

长白山



RESEARCH ON GEOSYSTEMS OF
THE CHANGBAI MOUNTAINS

(VOL. 2)

(1982 ~ 1995)

主编 王野乔 吴正方 冯 江

研究
(第二辑)

地理系统



东北师范大学出版社
NORTHEAST NORMAL UNIVERSITY PRESS

木 白 山

地理系統

研究（地理學）

THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS

1964

1964-1965

THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS

THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS

长白山地理系统研究

第二辑

RESEARCH ON GEOSYSTEMS OF
THE CHANGBAI MOUNTAINS
(VOL. 2)



(1982 ~ 1995)

主编 王野乔 吴正方 冯 江



东北师范大学出版社

NORTHEAST NORMAL UNIVERSITY PRESS

长 春

图书在版编目 (CIP) 数据

长白山地理系统研究. 第2辑/王野乔, 吴正方, 冯江
主编. —2版. —长春: 东北师范大学出版社, 2015. 3
ISBN 978 - 7 - 5681 - 0625 - 2

I. ①长… II. ①王… ②吴… ③冯… III. ①长
白山—地理—文集 IV. ①K928. 3-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 012283 号

审图号: GS (2009) 1730 号

☐责任编辑: 张正吉 ☐封面设计: 李冰彬
☐责任校对: 曲颖 ☐责任印制: 刘兆辉

东北师范大学出版社出版发行
长春净月经济开发区金宝街 118 号 (邮政编码: 130117)

网址: <http://www.nenup.com>

东北师范大学出版社激光照排中心制版
河北省廊坊市永清县晔盛亚胶印有限公司

河北省廊坊市永清县燃气工业园榕花路 3 号 (065600)

2015 年 3 月第 2 版 2015 年 3 月第 1 次印刷

幅面尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 15.5 字数: 359 千

定价: 63.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 可直接与承印厂联系调换

《长白山地理系统研究》编委会

主 任 盛连喜

编 委 会 (按姓名笔画为序):

王升忠 王 宁 王野乔 冯 江 刘志明 刘惠清

许林书 许嘉巍 杨青山 吴正方 张洪岩 张继权

赵云升 秦丽杰 袁孝亭 袁 星 殷秀琴 高 玮

主 编 王野乔 吴正方 冯 江

顾 问 肖荣寰 陈 鹏 景贵和 柴 岫 李 楦 李惠明

杨秉赓 丁四保

编委会助理 王树生

本系列专著的出版得到了东北师范大学“十一五”科技创新平台建设计划培育项目“长白山国际地缘生态安全与数据集成(106111065202)”、中华人民共和国教育部与香港李嘉诚基金会“长江学者奖励计划”、中华人民共和国科技部国家重点基础研究发展规划(973)项目“长白山地区土地利用/覆被变化与生态安全监测控制研究(2009CB426305)”的资助。

The publication of this book series was supported by the Science and Technology Innovation Platforms Initiative of the Northeast Normal University under the project “Ecological Security and Data Assemblage of the Changbai Mountains International Georegion (Project No. 106111065202)”; The Changjiang (Yangtze River) Scholar Award Program sponsored by the Ministry of Education of the People’s Republic of China and the Li Ka-Sheng Foundation of Hong Kong and the National Grand Fundamental Research 973 Program of China (Project No. 2009CB426305).

长白山简介

广义上的长白山是中国辽宁、吉林、黑龙江三省东部山地的总称。长白山脉东北——西南走向，北起位于黑龙江省的三江平原的南侧，向南延伸至辽东半岛与千山相接，主要山地包括长白山、老爷岭、张广才岭、吉林哈达岭等平行的断块山地。山地海拔多在800~1500米，以中段位于吉林省境内的长白山为最高。狭义的长白山是指中国吉林省东部与朝鲜接壤的以白头山为主峰的山地，为东北山地的最高部分。长白山是闻名中外的复式火山，其地形可分为熔岩高原和火山锥体两大单元。火山锥体矗立于熔岩高原的中心，系多次火山喷发而成。火山锥体由粗面岩组成，夏季白岩裸露，冬季白雪皑皑，白头山故此得名。火山锥体顶部成巨大椭圆形火口湖，称为长白山天池。长白山天池湖水水面海拔高度为2188米，面积为9.8平方千米，湖水平均深度为204米，最深处达313米，被火山锥体上16座海拔2500米以上的山峰所环绕。其中白云峰海拔高度为2691米。白头峰海拔高度为2749米，为长白山第一高峰。

