

学校编码: 10384

密级_____

学号: 22320121151355

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于 LandSAT8/HJ-1B 卫星的海表温度遥感反演及应用研究

**Research of Algorithms retrieving Sea Surface
Temperature and Their Application Based on
LandSAT8/HJ-1B Satellites**

黄路

指导教师: 张彩云 副教授
专业名称: 物理海洋学
论文提交日期: 2015年05月
论文答辩时间: 2015年05月

2015年05月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为(张彩云副教授)课题(组)的研究成果,获得(国家自然科学基金(Nos. U1305231和40706041)以及厦门市南方海洋中心项目(No.13GFW001NF15))课题(组)经费或实验室的资助,在(厦门大学海洋遥感与数值模拟实验室及海洋监测与信息平台)实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

黄路

2015 年 5 月 15 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）： 黄路

2015 年 5 月 15 日

目 录

摘 要.....	I
ABSTRACT.....	III
第一章 绪 论.....	1
1.1 研究背景和意义.....	1
1.2 国内外研究进展.....	2
1.3 研究设想与内容.....	5
第二章 数据和方法.....	7
2.1 研究区概况.....	7
2.2 数据源.....	8
2.2.1 卫星遥感数据.....	8
2.2.2 浮标数据.....	11
2.2.3 辅助数据.....	12
2.3 遥感数据预处理.....	13
2.3.1 预处理流程.....	13
2.3.2 水陆分离.....	14
2.3.3 云检测.....	16
2.4 SST 反演.....	16
第三章 经验回归方法.....	19
3.1 数据源.....	19
3.2 经验回归方法.....	20
3.3 模型建立.....	21
3.4 结果验证与分析.....	22
3.4.1 SST 验证.....	22
3.4.2 SST 空间分布.....	24
3.4.3 温排水检测.....	26
3.4.4 讨论.....	27

3.5 小结	28
第四章 大气校正算法	30
4.1 数据源	31
4.2 大气校正算法	32
4.2.1 大气辐射传输方程.....	32
4.2.2 大气校正参数计算器.....	33
4.2.3 算法参数敏感性分析.....	35
4.2.4 大气透过率修订.....	37
4.3 反演结果与验证	38
4.4 讨论	41
4.5 小结	42
第五章 厦门湾及其邻近海域 SST 的分布变化特征	43
5.1 研究海区背景	43
5.2 数据源	44
5.3 厦门湾及其邻近海域 SST 的分布特征.....	45
5.3.1 冬季.....	45
5.3.2 夏季.....	50
5.3.3 讨论.....	54
5.4 小结	55
第六章 结论与展望	57
6.1 总结	57
6.2 不足与展望	58
参考文献.....	59
攻读硕士学位期间发表的论文.....	67
致 谢.....	68

Contents

Abstract in Chinese	I
Abstract in English	III
Chapter 1 Introduction	1
1.1 Research background and significance	1
1.2 Research advance	2
1.3 Research ideas and contents	5
Chapter 2 Data and methods	7
2.1 Study area	7
2.2 Data	8
2.2.1 Satellite data	8
2.2.2 Buoy data	11
2.2.3 Auxiliary data	12
2.3 Preprocessing	13
2.3.1 Preprocessing workflow	13
2.3.2 Segmenting of waters and land	14
2.3.3 Cloud detection	16
2.4 SST retrieval	16
Chapter 3 Empirical regression method	19
3.1 Data	19
3.2 Empirical regression method	20
3.3 Model establishment	21
3.4 Results validation and analysis	22
3.4.1 SST validation	22
3.4.2 SST spatial distribution	24
3.4.3 Detection of cooling water	26
3.4.4 Discussion	27
3.5 Chapter conclusion	28
Chapter 4 Atmospheric correction algorithm	30
4.1 Data	31
4.2 Atmospheric correction algorithm	32

