

基于卫星影像技术的海岸线水域 变化高精度检测系统设计

刁永洲

(广州海事测绘中心, 广州 510200)

摘要: 针对目前研究的海岸线水域变化检测系统在检测过程中, 存在系统检测精度较低, 检测稳定性较差, 检测时间较长的问题, 设计了基于卫星影像技术的海岸线水域变化高精度检测系统; 采用 STM32C8T6 为主控芯片的主控器, 进行高效的数据处理和网关通讯, 以多光谱传感器为核心检测设备, 通过采集光学数据, 生成海岸线水域图像; 利用 XL1509-5.0 芯片为核心的外接电源, 供给系统电源设备, 以 OUTPUT 作为电源开关的输出引脚, 便于主控器对电源进行控制, 完成系统硬件设计; 采用卫星影像技术, 对采集图形进行滤波处理、降噪处理以及图像二值化计算, 嵌入 Linux 操作系统和 MySQL 数据库, 高精度检测采集图像, 完成系统软件设计, 实现海岸线水域变化高精度检测; 实验结果表明, 在水域上升和下降实验中, 与实际水域上升和下降高度相比, 文章设计系统的水域高度误差均为 0.2 m, 水域位置偏移范围在 [3 m, -3 m] 之间, 检测时间为 30.4 s; 文章设计系统的检测稳定性较好, 能够有效实现海岸线水域变化高精度检测, 缩短海岸线水域变化检测时间。

关键词: 卫星影像技术; 海岸线水域; 水域变化; 高精度检测; 检测系统

Design of High-Precision Detection System for Coastline Water Area Change Based on Satellite Image Technology

DIAO Yongzhou

(Guangzhou Hydrographic Center, Guangzhou 510200, China)

Abstract: Aiming at the problems of low detection accuracy, poor detection stability and long detection time in the detection process of the current coastline water area change detection system, based on satellite image technology, a high-precision coastline water area change detection system is designed. STM32C8T6 is used as the main controller of the main control chip for the efficient data processing and the gateway communication. The multi spectral sensor is used as the core detection equipment to generate the image of coastline water area by collecting optical data. The external power supply with XL1509-5.0 chip as the core is used to supply the system power supply equipment, and the OUTPUT symbol is used as the output pin of the power switch, which is convenient for the main controller to control the power supply and complete the system hardware design. The satellite image technology is used to filter, reduce noise and binary image calculation for the collected graphics, embed the Linux operating system and the MySQL database, detect the collected images with high precision, complete the system software design, and realize the high-precision detection changes in coastal waters. The experimental results show that in the water rise and fall experiment, compared with the actual water rise and fall height, the water height error of the system designed in this paper is 0.2 m, the water position offset range is between [3 m, -3 m], and the detection time is 30.4 s. The detection stability of the system designed is better, which can effectively realize the high-precision detection of shoreline water changes and shorten the detection time of shoreline water changes.

Keywords: satellite image technology; coastline water area; water area change; high-precision detection; detection system

0 引言

海岸线是海洋和陆地的分界线, 也是海水历经陆地极限位置所连接的线, 属于构成海洋和陆地不可缺少的重要线状地形要素。人为的活动严重影响了海岸线生态系统的结构和功能, 使其成为海洋生态环境脆弱区。海岸线水域变化精度检测对于实现海岸线水域量值稳定, 保证船舶安全运行有重要意义, 也是目前我国海岸线水域测量的主要目标之一^[1-3]。因此, 准确检测海岸线位置、属性及水域变

化, 对海洋生态环境和经济建设具有重要意义。

目前相关领域学者针对海岸线水域变化检测进行了研究。文献 [4] 设计了基于多时相遥感影像的海岸线变化监测系统。利用多时相遥感影像技术, 根据该技术空间限制特点, 获取海岸线分布情况, 构建海岸线水域变化监测系统, 实现海岸线水域变化监测。该系统具有一定的有效性, 但系统的监测稳定性较差。文献 [5] 设计了基于潮汐规律修正的海岸线遥感监测系统。采用 Landsat 数据, 结合修正

收稿日期: 2021-08-16; 修回日期: 2021-10-19。

作者简介: 刁永洲(1987-), 男, 广东吴川人, 硕士, 工程师, 主要从事海洋测绘方向的研究。

引用格式: 刁永洲. 基于卫星影像技术的海岸线水域变化高精度检测系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2022, 30(3): 32-36, 42.

