

基于 GIS 的文化遗址园区空间分布规划研究

方永恒, 许莹

(西安建筑科技大学 管理学院, 陕西 西安 710055)

摘要: 地理信息系统(GIS)强大的数据处理与分析功能可以将文化遗址园区所具备的空间分布特征直观展现出来。利用 GIS 空间分析技术, 分析西安市行政区域内文化遗址园区的空间服务能力、人口密度和空间分布方向等空间分布特征。结果表明, 西安市文化遗址园区在三环以内密集分布, 在以半径 500 m 的缓冲区中存在 34.8% 重叠; 西安市文化遗址园区的数量与人口密度呈正相关关系; 西安市不同行政区域中文化遗址园区分布方向显著不同。提出应依据空间分布特征对文化遗址园区进行科学规划, 并根据文化遗址园区群的分布方向, 进行区域内和区域间的相关产业规划布局。

关键词: GIS; 文化遗址; 空间分布

中图分类号: TU984.14

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2017)05-0734-06

Study on spatial distribution planning of cultural heritage site based on GIS: A case study of Xi'an

FANG Yongheng, XU Ying

(School of Management, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: The powerful data processing and analysis function of Geographic Information System (GIS) can visualize the spatial distribution characteristics of the cultural heritage site. Based on the GIS spatial analysis, this paper analyzes the spatial distribution characteristics of spatial service capacity, population density and spatial distribution of cultural heritage sites in administrative area of Xi'an. The results show that there are 34.8% overlap in the buffer area with 500 m radius, and the number of cultural heritage in Xi'an is positively correlated with the population density. The distribution of cultural heritage sites in different administrative regions of Xi'an is significantly different. It is suggested that the planning of culture heritage site should be carried out according to the spatial distribution characteristics, the distribution direction and the layout of the relevant industries in the region and between different regions.

Key words: GIS; ancient cultural heritage; spatial feature

随着社会经济和科学技术的发展, 人们对文化生活的关注与日俱增, 加之政府调整产业结构, 将经济增长点由第一、二产业逐步向第三产业转变, 由此文化产业迎来了蓬勃发展的良机^[1]。文化遗址园区作为文化产业的组成部分, 其重要性也逐渐显现, 各类文化遗址园区的开发建设逐渐增多。

在对文化遗址园区的规划研究中, 有学者通过潜力模型分析方法研究文化新区步行网络系统的可达性^[2]、或利用特性分析法对文化遗址园区进行分析^[3], 给出规划建议; 也有学者通过研究文化遗址中的建筑效能^[4]和文化遗址情感的可视化^[5]说明文化遗址园区规划的建筑结构和需要考虑的人

文因素; 还有学者运用文化空间理论来说明文化遗址园区的开发^[6]。虽然这些方法都可在一定程度上说明园区的规划建设, 但却将各园区作为独立的个体进行分析, 没有研究园区间的地理要素关系, 可视化的图形展示不足, 不能直观的呈现园区的空间特征。而地理信息系统(Geographic Information System, GIS)作为强大的地理信息处理工具, 不仅能够分析、处理数据信息, 还可以将分析结果形成视觉图形, 增加直观性。

文化遗址园区的地理空间分布具有一定的空间特征, 如方位性、聚集性和关联性等, 对文化遗址园区产业的布局以及规划建设, 甚至对文化产业的形成、发展等都有重要的作用和影响^[7]。利

收稿日期: 2017-06-06

修改稿日期: 2017-07-22

基金项目: 国家社会科学基金项目(13XJL012)

