

网络优先数字出版时间: 2016-05-12

网络优先数字出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/45.1075.N.20160512.1517.012.html>

海上油膜及浒苔的遥感提取^{*}

Offshore Oil Film and Enteromorpha Extraction by Remote Sensing Data

过杰^{1**}, 尚伟涛¹, 姜晓鹏¹, 刘欣¹, 过爽²

GUO Jie¹, SHANG Weitao¹, JIANG Xiaopeng¹, LIU Xin¹, GUO Shuang²

(1. 中国科学院烟台海岸带研究所, 山东省海岸带环境过程重点实验室, 山东烟台 264003;

2. 河南城建学院电气与信息工程学院, 河南平顶山 467000)

(1. Key Laboratory of Coastal Environmental Processes and Ecological Remediation, Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai, Shandong, 264003, China; 2. School of Electrical and Information Engineering, Henan University of Urban Construction, Pingdingshan, Henan, 467000, China)

摘要:【目的】为给海上污染物的清除提供技术支持, 应用 Radarsat-2 全极化数据和均值阈值法对海上油膜及浒苔的提取进行研究。【方法】利用图像分割求取后向散射系数(NRCS)均值 d , 并用 d 除以重采样(10×10)平均值得比值 t , 再根据 t 值选取得到油膜或浒苔的最小阈值, 从而快速识别油膜或浒苔(悬浮与漂浮)面积。【结果】该方法提取油膜所得结果好于熵方法; 提取悬浮及漂浮浒苔结果与熵方法、平均 Alpha 角方法所得结果吻合。【结论】该方法对海上油膜和浒苔的提取有效。

关键词: Radarsat-2 数据 油膜 浒苔 均值阈值法

中图分类号: P736.22 文献标识码: A 文章编号: 1002-7378(2016)02-0107-05

Abstract:【Objective】In order to provide technical support for marine pollutant removal, the oil film and enteromorpha extract methods were explored by Quad-polarization Radarsat-2 data.【Methods】Average threshold value method-the normalized radar cross section (NRCS) are calculated (d) after using image segmentation. The resampling 10×10 average value divided by d was noted for t . According to t value selected a minimum threshold for oil film or enteromorpha, so that the method immediately identified the area of oil film or enteromorpha (suspension and floating) area.【Results】The method used to extract in the oil film is better than that of entropy. Extraction of suspension and floating enteromorpha by entropy and the average Angle of alpha (α) method are consistent with that by average threshold value method.【Conclusion】The method is effective for oil film and sea enteromorpha extract.

Key words: Radarsat-2 data, oil film, enteromorpha, average threshold value method

DOI:10.13657/j.cnki.gxkxyxb.20160512.006

0 引言

【研究意义】随着沿海经济的快速发展, 海上运输与近岸海水养殖业在我国沿海发展如火如荼, 导

收稿日期: 2015-11-25

作者简介: 过杰(1965—), 女, 博士, 副研究员, 主要从事海洋遥感及数值模拟研究。

* 国家自然科学基金面上基金项目(41176160, 41576032), 国家自然科学基金委员会与俄罗斯基础研究基金会合作交流项目(4141101049)和国家海洋局北海分局渤海中部公共海域沉积物现场微生物修复项目(QDZC20150420-002)资助。

