

液体长输管道泄漏风险分析及应对措施研究

李国辰 谢红鹏 (国家管网集团北方管道有限责任公司, 河北 廊坊 065000)

摘要: 随着石油资源应用范围的拓展, 石油运输难度越来越大, 其中长距离运输是石油运输工作中的重难点之一。为了满足日益增长的市场需求, 我国建设了众多的石油长输管道, 这些管道遍布于城市以及乡镇等各个地区, 布局十分复杂, 再加上管道所处环境有的也十分恶劣, 难免在长期运营过程中会发生一些管道故障, 甚至会因为人为因素破坏而影响管道的正常使用。基于此, 做好液体长输管道泄漏风险分析及应对措施研究对于管道安全运行管理工作就显得十分的必要。

关键词: 长输管道泄漏风险; 应对措施

1 液体长输管道输送技术简介

在目前的密闭输送的液体长输管道日常的运行管理中, 普遍实行调度的统一管理, 任何一个站场或者站间管道工况发生变化都会影响到全线。为了保证全线均衡, 各站间需维持基本相同的流量, 为了协调全线工况, 保证安全平稳输油, 实行调度统一管理, 统一指挥全线运行。

1.1 思考运行制约条件

液体管道运行过程中运行制约条件, 包含管道地形、泵站调速电机转速调节制约、调节阀阀位调节制约以及启停泵调节制约; 翻越点制约、泵站压力上限与下限制约。强度制约便是管道全线动水压力需调整在一定范围内, 热力制约便是管道要遵循降温规律, 水力制约便是管道遵循管道压降理念。

1.2 设置全线最佳压力配置模型

所谓最佳的压力配置模型即最佳配泵方案。对于密闭输油管道来说, 在管道项目的设计阶段, 设计人员就已经根据输油管道的压能损失、管路特性等确定了输油泵站的数量及地点, 并且对每个泵站输油泵的数量及其特性做出了选择, 所有的这些是不受后期运行调控人员的意志所转移的。

1.3 设置全线最佳热力配置模型

对于高凝原油来说, 由于其高凝点的特性导致必须采用加热输送工艺来输油。而热力设备就成了重要的生产设施组成部分。他主要的作用就是为输送原油加热, 并补充原油在长输管道输送过程中的热力损失, 维持管束油品油温在凝点之上, 以改善油品的流动特性, 为了保证管道的安全运行, 避免凝管事件的发生, 同时也在一定程度上降低了管道的沿程摩阻损失, 节约电力。

1.4 输油管道工况的调节

输油管道工况的调节就是通过改变管道的能量

供应(改变泵站特性)或改变管道的能量消耗(改变管路特性), 使之在给定的输量下达到新的能量供需平衡, 保证管道不间断、经济输油。其中改变泵站特性的方法有改变运行泵站数或者泵机组数、调节泵机组转速、更换叶轮。改变管道工作特性的方法有改变出站调节阀的开启度, 人为的改变局部摩阻。后一种方法通常适用于泵机组不能调速时小范围的调整输量。这种方法操作简单, 但是能耗浪费严重。

1.5 批次界面跟踪及混油处理

成品油管道和部分原油管道运行当中存在不同的油品批次顺序输送。这就要求我们必须实时的掌握好混油界面部位, 以便于末站及时的进行混油界面切割。以免发生混油安全事故。对于成品油顺序输送来说, 批次见面的跟踪与监测是尤为重要, 最为常见的监测工具便是光学界面探测仪器以及密度计, 两者互有优缺点。光学界面探测仪有较大灵敏度, 尤其是和监测密度比较接近的界面, 清晰化的分析曲线变化规律, 然而其受成品油含杂质程度敏感, 极易出现误差。而密度计相对来说就会好很多。密度计可精确的对不同密度的油品加以区分。成品油顺序输送管道内的监测更依赖于运用此项工具, 然而密度计对密度差指数比较小的媒介而言, 监测成效不够显著。最近几年把密度计与光学界面探测仪互相结合, 把探测仪设置在进站之前的500m或1000m管道中, 以完成成品油进站之前状态监测, 而通过两种仪表的密切配合, 准确得到检验的信息。

管道终点实际混油量直接取决于混油段切割密度之, 所以必须全面挖掘输送油品的关键指标潜力, 制定出最优的混油头与混油尾的切割浓度, 这样才能最大程度的减少混油量, 提高管输效益。

2 长输管道在前期工程建设阶段存在的潜在泄漏风险

2.1 输油管管材问题

输油管的管材在石油运输过程中非常的重要，如果管材使用不当就会为整条输油管道带来安全隐患。虽然石油企业在施工中比较严格的控制管材使用质量，但是根据调查近几年的石油管道泄漏有一部分就是输油管管材使用不合格，有的管材没有达到国家的质量标准，这就使管道在运行一段时间后就出现因管道管材质量问题而出现石油泄露的风险。