归一化水体指数，提取海岸线水边线，对潮汐规律影响海岸水边线提取信息的因素进行分析，利用海岸高程数据，获取潮汐校正方法，构建海岸线水域变化监测系统，实现海岸线遥感监测。该系统具有一定的可行性，但该系统的监测精度较低。

为了解决上述问题，本文设计了基于卫星影像技术的海岸线水域变化高精度检测系统，该系统通过主控器、多光谱传感器和电源设计了硬件结构，采用卫星影像技术，嵌入 Linux 操作系统和 MySQL 数据库，完成系统软件设计，实现海岸线水域变化高精度检测，并通过对比实验验证了设计系统的检测稳定性较好、精度较高，能够有效缩短海岸线水域变化检测时间。

1 基于卫星影像技术的海岸线水域变化高精度检测系统硬件设计

卫星影像技术是目前研究的新型技术，通过卫星获取地面图像，得到的图像可以进行数字化扫描。相较于普通的影像技术，卫星影像技术得到的画面更加细致，能够大幅度获取图像，具有很强的宏观性。除此之外，卫星影像技术具备的多波动性和多时相性也是其他技术难以比拟的，大量信息融合，方便用户处理。本文设计的基于卫星影像技术的海岸线水域变化高精度检测系统硬件主要由主控器、多光谱传感器和电源三部分组成。其中，采用 STM32C8T6 为主控芯片的主控器，完成高效的数据处理、通讯连接和集中控制。以多光谱传感器为核心光学检测设备，通过采集光学数据，生成海岸线水域图像。采用图像信号处理器进行信号处理，实现数据转换。将 XL1509-5.0 转换芯片为核心外接电源，完成电压转换，将 OUTPUT 作为电源开关输出引脚，完成主控器电源控制。系统硬件结构如图 1 所示。

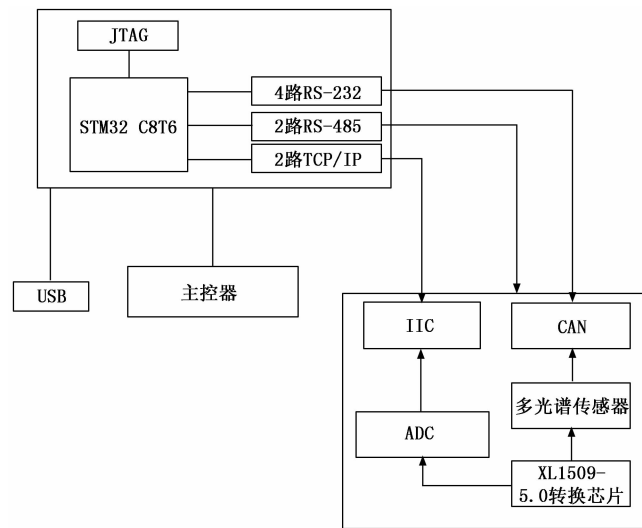


图 1 基于卫星影像技术的海岸线水域变化高精度检测系统硬件结构图

1.1 主控器

主控器是基于卫星影像技术的海岸线水域变化高精度检测系统中具有系统数据处理、通讯连接和集中控制能力的中央控制设备。

本文设计的主控器以 STM32C8T6 为主控芯片，STM32C8T6 具有 2 个高级定时器以及 3 个通用定时器，SRMB 大小为 20 kB，FLASH 大小为 64 kB，兼具 IIC、USB、CAN、ADC 通用 IO 口等多种接口，实现与外界设备的数据传输。主控器结构如图 2 所示。

