



主 编：康世昌  
副主编：杨永平 朱立平 马耀明

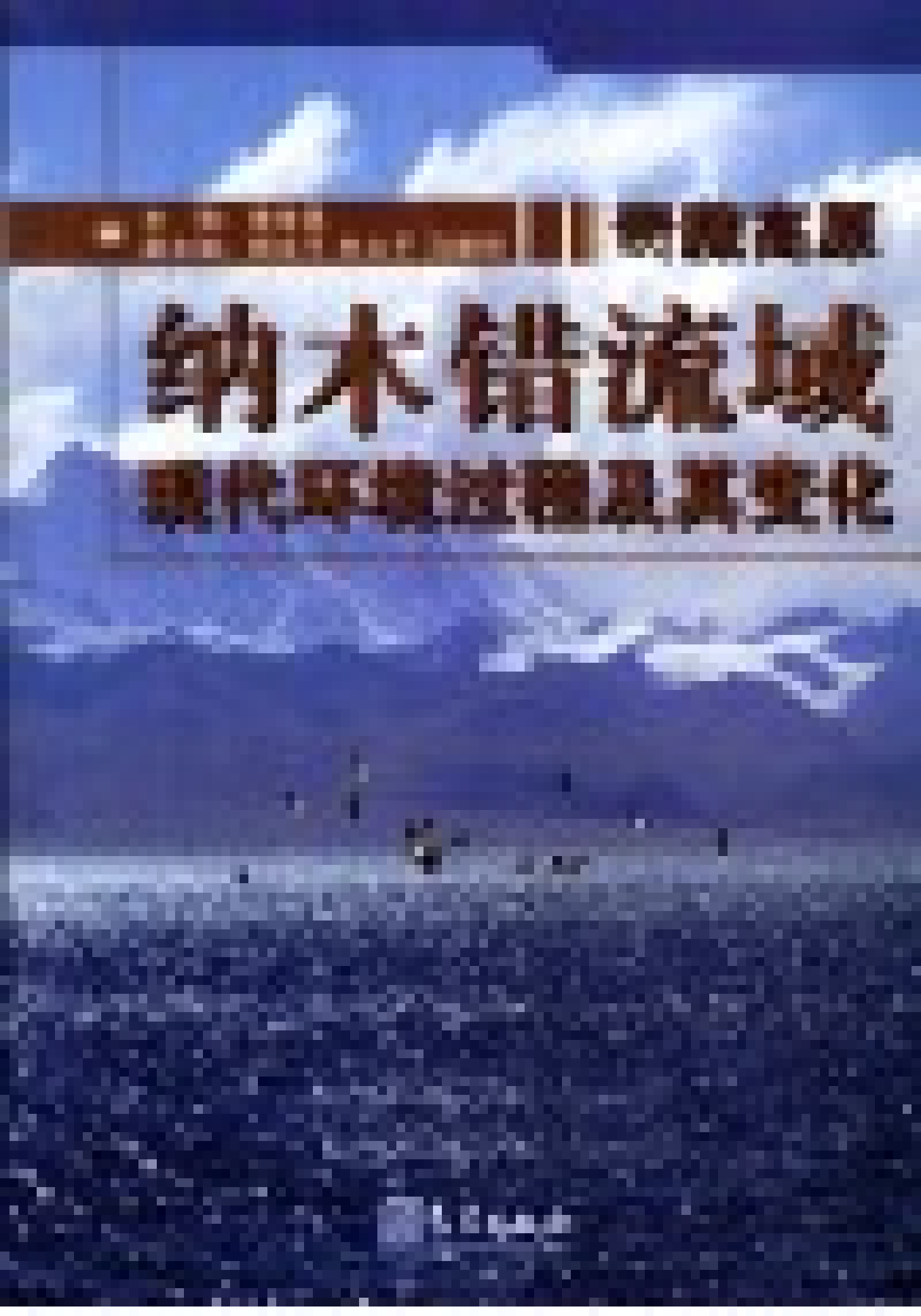
青藏高原

# 纳木错流域

## 现代环境过程及其变化



气象出版社  
China Meteorological Press



中国科学院南京地质古生物研究所 南京地质古生物研究所 南京地质古生物研究所

# 纳木错流域

## 现代环境过程及其变化

# 青藏高原纳木错流域 现代环境过程及其变化

主 编 康世昌

副主编 杨永平 朱立平 马耀明

## 内容简介

本书利用 2005—2009 年间在纳木错流域获得的第一手资料,分析和阐述了纳木错流域现代环境过程和地表多圈层相互作用及其对全球变化的响应。内容包括:纳木错流域的气候和地气相互作用、大气环境、现代冰川及其变化、河流水文、纳木错湖泊的基本特征和水量变化、土壤和水环境化学、植物群落和现代花粉、地貌与土壤发育特征,以及高分辨率气候和环境记录等,代表了青藏高原地表多圈层相互作用研究的最新进展。

本书可供从事青藏高原或高寒地区大气、冰川、水文、湖泊、生态等研究的科技人员、高等院校师生和感兴趣的公众参考阅读。

## 图书在版编目(CIP)数据

青藏高原纳木错流域现代环境过程及其变化/康世昌等编. —北京:气象出版社, 2010.10

ISBN 978-7-5029-5061-3

I. ①青… II. ①康… III. ①青藏高原-流域-水环境-研究 IV. ①X143

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 194502 号

Qingzang Gaoyuan Namucuo Liuyu Xiandai Huanjing Guocheng jiqi Bianhua

青藏高原纳木错流域现代环境过程及其变化

康世昌 等 编著

---

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

总 编 室:010-68407112

网 址: <http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:蔺学东

封面设计:博雅思企划

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:540 千字

版 次:2011 年 3 月第 1 版

定 价:75.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: [qxcbs@cma.gov.cn](mailto:qxcbs@cma.gov.cn)

