

乌鲁木齐市土地利用结构与碳排放的关联测度研究

孟梅, 崔雪莹, 王志强

(新疆农业大学 管理学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要: [目的] 对乌鲁木齐市土地利用结构与碳排放量的关系进行测度, 分析一定时间范围内二者的关联度及其变化特征, 从而探索土地利用碳减排途径, 为乌鲁木齐市合理利用土地与生态、经济、社会效益的同步提升提供参考。[方法] 基于乌鲁木齐市 2001—2015 年的土地利用变更数据和能源消耗数据, 分别计算出碳排放总量、碳排放强度和人均碳排放量, 并构建灰色关联度模型, 测算乌鲁木齐市土地利用结构与碳排放总量、碳排放强度、人均碳排放量的关联系数和关联度。[结果] 2001—2015 年乌鲁木齐市碳排放量由 8.31×10^6 t 增加到 2.10×10^7 t, 增加了近 2.6 倍; 土地利用结构与碳排放总量、碳排放强度和人均碳排放量三者关联度最高的分别是交通运输用地(0.730 8)、牧草地(0.765 1)和园地(0.821 5); 建设用地与碳排放量关联度大。[结论] 土地利用结构与碳排放的关系密切, 通过科学合理地利用土地利用结构变化对碳收支的影响作用对土地利用结构进行调整, 从而实现控制碳排放量是可行的。

关键词: 土地利用结构; 碳排放; 灰色关联分析; 能源消耗

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2018)02-0178-05

中图分类号: F301.2

文献参数: 孟梅, 崔雪莹, 王志强. 乌鲁木齐市土地利用结构与碳排放的关联测度研究[J]. 水土保持通报, 2018, 38(2): 178-182. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2018.02.029. Meng Mei, Cui Xueying, Wang Zhiqing. Correlation between land use structure and carbon emission in Urumqi City[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(2): 178-182.

Correlation Between Land Use Structure and Carbon Emission in Urumqi City

MENG Mei, CUI Xueying, WANG Zhiqiang

(College of Management, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

Abstract: [Objective] The relationship between land use structure and carbon emission in Urumqi City was analyzed, and their correlation and the change characteristics were demonstrated analyzed in a certain time range, so as to explore a way to reduce carbon emission reduction from land use and to provide reference for rational utilization of lands and for the simultaneous improvements of ecological, economic and social effects. [Methods] Based on the data of land change and energy consumption in Urumqi City during 2001—2015, carbon emission, carbon emissions intensity and per capita carbon emissions were estimated. Grey relational degree model was constructed to measure the correlation degrees between land use structure and the above three variables. [Results] The carbon emission increased by nearly 2.6 times, from 8.31 million tons to 21 million tons during 2001—2015 in Urumqi City. The highest correlations between land use structure and variables of carbon emission, carbon intensity and per capita carbon emission listed as below: transportation land was 0.730 8, grassland was 0.765 1 and garden land was 0.821 5. And construction land was highly correlated with carbon emission. [Conclusion] Land use structure is closely related to the carbon emission, and it is feasible to control carbon emission through reasonable adjustment of land use structure.

Keywords: land use structure; carbon emissions; grey correlation analysis; energy consumption

收稿日期: 2017-07-03

修回日期: 2017-11-16

资助项目: 国家自然科学基金项目“基于人口—产业—土地视角下的城镇化碳排放及其治理机制研究: 以新疆天山北坡城市群为例”(71663052)

第一作者: 孟梅(1984—), 女(汉族), 新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市人, 博士、副教授, 主要从事土地资源管理、公共管理与公共政策方面的研究。E-mail: 785161662@qq.com。

通讯作者: 崔雪莹(1992—), 女(汉族), 新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市人, 硕士研究生, 主要研究方向为土地可持续利用。E-mail: 495986700@qq.com。