第一作者: 方永恒(1968—), 男, 教授, 研究方向: 产业规划。E-mail: yhfang@xauat.edu.cn

通讯作者: 许莹(1987—), 女, 硕士生, 研究方向: 产业规划, E-mail: xuying0117@163.com

用GIS研究分析并认知其地理空间特征,对进行文化遗址园区的科学化规划布局和调整,从而带动文化产业的发展具有重要的实践意义。

西安市作为历史悠久的文化古都,具有先天的文化遗址的开发的资源优势。近年来,国家大力开发文化产业,规划并建设了许多新的文化遗址园区,然而有些园区建成后的结果并没有达到预期效果,虽然其中有各种原因^[8],但与这类园区的前期规划中对其空间特征认识不足不无关联。因此,分析和研究西安市文化遗址园区的空间特征成为对其进行科学规划和开发利用的重要环节。

1 研究方法 with 数据处理

地理信息系统(Geographic Information System, GIS)中的空间分析法是指通过研究客观事物的地理空间构成和结构,以及之间的关系和影响,揭示空间数据库中隐含的信息和空间事物之间的相互关系。本研究运用 ArcGIS10.2.2 对西安市文化遗址园区的空间分布特征进行分析,对西安市文化遗址园区的空间服务能力范围、与人口的关系及空间分布方向加以研究,得出其空间分布特征以及影响园区规划的因素。

数据选取上,以西安市文化遗址点和博物馆作为文化遗址园区,记录其经纬度作为点,属性包括产业类型和服务距离,分别用于园区空间分布和服务能力分析;以西安市行政区划和西安市环城道路线分别作为研究范围研究文化遗址园区的区域服务能力及不同区域的分布方向;人口数据用于分析文化遗址园区与人口密度关系。

数据采集完成后,按照需要与GIS分析要求进行数据组织,包括数据导入、地理配准(针对图像)、表格坐标数据生成点位图层以及投影转换、数据拼接和符号设置等,形成适合GIS表达和应用分析需要的数据集。

2 基于GIS的文化遗址园区空间分析模型与方法

2.1 分析模型构建

2.1.1 空间服务能力

空间服务能力是指一个地理事物对其它事物的影响、被影响的状况,可表现为空间吸引范围。例如,公园吸引就近人群^[9],并且吸引有一定的距离^[10],这个吸引距离甚至可以用引力模型表述^[11]。

按照空间服务能力含义,可以建立相应的分析计算模型,用服务区面积与某种面积之比表达,

见式(1)。

$$S = \frac{\sum a_i}{A} \quad (1)$$

其中: a_i 为第*i*点的产业服务区面积, A 为某种总面积, S 为面积比率。

对于服务面积,有两种结果,一种是空间统计面积,即每个点位的服务面积之和,另一种是空间覆盖面积,即所有服务区占据的实际空间面积,对于重叠的面积不重复计算。这样,相应的服务能力计算也有两种类型,一种是关于区域的,一种是关于覆盖情况的。前者可以分别用统计面积和覆盖面积与区域面积计算,后者用覆盖面积和统计面积计算。除此之外,还可以进行分析服务区重叠情况,即识别重叠区和重叠次数。

对于文化遗址,一般以遗址为核心,作为发展产业群的基础,以吸引距离为半径,计算其面积生成服务区。生成的服务区之间可能有重叠,另外还存在服务区之外的空白区。对于重叠区,是多个点位的重叠服务区域。显然,重叠越多,获得的服务也越多。但另一方面,在服务区之外的空白区域,就不能获得服务。这样,可以通过服务区面积与区域面积之比,计算区域获得产业服务的能力,分析园区的空间服务能力,作为区域产业布局评价、调整的依据。

2.1.2 人口密度

人口密度对文化产业的发展水平存在一定影响力^[12],通常来说,人口密度大时,文化产业发展水平往往较高。文化遗址园区最终的服务对象为人群,因此必须要考虑服务范围对人群的吸引状况,可以使用人口点位数据插值生成人口分布图。