终 审:章澄昌

责任技编:吴庭芳

印 张:27.25

印 次:2011 年 3 月第 1 次印刷

# 《青藏高原纳木错流域现代环境过程及其变化》

## 编 委 会

主 编：康世昌

副主编：杨永平 朱立平 马耀明

编 委（以姓氏笔画为序）

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 马伟强 | 马耀明 | 王利强 | 王君波 | 丛志远 |
| 吕雅琼 | 吕新苗 | 朱立平 | 刘勇勤 | 刘晓波 |
| 杨永平 | 李中强 | 李茂善 | 李明慧 | 李潮流 |
| 吴艳红 | 吴倩如 | 余武生 | 张玉兰 | 张拥军 |
| 张 萌 | 张强弓 | 陈家辉 | 陈 锋 | 明 镜 |
| 易朝路 | 周广鹏 | 周石礞 | 郑 伟 | 姚檀栋 |
| 徐 军 | 徐彦伟 | 高坛光 | 黄 杰 | 康世昌 |
| 游庆龙 |     |     |     |     |



## 致 谢

本书涉及的研究得到了以下项目的资助，作者谨此谢忱。

### 科技部项目：

- 青藏高原环境变化及其对全球变化的响应与适应对策（国家重点基础研究发展计划项目，2005CB422000）
- 北半球冰冻圈变化及其对气候环境的影响与适应对策（全球变化研究国家重大科学研究计划项目，2010CB951401）
- 中国冰川资源及其变化调查（基础性工作专项，2006FY110200）
- 青藏高原特殊生境下野生植物种质资源的调查与保存（基础性工作专项，2007FY110100）

### 国家自然科学基金项目：

- 青藏高原纳木错流域多环境介质中大气重金属污染物记录的集成研究（40830743）
- 青藏高原纳木错地区近地层能量交换及环流变化观测研究（40675012）
- 西藏纳木错沉积物分布规律及环境重建效应研究（40701194）
- 纳木错流域现代孢粉分布及其与植被、气候的关系（40601109）
- 青藏高原纳木错地区大气气溶胶地球化学特征及其来源研究（40605034）
- 西藏纳木错湖水生生态系统结构与功能的初步研究（30870428）
- 西藏纳木错湖水物理化学性质及其与异常碳酸盐的关系（40801075）
- 西藏纳木错流域稳定同位素水文与水循环研究（40971050）
- 西藏纳木错汞的生物地球化学循环（40903050）
- 青藏高原牧民帐篷中室内空气污染的研究（40901270）
- 高分辨率冰芯记录（创新群体）（40121101）