长白山森林茂密，是中国的主要林区。由于地形、气候、水文、土壤等因素的共同影响和制约，长白山锥体区的植被和土壤呈明显的垂直带状分布。海拔600~1600米之间为山地针阔混交林带，占有最大垂直宽度。海拔1600~1800米之间为山地暗针叶林带。海拔1800~2100米之间为岳桦林带。海拔2100~2400米为高山苔原带。海拔2400米以上为高山荒漠带。

长白山是亚欧大陆北半部最具代表性的典型自然综合体。中国于1960年在长白山建立了以长白山天池为中心，境内总面积为196465公顷的自然保护区。该保护区是中国建立最早、最重要的自然保护区之一。联合国教科文组织1980年批准将长白山自然保护区纳入国际生物圈保护区网，并将其列为世界自然保留地。长白山保护区贵为东北亚物种基因库，长白山地被视为中国东北的生态屏障。长白山是松花江、鸭绿江和图们江的源头。国际河流的水资源和水环境是该地区的热点问题之一。长白山的生态安全在多重自然和人为因素的干扰之下面临重大考验。

长白山国际地缘人文历史悠久，多民族文化并存。长白山曾经受到历代帝王的关注，被推崇为神山圣地。清代统治阶级把长白山视为祖先发祥地，进而封禁，限制进入。因此，近代对长白山开发较晚，使长白山保护区内基本保持着原始状态。其国际地缘的地理位置及其与周边国家的政治经济关系，更为长白山地理系统和人地关系的研究增添了独特的社会因素。

About the Changbai Mountains

Changbai Mountains is a mountain range that extends along the border between Northeast China and D. P. R. Korea. The range consists of the paralleled broken mountains of Changbai Mountain, Laoye Ling, Wanda Shan, Zhang-Guang-Cai Ling, and Hada Ling. It extends towards southwest connecting the Qian-Shan Mountains in the Liaodong Peninsula of China and towards northeast connecting the Sikhote-Alin Mountains in the Russian Far East. Geologically the region is on the border of the Pacific competent zone. Volcanic geomorphology of the region composed of volcanic cones, inclined plateau and lava table lands.

The Changbai Mountain Natural Reserve (CMNR) is centered by a volcanic summit at 2 749 meters above the sea level and has the largest protected temperate forests and the biodiversity in the Northeast Asia. The summit cups a crater lake with spectacular views and magnificent surrounding landscape. The CMNR was established in 1960 and admitted into the UNESCO's Man and Biosphere Program in 1980. The climate and terrain conditions support four distinctive vertically distributed vegetation zones. The needle- and broad-leaf mixed forest zone is distributed between 700 and 1 100 meters. The dominant tree species include Korean pine (*Pinus koraiensis*) and temperate hardwoods such as aspen (*populus davidiana*), birch (*Betula platyphylla*), basswood (*Tilia amurensis*), oak (*Quercus mongolica*), maple (*Acer mono*) and elm (*Ulmus propinqua*), among others. The evergreen coniferous forest zone is distributed between 1 100 and 1 800 meters with dominant species of spruce (*Picea jezoensis*, *Picea koreana*) and fir (*Abies nephrolepis*) that form the "dark" coniferous forests, and larch (*Larix olgensis*) and Changbai pine (*Pinus sylvestris* var. *sylvestriiformis*) that forms the "bright" coniferous forests. Between 1 800 and 2 100 meters distributes the zone of subalpine birch (*Betula ermanii*) forests with other species such as *Larix olgensis*. The Alpine tundra zone is distributed between 2 100 and 2 600 meters with representative species such as short *Rhododendron* shrubs (*Rhododendron chrysanthum* Pall) and *Vaccinium uliginosum* L. This unique and distinctive vertical zonal pattern of vegetation and the ecosystems showcase a condensed configuration and composition of temperate and boreal forests found across the Northeast Asia.

