

第十六届中国海洋（岸）工程

学术讨论会论文集

（上）



海洋出版社

第十六届中国海洋（岸）工程 学术讨论会论文集

DI-SHILIU JIE ZHONGGUO HAIYANG(AN) GONGCHENG
XUESHU TAOLUNHUI LUNWENJI

（上）

中国 海洋工程学会 编

海洋出版社

2013 年·北京

内 容 简 介

第十六届中国海洋(岸)工程学术讨论会论文集主要内容有深水及近海工程,海岸动力及海岸工程,河口及航道整治以及综合技术等。

图书在版编目(CIP)数据

第十六届中国海洋(岸)工程学术讨论会论文集/中国海洋工程学会编. —北京:海洋出版社,2013.7
ISBN 978-7-5027-8626-7

I. ①第… II. ①中… III. ①海洋工程—学术会议—文集 IV. ①P75-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 173852 号

主 编:左其华 窦希萍

副 主 编:滕 斌

责任编辑:高朝君

特邀编辑:王 红 段子冰 杨 红 滕 玲 吴永宁

责任校对:孙 宁 杨 钦

责任印制:赵麟苏

第十六届中国海洋(岸)工程学术讨论会论文集

DI-SHILIU JIE ZHONGGUO HAIYANG(AN) GONGCHENG XUESHU TAOLUNHUI LUNWENJI

承办单位:大连理工大学海岸和近海工程国家重点实验室

南京水利科学研究院 港口航道泥沙工程交通行业重点实验室

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编:100081

南京河海大学印刷厂印刷 新华书店发行所经销

2013 年 7 月第 1 版 2013 年 7 月南京第 1 次印刷

开本:880mm×1230mm 1/16 印张:101

字数:3346 千字 定价:598.00 元(上、下册)

发行部:62132549 邮购部:68038093 总编室:62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

目 录

大会主题报告

我国深水港口建设技术发展	吴澎,曹凤帅(3)
--------------------	-----------

深水及近海工程

Numerical simulation of violent impact flow using a CIP-based model	ZHAO Xi-zeng(13)
自由表面处垂直隔板抑制液体晃荡的数值研究	薛米安,苑晓丽,郑金海,马玉祥(21)
矩形液舱晃荡最大荷载规律研究	朱小松,谢彬,喻西崇,杜庆贵(28)
基于黏性流体的小间距多浮体水动力干扰研究	徐亮瑜,杨建民,李欣(34)
浅水 FPSO 二阶力与慢漂阻尼计算分析	陈忆宁,陈刚,肖龙飞(45)
方箱内气液耦合作用的数值模拟研究	石进,宁德志,滕斌,赵海涛,施伟勇(53)
水箱运动与其内部流体晃荡的耦合分析	姜胜超,滕斌,吕林,勾莹(60)
水中沉底气泡动力学行为数值模拟与实验研究	倪宝玉,张阿漫(69)
海流作用下 AUV 与圆锥状 DOCK 水下对接的水动力分析	吴利红,闫鹏(75)
船速对船舶碰撞仿真影响的研究	宋明,马骏(91)
近海新型捕贝工程装备的概念设计	张大勇,于嵩松,李明智,杨君德,张光发,李秀辰(96)
船舶破损进水特性的 SPH 三维模拟研究	曹雪雁,明付仁,张阿漫(101)
气泡与自由液面的全非线性耦合作用数值模拟	李帅,韩蕊,张阿漫(105)
游泳静态阻力的三维数值模拟研究	詹杰民,李天增,陈学彬(110)
带隔板液舱晃荡问题的数值模拟研究	金恒,刘勇,李华军(115)
双层流体中内波越过截顶浅滩时散射效应的解析模拟	石云萍,唐国吉,刘焕文(122)
多种海洋环境下非线性两相流大涡模拟的应用	常杏,李廷秋(134)
板—网型浮式防波堤网衣周围流场数值模拟	郑艳娜,郭本超,刘德兴,彭海婷(139)
基于 OpenFOAM 的圆柱涡激振动数值模拟研究	吴文波,王嘉松(147)
导管架平台浮托安装的动态时域模拟	许鑫,杨建民,李欣,吕海宁(152)
风、浪、流作用下的海洋平台时域分析	杨敏冬,金瑞佳,滕斌(164)
导管架对接结构的设计要点	张孝卫,刘玉玺,尹汉军,郭明(171)
导管架管节点设计参数的合理选取及其工程应用	张孝卫,刘玉玺,黄怀州(177)
固定式海洋平台中立管卡子的设计方法探讨	张孝卫,刘玉玺,侯涛,高飞(185)
半潜式生活支持平台水动力性能研究	赵静,姜福洪,伞立忠,王飞(192)
深水半潜式平台结构疲劳谱分析方法研究	石强,姜福茂,戴挺,马廷德,尤云祥(200)
FDPSO 的几种不同形式海工浮式结构物性能比较	董庆辉,林海花,彭贵胜,孙强,姚云熙,李在鹏(207)
自升式钻井平台钻杆坠落研究	陈立,戴挺(215)
基于加强层黏滞阻尼系统的海洋平台振动控制研究	张纪刚,牛群,褚焕雯(219)
基于雷诺相似的圆柱体涡激振动实验方法	周阳,黄维平(225)
海上风电机组五桩基础结构关键节点疲劳损伤谱分析研究	李玉刚,任年鑫,欧进萍(231)
一种新型半潜式平台及其水动力性能分析	杜君峰,李华军,王树青,张敏(237)
海洋平台结构原型监测及其现场应用	武文华,唐达,岳前进,时忠民,屈衍(247)
张力腿平台及系泊系统耦合动力分析	崔娜,孙丽萍,郭强(255)

基于筋腱张力的张力腿平台主尺度优化	孙丽萍,姚彦龙,孙少华(262)
深海采油水下生产系统地震引起的动力响应	唐友刚,张少洋,潘悦然(270)
深水重力式网箱浮架结构应力—变形有限元分析	王笛清,董国海,赵云鹏,白晓东(275)
深水吸力式基础施工方案探讨	王丽勤(284)
波浪与铰接多浮体系统相互作用的数值分析	王桂波,勾莹,滕斌,张建侨(290)
基于 RBF 神经网络的 FPSO 系泊力预测方法和原型应用	孙晔,武文华,樊哲良,岳前进(297)
沉垫自升式平台渤海深水区作业可行性研究	张棣,徐兴平,王言哲,蒋文春,于舰(304)
海上平台模块化与传统工艺建造对比浅析	张占立,李文武,葛飞岐(310)
深水悬链式生产立管的涡激振动及疲劳分析	王世澎,唐国强,吕林(313)
集束圆柱涡激振动的数值研究	刘名名,吕林,滕斌,郭晓玲,唐国强(320)
非金属非黏结复合软管弯曲性能的数值模拟分析	张艳君,黄维平(325)
深水悬链锚泊线串联浮筒系统静力特性分析	闫俊,乔东生,欧进萍(330)
海洋立管涡激振动抑制的新方法	何杨,孙国民,钟兴福,林黎明(336)
深水 S 型托管架的基本设计参数研究	谢鹏,岳前进,赵岩(341)
深水 S 型托管架模型试验方法研究	杜武男,岳前进,赵岩,梁辉,武永波(347)
不同连接形式多节铰接托管架横向刚度分析	薛志钢,蔡志勤,赵岩,岳前进(355)
针对冰工况下的导管架平台安全性分析	徐彻,杨颀(360)
导管架卧式建造整体吊装翻身技术	王长林,刘佰明,蔡振璐,杨晔,高瑞力(366)
海上深水铺管船托管架监控设备浅析	李学云,郭琳,张堃,刘强(373)
穿越复杂地貌的海底管道路由修整分析	王佐强,王涛,刘极莉,李罡珊(378)
深水海底管道铺设关键技术及应用	王佐强,刘极莉,李罡珊(383)
丽水站外管线跨越段海床冲刷及其措施研究	郎一鸣,贾宏伟,孙国民,刘志刚(387)
深水钢悬链线立管触地区管土相互作用试验研究进展	胡知辉(392)
海底管跨涡激振动模型实验结果与数值预报的比较	李小超,王永学,程永舟,孙鹰(399)
近壁面海底管道斜向水流作用下涡激振动实验研究	臧志鹏,高福平,唐驰,漆文刚(407)
深水 S 型铺管动力响应分析	徐普,龚顺风,钟文军,何宁,燕晖(412)
斜流作用下海底管线绕流的数学模拟与试验研究	刘柏麟,程永舟,刘成祥,王晶(420)
海底管道屈曲机理研究	刘源,余建星,余杨,杨源,李天宇(426)
载流压力管路振动能量流的理论与试验研究	陈忱,李天匀,朱翔,陈浩森(432)

