

3m 范围内架设吊车支腿、停放混凝土罐车。相关设备应避开管线区域摆放。

4.2 钢板桩施工

由于承台结构边距离管线 5.2m, 现有工作面无法满足承台开挖施工要求, 因此在承台周边设置一圈拉森钢板桩支护, 防止开挖过程周围基坑土坍塌, 影响管线安全。

(1) 钢板桩规格: 在距离管线 4m 位置埋深钢板桩, 开挖深度在 $4m < H < 5m$ 时, 采用 IV 型拉森钢板桩, 埋深 9m。

(2) 施打: 本基坑采用 9m 钢板桩支护, 逐根施工, 施工范围为承台边缘外扩 1.2m (距管线 4m 处)。由测量员挂绳放线作为施工轴线。

(3) 施工时采用插板机插入钢板桩, 人工扶正就位。插板机施工不得站在管道上部施工, 应距离管道 5 米以上。

(4) 由于钢板桩附近有管线, 要求单根施工持续时间不得小于 10min。施工过程中加强监测, 主要观测管道上部土地是否出现隆起等变形。若出现变形, 立即停止施工。

(5) 施工过程中, 若出现大的偏位, 采用异形桩纠正或拔起重打。

4.3 承台施工

(1) 基坑采用挖掘机分层开挖, 弃土随挖随运, 不得在基坑边部范围内堆载, 严禁在管道中心线周边 5m 堆放, 设备停放。基坑开挖完成后, 现场配备 2 台抽水泵, 避免突发降雨造成坑底浸水, 同时防止边坡失稳, 造成坑壁坍塌。

(2) 基坑开挖完成后, 在基坑底边部设置 2 个集水坑, 并配备 2 台抽水泵, 1 名专职人员负责基坑的抽排水工作。确保基坑不因水的因素造成坑壁坍塌, 对管道造成危害。

(3) 模板采用从厂家定制的定型钢模板, 模板分块吊装, 按从中间向两侧拼装的顺序进行施工。模板安装稳固, 接缝严密, 不得漏浆。

(4) 安装模板的吊车站设在设备区吊装模板, 不得在管道周边 5 米范围及顶部架设支腿。

(5) 承台混凝土浇筑按规范要求分层浇筑, 分层振捣密实, 每层厚度不大于 30cm。混凝土入模后及时采用插入式振动棒振捣。现场配备溜槽, 罐车位于设备区停靠, 不得在管道周边及卸料区停留。

(6) 养护期达到后立即拆模回填, 回填至距离地面 1 米时可拔出钢板桩, 恢复管道周边的土压平衡。

5 输油管线保护安全管理措施

为确保输油管线安全, 本标段实行层级负责制: 项目经理承担总体领导责任 (第一责任人), 技术负责人履行直接管理职责, 重点监督各项保护方案的有效执行。方案执行过程安排一名专职安全员进行全程跟踪。建立与产权单位联动机制, 在施工过程中产权单位派驻一名监督人员进行全程监管。

(1) 施工前, 必须严格遵循政府及输油管线产权单位的相关规定, 完成所有必要手续的办理, 并接受其管线监护

安排。同时, 应确保产权单位相关部门对本标段施工人员进行现场技术交底并实施监护。

(2) 施工前, 应依据设计方及管道权属单位提供的资料, 采用物探技术复核施工区域内输油管线的走向, 并辅以探沟开挖, 精确测定管道的具体位置、埋深与管径, 在施工图纸上予以清晰标注。随后, 需在管线两侧 3 米范围设置警示带并加装防护栏, 明示管道位置。

(3) 在施工区域内的输油管道上方及沿线, 应按规范布设标识牌, 间距为 3 米。标识牌需清晰标注管道名称, 并同步划定禁止开挖的管控范围。

(4) 为保障施工顺利进行, 应建立与输油管道管理部门的定期协调机制, 动态获取管道运行信息, 确保施工方案始终与管道安全要求相匹配。

(5) 施工期间须实施连续沉降监测, 监测频率为每日两次, 必要时增加观测频次。一旦发现沉降异常或速率突变, 应立即暂停施工; 待查明原因并落实有效控制措施后, 方可恢复作业。

