



Ecology of Inland Saline Lakes in China

# 中国盐湖生态学

赵文等著



科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

# 中国盐湖生态学

赵文等著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书以作者多年科研实践为主,结合国内外相关文献,阐述了中国盐湖的非生物环境特征、盐湖生物的多样性、典型盐湖的生态系统结构与功能及其动态、盐湖生物资源的开发利用现状和前景等,是对我国盐湖生态学研究的总结和论述。全书共分5章20节:第一章概述了盐湖的概念、形成、类型和分布;第二章介绍了盐湖的物理性状和化学性状;第三章论述了中国盐湖生物群落物种主要类群、对水环境的适应特征、群落划分和群落演替规律;第四章就中国各盐湖区有代表性的盐湖生态系统的生境特征、生物群落及时空动态加以分述,以此介绍中国盐湖生态系统的多样性,包括空间异质性和时间上的变化差异;第五章简述了中国盐湖特产生物资源状况及研发前景。

本书资料丰富,内容翔实,图文并茂,可供资源环境、水生生物学、水产养殖学及其他相关专业的大专院校师生、科技工作者参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

中国盐湖生态学/赵文等著. —北京:科学出版社, 2010

ISBN 978-7-03-029120-2

I. ①中… II. ①赵… III. ①盐湖-生态学-研究-中国 IV. ①P942.078

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第190271号

责任编辑:莫结胜 刘 晶 / 责任校对:李 影

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2010年10月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010年10月第一次印刷 印张:16 1/4 插页:8

印数:1—1 000 字数:385 000

定价:60.00元

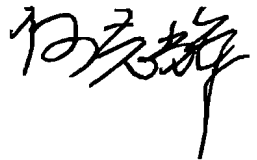
(如有印装质量问题,我社负责调换)

# 序

内陆盐水水体包括大小和深浅不等的盐湖和盐沼，其中有许多是间歇性水体。世界盐水湖总面积仅略小于淡水湖，我国湖泊总面积中有一半是盐水湖。盐湖具有丰富的矿产资源和可观的生物资源，早期的研究主要是地质学者从开发利用矿产资源方面研究盐湖的水化学和地质特征，仅少数学者研究盐水水体的生物区系和分布。20世纪70年代以来，盐湖的生物学研究开始受到重视，在先后召开的11次国际盐湖学术讨论会上，盐湖的生物资源和生态学逐渐成为大会的主题，并且围绕该主题发表了许多论文。我国对盐湖动、植物分类和区系的研究有较长的历史，60年代开始就已从渔业利用方面对青海湖、岱海、乌梁素海等盐湖进行过颇具规模的饵料基础和鱼类资源调研；80年代以来对山西运城盐湖和新疆艾比湖的卤虫资源做过调研；90年代黑龙江水产研究所等单位对新疆、青海、内蒙古三省（自治区）的高盐湖泊的水化学、浮游生物的种和量及卤虫资源做了较全面的综合调研。中国地质科学院矿产资源研究所盐湖中心对西藏盐湖的大量调研工作也涉及一些盐湖的生物学和生态学。

大连水产学院（现更名为大连海洋大学）1975~1976年在“达里湖渔业资源和增殖”项目中为探究该湖大量死鱼原因和合理渔业利用，进行了为期一年的采样调研，首次阐明了碱度和pH的协同作用是苏打型盐湖重要的生态限制因子；1981~1985年在“黄河水系渔业资源调查和计划”中，对中游7个代表性盐水水体进行了采样调研；1990~1994年在“内陆盐水水域生物资源的调查和利用”中对晋南、河北张家口、内蒙古乌兰察布盟和吉林白城地区40多个盐水水体进行了采样调研；进入21世纪以来参与了中国地质科学院矿产资源研究所盐湖中心对西藏地区多个盐湖浮游生物的调研。

综上所述，通过60年来的大量研究，对中国盐湖生态系统的结构和渔业功能已经有了一个初步的了解，积累了丰富的资料，但迄今为止还没有全面的总结和分析。因此，赵文等所著《中国盐湖生态学》一书的问世是必要和及时的，将对我国盐湖的科研和开发利用起到积极的推动作用。



2010年3月

# 前 言

盐湖是地球上重要的水资源之一，其中蕴藏着丰富的矿产资源和生物资源。我国是世界上盐湖众多的国家之一，矿产资源利用历史悠久，研究也较深入，但是关于中国盐湖生物资源的研究起步较晚，在半个多世纪的研究中积累了一定的数据和资料。

本书从盐湖生态系统角度出发，总结了我国盐湖生态系统的非生物环境特征、盐湖的生物群落、典型盐湖的生态系统结构与功能及其动态特征、盐湖生物资源的开发利用现状和前景等。相关调研工作大多数有文章发表，本书为上述工作的全面总结，旨在为推动盐湖生物资源的深入研究和开发利用起到“抛砖引玉”的作用。

