

青藏高原科学考察丛书

# 西藏盐湖

中国科学院青藏高原综合科学考察队

科学出版社

青藏高原科学考察丛书

# 西 藏 盐 湖

中国科学院青藏高原综合科学考察队

编写单位

中国科学院盐湖研究所

作 者

郑喜玉 唐 渊 徐 昶 李秉孝  
张保珍 于昇松

科 学 出 版 社

1988

## 内 容 简 介

《西藏盐湖》是《青藏高原科学考察丛书》之一。本书系统地论述了青藏高原盐湖的自然地理环境、区域地质概况、盐湖水化学成分、矿物组成、盐层沉积时代、同位素地球化学、成盐演化、成矿规律和丰富的盐湖资源及其开发与利用等。反映了西藏盐湖晚更新世末—全新世成盐期的气候环境，并揭示了锂、硼、钾等盐湖资源的基本特征。

本书资料丰富，内容充实，并附有插图和照片，为研究青藏高原的地质、地理环境和开发与利用西藏盐湖资源提供重要的资料和依据，可供从事于地质、地理、地球化学的科研、生产和教学人员参考。

青藏高原科学考察丛书

## 西 藏 盐 湖

中国科学院青藏高原综合科学考察队

责任编辑 邵正华

科学出版社出版

北京朝内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

\*

1988年8月第一版 开本：787×1092 1/16

1988年8月第一次印刷 印张：12

印数：精 1—580 插页：精 8 平 6

平 1—300 字数：267,000

平 ISBN 7-03-000333-0/P·53

精 ISBN 7-03-000558-9/P·96

定价：布青精装 6.70元  
平 装 5.20元

## 《青藏高原科学考察丛书》序

号称“世界屋脊”的青藏高原，北起昆仑，南至喜马拉雅，西自喀喇昆仑，东抵横断山脉，幅员辽阔，地势高亢。其绝大部分位于我国境内，面积约为全国领土的四分之一。海拔一般超过四千米，比周围的平原、盆地高出三千米以上。这样一个举世无双、雄伟壮观的高原却又是地球上最年轻的；其最高耸的部分——喜马拉雅山地直至四千万年前的第三纪初期还是一片汪洋大海！是什么力量以如此惊人的速度把它抬升到了今天的高度？这个大高原经历了怎样的沧桑巨变？它的存在又对自然界和人类活动带来了什么样的影响？……这些自然界的奥秘，长期以来一直强烈地吸引着中外的科学家们。

青藏高原有着独特的自然条件和丰富的自然资源，是我们伟大祖国的一块宝地。几千年来，繁衍生息在这里的藏族同胞和其他兄弟民族一起，通过生产实践，不断认识、利用和改造着这块土地，为中华民族文化的发展做出了贡献。公元641年文成公主进藏，进一步沟通了西藏与内地的文化交流，促进了青藏高原宝藏的开发和经济的发展。然而，近百年来由于中国反动统治阶级的腐败无能和帝国主义的侵略，富饶美丽的青藏高原也备受蹂躏，宝贵的资源任凭掠夺，任其荒芜。有多少爱国的科学家曾渴望着为认识和开发祖国的这块宝地贡献自己的一份力量！可是在旧中国，这个美好的愿望只能是空想而已，只有在社会主义的新中国，我国的科学家们才如愿以偿了。

解放之初，在西藏交通、供应还十分困难的情况下，国家就组织了科学家们去西藏考察。其后，在1956—1967年和1963—1972年两次国家科学发展规划中，都把青藏高原科学考察列为重点科研项目。中国科学院从五十年代到六十年代，先后组织了四次综合科学考察，取得了显著的成绩。但是，限于当时的条件，考察的地区和专业内容都比较局限。因此，到七十年代初，我们对这个高原的了解还是很不够的，不少地区在科学上仍处于空白状态。

为了适应青藏高原社会主义建设的需要，迅速改变这个地区科学考察的落后状况，遵照敬爱的周总理关于加强基础理论研究的指示，中国科学院于1972年专门制订了《青藏高原1973—1980年综合科学考察规划》，要求对整个高原进行比较全面的考察，积累基本科学资料，探讨有关高原形成、发展的若干基础理论问题，并结合青藏高原经济建设的需要，对当地自然资源的开发利用和自然灾害的防治提出科学依据。

1973年，“中国科学院青藏高原综合科学考察队”正式组成并开始了新阶段的考察工作。考察队员来自全国十四个省、市、自治区的五十六个科研、教学、生产单位。包括地球物理、地质、地理、生物、农林牧业等方面的五十多个专业共四百多科学工作者。至1976年，历时四年首先完成了西藏自治区范围内的野外考察（部分专业的考察到1977年结束）。广大的科学工作者胸怀为社会主义祖国争光，为中国人民争气的雄心壮志，在西藏各族人民和人民解放军的大力支持下，克服了山高氧缺、风雪严寒、交通不便等困难，跋山涉水，风餐露宿，艰苦奋斗，团结协作，终于胜利地完成了野外考察任务，搜集了大量的珍

