

文章编号: 0253-2697(2004)01-0106-04

热油管道安全经济输油温度研究

张国忠¹ 马志祥²

(1. 石油大学储运与建筑工程学院 山东东营 257061; 2. 中国石油股份公司天然气与管道分公司 北京 100011)

摘要: 从热油管道安全经济输油的角度, 讨论了确定热油管道安全经济输油温度的原则及其影响因素。分析指出, 热油管道的允许停输时间, 取决于管道环境、管道工作状态和输油企业的抢修能力; 热油管道安全经济输油温度是满足管道允许停输时间要求的最低进站油温; 热油管道安全经济输油温度取决于管道允许停输时间、管径、季节、所输原油的低温流变性、站间环境条件、管道保温条件等因素。同一地区输送同一种原油, 管径大的管道与管径小的管道比, 允许最低进站油温应偏低; 同一条管道, 夏季的允许最低进站油温应比冬季的油温低。确定热油管道允许最低进站油温不宜仅用凝点作为选择依据。

关键词: 热油管道; 事故停输; 安全; 经济; 油温; 环境温度

中图分类号: TE78

文献标识码: A

Determination of safe and economic transportation temperature in hot oil pipelines

ZHANG Guo-zhong¹ MA Zhi-xiang²

(1. University of Petroleum, Dongying 257061, China; 2. Natural Gas and Pipeline Company, PetroChina, Beijing 100011, China)

Abstract: The principles of safe and economic transportation temperature in hot oil pipelines and its influencing factors were discussed. The analysis results showed that the allowed shutdown time of hot oil pipeline depended on several factors including environment condition along the transportation pipeline, working state of pipeline and the repairing ability of oil business enterprise. The safe and economic operation temperature in hot oil pipeline is the lowest temperature at the inlet of heating station to satisfy the requirement of permissible shutdown time of pipeline. The safety and economic operation temperature in hot oil pipeline depends upon some factors such as the allowable shutdown time of pipeline, seasons, diameter of pipeline, rheologic characters of crude oil, the environment along the pipeline, and piping heat insulation. The allowable oil temperature of pipeline with large diameter can be lower than that of pipeline with small diameter, while transporting the same oil in the same area. The allowable oil temperature in summer can be lower than that in winter. The condensation point is not the only basis for determining the allowable oil temperature at the inlet of heating station.

Key words: hot oil pipeline; accident; shutdown time; safety; economy; oil temperature; environment temperature

一条输油管道, 不论所输送油品的流变性质多么复杂, 仅从流体流动的角度出发, 都可以进行常温输送。但是, 从工程技术上考虑, 对于给定的流体, 是采用常温输送工艺, 还是加热输送工艺, 取决于两点: 一是输送的安全性, 二是输送的经济性。例如, 对于高粘度油品, 如果不采用其他技术处理, 进行常温输送, 粘度大, 能耗高, 输送不经济; 高含蜡原油, 常温条件下为胶凝体, 具有较大的结构强度和一定的结构恢复特性, 采用常温输送工艺, 既不经济, 也不安全。

输油企业的中心工作, 是安全经济的完成输油任务。一条热油管道, 安全性和经济性有时是一对矛盾,

但始终是企业追求的最高目标。热油管道的安全运行要求是指输油温度需满足事故停输后管道的再启动要求。从安全运行的角度出发, 显然输油温度越高越安全; 但从经济输油的角度考虑, 应按照优化运行的方法, 确定经济的输油温度, 对于满负荷运行的管道, 一般经济运行温度比较高, 经济运行温度满足安全运行要求, 管道运行的安全性和经济性之间不存在矛盾; 对于输油量不满负荷的管道, 研究表明, 在目前的动力价格和燃料价格条件下, 显示了输油温度越低越好的趋势^[1,2]。对于不满负荷管道, 如何确定满足安全运行要求的允许最低输油温度值得研究。

基金项目: 中国石油天然气股份公司“十五”科技攻关项目(010206-02)。

作者简介: 张国忠, 男, 1953年2月生, 1981年毕业于华东石油学院研究生部, 教授, 博士生导师, 主要从事管道输送理论与技术研究。
E-mail: gzzhang @ holpu. edu. cn

