

现代冰缘地貌研究

朱诚/著

江苏科学技术出版社

国家自然科学基金
国家教委优秀年轻教师基金
国家南极考察委员会基金
中国科学院天山冰川站基金

资助项目成果

现代冰缘地貌研究

朱 诚 著

江苏科学技术出版社

(苏)新登字第 002 号

现代冰缘地貌研究

朱 诚 著

出 版:江苏科学技术出版社

照 排:南京理工大学激光照排中心

印 刷:常熟市印刷二厂

开本:850×1168毫米 1/32 印张 8.375 插页 12 字数 200,000

1994 年 5 月第 1 版 1994 年 5 月第 1 次印刷

印数 1—1,000 册

ISBN 7—5345—1825—3

P·20

(精)定价:20.00 元

责任编辑 沈绍绪

我社图书如有印装质量问题,可随时向承印厂调换

内 容 简 介

本书根据作者和国内同行多年来对中国天山、南极长城站地区和南美中安第斯山地的冰缘地貌过程野外考察观测以及大量实验分析所获资料撰写而成。全书共分十章,第一章主要阐述冰缘地貌的研究内容、现代冰缘地貌研究的意义及其主要研究方法和手段。第二至第七章介绍天山地区冰缘地貌发育的地质地貌背景和区域特征;讨论坡地冰缘地貌的形成及其对寒区交通和建设的危害;分析冰缘块体运动的高级形式——石冰川的分布、类型、结构模式、运动机制、形成的古环境特征以及水文学和流变学特征;论述冻胀型、分选型、蠕流型和热融型等冰缘地貌的发育差异及其对人类活动的影响。第八章讨论南极长城站地区冰缘地貌和冻土结构特征及其与环境演变的联系。第九章介绍中安第斯山地冰缘地貌特征及南北两半球石冰川发育的纬度坡降规律。第十章在比较三个地区冰缘地貌发育差异及原因的基础上,提出坡地冰缘地貌发育的模式和全球冰缘地貌综合区划,并探讨冰缘研究的问题及今后努力的方向。

本书反映了我国 20 世纪 80 年代末至 90 年代初现代冰缘地貌及过程研究的最新成果。将冰缘研究从局部引向区域比较、从静态引向动态、从定性引向定量、从面上分析引向定位观测、从外部形态引向对内部过程和形成机制的探讨是本书的特色。本书除可用作高等院校冰缘地貌学教材外,对山地和极地地貌、冰川冻土、第四纪地质和环境演变、浅层第四系沉积物等研究亦有较高参考价值,也可供地学界有关科研人员、高等院校师生和生产部门的技术人员参考。

致 读 者

社会主义的根本任务是发展生产力，而社会生产力的发展必须依靠科学技术。当今世界已进入新科技革命的时代，科学技术的进步不仅是世界经济发展、社会进步和国家富强的决定因素，也是实现我国社会主义现代化的关键。

科技出版工作肩负着促进科技进步，推动科学技术转化为生产力的历史使命。为了更好地贯彻党中央提出的“把经济建设转到依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来”的战略决策，进一步落实中共江苏省委、江苏省人民政府作出的“科技兴省”的决定，江苏科学技术出版社于1988年倡议筹建江苏省科技著作出版基金。在江苏省人民政府、省委宣传部、省科委、省新闻出版局负责同志和有关单位的大力支持下，经省政府批准，由省科学技术委员会、省出版总社和江苏科学技术出版社共同筹集，于1990年正式建立了“江苏省金陵科技著作出版基金”，用作支持自然科学范围内的符合条件的优秀科技著作的出版补助。

我们希望江苏省金陵科技著作出版基金的建立，能为优秀科技著作在江苏省及时出版创造条件，以通过出版工作这一“中介”，充分发挥科学技术作为第一生产力的作用，更好地为我国社会主义现代化建设和“科技兴省”服务；并能带动我省科技图书提高质量，促进科技出版事业的发展和繁荣。

建立出版基金是社会主义出版工作在改革中出现的新生事物，期待得到各方面给予热情扶持，在实践中不断总结经验，使它逐步壮大和完善。更希望通过多种途径扩大这一基金，以支持更多

的优秀科技著作的出版。

这次获得江苏省金陵科技著作出版基金补助出版的科技著作的顺利问世,还得到江苏联合信托投资公司的赞助和参加评审工作的教授、专家的大力支持,特此表示衷心的感谢!

