

# 输油泵在长输油管道中的应用及故障分析

李屹晨 ( 中国石油大学 ( 华东 ), 山东 青岛 266580 )

**摘要:** 随着科学技术的发展, 除了传统的铁路和汽车外, 管道运输的范围逐渐扩大, 其优势日益显现。如果将长输油管道比作人体的血管, 则输送泵相当于长输油管道中的心脏, 为管道的输送提供动力, 是长输油管道的动力源。因此, 有必要对输油泵在长输油管道中的应用、发展和故障进行研究和了解, 本文就这些观点展开论述。

**关键词:** 输油泵; 长输管道; 应用发展; 故障分析; 维护

## 1 引言

在中国工业快速发展的过程中, 石油发挥了巨大的作用。在原油管道运输中, 输油泵主要包括: 齿轮输油泵、活塞输油泵、刮板输油泵。以最常见的齿轮输油泵为例, 探讨输油泵在原油管道运输中的工作原理和适用范围。

因为油泵特别容易发生事故, 所以讨论几种油泵的具体故障原因和故障分析原因, 研究油泵的故障也是非常必要的。

## 2 输油泵应用发展

### 2.1 国产输油泵

#### 2.1.1 国产输油泵发展历程

管道输油泵的国产化经历了以下几个阶段:

国产输油泵阶段 ( 1958-1983 )。我国从 60 年代末开始生产长输管道输油泵, 依托 70 年代东北地区“八三”输油管道, 输油泵的发展水平进一步得到了发展, 但总体来说, 限于当时的技术水平, 国内输油泵的效率和可靠性比较低。

引进消化吸收阶段 ( 1983-2000 )。改革开放以后, 在管道建设的现阶段引进了大量的国外输油泵, 企业掌握了国外优秀产品的使用特点, 对其进行消化吸收。国内企业参考泰森泵、宾汉泵等国外产品, 对国内产品进行了试制, 为后续本土化工作奠定了基础。

本土化发展阶段 ( 2000 年至今 )。现阶段, 国内相关研究机构加大科研力度, 不断投入人力和物力, 深入研究离心泵原理特点, 随着国内计算机、软件、机械、冶金等行业的技术进步, 在国家政策的推动下, 输油泵的国产化进程加快, 取得了很大的成就。依托全国几个大型输油管道站和输油管道线, 国内输油泵在工程中得到了成功开发和应用, 研制成功的 500kW 双额定工况下管道输油泵, 标志着我国输油泵已达到国际先进水平<sup>[1]</sup>。

#### 2.1.2 国产化输油泵发展

①采用一些先进制造工艺, 如蜡模 3D 打印、导叶整体铣削等, 设计出高效液压模型, 在输油泵的制造方面, 选用滚动轴承设计, 保证国产输油泵的高效可靠;

②为测试本地化油泵效果和额定效率, 根据单独制造和统一测试的原则, 组织多家油泵厂家使用测试平台和对比测试, 测试结果均达到标准;

③国内输油泵在多地输油管道稳定运行, 无论是效率和振动都达到了进口油泵的技术水平, 使我国输油泵的本土化实现了普及和应用。

截止目前, 已有 50 多台国内输油泵机组投入正常使用。

### 2.2 动态规划法和相似理论的输油泵系统调配优化

油田外输油系统存在以下不足: 要么产量不稳定, 要么产量较低, 输油站内的各种也会出现状态不饱和, 以及费用太高等。

此时, 就要对离心泵的性能进行转换, 原理是利用离心泵的相似理论, 在综合考虑调速、切割叶轮等改变泵性能曲线方式的条件下, 建立了基于动态规划法的输油泵站泵机组运行组合的数学模型并进行了泵站内泵的调配优化。

考虑调速、切割叶轮等泵性能曲线模式变化的情况下, 建立基于动态规划方法的输油泵站泵机组运行组合数学模型, 进行泵站内的配泵优化。该数学模型的研究可以有效地降低能耗, 节约运行成本, 为油泵系统的优化提供了实践指导。

离心泵的相似设计和性能转换的研究和实践, 是完全利用相似理论进行的, 通过改变泵特性曲线, 使泵机组的运行处于最佳工作状态, 从而降低能耗和节约成本。

改变泵的转速、叶轮的几何参数和泵的叶轮级数

等,可以有效改变泵特性曲线方式,在实践中,要注意筛选,充分考虑各种方法的可行性<sup>[2]</sup>。

### 3 输油泵在长输油管道中的故障

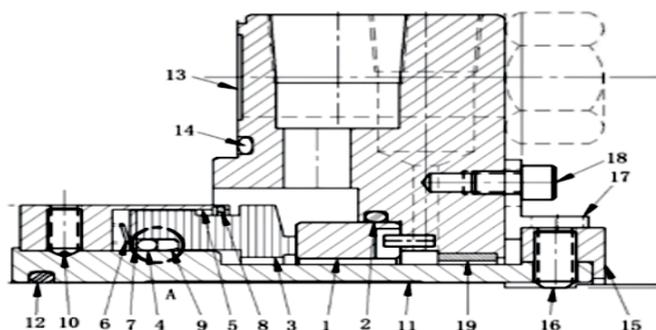
我国长输管道输油生产中使用最广泛的是离心式输油泵,具有范围广,结构简单,运转可靠和维修方便等很多优点。由于输油工作持续不中断,输油泵工作环节复杂,导致输油泵工作过程中频繁出现故障,输油泵的故障和维护至关重要。