### 中国科学院项目：

- 青藏高原全新世以来的环境变化与生态系统关系研究（KZCX3-SW-339）
- 青藏高原南部典型流域水热循环变化及其对区域环境的影响（KZCX2-YW-145）
- 青藏高原南部典型区冰川变化和冰芯气候环境记录研究（中国科学院“百人计划”项目）
- 中国科学院纳木错站建设/维修（KZCX2-EW-Y017）

### 中国科学院冰冻圈科学国家重点实验室自主研究课题：

- 中国冰冻圈生物地球化学循环及其环境效应（SKLCS-ZZ-2008-01）

### 国际合作项目：

- 青藏高原环境研究计划（中德合作项目，TiP）
- Twinning European and South Asian River basins to enhance capacity and implement adaptive integrated water resources management approaches (BRAMPTWINN)（欧盟第六框架项目，FP6-036952）
- Coordinated Asia-European long-term Observing system of Qinghai-Tibet Plateau hydro-meteorological processes and the Asian-monsoon system with Ground satellite Image data and numerical Simulations (CEOP-AEGIS)（欧盟第七框架项目，FP7-212921）
- 利用遥感和实地监测数据对纳木错流域水热循环过程的研究（中日合作项目）

# 序 一

在地球系统和气候系统概念提出之前,地球科学和气候学研究都没有很好地体现圈层相互作用。近几十年来,随着地球科学研究的深入,特别是全球变化研究的发展和提升,人们认识到地球各圈层之间的相互作用,进而在20世纪80年代提出了地球系统科学的概念,其核心是研究多圈层相互联系和相互作用的过程和机制,以及地球系统变化的规律和机理,为全球变化预测建立科学基础,为地球系统的科学管理提供依据。在目前全球变暖背景下,地球表层过程正在经历着深刻的变化。例如大气圈的变化(大气成分的改变)导致了其他圈层(如冰冻圈、水圈、生物圈等)的变化,而其他圈层的变化又迅速地反馈到大气圈。人们认识到,所有这些地球系统内部的复杂变化过程和机理研究需要多学科交叉研究。鉴于此,20世纪末国际上启动了多学科交叉研究的诸多计划,例如国际地圈—生物圈计划(IGBP)、全球变化人文计划(IHDP)、世界气候研究计划(WCRP)中的气候与冰冻圈计划(CliC)等等,目的是强化和提升地球系统科学的研究水平。

尽管各种现代化的技术手段和系统科学的思想,诸如遥感监测、野外自动观测、地理信息系统、高精密仪器的分析测试技术、各类复杂的气候模式等,为地球系统科学的深入研究奠定了基础,然而地学研究中第一手资料的获得——野外的实地调查和监测,仍然是地球系统科学研究的基石。没有野外高质量数据的获得,地球科学的研究则是空中楼阁。在圈层相互作用思想下,野外观测更需向集成化方向发展。怎样设计具有区域特色的综合观测站?如何使观测的多圈层参数有机地融入到圈层耦合模式中?显然,我们正处于这样高要求的时代。在我国怎样布设?我首先想到的是青藏高原应该有这样的综合观测站。

我欣慰地看到,康世昌等人编著的《青藏高原纳木错流域现代环境过程及其变化》一书,是基于近年来野外观测得到的第一手资料,对青藏高原具有代表性区域——纳木错流域地表各圈层(大气圈、冰冻圈、水圈、生物圈等)的特征和相互作用进行了详细的分析和阐述。地表多圈层相互过程的研究远非朝夕之事,需要不同学科的科研人员共同努力、长期积累,本书的研究涉及地表过程的方方面面,努力实现由定性向定量、单一学科向综合交叉、静态向动态

