

石油储运自动装车综合风险防控研究

陈 岗 彭 军 彭光久

(中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司, 四川 遂宁 629000)

摘 要: 本文研究了石油储运自动装车系统, 通过对石油储运装车机械手臂、AGV 智能机器人开展自动对接现场进行适应性研究、择优选择 AGV 智能机器人作为自动对接设备。进一步通过对现有的 API 半自动干式接头、DDC 干式接头和油气回收阀进行探讨分析, 以及对管阀锁紧装置的密封效果进行验证, 择优选择 DDC 干式接头作为自动对接阀门。最后通过对自动连接设备设施的优选以及控制系统框架认定, 完成较为完善适用于石油液体智能充装的技术原理的研究定型, 形成石油液体自动标准化充装撬架构模型。本文内容充实, 全面介绍了人工装车以及当前自动装车系统优缺点, 优化了自动装车系统, 为石油化工自动装车提供了有益参考和新的思路。

关键词: 石油储运; 装车台; 自动控制; 工程设计

1 引言

油罐车在储存、保管和运输过程中必须遵守严格的安全事项, 以确保人员和环境的安全。包括但不限于控制可燃物、断绝火源、防止电火花、防止金属摩擦火花等。油气的装车过程则是安全生产的重点, 一般的人工装车方式由于其长时间的生产作业容易使人疲劳, 效率降低, 产线稼动率不足, 同时在装卸作业过程中也会产生大量数据, 这些数据无论对内部的生产管理、生产调度、效益评估, 还是对外部的付油计量的交割都是极为重要的。由人工统计装车生产数据, 也因此会造成数据的时效性差, 修订不及时, 易产生较大的误差, 全面影响后续的工作计划等。因此, 研发一款自动装车系统则是非常必要的, 不仅可以避免人工装车引起的误差, 提高生产效率的同时保证了装车过程的安全, 同时对于石油储运装车数据能够统一分析管理。

2 石油储运基础知识与关键技术

2.1 油气储运概述

油气田生产过程中的油气储运技术的应用, 将油气田生产的石油和天然气进行加工后存储在炼厂的储罐, 然后通过船运、火车运至指定城市, 最后用装油槽车运至各个加油站。一般来说陆地运输更多采用管道运输模式, 结合长距离管道输送的特点, 时效性好但灵活性较差; 陆运中铁路运输具有速度快, 运输不大受自然条件限制, 载运量大, 运输成本较低等优点, 但依然灵活性差。因此通常还采用公路运输的方式车等方式辅助运输, 其运输速度快, 特别在短途运输中,

比其他运输方式更为快捷, 同时装卸方便, 可以直接将货物装载到车辆上, 无需中转或转运, 方便快捷并能够根据需要提供点对点、门到门等多种形式运输, 故许多加油站从炼油厂购买成品油均采用公路运输的方式。

2.2 人工装车技术相关研究

目前各石化企业成品油运输主要有火车运输、输油管道输送、汽车运输几种方式, 其中火车运输和汽车运输都需要进行准确、安全、高效地装车作业流程。同时装车过程是成品油出现损耗问题的主要阶段, 因此在装车时, 应注意对损耗问题进行控制, 也需要对装车方式进行优化。传统装车过程中, 部分企业仍采用现场人员盯表的方式来进行装车作业, 这种方法引入了较多的人为因素, 一方面加大了职工的劳动强度, 另一方面存在人为操作带来的一些弊病。具体来说, 存在的不足主要如下:

现有的作业方式完成车辆的指挥以及装卸操作都处于手动操作状态, 由于车辆之间的差异较大, 现场作业中无法统一进行管理, 且操作水平更多的是依赖于操作人员的经验以及熟练程度, 操作过程中也缺乏友好的操作界面, 使得操作人员无法有效地了解现场信息而做出合理的决策, 需要操作人员极为集中注意力, 进一步增加了人员的劳动强度, 降低了作业效率。

液面检测通常为人工检测方式, 通过手工操作对容器内的介质进行实测检尺。人工检尺法是常用的油罐计量方式, 但存在一定的局限性, 其检测的方式会影响测量结果的准确度, 同时目前部分车辆灌装设备

并没有设定进行自动切断及油位报警等控制功能，容易导致多装、冒装等情况。

为了克服上述问题，需要设计一种自动化程度高、集成度高、安全措施全面的控制系统，提高装车速度，稳定装车速率，缩短装车时间，同时提高装车效率，使得装车过程不再依靠岗位人员现场观测、手动操作，降低岗位人员油气中毒、高处坠落等风险。因此，自动化装车技术应运而生。