本书主要为大连海洋大学（原大连水产学院）的研究成果，由赵文主持撰写。全书共分5章20节：第一章概述了盐湖的概念、形成、类型和分布；第二章介绍了盐湖物理性状和化学性状；第三章论述了中国盐湖生物群落的主要类群、对水环境的适应特征、群落划分和群落演替规律；第四章就我国各盐湖区有代表性的盐湖生态系统的生境特征、生物群落及时空动态加以分述，以此介绍我国盐湖生态系统的多样性，包括空间异质性和时间上的变化差异；第五章简述了中国盐湖特产生物资源状况及研发前景。

非常感谢大连海洋大学何志辉先生给予热忱指导，并为本书提供资料、审阅书稿及撰写序言，感谢中国地质科学院郑绵平院士及其研究团队在西藏盐湖调查研究中给予的帮助和指导，也感谢陈倅、梁殿超、郭凯、刘钢、霍元子、谢玺、张春兰、徐锋、邢跃楠、王珊、金盈等同志在书稿编写过程中给予的帮助。

由于著者水平有限，书中难免有疏漏和错误之处，敬请读者不吝指教。

赵 文

2010年3月于大连海洋大学

# 目 录

## 序

## 前言

<b>第一章 盐湖的形成、类型和分布</b> .....	1
第一节 盐湖的概念.....	1
第二节 盐湖的形成.....	2
第三节 盐湖的类型.....	2
第四节 盐湖的分布.....	3
<b>第二章 盐湖的非生物环境</b> .....	6
第一节 调研概述.....	6
第二节 盐湖的物理性状.....	7
一、水温.....	7
二、透明度.....	9
三、光照.....	9
四、水色.....	10
五、水位、水深与面积.....	10
第三节 盐湖的化学性状.....	12
一、盐度.....	12
二、离子组成.....	15
三、溶解氧.....	17
四、碱度.....	17
五、硬度.....	18
六、pH.....	19
七、营养盐类.....	19
八、化学耗氧量 (COD).....	20
<b>第三章 盐湖的生物群落</b> .....	21
第一节 盐湖生物群落概述.....	21
第二节 盐湖生物的主要类群.....	21
一、细菌.....	21
二、浮游植物.....	23
三、浮游动物.....	33
四、底栖动物.....	53
五、鱼类.....	59
六、水生维管束植物.....	67
七、水鸟.....	70
第三节 盐湖生物对盐水环境的适应特征.....	73

一、水生生物对盐度变化的适应机制——渗透压调节	73
二、水生生物对盐度变化的适应能力	77
三、盐度对淡水生物生活的影响	80
四、盐类成分的影响	81
五、离子的拮抗作用和协同作用	83
六、对其他环境因子的适应	84
第四节 盐湖生物群落的划分	87
第五节 盐湖生物群落的演替	91
<b>第四章 中国盐湖生态系统</b>	<b>94</b>
第一节 研究概述	94
第二节 青藏高原盐湖区	94
一、西藏盐湖生态系统特征	94
二、青海尕斯库勒湖浮游生物多样性特征	135
三、青海湖生态系统特征	137
第三节 西北盐湖区	139
一、赛里木湖	139
二、艾比湖	144
第四节 东北盐湖区	145
一、达里湖	145
二、内蒙古锡林郭勒盟盐湖	146
三、河北北部内陆盐水水域的生物学及生态学特征	154
第五节 东部分散盐湖区	166
一、吉林省西北部内陆盐水的浮游生物研究	166
二、晋南盐水水域生物资源调查——硝池	173
三、晋南盐水水域生物资源调查——北门滩	185
四、晋南盐水水域生物资源调查——盐池	196
<b>第五章 盐湖生物资源的开发与利用</b>	<b>205</b>
第一节 中国盐湖资源利用的历史和现状	205
一、中国盐湖矿产资源的利用	205
二、中国盐湖渔业资源的利用	206
三、中国盐湖特产生物资源及其利用	207
第二节 盐湖特产生物资源	207
一、盐藻	207
二、螺旋藻	210
三、褶皱臂尾轮虫	215
四、卤虫	221
五、蒙古裸腹蚤	225
六、西藏拟蚤	229
第三节 盐湖生物资源的研发前景展望	232
<b>主要参考文献</b>	<b>235</b>