研究的转变，这是一个很好的开端。希望本书的出版能为青藏高原地球系统科学，特别是地表多圈层相互作用研究作出一些贡献。

此外，我深刻理解在青藏高原高海拔地区工作的艰辛。值得庆幸的是，本书的作者们——一批活跃在青藏高原科研第一线的年轻人，继承并发扬了老一代的青藏精神，爬雪卧冰、兢兢业业、克服高海拔地区的种种困难，为了获取野外第一手数据而长期坚守。衷心希望年轻的学者们坚持理想，坚定信心，勇于探索，做出无愧于时代的科研成果！

中国科学院院士

秦大河

2011年1月26日

## 序 二

青藏高原涵盖了地球的各个圈层，是开展地球系统科学研究理想地区。我国的青藏高原研究经历了20世纪70—80年代以填补空白为主的综合科学考察阶段，到20世纪末—21世纪初的从面上考察向定位研究、从定性研究向定量研究、从静态研究向动态研究、从现象研究向机理研究转化的阶段，目前则是从短期考察向连续监测发展的阶段。因此，青藏高原科学研究的发展需要长期、连续、系统研究的网络式观测和平台的支撑。

2002年12月，中国科学院院长办公会议批准中国科学院青藏高原研究所成立，赋予青藏高原研究所研究、协调和支撑平台三方面的任务。因此，监测网络平台的建设是青藏高原研究所的立所之本。在老一辈科学家的关心和支持下，青藏高原研究所大力推动野外台站建设，已在青藏高原建成了3个院级和2个所级野外观测台站。纳木错站于2005年建成，是青藏高原研究所3个院级站之一。过去的5年来，纳木错站在大气物理、大气环境、冰川、湖泊、河流水文、生态等方面开展了定位观测研究；同时在纳木错开展了一系列的科学考察和调查活动，获得了大量的第一手资料。

本书在分析第一手观测资料的基础上，提出了对环境变化的新认识。例如，纳木错冰川和湖泊的存在对大气过程具有显著的影响，造成了特殊的地气能量交换和局地大气环流；从纳木错湖泊水量平衡角度，提出近期冰川的强烈消融对纳木错扩张的重要贡献；通过对现代花粉和植被的观测研究，提出纳木错空气花粉和植物物候对气候变化的响应特征等。本书的出版将为青藏高原环境研究提供参考。感谢本书作者们在台站建设中做出的贡献，也感谢作者们系统整理了观测结果，并很快编辑出版。

中国科学院院士  
中国科学院青藏高原研究所所长



2011年1月17日

# 前 言

青藏高原纳木错流域具有冰川、冻土、湖泊、高寒草甸（草原）、湿地等多种环境介质，是研究地表多圈层相互作用的天然实验室。自 2005 年 6 月中国科学院青藏高原研究所纳木错多圈层综合观测研究站（简称纳木错站， $30^{\circ}46.44'N$ ， $90^{\circ}59.31'E$ ，海拔 4730 m）建立以来，已在纳木错流域开展了包括大气物理、大气环境、冰川、湖泊、河流水文、生态、地球物理等多个学科共计 30 余个观测项目，取得了多年的连续观测资料。纳木错站的长期科学目标是认识“冰川—湖泊—大气—生态之间相互耦合关系”，通过在纳木错流域开展全方位的环境参数综合观测，为青藏高原特殊大气过程、冰冻圈及生态环境等领域的研究提供系统的第一手资料，为进一步认识这一特殊的地球系统及其对全球变化的响应奠定基础。

基于大量野外观测数据的分析和研究，我们对纳木错现代环境过程及其地表圈层相互作用有了进一步的认识。本书是纳木错流域观测研究工作的阶段性总结，主要包括：纳木错流域的气候特征、水文特征，纳木错湖泊的理化特征，冰川变化及其对湖泊的影响，纳木错地气相互作用及冰川—湖泊共同作用下特殊的局地大气环流，纳木错的大气环境、植被群落和物候、表土和空气花粉、地貌单元及其土壤发育，以及全新世以来环境变化等。我们希望本书一是为青藏高原高海拔地区的环境变化研究提供基础资料，二是为青藏高原地球系统科学的深入研究，特别是多圈层的综合研究提供思路，三是为地方社会经济的可持续发展提供科学依据。

