

Research on the Construction Technology Optimization of Main Anti-skid Piles in the Relocation Project of Refined Oil Pipeline—Taking the National Pipe Network in Central Yunnan New Area of Yunnan Province, China as an Example

He Liu¹ Shanrong Wang² Jie Pu² Jiantao Li² Fan Yang³

1. Sichuan Petroleum and Natural Gas Construction Engineering Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610000, China

2. National Petroleum and Natural Gas Pipeline Network Group Co., Ltd. Yunnan Branch, Kunming, Yunnan, 650000, China

3. National Pipeline Network Southwest Company, Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract

With the rapid development of the society and the city, there are more and more pipeline engineering construction, and the refined oil pipeline is also more and more complex. Nowadays, most of the pipelines for refined oil products are laid along the road to facilitate residents' life and maintenance and management in the later stage. Due to its characteristics of large density, large service area and wide coverage, the refined oil pipeline often has many problems in the construction of the refined oil pipeline. Therefore, it is particularly important to design a scientific and reasonable pipeline. The refined oil pipeline is an important part of the urban infrastructure, and the design of refined oil pipeline is an important link in the urban construction project. The layout of refined oil pipeline is reasonable and comprehensive, which directly affects the construction effect of the later pipeline. Based on this reason, this paper takes the national pipe network in Central Yunnan New Area as an example to analyze the optimization strategy of anti-slip pile in the relocation of refined oil pipeline.

Keywords

relocation project; anti-skid pile construction; optimization research

成品油输油管道迁改工程中主要抗滑桩施工工艺优化研究——以中国云南滇中新区国家管网为例

刘和¹ 王善容² 普颀² 李建涛² 杨帆³

1. 四川石油天然气建设工程有限责任公司, 中国·四川成都 610000

2. 国家石油天然气管网集团有限公司云南分公司, 中国·云南昆明 650000

3. 国家管网西南公司, 中国·四川成都 610000

摘要

随着社会和城市的飞速发展, 管道工程建设越来越多, 成品油输油管道也越来越复杂。现今成品油输油管道大多沿着道路铺设, 方便居民的生活、后期的维护管理。成品油输油管道因其自身密度大、服务面积大、覆盖范围广等特点, 在成品油输油管道建设施工中往往会出现许多问题, 因此对管道进行科学、合理的设计就显得尤为重要。成品油输油管道是一座城市基础设施的重要组成部分, 而成品油输油管道迁改设计是城市建设工程中的一个重要环节, 成品油输油管道布置是否合理、是否全面, 直接影响后期管线的施工效果。基于此, 论文以云南滇中新区国家管网为例, 分析成品油输油管道迁改工程中主要抗滑桩施工工艺优化策略。

关键词

迁改工程; 抗滑桩施工; 优化研究

1 工程概况

西南成品油管道是国家管网集团在华南和西南地区距

离最长、顺序输送多品种成品油的管道, 于2005年4月投产。

因现状管道与在建的长水机场扩建项目用地有冲突, 阻碍机场的建设, 应滇中新区管委会要求, 对管道进行迁改; 主要建设内容包括新建曲靖—秧田冲段管道长度约31.00km, 管径为406.4, 设计压力9.3MPa, 选用L415M PSL2级螺旋

【作者简介】刘和(1972-), 男, 中国四川南充人, 硕士, 从事项目管理研究。

缝埋弧焊钢管 (SAWH), 采用常温加强级三层 PE 外防腐层, 新建 RTU 阀室 2 座; 新建秧田冲—长坡段管道长度约 0.8km, 管径为 273.1, 设计压力 10MPa, 选用 L360N PSL2 级无缝钢管 (SMLS), 采用常温加强级三层 PE 外防腐层; 新建昆东支管道长度约 7km, 管径为 219.1, 设计压力 5MPa, 选用 L360N PSL2 级无缝钢管 (SMLS), 采用常温加强级三层 PE 外防腐层。

1.1 横坡敷设段简述

施工图设计中, 在初步设计成果的基础上, 结合测量成果, 优化了横坡段线路路由。

本工程全线地形以低山、丘陵为主, 在管道选线过程中, 尽量选择顺坡、沿山脊或沿谷地敷设, 避免横坡敷设。受地形、地物条件和地方规划的限制, 全线仍有 5 处管道横坡设, 位于昆明市嵩明县和官渡区, 地貌类型为丘陵, 地表平均坡度约 16°。

1.2 横坡敷设段唯一性说明

根据《管道横坡敷设专题报告》00363BT02-GI001-000#EPL-RP-0204-0 沿线横坡段的危害主要为在开挖时易在一侧形成临空面, 从而诱发局部垮塌等风险等。横坡段如施工不当将破坏斜坡的平衡状态, 易诱发边坡失稳等危害。

