

浅谈罐车油气回收阀的技术研究与应用

龚锁祥

常州凯鹏液流器材有限公司 江苏 常州 213000

摘要: 文章介绍了油气回收应用背景、罐式车辆油气回收阀的工作原理、应用场景及设计安全要求,提出了常压罐式车辆与化工罐式车辆油气回收阀设计参数和应用区别,揭示了油气回收装置的机理,为设计与产品安全提供新的思路和解决方法。

关键词: 罐式车辆; 常压罐式车辆; 化工罐式车辆; 油气回收阀; 油气回收组件; 设计代码; VOCs

众所周知,原油和轻质油品含有大量VOCs的轻烃组分,具有很强的挥发性,在开采、炼制、储运、销售及应用等过程中,由于受到工艺、技术及设备的限制,不可避免地会有一部分液态VOCs经组分汽化而逸入大气,造成严重的油品蒸发损耗。油品蒸发损耗问题涉及到石油、石化、装饰(油漆)、交通等诸多领域,已成为这些领域少量尚未治理的、人们投诉率较高的、急需解决的安全、节能、环保难题之一。

当前,国家有关部门越来越重视对油气污染的治理和油气回收技术的实施,并将其与清洁生产、资源利用、达标排放结合起来作为循环经济的重要工作。通过立法加强推动力度,仅2007年就连续颁布了多个具有强制效力的执行标准和规范。如:《储油库大气污染物排放标准》(GB20950-2007)、《油品运输大气污染物排放标准》(GB20951-2020)、《加油站大气污染物排放标准》(GB20952-2007)、《成品油批发企业管理技术规范》(SB/T10446-2007)、《成品油仓储企业管理技术规范》(SB/T10445-2007)、《成品油零售企业管理技术规范》(SB/T10390-2007)、《油气回收系统工程技术导则》(Q/SH0117-20070)、《环境影响评价技术导则》(HJ/T2.2-2007)、《油库、加油站大气污染治理项目验收检测技术规范》(HJ/T431-2008)等,非常有利于推动油气回收行业的发展、拉动油气回收产品的需求。

化工行业运输同样需要介质气体回收技术和标准的规范,来保证运输、装载的安全可靠性。近年来我国化工产业发生了巨大变化,化工园区的基地化、规模化正在加速,化工产业已经进入了一个全方位、多层次、宽领域的开发、竞争和发展的新阶段。我国已经有十余种主要石油化工产品的产量居世界前列,未来,我国将在

农药、涂料、染料、食品添加剂、胶黏剂、电子化学品及水处理剂7个领域重点开发新型高附加值产品,满足各产业需要。目前,全国已通过认定的化工园区达到695家,其中国家级化工园区71家,这些化工园区交通便利、产品靠近市场、园区内原料和产品相互配套、劳动力便宜、公用工程设施完善等,给投资者创造了比较好的条件,美、日、德等外资公司大量进入这些园区。精细化工和专用化工产品将成为新的增长点,“绿色化工”也将是我国化工产业未来发展的必然趋势。根据我国石油和化学工业协会预测,近年来我国石油和化工产业将以7%-10%的速度增长,将远远高于世界目前3%-4%的增长速度,我国石油产业额世界市场份额将逐年增大。危化品物流行业规模达2.2万亿元,其中第三方物流渗透率达40%。随着下游化工行业的快速发展,危化品物流市场规模不断提升,由2015年的1.2万亿元增长至2021年的2.2万亿元,近五年CAGR达到11%,据中物联危化品物流分会预测,预计到2022年行业规模将达到2.4万亿元,同比增速为7.6%。危化品行业运输总量持续增长,由2015年的13.6亿吨增长至2020年的17.3亿吨。由于危化品物流服务资质的稀缺、操作流程的高标准以及对运输车辆、船舶的高要求,专业的第三方危化品运输服务需求不断增长,第三方危化品物流市场规模由2018年的4225亿元增长至2021年的8000亿元,渗透率逐年攀升,由2018年的25%增长至2021年的40%。危化品运输的主要方式包括公路、水路和铁路,其中公路运输占比达到70%,水路和铁路占比分别达到22%和2%,公路运输占据危化品运输的核心地位,主要由于其具有机动灵活、可达性强的特点。从各类运输途径近年来运输量变化来看,2018年公路、水路和铁路运输量分别为12亿吨、3亿吨和1.3亿吨,而2020年三种运输途径运输量则分别达到12亿吨、4亿吨、1.3亿吨,可以看出道路运输和铁路运输增长均停滞,而水路危化品运输量则明显增长,

