

武夷山风景名胜区风景廊道时空分异特征 及其生态影响*

游巍斌¹ 何东进^{1**} 巫丽芸¹ 詹仕华¹ 洪伟¹ 游惠明¹ 陈炳容² 俞建安²

(¹福建农林大学 福州 350002)

(²武夷山风景名胜区管理委员会 武夷山 354300)

摘要 为了解遗产旅游地风景廊道时空变化特征及其生态影响,以武夷山风景名胜区为例,在3S技术支持下,分析了1986年、1997年和2009年风景区建设发展的3个关键时期风景廊道(包括游览步道与行车公路)格局时空变化特征;在样地调查的基础上,构建廊道干扰指数并结合廊道指数探讨廊道对风景区动物、植物及景观环境的影响规律。结果表明:1986年、1997年、2009年风景区风景廊道总长度分别为94.218 km、156.715 km、197.574 km;1986~1997年风景廊道增加以公路为主(增加了64.659 km),而1997~2009年公路增加程度放缓(增加了22.172 km),步道明显增加(增加了18.687 km);1986~2009年间风景区公路建设率从0.31增至0.60,廊道密度从1.34 km/km²增至2.81 km/km²,曲度从1.19增至1.56,不同时期各功能景区风景廊道特征指标各有特点;1986~2009年风景区线点率、连通度和环通度均呈现增加趋势,风景区网络结构趋于复杂,山北景区尤为明显,2009年山北景区的线点率(1.387)、连通度(0.494)及环通度(0.228)均为各景区最大;步道长度、曲度、密度、公路建设率与垃圾量、Shannon-Wiener多样性指数、植物Simpson多样性指数、植物均匀度指数(E2)、景观重要值存在显著相关关系,而网络结构指标与生态环境指标不相关。最后对武夷山风景名胜区风景廊道进行功能分区,并就各分区提出规划设计要点与建议。图3 表6 参29

关键词 武夷山风景名胜区;廊道;格局;时空分异;生态影响

CLC Q149

Temporal-spatial Dynamics of Scenic Corridors and Their Ecological Impacts in the Wuyishan Scenery District, Southeastern China*

YOU Weibin¹, HE Dongjin^{1**}, WU Liyun¹, ZHAN Shihua¹, HONG Wei¹, YOU Huiming¹,

CHEN Bingrong² & YU Jian'an²

(¹Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

(²Administration Committee of the Wuyishan Scenery District, Wuyishan 354300, Fujian, China)

Abstract Scenic corridor is an important corridor landscape in tourism destinations. It is not only the necessary tourist pathway but also a linear interference to landscape matrix. The structure of scenic corridor strongly influences landscape ecological processes. In order to understand the impacts, the Wuyishan Scenery District of Fujian Province, China was selected to study for the temporal-spatial characteristics of scenic corridor (including visit trails and roads), as well as their effects on the landscape, animals and plants of this district, with digital maps from 1986, 1997, and 2009. The result showed that total lengths of the scenic corridors in 1986, 1997 and 2009 were 94.218, 156.725 and 197.574 km, respectively. The roads increased by 64.659 km from 1986 to 1997, and were the main scenic corridor element that increased during the period. From 1997 to 2009, there were only 22.172 km increment for roads, while the length of trails increased by 18.687 km. From 1986~2009, the construction ratio of road increased from 0.31 to 0.60, the density of corridor increased from 1.34 to 2.81 km/km², and curvature increased from 1.19 to 1.56. The ratio of line to node, circuitry and connectivity had an increasing trend during the period of 1986 to 2009, which made network structure more complicated, especially at the mountain's north scenic zone, and the three indices of this zone in 2009 were 1.387, 0.494, 0.228, respectively, all higher than other scenic zones. Visitor trails, curvature, density and construction ratio of road were significantly associated with garbage quantity, Shannon-Wiener diversity index, plant Simpson diversity index, plant evenness index and landscape important value, respectively. Network structure indices didn't significantly affect ecological environment index. In the end, scenic corridors were reclassified to three function

收稿日期: 2011-07-23 接受日期: 2011-09-19

*国家自然科学基金项目(No. 30870435)、福建省科技厅重点资助项目(No. 2009N0009)、教育部博士学科点专项基金项目(No. 20103515110005)和福建省自然科学基金项目(Nos. 2008J0116, 2011J01071)资助 Supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 30870435), the Key Project of Science & Technology Department of Fujian, China (No. 2009N0009), the Special Fund of Ministry of Education of China for Doctoral Program (No. 20103515110005), and the Natural Science Foundation of Fujian (Nos. 2008J0116, 2011J01071)

**通讯作者 Corresponding author (E-mail: fjhdj1009@126.com)

subareas according to the former work and planning designs. Fig 3, Tab 6, Ref 29

Keywords Wuyishan Scenery District; corridor; pattern; temporal-spatial differentiation; ecological effect

CLC Q149

不同于两侧基质的狭长地带被称为廊道^[4],它是景观格局结构[基质(Matrix)—斑块(Patch)—廊道(Corridor)]的重要组成部分之一,其基本功能包括传输通道、屏障和过滤、生境、物种源和汇等^[1-2]。有关廊道的界定与分类不尽相同^[3-4];根据组成内容或生态系统类型可分为森林廊道、河流廊道、道路廊道等;根据景观视觉表现可分为灰色廊道、绿色廊道和蓝色廊道;从功能角度出发又有诸如生物廊道、遗产廊道等等。廊道作为特殊景观基本要素,其结构上既分割景观格局又连通景观单元,体现通道—阻隔的双重性作用;在功能上廊道对于保护生物多样性、自然保护区的设立、城市及道路规划设计、防止水土流失及过滤污染物、资源管理和全球变化等方面具有重要的现实意义^[5-9]。特别在当前人类对环境影响日益加重的大背景下,对廊道结构和功能、保护、设计、建设等领域的研究为解决人类面临的诸多环境问题提供了科学途径。

国外规划设计者基于对旅游地内交通、景观、遗产保护和游憩等多功能有机结合的需要,提出了风景道(Scenic byway)的概念^[10]。目前风景道这一特殊景观道路的概念仍未统一,其研究内容主要集中于概念界定、景观评价、规划设计、营销及管理制度等方面^[11]。我们认为旅游地内能为游客体验自然景观和人文魅力并起交通游览作用的道路形式都可以成为风景廊道(Scenic corridor)。风景廊道的结构强烈影响和制约旅游地的景观生态过程,影响着信息、能量、物质、生物及人类在景观中的运动^[12-13],是景区保护和利用的关键。风景廊道建设及其运营过程为旅游地发展带来利益的同时,又对风景区景观格局造成分割与改变,甚至成为本底景观的旅游污染源,带来诸如环境污染、旅游资源破坏、生态系统破碎、干扰、退化等生态学问题^[14],进而威胁到景区生态环境及旅游发展的可持续性。可见,旅游地风景廊道景观格局研究显得尤为重要。

