

时连强,郭俊丽,刘海江,等. Argus系统在我国海滩研究中的应用进展与展望[J]. 地球科学进展, 2019, 34(5): 552-560. DOI: 10.11867/j.issn.1001-8166.2019.05.0552. [Shi Lianqiang, Guo Junli, Liu Haijiang, et al. Application progress and prospect of argus system in beach research in China[J]. Advances in Earth Science, 2019, 34(5): 552-560. DOI: 10. 11867/j. issn. 1001-8166. 2019. 05. 0552.]

Argus系统在我国海滩研究中的应用 进展与展望*

时连强¹, 郭俊丽^{1,2}, 刘海江³, 叶清华⁴

(1. 自然资源部第二海洋研究所 国家海岛开发与管理研究中心, 浙江 杭州 310012; 2. 华东师范大学 河口海岸学国家重点实验室, 上海 200241; 3. 浙江大学 建筑工程学院, 浙江 杭州 310058; 4. 荷兰三角洲研究院, 荷兰 代尔夫特 2614HV)

摘要:对海滩系统演变规律的准确把握,依赖于可靠、连续、长期的测量数据。由于Argus视频监测系统具有实时、低成本、操作简单、适应性强、分辨率较高和可提供连续数据等优点,因此,近年来该技术发展迅速,研究应用领域逐渐扩大。在简要说明Argus系统组成的基础上,详细介绍了该系统在我国海滩研究中的应用情况,分析了所提取数据的精度。结果显示垂向误差平均值为0.145 m,平面距离误差平均值为11.73 m,误差大小与到Argus观测站的距离有很大关系,距离越近,误差越小。Argus系统在国外海滩研究中已经获得了比较广泛的应用,而国内尚处于起步阶段,未来有望在海岸工程建设评估、近岸水动力监测与地形反演、海滩旅游管理与河口沙嘴动力地貌变化研究等方面提供更强大和完善的技术支撑。

关键词: Argus系统; 海滩研究; 数据提取; 视频监控

中图分类号: P748 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8166(2019)05-0552-09

1 引言

我国海滩资源分布范围较广,沿海各省市均有分布,但分布极不均匀,有的沿海省市比较稀少,譬如江苏省、浙江省和上海市。随着全球海平面的上升以及人类活动的影响,原本脆弱不堪的海滩正在遭受缓慢持续的破坏,我国70%左右的海滩遭受侵蚀并出现不同程度的退化,这已成为海滩资源保护面临的一个普遍问题^[1]。为此,首先需要准确把握海滩系统的演变规律,而这依赖于可靠、连续和长期的测量数据。

近20年来基于海岸线的近岸视频观测技术被成功引入到海岸带的野外监测研究领域。由于该

技术具有实时、低成本、操作简单、适应性强、分辨率较高和可提供连续数据等优点,因此,近年来该技术发展迅速,研究应用领域逐渐扩大,全球海岸带监测体系也在不断构建完善,在海岸带的管理利用及保护、海岸工程实地研究和沿海防灾减灾等领域发挥着越来越重要的作用^[2]。

本文在简要介绍近岸视频观测系统(Argus)组成的基础上,结合其在浙江舟山朱家尖岛东沙海滩的首次应用,分析了该技术的通用性和优缺点,并对未来应用前景进行了展望,期望以此进一步推动该监测技术在我国海滩乃至海岸带监视监测中的应用,提升我国海岸带科学监测与管理水平。

收稿日期:2018-12-20;修回日期:2019-03-12.

* 基金项目:海洋公益性行业科研专项“海岛旅游海滩管理技术研究与应用示范”(编号:201405037)资助.

作者简介:时连强(1977-),男,山东青州人,正高级工程师,主要从事河口海岸动力地貌学研究. E-mail: lqshi@sio.org.cn

2 Argus 系统组成

Argus 系统由硬件和后处理软件 2 个部分组成。其中硬件包括现场视频测站、专用通讯网络和中心服务器等(图 1)。现场视频测站的核心组件是摄像机,通常有 4~6 个,根据摄像机安置高度和相机镜头焦距,观测的空间范围可达 3 km,能够实施从不到 1 秒到连续数年的自动化监测^[2]。

Argus 的后处理软件系统是由荷兰 Deltares 公司基于 MATLAB 语言开发的,通过连接数据库,可以实现对 Argus 图像数据的管理、查询与自动化处理,其应用模块主要包括:图像数据库管理(DBOrganizer, DBO)、控制点查询(Find Geometry, FG)、图像融合(ArgusMergeTool, AMT)、图像叠加(ArgusStackTool, AST)、动画制作(MovieMaker)、水边线提取(IBMMapper, IBM)和潮间带地形反演(iBathy)等,其中 AMT 与 IBM 为核心模块。下面简要介绍这 2 个模块的功能与工作原理。

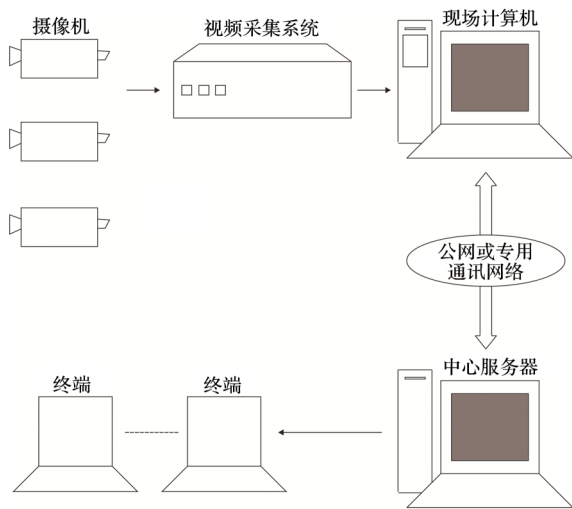


图 1 Argus 系统组成

Fig.1 Composition of Argus system

2.1 AMT 应用模块

AMT 应用模块用于 Argus 图像的坐标转换与图像校正,并且能实现将多个相机的图像进行融合,以获得所监视海滩的全景图与平面图。

Argus 所采集的图像是二维的平面图像,而实际的海滩是三维的、立体的,为此需要建立起图像坐标 (u, v) 和真实坐标 (x, y, z) 之间位置的对应关系,即进行坐标转换^[3](图 2)。这可以通过摄像机位置 (x_c, y_c, z_c) 、有效焦距 f 和 3 个摄像机角度(倾角 τ 、方位角 φ 和滚动角 σ)等参数来建立^[4-6]。角度 τ, φ 和 σ 分别是垂向上相对于 z 轴的旋转、水平方向上相对

