



码头新型结构

New Structure of Terminal

交通部第三航务工程勘察设计院 主编



人民交通出版社

U656.103

U656.103
J62

437791

码头新型结构

Matou Xinxing Jiegou

交通部第三航务工程勘察设计院 主编

人民交通出版社

内 容 提 要

《码头新型结构》一书是交通部组织编写的《交通科技丛书》分册之一。通过“七五”、“八五”期间的港口建设实践,我国码头工程的设计、施工取得了巨大进展,工程规模不断扩大,技术水平不断提高。该书全面反映我国改革开放以来码头建设方面的新成就,及时总结十多年来所取得的成果,对今后更大规模的港口建设具有借鉴意义。

本书中,桩基码头包括:预应力混凝土大直径管桩码头、高桩墩式码头、有消浪设施的高桩码头、斜拉桩板桩结构、高桩梁板式码头上部结构选型和设计、码头结构的辅助设计;重力式码头包括:钢筋混凝土沉箱式结构、大直径薄壳圆筒结构、格形钢板桩码头以及深层水泥搅拌法加固海上软基。本书对上述内容都有较详细的完整的叙述,并附有工程实例。

本书基本上包括了十多年来在不同地区、不同自然条件下的各种码头结构型式,各类码头的发展概况,应用环境,理论基础和设计、施工、制造特点,反映了当前的技术水平,便于推广应用,提高与普及得以兼顾,可供从事港口管理、设计、科研、施工的科技人员参考使用。

本分册由交通部第三航务工程勘察设计院主编。

D2/0/03

图书在版编目(CIP)数据

码头新型结构/交通部第三航务工程勘察设计院主
编.-北京:人民交通出版社,1998
(水运科技丛书)
ISBN 7-114-03104-1
I. 码… II. 交… III. ②桩基码头-构造②重力式码头-
构造 IV. U656.103
中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 21458 号

码头新型结构

交通部第三航务工程勘察设计院 主编
插图设计:佘文莉 版式设计:崔凤莲 责任校对:刘高彤
人民交通出版社出版发行
(100013 北京和平里东街 10 号)
各地新华书店经销
北京鑫正大印刷厂印刷
开本:787×1092 1/16 印张:19.5 字数:460 千
1999 年 2 月 第 1 版
1999 年 2 月 第 1 版 第 1 次印刷
印数:0001-2 200 册 定价:42.00 元

ISBN 7-114-03104-1
U·02225

《码头新型结构》

主 编：蒋锡佐

副主编：卢伟钰

主 审：廖权懋

副主审：李汉生 夏智清

编 写 顾 问

丁承显 张嘉陵 洪国镇

本册编写人员名单

第一篇

第一章 三航院 蒋锡佐

第二章 第一节~第四节 南科院 洪晓林

第二篇

第一章 第一节~第四节 三航院 廖权懋 曹称宇

第二章 第一节~第三节 南科院 唐太平

第三章 第一节~第五节 三航院 夏智清 陈美华 颜为民

第四章 第一节~第三节 三航院 陈熙珍

第五章 第一节 南科院 唐太平 徐陆福

第二节 三航院 宋慧珍

第三节 三航院 高怀耀

第六章 第一节 南科院 洪晓林

第二节 三航院 陆东汉 河海大学 唐燮黎

第三篇

第一章 第一节~第四节 南科院 唐太平

第二章 第一节~第五节 天津大学 周锡初 孙克俐 王晖

第三章 第一节~第六节 水规院 毛凯

第四章 第一节~第四节 一航局 蔡劭刚 一航院 姜建维

出版说明

为了贯彻落实科教兴国的发展战略,我社组织编写的《交通科技丛书》,被国家新闻出版署列为“八五~九五”期间重点图书,将于1998年开始陆续出版。这套丛书针对“七五”以来,在公路、水运交通领域内一系列重点科技攻关和研究开发项目的成果为主要内容进行编写出版,以达到进一步总结和推广应用的目的。

参加丛书编写的专家、教授、工程技术人员和管理人员,都有较深的理论造诣,而且都是科技成果的直接研究开发和组织管理者。他们对成果有深刻的了解,掌握了第一手的资料,积累了宝贵的实践经验。由他们对有关成果进行系统总结,对于促进最新科研成果转化为现实生产力具有重要意义。丛书内容丰富,论述系统,针对性强,具有很高的参考使用价值。本套丛书适用于科研和工程技术人员对有关技术的进一步开发和推广应用,也可作为高等院校师生教学参考用书。

在组织编写丛书的过程中,得到了交通部科学技术司各方面的大力支持,特别是张叔辉、陈锁祥、刘家镇、李彦武等同志,他们从选题和编写单位的确定,以及内容的覆盖范围等方面都给予了具体的指导和帮助。各参加编写单位和编写人员,对丛书的出版认真负责,热情支持。每本书的编写提纲和主要内容都经有关专家审查确定,保证了丛书的先进性、科学性和实用性。值此丛书出版之际,我社对关心和支持这套丛书出版的各有关单位和人员,致以诚挚的感谢和敬意。

