

# Statistical Characteristics and Standards of the Sea and Land Wind in the West Bank of Bohai

Shuyun Wang, Xuan He, Miaochun Ren, Xiaorui Zhang

Meteorological Bureau of Cangzhou City, Cangzhou Hebei  
Email: czwsy68@163.com

Received: Jun. 12<sup>th</sup>, 2018; accepted: Jun. 28<sup>th</sup>, 2018; published: Jul. 5<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Using 2015-2016 year regular observation data and automatic meteorological data on the ground, the standard of sea and land day in Cangzhou is studied and established. The spatial and temporal distribution characteristics of sea land wind in Cangzhou city are analyzed and the standard of sea land wind intensity in Cangzhou is set up. The results show that the sea land wind in Cangzhou has obvious seasonal variation and longer duration, and the weather changes caused by sea and land wind in Cangzhou are mainly in the temperature, humidity and precipitation, and the strong convective weather is less, and the intensity belongs to the middle grade.

## Keywords

Sea Land Breeze, Climatic Characteristics, Statistical Analysis, Intensity Standard

---

# 渤海西岸沧州市海陆风的统计特征及标准

王淑云, 何璇, 任妙春, 张晓瑞

河北省沧州市气象局, 河北 沧州  
Email: czwsy68@163.com

收稿日期: 2018年6月12日; 录用日期: 2018年6月28日; 发布日期: 2018年7月5日

---

## 摘要

利用2015~2016年常规观测数据、地面自动气象资料, 研究确立河北省沧州市海陆风日标准, 统计分析沧州市海陆风的时空分布特征, 设立了沧州市海陆风强度标准。结果表明, 沧州市海陆风具有明显的季节变化, 持续时间较长; 沧州市海陆风引起的天气变化主要表现在气温、湿度、降水, 强对流天气较

少。按照新建强度标准,沧州市沿海海陆风属于中等强度等级。

## 关键词

海陆风, 气候特征, 统计分析, 强度标准

Copyright © 2018 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. 海陆风日的确定标准

当近地面有海风建立时,通常伴有风向的突然转变、风速增加、气温下降和相对湿度的增高,因此在研究海陆风环流中,可以从基本气象要素的观测中识别海风的建立、发展和消亡,构建海陆风识别方法[1][2][3][4]。近些年来,随着探测技术的不断进步,所获得的海陆风研究资料也越来越广泛。其中包括风廓线仪观测、固定或移动的气象塔观测、探空气球或系留气艇和气象探测飞机等各种航空器的观测、声雷达或多普勒雷达等遥感探测,以及卫星浮标跟踪等多种形式[5]-[10]。因此,常规地面气象资料,高空探测资料,格点资料,雷达气象资料和卫星气象资料也都运用到了海陆风环流的研究之中,这些资料的综合使用更加提高了识别海风日的信度。

本文应用常规资料,采用统计分析的方法识别海陆风日,其识别标准是从海陆风发生的物理过程和观测经验发展而来的。根据海陆风的日变化规律,把一天 24 h 分为 4 个时段:① 陆风时段: 01(02)~08(09) 时;② 陆风向海风转化时段, 09(10)~12(11)时;③ 海风时段: 13(14)~20(21)时;④海风向陆风转化时段: 21(22)~24 时。本文参照许启慧等对海风日筛选方法的分析结果,通过如下标准建立 2015~2016 年沧州沿海海风日数据集:

- 1) 从日出到日落,有向岸气流出现,并且持续时间达到 3 h(含 3 h)以上;
- 2) 日出以后,风向和风速存在明显的改变,风向突变角度大于  $40^\circ$ ,海风建立以后风向趋于稳定的向岸风方向;
- 3) 分别以黄骅的逐时气温代表陆温,埕海一号站的逐时温度代表海温,要求日最大陆海温差大于  $0^\circ\text{C}$ ,即  $\Delta T_{\text{max}}$  大于  $0^\circ\text{C}$ ;
- 4) 为了消除较强背景风场的影响,要求在海风开始前 10 m 处风速小于 1.5 m/s,即静风或弱风状态,而最大风速小于 10 m/s;
- 5) 若海风开始前风速较大,未满足(4)中规定的界值,但风向由离岸转为向岸时突变角度大于  $90^\circ$ ,也可被定义为海风日;
- 6) 海风建立前无明显降水现象出现,之后存在气温明显减小,相对湿度明显增加的现象。