于 xy 平面的旋转以及焦平面相对于地平线的旋转。标准摄影测量方法可通过以下共线方程实现 (x, y, z) 到 (u, v) 的转换:

$$u = \frac{L_1x + L_2y + L_3z + L_4}{L_9x + L_{10}y + L_{11}z + 1}, \tag{1}$$

$$v = \frac{L_5x + L_6y + L_7z + L_8}{L_9x + L_{10}y + L_{11}z + 1}, \tag{2}$$

式中:系数 $L_1 \sim L_{11}$ 是 7 个未知量 $(\tau, \varphi, \sigma), (x_c, y_c, z_c)$ 和 f 的线性函数。这 7 个未知量可以通过已知图像和现实世界坐标获取的一系列参考点[也称为地面控制点(Ground Control Points, GCP)]来确定。为此需要在硬件系统安装好后,测量海滩周边明显轮廓点以及滩面上一些点的地理坐标和高程。通过图像校正与坐标转换,将处理后所有摄像头的图像以一定的角度融合,就可以获得海滩的全景图与平面图。

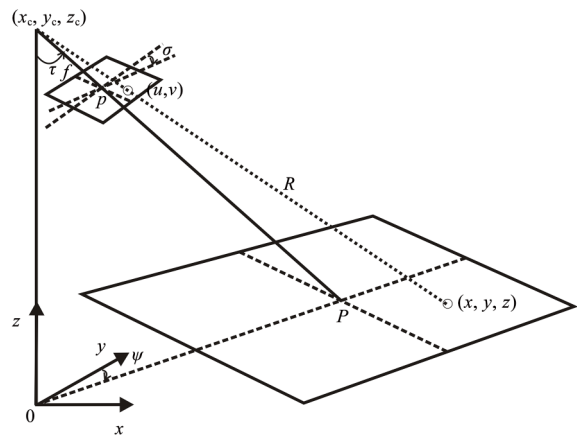


图 2 坐标转换原理示意图^[4]

Fig.2 Schematic diagram of coordinate conversion principle^[4]

2.2 IBM 应用模块

在利用 Argus 系统量化海滩地形时首先要提取海滩各个时刻的水边线,而水边线是通过 Argus 系统中的 IBM 应用模块获取的,其工作界面如图 3 所示。

IBM 应用模块主要包含 2 个模型:水边线识别模型和水边线高程模型。前者的工作原理是根据图像颜色或亮度的独特强度值来区分干像素和湿像素的聚类。IBM 将感兴趣区内的像素强度转换为处理颜色(色调和饱和度)和亮度信息的 HSV (“Hue Saturation Value”)色彩空间(图 4)。其中色调范围介于 0~1,从红色(色调=0)经过橙色、黄色、绿色(色调=0.5)、蓝色、紫色和再次回到红色(色调=1)。对

于黑色和白色,饱和度为0~1,对于主颜色(红、绿和蓝)和次颜色(青、品红和黄)采用值1。色彩值信息包含亮度级别,范围为0~1,0代表黑色,1代表白色。IBM 水边线识别首先是在兴趣区(Region Of

Interest, ROI)内进行像素强度值采样,然后在色相饱和空间中对这些强度进行分类,进而对原始像素强度进行滤波以去除异常值,并在0~1进行缩放以改善干燥和湿润像素群之间的对比度^[6]。

