

边 地 扬 声



中缅界碑



多元文化



岁月沧桑



公路吊桥



巴坡新寨



逐梦之路

云南地理环境研究

第二十八卷 第二期

二〇一六年四月

中国期刊网
中国学术期刊(光盘版)
万方数据——数字化期刊群
中国学术期刊综合评价数据库 全文收录期刊
中国核心期刊(遴选)数据库
中国科技期刊数据库
中国台湾思博网(CEPS)

ISSN 1001-7852

云 南 地 理 环 境 研 究

第 28 卷

第 2 期

Vol.28 No.2

2016 年 4 月



独 龙 新 镇

云南大学 主办

ISSN 1001-7852



9 771001 785098

04 >

刊号: ISSN 1001-7852
CN53-1079/P

公开发行
国内定价:15.00 元

YUNNAN GEOGRAPHIC ENVIRONMENT RESEARCH

本刊声明

《云南地理环境研究》为学术类科技期刊，国内外公开发行。为加强学术交流，本刊已入编多种数据库。作者稿件一经本刊录用，将同时被“中国期刊网”、“中国学术期刊（光盘版）”、“中国学术期刊综合评价数据库”、“万方数据——数字化期刊群”、“中国核心期刊（遴选）数据库”、“中国科技期刊数据库”、“中国台湾思博网”等全文收录。作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。作者向本刊投稿，即视为同意将文章编入以上数据库。

云南地理环境研究
YUNNAN DILI HUANJING YANJIU
(双月刊 1989 年创刊)
第 28 卷 第 2 期 2016 年 4 月出版
国内统一刊号 CN53-1079/P

YUNNAN GEOGRAPHIC
ENVIRONMENT RESEARCH
(Bimonthly Started in 1989)
Vol.28 No.2 Apr., 2016
国际标准刊号 ISSN 1001-7852

主 管 云南省教育厅
主 办 云南大学
主 编 林文勋
副 主 编 徐 旌
出版发行 《云南地理环境研究》编辑部
(昆明市学府路 20 号，邮政编码：
650223 电话：0871-65134021
电子邮件：1423307537@qq.com
网络地址：//www.ger.ynu.edu.cn)
国外发行 中国国际图书贸易总公司
(北京 399 信箱 100044)
印刷装订 云南千帆印务有限公司

Editor: Editorial Office of YGER
Yunnan Institute of Geography
(20 Xuefu Rd., Kunming 650223, China.
E-mail: 1423307537@qq.com
http: //www.ger.ynu.edu.cn)
Editor-in-Chief: LIN Wen-xun
Publisher: Editorial Office of YGER
Distributor: Editorial Office of YGER
Abroad: China International Book Trading
Corporation (GUOJI SHUDIAN)
(P.O.Box 399, Beijing 100044, China)
International Periodical No.: 4101 (BM)

王 喆等：普洱市人工桉树林种植区植被覆盖时空变化研究

图版 I
Plate I

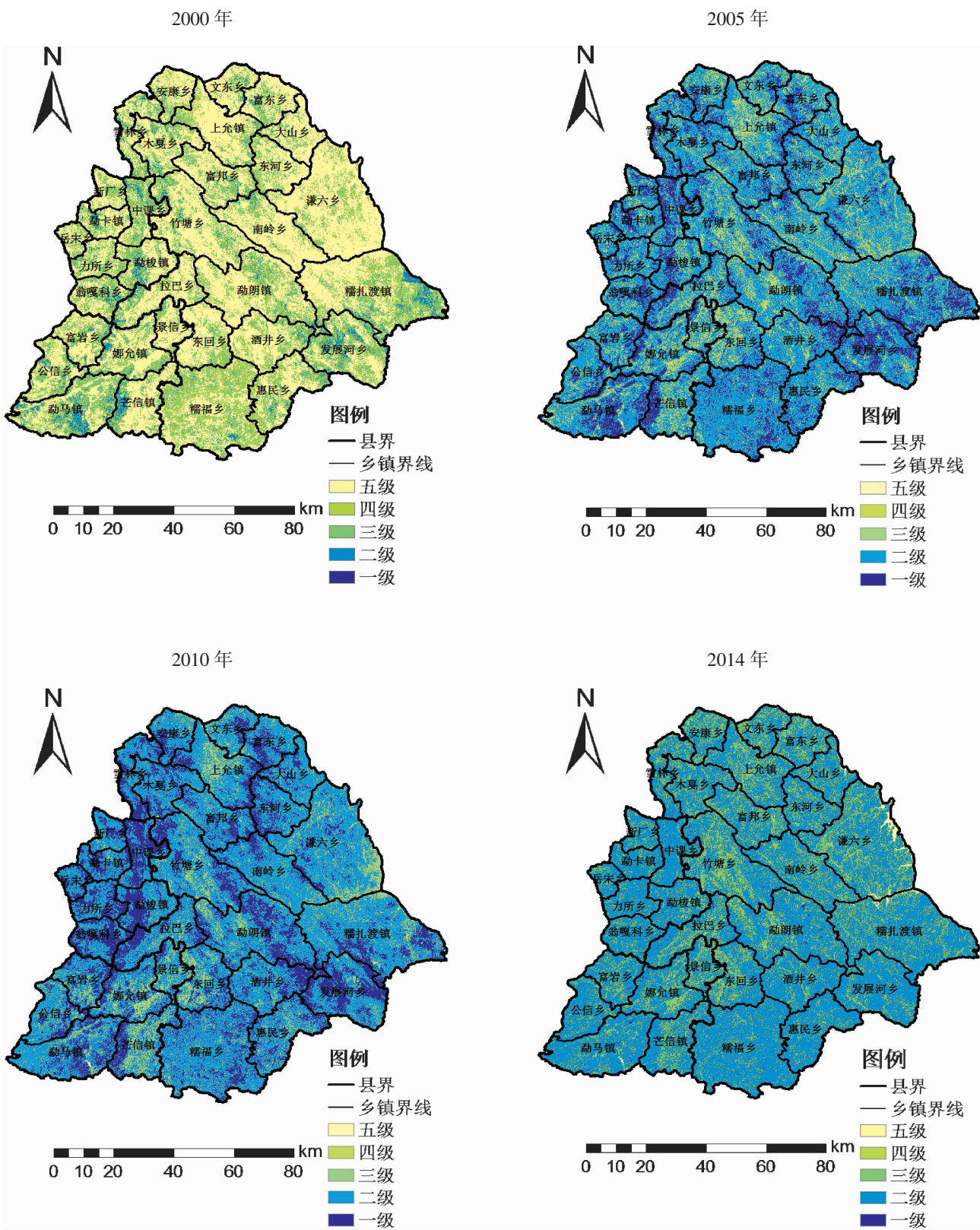


图 4 研究区 2000、2005、2010、2014 年植被覆盖等级图
Fig. 4 Map of vegetation coverage grade in 2000, 2005, 2010, 2014

云南地理环境研究

第 28 卷 第 2 期 2016 年 4 月

目 次

基于 Forest Simulator BWINPro 的云南松林经营模拟分析	姜小璐, 廖声熙, 崔 凯 (1)
普洱市人工桉树林种植区植被覆盖时空变化研究	王 喆, 赵筱青, 张龙飞 (7)
昆明城市化过程中土地利用变化及景观梯度分异	刘振祥, 冯 石, 刘 燕 (15)
江苏省县域城镇化与农村发展协同演化研究	刘梦迪, 沈正平, 仇方道 (21)
云南山区县域资源环境承载力评价研究	
——以陇川县为例	张 翊, 李银富, 茶增芬 (29)
基于 AHP 的西宁市人口压力变化分析	刘满家, 李玲琴, 王于楠 (35)
中国地理学会会员的空间分布及地域差异	王 倩, 尚志海 (41)
基于水匮乏指数模型的朝阳市农村地区水安全评价	高 跃, 张 戈, 郭晓葳 (48)
基于信息流的遗产地解说系统评价	
——以红河哈尼梯田文化景观遗产为例	向东福, 查智琴, 王 梅 (53)
基于 DEM 数据的达日断裂构造地貌研究	游建飞, 李 勇, 王腾文 (60)
浅谈芒市气候资源及气候优势	闫信会 (67)
2016 年 1 月 23 ~ 25 日玉溪首场强降温、雨雪天气过程分析	崔晓娟, 王 宝, 姚秀奎 (73)
照片: 独龙新镇	徐 旌 (封面)
照片: 边地扬声	徐 旌 (封底)

YUNNAN GEOGRAPHIC ENVIRONMENT RESEARCH

Vol. 28 No. 2 Apr. 2016

CONTENTS

Simulation Analysis of Forest Management of <i>Pinus Yunnanesis</i> Based on Forest Simulator BWINPro	JIANG Xiao - lu, LIAO Sheng - xi, CUI Kai (6)
Research of Temporal and Spatial Changes of Vegetation Cover in Eucalyptus Plantation in the Three Counties Bordering Pu'er City	WANG Zhe, ZHAO Xiao - qing, ZHANG Long - fei (14)
Land Use Change and Gradient Differentiation of Landscape in Kunming During Its Urbanization	LIU Zhen - xiang, FENG Shi, LIU Yan (47)
Coevolution Study of the County Urbanization and Rural Development in Jiangsu Province	LIU Meng - di, SHEN Zheng - ping, QIU Fang - dao (28)
Research on Resource Environmental Bear Capacity of Yunnan Mountain Area ——A Case Study of Yunnan Longchuan	ZHANG Yi, LI Yin - fu, CHA Zen - fen (34)
Analytic Hierarchy Process (AHP) to Analyze the Changing Process of Population Pressure in Xining City	LIU Man - jia, LI Ling - qin, WANG Yu - nan (40)
Geographical Distribution and Regional Differentiation of the Geographical Society Members of China	WANG Qian, SHANG Zhi - hai (47)
The Water Security Problem in Rural Areas of Chaoyang City	GAO Yue, ZHANG Ge, GUO Xiao - wei (52)
Evaluation on the Interpretation System of Heritage Sites Based on Information Flow ——A Case Study of the Cultural Landscape Heritage of Honghe Hani Rice Terraces	XIANG Dong - fu, ZHA Zhi - qin, WANG Mei (66)
Tectonic Geomorphologic Analysis of Dari Fault Based on the DEM	YOU Jian - fei, LI Yong, WANG Teng - wen (66)
Introduction to Mangshi Climatic Resources and Climate	YAN Xin - hui (72)
The Weather Process Analysis of First Strong Cooling, Rain and Snow in Yuxi From 23 to 25 Jan 2016	CUI Xiao - juan, WANG Bao, YAO Xiu - kui (78)

基于 Forest Simulator BWINPro 的 云南松林经营模拟分析

姜小璐¹, 廖声熙^{2*}, 崔 凯²

(1. 西南林业大学, 云南 昆明 650224; 2. 中国林业科学研究院 资源昆虫研究所, 云南 昆明 650224)

摘要:以云南省一平浪林场为研究对象,以 Forest Simulator BWINPro 为工作平台,通过建立云南松等主要造林树种的生长模型数据库,实现 20 年生云南松林动态生长经营模拟。结果表明:该模拟系统可以无缝衔接多树种的林分生长和收获模型,对云南松林生长经营从单木和林分两个层面进行可视化展示。应用森林经营模拟技术,可实现林分生长以及未来状态的可视化模拟,实现林分动态监测,为不同时期云南松林经营管理提供参考。

关键词: Forest Simulator BWINPro; 云南松; 生长模型; 经营模拟

中图分类号: TP391.9; S757

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852(2016)02-0001-06

0 引言

森林是一个复杂的、动态的、多功能的复合生态系统,是支撑与维持地球的生命支持系统^[1]。为解决中国的森林资源人均拥有量低下和林业快速发展水平面临的矛盾,森林管理者提出“林业可持续发展”的战略目标。实现林业可持续发展首要任务是及时掌握森林资源现状、森林生长情况及其消长变化规律。随着计算机和数据通信技术迅猛发展,计算机成为林业领域中最新最有力的手段^[2],林分动态监测管理已发展成人机交互式的森林模拟经营管理。

近年来,用计算机辅助决策技术建立一个林木生长与可持续经营的通用型动态模拟系统,实现对森林资源生长、经营进行动态模拟和监测,及时、准确、快速地提供最新和未来资源信息。同时,通过使用通用的数据结构和功能(如生长、死亡、竞争、模拟等),可以实现一个系统用于多个树种或

地区模拟。近年来常用的计算机辅助模拟系统有 LMS^[3]、FORECAST^[4]、MUSE^[5]、CAPSIS^[6] 和 Forest Simulator BWINPro^[7] 等,Forest Simulator BWINPro 为德国下萨克森州森林研究所研究人员花费 20 多年开发而成,是一个通用型林分经营动态模拟系统,允许使用、调整和建立不同的生长模拟过程,首个版本的 BWIN 在 1995 年基于 Pascal 语言开发完成^[8]。1998 年该系统发展成两个用于解决不同问题的独立系统:造林决策支持系统(BWINPro)和森林资源清查系统(KSP)。基于造林决策支持系统(BWINPro)开发的 Forest Simulator BWINPro 提供可视化功能,不仅拥有通用型动态模拟软件的优点,还具备对各经营措施的结果初步分析评价功能^[9]。德国将其应用于不同地区不同领域,包括森林服务和公众林地分析、营林战略规划、教育和森林资源介绍等,墨西哥等国家也已经对该系统进行引进研究及应用^[10,11]。中国林业科学研究院资源昆虫研究所 2010 年引入 Forest Simulator BWINPro 系统并进行了本地化,在此基础上拟合了

收稿日期: 2016-02-23; 修订日期: 2016-04-07.

基金项目: 国家 863 计划课题(2012AA102002)和国家林业局“948”项目(2012-4-71)部分内容.

作者简介: 姜小璐(1991-),女,山东省烟台市人,硕士研究生,主要从事森林资源管理方面研究.

* 通信作者: 廖声熙(1973-),男(侗族),贵州省黎平县人,副研究员,博士,从事森林经营与培育研究.

云南松等主要造林树种的生长模型,并对云南松林分经营过程进行模拟,分析评价模拟经营结果,为制定云南松林可持续经营措施提供基础数据。

1 研究对象与方法

1.1 软件平台

Forest Simulator BWINPro 由德国下萨克森州森林研究所(NFV)主持开发,是一个共享、便捷的森林模拟系统。作为一个通用型模拟器的模拟软件,其侧重点在于对单个林分进行未来生长和收获情况进行模拟。借助该软件可以实现:(1)整合、应用现有的单木生长模型;(2)依照不同经营方案对林分进行动态可视化模拟;(3)以图、表等形式输出模拟结果;(4)共享过程、结果和方法;(5)将模拟结果推送至森林经理人员并进行分析。其主要价值在于预测设定林分的未来发展趋势和展示不同的森林经营管理策略对林分生长造成的结果。

该软件 3 个主要的模块为:模型数据库、模拟规则和模拟结果的演示。数据库模块包括:(1)原始数据;(2)模型参数、决策变量的默认值和阈值等系统参数;(3)数据输入后生成的数据集。运行规则在数据库初始化处理、调用后台模型及参数、生长砍伐收获死亡的预测、结果计算和可视化等方面都有重要作用。结果的演示包括:(1)林分动态可视化;(2)单木、林分信息表;(3)图、表及报表。

1.2 研究对象与方法

1.2.1 研究对象及模型数据库构建

针对云南松林分进行模拟经营,在已有模型和参数列表的基础上确定基本数据,结合模型校正完成数据输入。以廖声熙等^[12]提出的滇中高原云南松林生长过程和生长模型为参考,对滇中地区云南松林分进行样地调查,在云南松天然次生林中设置标准地,每木检尺,记录树高、胸径等指标,结合云南松的生长规律进行建模。为使模拟方便快捷,设定模拟林分的大小为 0.2 hm^2 的方形林地,云南松林起始年龄为 20 年,平均直径 10.7 cm,平均树高 9.7 m,模拟步长为 5 年。

在 Forest Simulator BWINPro 系统中所有输入和输出的林分数据格式被定义为 XML 数据文件。Xml(可扩展标记语言)是一种简单的数据储存语言,这使得研究过程中数据的输入与输出简洁方便^[13]。原 Forest Simulator BWINPro 树种模型所必须的信息

包括:树高曲线、直径分布、冠基、冠幅、材积、树高增量变量、直径增量变量、根总生物量等 19 个单木模型和树种代码、拉丁名、群落代码、冠型、颜色等 19 个树种参数。

1.2.2 云南松林模拟参数设置

树种模型数据输入完成后,进入系统操作页面,设置所模拟林分的基本林地信息,在“模拟设置”操作界面,对林分实施动态的经营措施模拟。依据择伐条件,借助系统内生生长、随机生长以及风险处理过程对林分进行林分经营模拟可以对所模拟的林分进行自定义的经营措施。需要说明的是:由于所设置林分面积较小,故林分内不设置集材道;本研究所模拟的林分其经营目的为获取大径级木材,故云南松经营目标胸径设定为 25 cm,同时对于样地林分除了保护胸径超过 50 cm 的大径级林木外不做过多的生态保护处理。根据林分的经营目的确定进阶树种为云南松,同时在模拟过程中尽可能降低人为影响,选用天然更新方式进行更新。依据《森林采伐更新管理办法》的相关规定,在本研究中设定择伐强度最大值不超过 40%,并设定了林下植被及林下地被物对林木生长的相关影响因子。操作“模拟设置”完成后,即可通过“开始模拟”按钮进行多年连续的生长经营模拟,实际上,该系统已经将模拟工作分给了不同的树种生长模型。通过图形、图表以及文字的形式对于结果进行输出,根据曲线的变化趋势,既可以反映林分的生长潜力。

1.2.3 林分经营模拟

该软件采用与距离相关的单木生长模型,与其它模拟平台不同,立木的位置取决于输入信息。单次模拟的持续期以年为单位,在每个模拟期进行时,首先执行设置的经营措施,然后执行生长和死亡预测,模拟流程见图 1。在该模拟系统中共设有两方面的死亡率,一是与年龄相关的死亡率,对每棵树的年龄与死亡关系进行专业的预估。乔木树种超过规定年龄的死亡率为 10%,随机抽取 0 和 1 之间的随机数,若这个随机数小于或等于 0.1 该树确认死亡。二是与竞争相关的死亡率,采用树冠竞争指数 C66^[14](特定高度的郁闭度)来判定,只要超过指定郁闭度临界值则死亡,直到没有树冠超过临界水平。C66 取值在每次有树木枯死后重新计算。完成死亡率的确认后,开始计算胸径、树高、冠幅和冠基的生长情况。模拟林分内直径的分布通过函数随机数确定,威布尔函数用于确定比目标直

径大的林木直径,若平均直径减去最大直径和平均直径的差值小于设定值,模拟器将自动由威布尔分布切换到正态分布。单木树高的增长量由两部分组成,即树高潜力增量和树高曲线,潜在增长可以纠正树高曲线的计算结果。在模拟中估计单木胸径和树高生长后,需要基于结果,重新计算冠基和冠幅,由冠基、冠幅函数分别返回一个较小的值,保留旧值。同时可依据经营目的,有选择的进行进阶生长设置,模拟过程忽略风灾、雪灾、火灾和病虫害等不良因素的干扰。单个步长模拟完成后,重新计算竞争因子,将活立木年龄增加模拟时间,同时重新计算冠基和冠幅,再次核算单木材积,更新系统中所有相关窗口的数据内容。

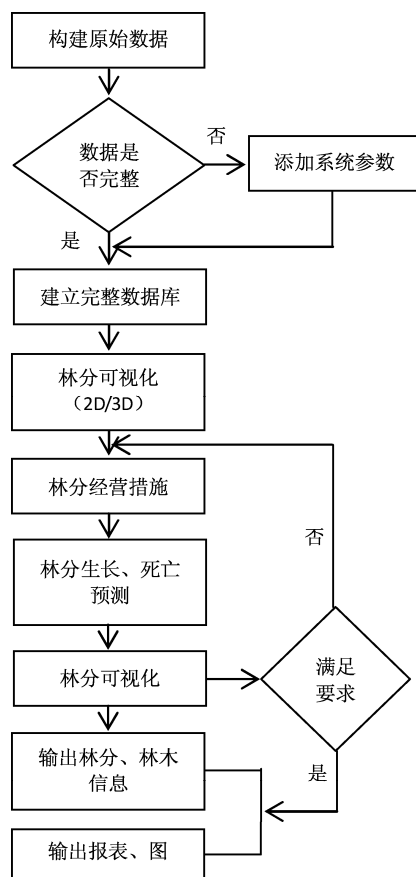


图1 Forest Simulator BWINPRO 工作流程

Fig. 1 Work process of Forest Simulator BWINPRO

2 云南松林生长经营模拟结果

2.1 林分经营过程空间可视化

Forest Simulator BWINPro 软件的林分空间可视化功能可以直观的展示单木和整个林分模拟初期的基本情况,经营管理者据此直观了解林分现状,比

表格文字更具说服力,为林分经营决策的制定提供技术支持。在系统的“林分图”部分进行初始林分信息的可视化表达(图2)。对虚拟样地的显示和模拟结果有2D视图(图b)或3D视图(图a)两种互动形式。其中3D状态下,用户可以在平行投影窗口内自主标记林木,红色标记代表间伐木或收获木,蓝色标记代表主伐木,绿色标记代表暂定主伐木,黄色代表生境保护树。每次模拟完成后,所有窗口信息都随之更新,模拟过程中可以对林分的管理和模拟结果进行保存,可以直接调出使用。林分空间格局的可视化表达与模拟林分的统计数据库可以提供大量关于林分的详细信息,经营管理者可根据这些信息提出相应的作业设计,制定合适的经营管理方案。

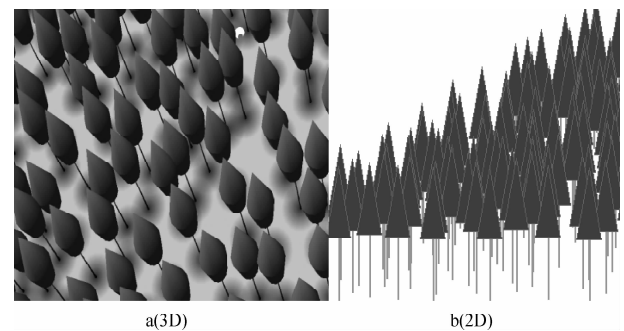


图2 云南松林初始可视化

Fig. 2 Perspective view of initial of *Pinus yunnanensis*

2.2 林分经营效果可视化模拟

在林业工作中,不同时代、不同区域和不同林主对林业经营目标各不相同,为实现林分的特定经营目标,需要对林分经营参数从数量、质量两方面动态调整。在本次模拟过程中,对于经营措施的实

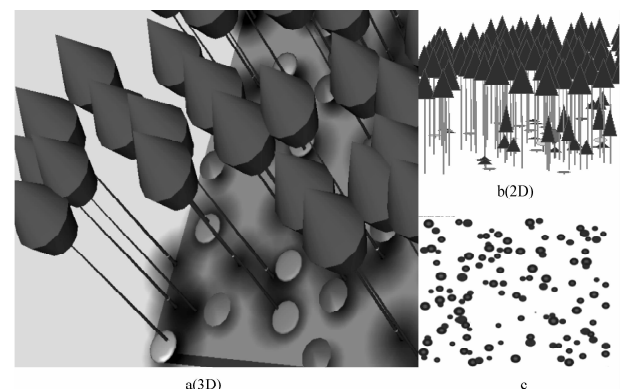


图3 云南松林经营效果状态图

Fig. 3 State diagram for results of management of *Pinus yunnanensis*

施结果,用户可以通过图像即时查看,更多的经营措施可以自定义,这使得本系统在申请过程中更加的灵活多变。图 3 选取的图像是云南松林 60 年时的模拟结果,其中图 c 是林木分布图,在该图中以林木胸径为单位展示林分内林木分布情况,其中红圈表示该林木被系统自动分类为主伐木。

2.3 云南松林经营模拟数据分析

云南松林进行多步长模拟后,云南松林树高、胸径的生长情况见图 4。模拟期间云南松林材积的变化过程如图 5 所示。其中,采用 Dg、Hg 代表云南松林林分平均胸径和树高,采用 Ddom、Hdom 代表云南松林中长势较旺、占据优势地位的优大树的胸径和树高。林分平均胸径、平均树高和优大树胸径、树高随时间变化的曲线整体呈现随树龄增加而增加的趋势,优大树的胸径、树高曲线与林分平均胸径和树高曲线在模拟初期差异较小,随着时间推进,差异变化明显,说明所开展的经营措施得当,云南松林林地生产力得到了有效的提高。其中,20~35 年优大树胸径、优大树树高、林分平均胸径和林分平均树高均保持较高的增长速率,之后 35~50 年增速缓慢,林龄在 50 年后四条曲线出现不同程度的下降,说明云南松树龄在 20~35 年生长潜力最大,之后生长潜力下降,直到 50 年之后,云南松林分整体出现衰弱势头。因此可将此类型的云南松林的经营期限设定为 50 年,针对处于该阶段的云南松林适合实施抚育措施。针对林龄为 50 年的云南松林分,其优大树胸径已达到 28.3 cm,林分平均胸径也已达 21.1 cm,可对其进行主伐作业,获得大径级木材。

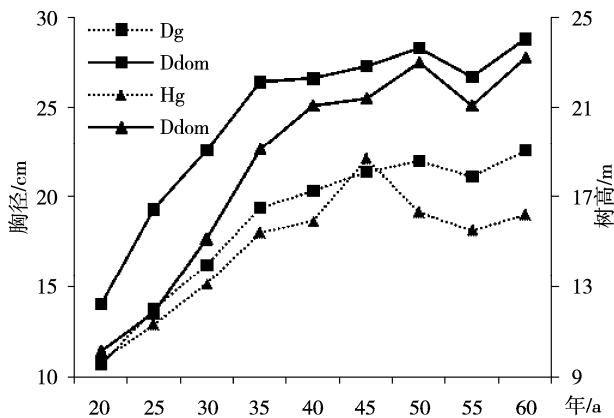


图 4 云南松林树高胸径生长情况

Fig. 4 The growth of high and diameter of *Pinus yunnanensis*

注: Dg 是林分平方平均直径; Hg 是林分条件平均高; Ddom 是每公顷 100 株大树的胸径; Hdom 是每公顷 100 株大树的树高。

模拟期间云南松林的蓄积量变化见图 5, 砍伐量在林龄 40 年之前都远低于蓄积量连年生长量, 这一时期云南松林符合可持续经营的要求, 35 年后云南松林蓄积量连年生长量开始降低, 至 55 年后云南松林蓄积量和主伐木的连年生长量开始上升。说明 20~35 年云南松林发挥了较大的生长潜力, 同时导致这一阶段林内竞争变得激烈, 死亡率增高。故在 20~35 年应实施抚育间伐措施降低林内竞争, 同时采用人工辅助天然更新的手段促进林分更新。而在 40 年后虽然蓄积量连年生长量下降且低于总砍伐量, 但其连年生长量仍比皆伐后同时间段的中幼龄林连年生长量大, 故建议林分保留, 但此阶段应适当降低砍伐量, 持续保持更新直至云

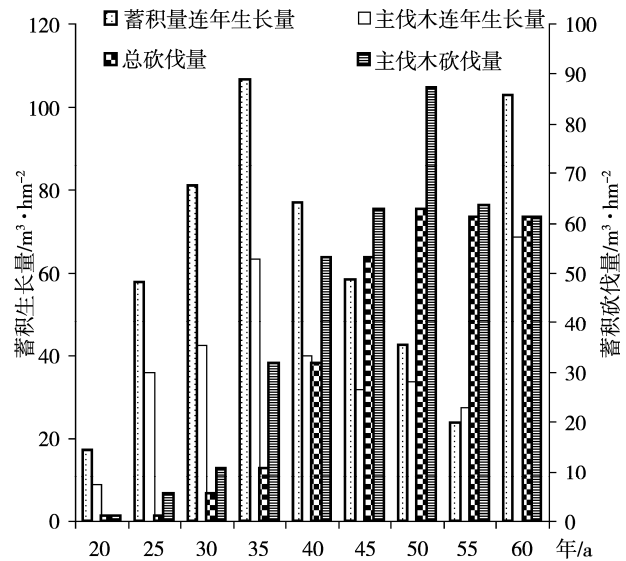


图 5 云南松林蓄积量变化过程

Fig. 5 The process of volume of *pinusyunnanensis*

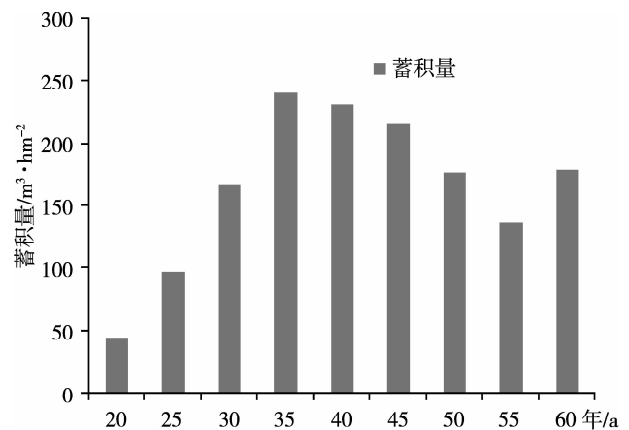


图 5 云南松蓄积量逐年变化图

Fig. 5 Annual change of stem volume in *pinusyunnanensis*

南松林分步入可持续生长状态。云南松林模拟期间的材积变化过程见图6, 云南松林分蓄积量从最初的 $44.6 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 逐年上升, 最高值可达到 $242.1 \text{ m}^3/\text{hm}^2$, 之后逐年降低至 $137.7 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 后回升至 $179.4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。

上述经营模拟结果可以直观的反映在不采取人工更新经营措施的情况下, 云南松林林龄20~60年的生长过程、材积收获量和材积变化过程。森林经营者可借助相关数据参数经过进一步的分析, 优化经营措施, 为得到既利于生产又利于森林生态系统功能发挥的经营模式提供支持。

3 结论与讨论

Forest Simulator BwinPro 是基于生长模型和经营参数的动态可视化模拟系统。系统提供的模拟结果非常丰富, 包括在当前林分状态下的未来发展进程, 林分生产能力(生长量、利用量、产品种类结构等)、生物多样性参数(针-阔叶树种比例、动物生境林木、树种格局和状态描述)、社会经济功能(木材收获成本、集材费用等)、森林资源信息(林分蓄积量、林分类型)等重要的经营效果参考信息, 这些信息将会随林分的立地条件、空间位置和抚育经营处理措施的变化而做出相应的模拟估计, 从而实现林分层面森林经营辅助决策支持。根据系统对云南松林生长和收获模拟, 提出以下经营建议: 由图4可知, 云南松林林分平均胸径最大值为21.1 cm, 优大树胸径的最大值为28.3 cm, 故在云南松林的生长过程中, 林分内大部分单株的胸径可以达到21 cm, 优大树胸径可能会超过28.3 cm, 在保证林分良性发展的同时要获取更多大径级木材, 可以将云南松林一般林木的目标直径暂定为25 cm; 20~35年云南松林生长潜力最大, 应伐除云南松林内干形弯曲、树冠残缺、病虫害严重、遮盖云南松树冠的其他树种等干扰木, 为保留木提供最大限度的生长发育空间; 40年开始砍伐量逐年上升, 此时可实施择伐措施, 即获得部分大径级木材和经济效益, 亦可降低林内竞争水平; 在实施择伐措施的同时, 可以在不干扰云南松生长的情况下, 实施人工辅助天然更

新的手段促进云南松林更新, 维持云南松林地生产力。从而使云南松林木材持续生产, 森林植被覆盖率持续提高。

从 Forest Simulator BWINPro 7.5 在云南松林的模拟经营应用中发现, 无论从数据输入还是从模拟设置方面都体现了它共享、免费、便捷的特点, 可以在不更改源代码的前提下输入多个树种模型、因地制宜的调整模拟参数, 使其本土化应用成为现实。与美国农业部林务局开发的全国性森林生长和收获预估模型系统 FVS 相比, 在改动模拟运行参数时, 不需要重新修改源代码和重新调试编译^[15,16], 模拟过程简便易行。模拟结果显示, Forest Simulator BWINPro 提供多种结果输出形式, 尤其模拟结果采用的是实时林分信息表、实时林分图、其他图形、交互式林分可视化与模拟设置过程综合配合的方式, 而 CAPSIS 采用图形浏览器和数据提取器可与项目创建过程同步结合的方式^[6]。从 Forest Simulator BWINPro 7.5 的应用过程及结果可知, 该模拟系统的模拟功能切实可行的。只要模型正确, 整个模拟框架是完全可信的, 林业工作者既可以模拟自然生长林分, 也可以模拟林分实施不同经营措施的过程及结果。

因此, Forest Simulator BWINPro 提供了新的可持续森林经营技术与管理方法, 森林管理者可以在系统中直接进行森林经营模拟活动, 在设计目标树种、抚育管理措施和经营管理方案上具有可预测、可视化、动态化和可控化的特点, 能提供多目标经营模式对林分生长空间、树种组成、林种密度、林下更新与收获量的数据库, 为管理者和科研人员提供了可视化数据交互的手段, 实现实时调节林分经营方案和经营的可操作性和自动化, 大幅提高了林地生产力和林分经营管理的决策效率。该系统已然应用于德国不同地区各种树木类型, 但是要完善该软件的本地化, 首先要建立符合中国不同区域不同树种的生长模型数据库, 通过该系统对林分的空间可视化了解其各个生长时期的空间格局, 通过对林分在不同经营管理措施前后的空间可视化模拟, 可以从林分空间格局的尺度来评价经营管理措施的效果, 为森林管理者和决策人员提供了简单方便的经营技术手段。

参考文献:

- [1] 赵同谦, 欧阳志云, 郑华, 等. 中国森林生态系统服务功能及其价值评价 [J]. 自然资源学报, 2004, 19 (4): 480–491.
- [2] 方远平, 闫小培. 信息技术影响下服务业区位研究述评与展望 [J]. 云南地理环境研究, 2007, 19 (6): 69–74.
- [3] 接程月, 辛赞红, 信晓颖, 等. FORECAST 模型的原理, 方法和应用 [J]. 浙江林学院学报, 2009, 26 (6): 909–915.
- [4] 冯益明, 吴波, 卢琦, 等. LMS 及其在我国森林经营中的应用 [J]. 西北林学院学报, 2010, 25 (5): 136–139.
- [5] Gignoux J, Menaut J C, Noble I R, et al. 14. A SPATIAL MODEL OF SAVANNA FUNCTION AND DYNAMICS: MODEL DESCRIPTION AND PRELIMINARY RESULTS [C] //Dynamics of Tropical Communities: 37th Symposium of the British Ecological Society. Cambridge University Press, 1998: 361.
- [6] 马武, 雷相东. 森林生长经营模拟平台 CAPSIS 及其应用 [J]. 林业科技开发, 2012, 26 (4): 79–83.
- [7] Nagel J, Duda H, Hansen J. Forest Simulator BWINPro7 [J]. Forst und Holz, 2006, 61 (10): 427.
- [8] Nagel J. Anwendungs programm zur Bestandesbewertung und zur Prognose der Bestandesentwicklung [J]. Forst und Holz, 1996, 51 (3): 76–78.
- [9] Nagel J. Waldwachstumssimulation mit dem Softwarepaket TreeGroSS – Neuerungen, Erweiterungsmöglichkeiten und Qualitätsmanagement [J]. Tagungsband der gemeinsamen Jahrestagung der Sektion Forstliche Biometrie und Informatik im DVFFA (20. Tagung) und der AG ökologie u. Umwelt in der Intern. Biometr. Gesell., 2009, 22 (24.09): 2008.
- [10] Nagel J, Albert M, Schmidt M. Das waldbauliche Prognose – und Entscheidungsmodell BWINPro 6.1 [J]. Forst und Holz, 2002, 57 (15/16): 486–492.
- [11] Vargas – Larreta B, Corral – Rivas J, Aguirre – Calderon O, et al. Individual tree growth models: Application of the BWINPro7 Simulator [J]. MADERA Y BOSQUES, 2010, 16 (4): 81–104.
- [12] 廖声熙, 李昆, 陆元昌, 等. 滇中高原云南松林目标树优势群体的生长过程分析 [J]. 林业科学研究, 2009, 22 (1): 80–84.
- [13] 丁亚涛. 基于自定义 XML 数据类型的研究 [J]. 电脑知识与技术, 2015 (22): 3.
- [14] Wensel L C, Meerschaert W J, Biging G S. Tree height and diameter growth models for northern California conifers [M]. Agriculture and Natural Resources Publ., University of Calif., 1987.
- [15] 罗云深, 陈志泊. 基于 FVS 构建北京地区油松生长仿真框架的研究 [J]. 河北林果研究, 2008, 22 (4): 355–359.
- [16] 张西, 贾黎明, 张瑜, 等. 基于 FVS 的秦岭地区栓皮栎天然次生林单木模型构建 [J]. 北京林业大学学报, 2015, 37 (5): 19–29.

SIMULATION ANALYSIS OF FOREST MANAGEMENT OF *PINUS YUNNANENSIS* BASED ON FOREST SIMULATOR BWINPRO

JIANG Xiao – lu¹, LIAO Sheng – xi², CUI Kai²

(1. Southwest Forestry University, Kunming 650224, Yunnan, China;

2. Research Institute of Resource Insects, CAF, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract: Forest Simulator BWINPro is a forest growth simulator system based on intimate natural forest management theory, which ensemble main stand growth and yield model. In this study, stand growth and management process of 20 years old Yunnan pine forest was simulated by establishing database, which is the main afforestation tree species in the southwest forest region. The results show that this simulation system can seamless joint several tree species' stand growth and yield models, and visually display Yunnan pine forest simulation results from individual tree and stand levels. The simulate process of *P. yunnanensis* stand growth shows a certain regularity. By analysing the simulation results of different period, the management measures for *P. yunnanensis* in different period have been put forward.

Key words: Forest Simulator BWIN Pro; *Pinus yunnanensis*; growth model; forest management

普洱市人工桉树林种植区植被覆盖时空变化研究

王 喆, 赵筱青*, 张龙飞

(云南大学 资源环境与地球科学学院, 云南 昆明 650000)

摘要: 2003年来随着普洱市“边三县”(孟连、西盟、澜沧)大面积人工桉树林的引种,该地区植被覆盖发生了较大变化。以桉树引种较多的普洱市“边三县”为研究区、TM影像为数据源,在RS和GIS的支持下,通过计算并处理各期影像NDVI(归一化植被指数)值,并用MODIS数据处理结果进行验证的方法,对三县范围内的植被覆盖时空变化进行分析。结果表明:研究区在2000~2010年植被覆盖情况得到很大改善,2010~2014年整体植被覆盖度有下降的趋势;2000~2014年高植被覆盖区和低植被覆盖区相对不变,各乡镇植被覆盖变化趋势相同。

关键词: 普洱市;桉树;人工林;植被覆盖

中图分类号: P237

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852(2016)02-0007-08

传统提取植被信息的方法不利于大范围、多时相植被信息的提取。采用遥感量测法可以快速的、大范围的提取植被信息^[1]。遥感量测法即利用遥感技术提取研究区的植被光谱信息,再将其与植被覆盖度建立相关关系,进而获得植被覆盖度^[2]。随着遥感技术的飞速发展,植物遥感的重点偏向于植物专题信息的提取与表达方式上,提出了多种植被指数,并利用植被指数进行植被的宏观监测以及生物量的估算等^[3]。植被指数是遥感领域中用来表征地表植被覆盖以及生长状况的一个简单而有效的度量参数^[4]。Duncan曾研究了墨西哥荒漠地区灌木林覆盖率与NDVI的关系,得到了较好的关系模型^[5];Larsson分别从TM、MSS和SPOT卫星图像数据估算植被指数并建立了阿拉伯森林地区植被指数与覆盖率的关系模型^[6];陈云浩等发展了一套计算区域植被覆盖度的亚像元分解模型^[7];Pattison等在不同尺度提出了北极苔原植被物种组成变化趋势与NDVI变化趋势之间的

关系^[8];郭梦媚等分析了植被NDVI动态变化及其与气候因子之间的关系^[9];奚砚涛利用多年MODIS-NDVI数据,运用趋势线和稳定性分析法,定量分析了江苏省近14年不同植被类型覆盖趋势时空变化特征^[10]。

普洱市“边三县”是人工桉树林引种的主要区域,大面积的桉树种植会带来不菲的经济收入。桉树为热带速生优质阔叶树种,具有速生、丰产、抗逆性强、经济效益高、用途广泛等特点,其生长周期可短至6~7年。随着大规模的发展和研究的不断深入,一些负面效应开始凸现。据此,有人认为发展桉树与保护生态环境有抵触,并主张限制或禁止发展,担心桉树人工林会带来“生态灾难”^[11]。在生态环境系统中,植被覆盖状况在很大程度上影响甚至直接决定着区域生态环境中的第一性生产力、环境承载力、环境洁净与美化、水土流失强度等生态环境系统的状态与功能^[12]。因此,如何快速、准确地掌握区域植被覆盖的动态数据,为政府

收稿日期: 2016-01-26; 修订日期: 2016-04-02.

基金项目: 国家自然科学基金项目“云南大规模桉树引种区土地生态安全时空分异及其优化配置研究”(41361020);“尾叶桉类林引种的环境影响与生态安全格局研究”(40961031)资助.

作者简介: 王喆(1992-),男,云南省昭通市大关县人,硕士研究生,研究方向为国土空间规划与管治及土地利用规划.

*通信作者: 赵筱青(1969-),女,云南省大理市人,教授,博士,研究方向为土地利用覆被变化环境效应及土地生态安全等.