Socioeconomic development, aggressive logging, intensified urban and agricultural

land use, demographic change and pollutions through air and water systems accelerate the degradation of natural resources of this region. Human-induced land use and resource change and the uncertainties from potential volcanic eruption and climate change threaten ecosystems of this very unique geographic entity. The CMNR and adjacent lands have been a focus of scientific research in terms of ecosystem structure, function, service, biodiversity and ecological security, among others.

前 言

本书为《长白山地理系统研究》系列专著的第二辑。入选的论文反映了东北师范大学地理系继本系列专著第一辑之后的1982~1995年期间,关于长白山地理系统研究的主要成果。本文集的选文原则是充分体现东北师范大学在长白山地理系统研究方面的系统性和科学性。为此我们对已经发表的关于长白山地理系统研究的科学论文进行了归纳并注明引用出处,对未曾发表的论文进行了遴选,以期如实反映这一历史阶段科学研究成果的深度和广度。由于本文集容量所限,更鉴于本时间段国家对科学研究的要求和导向的变化,诸多当时以任务报告和志书形式完成的关于长白山地理和环境问题的研究成果未能入选,我们对此深感遗憾。

本文集共含论文26篇。内容包括:长白山冰缘地貌组合;长白山火山、冰川和冰缘过程;长白山第四纪冰期划分;中国东北地区末次冰期以来气候地貌的若干特征;东北区断块构造与地貌;图们江流域水热资源及生态气候类型;遥感信息与地理数据融合进行的长白山区域农业气候资源研究;泥炭分布的演化过程与中国东部和日本一万年的干湿变迁;东北山地贫营养泥炭的性质与泥炭的发育过程;长白山地区地形的垂直分化对土壤理化性质的影响;长白山地区森林的水文效应;兴安岭和长白山地森林沼泽类型及其演替;长白山北坡冰缘环境与土壤动物;长白山北坡高山苔原带土壤动物的生态分布;森林凋落物与大型土壤动物相关关系;长白山红松阔叶林下土壤动物群及其在时间上的变化;土壤动物在物质循环中的作用;红松阔叶林土壤水分、温度对土壤动物活动规律的影响;图们江干流自净规律;悬移尾矿砂迁移规律;图们江污染综合防治;长白山南坡农业自然条件与农业结构的决策分析;龙井县社会—经济—生态复合系统动态仿真;长白山荒芜土地的景观生态建设;长白山区特产资源开发与环境演变;等等。

本论文集系统地反映了东北师范大学在长白山地理系统研究中的科研成果和积累,为深化对长白山独特地理系统的认识提供了基础。在此我们感谢所有作者和对这些科学研究给以各种帮助和资助的部门、单位和个人。

王野乔 吴正方

目 录

长白山冰缘地貌组合	肖荣寰	胡俭彬	1			
长白山火山、冰川和冰缘过程	吕金福	肖荣寰	6			
长白山第四纪冰期划分	肖荣寰	吕金福	李吉均	12		
东北地区末次冰期以来气候地貌的若干特征	肖荣寰	胡俭彬	16			
东北区断块构造与地貌	孙肇春	25				
从泥炭分布的演化过程分析中国东部和日本一万年来干湿变迁	白光润	30				
图们江流域水热资源及生态气候类型	杨美华	刘蕴薰	顾卫	38		
遥感信息与地理数据的复合研究						
——以长白山南坡区域农业气候资源研究为例	王野乔	赵华昌	70			
东北山地贫营养泥炭的性质与泥炭的发育过程	陈淑云	郎惠卿	王升忠	李波	78	
长白山地区地形的垂直分化对土壤理化性质的影响	刘惠清	83				
长白山地区森林的水文效应研究	杨令宾	97				
兴安岭和长白山地森林沼泽类型及其演替	郎惠卿	103				
长白山北坡冰缘环境与土壤动物	陈鹏	张一	111			
长白山北坡高山苔原带土壤动物的生态分布	陈鹏	杨秉赓	张一	119		
森林凋落物与大型土壤动物相关关系的研究	殷秀琴	张桂荣	130			
长白山红松阔叶林下土壤动物群及其在时间上的变化	陈鹏	张一	141			
长白山土壤动物在物质循环中作用的初步探讨	陈鹏	富德义	150			
长白山红松阔叶林土壤水分、温度对土壤动物活动规律影响的初步研究						
	张一	陈鹏	159			
图们江干流自净规律的研究	李惠明	侯然杰	167			
图们江干流悬移尾矿砂迁移规律	杨秉赓	李惠明	尚金城	纪永明	王俊	179
图们江污染综合防治	李惠明	周密	金智铉	李富雄	申享哲	188
长白山南坡农业自然条件与农业结构的决策分析						
——以吉林省长白朝鲜族自治县为例	王文卿	199				
龙井县社会—经济—生态复合系统动态仿真	杨秉赓	赵士鹏	209			
长白山地荒芜土地的景观生态建设	景贵和	刘惠清	许嘉巍	215		
长白山地区荒芜土地的景观生态设计						
——以柳河县郭家沟村为例	许嘉巍	王树生	221			
长白山区特产资源开发与环境演变初探	杨秉赓	杨令宾	229			

