

东山湾导流工程可行性研究^{*}

薛正锐 曲广平 常济民

(中国水产科学研究院渔业工程研究所, 青岛 266071)

谢真 陆阿枝 苏孝道

(漳州市科委、市水产局)

摘要 东山湾西部水域趋向富营养化, 水产资源受损。为改变这一状况, 对东山湾另开一条沟通外海的水道, 兴建导流工程进行了探讨。经潮流场数值模拟与计算, 证实打通八尺门后, 东山湾西部水域水交换状况可显著改善; 通过对几个工程方案的比较分析, 确认全部打开八尺门海堤建大桥为最佳方案。实施导流工程不仅利于生态环境和水产业, 在海防、旅游、港建等方面也会产生显著的经济和社会效益。

关键词 东山湾, 导流工程, 方案设计

前言

国外对渔场环境的改造都比较重视, 导流工程是其中的一项重要内容。设置导流堤, 整修海岸, 开口导流, 增强海水流动, 改善水域环境。日本北海道佐吕间湖湖口较小, 水交换差, 影响贝类养殖业发展, 设计者在湖的另一端开一水道, 达到了改善水域条件的效果。山口县川崎紫津浦也有类似的工程^[6]。国内导流工程不多, 厦门筼筹港建堤后, 筼筹湖成了死水湖, 近年来, 在堤上打开一缺口, 改善了水域环境。

东山湾位于福建省东南部, 地理环境优越, 自然资源十分丰富。总面积 246.29 平方公里, 湾内大小岛屿 45 个, 河流 24 条, 海湾底层沉积多为泥和泥沙质, 形成潮流, 浅滩, 沙脊等。

东山湾水产业历史悠久, 近十几年又有较大发展。1991 年统计, 海水养殖面积 14.7 万亩, 其中鱼类养殖 1.2 万亩, 虾类养殖 2.9 万亩, 贝类养殖 5.7 万亩, 藻类养殖 0.6 万亩, 水产品总产量为 3.15 万吨。

虽生产力不断提高, 但由于建堤, 东山湾西部, 特别是八尺门水道的水环境变差, 海堤两侧海底污物淤积严重, 溶氧严重降低, 部分养殖场荒废, 鱼虾死亡现象不断发生, 严重的影响了各种养殖事业的发展。

