

# Evaluation of the Influence of Community Opening on Urban Road Capacity

Peng Liu<sup>1</sup>, Aling Song<sup>2\*</sup>, Haifeng Liu<sup>2</sup>, Shousheng Liu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Automation, Southeast University, Nanjing Jiangsu

<sup>2</sup>PLA Army Engineering University, Nanjing Jiangsu

Email: \*alingsong1979@163.com

Received: Aug. 21<sup>st</sup>, 2017; accepted: Sep. 1<sup>st</sup>, 2017; published: Sep. 8<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

Enclosed residential district is one of the most important bottlenecks affecting the urban road network. Community opening is an important means to optimize the structure of the road network, improve the road capacity and the urban traffic conditions. It is urgent to evaluate the data of the road capacity. Firstly, the urban traffic area is classified based on the TPI index. Secondly, according to the community structure, the number of road nodes, traffic conditions, accessibility and road resistance index, the paper makes two classifications of the area. Finally, the road capacity of different types of residential areas is quantified based on the BPR value of road impedance function. The case analysis verifies the rationality of the Braess paradox and the effectiveness of the proposed model in evaluating the road capacity.

## Keywords

Traffic Congestion, Community Open, Accessibility, BPR Function

---

# 小区开放对城市道路通行能力的影响效果评估

刘 芃<sup>1</sup>, 宋阿羚<sup>2\*</sup>, 刘海峰<sup>2</sup>, 刘守生<sup>2</sup>

<sup>1</sup>东南大学自动化学院, 江苏 南京

<sup>2</sup>解放军陆军工程大学, 江苏 南京

Email: \*alingsong1979@163.com

收稿日期: 2017年8月21日; 录用日期: 2017年9月1日; 发布日期: 2017年9月8日

---

\*通讯作者。

文章引用: 刘芃, 宋阿羚, 刘海峰, 刘守生. 小区开放对城市道路通行能力的影响效果评估[J]. 计算机科学与应用, 2017, 7(9): 820-827. DOI: 10.12677/csa.2017.79094

## 摘要

封闭式小区是影响城市路网状况的瓶颈之一。小区开放是优化路网结构、提高道路通行能力、改善城市交通状况的重要手段。小区开放对优化道路通行能力的评估具有迫切的现实需求。本文首先基于TPI数据将城市交通区域进行分类,进而依据不同类型区域内的小区结构、道路节点数、交通状况通达度以及路阻指数等指标对区域进行二次分类,最后基于路阻函数BPR值量化不同类型小区开放前后的道路通行能力。实例分析验证了Braess悖论的合理性以及本文提出的小区开放对道路通行能力的影响评估模型的有效性。

## 关键词

交通拥堵, 小区开放, 通达度, BPR函数

Copyright © 2017 by authors 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

封闭式小区对城市路网通行能力造成严重影响,已成为制约我国城市发展的重要瓶颈之一。2016年国务院发布《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》要求,已建成的住宅小区和单位大院要逐步开放,新建小区应当对外开放。在小区开放措施能否优化城市道路通行能力问题上存在不同看法。一种观点认为封闭式小区破坏了城市路网结构,堵塞城市“毛细血管”造成交通阻塞,小区开放后路网密度及道路面积的增加可以使得道路通行能力得到提高。另一种观点则认为这一问题与封闭小区的面积、位置、外部及内部路况等诸多因素相关,不同情况下的应对方案应该有所区别。也有观点认为小区开放后虽然通行道路数量增多,相应地小区周边主干道路上进出小区交叉路口的车辆也会随之增多,这反而影响了主干道路的通行能力,从区域路网结构层面看不一定能够达到优化路网运行效率的目的。