人类对自然的认知是一个不断提高的过程，我们对纳木错流域圈层相互作用的研究也将不断加深。就在本书即将付梓出版之际，我们在湖泊对大气的影晌方面又获得了新的认识，即纳木错湖泊与大气间的能量交换及其季节变化与陆面有着显著的差异，而且湖泊的存在导致了秋、冬季在纳木错东部地区的大量降雪等。本书的内容受限于资料序列的短暂和作者的水平，错误和遗漏在所难免，我们恳请专家和同仁们能够批评指正，以期在后续的工作中加以修正。同时，地学观测数据的宝贵性在于其连续性和长期性，我们将持之以恒，为之奋斗！

我们感谢科技部、国家自然科学基金委员会、中国科学院给予台站建设和

科研项目的大力支持。感谢中国科学院资源环境科学与技术局的领导对纳木错站建设和发展的指导和关怀。孙鸿烈院士、陈宜瑜院士、郑度院士、吕达仁院士等老一代青藏高原科技工作者先后到纳木错站指导工作，对台站的观测研究提出了诸多建设性的意见，特此致谢！秦大河院士和姚檀栋院士在百忙中为本书作序，并从建站初期至今时刻关注着台站的成长，给予我们工作极大的鼓励和支持。特别感谢纳木错站默默无闻的同仁们：黄宗琥、韩文武、王忠、次仁多杰、毛福玉、梁茂辉、杨伟伟、杨晓东、韩文斌……是你们在海拔 4700 多米的地方坚守岗位，在漫长的冬季里舍家离子、风雪相伴，坚持收集宝贵的数据！感谢气象出版社各位领导和同仁的支持，特别是蔺学东先生为本书的出版付出了大量的时间和精力。

