

团体标准
《光学卫星遥感浅水水下地
形反演技术规范》
编制说明书

2023年 9月

《光学卫星遥感浅水水下地形反演技术规范》

编制说明

一、工作简况，包括任务来源、制定背景（包括目的、意义）、起草单位、起草过程说明等

1 任务来源

根据中国国际科技促进会标准化工作委员会发布的《关于开展〈光学卫星遥感浅水水下地形反演技术规范〉团体标准立项通知》（【2023】中科促标字第720号），本团体标准进行立项，项目计划编号为CI2023288。项目承担单位为南京大学。

2 制定背景

为光学卫星遥感浅水水下地形反演制定标准具有必要性。水下地形数据作为基础地理信息数据，是港岛建设、资源开发、航行安全、海洋救护、生态保护等应用的基础保障。我国海域面积广阔，其中近岸水深较浅区域受水动力过程和人为活动影响，海底形状变化速度快、周期短，对社会活动影响大且具有一定灾害性质，迫切需要利用卫星遥感水下地形反演技术大面积低成本高频观测，及时获取并更新水下地形；在远海地区，大量岛礁浅水水下地形数据仍未掌握，严重影响海洋经济建设与安全管控，迫切需要利用卫星遥感水下地形反演技术不受地域限制、覆盖范围广的技术优势，反演我方难以抵近海域水下地形数据，填补数据空白。但是目前国内外缺乏相关标准规范，严重影响该技术发展。

为光学卫星遥感浅水水下地形反演制定标准具有可行性。近年来，越来越多光学遥感卫星载荷在轨运行，丰富的数据源为遥感水下地形反演提供很好的数据基础。同时，光学卫星遥感水下地形反演技术发展迅速，目前具备浅海水下地形提取能力。近五年，南京大学研究团队多次海上实验，完成了光学卫星遥感浅水水下地形反演关键技术验证，反演了南沙海域70万平方公里20米以浅所有岛礁水下地形数据，填补了部分关键岛礁精细水下地形数据空白，反演精度国际领先。

3 起草单位

3.1 承担单位和协作单位

参与本标准起草单位如下：

序号	起草单位名称	单位性质
1	南京大学	(科研院所)
2	武汉大学	(科研院所)
3	中国人民解放军战略支援部队信息工程大学	(科研院所)
4	同济大学	(科研院所)
5	厦门大学	(科研院所)
6	河海大学	(科研院所)
7	上海海洋大学	(科研院所)
8	中国科学院空天信息创新研究院	(科研院所)
9	自然资源部第二海洋研究所	(科研院所)
10	北京空间机电研究所	(科研院所)
11	中国人民解放军海军研究院海洋环境研究所	(科研院所)
12	浙江省水利河口研究院	(科研院所)

3.2 主要起草人及其所做工作

参与本标准主要人员如下：

序号	姓名	工作单位	所做主要工作
1	程亮	南京大学	标准负责人，负责标准统筹组织、框架制定、审核定稿等
2	楚森森	南京大学	技术负责人，负责标准起草、编制说明编写等
3	李满春	南京大学	标准内容审核，技术指导、标准修订等
4	谌颂	南京大学	资料调研、标准撰写、技术验证等
5	季辰	南京大学	资料调研、标准撰写、技术验证等
6	庄启智	南京大学	资料调研、标准撰写、技术验证等
7	杨必胜	武汉大学	参与方案制定、技术验证等
8	王成	中国科学院空天信息创新研究院	参与方案制定、技术验证等
9	王程	厦门大学	参与方案制定、技术验证等
10	谢欢	同济大学	参与方案制定、技术验证等
11	金际航	中国人民解放军海军研究院海洋环境研究所	参与方案制定、技术验证等
12	毛志华	自然资源部第二海洋研究所	参与方案制定、技术验证等
13	郑永超	北京空间机电研究所	参与方案制定、技术验证等
14	邢帅	中国人民解放军战略支援部队信息工程大学	参与方案制定、技术验证等
15	沈蔚	上海海洋大学	参与方案制定、技术验证等
16	杨英宝	河海大学	参与方案制定、技术验证等
17	史永忠	浙江省水利河口研究院	参与方案制定、技术验证等

4 主要工作过程

4.1 起草阶段

4.1.1 成立标准制定工作组

2023年7月，南京大学牵头成立标准制定工作组。工作组主要成员有：南京大学（程亮、楚森森、李满春、谌颂、季辰、庄启智）、武汉大学（杨必胜）、中国人民解放军战略支援部队信息工程大学（邢帅）、同济大学（谢欢）、中国科学院空天信息创新研究院（王成）等组成。南京大学负责技术框架制定、起草标准编写等，武汉大学、中国人民解放军战略支援部队信息工程大学负责资料调研、起草标准编写等，同济大学、中国科学院空天信息创新研究院等负责资料调研、技术验证等，其他参与单位和人员负责标准完善、技术验证等工作。

