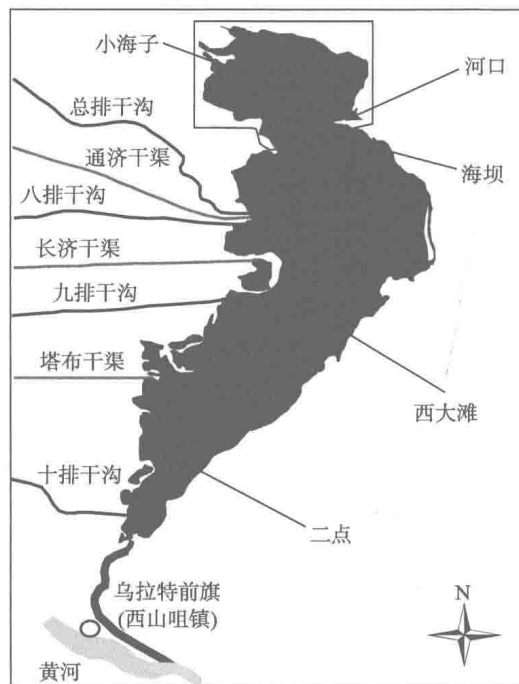


图 1-12 乌梁素海及周边放大

1.3 乌梁素海水文水动力特点

(1) 水文条件

乌梁素海形成于 19 世纪中期,是 1850 年由黄河在大洪水后改道而形成的河迹湖,一个大的转弯被单独留了下来,也就是所谓的“U”形湖。由于狼山西部缺口,在西北风作用下,导致阿拉善沙地流沙向东蔓延,加之色尔腾山、乌拉山等流域山洪所携带泥沙的不断堆积,并不断向南扩展,促使河床不断抬高,到 1850 年将现在西山咀以北早期黄河主流隔断 15 km 左右,造成黄河主流南移,留下一段故道,形成一半弧形的长条洼地,即乌梁素海的前身。

后套平原(包括乌梁素海)海拔在 1700 m 以下,东西长 170 km,南北宽 40 km。由西南向东北微倾斜,乌梁素海为最低。地下水比降也由西南向东北逐渐减小,导致地下水流动渐趋微弱,水分上升作用渐趋增强,含盐量增大,

造成土壤盐碱化。整个河套平原在地质上是一个内陆断陷盆地,乌梁素海流域受狼山旋扭构造作用,形成扇面状。沉积层在本流域地层结构中分布十分广泛,沉积层上部是冲积层、洪积层和风积层,下部是巨厚的新老第四纪湖相淤积层。

根据 2005 年卫星遥感影像显示,乌梁素海现有水域面积 285.38 km²,其中芦苇区面积为 118.97 km²,明水区面积为 111.13 km²。明水区中 85.70 km² 为沉水植物密集区,其余为沼泽区。湖泊呈南北长、东西窄的狭长形态,其中南北长 35~40 km,东西宽 5~10 km,湖岸线长 130 km,蓄水 2.5 亿~3.0 亿 m³。湖水深度多数区域在 0.50~2.50 m 之间,最深能达到 4 m,多年平均水深为 0.70 m。2005—2006 年水域的平均水深有所增加,2005 年平均水深为 1.20 m,2006 年平均水深为 1.31 m。乌梁素海湖泊形态特征参数见表 1-2,历年水域面积如表 1-3 所示。

表 1-2 乌梁素海多年平均形态特征参数

形态特征参数	数值	形态特征参数	数值
最大直线长度	36 km	岛屿率	6%
最大宽度	12 km	容积	3.3 亿 m ³
平均宽度	8.15 km	平均水深	0.7 m
湖岸线发展系数	2.14	湖盆形状特征系数	22.1
湖周岸线长度	130 km	湖水滞留时间	160~200 d

表 1-3 乌梁素海历年水域面积 (单位:km²)

年份	1986	1987	1993	1996	2000	2002	2004	2005
总水域面积	313.92	297.04	288.41	273.43	270.83	272.42	299.80	285.38

(2)乌梁素海水动力条件

乌梁素海位于我国多风地带,冬季和春季盛行西风或西北风,秋季和夏季则多为东南风,本节模拟无风场和典型风向下的乌梁素海流场分布情况,研究其湖流形态特征。

不考虑风场对乌梁素海流场的作用。无风场作用时,全湖区流速非常小,尤其是北部湖区几乎不存在水体流动。入出湖沟渠的水量形成的吞吐流流速也很小,平均流速小于 0.001 m/s。吞吐流对于整个乌梁素海流场的影响较小,只对入出湖沟渠附近流场造成影响。

分别取 3 m/s 的西风、西北风和东南风为背景风对乌梁素海稳定风声流流场进行模拟。背景风是乌梁素海水流运动的主要动力源,乌梁素海的风生流主要由湖区环流组成,其水流流态主要受湖面风场影响;稳定风场作用下的乌梁素海流场主要是由环流组成的。西北风和西风作用下湖泊北部、中部形成以逆时

针为主的风生环流流态,湖泊南部形成以顺时针为主的风生环流流态;东南风作用下,湖泊北部和中部形成顺时针环流,湖泊南部形成逆时针环流;流场的形态由风向决定,不同方向风场作用形成的环流流态也不相同,相反方向风场作用下的流场流态相似,流向相反。

2 乌梁素海生态安全与健康调查

湖泊生态安全是指在人类活动影响下维持湖泊生态系统的完整性和生态健康,为人类稳定提供生态服务功能和免于生态灾变的持续状态。在湖泊生态系统中,湖泊是主体,其水生态健康状况是系统安全的基础,因而对湖泊进行生态安全与健康调查,建立湖泊生态安全多方面评估体系,可以为湖泊管理以及污染治理提供决策依据,协调环境、社会、经济利益,对湖泊生态系统的可持续性管理以及资源的合理利用具有十分积极的意义。

