

# The Analysis on the Impact of Industrial Area on SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> Concentration, and PM2.5

Jiaxin Fan<sup>1</sup>, Zhongmei Liu<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>School of Civil Engineering & Architecture, Linyi University, Linyi Shandong

<sup>2</sup>School of Geography, Beijing Normal University, Beijing

Email: \*april010@163.com

Received: Dec. 20<sup>th</sup>, 2016; accepted: Jan. 3<sup>rd</sup>, 2017; published: Jan. 6<sup>th</sup>, 2017

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

---

## Abstract

This research was based on the air quality data of industrial area and other areas. According to the result of K-S test, the data of SO<sub>2</sub> concentration, NO<sub>2</sub> concentration and PM2.5 in industrial area and other areas all nearly obey normal distribution. According to the result of the hypothesis testing, there is an obvious difference between the SO<sub>2</sub> index of industrial area and the SO<sub>2</sub> index of other areas, which is caused by the industrial emissions. However, the difference between the NO<sub>2</sub> index of industrial area and other areas is not obvious, so it is the same with the PM2.5 index. In other words, neither do industrial emissions contribute to the increase of NO<sub>2</sub> concentration nor the increase of PM2.5 index. That's because what mainly cause both NO<sub>2</sub> index and PM2.5 index rise are the vehicle exhaust, soil dust and construction dust compared with industrial emission.

## Keywords

K-S Test, Hypothesis Testing, PM2.5, Normal Distribution

---

# 工业区对SO<sub>2</sub>浓度、NO<sub>2</sub>浓度以及PM2.5的影响分析

樊佳鑫<sup>1</sup>, 刘忠梅<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>临沂大学土木工程与建筑学院, 山东 临沂

<sup>2</sup>北京师范大学地理学与遥感科学学院, 北京

Email: \*april010@163.com

\*通讯作者。

收稿日期: 2016年12月20日; 录用日期: 2017年1月3日; 发布日期: 2017年1月6日

## 摘要

本次研究以临沂市工业区及非工业区的空气质量数据作为分析基础, 通过正态性K-S检验发现: 工业区及非工业区的SO<sub>2</sub>浓度指数、NO<sub>2</sub>浓度指数以及PM<sub>2.5</sub>指数均近似服从正态分布。通过参数假设检验发现: 工业区的SO<sub>2</sub>浓度指数要明显高于非工业区, 这是因为工业排放会使其周边地区的SO<sub>2</sub>骤增; 但工业区与非工业区之间的NO<sub>2</sub>浓度差异、PM<sub>2.5</sub>指数差异均不明显, 即工业排放不会显著提升NO<sub>2</sub>浓度和PM<sub>2.5</sub>指数, 这是因为, 造成NO<sub>2</sub>浓度以及PM<sub>2.5</sub>指数增加的首要原因并非只是工业排放, 机车尾气排放以及扬尘、建筑尘等因素的影响更为突出。

## 关键词

K-S检验, 假设检验, PM<sub>2.5</sub>, 正态分布

## 1. 引言

二氧化硫(SO<sub>2</sub>)、二氧化氮(NO<sub>2</sub>)以及悬浮颗粒物(PM)均是工业排放中的主要污染物[1] [2] [3] [4]。前两者属于刺激性气体, 对人体特别是呼吸系统有着十分严重的危害; 此外, SO<sub>2</sub>与NO<sub>2</sub>极易与空气中的水相结合, 形成酸雨, 对人体健康、历史文物、建筑、植物庄稼、土壤等都有很大程度的损害; 而悬浮颗粒物不仅会对人体的呼吸系统造成健康损害, 还会对水陆交通、航班等社会经济层面产生负面影响[5] [6] [7] [8]。根据《环境空气质量标准》(GB3095-2012), SO<sub>2</sub>浓度指数、NO<sub>2</sub>浓度指数以及PM<sub>2.5</sub>指数是空气质量监测中最为常用的主要指标。故而研究人员提取2014年临沂市上风向区(非工业区)、市中心(非工业区)以及工业区的空气质量数据, 对其进行正态性K-S检验、参数假设检验以及相关分析, 从而探究工业区对SO<sub>2</sub>浓度、NO<sub>2</sub>浓度以及PM<sub>2.5</sub>指数的影响。针对这些现象和问题, 研究人员分别对其产生的原因做出了简述, 并在最后提出了一些对策和建议。