作者简介: 龚锁祥(1969年7月—),男,大专,机械工程专业,就职常州凯鹏液流器材有限公司,从事罐式车辆、箱罐配套安全附件的设计与研究。

或主要由于近年来沿海炼化产能一体化进程的加速,推动了沿海散装液体化学品船水运市场需求的持续增长,据交通运输部数据显示,2021年沿海省际化学品运输量约达到3650万吨,同比增长达到10.6%。

但对于化工介质运输罐式车辆来说,储运装载更为复杂,就液体类三类和八类常规而言品种近2000多种,随着全球环保意识的提升,化工行业面临着日益严格的环境法规和社会责任的压力,越来越多介质可以实现底部加载,同样需要介质气体回收装置,其安全可靠性能要求更高。气体回收技术的应用不仅能够降低生产成本,还能有效减少对环境的影响。通过气体回收,企业能够将生产过程中产生的废气转换为可再利用的资源,实现可持续发展。在化工生产过程中,常见的废气类型包括挥发性有机化合物(VOCs)、二氧化碳、氮氧化物等。因此,设计一套科学合理的气体回收方案,对于加强并提升化工运输、装卸过程的安全可靠性和提高化工企业的经济效益及环境效益都具有重要意义。目前罐式车辆对于介质气体回收也没有具体可执行国标或行业标准来真正满足设计需求,大部分仅仅还是参照以上原油或轻质燃油的一些标准,使得市场并没有规范,出现一些实际使用与设计不匹配问题。对于有实力的大企业应该进入化工罐储运行业,以大企业的实力、技术人才队伍、管理水平充实此行业,研究欧盟先行的执行标准,并建立一套完善可执行的团体标准或企业标准,改变化工介质罐车领域管理到位难、技术创新难、难形成规模的现状。

1 常用标准与产品功能

目前,所有罐式车辆使用的油气回收阀对应的国内外标准如下:

(1) 欧洲标准: EN 13082: 2008《危险货物运输罐——罐用辅助设备——油气回收阀》

(2) 中国标准: QC/T 1063-2017《道路运输轻质燃油罐式车辆——油气回收组件》和

GB18564.1-2019《道路运输易燃液体危险货物罐式车辆 第1部分: 金属常压罐体技术要求》

根据结构设计、危化品介质在道路运输过程、装卸料等要求,罐式车辆油气回收系统的主要功能至少包含一下要求:

- (1) 通过远程控制方式进行启闭操控油气回收系统;
- (2) 当油气回收阀在开启驱动力丧失或驱动部件失效时,应能自动关闭;
- (3) 当关闭时,能防止罐内介质从油气回收阀处泄漏;
- (4) 当打开时,油气能从阀门进出罐体;

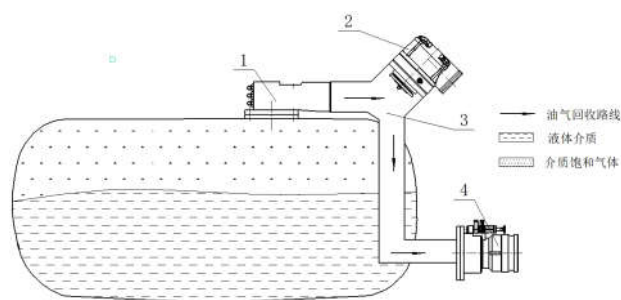


图1 罐式车辆油气回收示意图

1-油气回收阀 2-边板通气阀 3-油气回收管路
4-油气回收接头

油气回收系统用于装卸油时将油气密闭输入和输出罐体并进行回收的装置;包括油气回收耦合阀、油气回收阀、通气阀、气动联锁阀、密封盖、控制管路和连接管路等部件。

其工作过程与原理:底部充装时,预先开启油气回收阀和气动联锁阀,关闭边板通气阀,并通过油气回收接头及配套通气变径接头实现与库气体回收装置连接,让充装过程中产生的介质饱和气体通过油气回收阀及其管路回收至库内;底部卸载时,预先开启油气回收阀,卸载过程中空气通过边板通气阀进入罐体内,平衡罐内外压力。

2 满足启闭功能的要求

按照图2所示结构,是执行的标准QC/T 1063-2017,适用介质为轻质燃油,下面对阀瓣启闭进行受力分析:

那阀瓣开启的必要条件为公式: $P_1 A_1 + G > P_2 A_2 + F + f$, 因G和f比较小,计算时可忽略!

