

文章编号: 1008-2786-(2020)3-436-13

DOI:10.16089/j.cnki.1008-2786.000523

# 中国世界遗产空间格局及其交通可及性分析

穆振北<sup>1</sup>, 游巍斌<sup>1\*</sup>, 张秀芳<sup>1</sup>, 林美娇<sup>1</sup>, 何东进<sup>1,2</sup>

(1. 福建农林大学 林学院, 福州 350002; 2. 福建农林大学 金山学院, 福州 350002)

**摘 要:** 世界遗产是具有突出意义和普遍价值的文化和自然资源,其区域空间分布格局与交通可及性对遗产资源的综合规划和系统保护具有重要意义。本文以中国已申遗成功的 53 处(截止 2018 年 12 月)各类世界遗产为研究对象,采用探索性空间分析和空间句法等方法分析中国世界遗产的空间分布特征及其交通可及性。结果表明:(1)在空间格局上,世界遗产分布特征总体上呈带状、组团状,各类型世界遗产集聚区域差异明显。承载优越古代文明要素的文化遗产(包括双重遗产)集中于中东部地区;而以独特自然环境和地形地貌为优势的自然遗产集中分布在西南地区;(2)华中、华东、华北地区连接遗产资源的各类路网(高铁、普铁、国道和高速公路)的集成度和控制值 2 个指标明显优于西北和西南地区。北京、上海、武汉和西安等区域中心城市的路网控制值和连接值最优。长三角和珠三角地区的空运水运能力最为突出。路网结构密切影响着世界遗产的交通可及性;(3)文化遗产和双重遗产的交通通达指数较高,主要位于交通通达性指数等级的第一、二等级;而自然遗产的交通通达指数较低,主要属于第三等级;(4)山区地形和经济发展水平一定程度制约了我国遗产资源的交通可及性,并造成区域发展之间的不平衡;未来世界遗产申报管理中应该充分关注各遗产类型区域发展的不平衡性,并将其纳入当前国家尺度上的中国自然保护地体系建设规划与综合保护之中。

**关键词:** 世界遗产;空间分析;空间句法;中国自然保护地;GIS

**中图分类号:** P942

**文献标志码:** A

世界遗产是指珍稀或濒危的、普遍价值突出、一旦灭绝便无法再生的不可替换资源,其最突出特点是脆弱性和不可替代性<sup>[1-4]</sup>。同时,它也是各国最为重要的国家名片和旅游资源。各类世界遗产旅游开发终极目标是为了更好地实现经济、社会与环境间的协调发展<sup>[5-6]</sup>,实现遗产地保护的可持续。我国地大物博、幅员辽阔,拥有众多绮丽华美的世界遗产瑰宝。至 2018 年 7 月 2 日第 42 届世界遗产大会上贵州省梵净山申遗成功,中国拥有世界遗产 53

项,其中包括世界文化遗产 36 项(占比 68%)、世界自然遗产 13 项(占比 24.5%)、双重遗产 4 项(占比 7.5%,其中一项跨国项目)。

中国的世界遗产资源缤纷多样,位居世界前列,但我国对各类型各区域世界遗产的保护利用和旅游产业收入的长期预测和宏观监控还比较薄弱<sup>[6]</sup>。随着我国现代化建设的不断推进,各种交通方式愈发成熟,路网设施逐渐完善。各类交通线路网对区域间联系和发展的重要性不言而喻,交通网络的通

**收稿日期**(Received date): 2019-07-25; **改回日期**(Accepted date): 2020-05-07

**基金项目**(Foundation item): 国家自然科学基金资助项目(41301203);福建农林大学林学高峰学科建设项目(712018007)。[National Natural Science Foundation of China (41301203); the Forestry Academic Summit Discipline Construction Project of Fujian Agriculture and Forestry University(712018007)]

**作者简介**(Biography): 穆振北(1995-),男,河北沧州人,硕士研究生,主要研究方向:自然资源管理。[MU Zhenbei (1995-), male, born in Cangzhou, Hebei province, M. Sc. candidate, research on natural resource management] Email:17731993739@163.com

**\* 通讯作者**(Corresponding author): 游巍斌(1984-),男,福建南平人,博士,副教授,主要研究方向:景观地理学与自然资源学。[YOU Weibin (1984-), male, born in Nanping, Fujian province, Ph. D., associate professor, research on landscape geography and natural resources] E-mail:weibinyou@fafu.edu.cn

达性不仅深刻影响着世界遗产旅游业和世界遗产保护,更有助于国家对世界遗产旅游业的预测调控<sup>[7]</sup>。目前,地理学界对我国或全球的世界遗产空间分布特征等的研究方法<sup>[8-10]</sup>较为多样,但各遗产地分布与交通可及性之间的关系了解甚少。近半数的各类型世界遗产位于交通相对不发达的山地区域,其交通网络分布具有较显著的地域性,开展我国世界遗产的交通可及性研究对于从国家尺度上开展遗产地资源的监测、保护和旅游发展宏观规划具有重要的现实意义。

本研究搜集并整理了1987—2018年我国申遗成功的53处世界遗产,运用GIS平台的空间分析功能对中国现有世界遗产的空间分布格局进行全国范围的宏观尺度研究。运用空间句法模型<sup>[11-12]</sup>评价中国整体路网的可达性,据此研究全国尺度的世界遗产可达性<sup>[10]</sup>。旨在通过研究来加深人们对世界遗产作为一项重要资源的认知,有助于为不同交通可及性的世界遗产开展相关的保护和利用活动<sup>[13-14]</sup>,尤其对山地世界<sup>[15]</sup>遗产至关重要。此外,本研究对发展我世界遗产的旅游业等相关产业具有重要的指导意义<sup>[16]</sup>,并为政府决策提供科学依据。

## 1 中国世界遗产概况

广义类型上的世界遗产有5种,即世界文化遗产、世界自然遗产、世界文化与自然双重遗产(后文简称双重遗产)、世界文化景观遗产、人类口诉和非物质文化遗产(后文简称非物质文化遗产)。但是,非物质文化遗产和世界遗产为两项不同的计划,严格来说属于不同的范畴,文化景观又包括在文化遗产中,故本文只研究文化遗产、自然遗产和双重遗产3种类型。

从时间上看,中国世界遗产申遗过程主要经历了3个阶段<sup>[8]</sup>。第一阶段为增长缓慢的起步探索阶段(1987—1989年);第二阶段为申遗数量迅速增长的跳跃式过渡阶段(1990—2002年);第三阶段为稳定增长的成熟阶段(2003年至今)<sup>[17]</sup>

从表1可以看出,3种遗产类型的时间演变存在着差异。1987年第一批6项世界遗产中包含5项文化遗产,且在1990—2002年迅速增加;2002年至今,增长速度放缓并趋向稳定。首批3项世界自然遗产自1992年申遗成功后,出现十年的停滞期,

直至2003年继续出现申遗成功的自然遗产,且增量较大。双重遗产需具有鲜明的特殊地貌及生态环境特征,并具备考古学和人文社会学价值<sup>[4]</sup>,这类世界遗产放在世界范围也是格外稀有,一般都会被优先申请保护<sup>[15]</sup>。我国的双重遗产分别在1987、1990、1996、1999申遗,此后,一直保持4项的数量不变。前期增加迅速,后期基本保持不变正是双重遗产区别于其它两种类型遗产的固有特征。

表1 1987—2018年各类型遗产成功申遗数量

Tab. 1 Number of successful claims by type of world heritage sites 1987—2018

阶段	文化遗产 /项	自然遗产 /项	双重遗产 /项	全部 /项
探索阶段(1987—1989年)	5	0	1	6
过渡阶段(1990—2002年)	16	3	3	22
成熟阶段(2003—2018年)	15	10	0	25
同类世界遗产合计	36	13	4	53

## 2 研究方法

### 2.1 数据来源

本文研究对象为中国大陆及港澳台地区已经申遗成功的53项世界遗产,截至2018年7月梵净山申遗成功。数据源于联合国教科文组织官网(<http://whc.unesco.org/>)和中国世界遗产网(<http://whcn.org/>)。中国高铁(2017年)和铁路(2017年)数据来源于百度地图,并对其进行配准和数字化,国道公路数据(2017年)和高速公路数据(2018年)来源于91卫图(企业版)。中国大型机场数据来自世界机场网站(<http://ourairports.com/>)和维基百科(<http://en.wikipedia.org/wiki/China>)。本研究地图为基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为GS(2016)2884号的标准地图制作(<http://bzdt.ch.mnr.gov.cn/>),底图无修改。

