

# Study on Characteristics Parameters of Dense Crowds and Security Early Warning of Nanluogu Alley in Beijing

Jiaxing Han<sup>1</sup>, Zina Zhan<sup>2</sup>, Ying Gao<sup>1</sup>, Jie Zeng<sup>1</sup>, Dongdong Liu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Civil and Traffic Engineering, BUCEA, Beijing

<sup>2</sup>Institute of Building Fire Research of China Academy of Building Research, Beijing

Email: 13167302277@163.com

Received: Nov. 19<sup>th</sup>, 2017; accepted: Dec. 3<sup>rd</sup>, 2017; published: Dec. 11<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

In recent years, the accidents happened at home and abroad have caused serious casualties, attracted the attention of society and management. The Nanluogu Alley in Beijing is limited, and a large number of tourists gathered to the region caused a security risk of a stampede. Working days and holidays in 2016, we carried out video monitoring, measurement and questionnaire in Nanluogu Alley Street, based on the comparison of pedestrian walking state in different population density, the four warning threshold is established, and using the time series prediction method to predict the crowd density of Nanluogu Alley in the future. The research results can be a reference for monitoring crowd blocks and emergency management.

## Keywords

Crowd Density, Warning Threshold, Crowd Density Prediction

---

# 北京市南锣鼓巷街区密集人群特征及安全预警研究

韩嘉兴<sup>1</sup>, 詹子娜<sup>2</sup>, 高颖<sup>1</sup>, 曾杰<sup>1</sup>, 刘栋栋<sup>1</sup>

<sup>1</sup>北京建筑大学土木与交通工程学院, 北京

<sup>2</sup>中国建筑科学研究院建筑防火研究所, 北京

Email: 13167302277@163.com

收稿日期：2017年11月19日；录用日期：2017年12月3日；发布日期：2017年12月11日

## 摘要

近年来，在国内外人群密集公共场所突发踩踏事故中造成的人员伤亡，引起社会和管理部门的关注。北京市南锣鼓巷街区由于区域面积十分狭小，节假日大量游客的聚集，造成了发生踩踏事故的安全隐患。本文于2016年的工作日及节假日，对南锣鼓巷主街进行视频监控、测量和问卷调查，通过分析和对比不同人群密度下行人的聚集状态，提出了四级预警阈值，并采用季节性预测法对未来南锣鼓巷人群密度进行了预测。研究成果可为密集人群街区的监控预警和应急管理参考。

## 关键词

人群密度，预警阈值，人群密度预测

Copyright © 2017 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着经济持续稳定发展，人们的生活观念和方式发生了很大的变化，各种户外旅游活动越来越频繁。旅游街区由于人群高度密集，流动性大，疏散条件差，缺乏科学、全面、有效的监控与应急管理，一旦发生突发事件，将会引发严重的踩踏事故，造成人员伤亡[1]。2004年2月5日，北京市密云县元宵迎春灯会期间，在彩虹桥上发生了拥挤踩踏事件，造成37人死亡，受伤人数达到几百人；2014年跨年夜，上海外滩踩踏事件，造成36人死亡，49人受伤。这些事故在危及人们生命安全的同时也给社会的稳定发展带来了重大影响。

北京市南锣鼓巷是一条传统文化街区，已有740多年的历史。近年来，南锣鼓巷的游客数量逐次攀升，根据北京市旅游委相关统计显示，国庆节南锣鼓巷的日客流量最大已达10万多人。

北京建筑大学刘栋栋等[2][3]对北京多个地铁交通枢纽进行行人特征数据调查与分析，获得行人特征数据约15余万条；刘栋栋、周京京等[4]于北京地坛庙会期间，基于移动手机定位技术，对人群密集场所实施了分区实时监测和分级预警。

本文选取2016年工作日及节假日对南锣鼓巷进行实地调研，研究所得的人群特征参数为管理部门采取必要的应急管理措施提供了技术支持。

## 2. 人群密度统计

### 2.1. 调研情况

本文通过2016年4月29日~2016年5月1日(工作日及劳动节)，2016年6月9日(端午节)，2016年9月15日(中秋节)，2016年10月2日(国庆节)对南锣鼓巷主街三段街区进行视频监控，计算出南锣鼓巷主街人群密度。

