

中国科学院图书馆藏

青藏高原盐湖

SALINE LAKES
ON THE QINGHAI-XIZANG (TIBET)
PLATEAU

郑绵平 向军 等著



北京科学技术出版社

青 藏 高 原 盐 湖

郑绵平 著
向军 魏新俊 郑元

北京科学技术出版社

内容简介

本书是关于青藏高原盐湖全区的第一份系统的科学研究专著。

作者自 50 年代以来,在高原开展了广泛、深入的考察和研究,调查各类湖泊 102 个,收集 352 个湖泊资料。本书以大量可靠的第一手资料为依据,以班戈、扎布耶、扎仓、大、小柴旦和察尔汗五大湖区为例,对其硼锂钾镁及水菱镁矿、盐碱硝等矿产的地质构造、第四纪地质、地貌、沉积环境、矿床、矿物岩石、稳定同位素、盐沉积年代、水化学和水文地质等作了系统论述;并对高原全区的自然地理、湖盆成因与盐湖演化、构造地球化学、物质来源、成矿模式和远景等作了全面分析,提出了新的理论认识。同时,对新发现的盐湖嗜盐生物与生物成矿、含铯硅华与热水成矿等新领域作了探讨。

全书共分四篇、十四章,附有大量图表和照片,包括 1:250 万青藏高原湖水化学图,可供从事盐湖、湖泊、热水、嗜盐生物资源和高原地质、地理研究与开发利用的工作者及有关大专院校师生参考。

青藏高原盐湖

郑绵平等 著

*

北京科学技术出版社

(北京西直门外南路 19 号)

北京市花园村一小印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 28.8 印张 648 千字

1989 年 4 月第一版 1989 年 4 月第一次印刷

印数 1—1000 册

ISBN7-5304-0519-5 / Z.249 定价:10.00 元

目 录

第一篇 总论

第一章 前言	1
第二章 盐湖与湖泊分区	9
第三章 新生代湖盆演化与盐湖形成	13
第一节 新生代含盐地层和成盐期	13
一、新生代含盐地层	13
二、第四纪成盐期和成盐周期性	13
第二节 湖盆的成因及其分类	18
一、冰川湖	18
二、河谷淤积湖	18
三、堤间湖	18
四、盐溶湖	19
五、热水湖	19
六、火山湖	19
七、构造湖	20
八、陨坑湖(?)	24
第三节 湖盆演化和盐湖的形成	25
一、老第三纪—中新世或上新世早期	25
二、上新世—早更新世早、中期	26
三、早更新世中、晚期至晚更新世早期	28
四、晚更新世中、晚期至全新世	28
第四章 盐湖水化学与矿物共生组合	34
第一节 矿化度与 pH 值	34
第二节 水化学类型及其分带性	37
第三节 化学成分	40
一、湖水组成	40
二、优势元素	45
三、B、Li、K 的分布特点	47
四、元素的相关性	47
五、稀土元素对比	48
第四节 水化学类型与相应的盐类矿物组合	51
第五章 盐湖分类和矿床类型	54
第六章 构造地球化学与区域地球化学	60
第一节 构造地球化学特点	60
第二节 岩石中 B、Li、Cs、Rb 的含量	60

一、岩石含硼性	61
二、岩石含锂性	61
三、岩石含铯性	68
四、岩石含铷性	68
第三节 植物含硼性	72
第四节 区域水化学	72
一、河水水化学特征	72
二、B、Li、K 含量	74
三、地下水水文地球化学	75
第五节 水化学类型及其分带性的成因	84
一、湖泊水化学类型形成因素	84
二、各类水型和水化学带的形成	85
第七章 盐湖的物质来源及成盐模式	91
第一节 盐湖的物质来源	91
一、岩石风化	91
二、继承性含盐岩系	91
三、深部补给	92
四、特种盐湖中的稀散组分等与地热水有亲缘关系	96
第二节 物质来源的定量估算	97
一、地热水 B、Li 等组分的输出量	97
二、湖泊输入量和地化储量比较	97
三、特殊组分的给源	101
第三节 成盐模式与成矿系列	102
一、构造地貌特征与成因模式	102
二、成盐模式与成矿系列	103

第二篇 盐湖实例

第一章 班戈湖—色林错湖区	112
第一节 概况	112
第二节 湖区地质	113
第三节 第四纪地层划分	113
一、地层剖面	115
二、地层划分与时代依据	122
第四节 地貌与沉积亚环境	124
一、中高山区	124
二、低山丘陵区	125
三、冲积—湖积倾斜平原	125
四、湖岸滩地	125

