



上海港

码头结构加固改造 技术创新与工程应用

TECHNICAL INNOVATION AND ENGINEERING APPLICATION OF
TERMINAL INFRASTRUCTURE PERFORMANCE IMPROVEMENT IN SHANGHAI PORT

罗文斌 童志华 郑永来 朱鹏宇◇编著



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

上海港码头结构加固改造 技术创新与工程应用

罗文斌 童志华 郑永来 朱鹏宇 编著



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

内 容 提 要

本书对上海港码头结构加固改造工程技术研究与实践作了系统总结。第1章介绍了码头加固改造的背景、国内外技术比较及上海港码头的概况;第2章介绍了码头结构耐久性影响因素及评估基本框架;第3章至第4章介绍了码头结构健康诊断技术和寿命预测、现有码头结构的可靠性分析;第5章至第8章重点介绍了码头结构加固改造设计、施工、监测、修复材料及应用,并介绍了上海港码头加固改造工程的案例。

本书可为港口工程技术研究和码头加固改造建设提供借鉴和参考,亦可供从事相关工程的设计、研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

上海港码头结构加固改造技术创新与工程应用/罗文斌等编著. —北京:人民交通出版社股份有限公司, 2016.2

ISBN 978-7-114-12843-1

I. ①上… II. ①罗… III. ①码头工程—工程结构—加固 IV. ①U656.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第041096号

书 名:上海港码头结构加固改造技术创新与工程应用

著 作 者:罗文斌 童志华 郑永来 朱鹏宇

责任编辑:刘永芬

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:北京盛通印刷股份有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:19.75

字 数:433千

版 次:2016年4月 第1版

印 次:2016年4月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-12843-1

定 价:98.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

序 言

随着我国国民经济的高速成长,港口作为国内外贸易的重要基础设施也得到快速发展。但随着船舶大型化趋势的不断发展,深水岸线资源日趋紧张,新建码头需要大量的资金投入和较长的建设周期,对现有码头进行结构加固改造,提升码头的服务能级成为解决岸线资源紧张问题的重要途径。同时,我国有一批码头因为使用时间长而进入维修维护期,一段时间以来,老旧码头加固改造成为一项繁重的任务。码头结构加固改造工作是交通运输行业加快转变经济发展方式、建设资源节约型和环境友好型社会的必然要求,是各级交通运输行政主管部门加强安全管理、保障港口运行安全的重要举措,是港口企业实现内涵式可持续发展的必然选择,对于推动我国港口的科学发展,优化港口的运输结构,加快资源节约型和环境友好型港口建设,保证港口生产安全,实现港口可持续发展,具有十分重要的意义。

码头结构加固改造工作是一项非常复杂和具有探索性的工作,需要对码头现有结构进行检测、评估、修复、加固,这必然会影响到码头生产,甚至需要停产才能确保施工的顺利进行。大部分需要码头结构加固改造的泊位均担负着重要的生产任务,尤其是上海港这样繁忙的港口,在码头改造与码头生产运营两者之间会产生相互影响。如何在码头结构加固改造过程中减少甚至消除对生产的影响,克服和破解遇到的各种难题,积累码头结构加固改造的技术和经验,探索一套码头结构加固和能力提升成套技术,是一件非常有意义的工作。

本书作者以上海港码头结构加固改造工程为依托,开展了码头结构检测评估、加固改造设计、施工、材料、监测、运营管理等方面的技术研究和探索,通过对大型公共码头结构加固改造和港口能级提升关键技术的研究和工程实践,总结形成了大型公共码头结构加固改造的技术经验和成果,相信会对从事港口工程设计、施工、修复技术研究的读者们有所帮助。

交通运输部总工程师

苏东明

2015年12月30日

前 言

近年来,我国港口工程建设取得了巨大成就,港口基础设施在规模、种类、能力、技术水平等方面处于世界前列。我国港口建设的高速发展,使得港口码头通过能力较好地适应了社会经济的发展要求,为国民经济发展提供了重要支撑,有力地保障了社会经济的持续、稳定、健康的发展。

随着我国水运的快速发展,部分码头设施越来越不适应新的发展需求,主要存在靠泊等级偏低、结构功能退化、码头通过能力不足、安全性能降低、不能适应货种的变化、岸线资源的利用率偏低等缺陷。为进一步完善港口功能,改善和提升码头靠泊等级和服务能级,使码头设施安全地为经济发展服务,对既有码头进行结构加固改造刻不容缓。

