

長白山

地理系統論文集

THESES OF GEOSYSTEM ON CHANGBAISHAN

第一集

(1956—1981)

吉林師範大學地理系

DEPARTMENT OF GEOGRAPHY
JILIN NORMAL UNIVERSITY

长白山地理系统研究

第一辑

RESEARCH ON GEOSYSTEMS OF
THE CHANGBAI MOUNTAINS
(VOL. 1)



(1956 ~ 1981)

主编 张子楨



东北师范大学出版社

NORTHEAST NORMAL UNIVERSITY PRESS

长春

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。

This book series was supported by the Northeast Normal University's Science and Technology Innovation Platforms 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 under project “ (No.2009CB426305)” .

原《长白山地理系统论文集》第一集

(1956~1981)

编 委 会

主 编 张子祯

副 主 编 张力果 王文卿

编 辑 (按姓氏笔画排序):

李振泉 李 楨 李太叶 李惠明 陈 鹏 肖荣寰

张文奎 杨秉赓 杨美华 柴 岫 钱家驹 景贵和

责任编辑 李煜之

封面设计 肖荣寰

图书在版编目 (CIP) 数据

长白山地理系统研究:第1辑/张子祯主编. —长春:
东北师范大学出版社, 2010.5
ISBN 978-7-5602-6154-6

I. ①长… II. ①张… 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 (2010) 第 089500 号

审图号: GS (2009) 1729 号

责任编辑: 王宏志 封面设计: 李冰彬
责任校对: 曲颖 责任印制: 张允豪

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)
电话: 0431—85687213
传真: 0431—85691969
网址: <http://www.nenup.com>
电子函件: sdcbs@mail.jl.cn
东北师范大学出版社激光照排中心制版
印装

2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月第 1 次印刷
幅面尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 18 字数: 407 千

定价: 39.00 元

序

长白山地处欧亚大陆东岸，主体在中国东北境内，北连俄罗斯远东的锡霍特山地，向东南进入朝鲜半岛并成为其地理单元的骨架。太平洋季风气候的影响，山体的屏障作用，地形因素的制约等对长白山自然景观的形成起到了主导作用。由于地形、气候、水文等因素的共同影响，长白山火山锥体区的植被和土壤呈明显的垂直带状分布，拥有中国温带乃至东北亚地区谱系最多的山地垂直带系统。长白山是松花江、鸭绿江和图们江等国际河流的源头。长白山景观空间广大，生态廊道跨国连接。朝鲜半岛居民在近代跨国迁移，与同时期在中国东北地区开拓的中原居民形成了地域性的人地关系。

长白山被视为东北亚地区最重要的生态屏障，其主要的生态安全问题包括森林资源变化、全球气候变化和人类活动的生态响应、生态安全的指示性生物物种的变化、国际地缘主要动植物物种的生态安全、火山地震活动以及其他潜在灾害风险。国际河流的水资源与水环境是影响国际关系的焦点问题。

中国现代对长白山的科学研究始于 1950 年代。东北师范大学对长白山地理系统的研究已经有 60 余年的历史和雄厚的科学积累，研究内容涉及区域开发、环境生态和地理系统的各个领域，具有坚实的研究基础和系列化的研究成果。例如在 20 世纪 50 年代便与当时的苏联专家首次共同开展了对黑龙江—松花江流域的地理科学考察。黄锡畴、刘德生、李祯先生于 1959 年在《地理学报》发表了关于长白山北坡自然景观带的论文。从 1970 年代开始研究图们江的水环境问题，并设立了国内最早研究长白山地区环境问题的科研机构。1980 年代初期在国内首次编印了《长白山地理系统论文集》第一集（1956~1981），既本书的内部发行版。1990 年代，东北师范大学首先提出了对图们江地区国际合作开发的研究。1997~1999 年完成了国际合作课题《图们江地区经济地图集》，是国际社会首次对图们江和长白山地区自然环境和社会经济信息的综合整理。同期与联合国开发项目（UNDP）合作完成的“图们江地区国际物流预测”对地区开发有关的数据进行了系统的搜集与整理。2001~2002 年与全球环境基金（GEF）合作完成了图们江地区国际交通走廊、城市化地区与生态环境关系、图们江地区跨国界保护区可行性的研究，完成了国际地区生物多样性的研究。近年完成了“东北地区 100 年土地利用/土地覆盖变化及其生态环境效应研究”等一些涉及东北问题的重大课题，为深入研究长白山的资源与环境演变，人地关系耦合的变化响应提供了前提条件。

