



# 高架轨道交通式集装箱码头 装卸新工艺与性能评价

周强, 黄倩, 李建成, 王小萃  
(武汉理工大学物流工程学院, 湖北武汉430063)

**摘要:** 提出一种在堆场上部空间进行装卸船水平运输作业和地面进行集疏运水平运输作业的立体交叉式集装箱装卸工艺, 以解决两种装卸活动的干扰问题。结合岸边和堆场起重机装卸时间的内禀随机性问题, 提出集装箱装卸工艺的评价指标, 并对几种集装箱码头装卸工艺进行性能对比。

**关键词:** 高架轨道; 装卸工艺; 内禀随机性; 集装箱; 性能评价

中图分类号: U 651.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)10-0067-04

## New handling technology and performance evaluation of elevated rail transit container terminal

ZHOU Qiang, HUANG Qian, LI Jian-cheng, WANG Xiao-cui

(College of Logistics Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063, China)

**Abstract:** This paper introduces a kind of stereo intersection container handling technology, in which the horizontal transportation of loading and unloading ship is operated in the upper yard space and the horizontal transportation of collection and distribution is operated on the ground, to deal with the interference problem of the two handling activities. Combining with the intrinsic randomness problems in shore and yard cranes handling time, the paper puts forward the evaluation indices for the container handling technology, and carries out the performance comparison among several container handling processes.

**Keywords:** elevated rail; handling process; intrinsic randomness; container; performance evaluation

集装箱运输是国际物流的一种主要形式, 集装箱码头装卸新工艺的研究一直是工程人员和管理者关注的技术热点。集装箱码头有2种最基本的装卸活动: 装卸船和集疏运。在传统的装卸工艺里, 这2种活动都在同一个平面内进行, 存在交叉和干扰, 影响了整个码头的运营效率。同时岸边集装箱起重机和堆场集装箱起重机与水平运输工具的装卸交接节奏存在固有的内禀随机性, 这种随机性是无法消除的, 它是由集装箱在堆场或船上的放置位置不同、集装箱在装卸船时较严格的顺序、集疏运到港的不确定性、司机操作的

技术水平等多种复杂因素造成的。

由于装卸活动的相互干扰和装卸节奏内禀随机性的存在, 加上最近几年新研制的集装箱码头装卸工艺又没有有效克服或适应这2个固有特征, 因此, 码头广泛应用的水平运输工具依然是集装箱卡车、跨运车或AGV小车。这些水平运输工具以其高度的机动灵活性和自身固有的缓冲性有效适应了码头生产过程中的不确定性干扰, 满足了生产需要。说明性能优良的集装箱码头装卸工艺系统必须具有一定的机动性和设置必要的缓冲区。

本文提出一种新概念的集装箱码头装卸工艺。

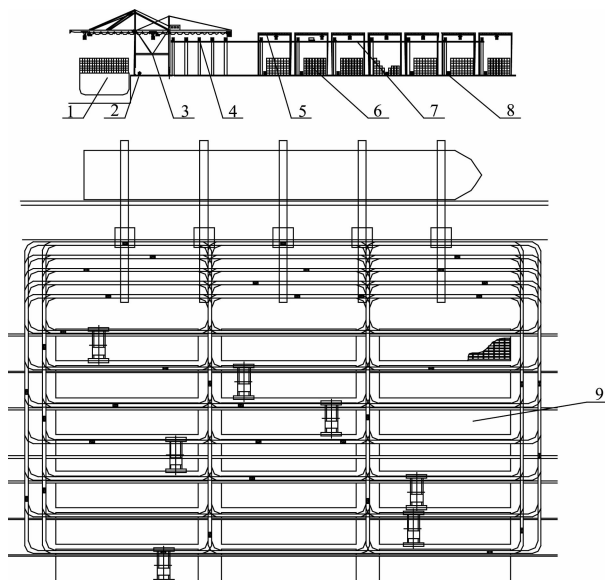
收稿日期: 2014-03-11

作者简介: 周强 (1963—), 男, 博士, 教授, 从事复杂港口物流系统建模与分析、大型装备操作系统仿真、港口机械故障诊断与安全性评估等。

该工艺系统由空中高架轨道交通式水平运输体系和地面交通体系构成。高架轨道水平运输主要进行装卸船活动，地面交通进行集疏运活动。这种工艺系统具有优良的机动性和缓冲性。

## 1 高架轨道交通式水平运输工艺系统的组成与结构

高架轨道交通式水平运输工艺系统的组成与结构如图1所示。



1.船舶；2.用于特殊集装箱水平运输的集卡；3.岸桥；4.水平自行运输车；5.轨道式龙门起重机（RMG）；6.集装箱；7.高架轨道；8.集疏运通道（包含汽车和火车通道2种）；9.堆场