海岸动力及海岸工程

基于能量平衡方程的多向不规则波实用数学模型	冯春明,董胜,吉星明(441)
江苏沿海风暴流场数值模拟	
——以 1109 号台风“梅花”为例	顾茜,陈永平,张长宽(446)
集合化台风风场的构建方法研究及应用	陈永平,顾茜,张长宽(452)
基于遗传算法的波高最大熵分布拟合研究	何优,董胜,孙瀚,宋大千(458)
江苏响水海域海浪谱特性	陶爱峰,金飞,王瑶,娄迪(462)
AWAC 在海洋波浪观测应用中若干问题的探讨	曾志,陈智杰,郑斌鑫,何佳(467)
福建沿海近岸海域频谱分析	束芳芳,蔡峰,廖康明(473)
基于不同强迫风场的海浪数值模式研究	潘锡山,王红川,王登婷(481)
声学测波现场实验研究	张文祥,刘建华,朱琴,杨世伦(485)
Tsunami occurrences in China and numerical simulation of a supposed tsunami process in Bohai Sea	LI Shao-wu , WANG Dong(490)
基于多浮标反演的南海海啸数值预警方法	任智源,王本龙,赵曦,刘桦(497)

双向波列相互作用的实验研究	刘殿勇,马玉祥,Marc Perlin,董国海(506)
水流对高阶谐波作用数值模拟	李洪义,马小舟,马玉祥,董国海(514)
基于 ALE-NS 模型的数值波浪水池	金生,张楠,艾丛芳(521)
实验室畸形波观测	刘赞强(526)
平台陡墙式防波堤的越浪参数分析	陈恺,韩非非(529)
日本港湾空港技术研究所大比尺波浪水槽介绍	耿宝磊,孟祥伟,刘海源,戈龙仔(534)
斜坡式海堤越浪流态及越浪量数值模拟	安蒙华,蒋勤,张长宽(540)
内侧有使用要求的斜坡堤胸墙顶高程确定	夏运强,杨锦凌,柳玉良(547)
波浪对不同位置斜坡堤的作用规律研究	张华昌,荆勇,王绿卿,赵雪夫(551)
阶梯式海堤结构波浪爬高糙渗系数确定	王晓敏,琚烈红,Dipl.-Ing. Frederik M. TREUEL(555)
非线性波浪对淹没水平板作用的模拟研究	林红星,宁德志,滕斌,郝春玲(560)
新型浮式防波堤消浪性能与运动特性的研究	杨彪,陈智杰,王国玉,王永学(567)
海堤溃决后波浪传播试验研究	周正萍,左其华,周益人(574)
开敞式油品码头平面布置优化研究	林尚飞,陈国平,严士常,杨越(581)
横浪作用下开敞式码头系泊船舶系缆力试验研究	龚伟杰,李典,文铖,郑铁恒(592)
双层多孔介质中波浪传播的高阶 Boussinesq 方程	刘忠波,房克照,孙昭晨,李长训(597)
群墩结构对多向聚焦波浪传播影响的模拟研究	孙忠滨(606)
波浪作用下空心方块受力的数值模拟	陈雪峰,杨康(616)
桩基板型透空堤消波性能实验研究	王晶,程永舟,刘柏麟,杨小桦(623)
可靠性安全评估海洋环境极值荷载模型	周道成,张传杰(628)
斜坡堤堤顶越浪流的数值模拟	郭晓宇,王本龙,刘桦(635)
系泊缆绳松弛—张紧时的运动特性分析	张素侠,唐友刚,刘习军(646)
辽河滩海油田仿生草消浪特性试验研究	焦志斌,牟永春,沙秋(651)
双层开孔水平板防波堤上的波浪力试验研究	郭传胜,张宁川(656)
矩形 Bragg 防波堤引起线性长波共振反射的最优配置	曾慧丹,刘焕文,唐国吉(663)
斜坡式防波堤透浪系数的研究	葛晓丹,柳淑学,李金宣(673)
线性长波越过理想和拟理想潜堤反射效应的解析模拟	黄艳,曹敦虔,刘焕文(678)
长波越过拟理想挖掘陷坑散射效应的解析模拟	陈群斌,刘焕文(692)
人工岛海堤安全风险分析	王兴刚,王红川,潘军宁,琚烈红(702)
波浪作用下网箱浮架结构弹性响应数值模拟	白晓东,董国海,赵云鹏,王笛清(708)
Copula 函数在海洋工程中的应用	陈超,王莉萍,陈正寿,许新(716)
滨海核电站设计基准洪水分析研究	王莉萍,黄桂玲,雷玺,许新(725)
多向不规则波浪作用下大尺度圆柱受力的实验研究	季新然,柳淑学,李金宣(733)
水下板式—浮筒型防波堤反射系数与透射系数研究	高鑫,贺大川,王科(738)
中国潮汐能利用现状研究	李慧,郝嘉凌,陶爱峰,王懿(744)
海岛多能互补独立发电系统的应用研究	张中华,夏增艳,王海峰,黄勇,郭毅(747)
浮式潮流能发电装置转子水动力影响探究	唐立志,杨仲,高睿(752)
2×150 kW 漂浮式立轴潮流能独立发电系统设计	盛其虎,汤福定,王海峰,曹兴福,赵伟明,金志广,韩端峰,张亮(758)
欧洲海洋能开发利用现状	胡苏萍(764)
浙江近海自然海况条件下波浪能统计分析	杨忠良,施伟勇,张俊彪,叶钦(773)
基于 OpenGL 的波流耦合作用下海域泥沙起动判断系统的建立	赵旭东,梁书秀,孙昭晨(778)
大型波浪水槽输沙实验研究	王玉海,郭传胜,刘大滨,王崇浩(783)

曹妃甸围填海开发活动对海洋资源影响评价	胡聪,于定勇,赵博博,毛海英(789)
一维水波共振的 Fermi-Pasta-Ulam-Tsingou 问题	王岗,郑金海,董国海,马小舟,马玉祥(794)
近十年中国海浪灾害特性分析	彭冀,陶爱峰,齐可仁,王学新(805)
曹妃甸国际生态城内海潮汐水流及水体交换物理模型试验研究	余小建,崔峥,毛宁,张磊(809)
循环荷载作用下粉质土海床的孔压响应特性	张琳,贾永刚,单红仙,郑杰文,刘晓磊(817)
复杂靠泊环境水流模拟与整治研究	张金善,孔俊,章卫胜,张清扬(823)
淤泥质海岸新开挖航道潮流泥沙模拟研究	章卫胜,张金善,高正荣,王金华(829)
非开挖港池航道悬沙回淤率计算研究	张磊,徐啸(834)
晋江市围头湾生态城工程物理模型试验研究	崔峥,余小建,黄少欣,徐啸,毛宁,张磊(837)
连云港徐圩港区海域含沙量分布特征研究	左书华,杨华,庞启秀,张娜(843)
大亚湾芒洲岛码头工程潮流泥沙数值模拟	袁春光,王义刚,黄惠明,杨同军,陈橙(851)
海口港马村港区防波堤及航道工程波浪潮流数值模拟及泥沙回淤研究	康苏海,陈椿(860)
江苏沿海夏季潮流与悬沙空间分布特性	陈橙,王义刚,黄惠明,袁春光(865)
桥墩周边流场模拟分析	郭兴杰,程和琴,王冬梅,杨忠勇,宋泽坤,胡浩(869)
厦门海域环境与功能区划符合性分析	王骏博(875)
南黄海海域悬沙剖面公式适用性探讨	黄惠明,王义刚,陈橙,袁春光(880)
江苏海岸潮滩地面和地下过程现场观测	靳闯,龚政,李欢,张长宽,辛沛(884)
西沙群岛珊瑚砂运动特性试验研究	王艳红,陆培东,曾成杰(893)
大型挖入式港池回淤研究	吴道文,李伟,徐华(898)
天津大港港区航道疏浚渤西管线保护段预留方案试验研究	刘建军,孙波,肖立敏,孙林云,韩信(905)
湄洲湾三维潮流特性数值模拟研究	王金华,张金善,章卫胜(910)
基于格子 Boltzmann 方法的方柱周围流场力的耦合影响研究	史冬岩,王志凯,张阿漫(917)
罗源湾风险溢油数值模拟	汤军健,陈楚汉,温生辉(922)
江苏辐射沙脊主要潮汐水道演变特征研究	陈可锋,俞亮亮(928)
有限体积法在求解 Boussinesq 方程中的应用	张哲,房克照,刘忠波(932)
吹填流失观测与影响因子辨识研究	张绍华,蒋昌波,邵亮,程谨,宋俊强,陈杰(938)
海啸波作用下沿海公路路基淘刷实验研究	陈杰,蒋昌波,伍志元,刘静,邓斌,隆院男(942)
基于气液两相流的冲泻区水动力数值研究	邓斌,蒋昌波,汤寒松,隆院男,王刚(947)
近岸人工沙坝养滩工程技术研究进展	赵多苍,拾兵(953)
江苏近海潮流动力特性研究	王骏,张继生,李慧,陶爱峰(957)
厦门东南国际航运中心海沧港区 18、19 井泊位及调头区淤积物组成、分布与力学特性浅析	毛宁,徐啸,张磊,余小建,崔峥(963)
辐射沙脊中南部潮汐水道交汇水域海床稳定性分析	曾成杰,陆培东(975)
通州湾港区围垦一期通道工程对水动力环境影响研究	杨宏兵(980)
矩形月池内流体的固有振动特性研究	黄磊,刘利琴,唐友刚(984)
开敞海域淤泥质浅滩环抱式港池布置试验研究	丁军华,高正荣,黄晋鹏,章卫胜(991)
波浪作用下沙质斜坡海床上沙坝运动试验研究	潘昀,程永舟,李青峰(998)
高桩码头的现状检测与评估	黄卫兰,苏扬,陈灿明,马桂珍,吴懿斌(1005)
沉箱浮力消失问题探讨	李志伟,葛磊(1011)
山东威海中心渔港二期工程码头平面布置与码头前沿底标高优化设计	王刚,孙龙,陈国强(1016)
高桩码头结构损伤动力特性研究	杨志明,朱瑞虎,陈橙(1021)