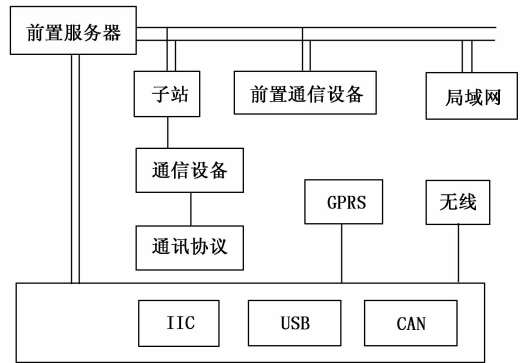


图 2 主控器结构图

图 2 中，主控器最多可同时控制 255 个远程 P2C 终端硬件设备，主要包括传感器、数据采集器、检测器等在内的 P2C 终端硬件设备^[6-8]。针对海岸线水域变化检测需求，采用基于 P2C 技术完善主控器性能，采用导轨式安装方式，提升主控器的控制能力。即通过局域网和前置通信设备，且在子站中网管通讯协议下，以网络技术为基础，实现卫星影像数据的提取和云数据的传输。

1.2 多光谱传感器

为实现高精度的海岸线水域变化检测，以多光谱传感器为主要检测设备进行光学检测，通过采集光学数据生成海岸线水域图像。从结构上，可将多光谱传感器分为光学部分和显示部分两类^[9-10]。光学部分主要包括反射光学元件、成像光学元件、分光元件，分别实现入射光的反射、成像以及划分。针对采集光的光谱类别，将分光光谱划分为 11 个谱段，且为补偿光谱成像的非均匀性，在成像光学元件的周围放置标准温度板，从而提升成像的可辨识度。多光谱传感器结构如图 3 所示。

图 3 中，显示部分包括图像信号处理器、温度控制器和显示器，其中，多光谱传感器的成像元件的成像为数字化格式，为实现数据转换，采用图像信号处理器进行信号处理，最高处理速度为 8 bit^[11-12]。温度控制器的控制范围为 20~40 °C，能够有效降低传感器本身红外感应对检测结果的影响。显示器的图像水平分辨率高于 1 000 线显示格式为标准 I2C 格式。

