

集装箱码头自动化水平运输方案比选

吴迪¹ 刘昊¹ 王亚²

1 武汉港务集团有限公司 2 武汉港集装箱有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i1.5122

[摘要] 根据武汉阳逻港二期码头自动化改造的实际需求,对比分析了“IGV混行”和“智能集卡隔离”两种主流自动化水平运输方案。通过综合评估不同方案对码头作业效率的影响,确认“IGV混行”方案在内河码头改造中具有成本更低、效率更高的优势。进一步采用仿真软件FlexSim进行建模计算,得出了“IGV混行”方案单台岸桥最佳配置无人集卡的台数。研究表明,在满配无人集卡的前提下,“IGV混行”方案能够显著提升内河集装箱码头的作业效率,同时有效降低改建难度并节省成本。

[关键词] 无人集卡; 码头水平运输; IGV混行

中图分类号: TU248.4 **文献标识码:** A

Comparison and selection of automatic horizontal transportation scheme of container terminal

Di Wu¹ Hao Liu¹ Ya Wang²

1 Wuhan Port Affairs Group Co., Ltd 2 Wuhan Port Container Co., LTD

[Abstract] According to the actual demand of the automatic transformation of Wuhan Yangluo Port Phase II wharf, the two mainstream automatic level transportation schemes of "IGV mixed line" and "intelligent set card isolation" are compared and analyzed. By comprehensively evaluating the impact of different schemes on the operation efficiency of the wharf, it is confirmed that the "IGV mixed line" scheme has the advantages of lower cost and higher efficiency in the reconstruction of inland river wharf. The simulation software FlexSim is further used to calculate and obtain the number of "IGV mixed line" scheme. The results show that under the premise of full collection card, "IGV mixed" scheme can significantly improve the operation efficiency of inland container terminals, and effectively reduce the difficulty of reconstruction and save the cost.

[Key words] unmanned collection card; wharf horizontal transport; IGV mixed line

引言

国内常用的无人化集装箱运输车及水平运输装卸工艺,目前最适合内河码头的两种水平运输方案,即“IGV混行”和“智能集卡隔离”方案。将这两种方案在内河集装箱码头的应用效果进行比较分析,同时通过使用仿真软件FlexSim建模,计算出单台岸桥配置无人集卡的最少台数,评估港口泊位通过能力及堆场容量。采用上述方式分析和比选,结合阳逻二期现状综合考量,确定选择“IGV混行”方案实施改造。

1 自动化码头发展现状

1.1 自动化水平运输设备应用现状

港口集装箱的装卸效率,最大的痛点来自水平运输,主要是人力成本过高和人力资源供不应求带来的压力^[1]。针对这一环节,目前港口水平运输作业主要有三种自动化解决方案:智能导引平板车、智能集卡和集装箱跨运车^[2]。

国内目前自动化码头水平运输主要以智能导引平板车和智能集卡为主。目前,加埋磁钉作业的传统AGV正在被IGV所取

代^[3]。IGV兼具智能化、轻量化、模块化等特点,设备日常维护保养更便捷。

1.2 自动化码头交通组织方式应用现状

码头装卸效率影响较大的因素在于水平运输设备性能和交通组织方式^[4]。国内自动化集装箱码头采用的交通组织方式可分为隔离方案和混行方案。早期由于无人驾驶技术不够成熟,为了安全和效率考虑,港口水平运输均采用隔离方式。随着无人驾驶技术发展不断进步完善以及接受度的提高,国内外港口纷纷开始尝试部分隔离或完全混行方案。

2 应用方案分析

2.1 自动化改造区域

本工程拟对阳逻二期上游泊位的一台岸桥及对应的陆域堆场的两台RMG进行自动化改造。RMG为双悬臂型式,设置江侧悬臂下为无人运输设备交接区,陆侧悬臂下为外集卡和有人驾驶内集卡的交接区,从而实现两侧悬臂下有人与无人驾驶设备装卸区的划分。自动化改造区域图见图1:



图1 自动化改造区域图

2.2 方案设计原则

对阳逻二期作整体信息化规划,对局部区域先行试点自动化改造,后续再全面推广至其他港区;

