



泉州湾深水航道稳定性分析

陈培焕

(泉州航道管理站, 福建泉州 362000)

摘要: 为给泉州湾深水航道的建设提供科学依据, 根据实测资料, 对泉州湾的水沙特性、地貌演变及航道的稳定性进行系统的分析, 在此基础上对航道工程实施后的泥沙回淤和淤积量进行分析计算。研究表明, 泉州湾海床稳定性较好, 可以进行深水航道工程的建设。工程实施后的监测结果表明, 人工航槽稳定, 研究成果给深水航道的建设提供了可靠的指导。

关键词: 泉州湾; 水沙特性; 地貌演变; 深水航道; 稳定性

中图分类号: U 61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)09-0103-05

Stabilization analysis of Quanzhou bay deepwater channel

CHEN Pei-huan

(Quanzhou Channel Regulation Department, Quanzhou 362000, China)

Abstract: In order to provide a scientific basis for the construction of deepwater channel at Quanzhou bay, we study systematically the water & sediment features, morphological evolution and channel stability based on the real investigation data of Quanzhou bay, and then forecast the siltation after the implementation of the channel engineering. Results indicate that the sea bed of Quanzhou bay has good stabilization. Water depth measurements after constructed show the deepwater channel is very stable. The research result provides reliable instruction for the deepwater channel project of Quanzhou bay.

Key words: Quanzhou bay; water & sediment features; morphological evolution; deepwater channel; stability

泉州湾是晋江、洛阳江的入海口, 其东北侧为惠安县, 西北侧为泉州市区, 西南侧为晋江市, 东南侧为石狮市。泉州湾北临湄州湾, 南临围头湾, 湾口向东敞开, 北起惠安县下洋村岸

边, 南至石狮市祥芝角, 口门宽约8.9 km, 口门中部有大、小坠岛横亘其间, 属于开敞式海湾。泉州湾岸线总长度为80.18 km, 海湾面积约128.18 km², 水深条件较为优越(图1)。

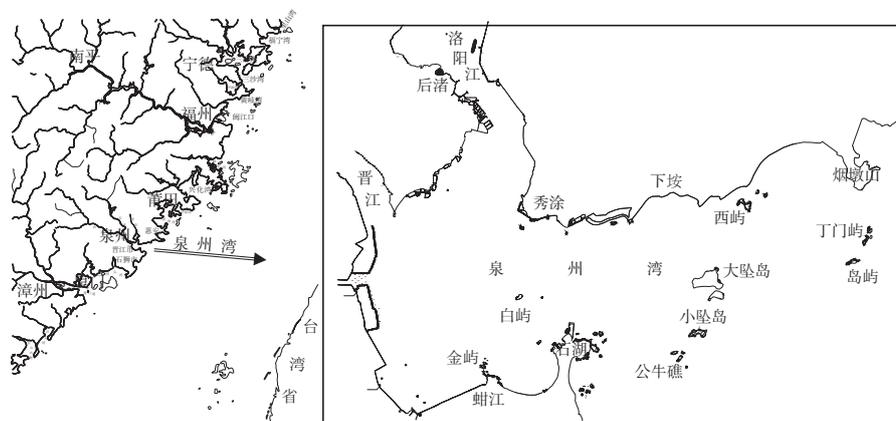


图1 泉州湾河势

收稿日期: 2013-03-27

作者简介: 陈培焕(1962—), 男, 工程师, 从事水运工程建设管理工作。

1 水文泥沙特性

1.1 潮汐与潮流

泉州湾为强潮海湾,潮汐性质为正规半日潮,平均潮差4.42 m,最大潮差6.84 m,潮差呈现自湾口至湾顶沿程逐渐增大的趋势。同时根据实测资料显示,泉州湾潮位从湾口向湾顶高潮位逐步递增,低潮位变化不大。潮波从湾口向湾顶传播过程中,沿程高低潮位出现的时间不完全同步。从湾口至湾顶,高低潮位存在滞后现象。

泉州湾口门潮流具有旋转流性质,流速不大。大、小坠岛以内,潮流为往复流,主流向与深槽等深线基本平行。石湖至大、小坠岛海域潮流较强,实测最大流速为1.2~1.3 m/s,其中南槽流速大于北槽。大坠岛口门涨潮流向为 $295^{\circ}\sim 305^{\circ}$,落潮流向 $95^{\circ}\sim 110^{\circ}$,落潮最大垂线平均流速为0.5 m/s;小坠岛口门涨潮流向 300° ,落潮流向 110° ,落潮最大垂线平均流速1.0 m/s,比大坠岛口门大1倍。小坠岛实测落潮最大流速1.32 m/s,实测涨潮最大流速1.19 m/s,落潮流速大于涨潮流速,可见小坠岛水道是泉州湾潮流主要通道^[1]。