在人口分布图的基础上,利用上述的服务区进行一定范围的人口提取和统计。统计分析以服务区的人口总数与该区域的人口总数相除,通过计算比值确定服务能力,可以用地理空间区域统计公式进行人口统计,见式(2)。

$$P = \sum \sum R_{ij} \quad (2)$$

其中: R_{ij} 为区域内的单元格, P 为区域人口数量。

在文化遗址园区的规划应用中,可以以此作为新建文化遗址园区的地理空间布局的参考指标,也可以作为对现有园区的评价指标,人口密度大但文化遗址园区数量较少时可以增加园区规划,并且避免在人口密度小的地区过多规划文化遗址园区造成资源浪费,提高规划效率。

2.1.3 空间分布方向

空间分布方向是用来度量一组数据的方向和

分布特征的. 将点位数据从地理空间统计角度出发, 识别一组数据的方向以及分布趋势, 并通过地理空间状况的度量, 揭示其分布特征, 以说明这组数据是否具有某些方向特性. 空间分布方向主要是通过标准差椭圆显示. 对于该标准差椭圆, 可以通过计算平均中心获取椭圆圆心确定椭圆形态, 再计算旋转角度确定椭圆方向, 最后计算 X、Y 轴标准差获取椭圆方程, 公式如式(3)所示:

$$\begin{cases} SDE_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n}} \\ SDE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n}} \end{cases} \quad (3)$$

其中: x_i 和 y_i 是要素 I 的坐标, (\bar{X}, \bar{Y}) 表示要素的平均中心, n 等于要素总数.

旋转角的计算方法为

$$\begin{cases} \tan\theta = \frac{A+B}{C} \\ A = (\sum_{i=1}^n \tilde{x}_i^2 - \sum_{i=1}^n \tilde{y}_i^2) \\ B = \sqrt{(\sum_{i=1}^n \tilde{x}_i^2 - \sum_{i=1}^n \tilde{y}_i^2)^2 + 4(\sum_{i=1}^n \tilde{x}_i \tilde{y}_i)^2} \\ C = 2 \sum_{i=1}^n \tilde{x}_i \tilde{y}_i \end{cases} \quad (4)$$

X 轴和 Y 轴的标准差为

$$\begin{cases} \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tilde{x}_i \cos\theta - \tilde{y}_i \sin\theta)^2}{n}} \\ \sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tilde{x}_i \sin\theta + \tilde{y}_i \cos\theta)^2}{n}} \end{cases} \quad (5)$$

其中 \tilde{x}_i , \tilde{y}_i 是平均中心和 x , y 坐标的差.

分析结果可以展现出各区域之内的点位分布状况, 用以分析特定区域内文化遗址园区的规划, 依据其分布方向进行开发建设; 也可以分析与文化遗址园区发展相关的其它产业规划布局, 依据文化遗址园区的分布方向确定相关产业的建设, 以达到实现产业间良性循环、相互促进的.

2.2 结果与分析

依据上述提供的模型, 对西安市文化遗址园区空间分布进行验算分析. 一方面通过这些指标, 确定现状的合理性; 另一方面, 可以按照经验设计点位, 进行指标分析, 与合理指标比较, 判断规划的合理性, 再进行调整, 计算和评价.

2.2.1 空间服务能力

文化遗址园区的空间服务能力主要从空间覆盖服务角度考虑. 显然, 文化遗址园区点位的多少, 聚集的空间位置和范围等, 都是服务能力的重要指标.

(1) 点位空间分布的区域服务状况分析

本次共采集文化遗址园区点位 186 个, 通过统

计计数, 以环城路和二、三环路为分析目标, 依次统计遗址点位的分布状况, 如表 1 所示.

从表 1 中可以看出, 位于主城区有 25 个遗址点, 占总体数量的 13.5%; 二环内有 51 个点, 占 27.6%; 三环以内有 127 个点, 占 68.6%. 在三环之外有 58 个点, 占 31.4%. 由此可见, 西安市遗址点主要分布在三环以内. 此外, 环城路与二环之间有 26 个点, 占 14.1%; 二环与三环之间有 76 个点, 占 41.1%. 说明在三环以内的点中, 大部分位于三环与二环之间.

