

青藏高原环境与发展系列丛书

青藏高原的 冰川与生态环境

主编○洛桑·灵智多杰

秦大河 等著



53

国家科学技术委员会
中国藏学研究中心
社会经济研究所

重点课题

青藏高原环境与发展系列丛书

青藏高原的冰川与生态环境

秦大河 等著

主编 ○ 洛桑·灵智多杰

中国藏学出版社

图书在版编目(CIP)数据

青藏高原的冰川与生态环境/秦大河著.-北京:中国藏学出版社,

1998.10

(青藏高原环境与发展系列丛书)

ISBN 7-80057-368-0

I. 青… II. 秦… III. 冰川-关系-生态系-青藏高原
IV. P942.7

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第25108号

青藏高原的冰川与生态环境

秦大河 著

中国藏学出版社出版

新华书店北京发行所发行

中国藏学出版社微机室排版

北京牛山世兴印刷厂印刷

开本:850×1168 1/32 印张:7.625 字数:170千字

1999年3月第1版第1次印刷 印数:2000册

ISBN 7-80057-368-0/Z·183

定价:13.50元

内容提要

青藏高原因海拔高、气候严寒、降水丰沛,成为地球中低纬度地区山岳冰川的发育中心之一。其冰川总面积及冰储量均占全国80%以上,在中国现代冰川研究和利用方面占重要位置。

冰川是高山降雪长年累积形成的,降雪将环境气候的信息带入冰内。冰川具有低温、受人类干扰轻微等特点,使其在环境气候记录方面具有分辨率高、保真性好、时间序列长等优点,受到科学界的重视。

冰川还是一座固体水库,它对维持生态平衡,对青藏高原地区农林牧业以及工业的发展,对藏族同胞的生活及藏区经济的持续发展都至关重要。

本书对青藏高原现代冰川的特征、冰川与环境气候变化的关系以及与人类的关系等作了介绍,并提出了发展冰川旅游这一新兴产业。为预防冰雪灾害,保护人类的生存环境及实现经济的可持续发展,人们要研究冰川、认识冰川、保护冰川,有效地利用冰川。

导 言

青藏高原雄踞亚洲大陆中部，总面积 250 万平方公里，有“世界屋脊”和“地球第三极”之称。这里地域辽阔，山川瑰丽，物产丰富，自然资源富饶，是有着广阔发展前景的宝地，是我国未来发展的后续力量，也是我国的西南门户和天然屏障。

青藏高原是我国和南亚、东南亚地区主要河流的发源地和上中游流经地区。在人类发展的历史进程中，高原以它广阔无私的胸怀哺育了古代黄河流域文明和印度河流域文明。直至当代，它仍然对中华民族乃至南亚、东南亚人民的生存和发展有着决定性的影响。

青藏高原是北半球气候变化的启动区和调节区。这里的气候变化不仅直接驱动我国东部和西南部气候的变化，而且对北半球具有巨大的影响，甚至对于全球的气候变化，也具有明显的敏感性、超前性和调节性。

青藏高原的环境效益不仅超越了青藏高原本身，直接关系到中华民族的未来发展及千秋万代的根本利益，而且超越了中华民族本身，关系到南亚和东南亚人民的未来和发展。就环境价值来说，青藏高原不仅是中华民族的生命之“源”，而且是南亚和东南亚人民的生命之“源”。

青藏高原独特的自然地域单元、地理位置、地势结构、气候特征及独特的资源，使它在人类生存环境和中华民族未来发展中具有十分特殊的地位。

千百年来，以藏族为主体的高原各民族人民在开发高原、发展中华民族文化和共同缔造祖国历史的过程中，谱写了光辉的篇章，创立了不朽的业绩。新中国成立后，在党中央、国务院的亲切关怀和全国人民的支援下，青藏高原的开发建设充满勃勃生机，取得了前所未有的巨大成就。