** 通讯作者: E-mail: jguo@yic.ac.cn.

致海上溢油和浒苔事件连年发生。海上溢油给海上运输带来安全隐患,影响事发区沿岸海水养殖及旅游观光,更重要的是存在海面或水中的油膜释放有毒物质,影响浮游动植物生长,而且长期食用有毒的鱼、虾和蟹等会对人类健康造成威胁。2008年以来,东、黄海每年5~8月都会爆发大面积浒苔事件。浒苔覆盖海面大片区域,影响海洋生物光合作用,导致一些海洋生物窒息而亡,而且大量浒苔被海浪冲上岸滩,腐烂变质,严重影响环境。因此,需建立快速准确识别油膜和浒苔的方法,为打捞海上污染物和修复海洋生态环境提供技术支持。【前人研究进展】遥感技术最早应用于海面溢油和浒苔的研究是利用可见光、近红外和红外波段对地物进行鉴别。由于不同地物对于不同波段电磁波具有不同的反射率,根据这种反射率的差异即可以鉴别出油膜与海水。光谱室内实验研究表明,不同油种以及不同厚度的海面油膜的光谱曲线具有较大差异,卫星遥感的最佳敏感波段也存在差异。根据这种差异,可以把油膜或浒苔从海水背景中识别并提取出来^[1-2]。光学遥感常用于海面溢油探测的数据有 Terra/Aqua-Modis, Landsat-TM, NOAA-AVHRR 等;常用于浒苔探测的光学数据有多光谱 Terra/Aqua-Modis 和 MERIS 等。随着遥感技术的发展,多种遥感技术可应用于海面油膜和浒苔监测。对比发现,光学遥感受限于云雨天气,而合成孔径雷达(SAR)分辨率高,不受云雨影响^[3],可以昼夜监测,因此逐渐被用于海面溢油和浒苔识别。油膜因抑制海面毛细重力波在 SAR 图像中呈暗斑而被识别。浒苔在海面形成体散射,并产生强烈的回波信号在 SAR 图像呈亮斑而被识别。神经网络自动和半自动探测算法、多尺度图像分割和模糊逻辑方法通常是利用单极化或双极化数据进行海面油膜识别^[4-7]。全极化 SAR 数据的出现,为研究海面油膜和浒苔的提取提供了新的研究方法,Zhang 等^[8]利用散射矩阵并借鉴土地分类的一致性系数成功区分了海面油膜,但此种方法对于薄油膜的识别还有待进一步改进。Shen 等^[2]利用散射矩阵给出双极化和交叉极化检索因子用于海面浒苔的提取,但是该方法对于悬浮浒苔没有涉及。【本研究切入点】利用全极化 SAR 数据快速识别不同厚度油膜,悬浮和漂浮浒苔还少有报道。【拟解决的问题】针对海面薄油膜,悬浮和漂浮浒苔,提出快速提取的方法,计算其面积,为打捞海上污染物和保护生态环境提供技术支持。

1 油膜提取

针对中国的黄海区域,利用加拿大 Radarsat-2 全极化数据(表 1)进行研究。为更好了解油膜对不同极化后向散射系数(NRCS)的影响,对比净海水和油膜的 NRCS。图 1a 结果显示净海水 NRCS 的变化,可以看出垂直极化(VV)和水平极化(HH)的 NRCS 明显高于交叉极化(VH 和 HV)的 NRCS;垂直极化 NRCS 略高于水平极化 NRCS。图 1b 结果显示油膜污染区域 NRCS 明显降低,虽然 VV 和 HH 的 NRCS 仍然高于 VH 和 HV 的 NRCS,但是,明显有混合的部分。

表 1 加拿大 Radarsat-2 全极化数据

Table 1 Quad-Polarization data of Radarsat-2 from Canada

时间 Time	极化方式 Polarization mode	波段 Band	种类 Type
2011-08-24T 22:07:44	VV-HH-VH-HV	C	溢油 Oil spill
2011-07-24T 09:56:01	VV-HH-VH-HV	C	浒苔 Enteromorpha

