



上海港罗泾港区二期工程规划设计创新

吴 澎, 王荣明

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 新近建成的上海港罗泾港区是集矿石、煤炭、钢铁等散杂货物为一体的综合性港区, 是世界上第一座公共港区为大型钢铁企业提供分拨配送等增值服务的物流港区。罗泾港区规划设计开发了全新的“枢纽港-物流港”联动的平行结构平面布置模式。在传统的公用港口布置方法基础上, 运用准时制(JIT)的精益生产(LP)物流理念, 优化装卸工艺和港口平面布置, 提升服务水平, 延伸港口服务链条。实现了物流流程的高度一体化、同步化。节约了极为宝贵的深水岸线和土地资源、降低了能耗。

关键词: 港口规划; 枢纽港; 物流港; 延伸港口服务链条

中图分类号: U 656.1⁺3

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)S1-0013-07

Innovation in planning and design of Phase II project of Luoqing port area

WU Peng, WANG Rong-ming

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: The newly-built Luoqing port area in Shanghai port is an integrative port which is a combination of iron ore, coal, steel and other bulk cargoes, and it is the world's first port which provides distribution and other value-added services for the large steel companies. The brand new parallel layout mode for the comprehensive port of transshipment hub and logistics has been developed in the planning and design of Luoqing port area. Based on the traditional arrangement methods of public port, using the logistics concepts of just in time (JIT) and lean production (LP), the cargo-handling technology and plane arrangement of port are optimized, the service level is elevated, and the port service chain is prolonged. The highly integration and synchronization of the logistics process is achieved. The deep coast and land resources are saved and energy consumption is reduced.

Key words: port planning; transshipment port; logistics port; prolonged port service chain

上海港位于我国沿海和长江“T”形结构的交点, 是连接江、海运输的重要换装节点, 是我国沿海最大的综合性枢纽港。罗泾港区是上海港最重要的散杂货港区, 主要货种为矿石、煤炭、钢铁等散杂货物。罗泾港区位于长江口南支河段南岸(图1), 于2005年6月开工建设, 2008年分期投产。工程共建设11个大型海轮泊位、30个中小型中转泊位, 陆域面积 $195 \times 10^4 \text{ m}^2$, 生产生活辅

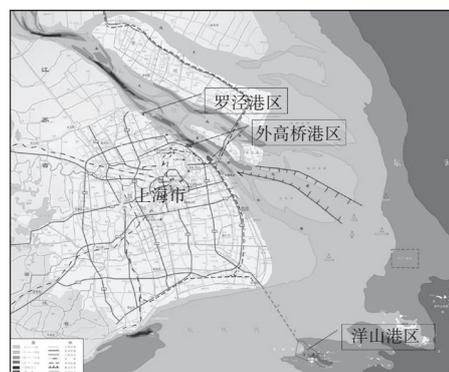


图1 罗泾港区地理位置

收稿日期: 2011-07-25

作者简介: 吴澎(1956—), 男, 硕士, 教授级高级工程师, 从事港口及航道规划、设计、管理工作。

助建筑物 $11.4 \times 10^4 \text{m}^2$ ，工程总投资约47亿元。

港区建设为适应长江流域工矿企业的运输需求，同时为满足搬迁至港区附近的宝钢罗泾钢厂的物流需求，在强化枢纽港功能的同时，将港口功能延伸至为大型钢铁企业提供分拨配送等增值服务，显著提高了港口的综合效益，成为现代化大宗散杂货港区的成功范例。

罗泾港区兼备枢纽港和物流港的功能，在提高港区运营效率和效益的同时，极大地节约了岸线资源和土地资源。总结上海港罗泾港区的规划设计创新，对于我国大型散杂码头建设具有重要的指导意义。

1 枢纽港和物流港

枢纽港是货物集散、暂存并转换运输方式的中心^[1-2]，是海上运输与其他运输方式（公路、铁路、内河航运等）之间的换装界面。枢纽港拥有良好的水上、陆上交通条件和便于物资集散的空间条件；同时，枢纽港是所在城市社会经济活动的重要组成部分，在发展经济、促进社会进步的进程中起着重要作用。