图1 高架轨道交通式水平运输工艺系统

空中高架轨道交通式水平运输系统由高架轨道、集装箱自行运输车、变道控制系统、生产运营控制中心等组成。

### 1) 高架轨道。

高架轨道是集装箱自行式水平运输小车的运行通道，建造在空中以避免与集疏运卡车在同一个平面作业。前沿部分轨道布置在岸桥陆侧后伸距下方，布置多条轨道作业线，有些轨道布置在岸桥后伸距下面成为装卸道，有些轨道属于公共通道。堆场部分轨道在地面堆场通道的正上方，与地面堆场通道相平行。高架轨道有多个分叉路口，交通式铺设，可变道，各条箱区轨道在多处相连，使得集装箱自行运输小车的路径选择有较大柔性。

### 2) 集装箱自行运输车。

集装箱自行运输车为自动控制的自行式小车，它通过减速箱、车轮轴、联轴器、传动轴、马达等来驱动车轮实现小车运行，定位精确，在高架轨道上运行，通过轨道平面布置，小车可开到任意箱区位置，作为集装箱的水平运输装置，可配置多台。

### 3) 变道控制系统。

变道控制系统接受生产运营控制中心下达的指令后控制轨道的变轨，从而改变自行式运输小车的运行路径，其工作原理如同火车变轨。变道岔口主要设置在每个箱区的两端和每个泊位的两端。

### 4) 生产运营控制中心。

生产运营控制中心作为码头的控制中枢，制定各种作业计划，控制整个码头的运营，下达各种装卸设备的操作指令。控制岸桥、场桥的装卸，安排集装箱自行运输小车的目的地以及行驶路线等。通过与码头各装卸设备实时交互信息从而进行合理的安排和调度。如接收自行式小车传来的位置信息，对变道控制系统下达控制指令使轨道实施变轨，改变自行式小车的路径，同时根据作业情况调度分配自行式小车与集疏运卡车的工作数量。自行式小车与集疏运卡车作为码头的缓冲区，它们的数量是应对不确定性的保障。整个系统的相互控制关系考虑可以用多 Agent 分布式控制方法建立数学模型。

### 5) 堆场平面布置。

由于高架轨道交通式集装箱码头自行式小车需要变道，且集装箱岸桥会根据装卸贝位的需要沿大车轨道移动，装卸交接点在沿岸线方向不断发生变化；而负责水平运输的自行式小车变道、转弯需要活动空间，这样，箱区平行岸线布置的码头更适用该工艺。

## 2 高架轨道交通式集装箱码头的装卸工艺流程

高架轨道交通式集装箱码头与传统的集装箱码头的装卸工艺有较大差别，作业流程也不同。

## 2.1 装卸船水平运输工艺流程

以卸船为例,装船即为其逆过程。工艺流程大致为普通岸桥—高架轨道交通自行小车—轨道场桥的方式。

船舶靠泊后,岸桥从船上吊取集装箱,集装箱自行运输小车沿轨道运行到岸桥陆侧后伸距下方,岸桥将集装箱放置在自行式小车上,自行式小车根据控制中心的作业指令,在变道控制系统的导引下,运行到相应堆场箱位上方,场桥从自行式小车上取走集装箱放到堆场的相应位置。自行式小车再回到轨道前沿准备装载下一个集装箱。重复此流程,完成卸船作业。

## 2.2 地面集疏运水平运输工艺流程

以集运为例,疏运即为其逆过程。根据船舶计划,安排集运卡车进行送箱。集运卡车装载集装箱,去往相应堆场,堆场场桥从集运卡车上吊取集装箱,放到堆场相应位置。重复此流程,完成集运作业。

高架轨道交通式集装箱码头的装卸工艺将装卸船水平运输作业和地面集疏运水平运输作业放置到不同的平面上,互不干扰,从而使这两种作业都具有较高的效率;同时,高架轨道具有变道功能,使得自行式小车可以与任一条箱区或任一岸桥形成运输关联,柔性较好。

## 3 集装箱码头装卸工艺的性能评价

集装箱码头最理想的装卸工艺是集装箱从船上提升到一定高度,然后水平运输到堆场对应的箱位上方,再把集装箱放到堆场箱位上。整个过程集装箱抓放次数最少、上下垂直移动的距离最短、水平移动的转接次数最少。这种工艺尽管难以实现,但综合考虑码头装卸过程中的内禀随机性,可以提炼出一套评价码头装卸工艺系统性能的指标。

### 3.1 集装箱装卸工艺的评价指标

从系统操作角度,总结出以下评价指标。

1) 抓放次数:集装箱从船上箱位转移到堆场箱位,或从堆场箱位转移到船上箱位的过程中吊

具抓放集装箱的次数,抓放各计 1 次;抓放次数多意味着一条作业路上的装卸运输环节多,系统可靠性降低。

2) 上下垂直移动次数:集装箱从船上箱位转移到堆场箱位,或从堆场箱位转移到船上箱位的过程中集装箱上下垂直移动的次数。该指标与抓放次数成正比,垂直移动次数越多,则能耗越高。

