

# 南京北郊地温变化特征

黄明阳, 李媛, 雍佳, 邢雯雯 (南京信息工程大学大气物理学院, 江苏南京 210044)

**摘要** 利用位于南京北郊的南京信息工程大学观测基地 2010 年各层(0、5、10、15、20、40、80、160、320 cm)地温数据, 采用统计分析方法对南京北郊地温的变化特征进行了分析, 揭示南京市浦口区地区地温与时间、深度的变化关系。结果表明, 南京北郊地区表层地温以及浅层地温有明显的季节变化和日变化, 呈近似于正弦曲线的变化趋势。从地表到 20 cm 深时, 地温的日变化逐渐减弱; 当深度在 40~320 cm 时, 地温日变化已不明显。在垂直方向上, 各层地温日变化幅值随着深度增加而减小, 随着深度的增加峰值出现的时间逐渐滞后。

**关键词** 地温; 变化特征; 差分进化算法; 垂直结构

中图分类号 P468.0<sup>+</sup>21 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)03-0222-04

## Characteristics of Ground Temperature Variation in the Northern Suburb of Nanjing

HUANG Ming-yang, LI Yuan, YONG Jia et al (College of Atmospheric Physics, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing, Jiangsu 210044)

**Abstract** By using ground temperature data of each layer(0, 5, 10, 15, 20, 40, 80, 160, 320 cm) in 2010 observed by Nanjing University of Information Science and Technology located in northern suburb, the variation characteristics of ground temperature were analyzed by statistical analysis method, the variation of ground temperature with time and depth in Pukou Region, Nanjing City was revealed. The results showed that, there were obvious seasonal and diurnal variations of surface temperature and shallow ground temperature in northern suburb of Nanjing, the change trend was similar to the sine curve. From land surface to 20 cm depth, the daily change of ground temperature decreased gradually; from 40~320 cm, the daily variation of ground temperature was not obvious. In vertical direction, the diurnal variation of ground temperature in each layer decreased with the increase of depth, the appearance of peaks gradually delayed with depth increasing.

**Key words** Ground temperature; Change characteristics; Differential evolution algorithm; Vertical structure

地温即土壤温度, 是土壤热量状况的综合表征指标<sup>[1]</sup>。地温受太阳辐射、大气循环、降水等因素作用, 与大气进行着能量的交换, 形成了地温周期性的日变化和季节变化<sup>[2]</sup>。研究地温的变化规律, 有助于揭示土壤对农业生产和生态环境的影响。同时, 陆地下垫面过程也是引起气候变化的重要因子之一。因此, 研究地温的变化规律也能为天气、气候的研究提供依据。

前人对地温已进行了大量研究, 并取得一定的成果<sup>[3-6]</sup>, 如 Zhang 等<sup>[3]</sup>研究 20 世纪加拿大土壤温度发现, 土壤温度对气温和降水复杂的响应过程会对气候变化产生明显的影响。史学正等<sup>[7]</sup>利用 1951—1980 年我国 672 个气象站点 40 和 80 cm 年均土壤温度数据, 以土壤温度内插法估算了这些站点 50 cm 深度的年均土壤温度状况, 并应用于中国土壤系统分类; 其次, 通过分析土壤温度与环境因子(经纬度、海拔)的相关关系, 建立多元回归方程对土壤温度进行预测。目前, 关于地温的研究越来越多, 但针对南京地区的研究还不多。笔者利用中国气象局综合大气探测基地(南京)观测站的地温资料, 采用统计分析方法对南京北郊地温的变化特征进行了分析, 揭示南京市浦口区地区地温与时间、深度的变化关系, 为浦口区地区天气预报、气候分析、农业气象、作物生产、新型环保能源开发、政府决策等提供参考。