4.2.1 Atmospheric radiation transfer model	32
4.2.2 Atmospheric correction parameter calculator	33
4.2.3 Parameter sensitivity analysis	35
4.2.4 Transmittance correction methods	37
4.3 Retrieval results and verification	38
4.4 Discussion	41
4.5 Chapter conclusion	42
Chapter 5 Characteristics of SST in Xiamen bay and its adjacent sea area	43
5.1 Study area	43
5.2 Data	44
5.3 SST analysis in Xiamen bay and its adjacent sea area	45
5.3.1 Winter	45
5.3.2 Summer	50
5.3.3 Discussion	54
5.4 Chapter conclusion	55
Chapter 6 Summary and expectation	57
6.1 Conclusion	57
6.2 Shortcoming and future work	58
Reference	59
Published or accomplished papers	67
Acknowledgement	68

摘要

海表温度(SST)是建立大气与海洋边界条件的一个关键变量,它影响着海洋表面与大气的感热和潜热交换,对全球天气和气候变化起了非常重要的作用。在全球尺度上,海表温度有助于人们深入认识地球热平衡、大气和海洋的环流模式,以及大范围的海温异常现象如厄尔尼诺现象、拉尼娜现象等。而在局部尺度上,SST也被用来研究锋面、渔场、赤潮、海洋热污染、城市热岛效应等小范围的温度事件。

卫星遥感方法则为人们获取大面积的SST资料提供了一个十分便捷的途径。其中高空间分辨率SST是分析和认识小尺度海洋温度变化的重要数据源。随着人们对局部海洋温度现象认识的深入,高分辨率SST反演算法变得越来越重要。本文探讨了两种高分辨率SST反演算法,分别是基于Neutral回归(Neutral regression)的经验回归方法和基于大气校正参数计算器的大气校正算法,并将这两种算法分别应用在针对新近发射的LandSAT8卫星和国产的HJ-1B卫星来反演SST。研究表明:

(1) 基于MODIS SST和LandSAT8 TIRS第10和第11两个热红外波段的灰度值,建立了LandSAT8 SST反演的经验回归方法。利用浮标SST进行验证,结果表明第10和第11波段反演SST的*rms*分别为0.3℃和0.47℃,*bias*分别为-0.14℃和-0.28℃,而且第10波段的反演效果优于第11波段。可见基于MODIS SST建立经验回归方法来反演LandSAT8 SST是可行的,反演的SST可较好地应用在厦门湾SST的空间分布特征分析和后石电厂温排水的监测。经验回归方法原理容易理解,处理过程简单,且避免了繁琐的大气校正过程,可以说为LandSAT8卫星热红外波段的业务化应用提供了一个相当不错的技术方法选择。

(2) 结合NASA发布的大气校正参数计算器,从大气辐射传输方程出发,建立了HJ-1B SST反演的大气校正算法。通过算法参数敏感性分析发现了大气透过率是HJ-1B SST反演的主要误差来源,本论文提出了基于MODIS SST反推大气透过率的方法,并将修正后的大气透过率重新带入大气辐射传输方程来反演SST。计算结果表明大气透过率修订后反演的HJ-1B SST与浮标SST基本一致,与浮标SST验证的*bias*和*rms*为0.34℃和0.77℃。由于大气校正是大气校正算法很重要的过程,该方法对参与反演的卫星图像质量要求没有经验回归方法严格,因

此其具有更广泛的适用范围。

(3) 利用 HJ-1B SST 初步分析了厦门湾及其邻近海域冬季和夏季 SST 的分布变化特征。结果表明海底地形对于厦门湾内 SST 的空间分布特征有重要的影响；九龙江冲淡水、潮汐也可在不同程度上影响到 SST 的日变化。

关键词：海表温度；经验回归方法；大气校正算法；MODIS SST；LandSAT8 卫星；HJ-1B 卫星

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

As a key variable to establish atmosphere and ocean boundary condition, SST affects the exchange of sensible heat and latent heat between the ocean surface and atmosphere, which plays a very important role in the global weather and climate change. On a global scale, SST can help people well understand the thermal equilibrium of the earth, the circulation patterns of atmosphere and ocean, as well as a wide range of anomaly phenomena of sea temperature, such as El Nino and La Nina phenomenon, etc. And in the local scale, SST is also used to study a small range of temperature field variation, such as fronts, fisheries, red tides, ocean thermal pollution, urban heat island effect, etc.