### 2.2 描述性空间分析

了解我国各类世界遗产资源的核心地区,运用ArcGIS分析我国现有的53处世界遗产的空间分布形态趋势和各区域集散程度。利用标准差椭圆表征点集要素的空间特征即方向分布,如中心趋势、离散类型和方向趋势;各类遗产资源的平均分布中心坐

标<sup>[16]</sup>为分析工具获得点集要素坐标( $x, y$ )的平均值,如公式为:

$$\bar{p}_x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \bar{p}_y = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (1)$$

式中, $n$ 表示世界遗产项目的数量(个); $x_i$ 表示第*i*个世界遗产项目地的经度; $y_i$ 表示第*i*个世界遗产项目所在地的纬度<sup>[16]</sup>; $\bar{p}_x, \bar{p}_y$ 表示世界遗产地标准差椭圆的中心坐标。

### 2.3 热点探索

运用核密度估计分析各类型世界遗产在空间的分布特征和热点区域<sup>[11]</sup>。核密度估计即用点集总体抽取的样本,分析得出密度函数*f*在某点*x*处的概率*f(x)*,如公式为:

$$f_n(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x - X_i}{h}\right) \quad (2)$$

式中, $k\left(\frac{x - X_i}{h}\right)$ 为核函数; $h$ 表示带宽且恒大于0; $x - X_i$ 表示估值点*x*到事件*X<sub>i</sub>*处的距离(km),其中核函数和带宽的大小是直接影响核密度估计的两个主要因素。

### 2.4 空间句法分析

空间句法分析是依据图论原理对空间的轴线节点进行拓扑分析,其本质是基于拓扑距离的网络通达性和关联性分析<sup>[17]</sup>。空间句法模型的建立流程主要包括空间分割、连接图建立和形态分析变量计算。

我国铁路网、高铁网是二维平面空间的线性网络,将各路网通过轴线法(空间分割图→轴线地图→连接图)进行空间拓扑分析,从而得出相关的句法变量。常用句法变量主要有连接值、控制值、深度值、集成度等<sup>[17]</sup>,表达式为:

$$C_i = k \quad (3)$$

式中, $C_i$ 表示道路节点*i*的连接值; $i$ 为节点(个); $k$ 为与其直接相连的节点数<sup>[17]</sup>(个)。 $C_i$ 越高则说明空间渗透性越好。

$$ctrl_i = \sum_{j=1}^k \frac{1}{C_j} \quad (4)$$

式中, $ctrl_i$ 为控制值, $ctrl_i$ 越高则说明该地对其周边地区的控制程度越高。

深度值( $D_i$ )分为全局深度值( $GD_i$ )、平均深度值( $MD_i$ )和局部深度值( $LD_i$ ),其中 $MD_i$ 应用最广

泛,表达式为:

$$MD_i = \sum_{j=1, j \neq i}^n \frac{d_{ij}}{n-1} \quad (5)$$

式中, $n$ 为交通路网的总节点数(个); $d_{ij}$ 为*i*到*j*的深度值。 $n-1$ 反映了在考察的节点中最多有*n-1*个节点与指定节点相连<sup>[17]</sup>。

集成度( $I_i$ )表示路网中某空间与周围局部空间或整体空间的集成或离散程度,包括局部集成度( $LI_i$ )和全局集成度( $I_i$ ),集成度越高,则通达性越好。

$$I_i = \frac{n-2}{2(MD_i-1)} \quad (6)$$

$$LI_i = \frac{n \left[ \log_2 \frac{n+2}{3} - 1 \right] + 1}{(n-1)(MD_i-1)} \quad (7)$$

式中, $n$ 为交通路网的总节点数(个); $MD_i$ 为平均深度值。

## 3 结果与分析

### 3.1 世界遗产整体空间分布情况

世界遗产标准差椭圆呈东北—西南方向,在人口较密集、经济水平较高的东部相对集中,在人口较少、经济水平较低的西部数量较少,呈现西疏东密的特点(图1、图2)。从地域分布来看,世界遗产主要集中在华东地区、第一和第二阶梯、黄河流域、长江中下游以及西南地区;从省域分布看,目前中国世界遗产遍布29个省级行政区域,分别是除黑龙江省、海南省、台湾省之外的20个省、5个自治区、除上海市之外的3个直辖市和澳门行政特区。其中,北京和四川省(数量均为6个)并列第一,河南和云南(数量均为5个)紧随其后,福建、湖北、山东、山西、辽宁和重庆市等地数量也较多。从遗产类型分布看,自然遗产标准差椭圆呈典型的西北—东南方向,高度集中于地貌复杂、相对偏远的西南山区,而文化遗产大多位于中部和东部地区,尤其以六大古都最为集中。

我国各世界遗产项目类型及项目地的中心坐标如图2所示,三个类型中心坐标的位置各不相同,存在一定的差异性,其中文化遗产和双重遗产的中心坐标偏向东部,而自然遗产的中心坐标偏向西南地区,这表明我国在世界遗产的申请上具有一定的区域倾向。