为采取措施, 改善东山湾西部海域水环境, 本文对兴建导流工程进行了探讨。东山湾区域图见图 1。

收稿日期: 1994-04-21。

^{*} 海洋局一所刘益平同志帮助进行潮流场数值模拟, 谨表谢意。

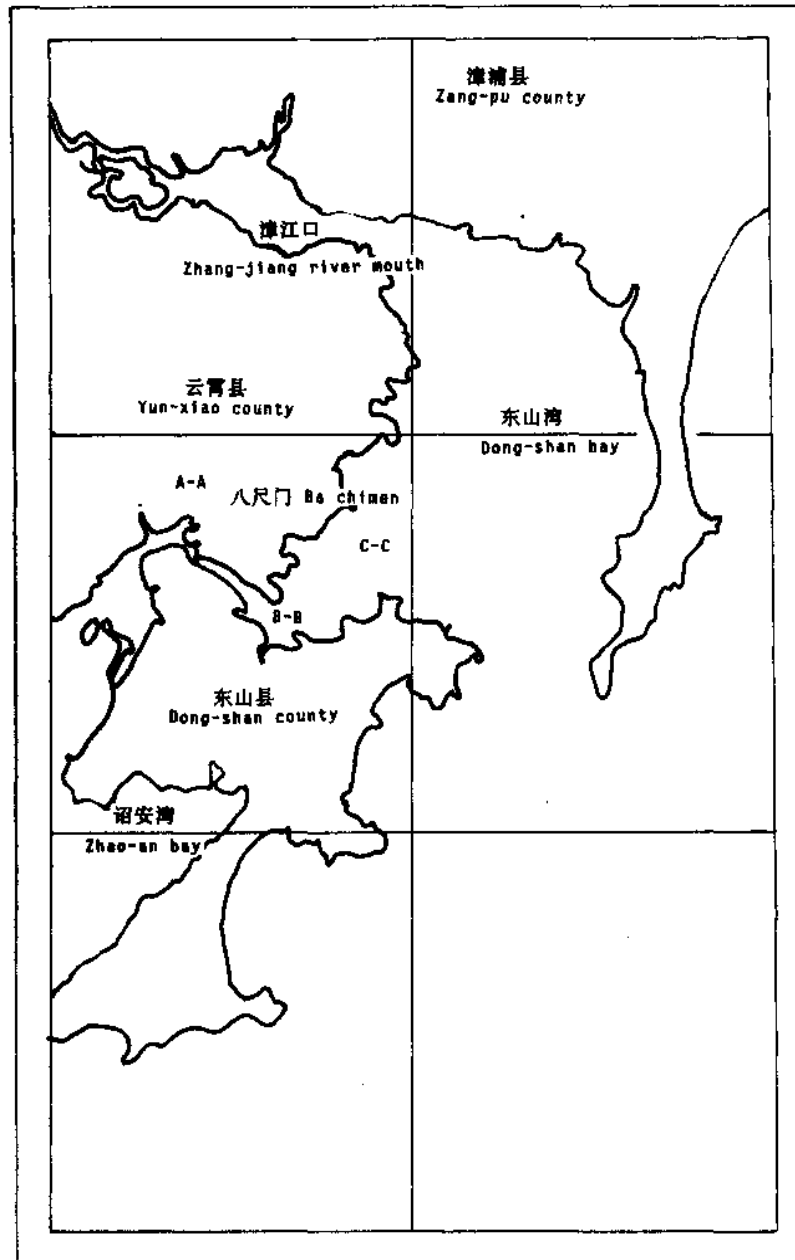


图 1 东山湾区域图

Fig.1 Dong shan Bay regional figure

材 料 与 方 法

预测导流工程实施之后西部水域水质改善的程度, 需要进行潮流场数值模拟并计算水交换量的变化。东山湾诏安湾海流主要属于半日潮流, 故仅计算 M_2+S_2 半日潮流。计算

所需的边界条件分别根据参考文献^[1-3]及诏安湾西浦短期潮汐观测资料进行分析,以插值法给出。计算区域以海军司令部航保部1984年出版的诏安、东山两湾1:30000海图的零米等深线为界。潮流场数值计算的基本方程与方法如下:

X-方向:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fv + g \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{yu \sqrt{u^2 + v^2}}{(h + \xi)c^2} = 0$$

Y-方向:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + fu + g \frac{\partial \xi}{\partial y} + \frac{yv \sqrt{u^2 + v^2}}{(h + \xi)c^2} = 0$$

连续方程:

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} ((h + \xi)u) + \frac{\partial}{\partial y} ((h + \xi)v) = 0$$

本项计算采用将三维N-S方程组沿水深积分平均而得出的单层浅水流体动力学方程组其坐标如图2所示。

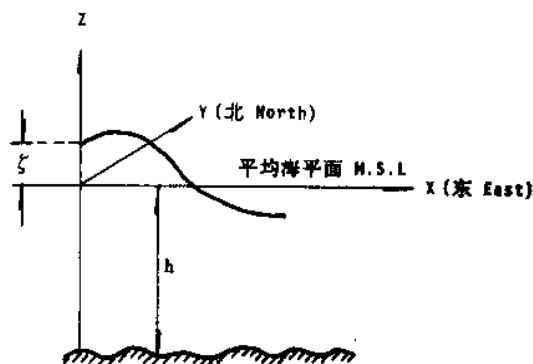


图2

Fig. 2

C——谢才系数, f——柯式系数

使用ADI法进行上述方程组的离散计算,其初始、边界条件取为:

$$u|_{t=0} = v|_{t=0} = \xi|_{t=0} = 0;$$

$$\frac{\partial v}{\partial n}|_{\text{陆边}} = 0; \quad \xi|_{\text{水边}} = \sum a \sin(\omega_1 t + \varphi_0)$$

时间步长 $DT = 120$ 秒,空间步长:计算东山湾、诏安湾潮流场时取为 $DS = 300$ 米;计算诏安湾北部——八尺门海峡—东山湾西部海域潮流场时 $DS = 150$ 米。全部计算均在DSL-780上进行。

漳州市有关单位对于导流工程的型式提出了四种方案,要求我们进行对比分析并提供了地质地貌情况。东山湾、诏安湾属正规半日潮。东山湾正常高潮位+2.40米,正常低潮位-1.50米,最高潮位为3.10米,最低潮位为-1.80米。采用黄海高程系统,设计高水位取为+2.50米,设计低水位取为-1.60米。八尺门海堤两端海岸为基岩底质,云霄县一侧