江苏省金陵科技著作出版基金管理委员会

序

冰缘地貌学是地貌学的一个分支,它研究寒冷地区冻结与融化过程所产生的运动和变化现象。在这门学问诞生地的欧洲和北美,冰缘现象主要分布在现代冰川和古代冰川的周边地区,先有冰川学的发展,后有冰缘地貌学的成长。西方的冰缘地貌学本世纪初开始出现,40年代后迅速成长。我国冰缘区面积超过200万平方公里,明代徐霞客游记有关于山西五台山冻拔石的描写,可能是我国最早的冰缘地貌研究文献之一,但现代科学意义上的冰缘研究开始较晚。就我个人所知,50年代先后有杨怀仁、丁锡祉和夏开儒教授等撰文介绍论述。70年代以来,我国冰缘地貌研究有较迅速的发展,这是北京大学崔之久教授、兰州冰川冻土研究所、长春地理研究所等单位研究人员努力工作的结果。特别是崔之久教授在国内广泛研究了青藏高原、天山和长白山区,国外研究了加拿大、南极长城站等地区,将地貌学和沉积学、野外观测和现场实验、冰川研究与冰缘研究紧密结合起来,他的创造、开拓和顽强战斗的精神,对我国地貌学的发展作出了杰出的贡献。

朱诚同志是在崔之久教授指导培养下成长的优秀青年地貌学家。1985年以来,他对中国天山冰川站、南极长城站和南美洲的中安第斯山区冰缘过程进行了多年的考

察观测和实验分析,发表了许多论文,获得了硕士与博士学位。最近他将积累的研究成果撰著《现代冰缘地貌研究》一书出版,全书共十章,所含内容是很丰富的。作者本着理论与实践相结合的原则,既重视各种冰缘现象特征与过程规律性的论述,还注重冰缘区灾害对交通和建设的危害与防治。本书在石冰川、南极冻土结构、坡地冰缘地貌发育模式和全球冰缘地貌综合区划方面填补了我国冰缘地貌成因和过程研究中的某些空白,为古环境重建和寒区经济建设提出了许多有益和重要的理论参考依据。“行百里者半九十”,本书的出版,对朱诚同志来说只是科研生活过程中的第一仗,是很有成就很有创造性的一仗。热诚期望朱诚同志及国内同行研究者们继续鼓勇奋进,以更大的贡献在祖国现代化建设中立新功。

施雅风

前 言

冰缘地貌学是 20 世纪初开始形成而在 20 世纪 40 年代后趋于成熟的一个地貌学新分支。它主要研究现代冰缘区的冰缘现象分布、冰缘地貌过程与成因机制及人为改造、利用和控制冰缘地貌发育的途径及方法,并利用“将今论古”的法则研究第四纪沉积物中古冰缘现象的特征和成因过程,探讨古环境古气候及其演变历史。我国冰缘区面积居世界第三位(约 215 万 km^2),占我国领土的 22%。我国冰缘区蕴藏有极其丰富的森林、草场、矿产、水等资源和能源,而古冰缘现象的分布则更为广泛。因此,开展冰缘地貌研究对我国冰缘区资源和能源的开发、对探讨这些地区现代冰缘地貌成因过程及其对人类生产活动的影响、对探讨我国广大古冰缘区第四纪古环境古气候演变历史,均具有重大理论与现实意义。