1.2 风浪

泉州湾多年平均风速为6.9 m/s。强风向为N及EN,最大风速为24 m/s,极大风速32.6 m/s;常风向为NNE,频率为28%。夏季以SSW风为主,其它月份以EN或NNE方向为主,最大频率达45%。

崇武海洋站常浪向为NE向,发生频率为22.2%,其次是SE和NNE向,发生频率分别为21.6%和16.3%;强浪向为SE向,实测最大波高5.5 m,其次为SSW向,实测最大波高5.3 m。泉州湾航道湾内段两面受大陆掩护,主要受E向波浪和当地小风区波浪的影响,湾外段受到自南至东北等多方向的波浪作用^[1]。

1.3 流域来水来沙

泉州湾有晋江、洛阳江两条河流注入,主要泥沙来源于晋江泥沙的下泄。晋江仅次于闽江、九龙江,为福建省第3大河流,流域面积5 629 km²,多年平均流量为155.1 m³/s,多年平均输沙量223万t,年平均含沙量为0.438 kg/m³。属含沙量较高的河

流。晋江来沙具有明显的季节性,其径流输沙主要集中于每年的5—9月,径流量占全年径流量的77.2%,输沙量占全年的87.3%。1972年晋江在距河口17 km处建金鸡闸,来沙量明显减少,尤其粗颗粒泥沙下泄更少。

洛阳江属山区性河流,位于泉州湾西北部,流域面积229 km²。因1972年建洛阳桥闸,入海泥沙甚少。泉州湾周边花岗岩缓丘和红土地直逼海岸,它们的侵蚀、片蚀产物以及发育在它们之中的小冲沟,汛期携带的冲洪积物,为本湾增添了一些沙源,但其量值不大。

1.4 悬沙分布特征

由于泉州内湾水域宽阔,晋江径流带来的泥沙主要沉积于泉州内湾。从含沙量分布来看,泉州湾湾顶的后渚水域平均含沙量是湾口以东近20 m等深线水域的10倍,石湖水域与大坠门、小坠门水域的含沙量比较接近。整个海域呈3个主要含沙量分布区,即石湖以西至湾顶水域,含沙量较高,石湖至大、小坠门含沙量居中,湾口为低含沙量区。正常气象条件下,含沙量分布趋势是湾顶高,湾口低。一般落潮含沙量大于涨潮含沙量,底层含量大于表层含沙量。实测资料表明:水体含沙量平均0.059 3~0.168 7 kg/m³,最大0.566 4 kg/m³,湾口大坠岛外海域平均含沙量为0.01~0.05 kg/m³。

2 海床冲淤演变及稳定性分析

后渚港具有悠久的历史,远在唐、宋时代就是我国当时最大的海外交通贸易港口之一。当时港池、航道水深条件十分优良,后渚港区附近10 m深槽一直存在至1972年以后才逐步消失。60—70年代,进行多次大规模围垦、建闸等人类活动,包括1973年建成洛阳闸,使闸上游河道变成水库,减少了洛阳江河道的纳潮量;1966年完成石伍军垦,面积48 hm²;1972年完成的五一围垦,面积1 360 hm²;1974年完成的城东围垦,面积467 hm²;1978年完成的白沙盐场,面积约113 hm²;还有一些零星围垦;总共侵占水域面积约2 000万m²,秀涂以上纳潮量减少了31%;后

渚以上减少纳潮量20%；20世纪60~70年代间，由于潮汐动力条件的大幅削弱，后渚至秀涂之间航道产生了急剧的淤积。自1979年以后，随着新的水沙条件与海床调整的逐步相适应，洛阳桥—后渚间海床又达到了新的平衡状态。湾内其它区域分别应用1978年和2000年实测水下地形资料，对泉州湾海湾稳定性进行分析，分3个区域进行计算比较，分别是秀涂以上至白沙(D1坝上)海湾区域、晋江河口至石湖大片海湾、以及石湖北侧鞋沙浅滩大片区域，具体计算分区见图2，计算成果见表1。