部门制定规划和治理措施提供翔实的数据支持,是当前急需解决的问题。

1 研究区概况

云南省普洱市“边三县”位于普洱市西南部、澜沧江以西,地处 $22^{\circ}01' \sim 23^{\circ}16'N$, $99^{\circ}09' \sim 100^{\circ}35'E$,属亚热带季风气候。常年受印度洋季风的影响,雨量充沛,干湿季节分明,小气候差异明显,夏无酷暑冬无严寒。境内海拔高差悬殊较大,地形地貌十分复杂,植被类型多样。境内水平地带性植被属季风常绿阔叶林,垂直地带性植被分异明显。土壤有多种类别,其中以赤红壤、红壤面积较大,广泛分布于中山山地河谷丘陵区,坝区多为水稻土。研究区承载着山区各种生物的自然生态过程,人类活动以农业生产为主,形成自然与农业共存的景观类型。

三县国土面积 $1.2 \times 10^4 \text{ km}^2$,截止 2014 年总人口 72.98 万人*,国境线长 303 km,境内矿产、水能、森林资源和民族文化旅游资源丰富,发展旅游文化产业的潜力巨大,长期以来肩负着戍边守国和

反毒品渗透的重任。澜沧县总面积 $8\,807 \text{ km}^2$,为云南省第二大县,国境线长 80.563 km。西盟县面积 $1\,353.57 \text{ km}^2$,国境线长 89.33 km。孟连县是通向缅甸、泰国等东南亚国家的重要门户,为省级开放口岸,面积 $1\,893.42 \text{ km}^2$,国境线长 133.399 km。

2 研究方法

2.1 数据来源及处理

2000、2005、2010 和 2014 年四期“边三县”3 月份 TM 遥感影像,空间分辨率 30 m;2000 年、2005 年和 2010 年(2014 年暂不可获取)三期“边三县”2~4 月 MODIS 影像,空间分辨率 250 m;三县边界矢量图和乡镇边界矢量图。

在 ENVI 软件中对 TM 影像进行线性拉伸、对比度调整等增强处理以及辐射校正、几何校正。

研究区域拼接:因研究区并非位于一张完整的遥感图像中,涉及 4 景,故在校正与配准之后,需要进行遥感图像的拼接,此过程在 ENVI 软件下 Basic Tools 菜单中的 Mosaicking 命令——基于地理坐标的拼接下完成。

研究区域裁切:根据研究需要,导入拼接好的遥感影像,利用 ArcGIS 中的掩膜工具以三县边界图作为掩膜图层,提取三县范围内的影像数据。

2.2 基于植被指数的植被覆盖度计算方法

2.2.1 植被指数的选择

目前常采用 RVI(比值植被指数)、EVI(增强型植被指数)和 NDVI(归一化植被指数)等用于植被资源调查和监测^[13]。RVI 对大气影响敏感,适用于植被发展高度旺盛、具有高覆盖度的植被监测中^[14];EVI 优势体现在表征森林等高生物量的植被活动方面^[15];NDVI 提高了对土壤背景的鉴别能力,大大消除了地形和群落结构的阴影影响,削弱了大气的干扰,扩展了对植被盖度监测的灵敏度。当植被盖度小于 15% 时,NDVI 能将土壤背景与植被区分开,当植被盖度为 25%~80% 时,NDVI 随植被盖度的增大呈线性增加;植被盖度大于 80% 时,NDVI 监测能力才会逐步下降^[16]。NDVI 对植被的生物物理特征十分敏感,且在时效、尺度方面具有明显优势。因此,选择 NDVI 作为监测植被覆盖度的指标。

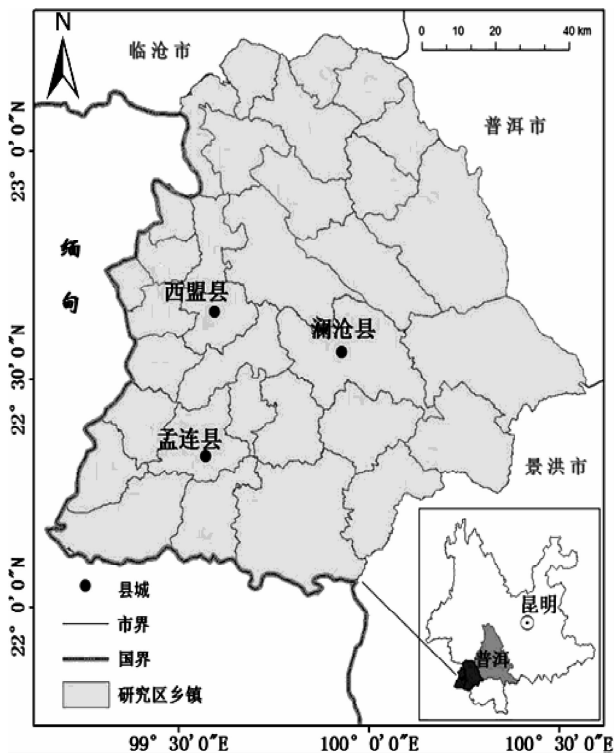


图 1 研究区区位图

Fig. 1 The location of the study area

* 资料来源:2015 年普洱市人民政府网统计数据。

2.2.2 NDVI 提取方法

TM 影像中 $NDVI = (TM\ 4 - TM\ 3) / (TM\ 4 + TM\ 3)$ 式中：TM 3 为 TM 影像第三通道即红光波段反射值；TM 4 为 TM 影像第四通道即近红外波段反射值^[17]。该值介于 -1 ~ 1，其中 0 代表该区域基本没有植被生长；负值代表非植被覆盖的区域；若取值

0 ~ 1，数字越大代表植被的覆盖面积越大，植被的数量越多。

在 ENVI 中导入已拼接剪裁好的研究区前三期遥感图像，分别用 Transform 工具下的 NDVI 命令对其进行计算，导入 ArcGIS 中，生成 3 期 NDVI 灰度图（图 2）。

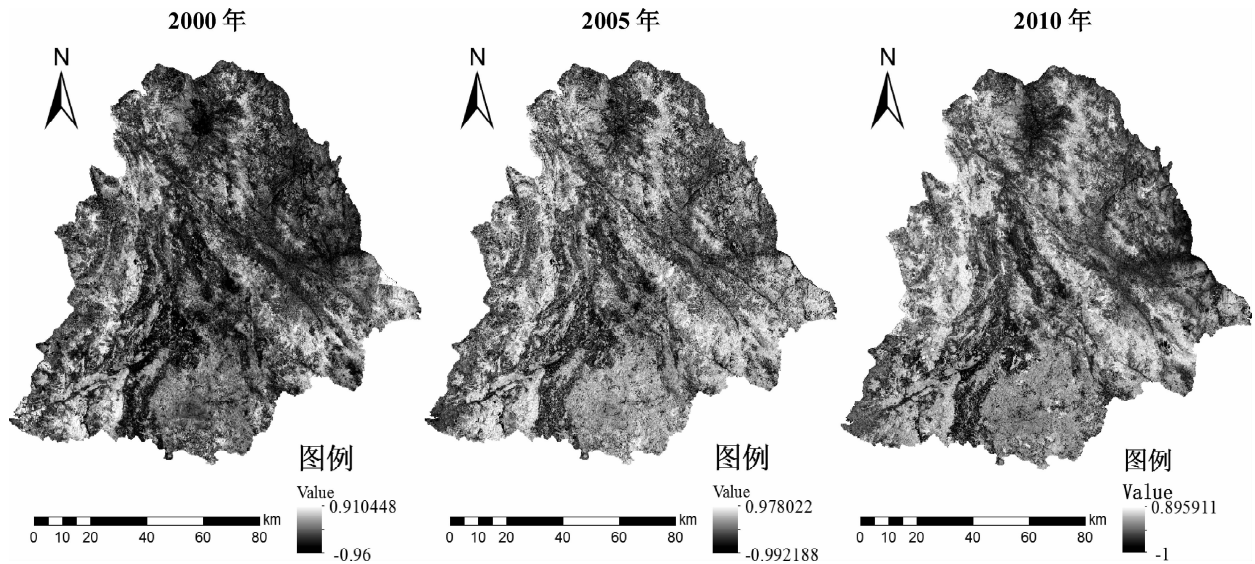


图2 研究区前三期 TM - NDVI 灰度图

Fig. 2 the first three TM - NDVI gray images of the study area

为了验证 TM 影像反映研究区植被信息的准确性和可靠性，用研究区 2000 年、2005 年、2010 年同期 MODIS 遥感影像做处理进行验证。MODIS 数据采用 Sinusoidal 投影系统发布，依然需要对数据进行图像拼接、投影转换和格式转换等处理（此过

程可基于 MODIS Reprojection Tool 软件来实现^[18]）。为了消除云覆被的影响，基于 ENVI 软件利用最大值合成法（MVC），生成 MODIS - NDVI，其值域在 0 ~ 1。再通过波段计算得出平均值，以此平均值作为对 TM 影像 NDVI 值的验证（图 3）。

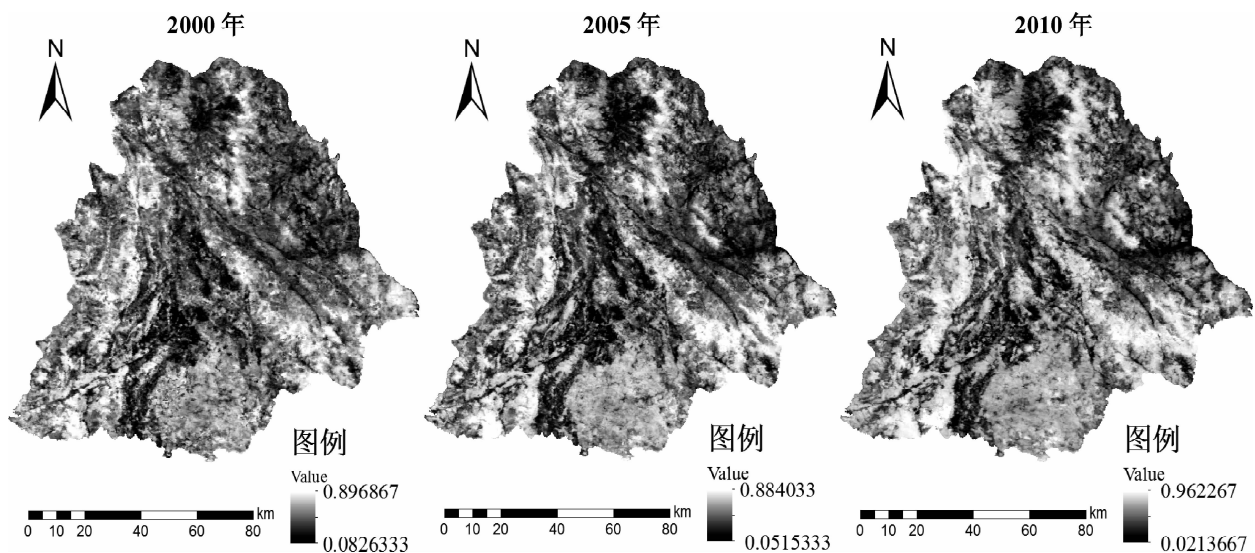


图3 研究区三期 MODIS - NDVI 灰度图

Fig. 3 the first three MODIS - NDVI gray images of the study area

将 3 期 MODIS - NDVI 与 TM - NDVI 进行对比,其灰度的变化情况与前 3 期 TM - NDVI 基本吻合,大致可以看出白色区域覆盖的亮度和面积呈递增趋势。尽管对照的 MODIS - NDVI 数据只是前 3 期,但也可进一步加强研究过程的真实性与可信度。

2.2.3 NDVI 的拉伸变换

NDVI 反映了特定景观中群落面积同景观总面积的比例关系,同时也反映了植物的生物量高低^[19],所以要把植被指数转化为植被覆盖等级,实际上是对植被指数进行的综合和简化^[20]。为了便于显示和计算,利用如下公式:

$$f = (NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}) \times 255$$

式中: f 为拉伸为 0 ~ 255 的植被指数值; $NDVI_{min}$ 、 $NDVI_{max}$ 分别为最小、最大归一化植被指数值。 f 的值在 0 ~ 128 时,近红外波段对植被的反射值很低,地物类型基本为荒漠、戈壁、水域和居民区等无植被地区; f 的值在 129 ~ 255 时,栅格像元灰度值与植被覆盖程度正相关,像元灰度值越大,植被覆盖程度越高^[21]。

2.2.4 植被覆盖等级的划分

以前人的大量研究成果为参照,并以“森林资源规划设计调查主要技术规定”、“土地利用现状调查规程”、“全国草场资源调查技术规程”、“全国沙漠类型划分原则”的有关条款为指导^[22,23],将研究区植被覆盖划分为 5 个等级(表 1)。

将 4 期 TM 影像导入 ENVI 软件后可分别通过 NDVI 命令一键计算得到 f 值。导入 ArcGIS 中,参照表 1 分类标准对影像的 value 值进行分类处理,以区分度相对较高的渐变色加以分级,再叠加上三县边界矢量图和乡镇边界矢量图,附以其它参照信息后生成植被覆盖等级图(封三图版 I 图 4)。

表 1 植被覆盖等级划分及评价

Tab. 1 Classification and evaluation of vegetation coverage

覆盖度	等级	f 值区间	名称	评价
> 60%	一级	191 ~ 255	优等覆盖	很好
30% ~ 60%	二级	156 ~ 190	良等覆盖	好
15% ~ 30%	三级	139 ~ 155	中等覆盖	中
5% ~ 15%	四级	129 ~ 138	差等覆盖	差
< 5%	五级	128 以下	劣等覆盖	很差

2.3 各期各级植被覆盖面积的计算

根据表 1 和封三图版 I 图 4 计算 2000 ~ 2014 年各期各级别的植被覆盖面积,计算时可采用栅格数量乘以单个栅格像元大小(30m × 30m)的方式进行。在 ArcGIS 中进行数据统计,将得到的数据表导出在 EXCEL 中打开,根据各个灰度值对应的像元数量计算出相应的面积,编辑汇总后得到表 2。

3 结果分析

3.1 研究区植被覆盖时间变化特征

从封三图版 I 图 4 和表 2 看出,2000 年研究区植被覆盖最差,以五级、四级和三级植被覆盖为主,只有极少部分地区达到二级;2005 年,研究区植被覆盖情况发生了较大变化,呈大量成片的深蓝色分布,植被覆盖等级变为以一级、二级为主,覆盖区域超过研究区总面积的 80%,面积近 $100 \times 10^4 \text{ hm}^2$;2010 年与 2005 年比较,从表 2 中数据看出各级植被覆盖面积的整体情况较 2005 年无太大波动,但一级与二级覆盖的主导地位更加明显,覆盖面积达到研究区总面积的 90%,其中一级植被覆盖增加明显,较 2005 年增加近 $10 \times 10^4 \text{ hm}^2$;2014 年植被覆盖情况有所下降,但仍以二级植被覆盖为主,基本覆盖全区。

表 2 2000、2005、2010、2014 年研究区各级别植被覆盖面积及比例

Tab. 2 Area and proportion of vegetation coverage at each grade in 2000, 2005, 2010 and 2014

等级	2000 年		2005 年		2010 年		2014 年	
	面积/ km^2	比例/%	面积/ km^2	比例/%	面积/ km^2	比例/%	面积/ km^2	比例/%
五级	6949.7	58.51	34.4	0.29	22.6	0.19	110.6	0.93
四级	2245.3	18.90	257.1	2.16	63.4	0.53	120.9	1.02
三级	2298.2	19.35	1821.7	15.34	1096.8	9.23	2727.4	22.96

二级	384.1	3.23	6943.8	58.46	6887.2	57.98	8823.4	74.28
一级	1.2	0.01	2821.7	23.75	3808.6	32.06	96.3	0.81

综上所述,研究区 2000 ~ 2014 年植被覆盖时间变化特征可以归纳为“先增后稳”,整体植被覆盖情况是变好的,其中变化最为显著的在 2000 ~ 2005 年。

3.2 研究区植被覆盖空间变化特征

从整体地域分布来看,研究区西部植被覆盖大于东部。其中西部、东南部以及中部部分地区植被覆盖情况最好。

从县域范围来看,研究区植被覆盖较好的区域主要集中在澜沧县南部和东南部、孟连县中西部以及西盟县东部等地;澜沧县中部大部分地区 and 孟连县东部植被覆盖相对上述区域较差。西盟和孟连虽然面积远小于澜沧,但其整体植被覆盖情况皆优于

澜沧。近澜沧江一带的植被覆盖程度较低,在 2014 年的遥感图中看出其附近区域有植被覆盖严重退化的现象。

从乡镇范围来看,孟连县勐马镇、西盟县中课乡、澜沧县发展河乡基本都是高等级植被覆盖区。其中中课乡平均灰度值*最高时可达 194,覆盖度超过 60%。澜沧县谦六乡、文东乡、上允镇以及孟连县景信乡等常年植被覆盖情况较差,最低时谦六乡的平均灰度值低至 117.25,覆盖度还未达 5% (表 3)。

研究区植被覆盖的空间变化特征可以总结为:从大范围看,高植被覆盖区和低植被覆盖区相对不变;从小范围看,各乡镇的整体植被覆盖情况同时变好或变差,县内乡镇高低排名变化不大。

表 3 研究区各乡镇各年植被覆盖平均灰度值

Tab. 3 Average gray value of vegetation coverage in each township

排序	2000 年		2005 年		2010 年		2014 年	
	乡镇名	平均灰度值	乡镇名	平均灰度值	乡镇名	平均灰度值	乡镇名	平均灰度值
1	勐马	135.49	发展河	184.33	中课	194.02	中课	171.51
2	中课	134.15	中课	183.41	翁嘎科	192.99	勐卡	168.3
3	发展河	133.65	糯福	182.65	力所	189.41	力所	167.75
4	翁嘎科	132.07	雪林	180.41	发展河	188.09	惠民	167.4
5	雪林	130.21	惠民	180.3	岳宋	187.56	糯福	167.11
...	...	...	...	...	...	...	...	...
29	大山	120.05	谦六	168.24	芒信	173.36	景信	161.06
30	南岭	119.81	上允	168.1	上允	172.85	安康	159.97
31	东回	118.35	文东	167.73	文东	172.26	文东	159.79
32	景信	117.86	东回	166.54	景信	170.46	富东	159.5
33	谦六	117.25	景信	165.77	谦六	170.25	谦六	158.27

3.3 植被覆盖变化原因简析

植被覆盖的变化是多因子共同作用的结果,可以概括为人为因素和自然因素。一般来说自然因素较为稳定,本文主要从人为因素的角度对研究区植被覆盖变化原因进行分析。

3.3.1 相关政策的驱动

在 2000 ~ 2010 年,除本身优越的自然禀赋外,

研究区植被覆盖类型的时空演变的驱动力是多项政策的有效实施,如退耕还林、生态保护区规划和基本农田保护规划等。在 2010 年启动创建国家森林城市——“森林普洱”建设以来,三县城镇绿化提

* 注:平均灰度值 = $\frac{\sum (\text{各灰度值} \times \text{对应栅格数})}{\text{栅格总数}}$.

升工程、生物多样性工程等稳步扎实推进,取得了阶段性成果。2013 年底,三县均完成新增造林、新增城市绿地、建设绿色通道、护林防火、生物多样性保护等重要创建任务指标^[24]。

3.3.2 桉树人工林的引种与砍伐

2002 年,金光集团与云南省政府合作,对云南省的桉树发展做了规划。在云南省普洱市、文山州、临沧市等地大量进行规模种植,其中以普洱市“边三县”引种面积最大,分布最为集中,三县中又以澜沧县为主^[25]。2003~2005 年分别在澜沧县进行了大面积种植,仅 2003 年三县范围内的引种面积已经占三县总面积的 55%^[26]。

查阅相关资料得桉树人工林的详细引种情况(统计截至 2011 年)(表 4)。

对比 2000 年和 2005 年研究区植被覆盖等级图及统计数据,分析存在差别的原因在于 2003 年起研究区开始大面积引种桉树,许多原有用地类型发生改变。同时桉树的生长速度快,两三年即长势旺盛。桉树林引种涉及三县多数乡镇,所以 2005 年研究区大面积的植被覆盖得到明显提高。到 2010 年,桉树林普遍生长成熟,相比 2005 年植被覆盖情况更佳。2014 年相对 2010 年植被覆盖程度有所下降,此时多数种植区已开始对桉树林进行采伐,从等级图中可以明显看出基本没有一级覆盖,但仍

有大面积的植被覆盖度处于 30%~60%,二级覆盖占主导。

桉树相比其他树种对人类来说虽然具有很大的价值,但它的劣势却在于会过度消耗养分和水分,进而影响其他植被的生长。单一树种进行大规模人工造林,一轮种植过后土壤的物理性质发生较大变化,疏松性、通透性及持水力、含肥量等都变差,造成当地生态系统稳定性降低,危害生物多样性^[27]。可以判定大面积连片的桉树人工林首先是引起乔木层多样性的丧失,然后是灌木层物种多样性的退化,最后是草本层的消亡。生物多样性锐减,多种植物的生长情况变差甚至消亡,进而影响植被覆盖,这也是 2010~2014 年研究区植被覆盖有所下降的原因之一。

桉树人工林的大面积种植和砍伐在很大程度上影响了研究区的植被覆盖。近年来,政府部门越来越重视研究区种植桉树引发的各项问题。2015 年,云南省林业厅公开发布了《云南林产业主要造林树种培育技术丛书》(油兼用型桉树),旨在介绍桉树产业化规模经营的关键技术及对策;2016 年 4 月,普洱市政协召开“边三县”桉树种植调研协商座谈会,详细分析了三县桉树种植中存在的困难和问题,协商提出了相应的对策及建议。

表 4 研究区各乡镇桉树引种情况统计
Tab. 4 Introduction of Eucalyptus in each township

地点	定植年度	海拔/m	土壤类型	覆盖度
澜沧县南岭乡	2003	1 300	赤红壤	80%
澜沧县木戛乡	2004	1 570	棕壤	80%
澜沧县富东乡	2004	1 570	红壤	90%
澜沧县东河乡	2004	1 880	黄棕壤	35%
澜沧县发展河乡	2004	1 918	红壤	15%
澜沧县谦六乡	2004	1 610	黄壤	76%
孟连县勐马镇	2004	1 800	黄棕壤	85%
西盟县中课乡	2004	1 800	黄棕壤	42%
澜沧县东回乡	2004	1 434~1 488	棕壤、赤红壤	80%~98%
澜沧县竹塘乡	2003、2004	1 131~1 700	赤红壤、黄壤	25%~40%
澜沧县酒井乡	2003、2004	1 325~1 330	黄棕壤、赤红壤	62%~90%
澜沧县东朗乡	2003、2004	1 173~1 817	黄棕壤、红壤	20%~95%

澜沧县糯扎渡镇	2004、2005	1 495 ~ 1 812	红壤、砖红壤、红棕壤	55% ~ 99%
澜沧县新城乡	2004、2005	1 431 ~ 1 580	黄棕壤、红壤	46% ~ 80%
澜沧县上允镇	2005	1 260 ~ 1 780	红壤	70% ~ 95%
澜沧县大山乡	2005	2 130	黄棕壤	8%

3.3.3 糯扎渡水电站的兴修

澜沧县糯扎渡镇范围内曾因为兴修国家重点工程、澜沧江流域规划建设的最大水电站——华能糯扎渡水电站，沿澜沧江下游一带砍伐了大面积的植被，糯扎渡水电站 2011 年 3 月 25 日正式通过国家核准；2014 年 6 月 26 日，中国目前第四大水电站正式全面建成投产。相比 2010 年，2014 年覆盖等级图上在谦六乡和糯扎渡镇靠澜沧江地区有明显的“黄色区域”覆盖出现。水电站的兴修是该区域植被覆盖等级下降的原因之一。

3.3.4 公路的兴修和拓建

研究区公路主干道分布集中于澜沧县。澜沧县地处西双版纳、临沧、普洱三地交汇处，靠近中缅边境线，地理位置重要，是建设大通道的重要节点。该县已拥有公路里程 7 064 km，公路密度达 80 km/ (100 km²)，形成以国、省道为主干，以县乡道为干线，水陆连接的交通公路网。自 2006 年起已新建二级油路超过 140 km，四级油路 356 km，新建弹石路超过 260 km，路基改造及砂石建设超过 1 500 km。公路的兴修和拓建势必改变原有用地类型，许多常绿阔叶林被砍伐，造成了一定程度植被覆盖的破坏与削减。在澜沧县境内由于兴修和拓建 G214 国道和思澜公路导致沿途植被覆盖严重退化（后者更为明显）。

4 结论与讨论

从时间上来看，研究区的整体植被覆盖情况在 2000 ~ 2010 年逐渐变好，2014 年由于桉树林轮伐等多方面的原因，多数地区植被覆盖等级相比 2010 年有所下降，但仍高过 2000 年即人工林引种之前的水平。从空间上来看，研究区高、低植被覆盖区相对不变，乡镇植被覆盖变化情况趋于一致。对结果进行验证后证实结论基本符合研究区植被覆盖的实际变化情况，即采用 NDVI 监测植被覆盖变化的方法具备较高可行性。研究证实：人工桉树林的引种有助于提升研究区植被覆盖情况，但不适宜的种养方式将会适得其反。建议政府部门应对研究区植被覆盖普遍下降的现象引起足够重视，警惕由于过度进行桉树林种植和砍伐引发的生态环境问题。

本研究中，不足之处在于获取的遥感图像不能完全排除天气等原因的影响，从而可能导致计算 NDVI 的值与真实情况之间存在一定误差；研究尚未与土地利用用地类型变化情况相结合，对植被覆盖的动态变化情况的掌握仍有提升空间，在后期的研究中会针对存在问题进行补充完善。将研究区的范围精细至乡镇尺度，并引入平均灰度值对乡镇范围内的植被覆盖变化进行定量研究，可加强结论的真实性和可靠性。

参考文献：

- [1] 周兆叶, 储少林, 王志伟, 等. 基于 NDVI 的植被覆盖度的变化分析——以甘肃省张掖市甘州区为例 [J]. 草业科学, 2008, 25 (12): 23 - 29.
- [2] 秦伟, 朱清科, 张学霞, 等. 植被覆盖度及其测算方法研究进展 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2006, 34 (9): 163 - 166.
- [3] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2003: 387 - 398.
- [4] 郭锐. 植被指数及其研究进展 [J]. 干旱气象, 2003, 21 (4): 71 - 75.
- [5] Duncan J, Stow D, Franklin J, Assessing there relationships between spectral vegetation indices and shrub cover in the Jornada Basin, New Mexico [J]. International Journal Remote Sensing, 1993, 14 (18): 3395 - 3416.
- [6] LarssonH. Linear regressions for canopy cover estimation in Acacia wood lands using Landsat - TM M/SS and SPOTHRV - XS data [J]. International Journal Remote Sensing, 1993, 14 (11): 2129 - 2136.
- [7] 陈云浩, 李晓兵, 史培军, 等. 北京海淀区植被覆盖的遥感动态研究 [J]. 植物生态学报, 2001, 25 (5): 588 - 593.
- [8] Pattison, Robert R, Jorgenson, et al. Trends in NDVI and Tundra Community Composition in the Arctic of NE Alaska Between

- 1984 and 2009 [J]. *Ecosystems*, 2015, 18 (4): 707–719.
- [9] 郭梦媚, 郭胜利, 周佳雯, 等. 江西省植被 NDVI 变化及其对气候变化的响应 [J]. *江苏农业科学*, 2015 (11): 421–426.
- [10] 奚砚涛, 徐勇, 刘欣婷, 等. 2000–2013 年江苏省不同植被类型 NDVI 时空变化特征 [J]. *水土保持研究*, 2016, 23 (1): 86–91.
- [11] 马晓, 杨宇明, 赵一鹤. 普洱地区桉树人工林下植物种类调查 [J]. *热带农业科技*, 2011, 35 (3): 42–46.
- [12] 孙存举, 吴晓青, 李浩. 基于 NDVI 的清水县植被变化分析 [J]. *四川林勘设计*, 2011 (4): 13–17.
- [13] 雷莉萍, 胡德永, 江平, 等. 森林虫害的遥感监测模式研究 [J]. *遥感信息*, 1995 (3): 20–21.
- [14] 胡良军, 邵明安. 论水土流失研究中的植被覆盖度量指标 [J]. *西北林学院学报*, 2001, 16 (1): 40–43.
- [15] 于泉洲, 梁春玲, 刘煜杰, 等. 基于 MODIS 的山东省植被覆盖时空变化及其原因分析 [J]. *生态环境学报*, 2015, (11): 1799–1807.
- [16] 强建华, 赵鹏祥, 陈国领. 基于 NDVI 的油松天然林生长状况的遥感监测研究 [J]. *西北林学院学报*, 2007, 22 (1): 149–151.
- [17] 马红斌, 王庆, 王秦湘. 基于 NDVI 的多沙粗沙区植被覆盖度研究 [J]. *人民黄河*, 2012, 34 (12): 94–95.
- [18] 张熙. 基于 MODIS–NDVI 时间序列数据的油菜识别与复种指数提取 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2015: 8–10.
- [19] 高飞, 邢文渊, 李大平, 等. 和静草地覆盖度变化遥感监测及分析 [J]. *草业科学*, 2007, 24 (4): 27–30.
- [20] 陈述彭, 童庆禧. 遥感信息机理研究 [M]. 北京: 科学出版社, 1998: 345–349.
- [21] 丁建丽, 塔西甫拉提·特依拜. 基于 NDVI 的绿洲植被生态景观格局变化研究 [J]. *地理学与国土研究*, 2002, 18 (1): 23–26.
- [22] 许鹏. 草地资源调查规划学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 40–42.
- [23] 王劲峰. 中国自然区划 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995: 118–130.
- [24] 范孟君. 云南省普洱市创建国家森林城市工作领导小组办公室到“边三县”检查 [DB/OL]. <http://www.forestry.gov.cn/portal/main/s/102/content-581556.html>. 2013–01–18.
- [25] 丁宁. 澜沧县桉树人工林引种后土壤质量变化分析 [D]. 昆明: 云南大学, 2013: 19–20.
- [26] 杨繁松. 桉树人工林种植对土地利用格局影响研究 [D]. 昆明: 云南大学, 2007: 6–7.
- [27] 陈秋波. 桉树人工林生物多样性研究进展 [J]. *热带作物学报*, 2001, 22 (4): 82–90.

RESEARCH OF TEMPORAL AND SPATIAL CHANGES OF VEGETATION COVER IN EUCALYPTUS PLANTATION IN THE THREE COUNTIES BORDERING PU'ER CITY

WANG Zhe, ZHAO Xiao-qing, ZHANG Long-fei

(School of Resources Environment and Earth Science, Yunnan University, Kunming 650500, Yunnan, China)

Abstract: In recent years, with the introduction of large area of *Eucalyptus* in the three counties (Menglian, Ximeng, Lancang) bordering Pu'er City, vegetation coverage in this region has undergone great change. Taking the three counties as stipulation of certain and TM images as the data sources, with the support of RS and GIS, spatiotemporal change of vegetation was analyzed by using MODIS data for verification. Results show that: The vegetation coverage of study area from 2000 to 2010 has improved greatly. From 2010 to 2014, the overall vegetation coverage showed a declining tendency. The high and low vegetation coverage area were relatively unchanged from 2000 to 2014, and the change of vegetation cover in every township is synchronous.

Key words: Pu'er City; *Eucalyptus*; artificial forest; vegetation cover

昆明城市化过程中土地利用变化及景观梯度分异

刘振祥¹, 冯石², 刘燕³

(1. 云南省环境工程评估中心, 云南昆明 650032; 2. 中科院昆明植物研究所, 云南昆明 650021; 3. 云南大学, 云南昆明 650091)

摘要: 利用 Landsat MSS/TM/ETM+ (1974、1992、2000 和 2006 年) 4 期遥感影像, 应用 3S (GIS, RS, GPS) 技术提取昆明市土地利用信息, 分析土地利用变化、景观梯度分异及方向性差异。研究表明 1974~2006 年 3 个时间段内, 昆明有林地呈现减少—增加—减少的趋势, 建设用地扩张速度逐年增加, 城市扩张致使耕地大幅度减少; 草场退化, 荒草地逐年减少; 裸地从 1992 年以来呈增加趋势, 果园保持增加趋势。通过设置经过市中心的 SW-NE、SE-NW 两条空间样带和围绕市中心的 20 个梯度样带分析, 1974~2006 年建设用地向东北方向和东南方向扩展尤其突出, 同时期 SW-NE 样带比 SE-NW 样带受城市化影响更为明显; 另外, 4 个景观指数 (斑块密度 PD、最大斑块指数 LPI、面积加权分形维数 FARC_AM、香农多样性指数 SHDI) 出现变化的起始梯度圈带均逐渐外移, 且变化趋势明确地反映了景观破碎化程度形成一个从城市中心向外围逐渐减小的空间梯度。

关键词: 昆明; 城市化; 景观格局; 社区

中图分类号: TP79; U412.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852(2016)02-0015-06

城市是受人类活动影响和土地利用变化最剧烈的区域, 城市化将长时期成为全球环境变化的重要部分^[1,2]。至 2005 年, 世界上有约一半的人口居住在城市, 预计到 2030 年将增加到 60%^[1,3]。20 世纪中叶以来, 发展中国家城市化的速度超过了发达国家, 而中国的城市化现象尤其明显^[1]。城市规模向外扩张的同时, 也带来许多生态环境问题。城市边缘区城市化过程活跃、土地利用结构变化迅速, 被称为快速城市化地带, 已引起学术界普遍关注^[4]。城市扩张往往伴随着城市周边地区土地利用的急剧变化, 一直是人们研究城市问题的重要内容^[5]。

区域城市化对城市扩展的影响过程, 其实质是区域自然生态系统和农业生态系统向城市生态系统不断转化的过程, 这一过程在快速城市化条件下导致城市景观结构发生剧烈变化, 而景观空间格局变化进一步影响到景观系统内的物质循环与能量流动; 梯度分析方法最早应用于植被生态学, 根据植被分析发展而来^[6,7], 现被广泛用于调查城市化对植被分布的影响^[8,9]和生态系统特征方面的研

究^[9-12]。利用梯度分异和景观指数相结合的方法分析城市景观格局的梯度特征, 能够反映出城市发展的足迹, 体现城市扩展的时空分布特征^[13-15]。

昆明是 1974~1990 年城市形状指数增加量最大的城市之一^[16,17], 近几十年来, 为了满足城市化要求, 大面积耕地变为城市用地, 乱占土地的现象日益增多^[18], 城市土地利用和景观格局以前所未有的速度发生着剧烈的变化。随着昆明经济的迅速发展和城市规模的不断扩大, 全市生态环境遭到一定破坏, 环境质量有恶化趋势^[18]。在 ArcGIS、ERDAS Image 和 Fragstats 软件支持下, 通过定量分析其 LUCC 和景观梯度分异特征, 科学合理地认识城市化过程, 从而有利于有效地降低和解决城市化所带来的负面影响。

1 资料和方法

1.1 研究区概况

昆明市地处云南省中北部、云贵高原中部、青

收稿日期: 2015-12-15; 修订日期: 2016-03-07.

基金项目: 云南省应用基础研究计划项目“中高分辨率遥感数据支持下的橡胶林地信息定量识别方法研究”(2013FZ002)。

作者简介: 刘振祥 (1983-), 男, 山东省泰安市东平县人, 工程师, 硕士, 主要从事环境保护研究。

藏高原东南部 ($24^{\circ}23' \sim 26^{\circ}22'$, $102^{\circ}10' \sim 103^{\circ}40'$), 受印度洋西南季风和西风环流季节交替的影响, 具有明显的中国西南高原季风气候特点, 干湿季节分明, 90% 的降水集中在 5 ~ 10 月份, 年温差小, 年平均气温 15°C , 地带性植被为具有一些旱生特征的半湿润常绿阔叶林。昆明地势复杂, 分布有平坝 (16.04%)、丘陵 (27.43%)、山地 (56.53%), 市主要辖区五华、盘龙、西山区、官渡、呈贡 5 区。为研究昆明市城市化过程的土地利用变化与景观梯度分异, 选取五华、盘龙、西山、官渡 4 区进行深入分析 (呈贡区 2006 年称呈贡新区, 2011 年经国务院批准成立呈贡区), 4 区面积 2081 km^2 。

1.2 研究方法

1.2.1 资料来源及处理

本研究利用 Landsat MSS/TM/ETM + (1974 年、1992 年、2000 年和 2006 年) 遥感影像, 在 ERDAS 9.1、地理信息系统 ArcGis 9.2、ArcView 3.3 和 Fragstats 3.3 的支持下, 结合野外实地调查、GPS 测量及数码相机拍照, 并在该地区地形图 (1:5 万)、土地利用图 (1997 年) 等相关资料辅助下, 提取土地利用类型信息。

在 ERDAS 9.1 环境下, 对 4 期影像进行监督分类。结合《土地利用现状分类》国家标准及昆明具体情况, 将其土地利用类型分为有林地、灌木林、果园、荒草地、耕地、建设用地、水体及裸地 8 个类型。对照非遥感信息、配合实地调查进行目视修改。分类后的精度评价, 通过野外调查得到的 GPS 点及辅助图件, 随机选点, 建立误差矩阵表, 4 期分类结果精度均在 80% 以上, 符合影像解译标准。

1.2.2 样带和梯度圈设置

样带设置: ArcMap 中建立点图层, 以地形图昆明市正义路和南屏街交叉口中心点坐标作为研究区中心点; 在 ArcView 中建立线图层, 形成西南 - 东北 (SW - NE)、东南 - 西北 (SE - NW) 方向两条样线宽度为 5 km 的样带。

梯度圈设置: 以中心点为圆心, 生成研究区范围内包含 20 个圈带宽度为 2 km 的缓冲区梯度圈图。用样带和梯度圈图层分别剪切 4 期土地利用分类图, 得到需求范围内的土地利用类型图。将裁剪结果转换为象元大小为 10 m 的栅格数据, 在 Fragstats 里进行景观指数的计算, 选取景观指数, 分别进行样带和梯度圈景观水平上的计算, 输出结果并保存。

1.2.3 土地利用变化度量指标

(1) 土地利用变化强度指数

为反映土地利用变化过程中, 各土地利用类型面积的变化幅度与变化速度及区域土地利用变化中的类型差异, 王秀兰等^[20]提出了土地利用的年变化率指数, 其意义在于可直观地反映各地类变化的幅度与速度, 也易于通过类型间的比较反映变化的类型差异。

$$k = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中: P 为研究时段内区域土地利用类型 j 变化强度指数; U_{aj} 、 U_{bj} 分别为研究初期与末期土地利用类型 j 的面积; T 为研究末期和初期相间隔的时间 (a)。

(2) 土地利用变化动态度指数

由于各地类或不同区域相同地类的面积基数不同, 变化率指数高的类型只是变化快的类型, 并不一定是区域变化的主要类型, 对主要类型的判断通常还要考虑变化面积的大小^[21]。为同时考虑地类的变化幅度及变化面积大小, 方便区分变化的主要类型, 采用土地利用变化强度指数^[22]:

$$P = \frac{U_{bj} - U_{aj}}{U} \times \frac{1}{T} \times 1000\%$$

式中: P 为研究时段内区域土地利用类型 j 变化强度指数; U_{aj} 、 U_{bj} 分别为研究初期与末期土地利用类型 j 的面积; U 为研究区总土地面积; T 为研究末期和初期相间隔的时间 (a)。

1.2.4 土地转移矩阵及贡献率矩阵

采用土地利用类型转移概率、贡献率等内容的土地利用矩阵^[23]进行地类间的转移分析。

$$B_{ij} = A_{ij} / \sum_{j=1}^n A_{ij} \times 100\%$$

式中: B_{ij} 为转移概率, 定义 P 时期 i 种土地利用类型转变为 $P + \Delta t$ 时期的 j 种土地利用类型的概率, n 为土地利用类型总数。

$$C_{ij} = A_{ij} / \sum_{j=1}^n A_{ij} \times 100\%$$

式中: C_{ij} 为贡献率, 定义 P 时期 i 种土地利用类型对 $P + \Delta t$ 时期的 j 种土地利用类型的贡献率, n 为土地利用类型总数。

1.2.5 景观指数选取

为有效分析 32 年来城市发展对景观格局变化的影响,选取斑块密度指数 (PD)、最大斑块指数 (LPI)、景观形状指数 (LSI)、面积加权分形维数 (FARC_AM) 和香农多样性指数 (SHDI) 对样带和梯度圈进行计算,分析各时期城市化的方向性差异和梯度分异规律。

2 结果与分析

2.1 土地利用类型变化趋势

2.1.1 土地利用面积变化

由表 1 可见,1974~2006 年有林地、灌木林、

耕地面积均依次为昆明市前 3 位的土地利用类型,从 2000 年建设用地面积开始仅次于耕地,占总面积的 13.47%,到 2006 年建设用地面积与耕地相当。

1974~2006 年,研究区 LUCC 剧烈,主要表现为:有林地在 1974~1992 年大面积减少;1992~2000 年有林地面积有所增加;2000 年后有林地又出现减少趋势,说明对有林地的破坏在加大,而灌木林面积在这一时期呈现与有林地刚好相反的趋势,1974~1992 年增加,1992~2000 年减少,2000 年后又出现增加趋势;果园在这 32 年持续增加的;荒草地和耕地均保持减少趋势;城市化的推进,建设用地呈大幅度增加趋势;裸地在 1974~1992 年减少,1992 年后增加;水体变化幅度不大。

表 1 1974~2006 年昆明土地利用类型面积变化
Tab. 1 Land use change in Kunming from 1974 to 2006

地类	1974 年		1992 年		2000 年		2006 年		变化面积/hm ²		
	面积 /hm ²	面积变化 /%	面积 /hm ²	面积变化 /%	面积 /hm ²	面积变化 /%	面积 /hm ²	面积变化 /%	1974~ 1992 年	1992~ 2000 年	2000~ 2006 年
有林地	88 326	41.50	66 008	31.01	77 154	36.25	67 915	31.91	-22 318	11 146	-9 239
灌木林	45 534	21.39	61 877	29.07	49 106	23.07	49 235	23.13	16 343	-12 771	129
果园	1 577	0.74	7 101	3.34	11 039	5.19	12 697	5.97	5 524	3 938	1658
荒草地	13 905	6.53	11 815	5.55	8 376	3.94	7 775	3.65	-2 090	-3 439	-601
耕地	39 540	18.58	39 488	18.55	34 196	16.07	29 938	14.07	-52	-5 292	-4 258
建设用地	8 684	4.08	12 789	6.01	17 598	8.27	28 671	13.47	4 105	4 809	11 073
水体	13 318	6.26	13 071	6.14	13 761	6.47	13 423	6.31	-247	690	-338
裸地	1 959	0.92	686	0.32	1 616	0.76	3 189	1.50	-1 273	930	1 573

2.1.2 土地利用动态变化

鉴于有林地、灌木林、耕地、建设用地为研究区 1974~2006 年的主要地类,比较其动态变化,由可以看出,不同地类动态度在各时期存在差异:1974~1992 年是建设用地>灌木林>有林地,耕地在这一时期变化不明显;1992~2000 年是建设用地>灌木林>有林地>耕地;2000~2006 年是建设用地>耕地>有林地>灌木林。在这些主要地类中,建设用地是变化最快的类型,同时耕地减少的速度也在增加。

2.1.3 土地利用强度变化

土地利用强度指标考虑了面积基数的影响,因此其指标更具比较性。可以看出,1974~1992 年有林地减少迅速,灌木林增加速度较快,有林地破坏严重,粗放落后的农业生产是导致毁林开荒的重要原因;1992~2000 年由于护林、绿化政策取得一定

效果,有林地出现增加趋势,而灌木林明显减少;2000~2006 年有林地再次大幅度减少。在城市化进程中,建设用地增加的趋势在不断上升,2000~2006 年约为 1974~1992 年的 8 倍,而 1992 年来耕地减少的速度也在增加,2000~2006 年为 1992~2000 年减少速度的 2 倍,同时 2000~2006 建设用地增加速度约为同期耕地减少速度的 2 倍多,可见近年来城市的快速扩张。20 世纪 90 年代正是昆明城市化进程加快和经济快速增长的时期,存在无计划扩张现象,另外,由于农业生产技术粗放,普遍存在“丢荒”的生产习惯,致使大量裸地出现;32 年间荒草地持续减少,这是由于草场乱牧和过牧的影响,超载严重,大量草场退化,从而会影响有林地的天然更新和人工造林,成为制约自然植被发展的重要因素;果园同时期保持增加趋势,水体变化不显著。