长白山冰缘地貌组合

肖荣寰 胡俭彬*

长白山的主峰，位于北纬 42° ，东经 128° 附近，海拔 2700m 左右。它雄伟地矗立在中朝两国边界。

长白山是一座在人类历史上有过多次活动的高大的火山，综观其周围的地形轮廓可分为熔岩高原和火山锥体两大单元。

熔岩高原由火山锥体的坡麓向四周缓缓倾斜，其高度在北坡由 1200m 逐渐降到 600m 左右，全长约 50km，在南坡由 1600m 逐渐降到 1000m 左右，全长约 60km。熔岩高原的周围，群山峥嵘，海拔多在 1000m 以上，明显高出熔岩高原的边缘。

因此，由高原向四周遥望，常不觉身在高原，倒恰似群山环抱的一个熔岩盆地。高原熔岩以第四纪早期的喷溢为主，即所谓军舰山玄武岩。熔岩地面的坡度一般为 $1^{\circ}\sim 3^{\circ}$ 。在平缓的高原面上，发育着幼年期河谷，并偶尔见有岛状孤山平地突起。这种岛状孤山成为较小的火山锥体，成为由较老岩系组成的不曾被高原熔岩淹没的突兀的山峰。

火山锥体矗立于熔岩高原的中心，大致在海拔 1200m 左右，地势明显隆起。在 1200~1800m 之间可谓坡麓地段，这里坡度一般在 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 左右。1800m 以上逐渐过渡为陡坡地段，坡度一般都在 15° 以上。火山锥顶，有一巨大的火山口蓄水成湖，名曰“长白山天池”（中朝界湖）。长白山天池东西长 3.5km，南北长 4.5km，水面海拔 2188m，最大水深达 300 余米。长白山天池周围，环绕耸立着十几座山峰，峭拔险峻，巉岩裸露，其高都在 2500m 以上。1800m 以上的火山锥体，主要由中更新统的碱性粗面岩即白头山组构成。山体顶巅披覆着灰白色浮岩或灰黑色凝灰角砾岩，即全新统冰场组火山堆积。在冰场组堆积期间，还曾有大量的火山灰向四周飘散，由于风向的影响，火山灰在山体的东北侧堆积较厚。

长白山由于地势高峻，气候、生物和土壤都具有明显的垂直地带性。1200m 左右以下的熔岩高原属针阔混交林带，这里年平均温度在 0°C 以上。1200m 以上的火山锥坡麓地段，属针叶林带，年平均温度在 0°C 左右。1800~2000m 的狭窄地带为岳桦林带。2000m 左右，明显地过渡为无林的高山苔原带。据长白山天池气象站（2670m）的观测资料，这里年降水量达 1400mm，1 月份平均气温为 -24°C ，7 月份平均气温为 8.5°C ，年平均气温为 -7.3°C 。如果取气温的高度递减率为 $0.60^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，那么年平均 0°C 线在 1500m 左右，约当暗针叶林的下界。2600m 以上的山峰，一般寸草不生，岩石尽裸，呈高山寒漠景观。这里每年日最低气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 的时间在 300 天以上。

