

激光测距仪在海崖剖面形态快速测量中的应用

常方强¹, 孟希¹, 罗才松²

(1. 华侨大学 土木工程学院, 福建 厦门 361021;

2. 福建工程学院 土木工程学院, 福建 福州 350108)

摘要: 提出一种利用激光测距仪快速测量海崖及海蚀槽剖面形态的方法. 选取福建省平潭岛东北部的7条海崖作为测量研究区, 定时段进行崖面剖面形态的测量. 结果表明: 研究区中的4个海蚀槽均发育在距崖底1.0 m高度范围内, 且海蚀槽上部崖面的倾角大于下部崖面的倾角; 一个断面的剖面测量只需7~16 min, 且能够测量人不易达到的区域.

关键词: 激光测距仪; 海崖; 海蚀槽; 剖面

中图分类号: P 741.6

文献标志码: A

海岸带地形地貌测量是海洋工程师和学者们关注的重要问题. 对海岸剖面进行高度、宽度、坡度和沉积物体积等测量, 能够获得海岸地形地貌形态及其变化情况^[1]. 迄今为止, 海岸带地形地貌测量已发展了多种剖面测量方法, 主要包括地面测量方法和空中测量方法^[2-5]. 地面测量方法结合高精度GPS可以提高测量精度, 将误差控制在1 cm之内, 但对于难以攀爬的海蚀崖(以下简称海崖)以及一些局部地貌形态则难以测量出剖面形状. 空中测量方法较为先进, 适合大范围的测量, 对于局部地貌形态则无法测量, 或测量精度较低, 花费较大. 上述测量方法对于坡度较小的海滩剖面测量适用性较好, 对于坡度较大(30°以上)的海崖适用性较差, 对于海崖上部海蚀槽和海蚀平台等微地貌形态则无法测量. 在保证测量人员的人身安全以及满足经济需求适用性等前提下, 本文提出一种基于激光测距仪的快速、简易、低成本的海崖剖面形态的测量方法, 特别地, 该方法能够测量出海蚀槽的剖面形态.

1 测量仪器和方法

1.1 测量仪器

选用GLM80型手持式激光测距仪(德国博世(BOSCH)公司), 尺寸为111 mm×51 mm×30 mm, 内置充电式锂电池, 总质量为140 g. 该仪器内置±60°倾角传感器, 能同时测出距离和倾角, 借助此功能, 可连续测出距离和倾角一组数据, 进而绘制出海崖的剖面形状. 测量距离可达80 m, 精度为±1.5 mm; 倾斜度测量范围为±60°, 精度为±0.2°.

对于海崖的剖面形状测量, 毫米级的误差完全能够满足要求. 测量数据可以自动存储在仪器里, 为了避免数据丢失, 测量时手动记录在记录表上. 仪器后部安置有固定螺丝, 为减小测量误差, 将固定螺丝拧到三角架上配合使用.

1.2 测量方法

将三脚架置于崖面前方的海滩上, 支脚插入砂土中进行固定. 为了获得较佳的测量质量, 测距仪倾斜角度控制在30°以内, 测量距离控制在50 m以内, 三脚架离崖面的垂直距离 L 为

收稿日期: 2014-10-10

通信作者: 常方强(1980-), 男, 副教授, 博士, 主要从事海岸与海洋工程地质的研究. E-mail: changfq@hqu.edu.cn.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41306051)

$$(H-H_0)/\tan 30\leqslant L\leqslant 50.$$

(1)

若三脚架高度取 1.0 m,即

$$1.7H-1.7\leqslant L\leqslant 50.$$

(2)

式(1),(2)中: H 为海崖的垂直高度; H_0 为三脚架高度.

将测距仪安置于三脚架上部,激光发射口对准崖面,调整测距仪的倾角使其为零,此时测距仪处于水平状态.水平转动测距仪测量几组距离数据,距离最小时,表明激光垂直于崖面,此时,拧紧三脚架水平转动的螺丝,防止其发生水平转动.测量时,使激光发射点对准崖面的脚部,按下启动键进行测量,记录距离和倾角.然后,抬高测距仪激光发射口一端,使测距仪倾角变小.普通崖面的剖面形态测量,倾角每次变化 1.0° ,海蚀槽的剖面形态测量,倾角每次变化 0.5° ,记录距离和倾角,直至激光发射点达到崖顶.依此方法,获得一组崖面距离和倾角的数据.