2 成品油输油管道迁改工程中主要抗滑桩施工工艺分析

2.1 边坡稳定性计算条件

本工程涉及 5 段横坡敷设, 其中 KDGD019-KDGD020、KDGD029-KDGD031、KDGD039-KDGD040 三段横坡较为稳定, 采取修建平行挡土墙的措施可保证管道运行安全; QYSM031-QYSM037、QYGD054-QYGD060 两段横坡稳定性较差, 需采取针对性的措施保证边坡稳定性。管道横坡敷设的坡面整体稳定性, 直接影响管道的安全, 因此应对坡面整体稳定性和考虑管道在施工时路堑边坡开挖面进行定量分析。采用理正边坡综合治理 1.0PB4 版进行边坡稳定性计算, 利用极限平衡法及摩尔库伦准则进行简单平面稳定问题分析, 计算岩体的稳定性安全系数。管道横坡敷设的坡面整体稳定性, 直接影响管道的安全, 因此应对坡面整体稳定性和考虑管道在施工时边坡开挖面进行定量分析。采用理正边坡综合治理 2.0PB4 版软件进行边坡稳定性分析计算, 采用圆弧滑动面法进行边坡稳定分析, 利用简化毕肖普法进行计算, 通过软件自动搜索最危险圆弧滑动面。局部断面考虑地质结构复杂, 或者可能沿基岩与覆盖层界面滑动的情形, 采用折线滑动面计算方法进行补充验证, 利用传递系数隐式解法进行计算, 通过软件自动搜索与手动结合确定最危险折线滑动面, 计算边坡的稳定性安全系数, 确定边坡稳定性状态划分。

圆弧滑动面法计算公式如下:

$$K = \frac{\sum (Cb + W \tan(\varphi)) \left(\frac{1}{m_{\theta}} \right)}{\sum W \sin(\theta)}$$

$$m_{\theta} = \cos(\theta) + \frac{\sin(\theta) \tan(\varphi)}{K}$$

其中, K 为整个滑体计算的安全系数; B 为土条的宽度 (m); W 为条块重力 (kN), 浸润线以上取天然重度, 以下取饱和重度; θ 为第 i 个土条中点处切线与水平线的夹角 (度); C 、 φ 为土的抗剪强度指标粘聚力 (kPa) 和内摩擦角 (度), 取总应力指标。

根据 JTG D30—2015《公路路基设计规范》规范规定, 折线滑动面法计算公式如下:

$$E_i = W_{Qi} \sin(\alpha_i) - \frac{1}{F_s} \left[c_i l_i + W_{Qi} \cos(\alpha_i) \tan(\varphi_i) \right] + E_{i-1} \psi_{i-1}$$

$$\psi_{i-1} = \cos(\alpha_{i-1} - \alpha_i) - \frac{\tan(\varphi_i)}{F_s} \sin(\alpha_{i-1} - \alpha_i)$$

式中, W_{Qi} ——第 i 土条的重力 (kN) 与外加竖向荷载之和, 自重重力的计算, 在地下水位以上取天然重度, 在地下水位以下取饱和重度;

α_{i-1} 、 α_i ——第 i 土条底滑面的倾角, 从水平面开始, 顺时针为负, 逆时针为正;

E_{i-1} ——第 $i-1$ 土条传递给第 i 土条的下滑力;

c_i ——第 i 土条底的粘聚力 (kPa);

φ_i ——第 i 土条底的内摩擦角 (度);

l_i ——第 i 土条底滑面的长度 (m)。

用这两个公式逐条计算, 直到第 n 条的剩余推力为零, 由此确定稳定安全系数 F_s 。

2.2 抗滑桩施工方法

尽管在坡面的稳定性分析中, 原始坡面的稳定性分析以及绝大部分区域扫线开挖后的坡面均为稳定状态。但是针对桩号 QYSM031-QYSM032 段高速公路原有挡墙处, 根据高速公路提供的资料, 原有挡墙为衡重式挡土墙, 作为容纳公路施工时对山体削方产生弃渣而修筑的挡土墙, 挡土墙最大总高度为 12.5m, 其中最大的挡渣厚度为 9.5m。考虑极端工况下高速公路的重要性, 故在这一段增加抗滑桩设置。抗滑桩采用矩形抗滑桩, 截面大小为 1.5m × 2.0m, 桩间中心距为 5m, 桩长为 15m (满足悬臂式抗滑桩嵌固长度应大于总桩长的 1/3), 抗滑桩防护长度 300m, 共计 60 根, 施工工艺为采用旋挖钻机成孔灌注桩。

抗滑桩材质混凝土等级采用 C35, 耐久性设计应符合现行国家标准 GB 50010《混凝土结构设计规范》的相关规定, 抗滑桩井口设置锁口。纵向受力钢筋采用 HRB400 的带肋钢筋, 直径不小于 20mm, 箍筋采用封闭式, 肢数不超过 4 肢。矩形截面桩的两侧和受压边, 适当配置纵向构造钢

筋,桩的受压边两侧配置架立钢筋。横坡敷设段存在管道穿越冲沟以及穿越高速公路泄水涵洞下游的情况,此类情况的特点均为暴雨工况下,汇水集中,流量大,流速快,容易引发地质灾害。针对此类情况,采用水工保护设计防护,在两侧设置浆砌石挡土墙,中间设置浆砌石过水面,形成一个整体的明涵排水体系。