作 者

2011 年 1 月 2 日

# 目 录

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 第 1 章 纳木错流域定位观测和考察简介          | (1)   |
| 1.1 纳木错流域定位观测及研究              | (1)   |
| 1.2 观测仪器和设备                   | (5)   |
| 1.3 近年来纳木错地区的科学考察             | (12)  |
| 参考文献                          | (14)  |
| 第 2 章 纳木错流域气候特征               | (15)  |
| 2.1 纳木错气温                     | (16)  |
| 2.2 纳木错降水                     | (22)  |
| 2.3 纳木错蒸发                     | (24)  |
| 2.4 纳木错的风速和风向                 | (26)  |
| 2.5 纳木错总辐射                    | (33)  |
| 参考文献                          | (35)  |
| 第 3 章 纳木错流域地气相互作用规律           | (36)  |
| 3.1 纳木错流域大气边界层特征              | (37)  |
| 3.2 纳木错局地大气环流特征               | (43)  |
| 3.3 纳木错地气间能量交换特征              | (49)  |
| 参考文献                          | (57)  |
| 第 4 章 纳木错流域大气环境特征             | (62)  |
| 4.1 纳木错大气降水化学                 | (62)  |
| 4.2 纳木错气溶胶光学特征                | (71)  |
| 4.3 纳木错气溶胶质量浓度和元素分析           | (80)  |
| 4.4 纳木错气溶胶单颗粒特征               | (88)  |
| 4.5 纳木错大气和降水中碳质颗粒物            | (98)  |
| 4.6 青藏高原牧民帐篷中的室内空气污染          | (108) |
| 参考文献                          | (115) |
| 第 5 章 纳木错北岸念青唐古拉峰地区现代冰川分布及其变化 | (124) |
| 5.1 念青唐古拉峰地区现代冰川的分布           | (125) |
| 5.2 念青唐古拉峰地区现代冰川变化            | (139) |
| 5.3 念青唐古拉峰扎当冰川的物质平衡           | (150) |
| 参考文献                          | (156) |
| 第 6 章 纳木错流域河流水文特征             | (160) |
| 6.1 纳木错流域河流水文特征               | (160) |
| 6.2 纳木错流域冰川径流夏季水文特征           | (168) |
| 参考文献                          | (174) |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 第 7 章 纳木错湖泊的基本特征          | (177) |
| 7.1 纳木错湖水深分布及湖水的基本理化性质    | (177) |
| 7.2 纳木错湖泊过去 30 年的水量变化     | (185) |
| 7.3 纳木错湖泊微生物特征            | (196) |
| 7.4 纳木错湖区水生态特征            | (212) |
| 参考文献                      | (214) |
| 第 8 章 纳木错流域环境化学特征         | (220) |
| 8.1 纳木错表层土壤化学特征           | (220) |
| 8.2 纳木错水环境化学基本特征          | (229) |
| 8.3 纳木错流域冰川雪坑化学特征         | (250) |
| 参考文献                      | (259) |
| 第 9 章 纳木错流域水体稳定同位素特征      | (265) |
| 9.1 纳木错降水稳定同位素            | (265) |
| 9.2 纳木错其他水体稳定同位素特征        | (280) |
| 9.3 利用稳定同位素评估纳木错流域的水分循环   | (288) |
| 参考文献                      | (293) |
| 第 10 章 纳木错流域植物群落初步研究      | (296) |
| 10.1 纳木错流域的植被类型及植物多样性     | (296) |
| 10.2 纳木错高寒草甸植物群落结构与生物量    | (299) |
| 10.3 纳木错植物物候及其对气候的响应      | (305) |
| 10.4 纳木错水生植物多样性及群落生态学     | (310) |
| 参考文献                      | (319) |
| 第 11 章 纳木错流域现代花粉特征及其环境意义  | (322) |
| 11.1 纳木错大气花粉              | (322) |
| 11.2 纳木错流域表土花粉            | (334) |
| 参考文献                      | (344) |
| 第 12 章 纳木错流域的地貌单元及其土壤发育特征 | (348) |
| 12.1 地貌单元划分的基础和原则         | (348) |
| 12.2 纳木错流域地貌单元分布、特征和土壤类型  | (349) |
| 12.3 土壤发育指标和试验方法          | (355) |
| 12.4 不同地貌单元内土壤发育特征        | (357) |
| 参考文献                      | (382) |
| 第 13 章 纳木错历史时期的气候和环境记录    | (386) |
| 13.1 纳木错湖泊沉积物的环境记录        | (386) |
| 13.2 念青唐古拉峰冰芯记录与大气环流      | (395) |
| 参考文献                      | (405) |
| 附录 1 纳木错流域种子植物名录          | (410) |
| 附录 2 纳木错水生植物名录            | (417) |

# Contents

|                  |                                                                                                                          |       |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Chapter 1</b> | <b>Introduction to In-situ Observation and Investigation in the Nam Co Basin</b>                                         |       |
|                  | .....                                                                                                                    | (1)   |
| 1.1              | In-situ Observation and Research                                                                                         | (1)   |
| 1.2              | Monitoring Instruments and Facilities                                                                                    | (5)   |
| 1.3              | Recent Scientific Expeditions                                                                                            | (12)  |
|                  | References                                                                                                               | (14)  |
| <b>Chapter 2</b> | <b>Climate in the Nam Co Basin</b>                                                                                       | (15)  |
| 2.1              | Air Temperature                                                                                                          | (16)  |
| 2.2              | Precipitation                                                                                                            | (22)  |
| 2.3              | Evaporation                                                                                                              | (24)  |
| 2.4              | Wind Speed and Direction                                                                                                 | (26)  |
| 2.5              | Total Radiation                                                                                                          | (33)  |
|                  | References                                                                                                               | (35)  |
| <b>Chapter 3</b> | <b>Land-Atmosphere Interactions in the Nam Co Basin</b>                                                                  | (36)  |
| 3.1              | Atmospheric Boundary Layer                                                                                               | (37)  |
| 3.2              | Local Scale Atmospheric Circulation                                                                                      | (43)  |
| 3.3              | Energy Exchange between the Land Surface and Atmosphere                                                                  | (49)  |
|                  | References                                                                                                               | (57)  |
| <b>Chapter 4</b> | <b>Atmospheric Environment in the Nam Co Basin</b>                                                                       | (62)  |
| 4.1              | Precipitation Chemistry                                                                                                  | (62)  |
| 4.2              | Optical Properties of Aerosols                                                                                           | (71)  |
| 4.3              | Concentration and Elemental Components of Aerosols                                                                       | (80)  |
| 4.4              | Individual Aerosol Particle Feature                                                                                      | (88)  |
| 4.5              | Carbonaceous Particles in the Atmosphere and Precipitation                                                               | (98)  |
| 4.6              | Indoor Air Pollution in the Nomadic Tents                                                                                | (108) |
|                  | References                                                                                                               | (115) |
| <b>Chapter 5</b> | <b>Distributions and Variations of Modern Glaciers in the Mt. Nyainqêntanglha region in the North of the Nam Co Lake</b> | (124) |
| 5.1              | Distributions of Modern Glaciers in the Mt. Nyainqêntanglha Region                                                       | (125) |
| 5.2              | Variations of Modern Glaciers in the Mt. Nyainqêntanglha Region                                                          | (139) |
| 5.3              | Mass Balance of the Zhadang Glacier in the Mt. Nyainqêntanglha Region                                                    |       |
|                  | .....                                                                                                                    | (150) |
|                  | References                                                                                                               | (156) |