* 【作者单位】肖荣寰、胡俭彬：东北师范大学地理系。

如果亚洲东部现代纬度冰缘带的南界大致划在北纬 48° 左右, 那么长白山, 特别是在林线以上, 从其气候环境来说, 显然具有现代纬度冰缘带的性质。火山作用奠定了长白山山体的基本轮廓, 冰缘环境下的外力作用则使这座火山明显地打上了气候地貌的烙印。冰缘营力目前只是塑造了这座火山锥体的无数个细节, 但是由于这是一种遍布山体的塑造, 因此它又自然地具有了典型的中纬度高寒冰缘山地的面貌。

一般认为, 融冻作用是冰缘地区的主导地貌营力。然而, 由于气候地貌条件, 原始地面形态和地面物质的差异, 不同冰缘环境下, 往往有不同的冰缘营力组合和不同的地貌组合, 融冻作用也有各种各样的表现。

在长白山的现代冰缘营力中, 起主导作用者, 似应首推寒冻风化, 因为地面碎屑的搬运和地面形态的演化, 都明显地制约于这种风化物质的特性。

关于寒冻风化, J. 特里喀尔 (Tricart) 曾划分为巨型寒冻风化 (粗粒岩屑化) 与微型寒冻风化 (细粒岩屑化) 两大类型。前者形成致密岩石的巨大碎块, 后者则形成细微的粉质颗粒。巨型风化的斜坡, 以重力作用为主, 斜坡比较陡峻; 微型风化的斜坡, 泥流作用发育, 斜坡大多平缓。

长白山由于火山岩节理极为发育, 大大地促进了这里的巨型寒冻风化。据访, 在火山口内壁有时会听到岩石劈裂的响声, 这种现象不妨称做“鸣石”, 实际上在许多高寒冰缘山区也并不罕见。由于风化碎石组成的倒石堆, 在陡峭的岩壁之下, 几乎比比皆是, 并常连成倒面堆裾, 其表面坡度多在 40° 左右, 较陡处可达 50° 多度。规模较大的倒石堆, 高度可达百米, 其上更有悬崖峭壁, 岩柱耸峙, 甚为壮观。

强烈的巨型风化与河谷地貌发育有着密切的关系, 如二道白河, 直接源自长白山天池, 在距长白山天池约一公里处突然形成一个落差达 68m 的瀑布。瀑布下为一岩坡峭立的箱形河谷, 其平面轮廓亦成“U”形, 宽、高均在 300m 左右。这种箱形河谷有人认为是冰川槽谷, 其实, 除了其横剖面的槽形特征, 并无其他冰川作用的遗迹。实际上, 二道白河的源头原系一岩多组断裂构造开析出来的峡谷, 由于原始地面落差甚大, 水流以极大的能量向下掏蚀。由构造控制的具箱形特征的峭壁一经形成, 便开始了强烈的巨型风化和岩屑崩落, 倒石不断地被河流携去, 峭壁也不断地后退, 遂使河谷源头出现箱形扩张的现象。这种箱形扩张的宽度视地面高差和河流搬运的能力而定。目前, 由于地面构造上升, 河床已进一步切入基岩, 因此大部分倒石堆已得到了一个暂时稳定的坡脚。

应该特别指出, 这里河谷的谷底, 常有巨大的块石, 或孤立, 或堆叠, 其长径可达数米, 而表面形态又每每十分浑圆。这种巨石是常态流水难以搬运的, 因为直径 2m 的砾石, 其推移临界流速为 9m/s 左右, 而这已是自然界中十分罕见的流速了。它也并非是什么冰川的“漂砾”, 因为周围并无其他冰川遗迹为佐证。这实际上是一种残留下来的孤立的倒石, 由于谷坡的后退, 倒石被遗留在远离基坡的谷底, 其中较小的碎石被流水侵蚀殆尽, 只有较大的块石残留下来。

