

集输系统影响原油脱水因素分析和解决策略

李学智

中国海油(中国)有限公司天津分公司 天津 300459

摘要: 原油脱水在集输系统中意义重大,影响后续加工、运输及储存。本文先阐述原油脱水的基础认知,包括其意义、主要方法原理及典型流程。接着分析影响原油脱水的内在因素,如原油物性、杂质,外在因素如集输工艺条件、脱水设备、操作管理等。最后针对这些影响因素,提出从原油预处理、优化工艺条件、设备选型维护、操作人员培训等方面解决脱水问题的策略,以提升集输系统运行效率,降低运营成本。

关键词: 集输系统;原油脱水;影响因素;解决策略

引言: 集输系统作为原油从井口到处理终端的关键环节,原油脱水是其中不可或缺的重要步骤。原油含水过高会引发诸多问题,在加工环节影响设备运行、增加能耗;运输时增大摩擦阻力、引发管道腐蚀;储存会降低原油品质、损坏储油罐。而脱水后的原油能提升集输系统整体效益,降低生产成本、提高输送能力、减少储存损失。因此,深入研究集输系统影响原油脱水的因素并提出解决策略,对保障集输系统稳定运行、提升企业经济效益具有重要意义。

1 集输系统原油脱水基础认知

1.1 原油脱水在集输系统中的关键意义

原油脱水在集输系统里占据着极为重要的地位,对后续加工、运输及储存环节有着深远影响。在加工环节,若原油含水过高,水分在高温下会迅速汽化,导致设备内压力急剧上升,不仅影响加工设备的正常运行,还可能引发安全事故。而且,水分会降低加热炉的热效率,增加能源消耗,提高加工成本^[1]。在运输过程中,水的密度比原油大,含水的原油在管道中流动时,会增加管道的摩擦阻力,降低输送效率,甚至可能引发管道腐蚀,缩短管道使用寿命。储存时,水分会加速原油中轻质组分的挥发,降低原油品质,还可能因水分结冰损坏储油罐。脱水后的原油质量显著提升,这对集输系统整体效益有着积极影响。高质量的原油能减少加工过程中的能耗和设备损耗,降低生产成本。在运输环节,可提高管道输送能力,减少运输费用。储存时,能保持原油的稳定性,减少储存损失。综合来看,原油脱水有助于提高集输系统的运行效率,降低运营成本,增强企业的市场竞争力。

1.2 集输系统原油脱水的主要方法与原理

重力沉降脱水基于油水密度差异分离水滴。原油中水滴与原油有密度差,在重力下,水滴自然下沉。随时间推移,水滴聚并增大,直径到0.5-1毫米时沉降加快,

实现油水分离。此法简单,但处理时间长,需2-4小时,适用于含水量高且乳化程度低的原油,含水量30-50%时效果好。电脱水利用电场破坏油水界面膜促水滴聚结沉降。高压电场强度达1000-3000伏/厘米,乳化水滴极化产生偶极矩,相互吸引聚成大水滴,直径到1-2毫米时重力下沉达脱水目的。电脱水处理乳化水含量高的原油效率高,含水率可从10-20%降到0.5-1%。化学破乳脱水靠化学破乳剂改变油水界面性质降乳状液稳定性。破乳剂分子吸附界面替代天然乳化剂,削弱界面膜使水滴易聚并。用量50-100毫克/升时效果好,常与其他脱水法联用提效。

1.3 集输系统原油脱水的典型流程

常见的集输系统原油脱水工艺流程架构通常包含多个环节。一般先采用重力沉降脱水进行初步处理,去除原油中的大部分游离水。接着,利用电脱水设备对经过初步脱水的原油进行深度脱水,进一步降低原油含水率。在某些情况下,还会在电脱水前或后加入化学破乳剂,辅助脱水过程。各流程中不同脱水方法紧密衔接与配合。重力沉降脱水为后续的电脱水和化学破乳脱水减轻了负担,提高了整体脱水效率。电脱水则对经过初步处理的原油进行精细脱水,确保原油含水率达到标准要求^[2]。化学破乳脱水根据原油的实际情况,灵活运用,增强脱水效果。三种方法相互补充,共同实现集输系统原油的高效脱水。

2 集输系统影响原油脱水的内在因素

2.1 原油自身物性因素

原油黏度是影响脱水效果的关键物性参数。高黏度原油会增大水滴沉降过程中的流动阻力,减缓水滴下沉速率,延长油水分离周期。黏度随温度、压力等条件变动时,会改变乳状液内部分子间作用力,进而调整乳状液稳定程度,给脱水工艺带来不确定性。原油密度与水的密度差异直接关联重力沉降脱水效率。密度差异越大,

