

全自动装车机与人工装车机的对比分析

蒋守业¹, 王武晨¹, 田飞², 李海峰³, 杨凡¹

(1. 国粮武汉科学研究设计院有限公司, 武汉 430079; 2. 华粹智能装备有限公司, 江苏泰州 225500; 3. 中粮佳悦(天津)有限公司, 天津 300452)

摘要:为实现油脂生产企业的自动化、信息化,提升工人的劳动生产率,改善生产环境,以华东某3 120 t/d豆粕打包车间为例,分别以全自动装车机与人工装车机进行装车,对比分析两种装车方式建设投资、人工费用、运营维护费用、增量投资收益率、增量投资回收期、费用现值等。结果表明:全自动装车机比人工装车机的5年总体拥有成本低了38.4%,每年能够节约人工费用82.0%,增量投资收益率达到53.4%,且投资风险较低,可节约企业运行过程中现金流成本。对于信息化建设程度要求较高,迫切需要解放劳动力,且持续运营在2年以上的打包项目,采用全自动装车机能够显著降低工厂的总持有成本及工人劳动强度,提高企业的信息化水平,加快货物周转速度。

关键词: 粕打包;全自动装车机;信息化;自动化;人工装车机

中图分类号:TS203; TS228 文献标识码:B 文章编号:1003-7969(2023)11-0132-04

Comparative analysis of fully automatic loading machine and manual loading machine

JIANG Shouye¹, WANG Wuchen¹, TIAN Fei², LI Haifeng³, YANG Fan¹

(1. China Grain Wuhan Science Research and Design Institute Co., Ltd., Wuhan 430079, China; 2. Hitrust Intelligent Equipment Co., Ltd., Taizhou 225500, Jiangsu, China; 3. COFCO Jiayue (Tianjin) Co., Ltd., Tianjin 300452, China)

Abstract: To realize the automation and informatization of oil production enterprises, improve the labor productivity of workers, and improve the production environment, taking the soybean meal packaging workshop of a 3 120 t/d processing capacity in East China as a case study, fully automatic loading machine and manual loading machine were used to package soybean meal, respectively. The construction investment, labor costs, operation and maintenance costs, incremental investment return rate, incremental investment payback period, and cost present value were analyzed and compared of the two loading method. The results showed that compared with the manual loading machine, the 5-year total cost of ownership of the fully automatic loading machine was 38.4% lower, and it could save 82.0% of the labor cost every year, and the incremental investment return rate reached 53.4%, the investment risk was low, and it could save the cost of cash flow during the operation of the enterprise. For packaging projects with high requirements for informatization construction, urgent need to liberate the labor force, and continuous operation for more than 2 years, the use of fully automatic loading machine can significantly reduce the total cost of ownership of the factory and the labor intensity of workers, improve the informatization level of enterprises, and speed up the turnover of goods.

Key words: meal packaging; fully automatic loading machine; informatization; automation; manual loading machine

收稿日期:2022-12-20;修回日期:2023-08-04

作者简介:蒋守业(1982),男,高级工程师,主要从事油脂与植物蛋白加工的工艺研究、工程设计和项目管理等工作(E-mail)cofco307@163.com。

随着社会的发展,劳动力的相对短缺和人力成本的大幅提高,劳务用工已经成为劳动密集型企业发展的主要瓶颈。在豆粕打包车间,传统的人工装

车方式效率低下,装车机必须在工人的操作下才能准确定位到所需位置,并由劳务工将 50 kg 或 75 kg 的豆粕袋码垛装车,导致成本高,且易发生安全事故^[1]。为了提高工厂的生产效率,解决用工难的问题,生产自动化、管理信息化和智能化逐渐成为趋势。现代粮油企业要求集约化、规模化生产^[2],这无疑要求生产、仓储、物流甚至市场销售各个环节紧密相连,同时要求生产管理科学、高效,设备/系统间自动协同,做到全面信息化、自动化、数字化,建立全自动装车机则是能够提供强有力的支撑措施之一。

全自动装车机是一种能够实现袋装物料全自动装车的设备,可以完全替代人工对多种包装形式的袋装物料进行装车作业,节省劳动力和劳动成本,提高装车效率。同时,全自动装车机还配备了智能管理系统,能够实现对产品规格、车辆信息、装载质量、装车进度等参数的实时监控,且无须人工干预。此外,全自动装车机还可结合仓库管理系统(WMS)和运输管理系统(TMS)两个智能管理系统,实现全自动创建运输订单、委托承运商、安排预约司机等功能,真正实现全智能、全自动、高效率的现代化配送体系^[3]。