在长白山顶, 由于原始地面崎岖陡峭, 虽然巨型风化甚为发育, 却不见大片石海。在那些稍为平缓的坡段, 由于营力组合的变化反倒出现了细粒风化。这里有苔原植物被覆, 水分条件较好, 块体移动明显减慢, 化学风化得到了不同程度的发展。在这种以细粒风化为主, 原始地面比较平缓的条件下, 不同的地貌形态相应地出现了。

首先, 由于地面颗粒较细, 片状流水发挥了明显的作用。冰缘区的片蚀往往不被人们

注目，倒是泥流作用常常被人们过分地夸大了。实际上，地面冻结并不减弱而是经常加强了这里的片蚀——坡移作用。长白山降雨集中，年暴雨日可在三天以上，这种暴雨下的片蚀就更显突出了。

在地表细粒风化的基础上，表土含水量显著增加，这就大大增加了融冻蠕流作用（包括泥流与草皮蠕动）。目前在对欧洲高山冰缘带的研究中，有人认为泥流形态分布的下界即为冰缘现象发育的下界（H. Peter, 1977）。在长白山北麓，泥流主要见于气象站公路上的无林苔原地带，地面坡度在 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 左右，分布并不连续。较大的蠕流阶坎高 30cm，长、宽各 1m 左右，但高数厘米。长、宽数厘米的微型阶坎更为普遍，它们相互交错就像坡地上的一身鳞片。由于草皮蠕动，连续的苔原植被被扒裂下来，其裸露的部分在雨季再遭冲刷，于是便使这种“鳞片”更加突出醒目。泥流规模较小，无疑与这里的疏松风化物质较薄有关。

细粒风化与雪蚀作用有密切的关系。在雪盖环境下的风化，往往也产生大量的粗粒碎屑，但这种粗粒碎屑很难大规模地被搬离原地，只有那些细粒物质才可能经常被雪水携去。在崎岖不平的坡地上，一些裸露岩体的基部由于积雪较多，寒冻风化和化学风化均较强烈，随着融雪水不断地将风化碎屑带走，这里便形成了一个瓮状凹穴。这种雪蚀岩瓮横向深度可达一米以上，犹如流水侧方掏蚀而成的凹穴。由于凹穴加深，上部岩体会因失去支撑而崩坠垮落造成倒石。接着，在新暴露的裸岩的坡脚，还会形成新的岩瓮。这种现象在山体北坡主要见于 1500~1600m 左右的山麓或崎岖不平的剥蚀阶地的表面。

在气象站以下的 1800~2400m 左右的北坡上，见有一系列高夷平阶地，阶地的前缘大多有这种雪蚀岩瓮。这说明雪蚀对于高夷平阶地的形成起了不可忽视的作用。这里的高夷平阶地的相对高度为数米至数十米，常常是一阶一阶呈叠瓦状分布。有人曾将其解释为不同时期的熔岩先后叠置而成的，其实也不无道理，只是阶地的前缘并非就是熔岩流的前缘；应该说，融冻风化雪蚀作用以及融冻蠕流等，只是适应了这里多层熔岩层面的弱线，但它们远远地改造了原始熔岩构造的面貌，这种改造使它完全具备了高夷平阶地的特征，因此可以说，它是在特殊的岩性、构造与自身形态的基础上，由多种冰缘营力塑造而成的。

长白山上部冬季积雪甚厚，年最大积雪深度一般都在 50cm 以上，年内积雪深大于或等于 30cm 的初、终期日数达 285 天。由于地形复杂，风力较大，积雪并不均匀，因此雪蚀作用各处亦有明显差异。除形成上述雪蚀岩瓮和高夷平阶地，在 2400~2500m 左右的北坡，夏季多见规模不大的雪斑，雪斑的下面发育有典型的围椅状雪蚀洼地，其规模长宽一般仅数十米，围椅背后斜坡较缓，更无尖耸的角峰，洼地出口则为融雪水的通道，而无明显的岩槛。

山顶浮岩或凝灰角砾岩，在雪盖之下尤其容易形成细粒风化碎屑。不过，这种现象主要出现在山顶的局部洼地，而洼地周围的裸岩则依然盛行着巨型崩解。由此，洼地中便堆积了丰富的粗细混杂的碎屑，它为泥石流的发育创造了条件。泥石流堆积常常掩盖在重力岩屑堆积之下，或对它们进行重新改造。在上部泥沙碎石来源不多，而坡水流量又大的情况下，泥石流堆积体的表面常被水流分割而形成放射状的石垅。

