

长白山



GEOSYSTEMS AND ECOLOGICAL SECURITY
OF THE CHANGBAI MOUNTAINS

(VOL. 4)

(2007~2010)

主编 王野乔 吴正方 冯 江

地理系统与
生态安全
(第四辑)



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

长白山地理系统与生态安全

第四辑

RESEARCH ON GEOSYSTEMS OF
THE CHANGBAI MOUNTAINS
(VOL. 4)



(2007~2010)

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

长白山地理系统与生态安全. 第4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. 4

ISBN 978 - 7 - 5681 - 0627 - 6

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 012281 号

审图号: 吉 S (2010) 31 号

☐责任编辑: 黄玉波 ☐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鼎盛亚胶印有限公司

河北省廊坊市永清县燃气工业园榕花路 3 号 (065600)

2015 年 4 月第 2 版 2015 年 4 月第 1 次印刷

幅面尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 28.5 字数: 650 千

定价: 88.00 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 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800~1 500 m，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，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（白头山天池）。长白山天池（白头山天池）湖水水面海拔高度为2 188 m，面积为9.8 km²，湖水平均深度为204 m，最深处达313 m，被火山锥体上16座海拔2 500 m以上的山峰所环绕。其中白云峰海拔高度为2 691 m，为中国东北第一高峰。

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600~1 600 m之间为山地针阔混交林带，占有最大垂直宽度。海拔1 600~1 800 m之间为山地暗针叶林带。海拔1 800~2 100 m之间为岳桦林带。海拔2 100~2 400 m为高山苔原带。海拔2 400 m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（白头山天池）为中心，境内总面积为196 465 hm²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

The Changbai Mountains is a mountain range that extends along the border between Northeast China and North Korea. The range consists of 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 1961 and admitted into the UNESCO's Man and Biosphere Program in 1979.

The climate and terrain conditions support four distinctive vertically distributed vegetation zones. The needle-and broad-leaf mixed forest zone is distributed between 600 and 1,600 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. Larch (*Larix olgensis*) and Changbai pine (*Pinus sylvestris* var. *sylvestriiformis*) dominate the upper elevation of this vegetation zone and form the "bright" coniferous forest. The evergreen "dark" coniferous forest zone is distributed between 1,600 and 1,800 meters with dominant species of spruce (*Picea jezoensis*, *Picea koreana*) and fir (*Abies nephrolepis*). 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 2,400 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.

——1981年内部发行的《长白山地质系统地质文集》——第一集。总结了东北师范大学1956—1981年期间关于长白山地质系统科学研究和考察的历史记录。很多文章反映了现代中国关于长白山地质系统研究的科学研究成果。本书提供如新的回顾。我们愿出版地质文集，并以此作为本系列专著的第一集。

——《长白山地质系统地质文集》第二集的人选论文反映了东北师范大学地质系统本系列专著第一集之后的1982—1995年期间，关于长白山地质系统研究的主要成果。第二集开卷论文20篇。内容包括：关于长白山冰蚀地貌组合；长白山的火山、冰川和冰蚀过程；长白山第四纪沉积物；中国东北冰蚀以来气候地貌的若干特征；东北断块构造与地貌；南岭区基岩水热资源及生态气候类型；遥感信息与地质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西部一万年前的干燥度证；东北山地发育带发育性质与发育过程；长白山地区地形地质与土壤分化对土壤理化性质的影响；长白山地区森林的垂直改造；兴安岭和长白山地森林带类型及其演变；长白山森林带森林与土壤动物；长白山北坡高山苔原带土壤动物的生态分布；森林带与高山带土壤动物关系；长白山红松阔叶林下土壤动物群及其在时间上的变化；土壤动物群落多样性中的作用；红松阔叶林土壤水分、温度对土壤动物群落结构的影响；鹿豹子土壤带沼泽、森林沼泽、沙地沼泽、阔叶林沼泽、针叶林沼泽；长白山南坡森林带类型及其垂直带结构的决策分析；是自然社会—经济—生态复合系统动态演变；长白山森林带土壤带生态建设；长白山森林带开发史与环境保护等。