小区开放措施能否达到优化路网结构、提高道路通行能力、改善交通状况的效果逐渐引起社会关注[1][2]。李向朋[3]以道路通行能力、行程时间、延误时间以及排队长度等主要因素为评价指标,以支路在特定区域的间距为依据确定适合交通开放的封闭型小区,进而基于Braess悖论借助综合路阻模型对小区开放前后的交通状况进行量化评估并对路况优化问题提出相应对策。裴玉龙等[4]借助局部路网指标对小区开放前后局部路网的可靠度进行评估,进而提出开放小区路网的模式与方法。游向然[5]从小区规模、道路形态、激发路网边界活力以及加大混合开放度等层面对小区开放的路网结构进行分析,在此基础上提出相应的小区周边路网结构优化对策。胡乔保等[6]在分析了哈尔滨传统小区结构特点的基础上,提出小区开放与路网优化、推广街区制与社区文化诸因素有机结合的观点,进而提出了哈尔滨开放街区的实施方案。但是上述相关研究工作在数据的分析与处理方面略显不足。鲁博阳等[7]通过分析影响小区及周边交通情况因素,利用层次分析法得到诸因素之间的关系及其权重,设计了三种主要小区格局的开放后路网性能评判模型并验证该模型的可靠性,最后针对研究结果提出了改善道路通行能力的相关建议。苏兵[8]等以任意起讫点之间的交通便捷度方形小区影响因子以及网络交通便捷度方形小区影响因子为衡量方形小区对城市方格网络的影响指标,并以西安市的封闭小区情况为标本对城市网络的路网结构与交通

运行效率之间关系进行量化分析,并给出优化交通状况的方法。张磊[9]基于国内城市交通模式现状,以促进城市区域之间人际交往的角度分析了居住区的人车混行情况对路网性能影响,提出了改善城市交通状况的住区道路网络结构模型。

上述相关研究总体看主要是从宏观层面对小区开放与路网结构的关系进行理论分析,在评估模型的构建、对相关数据的统计处理分析方面相对较少甚至没有涉及,部分对路网结构优化的建议缺少数据支撑。事实上不同区域、不同结构类型的小区开放后对附近路网影响的方式及程度是有差异的[1]。本文根据国家定制的道路交通运行指数(TPI)将城市内的交通区域依据拥堵程度进行分类,进而通过对相关数据的处理分析,依据不同类型区域及相关区域内的小区结构、道路节点数、小区开放后区域内交通状况通达程度的道路优化指数以及路阻指数等指标对不同的小区进行二次分类,在此基础上依据道路和车辆行驶能力评价体系量化各类小区开放前后的道路通行能力的差异程度。最后通过实例验证了本文提出的区域道路通行能力评价模型的有效性。

## 2. 不同类型小区开放对路网通行能力影响评估

区域拥堵指数是评判路网通行能力的标准。小区类型结构、小区周边道路结构以及小区附近的车流量是评价路网通行能力的主要指标。小区结构的分类可以根据小区内道路的通达度[10]作为分类依据,通达度高的地域往往可以化解大的车流量。因此首先使用各区域内道路的拥堵指数对城市各区域进行初步分类,进而根据区域内部各个小区内交通的通达度对不同的区域进行进一步分类以判别该区域的总体路况通行能力。

### 2.1. 基于 TPI 的区域路网状况分类

首先,道路拥堵程度依据路段的车辆平均速度进行划分。拥堵情况下划分标准如表 1 所示。

其次,路段车辆公里数  $VKT$  反映路段车辆的饱和程度,计算公式如下:

$$VKT_{s_i} = J_{s_i} \times C_{s_i}$$

其中  $J_{s_i}$  表示第  $i$  个路段  $s_i$  内汽车数量,  $C_{s_i}$  表示该路段长度。进而统计各路段  $VKT$  数据,用数据之间的比例作为各个路段拥堵程度所占比例,最后按路网拥堵比例与 TPI 关系[3]计算方法将其转化为 TPI 值,两者之间的数值转化关系如表 2 所示。

最后根据 TPI 数值将被评估城市的各区域进行分类。以北京市为例,查找相关数据,将相应区域以拥堵程度为标准进行分类。数据来源于北京市交通委员会网站,数据统计如表 3 所示。

Table 1. Road congestion classification standard

表 1. 道路拥堵划分标准

道路等级	快速路	主干道	次干道
车速(km/h)	$\leq 20$	$\leq 15$	$\leq 10$

Table 2. The Relationship between road congestion ratio and TPI transformation

表 2. 道路拥堵比例与 TPI 的转化关系

路网拥堵比例(%)	TPI值	路网拥堵比例(%)	TPI值
[0,4]	[0,2]	(11,14]	(6,8]
(5,8]	(2,4]	(14,24]	(8,10]
(8,11]	(4,6]	$\geq 24$	10