# Contents

## Foreword

## Preface

<b>Chapter 1 Inland Saline Lakes—Origins, Forms and Distribution</b> .....	1
1. Definition of inland saline lakes .....	1
2. Origins of inland saline lakes .....	2
3. Forms of inland saline lakes .....	2
4. Distribution of inland saline lakes .....	3
<b>Chapter 2 Abiotic Environment in Inland Saline Lakes</b> .....	6
1. Investigation summary .....	6
2. Physics character of inland saline lakes .....	7
2.1 Temperature .....	7
2.2 Transparency .....	9
2.3 Light .....	9
2.4 Water color .....	10
2.5 Level, depth and area .....	10
3. Chemistry character of inland saline lakes .....	12
3.1 Salinity .....	12
3.2 Ions composition .....	15
3.3 Dissolve oxygen .....	17
3.4 Alkalinity .....	17
3.5 Hardness .....	18
3.6 pH .....	19
3.7 Nutrient salts .....	19
3.8 Chemical oxygen demand .....	20
<b>Chapter 3 Community in Inland Saline Lakes</b> .....	21
1. Summarize .....	21
2. Major taxa in inland saline lakes .....	21
2.1 Bacteria .....	21
2.2 Phytoplankton .....	23
2.3 Zooplankton .....	33
2.4 Zoobenthos .....	53
2.5 Fish .....	59
2.6 Aquatic macrophyte .....	67
2.7 Water birds .....	70



3. Adaptation characters of organisms in inland saline lakes to salt water environment .....	73
3.1 Adaptation mechanism of aquatic organisms to salinity change; osmotic adjustment .....	73
3.2 Adaptation of aquatic organisms to dissolved salts .....	77
3.3 The influence of salinity on the life of freshwater organisms .....	80
3.4 The influence of salt composition on the life of aquatic organisms .....	81
3.5 Antagonistic and synergetic effect of ions .....	83
3.6 Adaptability to other environment factors in aquatic organisms .....	84
4. Classification of community in inland saline lakes .....	87
5. Community succession of inland saline lakes .....	91
<b>Chapter 4 Ecosystem of Inland Saline Lake in China</b> .....	94
1. Summary .....	94
2. Saline lakes zone in Qinghai-Tibet Plateau .....	94
2.1 Characteristic of ecosystem in Tibet .....	94
2.2 Study of plankton diversity in Ga Lake, Qinghai .....	135
2.3 Characteristic of ecosystem in Qinghai Lake .....	137
3. Saline Lakes zone in the northwest .....	139
3.1 Lake Sayram .....	139
3.2 Aibi Lake .....	144
4. Saline lakes zone in the northeast .....	145
4.1 Dali Lake .....	145
4.2 Inland saline lakes in Xilinguole, Inner Mongolia .....	146
4.3 Biological and ecological features of inland saline waters in the north of Hebei .....	154
5. Dispersed saline lakes zone in East .....	166
5.1 Plankton of inland saline lakes in the northwest of Jilin .....	166
5.2 Investigation of biological resource in Jinnan saline lakes; Xiao Chi .....	173
5.3 Investigation of biological resource in Jinnan saline lakes; Beimen Tan .....	185
5.4 Investigation of biological resource in Jinnan saline lakes; Yan Chi .....	196
<b>Chapter 5 Exploitation and Utilization of Biological Resource in Inland Saline Lakes</b> .....	205
1. History and current status of resources in inland saline lakes in China .....	205
1.1 The utilization of mineral resources in inland saline lakes in China .....	205
1.2 The utilization of fisheries resources in inland saline lakes in China .....	206
1.3 The utilization of special biological resources in inland saline lakes in China .....	207
2. Exploitation and utilization of unique biological resource in inland saline lakes .....	207
2.1 <i>Dunaliella salina</i> .....	207
2.2 <i>Spirulina</i> sp. .....	210

2.3	<i>Branchinus plicatilis</i>	215
2.4	<i>Artemia</i>	221
2.5	<i>Moina mongolica</i>	225
2.6	<i>Daphniopsis tibetana</i>	229
3.	Perspective of study and exploit of biological resource in inland saline lakes	232
	<b>References</b>	235
	<b>Color Plates</b>	