有一层较厚的赤红壤土沉积层, 东山县一侧岩盘较高, 上部为粘土。八尺门海峡在建筑拦海大堤前有两处通船航道。靠近东山岛一侧地质复杂, 离岸较近有一条航道, 泥砂底, 称为南航道, 宽 200 米, 最深处为 -8.0 米。靠近云霄县有一条深水航道, 离岸 100 米, 底宽 50 米, 最深处为 -11.0 米, 为岩石底, 称为北航道。八尺门海堤是 50 年代出于战备考虑建筑的。结构情况是: 横跨八尺门水道建两条抛石潜堤, 间距为 120 米, 堤顶高程为黄海高程 -2.0 米, 潜堤间抛填碎石和砂土, 至黄海高程 -3.0 米后再抛 1 米厚的乱石倒滤层, 整个形成了一条顶宽 120 米, 长 600 米的潜堤。以潜堤为基础, 修筑了边坡坡度为 1:1, 堤顶宽 12 米, 高程为 5.00 米的堤坝。当地砂石料来源丰富, 地方材料价格便宜。

设计方法如下:

1. 全部打通海堤建 600 米大桥, 选用 80 米跨箱型拱桥, 25 米跨钢筋混凝土平铰箱助坦拱桥。3 级通航标准。
2. 打通 100 米海堤建桥, 位于原海峡北航道深水区之上, 选用中孔 60 米的双臂梁桥。5 级通航标准。
3. 堤北端开渠建百米桥, 为两跨 50 米双曲拱桥。

这三种型式的拱桥均可采用“Σ 法”和“换算刚度法”计算其拱桥上、下部结构的内力^[4]。

4. 堤北端公路下箱涵顶进建百米渠。设计最大顶力的计算公式^[5]为:

$$P = K [N_1 f_1 + (N_1 + N_2) f_2 + 2E f_3 + RA]$$

f_1 ——箱涵顶上表面与顶土荷载的摩擦系数

f_2 ——箱涵底板与底基土的摩擦系数

f_3 ——箱涵侧面摩擦系数

R ——刃脚的正面阻力

结 果 与 讨 论

(一)潮流场数值模拟

1. 计算分为两步

(1)分别计算东山、诏安两湾的潮流场, 计算区域包括东山湾: 北纬 $23^{\circ} 44.4'$ 至 $23^{\circ} 53.4'$; 诏安湾: 北纬 $23^{\circ} 38.2'$ 至 $23^{\circ} 47.2'$ 。

(2)计算诏安湾北部——八尺门海峡——东山湾西部海域的潮流场、余流场。该项计算又分为八尺门海堤未打开时的潮流场计算和海堤全打开后的潮流、余流场计算。计算模拟均在 DSL-780 上进行。

2. 计算结果验证

为保证计算的稳定与收敛, 在计算中应用人工粘滞技术, 计算周期为 4。计算结果表明, 在第三周期其计算值已基本稳定(表 1)。

3. 计算值的检验

用海流观测站 DL2, DL4 的实测资料*与计算值作比较, 从图 3 可看出是相符的。

* 国家海洋局第三研究所, 东山湾海流调查报告。

表 1 Ⅲ、Ⅳ潮周期潮流、潮位逐时计算值

Table 1 The calculating number of tidal current and tidal level hourly of Ⅲ、Ⅳ tidal erioel

站号 Station No.	计算值 Calcul- ating number 期 period	潮时 Tidal time	1 / 12T	2 / 12T	3 / 12T	4 / 12T	5 / 12T	6 / 12T	7 / 12T	8 / 12T	9 / 12T	10 / 12T	11 / 12T	12 / 12T
A	Ⅲ	u cm/s	-8.3	-18.5	-14.3	-8.8	-0.4	2.4	2.8	1.2	7.5	13.8	8.6	-1.1
		v cm/s	16.7	6.9	7.1	-19	-28.1	-27.9	-24	-14.5	-2.4	9.8	18.5	22.5
		ξ cm	44.1	91.6	113.8	106.7	70.9	15.5	-43.5	-90.2	-112.7	105.5	-70	-15.0
	Ⅳ	u cm/s	-8.3	-18.6	-14.3	-8.8	-0.4	2.4	2.8	1.2	7.5	13.8	8.6	-1.1
		v cm/s	16.7	7.0	7.1	-19	-28.1	-27.9	-24.1	-14.5	-2.4	9.8	18.5	22.5
		ξ cm	44.1	91.6	113.8	106.8	70.9	15.5	-43.5	-90.2	-112.7	105.5	-70	-15.0
B	Ⅲ	u cm/s	-11.4	-20	-16.2	-4.9	9	16.5	20.6	20.6	19.8	19	14.5	1.6
		v cm/s	3.6	3.6	0.4	-8.3	-16.6	-17.1	-15.7	-12.1	-9.2	-7.2	-4.3	1.1
		ξ cm	44	91.6	113.9	106.6	70.5	15.3	-43.7	-90.4	-112.9	105.4	-69.8	-15.1
	Ⅳ	u cm/s	-11.4	-20.1	-16.2	-4.9	9.1	16.5	20.8	20.6	19.8	19	14.5	1.6
		v cm/s	3.6	3.7	0.3	-8.2	-16.6	-17	-15.7	-12.1	-9.3	-7.2	-4.3	1.1
		ξ cm	44	91.6	113.9	106.6	70.5	15.3	-43.7	-90.4	-112.9	105.4	-69.8	-15.0