——《长白山地质系统地质文集》第三集的人选论文反映了东北师范大学地理与环境科学学院在地质系统科学和环境科学的基础上，自1996—2000年期间，关于长白山地质系统研究的主要成果。第三集开卷文24篇。内容包括：对“长白山”一词使用的正名探讨；吉林东部山区1953—1980年逐站逐时的气温变化特征；长白山森林植被的生态气候学特征；长白山地质系统分带；泥炭沼泽与全新世气候变迁；长白山区泥炭沼泽植物多样性；泥炭沼泽地植被特征及其形成的驱动力控制；中国东部地区与白俄罗斯泥炭沼泽的垂直分带及形成环境对比；长白山泥炭沼泽是叶面蒸腾作用的年龄结构与生态分析；长白山火山活动对现代土壤形成与发育的影响；对发育环境的塑造；垂直带谱的形成；长白山火山带与山地带植物群落形成与地球化学特征；对现代土壤形成与发育的影响；现代土壤垂直

前 言

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,利用东北师范大学“十一五”科技创新平台的工作机会,我们组织出版《长白山地理系统研究》系列论文集专著。原 1981 年内部发行的《长白山地理系统论文集——第一集》,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。很多文章代表了现代中国关于长白山地理系统最早的科学研究成果。本着温故知新的原则,我们整理出版该论文集,并以此作为本系列专著的第一辑。

《长白山地理系统研究》第二辑的入选论文反映了东北师范大学原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。第二辑共含论文 26 篇,内容包括:关于长白山冰缘地貌组合;长白山的火山、冰川和冰缘过程;长白山第四纪冰期划分;中国东北末次冰期以来气候地貌的若干特征;东北断块构造与地貌;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;森林凋零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、湿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;图们江污染综合治理;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。

《长白山地理系统研究》第三辑的入选论文反映了东北师范大学城市与环境科学学院在原地理系和环境科学系的基础上建院以来,在 1996~2006 年期间,关于长白山地理系统研究的主要成果。第三辑含论文 24 篇,内容包括:对“长白山”一词使用的正名探讨;吉林东部山区 1953~2007 年近 55 年的气温变化特征;长白山森林植被的生态气候学研究;长白山地泥炭分布、沉积速率与全新世气候变化;长白山区泥炭沼泽植物多样性;泥炭沼泽微地貌特征及其形成的水动力机制;中国东北地区与白俄罗斯泥炭沼泽的孢粉分析及形成环境对比;长白山泥炭沼泽桧叶金发癣种群的年龄结构与生长分析;长白山火山活动对现代土壤形成与发育的影响,对发育环境的塑造,垂直带谱的构成;长白山火山活动与山地棕色针叶林土形成的地球化学特征;对现代土壤形成与发育的影响,现代土壤垂直

带谱的构成,山地棕色针叶林土形成的地球化学特征,对现代土壤发育环境的塑造;火山活动对长白山植被带的影响分析;长白山风灾区植被与土壤变化;长白山岳桦林上限树岛扩展分析;基于因子分析的长白山地区森林资源研究;左家自然保护区大型土壤动物与土壤因子关系;左家自然保护区坡地土壤动物物种多度分布格局;长白山典型红松阔叶混交林土壤动物群落特征;长白山数字火山地貌的分类与制图;图们江流域水环境质量变化规律;松花江三湖流域土地利用变化的生态环境效应;松花江吉林省段表层沉积物中重金属分布特征及污染评价;长白山典型地物波谱偏振数据获取与数据库的建立等。

本集为《长白山地理系统研究》系列论文专著的第四辑。入选的论文反映了东北师范大学城市与环境科学学院 2007~2010 年期间,在东北师范大学“十一五”科技创新平台建设计划一培育项目“长白山国际地缘生态安全与数据集成”的实施过程中,所取得的关于长白山地理系统与生态安全研究的部分成果。本书亦收录了 2009 年 7 月 18~19 日在长春召开的“长白山地理系统与生态安全科学论坛”学术研讨会,和 2010 年 8 月 26~27 日在长春召开的“山地地理系统与生态安全国际会议”(International Conference on Mountain Geographic Systems and Ecological Security)的部分会议论文。鉴于在本时间段内我们关于长白山生态安全方面的认识和科学研究已经开始,故将系列专著的标题改为“长白山地理系统与生态安全”,以期反映科学研究在原《长白山地理系统研究》基础上的拓展和延伸。