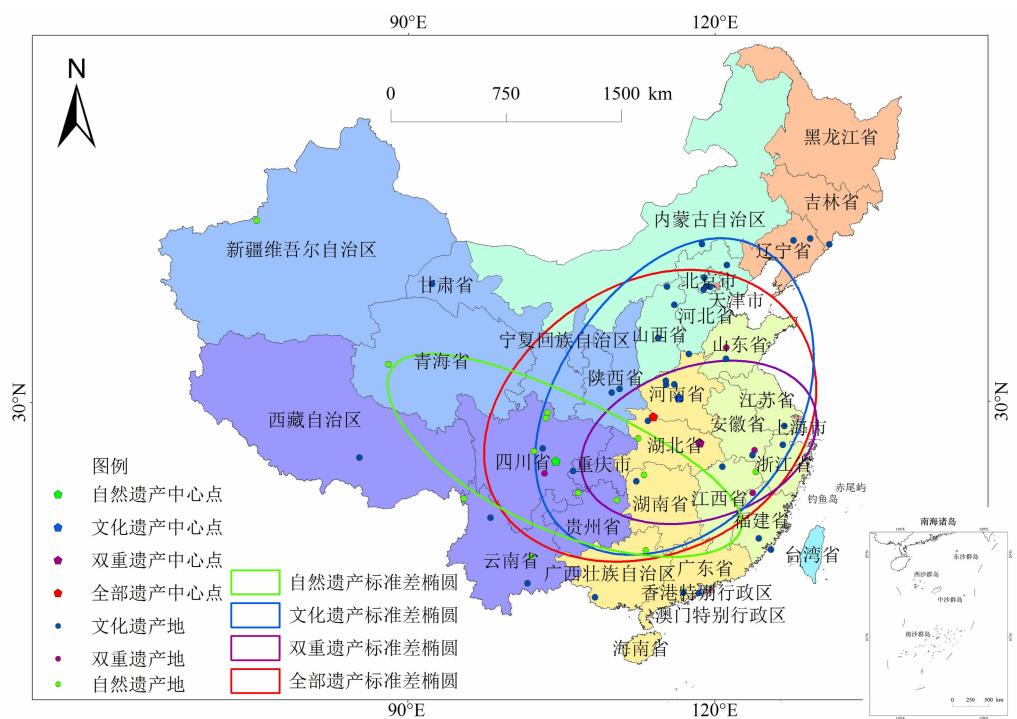


图 1 中国世界遗产标准差椭圆分布

Fig.1 Standard deviation elliptic distribution of World Heritage in China

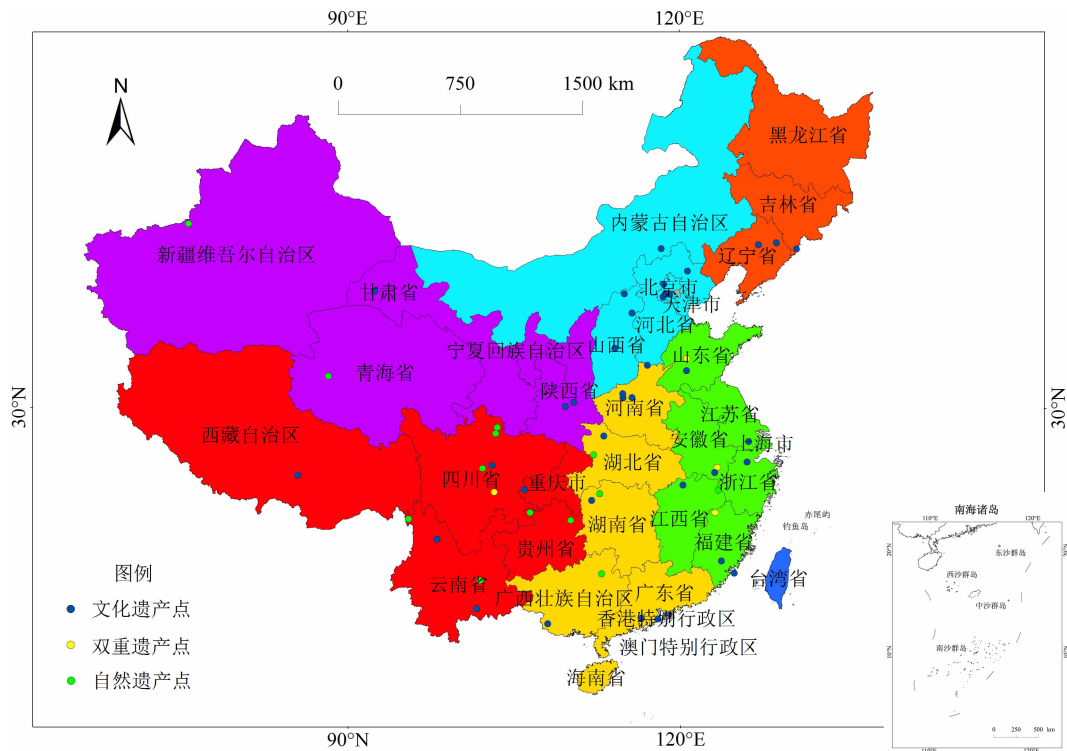


图 2 中国世界遗产省域分布

Fig.2 Provincial distribution of World Heritage in China

3.2 中国世界遗产分布热点

我国不同遗产类型热点分布图见图 3。中国世界遗产资源整体分布类型为带状和组团状,形成了

1 个以京津冀为核心的高密度圈和 3 个分别以皖南、豫西、川中为核心的次级核心圈。西北地区和东北地区由于世界遗产数量较少,与高密度的华北、华



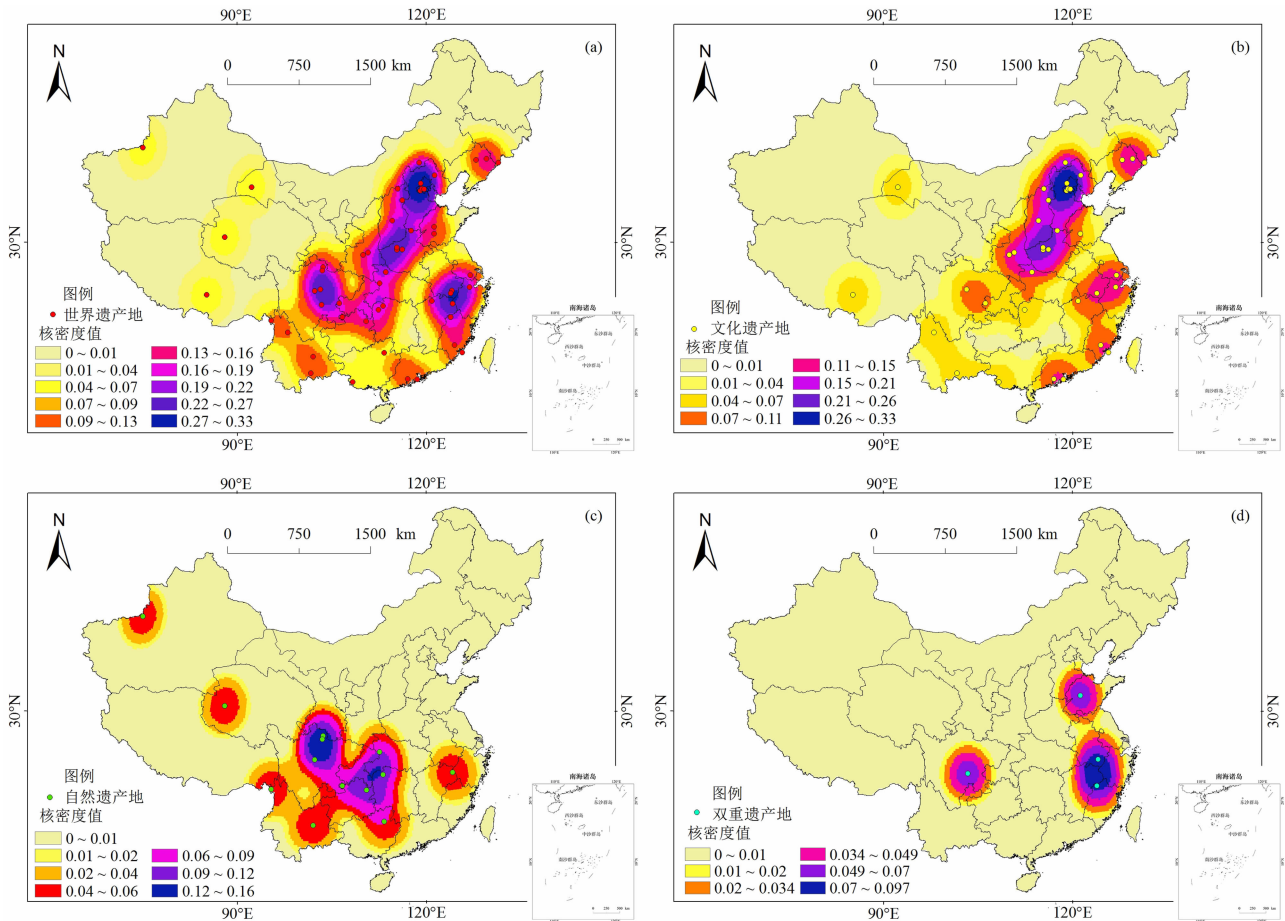


图3 中国世界遗产核密度

Fig. 3 Nuclear density of World Heritage in China

东、中南地区对比十分鲜明。文化遗产呈带状分布,以北京市为核心的高密度圈辐射周边区域,次级以豫中为核心。长江中下游以及东南沿海地区,也有少量文化遗产分布,其余地区文化遗产密度极低。自然遗产呈组团状分布,密度圈以川中为核心,次级以鄂、湘、渝、贵交界地区为核心,紧邻川中主核心密度圈。自然遗产主要分布于中国南方,少数分布在中国西北地区,华北、东北和华东地区几乎为零。双重遗产主要分布在中国东部,尽管数量稀少,却在华东地区形成一个高密度区。

### 3.3 世界遗产交通可及性分析

按照空间句法空间分割原则采用轴线法对高铁网和铁路网进行空间分割,用 Axwman 模块提取轴线地图,并对其进行拓扑检查,确保无独立轴线<sup>[16]</sup>,得出各路网的连接图,计算空间句法相关变量。考虑到台湾的高速铁路、普通铁路、公路与海南的高速铁路均为独立部分,不与大陆相关路网相连接,并且我国台湾和海南省不存在世界遗产,因而,构造铁路

和公路的轴线图时暂时不考虑海南省和台湾的相关线路。

#### 3.3.1 基于铁路网的交通可及性

截至 2016 年,我国高铁运营总里程超过 2.2 万 km,覆盖全国 177 个地级市<sup>[18]</sup>。高铁快速、准时的特点也为旅客的出行带来了便利<sup>[18]</sup>,高铁网已成为检验世界遗产的交通可及性的主要指标。我国高铁网轴线图相关空间句法变量如图 4 所示,整体高铁网的伺服能力差异较大,高铁线路集中于区域中心城市,如北京、武汉、南京和上海等。广大的西北地区高铁线路极为稀疏,东北、西南和华南地区其次,人口稠密、经济发展水平较高的华北、华中和华东地区高铁线路较密集,连接值最高值也位于华中和华东地区,最低的新疆接近 0。武汉和南京的全局集成度最高,达到 0.4,并以此向周围扩散,相邻地区集成度均在 0.28 ~ 0.36。我国高铁网的控制值分布较平均,表明各地区高铁网对其相邻地区的控制程度相似。深度值表示各空间路网的最小连接