表 1 遗址点分布数量与西安市城区及二、三环路关系

Tab. 1 Relationship of heritage site distribution between main city, the second and third Ringroad in Xi'an

路径	总数/个	比重/%	环路间遗址数/个	比重/%
环城路内	25	13.5	—	—
环城与二环间	—	—	26	14.1
二环环路内	51	27.6	—	—
二、三环路间	—	—	76	41.1
三环路内	127	68.6	—	—
三环路外	58	31.4	—	—

再将遗址点和三条环线道路通过 GIS 显示, 可以得到图 1.

从图 1 直观观察可见, 文化遗址园区密集分布在西安市三环路以内, 尤其在城中到城南呈团状分布形态, 在其它区域只有零星分布. 由统计结果和 GIS 运算表明, 西安市三环路以内是文化遗址园区的密集分布区域, 不仅数量多, 而且密度大. 这正是西安作为历史古都所体现出的一种鲜明的文化特色, 应当作为文化遗址园区发展规划的重心.



图 1 西安市文化遗址园区分布

Fig. 1 Distribution of Xi'an cultural heritage site

(2) 点位的服务覆盖范围分析

对于西安市文化遗址园区, 可从周边服务问题入手, 研究其产业发展和带动能力. 在 GIS 中, 以文化遗址园区点位为中心, 500 m 为半径进行缓冲分析, 确定园区周边范围, 如图 2 所示.

从图 2 可看到缓冲区之间存在重叠区域, 重叠大

小与文化遗址园区分布的密集程度有关,密集度高的重叠度大,密集度低的重叠度小.按照公式(1),以500 m的缓冲距离,文化遗址园区的服务面积理论上达到175.84 km²,而实际只有114.424 km²,重叠率为34.8%.其中重叠面积最大为11.86 km²,处于二环与三环之间;次大重叠面积在环城路内,为8.314 km².在规划中,可以考虑将重叠度大的区域作为文化遗址园区服务的中心区域.

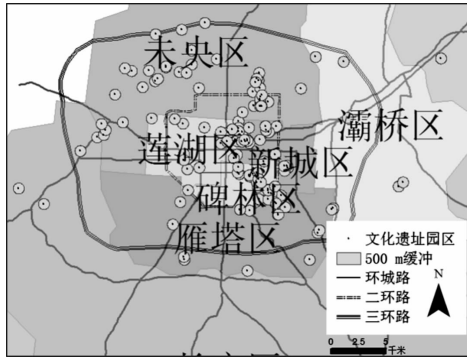


图2 西安市文化遗址园区500 m周边范围

Fig.2 500 m Around cultural heritage site in Xi'an

2.2.2 人口密度

将西安市人口分布数据导入GIS中,依照公式(2),选择点密度工具,以自然间断点分级法将人口密度分为11类,显示出人口密度的分布特点,结合文化遗址园区点位分布,得到图3.

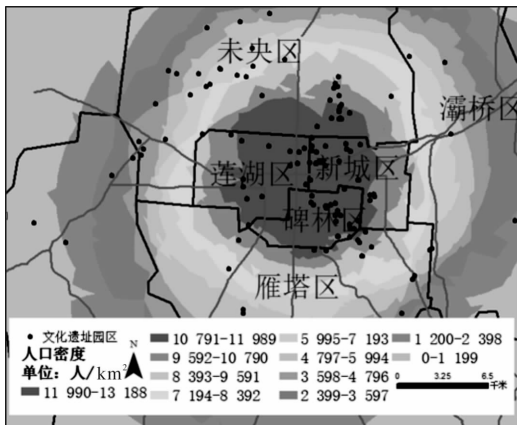


图3 文化遗址园区与人口密度

Fig.3 Relationship between distribution of cultural heritage site and population density

统计西安市不同人口密度区域中文化遗址园区的数量,人口密度最大的区域有文化遗址园区46个,第二大区域有25个.统计结果与图3都可以看出文化遗址园区的数量与人口密度呈正相关关系.