由此可进一步推算, $P_1 A_1 = P_1 \pi d^2 > P_2 A_2 = P_2 \pi D^2 + F$,

P_1 ——气源压力, MPa

P_2 ——介质饱和蒸汽压力, MPa

A_1 ——活塞作用面积, mm^2

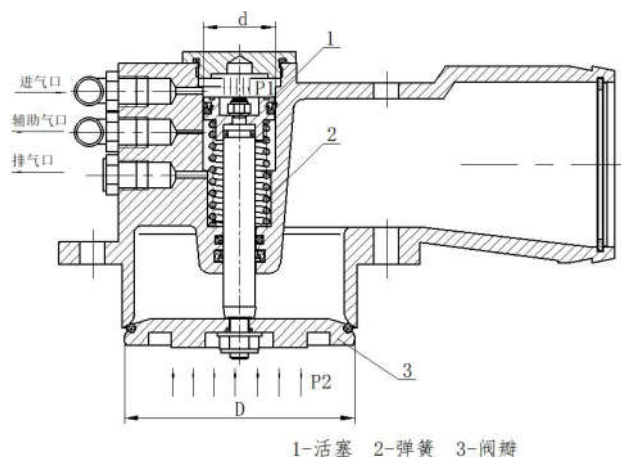


图2 油气回收阀结构图

A_2 ——阀瓣作用面积, mm^2

d ——活塞腔直径, mm

D ——阀瓣直径, mm

G ——阀瓣、轴及活塞组件自重

f ——活塞运动过程中的摩擦力总和

F ——阀瓣开启到最大位置时弹簧力, N

正常情况下, 按照标准GB18564.1-2019《道路运输易燃液体危险货物罐式车辆 第1部分: 金属常压罐体技术要求》设计的罐车, 设计代码为LGBF中第二部分关于计算压力为 G 时, 压力选取紧急泄放的最大压力值35KPa, 油气回收阀启闭的气源工作压力0.6MPa, d 取32mm(设计确定), D 取100mm(设计确定), F 取200N(设计确定), 那么由此具体可以推算:

$$P_1 A_1 = P_1 \pi d^2 = 0.6 \times 3.14 \times 16^2 \approx 482 \text{ (N)}$$

$$P_2 A_2 = P_2 \pi D^2 = 0.035 \times 3.14 \times 50^2 \approx 275 \text{ (N)}$$

$$P_2 A_2 + F = 275 + 200 = 475 \text{ (N)}$$

经过实际验算, 极限情况下很显然 $P_1 A_1 + G > P_2 A_2 + F + f$ 这个条件也是满足的。

3 无紧急泄放装置的油气回收阀的应用

在实际危化品罐式车辆运输使用过程中, 许多设计代码为L4xx, 不带紧急泄放装置, 适用危化品介质不同, 有些危化品介质饱和蒸汽压力远超上述35KPa的要求, 如按0.4MPa计算压力, 上述油气回收阀结构是不能满足启闭功能要求的, 简单地将油气回收阀材料改为与危化品介质相容的设计是片面的, 存在许多隐患, 事实上在实践过程中就发生许多危化品介质在充装过程中, 随着介质不断充装, 压力也在升高, 在流动气体的作用下, 最终将阀瓣关闭掉, 导致介质充装中止并超压报警, 由于各充装站点设备设施良莠不齐, 有的局部压力骤升甚至会超过人孔极限强度压力, 将快开式人孔盖体爆脱, 是比较危险的。

现有结构目前市场上都是内置式工作气室, 受阀体和通径的限制, 气室直径无法加大, 因此现有结构是不能完全满足这些设计代码L4xx危化品介质的要求, 可通过改进现有产品或重新设计来达到使用功能, 此款油气回收阀都采用不锈钢材质, 下面就通过具体方案实施说明应用, 如下:

(1) 改进现有结构:

改进结构描述: 如图3所示, 顶部增加了外置的加强气缸, 即增加了活塞腔直径 d , 实际增加到76mm, 气源取0.8MPa。

$$P_1 A_1 = P_1 \pi d^2 = 0.8 \times 3.14 \times 38^2 = 3627 \text{ (N)}$$

$$P_2 A_2 = P_2 \pi D^2 = 0.4 \times 3.14 \times 50^2 = 3140 \text{ (N)}$$

$$P_2 A_2 + F = 3140 + 200 = 3340 \text{ (N)}$$

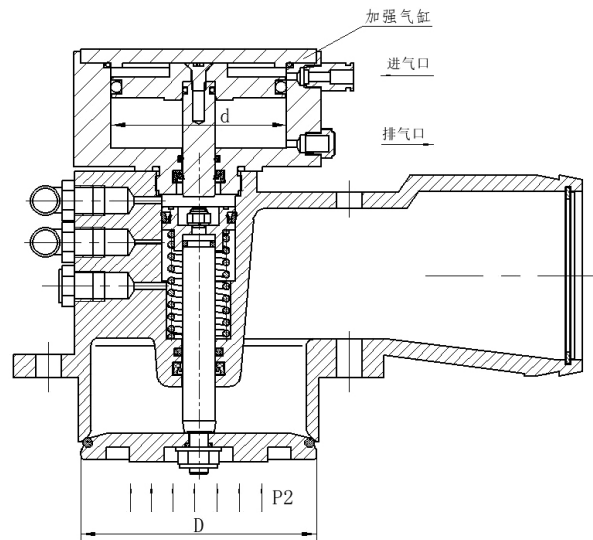


图3 油气回收阀改进结构图

经过实际验算, 极限情况下 $P_1 A_1 + G > P_2 A_2 + F + f$ 这个条件也可满足。

(2) 重新结构设计:

◎按照《油品运输大气污染物排放标准》(GB20951-2020) 4.1.3中的要求规定: 汽车罐车油气回收系统公称直径应为100mm, 油气回收系统能够将储油库向汽车罐车发油时产生的油气密闭输入油气处理装置。

◎参照QC/T 1065-2017《道路运输易燃液体危险货物罐式车辆人孔盖》4.4.4中的要求规定: 人孔盖上所安装的任何部件的高度不应高于人孔盖安装密封面150mm。

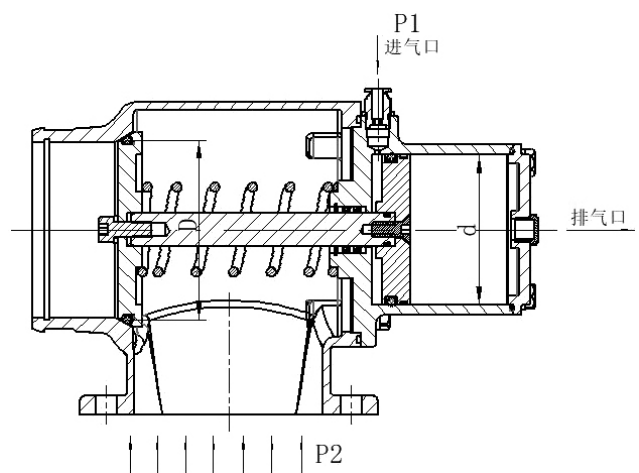


图4 油气回收阀新结构图

新结构设计优点:

(1) 调整为卧式工作形式, 降低安装高度;

(2) 增大通气直径DN100和活塞工作直径到80mm, 0.4MPa计算压力下完全满足启闭功能, 完全杜绝上述介质充装过程中产生的阀瓣关闭所带来的安全风险。

(3) 气缸总成设计成外置式, 避免内置式对通气量及气流的影响, 同时方便拆卸维修。

我们可以通过多种型式、多种结构方式的设计来满足实际使用要求, 也可以通过技术优化对现有现场产品改造, 来达到使用性能, 降低更换成本!

4 结论

为了深刻吸取实际装载过程出现压力升高引起的系列安全问题的教训, L4xx设计代码的罐式车辆必须对油气回收阀进行优化改进, 所有上述对其工作原理、受力分析及优化或重新设计作了详尽说明及充分论述, 为行业油气回收阀的设计、优化、可靠性及产品安全提供参考和依据, 同时也希望出台针对此款油气回收阀相关行业标准, 规范和统一!

参考文献

- [1]GB18564.1-2019《道路运输易燃液体危险货物罐式车辆 第1部分: 金属常压罐体技术要求》
- [2]QC/T 1063-2017《道路运输轻质燃油罐式车辆——油气回收组件》
- [3]QC/T 1065-2017《道路运输易燃液体危险货物罐式车辆——人孔盖》
- [4]刘昊阳.油气储运中油气回收技术的应用[J].化工设计通讯,2021,47(10):13-14+19.
- [5]郑斌,王胜功,杨春.油气储运中油气回收技术的应用与优化[J].石化技术,2012,28(07):65-66.
- [6]储旭.油气储运中油气回收技术的应用与发展[J].石化技术,2021,28(01):169-170.