本文集共含论文 50 篇。王野乔等以“长白山国际地缘生态安全与数据集成”为题,围绕全球变化的区域响应、地球表层系统的环境效应、灾害与污染防治、区域可持续发展等重点研究的论题,概述了东北师范大学于 2007 年底启动的以“长白山国际地缘生态安全与数据集成”为题的科技创新平台的建设方向和研究重点。本辑入选的科学论文的内容包括:长白山自然地理研究的主要问题;近 50 年长白山地区农业气候条件变化及农业生产对气候变化的响应研究;长白山地区植被物候空间格局;长白山北坡林线岳桦种群与土壤关系的研究;长白山红景天不同类型迁地保护地土壤理化性质对比分析;长白山针阔混交林带退化生态系统土壤呼吸变异特征研究;长白山火山灰土壤地理发生特征研究;长白山红松阔叶林不同林隙土壤性质对比研究;图们江流域土壤侵蚀的定量分析;东北地区植被过渡带定量研究;长白山植被垂直带谱的数字识别及分析;长白山区森林资源的对应分析研究;长白山北坡垂直植被带典型植物的植硅体形态特征;长白山典型禾本科植物植硅体形状系数研究;延边朝鲜族自治州农作物虚拟水时空分异特征研究;图们江流域水环境质量变化规律研究;2010 年松花江南源暴雨洪水分析;基于景观格局指数的小流域非点源污染研究;图们江干、支流沉积物重金属污染调查与风险分析;对长白山火山成因的考证;长白山火山灾害评估与喷发趋势分析;情景驱动的长白山火山灾害风险评价与区划;长白山植被生态地理研究进展;长白山土壤动物生态地理研究现状与展望;长白山红松针阔混交林种内、种间竞争关系研究;长白山北坡不同垂直带土壤动物群落特征;长白山哈尼泥炭地 7 种苔藓分布与环境关系研究;长白山区泥炭地有壳变形虫与环境关系 RDA 和 CCA 分析对比;小匣三角嘴虫(*Trigonopyxis arcula*)壳体在哈尼泥炭地的发现及环境意义;泥炭记录的古环境半定量—定量重建的若干问题;长白山旅游地生命周期探析;基

于决策树的长白山地区土地利用/覆被分类研究; 长白山区中朝边界土地利用/覆被变化及生态安全研究; 近 23 年通化市土地覆被/利用变化特征分析; 长白山地区土地利用变化对生态系统服务价值的影响; 长白山地区生态安全诊断及多空间尺度生态安全评价; 基于 DPSIR 的长白山地区生态安全诊断与评价模型构想; 基于 GIS 的白山地区生态脆弱性评价; P—S—R 模型下的延边朝鲜族自治州生态安全评价研究; 长白山多源空间数据集成标准体系构建研究; 主成分和小波变换相结合的长白山地区遥感数据融合; 基于 MODIS 影像的长白山区植被含水量监测研究; 面向对象方法的土地覆被信息提取研究; 基于 SVM 方法的长白山森林植被信息提取研究; 基于 TM 影像的长白山地区景观格局变化分析; 长白山地区生态环境质量遥感评价研究; 长白山森林土壤多角度高光谱偏振反射影响研究等。

本文集是《长白山地理系统研究》系列的延续, 是在理清东北师范大学半个多世纪关于长白山地理系统研究的历史脉络和科研积累的基础上, 对长白山地理系统与生态安全研究多学科综合发展方向的拓展, 为深化对长白山独特地理系统的认识和管理提供基础。在此我们感谢所有作者和对这些科学研究给予各种帮助和资助的部门、单位和个人。愿长白山研究更加具体化、系统化, 走向成熟, 走向世界。