此外,通过陕西省统计局发布的数据,得到2015年各文化遗址园区接待游客的人数.取前7位排名,顺序见图4.从图4可知,除秦始皇陵博物院及华清宫景区外,其余文化遗址园区均位于

三环以内,为人口稠密区域.由于大部分文化遗址园区服务于周边人口,结合图3与表2可知,人口密度大的地方,文化遗址园区接待的人数多.因此,在文化遗址园区的规划中,应考虑到人口密度因素,在人口密度较大,文化遗址园区数量较多的区域进行规划开发,以充分利用人口优势.

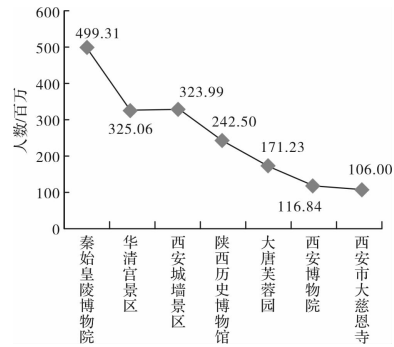


图4 西安市2015年文化遗址园区接待人数排名

4 Ranking of visit population in cultural heritage site

2.2.3 空间分布方向

将西安市文化遗址园区点位数据按行政区域分类统计,得到各区域文化遗址园区分布的数量,选取数量较多的碑林区,新城区、莲湖区、雁塔区、未央区、长安区、灞桥区、临潼区作为研究区域.其中碑林区,新城区、莲湖区面积较小,合并为一体,称为城三区.将研究区域中的点位数据输入GIS中,选择计算工具中的分布方向,便可依照公式(3)、(4)、(5)得出其分布方向,该分布方向是一个标准差的椭圆形面积,其各属性数据如表3所示.

从表3中可以看出,除灞桥区外,在研究区域内,标准差椭圆中文化遗址园区密度均大于各研究区域内的密度.椭圆方向也各不相同,这与各区域内文化遗址园区的点位分布状态关系密切.需要说明的是表格中的扁率,扁率是指椭圆中长轴与短轴的比率,其中长轴表示文化遗址园区分布的方向,短轴表示文化遗址园区分布的范围,长短轴的值差距越大(扁率越大),表示其分布的方向性越明显;短半轴越短,文化遗址园区的向心力越明显,反之,离散程度越大.从数值上说,当扁率为1时,长短轴完全相等,成为一个圆,则没有任何方向特征;当扁率小于1时,说明文化遗址园区呈现竖直分布状态,数值越小,椭圆形态越扁平;当扁率大于1时,则呈现水平分布方向,数值越大,椭圆形态越扁平.因此,从表2中可知城三区、长安区、灞桥区呈竖直向分布,长安区、灞桥区较为扁平,城三区数值为0.79,近于1,趋于圆形分布,空间分布特征不明显.其他区域则呈水平方向分布,其中临潼区(4.79)分布形态最为扁平.

表3 西安市主要行政区文化遗址园区分布方向属性值

Tab.3 Distribution direction attribute of cultural heritage site in main area

区名	区域面积/km ²	数量/个	区域中密度/个·km ⁻²	椭圆面积/km ²	数量/个
城三区	91	70	0.77	33	35
雁塔区	152	22	0.14	51	14
未央区	262	45	0.17	77	32
长安区	1583	9	0.01	443	8
灞桥区	322	8	0.02	105	2
临潼区	898	19	0.02	22	11
西安市	10 108	185	0.02	799	140

区名	椭圆中密度/个·km ⁻²	椭圆主轴方向	X轴/km	Y轴/km	X、Y轴比
城三区	1.07	122°16'09"	3.74	2.78	0.74
雁塔区	0.27	83°50'49"	2.70	6.01	2.23
未央区	0.41	89°48'27"	3.27	7.51	2.30
长安区	0.02	142°44'17"	21.56	6.54	0.30
灞桥区	0.02	171°29'37"	9.83	3.41	0.35
临潼区	0.51	64°41'41"	1.20	5.75	4.79
西安市	0.18	64°46'17"	11.55	22.04	1.91

具体分布形态可以通过 GIS 显示, 图 5 中显示了不同区域中文化遗址园区分布的标准差椭圆形态. 通过直观观察可以看到在不同区域中, 文化遗址园区的分布有着显著的差异, 这种分布形态上的差异为后续的区域规划提供了基础.