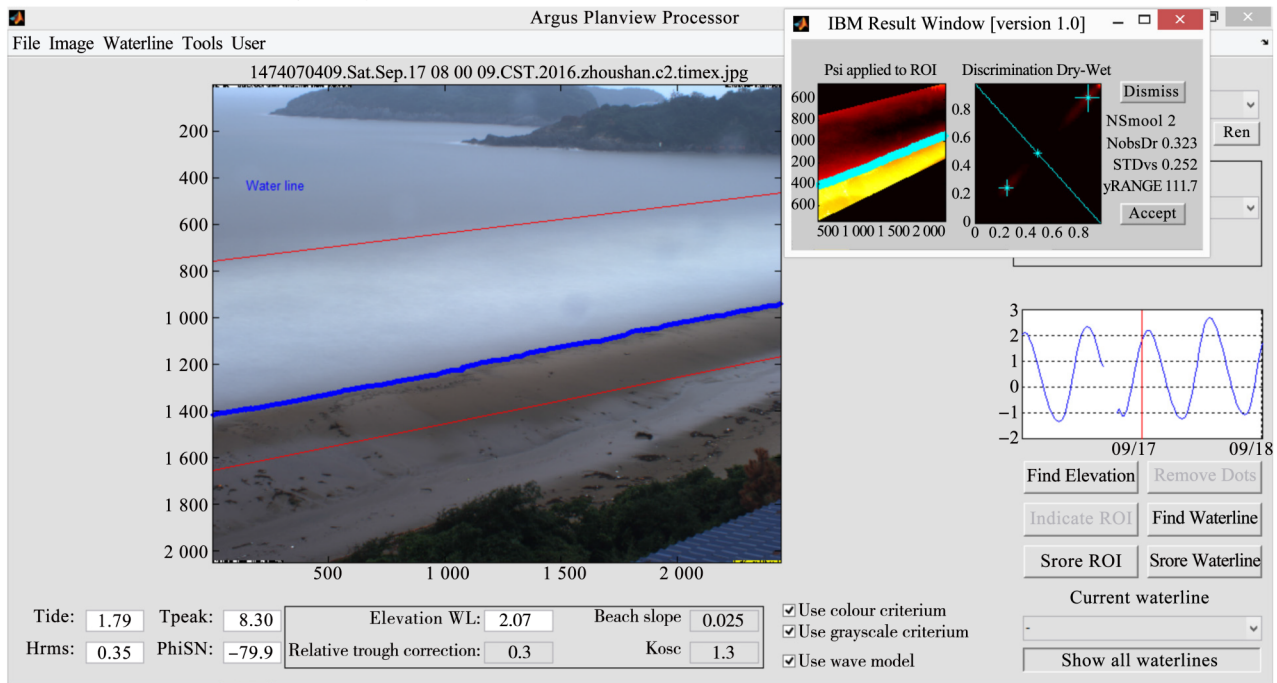


图3 IBM 模块工作界面

Fig.3 Working interface of IBM module

由于Argus系统中的IBM模型旨在从时均图像中识别水边线的位置,因此IBM高程模型必须考虑在平均时间内影响水边线瞬时位置的所有物理过程,即潮位、风生或浪生增水、破波引起的波增水和漩涡振荡等。水边线高程 Z_0 受参考水位 Z_{ref} 以上的潮汐变化 ΔZ_{tide} 、风暴潮引起增加的水位 ΔZ_{storm} 以及局部风增水 ΔZ_{wind} 的共同影响,公式如下:

$$Z_0 = Z_{ref} + \Delta Z_{tide} + \Delta Z_{storm} + \Delta Z_{wind} \quad (3)$$

水边线的高程最好采用在野外测站或感兴趣区 10 km 内的测量水位数据,以估算 ΔZ_{tide} 和 ΔZ_{storm} 的贡献量。如果没有本地测量的水位数据, ΔZ_{tide} 和 ΔZ_{storm} 也可以通过潮汐和风暴潮模型计算出来^[6]。

3 Argus 系统在我国海滩研究中的应用

2015年5月,原国家海洋局第二海洋研究所(现为自然资源部第二海洋研究所)率先在浙江舟山朱家尖岛的东沙海滩建成了中国大陆首套Argus系统观测站(图5)。该系统安装在海天台宾馆楼顶上,

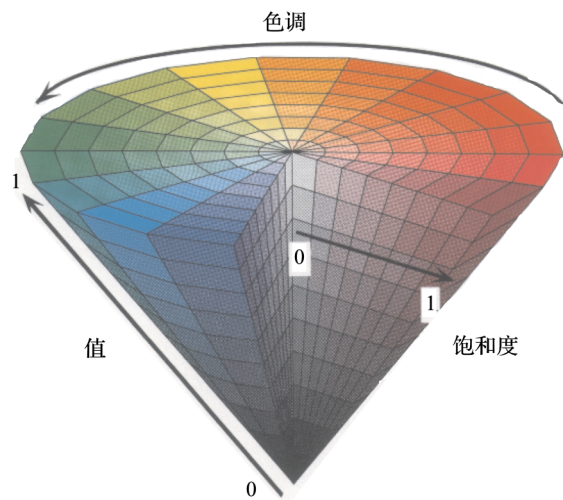


图4 HSV 色彩空间^[6]

Fig.4 HSV color space ^[6]

由6台摄像机组成,其中4台(C1~C4)监测海滩南部与中部,另外2台(C5~C6)监测海滩北部。所用摄像机型号为美国Pelco模拟相机,拍摄频率为2 Hz,图像分辨率为2 448×2 048。

后来,河北省地矿局秦皇岛矿产水文工程地质大队在秦皇岛西海滩、中国地质调查局青岛海洋地质研究所在威海市文登南海新区金沙滩、华东师范大学河口海岸学国家重点实验室在上海崇明东滩也陆续建立了 Argus 观测站,由此可见,Argus 系统在

国内已呈星火燎原之势。

在东沙海滩的应用研究中,李源^[7]利用2015年5月至2016年4月之间的 Argus 图像数据,对比分析了东沙海滩不同季节和台风“灿鸿”前后的地形地貌变化特征,重点指出了滩面上砾石带分布的变化情况(图6)。