王野乔 吴正方

长白山区寒温带森林火灾与环境关系 RDA 和 CCA 分析对比	46
小斑三角嘴鸟 (<i>Trigonopysch aralis</i>) 类体在哈巨泥炭地的繁殖及环境意义	51
长白山高寒水环境水质变化规律研究	62
基于 DPSIR 的长白山地区生态安全诊断与评价模型构想	71
基于 GIS 的白山地区生态脆弱性评价	89
长白山火山灾害评价与预警趋势分析	101
长白山地区土地利用变化对生态系统服务价值的影响	109
基于 MODIS 影像的长白山遥感植被含水量监测研究	113
面向对象方法的土地覆被信息提取研究——以长白山自然保护区为例	123
基于 SVM 方法的长白山森林植被信息提取研究	133
长白山森林土壤多角度高光谱偏振反射影响研究	143
长白山多源空间数据集成标准体系构建研究	153

目 录

关于“长白山国际地缘生态安全与数据集成”科技创新平台	1
..... 王野乔 吴正方 袁孝亭 袁 星 张洪岩 张继权 许嘉巍 冯 江	
长白山植被生态地理研究进展	7
..... 陶 岩 殷秀琴	
长白山土壤动物生态地理研究现状与展望	18
..... 殷秀琴 辛未冬 蒋云峰	
长白山红松针阔混交林种内、种间竞争关系研究	24
..... 陶 岩 殷秀琴 辛未冬	
长白山北坡垂直植被带典型植物的植硅体形态特征	31
..... 介冬梅	
长白山哈尼泥炭地 7 种苔藓分布与环境关系研究	41
..... 陈 旭 卜兆君 王升忠 李鸿凯 姜丽红	
长白山区泥炭地有壳变形虫与环境关系 RDA 和 CCA 分析对比	48
..... 李鸿凯 马云艳 卜兆君 王升忠 赵红艳	
小匣三角嘴虫 (<i>Trigonopyxis arcula</i>) 壳体在哈尼泥炭地的发现及环境意义	55
..... 李鸿凯 陈 旭 王升忠 卜兆君	
图们江流域水环境质量变化规律研究	62
..... 王 微 王 宁 袁 星	
基于 DPSIR 的长白山地区生态安全诊断与评价模型构想	71
..... 伊坤朋 张继权 佟志军 刘兴朋 蒋新宇	
基于 GIS 的白山地区生态脆弱性评价	81
..... 刘丙新 佟志军 张继权	
长白山火山灾害评估与喷发趋势分析	89
..... 龚文婷 张继权 佟志军 刘兴朋	
长白山地区土地利用变化对生态系统服务价值的影响	101
..... 社会石 刘志明	
基于 MODIS 影像的长白山区植被含水量监测研究	109
..... 刘 敏 黄 方	
面向对象方法的土地覆被信息提取研究——以长白山自然保护区为例	115
..... 齐义娜 黄 方	
基于 SVM 方法的长白山森林植被信息提取研究	123
..... 张汉女 黄 方	
长白山森林土壤多角度高光谱偏振反射影响研究	129
..... 韩 阳 赵云升 赵乃卓 李 潜 吕云峰	
长白山多源空间数据集成标准体系构建研究	137
..... 张正祥	