4. 计算潮流场分析

对于东山湾西部海域，分八尺门海堤打开前后两种情况，对 $t = \frac{1}{12}T$ 、 $t = \frac{3}{12}T$ 、 $t = \frac{6}{12}T$ 、 $t = \frac{9}{12}T$ 时刻作潮流场计算分析（如图 4）。可以看出，打开海堤后，该水域涨落潮流场与海堤打开前相似，而流速显著增大。八尺门水道尤为如此，且涨潮流大于落潮流。

5. 计算余流场

海堤打开前八尺门水道内余流场极弱，且存在多个小尺度旋涡。湾内余流场较强，中南部水域存在一最大尺度逆时针旋涡，其直径为 3000 米左右。北部水域有几个较小尺度的旋涡。由于海堤对水道的截断，沿北岸的余流，在水道与湾相连处附近形成旋涡向东流去。湾北部余流则向北偏东流出湾内，东山湾西部水域中部的水受大旋涡影响，近于圆周运动。

海堤打开后西部水域中南部仍有约 3000 米逆时针旋涡，强度大于开堤前。开堤后余流场变强。出现一支较强的，沿北岸自东北向西南的余流流入八尺门水道，此余流在海峡水道强度不减，顺水道向西流去，进入诏安湾。

(二) 水交换计算

为预测实施导流工程前后的效益，在潮流场数值模拟的基础上，需要估算一下水交换状况改善的程度。我们在本海区设置 A-A、B-B、C-C 三个断面，其流量估算如表 2。

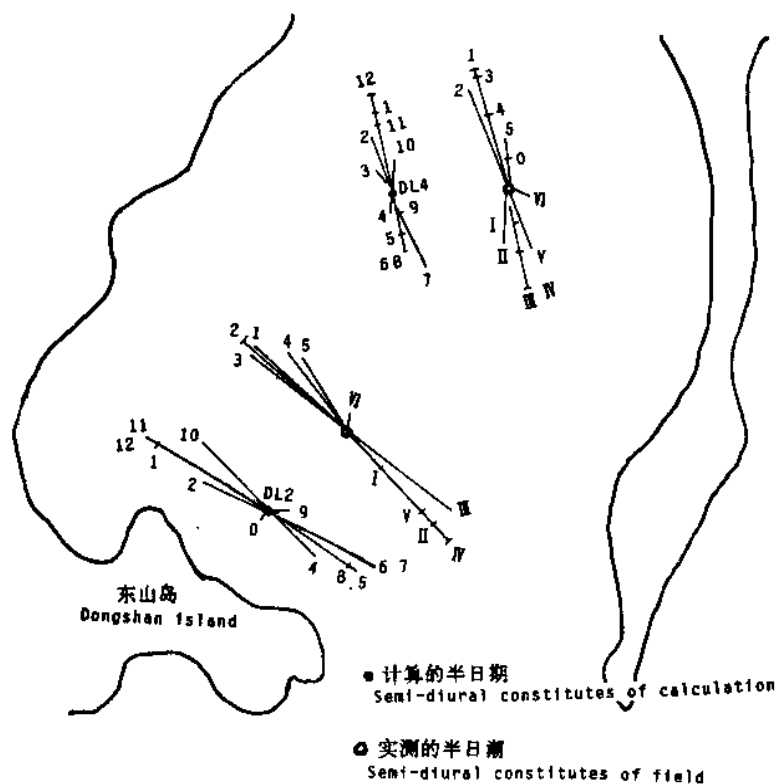


图 3

Fig.3

表 2 断面流量表

Table 2 Table of sectional flow flux

流量 Flow flux	断面 Section	A-A	B-B	C-C	余城原有水量
八尺门海堤打开前 Before opening Bachimen seawall		0	-4.4823×10^6 4.2984×10^6	-4.7576×10^7 3.535×10^7	4.793×10^7
八尺门海堤打开后 After opening Bachimen seawall		-5.9554×10^6 4.4789×10^6	-8.7185×10^6 7.2992×10^6	-5.0384×10^7 3.7702×10^7	4.80894×10^6