By using satellite remote sensing method, we can obtain a large area of sea surface temperature data continuously and synchronously. The high spatial resolution SST is an important data source to analysis and understand marine temperature change on small scale. Because the SST images of low spatial resolution cannot discern a small scale of ocean temperature changes. As people's in-depth understanding of the local ocean temperature phenomenon, this high spatial resolution SST retrieval algorithm is becoming more important than before. This paper discusses two kinds of high resolution SST retrieval algorithm, which are Empirical regression method based on Netrual regression and the Atmospheric correction algorithm based on the atmospheric correction parameter calculator, and we apply these two algorithms to the newly launched LandSAT8 satellites and homebred HJ-1B satellite to retrieve SST, respectively. The results show that:

(1) This paper has established Empirical regression method to retrieve LandSAT8 SST, which is based on MODIS SST and LandSAT8 TIRS grey value images of 10th and 11th bands. Verification results by using buoy SST show that *rms* of 10th band and 11th band are 0.3 °C and 0.47 °C, respectively, and *bias* are -0.14 °C and -0.28 °C, respectively. The retrieval effect of 10th band is better than that of 11th band. As we can see, using Empirical regression method to retrieve LandSAT8 SST based on MODIS SST is feasible, SST can be well used to analysis the SST

spatial distribution in Xiamen bay and monitor the cooling water of Houshi power plant. Besides that, this method is easy to understand and has a simply processing procedure, which avoids the complex atmospheric correction process, therefore, Empirical regression method provides a fairly good technical method choice for business application work of LandSAT8 satellite thermal infrared data.

(2) Combining with the atmospheric correction parameter calculator, the paper establishes Atmospheric correction algorithm to retrieve HJ-1B SST from the atmospheric radiative transfer equation. Algorithm parameters sensitivity analysis shows that the atmospheric transmittance is the main error sources of Atmospheric correction algorithm. Therefore, on account of the accuracy uncertainty of atmospheric transmittance, this article uses the MODIS SST data reversely to work out the transmittance and plug it into the atmospheric radiative transfer equation to retrieve SST. Verification results show that the revised HJ-1B SST is essentially consistent with buoy SST, the *bias* and *rms* are 0.34 °C and 0.77 °C, respectively. Because there is a process of removing atmospheric effects, Atmospheric correction algorithm has no strict restrictions like Empirical regression method, which makes it has a wider application.

(3) This paper primitively analyzes SST characteristics in Xiamen bay and its adjacent sea area in winter and summer by using HJ-1B SST, and the results show that the underwater terrain has an important influence on SST spatial distribution features. Jiulong river estuary diluted water, the tides and Typhoon can also affect the daily variation of SST in different extent.

Key Words: SST; Empirical regression method; Atmospheric correction algorithm; MODIS SST; LandSAT8 satellite; HJ-1B satellite

第一章 绪论

1.1 研究背景和意义

海表温度(Sea Surface Temperature,即 SST)是建立大气与海洋边界条件的一个关键变量(Hosoda,2010),它影响着海洋表面与大气的感热和潜热交换,对地球天气和气候变化起到了至关重要的作用(Chan & Gao,2005)。从全球尺度上来看,海表温度是数值天气预报、研究地球热平衡的重要参数(Young & Sikora,2003; Hosoda et al.,2007; Hosoda,2010),它有助于人们深入认识了解大气和海洋的环流模式以及大范围的海温异常现象如厄尔尼诺现象、拉尼娜现象等(Frank et al.,2000; Tandeo et al.,2014)。在局地尺度上,SST 也被用来评估涡流、锋面、渔场、上升流、海水混合以及追踪生物生产力等(McGowan et al.,1998; Lin et al., 2001; 张春桂等,2008),同时在更小尺度的赤潮、海洋热污染、城市热岛效应等环境检测和研究中,SST 也发挥着重要的作用(Zhou et al.,2012; Zhang & Wang,2008; Sun et al.,2010)