我国在景观廊道领域作了诸多尝试探索,但在风景廊道方面的研究较为薄弱。有鉴于此,我们以世界文化和自然遗产地武夷山中受自然和人类生态过程作用最为强烈和频繁的风景名胜区为研究对象,选择风景区建设发展的3个关键时间点(1986年、1997年、2009年),开展风景廊道(包括游览步道与行车公路)的时空特征及演变规律分析;从不同功能景区着眼探讨廊道特征及网络结构对风景区动物、植物及景观环境的影响,进而揭示武夷山风景名胜区风景廊道格局与生态过程的作用机理,以期为世界文化和自然双遗地的发展与保护提供理论参考。

1 研究区概况

武夷山世界文化与自然遗产地(117°24'12"~118°02'50"E, 27°32'36"~27°55'15"N)位于我国福建省北部,总面积99 975 hm²,包括东部风景名胜区、中部九曲溪生态区、西部生物多样性区以及城村闽越王城遗址4个保护区,平均海拔1 200 m,

中山地貌,属典型的亚热带季风气候,年平均气温在8.5~18℃,年降雨量一般在1 482~2 150 mm,局部地方高达3 000 mm以上,年蒸发量为1 000 mm左右,相对湿度78%~84%,无霜期253~272 d。它是全球同纬度带最完整、最典型、面积最大的中亚热带原生性森林生态系统,是世界生物多样性保护的关键地区。1987年加入联合国教科文组织(人与生物圈计划),1999年12月被列入《世界文化与自然遗产名录》,是我国继泰山、黄山、峨眉山-乐山大佛之后第4个被列入世界双重遗产名录。研究区其他概况详见课题组前期的研究文献^[15-18]。随着武夷山在国内外知名度的上升,游客量也呈逐年增加趋势(图1),从而给风景区乃至世界遗产保护带来巨大的压力,开展旅游地景观廊道格局及其影响研究迫在眉睫。

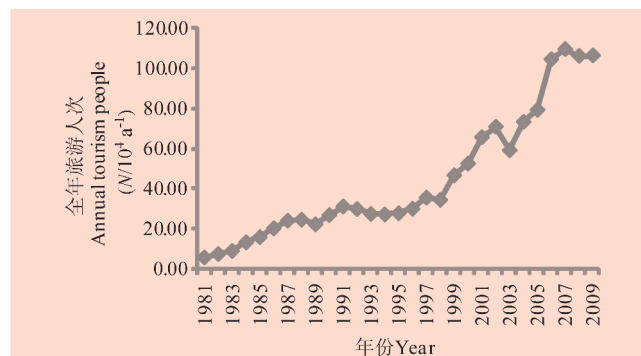


图1 武夷山风景名胜区全年旅游人次

Fig. 1 The number of annual tourists in the Wuyishan Scenery District

2 研究方法

2.1 数据基础

以1986年风景区1:2.5万林业基本图、1997年风景区1:1万林业基本图、《福建省武夷山风景名胜区总体规划》(1983年着手编制,1986年获批)、《福建省武夷山风景名胜区总体规划(修订)》(1998年着手编制,2002年获批)、2009年风景区内1:1万土地利用图作为基础图件资料,运用地理信息系统软件arcgis经地图配准、拓扑建立、编辑后,完成风景区风景廊道(包括步道和公路)矢量化过程,获得风景区1986年、1997年、2009年3个时期风景廊道分布格局。

2.2 廊道格局指数

廊道本身的结构特征影响其生态功能的发挥,对廊道结构的研究应从廊道构成和网络结构两方面进行。选择廊道的长度、密度、曲度和公路建设率等指标进行统计比较来描述廊道构成情况;选用线点率、环度和连通性等指标描述廊道网络的结构特征^[4,8]。

1) 廊道构成指标如下:

$$D=L/A; D_0=L/Q; C=L_2/(L_1+L_2); \quad (1)$$

式中: D 为廊道密度(km/km²); D_0 为曲度; C 为公路廊道建设率; L 为研究区内廊道总长度(km), A 为研究区面积(km²); Q 为初始位置到特定位置的直线距离; L_1 为步道长度, L_2 为公路长度。 D 表征廊道在研究区范围内的疏密程度。

表1 样地植被类型
Table 1 Typical vegetation types in plots

样地号 Sample No.	主要景点 Scenic spot	平均海拔 Altitude (h/m)	坡度 Slope (α°)	植被类型 Vegetation type	样方数 Plot numbers
1	大王峰 Dawang Peak	435	19	阔叶林 Broad-leaved forest	6
2	天游峰 Tianyou Peak	415	25	马尾松林 <i>Pinus massoniana</i> forest	6
3	水帘洞 Shuilian Cave	245	27	竹林 Bamboo forest	6
4	一线天 Yixiantian	174	31	杉木林 <i>Cunninghamia lanceolata</i> forest	6

D_0 衡量生物在景观中两点的移动速度, $D_0 \in [1, 2]$, 其值越大弯曲程度越复杂。C表征风景廊道中公路廊道建设程度, $C \in [0, 1]$, 其值越大表示公路建设越充分。

2) 网络结构指标如下:

$$\beta = M/N; \alpha = H/H_{\max} = (M - N - 1)/(2N - 5); \gamma = M/M_{\max} = M/3(N - 2) \quad (2)$$

式中: β 为线点率; α 为环通度; γ 为连通度; M 为各类型廊道网络中实际存在的连接数; N 为结点数; H 为风景廊道网络中的实际环路数; $H_{\max}$ 为风景廊道网络中最大可能的环路数; $M_{\max}$ 为最大可能的连接廊道数。 $\beta \in [0, 3]$, $\beta = 0$ 表示无网络存在; β 值增大, 网络复杂性增加。 $\alpha \in [0, 1]$, $\alpha = 0$ 表示网络中不存在回路, $\alpha = 1$ 表示网络中已达到最大限度的回路数。 $\gamma \in [0, 1]$, $\gamma = 0$ 说明网络内无连接, 只有孤立点存在; $\gamma = 1$ 表示网络内每一个节点都存在着与其他所有节点相连的连线。

2.3 干扰(生态环境影响)指数

在课题组前期研究及资料收集基础上, 以旅游影响系数、动物多样性指数、植物多样性指数及景观重要值等作为风景区廊道生态影响干扰指数, 并对不同功能景区的干扰指数与廊道格局指数进行相关分析, 用以反映生态环境对廊道格局的响应。

经实地勘察后, 根据海拔梯度和旅游植被景观敏感水平的不同, 沿景区内廊道周边约10~20 m处布设样地, 每一功能景区分别布设6块样地。因溪东旅游服务区为建设用地, 无完整植被群落; 九曲溪景区主要廊道沿线地势陡峭, 难以到达, 均未设样地。每一块样地面积为600 m² (20 m × 30 m), 测定并记录每一块样地的海拔、坡向、坡位、坡度和群落类型等因子(表1), 采用相邻格子法进行调查, 对样方内出现的木本植物进行每木检尺(根据实地踏查选择乔木起测径阶 ≥ 2 cm), 记录其种名、胸径、树高、冠幅和枝下高。在每一个乔木样方中设置1个5 m × 5 m和1 m × 1 m的样方调查灌木和草本, 记录种类、数量、高度、盖度等指标。旅游影响系数是一种反映旅游活动对植被景观的干扰程度和景区旅游管理水平的有效指标, 旅游影响系数越大, 说明其受影响愈大, 旅游管理质量越差。记录各样地内枝下高、垃圾量、刀刻量等等环境状况指标, 以此为旅游影响系数表征指标。