贵科学资料。1977年开始,转入室内总结。参加资料分析、鉴定、整理、总结工作的单位又扩增到七十四个,组成了更大规模的社会主义大协作。

现在和读者见面的《青藏高原科学考察丛书》就是1973年至今七年多来参加西藏野外考察和室内工作的广大科学工作者的心血结晶。

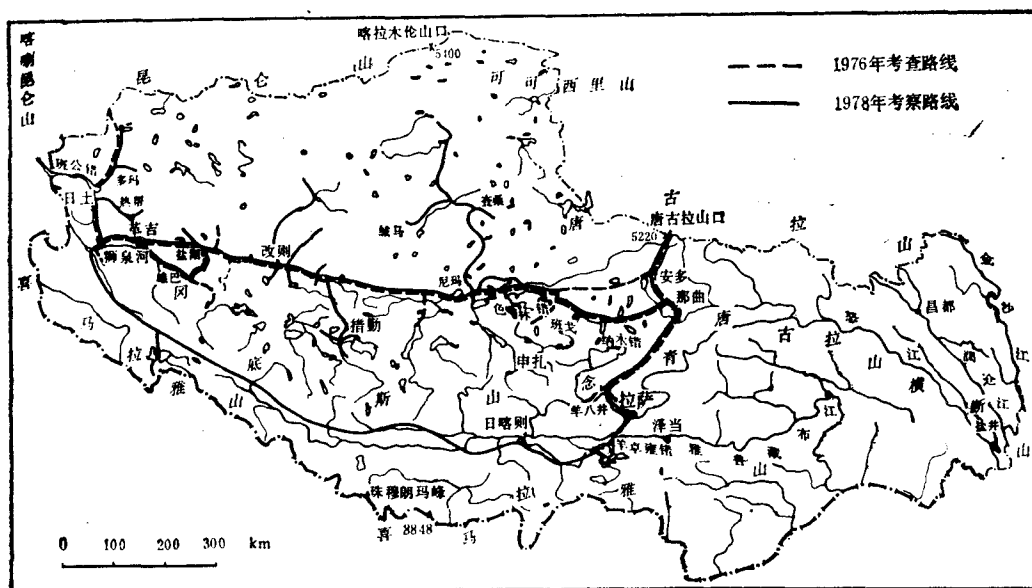
本《丛书》包括西藏地球物理场与地壳深部结构、西藏地层、西藏古生物、西藏南部沉积岩、西藏岩浆活动与变质作用、西藏南部花岗岩地球化学、西藏第四纪地质、西藏地热、西藏地质构造、西藏自然地理、西藏气候、西藏地貌、西藏冰川、西藏泥石流、西藏河流与湖泊、西藏盐湖、西藏土壤、西藏植被、西藏森林、西藏草原、西藏作物、西藏野生大麦、西藏家畜、西藏农业地理、西藏植物志、西藏孢子植物、西藏哺乳类、西藏鸟类志、西藏昆虫、西藏鱼类、西藏水生无脊椎动物、西藏两栖和爬行动物等专著。至于青藏高原其他地区的综合科学考察工作,今后将陆续进行。

我们试图通过《丛书》比较系统地反映考察所得的资料和观点,希望《丛书》能够对我国的地学、生物科学的发展,对西藏的社会主义建设起到一点作用。同时,我们也殷切地希望读者对《丛书》的错误和缺点提出批评指正。我们深深感到,现在对青藏高原的考察研究仅仅是迈出了第一步,该做的工作还很多。我们愿意和更多的科学工作者一道为进一步揭开青藏高原的奥秘,为建设社会主义的新西藏而继续努力,争取对于人类做出较大的贡献!

中国科学院青藏高原综合科学考察队

# 前 言

根据中国科学院青藏高原综合科学考察队关于青藏高原科学考察工作总体规划，中国科学院盐湖研究所西藏盐湖考察队曾于1976年和1978年两次进藏，历时14个月，行程1万余公里(考察路线图)，先后完成了青藏高原主要盐湖区，包括那曲、狮泉河和日喀则地区的重点盐湖的考察工作；开展了以成盐演化、成矿规律和盐湖自然资源及其开发与利用为研究目的，湖泊地质、盐湖地球化学、水化学、矿物学、沉积学、年代学和同位素地球化学及地貌学等为研究内容的多学科、综合性野外调查；获得了极为丰富的第一手资料，为开展室内分析实验和探索青藏高原盐湖自然环境、成盐基本规律和合理开发与利用该区盐湖资源奠定了基础。



青藏高原盐湖考察路线图

青藏高原有着独特的地质构造条件和自然地理环境，尤其是众多的内陆封闭盆地、持续交替的干-湿气候和充足的物质来源与优越的物理化学环境等有利条件，已成为星罗棋布的高原盐湖形成与演化的重要基础，特别是锂、硼、钾盐湖及其盐类资源的大量形成和沉积，不仅为该区自然资源增添了极为宝贵的财富，而且在我国现代内陆盐湖中，也具有明显的优势和特色。其盐湖锂、硼资源储量之多、含量之丰富，在世界同类型盐湖中亦是罕见的。

西藏盐湖闻名已久，但调查研究工作开展得很晚，大约从50年代初期起，随着科学考察工作的进行才陆续展开。西藏和平解放以前，只有少数外国探险家在路线地质调查过程中，才涉及到少数湖泊或盐湖的情况。其中，斯文赫定(Sven Hedin)于1889—1902，

1906—1907 和 1907—1908 年三次入藏进行路线地质调查,对青藏高原北部和库木库里盆地,特别是色林错以北和阿里地区及色林错—班公错一线的湖泊或盐湖的面积、海拔高程、内流水系、湖水相对密度和含盐情况及湖岸线等作过考察记载。此外,波格丹诺维奇(Богданович)于 1888 年进入阿里;维斯(Wyss. R)于 1929—1930 年到达革吉县以北地区;德拉特(H. De. Terra)于 1927—1928 年、诺林(Z. Norim)于 1931—1935 年到过高原的西北部,对沿途地区的湖泊或盐湖进行过调查。上述资料虽然有限,涉及盐湖方面的内容更贫乏,但在当时情况下能够获得这些资料,对认识和研究高原盐湖的形成及演变历史,仍是难能可贵的。