因此,我们有必要准确测量海水的 SST 值。传统的基于浮标和船舶等现场观测方式虽然精度较高,而且不易受到天气条件的制约[Hosoda 2010],但是其在空间上稀少,费时且昂贵,难以看清整个温度场的变化。而卫星遥感方法则为人们获取大面积的 SST 资料提供了一个十分便捷的途径。卫星遥感 SST 已有很多年的历史,尤以热红外波段的观测方式最为常见。根据研究对象的不同,可以简单将热红外波段观测卫星分为大中尺度和小尺度。大中尺度通常以大面积海域为主要研究内容,涉及到各大洋甚至全球尺度的海洋变化,其代表的卫星数据源有单通道的 METEOSAT、FY2A/B(S-VISSR),双通道的 HY-1 (COCTS)、ENVISAT (AATSR)、NOAA (AVHRR) 等以及多通道的 TERRA/AQUA (MODIS),除了 METEOSAT 和 FY2A/B 卫星的空间分辨率为 5km,其他卫星的分辨率均在 1km 或者 1km 以上,可以满足对大范围 SST 研究的需要,我们将这些卫星反演的 SST 简称为低分辨率遥感 SST。而小尺度研究范围则较小,对其进行研究需要较高空间分辨率的卫星数据,如 LandSAT 系列卫星(TM/ETM+/TIRS)、HJ-1B (IRS8)、TERRA(ASTER)等,空间分辨率一般在几十米,几米甚至更小的范围,其反演的 SST 简称为高分辨率遥感 SST。

自从 1962 年首台红外测温仪出现,低分辨率遥感 SST 已走过了半个世纪的

历程,其历史悠久,相关算法也十分成熟。比较有代表性的空间分辨率为 1.1 km 的 AVHRR 传感器和 MODIS 传感器,相关算法的反演精度已得到人们的广泛认可(Walton, 1988; Walton et al., 1998; Qiu et al., 2009; Haines et al., 2007)。研究表明 AVHRR 遥感 SST 在大洋海区的绝对精度可以达到 1 °C, 相对精度 ± 0.5 °C(侍茂崇等, 2004), MODIS SST 与太平洋等地的 M-AERI 船测数据相比,其平均偏差也仅为 0.2 °C(Minnett et al., 2002)。目前两种卫星的 SST 产品均已经业务化运行,但是因其空间分辨率不够,无法表现出小尺度的海洋 SST 变化。随着人们对中小尺度海洋现象研究的深入,高分辨率遥感 SST 的反演与应用显得越来越重要。

陆地资源卫星 LandSAT 卫星和国产的 HJ-1B 卫星为人们开展高分辨率遥感 SST 反演提供良好的数据源,其空间分辨率较高,分别为 30-120m 和 300m。LandSAT 系列卫星可以提供从 1982 年开始至今长时间序列的热红外数据,其重返周期为 16 天。而 HJ-1B 卫星 4 天的重返周期为持续监测局地 SST 变化提供了极大的便利。迄今为止, LandSAT 卫星和 HJ-1B 卫星在陆地地表温度反演中已有较广泛的使用,但是在海洋遥感 SST 反演中应用还相对较少(王祥等, 2012; 刘恒, 2008; 林媛, 2013; 高玉川, 2010)。因此,本研究将以这两种卫星数据为例,探讨它们在近岸港湾遥感 SST 反演中的有效性,从而拓展 LandSAT/HJ 卫星这些陆地资源卫星在海洋上的应用,同时增加人们反演高分辨率遥感 SST 的经验。

1.2 国内外研究进展

与微波遥感或者 SAR 雷达遥感不同的是,使用热红外图像反演地表温度会受大气的影 响很大,大气校正对于准确估算 SST 非常重要,因为云覆盖、大气水汽、气溶胶、雾霾以及烟尘等大气条件会使反演 SST 偏低(Han & Lee, 2012)。官网上并没有提供针对 LandSAT 系列卫星和 HJ-1B 卫星的 SST 反演算法,后续的一些研究算法多是在陆地地表温度(Land Surface Temperature,即 LST)反演算法的基础上提出来的,主要包括大气校正算法、针对 LandSAT5 卫星的单窗算法(Qin et al., 2001)和普适性单通道算法(Jiménez-Muñoz & Sobrino, 2004)以及针对 LandSAT8 卫星的劈窗算法(Rozenstein et al., 2014)。HJ 小卫星反演地表温度的单通道物理算法也多是在以上几种方法的基础上进行改进和修订的,比较典型的有段四波等(2008)根据 HJ-1B 热红外波段的光谱响应特性来修订的单通道算法和周