物种多样性信息指数表示物种的丰富度和各物种组成的均匀性程度。一般而言, 信息指数愈大, 表示物种多样性愈大, 生态环境质量愈好。选取鸟类Shannon-Wiener多样性指数、鸟类均匀度指数、生态优势度指数及鸟类物种数等作为动物多样性指数的表征指标; 选择植物Shannon-Wiener多样性指数、植物Simpson多样性指数及植物均匀度指数等作为表征植物多样性的指标, 各指数计算公式详见文献[17~19]。

景观重要值(Landscape important value, 简称为LIV)^[20]是以物种多样化、群落结构和美学因素来反映自然地理因素

和旅游活动对植物群落生态环境的影响程度。群落景观重要值越大, 说明该群落的旅游价值越大, 生态环境越好。计算公式为:

$$LIV = X_1 + X_2 + X_3 \quad (3)$$

式中: LIV为景观重要值, X_1 为相对物种系数=样地物种数/景区总种数; X_2 为相对树高系数=样地平均树高/最高树高; X_3 为乔木相对冠幅系数=乔木平均冠幅/最大冠幅。

3 结果与分析

3.1 武夷山风景名胜功能区分区

风景廊道作为风景区基础设施的重要组成部分, 其基本功能是连接风景区外围区域及连接风景区内各个旅游景点, 起引导交通、游览的作用。风景区道路建设是充分利用区域旅游资源、发展旅游业的重要前提。根据武夷山风景名胜区内风景廊道特点, 将其分为游憩步道和车行公路两类。

风景区内各功能景区景观特点及旅游体验不尽相同, 风景廊道在功能景区内建设和结构存在差异。《总体规划》根据风景资源的差异性及风景资源地域的完整性, 从有利于景区游览、内部服务设施安排及景区建设和行政管理便利的角度来划分景区。为便于风景区廊道格局的比较研究, 在风景区总体规划的基础上, 进一步考虑风景区地形特征(山脊和山谷)对功能景区重新分区, 新划分的功能景区与原总体规划中划分的景区名称、功能一致, 但面积有所扩大。风景区可划分为山北景区、溪南景区、云窝天游桃源洞景区、溪东旅游服务区、武夷宫景区、九曲溪景区等6大功能景区, 其周长、面积、景区特色与旅游功能见表2。不同时期风景廊道在各功能景区内分布格局如图2所示。

3.2 廊道构成特征及其变化特点

武夷山风景名胜区不同时期风景廊道构成特征及变化见表3。风景廊道总长度在1986年、1997年、2009年分别为94.218 km、156.715 km、197.574 km。1986年步道长度为公路长度的2.2倍, 而1997年和2009年公路长度分别为步道的1.5倍、1.4倍。1986~1997年风景廊道增加以公路为主, 公路增加64.659 km, 步道减少了2.162 km; 1997~2009年公路增加较1986~2009年放缓, 增加了22.172 km, 而这一阶段步道却明显增加, 增加了18.687 km。各功能景区风景廊道在1986~2009年近24年间均呈增加趋势, 山北景区增加最多(增加了27.384 km), 武夷宫景区增加最少(仅增加8.339 km)。从步道与公路构成来看, 1986年山北景区、溪南景区、云窝天游桃源洞景区的旅游步道长度均大于公路长度, 其他景区则呈现步道长度小于公路, 此时期风景区还未开展旅游建设, 区内步道和公路多为满足当地居民生产生活所需的原先存在的道路。1997年和2009年各景区的公路建设均有不同程度增加, 溪南景区公路长度均超过了步道长度; 1986~1997年公路增

表2 武夷山风景名胜区功能景区分区
Table 2 The function scenic regions in the Wuyishan Scenery District

功能景区 Function scenic region	周长 Perimeter (l/km)	面积 Area (A/km ²)	风景区 内位置 Location	景区特色及旅游功能 Features and functions in different scenic regions
山北景区 The North Mountain Scenic Zone	20.33	19.36	北部 North	以天心永乐寺、大红袍、水帘洞、莲花峰等为特色景点; 以丹霞地貌峰峦及岩体景观为基础, 部分地区突出佛教文化内涵, 部分地区突出乡村自然风貌。拟规划增设山地体育活动内容 The characteristic scenery spots are Tianxinyongle Temple, Dahongpao, Shuilian Cave and Lianhua Peak etc. It has ridges and peaks of Danxia landform, and landscape of rock as the foundation. Some areas highlight the cultural connotation of buddhism, and some highlight the natural style of country. It is going to plan to set programs of mountainous sports
溪南景区 The South Stream Scenic Zone	17.95	15.24	南部 South	以一线天、虎啸岩为特色景点; 具有优美的生态环境条件, 拟建动植物专园于此 The characteristic scenery spots are Yixiantian and Huxiao Crag. It has the beautiful environment and good ecological condition, and it is going to build special gardens of animals and plants
云窝天游桃源洞景区 The Yunwo-Tianyou Peak-Taoyuan Cave Scenic Zone	14.84	9.26	中心 部位 Core position	以云窝、天游、桃源洞、三仰峰等为特色景点; 集武夷山丹霞地貌的山水文化景观精华为一体 It contains characteristic scenery spots such as Yunwo, Tianyou Peak, Taoyuan Cave and Sanyang Peak etc. It has both mountainous cultural essence and watery cultural essence of the Wuyi Danxia landform
溪东旅游服务区 The Travel Service Zone	18.97	12.00	东部 East	风景区大型服务功能区; 餐饮、酒店、游乐中心、影剧院、运动场所、歌舞厅、茶室等旅游服务集中于此, 也称度假区 It is a multiply functional service zone which contains restaurant, hotel, amusement center, theatre, athletic place, dancing hall and tea room etc. It is also called holiday resort
武夷宫景区 The Wuyi Palace Scenic Zone	11.93	5.57	主入 口处 Main entrance	以武夷宫、大王峰、幔亭峰、宋街等为特色景点; 本区是风景区的门户, 体现武夷山文化景观的内涵及丹霞地貌景观风貌 This part which contains the Wuyi Palace, Dawang Peak, Manting Peak and Song Street as the characteristic scenery spots is the portal of scenery district. It shows the connotation of Wuyi cultural landscape and landscape of Danxia landform.
九曲溪景区 The Jiuqu Stream Scenic Zone	17.03	8.97	中部 Center	以九曲清溪、玉女峰、晒布岩等为特色景点。以竹筏漂流的形式领略九曲溪两岸九曲十八弯、峰峰水抱流的鬼斧神工, 是武夷山最具特色的精华景区 The most unique sceneries in the Wuyi mountain should be Jiuqu River, Yunü Peak and the Shaibu Crag. When floating on a bamboo raft, you would enjoy the beautiful river decorated with several bends and the smart mountain embraced with water
总风景区 Wuyishan Scenery District	45.10	70.40	/	/

