物料出库中装箱自动一体化系统设计与实现

黄东
中海油能源物流有限公司 天津 300452

摘 要 在现代物流体系中，物料出库装箱与装车环节是连接仓储与运输的核心枢纽，其运作效率与精准度直接影响供应链整体效能。本文分析国内外现有出库装箱装车操作的现存痛点，通过梳理自动装车机应用案例，提炼可借鉴的技术经验。随后详细阐述石油行业物资出库自动化装箱系统的结构组成，明确以伸缩输送线为核心的一体化设计逻辑，进而深入探讨系统的控制系统架构、核心优势及智能物流一体化生态的构建路径，文章最后展望系统未来发展趋势，推动物流体系向数字化、智能化转型。

关键词 物料出库；自动装箱一体化；控制系统

Design and Implementation of an Automated Integrated System for Material Outbound Packing

Huang Dong
CNOOC Energy Logistics Co., Ltd., Binhai New Area, Tianjin 300452, China

Abstract In modern logistics systems, the material outbound packing and loading processes serve as core hubs connecting warehousing and transportation. Their operational efficiency and accuracy directly affect the overall performance of the supply chain. This paper analyzes the existing challenges in outbound packing and loading operations both domestically and internationally, extracts valuable technical insights by reviewing application cases of automated loading machines, and elaborates on the structural composition of an automated packing system for the petroleum industry's material outbound processes. The design logic of an integrated system centered on telescopic conveyor lines is clarified. Furthermore, the paper delves into the control system architecture, core advantages, and pathways for constructing an integrated intelligent logistics ecosystem. Finally, it outlines future development trends of the system to promote the digital and intelligent transformation of logistics systems.

Key words Material Outbound; Automatic Packaging Integration; Control System

随着全球工业生产与物资流通规模的持续扩大，物料出库装箱装车环节的重要性日益凸显。作为供应链中衔接仓储管理与干线运输的关键节点，该环节的运作质量直接关系到物资交付效率、运输安全及企业运营成本。石油行业作为国民经济的支柱产业，其物资出库涉及油管、钻井设备配件、化工原料、防护装备等多种品类，具有单次运输量大、物资规格多样、部分物资易燃易爆或易损耗、运输时效性与安全性要求严苛等特点。本文围绕物料出库场景下的自动一体化装箱需求，系统开展设计与实现研究，为相关领域的技术应用与产业升级提供理论参考与实践借鉴。

1 国内外出库装箱装车操作的现存痛点分析

国内外物料出库装箱装车操作均存在显著痛点，在石油、化工等重工业领域表现尤为突出。国内操作多依赖人工与半自动化结合，单次装车耗时较长，且作业效率易受人员疲劳、情绪等因素影响而波动，难以满足批量物资快速转运需求。同时操作误差较大，易造成物资损耗，还会给作业人员的人身安全带来威胁，设备适配性也较差，难以对接多种车型、适配不同规格物资，加之缺乏系统化追溯机制，管理效率低下。国外自动化装车技术起步虽早，但技术成本高昂，多为高端定制化设计，难以大规模推广，系统与国内车型及石油行业特殊物资需求适配性不足，需经改造才能使用。

2 自动装车机应用案例及启示

2.1 自动装车机应用案例

国内某物流装备企业研发的快速装载平台，已广泛应用于大型电商仓储、制造业原料出库等场景。该设备整合了机械本体、电控系统、液压系统等核心部件，具备左右横移、上下高度调节功能，可自适应对接不同高度的运输车辆，实现叉车与AGV设备的物资缓存与快速装车。其采用载板总成与拨料装置协同工作，通过液压马达提供动力，带动载板伸缩伸入集装箱内部，一次性完成整车物资装载，装车效率可达6 min/车，大

幅优于传统人工操作。该案例的优势在于设备结构紧凑、适配性强，可根据仓储场景需求实现短距离移动或固定点位作业，且采用国产品牌核心部件，成本与维护难度相对较低。但该设备主要针对通用箱装、袋装物资设计，在石油行业重型设备、超长物资的装载适配性上存在不足，安全防护措施也未针对易燃易爆物资进行强化设计[1]。

2.2 案例启示

结合上述自动装车机应用案例可以发现，自动化装车技术的核心发展方向集中在机械结构的自适应调节、智能控制系统的精准控制、与物流体系的协同融合3个方面。对于石油行业物料出库装箱自动一体化系统的设计而言，需充分汲取上述案例的经验与教训。在机械结构设计上，应采用模块化、可扩展的架构，结合伸缩式输送线核心技术，强化重型承载能力与多车型适配性，满足石油行业物资多样、重量大的特性。在控制系统上，需整合高精度定位、传感器检测、数据交互等技术，实现自动化操作与数字化管理的深度融合。在成本与维护方面，应优先选用国产品牌核心部件，降低设备采购与后期维护成本，确保系统在偏远仓储场景下的稳定运行。