但是，由于地理和历史的原因，青藏高原经济发展比较落后，产业规模小，生产力水平低，人民群众普遍贫困，仍然是我国经济实力最薄弱的地区。加之人们对青藏高原的环境价值又缺乏深远的认识，在发展社会经济、扩大生产规模的过程中，因人类行为在一定程度上导致了对高原自然资源盲目的、不合理的开发利用，致使本来就十分脆弱且极不稳定的高原环境承受着越来越大的压力，呈现出了逐步恶化的趋势。诸如，雪线上升、冰川退缩、水源枯竭、湖泊干涸、植被锐减、草地沙化、水土流失及泥石流加剧，后果令人忧虑。据有关资料载，由于过度放牧和牲畜超载，西藏自治区已有三分之一的草地退化，其中重度退化占 50% 左右，还有约 10% 的草地明显沙化。其中主要牧区那曲地区高寒草甸与高寒草原的平均产草量从 60 年代的每公顷 2760 公斤和每公顷 1175 公斤，分别减少到 90 年代的每公顷 1107 公斤和每公顷 511 公斤，减少了 50—60%。青海省草地退化和沙化面积达到 733 公顷，占草地总面积的 19%，其中约 20% 左右为重度退化草地。90 年代天然草地产草量比 50 年代减少了 30—60%。草地的沙漠化加剧了高原气候的干旱和风沙侵蚀；森林的乱砍滥伐，使江河源头水量减少，泥沙量剧增，加之黄河中上游水土流失严重，中华民族的母亲河——黄河已成为季节性河流。由于长江中上游林

地资源破坏严重，中华民族的生命大动脉——长江正面临着沦为第二条“黄河”的危险。到80年代，长江流域水土流失面积已达到56万平方公里。长江上游金沙江每立方米水中的输沙量在1949—1976年的27年间只增加了0.2公斤，而在1982—1985年的3年中竟增加了0.4公斤。目前长江带入东海的泥沙量每年达到5亿吨，已是黄河输沙量的三分之一，相当于世界三大河流——尼罗河、亚马逊河、密西西比河的输沙总量。青藏高原生态环境逐步恶化，不仅制约了当地经济的发展，而且对我国未来发展构成了较为严重的威胁。严峻的现实迫使我们不得不把高原的环境问题置于与发展问题同等重要的位置进行研究。

环境与发展相互依存，相互促进，环境是人类赖以生存和发展的基础，发展是促进环境保护的前提条件。江泽民同志在党的十四届五中全会的讲话中指出：“在现代化建设中，必须把实现可持续发展作为一个重大战略。要把控制人口、节约资源、保护环境放到重要位置，使人口增长与社会生产力的发展相适应，使经济建设与资源、环境相协调，实现良性循环。”研究青藏高原的发展，必须遵循这一战略原则。

研究青藏高原的环境和发展对于加强民族团结、维护祖国统一、推动社会进步、保障边疆稳定也具有十分重要的现实意义和深远的历史意义。

“青藏高原的环境与发展”研究课题就是在这一背景下提出和确立的。其目的是在充分尊重高原各族人民发展要求和发展权利的前提下，从高原的环境特点、环境价值及其对当地、对中华民族未来发展的特殊意义出发，处理好环境与发展的辩证关系；打破就高原论高原、就发展谈发展以及地区分割、部门分割等思维模式，坚持社会科学和自然科学相结合，探索一条既有利于当地经济充分发展，又有利于中华民族未来发展并符合青藏高原实际

的经济、社会、环境和资源相互协调的发展道路；矫正重经济开发、轻环境保护，重经济效益、轻环境效益，重当前利益、轻长远利益，重局部利益、轻全局利益以及由此而导致的急功近利、盲目开发、过度消耗资源等传统观念和行为，实现经济社会和生态环境的综合发展。用一句通俗的话概括就是：让青山常在、江河长流、大地常绿，既要造福当代，还要给子孙后代留下一块永续利用和可持续发展的宝地。

青藏高原的环境与发展研究旨在探索出一条科学而有效地摆脱贫困之路，以实现在经济和科技水平相对落后的条件下的加速发展，尽快地缩小这一地区与国内发达地区之间的差距。这也是我国宏观经济发展战略研究和藏学研究的一项重要任务。

“青藏高原的环境与发展”课题已被列入国家科委重点科研项目，也是今后数年中国藏学研究中心的重点研究项目。其内容涉及高原可持续发展的目标及对策、传统产业的改革和发展、优势资源的保护与开发、高原经济结构的构建、交通能源建设、科技教育发展、高原环境变迁和气候变化及其影响、生态保护和环境修复、沙漠化治理、野生动植物保护、人口与环境、高原文化、宗教与生态环境等方面，是跨地区、跨领域、多学科、全方位的系统工程。课题提出之后，得到了中国青藏高原研究会的大力支持和帮助，并组织专家撰写了自然科学部分。国家计委、国家科委、国家民委、农业部、林业部、地矿部、能源部、水电部、国家环保局以及中国科学院、中国社会科学院、农业科学院等部门和单位，也给予了我们关注、支持。上述这些部门和单位的领导及专家、学者就课题的意义、总体框架结构、子课题设计、研究思路和方法以及实施步骤等问题进行了广泛的研究讨论，提出了很多建设性意见，并取得了共识。为了加强研究力量，我们还邀请了部分在青藏高原研究方面有成就的专家、学者共同研讨，力求提