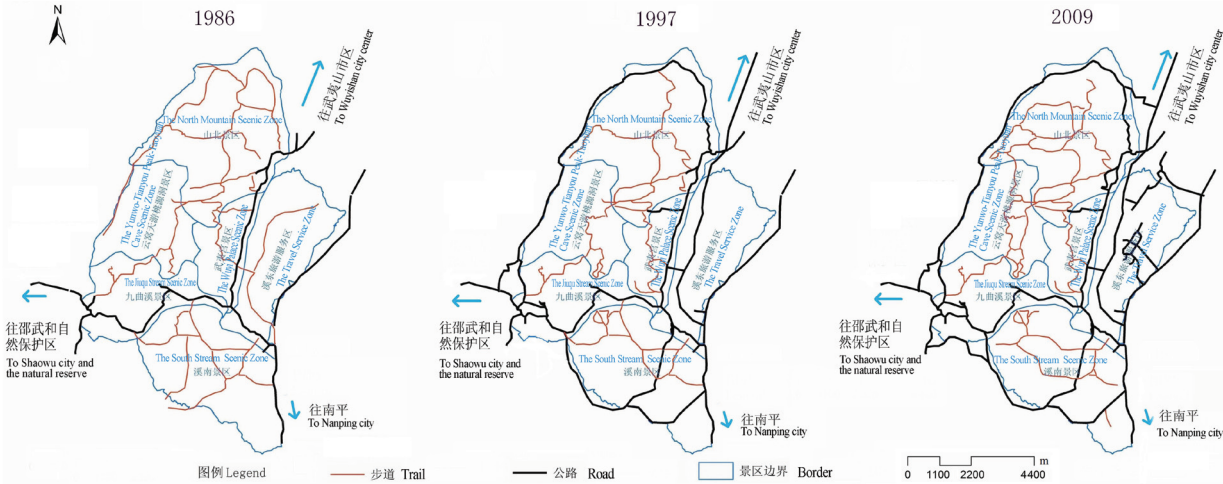


图2 1986年、1997年、2009年武夷山风景名胜区风景廊道格局分布
Fig. 2 The landscape pattern of the scenic corridors in the Wuyishan Scenery District in 1986, 1997 and 2009

加最多的为山北景区(增加了16.191 km), 其次为溪东旅游服务区(增加了13.737 km), 最少的为武夷宫景区(增加了6.048 km), 而1997~2009年溪东旅游服务区公路增加最多, 增加了11.082 km, 溪南景区、云窝天游桃源洞景区和武夷宫景区没有变化。1986~1997年云窝、天游、武夷宫等景区开发力度增加, 为满足日益渐增的游客需求, 在新建风景廊道的同时, 也对原先步道进行扩建, 改建, 部分步道因此变为公路。期

间云窝天游桃源洞景区步道增加最多(增加了5.782 km), 而山北、溪南、溪东旅游服务区步道长度均减少, 溪东服务区减少最多(减少了4.936 km)。1997~2009年山北景区步道增加最多, 增加了13.094 km, 这与在此期间风景区重点开发建设山北景区密切相关。

公路建设率是指公路在风景廊道中所占的比率, 公路相对与步道来说对原始自然环境影响大, 干扰、分割作用大大

表3 1986年、1997年、2009年武夷山风景名胜区风景廊道构成特征表

Table 3 The composition feature of the scenic corridors in the Wuyishan Scenery District in 1986, 1997 and 2009

年份 Year	景区 District	L_1	L_2	L_1+L_2	S	D_0	D	C
1986	山北景区 The North Mountain Scenic Zone	27.604	3.483	31.087	26.958	1.15	1.61	0.11
	溪南景区 The South Stream Scenic Zone	16.076	3.349	19.425	15.061	1.29	1.27	0.17
	云窝天游桃源洞景区 The Yunwo-Tianyou Peak-Taoyuan Cave Scenic Zone	6.659	0	6.659	5.989	1.11	0.72	0.00
	溪东旅游服务区 The Travel Service Zone	7.306	8.008	15.314	13.285	1.15	1.28	0.52
	武夷宫景区 The Wuyi Palace Scenic Zone	3.221	4.517	7.738	6.919	1.12	1.39	0.58
	九曲溪景区 The Jiuqu Stream Scenic Zone	3.911	10.084	13.995	11.151	1.26	1.56	0.72
	总景区 Wuyishan Scenery District	64.777	29.441	94.218	79.363	1.19	1.34	0.31
1997	山北景区 The North Mountain Scenic Zone	23.218	19.674	42.892	27.837	1.54	2.22	0.46
	溪南景区 The South Stream Scenic Zone	13.256	14.492	27.748	23.945	1.16	1.82	0.52
	云窝天游桃源洞景区 The Yunwo-Tianyou Peak-Taoyuan Cave Scenic Zone	12.441	7.172	19.613	8.112	2.42	2.12	0.37
	溪东旅游服务区 The Travel Service Zone	2.37	21.745	24.115	15.182	1.59	2.01	0.90
	武夷宫景区 The Wuyi Palace Scenic Zone	5.512	10.565	16.077	9.566	1.68	2.89	0.66
	九曲溪景区 The Jiuqu Stream Scenic Zone	5.818	20.452	26.27	14.263	1.84	2.93	0.78
	总景区 Wuyishan Scenery District	62.615	94.1	156.715	98.905	1.58	2.23	0.60
2009	山北景区 The North Mountain Scenic Zone	36.312	22.159	58.471	36.43	1.61	3.02	0.38
	溪南景区 The South Stream Scenic Zone	13.468	14.492	27.96	24.148	1.16	1.83	0.52
	云窝天游桃源洞景区 The Yunwo-Tianyou Peak-Taoyuan Cave Scenic Zone	17.839	7.172	25.011	12.811	1.95	2.70	0.29
	溪东旅游服务区 The Travel Service Zone	4.446	32.827	37.273	24.73	1.51	3.11	0.88
	武夷宫景区 The Wuyi Palace Scenic Zone	5.512	10.565	16.077	9.38	1.71	2.89	0.66
	九曲溪景区 The Jiuqu Stream Scenic Zone	3.725	29.057	32.782	19.114	1.72	3.65	0.89
	总景区 Wuyishan Scenery District	81.302	116.272	197.574	126.613	1.56	2.81	0.59

L_1 : 步道长度 (km); L_2 : 公路长度 (km); L_1+L_2 : 风景廊道长度 (km); D_0 : 曲度; S : 直线长度 (km); D : 廊道密度 (km/km²); C : 公路建设率

L_1 : Length of trails (km); L_2 : Length of roads (km); L_1+L_2 : Length of scenic corridors (km); D_0 : Curvature; S : Length of line (km); D : Density of scenic corridors (km/km²); C : Construction ratio of road

强于游览步道^[10]。因此,采用公路建设率能反映风景区公路建成对自然环境的改变及影响程度大小。1986年各景区公路建设率普遍偏低,风景区公路建设率仅为0.31,星村镇区居民生活需要所修建的公路通过九曲溪景区,因此九曲溪景区的公路建设率最高,达0.72。1997年风景区道路建设率达0.60,2009年基本维持在这一比率,但公路绝对长度比1997年增加了22.172 km。另外,1986~1997年溪东旅游服务区公路增加最为显著(增加了13.737 km),是1997~2009年该景区公路增加的1.24倍。

