



海岸河口工程研究论丛

莱州湾

建港水沙条件

刘 涛 刘国亭 著

SEDIMENT AND
HYDRODYNAMIC ENVIRONMENT OF
LAIZHOU BAY PORT CONSTRUCTION



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.



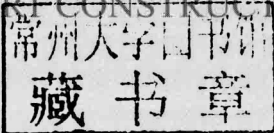
海岸河口工程研究论丛

莱州湾

建港水沙条件

刘 涛 刘国亭 著

SEDIMENT AND
HYDRODYNAMIC ENVIRONMENT OF
LAIZHOU BAY PORT CONSTRUCTION



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书是《海岸河口工程研究论丛》中的一本,在历史文献资料分析的基础上,结合本单位对莱州湾内港口的研究工作,介绍了莱州湾的水动力情况及泥沙环境,论述了莱州湾建港的特殊性,并结合莱州湾内典型港口的建设对莱州湾建港的水沙条件进行了论述。

本书可供从事海岸河口水动力泥沙研究的工作人员使用,也可供港口海岸及近海工程专业的高校学生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

莱州湾建港水沙条件 / 刘涛, 刘国亭著. — 北京 :
人民交通出版社股份有限公司, 2017. 11

(海岸河口工程研究论丛)

ISBN 978-7-114-14193-5

I. ①莱… II. ①刘… ②刘… III. ①港口建设—含
沙量—研究—山东 IV. ①U65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 225451 号

海岸河口工程研究论丛

书 名: 莱州湾建港水沙条件

著 作 者: 刘 涛 刘国亭

责任编辑: 崔 建 朱明周

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 720×960 1/16

印 张: 9.5

字 数: 162 千

版 次: 2017 年 11 月 第 1 版

印 次: 2017 年 11 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-14193-5

定 价: 40.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

序

海岸、河口是陆海相互作用的集中地带,自然资源丰富,是经济发达、人口集居之地。以我国为例,我国大陆海岸线北起辽宁省的鸭绿江口,南至广西的北仑河口,全长 18000km;我国海岸带有大大小小的入海河流 1500 余条,入海河流径流量占全国河川径流总量的 69.8%,其中流域面积广、径流大的河流主要有长江、黄河、珠江、钱塘江、甌江等。海岸河口地区居住着全国 40% 左右的人口,创造了全国 60% 左右的国民经济产值,长三角、珠三角、环渤海等海岸河口地区是我国经济最为发达的地区,是我国的经济引擎。

人类在海岸河口地区从事经济开发的生产活动涉及很多的海岸河口工程,如建设港口、开挖航道、修建防波堤、围海造陆、保护滩涂、治理河口、建设人工岛、修建跨(河)海大桥、建造滨海火电厂和核电厂等等,为了使其经济、合理、可行,必须要对环境水动力泥沙条件有一详细的了解、研究和论证。人类与海岸河口工程打交道是永恒的主题和使命。

交通运输部天津水运工程科学研究院海岸河口工程研究中心的前身是天津港回淤研究站,是专门从事海岸河口工程水动力泥沙研究的专业研究队伍。致力于为港口航道(水运工程)建设和其他海岸河口工程等提供优质的技术咨询服务,多年来,海岸河口工程研究中心科研人员的足迹遍布我国大江南北及亚洲的印尼、马来西亚、菲律宾、缅甸、越南、柬埔寨、伊朗和非洲的几内亚等国家,研究范围基本覆盖