- 设备选型要求成熟、可靠,并满足节能环保、智能化等要求;
- 设计方案所采用的新技术、新工艺可适当超前;
- 充分利用旧有资源进行改造升级,遵循经济合理性原则;
- 升级方案应考虑远期发展的可能,同时能与现状并存;
- 改造应结合实际生产情况开展,选择合适的泊位和对应的堆场,最大限度减少对现场生产运营的影响^[5]。

2.3 水平运输设备对比分析

在混行方案中,水平运输设备的设计选型要考虑与有人驾驶车辆混行的安全性和效率。综合比较各种智能平板车品类,IGV更适合阳逻港的自动化改造需求。因此本次方案设计主要以IGV和智能集卡两种类型的水平运输设备进行比较。

IGV和智能集卡对比见表1:

表1 IGV和智能集卡对比

	IGV	智能集卡
整体长度	一般约 15~16m	比 IGV 长约 4m(牵引车+挂车)
可改为人工驾驶	不可	可以
转向方式	四桥协同转向	单桥转向
车速	低	高低可调
定位难度	较低	较高
对位精度	较高	较低
机动性能	可斜行变道,“八”字转向,半“八”字转向,双向行驶无需掉头,转弯半径小	无法斜行、单向行驶需掉头、单桥转向转弯半径大
安全性	整车四周360度感知探测障碍物,避险能力强	仅牵引车头感知探测障碍物,车身较长,中间为铰接,感知障碍物能力较低
价格	价格稍高	价格较低

2.4 交通组织方案对比分析

本项目经过筛选,拟定了两种可行性较高的方案,分别是:“IGV混行”方案和“智能集卡隔离”方案。以下分别对两种方案的优缺点进行分析比较。

2.4.1 IGV混行方案

本方案交通组织采用有人驾驶和IGV混行方式。车辆行驶路

径采用逆时针方向运行。自动化改造泊位为5000吨级集装箱泊位,码头平台宽30m,配置1台轨距为16m的集装箱岸桥进行装卸作业。对现有集装箱岸桥进行远程操控改造升级,并在码头平台集装箱岸桥轨内布置3条4m宽车道,1条供有人集卡作业,另2条供IGV作业和通行。

自动化改造堆场位于泊位的正后方,堆场长262m,宽71.5m,配置2台轨距为40m的双悬臂集装箱轨道式场桥进行装卸作业。轨道式场桥江侧悬臂下布置2条4m宽车道,供IGV作业和通行;路测供有人集卡通行。自动化堆场周边的道路宽度为9m、20m,满足IGV行驶要求。整体流程为:远程操控岸桥⇌IGV⇌半自动化场桥⇌集装箱堆场。

2.4.2 智能集卡隔离方案

本方案水平运输设备采用智能集卡,交通组织方式采用有人、无人集卡完全隔离的方式,在车道之间设置硬隔离围网。围网将无人集卡的作业通行区域同有人集卡完全隔开,避免相互通行干扰。在道路路口设置可开启的活动围栏,在无人运输设备与有人运输设备之间进行时间和空间隔离,为江侧空箱堆场作业设备的通行预留通道。这样做可以使无人集卡和有人集卡在时间和空间上实现完全隔离。在硬件配置上,可减少车路系统沿路配置的激光雷达、摄像头等传感器。

本方案在轨道式场桥江侧悬臂下方设置封闭车道,作为智能集卡通行及交互作业车道,车道与人工驾驶集卡行驶车道中间设围栏;集装箱岸桥后伸距下方两条车道设置为封闭车道,智能集卡行驶在封闭车道内,与人工驾驶车辆无交叉。车辆行驶方向为逆时针方向单向运行。整体流程为:远控岸桥⇌智能集卡⇌半自动化场桥⇌集装箱堆场。

3 作业效率分析

3.1 水平运输设备与装卸设备的效率匹配

利用仿真计算软件FlexSim对本工程改造范围内的1个泊位和1片堆场进行建模计算,模拟实际作业情况下各类设备的运行情况。目前阳逻二期自动化改造项目中拟采购3台无人集卡先行试点,因此仿真模拟主要以投入3台、4台、5台无人集卡分别作仿真计算,得出以下结果。无人集卡仿真计算结果统计见表2:

表2 无人集卡仿真计算结果统计

投入集卡台数	设备利用率(%)				
	岸桥			轨道式场桥	水平运输设备
	作业	等待	空闲		
3	70.24	28.81	0.95	46.54/38.09	98.85/98.37/98.91
4	88.19	10.44	1.37	58.43/47.83	96.49/94.95/95.06/94.24
5	97.22	1.28	1.51	64.41/52.72	88.36/87.07/83.44/84.94/82.03

根据仿真计算的结果得知:当投入3台无人集卡时,岸桥和轨道式场桥的利用率分别为70.24%、46.54%和38.09%,其空闲率较高,不能满足阳逻二期实际的作业效率需求。只有当投入5台无人集卡后,1台岸桥97.22%的利用率与两台场桥64.41%和52.72%的利用率,基本能满足港口的作业效率。

通过计算可以得出结论: 在目前1台岸桥和2台场桥的条件下, 集装箱岸桥与场桥的平均效率需达到25TEU/h和20TEU/h。因此, 为了满足效率匹配的要求, 至少需要配置5台无人集卡。

3.2 方案比选及推荐方案

对两种方案进行对比分析, 并列出了优缺点进行比较。两种方案优缺点比较见表3:

表3 “IGV混行”和“智能集卡隔离”方案优缺点比较

方案	优点	缺点
IGV混行方案	(1) IGV与有人驾驶车辆混行, 道路内没有隔离围网, 对现状的码头生产运营影响较小。 (2) IGV可实现双向行驶, 变道、转弯更灵活 (3) 智能程度更高, 适应远期全自动化智能化发展的要求。	(1) 车辆混行方案对车路协同系统要求更高, 系统更复杂, 投资更高。 (2) 平板车运行速度较低, 爬坡能力受限。 (3) 无人和有人驾驶混行方案技术上可行, 但是目前武汉市尚未出台相关法律法规, 对于后期运营过程中车辆行驶安全事故责任的划分不明确。
智能集卡隔离方案	(1) 无人集卡与有人驾驶车辆完全隔离, 系统更简洁, 实现完全运营工期更短。 (2) 无人集卡可同时采用人工驾驶模式, 更适应目前港区的实际情况, 且投资较省。 (3) 无人集卡对道路坡度的适应性更好, 平均行驶速度更高。	(1) 无人集卡转弯、行驶不灵活。 (2) 道路上设置隔离围网, 对现状车辆的运行有一定的不利影响。 (3) 无人集卡车需在行驶过程中配置安全员, 降低人工成本的效果有限。

方案无需对土建进行太多的改造, 对正在运营的码头基本不造成影响, 可以同时进行生产运营与改建, 在提高改造效率的同时也降低了成本, 有利于传统集装箱码头进行升级改造。

4 结语

本文结合阳逻二期码头的实际情况, 建立了仿真模型, 并按照投入的集卡台数(3~5台)将其带入FlexSim仿真软件中进行运

算。结果表明: 在配置3台IGV的情况下, 由于集卡的投入量较少, 会导致岸桥的空闲率过高, 进而导致码头整体作业效率下降。将IGV的数量增至5台时, 设备空闲率从28.81%降至1.28%, 码头整体作业效率可以达到有人集卡的作业水平, 满足目前阳逻港的生产要求。因此, 对于内河集装箱码头而言, 单台岸桥搭配IGV数量的最优解是5台。

对于内河集装箱码头而言, “IGV混行”的改造方案虽然设备采购成本较高, 但可以减少对生产作业的影响, 并降低码头改建的难度。随着智能导引平板车底盘加工技术的日益成熟以及IGV生产线的不断完善和稳定, 未来设备采购成本还有望进一步降低。

[参考文献]

- [1]林维猛. 自动驾驶赋能港口未来发展[J]. 中国港口, 2023, (02): 11-15.
- [2]张德文. 自动化集装箱码头水平运输设备的发展与分类标准建议[J]. 中国港口, 2021, (03): 14-17.
- [3]何业科, 李戎, 刘政刚. 5G通信组网技术在自动化集装箱码头智能导引车上的应用[J]. 中国港口, 2020, (11): 21-23.
- [4]王伟. 天津港集装箱码头智能化发展途径探索与实践[J]. 集装箱化, 2020, 31(06): 1-5.
- [5]彭骏骏, 麦宇雄, 梁浩. 钦州港全自动化集装箱码头装卸工艺系统仿真[J]. 水运工程, 2022, (10): 181-184.