当同时满足上述 6 个条件,方可被定义为海风日。另外,因夏季夜晚渤海湾西部陆地冷却效果较弱,导致陆海温差通常不会满足陆风建立的要求,出现全天 24 h 都吹向岸风的现象,这种情况下海风的建立主要表现在风速的变化上,所以当全天风向都是海风方向时,若存在风速明显增强,并且持续时间超过 3 h(含 3 h),同样被定义为海风日。

## 2. 沧州市海陆风特征

对海陆风时空分布特征的研究主要包括海风的建立、持续和消亡时间,最大风速出现的时刻,海风

的强度、出现频率，海陆风环流向内陆延伸的水平距离，以及海陆风环流的垂直深度等。

## 2.1. 资料来源及年限

沧州市测站分布情况见图 1 本文使用 2015~2016 年全年沧州地区气象观测站逐小时资料分析沧州地区海陆风的时空分布特征；其中以黄骅站为近海站代表，渤海新区埕海一号站为海上站代表。

## 2.2. 沧州海陆风风向的确定

从近地面层的空气流动来看，因海陆温差而产生的海风是由海面流向陆地，而陆风是由陆地流向海面，因此，凡从海面流向陆地的风为海风风向，而从陆地流向海面的风为陆风风向。海岸线走向不同，海陆风的风向也不同，就沧州而言，由于海陆间温度差而造成的海陆风是垂直于海岸线吹的，沧州海岸线的走向，以垂直于海岸线的风向为海风建立时的标准海风风向，考虑风向左右摆动可能存在的范围，将沧州地区具体海风风向的范围定义为：北东北至东南向(ENE~SE)。

## 3. 沧州沿海海陆风特征

### 3.1. 海陆风月季特征

按照以上海陆风的判定标准及海陆风方向的规定，将黄骅气象站 2015~2016 年逐日逐时自记风资料进行统计分析、得出各月海陆风出现日数，详见表 1。从中可以看出，海陆风出现日数及其频率的年平均分布特征。2015 年与 2016 年沧州的海陆风日数相差不多，分别为 25、23 天，占观测日数的 6.5%，月平均日数为 2 天。2015 年、2016 年海陆风最多均出现在 7 月，为 6 天、4 天；2015 年 10 月和 12 月份、2016 年 2 月 12 月份均没有出现海陆风天气，2015~2016 年出现 1 天的月份总数为 7 个月。可以看出，海陆风日期变化具有明显的月季特征，5~8 月份为海陆风的高发时期，全年 60%以上的海陆风日都出现在