随着经济的不断发展和工业化水平的逐渐提高,人类向大气排放越来越多的 CO_2 、 CH_4 等温室气体。温室气体的逐渐增加导致温室效应的加剧,激发了一系列的环境问题。例如,天气极端化、两极冰层融化致使海平面升高、地球臭氧层遭受破坏等,已严重影响到人类社会的健康稳定发展。土地是陆上生态系统碳排放的载体,是人类活动碳排放的载体,也是碳排放的重要影响因素^[1]。土地利用和土地利用结构的改变都对碳的吸收和排放有着巨大的影响^[2-3],不科学的土地利用使土壤的固碳能力下降^[4],导致碳排放的增加。土地利用结构变化已经成为全球碳排放增加的第 2 大原因,仅次于化石燃料燃烧^[5]。因此,如何优化配置和科学利用土地资源,控制土地利用中的碳排放量显得尤为重要。近年来很多学者开始了对土地利用与碳排放间的研究。如杨景成等^[6]认为土地利用会改变生态系统的结构和功能,如改变物种组成和生物多样性,其影响会作用到生态系统碳循环的过程中;赖力^[7]认为土地利用碳排放机理可以分成自然干扰、土地利用变化和土地管理方法转变 3 类;杜官印等^[8]研究了不同土地利用方式对碳排放效应的影响,曲福田等^[9]从 3 个方面总结了土地利用变化对碳排放的影响,都认为农用地向非农用地转变会增长碳的排放;李国敏^[10]提出要将城市、经济和环境联系成一个有机整体,从减排和增汇两方面着手,通过对土地利用结构优化而形成城市土地的低碳利用;赵荣钦等^[1]对城市土地利用的碳排放效应进行了研究,提出低碳高密度紧凑型的城市土地低碳利用格局;刘海猛等^[11]研究发现以低碳为导向的土地利用结构优化能够更好地落实土地资源合理利用和可持续发展。但上述研究大多仅分析了某个地区近期土地利用对碳排放的影响,缺少长期的、具体的土地利用结构与碳排放的关系。并且关于乌鲁木齐市土地利用碳排放方面的研究也很少,为更好地指导乌鲁木齐市土地低碳利用,本研究在已有研究的基础上,运用灰色关联分析的方法,对乌鲁木齐市的土地利用结构与碳排放量的关系进行测度,分析一定时间范围内二者的关联度及其变化特征,找出土地利用碳减排途径,为乌鲁木齐市合理利用土地与生态、经济、社会效应的同步提升提供参考。

1 研究区概况与数据获取

1.1 乌鲁木齐市概况

乌鲁木齐市位居亚欧大陆腹地,地处东经 $86^{\circ}37' - 88^{\circ}58'$,北纬 $42^{\circ}45' - 44^{\circ}08'$,远离海洋,气候干旱。全市面积 $1.38 \times 10^8 \text{ km}^2$,常住人口 355 万人。

乌鲁木齐市自然资源十分丰富,市内煤炭储量在 $1.00 \times 10^{10} \text{ t}$ 以上,这为乌鲁木齐的经济发展奠定了坚实的基础。乌鲁木齐市是新疆的政治、经济、文化中心,是第二座亚欧大陆桥中国西部桥头堡,是我国联系西方的重要门户,同时也是“一带一路”丝绸之路核心区。2015 年,乌鲁木齐市 GDP 总值达到 2 458.98 亿元,同比增长 7.6%,其中,第一产业实现增加值 31.20 亿元,第二产业实现增加值 788.80 亿元,第三产业实现增加值 1 860.00 亿元。

1.2 数据来源

本研究构建的灰色测度模型中,所用数据主要来源于 3 方面,其中各类用地的碳排放/碳吸收系数通过总结前人文献获得。能源消耗数据来自 2002—2016 年《乌鲁木齐市统计年鉴》,根据乌鲁木齐市能源消费的实际情况和可得性,选取了此时间段中具有代表性的煤炭、洗精煤、焦炭、原油、汽油、燃料油、柴油、天然气等 8 种能源进行能源消耗碳排放量的计算;能源消耗碳排放系数来自《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》,根据清单指南参考确定各种能源的碳排放系数。土地利用结构数据方面,由于研究期土地利用变更调查数据涉及不同的土地划分标准,为了数据的可比性和土地类型的统一性,本文将研究期内的土地分类统一参照《土地利用现状分类》(1984 年)进行划分和调整,调整后的土地利用类型分成耕地、园地、林地、草地、居民点及工矿用地、交通运输用地、水域及水利设施用地以及未利用地,其中各土地利用结构数据来源于《新疆国土资源综合统计资料册》和乌鲁木齐市土地利用变更调查资料。

