

# 基于人工智能的集装箱码头 智能理货系统

黄良丰, 张 冉

(宁波大榭招商国际码头有限公司, 浙江 宁波 315812)

**摘要:**为解决集装箱码头理货系统无法在地面进行识别,需要依赖多传感器导致的运维困难,以及传统的光学字符识别系统(OCR)识别率低的问题,引入人工智能技术改进方案。从摄像头安装位置优化和基于人工智能的图像识别技术入手,利用人工智能技术和计算机视觉技术识别作业节点,在箱子离开地面前进行识别和确认。通过实例应用和对比,该方案识别率更高、成本更低。

**关键词:**港口;集装箱码头;人工智能;理货;地面识别;机器视觉

## 0 引言

传统码头的自动化、智能化改造是一个新的趋势。不同于全自动化码头,传统集装箱码头的自动化改造既要考虑已有的投资,又要避免对业务连续性的影响,面对如此大的改造难度,能否通过引入新的技术,保留现有投资,并在此基础上寻求一种低成本且同样能实现自动化作业的方法是当前每一个传统集装箱码头必须面对的问题。

### 1 集装箱码头理货现状

集装箱码头作为一个劳动密集型的行业,也迫切需要通过引入新的技术,改变对现场人员数量和技能的要求。集装箱码头的理货是岸边数量最多、工况最杂的岗位之一,理货人员需要配合码头不间断作业,风吹日晒,作业机械繁杂,存在作业安全隐患。此外,噪声、车辆尾气等严重影响身心健康。所以,通过智能化改造实现理货后撤成为传统集装箱码头的关注重点。

### 2 理货业务需求和潜在问题

简单的理货后撤只需要在桥吊上安装摄像头即可解决,理货人员通过视频进行集装箱理货操

作,但该方案并不能减轻理货人员现有工作量。业务部门需要一种以较小的成本投入,能实现一人多路同时理货的系统,这样既可以减少理货人员,也能减轻理货人员的工作强度。

同时,新的理货系统操作流程不能影响现行桥吊司机的作业习惯。桥吊司机的作业效率对码头至关重要,它关系到码头的生产效率和服务水平。通过业务需求分析,要实现保留现有司机作业习惯,总体流程必须与现有人工理货方式一样,装船箱在桥吊拉起前完成验证和指令确认,卸船在箱压车后快速将指令确认完。因此,整体需求转化为以下要求:

(1)不影响桥吊司机作业习惯和效率。对于装船作业箱,需要在集卡到达桥吊下停位正确后3s内完成该箱是否能装船的校验;对于卸船箱,需要在箱压车后2s内完成卸船箱的指令确认。

(2)减少理货人员并降低工作强度。要实现一人多路,系统必须提供自动识别箱号、箱型、集卡号的功能,并自动提交校验,在关键点进行指令确认,理货人员仅需在识别异常时介入操作。

(3)整体解决方案成本低、易维护,因桥吊连续可用时间的保障对集装箱码头运营至关重要。因此,整体方案尽量减少摄像头用量,减少对其他

传感器的依赖。

(4)船图核销无纸化、箱位播报无声化、理货过程可追溯。通过信息系统解决理货现行手工核销船图的问题,实现船图核销无纸化。通过技术手段解决装船箱播报箱位的问题。同时,在整个作业过程中对关键节点进行图像抓拍,验残图片自动存档,实现实时查看,并方便日后追溯。

3 基于人工智能的理货流程优化方案

单纯通过视频只能实现理货人员的后撤,解决一人多路和减轻工作量需要有新的技术解决以下问题:

首先,传统的光学字符识别系统(OCR)方案对环境和识别图像的质量要求较高,而桥吊理货现场是岸边开放环境,时间不同、天气不同所带来的环境光源不稳定问题是OCR很难解决的。

其次,整体方案要做到传感器最少,尽量少用或者不用多种传感器,并且少用摄像头。摄像

头是整个项目必不可少的设备,因此如果能通过视觉来替代其他传感器实现触发控制的目的,那么整体成本和传感器依赖就能大幅降低。

要解决上述问题,传统摄像头必须能支持多种光照和角度下的字符识别,同时替代额外的传感器,就需要通过视频流来感知对象物体的动作。例如,集卡已经停车到位,吊具已经上锁、拉升等。而且,识别速度要快,能够在毫秒级反馈识别结果。要做到这些,需要基于AI的计算机视觉技术。