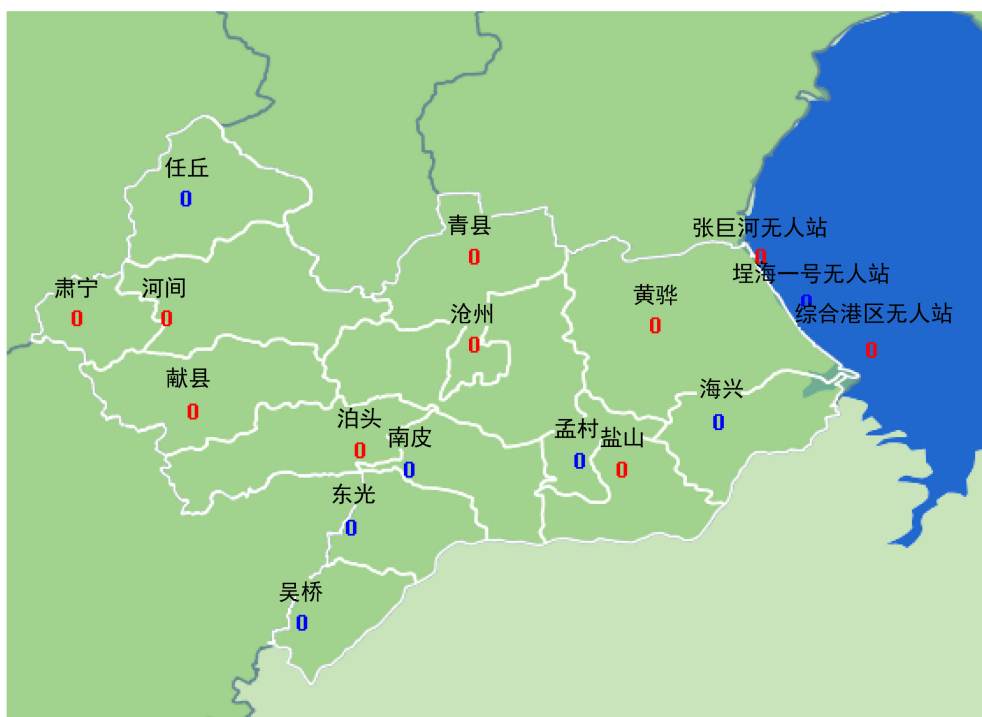


Figure 1. Distribution of Cangzhou stations

图 1. 沧州市测站分布

这四个月份, 12 月份、1~2 月份海陆风发生频率最低, 这可能是受陆海温差的季节变化存在着密切关系。这可能是由于春夏季冷暖空气交替频繁, 大气稳定度降低, 从而有利于海风的发生发展。

### 3.2. 海陆风日季节变化特征

从表 1 可以看出沧州沿海全年都有海陆风发生, 随季节的转换海陆风日也不同(见表 2), 2015 年春季(3 月~5 月)海陆风日为 3 天、夏季(6 月~8 月)海陆风日数为 14 天, 秋季(9 月~11 月)海陆风日为 3 天, 冬季(12 月、1 月、2 月)海陆风日为 5 天, 占全年海陆风日数的比值的分别为春季 12%, 夏季为 56%, 秋季为 12%, 冬季为 20%。2016 年春季海陆风日数为 6 天、夏季海陆风日数为 11 天、秋季海陆风日数为 5 天, 冬季海陆风日数为 1 天, 占全年海陆风日数的比值的分别为春季 26.1%, 夏季为 47.8%, 秋季为 21.7%, 冬季为 4.3%。可以看出明显的季节分布不均现象, 2015 年、2016 年夏季海陆风日最多, 2015 年冬季较多, 春季、秋季最少, 2016 年春季、秋季较多, 冬季少。

## 4. 海陆风发生时间和持续时间

### 4.1. 海陆风开始时间、结束时间的定义

本文对海风开始时间和结束时间的定义如下:

- 1) 海陆风开始时间  $T_s$ : 在  $T_s$  时刻附近, 风向要有明显的转向, 在  $T_s$  时刻风向在海风范围内;
- 2) 海陆风结束时间  $T_e$ : 在  $T_e$  时刻风向在海风风向中, 在  $T_e + 1$  时刻风向不在海风风向中。

### 4.2. 海陆风持续时间分析

2015~2016 年的沧州市海陆风现象, 发现 2 年中, 海陆风最早开始于 8 时(2016 年 6 月 13 日), 上午 8~11 时开始的共有 11 次, 最晚开始于 16 时(2015 年 3 月 24 日); 最早结束时间为 16 时(2016 年 3 月 3 日), 大多数过程最晚结束时间为 23 时。过程平均持续时间为 8 小时, 其中, 最短持续时间为 3 个小时(共 3 次: 2015 年 7 月 23 日, 2016 年 1 月 27 日、8 月 16 日), 最长持续时间为 15 小时(2016 年 6 月 13 日), 海陆风持续 10 个小时以上的有 17 次。表略。2015~2016 年 2 年中一年四季各个季节平均持续时间均为 12~13 小时, 季度持续时间差异不明显, 持续时间的差异主要表现在个例上。

### 4.3. 海陆风月季时间特征

从表 3 可以看出, 2015 年海陆风开始时间各月最早 11 时(2 月), 最晚为 16 时(3 月); 结束时间最早

**Table 1.** Monthly sea breeze days at Huanghua station

**表 1.** 黄骅站逐月海风日日数(单位: 天)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	总计
2015 年	2	3	1	1	1	5	6	3	1	0	2	0	25
2016 年	1	0	2	1	3	3	4	4	2	2	1	0	23