2.2 土地利用类型之间的转化

土地利用转移率和贡献率,能够显示出各地类的相互转化关系,3个阶段,有林地转化为灌木林和耕地的百分比分别为31.68%、15.33%、22.78%;相当比例的灌木林转为荒草地;耕地分别有13.36%、17.24%和28.60%转成建设用地,呈递增关系,大量的耕地丧失,用于非农建设,这与昆明的城市化进程是相符的。3个阶段的建设用地分别有41.30%、38.67%和34.12%由耕地转化而来,可见城市扩张占用耕地的现象相当严重;裸地分别有62.68%、54.09%和49.76%是由有林地和灌木林转化而来的,而1974~1992年最为严重,另外3个阶段分别有34.31%、36.68%和33.82%的荒草地由灌木林转化而来。植被的毁坏对生态环境产生了深远的影响,反映了人为活动对自然环境的破坏过程。有林地主要分布在交通闭塞的山区,其经济社会及处于“小而全”的封闭式体系,形成了人口-粮食-饲料-能源的恶性循环中,促使有林地迅速解体,在低下的生产力条件下,大多数地区对有林地只有索取而无补偿;另一方面,生态环境恶化及树种、林种单纯等原因,导致虫害猖獗,云南松被毁严重^[24]。虽然1992~2000年有林地有净增加,但是从裸地的来源分析,对林地的破坏比较严重。

2.3 景观格局方向性差异分析

各期土地利用图,SW-NE方向PD值除1974年低于SE-NW样带外,其他3期均明显高于SE-NW样带,说明90年代开始的城市化建设SW-NE样带更为深刻;而LPI值在SW-NE方向上均低于SE-NW样带,且1992年以后差距逐渐拉大,说明SW-NE样带的土地利用类型越复杂,斑块增多;从FARC_AM值来看,1974和1992年方向性差异并不大,在2000年以后SW-NE样带明显低于SE-NW样带;另外,4期土地利用图SW-NE样带的SHDI值均高于SE-NW样带,可以看出斑块的破碎和土地利用类型的复杂程度也是前者高于后者,综上,均反映出1974~2006年,尤其是1992年以来SW-NE样带上人为活动对景观形状的影响比SE-NW样带更深刻。1974~2006年SW-NE、SE-NW样带上PD值的年均变化率为2.77%、2.65%,说明NW-SE样带斑块破碎程度较SW-NE样带稍轻,二者PD值均在2000~2006年回落,建设用地向外扩展,斑块出现整合趋势;1992年以来,两个样带的FARC_AM值均降低,

表明人类活动使景观形状趋于简单,两样带均受城市化影响严重,只是同时期SW-NE样带比SE-NW明显。由4期土地利用分类图分析,建设用地向东北方向和东南方向扩展尤其突出,这与上述结果是一致的。松花坝水源区地处昆明东北郊盘龙江流域,是昆明市民赖以生存的主要水源,滇池位于昆明西南部,毁林开荒、陡坡种植的结果加剧了水土流失情况,滇池湖水富营养化,水质恶化,水源减少,威胁昆明发展。

2.4 景观梯度分析

2.4.1 斑块密度指数(PD)

1974年、1992年和2000年景观梯度圈的PD平均值是逐年上升的,说明其破碎度逐年加大;且4个时期的PD值均呈现先增加后减少的趋势,1974年峰值出现在第6圈带处,而1992年、2000年和2006年的峰值均出现在第11圈带处;且同梯度圈带上,1974~2000年随年份的增加,其破碎度也在逐年加剧,2000年达到最高值,2006年PD值出现回落,反映出人为活动对景观格局的梯度规律性,也说明2000年后由于生态保护政策的干预,已经使得城市景观破碎化状况得到控制,城市规划出现理性成分;城市化初期,1974~1992年第1~3梯度带内,PD值逐渐增减,1992年后随着城市边界的外延,指数开始增加的梯度圈带也逐渐外延。

2.4.2 最大斑块指数(LPI)

LPI值反映了景观的优势度。1974~2006年4期的曲线趋势表现为先降低再增加,均在第11梯度圈带达到谷值,表现出在11圈带处无占明显优势的地类,破碎度最大;随年份增加,建设用地斑块所占优势越来越大,所以第4梯度圈带内,LPI值是逐年增加的,且增加幅度也在不断加大;第4~7圈带内,因为地类斑块数量增加、破碎,同梯度圈带LPI值逐年降低,在第11梯度圈带后也出现了相似了规律,反映出城市化进程中对城市郊区景观的影响。

2.4.3 香农多样性指数(SHDI)

斑块结构复杂是造成景观多样性指数增加的原因。梯度圈带1~5内,随着城市化进程的加剧,建设用地斑块不断扩大,指数开始上升的圈带逐年外移;梯度圈带8~16四期土地利用图SHDI曲线均出现先减少后增加的变化趋势,且SHDI值逐年上升,其中1974年的SHDI值是最低的,原因是斑块连接性较好,未出现破碎化,圈带内类型较单

一，所以多样性指数低，而随人为干扰因素的增加，景观多样性指数增加，并不是丰富度增加，而是斑块被割据，土地利用类型在面积上均匀度增加的结果^[25]。

2.4.4 面积加权分形维数 (FARC_ AM)

第2~3梯度圈带是1974~1992年城市化初期首先受到破坏的区域，也是破坏最为严重的区域，所以分维数增加；1992~2006年城市化后期，距离中心近的圈带内建设用地斑块已经整合，破碎化区域外延，所以2000年、2006年指数增加的起始圈带外移。第4圈带以后，1974年、1992年和2000年面积加权分维数逐年增加，表明破碎化情况随城市化进程逐年加剧，2006年分维数值开始回落，一方面由于植树造林政策初见成效，使破碎化得到遏制，另一方面由于城市化后期斑块间的整合。

综上所述，4个景观指数的变化趋势明确地反映了景观破碎化程度形成一个从城市中心向外围逐渐减小的空间梯度，城市化进程中，4个指数出现变化的起始梯度圈带均逐渐外移。另外，PD值从1992年开始在第11圈带处达到破碎度峰值，LPI值达到谷值，此值的出现处对应着在空间结构上城市化程度最高的地理位置，而曲线的转折点也可用来只是城市景观的边界范围^[25]。另外，2000年以来生态保护政策的干预，城市建设出现了一些理性成分，加之城市化后期斑块整合，2006年PD值和FARC_ AM值出现回落，破碎状况得到一些控制。

3 结论与讨论

3.1 结论

借助3S技术，结合景观梯度分析方法，快速、定量的获取昆明市土地利用信息，分析了LUCC、景观的方向性差异和梯度性分异规律。1974~2006年，研究区LUCC剧烈，1974~1992年由于缺乏生态意识的乱砍滥伐及毁林开荒的生产方式使有林地大面积减少，1992~2000年由于采取的生态保护政策取得成效，有林地面积有所增加，但2000~2006年又出现了减少趋势，说明在保护的同时，还存在着对有林地的破坏。建设用地大幅度增加，2000~2006年约为1974~1992年的8倍，而1992年以来耕地减

少的速度也在增加，2000~2006年为1992~2000年减少速度的2倍，同时2000~2006建设用地增加速度约为同期耕地减少速度的2倍多，城市扩张对耕地的占用现象是十分严重的。由于草场乱牧和过牧的影响，超载严重，大量草场退化，32年间荒草地持续减少；城市化进程加快和经济高速增长的同时，存在无计划扩张现象；由于农业生产技术粗放，“丢荒”的生产习惯，致使大量裸地出现。

用梯度分析结合景观指数定量识别城市化时空变化、方向性差异及梯度分异是一个有效的手段，研究表明1974~2006年建设用地向东北方向和东南方向扩展尤其突出，两样带均受城市化影响严重，同时期SW-NE样带比NW-SE明显，斑块的破碎和土地利用类型的复杂程度也是前者高于后者，尤其是1992年以来SW-NE方向上人为活动对景观形状

的影响比SE-NW方向更深刻。PD、LPI、SHDI、FARC_ AM值的变化趋势明确地反映了景观破碎化程度形成一个从城市中心向外围逐渐减小的空间梯度，城市化进程中，4个指数出现变化的起始梯度圈带均逐渐外移；从1992年开始在第11圈带处达到破碎度峰值，此最高值的出现处对应着在空间结构上城市化程度最高的地理位置；2000年以来生态保护政策的干预，城市建设出现了一些理性成分，加之城市化后期斑块整合，2006年PD值和FARC_ AM值出现回落，破碎状况得到控制。

3.2 讨论

20世纪90年代昆明城市快速发展，随着城市化的推进，人口膨胀建房、毁林开荒造地；人为因素带来的土地利用类型变化和生态环境恶化，林地破坏、占用耕地、草场退化、生态环境恶化，都在威胁着昆明今后的发展，所以通过研究LUCC和景观格局变化，科学合理地认识城市化过程和趋势，从而改变落后生产方式，提倡节约型生产，提高林地、耕地保护意识，增强保护政策，控制城市扩张朝理性方向发展，才能有效的降低和解决城市化所带来的负面影响^[14]。城市边缘区作为城市化的前沿地带，其土地利用变化具有重要影响，做好基础调查研究工作，对城市发展进行合理规划，严格控制耕地面积，切实保护林地，防止生态环境进一步恶化。

参考文献：

- [1] Seto, K C, Fragkias, M. Quantifying spatiotemporal patterns of urban land - use change in four cities of China with time series landscape metrics [J]. Landscape Ecology, 2005, 20: 871 - 888.

- [2] Moortel, B V d. Spatiotemporal study of urban land cover in Southwest China [C] //Case Studies of the Cities Dali and Jinghong. 2007, 1 – 141.
- [3] Lamprey, B L, Barron, E J. Impacts of agriculture and urbanization on the climate of the Northeastern United States [J]. *Global and Planetary Change*, 2005, 49: 203 – 221.
- [4] 郑辛酉, 贾铁飞, 倪少春. 基于土地利用变化的区域城市化生态效应分析——以上海城市边缘区轴向城市化样带为例 [J]. *资源科学*, 2006, 28 (6): 146 – 153.
- [5] 胡德勇, 李京, 陈云浩, 等. 基于多时相 Landsat 数据的城市扩张及其驱动力分析 [J]. *国土资源遥感*, 2006, 70 (4): 46 – 50.
- [6] Whittaker, R H. Gradient analysis of vegetation [J]. *Biol. Rev.*, 1967, 42: 207 – 264.
- [7] Whittaker, R H. *Communities and Ecosystems* [M]. New York: MacMillan, 1975.
- [8] Sukopp, H. Urban ecology – Scientific and practical aspects [J]. *Urban Ecology*, 1998: 3 – 16.
- [9] Pouyat, R V, McDonnell, M J. Heavy metal accumulations in forest soils along an urban – rural gradient in southeastern New York, USA [J]. *Water Air Soil Pollution*, 1991, 57: 797 – 807.
- [10] Pouyat, R V, McDonnell, M J, Pickett, S T A. Soil characteristics in oak stands along an urban – rural land – use gradient [J]. *J. Environ. Qual*, 1995, 24: 516 – 526.
- [11] Zhu, W, Carreiro, M M. Chemoautotrophic nitrification in acidic forest soils along an urban – to – rural transect [J]. *Soil Biol. Biochem.*, 1999: 1092 – 1100.
- [12] 李俊祥, 王玉洁, 沈晓虹, 等. 上海市城乡梯度景观格局分析 [J]. *生态学报*, 2004, 24 (9): 1973 – 1981.
- [13] Luck, M, Wu, J. A gradient analysis of urban landscape pattern: a case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA [J]. *Landscape Ecology*, 2002, 17: 327 – 339.
- [14] 郭烁, 夏北成, 刘蔚秋, 等. 城市化进程中广州市景观格局的时空变化与梯度分异 [J]. *应用生态学报*, 2006, 17 (9): 1671 – 1676.
- [15] Yu, X J, Ng, C N. Spatial and temporal dynamics of urban sprawl along two urban – rural transects: A case study of Guangzhou, China [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2007, 79: 96 – 109.
- [16] 王新生, 刘纪远, 庄大方, 等. 中国城市形状的时空变化 [J]. *资源科学*, 2005, 27 (3): 20 – 25.
- [17] Deng, X. Growth, population and industrialization, and urban land expansion of China [J]. *Journal of Urban Economics*, 2007: 1 – 20.
- [18] 黄智. 世纪之交 昆明城市发展战略. 云南科技出版社, 1997, 89 – 90.
- [19] 蔡宏. 基于遥感的昆明市城市土地利用变化情况对比研究 [J]. *贵州科学*, 2007, 25: 178 – 184.
- [20] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨 [J]. *地理科学进展*, 1999, 18 (1): 81 – 87.
- [21] 朱会义, 李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论 [J]. *地理学报*, 2003, 58 (5): 643 – 650.
- [22] 李红梅, 马友鑫, 郭宗峰, 等. 基于 RS 和 GIS 的西双版纳土地覆被动态变化 [J]. *山地学报*, 2007, 25 (3): 280 – 289.
- [23] 史培军, 陈晋, 潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析 [J]. *地理学报*, 2000, 55 (2): 151 – 160.
- [24] 昆明市林业局, 云南大学生态学与地植物学研究所. 昆明植被 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 1994, 33 – 38.
- [25] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000, 111 – 115.
- [26] 陈静, 和丽萍等. 滇池湖滨带生态湿地建设中的土地利用问题探析 [J]. *环境保护科学*, 2007, 33 (1): 39 – 41.
- [27] Yousef Sakieh, Bahman Jabbarian Amiri, Afshin Danekar, et al. Scenario – based evaluation of urban development sustainability: an integrative modeling approach to compromise between urbanization suitability index and landscape pattern [J]. *Environment, Development and Sustainability*, 2015, 17 (6): 1343 – 1365.
- [28] D. Smiraglia, T. Ceccarelli, S. Bajocco, et al. Unraveling Landscape Complexity: Land Use/Land Cover Changes and Landscape Pattern Dynamics (1954 – 2008) in Contrasting Peri – Urban and Agro – Forest Regions of Northern Italy [J]. *Environmental Management*, 2015, 56 (4): 916 – 932.
- [29] Paola Mairota, Barbara Cafarelli, Rocco Labadessa, et al. Very high resolution Earth Observation features for testing the direct and indirect effects of landscape structure on local habitat quality [J]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2015, 34: 96 – 102.
- [30] Chen Liding, Liu Yang, Lü Yihe, et al. Pattern analysis in landscape ecology: progress, challenges and outlook [J]. *stxben*, 2008, 28 (11): 5521 – 5531.
- [31] Shiliang Su, Rui Xiao, Zhenlan Jiang, et al. Characterizing landscape pattern and ecosystem service value changes for urbanization impacts at an eco – regional scale [J]. *Applied Geography*, 2012, 34: 295 – 305.

江苏省县域城镇化与农村发展协同演化研究

刘梦迪¹, 沈正平^{1,2*}, 仇方道^{1,2}

(1. 江苏师范大学 地理测绘与城乡规划学院, 江苏 徐州 221116; 2. 淮海发展研究院, 江苏 徐州 221009)

摘要: 构建城镇化与农村发展协同演化评价指标体系, 运用熵值法、协调度模型及变异系数, 以县域为研究单元, 探讨江苏省城镇化与农村发展的空间格局及二者的协同演化关系。结果表明: (1) 湖区周边地区城镇化水平较高, 从南到北, 高、中、低递减分布。太湖、高邮湖流域周边地区城镇化水平明显高于骆马湖、洪泽湖流域周边地区, 增长较快地区主要沿东陇海线、宁启线发展; (2) 沿长江中下游、苏北灌溉总渠农村发展水平高, 形成苏州、南通、徐州3个增长中心。苏南城镇化与农村发展水平较高, 苏北地区处于城镇化与农村发展洼地, 应当扶持苏北地区的发展; (3) 江苏省城镇化与农村发展协同演化程度较高水平区以苏州为核心的, 低水平以淮安为核心。

关键词: 城镇化; 农村发展; 协同演化; 时空格局; 江苏省

中图分类号: F291.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852(2016)02-0021-08

0 引言

继《国家新型城镇化规划(2014-2020年)》发布后, 江苏省发布了《江苏省新型城镇化与城乡发展一体化规划(2014-2020年)》。在新型城镇化的进程中, 江苏省强调城乡发展一体化, 更加注重城乡协调发展。城镇化问题是当代中国社会经济发展重大的综合性课题, 是推进现代化和谐社会发展的根本问题^[1]。在推进城镇化过程中, 应处理好粮食和其他主要农产品供求问题、农村土地问题、农民转市民问题三大关键问题^[2]。城镇化发展要循序渐进, 走健康城镇化与新农村建设相结合的道路是我国最现实的选择^[3]。

国外学者的研究主要集中在城镇化与农村发展的相互作用^[4,5]、城镇化过程中的土地问题^[6,7]、城镇化与环境问题^[8,9]等方面; 国内关于城镇化与农村发展的理论研究主要集中在其模式的探讨上^[10],

一是中国必须改变重数量、轻质量的传统城镇化发展模式, 以科学发展观为指导思想, 走城乡协调型的城镇化道路^[11], 新型城镇化战略实施中, 应当从区域协调和城乡协调出发, 把握城镇化的战略重点, 走一条集约型的城镇化道路^[12], 城镇化道路应是城市与农村发展相协调, 从而实现一体化才是中国特色的新型城镇化^[13]; 二是城镇化进程过程中的对农村土地、农民、农村经济等问题的研究。李国祥认为土地城镇化和人口城镇化进程中会带来农村土地变动及其权益的重新分配, 不断引发农村不同利益群体的矛盾和冲突, 迫切需要创新农村土地制度^[14]; 辜胜阻对农民工的问题、特征、解决途径进行了深入探讨^[15], 辜胜阻关注城镇化进程中农村留守儿童在生活、学习、心理、行为以及安全等方面的问题^[16], 姚士谋等人探讨了城镇化中的农村人口非农化问题, 解决好农村人口非农化, 探索具有中国特色的城镇化道路^[17]; 孙虹乔研究了城镇化进程中农村居民消费问题, 城镇化促进了

收稿日期: 2016-03-03; 修订日期: 2016-04-08.

基金项目: 国家社会科学基金重点项目(15AJL014); 江苏省哲学社会科学基金重大项目(13ZD004).

作者简介: 刘梦迪(1991-), 女, 江苏省徐州市丰县人, 硕士研究生, 研究方向为人文地理、城镇化.

* 通信作者: 沈正平(1961-), 男, 江苏省扬州市宝应县人, 教授, 博士, 研究方向为人文地理及区域经济.

农村消费的增长的同时带来农村收入、教育及金融等方面的改善^[18]；三是关于构建城镇化与农村发展的评价指标体系方面的研究，王艳飞构建城镇化与农村协调发展指标体系，对于环渤海地区的城镇化与农村发展进行了详细论述^[19]，高新才、王新越、陈明星等人构建了城乡协调、城镇化相关指标体系，对于城乡协调发展定量评价提供了借鉴和参考^[20-22]。国内研究主要集中在城镇化进程中农村

发展的某一方面的探讨上，对于农业生产、农村经济、农民生活的综合研究还较为薄弱，因而需要更多学者的参与和研究。文章选取在全国范围内城镇化与农村发展协同演化程度整体较高、内部差异显著的江苏省为研究区域（图 1），以县域为研究单元，探究江苏省城镇化与农村发展协同演化时空分异，以期对江苏省城镇化与农村发展提质增效提供科学依据。



图 1 江苏省行政区划图（2012）
Fig. 1 Administrative division map of Jiangsu Province (2012)

1 研究方法与数据来源

1.1 构建评价指标体系

城镇化进程必须是健康稳定发展的，依照一定的城镇化建设质量和符合区域经济发展规律，循序渐进，逐步提升现代化水平^[1]。借鉴已有的城镇化与农村发展的相关研究成果^[19-22]，遵循评价指标的系统性、科学性、可行性，以及数据的可收集性等原则，因城镇化不同于以往的单纯追求人口城市化，而更加注重城镇化全面、协调、健康发展，顺应信息化、智能化发展趋势、交通可达性等方面，从人口、经济、空间等方面考虑，构建了城镇化发

展水平评价指标体系（表 1）。

表 1 城镇化发展水平评价指标体系

Tab. 1 The evaluation index system of urbanization development

系统层	结构指标层	具体指标层	指标性质	单位
城镇化发展水平	经济城镇化	二三产业比重	正	%
		人均地区生产总值	正	元
	人口城镇化	非农人口比重	正	%
	空间城镇化	公路网密度	正	km/100 km ²
		城镇居民互联网入户率	正	%

聚焦“三农”，从农业生产、农民生活、农村经济入手，构建农村发展水平评价指标体系（表2）。

表2 农村发展水平评价指标体系
Tab. 2 The evaluation index system of rural development

系统层	结构指标层	具体指标层	指标性质	单位
农村发展水平	农业生产	农村机械总动力	正	10 ⁴ kw
		非粮食作物耕地占有率	正	%
	农民生活	农民人均纯收入	正	元
		农村居民恩格尔系数	负	%
	农村经济	农林牧副渔总产值	正	亿元
		非农就业人员比例	正	%

1.2 研究方法

1.2.1 熵值法

为减少主观因素的影响，选择熵值法^[23,24]确定城镇化与农村协同演化评价指标的权重。熵值法将数据进行无量纲化处理后，通过计算不确定因素在整个系统中的贡献率来衡量某一因素对系统的影响度，具体测算方法如下：

(1) 指标无量纲化：

$$X'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (1)$$

$$\text{或 } X'_{ij} = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (2)$$

(2) 城镇化发展综合指数：

$$F_i = \sum_{j=1}^n w_j * X'_{ij} \quad (3)$$

(3) 农村发展综合指数：

$$G_i = \sum_{j=1}^n w_j * X'_{ij} \quad (4)$$

式中： x_{ij} 为指标原始数据； X'_{ij} 为指标无量纲化数据； x_j 为第 j 项指标数值； w_j 为第 j 个指标的权重值。

1.2.2 协调度模型

为测度城镇化与农村发展的水平，参照相关研究^[19,25-27]，建立耦合度模型如下：

$$C = \left\{ \frac{F(x) * G(y)}{\left[\frac{F(x) + G(y)}{2} \right]^2} \right\}^{1/2} \quad (5)$$

式(5)反映了在城镇与农村发展水平一定的条件下，为使城镇化与农村发展水平或复合效益最大，城镇与农村发展水平进行组合协调的数量程度。采用中值分段法将城镇化与农村发展耦合划分为4个阶段，即 $0 < C \leq 0.3$ 为不耦合阶段； $0.3 < C \leq 0.5$ 为初级耦合阶段； $0.5 < C \leq 0.8$ 为中度耦合阶段； $0.8 < C \leq 1.0$ 为良性耦合阶段^[27]。

利用计算出的 $F(x)$ 和 $G(y)$ 值代入协调度模型，得出协调度(D)，建立协调度模型如下：

$$D = \sqrt{C * T} \quad (6)$$

式中： $T = \alpha F(x) + \beta G(y)$ ，(T)为城镇化与农村发展水平综合评价指数，它反映了城镇化与农村发展的综合水平； α 和 β 为待定权重， $T \in (0,1)$ ， $D \in (0,1)$ 。在城乡一体化理念指导下，城镇化与农村发展水平对城乡发展的贡献同等重要，因此，取 $\alpha = \beta = 0.5$ 。从式(6)中可以看出协调度， $0 \leq D \leq 1$ ，采用中段分值法对协调度类型进行划分，即 $0 < D \leq 0.3$ 为失调发展； $0.3 < D \leq 0.5$ 为初步协调； $0.5 < D \leq 0.8$ 为良好协调； $0.8 < D \leq 1.0$ 为优质协调^[27]。

协调度(D)综合了城镇化与农村发展的耦合度(C)及其综合评价指数(T)的信息。该模型适用于两个子系统间的协调度评价，因而采用此模型进行城镇化与农村发展协同演化的评价，以把握两者之间的关联程度及其发展阶段。

1.2.3 变异系数

变异系数用来衡量区域间整体差异的大小，即时间序列各省域城镇化与农村发展协同演化程度之间差异的变动情况。

$$C_v = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (7)$$

式中： C_v 为变异系数； $\bar{x}$ 为各年份县域城镇化与农村发展协调度的平均值； X_i 为地区 i 的城镇化与农村发展协调度的数值； n 为研究单元数， C_v 越小，说明区域城镇化与农村发展协同演化程度越高。

1.3 数据来源

以2012年行政区划为标准（2013年3月南京市溧水县、高淳县撤县设区），选取2003~2012年江苏省相关指标为原始数据，以县域为研究单元，包括48个县、市，所涉及的属性数据主要来自于

2004 ~ 2013 年《江苏省统计年鉴》和《中国县(市)社会经济统计年鉴》。

2 江苏省县域城镇化与农村发展水平时空格局

根据上述研究方法计算得出,江苏省 2003 ~ 2012 年城镇化发展综合指数、农村发展综合指数,两者耦合度、综合评价指数及协调发展度的差异系数(表 3),选取两者协调发展度波动较大的 4 个年份(2003 年、2007 年、2010 年、2012 年)进行时空特征演化分析。

表 3 江苏省县域城镇化与农村发展综合指数、协调度(2003 ~ 2012)

Tab. 3 The comprehensive index, coordination of the county urbanization and rural development in Jiangsu province (2003 年 ~ 2012 年)

年份	F	G	C	T	D
2003	0.498	0.274	0.848	0.342	0.582
2004	0.510	0.276	0.867	0.349	0.597
2005	0.507	0.286	0.865	0.346	0.593
2006	0.516	0.260	0.883	0.337	0.593
2007	0.532	0.255	0.917	0.342	0.614
2008	0.519	0.250	0.895	0.340	0.604
2009	0.516	0.260	0.848	0.342	0.582
2010	0.486	0.236	0.812	0.329	0.563
2011	0.507	0.239	0.842	0.345	0.587
2012	0.518	0.229	0.824	0.350	0.589

2.1 城镇化水平时空格局

2.1.1 时序变化

2003 ~ 2012 年低于江苏全省城镇化平均水平的县域分别有 30 个(2003 年)、31 个(2007 年)、29 个(2010 年, 2012 年)。表 3 显示, 2003 ~ 2012 年城镇化发展水平由 0.498 增长到 0.518, 城镇化发展差异小幅度扩大, 总体呈现先扩大后缩小又扩大的波浪式发展趋势。

2.1.2 空间格局

利用 GIS 中的自然断裂点法将江苏省划分为低、较低、中等、高水平区(图 2)。整体来看, 湖区周边地区城镇化水平较高, 从南到北, 高、

中、低递减分布, 城镇化发展南高北低, 中部洼, 形成苏南、苏中、苏北 3 级阶梯。江苏省县域城镇化高水平区和较高水平区主要集中在长江中下游的苏南地区、苏中的部分地区; 苏北大部分、苏中部分地区城镇化率较低; 城镇化高水平区在空间上分布在长江下游地区, 主要为苏南地区的常熟、张家港、昆山、宜兴、溧阳、江阴等地区; 城镇化中等水平区主要分布在高邮湖周边地区; 城镇化较低水平区主要分布在苏中地区, 如南通的如皋、海安及泰州的靖江、兴化等地区; 城镇化低水平区主要分布在骆马湖和洪泽湖周边地区, 如淮安的洪泽、盱眙、宿迁的泗阳、泗洪及盐城的射阳、滨海、阜宁等; 2003 ~ 2012 年城镇化发展空间演化表明, 江苏省县域城镇化水平地区发展不平衡, 活跃区域沿东陇海线、宁启线发展, 较快增长区苏北以邳州、新沂、东海、赣榆为主, 苏中以南通的如东、启东、如皋为主, 苏南地区以南京为中心的城镇化发展辐射带动增长格局。

2.2 农村发展水平时空格局

2.2.1 时序变化

2003 ~ 2012 年江苏省县域农村发展水平的变异系数为 0.274 (2003 年)、0.255 (2007 年)、0.236 (2010 年) 和 0.229 (2012 年)(表 3), 2003 ~ 2012 年农村发展水平差异系数由 0.274 减小到 0.229, 农村发展水平差距逐步缩小, 与城镇化发展水平比较, 江苏整体农村发展水平的区域发展相对均衡。

2.2.2 空间格局

总体上, 长江中下游、苏北灌溉总渠将农村发展划分为 3 级阶梯(图 3), 形成苏州、南通、徐州 3 个增长中心。苏南农村发展水平高于苏中、苏北大部分地区, 苏锡常地区是农村高水平、较高水平集聚区, 零星分布的有苏北的沛县、邳州、大丰、东台、兴化及苏中的海门、启东等地区, 苏北的盱眙、泗洪、金湖、洪泽、灌云、灌南、响水等地区是农村低水平空间集聚区; 2003 ~ 2012 年农村发展水平显著提升, 沿长江中下游、苏北灌溉总渠周边地区发展迅速。苏南地区基本上处在高水平发展区, 丹阳、高淳发展较快; 苏中地区的宝应、仪征、如皋、海安、姜堰、泰兴发展较快; 苏北地区的丰县、沛县、阜宁、建湖地区的农村发展明显提高; 苏北地区的盱眙、泗洪、响水、灌云、灌南等地区农村发展速度相对较慢, 处在农村发展的低洼区。高水平区域由苏南地区集聚逐渐转移到苏中地区。

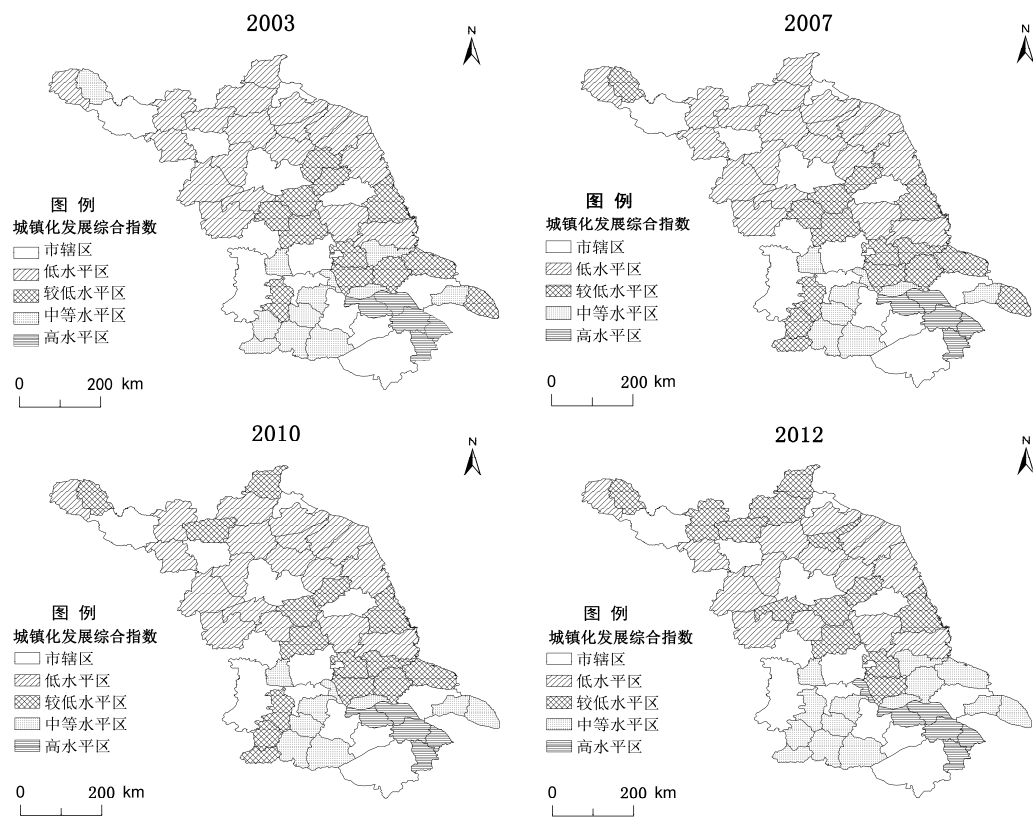


Fig. 2 Spatial pattern evolution of county urbanization level in Jiangsu Province

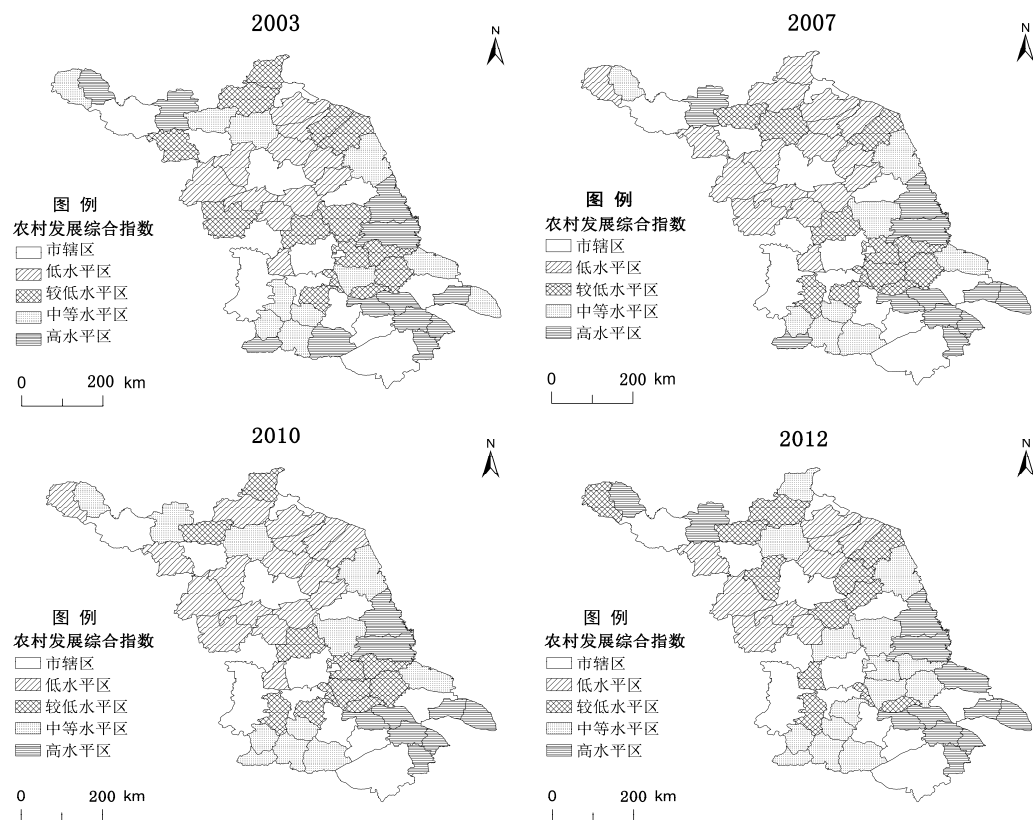


Fig. 3 Spatial pattern evolution of county rural development level of Jiangsu Province

3 江苏省县域城镇化与农村发展协同演化特征

3.1 时序变化特征

表 3 显示, 2003 ~ 2012 年城镇化发展和农村发展的耦合度保持在 0.8 以上, 处于城镇化与农村发展良性耦合阶段, 逐步向优质耦合阶段迈进。2003 ~ 2012 年城镇化发展和农村发展的协调度均在 0.5 以上, 城镇化与农村发展协同演化程度先稳步增大, 后下降, 最终趋于平稳。

3.2 空间格局特征

总体上 (图 4), 城镇化与农村发展协同演化较高水平以苏州为核心的, 低水平区以淮安为核心, 呈核心—边缘扩散, 苏州核心高, 边缘低, 淮安核心低, 边缘高。协同演化程度高、较高水平区集中分布苏州的张家港、常熟、昆山, 无锡的宜兴、江阴, 常州的溧阳、金坛, 南京的溧水、高淳及南通的海门等; 协同演化程度低、较低水平区主要分布在苏北的大部分区域及苏中的如皋、如东、

兴化、姜堰及苏南的句容; 苏中的海安、姜堰、盐城的大丰等地区的协同演化程度不断提升, 逐步进入中等协同演化发展区域。2003 ~ 2012 年, 江苏省城镇化与农村发展协同演化程度从沿海到内陆苏南呈现高水平区域向中等水平区域过渡的趋势; 苏中地区沿海和内陆协同演化水平高、中部地区水平低; 苏北地区协同演化水平较低和低水平相间分布。苏北地区城镇化发展和农村发展都相对苏中、苏南较低, 属于城镇化与农村发展协同演化的低陷区; 苏中借助苏南快速发展的东风, 位于城镇化与农村协同演化的活动区域, 苏南是城镇化与农村发展协同演化的高地。

4 结论与讨论

(1) 湖区周边地区城镇化水平较高, 从南到北, 高、中、低递减分布。太湖、高邮湖流域周边地区城镇化水平明显高于骆马湖、洪泽湖流域周边地区, 增长较快地区主要沿东陇海线、宁启线发展。

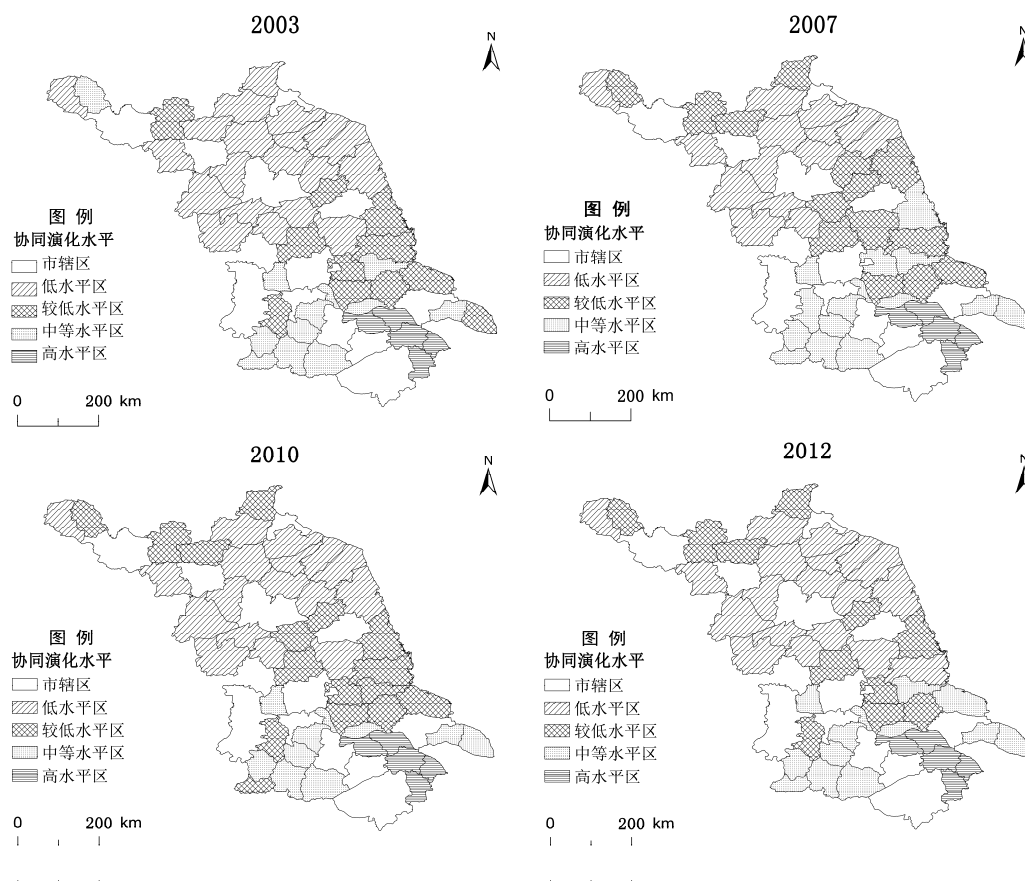


图 4 江苏省县域城镇化与农村发展协同演化水平时空格局

Fig. 4 Spatial-temporal pattern of coevolution level between the county urbanization and rural development of Jiangsu Province

(2) 沿长江中下游、苏北灌溉总渠农村发展水平高,形成苏州、南通、徐州3个增长中心。农村发展总体呈现长江以南、长江以北,苏北灌溉总渠以南、苏北灌溉总渠以北3级阶梯,增长较快地区主要沿长江、苏北灌溉总渠发展,苏北地区农村发展速度相对较慢,处在农村发展低洼地区。

(3) 江苏省城镇化与农村发展协同演化程度的变化呈现出城乡较高水平区以苏州为核心的,核心高,边缘低;低水平区以淮安为核心,核心低,边缘高。苏北地区城镇化发展和农村发展都相对苏中、苏南较低,属于城镇化与农村发展协同演化的低陷区;苏中借助苏南快速发展的东风,位于城镇化与农村协同演化的活动区域,苏南是城镇化与农村发展协同演化的高地。

城镇化不仅仅是促进区域经济发展的重要动力,更是反映区域经济发展水平的一个重要标志。推进江苏省城镇化与农村发展应把扶持苏北作为江苏协调“南与北”,统筹“城与乡”的发展重点,

推进江苏省城镇化与农村同步、协调发展,政府政策向苏北倾斜,提升苏北地区经济发展。积极发展“互联网+”,加快农村电商发展,促进苏北农业现代化;推动农村基础设施建设,推进农业转移人口市民化,实现城乡基础设施一体化、公共服务均等化;人才是第一生产力,苏北作为人才流失地,大力发展劳动密集型、技术密集型、资金密集型产业吸引人才回流;积极加快农村土地制度改革,将化解政策性土地流转纠纷作为全省农业经营体制改革的重要试点内容,选择不同代表性地区进行试点,解决好农村土地制度的难题,切实保障农民利益。县域单元是城镇化未来发展的主要阵地,应当坚持大中城市和小城镇分工协调、城镇聚合轴和都市圈有机结合的战略布局,优化城镇化发展格局。

致谢: 江苏师范大学地理测绘与城乡规划学院2014级区域经济学研究生余美蓉、人文地理学研究生王梓懿等参与了本文资料收集和分析讨论,在此深表谢意!