科学在进步，手段在更新，环境在变化。为了强化和深化对长白山地理系统的研究和人才队伍建设，东北师范大学于 2007 年底启动了题为“长白山国际地缘生态安全与数据集成”的科技创新平台。该平台采用了多学科和交叉学科综合的创新科技手段，地面调查研究与遥感观测、GPS 定位、地理信息系统数据集成的方法，结合对宏观地理系统及其微观组成的研究，探索长白山地理系统的历史成因、景观现状、动态演变过程、人类活动干扰，及其在全球和区域尺度的相互作用关系和规律，以完善关于长白山地理系统研究的理论和方法，为国际地缘生态安全提供理论研究和实践管理的科学基础和依据。

为了坚持对长白山地理系统科学研究的长期性和系统性，总结东北师范大学对长白山地理系统研究的历史，利用科技创新平台的工作机会，我们组织出版关于长白山地理系统研究的系列论文集专著。原内部发行的《长白山地理系统论文集》第一集（本书）总结了东北师范大学 1956～1981 年间关于长白山地理系统科学研究和考察的历史记录。本着温故而知新的原则，我们整理出版该论文集，并以此作为本系列专著的第一辑。

此论文集唤起了我们对科学前辈们的景仰和敬意。本文集原编委会和文集集中的许多论文作者，都是我们的老师，已经永远的离开了我们。在论文集的整理过程中，我们看到的是东北师范大学关于长白山地理系统研究的历史和传统，我们感受到的是老师和前辈们的精神、鼓励 and 希望，我们面临的是对长白山地理科学研究的机遇和挑战。

限于当时的社会背景和科研条件，本论文集集中的论文尚存在不尽人意之处。但是为了尊重历史，如实反映我们对自然界认识不断前进的过程，经征求原编委会先生们的意见，我们采取按照原文排印出版的原则，除个别明显文字错误外，并未对原论文进行修订。个别论文中的插图因年代太久，原图模糊不清，不得已而重新绘制或略去。愿本专著文集的出版铺就我们关于长白山地理系统研究的基础，使我们科学研究工作的历史得到记载、科学研究的方向得到继续、科学研究的理想得到传承和发扬。

王野乔 吴正方

2009 年 1 月

前 言

“作出新发现时感到的快乐，肯定是人类心灵所能感受的最鲜明而真实的感情”，“搞科学工作既要广泛吸取前人的经验，那就必须占有充分的资料”。科学家的名言，启示我们去发现，去占有充分资料。

长白山是我们伟大祖国的骄傲，人们常以“白山黑水”赞美东北的壮丽山河，长白山占其首位，它有 2 691 m 的东北第一高峰，它以白色浮石和九个月的积雪而著称，世世代代的汉族、满族和朝鲜族以及其他少数民族，勤劳勇敢地经营了这片土地和森林，养育了中华民族的优秀儿女。

长白山的雄伟地势，是地理环境长期发展演化的结果，在喜马拉雅造山运动以前，还是一块准平原，到了距今约 1 200 万年以前的更新世至上新世，因断裂隆起并喷溢出大量玄武岩，形成了高位玄武岩台地，这个台地又经过火山运动，形成了长白山天池为主要火山通道的火山锥。距历史记载最近的三次喷发为 1597 年 8 月、1668 年 4 月和 1702 年 4 月。最后一次喷发距今 279 年，目前还是个休眠的活火山。

1960 年国家在长白山建立了自然保护区，以保护丰富的动植物资源及比较完整的自然环境和生态系统，并开展了综合性的研究工作。长白山树木参天，树种繁多，素有“长白林海”之称，蕴藏着许多珍贵稀有的鸟兽和名贵药材，“东北三宝”就盛产于此。它独特的地质地貌，气候、土壤、动植物的分布，构成了典型的温带季风山地自然综合体，是一座天然的博物馆，也是风景绮丽的游览胜地。1979 年，《人与生物圈计划》国际协调理事会决定，长白山为国际生物圈保留地网组成部分，并在此建立了森林生态系统研究定位站。长白山自然保护区，这个举世稀有的自然宝库，它将为全人类的子孙后代造福。

长白山蕴育着丰富的自然资源，人们长期以来不断地去发现，去认识，去利用，去改造，但就目前来看，人们对长白山的认识，还处在一个必然王国的阶段，急待人们去探索研究长白山地理环境的形成、演化的规律，进而提出合理利用自然资源、改善与控制自然地理过程使其为人类造福，这就是我们研究长白山的目的。