斜坡码头缆绳缆力测量技术及误差分析 周世良,郑晓珣,李泳龙(1026)

斜坡式码头趸船系泊缆绳载荷监测预警系统 周世良,李泳龙,李亚婷,周培森(1033)

内河大水位差码头抗震性能研究 汪承志,张玉(1038)

内河大水位差大跨度架空直立式码头结构破坏模式研究 王多银,汪承志,刘颖,张玉(1044)

海工自密实混凝土抗氯离子侵蚀性能研究 刘伟宝,陆采荣,梅国兴,王珩,戈雪良,杨虎(1051)

港口工程结构全寿命设计方法研究进展 杨林虎,吴澎,曹凤帅(1057)

波浪冲击荷载作用下高桩码头面板动力分析 王元战,马旭,林陈安攀,陈洁(1065)

空心方块结构在某海防码头工程中的应用 陈秀璞,薛伟,陈凯敏(1073)

河口及航道整治

基于有限体积法的非结构网格滑坡涌浪模型 王志力,耿艳芬(1081)

水上滑坡激起涌浪的水槽试验研究 黄伟昊,王志力,陆永军(1087)

新型透水框架水动力特性试验研究 马爱兴,张卫云,谭伦武,尹书冉,王秀红,蔡国正(1093)

带有植物影响的溃坝水流及底床变形数值模拟 张明亮,张云鹏,郝子宁,刘维维,尤彦兵(1099)

船舶进入第三组巴拿马船闸时的水动力数值研究 王宏志,邹早建(1107)

四面六边透水框架水动力特性及应用效果研究进展 张卫云,倪苏俊,曹民雄,马爱兴(1116)

静水中船航行非线性首波生成的数值模拟 何佳益,万德成(1121)

闽江口潮流泥沙运动特性与船坞码头布置方案优化研究 郑金海,吴腾,李安中,丁坚,王震(1128)

杭州湾口北部海域水沙运动特征及其数值模拟 张伯虎,唐子文,金新(1138)

长江口南支水道余环流和盐度输移特征 李林娟,严以新,郑金海(1143)

长江口北槽断面水通量计算统计与分析 孔令双,戚定满,顾峰峰(1151)

深水航道治理工程对长江河口盐水入侵的影响 齐华萍,陶建峰,曹利利(1156)

钱塘江河口水体交换能力计算 朱军政,邵会彩,李若华(1161)

大型隧道管节沉放过程中碎石垫层基槽稳定试验研究 卢中一,高正荣(1166)

桩承台基础水中厚度对局部冲刷影响的试验研究 卢中一,高正荣(1175)

浅谈近 15 年来长江口航道治理工程实施效果及经验 赵德招,刘杰,程海峰,王珍珍(1182)

长江口拦门沙河段波浪特征及对北槽航道回淤影响研究 刘猛(1189)

近期长江河口南支河道泥沙特性及河床沙再悬浮研究 李九发,李占海,姚弘毅,朱文武,高敏(1196)

拦门沙整治工程对射阳河口泄洪影响研究 陈静,马启南(1201)

近期长江河口北港河道沉积物分布特征 姚弘毅,李九发,李为华,戴志军,王飞(1209)

长青沙新闸引河港池回淤研究 王晓俊,闻云呈,徐华(1215)

南渡江河口潮流悬沙三维数值模拟研究 吕彪(1221)

深圳大铲湾港区泥沙输移规律研究 何杰,辛文杰,徐群(1226)

长江口三沙航道近三十年来表层水体泥沙含量遥感分析 吴文挺,田波,何青(1232)

2012 年枯季长江口南港河床沉积物空间分布及运移趋势研究 程海峰,刘杰,赵德招,王珍珍,曹杰(1237)

港珠澳大桥整体物理模型试验管理研究 王驰,徐群,王学兰(1243)

长江河口及其海岸带沉积污染物释放特性研究 孙士权,蒋昌波,谭万春,聂小保,常留红,隆院男,陈杰(1247)

人类活动干扰下伶仃洋河口湾地形演变趋势变化 袁丽蓉,杨清书,谢莉莉,崔鑫(1253)

长江河口段洲滩开发利用水动力初步研究 闻云呈,梁婷,王晓俊(1259)

Study on combined operating plans of Qingshuigou and Diaokouhe at Yellow River estuary ...
..... CHEN Xiongbo, DUAN Zibing, SUN Bo(1267)

长江下游白茆沙河段滩槽演变特征与深水航道治理对策研究
..... 徐华,吴道文,夏云峰,张世钊,杜德军,陈伟(1272)

临海高等级公路跨灌河大桥设计通航水位的确定 高祥宇,高正荣,朱明成(1279)

走马塘排水对望虞河引水水质影响试验研究 杜德军,夏云峰,时闰惠,闻云呈,徐华(1283)

非均匀非平衡输沙数学模型在靖江港区专用航道疏浚开挖回淤研究中的运用
..... 闻云呈,夏云峰,王晓俊,张世钊,杜德军(1291)

淹没丁坝坝头局部冲刷研究综述 郝思禹,夏云峰,徐华,闻云呈(1301)

长江河口段造床流量计算 吴道文,王秀丹,王晓俊(1307)

潮汐河段模型试验上下游控制边界条件确定 吴道文,李伟,闻云呈(1315)

长江三沙河段航道整治参数研究 吴道文,王秀丹,王晓俊(1325)

基于陆地卫星存档数据的长江下游碍航浅沙演变分析 张敏,田波,周云轩(1331)

温州市七都大桥北汊桥工程对周边涉水工程影响 王顺中,王俊,左利钦(1338)

河流水沙观测与模拟研究概述 窦希萍(1344)

灌河河床演变及河相关系分析研究 高祥宇,窦希萍,朱明成,高正荣(1353)

南通市长江北路西延涉水工程跨越九圩港桥梁冲刷试验研究 ... 黄晋鹏,高正荣,杨程生(1358)

南通市长江北路西延涉水工程对九圩港闸引、排水影响试验研究
..... 黄晋鹏,高正荣,杨程生(1364)

长江下游感潮河段乘水、乘潮综合利用分析研究
..... 张世钊,闻云呈,夏云峰,吴道文,王小俊(1370)

长江扬中河段天星洲汊道整治工程物理模型试验研究
..... 姬昌辉,谢瑞,洪大林,于剑,申霞,王永平(1376)

长洲枢纽至界首河段箱式拦河坝及临时船闸坝址研究
..... 王秀红,曹民雄,张幸农,蔡国正,马爱兴,假冬冬(1383)

开孔墩柱局部冲刷防护机理数值模拟分析 赵娣,程永舟(1389)

黄墩湖滞洪区洪水调度系统合成研究 李禔来,陈黎明,谢自银(1396)

临猗黄河大桥建设对水流特性影响研究 陈雄波,张保同,孙波(1404)

综合技术

单柱式浮式风机结构强度分析方法研究 刘毅,胡志强,王晋(1411)

浮式平台运动对风力机翼型气动性能的影响 任年鑫,李玉刚,欧进萍(1419)

近海工程勘探取样新技术及工艺 胡建平(1425)

厦门五缘湾可再生能源热泵技术应用探讨
..... 陈智杰,汤军健,杨泰蓉,何佳,束芳芳,王莹辉(1430)

新时期疏浚工程的特点及其发展方向 张绍华,蒋昌波,胡保安,聂小保,陈杰(1438)

海洋工程结构动力分析中的桩基建模及其修正 李英超,杨彬(1443)

起重船吊物系统的主动控制研究 刘伟,张文首,岳前进(1449)

起重铺管船概率破舱稳性研究 孙丽萍,孙少华,姚彦龙(1455)

“南海挑战号”FPS 现场监测系统设计 杜宇,武文华,岳前进(1461)

复杂钢管脐带缆截面布局设计 卢青针,阎军,杨志勋,卢海龙,岳前进(1468)

FPSO 软刚臂现场监测技术及其数据评价 樊哲良,武文华,岳前进,孙晔(1474)

单层偏心圆柱薄壳的自由振动分析及研究 熊路,李天匀,朱翔,陈浩森(1486)