参考文献:

- [1] 姚士谋,陆大道,王聪,等. 中国城镇化需要综合性的科学思维——探索适应中国国情的城镇化方式 [J]. 地理研究, 2011, 30 (11): 1947-1955.
- [2] 陈锡文. 我国城镇化进程中的“三农”问题 [J]. 国家行政学院学报, 2012 (6): 4-11; 78.
- [3] 陆大道,姚士谋. 中国城镇化进程的科学思辨 [J]. 人文地理, 2007, 22 (4): 1-5; 26.
- [4] Giuseppina Siciliano. Urbanization strategies, rural development and land use changes in China: A multiple-level integrated assessment [J]. Land Use Policy, 2012, 29 (1): 165-178.
- [5] Yaolin Liu, Ti Luo, Zhongqiu Liu, et al. A comparative analysis of urban and rural construction land use change and driving forces: Implications for urban-rural coordination development in Wuhan, Central China [J]. Habitat International, 2015, 47: 113-125.
- [6] Yuzhe Wu, Xiaoling Zhang, Liyin Shen. The impact of urbanization policy on land use change: A scenario analysis [J]. Cities, 2011, 28 (2): 147-159.
- [7] Hongping Lian, Raul P. Lejano. Interpreting Institutional Fit: Urbanization, Development, and China's "Land-Lost" [J]. World Development, 2014, 61: 1-10.
- [8] Yangfan Li, Yi Li, Yan Zhou, et al. Investigation of a coupling model of coordination between urbanization and the environment [J]. Journal of Environmental Management, 2012, 98 (1): 127-133.
- [9] Boqiang Lin, Hongxun Liu. China's building energy efficiency and urbanization [J]. Energy and Buildings, 2015, 86: 356-365.
- [10] 夏安桃,许学强,薛德升. 中国城乡协调发展研究综述 [J]. 人文地理, 2003, 18 (5): 56-60+33.
- [11] 王富喜,孙海燕. 对改革开放以来中国城镇化发展问题的反思——基于城乡协调视角的考察 [J]. 人文地理, 2009, 24 (4): 12-15.
- [12] 孙久文. 城乡协调与区域协调的中国城镇化道路初探 [J]. 城市发展研究, 2013, 20 (5): 56-61.
- [13] 彭红碧,杨峰. 新型城镇化道路的科学内涵 [J]. 理论探索, 2010 (4): 75-78.
- [14] 李国祥. 新型城镇化与农村土地制度 [J]. 新视野, 2013 (5): 29-32.
- [15] 辜胜阻,郑凌云,易善策. 新时期城镇化进程中的农民工问题与对策 [J]. 中国人口. 资源与环境, 2007, 17 (1): 1-5.
- [16] 辜胜阻,易善策,李华. 城镇化进程中农村留守儿童问题及对策 [J]. 教育研究, 2011 (9): 29-33.

- [17] 姚士谋, 吴建楠, 朱天明, 等. 农村人口非农化与中国城镇化问题 [J]. 地域研究与开发, 2009, 28 (3): 37–41.
- [18] 孙虹乔, 朱琛. 中国城镇化与农村消费增长的实证分析 [J]. 统计与决策, 2012 (5): 90–93.
- [19] 王艳飞, 刘彦随, 李裕瑞. 环渤海地区城镇化与农村协调发展的时空特征 [J]. 地理研究, 2015, 34 (1): 122–130.
- [20] 高新才, 魏丽莉. 中国区域城乡协调发展评价模型与案例分析 [J]. 西北师大学报: 社会科学版, 2010, 47 (2): 91–96.
- [21] 王新越, 宋飏, 宋斐红, 等. 山东省新型城镇化的测度与空间分异研究 [J]. 地理科学, 2014, 34 (9): 1069–1076.
- [22] 陈明星, 陆大道, 张华. 中国城市化水平的综合测度及其动力因子分析 [J]. 地理学报, 2009, 64 (4): 387–398.
- [23] 朱彬, 马晓冬. 基于熵值法的江苏省农村人居环境质量评价研究 [J]. 云南地理环境研究, 2011, 23 (2): 44–51.
- [24] 郭显光. 改进的熵值法及其在经济效益评价中的应用 [J]. 系统工程理论与实践, 1998, 18 (12): 99–103.
- [25] 戴培超, 沈正平, 赵娅汝, 等. 城镇化与生态环境耦合关系变化分析——以徐州市为例 [J]. 江苏师范大学学报: 自然科学版, 2014, 32 (2): 18–22.
- [26] 曹炳汝. 中国城乡发展协调度测度 [J]. 城市问题, 2015 (11): 18–22; 37.
- [27] 唐晓丹, 仇方道, 朱传耿, 等. 江苏省经济与环境协调发展时空格局分析 [J]. 世界地理研究, 2015, 24 (2): 68–77.

COEVOLUTION STUDY OF THE COUNTY URBANIZATION AND RURAL DEVELOPMENT IN JIANGSU PROVINCE

LIU Meng – di¹, SHEN Zheng – ping^{1,2}, QIU Fang – dao^{1,2}

(1. School of Geography, Geomatics and Urban & Rural Planning, Jiangsu Normal University, Xuzhou 221116, Jiangsu, China;

2. Huaihai Development Research Institute, Xuzhou 221009, Jiangsu, China)

Abstract: Constructing the evaluation index system of coevolution study of urbanization and rural development, the entropy value method, coordination degree model and variation coefficient was used, taking county as the research unit, the spatial pattern of urbanization and rural development in Jiangsu province and the coevolution relationship between them was revealed. Results show that: (1) A higher level of urbanization around the lake area, from south to north, high to low decline profile. Taihu Lake Basin, Gaoyou Lake Basin and its surrounding area's urbanization level is significantly higher than Hongze Lake Basin, Luoma Lake Basin and its surrounding areas, rapidly growth areas were mainly spread along the East Longhai line and Ningqi line. (2) The rural development level of along the lower – middle reaches of Yangtze River and the Subei irrigation canal is high, growth core of Suzhou, Nantong and Xuzhou was formed. Sunan, south of Jiangsu province, with a high level of urbanization and rural development, North of Jiangsu province's urbanization and rural development level was in the low – lying land, and should pay more attention to it's development. (3) The core of the coevolution degree of urbanization and rural development areas with a high level of Jiangsu Province was Suzhou, low level of coevolution area as the core was Huai'an.

Key words: urbanization; rural development; coevolution; spatial – temporal pattern; Jiangsu Province

云南山区县域资源环境承载力评价研究 ——以陇川县为例

张 翊¹, 李银富², 茶增芬²

(1. 云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034; 2. 云南大学 资源环境与地球科学学院, 云南 昆明 650223)

摘要: 基于陇川县自然社会经济现状, 从地形条件、资源条件、环境条件和社会经济条件4个系统选取了13项指标构建陇川县资源环境承载力评价指标体系, 利用熵值法确定各指标对资源环境承载力的影响大小, 采用多因素综合评价法对陇川县各乡(镇)的资源环境承载状况进行评价。结果显示: 陇川县各乡(镇)资源环境承载力有较高、中、较低、低4个等级, 全县资源环境承载力处于中等偏下水平。陇川县资源条件较好, 资源环境承载力制约较大的因素是地质环境条件、地形条件和经济基础。

关键词: 资源环境承载力; 山区; 多因素综合评价; 陇川县; 乡(镇)

中图分类号: F062.2

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852(2016)02-0029-06

0 引言

区域资源环境承载力是一个综合的概念, 可将其定义为在确保生态可恢复与可持续, 并满足人类需求的前提下, 一个地区、一定时期内的资源环境数量与质量, 能够承载经济、社会可持续发展需求的能力^[1]。可以从不同的尺度区域探讨资源环境承载力^[2]。20世纪90年代以来, 越来越多学者开始积极探讨资源环境承载力的理论和方法^[2-13]。云南省山区面积占土地总面积的94%, 是典型的山区省。本文贴合云南山区自身特点, 以云南省陇川县为研究对象, 按乡(镇)区域探讨山区资源环境承载力评价指标体系, 并对陇川县乡(镇)区域资源环境承载力进行评价, 以期对陇川县国土空间规划、土地利用总体规划、环境规划提供科学依据, 为云南山区类似县域资源环境承载力评价提供参考。

1 研究区概况

陇川县地处祖国西南边陲山区, 其经纬位置介于东经97°39'至98°17'、北纬24°08'至24°39'之间。地貌处于高黎贡山西坡的延伸部分, 东北部高、西南部低, 山脉、河流、盆地均为东西向, 境内主要有山地、低山丘陵地和盆地三种地貌类型, 气候主要受印度洋和孟加拉湾的西南季风影响, 使陇川县属亚热带季风气候类型, 具有四季不明显, 干湿季分明的特点, 光照充足, 热量丰富, 雨量充沛。境内水系均属伊洛瓦底江流域, 主要河流有南宛河、户撒河、萝卜坝河、龙江过境段等四条河流。陇川县辖区内有章凤镇、陇把镇、景罕镇、城子镇4个镇、户撒乡、护国乡、清平乡、王子树乡、勐约乡5个乡, 土地总面积1 872.91 km²。至2013年底, 全县常住人口186 226人, 少数民族人口101 124人, 占总人口的54.30%, 生产总值306 751万元, 其中第一产业127 764万元, 第二产业91 680万

元, 第三产业 87 307 万元, 人均生产总值 16 617 元, 农民人均纯收入 4 946 元*。

2 评价单元

目前, 资源环境承载力评价单元主要有两种, 一种按行政区划, 例如省级区域、地(州)区域、县级区域; 另一种为网格单元。评价单元的确定影响到评价结果的应用价值和评价结果的精度。结合陇川县实际情况, 同时便于区域政策实施和行政管理。本文选取陇川县各乡(镇)行政区为评价单元, 陇川县资源环境承载力评价共有章凤镇、陇把镇、景罕镇、城子镇、户撒乡、护国乡、清平乡、王子树乡、勐约乡 9 个评价单元。

3 指标体系构建及权重确定

3.1 指标体系构建

资源与环境是人类赖以生存和发展的基础^[14]。资源环境是一个复杂的、受多种因素影响的系统, 系统内部各子系统或各要素之间相互作用^[15]。资源环境承载力系统涉及自然、资源、环境、社会经济要素。在参考国内外指标体系的基础上, 遵循功能性、综合性、代表性、层次性原则, 结合陇川县

实际情况, 构建陇川县资源环境承载力评价指标体系, 包括目标层、制约层、指标层三个层次: 第一层是目标层, 是整个评价指标体系的最高层次, 体现的是陇川县各乡(镇)资源环境承载力水平, 是整个指标体系的总目标; 第二层是制约层, 包括若干个对乡(镇)域资源环境承载力水平起制约作用的子系统; 包含了四项指标, 分别为地形条件、资源条件、环境条件和社会经济条件, 该层决定了陇川县各乡(镇)资源环境承载力的综合能力; 第三层是指标层, 是描述陇川县各乡(镇)资源环境承载力状况的基础性指标。

3.2 权重确定方法

权重是各个指标在指标总体中的重要程度的度量。权重的确定是否科学、合理, 直接影响着整个指标综合评价的准确性。熵值法是一种根据各指标提供的信息量来计算各指标对目标层的贡献大小的一种数学方法^[16]。熵值法属于客观赋权法, 不需要人工赋值, 减少了人工赋值带来的主观性。本文采用熵值法确定指标的权重, 计算过程如下:

假设有 m 个指标, n 个样本, 则第 j 个评价样本的第 i 个指标值记为 Y_{ij} ($i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n$)。

第一步: 计算第 i 项指标下第 j 个样本占该指标的比重

表 1 陇川县资源环境承载力评价指标体系

Tab. 1 Evaluation index system of Yunnan Longchuan resource environmental bear capacity

目标层	制约层	指标层	指标计算方法	安全趋向
陇川县资源环境承载力	地形条件	坡度($\geq 25^\circ$)指数	各乡(镇)坡度 $\geq 25^\circ$ 的土地面积占其乡(镇)土地总面积的百分比/%	负向
		坡度($\leq 8^\circ$)指数	各乡(镇)坡度 $\leq 8^\circ$ 的土地面积占其乡(镇)土地总面积的百分比/%	正向
	资源条件	人均水资源可利用量	各乡(镇)的可利用水资源总量与其乡(镇)常住人口的比值/ $\text{m}^3 \cdot \text{人}^{-1}$	正向
		人均耕地	各乡(镇)的耕地面积与其乡(镇)常住人口的比值/ $\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$	正向
		人均林地	各乡(镇)的林地面积与其乡(镇)常住人口的比值/ $\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$	正向
		人均建设用地	各乡(镇)的建设用地与其乡(镇)常住人口的比值/ $\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$	正向
	环境条件	地质灾害高易发区指数	各乡(镇)的地质灾害高易发区面积占其乡(镇)土地总面积的百分比/%	负向
		地质灾害中易发区指数	各乡(镇)的地质灾害中易发区面积占其乡(镇)土地总面积的百分比/%	负向
		水质达标率	饮用水的水质达标率/%	正向
	社会经济条件	国家级公益林指数	各乡(镇)国家级公益林面积与其乡(镇)土地总面积的百分比/%	负向
		公路通车里程指数	各乡(镇)公路通车里程与其乡(镇)土地总面积的比值/ $\text{km}(\text{km}^2)^{-1}$	正向
		农民人均纯收入	农民人均纯收入/元	正向
		人口密度	各乡(镇)常住人口除以其乡(镇)土地总面积/ $\text{人} \cdot (\text{km}^2)^{-1}$	负向

* 陇川县统计局. 陇川县统计年鉴 [M]. 2013.

$$P_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\sum_{j=1}^n Y_{ij}} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m) \quad (1)$$

第二步：计算标准化后数据第 i 项指标的信息熵：

$$E_i = -K \sum_{j=1}^n P_{ij} \ln P_{ij} \quad (2)$$

式中常数 K 与系统的样本数 n 有关。一般定义：

$$K = \frac{1}{\ln n} \quad (3)$$

假设 $P_{ij}=0$ 时， $P_{ij} \ln P_{ij}=0$ 。

第三步：通过熵值计算该指标的信息效用值 (d_i)：

某项指标的信息效用值取决于该指标的信息熵

E_i 与 1 之间的差值，即：

$$d_i = 1 - E_i \quad (4)$$

第四步：通过信息效用价值的比重计算各指标的权重。

利用熵值法估算各指标的权重，其本质是利用该指标信息的价值系数来计算的，其价值系数越高，对评价的重要性就越大。最后得到第 i 项指标的权重为：

$$W_i = \frac{d_i}{\sum_j d_i} \quad (5)$$

用熵值法确定的陇川县资源环境承载力评价因子权重见表 2。

表 2 陇川县资源环境承载力评价因子权重表
Tab. 2 Evaluation factor weight of Yunnan Longchuan resource environmental bear capacity

目标	一级指标	权重	二级指标	二级指标代码	权重
陇川县资源环境承载力	地形条件	0.183 9	坡度≥25°指数	N1	0.055 1
			坡度≤8°指数	N2	0.128 8
	资源条件	0.241 1	人均水资源可利用量	R1	0.041 1
			人均耕地	R2	0.108 5
			人均林地	R3	0.054 0
			人均建设用地	R4	0.037 5
	环境条件	0.391 7	地质灾害高易发区指数	E1	0.058 7
			地质灾害中易发区指数	E2	0.050 7
			水质达标率	E3	0.242 0
			国家公益林指数	E4	0.040 3
	社会经济条件	0.183 3	公路通车里程指数	S1	0.074 2
			农民人均纯收入	S2	0.081 7
			人口密度	S3	0.027 4

4 陇川县资源环境承载力评价

4.1 评价指标原始值的获取

根据 2013 年陇川县第二次土地调查变更数据，2013 年陇川县统计年鉴、陇川县林地保护利用规划、陇川县水资源规划、陇川县地质灾害防治规划等资料以及实际调查，按表 1 中的计算方法，计算得到陇川县资源环境承载力评价指标原始值。

4.2 评价指标标准化

在资源环境承载力评价过程中，所涉及指标较多，而且每个指标的单位存在着一定差异，使得不能进行比较和分析，为了使评价结果具有准确性，因此需对指标的实际值进行标准化处理，关于数据标准化的方法较多，每种方法各有其优缺点，选用不同的方法，结果也会有所差别。结合本文数据特征，采用极差标准化的方法对原始数据进行标准化。具体计算过程如下：

表3 陇川县资源环境承载力评价指标标准化结果表

Tab. 3 Indicators standardization results of Yunnan Longchuan resource environmental bear capacity

指标代码	章凤镇	陇把镇	景罕镇	城子镇	户撒乡	护国乡	清平乡	王子树乡	勐约乡
N1	1.00	0.38	0.69	0.59	0.48	0.14	0.27	0.00	0.36
N2	1.00	0.25	0.27	0.33	0.26	0.02	0.10	0.00	0.02
R1	0.59	0.59	0.63	1.00	0.59	0.17	0.58	0.00	0.59
R2	0.07	0.11	0.36	0.16	0.00	0.07	0.26	0.47	1.00
R3	0.00	0.36	0.24	0.25	0.35	0.92	0.65	0.54	1.00
R4	0.55	0.45	0.51	0.62	0.70	0.35	0.89	0.00	1.00
E1	1.00	0.20	1.00	0.85	0.00	0.23	0.75	0.29	1.00
E2	0.91	1.00	0.21	0.45	1.00	0.77	0.28	0.71	0.00
E3	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E4	1.00	0.59	0.92	0.76	0.00	0.20	0.63	0.80	0.88
S1	1.00	0.37	0.48	0.73	0.00	0.13	0.38	0.08	0.30
S2	1.00	0.40	0.71	0.48	0.22	0.07	0.11	0.00	0.31
S3	0.00	0.80	0.74	0.73	0.79	0.97	0.93	0.92	1.00

对于正趋向指标计算公式:

$$N_{ij} = \frac{M_{ij} - \min(M_i)}{\max(M_i) - \min(M_i)} \quad (6)$$

对于负趋向指标计算公式:

$$N_{ij} = \frac{\max(M_i) - M_{ij}}{\max(M_i) - \min(M_i)} \quad (7)$$

式中: N_{ij} 为指标标准化后的值; M_{ij} 为标准化前指标的原始值; $\max(M_i)$ 为标准化前某指标的最大值; $\min(M_i)$ 为标准化前某指标的最小值。

将计算得到的原始数据按照极差标准化的方法, 运用公式6、公式7将原始数据进行标准化处理得到陇川县资源环境承载力评价指标标准化结果。

4.3 评价值的求解

本文采用线性加权求和函数法, 即是将各级指数乘以各自的权重, 再进行一次求和, 得出上一级评价的指数值。资源环境承载力评价值的计算公式为:

$$S = \sum_{i=1}^n W_i \times X_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

式中: X_i 为指标指数值; W_i 为指标的权重; n 为该级指标的项数。

4.4 评价结果及分析

陇川县各乡(镇)资源环境承载力综合值界于0.78~0.19。章凤镇坡度 $\leq 8^\circ$ 指数为88.41%, 坡度 $\geq 25^\circ$ 指数只有0.01%, 基本位于坝区, 没有地质灾害高易发区, 地质灾害中易发区指数也只有8.65%, 饮用水水质达标率100%, 没有国家级公益林, 公路通车里程指数和农民人均纯收入在全县各乡(镇)中最高, 资源环境承载力综合值最高; 护国乡坡度 $\geq 25^\circ$ 指数为19.18%, 坡度 $\leq 8^\circ$ 指数只有2.56%, 人均水资源可利用量1894 m³/人, 地质灾害高易发区指数达到76.62%, 国家级公益林指数29.02%, 公路通车里程指数0.66, 大多数指标都排在全县各乡(镇)后二、三位, 资源环境承载力综合值最低。

依据相关资料对区域资源环境承载力的研究, 结合陇川县自身情况, 对陇川县资源环境承载力评价结果等级划分如表4。陇川县资源环境承载力没有处于“高”等级的乡镇。资源环境承载力处于“较高”等级的为章凤镇、景罕镇和城子镇, 区域总面积为59972 hm², 占陇川县土地总面积的32.02%; 资源环境承载力处于“中等”等级的为勐约乡, 区域总面积为19938 hm², 占陇川县土地总面积的10.65%; 资源环境承载力处于“较低”等级的为陇把镇、户撒乡、清平乡、王子树乡, 区域总面积为91664 hm², 占陇川县土地总面积的48.94%; 资源环境承载力处于“低”等级的为护国乡, 区域总面

表4 陇川县各乡（镇）资源环境承载力评价结果表

Tab. 4 Evaluation result of Yunnan Longchuan resource environmental bear capacity

乡镇	资源环境承载力 综合值	分值区间	承载力 等级
章凤镇	0.78	0.60 ~ 0.80	较高
陇把镇	0.29	0.20 ~ 0.40	较低
景罕镇	0.63	0.60 ~ 0.80	较高
城子镇	0.63	0.60 ~ 0.80	较高
户撒乡	0.22	0.20 ~ 0.40	较低
护国乡	0.19	0.00 ~ 0.20	低
清平乡	0.29	0.20 ~ 0.40	较低
王子树乡	0.20	0.20 ~ 0.40	较低
勐约乡	0.42	0.40 ~ 0.60	中

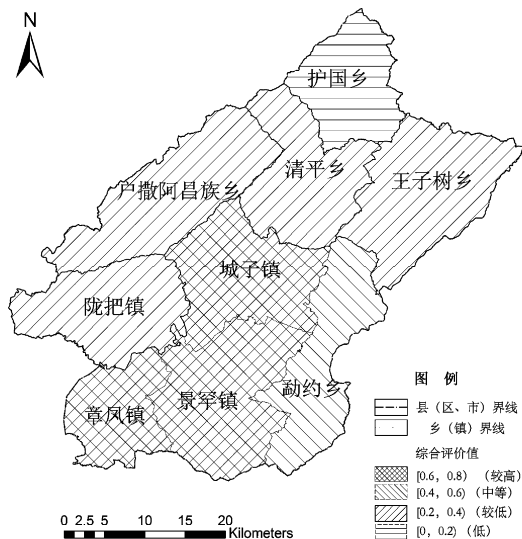


图1 陇川县各乡（镇）资源环境承载力评价结果图

Fig. 1 Yunnan Longchuan County resources environmental bear capacity evaluation results of different town

积为 15 717 hm²，占陇川县土地总面积的 8.39%。

5 结论

陇川县各乡（镇）资源环境承载力有较高、中、较低、低 4 个等级，全县资源环境承载力处于中等偏下水平。陇川县资源环境承载力处于“较高”等级的区域，地形坡度相对平缓，地质灾害易发性较低，经济基础相对较好，人口密度较高；资源环境承载力处于“较低”和“低”等级的区域，地形坡度较陡，地质灾害易发性较高，经济基础比较薄弱，人口密度较低。陇川县资源条件较好，对于陇川县各乡（镇）资源环境承载力制约较大的因素主要是地质环境条件、地形条件和经济基础。

资源环境承载力评价指标体系直接决定着综合评价结果，纵观国内外研究现状，资源环境承载力评价指标差异较大，还没有形成一套比较完善的适应山区县域资源环境承载力评价的指标体系。本文结合陇川县各乡（镇）自然、资源、环境和社会经济的实际情况，从地形条件、资源条件、环境条件和社会经济条件 4 个系统选取了 13 项指标构建了资源环境承载力评价指标体系，在该指标体系中，引入了坡度 $\geq 25^\circ$ 指数、坡度 $\leq 8^\circ$ 指数、地质灾害高易发区指数、地质灾害中易发区指数等对于山区资源环境承载力影响较大的指标；为了强调国家对国家级公益林的保护，还选取了国家级公益林指数指标。另外，由于 GDP 只统计到县，而且，陇川县是典型的山区农业县，社会经济条件选取了公路通车里程指数和农民人均纯收入；目前陇川县大气污染物（二氧化硫、二氧化氮、PM₁₀ 等）排放较少，对于陇川各乡（镇）资源环境承载力影响较小，因此没有选取该类指标。总之，本文构建的指标体系比较适合与陇川县自然、资源、环境和社会经济条件差别不大的山区县资源环境承载力评价。

参考文献：

- [1] 王红旗，田雅楠，孙静雯，等．基于集对分析的内蒙古自治区资源环境承载力评价研究 [J]．北京师范大学学报：自然科学版，2013，49（2/3）：292.
- [2] 邓伟．山区资源环境承载力研究现状与关键问题 [J]．地理研究，2010，29（6）：959-967.
- [3] 董文，张新，池天河．我国省级主体功能区划的资源环境承载力指标体系与评价方法 [J]．地球信息科学学报，2011，13（2）：177-182.
- [4] 唐凯，唐承丽，赵婷婷，等．基于集对分析法的长株潭城市群资源环境承载力评价 [J]．国土资源科技管理，2012，29（1）：46.
- [5] 邱鹏．西部地区资源环境承载力评价研究 [J]．软科学，2009，23（6）：66-69.

- [6] 高湘昀, 安海忠, 刘红红. 我国资源环境承载力的研究评述 [J]. 资源与产业, 2012, 14 (6): 116 – 119.
- [7] 张红. 国内外资源环境承载力研究述评 [J]. 理论学刊, 2007, 164 (10): 80 – 83.
- [8] 刘晓丽, 方创琳. 城市群资源环境承载力研究进展及展望 [J]. 地理科学进展, 2008, 27 (5): 035 – 042.
- [9] 李爽, 刘梅香. 西部地区资源环境承载力与经济增长协调度分析 – 以陕西省为例 [J]. 西安财经学院学报, 2015, 28 (5): 46 – 52.
- [10] 刘政永, 孙娜. 环首都城市群资源环境承载力综合评价及政策建议 [J]. 河北工程大学学报 (社会科学版), 2014, 31 (4): 15 – 17.
- [11] 柴国平, 徐明德, 王帆, 等. 资源与环境承载力综合评价模型研究 [J]. 地球信息科学学报, 2014, 16 (2): 257 – 262.
- [12] 焦晓东, 尹庆民. 基于 PSO—PP 模型的江苏城市资源环境承载力评价 [J]. 水利经济, 2014, 33 (2): 18 – 22.
- [13] 刘明, 廖和平, 李涛, 等. 基于模糊物元的重庆市资源环境承载力动态评价研究 [J]. 中国农学通报, 2015, 31 (20): 113 – 118.
- [14] 刘玉娟, 刘邵权, 刘斌涛, 等. 汶川地震重灾区雅安市资源环境承载力 [J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19 (5): 555.
- [15] 冀振松, 王金金, 田玉辉. 基于系统论思想的山西省资源环境承载力综合评价研究 [J]. 湖北农业科学, 2013, 52 (15): 3538.
- [16] 王兴友, 赵筱青. 基于模糊综合评价法的昆明市生态安全时序性评价 [J]. 云南地理环境研究, 2013, 25 (5): 41.

RESEARCH ON RESOURCE ENVIRONMENTAL BEAR CAPACITY OF YUNNAN MOUNTAIN AREA —A CASE STUDY OF YUNNAN LONGCHUAN

ZHANG Yi¹, LI Yin – fu², CHA Zen – fen²

(1. Yunnan Institute of Environment Science, Kunming 650034, Yunnan, China;

2. School of Resource Environment and Earth Science, Yunnan University, Kunming 650223, Yunnan, China)

Abstract: This paper, taking Longchuan as an example, constructs its resource environmental bear capacity index system by choosing 13 indicators from 4 main index systems which are terrain conditions, resources conditions, environmental conditions and social – economic conditions. It also uses entropy method to determine different index impact on resource environmental bear capacity, and evaluating resource environmental bear capacity status of different regions in Longchuan by using Multivariate Evaluation method. The result of this paper shows that resource environmental bear capacity of Longchuan has high, medium, lower and low 4 levels and resource environmental bear capacity of Longchuan region is lower. Resource environmental condition of Longchuan is good, geological, terrain and economic conditions are main factors that restrict local resource environmental bear capacity.

Key words: resource environmental bear capacity; multivariate evaluation; mountain area; Longchuan County; county area

基于 AHP 的西宁市人口压力变化分析

刘满家, 李玲琴, 王于楠

(青海师范大学 生命与地理科学学院, 青海 西宁 810008)

摘要: 西宁市是青海省人口密度最大的地区, 其面临的人口压力对西宁市可持续发展有重要意义, 运用层次分析法、人口压力指数对西宁市 2004 年、2008 年、2013 年人口压力进行分析。10 年来西宁市区、湟源的人口压力经历升高、下降。大通的人口压力呈上升趋势, 湟中人口压力不断下降。人口压力受经济发展水平的高低、资源丰富与否的影响, 社会经济发展水平高、人均资源丰富的地区人口压力就小, 反之亦然。社会经济相较于自然资源更易变化, 是影响人口压力变化的主要因素。

关键词: 层次分析法; 人口压力指数; 西宁市

中图分类号: C921

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852(2016)02-0035-06

0 引言

人口是一个地区社会经济发展最重要的因素之一, 人口分布受自然、社会、经济、历史、文化等因素的影响, 经济文化发达、历史悠久的地区人口密集, 而自然条件恶劣、新近开发的区域人口相对较少^[1]。今天全球人口增长速度快, 总量已超过 70 亿, 给人类的社会、经济发展带来巨大压力。在此背景下出现对人口压力的探讨, 《现代经济词典》中将人口压力定义为: 一个国家或地区人口增长对该国或该地区经济和社会赖以发展的各种自然资源(包括土地、矿产、森林、淡水等)所形成的压力。有关人口压力的研究很多, 如张红, 邓宏兵运用动态因子分析和空间自相关分析方法对中国人口经济压力进行研究^[2]。李飞, 赵春雨, 在《安徽省城市人口压力与人口流动相关分析》建立指标体系, 运用主成分分析法测算各城市的人口压力指数, 对安徽省各城市人口压力和人口流动比重进行相关性分析^[3]。沈辰, 王吟在《安徽省人口经济压力统计分析》中确定压力指标, 运用多元统计分析的方法及统计分析软件对安徽省人口经济压力进行分类^[4]。

王永丽, 于君宝用人口自然增长率、人均 GDP、人口密度、性别结构、初高中在校学生百分比、人口年龄结构等建立指标体系, 运用层次分析法测算人口压力^[5]。

青海省地处中国青藏高原东北部, 面积广达 $72 \times 10^4 \text{ km}^2$ 多, 而人口 2013 年底仅为 583.42 万, 青海省人口分布及其不均, 东部农业区面积不到全省 5%, 却集中居住着全省人口的 75%, 平均人口密度达 170.3 人/km^2 , 高于中国平均水平^[6], 西宁市 2013 年人口数量达 200.24 万, 占全省人口的 34.3%, 西宁市在青海在具有特殊重要的意义。分析西宁人口压力变化可为本省社会经济发展, 环境保护提供参考。

本文运用层次分析法、人口压力指数分析西宁市面临的人口压力问题。

1 研究区概况

西宁市是青海省自然条件最优越、人口最密集的区域, 本文研究范围为西宁市(包括西宁市区, 下辖的大通回族土族自治县、湟中县及湟源县)

(图 1)。数据来源于 2005 年、2009 年、2014 年的青海省统计年鉴。

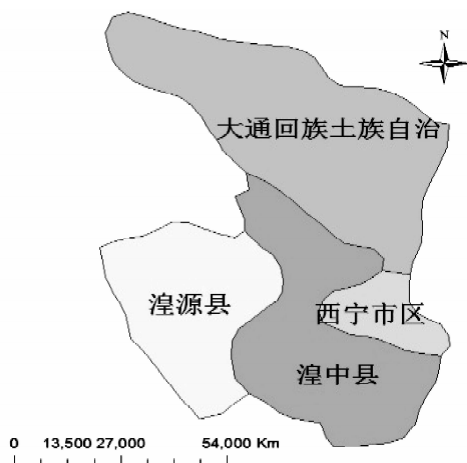


图 1 西宁市行政区域图
Fig. 1 The map of Xining City

2 研究方法

2.1 层次分析法

层次分析法是一种定量与定性相结合的决策分析方法，是一种将复杂问题的决策思维过程模型化、数量化的过程。通过这种方法可将复杂问题分解为若干层次和若干因素在各因素之间进行简单的比较与计算，就可得到不同方案重要性程度的权重，从而为决策方案的选择提供依据^[7]。其步骤如下。

(1) 明确问题。弄清问题范围，包含因素、及各因素间的关系。

(2) 建立层次结构模型。将问题包含的要素进行分组，把每一组作为一个层次，并将它们按照：最高层（目标层）——若干中间层（准则层）——最底层（措施层）

(3) 构造判断矩阵。

A_k	B_1	B_2		B_n
B_1	B_{11}	B_{12}		B_{1n}
B_2	B_{21}	B_{22}		B_{2n}
.....				
B_n	B_{n1}	B_{n2}		B_{nn}

其中 B_{ij} 表示对 A_k 层而言， B_i 对 B_j 的相对重要程度的判断值。 B_{ij} 一般取 1, 3, 5, 7, 9 五个等

级，其意义为：1 表示 B_i 与 B_j 同等重要，3 表示 B_i 较 B_j 重要一点，5 表示 B_i 较 B_j 重要的多，7 表示 B_i 较 B_j 更重要，9 表示 B_i 较 B_j 极端重要。2, 4, 6, 8 表示相邻判断的中值，当五个等级不够用时，可使用这几个值。

(4) 层次单排序。

由方根法求得特征向量和最大特征根。

先计算判断矩阵每一行的乘积：

$$M_i = \prod_{j=1}^n B_{ij} \quad (1)$$

将 M_i 开 n 次方根：

$$W' = \sqrt[n]{M_i} (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

将向量 $W' = (W'_1, W'_2, \dots, W'_n)$ 归一化 $W_i = W'_i / \sum_{k=1}^n W'_k$ ($i = 1, 2, \dots, n$) 得到特征向量，可反应各要素的权重。

最大特征根：

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n (AW)_i / nW_i \quad (3)$$

一致性检验 $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ ， n 为判断矩阵的阶数，为最大特征根，当 $CI = 0$ 时，判断矩阵具有完全一致性，当 CI 不等于 0， CI 越大，判断矩阵一致性越差。对于二阶以上矩阵，其一致性指标 CI 与同阶的平均随机一致性指标 RI （表 1）之比，记做 CR ， $CR = CI / RI < 0.1$ 判断矩阵具有令人满意的一致性，否则 $CR > 0.1$ 就需要调整判断矩阵，直到满意为止。

表 1 平均随机一致性指标

Tab. 1 The index of RI

矩阵阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

(5) 最后进行层次总排序，排列出总目标下各指标的权重。

2.2 人口压力指数

为表达区域人口压力水平，需构造一个“人口压力指数 P ”，并建立以下估模型。

(1) 建立单因子函数评估体系。选定的评价指标中分两类：第 1 类是指标值越大，人口压力越

大；第2类是指标值越大，人口压力越小。这是重要的区别，为此我们构造2种单因子评价函数，分别计算两类不同指标数据对人口压力指数的贡献值。设*i*区域的第*j*个指标的数据为 d_{ij} 选取其最大值为最小值为，则：

$$\text{I 类效用函数: } U_{ij} = d_{ij}/R_{\max}^i \quad (4)$$

该式可求算第1类指标对人口压力的贡献值。

$$\text{II 类效用函数: } U_{ij} = 1 + R_{\min}^i/R_{\max}^i - d_{ij}/R_{\max}^i \quad (5)$$

该式可求算第2类指标对人口压力的贡献值。

这两类指数的优点在于：一方面消除原始数据量纲，增强了可比性；另一方面使值在0~1，避免了数据普遍偏大与普遍偏小对后续计算指数*P*的不同影响。

(2) 建立综合评价函数。

设 P_i 为*i*区域的人口压力综合评价指数 W_j 为第*j*个指标的权重， U_{ij} 表示第*i*区域第*j*指标的贡献值，则：

$$P_i = \sum_{j=1}^n W_j U_{ij} \quad P_i \in (0,1) \quad (6)$$

值越大，表示*i*区域的人口压力越大。

3 西宁市人口压力指数分析

3.1 西宁市人口压力指标体系建立

人口压力受资源、环境、经济、人口等因素的影响^[8-10]，李通屏在《中国人口压力的定量研究》中将人口自然增长率、成人识字率、人口密度、高等教育比重人口及城乡居民的人均消费等指标构建人口压力指标体系，分析中国各地区的人口压力^[11]。侯雪、张文新等在《基于GIS的宁夏人口经济压力空间分布研究》中选取人口增长、人口生活质量、人口就业等作为评价指标分析宁夏各县市人口经济压力的空间分布^[12]。赵雪雁在《人口压力与绿洲发展分析研究》中建立了人口密度、农业劳动力人均占有耕地面积、人均水资源量、人均地方财政、人均国内生产总值、人均水资源拥有量等十个指标体系探讨人口对绿洲产生的压力^[13]。赵军、贾新会等在《石羊河流域人口经济压力定量分析》中选取人均水资源、人均耕地、人均国内生产总值、人均粮食产量、农民人均收入、教育水平、城市化水平、乡镇从业人员比例、人口自然增长率等指标，通过层次分析法定量分析了石羊河人口经济压力空间格局^[14]。此外张同功、林成策等利用人口老龄化、人口经济密度、乡村人口密度等不同指标建立指标体系探讨不同区域的人口压力^[15,16]，本文借鉴上述指标，结合本地实际建立西宁市人口压力指标体系，由3个方面（资源环境压力、经济压力、人口自身压力）6类、10项指标构成（表2）。

表2 西宁市人口压力指标体系

Tab. 2 The population pressure system of Xining City

目标层 A	准则层 B	子准则层 C	指标层 D
人口压力	资源环境压力 (B_1)	人口生存空间压力 C_1	人口密度 D_1
			人均耕地 D_2
		人口生活质量压力 C_2	城乡居民人均储蓄 D_3
			最低生活保障人口比例 D_4
	经济压力 (B_2)	人口经济压力 C_3	人均收入 D_5
			人均粮食产量 D_6
	人口自身压力 (B_3)	人口增长压力 C_4	人口自然增长率 D_7
		人口素质的压力 C_5	每万人中普通中学专任教师人数 D_8
			每万人中普通中学在校学生人数 D_9
		人口系统稳定性压力 C_6	男女人口数量差异 D_{10}

3.2 人口压力各指标的权重计算

(1) 建立判断矩阵 $A-B_i$

A	B_1	B_2	B_3	W_i
B_1	1	2	4	0.558
B_2	1/2	1	3	0.320
B_3	1/4	1/3	1	0.122

$\lambda_{\max}=3.018 \quad CI=0.009 \quad RI=0.58$
 $CR=0.015<0.10$

(2) 同理构建子准则层与指标层间的判断矩阵,并检验其一致性,得到各指标的权重(表3)。

3.3 西宁市人口压力指数计算

(1) 由2014年青海省统计年鉴整理得到西宁市人口压力指标评价数据(表4)。

表3 西宁市人口压力指标权重
Tab.3 The rate of population pressure index of Xining City

人口压力指标	权重
人口密度 D_1	0.124
人均耕地 D_2	0.248
城乡居民人均储蓄 D_3	0.124
最低生活保障人口比例 D_4	0.062
人均收入 D_5	0.213
人均粮食产量 D_6	0.107
人口自然增长率 D_7	0.079
每万人中普通中学专任教师人数 D_8	0.009
每万人中普通中学在校学生人数 D_9	0.019
男女人口数量差异 D_{10}	0.014

表4 2013年西宁市人口压力指标评价数据
Tab.4 The population pressure index of Xining City in 2013

人口压力指标	西宁市区	大通	湟中	湟源
人均耕地/hm ² ·人 ⁻¹	0.002 9	0.119 1	0.143 3	0.155 3
人口密度/人·(km ²) ⁻¹	3241.58	148.87	197.78	89.33
城乡居民人均储蓄/元	69 216	12 626	8 655	14 998
最低生活保障人口比例/%	3.32	10.26	10.22	13.46
人均收入/元	55 857	23 729	33 311	15 735
人均粮食产量/kg·人 ⁻¹	10.12	187.64	239.86	199.87
人口自然增长率/‰	10.3	7.83	10.2	-0.7
每万人中普通中学专任教师人数/人	35.1	48.1	40.8	50.2
每万人中普通中学在校学生人数/人	495.21	544.65	522.01	561.05
男女人口数量差异(性别比-100)	2.5	5.74	5.23	4.7

表5 2013年西宁市人口压力指标评价数据贡献值
Tab.5 The rate of contribution of different population pressure index of Xinning City in 2013

人口压力指标	西宁市区	大通	湟中	湟源
人均耕地/hm ² ·人 ⁻¹	1	0.35	0.21	0.14
人口密度/人·(km ²) ⁻¹	1	0.05	0.06	0.03
城乡居民人均储蓄/元	0.07	0.89	0.95	0.86
最低生活保障人口比例/%	0.25	0.76	0.76	1
人均收入/元	0.24	0.81	0.64	0.95
人均粮食产量/kg·人 ⁻¹	1	0.64	0.53	0.61
人口自然增长率/‰	0.52	0.39	0.51	-0.04
每万人中普通中学专任教师人数/人	0.78	0.62	0.71	0.59
每万人中普通中学在校学生人数/人	0.63	0.56	0.59	0.54
男女人口数量差异(性别比-100)	0.25	0.58	0.53	0.48

(2) 计算人口压力贡献值

将人均密度、最低保障生活人数比例、人口自然增长率、男女人口数量差异带入公式 (4) 计算得到 I 类贡献值, 将人均耕地、城乡居民人均储蓄、人均收入、人均粮食产量、每万人中普通中学专任教师人数、每万人中普通中学在校学生人数带入公式 (5) 计算 II 类贡献值。计算得到各指标数据贡献值 (表 5)。

(3) 人口压力指数计算

将表 5、表 3 中的数据带入公式 (6), 得到 2013 年西宁市人口压力指数值 (表 6)。同理得到 2004 年 (表 6) 和 2008 年 (表 6) 的人口压力指数值。

表 6 西宁市人口压力指数变化

Tab. 6 The change of population pressure index of Xinigng City

年份	西宁市区	大通	湟中	湟源
2004	0.66	0.52	0.52	0.53
2008	0.71	0.54	0.52	0.54
2013	0.62	0.55	0.48	0.49

4 结论与讨论

利用 excel 将表 6 转为柱状图, 得到西宁市人口压力指数变化趋势 (图 2)。参考王永丽、于君宝等西安人口压力分级表 (表 7), 对西宁人口压力指数进行分类, 得到西宁市人口压力的变化状况。

(1) 2004 年、2008 年、2013 年西宁市区人口压力值均超过 0.6, 人口压力非常大, 变化趋势为先升高

表 7 人口压力分级表

Tab. 7 The classification of population pressure index

人口压力等级	人口压力指数	人口压力定性描述
1	≤ 0.39	小
2	0.40 ~ 0.45	较小
3	0.45 ~ 0.50	中
4	0.50 ~ 0.55	较大
5	0.55 ~ 0.60	大
6	≥ 0.60	非常大

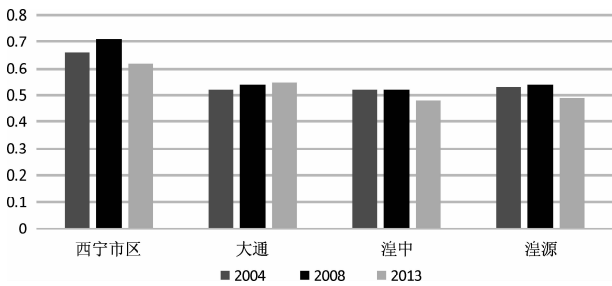


图 2 人口压力变化趋势

Fig. 2 The change of population pressure index of xining city

后下降。湟中、湟源 2004 年、2008 年人口压力在 0.50 ~ 0.55, 人口压力较大, 而 2013 年人口压力在 0.45 ~ 0.50, 人口压力降为中。大通人口压力呈上升趋势。

(2) 西宁市区由于人口密度大, 人均耕地、人均粮食等水平较低, 人口压力大, 2004 年到 2013 年随着经济发展, 人口压力呈下降趋势, 作为省会城市, 政治、经济中心、交通枢纽可通过与外界交流, 互通有无, 缓解其压力。

(3) 对其他几个县区的横纵分析, 发现人口密度大、人均耕地少、人均收入低, 人口压力就大, 反之则人口压力较小。

(4) 人口压力的大小取决于自然因素, 经济因素的综合影响。自然条件优越, 经济发展水平高的地区人口压力会较小。自然因素相对变化较小, 社会经济因素的变化是影响人口压力变化的最重要因素。

西宁市是青海自然条件最优、人口密度最大、开发历史悠久且经济水平较高的区域, 分析结果显示本区域 2004 年、2008 年、2014 年人口压力都在中等及其以上, 需注意控制人口增长, 提高人口素质, 合理开发资源, 促进人口、资源、环境之间的协调发展。本区域多民族聚居, 自然风光壮丽, 旅游资源丰富, 加以近年来交通条件的改善, 对外联系日益便捷, 可通过发展旅游业带动经济发展, 西宁市还处在我国第一、第二阶梯的过渡带, 水能资源丰富, 可大力发展与水电相关的产业。

人口压力的确定是个复杂的问题, 选取指标的不同, 或赋予指标权重的不同都可能会出现不同的结果, 本文尝试通过一系列自然、社会、经济指标分析西宁市人口压力发展变化, 以期对西宁市社会经济发展做一定的参考。

参考文献:

- [1] 王恩涌, 赵荣, 张小林, 等. 人文地理学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 249–250.
- [2] 张红, 邓宏兵, 李晓帆, 等. 我国人口经济压力定量测度与空间差异研究 [J]. 西北人口, 2014 (4): 48–58.
- [3] 李飞, 赵春雨, 袁淑文, 等. 安徽省城市人口压力与人口流动相关分析 [J]. 池州学院学报, 2013, 27 (6): 77–80.
- [4] 沈辰, 王吟. 安徽省人口经济压力统计分析 [J]. 合肥师范学院学报, 2015, 33 (3): 16–18.
- [5] 王永丽, 于君宝. 西安市人口压力定量评价 [J]. 江西农业大学学报: 社会科学版, 2001 (9): 103–108.
- [6] 刘成明. 青海人口分布格局及变迁 [J]. 青海社会科学, 2004 (3): 41–46.
- [7] 徐建华. 计量地理学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2010: 226–232.
- [8] 于森, 李建东, 边振兴, 等. AHP 法在恒仁县人口压力评估中的应用 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2008 (6): 62–67.
- [9] 余永跃. 中国人口压力的指标体系 [J]. 经济学家, 2000 (6): 126–127.
- [10] 卜妍. 大连市区域资源承载人口压力测算及评价 [J]. 区域经济, 2013 (5): 10.
- [11] 李通屏. 中国人口压力的定量研究 [J]. 人口学刊, 2004 (1): 17–23.
- [12] 侯雪, 张文新, 胡志丁, 等. 基于 GIS 的宁夏人口经济压力空间分布研究 [J]. 西北人口, 2012, 33 (3): 116–120.
- [13] 赵雪雁. 人口压力与绿洲发展分析研究 [J]. 西北师范大学学报: 自然科学版, 1999, 35 (1): 59–62.
- [14] 赵军, 贾新会, 甄计国. 石羊河流域人口经济压力定量分析 [J]. 西北人口, 2008, 29 (6): 100–103.
- [15] 张同功. 我国副省级城市人口压力评价与比较研究 [J]. 青岛科技大学学报: 社会科学版, 2012, 28 (2): 12–15.
- [16] 林成策. 我国人口压力的地域差异及其特征分析 [J]. 人口理论, 1997, 68 (2): 30–35.

ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) TO ANALYZE THE CHANGING PROCESS OF POPULATION PRESSURE IN XINING CITY

LIU Man-jia, LI Ling-qin, WANG Yu-nan

(School of Life and Geographic Science Qinghai Normal University, Xining 810008, Qinghai, China)

Abstract: Xining City is the biggest city in Qinghai Province, it has the biggest density of population. Its population pressure has important significance to the sustainable development of economy and society. This thesis adopts the method of Analytic Hierarchy Process (AHP) and population pressure index to analyze the changing process of population pressure in Xining City in the year of 2004, 2008 and 2013; which is, the population pressure in the Xining City center and Huangyuan experienced a process of rising and dropping. The population pressure in Datong, has a tendency of rising. Huangzhong population pressure drops in the process. The degree of population pressure can be affected by the level of economy and the amount of resources. The population pressures in the places where developed very well and own rich resources are small, and vice versa. Compared with the factor of natural resources, the factor of social economy is more likely to change and plays a principal role to influence the change of population pressure.

Key words: Analytic Hierarchy Process (AHP); population pressure; Xining City

中国地理学会会员的空间分布及地域差异

王倩, 尚志海

(岭南师范学院 地理系, 广东 湛江 524048)

摘要: 以中国地理学会会员为研究对象, 借助统计分析方法探讨了中国地理学会会员的空间分布及地域差异, 进而分析了影响其空间分布特征的地理环境因素。研究结果表明: 中国地理学会会员空间分布不均衡, 具有明显的地域集中性。会员分布最多的是北京市, 最少的是海南省, 并呈现“南多北少”的空间分布特征, 东中西三大地带差异明显, 表现出自东向西递减的阶梯分布, 华中地区和华北地区的会员分布最为集中, 青藏地区会员分布最少。其空间分布特征与区域经济因素、人口分布状况及教育资源呈现明显的正相关, 自然地理环境也间接影响了会员的空间分布。

关键词: 地理学会会员; 空间分布; 地域差异; 地理集中度

中图分类号: C964.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-7852(2016)02-0041-07

人的地理研究是21世纪地理科学的重点领域, 人才地理是人的地理研究的核心内容之一^[1]。人才地理的研究侧重于人地关系, 其首先需要研究人才的空间分布。国内学者在此方面做了大量探索: (1) 古代人才地理研究。如韩茂莉等探讨了中国古代状元的时空变化规律^[2]。(2) 当代人才地理研究。如王恩涌等研究了中国文武人才的地理分布特征^[3]; 李双双等对中国当代地理教授、研究员的时空格局进行了研究^[4]。(3) 区域人才地理研究。如孙宁对山西省历代人才的地理分布及其原因进行了研究^[5]。(4) 女性人才地理研究。任泉香等对近现代中国女性人才的地理分布进行了研究^[6]。

上述研究结果都表明了人才分布存在地域差异, 那么中国地理学会会员的分布, 是否具有人才分布的一般特点? 亦或有其特殊性? 基于此, 本文尝试以中国地理学会会员为研究对象, 从不同尺度上探讨中国地理学会会员的空间分布及地域差异, 并结合人地关系理论诠释其影响因素, 为中国地理学会完善会员的地域配置工作提供参考, 同时也促进人才地理学的发展。

1 中国地理学会会员的组成及变化特征

1.1 会员组成基本特征

中国地理学会作为全国公益性和学术性的社会团体, 是中国科学技术协会的重要组成部分, 是中国发展地理科学事业的重要社会力量, 学会具有严格入会标准, 会员均是与地理有关的专业人才。本研究以2014年中国地理学会网站公布的9 920名个人会员为样本, 通过统计发现中国地理学会会员(以下简称“会员”)分布遍及31个省级行政单位, 不包括港澳台地区。通过统计发现, 中国地理学会会员的组成特征包括:

(1) 性别组成上以男性会员为主。就全国而言, 男性会员6 340人, 占总数的63.91%, 女性会员3 580人, 占总数的36.09%。男女不均衡的现象也普遍存在各个省份, 男女比例大于1的省份共有26个, 所占比例为83.87%, 其中有16个省份的男女比例大于2, 而湖南的男女会员比例则高

收稿日期: 2016-03-14; 修订日期: 2016-04-09.

作者简介: 王倩(1992-), 女, 广东省韶关市人, 地理科学专业本科生.

* 通信作者: 尚志海(1979-), 河北省迁安人, 副教授, 博士, 研究方向为环境灾害风险评价.

达 4.8。仅有上海、天津、吉林、黑龙江这 4 个省级行政单位的女性会员多于男性会员,但两者的人数相差不远。

(2) 来源组成上以中学教师为主。根据会员的工作单位将其分类,可将会员来源分为中学地理工作者,高校地理工作者及科研单位地理工作者,此外在地理相关部门如水文局、国土局、地质队及地震局等工作的人员统一归为“其他”类。就全国而言,中学地理教师约有 5 296 人,占总数的 53.39%,高校地理工作者排名第二,约有 2 871 人,占总数的 28.94%。两者的比例高达 82.33%,构成了会员的主体。

(3) 结构组成上资深会员很稀缺。资深会员总人数仅有 202 人,占会员总数的 2.04%,非资深会员人数占 97.96%;资深会员在省际之间的分布也存在巨大差异,北京拥有数量最多的资深会员,共有 77 名,占了资深会员总数的 38.12%,而海南和新疆则一位资深会员也没有。

1.2 新增会员变化特征

通过对 1999~2014 年每年新增会员进行统计,发现不同年份新增会员人数各不相同且差异性较大。整体而言,新增会员人数呈现波动起伏的状态,人数在 2001 年达到 14 年来的最大值,为 1 037 人,占会员总数的 10.45%;而 2014 年新增会员人数为 226 人,为最低值,占 2.29%,两者相差 811 人,差异性显著。1999~2006 年新增会员人数变化起伏大,基本呈倒“V”字型,极差为 682 人;2007~2013 年新增会员人数基本上相近,起伏较和缓。

不同年份新增会员绝对数量的变化只能反映一个整体的概况,不能反映省际之间会员增长的情况,为此将 1999 年至 2014 年平均划分为 4 个时间段,分别为 1999~2002 年、2003~2006 年、2007~2010 年和 2011~2014 年,依次记为第 1~4 时间段。以省份为单位,通过对 4 个时间段内相对增长情况的对比,发现省份之间存在一些相似之处,按照相对增长情况的变动,可以将其划分为 3 种类型:平稳型、衰退型及波动型。

平稳型主要是指 4 个时间段的相对增长速度相同或者差异不大,这类省份有北京、天津、河北、河南、内蒙古、云南、西藏等,会员人数呈现平稳状态,即没有大起大落;衰退型主要是指 4 个时间段的相对增长速度呈现下降的趋势,这类省份有黑龙江、吉林、辽宁、陕西、山西、山东、浙江、甘

肃等;波动型是指 4 个时间段内相对增长速度的差异大,会员人数变动大,这类省份在全国分布最多,有上海、江苏、安徽、江西、湖北、湖南、福建、广东、海南、四川、重庆、广西、贵州、宁夏、青海、新疆(图 1)。

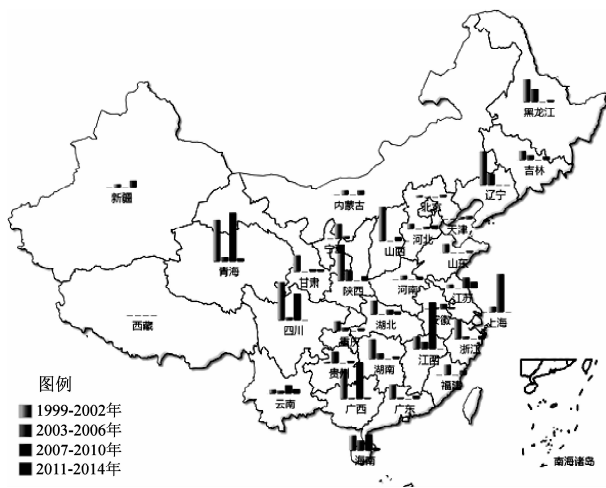


图 1 中国地理学会会员相对增长速度的省份对差异

Fig. 1 The relative growth rate of The Geographical Society member of China in different provinces

2 中国地理学会会员空间分布及其差异

人口空间分布具有一定的尺度依赖性,不同尺度上人口空间分布的特征往往不同,在某一尺度上所具有的人口分布格局在另一尺度上往往并不适用^[7]。因此,若要更加确切、真实地揭示会员空间分布的特征,需要从不同尺度上对会员空间分布格局进行分析。所以,本文以各省会员人数及所占的比例为基本数据(表 1),在保持省级区域完整性的基础上,以省、市、自治区为基本地域单元,探讨会员在省级、南方和北方、三大地带和七大区域上的分布特征。

2.1 省级分布特征

地理集中度表示某地理事物在某区域的集中程度,通常用 G 表示, G 值大于等于 0, G 值越趋向于 0,表示该事项的来源地越分散; G 值越趋向于无穷大,表示该事项的来源地越集中^[8]。通过计算发现中国地理学会会员在均匀分布状态下的地理集中度为 3.23。而在实际空间分布的地理集中度为 25.15,是理想状态下的 7.79 倍,表明实际上会员空间分布很不均衡,具有明显的地域集中性,与理想化的均匀分布状态相差悬殊。

表 1 中国地理学会会员各省分布情况

Tab. 1 Distribution situation of The Geographical Society members of China in every province

排序	省份	人数	比例/%	排序	省份	人数	比例/%	排序	省份	人数	比例/%
1	北京	1 556	15. 69	12	甘肃	327	3. 30	23	广西	121	1. 22
2	江苏	976	9. 84	13	四川	255	2. 57	24	宁夏	119	1. 20
3	湖北	757	7. 63	14	贵州	243	2. 45	24	云南	119	1. 20
4	上海	693	6. 99	15	陕西	230	2. 32	25	辽宁	110	1. 11
5	山东	522	5. 26	16	吉林	211	2. 13	26	新疆	108	1. 09
6	广东	479	4. 83	17	湖南	203	2. 05	27	西藏	89	0. 9
7	安徽	453	4. 57	18	重庆	183	1. 84	28	内蒙古	88	0. 89
8	江西	397	4. 00	19	浙江	172	1. 73	29	青海	44	0. 44
9	福建	363	3. 66	20	黑龙江	142	1. 43	30	海南	26	0. 26
10	天津	348	3. 51	21	河北	128	1. 29		合计	9 920	100
11	河南	335	3. 38	22	山西	123	1. 24				

目前会员主要集中在北京、江苏、湖北、上海和山东 5 个省市，会员数占了总数的 45.4%，北京市会员数量最多，高达 1 556 人，占总数的 15.69%；人数排名最后的 5 个省份分别为海南、青海、内蒙古、西藏和新疆，只占了总数的 3.5%，海南省是会员分布数量最少的省份，仅有 26 人，占会员总数的 0.26%，会员分布的省份差异悬殊（图 2）。

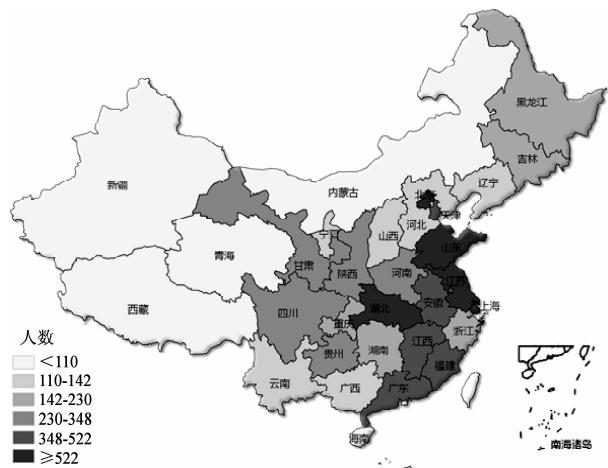


图 2 中国地理学会会员的省份分布情况图

Fig. 2 Distribution map of The Geographical Society members of China in every province

实际上，从 1999 至 2014 年会员分布一直呈现出极强的集中特征（图 3）。计算不同时期会员分布的地理集中度发现，会员分布的地理集中度呈现波动起伏的趋势。但整体上起伏和缓，平均值为 32.67，各时期的地理集中度在 30 上下波动。其中，2001 年会员分布的地理集中度为 44.11，达到最大值，会员

主要集中分布在江苏、江西、湖北、山东及北京这 5 个省市，人数占了同年人数的 67.5%。

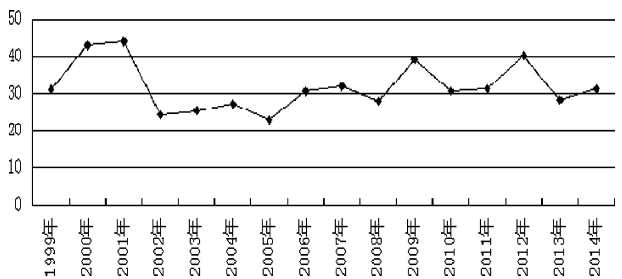


图 3 中国地理学会会员地理集中度的变化情况

Fig. 3 Geographical concentration changes of The Geographical Society members of China

2.2 南北方分布特征

南方和北方的区域划分通常以秦岭——淮河一线为界，为了保证区域的完整性，将陕西和河南 2 省归为北方，将安徽和江苏 2 省归为南方^[1]。因此南方地区包括安徽和江苏以南的 16 个省、市、自治区；北方地区包括陕西和河南以北的 15 个省、市、自治区。

从南方和北方的对比来看，会员分布呈现“南多北少”的特征，南方共有 5 529 名会员，占了会员总数的 55.74%，北方也有 4 391 名会员，占了会员人数的 44.26%，会员人数差距不远，但会员分布密度差异大，北方国土辽阔，占总面积的 74.98%，但会员密度小，每万 km² 为 6.08 个会员，南方国土面积较少，但会员密度大，为 23.2 人/万 km²，是北方会员密度的 3.8 倍。此外，会员分布的地域集中程度北方强于南方。南方和北方的

地理集中度分别为30.95和40.39,说明北方会员分布要比南方会员的分布更为集中。北方会员集中分布在北京、山东和天津3个省份,共占了北方会员总数的55.25%;南方会员集中分布在江苏、湖北、上海和广东这4个省份,共占了南方会员总数的52.54%。

2.3 三大地带分布特征

按照经济发展程度可将中国划分为东中西部三大经济地带,东部地带包括北京、天津、河北、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南、辽宁、吉林和黑龙江13个省市自治区;中部地带包括山西、安徽、江西、河南、湖北和湖南6个省市自治区;西部地带包括内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆12个省市自治区。

会员的空间分布表现出自东向西递减的阶梯分布状态,东部、中部及西部会员所占比例分别为55.38%、27.31%及17.31%,这与1987年东、中、西三大地带全民所有制单位自然科技人才地域分布状况相似^[9],同时也与中科院院士工作地的分布状况相吻合^[10]。进一步考察可知,东部、中部和西部的会员分布密度分别为33.35人/10⁴ km²、22.06人/10⁴ km²和2.8人/10⁴ km²,东部会员密度是中部会员密度的1.51倍,是西部会员密度的11.91倍,三大地带会员分布密度差距明显。

无论是从绝对数量还是从相对数量考虑,会员分布都呈现明显的由东向西阶梯状下降的趋势。值得注意的是,会员在三大地带内部的空间分布也是不均衡的,表现出极强的地理集中性,地理集中度分别为39.39、46.34和32.41,中部地带会员分布的集中程度最大,省级差异最明显,会员集中分布于湖北省,其他省份会员分布较少,会员分布最少的是内蒙古自治区。

2.4 七大区域分布特征

将中国细分为七大区域,分别为东北地区:黑龙江、吉林和辽宁;华北地区:北京、天津、山西、河北、河南和山东;华中地区:上海、浙江、江西、江苏、安徽、湖南和湖北;华南地区:福建、广东、广西和海南;西北地区:陕西、内蒙古、宁夏、甘肃和新疆;西南地区:重庆、云南、贵州和四川;青藏地区:青海、西藏^[11]。

中国地理学会会员的空间分布表现出以华中和华北地区为中心向四周递减的趋势。华中地区会员所占比例最大,约为36.8%,排名第二位的是华北

地区,所占比例为30.36%,两者的比例之和高达67.16%。排名倒数的两个区域分别是青藏地区和东北地区,会员比例之和仅达到6.01%,约为华中和华北地区比例之和的1/11,相差悬殊;对比七大区域的会员分布密度,也发现了相似的特征,排在前两位的仍然是华北地区和华东地区,青藏地区的会员分布密度最小,仅0.68人/万 km²。考察七大区域内部的空间分布特征可以发现,区域内部会员的分布也表现出极强的地理集中性,地理集中度均在42.78以上,平均值为54.91,比南北方和三大地带会员分布的集中度高,区域内部会员分布差异性较大,会员集中分布于部分省市,形成密集区,如华北地区以北京市最为密集,华中地区以江苏省最为密集,而华南地区则以广东最为密集。

3 中国地理学会会员空间分布的影响因素

影响人才地域分布的因素是复杂多样的,可以将其概况为两类,一是地理环境,二是人才系统^[12]。地理环境诸要素对人才系统的作用是不同的,其中人文环境起主要作用,自然环境起次要作用^[13]。本文试着从自然地理环境和人文地理环境两个方面出发,探讨这些因素对中国地理学会会员分布的影响。

3.1 自然地理环境因素

各地区自然环境的差异引起人才分布的不平衡^[14],对人才地域分布作用较大的因素有气候、地形、水文。

以七大区域为样本,考察会员分布与七大区域气候及水资源状况的关系,其中气候因素由平均温度和降水量来表示。考察七大区域年平均温度、年降水量与每千万会员数的关系,发现两者的相关系数分别为-0.2726和-0.4524,均为负数且接近于0,说明气候因素对会员分布的影响很弱。中国地势西高东低,呈阶梯状分布,会员的空间分布表现出自东向西递减的阶梯分布状态。华中地区和华北地区以平原为主,会员数量最多;青藏地区以高原山地为主,会员数量最少,与地势的整体变化状况高度吻合。

考察七大区域人均水资源与每千万人中会员数的关系,发现两者的相关系数为0.549,存在一定的正相关,但是没有达到显著相关的水平。进一步对比南北方径流量发现,南方径流量占全国河流径

流总量的83%，河流湖泊众多，有水乡之称；而北方缺水，径流量占全国的3.8%，两者相差较远^[1]。河流为居民生产和生活提供了得天独厚的自然条件，也为人才培养和发展提供了一定的物质基础，所以河流两岸往往是人才密集区域。因而南北方径流量的差异一定程度上造成了南方会员密度是北方会员密度3.8倍的局面。

综上所述，自然地理环境是一个复杂的系统，由不同的要素组成，间接影响了会员的空间分布；各要素与会员分布的关系不尽相同，其中地形、水文对会员的分布状况产生了较大影响，气候因素对会员分布影响很弱。

3.2 人文社会环境因素

人文地理环境对人才总体成长的作用更直接、

更重要，强度更大一些，表现出地理环境功能的直接性，是人才地域分布形成的决定因素^[12]。

3.2.1 区域经济因素

区域经济是影响人才地域分布的根本因素，一般来说，区域经济越发达的地区，人才地域分布越密集，二者成正相关关系^[11]。中国文化中心、经济中心和政治中心都有东移的趋势，近1 000年来，文化中心和经济中心逐步转移到太湖流域，政治中心转移到北京^[1]，分别位于华中地区和华北地区。对比中国七大区域的GDP比例与会员比例的相关关系（表2），发现两者的排序具有一定的相似性，经过相关系数检验发现两者的相关系数R高达0.965 3，在0.001水平上显著相关，可信度高达99.9%，说明区域经济发展与会员分布是正相关的。

表2 七大区域GDP比例与会员分布

Tab. 2 GDP ratio in seven regions and distribution situation of the members

排序	区域	会员数/人	会员占全国/%	排序	区域	2013年年度GDP/亿元	GDP占全国/%
1	华中地区	3 651	36.81	1	华中地区	20 090 997	31.89
2	华北地区	3 012	30.36	2	华北地区	16 159 739	25.65
3	华南地区	989	9.97	3	华南地区	10 143 150	16.10
4	西北地区	872	8.79	4	西南地区	5 865 386	9.31
5	西南地区	800	8.06	5	东北地区	5 443 280	8.64
6	东北地区	463	4.67	6	西北地区	5 008 574	7.95
7	青藏地区	133	1.34	7	青藏地区	289 804	0.46

3.2.2 人口分布因素

一般来讲，人口多的地区，拥有的成才资源也多，人才地域分布与人口的地域分布趋势基本相符^[11]。中国人口呈现出东南多，西北少的分布格局，人口主要分布在东部各省，西部地区人烟稀少。总的来说，华北地区和华中地区人口密度较大，大部分地区的人口密度为301 ~ 600 人/km²^[15]，而两地的会员分布也较为密集，平均每千万人中就会有938.82个会员；青藏地区人口密度较低，大部分低于10 人/km²，与之对应的是，青藏地区会员分布也较少，基本上是每千万人中仅有180.69个会员，由此可以看出会员的分布与人口的分布存在一定的关系。进一步分析七大区域人口比例与会员比例的相关关系，发现两者的相关系数R高达0.942 6，在0.01水平上显著相关，可信度高达99%，说明区域人口分布与会员分布是高度相关的。

3.2.3 教育资源因素

中国教育资源存在明显的地域差异^[16]，具有特殊专业背景人才的成长和分布也受到教育资源分布不均的影响。中国地理学会约82.33%的会员来自于教师行业，他们均是具有地理专业背景的人才，其分布也会受到区域教育资源的影响。区域的教育资源一定程度上可以用该区域学校数来表示，为了使数据更加准确，本次研究选用的中学数是2013年各省份统计的中学数^[17]，而高校数则是以开设地理科学专业的高校为准^[18]（表3）。以七大区域为样本，考察学校占全国比例与会员占全国比例的关系，可以发现两者的相关系数R高达0.93，在0.01水平上显著相关，可信度高达99%，说明区域教育资源与会员分布呈现高度相关，区域教育资源越优越的地区，例如华中地区和华北地区，中国地理学会会员的分布越密集。

表 3 七大区域中学与开设地理科学专业的高校数量统计

Tab. 3 Statistics on the numbers of middle school and university offering geography majors seven regions

序号	区域	合计	中学 数量	高校 数量	占全国的 比例/%
1	华中地区	18 338	18 301	37	27.13
2	华北地区	15 418	15 385	33	22.81
3	华南地区	8 943	8 926	17	13.23
4	西北地区	7 062	7 039	23	10.45
5	西南地区	10 637	10 619	18	15.74
6	东北地区	5 600	5 587	13	8.28
7	青藏地区	1 598	1 597	1	2.36

4 结论

本文以中国地理学会会员为研究对象,应用人

才地理学理论和方法,分析了会员的空间分布及地域差异,得出如下结论:

(1) 会员遍布全国 31 个省市(不含港澳台地区),但在会员组成上,男性会员多于女性会员,男女会员不均的现象普遍存在各省,中学地理教师构成了会员的主体力量,且资深会员稀缺。

(2) 不同年份新增会员人数各不相同,差异性较大且呈现波动起伏的状态,省际之间会员的相对增长速度差异明显。

(3) 会员空间分布不均衡,具有明显的地域集中性,不同尺度下形成了不同的分布密集区。

(4) 会员的分布受到多种因素影响,其中经济水平、人口分布及教育资源的空间不均都对会员分布产生了直接而重要的影响;自然地理环境如地形和水文也间接影响了会员的空间分布。

参考文献:

- [1] 胡兆量,王恩涌,韩茂莉.中国人才地理特征[J].经济地理,1998,18(1):8-14.
- [2] 韩茂莉,胡兆量.中国古代状元分布的文化背景[J].地理学报,1998,53(6):528-536.
- [3] 王恩涌,胡兆量,李向荣.当前我国文武人才的地理与南北差异[J].云南地理环境研究,1996,8(1):1-8.
- [4] 李双双,延军平.中国当代地理教授、研究员地域分异[J].地理科学进展,2011,30(10):1298-1304.
- [5] 孙宁.山西省历代人才的地理分布与地域分异[D].临汾:山西师范大学,2103.
- [6] 任泉香,朱竑,李鹏.近现代中国女性人才的地理分布和区域分异[J].地理学报,2006,62(2):211-220.
- [7] 王静,杨小唤,石瑞香.山东省人口空间分布格局的多尺度分析[J].地理科学进展,2012,31(2):176-182.
- [8] 李剑.广东省古今人才的地理分布研究[D].临汾:山西师范大学,2013.
- [9] 徐宝芳.论人才地域分布[J].内蒙古师范大学学报:哲学社会科学版,1994,23(2):120-128.
- [10] 李瑞,吴殿廷,鲍捷,等.高级科学人才集聚成长的时空格局演化及其驱动机制——基于中国科学院院士的典型分析[J].地理科学进展,2013,32(7):1123-1138.
- [11] 吕拉昌.中国地理[M].北京:科学出版社,2012.
- [12] 徐宝芳.人才地域分布规律研究[J].内蒙古师范大学学报:哲学社会科学版,1997,26(6):89-94.
- [13] 叶忠海.人才地理学概论[M].北京:科学出版社,2000.
- [14] 刘超,吴殿廷,顾苏丹,等.高级人才成材因素的初步研究:中国科学院院士成材背景的统计分析[J].人文地理,2004,19(5):64-68.
- [15] 国家统计局.2013年中国各省国民生产总值,2013年各省年末常住人口[EB/OL]. [2015-01-07]. <http://www.stats.gov.cn/>.
- [16] Florida R, Mellander C, Stolarick K. Talent, technology and tolerance in Canadian regional development[J]. The Canadian Geographer, 2010, 54(3):277-304.
- [17] 中华人民共和国教育部.2013年各省高中、初中校数[EB/OL]. [2015-01-07]. <http://www.moe.gov.cn/>.
- [18] 金宝石,闫鸿远.我国地理学高等教育与人才培养现状分析[J].世界地理研究,2010,19(2):170-176.

GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION AND REGIONAL DIFFERENTIATION OF THE GEOGRAPHICAL SOCIETY MEMBERS OF CHINA

WANG Qian, SHANG Zhi – hai

(*Department of Geography, Lingnan Normal University, Zhanjiang 524048, Guangdong, China*)

Abstract: Take the Geographical Society members of China as a case, this paper analyzed geographical distribution and regional differentiation of the Geographical Society member of China using statistical analysis method, so as to investigate the environmental factors which affect the character of spatial distribution. The results show that geographical distribution of the members is unbalanced and has obvious geographical concentration. The members of Beijing is most and Hainan is lest, also the spatial distribution of the members appears on a diminishing scale from east to west and from south to north, in which the central china and north china is the most concentrated places but the Tibetan region get the least. Evidently, the proportions of members have significant positive correlation with the economy developing level, population distribution and educational resources, moreover, the physical geographic environment also affect the distribution indirectly.