人民交通出版社

一九九八年五月

序

“七五”以来是公路、水路交通发展最快的时期。在此期间,交通科技工作紧密结合运输生产、工程建设、技术改造和技术引进中的关键技术问题,通过软科学研究、科技攻关、工业性试验、重大装备开发、引进技术消化吸收、成果推广应用、国际科技合作与交流等多种形式,为公路、水路交通发展提供了相应的技术和装备。近十二年来获交通部科技进步奖的有754项,获国家奖励的有66项,已批准发布的国家和行业标准共1000余项。

在公路交通领域,交通科技工作面向高速公路建设和道路运输的主战场,组织进行了“新型客运汽车技术开发”、“公路运输技术开发”、“高等级公路混凝土路面施工机械及路用材料的研究”、“国道主干线设计集成系统”、“高等级公路路面施工机械引进消化吸收”等一系列重点科技攻关和研究开发项目,对公路交通事业起到了保证、促进和先导的作用。

在水路交通领域,交通科技工作以解决内河航运建设、港口建设、运输方式改革、水上安全管理等关键技术为主攻方向,组织进行了“分节驳顶推技术工业性试验”、“内河航运技术开发”、“河口航道整治技术研究”、“内河航道疏浚设备与疏浚技术开发”、“内河快速客船关键技术研究”、“深水枢纽港建设关键技术研究及示范工程”、“国际集装箱运输(多式联运)工业性试验”、“国际集装箱运输电子信息传输和运作系统及示范工程”等一批大型研究开发项目,在这些方面取得了突破性的进展。

各省、自治区、直辖市交通厅局,在当地人民政府领导下,普遍加强了科技管理工作,结合实际情况,认真组织科技攻关和推广应用具有显著效益的成熟技术,保证了公路、水路交通建设和运输生产的迅速发展。交通系统大中型企业(集团)依靠技术进步,创造了许多有效的经验和做法,取得了明显的效益。

为了贯彻邓小平同志“科学技术是第一生产力”的思想,实施科教兴国战略,中心环节是要加大科技成果的应用规模和范围,加速科技成果的产业化进展,积极推进科技成果转化成为现实的生产力。人民交通出版社针对近十多年来在公路、水路交通领域所形成的一批先进适用的成套技术,组织有关单位编撰交通科技丛书,这是总结和加强科技成果的推广应用,拓宽技术成果的应用范围,促进交通科技工作与交通建设发展紧密结合的一件有意义的工作。

值此丛书开始陆续出版之际,谨以此序向十多年来为我国交通科技事业的发展,辛勤拼搏的广大科技人员和各级科技管理人员致以诚挚的敬意!丛书的出版得到了人民交通出版社特别是李家本、吴德心、韩敏等同志的大力支持,在此一并表示感谢。

希望本丛书的出版,在进一步推进我国交通科技事业的发展中,起到抛砖引玉的作用。

張叔輝

一九九八年五月

前 言

我国港口建设,经历了漫长的历史时期,解放后经过长期的努力,建立起独立自主的建港技术力量。1973年周恩来总理发出“三年改变港口面貌”的号召,使我国港口建设进入了高速发展的新时期。党的十一届三中全会以后,随着改革、开放的深入,港口建设进一步引进国外先进技术,广泛利用外资,使我国港口布局日趋合理,码头建设在大型化、专业化、机械化和自动化方面全面赶超世界先进水平,取得了一系列重大技术成果,形成了一支具有理论基础和技术装备的港口建设队伍。

为了反映我国港口建设中码头水工结构方面的成果,及时总结经验,给今后我国港口建设提供比较坚实的基础,我们邀请在教育、研究、设计和建设中有经验的教授、研究员、专家分别就各类新型结构的发展概况、应用条件、理论基础、试验原理、设计方法、施工实例等进行全面总结,以充分反映当前最新的技术水平,为今后进一步普及、提高、推广应用创造条件。

本书重点介绍了**桩基**和**重力式**二类码头在近年来采用的新型结构型式和实际应用的实例。因此各篇章有相应的独立性和系统性。在编辑过程中,虽然有统一的编写提纲和较详细的分工,也经过编委和顾问的讨论和审阅,有的还数易其稿。但因各篇章有各自的特点,因此只能力求各章的系统 and 完整,反映各种新结构的特点。由于我们水平所限,书中不足之处,望读者不吝指正。

本书在编辑和出版过程中,得到了人民交通出版社的大力支持和指导,各参加编写单位的领导及教授、专家的帮助,在此一并致谢。

交通部第三航务工程勘察设计院

总工程师 蒋锡佐

1998.5

目 录

第一篇 综 述

第一章 码头型式的发展概况	1
第二章 深水开敞式码头	5
第一节 发展前景	5
第二节 型式和特点	6
第三节 开敞式码头的荷载	9
第四节 防护系统	13

第二篇 桩基码头

第一章 预应力混凝土大直径管桩码头	16
第一节 概述	16
第二节 预应力混凝土大直径管桩的研制与设计	17
第三节 预应力混凝土大直径管桩沉桩	29
第四节 预应力混凝土大直径管桩码头设计实例	31
第二章 高桩墩式码头	43
第一节 概述	43
第二节 结构型式及特点	44
第三节 工程实例	48
第三章 有消浪设施的高桩码头	55
第一节 概述	55
第二节 消波原理和试验	56
第三节 设计	63
第四节 施工	65
第五节 工程实例	68
第四章 斜拉桩板桩结构	75
第一节 概述	75
第二节 设计与构造	75
第三节 工程实例	82
第五章 高桩梁板码头上部结构选型和设计	85
第一节 面板设计	85
第二节 梁和梁系的选型和设计	113
第三节 引桥大跨度结构设计	126
第六章 码头结构辅助设计	138