表 3 按 C-C 断面计算的水交换周期

Table 3 The calculating water-change period according to C-C section

水交换率 K The water change rate k	交换周期(天) The change period (day)	八尺门海堤打开前 Before opening Bachimen seawall	八尺门海堤打开后 After opening Bachimen seawall
70%		2.0	1.6
50%		2.7	2.2
30%		4.5	3.7
20%		6.8	5.5

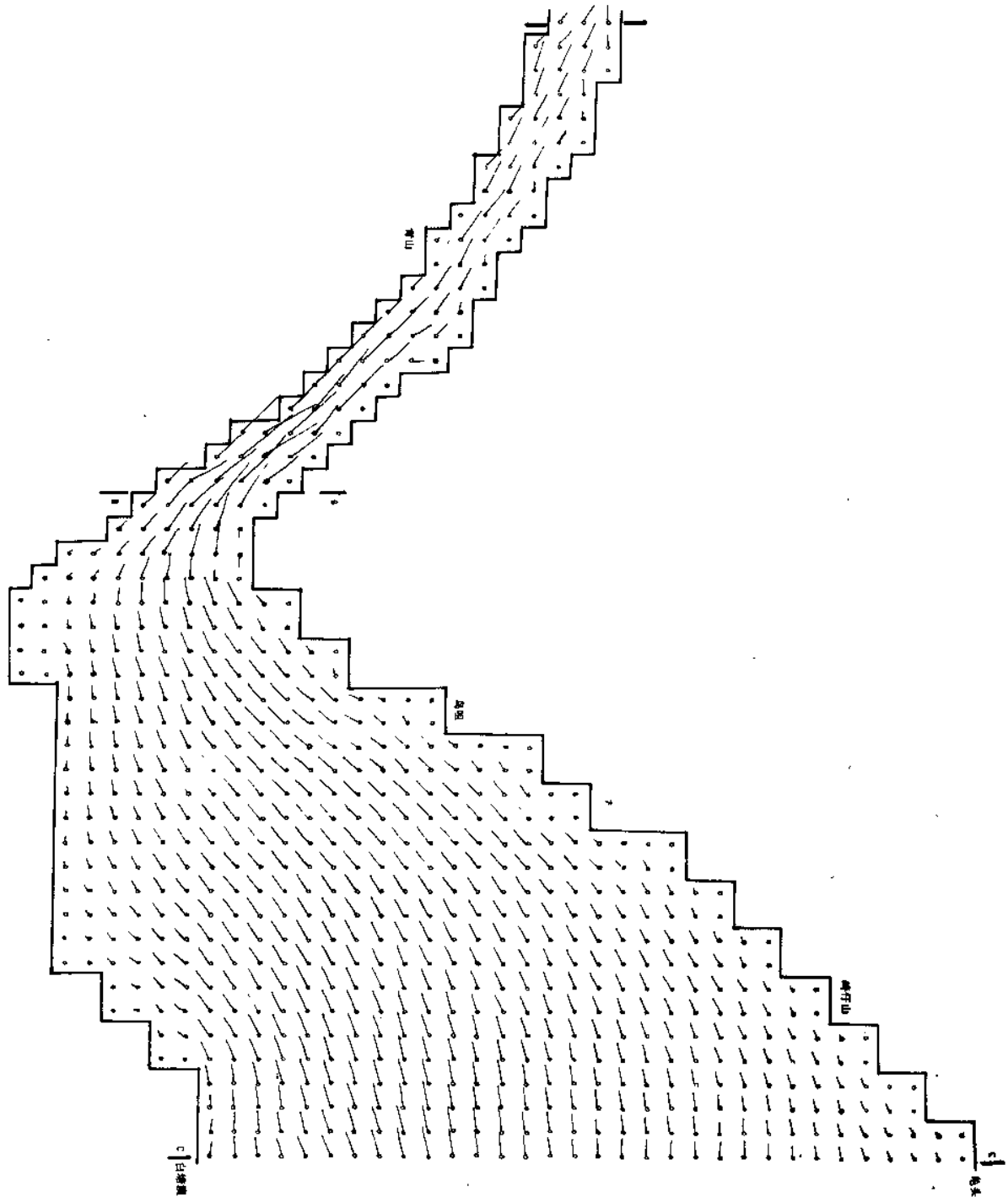


图 4 东山湾西部海域 $t = \frac{1}{12}T$ 时潮流场图

Fig.4 Dong shan bay west water area $t = \frac{1}{12}T$ time tidal field

表 3 为不同水交换率下 C-C 断面水交换周期的变化。打开海堤后, 八尺门水道随涨落潮形成水流, 影响到整个东山湾西部水域, 水交换周期有明显的缩短。

表 4 A-A 断面的涨落潮最大流速及净流量

Table 4 The maxium speed and net flow flux in flood tide and elb tide of A-A section

流量 Flow Opening width	流速 Velocity of flow	涨潮最大流速 m/s The maxium speed in flood tide	落潮最大流速 m/s The maxium speed in ebb tide	A-A 断面净流量 m ³ The net flow flux of A-A section
未开堤 Before opening the seawall		0	0	0
打开全堤(600 米) opening the seawall fully		-40(西向)	0.33(东向)	-1.48 × 10 ⁶ (西向)
打开全堤 2/3(400 米) Opening the seawall fully		-0.84	0.71	-1.26 × 10 ⁶
打开全堤 1/3(200 米) Opening the seawall fully		-1.10	1.06	-0.79 × 10 ⁶
打开全堤 1/4(150 米) Opening the seawall fully		-1.45	1.30	-0.40 × 10 ⁶
打开全堤 1/6(100 米) Opening the seawall fully		-1.90~2.20	1.80~2.05	-0.14 × 10 ⁶
打开全堤 1/12(50 米) Opening the seawall fully		-1.25	1.18	-0.50 × 10 ⁶