西藏和平解放后,国家组织大批科学工作者奔赴西藏进行多方面的科学考察和研究,对盐湖调查也相继开始,并相应地积累了大量资料,为这块神秘的处女地填补了空白。

1951—1953 年,中国科学院西藏工作队曾对西藏东部地区的硼砂、芒硝、天然碱和石膏资源进行过调查,并著有《西藏东部地质及矿产调查资料》,这是我国科学家首次提交的西藏考察报告,为全面认识该区地质及矿产资源提供了重要资料。

1956 年地质部 821 队对班戈错硼砂矿进行了勘查,为该盐湖硼砂矿产的开采提供了重要依据。

1958—1959 年,地质部藏北地质队对藏北东部进行了调查;1960 年以后,先后对班戈错、郭加林错的硼砂矿进行了勘探,并提交了相应的盐湖勘探报告。

1958—1959 年,中国科学院盐湖科学调查队,对藏北主要盐湖进行了考察,获得了大批野外地质资料,并积累了首批盐湖卤水化学分析数据。

1960—1962 年,中国科学院西藏综合考察队在原中国科学院盐湖科学调查队工作基础上,深入青藏高原北部沿黑(河)—阿(里)公路及其两侧,以寻找富硼盐湖为重点,对 40 多个湖泊(含 12 个盐湖)进行了考察研究,并完成了《西藏盐湖硼矿研究报告》。与此同时,地质矿产部矿床地质研究所提交有《西藏盐湖及其他矿产地质考察实录》报告。这些报告都较系统地论述了西藏盐湖的基本概况,为进一步研究该区盐湖提供了宝贵的资料。

1974 年,西藏地质局综合地质大队在扎布耶茶卡进行了勘探,并提交了该湖详勘地质报告。

近年来,中国科学院青藏高原综合科学考察队其他专业组、中国地质科学院矿床地质研究所、西藏地质局等单位,在西藏考察期间对盐湖均作了一些工作,积累了不少资料。此外,中国地质科学院矿床地质研究所和中国科学院盐湖研究所在完成野外调查的同时,还对扎仓茶卡、班戈错、色林错、扎布耶茶卡等盐湖开展了富硼湖水等温蒸发和冷冻实验,为模拟该区盐湖成盐演化过程和成盐自然环境增加了新的内容。

1976 年和 1978 年,我队考察湖泊 80 余个,其中盐湖 44 个;打钻 21 孔,总进尺 120 多米,取各类水样 250 多个,岩样 300 多个。通过分析实验,在西藏盐湖首次发现了水钙芒硝、泻利益;对湖相碎屑沉积物进行了分析鉴定,为认识盐湖成盐演化环境增加了新资料;在查明盐湖类型、水化学特征的同时,还进行了沉积年代学、同位素地球化学研究,为全面探讨高原盐湖形成演化、成盐规律及合理开发与利用盐湖资源,提供了重要的依据。

参加野外考察研究的人员有:

1976 年度:周康靖、郑喜玉、杨绍修、徐昶、胡金泉、梁青生、田刚、金世保、朱东方、万幸茂、关贺喜;

1978年度：张彭熹、于昇松、郑喜玉、杨绍修、徐昶、李秉孝、胡金泉、张北青、濮泓、马仲泉、刁树萱、王俭清、南永兴、白立、朱东方、徐乃科、杨新春、刘庆福；此外，还有陈克造、罗瑞鹿、万幸茂三位同志因事提前离开西藏。

室内分析测试和实验工作由中国科学院盐湖研究所完成，其中岩样和水样化学分析由王克俊、邵明显、林乐枝、单兰娣、吕亚平、钮永宁、王凤琴、王鲁英、陈居方、张晓凤、倪平英、吕翠美、刘群柱、沈振天、王华安、孙长敏、胡丰等同志完成；<sup>14</sup>C年龄由黄麒、蔡碧琴、濮泓、余俊清同志测试；氢、氧同位素分析由张保珍、张北青、雷家骏、何玉玲同志承担；盐类矿物由李秉孝、杨绍修、高章洪、酆桂芬、李颖等同志鉴定；X衍射分析由周康靖、董继和等同志完成；粘土矿物由徐昶同志分析和鉴定；红外分析由许开芬、刘福敏同志完成；盐湖卤水的冷冻蒸发实验由孙大鹏、韩智明、刘青、吴俐俐同志完成；岩石高温高压淋滤模拟实验由胡金泉等同志承担；图件的设计清绘由胡金泉、刘建华同志完成；数据程序由陈绍德同志编制并进行电子计算机计算；照相复制工作由魏祥太、唐渊同志完成；硫同位素分析委托冶金工业部桂林冶金地质研究所负责完成；在资料统计、打字印刷、图表复制和清稿、定稿等工作方面，得到张明刚、冉隆德、单兰娣、林乐枝、吕亚平、常培毅、李兰英等同志的帮助。

在野外考察和室内研究期间，自始至终是在中国科学院青藏高原综合科学考察队和中国科学院盐湖研究所的关怀和领导下进行的，并得到西藏自治区有关部门，北京大学地质学系、中国科学院南京地理研究所和中国科学院青藏高原综合科学考察队有关专题组的大力支持和帮助。在本书编写过程中，除文献目录所列出的资料，还引用过中国地质科学院矿床地质研究所、西藏地质局、北京大学、中国科学院南京地理研究所和中国科学院青藏高原综合科学考察队有关专题组的内部资料。书中的地名、山脉、河流、湖泊名称，按中国科学院地理研究所编，四川省测绘局1978年出版的《西藏自治区地形图》(1:1500000)和西藏自治区测绘局、国家测绘总局测绘科学研究所1978年合编的《西藏自治区地名录》统一确定。例如，奇林湖，奇林错，现在统一为色林错；班戈湖，班戈错，硼砂湖，现在统一为班戈错等等。