上海港作为全球集装箱吞吐量最大的港口,近十几年来,新建的外高桥港区、洋山港区陆续投入运营,集装箱吞吐量逐年上升。截至目前,上海港设计年通过能力 2.4 亿吨,其中集装箱年通过能力 1955 万标准箱。2015 年实际完成货物吞吐量 5.13 亿吨,其中集装箱吞吐量 3653.7 万标准箱。随着城市的发展,深水岸线资源紧缺的矛盾日益突出,黄浦江沿线生产性码头逐步向外高桥和洋山转移,先后建设了外高桥一至六期、洋山一至三期,正在建设洋山四期,建成后现有的深水岸线已基本开发完成。然而,随着船舶大型化趋势的发展,现有最大船型已超过 18000TEU,但在上海港仅有洋山码头的设计靠泊等级为 10 万吨级以上,由此引发超等级靠泊现象,给码头结构带来极大的安全隐患。因此,在现有条件下,要解决岸线紧张和超等级靠泊等问题,只有通过对现有码头采取结构加固改造来完成提升码头靠泊等级的目标。2012 年 6 月,上海港按照交通运输部相关批复实施了对现有主要码头的结构加固改造,主要范围为外高桥、罗泾、洋山等港区的大型公共码头,共涉及大小泊位 49 个,其中罗泾杂货泊位靠泊的最高等级由 5 万吨级提升至 7 万吨级,矿石泊位靠泊最高等级由 20 万吨级提升至 25 万吨级,煤炭泊位靠泊最高等级由 7 万吨级提升至 12 万吨级,汽车滚装泊位最高等级由 5 万吨级提升至 10 万吨级;外高桥集装箱泊位靠泊等级由 5 万吨级提升至 10 万吨级;洋山集装箱泊位靠泊等级由 10 吨级提升至 15 万吨级。

通过码头结构加固改造,可有效提升港口服务能级。与新建码头相比,既有码头的升级改造可以避免新增航道、码头配套设施等多项投资。码头结构加固改造和能级提升涉及对既有码头的检测、安全和耐久性评估、健康诊断,结构加固的设计、施工等诸多技术问题,探索一套关于既有码头结构加固改造和能级提升的成套技术是非常必要的。

本书以上海港码头结构加固改造工程为依托,开展了码头结构加固设计、施工、材

料、监测、管理等方面的技术研究和探索,通过对大型公共码头结构加固改造和港口能级提升关键技术的研究和对现有主要码头结构加固改造,总结形成了大型公共码头结构加固改造的技术经验和成果,这些研究成果也被上海市科学技术委员会确认为上海市科学技术成果,并荣获2015年度中国港口协会科学技术奖一等奖。该研究成果在上海港49个泊位改造中得以成功应用。码头完成加固改造后,增加集装箱吞吐能力293.3万标准箱、增加散杂货吞吐能力356.8万吨,提升能力相当于新建约1920米的深水岸线码头,取得了显著的经济和社会效益。本书总结汇编了在应对船舶大型化、高效利用岸线资源、提升港口能级等方面进行的有益探索和研究成果,可以为国内外同类型码头的加固改造提供借鉴。

上海港码头结构加固改造工程的主要参建单位和技术研究单位包括:上海国际港务(集团)股份有限公司、中建港务建设有限公司、上海中交水运设计研究有限公司、上海维固工程实业有限公司、同济大学、上海浦东国际集装箱码头有限公司、上港集团浦东分公司等。本书汇总了各参与单位的主要技术成果,限于成稿时间有限,部分成果有待深化。编写本书目的,不仅希望对上海港码头结构加固改造技术经验进行系统总结,也希望通过抛砖引玉,吸引广大专家学者、工程技术人员共同探讨码头结构加固改造技术,促进我国港口工程建设和维护水平进一步提升。

全书由罗文斌、童志华、郑永来、朱鹏宇编著。本书共八章,包括绪论、码头结构耐久性影响因素及评估基本框架、码头结构健康诊断技术与寿命预测、现有码头结构的可靠性分析、码头结构加固设计、码头结构加固的施工技术与工艺、码头结构加固监测技术、码头结构加固修复材料及应用。在本书编写过程中,李瑞刚、俞红、徐菟、杨靖培、王聿、倪寅、符传立、宗磊、孙明楠参与编写,张志平、刘卫平、郭晓兰、王小坤、朱明有、肖飞、吴剑、邢健、范金林、陈明中、黄坤耀、秦晓明、罗海峰、成俊等同志也对本书编写提出过宝贵意见,在此一并衷心感谢!

本书编写得到了交通运输部和上海有关部门的大力支持,本书的出版也得到上海市国有资产监督管理委员会企业技术创新和能级提升专项扶持资金支持,对此表示衷心感谢!

