



# 双跨桥吊重大件码头装卸工艺与装备

李海波

(交通运输部水运科学研究院, 北京 100088)

**摘要:** 在对国内外桥式起重机重大件码头装卸工艺研究的基础上, 提出一种基于悬臂钢结构基础的双跨桥吊重大件码头装卸工艺。该工艺方案采用双跨重型桥吊和轻型桥吊穿越运行和大起重量悬臂钢结构基础等关键技术, 已成功应用于宜宾港 1 000 t 重大件码头泊位建设工程中。其成功应用对长江上游地区的重大件货物的港口中转物流产生重大影响, 进一步促进该地区运输业和重型工业的发展。

**关键词:** 桥式起重机; 重大件; 装卸工艺

中图分类号: U 653. 921

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)05-0059-04

DOI:10.16233/j.cnki.issn1002-4972.2016.05.011

## Heavy lift terminal handling technology based on double-span bridge crane

LI Hai-bo

(China Waterborne Transport Research Institute, Beijing 100088, China)

**Abstract:** On the basis of the research on the handling technology of the heavy lift terminal of the bridge crane at domestic and abroad, this paper puts forward a heavy lift terminal handling technology based on the double-span bridge crane and cantilever steel structure. The key technology is to adopt the over-crossing double-span heavy bridge crane and light bridge crane and the large crane cantilever steel structure foundation. The technology has been successfully applied to the heavy lift terminal of Yibin port. The successful application brings a great impact on the port transshipment logistics of heavy lifts on the upstream Yangtze River, and further promotes the development of the regional transport and heavy industry.

**Keywords:** bridge crane; heavy lift terminal; handling technology

随着我国经济的快速发展, 交通、化工、能源、水电等行业建设工程和对外出口贸易的设备日益大型化和趋向整件整体运输, 因而对重大件码头提出了更高的要求。这些设备具有质量大、外形尺寸大、形状不规则等特点, 在运输过程中要求安全可靠、及时、经济合理。在重大件的远距离运输中, 水路运输是经济和环保的运输方式之一<sup>[1-2]</sup>。

重大件装卸工艺方案的选择须考虑重大件的质量、尺寸, 码头的地形、地质和水文条件, 安全可靠性和投资情况。桥式起重机是重大件的主要装卸设备之一, 具有技术成熟、受力明确、安

全可靠、装卸方便、适应水位变化能力强和综合利用性好等特点<sup>[1-3]</sup>。本文在对国内外桥式起重机重大件码头装卸工艺进行研究的基础上, 提出一种基于悬臂钢结构基础的双跨桥式起重机重大件码头装卸工艺。

### 1 国内外相关技术现状

重大件码头的装卸工艺包括重大件水平运输和装卸船作业。水平运输一般采用组合式平板车, 平板车可根据重大件的具体质量、尺寸和运输要求进行组合, 组合式平板车的轮压应满足重大件码头水工结构的承载要求。本文主要讨论重大件

收稿日期: 2015-12-18

作者简介: 李海波(1977—), 男, 硕士, 研究员, 从事港口工艺与装备技术的设计和研究。

的装卸船作业。

桥式起重机（简称桥吊）是横架于车间、仓库和货场等上空进行物料装卸的起重设备。用于吊装重大件装卸船作业的桥吊一般布置在重大件码头泊位架起的基础之上。根据桥吊运行轨道基础的不同，可以分为混凝土基础固定式桥吊、钢结构基础移动式桥吊等。

### 1.1 混凝土基础固定式桥吊装卸工艺

四川乐山重大件码头采用的是550 t固定式桥吊装卸工艺<sup>[4]</sup>，桥吊直接支承在钢筋混凝土的墩顶，跨距为39 m，主要靠起升和小车移动来完成货物的装卸。烟台的泰山号桥吊主要用于大型海洋工程平台的起升<sup>[5]</sup>，最大起重量为20 160 t，跨度为125 m；主要靠起升完成货物的装卸，运行机构仅在空载时进行对位，运行距离为±7 m。三门核电码头采用两台固定桥吊抬吊的装卸工艺方式<sup>[6]</sup>，主起升机构额定起重量为450 t，副起升机构额定起重量为125 t，跨距56 m；2台起重机中心间距15 m。