随着风景区旅游发展及相应规划建设的实施,廊道密度不断提高,1986~2009年廊道密度从1.34增加到2.81。1986年溪南景区风景廊道曲度(1.29)最大,这主要是溪南景区位于武夷镇、兴田镇、星村镇的交界的特殊交通位置,道路复杂;云窝天游桃源洞景区此时也未充分开发,因而此景区风景廊道曲度最小(1.11)。1986年各功能景区间差异不大,标准差仅为0.07;1997年云窝天游桃源洞景区曲度(2.42)最大,至2009年曲度(1.95)虽有所降低,但依然为各景区最大;1997年和2009年溪南景区曲度(1.16)均最小,这两个时期标

准差分别为0.38和0.24。廊道密度与廊道长度与景区面积有关,1986年山北景区廊道密度(1.61)最大,而1997年和2009年廊道密度最大的景区都是九曲溪景区,分别为2.93和3.65。1999年武夷山被联合国教科文组织列为世界文化和自然双遗产地,精华景点九曲溪的独特魅力更使游人趋之若鹜,游客量剧增要求对通往竹筏码头的公路进行新、扩建,同时星村镇区因旅游发展,经济收入提高,镇区建设明显,从而使得九曲溪上游处公路密度明显提高。

3.3 廊道网络结构及其变化特点

在3个时期的廊道格局分布图(图2),中对风景廊道网络的连线数目、节点数目进行测定,进而计算线点率、连通度和环通度等网络结构指标(表4)。1986~2009年风景区线点率、连通度和环通度均呈现增加的趋势,表明风景区近24年来网络结构趋于复杂,但各功能景区网络结构变化特点存在差异。1986年山北景区线点率(1.120)最高,1997年则为溪南景区(1.286)最高,2009年山北景区又为最高,达1.387,说明山北景区网络结构较复杂,每一节点的平均连线数高,游客游道选择路线多,游览效率高。1986年云窝天游桃源洞景区

表4 1986年、1997年、2009年武夷山风景名胜区风景廊道网络结构

Table 4 The network structure of the scenic corridors in the Wuyishan Scenery District in 1986, 1997 and 2009

功能景区 Function scenic region	结点(N) Node			连接线(M) Line			线点率(β) Ratio of line to node			连通度(γ) Connectivity			环通度(α) Circuitry		
	1986	1997	2009	1986	1997	2009	1986	1997	2009	1986	1997	2009	1986	1997	2009
山北景区 The North Mountain Scenic Zone	25	20	31	28	22	43	1.120	1.100	1.387	0.406	0.407	0.494	0.089	0.086	0.228
溪南景区 The South Stream Scenic Zone	17	21	24	19	27	28	1.118	1.286	1.167	0.422	0.474	0.424	0.103	0.189	0.116
云窝天游桃源洞景区 The Yunwo-Tianyou Peak-Taoyuan Cave Scenic Zone	5	13	19	4	13	20	0.800	1.000	1.053	0.444	0.394	0.392	0.000	0.048	0.061
溪东旅游服务区 The Travel Service Zone	6	13	29	5	12	33	0.833	0.923	1.138	0.417	0.364	0.407	0.000	0.000	0.094
武夷宫景区 The Wuyi Palace Scenic Zone	9	13	13	8	13	13	0.889	1.000	1.000	0.381	0.394	0.394	0.000	0.048	0.048
九曲溪景区 The Jiuqu Stream Scenic Zone	11	15	16	10	18	20	0.909	1.200	1.250	0.370	0.462	0.476	0.000	0.160	0.185
总风景区 Wuyishan Scenery District	62	81	116	63	91	141	1.016	1.123	1.216	0.350	0.384	0.412	0.017	0.070	0.115

连通度最高(0.444),这是因为1986年时期云窝、天游、桃源洞等景点是风景区主要对外开发和重点建设的精华景区,几乎所有来武夷山旅游的游客均会选择游览该景区,1986年该景区旅游人次(204 038人次/年),远高于除九曲溪(171 876人次/年)以外的其他景区;1986~2009年云窝天游桃源洞景区的连通度下降了0.052,且在1986~1997年下降较多。1997~2009年云窝天游桃源洞景区增加的旅游人次是1986~1997年间该景区增加旅游人次的5.2倍,但因该景区面积小,旅游容量有限;溪南景区从1986年仅68 861人次/年增加到2009年的1 296 876人次/年,超过同期云窝天游桃源洞景区(1 030 520人次/年)的旅游人次。随着功能景区的逐步开发及游客量增加,各景区网络结构也相应发生变化,1997年溪南景区连通度最高,为0.474,2009年山北景区连通度最大,为0.494。武夷山申报世界遗产成功后,管委会对风景区旅游规划有了新的认识,也意识到云窝、天游、武夷宫等精华景点旅游承载力有限,意图开发山北景区谋取新的旅游增长点,以实现分流精华景区游客数量、缓解精华景区的旅游压力,对各功能景区内的道路进行了新的规划建设。故云窝天游游客增加量放缓;武夷宫景区1997~2009年间游客减少了105 249人次/年,是申报世遗后唯一出现游客负增长的功能景区。

环通度体现廊道的回路状况。1986年风景区环通度仅为0.017,云窝天游、溪东服务区、武夷宫景区、九曲溪景区环通度均为0,表明这4个功能景区内无回路,此时风景区还处在刚开发建设之始,风景区道路建设不完善,游客入景区内游玩大都需要通过原路返回,这也表明1986年风景区内廊道对与发展旅游不尽合理,需要科学规划设计。1997年是风景区环通度增加至0.07,道路建设逐渐完善,此时溪南景区环通度最高,达0.189,但仍有从南平市至武夷山市、从邵武市至武夷山市的过境公路穿越风景区,客观上造成风景区无法封闭管理,旅游组织不完善,影响旅游质量。2009年风景区环通度继续增加,道路建设更加完善合理,每一个功能景区都有回路存在,给游客游览提供更多的游道选择,此时山北景区的线点率、连通度及环通度(0.228)均为各景区最大,可见,风景区对山北景区的开发力度的加大。另外,环景公路建设完毕,使邵武至武夷山方向的车辆通过环景公路接南武公路进入市区,使风景区避免了过境车辆的影响,并通过专用车辆进行内部交通运输。

3.4 廊道演变格局对生态的影响

旅游地廊道为游客感受自然景观、领略人文魅力提供了便利,它在发挥传输通道作用的同时,(特别是关键节点)也成为对风景区本底环境的干扰源,廊道建设带来游客可达性提高是否会对风景区动植物及生态环境造成影响值得关注。为此,以不同功能景区为样本,选择从动物多样性(以鸟类为例)、植物多样性、人为环境破坏及景观重要值等方面探讨廊道演变格局与生态环境的关系(表5)。

在对风景廊道特征及结构指标进行筛选的基础上,选择步道、曲度、密度、公路建设率、线点率、连接度、环度等7个指标与动植物多样性指数、景观重要值等11个生态环境指标进行相关分析(表6)。景观重要值与曲度和密度的相关系数分别为0.88和0.91,表明风景区廊道越弯曲或密集之处