根据三段街区的监测截图，选取参考点，标记出区域形状并对区域面积进行实地测量。三段街区的视频监控区域及区域形状分别见表1和图1。

**Table 1.** Video surveillance area  
**表 1.** 视频监测区域

测量点	测量地点	测量区范围		测量面积 (单位: m <sup>2</sup> )
		长度(南北向) (单位: m)	宽度 (单位: m)	
1	板长胡同南, 店铺“小七家”北	10.60	7.10	75.26
2	前圆恩寺北, 泰式柠檬茶对面	7.13	5.89	42.00
3	后圆恩寺北	13.05	4.20	54.81



**Figure 1.** The area shape of three streets  
**图 1.** 三段街区区域形状

## 2.2. 人群密度统计—以 10 月 2 日为例

人群密度反映了一个空间内人群的密集程度, 通常用单位面积上分布的人群数目表示, 即: 人群密度 = 全部人数/全部面积(人/m<sup>2</sup>)或用人均占有面积表示(m<sup>2</sup>/人) [5]。

各测点人群密度随时间的变化曲线见图 2。图中可以看出, 三个测点区域的人群密度随时间变化均呈上升趋势。2016 年 10 月 2 日下午 15:30, 测点 2 出现人群密度最大值, 为 1.43 人/m<sup>2</sup>。此时, 行人行走较为困难并造成了人群拥挤和滞留现象。

## 2.3. 人群密度统计汇总

通过对 2016 年工作日和节假日人群密度调查统计, 人群密度汇总结果见表 2。

由表 2 分析可得, 节假日与工作日的最大平均人群密度均发生在测点 2, 10 月 2 日总平均人群密度最大, 为 1.07 人/m<sup>2</sup>, 9 月 15 日总平均人群密度略小于 6 月 9 日总平均人群密度, 且均明显小于五一与国庆假期的总平均人群密度。

## 3. 景区承载力及游客总人数确定

### 3.1. 问卷调查统计分析

对南锣鼓巷游客进行问卷调查, 统计得到的基本特征参数为景区瞬时最大承载力、景区日最大承载量和游客总人数提供了参考依据。

按半小时的时间间隔对游客总游览时间、游客就餐时间进行人数统计, 具体分布见图 3 和图 4。由图可得, 本次共对 439 名游客进行问卷调查, 其中有 120 名游客在景区就餐, 得到平均总游览时间和平均就餐时间分别为 1.6 h 和 0.65 h。