1 热油管道的允许停输时间

热油管道经济输油温度,是从优化运行角度提出的输油控制参数;热油管道安全运行输油温度,是从管道停输后能再启动角度提出的控制参数。确定热油管道的安全经济输油温度,可分为两种情况:①输量较大,优化运行温度要求比较高,满足安全运行要求,经济运行温度即为安全经济输油温度;②输量不满负荷,优化运行要求的温度低于安全运行条件,显然,满足安全运行要求的输油温度即为安全经济输油温度。

《输油管道工艺安全操作规程》规定:①热油管道允许的最低输油温度控制为凝点以上 3℃;②随季节不同,大气温度越低,允许停输时间越短;如冬季允许停输时间,一般要小于夏季的允许停输时间。

按照现有操作规程,对于不同地区,不同管径,不同季节,输送同一种原油,进站油温下限控制条件相同;大气温度越低,允许停输时间越短。这种规定是否合理,是否能保证热油管道的安全经济输油,有以下几个问题值得商榷。

一条热油管道的允许停输时间,不应仅取决于季节条件。热油管道正常运行过程,不可避免的会遇到停输(包括计划停输和意外事故停输)。计划停输,可根据计划停输时间要求,提前调整输油参数,做好抢修准备,尽可能缩短停输时间,以满足再启动要求。事故停输后的抢修时间,取决于事故大小、事故发生地点抢修方便程度和企业的抢修能力;另外,季节不同(如冬季寒冷、夏季多雨),也要考虑对施工造成的不方便因素。一般,热油管道的允许停输时间,应是针对应付意外停输事故而确定的。应根据管道运行的实际状况和运行意外事故抢修统计数据,进行科学决策。

2 热油管道的安全经济输油温度

确定了允许停输时间,管道安全允许的最低输油温度就取决于停输后管内油品的启动特性^[2]。同样的进站油温,管道条件、管道所处的地理位置不同,停输相同的时间,管内油品的启动特性会不同。影响输油管道启动特性的因素比较多,主要包括:管径、温度分布、季节、管道所处的地理环境、所输油品的低温流变性等。通过对热油管道运行、停输过程的模拟计算和试验研究^[3-5],分析各影响因素的作用。

(1) 管径不同 管径不同,管内油品的热容量也不同。管道停输后,管内油品的降温幅度不同。一般认为,在同样的埋设、保温条件下,管道停输后,管径越

小,管内油品的降温幅度越大。另外,在同样的油温条件下,管径越小,管道的启动特性也越差。以华北地区为例,假设,管顶埋深为 1.2m,管道埋深处地温为 3~4℃,冬季,进站油温 35℃,油品密度为 $\rho = 877.5 - 0.7418T \text{ kg/m}^3$,油品热容 $C = 4180 - 908.5e^{0.01732T} \text{ (J/K)}$,不考虑结蜡影响。管道停输 30h,不同管径进站油温停输终了降温幅度模拟计算结果见表 1。

表 1 同一季节不同管径停输 30h 降温计算结果
Table 1 Calculate results of temperature drop after shutdown 30h in winter

管径 Dn/mm	停输终了温度/℃	降温幅度 $\Delta T/℃$
350	23.7	11.3
400	24.9	10.1
500	26.6	8.4
700	28.8	6.2

分析表 1 可见,管径越小,管内原油的热容量越小,停输过程,管内油品降温幅度越大;如 Dn350 管子管内平均油温的降温幅度为 Dn700 管子降温幅度的 1.8 倍。

由以上分析可知,热油管道安全输油温度,随管径不同,应作相应的调整。管径小,管道满足安全停输要求的允许最低输油温度应相应提高。不计管径大小,均以凝点作为判断依据,难以保证管道的安全运行。

(2) 季节不同 受埋地热油管道准周期土壤温度场的作用^[6],季节不同,管外土壤温度不同,管外土壤的蓄热量也不同。夏季,大气温度高,管外土壤蓄热量远大于冬季的管外土壤蓄热量。管外土壤温度高,油温与管外环境温差小,管道停输后,降温过程慢。同样的停输时间,降温幅度就小。如果管内油温高于大气温度,管外土壤向周围环境散热;当管内油温低于大气温度,管外土壤从大气吸热,同时向其他方向传热。华北地区,Dn700 管道,管中心埋深为 1.56m,不考虑结蜡影响,35℃,夏季(8月15日)、冬季(2月15日)停输 30h 模拟计算结果见表 2。