第一节 高桩码头结构空间计算分析及程序·····	138
第二节 高桩码头 CAD ·····	148

第三篇 重力式码头

第一章 钢筋混凝土沉箱式结构 ·····	169
第一节 概述·····	169
第二节 钢筋混凝土沉箱设计·····	173
第三节 施工安装·····	178
第四节 工程实例·····	181
第二章 大直径薄壳圆筒结构 ·····	188
第一节 概述·····	188
第二节 大直径薄壳圆筒结构的尺寸与构造·····	194
第三节 大直径薄壳圆筒结构的荷载计算·····	196
第四节 大直径薄壳圆筒结构的稳定分析及基底应力·····	203
第五节 大直径薄壳圆筒结构的强度和整体变形计算·····	208
第三章 格形钢板桩码头 ·····	213
第一节 概述·····	213
第二节 构造设计·····	217
第三节 荷载与破坏形式·····	222
第四节 设计计算·····	225
第五节 格形钢板桩码头施工工艺·····	253
第六节 工程算例·····	259
第四章 深层水泥搅拌法加固海上软基 ·····	262
第一节 概述·····	262
第二节 CDM 法的设计 ·····	265
第三节 施工·····	278
第四节 工程实例·····	286
主要参考文献 ·····	303

第一篇 综 述

第一章 码头型式的发展概况

现代港口码头建设经过近两个世纪的发展已成为古老而成熟的学科。码头结构型式最初采用的重力式、板桩式、桩基等至今仍保持原有的应用范围,只是根据材料及结构的发展有了较大变化。第二次世界大战以来,随着世界经济的高速发展、船舶的大型化、港口的现代化,古老的码头结构型式有了不少新的发展。解放以来,我国港口建设有很大发展,特别是1973年以后,周总理提出“三年改变港口面貌”和1978年我国拨乱反正,实行改革、开放国策,港口建设有了长足发展。一大批新开辟的港口更给沿海城市的开发、开放注入了活力,增加了沿海港口密度,改善了港口布局。

码头结构型式的选用主要取决于使用要求与自然条件(特别是地质条件)。就地质条件而言,结构型式必须和地质条件相适应,否则会增加造价,甚至产生过大的位移或沉降,影响码头的正常使用。在基岩、砂砾和硬粘土地基条件较好的区域可选用重力式码头,并利用其自重抗滑和抗倾,抗衡船舶撞击和其它外力的作用;在中等密实的地基,埋深适宜的区域且下部无较坚硬的持力土层时,采用板桩码头;在淤泥等软基上软土层较厚情况下则广泛采用高桩码头。在外海深水开敞式码头中,基本采用钢桩做基础的高桩或钢管桩导管式码头。为适应波浪和浪浪大且方向多变的情况,已由单一固定方向的高桩码头发展为二个和多方向的平面布置的型式,见图1-1-1。在深水油码头和液化散矿码头更有单点系泊码头,以适应风、浪、流的变化。

随着海上码头的建设,波浪力成为主要的外力和影响船舶靠泊的主要因素,因此宜采用具有消能、消浪设施的各种类型的码头。

为了提高码头的耐久性,提高码头承载能力和承担装卸机械的巨大轮压,各种码头都采取措施,以充分利用地基承载能力。桩基础采用长桩或先张法、后张法预应力桩提高桩身强度和耐久性。钢桩及刚性嵌岩桩等也广泛应用。板桩码头也加大了桩的深度,格形板桩结构进入深水码头,将板桩码头转换成为重力式码头。在软基上采用深层水泥拌合法加固地基以提高地基承载能力,建设重力式码头。大直径薄壳圆筒结构更以其古老的形式、创新的结构和地基设计理论适应多种地基条件而对码头结构型式发展产生深远的影响。

由于50年代后船舶大型化的趋势,二次大战前的老港口的码头水深很难适应,各港口纷纷采用改建、扩建码头的方式来接纳大型船舶。由于在深水海域建造防波堤投资巨大,因此深水开敞式码头应运而生。这些码头一般均能承受强的风浪、水流等作用。码头型式分为固定式和系泊式两大类。固定式码头的结构仍可按传统分为桩基和重力式两类。系泊式又可分为多点系泊、单点系泊两类。多点系泊要求风浪水流条件较固定,多应用于油品码头的装卸。单点

