

长输管道中寰气液联动机构的功能及典型故障

韩步高 (国家管网集团西北分公司, 陕西 西安 710000)

周 亮 卢晓文 欧阳志敏 (国家管网集团西气东输分公司, 上海 200120)

摘 要: 本文全面讲解了长输管道中寰气液联动执行设备的构造、性能及运作原理, 对其在手动控制阀门、远程控制开关阀门及本地自动关闭阀门等各项工作环节的应用进行了深入解析。经过对长输管道中寰气液联动执行机构故障的深入研究, 本文总结出一套切实可行的解决策略, 为设备运维工作者提供了珍贵的借鉴。这一研究有助于提升设备维护的效率和效果, 确保管线的安全稳定运行, 同时也推动了设备国产化进程, 促进了国内相关产业的发展。

关键词: 气液联动执行机构; 拨叉机构; 就地; 故障; 维护

中图分类号: TE973

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 025-0085-03

Function and Typical Failures of Zhonghuan Gas-Liquid Actuator in Long-Distance Pipelines

Han Bugao (Northwest Branch of National Pipe Network Group, Xi'an Shaanxi 710000, China)

Zhou Liang, Lu Xiaowen, Ouyang Zhimin (est-East Gas Transmission Branch of State Pipeline Network Group, Shanghai 200120, China)

Abstract: This paper comprehensively explains the structure, performance, and operational principles of the Zhonghuan gas-liquid actuator in long-distance pipelines, providing an in-depth analysis of its applications in various operational processes, including manual valve control, remote valve switching, and local automatic valve shutdown. Through extensive research on the failures of the Zhonghuan gas-liquid actuator in long-distance pipelines, this study summarizes a set of practical solutions, offering valuable references for equipment maintenance personnel. This research contributes to improving the efficiency and effectiveness of equipment maintenance, ensuring the safe and stable operation of pipelines, while also advancing the localization of equipment and promoting the development of related domestic industries.

Keywords: gas-liquid actuator; fork mechanism; local; failure; maintenance

随着我国西气东输工程的不断推进, 气液联动执行机构在长输管道管线系统中显现出至关重要的地位。早期, shafer 厂家的气液联动执行机构被广泛采用, 但随着我国国产化设备的不断推广, 中寰等国产气液联动执行机构厂家逐渐占据了主导地位。为了更好地适应这一变化, 熟悉中寰气液联动执行机构的结构、功能及工作原理, 掌握其故障处理方法, 变得至关重要。

这不仅有助于提升设备维护的效率和效果, 更能确保油气输送管线的安全稳定运行。

1 工作原理

图 1 展示了长输管道上气液联动执行机构的工作机制。该机构在动力气源的推动或手动泵压力油的影响下, 将关气液罐的液压油注入执行器 1, 进而推动活塞, 使执行器 2 中的液压油流入开气液罐。活塞杆通过导向块和滑块的配合运动, 将直行程的运动转化为旋转运动由拨叉输出到阀杆 (图 2), 实现阀门的关闭; 开阀操作, 与之相反。

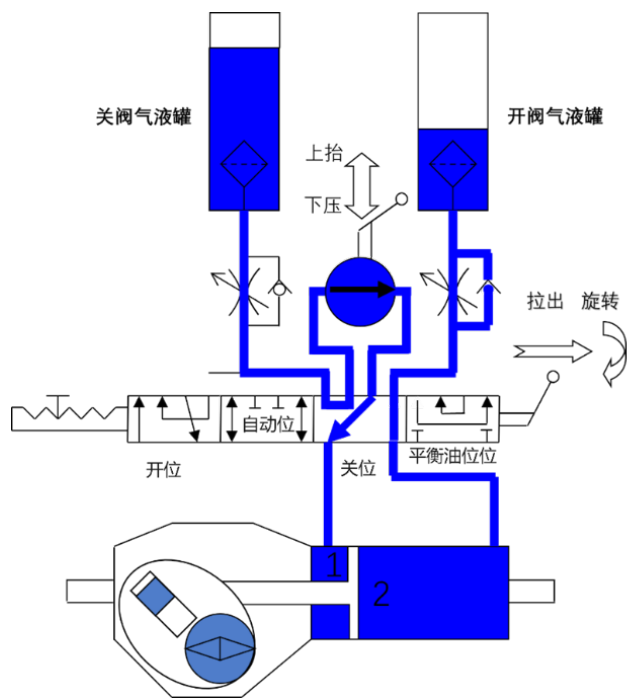


图 1 气液联动执行机构工作原理

2 基本功能

2.1 手动开关阀

2.1.1 手泵开关阀门

在操作手动泵的阀门时，首先要将控制阀门的手柄置于恰当的位置，通过换向阀将油路导引至相应的部位（如图2所示），从而实现油路的连通。借助液压手泵的推动，气液罐中的油量随之增减，进而引发拨叉部件旋转，从而达到控制阀门的目的。中寰气液联动执行机构配备有两种换向阀，分别为常规款和自动回位款。常规款为四位六通液压阀，如图2展示；而自动回位款则采用两个三位三通液压阀，如图3所示。