### 3.2. 景区瞬时最大承载力

《北京市公园风景名胜区安全管理规范》[6]中第八条规定: 公园、风景名胜区在遇有黄金周、主要

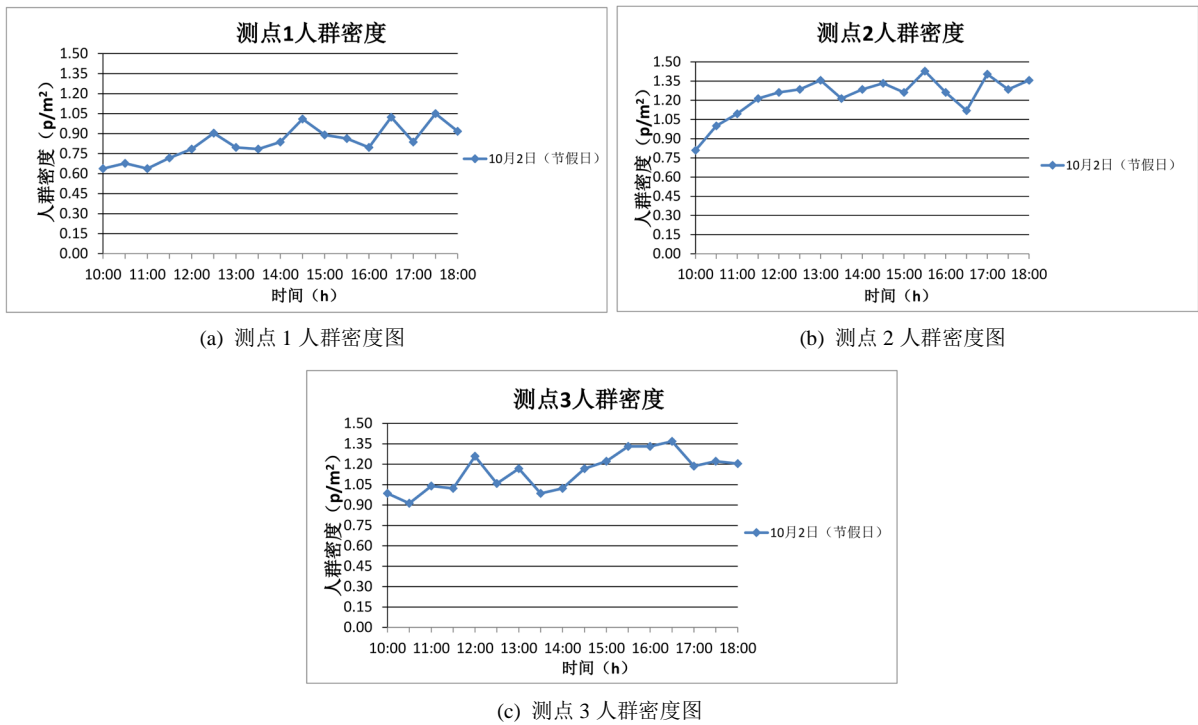


Figure 2. Crowd density map of each measuring point October 2nd (National Day)  
图 2. 10月2日(国庆节)各测点人群密度图

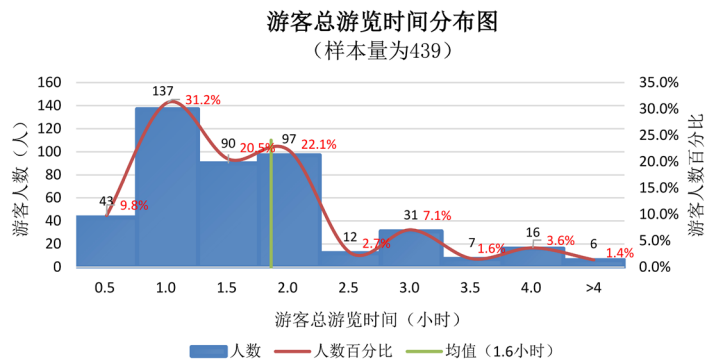


Figure 3. Time map of tourist's total travel time  
图 3. 游客总游览时间分布图

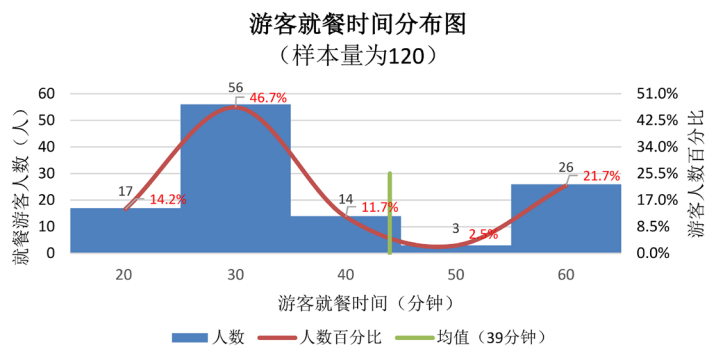


Figure 4. Time map of tourist dining  
图 4. 游客就餐时间分布图

**Table 2.** Crowd density for work day and holidays  
**表 2.** 工作日及节假日人群密度汇总

2016 年	最大人群密度(人/m <sup>2</sup> )	平均人群密度(人/m <sup>2</sup> )			总平均人群密度(人/m <sup>2</sup> )
		测点 1	测点 2	测点 3	
4 月 29 日(工作日)	0.90 (测点 2-14: 30)	0.58	0.60	0.52	0.57
4 月 30 日(节假日)	1.43 (测点 2-15: 00)	0.85	1.15	0.95	0.99
5 月 1 日(节假日)	1.33 (测点 2-15: 00)	0.83	1.14	0.97	0.98
6 月 9 日(节假日)	1.26 (测点 3-18: 00)	0.49	0.91	0.84	0.75
9 月 15 日(节假日)	1.10 (测点 2-16: 30)	0.67	0.80	0.63	0.70
10 月 2 日(节假日)	1.43(测点 2-15: 30)	0.83	1.23	1.15	1.07