断面参数估算。A-A 到 B-B 断面间的水交换状况主要取决于潮流场, 余流场对水交换的贡献不大, 说明水交换状况的重要指标是 A-A 断面的净流量。

A-A 断面的涨落潮最大流速及净流量见表 4。断面开口大小与流量的关系见表 5。

表 5 A-A 断面开口大小与流量的关系

Table 5 The relation between the flow flux and the opening degree of A-A section

堤坝开口大小 The opening degree of the seawall	全开 Opening fully	2/3	1/3	1/4	1/6	1/12
断面流量比 The ratio of section flow flow K = Q/Q(全开)	1	0.84	0.53	0.38	0.27	0.09

B-B 断面。坝开前 B-B 断面以西水道内海水约需 1.5 个月方可换尽, 坝开后 2~3 天即可换尽。当然对于水道来说, 水交换状况的改善是最明显的。

C-C 断面。C-C 断面以西的海水在坝开前交换一次需 6 天, 坝开后约 4 天即可交换一次。

从以上结果可以看出, 打通八尺门海堤对于东山湾西部水域的水环境改善将起到重大作用。

结合上面所提的四个工程方案, 我们还对部分打开八尺门海堤, 水交换率较以前提高的情况作了估算 (这里断面水深为平均值)。可以看出, 部分打开海堤也可改善水交换状

况。打开八尺门不同宽度两断面水交换率提高量见表 6。

表 6 打开八尺门不同宽度两断面水交换率提高量
Table 6 The net increased amount of water-change rate of two sections
in different width after opening Bachimen

断面 Section	打开宽度 Opening sidth	全 开 Opening fully	150 米(m)	100 米(m)
B-B		26 倍(times)	9.88 倍(times)	7 倍(times)
C-C		6 倍(times)	1.33 倍(times)	1.22 倍(times)

打通八尺门海堤不但可以改良东山湾西部水域环境状况, 对于诏安湾东部水域亦会起到相应的作用。

(三)导流工程方案分析 (图 5、6、7)

为了对比分析导流工程的四个方案, 研讨其可行性, 我们作了非正式的方案设计, 估算了大致的造价。从导流效果上看, 全部打通八尺门海堤, 建一大桥为最佳。如果建设经费不足, 亦可在原海堤深水部位开口, 修建 200-300 米桥 (我们仅分析了百米桥)。在原堤北端搞导流工程不可取, 因对改善水交换不够有力。跨海大桥长 600 米, 桥面宽 15 米, 桥面顶高程为黄海高程 12 米, 包括清掉原海堤, 并在桥上重建一轻型输水渡槽, 造价约 1800 万元。在原海堤开口建桥, 百米桥估价约 380 万元。