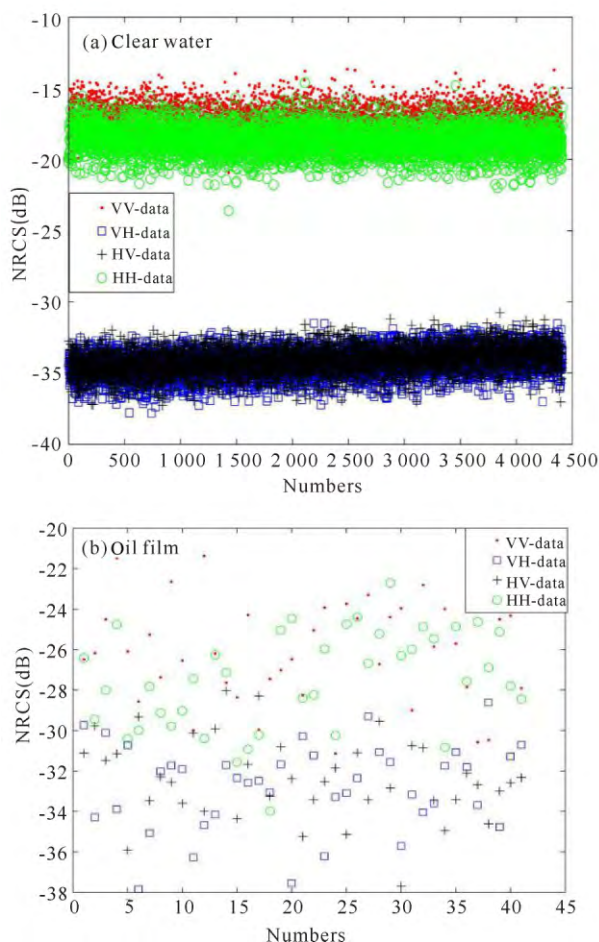


图 1 全极化净海水(a)与油膜(b)后向散射系数比较

Fig. 1 NRCS comparison of clear water (a) and oil film(b) for Quad-Polarization data

以 2011 年 8 月 24 日发生在中国黄海区域海面溢油为例(图 2a),阐述均值阈值提取方法。首先对图象 VV 分割,对该区域的 NRCS 求均值(d),然后对所选区域的 NRCS 重采样(10×10)取平均值,并用 d 除以该平均值得比值 t 。由于油膜抑制毛细重力波,所以油膜所覆盖区域一定满足 $t > 1$ 。鉴于海况复杂,回波信号可能受干扰,因而 $t > 1$ 时并不一定是油膜。根据油膜聚类的特点, t 的选择以

油膜周围不出现散点为标准。图 2c 所取平均 NRCS 为 -13.36 dB , t 取 1.34;当 $t < 1.34$ 时,赋值为零;当 $t \geq 1.34$ 时,赋值为 1。结果显示,溢油覆盖面积为 0.60 km^2 。比较图 2b 与图 2c 发现,均值阈值法提取效果好。对比图 2 与图 3 可以发现,图 2c 提取效果最好。