了我国海岸线上大中型港口及各种海岸河口工程及亚洲、非洲一些国家的海岸河口工程,承担了许多国家重大科技攻关项目和 863 项目,多项成果达到国际先进水平和国际领先水平并获国家及省部级科技进步奖。海岸河口工程研究中心对淤泥质海岸泥沙运动规律、粉沙质海岸泥沙运动规律和沙质海岸泥沙运动规律有深刻的认识,在淤泥质海岸适航水深应用技术、水动力泥沙模拟技术、悬沙及浅滩出露面积卫星遥感分析技术等方面无论在理论上还是在实践经验上均有很高的水平和独到的见解。中心的一代代专家们为大型的复杂的项目上给出正确的技术论证和指导,使经优化论证的工程方案得以实施。如珠江口伶仃洋航道选线研究、上海洋山港选址及方案论证研究、河北黄骅港的治理研究、江苏如东辐射沙洲西太阳沙人工岛可行性及建设方案论证、甌江口温州浅滩围涂工程可行性研究、港珠澳大桥对珠江口港口航道影响研究论证、天津港各阶段建设回淤研究、田湾核电站取排水工程研究等等,事实证明这些工程是成功的。在积累的成熟技术基础上,主编了《淤泥质海港适航水深应用技术规范》、《海岸与河口潮流泥沙模拟技术规程》、《海港水文规范》泥沙章节,参编了《海港总体设计规范》和《核电厂海工构筑物设计规范》等。

本论丛是交通运输部天津水运工程科学研究所海岸河口工程研究中心老一辈少一辈专家学者多年来的水动力泥沙理论研究成果、实用技术和实践经验的总结,内容丰富、水平先进、科学性强、技术实用、经验珍贵,涵盖了水动力泥沙理论研究,物理数学模型试验模拟技术研究,水沙研究新技术、水运工程建设、河口治理、人工岛开发建设实例介绍等海岸河口工程研究的方方面面,对从事本行业的技术人员学习和拓展思路具有很好的参考价值,是海岸河口工程研究领域的宝贵财富。

本人在交通运输部天津水运工程科学研究院工作 20 年 (1990 ~ 2009 年), 曾经是海岸河口工程研究中心的一员, 我深得老一代专家的指导, 同辈人的鼓励和青年人的支持, 我深得严谨治学、求真务实氛围的熏陶、留恋之情与日俱增。今天, 非常乐见同事们把他们丰富的研究成果、实践经验、成功的工程范例著书发表, 分享给广大读者。相信本论丛的出版将会进一步丰富海岸河口水动力泥沙学科内容, 对提高水动力泥沙研究水平, 促使海岸河口工程研究再上新台阶有推动作用。希望海岸河口工程研究中心的专家们有更多的成果出版发行, 使本论丛的内容越来越丰富, 也使广大读者能大受裨益。

赵明公

2012 年 11 月

前 言

渤海是一个近封闭的内海,地处中国大陆东部北端,它一面紧邻黄海,三面环陆,北、西、南三面分别与辽宁、河北、山东和天津三省一市毗邻,东面经渤海海峡与黄海相通,辽东半岛和山东半岛犹如伸出的双臂将其合抱,构成首都北京的海上门户。渤海海区有三个主要海湾:北面的辽东湾,西面的渤海湾,南面的莱州湾。本书所介绍的莱州湾即位于山东半岛西北、渤海南部的渤海三大海湾之一。

莱州湾海岸线长度居山东海湾之冠,同时莱州湾沿岸自西向东有黄河、支脉河、小清河、塌河、弥河、白浪河、虞河、潍河、胶莱河、沙河、界河等十余条较大河流注入,河流堆积显著。特别是黄河泥沙的大量携入,使得海底堆积迅速,浅滩变宽,海水渐浅,湾口距离不断缩短。

莱州湾水沙条件的特殊性不仅在于有诸多河流及世界著名输沙河流——黄河的注入,也在于其特殊的地理位置。如莱州湾地处内海一侧,处于半封闭状态,春、秋季受温带季风的强烈影响,由于风区很长,使莱州湾成为世界上风暴潮最为频发的区域之一;再加之莱州湾水深较浅,平均水深仅8m左右。各种因素的综合作用使得莱州湾具有独特的建港水沙条件。