2 研究方法

2.1 碳排放量的计算

基于以往学者的文献研究发现,土地利用碳排放可分成两方面:一方面,人类将土地作为劳动对象直接利用土地而产生的碳排放,称之为土地利用直接碳排放;一方面,人类把土地作为载体,在土地上生活活动而发生的碳排放,称之为土地利用间接碳排放。其中,土地利用直接碳排放关系耕地、园地、林地、草地,间接碳排放主要是人为能源消费。

2.1.1 直接碳排放测算 借鉴前人的研究成果,测算公式为:

$$Q_A = \sum e_m = \sum S_{im} \cdot \partial_m \quad (1)$$

式中: Q_A ——耕地、林地、园地及草地 4 种用地类型的碳支出总量(t); e_m ——第 m 种用地类型在第 i 年的碳支出量或碳吸纳量(t); S_{im} ——第 m 种用地类型在第 i 年的用地面积(hm^2); ∂_m ——第 m 种用地类

型的碳排放系数； i ——年份； m ——用地类型。其中，直接碳排放/碳吸收系数详见表 1。

表 1 直接碳排放/碳吸收系数

名称	参数值	来源
耕地碳排放系数	0.504	Caizucong 等 ^[12]
耕地碳吸收系数	-0.007	何勇 ^[13]
园地碳吸收系数	-0.210	IPCC(2007 年)
林地碳吸收系数	-0.581	方精云等 ^[14]
草地碳吸收系数	-0.021	方精云等 ^[14]

2.1.2 间接碳排放测算 目前已有很多学者对能源燃烧产生的碳排放核算进行研究，总结方法可以分为两类，一类是排放系数法，如 IPCC 能源碳排放系数法、ORNL 碳排放消耗系数法等，第二类是基于长期动态监测的实测法和遥感图像碳储量估算法。本研究采用 IPCC 能源碳排放系数计算模型，通过确定各能源的碳排放系数来核算碳排放量，其计算公式为：

$$Q_B = \sum_{n=1}^k K_m \cdot E_n \quad (2)$$

式中： Q_B ——碳支出量(10^4 t)； K_m ——能源 n 的第 i 年能源碳排放系数； E_n ——第 n 种能源的消费量(10^4 t)，按 10^4 t 标准煤计算； n ——能源种类； i ——年数。能源消费碳排放系数详见表 2。

表 2 相关能源消耗碳排放系数

能源种类	碳排放系数	折标准煤系数
煤炭	0.755 9	0.714 0
洗精煤	0.755 9	0.900 0
焦炭	0.855 0	0.971 4
原油	0.585 7	1.428 6
汽油	0.553 8	1.471 4
燃料油	0.618 5	1.428 6
柴油	0.592 1	1.571 4
天然气	0.448 3	1.214 3

注：数据来源于《IPCC2006 年报告》。

2.1.3 碳排放总量测算 净碳排放就是直接碳排放量和间接碳排放量加总求和，测算公式为：

$$Q = Q_A + Q_B \quad (3)$$

式中： Q ——净碳排放量； Q_A ——直接碳排放量； Q_B ——间接碳排放量。

2.2 土地利用结构与碳排放关联测度模型

为分析土地利用结构与碳排放之间的关系，并且考虑到二者间样本少、信息少的不确定现象，本文运用灰色关联分析方法，建立土地利用结构与碳排放的关联测度模型：

首先，设参考序列分别为净碳排放量、碳排放强度及人均碳排放量：

$$\{Y_{oi}'(1), Y_{oi}'(2), \dots, Y_{oi}'(k)\}$$

设比较序列为不同各用地类型面积占总面积比值：

$$\{X_j'(1), X_j'(2), \dots, X_j'(k)\}$$

由于参考序列与比较序列存在着不同的数量级，为了便于比较，需对数据采用均值化变化，消除量纲，以参考序列为例(对比较序列处理相同)，转化公式为：

$$Y_{oi}(m) = \frac{kY_{oi}'(k)}{\sum_{k=1}^t Y_{oi}'(k)} \quad (4)$$

将每个比较序列与参考序列进行绝对差值计算，计算公式为：

$$\Delta_{ij}(k) = |X_j(k) - Y_{oi}(k)| \quad (5)$$

比较序列与参考序列在第 K 个点上的相对差值称为该比较序列对参考序列在 K 点的关联系数，计算公式为：

$$\xi_{ij}(k) = \frac{\Delta_i(\min) + \rho\Delta_i(\max)}{|Y_{oi}(k) - X_j(k)| + \rho\Delta_i(\max)} \quad (6)$$