压缩机系统回路中平衡压力的计算研究 郭洲,曾树兵,宋文路,曹永升(1496)

海上平台消防水系统管径选取研究 华斌,陈艳艳,陈国梅(1500)

海上油气设施主机房固定式灭火系统选择研究 ...	华斌,陈艳艳,陈国梅,贾津津,王学翠(1505)
接触法分析组块在滑道上的滑移运动	张捷,蓝国阳,邓梦东,戚晓明,马红旗(1517)
腐蚀海底管道剩余强度评价	刘极莉,孙国民,翁强,周丹丹(1524)
深水导管架分舱隔板设计	史睿,赵洁,董滨,高飞,田玉江(1528)
埋设海底管道设计中的土壤刚度计算方法研究	王猛,孙国民(1532)
深水管道局部屈曲扩展及止屈器设计方法研究	王猛,孙国民(1538)
VBA 在浮托设计后处理中的应用	杨小龙,董晓曼,毛程亮,胡海峰,张阳(1542)
有包板 T 型管节点在轴向压力下的加强效果及其计算方法评估	
.....	王明国,高峰,陈鹏,玄成侠,张大鹏(1546)
托管架调整绞车设计浅析	郑晓娟,高指林,徐玉强,赵庆利,肖德明(1551)
工程船舶吊机(4000t)吊重试验方法介绍	王伟,任劲松,刘继颖,郭金钊(1554)
海洋石油工程传统钢结构滚装装船技术	高瑞力,蔡振璐,宋建锋,刘佰明,赵秀美(1558)
海油平台上电磁流量计的安装与常见故障分析	郭琳,陈加鑫,韩磊,肖凯,王钊(1563)
中海油煤制天然气埋地管道防腐技术探讨	王海萍,孙继超,倪云飞,赵晨,杨谦,周爽(1567)
X65 海管钢全自动焊接工艺的应用	王志业,梁杰,王超,马亚光,田顺启,张鹏(1573)
全自动焊接技术在海底管线铺设中的应用	王志业,梁杰,王超,马亚光,田顺启,张鹏(1577)
海洋风力发电在节能减排中的创新与实践	张占立,王晓明,张国中(1582)
渤海湾地区非常规油气资源勘探开发技术现状研究	率鹏,郭帅(1587)
海洋平台电力系统电阻接地方式选择与计算	孔凡旭,许南,王飏(1591)

大会主题报告

我国深水港口建设技术进展

吴 澎，曹凤帅

（中交水运规划设计院有限公司，北京 100007）

摘要：主要以“十一五”交通部重大科技攻关专项“离岸深水港建设关键技术研究”为背景，总结了我国近年来在深水港口建设的总体设计、水工结构、建筑材料与结构耐久性以及施工工艺和装备方面取得的新方法、新技术和新装备，讨论了我国港口建设中存在的技术问题，分析了未来港口建设的发展趋势。

关键词：深水港口；建设技术；进展

1 前言

随着我国国民经济的快速发展，沿海港口吞吐量大幅增长，运输船舶不断大型化，海港工程建设开始向深水水域发展。但由于自然条件优良适合建港的岸线绝大部分已被开发利用，深水港口不得不在无掩护、自然条件恶劣、施工条件差的外海建设，传统的港口规划、设计、施工技术面临着巨大的挑战^[1]。因此，针对我国港口建设中存在的技术问题，“十一五”期间，相继开展了交通部重大科技攻关专项“离岸深水港建设关键技术研究”、国家“863”课题“离岸深水港岩基浅埋轻型结构码头建造技术研究”等多项科研项目。本文从深水港口总体布置、水工结构、材料与耐久性以及施工工艺和装备方面总结了相关研究中取得的关键技术成果。

2 深水港口总体设计

2.1 以船舶运动量表示的作业标准

我国现行规范对码头可进行装卸作业的标准是以波要素和风级等定量指标进行控制的，尽管便于工程应用，但只能间接地、粗略地反映码头前船舶的泊稳条件，没有反映波浪周期、传播方向、系泊船的频率响应特性、码头结构型式、护舷特性、系缆特性和数量等因素的影响。准确的作业标准应直接用船舶的六个运动分量的允许值来表示。

国际航运协会、日本、德国、挪威等均已提出了以船舶运动量表示的作业标准，各标准间存在细微差异。船舶在系泊状态下的运动量限值除与码头结构安全和船体结构安全有关外，主要与码头装卸设备的技术性能密切相关。

通过对我国港口装卸作业情况进行调研，在参考国内外已有研究成果的基础上，考虑我国港口深水码头的实际情况，提出了适应我国港口实际的以船舶运动量表示的作业标准，见表1。

表 1 船舶装卸作业允许的船舶运动量

船型	装卸设备	允许运动量					
		纵移 (m)	横移 (m)	升沉 (m)	回转 (°)	纵摇 (°)	横摇 (°)
近海货船 <10000DWT	船机	1.0	1.2	0.6	1	1	2
	装卸桥	1.0	1.2	0.8	2	1	3
渡轮，滚装船	侧向跳板	0.6	0.6	0.6	1	1	2
	艏、艉跳板	0.8	0.6	0.8	1	1	4
	联系桥	0.4	0.6	0.8	3	2	4
	钢轨滑道	0.1	0.1	0.4	—	1	1
杂货船	—	2.0	1.5	1.0	3	2	5
集装箱船	100%效率	1.0	0.6	0.8	1	1	3
	50%效率	2.0	1.2	1.2	1.5	2	6
散货船	抓斗卸船机	2.0	1.0	1.0	2	2	6
	连续卸船机	1.0	0.5	1.0	2	2	2
	装船机	5.0	2.5	—	3	—	—
油船	装卸臂	0.5~2.0	0.5~2.0	—	—	—	—
液化气船	装卸臂	0.5	0.5	—	—	—	—

2.2 大型开敞式码头布置^[2]

开敞海域通常具有水深、流大、浪高的特点。码头位置通常选择在往复流特征明显的水域，但涨、落潮流之间仍存在一定夹角，而风和波浪的方向则明显具有随机性。码头轴线方位的选择应以水流条件较优为主要考虑因素。通过研究提出了根据涨落潮特征得到码头轴线大致方位的计算方法（式（1）），然后根据全潮流场变化，以最大横流最小为主要目标码头轴线方位分析方法。

$$v_1 \sin(\theta_1 - \theta) = v_2 \sin(\theta_2 - \theta)$$
 (1)

式中： θ 为码头轴线方位； v_1 为潮流涨急最大流速； θ_1 为潮流涨急流向； v_2 为潮流落急最大流速； θ_2 为潮流落急流向。

确定码头轴线的控制性因素、主要影响因素和次要影响因素时，应论证在不同码头方位和船舶装载量情况下风、浪、流对船舶作业条件的影响。最理想的码头轴线是船舶靠离泊，特别是船舶重载靠离泊时，略微处于开流状态，这种情况对码头和船舶较为安全。

在确定码头轴线方位的基础上，综合考虑风、浪、流对系泊船舶的影响，采用数学模型计算和物理模型试验相结合的方法，以缆绳力、船舶运动量最小为目标提出泊位长度和系靠墩布置优化确定方法。

在存在一定横流的工程区，从均衡缆绳张力角度以及减少断缆危险系数出发，应当适当减少泊位长度增大艏艉缆与船舶纵轴交角以适当减少横缆受力。但缩短横缆长度对于均衡缆绳张力和减少断缆危险系数是不利的。为减少断缆危险的发生，平衡准静态外力的缆绳张力不宜超过缆绳破断力的 40%，以便缆绳能够预留较多的能量以抵抗波浪作用下的冲击。以此为优化目标，横缆长度宜大于 50 m，此时由于缆绳较长而引起的船舶运动量加大可以通过增加缆绳预张力从而增大系统初始刚度来解决。横缆墩的间距在保证横缆能够垂直系缆的前提下宜尽可能大以平衡回旋力矩，艏艉缆墩的布置则应当减少泊位长度至船长的约 1.1~1.36 倍以减少船舶横移及回旋运动量，在此基础上考虑系泊缆绳长度的均匀以均衡缆绳张力。当工程所在区域船舶主要受纵向力时，此时宜通过增加倒缆方式来有效减少船舶的纵移运动量。由此得到单个“蝶形”布置泊位长度 L_b 可取 $(1.1 \sim 1.3)L$ ， L 为设计船型总长（图 1）。