表 2 不同季节停输 30h 模拟计算结果
Table 2 Calculate results after shutdown in summer and winter

季 节	夏季	冬季
停输前温度/℃	35.0	35.0
停输终了温度/℃	33.0	28.8
降温幅度 $\Delta T/℃$	2.0	6.2
管内原油热量变化/ $10^5(\text{j/m})$	9.3	16.46
管外土壤蓄热量变化/ $10^5(\text{j/m})$	8.4	26.84
原油热量变化/管道总蓄热量变化/%	51.3	38.0

由表2可见,对于华北地区Dn700的热油管道,35℃条件下,夏季停输30h管内平均油温降低了2℃,油品的热损失量占管道总蓄热量变化的51.3%,而冬季平均油温降低了6.2℃,油品的热损失量占管道总蓄热量变化的26.84%。冬季土壤蓄热量损失快,导致管内油温下降也快。由于夏季管道周围环境温度高,停输过程管内原油的热损失量、原油降温幅度,都要比冬季小得多。

因此,对于热油管道安全允许的最低输油温度,季节不同,也须作相应调整。冬季管道停输后散热快,管道允许的安全输油温度需相应提高。而一年中的夏季,管道安全允许的最低输油温度应为最低。不考虑季节影响,全年均以凝点作为判断依据,如果夏季控制温度合理,则冬季运行不安全;否则,冬季运行合理,夏季温度过于保守;不能实现管道的安全经济运行。

(3) 管道距离长,沿线环境温度变化大 对于距离比较长,沿线环境温度变化比较大的管线,站间不同,管道允许的安全输油温度也应不同。以东北输油管道为例,从大庆—秦皇岛,南北横跨约900多km。按照1994年的地温资料,8月中旬,1.8m埋深处的地温,秦皇岛为20.8℃,大庆林源为13.8℃,管道埋深处的地温相差7℃。显然,按照相同时间要求停输,停输过程林源管内油品散热量会大于秦皇岛管内油品的散热量。按33℃进站,停输30h,林源和秦皇岛停输降温模拟计算结果见表3(其他参数同前)。

表3 东北管道南北站间停输降温计算结果
Table 3 Calculate results after shutdown at Qinhuangdao and Linyuan in summer

站 间	秦 皇 岛	林 源
管道埋深处地温/℃	20.8	13.8
停输终了温度/℃	31.2	30.5
降温幅度 ΔT /℃	1.8	2.5

由计算结果可知,8月中旬,控制秦皇岛和林源进站油温均为33℃,停输30h,林源管内平均油温要比秦皇岛进站油温低0.7℃。如果秦皇岛进站停输终了温度也控制与林源进站温度相同(30.5℃),秦皇岛进站运行温度控制为32℃,即可满足要求。

(4) 原油低温流变性 含蜡原油低温流变性是影响管道安全经济输油温度的重要因素之一^[7],而含蜡原油凝点并不能全面反映原油的低温流变性。采用国标法,1994年测定胜利原油和中原原油的凝点分别为25℃和32℃,对应凝点附近和凝点以上3℃动态流变

性研究结果见表4。

表4 两种原油凝点附近表观粘度结果对比
Table 4 Apparent viscosity contrast nearby freezing point (m·Pas)

剪切速率 ($L \cdot s^{-1}$)	胜利原油粘 度/24℃	中原原油粘 度/32℃	胜利原油粘 度/28℃	中原原油粘 度/35℃
8.1	2153	719.5	1148.4	192
13.5	1246	428.5	924	135.9
24.3	892	261.6	870.2	97
40.5	598	209.6	774.9	84.8

由表4可见,凝点附近,胜利和中原油田两种原油的动态流变性有很大差别。凝点以上3℃(胜利原油28℃,中原原油35℃)原油流变性差别更大。如对应剪切速度为13.5 L/s,胜利原油的表观粘度约为中原原油表观粘度的6.8倍。胜利原油凝点以上3℃(28℃)的表观粘度比中原原油凝点附近(32℃)的表观粘度还大很多。