## 1 资料与方法

中国气象局综合探测培训实习基地(简称观测基地)位

于南京市浦口区盘城镇南京信息工程大学西苑校园内, 占地 1.3 万 m<sup>2</sup>, 观测场地及其周围环境符合有关规定。该研究利用该测站 2010 年 1 月 1 日—12 月 31 日深度为 0、5、10、15、20、40、80、160、320 cm 每小时测得的地温值。数据中有 147 次记录缺测(缺测记录为散点随机离散分布), 可分析时次为 8 613 次。

该研究利用差分进化算法(Differential Evolution)将 2010 年地温数据进行拟合:

$$y = u + \sum_{j=1}^J a_j \sin(b_j x + c_j) \quad (1)$$

式中,  $y$  为某一层地温值(℃);  $x$  为时间(h);  $u$  为常数; 系数  $a_j$ 、 $b_j$  和  $c_j$  分别代表其谐波成分的振幅、频率与相位, 其中由频率  $b_j$  可得到曲线变化周期  $T_j = 1/b_j$ 。在拟合的基础上, 可计算拟合曲线与实际曲线的相关系数(拟合度)。 $J$  为实际计算中的谐波成分的个数。若取  $J=1$ , 则仅进行 1 个谐波成分的分析; 取  $J=2$ , 则同时进行 2 个谐波成分的分析。

## 2 结果与分析

**2.1 地温的季节变化特征** 总体来看(图 1), 各深度层地温均有很明显的季节变化, 夏季地温明显高于冬季, 春秋季节为单调上升(或下降)趋势。这是由于我国处于北半球, 太阳辐射冬天弱、夏天强, 导致地温也随之变化。随着深度的增加, 地温曲线在逐渐平滑, 表明深层地温受地表影响逐渐减小。0~80 cm 地温, 2 月份及其前后期间存在明显的、连续几天的低值区域, 变化幅度较小, 没有明显的日变化, 这是由于持续的多云天气造成的; 6—7 月存在成段的“V”型区, 此时南京正处于江淮梅雨或多云连续阴雨天气期间, 气温偏低, 日变化也较缓; 9 月初出现一个明显的高峰区, 此时南京处于“秋老虎”天气, 之后气温下降, 地温总体趋势也随之下降。