# 第一章 盐湖的形成、类型和分布

## 第一节 盐湖的概念

关于淡水和盐水的区分历来存在不同的分类方法。根据国际湖沼学会 1958 年的方案,天然水体按盐度 (salinity) 可划分为淡水 (fresh waters,  $<0.5\text{g/L}$ )、混盐水 (mixing-haline waters,  $0.5\sim 30\text{g/L}$ )、真盐水 (euhaline waters,  $30\sim 40\text{g/L}$ ) 和超盐水 (hyperhaline waters,  $\geq 40\text{g/L}$ ), 其中混盐水又可分为寡盐水 (oligohaline waters,  $0.5\sim 5\text{g/L}$ )、中盐水 (mesohaline waters,  $5\sim 18\text{g/L}$ ) 和多盐水 (polyhaline waters,  $18\sim 30\text{g/L}$ )。我国水文部门通常依据阿列金分类法将天然水体按矿化度 (total dissolved solids, TDS) 划分为淡水 ( $<1\text{g/L}$ )、咸水 ( $1\sim 35\text{g/L}$ ) 和盐水 ( $>35\text{g/L}$ )。Beadle (1959) 将内陆水划分为淡水 ( $<3\text{g/L}$ )、低盐水 (hyposaline waters,  $3\sim 20\text{g/L}$ )、中盐水 (mesosaline waters,  $20\sim 50\text{g/L}$ ) 和高盐水 (hypersaline waters,  $>50\text{g/L}$ ), 在淡水中又划分出亚盐水 (subsaline waters,  $0.5\sim 3.0\text{g/L}$ )。

以上分类体系中淡水的盐度上限有  $0.5\text{g/L}$ 、 $1.0\text{g/L}$  或  $3.0\text{g/L}$ 。以  $1.0\text{g/L}$  作为界限的依据是水开始有咸味, 但这因人的味觉而有差异。以  $3.0\text{g/L}$  为界限的依据是在这个界限以内生物区系与淡水没有明显差别, 目前这种划分方法较通用。

内陆盐水 (inland saline waters) 指与海洋不相关联的内陆水域, 也有学者用“盐湖”或“碱湖”描述内陆盐水。

半咸水 (brackish) 通常是指海水和淡水混合的中间盐度的水域, 一些湖沼学家和海洋生物学家一直用半咸水描述低盐度的内陆水域, 但是多数学者反对用半咸水描述内陆盐水。

非海源盐水 (athalassic saline waters) 指内陆盐水, 由 Bayly (1967) 首次提出, 用“athalassic” (希腊文, a 意为“非”, thalassa 意为“海”) 描述与海无关而与陆地关联的内陆水域。

Hammer (1986) 得出如下结论: “内陆盐湖可以定义为近代在地理学上与海洋无关或海水泛滥和反复泛滥后蒸发至干形成的水体, 因此, 这类水体动植物区系不是直接来源于海洋生物。既然这些生物与海洋并无直接联系, 那么半咸水的概念就不能应用于这些系统或其生物区系。”

盐湖 (saline lake) 是含盐量很高的湖。在我国, 盐湖通常是指盐度大于  $35\text{g/L}$  的湖泊, 而广义盐湖是指含盐量在  $0.5\sim 3\text{g/L}$  以上的湖泊。内陆盐湖是内陆盐水水域的一部分, 包括大小不等的盐湖和盐沼。本书所述的盐湖系广义盐湖即盐度大于  $1\text{g/L}$  的内陆盐湖 (inland saline lake)。

## 第二节 盐湖的形成

盐湖的形成是自然界物质运动在特定地区和特定阶段的产物。盐湖形成一般必须具备以下三个条件：①干燥的气候和有利的物理、化学环境；②有一个适宜的闭流或半闭流的湖盆；③有充足的盐类物质的来源。

内陆盐湖多在干旱气候区形成。大多数盐湖出现于半干旱半湿润地区，趋向于在蒸发大于降雨地区形成内流湖盆。盐湖的前身多半是淡水湖，它们在一定的地理环境和气候条件下，才能逐渐演化成高矿化度的盐湖。深居内陆的湖泊，由于气候干燥，在水分的自然循环过程中，湖面蒸发量远远大于湖面降水量和流域补给水量，湖水由于强烈蒸发而日益浓缩，水中的含盐量就会越来越大，以致演变成盐湖。这种由内陆淡水湖演变成的盐湖，称之为大陆盐湖。我国的盐湖均系大陆盐湖。

大多数盐湖湖盆有其地球构造运动起源，主要构造运动包括下弯和下沉、造陆上举、不同类型的断层和造山运动。这些湖泊包括大而深的湖泊。构造形成的湖盆通常由冲刷、冰河作用和侵蚀力填充而改变。火山作用形成火山口、火口壁或水坝，进而形成湖盆。冰河作用形成湖的分布仅见于新近冰河作用期，这类湖泊在壶部或冰河溢洪道形成，一般很浅，但是偶尔也会形成相对较大的湖泊。在其他地区冰河作用形成湖泊的同时，温暖气候下的雨季也会形成湖泊。在地球很多地方风蚀作用能形成浅湖盆，但是仅能形成暂时性湖泊。