(四)导流工程受益分析

1. 经济效益

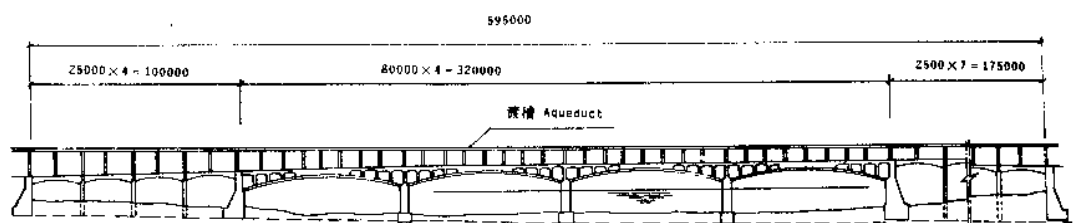


图 5 跨海大桥方案图

Fig.5 Bridge of stride across channel plan figure

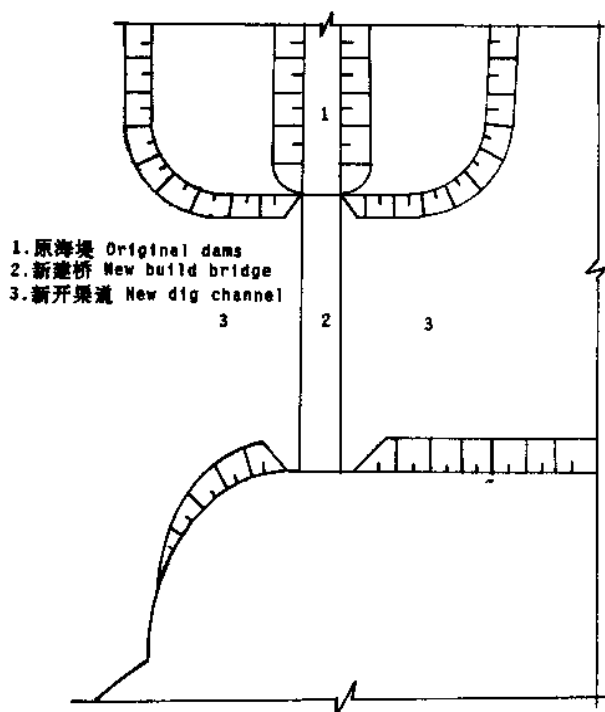


图 6 堤北端建桥方案平面图

Fig.6 Build bridge at dams north end plan plane figure

(1)网箱养鱼 是最直接和最大的受益者。1993 年东山湾、诏安湾因夏季台风少,雨量不足,持续高温,自 7 月 13 日至 23 日 10 天之内,30%的网箱不同程度发生死鱼,直接经济损失在 500 万元以上。导流工程实施后,若按一个网箱减少损失 600 元计算,每年可减少损失 800 万元以上。

(2)对虾养殖 八尺门海堤两侧水域现有虾池 2000 亩,近年由于水质恶化,虾病严重,产量逐年下降,92 年基本绝产。工程建成后,养虾单产可从每亩 150 公斤提高到 200 公斤,每年可增产值 280 万元。

(3)牡蛎养殖 八尺门附近海域养牡蛎 400 多亩,近年产量逐渐降低,单产每亩由 0.7 吨降至 0.3 吨,工程建成后,若按单产恢复到原有水平,每年可受益 100 万元以上。

(4)育苗场 八尺门海堤旁的海水温泉试验场,是东山湾最主要的海水育苗基地。近几年由于海区水质不良,屡屡给育苗造成损失。工程完成后,实现多品种综合育苗及利用,每年可增加产值 50 万元以上。