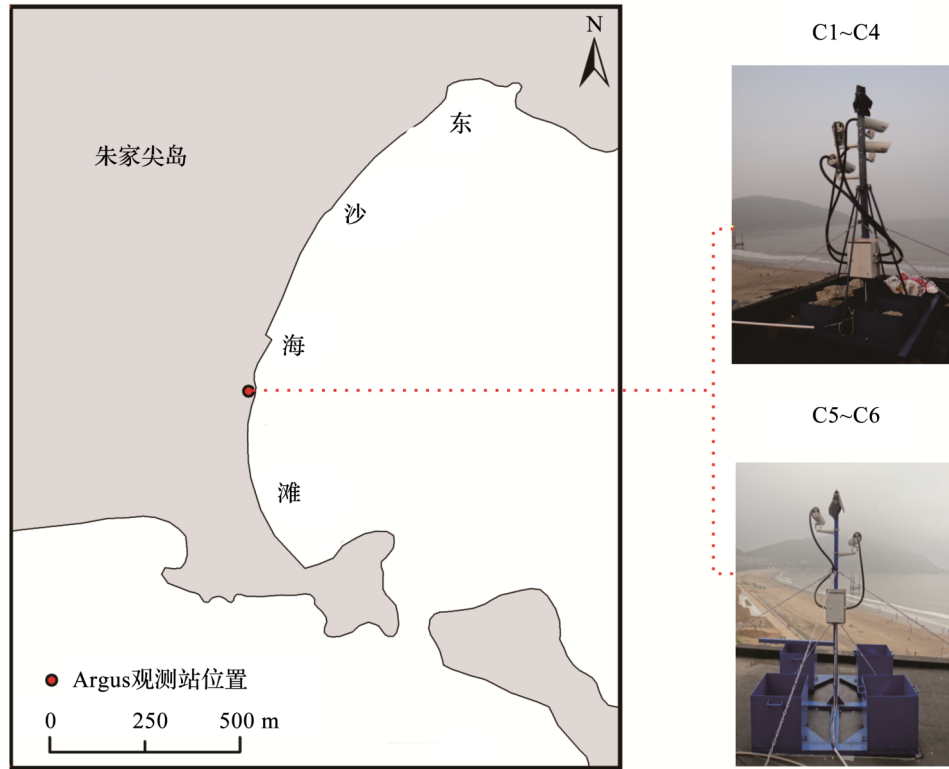


图 5 安装在浙江朱家尖岛东沙海滩的 Argus 系统

Fig.5 Argus system situated at the Dongsha Beach on Zhujiajian Island in Zhejiang Province

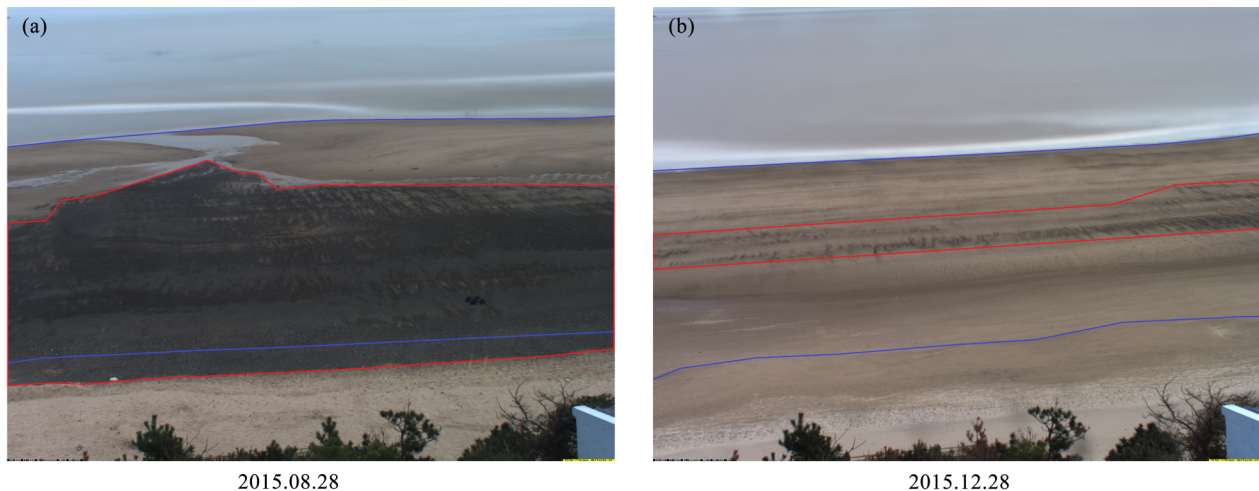


图 6 东沙海滩中部区域夏季(a)和冬季(b)的地形地貌

Fig. 6 Topographic features of the central area of Dongsha Beach in summer (a) and winter (b)

蓝色线为当天最高与最低潮位线,红色线所围区域为砾石分布区

The blue line is the highest and lowest tidal level on that day, and the red line is the gravel distribution area

郭俊丽^[8]以 2016 年的 Argus 视频图像数据为基础,结合东沙海滩近岸波浪、潮位、风等动力数据,借助 Argus 应用模块得到了东沙海滩滩面地形数据

(图 7)。进而从海滩地貌、剖面、海滩滨线和海滩宽度等方面定量分析了海滩对连续风暴“马勒卡”和“暹芭”的响应特征,获得以下主要结论:

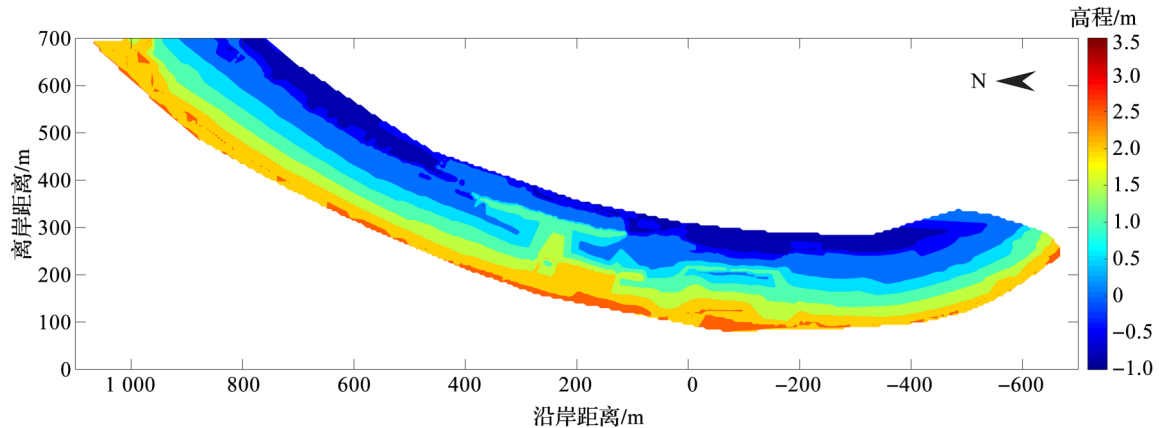


图 7 2016 年 9 月 17 日滩面地形图

Fig.7 Topographic map of Dongsha beach on September 17, 2016

(1) 风暴“马勒卡”发生后海滩单宽体积变化量平均值为 $-73.75 \text{ m}^3/\text{m}$, 风暴“暹芭”发生后海滩单宽体积变化量的平均值为 $-54.56 \text{ m}^3/\text{m}$ 。连续风暴发生前后海滩的侵蚀程度整体呈现出: 直线段 > 上岬角遮蔽段 > 下岬角遮蔽段, 剖面形态的变化均表现出以浙江沿海的多年平均海平面为界、上冲下淤的基本特征, 而另外一小部分剖面呈现出几乎整个剖面的侵蚀。海滩各剖面的坡度在风暴发生后皆呈变缓趋势。