五、现代湖盆区	131
第五节 盐湖沉积和矿物组合	134
一、盐湖沉积	134
二、盐湖沉积矿物及其组合	137
(一) 粘土矿物种类	139
(二) 不同沉积阶段粘土和碳酸盐组合	142
(三) 沉积环境分析	143
第六节 盐湖化学沉积特征	144
一、水菱镁矿沉积型式及成因	144
(一) 沉积型式	144
(二) 沉积结构和构造	148
(三) 碳、氧稳定同位素地球化学	150
(四) 现代水菱镁矿沉积	151
(五) 水菱镁矿成因	153
二、硼矿型式及其沉积特征	154
三、锂的赋存状态和含锂菱镁矿沉积	156
第七节 水文地质与水化学	168
一、地表水文概况	168
二、地层含水性及地下水水文地质	168
三、水化学特征	169
四、水的稳定同位素地球化学	183
(一) 硼锂同位素组成	183
(二) 氢氧同位素组成	183
小结	190
第二章 扎布耶盐湖	192
第一节 引言	192
第二节 地质构造概况	193
第三节 第四纪地层	194
一、地层剖面	194
二、地层的划分	198
第四节 地貌和沉积亚环境	203
一、地貌概述	203
二、沉积亚环境	205
第五节 滨线沉积及其古气候分析	207
一、古湖滨线与构造阶地	207
二、查堆雄沙咀群沉积及其时代	209
三、查堆雄沙咀群演化特征	215
四、古气候分析	216
(一) 溢流面和高湖面	216

(二) 泛河湖期后的古气候	216
第六节 盐沉积的组成和空间变化特征	220
一、盐沉积矿物组合	220
二、扎布耶石矿物学特征	221
三、盐湖沉积组分在纵向的变化	228
四、盐沉积的侧向变化	229
五、钾、锂盐沉积机理	231
第七节 水文地质	233
一、概况	233
二、含水层概述	233
三、非含水层概述	235
第八节 水文地球化学	237
一、河流	237
二、周边湖泊	238
三、地下淡水	240
四、卤水	244
(一) 水化学特征	246
(二) 组分在湖中侧向分布特征	254
(三) 卤水组分的因子分析	261
五、天然水氧和氢稳定同位素	263
六、水盐均衡和盐分补给	266
第九节 成盐模式	268
小结	270
第三章 扎仓茶卡湖区	271
第一节 引言	271
第二节 地貌地质概况	273
第三节 湖相沉积地层	275
一、湖周地层	275
二、湖底湖相沉积	275
第四节 盐湖沉积矿物	279
一、库水硼镁石	280
二、多水硼镁石	280
三、柱硼镁石	281
四、钠硼解石	282
五、板硼石	282
六、钾石膏	284
第五节 硼酸盐沉积特征及次生变化	285
一、阶地硼矿 (I)	286
二、湖底硼矿 (II)	288

三、液体硼矿	289
四、硼酸盐的沉积机制	289
五、硼矿物次生变化规律	290
第六节 水文地质和水化学	291
一、水文地质概况	291
二、水化学特征	295
第七节 湖盆演化及沉积环境	303
第八节 扎仓茶卡在盐湖硼矿床中的分类地位	304
第四章 大、小柴旦湖盆	306
第一节 引言	306
第二节 湖区地质	306
一、地质概况	306
二、矿区第四纪地质和含矿层	307
第三节 新构造运动和湖盆的变迁	309
一、新构造运动	309
二、湖盆的变迁	311
第四节 沉积次环境和区域水文地质	311
一、沉积次环境	311
二、区域水文地质	311
第五节 水化学特征	313
一、天然淡水	313
二、湖水水化学	313
第六节 矿床地质特征	319
一、概况	319
二、硼矿型式	320
三、硼酸盐的沉积机制	322
四、表生成矿作用	323
第七节 B、Li 物质来源	324
一、深部来源	324
二、风化淋滤岩石来源	325
三、大气降水携带盐分来源	327
第八节 找矿方向	328
一、居红土硼矿成因的再认识	328
二、在 B、Li 扩散源相关地区找矿	329
第五章 察尔汗盐湖区	330
第一节 概况	330
第二节 区域地质简述	330
一、构造概况	330
二、地层和火成岩	334

第三节 矿床地质	334
一、矿区地层和含矿层划分	335
二、含矿层特征及其分布	338
第四节 水文动态和水化学简述	342
一、水文动态	342
二、水化学特征	348
第五节 关于钾盐形成的构造地貌条件探讨	351
小结	352