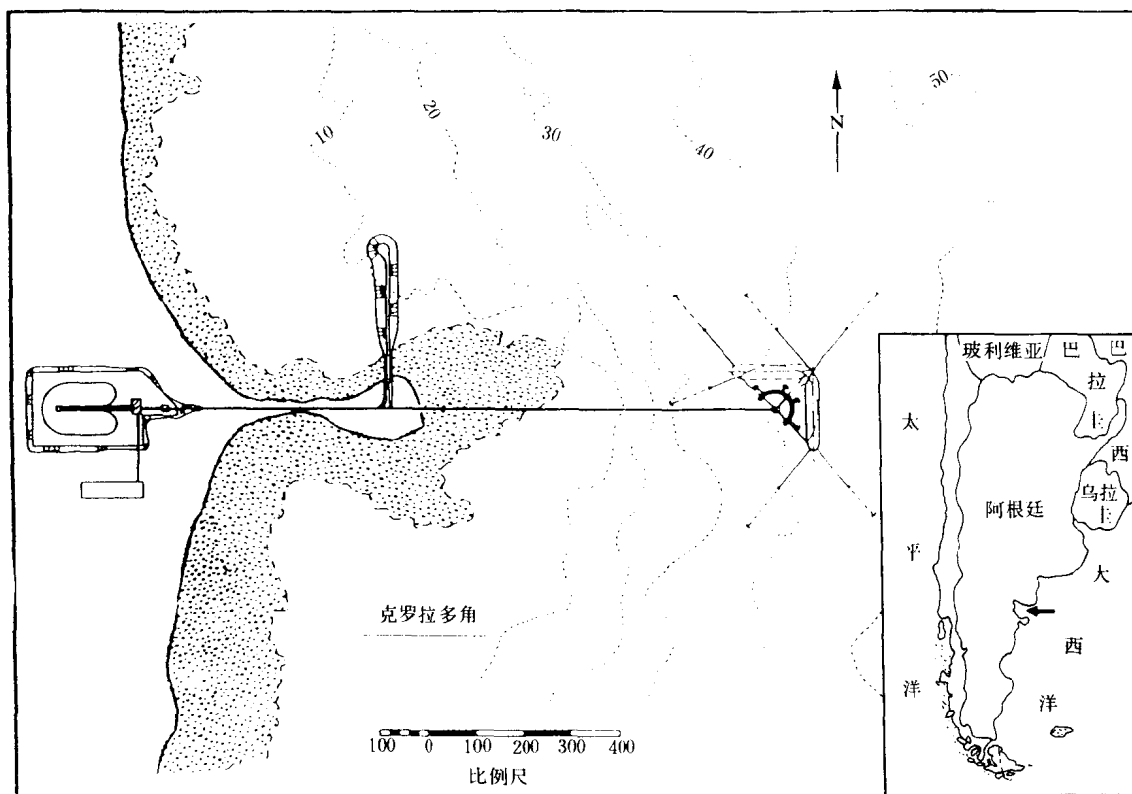


图 1-1-1 阿根廷克罗拉多角盐码头

系泊因其对风、浪、流适应性强，一般应用在自然条件较差的港区。单点系泊具有建设快，投资省等优点，但也有操作困难，维护量大且困难等缺点。因此国外仅在超大型油船泊位有较广泛的应用，在矿浆、液化气泊位也有应用实例，见图 1-1-2。

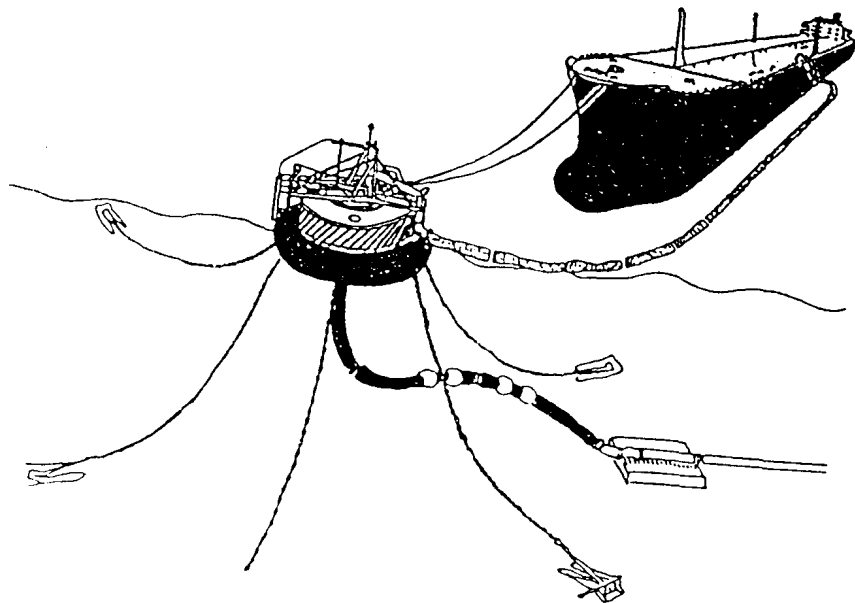


图 1-1-2 典型的悬链式锚腿系泊(CALM)油船终端

桩基码头是软土地基广泛采用的码头结构型式,它具有结构自重轻、造价低、施工期短、对波浪反射率低、易于靠泊、泊稳条件好等优点,因此被广泛使用。其缺点是耐久性、适应性不及重力式码头。