(6) 施工过程中若察觉输油管线存在状态异常或实际位置与资料不符, 可能危及管线安全或妨碍维护时, 须即刻中止作业。同时, 立即通报管线权属/管理部门, 待协同制定并落实有效的管道防护方案后, 方可复工。

(7) 输油管线保护范围内施工前后拍摄影像资料。

(8) 为确保管道安全, 施工人员与管理者必须透彻理解并遵循输油管线保护方案, 严格执行管道产权单位提出的管理要求, 切实保障防护措施和应急预案的实施效果。

(9) 杜绝野蛮施工, 施工过程中确保对管道的安全保护, 并对输油管道进行准确标注。一旦管线损坏, 施工单位必须立即通知输油管理部门抢修, 同时上报监理、业主, 及时组织力量抢修。

6 结语

综上所述, 桥梁工程施工中的输油管道防护并非单一的技术措施, 而是一项系统性、动态化、多学科融合的复杂工程。本文探讨的防护方案与技术要点, 旨在为类似工程提供技术参考和实践指导。其核心价值在于通过技术创新与管理优化, 最大限度地降低施工风险, 保障国家能源命脉的安全稳定运行, 同时推动城市基础设施建设的协调发展。未来, 随着新材料、新工艺的发展, 输油管道防护技术将向更高精度、更强智能、更优性价比的方向迈进。唯有如此, 才能更好地应对日益复杂的建设环境挑战, 实现工程效益与公共安全的和谐统一。

参考文献

- [1] 王哲, 张立新, 油气管道应力分析与防护技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 2020: 156-165.
- [2] 中国石油管道公司, 油气管道保护技术与管理实践[R]. 廊坊: 中国石油出版社, 2019: 73-80.
- [3] 陈建国, 桥梁桩基施工对邻近管道的隔离桩防护效果分析[J]. 土木工程学报, 2020, 53(S1): 112-118.

Application and Development of Scale Removal Technology in Oilfield Gathering and Transportation System

Bowen Yang

Geological Process Research Institute of Yulinshu Oilfield, Daqing, Heilongjiang, 163000, China

Abstract

As a vital component of socioeconomic development, petroleum resources have become a globally prioritized energy source. Oilfield gathering and transportation systems play a critical role in oil and gas transmission, where operational efficiency directly determines delivery effectiveness and safety during field development. However, prolonged operation often leads to scaling in pipelines and equipment, which not only reduces transportation capacity but also diminishes overall operational efficiency, jeopardizing safe and stable production. This study investigates scaling issues in oilfield gathering systems, identifies common contaminants, and analyzes descaling technologies to enhance transportation efficiency, thereby ensuring efficient and stable system operation.

Keywords

oilfield; gathering system; descaling technology

油田集输系统除垢技术的应用与发展探讨

杨博文

大庆榆树林油田地质工艺研究所, 中国·黑龙江 大庆 163000

摘要

石油是社会经济发展进步中的重要组成部分, 石油资源也成为全球关注的重要能源。油田集输系统承载着重要的油气输送工作, 在油气田的开发与运行中, 集输系统的运行效率直接关系到油气产品的输送效率和安全性。但在长时间的生产运行过程中, 集输系统的管道与设备容易出现结垢情况, 不仅影响油气输送能力, 还会导致油田的整体运行效率下降, 影响油田生产的安全平稳运行。因此, 本文针对油田集输系统中的结垢问题展开研究, 总结油田集输系统中常见的几种污垢, 并分析针对油田集输系统的除垢技术, 提升油气输送效率, 从而实现集输系统的高效平稳运行。