高这一课题的理论性、实践性、权威性、指导性和可操作性。

我们衷心地希望这一课题研究及这一套丛书能为国家开发青藏高原、完善宏观经济及环境政策提供参考，并成为人们了解、认识青藏高原的必读书，进而激发人们的历史责任感和使命感，为青藏高原的开发建设和环境保护做出积极的贡献。

洛桑·灵智多杰

一九九五年七月

前 言

青藏高原因海拔高、气候严寒，承受海洋季风、西风环流和高原季风提供的降水物质，成为除南极洲、北极地区之外的地球中低纬度地区山岳冰川的发育中心之一。中国科学院兰州冰川冻土研究所广大科技人员经过近40年辛勤工作，对中国西部地区的山地冰川进行了系统的研究。现已查明青藏高原现代冰川总面积为49161.9平方公里，为我国冰川总面积的84%；冰储量4105.6立方公里，占全国冰川总冰量的80%以上。青藏高原的冰川在中国现代冰川研究和利用方面占据举足轻重的地位。

冰川是气候的产物。低温和丰沛的固态降水，再加一定的海拔高度和山区地形条件，是冰川形成和发育的必要条件。青藏高原山地冰川主要分布于高原边缘山脉地区，如喜马拉雅山、喀喇昆仑山、西藏东南部横断山脉，以及昆仑山脉和祁连山脉等。这里的冰川规模大、相对集中，我国一些大型冰川亦发育在这一地区。青藏高原内部山地多发育平顶冰川和小型冰帽，由于水汽供应受极高山地阻挡，这里冰川发育的规模较边缘地区为小，但中国长江、黄河的发源地却在这里的格拉丹冬、扎陵湖一带，因此青藏高原也是孕育中华民族的摇篮。

我国著名冰川学家施雅风院士和谢自楚研究员根据中国西部山区水、热条件和冰川的物理性质，划分了中国山地冰川的类型。李吉均院士对西藏的冰川也做了深入研究。青藏高原的现代冰川主要为大陆型冰川和海洋型冰川，前者主要分布在珠穆朗玛

峰和希夏邦马峰北坡，冰川区年降水量为800—1000毫米左右。雪线附近的年平均温度为 -8°C 左右；后者仅分布于西藏东南部横断山和南迦巴瓦峰周围等地区，以及川西滇西北地区，这类冰川因受西南季风影响，孟加拉湾水汽是冰川物质的主要供给源，冰川积累区降水丰沛，年降水量在1200—3000毫米左右，甚至更高，冰川温度接近压力熔点，10米深处冰温接近 0°C ，雪线附近年平均气温低于 -6°C 。由于冰面温度较高，冰川表面可见到冰跳虫和一些低等植物。

冰川是由高山积累区内的降雪在动、热力作用下逐年累积演变形成的。降雪抵达冰面，同时也将环境气候的信息带入冰内。由于冰川具有低温、流动具规律性、受人类活动干扰轻微等特点，和其它沉积物相比，冰川内的环境气候记录具有分辨率高、保真性好、环境气候意义重大、时间序列长等其它介质不能比拟的优点，受到科学界的重视和青睐。近年来，有关青藏高原冰芯研究取得了巨大进展，青藏高原冰芯成为继格陵兰冰盖、南极冰盖冰芯研究热点后的又一个新热点，对全球变化研究有重大的意义。除冰芯研究外，青藏高原东西两侧为世界人口最稠密的地区，人类活动、生态环境变化、生物地球化学循环等现代过程，都可以在冰雪内留下痕迹，使青藏高原冰雪研究在全球变化中起特殊作用。

近年来，随着全球变化研究的深入，人们普遍关注由于人类活动导致的大气圈内二氧化碳含量升高，温室效应导致全球变暖，势必会影响冰川变化。青藏高原冰川在本世纪初到30年代处于扩展阶段，40—50年代转为普遍退缩，60年代中期以后退缩减缓，部分冰川趋于稳定，少数冰川还出现前进。70年代中期到80年代初期冰川前进有增加的趋势，而80年代初以后，冰川以退缩为主。