2008年5月中旬,乌梁素海的明水区域短时间内大量暴发“黄苔”(也称“青泥苔”、“水绵”等),暴发最厉害时“黄苔”面积高达8万多亩,比明水面积的1/3还大。2009年5月下旬,乌梁素海又一次暴发“黄苔”且快速扩散,最厉害时达1.6万多亩,严重破坏生态环境,国家有关部门给予高度重视。2010年5月中旬开始,乌梁素海暴发了比2008年更加严重的“黄苔”,占总水域的49.92%。乌梁素海“黄苔”的暴发给我国湖泊保护工作再一次敲响警钟:非常有必要对乌梁素海开展生态安全与健康调查,并提出保障对策建议。

2.1 乌梁素海水环境

2.1.1 乌梁素海水质

乌梁素海不仅对维护湖泊流域地区生态系统平衡起着相当重要的作用,而且也是河套灌区灌排水系的重要组成部分,灌区农田退水90%以上最终由总排干渠道排入湖内。夹杂着大量污染物的污水、废水被排入乌梁素海后,造成乌梁素海的水体富营养化、湖泊盐化与矿化和沼泽化。目前将近一半的湖面被芦苇覆盖,其余部分的水面也被水草覆盖,使乌梁素海成为典型的草藻型水体富营养化湖泊。

河套灌区的农田排水是乌梁素海主要的补给水源,其次是工业废水和生活污水以及地表径流和降雨补给,年总补给水量为(7~9)亿 m^3 。河套灌区化肥和农药的用量不断加大,而且化肥利用率仅为30%左右,上游工业废水、生活污水随大量流失化肥的农田排水经不同的排水沟进入乌梁素海,每年排入乌梁素海的总氮(TN)约为1090 t,总磷(TP)约为66 t,使得湖中各种营养盐总和达到(56~110)万 t,农田退水中含有大量的有机物质,流域内的地表径流携带大量的牲畜排泄物及植物残骸等有机物含量较高的污染物汇入湖泊,这些都是引起

灌区湖泊有机污染的主要原因。目前腐烂的各种水草和挺水植物以及各种浮游生物的残骸和碎屑正以每年 10 mm 左右的厚度堆积在湖底,由于乌梁素海氮、磷营养盐的不断富集,水草的大量生长正在加速湖泊水底的淤积,流域内水土流失严重,大量的泥沙及污染物流入湖泊,长期以来使湖底淤泥厚度不断增加;另一方面,在干旱区由于水资源短缺,灌区内农田用水与生态需水产生矛盾,使湖泊生态需水量达不到要求而致湖泊面积减小、水位降低,这些都是造成湖泊沼泽化的重要因素。据乌梁素海 2009 年的统计资料,总排水渠排入水量年平均为 4.6 亿 m^3 ,矿化度平均为 1.586 g/L,盐量为 75.13 万 t。近年来,依据入湖口水质监测,总氮(TN)含量平均为 3.2 mg/L,总磷(TP)含量平均为 0.24 mg/L,分别为国际通用判断富营养水平标准(氮:0.2 mg/L,磷:0.02 mg/L)的 16 倍和 12 倍。

《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中规定,根据地面水使用目的和保护目标,中国地面水分五大类:①Ⅰ类水,主要适用于源头水、国家自然保护区;②Ⅱ类水,主要适用于集中式生活饮用水地表水源地一级保护区、珍稀水生生物栖息地、鱼虾类产场、仔稚幼鱼的索饵场等;③Ⅲ类水,主要适用于集中式生活饮用水地表水源地二级保护区、鱼虾类越冬场、洄游通道、水产养殖区等渔业水域及游泳区;④Ⅳ类水,主要适用于一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区;⑤Ⅴ类水,主要适用于农业用水区及一般景观要求水域。城市河道水达到Ⅴ类水质标准就是指城市河道的水质达到了可以适用于农业灌溉和一般景观要求的标准。

根据近年来的研究结果,由于大量有机物的排入,导致湖泊生物需氧量(BOD_5)和化学需氧量(COD)的浓度都超过了Ⅴ类水体的标准,但在夏季乌梁素海南部有机物的浓度控制在Ⅴ类标准限值以内。

总体而言,湖泊排水口的水质比北部的好,灌溉期的水质比非灌溉期的水质好。在乌梁素海南部,总磷全年的监测值都控制在Ⅴ类标准以内;北部的监测值冬天超过Ⅴ类标准,其余时间控制在Ⅳ类至Ⅴ类水体标准之间,如表 2-1 所示。

表 2-1 浓度和水质标准的比较

(单位:mg/L)

指标		BOD_5	COD	$\text{NH}_3\text{-N}$	$\text{NO}_2\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	TN	TP
非灌溉期	湖泊北部	12.83	11.56	9.47	0.03	0.43	25.15	0.51
	湖泊排水区	16.23	7.49	0.41	0.01	0.11	1.89	0.15
灌溉期	湖泊北部	10.86	7.55	2.00	0.18	0.28	6.91	0.13
	湖泊排水区	6.69	10.24	0.32	0.04	0.13	3.13	0.17

1989—2010 年乌梁素海的例行监测点位为三个,分别为乌梁素海入口(红圪卜)、湖心(二点)和出口(乌毛计),主要监测项目包括 COD、 BOD_5 、环境监测氧参数(DO)、总磷、总氮、氨氮($\text{NH}_3\text{-N}$)的指标和矿化度及含盐量指标。乌梁素海的监测结果表明,乌梁素海水质总体持续为劣Ⅴ类。