枢纽港在平面布置上以港口的运输服务功能为主题，通过合理规划布置港区内的水域设施、码头岸线和陆域设施，完善相关的基础配套设施，形成水陆联运枢纽功能为主体，兼有工业和商贸的国际贸易综合运输中心。枢纽港的主体和常规功能是水陆联运的枢纽，是人、货物、船舶、车辆等的集散地。港口的存在既是商品交流和内外贸易存在的前提，又促进了它们的发展。

目前，我国的港口发展以枢纽港的平面布置模式为依托，建设高新技术产业区、经济开发区，发展临港工业，其特点是港区的生产管理与临港工业相互协调运作，但各自独立运行。港口作为国际贸易的重要组成部分，其核心功能仍然是运输链上的换装界面。

物流港以港口所依托的城市及腹地产业服务功能为目标，以港口内先进的软硬件环境为依

托，提高港口对周边物流活动的辐射能力，充分发挥港口集货、存货、配货的特长。通常以临港产业为基础，以信息技术为支撑，以优化港口资源整合为目标，发展具有物流服务和衍生的增值服务特点的港口综合服务体系。

港口在发展现代物流中历经了运输、转运、储存为主的传统运输枢纽阶段；增加拆装箱、仓储管理、加工的港口运输与配送服务阶段；综合信息流、资金流、人才流的现代物流发展阶段^[3]。国际经济一体化趋势对国际生产分工协作的推动使港口作为海运转为其他运输方式（陆运、空运或内河航运）的必要过渡点的作用逐渐减弱，而逐步发展成为区域经济和产业发展的支柱乃至国家贸易的后勤总站。

随着多式联运与全球综合物流服务的发展，现代港口以其强大的区位优势，成为生产要素的最佳结合点。

港口功能经历了3个发展阶段：1）20世纪50年代以前，港口的功能主要是装卸和储存，完成货物海上运输与公路、铁路、航空或内河等运输方式之间的换装。2）20世纪50年代至80年代，伴随着集装箱运输的快速发展，港口在提高码头装卸效率和扩大规模等方面不断发展^[3]，同时港口功能进一步拓展到加工增值，形成港口与城市、装卸与加工紧密结合的模式。3）20世纪80年代以后，港口服务进一步多样化，尤其是跨国公司的加入，提出了准时制（Just In Time）服务、零库存等要求，围绕着运输链的起始点，港口活动的范围已大大超出了传统的港口界限。

2 枢纽港-物流港联动的布置模式

罗泾港区是黄浦江散、杂货老港区的搬迁地，港区首要功能是为长江流域工矿企业原料运输提供中转服务。同时由于2010年上海世博会建设需要，南浦大桥附近的上钢三厂亦搬迁到港区后方。本港区的建设需同时为后方紧邻的新建宝钢罗泾钢厂（简称：浦钢）配送矿石、煤炭、

熔剂等原材料和成品钢。为适应上海钢铁三厂搬迁改造的需要, 充分发挥罗泾港区公用码头的作

用, 在罗泾港区的规划中, 开发了“枢纽港-物流港联动的平行结构平面布置模式”(图2)。

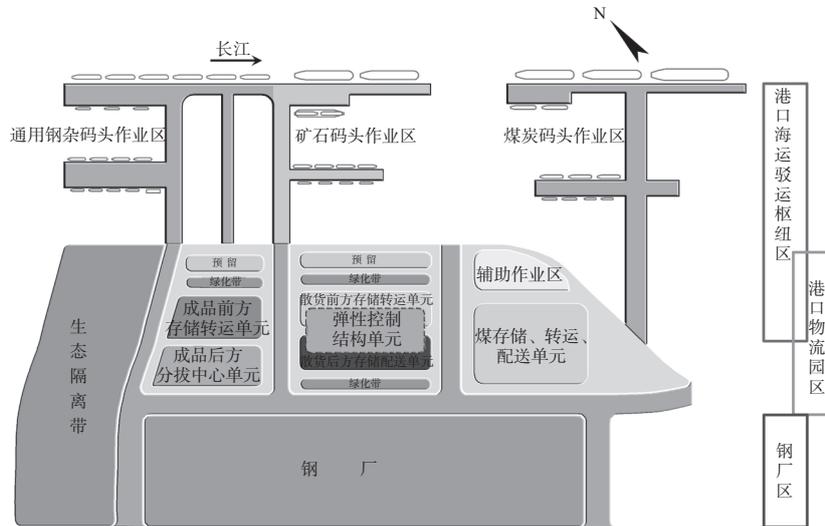


图2 “枢纽港-物流港”联动的平行结构平面布置模式

港区分为煤炭、矿石和通用钢杂码头3个作业区, 可装卸二十多种铁矿石和炼钢辅料及件杂货。各作业区装卸工艺系统相互独立自成体系。同时浦钢所需的全部原料、成品通过港区装卸、堆存实现配送, 要求港区堆场输送系统与浦钢公司主要物料运输系统紧密衔接。其中煤炭、矿石、熔剂等散货输送系统与港内带式输送机系统形成一体。