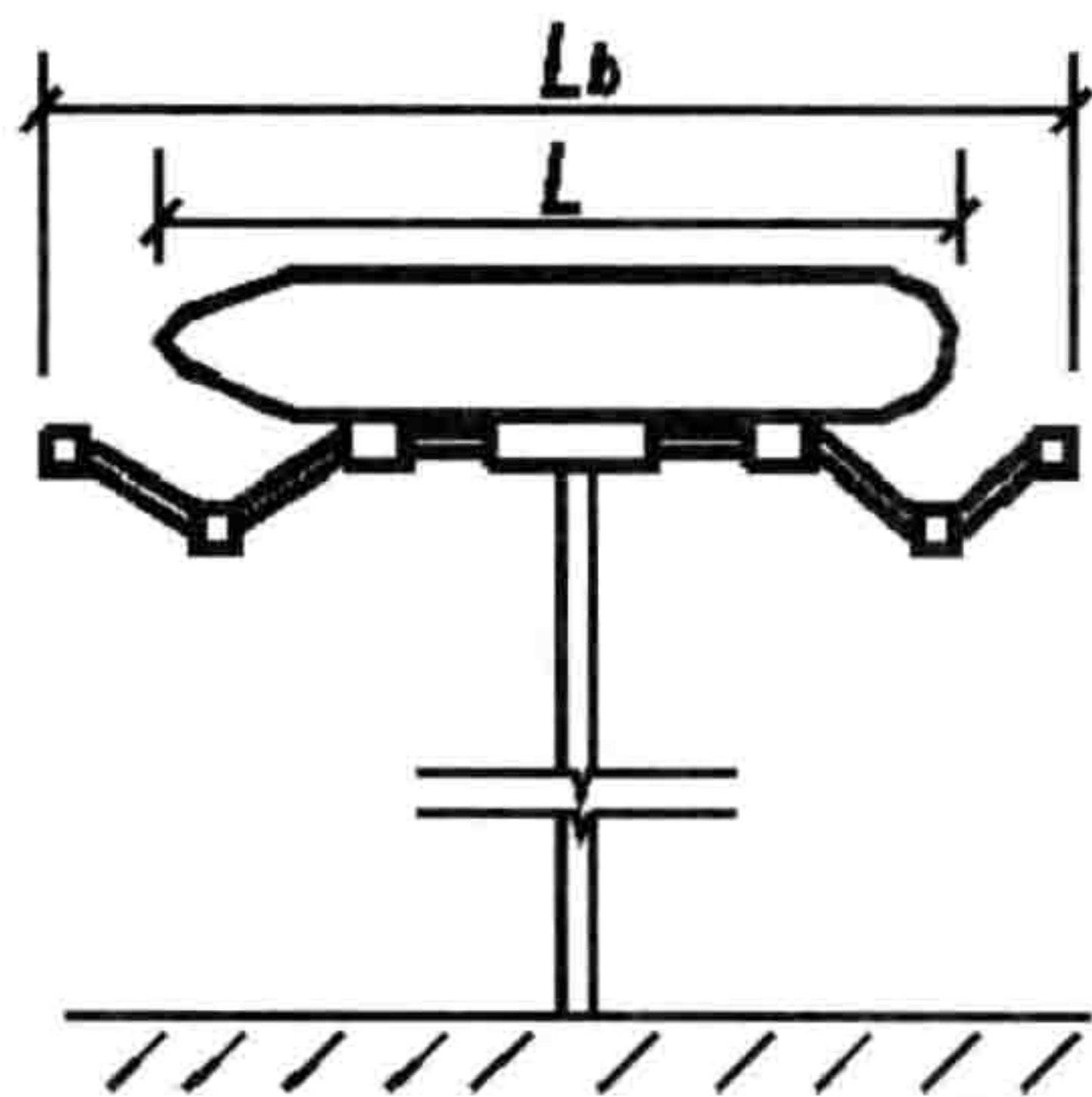


图 1 “蝶形”布置的墩式码头

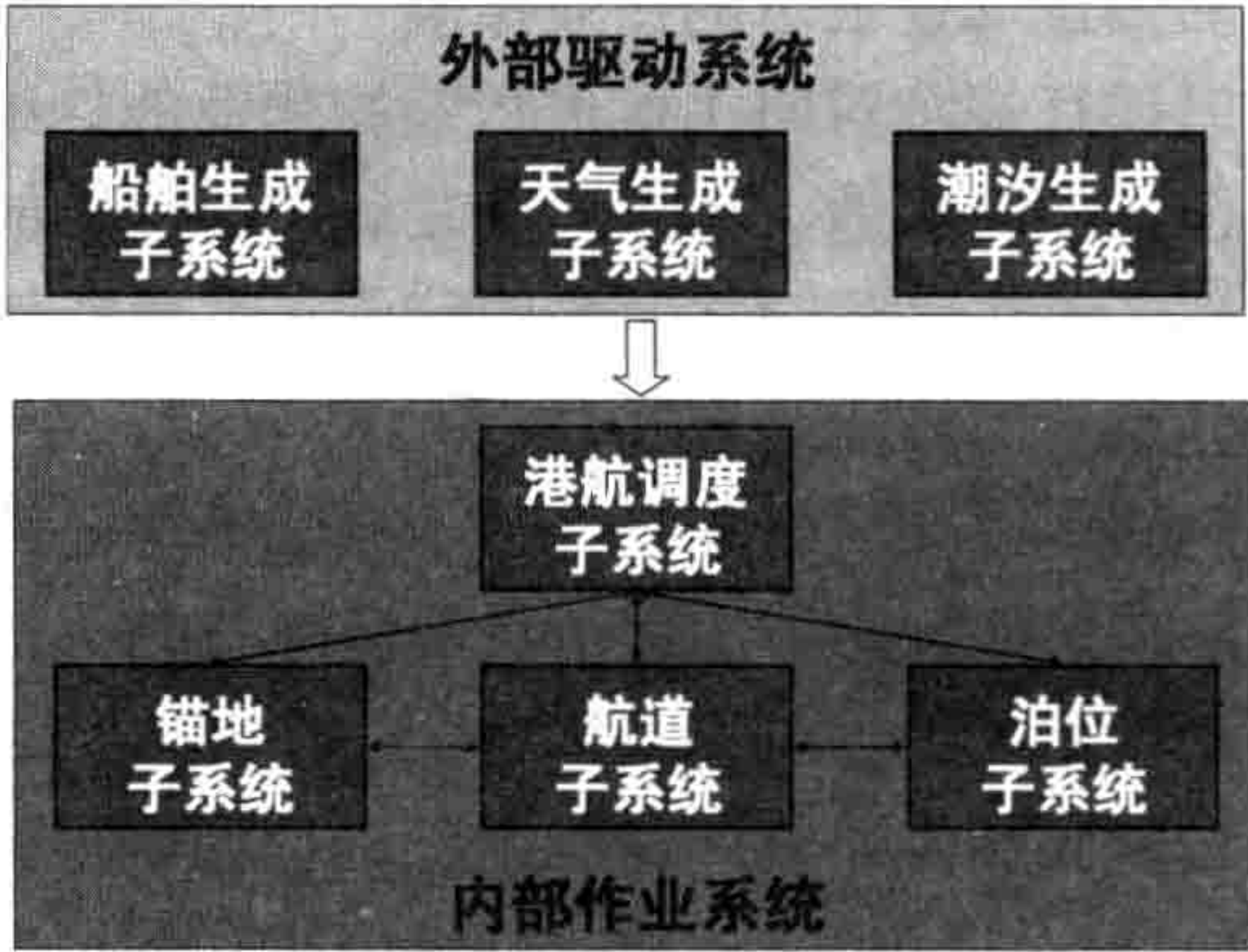


图 2 港航系统通用模型

2.3 深水航道设计参数研究^[3]

通过对比国内外相关规范和设计指南，采用船舶操纵模拟试验和实船观测技术，对我国现行《海港总平面设计规范》^[4]中关于航道设计的方法进行了分析，指出了规范方法中未考虑的一些因素。例如：计算船舶航行下沉量时，航道断面系数的影响，船舶方形系数的影响。计算波浪作用下船舶垂向运动量时，波浪周期的影响，航道水深和船型的影响。计算航道宽度时，航速的影响，硬质边坡和船舶密度的影响。

对航道转弯段设计，提出了考虑船舶航速的转弯半径，计算公式如下：

$$R = \frac{0.5 \cdot V_s \cdot L}{1 - \sin \frac{\phi}{2}}$$
 (2)

式中： R 为转弯半径（m）； V_s 为船速（knots）； L 为设计船长（m）； ϕ 为转向角（°）；公式中系数 0.5 的单位为 konts^{-1} 。

航道是港口不可或缺的组成部分，航道通过能力的大小直接影响着整个港口通过能力的发挥，所以确定航道通过能力及其与整个港口通过能力的匹配程度是港口规划工作的重要组成部分。

目前经验公式的计算方法中经验系数取值的准确性取决于设计人员的经验和对工程的理解程度，导致了不同的人计算出不同的结果，且这种方法只能静态地对航道通过能力进行估算，不能动态地反应航道的运营过程，不能反映出航行规则对通过能力的影响，及风、浪、流、雾、雨等各类天气因素影响航道运营过程，更不能反映出航道通过能力与服务水平之间的关系。