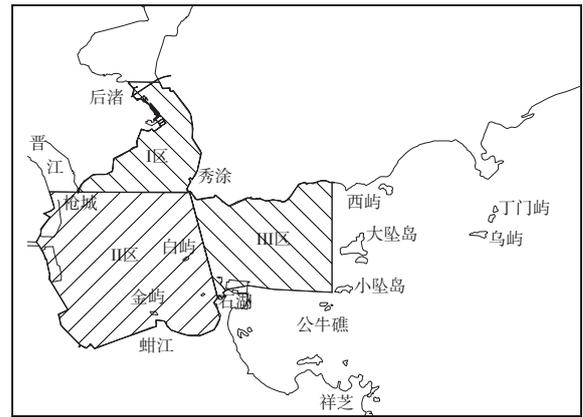


图2 计算分区

表1 泉州湾海床总体演变计算

计算区域	计算面积/ km ²	1978年容积/ 10 ⁴ m ³	2000年容积/ 10 ⁴ m ³	冲(+)淤(-)总量/ 10 ⁴ m ³	冲(+)淤(-)总厚度/ cm	年冲淤量/ (10 ⁴ m ³ ·a ⁻¹)	年冲淤厚度/ (cm·a ⁻¹)
I区	12.24	4 152	3 993	-159	-13.0	-7.3	-0.6
II区	46.02	18 506	18 971	465	10.1	21.1	0.5
III区	23.98	19 533	18 843	-690	-28.8	-31.4	-1.3

注：1. 计算区域的计算面积为2000年测量时各区域海床底面积，2个测量年份各区域海床底面积基本一致；2. 各年份各区域容积为理论最低潮面以上5 m至海床底面的容积。

从表1可以看出，泉州湾海床经历22年的演变，其容积变化仅为淤积384万m³，年均均为17.5万m³，说明其海床总体的稳定性是优良的，泉州湾潮汐动力具有较强的排沙能力。从各计算区域各自的稳定性看，秀涂至后渚海湾海床稳定性是良好的，每年仅有略微的淤积；随着晋江来沙量的减少，晋江河口区浅滩在保持海床稳定的基础上还略有冲刷；石湖至秀涂西北侧的鞋沙浅滩也保持了较好的稳定性，其淤积量比别的区域略大。

3 深水航道泥沙回淤及稳定性分析

3.1 深水航道规划方案平面布置

泉州湾深水航道建设规模应为与港口建设规模相适应的5万吨级航道。从湾外进入泉州湾港区有两个通道：小坠门水道和大坠门水道。小坠门水道水域窄深，但礁石分布较多；大坠门水道水域宽浅，滩长水浅。根据综合比较，泉州湾深水航道应优选穿越小坠门水道，维持原3万吨级航道轴线不变，对3万吨级航道进行增深拓宽，航道轴线从泉州湾外大型船舶锚地起，沿小坠门导标至小坠岛东南侧转向，经小坠门水道、沿七星礁北

侧深槽至石湖港区、秀涂港区，见图3。

3.2 深水航道泥沙条件分析

1) 外界泥沙来源。

通常影响海湾航道稳定的泥沙来源主要有流域来沙和海域来沙，对于流域来沙如前所述，泉州湾自1972年晋江、洛阳江建闸以来，流域输沙的主要通道被截断，从近年来实测水沙资料显示流域的下泄泥沙显著减少。

泉州湾东临台湾海峡，西部深入内陆紧依晋江冲积平原，南北陆域为低山台地。地势从西北向东南倾斜。湾内浅滩发育，岛礁众多，其中公牛礁、小坠岛、大坠岛、西屿等呈NNE向横亘于湾内，把内外湾分割为4个进出水道。泉州湾海岸南北陆域为低山缓丘，可达海边，在海洋动力长期冲击下，逐渐被切割冲蚀，岩石裸露，礁石众多，形成基岩岬角。岬角之间出现大小不一的海湾，所以泉州湾属基岩岬湾海岸。此类海岸特点是岬角受冲刷，但因岬角为基岩，冲蚀物质有限，多为岩石碎屑，岬湾易于泥沙堆积，为沙质海岸，滩窄物质粗。据历史资料显示，多年来海岸变化微弱，属较稳定的基岩岬湾沙质海岸。