该平面布置模式把港口功能拓展到国际供应链管理, 把罗泾港区的枢纽港功能与物流港功能有机地结合在一起, 通过平面布局设计, 实现了枢纽港与物流港的协调与统一。

根据货物的流量和流向, 港区规划以港口转运物流4条通道、港口配送与分拨物流3条通道为引领, 对9个物流节点单元的港口主要基础设施采用平行结构的平面布置模式, 在传统公用港口布置方法基础上, 运用准时制(JIT)的精益生产(LP)物流理念, 拓展港口功能, 优化装卸工艺和平面布置, 延伸港口服务链条。

转运物流通道实现港区的枢纽港功能。分拨物流通道以对上海浦钢公司供矿石、煤炭等原料配送为目标, 实现罗泾港区的物流港功能。罗泾

港区的物流港功能不但节省了通常所必须的钢厂原料堆场, 而且通过码头装卸的物料可直接输送至炼钢高炉的混料仓, 利用现代控制技术、信息技术、通信技术, 实现了物流港所衍生的增值服务。物流港功能的发挥, 使罗泾港区与上海浦钢公司在物料装卸和配送上实现了物流链和生产链的一体化。

在杂货港区规划设计中, 充分考虑浦钢对钢铁产成品配送的需求, 设计了以钢材产成品的配送为目标的分拨中心单元的配送区, 形成大宗散杂货物流供应链的全过程服务的港口节点运营模式。

平行结构布置避免了彼此的功能冲突, 使国际运输网络与国际供应链及生产链共生于同一港区, 并相互依存, 功能互补。该布置模式在功能结构上的突出特点是, 以浦钢公司的生产供应链为核心组织罗泾港区码头的生产, 并可同时完成枢纽港的功能。

矿石堆场布置9条堆取料机作业线、9条料场。其中1#~5#料场为公用料场, 主要用于水水中转矿石的堆存, 采用堆取合一方式完成堆场作业; 6#~9#料场为专用料场(图3), 主要用于钢厂原料堆存, 采用堆取分开方式完成堆场作业。

在专用矿石堆场右侧设置供料接口，以满足后方钢厂需求。为了能够适应发展需要，在堆场前方布置2条预留堆场以扩大堆场容量。

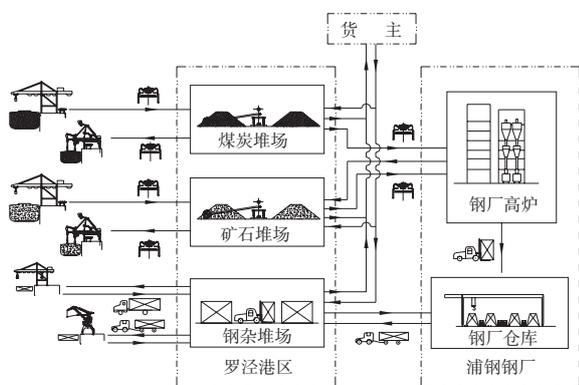


图3 典型生产工艺流程断面模式

配合浦钢公司的生产供应链，罗泾港区在港口物流园区散货（矿石、辅料）物流通道上，配置20个供料点与进入钢厂输送带接口衔接，取得向炼炉供料点（喂料筒仓）直接对接的功能效果，优化了生产要素，整合了布局元素，实现物流流程高度一体化、同步化。

通常，钢厂为了保证生产的连续运行，需要有45 d左右的原料库存容量。用地成本的急剧增加，使我国钢厂普遍存在着原料堆场不足的问题。在罗泾港区的平面布置中，采用“枢纽港-物流港”联动的布置模式，使浦钢公司在优化生产供应链的同时，钢厂可不设作为钢厂储存矿石等原材料并进行选矿的占地很大的二次料场，节约了土地资源和投资。生产供应链结构下的港口生产模式更深入地从根本上改变钢铁生产企业的生产运行模式，为节约土地资源和资金，提升甚至改变整个钢铁生产供应链的基本方式提供了示范案例。