混凝土基础的固定式桥吊装卸工艺(图1)的共同特点是：码头一般为岸壁直立式，基础是混凝土的墩柱支腿形式，桥吊直接支承在混凝土的墩柱上，无大车运行机构，一般只有起升和小车运行2个动作，水流方向的位置靠船舶移动来调整。

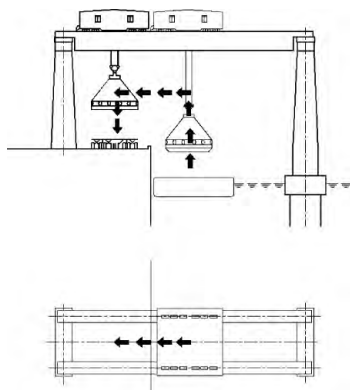


图1 混凝土基础固定式桥吊装卸工艺

### 1.2 钢结构基础移动式桥吊装卸工艺

南通太平洋海洋工程公司重大件码头的钢结构基础移动式桥吊，钢结构基础轨道长800 m，起重量为900 t，跨度为33 m，主要起吊海洋工程装

备。太重（天津）重型机械有限公司重大件码头的泊位长度828 m，起重机设计吊装能力1 400 t，用于海工装备、港口机械等重型装备产品的组装发运<sup>[7]</sup>。德国杜伊斯堡重大件码头的钢结构轨道基础延伸到码头后方的仓库，码头配备125 t×2共250 t起重能力的桥吊，采用双小车形式，起吊的货物种类包括救生艇、起重机钢结构架、集装箱等<sup>[8]</sup>。

钢结构基础的移动式桥吊装卸工艺(图2)的共同特点是：码头为岸壁直立式或挖入式港池，桥吊具有起升、小车、大车三大机构，可通过小车运行来调整水流方向的起吊位置，桥吊运行在钢结构的基础上，钢结构基础一般较长，可以从码头直接到库房或堆场，装卸船作业是在钢结构基础的跨距内。

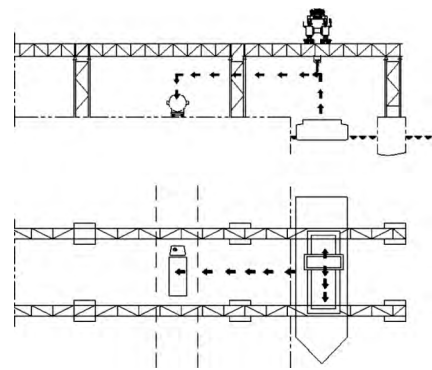


图2 钢结构基础的移动式桥吊装卸工艺

## 2 新型重大件装卸工艺

在一些前方港池水深较浅等水文地质条件受限制的港口码头，若采用图1和图2的工艺布置形式，水侧的墩柱伸入水中较远，会影响航道的通行。为满足该码头条件下重大件的吊装，提出一种新型的大起重量带悬臂钢结构基础的双跨桥吊重大件码头装卸工艺（图3）。

悬臂钢结构基础的移动式双跨桥吊装卸工艺的特点是：码头为岸壁直立式，桥吊具有起升、小车、大车三大机构，可通过小车运行来调整水流方向的起吊位置，桥吊运行在钢结构基础上。在钢结构基础的悬臂端进行大起重量货物的装卸船作业，对悬臂钢结构基础的承载能力和结构形式要求高。