本书第一章首先对莱州湾地理位置及海岸河流进行了简单介绍;第二章介绍了莱州湾的水动力情况,包括潮汐、潮流、风浪等;第三章从底质分布、悬沙情况、泥沙运移等方面描述了莱州湾的泥沙环境;第四章介绍了莱州湾岸滩演变等;第五章对莱州湾海冰情况进行了分

析;第六章介绍了莱州湾建港的特殊性;第七章通过潍坊港中港区及东营港广利港区的建设对莱州湾建港思路的启迪、建港时遇到的水沙问题及解决方案进行了论述,为湾内其他港口建设提供参考。

本书在编写过程中,得到交通运输部天津水运科学研究院海岸河口中心同事的很多帮助,在此表示由衷的感谢。

由于作者水平有限,加之泥沙问题的复杂性,书中内容不免存在谬误及疏漏之处,敬请读者不吝赐教。

作者

2017年9月于天津塘沽

目 录

1 概述	1
2 莱州湾基本水动力情况	3
2.1 潮汐	3
2.2 潮流	3
2.3 余流	12
2.4 风与波浪	13
3 莱州湾泥沙环境	17
3.1 表层沉积物	17
3.2 悬沙场	26
3.3 泥沙来源及运移趋势	31
4 莱州湾泥沙环境及岸滩演变	33
4.1 地貌	33
4.2 海岸侵蚀、淤积性质	35
4.3 莱州湾沿岸地貌演变趋势分析	37
5 莱州湾海冰概述	42
5.1 海冰的形成原因	42
5.2 渤海海区的冰期和冰情	42
5.3 莱州湾海冰的冰情	44
6 莱州湾建港的特殊性	48
6.1 黄河影响	48
6.2 风暴潮影响	63
7 莱州湾主要港口的水沙情况	67
7.1 东营港广利港区	67
7.2 潍坊港中港区	110
8 结束语	135
参考文献	137

1 概 述

莱州湾位于山东半岛西北,渤海南部,为渤海三大海湾之一,是受郯(城)一庐(江)大断裂带控制、由断块凹陷而形成的北北东向的海湾。根据《中国海湾志》对海湾的划分,莱州湾湾口西起现代黄河新入海口($N 37^{\circ}39'$, $E 119^{\circ}16.6'$),东迄砣姆岛高角($N 37^{\circ}41'$, $E 120^{\circ}13'$),宽 96km,见图 1.1。



图 1.1 莱州湾形势图

莱州湾海岸线全长 319.06km,海域面积 6966.93km²,居山东海湾之冠,莱州湾平均水深 8m 左右,远小于渤海平均水深,为渤海平均水深最小处。

莱州湾河流堆积显著,沿岸形成宽阔沼泽、盐碱滩地,其中潮滩和海滩面积达 800km² 以上。由于沿岸河流特别是黄河泥沙的大量携入,海底堆积迅速,浅滩变宽,海水渐浅,湾口距离不断缩短。莱州湾沿岸西向东有黄河、支脉河、小清河、塌河、弥河、白浪河、虞河、潍河、胶莱河、沙河、界河等十余条较大河流注入,沿岸 90% 的土地为冲积平原。海底地形单调平缓,由于河流泥沙堆积,大部分

水深在 10m 以内,最大水深出现在海湾东北部砣姆岛高角外。

莱州湾海岸属平原海岸,岸线顺直,多沙土浅滩。莱州湾东岸以砣姆角—虎头崖为界,属海成堆积沙岸,发育了滩脊、连岛坝和泻湖,湾东岸北侧为砣姆岛和岛后连陆的沙嘴沙坝,东为烟台港龙口港区;西岸以羊角沟口—老黄河口为界,是现代黄河三角洲堆积沙岸,浅滩宽广平缓;南岸湾顶(虎头崖—羊角沟口)为粉砂淤泥质堆积海岸,其中小清河至沙河为粉砂淤泥质海岸,沙河至虎头崖为沙质海岸,发源于鲁中山地的小清河、弥河、白浪河、虞河、潍河、北胶莱河和沙河在莱州湾南岸由南向北入海。