|                                                                                                 |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Chapter 6 Hydrological Characteristics of Rivers in the Nam Co Basin</b> .....               | (160) |
| 6.1 Hydrological Characteristics of Rivers .....                                                | (160) |
| 6.2 Summer Hydrological Characteristics of Glacier-fed Rivers .....                             | (168) |
| References .....                                                                                | (174) |
| <b>Chapter 7 Features of the Nam Co Lake</b> .....                                              | (177) |
| 7.1 Bathymetry and Water Parameters of the Nam Co .....                                         | (177) |
| 7.2 Water Balance of the Nam Co in the Past 30 years .....                                      | (185) |
| 7.3 Microbiological Characteristics of the Nam Co .....                                         | (196) |
| 7.4 Aquatic Ecology of the Nam Co .....                                                         | (212) |
| References .....                                                                                | (214) |
| <b>Chapter 8 Environmental Chemistry in the Nam Co Basin</b> .....                              | (220) |
| 8.1 Top Soil Chemistry .....                                                                    | (220) |
| 8.2 Water Chemistry .....                                                                       | (229) |
| 8.3 Snow Chemistry in the Zhadang Glacier .....                                                 | (250) |
| References .....                                                                                | (259) |
| <b>Chapter 9 Stable Isotopes of Waters in the Nam Co Basin</b> .....                            | (265) |
| 9.1 Stable Isotopes in Precipitation .....                                                      | (265) |
| 9.2 Stable Isotopes in other Water Bodies .....                                                 | (280) |
| 9.3 Estimation of Water Cycle Using Stable Isotopes .....                                       | (288) |
| References .....                                                                                | (293) |
| <b>Chapter 10 Preliminary Research of Vegetation Communities in the Nam Co Basin</b> ..         | (296) |
| 10.1 Vegetation Types and Diversities .....                                                     | (296) |
| 10.2 Vegetation Community Structure and Biomass of Alpine Meadows .....                         | (299) |
| 10.3 Phenology and its Response to Climate Change .....                                         | (305) |
| 10.4 Diversities of Aquatic Vegetation and Community Ecology .....                              | (310) |
| References .....                                                                                | (319) |
| <b>Chapter 11 Modern Pollen and its Environmental Significance in the Nam Co Basin</b><br>..... | (322) |
| 11.1 Atmospheric Pollen .....                                                                   | (322) |
| 11.2 Pollen in Top Soils .....                                                                  | (334) |
| References .....                                                                                | (344) |
| <b>Chapter 12 Geomorphologic Units and Soil Genesis in the Nam Co Basin</b> .....               | (348) |
| 12.1 Basis and Principle of Geomorphologic Units Division .....                                 | (348) |
| 12.2 Distribution, Characteristics and Soil Types of the Geomorphologic<br>Units .....          | (349) |
| 12.3 Soil Genesis Indices and Validation Methods .....                                          | (355) |
| 12.4 Soil Genesis in Different Geomorphologic Units .....                                       | (357) |
| References .....                                                                                | (382) |