东北师范大学地理系对长白山的研究断断续续已有二十几年的历史。“四人帮”割断了这段历史，党的三中全会和六中全会精神鼓励我们继续前进，为祖国的社会主义四个现代化作出新贡献。现在组织起来，重整旗鼓，运用现代科学技术，向长白山进军。

《长白山地理系统论文集》第一集是我系既往研究成果的汇编，虽然对长白山的研究还很不

完整，很不系统，只是些零星的基础性材料，但它是向长白山进军的新起点，随着研究工作的深入，将继续编辑出版，供科研与教学参考。希望得到地理学界同志们的支持。

编者

1981年10月

目 录

1. 长白山高度冰缘地带的地貌组合	肖荣寰 胡俭彬	1
2. 长白山火山地貌的卫片解译与分析	李继强 肖荣寰	5
3. 长白山地貌图的内容与表现方法	肖荣寰 胡俭彬	12
4. 长白山的气候特征及北坡垂直气候带	杨美华	17
5. 长白山温泉谷地小气候	李栖筠	27
6. 长白山人参气候的综合评价		
——模糊贴近度与模糊评判在人参气候鉴定中的应用	杨美华 刘蕴薰	39
7. 长白山区人参栽培气候条件的初步分析	刘蕴薰 杨美华	45
8. 第二松花江源头区水文特征	杨秉庚	50
9. 长白山北麓水化学本底值分布模式	杨秉庚 李惠明	59
10. 吉林省东部沼泽的类型及其农业利用	柴 岫 郎惠卿	
	金树仁 祖文辰	
	张则有 马学慧	70
11. 长白山山地苔原土的形成及其剖面性状	陈淑云	80
12. 长白山无林带的冰缘环境与土壤发育	张 一	84
13. 长白山北坡各垂直带的典型植被调查报告	钱家驹	89
14. 长白山产的新植物	钱家驹	116
15. 长白山蕨类植物垂直分布名录(增订)	钱家驹	126
16. 中国东北兔儿伞属 <i>Cacalia</i> L 植物的分类地理学初步研究	钱家驹	133
17. 长白山上岳桦林的调查研究	钱家驹	143
18. 对长白松的初步研究	钱家驹	158
19. 如何划分长白山的垂直植被带	钱家驹	168
20. 对开蕨属首次在我国发现	钱家驹	173
21. 长白山高山冻原植物的调查研究简报(1)	钱家驹 张文仲	175
22. 长白山西侧中部森林植物调查报告	钱家驹	184
23. 长白山的植物地理	郎惠卿 李 祯	202

24. 长白山鸟类及其垂直分布	陈 鹏	209
25. 人类开发活动对鸟类的影响		
——长白山二道白河附近鸟类组成和数量的变化	陈 鹏	226
26. 长白山北坡森林生态系统土壤动物初步调查		
..... 张荣祖 杨明宪 陈 鹏 张庭伟		232
27. 长白山北坡针叶林带土壤动物调查	陈 鹏 张 一	250
28. 长白山北侧的自然景观带	黄锡畴 刘德生 李 祯	255
29. 关于专题卫星影像地图和地图集的编制实验	张力果	266

长白山高度冰缘地带的地貌组合

肖荣寰 胡俭彬^①

长白山的主峰位于北纬 42°，东经 128°附近，海拔 2 700 m 左右。它雄伟地矗立在中朝两国的边界，是我国东北最高的山峰。

长白山是一座在人类历史上有过多次活动的高大的火山，其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，其高程在北坡由 1 200 m 逐渐降到 600 m 左右，全长约 50 km，在南坡由 1 600 m 逐渐降到 1 000 m 左右，全长约 60 km。熔岩高原的周围，群山峥嵘，海拔多在 1 000 m 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。高原熔岩以第三纪晚期的喷溢为主，即所谓军舰山玄武岩。熔岩地面的坡度一般在 1°~3°左右。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。这种岛状孤山或为较小的火山锥体，或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。大致由 1 200 m 左右以上地势明显隆起。在 1 200~1 800 m 之间可谓坡麓地段，这里的坡度一般在 5°~10°左右。1 800 m 以上逐渐过渡为陡坡地段，坡度一般都在 15°以上。火山锥顶有一巨大火口，蓄水成湖，名曰长白山天池（中朝界湖）。长白山天池东西长 3.5 km，南北长 4.5 km，水面海拔 2 188 m，最大水深达 300 余米。天池周围，环绕耸立着十几座山峰，峭拔陡峻，巉岩裸露，其高都在 2 500 m 以上。1 800 m 以上的火山锥体主要由中更新统的碱性粗面岩即长白山组构成。山顶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，气候和生物土壤都具有明显的垂直带性。1 200 m 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℃以上；1 200 m 以上的火山锥坡麓地带，属针叶林带，年平均温度在 0℃左右；1 800~2 000 m 的狭窄地带为岳桦林带；2 000 m 左右以上明显地过渡为无林的高山苔原带。根据长白山天池气象站（2 670 m）的观察资料，这里年降水达 1 400 mm，一月份平均气温 -24℃，七月份平均气温 8.5℃，年平均气温 -7.3℃。如取气温的高度递减率为 0.6℃/100 m，那么年平均 0℃线在 1 500 m 左