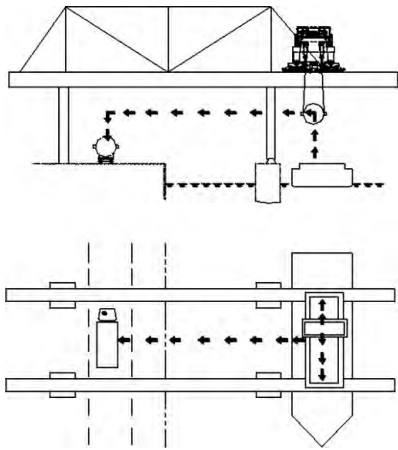


图 3 悬臂钢结构基础的移动式桥吊装卸工艺

悬臂钢结构基础的移动式双跨桥吊装卸工艺已成功应用于宜宾港 1 000 t 多功能重大件码头(图 4)。重型桥吊完成 1 000 t 重大件陆水中转作业,轻型桥吊完成 50 t 的件杂货作业或集装箱装卸船作业。



图 4 悬臂式钢结构基础的双跨桥吊

### 3 主要关键技术与创新点

#### 3.1 双跨重型桥吊和轻型桥吊穿越运行技术

首创采用双跨桥吊穿越运行技术,将重型桥吊和轻型桥吊上下跨越式布置(图 5),不同时工作,但可在悬臂钢结构基础上互相穿越运行,当重型桥吊工作时,轻型桥吊锚定在钢结构基础的后端悬臂可作为配重,提高钢结构基础的稳定性。重型桥吊最大起重量为 1 000 t,轻型桥吊最大起重量为 50 t。由于重大件的货物运输不繁忙,在不装卸重大件时,可利用轻型桥吊装卸集装箱或件杂货,提高设备的利用率,同时能够保证电控系统处于较好的工作运行状态。



图 5 重型桥吊和轻型桥吊上下跨越式布置

#### 3.2 大起重量悬臂式钢结构基础技术

首次将悬臂式钢结构基础技术应用于千吨级大重量起重机轨道承载基础。针对悬臂式钢结构基础的受力大、悬臂长、对江侧墩柱受力影响大等特点,研究攻克了悬臂钢结构框架基础结构形式、传力构件设置、混凝土墩柱结构、局部疲劳强度等关键技术。在保证强度和刚性的条件下,对整机进行结构优化,降低对江侧水中混凝土墩柱基础的受力,减少整机成本。

#### 3.3 大起重量起升系统钢丝绳多层缠绕技术

重大件桥吊共设置 2 个小车,每个小车上设置 2 套起升机构。该桥吊应用于水位差大的内河地区,起升高度大,加上小车布置紧凑,起升卷筒需采用多层缠绕系统,缠绕层数达到 6 层,研发了特殊结构的排绳装置,保证在起升和下降的过程钢丝绳顺利的绕入和绕出,避免脱绳等起升危险。

#### 3.4 大跨距桥吊整机走行纠偏系统

大跨距桥吊在整机走行过程中容易跑偏,运行过程中易出现啃轨,并对钢结构基础施加破坏力。研发了大跨距桥吊整机走行纠偏系统,集水平导向轮、三合一驱动装置编码器、运行轨道上面装设磁性检测装置、大车设有斜行报警装置和自动纠偏软件系统于一体,保证桥吊稳定直线运行。

### 4 新型重大件桥吊运输和安装工艺比较

由于重大件桥吊的制造工厂与重大件泊位一般距离较远,重大件桥吊的质量大,需要拆分部进行运输,运到重大件泊位后再进行安装。重大件桥吊的运输方案主要有公路运输、水路运输

和无需运输(现场制作)3种方式,方案比较见表1。在宜宾港1000t重大件桥吊工程中采用的是水路运输方案,整机分部件从江西九江制造厂水路运输到宜宾港重大件泊位。

表1 新型重大件桥吊运输方案比较

运输方式	优点	缺点
公路运输	1) 方便、机动灵活; 2) 高速公路运输、速度快; 3) 对自然条件适应能力强	1) 桥梁、涵洞等限重限高限宽; 2) 运量较小、运输费用高; 4) 环境污染严重; 5) 装卸需要专用起重设备
水路运输	1) 对重量、外形尺寸限制少; 2) 能耗少 经济、安全可靠; 3) 单位运量大、减少现场加工量	1) 运输速度慢、灵活性差; 2) 受航道和天气影响较大; 3) 装卸需要专用起重设备
现场制作	1) 节省运输成本和时间; 2) 节省装卸费用	1) 现场条件差、制作质量难保证; 2) 长期占用港口场地,影响港口生产

