

# Study of Islands Mapping Using High Resolution Satellite SAR Data

Dong Jiang<sup>1,2</sup>, Wenji Zhao<sup>1\*</sup>, Biyu Wan<sup>2</sup>, Zhenyu Yang<sup>1</sup>, Shisong Cao<sup>1</sup>

<sup>1</sup>College of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing

<sup>2</sup>Chinese Society for Urban Studies Smart City Joint Lab, Beijing

Email: dandilion1017@163.com, \*zhwenji1215@163.com

Received: Feb. 24<sup>th</sup>, 2019; accepted: Mar. 10<sup>th</sup>, 2019; published: Mar. 18<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

Using traditional methods to measure islands around China is very difficult. Space-borne Synthetic Aperture Radar (SAR) can acquire imagery nearly all-weather. This study aims to investigate the potential of SAR data in deriving islands information. Based on 15 COSMO-SkyMed high resolution imageries acquired in three areas, we analyzed different imaging parameters which affected islands identification and edge extraction. Also the ability of SAR data in island monitoring was investigated and evaluated.

## Keywords

Islands Mapping, SAR, High Resolution, Image Segmentation

---

# 高分辨率星载SAR影像在岛礁测图中的应用研究

姜 栋<sup>1,2</sup>, 赵文吉<sup>1\*</sup>, 万碧玉<sup>2</sup>, 杨振宇<sup>1</sup>, 曹诗颂<sup>1</sup>

<sup>1</sup>首都师范大学资源环境与地理信息系统北京市重点实验室, 北京

<sup>2</sup>中国城市科学研究会智慧城市联合实验室, 北京

Email: dandilion1017@163.com, \*zhwenji1215@163.com

收稿日期: 2019年2月24日; 录用日期: 2019年3月10日; 发布日期: 2019年3月18日

---

## 摘 要

我国海域广阔, 传统岛礁测量手段受天气、测量方法、地理因素等条件限制, 有很大局限性。随着遥感

---

\*通讯作者。

文章引用: 姜栋, 赵文吉, 万碧玉, 杨振宇, 曹诗颂. 高分辨率星载 SAR 影像在岛礁测图中的应用研究[J]. 测绘科学技术, 2019, 7(2): 52-59. DOI: 10.12677/gst.2019.72009

技术的快速发展,星载合成孔径雷达系统(SAR)可以不受云雨限制,全天时全天候获取数据,能够快速实现大范围成像,对于我国海岛及其他沿海地物测绘,制图是一种非常有效的手段。本文以高分辨率SAR影像为研究对象,对比分析不同地区、多种成像参数下的COSMO-SkyMed对沿海地区的成像数据;采用影像分割技术与计算机自动识别算法,进行了岛礁自动识别及边界提取实验。最后得出结论,雷达入射角、极化方式的选择,对于突出海陆边界至关重要,较大的侧视角能够突出海陆边界并有效降低噪声;在小入射角情况下,HV极化方式较HH极化方式成像效果更好。另外,气象因素与潮汐作用对于成像质量的影响也不容忽视,尤其对于较小或者退潮才露出的岛礁,要综合考虑成像参数与气象、潮汐影响,才能测得较好的结果。

## 关键词

岛礁测图, SAR, 高分辨率, 影像分割

Copyright © 2019 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

我国海域广阔,周边面积超过 500 m<sup>2</sup> 大小岛礁有 6500 多个,岛礁测图任务艰巨,意义重大、深远[1] [2] [3]。但是部分困难区域不可到达或不宜到达,有效控制点布设困难,传统测量手段受到限制。而且一些小的岛屿受潮位等海洋条件的影响,不易量测。随着遥感技术的发展,采用高分辨率 SAR 数据进行岛礁测量在技术上变得可行。合成孔径雷达(Synthetic Aperture Radar, SAR)具有全天时、全天候、快速大范围成像等特点,雷达系统对于海陆回波信号的较大差异,可以比较容易地提取出海岛边界信息。但是不同的成像模式,例如极化方式、入射角不同,成像特点也呈现出差异,从而影响目标信息的提取[4] [5]。另外,气象条件及海洋潮汐也会影响成像结果。本文针对这些问题,选择海南、浙江、福建三个实验区的高分辨率 COSMO-SkyMed [6] SAR 数据,进行了不同成像参数分析实验,并采用基于影像分割的边界自动提取技术,进行了岛礁边界提取实验[7] [8]。