的景观重要值也越高,这与风景区为满足游客游览观光的需要,通常在选择突出或优美的自然景观周边建设游览步道,并通过适当增加曲度延长游客感知的实际情况相符;步道长度与垃圾量相关系数达0.86,这主要是因为步道越长游客滞留时间越多,增加了游客丢弃垃圾的机会。密度与枝下高正相关(0.93),这可能是因为廊道密度越大的功能景区内,游客较密集,步道周边的乔木受到游客折枝的机率也大。公路建设率与植物Shannon-Wiener多样性指数(S_p)、植物Simpson多样性指数(P)及植物均匀度指数(E_j)相关系数分别为0.88、0.92和0.90。而线点率、连通度、环度均与11个生态环境指标均不相关,这表明从相关系数分析上看风景廊道网络结构指标对风景区旅游生态环境影响均不显著,但也不足以说明生态环境功能对廊道网络就无响应,为此需要探索更为可行的研究方法对廊道网络指标与生态过程间可能存在的作用机理加以验证。鸟类多样性指数与廊道指标不相关。可能原因有:一是,影响鸟类群落多样性因素很多,特别明显的季节差异影响取样结果;二是,鸟类不同于爬行类动物需要通过地面迁移,风景区廊道对鸟类迁徙的阻碍作用有限。因此,今后若能结合长期监测资料则更有利于揭示廊道格局对鸟类可能存在的生态影响规律。

3.5 风景廊道功能分区

风景廊道是旅游地内重要的基础设施。布局合理、建设良好、符合审美的游步道会提升旅游地的文化品位,提高旅游感官质量,对具有自然、历史文化特性的遗产地来说更是如此。根据前文研究结果并结合风景区廊道设计理论,从空间组合、道路布局、景观风貌、人文特色等着眼,将武夷山风景名胜区风景廊道按功能特性划分为生态旅游拓展廊道、遗产精华体验廊道、内外交通引导廊道3个功能廊道区,并就各区提出规划设计要点与建议(图3)。(1)生态旅游拓展廊道:以探索自然、亲近自然、沐浴山林为主并以提高风景区旅游潜力为目标的风风景廊道。规划设计应因势而为,形式上要有曲直变化以求贴近自然,同时考虑游道长度与坡度,恰当间距设休憩点,以免游人易产生疲乏感而降低继续旅游的意愿。生态旅游拓展廊道多设于森林繁茂处,游道宽度上宜窄不宜宽,使其对生物活动的阻隔降至最低。(2)遗产精华体验廊道:以集中体验武夷山最精华的人文景观内涵及丹霞地貌特色景观内涵为目的的风风景廊道。规划设计上要与景点的人文与自然景观相协调,拆除一切不符景观协调性的构件,在条件许可的范围内对某些道路适当拓宽,增加与其他景区的连通度,缓解游客超负荷对精华景区的影响,特别在游客密集的廊道结点处,建议适当建设栅栏和缓冲区以减少游客对草坪及景区小品的践踏与破坏。同时,增设旅游文明提示牌,提高游人文明旅游的感知频度,避免自然文化景观功能退化或受损。(3)内外交通引导廊道:以科学引导景区内外车辆通行并兼具欣赏武夷山总体风貌功能为目的的风风景廊道。道路选址上需结合地形地势选址,尽可能利用老路,保持原貌,最大程度发挥廊道通道作用的同时降低廊道阻碍对生物的负面影响,必要结点处设置架桥、涵洞。道路靠山体一侧易发生塌方、滑坡的路段,要有护坡、挡墙,结合斜坡绿化进行分段分层设计,避免高大水泥灰墙破坏自然

表5 武夷山风景名胜各功能景区生态环境指数表
Table 5 Ecological environment indices in the Wuyishan Scenery District

功能景区 Function scenic region	鸟类多样性① Diversity of birds			植物多样性 ^[17-18] Diversity of plants				旅游影响系数 ^[17-18] Tourism effect coefficient			LIV ^[18]
	S_1	E_1	D_1	S	S_2	P	E_2	H	R	K	
山北景区 The North Mountain Scenic Zone	1.3	0.51	0.42	18	1.3	0.644	0.7473	3.013	183	5	0.9355
溪南景区 The South Stream Scenic Zone	3.12	0.82	0.07	10	1.123	0.6509	0.7339	3.479	0	0	0.7221
云窝天游桃源洞景区 The Yunwo-Tianyou Peak-Taoyuan Cave Scenic Zone	2.93	0.79	0.09	12	0.6971	0.3468	0.4904	3.152	63	0	0.9361
溪东旅游服务区 The Travel Service Zone	2.33	0.77	0.18	\	\	\	\	\	\	\	\
武夷宫景区 The Wuyi Palace Scenic Zone	2.98	0.81	0.07	35	2.17	0.8771	0.9113	3.227	51	17	0.8651
九曲溪景区 The Jiuqu Stream Scenic Zone	3.42	0.88	0.05	\	\	\	\	\	\	\	\

S_1 : 鸟类Shannon-Wiener多样性指数; E_1 : 鸟类均匀度指数; D_1 : 生态优势度指数; S : 物种数; S_2 : 植物Shannon-Wiener多样性指数; P : 植物Simpson多样性指数; E_2 : 植物均匀度指数; H : 枝下高(m); R : 垃圾量; K : 刀刻量; LIV: 景观重要值。①数据来源于福建师范大学生命科学学院与管委会监测中心合作的《武夷山世界自然和文化地风景名胜区及九曲溪生态保护区鸟类资源监测报告(2007-2008年)》, 根据《报告》中6条调查线路在风景区内的地理分布, 将6条线路归并到相应6个功能景区中, 从而获得景区样本数据

S_1 : Diversity index of Shannon-Wiener on birds; E_1 : Evenness index on birds; D_1 : Dominance index on birds; S : Number of species; S_2 : Diversity index of Shannon-Wiener on plants; E_2 : Evenness index on plants; H : Clear length (m); R : Waste volume; K : Cutting; LIV: Landscape important value. ① Data is from Report for Bird Resources on Wuyishan Scenery District and Jiuqu Stream Ecological Preservation Area in the Cultural and Natural Site, Wuyi Mount (2007-2008), which is completed jointly by School of Life Science, Fujian Normal University and Monitoring Center, Administration Committee of the Wuyishan Scenery District. In accordance with geographical distribution of six survey lines in the report, lines are classified into six function scenic regions to get sample datum for six scenic zones

表6 武夷山风景名胜区风景廊道格局与生态环境的相关关系
Table 6 Correlation coefficient of scenic corridor pattern and ecological environment in the Wuyishan Scenery District

	L_1	D_0	D	C	β	γ	α
S_1	-0.77	0.04	-0.09	0.34	-0.59	-0.39	-0.45
E_1	-0.89*	0.01	-0.02	0.50	-0.63	-0.45	-0.53
D_1	0.82	-0.04	0.14	-0.34	0.72	0.54	0.6
S	-0.40	0.29	0.57	0.71	-0.36	-0.21	-0.29
S_2	-0.41	-0.06	0.33	0.88*	-0.23	-0.09	-0.16
P	-0.34	-0.37	0.09	0.92*	-0.04	0.07	0.02
E_2	-0.28	-0.38	0.12	0.90*	0.01	0.12	0.08
H	-0.66	-0.71	0.93*	0.47	-0.38	-0.46	-0.4
R	0.86*	0.35	0.76	-0.42	0.72	0.79	0.74
K	-0.4	0.23	0.52	0.75	-0.34	-0.19	-0.27
LIV	0.49	0.88*	0.91*	-0.54	0.13	0.2	0.14