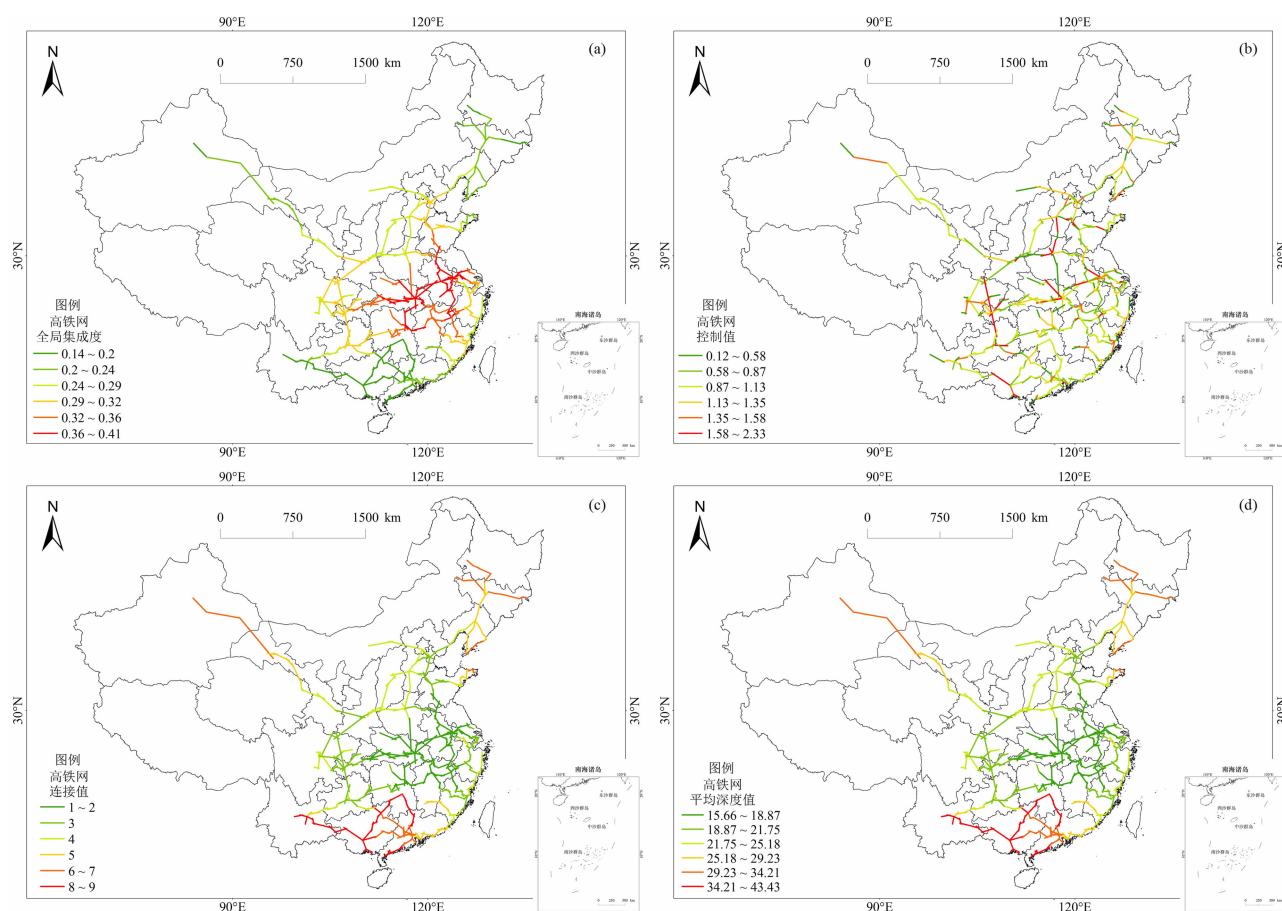


图4 中国高铁网络空间句法形态变量轴线

Fig.4 Axis of spatial syntactic morphological variables of high-speed rail network in China

数<sup>[19]</sup>,深度值越小则交通便捷程度越高。我国西北、东北和西南地区的深度值较高,最高值省份云南高达43.431,而华中和华东地区深度值普遍较低,最小值约为15.6。

我国普通铁路网建设较为成熟,网络遍及全国各地<sup>[20]</sup>,铁路的密集化和网络化对我国世界遗产的交通分布研究重要性不言而喻。对我国铁路网的空间句法分析各变量如图5所示,我国铁路密集布局的地区结构差异较大,东部地区路网规模相对饱和,中西部地区路网规模相对欠缺。华北和华中地区铁路集群成为十分醒目的高集成度区域,集成度最低的青藏高原地区仅为0.049,而最高的北京为0.132。由于我国铁路网发展十分完善,铁路轴线的控制值和连接值较为平均,总体上表明我国铁路网对相邻地区的控制能力相似,但在一些交通枢纽,如北京、上海、株洲等,控制值超过1.75。由于铁路网东西地区的布局差异,西部地区的铁路深度值较高,西藏高达177,而铁路非常密集的华北地区深度值仅为

66.7,各大交通中心的影响力波及全国各地区。

### 3.3.2 基于公路网的交通可及性

随着自驾游的盛行,公路网对世界遗产的交通可及性也具有重要影响。本研究选取了等级最高的国道进行空间句法分析(图6)。公路网的控制值和连接值均表现出全国整体差异不大的特点。公路网的控制值绝大多数部分为0.63~1.1,极少部分在2.5以上;连接值则基本为0~3,最大值为16,但是其分布极为罕见。华北、华中地区的公路集成度明显优于全国其他地区,形成醒目的红色区域,最大值为0.097,最小值0.036位于西藏。公路网的深度值和集成度则相反,最小值为105.53,位于华北地区;最大值超过280,位于路网稀疏、基础设施较落后的西北地区。

中国高速公路素有“畅通九州”的美誉,现代化的高速公路建设对世界遗产自驾游的推动作用明显。高速公路的空间句法分析结果见图7,我国高速公路建设极为成熟,遍布中、东部各省市;西部地

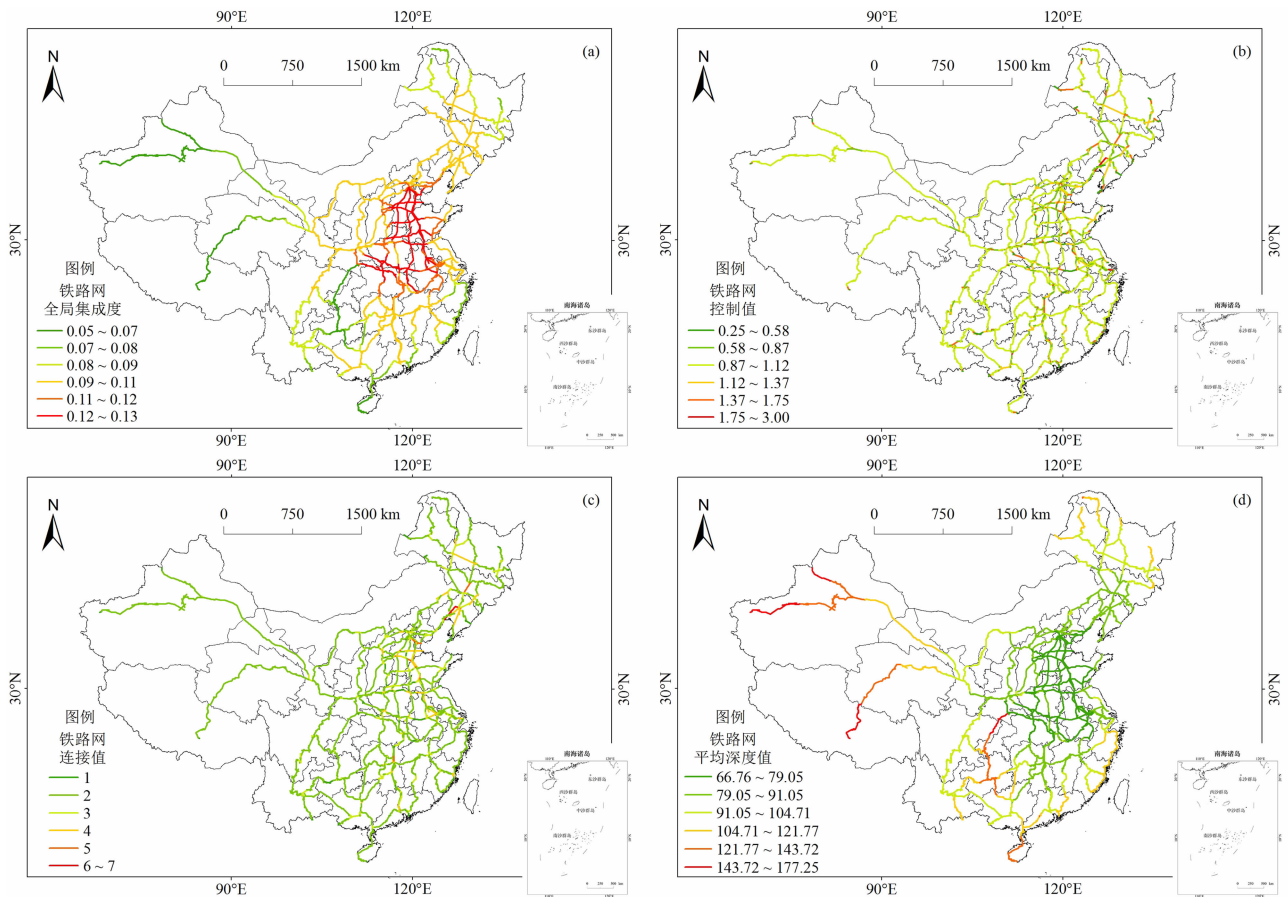


图 5 中国铁路网络空间句法形态变量轴线

Fig. 5 Axis of spatial syntactic morphological variables of railway network in China