油水两相分层动力越强，分离效果越理想。密度发生变化时，会改变水滴在原油中的运动轨迹与速率，通过影响两相相对运动状态，间接作用于脱水进程，这一机制符合斯托克斯沉降定律的核心表述。原油组成成分对脱水难度具有显著调控作用。蜡、胶质和沥青质均属于天然乳化剂，能吸附在油水界面形成致密薄膜，增强乳状液抗聚结能力。这类成分含量升高时，界面膜强度同步提升，水滴难以相互融合，脱水工艺所需能耗与处理时间相应增加，该规律已在原油乳状液稳定性研究中得到验证。

2.2 原油中杂质因素

固体颗粒是强化乳状液稳定性的重要杂质。原油中的固体颗粒粒径在1-10微米时，易吸附于油水界面，填补界面膜缝隙并提升膜结构强度，阻碍水滴相互聚结，同时延缓水滴沉降进程，降低分离效率，其作用机制源于界面化学中的吸附理论与胶体稳定性原理。盐类在原油中多以溶解态或悬浮态存在，对脱水工艺的影响体现在多方面。盐类离子浓度达到1000-5000毫克/升时，会干扰电脱水设备内部电场分布，破坏电场均匀性与稳定性，影响电场对水滴的极化聚结效果。同时盐类还会与化学破乳剂发生相互作用，改变破乳剂在油水界面的吸附能力，削弱破乳剂使用效果，增加脱水难度。

3 集输系统影响原油脱水的外在因素

3.1 集输工艺条件因素

温度在原油脱水过程中扮演关键角色。升高温度可降低原油黏度，使水滴在原油中运动阻力减小，利于水滴沉降。同时，温度升高能增大油水密度差，增强水滴在重力作用下分离趋势。然而，温度过高可能使乳状液稳定性增强，反而不利于脱^[3]。不同温度下，脱水设备脱水效率呈规律变化。在一定温度范围内，随温度升高，脱水效率提升；但超过某一临界值后，脱水效率可能下降。压力对原油脱水也有重要影响。压力变化会改变原油中溶解气量，当压力降低时，溶解气逸出，产生气泡。气泡在上升过程中会扰动乳状液，破坏其稳定性，促进水滴聚结。此外，压力变化还会影响电脱水设备电场，不稳定的压力可能导致电场分布不均，降低电脱水效果。原油在脱水设备中的停留时间与水滴沉降、聚结密切相关。停留时间过短，水滴来不及充分沉降和聚结，脱水效果不佳；停留时间过长，不仅会增加设备占地面积和能耗，还可能导致已分离水滴重新被卷入原油，影响脱水质量。原油在管道中的流速会影响乳状液剪切强度。流速过快，剪切强度增大，会使乳状液更稳定，水滴难以聚结；流速过慢，则可能导致原油在管道中沉积，影响集输效率，同时也

不利于水滴沉降和分离。

3.2 脱水设备因素

不同类型的脱水设备结构特点各异，对脱水效果影响显著。重力沉降罐依靠重力作用实现油水分离，结构简单但占地面积大，一般占地面积在100-200平方米。电脱水器利用电场作用破坏乳状液，脱水效率高但设备复杂，设备高度可达5-10米。优化设备结构可提高脱水效果，如改进重力沉降罐的内部构件，增强水滴聚结能力。脱水设备的性能参数对脱水效果作用机制复杂。以电脱水器为例，电场强度在1000-3000伏/厘米和频率在50-100赫兹直接影响水滴的极化和聚结。合理调整这些参数，可使电脱水器达到最佳脱水状态。脱水设备在使用过程中会因老化、磨损导致性能下降。如电脱水器的电极腐蚀厚度达到1-2毫米、重力沉降罐的内壁结垢厚度达到0.5-1毫米时，都会影响脱水效果。因此，需定期对设备进行维护和更新，确保设备正常运行。

3.3 操作管理因素

操作人员对脱水设备操作原理和流程的掌握程度直接影响脱水效果。熟练的操作人员能根据原油性质和设备状态，及时调整操作参数，保证脱水质量。因此，提高操作人员技能水平至关重要。操作人员在设备启动、运行和停机过程中不按规范操作，会对脱水效果产生不良影响。如启动时未进行预热、运行中参数调整不当等。加强操作规范执行监督，可减少此类问题的发生。设备维护保养计划制定和执行情况对脱水设备性能和脱水效果影响重大。建立完善的设备维护保养管理体系，定期对设备进行检查、保养和维修，检查周期为1-3个月，可延长设备使用寿命，提高脱水效率。