* $P<0.05$; ** $P<0.01$

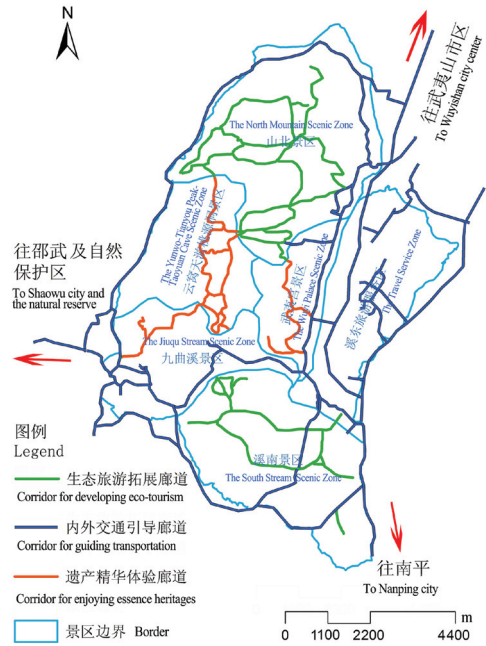


图3 武夷山风景名胜区风景廊道功能分区
Fig. 3 The function subarea of the scenic corridors in the Wuyishan Scenery District

景观美感. 宜适地适树选择道路绿化树种, 考虑树种季相变化、科学设置树种配置高矮或间隔, 以免阻挡游客欣赏武夷风貌的视觉, 特色景源处更需如此. 目前我国还没有专门用于旅游公路设计的规范和标准, 考虑到旅游公路的特点和设计要求有别于一般公路, 制定专门的旅游风景廊道设计规范和标准显得尤为必要.

3.6 风景廊道规划设计要点与建议

由于遗产旅游地的特殊性与独特性, 其内风景廊道的建设更应注重遗产内涵的体现及科学性的规划设计. 首先, 对于遗产地的风景廊道建设必须始终以世界遗产保护的“真实性和完整性”原则^[21]为准则, 对于一切有损遗产地真实性和完整性的景观廊道(特别是行车公路)建设必须严格禁止. 其次, 遗产地风景廊道的开发建设过程中应该关注历史文化底蕴、地域传统文化特色与自然景观结合, 即要重视廊道景观结构的合理性, 确保自然遗产保护的完整性和历史文化信息感知的连续性. 再则, 不同旅游地资源、位置、面积、地形、地貌、接待游人数量的不同, 对游步道规划的长度、面积、容量要求则有所差异^[22], 风景廊道建设需要结合旅游地实际情况, 在充分发挥其功能的基础上, 从选材、形状、空间、秩序、颜色等方面进行合理的规划建设, 追求双遗产地生态性和审美性的最佳效果. 此外, 较近景点间的游

步道应尽量延长,通过增加游道曲度,避免产生局促感,增强游客的期待心理;风景区及功能景区内应形成环路,使游人不走回头路就能欣赏新的景观,提高游廊效率;提高线点率及连通度等引导游人有序流动,在约束游客游览随意性的同时也减少了游人对旅游资源破坏的可能性,保护了生态环境。

4 讨论

道路是人类对自然界产生干扰的一种方式,直接或间接影响生态系统的结构和功能,其影响尺度从种群一直到景观^[23],风景廊道同样如此。早期有关道路生态影响的研究主要集中于道路对野生动物行为及道路径流等理化环境或过程的影响;随着景观生态学和道路生态学的发展,道路研究逐渐转向大景观尺度或区域、国家尺度领域,也更加关注动植物栖息环境的破坏、影响物种的传播和迁移、污染与灾害、经济效应,生态安全与风险、景观破碎化和边缘效应等领域。本文选择武夷山世界双遗产地中受道路干扰明显的风景名胜区内为研究对象,分析风景廊道格局变化与旅游发展规划建设之间的关系,并在前期课题组研究基础上,着眼于风景名胜区内这类小景观尺度,探讨廊道格局与生态响应,尝试以功能景区为样本进行了实地调查取样来解决小尺度景观上廊道生态响应指标不足的问题,可为旅游地风景廊道领域研究提供一些启示。但不足之处主要有:第一,依然未摆脱廊道生态响应研究中,生态影响评价的量化指标多采用大尺度上景观格局指数^[24],干扰效应评价的量化指标多采用小尺度上动植物生理特征指标的困境^[25];第二,因研究起始时间限制,未能在相应时间序列上调查收集生态影响指标,仅以2009年对应的生态影响指标进行廊道生态影响研究,解释能力有限,而今后长期的定位监测是解决此问题的有效途径;第三,目前对廊道功能的研究大多限于廊道的通道功能,对其他功能尤其是廊道的阻隔作用较少理会^[26],这也一直是廊道研究领域的薄弱环节。

本研究结果表明风景区网络结构指标与生态环境影响指数不相关,这与刘世梁对澜沧江流域道路网络特征生态干扰的研究结果^[27]相似。这主要是因为生态系统在较小的尺度变化存在一定的影响效应积累及时滞问题,可能导致了相关性较差,但也无法得出它们之间不存在相互作用的结论。今后研究的重点是建立系统而具有可操作性的理论及调查方法,探索廊道网络结构与生态环境的生态过程作用机理,构建与景观格局指数密切相关的廊道干扰效应指标^[28],综合评价风景道的生态影响,为优化旅游地道路网络建设提供系统而可靠的科学依据。