限于我们的水平和知识面的局限性,书中难免有疏漏乃至错误之处,敬请读者批评指正。

作者

2015年10月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 码头结构加固的背景及意义	1
1.1.1 我国沿海港口码头结构加固改造的背景	1
1.1.2 沿海港口码头结构加固改造的必要性	2
1.1.3 沿海港口码头结构加固改造的意义	7
1.2 码头结构加固的技术概况	8
1.2.1 国外码头结构加固技术概况	8
1.2.2 国内码头结构加固技术概况	9
1.2.3 码头结构加固改造技术的发展	11
1.3 上海港的现状 & 码头结构改造	12
1.3.1 主要港区现状	12
1.3.2 上海港码头结构加固改造概况	15
1.4 码头结构加固的关键技术	16
第2章 码头结构耐久性影响因素及评估基本框架	18
2.1 码头结构混凝土碳化因素	18
2.1.1 混凝土碳化机理	19
2.1.2 混凝土碳化因素的理论分析	19
2.1.3 环境条件对碳化速度的影响	20
2.1.4 混凝土碳化深度预测模型	21
2.2 码头结构混凝土中氯离子扩散因素	21
2.2.1 混凝土中氯离子的来源	21
2.2.2 混凝土中氯离子的种类	22
2.2.3 氯离子侵蚀模型	22
2.3 码头结构外部荷载动力影响因素	25
2.4 混凝土中钢筋锈蚀及锈蚀量预测	27
2.4.1 混凝土钢筋锈蚀机理	27
2.4.2 钢筋锈蚀的影响	28
2.4.3 锈蚀量的预测	29
2.5 码头结构耐久性的其他影响因素	29
2.5.1 混凝土冻融破坏	29

2.5.2 混凝土裂缝	29
2.5.3 混凝土强度降低	29
2.6 码头结构耐久性评估基本框架	29
2.6.1 混凝土结构耐久性评估的基本框架	29
2.6.2 结构性能的退化过程	30
2.6.3 混凝土结构耐久性评估	31
第3章 码头结构健康诊断技术与寿命预测	32
3.1 码头结构健康诊断技术	32
3.1.1 结构健康的内容	32
3.1.2 主要检测指标	32
3.1.3 检测方法与设备	33
3.1.4 码头结构健康度检测案例	45
3.2 码头结构寿命预测	52
3.2.1 码头结构耐久性评估	52
3.2.2 碳化寿命准则	53
3.2.3 码头寿命预测方法	55
第4章 现有码头结构的可靠性分析	58
4.1 现有码头结构可靠性的数学模型与定义	58
4.1.1 现有码头结构可靠性的特点	58
4.1.2 现有码头结构可靠性的数学模型	59
4.1.3 现有码头结构可靠性的定义	60
4.1.4 现有码头结构可靠性的两个基本问题	60
4.2 现有码头结构的荷载模型	61
4.2.1 结构设计时的荷载模型	61
4.2.2 现有码头结构的荷载估计	62
4.2.3 现有码头结构荷载的统计参数	65
4.2.4 不同荷载组合情况下的可靠性分析	65
4.3 现有码头结构抗力的随机过程模型	67
4.3.1 现有码头结构的抗力衰减模型	67
4.3.2 现有码头结构抗力的随机过程模型	68
4.4 现有码头结构可靠性的分析方法	73
4.4.1 现有码头结构可靠性分析的基本特点	73
4.4.2 现有码头结构可靠性的基本分析方法	74
4.4.3 现有码头结构可靠性分析的简化方法	75
4.5 现有码头结构的动态可靠性分析与评定	75
4.5.1 锈蚀受弯构件抗力的基本参数	76
4.5.2 现有码头结构的可靠性评定	77
4.5.3 现有码头的性能评估	79

4.5.4 现有码头结构评估案例	80
第5章 码头结构加固设计	90
5.1 码头加固结构计算分析	90
5.1.1 建模方法	90
5.1.2 平面计算分析	90
5.1.3 空间计算分析	108
5.1.4 设计分析对比	117
5.2 码头加固典型设计方法	127
5.2.1 桩基加固	127
5.2.2 纵横梁系加固	140
5.2.3 面板加固	153
5.2.4 附属设施加固	156
5.3 码头加固设计案例分析	158
5.3.1 外二期码头加固改造设计	158
5.3.2 罗泾煤炭码头加固改造设计	175
5.3.3 罗泾矿石码头加固改造设计	192
第6章 码头结构加固的施工技术与工艺	208
6.1 桩基施工	208
6.1.1 桩基施工技术	208
6.1.2 桩基施工工艺创新	229
6.2 上部结构施工	235
6.2.1 上部结构施工技术	235
6.2.2 码头修复施工工艺创新	241
6.3 码头施工协调组织	244
6.3.1 码头加固改造施工组织方案	244
6.3.2 施工期码头运营管理与协调	248
第7章 码头结构加固监测技术	255
7.1 码头结构加固监测目的与内容	255
7.1.1 监测目的	255
7.1.2 监测范围及内容	255
7.2 码头原位监测技术	256
7.2.1 码头原位监测系统	256
7.2.2 主要监测设备及应用技术	257
7.3 监测实施方法与步骤	259
7.3.1 监测工作的组织和协调	259
7.3.2 监测方法及精度要求	260
7.3.3 数据处理与信息反馈	262
7.4 原位监测案例	267