冰川是一座固体水库，它的发育和存在对保持环境稳定和维持生态平衡，对西藏地区的农业、畜牧业和工业生产，以及对藏族同胞的生活和西藏地区经济的持续发展等都至关重要。在青藏高原地区，冰川融水对河流的补给从高原边缘向内部增加，在高原内部高达10—50%或更高。冰雪融水有效地调节河川径流，干旱年份，冰雪融水补给型河流的径流量比正常年份偏高，而在丰水年份比正常年份偏低，青藏高原的冰川起着水库的作用，调节水源，使高原水草丰茂，农业、牧业欣欣向荣。此外，冰川融水可以用来发电，冰川侵蚀、沉积形成的砂金矿和其它矿床也可造福于一方人民。冰川还是一个旅游资源，珠穆朗玛峰北坡绒布冰川每年都接待成千上万的各国登山、探险者和旅游者。但冰川也有给人类造成灾害的一面，雪崩、冰川泥石流、冰川湖溃决和冰川洪水也可给人类生命、生活和社会带来巨大灾难。我们一方面要对这些灾害进行研究，展开监测和预报，以便防患于未然。另一方面，还应当保护生态环境，保持生态平衡，保护森林，保护冰川，热爱大自然，保护大自然，使伟大祖国的青藏高原冰川在宁静和谐的自然界中继续为哺育藏族人民、孕育中华民族而保持其本来面貌，继续为西藏地区社会的持续发展做贡献。

本书第一章由李世杰执笔，第二章由刘时银、任贾文执笔，第三章由姚檀栋执笔，第四章由秦大河、李忠勤执笔，第五章由李忠勤、秦大河执笔，第六章由李忠勤执笔，第七章由王宁练执笔，第八章由任贾文、秦大河执笔，第九章由丁永建执笔。最后由秦大河统稿全书。金正妹清绘图件。中国藏学研究中心张明先生为本书的出版做了大量组织工作，特表谢忱。

中国科学院兰州冰川研究所

秦大河

1997年4月22日于北京

目 录

前言

第一章 青藏高原的冰雪资源及冰川研究1

第一节 青藏高原现代冰川研究简史3

第二节 青藏高原的冰雪资源9

第三节 青藏高原冰川学研究的意义13

第二章 青藏高原现代冰川的基本特征23

第一节 冰川的形成23

第二节 现代冰川的形态、类型与分布特征32

第三节 冰川的物理性质及其分类44

第三章 青藏高原现代冰川与气候的近期变化50

第一节 现代冰川的近期变化51

第二节 小冰期以来的冰川变化63

第三节 冰川变化与气候变迁75

第四章 青藏高原的冰川与环境78

第一节 冰川作用与环境气候变迁78

第二节 青藏高原的冰芯与环境气候变化83

第五章 青藏高原雪冰化学与环境	101
第一节 青藏高原冰川中的主要化学成分与现代大气环境	102
第六章 青藏高原冰川与人类的关系	116
第一节 温室效应与全球变暖	117
第二节 气候变化对冰川及冰川作用区环境的影响	125
第三节 青藏高原的冰川与社会持续发展	138
第七章 青藏高原的冰雪资源与农林牧业发展	143
第一节 青藏高原农业气候资源和土地资源概况	143
第二节 农林牧业生产现状及潜力	155
第三节 青藏高原积雪及冰川融水资源的数量及分布	163
第四节 青藏高原冰雪资源与农林牧业发展	169
第八章 青藏高原的冰川与科学旅游	178
第一节 冰川是宝贵的旅游资源	178
第二节 青藏高原冰川旅游资源及开发现状	183
第三节 青藏高原冰川旅游资源开发的前景	192
第九章 冰雪灾害及防治对策	195
第一节 冰雪消融洪水及冰川融水型泥石流	195
第二节 冰湖溃决及泥石流	201
第三节 雪灾及其防治	210
第四节 冰雪灾害的预防对策	219
主要参考文献	224

第一章 青藏高原的冰雪资源 及冰川研究

青藏高原北起帕米尔、昆仑山和祁连山，南至喜马拉雅山，西自喀喇昆仑山，东抵横断山，东西长约2000公里，南北宽约800公里，幅员辽阔，总面积250万平方公里，约占全国陆地面积的1/4。平均海拔在4000米以上，地势高亢，素有“世界屋脊”和地球“第三极”之称，是地球上平均海拔最高、地壳厚度最大和隆起形成时间最晚的高寒地区。青藏高原有着独特的自然环境和丰富的自然资源，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它兄弟民族一起通过生产实践，利用和改造着这块土地，创造出灿烂的文化，成为中华民族文化的重要组成部分。

