



# 自动化集装箱码头环境保护分析与展望

方怀瑾, 罗勋杰, 周维峰

(上海国际港务(集团)股份有限公司, 上海 200080)

**摘要:** 为进一步落实“两型”港口要求, 自动化集装箱码头积极主动在港口规划、码头设计、设备选型和港口操作等环节采取有效措施促进节能减排。以洋山四期为例, 从消耗能源分配科学性、耗能设备选型合理性、能效水平先进性以及节能措施可行性等方面对自动化码头环境保护应用案例进行分析说明, 并对未来港口环境保护前景进行展望。

**关键词:** 自动化集装箱码头; 环境保护; 案例分析; 展望

中图分类号: U 652.7<sup>+</sup>2

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)09-0009-05

## Analysis and prospect of automated container terminal environmental protection

FANG Huai-jin, LUO Xun-jie, ZHOU Wei-feng

(Shanghai International Port(Group) Co., Ltd., Shanghai 200080, China)

**Abstract:** In order to further implement the “two types” port requirements in automated container terminal, we take effective measures to promote energy-saving emission reduction in port planning, port design, equipment selection and port operation. Taking Yangshan Port Phase IV Project as an example, we analyze the consumption of energy distribution and advanced energy consumption equipment selection reasonable, the level of energy efficiency, the feasibility of energy-saving measures of automated terminal environmental protection, and prospect the future port environmental protection.

**Keywords:** automated container terminal; environmental protection; case analysis; prospect

随着自动化集装箱码头建设的加速, 为进一步落实“两型”港口要求, 在港口规划、码头设计、设备选型和港口操作等环节采取有效措施促进节能减排成为港口建设重点。从消耗能源使用及分配科学性、耗能设备选型合理性、能效水平先进性以及节能措施可行性等方面作科学谋划和部署, 进一步强化自动化集装箱港口环境保护。

下面以洋山四期工程为例, 对自动化码头环境保护应用案例进行分析说明, 并对未来港口环境保护进行展望。

### 1 洋山四期全自动化码头<sup>[1]</sup>

洋山四期是洋山深水港区建设的延续工程,

位于小洋山岛的最北侧, 总投资 128.48 亿元, 计划建设 5 个 5 万吨级和 2 个 7 万吨级集装箱泊位, 岸线长度 2 350 m, 设计年吞吐量 630 万 TEU, 配备 26 台双小车岸桥、120 台自动化轨道吊、130 台 AGV(自动导引小车)等世界最先进的集装箱装卸设备, 预计 2017 年建成。

与传统码头不同的是, 洋山四期采用自动化装备、智能化生产过程控制系统和绿色节能技术, 将打造一座自动化“无人码头”。建成后, 它将成为全球规模最大、最先进、绿色节能的全自动化码头, 码头在通过能力、装卸效率、安全保障, 尤其是节能减排、环境保护等方面相对于传统集装箱码头具有较为突出的优势。

收稿日期: 2016-06-16

作者简介: 方怀瑾(1963—), 男, 硕士, 高级会计师、注册会计师, 从事港口工程管理。

## 2 自动化集装箱码头环境保护应用案例分析

### 2.1 自动化装备

#### 2.1.1 远程操控双起升双小车岸桥

码头装卸设备采用自动化双起升双小车集装箱岸桥,主小车配置双 40 ft (12.2 m) 吊具,副小车配置双 20 ft (6.1 m) 吊具,常规单小车岸桥作业循环由海侧主小车和陆侧副小车分别完成,主副小车通过 2 个 40 ft 箱位台座的中转平台进行缓冲。岸桥上不设置驾驶室,配备多角度、全覆盖的船型扫描、箱号识别和电子监控设备,主小车作业可实现远程操控,副小车可实现全自动化作业。相比传统码头,远程操控双起升双小车岸桥可有效减少设备等待时间、降低设备能源消耗。

#### 2.1.2 远程操控自动化轨道吊

自动化堆场垂直于码头前沿线布置,装卸设备为具有远程操控功能的自动化轨道吊,每个箱区海陆侧各布置一台轨道吊,采用全电驱动,不设置驾驶室。依托大车、小车和起升位置的检测装置,以及控制管理系统,轨道吊可实现自动运行、自动定位、自动着箱功能,陆侧轨道吊可实现人工远程操控,海侧可实现完全自动作业模式。相对传统柴油机驱动人工操作的 RTG,自动化轨道吊可大大降低设备能源消耗,减少对环境污染物排放,二氧化碳排放为 0,无主要污染物排放。