7.4.1	外一期码头原位监测概况	267
7.4.2	监测依据	268
7.4.3	现场监测内容及测点布置	268
7.4.4	水下传感器安装支座研发	271
7.4.5	应力监测方法及精度	272
7.4.6	监测组织架构及采用的仪器设备	272
7.4.7	监测实施	273
7.4.8	监测数据记录及信息反馈	275
7.4.9	监测数据分析	276
第8章	码头结构加固修复材料及应用	281
8.1	结构加固修复材料	281
8.1.1	碳纤维布	281
8.1.2	喷射混凝土	282
8.1.3	灌浆料	283
8.1.4	无机植筋胶	284
8.2	码头修复材料技术创新	286
8.2.1	改性修复砂浆研究	286
8.2.2	无机植筋胶研究	289
8.2.3	碳纤维布和改性修复砂浆的工程应用	296
第9章	结语	301
	参考文献	302

第1章 绪 论

1.1 码头结构加固的背景及意义

1.1.1 我国沿海港口码头结构加固改造的背景

我国沿海港口码头结构加固改造工作,源于码头靠泊能力的核查管理工作。为适应运输船舶大型化的需要,解决码头靠泊能力不高、大型专业化泊位不足的矛盾,相当一部分港口采取了超过原设计船型的船舶通过减载靠离泊码头的方式进行生产。据2009年对天津港、宁波港、湛江港、镇江港、青岛港、苏州港、深圳港和秦皇岛港的调查,这8个港口共有生产性泊位892个,超过原设计船型的船舶通过减载靠离泊的就有304个,占总生产性泊位数的34%,湛江港和深圳港甚至超过全港生产性泊位总数的60%以上。这种生产方式虽然在一定程度上缓解了港口吞吐能力不足与港口生产需求的矛盾,提高了港口对大型船舶的适应能力,也给港口经营企业带来了良好的效益,但对码头设施、船舶和港口生产均带来了不同程度的安全隐患。为规范对超过原设计船型的船舶靠泊码头的管理,确保港口安全生产,促进港口健康、持续发展,交通运输部和各省级港口行政主管部门开展了码头靠泊能力核查工作。

一、码头靠泊能力核查工作

交通运输部和各省级港口行政主管部门于2005年10月至2006年12月开展了靠泊能力核查工作。2006年3月交通运输部下发了《关于加强港口码头靠泊能力核查管理工作的通知》(交水发[2006]81号,以下简称《通知》)。各地港航管理部门和有关单位按照《通知》要求,认真开展了码头靠泊能力论证、核查工作。

此次码头靠泊能力论证工作不是提升码头靠泊等级,而是对超过原设计船型靠泊码头的船舶,在现行规范允许的范围内,在不突破港口现有设施允许的设计值的前提下,经过科学、合理、安全的论证,提出一定的限定条件,以保证港口安全生产,促进港口健康发展。

除此以外,对于大型码头泊位较少、码头结构等级配置不合理,但港口生产又确需在短时期内靠泊超过设计船型船舶的部分港口,经过批准可给予3年缓冲期(时间截止于2009年12月31日)对原有泊位进行技术改造。

据统计,交通运输部和各省级港口行政主管部门共对全国沿海523个泊位进行了核准,这些泊位可以在限定条件下靠泊超设计船型船舶:共批准184个泊位进入缓冲期,这些码头泊位可以通过“一船一议”的方式靠泊超设计船型船舶。