本书各章节主要编写人员是：第一章，郑喜玉；第二章第一、二、三节，唐渊，第四节郑喜玉；第三章第一节，李秉孝，第二、三、四节，徐昶；第四章第一节，郑喜玉，第二节，李秉孝，第三、四、五节，郑喜玉；第五章，郑喜玉。此外，张保珍和于昇松分别参加了氢同位素和水化学特征初稿的编写。各章节完成后由郑喜玉汇总统编、定稿。

本书在编写过程中，得到张彭熹所长的指导。初稿经中国科学院盐湖研究所陈克造、孙大鹏、李家桢、高章洪、董继和等同志审查评议；承蒙中国科学院地理研究所郑度、李炳元，中国科学院地质研究所尹集祥、邓万明，北京大学地质学系佟伟，中国科学院南京地质古生物研究所文世宣，中国科学院、国家计划委员会自然资源综合考察委员会温景春等同志审阅，他们均提出过重要的修改意见，在此一并表示感谢。



# 目 录

## 《青藏高原科学考察丛书》序

前言	vii
<b>第一章 西藏盐湖区域概况</b>	<b>1</b>
第一节 自然地理与区域地质简述	1
第二节 盐湖的分布	12
第三节 盐湖物质成分	24
<b>第二章 西藏盐湖水化学特征</b>	<b>32</b>
第一节 盐湖卤水成分	32
第二节 盐湖水化学类型	46
第三节 盐湖水化学特征	48
第四节 盐湖中氢、氧、硫同位素分布	65
<b>第三章 西藏盐湖矿物和盐湖沉积</b>	<b>74</b>
第一节 盐类矿物	74
第二节 粘土矿物	97
第三节 盐湖沉积特征	107
第四节 盐湖沉积模式	115
<b>第四章 西藏盐湖成盐演化与成矿规律</b>	<b>117</b>
第一节 主要盐湖盐类矿床	117
第二节 成盐作用及成盐期	140
第三节 盐湖的形成与演化	143
第四节 盐湖稀有、分散元素的富集条件	153
第五节 盐湖资源的成矿规律	163
<b>第五章 西藏盐湖资源的开发与利用</b>	<b>169</b>
第一节 盐类资源的主要用途	169
第二节 盐湖盐类矿产资源	170
第三节 盐湖资源的开采方式与远景设想	173
第四节 盐湖资源的保护	175
<b>参考文献</b>	<b>179</b>

THE SERIES OF THE SCIENTIFIC EXPEDITION  
TO THE QINGHAI-XIZANG PLATEAU

SALT LAKES IN XIZANG

CONTENTS

"Series of Scientific Expedition to Qinghai-Xizang Plateau" Preface	
Introduction	vii
Chapter 1 General Situation of Salt Lakes in Xizang	1
1-1 A Brief Description of Physiography and Regional Geology	1
1-2 Distribution of Salt Lakes	12
1-3 Constituents of Substances in Salt Lakes	24
Chapter 2 Characteristics of Hydrochemistry of Salt Lakes in Xizang	32
2-1 Compositions of Brines in Salt Lakes	32
2-2 Hydrochemical Types of Salt Lakes	46
2-3 Features of Hydrochemistry of Salt Lakes	48
2-4 Distribution of Hydrogen, Oxygen, Sulfur, Isotopes of Salt Lakes	65
Chapter 3 Minerals and Deposits of Salt Lakes in Xizang	74
3-1 Salt Minerals	74
3-2 Clay Minerals	97
3-3 Sedimentary Characters of Salt Lakes	107
3-4 Sedimentary Model of Salt Lakes	115
Chapter 4 Salt-Forming Evolution and Minerogenetic Conditions in Xizang	117
4-1 Salt Deposits in Major Salt Lakes	117
4-2 Salt-Formation and Salt-Forming Age	140
4-3 Formation and Evolution of Salt Lakes	143
4-4 Condition of Enrichment of Rare Elements in Salt Lakes	153
4-5 Minerogenetic Law of Resources in Salt Lakes	163
Chapter 5 Prospect of Exploiting and Utilizing the Resources of Salt Lakes in Xizang	169
5-1 Main Uses of Salt Resources	169
5-2 Resources of Salt Minerals in Salt Lakes	170
5-3 Mining Methods of the Resources in Salt Lakes and Prospecting Consideration	173

5-4 Protection of Resources in Salt Lakes .....	175
References .....	179

# 第一章 西藏盐湖区域概况

## 第一节 自然地理与区域地质简述

西藏自治区位于东经  $78^{\circ}25'$ — $99^{\circ}06'$  和北纬  $26^{\circ}50'$ — $36^{\circ}33'$  之间, 面积为 120 多万平方公里, 占全国总面积的 12.5%, 是我国仅次于新疆维吾尔自治区的第二大区。该区平均海拔在 4500m 以上, 是世界上海拔最高、形成时间最晚的巨大高原——青藏高原的主体组成部分, 素有“世界屋脊”之称, 被认为是“地球第三极”。由于它具有幅员辽阔、地势高亢、气候多变和自然资源丰富的显著特点, 而成为世界上独具特色的地质、地理单元。青藏高原的不断隆起, 特别是自中新世以来的强烈抬升, 不但直接形成许多高耸云端的冰峰雪岭和蜿蜒曲折的内外流水系, 而且同时对整个高原面上众多的断陷盆地和山间洼地, 也具有明显的控制作用。这些断陷盆地或山间洼地, 不仅是西藏内流水系的最终归宿和影响湖泊分布的地形基础, 而且也为西藏盐湖的形成、演化和成盐作用提供了极为优越的地质、地理环境。