莱州湾冬季结冰,冰厚约 15cm。莱州湾滩涂辽阔,河流携带有机物质丰富,盛产蟹、蛤、毛虾及海盐等,是中国重要的渔业和海盐生产区,亦有石油和天然气蕴藏。莱州湾沿岸分布潍坊港、东营港广利港区、龙口港和羊角沟港,为山东省重要港口。

2 莱州湾基本水动力情况

2.1 潮 汐

莱州湾的潮汐主要受黄河口外半日潮无潮点的影响,也受渤海海峡日潮无潮点的影响。各站的半日潮 M_2 振幅比日分潮 K_1 的振幅大 1 倍,半日潮占优势,全日分潮也占相当比例。

莱州湾的潮汐资料较多,其中有龙口站 1961 年以来的潮汐资料,清水沟、广利港、西大拐地区的部分潮汐资料;另外,还收集了潍河口、太平湾的潮汐调和常数。

根据潮汐实测资料,进行潮汐调和分析,得出各站调和常数和潮汐性质判别数。根据国内通用的潮汐性质判别标准:

$$F = \frac{H_{O_1} + H_{K_1}}{H_{M_2}}$$

式中: H_{O_1} 、 H_{K_1} 、 H_{M_2} ——主太阴日分潮、太阴太阳赤纬日分潮、主太阴半日分潮的平均振幅(cm)。

当 $F \leq 0.5$ 时为正规半日潮;当 $0.5 < F \leq 2.0$ 时为不正规半日潮;

当 $2.0 < F \leq 4.0$ 时为不正规全日潮;当 $F > 4.0$ 时为正规全日潮。

莱州湾各站 F 值均在 0.5 以上、2.0 以下,属于不正规混合半日潮区。 F 值见表 2.1。

莱州湾各区域 F 值表

表 2.1

站名	清水沟	广利港	羊角沟	西大拐	潍河口	刁龙嘴	界河口	砣姆岛	龙口
F	0.89	0.91	1.14	0.79	1.06	0.88	0.97	1.02	0.92

2.2 潮 流

莱州湾面积较大,水深较浅,潮波在传播过程中,受岸边地形、底摩擦及入海河流等因素的影响不断变形,致使浅海分潮流显著,月不等现象明显,因此出现

了涨、落潮流历时不等和流速不等的现象。根据实测资料分析:

黄河口附近是莱州湾的强流区,涨潮流平均历时短于落潮流平均历时,而涨潮流速小于落潮流速。实测的最大涨潮流速 1.41m/s ,最大落潮流速 1.87m/s 。湾口中部,涨潮流历时短于落潮流历时约 40min ;表层涨潮流速小于落潮流速,底层则相反,涨潮流速大于落潮流速,差值约 0.05m/s 。湾口东部,表层涨潮流历时长于落潮流历时约 30min ,底层相反,涨潮流历时短于落潮流历时约 2h 30min ;流速都是涨潮流速大于落潮流速。湾顶及湾内的其他部分,都是涨潮流历时长于落潮流历时,涨潮流速小于或等于落潮流速。

整体来看,除黄河口及局部海域外,莱州湾内整体流速较小,涨、落潮平均流速在 $0.1 \sim 0.4\text{m/s}$ 之间,属于弱潮流动力海域。

莱州湾潮流分布图如图 2.1 所示。



图 2.1 莱州湾潮流分布图

2.2.1 西岸

1) 黄河口外海域

根据已有实测资料分析,本区潮流属规则半日潮流,呈往复流性质;涨潮流向为 SE 向,落潮流指向 NW 向,落潮流速略大于涨潮流速;黄河口门外有一高流速区,在 $-15 \sim -10\text{m}$ 等深线之间。

2) 广利港—广利河口海域

根据 2008 年 10 月水文资料分析(表 2.2, 图 2.2 ~ 图 2.4), 广利河口海域潮流具有如下特征:

(1) 该海域潮流运动形式受莱州湾潮波的影响, 呈往复流运动。河口内测点, 涨、落潮平均流向分别为 $258^{\circ} \sim 268^{\circ}$ 、 $80^{\circ} \sim 84^{\circ}$, 最大流向也基本处于这一范围; 位于近岸拦门沙的两个站点, 流向由涨潮时向河口汇聚和落潮时从河口发散的规律; 位于拦门沙南侧 2 号测点, 涨、落潮平均流向分别为 $280^{\circ} \sim 287^{\circ}$ 、 $94^{\circ} \sim 97^{\circ}$, 最大流向分别为 $277^{\circ} \sim 281^{\circ}$ 、 $93^{\circ} \sim 106^{\circ}$; 位于拦门沙北侧的 4 号测点, 涨、落潮平均流向分别为 $233^{\circ} \sim 261^{\circ}$ 、 $52^{\circ} \sim 55^{\circ}$, 最大流向分别为 $240^{\circ} \sim 251^{\circ}$ 、 $50^{\circ} \sim 57^{\circ}$ 。

广利河口附近海域流速、流向统计

表 2.2

时 间	站 位	潮段平均值					潮段最大值			
		涨潮		落潮		平均 流速 (m/s)	涨潮		落潮	
		流速 (m/s)	流向 ($^{\circ}$)	流速 (m/s)	流向 ($^{\circ}$)		流速 (m/s)	流向 ($^{\circ}$)	流速 (m/s)	流向 ($^{\circ}$)
2008 年 10 月 15 日— 10 月 16 日(大潮)	1 号	0.58	268	0.50	84	0.54	0.97	264	0.74	87
	2 号	0.27	280	0.27	95	0.27	0.42	277	0.42	93
	3 号	0.16	266	0.27	53	0.22	0.36	252	0.40	55
	4 号	0.21	261	0.26	53	0.24	0.33	249	0.42	53
	5 号	0.22	273	0.18	94	0.20	0.39	270	0.29	99
2008 年 10 月 18 日— 10 月 19 日(中潮)	1 号	0.52	261	0.59	84	0.56	1.21	262	0.93	84
	2 号	0.28	283	0.30	97	0.29	0.42	280	0.50	106
	3 号	0.20	255	0.43	63	0.32	0.35	261	0.78	68
	4 号	0.18	245	0.30	55	0.24	0.35	251	0.47	57
	5 号	0.19	276	0.18	102	0.19	0.37	272	0.34	101
2008 年 10 月 24 日— 10 月 25 日(小潮)	1 号	0.40	258	0.33	80	0.37	0.65	258	0.55	81
	2 号	0.18	287	0.10	94	0.14	0.36	281	0.28	105
	3 号	0.06	229	0.19	32	0.13	0.22	224	0.32	39
	4 号	0.17	233	0.14	52	0.16	0.36	240	0.36	50
	5 号	0.12	282	0.10	76	0.11	0.24	260	0.19	88

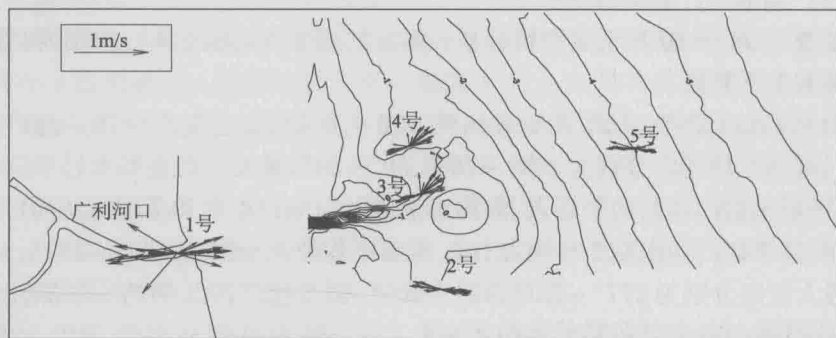


图 2.2 广利河口潮流矢量图(大潮)