**基金项目** 南京信息工程大学大学生实践创新训练计划项目(201510300224)。

**作者简介** 黄明阳(1994—), 女, 北京人, 本科生, 专业: 大气科学大气探测。

**鸣谢** 感谢南京信息工程大学大气物理学院王振会老师和王巍巍老师的指导和帮助。

**收稿日期** 2016-11-09

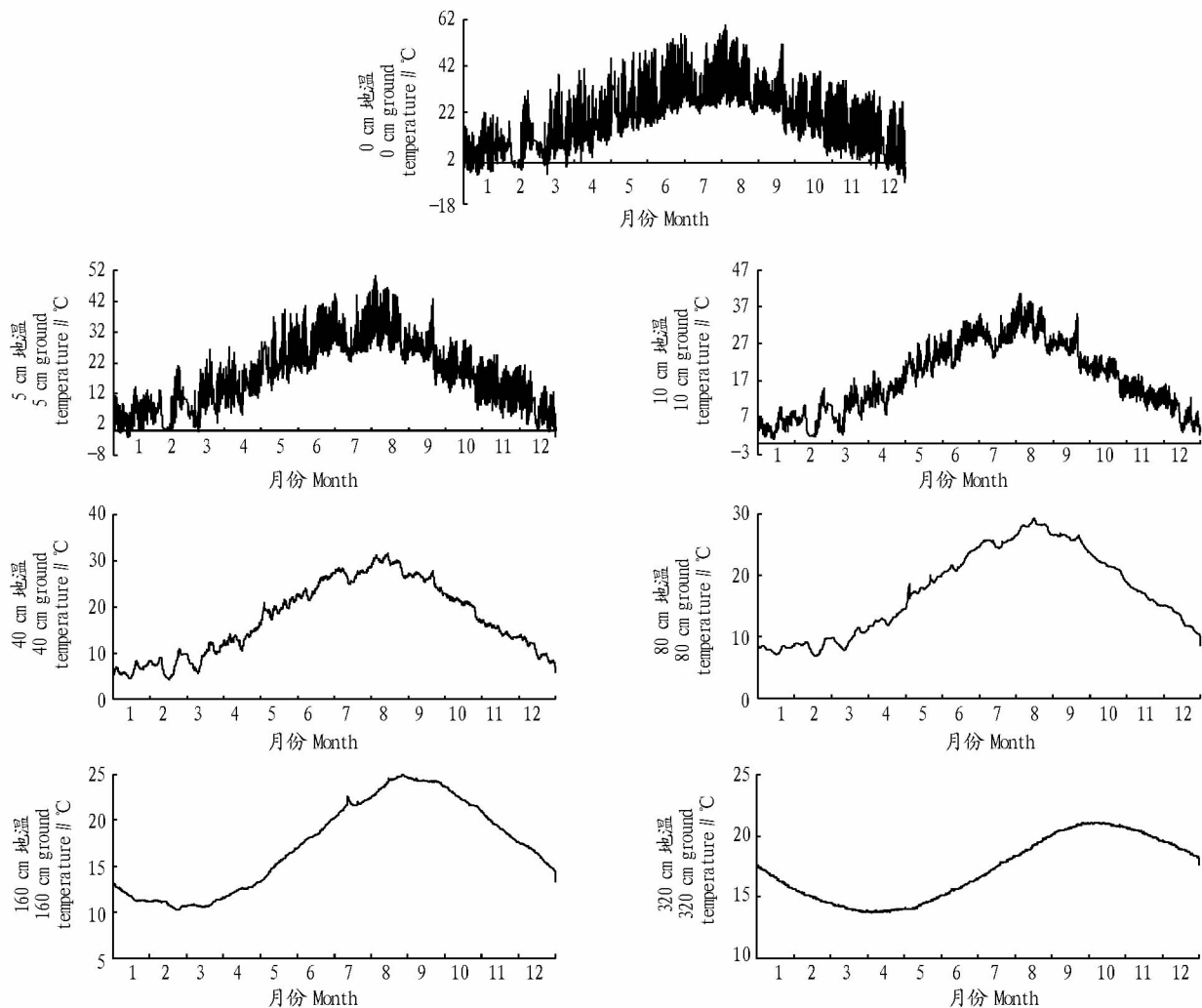


图 1 2010 年南京北郊地区各层地温月变化

Fig. 1 Monthly variation of ground temperature in each layer in northern suburbs in Nanjing in 2010

**2.2 地温的日变化特征** 由图 2 可知,地面温度日变化幅度最大,越往深层,地温日变化幅度越小。距地表较近(0、5、10、15 cm)的地温有明显的日变化,1 天只有 1 个峰值和 1 个谷值;而 20、40、80、160、320 cm 地温日变化已不明显。地表的地温日变化一般在 12:00—13:00 达到峰值,随着土壤深度的增加,达到峰值的时间点逐渐推移,具有时间滞后性。距地表较近的地温曲线达到温度峰值和谷值的时间不同,这是由于一天中太阳辐射变化导致地温也随之变化。秋季地表温度日变化幅度最大,达 16.85 °C;冬季地表温度日变化幅度最小,仅为 10.13 °C。

**2.3 地温的定量分析** 从表 1 可看出, $J=1$  时, $a_1 \sin(b_1 x + c_1)$  对应季节变化规律,季节变化周期为年周期,不是 365 d,而是 360~375 d,这可能是由于该研究仅取 2010 年数据的随机性造成的。 $J=2$  时,在  $a_1 \sin(b_1 x + c_1)$  的基础上,加入了  $a_2 \sin(b_2 x + c_2)$ ,对应日变化。日变化周期为 24 h,这与常识一致。