长白山旅游地生命周期探析·····	周丽君 杨青山	145
东北地区植被过渡带定量研究·····	杜海波 吴正方 李 明	151
长白山地区生态环境质量遥感评价研究·····	齐 新 黄 方	160
近 23 年通化市土地覆被/利用变化特征分析·····	张婧婧 黄 方 王 颖	168
长白山典型禾本科植物植硅体形状系数研究 ·····		
····· 王 婷 介冬梅 郭梅娥 葛 勇 李荣麟 王刘奎		178
近 50 年长白山地区农业气候条件变化及农业生产对气候变化的响应研究·····		
····· 彭 菲 靳英华 彭 聪 肖 荣 贺欣欣		189
长白山地区植被物候空间格局·····	李 明 吴正方 秦丽杰 孟祥君	199
基于 TM 影像的长白山地区景观格局变化分析 ·····	刘 杨 刘志明	208
主成分和小波变换相结合的长白山地区遥感数据融合·····	朱 锋 刘志明	217
延边朝鲜族自治州农作物虚拟水时空分异特征研究 ·····		
····· 秦丽杰 张 辉 王树生 宗盛伟 李 明		225
基于景观格局指数的小流域非点源污染研究·····	刘 特 王 宁 袁 星	232
图们江干、支流沉积物重金属污染调查与风险分析 ·····		
····· 曾 滔 柏建雯 王 宁 袁 星		238
长白山北坡林线岳桦种群与土壤关系的研究·····	王晓东 刘惠清	247
长白山红景天不同类型迁地保护地土壤理化性质对比分析 ·····		
····· 张 丽 许嘉巍 王绍先		257
长白山自然地理研究的几个主要问题·····	许嘉巍 张飞虎	266
长白山针阔混交林带退化生态系统土壤呼吸变异特征研究 ·····		
····· 梁 宇 许嘉巍 王绍先		272
长白山火山灰土壤地理发生特征研究·····	许林书 曹龄月	281
长白山区森林资源的对应分析研究·····	张 霞 杨令宾	306
长白山地区生态安全诊断及多空间尺度生态安全评价 ·····		
····· 伊坤朋 张继权 佟志军 刘兴朋		313
长白山北坡垂直带土壤动物群落特征 ·····		
····· 赵 杰 殷秀琴 蒋云峰 王星丽 王富斌 张丹丹		326
对长白山火山成因的考证·····	张洪岩	338
长白山植被垂直带谱的数字识别及分析·····	孙 瑜 张洪岩 焦 刚	348
长白山区中朝边界土地利用/覆被变化及生态安全研究 ·····	张 强 张洪岩	353
基于决策树的长白山地区土地利用/覆被分类研究 ·····	赵建军 张洪岩 乔志和	366

图们江流域土壤侵蚀的定量分析	范萌萌 张洪岩 何当当	374
P—S—R 模型下的延边朝鲜族自治州生态安全评价研究	曲家媛 张洪岩 钱建军	381
情景驱动的长白山火山灾害风险评价与区划	张继权 佟志军 刘兴朋 张 琪 龚文婷	388
2010 年松花江南源暴雨洪水分析	苏明涛 张 郁	407
泥炭记录的古环境半定量—定量重建的若干问题	赵红艳 李鸿凯 王升忠 卜兆君 韩 毅 马云艳 焦文建	412
偏振遥感的回顾与展望	孙仲秋 赵云升 李少平	420
洗衣粉溶液偏振反射特性研究——以模拟长白山地区水环境为例	李少平 赵云升 孙仲秋	427
长白山红松阔叶林不同林隙土壤性质对比研究	宗盛伟 秦丽杰 靳英华 王树生	432

关于“长白山国际地缘生态安全 与数据集成”科技创新平台

王野乔 吴正方 袁孝亭 袁 星 张洪岩 张继权 许嘉巍 冯 江

(东北师范大学城市与环境科学学院)

为了强化对长白山地理系统的研究,凝练科学研究方向和人才队伍建设,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。该平台采用多学科和交叉学科的综合科技手段,地面调查研究与遥感观测结合、全球定位系统定位与地理信息系统数据集成的方法,结合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与规律,以充实和拓展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研究提供科学基础和实践管理的依据。

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。长白山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。山地海拔多在800~1500 m,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民主主义共和国接壤的以白头山为主峰的山地,为东北山地的最高部分。

长白山地处中纬度欧亚大陆东岸,隔日本海与太平洋相望。中、新生代以来中国东部环太平洋带若干构造岩浆特点的形成与亚洲大陆板块和太平洋板块之间沿西太平洋深断裂带的相互作用而产生的北东到北北向环太平洋断裂系统的形成和发展有密切关系。在新第三纪喜马拉雅运动达到高潮时,沿新华夏系的老断裂再度复活,或产生新断裂,为地下深部岩浆上升活动提供了良好的通道。长白山位于华夏系与东西构造带的复合点,在构造上是一个脆弱点,从而导致长白山区的火山活动。长白火山群在新第三纪至第四纪期间曾多次活动。早期以裂隙喷发为主,大量基性岩浆充满山间盆谷,形成大面积的熔岩被。未被淹没的基岩山峰突出于熔岩面上,成为岛状孤山或丘陵。后期活动以中心喷发为主,喷溢的岩浆由基性转为硷性,黏性加大。最后在广阔的熔岩台地上形成了复式锥状火山。长白山火山锥体由粗面岩组成,矗立于熔岩高原的中心,锥体顶部成巨大椭圆形火口湖——长白山天池(白头山天池)。长白山第一高峰白头峰海拔高度为2749 m。