Key words: The Geographical Society members of China; geographical distribution; regional differentiation; geographical concentration

~~~~~

(上接第20页)

## LAND USE CHANGE AND GRADIENT DIFFERENTIATION OF LANDSCAPE IN KUNMING DURING ITS URBANIZATION

LIU Zhen – xiang<sup>1</sup>, FENG Shi<sup>2</sup>, LIU Yan<sup>3</sup>

(1. *Yunnan Appraisal Center for Environmental Engineering, Kunming, 650032, Yunnan China;*

2. *Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650021, Yunnan, China;*

3. *Yunnan University, Kunming 650091, Yunnan, China*)

**Abstract:** Applying the Landsat MSS/TM/ETM + images from 1974, 1992, 2000, 2006 and using 3S (i. e. GIS, RS, GPS) technology to extract land use of Kunming, then analysis the land use change, landscape gradient differentiation and directional difference. The results show that the forest presents decline – increase – decline from 1974 to 2006 in Kunming. Construction land increased dramatically because of urban sprawl, while cultivated land decreased greatly. The waste – grassland reduced due to grassland degradation year by year. Bare land shows an increasing trend after 1992, and the orchard maintained steady growth during these years. Through setting two spatial transects (SW – NE and SE – NW) and twenty gradient zones crossing the urban center, it illustrates that SW – NE is more profoundly influenced by urbanization than the other. On the other hand, construction land spread prominently to northeast and southeast. The gradient zone number lagged, where four landscape metrics (Patch Density – PD, Largest Patch Index – LPI, Area – weighted Mean Fractal Index – FARC\_ AM, Shannon’ s Diversity Index – SHDI) starts to change. Change trends of the metrics shows a spatial gradient of decreasing from urban center to outwards.

**Key words:** Kunming; urbanization; landscape pattern; community



# 基于水匮乏指数模型的朝阳市农村地区水安全评价

高 跃, 张 戈, 郭晓葳

(辽宁师范大学 城市与环境学院, 辽宁 大连 116029)

**摘要:** 水安全是人类生存、城市建设、社会稳定的前提, 更是农村地区经济发展、物产丰富、人与环境和谐相处的最基本因素, 水安全的好坏可以严重影响到农村的发展进程。通过建立水匮乏指数的模型对朝阳市农村地区的水安全来综合评估。分别从资源、途径、利用、能力和环境这五个因素入手, 结合农村地区的水资源现状选取指标。应用熵权法和层次分析法获得综合权重, 将所得权重应用到水匮乏指数模型, 计算出其水安全结果, 得出朝阳市农村地区的整体状态由不安全向安全过渡。

**关键词:** 水安全; 水匮乏指数; 朝阳市; 农村地区

**中图分类号:** TV213.4

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-7852(2016)02-0048-05

近半个世纪以来, 全球人地供求关系日益尖锐, 生存环境日渐恶化, 人类社会正面临着各种威胁, 各类灾害在人类身边发生的频率越来越高, 人类现在必需认清安全不仅仅是地区的行政安全、经济安全, 而是整个世界的生命安全。国内外众多学者也扩充了“生命安全”的概念, 并陆续提出了“生态安全”、“资源安全”、“环境安全”、“水安全”等概念和观点, 水安全这个问题正是由此产生<sup>[1]</sup>。水资源作为生命不可或缺的主要成分, 同时也是进行生产、生活的必要元素并逐渐成为全球关注聚焦的重点对象。

水资源安全这一问题作为一个水科学领域的新的研究方向, 于20世纪末刚被提出来。目前, 国内外正在采用多角度、多层次的方法对水资源的安全进行研究, 但是并没有得出公认的正规的理念。

从学术层面来看, Falkenmark M 和 Widstrand C 论述: 绝大多数贫穷国家都处于最干旱, 极端气候出现频繁的地区。人口激增, 但是水资源过少, 致使多数人去抢夺有限的水资源这种情况。另一方面, 由于人类活动的过渡放牧、过渡樵采、乱砍乱伐森林、以及空气污染、过度开采地下水、污染环境导致地区性的资源短缺。对于水安全的定义, 中

国学者持有不同的观点。贾绍凤给出的定义是对于水资源的需求问题, 水资源安全需要解决的就是能否解决水资源的供给<sup>[3]</sup>。韩宇平, 阮本清等人认为, 在目前或者未来, 由于自然的水文循环波动或人类的不合理活动使得水平衡被破坏, 或是二者的耦合, 使得区域水状况变得更加不利于人类生存, 而且将会影响到人类的生产生活方面, 例如出现洪涝, 干旱, 污染等问题, 并因此而产生粮食减产、经济下滑进而产生地区冲突等等问题<sup>[4]</sup>。

通过对国内外已有文献进行研究比对, 关于水资源安全的评价方法, 国内外虽然还正在起步, 但也取得了一些成果<sup>[2]</sup>。水资源安全研究结果定性研究的比例大, 定量研究比例小。作者从社会经济及资源安全、水资源的综合管理以及生态环境这3个方面来建立水匮乏指数模型对水资源安全进行研究。

## 1 建立水匮乏指数模型对朝阳市农村地区的水安全评价

### 1.1 水匮乏指数的组成结构

水匮乏指数是由与水息息相关的组成部分相互集合而形成的一个整体, 这5个组成部分分别为:

资源 (Resource—R)、途径 (Access—A)、能力 (Capacity—C)、利用 (Use—U) 和环境 (Environment—E)。在表 1 中列出 WPI 关键组成部分的次级组成部分。

表 1 水匮乏指数主要组成

Tab. 1 The main components of water scarcity index

| WPI 组成 | 次级组成                                       |
|--------|--------------------------------------------|
| 资源 (R) | 地表水、地下水、水质、土壤含水量等                          |
| 途径 (A) | 家庭的供水和卫生途径、灌溉设施、谷物, 粮食的进口途径 (“虚拟水”的一种度量) 等 |
| 利用 (U) | 每年工农业部门用水、家庭用水及总用水、家畜用水、不同工业部门的用水效率等       |
| 能力 (C) | 家庭消费水平、人均 GDP、教育程度、水行业的投资情况、有关的法律和机构等      |
| 环境 (E) | 生态环境、生物种类、水体污染、水土流失、洪水风险等                  |

## 1.2 水匮乏指数计算方法

为了消除各评价指标量纲的作用, 首先需要对样本数据集  $\{x(i, j)\}$  进行标准化处理<sup>[5]</sup>。对于评价指标值的变化信息问题, 必须尽可能保持平衡, 标准化处理公式可取为:

对于越大越优型指标:

$$r(i, j) = \frac{x(i, j)}{x_{\max}(j) + x_{\min}(j)}$$

对于越小越优型指标:

$$r(i, j) = 1 - \frac{x(i, j)}{x_{\max}(j) + x_{\min}(j)}$$

式中:  $r(i, j)$  为第  $j$  个指标第  $i$  个样本标准化处理后的数据,  $i = 1 \sim n$ ,  $j = 1 \sim m$ ;  $x(i, j)$  为第  $j$  个指标第  $i$  个样本的原始数据;  $x_{\max}(j)$  为第  $j$  个指标的最大值;  $x_{\min}(j)$  为第  $j$  个指标的最小值。

WPI 指数的计算方法有加权平均法、差异分析法及矩阵分析法等, 最为常用的是加权平均法:

$$WPI = \sum_{i=1}^N w_i X_i / \sum_{i=1}^N w_i \quad (1)$$

式中: WPI 为某一特定区域水匮乏指数数值;  $X_i$  为 WPI 结构的第  $i$  个组成部分;  $w_i$  为各组成部分的权重。

每个  $X_i$  由许多次级组成, 所以计算单个  $X_i$  的数值就需要运用多种方法。考虑前述的 5 个组成部分, 公式 (1) 可以改写为

$$WPI = \frac{w_r R + w_a A + w_c C + w_u U + w_e E}{w_r + w_a + w_c + w_u + w_e} \quad (2)$$

公式 (2) 是资源 (R)、途径 (A)、能力 (C)、利用 (U) 和环境 (E) 5 个组成部分的加权平均。需要对每一个组成部分进行标准化规范, 从而使范围为 0 ~ 100, 因此 WPI 的取值范围也是 0 ~ 100。最高数值 100 则被认为是水资源利用的极佳状况, 也就是最低的水匮乏 (或者水资源匮乏可能性最小), 而最低数值 0 被认为较差的一种情形。

## 1.3 指标权重的确定

### 1.3.1 熵权法确定权重

熵值法是一种比较可观的赋权法, 它完全依靠评价指标的数据关系, 构成判断矩阵计算熵值, 从而确定各指标的权重, 其主要计算公式如下:

(1) 对于不同的指标是存在着不同的量纲的, 所以为了消除差异, 不同单位之间就必须对原始的数据进行标准化的处理<sup>[6]</sup>。本文采用的标准化处理办法如下:

$$X'_{ij} = \frac{x_j - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}; X'_{ij} = \frac{x_{\max} - x_j}{x_{\max} - x_{\min}}$$

式中:  $x_j$  为第  $j$  项指标值,  $x_{\max}$  为第  $j$  项指标的最大值,  $x_{\min}$  为第  $j$  项指标的最小值,  $x'_{ij}$  即为标准化所得值。如果所选的指标的值越大越好选用前一个公式, 反之, 如果所选的指标越小越好则选用后一个公式。

(2) 计算出标准化后的指标值  $X'_{ij}$  的比重  $R_{ij}$ :

$$R_{ij} = \frac{X'_{ij}}{\sum_{i=1}^m X'_{ij}}$$

(3) 计算出第  $j$  项指标的熵值  $e_{ij}$ :

$$e_{ij} = - \left( \frac{1}{\ln m} \right) \sum_{i=1}^m R_{ij} \ln R_{ij}, \text{ 且 } e_{ij} \in [0, 1]$$

(4) 计算第  $j$  项指标的差异系数  $g_j$ , 公式为  $g_j = 1 - e_{ij}$ , 当  $g_j$  值越大时, 指标  $x_j$  在安全评价中的重要性就越突出。

(5) 计算指标  $x_j$  的权值  $w_j$ , 计算公式:

$$w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j} = \frac{1 - e_{ij}}{\sum_{j=1}^m (1 - e_{ij})}, \text{其中 } j = 1, 2, \dots, n。$$

### 1.3.2 综合权重

熵权法确定权重属于客观确定权重的方法, 没有充分考虑到指标的相对重要性, 而层次分析法属于利用主观来确定权重的方法, 它结合了定性与定量。通过这种方法, 决策者就可以将复杂问题具体化, 并分解为由若干因素组合成的小问题, 在各因素之间进行计算, 这样就可以得出不同方案的重要性程度的权重, 为最佳方案选择提供依据<sup>[7,8]</sup>, 这里采用组合权重综合熵权法权重和层次分析法权重的优点, 提高权重选取的可靠性, 其计算公式如下:

$$W = aW_1 + (1 - a)W_2$$

式中:  $W$  为组合权重;  $W_1$  为熵权法确定的权重;  $W_2$  为层次分析法确定的权重;  $a$  为灵敏度系数,  $0 < a < 1$ 。一般情况下,  $a$  的取值范围为  $0.5 \sim 0.7$ , 本文选取中间值  $0.6$  作为组合权重的灵敏度系数。

### 1.3.3 计算结果

$WPI$  的次级指标组成中, 要考虑农村的因素。资源的次级指标: 地表水资源总量、地下水资源总量、年均降水量。途径的次级指标考虑到农田灌溉是: 供水量、供水管道长度、机电灌溉占灌溉的比重。随着经济和科学技术的发展, 朝阳市农村地区农田灌溉量、工业用水量、居民生活用水量整体呈下降趋势, 对水安全有着很大影响, 所以能力次级指标是: 农田灌溉亩均年用水量、工业万元 GDP

耗水量、人均水使用量。为了体现出农村地发展水平的高低对水安全的影响, 利用的次级指标是: 农民纯收入、高校学生数占人口比重和恩格尔系数。为了体现农村环境对其影响, 环境次级指标是: 污径比、化肥使用量 (折纯)、绿化覆盖率、完成水土保持任务。

参考了国内外的相关研究, 对专家进行了咨询, 指标的评价标准由研究具体指标的临界点来进行确认<sup>[9]</sup>。得出朝阳市农村地区  $WPI$  及各组成要素的安全程度 (表 3)。

表 2 朝阳市农村地区水资源安全综合评价  
指标选取及其权重

Tab. 2 The water resources safety comprehensive evaluation index selection and weighting rural in areas of Chaoyang

| 目标层            | 准则层 | 指标层          | 综合权重  |
|----------------|-----|--------------|-------|
| 朝阳市农村地区水资源安全评价 | 资源  | 地表水资源量       | 0.059 |
|                |     | 地下水资源量       | 0.104 |
|                |     | 年均降水量        | 0.057 |
|                | 途径  | 供水量          | 0.055 |
|                |     | 供水管道长度       | 0.092 |
|                |     | 机电灌溉占灌溉的比重   | 0.047 |
|                | 能力  | 农田灌溉亩均年用水量   | 0.087 |
|                |     | 工业万元 GDP 耗水量 | 0.037 |
|                |     | 人均水使用量       | 0.034 |
|                | 利用  | 农民纯收入        | 0.077 |
|                |     | 高校学生数占人口比重   | 0.039 |
|                |     | 恩格尔系数        | 0.071 |
|                | 环境  | 污径比          | 0.030 |
|                |     | 化肥使用量 (折纯)   | 0.062 |
|                |     | 绿化覆盖率        | 0.092 |
|                |     | 完成水土保持任务     | 0.056 |

表 3 朝阳市农村地区  $WPI$  及各组成要素值

Tab. 3  $WPI$  and the component values in rural areas of Chaoyang

| 项目    | 2007 年 | 2008 年 | 2009 年 | 2010 年 | 2011 年 | 2012 年 | 2013 年 | 2014 年 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 资源    | 43.47  | 34.78  | 28.99  | 49.34  | 43.50  | 71.01  | 43.46  | 34.54  |
| 途径    | 48.63  | 46.85  | 49.40  | 49.50  | 50.021 | 49.98  | 52.28  | 52.97  |
| 能力    | 42.54  | 50.87  | 54.40  | 53.10  | 56.49  | 55.01  | 63.40  | 63.53  |
| 利用    | 39.02  | 43.75  | 43.35  | 46.15  | 51.28  | 56.83  | 62.45  | 62.41  |
| 环境    | 45.96  | 50.06  | 46.80  | 51.39  | 51.37  | 52.67  | 52.38  | 50.59  |
| $WPI$ | 43.93  | 45.26  | 44.59  | 49.90  | 50.53  | 57.10  | 54.80  | 52.81  |
| 水安全分级 | 不安全    | 不安全    | 不安全    | 基本安全   | 基本安全   | 安全     | 基本安全   | 基本安全   |

#### 1.4 评价小结

通过 *WPI* 指数对朝阳市农村地区水安全进行综合评价,分别从资源、途径、利用、能力和环境五个因素入手,得出朝阳市农村地区的水安全整体状态朝安全程度过渡,但 2013 年和 2014 年又反弹到基本安全状态。同时通过对各个子因素进行分析评价,可以了解到人均水资源消耗量 8 年来变化不大,需要进一步提高节水效率和节水意识。同样,农业的化肥使用量逐年的提升也对水岸群构成了影响,需要经过科技兴农来科学施肥。*WPI* 指数对于朝阳市的农村地区的威胁地区水安全因素的具体特征是能够清晰的反映的,通过此分级,就可以确定其级别,从而能够为水安全预警机制的建立提供参考。

## 2 朝阳市农村地区的水安全的保障对策

### 2.1 立法先行,加强治理

中国水资源的法律法规的制定,主要起始于城市,立足于工业,几乎没有为农村设计的面源污染具体控制措施或者为农村饮用水安全提供保障的法律法规<sup>[10]</sup>。朝阳市应该根据现有水资源法律法规,结合本市农村地区出现的水资源问题,制定出相应的政策法规,弥补农村水资源防治方面存在的大量空白。还应制定相应的农村水资源管理部门,专门负责农村的水资源问题<sup>[11,12]</sup>。

### 2.2 宣传教育,提高意识

朝阳市农村地区,农民受教育程度主要为初中及以下,所以农民缺乏保护环境、节约用水的教育。朝阳市政府需根据朝阳市农村地区水资源问题制定相应的宣传教育策略。根据每年水日不同的主题进行宣传教育<sup>[13]</sup>。教师向学生传授水资源保护知识,可以教育到学生,让学生影响到家长,从而促进水资源的保护<sup>[14]</sup>。可以利用电视播放宣传片,广播传播消息,网站、微信增加人们的关注度。

### 2.3 加强生态建设,减少水污染

水资源安全的内容应包括水质安全、水量安全。朝阳市农村地区可以通过提高水质安全水量安全,增加水资源的安全性。

#### 2.3.1 减少化肥农药使用量

土壤中残留的化肥一部分随着降水进入湖泊或者地表径流河流,另一部分随着降水渗入到浅层地

下水。化肥中含有大量的氮和磷,这些氮、磷随着降水进入河流和湖泊后,会使其富营养化<sup>[15,16]</sup>。70%的农药进入自然环境中。这些农药在水体、动植物体内富集,如果被人类饮食,将对人体造成严重伤害。朝阳市应该组织科技人员对于不同的土地和不同的植被类型制定相应的化肥农药使用量,减少过量使用化肥、农药带来的污染和伤害,做好预防和治理工作。

#### 2.3.2 建立沼气池

农家通过一系列改变进而建立小型沼气池。在养殖场可以建立大型的沼气池。朝阳市农村经济条件不好,设计一个村子至少建立一个沼气池。铺建联通每家和沼气池的地下管道,可利用的固体废弃物由专职人员统一收集、挑选、分类投入到沼气池。具体废弃物处理流程参见图 1。

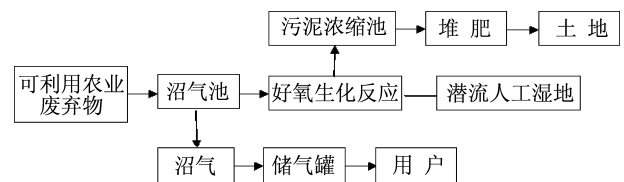


图1 农村可利用废弃物处置工艺流程图

Fig. 1 The process flow diagram of the available disposal in rural waste

有机物在沼气池的厌氧环境中,通过微生物发酵作用,COD 去除率达 78% 以上,BOD 去除率达 82% 以上,还可以产生可燃的沼气。沼气的重要成分是甲烷,甲烷含量约占 55%~70%,燃烧后产生二氧化碳和水,对环境污染很小。据研究一个 5.6 万人的乡镇可产生的沼气  $439 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,根据沼气的最低热值换算,可换算成天然气  $298 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,相当于人均天然气  $53.2 \text{ m}^3/\text{a}$ <sup>[17]</sup>,而辽宁省人均天然气的使用量是  $43 \text{ m}^3/\text{a}$ ,所以可以保证每户沼气的日常用量。

好氧生化反应让微生物发生好氧反应,让有剩余有机物氧化成无机物。对于 TN 和 TP 的去除率也可高达 70% 和 95%。产生的废液流入潜流人工湿地,潜流人工湿地由水生植物和人工湿地填料组成。废液中的有机物被人工湿地中的微生物和植物根系反应转化吸收,其出水水质可达到Ⅲ类水标准。好氧生化反应产生的固体淤泥先进行浓缩,然后在堆肥,投放到耕地里,促进植物生长,减少化肥使用,减少环境污染<sup>[18-23]</sup>。

## 参考文献:

- [1] 吴国庆. 区域农业可持续发展的生态安全及其评价探析 [J]. 生态经济, 2001 (8): 22–25.
- [2] 肖俊. 江西省水资源安全评价 [D]. 长沙: 长沙理工大学, 2008.
- [3] 贾绍凤, 张军岩, 张士峰. 区域水资源压力指数与水资源安全评价指标体系 [J]. 地理科学进展, 2002, 21 (6): 538–545.
- [4] 韩宇平, 阮本清, 解建仓. 多层次多目标模糊优选模型在水安全评价中的应用 [J]. 资源科学, 2003, 25 (4): 37–42.
- [5] 夏军, 朱一中. 水资源安全的度量: 水资源承载力的研究与挑战 [J]. 自然资源学报, 2002, 17 (3): 62–269.
- [6] 叶宗裕. 关于多指标综合评价中指标正向化和无量纲化方法的选择 [J]. 浙江统计, 2003 (4): 24–25.
- [7] 金菊良, 黄慧梅. 基于组合权重的水质评价模型 [J]. 水利发电学报, 2008, 23 (3): 13–19.
- [8] 张堃, 周德云. 熵权与群组 AHP 相结合的 TOPSIS 法多目标威胁评价 [J]. 系统仿真学报, 20 (7): 1661–1664.
- [9] 贡力. 基于 WPI 的水安全评价体系研究 [J]. 中国农村水利水电, 2010 (9): 4–7.
- [10] 王春燕. 我国农村水环境污染及其防治法律对策 [D]. 保定: 河北农业大学, 2010.
- [11] 王清军, 蔡守秋. 论水资源法律体系及完善 [J]. 河北法学, 2005, 23 (6): 50–53.
- [12] 裴丽萍. 论水资源法律调整模式及其变迁 [J]. 法学家, 2007 (2): 100–108.
- [13] 鞠秋立. 我国水资源管理理论与实践研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2003.
- [14] 丁芳洲. 公众节水教育实践课程开发的案例研究 [D]. 上海: 华东师范大学, 2013.
- [15] 宁清同, 王丽香. 我国农业化肥污染防治制度初探 [J]. 行政与法, 2012 (11): 74–79.
- [16] Nitrous Oxide (N<sub>2</sub>O): The dominant ozone – depletion substance emitted in the 21st century. Science, 2009, October2: 123–125.
- [17] 焦熙宇, 唐永顺, 刁仁达. 浅谈当前的农村环境问题 [J]. 科技信息, 2012, 17.
- [18] 陈艳萍, 崔莉凤, 杜兵, 等. Living Technology 废水处理技术简介 [J]. 给水排水, 2007, 33 (S1): 192–195.
- [19] 陈蕊, 高怀友, 傅学起, 等. 畜禽养殖废水处理技术的研究与应用 [J]. 农业环境科学学报, 2006, 25 (S1): 374–377.
- [20] 潘学梅. 村镇污水处理应用技术初步探讨 [J]. 资源节约与环保, 2014 (5): 93–94.
- [21] 向光伟, 赵海东. 农村生活废水处理工程 [J]. 城市建设理论研究: 电子版, 2012 (30).
- [22] 苏东辉, 郑正, 王勇, 等. 农村生活污水处理技术探讨 [J]. 环境科学与技术, 2005, 28 (1): 79–81; 113.
- [23] 何江, 利锋. 山区农村养猪场废水处理方法探讨 [J]. 畜牧与饲料科学, 2009, 30 (3): 180–181.

## THE WATER SECURITY PROBLEM IN RURAL AREAS OF CHAOYANG CITY

GAO Yue, ZHANG Ge, GUO Xiao – wei

(Urban and Environmental Science College, Liaoning Normal University, Dalian 116029, Liaoning, China)

**Abstract:** Water security is the premise of survival, the urban construction, social stability, especially in rural economic development, rich products, people and the environment of harmony is the most basic factors, so the stand or fall of water security can seriously affect the process of rural development. It can be evaluating the water security in rural areas in Chaoyang by establishing the model of water shortage index. Respectively from, ways and utilization of resources, capabilities, and environment of these five factors, combining with the present situation of water resource selection index of rural areas. Application of entropy method and the analytic hierarchy process to obtain the comprehensive weight, applied the weight to water shortage index model to calculate the water security results. It concluded that the overall state of the rural areas in Chaoyang from is unsafe to safety.

**Key words:** water security; water shortage index; Chaoyang City; rural areas

# 基于信息流的遗产地解说系统评价 ——以红河哈尼梯田文化景观遗产为例

向东福, 查智琴, 王 梅

(云南师范大学 旅游与地理科学学院, 云南 昆明 650500)

**摘要:** 解说系统的信息流效率是评价解说系统的一个新途径。通过问卷调查获得基础数据, 运用基于信息流的模糊综合评价法, 并结合实地调查对红河哈尼梯田文化景观遗产地的解说系统现状进行综合评价。结果表明: 遗产地解说系统的信息流效率一般, 未能达到理想状态, 导致该系统并没有充分发挥其各项功能, 不能为游客提供高质量的解说服务。同时, 对解说内容和媒介的评价结果也为一般, 反映出游客在遗产地所能接收到的关于哈尼梯田自然与文化的信息量处中等水平。

**关键词:** 解说系统; 信息流; 文化景观遗产; 哈尼梯田

**中图分类号:** F59      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1001-7852(2016)02-0053-07

## 0 引言

解说系统是促进遗产旅游地与旅游者进行“沟通”的有效方式之一, 对平衡遗产地保护与发展的矛盾意义重大。国外解说研究从20世纪50年代发展至今, 基本确定了其概念、功能、框架、意义等基础理论, 并通过运用其他相关学科理论使其内涵更加丰富。中国解说研究起步较晚, 主要是在借鉴国外已有成果的基础上进行研究。解说的概念最早由Tilden提出, 他认为解说并非事物的简单描述, 而是通过体验揭示事物的内在意义与相互联系<sup>[1]</sup>。台湾吴忠宏博士认为解说是一种信息传递服务, 目的在于告知及取悦游客并阐释现象背后所代表之意义, 提供相关咨询来满足每个人的需求与好奇, 同时又不偏离中心主题, 以激励游客对所描述事物产生新见解与热诚<sup>[2]</sup>。吴必虎认为解说系统是运用某种媒体和表达方式, 使特定信息传播并达到信息接受者中间, 帮助信息接受者了解相关事物的性质和

特点, 并达到服务和教育的基本功能<sup>[3]</sup>。

从系统论和信息论的角度来看, 本文认为解说系统是解说要素按照一定的结构形式, 通过信息流相互联系、相互作用, 共同组成的一个复合统一, 动态循环的有机整体。解说要素包括解说内容, 解说受众, 解说媒介以及解说评估。既然解说是一个信息的交流过程, 那么解说就牵扯信息的提供者和接受者, 即解说系统的主体与客体<sup>[4]</sup>, 主体是解说内容及其提供者, 客体是旅游者。由此可见, 解说系统信息流以解说系统为载体, 正向信息流由解说主体通过解说媒介流向解说客体, 负向信息流则由解说客体通过解说评估流向解说主体, 最终形成一个完整的回路流(图1)。

解说系统的评估反馈是解说系统架构中的重要组成要素之一, 是评估解说系统信息流效率, 检验系统稳定性以及提高解说质量的关键步骤<sup>[5]</sup>。缺乏对遗产地解说系统的评估, 难以从宏观上指导遗产地整体上开展解说系统的构建和完善<sup>[6]</sup>。关于解说系统评估的研究, 国外学者的研究成果颇多且有一

定的深度,相比较而言,国内研究总体处于初级阶段,研究广度与深度与国外也存在较大差距,尤其是解说系统评价模型的研究几乎是空白<sup>[7]</sup>。国内研究主要集中在游客需求和满意度、旅游解说有效性综合评估以及解说评估的方法。其中游客需求和满意度评估基于解说客体视角,而旅游解说有效性综合评估基于解说主体视角,两者是解说框架中最重要的环节<sup>[8]</sup>。对于解说评估方法,Wagar 曾列出 12 种,包括游客直接反馈、专家审核、定时摄影、受众投票等,并分析了各自优缺点<sup>[9]</sup>。王鑫也总结出 13 种,包括同行间互评,专家评审,外部人员评审,观察游客对解说服务的注意力,观察游客注视及倾听时间长短,间隔定时照相,测度游客对解说的偏好,游客行为观察,游客游览行迹观察,自我测验装置,问卷调查,正式访问,非正式访问,同时也对各种解说评估方法特性进行了比较分析。

解说系统是发挥遗产地旅游资源的教育功能<sup>[10-12]</sup>,服务功能<sup>[13]</sup>,保护功能<sup>[14,15]</sup>的必要基础,是对遗产地进行有效宣传和管理<sup>[3,16,17]</sup>,促进遗产地可持续发展<sup>[18,19]</sup>的重要手段。因此评估遗产地解说系统以及信息流状况具有现实意义。本文以红河哈尼梯田文化景观遗产地为研究对象,通过对游客的问卷调查,并采用因子分析和模糊综合评价的分析方法,对遗产地的解说系统信息流效率进行评价。首先评价游客对遗产地解说内容和解说媒介的满意度即负向信息流分析,了解解说内容和媒介现状及存在的问题;然后依据负向信息流的分析结果评估正向信息流即游客所能够接收到的遗产地信息量的多寡程度,进而提出优化遗产地解说系统的建议,为保护与促进遗产地可持续发展提供支撑。

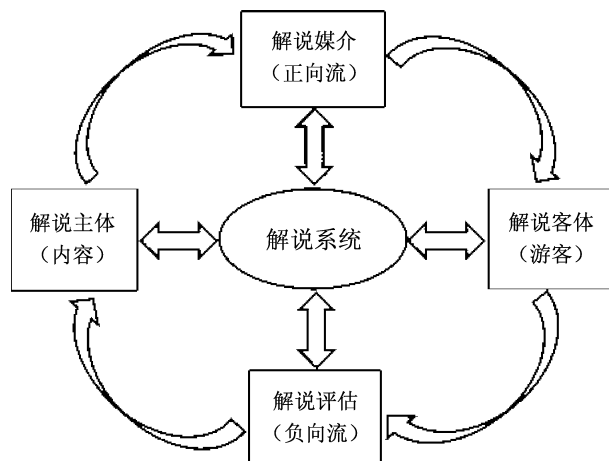


图 1 解说系统信息流

Fig. 1 The information flow principle of interpretation system

## 1 研究区与研究方法

### 1.1 研究区概况

红河哈尼梯田文化景观遗产地位于云南省红河哈尼族彝族自治州元阳县,地理坐标为东经  $102^{\circ}35'20.12'' \sim 102^{\circ}50'44.45''$ ,北纬  $23^{\circ}10'48.30'' \sim 23^{\circ}12'05.11''$ 。作为山地环境中文化景观的杰出样式和范例,哈尼梯田以“森林-水系-村寨-梯田”等 4 个要素的空间优化利用而体现出人与自然的完美和谐。遗产地总面积  $46\,104\text{ hm}^2$ ,其中核心区面积为  $16\,603\text{ hm}^2$ ,缓冲区面积  $29\,501\text{ hm}^2$ 。核心区由梯田分布最集中、养护最好的坝达、多依树和老虎嘴 3 个片区构成,包括了最具代表性的集中连片分布的水稻梯田及其所依存的水源林、灌溉系统、民族村寨。2013 年 6 月 22 日在第 37 届世界遗产大会上,红河哈尼梯田因其符合世界遗产标准 iii、v 以及真实性和完整性原则而被列入世界文化景观遗产名录。作为世界文化景观遗产的新成员,哈尼梯田遗产地的解说系统处于初步建设阶段,对其进行评估可为遗产地可持续生态旅游提供合理建议。

### 1.2 问卷调查与数据获取

数据通过问卷设计发放的调查形式获取。问卷设计遵循客观性与可评价性相结合、科学性与全面性相结合的原则。邀请了 20 位具有相关专业背景的专家经过 3 轮的讨论,确定了影响遗产地解说系统的 20 个因子,即问卷共有 20 个题目。此外,问卷中对每个因子的满意程度分为 6 个等级,依次确定分数为:5 (非常好)、4 (好)、3 (般)、2 (差)、1 (非常差) 和 0 (没有使用)。

问卷调查工作于 2015 年的旅游旺季进行了 3 次,第一次为 2015 年 7 月 13 日~7 月 20 日,第二次为 2015 年 8 月 20 日~8 月 27 日,第三次为 2015 年 9 月 17 日~9 月 21 日,3 次调查均到老虎嘴、多依树、坝达 3 个游客较集中的观景点和普高老寨民俗村进行,对游客采取随机抽样,问卷现场发放填写以及回收。3 次共发放问卷 400 份,收回有效问卷 372 份,有效率为 93.0%,基本满足评价分析需要。

### 1.3 基于信息量的解说系统模糊评价方法

#### 1.3.1 因子分析法确定评价因子

因子分析是一种多变量统计分析法。本文依据科学性、简洁性、代表性及数据可获性等基本原



则，采用因子分析法从 20 个因子开始，逐层分析，最终确定 3 个等级的评价因子（表 1）。

### 1.3.2 信息量法确定权重

确定权重的方法比较多，其中用信息量确定权重，可有效避免传统方法中权重系数确定过程的主观色彩，同时更加注重评价指标本身的重要程度，而且充分利用了被评判指标的信息量。当评价指标权重较大时，说明该指标提供了较多信息，在评价体系中起较大作用，也为最终提出建议的侧重点作有效参考。

信息量是系统无序程度的度量，它是标度系统不确定性的量。信息量越大，不确定性就越小；反之，信息量越小，不确定性越大。在信息论中，信息量的定义如下<sup>[20]</sup>：

$$H(p_1, p_2, \dots, p_n) = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i \quad (1)$$

式中： $p_i$  满足  $0 \leq p_i \leq 1$ ； $\sum_{i=1}^n p_i = 1$ 。

信息量的计算步骤如下：

(1) 将各评价指标数据进行标准化处理。计算第  $j$  个指标下的第  $i$  项比重  $p_{ij}$ 。

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (2)$$

(2) 计算各指标的信息  $E_j$ 。

$$E_j = - \ln(n)^{-1} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \quad (3)$$

式中：如果  $p_{ij} = 0$ ，则定义  $\lim_{p_{ij} \rightarrow 0} p_{ij} \ln p_{ij} = 0$

(3) 确定各指标权重  $W_j$ ，结果如表 2。

$$W_j = \frac{1 - E_j}{n - \sum_{j=1}^n E_j} \quad (4)$$

### 1.3.3 模糊综合评价模型

模糊综合评价法是一种基于模糊数学的综合评判方法。模糊综合评价模型如下：

设评判对象为  $P$ ：其因素集  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ ，评语集  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_k\}$ 。

对  $U$  中每一因素，根据评语集中的等级指标进行模糊评判，得到评判隶属矩阵：

$$R = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1k} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nk} \end{bmatrix} \quad (5)$$

式中： $r_{ij}$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $j = 1, 2, \dots, k$ ) 表示评价因素集  $U$  中的第  $i$  个评价因素对评语集中第  $j$  个评语的隶属度，则  $(U, V, R)$  构成了一个模糊综合评判模型。

确定各因素权重后，记为：

$$W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}, \text{ 满足 } \sum_{i=1}^n w_i = 1$$

利用模糊矩阵的合成运算，选用合适的算子得到综合评价结果  $Z$ 。

$$Z = WR = \{ \{w_1, w_2, \dots, w_k\} \} \quad (6)$$

## 2 哈尼梯田遗产地解说系统评价分析

### 2.1 解说系统整体评价分析

运用软件 SPSS23.0 对问卷调查数据进行初步整理、统计和分析。信度检验方面，原始变量的相关系数大部分大于 0.3，单边检验值小于 0.05，各变量呈较高的线性关系；KMO 值为 0.836，符合 Kaiser 给出的因子分析标准。综上所述，该组数据适合做因子分析。

运用主成分分析方法提取公共因子，并使用最大方差正交旋转法对提取的公因子进行旋转，再根据旋转后的因子负荷矩阵对公共因子命名，最终确定 3 个等级评价因子体系（表 1）。可见，前 5 个公因子的累积方差贡献率已达到 75.91%，说明前 5 个公因子已经反映了原始变量的大部分信息，具有显著代表性。表中因子载荷数值也表明 5 个公因子均能很好的解释相应的原始变量。同时，根据对研究区实地调查所获得的各要素资料，故可对第二级因子进行命名，包括：游客中心、解说员、解说标牌、公众信息资料和解说内容。

按照公式 (1) ~ (4)，计算第三级指标因子和第二级指标因子客观权重值（表 2）。

依据模糊综合评价模型理论，可确定二级因子集： $R = \{R_1, R_2, R_3, R_4, R_5\} = \{\text{游客中心, 解说员, 解说标牌, 公众信息资料, 解说内容}\}$  和三级因子

表 1 评价因子分析表  
Tab. 1 Factor analysis of evaluation index

| 一级因子 | 二级因子   | 三级因子                  | 特征值   | 方差贡献率/% | 累计方差贡献率/% | 因子载荷  |
|------|--------|-----------------------|-------|---------|-----------|-------|
| 解说媒介 | 游客中心   | 位置合理                  | 4.052 | 20.261  | 20.261    | 0.791 |
|      |        | 规模适度                  |       |         |           | 0.914 |
|      |        | 设施功能齐全,使用方便           |       |         |           | 0.906 |
|      |        | 服务人员热情,业务熟练           |       |         |           | 0.858 |
|      |        | 展示内容与方式丰富多样           |       |         |           | 0.839 |
|      | 解说员    | 举止大方,服装得体             | 3.913 | 19.566  | 39.828    | 0.958 |
|      |        | 讲解准确,知识丰富             |       |         |           | 0.962 |
|      |        | 良好的解说技巧,耐心解答          |       |         |           | 0.959 |
|      |        | 热爱工作,责任心强             |       |         |           | 0.955 |
|      | 标识牌    | 外观设计有特色               | 3.236 | 16.182  | 56.009    | 0.759 |
|      |        | 位置醒目                  |       |         |           | 0.859 |
|      |        | 数量合理                  |       |         |           | 0.802 |
|      |        | 景观介绍科学全面              |       |         |           | 0.753 |
|      |        | 景观介绍简明,易于识记           |       |         |           | 0.664 |
|      | 公众信息资料 | 音像制品多样式,价格合适          | 2.512 | 12.561  | 68.570    | 0.715 |
|      |        | 使用的相关印刷品有特色,制作优良      |       |         |           | 0.700 |
|      |        | 网站咨询全面,服务便捷           |       |         |           | 0.744 |
|      |        | 相关书籍读物较多              |       |         |           | 0.726 |
| 解说主体 | 内容     | 内容完整,多样,有特色           | 1.468 | 7.340   | 75.910    | 0.819 |
|      |        | 更加了解世界遗产和当地民族文化,增长了知识 |       |         |           | 0.795 |

表 2 评价因子权重值统计表  
Tab. 2 Weight value of evaluation index

| 二级因子             | 权重值   | 三级因子                  | 权重值   |
|------------------|-------|-----------------------|-------|
| 游客中心 ( $R_1$ )   | 0.277 | 位置合理                  | 0.200 |
|                  |       | 规模适度                  | 0.201 |
|                  |       | 设施功能齐全,使用方便           | 0.199 |
|                  |       | 服务人员热情,业务熟练           | 0.198 |
|                  |       | 展示内容与方式丰富多样           | 0.201 |
| 解说员 ( $R_2$ )    | 0.119 | 举止大方,服装得体             | 0.255 |
|                  |       | 讲解准确,知识丰富             | 0.252 |
|                  |       | 良好的解说技巧,耐心解答          | 0.246 |
|                  |       | 热爱工作,责任心强             | 0.247 |
| 标识牌 ( $R_3$ )    | 0.293 | 外观设计有特色               | 0.199 |
|                  |       | 位置醒目                  | 0.200 |
|                  |       | 数量合理                  | 0.200 |
|                  |       | 景观介绍科学全面              | 0.202 |
|                  |       | 景观介绍简明,易于识记           | 0.199 |
| 公众信息资料 ( $R_4$ ) | 0.194 | 音像制品多样式,价格合适          | 0.245 |
|                  |       | 使用的相关印刷品有特色,制作优良      | 0.263 |
|                  |       | 网站信息咨询比全面,服务便捷        | 0.237 |
|                  |       | 相关书籍读物较多              | 0.256 |
| 内容 ( $R_5$ )     | 0.117 | 内容完整,多样,有特色           | 0.500 |
|                  |       | 更加了解世界遗产和当地民族文化,增长了知识 | 0.500 |

集  $C = \{\{c_{i1}, t = 1, 2, 3, 4\}, \{c_{i2}, t = 1, 2, 3, 4, 5\}, \{c_{i3}, t = 1, 2, 3, 4, 5\}, \{c_{i4}, t = 1, 2, 3, 4\}, \{c_{i5}, t = 1, 2\}\}$ , 同时确定评语集  $U = \{U_1, U_2, U_3, U_4, U_5, U_6\} = \{\text{非常满意, 满意, 一般, 不满意, 非常不满意, 没有使用}\}$ 。

按照公式 (5) ~ (6) 对二级因子集进行单因子评价, 确定模糊矩阵, 选用算子  $M(\cdot, \oplus)$  计算得出综合模糊矩阵  $R$ , 结果如下:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.156 & 0.258 & 0.339 & 0.043 & 0.059 & 0.145 \\ 0.108 & 0.312 & 0.387 & 0.027 & 0.011 & 0.156 \\ 0.070 & 0.290 & 0.376 & 0.070 & 0.016 & 0.177 \\ 0.086 & 0.253 & 0.349 & 0.080 & 0.011 & 0.215 \\ 0.070 & 0.312 & 0.382 & 0.043 & 0.022 & 0.172 \end{bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.054 & 0.102 & 0.059 & 0.011 & 0.005 & 0.769 \\ 0.054 & 0.097 & 0.054 & 0.016 & 0.005 & 0.774 \\ 0.059 & 0.097 & 0.032 & 0.016 & 0.005 & 0.790 \\ 0.059 & 0.081 & 0.048 & 0.022 & 0.000 & 0.790 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.118 & 0.419 & 0.382 & 0.054 & 0.005 & 0.022 \\ 0.091 & 0.376 & 0.441 & 0.075 & 0.005 & 0.011 \\ 0.097 & 0.349 & 0.457 & 0.065 & 0.005 & 0.027 \\ 0.059 & 0.323 & 0.495 & 0.070 & 0.000 & 0.054 \\ 0.086 & 0.339 & 0.430 & 0.048 & 0.000 & 0.097 \end{bmatrix}$$

$$R_4 = \begin{bmatrix} 0.059 & 0.172 & 0.242 & 0.081 & 0.005 & 0.441 \\ 0.086 & 0.253 & 0.290 & 0.070 & 0.022 & 0.250 \\ 0.043 & 0.151 & 0.194 & 0.043 & 0.043 & 0.043 \\ 0.065 & 0.274 & 0.253 & 0.065 & 0.011 & 0.333 \end{bmatrix}$$

$$R_5 = \begin{bmatrix} 0.161 & 0.500 & 0.274 & 0.038 & 0.005 & 0.022 \\ 0.140 & 0.565 & 0.253 & 0.016 & 0.005 & 0.022 \end{bmatrix}$$

$$R = \begin{bmatrix} 0.098 & 0.285 & 0.367 & 0.054 & 0.024 & 0.173 \\ 0.056 & 0.094 & 0.049 & 0.016 & 0.004 & 0.781 \\ 0.090 & 0.361 & 0.441 & 0.062 & 0.003 & 0.042 \\ 0.064 & 0.215 & 0.246 & 0.065 & 0.020 & 0.278 \\ 0.151 & 0.532 & 0.263 & 0.027 & 0.035 & 0.022 \end{bmatrix}$$

同理, 可得模糊综合评判值  $Z$ 。

$$R_2 = (0.090 \quad 0.300 \quad 0.315 \quad 0.051 \quad 0.012 \quad 0.209)$$

据以上计算得到的模糊综合评判  $Z$  值和最大隶属原则,  $Z$  值中第三个值 0.315 为最大值, 对应  $U$  集中的“ $U_3$ ”, 即游客对红河哈尼梯田文化景观遗

产地解说系统的总体评价结果为“一般”, 反映出目前遗产地解说系统的建设水平一般, 游客所能接收到的信息量不足, 同时, 表明遗产地解说系统没有充分发挥其各项功能, 导致系统信息流过程没有达到理想状态。

## 2.2 解说内容评价分析

解说内容作为解说系统的信息源, 直接决定了解说有效性。游客对解说内容的评价结果也间接反映出游客所能接收到的有关遗产地信息量的多寡程度。在对哈尼梯田遗产地解说内容的质量评价方面, 48.32% 的游客表示一般, 27.72% 的游客认为好, 18.13% 的游客认为非常好。在信息量接收方面, 56.45% 的游客表示所能接收到的关于遗产地信息量属于中等水平 (表 3)。结合实地调查发现, 遗产地可用于解说内容的文献资料较多, 主要包括遗产地自然环境和历史文化的相关科研成果, 但遗产地解说系统实际所选用的内容却较少且质量不高。这充分说明了较多游客并不能全方位的深入的了解遗产地独特的自然景观和厚重的历史文化知识, 也显示出遗产地解说内容的精选工作仍有较大的提升空间。

表 3 遗产地解说内容评价

| Tab. 3 Evaluation of interpretation content |      |      |      |       |       | %     |
|---------------------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 游客满意度                                       | 没有使用 | 非常差  | 差    | 一般    | 好     | 非常好   |
| 内容质量                                        | 1.75 | 0.32 | 3.76 | 48.32 | 27.72 | 18.13 |
| 信息量                                         | 2.15 | 0.54 | 1.61 | 56.45 | 25.27 | 13.98 |

## 2.3 解说媒介评价分析

解说媒介是解说内容传播的工具, 也决定了信息传递的效率。实地调查发现, 遗产地游览方式以自导式为主, 解说员少且解说素材单一; 游客中心一个, 为箐口游客中心, 中心内的功能服务包括景区介绍、信息咨询、哈尼梯田景观文化展览和售票, 目前该游客中心在选址、运作模式、管理方式和售票制度等方面存在较多问题; 对于遗产地现有的标识牌, 在制作风格和材料选用以及空间布局等方面也存在问题。例如, 三大观景点与民俗村的标识牌没有形成统一的风格样式, 警示提醒牌过多, 没有与景点相关的内容解说牌; 对于遗产地景区网站建设方面, 包括景区官方网站和当地政府相关部门的网站, 所展示出的与哈尼梯田相关的信息量较少, 质量不高且内容更新周期较长。此外, 由政府部门和旅游公司制作的旅游宣传手册等印刷品, 视

频、音像资料和电影等影视作品在数量和质量上也处于中等水平。

通过对遗产地四种解说媒介进行游客调查发现(图2),78.09%的游客没有选用解说员,这说明遗产地景区的解说人员服务不能满足游客需求。对于游客中心,标识牌和公众信息资料3种解说方式的评价,多数游客均认为一般,占比分别是36.67%,44.09%和39.25%,这说明3种解说方式的信息传递效率不高,从而导致游客的体验感不强,需调整3种解说方式的设计方案。同时,认为这3种解说方式好的游客占比分别为28.49%,36.13%,24.46%,反映出也有一部分游客能通过这些媒介较好的接受到遗产地的相关信息。

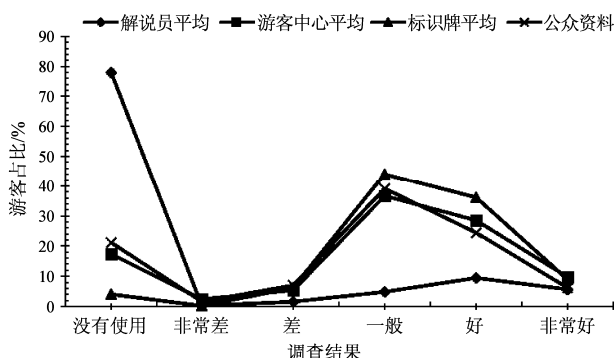


图2 遗产地解说媒介评价

Fig. 2 Evaluation of interpretation media

### 3 结论与讨论

本文基于信息流基础,运用数学模型分析方法对哈尼梯田遗产地解说系统进行科学评价,与实地调查过程中发现的问题基本相符。因此可对遗产地解说系统信息流做初步判断:遗产地解说系统传递出的信息量处于中等水平,只能满足游客对于遗产地一般性知识的需求,而不能使游客深入探知世界文化景观遗产博大的知识脉络;只能引导游客完成遗产地的普通游览活动,而不能使游客充分欣赏哈尼梯田遗产独特的自然景观和厚重的人文历史。所以,构建和完善哈尼梯田遗产地解说系统是发掘和拓展遗产地旅游信息资源,提高系统信息传递效率,平衡遗产地保护与开发矛盾,从而促进遗产地旅游可持续发展的重要手段。本文针对哈尼梯田遗产地解说系统存在的问题提出以下建议。

(1) 建立解说管理中心。为了提高解说系统的有效性,应设立专门的哈尼梯田遗产地解说系统管

理中心,探索一套融合当地民族特色的解说系统管理办法,并建立符合当地民俗民风的管理制度,这有利于解说系统信息流在稳定的环境中循环流动,保障解说系统正常运转,促进遗产地解说系统功能的全面发挥。此外,居民是一股参与管理解说系统的有生力量,也是解说系统建设意见的有效发言者,应加强居民在解说过程中的参与。

(2) 拓展全面多层次解说内容。为满足游客对解说内容的需求,应扩展遗产地的解说内容,发挥信息源功能,全面传递遗产地重要特征信息,进一步突出遗产价值。哈尼梯田文化景观遗产作为一种独特的活态遗产,要深度挖掘其自然和人文景观的内涵,重点在哈尼梯田文化景观的特点,当地少数民族的特点,并充分借鉴已有的相关科研成果,同时做到及时更新解说内容,使游客在欣赏哈尼梯田的过程中寓教于乐。此外,可根据游客的不同年龄层次或不同群体,配合相应的解说媒介设置多种解说内容方案,全方位多层次多角度地传递遗产信息,揭示遗产本质。

(3) 发展多样化智能解说媒介。确保解说系统信息流多渠道、多节点的高效性流通,应该发展多样化解说媒介。①发挥解说人员的优势。根据实际情况增加解说人员的数量,并进行统一规范的培训;在解说服务过程中加入考核评估机制;②明确游客中心的功能定位,加强游客中心的建设,优化运行模式,运用多形式多种类的设备向游客介绍遗产地,使游客在了解遗产地的过程中不仅明白自己在遗产地游览拥有的权利,也要明确自己应履行的义务;③规范标识牌的设计配置标识牌作为解说内容的载体,在语言选用,文字排版方面要以字体工整,结构简单为原则;在材料选用,外观设计,位置摆放方面要与遗产地自然人文景观特色相融合;④加强信息资料的制作建设。纸质资料应着重贴合哈尼族,彝族等具有当地民族特色的设计理念,力求制作精良,形式多样;加大视听多媒体的开发利用,注重动态演示,视听结合,虚拟体验。随着游客需求的个性化发展,数字科技的进步,智能终端设备的普及,在解说媒介的设计应用过程中,应充分注重新技术的运用,尝试智能解说与传统解说相结合的模式。

(4) 制定长效化解说反馈方案。解说评估是解说系统中的关键和必要步骤<sup>[8]</sup>,是解说系统逆向信息流过程。应形成对解说系统,特别是对解说主体和解说媒介评估的长效机制。通过长期收集专家意

见, 居民意见, 游客建议等反馈信息, 进行定性和定量分析, 找出目前系统中存在的缺陷和问题, 并及时采取相应预案进行调整与维护, 从而为解说系统信息传递提供可靠保障。

总之, 解说系统是一种有力的实施遗产地发展的管理工具<sup>[21]</sup>, 确保解说系统的有序稳定, 才能充分发挥解说系统的各项功能, 使游客充分体验和了解世界遗产的深层魅力与文化内涵, 促进遗产地

可持续的发展。同时, 解说系统也是一种有效的遗产保护策略, William 曾经在《历史遗产地解说: 纵览》<sup>[22]</sup>中指出, 解说和遗产保护的关系就像鸡和蛋的关系, 当人们理解了在历史遗产地所发生的一切的时候, 遗产保护就变得更加容易了。而如何保障解说系统中信息流高效的循环流动将成为维持解说系统稳定的关键所在。

## 参考文献:

- [1] Tilden, F. Interpreting our heritage [M]. Chapel Hill, NC: University of North Carolina Press. 1957.
- [2] 吴忠宏. 环境解说 [R]. 北京大学演讲, 1997.
- [3] 吴必虎, 金华, 张丽. 旅游解说系统的规划和管理 [J]. 旅游学刊, 1999, 14 (1): 44-46.
- [4] 乌永志. 文化遗产旅游解说与翻译: 评述与启示 [J]. 地域研究与开发, 2012, 31 (3): 93-97.
- [5] 王婧, 钟林生, 陈田. 基于模糊综合评价的标识牌解说效果研究——以北京松山国家级自然保护区为例 [J]. 旅游科学, 2014, 28 (5): 20-30.
- [6] 李振鹏, 蔚东何, 亚琼, 等. 国内外自然遗产地解说系统研究与实践综述及启示 [J]. 地理与地理信息科学, 2013, 29 (2): 105-111.
- [7] 郭剑英. 旅游景区解说系统评价指标体系研究 [J]. 南京林业大学学报: 人文社会科学版, 2013, 13 (4): 64-70, 96.
- [8] 王婧, 钟林生, 陈田. 国内外旅游解说研究进展 [J]. 人文地理, 2015, 30 (1): 33-39.
- [9] Wagar A J. Evaluating the effectiveness of interpretation [J]. Journal of Interpretation, 1976, 1 (1): 1-8.
- [10] 刘坤梅, 王莹. 基于 IPA 方法的世界文化遗产地旅游解说系统的优化研究——以西藏罗布林卡为例 [J]. 乐山师范学院学报, 2014, 29 (8): 75-79.
- [11] 郑远见, 赵子蛟, 蔡睿. 云南大山包黑颈鹤自然保护区湿地宣教和解说系统 [J]. 湿地科学与管理, 2014, 10 (1): 24-26.
- [12] Craig W J, John L. Selective interpretation and eclectic human heritage in Lithuania [J]. Tourism Management, 2007, 28: 519-529.
- [13] 吴忠宏. 农业旅游导览——解说的新趋势 [C]. 中华民国休闲农业旅游经营管理学术研讨会论文集, 2002, 66-73.
- [14] Lyn Leader-Elliott. Community heritage interpretation games: A case study from Angaston, South Australia [J]. International Journal of Heritage Studies, 2005, 11 (2): 161-171.
- [15] Zeppel H, Muloin S. Conservation benefits of interpretation on marine wildlife tours [J]. Human Dimensions of Wildlife, 2008, 13 (4): 280-294.
- [16] Little W E. Home as a place of exhibition and performance: Mayan household transformation in Guatemala [J]. Ethnology, 2000, 39 (2): 163-182.
- [17] 彭顺生. 中国遗产旅游环境解说系统管理功能的缺失与重构——以丽江古城为例 [J]. 广州大学学报: 社会科学版, 2009, 8 (6): 42-47.
- [18] 杨扬, 郭学娟, 央金卓玛. 世界文化遗产地旅游解说系统构建初探——以布达拉宫为例 [J]. 经营管理者, 2014 (4): 141.
- [19] Ham S. H, Weiler B. Interpretation as the centerpiece of sustainable tourism [Z]. Taiwan, U. S and Australia International Symposium on Environmental Interpretation and Eco-tourism, 2002.
- [20] 梁吉业, 李德玉. 信息系统中的不确定性与知识获取 [M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [21] 陶伟, 杜小芳, 洪艳. 解说: 一种重要的遗产保护策略 [J]. 旅游学刊, 2009, 24 (8): 47-52.
- [22] William M. Interpretation of Historic Sites: An Overview [Z]. Prepared for the Annual Meeting of the Kentucky Association of Museums at Cumberland, Benham and Lynch, Kentucky, 1997: 18-20.

# 基于 DEM 数据的达日断裂构造地貌研究

游建飞, 李 勇, 王腾文

(成都理工大学 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 四川 成都 610059)

**摘要:** 本文基于 90 m 分辨率 DEM, 利用 ArcGIS10.1 软件对达日断裂地形起伏度、条带剖面、水系等方面进行提取分析, 对其构造地貌特征进行研究。从最大高差-面积比法得到最佳分析窗口为  $43 \times 43$ , 其最大高差稳定的区域范围为  $14.98 \text{ km}^2$ 。地形起伏度在 15 ~ 870 m, 地形起伏度大于 270 m 的区域占 83.89%, 其中起伏度大于 575 m 的区域占 48.50%, 其地形以山地地形为主。研究区的坡度在  $0^\circ \sim 50^\circ$ , 并且起伏度大的区域往往坡度也比较大, 其受区域构造活动性影响比较大。研究区域内山体上部有多级夷平面发育, 主要夷平面是 4 400 m 和 4 550 m 左右, 最高海拔约为 4 720 m, 最低海拔约为 4 100 m。研究区内水系比较发育, 研究区水系密度在  $0 \sim 0.81 \text{ km/km}^2$ , 水系流向和水系密度大致 NW 向, 与断裂走向大致相当, 故研究区的水系受断裂活动构造的影响非常大。研究区的地貌特征受活动构造影响所控制, 其造成地形起伏度较大, 在达日断裂的影响下, 断裂上下盘的地貌特征表现出明显的差异。

**关键词:** 达日断裂; 构造地貌; 起伏度; 水系

**中图分类号:** P542

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-7852(2016)02-0060-07

## 0 引言

构造地貌是构造作用导致的地壳隆升和地表过程引起的剥蚀作用相互交织的结果, 反映了地球内动力作用和地表过程的耦合关系<sup>[1-4]</sup>。数字高程模型 (DEM) 是指对地球表面地貌的数字表达和模拟<sup>[5]</sup>。通过 DEM 可以高效、便捷地获取区域地貌信息, 已成为构造地貌研究的新方法。王岸<sup>[6]</sup>等在其对构造地貌研究发展趋势的探讨中指出, 数字高程模型以其数据获取便捷、可计算性等优点在构造地貌学研究中已经不可或缺。

本文使用的数据为 SRTM3, 是以 3 rad/s 为数据采样间隔, 相当于约 90 m 栅格分辨率, 平面基准为 WGS84, 高差基准为 EGM96, 标称绝对平面精度约为 20 m, 标称绝对高差精度约为 16 m, 置信度为 90%<sup>[7]</sup>。

区域的地貌演化与构造活动息息相关, 构造活动进行的速率相当缓慢, 往往需要长时间累积才会有较明显的表现, 而诸多高精密度仪器无法反映长期的地表变化。而且构造地貌是反映新构造运动最为直观的信息载体<sup>[8]</sup>, 所以对于能反映出大时间尺度的构造地貌参数的研究尤为重要。

前人有对达日断裂周边次级亚流域盆地的面积-高程积分值 (HI 值) 分布特征的研究<sup>[9]</sup>, 虽然有条带剖面方面的研究, 但是对达日断裂周边水系和地形起伏度的研究还是比较少, 并没有明确的提出达日断裂和地貌之间的关系, 地形起伏度和水系能够很好的反应达日断裂周边的地貌特征。所以本文基于 90 m 分辨率 DEM, 利用 ArcGIS10.1 软件对达日断裂地形起伏度、条带剖面、水系等方面进行提取分析, 对其构造地貌特征进行研究。

### 1 区域地质概况

根据卫星影像图显示, 青海省果洛藏族自治州

收稿日期: 2016-03-01; 修订日期: 2016-04-05.

基金项目: 国家自然科学基金项目“青藏高原东北缘达日断裂中段晚第四纪活动特征及其构造转换形式研究”(41402159)。

作者简介: 游建飞 (1990-), 男, 江西省抚州市人, 硕士研究生, 主要从事地质工程方面的研究。

达日地区发育了一条 NW—NWW 的晚第四纪活动断裂—达日断裂，它是青藏高原巴颜喀拉块体内部的一条活动性强的晚第四纪大型走滑断裂。1947 年 3 月 14 日青海达日发生了 7¼ 级地震<sup>[9]</sup>，发震断裂为达日断裂。该地震的发生瞬间改变了地形地貌，并导致地表地貌体系产生了相应的调整，也是对达日断裂晚第四纪活动构造变形特征最精确、最完整和最原始的记录。达日断裂位于青藏高原东北缘，属于巴颜喀拉地块内部的次级边界活动断裂，被局限于以 NWW 向的东昆仑断裂带、NW 向的甘孜—玉树—鲜水河断裂和 NE 向的龙日坝断裂为边界断裂的构造区域内。巴颜喀拉块体位于青藏高原东缘，是青藏板块东部重要的次级活动块体，北部以著名的东昆仑断裂带为界与柴达木地块相接，南部以北西南东向的甘孜—玉树—鲜水河断裂为界与羌塘块体和川滇块体相接，东侧被北东走向的龙门山断裂带和近南北向的岷江断裂所围限，受印度板块的俯冲挤压和青藏高原物质东移的双重作用。研究区内河流也比较发育，黄河、吉迈河、达日河等河流流经此处。研究区位于著名的“世界屋脊”青藏高原上，地貌演化受高原构造活动所控制，海拔在 3 800 m ~ 5 200 m（图 1）。

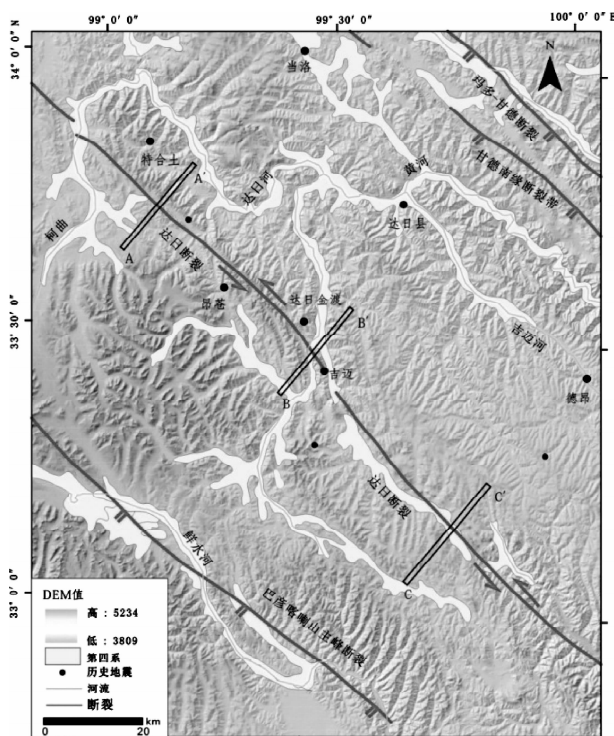


图1 达日断裂及其周边地区构造地貌图

Fig. 1 Tectonic – geomorphologic map of the northwestern section of Dari Fault and surrounding zone

## 2 地形起伏度分析

地形起伏度是指单位面积内的高差，是划分地貌类型、描述地貌形态、研究地貌演化的重要指标<sup>[10]</sup>。计算地形起伏度的公式：

$$R = H_{\max} - H_{\min} \quad (1)$$

式中： $R$  为地形起伏度， $H_{\max}$ ， $H_{\min}$  分别为分析窗口内的最大高程值和最小高程值。

利用 ArcGIS10.1 的焦点统计工具，设置分析窗口后统计出最大高程值和最小高程值，分别设计类型为 max 和 min，再使用栅格计算器根据公式 (1) 计算出地形起伏度。

分析窗口的变化会引起地形起伏度提取结果的变化，所以要获取有效的地形起伏度信息，关键在于确定最佳分析窗口。最佳分析窗口是指最大高差达到相对稳定的区域范围，需要满足山体完整性和区域普适性两个原则<sup>[11,12]</sup>，因此，它是地形起伏度提取算法中的核心步骤和决定区域地形起伏度提取效果与有效性的关键<sup>[13]</sup>。地形起伏度随分析窗口的变化而变化，这种关系存在一定的规律性。随着分析窗口的均匀增大，地形起伏度的增幅会出现由大变小的拐点，这个拐点尺度下的地形起伏度最为符合山体完整性和区域普适性。确定最佳分析窗口的方法主要有手工判定法、最大高差法、最大高差—面积比法等。

基于邻域分析方法计算地形起伏度时，应将分析窗口逐步扩大，计算不同尺度下的地形起伏度，进行比较，来找到这一拐点。目前常用和较为认可的方法是规则窗口递增法<sup>[14]</sup>，根据式 (1)，以  $n \times n$  ( $n = 3, 5, 7, \dots, 61$ ) 栅格正方形作为分析窗口， $3 \times 3$  为起始窗口，对整个研究区进行计算，到  $59 \times 59$  终止，结果计入表 1。

人工判定法，可通过制作地形起伏度和分析窗口边长的拟合曲线来判别，通过寻找拐点来判定最佳分析窗口，图 2 所示，疑似拐点为 2 500 m、3 500 m 和 3 900 m，对应的窗口是  $27 \times 27$ 、 $39 \times 39$  和  $43 \times 43$ ，总体上区分度不高，又因主观因素的影响较大，所以误差比较大。因此，本文不适合使用此方法。

最大高差法，认为相邻分析窗口之间的地形起伏度变化最大时的拐点即为最佳分析窗口，可用公



表 1 窗口边长与最大地形起伏度关系

Tab. 1 The relationship between Side length of the analysis window and the maximum degree of relief

| 窗口大小<br>( $n \times n$ ) | 边长<br>/m | 最大地形<br>起伏度/m | 窗口大小<br>( $n \times n$ ) | 边长<br>/m | 最大地形<br>起伏度/m |
|--------------------------|----------|---------------|--------------------------|----------|---------------|
| 3 × 3                    | 270      | 256           | 5 × 5                    | 450      | 391           |
| 7 × 7                    | 630      | 521           | 9 × 9                    | 810      | 602           |
| 11 × 11                  | 990      | 633           | 13 × 13                  | 1170     | 685           |
| 15 × 15                  | 1350     | 696           | 17 × 17                  | 1530     | 704           |
| 19 × 19                  | 1710     | 712           | 21 × 21                  | 1890     | 730           |
| 23 × 23                  | 2070     | 734           | 25 × 25                  | 2250     | 774           |
| 27 × 27                  | 2430     | 782           | 29 × 29                  | 2610     | 785           |
| 31 × 31                  | 2790     | 791           | 33 × 33                  | 2970     | 797           |
| 35 × 35                  | 3150     | 799           | 37 × 37                  | 3330     | 809           |
| 39 × 39                  | 3510     | 815           | 41 × 41                  | 3690     | 834           |
| 43 × 43                  | 3870     | 870           | 45 × 45                  | 4050     | 882           |
| 47 × 47                  | 4230     | 887           | 49 × 49                  | 4410     | 896           |
| 51 × 51                  | 4590     | 908           | 53 × 53                  | 4770     | 926           |
| 55 × 55                  | 4950     | 929           | 57 × 57                  | 5130     | 932           |
| 59 × 59                  | 5310     | 935           | 61 × 61                  | 5310     | 939           |

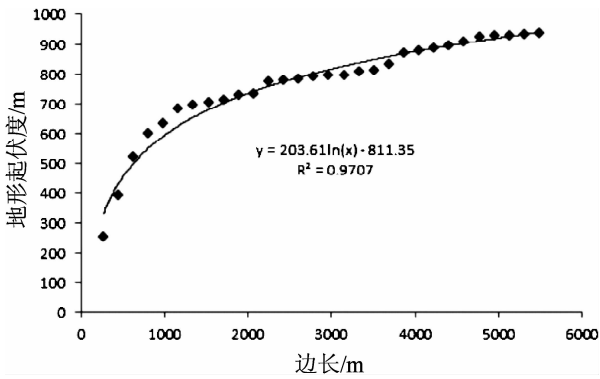


图 2 人工判定法

Fig. 2 Artificial discrimination method

式  $\Delta H_i = R_i - R_{i-2}$  计算，式中： $R_i$  为第  $i$  个尺度下的最大地形起伏度值； $\Delta H_i$  为第  $i$  个尺度下相邻地形起伏度值之差，取  $\Delta H_i$  最大时对应的第  $i$  点即为拐点。如图 3 所示，疑似点有 1 170 m、2 250 m 和 3 870 m，对应的窗口是 13 × 13、25 × 25 和 43 × 43，中间起伏度相似，不符合拐点后最大高差趋于相对稳定规律。因此，本文不适合使用此方法。

最大高差 - 面积比法，基于计算相邻尺度的最

大起伏度差与邻域面积差的比值来确定最佳分析窗口，可用公式  $I_j = (R_j + 2 - R_j) / [(S_j + 2 - S_j) / (S_j + 2) \times 100]$ ，式中： $R_j$  为第  $j$  个尺度下的最大地形起伏度值， $S_j$  为第  $j$  个尺度下的分析窗口的面积。如图 4 所示，当边长为 3 870 m，对应窗口为 43 × 43 时， $I$  取到最大值。所以最佳分析窗口为 43 × 43，即最大高差稳定的区域范围是 14. 98 km<sup>2</sup>。

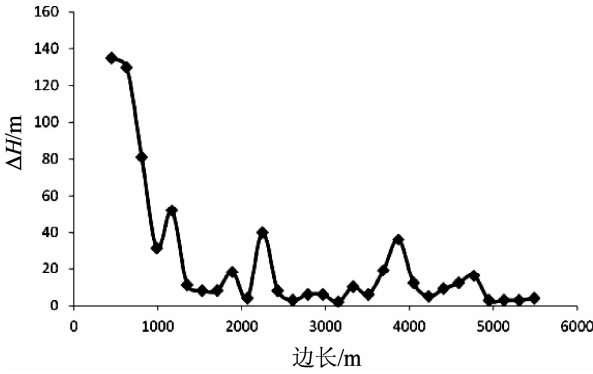


图 3 最大高差法

Fig. 3 The maximum height method

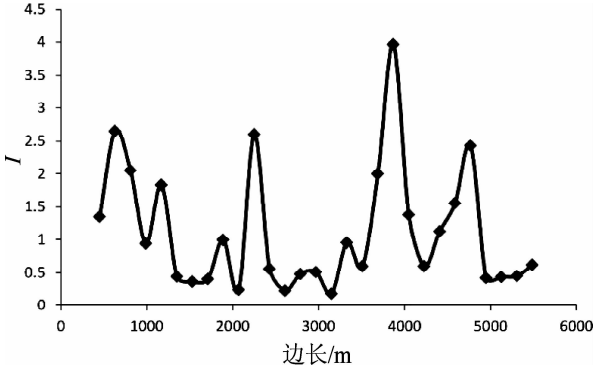


图 4 最大高差 - 面积比法

Fig. 4 The maximum height - area ratio method

基于所得最佳分析窗口 43 × 43，使用 Arc-GIS10. 1 软件生成区域地形起伏度分布图，并计算各级所占比例（图 5）。地形起伏度大于 270 m 的区域占 83. 89%，其中起伏度大于 575 m 的区域占 48. 50%。在中国地形起伏度达到 200 m 属于山地地形，超过 600 m 属于高山地形<sup>[15]</sup>。因此，达日断裂及其周边区域主要以山地地形为主，其中高地地形也有近一半。从图 5 可以看出，达日断裂带两侧地形起伏度表现出一定的差异性，断层 SW 盘（下盘）地形起伏度大于 NE 盘（上盘）。地形起伏度是研究地表侵蚀度的重要指标，可以指示研究区构造带的活动情况<sup>[16]</sup>。地形起伏度越大地表侵蚀度越高，构造活动越活跃。断裂带两侧均表现为较大

地形起伏度,表明断层附近构造活动性较强。现在可以看出SW盘构造活动要比NE盘更活跃,这与其不同的大地构造位置以及断裂带构造活动有关。

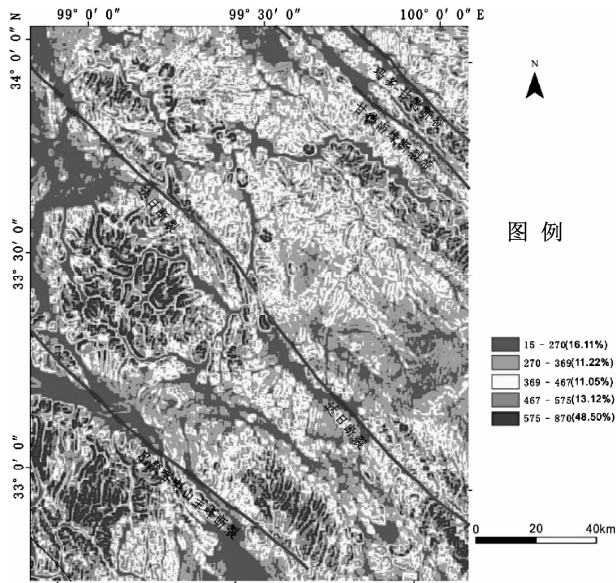


图5 地形起伏度分级图

Fig. 5 The grading map of relief amplitude

基于DEM提取的条带剖面可以客观的描述区域内高程变化情况,摒除了传统线性剖面易受微地貌影响的缺点<sup>[17]</sup>。地形剖面能够直观反映地形表面形态,并定量分析沿特定方向的地形起伏变化,在地形分析中具有重要作用<sup>[18]</sup>。本文基于DEM提取了三条A—A'、B—B'、C—C'垂直于断层走向的条带剖面(图6、7、8)。从这3幅图可以得到,区域受构造活动的影响,海拔起伏比较大,有多级夷平面发育,主要夷平面是4400m和4550m左右,地势总体上呈SW高、NE低的趋势。最高海拔约为4720m,最低海拔约为4100m,地貌上表现为一串珠状盆地。

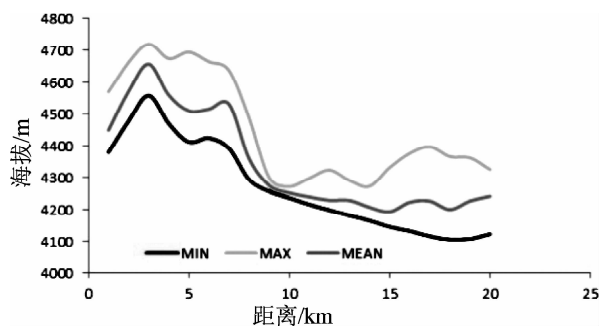


图6 剖面A—A'

Fig. 6 Profile A—A'

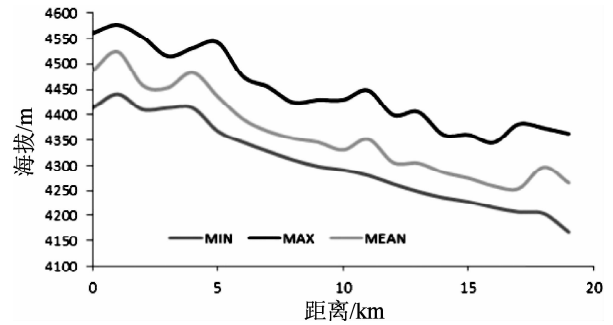


图7 剖面B—B'

Fig. 7 Profile B—B'

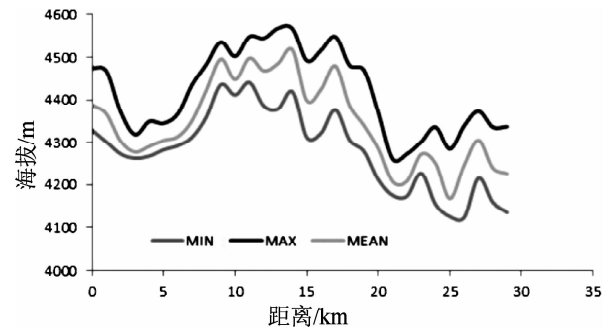


图8 剖面C—C'

Fig. 8 Profile C—C'

### 3 地表坡度的提取与分析

坡度是一个基本的地貌形态指标,是对地面倾斜程度的定量描述,地表坡度是重要的地形因子之一。使用ArcGIS10.1空间分析的坡度分析可以生成研究区的坡度分布图(图9),根据坡度分布图,把

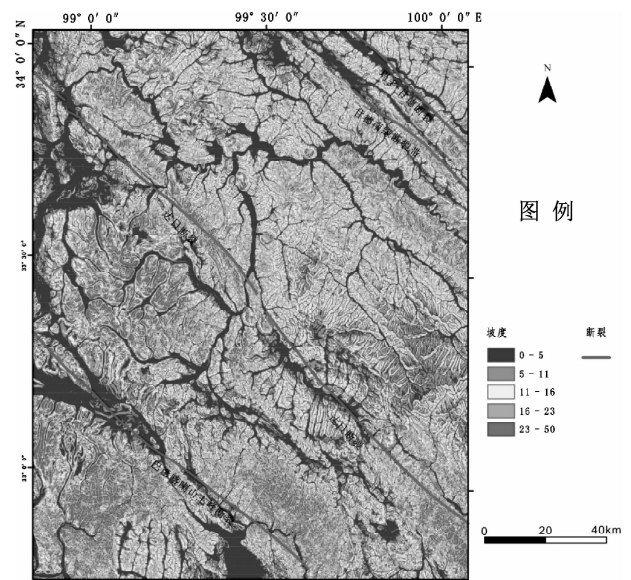


图9 研究区坡度分级图

Fig. 9 The grading map of slope

坡度分为 5 段，分别为 0~5、5~11、11~16、16~23、23~50，并绘制了一个坡度统计表（表 2）。

根据图表所示，研究区内最小坡度为 0°，最大坡度是 50°，坡度大于 16°占 66%，坡度大于 23°占 53%，说明研究区大部分地区坡度都比较大，其受断裂活动和强烈的构造运动的影响比较大。通过图 5 和图 9 的比较可以发现，地形起伏度大的地方坡度也较大，地形起伏度小的地方坡度也小，所以坡度的变化与地形高程变化具有很强的相关性，这样的区域往往受断裂的控制。地形起伏度大和坡度大的地貌有山谷、丘陵等，地形起伏度大和坡度小的地貌有盆地、平原等。

表 2 研究区坡度统计  
Tab. 2 The statistics of slope

| 坡度范围/°  | 0~5 | 5~11 | 11~16 | 16~23 | 23~50 |
|---------|-----|------|-------|-------|-------|
| 百分比/%   | 11  | 12   | 11    | 13    | 53    |
| 累计百分比/% | 11  | 23   | 34    | 47    | 100   |

4 水系提取和分析

河流地貌是地表水流长期的侵蚀、搬运和堆积作用形成的，河流作用受气候、河水流量、岩性和构造运动所控制。研究区内主要有黄河、吉迈河、达日河流经此处，其中达日河与达日断裂关系最为密切。

利用 ArcGIS10.1，对研究区 DEM 数据进行处理，提取出研究区的河网水系（图 10）。主要步骤是：使用 ArcGIS10.1 软件中的填注工具对原始 DEM 进行处理，获得无洼地 DEM；使用流向工具对无洼地 DEM 进行处理，获得流向栅格数据；使用流量工具处理流向栅格数据，获得流量栅格数据；在栅格计算器中设置一个阈值，当流量大于这个阈值时显示为水系（本文经过对比区域地质图将阈值设为 1500）；最后对所得水系矢量数据进行河网分级并转为折线数据。如图 10 所示，区域内水系发育，黄河、吉迈河、达日河等主要河流发育多条支流，流向大致 NW 方向，与断裂走向一致，其中达日河明显受到达日断裂的影响。河流的发育受岩性和地质构造所控制，水系的各种形态正是对区域构造地貌性质的响应。

河网密度是描述水系特征的重要指标，其表示方法主要有线密度和面密度两种，线密度是指单位

面积内河段的总长度，面密度是指单位面积内河段的总面积。本文将线密度分为 5 级，首先，利用 ArcGIS10.1 中的“渔网工具”创建格网，并且用“几何计算”计算出每个格网的面积，再用“相交工具”将所得格网与上述河流水系相交，再使用“汇总工具”计算出每个格网中河流总的长度，最后使用“几何计算器”根据河流长度/格网单位面积来计算出水系密度，最终提取出研究区水系密度（图 11）。如图 11 所示，研究区水系密度在 0~0.81 km/km<sup>2</sup>，水系密度呈 NW 向，与断裂走向大

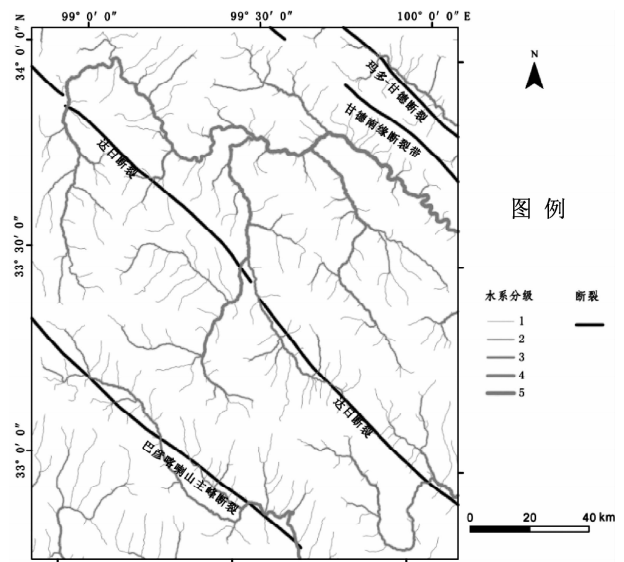


图 10 研究区水系分级图  
Fig. 10 The grading map of drainage system

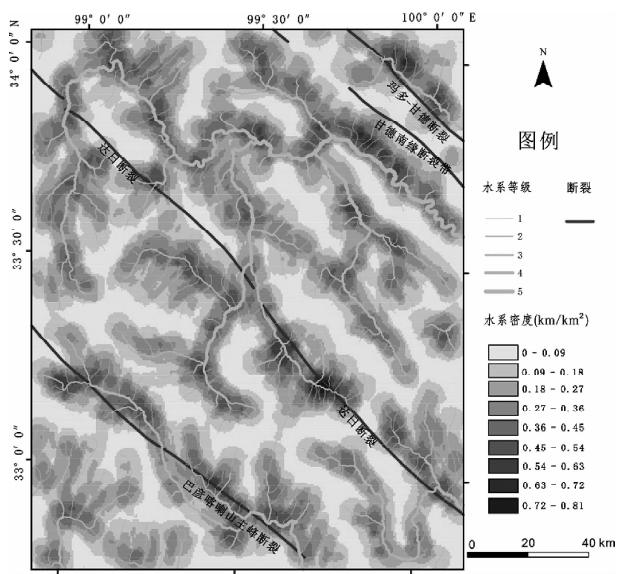


图 11 研究区河网密度分级图  
Fig. 11 The grading map of drainage density

致相当, 因盆地地势较低, 故水系密度较大的地方主要集中在第四纪盆地上面。密度最高值区域与区域断裂的展布格架基本吻合, 说明研究区内的构造运动是控制水系展布格局的主要因素。

## 5 结论

本文基于 90 m 分辨率 DEM, 利用 ArcGIS10.1 软件提取了达日断裂地形起伏度、条带剖面、水系分布等地貌信息, 根据多个地貌图反映出的结论有:

(1) 研究区最佳分析窗口为  $43 \times 43$ , 其最大高差稳定的区域范围为  $14.98 \text{ km}^2$ , 地形起伏度大

于 270 m 的区域占 83.89%, 其中起伏度大于 575 m 的区域占 48.50%, 故达日断裂及其周边区域主要以山地地形为主, 其中高地地形也有一部分, SW 盘构造活动要比 NE 盘更活跃。

(2) 研究区的坡度在  $0^\circ \sim 50^\circ$ , 并且起伏度大的区域往往坡度也比较大, 其受区域构造活动性影响比较大。研究区域内山体上部有多级夷平面发育, 主要夷平面是 4 400 m 和 4 550 m 左右, 最高海拔约为 4 720 m, 最低海拔约为 4 100 m。

(3) 研究区内水系比较发育, 研究区水系密度在  $0 \sim 0.81 \text{ km/km}^2$ , 水系流向大致 NW 向, 水系密度呈 NW 向, 都与断裂走向大致相当, 故研究区的水系受断裂构造活动的影响非常大。

## 参考文献:

- [1] 王岸, 王国灿. 构造地貌及其分析方法述评 [J]. 地质科技情报, 2005, 24 (4): 7-13.
- [2] 史兴民, 杜忠潮. 中国构造地貌学的回顾与展望 [J]. 西北地震学报, 2006, 28 (6): 280-284.
- [3] 李勇, 周荣军, Densmore A L, 等. 青藏高原大陆动力学过程与地质响应 [M]. 北京: 地质出版社, 2006: 92-130.
- [4] Burbank D W, Anderson R S. Tectonic Geomorphology [M]. Wiley-Blackwell Press, 2012, 1-17.
- [5] Summerfield M A. Geomorphology and Global Tectonics [M]. London: John Wiley & Sons, Ltd. Press, 1999.
- [6] 王岸, 王国灿. 构造地貌及其分析方法评述 [J]. 地质科技情报, 2005, 24 (4): 7-12.
- [7] 王腾文, 颜丙雷. 甘孜—玉树断裂北西段附近的构造地貌特征研究 [J]. 防灾科技学院学报, 2016 (1): 9-18.
- [8] 何祥丽, 张绪教, 何泽新. 基于构造地貌参数的新构造运动研究进展与思考 [J]. 现代地质, 2014, 28 (1): 119-127.
- [9] 戴华光. 1947 年青海达日 7 级地震 [J]. 西北地震学报, 1983, 5 (3): 71-77.
- [10] 涂汉明, 刘振东. 中国地势起伏度研究 [J]. 测绘学报, 1991, 20 (4): 311-319.
- [11] 涂汉明, 刘振东. 中国地势起伏度最佳统计单元的求证 [J]. 湖北大学学报: 自然科学版, 1990, 12 (3): 266-271.
- [12] 张锦明, 游雄. 地形起伏度最佳分析区域研究 [J]. 测绘科学技术学报, 2011, 28 (5): 369-373.
- [13] 郑琴文, 马维峰, 刘文婷, 等. 三峡库区地势起伏度研究 [J]. 厦门理工学院学报, 2014, 22 (5): 82-87.
- [14] 周侗, 龙毅, 汤国安, 等. 面向 DEM 地形复杂度分析的分形方法研究 [J]. 地理与地理信息科学, 2006, 22 (1): 26-30.
- [15] 付博, 王忠礼. 基于 DEM 的地势起伏度研究 [J]. 吉林建筑大学学报, 2013, 30 (6): 16-18.
- [16] 穆媛芮, 胡建团, 焦银霞, 等. 基于 DEM 的西天山吐拉苏地区地貌特征提取方法的研究 [J]. 国土与自然资源研究, 2015 (2): 88-93.
- [17] 邹斌文, 马维峰, 龙昱, 等. 基于 ArcGIS 的条带剖面提取方法在地貌分析中的应用 [J]. 地理与地理信息科学, 2011, 27 (3): 42-44.
- [18] 张会平, 刘少峰. 利用 DEM 进行地形高程剖面分析的新方法 [J]. 地学前缘, 2004, 11 (3): 226.
- [19] 梁明剑, 周荣军. 青海达日断裂中段构造活动与地貌发育的响应关系探讨 [J]. 地震地质, 2014, 36 (1): 28-38.

## TECTONIC GEOMORPHOLOGIC ANALYSIS OF DARI FAULT BASED ON THE DEM

YOU Jian – fei, LI Yong, WANG Teng – wen

(*National Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation,  
Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China*)

**Abstract:** In this paper, based on GDEM – DEM (90m) data and geological information, we will analyze relief amplitude, swath profile and drainage system of Dari fault by ArcGIS10.1 software, and study its structural features. we get the best fit window is  $43 \times 43$  with area about  $14.98 \text{ km}^2$  by the maximum height – area ratio method. relief amplitude is between  $15 \sim 870 \text{ m}$ , the area of more than  $270 \text{ m}$  of relief amplitude accounted for  $83.89\%$ , and the area of more than  $575 \text{ m}$  is  $48.50\%$ , so mainly mountainous is terrain. Slope of the study area is between  $0^\circ \sim 50^\circ$ , and large relief amplitude is often a fairly large slope, it is greatly affected by the regional tectonic activity. in the study area, the upper mountain have multistage planation surface, main planation surface is about  $4400 \text{ m}$  and  $4550 \text{ m}$ , the highest elevation is about  $4720 \text{ m}$ , the lowest elevation is about  $4100 \text{ m}$ . drainage system of the study area have a good development, its density of drainage system is between  $0 \sim 0.81 \text{ km/km}^2$ , the flow and density of drainage system are NW, and it is the same with the strike of the fault, so the drainage system of the study area is very greatly affected by the regional tectonic activity. In the study area, topographical features is controlled by the regional tectonic activity, In the influence of Dari fault, geomorphic features of fracture is showed obvious difference on hanging wall and footwall.

**Key words:** Dari fault; tectonic geomorphology; relief amplitude; drainage system