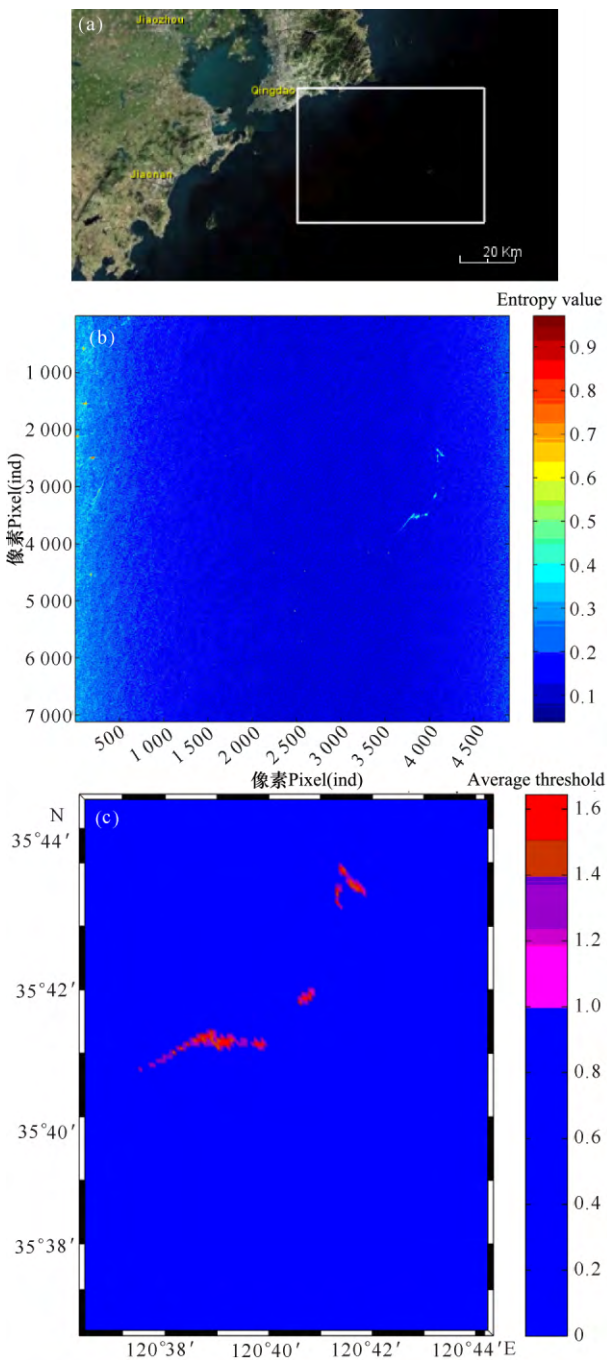
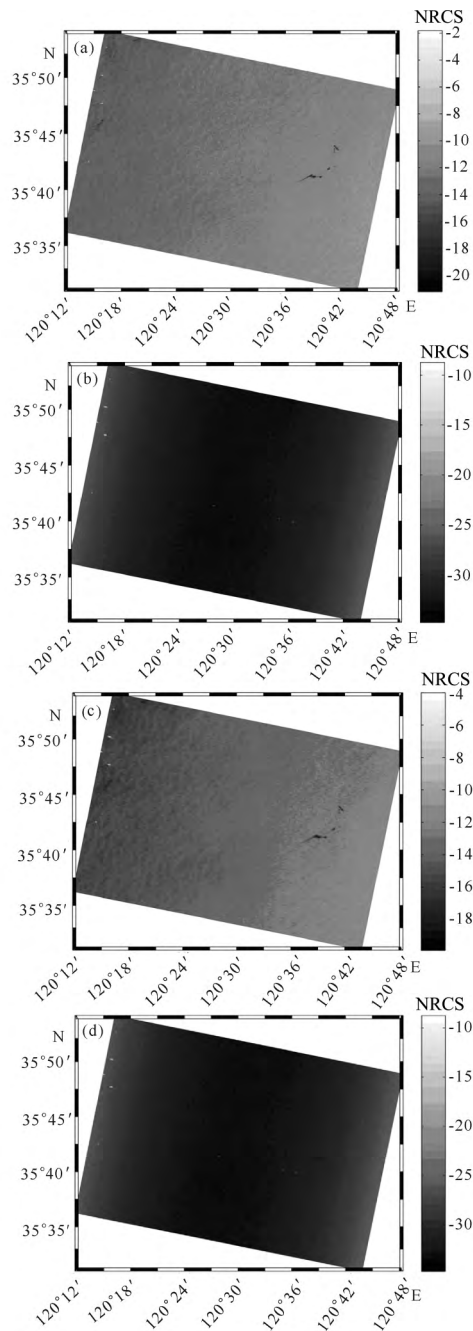


图 2 油膜位置(a)的熵提取油膜(b)和均值阈值提取油膜结果(c)
Fig. 2 Entropy to extract the oil film(b) and average threshold extraction oil film(c) of oil film station(a)



(a) VV 极化, (b) VH 极化, (c) HH 极化, (d) HV 极化
(a) VV polarization, (b) VH polarization, (c) HH polarization, (d) HV polarization
图 3 4 种极化散射方式 NRCS 显示的溢油海面
Fig. 3 Surface of oil spill showed by NRCS of four polarizations