3 石油行业自动化装箱系统的结构设计与组成

3.1 机械本体系统：核心执行单元

1.平台总成。采用Q355B高强度型材与钢板焊接而成，承载能力达12 t，满足重型石油物资运输需求。集成动力装置安装座、液压系统接口及检测器件安装位，下方与支腿总成刚性连接，为伸缩载板系统提供稳定支撑。

2.伸缩式载板系统。作为物资输送至集装箱内部的核心模块，由多个独立小载板单元拼接组成。单元内设聚氨酯滚轮与无动力滚筒，通过滚动摩擦降低输送阻力。单元间采用活节螺栓连接并预留10 mm间隙，配备聚氨酯缓冲块，使系统具备浮动适应性，可应对集装箱内部平面度不足的问题。

3.门架定位总成。安装于平台前端，集集装箱定位、物资顶推整形和安全锁止功能于一体。推头总成通过柱塞缸与推拉油缸实现升降及前后顶推，确保物资堆叠紧密；物料整形机构宽度可通过丝杠调节，适应油管、套管等长条物料的规整装箱，防止卡滞或刮损。

4.横移与升降调节机构。横移与升降调节机构用于实现系统与不同车型、不同高度集装箱的自适应对接[2]。横移机构安装于平台总成底部，由驱动装置、导轨、侧向滚轮与限位装置组成，可实现平台沿水平方向左右移动，侧移速度为0.05 m/s，最大侧移行程达5.6 m，能够精准对齐集装箱中线。升降调节机构集成于支腿总成中，由前、后支腿同步油缸驱动，通过调整活塞伸缩实现平台的高度调节，升降速度为0.1 m/s，调节范围从1 300 mm至2 000 mm，可适配1.3 ~ 2 m高度范围的运输车辆，包括20英尺（1英尺=0.3 m）集装箱运输车、普通运输车、1C型标准集装箱运输车等石油行业常用车型。

3.2 辅助适配系统：作业保障单元

1.集装箱固定支架。集装箱固定支架采用Q235与Q355B钢材混合焊接制成，外形尺寸为6 200 mm × 2 410 mm × 850 mm，整体自重1.5 t，专门用于固定20英尺集装箱与1C型标准集装箱。支架通过调整自身高度，使集装箱内部底面与伸缩式载板系统的装车面形成同一水平面，消除高度差，确保物资输送过程的平稳性，避免因集装箱倾斜导致物资滑落。支架底部配备防滑垫与固定螺栓，可与地面牢固连接，承受装箱过程中物资传递的冲击力，保证作业安全。

2.坡道平台。坡道平台型号为CRN65，外形尺寸2 200 mm × 2 000 mm，整体自重304 kg，最大载荷可达6 500 kg，用于消除仓储地面与平台总成之间的高度差，方便叉车或AGV设备将石油物资托盘转运至平台总成进行备货。坡道表面采用防滑花纹设计，提升叉车行驶过程中的摩擦力，避免雨天或油污环境下发生打滑事故。

3.止挡装置。止挡装置包括叉车止挡与车辆止挡两类[3]。叉车止挡安装于平台总成尾部备货区域边缘，采用高强度钢材制成，能够阻挡叉车过度行驶，避免因货物阻挡司机视线导致叉车与平台设备相撞，保护设备与叉车的安全。车辆止挡安装于装车区域车辆停靠位置前方，通过机械结构阻挡运输车辆，防止司机操作失误导致车辆尾部与平台总成碰撞，同时配合地面导引线为司机提供可视化停车导引，提升车辆停靠的精准度。

3.3 动力与传动系统：能量供应单元

1.液压系统。液压系统是系统的核心动力源，由液压泵站、电磁阀、液压马达、油缸、油管等部件组成。液压泵站提供高压工作油，通过电磁阀控制油路方向、压力与流量，实现液压马达的正反转与油缸的伸缩动作，进而驱动载板伸缩、平台升降、门架定位等各项作业[4]。液压系统与电控系统协同工作，通过比例调节阀实现动力输出的无级调节，保证各项动作的平稳性与协调性。

2.电控系统。电控系统是系统的“大脑”，由控制柜、动力柜、传感器、旋转编码器、摄像头、遥控装置等组成[5]。控制柜内置PLC控制器与控制模块，负责接收输入信号、处理控制逻辑、输出控制指令。动力柜为系统提供稳定供电，预留380 V电

