

手动输油臂加装紧急脱离装置应用实例

李之尚 中海石油宁波大榭石化有限公司

【摘要】为适应新的石化行业规范要求，用于装卸甲A类和有毒介质的装卸臂均应加装紧急脱离装置，本文主要介绍手动输油臂如何加装紧急脱离装置，以及所加装紧急脱离装置的结构、设计特点、主要技术参数、安装注意事项、脱离工作过程等，为类似手动输油臂改造提供借鉴，为码头输油臂安全作业提供保障。

【关键词】紧急脱离装置；切断；单向阀；接头

【DOI】 10.12316/j.issn.1674-0831.2022.05.062

一、前言

输油臂紧急脱离装置是为适应输油臂安全生产的需要而开发的、能够在装卸现场出现紧急（失火、台风、过度漂移等）情况下，使输油臂和槽船自动快速分离的机构。在输油臂和槽船连接后，槽船过度偏移产生的压应力会损坏输油臂，输油臂的薄弱点开裂使输送的介质泄漏，造成环境污染甚至引发火灾事故；过度的拉扯会使输油臂倒塌，造成更大的安全事故。加装紧急脱离装置的输油臂对保护环境、避免安全事故起关键作用。

据新修订的石化行业相关标准的规定，用于装卸甲A类和有毒介质的装卸臂均应加装紧急脱离装置，通常输油臂用的紧急脱离装置采用双球阀结构设计，使用液压系统进行驱动和制动，是一套较为复杂的系统；而目前国内在役的早期生产的输油臂大多不具备紧急脱离功能，并且DN250以下的船用输油臂多为手动操作，改造成为液压驱动系统需要切割、焊接等动火作业，输油码头上动火作业存在较大的安全风险，输油管上往往不具备动火动焊施工条件；若把输油臂拆除运回制造厂改造，则涉及到运输、吊装等问题，不仅需投入的改造成本高，而且实施周期长，对在用码头实际生产作业造成较大影响。

2016年7月13日，浙江舟山某石化公司3#泊位停靠的一艘一千吨溶剂油空船，与输油臂TA909对接完毕后待装船作业。此时，一艘从3#泊位旁海域正往4#泊位停靠，计划装LPG，该船首次停靠此公司泊位，由于对潮流不熟，经验不足，操作不当导致刚蹭到3#泊位的溶剂油空船。致使溶剂油空船缆绳拉断，并把连接好的TA909输油臂拉坏，所幸输油臂未充油，未造成漏油的环境事故，但因该手动输油臂没有紧急脱离装置，导致输油臂拉伸变形而无法再使用，影响该类油品进出厂的装卸作业。

综合分析上述的各方面因素，手动输油臂加装紧急

脱离装置还是十分有必要的，本文主要介绍一种经过专门设计的紧急脱离装置，利用纯机械的原理对该装置执行拉断和关闭，并设计一种制动装置对脱离后的输油臂实施制动，避免脱离后输油臂重量失衡上扬，致使输油臂结构损坏或引起其他次生事故。该装置不需要液压动力，现场安装改造无需在输油管上动火动焊，是手动输油臂现场改装紧急脱离装置的可靠方案。2019年8月份，在浙江舟山某石化公司液化气输油臂上成功应用，国内尚属首次，为手动输油臂加装紧急脱离装置全面实施开辟先河。与德国同类技术相比，性能参数基本相同，但进口的成本是该技术的5倍多，并且紧急脱离装置的制造周期很长，需要提前一年准备，实施起来存在诸多不便，不利于实际改造。

二、紧急脱离装置的结构

该紧急脱离装置的切断阀内部通过内置弹簧来实现关闭的单向阀，使两端分离的拉力来源于输油臂本身，不需要电动或液压系统提供额外动力，采用的是双单向阀的整体结构，在外力硬拉应力达到设定值后，其上面的拉断螺栓会自行断裂，拉断阀脱开，分离成两部分，对应部分的单向阀自行关闭，避免工艺介质的外溢和泄漏。加装该装置的装卸臂具备了紧急脱离功能，紧急脱离装置的结构如下图1所示：

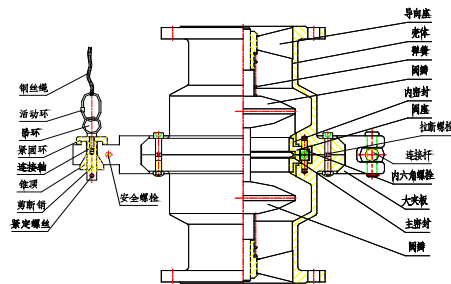


图1 输油臂用紧急脱离装置

紧急脱离装置总体由两个单向阀、夹紧机构、拉断机构三部分组成；单向阀主要由壳体、阀瓣、密封圈、密封座、导向座等组成；夹紧机构主要由夹板、连接

杆、连接螺母等组成，同时配装一组专用拉断螺栓；拉断机构主要由固定吊环、紧固环、连接轴、剪断销、锥顶以及钢丝绳、活动环、安全螺栓、固定环、导向管等组成。

三、紧急脱离装置设计特点

紧急脱离装置采用两级拉断设计，避免误动作现象的发生，整体运行安全可靠，既确保了脱离装置性能稳定，又能在输油臂出现超范围异常工况下准确拉断。

1. 阀瓣为陀螺形结构，密封端面的正反面均采用流线形设计，这样的设计有利于保障密封性能，减小输送介质通过阀体的压降，避免水锤冲击，在拉断动作发生时，迅速阻断介质泄漏。