区地形崎岖、人口较少,高速公路建设与中、东部形成鲜明对比。集成度方面,中、东部高速公路高度集中,形成贯通南北的高亮区域,而东北、西北、西南区域则相对稀疏。各区域中心城市如北京、西安、广州和成都等的高速公路控制值最为突出,由其始发的多条高速公路控制值都在 4 以上,最大值达 8.81。这表明中心城市的文化遗产具有极为优越的交通可及性;但由于自然遗产和双重遗产距中心城市遥远,在高速公路方面表现相对逊色。连接值方面,首都北京遥遥领先,由北京发出的多条高速公路连接值多在 16 以上,最大值为 33,再次印证了北京的世界遗产得天独厚的交通优势。在深度值方面,西南地区优于东北地区,但最大值仍位于线路稀疏的西北地区。

### 3.3.3 基于机场的交通可及性

我国不同规模的机场共有 200 余座,但由于各类型机场用途不同,影响力和服务范围也各有差异,因此本研究只选取我国 37 座大型国际机场进行点

密度分析。结果如图 8 所示,我国大型机场的影响范围总体呈现由东南到西北递减的趋势。形成了环渤海、长三角、珠三角三个高密度集中地区,最大密度值 0.179 位于上海。中部地区的机场密度次之,西部地区受大型机场影响最小。

### 3.3.4 基于水路的交通可及性

水运具有运能大、成本低、节能减排等独特优势<sup>[21]</sup>。中国的世界遗产地和主要河流分布如图 9 所示。水运航道集中分布于面积广阔的水系,四大水系水运航道通航里程占全国的 81%,即长江、珠江、淮河、黑龙江等水系<sup>[22]</sup>。航道里程数较高的省份有江苏、浙江、广东、湖北和湖南等<sup>[23]</sup>,该区域内分布有诸多文化遗产和双重遗产,如苏州古典园林、杭州西湖等。水路运输对华中、华东、华南等地区的世界遗产交通可及性具有重要影响。且部分以水路为主要构成部分的世界遗产在水运方面具有得天独厚的交通可及性,如京杭大运河至今仍是重要的南



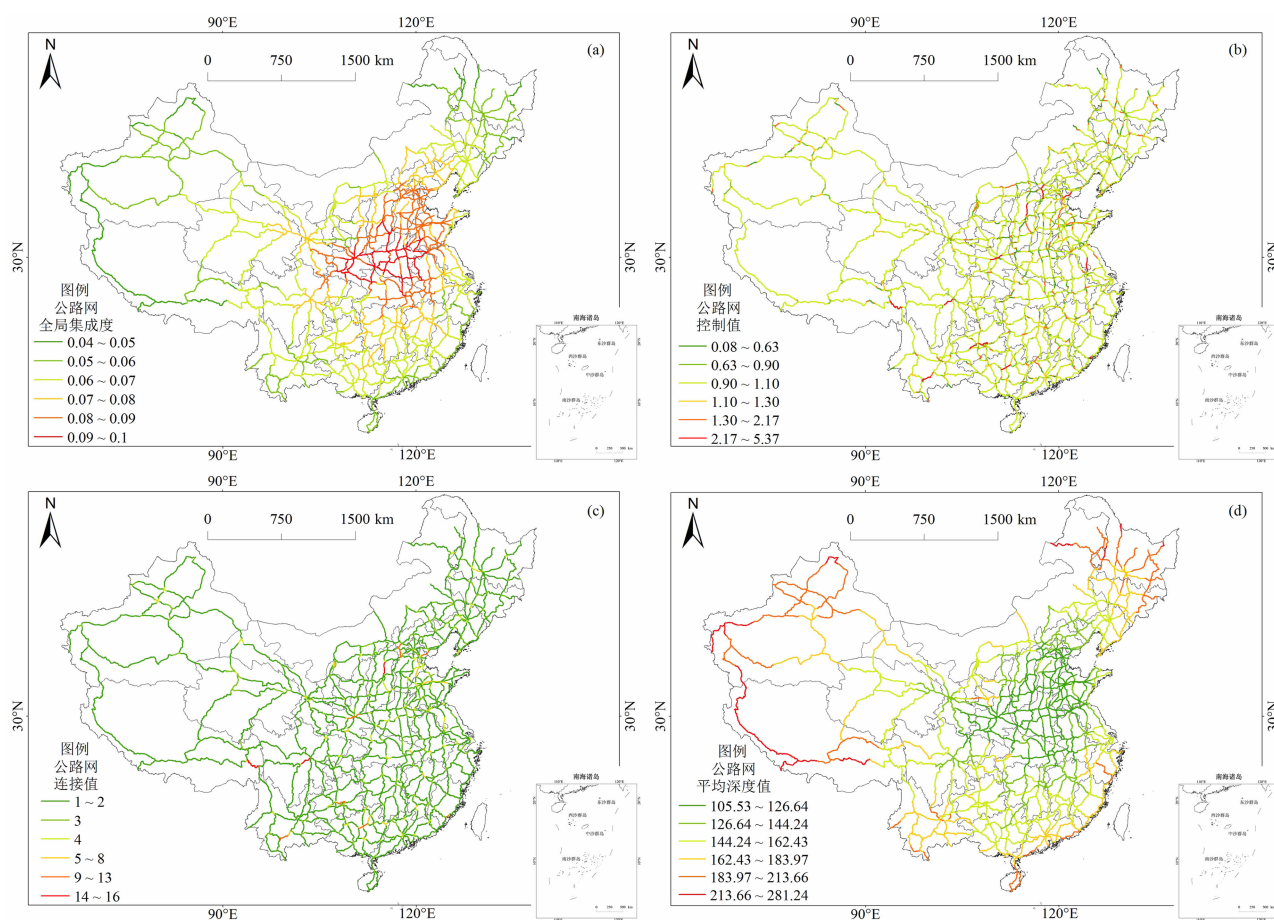


图6 中国国道网络空间句法形态变量轴线

Fig.6 Axis of spatial syntactic morphological variables of national highway network in China

北航道。西南地区虽然河流众多,但由于地势原因航运价值并不突出,这使得西南地区的自然遗产受航运条件的影响较小。西北、华北地区河流水系稀疏,导致该区域的世界遗产受水路运输影响很小。

### 3.3.5 交通可及性等级划分

各类型路网的句法变量如表2。根据以上各类交通方式的句法分析结果,将世界遗产按照空间句法交通指数分成六个等级。由于平均深度值和全局集成度成反比,二者选取一个指标即可。控制值反映某地对局部的控制程度,不适用于全国范围的交通指数等级划分,因此选取高铁、铁路、国道、高速公路的全局集成度、连接值以及机场密度九个指标。高铁集成度超过0.36记为3分,0.36~0.28记为2分,低于0.28记为1分;连接值超过6记为3分,6~3记为2分,低于2记为1分。铁路集成度超过0.11记为3分,0.11~0.085记为2分,低于0.085记为1分;连接值超过5记为3分,5~3记为2分,

低于2记为1分;公路网集成度超过0.08记为3分,0.08~0.06记为2分,低于0.06记为1分;连接值按照9和6分档,分别记3、2、1分。高速公路网参照国道分类标准。机场密度按照0.111和0.023分档,分别记3、2、1分。得分为9~27分,划分为6档,最后结果如表3所示。

北京作为中国的交通中心,导致分布在此的世界遗产交通通达性全国领先<sup>[6]</sup>。大运河、长城等多省份分布的世界遗产可及性最为突出,文化遗产和双重遗产多集中在华北、华东、华中地区,交通优势明显,多位于交通指数的一级和二级的地区。我国东部地区交通网络密集、交通出行方式多样,并且各类型世界遗产相距较近,比如双重遗产黄山和文化遗产皖南古村落同处一市,各类型世界遗产集群状况较好。澄江化石遗址、可可西里等自然遗产多分布于交通网络相对稀疏的西部地区,特别是云南南部和西藏地区,各遗产项目所在地相距较远,交通指