图 6 则显示了西安市文化遗址园区空间分布方向与各研究区域空间分布方向的叠加, 从图 6 中可以看到各研究区域空间分布方向的位置关系, 这种位置关系为以文化遗址园区为基础设计的行政区间文化产业区域规划布局提供了基础依据.

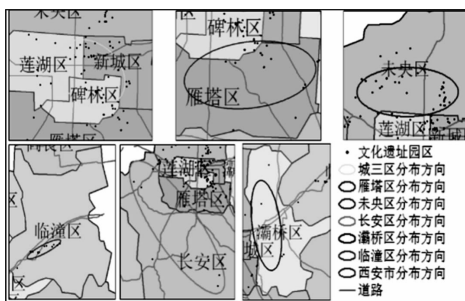


图5 西安市主要区域文化遗址空间分布方向

Fig.5 Distribution of culture heritage site in studied areas

3 结论与建议

利用 GIS 对西安市文化遗址园区空间分布进行研究后, 发现西安市文化遗址园区在三环以内密集分布, 其空间服务能力与分布位置有关; 文化遗址园区分布状况与形态和人口密度呈现正相关关系; 不同区域中文化遗址园区分布方向显著不同. 这些特征都会对西安市文化遗址园区的规划建设产生影响. 而文化遗产的保护、利用和开发, 是文化

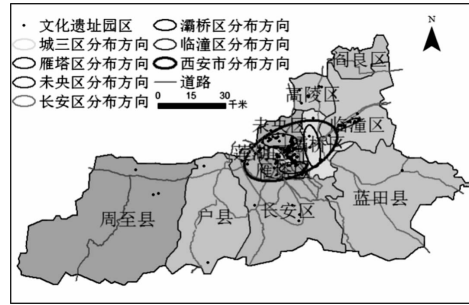


图6 西安市及各研究区域文化遗址园区分布方向

Fig.6 Distribution of culture heritage site in Xi'an & studied areas

遗址园区规划建设考虑的重要方面, 更是文化产业布局和发展的一个方向, 基于前面文化遗址园区呈现出的空间分布特征, 提出以下规划建议:

(1) 依据空间服务能力进行文化遗址园区规划建设. 以文化遗址园区的服务区为基础, 计算不同的园区空间服务能力, 再按照不同的空间服务能力, 设计与规划文化遗址园区布局. 同时, 还可以依据服务能力的重叠度, 提高园区规划效率, 在满足各园区功能的同时, 避免无效或低效的建设.

(2) 依据人口分布密度确定文化遗址园区规划建设. 由于文化遗址园区的分布状况与人口密度呈现出正相关关系, 因此, 在人口密集区进行文化遗址园区的规划则更加科学. 并同时利用人口密集的特点充分发挥文化遗址园区的人文效应, 为文化遗址园区带来更多的良性循环.

(3) 依据区域文化遗址园区分布方向分片区规划建设. 西安市不同区域内的文化遗址园区分布方向都不同, 这些分布方向可以作为文化遗址园区建设分区的依据. 不单是区域内部的规划设计, 还可以进行跨区域的文化产业宏观规划. 不仅带动文化遗址园区发展, 还要融合其它相关产业, 形成一个互有关联的文化产业体系, 使文化遗址园区的产业效益得到最大发挥.