2023年8月14日，本标准成功立项，并在全中国团体标准信息平台上进行公示。

4.1.2 确定工作计划

2023年8月，南京大学作为项目承担单位，与项目参与单位进行了联系，成立了标准修订编制组编制组，初步拟定了标准编制的工作目标、工作内容，讨论了在标准制订过程中可能遇到的问题，按照任务书的要求，确定了标准工作计划。

2023年10月，完成标准内容的起草。确定标准技术内容为数据准备与处理、水下地形反演算法、精度评价和成果提交3大部分。数据准备与处理包括遥感影像筛选、遥感影像处理、水深数据处理3个部分，水下地形反演算法包括比值法、多项式法、神经网络法、非线性优化模型4个部分。

计划于11月份完成标准进行意见征求、专家审查工作。根据征求的意见和专家的审查意见对标准进行修改、完善。

计划于12月份获得标准的批准，进行标准的发布和推广工作。

4.1.3 查询国内外相关标准和文献资料

光学卫星遥感浅水水下地形反演尚无国内外相关标准。标准制定工作组在编写过程中查询参考了测深、遥感相关领域的国内外标准。

在标准编写过程中，参考了《GB/T 14950-2009 摄影测量与遥感术语》、《GB/T 17501-2017 海洋工程地形测量规范》、《GB/T 50228-2011 工程测量基本术语标准》中的标准术语；参考了《GB/T 15968-2008 遥感影像平面图制作规范》中的遥感影像处理方法；参考了《GB/T 18316-2008 数字测绘成果质量检查与验收》、《GB/T 24356-2009 测绘成果质量检查与验收》中的成果质量检查与验收要求；参考了《GB/T 13989-2012 国家基本比例尺地形图分幅和编号》、《GB/T 18317-2001 专题地图信息分类与代码》、

《GB/T 20257-2017（所有部分）国家基本比例尺地图图式》、《GB/T 32067-2015 海洋要素图式图例及符号》中的地图绘制要求等。

目前，国内已有使用声呐、激光雷达等传统方式进行测深的标准和大量遥感领域的相关标准。在该标准编写过程中，参考了《GB/T 39264-2020 机载激光雷达水下地形测量技术规范》的水下地形测量技术流程和成果提交部分，参考了《T/CSF 012-2021 区域人工林资源面积遥感监测技术规程》中的遥感影像处理部分等。

4.1.4 形成标准草案

2023年10月，标准制定工作组完成标准草案。标准文本包括范围、规范性引用文件、术语和定义、技术流程、数据准备与处理、水下地形反演方法、成果质量检查、成果整理与上交八个部分。

4.1.5 形成标准讨论稿和编制说明

标准草案完成后工作小组开展内部审查和修改工作。工作小组针对标准格式和标准中的关键技术指标再次进行讨论，根据标准专家的修改意见，对标准草案进行修改。

对于标准中公式涉及各个变量，小组经过讨论和对变量和变量名称进行了调整和统一，保证了技术的适用性和规范性。在遥感影像预处理部分，对耀斑校正的步骤进行了文献查阅，保证了其可行性和科学性。在水下地形反演算法部分，将各个算法的表述进行了统一，明确了各算法的使用条件和波段要求。小组重点对非线性优化模型的算法进行了讨论和修改，充分考虑了该模型在高光谱和多光谱影像下不同的处理方法，对模型中重要参数的阈值进行了规定，确保模型的可用性和适用性。

最终，经过各成员的讨论、修改和检查，工作小组形成标准讨论稿和编制说明。

讨论意见与修改结果如下：

章条编号	修改意见	采纳意见与修改结果
封面和目次	确定标题英文翻译和标准的编号，考虑到标准文本较长，需要添加目次。	通过查阅国外文献确定标题的英文翻译，确定标准ICS、CCS编号，为大标题添加目次。
前言	添加关于未识别专利的固定表述。	添加固定表述“请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。”
1	参考GB/T 1.1 范围的陈述应使用适当的表述形式。	增加“界定了...术语和定义”，“给出了...说明”等规范表述。
2	引用文件顺序依据标准的编号数字大小排列。	调整文件顺序。
3.3	修改塞氏盘术语定义。	调整术语及定义为名词解释和描述性内容。
3.4/6.1.4/7.1	格式问题。	调整格式。