1.3 电源设计

针对基于卫星影像技术的海岸线水域变化高精度检测

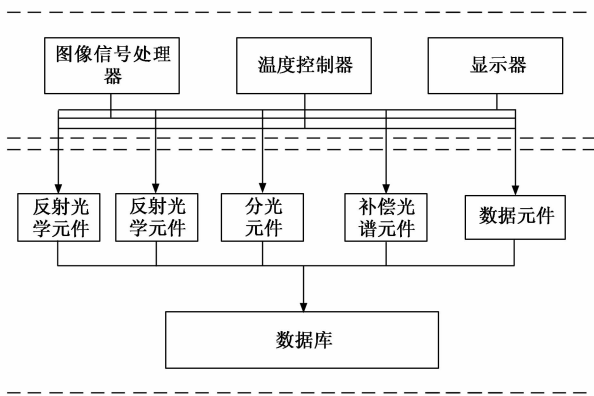


图 3 多光谱传感器结构图

系统的供电需求,采用 12 V 外接电源进行供电,考虑不同硬件设备的电压供给,采用 XL1509-5.0 转换芯片实现电压的转换。电源结构如图 4 所示。

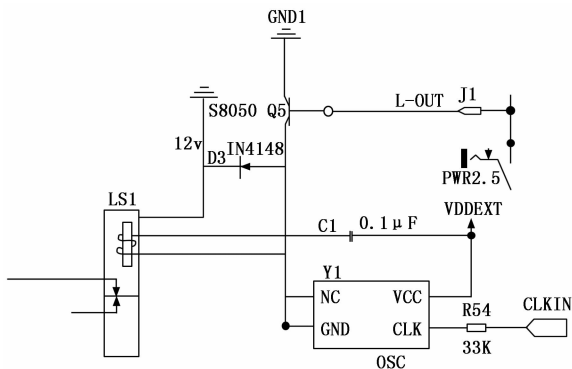


图 4 电源结构图

电压可调范围为 1~37 V,主要电压可转换为 5 V 和 3.3 V。XL1509-5.0 转换芯片具有一个 150 kHz 的 DC/DC 转换器,不需设置其他的外部元件,其本身的最高负载驱动能力为 2 A,平均负载电流为 1 200 mA,转换效率高,能够维持系统内稳定的电源供给的同时,具有极好的线性电流输出^[13-14]。XL1509-5.0 转换芯片以 OUTPUT 作为电源开关的输出引脚,便于主控器对电源进行控制,当引脚处于低状态时,电源处于开启状态,反之,处于关闭状态。

2 基于卫星影像技术的海岸线水域变化高精度检测系统软件设计

基于上述设计的系统硬件结构,在基于卫星影像技术的海岸线水域变化高精度检测系统框架平台上嵌入 Linux 操作系统,引入 Ubuntu 操作系统、MySQL 数据库、卫星影像分析处理、网络通信等相关技术^[15-17],构建系统软件开发平台,实现开源软件共享的同时,满足多用户任务处理需求,完成海岸线水域变化高精度检测。

2.1 系统操作程序设计

Linux 操作系统遵循 GNA 规范,不仅开发成本低,而且稳定性强、性能高。由于 Linux 操作系统的内核程序编

码以 C 语言为编译语言,因此支持 AMD、i386 等系统平台和多种硬件设备,且 Linux 操作系统自带图像处理软件,兼具高性能的同时,Linux 还具有漏洞升级、入侵防护、攻击控制等功能,保证系统的稳定运行^[18-20]。采用卫星影像技术,对采集的海岸线水域图像进行滤波处理、降噪处理以及图像二值化计算等,针对卫星影像的分析,不需安装其他软件,只需进行原有软件的升级就能实现高精度的海岸线水域变化检测。基于卫星影像技术的海岸线水域变化高精度检测系统操作流程如图 5 所示。

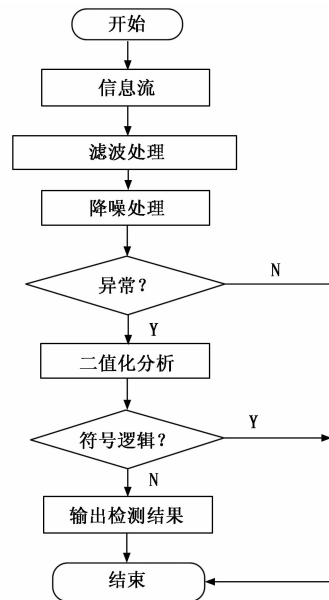


图 5 基于卫星影像技术的海岸线水域变化高精度检测系统操作流程

基于 Linux 操作系统支持 x86、x64 等多种架构的优势,考虑大多是开发者的操作体验,为建立与 Windows 相似的桌面系统,搭建 Ubuntu 操作系统,提升系统的抗病毒干扰性,为系统提供丰富的桌面操作接口,便于开发者进行操作,从而有效实现海岸线水域变化高精度检测。

2.2 MySQL 数据库

MySQL 数据库是一种应用广泛、开发简单、应用编程接口丰富的 SQL 数据库管理系统,以 SQL 数据库查询语言为核心开发语言,相较于其他的数据库管理系统,其优势在于存储量大、更新便利、操作速度较快且能够记录用户的实时操作数据。

MySQL 数据库的构建为动态 Web 应用和卫星影像数据海岸线水域变化检测系统提供的丰富的功能。本文设计的基于卫星影像技术的海岸线水域变化高精度检测系统采用 MySQL V5.5 版本,其主要的工作方式为客户端/服务器,包含多种服务端程序和客户端命令程序,其优点如下:

- 1) 默认数据库存储引擎为 InnoDB,采用完全多线程存储,提升海岸线水域图像存储能力。
- 2) 提升了 Windows、Linux 操作系统下的系统性能,

对 Java、c 语言等多种系统开发语言提供接口，支持系统的可扩展性。

3) 耦合性低、兼容性较强，全面支持采用 SQL 查询语言的聚合函数和标准的 JOIN、ODBC 等。

4) 包含 DATE、TIME、CHAR 在内的多种列类型，且每一列均具有缺省值，实现海岸线水域变化高精度检测系统参数的自动选择，为海岸线水域变化高精度检测系统参数的运行提供便利。

3 实验分析

为了验证本文设计的基于卫星影像技术的海岸线水域变化高精度检测系统的有效性，将文献 [4] 基于多时相遥感影像的海岸线检测系统和文献 [5] 基于潮汐规律修正的海岸线检测系统进行对比实验。

3.1 实验设置

在此次实验中，设定海岸线水域的原始高度为 3 m，海岸线水域变化精度检测装置的检测范围为 0~6 m，为了保证实验结果的有效性和稳定性，实验在实验室正常温度和光照下进行。

3.2 系统检测精度分析

首先对比 3 种检测系统的检测精度，将检测误差作为检测精度的评估指标，通常情况下，检测误差越小，系统的检测精度越高，反之，检测误差越大，系统的检测精度越低。选取 5 个实验点位，在相同的实验温度和光照下，分别进行海岸线水域上升和下降两种水域变化实验，分别记录 3 种检测系统的水域变化结果，实验结果如图 6 和图 7 所示。

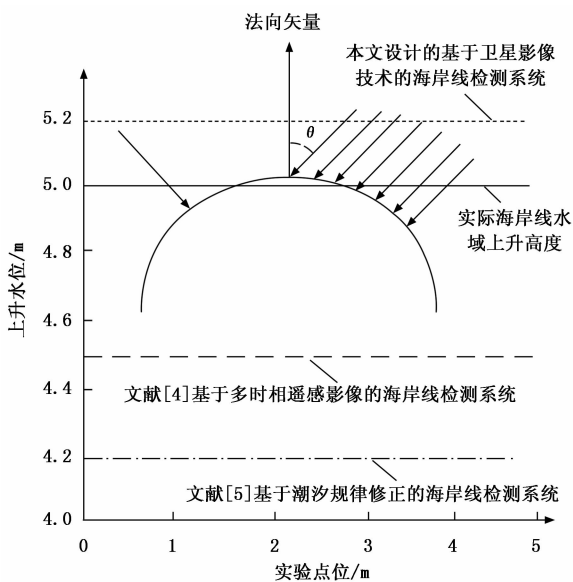


图 6 水域上升实验结果

根据图 6 可知，在进行水域上升实验结果中，本文设计的基于卫星影像技术的海岸线检测系统的水域上升高度为 5.2 m，文献 [4] 基于多时相遥感影像的海岸线检测系

统的水域上升高度为 4.5 m，文献 [5] 基于潮汐规律修正的海岸线检测系统的水域上升高度为 4.2 m。分别将 3 种系统的水域上升高度与实际水域上升高度进行对比发现，本文设计的基于卫星影像技术的海岸线检测系统的水域高度误差为 0.2 m，而文献 [4] 基于多时相遥感影像的海岸线检测系统的水域高度误差为 0.5 m，文献 [5] 基于潮汐规律修正的海岸线检测系统的水域高度误差为 0.8 m。由此可知，在水域上升实验中，本文设计的基于卫星影像技术的海岸线检测系统的检测误差较小，表明系统的检测精度较高。因为本文设计的系统采用卫星影像技术，结合 Linux 操作系统和 Ubuntu 操作系统，以数字形式记录采集的海岸线水域图像，可以准确记录海岸线相关地面信息，从而有效提高海岸线水域变化检测精度。