本书作者和国内同行自 1985 年以来,本着理论与生产实践相结合,推动我国冰缘地貌研究发展作为出发点,力争站在国际学术研究前沿,立足于国内经济改革的现状,在天山和南极等地采用一切可能的研究手段,定位定量地研究与寒区交通和生产建设有关的各类冰缘地貌(尤其是灾害性的冰缘块体运动)过程、以及南极未受人类影响的冰缘过程,取得了可喜的成果。填补了我国在现代冰缘地貌成因和过程研究方面的一些空白,为今后辨别古冰缘现象重建第四纪环境开辟了新路,为寒区公路修建和维护提供了重要依据,也将我国的冰缘研究从局部引向区域比较、从静态引向动态、从定性引向定量、从面上分析引向定位观测、从外部形态引向对内部过程和形成机制的探讨。

目 录

第一章 现代冰缘地貌研究的意义	1
第一节 冰缘地貌的研究内容	2
第二节 现代冰缘地貌研究的意义及其主要研究方法和手段	6
第二章 天山地区冰缘地貌发育的地质地貌背景和区域特征	10
第一节 冰缘地貌形成的背景	10
第二节 冰缘地貌总体分布特征(序列组合类型及转化)	19
第三章 天山地区基岩的寒冻风化过程	24
第一节 岩性和构造的影响	25
第二节 冻融交替的温度特点	26
第三节 “剥裂”和“楔入”为主的风化过程及其速率	27
第四章 坡地冰缘地貌过程	34
第一节 倒石堆、岩屑锥和石流坡——块体运动的初级形式	34
第二节 块体运动的过渡形式——冰缘区泥石流舌与泥石流地	50
第三节 雪蚀过程及其特征	59
第五章 石冰川——块体运动的高级形式	66
第一节 分类及天山石冰川类型	67
第二节 分布及形态特征	72
第三节 结构模式	76
第四节 运动特征	94

第五节 运动机制的探讨	103
第六节 流变(rheology)及蠕动(creep)分析	120
第七节 水文学特征	124
第八节 发育的年代	127
第九节 类型分布的成因探讨	134
第六章 其它冰缘地貌类型与过程特征	139
第一节 冻疤和烛状冰型冻胀丘——冰缘地貌的冻胀类型	139
第二节 石河——块体运动与冻融分选过渡类型	146
第三节 石铺——流水和冻融分选的混合产物	148
第四节 构造土(pattern grounds)——冰缘地貌的冻融分选类型	150
第五节 热喀斯特现象	161
第七章 冰缘区灾害性地貌过程对交通和建设的危害及其防治	164
第一节 公路山地灾害	164
第二节 公路山地灾害的防治	173
第八章 南极乔治王岛菲尔德斯半岛冰缘地貌特征与过程	177
第一节 区域特征	177
第二节 冰缘地貌分布特征及其与冰川侵蚀历史的互相联系性	180
第三节 冰缘地貌变化过程和沉积结构特征	187
第四节 冷圈和冻土结构特征及其对冰缘地貌发育的影响	198
第九章 中安第斯山地冰缘地貌特征	214
第一节 地理环境概况	214
第二节 冰缘地貌的分布特征	215
第三节 石冰川及其水文学特征	218
第四节 冰缘地貌分布的成因机制探讨	221
第五节 全球石冰川末端海拔高度分布的纬度坡降规律	222

第十章 坡地冰缘地貌发育模式及全球冰缘地貌综合区划探讨

.....	226
第一节 坡地冰缘地貌发育的模式	226
第二节 全球冰缘地貌综合区划探讨	231
第三节 冰缘地貌研究的问题和今后努力的方向	238
后 记	242
参考文献	244