6.2.2.1/6.2.3/6.2.4	出现悬置段。	增加小标题。
6/7/8	公式格式。	参考GB/T 9.9的数学公式表达形式进行修改，并通过多次检查统一文本的公式字母含义。
6.2.5/6.3.1	表述不规范。	修改表述。
6.3.2	将样本优化步骤分条列出。	对应条标题“样本优化”和内容修改为过程性步骤并列项，表述更清晰。
8.2	引用标准未标明日期导致前后不一致。	添加标准日期，同时检查文本其他的引用情况。
附录A	文本条理不清晰，公式格式和变量解释不规范。	将操作步骤分条阐述，对使用的公式进行调整和重新编号。

二、标准编制原则、主要内容及其确定依据，修订标准时，还包括修订前后技术内容的对比

1 标准的编写原则

(1) 先进性

南京大学程亮教授团队长期从事光学卫星水下遥感研究，突破了卫星遥感水下光学信号极微弱条件下浅水水下地形高精度反演等难题，近五年开展多次海上实验，获得第一手浅水实测数据，完成了关键技术验证。团队反演了南沙海域70万平方公里20m以浅所有岛礁水下地形数据，填补了部分关键岛礁精细水下地形数据空白，反演精度国际领先。以此为基础制定光学卫星遥感浅水水下地形反演相关标准，使该标准满足先进性的编写要求。

(2) 适用性

标准针对光学卫星遥感浅水水下地形反演的基本要求，从基本技术要求、生产流程、命名规则和产品构成等环节进行了充分考虑。同时，标准在编制过程中，充分调研了其它行业单位的意见，也开展了大量试验，更加有利于生产和使用。确保标准各项条款的适用，提升标准的实用性。

(3) 可操作性

本标准对遥感影像的处理流程与《GB/T 14950-2009 摄影测量与遥感术语》相一致，同时根据水下地形反演的要求对遥感影像的要求进行了完善和细化。本标准基于项目组多次海上实验的基础，给出了遥感影像浅水水下地形反演的具体操作步骤和技术流程，使标准具有可操作性。

(4) 实用性

本标准针对光学卫星遥感影像浅水水下地形反演技术，从基本技术要求，遥感影像处理、测深数据处理、水下地形反演算法、反演精度验证等方面进行了充分考虑。标准规范了遥感影像处理的方法和要求，保证经过处理的影像可以满足水下地形反演的质量要求，防止对不合格影像进行作业；标准给出了四种水下地形反演方法，充分考虑了水下地形反演作业面对的复杂环境，保证在不同现场情况下的水下地形反演工作的进行；标准规范了实测数据的处理流程和精度验证方法，统一精度评价指标可以对水下地形反演成果进行直观的比较和公正客观的评价。

(5) 规范性

本标准涉及的对象是浅水水下地形反演，采用的手段是光学卫星遥感。因此规范中的术语及内容与《GB/T 14950-2009 摄影测量与遥感术语》、《GB/T 15968-2008 遥感影像平面图制作规范》等相关标准保持一致。标准编制的所有阶段均遵守国家标准《GB/T 1.1-2020 标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定，保障标准编制的规范性。

2 提出本标准的依据

本标准技术流程基于南京大学研究团队多年来开展的海上实验和光学卫星遥感浅水水下地形反演作业。遥感影像处理技术中的大气校正和几何校正来源于《GB/T 15968-2008 遥感影像平面图制作规范》；影像处理中的耀斑校正算法应用、测深数据的处理、水下地形反演算法应用均来自于团队多年积累的丰富作业经验；精度评价指标和成果处理要求来源于《GB/T 18316-2008 数字测绘成果质量检查与验收》等相关标准。具体参数来源于项目研究成果以及各单位在本领域各自积累的相关研究结果和应用成果。

3 制定本标准的基础

南京大学研究团队多年致力于敏感海域水下三维地形提取、快速三维精细建模、南海岛礁遥感动态监测等研究，突破了卫星遥感水下光学信号极微弱条件下浅水水下地形高精度反演等难题。南海典型岛礁水下三维地形提取精度、快速三维精细建模精度国际领先，南海岛礁遥感动态监测技术国内领先。发表SCI论文100余篇，授权专利28件，呈交信息专报10余份。

4 实验内容

团队近五年赴南沙、西沙、北海、泉州、平潭、舟山、威海等地开展多次海上实验，历时150天，船行1万余公里，获得第一手浅水实测数据，完成了关键技术验证。实验内容

包含水下三维地形测量、水质与底质测量、岛礁战略地位状况调查掌握、岛礁无人机影像拍摄等。

5 实际应用效果

团队长期从事光学卫星水下遥感研究，主持承担国家863计划重点项目课题、国家重点研发计划项目、中央部门重点项目任务等20余项。团队反演了南沙海域70万平方公里20米以浅所有岛礁水下地形数据，填补了部分关键岛礁精细水下地形数据空白，反演精度国际领先。目前已经完成包括礁盘三维地形、岛礁动态监测在内的8大南海数据库建设，自主研发的平台部署中央部门业务化运行，功保障了中央重大活动。