式中： $\Delta_i(\min)$ ， $\Delta_i(\max)$ ——各个分析区域两比较序列绝对差中的最大值和最小值； ρ ——分辨系数，通常 $\rho \in (0, 1)$ ，本研究中取 $\rho = 0.5$ 。

关联度 γ_{ij} 为各序列在各个时期时的关联系数的平均值：

$$\gamma_{ij} = \frac{1}{t} \sum_{k=1}^t \xi_{ij}(k) \quad (7)$$

3 实证结果与分析

3.1 2001—2015 年乌鲁木齐市土地利用结构变化情况

对已得的数据进行分析，结果显示，2001—2015 年乌鲁木齐市总土地面积由 1.14×10^6 hm^2 持续上升到 1.38×10^6 hm^2 ，增长了 2.40×10^5 hm^2 ，原因是在 2009 年米泉市撤市，与原乌鲁木齐市东山区合为乌鲁木齐市米东区，因此 2015 年乌鲁木齐市各类型用地面积相比 2001 年均有所增加。除去 2008—2009 年的突变，从年变化率的角度分析，耕地、草地和未利用地在 2001—2008 年和 2009—2015 年 2 个时期均呈减少的趋势，其中耕地、牧草地的减少速度在逐渐放缓，未利用地变化率相对稳定；居民点及工矿用地、交通运输用地的面积呈增加的趋势，且增加速率呈缓慢加快；园地、林地、水域及水利设施用地在 2001—2008 年期间呈增加趋势，2009—2015 年呈减少势头。

从土地利用结构来看,农用地占总面积的比例逐渐减小,由 2001 年的 79.2% 下降到 2015 年的 67%,其中牧草地减少最为迅速;建设用地占总面积的比例则逐渐上升,由 6.5% 增长到 9.7%,其中居民点及工矿用地增长最为迅速。

3.2 2001—2015 年乌鲁木齐市碳排放情况

根据公式(1)—(3),可求得乌鲁木齐市 2001—2015 年的碳排放总量,为了更好地研究近些年碳排放与各用地类型的关联度情况,并计算出碳排放强度(碳排放总量/GDP)和人均碳排放量(碳排放总量/常住人口数)来描述乌鲁木齐市土地利用碳排放特征(表 3)。从表 3 可以得出,乌鲁木齐市 2001—2015 年的碳排放总量大幅增加,由 8.31×10^6 t 增长到 2.10×10^7 t,年平均增长率为 10.9%,增长了约 2.5 倍。2015 年碳排放总量为 2.10×10^7 t,虽仍处在较高水平,但较上年有所下降,出现回落的趋势。乌鲁木齐市碳排放强度呈逐渐减少势头,从 2001 年的 2.54×10^4 t/亿元减小到 2015 年的 7 800 t/亿元,国内生产总值快速升高,且增长速度超越了碳排放总量的增加速度。乌鲁木齐市人均碳排放量逐渐增长,从 2001 年的 3.99×10^4 t/万人增加到 2011 年的 6.69×10^4 t/万人,人均增长了 2.7 t/人,在 2011 年后有回落趋势。

表 3 乌鲁木齐市 2001—2015 年碳排放总量、碳排放强度及人均碳排放量

年份	碳排放总量/ 10 ⁴ t	碳排放强度 (10 ⁴ t/亿元)	人均碳排放量 (10 ⁴ t/万人)
2001	831.33	2.54	3.99
2002	898.02	2.45	4.16
2003	965.99	2.27	4.33
2004	1 103.26	2.18	4.79
2005	1 222.15	2.09	5.10
2006	1 359.24	1.99	5.44
2007	1 485.53	1.83	5.64
2008	1 683.98	1.71	6.16
2009	1 722.09	1.58	6.06
2010	1 893.39	1.41	6.35
2011	2 147.26	1.27	6.69
2012	2 196.80	1.10	6.54
2013	2 122.08	0.96	6.23
2014	2 279.64	0.91	6.46
2015	2 100.00	0.78	5.92

3.3 乌鲁木齐市土地利用结构与碳排放关联度测算及分析

3.3.1 关联度的测算 利用公式(4)—(7)计算可以得到 2001—2015 年乌鲁木齐市 8 种用地类型与碳排放总量、碳排放强度、人均碳排放量的关联度,结果详见表 4。