节假日及大型活动等重点时期,景区、景点处人员过多(室内达到 1 m<sup>2</sup>/人、室外达到 0.75 m<sup>2</sup>/人)或遇有紧急情况和突发事件时,要立即启动应急预案,采取临时关闭景区、疏散游人等措施,并及时向有关部门报告。根据《北京市公园风景名胜区安全管理规范》确定主街和主街商铺基本空间承载标准,结果见表 3。按照《景区最大承载量核定导则》[7] 4.2.1.1 条规定,计算景区瞬时最大承载量为 12,947 人,并计算出节假日景区实测瞬时最大承载量,结果见表 4。

表 4 数据显示,景区节假日实测瞬时最大承载量均小于景区瞬时最大承载量,处于安全范围。

### 3.3. 游客总人数

《景区最大承载量核定导则》4.2.2.1 条规定:景区日承载量一般是指日空间承载量,与景区开放时间以及游客游览时间有关。

北京市南锣鼓巷每天有效开放时间为 15 h,游客平均游览时间为 1.6 h,计算得到日最大承载量为 116,523 人。按照《景区最大承载量核定导则》4.2.2.1 条规定,计算出节假日游客总人数,见表 5。数据显示,景区节假日实测游客总人数均小于景区日最大承载量,处于安全范围。

## 4. 人群密度数据预测

### 4.1. 前期数据分析

本文选取 2016 年 4 月 30 日、5 月 1 日(五一劳动节)、2016 年 6 月 9 日(端午的和 2016 年 9 月 15 日(中秋节)人群密度作为基础数据值,每半小时记录一次数据。人群密度值随时间的变化曲线如图 5 所示。

### 4.2. 人群密度数据预测汇总

由图 5 可知,南锣鼓巷节假日平均人群密度随时间变化规律较为明显,每日 10:00 开始,人群密度逐渐上升,直至下午 15:00 左右达到峰值,随后逐渐下降,符合季节性预测模型规律。这里所指的“季节”并非仅指四个季度,而是一个观察周期,可以是季度,也可以是一些特定的日期如传统节日或法定长假[8]。

根据五一节假日的人群密度,预测出 6 月 9 日(端午节)、9 月 15 日(中秋节)、10 月 2 日(国庆节)的人群密度,并和实测值进行对比,汇总结果见表 6。

表中分析可得,6 月 9 日、9 月 15 日和 10 月 2 日人群密度预测的平均误差值分别为 15%、21%和 18%,平均误差波动较为平缓。管理部门能有效预测出可能发生人群拥堵的时刻,提前做好应急管理措施。

**Table 3.** The main street and main street shops carrying standard basic space**表 3.** 主街和主街商铺基本空间承载标准

区域	面积(m <sup>2</sup> )	基本空间承载标准(m <sup>2</sup> /人)
主街(室内)	5187.8	0.75
主街商铺(室外)	6029.9	1

**Table 4.** Measured instantaneous maximum carrying capacity of Nanluogu Alley holidays**表 4.** 南锣鼓巷节假日实测瞬时最大承载量

2016 年	主街平均人群密度	商铺平均人群密度	景区实测瞬时最大承载量	景区瞬时最大承载量
4 月 30 日	0.99 人/m <sup>2</sup>	0.74 人/m <sup>2</sup>	9613	
5 月 1 日	0.98 人/m <sup>2</sup>	0.74 人/m <sup>2</sup>	9516	
6 月 9 日	0.75 人/m <sup>2</sup>	0.56 人/m <sup>2</sup>	7283	12,947
9 月 15 日	0.70 人/m <sup>2</sup>	0.53 人/m <sup>2</sup>	6797	
10 月 2 日	1.07 人/m <sup>2</sup>	0.80 人/m <sup>2</sup>	10,390	

**Table 5.** The total number of visitors in Nanluogu Alley**表 5.** 南锣鼓巷节假日游客总人数

2016 年	主街平均人群密度	主街商铺平均人群密度	游客总人数	景区日最大承载量
4 月 30 日	0.99 人/m <sup>2</sup>	0.74 人/m <sup>2</sup>	86,518	
5 月 1 日	0.98 人/m <sup>2</sup>	0.74 人/m <sup>2</sup>	85,644	
6 月 9 日	0.75 人/m <sup>2</sup>	0.56 人/m <sup>2</sup>	65,544	116,523
9 月 15 日	0.70 人/m <sup>2</sup>	0.53 人/m <sup>2</sup>	61,174	
10 月 2 日	1.07 人/m <sup>2</sup>	0.80 人/m <sup>2</sup>	93,509	