^① 【作者单位】东北师范大学地理系。

右, 约当暗针叶林的下界。2 600 m 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 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 的初终期间在三百天以上。

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, 显然具有现代高度冰缘带的性质。火山作用奠定了长白山体的基本轮廓, 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, 因此它自然地又具有了典型的中纬度高寒冰缘山地的面貌。

二

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、原始地面形态和地表物质的差异, 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, 起主导作用者应首推寒冻风化, 因为地面碎屑的移运和地面形态的演化, 都明显地制约着这种风化物质的特性。

关于寒冻风化, 特里喀尔 (J. 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石碎块, 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。

长白山由于火山岩极为发育的节理, 大大地促进了这里的巨型寒冻风化 (粗粒盐屑化) 与微型寒冻风化 (细粒盐屑化) 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。

长白山由于火山岩极为发育的节理, 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”, 这在许多高寒冰缘山区并不罕见。由风化碎石组成的倒石堆, 在陡峭的岩壁之下, 几乎比比皆是, 并常连成倒石堆积, 其表面坡度多在 40° 左右, 较陡处可达 50° 。规模较大的倒石堆, 高度可近百米, 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, 源自长白山天池, 在距天池约 1 km 处, 突然形成一个落差达 68 m 的瀑布。瀑布下为一谷坡峭立的箱形河谷, 其平面轮廓亦呈 U 形, 宽、高均在 300 m 左右。有人认为这种箱形河谷是冰川槽谷, 其实, 除了其横剖面的槽形特征之外, 并无其他冰川作用的痕迹。实际上, 二道白河的源头原系一沿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, 待由构造控制的具有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, 由于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局面, 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。

应该特别指出的是, 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 2 m 的砾石, 其推移临界流速要在 9 m/s 左右, 这已是自然界中十分罕见的流速了。它也并非什

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，只有较大的块石残居下来。

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且原始地面比较平缓的条件下，相应地出现了不同的地貌过程和地貌形态。

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，倒是泥石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加强了这里的片蚀一坡移作用。长白山降雨集中，年暴雨日可在三天以上，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，这就大大增强了融冻蠕流作用（包括泥石流与草皮蠕动）。目前，在欧洲高度冰缘带的研究中，有人认为泥石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，泥石流主要见于气象站公路上侧的无林苔原地带，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30 cm，长宽1 m左右，但高几厘米、长宽几十厘米的微型阶坎更为普遍，其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开来，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。泥石流规模较小，无疑与疏松风化物质较薄有关。

细粒风化与雪蚀作用亦有密切的关系。在雪盖环境下的风化往往也产生了大量的粗粒碎屑，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地被融雪水携去。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。这种雪蚀瓮横向深度可达1 m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1 500~1 600 m左右的山麓或崎岖不平的剥蚀阶地的表面。

在气象站以下1 800~2 400 m左右的北坡上见有一系列高夷平阶地，阶地的前缘大多亦有这种雪蚀岩瓮。这说明雪蚀对于高夷平阶地的形成起到了不可忽视的作用。这里的高夷平阶地相对高度为数米至数十米，一般很少连续成片，而是一阶一阶自下而上呈叠瓦状分布。有人曾将其解释为不同时期的熔岩先后叠置而成，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的层面的弱线，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，一年内积雪深 ≥ 30 cm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之外，在2 400~2 500 m左右背阴的北坡，夏季可见多处规模不大的雪斑，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，而无明显岩槛。有些雪斑可能越年，这种越年雪斑处于普通积雪与冰川的中间形态，十分明显，它们集中于海拔2 400~2 500 m的高