**Table 3.** Traffic data statistics of three days from March 1, 2016 to 3 in Beijing  
**表 3.** 北京市 2016 年 3 月 1 日至 3 日三天交通数据统计

区域名称	交通运行指数 TPI	拥堵等级	平均车速
全网	8.3	严重拥堵	22.1 km/h
二环内	9.5	严重拥堵	17.7 km/h
二环至三环	9.1	严重拥堵	19.7 km/h
三环至四环	8.4	严重拥堵	21.3 km/h
四环至五环	8.1	严重拥堵	21.8 km/h
东城区	9.4	严重拥堵	16.9 km/h
西城区	9.4	严重拥堵	17.6 km/h
海淀区	7.7	中度拥堵	22.3 km/h
朝阳区	8.8	严重拥堵	21.1 km/h
丰台区	4.9	轻度拥堵	27.3 km/h
石景山区	2.5	基本畅通	32.5 km/h

## 2.2. 基于通达度的小区路网状况分类

依据 2.1 节数据, 根据小区的内部路网结构数据统计进而对各个区域进行二次分类。本文以小区内道路的平均通达程度[5]为标准来区分道路的结构类型。记小区开放后各个与干道相连的主要节点间的平均通达度即道路网络中单个节点与其他节点相连的边数为  $D$ , 当  $D \geq 5$  时表明该小区通达度较高, 为 I 类小区; 当  $D < 5$  时表明该小区通达性较低, 为 II 类小区。

为了避免不同小区的面积大小差异对数据分析造成的影响, 先计算出小区内的道路面积率, 进而将小区面积统一以该区域的 20% 来进行换算, 计算公式如下:

$$\text{标准化小区内道路长度} = \frac{\text{小区内道路长度}}{\text{小区实际面积}} \times \text{抽样地区面积} \times 20\%$$

本文据此标准选取北京畅通区和拥堵区两种区域总计 4 个不同类别小区为代表来进行分析。4 个小区群结构如图 1 所示。

小区群内路网通达度及小区类型数据统计如表 4 所示。

通过数据对比可以发现区内道路长度越长、道路数量与节点数越多的小区平均通达度越大。比如石景山区的海特花园小区群平均通达度达到了 8.76, 远大于云岗北区西里小区群的平均通达度 3.96。由此可以看出, 利用平均通达度作为划分不同小区类型的标准是合理的。

## 2.3. 基于路阻函数的路网通行能力评估

通过对网络数据的整合以及百度地图实地测距, 得出各类小区的道路长度、道路密度等相关数据, 使用美国联邦公路局路阻函数(BPR 函数)计算出各个小区相应的 BPR 函数值。计算公式如下式所示:

$$t = t_0 \left[ 1 + \delta \left( \frac{Q}{C} \right)^\gamma \right]$$

其中  $t$  为路程行驶时间,  $t_0$  为自由行驶的最短时间,  $Q$  为机动车的通行量,  $C$  为路程中机动车的通行能力, 为  $\delta, \gamma$  参数, 实验中一般可取  $\delta = 0.15, \gamma = 4$ 。



Figure 1. Sketch map of four residential road network structure  
图 1. 四个样本小区路网结构示意图

Table 4. District road access degree and plot type data statistics  
表 4. 小区道路通达度及小区类型数据统计

小区名称	平均通达度 D	小区类型
北京市东城区南门仓胡同小区群	6.87	I 类
北京市二环内牛街东里小区群	3.54	II 类
北京市石景山区海特花园小区群	8.76	I 类
北京市丰台区云岗北区西里小区群	3.96	II 类

进而依据不同种类小区在开放前后的 BPR 值，分析小区开放前后对周边道路通行的影响。具体数据统计如表 5 所示。

### 2.4. 数据分析及小区开放优化路网结构建议

从上表中的数据不难发现，对于大多数区域来说，小区的开放能够有效地提升该地区的道路交通优化指数并且路阻降低。但是在以上四个不同类别的地域中出现了一种特殊情况，即严重拥堵区域内的 II 类小区开放后，虽然道路交通优化指数有细微的提升，但是该区域的路阻 BPR 值反而有所升高。这样的情形意味着该小区的开放虽然能够在一定程度上为该地域增加一定量的道路节点，提升可达性系数、道路密度等指标，但同时车辆的延误时间也大大的提高，导致 BPR 值提高，车辆通行受到影响。因此不是所有类型的小区开放都能够优化路网结构，特别是属于严重拥堵区域内的第 II 类型小区开放并不能改善路网状况提高道路通行能力。