## 2. 实验区与实验数据

选取海南三亚、浙江玉环岛和舟山群岛、福建莆田几个地区作为实验区,采用意大利 COSMO-SkyMed 3 米分辨率条带模式数据,包括不同极化方式、不同入射角、不同数据级别共 15 景数据。实验数据基本参数如表 1 所示。

Table 1. Basic parameters of SAR data

表 1. 实验数据基本参数

No.	地理位置	获取时间	分辨率(m)	极化方式	左右视/升降轨	入射角(°)	数据级别
1	海南三亚	08.10.27	3	HH	右视/升轨	53	GEC
2	浙江玉环岛	09.05.22	3	HH	右视/升轨	33	GEC
3	浙江玉环岛	09.05.23	3	HH	右视/降轨	45	GEC
4	浙江玉环岛	09.05.27	3	HH	右视/升轨	25	GEC
5	浙江舟山	09.06.07	3	HV	右视/升轨	47	GEC

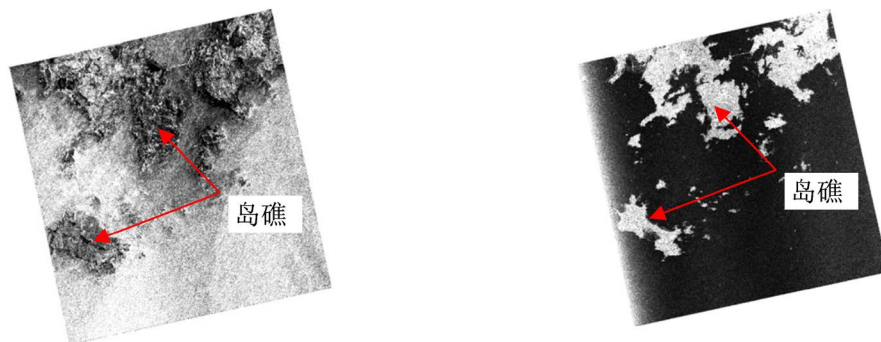
Continued

7	浙江舟山	09.06.08	3	HV	右视/升轨	47	GEC
8	浙江舟山	09.06.09	3	HV	右视/降轨	38	GEC
9	浙江舟山	09.06.09	3	HV	右视/升轨	28	GEC
10	福建莆田	09.10.29	3	HV	右视/升轨	24	GTC
11	福建莆田	09.10.30	3	HV	右视/降轨	47	GTC
12	福建莆田	09.10.31	3	HV	右视/降轨	47	GTC
13	福建莆田	09.11.14	3	HH	右视/升轨	24	GTC
14	福建莆田	09.11.15	3	HH	右视/降轨	47	GTC
15	福建莆田	09.11.16	3	HH	右视/降轨	47	GTC
7	浙江舟山	09.06.08	3	HV	右视/升轨	47	GEC
8	浙江舟山	09.06.09	3	HV	右视/降轨	38	GEC

### 3. 成像参数及气象条件影响分析

#### 3.1. 极化方式对成像的影响

极化方式是星载 SAR 系统获取数据的一个重要参数,按照电磁波发射和接收的方向,可以分为 HH、VV、HV、VH 四种极化方式。在岛礁测图中,选择合适的极化方式,可以有效突出海陆边界,降低海面噪声的影响,有利于矢量信息提取,提高工作效率。实验获取的莆田地区的两期不同极化方式的数据,分析表明,在相同入射角及其他成像参数一致的情况下,入射角较小时, HV 极化较 HH 极化更有利于区分海陆边界,有效降低海面因素对岛礁边界识别的影响,结果如图 1 所示。