盐湖中溶解盐类的来源主要有三个，即流域湖盆内土壤岩石的侵蚀、地下水和空运盐。岩石侵蚀或风化后随水溶解入湖是封闭湖泊盐类的主要来源，岩石和土壤的起源和性质决定着可用盐类的种类。空运盐可能从海上转运而来，转运量随内地与海洋之间的距离呈几何级数减少。干盐床和土壤中的盐类也可从相当远的地方通过陆路转运到其他内陆流域湖盆。盛行风在转运量和转运距离上起着重要作用。降雨可洗涤盐类使之脱离大气层，但是进入水中的干散落物可由一系列过程产生。从地下岩石和沉积物溶入大量盐类的泉水是盐湖盐类的另一重要来源。

## 第三节 盐湖的类型

中国盐湖类型十分丰富，拥有按湖盆成因分类的内陆盐湖中所有的类型。

盐湖的类型有多种，其分类方法大致有以下4种。

### 1) 按表面形态的不同划分

按表面形态的不同可分为卤水湖、干盐湖和沙下湖。卤水湖为一年四季都存在着表层卤水的盐湖，如青海省的达布逊盐湖；干盐湖为经常干涸或者仅在潮湿季节才有少量的表层卤水的盐湖，如青海省的察尔汉盐湖；沙下湖是指完全没有表面卤水，盐类沉积被厚薄不等的浮土所埋，晶间卤水面比盐类沉积层的表面要低得多的一类盐湖。

### 2) 按湖水所含的主要化学成分划分

按湖水所含的主要化学成分可分为碳酸盐型、硫酸盐型、氯化物型三类。碳酸盐型的盐湖，其水的主要成分是氯化钠、硫酸钠、碳酸氢钠及碳酸钠。夏季可能从这类盐湖

中析出石盐、天然碱及芒硝等盐类，而冬季则可能析出苏打、芒硝等盐类，西藏的班戈错盐湖就属于此类盐湖。硫酸盐型的盐湖，其水的主要化学成分为氯化钠、氯化镁、硫酸钠、硫酸镁、重碳酸钙、重碳酸镁等，夏季从这类盐湖中析出石盐、芒硝、石膏、光卤石等盐类，在冬季可能析出芒硝、水石盐等盐类，青海省大、小柴旦湖属于此类湖。氯化物型盐湖，其水的主要化学成分是氯化钠、氯化镁、氯化钙、硫酸钙、重硫酸镁、重碳酸钙等，夏季从这类盐湖中可以析出石盐、水氯镁石、石膏、溢晶石等盐类，冬季则可能析出水石盐，青海省察尔汗湖属于此类盐湖。在干旱的气候条件下，经过漫长的地质时期，碳酸盐型盐湖可逐渐变为硫酸盐型盐湖和氯化物型盐湖。

### 3) 按湖水来源划分

按湖水来源可分为海成盐湖和内陆盐湖两类。

### 4) 按工业开采价值划分

按工业开采价值可分为钾湖、硼湖、锂湖、石盐湖、碱湖、钾镁湖等。

## 第四节 盐湖的分布

盐湖是湖泊发展到末期的产物。在人类生活的地球上，除南极洲以外，各大洲都有现代盐湖分布，主要集中于南、北半球的干旱带中，南半球干旱带包括南非和南美，北半球干旱带包括亚洲、北美和北非。世界盐湖主要呈带状分布在南、北两个半球上。位于南纬  $18^{\circ}\sim 42^{\circ}$  之间的盐湖称为南半球盐湖带，著名的盐湖有澳大利亚的穆克里奥托盐湖和来佛罗盐湖、秘鲁的萨林那斯盐湖、阿根廷的蒂里拉里盐湖和玻利维亚的乌尤尼盐湖；位于北纬  $12^{\circ}\sim 63^{\circ}$  之间的盐湖称为北半球盐湖带，著名的盐湖有北非的乍得湖、西亚的死海、伊朗的乌米尔湖、中国的艾比湖和美国的犹他州大盐湖。尚有少数盐湖分布在非洲赤道附近，构成赤道盐湖区，即在东非裂谷带的乌干达、肯尼亚和坦桑尼亚境内。世界盐湖绝大多数分布于北纬  $30^{\circ}\sim 55^{\circ}$  和北纬  $3^{\circ}\sim$  南纬  $42^{\circ}$ ，一般位于海拔 1500m 以下，有些可在海拔 3500~5000m 出现，少数位于海平面以下。世界盐湖总容积仅稍低于淡水湖，多数盐湖平均深度小于 10m，少数超过 100m；面积一般不超过 1000km<sup>2</sup>，个别达到 17 000km<sup>2</sup>。绝大多数盐水属于小而浅的盐沼，有许多是暂时性的。