除此之外,整体的视觉方案需要一套精巧的设计联动方案。

(1)以最少的摄像头覆盖7个车道。桥吊下理货流程必须要知道作业车道上集卡作业号、箱号、箱型信息,同时有大箱作业、双小箱作业、单小箱作业。因此,最少需要4个摄像头来获取车头上的集卡作业号、前箱号、后箱号等信息,并支持船舶的左右舷靠泊导致的集卡行进方向不同问题。桥吊摄像头位置示意图见图1。

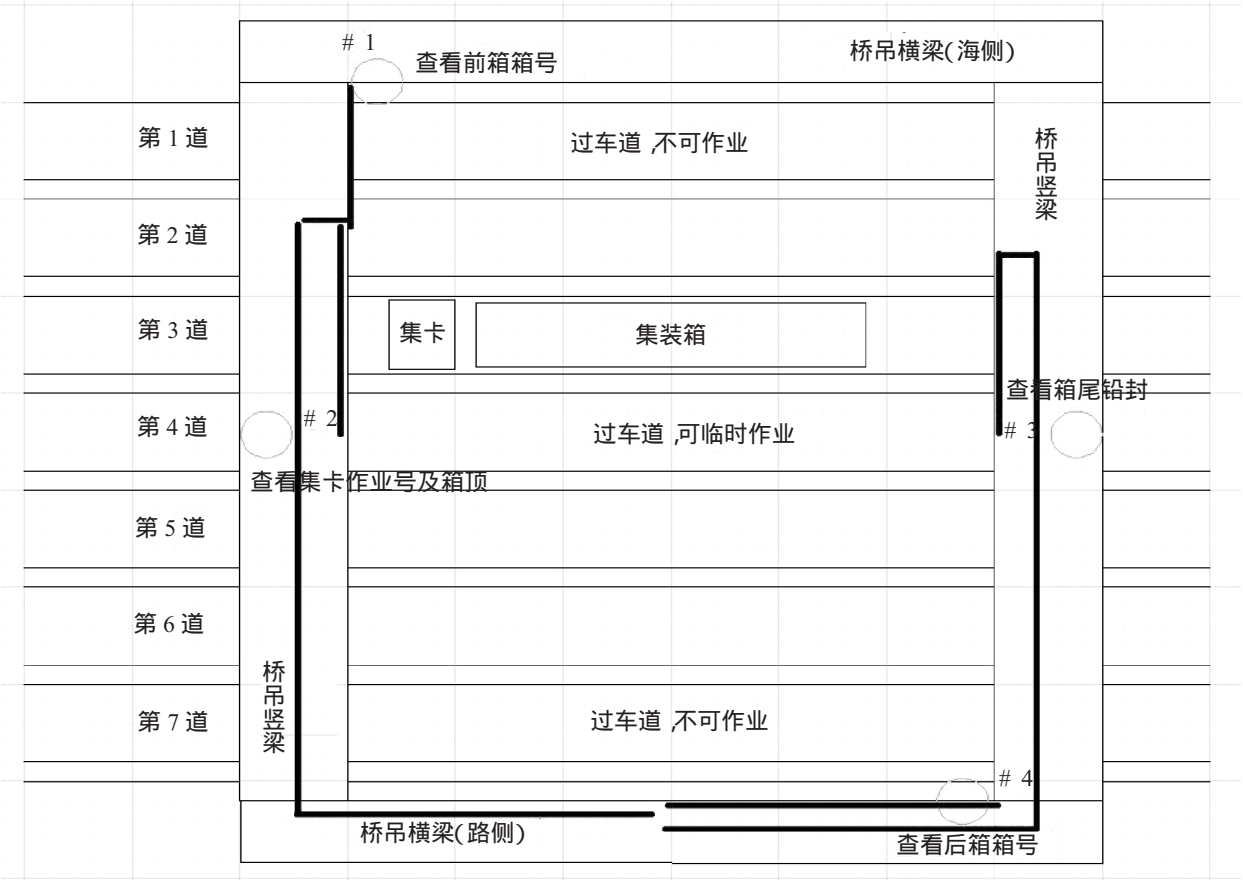


图1 桥吊摄像头位置示意图

桥吊左右横梁中间各1个摄像头,用于识别车头的集卡作业号和后箱门的箱号,桥吊左前脚和右

后脚各1个摄像头,用于识别前后箱号、箱型。  
(2)地面识别,避免遮挡。方案中的摄像头兼

具传感器的功能用于判断集卡到位和吊具状态，而且业务人员要求箱子在起吊前就要识别验证完成，因此 4 个摄像头要能覆盖下面 7 个作业车道，并且在多车道同时有车时不能被另外车道挡住。摄像头安装高度计算见图 2。