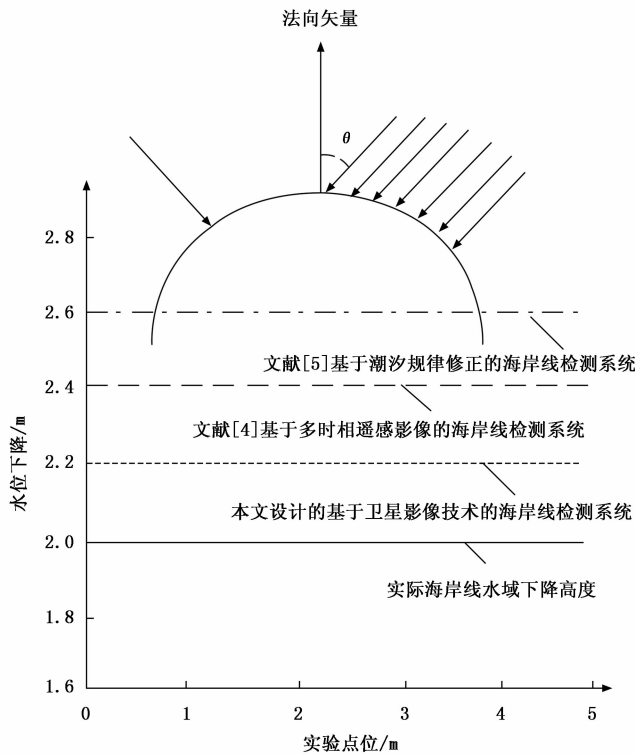


图 7 水域下降实验结果

根据图 7 可知，在水域下降实验结果中，本文设计的基于卫星影像技术的海岸线检测系统的水域下降到 2.2 m，文献 [4] 基于多时相遥感影像的海岸线检测系统的水域下降到 2.4 m，文献 [5] 基于潮汐规律修正的海岸线检测系统的水域下降到 2.6 m，而实际海岸线水域下降到 2.0 m。分别将 3 种系统的水域上升高度与实际水域上升高度进行对比发现，本文设计的基于卫星影像技术的海岸线检测系统的水域下降误差为 0.2 m，而文献 [4] 基于多时相遥感影像的海岸线检测系统的水域下降误差为 0.4 m，文献 [5] 基于潮汐规律修正的海岸线检测系统的水域下降误差为 0.6 m。由此可知，在水域下降实验中，本文设计的基于卫星影像技术的海岸线检测系统的检测误差较小，表明系统

的检测精度较高。因为本文设计的系统利用卫星影像技术，对采集的海岸线水域图像进行滤波、降噪等处理，使其采集的海岸线水域图像具有较强的连续性，并结合 MySQL 数据库，实时记录海岸线水域变化数据，为海岸线水域变化高精度检测提供了有效保障。

3.3 系统检测稳定性分析

设置海岸线水域的原始高度为 3 m，其海岸线水域变化精度检测偏移范围设定在 [3 m, -3 m] 之间。基于上述实验条件下，对系统的稳定性进行实验，评估系统稳定性的指标为水域在上升以及下降实验过程中水域位置的偏移范围，偏移范围越小，系统检测稳定性越好，偏移范围越大，系统检测稳定性越差，3 种系统的检测稳定性实验结果如图 8 所示。