3 自动装车系统设计与研究

3.1 自动装车技术的基本理论

自动装车装置系统装置包括了自动装车泵和应急停泵开关以及自动监控系统，进一步可通过远程值守装车控制系统，将生产出来的原油或加工好的成品油从新的储油罐直接自动打到罐车里。同时，生产运行中心能够通过监控系统全程了解原油装车详细情况，一旦出现问题，机器即可自动报警，通知相应的人员解决，既降低了安全风险，也实现了无人值守。相应的系统由上位机监控管理层、分布式控制层、现场检测执行仪表层组成，可以大致分为如下几个部分：

3.1.1 现场仪表

现场仪表是用于测量各种过程参数、执行各种控制指令或转换信号并实现通讯的仪表，一般由传感器、信号调理器、数据显示和存储器组成。其中传感器用于将被测量的物理量转换为电信号，主要有质量流量计等，通过信号调节器对传感器输出的信号进行放大、滤波、线性化等处理，再经过数据显示和处理后反馈给操作者；而执行机构又包含了如开关阀门、启动电机等设备组成，实现现场流量调节、阀门开关和流量检测等功能。

3.1.2 控制系统

控制系统与现场仪表相连，由仪表传回的数字信号结合控制系统的逻辑处理设定，可实现实时的监测和自动装车控制功能。独立运行时，操作人员可就地对装车参数进行设定或通过控制系统操作装车以及实时监视当前状态；联网运行时，质量流量计接收到的模拟信号转变为数字信号，与批量控制器中通过通讯电缆与控制层计算机相连，而后通过DCS系统将现场数据实时反馈给定量装车系统，再由经过该系统预先设计的控制逻辑运算后，下达控制指令，通过DCS系统发送到批量控制器，达到现场信息的闭环，便于集中管理。

3.2 下进式自动装车技术原理及工作流程

通过对现场作业条件进行操作习惯经验研究，并

对实际作业过程中出现的问题进行数字化处理并收集和分析，找到合理的规避的方法。同时在手动装车的基础上，以保证安全的前提条件下，经过不断的探索、钻研和模拟推演，在目前定量装车控制系统条件下，结合自动装车案例以及实际自动装车系统的使用，考虑到自动化机器人和视觉系统已经较为成熟，故提出了自动化机器人作业，3D视觉定位引导，自动控制系统结合定量装车系统来实现下进式自动装车。

自动装车机器人通过控制系统，将对接状态信号接入定量装车系统中，罐车停好后，在定量装车系统中输入罐车信息和需装入的量，启动定量装车系统，触发机器人进行鹤管与罐车对接装车任务，对接完成后，发出信号给定量系统，定量系统开阀装车。在装车系统管撬的液相管线上加装有切断阀和流量计，在DCS上设置定量装车系统。同时在DCS上增加装车累计流量超出装车量设定时报警和超出装车量设定值一定量时自动停装车泵的连锁回路。正常装车时，当装车流量累计达到设定值时，装车泵会根据设定要求改变装车速度和装车切断阀自动关闭，并发送信号给机器人，执行取管作业。当自控回路出现故障，装车切断阀未能及时关闭时，装车累计流量超出装车设定值一定量时，DCS会发出警报声音提示，此时操作员就可第一时间发现并通知现场人员迅速关闭装车手动阀门切断管路，联锁装车泵跳停。

3.3 关键技术分析与应用

3.3.1 机械手臂现场作业适应性分析

机械手臂是机械人技术领域中得到最广泛实际应用的自动化机械装置，能够接受指令，精确地定位到三维（或二维）空间上的某一点进行作业。由于目前石油液体充装采用车载下装工艺，现场需采用水平多关节机械手臂，通过其在执行终端加装X转动，Y转动与车辆装卸口的连接。手臂实现水平升缩动作需承受爪抓取工件的最大重量、手臂本身的重量以及发油撬上鹤管产生的拉力等，现场若采用机械手臂进行自动连接，建设成本高同时对充装场地要求高，不符合项目研究预期经济实用性要求。

3.3.2 AGV智能机器人现场作业适应性分析

AGV智能机器人一般由运载结构、车载控制板、安全性辅助设备、直流电蓄电池等部位构成。其工作原理如下：AGV智能机器人到达指定位置后，用AGV上校正杆与车上管口为参考进行校平，AGV车对接口与车上管口校平衡后，用相机采集车上管口坐标，XYZ微调坐标后对齐管口，进行管子对接，管子

压入到位后,启动锁紧卡扣,管子前后移动和感应器感应管子是否卡入到位,确认加注管卡到位后,启动加注,加注完成后,发出信号给AGV,AGV解开卡扣,退出管子,脱离接口,AGV移动到放管位,放置管子,AGV回到待机位置。因AGV设备自身进行了防潮、防腐蚀及防静电、防爆处理,可适用于野外露天环境,适应室外较恶劣天气。同时AGV负载能力可选值范围大,通过实验验证并确保将鹤管安全牵引至运输车辆装油口位置,本项目拟采用荷载100kg智能机器人。