附照片

第一章

现代冰缘地貌 研究的意义

地貌学从 19 世纪布丰(Buffon)、哈顿(J. Hutton)等人对河流侵蚀过程进行科学探讨以来已经历了相当长的阶段,在这一漫长的阶段中尽管出现了戴维斯(W. M. Davis)、彭克(A. Penck)、魏列茨(Venetzt)、奥托(Otto)等杰出地貌学家以及诸如形成地貌学基本思想的“地理循环”这样的基础理论,但以往的研究方法主要是观察和定性描述记载。20 世纪 60 年代以来,原有的研究方法逐渐难以满足生产和学科发展的需要。随着新的工业和科技界的革命,现代地貌学的研究领域在不断深入,出现更多分支学科(如河流、冰川、冰缘、岩溶、海岸、沙漠等地貌学);同时新技术、新方法不断涌现,航空照片、卫星照片、电子显微镜、电子计算机、地球化学、沉积学、年代学、古生物学、环境磁学、矿物学、岩石学等技术和学科方法为地貌研究提供了宏观、微观、数据处理和多学科多指标综合分析等先进手段。以定量的精确判断来取代定性的文字描述;以预测和模拟代替对现状的分析和说明;以抽象的反映本质的数理模型去反映具体庞杂的地貌现象;以合理的趋势推导代替简单的因果关系分析;以先进的技术手段革新传统的研究方法,这是地貌学发展的大趋势。

第一节 冰缘地貌的研究内容

冰缘地貌学是在 20 世纪初开始形成,而在 40 年代后趋于成熟的一个地貌学新分支,因它在理论及实践上均有重要意义,故目前在世界上许多国家中均普遍开展这方面的研究。

“冰缘”(Periglacial)一词最早是由波兰学者洛辛斯基(M. Lozinski)于 1909 年提出的。他是在研究喀尔巴阡山的第四纪沉积物寒冻风化特征时使用了这个词的。当时,这个词的涵义是指在第四纪古冰川边缘地区,由寒冷、干燥的冰期气候所引起地貌现象,是一非地带性概念,并且仅指更新世而言。它包括在冰川边缘寒冷和干燥气候下产生的地形和冰水堆积地形。此后“冰缘”一词就逐渐成为地貌学中一个专门的术语,为地貌学家、冻土学家、第四纪地质学家及地理学家广泛采用,并出现了类似的词,例如冰缘现象、冰缘形态、冰缘过程、冰缘堆积、冰缘剥蚀、冰缘生长物等等。当然,从现在看来,现代冰缘现象的分布并不局限于冰川边缘地区,它在南北极及中、低纬高山、高原等非冰川分布地区亦广泛发育着。至于古冰缘现象,无论在有过古冰川作用的中纬冰缘地区,还是从来没有过冰川作用的地区(如东西伯利亚平原、蒙古、准噶尔等)都有广泛分布。

至于冰缘区的定义,目前尚未取得共识,各国学者通常是以气温和降水作为主要衡量指标来确定冰缘区的范围,但迄今仍有不同看法。如 Peltier(1950)认为冰缘区年平均气温应在 $-15\sim-1^{\circ}\text{C}$,降水 $127\sim1397\text{mm}$; Wilson(1968)认为其平均气温应在 $-12\sim-2^{\circ}\text{C}$,降水 $50\sim1250\text{mm}$; French(1976)则认为冰缘地貌发育的年平均气温条件至少低于 $+3^{\circ}\text{C}$; Tricart(1967)和 Péwé(1969)认为多年冻土环境是判定冰缘区存在与否的必要条件; Jahn(1975)认为年平均气温 -1°C 的等温线更可能接近冰缘区分布下界;而

Washburn (1979) 认为, 虽然冰缘环境和冻土环境有很多共同之处, 但不能把它们看成是同义词, 因为有些现象, 如冻融褶曲(冰卷泥)、泥流舌、寒冻蠕流体等均被认为是冰缘地貌形态, 但并不一定与多年冻土共生, 它可以在非多年冻土区出现。他认为冰缘地貌发育的总体环境只是大体上与多年冻土环境一致。

本书涉及到的冰缘区以目前绝大多数学者认同的 A. L. Washburn (1979) 的最新定义为准, 即它是这样一种非冰川的陆地地区, 冻融作用在该区地貌形态塑造中起到重要作用, 而不管此区离冰川多远, 也不管这里与晚更新世大陆冰盖有无关系的地区。

关于冰缘地貌学研究的内容, 目前还未形成一致的看法。总体上看, 其研究内容主要是:

(1) 冰缘区、冻土区和寒区与气候有关的地貌现象和地貌过程;

(2) 各种冰缘现象的成因, 它对寒区工程和经济建设的影响及其防治;