桩基可分为就地灌注桩和锤击预制桩两大类。

就地灌注桩根据土层条件及施工方法又可分为钻孔灌注桩和冲击孔灌注桩两种。

锤击预制桩从发展历史看,从早期的木桩、钢筋混凝土预制桩到预应力桩、钢桩,主要是不断提高桩基的耐久性、强度、承载能力,不断增加桩长和对土层的适应能力。

预应力混凝土桩以其耐久性能好、强度较高、对各类土层适应性高和造价低而被桩基码头广泛采用。随着码头建设条件的变化和水深增加,预应力钢筋混凝土方桩的自由长度大幅度增加,桩长增加;桩上受到的波浪力、水流力、锤击力也大幅度增加。大断面方桩无论从预制生产和结构断面型式都已无法满足新的建设要求,因此后张法和先张法预应力混凝土大直径管桩应运而生。

预应力混凝土大直径管桩强度高、混凝土密实度高、吸水率小、耐腐蚀、圆形断面对波浪和水流的阻力小,是较为理想的海上桩基。与钢管桩相比又具有使用年限长、维护简单、费用低的优势,因此,为港工界所广泛使用。

在深海和地质风浪等自然条件更为恶劣的地区,由于钢管桩具有强度高、抗弯能力强、弹性大的优点,在外海深水导管架式、码头柔性靠船墩或码头结构上被广泛采用。

桩基码头上部结构型式可分为连片式和墩式两大类,其上部结构设计随着码头水深增加、荷载增大、桩基型式的不断变化和进步而有较大的改进。

码头面板型式较多,这是受面板施工技术和受力性能的多方改进的结果。板梁式组合型结构的出现,更是上部结构综合效应的体现。

就码头面板的荷载横向分布、荷载有效分布宽度、弯矩分配系数、分布钢筋配置、集中荷载作用等进行了广泛的试验研究和计算分析,提高和完善了码头面板的设计。装配式钢筋混凝土微折板和预应力混凝土空心板、T形梁板、 π 梁板、箱形梁板的应用,都根据码头荷载的特点和施工技术有了较大突破。

码头梁系设计影响码头结构合理性,对工程的经济合理性有举足轻重的作用。横向梁排架和纵向梁系及纵横梁等高联结的平面框架等多种结构型式的出现,与码头的受力状态、桩基的合理布置有关。计算技术的进步使空间计算成为可能,为高桩梁板码头结构设计的合理性创造了前提条件。

高桩码头结构空间计算分析和CAD技术是随电子计算机发展而成为可能,且随着CAD技术的发展,其设计的准确性、可靠性和高效性方面都有突出的进展。可以预见,随着结构优化设计的逐渐成熟,高桩码头结构的合理化、定型化和标准化将是可能的。

大直径预应力混凝土管桩码头、墩式码头、有消浪设施的高桩码头、斜拉板桩码头等新型结构型式,都是根据不同情况应用高桩码头的典型。其中有消浪设施的高桩码头,为防波堤建设开辟了一种新的类型。靠船钢簇桩结构也为大吨位船舶安全靠泊和有效消能提供了一种全新的充分利用钢管桩强度高、弹性变形能力强的优势的新型结构。斜拉桩板桩码头是集板桩和斜拉桩为一体的施工简单,被广泛适用于场地狭小需挡土、防水,有防渗要求的工程结构。

沉箱结构因其整体性好,抗震性能强,施工速度快等优点而被广泛使用。其发展主要以圆沉箱代替传统的矩形沉箱,使其受力更为合理、便于施工、降低造价、也有利于减少波浪的反射。矩形沉箱为了减少码头前波浪反射,也广泛采用有消浪设施的沉箱,为在开敞式码头和掩

护条件较差的码头使用创造了条件。

大直径薄壳圆筒结构更是在圆沉箱的基础上经理论上研究,实践上大胆创新而提出的新型结构型式,具有形式简单、受力合理、材料用量省、施工速度快、适应地基能力强等优点,近十几年来在国内外迅速发展。大直径薄壳圆筒形成的空间薄壳结构,具有充分发挥混凝土材料抗压能力强、刚度大、能充分利用其筒体内材料和地基,并使之共同工作以最大限度地发挥它们的潜力,又能保证结构安全的最佳状态。其结构强度和整体变形计算采用有限单元和边界元偶合分析方法,属国内外首创的系统计算理论和方法。经过若干工程实例的检验,充分证明它是成功的、可靠的,对今后港口码头建设有深远的影响。

格形钢板桩码头具有钢板桩和重力式码头的综合优势及相应限制,其结构型式根据钢板桩的组成和结构特性有较多变化,但仍具有构造简单、能充分利用钢材和填料各自特性,使其既能充分利用钢板桩的强度高、抗弯能力强、适应地基变化耐力强的优点,又能使钢板桩与格内填料共同发挥作用,依靠自重及格前土压力从而成为具有重力式码头的某些优点的结构型式。格形钢板桩码头以其施工速度快,结构性能高,地基应力小,分布均匀,且其延性结构可适应荷载变化以防止结构性破坏等优点,将随着技术不断地改进和施工条件的改善而具有发展前途。