二、码头结构加固改造试点阶段

靠泊能力论证作为一项临时措施,通过限定条件下的减载靠泊发挥了很大作用,但也有

一定的局限性,无法解决所有问题,因此交通运输部在《关于码头靠泊能力核查管理工作的通告》中提出“鼓励各港根据港口实际情况,加大对老旧码头的技术改造力度,通过技术改造走内涵式扩大生产能力的道路”。根据工作需要,原交通部水运司在2007年初开始着手组织开展码头结构加固改造工作,提出了初步工作思路,与国家发改委有关部门进行了沟通,得到了支持。2007年4月和7月,原交通部水运司分别于广州市和秦皇岛市组织了“沿海港口码头改造试点工作研讨会”和“沿海港口码头改造试点泊位检测方案研讨会”,并于同年8月印发了《关于明确沿海港口码头改造试点工作有关事宜的通知(厅水字[2007]183号)》,标志着码头结构加固改造试点工作正式开始。

经过近2年的时间,码头结构加固改造试点工作取得了阶段性成果,2009年4月,交通运输部水运局在广州市组织召开了“沿海港口码头改造试点工作总结研讨会”,会议指出,试点工作完成了既定的工作目标,积累了宝贵的管理经验和技術经验,为在全国沿海开展码头结构加固改造工作奠定了基础。

三、码头结构加固改造阶段

在总结了靠泊能力核查和沿海港口码头改造试点工作经验的基础上,交通运输部在2009年10月发布了《关于沿海港口码头结构加固改造有关事宜的通告》,标志着码头结构加固改造工作正式在全国沿海开展。但由于这项工作的复杂性,工作在开展过程中遇到不少困难。为进一步分析和解决问题,推进码头结构加固改造工作,交通运输部水运局于2010年7月分别在天津和广州组织召开了“沿海港口码头结构加固改造工作座谈会”,广泛听取了各级交通运输管理部门、港口企业、海事机构的意见。

在充分吸取了行业各方意见后,交通运输部水运局于2011年10月9日在宁波市组织召开了“沿海港口码头结构加固改造工作座谈会”,进一步明确了码头结构加固改造相关政策、程序要求,并应广大港口企业要求,扩大了申报范围,延缓了申报时限,随后印发了《沿海港口码头结构加固改造工作座谈会会议纪要》,推动了码头结构加固改造工作迅速在全国沿海开展。

1.1.2 沿海港口码头结构加固改造的必要性

一、港口发展需求与有限的靠泊能力之间的矛盾突出

随着我国经济社会的快速发展,对沿海港口的规模与运输能力的需求逐渐增大,但是码头的靠泊能力终究有限,港口发展需求与有限的靠泊能力之间的矛盾突出。

1. 集装箱码头通过能力与需求分析

据统计,十余年来我国港口集装箱吞吐量仅在2009年出现了负增长,其余年份都保持增长;而增长率最高值出现在2003年,为30.8%,最低值则出现在2013年,为7.2%(表1.1.2-1)。

我国历年集装箱吞吐量增长情况(单位:万TEU)

表1.1.2-1

项 目	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
集装箱吞吐量	4867	6160	7564	9361	11474	12870	12220	14571	16367	17700	19000
增长率(%)	30.8	27	22.4	23.8	22.57	12.17	-5.05	19.24	12.33	8.14	7.2

据中国港口协会的连续跟踪统计和整理,我国从事专业化集装箱作业的港口有近 60 个,从事集装箱码头作业的企业超过 120 家,拥有码头泊位总数超过 480 个,完成集装箱吞吐量约 1.76 亿 TEU,约占全国总量的 92.8%,共占有岸线约 12.29 万米,泊位设计通过能力近 1.5 亿 TEU。按此计算,2013 年我国大陆港口集装箱码头能力的适应度(从事集装箱作业泊位设计通过能力与港口集装箱吞吐量之比)五年内第二次跌破 0.9,仅为 0.85:1。横向比较来看,港口专业集装箱泊位设计通过能力的平均增长率远远低于港口集装箱吞吐量的平均增长率,详见表 1.1.2-2 所示。

2009 ~ 2013 年我国大陆集装箱港口设计通过能力与吞吐量情况(单位:万 TEU)

表 1.1.2-2

年份	2009	2010	2011	2012	2013	年均增长
集装箱作业泊位设计通过能力	11747	12601.7	13121.7	14815.7	14969.2	6.25%
港口集装箱吞吐量	10400	13127.21	14768	15961.84	17634.65	14.11%
能力适应度	1.13:1	0.96:1	0.88:1	0.93:1	0.85:1	

2. 煤炭码头通过能力与需求分析

据统计,2013 年我国港口完成煤炭及制品吞吐量 21.73 亿吨,增幅高于一次发运量的增幅,总体而言,煤炭市场的波动对港口吞吐量的影响还未见明显(表 1.1.2-3)。

2008 ~ 2013 年我国港口煤炭总吞吐量情况(单位:万吨)