2.2 施工质量问题

在发生的石油泄漏事故中，因管道项目施工质量因素的事故占总事故的 28%~32%，充分说明管道的施工质量是造成长输管道泄漏事故的重要因素。现阶段，长输管道的主要材质是无缝钢管或直缝钢管，在一定程度上降低了石油公司的投资，这对输油企业的长远发展具有重要的作用。由于管道普遍使用长输形式，在实际建设过程中，很难保障项目工程的质量，无形中增加了泄漏的风险，对后期的正常使用和维护造成极大的影响。由于长输管道线路较长，一旦发生泄漏，对周边的环境和人们将造成不可估量的损害。

3 长输管道在后期运行阶段存在的潜在泄漏风险

3.1 石油输油管道存在焊缝开裂或者腐蚀的现象

因管道出现焊缝开裂或者是腐蚀引发的事故占石油泄漏总事故相当大的比例，这在一些老旧管道中尤为突出。石油长输管道通常埋在地下一定深度中，在温度和土壤酸碱性的影响下，输油管道和土壤发生电化学反应，进而使输油管道的外壁发生腐蚀和穿孔现象。防护层开始老化后，在没得到及时检测和更换的情况下，会出现泄漏的状况。另外，还可能因长输管道的阴极未能得到良好的保护，使管道的抗腐蚀性急剧下降，和土壤产生的电化学反应导致管道的腐蚀和穿孔，增加了发生石油泄漏的风险。并且长输管道通常情况下会通过焊接的方式来完成长输管道的连接。因此焊接的质量不但会直接影响到管道的使用，同时可能会对后期应用的安全性造成很大程度的影响。

3.2 存在第三方破坏的现象

因管道遭到第三方破坏（包括打孔盗油）所引发的事故占石油泄漏总事故的 27%~35%，这样相对较高的数据充分说明了第三方破坏的现象发生较为频繁，严重影响了长输管道的安全。第三方破

坏主要是指一些施工单位在施工过程中由于对安全和地下线路保护意识薄弱，在开展施工之前，未能对长输石油管道进行相应的维护以及保护，忽视了地下管道设备的安全，在其附近进行挖掘、爆破以及钻探等施工行为，因而严重影响了输油管道的正常输送。

另外，有些地质队未主动联系石油企业，擅自对施工地点进行挖掘，导致石油泄漏。管道遭到第三方破坏还有另外一种原因，即个人对石油能源的偷窃和施工过程中偷工减料，这样的因素对液体长输管道都造成了严重的影响。不仅使管道遭到破坏，同时还使石油能源遭到浪费，造成的经济损失和对环境的污染不可估量。

3.3 输油管道水击控制不合理

水击指的是由于液流的惯性作用，流速的突然变化将引起管内压力的突然上升或下降。水击对输油管道的直接危害就是导致管道超压，主要包括两种情况：①水击的增加波，有可能使管道压力超过允许的最大工作压力。引起强度破坏（管道裂破）；②减压波有可能使稳态运行时压力较低的管段压力降至液体的饱和蒸汽压，引起液柱分离，甚至使管道失稳变形。减压波还可能造成下游泵站进站压力过低，影响泵机组的正常吸入。

4 长输管道泄漏风险应对策略分析

4.1 严格监管石油长输管道工程的施工质量

为了保障长输石油管道的安全平稳输送，应从监管施工质量着手。石油企业在长输石油管道施工建设阶段，应最大化地提升管道的性能。①在选材方面应根据施工单位自身掌握的施工技术和工艺，对市面上具有经济性、效益性的管道进行选择，并且要保证符合国家的相应标准；②在施工阶段，对需要焊接的石油管材要进行处理，要求施工人员严格根据长输管材自身的焊接工艺和流程开展焊接工作，并且要达到国标焊接的标准。

4.2 强化对管道内部情况的了解

由于长输管道长期在地下完成石油的输送工作，长时间的工作后将出现腐蚀现象。为了实时掌握管道的密闭性和电解腐蚀的状况，应从以下 2 个方面进行：①定期对管道全线内径、壁厚及焊缝质量进行检测，可以定期的发送各种定制的内检测清管器来实现对管道密闭性的检测，可以定期的了解管道内部的实时情况，进而避免因管道腐蚀而造成的石油泄漏的现象；②采用高科技的检测技术，能更好地完成对管道的检测。

