

输送工艺

沈牛高凝原油长输管线设计概要

行 登 恺

(辽河油田设计研究院)

我国第一条长距离输送高凝原油的沈牛输油管线,全长51.4km,全线设首站、热泵站和末站3个泵站,该管线于1986年9月中旬正式投产,一次成功。投产运行以来,经受了严冬的考验,实践证明该项设计是成功的。不仅解决了沈阳油田当前急需解决的高凝原油输送难题,并节省了大量汽车运输费用,而且为我国开发高凝原油提供科学依据,并为高凝油品的输送积累了可靠的设计和实践经验。

一、工程概况

1. 管线沿途地貌

沈牛输油管线横过3个县,穿过两大河流,穿越水利干渠5条,跨越水利干渠3条,穿越黑色路面9条。沿途水田、旱田各占一半。土壤为粘土和沙土。

2. 设计参数

首站进油温度 56°C ,输出原油温度 $70^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$;热泵站和末站进油温度大于 56°C ;平均输油温度 65.7°C ;管线输油压力5 MPa;管线设计压力6 MPa。

3. 管线沿途地带气象条件

年平均气温 $8^{\circ}\text{C}\sim 8.8^{\circ}\text{C}$;年最高温度 $35^{\circ}\text{C}\sim 38.3^{\circ}\text{C}$;月平均最低温度 -17.3°C (1月份);极限最低气温 -30.6°C ;最大冰冻深度-1.48 m;冰冻期10月上旬至次年4月下旬;年均降水量734.5mm;月最大降水量215.5mm;全年主导风向为西南风,冬季为北风。

二、设计特点

1. 保证高凝原油输送的热力条件

高凝原油具有特殊流变特性。当原油在析蜡温度以上时,粘度很小;低于析蜡温度时,原油呈悬浮性流体;在接近凝固点和凝固点以下有一定屈服性,原油属屈服塑性流体。高凝油在低于凝固点以下的温度输送时,其动剪切应力急剧上升,动力消耗骤增。为此,高凝原油的输送温度必须高于凝固点。

经过全面的技术经济论证,认为热力输送方式具有较成熟的现实条件。因此,本设计采用加热法输送高凝原油。为保证高凝原油输送的热力条件,采取以下的热力措施:

(1) 各站设置水套加热炉 使管线输送温度在到达末站时能高于凝固点(51℃)的5℃~10℃,保证油品流态为牛顿流体。

(2) 提高管线保温措施 全线管道用硬聚氨酯泡沫塑料40mm厚外加黄夹克,使K值达到 $1.047\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 即 $[0.9\text{kcal}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{℃})]$,管道埋深在土壤冰冻线以下。

(3) 集油系统的热力条件 采用高压热稀油循环的方式来达到。总循环热油量按站外油量规模确定为 $90\text{m}^3/\text{h}$ 时,出站压力4MPa。循环热油出站后,经各计量站加热后送至各单位井,然后再循环返回首站。

(4) 高凝油卸车、储罐温度 高凝油卸车温度保持65℃以上,卸到零位罐后,由高凝油卸车泵打到加热炉升温至70℃。罐内储存高凝油维持在70℃。

(5) 油气集输系统的热力条件 油气混输进站为56℃,经加热炉升温到70℃后,进入油气分离器,再进入储油罐。

2. 中温中压长输管道的热强度

为了维持高凝原油所要求的较高热力条件,相应地提高了对管道本体的特殊要求。根据管道的水力计算,要求管道工作压力能达到6MPa。同时为了保证高凝油输送的热力条件,管道最高工作温度能达到85℃。

为了保证该长输管道在中温中压下的热强度,主要采取了如下的具体措施:

(1) 选用较高强度管材 选用日本工字焊直缝钢管(JISG 3454-1978, SJPG42),其中5.5km采用SJPG38钢管,管道最大工作压力为6.4MPa。

(2) 对管道的强度、热应力以及稳定性进行核算校验 通过稳定性核算,要求对于个别受地貌条件限制的管段,最小埋深不得小于0.8m,并采取适当稳管措施。在施工中严格检查埋设质量,埋深小于0.8m的管段要求返工,防止管道因热膨胀拱出地面。

通过埋地管道弹性敷设应力的校核,提出管道弹性敷设的最小曲率半径为250m,对于因为施工受地形限制而使曲率半径 $\rho = 100 \sim 150\text{m}$ 的个别管段,采用加地下锚固墩办法改善弯头的受力状况。

通过弯头受力分析和校核,在热油输送条件下,同时考虑到通球清管的要求:

弯头的弯曲半径为12倍管径;管线转角大于80°,采用90°直角弯头;管线转角小于25°,全部弹性敷设;管线转角在25°~80°之间的尽可能弹性敷设,若受地形限制必须设弯头时,弯头两侧设锚固墩。

(3) 穿跨河流、公路要求 在所有出土端以及穿跨河流、公路时,设置立体膨胀弯,单向胀力腿长度大于10m。穿河流采用复壁管结构,在河床下采用弹性敷设,穿公路时加设保护套管。

3. 站内维持高凝原油正常生产的安全技术措施

在特殊的热力条件下,与之相适应的各项配套措施。一是高凝原油在站内流动运行过程中各阶段的防凝固和停运再启动;二是各种机泵设备的防凝固。

(1) 站内油管线的安装设计, 完全避免“死油段”, 全部高凝油管段及管件、阀门以及泵体, 均采用美国瑞侃自限式电热带包缠, 外包泡沫塑料保温壳, 保证全部高凝油管线系统的介质温度能够维持在 65°C 以上。