表 1.1.2-3

年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013
总吞吐量	113000	132300	164600	194300	199600	217300
增幅(%)	19.65	17.08	24.41	18.1	2.73	8.87
一次发运量	51075	46458	55600	66000	61937	66840
增幅(%)	11.1	-9.04	19.68	18.7	-6.16	7.92

通过表 1.1.2-4 可以看出,在 13 个拥有 10 万吨级及以上泊位的港口中,有 10 个港口存在着能力缺口,从合计数来看,总能力缺口达 3.86 亿吨。然而,能力不足这一结果并不能轻易认定。若排除对秦皇岛港、黄骅港和宁波—舟山港能力缺口存在的统计误判因素,我国煤炭码头的总体设计通过能力与吞吐量之间相对平衡。但是,南方港口主要是在原有码头条件不足的情况下的新建码头,码头通过能力的设计更为大型化,数据统计差异相对较小,因此能力缺口存在是事实。随着煤炭进口量的不断增大,能力缺口可能还会有所增加。

2013 年大码头煤炭吞吐量与通过能力情况(单位:万吨)

表 1.1.2-4

序 号	港 口	吞 吐 量	设计通过能力	能 力 缺 口
1	秦皇岛港	23690	6000	-17690
2	唐山港	18646	18000	-646
3	天津港	6635	8800	2165
4	黄骅港	13693	3000	-10693
5	青岛港	2074	3800	1726
6	日照港	3147	4500	1353
7	宁波—舟山港	11139	1900	-9239

续上表

序 号	港 口	吞 吐 量	设计通过能力	能 力 缺 口
8	福州港	3124	1880	-1244
9	泉州港	1413	513	-900
10	珠海港	2477	2000	-477
11	湛江港	1729	800	-929
12	钦州港	1311	900	-411
13	防城港	4636	3000	-1636
	合计	93714	55093	-38621

3. 矿石码头通过能力与需求分析

2013 年全国港口完成铁矿石吞吐量 16.7 亿吨,同比增长 11.4%;铁矿石吞吐量与进口量的比值首次突破 2,为 2.04,这一数字说明铁矿石水运的中转运输频率在加大,这一频率与船舶大型化、泊位深水化等因素有关。截至 2013 年年底,我国 30 个主要港口铁矿石库存 8343 万吨,比年初上涨了 869 万吨,这一数值与铁矿石的总供应量高于需求量有关(表 1.1.2-5)。

2009 ~ 2013 年我国近年来铁矿石进口量和吞吐量(单位:万吨)表 1.1.2-5

年份	2009	2010	2011	2012	2013
进口量	62778	61863	68606	74355	81941
吞吐量	101550	115600	123500	123900	167000
吞吐量/进口量	1.62	1.87	1.80	1.79	2.04

根据我国 10 万吨级及以上矿石码头泊位情况,2013 年,我国港口铁矿石大码头核定通过能力比上年增加 7500 万吨,增量部分比 2012 年增加 3200 万吨。根据 2013 年我国港口矿石码头供求平衡分析(表 1.1.2-6),矿石码头能力缺口为 1.37 亿吨,虽然这一数字依然过亿,但已是近年来的最低值。

2013 年我国港口矿石码头供求平衡分析表(单位:万吨)表 1.1.2-6

港 口	外贸进口装卸量	大码头通过能力	码头能力缺口	泊 位 数
青 岛	12282	7020	-5262	5
日 照	152517	3500	-9017	2
天 津	7828	5300	-2528	4
唐 山	16805	13700	-3105	9
营 口	2488	3595	1107	4
烟 台	1038	2280	1242	3
大 连	1169	2300	1131	2
秦皇岛	517	2000	1483	1
北方小计	54644	39695	-14949	30
宁波—舟山	10387	10000	-387	5
上 海	4695	4400	-295	4

续上表

港 口	外贸进口接卸量	大码头通过能力	码头能力缺口	泊 位 数
连云港	4003	1900	-2103	3
南通	1289	1500	211	2
苏州	2250	3600	1350	2
长三角小计	22624	21400	-1224	16
湛江	1851	3100	1249	2
防城	1816	1500	-316	1
珠海	450	1600	1150	2
福州	1251	1500	249	1
厦门	0	95	95	1
南方小计	5368	7795	2427	7

二、船舶发展大型化与港口码头的低靠泊等级之间矛盾突出

由于近年来船舶的载重能力要求逐渐变大,船舶趋向于大型化发展,但是港口码头的靠泊等级比较低,不能满足大型船舶的靠泊要求,船舶发展大型化与港口码头的低靠泊等级之间矛盾突出。