从地表到深层相关系数  $r_1$  变大,拟合效果变好,拟合曲线与实际曲线的相似度更高,可见各层地温受季节变化影响,并且由于深层受到日变化或其他因素影响程度较小,则

深层地温变化更符合正弦规律。加上了日变化过程,0 cm 地温拟合曲线与实际曲线的相关系数有所提高,说明加上日变化后 0 cm 地温的拟合效果变好,表明地表温度既有季节变化,又有一定的日变化规律。 $J=2$  时的相关系数较  $J=1$  时有明显提高。而在进一步拟合过程中,当取  $J=3$  时,即在  $a_1 \sin(b_1 x + c_1) + a_2 \sin(b_2 x + c_2)$  的基础上,加入了  $a_3 \sin(b_3 x + c_3)$ ,分析是否存在第 3 种重要的变化规律影响地温变化时,不能得到一个较稳定的  $b_3$ ,同时  $r_3$  也提高得很小,所以该研究未列出  $J=3$  时的拟合结果。由此推断,南京北郊地温主要是 2 种变化方式,由周期判断为季节变化和日变化。

当深度  $\leq 10$  cm 时,地温有明显或较明显的季节变化和日变化。而随着深度的增加,相关系数差( $r_2 - r_1$ )在减小, $a_2 \sin(b_2 x + c_2)$  项的加入使得地温的拟合曲线与实际曲线的相似度有所提高,表明随着深度的增加, $a_2 \sin(b_2 x + c_2)$  项的绝对值在减小,地温的日变化幅度在减小。在深度  $\geq 15$  cm 后,深层次的土壤并不能分析出一个固定的频率,所以在表 1 中不再列出。从图 2 可以看出,15 和 20 cm 的地温有日变化趋势,但取  $J=2$  难以得到较稳定的  $b_2$ , $r_2$  也增加不明显。这可能是由于 15 和 20 cm 地温的日变化程度对于季节变化程

度来说过小,拟合时日变化波动难以从季节变化中区分出来。为了证明这一猜想,该研究进行了各层地温日变化和季节变化程度的对比,结果发现(表2),各层地温的日极差与年极差之比随着深度的增加逐渐减小,即15和20 cm地温日