研究从系统的观点出发，对由锚地、航道、泊位和天气、潮汐等有关因素所组成的港航系统的作业过程进行分析，研究了港航系统组成要素的特点和各自的运行规则，重点探讨了船舶、天气、潮汐、泊位以及航道自身的条件对航道通过能力的影响。利用计算机仿真技术，建立能真实反应锚地、航道和泊位运营情况的港航系统仿真模型（图2），对港航系统进行实时模拟，通过对船舶等待航道时间、船舶等待泊位时间等评价指标对航道通过能力进行评价分析，从而得出合理的航道通过能力，进行评价分析，从而得出合理的航道通过能力，较传统的经验公式方法有了较大的改进和提高，为港口航道规划设计人员提供了更加丰富科学的决策理论和方法，提高了我国港口航道的规划设计水平。

3 深水港口新型水工结构

3.1 箱筒型基础防波堤结构^[5]

箱筒型基础防波堤建立在全新的结构稳定性概念和机理之上。以往的防波堤结构主要从降低作用于结构上的波浪力方面考虑，结构的稳定性依靠结构自重来满足。而箱筒型基础防波堤结构一方面其上部挡浪结构可选择具有最小波浪力作用的结构，另一方面其基础结构可充分利用周边软土的粘聚力和摩擦阻力来保证结构的抗滑和抗倾稳定性，利用插入埋深来提高基底的承载力和整体稳定性。结构底部软粘土的吸附力可以降低波浪作用下结构底部的地基应力，增强结构的稳定性。插入式箱筒型基础结构由4个圆筒呈矩阵形排列，整体预制拼装而成（图3）。

与传统的防波堤结构相比，该结构省去了基槽挖泥、基床抛石、基床夯实和基床整平等一系列施工工序，简化了基础施工，现场作业时间短，风险小，节省投资。基于此结构还可进一步开发出适用于软土地基上的许多其他新型结构，如箱筒型基础围埝结构、筒型基础重力式码头结构、筒型基础栈桥结构等。

该结构一般应用于软黏土地区。在深水大浪条件下，软黏土会产生强度降低现象，引发工程局部破坏问题。通过实际防波堤工程典型断面下卧软黏土的各种应力分析，考虑结构初始静偏应力的影响，按照实际工程中的应力路径加载，开展土样的室内动、静三轴试验，揭示了软黏土在波浪动力作用下强度降低的机理，得出了防波堤下卧软黏土动力软化的应力临界条件，绘制出了土样振后抗剪强度折减率与结构初始静偏应力、波浪动应力、初始固结压力（有效围压）关系曲线，得到了软黏土抗剪强度衰减率与波浪动应力水平和结构初始偏应力水平之间的定量关系^[6]，并据此改进了箱筒型基础结构设计计算方法和公式。

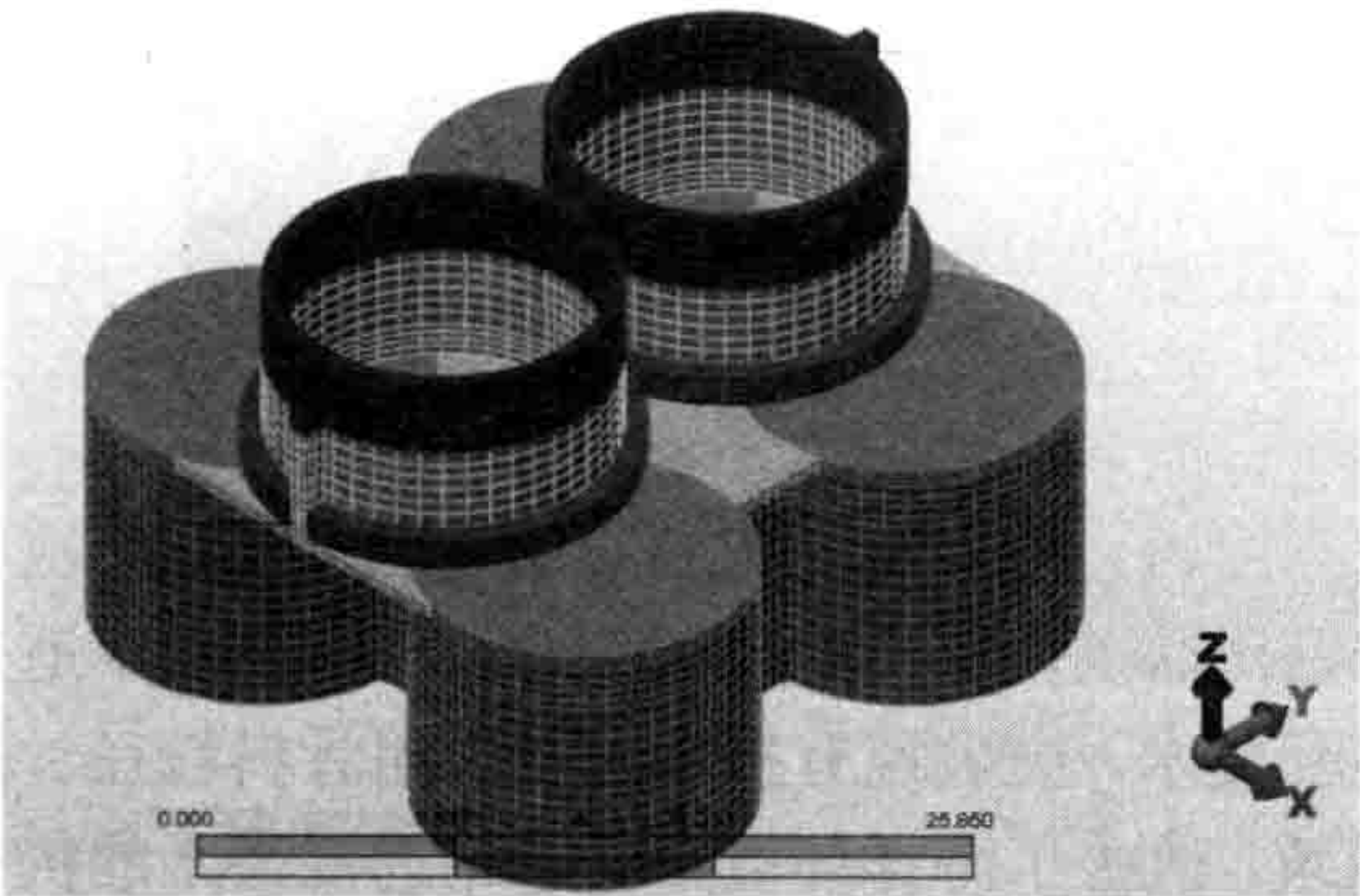


图3 箱筒型基础结构

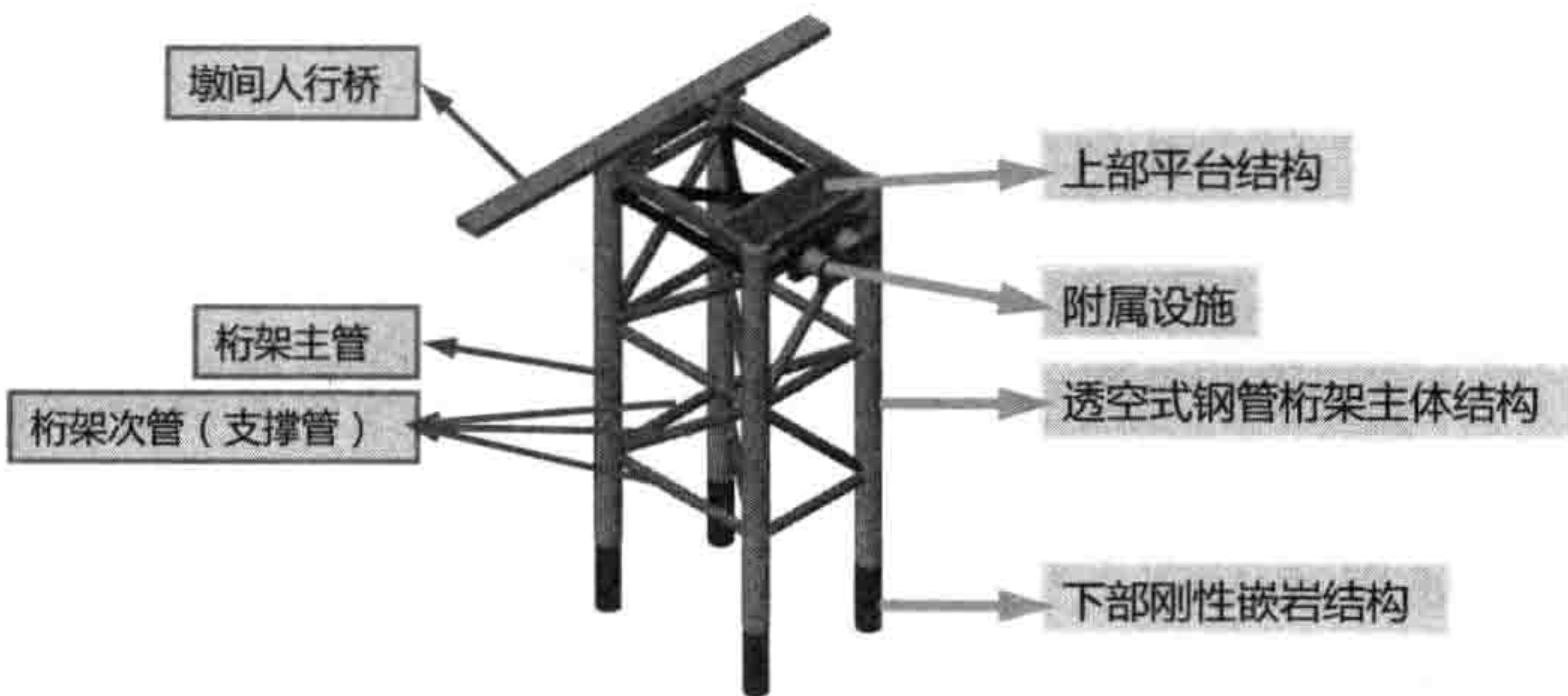


图4 钢管桁架码头结构

3.2 钢管桁架结构^[7]