3 成品油输油管道迁改工程中主要抗滑桩施工工艺优化策略

3.1 优化管道本体应力应变监测工作

应变监测计是将应变计固定在被测体表面,当物体受力应变有变化时带动应变计变形,通过应变计即可获得被测物体的参数。常见的应变传感器主要有振弦式应变计、分布式光纤应变传感技术、分布式同轴电缆电栅应变传感技术,其各有优缺点,具体介绍如下:

①原理振弦传感器的敏感元件是一根张紧的钢弦,称为振弦。在电磁激励下,振弦按其固有频率振动。改变振弦的张力 σ ,可以得到不同的振动频率 f ,即张力与谐振频率成单值函数关系:

$$f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}}$$

式中: f ——钢弦振动频率;

L ——钢弦的长度;

Σ ——钢弦所受的张拉应力;

P ——钢弦的密度。

振弦应变钢弦长度 L 、密度 ρ 为定值,所以钢弦频率只取决于钢弦上的张拉应力。当应变计仅受到轴向应力而变形时,其应变 ϵ 与振弦应变计输出的频率的平方,具有如下线性关系:

$$\epsilon = k(f_1^2 - f_0^2)$$

其中, k 为标定系数,与振弦构造等有关,产品出厂时,生产厂家会给出标定系数 K 。通过振弦数据采集仪测取振弦不同的振动频率,就可以计算出应变 ϵ 。

振弦式应变计目前应用较广,其稳定性好,抗外界电磁干扰能力强,没有防水要求,但普通振弦应变计体积相对较大,安装时点焊到管道钢管表面。

目前应用较广的振弦式应变计监测技术要求:第一,应变监测以监测管道的轴向应变变化为主,重点监测管道弯头、弯管等应力集中区焊口附近和潜在管道变形显著段。第二,应变监测截面的布设、传感器的安装:应变监测截面应在管道变形严重区域和应力集中区域重点布设,应避开阴极保护测试线焊接处,如遇有变壁厚结构设计时应在薄壁管道段布设。

②优点及适用性。振弦式应变计稳定性较好,抗外界电磁干扰能力强,没有防水要求,没有温度补偿要求,野外适应性强,适用于在役管道应力应变监测。

③缺点及局限性。第一,量程小,只有 $3000\mu\epsilon$ 即 0.3% (注:标称量程 $3000\mu\epsilon$,即 $\pm 1500\mu\epsilon$ 即 $\pm 0.15\%$)。第二,标距小,只能监测一个标距($< 100\text{mm}$)的应变,属于“点”监测,只能监测管道上一点或一个管道截面的应力应变变化,对于很长的一段线路,布置的截面不一定是应力最大的截面。

3.2 优化设计和规划

优化设计和规划是改进成品油输油管道迁改工程非开挖顶管施工技术的重要措施之一。通过详细的地质调查和工程评估,可以充分了解施工区域的地质条件、地下设施分布、障碍物情况等信息,从而制定出更合理和科学的工程设计和施工方案。成品油输油管道迁改工程非开挖顶管施工前进行地质调查,包括勘探钻探、地质雷达探测等方法,获取地质剖面图和地下资料。通过对土壤类型、地下水位、岩层分布以及地下设施等因素的分析,能够准确评估地质风险,预测可能遇到的困难和问题,并确定相应的施工措施。结合地质调查结果,进行工程评估和设计,包括确定管道布置方案、管道径向力分析、施工井位置选择等。在确定管道布置时,要考虑地下障碍物,如河流、道路、地铁线的存在,并采取针对性的措施。

3.3 完善的监理计划和日常管理

成品油输油管道迁改工程施工过程中抗滑桩施工通过合理安排监理工作的阶段目标和任务细节,以及有效执行日常管理措施,可以确保成品油输油管道迁改工程监理工作的高效性和顺利进行。监理人员应制定详细的监理计划。监理计划应涵盖整个施工过程的关键节点和重要任务,包括勘察设计文件、施工方案审查、现场施工监督等。

4 结语

综上所述,随着城市化进程的加快和人们对生活质量要求的提高,成品油输油管道系统的建设和维护日益成为城市发展的重要任务。成品油输油管道迁改工程抗滑桩施工条件艰苦,危险性大,施工比较困难,并且施工质量直接影响到滑坡治理效果,是治理滑坡的重要手段。在施工过程中通过人员、设备、材料、施工方法及环境等方面的控制工作,有效落实施工质量控制。

参考文献

- [1] 舒献成.沿海成品油输油站内管道应力释放的措施[J].石油库与加油站,2023,30(2):5-8+54.
- [2] 赵军,刘静德,梁志荣.多排抗滑桩在大型滑坡治理中的工程应用研究[J].建筑科学,2023,36(S1):156-161.
- [3] 郑国栋.抗滑桩在滑坡地质灾害治理中的应用[J].西部资源,2023(3):75-77.