## 2. 研究方法

### 2.1. 正态性 K-S 检验

由于事先不清楚空气质量的各类数据是否服从某一已知的统计分布, 故此处研究人员先采用正态性K-S检验分析数据。

### 2.2. 参数假设检验

当确定数据服从或近似服从某一分布时, 可先对某一参数做出原假设, 再根据样本数据, 对原假设是否成立做出判断[9]。

$$t = \frac{\bar{X}_i - \bar{X}_j}{\sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_j^2}{n_j}}} \sim N(0,1) \quad (1)$$

## 3. 数据基本情况

此次研究的数据来源于2014年临沂市的空气质量数据, 这些数据主要是SO<sub>2</sub>浓度指数、NO<sub>2</sub>浓度指

数以及 PM2.5 指数。

临沂市全年盛行东北风, 为确保所使用的数据具有代表性, 研究人员调取了三大空气质量监测站的数据, 并按时间顺序进行系统抽样(样本容量各为 36), 这些数据分别来自于河东保险公司监测站(上风向地区)、沂河小区监测站(市中心)以及工业区的新光毛纺织厂监测站(工业区)。详情可见图 1。

#### 4. K-S 检验结果

##### SO<sub>2</sub> 浓度指数、NO<sub>2</sub> 浓度指数以及 PM2.5 指数近似服从正态分布

SO<sub>2</sub> 浓度指数、NO<sub>2</sub> 浓度指数以及 PM2.5 指数的对应 K-S 检验结果见表 1、表 2、表 3。



Figure 1. The locations of the Air Quality Monitoring Stations  
图 1. 空气质量监测站位置示意图

Table 1. The result of K-S test ( $\alpha = 0.05$ )

表 1. K-S 检验结果( $\alpha = 0.05$ )

		上风向区	市中心	工业区
Normal Parameters <sup>a</sup>	N	36	36	36
	Mean	52.00	57.53	80.28
	Std. Deviation	19.570	20.754	30.883
Most Extreme Differences	Absolute	0.122	0.118	0.083
	Positive	0.122	0.118	0.083
	Negative	-0.068	-0.075	-0.049
	Kolmogorov-Smirnov Z	0.730	0.709	0.500
	Asymp. Sig. (2-tailed)	0.661	0.695	0.964

a. Test distribution is normal.

**Table 2.** The result of K-S test in NO<sub>2</sub> concentration ( $\alpha = 0.05$ )**表 2.** 三区 NO<sub>2</sub> 浓度单样本 K-S 检验结果( $\alpha = 0.05$ )

		上风向地区	市中心	工业区
	N	36	36	36
Normal Parameters <sup>a</sup>	Mean	60.86	59.11	61.36
	Std. Deviation	15.043	16.521	15.882
	Absolute	0.076	0.083	0.101
Most Extreme Differences	Positive	0.076	0.070	0.101
	Negative	-0.058	-0.083	-0.062
Kolmogorov-Smirnov Z		0.458	0.497	0.604
Asymp. Sig. (2-tailed)		0.985	0.966	0.859

a. Test distribution is normal.

**Table 3.** The result of K-S test in PM2.5 ( $\alpha = 0.05$ )**表 3.** PM2.5 指数单样本 K-S 检验结果( $\alpha = 0.05$ )

		上风向区	市中心	工业区
	N	36	36	36
Normal Parameters <sup>a</sup>	Mean	92.81	86.06	95.31
	Std. Deviation	43.071	37.561	36.138
	Absolute	0.126	0.116	0.116
Most Extreme Differences	Positive	0.126	0.116	0.116
	Negative	-0.110	-0.091	-0.070
Kolmogorov-Smirnov Z		0.759	0.694	0.695
Asymp. Sig. (2-tailed)		0.613	0.720	0.719

a. Test distribution is normal.