这一举世无双、雄伟壮观的高原又是地球上最年轻的高原，其最高的喜马拉雅山地直至四千万年前的第三纪初期还是汪洋大海！然而今天，喜马拉雅山脉山势雄峻，群峰林立，海拔超过8000米的高峰就有10座，超过5000米的山峰达50余座之多，位于中段的珠穆朗玛峰，海拔8848.13米，成为世界第一高峰。横亘于青藏高原以东西走向的巨大山脉从南到北有喜马拉雅山脉、冈底斯山脉—念青唐古拉山脉、喀喇昆仑山脉—唐古拉山脉以及昆仑山脉（图1）。这些高大山脉与高海拔的宽谷（或平原）和盆地相间分布，形成了山地是雪山冰峰、盆地湖泊碧波荡漾的美丽画卷。

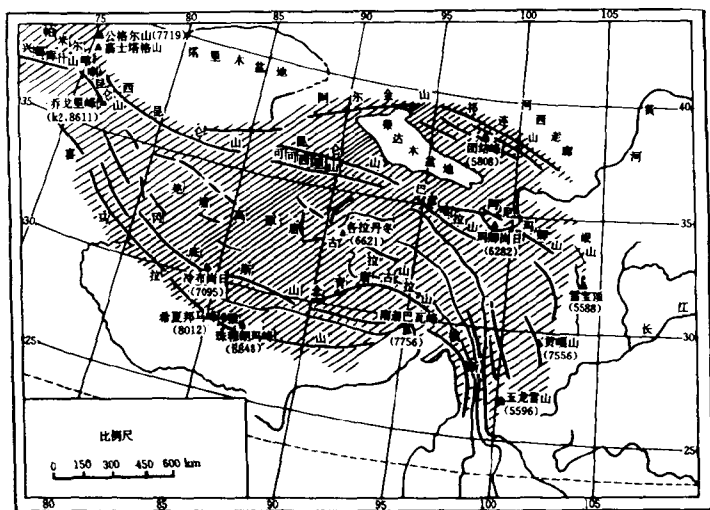


图1 青藏高原地理形势图

地球表面大约有11%的面积被现代冰川和永久性积雪所覆盖,其中现代冰川的总面积约为1623万平方公里,折合冰贮量2400万平方公里。如果全球冰川全部融化,世界海平面将会升高70米左右。地球上的冰川主要分布于南极大陆和北极地区,仅南极冰盖和北极地区的格陵兰冰盖就占全世界冰川总体积的99%。而我国青藏高原由于海拔高、气候寒冷,被誉为地球“第三极”,成为地球中低纬度冰川最为发育的地区。从飞机里鸟瞰青藏高原的雄伟山川时,那覆盖于高山之巅、蜿蜒于山峦之间的冰川犹如条条银色的缎带,在明媚的阳光照耀下,闪闪发光。据统计,在青藏高原的山地上

分布着面积达49161.9平方公里的冰川,约占全国冰川面积58651.08平方公里的84%,是全球山岳冰川面积的26%,占亚洲冰川面积的1/2,冰储量约为4105.6立方公里,成为高原腹地内陆水系和高原边缘外流水系的重要补给源泉,也是滋润高原上万物生灵、保持生态环境平衡的重要淡水资源。因此,它不仅具有科学研究方面的价值,而且还对青藏高原的经济建设和社会发展有着重要的意义。

第一节 青藏高原现代冰川研究简史

冰川是由多年降雪不断积累、经过自然压实和一系列变质过程形成的、具有一定形状并运动着、长期存在于地球表面寒冷地区的天然冰体。作为现代冰川学的发祥地——欧洲的阿尔卑斯山,从18世纪中期,人们在阿尔卑斯山的旅行和探险中就记述了冰川现象。而把冰川作为一门科学来研究,却走过一段漫长的道路,反映出人们对自然的认识过程。例如对冰川如何运动的解释,1751年阿尔曼(Altmann)提出重力说,继而包第埃(Bordier)和佛比斯(Forbes)提出粘性流说。直到20世纪上半叶将固体物理学概念应用于现代冰川研究之后,理解到冰也是一种结晶体,具有晶体的属性,才较恰当地认识到冰川运动的真谛。

1840年阿伽西(Aggasiz)在阿尔卑斯山一条冰川旁建立了世界上最早的现代冰川观测站,对冰川各部位的流速进行测量,发现冰川中部流速最快,而向两侧以及源头和末端减缓。他的研究开创了近代冰川学研究的新纪元。之后经过100多年,特别是第二次世界大战后的迅速发展,冰川学才发展成为以冰川物理为主体,以冰川水文气候和冰川地质地貌为两翼的研究体系。80年代中期以来,伴随着全球变化研究的兴起,冰川化学研究异军突起,尤其是小样