第三篇 嗜盐菌、藻和含铯硅华的研究

第一章 扎布耶盐湖嗜盐菌、藻的发现和研究的	354
第一节 引言	354
第二节 自然地理条件	354
第三节 嗜盐菌、藻的组成	358
第四节 地质条件及其意义	360
第五节 嗜盐藻类的实用意义及培养条件初步研究	362
一、用合成培养液实验	363
二、不同 NaCl 浓度实验	364
三、氮磷营养实验	364
四、pH 等实验	365
第六节 盐湖菌藻的几点认识	366
第七节 生物成硼作用初探	366
一、成硼作用的多样性	366
二、基本事实	367
三、生物成硼作用初步实验	368
第八节 其他湖泊的嗜盐生物	369
第二章 含铯硅华的发现和研究的	372
第一节 塔格架含铯硅华地热矿田的地质概况	372
第二节 塔格架地热田的物质成分	375
一、水化学和同位素特征	375
二、硅华的组成	376
(一) 新硅华	376
(二) 老硅华	378
三、含铯蛋白石的铯元素赋存状态	380
四、含铯蛋白石的形成条件	381
五、硅华的元素地球化学初探	383
六、含铯硅华远景预测和建议	385

第四篇 青藏高原盐湖成矿带划分和资源远景预测

第一节 碳酸盐盐湖硼、锂、钾、铯、(铷、盐、碱、硝)	
一级成矿带 (A)	388
一、冈北 B、K、Li、Cs、Br、Rb 卤水—硼砂 (盐、碱、硝)	
主成矿带 (A_1)	389
二、冈南硼砂—硼锂卤水次成矿亚带 (A_2)	393
第二节 硫酸钠 (镁) 盐湖硼、锂、钾 (铯、铷、盐、硝)	
一级成矿带 (B)	393
一、西羌塘 B、Li、K (Cs、Rb) 卤水—钠、钙、镁硼酸盐 (盐硝)	
主成矿亚带 (B_1)	393
二、双湖 K、B、Li 卤水 (Na、Ca、Mg 硼酸盐) 成矿亚带	393
第三节 硫酸镁亚型盐湖 Li、B、K 盐硝二级成矿带 (C)	396
第四节 硫酸盐—氯化物盐湖钾镁 (硼、锂) 一级成矿带 (D)	397
一、柴南 K、Li、(B) 盐和碱 (硼) 次成矿亚带	397
二、柴中 K、Mg 盐 (Li、B) 主成矿亚带 (D_2)	397
三、柴北 K、Mg 和 B、Li 成矿亚带 (D_3)	398
四、库木库里 B、L 盐推测成矿亚带 (D_4)	399
五、祁连盐湖不良区 (D_5)	400
第五节 硫酸钠亚型盐湖盐硝三级成矿区 (E)	400
结束语	401
参考文献	404
英文摘要	411

Contents

Part 1 General overviews	1
Chapter 1. Introduction	1
Chapter 2. Saline Lakes and Divisions of Lake Areas	9
Chapter 3. Evolution of the Cenozoic Lake Basins and Formation of Saline Lakes ...	13
3.1 Cenozoic salt-bearing strata and formation periods of saline lakes	13
1. Cenozoic salt-bearing strata	13
2. Periods and cycles of salt deposit during Quaternary	18
3.2 The genesis of the lake basins and their classification	18
1. Glacier lake	18
2. Silted-river lake	18
3. Interbank lake	18
4. Saline lake	19
5. Thermal water lake	19
6. Volcanic lake	19
7. Tectonic lake	20
8. Crater lake(?)	24
3.3 Evolution of lake basins and formation of saline lakes	25
1. From old Tertiary period to Miocene epoch or early of Pliocene epoch ...	25
2. From Pliocene epoch to early or middle of Early Pleistocene epoch	26
3. From middle and late of Early Pleistocene to early of Late Pleistocene epoch	28
4. From middle and late of Late Pleistocene to Holocene epoch	28
Chapter 4. Hydrochemistry of saline lakes and the microcoenology	34
4.1 Salinity and pH	34
4.2 Hydrochemical types and their zoning	37
4.3 Chemical composition	40
1. Component of lake water	40
2. Dominant elements	45
3. Distributed characters of B, Li and K	47
4. Correlation of elements	47
5. Comparison of rare earth elements	48
4.4 Hydrochemical types and corresponding mineral assemblages	51
Chapter 5. Classification of saline lakes and types of mineral deposit	54
Chapter 6. Tectonic geochemistry and regional geochemistry	60
6.1 Character of tectonic geochemistry	60
6.2 Boron, lithium, cesium and rubidium contents in the rocks	60

