

赵 乐,庄振业,曹立华,等. 葡萄牙特洛亚半岛海滩养护及疏浚沙养滩的意义[J]. 海洋地质前沿,2019,35(2):37-42.

葡萄牙特洛亚半岛海滩养护及疏浚沙养滩的意义

赵 乐¹,庄振业¹,曹立华¹,邱若峰²,张永华³

(1 中国海洋大学海洋地球科学学院,青岛 266100;2 河北省海洋地质资源调查中心,河北秦皇岛 066000;3 国家海洋环境检测中心,大连 116023)

摘 要:葡萄牙特洛亚半岛海滩近十余年受到强烈侵蚀,海浪冲刷到数千万年稳定的古罗马遗址,在 2006—2007 年,当局将 28.6 万 m³ 港口航道疏浚沙抛填至海滩上,进行养滩修复,效果较好,拓宽了干滩,稳定了古罗马遗址,发展了旅游业。这不仅是一个完美高效的养滩工程,而且还是一个极其节约的工程,使用疏浚沙不仅降低了运输费,还为港口节约了购买抛沙海域的费用。我国港口航道甚多,每年至少约有 8 亿 m³ 疏浚沙,很少用于养滩工程,反而购置河道沙和邻近河口沙。若改用疏浚沙养滩,可极大地降低养护成本,既可节约购沙经费,还可为港口部门节约抛沙海域的购置费用,而且也能抛沙取沙海域维持正常的航运环境。

关键词:疏浚沙;海滩养护;沙源;特洛亚半岛

中图分类号:P753 文献标识码:A DOI:10.16028/j.1009-2722.2019.02005

0 引言

随着经济的发展,保护和维持沿岸自然栖息地变得越来越困难,与此同时,沿岸休闲区域的需求也正在提高,处理这些问题的方法之一就是依赖于海滩养护工程。宽阔的海滩在高水位和风暴潮间,可以作为有效的能量吸收者,也可以作为一个沙库,运移并沉积到岸外,来阻挡大浪的来袭,进一步降低作用于海岸的波浪能量。对于海滩的修复和养护有很多的研究案例^[1-5],国内外也取得了许多成功的海滩修复和养护经验。过去的十年里,海岸防护技术逐渐从“硬防护工程”变为“软防

护工程”^[1-3]。在海滩和沙丘的保护、短期侵蚀(即风暴潮引起的侵蚀)和长期侵蚀(如防护工程的侵蚀和海平面上升带来的问题)的恢复方面,海滩定期补沙已经成为一种被广泛接受的方式^[4,5]。

现代海滩养护主要的思想是要进行合理施工,尽可能的降低成本,提高养护的效率。一方面,虽然现在海滩养护技术蓬勃发展,工程实施方案趋于完善,但是近年来随着海平面的不断上升,对海滩的威胁越来越大。另一方面,我国地域辽阔,需要进行海滩修复养护的海岸甚多,所面临的最主要问题是沙源从何处来。葡萄牙的特罗亚半岛所进行的海滩养护工程是一个新的成功,值得借鉴。