**Table 5.** Data statistics of the surrounding road capacity before and after the opening of different types of residential areas  
**表 5.** 不同种类小区开放前后对周边道路通行能力影响数据统计

严重拥堵区域 I 类小区开放后各指标变化情况(北京市东城区南门仓胡同小区群)									
区域面积: 2.48 km <sup>2</sup> 区域人口: 3.4 万人									
小区面积: 0.36 km <sup>2</sup>		小区内道路长度 4.7 km		小区内道路密度: 13.23 km/km <sup>2</sup>		标准化小区道路长度: 6.56 km			
道路长度(km)	道路密度(km/km <sup>2</sup> )	人均道路长度(km/万人)	连接度系数	非直线系数	可达性系数	延误时间	Z	路阻	
开放前	31.56	12.73	9.28	4.10	1.40	2.00	46.00	2.64	17.05
开放后	38.12	15.37	11.21	4.50	1.10	2.20	38.00	3.40	13.22
增量	6.56	2.65	1.93	0.40	-0.30	0.20	-8.00	0.77	-3.83
提升比例	20.80%	20.80%	20.80%	9.76%	-21.43%	10.00%	-17.39%	29.00%	-22.48%
严重拥堵区域 II 类小区开放后各指标变化情况(北京市二环内牛街东里小区群)									
区域面积: 2.48 km <sup>2</sup> 区域人口: 3.60 万人									
小区面积: 0.45 km <sup>2</sup>		小区内道路长度 4.67 km		小区内道路密度: 10.20 km/km <sup>2</sup>		标准化小区道路长度: 5.06 km			
道路长度(km)	道路密度(km/km <sup>2</sup> )	人均道路长度(km/万人)	连接度系数	非直线系数	可达性系数	延误时间	Z	路阻	
开放前	33.65	13.57	9.35	4.20	1.40	2.00	47.00	2.86	15.74
开放后	38.71	15.61	10.75	4.30	1.30	2.10	45.00	3.45	17.37
增量	5.06	2.04	1.41	0.10	-0.10	0.10	-2.00	0.59	1.64
提升比例	15.03%	15.03%	15.03%	2.38%	-7.14%	5.00%	-4.26%		
道路通畅区域 I 类小区开放后各指标变化情况(北京市石景山区海特花园小区群)									
区域面积: 2.48 km <sup>2</sup> 区域人口: 2.2 万人									
小区面积: 0.975 km <sup>2</sup>		小区内道路长度 15.56 km		小区内道路密度: 15.96 km/km <sup>2</sup>		标准化小区道路长度: 7.92 km			
道路长度(km)	道路密度(km/km <sup>2</sup> )	人均道路长度(km/万人)	连接度系数	非直线系数	可达性系数	延误时间	Z	路阻	
开放前	16.76	6.76	7.62	3.70	1.50	1.70	39.00	1.50	30.00
开放后	24.67	9.95	11.21	4.20	1.10	2.20	31.00	1.89	21.16
增量	7.91	3.19	3.60	0.50	-0.40	0.50	-8.00	0.39	-8.84
提升比例	47.20%	47.20%	47.20%	13.51%	-26.67%	29.41%	-20.51%	26.00%	-29.45%
轻度拥堵区域 II 类小区开放后各指标变化情况(北京市丰台区云岗北区西里小区群)									
区域面积: 2.48 km <sup>2</sup> 区域人口: 2.3 万人									
小区面积: 0.66 km <sup>2</sup>		小区内道路长度 8.9 km		小区内道路密度: 13.58 km/km <sup>2</sup>		标准化小区道路长度: 6.74 km			
道路长度(km)	道路密度(km/km <sup>2</sup> )	人均道路长度(km/万人)	连接度系数	非直线系数	可达性系数	延误时间	Z	路阻	
开放前	14.56	5.87	6.33	3.80	1.50	1.70	39.00	0.97	46.39
开放后	21.30	8.59	9.26	4.20	1.10	2.20	31.00	1.45	38.06
增量	6.74	2.72	2.93	0.40	-0.40	0.50	-8.00	0.48	-8.33
提升比例	46.27%	46.27%	46.27%	10.53%	-26.67%	29.41%	-20.51%	48.97%	-17.95%