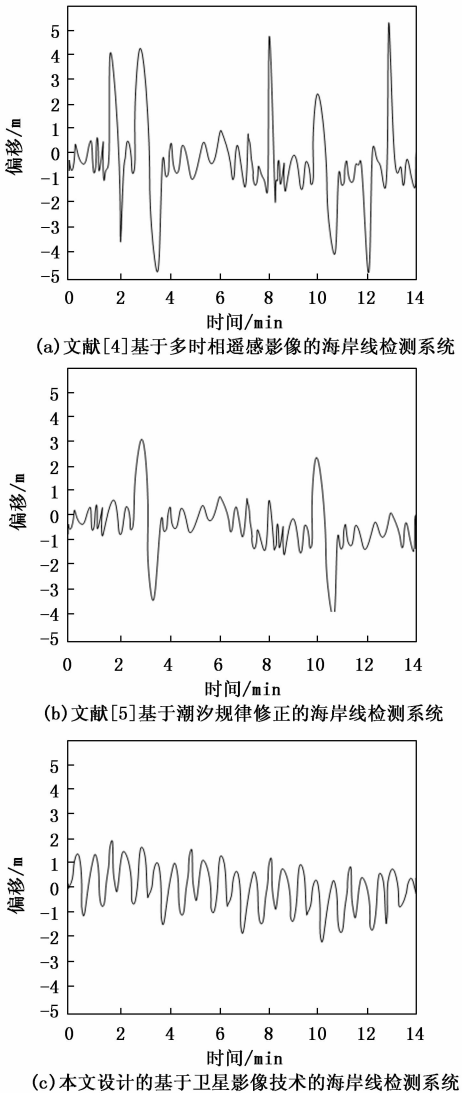


图 8 系统检测稳定性实验结果

通过对图 8 实验结果进行分析可知，随着时间的不断改变，本文设计的基于卫星影像技术的海岸线检测系统的水域位置偏移范围在 [3 m, -3 m] 之间，其偏移范围最

小，而文献 [5] 基于潮汐规律修正的海岸线检测系统水域位置偏移范围在 [4 m, -4 m] 之间，其偏移范围次之，文献 [4] 基于多时相遥感影像的海岸线检测系统水域位置偏移范围在 [5 m, -5 m] 之间，其偏移范围最大。由此可知，本文设计的基于卫星影像技术的海岸线检测系统的水域在上升以及下降实验过程中，水域位置的偏移范围最小，表明系统的检测稳定性较好。

3.4 系统检测时间分析

在此基础上，进一步验证本文设计的基于卫星影像技术的海岸线检测系统的检测时间，在 MATLAB 仿真软件实验平台下，采用 Toolbox 工具箱，记录在水域上升和下降过程中，3 种系统海岸线水域变化检测时间，3 种系统的检测时间对比结果如表 1 所示。

表 1 3 种系统的检测时间对比结果

水域高度 /m	本文设计的基于卫星影像技术的海岸线检测系统/s	文献[4]基于多时相遥感影像的海岸线检测系统/s	文献[5]基于潮汐规律修正的海岸线检测系统/s
1	13.8	19.8	21.4
2	15.6	22.4	25.8
3	18.7	26.6	28.9
4	20.1	29.3	32.9
5	23.4	33.3	36.4
6	26.7	36.9	39.1
7	30.4	39.5	43.9

根据表 1 中的数据可知，随着水域高度的增加，3 种系统的检测时间随之增加。当水域高度为 7 m 时，文献 [4] 基于多时相遥感影像的海岸线检测系统的检测时间为 39.5 s，文献 [5] 基于潮汐规律修正的海岸线检测系统的检测时间为 43.9 s，而本文设计的基于卫星影像技术的海岸线检测系统的检测时间为 30.4 s。由此可知，本文设计的基于卫星影像技术的海岸线检测系统能够有效缩短检测时间。

综合上述分析，通过获得的系统检测精度、检测稳定性以及检测时间实验结果可知，本文设计的基于卫星影像技术的海岸线水域变化高精度检测系统的检测稳定性较好，能够有效提高检测精度，缩短检测时间。

4 结束语

针对海岸线内水域的动态变换，本文设计了一种基于卫星影像技术的海岸线水域变化高精度检测系统，在系统硬件结构设计的基础上，采用卫星影像技术，嵌入 Linux 操作系统和 MySQL 数据库，实现海岸线水域变化高精度。该系统能够有效提高检测精度和稳定性，降低检测时间。通过掌握海岸线水域的变化情况，了解海洋与陆地的时空变化特征，建设我国海洋生态环境，为海洋资源的开发提供数据支持和技术保证，同时促进卫星影像技术的进一步发展和应用，为其他相关检测领域提供技术借鉴。

(下转第 42 页)