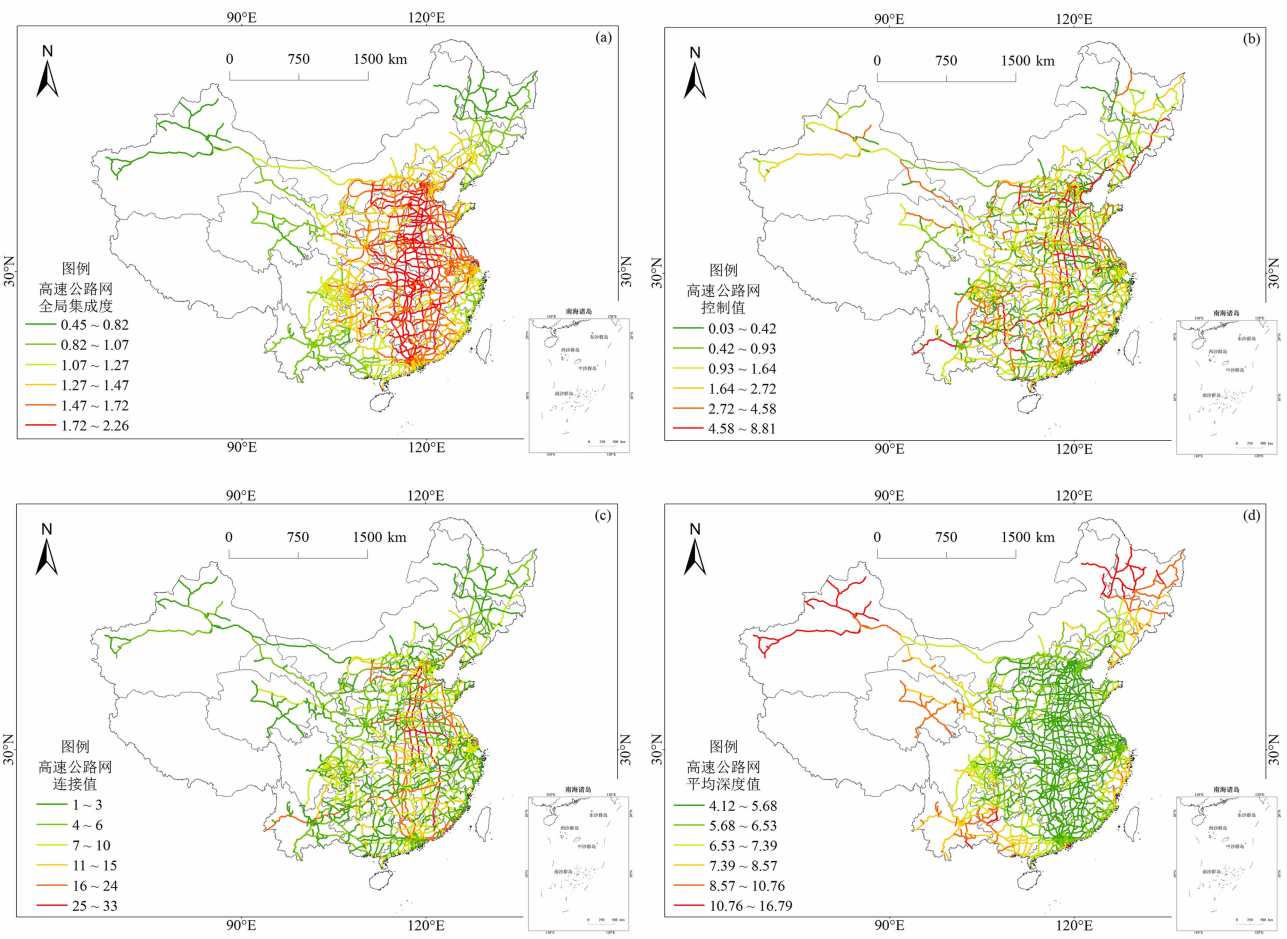


图 7 中国高速公路网络空间句法形态变量轴线

Fig. 7 Axis of spatial syntactic morphological variables of motorway network in China

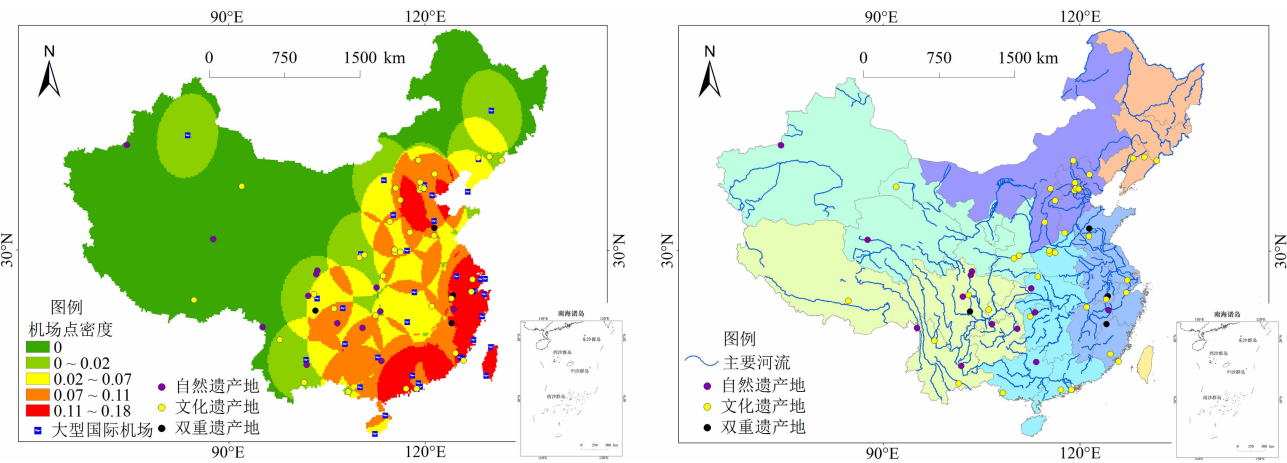


图 8 中国大型国际机场点密度分布

Fig. 8 Point density distribution of large international airports in China

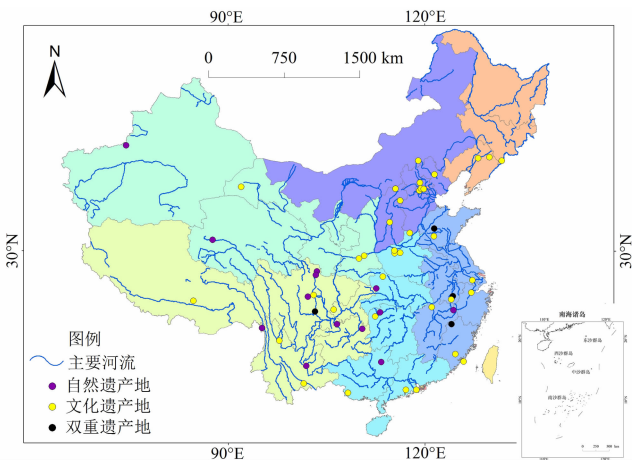


图 9 中国主要河流水系分布

Fig. 9 Distribution of major river systems in China

表 2 各类路网相关句法变量值比较

Tab.2 Comparison of syntactic variable values of various road networks

句法变量值	连接值			控制值			平均深度值			全局集成度		
	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值	最小值
高铁网	9	2.86	1	2.33	1	0.13	43.43	23.75	15.66	0.47	0.28	0.14
普铁网	7	2.19	1	3	1	0.25	177.25	95.28	66.77	0.13	0.10	0.05
公路网	16	2.24	1	5.37	1	0.08	281.24	152.68	105.53	0.10	0.07	0.04
高速公路网	33	3.95	1	8.81	1	0.31	16.79	6.92	4.18	2.26	1.28	0.45

表 3 世界遗产空间句法交通通达指数等级分类

Tab.3 Classification of World Heritage Space Syntactic Transportation Access Index

等级划分	自然遗产	文化遗产	双重遗产
一级强	—	大运河;长城;北京故宫;周口店北京人遗址;北京皇家园林—颐和园;北京皇家祭坛—天坛;杭州西湖文化景观	泰山
一级弱	湖北神农架;三清山世界地质公园;中国丹霞;中国南方喀斯特	丝绸之路;武当山古建筑群;庐山风景名胜区;平遥古城;苏州古典园林;皖南古村落:西递、宏村;龙门石窟;安阳殷墟;登封“天地之中”历史古迹	黄山
二级强	武陵源风景名胜区;四川大熊猫栖息地;	土司遗址;鼓浪屿;承德避暑山庄及周围寺庙;曲阜孔庙、孔林和孔府;青城山—都江堰;云冈石窟;福建土楼;五台山;澳门历史城区	峨眉山—乐山大佛;武夷山
二级弱	梵净山;九寨沟风景名胜区;黄龙风景名胜区	秦始皇陵及兵马俑坑;大足石刻;明清皇家陵寝;开平碉楼与村落	—
三级强	—	元上都遗址;拉萨布达拉宫历史建筑群(大昭寺、罗布林卡);高句丽王城、王陵及贵族墓葬	—
三级弱	新疆天山;青海可可西里;云南三江并流保护区;澄江化石遗址	左江花山岩画文化景观;莫高窟;丽江古城;红河哈尼梯田文化景观	—