青藏高原的隆起及其隆起后的深刻影响, 一直为国际科学界所瞩目<sup>[1]</sup>; 而高原盐湖的形成、演化和成盐作用, 同样对中、外科学家们亦产生极大的兴趣, 尤其是 Li (锂)、B (硼)、K (钾) 盐湖的大量出现, 不仅给高原自然景观增添了引人注目的特色, 而且也将成为科学家们探索高原在晚更新世末期 (3—4 万年) 以来自然环境的变迁, 研究盐湖成盐演化、成矿规律及其盐湖资源开发与利用的重要科学实验场地。

### 一、自然地理

西藏地势大致是西北部高, 而向东南部依次降低, 形成了从西而东或从北而南的水平自然地理分带和由高海拔到低海拔的垂直自然地理分带。在幅员辽阔的高原面上, 展布着高大的山系、深切的峡谷、纵横交错的内流和外流水系、数量众多的沉积盆地和星罗棋布的内陆湖泊等自然景观相映成趣, 共同构成了景色异然、风格独特的高原自然地貌轮廓<sup>[2]</sup>。整个西藏地理分区明显, 地势层次清楚, 各个区域的地貌类型和自然环境截然不同。由于印度板块向北俯冲, 而造成西藏主要山系多呈近似平行的东西走向。自北而南分别为昆仑—唐古拉山脉、冈底斯—念青唐古拉山脉和喜马拉雅山脉。

昆仑—唐古拉山脉是西藏北部边缘最早形成的一座山脉, 呈东西走向, 西段为新疆与西藏的分界线, 东段为青海与西藏的分界线。山峰平均海拔 5500—6000m, 木孜塔格峰海拔最高, 达 6973m。冈底斯—念青唐古拉山脉是一条由西到东连绵延伸的巨大山脉。西段冈底斯山脉, 由西部的西北—东南走向, 到东部转为东西走向, 山峰平均海拔 5500—6800m, 主峰罗波峰位于仲巴的东北部, 最高海拔达 7095m。该山系于日喀则北面与东段的念青唐古拉山脉相衔接, 然后沿北东方向再转为近似东西向延伸。念青唐古拉山脉山

峰平均海拔 5800—6000m，主峰位于羊八井北部，最高海拔为 7111m。冈底斯—念青唐古拉山脉，由西而东横贯全区，把西藏划分为藏北与藏南两个具有截然不同的自然地理单元。藏北为高亢平原，内流水系纵横交错，内陆湖群星罗棋布。由于气候干寒，降水量少，湖水明显咸化，是我国著名的内陆盐湖分布区。而藏南除少数地区有内陆湖盆分布外，大部分地区属于外流水系的雅鲁藏布江流域。在流域内地势变化很大，有高山、峡谷，也有冲积平原。区内气候西部干寒，东部温暖，降水量由西而东逐渐增加，尤其东南部的波密、察隅地区是西藏雨水最充沛、气候最温暖的地区。因此本区除个别盐湖外，基本以淡水湖和咸水湖为主。喜马拉雅山脉位于西藏最南缘，平均海拔在 6000m 以上，冰川很发育，主脉屹立着世界上最高山峰——珠穆朗玛峰，海拔达 8848m，终年白雪皑皑。该山系对来自印度洋的温暖气流，有一定的阻挡作用。

西藏境内地表径流纵横交错，十分发育，按河水的流向和归宿，大致可以划分为内流水系和外流水系两大类型<sup>[3]</sup> (图 1-1)。

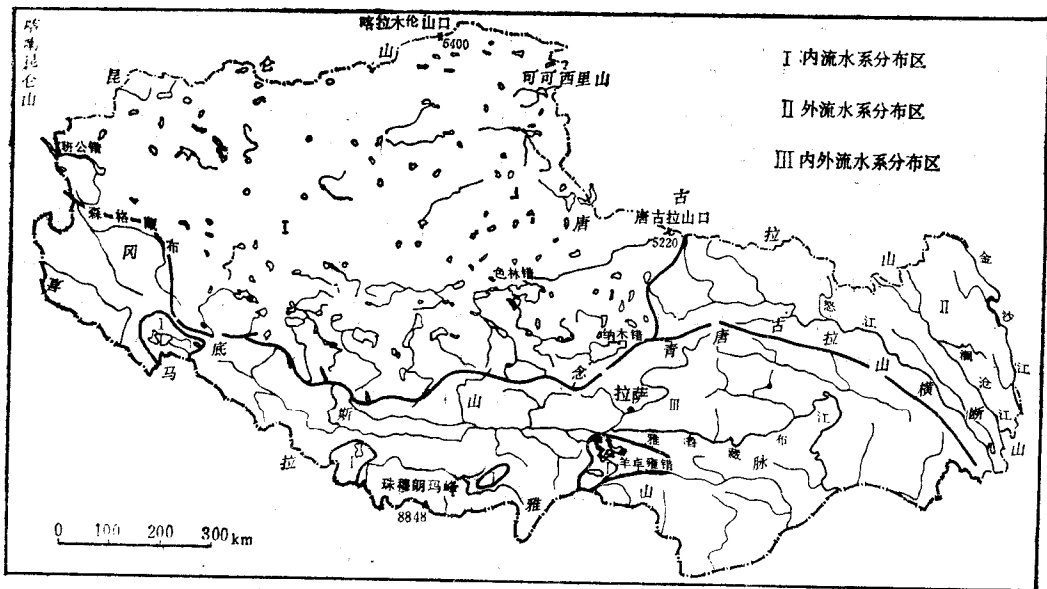


图 1-1 西藏水系的分区

内流水系主要在西藏(羌塘)高原北部，藏南亦有很少的内流河存有。在西藏高原北部内流水系中，流域广水量大的内河有扎加藏布、波仓藏布、江爱藏布、惹多藏布、措勤藏布、永珠藏布、毕多藏布等。此外，还有一些水量小流途短的季节性和间歇性河流。所有这些内流水系的终流归宿皆有面积大小不同的内陆湖泊或盐湖。例如，扎加藏布发源于唐古拉山脉，岗盖拉南面海拔 5400m 的现代冰川，蜿蜒曲折向西南方向奔腾，全长 480km，最后终止于西藏第二大湖——色林错(原名奇林错或奇林湖)(海拔 4530m)；江爱藏布发源于江爱山和那底岗日，由北东流向南西注入依布茶卡(海拔 4557m)；波仓藏布发源于巴林岗日东麓的它日错，由西而东流经几个串珠状的沉积盆地，最后汇集于达则错(海拔 4461m)，全长达 285km；惹多藏布发源于巴林岗日的西麓，由东而西流入扎西盆地，分别补给洞错(海拔 4416m)和扎西错(海拔 4445m)；措勤藏布发源于冈底斯