度，绝非偶然。

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，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。

综上所述，长白山现代冰缘地貌的营力组合大致可划为两大类型：一为巨型风化、重力作用与强烈的流水切割；二为微型风化、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比较均一且平缓的坡地。

不难看出，营力组合的分异，明显地决定于地面自身的原始形态、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”了不同的冰缘形态。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。

三

由于长白山所处的中纬高寒的位置，在晚更新世以来冷暖交替的气候变化中，使人想到这里的冰缘环境显然具有继承性的特征。应该指出的是，在火山口内壁和天池以上有几处十分醒目的围椅状形态，其底部座落的高度在 2 200~2 300 m 左右，宽达六七百米，周围明显的刃脊角峰，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，如我国的长白山雪线高 3 500 m，日本飞驒山 2 500~2 700 m，日本北海道 1 600 m。长白山在 2 200 m 的高度出现粒雪盆或冰斗冰川不无可能。

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。遗憾的是，由于长白山下森林茂密，天然露头十分稀少，保留在剖面中的冰缘构造，目前尚很少发现。

在大理冰期之后，长白山又有明显的火山活动，然而由于规模较小，对前期气候地貌并无明显破坏。这时，高原上的冰缘环境显然又持续了相当的时期，接着河谷在黄土状土的冲积面积明显下切，并左右拓宽。由于谷坡巨型风化的发育，在谷底残留下有大量孤立的倒石。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，它们构成了现今一级超河漫滩阶地的主要物质来源。一级阶地实际上成了火山灰砂的阶地，许多地方火山灰砂充填了早期谷底的玄武岩巨砾，造成砂包砾的结构。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。

冰后期，雪线上升，东北广袤的冰缘地区逐渐退缩，在今日 2 400~2 500 m 的高度，形成雪斑，但它们终究未成冰川，倒成为今日长白山冰缘环境的核心。在长白山林海以下，目前属温带湿润的气候地貌环境，而这座火山的山顶，竟成为孤悬在林海中的一个冰缘的“岛屿”。

长白山火山地貌的卫片解译与分析

李继强 肖荣寰^①

长白山位于我国吉林省的东部。最高峰海拔 2 700 m 左右,座落在中朝两国的边境线上,是闻名中外的巨型复式火山。火山周围为大片熔岩台地,台地周围为群山环抱。火山地貌的分布面积达一万多平方千米。

结合地貌图的编绘工作,笔者对长白山幅卫星相片进行了目视解译分析。判译资料主要为 MSS₄、MSS₅、MSS₆和 MSS₇四个波段的一百万分之一和五十万分之一的黑白相片,以及一百万分之一标准假彩色合成相片。判译和分析的内容包括火山地貌形态、熔岩的划分和分期,以及火山地貌的发育等。

一、火山地貌

(一) 基性熔岩台地

基性熔岩台地在卫星相片上的解译标志,同其他地物或地质一样,概括起来主要表现在两个方面,即色调特征信息和形态特征信息。

色调特征:不同的地质或地物,常常具有不同的特征颜色。这些颜色是由于它们反射、吸收和透射太阳辐射电磁波中的可见光部分造成的。由于不同的地物或地质体,对太阳光中可见光波具有不同的吸收、反射和透射能力,所以不同地物或地质体在颜色上就会千差万别,它反应了地质体或地物在物质组成上的差别,是地物或地质体本质属性的反映。

基性熔岩——玄武岩,颜色一般较深,由于它对太阳光可见光波有较强的吸收能力,所以在卫星相片上一般表现为灰——暗灰——深灰色,有时呈黑灰色。色调深浅变化决定于岩石的组成成分。在岩浆岩中,一般偏基性的含橄榄石较多的橄榄玄武岩,色调就深些,普通玄武岩色调相对浅些,越偏酸性色调越浅。如长白山熔岩台地,由多次基性熔岩溢出,漫流覆盖地面而成,由于形成时代的不同和熔岩成分的差异,反映在卫星相片上色调有很大的差别。以长白山巨型火山锥体为中心,不同的色调呈同心圆状分布。在熔岩台地的边缘地区,表层由普通玄武岩组成,在卫片上色调较浅,呈灰色(不同波段色调深浅也有变化);靠近中心地区由橄榄玄武岩构成,色调较前者要深,呈灰黑色;长白山巨型火山锥,由碱性粗面岩类岩石组成,上部覆盖一层灰白色浮岩。因碱性粗面岩含有较多的钠和二氧化硅的成分,故锥体部分色调较浅,呈灰白色。色调较浅的变化,除了和岩石的组成成分直接有关外,还受其他因素的影响,如岩石反光的强弱,岩石表面的湿度、粗糙