1 区域概况

特洛亚半岛位于大西洋东侧的葡萄牙萨杜河口附近(图 1),距离里斯本约 50 km。此岛主要

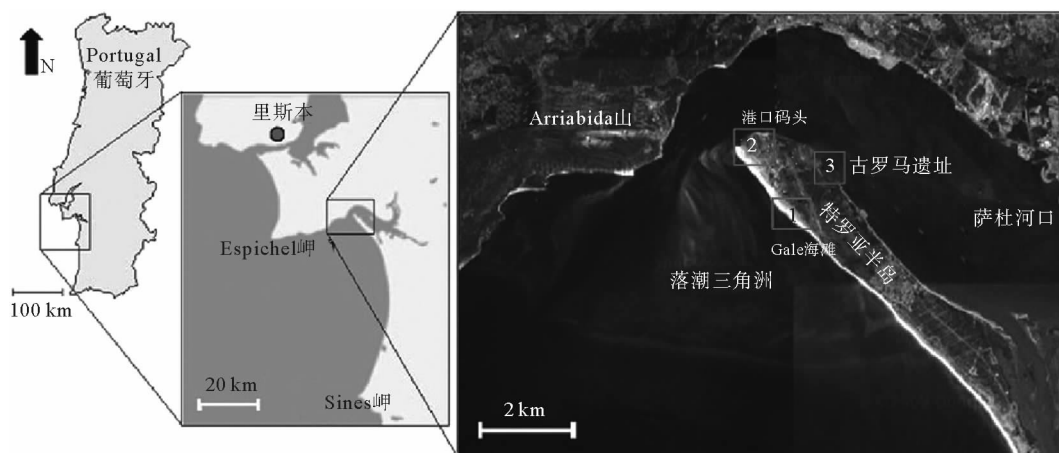
收稿日期:2018-10-06

基金项目:自然资源部海域管理技术重点实验室开放研究基金“海滩养护技术研究”(201706)

作者简介:赵 乐(1995—),男,在读硕士,主要从事海底探测方面的研究工作. E-mail: 987241285@qq.com

区域位于 38°N 与 9°W 附近,是一个 SE—NW 走向的狭长沙嘴,长约 25 km,宽 0.5~1.5 km。半岛向萨杜河口方向延伸,沙嘴北端被萨杜河的人

海口所限制,形成大型的落潮三角洲,向海延伸约 3 km^[6],其 NW 向的 Arriabida 山为 Espichel 岬角。



红色区域为养护的区域;1 为 Gale 海滩区;2 为港口码头区;3 为古罗马遗址区

图 1 葡萄牙特罗亚半岛区域位置(据文献[6])

Fig. 1 Location of Tróia Peninsula (after reference [6])

特罗亚半岛的常风向为 N、NE 和 NW,风速为 2~3 m/s,强风向 S 和 SE,最大风速可达 12 m/s。此地区沿岸的主要年际浪向为 NW 和 SW 向,夏季和冬季有效波高变化范围分别是 1~2 m 和 2~4 m,波浪周期分别为 5~8 s 和 10~14 s^[7]。码头与 Arriabida 山之间为潮流通道,潮流发育多为常规半日潮,潮差范围 3.5~1.5 m,属中等潮差^[8],潮流速度在 1~3 m/s 之间^[9,10]。

Gale 海滩位于特罗亚半岛的西南侧,呈 NW—SE 向延伸,是葡萄牙地区著名的旅游胜地。由于中潮差的潮汐和 NW 方向优势浪的折射和绕射,特罗亚半岛西北部沿岸流方向主要是从南向北,所以半岛北部成为特罗亚沿岸沉积物运移的汇集区域。码头和海滩地区的沙丘脊线被侵蚀消减成约 100 m 宽的低、平和植被较少的区域,干滩面积大幅度减少,仅仅码头地区 3 个月就有 1 500 m² 的范围受到侵蚀影响,侵蚀厚度 >0.2 m,约有 700 m³ 沙被浪带走,严重影响当地的旅游事业^[7]。另外,还有著名的古罗马遗迹位于特罗亚半岛的西北部(图 1),由于常浪向为 N 向受到侵蚀的情况更为严重,原本存在其前部的广阔展坪区,由于近年来的侵蚀冲刷已经消失,现已侵蚀到古罗马遗址建筑物前,尤其是在涨潮期间海

水已可以冲到遗址区域里,威胁遗址的安全。

2 海滩养护过程

2.1 海滩养护工程和设计

特罗亚半岛的海滩养护主要的抛沙位置主要有 3 个区域分别是沿海的 Gale 海滩、码头地区和罗马遗址地区(图 1)。在 2006 到 2007 年之间的冬天,来自码头区域的疏浚沙通过管道泵输送到 1 km 外的海边。在此区域共抛沙 $28.6 \times 10^4 \text{ m}^3$,全部抛于近岸纵向 1 700 m 范围内^[6]。海滩沙抛填的主要区域海滩拓宽 100 m,向南逐渐减少。

(1) Gale 海滩地区

$20 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的疏浚泥沙沿着沙嘴北端沿海滩大约 600 m 的岸线抛填和分配。海滩填充设计包括一个宽阔的海滩滩肩建设,以提高休闲区面积。经计算此区域的单宽抛沙量约为 $333.4 \text{ m}^3/\text{m}$,自然滩肩的顶部是抛沙的区域,将其拓宽到 100 m,南部抛填的高度较低,滩肩高程保持在 3 m 的高度(相对于平均海平面)。