4 集输系统原油脱水问题的解决策略

4.1 针对原油物性和杂质的策略

对于原油物性和杂质带来的脱水难题，原油预处理是重要手段。降低原油黏度能有效改善脱水环境，可采用加热方式，将原油温度提升到60-80℃，提升原油温度，使分子运动加剧，黏度降低；也可掺入轻油，轻油掺入比例在10-20%，利用轻油稀释作用降低整体黏度。去除原油中固体颗粒和盐类同样关键，过滤操作能拦截较大尺寸固体颗粒，过滤精度可达5-10微米，沉降方法则可以让颗粒在重力作用下逐渐沉淀分离^[4]。对于盐类，可通过化学沉淀、离子交换等方式降低在原油中的含量，使盐类含量降低到500-1000毫克/升以下。破乳剂优化是提高脱水效率的关键环节。依据原油物性和杂质特点选择破乳剂，若原油中胶质、沥青质含量高，应选能更好破坏界面膜的破乳剂；若含盐量高，则要选抗盐性强的破

乳剂。确定破乳剂最佳用量需通过实验,在不同用量下观察脱水效果,以脱水率、脱出水含油量等指标为参考,当破乳剂用量在40-70毫克/升时,找到用量与效果的最佳平衡点。

4.2 针对集输工艺条件的策略

优化工艺条件能显著提升脱水质量。建立合理的温度、压力、停留时间和流速控制系统至关重要。根据原油性质和脱水工艺要求,通过智能控制系统实时调整参数。如对于高黏度原油,适当提高温度到65-75°C;对于易乳化原油,控制好压力在2-3兆帕防止溶解气逸出加剧乳化。改进工艺流程可进一步提升脱水效率。考虑增加预脱水环节,先去除大部分游离水,预脱水时间在0.5-1小时,减轻后续脱水设备负担。优化脱水方法组合,将重力沉降、电脱水和化学破乳等方法有机结合,发挥各自优势,提高整体脱水效果。

4.3 针对脱水设备的策略

设备选型与更新直接影响脱水能力。依据原油处理量和脱水要求,选择合适类型和规格的脱水设备。若处理量大,处理量在100-200立方米/小时,应选处理能力强的设备;若对脱水质量要求高,要求脱水后原油含水率在0.3-0.5%,则要选精度高的设备。对于老化、磨损严重的设备,及时更新能避免因设备性能下降导致的脱水效果变差问题。设备维护与维修是保障设备正常运行的基础。制定详细的定期维护和维修计划,明确维护内容和周期,维护周期为1-2个月。建立设备故障预警机制,利用传感器等技术实时监测设备运行状态,及时发现潜在故障并处理,减少设备停机时间。

4.4 针对操作管理的策略

操作人员培训是提高脱水操作水平的关键。培训前,

要对操作人员的基础知识水平进行评估,以便制定更有针对性的培训方案。需制定全面的培训计划,涵盖理论知识学习和实际操作训练。通过理论培训,让操作人员深入了解脱水原理以及设备操作要点;通过实际操作考核,确保他们具备正确操作能力,并着重培养其责任心。考核过程中,可设置多样化的考核场景,全面检验操作人员的技能水平。完善管理制度能有效规范操作行为。建立完善的脱水设备操作管理制度和维护保养管理制度,明确操作流程与维护标准。管理制度要具有可操作性,避免过于繁琐或模糊不清。加强对操作人员操作过程和维护保养工作的监督和考核,监督考核周期设定为1个月,以此确保制度得以严格执行,保障脱水工作稳定高效进行。

结束语

集输系统原油脱水受多种因素影响,内在因素如原油物性和杂质,外在因素涵盖集输工艺条件、脱水设备及操作管理等方面。通过采取针对性的解决策略,如原油预处理、优化工艺条件、合理选型与维护设备、加强操作人员培训等,可有效提升原油脱水效果。这不仅有助于保障集输系统的稳定运行,还能降低生产成本,提高企业的经济效益,为石油行业的可持续发展提供有力支持。

参考文献

- [1]王云鹏.原油脱水质量的影响因素和改进措施探究[J].化工管理,2021(21):187-188.
- [2]魏林伟.高含水原油脱水工艺的优选与设计[J].化工技术与开发,2022,51(7):83-85.
- [3]赵志明,赵宁.原油脱水工艺的进展研究[J].当代化工,2021,50(3):703-706.
- [4]祁鸿儒.石油联合站原油脱水工艺优化与控制技术研究[J].当代化工研究,2025,(10):182-184.