采用深层水泥搅拌法加固海上软基来建设重力式码头,是近年来我国引进国外技术,在软土地基上探索建设重力式码头的一种尝试。重点是地基加固。在地基加固方面具有工期短、沉降小、适用范围广、可充分利用原土,因此,具有污染小,施工、设计质量可靠等优点。因为需对加固土体与其上部重力式结构物作为一个刚性整体进行稳定计算,所以也可以认为是码头新型结构形式的一部分而作重点介绍,以期在合适条件下应用这一方法进行大型深水码头结构设计。

第二章 深水开敞式码头

第一节 发展前景

石油、煤炭、矿石等大宗散货,其运量大,运距长,采用大型船舶运输具有很大的经济效益。50年代以来,各种大型油船和散货船的出现,使一般港口的水深难于接纳这些大型船舶。为停靠大型船舶,必须建造离岸深水码头。由于在深水海域建造防波堤投资巨大,一般采用开敞式码头。所谓开敞式码头,一般是指建造在没有防波堤掩护的较开敞海域中,受波浪、水流等动力因素作用较强的码头。位于河口或海湾中的开敞式码头,可能在几个方向上受到地形、地物一定程度的掩护。

开敞式码头一般为离岸建筑物,适合建造装卸作业标准较低,码头前允许作业波高较大的专业化泊位。如装卸油或散货的泊位,我国已建的开敞式码头有油码头、煤码头、矿石中转码头等。

我国自行设计和施工的第一座开敞式码头为秦皇岛一期码头,于1972年建成。20几年来,在各地建成或正在建造的开敞式码头已有几十座,表1-2-1为10座主要开敞式码头的情况。

我国开敞式码头

表 1-2-1

码 头 名 称	结 构 型 式	泊位平面布置型式	码 头 泊 位
大连鲆鱼湾油码头	沉箱墩式	一字型	10万吨、5万吨级各一个
秦皇岛一期油码头	沉箱墩式	一字型	2万吨二个
青岛黄岛一期临时油码头	多点系泊浮船式	—	2万吨一个
青岛黄岛一期油码头	钢管桩墩式	一字型	5万吨、2万吨各一个
青岛黄岛二期油码头	沉箱墩式	蝶型	20万吨一个
上海陈山油码头	钢管桩墩式	蝶型	20万吨一个
宁波北仑港矿石码头	钢管桩梁板式 预应力桩梁板式	F型	2.5万吨二个
山东日照煤码头	沉箱墩梁式	一字型	10万吨、2.5万吨级各二个
湛江油码头	钢筋混凝土桩墩式	蝶型	10万吨、2.5万吨级各一个

为了适应我国国民经济建设的发展,满足我国水运与外贸事业的需要,充分发挥海运优势,加快建设南北海上运输通道,沿海港口重点建设与运输通道联系的煤炭、原油、铁矿石、集装箱、滚装船运输系统,建设了秦皇岛煤码头四期、天津港煤码头、黄骅港煤码头一期等工程,以及华东和华南中转储运基地;建设大连、天津、青岛、上海、宁波等集装箱码头。交通部中长期水运交通发展规划拟定“九五”期间将新增中级以上泊位200多个,到21世纪初叶将建成深水泊位1000个。除国家兴建的码头以外,还将建设一大批专业化的码头泊位,如秦山核电、广东二核、马迹山矿石中转码头等等。

三年大建港以来,我国港口建设发展很快,但目前我国老港区岸线已经饱和,为了适应船

舶大型化,今后港区将向外海深水区 and 淤泥质海岸、大江大河入海口发展。因此建设适应深海筑港的水文地质条件,安全可靠,造价低、建设速度快,且适应我国国情的开敞式深水码头,将是我国港口建设的重点,有着广阔的前景。

第二节 型式和特点

一、总体布置选型

开敞式码头一般可分为固定式和系泊式两大类,固定式码头又可分引桥式和岛式两种。引桥式码头是以引桥将码头与陆岸连接,以供输油管道或运输皮带从陆域经引桥通向码头。目前国内已建的开敞式码头大多为引桥连接的固定式码头。由于引桥有碍海上交通,造价又高,一般仅在近海地区采用。引桥式码头的平面布置根据当地水文、气象、泥沙运动以及地基土壤等因素决定,有一字型、T型、L型、F型和折线型。岛式码头主要用于石油装卸。当泊位离岸较远,采用海底输油管道往往比建造引桥设管道更为经济。

系泊式码头则有多点系泊和单点系泊的形式。

单点系泊设施 SPM(Single Point Mooring) 是一种比较先进的开敞式码头型式,它主要用于输送油品,近年来也开始用于输送矿浆或液化气。在自然条件较差的开敞海岸,与固定式码头相比,单点系泊具有建设快、投资省以及船舶对风、浪、流的适应性强等优点,因此在国外被广泛采用。