1968 年意大利数学家 Dietrich Braess 提出了关于路网通行能力的 Braess 悖论[11]。该理论指出在道路交通网中存在一种看似矛盾的现象，即在原有的道路网络中增加一条道路反而会使所有人的出行时间都增加，这种为了改善通行能力的投入不但没有减少交通拥堵，反而降低了整个交通网络的水平。上述数据分析验证了严重拥堵区域内的 II 类小区开放前后路网状况的优化程度与 Braess 悖论的一致性。

根据不同类型的小区采取不同的路网结构设计，开放符合 2.2 节划分的适宜于优化路网的小区。是可以达到提高道路通行能力的目的。同时小区内部及周边的路网设计的协调性是提高道路通行能力的有效手段。比如处于拥堵区的小区应尽量开放道路较宽、路况较好的道路以疏通车辆；处于畅通区的小区则应多考虑小区内道路的通达性，避免车辆的绕路；再者道路走向的选择应充分利用原有道路，或者将端头道路进行连接，但应尽量避免不必要的拆迁。开放的道路与城市道路的连接点，应尽量选在小区原有的出入口位置。同时还要充分考虑小区的非机动车辆及行人较多的因素，保证行人的安全，所以道路设置不应太宽，图 2 是城市常见的矩形小区内部路网优化方案效果图。

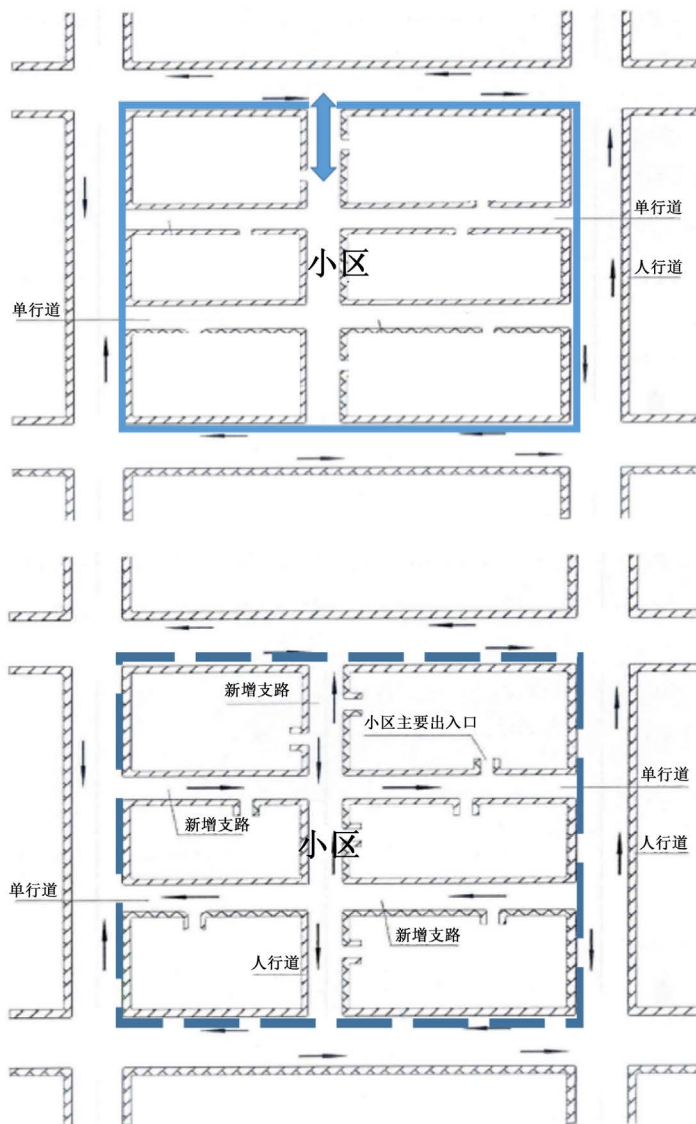


Figure 2. District road before and after the opening of the road map  
图 2. 小区开放道路前后道路对比图