数多位于二、三级。交通便捷程度一方面直接关系到当地的社会经济,也对当地的世界遗产旅游资源的利用开发产生直接影响。可见,世界遗产空间集聚效应和我国的交通线路分布存在着紧密的联系。

4 结论与讨论

4.1 结论

本文基于我国 1987 年至今申遗成功的 53 项各类型世界遗产,引入空间句法模型分析探索我国世界遗产的空间分布格局和交通可及性,得出以下结论:

(1)在空间上,各类型世界遗产的空间分布特征呈带状、组团状,并且其地域分布差异十分明显。主要表现为东部沿海多而西部内陆少,低海拔地区

多于高海拔地区,且形成了以京冀、皖南、豫西、川中为核心的高密度区。从类型上看,文化遗产占主体,自然遗产大多位于川、滇、黔等地质地貌资源丰富的西南山区,而地理资源缺乏的东北、华北地区较少;文化遗产则集中在以六大古都为核心的中部和东部地区;双重遗产总量虽少,但在东部也形成了高密度集中区。

(2)在交通可及性上,东部地区的各类型路网棋布星罗,集成度,控制值,连接值较高,且大型国际机场的密度更为突出;西部地区路网相对稀疏、机场较少,各类型路网的深度值较高,通达性明显弱于东部地区。交通通达指数显示,世界文化遗产和双重遗产多位于第一、二等级,大多分布在路网稠密、大型机场众多的华北、华中、华东地区,而世界自然遗产多分布于交通相对闭塞的西南地区,交通通达指

数多属于第三等级。

## 4.2 讨论

联合国教科文组织对世界遗产认定越来越严谨,并且国民对世界遗产的保护意识逐渐加强,中国世界遗产数量将保持着小幅且稳定的增长<sup>[23]</sup>。各类世界遗产突出特征为空间分布不均,东部地区遗产资源申报和保护工作进展较快,西部地区世界遗产发展相对落后。从类型上,中国世界遗产类型很全面,但出现“文化富自然贫”的局面,自然遗产的发展潜力巨大。我国公路、铁路交通网络分布东西差异很大,形成旅游业“东强西弱、南强北弱”的整体格局<sup>[24]</sup>。东部地区世界遗产的交通可及性较高,使更多的世界遗产成为为人熟知的风景名胜区<sup>[25]</sup>;西部山区由于交通通达性较差,游客流量远低于东部地区,遗产经济明显逊于东部地区<sup>[26]</sup>。

中国自然保护地体系以国家公园为主体<sup>[27]</sup>,世界遗产是自然保护地体系的血脉,也是国家公园的重要组成部分,应将世界遗产申报纳入中国自然保护地体系建设。本文建议,在未来的世界遗产申报工作中,应加大宣传力度和监督机制,把遗产的类型、所在地的位置以及所在地的经济状况等因素纳入预报名条件范围内<sup>[28]</sup>,优先申报自然遗产和双重遗产,优先申报西部的世界遗产,尽量消除世界遗产分布不平衡和组成差异。

本研究同时存在诸多待完善之处,在后续工作仍需考虑以下问题:(1)研究对象上,我国的53项世界遗产形状多样,本文均将其作为点数据进行分析,但如京杭大运河、长城等廊道形以及喀斯特地貌等多地分布的世界遗产,将其归纳成点数据无法精确的表现其空间分布特征及交通可及性。未来应充分考虑世界遗产的形态多样性,并针对不同形态进行分类分析。(2)研究内容上,世界遗产是自然和社会经济因素共同影响的特殊地域,本文在论述这些影响因素时研究较浅;此外,目前交通出行方式逐渐多元化,交通可及性分析指标也更为新颖,新型交通方式的通达性研究内容仍有待探索,如水路交通可及性可以进一步挖掘,应探讨能充分展示其交通通达度的新指标。(3)研究方法上,第一,本文对各类型路网进行全国尺度的空间句法分析,这对空间句法的分析尺度进行了扩展,且水系分布等特殊交通线路不适用;第二,各类型路网的空间句法变量内涵基本一致<sup>[18]</sup>,其分析结果也是大同小异,本文虽

尝试了将深度值、集成度等表达相近的指标进行归并,但探索空间网络联通的新算法和适用于不同尺度的新模型是今后的努力方向。

## 参考文献 (References)

- [1] 董仲奎. 面向文物的地理信息系统的建立[D]. 北京:清华大学, 2004. [DONG Zhongkui. Establishment the geographic information system faced to the cultural relic[D]. Beijing: Tsinghua University, 2004]
- [2] 潘运伟,杨明,刘海龙. 濒危世界遗产威胁因素分析与世界遗产保护对策[J]. 人文地理, 2014, 29(1): 26-34+65. [PAN Yunwei, YANG Ming, LIU Hailong. A study on threat factors of world heritages in danger and protection countermeasure of world heritages in China [J]. Human Geography, 2014, 29(1): 26-34+65]
- [3] 李代超,王英杰,崔璟,等.《中国世界遗产图集》的设计与编制[J]. 测绘科学,2018,43(7):156-163. [LI Daichao, WANG Yingjie, CUI Jing, et al. The design and compiling of the Atlas of Chinese World Heritage [J]. Science of Surveying and Mapping, 2018, 43(7): 156-163]
- [4] 王伟,刘方正,张德顺. 中国世界自然遗产地生物多样性保护管理现状与研究方向[J]. 中国园林,2019,35(9):58-61. [WANG Wei, LIU Fangzheng, ZHANG Deshun. Biodiversity conservation and management of World Natural Heritage Sites in China: Status and Research Issues [J]. Chinese Landscape Architecture,2019,35(9):58-61]
- [5] 游巍斌,俞建安,陈炳容,等. 世界双遗产地武夷山风景区居民旅游感知分析[J]. 生态与农村环境学报,2015,31(6):844-852. [YOU Weibin, YV Jianan, CHEN Bingrong, et al. Local people's perceptions of tourist exploitation of Wuyishan Scenery District, a mixed heritage site [J]. Journal of Ecology and Rural Environment,2015,31(6):844-852]
- [6] 唐承财. 中国遗产地旅游景气指数测评及提升模式[J]. 资源科学,2013,35(12):2344-2351. [TANG Chengcai. Evaluation of the Tourism Prosperity Index and its promotion for Heritage Sites in China [J]. Resources Science,2013,35(12):2344-2351]
- [7] Hughes, M., T. Jones, I. Phau. Community Perceptions of a World Heritage Nomination Process: The Ningaloo Coast Region of Western Australia [J]. Coastal Management, 2016,44(2): 139-155.
- [8] 王昕,韦杰,胡传东. 中国世界遗产的空间分布特征[J]. 地理研究,2010,29(11):2080-2088. [WANG Xin, WEI Jie, HU Chuandong. The spatial distribution of World Heritages in China [J]. Geographical Research,2010,29(11):2080-2088]
- [9] 余正军,田祥利,陈娅玲. 我国世界遗产特征分析及空间分布原因分析[J]. 自然资源学报,2015,30(10):1762-1773. [YV Zhengjun, TIAN Xiangli, CHEN Yaling. Analysis of Characteristics and Cause of Spatial Distribution of the World Heritage in China