**Table 6.** Population density data forecast summary**表 6.** 人群密度数据预测汇总表

时间	人群密度(人/m <sup>2</sup> )								
	6 月 9 日			9 月 15 日			10 月 2 日		
	预测数据	实测数据	误差	预测数据	实测数据	误差	预测数据	实测数据	误差
11:30	0.74	0.69	8%	0.63	0.64	-2%	0.77	0.98	-21%
12:00	0.73	0.69	5%	0.62	0.79	-21%	0.83	1.1	-25%
12:30	0.70	0.65	8%	0.61	0.79	-23%	0.83	1.08	-24%
13:00	0.68	0.67	2%	0.61	0.85	-29%	0.86	1.11	-22%
13:30	0.67	0.76	-11%	0.63	0.79	-20%	0.89	0.99	-10%
14:00	0.65	0.72	-10%	0.62	0.80	-23%	0.91	1.05	-14%
14:30	0.63	0.79	-20%	0.63	0.78	-19%	0.94	1.17	-19%
15:00	0.60	0.74	-19%	0.62	0.67	-8%	0.93	1.12	-17%
15:30	0.55	0.80	-32%	0.61	0.73	-17%	0.96	1.21	-21%
16:00	0.52	0.80	-35%	0.61	0.67	-9%	0.97	1.13	-14%
16:30	—	—	—	0.47	0.82	-43%	0.86	1.17	-26%
17:00	—	—	—	0.51	0.76	-33%	0.89	1.14	-22%
17:30	—	—	—	0.54	—	—	1.05	1.19	-12%
18:00	—	—	—	0.54	—	—	1.09	1.16	-6%



Figure 5. Average population density curve of Nanluogu Alley  
图 5. 南锣鼓巷平均人群密度变化曲线

## 5. 四级预警阈值

### 5.1. 预警机制的建立

每逢重大节假日，旅游场所人员密集，管理人员只能凭经验估计人群密度。复旦大学博士后卢春霞的研究中，提出了  $0.75 \text{ m}^2/\text{人}$  的人群密度限值，达到这一限值时需启动应急预案。因此，需对人员密集程度进行分类，并制定相应预警级别，根据预警级别确定整个场地的薄弱点以及出现事故后应如何救援等。

### 5.2. 预警级别分类

宋宏权[9]等学者根据公共场所人群安全管理报告，结合我国人口具体情况，设定人群密度等级见表 7。

《北京市突发事件预警信息发布管理暂行办法》[10]按照突发事件可能造成的危害程度、紧急程度和发展态势，将预警信息级别分为一级、二级、三级和四级，分别用红色、橙色、黄色和蓝色标示，一级为最高级。

### 5.3. 南锣鼓巷人群密度预警级别划分

目前对人群密集预警级别分类并没有明确的标准，利用南锣鼓巷节假日视频监控数据资料，分析南锣鼓巷节假日期间人群密度特征，建立南锣鼓巷四级预警阈值。

本文以测点 2 为例，统计出测点 2 瞬时人群密度由小到大的流程图，为南锣鼓巷四级预警阈值提供理论依据。不同人群密度下行人聚集状态见图 6。

由图中可以看出，当人群密度为  $1.12 \text{ 人}/\text{m}^2$  时，行人聚集状态表现为一般拥挤，人群密度为  $1.31 \text{ 人}/\text{m}^2$  时，表现为比较拥挤，人群密度为  $1.43 \text{ 人}/\text{m}^2$  时，表现为非常拥挤。

根据南锣鼓巷节假日期间瞬时局部人群密度值的大小，将人群聚集程度分为四级，分别为一、二、三和四级，2016 年国庆节期间监测获得的最大瞬时密度  $1.43 \text{ 人}/\text{m}^2$  为橙色预警阈值的依据。南锣鼓巷人群密度预警级别见表 8。