表 4 乌鲁木齐市土地利用结构与碳排放的关联度

土地利用类型	耕地	园地	林地	牧草地	居民点及 工矿用地	交通运输 用地	水域及水利 设施用地	未利用地
碳排放总量	0.599 6	0.681 2	0.628 1	0.471 5	0.675 1	0.730 8	0.553 1	0.709 9
碳排放强度	0.650 4	0.583 4	0.628 5	0.765 1	0.600 0	0.487 6	0.688 4	0.532 7
人均碳排放量	0.746 9	0.821 5	0.816 5	0.582 9	0.761 0	0.562 4	0.706 5	0.699 0

3.3.2 关联度的静态特征分析 由表 4 可以得出,土地利用结构与碳排放总量的关联度由大到小依次为:交通运输用地>未利用地>园地>居民点及工矿用地>林地>耕地>水域及水利设施用地>牧草地。由排列顺序可知,与碳排放总量关联最大的是交通运输用地,其次是未利用地,两者与碳排放总量的关联度大于 0.7,相关性高。交通运输用地是城市能源消耗的重要载体,造成了巨大的碳排放,未利用地承担一定程度的碳汇功能,面积的减少伴随了碳排放总量的增加。此外,园地、居民点及工矿用地、林地、耕地和水域及水利设施用地与碳排放总量的关联度也均在 0.5 以上,相关性较高。牧草地与碳排放总量的关联度是 0.471 5,相对较低。这是由于乌鲁木齐牧草地较多,面积变化不大,提供稳定的碳吸收,对碳排放

总量变化影响不大。土地利用结构与碳排放强度的关联由大到小依次为:牧草地>水域及水利设施用地>耕地>林地>居民点及工矿用地>园地>未利用地>交通运输用地。由排列顺序可以知道,与碳排放强度关联最大的是牧草地,关联度大于 0.7,相关性高。牧草地占总面积的 60% 左右,是主要碳汇,面积的变化与碳排放强度的变化趋势都随着时间变化不断减少,说明牧草地利用与碳排放强度关系密切。土地利用结构与人均碳排放量的关联度由大到小排列顺序依次为:园地>林地>居民点及工矿用地>耕地>水域及水利设施用地>未利用地>牧草地>交通运输用地。乌鲁木齐市园地以果园为主,在城市周边起一定程度的碳汇作用,林地是吸收碳排放、净化大自然的有效途径,居民点及工矿用地是生产生活过程

中最主要的碳源,耕地和水域及水利设施用地既是碳源也是碳汇,所以这几种土地类型与人均碳排放量有着非常紧密的关系。

3.3.3 关联度的动态特征分析 将乌鲁木齐市2001—2015年各年的耕地、园地、林地、牧草地与碳排放的关联系数求和后求平均,对应得到该年的农用地与碳排放的关联系数。同理,可得各年建设用地与碳排放的关联系数(图1)。由图1可知,2001—2015年乌鲁木齐市农用地、建设用地与碳排放的关联系数随着社会发展呈现出波动形态。建设用地与碳排放的关联系数总体波动不大但均处于较高水平,对碳排放的影响较大且较为稳定。农用地与碳排放的关联系数变化幅度较大,这一变化与农用地面积的持续减少有着密切的联系。综合近年来的农用地、建设用地的关联系数得出农用地、建设用地与碳排放的关联度分别为0.59和0.65,建设用地与碳排放的关联度略高于农用地,且根据城市现状,建设用地与碳排放关联度会一直保持较高水平,对以后的土地利用碳排放的影响可能会继续增强。