山脉北坡,汇集于扎日南木错(海拔 4613m);毕多藏布发源于冈底斯山脉北麓,流入塔若错(海拔 4545m);捷娃藏布发源于班戈南山而注入于班戈错 III 湖(海拔 4522m)等等。西藏内流水系,虽然水量小,流途短,但对西藏内陆盆地,尤其是青藏北部高原内陆盆地或内陆湖泊(含盐湖)的补给,保持湖水均衡是经常起作用的重要因素之一。藏南地区的内流水系主要指的是那些局部地带的内陆盆地或洼地附近,所存在的为向心汇水河流。例如,注入玛旁雍错—拉昂错内陆湖盆和羊卓雍错内陆湖盆的小河流,如扎曲、萨摩河、巴穷河等。据统计,西藏自治区内流水系流域总面积约有 62 万平方公里,占自治区总面积的 51.6%,其中,青藏高原北部内流水系流域面积就有 60 万平方公里,为全区内流水系流域总面积的 96.8%;而藏南内流水系流域面积仅有 2 万平方公里,占全区内流水系流域总面积的 3.2%。这些内流水系对于藏北和藏南星罗棋布的湖泊水资源的补给,特别是内陆盐湖的形成及其成盐元素的大量补给,显然是不可缺少的重要条件之一。

西藏自治区地势具有海拔高,纬度低,幅员辽阔,地形复杂和区域气候分带现象明显的特点<sup>[4]</sup>。总观全区气候特征,从北到南,从西北而东南,随着高原地势的逐渐降低,气候也由西北部的寒冷干旱-半干旱高原季风气候区,向东南部逐渐过渡为温暖半干旱-半湿润高原季风气候区<sup>[5]</sup>。根据高原地形分异、水热状况和植被布局等自然环境的特点,将西藏大致划分为三个主要气候区(表 1-1 和图 1-2)。

藏北寒冷的干旱-半干旱高原季风气候区 (I): 包括冈底斯山—念青唐古拉山以北,

表 1-1 青藏高原主要气候特征\*

气候分区		I		II		III	
		寒冷的干旱-半干旱高原季风气候区		寒冷-温暖的高原河谷半干旱季风气候区		温暖半湿润高原季风气候区	
地理位置		冈底斯山脉以北,昆仑山脉以南的地区		冈底斯山脉以南,喜马拉雅山脉以北,沿雅鲁藏布江流域		雅鲁藏布江下游和三江(金沙江、澜沧江和怒江)地区	
气温	°C	最高	23.0	26.6	32.4		
		最低	-36.8	-24.6	-17.8		
		年平均	-0.9	2.0	10.0		
	年较差	22.0	18—20				
降水量 (mm)		50—268.8		300—600		600—1000	
蒸发量 (mm)		2065.7—2300.0		2228.59		1550.26	
蒸发量/降水量		7—23		5—7		1—3	
干燥度		1.5—15.0		1.0—1.5		<1.0—1.5	
年平均相对湿度 (%)		<35		40		70	
日照 (h/a)		3000—3200		2800—3000		2200—2600	
太阳能总辐射 (J/cm <sup>2</sup> ·a)		794.2×10 <sup>3</sup>		710.6×10 <sup>3</sup> —794.2×10 <sup>3</sup>		627×10 <sup>3</sup>	
气候特征		干寒		半干旱—温湿		相对温湿	

\* 本表资料根据中国科学院青藏高原综合科学考察队气候组,西藏气候资料累年值(1977)综合而成。

昆仑山—唐古拉山以南的广大地区，年平均气温为  $-0.9^{\circ}\text{C}$ <sup>1)</sup>，最暖月七月平均温度为  $16.9^{\circ}\text{C}$ ，最冷月一月平均温度为  $-21.3^{\circ}\text{C}$ ，年较差  $22^{\circ}\text{C}$ 。年降水量为  $50-268.8\text{mm}$ ，其中高原西北部降水量最少，年降水量还不足  $50\text{mm}$ ，而且又多集中于  $6-8$  月，降水特点是雨(雪)频而量少，呈雷阵雨(雪粒或冰雹)形式降落，具有雨过天晴的明显特征。年蒸发量为降水量的  $7-8$  倍，最高可达  $23$  倍。冬季时间长，季风日多强度大；日照时数多，年平均日照为  $3000-3400\text{h}$ ，太阳辐射总量达  $794200\text{J}/\text{cm}^2\cdot\text{a}$ ，干燥度为  $1.5-15$ <sup>2)</sup>。由此可知，西藏高原北部属于寒冷的干旱-半干旱高原季风气候区，对控制盐湖的形成和成盐作用是有利的。