3) 上下垂直移动距离:集装箱从船上箱位转移到堆场箱位,或从堆场箱位转移到船上箱位的过程中集装箱上下垂直移动的总距离。

4) 水平移动次数:集装箱从船上箱位转移到堆场箱位,或从堆场箱位转移到船上箱位的过程中集装箱水平移动的次数,该指标与抓放次数相关。

5) 水平移动距离:集装箱从船上箱位转移到堆场箱位,或从堆场箱位转移到船上箱位的过程中集装箱水平移动的总距离。

6) 缓冲区数量:集装箱从船上箱位转移到堆场箱位,或从堆场箱位转移到船上箱位的过程中集装箱在中途可以停留的位置数量;这是工艺应对随机干扰、保障装卸船效率的能力指标之一,传统装卸工艺一条作业路上的集装箱卡车数量就是缓冲区数量。

7) 柔性:载运集装箱的水平运输工具灵活调整移动方向和堆场起重机转场的能力;轮胎场桥与集卡工艺系统的柔性最好。

8) 集疏运特性:装卸工艺系统装卸外部集疏运卡车的效率和能力;显然,与装卸船水平运输不在一个平面进行的工艺要优于在一个平面的工艺。

9) 自动化实现性:工艺系统应用自动化技术的可实现性。轨道场桥工艺就比轮胎场桥工艺的自动化实现性好。

### 3.2 几种集装箱码头工艺系统的性能对比

基于上述指标和相同的装卸移动位置,对比几种集装箱码头堆场及水平运输装卸工艺。结果见表 1。

表1 集装箱码头装卸工艺性能对比

工艺类型	抓放次数	垂直移动次数	水平移动次数	缓冲区数量	柔性	集疏运特性	自动化实现性
理想工艺	2	2	1		优		
普通岸桥—集卡—轮胎场桥	4	4	3	集卡数	优	良	差
普通岸桥—集卡—轨道场桥	4	4	3	集卡数	良	良	中
双小车岸桥—集卡—轨道场桥	6	6	4	集卡数	良	良	中
普通岸桥—平行高架牵引小车—轨道场桥	6	8	5	2	中	中	优
普通岸桥—AGV—轨道场桥	4	4	4	AGV数	中	中	良
普通岸桥—跨运车式—轨道场桥	8	8	5	堆场头端的箱位数	中	中	良
岸桥—垂直高架牵引小车—轨道场桥	6	6(4)	4	2	中	优	优
普通岸桥—高架轨道交通—轨道场桥	4	4(2)	3	自行小车数量	优	优	优

注：( ) 内数字代表短距离垂直移动次数。

从表1的各项指标对比可以看出，本文提出的高架轨道交通式装卸工艺最好。其抓放次数少，上下垂直移动距离最短，具有优良的机动性、有可调的缓冲区数目、快捷的集疏运服务特性、可方便实现全自动化。

#### 4 结语

在深入分析近几年集装箱码头装卸工艺研究成果的基础上，提出一种新型的集装箱码头装卸工艺——高架轨道交通式集装箱码头装卸工艺。

1) 装卸作业水平运输的自行小车配置数量可调、行驶目标位可灵活控制，确保了系统的高度机动性和缓冲能力，为码头生产组织和调度提供了较大的发挥空间。

2) 这种立体交叉式集装箱装卸工艺还解决了

装卸船和集疏运两种装卸活动的干扰问题。

3) 基于本文提出的各项性能指标的评价，整个系统柔性好，应对不确定性干扰能力强，全自动化可实现性好，可能成为未来集装箱码头装卸工艺的发展方向。后续将深入研究该工艺系统的控制理论和控制技术。

#### 参考文献：

- [1] 梁燕, 吴富生, 叶军. 一种新型立体轨道式自动化集装箱码头及其效能分析[J]. 中国机械工程, 2012, 23(2): 135-137.
- [2] 赵彦虎. 新型自动化集装箱码头装卸工艺系统研究[J]. 港口装卸, 2009(3): 22-24.
- [3] 杨瑞, 谢文宁. 自动化集装箱码头的装卸工艺及设备[J]. 集装箱化, 2010(3): 2-4.

(本文编辑 郭雪珍)

### 征订通知

2015年《水运工程》杂志征订工作已经开始，订阅方式请登录《水运工程》杂志社官方网站：[www.sygc.com.cn](http://www.sygc.com.cn)，首页下载中心下载2015年《水运工程》征订通知单，有关要求和反馈信息一应俱全。