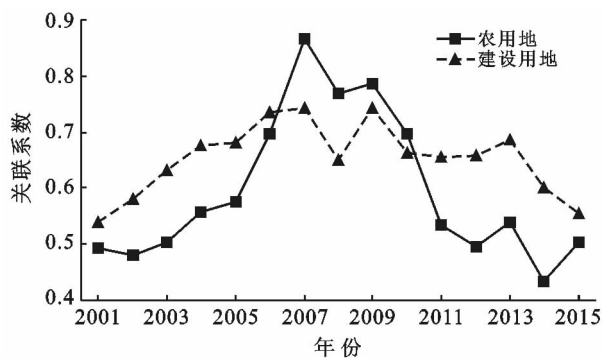


图1 农用地、建设用地与碳排放总量关联系数

4 结论与建议

通过本研究可以得出,乌鲁木齐市土地利用结构与碳排放总量、碳排放强度和人均碳排放量的关联度最高的分别是交通用地、牧草地和园地。随着乌鲁木齐市经济发展不断加快,汽车保有量与日俱增,城市交通运输用地也随之增加,带来的必然是高能耗、高碳排,交通运输用地是主要碳源之一,建设用地作为载体,对碳排放有很高的贡献率。乌鲁木齐市牧草地占总面积的60%,是最主要的碳汇,大量吸收碳并伴随着氧气的制造,但由于建设用地扩张导致牧草地和林地减少,碳吸收减少相应的碳排放增加。园地既是碳汇也是碳源,在一定程度上也具有碳吸收能力,然而近年来面积也逐渐减少,抑制了其碳汇能力的发挥。由此可见土地利用结构对土地利用碳收支的影响效应较大。因此,通过对土地利用结构进行合理地

优化,从而实现控制碳排放量是可行的。根据研究结果,依据各地实际情况发挥土地利用结构变化对碳收支的作用对实现土地的低碳利用具有重要意义。

乌鲁木齐市已是国家低碳试点城市,对土地的低碳利用刻不容缓。根据上述结果和分析,可以尝试从下面几个方向去促进土地低碳利用。①优化布局土地利用结构,严格管控建设用地扩张。乌鲁木齐市土地利用结构与碳排放关联度最高的是建设用地,控制建设用地过度扩张对减少土地利用碳排放起着重要作用。同时控制建设用地规模可以防止农用地过快转化为高能耗、高投入的建设用地,坚守耕地红线,保证足够的耕地供应面积。乌鲁木齐市是一个牧草地资源极其丰富的城市,牧草地是天然的制氧厂,要加大对牧草地资源的保护,提高城市的生态功能。②引进新能源技术,提升能源利用率。面对乌鲁木齐市能源消耗碳排放量的增长势头,利用高效清洁能源、提升能源利用率能很好地控制碳排放增加的趋势。因此在今后的发展中,要依托乌鲁木齐市的地理优势,充分开发和利用太阳能、风能等高效清洁的可再生能源,并积极引进新能源技术和产品。要利用技术改造、系统升级等提升能源的利用率,大力推动节能减排技术,创造低碳型经济结构。③编制低碳规划。规划是发展的先导,在编制土地利用总体规划和专项规划时考虑碳减排因素,编制面向低碳发展的土地利用规划,对发展低碳化的土地利用模式具有重要作用。同时,也应该将碳减排目标纳入到城市总体规划中,编制面向低碳发展的城市总体规划中,以低碳理念优化城市布局,强化城市土地的节约集约利用,并尽量均衡分布城区的公园绿地建设,增强城市的碳汇功能。

【参考文献】

- [1] 赵荣钦,刘英,郝仕龙,等. 低碳土地利用模式研究[J]. 水土保持研究,2010,14(5):190-194.
- [2] Koch G W, Mooney H A. Response of terrestrial ecosystems to elevated CO₂: A synthesis and summary[C]. Carbon dioxide and terrestrial ecosystems. San Diego: Academic Press,1996:236-240.
- [3] Houghton R A. Revised estimates of the annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use and land management 1850—2000[J]. Tellus, 2003,55(2):378-390.
- [4] 周涛,史培军. 土地利用变化对中国土壤碳储量变化的间接影响[J]. 地球科学进展,2006,21(2):138-143.
- [5] 曲福田,卢娜,冯淑怡. 土地利用变化对碳排放的影响[J]. 中国人口·资源与环境,2011,21(10):76-83.

[参 考 文 献]