罗泾港区的布置模式在战略定位和业务模式上拓展了港口的功能，并在平面布局上，规划设计了以浦钢公司为主服务对象的物流中心，除原料配送功能外，在钢厂产品分拨出口物流通道上，规划配置3个钢厂加工、分拨物流中心，并在码头配置相应装卸设备，为第三方物流企业进入

港区创造基础性条件。

罗泾港区物流中心在规划布局上创立了对浦钢公司全方位物流服务功能的格局（图4）：港口的物流服务功能从浦钢公司原材料采购和运输环节的进向物流；到原材料向浦钢公司进行配料及混料的生产物流；以及浦钢公司产品配送的出向物流。由罗泾港区提供浦钢公司生产及配送全过程的物流服务，通过港区提供的专业物流技术服务，给予浦钢公司最安全的保障和最大的便利。这种模式相对于公用港区优化了供应链，减少了物流节点，大幅度地降低浦钢公司的物流成本；相对于专用港区，则极大节省了宝贵的深水岸线资源和土地^[4]。

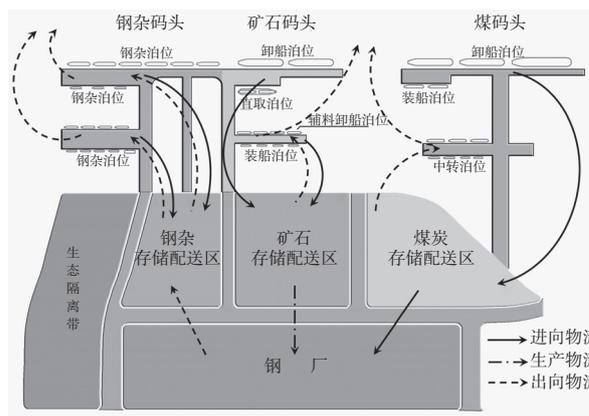


图4 罗泾港区进向物流、生产物流和出向物流线

3 组合式码头群复杂物流配送系统优化

罗泾港区建设39个泊位，年吞吐能力5 910万t，及临近同步建设的设计年产600万t钢的浦钢公司。以现代物流理念为指导，建立综合性港口与大型钢铁企业物流链与生产链一体化系统，实现运输、储存、保管、搬运、装卸、货物处理、货物拣选、流通加工、结算、信息处理等活动全程服务。

整个罗泾港区建设以组合式码头群建设的平面布置，实现了岸线资源共享、多流程同时运行的物流组织生产协同运作模式。运用系统建模与分析技术对多个物流配送系统工艺流程的方案进行分析比较，得到优化的物流配送系统工艺流程

方案。

港区装卸运输设备的优化配置主要从矿石、煤炭和钢铁产成品运输过程中的设备配置和控制管理方面分析考虑。

罗泾港区工艺系统功能扩展以现代“综合物流中心”为建设理念,集运输、转运、储存、配送、信息处理于一体。港区工艺系统横向流程多、纵向向临港工业延伸的特点,整个工艺系统功能的扩展,通过综合优化设计研究得到大型散杂货码头工业物流配送港典型生产工艺流程断面模式(图3)。

浦钢的生产经营活动和市场环境都是动态发展的。罗泾港区的矿石中转量与对浦钢矿石配送量也是动态变化的。根据矿石中转及矿石配送的空间需求特征,罗泾港区规划设计中设计了弹性控制堆场。所谓“弹性控制”是指打破常规的矿石中转堆场和矿石配送堆场之间的刚性用途,采取伸缩性用途指派,堆场设计按功能配置矿石中转堆场和矿石(含辅料)配送堆场,在两堆场之间配置具有转换功能的弹性控制堆场,以适应堆场功能需求不平衡运营的生产需要,最大限度满足钢厂堆存品种多、分料堆存、批货间不混堆和配送运行小批量、多批次、实效性强的物流配送要求(图5)。