三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

1 主要试验分析

本标准给出了多种水下地形反演方法，可以根据遥感影像和现场实测数据情况进行选择。对于有现场实测数据的区域，可以使用比值法、多项式法、神经网络法进行水下地形反演，标准给出了使用的波段要求和数学公式；对于无现场实测数据的区域，可以使用非线性优化模型，标准给出了该模型的数学公式，附录中给出了其推导过程和参数要求。

精度评价参考了遥感影像制图的相关标准，评价指标使用了均方根误差和平均相对误差。质量检查的色彩和像素要求来源于团队实际作业经验，产品质量检查与验收应符合《GB/T 24356 测绘成果质量检查与验收》和《GB/T 18316 数字测绘成果质量检查与验收》的相关要求。地图注记、图式及图廓等具体要素应符合《GB/T 20257（所有部分）国家基本比例尺地图图式》中的相关要求。

以南海地区安达礁为例，南京大学研究团队在该海域进行实验并收集了大量实际测深数据，使用比值法、多项式法和神经网络法和哨兵二号卫星影像对该海域进行了水下地形反演作业。反演结果如图1所示。

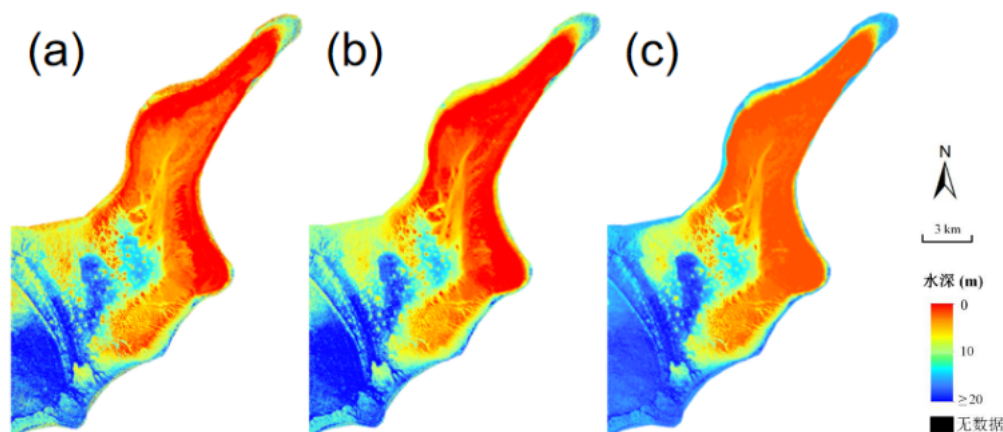


图 1 安达礁水下地形反演结果：(a)比值法，(b)多项式法，(c)神经网络法

其中，使用比值法的水下地形反演结果均方根误差为1.58米，平均相对误差为16%。使用多项式法的水下地形反演结果均方根误差为1.16米，平均相对误差为11%。使用神经网络法的水下地形反演结果均方根误差为1.12米，平均相对误差为12%。

2 预期的经济效果

我国海域广阔，海域面积约300万平方千米，大陆海岸线长1.8万千米，岛屿海岸线长1.4万千米。以我国实施的908海洋调查专项为例，该项目历时8年、出动测量船近100艘，测量面积不及我国管辖海域八分之一。我国近海20米以浅光学卫星可测海域约为2万多平方公里，按传统声呐法浅水区平均测深价格4万元/平方公里计算，对这些海域测深需要花费约10亿元和大量时间，使用光学遥感卫星影像进行水下地形反演花费降低百倍，且测量周期短、可重复施测、不受地域限制。

在社会效益方面，利用光学遥感卫星水下地形反演技术获取近岸水深较浅海域水下地形，有利于促进近海养殖业、航运和港口行业、近海科研、旅游业等多种行业的发展；利用该技术反演远海岛礁水下地形，可以反演我国难以抵近海域的水下地形数据，填补数据空白，助力岛礁建设和国防安全建设。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、

样机的有关数据对比情况

无。

五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因

无。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

1、按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》要求进行编写。

2、参照相关法律、法规和规定，在编制过程中着重考虑了先进性、适用性、可操作性、实用性和规范性。

3、遵守和符合相关法律法规和强制性标准要求。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

八、涉及专利的有关说明

无。

九、实施标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议 等措施建议

通过广泛收集意见和建议对标准进行完善。建议国家、行业协会开展本标准应用技术的培训、宣传工作，在科学研究、生产加工、市场营销和人才培养等各个方面起到指导和引领作用。

十、其他应当说明的事项。

无。