1. Boron content in the rocks	61
2. Lithium content in the rocks	61
3. Cesium content in the rocks	68
4. Rubidium content in the rocks	68
6.3 Boron content of herbaceous vegetation	72
6.4 Regional hydrochemistry	72
1. Hydrochemical character of the river water	72
2. Boron, Lithium and Potassium contents	74
3. Hydrochemical character of the groundwater	75
6.5 Hydrochemical types of lake water and their zoning	84
1. Formation factors of the hydrochemical types of lake water	84
2. Various water—types and the formation of hydrochemical zones	85
Chapter 7. Sources of the substance in saline lakes and model of saline formation	91
7.1 Sources of the substance	91
1. Weathered rocks	91
2. Salt—bearing sequence of inheritance	91
3. The deep source	92
4. Close relation of trace element between special saline lake and thermal water	96
7.2 Quantitative estimation of the sources of the substance in the saline lake ...	97
1. Output of boron and lithium etc. from geothermal water	97
2. Comparison of the compositional influx and its geochemical volume in lakes	97
3. Sources of special composition	101
7.3 Model of saline formation and a series of mineralization	102
1. Tectonic geomorphology and model of formation	102
2. Model of saline formation and a series of mineralization	103
 Part 2. Examples of Saline Lakes	 106
 Chapter 1. Bangkog Co area	 112
1.1 Introduction	112
1.2 Geological background of the lake area	113
1.3 Classification of Quaternary strata	113
1. Strata profiles	115
2. Strata classification and time evidence	122
1.4 Geomorphic features and sedimentary subenvironment	124
1. Mid—high mountain district	124

2. Low mountain district and hilly land	125
3. Alluvial-lacustrine inclined plain	125
4. Bank-land on lake shore	125
5. Present lake basin area	131
1.5 Sedimentary strata of saline lake and mineral assemblages	134
1. Sedimentary strata in saline lake	134
2. Salt lake sedimentary minerals and their assemblages	137
1.6 Character of chemical sediment in saline lake	144
1. Deposit type of hydromagnesite and its genesis	144
1) Sedimentary types	144
2) Sedimentary texture and structure	148
3) ^{13}C and ^{18}O stable isotope geochemistry	150
4) Present sedimentary of hydromagnesite	151
5) Genesis of hydromagnesite	153
2. Types of boron deposits and sedimentary features	154
3. Model of occurrence of lithium and Li-bearing magnesite deposit	156
1.7 Hydrogeology and hydrochemistry	168
1. Outline of surface hydrology	168
2. Water-bearing property of strata and hydrogeology of groundwater	168
3. Features of hydrochemistry	169
4. Stable isotope geochemistry of water	183
1) Composition of $^{11}\text{B} / ^{10}\text{B}$ and $^7\text{Li} / ^6\text{Li}$ isotope	183
2) Composition of D and $^{18}\text{O} / ^{16}\text{O}$ isotope	183
Summary	190
Chapter 2. Zabuys saline Lake	192
2.1 Introduction	192
2.2 An outline of tectonics	193
2.3 Quaternary strata	194
1. Strata section	194
2. Division of strata	198
2.4 Geomorphic features and sedimentary subenvironment	203
1. Outline of geomorphic features	203
2. Sedimentary subenvironment	205
2.5 Shoreline deposit and its palaeoclimate analysis	207
1. Palaeoshoreline and tectonic terrace	207
2. Deposit of the Zhaduixing spits and its time	209
3. Evolution of the Zhaduixiong spits	215
4. Palaeoclimate analysis	216
2.6 Composition of salt sediments and their evolution of time and space	220

1. Assemblage of salt minerals	220
2. Mineralogical character of salt Zabuyelite	221
3. Longitudinal change of salt sediments	228
4. Lateral change of salt sediments	229
5. sedimentation mechanism of K, Li minerals	231
2.7 Hydrogeology	233
1. Outline	233
2. General situation of aquifer	233
3. General situation of non-aquifer	235
2.8 Hydrogeochemistry	237
1. River	237
2. Peripheral lakelet	238
3. Fresh groundwater	240
4. Brine	244
1) Hydrochemical character	246
2) Lateral distribution of composition in salt lake	254
3) Factor analysis of components of brine	261
5. Stable isotope geochemistry of water	263
6. Water-salt balance and supplement of the saline material	266
2.9 A model of saline formation	268
Summary	270
Chapter 3. Zhacang Caka area	271
3.1 Introduction	271
3.2 Outline of morphologic geology	273
3.3 Strata of lacustrine deposit	275
1. Peripheral strata	275
2. Lacustrine deposit on the lake bottom	275
3.4 Sedimentary minerals of salt lake	279
1. Kurnakovite	280
2. Inderite	280
3. Pinnoite	281
4. Ulexite	282
5. Inyoite	282
6. Syngenite	284
3.5 Character of borate and its secondary changes	285
1. Lake-terrace borate deposit (I)	286
2. Lake-bottom borate deposit (II)	288
3. Liquid borate deposit	289
4. Sedimentation mechanism of borate	289