变化确实对于整年数据而言影响程度在变小,导致拟合过程中区分出日变化的难度提高,所以该研究拟合过程中没有拟合出15 cm以下地温的日变化。

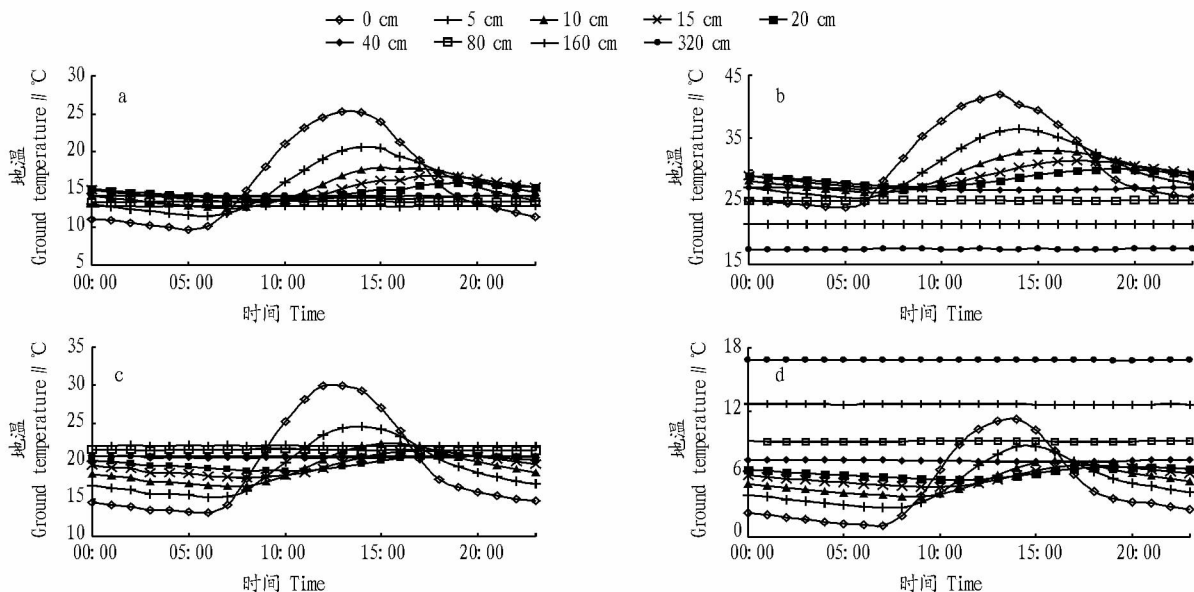


图2 2010年南京北郊春季(a)、夏季(b)、秋季(c)和冬季(d)地温日变化

Fig.2 Daily variation of ground temperature in spring(a), summer(b), autumn(c) and winter(d) in northern suburbs in Nanjing in 2010

表1 2010年1—12月南京北郊各深度地温第1,2谐波数据拟合结果

Table 1 Fitting results of first and second harmonic data in each depth in northern suburbs in Nanjing during Jan. - Dec. 2010

深度 Depth//cm	$u + a_1 \sin(b_1 x + c_1)$			$u + a_1 \sin(b_1 x + c_1) + a_2 \sin(b_2 x + c_2)$				
	$b_1$	$T_1 // d$	$r_1$	$b_1$	$b_2$	$T_1 // d$	$T_2 // h$	$r_2$
0	0.002 750	363.7	0.80	0.002 750	1.000 065	363.6	24	0.90
5	0.002 775	360.3	0.90	0.002 777	1.000 069	360.2	24	0.94
10	0.002 760	362.3	0.94	0.002 762	1.000 088	362.1	24	0.95
15	0.002 747	364.0	0.96	-	-	-	-	-
20	0.002 772	360.8	0.97	-	-	-	-	-
40	0.002 699	370.5	0.99	-	-	-	-	-
80	0.002 677	373.6	0.99	-	-	-	-	-
160	0.002 667	374.9	1.00	-	-	-	-	-
320	0.002 674	374.0	1.00	-	-	-	-	-

注: $T_1$ 和 $T_2$ 为曲线变化周期, $r_1$ 和 $r_2$ 为拟合曲线与实际曲线的相关系数

Note: $T_1$  and  $T_2$  are curve change cycle,  $r_1$  and  $r_2$  are correlation coefficients of fitting curve and actual curve

表2 2010年南京北郊地温变化

Table 2 Change of ground temperature in northern suburb of Nanjing in 2010

土壤深度 Soil depth//cm	年极差 Annual range//°C	日极差 Diurnal range//°C
0	68.7	17.9
5	52.5	11.0
10	44.0	6.4
15	39.6	3.9
20	36.1	2.5

2.4 地温的垂直结构 从图2可以看出,随着深度的增加,不同深度土壤的温度日变化峰值出现的时间在后移。将2010年1月2日的地温数据按式(1)进行拟合,结果发现(表3),不论实际测量还是拟合结果,地温峰值出现的时间随着深度的增加逐渐后移;初相位在变小,对应的曲线峰值也将后移。同时,实测值的峰值与谷值之差(即极值差)随深度增

加也在减小,表明地温受太阳辐射产生的日变化幅度在减小。从拟合结果也可以看出,相关系数在逐渐增加,由于地温受除太阳辐射以外的因素影响在减小,正弦趋势逐渐提高。

表3 2010年1月2日南京北郊土壤温度垂直结构

Table 3 Vertical structure of soil temperature in northern suburbs in Nanjing on Jan. 2, 2010