#### 2.1.3 全锂电自动换电提升式 AGV

AGV 具有无人驾驶、自动导航、定位精确、路径优化以及安全避障等智能化特征,可有效减少运营成本、提高作业效率、降低能源消耗。AGV 以绿色环保全锂电池为设备动力,相比传统柴油发动机驱动,具有自质量轻、能耗较小、能源效率系数高等优势,二氧化碳排放为 0,无主要污染物排放,绿色环保,且维护成本低,可获得良好节能减排效果。提升式 AGV,可直接对设置在堆场交接区固定集装箱支架起、落箱,有效解决水平运输与堆场作业间的“解耦”问题,同时 AGV 无需被动等待堆场设备对其进行作业,可将集装箱直接放置在支架上,大大降低因相互等待而造成的能源消耗。

### 2.2 高效节能辅助装备能源系统

#### 2.2.1 可分离式上架和吊具自动更换平台

结合洋山港区船舶双吊具作业繁忙不均的实际情况,岸桥主小车吊具系统采用灵活的可分离式上架,并在岸桥联系梁位置设立吊具自动更换平台,用于放置可分离式上架和备用吊具,可随时根据生产作业需求合理使用双吊具,在平台上实现吊具更换全自动操作。平时主小车以单吊具进行作业,备用吊具放置在平台上,可大大降低整体装机容量,降低设备载荷,减少设备能源消耗<sup>[2]</sup>。相比传统码头,吊具自动更换平台可缩短吊具更换时间,提高作业效率,有效降低吊具拖运安装过程中相关设备能源消耗。

#### 2.2.2 海侧轨道吊双 20 ft 吊具

为配合 TOS 系统智能化发展,结合海侧交接区支架可放置双 20 ft 集装箱的实际特点,堆场海侧交接装卸设备采用双 20 ft 自动化轨道式龙门起重机作业模式。该作业模式可提高集装箱堆场装卸效率,提高整个自动化码头系统运行效率,进一步降低整体作业能耗,降低运营成本。

#### 2.2.3 电动轮胎式集装箱龙门起重机

在危险品堆场、特种箱作业区等区域采用电缆卷盘式全电动轮胎式龙门起重机,进一步减少传统柴油 RTG 对环境的污染。全电驱动二氧化碳排放为 0,无主要污染物排放,绿色环保<sup>[3]</sup>。该电动轮胎还具备远程操控功能。

#### 2.2.4 节能新光源

结合码头照明实际和自动化控制特点,将绿色、节能的新光源充分运用到码头堆场、房建、道路、停车场等区域的照明,改变传统钠灯照明能源消耗大的现象。岸桥投光灯采用陶瓷金卤投光灯,其他照明采用 LED 照明灯;轨道吊投光灯采用 LED 照明;自动化堆场不设置照明;高杆灯采用陶瓷金卤投光灯等。节能新光源的使用可大大降低照明能源消耗,相比普通的高压钠灯,在同样照度下功率下降近 70%<sup>[4]</sup>。

### 2.3 智能化生产过程控制系统

自动化码头生产过程控制系统主要包括:计

算机管理系统、桥吊上箱号识别及验残系统、堆场辅助控制系统、智能闸口系统、冷藏集装箱监控系统、中央控制室系统、照明控制系统、码头堆场沉降监测系统、危险品堆场喷水及监控系统等。系统运营结合 RFID、OCR、CCTV、LED、EDI 及实时控制等技术,降低货损货差及安全隐患,实现全天候 24 h 作业,提高码头资源利用率。相比传统系统方案,码头全员劳动率可提高 20% 以上,堆场通过能力提升 25% 以上,码头的综合通过能力将得到显著提升。

## 2.4 其他绿色科技

### 2.4.1 船舶岸基供电

在码头岸边设立船舶岸电系统,专门应对船舶在港期间冷藏、空调、加热、通信、照明、生产和生活用电需求。据国际环保组织自然资源保护协会发布的《船舶港口空气污染防治白皮书》数据显示,一艘使用 3.5% 含硫量燃油的中大型集装箱船舶,一天排放的 PM<sub>2.5</sub> 相当于 50 辆使用国四柴油货车的排放量。相较于传统码头,岸电系统能满足船舶在港区航行及靠港期间的用电需求,减少大量重油或柴油的燃烧,最大限度降低向大气中排放大量污染性气体,净化空气,同时缓解船舶在港期间对当地大气环境的影响,有效改善区域环境,生态效益十分明显。

### 2.4.2 电网高压动态无功补偿技术

针对供电网络常处于高负荷状态的实际,使用高压动态无功补偿装置进行动态无功补偿,稳定电网电压,改善供电系统供电的电能质量,保证供电系统运行的安全。高压动态无功补偿技术能提高供电质量、减少送变电过程的线路损耗、节省能源消耗。同时充分考虑无功补偿,减少发、供电设备的设计容量,减少投资,例如当功率因数由 0.8 增加到 0.95 时,装 1 kVAr 电容器可节省设备容量 0.52 kW。