1 人工装车机

人工装车机是一种物流运输设备,将袋装物料经过称重装置和辊道输送机输送到主输送皮带上,再由主输送皮带将袋装物料送入车厢中,最后再由工人将物料码垛摆放整齐。虽然相较于纯人工装车有本质的提升,但其仍然无法做到全程智能化、无人化,仍需要工人高强度、长时间的生产作业,容易发生人员和设备的重大安全事故,并且也无法与智慧工厂体系联动配合,实现全自动化和全智能化的管理与控制。

2 全自动装车机

全自动装车机是一种集成在汽车和装车平台之间的自动化设备,通过相互协同运作,代替人力和叉车,完成货物的全自动化装车,提高物流效率,降低物流成本。

目前,市场上已有成功运行案例的全自动装车机主要有3种形式:悬挂自动落包式、伸缩臂式和机械臂式。根据市场运行情况来看,目前这3种形式的全自动装车机各有优势,主要区别在于对安装环境要求不同。全自动装车机的特点主要包括以下方面。

(1)借助全自动装车系统,包括车身位置识别系统、垛形算法系统、自动装车控制系统,全自动装车机能够实现袋装物料的全自动装车过程,完全替代人工对多种包装形式的袋装物料进行装车作业,

同时节省劳动力和劳动成本,提高装车效率。

(2)实现工厂信息一体化。可以通过与WMS和TMS等智能管理系统无缝衔接,实现信息在企业的各个系统之间自动传递与接收,在生产、订单管理、供应商管理及物流等集成IT系统应用,实现工厂的整个价值链的自动化控制和管理,可实现中央控制室集中呈现相关生产数据,远程控制生产线和数据定向网络发布。数据在整个价值链中顺畅流动,使企业实现信息一体化,避免物流系统成为“信息孤岛”,对供产销全过程进行计划、控制和物料跟踪。

(3)全智能化,改善工作环境。全自动装车机具有快速且智能的装车能力,能够自动识别车辆类型、车厢尺寸等数据,实现自动定位、自动装车、自动码放等功能。操作工不需要进入车厢内工作,降低了生产事故发生的可能性,改善了工人的工作环境。

3 两种装车机方案的技术经济对比分析

以华东地区某公司3 120 t/d豆粕打包车间(年生产330 d)为例,分别以全自动装车机与人工装车机进行装车,计算各成本。通常豆粕打包包装规格为50 kg/包,一辆装车机每小时装600包左右,即单台设备物流量为30 t/h,满足运载量需要4.3台设备,考虑到实际白天的物流量大于30 t/h,因此乘上1.5的系数以满足峰值的运输需求,即7台。

(1)人工装车机

设备投资,12万元/台。

系统维护,电机、皮带、轴承、辊筒等易损件维护费用为5 000元/年。

设备能耗费用, $4.8 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times 330 \text{ d} \times 0.7 \text{ 元}/(\text{kW} \cdot \text{h}) \div 10\,000 = 2.7 \text{ 万元}$ 。

人工成本,码垛所需的工人由劳务公司提供,按照现市场价3.1元/t支付劳务费用,全年的人工成本为319.2万元。

(2)全自动装车机

设备投资,70万元/台。

人工成本,在全自动装车机作业的过程中,只需要人员值守查看掉包、破包的情况,通常1个人可以值守3~4台装车机,即每班需要2人值守,24 h三班共需要6人。每月人工成本为8 000元/人,年人工费用为57.6万元。

系统维护,电机、皮带、轴承、辊筒等易损件维护费用为5 000元/年,另外,自控配件3万元/台,质保期为3年,但通常可以使用5年,折算为6 000元/年,共1.1万元/年。

设备能耗费用: $14.8 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times 330 \text{ d} \times 0.7$

元/(kW·h) ÷ 10 000 = 8.2 万元。

二者的运营成本比较结果见表 1。

表 1 全自动装车机与人工装车机的运营成本比较

项目	全自动装车机	人工装车机
设备投资/万元	490.0	84.0
生产运营费用/(万元/年)		
人工费用	57.6	319.2
设备能耗费用	57.4	18.9
系统维护费用	7.7	3.5
合计	122.7	341.6