不难看出, SO<sub>2</sub> 浓度指数、NO<sub>2</sub> 浓度指数以及 PM2.5 指数均近似服从正态分布( $\alpha = 0.05$ )。

## 5. 空气指数折线图

三大空气指数的月平均指数如图 2、图 3、图 4 所示。从图中可看出, 工业区的 SO<sub>2</sub> 浓度要普遍高于非工业区, 而就 NO<sub>2</sub> 浓度、PM2.5 指数来说, 工业区与非工业区之间的差异并不十分明显。因此有理由做出如下猜想: ① 工业区的 SO<sub>2</sub> 浓度要高于非工业区; ② NO<sub>2</sub> 浓度在工业区与非工业区之间的差异不明显; ③ PM2.5 指数在工业区和非工业区之间的差异不明显。

## 6. 假设检验结果

为证明 4 中的猜想, 且基于所研究数据均近似服从正态分布这一前提, 研究人员决定采用假设检验来予以证明。以 SO<sub>2</sub> 浓度为例, 先假设工业区的 SO<sub>2</sub> 浓度分别都要高于上风向区和市中心, 然后分别对

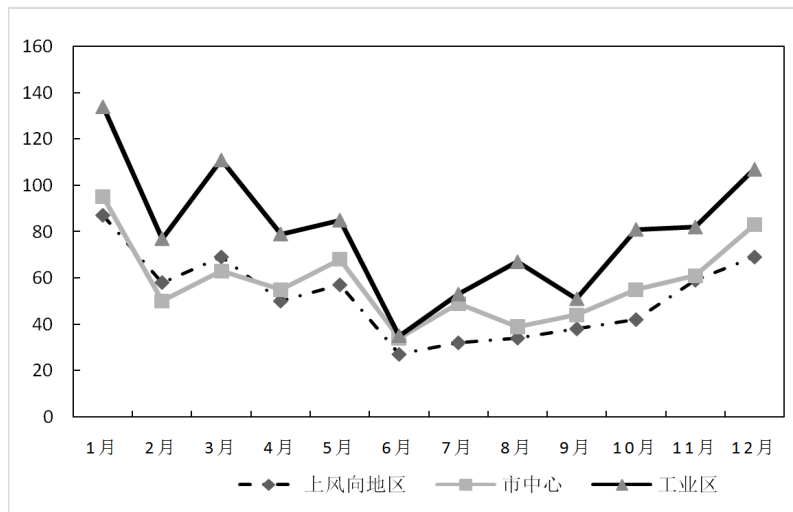


Figure 2. The monthly average data of SO<sub>2</sub> concentration  
图 2. 月平均 SO<sub>2</sub> 浓度折线图

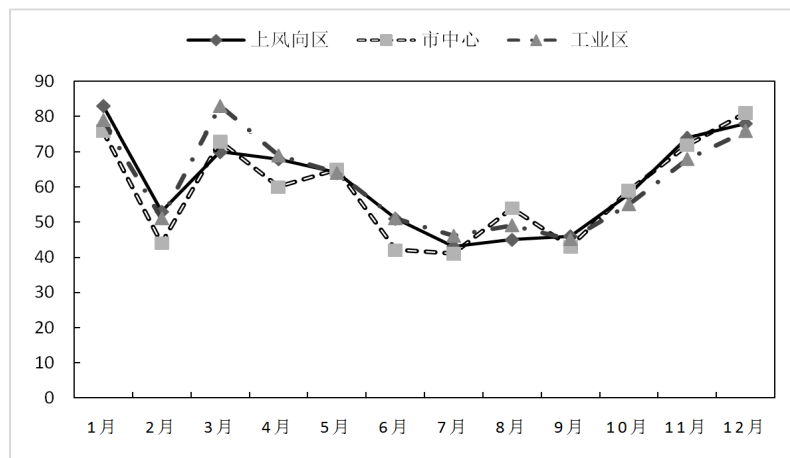


Figure 3. The monthly average data of NO<sub>2</sub> concentration  
图 3. 月均 NO<sub>2</sub> 浓度折线图