图5 弹性控制堆场位置

弹性控制堆场的能力可通过以下两方面的需求确定:1)堆场生产服务系统对中转和配送需求变化的适应能力;2)适应堆场内部变化的能力,可用意外事件(如设备故障)发生条件下堆场的生产率与正常使用状态下生产率之比来衡量。弹性控制堆场的使用根据物料到泊和堆存计

划而确定。

罗泾港区散货堆场的物料配送以浦钢公司的生产需求为目标,实行具有时间上连续特征的过程控制,提供无缝衔接的工业物流配送。堆场参与物料配送生产过程参量为被控制量,使之满足浦钢公司提出的需求量。

以过程控制的物料配送为目标,罗泾港区矿石和熔剂配送堆场设计,采用3台取料机、11条皮带机(包括预留)、3台移动小车,连接浦钢公司的3条原料输送线;煤炭配送堆场对已有罗泾港区一期工程堆场改造使得5堆取料机、7条皮带机连接浦钢的1条燃料输送线可同时向钢厂的20个供料接口点供料,完成钢厂指令的物流过程的“平行性要求”、“比例性要求”、“连续性要求”和“节奏性要求”。由于配送原、燃料的品种较多,配送堆场物流流转过程控制设计,选用准时制生产(JIT)的精益生产(LP)物流控制原理,通过“看板系统”(实时控制系统)与浦钢生产物流过程同步,即堆场物料配送是根据钢厂生产物流流转所需要的原、燃料数量、时间等指令,确保流畅地与浦钢喂料筒仓对接。准时制生产以逆向拉动方式控制着整个生产过程,精益生产的堆场物流配送推行与浦钢生产均衡化、同步化,实现钢厂的零库存与柔性生产^[5]。

在高效的工艺流程设计上,以数字化的生产系统提高港口的营运效率,堆场至浦钢的取料作业由浦钢公司控制系统根据浦钢的原料计划进行操作,罗泾港区控制系统直接接受浦钢控制系统的操作指令启动相关流程进行作业。实现了实时生产流程控制、流程优化、堆场智能化管理、实时数据统计和分析等。

4 矿石码头全变频皮带机输送系统

矿石码头工艺系统由卸船、装船、直取、中转、工业配送等流程组成,卸船码头、装船码头、堆场上的带式输送机的负载输运特性差异明显,同时必须按钢厂生产要求不定时、多种类、

小批量、准确无误给高炉生产进行原料配送。

散货码头装卸工艺系统基本为刚性系统，要实现系统柔性可调，关键技术是带式输送机应具有重载频繁启停、可调速运行的功能。在带式输送机驱动系统中采用交流变频控制技术可实现上述功能。

矿石码头42条带式输送机，58台电机驱动，电机功率范围30~480 kW，总功率14 600 kW，驱动点分布在约2 km²的卸船码头、装船码头和堆场。是大型散货码头带式输送机第一次大规模、多种类、系统化使用变频驱动技术，通过对带式输送机单电机变频驱动运行监测数据、单端双电机变频驱动运行监测数据、双端双方向驱动带式输送机变频驱动运行监测数据的分析，散货码头带式输送机全变频驱动控制系统取得了以下应用效果。

1) 采用交流变频传动控制技术，全面提高了散货码头主要工艺设备的电力电子自动化控制水平，降低生产运行成本。

2) 建立变频传动控制模型，满足复杂工艺生产流程对长距离输送机恒转矩负载的高性能调速传动要求，有效控制带式输送机频繁、柔性软启动/软停车动态过程，实现了各带式输送机传动点之间的动态速度同步，延长了输送机使用寿命，增加了输送机系统的安全性和可靠性。

3) 科学利用变频传动控制设备自身具有的先进、完整电力电子控制功能，应用专用控制器和光纤链路，实现变频控制设备远、近距离双机主-从控制，满足电动机传动轴的动态和静态速度完全同步和功率平衡分配的高难度电气传动控制要求，有效抑制多台电机传动带式输送机动态张力波对皮带和机械设备造成的危害，避免撒料和叠带。

4) 以计算机实时监控系統为操作中心，根据不同物料、不同流程的最佳输运要求，安全、灵活、方便控制带式输送机高效率运行，降低生产工作人员劳动强度，提高设备运行效率，节约电