2 浒苔提取

以 2011 年 7 月 24 日的浒苔事件为例(表 1), 利用均值阈值法提取浒苔。图 4a 结果显示浒苔发生在黄海的青岛水域附近, 图 4b 结果显示垂直极化浒苔截取图像, 其平均 NRCS 为 -23.89 dB, 浒苔在 SAR 图像上呈现体散射, 因此水上部分呈现亮色, 通过重采样(10×10)被均值除后, 比值小于 1 的有可能是浒苔。通过测试, t 取 0.83 为阈值, 当 $t > 0.83$ 时, 赋值为 0; 当 $t \leq 0.83$ 时, 赋值为 1(图 4c), 得漂浮浒苔面积是 0.92 km²。由于悬浮浒苔呈暗色, 后向散射系数降低, 通过重采样(10×10)被均值除后, 比值大于 1 的有可能是浒苔。通过测试, t 取 1.23 为阈值, 当 $t < 1.23$ 时, 赋值为 0; 当 $t \geq 1.23$

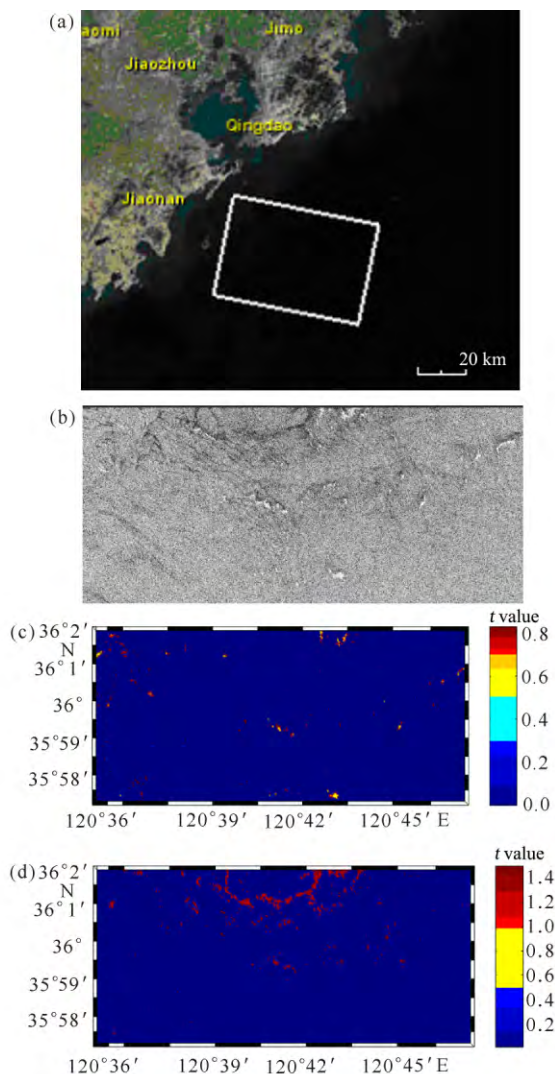


图 4 浒苔发生位置(a); VV 极化 SAR 浒苔图像(b); 漂浮浒苔提取结果(c); 悬浮浒苔提取结果(d)

Fig. 4 Enteromorpha position (a); Enteromorpha image of SAR for VV polarization (b); Floating enteromorpha extract (c); Suspended enteromorpha extract (d)

时, 赋值为 1, 如图 4d, 得悬浮浒苔面积是 1.94 km²。这与图 4b 中显示浒苔覆盖总面积 2.86 km² 一致。对比图 4c 与 4b(亮白色-漂浮浒苔)、图 5a(深蓝色-漂浮浒苔)位置都吻合, 略有差异只是出现在截图位置上; 图 4d 与图 5a、5b(红黄色-悬浮浒苔)、图 4b(暗斑条-悬浮浒苔)对比, 发现悬浮浒苔位置吻合, 说明均值阈值方法识别浒苔是可行的。