福建莆田,分辨率:3 m,入射角:24°,极化方式:HH

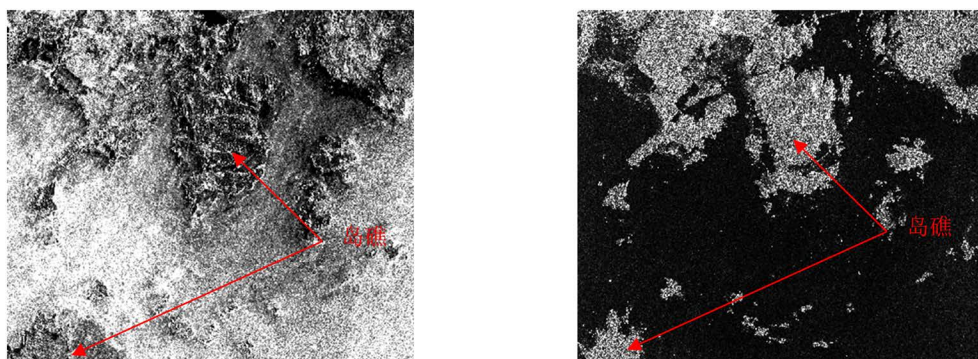
福建莆田,分辨率:3 m,入射角:24°,极化方式:HV

Figure 1. Analysis of images acquired at different polarization mode of the same area

图 1. 不同极化方式下对同一区域成像结果分析

#### 3.2. 入射角对成像的影响

目前的星载 SAR 系统具有灵活的拍摄角度,不同的入射角对应不同的应用需求。对于岛礁测图来说,采用较大入射角是有利的。相同成像条件下,增大入射角可以提高海岛边界的清晰度,并有效降低海面因素对海岛目标识别的影响。图 2 为相同极化方式下,大入射角与小入射角在同一区域成像结果对比。



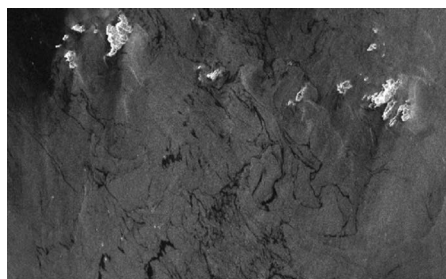
福建莆田，分辨率：3 m，入射角：24°，极化方式：HH      福建莆田，分辨率：3 m，入射角：47°，极化方式：HH

**Figure 2.** Analysis of images acquired at different incidence angle of the same area

**图 2.** 不同入射角情况下对同一区域成像结果分析

### 3.3. 气象条件

成像时的气象条件会对影像的可识别度造成影响，通过选择极化方式和入射角可以在很大程度上降低气象条件对成像的影响，但是仍然不能忽视气象因素的作用。通过选择良好的气象条件成像，不仅可以大大提高雷达影像在岛礁测图中的可识别度，而且可以有效减小工作量，提高结果可靠度。图 3 是在大风天气获取的雷达影像，由于风力作用，海面粗糙度增强，造成海面上回波增强，影响海陆边界识别。另外，在低风速区及海岛边缘与峡湾地带，会形成形状不规则的黑色斑块，增加影像处理难度。



**Figure 3.** SAR images affected by weather condition, YU Huan island, Zhe Jiang province

**图 3.** 受气象条件影响的雷达影像，浙江玉环岛

## 4. 岛礁边界提取

### 4.1. 实验方法

根据雷达系统对于海陆回波信号的较大差异，可以比较容易地提取出海岛边界信息。边界提取可以分为人工手动数字化和基于影像分割的边界自动提取两种方法[8] [9]。手动方法原理简单易于掌握，但费时费力。自动提取方法需要一定的专业知识，恰当设定阈值，提取速度快，但是需要对结果进行检查、修正[10] [11] [12]。

#### 4.1.1. 影像分割技术

影像分割是根据灰度、颜色、纹理和形状等特征把影像划分成若干互不交迭的区域，并使这些特征在同一区域内呈现出相似性，而在不同区域间呈现出明显的差异性。常见的分割方法有：基于阈值的分割方法、基于边缘的分割方法、基于区域的分割方法、基于图论的分割方法、基于能量泛函的分割方法。

当灰度图像中画面比较简单且对象物的灰度分布比较有规律时，采用阈值分割法中的直方图阈值的

双峰法效果较好。依据图像的直方图，通过对直方图进行各种分析来实现对图像的分割。图像的直方图可以看作是像素灰度值概率分布密度函数的一个近似，设一幅图像仅包含目标和背景，那么它的直方图所代表的像素灰度值概率密度分布函数实际上就是对应目标和背景的两个单峰分布密度函数的和。图像二值化过程就是在直方图上寻找两个峰、一个谷来对一个图像进行分割，也可以通过用两级函数来近似直方图。