(3) 冰缘现象的地理分布规律;

(4) 古冰缘遗迹及其发育历史, 古冰缘遗迹反映的古环境古气候特征及冰缘期划分;

(5) 冰缘现象与冰川、与冻土发育之间的联系性与差异性。

从学科意义上看, 由于冰缘地貌主要分布在冻土区, 而目前地球上仅多年冻土就占陆地面积的 20%, 约 2580 万 km^2 (图 1-1 是北半球多年冻土分布图), 其中, 前苏联多年冻土面积约 1000 万 km^2 , 约占其当时领土面积的 48%; 加拿大多年冻土面积约 450 万 km^2 , 占其国土面积的 40%~50%; 我国多年冻土面积约 215 万 km^2 , 约占我国领土的 22%。(见图 1-2。其中①大片连续冻土; ②岛状融区冻土; ③岛状冻土; ④高纬度多年冻土南界; ⑤高原连续冻土; ⑥高原岛状冻土; ⑦高山多年冻土; ⑧季节冻土; ⑨季节冻土层 0.5m 等厚线; ⑩季节冻土区南界(系地面一月份极端最低温度

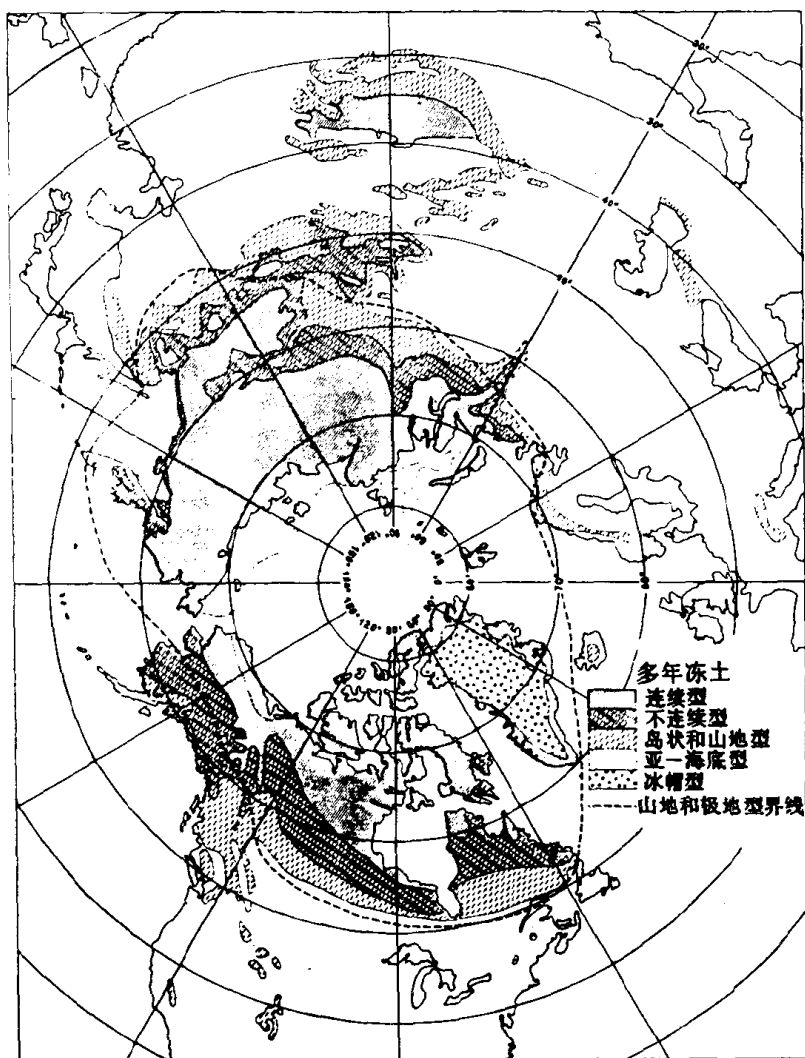


图 1-1 北半球多年冻土分布图(引自 Harris, 1986, 图 1.1)