(4) 依据文化遗址分布方向确定区域优先规划建设. 文化遗址园区的分布方向不仅可以进行分区域规划设计, 还可以结合文化遗址园区分布的密集度确定优先规划. 优先发展分布方向集中, 密集度大的文化遗址园区, 充分利用文化遗址资源, 既减少了建设难度, 还节约了开发成本, 提高了规划的效率. 此外, 可以通过研究文化遗址园区的分布方向, 寻找其分布规律, 为尚未发现的文化遗址出土提供有效信息.

参考文献 References

- [1] 韩顺法, 陶卓民, 肖泽磊. 我国区域文化创意指数的测度及经济增长效应[J]. 经济地理. 2012, 32(4): 96-102.

HAN Shunfa, TAO Zhuomin, XIAO Zelei. The evalua-

- ation of regional cultural-creative index in china and its influence on economic growth[J]. *Economic Geography*, 2012, 32(4):96-102.
- [2] 吴党社,石凤,李聪颖. 扶风旅游文化产业新区步行网络系统研究[J]. *西安建筑科技大学学报(自然科学版)*, 2014(6): 876-881.
WU Dangshe, SHI Feng, LI Congying. Study on the pedestrian network system in Fufeng tourism and cultural industries zone[J]. *J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech.* (Natural Science Edition), 2014(6): 876-881.
- [3] 陈稳亮. 基于特性分析的大遗址保护规划策略研究[J]. *城市问题*, 2012(6):41-46.
CHEN Wenliang. The study of great sites protective planning based on the characteristic analysis[J]. *Urban Problem*, 2012(6): 41-46.
- [4] KRISTIAN F, MARCO Z, KEOMAA. Heritage buildings and energy performance: Mapping with GIS tools [J]. *Energy & Buildings*, 2012(48): 137-145.
- [5] JANG, MUN Hyun. Three-dimensional visualization of an emotional map with geographical information systems; a case study of historical and cultural heritage in the Yeongsan River Basin, Korea[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2012 26(8):1393-1413.
- [6] 朴松爱,樊友猛. 文化空间理论与大遗址旅游资源保护开发-以曲阜片区大遗址为例[J]. *旅游学刊*, 2012(4):39-47.
PIAO Songai, FAN Youmeng. Theory of cultural space and preservation and development of great historical site tourism resources-A case of Qufu area historical site[J]. *Tourism Tribune*, 2012(4):39-47.
- [7] 马冬雪,江芸,朱明勇. 基于GIS的中国体育非物质文化遗产空间分布研究[J]. *体育科学*, 2015(6):19-24.
MA Dongxue, JIANG Yun, ZHU Mingyong. Study on the distribution of sports intangible cultural heritage in China based on GIS[J]. *China Sport Science*, 2015(6):19-24.
- [8] 吴承忠,李雪飞. 文化创意产业集聚区发展中的问题及其解决措施[J]. *城市问题*, 2013(10):46-50,67.
WU Chengzhong, LI Xuefei. Problems & suggestions of developing culture creative industry cluster [J]. *Urban Problem*, 2013(10): 46-50,67.
- [9] RICH R C. Neglected issues in the study of urban service distribution: a research agenda [J]. *Urban Studies*, 1979(16): 143-156.
- [10] KUNZMANN K R. Planning for spatial equity in europe [J]. *International Planning Studies*, 1998(1): 101-121.
- [11] 李山,王铮,钟章奇. 旅游空间相互作用的引力模型及其应用[J]. *地理学报*, 2012(4):526-544.
LI Shan, WANG Zheng, ZHONG Zhangqi. Gravity model for tourism spatial interaction: basic form, parameter estimation, and applications [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2012(4):526-544.
- [12] 李涛,陶卓民,李在军. 基于GIS技术的江苏省乡村旅游景点类型与时空特征研究[J]. *经济地理*, 2014(11): 179-184.
LI Tao, TAO Zhuomin, LI Zaijun. The research on types and time-spatial structure of rural tourism attractions in jiangsu province based on GIS [J]. *Economic Geography*, 2014(11):170-184.