2. 主密封材质设计根据输送介质不同采用PTFE或耐油密封胶条制成，安装固定在主密封座内。主密封座与密封圈的接触面采用内球面设计，其曲率设计与阀瓣密封面相同。该设计具有防火功能，即在发生火灾事故烧坏软密封的情况下，阀瓣与主密封座会形成金属硬密封，减少介质的泄漏量，给泄漏着火事故处理争取时间，避免事故的进一步扩大。

3. 夹紧机构是一级拉断装置：两半圆夹板一侧用连接杆与连接螺母相连，另一侧用夹板凸台部分与拉断机构连接，通过螺母调整两侧单向阀的连接和夹紧力。夹紧机构在连接钢丝绳未传递足够拉力时，保持夹紧状态，对二级拉断中的拉断螺栓有保护作用，避免输油臂在工作状态下，因振动、船体随潮水落差漂移引起的偏差应力，对拉断阀密封、拉断螺栓的疲劳影响，确保脱离装置可靠运行。

4. 拉断机构通过钢丝绳与输油臂内臂管或立柱相连，通过紧固环和夹板的凸台端连接起来。钢丝绳的长度小于输油臂内臂与外臂的最大展开长度，当槽船移动超出工作区时，钢丝绳即拉动固定吊环和连接轴移动，直到紧固环移出夹板凸台，从而开启夹紧机构，实现一级拉断。

5. 拉断螺栓组是二级拉断装置：拉断螺栓在拉力达设定值时屈服断裂，应力作用下两侧单向阀分离；随着单向阀的分离，阀瓣在内置弹簧的作用下复位，实现关闭，无论是输油臂端，还是槽船端都会自动关闭，阻断介质泄漏。根据拉断阀的大小及对应输油臂允许的外力作用大小来确定拉断螺栓的设计承受拉断应力。以规格DN200的手动输油臂为例：输油臂允许拉应力为40000N，紧急脱离装置的设计拉应力为36000N，分配到拉断阀每颗拉断螺栓上的拉应力为 $36000/8=4500\text{N}$ （该阀

共计8颗拉断螺栓），因此，拉断阀在DN200输油臂上的设计拉应力为4500N，满足二级拉断实际应用要求。

四、主要技术参数

1. 公称通径：DN80、100、150、200、250；
2. 公称压力：PN1.6、2.5、4.0MPa；
3. 设计温度： $-40\sim 200^{\circ}\text{C}$ ，超低温可达 -196°C ；
4. 缩径率：70%~100%；
5. 密封性：零泄漏；
6. 主要材质：304，304L，316，316L等；

根据工艺条件合理选择紧急脱离装置的主要部件材质，以应对工艺过流介质或环境因素对该装置的腐蚀等；对于有超低温要求的产品，壳体采用耐低温的奥氏体不锈钢；密封材料选用耐低温聚三氟氯乙烯，内衬弹性不锈钢骨架。

7. 使用性能特点：

(1) 紧急情况下能够使装卸设备自动、快速脱离，并通过两级拉断来实现脱离；

(2) 输油臂正常使用工况下不会“脱离”；

(3) 脱离后分开的两部分均能迅速阻隔介质外漏。

8. 使用温度：视所选用的软密封材料而定，见表1

表1 软密封材料温度参照表

材料	丁腈橡胶	氟化橡胶	聚四氟乙烯	聚三氟氯乙烯
使用温度	-40 ~ 120	-29 ~ 250	-100 ~ 250	-196 ~ 80

五、紧急脱离装置的安装注意事项

如图2所示为紧急脱离装置安装在输油臂上的示意图，该输油臂主要由立柱、输油臂主机、紧急脱离装置、脱离锁紧机构等组成：

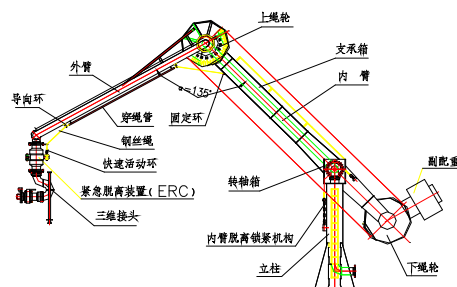


图2 紧急脱离型输油臂示意图

1. 紧急脱离装置安装在前端三维接头处，垂直安装，便于维护保养和复位，并减少工作状态的冲击力。

2. 紧急脱离装置安装在前端的三维接头后，相当于输油臂外臂前端增加了重量，需要计算对输油臂整体平衡的重量差影响值，通过增加输油臂副配重的重量来平衡外臂前端增加的重量，使得手动输油臂在与船方对接操作时轻便和方便，如果副配重调节螺杆有足够的余