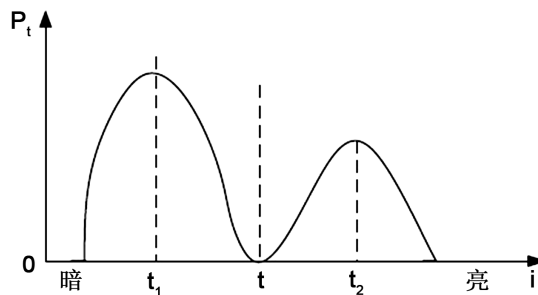
若灰度图像的直方图，其灰度级范围为  $i = 0, 1, \dots, L - 1$ ，当灰度级为  $k$  时的像素数为  $n_k$ ，则一幅图像的总像素数  $N$  为：

$$N = \sum_{i=0}^{L-1} n_i = n_0 + n_1 + \dots + n_{L-1} \quad (1)$$

灰度级  $i$  出现的概率为：

$$P_i = \frac{n_i}{N} = \frac{n_i}{n_0 + n_1 + \dots + n_{L-1}} \quad (2)$$

当灰度图像中画面比较简单且对象物的灰度分布比较有规律时，背景和对物象在图像的灰度值方图上各自形成一个波峰，由于每两个波峰间形成一个低谷，因而选择双峰间低谷处所对应的灰度值为阈值，可将两个区域分离。如下图所示，在灰度级  $t_1$  和  $t_2$  两处有明显的波峰，而在  $t$  处是一个谷点。



具体实现的方法先做出图像  $f(x, y)$  的灰度直方图，若出现背景目标物两区域部分所对应的直方图呈双峰且有明显的谷底，则可以将谷底点所对应的灰度值作为阈值  $t$ ，然后根据阈值进行分割就可以将目标从图像中分割出来。这种方法适用于目标和背景的灰度差较大，直方图有明显谷底的情况。

#### 4.1.2. 边界提取流程

实验采用上述方法进行边界提取，基本处理流程如图 4 所示。

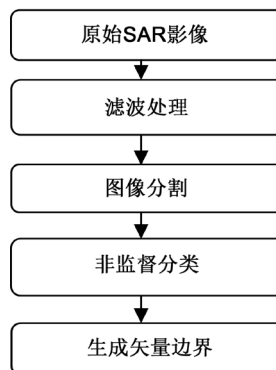


Figure 4. Workflow of boundary extraction from SAR  
图 4. SAR 影像边界提取基本流程

## 4.2. 实验结果分析

图 5 是三个实验区边界提取矢量结果与雷达底图叠加, 其中, (a) 三亚地区为半岛地形, 海陆边界清晰, 地形简单, 边界易于提取; (b) 舟山地区为我国沿海最大的群岛, 岛礁众多, 星罗棋布, 这样的地形对成像质量的要求较高, 对于一些面积较小的岛屿, 选择低潮位时刻成像尤为重要; (c) 莆田地区沿海水产养殖业发达, 滩涂分布广泛, 海陆边界构造复杂, 造成边界提取过程较前两种地形复杂。实验中, 针对不同的地形特点, 进行恰当的滤波处理与阈值设定, 成功地提取出海岛边界信息。