利用 Auto CAD 软件将现场实测的崖面数据绘制成崖面形状.首先,确定一个点.例如,可将 Auto CAD 的坐标原点定为测距仪的测量基点,输入“@距离<角度”命令,绘制出一条直线.依此方法,绘制出所有数据的直线,利用样条曲线连接其末端即可获得崖面的形状.

2 测量结果

为了检验测量方法的可靠性,选取福建省平潭岛东北部流水镇流水码头附近的海崖作为测量研究区,进行崖面剖面形态测试.共测试不同位置的 7 条崖面的剖面形态(从流水码头至西楼村方向,编号分别为 1#~7#),每条剖面的测量位置采用 GPS 定位和木桩基准点定位,具体位置如表 1 所示.表 1 中:1#,3#,4#为普通崖面;2#,5#,6#,7#为发育有海蚀槽的海崖.

为了检测该仪器的可靠性,在室外一直立墙面前方 10 m 处放置该测距仪,不断变化角度,测量直立墙面的剖面形状,测量结果与竖直墙面的理论形状十分接近,误差在 ± 0.2 mm 以内.

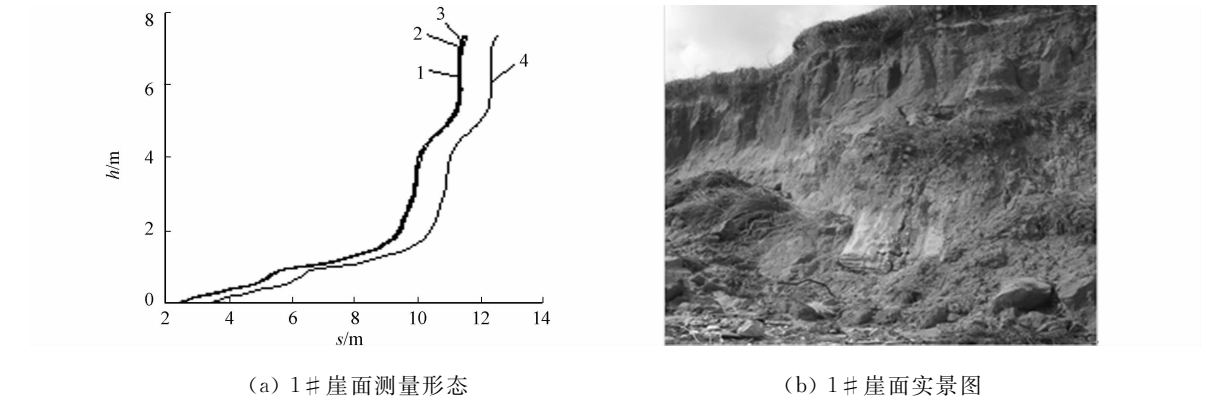
表 1 剖面位置

Tab. 1 Location of profiles

编号	经度	纬度	编号	经度	纬度
1#	119°50′9″	25°34′19″	5#	119°50′11″	25°34′18″
2#	119°50′10″	25°34′19″	6#	119°50′12″	25°34′18″
3#	119°50′10″	25°34′18″	7#	119°50′12″	25°34′17″
4#	119°50′11″	25°34′18″			

2.1 普通崖面形态

崖面的测量结果,如图 1 所示.图 1 中: s 为离基准点水平距离; h 为海崖高度.1#崖面的剖面形状共测试 4 次,以检测该方法重复测量的可靠性.其中,前 3 次位于同一地点,第 4 次测试地点比前 3 次远离崖面 0.5 m,测试结果如图 1(a)所示.由图 1(a)可知:同一位置测量的剖面形状几乎完全重合,最大差距为 0.8 mm,可能是由于现场测量时风力较大导致三脚架和仪器微振动引起的.测量结果记录在笔记本上,每测量 15 组数据检查其正确性,每条崖面的测量时间为 7~16 min.3#,4#普通崖面的测量结果,如图 1(c)和图 1(e)所示.