(2) 风暴“马勒卡”使整个海滩滨线平均后退 14.75 m, 风暴“暹芭”使得海滩滨线相对于 2 次风暴前后退 10.91 m; 风暴发生前, 海滩平均滩面宽度为 113.06 m, 第一次风暴发生后海滩宽度变为 98.31 m, 第二次风暴发生后宽度则又变为 102.15 m。

4 数据精度分析

利用 Argus 视频图像监测系统中的 iBathy 模块可以获得整个滩面的地形数据, 其所采用的插值方法为线性插值。为了验证所获数据的误差, 我们使用 RTK GPS 于 2016 年 5 月 4 日对东沙海滩进行了一次现场勘测, 在潮间带内测量 41 个控制点以验证视频测量数据的精度 (高程均为国家 85 高程), C1~C6 摄像头覆盖范围内控制点数分别为 11, 6, 7, 6, 5 和 6 个 (图 8)。

将 RTK GPS 滩面地形勘测点及 Argus 地形插值结果中对应点的高程进行比较, 发现垂向平均相对误差为 15% 且误差全部分布在 0.3 m 以下 (图 9), 6 个摄像头 (C1~C6) 误差平均值为 0.145 m, 小于视

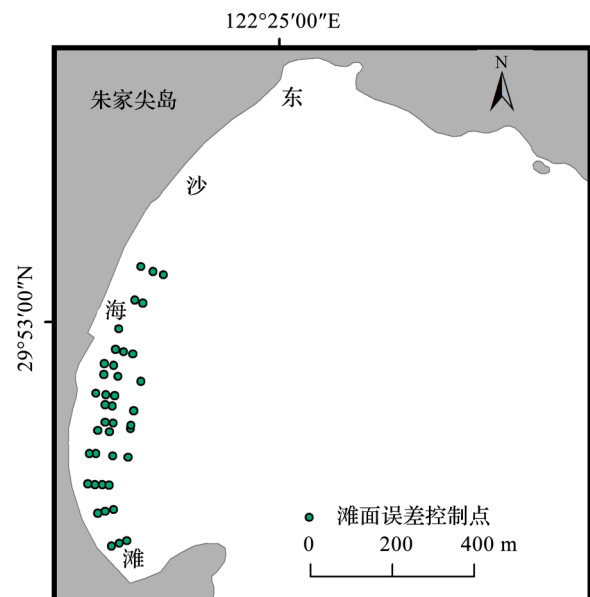


图 8 滩面误差控制点分布图

Fig.8 Distribution charts of error ground control points

频监测系统设计时的误差最大值 0.25 m, 这与很多已有研究的误差值相当^[4, 9-13]。通过比较 2 个控制点之间的实测距离与 Argus 数据算得的 2 点距离可以测算平面距离误差 (图 10), 得出平面距离误差平均值为 11.73 m (剔除异常值), 误差值主要集中在 0~10 m, 误差众数在允许范围 (0.5~20 m) 内^[6]。误差分布呈现出以下规律: 离 Argus 观测站距离越近, 垂向和平面误差越小; 误差控制点之间的间距越大, 平面距离误差越大。