土壤深度 Soil depth//cm	实际测量值 Actual measured value		拟合结果 Fitting results			$r$
	幅值 Amplitude °C	峰值位置 Peaks position	极值差 Extremum difference °C	峰值位置 Peaks position	初相位 Initial phase	
0	15.7	13:30	17.9	14:00	3.243 79	0.93
5	11.4	15:00	11.0	16:00	3.064 95	0.95
10	8.6	16:00	6.4	17:00	2.768 52	0.97
15	7.3	17:30	3.9	19:00	2.571 78	0.98
20	6.7	20:00	2.5	21:00	2.533 63	0.97

### 3 小结

(1) 南京北郊地区表层地温以及浅层地温有明显的季节变化和日变化,呈近似于正弦曲线的变化趋势。

(2) 从地表到 20 cm 深时,地温的日变化逐渐减弱;当深度在 40~320 cm 时,地温日变化已不明显。

(3) 在垂直方向上,各层地温日变化幅值随着深度增加而减小,随着深度的增加峰值出现的时间逐渐滞后。

### 参考文献

- [1] 李兴荣,胡非,孙向明,等. 深圳冬季多层地温日变化特征[J]. 中国科学院研究生院学报,2009,26(3):323-329.
- [2] BOND-LAMBERTY B, WANG C K, GOWER S T. Spatiotemporal measurement and modeling of stand-level boreal forest soil temperatures

[J]. Agricultural and forest meteorology, 2005, 131:27-40.

- [3] ZHANG Y, CHEN W J, SMITH S L, et al. Soil temperature in Canada during the twentieth century: Complex responses to atmospheric climate change[J/OL]. Journal of geophysical research, 2005, 110(3) [2016-09-07]. [http://www.researchgate.net/publication/228761679\\_Soil\\_temperature\\_in\\_Canada\\_during\\_the\\_twentieth\\_century\\_Complex\\_responses\\_to\\_atmospheric\\_climate\\_change](http://www.researchgate.net/publication/228761679_Soil_temperature_in_Canada_during_the_twentieth_century_Complex_responses_to_atmospheric_climate_change). DOI. 10.1029/2004JD004910.
- [4] 汤懋苍,尹建华,蔡洁萍. 冬季地温分布与春、夏降水相关的统计分析[J]. 高原气象, 1986, 5(1):40-52.
- [5] 汤懋苍,张建,王敬香,等. 我国季平均的 0.8 m 地温距平场与后一季降水的相关分析[J]. 气象学报,1988, 46(4):481-485.
- [6] 汤懋苍,张建. 季平均 3.2 m 地温距平场在汛期预报中的应用[J]. 高原气象,1994,13(2):178-187.
- [7] 史学正,邓西海. 我国土壤温度状况[M]//龚子同. 中国土壤系统分类进展. 北京:科学出版社,1993:353-360.

(上接第 210 页)

通过这个平台很好地宣传了他的民宿。

**5.2 返乡模式** 当地居民相较于外来者更熟悉地域文化,也拥有更多的情怀。应该鼓励那些对家乡还持有一份纯真梦想的居民返乡,用心打造他们的世界。以台湾“天空的院子”为例,仅建造了一个自己的房子,却以此吸引了很多当地的大学生回到家乡从事父母的事业,很好地传承当地文化。四川地区乡土文化和旅游资源丰富,然而很多乡村地区出现了大规模的打工潮,以致村里无年轻人耕作与经营,基本都是留守老人和儿童。久而久之,村里很多非物质文化就随着村落的衰退而丢失了。因此,乡村旅游的兴起以及四川民宿的构建应以当地民众的回归建设作为依托,融入特色的乡土文化和休闲模式,培育“西蜀民宿”品牌,打造独特的民宿体系。