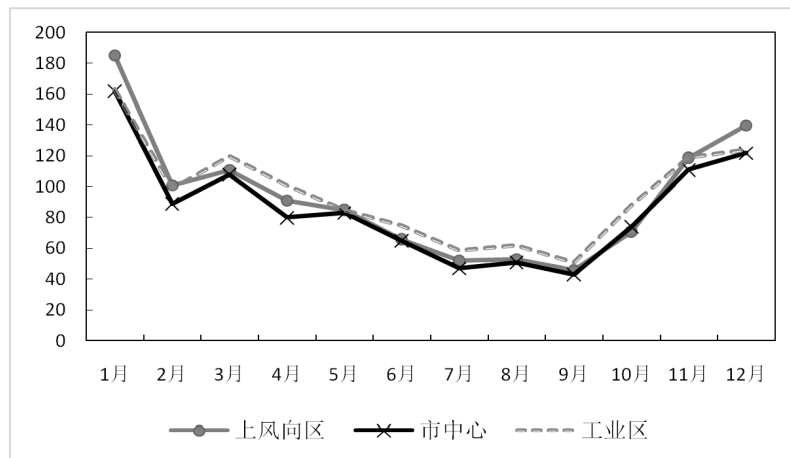


Figure 4. The monthly average data of PM<sub>2.5</sub> index  
图 4. 月均 PM<sub>2.5</sub> 指数折线图

工业区和上风向区、工业区和市中心区的数据进行假设检验, 然后得出结论。具体操作如下:

### 6.1. 工业区 SO<sub>2</sub> 浓度明显高于非工业区

先说明工业区的 SO<sub>2</sub> 浓度是否明显高于上风向区:

研究人员对两地的数据进行独立样本  $t$  检验(右侧检验), 先建立原假设  $H_0: u_3 = u_1$ , 备择假设  $H_1: u_3 > u_1$ ,  $t$  值 = 4.641, 拒绝域在  $[1.667, +\infty)$  中, 故拒绝原假设  $H_0$ , 接受备择假设  $H_1$  并得出结论: 工业区的 SO<sub>2</sub> 浓度要明显高于上风向区( $\alpha = 0.05$ )。

再说明工业区 SO<sub>2</sub> 浓度是否明显高于市中心:

对工业区、市中心的数据进行独立样本  $t$  检验(右侧检验)——先建立原假设  $H_0: u_3 = u_2$ , 备择假设  $H_1: u_3 > u_2$ , 构造  $t$  检验统计量, 在显著性水平为  $\alpha = 0.05$  时, 拒绝域为  $[1.645, +\infty)$ , 分别将  $\bar{X}_3 = 80.28$ ,  $\bar{X}_2 = 57.53$ ,  $\sigma_3 = 30.883$ ,  $\sigma_2 = 20.754$ ,  $n_3 = n_2 = 36$  代入公式(3.2)中, 经计算得  $t = 3.669$ , 落入拒绝域  $[1.667, +\infty)$  中, 故拒绝原假设  $H_0$ , 接受备择假设  $H_1$ , 进而得出结论: 工业区 SO<sub>2</sub> 浓度在显著性水平  $\alpha = 0.05$  的情况下, 明显高于市中心。

综上所述, 工业区的 SO<sub>2</sub> 浓度明显高于非工业区。

### 6.2. 原因

(1) 工业区的大规模原煤使用显著提升了 SO<sub>2</sub> 浓度。目前我国能源消耗主要以煤炭为主, 煤炭含硫量高, 导致 SO<sub>2</sub> 排放量大[2]。与河东区和兰山区相比, 作为工业区的罗庄区煤炭消费量和 SO<sub>2</sub> 排放量远远高于前两者(表 4), 故而直接导致了该地更高的 SO<sub>2</sub> 浓度。

(2) 盛行风影响 SO<sub>2</sub> 的扩散(如图 1 所示)。临沂市盛行东北风, 致使 SO<sub>2</sub> 集中向罗庄区扩散。

### 6.3. NO<sub>2</sub> 浓度和 PM<sub>2.5</sub> 指数在工业区和非工业区之间的差异不明显

由于证明方法与 5.1 相似, 故不再赘述。最后得出结论: NO<sub>2</sub> 浓度在工业区与非工业区之间的差异不明显; PM<sub>2.5</sub> 指数在工业区和非工业区之间的差异不明显。即, 工业区对环境的 NO<sub>2</sub> 浓度以及 PM<sub>2.5</sub> 的影响不明显。详情检验结果可参考表 5、表 6。