研究提出了适合深水、大浪、流急及岩基浅埋条件下的钢管桁架码头新型结构（图4）。轻型码头结构包括码头上部平台结构、透空式钢管桁架主体结构、下部嵌岩结构及相关附属结构。码头上部结构可以为

钢筋混凝土结构、钢结构或两种结构的混合形式，主要结构均陆上预制，水上安装、拼接。透空式钢管桁架主体结构是主要受力体系，直接承受波浪、水流及荷载的作用，同时支撑上部码头平台，由钢管焊接而成。钢管分为主钢管和次钢管，主钢管竖向布置并于地基相连，主钢管受轴力、弯矩均较大，一般采用大直径钢管结构（直径 2 m 以上），必要时可采用钢管混凝土结构；次钢管主要连接主钢管并与主钢管一起形成桁架体系，次钢管一般采用直径和壁厚相对较小的圆钢管；主、次钢管之间通过焊接相连。结构在陆上整体制作，再通过起重船或其他设备运至安装地点。

轻型结构码头的下部嵌岩结构为钢管桁架主体结构与基岩的连接结构。由于轻型结构码头承受较大的水平荷载，且自身重量较轻，因此其底部嵌岩结构对于码头结构的稳定性十分重要，下部岩基要求为新鲜岩基（微风化以上，中风化需要特别论证）。嵌岩结构的型式可以为混凝土芯柱嵌岩或钢管混凝土芯柱嵌岩，当嵌岩拉力较大时，可以采用嵌岩+锚岩的复合式结构。

3.3 重力式复合结构^[7]

针对传统重力式码头结构自重大，在深水条件下波浪荷载大、工期长、费用高等问题，研发了受力合理、便于施工的新型重力式复合结构，该结构上部透空部分由钢管桩和混凝土墩台组成；下部基础部分为钢筋混凝土沉箱结构，箱内填砂石；上部钢管桩与下部重力基础固接，施工时陆上整体制作，水上一次安装。复合式码头结构形式可根据上部透空桩柱的布置不同分为直桩结构和斜桩结构 2 种，如图 5 所示。

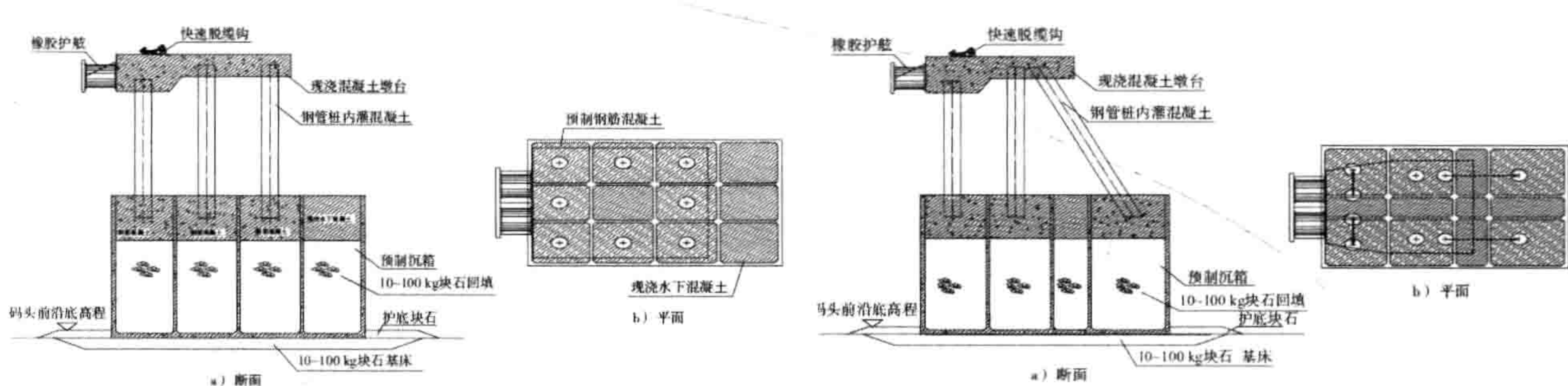


图 5 重力式复合直桩结构和斜桩结构

直桩重力式复合结构下部沉箱结构顶部为混凝土或钢筋混凝土实体结构，其中直接固定钢管桩结构的仓格，其上部为钢筋混凝土基础，在沉箱结构预制时同时浇筑；其余仓格的上部为混凝土结构，在主体结构安装就位后水上浇筑；沉箱下部填 10~100 kg 块石。沉箱上全部布置直桩，为保证结构的刚度，钢管桩内灌注混凝土。沉箱与钢管桩形成整体；钢管桩上部由钢筋混凝土墩台连成整体，现场浇筑。它的特点是既减少了所受的大部分波浪力和水流力，施工也较方便，但上部为直桩，桩应力较大，钢材用量较大。

斜桩-重力式复合结构下部的沉箱同全直桩-重力式复合结构，沉箱上布置有直桩和斜桩。一般情况下，在前仓布置 2 根斜桩，倾斜方向平行码头前沿线；在中仓布置直桩；在后仓布置斜桩，倾斜方向垂直码头前沿线。它的特点是既减少了所受的大部分波浪力和水流力，又充分利用斜桩承受水平力，桩柱应力较小，钢材用量较少。

4 深水港口建筑材料与结构耐久性

4.1 自密实海工混凝土^[8]

针对离岸深水港建设在混凝土浇筑、养护和质量控制等方面提出的更高需求和应用难点，研究解决了在困难条件下海工混凝土的快速施工、养护和抗裂等技术难题，通过控制混凝土流变学参数，研发了适合离岸快速现浇的港工自密实自保水养护抗裂型耐久混凝土整套技术，突破现有技术标准对粗骨料粒径一般不宜大于 20 mm 的限制，实现了搅拌船搅拌和自密实离岸浇筑，改善了海洋环境条件下钢筋混凝土的抗裂性能，提高了抗侵蚀能力，缩短了混凝土现场浇筑和养护时间，提高了外海工作效率。

4.2 海工结构物耐久性^[9]

解析出混凝土耐久性寿命模型中关键参数——氯离子扩散系数、表面浓度、临界浓度的统计特征，及材料组成、环境条件和龄期的变化规律，建立了符合我国环境与工程特点的耐久性寿命计算模型，显著提

高了寿命计算的可靠性与准确性。

$$t_0 = \frac{c^2}{4D_t \cdot \left[\operatorname{erf}^{-1} \left(1 - \frac{C_{cr} - C_0}{C_s - C_0} \right) \right]^2}$$

(3)

式中： t_0 为从混凝土浇筑到钢筋开始锈蚀所经历的时间（a）； c 为混凝土保护层厚度（mm）； D_t 为混凝土有效扩散系数； erf 为误差函数； C_{cr} 为引起混凝土中钢筋发生腐蚀的临界氯离子浓度（%）； C_s 为混凝土表面氯离子浓度（%）； C_0 为混凝土中的初始氯离子浓度（%）。

研究表明氯离子有效扩散系数是时间和温度的函数，可采用下式计算有效扩散系数：

$$D_t = D_{ref} \cdot k_t \cdot k_e \cdot \left(\frac{t_{ref}}{t} \right)^n$$

(4)

式中： D_{ref} 为室内试验方法得出的氯离子扩散系数； k_t 为室内试验转换系数； t_{ref} 为参考试验时间； t 为氯离子扩散系数的衰减期； n 为混凝土氯离子扩散系数随时间的衰减系数； k_e 为环境系数。

5 深水港口施工工艺与装备

外海施工的特点是远离陆地，风浪条件恶劣，有效作业时间短，疏浚排距大，对工程建设形成制约。而地基处理和基础施工等水下施工，以及疏浚土远距离吹填是制约离岸深水港建设的关键技术瓶颈。

5.1 深水抛石整平技术^[10]