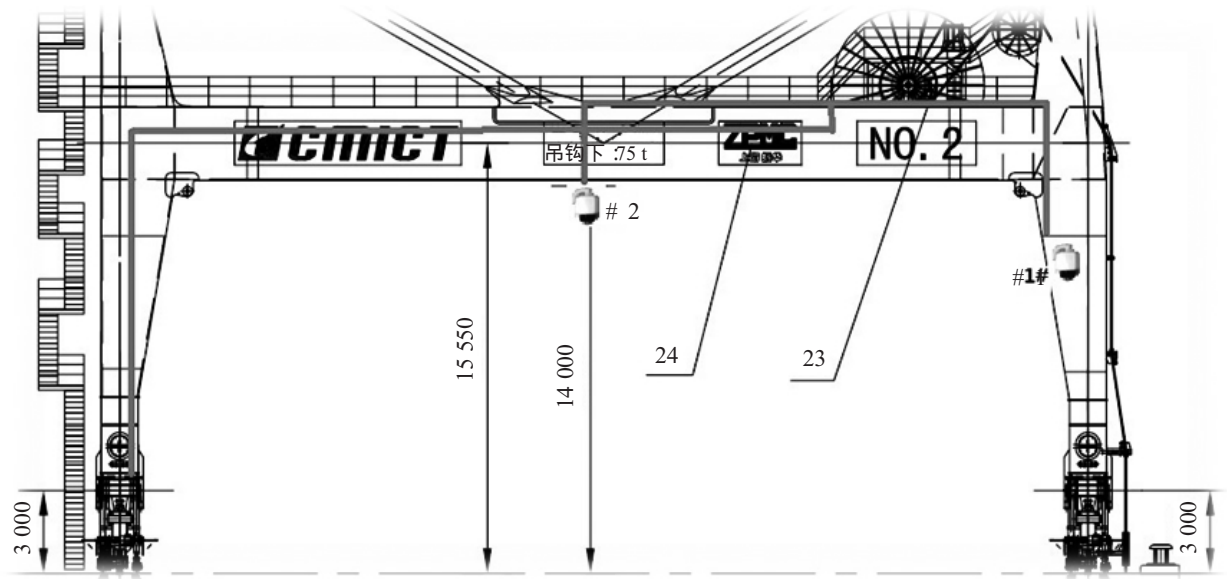


图 2 摄像头安装高度计算

4 系统总体设计

4.1 数据流设计

经过需求分析和关键技术的预研，智能理货系统关键数据流见图 3。

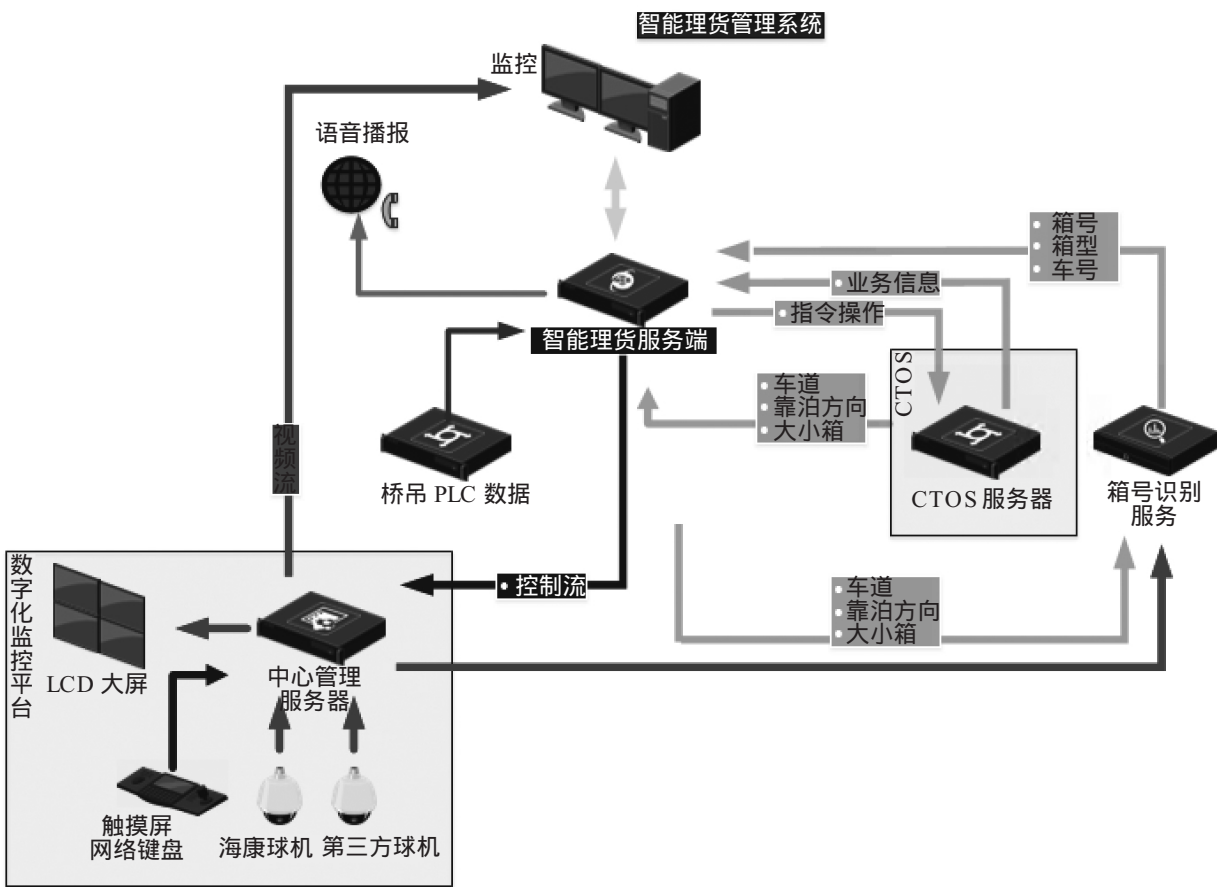


图 3 智能理货系统关键数据流

总体流程：智能理货应用系统控制监控系统摄像头所需要识别的作业车道；监控系统将视频流传给识别引擎；识别引擎识别箱号、箱型、车道号、作业动作信息给智能理货应用服务器；智能理货应用服务器提交 CTOS 系统进行是否可作业验证；智能理货应用服务器将作业信息通过语音告诉桥吊司机、捆扎工、指挥手；

识别引擎识别作业动作信息给智能理货服务器；智能理货应用服务器自动提交 CTOS 自动核销当前作业指令；智能理货应用服务器将异常信息呈现到客户端界面上，由理货人员人工介入。

#### 4.2 总体框架设计

系统分层模块设计见图 4。



图 4 系统分层模块设计

对于外部技术和产品，例如智能识别模块和摄像头，通过接口和适配层进行接入，使得系统主体可以兼容多种方案，计算机视觉识别引擎可以使用多种 AI 技术。

#### 4.3 桥吊作业特征识别模块设计

要实现作业流程的精准控制，需要系统能够准确界定作业的生命周期。理货作业的生命周期与桥吊作业生命周期一致，定义桥吊作业生命周期节点是项目成败的关键之一。

桥吊作业生命周期的识别可以来源于不同的方式，但是对于作业周期的描述是一致的。因此，须将作业过程进行抽象，形成桥吊作业特征对象，而桥吊作业特征识别模块就是处理通过各种方式获取桥吊的作业特征，即作业节点。