**5.3 政府引导与示范模式** 部分地区的民宿势头初发,缺乏信心和经验,此时政府的决心和引导就至关重要。因此应积极开展培训,通过讲解、考察等活动建立民宿产业的认知信心,主动培育先知群体先行尝试。

**5.4 招商模式** 分析地域民宿特征和机遇,建立招商模式,引进相应的农林渔业等产业,挖掘乡村旅游机会,找到招商契机;同时积极结合现有精品景区景点、古镇、风景区等优势资源进行融合发展。

**5.5 农村社区模式** 民宿作为一种人们回归传统生活、享受自然和文化气韵的场所,农村必然是其首选之地,从而在我国实现常态化。但是现代生活要素和规律的不足会影响其持续发展,因此建立一种社区模式进行规范、管理才有利于稳定发展。

**5.6 民宿带动区域发展模式** 民宿是一种文化形态,具有收拢地域文化符号的载体功能,应该与地域文化建设、风貌建设等方面有机结合起来,起到保护、传承和演绎的功能。

模式无定章,却要合理监管,制订相应的束缚条件,甚至乡规民约,才能形成良性产业链。同时,文化的入侵和交融的度的把握也需要谨慎对待。目前,急功近利的大量民宿建

设、产业依托、旅游植入等形态是否会再次造成农村乡土面貌的更改和扭曲尚不得而知。

### 6 总结和展望

前些年,我国经济的高速发展使人们的物质生活得到了较大提高,快速的城镇化进程使我国城市面貌和城市环境焕然一新,但新的城市文化美学和外来美学等因素共同造成了现代人们精神环境上的空虚、城市审美疲劳。近年来,国家加大对乡村的建设与投入,人们开始有了“乡愁”回归情节,对乡村自然景观的审美向往和体验使民宿进入了新一轮发展时期。为大力建设发展美丽新农村,四川乡村旅游的民宿建设已是未来公认的常态。

英国、日本以及我国台湾的民宿发展至今已有几十年的时间,形成了各自不同的风格。我国大陆地区虽然起步较晚,但是拥有非常鲜明的文化特色和风景资源,只要好好开发和利用,一定能在世界民宿之列占有重要地位。

### 参考文献

- [1] 张希. 乡土文化在民宿中的表达形态:回归与构建[J]. 闽江学院学报, 2016,37(3):114-121.
- [2] 陈可石,娄倩,卓想. 德国、日本与我国台湾地区乡村民宿发展及其启示[J]. 开发研究,2016,183(2):163-167.
- [3] 周琼,曾玉荣. 台湾民宿发展分析及其启示[J]. 中国乡镇企业,2013(9):64-68.
- [4] 蒋佳倩,李艳. 国内外旅游“民宿”研究综述[J]. 旅游研究,2014,6(4):16-22.
- [5] 李源. 乡村旅游发展规划理论与实践初步研究[D]. 重庆:重庆师范大学,2014.
- [6] 周林. 农家乐旅游经营模式研究[D]. 南京:南京农业大学,2008.
- [7] 陈沫,齐岩波,刘霞霞. 台湾民宿产业发展及对大陆民宿的经验借鉴[J]. 旅游纵览,2014(10):274-276.
- [8] 陈崇贤. 乡土文化在乡村景观规划设计中的保护与传承[D]. 北京:北京林业大学,2011.
- [9] 杨敏,白廷斌. 乡村旅游对农村产业结构调整 and 优化的影响[J]. 云南民族大学学报(哲学社会科学版),2006,23(2):89-92.
- [10] 邱云美. 乡村旅游发展与农村产业结构调整互动关系研究[J]. 农业经济,2005(12):39-41.
- [11] 陈其兵,杨玉培. 西蜀园林[M]. 北京:中国林业出版社,2009.
- [12] 约翰·奥姆斯比·西蒙兹. 21 世纪园林城市[M]. 刘晓明,越彩君,孙晓春,译. 沈阳:辽宁科学技术出版社,2005:78-79.