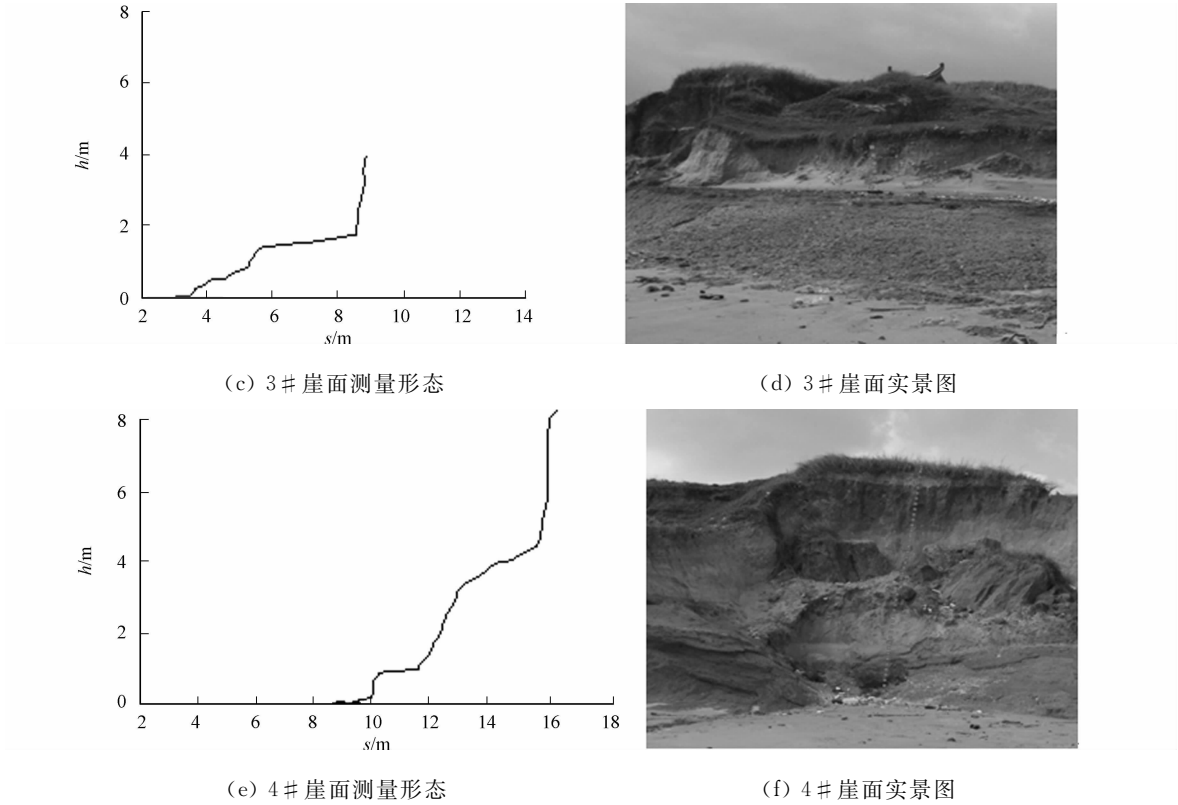