(2) 港口码头区域

在靠近码头港口的河口处共抛沙 5.5×10^4

m³,东侧养护范围是离岸400 m,西侧则是限制在近岸200 m范围内。由于靠近萨杜潮流通带,在平均海平面以上,海滩填充设计局限于干滩地区,包括拓宽码头两侧海滩滩肩宽度最大达30 m,升高滩肩至3 m。

(3) 古罗马遗址地区

此区域共计抛沙 2.6×10^4 m³,放置在离岸400 m范围内。需要保护古罗马遗址,填充设计包括一个宽阔的滩肩,作为缓冲区,阻挡潮流和波浪的侵蚀作用,此区域的单宽抛沙量为65 m³/m。根据特洛亚半岛地区的潮流情况,设计海滩滩肩高程为3 m,滩肩宽度计划在中心区30 m宽,减少近岸向两侧的宽度,与邻近海滩之间形成过渡。

2.2 抛沙选址的依据

海滩养护前2个选取的养护地点分别是在Gale海滩地区和码头地区。疏浚物在这里主要用途是增加度假村附近的旅游海滩的面积,此处是游客最常去的地方,同时距离疏浚区比较近,只需要一个泵站就可以将疏浚物输运到干滩区,增加干滩的宽度。植被生长区域得到扩大,而海滩植被的发展又可以进一步为海滩的修复做贡献,沙鸥筑巢和栖息地区域增大,为当地生态群落的发展有所贡献。增加海滩滩肩,恢复被侵蚀而中断的水下沙丘,以减少当地的频繁冲刷及洪水作用,促进沿岸沙丘稳定和重建天然沿岸沙丘群。在新码头建设地点的两侧显示出岸线位置的微小变化,海滩主要由河口水动力控制,一些侵蚀特征如缺少海滩滩肩及存在陡坡和不稳定沙丘。对这些海滩地区的养护有利于增加缓冲侵蚀的能力。由于靠近萨杜潮流通带,在平均海平面以上,海滩填充设计局限于干滩地区,包括拓宽码头两侧海滩滩肩宽度最大达30 m,升高滩肩至3 m (MSL)。在大叶藻分布区附近,海滩养护的范围局限在西侧近岸200 m内。海滩向陆能够进行没有任何限制的高沙丘建设。如果沉积物供应充足,可以设计一个包括坝顶高程4 m的水上沙丘 (MSL)。

第3个选取的养护地点是罗马遗址地区。在卡尔代拉潟湖口南侧,罗马废墟遗址形成实际的海岸线,在高潮期间,构筑物部分被淹没,且易受到波浪侵蚀作用。保护遗址的解决方案是在罗马

遗址建设一个宽阔的海滩和一个宽阔的旅游展坪区,恢复古罗马遗址地区风光,通过对泥沙的合理利用有助于恢复和保护该地区的文化价值。

2.3 结果和监测

养护工程于2007年3月完成,在工程结束之后,需要对其成果进行长期监测以确保其是否收到预期的效果。监测系统是一系列的陆上(沙丘和滩肩)测量和潮间带地带测量,范围覆盖了整个海滩养护的区域。监测剖面间隔15 m,每年测2次,为保证每次能够测得最大范围,测量一般都在最大潮期间,因为对水下2 m的落潮三角洲有影响。

海滩养护过程共持续了4个半月,在养护过程中使泥沙沿着岸边和垂岸线方向进行了重新的分配,使养护后可以具有一定的滩面坡度。抛沙养滩后,起初的3个月(2007年5—8月),海滩沙嘴南部发生侵蚀,北部发生淤积,此区域是养滩期间疏浚沙的集中投放区,沉积物被重新分配,岸线位置向海移动。尤其是古罗马遗址地区的养护更是出现了巨大的变化,从图2可以看出,古遗迹地区发展稳定,抛沙后遗址台阶前的滩面扩展了大约30 m的距离。2007年8月—2008年8月,填



图2 古罗马遗址地区2005年9月—2007年8月海滩变化(据文献[6]修改)

Fig. 2 Changes of the beach around the ancient Rome site, from September 2005 to August 2007 (modified from reference [6])