1. 船舶大型化是必然趋势

大连海事大学孙光圻教授的分析表明,造成船舶大型化步伐加快的原因主要有四点:

- 经济的全球化需要在全球范围内对物资、原材料、零部件及整体商品进行运输和配置,因此,大型船舶是经济全球化的产物。
- 由于航运市场已经在较长一段时间内处于低迷的状态,航运企业间的竞争异常激烈,必须要实现规模运输以降低生产成本。因此,大型船舶是航运市场激烈竞争的产物。
- 船舶能效设计指数(EEDI)等国际海事标准、规范以及欧盟征收航海碳排放税等举措,都要求大型船舶降低碳排放,因此,大型船舶是节能减排、环境保护的产物。
- 目前港口间的竞争同样在加剧,港口出现了主干化、码头专业化、错位超大型化的发展趋势。

此外,从航运结构来看,航运企业纷纷实施兼并、联营等战略,在货源的配置上使得超大型船舶的运营成为可能。因此,大型船舶是港口和航运结构调整的一种产物。根据德国欧门(EUROGATE)集团得到的数据,仅以集装箱船来看,目前全球已有200余艘超大型集装箱船在运营;而根据船厂的手持订单,2014年和2015年两年,全球应共有36艘大船集装箱船完工交付。另据德鲁里(Drewry)统计数据,截至2014年4月,全球10000~12000TEU的集装箱船舶共有48艘,12000TEU及以上的集装箱船共有161艘;未来5年,全球将至少交付10000~12000TEU集装箱船34艘、12000TEU及以上集装箱船106艘左右。

2. 超大型船瞄准中国港口

随着船舶大型化、超大型化步伐的加快,越来越多的超大型船舶如VLOC(超大型矿砂船)、VLCC(超大型油船)及ULCV(超大型集装箱船)在我国多个港口停靠。以VLOC为例,2011年底,淡水河谷一艘40万吨VLOC靠泊大连港,并在业界引发了此举是否符合国家有

关规定的争议;2013年,该公司VLOC靠泊连云港;2014年10月,该公司另一艘VLOC靠泊青岛港董家口港区。如今,随着该公司与我国航企合作的深化,关于35万吨以上VLOC能否靠泊我国港口的争论已渐渐平息;若交通运输部能允许40万吨级超大型船舶靠泊我国港口,则大连港、天津港、青岛港、连云港都具备接纳此类船舶的能力。

在超大型集装箱船靠泊我国港口方面,青岛港的统计数据显示,2010~2014年,10000~12000TEU集装箱船靠泊青岛港的次数从53艘次增长到了443艘次,12000TEU以上集装箱船靠泊该港的次数则从0艘次增长至349艘次。

2014年底,超大型集装箱船靠泊中国港口的纪录被再次刷新:12月2日,中海集运的19100TEU集装箱船“中海环球”号靠泊天津港,随后正式投入远东—欧洲航线运营。之后,该船又陆续靠泊了青岛港、上海港、宁波港、南沙港、盐田港等港口。2015年,中海集运的第二艘19100TEU集装箱船“中海太平洋”靠泊厦门港。不难想见,随着多艘在建的超大型船在今后几年陆续投入运营,未来将有越来越多的超大型集装箱船靠泊我国港口。

3. 船舶大型化带来巨大挑战

尽管当前有越来越多的超大型集装箱船被投入到国际航线,但并非所有的码头都拥有接纳“巨无霸”的能力。目前,大型、超大型船在靠泊时往往受到港口的水深限制、装卸能力限制及基础设施限制。

超大型船的最大吃水深度一般为14.5~15m,而马士基3E级18000TEU集装箱船的满载吃水为16m。而就目前世界各港口的现状来看,除了鹿特丹港、汉堡港、安特卫普港、费利克斯港、南安普敦港、香港、长滩港、新加坡港等港口的水深达15m以上外,其他港口的水深都难以满足超大型集装箱船靠泊的需要。

全球配有15个以上箱位岸吊的港口主要有不来梅港、汉堡港和鹿特丹港,其他港口的箱位岸吊一般不超过10个。因此,若港口的装卸能力不强,装卸效率不高,就会使卸货时间大幅增加,导致超大型集装箱船的竞争力大打折扣。

超大型集装箱船还需要港口在码头设施、堆场、后勤供应、计算机系统和内陆运输等方面具备相应的条件和能力。因此,靠泊超大型船的港口除了自身的硬件要好之外,其周边还必须要有良好的基础设施相配套。