**Table 2.** Seasonal changes of sea and land breeze in Cangzhou

**表 2.** 沧州海陆风日季节变化

	季节	春季	夏季	秋季	冬季
2015 年	次数(天)	3	14	3	5
	占比(%)	12	56	12	20
2016 年	次数(天)	6	11	5	1
	占比(%)	26.1	47.8	21.7	4.3

**Table 3.** Starting time of sea and land breeze in each month  
**表 3.** 沧州海陆风各月份起始时间

年份	月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2015	开始时间	15	11	16	14	15	14	13	15	14	无	14	无
	结束时间	22	21	23	23	23	23	22	18	21	无	22	无
2016	开始时间	15	无	12	11	10	10	13	13	13	14	13	无
	结束时间	17	无	17	23	23	21	23	20	22	20	23	无
平均	开始时间	15	11	14	13	13	12	13	14	13	14	13	无
	结束时间	20	21	20	23	23	22	22	19	21	20	22	无

为 18 时(8 月), 最晚为 23 时; 2016 年海陆风开始时间各月最早 10 时(5、6 月), 最晚为 15 时(1 月), 开始时间比 2015 年早一个小时, 结束时间最早为 17 时(1、2 月), 最晚为 23 时。2015~2016 年各月平均开始时间为 11~15 时, 平均结束时间为 19~23 时。

#### 4.4. 海陆风季度时间特征

海陆风现象在季度平均上(见表 4), 2015 年一年四季各季节平均开始时间均出现在午后, 为 13~15 时; 结束时间为 21~23 时。2016 年夏季海陆风出现在 11 时, 其余三个季节平均开始时间为 13~15 时; 结束时间春季较早, 为 17 时, 其余三个季节为 21~22 时。2015~2016 年两年平均来看, 夏季较早为 12 时, 其余三个季节为午后; 结束时间季节变化不明显, 基本为 21 时。2015~2016 年 2 年中, 海陆风平均开始时间为 14 时, 结束时间为 21 时。

### 5. 海陆风强度的等级标准

#### 5.1. 强度等级原则

根据海陆风引发的降水、雷暴大风及降温强度等天气现象, 制定海陆风等级标准。其中, 降温强度, 参照 2015~2016 年沧州市国家站逐小时数据, 海陆风日的前后共 3 天的同时次气温数据作为参考数据, 研究海陆风发生时段, 变温与海陆风发生前后 3 天的变温情况相对比, 找出因为海陆风发生所引起的变温情况。

#### 5.2. 海陆风引起的降水及气温变化

按照常规观测资料标准, 前面研究发现沧州市在 2015~2016 年共发生 48 次海陆风天气过程。在 48 次海陆风天气过程中, 有 13 次伴有区域性降水(区域性降水定义: 一次降水过程中, 有超过 40% 的观测站有降水发生, 沧州即为有 6 站以上发生)(见表 5), 中雨以上量级有 6 次, 其中大雨 3 次, 中雨以上降雨发生日期: 2015 年 7 月 15 日, 7 月 17 日, 7 月 20 日, 7 月 23 日; 2016 年 6 月 13 日, 8 月 2 日。在因海陆风发展导致的强对流天气过程中, 有 7 次伴有 6 级以上的大风天气, 即 2015 年 2 月 7 日, 5 月 8 日, 6 月 29 日, 7 月 15 日; 2016 年 4 月 9 日, 6 月 13 日, 8 月 2 日, 其中, 6 月 19 日日极大风速达到 9 级。对海陆风最为敏感的是气温变化, 海陆风形成时刻会导致气温的骤变, 尤其是在上午发生海陆风

**Table 4.** Quarterly characteristics of sea and land breeze starting time  
**表 4.** 沧州海陆风起始时间季度特征

	季节	春季	夏季	秋季	冬季	平均
2015 年	开始时间	15	14	14	13	14
	结束时间	23	21	21	21	21
2016 年	开始时间	15	11	13	13	13
	结束时间	17	22	22	22	21
平均	开始时间	15	12	13	13	14
	结束时间	20	21	21	21	21

**Table 5.** Sea and land breeze and weather conditions in Cangzhou city from 2015 to 2016  
**表 5.** 2015~2016 年沧州市海陆风及其引发天气情况