关键词

油田; 集输系统; 除垢技术

1 引言

油田集输系统结垢是油田工作者面临的一个难题, 有关油田集输系统结垢问题也受到关注, 在不断发展石油事业的过程中, 随着油井数和运行年限的增加, 发现集输系统结垢问题较为严重, 直接影响生产安全平稳运行。随着油气田生产年限的增加, 管道和设备内不可避免的积累油垢、腐蚀产物及其他沉积物, 这些积垢不仅会降低管道的输送能力, 还可能引发安全隐患。对此开展集输系统结垢后的治理工作, 通过研究集输系统结垢机理, 提出针对油田集输系统的除垢措施, 可以有效避免集输系统的结垢问题, 有助于减轻结垢, 提高集输系统运行效率和油气输送的安全性, 促进油田生产的发展完善。

2 油田集输系统结垢

随着我国油田大规模的开采和发展, 急需缓解和克服原油集输过程的结垢问题。为有效治理油田采出液进入集输系统后的结垢问题, 目前的研究重点也逐步转变为集输系统的结垢处理技术、结垢的影响因素、结垢规律、预防措施等内容, 还需要参考集输系统的具体结垢情况来选择最佳的除垢方式, 才能有效去除污垢, 提升油田集输系统的运行效率。

2.1 油气资源对集输管道腐蚀的情况

随着油田开发的进行, 地下原油采出液进入地面集输系统后, 因矿物质、蜡质、沥青质等物质沉积形成的沉积物堆积在管道内壁、罐底或各种设备内并形成垢。这些沉积会导致管道堵塞、设备磨损, 长此以往还可能引发腐蚀、泄漏等安全事故, 严重影响集输系统运行效率, 存在安全隐患。与此同时, 油田采出液含有部分杂质, 碳氢化合物中的微杂质可能会在输送管道的内壁及其界面上造成一定程度的腐蚀, 并在随后的油气集输过程中出现腐蚀等问题。就石油开

【作者简介】杨博文(1990-), 男, 中国河南临颍人, 本科, 工程师, 从事油气田地面工程研究。

采而言,地下原油包含的相关物质可能导致管道腐蚀,特别是在注水开发过程中,某些物质随环境变化会产生化学反应,增加了原油产液的腐蚀性,从而导致油气集输的管道受到更严重的腐蚀。因此,石油和天然气能源的主要腐蚀特征如下:第一,当石油和天然气能源与水 and 天然气等物质混合集输时,可能导致集输管道更严重的腐蚀;第二,石油和天然气能源在大气压力发生变化或温度发生重大变化时,特别是在较高的温度下,可能会腐蚀管道;第三,石油和天然气能源含有更复杂的杂质,甚至具有一定的腐蚀性。

2.2 集输系统结垢的作用机理

油田集输系统管道和设备中普遍存在结垢问题,经过对垢样的化验和分析,发现其中含有大量无机物和沥青等相关杂质,其中无机沉积现象最为明显。从成分上看,管道结垢的杂质可具体分为盐度、腐蚀性杂质和污泥沉降等垢质,其中不容易降解的物质的形成最典型的是碳酸钙、硫酸钙和硫酸镁等无机沉淀。油田集输系统应用了大量钢制管道,由于受到腐蚀作用的影响,会在管道内形成沉淀物,沉淀物堆积逐渐成为污垢。管道输送介质中溶解的氧气也会因电化学腐蚀而缓慢侵蚀管道内的金属,严重时甚至会造成管道的腐蚀穿孔。

2.3 集输管道除垢工艺的意义

在油气生产过程中,如果集输管道出现结垢或堵塞现象,会对集输管道的输送和生产运行产生一定的影响。它不仅会减少管道输送的截面积,造成管道和系统设施的腐蚀,影响系统的正常运行,而且在严重情况下,管道堵塞可能导致泄漏甚至产生裂缝。因此,除垢对油气集输系统的运行很重要。经过结垢的垢质的化验和分析,其中大部分是碳酸盐,通过酸性液体的作用可以实现除垢效果,对系统除垢影响较小;其中少部分的硫酸盐对整体除垢效果影响较大,难以消除。在集输管道的实际沉积物中,通常由多种沉积形式组成,而不仅仅是一种沉积形式。影响最大的是硫酸钙、碳酸钙和硫酸盐,由于溶解度低,它们通常不会在低温下产生,其中硫酸钙和碳酸钙一般是由不相容的介质混合物形成的。