**Chapter 13 Historical Climatic and Environmental Records in the Nam Co Basin** ..... (386)

    13.1 Environmental Records Reconstructed by the Lake Sediments ..... (386)

    13.2 Nyainqêntanglha Ice Core Records and Atmospheric Circulation ..... (395)

    References ..... (405)

**Appendix 1 List of Seed Plants in the Nam Co Basin** ..... (410)

**Appendix 2 List of Aquatic Plants in the Lake Nam Co** ..... (417)

# 第1章 纳木错流域定位观测和考察简介

康世昌 张拥军

(中国科学院青藏高原研究所青藏高原环境变化与地表过程重点实验室, 北京 100085)

青藏高原是全球变化研究的关键地区之一, 具有全球变化研究的独特性和优越性(如对毗邻地区的影响, 拥有明显的自然地理带及环境记录的各种介质等)。我国的青藏高原研究经历了20世纪50—60年代的初步探索和认知, 70—80年代以填补空白为主的综合科学考察, 到20世纪末至21世纪初的从面上考察向定位研究、从定性研究向定量研究、从静态研究向动态研究、从现象研究向机理研究转化的阶段, 目前连续定位监测研究方兴未艾。青藏高原科学研究的发展迫切需要建立长期、连续、系统研究的网络式观测平台, 这一平台将成为独立提出科学问题、综合集成研究、生成高水平科研成果的发源地, 特别在提升青藏高原全球变化研究方面将成为一个基石。对位于羌塘高原南部的纳木错而言, 其流域内具有开展环境监测的各类介质, 如冰川、高山冻土、季节积雪、湖泊、高寒草原(草甸)、湿地等, 为研究该区域乃至整个青藏高原地球系统多圈层相互作用提供了一个天然的实验室, 同时该区域具有的特殊局地环流和念青唐古拉山脉南、北坡环境的差异等, 也为多样性的环境变化研究提供了良好的平台。因此, 在纳木错流域建立综合观测站进行全方位的地表过程和环境监测, 为青藏高原地球系统科学研究提供第一手宝贵的资料, 其意义重大而深远。

鉴于此, 中国科学院青藏高原研究所于2005年6月建立了纳木错多圈层综合观测研究站(以下简称纳木错站)。纳木错站(图1-1)( $30^{\circ}46.44'N, 90^{\circ}59.31'E$ , 海拔高度4730 m)位于当雄县纳木错乡纳木错东南岸, 背靠念青唐古拉山脉, 下垫面为高寒草甸, 属典型的半干旱高原季风气候区。纳木错站建立伊始至2009年底, 依托台站及其支撑的观测网络, 在纳木错流域取得了大气物理、大气环境、冰川变化、河流和湖泊水文、生态等方面连续4年的观测资料, 为进一步认识纳木错流域特殊的环境过程奠定了基础。同时, 依托纳木错站的后勤保障, 自2005年以来, 对纳木错流域和念青唐古拉峰地区开展了多次中外联合科学考察, 主要涉及流域内地貌、大气、湖泊、冰川、植被、土壤、环境化学等诸多方面。本章对纳木错流域的定位观测研究和综合考察做一总体介绍, 本书其他章节的内容主要是基于流域内定点观测和考察的资料进行分析和总结, 以认识该地区现代环境特征及其变化过程。

## 1.1 纳木错流域定位观测及研究

纳木错站通过对纳木错流域内大气、冰川、湖泊、冻土、植被等的长期定位观测, 围绕“冰川—湖泊—大气—植被之间相互耦合关系”的科学目标, 着重进行以下几个方面的研究: ①冰川—湖泊相互关系及其对全球变化的响应; ②分析各种环境记录的现代过程(冰芯、湖芯等), 确立各种介质记录代用指标与环境因子的定量关系; ③研究冰/气界面、水/气界面和地/气界面