~~~~~  
(上接第 59 页)

EVALUATION ON THE INTERPRETATION SYSTEM OF HERITAGE SITES BASED ON INFORMATION FLOW ——A CASE STUDY OF THE CULTURAL LANDSCAPE HERITAGE OF HONGHE HANI RICE TERRACES

XIANG Dong – fu, ZHA Zhi – qin, WANG Mei

(*School of Tourism and Geographical Sciences, Yunnan Normal University, Kunming 650500, Yunnan, China*)

Abstract: Evaluation on the efficiency of information flow of the interpretation system was a new way. Based on the domestic tourist survey and field investigation of the heritage site, this paper applied the fuzzy comprehensive evaluation method to assess the status quo of interpretation system of Honghe Hani Rice Terraces Cultural Landscape Heritage Site. The results show that the information flow efficiency was not in the ideal state, and the system function was so weakness that tourists could not experience the high quality of interpretation service. Meanwhile, it indicated that tourists could only get information about the heritage site at the moderate level through current interpretation content methods.

Key words: interpretation system; information flow; Cultural Landscape Inheritance; Hani Rice Terraces

浅谈芒市气候资源及气候优势

闫信会

(德宏州气象局, 云南 芒市 678400)

摘要:通过对芒市的光照、气温、降水、湿度、风速等气象资料进行统计对比分析,得出芒市具有较好的气候资源和气候优势。全年没有月平均气温低于 10°C 的冬季,最冷月平均气温都在 12°C 以上;夏天虽然长,但并不炎热,最热月平均气温 24.1°C ,比杭州、桂林等著名旅游城市低 4°C 以上;干湿季节分明,冬半年降雨仅占全年降雨的11%,冬季少雨,阳光明媚,气候温暖,夏季多雨,正好使气温不会特别高;雨量充沛,全年平均降雨量 $1\,654.6\text{ mm}$,使农作物生长旺盛,郁郁葱葱;全年平均风速 0.9 m/s ,静风时间多,让人感觉舒爽;相对湿度适中,利于皮肤保养。

关键词:芒市;气候资源;优势分析

中图分类号: P46

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852(2016)02-0067-06

0 引言

芒市位于滇西西部、横断山脉西侧的斜坡地带,为东北—西南走向的山地与宽谷盆地相间的地貌形态,地势为东北高,西南低,是德宏州的州府所在地。芒市在北纬 $24^{\circ}05' \sim 24^{\circ}39'$,与北回归线相邻,经度为 $98^{\circ}01' \sim 98^{\circ}44'$,坝区海拔 $700 \sim 1\,000\text{ m}$,与南亚次大陆相邻,是西南季风进入中国的门户,季风气候极为明显,属南亚热带季风气候,具有光照充足,雨量充沛,冬无严寒,夏无酷暑,干湿季节分明的气候特点。得天独厚的气候资源致使芒市山川秀丽,植被葱郁,花香四季,物产丰腴,是一块十分适宜人们生活、工作、旅游的“风水宝地”。

1 芒市气候特点

1.1 秋春相连,长夏无冬

按照气候学上划分4季的标准,以候(5天为一候)平均气温大于 22°C 为夏季,小于 10°C 为冬季,

$10 \sim 22^{\circ}\text{C}$ 为春秋季节。根据这个标准,芒市从5月1日进入夏季,10月10日夏季结束,夏季持续日数163天,比全年夏季日数最长的元江少43天。全年没有冬季(芒市最低候平均气温 12.1°C),秋天过后直接进入春天,秋季和春季紧相连,春秋日数202天。全年平均气温 19.6°C ,高于全省平均 4.6°C 。最冷月1月平均气温 12.3°C ,最热月6月平均气温 24.1°C ,气温年较差 11.8°C ,气温年较差比中国的桂林(20.3°C)、南京(26.0°C)、北京(30.4°C)小 $8 \sim 18^{\circ}\text{C}$ 。气温年较差小,充分显示出芒市低纬气候的特点,春季升温迅速,夏季温和而不炎热,秋季凉爽,冬季暖和。^[1]

1.2 雨热同期 干湿分明

芒市全年降水量为 $1\,654.6\text{ mm}$,比全省平均值多出 400 mm 左右。5~10月集中了全年降水量的89%,是芒市的雨季;11~4月降水量仅占全年的11%,称之为干季。干季,从中亚沙漠平流过来的干暖大陆气团受青藏高原阻挡,分成南北两支偏西气流,芒市受南支偏西气流控制,因此天气一般晴朗少雨,同时来自西伯利亚的冷空气也因偏西气流及地形的有效阻挡,极难进入芒市,从而使芒市温

暖如春。当这支偏西气流因扰动而形成南支低压槽时,又能给芒市干季带来宝贵的雨泽,干而不旱。雨季,西南季风将孟加拉湾丰沛的水汽带到芒市,因而芒市多雨。充足的降水和夏季高温相配合,雨热同期,形成优异的农业气候资源。

1.3 风和日丽,光优照长

芒市与北回归线相邻,终年太阳高度角大,光照长,光质优,紫外线强,对人体健康非常有益。芒市多年平均年日照总时数 2 252.9 小时,平均每天有 6.2 小时的日照时间,日照百分率 51%,太阳辐射年总量 6 077 MJ/m²。日照时数多于云南省内的旅游名城腾冲(2 046.0 小时)、大理(2 227.5 小时),与昆明(2 327.5 小时)接近,比中国著名的旅游城市广州(1 906.0 小时)、杭州(1 903.9 小时)、上海(2 014.0 小时)、西安(2 038.2 小时)、武汉(2 058.4 小时)、南京(2 155.2 小时)也明显偏多。冬半年经常处于干暖的南支西风急流控制之下,天气晴朗,风和日丽,阳光充足,每天平均日照时数在 7.5 小时以上,天高气爽,空气清新,满目青山,令人赏心悦目,心旷神怡^[2]。

1.4 立体气候,风光奇秀

芒市由于地形地貌复杂,海拔高差悬殊,山顶山麓高差达 2 000 m 以上。随着海拔高度的变化,

从山麓到山顶就会出现不同的垂直气候带。“一山分四季,十里不同天”、“东边日出,西边雨”是芒市常见的天气现象。丰富多彩的立体气候,形成得天独厚的生物气候环境,中国主要的农作物和经济林木,在芒市境内都能种植和生存。

2 芒市气候资源

气候资源主要包括光能资源、热量资源、水分资源、风能资源,是人类生产和生活必不可少的主要自然资源。

2.1 光能资源

光能资源主要指太阳辐射,表征光能资源的指标主要有太阳总辐射量、直接辐射量、散射辐射量、日照时数等。

2.1.1 日照时数

芒市平均年总日照时数 2 252.9 小时,最多年日照时数 2 713.3 小时(1978 年),最少年日照时数 1 834.9 小时(1993 年)。年日照时数在中国、云南省内属较多地区,比华北、西北和西藏等地要少,比华南、华中略多,比贵州和四川盆地要多出许多。在云南省内仅次于楚雄州北部、大理州东部、丽江地区等,比昭通、怒江要多出许多(表 1)^[3]。

表 1 芒市与云南省内、中国城市年日照时数比较表

Tab. 1 City in Mangshi City and province and domestic sunshine time comparison table

h

站名	芒市	昆明	永仁	丽江	盐津	贡山	广州	上海
年日照时数	2 253	2 328	2 804	2 514	915	1 300	1 906	2 014
站名	长沙	成都	贵阳	哈尔滨	北京	乌鲁木齐	呼和浩特	拉萨
年日照时数	1 677	1 228	1 371	2 641	2 783	2 764	2 974	3 008

2.1.2 太阳总辐射量

因为芒市没有测量太阳辐射的日射站,所以只能采用气候学的方法计算太阳总辐射量。经计算,芒市年太阳总辐射量为 6 077 MJ/m²。太阳总辐射量在中国、云南省内属较多地区,比华北、西北和西藏等地要少,比华南、西南其他省区多,在

云南省内仅次于楚雄州北部、丽江等地(表 2)。

芒市光能资源在中国和云南省内属于最丰富的地区之一,全年没有“死冬”存在,作物各季都能生长,光能资源得到充分利用,光能资源有效性高。春季日照时数最长,太阳总辐射量最多,光能资源最丰富,对小春作物的优质高产特别有利;夏

表 2 芒市与云南省内、中国城市年太阳总辐射量比较表

Tab. 2 Mangshi City and province, City in domestic solar total radiation is comparison table

MJ/m²

站名	芒市	昆明	永仁	丽江	盐津	上海	广州
年太阳总辐射量	6 077	5 522	6 682	6 192	3 620	6 124	4 415
站名	南宁	成都	贵阳	哈尔滨	北京	乌鲁木齐	拉萨
年太阳总辐射量	4 568	3 793	3 769	4 637	5 570	5 279	7 775

季高温多雨，最适宜作物旺盛生长；秋季秋高气爽，稻谷飘香；冬季阳光灿烂，热量丰富，冬农开发前景广阔。

2.2 热量资源

热量资源的表征量主要温度。芒市年平均气温 19.6℃，最热年平均气温 20.6℃，最冷年平均气温 19.1℃，年际变化 1.5℃。气温年较差小，一般为 11~12℃；气温日较差大，一般都在 10℃以上，日较差最大月份可达 20℃。春温 20.7℃，秋温 20.5℃，春温略高于秋温，与云南省内各地春温明显高于秋温不同，与中国东部秋温高于春温也不同。夏季平均气温 23.9℃，比中国东部省区低 5~8℃，夏季并无炎热之感。冬季平均气温 13.3℃，比中国东部省区高 5~10℃，冬季亦无寒冷之虞^[4]。

芒市热量资源十分充裕，气温高，作物可一年两熟或三熟，可种植多种喜热作物和经济林木、热带水果等。冬无严寒，作物越冬条件好，全年均可生长；春季回暖早，光照充足，气温日较差大，利于小春作物优质高产；夏季雨热同期，利于大春作物生产；气温年际变化小，适宜农业稳产高产*。

