

热带地区原油管道燃气发动机离心泵机组运行优化分析

刘超 王洋龙 崔新鹏 代光洪
(中油国际管道有限公司 北京 100028)

摘要: 中缅原油管道(缅甸段)地处热带地区,一年中有9个月高温多雨,且输油泵靠卡特彼勒天然气发动机驱动。自2017年投产以来,为克服热带高温、多雨、潮湿、盐雾等对设备和运行的严重影响,中缅油气管道项目制定了多项应对措施,得到了良好的应用效果。

本文对投产以来根据缅甸的气候特征、社会依托环境等外部条件所采取的加装防虫网、制定油液性质监测操作办法、设定备件采购框架协议等多种多样的优化运行方案进行了总结整理,以上各种措施的实施,确保了原油管道故障率逐年降低,为其它原油管道投产及运行优化提供了宝贵的经验和技术支持。

关键词: 中缅管道(缅甸段); 原油管道; 输油泵; 燃气发动机; 运行优化; 实践

1 中缅原油管道(缅甸段)所处自然环境和社会环境概况

中缅原油管道自缅甸西海岸码头接收原油,穿越缅甸输往昆明,2017年5月投产成功。截至2021年7月1日,已累计向中国输油超4000万吨。

缅甸国土大部分属于热带季风气候,管道首站地处南部的印度洋沿海地区,来自印度洋的暖湿气流使马德首站所属地区在雨季期间降雨量达4900毫米以上,年平均湿度为81.5%。中间泵站所在地区位于缅甸中部,年降雨量不足1000mm,是缅甸的干燥地带,极端最高气温可达45.3℃。地泊泵站和南坎计量站则位于缅甸北部掸邦高原之上,昼夜温差大。

中缅原油管道(缅甸段)输油主泵采用卡特彼勒G3616天然气发动机直接驱动,此驱动方式在中国无应用先例,在投产初期为现场工作带来了许多的技术难题。特别是缅甸的多雨高温环境,严重影响设备的防锈防潮。自2016年投产开始,公司针对管道运行期间面临的高温、多雨、潮湿、盐雾等自然环境条件,制定了多项应对措施,得到了良好的应用效果。

另外,由于缅甸经济欠发达,导致管道投产时及运行初期的运维备件均依赖于中国境内采购和跨境运输,此方式采购周期长、成本高,且运输路线穿过缅北交战地区,运输风险大。公司对此也采取了相应措施,有力保障了备件的供应。

2 解决问题的思路及应用效果

针对缅甸恶劣的自然环境和薄弱的社会依托,公司根据以往国内外管道的运行经验,自2017年投产之初,编制发布一系列安全管理文件,还编制相应英文版培训教材,满足了投产期间和其后生产运行的需要。在投产过程和运营期之后,缅甸的高温、高湿、多飞虫环境对设备的防潮防锈保

洁等维护工作带来的危害逐步显现。公司采用了多种多样的对策,例如编制简易且可行的润滑油、机油、冷却液监测方法,定期监测机组油液质量,在发动机泵机组每次保养时对取样送检,通过机油内组分变化监测发动机运转情况;还给发动机进气管路加装防虫网,以避免飞虫贴附在空气滤芯表面影响进气效率;对燃料气撬放空管增设防雨帽,在保证放空功能的同时避免雨水倒灌;针对离心泵附属管路高点振动问题,设置减震支架,有效地消减了振动导致的金属疲劳风险。下面就三项典型操作做简要说明。

2.1 为发动机冷却风扇加装防虫网

驱动主泵的卡特彼勒G3616天然气发动机的冷却系统,通过冷却液循环,将运行热量带到泵棚外的空冷器,实现机组散热。空冷器顶部均布散热盘管,底部有两台20kW-40kW风扇,此散热能力是泵机组稳定运行的关键因素之一。管道在2016年投产调试期间发现空冷器运行时风扇会将周围昆虫吸入、打碎并吹到翅片散热盘管上,散热盘管的高温进一步使昆虫尸体凝固在散热翅片之间,杂质在散热盘管表面积聚后严重降低了空冷器散热效率。并且昆虫尸体中残留的酸性物质加速铝质翅片的腐蚀,造成散热盘管的不可逆损坏,进一步影响了空冷器散热效率。公司生产部通过仔细计算防虫网通风面积和深入核算,在保证散热效率的前提下安装防虫屏蔽网以解决散热效率降低的问题。于2016年8月完成原油管道4座泵站共10台泵机组空冷器防虫屏蔽网安装,运行至今空冷器翅片盘管整洁,站场运行人员可快捷便利的定期清理防虫屏蔽网外部吸附的昆虫残留,验证了防虫屏蔽网的有效性,保障了燃气发动机散热系统在缅甸高温多虫环境下的长期稳定运行。