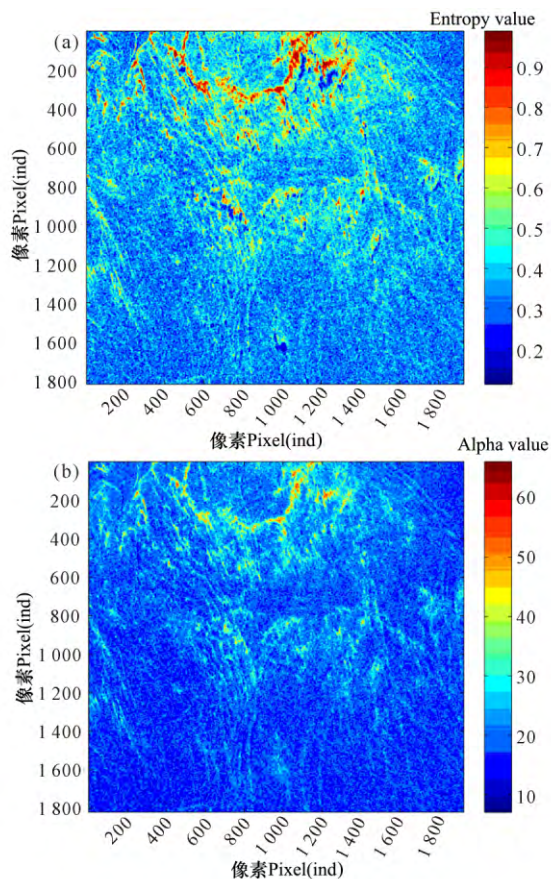


图 5 熵识别浒苔(a)和平均 Alpha 角方法识别浒苔(b)

Fig. 5 Identification enteromorpha between entropy (a) and Alpha(b)

3 结论

对薄油膜的识别, 平均 Alpha 角和各向异性方法都无能为力, 熵的识别效果(图 2b)不如均值阈值识别效果(图 2c), 而且一致性系数方法也无法识别这种薄油膜。因此对海上薄油膜的识别, 均值阈值方法优于其它方法。而且均值阈值方法应用于漂浮浒苔和悬浮浒苔的识别, 识别结果与熵、平均 Alpha 角方法的识别结果比较吻合。

致谢:

数据由 RADARSAT-2 Data and Products @ MacDonald, Dettwiler and Associates Ltd. (Year of acquisition)-All Rights Reserved. RADARSAT

is an official trademark of the Canadian Space Agency 提供。

参考文献:

- [1] 张煜洲,陈志莉,胡潭高,等. 遥感技术监测海上溢油现状及趋势[J]. 杭州师范大学学报:自然科学版,2013,12(1):81-88.
ZHANG Y Z, CHEN Z L, HU T G, et al. Status and trends of remote sensing technology to monitor marine oil spill[J]. Journal of Hangzhou Normal University: Natural Science Edition, 2013, 12(1): 81-88.
- [2] SHEN H, PERRIE W, LIU Q R, et al. Detection of macroalgae blooms by complex SAR imagery [J]. Marine Pollution Bulletin, 2014, 78(1/2): 190-195.
- [3] GUO J, LIU X, XIE Q. Characteristics of the Bohai Sea oil spill and its impact on the Bohai Sea ecosystem[J]. Chinese Science Bulletin, 2013, 58(19): 2276-2281.
- [4] FRATE F D, PETROCCHI A, LICHTENEGGER J, et al. Neural networks for oil spill detection using ERS-SAR data[J]. IEEE Trans Geosci Remote Sens, 2000, 38(5): 2282-2287.
- [5] SOLBERG A H S, BREKKE C, HUSØY P O. Oil spill detection in Radarsat and Envisat SAR images [J]. IEEE Trans Geosci Remote Sens, 2007, 45: 746-755.
- [6] GARCIA-PINEDA O, ZIMMER B, HOWARD M, et al. Using SAR images to delineate ocean oil slicks with a texture-classifying neural network algorithm (TC-NNA)[J]. Can J Remote Sens, 2009, 35: 411-421.
- [7] LIU P, ZHAO C F, LI X F, et al. Identification of ocean oil spills in SAR imagery based on fuzzy logic algorithm[J]. Int J Remote Sens, 2010, 31: 4819-4833.
- [8] ZHANG B, PERRIE W, LI X F, et al. Mapping sea surface oil slicks using RADARSAT-2 quad-polarization SAR image[J]. Geophys Res Lett, 2011, 38(10): L10602. DOI:10.1029/2011GL047013.