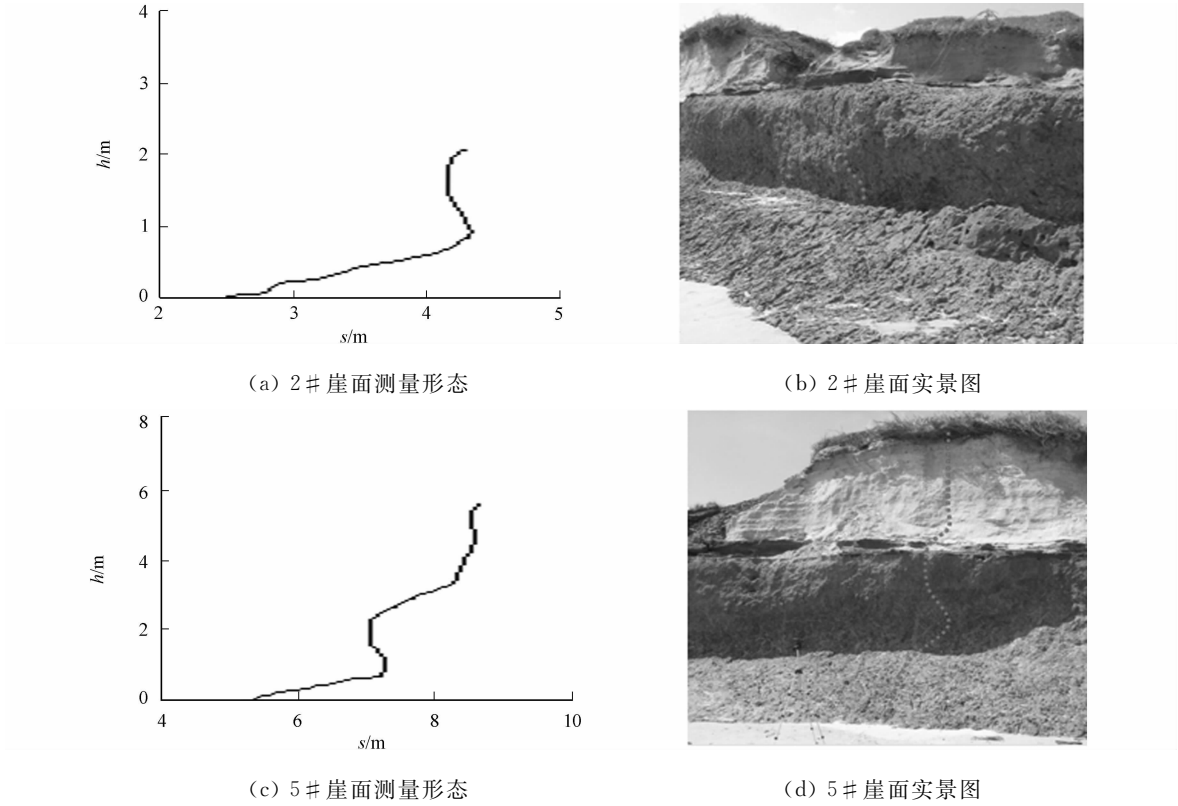