我国的盐湖大致分布于北纬  $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$  之间，呈蘑菇状由东向西分布，位于世界著名的北半球盐湖带的亚、非、欧大陆盐湖区的最东缘，称之为中国盐湖区（图 1-1）。我国盐湖几乎完全集中在广大的内流湖区，从青藏高原起，沿新疆、宁夏、内蒙古高原及东北部分地区，星罗棋布地分布着数以千计的盐湖，尤其在青海省的柴达木盆地和西藏北部，盐湖更是聚集成群，被誉为“盐湖之家”。据统计，中国湖泊总面积约有一半是盐湖，主要集中在内蒙古（378 个）、西藏（201 个）、青海（148 个）和新疆（100 个），山西、河北、宁夏、吉林、甘肃等地区也有一部分盐湖。中国 28 个大型湖泊中就有 14 个属于盐湖。

我国盐湖区的基本气候特征是多风少雨、蒸发量大、云量少和太阳辐射强。

郑绵平（2001）将中国盐湖划分为 4 个盐湖区和 13 个亚区（图 1-2）。

（1）青藏高原盐湖区（I），平均海拔 4000m 以上，为中国地貌上最高的“一级台阶”。本区湖泊总面积在 50 900km<sup>2</sup> 以上（包括干盐湖），其中各类盐湖约 334 个，总面

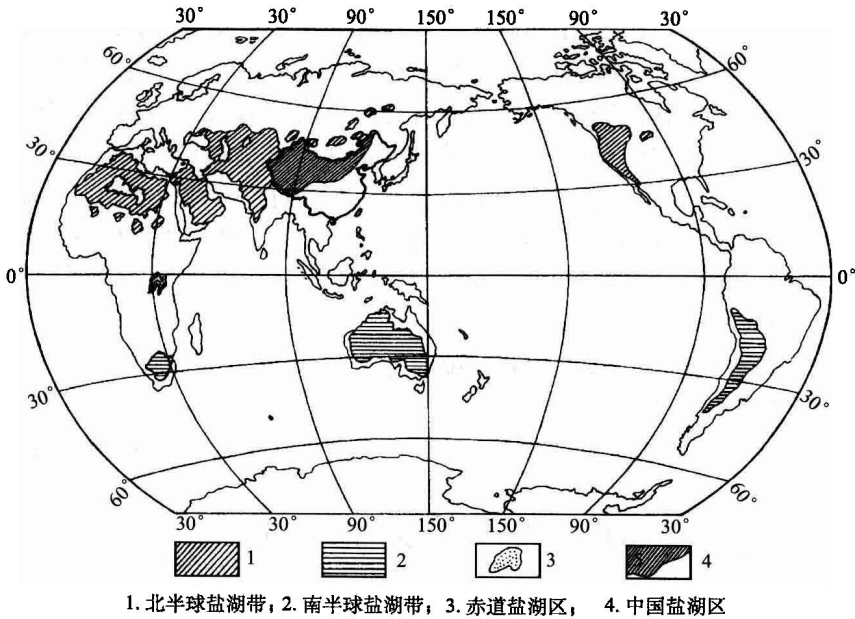


图 1-1 中国盐湖区在世界盐湖带中的位置 (张彭熹, 2000)

Fig. 1-1 The position of Chinese saline lakes zone in the world saline lakes zone

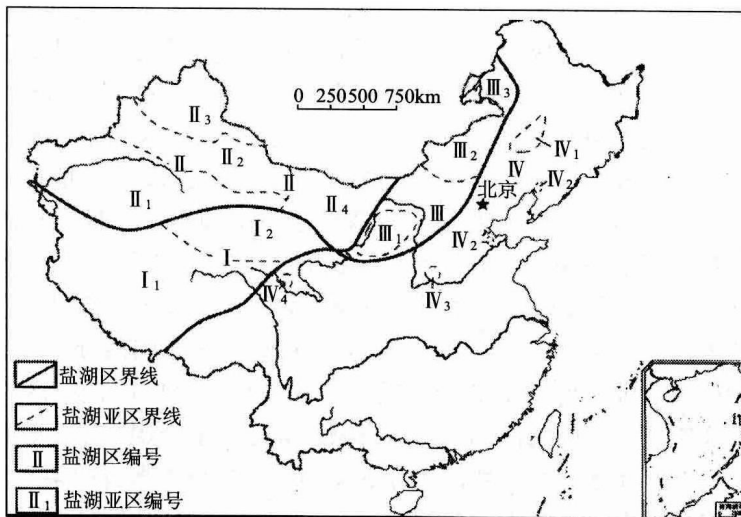


图 1-2 中国第四纪盐湖分区略图

Fig. 1-2 Sketch map showing Quaternary saline lake regions in China

积约 22 000km<sup>2</sup>, 占湖泊总面积将近一半, 包括 I<sub>1</sub> 西藏盐湖和 I<sub>2</sub> 昆祁盐湖两亚区。