年份	海陆风次数	降雨次数	大风次数	降温 1°C~2°C	降温 3°C~4°C	降温 >5°C
2015	25	7	4	16	2	1
2016	23	6	3	12	3	2

时, 气温总是不升反降, 最为敏感时, 一个小时最高气温会下降 3°C 以上, 在下午发生海陆风天气时, 对最低气温的影响较大。

### 5.3. 沧州市海陆风标准

根据以上统计分析, 把沧州市海陆风强度划分为三级, 其中, 三级为无降水或者微量、个别点有小雨, 气温变化 2°C 左右; 二级为有区域性降水, 强度为小雨或中雨, 或伴有 6 级以下雷雨大风, 或者气温变化 3°C~4°C; 一级为大雨以上降水, 个别点有短时强降水, 或者有雷暴大风, 或者气温变化 5°C 以上。对温度、降雨、风力影响不显著的不分级。

根据以上划分标准, 2015~2016 年沧州市发生一级强度的海陆风 6 次, 占比 18%, 其中, 5 次发生在夏季, 1 次在 4 月份; 二级强度的海陆风 9 次, 占比 27%, 其中, 6 次发生在春季和秋季, 3 次发生在夏季; 三级强度的海陆风 18 次, 占比 54%。

## 6. 结论与讨论

1) 沧州市海陆风具有明显的季节特征, 5~8 月份为海陆风的高发时期, 全年 60% 以上的海陆风日都出现在这四个月份, 12 月份、1~2 月份海陆风发生频率最低, 这可能是受陆海温差的季节变化存在着密切关系。

2) 各季节平均持续时间均为 12~13 小时, 平均开始时间均出现在午后, 为 13~15 时; 结束时间为 21~23 时。

3) 沧州市海陆风引起的变化主要表现在气温、湿度、降水, 强对流天气较少。

4) 在典型海风日里, 当有海风发生时, 风向发生明显突变, 转变角度都在 90° 以上, 风速也会突然增大, 随着海风的进一步发展, 风向基本稳定在 90°~180° 之间, 即向岸的海风方向, 在海风发展到旺盛时期, 风速达到全天日变化最大值。陆风的盛行时间几乎集中在午夜至凌晨, 这段时间里, 风向为离岸风方向, 并且风速值远远小于白天海风持续时间段内的风速。在非海风日里, 风向无明显突变发生, 风速变化也较平缓。温度和相对湿度的日变化呈现出很好的反位相波动, 并且在典型海风日里, 当海风建

立以后温度和相对湿度都发生了显著突变。据统计,沧州市 2015~2016 年的 5~9 月,海风锋能导致雷暴生成和加强的只有十几次。

5) 海陆风环流可以触发沿海地区对流性天气的产生,这种触发机制主要是由海风锋和海风辐合带的形成所导致的[11][12][13]。冷且稳定的海洋空气在向内陆移动的过程中,迫使陆面暖且不稳定空气抬升,这种冷暖空气的汇合处一般就会形成海风锋。气流的辐合上升运动,有利于积云的发展,因此,在卫星图像上海风锋上空通常会有线性排列的积云,位于内陆且与海岸平行,当空气湿度过低时,这种云系的线性排列可能就不会被卫星观测到。锋面配合有利的大尺度背景环流形势,很容易触发强对流天气的产生。其中 Pielke 曾在研究中指出,海风的辐合易于云体的聚集和合并,能够促进积云的发展并延长云体的持续时间,这对辐合区内水平风的垂直切变廓线很有利,而风的垂直切变是强雷暴发展的一个先决条件。但海风引起的垂直切变在低空,需要一定的动量和热量扰动使这种切变能量上传至中空,才利于雷暴的发展和组织[14][15][16][17]。