### 6.4. 原因

NO<sub>2</sub> 的人为污染来源包括许多方面, 如: 汽车尾气排放、工业排放、飞机排放、轮船排放、农业烧荒等[10]。通过检验的结果可知, 工业排放不会引起 NO<sub>2</sub> 浓度的显著升高。由于车辆性能水平、燃油质量和道路条件等因素的影响, 机动车尾气污染已成为城市近地面重要的空气污染源之一[11]。即汽车尾气、街道扬尘等因素造成的 NO<sub>2</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 污染远远高于工业排放。

另一方面也说明, 工厂在排放废气等污染物前, 进行了有效的 NO<sub>2</sub>、PM<sub>2.5</sub> 净化工作, 使得工业区

**Table 4.** The consumption of raw coal and the emission of SO<sub>2</sub> [t] in Linyi, 2014

**表 4.** 2014 年临沂市原煤消费量与二氧化硫排放量对照表(单位: t)

地区	原煤消费量	二氧化硫排放量	二氧化硫排放量/原煤消费量
河东区(上风向)	100,102	1994	1.99%
兰山区(市中心)	940,377	7609	0.81%
罗庄区(工业区)	7,244,822	42,871	0.59%

资料来源: 临沂市统计局、临沂市环境保护局。

**Table 5.** The t-test result of NO<sub>2</sub> concentration ( $\alpha = 0.05$ )

**表 5.** NO<sub>2</sub> 浓度 t 检验结果( $\alpha = 0.05$ )

工业区与上风向区			
	t 值	自由度	P 值(双侧)
浓度: 假设方差相等	0.137	70	0.891
假设方差不等	0.137	69.795	0.891
工业区与市中心			
	t 值	自由度	P 值(双侧)
浓度: 假设方差相等	0.589	70	0.558
假设方差不等	0.589	69.891	0.558

**Table 6.** The t-test result of PM2.5 index ( $\alpha = 0.05$ )

**表 6.** PM2.5 指数 t 检验结果( $\alpha = 0.05$ )

工业区与上风向区			
	t 值	自由度	P 值(双侧)
浓度: 假设方差相等	0.267	70	0.790
假设方差不等	0.267	67.949	0.790
工业区与市中心			
	t 值	自由度	P 值(双侧)
浓度: 假设方差相等	1.065	70	0.291
假设方差不等	1.065	69.896	0.291

直接导致的 NO<sub>2</sub> 和 PM2.5 污染出现了大幅减少。

## 7. 总结与对策建议

### 7.1. 总结

(1) 临沂市工业区及非工业区的 SO<sub>2</sub> 浓度指数、NO<sub>2</sub> 浓度指数以及 PM2.5 指数均近似服从正态分布。

(2) ① 工业排放会显著提升周边地区的 SO<sub>2</sub> 浓度; ② 但工业排放既不会显著提升周边地区的 NO<sub>2</sub> 浓度; ③ 也不会显著提升周边地区的 PM2.5 指数。

(3) 工业区在排放 NO<sub>2</sub> 和 PM2.5 前, 进行了有效的 NO<sub>2</sub>、PM2.5 净化工作, 使得工业区和非工业区之间的 NO<sub>2</sub> 浓度、PM2.5 指数没有明显差异。

### 7.2. 对策建议

对此, 研究人员提出如下建议:

(1) 应有更多的正态性 K-S 检验用于不同地区的空气质量数据, 这样有利于找出空气质量相关数据分布形态的内在规律;

(2) 临沂市对于空气污染物的治理特别是 SO<sub>2</sub> 污染的治理, 可重点从工业区着手。例如, 在火电厂可进行大规模推广湿式电除尘器。有研究指出, 湿式电除尘器能有效祛除、减少工业排放中的细微颗粒、酸雾等其它有害物质[12][13][14][15]。

(3) 改善能源结构, 大力发展清洁能源, 减少工业污染的排放。



(4) 大力改进研发并推广电动车。目前电动车的动力装置多为燃料电池, 具有效率高、无噪音、零排放或极低排放的特点, 电动车不但有着乐观的发展前景, 它们的普遍使用还能有效降低空气污染[16] [17] [18]。