纪等(2011) 基于传感器观测天顶角-大气函数系数建立的修正单通道算法等。单通道物理算法反演地表温度的基本原理是通过大气辐射传输方程求解,此外一些非物理反演方法也被用到 SST 反演中,如经验回归方法、迭代优化法、差值补偿法等。

大气校正算法

大气校正算法所依赖的理论基础是大气辐射传输方程,该方程需要输入大气透过率、大气的上下行辐射等参数,可以借助大气辐射传输代码 LOTRAN 或 MODTRAN 或 6S 近似模拟出这些大气参数,再将其代入到方程中计算得到地表的辐亮度,最后转化成对应的地表温度。因为 LOTRAN 或 MODTRAN 或 6S 在进行模拟计算时均需要卫星过境时刻的大气廓线数据,但是一般情况下,这些实时的大气探空数据很难获得(Zhang et al.,2006)。

单波段物理算法

覃志豪等(2001)鉴于大气校正法难以获得实时的大气探空数据,于是他将大气辐射传输方程的输入参数进行简化,通过一系列假设,建立了针对 LandSAT 热红外通道的单窗算法(王晓云,2009)。该算法简化后仅需要输入大气透过率、大气平均作用温度以及地表比辐射率这三个基本参数。需要注意的是该方法并没有使用实时的大气廓线数据,而是采用标准的大气剖面近似代替。

Jiménez-Muñoz & Sobrino (2004)认为大气辐射可以简化为大气水汽含量和波长的函数(许静,2014),通过在某个温度值 T_c 附近对普朗克函数作一阶泰勒级数展开,最后得到 LandSAT TM6 单通道地表温度反演算法(段四波等,2008),即普适性单通道算法。该方法仅需要一个大气参数,即大气水汽含量,在大气水汽含量低的情况下, T_c 可以用在星辐射温度 $T_{c\text{sensor}}$ 来替代,但是当大气水汽含量高时,这种替代会导致较大的误差(黄妙芬等,2006)。

除了算法本身具有的局限性外,与 LST 反演不同的是,SST 反演往往缺少可以获得实时气象数据的地面气象站点,一般情况下很难得到实测的大气水汽含量、地面温度或湿度数据。海岸带地区海陆交互作用强烈,很难划分其上部的大气模式,而且如果处在不同纬度带的过渡带,就更难识别其大气模式(邢前国

等,2007)。于杰等(2009)将陆地气象站数据代入覃志豪单窗算法、Jiménez-Muñoz & Sobrino 普适性单通道算法和 Weng 算法, 因为未经过修订而直接使用陆地地表温度反演算法计算大亚湾海域的 SST, 所以计算的 SST 与 *in situ* SST 的平均偏差 *bias* 分别为-2.2 °C、0.2 °C 和-4.7 °C, 三种算法计算的 SST 误差相差较大。高玉川等(2011) 利用 MODTRAN4 模型修正了 Jiménez-Muñoz & Sobrino 提出的单通道算法, 并将修订后的算法应用在 HJ-1 B IRS 图像上反演了表层水温, 与 MODIS SST 产品相比, 相对误差在 5% 以下的验证点占 78.695%。邢前国等(2007) 根据对流层中水汽随高度呈指数衰减、大气温度随高度呈线性降低的规律, 运用气温、相对湿度等常规气象资料, 重新建立了单窗算法中的水汽含量及平均大气温度的估算方法, 将其应用在高分辨率的 LandSAT TM /ETM+TIR 波段进行近海 SST 反演, 获得了较好的效果。余晓磊等(2011)结合美国环境预报中心 (NCEP) 再分析数据, 针对 HJ-1B 卫星 IRS 图像修订了单窗算法主要输入参数的计算公式, 建立了 SST 反演流程, 反演 SST 与 MOD28 产品相比, 其相对误差在 5% 左右。黄妙芬等(2011)将 MODIS SST 产品作为参照标准, 对单窗算法中的参数 a 和 b 进行修正, 在此基础上建立了 HJ-1B/IRS 水体温度反演模型, 计算出的温度与 MODIS SST 的绝对平均误差为 0.83 °C。