2.3 水分资源

水分资源的表征量主要指降水量。芒市多年平均降水量 1 654.6 mm，最多年降水量 2 294.4 mm（2001 年），最少年降水量 1 177.3 mm（2006 年）。芒市降水量在云南省内属于最多的地区之一，充沛的降水，对农业生产十分有利，同时，也利于水利

电力业的发展。

2.4 风能资源

风能资源的表征量主要指风速。芒市年平均风速仅 0.9 m/s，静风频率占 46%，是中国的静风区之一，平均风速在云南省内属较小的地区之一。风能资源较为贫乏。

3 芒市气候优势

在气候要素中，气温、相对湿度、风速 3 个要素对人体感觉影响最大，气温、降水和日照时数对所种植的作物生长影响最大。笔者将芒市的这些气候要素与中国纬度相近的著名旅游城市桂林、厦门、杭州、台北、昆明、腾冲以及印度的加尔各答相比，可发现芒市的气候优势极为明显。受副热带高压控制，全世界北回归线附近绝大部分地区都是干燥少雨的沙漠地带，而芒市则因季风带来的暖湿气流，草木葱茏，繁花似锦。优势主要表现在：人体感觉方面，一年四季不分明，秋春相连，长夏无冬，且夏无酷热，全年风速小，空气相对湿度适宜，人体感觉十分舒适。作物生长气候条件方面则表现为即使是喜温的作物，芒市温和的气温、充足的日照、丰沛的降水都能保证其全年生长，不会枯黄。

3.1 气温

将芒市气温与中国外著名旅游城市进行列表比较（表 3）。

表 3 芒市与各旅游名城年、月平均气温比较表

Tab. 3 Mangshi City and tourist city, monthly average temperature comparison table

℃

城市	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	年
桂林	7.9	8.9	13.1	18.4	23.2	26.2	28.2	27.9	25.4	20.7	15.2	10.1	18.8
厦门	9.3	10.7	14.4	19.2	23.0	25.8	28.7	28.1	25.5	21.0	15.7	10.7	19.3
杭州	4.0	5.0	9.3	15.5	20.5	24.2	28.5	28.0	23.3	18.0	12.3	6.3	16.2
台北	15.2	15.6	17.6	21.5	24.6	26.9	28.8	28.6	26.9	24.0	20.6	17.1	22.3
昆明	7.6	9.5	12.6	16.1	18.9	19.6	19.7	19.1	17.5	15.0	11.3	7.9	14.6
腾冲	7.8	9.5	12.7	15.6	18.1	19.5	19.5	19.8	19.0	16.4	12.1	8.7	14.9
加尔各答	20.1	23.0	27.6	30.2	30.7	30.3	29.2	29.1	29.1	28.2	24.9	20.8	26.9
芒市	12.3	14.2	17.7	21.0	23.3	24.1	23.7	23.9	23.3	21.2	17.1	13.3	19.6

* 王宇，王绍山，梁振强．德宏州农业气候区划．

从表3可看出,芒市的气温有两个特点:一是秋春相连,长夏无冬,冬无严寒,夏无酷暑;二是年较差小。而表中所列的桂林、厦门、杭州4季分明,冬有寒风,夏有酷暑;台北秋春相连且短,夏长有酷热;云南省内的昆明、腾冲两地是有冬无夏,冬天偶尔受到寒潮的袭击;而印度的加尔各答则是全年皆夏,热浪滚滚,酷热难耐。温暖的气候条件保证了草木在芒市全年都能生长,长绿不凋。

芒市虽然夏天比较长,但一点也不炎热,最热月平均气温仅24.1℃,可以与中国著名的避暑圣地承德避暑山庄(24.4℃)、青岛(25.1℃)比美,与世界名城罗马(24.7℃)、纽约(24.9℃)、东京(25℃)也毫不逊色。芒市最冷月平均气温12.3℃,比昆明、腾冲高4.2℃,比丽江高6.3℃,整个冬天无严寒景象。当北方千里冰封、万里雪飘的时候,芒市的天空到处是风和日丽,繁花似锦。蓝天幽幽、白云飘飘、暖日洋洋,简直就是人间天堂^[5]。

3.2 日照时数

将芒市每日平均日照时间与其它旅游城市进行

比较(表4)。芒市每天平均有6.2小时的日照时间,比桂林的4.1小时、厦门的5.5小时、杭州的5.1小时、腾冲的5.6小时都多,与昆明的6.4小时相近,冬春季日照特好,每天平均有7.5小时的日照,较多的日照保证人们可以享受到充足的户外阳光,也使种植的草类光合加强,生长较快。

3.3 降水量

将芒市月降水量与其它旅游城市进行比较(表5)。

芒市年降水量1654.6mm,比昆明多出600多mm,属云南省内雨量较多的地区之一,充沛的降水为植物的生长提供了水分保障,植物生长旺盛。在芒市无论是山间,还是平坝,到处郁郁葱葱,放眼望去,层峦叠翠,美不胜收。芒市的雨水虽然多,但不象江南的梅雨一样下个不停,大多是阵雨,往往时下时停,且大多下在夜间。有时,夜里雷电交加,大雨倾盆,但短时即过。到清晨,红日冉冉升起,雨过天晴,空气格外清新,使人倍感舒爽^[8]。

3.4 平均风速

将芒市平均风速与其它旅游城市进行比较(表6)。

表4 芒市与各旅游名城日均日照时数比较表

Tab.4 Mangshi City compared to each tourist city daily average sunshine time table

h

城市	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
桂林	1.9	1.7	2.2	3.2	4.1	5.1	8.0	7.7	5.8	3.9	3.2	2.5	4.1
厦门	4.8	3.6	3.5	3.8	4.5	5.5	8.0	7.4	6.7	6.8	6.0	5.7	5.5
昆明	7.5	8.3	8.6	8.5	7.3	4.7	4.6	5.2	4.6	4.9	6.0	6.6	6.4
腾冲	7.8	7.3	7.2	6.6	5.5	2.9	2.2	3.3	4.1	5.1	6.9	7.9	5.6
芒市	7.7	7.8	7.7	7.4	6.6	4.4	3.1	4.3	5.3	6.1	6.5	7.3	6.2

表5 芒市与各旅游名城降水量比较表

Tab.5 Mangshi City and tourism city rainfall comparison table

mm

城市	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
桂林	39.0	47.1	72.2	164.4	207.9	196.0	118.7	122.5	66.3	104.2	68.0	33.8	1240.1
厦门	30.0	56.1	82.3	155.0	209.8	302.6	206.4	214.8	144.7	61.8	39.1	28.5	1531.1
台北	103.3	192.6	211.9	127.9	214.4	200.4	113.2	117.2	151.3	104.3	96.6	81.0	1714.1
昆明	15.8	15.8	19.6	23.5	97.4	180.9	202.2	204.0	119.2	79.1	42.4	11.3	1011.3
腾冲	15.7	30.3	39.8	75.5	128.5	285.9	278.7	249.1	159.9	144.2	48.6	21.8	1478.0
芒市	12.8	26.2	28.2	59.8	137.0	299.8	391.2	324.9	183.3	118.1	60.5	12.8	1654.6

表6 芒市与各旅游名城年、月平均风速表
Tab.6 Mangshi City and tourist city, monthly average wind speed table

城市	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
桂林	3.4	3.5	3.0	2.4	2.4	1.7	1.5	1.5	2.5	3.0	3.1	3.1	2.6
厦门	3.8	3.8	3.5	3.2	3.1	3.6	3.3	3.2	3.6	4.1	4.0	3.9	3.6
杭州	2.3	2.4	2.4	2.4	2.3	2.2	2.4	2.4	2.3	2.2	2.2	2.2	2.3
台北	3.6	3.7	3.5	3.3	3.1	2.8	2.8	3.2	2.7	4.4	4.4	3.9	3.6
昆明	2.4	3.0	3.1	2.9	2.7	2.3	1.9	1.4	1.5	1.7	1.9	2.0	2.2
腾冲	1.6	1.9	2.0	1.9	1.7	1.8	1.9	1.5	1.2	1.2	1.2	1.3	1.6
芒市	0.6	0.9	1.1	1.2	1.2	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.9

芒市年平均风速为 0.9 m/s，是中国的静风区之一，比桂林的 2.6 m/s、厦门的 3.6 m/s、杭州的 2.3 m/s、台北的 3.6 m/s、昆明的 2.2 m/s、腾冲的 1.6 m/s 都小。从各月风速看，中国的旅游城市 12 月到来年 3 月的风速都较大，再配以较低的气温，会给人一种“寒风凛冽”的感觉，而在芒市，体会到的只会是和煦的春风、盎然的春意^[6]。

3.5 相对湿度

将芒市各月相对湿度与其它旅游城市进行列表比较（表 7）。中国各旅游城市各月相对湿度中，昆明较低，集中体现在 2~5 月，也就是冬春季节，给人以一种“干”的感觉，嘴唇会干裂，每天的喝水量会增加，其他城市与芒市一样，相对湿度较为适宜^[2]。

表7 芒市与各旅游名城年、月平均相对湿度表
Tab.7 Mangshi City and tourist city, monthly average relative humidity table

城市	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
桂林	72	76	79	82	80	81	79	79	73	71	70	69	76
厦门	76	82	83	83	85	85	82	81	80	72	71	69	79
杭州	75	78	79	79	79	82	79	80	83	80	76	74	79
台北	81	83	82	81	81	81	77	77	79	78	78	79	80
昆明	69	63	59	60	67	79	83	84	84	81	77	74	73
腾冲	71	67	65	71	78	88	90	88	87	84	79	75	79
芒市	77	73	67	69	77	85	88	87	86	85	83	82	80

4 结论与讨论

通过将芒市的光照、气温、降水、湿度、风速等气象资料与中国、云南省内其它旅游城市进行比较，发现芒市有较好的气候资源和气候优势，结论如下。

（1）芒市全年没有月平均气温低于 10℃ 的冬季，最冷月平均气温都在 12℃ 以上。

（2）芒市夏天虽然长，但并不炎热，最热月平均气温 24.1℃，比杭州、桂林等旅游城市低 4℃ 以上。

（3）芒市干湿季节分明，冬半年降雨仅占全年降雨的 11%，冬季少雨，阳光明媚，气候温暖，夏季多雨，正好使气温不会特别高。

（4）芒市雨量充沛，全年平均降雨量 1 654.6 mm，使农作物生长旺盛，郁郁葱葱。

（5）芒市春季平均风速 1.2 m/s，风速小，静风时间多，让人感觉春风和煦、春意盎然，没有寒风凛冽的感觉。

（6）芒市日照时间充足，平均每天有 6.2 小时的日照时间，可以享受到充足的户外阳光，相对湿度适中，利于皮肤保养。

参考文献:

- [1] 刘静. 气候变暖背景下中国气候区划的变化 [D]. 北京: 中国气象科学研究院, 2014.
- [2] 马丽君. 中国典型城市旅游气候舒适度及其与客流量相关性分析 [D]. 西安: 陕西师范大学, 2012.
- [3] 刘彤. 气象对旅游业的影响研究 [D]. 大连: 东北财经大学, 2011.
- [4] 刘惠. 恩施州气候变化特征及其对旅游的影响 [D]. 武汉: 中南民族大学, 2011.
- [5] 程建刚, 解明恩. 近 50 年云南区域气候变化特征分析 [J]. 地理科学进展, 2008 (5): 27.
- [6] 任玉国, 郭军, 徐铭志. 近 50 年中国地面气候变化基本特征 [J]. 气象学报, 2005 (6): 63.
- [7] 王遵娅, 丁一汇. 近 50 年来中国气候变化特征的再分析 [J]. 气象学报, 2004 (2): 62.

INTRODUCTION TO MANGSHI CLIMATIC RESOURCES AND CLIMATE

YAN Xin – hui

(Dehong Prefecture Meteorological Bureau, Mangshi, 678400, Yunnan, China)

Abstract: Through to the Mangshi illumination, temperature, precipitation, humidity, wind speed and other meteorological data for statistical analysis, draw lum has good climate resources and climate advantages. No month average temperature throughout the year below 10 °C in winter, most of the average temperature of 12 °C or more. Summer was long, but it is not hot, the most thermidor average temperature 24.1 °C, lower than the famous tourist city hangzhou, guilin, etc more than 4 °C. Wet and dry seasons, winter half year rainfall accounts for only 11% of annual rainfall, winter little rain, sunny, warm and rainy summer, just make a particularly high temperatures, Rainfall, annual average rainfall of 1 654.6 mm, make crops grow strong. lush; Annual average wind speed 0.9 m/s, no more time, let a person feel comfortable. Relative humidity is moderate, good for skin care.

Key words: Mangshi; climate resource; advantage analysis

2016年1月23~25日玉溪首场强降温、 雨雪天气过程分析

崔晓娟¹, 王 宝², 姚秀奎¹

(1. 云南省澄江县气象局, 云南 玉溪 652500; 2. 云南省玉溪市气象局, 云南 玉溪 653100)

摘要: 利用玉溪市9个国家气象站和区域自动站观测数据以及ECWMF、T639等数值模式数据, 对2016年1月23~25日影响玉溪市的强寒潮天气过程进行了诊断分析。结果表明: 此次强寒潮天气过程是横槽转竖带下冷空气, 水汽来源主要是孟加拉湾, 强冷空气和南支槽前西南气流共同影响为主要影响系统。当水汽辐合的中心由中南半岛移动至玉溪市时, 玉溪出现降雪。玉溪市上空大气低层辐合高层辐散, 有利于上升运动加强, 降雪前明显的上升运动促使大气中的水汽凝结, 在地面受强冷空气的影响, 温度很低降雪天气就容易发生。玉溪市降雪量较大发生时, 0℃层位置低, 湿层深厚, 中低层有逆温层, 中层出现明显的西南急流, 中低层风随高度顺转, 有暖平流, 垂直风切变较为明显, 有利于降雪的发生发展。当湿层变薄, 风速加大时, 地面降雪逐渐停止, 转为间歇性小雨。

关键词: 玉溪市; 寒潮; 南支槽; 冷空气

中图分类号: P458.2+22

文献标识码: A

文章编号: 1001-7852(2016)02-0073-06

0 引言

随着中国南方寒潮天气造成的冰冻雨雪灾害频繁发生, 冬季的天气气候异常越来越受到关注^[1-7]。寒潮指中高纬度冷高压强烈活动, 使大规模极寒冷的气流从高纬度南下的过程。寒潮天气的主要特点是剧烈降温和大风, 有时还伴有雨、雪、雨淞和霜冻, 影响中国的冷空气发源于西伯利亚, 进入云南的路径有西北路经、东北路径和偏东路径^[8]。云南地处青藏高原东南缘, 由于青藏高原和秦岭、横断山脉、哀牢山的阻挡作用, 受冷空气影响的次数和强度远低于中国北方。云南特殊的地理特征给云南寒潮天气预报带来了很大的难度, 一旦出现寒潮, 农业、交通和居民生活都会受到严重影响, 造成巨大经济损失。

许多气象工作者围绕寒潮的发生、发展和造成的影响作了许多卓有成效的研究, 张腾飞^[9]对云南2000年以来的4次降雪过程进行了对比分析, 段

旭^[10]等对造成云南降雪寒潮天气的昆明准静止锋的结构、锋生、移动和若干特征进行了分类研究, 郭荣芬^[11]等对冬季发生在低纬高原的南支槽降水进行了分析。玉溪受“霸王级”寒潮的影响, 2016年1月23~25日、玉溪出现首场强降温、雨雪天气。此次过程范围广、强度大、灾情重, 极为罕见。除红河河谷外, 大部地区最低温度下降至-2℃到-4.3℃, 高海拔地区最低气温下降至-5℃到-8.6℃。

1 资料和方法

利用玉溪市9个国家气象站、相关区域自动气象站资料, 统计分析降雪前后最高、最低气温与近30年历史极端最低气温的对比图。

利用ECWMF格点资料、T639资料、地面和高空等资料, 计算不同层次中各物理量的变化, 统计分析降雪出现前后各相关物理量的分布变化, 研究玉溪市出现降雪的时间、空间和强度分布特征, 以

及产生强降温的天气系统类型,为今后玉溪寒潮天气的短时临近预报和预警提供参考。

2 过程概述

2.1 降雪情况

自2016年1月23日,一股超强冷空气自东向

西影响云南,19:30澄江率先迎来小雪,随后华宁、通海、江川、红塔区、峨山、新平、易门、元江(羊岔街、羊街)相继出现雨夹雪或小雪。25日16时后降雪逐渐停止,25日19时后全市转为间歇性小雨天气。24日08时全市区域自动气象观测站的降雪量在0.3~3.5 mm,国家站中华宁、澄江、红塔区、新平中雪,各县区降雪量见表1。

表1 2016年1月23日19时至1月24日08时玉溪市各县(区)降雪量
Tab.1 Precipitation of every county in Yuxi from 19:00 on 23 to 08:00 on 24 Jan 2016

mm

测站	红塔区	江川	澄江	通海	华宁	峨山	易门	新平	元江
降雪量	1.6	0.7	1.4	0.5	1.5	0.5	0.0	1.5	0.0

2.2 降温情况

本次强冷空气影响过程造成玉溪市大部地区24小时降温幅度超过10℃,达到寒潮标准^[12]。其特点为:冷空气进入云南是偏东路径。23日18时澄江气温率先下降到零下0.4℃,随后到24日12时通海、华宁、红塔区、江川、峨山、新平、易门相继降到零下。冷空气持续时间长。此次强冷空气的影响时段为1月23日至25日,25日午后影响的冷空气缓慢减弱,大部县区气温缓慢回升。冷空气强度强,降温剧烈。24日08时至25日08时,全市最低气温除红河河谷地区外,全市均在-2℃至-4.3℃,其中红塔区、澄江、峨山、通海、新平创

下了1960年有气象观测资料以来的1月份历史极端最低气温值。气温最低是华宁红岩-7.4℃,其次是新平磨盘山-7.3℃。气温在0℃以下的地区均出现道路结冰,农作物生长受到强冰凌灾害影响,降温情况分析见图1。

2.3 灾情情况

这次过程的灾害主要是强寒潮、降雪过程引发市、县多个乡镇低温冷害。全市农作物受灾15 566.63 hm²,成灾3 389.06 hm²,绝收622.59 hm²;经济作物受灾2 039.5 hm²;山羊290只;牛52头;水管1 666个;配件292个。经济损失:30 815.7万元。

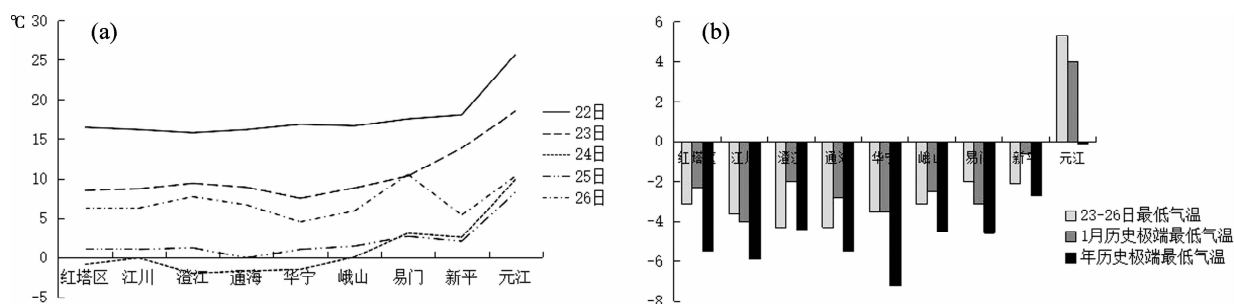


图1 2016年1月22日至26日玉溪市各县(区)24小时最高气温变化(a),玉溪市2016年1月23~26日最低气温与1月份历史极端最低气温、年历史极端最低气温比较(b)(单位:℃)

Fig.1 The highest temperature change of every county in Yuxi from 22 to 26 Jan 2016 (a); The comparison of the lowest temperature and the January history of extreme lowest temperatures and History of extreme lowest temperature in Yuxi from 22 to 26 Jan 2016 (b) (unit:℃)

3 天气形势分析

3.1 环流背景分析

寒潮形成的基本条件是强冷空气堆积和高空偏

北引导气流发展。2016年1月22日08时500 hPa高空图上(图2a),东亚大槽为东西走向稳定少动的横槽,冷空气堆积强大且不容易被西风带走。1月23日08时500 hPa高空图上(图2b),横槽中冷空气堆积足够强大,分裂小槽东移,产生多次小

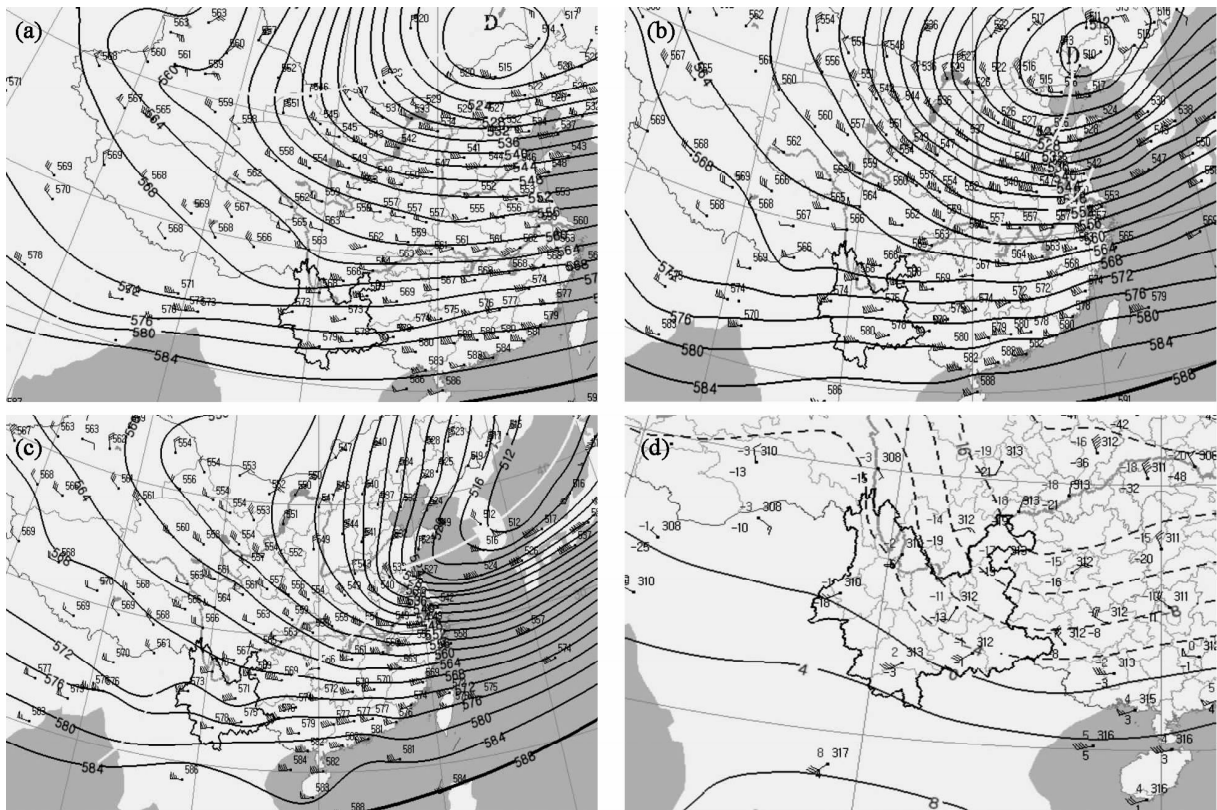


图2 2016年1月22日08时(a)、1月23日08时(b)、1月24日08时(c) 500 hPa高空图、
1月24日08时(d) 700 hPa高空图

Fig. 2 500 hPa Aerial picture fields at 08:00 on 22 Jan 2016 (a), at 08:00 on 23 Jan (b),
at 08:00 on 24 Jan (c) and 700 hPa Aerial picture fields at 08:00 on 24 Jan (d)

股冷空气南下, 冷空气路径稳定; 且上游有冷槽连续侵袭阻高, 使阻高崩溃, 横槽转竖, 槽中冷空气大举南下。来自孟加拉湾对流层中低层特别是 500 hPa 以下层丰富水汽经由缅甸到云南上空和云南上空低层水汽强烈辐合是保障出现强雨雪天气的重要水汽条件^[13]。2016年1月24日08时(图2c)南支槽不断东移到 95°E 附近, 南支槽比较深厚, 500 hPa、700 hPa 高空图上可见玉溪受槽前的西南气流影响, 水汽条件得到改善。低纬 $70^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{E}$ 南支槽活跃, 西太平洋副热带高压较强(西脊点到达 114°E 附近), 这种形势有利于推动南海、孟加拉湾的水汽通过云贵高原输送到中国南方, 西南暖湿气流与冷空气在 30°N 附近交织汇聚, 从而导致了中国南方的持续降雪天气^[14]。700 hPa 高空图(图2d)上 0°C 的位置位于云南西南部, 玉溪位于 0°C 以下, 气温较低。

1月22日静止锋移动到玉溪东部(图3), 随着冷空气的加强, 锋面向西移动。锋面的抬升作用给这次降雪过程提供了很好的动力条件。到了25日白天, 强冷空气减退消失, 降雪结束, 整个寒潮

天气过程结束。

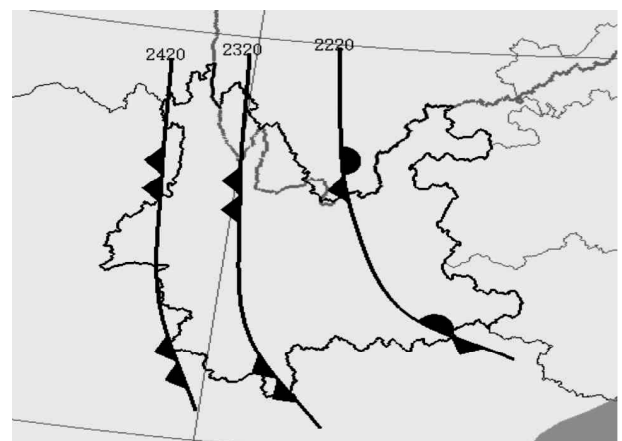


图3 2016年1月22~24日20时850 hPa云南省锋面移动图
Fig. 3 850 hPa frontal moving map of Yunnan Province
from 20:00 on 22:00 to 20:00 on 24 Jan 2016

3.2 物理量分析

3.2.1 水汽条件

水汽通量是指水汽输送强度的物理量, 其数值揭示强雨雪天气形成的水汽来源。1月22日20时、

1月23日08时、20时700 hPa水汽通量和水汽通量散度图(图4)分析表明,此次降雪过程的水汽主要来自孟加拉湾的北部到滇西南为水汽的集中带,水

汽通量最大值区中心达 $18 \text{ g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$,由于受南支槽前的西南气流影响,水汽通量的中心向东北方向移动,为降雪的发生提供了水汽条件。

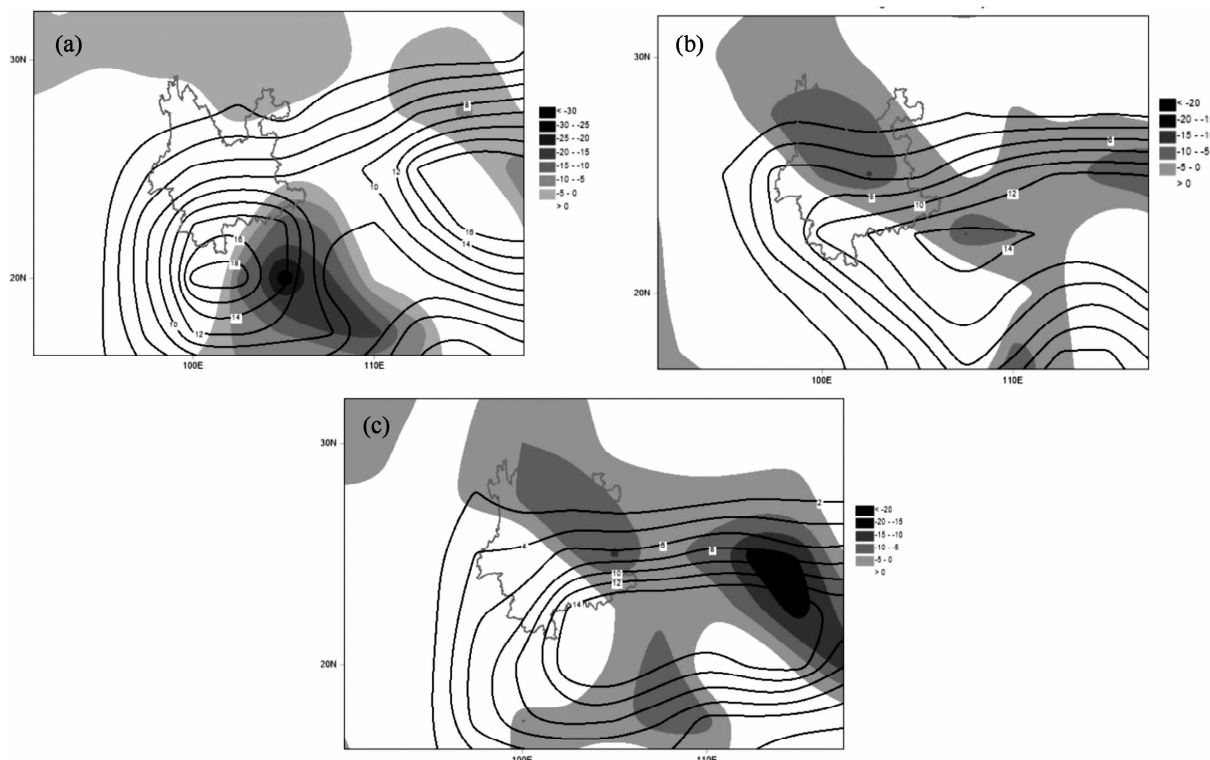


图4 2016年1月22日20时(a)、1月23日08时(b),20时(c)700hPa水汽通量(单位: $\text{g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)和水汽通量散度(阴影,单位: $10^{-7} \text{ g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

Fig. 4 700 hPa water vapor flux (unit: $\text{g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$) and vapor flux divergence (shade, unit: $10^{-7} \text{ g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) at 20:00 on 22 Jan (a), at 08:00 (b) and 20:00 (c) on 23 Jan 2016

水汽通量散度是指输送来的水汽集中程度的物理量,有水汽的来源和输送,还必须要有水汽的辐合,才能产生大的降水或降雪。22日20时水汽辐合的中心位于中南半岛,云南大部还处于水汽通量散度的正值区,到23日08时,水汽的辐合中心向西北移动,玉溪位于水汽辐合区内,到23日20时,可以看出玉溪出现降雪时,处于水汽辐合区。

3.2.2 动力条件

任何强降雪都必须具备足够的抬升动力条件,才能使水汽凝结,产生强降雪^[15]。在1月24日08时垂直速度 107.50°E , $24.7^\circ\text{N} \sim 90^\circ\text{E}$, 24.95° 剖面图上(图5a),整个云南省从地面到对流层大部为上升运动区, $-45 \times 10^{-2} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 的大值区在500~400 hPa,位于滇西。降雪前明显的上升运动将促使大气中的水汽凝结,在地面受强冷空气的影响,温度很低降雪天气就容易发生。到了1月25日08时(图5b)上升运动的大值区逐渐东移,强度减

弱,最大值为 $-42 \times 10^{-2} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 。滇西的上升运动转为下沉运动。

在1月24日08时散度剖面图上(图5c), 105°E , $24.74^\circ\text{N} \sim 100^\circ\text{E}$, 24.81° 范围内从地面到500 hPa均为负散度区,500 hPa以上为正散度区,低层辐合高层辐散。到25日08时(图5d), 100°E , $24.81^\circ \sim 92.5^\circ\text{E}$, 24.91° 范围内,低层到600 hPa为负速度区,600 hPa以上为正速度区,低层辐合高层辐散,强度减弱。可见,在此次降雪过程中,玉溪所处区域均为上升运动区,低层辐合高层辐散,强烈的上升运动为降雪的发生发展提供了有利的动力条件,随着系统的东移,降雪强度逐渐减弱。

3.2.3 探空资料分析

运用距离玉溪较近的昆明站探空图分析,24日08时(图6a)降雪量较大发生时, 0°C 层位置低,湿层深厚,中低层相对湿度在80%以上,700 hPa附近有逆温层,600 hPa以上出现明显的西南急流,

水汽条件充足, 中低层风随高度顺转, 有暖平流, 垂直风切变较为明显, 有利于降雪的发生发展。

25日下午降雪逐渐停止, 19时后全市转为间

歇性小雨。从26日08时探空图(图6b)上, 湿层变薄, 除近地层湿度较大外, 整个大气层结湿度较小, 为干层, 风速较大, 近地层为偏西风。

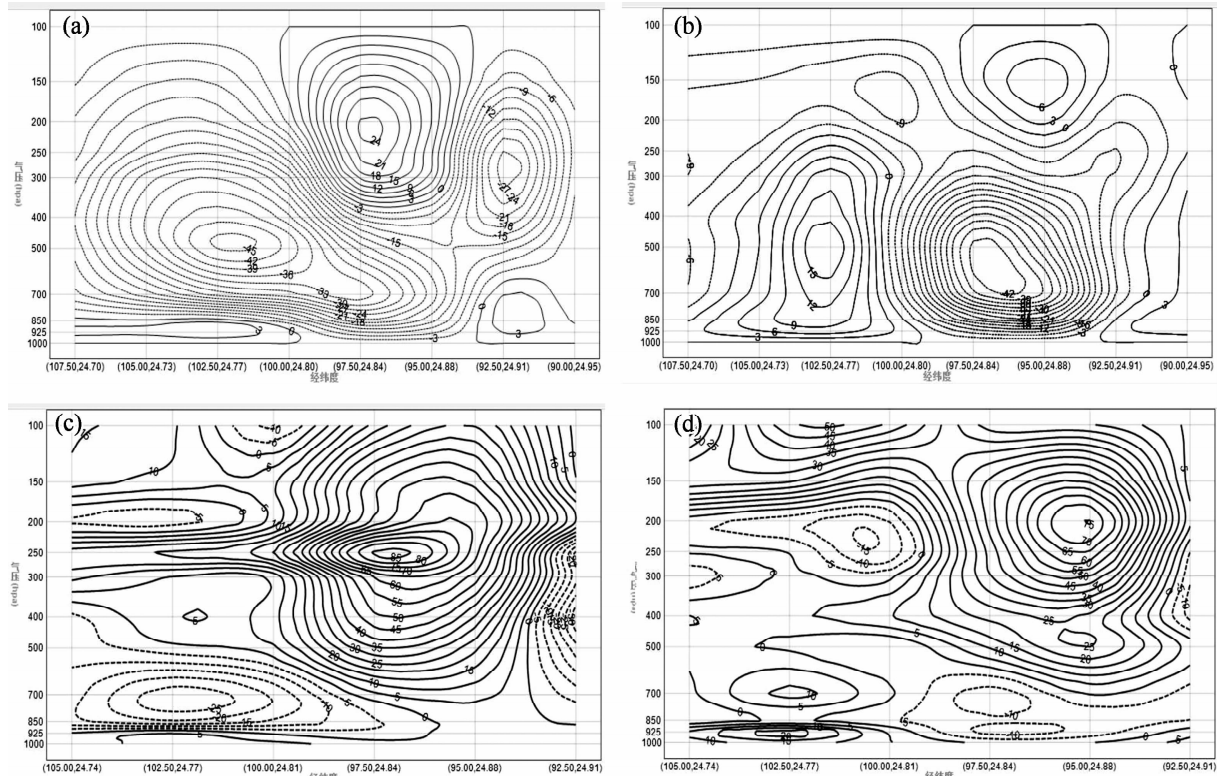


图5 2016年1月24日08时(a)、25日08时(b)在(107.50°E, 24.7°N~90°E, 24.95°)垂直速度剖面(单位: $\times 10^{-2} \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$), 1月24日08时(c)、25日08时(d)在(107.50°E, 24.7°N~90°E, 24.95°)散度剖面图

Fig. 5 The vertical circulation (107.50°E, 24.7°N~90°E, 24.95°) of vertical velocity at 08:00 on 24 Jan (a) and 08:00 on 25 Jan 2016 (b) (unit: $\times 10^{-2} \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$), the vertical circulation (107.50°E, 24.7°N~90°E, 24.95°) of divergence at 08:00 on 24 Jan (c) and 08:00 on 25 Jan (d) (unit: $\times 10^{-2} \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$)

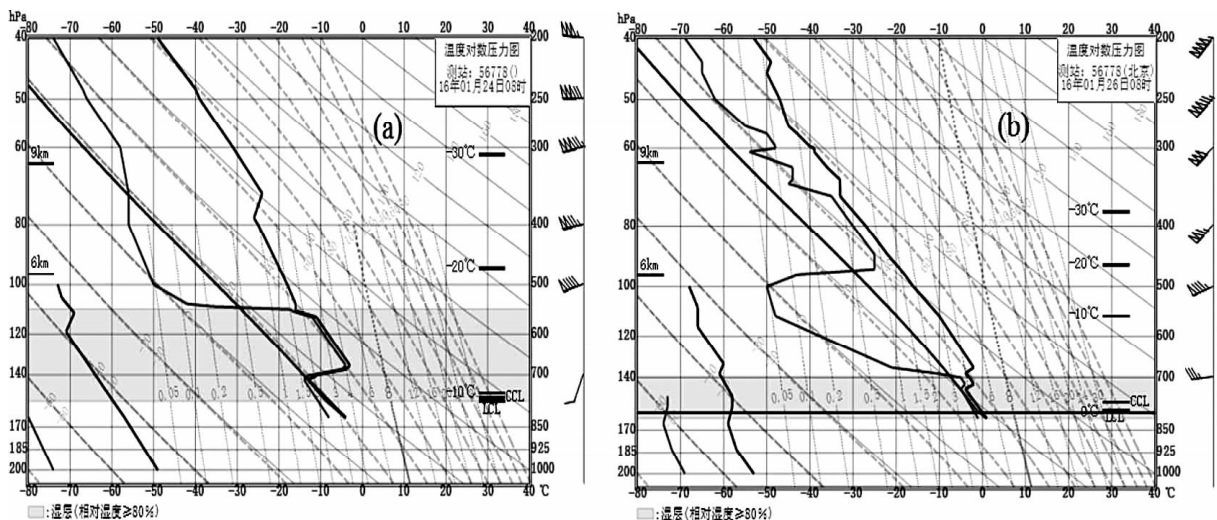


图6 2016年1月24日08时(a)和26日08时(b)昆明站探空图

Fig. 6 Sounding figure in Kunming at 08:00 on 24 Jan (a) and 08:00 on 26 Jan (b) 2016

4 结论与讨论

(1) 2016年1月23~25日寒潮天气过程的影响系统主要是强冷空气和南支槽前西南气流共同影响。

(2) 孟加拉湾是这次寒潮天气过程的水汽来源地,当水汽辐合的中心由中南半岛移动至玉溪市时,玉溪出现降雪。

(3) 玉溪市上空大气低层辐合高层辐散,有利于上升运动加强,强烈的上升运动为这次雨雪天气的形成提供了有利的动力抬升条件。

参考文献:

- [1] 李登文, 乔琪, 魏涛. 2008年初我国南方冻雨等天气环流及垂直结构分析 [J]. 高原气象, 2009, 28 (5): 1140-1148.
- [2] 辜旭赞. 2008年1月我国南方持续雨雪过程的诊断分析 [J]. 高原气象, 2011, 30 (1): 150-157.
- [3] 马宁, 李跃风, 郭建华. 2008年初中国南方低温雨雪冰冻天气的季节内振荡特征 [J]. 高原气象, 2011, 30 (2): 318-327.
- [4] 易明建, 陈月娟, 周任岩, 等. 2008年中国南方雪灾与平流层极涡异常的等熵位涡分析 [J]. 高原气象, 2009, 28 (4): 880-888.
- [5] 黎惠金, 李江南, 肖辉, 等. 2008年初南方低温雨雪冰冻事件的等熵位涡分析 [J]. 高原气象, 2010, 29 (5): 1196-1207.
- [6] 尹文有, 田文寿, 琚建华. 西南地区不同地形台阶气温时空变化特征 [J]. 气候变化研究进展, 2010, 6 (6): 429-435.
- [7] 王颖, 李栋梁, 王惠, 等. 青藏高原冬季风演变的新特征及其与中国西南气温的关系 [J]. 高原气象, 2015, 34 (1): 11-20.
- [8] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文. 天气学原理与方法 [M]. 北京: 气象出版社, 2000: 266-267.
- [9] 张腾飞, 鲁亚斌, 张杰, 等. 2000年以来云南4次强降雪过程的对比分析 [J]. 应用气象学报, 2007, 18 (1): 64-72.
- [10] 段旭, 李英, 孙晓东. 昆明准静止锋结构. 高原气象, 2002, 21 (2): 205-209.
- [11] 郭荣芬, 高安生, 杨素雨. 低纬高原两次冬季南支槽强降水的对比分析 [J]. 大气科学学报, 2010, 33 (1): 82-88.
- [12] 杨波, 王宝, 赵爽. 玉溪市50年来气温变化特征分析 [J]. 云南地理环境研究, 2012, 24 (4): 87-89.
- [13] 尤红, 周泓, 杨红, 等. 云南倒春寒天气的过程研究. 气象, 2013, 39 (6): 738-748.
- [14] 张精华, 张云谨, 白波, 等. 曲靖50年不遇的低温冰冻天气成因分析 [J]. 云南地理环境研究, 2008, 20 (1): 44-52.
- [15] 章国材, 娇梅燕, 李延香, 等. 现代天气预报技术和方法 [M]. 北京: 气象出版社, 2007: 116-117.

THE WEATHER PROCESS ANALYSIS OF FIRST STRONG COOLING, RAIN AND SNOW IN YUXI FROM 23 TO 25 JAN 2016

CUI Xiao-juan¹, WANG Bao², YAO Xiu-kui¹

(1. Chengjiang Meteorological Bureau, Chengjiang 652500, Yunnan, China;

2. Yuxi Meteorological Bureau, Yuxi 653100, Yunnan, China)

Abstract: Use of Yuxi City nine national meteorological stations and regional automatic station observation data and EC, T639 and other numerical model data, diagnostic analysis of strong cold wave weather process in Yuxi City from 23 to 25 Jan 2016. The results show that the strong cold wave weather process is translatot turn vertical and turned down cold air, and Water vapor is the main source of the bay of Bengal, the main influencing system is collective effect about the strong cold air and the southwesterly airstream that the ahead of webtisir. When the water vapor convergence center from the Indochina Peninsula moved to the city of Yuxi, there is snow in Yuxi. low 0℃ layer position, deep wet layer, Low level inversion layer, in the middle of the southwest jet stream, the low layer wind clockwise with height, warm advection. The vertical wind shear is more obvious, it Is conducive to the occurrence and development of snow. When the wet layer becomes thinner and wind speed increases, ground snow gradually stopped, to intermittent light rain.

Key words: Yuxi City; cold wave; Webtisir; cold air