(2) 选用了高凝油管段的置换流程, 采用稀油或热水经外输泵打入站内各管段。

(3) 首站、中间站及末站设置清管器发收装置, 以便定期通管清蜡。

(4) 在站内和管线各分管段上, 设置加压解堵吹打的预留接头。

(5) 压力表接管装设隔离液, 流量计采用普通腰轮流量计外缠电热带保温。

(6) 油罐内采用立式加热器, 防止油面表层的结蜡所形成“蜡盖”积累。

(7) 压力安全报警大于 6 MPa , 温度安全报警大于 85°C 。

(8) 将临时变电所建成简易变电所, 对各站执行双回路电源供电。使供电等级成为一级负荷, 保证事故状态下有1台外输泵工作, 保证站内瑞侃电缆能连续长期运行。

(9) 输油泵的轴承温度因输送介质温度高而易于超过标准, 采用水冷方式来降温。

(10) 输油泵的轴承密封液封源另接管线, 引用较低温度的介质作液封。

(11) 站内管线全部低架空敷设, 便于维护。同时, 在适当管段设置膨胀弯。

4. 严格的投产措施和投油条件

(1) 施工技术要求 除了对管道的焊接、保温、防腐、清管及试压提出完整的技术要求外, 还针对管道的特点提出以下措施:

a. 为缩小敷管安装温度与投产后操作温度之间的温度差, 改善工作条件, 要求管道在回填土时, 必须在上午11时至下午3时之间进行(施工期是3、4、5月份)。

b. 为了增加土壤对管道的约束力, 减少热变形, 要求在回填土过程中, 拖拉机碾压不少于3次。当管道出现向上凸起的弹性敷设时, 其上凸点距地坪面应大于 2 m 。

(2) 清管预热措施 在全管道进行整体试漏、试压合格后, 用清水大排量方法冲洗管道, 直到末端出水不含泥沙为止。管内干净后, 通橡胶球进行清管。清管合格后, 并用热水进行预热暖管。预热最高温度为 85°C , 略高于正常工作温度。末站出水温度不低于 56°C , 全线预热10天, 采用正、反输交替方式, 每小时平均升温 $1^{\circ}\text{C}\sim 2^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 投油情况 经9天时间的通热水暖管, 测算 K 值为 $1.163\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。起点最高温度 80°C , 末点温度为 56°C 。先用稀油输送, 继输高凝原油与稀油的混合油3小时, 最后转入全部输送高凝原油。起输温度 75°C , 末站进油温度 58°C 。经过15天投油运行后, 经测定得知, 沿线初步形成了一个半径约 1 m 的土壤温度场。

三、投产运行简况

正常输油时, 起点温度 $75^{\circ}\text{C}\sim 77^{\circ}\text{C}$, 末站进油温度 $57^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 。当中间站只进行加热作业时, 首站输油压力 4.7 MPa 。随着油田产量的增加, 为了提高输油管线的输送量, 中间站需启动输油泵。

投产运行后, 经检查管道热变形在允许范围之内, 全线各种设施包括阀室、穿跨越、弯头、锚固墩等均未发生异常现象, 基本达到设计要求, 运行正常。输油过程中, 曾出

现过停输45分钟,再启动时,未采取其他特殊措施,启动运行是正常的。

站内置换流程,较为可靠。瑞侃自限式电热带运转正常,站内管道未发生堵塞现象,基本保证了站内管线各系统的正常运行。停泵4小时后,站内再启动正常。

压力表隔离液是可靠的。从投产运行情况看来,室内压力表接线不设隔离罐,只设 ϕ 形减震圈,内装清水即可维持正常。

腰轮流量计在高凝油上使用是可行的。表前过滤器应设置备用的,便于及时清洗。在析蜡温度以下运行中,原油中有一种“蜡皮”,不易溶化,易堵塞过滤器,清洗的周期比一般稀原油要短。

四、小 结

总结起来,这次高凝原油长输管线的设计是成功的。设计所采取的技术措施得当,施工达到了设计标准,投产运行正常,达到了预期效果。设计技术突破了高凝油输送的技术难关,取得了较高的经济效益。

1. 我国首次进行了高凝原油的长距离输送,取得了新课题的实践成果。凝固点越高,原油输送温度也高。

2. 引进了先进的美国瑞侃公司的自限式电热带,它的使用不仅为输油站内管线解决了保温问题,并且为我国发展自限式电热带生产提供了实践依据。

3. 采用了高强度管材,提高了输送压力,节省了钢材和设备,并减少泵站。

4. 在输送高凝原油的困难条件下,设计了稀油或清水对高凝油的置换流程,流程设计上有所创新。

5. 采用加热方案输送高凝原油是可行的方法,它比其它方法投资少、见效快、容易实施。培训操作人员方便,迅速取得经济效益。

本工程的经济效益是十分明显的。原油田生产的高凝原油全靠汽车罐车拉运,每天运费达3.34万元。沈牛输油管线投产后,每天输油费用1.08万元,扣除各种消耗费用,每年可净节省553万元(按350天计)。并为生产稳定增长创造了良好条件,也为今后大规模开发高凝原油提供了实践依据。

(收稿日期:1987年6月14日)

下 期 预 告

螺旋焊缝管的断裂特点

我国油(气)管道应进行屈服试验

输油管道顺序输送的界面检测系统

关于标定内浮顶油罐容量的几点看法

马-惠线、红-惠线应用降凝剂进行原油混输的研究

埋地管道的温度应力试验与计算问题

大庆原油的环道热处理试验

浮顶油罐风稳计算中体形系数 K_1 的取值探讨

潘家华

陈建舟

杨嘉瑜

段多寿

张帆

肖治等

郑延今等

张敦文