## 6. 结论

### 6.1. 主要成果

本文通过对北京市南锣鼓巷人群密度调查与分析，得到以下重要结论：

**Table 7.** Population density grade  
**表 7.** 人群密度等级

等级	允许空间	m <sup>2</sup> /人
很低	相对自由的环境	1.2 (0.83 人/m <sup>2</sup> )
低	一般情况下	0.8 (1.25 人/m <sup>2</sup> )
中	中等密度下	0.5~0.65 (1.53~2 人/m <sup>2</sup> )
高	混乱状况下	0.3~0.4 (2.5~3.3 人/m <sup>2</sup> )
很高	非常拥挤(只能短时间忍受)	0.2~0.3 (3.3~5 人/m <sup>2</sup> )

**Table 8.** Nanluogu Alley population density warning level  
**表 8.** 南锣鼓巷人群密度预警级别

级别	人群密度(人/m <sup>2</sup> )	描述	预警级别
一级	1.55	极度拥挤	红色预警
二级	1.40	非常拥挤	橙色预警
三级	1.20	比较拥挤	黄色预警
四级	1.00	一般拥挤	蓝色预警



**Figure 6.** Survey point 2 pedestrian aggregation state  
**图 6.** 测点 2 行人聚集状态

1) 节假日与工作日的人群密度相差较大, 工作日瞬时最大人群密度为 0.90 人/m<sup>2</sup>, 节假日(国庆节)瞬时最大人群密度为 1.43 人/m<sup>2</sup>; 节假日与工作日的平均最大人群密度均发生在测点 2, 国庆假期的总平均人群密度最大, 为 1.07 人/m<sup>2</sup>;



2) 根据《北京市公园风景名胜区安全管理规范》计算得到景区瞬时最大承载量为 12,947 人, 景区日最大承载量为 116,523 人; 2016 年节假日游客总人数均未超过景区日最大承载量。采用季节指数预测法, 预测出南锣鼓巷节假日的人群密度, 并和实测值进行对比, 平均误差为 18%, 证明该预测法能够较好的拟合南锣鼓巷人群密度随时间的总体变化趋势;

3) 根据南锣鼓巷节假日期间瞬时人群密度值, 建立四级预警阈值。一级为红色预警, 人群密度大于等于 1.55 人/m<sup>2</sup>, 表现为极度拥挤; 四级为蓝色预警, 人群密度为 1.0~1.2 人/m<sup>2</sup>, 表现为一般拥挤。

## 6.2. 需进一步研究的内容

通过四级预警阈值, 建立行之有效的应急预案。一旦发生紧急情况和突发事件, 可通过启动应急预案, 消除和控制事故扩大, 安全疏导群众, 最大程度地减少人员伤亡和财产损失。

## 基金项目

国家“十三五”课题“城镇重大突发事件下人员转移安置应急保障技术与平台研发”(2016YFC0802508)。

## 参考文献 (References)

- [1] 张平峰. 人员密集场所风险分级方法研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国地质大学, 2016.
- [2] 张远青, 刘栋栋, 曾杰. 北京南站高架层人员安全疏散[J]. 北京建筑工程学院学报, 2012(2): 6-11.
- [3] 刘栋栋, 等. 北京站、北京西站行人特征的调查与分析[J]. 建筑科学, 2010(7): 26-30.
- [4] 刘栋栋, 周京京, 李思雨. 人群密集场所防止踩踏预警和疏散技术研究[J]. 工业建筑, 2015(45): 54-59.
- [5] 陈曦. 人员疏散速度模型综述[J]. 安防科技, 2013(3): 46-48.
- [6] 邓明. 季节指数的估计及其应用的研究[D]: [硕士学位论文]. 无锡: 江南大学, 2007.
- [7] 北京市公园风景名胜区安全管理规范(试行) [S]. 北京, 2005-5-24.
- [8] 景区最大承载力核定导则[S].
- [9] 宋宏权, 等. 一种可跨摄像机的人群密度估计模型[J]. 中国安全科学学报, 2013(12): 140-145.
- [10] 北京市突发事件预警信息发布管理暂行办法[S]. 北京, 2014-5-22.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2160-7311, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [mm@hanspub.org](mailto:mm@hanspub.org)