此外，还可以采集视觉技术对桥吊的作业进行识别，比如开闭锁、装卸船动作，但是受限于项目时间原因，目前通过视觉识别的动作还不满足整体作业的需要。

通过桥吊 PLC 信息，整个系统可以知道当前箱作业的生命周期，并且可以粗略计算出船上箱位。在本方案中，桥吊 PLC 将提供以下功能：箱船上位置计算；辅助判断当前箱作业特征及作业生命周期；开闭锁信息（包含是否着箱、位置、吊具大小箱信息）；过大梁信息；大小箱、车道切换信息、左右靠信息；吊具拉升信息（包含拉升点位置、开闭锁状态）。

桥吊 PLC 动作被识别后，数据模型后通过接口发送给理货系统进行处理。

#### 4.4 语音播报模块设计

语音播报模块解决了原先理货人工为桥吊司机播报装船箱号的工作，也是实现一人多路理货的必要先决条件之一。语音播报模块由播报服务器和播报手机组成，核心则是基于手机的消息服务。

通过先后试用多家公有云的消息服务和通知服务，采用基于微软 SignalR 的开源框架实现一套



消息服务,功能上实现对播报设备的逻辑标签管理、消息推送、个性化语音转换功能,完全满足港口业务要求。

## 5 方案特点

### 5.1 主要的技术特性

#### 5.1.1 快速、精准的信息采集与识别

(1)基于实时视频流进行识别,以毫秒级对箱号、箱型、集卡号进行采集和识别,还能对动作信息进行识别。

(2)箱号识别率>95%,基数为所有作业箱子,包括人眼都无法识别的破损箱号。

(3)基于计算机视觉技术,只需要4个摄像头,通过联动控制技术覆盖桥吊下的7个车道,减少了对桥吊PLC的依赖,且不依赖于其他传感器。

(4)在地面进行识别,装船在集卡到位后3s内识别,卸船在着箱后2s内识别完成,不需要改变桥吊司机操作习惯。

(5)利用CNN深度学习算法,拥有图像识别的学习能力。

#### 5.1.2 处理流程可按模型自定义

(1)数据流和控制流分离,数据类型和控制节点模型化,使指令自动确认和语音播报的时机可以自由定制。

(2)作业周期识别模型化,独立桥吊作业特征识别模块,根据技术发展兼容基于PLC的动作识别和基于视觉的动作识别。

(3)灵活支持正常、随装、错贝等作业模式。

(4)客户端有人性化的异常提示,例如超时等待的语音提示等。

#### 5.1.3 总体框架分层分模块设计

对于外部技术和产品,例如智能识别模块和摄像头,通过接口或适配层进行接入,使系统主体可以兼容多种方案。