以上四项合计,可望新增产值 1000 万元以上。

2. 社会效益

(1)改善投资环境 东山县是外资投资的热点,也是中日渔业合作的重点。改善海域环境、投资条件,将有力地推动该区域的全方位对外开放。

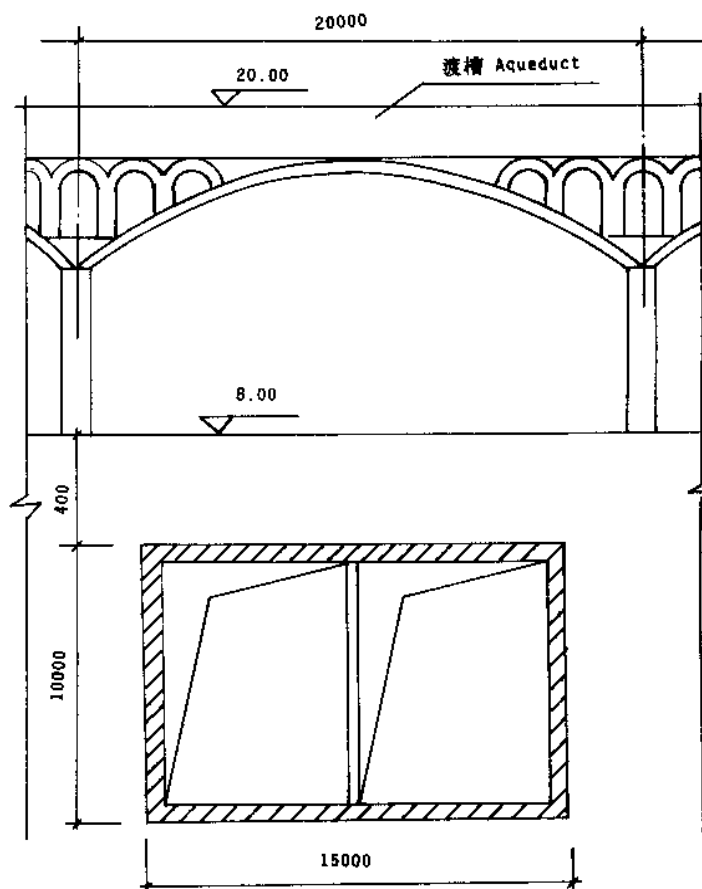


图 7 箱涵方案断面图

Fig.7 Culvert plan section figure

(2)旅游观光 八尺门水道水流通畅之后,可借大量网箱之利,美化设施,发挥综合功能,建设水上乐园。开展游钓、观赏、游泳、划船、潜水、餐饮、娱乐等旅游项目。大桥还是一处新的景点。

(3)通航之利 八尺门水道连接东山、诏安两湾,沟通之后,渔港、商港、盐场之间往来便利,缩短了航程,对生产、商贸都有利。

讨 论

鉴于本项可行性研究的立项任务要求,时间和经费,不可能大量布点,重新进行长年水文观测以及勘探测量。我们是以现有的水文、地质地貌、工程等资料为依据,进行的模拟计算、工程分析,难免存在不够精确之处。相信在将来工程立项,开展具体的工程设计工作中将会得到充实和完善。

参 考 文 献

- [1] 方国洪等, 1985. 台湾海峡潮汐和潮流的一个数值模型. 海洋学报, 7 (1).
[2] 丁文兰, 1983. 台湾海峡潮汐和潮流的分布特征. 台湾海峡, 2 (1).
[3] 中国海湾志, 第八册 (2). 海洋出版社.
[4] 同济大学桥梁教研室, 1983. 公路桥梁. 人民交通出版社.
[5] 姚玲森, 1990. 桥梁工程. 人民交通出版社.
[6] 日本国水产厅振兴开发课, 1988. 沿海渔場の整備开发.

THE FEASIBLE RESEARCH ON DIVERSION ENGINEERING OF DONGSHAN BAY

Xue Zhengrui Qu Guangping Chang Jimin

(Fishery Engineering Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266003)

Xue Zhen Lu Azhi Su Xiaodao

(Sciences Committes and Aquatic Bureau of Zhangzhou, FuJian)

ABSTRACT In recent years, the west water area of Dongshan Bay, the biggest marine net-box fish-breeding base in P.R. China, has faced the situation of over-nutrition and its aquatic resources decreasing. In order to change this situation, a feasible plan was made with digging a waterway from the bay to the off-shore area. The result of the numerical model and calculation of tidal field indicated that the water-change situation ability had been remarkably improved by opening the Bachimen area. By comparison and demonstration of several plans, opening Bachimen Seawall Bridge was considered to be the best one. The construction of diversion engineering, not only benefits ecological environment and aquatic resources, but also can produce remarkable economic and social benefits in many aspects such as coast defence, tourism and port construction.

KEYWORDS Dongshan Bay, Diversion engineering, Feasibility