比如输油泵电机会产生振动,输油泵监测仪器表就会产生变化,出现频谱异常现象,输油泵电机运行过程中,部件与部件之间会产生不同的故障,比如,在输油泵运行状态时,产生振动故障,自身的振动频率会处于中频段,出现松动、不对称等问题,影响到输油泵的稳定运行。如果离心泵的平衡方面不够好,内部转子就会产生振动,影响轴承的使用寿命。气蚀的现象会导致泵内的流量减少,影响效率,严重的后果是造成叶轮的损坏。

在石油化工装备中,泵涉及能量形式的转换,工作中出现的各种故障如异常振动、漏油等会影响正常油料运输,影响生产秩序,更会给现场带来火灾爆炸隐患,要及时检修排除各种故障。

#### 3.1 双端面机械密封结构及常规故障

8B1HH 机械密封结构如图 1 所示,补偿机构位于动环上,动环随泵轴旋转并参与轴向补偿,即动环为补偿环,适用轴径范围 25~115mm,温度 5~30℃,介质为汽、柴油,转速 0~3000r/min,配置 Plan31 自冲洗系统及 Plan65A 泄漏收集报警系统<sup>[3]</sup>。



- 1- 配合环 (SiC); 2-O 型圈; 3- 补偿环 (石墨);  
4-O 型圈; 5- 传动套; 6- 弹簧; 7- 推环; 8- 卡环; 9- 挡环;  
10- 顶丝; 11- 轴套; 12-O 型圈; 13- 端盖; 14-O 型圈; 15- 驱动环;  
16- 顶丝; 17- 定位片; 18- 定位片螺母; 19- 节流衬套

图 1 8B1HH 机械密封结构

补偿环由多个弹簧支撑安装在动环座内,冲洗口

位于静环座上方。机械密封典型的故障:造成二次密封失效,密封件温度升高,容易磨损,精度降低,容易被高速介质冲刷等。

对于输油泵来说,根据工作原理,其运行过程会产生有规律的振动现象,尤其是离心输油泵,其振动规律十分明显,输油泵如果出现异常,其振动会显著变化,振动幅度增大。因此工作人员可以通过检测输油泵的振动幅度来判断操作是否正常。如果在输油泵安装过程中施工人员违反规定,没有严格按照规范要求执行各项工作,在输油泵运行过程中很有可能发生泄漏,此外输油泵运行压力过大也会导致自身性能失效。因此,石油企业不仅要做好油泵安装的控制工作,还要对油泵的油压和转速进行管理,避免发生较大的变化,采用有效的综合运行系统,避免油泵出现异常问题。

因此,输油泵的安装有比较严格的规范和标准,如果工作人员没有按照技术体系安装输油泵,在安装完成后可能会不启动输油泵。通常情况下,输油泵一旦出现空化问题,其流量将大大降低,同时产生异常噪声,同时输油泵的叶轮结构将受到破坏。工作人员可以根据转子的运行情况来判断输油泵的安装是否合理,他们可以利用特定的技术手段和设备来测量转子的振动和变化,避免输油泵由于转子结构的损坏而正常运行。

#### 3.1.1 常见故障的分析<sup>[9]</sup>

原因	处理
1. 端面比压太小	1. 加大弹簧压缩量,增加比压
2. 动静环受热裂开	2. 更换材质、改进结构
3. 端面进入杂质,端面会磨损	3. 改双密封
4. 双端面封液出现泄漏	4. 增大封液压力
5. 失去动环浮动	5. 改进结构,可用软水做冷却液

#### 3.1.2 轴向泄漏分析及维护<sup>[9]</sup>

原因	处理
1. 辅助密封圈过紧、过松	1. 选择合理尺寸
2. 橡胶密封圈破损	2. 减小间隙,更换新密封圈
3. 密封材料耐热、耐蚀性不好	3. 更换合格材料
4. 密封圈安装不到位	4. 正确安装,注意方向
5. 密封圈损伤、不合格	5. 仔细检查

### 3.2 噪声分析与诊断

采用理论与实验仿真相结合的方法,以油泵机组的整体运行噪声为研究对象,以分类噪声的特征谱分布和幅值相对比例和声级重要性系数为参数,系统研究了油泵机组的健康状态分析和故障诊断标准,以期探索出一种新的基于运行噪声分析的油泵机组故障诊断方法。

具体研究内容如下:

从输油泵机组的组成和工作原理分析出发,通过时域分析、频域分析和声级分析,建立了噪声源的识别和提取方法,建立了噪声源声特性信息与自身健康状态的关系,提出了描述原油粘度与相应含水率与原油传输温度关系的数学模型<sup>[4]</sup>。

根据多点声源近场混叠效应,系统分析油泵机组整体运行噪声的形成机理和特点。通过对生产现场采集的输油泵机组整体运行噪声的大量数据样本的分析,建立了描述离心泵和电机两种独立噪声源声学特性的优化数学模型<sup>[5]</sup>。

在分析油泵机组健康状态和典型故障诊断的基础上,系统分析了故障的产生机理及其噪声变化特性,重点研究了故障变化噪声特性的识别和提取方法,实现了油泵机组 13 种典型故障的区分和判别<sup>[6]</sup>。建立附加噪声特征的识别提取方法,构建附加噪声特征与故障状态的关系。

研究了原油流体的非线性动态附加噪声特性和环境背景的噪声识别和滤波方法,优化了电机和离心泵的声学特性描述模型<sup>[7]</sup>。

基于 LabVIEW 虚拟仪器技术,研究了输油泵机组整体运行噪声的远场信息采集和点声源定位方法。主要研究了单元作为声源在远场点的位置和检测算法;提出了油泵噪声源远场定位与运行噪声近场采集分析相结合的故障诊断方法<sup>[8]</sup>。

噪音分析及维护:<sup>[9]</sup>

原因	处理
1. 泵和电机不对中	1. 校正电机
2. 泵轴发生弯曲	2. 对泵轴进行校直
3. 叶轮腐蚀或磨损	3. 更换叶轮
4. 产生磨擦	4. 检查并消除磨擦
5. 接触部位松动	5. 紧固各处螺栓
6. 发生气蚀现象	6. 调节泵,在规定的性能下运行

### 3.3 其他故障分析与维护

#### 3.3.1 不上量的原因分析及维护<sup>[9]</sup>

原因	处理
1. 注入液体过少	1. 注满液体
2. 吸入管内有存气或漏气现象	2. 排除空气,漏气处检修消除
3. 吸入高度超过范围	3. 降低吸入高度
4. 管路内阻力过大	4. 清扫管路
5. 有杂物堵塞	5. 检查后及时清理

#### 3.3.2 流量不足或扬程太低<sup>[9]</sup>

原因	处理
1. 管路、吸入阀发生堵塞	1. 检查、清扫
2. 严重磨损或者腐蚀	2. 清理或更换
3. 叶轮密封环磨损,间隙大	3. 更换
4. 吸入管漏气	4. 消除漏气

## 4 总结

输油泵作为长输油管道的动力源,在长输油管道中应用日益广泛,此外输油泵需要不断提供动力,因此也极易发生故障,因此研究了解输油泵的故障是非常有意义的。除了通过非接触噪声对泵的故障位置进行诊断外,还有很多诊断方法,如时域指标波动检测法、故障隔离诊断法、频谱分析测试法、时域波形检测法、脉冲检测法、时域指针方向比较检测法等。

### 参考文献:

- [1] 李柏松,杨晓峥,苏建峰,谭东杰等.2500kW 级管道输油泵的国产化研制及应用 [J]. 油气储运,2017,36(8):5.
- [2] 张天一,成庆林,黎志敏,等.基于动态规划法及相似理论的输油泵系统调优 [J]. 西安石油大学学报:自然科学版,2020,35(3):9.
- [3] 张明,胡旭,朱英斌,等.西部成品油管道输油泵双端面机械密封的研发及应用 [J]. 油气田地面工程,2021(11).
- [4] 韩继生,黄立文.三相异步电动机电磁噪声电磁设计参数及细化谱特性分析 [J]. 哈尔滨电气工程学院学报,1988,11(1):11-17.
- [5] Marila Selada,Ren-Vianio Sanchez,Chuanli. Summary of data-driven fault severity assessment in rolling bearings [J].Mechanical system and signal processing,2018(99):169-196.
- [6] Chen Lu,Wang Zhenya,Zhou Bo.Intelligent Fault Diagnosis of Healthy Classification Rolling Bearings Based on Hierarchy Convolution Network [J].Advanced Engineering Information,2017(32):139-151.
- [7] Jacek Dybala,Radoslaw Zimroz.Diagnosis method of rolling bearing based on empirical mode decomposition of machine vibration signs [J].Applied acoustics,2014(77):195-203.
- [8] Takahashi I, Noguchi T.A New Quick-Response and High-Efficiency Control Strategy of an Induction Motor[J].IEEE Trans.on Industry Appl.a, 1986,22(5):820-827.
- [9] 赵海东.浅析机械密封泄露和机泵振动大故障的原因与处理方法 [J]. 中国科技博览,2011(16):1.

### 作者简介:

李屹晨(2002-),男,汉族,甘肃张掖人,大学本科,油气储运工程专业。