(责任编辑:尹 闯)

投稿指南

1 来稿要求

1.1 稿件要素

稿件内容必须包括:题目、作者姓名、作者所在单位、所在省份和城市、邮政编码、中文摘要、关键词、英文题目、作者英文姓名、作者英文单位、英文摘要、英文关键词、正文、致谢(非必选)、参考文献等内容。

1.2 题目

应以简明、确切的语言反映稿件的重要思想和内容,一般不超过 20 字。

1.3 作者与单位

多位作者姓名用逗号隔开。所有作者均须注明所在单位全称、省份城市及邮编。

1.4 汉语姓名译法

姓在前名在后,姓用大写字母,名首字母大写(如:欧阳奋发,OUYANG Fenfa)。

1.5 中、英文摘要

用第三人称撰写,应完整准确概括论文的实质性内容,试验研究论文摘要须标注【目的】……【方法】……【结果】……【结论】……4 个要素。英文摘要与中文摘要内容相对应(Abstract:【Objective】……【Methods】……【Results】……【Conclusion】……)。

1.6 首页脚注标识要素

资助项目:项目名称(项目编号)。作者简介包括:姓名(出生年—)、性别、学位、职称或职务、主要研究方向。如有通讯作者,请注明×××为通讯作者,包括:姓名(出生年—)、性别、学位、职称或职务、主要研究方向,E-mail。

1.7 稿件正文

试验研究论文应包括引言、材料与方法、结果与分析、讨论、结论等要素。引言须标注【研究意义】……【前人研究进展】……【本研究切入点】……【拟解决的关键问题】……等基本内容,“讨论”与“结论”部分须分开阐述。各层次标题用阿拉伯数字连续编号,如 0; 1, 1.1, 1.1.1; 2, 2.1, 2.1.1……层次划分一般不超过 3 级。

1.8 参考文献

所有类型的中文文献须对应翻译成英文。编排格式如下:

- [1] 陈宝玲,宋希强,余文刚,等. 濒危兰科植物再引入技术及其应用[J]. 生态学报,2010,30(24):7055-7063.
CHEN B L, SONG X Q, YU W G, et al. Re-introduction technology and its application in the conservation of endangered orchid[J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(24): 7055-7063.

1.9 图和表

稿件可附必要的图和表,表用三线表表示,忌与文字表述重复,表的主题标题要明确。图表名、图表注及图表中所有的中文须有英文对照。图要大小适中,清晰,标注完整;照片尽量选用黑白照片。

1.10 量和单位

量名称及其符号须符合国家标准,采用法定计量单位(用国际通用符号,如面积单位“亩”换算成“公顷 hm²”)。书写要规范化,并注明外文字母的大小写、正斜体及上下角标。容易混淆的字母、符号,请特别注明。

2 注意事项

2.1 本刊已开通网络投稿系统,投稿请登录 <http://gxkx.cbpt.cnki.net/>,使用网上投稿和查稿系统。我刊审稿周期为 1 个月,1 个月未收到审稿结果可另投他刊。

2.2 稿件一经采用,酌收版面费;刊登后,付稿酬含《《中国学术期刊(光盘版)》、中国期刊网、万方数据网及台湾华艺 CEPS 中文电子期刊服务网等)网络发行的稿酬,同时赠送样刊 2 本。

2.3 本刊入编《中国学术期刊(光盘版)》、中国期刊网、万方数据网及台湾华艺 CEPS 中文电子期刊数据库并已签订 CNKI 优先数字出版合作协议。

2.4 囿于人力、物力有限,我刊只通过期刊采编系统发送“稿件处理意见”,如需纸质意见,请向编辑部索取。