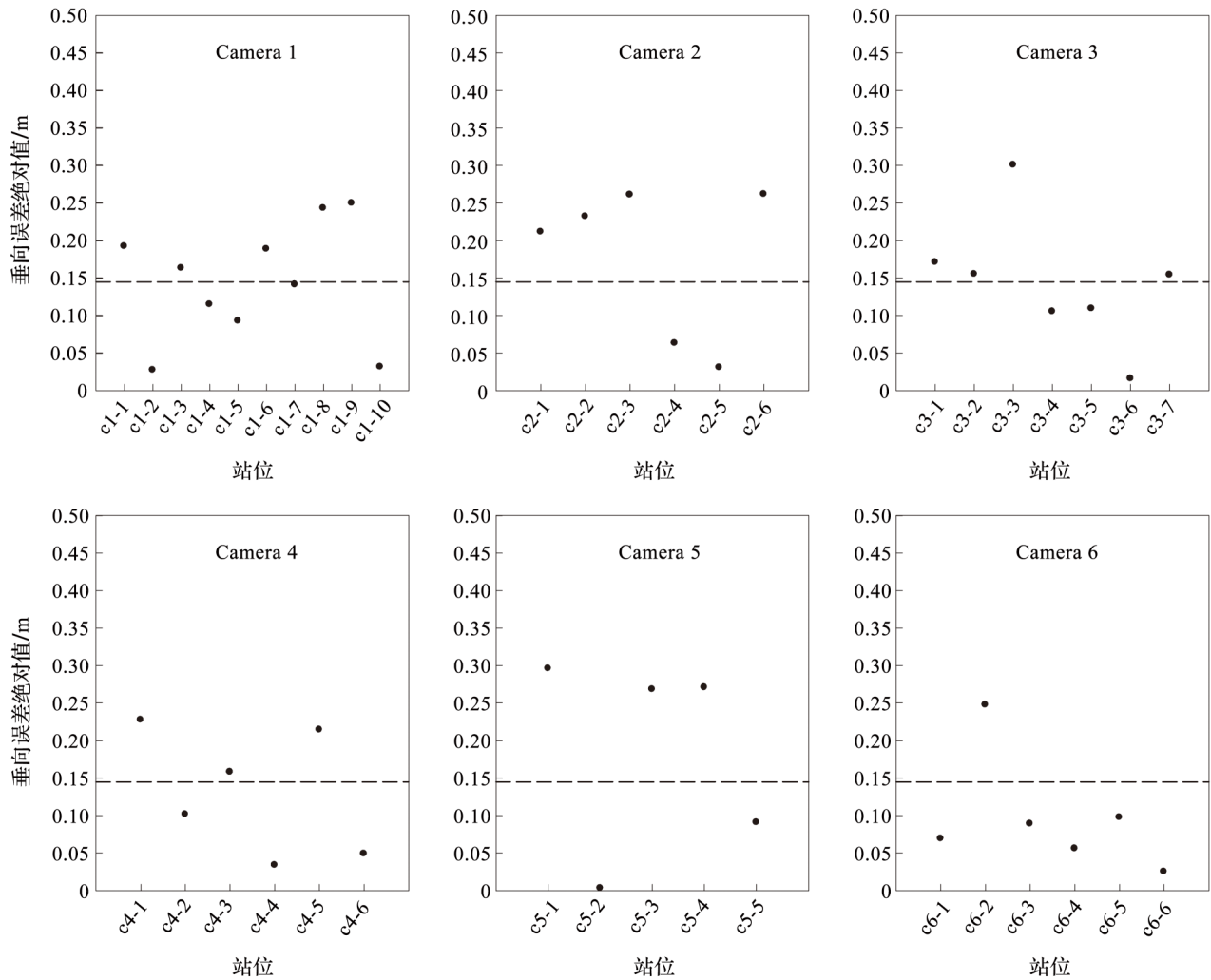


图9 各摄像头垂向误差验证

Fig.9 Verification of vertical errors of each camera

5 应用展望

由于 Argus 视频图像监测系统不仅能够提供长期、实时、连续、高分辨率的海滩地形地貌数据,而且在极端天气情况下也能照常监测,因此,近年来,Argus 视频监测系统在海外海滩研究中得到了越来越多的应用。相对而言,Argus 在国内的应用和研究尚处于起步阶段,未来有望在以下几个方面获得更多进展:

(1) 海岸工程建设评估方面

Argus 视频监测系统非常适合于海滩养护工程前后地形地貌变化的连续监测,以评估海滩养护后的演化效果^[6,9,14-16],比如 Ruessink 等^[16]在荷兰的 Noordwijk 海滩利用 Argus 获得长达 16 年的数据,研究了在不同年代进行的养护前后海滩近滨的演化过程。

基于 Argus 视频监测技术,通过定量波浪爬高与滩面沉积物的侵淤量,可以评价海岸工程建筑物对海滩地形的影响,例如: Archetti 等^[17] 通过从 Argus 图像中提取波浪爬高数据,结合数值模拟,分析了近岸潜堤对海滩的影响; Sancho-García 等^[18] 利用 Argus 视频图像数据,研究了西班牙巴塞罗那沿岸 3 个岬湾型海滩在防波堤建设后对风暴的响应特征。

(2) 近岸水动力监测与地形反演方面

近岸破波带水动力与水深地形的获取一直以来都是海滩监测中的一个弱点和难点,之前的尝试大多基于间歇性现场测量或数值模型,缺乏长期、连续的测量数据。不过,随着 Argus 监测系统技术的发展,这一难题有望得以解决。

对 Argus 图像进行分析可以得到近岸波浪信

息,如波浪周期、波向、波速、波谱等,进而借助相关波浪理论就可以反演近岸水深地形^[6,19-22]。如 Stockdon 等^[19]通过从图像中提取向岸传播的波浪速率与波数,利用线性波理论推算了近岸水深,结果显示与实测水深之间的均方根误差为 34%;后来, Bergsma 等^[22]对存在的相机边界与大潮期间显著不精确问题进行改进后,均方根误差减少到了 10%。虽然不像传统测量技术那样精确,但视频方法具有价格低廉、逻辑简单、不受恶劣天气影响的特性,并且可以长时间频繁地采样,而不需要额外的成本(除了自动分析之外)。

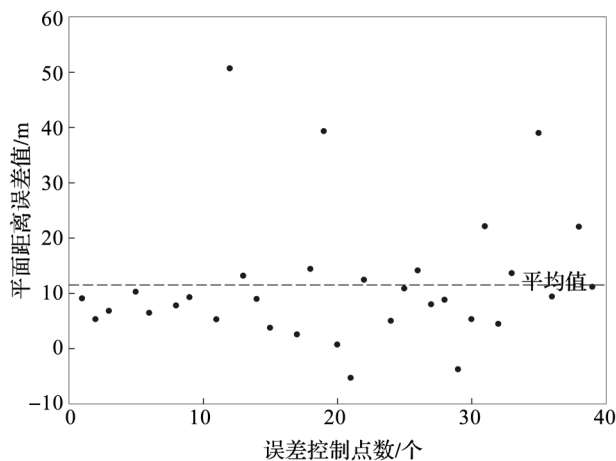


图 10 平面距离误差验证

Fig.10 Verification of plane distance error

有了近岸地形数据,就可以开展近岸沙坝演变方面的研究^[23-25],如: Van Enckevort^[23]基于 Argus 图像数据,分析了荷兰 Noordwijk 近岸沙坝在从天到年不同时间尺度上的变化特征。

Argus 视频监测系统也可用于裂流监测。裂流是导致海滩溺水事故发生的主要原因,但对裂流的现场监测与识别一直以来都是一个比较棘手的难题。近年来,调查人员大多采用高浓度粉末状或液态染料制成的示踪剂或带有 GPS 定位的浮子来监测裂流,在监测过程中,Argus 系统发挥了重要作用^[26-29]。其中, Prodger^[27]利用 2006—2012 年的 Argus 数据集,研究了英国 Perranporth 海滩不同波浪和潮位条件下裂流的发生、发展和持续性。