亚洲大陆与太平洋气压场的配置使长白山地呈温带大陆性季风气候。春季风大而干燥,夏季温热多雨,秋季凉爽,冬季漫长寒冷。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了主导作用。由于地形、气候、水文等因素的共

同影响,长白山锥体区的植被和土壤呈明显的垂直带状分布。海拔 600~1 600 m 之间为山地阔混交林带,占有最大垂直宽度。海拔 1 600~1 800 m 之间为山地暗针叶林带。海拔 1 800~2 100 m 之间为岳桦林带。海拔 2 100~2 400 m 为高山苔原带。海拔 2 400 m 以上为高山荒漠带。

长白山是欧亚大陆北半部最具代表性的典型自然综合体和物种基因库。长白山的生态屏障作用及其生态安全问题至关重要。中国于 1960 年在长白山建立了以长白山天池(白头山天池)为中心,中国境内总面积为 196 465 hm² 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 1979 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。

长白山区人文历史悠久,多民族文化并存。长白山曾经受到历代帝王的关注。特别是金、元、清等朝代更是视长白山为祖先发祥地,推崇长白山为神山圣地。清皇朝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。

长白山是松花江、鸭绿江和图们江等国际河流的源头。国际河流的水资源与水环境问题,跨国界地区水和空气污染问题等正在成为影响国际关系的焦点问题。图们江地区的国际合作开发是东北亚各国高度重视的国际合作项目,是联合国和其他国际组织参与的地区性项目。长白山地区的保护和开发与之密切相关。

中国对长白山的科学研究始于 20 世纪 50 年代。东北师范大学对长白山地理系统的研究已经有 50 余年的历史和科学积累。研究领域包含地质、地貌、水文、土壤、气候、动植物等学科,内容涉及区域开发、环境科学、景观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^[1~3]。例如在 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》上发表了论证长白北坡自然景观带的论文^[4]。从 70 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。1981 年在国内首次出版了《长白山地理系统论文集》。90 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。此前我们关于国际地缘的区域性研究没有突破性进展,对人类活动的基础调查研究相对较弱,基于可持续发展的人地关系研究尚未达到系统深入。

生态安全是科学发展观的关键内容之一,是实现经济社会与生态环境和谐发展的科学内涵,是保障国家安全的重要组成部分,是维系国家或地区经济社会可持续发展的基础。生态安全研究的核心内容是关于人类与自然环境之间如何保持基本平衡的问题。主要的平衡关系包括人类生存和发展需求与自然资源和环境的承载力,及其维系为其需求提供可持

续资源与环境的能力之间的平衡；不同政治和地理地域，包括政治、宗教、种族、国度等，在人口增长与发展要求之间的平衡；人类生存发展需求与其他物种生存发展需求之间的平衡；以及人类和其他广谱微生物之间的平衡^[5]。任何对以上平衡关系的破坏都会导致不同程度、尺度、强度的对生态安全的威胁和破坏。关于生态安全的研究其实是关于地理系统和人地关系研究的目的所在，是可持续发展理论和研究的延伸。世界范围内普遍存在的环境恶化、资源枯竭、人口增长压力所带来的问题等对生态安全问题研究提出了新的要求。长白山独特的地理与生态系统结构、自然资源组成、国际地缘的地理位置及其与周边国家在政治、经济、资源、环境等方面存在的不可分割的多重关系，使对其生态安全的研究成为东北亚地区生态安全研究的重要组成部分。