在计算过程中,防虫屏蔽网的网孔大小是关键数据。网孔过大,则起不到阻挡昆虫的作用,网孔过小,会增加空气阻力进而影响散热效率。所以在满足空冷器风量需求的前



图 1 卡特彼勒 G3616 天然气发动机的冷却系统空冷器防虫网



图 2 凝露导致的燃气发动机涡轮增压器锈蚀

提下要缩小屏蔽网面积。实际计算中以空冷器风扇设计进气量为基准,综合考虑屏蔽网通风面积和目数,再定屏蔽网安装位置。经比选,对最终确定屏蔽网网孔大小为 10 目(孔径 2mm),在空冷器框架内垂直安装,经计算确认可以满足空冷器风扇进气需要,不会对散热效率产生过大影响。目前在十套泵机组上应用至今。

2.2 燃气发动机曲轴箱通风管改造

卡特彼勒 G3616 燃气发动机在运行过程中,曲轴箱内产生的气缸窜气和机油蒸汽两种废气进入缸头顶部通风管,

再穿过泵棚直接排入大气。2016 年预调试期间在部分机组的涡轮增压器发现大量积水,如下图,个别机组缸头顶部的气门顶杆、摇臂组出现锈蚀。排除了泵棚漏水、安装期间进雨水等原因,最终确定积水是由于昼夜大温差产生的凝露导致。

缅甸的白天空气湿度接近饱和,水露点高,傍晚时设备表面温降速率大于空气的温降速率,温差达到 2°C 即可形成凝露,凝露在夜间不断产生,汇集的凝露沿着曲轴箱通风管和进气管分别进入缸头和涡轮增压器聚集,冷凝水落在气门摇臂表面、聚集在涡轮增压器入口产生锈蚀。

厂家设计中没有考虑像缅甸这种湿热环境中会有大量凝露的情况。凝露形成需要两个充分条件,空气湿度和凝露主体(发动机)的温度,泵棚是半开放空间,无法控制空气湿度,则只能从发动机温度着手,以消除凝露产生条件。发动机自带一套 Hot Start 系统,用于发动机启动前的机体预热。为提高发动机温度,将备用机组的 Hot Start 系统温度设定为 $42 \sim 45^{\circ}\text{C}$,使机体温度高于环境温度,即使空气湿度达到 100% 也无法形成凝露,从而避免了凝露汇聚进入发动机的问题。

根据以上分析,以下两项措施可解决发动机凝露的问题。一是在通风管道的最低点开孔,增设竖直向下的延长管作为排污管,将凝露引出。在新设排污管的末端加装阀门,发动机

运行期间关闭阀门,防止可燃气体逸出。停运期间,定期开启阀门以排放通风管道中聚集的凝露。二是启动发动机 Hot Start 系统,使发动机机体温度始终保持高于气温,消除凝露形成的必要条件。根据图 3,露点温度在湿度 100% 时等于环境温度,并随湿度下降凝露点温度也下降,机组温度高于凝露点时不会出现冷凝水。雨季湿度 95% 以上时,缅甸气温大多低于 40 摄氏度,所以机组温度高于 40 摄氏度即可可以在大部分情况下避免冷凝水出现。实际中已将 Hot Start 系统的冷却液循环温控器设定下限 45 摄氏度,上限 50 摄氏