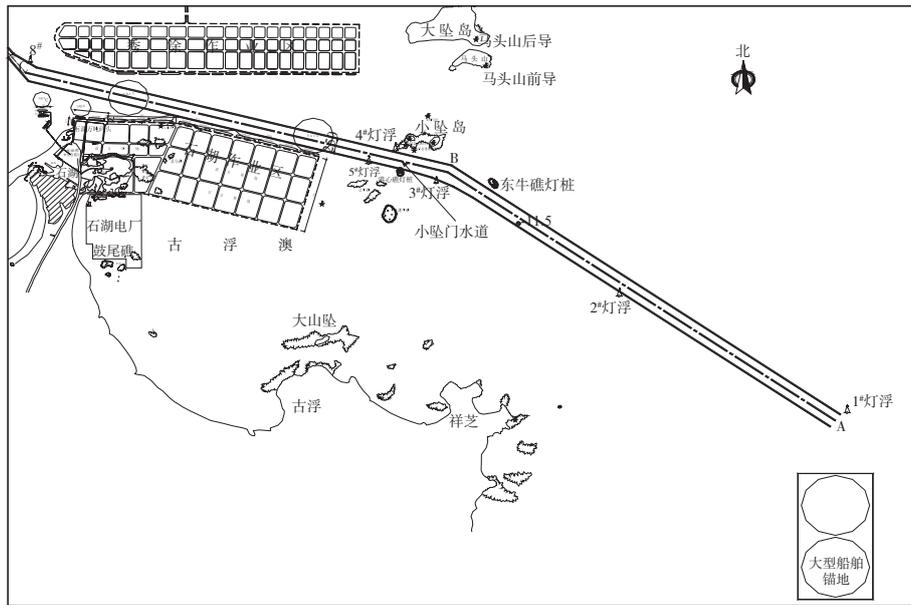


图3 泉州湾深水航道建设平面布置

由此可见泉州湾海区外界泥沙来源甚少，航道工程实施后泥沙淤积将会十分有限，对航道的建设和维持是非常有利的。

2) 小坠门拦门沙整治效果分析。

泉州湾内及附近水域分布有众多的礁屿，沿岸潮滩发育。湾的中部，秀涂与大坠岛之间有一条颇具规模的沙坝(鞋沙浅滩)，滩面最高点为3.2 m (当地理论最低潮面，下同)，鞋沙南北各有一潮沟，南槽深窄，最大水深21.3 m，北槽宽浅，最大水深5.5 m。湾口拦门沙发育，在大坠岛外呈扇形向东南方向扩展，浅滩最浅处水深仅1.0 m。小坠岛与公牛礁附近分别形成了向东伸展的水下浅

滩，该浅滩的稳定对航道的稳定至关重要。

小坠门外拦门沙水深条件较差，于1987年、1997年和2003年进行了3次疏浚工程，下面着重对拦门沙航槽稳定性进行计算分析。图4和表2分别为3次疏浚前后拦门沙航槽水深的变化情况。

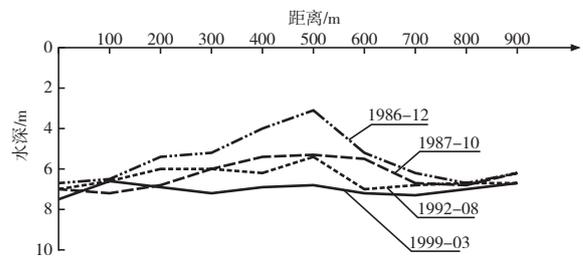


图4 小坠门拦门沙航槽水深变化

表2 小坠门拦门沙整治效果计算

位置	1986年12月 水深/m	1987年10月 水深/m	1987年与 1986年水深 比较/m	1992年8月 水深/m	1992年与 1987年水深 比较/m	1999年8月 水深/m	1999年与 1992年水深 比较/m	1999年与 1986年水深 比较/m	2004年12月 水深/m	2004年与 1999年水深 比较/m	2004年与 1986年水深 比较/m
0+000	6.7	7.0	0.3	7.0	0	7.5	0.5	0.8	10.5	3.0	3.8
0+100	6.5	7.2	0.7	6.6	-0.6	6.6	0	0.1	10.3	3.7	3.8
0+200	5.4	6.8	1.4	6.0	-0.8	6.9	0.9	1.5	9.1	2.2	4.8
0+300	5.5	6.0	0.8	6.0	0	7.2	1.2	2.0	10.0	2.8	4.8
0+400	4.4	5.4	1.4	6.2	0.8	6.9	0.7	2.9	9.5	2.6	5.5
0+500	3.1	5.3	2.2	5.4	0.1	6.8	1.4	3.7	8.2	1.4	5.1
0+600	5.5	5.5	0.3	7.0	1.5	7.2	0.2	2.0	8.8	1.5	3.5
0+700	6.2	6.7	0.5	6.8	0.1	7.3	0.5	1.1	10.6	3.3	4.4
0+800	6.8	6.8	0	6.8	0	7.0	0.2	0.2	10.5	3.5	3.7
0+900	6.5	6.5	0	6.8	0.6	6.7	-0.1	0.5	10.5	3.8	4.3
平均水深/m	5.53	6.29	0.76	6.46	0.17	7.01	0.55	1.48	9.8	2.79	4.27