### 2.4.3 水网系统远程读数流量计

针对码头用水点分布广、人工抄表不便、普通水表计量精度较低,造成水损计量较大的实际情况,在给水管网中的进水管路总表和各用水点

分表增设远程读数流量计,实现用水情况的实时全监控。当总表与各用水点读数之和不一致时,即可判断管网存在漏损,及时发现问题,减少能源无谓消耗,有利于港区的节能。同时实时记录读数,避免因人工抄表时差导致的结算差,减少统计上的误差,有利于能耗的日常管理。

### 2.4.4 面向“绿色港口”的办公建筑区域电能监控系统

针对码头候工楼、办公楼和中控塔等生活、工作区域耗能较大的实际情况,引入绿色、智能化建筑理念,设立一套 PMCS 电能监控系统,实现对建筑物内的高低电压配电设备进行统一监视和智能化管理。同时,结合办公建筑区域人员办公实际和特点,实现对办公系统管理智能化,以智能化管理促进能源节约,降低建筑能耗,节约能源<sup>[5]</sup>。

### 2.4.5 太阳能辅助供热

充分利用洋山港区光照度,设立太阳能+空气源热泵热水系统辅助电锅炉对职工浴室用水进行加热,太阳能热水系统基本不消耗电能,空气源热泵机组每天晚上利用谷电工作 8 h,节约能耗。目前该项目已在许多港区应用,整体效果较好。充分利用太阳能,无环境污染。

## 3 未来港口环保发展趋势

### 3.1 新材料和新装备的应用

#### 3.1.1 新型生能和储能材料的运用<sup>[6]</sup>

能源短缺与环境污染已经成为威胁人类生存和发展的严峻问题。新型能源材料如太阳能电池材料、储氢材料、固体氧化物电池材料等技术与应用快速发展,特别是氢燃料电池技术,非化石能源技术如锂电池、钛锂电池和高能量密度材料石墨烯等技术的发展,将极大降低港口碳排放和推动环境保护进步。可再生能源不连续、不稳定,需要采用储能装置对其进行转换和存储,新型光伏材料、新型储能材料等将在各个领域得到更加有效的利用。这些新型的生能和储能材料将对未来港口企业环境保护产生积极影响。

#### 3.1.2 节能型机械设备在港口的应用

随着能源供应日趋紧张,能源的价格会急剧

攀升,环保要求日益提高。因此,对港口设备来说,节能和环保将成为社会越来越关注的问题,节能型机械设备也将会被广泛应用于港口行业,如轮胎吊油改电、场内集卡油改气、超级电容和纯电动驱动设备将越来越多。对于港口企业而言,以减少排放为目的,未来场内班车、巡检车、叉车等均采用全电驱动的可能性将越来越大,同时集卡、堆高机也会逐步使用 LNG 等等,这些改进都将对港口环境保护起到很大促进作用。

### 3.1.3 优选电机经济参数在港口的应用

对于港口装卸机械设备而言,要紧密结合生产实际需要,对设备各类参数进行综合比选,以降低运营成本、降低能源消耗为目的,在岸桥、轨道吊满足作业需求的情况下,合理配比,充分用足电机能力,优化选择起升、小车、俯仰及大车电机,防止设备出现“大马拉小车”现象,减少能源的无谓损耗。

### 3.1.4 船舶动力系统优化比选在航运业的应用

对于港口而言,船舶靠岸时对整个港口环境的污染仍然占据相当大的比例,因此有效控制和降低船舶靠泊期间和运行过程中的能耗也是未来必须关注的重要方面。码头岸基供电系统需要不断完善,同时在船舶动力系统上要不断优化比选,优先选用节能型产品,降低污染物的排放,减少对空气的污染。

## 3.2 新技术的应用

### 3.2.1 设备健康管理和再制造技术的应用

以自动化码头的设备调度和控制系统为基础,充分运用网络和大数据技术,对装备进行全寿命健康管理。实时在线识别和预控设备的技术性能工况,实施精准运维,降低故障率,管控设备重大故障和事故风险,从而有效降低设备修理维护的成本,延长设备使用寿命。此外,运用“增量加工”、“局部成型”等“再制造”新技术、新工艺对大型装卸设备关键或重要部件、构件进行修复,恢复乃至提升设备技术性能,达到设备延寿的目的。这些新技术的应用,将极大地减少港口、码头对能源、资源的消耗,极大地提升绿色港口

的建设水平。

### 3.2.2 全电网的能量回收、反馈系统

对于港口行业而言,要针对岸桥、轨道吊等大型机械设备耗能较高的情况,有针对性地对设备在下降过程中产生的势能进行有效回收,减少谐波对电网的冲击。未来,可考虑采用全电网的能量回收和反馈系统,收集和存储电网中用电设备的能量回收,并将回收的能量进行再利用。