- [1] 戴彦. 巴蜀古镇历史文化遗产适应性保护研究[D]. 重庆:重庆大学,2008.
- [2] 嵇少丞. 地震与中国大陆形影相随[M]. 北京:科学出版社,2009.
- [3] 殷跃平. 中国地质灾害减灾战略初步研究[J]. 中国地质灾害与防治学报,2004,15(2):1-8.
- [4] 金磊. 中国安全社区建设模式与综合减灾规划研究[J]. 城市规划,2005,26(12):16-18.
- [5] 唐川,许强. 强震区城市地质灾害风险管理的研究内容与方法探讨[J]. 工程地质学报,2009,17(1):56-61.
- [6] 黄煌,王玉海,潘谊,等. 社区综合减灾防灾管理公共合作的经验与启示:民政部与亚洲基金会灾害管理合作项目的尝试[J]. 城市与减灾,2010(3):15-18.
- [7] 王雁林,郝俊卿,赵法锁,等. 汶川地震陕西重灾区地质灾害风险区划探讨[J]. 灾害学,2011,26(4):35-39.
- [8] 宋强辉,李晓雷,吴应祥,等. 地质灾害风险思维培育[J]. 科技导报,2016,34(11):84-89.
- [9] 史培军,杜鹃,叶涛,等. 加强综合灾害风险研究,提高应对灾害风险能力:从第6届国际综合灾害风险管理论坛看我国的综合减灾[J]. 自然灾害学报,2006,15(5):1-6.
- [10] Du F, Kobayashi H, Okazaki K, et al. Research on the disaster coping capability of a historical village in a mountainous area of China: Case study in Shangli, Sichuan [J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2016,218:118-130.
- [11] Hu Z, Endo M, Zama S. Assessment and Improvement of Local Residents' Disaster Mitigation Capability: Database Development for Study on the Residents' Behavior in Disaster Mitigation[C]//Institute of Social Safety Science, 2004:119-122.
- [12] Takeuchi S I, Takahashi A, Minami S I. Study on local ability of disaster mitigation for community in Hokkaido[C]. 日本:地域安全学会论文集,2011:37-46.
- [13] Okanishi Y, Sadohara S. A study on community and local disaster management in neighborhood associations for improving local ability of disaster prevention: Analysis of questionnaire survey to neighborhood associations in Yokohama City[J]. Journal of Architecture & Planning, 2006, 71(609):77-84.
- [14] Lindell M K, Arlikatti S, Prater C S. Why people do what they do to protect against earthquake risk: Perceptions of hazard adjustment attributes [J]. Risk Analysis, 2009,29(8):1072-1088.
- [15] Yi Lixin, Ge Lingling, Dong Zhao, et al. An analysis on disasters management system in China [J]. Natural Hazards, 2012,60(2):295-309.
- [16] Alshehri S A, Rezguy Y, Li H. Disaster community resilience assessment method: A consensus-based Delphi and AHP approach [J]. Natural Hazards, 2015, 78(1):395-416.
- [17] Zimmermann M, Keiler M. International frameworks for disaster risk reduction: Useful guidance for sustainable mountain development? [J]. Mountain Research & Development, 2015,35(2):10-16.
- [18] Pan A. Study on mobility-disadvantage group's risk perception and coping behaviors of abrupt geological hazards in coastal rural area of China [J]. Environmental Research, 2016,148:574-582.
- [19] 张文佳. 藏区民众地震灾害认知与响应的特点[D]. 北京:中国地震局地质研究所,2013.
- [20] 陈容. 中国西部社区山地灾害减灾意识与风险管理能力研究[D]. 北京:中国科学院大学,2015.

(上接第 182 页)

- [6] 杨景成,韩兴国,黄建辉,等. 土地利用变化对陆地生态系统碳贮量的影响[J]. 应用生态学报,2003,14(8):1385-1390.
- [7] 赖力. 中国土地利用的碳排放效应研究[D]. 江苏 南京:南京大学,2010.
- [8] 杜官印. 建设用地对碳排放的影响关系研究[J]. 中国土地科学,2010,24(5):32-36.
- [9] 曲福田,卢娜,冯淑怡. 土地利用变化对碳排放的影响[J]. 中国人口·资源与环境,2011,22(10):76-83.
- [10] 李国敏,卢珂. 城市土地低碳利用模式的变革及路径[J]. 中国人口·资源与环境,2010,21(12):62-66.
- [11] 刘海猛,石培基,王录仓,等. 低碳目标导向的兰州市土地利用结构优化研究[J]. 中国土地科学,2012,26(6):55-61.
- [12] Cai Zucong, Kang Guoding, Tsuruta H, et al. Estimate of CH₄ emissions from year-round flooded rice fields during rice growing season in China[J]. Pedosphere, 2005,15(1):66-71.
- [13] 何勇. 中国气候、陆地生态系统碳循环研究[M]. 北京:北京气象出版社,2006:141-152.
- [14] 方精云,陈安平. 中国森林植被碳库的动态变化及其意义[J]. 植物学报,2001,50(9):967-973.