源快插接口，可实现快速通电启动。传感器与摄像头分布于门架总成、载板系统、车辆停靠区域等关键位置，实时检测集装箱位置、物资状态、设备运行参数等信息。旋转编码器用于读取载板伸缩、平台横移与升降的位置数据，确保动作精度。

3.集中润滑系统。集中润滑系统由集中润滑泵、安全阀、分配器、油管等部件组成，与液压泵站油箱集成安装，可自动向系统的主传动链轮、齿形链条、导轨、滚轮等运动部件加注润滑油脂。系统根据设备运行时间与动作次数自动控制润滑周期与注油量，减少运动部件的摩擦损耗，降低设备维护成本，延长系统使用寿命，确保设备在石油行业高强度作业场景下的稳定运行。

4 自动装箱线控制系统构建及智能物流生态建设

4.1 自动装箱线控制系统的核心架构

石油行业物料出库自动化装箱系统的控制系统，采用“硬件支撑+软件驱动+数据交互”3层架构，可实现设备动作精准控制、作业流程自动化运行及全链条信息协同共享。硬件层作为物理基础，负责环境感知、信号采集与指令执行，包含激光传感器、压力传感器等感知部件，及液压马达、油缸等执行部件，核心为工业级高性能PLC控制器，可并行控制多任务，还配备工业触摸屏与无线遥控装置[6]。软件层基于工业控制软件平台开发，整合控制算法、流程管理、故障诊断等功能，还支持手动操作保障作业连续性。数据交互层依托工业以太网与物联网技术，通过标准协议对接仓储、运输及追溯系统，实现订单接收、作业数据上传、装箱信息同步，同时支持设备远程监控与维护，降低运维成本。

4.2 自动装箱线的核心优势

自动装箱线贴合石油行业物料出库需求，具备五大核心优势。作业效率上，全流程自动化无须人工辅助对位，车辆停靠后可自动完成高度调节、物资输送等动作，单车装箱时间短，且支持24 h连续作业，不受人工因素影响。作业精度与安全性方面，依托高精度传感器、编码器及控制算法，对位误差小，物资堆叠整齐，减少运输损耗。适配性与灵活性强，可通过升降、横移机构对接多类车型，载板浮动设计与物料整形机构能适配多种石油物资，还支持固定点位或短距离移动作业，适配不同仓储场景。在成本控制上，大幅减少人力投入，采用国产品牌核心部件，结合集中润滑与故障诊断功能，降低人力、采购及运维成本，且减少物资损耗。

4.3 智能物流一体化生态建设

自动装箱线并非孤立的作业设备，而是石油行业智能物流一体化生态的核心组成部分，该生态以“数字化、自动化、协同化、可追溯”为核心，整合仓储管理、装箱作业、运输调度、物资追溯等全链条环节，实现物流资源的优化配置与高效运作。在生态架构中，仓储管理系统（WMS）根据订单需求制订出库计划，将物资出库信息下发至自动装箱系统。运输管理系统（TMS）根据装箱完成信息调度运输车辆，优化运输路线，车辆在途信息通过GPS定位技术实时上传至TMS，实现运输过程的动态监控。物资追溯系统整合WMS、自动装箱系统、TMS的数据，形成物资从入库、出库、装箱到交付的全流程信息档案，为质量管控、责任追溯提供数据支持。

5 结束语

物料出库场景下的装箱自动一体化系统，是解决传统出库装箱装车环节效率低、误差大、安全隐患突出等问题的关键技术手段，尤其对于石油行业这类物资运输量大、品类复杂、安全与追溯要求高的领域，具有重要的应用价值。智能物流一体化生态的构建，进一步打破了物流各环节的信息壁垒，实现了全流程自动化与数字化管理，为物流效率提升与数字化转型提供了有力支撑。

参考文献

[1]张益龙,张延华.协同自动化立体仓库管控平台设计[J].电脑知识与技术,2025,21(17):133-135.

[2]周国诚,陶翼飞,何毅,等.自动装箱系统中多AGV在线调度问题研究[J].现代制造工程,2025(2):17-25,36.

[3]李焱林,肖息.锂电制造中AGV在极片立库取放物料的交互研究[J].智能制造,2023(6):18-25.

[4]王跃,崔蕾,任明.自动化包装生产线装箱控制系统的设计[J].工业仪表与自动化装置,2023(4):48-53.

[5]殷学勤.基于AGV的液压泵装配车间物料配送系统设计与开发[D].南京理工大学,2022.

[6]白保琦,蔡吉云.基于人工智能的自动化立体仓库设计和实现[J].信息与电脑(理论版),2022,34(4):177-179,207.

（本文编辑 曹 阳）