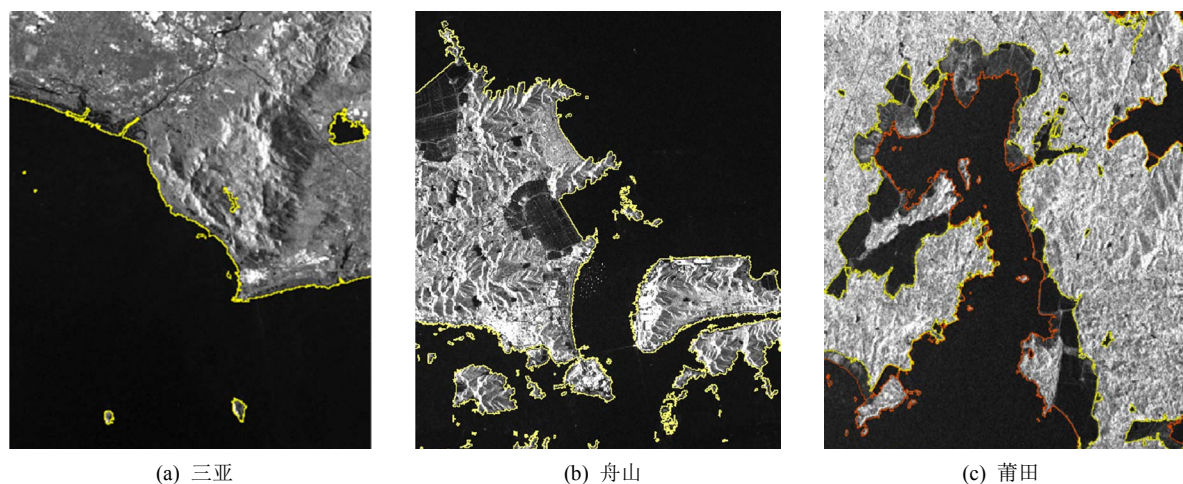


Figure 5. Display of SAR images overlaid with islands boundary vector data

图 5. 海岛矢量边界与底图叠加

## 4.3. 基于相干性多时相彩色合成

根据水体与陆地相干性差异明显的特点, 实验引入基于相干性多时相彩色合成影像, 通过分析假彩色影像的色彩信息, 提取出目标地物[13]。图 6 是采用 2009 年 11 月 15 日和 2009 年 11 月 16 日, 间隔 1 天的福建莆田的两期数据假彩色合成分析图, 蓝色表示相干性; 将两期数据的强度平均、强度差、相干性分别赋予红绿蓝三种颜色, 进行假彩色合成, 分析结果如图 7 所示, 举例说明了对假彩色影像的判读。这种方法的重大优势是可以提高判读结果的准确性, 对于滩涂地带边界的提取尤为有用, 具有潜在的研究应用价值。

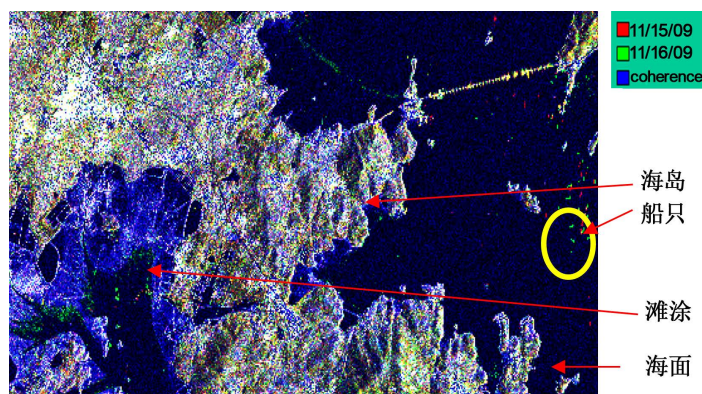


Figure 6. Multi-temporal compound colour map, ILU

图 6. 多时相彩色合成图 ILU

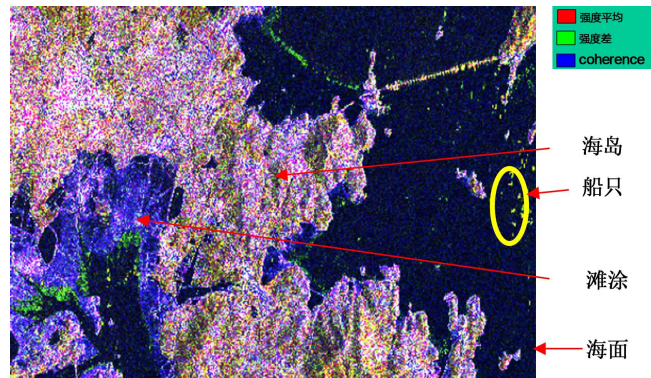


Figure 7. Multi-temporal compound colour map, ILU  
图 7. 多时相彩色合成图 ILU

## 5. 结论与展望

本文对高分辨率 SAR 影像提取岛礁信息多种成像参数进行了对比实验。实验采用不同地区、多种成像参数下的 15 景 COSMO 3 米数据进行了岛礁测图分析实验，结论如下：