由上述可见，长白山现代冰缘地貌的营力组合大致可划分为两大类型：一种为巨型风化、重力作用与强烈的流水切割，另一种为微型风化、融冻蠕流以及强烈的片蚀与雪蚀。

前者形成高大的裸露的峭壁、倒石堆与箱形河谷；后者则形成平缓的高夷平阶地、雪蚀岩龕、雪蚀洼地以及蠕流阶坎。在后一类型中，与雪蚀相关的形态，多出现在原始坡面较为崎岖的地方，而大片的泥流阶地则出现在较均一而平缓的坡地。（见图 1）

不难看出，营力组合的分异，明显地决定于地面自身原始形态、地表岩性以及近地表的生物气候状况。可以说，正是在不同的原始地面形态与不同的地面组成物质上发育或“寄生”着不同的冰缘形态。现代冰缘形态对原始地面形态的这种依赖性，进一步说明了“地貌自我发育”的机制。

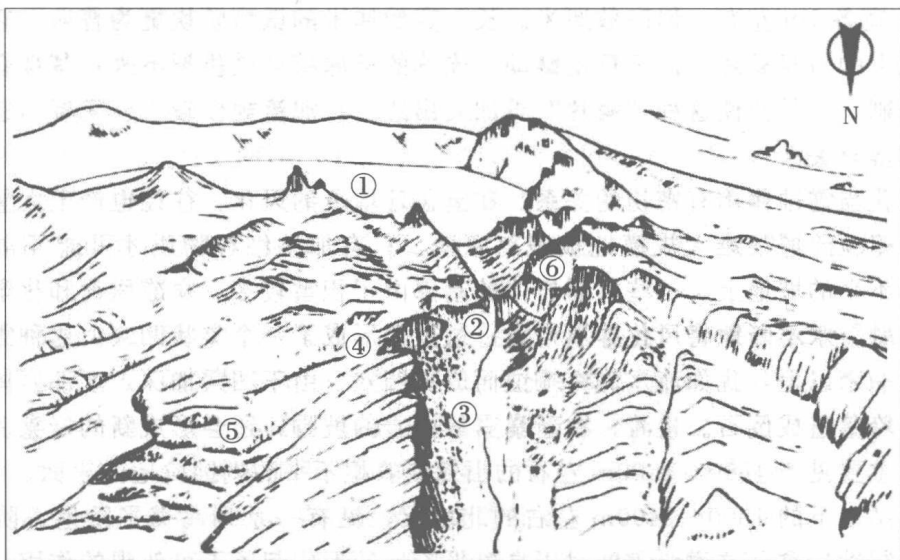


图 1 长白山北坡立体示意图

①长白山天池；②瀑布；③箱形河谷；④泥流坡；⑤高夷平阶地；⑥雪蚀洼地

由于长白山处于中纬高寒位置，在第四纪晚期冷暖交替的气候变化中，人们会想到这里的冰缘环境显然具有继承性的特征。应指出的是，火山口内壁和天池以上有几处十分醒目的围椅状形态，其底部坐落的高度在 2200m 左右，宽达六七百米，周围有明显的刃脊角峰，至今仍巉岩裸露，围椅的底部布满风化碎屑，前缘没有明显的岩槛。考虑在大理冰期，亚洲东部具有明显的干寒特征，雪线普遍提高，如我国的太白山雪线高 3600m，日本飞驒山脉高 2500~2700m，日本北海道高 1600m。长白山在 2200m 的高度出现冰斗、冰川或粒雪盆不无可能。

更新世晚期的冰缘环境，在广阔的熔岩高原上，留下了厚度不一的黄土状土。残坡积黄土分布于熔岩高原面上，冲积黄土分布于二级超河漫滩阶地，构成基座阶地上部的漫滩相物质，但由于长白山森林茂密，天然露头十分稀少，保留在剖面中的冰缘构造目前尚少发现。