沙区南半段持续侵蚀,尤其是潮间带上部区域,导致岸线继续后退,形成一个平缓的滩面。北部得到大量沉积物,导致岸线向海推进。沙丘由原来的侵蚀转变为淤积状态,上方有了植物的生长,滩肩高度达到3 m左右,到2009年9月,随着沿岸流的作用海岸线的淤长演变更加自然。

3 讨论

3.1 利用疏浚沙进行海滩养护的意义

特洛亚半岛海滩的养护整体上是一个成功的工程,实现了最初的设想。可行性沙源的一次性填沙降低了海滩养护的成本,有效地增加了干滩的宽度和促进沿岸的发展。滩肩高度和面积的增加促进了沙丘的生长和发育,增加了休闲娱乐面积,提高了海滩的质量。尤其是利用疏浚沙进行海滩养护,降低了成本。随着我国经济的发展,每年疏浚产生的泥沙量也越来越多,对于我国疏浚沙的处理,需要提供新的方法,以用来降低成本,尤其是降低对环境的危害。通过对疏浚沙的变废为宝,实现经济环境效益的双赢。对于葡萄牙特洛亚半岛利用疏浚沙进行的海滩养护的工程总体上是成功的,从中可以得到一些海滩养护的经验。

虽然这种做法在国内并没有太多的实践案例,但在欧美各经济发达国家利用疏浚沙成功进行海滩修复和养护的工程已很普遍^[7,11-15]。如2002年依托欧盟SAFE(欧洲海岸实行软海滩系统和补滩标准状况)项目统计的结果发现,利用疏浚泥沙对海滩进行养护的案例在欧洲很多:荷兰29个海滩养护工程中,用疏浚沙的有10个;意大利36个海滩养护工程中来自疏浚沙的11个;英国的6个海滩养护工程全部沙源都是疏浚沙^[13]。2002年之后,还有更多的养护工程使用疏浚沙。其中,葡萄牙特洛亚半岛的养滩工程中,仅仅只考虑在葡萄牙特罗亚半岛的1区域抛填的疏浚沙为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3$,如果进行海区抛填大概需要花费600万美元左右的费用,而有了疏浚沙就不再需要对海滩养护购买所需的河道沙,大概可以节约近300万美元的成本。

3.2 我国的疏浚泥沙利用近况

随着海岸带经济的发展,我国的疏浚工作越

来越频繁,疏浚产生的泥沙总量也在与日俱增,大规模的港口和航道建设每年产生了数量巨大的疏浚沙,总量约为8亿 m^3 ,航道维护量约1亿 m^3 ^[16]。疏浚泥沙存量急剧增加,对于这些泥沙的处理所需成本水涨船高^[17,18]。国内对于疏浚泥沙的处理就是购买一定区域的海域,将疏浚泥沙进行抛填,这样不仅需要承担巨额的运输费用(利用自航式挖泥船的费用是 $1.79 \sim 5.9 \text{ \$/m}^3$,利用管道疏浚费用为 $2.38 \sim 5.78 \text{ \$/m}^3$)和购置海区的费用(我国规定需要收取 1.4 万元/hm^2 的费用),而且在海区内抛沙会导致生态环境发生变化,破坏当地的海洋生态,造成不可挽回的损失^[11,19]。如果将这些疏浚沙用于养滩工程却是变废为宝,不仅可以解决抛填疏浚沙的难题^[20],还可以产生巨大的收益。

3.3 疏浚沙养滩的优势分析

我国所进行的海滩养护工程众多,据《中国海滩养护技术手册》从1990—2013年的统计数据所得,我国竣工的大型海滩养护工程有21个,总抛沙量约为 $500 \times 10^4 \text{ m}^3$,而从2013—2018年海滩养护工程更是蓬勃发展,据估计竣工的海滩养护工程接近50个,抛沙量大约需要翻三番。这些抛填的沙体主要来自于河道沙、河口沙和近海沙体(近岸地区和邻近海域的浅水滩),很少使用疏浚沙来进行海滩养护。