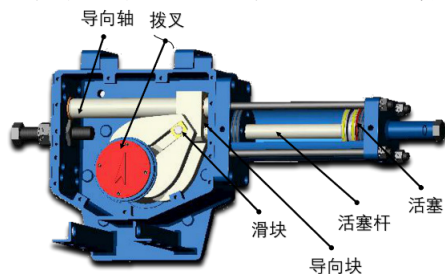


图2 拨叉机构示意图

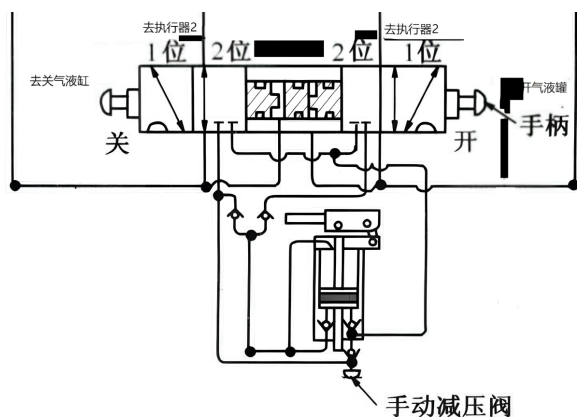


图3 自动复位型示意图

2.1.2 就地气动开关阀门

将控制阀门手柄置于“自动”模式，当气液联动执行器正常运作时，控制阀位置会被锁定，这意味着控制阀门不能进行动作。在气液联动执行器运作过程中，高压气体进入气液罐，从而将罐内液压油压向拨叉机构的无杆腔。这一过程推动活塞杆向左移动，进而驱动执行器的拨叉向左旋转，以实现阀门的开启。与此同时，液压缸的有杆腔内的液压油则返回气液罐。相反，高压气体进入气液罐，将罐内液压油压入液压缸的有杆腔，导致活塞杆向右移动，进而推动执行器拨叉向右旋转以关闭阀门。同时，液压缸无杆腔的液压油回流至气液罐。气动关阀时，按压气动模块上的关按钮，高压气作为先导气经过手柄阀到达主气路控制阀，开启主气路控制阀，高压气通过主气路控制阀

进入关气液罐如图4所示。反之，气动开阀时，按压气动模块上的开按钮，高压气作为先导气经过手柄阀到达主气路控制阀，开启主气路控制阀，高压气通过主气路控制阀进入开气液罐。

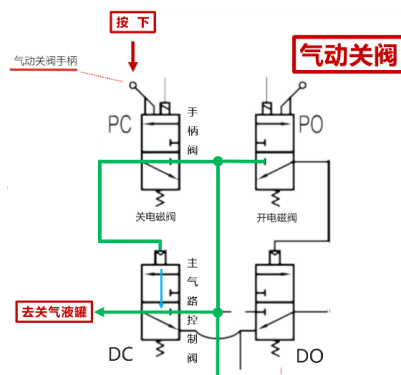


图4 就地气动气路图

2.2 远控开关阀

借助远程传输开关信号，同样能够实现阀门的开启与关闭。以关阀为例（图4），在远程调控下达关闭阀门的指令后，关电磁阀开启，高压气作为先导气经过电磁阀进入主气路控制阀，进而打开主气路控制阀。随后，高压气通过主气路控制阀进入气液罐，完成关闭阀门的操作。阀门到达全关位后，电磁阀失电，先导气被截断，主气路控制阀关闭，多余先导气从泄放口排出如图5所示。

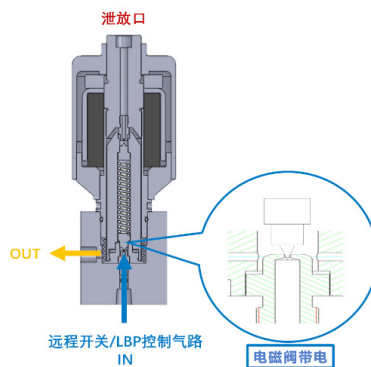


图5 开关电磁阀示意图

2.3 就地自动关阀

气液联动阀的核心功能是就地自动关闭，这种方式通过切断阀门，有助于预防和降低次生灾害带来的损失。它有两种动作条件。一种情况是，当管道压力低于或高于自控箱设定的压力范围，或压力下降速度超过设定值时，自控箱会发出关闭阀门的指令。另一种是接收到ESD动作命令，根据不同的使用场景选择不同的组合方式。两种动作条件都是通过打开电磁阀，导通先导气，从而打开主气路控制阀。另一路先导气到达复位阀，切断开阀先导气的气路，只有通过手动复位，才可将锁定的气路导通，如图6所示。