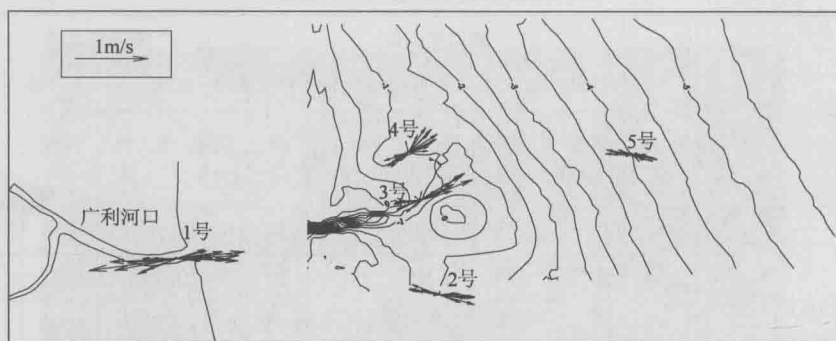


图 2.3 广利河口潮流矢量图(中潮)

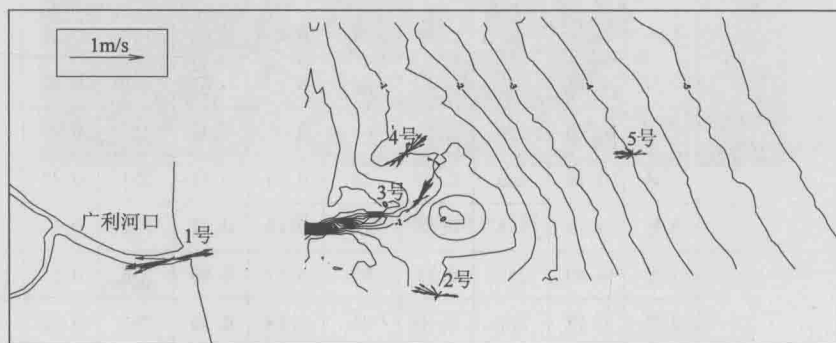


图 2.4 广利河口潮流矢量图(小潮)

(2)从流速数值的平面分布来看,该海区总体上呈现自近岸向外海逐渐减小的趋势,如大潮时位于河口内的1号测点,涨、落潮平均流速分别为0.58m/s、

0.50m/s;位于拦门沙滩顶的3号测点,涨、落潮平均流速分别为0.16m/s、0.27m/s;位于-4m等深线上的5号测点,涨、落潮平均流速分别为0.22m/s、0.18m/s。

(3)大潮时,1号、5号测点呈现出涨潮流大于落潮流的特点,其他三个测点基本是落潮流速大于涨潮流速;中潮时,除5号测点外其他都是落潮流速大于涨潮流速;小潮时,除3号测点外其他都是涨潮平均流速大于落潮平均流速。从总体上看,河口以内流速较大,而河口以外则属于低流速区。

2.2.2 南岸

莱州湾南岸各测点潮流也呈明显往复流,见图2.5、图2.6,各测点涨潮平均流向呈SW~WNW向,落潮平均流向呈NE~E向,除2号、3号两观测点落潮平均流向呈E向,其余测点呈NE~ENE向。比较大、小潮流向,大潮涨、落流向更接近于垂直岸线方向。实测数据表明:

(1)涨潮憩流时间,即初落时间,发生在高潮前59min~高潮后1h05min之间,平均发生在高潮后16min;落潮憩流时间,即初涨时间,发生在低潮前34min~低潮后56min之间,平均发生在低潮后14min。各测点潮波都是介于驻波与前进波之间,兼有驻波与前进波的特征。