用得最多的单点系泊型式是悬链式锚腿系泊 CALM(Catenary Anchor Leg Mooring)。CALM 的系泊浮筒用 6~8 根锚链固定,浮筒上设有供系缆和输油用的转盘,使船舶可随风、浪、流作 360° 的回转,油品通过海底管线和软管输送。自 60 年代末以来,为克服深水中锚链过重和海上油田作业的需要,又发展了单锚腿式系泊 SALN(Single Anchor Leg Mooring) 和带储油船的单点系泊 SBS(Single Buoy Storage)。前者是用具有一定剩余浮力的钢管柱来代替浮筒和锚链,钢管柱底部用万向铰与基础相连;后者通常用一座 A 字型钢架将储油船固定在浮筒上,而运输油轮则在其旁停靠作业。

二、结构型式

我国开敞式固定码头的结构型式主要为两大类,即桩基结构和沉箱重力式结构。这是由于开敞式固定码头处于无掩护海域,遭受大风大浪的侵袭,为减少波浪爬高和反射,保证港区水面稳定,宜采用透空结构。我国已建成的开敞式固定码头大致可归纳为以下几种结构型式:

(一) 桩基梁板式

这种结构基础为桩基,上部结构是由钢筋混凝土纵、横梁及整片的钢筋混凝土板组成。在外荷载小时选用预应力混凝土桩。外荷载大时,则采用钢管桩或预应力混凝土大管桩作为码头基础。桩基梁板式结构适用于有行走式装卸机械的情况,如宁波北仑港 10 万吨矿石码头,见图 1-2-1。

高桩码头适宜做成透空码头,波浪反射小,泊稳条件好,砂石料用量少,对于挖泥超深适应性,造价低。但结构承载能力有限,对码头面超载适应性差,及对装卸工艺变化的适应性差。