小区开放政策持续推进之后,在未来新开发或者正在规划之中的小区,其建设应符合小区开放可以有效改善周边交通并且同时兼顾小区自身的交通、安全利益。由于小区的用地存在限制,因此在规划小区内的道路时应首先充分利用原有的道路,或者充分利用现存的道路节点,主动参考小区内的单位用地红线。道路要兼顾行人的安全,进行限宽、限高、限速。其次小区道路与主要干道进行衔接时,由于同一条道路上的开口数目过多会导致该道路的通行能力下降,因此要充分考虑道路之间合理相交,尽量正交,以此来减少过大的车流量带来的不良效应。

### 3. 结束语

随着我国城市化进程飞速发展的今天,交通拥堵已经是影响城市发展的困境,这一现象在大城市及特大城市尤为突出,严重制约了城镇的绿色增长。而单一型封闭式小区模式是我国城市居民居住环境的的主流模式,小区开放可以成为缓解道路拥堵、改善城市路况的有效途径。但是不同类型的小区开放对内部及周边交通状况的影响能力是有差异的,少部分类型的小区开放并不能改善周边交通环境,有些甚至会造成负面效应。本文首先基于 TPI 指标将城市交通区域进行分类,进而依据不同类型区域内的小区结构、道路节点数、交通状况通达度以及路阻指数等指标对区域进行二次分类,最后基于路阻函数 BPR 值量化不同类型小区开放前后的道路通行能力。

不同级别城市的路网结构差距巨大,小区开放前后对周边道路通行的影响应该具有差异性。针对不同级别城市的各种类型小区,使用数据的统计分析手段设计相应的内部路网结构以及小区周边的路网优化方案,对基于小区开放手段优化城市道路通行能力方面具有更大的实用价值,这也是我们的后续工作之一。

### 基金项目

国家自然科学基金(71071161, 61273209);江苏省自然科学基金(BK2012511)。

### 参考文献 (References)

- [1] Oyama, T. and Morohosi, H. (2004) App Lying the Shortest Path Counting Problem to Evaluate the Importance of Cityroad Segments and the Connectedness of the Network Structured System. *International Federation of Operational Research Societies*, No. 11, 555- 573.
- [2] Nardelli, E., Proietti, G. and Widmayer, P. (2001) A Faster Computation of the Most Vital Edge of a Shortest Path between Two Nodes. *Information Processing Letters*, **79**, 81-85. [https://doi.org/10.1016/S0020-0190\(00\)00175-7](https://doi.org/10.1016/S0020-0190(00)00175-7)
- [3] 李向朋. 城市交通拥堵对策-封闭性小区交通开放研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 长沙理工大学, 2014.
- [4] 裴玉龙, 丁千峰. 考虑封闭小区内道路使用的路网评价研究[J]. 中国城市交通规划学术委员会年会暨学术研讨会, 2005.
- [5] 游向然. 住区开放度均衡策略研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 同济大学, 2009.
- [6] 胡乔侯, 张岩松, 许谨迁. 哈尔滨开放小区研究分析[J]. 山西建筑, 2016, 42(21): 36-37.
- [7] 鲁博洋, 李春迎, 李佶, 等. 小区开放对道路通行的影响研究[J]. 求知导刊, 2017(5): 27-29.
- [8] 苏兵, 徐寅峰. 居住和单位小区对方格网络交通便捷度的影响分析[J]. 系统工程, 2006, 24(12): 33-39.
- [9] 张磊. 促进交往的街区式住区交通设计初探[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 中南大学, 2009.
- [10] 苏兵. 交通网络的抗堵塞能力分析[与计算[J]. 系统工程, 2005, 23(6): 15-20.
- [11] 张国强, 晏克非. 车辆动态导航中 Braess 悖论的解决方法及其算法设计[J]. 西安公路交通大学学报, 2001, 21(4): 29-32.



**期刊投稿者将享受如下服务：**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

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

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