图 1 海蚀崖面的测量结果
Fig. 1 Results of measured sea-cliff profiles

2.2 海蚀槽形态

为了测量到海蚀槽的局部形态,测距仪倾角每次变化 0.5° ,其他位置每次变化 1.0° ,在研究区 330 m 的岸线范围内,共观测到 2# ,5# ,6# ,7# 等 4 处崖面发育有海蚀槽.测量结果如图 2 所示.图 2 中: s 为离基准点水平距离; h 为海崖高度.



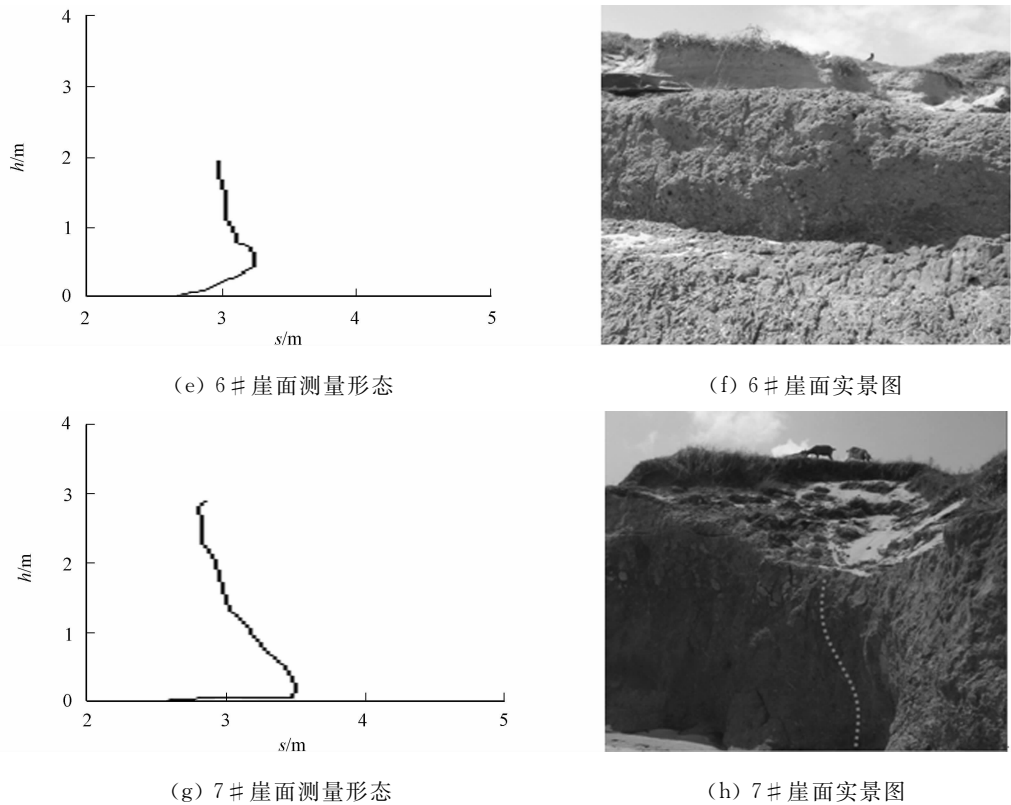


图 2 海蚀槽的剖面形态

Fig. 2 Results of measured marine notches

3 讨论

3.1 测量海崖剖面形态的原因

受海平面上升、波浪、降雨等因素影响,海崖逐年后退^[6]. 对于快速蚀退的海崖,明确其形状和位置具有重要意义. 采用极限平衡法计算海崖土体的大规模滑塌时,海崖高度、坡度等形状数据是必需的参数. 了解崖面形态,特别是局部地貌形态有助于理解蚀退诱发因素、蚀退过程和机制. 每隔一段时间测量海崖的位置,能计算出蚀退速率. 测量海崖的剖面形态,通过对比海崖剖面形态的变化能估算出蚀退土体的体积,如图 3 所示. 每次测量时,测距仪确保在水平面上的同一位置(测量基点),结合高精度 GPS 定位和打设桩体定位. 估算海崖的蚀退速率和蚀退量可为海崖保护和城乡土体规划提供参考建议.

3.2 测量海蚀槽剖面形态的原因

海蚀槽是发育在海崖(软质海崖或岩质海崖)上的沟槽,其走向平行于海岸线. 海蚀槽形成的主要原因是波浪、潮汐的动力作用及化学溶解. 随着波浪等作用的持续,海蚀槽发育越来越大,当发育到一定程度时,上覆土体失去支撑作用而发生大规模滑塌,造成海崖的一次性严重蚀退. 海蚀槽的位置和高度也常用于海平面变化的调查. Pirazzoli^[7]指出除了海蚀槽的高度,海蚀槽的形状也非常重要,并给出了 9 种可能发育有海蚀槽的地层. 迄今为止,细致地测量出海蚀槽的文献报道较少,多数是通过简单测量后手绘出来. Pirazzoli 建议海蚀槽形态的测量包括:1) 海蚀槽顶点位于崖底的以上高度;2) 海蚀槽槽底边缘和槽顶边缘的垂直高度,即槽高(图 4);3) 海蚀槽的深度,简称槽深,即顶点至崖面的距离^[7].