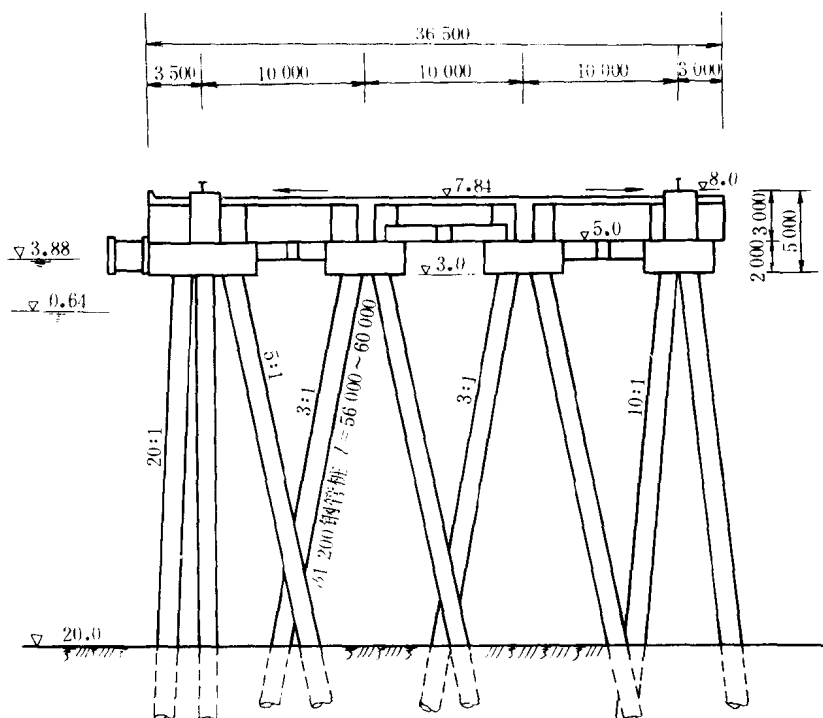


图 1-2-1 北仑港 10 万吨矿石码头断面图
尺寸单位:mm; 标高单位:m

由于结构表面暴露于海洋腐蚀性介质面积大,所在构件锈蚀破损较严重,影响结构耐久性。如何采取防护措施,提高码头钢筋混凝土结构的耐久性已引起工程界广泛的重视。

(二)高桩墩桥式

高桩墩桥由桩基和刚性桩台组成,一般有工作墩、靠船墩和系船墩形成,各墩间用便桥联系。此种结构适用于无行走式装卸机械情况,如上海陈山油码头,见图 1-2-2。

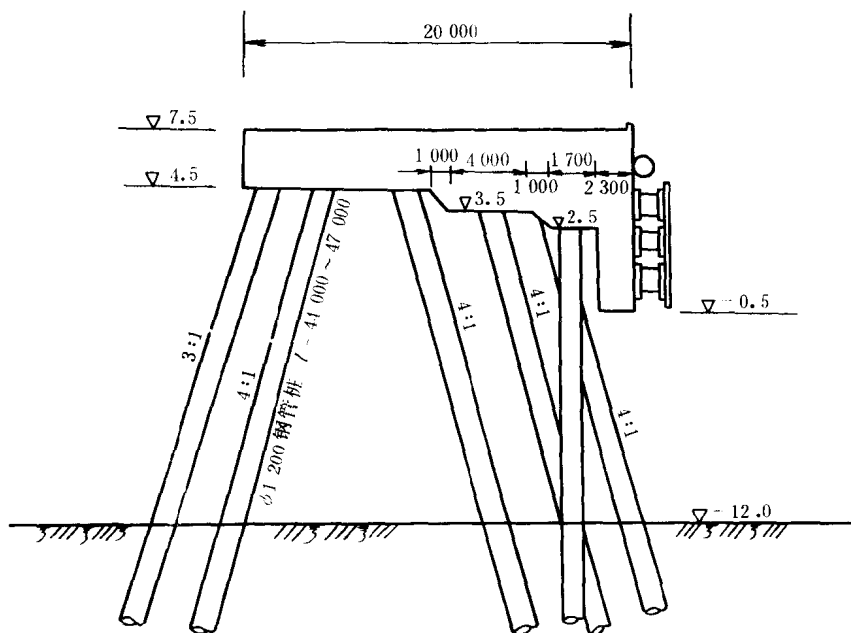


图 1-2-2 陈山油码头靠船墩断面图
尺寸单位:mm; 标高单位:m

(三)重力墩梁式

当地基土壤较硬或薄层土壤下为风化岩层时,则可采用重力式墩基础,码头的靠船墩和系船墩互相分开,上部结构一般由梁系组成。由于重力墩地基承载力较大,梁跨可以大一些,其上可安设行走式装卸机械,如日照港煤码头(图 1-2-3)。重力式码头较坚固耐久,码头面可承受较大的荷载,但对地基要求高,且需要大量的砂石料,当水深浪大时施工较困难。

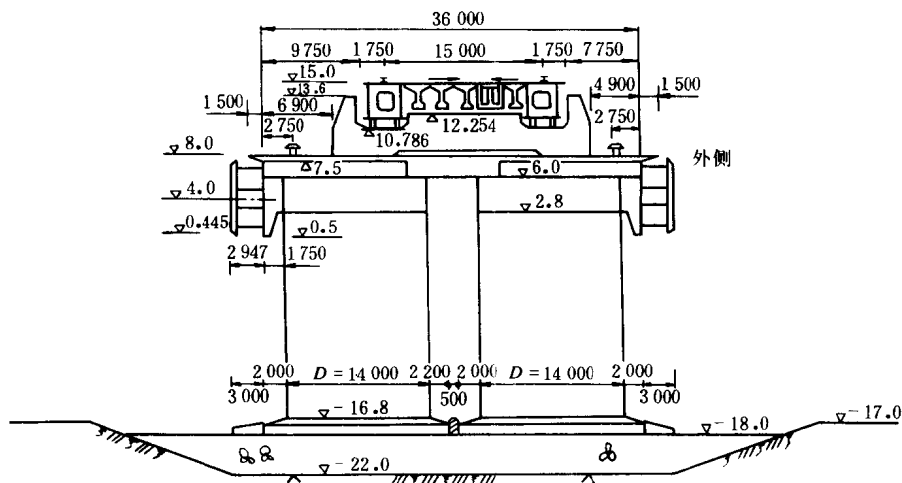


图 1-2-3 日照港煤码头靠墩断面图

尺寸单位:mm; 标高单位:m

(四) 导管框架结构

为了适应风浪大及有效施工时间短的特点,国外还采用导管框架结构。即由钢管焊接成框架,四角焊接导管,运往码头现场安装后,在导管内打入钢管桩,再在导管内浇注特殊配制的砂浆,使桩和导管联结成整体。这种结构的特点是将桩插入导管即可施打,既便于定位,又使结构稳定性好,承载能力大,抗风浪性能好,施工质量有保证。其缺点是用钢量大、造价高、需用大型施工船舶和机具。目前有伊朗哈格岛 50 万吨油码头及日本北海道苫小牧出光油码头(图 1-2-4)等采用。

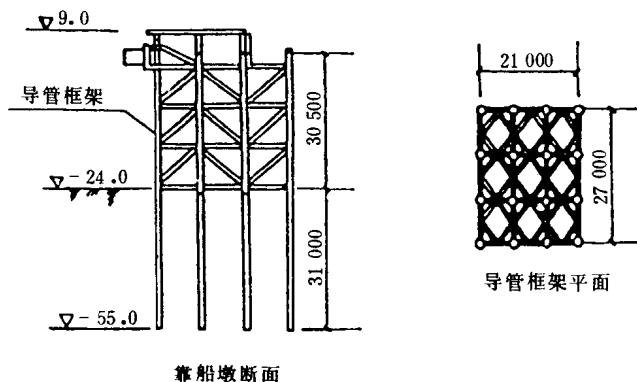


图 1-2-4 日本苦小牧出光油码头靠墩

尺寸单位:mm;标高单位:m

(五)引桥结构

引桥是开敞式码头与陆域之间货物运输及作业人员的通道,其上安有运输设备(皮带机或油管),并留有交通车辆通行的道路。引桥由桥墩和桥组成。桥墩大致可分为高桩墩和重力墩