藏南寒冷-温暖的半干旱高原河谷季风气候区 (II)：大致包括冈底斯山、念青唐古拉山以南，喜马拉雅山以北，那曲—泽当一线以西的象泉河—雅鲁藏布江中、上游的高山、河谷地带。年平均气温为  $2^{\circ}\text{C}$ ，一般是西部寒冷而东部较暖。最暖月七月平均温度为  $10-18^{\circ}\text{C}$ ，最冷月一月平均温度为  $-10^{\circ}\text{C}$ ，年较差达  $18-20^{\circ}\text{C}$ 。年降水量为  $300-600\text{mm}$ ，多集中于  $6-9$  月，以雨、雪或冰雹形式降落，具有雷阵雨或夜雨的特点。年蒸发量为降水量的  $5-7$  倍，干燥度为  $1.0-1.5$ 。属于温湿-半干旱的大陆性气候区，仅在个别内流封闭盆地，才具有形成少量盐湖的基本成盐条件和成盐自然环境。

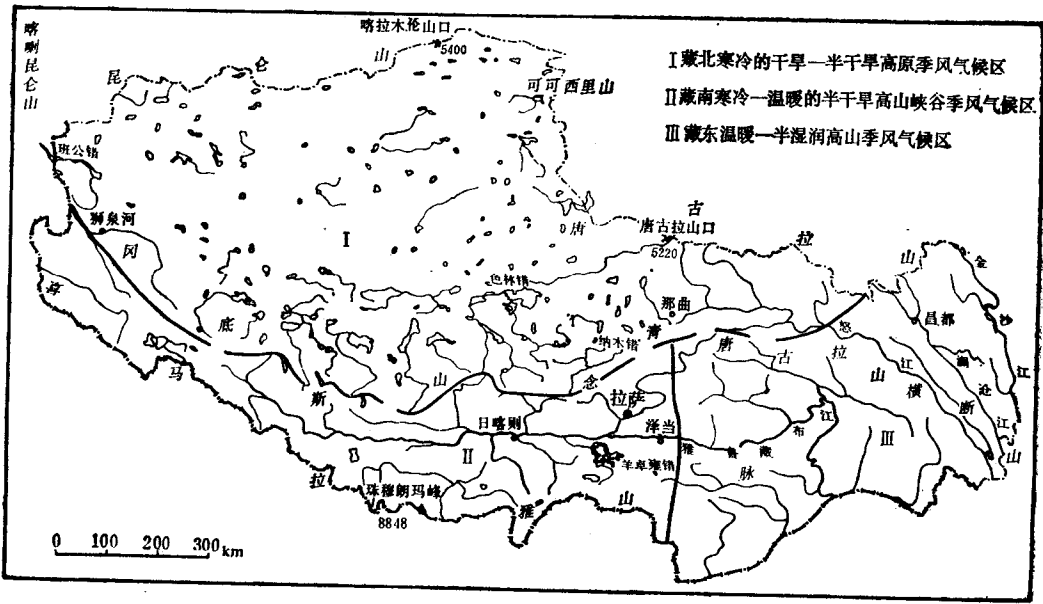


图 1-2 西藏的气候分区

藏东温暖的半湿润高山季风气候区 (III)：主要指的是雅鲁藏布江下游和三江(金沙江、怒江和澜沧江)高山峡谷地区。年平均气温为  $10^{\circ}\text{C}$ ，是西藏最温暖的地区。年降水量在  $6000-1000\text{mm}$  之间，年蒸发量为降水量的  $1-3$  倍，干燥度小于  $1$ ，最大是  $1.5$ ，这是西藏雨水最充沛的地区，基本上不具备形成盐湖的气候条件。

1) 中国科学院青藏高原综合科学考察队气候组，1977，西藏气候资料累年值(供总结参考)。  
 2) 钱纪良等，1965，关于中国干湿气候区划的初步研究，1-14。

## 二、地质构造

西藏的地质构造轮廓,明显受青藏高原隆起的严格控制和影响。根据中国科学院青藏高原综合科学考察队地质构造组研究资料可知,西藏所有重大构造都是在过去二亿五千万年间形成的,但后来又在喜马拉雅造山运动期间,也就是印度大陆和欧亚大陆最后碰撞以来又开始复活,由北而南出现一系列东西向延伸的构造带及其分隔相间的构造区,特别是中新世以来的强烈抬升,而形成目前世界上时代最晚、海拔最高的隆起区。

西藏的结晶基底是一套古老的前寒武系深变质岩系和古生界不同岩性组成的轻微变质岩系;其上是中生界浅海相(雅鲁藏布江一带亦有侏罗-白垩纪深海相沉积<sup>1)</sup>)或海陆交替相沉积和新生界以陆相沉积为主要特征的沉积盖层。该区岩浆活动很发育,其特点为多期多阶段所形成的岩浆侵入和火山作用,各种类型的侵入岩和火山岩大多出露在东西向延伸的深大断裂带及其附近,同区域构造带方向基本一致。印度河-雅鲁藏布江断裂带、班公错(原班公湖)-尼玛-怒江断裂带和龙木错-马尔盖茶卡-金沙江断裂带等三组著名的深大断裂及其次一级断裂带附近,不仅形成许多呈串珠状排列的断陷盆地和山间洼地,成为盐湖形成与演化的重要地形基础,而且还展布有规模巨大的地热异常区,构成了我国大陆上最强烈的水热活动带之一。根据野外考察研究表明<sup>2)</sup>,在强大的地热异常区及其附近,潜伏着巨大的热源,这个巨大的潜伏热源,很可能就是浅层岩浆活动。上述众多的构造盆地和强烈的水热活动,就为西藏星罗棋布的内陆湖群及锂、硼、钾盐湖的形成和分布,提供了极为有利的地质构造条件和成盐元素的地球化学背景。