量,也可通过调节副配重的力臂来平衡新增的重量。

3.拉断机构的钢丝绳沿外臂管底侧布线,一端与夹紧机构的吊环连接,另一端固定到内臂上,若外臂较长,为避免钢丝绳下垂,可加穿绳管托线,对钢丝绳进行方向引导。

4.夹紧机构的大夹板上设有安全螺栓,防止在非工作状态下误脱离。当输油臂与槽船完成对接后,需将该安全螺栓取下;在输油臂与槽船分离前需重新装上该安全螺栓,安全螺栓是夹紧机构的一重保障。

5.为防止发生紧急脱离后,因前端失重较大而造成内外臂张扬,需要在后端加装主副配重锁紧机构,在主配重盘、副配重板适当部位焊接吊环,在立柱适当部位焊接固定板,安装制动钢丝绳组件。该制动锁紧机构能在发生紧急脱离后迅速锁死输油臂,避免外臂带动内臂过快后仰,也便于船臂脱离后该装置的复位。

六、紧急脱离装置的工作过程

1.脱离过程

当随着靠泊的槽船与码头漂离的距离增大,使输油臂的内臂与外臂的移动夹角 $\geq 135^\circ$ 时,该夹角也是输油臂工作极限的设定值,钢丝绳即张紧并拉动吊环及连接轴,首先剪断剪断销、顶出紧固环,打开夹紧机构,发生一次拉断。此时脱离装置尚未分离,现场作业人员可采取紧急处置。当槽船继续拖动输油臂,拉力达拉断螺栓设定值时,拉断螺栓断开,发生二次拉断,使拉断阀两侧分离,达到槽船与输油臂迅速脱离的目的,两侧拉断阀的阀瓣在弹簧力和管道压力的作用下关闭阀门,避免介质流出。

2.复位过程

待油轮移到原泊位后,先把船上切断阀的对接法兰与输油臂上切断阀的对接法兰按原位对准,夹紧夹板,依次装上紧固环、连接轴、吊环等,然后拧紧连接杆,完成夹板的复位;最后装上新的拉断螺栓,完成拉断阀的复位。

3.现场条件允许的情况下,输油臂下绳轮的适当位置可以加装能够捕捉内、外臂夹角的接近开关以联通报警系统,提供脱离前的声光警示,提示控制室和现场作业人员,以提前作应急准备。

七、性能测试及结论

1.对成品紧急脱离装置进行壳体强度和密封性试验,结果均满足设计标准要求。

2.夹紧机构性能测试

通过试验验证,夹紧可靠,单向阀关闭到位,夹板

在设定拉力下脱开。

3.装配主机试验

通过装配主机试验,验证两端切断阀分离迅速,能够实现输油臂、槽船快速脱离;脱离后输油臂上的自锁装置能够对内臂、外臂实现有效制动,避免输油臂前端失重较大而造成内外臂张扬。

八、结论

通过在浙江舟山某石化公司液化气输油臂上的实际应用,性能可靠,达到紧急情况下自动脱离并且防止液化气大量泄漏的目的,满足了石化行业相关标准,用于装卸甲A类和有毒介质的装卸臂均应加装紧急脱离装置的硬性要求,为现役手动输油臂安装紧急脱离装置提供良好实践经验,若推广到其他手动输油臂上,安装紧急脱离装置不仅节约投资,而且在输油臂安全运行上也起到很好的保障作用,是一种经济而可靠的改造方案,值得在老旧化工品或油品码头的手动输油臂上借鉴。

参考文献:

- [1]伏广东,宋磊.输油臂紧急脱离装置的结构设计[J].中国电子商务,2012,11.
- [2]一种二级拉断紧急脱离装置及其适应的输油臂.连云港同春石化设备有限公司.实用新型专利,2019年6月.
- [3]冯其科,魏若苗,胡浩.输油臂紧急脱离装置结构原理及维保要点[J].港口装卸,2018.
- [4]韩会林,张圣康,孙兰萍.装卸臂紧急脱离装置的必要性及技术要求[J].中国石油和化工标准与质量,2013.
- [5]赵飞松.输油臂紧急脱离装置非正常脱离事件分析及预防[J].安全、健康和环境,2010.
- [6]冯是公,王大新,陈建新,郑志扬,赵洪斌.低温输油臂紧急脱离装置上切断阀的设计应用[J].机械制造与自动化,2007.
- [7]刘伟,冀晓辉.油品输送管路紧急脱离装置结构设计及计算[J].石油化工设备,2007.
- [8]潘海涛.装载臂紧急脱离装置(ERS)在油气码头上的应用[J].水运工程,2004.
- [9]刘伟,冀晓辉,宣征南,王大成.回转式紧急脱离装置的设计及其控制系统[J].机械设计与制造,2006.
- [10]宋磊,陈建新,王敏.切断阀在输油臂紧急脱离装置上的应用[J].阀门,2004.
- [11]刘伟,冀晓辉,王庆国.输油臂快速手动脱离装置[J].起重运输机械,2004.

作者简介:李之尚(1980-),男,壮族,广西来宾人,大学本科,中级工程师,研究方向:炼厂储运及静设备。