为什么宁可花大价钱购买河道沙而不用疏浚沙呢?这是因为受到了一些不确切的说法的影响。在《中国海滩养护技术手册》^[4]中指出,“为了保持养护海滩的稳定性,一般采用较粗的沉积物进行人工补沙”。迪安等^[2]指出“补沙的粒径越粗,干滩的宽度就越大”。学者们^[2,5]不同意使用疏浚沙进行海滩养护工作是担心会造成新滩的泥化,因为疏浚沙中含有一定量极细粒(2%~5%的黏土质粉砂)的物质。他们没有认识到抛沙粒径的粗细与干滩宽度没有必然的线性相关关系,海滩的泥化与否取决于当地的风浪变化情况,海滩地区的风浪不变,抛填的疏浚沙中的细粒物质会被往复流和沿岸流所淘洗而带走,留下的疏浚沙中大部分的沙与原滩成分相似。

通过研究葡萄牙特洛亚半岛利用疏浚沙进行的海滩养护工程可以发现,利用疏浚泥沙进行海

滩养护是可行的,并且具备着极大的优势条件。首先,利用疏浚沙进行养滩,可以提供一个海滩养护的充足沙源,极大地缓解海滩养护过程中沙源不足的困境,尤其对我国的海滩养护工程提供新的可用沙源。其次,便是利用疏浚沙进行海滩养护可以降低海滩养护的成本。由于疏浚沙本就需要对其进行处理,而处理过程中需要进行运输和抛沙海区的购买。而在以往的海滩养护过程中通常是利用河道沙来进行海滩养护,这需要进行购买并且将其运输到海滩上。而利用疏浚沙来进行海滩养护就可以免除疏浚沙抛填海区的费用(33.4元/m³)和购买河道沙的费用(14~21元/m³)(据河北省海洋地质资源调查中心)。

2012年竣工的秦皇岛海滩养护工程,总抛沙量约300×10⁴ m³,主要使用河道沙、河口沙和邻近的浅滩沙,共花费约5 000多万元^[4]。使用河口沙会破坏当地生态环境,导致邻近海区环境恶化。而如果使用附近秦皇岛港航道疏浚所产生的疏浚沙,一方面可以节省大笔的费用,包括购买300×10⁴ m³的河道沙的费用、填沙抛填的运输费用、疏浚沙抛填海区的购买费用,另一方面,也不会对附近海域产生较大的生态环境影响。

4 结论

(1)葡萄牙特洛亚半岛利用疏浚泥沙进行的海滩养护工程是一次成功而节约的工程。2006—2007年利用邻近港口疏浚沙填抛约28.6万m³,拓宽了干滩,稳固了海滩和古遗址,发展了旅游业,节约了约300万美元的经费。

(2)利用疏浚沙进行海滩养护,可以将废弃的“资源”加以利用,改善海滩缺沙的困境,降低养护工程的成本(包括购买河道沙或河口沙的费用、处理疏浚沙所购买海区的费用、运输疏浚沙的费用),还减少了海滩养护对当地和周围生态环境的影响。

(3)我国的海滩养护工程众多,沙源缺乏^[21],用疏浚沙进行海滩养护具有极大的优势,我国疏浚沙丰富,却很少用于养滩工程,建议在后期的海滩养护中尽可能多使用疏浚沙。

参考文献:

[1] 柯马尔 P D. 海滩过程与沉积作用[M]. 北京:海洋出版

社,1985.