劈窗算法

以往的劈窗算法多使用在至少两个波段的热红外图像中, 如 AVHRR、MODIS 等而 LandSAT4/5/7 卫星以及 HJ-1B 卫星均只有一个热红外波段, 显然不能使用劈窗算法计算 SST。但新发射的 LandSAT8 卫星拥有两个热红外波段, 所以 Rozenstein et al.(2014)提出了针对 LandSAT8 卫星的劈窗算法, 它使用大气透过率和陆地地表发射率作为输入参数, 其中大气透过率的计算也是依赖 MODTRAN 模型使用标准的大气剖面进行估算, 图像需要进行严格的云检测。这种简化的思路来自于覃志豪对于 AVHRR 处理(Qin et al.,2001), 但是相比于 AVHRR 热红外数据, LandSAT8 卫星两个热红外波段均存在定标的不确定性, 其中第 11 波段更严重, 因此这在一定程度上也影响了算法的反演精度 (https://LandSAT.usgs.gov/calibration_notices.php)。

经验回归方法

因为海洋的下垫面比较单一，主要是水体像元，这方便了经验回归方法的使用。许多学者采用统计型经验算法或者干脆忽略大气效应(邢前国等,2007)，如 Miller et al.(2011)利用 LandSAT7 ETM+ 和 FORMOSAT 2 RSI 反射率图像分别和 MODIS 反演的悬浮物质 TSM 图像进行线性回归，反演得到较高分辨率的悬浮泥沙分布图。Chen et al.(2003)利用 31 个实测 SST 数据与辐射定标后的 LandSAT TM6 辐亮度直接建立局地反演大亚湾 SST 的回归公式，使用剩余实测数据验证，最大相对偏差仅为 5.1%。Shahi et al.(2011)将观测数据与基于大气辐射传输代码计算的 Kalpana SST 和 TMI SST 建立线性回归公式来反演 SST，修订后的 SST 与浮标数据和船测数据相比，均方根误差分别为 1.5-1.02K 和 1.41-1.19K。Thomas et al.(2002)采用采用迭代回归方法建立了 LandSAT5 TM6 灰度值与 AVHRR SST 数据集之间的线性相关关系，AVHRR SST 数据集包括了一天内的 5-6 景 SST 图像，使用这种迭代方法是为了减少云、雾像元对回归系数的影响，其迭代的次数甚至多达六次直到回归系数趋于稳定。此外，还有 Han & Lee (2012)根据 MODIS SST 与 LandSAT TM/ETM6 传感器亮温之间的差异，提出差值补偿方法计算 SST，修订后的 SST 偏差为 0.96 °C，优于修订前的 2.31 °C。

1.3 研究设想与内容

尽管已有不少高分辨率遥感 SST 算法，但这些算法在推导过程中对大气辐射传输方程都或多或少会进行简化，且个别参数依赖于经验假设，具有一定区域性。因此有必要发展适用于研究海区的反演算法。此外，LandSAT SST 算法的建立多是基于 LandSAT5/7 热红外波段数据，LandSAT8 于 2013 年 2 月发射成功，携带的 TIRS (热红外传感器)包含有两个热红外波段，这些波段在 SST 算法反演及应用的相关讨论还不多见。

因此，本研究拟选择已被广泛使用并有较高反演精度的 MODIS SST 业务化产品为基准数据，结合 NASA 发布的大气校正参数计算器，对 LandSAT8 TIRS 两个热红外波段采用经验回归方法、对 HJ-1B IRS 采用大气校正算法，在厦门湾及其邻近海域进行 SST 反演算法有效性的探讨，同时利用反演的 HJ-1B SST 初步分析厦门湾及其邻近海域 SST 的分布变化特征。

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.