研究区观测到的 4 个剖面中发育的海蚀槽形态,其各部分要素如表 2 所示. 表 2 中: h_1 为距崖底的高度; h_2 为槽高; h_3 为槽深; θ 为海蚀槽倾角. 由表 2 可知:各个海蚀槽均发育在距崖底 1.0 m 的高度范围内;7# 断面处,海蚀槽槽底紧贴海滩面,发育 2 个相邻的海蚀槽,可能是由于该处原先存在一花岗岩球状风化大孤石,经波浪侵蚀搬运后形成的. 离 7# 断面大约十几米的地方,有一处非常明显的球状凹坑存在,其成因同 7# 断面. 海蚀槽倾角位于 $23^{\circ}\sim 29^{\circ}$ 范围内,且海蚀槽上部崖面的倾角大于下部崖面的倾角. 上部土体的蚀退破坏面几乎是垂直的,以块状形式蚀退;下部是波浪逐渐崩解侵蚀土颗粒,以粒状形式蚀退.

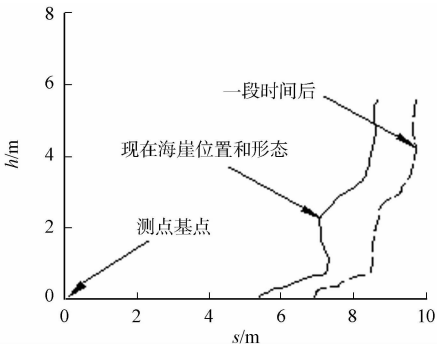


图 3 不同时间海崖剖面形态的测量

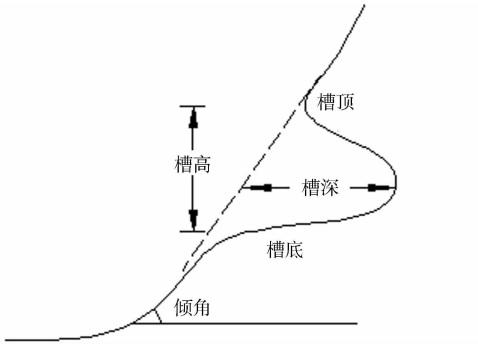


图 4 海蚀槽形态要素

Fig. 3 Measuring of profiles of sea-cliff at different time

Fig. 4 Profile factors of marine notches

表 2 研究区海蚀槽形态要素

Tab. 2 Profile factors of marine notches under investigation

要素	2 井	5 井	6 井	7 井
h_1/m	0.91	0.93	0.55	0.04
h_2/m	0.91	1.00	0.56	1.20
h_3/m	0.45	0.73	0.27	0.49
$\theta/(\text{^\circ})$	23	24	29	—

3.3 影响测试结果的因素

在现场测试过程中,阳光、测试距离与倾角、平台、植被等因素会对测试结果产生影响. 阳光对激光测距有一定干扰,这是因为阳光光谱宽度较大,能够“淹没”测距仪发出的激光束,导致接收器不能正确接收本身发出的信号;再者阳光较强时,可能无法观测到发射出的激光点位置. 为解决这个问题,测试可以选择在没有阳光的天气里进行,如阴天或早上、傍晚没有阳光的时段. 此外,适当缩短测量距离,选择量程较大的测距仪均有助于提高精度. 文中测距仪的有效量程为 80 m,选择在阴天的凌晨时段进行测量,最大测量距离控制在 20 m 以内. 因此,测量结果的精度较高.

在测量过程中,测量距离不应超出仪器的有效量程,倾角也不应超过有效倾角范围. 若测量倾角过大,仪器会自动提醒. 因此,仪器应位于崖面前适当距离,具体可参见式(1),(2). 当崖面存在平台时,平台上的局部地貌形态,如凹坑则无法测量出来,这是文中测量方法的缺陷. 若要测量平台的地貌形态,可将测距仪移至平台. 当崖顶或崖面有草丛时,激光无法反射回来,因此无法测量有草丛的崖面. 本次测量中的崖面上没有植物,测量到崖顶的植物时,数据异常. 此外,由于仪器不耐水,下雨时无法测量;当风势较大时,可能导致测距仪摆动,从而降低测量精度.