重大件桥吊运到重大件泊位后,卸到指定场地进行安装。可行的安装方案见表2,方案1类似于起重机整机船舶运输的滑移装船方式,但比整机装船方案要求的精度高。最后经综合比较在宜宾港1000t重大件桥吊工程中选用方案3——两台履带吊在岸边一起抬吊的安装方式。

表2 新型重大件桥吊安装方案比较

方案	吊装形式	优点	缺点
方案1	岸边装好再整体滑移就位	不受水流影响,在岸边安装,施工方便	1) 整体移位风险较大; 2) 顶推滑移油缸同步问题
方案2	水上浮吊、岸上履带吊一起抬吊	分部件安装,安全性可控	1) 水上浮吊的装卸过程中移位较困难; 2) 受水流影响大,安全性差; 3) 浮吊可获得性差
方案3	岸边两台履带吊一起抬吊	不受水流影响,安全性较高	对岸边路面和岸壁的承载要求高

重大件桥吊的运输和安装的实施工艺如下: 整机分部件吊运→装船→水路运输→卸船→转运→主梁焊接→门腿安装→主梁吊装纵移→门架安装→门架焊接→轨道安装→轻型桥吊安装→重型桥吊结构和大车安装→重型桥吊小车安装→附属结构安装→整机调试→试吊→型式试验→取证→投入使用。

### 5 结语

1) 提出一种新型的大起重量带悬臂钢结构基础的双跨桥吊重大件码头装卸工艺,并攻克双跨重型桥吊和轻型桥吊穿越运行技术、大起重量悬臂式钢结构基础技术、大起重量起升系统钢丝绳多层缠绕技术、大跨距桥吊整机走行纠偏系统等关键技术,最后在对新型重大件桥吊的运输方案和安装方案比较分析的基础上选择了适用的运输和安装方案。

2) 宜宾港1000t重大件桥吊工程建成后的应用实践证明,与之前采用的两个汽车吊抬吊方式相比,采用基于悬臂式钢结构基础的桥吊重大件码头装卸工艺受力明确、安全可靠、装卸方便、适应水位变化能力强;码头的成功运营解决了周边城市重大件装备的物流通道问题,这些重大件货物可以方便快捷地通过宜宾港通江达海。

3) 随着国家“一带一路”政策、重大装备和优势产能“走出去”战略的深入实施,全国各区域运输枢纽对重大件码头的需求与日俱增,基于悬臂式钢结构基础的双跨桥吊重大件码头装卸工艺为重大件货物的装卸船作业提供了一种新工艺和新装备,为我国重大件码头的规划和建设提供了一种新思路和新技术。

### 参考文献:

[1] 罗自力.重大件码头设计浅析[J].水运工程,2000(3):16-17.  
 [2] 单诚,缪吉伦,张绪进.重大件码头装卸工艺研究[J].中国水运,2008(10):139-140.  
 [3] 代斌.重大件码头设计浅析[D].大连:大连理工大学,2002:3-8.  
 [4] 盛兴凡,王敏芳.四川乐山大件码头工程设计[J].水运工程,1999(4):23-25.  
 [5] 达中轩,明贵栋.世界之最“泰山”吊,开启海工装备变革新时代[N].中国工业报,2014-11-25:第A04版.  
 [6] 郑路.浅析某内河核电大件码头装卸工艺的选取[J].珠江水运,2012(12):64-65.  
 [7] 曹克顺.太重滨海公司走向海洋 实现新跨越[N].中国工业报,2015-05-11:第B02版.  
 [8] Heavy lift terminal duisburgs trimodal. HTD-Technical Data [EB/OL].(2013-01-05)[2015-12-01].http://www.heavyliifter-minalduisburg.de/en/technische-angaben/.

( 本文编辑 郭雪珍)