2000年，中国国务院发布的《全国生态环境保护纲要》中首次明确提出“维护国家生态环境安全”的目标。《国家中长期科学和技术发展规划纲要》和《“十一五”期间国家突发公共事件应急体系建设规划》中对气候变化、灾害风险与生态安全予以高度关注，并列出了重点支持领域：全球环境变化监测与对策、防灾减灾、生态安全等领域。生态环境问题被纳入国家危机事件管理的重大突发性事件之一。

围绕全球变化的区域响应、地球表层系统的环境效应、灾害与污染防治、区域可持续发展等重点研究的论题，长白山地区的生态安全正在受到关注。国际地缘生态安全的研究尚属起步阶段。“长白山国际地缘生态安全与数据集成”科技创新平台以遥感数据和地面长期观测数据为基础，以地理信息系统为依托，借鉴多学科的数字模型和模拟方法，通过数据集成，对长白山区国际地缘生态系统复合体的生态安全因素进行分析，开展生态系统对全球气候变化及人类活动生态响应的研究，探索生态环境的演变过程、规律和原因及其未来发展趋势。其研究方向为以下几个主要方面。

一、人类活动与长白山生态系统安全

1. 长白山区国际河流的生态系统安全

调查以长白山为源头的松花江、图们江和鸭绿江流域等国际河流的水资源、水质、水土流失及其污染治理的基本数据，评价长白山生态系统对流域水资源承载力和为水环境质量提供生态功能服务的现状；以流域自然特征和生态系统健康为基础，从宏观、中观、微观三个层面开展环境问题的研究。重点分析河流水质、底泥和土壤在不同河段的变化，区域开发带来的典型水环境问题，特征污染物时空分布和迁移规律，水资源的国际争端以及引起其变化的人口增长、产业开发和城市化因素；确定以保护国际河流的生态系统安全、流域环境质量修复为目标的主要污染物控制和水污染治理方案、多尺度水质在线监测、遥感预测和水质水量优化调控技术，水污染应急预案，开展流域水质监控、预警和综合管理的示范研究。

2. 长白山区人类活动的时空变化

开展长白山区人类活动历史数据的调查，包括：自近代以来人口增长与分布、耕地扩展的时间、空间数据；经济发展数据，如人口与聚落、GDP、工业化、交通网络（公路、铁路、港口等）、对外贸易、主要产业、“开发区”、生态与环境保护措施等数据；及与此相关的土地利用变化及其对长白山生态系统的影响；研究人类活动的时空过程和形成的空间格局，基于人类活动—社会经济发展增量相对于生态安全的阈值，提出威胁长白山生态

系统安全的不同前景。

二、长白山景观生态格局及演变趋势

1. 长白山区气候变化及人类活动的生态响应

从高山林线、群落结构、植被分布、植被生产力和碳循环等方面研究和构建长白山气候植被模型,研究气候变化对长白山植被的影响,研究气候变化影响的敏感性和脆弱性评估方法、指标和模型,研究人类活动干扰下的生态系统结构和过程对气候变化的响应,揭示生态安全的时空格局在气候变化背景下的演变趋势,为制定适应与减缓气候变化影响的区域生态系统可持续发展模式提供科学依据。

2. 长白山区土地利用/土地覆被变化及趋势

通过科学考察、遥感解译、定位监测及景观结构的分析方法研究在人类活动影响下,土地利用/土地覆被变化对长白山景观破碎化的影响及其后果。研究土地利用过程与土壤资源的演化、土壤资源退化方式与退化过程及土壤性质演化趋势、长白山火山活动与土壤形成与演化、地貌格局与土壤空间演替。通过分析景观类型的重要值、形状、分离度等指标的变化,特别是对人类活动反应较敏感的交错带宽度、物种多样性、斑块密度、面积等指数的变化,揭示不同空间尺度的景观单元对人类活动的生态响应及未来的演变趋势;从景观类型和景观区域两个层次建立生态安全的判定指标。

3. 长白山生态安全指示性生物物种的变化

采用野外调查与遥感、地理信息系统和全球定位系统技术相结合的方法,对长白山地区主要植被类型的多样性、群落结构特征、分布状况进行研究,分析主要植物物种生态安全格局的源、缓冲区、源间连接、生态通道与战略点,探讨指示性植物种对生态安全的响应。