3.3.3 自动对接阀门设计

对现有的API半自动干式接头、DDC干式接头和油气回收阀进行实装验证:目前油气矿使用的API干式阀为半自动阀门,油气回收阀的结构在安装对接时存在对接不好的风险,通过收到样品鹤管阀门验证,鹤管阀门在插入时测试约10kg的插入力度,插入时阀门头面无法保证100%平面贴合,存在一定角度,致使锁紧装置无法扣到位,特别是油气回收阀本身的就很难卡扣到位。技术难点:罐车装卸口阀头的安装位置无法保证在同一平面,无法保证管头垂直插入,每个管头因组装时会出现偏差,每辆车的管头偏移状态是不一样的,从而不能保证每辆车在同一姿态插入;槽罐车开到指定位置后,因车子的位置远近、高矮、角度每次停放相对于机器人有偏差,会导致插接时插不到位,无法锁紧;综上所述从管子的安装,罐车的停放、机器人的停放均会影响到管口阀门的对接,引入3D视觉定位后,也需考虑机械结构的配合。

3.3.4 管阀锁紧装置的模拟验证

对API干式分接头、DDC干式接头进行实装评估验证,当油气回收阀接头采用顶开接通后,卡扣锁紧,其对接力度需求较大,容易倾斜,存在卡扣困难,API干式分接头,插入好后,推杆锁紧后,若需打开顶阀,需加装多个机械结构和动力装置,DDC干式接头的机械动作最少,插入接头后旋转头扣即完成锁紧工作。验证结论:后期标准撬组采用DDC干式接头,可有效避免密封不严的问题。

3.3.5 充装流量控制系统

通过运输车辆自身雷达液位计实时液位信号反馈给中央处理器,中央处理器将不同容积罐体在各个液位区间合理的加注量信号反馈给定量加注PLC控制柜,系统根据设定的参数,控制转油泵前端电磁阀开度,实现合理的充装流速,有效避免溢罐现象。实现当插管不到位,不启动加注并报警;当中途管卡松动脱落时自行切断加注,并报警;当加注时车子或管子

异常移动到一定距离,并有拉掉管子可能时自动切断加注并报警;拉油车辆罐体出现溢罐信号时自动切断加注并报警;加注完成无法自动脱管或管子无法放置到位时报警等异常情况控制功能。

通过现场操作了解,现人工操作出现对接插入不畅,卡扣不到位,操作繁杂等问题,对于自研的接头拉杆底座滑牙、拧起来麻烦和插入卸水时偶有脱落难题,对其现有自研的接头进行优化,对其他站点标准的API干式接头进行优化更换成DDC干式旋转锁紧接头,避免在自动对接装车过程中的故障。

基于作业场景是在室外,外部光线强,对采用视觉引导定位对标的物无法抓取到正确的姿态特征,这也是目前自动化行业中需要采用此方式作业的难题,我们通过用遮光罩的方式与标的物位置区域形成相对独立的屏蔽空间,减少外界光线对标的物姿态特征抓取时影响。

将石油液体(含流体物)自动装车从目前有的顶上装车设计成下进式自动装车,既满足公司通知要求,也是关于石油液及化工领域自动化装卸车领域的原创性突破。

4 结束语

本文通过资料搜集及现场踏勘调研以及上装式自动装车系统无法满足下进式自动装车需求,研究采用自动化机器人作业,3D视觉定位引导,自动控制系统结合定量装车系统来实现下进式自动装车。避免了人为误操作时造成憋压、泄漏,安全风险,同时解决罐内液面波动大易触发防溢流误动作,造成充装不满以及罐内石油液体气化过快,放散气量大等安全隐患。开展智能充装工艺研究,建立规范的标准模块,有利于充装过程安全可控。也解决员工每日暴露在露天环境工作时间较长,劳动强度较大,提高充装自动化水平,符合“两化融合”发展趋势要求。

目前油气矿石油液体生产规模不断扩大,所辖站场装载需求增大。随着该项技术不断的成熟应用,后期拓展到多介质站点使用,将在排除安全,保护员工安全和减少劳动强度方面发挥巨大的作业,研究成果可在西南分公司乃至整个石油行业内部推广应用,市场前景广阔。

参考文献:

- [1] 张志强,刘沛华,赵鹏飞,等.原油装车作业静电危害预防装置的设计与应用[J].安全,2018,39(01):4.
- [2] 张振龙.关于石油化工设备安装工程的控制技术探讨[J].工程技术,2021(11):2.