(2) 西北盐湖区 (II), 位于青藏高原盐湖区以北的“第二台阶”, 海拔 500~2000m, 个别盐湖盆地降到 -154m。全区已知盐湖 251 个。本区属中温-暖温带干旱、亚干旱和极干旱区, 部分盐湖已成咸沙下湖。包括 II<sub>1</sub> 塔里木盐湖亚区、II<sub>2</sub> 天山盐湖

亚区和Ⅱ<sub>3</sub>准噶尔盐湖亚区。

(3) 东北盐湖区(Ⅲ), 包括鄂尔多斯高原(海拔1000~1500m)、内蒙古高原(海拔1000~2000m)和呼伦贝尔盆地(海拔200~500m)。本区属于中温带亚干旱至干旱区, 已知盐湖309个。包括Ⅲ<sub>1</sub>内蒙古东部盐湖亚区、Ⅲ<sub>2</sub>鄂尔多斯盐湖亚区和Ⅲ<sub>3</sub>呼伦贝尔盐湖亚区。

(4) 东部分散盐湖区(Ⅳ), 位于中国东部温带、半干旱半潮湿区至西南的高原亚寒带区, 全区有盐湖64个, 主要分布于下列4个亚区。

Ⅳ<sub>1</sub> 通辽嫩江盐湖亚区, 属中温带亚干旱区, 位于西辽河与嫩江西大水系之间的局部内流水系区, 东低洼区形成大量矿化度较低的小湖, 计有盐碱池沼52个。

Ⅳ<sub>2</sub> 滨海地下卤水亚区, 沿渤海湾北岸下辽河流域及南岸濒莱州湾海岸带分布, 属地下卤水湖, 盐类组成与海水相近。

Ⅳ<sub>3</sub> 运城盐湖亚区, 属暖温带亚湿润区, 位于黄河东部条山前局部闭流盆地, 是东部盐湖区最南端的盐湖带。

Ⅳ<sub>4</sub> 黄河源局部盐湖亚区, 属高原亚寒带亚干旱草原区, 是由积水洼蒸发浓缩形成的小型盐湖带。

## 第二章 盐湖的非生物环境

盐湖的非生物环境是盐湖生态系统的重要组成部分，是影响盐湖生物群落及其动态的非生物因子，包括盐湖的土壤、气候和地形因子，即物理性状和化学性状。

### 第一节 调研概述

由于盐湖具有丰富的矿产资源和生物资源，到目前为止，有很多国内外学者对我国的盐湖进行了深入的调查研究，包括盐湖的地质、成因及水环境特征、矿产资源和生物资源等。尤其是对盐湖矿产资源开发的研究起步较早，中国对盐湖盐类的利用大约可追溯到 4000 年前，当时人们通过引卤晒盐来获得生活所需的食盐（郑绵平，2001）。

目前，我国盐湖的非生物环境调查已积累了大量资料（郑绵平等，1989；郑喜玉等，2002；何志辉等，1984；任慕莲等，1996；赵文，2009），但是，从生态系统生态学角度分析的资料还不是很系统。据郑绵平等（1989）的资料，1879 年，俄国学者就对青海湖进行了调查，取水样分析表明湖水的矿化度较高；1899~1908 年，Sven Hedin 对西藏地区的盐湖进行了调查，测得了大批盐湖面积、海拔高度、水深和盐度的数据；1931~1935 年，Norin 对西藏的盐湖进行了调查，并发现了硼镁酸盐；在清朝曾对纳木卡错盐湖进行了测量；1937 年，我国地理学家徐近之对纳木卡错盐湖进行了调查并做了详细报道；1938 年，我国地质学家孙建初曾对青海湖进行了地质调查，并对其成因做了论述；1944 年，我国盐学家袁见齐对青海茶卡盐湖做了地质和成因研究；中华人民共和国成立以后（20 世纪 50 年代起），我国的地质、化工、石油等部门及中国科学院对我国西部的盐湖进行了科考和勘察，获得了盐湖矿产第一手宝贵的资料；1952 年，中国科学院对班戈湖进行了勘查，用浅井圈定了该湖表层硼砂沉积区；1955~1956 年，地质部对柴达木盆地进行了调查，发现察尔汗是个巨大的盐库；1956 年，化工部对大柴旦、马海等地区进行了调查，提出大柴旦湖含硼较高；我国学者于 1956 年对青海湖做了环湖调查，报道了青海湖水化特征；1957 年，中国科学院对柴达木盐湖进行了调查，对该湖的地质和化学进行了综合考察，在寻找钾、硼的基础上，还发现了柱硼镁石、钠硼解石和光卤石；1958 年，地质部对班戈湖进行调查并发现含水碳酸镁，并对其成因进行了初步探讨；1959~1961 年，藏北地质队和西藏综合考察队盐湖分队对西藏北部和西部 47 个盐湖进行了考察，对盐湖矿产进行了初步的评价。到 1965 年，我国已经对近百个西藏地区的盐湖进行了调查，并鉴定出 10 个国内尚未见过的盐矿物。1974 年，我国又组织了联合调查组对内蒙古的岱海和黄旗海水水质进行了调查研究。总之，自 20 世纪 70 年代以来，相关部门先后组织了很多的科考队对我国境内盐湖的矿产、地质及水环境特征进行了大规模的调查研究。从盐湖生物生态学和渔业利用角度，大连水产学院做了一系列的工作。例如，何志辉等在数十年间对山西盐池、硝池、北门滩等数十个盐湖的水化学进行了调查；1975~1976 年又对达里湖水化学进行了研究；