4.3 应用好管道泄漏监测系统

管道泄漏监测系统也叫管道泄漏信息管理系统，是对液体（原油或成品油）输油管道全天时分秒监测，一旦管线发生穿孔泄漏，则监测系统可通过其信息管理系统及时报警，并定点定位地进行工程监控系统管理。在长输石油管道泄漏检测及定位技术的应用过程中，物质平衡法是其重要一步，该方法作为间接检测方法的最常用方式，是在其使用过程中基于动态体积或物量平衡的基本原理，按照长输石油管道进口流量与出口流量之间的差距，实现对石油管道资源泄漏状况的判断。该方式能够实现对较大范围甚至较长长度的石油管道泄漏事件。但由于受到流量计算结果误差的影响，其精确度与科学性保障存在一定问题。其次，长输石油管道泄漏检测及定位技术还可采用压力测量信号进行，该方式是在实际使用过程中利用波敏法或压力梯法等关键措施，压力梯法适用于不安装中间泵而直接设置流量计的管道。目前应用最广泛效果最好的泄漏监测系统普遍采用负压波和流量平衡相结合的原理。该方法具备较强的灵活性与准确度，能够实现对长输石油管道泄漏位置的准确判断。他主要的工作原理就是管道发生泄漏时，管道内外产生压差，使泄漏处的压力突然发生下降，由此在管道内产生负压波，通过比较上下游监测点负压波到达时间点来定位泄漏的具体位置。该平台具有数据采集功能、数据通信功能、在线泄漏预警分析功能、在线泄漏声光报警及泄漏预警短信推送等功能模块。

4.4 加快对管道路线周边民众的教育工作

从上文的论述中得知，目前投放使用的石油长输管道，由于受到第三方有意和无意的破坏经常导致石油泄漏现象，为了从根本上杜绝这样的现象出现，在实际操作中主要从两方面开展：①在长输管道的路线附近，设立警示牌，并对长输石油管道沿线进行标注，这样不仅能为今后的维护和维修工作带来便捷，同时还能在该地段施工的工作人员起到警示作用，这样能使其在施工前，对该路段的管道进行保护，降低长输管道发生泄漏事故的机率；②对长输石油管道周边的居民进行宣传教育，不定期的举行各种各样的管道保护宣传活动。制定一定的奖惩措施。告诫对石油资源进行盗窃不仅属于一种违法行为，而且盗窃后对环境和居民会产生严重的影响。同时鼓励村民积极的检举管道附近的非法占压及施工活动，并且给与一定的奖励的同时，在

此基础上，应加强对该方面管理的执法力度，从法律法规的角度有效地遏制对长输石油管道的破坏行为；③加强管道巡线工作。聘用专业的第三方巡线公司，同时编制专业的巡线方案。最常见的就是采用定时人工的方式来巡线。对于高危地区可以增加巡线的密度。

4.5 合理的控制输油管道水击事件的发生

输油管道正常运行时，油品的流动基本属于稳态流动，但由于启泵和停泵、阀门的开启和关闭、泵机组转速调节、流程切换、管道中途卸油或注入油品等正常操作，以及因停电或机械故障保护而导致泵机组停运、阀门的误关闭、管道泄漏等事故，都会使流速产生突然变化，进入瞬变流动状态。流动状态的变化就会产生水击。目前输油管道的调控运行普遍采用中控调度集中调度，统一指挥的模式。所以为了提高降低管道发生泄漏的风险，中控调度必须想尽一切办法避免水击事件的发生或者是降低水击危害。中控调度在操作上要有计划，对阀门的操作要缓开缓关，对进出站压力的调节也要有计划有幅度的调整，尽可能的降低这些不可避免的常规操作所造成的水击的影响。

5 结束语

经过以上分析阐述不难发现，目前石油长输管道安全运行管理工作中还存在一些难点问题亟待解决，这些问题的存在不仅影响了石油长输管道的长期稳定使用，而且也给人们的生命财产安全造成了一定威胁，所以必须采取一定措施加以严格管控。比如增加管道定期检测频率、应用先进的管道防腐技术以及加强管道安全监督管理力度等，这样才能从多方面确保石油长输管道的安全性，从而为我国石油运输作业保驾护航。

参考文献：

- [1] 刘建强,李双林,等.储油罐机械清洗技术在油田的应用与推广[J].清洗世界,2009,25(12):8.
- [2] 兰才富.长输油气管道安全运行管理探讨[J].化工设计通讯,2018,44(4):1.
- [3] 马超.探讨长输油气管道安全运行管理措施[J].化工管理,2017(35):1.
- [4] 马金龙.长输油气管道安全运行管理探讨[J].石油石化物资采购,2020(7):1.

作者简介：

李国辰(1987-),男,汉族,山西忻州人,中级工程师,硕士研究生,研究方向:长输油气管道生产运行。