5. Pattern of secondary change in boron minerals	290
3.6 Hydrogeology and hydrochemistry	291
1. Hydrogeology	291
2. Hydrochemical features	295
3.7 Evolution of lake basin and sedimentary environment	303
3.8 Classification position of Zhacang Caka in boron deposit of saline lakes ...	304
Chapter 4 Da Qaidam and Xiao Qaidam lake basins	306
4.1 Introduction	306
4.2 Geology of lake district	306
1. Geological background	306
2. Quaternary geology and ore-bearing bed in lake district	307
4.3 Neotectonic movement and changes of lake basin	309
1. Neotectonic movement	309
2. Changes of lake basin	311
4.4 Sedimentary subenvironment and regional hydrogeology	311
1. Sedimentary subenvironment	311
2. Regional hydrogeology	311
4.5 Hydrochemical characters	313
1. Natural fresh water	313
2. Hydrochemistry of lake water	313
4.6 Geological characters of ore deposit	319
1. Outline	319
2. Types of borate deposit	320
3. Sedimentation mechanism of borate	322
4. Hypergene minerogenetic process	323
4.7 Origin of B, Li	324
1. From deep	324
2. From weathering and leaching of rocks	325
3. From precipitated water	327
4.8 Guidance of ore-prospecting	328
1. Further understanding of the genesis of Ju Hongtu borate deposit	328
2. Ore-prospecting in the districts concerned with the B, Li diffusion source	329
Chapter 5 Qarhan Salt Lake area	330
5.1 Introduction	330
5.2 Regional Geology	330
1. Outline of structure	330
2. strata and igneous rocks	334
5.3 Geology of mineral deposit	334

1. Strata in mining area and division of ore-bearing beds	335
2. Characteristics and distribution of ore-bearing beds	338
5.4 Hydrogeological and Hydrochemical characters	342
1. Hydrogeological characters	342
2. Hydrochemical characters	348
5.5 On approach of the tectonic and geographic conditions	
of potash deposits	351
Summary	352

Part 3. Study of halophilic algae and halobacteria and Cs-geyserite ... 354

Chapter 1 Discovery and study of halophilic algae and

halobacteria in Zabuye S.L. 354

1.1 Introduction	354
1.2 Physiographic conditions	354
1.3 Composition of halobacteria and halophilic algae	358
1.4 Geological conditions and its significance	360
1.5 Preliminary experiment of growth condition of halophilic algae	362
1. Experiment under synthetic culture fluid	363
2. Experiment under different NaCl density	364
3. Experiment of nitrogen, phosphorus nutrition	364
4. pH ect. experiments	365
1.6 Some knowledge for halophilic algae and halobacteria of saline lake	366
1.7 Initial research on the biomineralization of boron	366
1. Variety of the boron forming progress	366
2. Basic facts	367
3. Initial experiments on the biomineralization of boron	368
1.8 Halophilic organisms in other lakes	369

Chapter 2 Discovery and study of Cs-geyserite 372

2.1 Geological survey of Cs-geyserite at Targaja geothermal field	372
2.2 Material composition at Targaja geothermal field	375
1. Hydrochemistry and character of isotope	375
2. Composition of geyserite	376
2.3 Mode of occurrence of cesium element in Cs-opal	380
2.4 Formation conditions of Cs-geyserite	381
2.5 Primary study on element geochemistry of Cs-geyserite	383
2.6 Prospective forecast and suggestions on Cs-geyserite	385

Part 4. Division of the microgenetic zones of saline lake and their prospec-

tive prognosis on the Qinghai-Xizang Plateau	388
4.1 The first class minerogenetic zone (A) of boron, lithium, potassium and Cesium (rubidium, halite, soda and mirabilite) of Gangdise	388
4.2 The first class minerogenetic zone(B) of boron, lithium and potassium (cesium, rubidium, halite and mirabilite)	393
4.3 The second class minerogenetic zone (C) of lithium, boron, potassium halite and mirabilite-bearing lake of magnesium sulphate subtype	396
4.4 The first class minerogenetic zone (D) of potassium and magnesium (boron and lithium)-bearing lake of sulphate-chloride type	397
4.5 The third class minerogenetic area (E) of halite-and-mirabilite-bearing lake of sodium sulphate subtype	400
Conclusion	401
Main references	404