- [J]. *Journal of Natural Resources*, 2015, **30**(10): 1762 – 1773]
- [10] 王昭国, 杨兆萍, 韩芳, 等. 中国世界遗产安全格局的时空演变及威胁因素分析[J]. *干旱区地理*, 2015, **38**(4): 833 – 842. [WANG Zhaoguo, YANG Zhaoping, HAN Fang, et al. Spatial-temporal evolution of the security pattern of world natural heritage and the threats in China [J]. *Arid Land Geography*, 2015, **38**(4): 833 – 842]
- [11] 张生瑞, 钟林生, 周睿, 等. 云南红河哈尼梯田世界遗产区生态旅游监测研究[J]. *地理研究*, 2017, **36**(5): 887 – 898. [ZHANG Shengrui, ZHONG Linsheng, ZHOU Rui, et al. Ecotourism monitoring in the Yunnan Honghe Hani Rice Terraces Heritage Property [J]. *Geographical Research*, 2017, **36**(5): 887 – 898]
- [12] 张凯焱, 孟晓晨. “被高铁”现象的理性分析——以京沪高铁为例[J]. *地理科学进展*, 2016, **35**(4): 496 – 504. [ZHANG Kaiyang, MENG Xiaochen. “Involuntary high-speed railway travel”: A case study based on the Beijing-Shanghai high-speed railway [J]. *Progress in Geography*, 2016, **35**(4): 496 – 504]
- [13] 李如生. 中国世界遗产保护的现状、问题与对策[J]. *城市规划*, 2011, **35**(5): 38 – 44. [LI Rusheng. Current state, problems and countermeasures of the world heritage protection in China [J]. *City Planning Review*, 2011, **35**(5): 38 – 44]
- [14] 庄鸿飞, 陈君帆, 史建忠, 等. 大熊猫国家公园四川片区自然保护区空间关系对大熊猫分布的影响[J]. *生态学报*, **40**(7): 2347 – 2359. [ZHUANG Hongfei, CHEN Junzhi, SHI Jianzhong, et al. Impacts of spatial relationship among protected areas on the distribution of giant panda in Sichuan areas of giant panda national park [J]. *Acta Ecologica Sinica*, **40**(7): 2347 – 2359]
- [15] 张忠训, 杨庆媛, 王立, 等. 少数民族地区传统村落交通可达性分析——以贵州省铜仁市为例[J]. *资源科学*, 2018, **40**(11): 2296 – 2306. [ZHANG Zhongxun, YANG Qingyuan, WANG Li. Traffic accessibility analysis of traditional villages in minority areas: a case study of Tongren City, Guizhou Province [J]. *Resources Science*, 2018, **40**(11): 2296 – 2306]
- [16] 卢松, 张小军, 张业臣. 徽州传统村落的时空分布及其影响因素[J]. *地理科学*, 2018, **38**(10): 1690 – 1698. [LU Song, ZHANG Xiaojun, ZHANG Yechen. Spatial-temporal distribution and controlling factors of traditional villages in Huizhou Region [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, **38**(10): 1690 – 1698]
- [17] 张忠训, 杨庆媛, 王立, 等. 基于空间句法的山区旅游型小城镇多尺度空间演变——以镇远古镇为例[J]. *山地学报*, 2019, **37**(4): 551 – 563. [ZHANG Zhongxun, YANG Qingyuan, WANG Li. Exploring the multi-scale spatial evolution of tourist towns in mountainous areas by spatial syntax method: a case study of Zhenyuan Ancient Town, China [J]. *Mountain Research*, 2019, **37**(4): 551 – 563]
- [18] 刘承良, 余瑞林, 段德忠. 基于空间句法的武汉城市圈城乡道路路网通达性演化分析[J]. *地理科学*, 2015, **35**(6): 698 – 707. [LIU Chengliang, YU Ruilin, DUAN Dezhong. The evolution of spatial accessibility of urban-rural road network based on the space syntax in Wuhan Metropolitan Area [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2015, **35**(6): 698 – 707]
- [19] 吴志军, 田逢军. 基于空间句法的城市游憩空间形态特征分析——以南昌市主城区为例[J]. *经济地理*, 2012, **32**(6): 156 – 161. [WU Zhijun, TIAN Fengjun. The analysis of urban recreational space shape characteristic and influencing factors based on space syntax—Taking Nanchang as an example [J]. *Economic Geography*, 2012, **32**(6): 156 – 161]
- [20] 刘承良, 许佳琪, 郭庆宾. 基于铁路网的中国主要城市中心性的空间格局[J]. *经济地理*, 2019, **39**(3): 57 – 66. [LIU Chengliang, XU Jiaqi, GUO Qingbin. Spatial pattern of urban centrality on railway hub in China's mainland [J]. *Economic Geography*, 2019, **39**(3): 57 – 66]
- [21] 彭陈. 我国内河航运发展现状与提升对策研究[J]. *当代教育实践与教学研究*, 2017, **5**(3): 247 + 255. [PENG Chen. Research on the development status and promoting countermeasures of China's inland navigation [J]. *Contemporary Education Research and Teaching Practice*, 2017, **5**(3): 247 + 255]
- [22] 葛志伟. 中美内河航运的比较研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2006. [GE Zhiwei. Comparative research on Sino-American inland waterway transportation [D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2006]
- [23] Cominelli F, Greffe X. Intangible cultural heritage: Safeguarding for creativity [J]. *City, Culture and Society*, 2012, **3**(4): 245 – 250.
- [24] 苏勤, 钱树伟. 世界遗产地旅游者地方感影响关系及机理分析——以苏州古典园林为例[J]. *地理学报*, 2012, **67**(8): 1137 – 1148. [SU Qin, QIAN Shuwei. Influence relationship and mechanism of tourists' sense of place in World Heritage Sites: a case study of the Classical Gardens of Suzhou [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2012, **67**(8): 1137 – 1148]
- [25] 游巍斌, 何东进, 洪伟, 等. 基于条件价值法的武夷山风景名胜区遗产资源非使用价值评估[J]. *资源科学*, 2014, **36**(9): 1880 – 1888. [YOU Weibin, HE Dongjin, HONG Wei, et al. The non-use value of heritage resources in Wuyishan Scenery District using the contingent valuation method [J]. *Resources Science*, 2014, **36**(9): 1880 – 1888]
- [26] 徐红罡, 吴悦芳, 彭丽娟. 古村落旅游地游线固化的路径依赖——世界遗产西递、宏村实证分析[J]. *地理研究*, 2010, **29**(7): 1324 – 1334. [XU Honggang, WU Yuefang, PENG Lijuan. Path dependence in travel route formation in ancient village tourism destinations: An empirical study of Xidi and Hongcun [J]. *Geographical Research*, 2010, **29**(7): 1324 – 1334]
- [27] 张鹏骞, 周彩贤, 白加德, 等. 自然保护区与世界遗产关系初步思考[J]. *自然与文化遗产研究*, 2020, **5**(1): 34 – 40. [ZHANG Pengqian, ZHOU Caixian, BAI Jiade, et al. Preliminary study on the relationship between protected area and world heritage site [J]. *Study on Natural and Cultural Heritage*, 2020, **5**(1): 34 – 40]



[28] 蔚东英,冯媛霞,李振鹏. 中国世界自然遗产现状分析及未来申报方向研究[J]. 中国园林,2015,**31**(3):63 – 67. [WEI Dongying, FENG Yuanxia, LI Zhenpeng. The research on the

present situation and the future application directions of World Natural Heritage in China [J]. Chinese Landscape Architecture, 2015,**31**(3):63 – 67]

## Spatial Patterns and Transportation Accessibility Analysis of World Heritages in China

MU Zhenbei<sup>1</sup>, YOU Weibin<sup>1\*</sup>, ZHANG Xiufang<sup>1</sup>, LIN Meijiao<sup>1</sup>, HE Dongjin<sup>1,2</sup>

(1. College of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China;

2. College of Jinshan, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

**Abstract:** World heritages are cultural and natural resources with remarkable values. The spatial distribution pattern and accessibility are essential for comprehensive planning and systematic protection of these heritages. Based on the 53 world heritage sites registered until December, 2018 in China, we analyzed the spatial distribution and accessibility of these sites using Exploratory Spatial Analysis and Space Syntax. The results showed that: (1) On the spatial pattern, the distribution of world heritage sites were banded or clustered with significant differences regionally. Cultural heritage and mixed heritage sites possessed superior ancient civilization elements, which concentrated in the central and eastern China. While in comparison, natural heritage sites were unique in their topographies and mainly distribute in the southwest of China. (2) The integration and control value indicators of road networks (high-speed railway, general railway, national highway and expressway) access to China's heritage sites were high in Central, Northern and Eastern China, while it was much lower in the northwest and southwest China. On this basis, Beijing, Shanghai, Wuhan, Xi'an and other regional central cities had the most prominent traffic accessibility. The Yangtze River Delta and the Pearl River Delta had the most outstanding air and water transport capacity. In general, the structure of road network in each region had a close impact on the traffic accessibility of the local world heritage. (3) Cultural and mixed heritage sites distributed in the top two accessibility levels (high accessibility), while natural heritage sites located in the third level of accessibility (low accessibility). (4) The complex topography and retarded economic development reduced the accessibility to these heritage resources, leading to the imbalance development in different regions. We advocated to shorten the regional development gaps between heritage sites, which should also be incorporated into the planning and comprehensive protection of the Natural Protected Areas System construction in China.

**Key words:** world heritage sites; spatial analysis; spatial syntax; Natural Protected Areas System in China; GIS