### (一) 地 层

#### 1. 前寒武系

前寒武系地层在西藏分布得并不广,仅在高原南部和西部边缘地带有些零星出露。目前研究比较详细的报道较多的还是喜马拉雅山一带,尤其是随着珠穆朗玛峰地区科学考察工作的展开,对西藏南部地区前寒武系地层资料的积累,也越来越多。据报道<sup>6,7)</sup>,在吉隆、聂拉木、亚东等地出露的前寒武系地层,主要是一套以片岩、片麻岩和大理岩等为明显特征的深变质岩系,亦称为聂拉木群<sup>8)</sup>。而西藏西部札达、普兰等地出露的片岩、片麻岩和大理岩等,分别定为外克日托(Vakrita)系和马托里(Marteli)系,亦属于中级变质岩系<sup>9)</sup>。噶尔地区出露的云母片岩、石英岩、板岩、大理岩等统称为莎尔喀拉系。前寒武系地层出露少,同盐湖盆地没有直接的成因联系。

#### 2. 古生界

古生界地层在西藏出露的不多,尤其是下古生界地层出露的更稀少。在盐湖盆地及其附近尚未发现有寒武系地层分布。奥陶系地层在西藏出露的很广泛,特别是藏南的珠穆朗玛峰地区最发育<sup>10)</sup>;藏北的班戈、申扎地区,藏东的芒康地区都有出露,以藏北出露的

1) 根据文世宣提供的资料。

2) 据中国科学院青藏高原综合科学考察队地热组一九七九年总结资料。



奥陶系比较完整。主要岩性为石灰岩、砂页岩、白云岩等。志留系地层仅出露于西藏西部的日土和藏南的聂拉木等地,岩性以轻微变质的灰岩、白云岩为主,笔石页岩和珊瑚灰岩次之。泥盆系地层主要分布在藏南的聂拉木、吉隆等地,藏北的班戈、申扎、狮泉河一带,藏东的金沙江、怒江沿岸。其岩性因地而异,例如藏南以页岩、砂页岩占多数;藏北则以灰岩、砂页岩为主,藏东且为灰岩、大理岩夹中一酸性火山岩,局部可见到鲕状或竹叶状灰岩出露。石炭、二叠系地层分布范围基本一致,有些地区还是连续沉积。藏南的喜马拉雅山地区,出露有石炭系的页岩、泥灰岩、砂岩和二叠系的灰岩夹砂页岩;日喀则地区的康马、山南地区的错那等地还见有石炭、二叠系的砾岩和灰岩分布。藏东的扎木、松宗等地区的石炭系岩层为灰岩、泥灰岩、砂页岩等;类鸟齐等地区见有灰岩夹中一酸性火山岩;妥坝、芒康等地还有二叠系的煤系岩层出露。青藏高原西北部狮泉河上游和亚龙赛龙日一带,还有石炭、二叠系的砂岩、砂页岩及灰岩交替沉积的碎屑岩,内含有鲕科、腕足类和珊瑚化石,均代表了浅海相和滨海相的沉积环境。

### 3. 中生界

中生代是西藏地区的重要沉积时代,地层发育,分布亦广泛<sup>[1]</sup>。

三叠系地层在藏南地区以海相碎屑岩沉积为主,在藏南北部的一些碎屑岩中还夹有火山岩沉积;藏东地区的三叠系地层主要分布于巴贡、江卡、昌都等地。其岩性分二层,上层以紫红色砂岩为主,夹灰绿色页岩,底部见有 2—3m 的底砾岩沉积;下层为灰白色薄层石灰岩,其顶部有薄层泥灰岩及黑色页岩,内含菊石、斧足类化石。在横断山附近,还有砂页岩、火山岩出露。青藏高原北部的班公错—怒江一线以北,三叠系沉积地层十分发育。唐古拉山等地,还有海陆交替相的晚三叠系煤系岩层分布。侏罗系在藏南出露很广泛,岩性为灰岩和页岩;藏东的芒康、八宿、昌都一带,有侏罗系的灰岩、页岩和砂岩分布,局部还有含煤地层。例如巴贡东山就有 0.4—0.7m 的煤层存在;青藏高原北部的侏罗系地层分布也很广泛,多系海相灰岩和砂岩沉积。白垩系地层在西藏亦有分布,在喜马拉雅山北坡和雅鲁藏布江流域,见有白垩纪石灰岩、砂页岩和泥岩出露,内有大量的动植物化石,如瓣鳃类、菊石和有孔虫化石。藏东地区的白垩系主要分布在怒江沿岸,例如昌都、察雅一带,岩性以红层为主,多属于砂岩夹灰岩,在个别地段的灰岩中夹薄层石膏。在江卡西北的乌拉山地区,该层被英安岩及安山岩等火山岩所覆盖。青藏高原北部的白垩系地层分布相当广泛,尤其是中国科学院青藏高原综合科学考察队地质构造组在野外考察期间,又陆续发现了一些新的露头,东起拉萨、纳木错,西止于狮泉河、班公错一带,断续出露数百公里。其岩性一般分为两套海相岩层,下部为钙质泥质胶结的砂岩、泥岩和砂页岩夹火山岩,部分砂页岩受火山岩影响而发生硅化出现轻微变质现象;上部是一套含圆笠虫和固着蛤化石的浅海相灰岩沉积,靠底部粉砂质成分增多而呈薄层状。海相岩层之上为陆相红色碎屑岩沉积。白垩系地层在青藏高原北部分布很广,例如洞错、戈木茶卡、扎仓茶卡等盐湖盆地边缘均有灰岩、砂页岩出露。扎仓茶卡南部的干果山和东部的夏康坚一带,还有大面积灰岩,内有有孔虫和瓣鳃类化石 (Radiotidal Radioitnal)<sup>1)</sup>,但有些地段因受燕山期花岗岩、花岗闪长岩等侵入岩的影响而发生局部变质现象。

1) 地质科学院矿床地质研究所、中国科学院西藏综合考察队,1974,西藏盐湖硼矿研究报告。