在大理冰期之后，长白山又有明显的火山活动，然而由于规模小，对前期气候地貌并无显著破坏。这时，高原上的冰缘环境显然又持续了相当长的时期，接着河谷在黄土状土的冲积地面明显下切，并左右拓宽。由于谷坡巨型风化的发育，谷底残留下大量孤立的倒石。在冰场组火山碎屑堆积期间，火山灰砂顿时为流水搬运提供了丰富的疏散物质，它们成了现今一级超河漫滩阶地的主要物质来源。一级阶地实际上成为火山灰砂的阶地，许多

地方火山灰砂充填了早期谷底的玄武岩巨砾间的空隙,造成沙包砾的结构。在火山灰喷发之际,林木焚毁,冰雪消融,洪水猛然上涨,于是火山灰砂几乎在其喷溢的同时,便大量地被携往谷底堆积下来,当时洪水的高度甚至超越了二级阶地,因为在二级阶地上黄土状土的表面大多也留下了薄薄一层火山灰沉积或浮岩的碎屑。十分明显,火山活动以及由此而引起的地热等现象,使这里冰缘的历史更趋复杂。

冰期后,雪线上升,冰缘退缩,在今日 2400~2500m 的高度,形成多处雪斑,但它们终究未成冰川,倒成为今日长白山冰缘环境的核心。长白山林海一带,属温带湿润的气候地貌环境,而这座火山的山顶,竟成了孤悬在林海中的一个冰缘的“岛屿”。

长白山的火山、冰川和冰缘过程

吕金福 肖荣寰*

【摘要】 长白山火山的形成为冰川、冰缘过程提供了有利条件，尽管末次冰期以来的冰川、冰缘过程对火山形态的改造不大，但对生态环境的演化有着深刻的影响。冰川、冰缘带的进退是这里环境演化的一个重要标志。

关键词：长白山 火山 冰川 冰缘过程

一、概 况

长白山地处中朝两国边界，是亚洲太平洋沿岸的一座著名的火山。火山活动的历史悠久而复杂，末次冰期时，山顶经过冰川的改造，冰后期转为冰缘环境，火山顶部现为高耸于林海之上的一个高度冰缘带的孤岛。火山、冰川与冰缘过程相互制约，相互叠加，对长白山的生态环境及其未来的发展具有深刻的影响。

二、长白山火山的形成过程

长白山的火山群大致以长白山天池为中心，在方圆 16400 km² 的玄武岩熔岩台地上，分布着 200 余座大大小小的火山，在中国境内的火山以长白山的火山和望天鹅火山的规模最大，其他火山大多分布在这两座高大雄伟的火山周围。它们是中新世以来沿深大断裂的交叉部位，经多次岩浆喷溢而形成（图 1）。

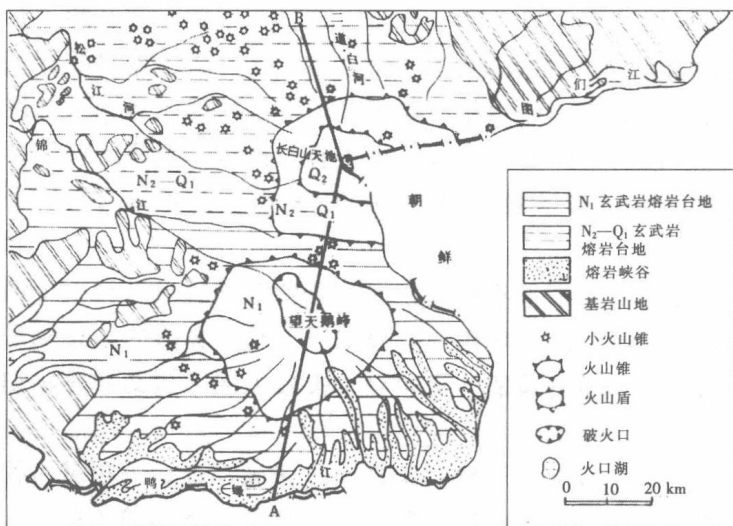


图 1 长白山火山地貌图

* 【作者单位】 吕金福、肖荣寰：东北师范大学地理系。