

# LNG接收站低温泵常见故障与处理探究

刘海涛

国家管网天津液化天然气有限责任公司

**[摘要]**现阶段,国际关系紧张,作为能源储备用,LNG更符合碳中和、生态环境保护战略需求。近些年LNG产业加速发展速度加快,布局扩大。在新能源行业不断推进和发展过程中加强天然气的有效应用至关重要。天然气的应用领域也在不断扩展,对天然气的需求量不断上升,为了满足不同城市天然气的利用需求,很多城市都开展了大规模的LNG接收站建设工作。对LNG接收站进行深入分析时,低温泵是接收站建设的重要设备,在LNG接收站运行过程中,低温泵发挥着至关重要的作用。因此,强化LNG接收站低温泵的研究和分析工作有重要意义。在研究中,需要根据LNG接收站低温泵中比较常见的故障开展有效的分析处理工作,才能确保接收站正常生产运行,并为LNG接收站低温泵的日常保养和维护提供可靠支撑。

**[关键词]** LNG接收站; 低温泵故障; 原因分析; 处理措施

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-6261.2020.03.730

## 前言

在LNG工业发展过程中,低温泵的应用优势比较明显,在低温状态下能够完全在液体中浸入,工作噪声比较小。电机不会受腐蚀和潮湿环境的影响,也不会因为温度变化而恶化,可以有效消除可燃气体以及空气接触的可能性,对保证低温泵的运行安全有重要意义。除此之外,在低温泵设计过程中,平衡机构也可以延长轴承的使用寿命,减少后期维修次数;叶轮以及轴承可以利用液体完成自润滑,不需要设计附加的润滑油系统;也不需要使用防爆电机。LNG低温泵在LNG接收站中的应用主要包含LNG大型储罐内低压泵和外输增压使用的低温泵。虽然LNG低温泵的应用优势比较突出,但是其在实际投入使用时仍然存在一些问题,导致低温泵出现故障,影响其运行效益。为了确保低温泵安全运行,需要加强故障分析和处理工作。

## 一、LNG接收站低温泵常见故障类型

### (一) 低温泵清洁问题

在低温泵运行过程中低温泵的进口管线如果在投产之前没有彻底吹扫,管线内部存在焊渣等残留,会冲破进口滤网进入泵罐内,导致泵内的部件出现折断或者磨损问题。例如在国内某LNG接收站低温泵运行过程中,进口滤网被全部损坏,进口的导流器、轴承、扩压器等都遭受一定损坏,维修费用几乎与新泵费用接近。从施工开始开展管线清洁和干燥工作是LNG接收站必须关注的重点内容。在低温泵使用后,也要对杂质问题进行全面检查,防止杂质进入泵罐内导致内件损伤,确保低温泵平稳运行<sup>[1]</sup>。

对低温泵及管道进行除水干燥清洁,露点要满足在-40℃以免低温泵及管道内残留的空气遇冷后结冰堵塞滤器及损坏低温泵内运动部件,导致低温泵故障出现。在LNG低温泵运行过程中,轴承磨损以及回转件损坏、轴承过紧或者过载、系统中存在外来介质等都会导致泵体在运行中出现振动故障。

### (二) 振动问题分析

在LNG接收站低温泵使用过程中,振动问题是比较常见的问题之一,而导致低温泵出现振动问题的主要原因包括以下内容:(1)安装精度不足,在安装过程中平衡装置调节环安

装间隙未按照相关要求设置,低温泵在运行中的轴向力不平衡,促使轴承磨损加剧,会导致低温泵出现剧烈振动。(2)振动检测系统出现故障、数据线信号受到干扰,系统获取的振动数据偏差或失真,无法准确掌握低温泵的运行工况。

(3)低液位运行问题。低温泵的运行液位比厂家要求的液位更低,在运行时出现汽蚀问题,导致泵内部零件损害,振动加大。(4)低温泵下入泵井底阀未能全部打开,低温泵坐落不稳,导致低温泵在运行过程中,在排出介质作用下导致泵体摆动,检测振动数据偏高。(5)泵的各运动部件不满足动/静平衡要求,导致低温泵运动过程中,速度越高震动越大。

### (三) 多泵同时运行问题

在LNG接收站低温泵运行过程中,多泵同时运行也会出现一些问题,例如远端泵罐液位面出现快速变化,下降速度加快,原因是多泵同时运行,造成低压总管末端液位供应不足的情况。可以利用先启用末端泵再顺序启动近端泵的方案进行操作。除此之外,在多泵运行过程中有一些低温泵无法启动,会对LNG低温泵的整体运行效果产生影响。在对某接收站的多个低温泵进行分析时,某一个泵的流量会突然变成0,此时出口压力出现急剧波动情况,导致出口管线单向阀也出现忽开忽关,并伴有巨大震响的问题<sup>[2]</sup>。

## 二、常见故障处理措施

### (一) 低温泵清洁问题的解决方案

在确保管路清洁彻底时,需要采取以下措施:

1. 在施工之前必须开展管路洁净度检验工作,并根据检验结果指定专项管路清洁方案,并根据方案开展管路清理,保证管路投入使用前的清洁度;
2. 在吹扫过程对管理阀门、滤器等易存杂志和水分不易吹扫清除的部件,建议拆除清洁的方式,确保整体管路的清理无死角。
3. 在投用前对进泵前管路、滤器、阀门进行吹扫、清洁、干燥,检测点露点达-40℃,确保投用后低温介质进入后产生冰晶,导致泵在投用运转中对部件造成损坏。
4. 在管路清洁问题解决过程中主要是端正态度,认识管路清洁的重要性,做好管路清洁方案、做好跟踪及监督检查等