3.4 与其他测试方法的比较

传统的测量方法,如 Emery 地方法^[2]、水平尺方法、经纬仪和全站仪,以及 LiDAR 等方法均能够测量一定范围内滩面形态,但这些方法受人力、地质环境、工具自身局限性的影响均无法测量坡度较大的海崖剖面形态,更无法测量海崖的细微变化. Kershaw 等^[8]给出了一种利用卷尺和木杆测量海蚀槽剖面的方法,但只限于人能够接触的位置,由于皮尺自身直度、风力影响、量程等因素亦限制了该测量方法的精度,且在测量的过程中,容易偏移方向,产生较大的误差. 激光测距仪能够很好地规避卷尺、木杆测量的问题,对于经纬仪、全站仪测量中坡度较大和人无法达到的位置亦可以精确测量,且测量工作量大大幅降低. LiDAR 方法虽然可测量大面积海滩地形情况^[9],但文中方法在经济上更实惠,既适用于各种小型工勘测程建,也适用于军事抢滩行动对滩地地形的掌握. 文中方法根据仪器精度与光照和反射条件,测量的崖面高度可达 20~30 m,测量距离可达 80 m.

利用激光测距仪测量海崖剖面形态的方法,其优势在于:1) 测距仪体积小、重量轻、携带和操作方便;2) 不需事先设置,且消耗较少电能;3) 测量快速,且能够测量人不能到达的区域;4) 测量精度高,方便测出长度和角度,进而利用绘图软件容易绘出海崖剖面形态和海蚀槽形态,为计算蚀退速率和土体蚀退量提供基础数据.

4 结 束 语

提出一种利用激光测距仪测量海崖剖面形态的方法,该方法能测出海崖的局部地貌形态,如海蚀槽的几何形态. 该方法的测量精度高、速度快,一个断面的测量只需 7~16 min,且能够测量人不易到达的区域. 这种测量方法能够为研究海崖的蚀退机制、海崖防护和城乡土地规划等提供参考建议.

参考文献:

[1] SHORT A D. Handbook of beach and shoreface morphodynamics[M]. New York:John Wiley and Sons Ltd,2000: 15.

[2] EMERY K O. A simple method of measuring beach profiles[J]. Limnology and Oceanography,1961,6(1):90-93.

[3] DOLAN R,FERM J C. Temporal precision in beach profiling[J]. The Professional Geographer,1967,19(1):13-15.

[4] DENNY M W,GAINES S D. Encyclopedia of tidepools and rocky shores[M]. Berkeley:University of California Press,2007:705.

[5] ROSSER N J,PETLEY D N,LIM M,et al. Terrestrial laser scanning for monitoring the process of hard rock coastal cliff erosion[J]. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology,2005,38(4):363-375.

[6] 刘建辉,蔡锋,雷刚,等. 福建软质海崖蚀退机理及过程分析:以平潭岛东北海岸为例[J]. 海洋环境科学,2010,29(4):525-530.

[7] EUGEN S. Sea-level research: A manual for the collection and evaluation of data[M]. Amsterdam,Elsevier Science Publishers B V,1986:361-400.

[8] KERSHAW S,GUO L. Marine notches in coastal cliffs: Indicators of relative sea-level change, Perachora Peninsula, Central Greece[J]. Marine Geology,2001,179(16):213-228.

[9] ADAM P,YOUNG R E,FLICK R,et al. Comparison of short-term seacliff retreat measurement methods in Del Mar, California[J]. Geomorphology,2009,112(3/4):318-323.

Application of Laser Distance Meter in Rapid
Measurement of Sea-Cliff Profiles

CHANG Fang-qiang¹, MENG Xi¹, LUO Cai-song²

(1. College of Civil Engineering, Huaqiao University, Xiamen 361021, China;
2. College of Civil Engineering, Fujian University of Technology, Fuzhou 350108, China)

Abstract: One method for rapid measuring the form of sea-cliff and marine notches with laser distance meter was presented. Seven sea-cliff profiles at the northeast of Pingtan island in Fujian province were investigated, and the form of profiles were measured at certain time intervals. The results shows, four marine notches developed in the height range of 1.0 m from the bottom of the cliff, and the angles of cliff upper part are greater than those at the lower part. One cross-section measuring just spends 7-16 min and it can measure these areas where manpower is hard to reach.

Keywords: laser distance meter; sea-cliff; marine notches; profiles

(责任编辑: 钱筠 英文审校: 方德平)