(5) 对现有的机动车的尾气排放装置则要进行合理改进, 如合理推广 DOC 后处理、POC 后处理、DPF 后处理等技术手段。

(6) 严控秸秆、垃圾等露天焚烧行为。

(7) 对城市道路要进行定期的洒水车喷洒。路面洒水能有效使地面的尘埃、近地面的悬浮物(TSP)溶于水, 大幅减少空气中的悬浮颗粒。洒水车在降低 PM2.5 指数上有着见效快, 时效短的特点。

(8) 进一步完善相关制度及法律法规。如提高工业污染准入标准、提高我国空气质量水平标准, 对排放不达标的工厂要进行处罚、取缔。

## 基金项目

大学生创新创业训练计划项目支持 (项目编号: 201510452051)。

## 参考文献 (References)

- [1] 罗曦芸. 大气中 SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub> 的检测及其对文物的危害与预防[J]. 实验室研究与探索, 1999, 18(6): 52-56.
- [2] 黄青, 程水源, 等. 北京市一次 SO<sub>2</sub> 污染过程来源分析[J]. 环境科学与技术, 2010, 33(1): 90-93.
- [3] 刘玉香. SO<sub>2</sub> 的危害及其流行病学与毒理学研究[J]. 生态毒理学报, 2007, 2(2): 225-231.
- [4] 周春艳, 厉青, 等. 山东省近 10 年对流层 NO<sub>2</sub> 柱浓度时空变化及影响因素[J]. 中国环境科学, 2015, 35(8): 2281-2290.
- [5] 张文丽, 徐东群, 崔九. 空气细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)污染特征及其毒性机制的研究进展[J]. 中国环境监测, 2002, 18(1): 59-63.
- [6] 王荟, 王格慧. 南京市大气颗粒物春季污染的特征[J]. 中国环境科学, 2003, 23(1): 55-59.
- [7] 穆泉, 张世秋. 2013 年 1 月中国大面积雾霾事件直接社会经济损失评估[J]. 中国环境科学, 2013, 33(11): 2087-2094.
- [8] 朱先磊, 张远航, 等. 北京市大气细颗粒物 PM<sub>2.5</sub> 的来源研究[J]. 环境科学研究, 2005, 18(5): 1-5.
- [9] 曾五一. 统计学概论[M]. 第 2 版. 北京: 首都经济贸易大学出版社, 2010: 115.
- [10] 张兴赢, 张鹏, 等. 近 10 年中国对流层 NO<sub>2</sub> 的变化趋势、时空分布特征及其来源解析[J]. 中国科学, 2007, 37(10): 1409-1416.
- [11] 郭宇宏, 王自发, 等. 机动车尾气排放对城市空气质量的影响研究[J]. 环境科学学报, 2014, 34(5): 1109-1117.
- [12] 马万铨. 火电厂湿式电除尘器对 PM<sub>2.5</sub> 的减排作用[J]. 引文版: 工程技术, 2016(2): 18.
- [13] 莫华, 朱法华, 等. 湿式电除尘器在燃煤电厂的应用及其对 PM<sub>2.5</sub> 的减排作用[J]. 中国电力, 2013(46): 62-65.
- [14] 周益辉, 曾毅夫, 等. 湿式电除尘器对 PM<sub>2.5</sub> 的治理效果及应用前景[J]. 中国环保产业, 2014(3): 6-9.
- [15] 桑英娜. 湿式电除尘器对燃煤电厂烟尘的深度处理[J]. 中国环保产业, 2014(9): 53-55.
- [16] 徐帅. 浅谈我国电动车的发展现状及未来展望[J]. 山东工业技术, 2016(8): 291.
- [17] 陈清泉, 孙立清. 电动汽车的现状和发展趋势[J]. 科技导报, 2005, 23(4): 24-28.
- [18] 宋永华, 阳岳希, 胡泽春. 电动汽车电池的现状及发展趋势[J]. 电网技术, 2011, 35(4): 1-7.



**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：[sd@hanspub.org](mailto:sd@hanspub.org)