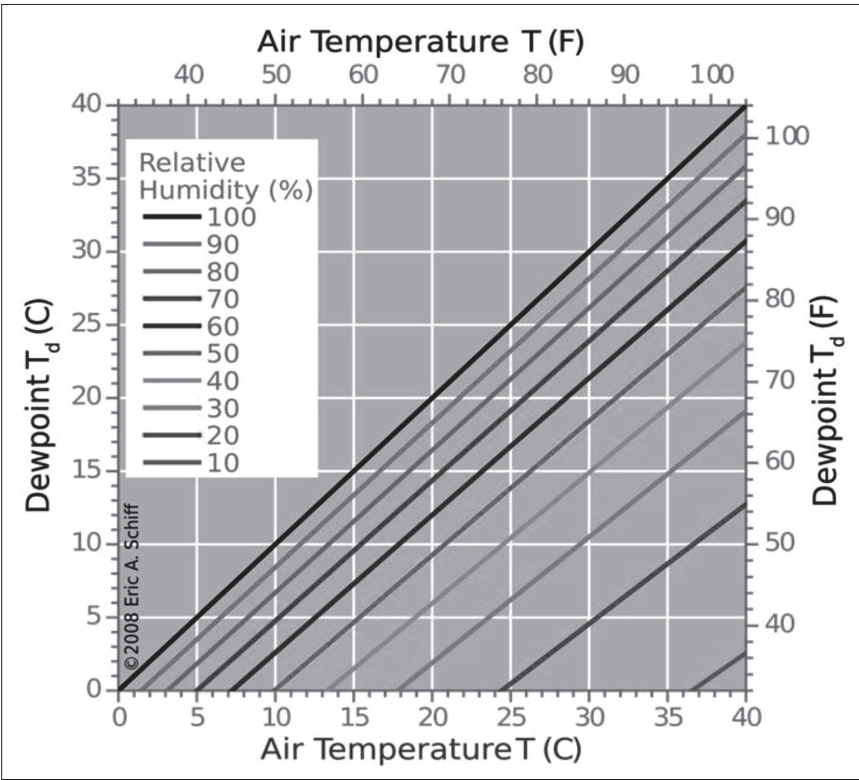


图 3 空气温度与水露点的关系

度。机油循环的温控器设置下限 60 摄氏度,上限 70 摄氏度。此改造在 2017 年 4 月陆续完成,运行至今再未出现机体内部锈蚀的现象,根本解决了在高温高湿环境备用机组凝露积水的问题。

2.3 发动机泵机组备件采购框架协议的签署和执行

针对缅甸当地薄弱的社会依托,公司发挥创新思维,积极探索本地可用资源,多方尝试寻找突破口。首先,根据发动机日常运行及维保消耗量编制备件清单,期间多次与卡特彼勒亚太区(新加坡)代表、缅甸唯一代理商 MSP 公司就框架协议的供货流程及合同细节进行沟通洽谈,历时 4 个月的谈判,公司和上述 MSP 公司最终达成备件采购框架

协议。其中 308 项备件分 A、B、C 三类,A 类为常用耗材,包括火花塞、机油、单向阀等,由 MSP 公司提前储备,定期供货,我方先取货后付款;B 类为普通备件,MSP 公司少量储备,我公司下订单后,MSP 公司根据订单量及时补足;C 类为高货值备件,例如 ICSM 模块、ECM 模块、机油泵等,我公司下订单的同时需要预付一部分货款,MSP 采购到货后,再支付尾款。卡特彼勒发动机备件框架协议的执行,优化了采购环节,降低了采购成本,缩减了到货的周期,消减了运输风险。保障了输油管道的备件供应的连续性和稳定性。

3 结语

以上实施的各项应对缅甸自然环境和社会环境的运行优化策略,使机组的运行稳定性得到了显著提高,也相应的节约了运行成本。中国石油作为最早在“一带一路”沿线开展投资合作的中国企业之一,不断深化与沿线资源国政府、合作伙伴等利益

相关者的交流合作,中缅油气管道项目的实施也是中国石油海外油气业务牢牢把握“一带一路”建设机遇的具体体现,相信中缅原油管道在缅运行管理本土化的创新实践,必将助力“一带一路”倡议在缅甸的生根,促进缅甸的经济社会发展。

参考文献:

[1] 王学军, 张文伟. 中缅原油管道工程初步设计 (CMCO-BD-PR-RP-101) [R]. 北京: 中国石油天然气管道工程有限公司, 2010.8.
[2] 陈新林. 泵站机组的运行管理及其维护保养分析 [J]. 时代农机, 2018 (5) .