(3) 海滩旅游管理方面

随着 Argus 观测系统技术的不断提高和日益完善,国际上越来越多的研究人员将其用于海滩旅游管理方面,诸多研究结果也表明,基于 Argus 的视频监测方法是获得游客时空分布特征的一个有效手

段,具有传统方法所没有的诸多明显优势^[30-33]。如 Balouin 等^[33]基于 Argus 视频监测图像数据,提出了一种新的自动定量分析海滩用户数量和位置的方法,并将其用于法国 Sète 海滩 Lido 段 2012 年用户的时空分布模式分析中,进而探讨了分布模式与现场环境、气象、社会等参数的关系。可以预见,基于 Argus 视频图像的监测技术将成为海滩游客时空分布研究最重要的手段,也势必会得到越来越广泛的应用。

(4) 河口沙嘴动力地貌变化研究

河口沙嘴位于河海交汇地带,既受入海水沙的影响,又受近岸波流作用,冲淤变化比较频繁。特别是在遭受洪水或风暴潮的情况下,短时间内就会发生剧烈变化,而传统的测量方法很难捕捉到这种变化,Argus 视频监测系统正好可以解决这一难题。比如, Medellín 等^[34]从 2003 年就开始用 Argus 对西班牙 El Puntal 沙嘴的沙波进行监测与研究; Liu 等^[35]对日本天龙川入海河口处的沙洲进行视频观测,记录了 2009 年 10 月台风所造成的波浪越波现象和台风之后沙洲的自我恢复过程。

6 结 论

由于海滩侵蚀和退化已成为海滩资源保护面临的一个普遍问题,为此,首先需要准确把握海滩系统的演变规律,而这依赖于可靠、连续、长期的测量数据。由于 Argus 视频监测系统具有实时、低成本、操作简单、适应性强、分辨率较高、可提供连续数据等诸多优点,因此,近年来该技术在海外海滩研究中发展迅速,已经获得了比较广泛的应用,但在国内尚处于起步阶段。本文在简要说明 Argus 系统组成的基础上,详细介绍了该系统在我国海滩研究中的应用情况,分析了应用中所涉及的数据精度问题。期望能进一步推动该系统在我国海岸工程建设评估、近岸水动力监测与地形反演、海滩旅游管理与河口沙嘴动力地貌变化研究等方面的应用和发展,最终为我国海滩资源的综合管理、合理开发利用和保护提供强有力的技术支撑。

参考文献 (References):

- [1] Yu Jitao, Chen Zishen. Study progress of sandy coastal erosion [J]. *Tropical Geography*, 2009, 29 (2): 112-118. [于吉涛, 陈子森. 砂质海岸侵蚀研究进展 [J]. 热带地理, 2009, 29 (2): 112-118.]
- [2] Liu Haijiang, Shi Lianqiang. Nearshore real-time in situ video monitoring technique—The ARGUS system [J]. *The Ocean En-*