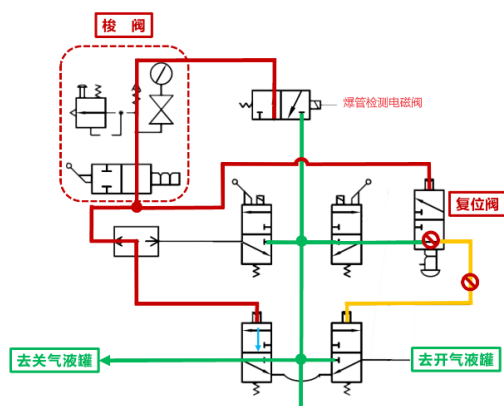


图6 爆管检测电磁阀示意图

2.4 ESD 或 LBP 动作后复位操作

气液联动阀在就地自动关闭后,需要恢复现场工艺流程,就需要对气液联动执行机构进行复位操作,恢复之前需要注意以下4点:①确定现场故障已排除后。②检查压力表是否显示压力。③按下复位阀。④操作执行器打开阀门。

3 常见故障与解决方案

3.1 就地无法气动开/关阀门

就地无法气动开/关阀门常见的原因有:①储气罐压力不足或阀门扭矩过大。处理方法:对气缸进行充压;对阀门本体及阀杆进行检查,必要时开展维护保养,使阀门开关灵活。②手泵换向阀位置不正确。处理方法:中寰气液联动执行机构与 Shafer 气液联动执行机构的手泵换向阀导向相反,因此在日常操作中,需仔细查看现场设备构造,调整至正确状态。③系统爆管保护或 ESD 动作以后未复位。处理方法:气动模块箱设有爆管检测 (ESD) 电磁阀复位手柄,当爆管检测电磁阀或 ESD 电磁阀动作时复位手柄弹起,关闭开/关阀先导气路。对手柄进行手动复位后才可对阀门进行气动操作。

3.2 电磁阀结冰造成阀门异常动作

新建管道由于吹扫不彻底,内部大概率会存有较多水汽,在低温下电磁阀阀芯积水结冰的可能性较大。由于开、关电磁阀及爆管检测电磁阀动作行程很短,仅为 0.3mm 左右,即使阀芯内存在少量积水结冰,仍会导致阀芯向上位移一段距离,致使电磁阀阀芯与喷嘴密封失效,先导气由喷嘴处持续排出,在电磁阀内不断聚集,先导气达到一定压力后,克服气动控制阀弹簧力,导通开/关阀气路,造成阀门动作。处理方法:①投产及试运行期间通过氮气瓶为气液联动阀储气罐补气,既保证了气液联动阀正常工作又避免了新建管道内水汽污物进入执行机构部件内部造成设备运行风险。②日常巡检过程中,增加对电磁阀打开防尘盖帽检漏工作,增加气液联动阀气路过滤器排污频次。

3.3 远程开、关电磁阀无法动作

远程开、关电磁阀无法动作的原因有:①接线错误。处理方法:按照电磁阀的正确接线方法进行连接。②供电电压低,线圈两端电压低于 $24\text{VDC} \pm 15\%$,或者线圈短路。处理方法:使用万用表测量线圈电压、电磁阀内阻,发现问题,对故障进行处理。③远程开关旁通按钮处于就地位置。处理方法:将远程开关旁通按钮切换为远程模式。

3.4 手动泵换向手柄未复位

手动泵换向手柄未复位的原因有:在作业过程中发现,操作人员操作结束后未将液压手动泵换向阀置于远程,导致无法远程开关气液联动球阀。处理方法:在完成手动液压泵操作后,一定要将换向阀置于远程/自动位置,并上好锁定销,才表示执行器操作完毕。

3.5 过滤网接头螺纹处泄漏

过滤网接头螺纹处泄漏的原因有:使用检漏液或者洗洁精水对卡套处进行喷洒,发现左图现象,则是螺纹处泄漏。将执行器内气体排尽,拆下卡套及配管,再拆除接头,将两连接部件 NPT 螺纹上剩余的生料带清除,重新用生料带缠绕接头 NPT 螺纹,并涂抹上螺纹密封胶 (1567),然后重装接头。(同适用于其他部件 NPT 螺纹连接处泄漏现象)。

综上所述,本文从天然气长输管道运行设备操作和故障处理的角度,细致分析了长输管道中寰气液联动执行机构的工作原理和常见问题。对于长输管道中寰气液联动执行机构的常见问题,如就地手动、气动及远程开关失效,以及阀门异常动作,我们对原因进行了深入研究,并给出了应对策略与解决方案。随着长输管道中寰气液联动执行机构使用范围的进一步扩大、运行时间的延长和问题样本的增加,我们将持续研究、不断探讨,丰富长输管道中寰气液联动执行机构故障处理方面的内容。

参考文献:

- [1] 朱坤锋,刘英杰.油气管道阀门执行机构研制与应用:气液执行机构技术条件 [M].北京:石油工业出版社,2013.
- [2] 中国石油天然气集团公司.气液联动执行机构安装及维护手册 [S].北京:中国标准出版社,2012.
- [3] 黄乐敏.流体传动与控制:气液联动执行机构国产化 [J].液压与气动,2014(5):12-18.
- [4] 汪世军.Shafer 气液联动执行机构功能与维护 [J].油气储运,2010,29(8):45-48.
- [5] 李明.天然气管道气液联动执行机构典型故障诊断方法 [J].油气储运,2018,37(5):12-18.