6) 晴空环境(大气稳定)下,单一海风锋不能产生强对流天气,仅能改变气温、风、湿度等气象要素特征,在春秋季节,对温度、阵风的影响显著,在夏季,对温度的影响不明显,主要以降水为主,少数个例伴有大风,冰雹没有发现。但在不稳定条件下海风锋与其他系统相遇会触发强对流天气。海风锋或者其附近触发雷暴并发展加强的规律及其机制目前国内还很少有提及。沧州海风锋在向内陆推进过程中如遇环境场不稳定,沿海风锋或其附近有雷暴触发并逐渐加强。海风锋使近地面形成一条中尺度辐合线,中尺度辐合线起着触发雷暴并使雷暴生成后沿地面辐合线移动加强的作用,而且随着辐合线的缓慢向偏西移动,东风(海风)逐渐加强,扰动温度逐渐下降,海上相对冷湿气团沿海风向西推进,触发内陆热力不稳定能量的释放,导致(强)对流天气的发生[18][19]。

## 基金项目

河北省气象局科研基金重点项目(14KY28)。

## 参考文献

- [1] 许启慧,苗峻峰,刘月琨,等.渤海湾西岸海风时空演变特征观测分析[J].海洋预报,2013,30(1):9-19.
- [2] 高佳琦,苗峻峰,许启慧.海陆风识别方法研究进展[J].气象科技,2013,41(1):98-104.
- [3] 梁钊明,高守亭,王彦.渤海湾地区一次碰撞型海风锋天气过程的数值模拟分析[J].气候与环境研究,2013,18(6):733-745.
- [4] 于恩洪,陈彬,白玉荣.渤海湾西部海陆风的空间结构[J].气象学报,1987,45(3):379-381.
- [5] 何群英,解以扬,东高红,等.海陆风环流在天津2009年9月26日局地暴雨过程中的作用[J].气象,2011,37(3):291-297.
- [6] 王彦,于莉莉,李艳伟,等.边界层辐合线对强对流系统形成和发展的作用[J].应用气象学报,2011,22(6):724-731.
- [7] 于恩洪,陈彬.渤海湾西部海陆风的空间结构[J].气象学报,1987,45(3):379-381.
- [8] 盛春岩,陈优宽.2006年8月青岛一次强海风过程“人”字形结构分析[J].气象,2007,33(8):34-39.
- [9] 李慧琳,孙连强,徐璐璐.海陆风影响下的黄海北部沿岸天气特征分析[J].安徽农业科学,2010,38(3):1313-1316.
- [10] 王彦,于莉莉,朱男男,等.渤海湾海风锋与雷暴大气[J].高原气象,2011,30(1):245-251.
- [11] 梁钊明,高守亭,土东海,等.城市下垫面对渤海湾海风锋特征影响的一次数值试验[J].大气科学,2013,37(5):1013-1024.
- [12] 苗曼倩,唐有华.长江三角洲夏季海陆风与热岛环流的相互作用及城市化的影响[J].高原气象,1998,17(3):280-289.

- [13] 文伟俊, 沈桐立, 丁治英, 等. 城市化对广西夏季海陆风影响的数值试验[J]. 热带气象学报, 2009, 25(3): 350-356.
- [14] Chen, F. and Dudhia, J. (2001) Coupling an Advanced Land Surface-Hydrology Model with the Penn State-NCAR MM5 Modeling System. Part I: Model Implementation and Sensitivity. *Monthly Weather Review*, **129**, 569-585. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(2001\)129<0569:CAALSH>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(2001)129<0569:CAALSH>2.0.CO;2)
- [15] 金皓, 王彦昌. 三维海陆风的数值模拟[J]. 大气科学, 1991, 15(5): 25-32.
- [16] 刘黎平, 邵爱梅, 葛润生, 等. 一次混合云暴雨过程风场中尺度结构的双多普勒雷达观测研究仁[J]. 大气科学, 2004, 28(2): 278-283.
- [17] 王彦, 李胜山, 郭立, 等. 渤海湾海风锋雷达回波特征分析[J]. 气象, 2006, 32(12): 23-28.
- [18] 卢焕珍, 赵玉洁, 俞小鼎, 等. 雷达观测的渤海湾海陆风辐合线与自动站资料的对比分析[J]. 气象, 2008, 34(9): 57-65.
- [19] 卢焕珍, 刘一玮, 刘爱霞, 等. 海风锋导致雷暴生成和加强规律研究[J]. 气象, 2012, 38(9): 1078-1086.

#### 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: 2168-5711, 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: [ccrl@hanspub.org](mailto:ccrl@hanspub.org)