- [2] 迪安,蔡锋,曹惠美,等. 海滩养护:理论与实践[M]. 北京:海洋出版社,2010.
- [3] 庄振业,杨燕雄,刘会欣. 环渤海砂质岸侵蚀和海滩养护[J]. 海洋地质前沿,2013,29(2):1-9.
- [4] 蔡峰. 中国海滩养护技术手册[M]. 北京:海洋出版社,2015.
- [5] 庄振业,王永红,包敏,等. 海滩养护过程和工程技术[J]. 中国海洋大学学报:自然科学版,2009,39(5):1019-1024.
- [6] Silveira T M, Kraus N C, Psuty N P, et al. Beach Nourishment on Tróia Peninsula, Portugal[J]. Journal of Coastal Research, 2011, 59(1):173-180.
- [7] Silveira T M, Santos C F, Andrade F. Beneficial use of dredged sand for beach nourishment and coastal landform enhancement—the case study of Tróia, Portugal[J]. Journal of Coastal Conservation, 2013, 17(4):825-832.
- [8] Quevauviller P. Estuário do Soda-Costa da Galé. Análise Geomorfológica e estudo de alguns aspectos sedimentológicos[J]. Internal Report for the Direcção Geral de Ordenamento, 1985:85.
- [9] Carapuço A M. Morfodinâmica do vértice noroeste da península de Tróia[D]. Lisbon: Universidade do Algarve, 2005: 70.
- [10] IMAR. Relatório do Programa de Monitorização Ambiental do projecto da Marina e novo Cais dos “ferries” do Troiaresort. Submitted to IMOAREIA-Investimentos Turísticos [D]. SGPS, SA, 2009:296.
- [11] Islam S, Parks J. Economic assessment of dredging operations in Mobile Bay, USA and some additional notes on sustainable management of dredged material[J]. Journal of Coastal Conservation, 2014, 18(3):157-165.
- [12] Fletemeyer J, Hearin J, Haus B, et al. The Impact of Sand Nourishment on Beach Safety[J]. Journal of Coastal Research, 2018, 341(1):1-5.
- [13] 胡广元,庄振业,高伟. 欧洲各国海滩养护概观和启示[J]. 海洋地质动态,2008,24(12):29-33.
- [14] Finkl C W, Walker H J. Beach nourishment [C]//Chen J, Hotta K, Eisma D, et al. Engineered Coasts. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer, 2002:1-22.
- [15] Marinho B, Coelho C, Larson M, et al. Monitoring the evolution of nearshore nourishments along Barra-Vagueira coastal stretch, Portugal[J]. Ocean & Coastal Management, 2018, 157:23-39.
- [16] 郑永梓. 疏浚土利用中存在的问题及对策分析[J]. 中国水运,2018(1):59-60.
- [17] 赵德招. 长江口12.5 m深水航道运行初期的疏浚效益评价[J]. 水运工程,2017(4):111-116.
- [18] Thomas & Hutton Engineering Co. Dredging and disposal alternatives and techniques[M]. Prepared for South Caro-

- lina Department of Health and Environmental Control, Office of Ocean and Coastal Resource Management. 2005.
- [19] 付 桂, 赵德招, 程海峰. 国内外疏浚土综合利用现状对比分析[J]. 水运工程, 2011 (3): 90-96.
- [20] 朱 伟, 张春雷, 刘汉龙. 疏浚泥的处理再生资源技术的现状[J]. 环境科学与技术, 2002, 25(4): 39-41.
- [21] 夏雪瑾. 长江口泥沙资源可持续利用方案探讨[J]. 中国水运, 2016, 27(8): 46-48.

BEACH MAINTENANCE AND NOURISHMENT WITH DREDGED SANDS ON TRÓIA PENINSULA, PORTUGAL

ZHAO Le¹, ZHUANG Zhenye¹, CAO Lihua¹, QIU Ruofeng², ZHANG Yonghua³

(1 College of Marine Geosciences, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 2 Hebei Marine Geological Resources Survey Center, Qinhuangdao 066000, China; 3 National Marine Environment Testing Center, Dalian 116023, China)

Abstract: The beaches on Portuguese Tróia Peninsula have been intensively eroded for more than ten years. Waves have gradually washed away some of the ancient Roman constructions which have stand there for tens of thousands years. From 2006 to 2007, the Portuguese authorities carried out a large project. 286,000 m³ of sand were dredged from the port waterway and nourished onto the beach and a beach rehabilitation project was then initiated. As the results, dry beach is widened, the ancient Roman ruins restablized and tourism developed. This is not only a perfect and efficient beach maintenance project, but also a conservation project. The use of dredged sand not only reduced transportation costs, but also saved the budget for purchase water areas for sand throwing. There are a lot of port and waterway in China. At least 800 million m³ of sand are dredged every year. However, they are seldom used for beach maintenance. On the contrary, land sand and adjacent estuary sand are purchased for beach management. If the beach is maintained with dredging sand, the maintenance cost can be greatly reduced. We may save funds not only for purchasing sand, but also for purchasing the water areas to be managed. On the other hand, the normal shipping environment will not be effected.

Key words: dredging sediment; beach conservation; sand source; Tróia Peninsula