在外海深水条件下，水深流急浪大，水下整平下料困难、整平高程控制难度大、潜水员可作业时间短、危险性大，传统的潜水员整平工艺无法施工。为此，设计建造了供料母船和水下整平机分离的深水抛石整平船（见图 6），实现了重力式结构水下抛石基床整平的抛石、整平、检测一体化机械化施工。该深水抛石整平船由工作母船、整平机和测控系统三大部分组成。工作母船是深水整平机与水下抛石基床整平作业机械化相关设备的载体和工作基站；整平机是在已预抛石料并经夯实处理的基床上进行补充抛石精细整平作业的机械；测控系统时利用计算机实现对整平机水下定位和高程测量及对整平船作业实现遥控系统。在调遣作业时工作母船作为整平机的运载工具将整平机收起在船体内调遣转场。该整平船已累计整平面积为 6 万 m² 以上，比传统工艺提高工效 2.5 倍以上，降低成本 40% 以上。

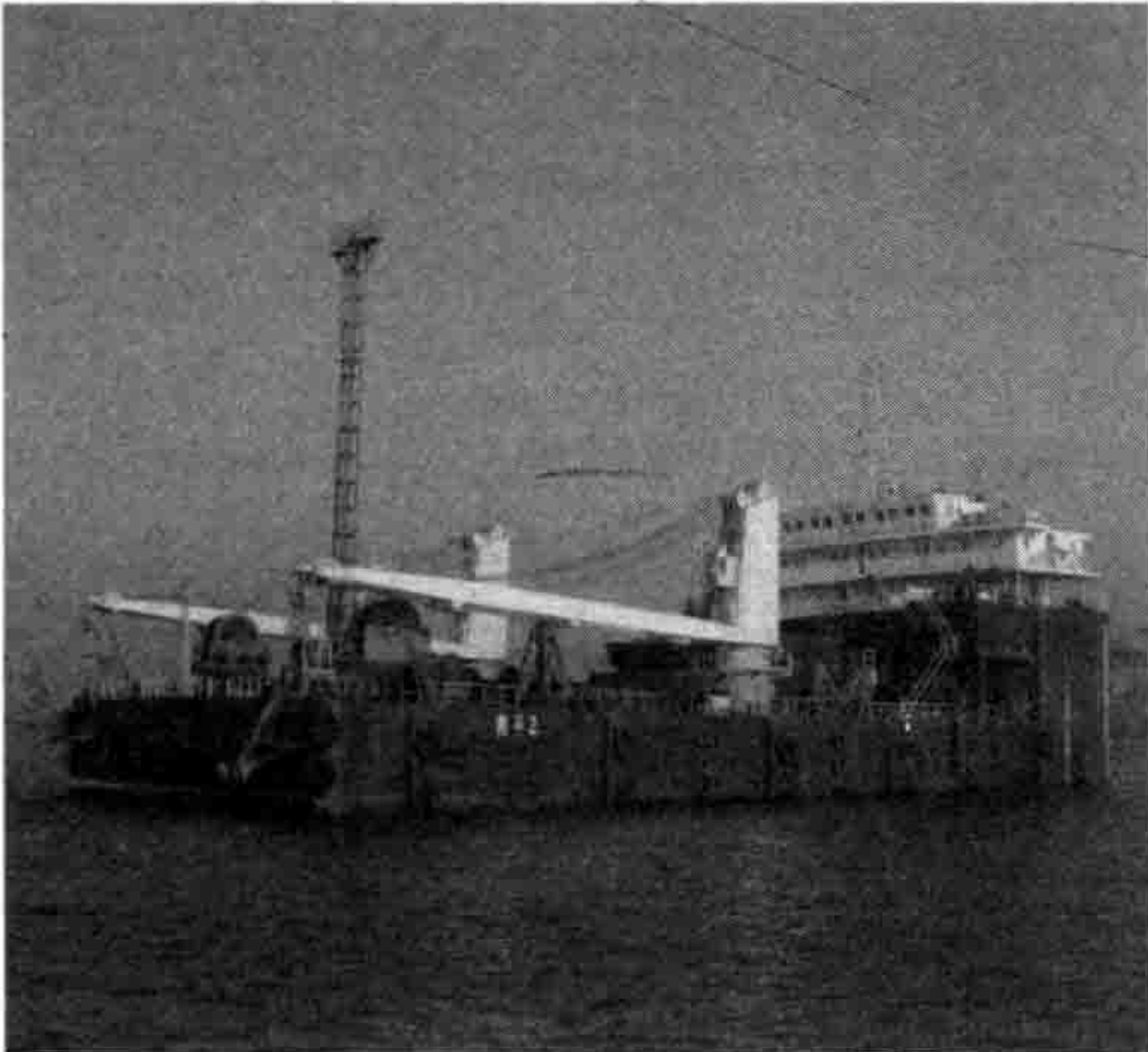


图 6 深水抛石整平船

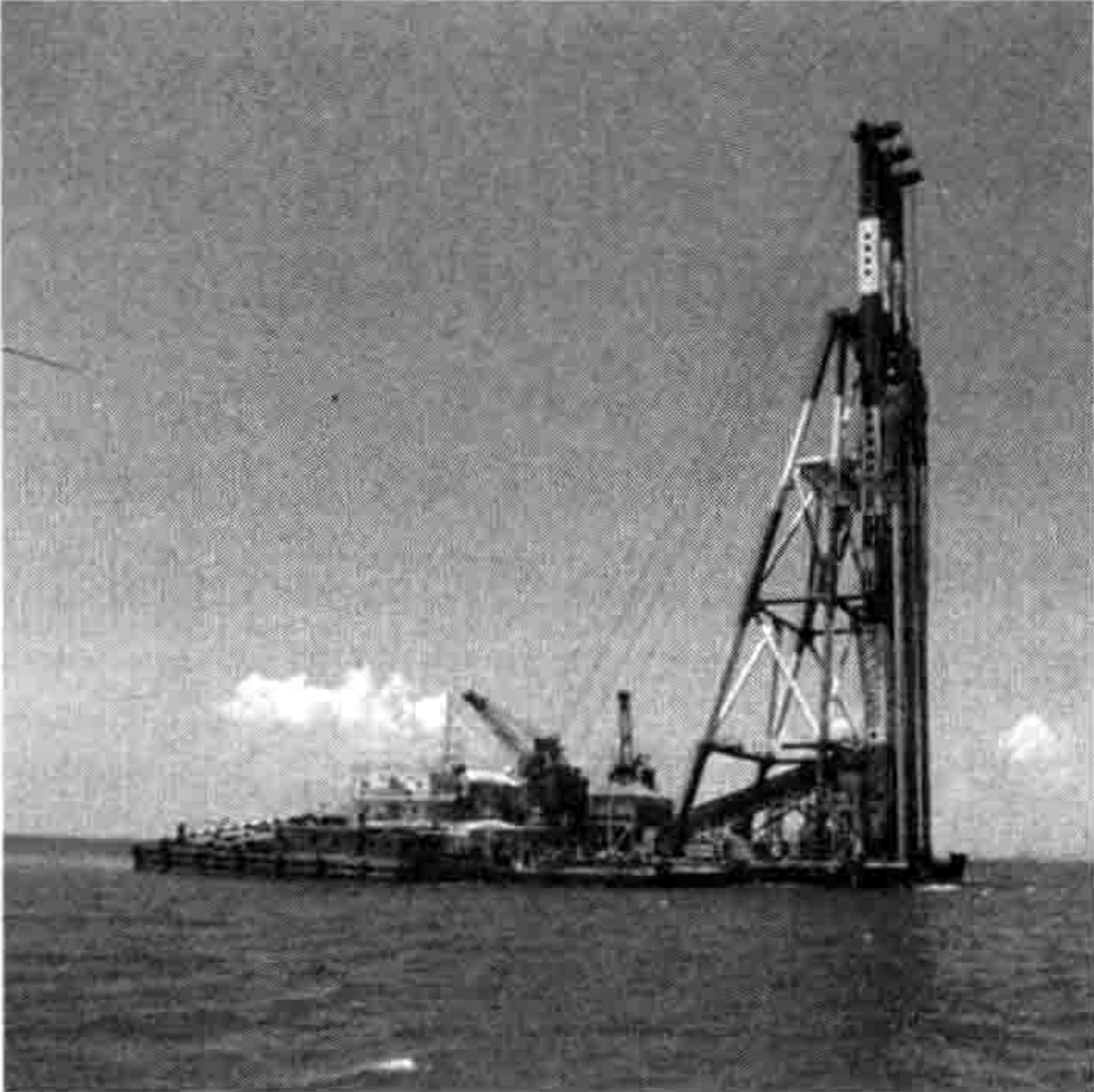


图 7 挤密砂桩船

5.2 水下挤密砂桩技术^[11]

水下挤密砂桩是水下软土地基加固新技术，对地基的适应性强。用于软弱地基加固时，它可同时具有置换作用、挤密作用、加快固结作用，能直接、快速、显著地提高软弱地基的承载力。高置换率的挤密砂桩地基相当于中密或密实的均值砂基，可直接成为重力式结构的基础。外海筑港受水深条件和波流条件的制约，可供选用的地基加固方法十分有限，在深水大浪条件下，挤密砂桩几乎是唯一经济可行的软基加固手段，并且加固效果明显，工期短，不污染环境。