### 1) 成像参数选择

**入射角**较大的侧视角能够突出海陆边界，并且有效降低海浪因素及海面其他噪声对海岛识别的影响，因此对于面积较小的海岛识别以及天气状况比较糟糕的情况下，宜选用较大入射角获取数据；

**极化方式**在小入射角情况下，HV 极化方式成像效果较 HH 极化方式优势明显，海岛边界清晰，海面噪声得到有效抑制；在大入射角情况下( $>45^\circ$ )，HV 极化与 HH 极化成像效果无明显差异。因此，极化方式的选择要考虑入射角情况。

### 2) 气象因素与潮汐信息

**气象因素**成像时的气象条件会对影像的可识别度造成一定影响，从而增加工作量，降低结果的可靠性。因此，安排数据获取计划时需要考虑气象条件，避免在恶劣的天气条件下成像；

**潮汐影响**成像时的潮位会对海岛边界提取结果造成影响，对于面积较小的岛屿及滩涂边界的确定，潮位的影响作用尤为明显。因此，宜选择具有高重访能力的卫星，增加数据获取机会，选择最佳的拍摄时机，抓拍到低潮位时刻，提高结果的可靠性。

### 3) 其他建议

基于相干性假彩色合成影像根据水体与陆地雷达影像上相干性差异明显的特点，用两期影像制作假彩色合成图，通过解译图像的彩色信息，提取目标地物。这种方法可以有效区分水体与陆地，并可以辅助影像判读，去除在单景影像上难以判断的噪声信息，从而提高结果的可靠性。

高分辨率 SAR 数据在海岛测图中具有极大的应用潜力，随着技术的不断进步，采用 SAR 技术实现大范围、快速海岛测图的方法，在我国海洋测绘领域必将发挥巨大作用。

## 参考文献

- [1] 陈姣, 郭增长, 王双亭. Mini SAR 遥感系统测图[J]. 测绘工程, 2017, 26(5): 5-8.
- [2] 欧维新, 杨桂山, 于兴修. 海岸带自然资源价值评估的研究现状与趋势[J]. 海洋通报, 2005, 24(2): 69-86.
- [3] 张耀光, 刘桓. 中国海岛县的经济增长与综合实力研究[J]. 自然科学, 2008, 30(1): 18-24.
- [4] 张红, 王超, 张波, 吴樊, 闫冬梅. 高分辨率 SAR 图像目标识别[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [5] 魏铎, 胡卓玮. SAR 影像海洋表面溢油检测方法与实践[J]. SAR 影像海洋表面溢油检测方法与实践, 2013, 28(1): 32-35.

- 
- [6] Covello, F., Battazza, F. and Coletta, A. (2010) COSMO-SkyMed an Existing Opportunity for Observing the Earth. *Journal of Geodynamics*, **49**, 171-180. <https://doi.org/10.1016/j.jog.2010.01.001>
- [7] 张问一, 胡东辉, 丁赤飏. 基于 Goldstein 滤波器的 SAR 海洋图像增强方法[J]. 电子与信息学报, 2012, 34(9): 2264-2267.
- [8] 章毓晋. 图象分割[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [9] 黄勇. SAR 图像变化检测及相关技术研究[D]: [博士学位论文]. 成都: 电子科技大学, 2006.
- [10] 张路. 基于多元统计分析的遥感影像变化检测方法研究[D]: [博士学位论文]. 武汉: 武汉大学, 2004.
- [11] Pulvirenti, L., Pierdicca, N. and Chini, M. (2011) An Algorithm for Operational Flood Mapping from Synthetic Aperture Radar (SAR) Data Using Fuzzy Logic. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **11**, 529-540. <https://doi.org/10.5194/nhess-11-529-2011>
- [12] van Der Wal, D., et al. (2015) Characterizations of Surface Roughness and Sediment Texture of Intertidal Flats Using ERS SAR Imagery. *Remote Sensing of Environment*, **98**, 96-109. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.06.004>
- [13] 冈萨雷斯. 数字图像处理[J]. 数字图像处理, 2011, 1(1): 1-300.

#### 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: 2329-549X, 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: [gst@hanspub.org](mailto:gst@hanspub.org)