#### 5.1.4 简易便捷的用户体验

通过自主设计的控制台,理货员只需在系统提示异常时进行干预,操作简便。

#### 5.1.5 完整的箱体快照记录与集中验残能力

(1)得益于地面识别和对流程的整体设计,我们可以抓取当前作业箱前、后、左、右、顶5个面的非拼接的完整图像。集装箱验残功能界面见图5。



图5 集装箱验残功能界面截图

(2)对于作业箱铅封的有无专门的铅封位图像的抓取。

(3)通过集中验残功能 将验残与控制管理角色分离 验残任务实现多对多模式 并且支持卸船干预模式 即在卸船过程中对残损信息直接进行反馈。

5.1.6 作业车道和装船箱位置自动播报

(1)支持万级并发 消息时延 500 ms 内。

(2)支持设备逻辑分组管理。

(3)网络传输内容为文本 ,终端实现 TTS 转换 兼容各种语音引擎。

5.1.7 船图核销无纸化

(1)通过颜色实时区分作业箱状态。

(2)支持无指令作业 能够记录无指令箱的作业情况。船图无纸化核销界面截图见图 6。

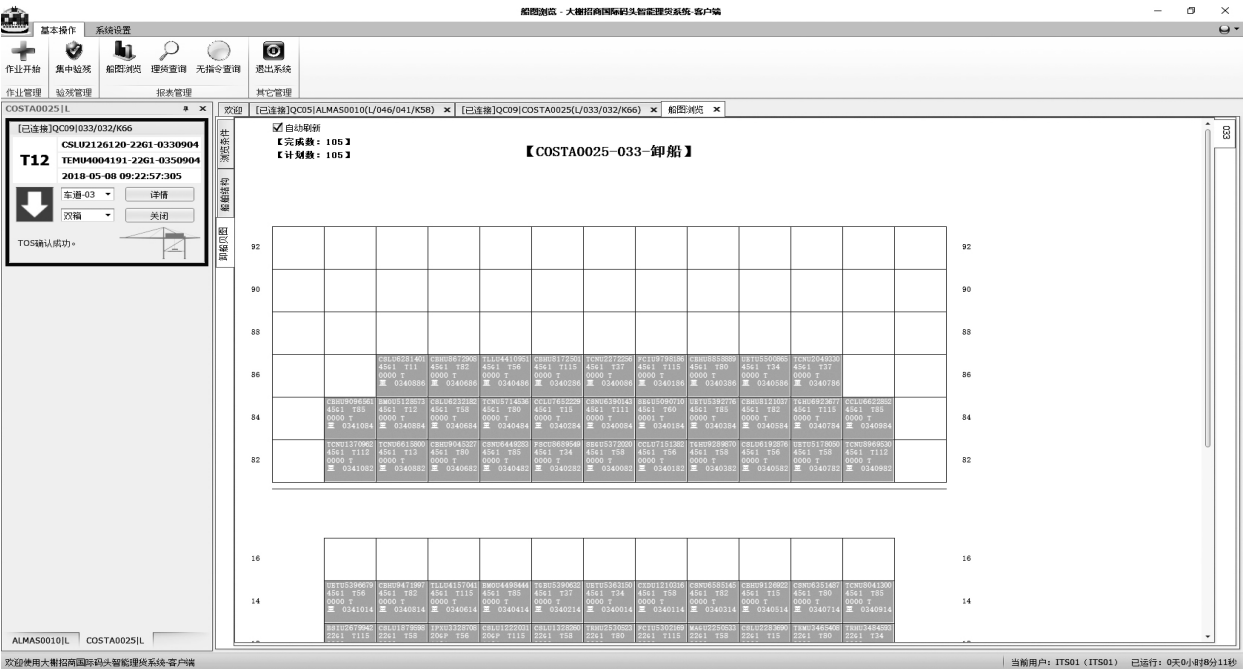


图 6 船图无纸化核销界面截图

5.1.8 关键指标

- (1)箱号识别率为 95%(包括平板箱、灌装箱、箱号破损等所有箱子)。
- (2)集卡号指令率为 98%。
- (3)语音播报准确率为 100%。

(4)自动率为 85%(完全无人工干预的指令比例)。

5.2 与其他同行方案的对比

与其他同行方案主要技术对比见表 1。

5.3 总体实现成本

表 1 与其他同行方案主要技术指标对比

对比项目	其他同行方案	智能理货方案
识别技术	光学字符识别系统OCR识别	深度学习算法、视频毫秒级识别
箱号箱型	PLC触发空中单一节点抓拍,存在漏拍	实时动态识别,比较稳态与移动态识别结果
产品选型	依赖特定摄像头或触发传感器	兼容所有摄像头,无需其他传感器
作业过程完整性	PLC开闭锁与小车位置的组合判断	作业动作判断,叠加PLC开闭锁与小车位置的综合判断
船上作业位置判断	PLC小车位置、吊具位置、开闭锁组合判断	采用同样技术,叠加整船沉浮时各吊具误差整体校正
验残图片	空中图片抓拍,缺少顶面	地面抓拍,多角度,包含最易破损的顶面,完整无拼接图片

投入运营后,智能理货方案每台桥吊分摊成本大概是 20 万元,其他同行解决方案单台桥吊大概需要 40 万元,整体解决方案成本降低。

6 效益与展望

以往,宁波大榭招商码头 16 台桥吊同时作业 (下转第 42 页)