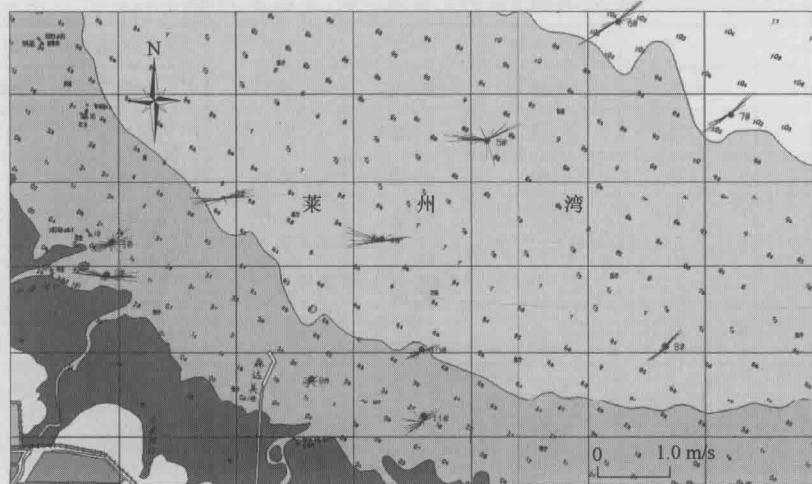


图2.5 大潮垂线平均流速矢量图

(2)受月赤纬变化和海湾地形等因素的影响,不同水域的涨、落潮潮流历时

有所差异(表 2.3)。涨、落潮潮流平均历时分别为 6h 37min 和 5h 39min,涨潮潮流历时大于落潮潮流历时,平均历时差 58min。涨、落潮潮流平均历时,大潮分别为 6h 28min 和 5h 45min,小潮分别为 6h 45min 和 5h 34min。

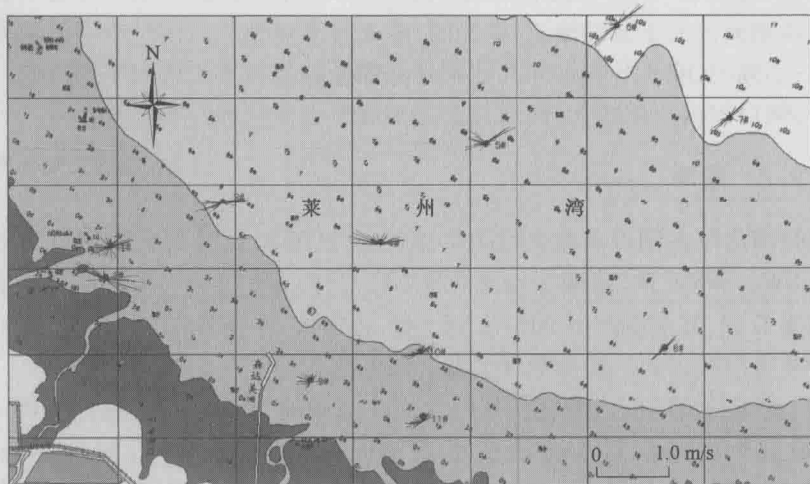


图 2.6 小潮垂线平均流速矢量图

涨、落潮潮流历时汇总表(单位:h:min)

表 2.3

站 名	涨 潮			落 潮		
	大潮	小潮	平均值	大潮	小潮	平均值
1 号	6:38	6:13	6:25	5:44	6:01	5:52
2 号	5:54	7:40	6:47	6:14	4:41	5:27
3 号	6:30	6:17	6:23	5:47	6:00	5:53
4 号	6:49	6:58	6:53	5:38	5:41	5:39
5 号	6:26	6:34	6:30	5:32	5:16	5:24
6 号	6:29	6:39	6:34	6:15	5:35	5:55
7 号	6:21	6:23	6:22	5:58	6:06	6:02
8 号	6:01	6:14	6:08	6:16	6:05	6:10
9 号	6:59	7:50	7:24	5:01	4:56	4:58
10 号	6:29	6:48	6:38	5:27	5:36	5:31
11 号	6:40	6:47	6:43	5:21	5:24	5:23
平均值	6:28	6:45	6:37	5:45	5:34	5:39