1981年,对半咸水湖乌素海水化学进行了较为全面的调查;1990年以来,赵文等对吉林白城地区、山西运城、河北张家口等几十个盐湖做了调查并对其非生物环境进行了详细的研究;1994年,何志辉等对达里湖水化学做了再次调查;同时,黑龙江水产研究所对新疆、青海、内蒙古三省(自治区)多个盐湖的水化学进行了综合调研。此外,还有其他一些学者对盐湖生态系统非生物环境做了一些调查。

## 第二节 盐湖的物理性状

盐湖的物理性状包括水温、透明度、光照、水色、水位、水深、面积、容积、波浪和水流等。盐湖受地质、蒸发、降水等气候因素的影响,其物理和化学性状都有明显的年变化和季节变化。

### 一、水 温

水温是指某一时刻实测得到的水体温度,单位一般用摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ )表示。水温是水域生态系统中的一项重要非生物因子。水温直接影响着各种水生生物的生长、发育和繁殖,影响水体的生产力和水中微生物活动的强度,从而影响水中各种物质分解、转化的速率。就我国盐湖而言,盐度较高的大多数盐湖水较浅,水温日变化、年变化较大,水温一般不出现温跃层。特别是一些浅盐湖的水温几乎随气温的变化而变化,如西藏班戈Ⅲ湖,2001~2002年调查表明,水温变动为 $-2\sim 16.7^{\circ}\text{C}$ ;气温 $-10.5\sim 17.3^{\circ}\text{C}$ (赵文,未发表,图2-1);1981年6月和9月,乌梁素海(水深 $0.7\sim 2.5\text{m}$ )表层和底层水温基本相同,没有垂直分布(何志辉等,1984)。大而深的盐湖水温相对较为稳定,但是水温也随着季节的变化而变化,如新疆的赛里木湖,在冬季和初春气温较低的时候,水温也较低,而到了春末水温开始升高,夏季达到高峰,并于秋季随着气温的降低水温大幅度降低(图2-2)(中国科学院新疆资源开发综合考察队,1989)。

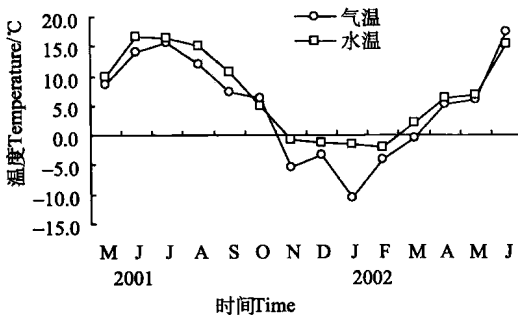


图 2-1 西藏班戈Ⅲ湖水温和气温的变化  
Fig. 2-1 Dynamics of water and air temperature in Lake Bange III in Tibet, China

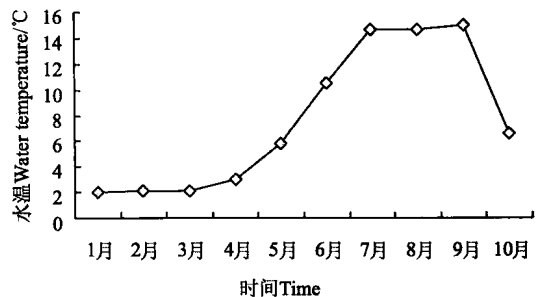


图 2-2 新疆赛里木湖水温周年变化(中国科学院新疆资源开发综合考察队,1989)  
Fig. 2-2 Annual dynamics of water temperature in Sailimu Lake in Xinjiang

深水湖水温的垂直分布存在成层现象,有些湖泊甚至存在永久性的水化学跃层(图2-3)。据 Hammer (1986) 的资料,美国内华达帕拉米德湖(Lake Paramid) 1933年7