^① 【作者单位】东北师范大学地理系。

程度，地表风化物质的性质以及植被情况等。总之，呈较均匀的灰——暗灰——灰黑的色调，是基性熔岩的重要解译标志。

形态特征标志主要包括影像的外形轮廓和内部的花纹结构。特定的地质体常常有它固定的形态，如大的酸性侵入岩体多成岩基或岩株产出，沉积岩层在应力作用下形成褶皱构造，当这些岩体或构造被剥露以后，在平面上前者多呈圆形或椭圆形，后者多呈封闭的曲线形。喷出地表的熔岩，有的沿低洼处流动形成舌状熔岩，有的在较平坦的地区形成大面积覆盖——熔岩被，在平面上多呈不规则的圆形、方形或多边形轮廓。

不同的岩性地层，因抗风化和抗剥蚀能力的差异，造成地面起伏不平，形成坡向和坡度的差别。在太阳光直接照射的坡面，光照强，亮度大；背阴坡接受的是散射光线，光照弱，亮度小，形成不同的地物阴影。因此，不同的坡向和坡度反射太阳光能的强度不同，成像时在色调上就会有浓淡的差异，产生所谓的阴影效应，在卫星相片上形成各种花纹结构。

长白山熔岩台地的外形轮廓呈不太规则的椭圆形，长轴约 140 km，呈北东向延伸，短轴约 120 km，表面较平坦光滑。这种特点与它周围山峦起伏的地形所形成的粗糙花纹成明显的对照。长白山熔岩台地由多次喷溢重迭而成，因火山活动的趋势逐渐减弱，溢出的熔岩数量也逐渐减少，在熔岩台地表面留下多次熔岩漫流的平台（岩坪）和前缘陡坎，形成了以长白山巨型火山锥体为中心，向周围成阶梯状的盾形形态。每次溢出的熔岩都覆于前次岩流之上，有的熔岩呈舌状向前伸展，形成舌状熔岩，这在长白山熔岩台地的西北侧表现最为明显（在 ERTS—1972 年 10 月 31 日 MSS₀ 的卫星相片上，地面低洼局部积雪处影像呈白色，使熔岩陡坎及舌状岩流的影像表现得更为清晰）。另外，在台地的东部，熔岩表面的流动痕迹也清晰可见，卫星相片上在白色背景中呈灰色的蠕虫状花纹，熔岩台地的西部及西北部，突出在台地面上孤立的低山丘陵及小火山锥体，使色调均匀的背景上呈现许多斑点状花纹影像。

水系发育的特点，是解释不同岩性地层的另一标志之一。水系是构成花纹图案的另一表现，不同岩性地层分布区，水系类型和密度常常有很大区别。熔岩台地水系，多呈稀疏的树枝状，这和周围群山中密集的树枝状水系成鲜明对比。发育在熔岩台地上的河谷形态，与其他岩性的谷地亦有显著差别，熔岩台地的谷地类型最常见的有两种。沿节理或断裂方向发育的谷地，大多狭窄，两壁陡峭，并多成嶂谷或峡谷，谷宽有时一步可以越过，深却达几米或十几米，甚至几十米。这种谷地在长白山周围及台地的南部都有发育，在卫星相片上，这类谷地呈色调很深的较直的线条，借助于放大镜，可以看到两壁近于直立。另一种河谷为流水作用沿熔岩表面低洼处逐渐开析而成，不受节理或断裂控制。这种河谷大多宽浅，河间地成低缓的漫岗，台地表面呈微波状起伏。这类谷地在台地的北部及西北部较为发育，在卫星相片上谷地影像模糊不清，要从下游向上追索才能看得清楚，用放大镜观察，谷地两侧无明显的坡坎。

熔岩台地的另一解译标志，是常常有火山锥或火山机构存在，火山锥在均匀色调的背景中呈较深色调的圆点，十分醒目，它们有的按一定方向排列。长白山熔岩台地上有大量的小火山锥，主要集中在北部及西北部，西部及南部较少，多数呈北东、北西及东西三个方向排列，在长白山巨型火山锥体周围多呈放射状排列。火山机构是火山锥体被外力破坏后留下的踪迹，火山活动休止时，火山通道往往为熔岩所堵塞而成为火山颈，通道周围放