(编辑 沈波)

(上接第727页)

- [4] 中华人民共和国公安部. 建筑设计防火规范: GB50016-2006[S]. 北京:中国计划出版社. 2006.
China Public Security Ministry. Code of design on building fire protection and prevention: GB50016-2006 [S]. Beijing: China Planning Press. 2006.
- [5] 陆耀庆. 实用供暖通风空调设计手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社. 2008.
LU Yaoqing. Heating ventilation and air conditioning design of practical handbook[M]. Beijing: China Architecture and Building Press. 2008.
- [6] 住房和城乡建设部工程质量安全监管司,中国建筑标准设计研究院. 全国民用建筑工程设计技术措施-暖通空调?动力[M]. 北京:中国计划出版社. 2009.
Department of Housing and Urban-Rural Construction Engineering Quality and Safety Supervision, China Academy of Building standard design. National technical measures of civil engineering-heating, ventilating and air conditioning and power [M]. Beijing: China Planning Press. 2009.
- [7] 刘朝贤. 高层建筑防火排烟研究 1:压差法与流速法不宜用于高层建筑加压送风量计算[J]. *暖通空调*, 2015,45(9):16-20
LIU Chaoxian. Study on high-rise building fire smoke 1: differential-pressure method and calculation of pressurization supply air velocity method should not be used in high-rise buildings [J]. *Heating, Ventilating and Air Conditioning*, 2015,45(9):16-20.
- [8] 嵇馨. 暖通专业相关消防问题探讨[J]. *消防科学与技术*, 2014,33(7):785-788
JI Xin. The discussion of fire protection problems concerning HVAC project[J]. *Fire Science and Technology*, 2014,33(7):785-788.
- [9] 中华人民共和国公安部,建筑防烟排烟系统技术规范编制组. 建筑防排烟系统技术规范:(征求意见稿)[S]. 北京:2015.
People's Republic of China Ministry of Public Security, The preparation Section of building smoke proof and exhaust system technical specifications. Building smoke control system technical specifications (Draft for Soliciting Opinions)[S]. Beijing: 2015.
- [10] 贺绮华. 高层超高层建筑防排烟系统设计[J]. *消防技术与产品信息*, 2011;(2). 17-22.
HE Qihua. high-rise and super high-rise buildings smoke Control System Design [J]. *Fire Technique and Product information*, 2011;(2). 17-22.
- [11] 北京鸿业同行科技有限公司. 鸿业暖通专业设计计算软件(试用版)[Z]. 2016.
Beijing Hongye peer Technology Co., Ltd. Hongye hvac Design Calculation software (trial version) [Z]. 2016.
- [12] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 通风与空调工程施工规范:GB50738-2011[S]. 北京:中国建筑工业出版社. 2012.
People's Republic of China Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Code for ventilation and air conditioning engineering construction: GB50738-2011 [S]. Beijing: China Architecture and Building Press. 2012.
- [13] 山东南定热电厂. 离心式与轴流式通风机[M]. 北京:电力工业出版社. 1980.
Nanding Thermal Power Plant in Shandong. Centrifugal and axial flow fans [M]. Beijing: China Electric Power Industry Press. 1980.
- [14] 高甫生,王砚玲,邱旭东. 高层建筑加压送风系统试验研究[J]. *暖通空调*, 2003,33(4):31-35.
GAO Fusheng, WANG Yanling, QIU Xudong. Experimental study on the pressurization system in tall buildings [J]. *Heating, Ventilating and Air Conditioning*, 2003,33(4): 31-35.
- [15] 杨志增,靳红雨. 合用前室机械防烟系统的防烟效果研究[J]. *消防科学与技术*, 2015;41(3). 322-324.
YANG Zhizeng, JIN Hongyu. Smoke control effect of mechanical smoke prevention system in shared atria [J]. *Fire Science and Technology*, 2015, 41(3): 322-324.

(编辑 沈波)