### 3.2.3 太阳能、风能系统在港口的应用

应结合港区自身位置优势和耗能实际情况,考虑港口的规划、设计及后期运营实际情况,充分发挥太阳能和风能系统在整体港口运作中的作用,深化太阳能辅助供热系统的应用范围,尝试风力发电系统的应用开发,进一步降低港口能源的消耗。

### 3.2.4 中水回用系统在港口的应用

利用港区独特的地理优势,结合港区绿化、道路清洁等实际情况,在一定条件下深化和实施港区中水回用系统,进一步降低能耗。

## 3.3 新管理体系和规划

随着能源开发不断深入和碳交易市场机制的不断完善,未来能源管理对于港口企业而言将会相当重要,能源管理的水平高低也将直接决定港口企业未来能源消耗的实际,因此应紧密结合港口能源消耗工作实际,建立新的管理体系,从管理角度对能耗指标考核的方法和制度进行规划,进一步强化对能源的管理工作。

## 4 结语

1) 相对于传统码头,自动化集装箱码头在通过能力、装卸效率、安全可靠、尤其是节能减排和环境环保等方面相对于传统码头具有较为突出的优势。

2) 从全自动化智能装备、智慧生产过程控制系统和绿色节能技术等方面阐述自动化集装箱码头环境保护应用案例。

3) 从新材料、新技术、新管理体系和规划等方面对未来自动化集装箱码头环境保护的发展趋势进行前景展望,对未来码头相关建设具有一定指导借鉴意义。

## 参考文献:

- 1998(4): 47-48.
- [1] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 上海国际航运中心深水港区四期工程初步设计[R]. 上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2014.
- [2] 刘春萍, 陈有文. 国外先进港口环境保护发展策略分析[J]. 水运工程, 2008(9): 71-74.
- [3] 孙干良. 国外几个港口的环境保护论述[J]. 交通环保, 2008(4): 47-48.
- [4] 渝南. 废物利用[J]. 珠江水运, 2006(6): 37-39.
- [5] 吕航. 美国的绿色港口之路[J]. 中国船检, 2005(8): 42-44.
- [6] 简泽浪. 新型储能电池电极研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2012(3): 1-4.
- (本文编辑 武亚庆)

· 消 息 ·

## 中国交建联合体中标武汉经开区 25 亿元 PPP 项目

8 月 1 日, 二航局牵头华中投资公司、二航院、二公院组成的中国交建联合体中标武汉经济开发区智慧生态城一期项目。项目采取 PPP 合作模式, 建设期 3 年, 运营期 8 年, 投资额约 25 亿元。

项目位于武汉经济开发区内, 建设内容包括 15 个子项目: 市政道路排水工程 13 个、公园景观建设工程 1 个、河流清淤及岸线整治工程 1 个。

武汉经开区智慧生态城位于武汉市西南方向, 是武汉市最后一块待开发的滨江空间。项目的实施, 将成为武汉市建设智慧生态城市、拓展新城发展空间的重要支点。

[http://en.ccccltd.cn/pub/ccccltd/xwzx/gsyw/201608/t20160802\\_49690.html](http://en.ccccltd.cn/pub/ccccltd/xwzx/gsyw/201608/t20160802_49690.html) (2016-08-02)

## 三航局印尼苏拉威西散货船专用码头工程开工建设

近日, 由三航局承建的印尼苏拉威西 9.25 万 t 散货船专用码头工程正式开工。

工程将新建长 280 m、宽 28 m 码头平台 1 座和长 42.47 m、宽 9 m 引桥 1 座, 分别采用高桩梁板式结构和高桩墩台式结构。总投资 1.32 亿元, 主体结构工期 10 个月。

工程完工后将有效缓解印尼苏拉威西岛的煤炭运输压力, 进一步完善当地能源布局。

[http://en.ccccltd.cn/pub/ccccltd/xwzx/zgsdt/201608/t20160802\\_49693.html](http://en.ccccltd.cn/pub/ccccltd/xwzx/zgsdt/201608/t20160802_49693.html) (2016-08-02)

## 四航局中标广东联石湾船闸工程

7 月 27 日, 四航局中标广东联石湾船闸工程, 合同额约 2.85 亿元。

项目位于广东中山市, 为改扩建工程。建设内容主要包括拆除回填旧船闸、新建船闸及导助航工程以及业务用房等配套工程。项目建成后, 将大幅提高珠三角地区水运通航效率。

[http://en.ccccltd.cn/pub/ccccltd/xwzx/zgsdt/201607/t20160729\\_49652.html](http://en.ccccltd.cn/pub/ccccltd/xwzx/zgsdt/201607/t20160729_49652.html) (2016-07-29)