在长白山地区土壤动物群落区系组成和多样性野外调查的基础上,研究土壤动物群落结构特征和生态地理规律,比较不同人类活动强度对土壤动物群落的影响,探讨土壤动物群落和生态分布对生态安全的响应,寻求该地区的指示性土壤动物。选取对生态安全与环境变化反应敏感的指示生物种群及群落,定位研究长白山生态安全指示生物物种种群与群落动态变化的机理。

4. 长白山灾害风险与生态安全

利用历史数据、定位监测数据及其遥感技术和三维模型模拟技术,进行区域尺度和典型类型的灾害成灾机理、监测预警、风险评价、风险防范措施和应急管理体系研究与区域生态风险评价、预警、安全评价和对策研究;建立长白山灾害风险数据库和预警系统及应急预案;从资源环境现状、资源环境压力和人文环境响应三个方面判断影响长白山生态系统安全的要素,评价生态系统安全状态,提出生态系统安全阈值。

三、长白山国际地缘生态安全数据集成

1. 长白山国际地缘生态安全的遥感调查与监测

以遥感信息结合地面系统观测手段,定量分析工作区在气候变化和人类活动影响下的景观格局时空变化规律及土地利用与土地覆被变化对区域资源环境和土地生产力的影响。根据历史变化过程和相关野外记录及考察数据,研究变化之间的定量关系,揭示人类活动过程对长白山生态安全的影响。研究利用遥感植被指数 NDVI,对气候变化背景下长白山区净第一性生产力的空间分布格局及季节变化进行研究。

2. 长白山国际地缘生态安全的定量分析模型

基于所建立的数据平台,通过模拟模型工具实现长白山三维数字显示与模拟,从不同高度角、方位角对长白山及毗邻地区的景观格局、资源状况、动态过程、未来趋势进行可视化重现,综合分析长白山及重点地区的地缘生态安全的特点及影响规律,综合评估威胁长白山地区生态安全的主要影响因素,预测其变化趋势,确定历史和现实状况及其可能发生的人类活动和自然变化对生态安全的影响。

3. 长白山国际地缘生态安全信息集成与数据库建设

根据研究的总体目标,建立数据标准化、管理、分发、共享和更新的体系,不仅为各专题研究提供重要基础,也为数据平台的建设提供基本依据。收集整理长白山及毗邻地区既有的资源环境、社会经济等要素及其时空变化的基础信息,利用地理信息系统技术,结合多源遥感信息和野外调查及监测数据,建立多尺度基础地理信息数据库、国际河流及水资源状况专题数据库、生态环境状况专题数据库、社会经济专题数据库及相关领域专家知识库。设计相应的数据库结构,提出数据库的存储、管理和维护方案,建立数据平台,实现长白山及毗邻地区生态安全相关信息的规范化、数字化和可视化管理。

环境在变化,科学在进步,手段在更新。“长白山国际地缘生态安全与数据集成”科技创新平台以交叉学科的优势为支撑,以理论创新为重点,以技术开发为突破,通过项目实施,促使学科内部发展,人才培养,科研队伍建设。其系统化的研究成果和数据产品将为长白山人地关系的综合研究,为国家和地方政府关于长白山及重点地区生态安全的战略决策提供参考与支持。

参考文献

- [1] 张子桢,《长白山地理系统研究》第一辑(1956~1981)[原《长白山地理系统论文集》第一集(1956~1981),东北师范大学地理系1981年内部发行]. 长春:东北师范大学出版社,2010.
- [2] 王野乔,吴正方,冯江. 长白山地理系统研究:第二辑(1982~1995). 长春:东北师范大学出版社,2010.
- [3] 王野乔,吴正方,冯江. 长白山地理系统研究:第三辑(1996~2006). 长春:东北师范大学出版社,2010.
- [4] 黄锡畴,刘德生,李桢. 长白山北坡的自然景观带. 地理学报,1959,25(6).
- [5] D Pirages, 2005. "From limits to growth to ecological security", in From resource security to ecological security: exploring new limits to growth, D. Pirages and K Cousins, Eds. Cambridge, MA: The MIT Press, pp. 1-20.