结合目前情况而言,对于油田集输系统结垢现象,还需要积极改进除垢工艺和技术,优化传统的药剂配方,并革新工艺,提升除垢效果的同时,避免出现药物浪费、防垢效果不佳的情况。同时,针对集输系统自身也要加以优化,在集输系统中应用优化后的油层除垢技术,从各个角度来避免出现结垢现象,全面提升除垢效果,才能提升油田集输系统的运作安全性。

3 油田集输系统常见结垢现象

3.1 硅垢

硅垢是油田集输系统污垢中的常见一种类型,由于油田处于地质环境中,收到不同岩层物质的影响,油田中水的 pH 值较高,从而导致在岩层中含有多种含硅化物的离子,

比如二氧化硅。这些离子物质能够与集输系统中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Ba^{2+} 等金属离子发生反应,并最终析出固定物质,这些物质将以硅垢的形态存在于油田集输系统中。

3.2 铁垢

由于油田集输系统的组成物质含有较多的贴成分,这也导致铁垢成为了油田集输系统中的主要污垢类型之一。集输系统中的管道、材料设备等,会接触原油中的硫酸盐,而对管道、设备等造成腐蚀作用,并引发金属的阴极去极化反应,导致铁垢生成。同时,二氧化碳溶于水后,会形成碳酸,并发生电离作用,对集输系统形成腐蚀。最后,硫化氢腐蚀也会促进铁垢的形成,硫化氢在溶于水后,会直接对集输系统的管道设备产生腐蚀效果,生成铁垢。

3.3 碳酸盐垢

油田集输系统中的污垢与原油有较大关联,因此,也有多数研究人员认为,要了解油田集输系统的污垢形成,首先要从原油的角度入手。原油中的化学物质多样且复杂,极易形成碳酸盐沉淀,而碳酸盐在水中会快速产生化学反应: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$,尤其是在高温环境下,会生成一定的碳酸盐垢,影响集输系统的运行。除了碳酸盐,碳酸镁也是类似的结垢原理。

4 油田集输系统除垢技术

定期清洗集输管道和设备,保持其内部清洁,是油田维护管理的重要环节。针对油田集输管道除垢技术可以从以下几点加以完善:

4.1 防垢除垢剂复合除垢

主要根据集输过程产生的杂质的特定化学成分分析管道的化学脱除方法,选用相应的酸性化学试剂溶解管道的杂质,实现除垢效果。近年来,研究人员针对不易溶解的混合污物类型研制了硫酸盐抑制剂和硫酸盐清洁剂,并广泛用于管道中的除垢处理,因为这些垢质含有不同的成分,并且化学物质的排放并非随意倾倒,需要采取一定的处理措施,这也给人工带来一定的繁琐。排放过程中也可能对管道、周围自然环境等产生污染,往往需要较高成本来处理化学物质。因此,还需要从更加经济、科学的角度来对除垢技术加以改进,保障除垢效果的同时,降低所需的人工、财力等资源。

油田集输管道防垢通常采用化学防垢剂,阻止管道结垢或者降低结垢率、结垢速度等,但是常用的阻垢剂防垢仅有一定的效果,对于已结垢进行清除比较困难,在阻垢剂基础上,加入除垢剂(溶垢剂),复合使用提高除垢效果。防垢剂选用 PBTC、PBTC、HEDP、PAPEMP、HPMA 等,溶垢剂选用 HCl、冰乙酸、六次甲基四胺、天冬氨酸、柠檬酸等。采用 HEDP、HCl、冰乙酸等混合比例搭配阻垢除垢效果最佳,如果技术系统中的管道结垢情况严重,可以根据结垢位置、结垢类型,以循环方式来进行除垢,确保除垢到位,降低再次结垢的几率。