能。

5) 通过供配电系统设备的合理配置，抑制大规模使用变频器产生的谐波对电网的污染，成功解决了供配电专业的一大技术难题。

理论计算和现场实际测量得到的结论是：带式输送机在空载运行时，驱动电机的输出功率约为额定功率的30%。这表明，在带式输送机上没有物料需要传送时，如果不及时停止相关流程驱动电机的运行，其驱动电机最少30%的功率能量将被浪费，反之这部分能量将被节约。充分利用变频控制系统优异的重载启动和停机控制功能，按最合理方法组织生产操作，可最大限度地减少皮带机空载和轻载运行时间，节能效果非常明显。

5 结论

1) 开发了全新的“枢纽港-物流港”联动的平行结构平面布置模式。在传统的公用港口布置方法基础上，运用准时制(JIT)的精益生产(LP)物流理念，进行功能拓展，优化装卸工艺和港口平面布置，提升服务水平，延伸港口服务链条。实现了物流流程的高度一体化、同步化。节约了土地资源、降低了能耗。

2) 创建了适应“枢纽港-物流港”中转物流链和配送物流链与钢厂生产物流链联动的“储、转、配”堆场新模式。

3) 从可持续发展的视角，提出了集约型、环保型散杂货港区总体规划布局的新理念。节约岸线资源，提高岸线使用效率；提高土地利用率；以绿色港区为建设目标，提高港区环保措施的有效性。

4) 应用交流全变频技术，建立了散货码头全智能可视化输送系统，实现了输送机最优化控制。零速满转矩重载启动的优越性能，使安全、稳定、节能的生产组织运营模式成为现实。

5) 采用“管控一体化”与实时数据库技术建立了散货码头设备控制、过程控制、生产操

作管理、营运管理及客户服务系统一体化的体系架构, 实现了散货码头生产过程中从计划、调度、装卸生产、堆场库存、货运、合同结算的全自动化管理, 全面提高了劳动生产率与码头效益。

罗泾港区的规划设计推动了港口功能的拓展和延伸, 是新型大型散杂货码头建设的成功范例。

参考文献:

[1] Patrick M A. Port Management and Operations[M]. London: Informa, 2008.

[2] Tsinker, Gregory P. Port engineering, planning, construction, maintenance, and security[M]. New York: John Wiley & Sons Inc, 2004.

[3] 中交水运规划设计院. 现代集装箱港区规划设计与研究[M]. 北京: 人民交通出版社, 2006.

[4] UNCTAD. Port Development: A Handbook for Planners in Developing Countries[R]. New York: UNCTAD, 1985.

[5] 真虹, 刘桂云. 柔性化港口的发展模式[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2008.

(本文编辑 武亚庆)

评委点评:

《水运工程》优秀论文评选

公共码头如何延伸港口服务链条, 从提供水运换装节点的转运装卸服务拓展至港口物流配送等增值服务? 该论文以上海港罗泾港区二期工程为案例, 从规划设计的角度探索创新并成功实现了这一目标。

在港区规划方面, 以港区后方大型钢厂布局为依托, 在传统公共码头布置方法基础上, 运用准时制的精益生产物流理念, 实现了“枢纽港-物流港”联动的平行结构平面布置模式。规划布局方案节约了传统钢厂必须的原料及产成品堆存用地, 钢厂稳定的货运量及堆存量也给港区带来了稳定的受益。

在港区装卸工艺和配送系统方面, 与钢厂生产系统无缝对接、大规模使用交流变频输送技术, 改变了散货以刚性接卸为主要的传统方式, 实现了原料接卸、弹性堆存、直接对接炼炉供料点的实时、精准配送系统的高度集成, 实现了无缝智能化管理, 降低转运成本效果明显。

该论文阐述的规划设计创新节约了深水岸线和土地资源、降低能耗, 为类似工程设计提供了有价值的成功案例。



2012年12月

评委简介:

罗文斌, 工学博士, 教高, 上海国际港务(集团)股份有限公司工程技术部总经理。

长期从事港口规划和工程技术等相关领域的工作, 全程参与外高桥和罗泾港区等多项港口工程建设, 参与组织“十一·五”国家科技支撑计划项目“现代港口物流服务示范工程”, 曾获国家科学技术进步二等奖、上海市科技进步一等奖等奖项。合作出版专著《现代集装箱码头的建设与运营技术》、《港口物流前沿技术研究与实践》。