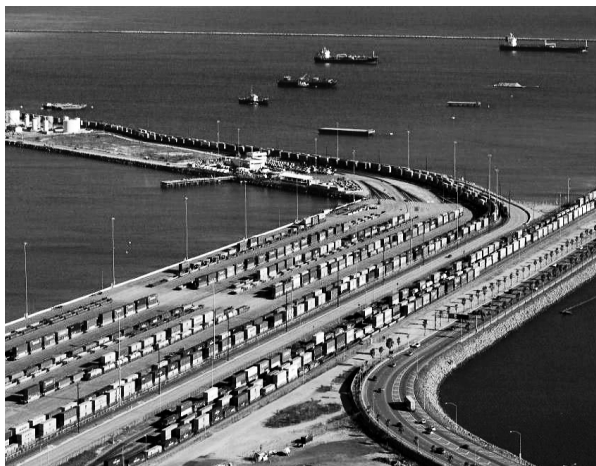


图2 洛杉矶港口海铁联运示意图

很明显的货源分流,美西港口在时间及成本方面仍具有优势。

#### 2.2.4 船舶尾气处理驳船

针对一些船舶每年靠泊加州港口的次数较少,不具备岸电接收设施的情况,洛杉矶港和长滩港采用尾气处理驳船来收集、处理船舶尾气并使其达标排放,以满足加州和洛杉矶港空气质量控制需要。该尾气处理驳船服务由第三方服务商提供。船舶尾气处理驳船见图3。

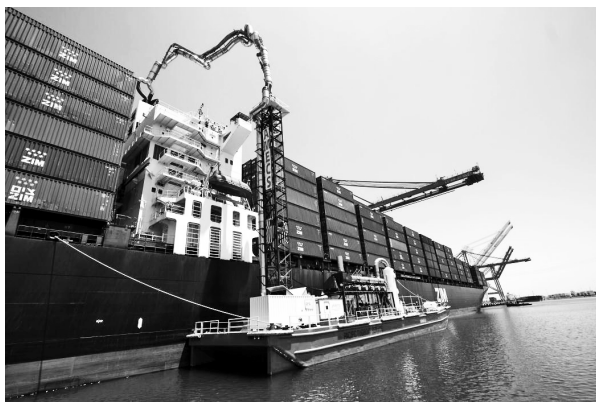


图3 船舶尾气处理驳船

#### 2.2.5 提高码头自动化水平

通过建设全电力驱动的自动化码头来实现码头区“零污染物排放”。目前,美国洛杉矶港和长滩港均有全自动化集装箱码头投入运营。由于加州地区电力主要来源于水电及太阳能清洁能源,电力驱动的码头设施有助于从根本上降低空气排放污染。洛杉矶港口自动化码头见图4。



图4 洛杉矶港口自动化码头

#### 2.2.6 其他管理措施

在港口运营中,洛杉矶港和长滩港均要求进出港船舶降低船速,海事部门采取信息化手段监测船舶航速。长滩港采用优化港口装卸工艺,实施建设干线道路,促进夜间装卸及缩短集装箱免费堆存时间等措施,促使码头内物流顺畅,防止货物滞留等方式减少污染物排放等。

通过以上措施,加州港口在船舶空气污染防治方面已取得积极的成效。以洛杉矶港为例,相比2005年的排放情况,2014年在集装箱吞吐量上升7%的情况下,其柴油颗粒物排放下降85%, $\text{NO}_x$ 下降52%,温室气体排放减少18%, $\text{SO}_x$ 下降97%。奥克兰港对比2005年柴油颗粒物排放水平,2015年已经下降76%。

(上接第18页)

时需要16位内理人员和16位外理人员在现场。通过智能理货系统,已经实现只需8位内理人员、4位外理人员在后方办公室实现全部在现场的箱号确认、装卸船位置确认、残损确认、集卡号确认,并实现作业指令自动确认,人工干预率不到20%。可以减少8位内理人员,减少12位外理人员,按理货人员年薪5万元计算,可以减少300万元投入。

如果码头方与船公司达成共识,借助第三方公正机构,对作业过程视频、抓取的图片统一保存与鉴权,可以实现内外理合并,可以进一步减少理货人员。

通过对自主设计和集成人工智能的应用,表明人工智能在码头行业应用的前景巨大,同时我国港口也可以借此提升企业未来的核心竞争力。