- gineering, 2016, 34 (2): 80-87.[刘海江,时连强.海岸带实时地视频观测 ARGUS 技术[J].海洋工程,2016,34(2):80-87.]
- [3] Zhang Suoping, Zhang Chuntian. An introduction to nearshore video image observation [J]. *The Ocean Technology*, 2006, 25 (1): 11-19.[张锁平,张春田.近海视频测量与应用[J].海洋技术,2006,25(1):11-19.]
- [4] Aarninkhof S G J. Nearshore Bathymetry Derived from Video Imagery [M]. Delft: Delft University Press, 2003.
- [5] Holland K T, Holman R A. Video estimation of foreshore topography using trinocular stereo [J]. *Journal of Coastal Research*, 1997, 13(1): 81-87.
- [6] Lippmann T C, Holman R A. Quantification of sand bar morphology: A video technique based on wave dissipation [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1989, 94(C1): 995-1 011.
- [7] Li Yuan. Preliminary Application of Argus in the Topography Evolution of Dongsha Beach [D]. Hangzhou: Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, 2017.[李源. Argus 在东沙海滩地形地貌演变中的初步应用[D].杭州:国家海洋局第二海洋研究所,2017.]
- [8] Guo Junli. Beach Response to Continuous Storms Using Argus Monitoring Data: A Case Study of Dongsha Beach in Zhoushan [D]. Nanjing: Nanjing University, 2018.[郭俊丽.基于 Argus 监测数据的海滩对连续风暴的响应——以舟山东沙海滩为例[D].南京:南京大学,2018.]
- [9] Elko N A, Holman R A, Gelfenbaum G. Quantifying the rapid erosion of a nourishment project with video imagery [J]. *Journal of Coastal Research*, 2005, 21(4): 633-645.
- [10] Siegle E, Huntley D A, Davidson M A. Coupling video imaging and numerical modelling for the study of inlet morphodynamics [J]. *Marine Geology*, 2007, 236(3): 143-163.
- [11] Ruggiero P, List J H. Improving accuracy and statistical reliability of shoreline position and change rate estimates [J]. *Journal of Coastal Research*, 2009, 25(5): 1 069-1 081.
- [12] Alegria A R D, Masselink G. Storm response and beach rotation on a gravel beach, Slapton Sands, UK [J]. *Marine Geology*, 2010, 278(1/4): 77-99.
- [13] Archetti R, Paci A, Carniel S, et al. Optimal index related to the shoreline dynamics during a storm: The case of Jesolo beach [J]. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2015, 3(11): 7 089-7 134.
- [14] Grunnet N M, Ruessink B G. Morphodynamic response of nearshore bars to a shoreface nourishment [J]. *Coastal Engineering*, 2005, 52(2): 119-137.
- [15] Castelle B, Turner I L, Bertin X, et al. Beach nourishments at Coolangatta Bay over the period 1987-2005: Impacts and lessons [J]. *Coastal Engineering*, 2009, 56(9): 940-950.
- [16] Ruessink B G, Van der Grinten R M, Vonghögen-Peeters L, et al. Nearshore evolution at Noordwijk (NL) in response to nourishments, as inferred from Argus video imagery [C]//Kranenburg W M, Horstman E M, Wijnberg K M, eds. Crossing Borders in Coastal Research, Jubilee Conference Proceedings, 20th NCK-days. Enschede, 2012.
- [17] Archetti R, Gaeta M G. Wave run-up observation and 2DV numerical investigation on beaches protected by structures [C]// Coastal Engineering Proceedings. Santander, Spain, 2012.
- [18] Sancho-García A, Guillén J, Ojeda E. Storm-induced readjustment of an embayed beach after modification by protection works [J]. *Geo-Marine Letters*, 2013, 33(2/3): 159-172.
- [19] Stockdon H F, Holman R A. Estimation of wave phase speed and nearshore bathymetry from video imagery [J]. *Journal of Geophysical Research*, 2000, 105(C9): 22 015-22 033.
- [20] Chickadel C C. Remote Measurements of Waves and Currents Over Complex Bathymetry [D]. Oregon: Oregon State University, 2007.
- [21] Poate T, Russell P. Response of high-energy, macrotidal beaches to seasonal changes in wave conditions: Examples from North Cornwall, UK [J]. *Journal of Coastal Research*, 2009, 25(1): 747-751.
- [22] Bergsma E W J, Conley D C, Davidson M A, et al. Video-based nearshore bathymetry estimation in macro-tidal environments [J]. *Marine Geology*, 2016, 374: 31-41.
- [23] Van Enckevort I M J. Daily to Yearly Nearshore Bar Behaviour [D]. Netherlands: Utrecht University, 2001.
- [24] Armaroli C, Ciavola P. Dynamics of a nearshore bar system in the northern Adriatic: A video-based morphological classification [J]. *Geomorphology*, 2011, 126(1/2): 201-216.
- [25] Masselink G, van Heteren S. Response of wave-dominated and mixed-energy barriers to storms [J]. *Marine Geology*, 2014, 352: 321-347.
- [26] Austin M, Scott T, Brown J, et al. Temporal observations of rip current circulation on a macro-tidal beach [J]. *Continental Shelf Research*, 2010, 30(9): 1 149-1 165.
- [27] Prodger S. Argus Observations of Rip Current Variability Along a Macro-tidal Beach [D]. England: Plymouth University, 2012.
- [28] Scott T, Masselink G, Austin M J, et al. Controls on macrotidal rip current circulation and hazard [J]. *Geomorphology*, 2014, 214: 198-215.
- [29] Scott T, Austin M, Masselink G, et al. Dynamics of rip currents associated with groynes—Field measurements, modelling and implications for beach safety [J]. *Coastal Engineering*, 2016, 107: 53-69.
- [30] Osorio A. Technical Development and Methodologies Based on Video Systems for the Management of the Coast [D]. Spain: University of Cantabria, 2005.
- [31] Jiménez J A, Osorio A, Marino-Tapia I, et al. Beach recreation planning using video-derived coastal state indicators [J]. *Coastal Engineering*, 2007, 54(6/7): 507-521.
- [32] Guillén J, García-Olivares A, Ojeda E, et al. Long-term quantification of beach users using video monitoring [J]. *Journal of Coastal Research*, 2008, 24(6): 1 612-1 619.
- [33] Balouin Y, Rey-Valette H, Picand P. Automatic assessment and analysis of beach attendance using video images at the lido of Sète Beach, France [J]. *Ocean & Coastal Management*, 2014, 102: 114-122.
- [34] Medellín G, Medina R, Falqués A, et al. Coastline sand waves

- on a low-energy beach at "El Puntal" spit, Spain [J]. *Marine Geology*, 2008, 250(3/4):143-156.
- [35] Liu H, Tajimay, Sato S. Long-term monitoring on the sand spit

morphodynamics at the Tenryu River Mouth [C]//Proceedings of 32nd Conference on Coastal Engineering. Shanghai, China, 2010.

Application Progress and Prospect of Argus System in Beach Research in China^{*}

Shi Lianqiang¹, Guo Junli^{1,2}, Liu Haijiang³, Ye Qinghua⁴

(1. *Second Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, State Research Centre for Island Exploitation and Management, Hangzhou 310012, China*; 2. *State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200241, China*;
3. *College of Civil Engineering and Architecture, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China*;
4. *Deltares, Delft, 2614HV, the Netherlands*)

Abstract: Reliable, continuous and long-term data is needed in order to understand precisely the evolution of a beach system. Because of the advantages of real-time, low cost, simple operation, strong adaptability, high resolution and continuous data, Argus video monitoring system has developed rapidly in recent years, and its research and application fields have gradually expanded. Composition of the Argus system was briefly introduced, and the application of this system in beach research in China was described, and the accuracy of the extracted data was analysed. It was shown that the average vertical and plane distance error is 0.145 m and 11.73 m respectively, which depends on the distance from Argus observatory. Argus system has been widely used in beach research abroad, but it is still in the early stage in China. In the future, it is expected to provide more powerful and perfect technical support in coastal engineering construction evaluation, coastal hydrodynamic monitoring and bathymetry inversion, beach tourism management and research on morphodynamic evolution of estuary sand spits.

Key words: Argus system; Beach study; Data extraction; Video monitoring.

* **Foundation item:** Project supported by the Public Science and Technology Research Funds Projects of Ocean "Research and application on management technology of island tourism beach" (No. 201405037).

First author: Shi Lianqiang (1977-), male, Qingzhou City, Shandong Province, Professorate Senior Engineer. Research areas include estuarine and coastal geomorphology. **E-mail:** lqshi@sio.org.cn