注:设备投资、设备能耗和系统维护费用均按 7 台设备进行计算

由表 1 可看出,与传统的人工装车机比较,全自动装车机能节约 82.0% 的人工费用。人工装车机的 5 年总体拥有成本(TCO)为 1 792.0 万元,其中人工成本就占到 1 596 万元,达到 TCO 的 89.1%。而相比之下,全自动装车机的 5 年 TCO 仅为 1 103.5 万元,比人工装车机低了 38.4%。

另外,传统的人工装车机在码垛方面完全依赖于工人的操作,工人工作强度高、工作环境差,存在重大安全隐患。而全自动装车机自动化程度高,工人工作强度较低,安全性和可靠性较高。

4 两种装车机的建设工程经济分析

4.1 增量投资收益率

增量投资收益率是指增量投资所带来的经营成本的节约额与增量投资之比,可以较好地反映全自动装车机的增量投资带来的收益率。其计算公式为:

$$R_{2-1} = \frac{C_1 - C_2}{I_2 - I_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中: R_{2-1} 为增量投资收益率; I_1 为投资额较小

方案的投资额,此处为 84 万元; I_2 为投资额较大方案的投资额,此处为 490 万元; C_1 为投资额较小方案的经营成本,此处为 341.6 万元; C_2 为投资额较大方案的经营成本,此处为 122.7 万元。

按照公式(1),可计算出全自动装车机的增量投资收益率为 53.4%,远高于油脂行业 8% 的平均投资收益率,具有较大的增量投资价值。

4.2 增量投资回收期

增量投资回收期($P_{i(2-1)}$)是指项目效果基本相同时,互斥方案经营成本的节约额来补偿其增量投资的年限。其计算公式为:

$$P_{i(2-1)} = \frac{I_2 - I_1}{C_1 - C_2} \times 100\% \quad (2)$$

按照公式(2),可计算出全自动装车机的增量投资回收期为 1.87 年,远低于油脂行业 10 年左右的平均投资回收期,说明该投资能够在较短的时间内收回增量投资成本,投资的风险较小。

4.3 费用现值

费用现值是将资金以基准收益率换算成设备投产初始时现值来分析比较的方法,对于一般的装车机来说,使用寿命多为 8~12 年,此处以 10 年为基准回收期,假设基准收益率为 5%。费用现值计算公式为:

$$C = \sum_{t=0}^{10} E_t \times \frac{1}{(1+i_t)^t} \quad (3)$$

式中: C 为费用现值,万元; E_t 为现金流出量,万元; i_t 为基准收益率,5%。

按公式(3)计算的人工装车机与全自动装车机费用现值比较见表 2。

表 2 人工装车机与全自动装车机费用现值比较

		万元											
类型	项目	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	总计
智能装车机	E_t	490.0	122.7	122.7	122.7	122.7	122.7	122.7	122.7	122.7	122.7	122.7	
	C	490.0	116.9	111.3	106.0	101.0	96.2	91.6	87.2	83.1	79.1	75.3	1 437.7
人工装车机	E_t	84.0	341.6	341.6	341.6	341.6	341.6	341.6	341.6	341.6	341.6	341.6	
	C	84.0	325.3	309.8	295.1	281.0	267.7	254.9	242.8	231.2	220.2	209.7	2 721.7

由表 2 可知,以 10 年的运营期为基准,全自动装车机的费用现值比人工装车机低 47.2%,能够较大地节约企业运行过程中现金流成本。

4.4 基于工程经济分析的结论

对于生产企业来说,更换全自动装车机的增量投资所带来的“超额”收益是非常可观的。仅从成本来看全自动装车机意味着更低的人工成本。而信息化系统的引入,能够通过详尽的指标体系,实时反

映企业的运行状态,将采集的数据形象化、直观化、具体化,带来许多不能货币化的收益,投入产出效益会优于本文上述分析结论。

5 结束语

虽然人工装车机设备本身价格比全自动装车机低,但是全自动装车机相较人工装车机每年能节约 82.0% 的人工费用。对于运营时间大于 2 年的
(下转第 152 页)

参考文献:

- [1] TRUMIC M, MAGDALINOVIC N. New model of screening kinetics[J]. Miner Eng, 2011, 24(1): 42-49.
- [2] LIU C S, WANG H, ZHAO Y M, et al. DEM simulation of particle flow on a single deck banana screen[J]. Int J Min Sci Technol, 2013, 23(2): 277-281.
- [3] ZHAO L L, ZHAO Y M, BAO C Y, et al. Laboratory - scale validation of a DEM model of screening processes with circular vibration[J]. Powder Technol, 2016, 303: 269-277.
- [4] 王中营, 任宁, 武文斌, 等. 基于离散元法的往复振动筛筛分效果研究[J]. 农机化研究, 2016, 38(1): 33-38.
- [5] DONG K J, WANG B, YU A B, et al. Modeling of particle flow and sieving behavior on a vibrating screen: from discrete particle simulation to process performance prediction [J]. Ind Eng Chem Res, 2013, 52(33): 11333-11343.
- [6] JAFARI A, NEZHAD V S. Employing DEM to study the impact of different parameters on the screening efficiency and mesh wear[J]. Powder Technol, 2016, 297: 126-143.
- [7] 郭晟, 吴永兴, 郭年琴. 组合振动筛筛面颗粒松散与分层仿真研究[J]. 机械设计与制造, 2018(3): 219-222.
- [8] WANG Y, YU J Q, YU Y J, et al. Validation of a coupled model of discrete element method with multibody kinematics to simulate the screening process of a swing - bar sieve [J]. Powder Technol, 2019, 346: 193-202.
- [9] 王豪东, 阮竞兰, 原富林. 基于 EDEM 的回转组合多层筛筛选过程的离散元分析[J]. 中国油脂, 2019, 44(6): 151-157.
- [10] 侯勇俊, 祝敬涛, 李华川, 等. 均衡运动旋转振动筛 DEM 数值模拟[J]. 化工学报, 2021, 72(5): 2706-2717.
- [11] LI Z F, JIA P Y, LI K Y, et al. Study on screening performance and parameter optimization of vibrating - dewatering screen [J/OL]. Adv Mech Eng, 2021, 13(9): 6580 [2022 - 08 - 30]. <https://doi.org/10.1177/16878140211046580>.
- [12] 阮竞兰, 武文斌. 粮食机械原理及应用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2017.
- [13] 张超, 张昊晨, 刘海芃, 等. 粮食并联双体多层组合清理机: CN114273223A [P/OL]. (2022 - 04 - 05) [2022 - 08 - 30]. <https://www.cnipa.gov.cn/col/col1510/index.html>.
- [14] 徐泳, 孙其诚, 张凌. 颗粒离散元法研究进展[J]. 力学进展, 2003, 33(2): 251-260.
- [15] 孙其诚, 王光谦. 颗粒物质力学导论[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [16] 刘凡一, 张舰, 李博, 等. 基于堆积试验的小麦离散元参数分析及标定[J]. 农业工程学报, 2016, 32(12): 247-253.
- [17] 刘凡一, 张舰, 陈军. 小麦籽粒振动筛分黏弹塑性接触模型构建及其参数标定[J]. 农业工程学报, 2018, 34(15): 37-43.
- [18] 孙延新, 王明旭, 张超. 小麦与输送机皮带接触参数的试验标定[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2021, 42(6): 113-120.

(上接第 134 页)

打包项目来说,使用全自动装车机的方案能使工厂总体拥有成本更低,能够降低企业整体的资金投入。在较好的经济效益的基础上,全自动装车机更能进一步支撑企业信息化、数字化系统建设,大幅提升企业物流现代化管理水平。此外,随着油脂产品的多样化和市场需求的增长,油脂企业需要提高生产效率和质量,降低生产成本和风险,实现精细化管理和可持续发展。全自动装车机可以实现油脂产品的全自动装车过程,不仅可以节省人力资源和物资消耗,还可以提高装车准确性和安全性,减少货物损耗和污染,提升客户满意度和品牌形象。同时,全自动装车机还可以与其他智能物流设备和系统相结合,实

现油脂产品从生产到仓储到配送的全链条智能化管理和控制,提高油脂企业的核心竞争力和市场占有率。

参考文献:

- [1] 张宏洲, 弯勇, 薛玉君, 等. 在线式袋装水泥智能装车系统介绍[J]. 水泥, 2020(12): 64-67.
- [2] 《“十四五”信息化和工业化深度融合发展规划》发布 [EB/OL]. (2021 - 11 - 30) [2022 - 12 - 20]. https://www.miit.gov.cn/gzcy/zbft/art/2021/art_299667fcdad2456f91313a8cd12fd4ee.html.
- [3] 梁施华, 鲁良山. 基于工业机器人智能袋装水泥装车系统[J]. 中国水泥, 2022(9): 89-92.