工作，规避在实际投用中设备零部件大面积损坏的情况。

(二) 振动问题解决方案

为了有效解决在LNG接收站低温泵运行过程中的振动问题，需要采取以下措施：

1. 低温泵安装严格按照厂家技术要求进行安装，对与各部件间的间隙要求和各连接螺栓的预紧力，根据厂家的设计数据进行校对，以确保低温泵在侵入低温介质后，满足低温泵各部件材料冷缩后各运动副间的保持合理间隙值和各固定部件间的预紧力，达到低温泵的安全稳定运行。

2. 低温泵在设计安装阶段，为了避免低压泵的信号数据线受干扰而使采集传输信号失真，信号数据电缆要采用具有屏蔽作用的铠装自带屏蔽层的电缆。数据信号电缆与强电电缆要的铺设要分开铺设并还用有效的隔离。

3. 低液位导致低温泵，在储罐设计中都会设有液位监测及报警功能，定期做好检测设备的检测检验，确保人员能够有效根据储罐液位检测，提前进行预处理，一般不会造成低温泵由于汽蚀问题而导致设备的故障损坏。

4. 低温泵安装下泵为了确保低压泵能够完全坐落在底阀上并确保底阀全部打开状态，需要安装人员严格按照厂家维护手册要求，在不改变提泵吊装锁具和泵的结构部件的前提下，测量泵在下泵过程中的各阶段的泵称数据与首次安装的数据一致。如不一直重复操作，直至满足要求。

5. 在低温泵首次安装一定要对低温泵运动部件进行动平衡测试，在后期维护后如果对低温泵的运动件进行更换或机加工情况下也必须进行动平衡的测试工作，以确保维护后低温泵在高速运转过程中因不平衡力产生剧烈震动。

(三) 多泵同时运行问题解决方案

在对这一问题进行解决时，技术服务人员需要启动测试，观察多泵同时运行问题的实际情况。如果存在低温泵无法启动的问题，需要对该泵的流量、压力、电流等参数进行综合分析。例如，某LNG接收站低温泵运行过程中发现某一台低温泵无法启动。经过分析后，该泵的运行曲线偏离了特性曲线（图1），为异常状况。但是在该泵出现这种情况之前运行了72小时以上，运行参数与其特性曲线将符合。

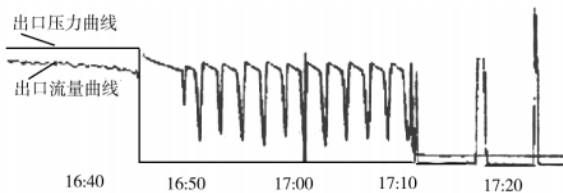


图1某低温泵运行曲线

由此可以看出，该低温泵并没有问题，主要是工艺设计方面存在问题。最后考虑该泵在张力弯后的第1根泵罐位置，可能因为其他泵抢量导致该泵供液不足。在对其进行解决时，启泵时，将回流调节阀开至100%之后，打开出口切断阀，缓慢开启出口手动控制阀，并缓慢关闭回流调节阀，流

量在匹配过程中可以保证出口压力，比高压总管压力更高，流量接近或者达到额定流量值，操作完成后该低温泵顺利启动。在停泵后再次根据这一方法重新启动，系统恢复正常运行。为了防止其他泵在运行过程中出现抢量情况，规定始终保持该泵流量为运行泵中的流量最大值，并对操作程序进行固化，解决了该泵的运行问题。除此之外，在对多泵进行抢量问题进行解决时，1. 在接收站设计阶段，在冷凝器的设计应满足多台高压泵同时满负荷运行的条件。2. 设计中要对低温高压泵的进出液总管道布置进行优化，确保不同安装位置泵流量分布的均匀性<sup>[4]</sup>。

三、其他故障问题与处理

在对LNG低温泵的故障进行处理时，还需要从以下角度出发对其他故障进行科学处理，保证低温泵的运行效益：

(一) 低温泵无法排出液体

导致这一故障的主要原因是低温泵的旋转方向错误。在处理时，需要断开电源后调换任意两根电缆即可。

(二) 低温泵的排出压力不能达到额定值

导致这一故障的原因可能是低温泵密封性不足、叶轮堵塞等。在解决该故障时需要更换密封环，并对阻塞的叶轮与导叶流道进行清理。

(三) 低温泵转速提升速度慢、电流值超出限值

这一故障的最可能原因是低温泵内部间隙受损、轴承磨损情况比较严重、转子出现故障。在解决故障时，主要根据具体的故障原因对原有部件进行更换。此外，需要检查电压，防止电压失衡。

四、结语

总而言之，在当前的LNG接收站发展过程中，一般是以进口LNG低温泵为主，多数泵的性能和质量都比较稳定。在使用过程中一旦出现问题，需要从多角度出发，对具体的故障原因进行分析，并根据掌握的原因提出有针对性的解决措施。此外，为了保证低温泵正常运行，还要对环境影响以及操作方法施工因素等进行综合考虑，可以对管道布置进行优化、加强管道吹扫监管工作、对操作程序进行调整等都能够在一定程度上解决低温泵的故障。

参考文献：

[1] 尹瞳. LNG接收站低温泵常见故障分析与处理[C]//中国燃气运营与安全研讨会（第十届）暨中国土木工程学会燃气分会2019年学术年会论文集（下册）. 中国土木工程学会；《煤气与热力》杂志社有限公司，2019。  
 [2] 王海. LNG接收站低温潜液泵应用[J] 云南化工, 2019。  
 [3] 尹瞳. LNG接收站低温泵常见故障分析与处理[J] 设备管理与维修, 2017, (07): 71-72。  
 [4] 潘晓骅. LNG接收站低温泵常见故障与处理探究[J] 化工管理, 2019, (29): 126-127。