显然,胜利原油的可泵性要比中原原油差。对于胜利和中原两种含蜡原油,都同样以凝点作为管道安全运行进站温度的选择依据,显然存在不足。

另外,管道停输后,低温含蜡原油内部结构的静态恢复特性也会影响热油管道安全经济输油温度的选择。

(5) 其他影响因素 其他因素还包括如站间距、管内结蜡、架空段、浅埋段等。①哪个站间输送能力低,该站间下游进站温度应偏高;②哪个站间架空段或浅埋段长,冬季该站间下游进站温度应偏高;夏季不用考虑;③哪个站间管内结蜡严重,该站间输送能力低,下游进站温度应提高。

3 结 论

(1) 热油管道允许的最低输油温度是满足安全停输时间要求的进站温度。当管道优化运行温度高于允许的最低输油温度时,热油管道的安全经济输油温度为优化运行温度;当优化运行温度小于或等于管道允许的最低输油温度时,热油管道的安全经济输油温度为管道允许的最低输油温度。

(2) 热油管道允许的最低输油温度与管道要求的安全停输时间、管径、季节、原油低温流变性、站间环境条件、管道保温条件等因素有关。输送同一种原油,站间不同、地理环境不同、管径和管道状态不同,管道的安全输油温度应控制不同,不宜仅用凝点作为选择依据。

参 考 文 献

- [1] 杨筱蘅,张国忠.输油管道设计与管理[M].东营:石油大学出版社,1996:134-136.
- [2] 张国忠.热油管道停输后的启动过程研究[A].全国油气储运技术会议文集[C].东营:石油大学出版社,2003:77-82.
- [3] 安家荣,张国忠.埋地热油管道停输降温过程数值模拟[M].石油科技进展,东营:石油大学出版社,1995:1179-1181.
- [4] 张国忠,高探贵.东黄复线停输再启动过程研究[J].油气储运,1996,15(9):37-40.
- [5] 黄福其,张家猷,罗塘湖.地下输油管热工计算[J].石油学报,1980,1(1):77-91.
- [6] 张国忠.埋地热油管道准周期运行温度研究[J].油气储运,2001,20(6):4-7.
- [7] 罗塘湖.含蜡原油流变性及其管道输送[M].北京:石油工业出版社,1991:119-121.

(收稿日期 2003-01-27 改回日期 2003-07-11 编辑 杨 茁)

中国石油学会第六次全国会员代表大会在北京召开

2003年12月15-16日,中国石油学会在北京国际会议中心隆重召开了第六次全国会员代表大会。来自全国各省、市、自治区和有关部门直属单位的300多名会员代表及在京的石油、石化系统的部分老领导、知名的院士、专家、学者出席了会议。

中国科学技术协会书记处书记赵忠贤、民政部民间组织管理局副局长杨岳、中国石油天然气集团公司副总经理郑虎、中国石油化工集团公司副总经理王基铭、中国海洋石油总公司副总经理蒋龙生光临会议并作了重要讲话。

中国石油学会第五届理事长邱中建作了中国石油学会第五届理事会工作报告,副理事长袁晴棠作了中国石油学会章程修改草案报告,副秘书长何庆华作了第五届理事会经费收支情况的报告。与会代表对大会报告进行了审议并予以通过,对第五届学会工作表示肯定,并对今后工作提出了建议。

大会表彰了上海市石油学会等13个省、市、自治区石油学会、石油炼制、海洋石油2个分会、石油地质等7个专业委员会和工作委员会、《石油学报》和《石油知识》编辑部,贡华章等88名热心支持学会工作的领导干部和陆槐卿等99名学会工作先进个人。

会议通过民主选举产生了中国石油学会第六届理事会,原中油股份公司总裁黄炎当选为理事长,牟书今、袁晴棠、贡华章、刘宝和、蒋龙生、罗汉、杨柏龄、马福臣、仲伟志当选为副理事长,何庆华当选为秘书长。

第六届理事会聘任了副秘书长和各专业委员会、工作委员会的主任。

新一届理事长黄炎致闭幕辞,对学会工作提出了新的希望和要求。

大会在热烈的气氛中结束,会议取得了圆满成功。

(张占峰 供稿)