除了上述制约因素外,拥有大型船舶的班轮公司往往倾向于选择集装箱量更集中、辐射性更强的港口优先挂靠,以确保单航次挂靠的集装箱量和经济效益。这也意味着,港口必须有足够的本地货源和中转货源来支持大型集装箱船,并能保证集疏运系统有效运转。在这方面能力不足的港口,就很难得到班轮公司的青睐。

三、港口码头的建设与有限的岸线资源之间的矛盾突出

沿海岸线被不断地开发,使得沿海岸线资源稀缺。新的港口码头建设必将占用新的岸线资源,这种粗放型的发展方式,不利于沿海港口码头的可持续发展。

作为一种不可再生的稀缺资源,岸线是港口发展生命线。随着近年来国民经济的快速发展,临港(临江)工业、港口建设、旅游、水产养殖、生态保护等各方面对岸线资源的需求均快速增加,导致可供港口利用的岸线资源日益稀缺,特别是在环渤海、长三角、珠三角等经济发达地区,岸线的供需矛盾已十分突出,如上海、江苏沿江的港口优良岸线资源已十分稀缺。

据统计,黄浦江的岸线利用率最高为89.5%,已利用的岸线长度为107.41km;长江口南

岸岸线的利用率由内向外呈递减状态,浏河口至吴淞口岸段在长江口南岸中利用率最高为82.4%,吴淞口至五号沟岸段的利用率为28.3%。上海的岸滩由长江携带的泥沙堆积而成,岸滩较为平缓,缺乏天然的深水贴岸岸线。长江口南岸和杭州湾北岸一些深槽近岸的岸段尤显珍贵。特别在长江口深水航道工程实施后,长江航道水深将达到12.5m,可允许第五、第六代大型集装箱船乘潮进出港,长江口内深水岸线资源价值会大幅提升。随着建设国际航运中心的战略目标的实施,岸线资源需求矛盾将越来越突出。

我国港口行业经历了外延式粗放型扩张的阶段,在这一阶段,为了适应我国经济社会发展的需求,港口建设项目的投资额、数量等均迅猛增长。但在国内经济转型、世界金融危机等影响下,我国经济增长步伐逐渐放缓,同时由于资源和环境压力大增,我国港口进入了转方式、调结构的关键时期,走“资源节约型和环境友好型”的内涵式增长方式已经成为必然选择。

四、超码头设计能力的靠泊方式存在安全隐患

为缓解大型化船舶靠泊能力不足的问题,有的港口采用了超过原来设计的船舶通过减载靠离泊码头方式。这种方式能够在一定程度上缓解矛盾,并带来较高的经济效益,但是给码头的设施、船舶以及港口生产也带来不同程度的安全隐患。

为了保证船舶靠港的安全,交通运输部办公厅于2012年1月29日印发了《关于调整超设计规范船型船舶靠泊管理的通知》(以下简称《13号通知》),该文件表示,“鉴于当前超大型船舶港口作业安全形势不容乐观,特别是超设计规范船型的超大型船舶靠泊作业安全隐患较大。”“自本通知发布之日起,超过现行规范设计船型的大型干散货、油品船舶,不再采取‘一船一议’的方式进行靠泊管理。”

1.1.3 沿海港口码头结构加固改造的意义

一、降低运输成本,提高水路运输能力

沿海港口老码头结构加固改造能够提高货运的通过能力,可以满足大型化船舶到港停靠的要求,降低水道运输物流的成本。因此,推进沿海码头加固改造的工作,能够提高港口的泊位靠泊能力,降低成本,提高港口码头的市场竞争能力,促进码头的可持续发展,促进沿海经济的快速发展。

二、满足船舶大型化发展的需要,保证港口的运行安全

随着新材料的广泛运用以及造船技术的飞速发展,并且为适应经济发展对船舶运输承载能力的要求,船舶向着大型化、自动化与专业化方向发展,作用在码头上的船舶撞击力、系缆力和挤靠力相应增大,这样相应的对码头的靠泊能力也提出新要求。码头的升级改造加固可以使码头结构满足大等级船型靠泊,适应船舶大型化发展的要求,从而保证港口码头的安全运行。

三、转变经济发展的方式,促进区域经济可持续发展

随着经济社会的快速发展,对于港口的规模与运输的要求也逐渐扩大,水域以及岸线资源紧缺的问题也逐步显现。利用传统的新建码头,扩大海岸线等粗放型发展方式来推动港口发展已经不可能。码头结构加固改造不需占用资源,减少损耗,提高岸线的利用效率,大幅度降低运输的成本,提高了码头靠泊能力,符合科学发展观和可持续发展的要求。因此,老码头结构加固改造有效遏制能源和原材料过度消耗,从而扭转粗放型经济发展局面,促