References

- Forman RTT, Godron M. Landscape Ecology. New York, USA: Wiley, 1986
- Zhang SC (张仕超), Shang H (尚慧), Xiu WN (修维宁), Wei CF (魏朝富). Impacts of construction of rural roads on local landscape patterns. *J Southwest Univ Nat Sci* (西南大学学报自然科学版), 2010, **32** (11): 89~97
- Forman RT. Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States. *Conserv Biol*, 2000, **14** (1): 31~35
- Cai CJ (蔡婵静), Zhou ZX (周志翔), Chen F (陈芳), Zheng ZM (郑志明). The landscape patterns of the green corridors in Wuhan City, China. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 2006, **26** (9): 2996~3004
- Li ZL (李正玲), Chen MY (陈明勇), Wu ZL (吴兆录). Research advances in biological conservation corridor. *Chin J Ecol* (生态学杂志), 2009, **28** (3): 523~528
- Yu KJ (俞孔坚), Xi XS (奚雪松). The definition of the grand canal heritage corridor based on the genesis perspectives. *Progr Geogr* (地理科学进展), 2010, **29** (8): 975~986
- Joanna HF, Douglas JL, Jerome AH. Habitat corridors function as both drift fences and movement conduits for dispersing flies. *Oecologia*, 2005, **143** (4): 645~651
- Ma MG (马明国), Cao Y (曹宇), Cheng GD (程国栋). Oasis corridor landscape in arid regions: A case study of Jinta Oasis. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 2002, **13** (12): 1624~1628
- Li YH (李月辉), Feng X (冯秀), Zhou R (周锐), Hu ZB (胡志斌). Spatial pattern of tourism resources in Liaoning Province based on roads network. *Chin J Ecol* (生态学杂志), 2006, **25** (8): 963~968
- Chen LD (陈利顶), Wang JP (王计平), Jiang CL (姜昌亮), Zhang HP (张海萍). Quantitative study on effect of linear project construction on landscape pattern along pipeline. *Sci Geogr Sin* (地理科学), 2010, **30** (2): 161~167
- Federal Highway Administration. National Scenic Byways Study (Pub. PD-91-010). Washington, USA: U. S. Department of Transportation, 1991
- Yu Q (余青), Wu BH (吴必虎), Liu ZM (刘志敏), Hu XR (胡晓冉), Chen LL (陈琳琳). Literature review on scenic byway research and planning practice. *Geogr Res* (地理研究), 2007, **26** (6): 1274~1284
- Xiao DN (肖笃宁). The formation and development of modern landscape science. *Sci Geogr Sin* (地理科学), 1999, **19** (4): 379~384
- Li YF (李玉凤), Liu HY (刘红玉), Zheng N (郑国), Cao X (曹晓). A functional classification method for examining landscape pattern of urban wetland park: A case study on Xixi Wetland Park, China. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 2011, **31** (4): 1021~1028
- Liu S L, Cui BS, Dong SK, Yang ZF, Yang M, Holt K. Evaluating the influence of road networks on landscape and regional ecological risk - A case study in Lancang River Valley of Southwest China. *Ecol Eng*, 2008, **34** (2): 91~99
- He DJ (何东进), Hong W (洪伟), Hu HQ (胡海清), Chen BR (陈炳容), Wang GL (王果里). Study on the spatial pattern of the Wuyishan Scenery District. *Sci Sil Sin* (林业科学), 2004, **40** (1): 174~179
- He DJ (何东进), Hong T (洪滔), Hu HQ (胡海清), Wang YZ (王英姿), Liu YS (刘勇生), Fan SF (范圣锋). Species diversity in different forest landscapes in the Wuyishan Scenery District. *Chin J Eco-Agric* (中国生态农业学报), 2007, **15** (2): 9~13
- You WB (游巍斌), He DJ (何东进), Zhan SH (詹仕华), Hong W (洪伟), Wu LY (巫丽芸), Wang YZ (王英姿), Chen BR (陈炳容), Yu JA (俞建安), Fan SF (范圣锋). Analysis of correlation between tourist influence as well as vegetation landscape characteristics and geographical factors in Wuyishan Scenery District. *J Sichuan Agric Univ* (四川农业大学学

- 报), 2011, **29** (1): 16~20
- 19 He DJ (何东进), Hong W (洪伟), Hu HQ (胡海清), Wu CZ (吴承祯), Chen BR (陈炳容), Yu JA (余建安). Ecological evaluation of the landscape in the Wuyishan Scenery District. *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), 2004, **10** (6): 729~734
- 20 Douglas JL, Benjamin MB, Joshua JT, Sarah S, Nick MH. Effects of landscape corridors on seed dispersal by birds. *Science*, 2005, **309** (7): 146~148
- 21 Cheng ZH (程占红), Zhang JT (张金屯). Difference between tourism vegetation landscapes of different distance. *J Mount Res* (山地学报), 2003, **21** (6): 647~652
- 22 Zhang CY (张成渝), Xie NG (谢凝高). The principles of authenticity and integrity and the conservation of the world heritage. *J Peking Univ Hum Soc Sci* (北京大学学报哲学社会科学版), 2003, **40** (2): 62~68
- 23 Wang DM (王冬明). Study on Landscape Planning and Design for Tourist Highway, Harbin, China: [Master Degree Dissertation]. Northwest Forestry University, 2006
- 24 Liu SL (刘世梁), Fu W (富伟), Cui BS (崔保山), Yang M (杨敏). Spatial differentiation analysis of disturbance effect of road network based on RV index: A case study in longitudinal range-gorge region. *Geog Geoinfor Sci* (地理与地理信息学), 2009, **25** (2): 50~54
- 25 Li JG (李景刚), He CY (何春阳), Li XB (李晓兵). Landscape ecological risk assessment of natural/semi-natural landscapes in fast urbanization regions - A case study in Beijing, China. *J Nat Res* (自然资源学报), 2008, **23** (1): 33~46
- 26 Gill AJ. Approaches to measuring the effects of human disturbance on birds. *IBIS*, 2007, **149** (S1): 9~14
- 27 Zhu Q (朱强), Yu KJ (俞孔坚), Li DH (李迪华). The width of ecological corridor in landscape planning. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 2005, **25** (9): 2407~2412
- 28 Liu SL (刘世梁), Wen MX (温敏霞), Cui BS (崔保山), Yang M (杨敏). Ecological effect of road based on network analysis: A case study in Lancang river valley. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 2008, **28** (4): 1672~1680
- 29 Zong YG (宗跃光), Zhou SY (周尚意), Peng P (彭萍), Liu C (刘超), Guo RH (郭瑞华), Cheng HC (陈红春). Perspective of road ecology development. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 2003, **23** (11): 2396~2405



中国科学院年鉴2011

中国科学院办公厅 著 ISBN 978-7-03-032044-5 科学出版社出版 ¥98元 圆脊精装 16开本

内容简介

《中国科学院年鉴(2011)》全面、系统反映了中国科学院2010年各方面工作,分综合情况、学部与院士工作和院直属单位情况三部分。

综合情况主要记录中国科学院领导、机构变更、规划与战略、基地建设与管理、重大科技成果、队伍建设与人才培养、基础设施与支撑条件、科技成果转移转化与院地合作、国际合作与港澳台工作、基础设施建设、科学传播与科学普及、2010年大事记等内容;学部与院士工作主要记录学部领导机构、院士名单、咨询评议工作、科学道德建设、学术工作、资深院士联谊会工作、陈嘉庚科学奖基金会工作等内容;院直属单位情况全面介绍分院机构、科研机构、学校及公共支撑单位、新闻出版单位、其他机构以及院直接投资的控股企业情况等。

本年鉴各种资料的截止时间为2010年12月31日。

10000个科学难题——农业科学卷

(“十一五”国家重点图书出版规划项目)“10000个科学难题”编委会 著 ISBN 978-7-03-032166-4

科学出版社出版 ¥260元 圆脊精装 B5开本

内容简介

本书是教育部、科学技术部、中国科学院和国家自然科学基金委员会联合组织开展的“10000个科学难题”征集活动的重要成果,书中的难题均由国内外知名的农业科学专家撰写。书中收集了有关农业科学很多分支学科及农业科学的应用等方面的大量问题,以及当今一些重要的农业科学问题。

本书可供高等院校和科研单位农业科学领域的研究生、科研人员阅读参考,也可供对农业科学感兴趣的其他读者阅读。有兴趣的读者可以在此基础上就其中的某一问题进行深入探索和研究,研究生也可以在导师的指导下选择其中的某一问题作为自己的研究课题。

联系人: 科学出版社科学销售中心 周文字 电话: 010-64017301 E-mail: zhouwenyu@mail.sciencep.com

网上订购: <http://shop.sciencepress.cn>; 卓越网; 当当网

科学出版中心生物分社 电话: 010-64012501 网址: www.lifescience.com.cn E-mail: lifescience@mail.sciencep.com