注：后面年份与前面年份比较增(+)，减(-)。

可见,第一次挖槽后航道水深增加了0.76 m,经过5年的实际运行,至1992年航槽水深不但没有出现淤积,反而由于疏浚工程带来航槽区潮流动力的增强冲深了0.17 m;第二次疏浚加深后,又经2年的实际运营,航槽水深又有了新的发展,加深了0.55 m;在3万吨级航道建设期间,于2003年7月—2004年7月对小坠门外航道浅滩疏浚至-9.5 m,2004年12月测图表示挖槽平均水深为9.8 m,只在局部断面(东牛礁灯桩以南)出现水深小于9.5 m的情况。由此可见小坠门拦门沙航槽挖槽走向是有益于水深维持的,经疏通后航槽稳定性良好,其采用疏浚挖槽的整治效果是好的。1986—2004年小坠门拦门沙航槽水深共增加了4.27 m。

从小坠门航道的河势情况看,挖槽的稳定是有其理论依据的,小坠岛群到东牛礁岛群联线形成了小坠门外拦门沙弯道凹岸的北岸边界,拦门沙人工航槽处在弯道凹岸位置;另一方面,小坠门航槽走向与泉州外湾涨、落潮潮流主流方向相一致,潮汐动力条件足以维持航槽的稳定,因此,小坠门外拦门沙人工航槽的进一步加深拓宽后可以得以维持。

由以上分析可见,泉州湾外界泥沙来源不充分,对深水航道回淤影响甚微,同时小坠门浅滩同样也保持了较高的稳定性,不会对航道水深维护带来后患。小坠门外拦门沙航道自1987年后多次疏浚,历经多年台风暴潮大风浪考验尚未发现人工航槽骤淤现象,佐证了本人工航槽进一步拓宽浚深后异常气象条件产生骤淤可能性不大,但造成的回淤量加大可能性是存在的。

3.3 深水航道回淤量计算分析

如前所述,泉州湾泥沙来源并不充分,水体含沙量不大,由2000年水文测验资料分析可知,泉州湾海域悬沙中值粒径为0.01 mm,航道开挖后的泥沙回淤主要是悬沙淤积。目前估算近海地区挖槽悬沙回淤率的半经验半理论的关系式很多,本文采用中国工程标准化协会水运工程委员会推

荐刘家驹公式^[2]:

$$P = \frac{w_0 s T}{\rho_0 g} \left\{ K_1 \left[1 - \left(\frac{H_1}{H_2} \right)^3 \right] \sin \theta + K_2 \left[1 - \frac{H_1}{2H_2} \left(1 + \frac{H_1}{H_2} \right) \right] \cos \theta \right\} \quad (1)$$

式中: P 为年回淤强度(m/a); W_0 为黏性细颗粒泥沙絮凝沉速(m/s),取0.05 cm/s; S 为计算区域水体平均含沙量(kg/m³),根据实测资料取0.08 kg/m³; T 为沉降历时,1 a的总秒数; H_1 , H_2 为开挖前后工程区的水深; K_1 , K_2 为经验系数,分别取0.35和0.13; θ 为水流流向与航槽走向的夹角(°), $\theta=7^\circ$; ρ_0 为淤积泥沙干密度, $\rho_0=0.753$ t/m³。

将确定的计算参数代入式(1),则求得深水航道工程实施后的年回淤强度约为0.1 m/a,年回淤量约11.12万m³,这说明疏浚工程实施后,挖槽回淤较弱,每年辅以少量维护性疏浚,航道疏浚段将保持稳定。

4 结语

1) 泉州湾水动力条件较好,具有较强的排沙能力。海床总体保持较高的稳定性,仅在秀涂至后渚海湾海床有微略的淤积,同时随着晋江来沙量的减少,晋江河口区浅滩在保持海床稳定的基础上还略有冲刷。

2) 泉州湾外界泥沙来源有限,小坠门拦门沙保持了很高的稳定性,对深水航道的影 响甚微;航道工程实施后以悬沙淤积为主,但回淤强度较小,淤积量有限,不会对深水航道产生较大的影响,深水航道的水深得以维持。

参考文献:

- [1] 福建省港航勘察设计研究院.泉州湾深水航道工程工程可行性研究报告[R].福州:福建省港航勘察设计研究院,2005.
- [2] JTS 145-2—2013 海港水文规范[S].

(本文编辑 郭雪珍)