

天然气管线水合物堵塞原因分析与处理对策

教 梅 王开虎 (西南油气田分公司川西北气矿, 四川 绵阳 621700)

高 明 (国家管网集团西气东输分公司苏浙沪输气分公司, 江苏 南京 210000)

摘 要: 针对天然气管线水合物堵塞问题, 本次研究首先从性质及形成条件等多个角度出发, 对天然气水合物进行简单介绍, 在此基础上, 开展天然气管线水合物堵塞原因分析, 根据其堵塞的原因, 提出天然气管线水合物堵塞处理对策, 为保障天然气管线的安全高效运行奠定基础。研究表明: 天然气水合物主要由甲烷分子构成, 同时还可能包含一些其他的烃类气体, 天然气管线的水合物堵塞问题不但会影响管道的运行效率, 还会影响其运行安全, 因此, 针对水合物堵塞问题需要做好准备措施, 对防冻剂进行合理的应用, 并加强冬季安全生产管理工作, 以此防止天然气管线出现水合物冻堵问题。

关键词: 天然气管线; 水合物; 堵塞原因; 环境因素; 处理对策

随着能源需求的不断增长, 天然气作为一种清洁、高效的能源形式, 在全球范围内受到了广泛应用, 但是, 在天然气输送过程中, 由于特定的工况和环境因素, 可能会面临水合物堵塞的挑战。水合物是由天然气中的水和气体成分结合而成的晶体, 其在低温高压条件下容易形成, 给天然气管线的正常运行带来了不可忽视的风险。水合物堵塞不仅可能引起管道事故, 还会降低管道的输送效率, 增加运营成本^[1]。本次研究主要是根据天然气管线水合物堵塞问题出现的原因, 提出合理的处理对策, 为保障天然气管线的安全可靠运行奠定基础。

1 天然气水合物介绍

1.1 性质与形成条件

天然气水合物是一种由天然气分子和水分子在适当的温度和压力条件下形成的晶体结构, 其主要由甲烷分子构成, 同时还可能包含一些其他的烃类气体, 如乙烷、丙烷等。天然气水合物以笼式结构为主, 天然气分子被水分子形成的晶格包围, 形成类似冰的晶体。水合物的稳定性与温度和压力密切相关, 一般在低温高压的条件下形成和稳定。天然气水合物的形成释放出大量的热量, 这是其在天然气储藏中的一个独特特征。天然气水合物呈白色结晶状, 外观类似于普通的冰。天然气水合物的形成需要适当的低温和高压条件, 一般来说, 它 0℃ 以下和相对较高的压力下形成^[2]。存在足够的水分是水合物形成的前提条件, 管道中的水分可以来自输送天然气的天然气本身或外部环境中的湿气。天然气水合物主要由甲烷组成, 因此, 天然气中富含甲烷是水合物形成的基本要素, 其他一

些烃类气体的存在也可能影响水合物的形成条件, 存在一定的孔隙度, 使天然气分子能够进入水分子的笼式结构, 是水合物形成的必要条件。管道的结构和表面特性也可能影响水合物的形成, 例如管道的表面粗糙度、存在的凹槽等结构特征可能成为水合物形成的核心点。

1.2 水合物堵塞后果分析

天然气管线水合物堵塞可能导致一系列严重后果, 包括安全隐患、管道损坏、生产中断以及经济损失。水合物堵塞可能导致管道内压力升高, 增加了管道的爆炸风险, 在某些情况下, 水合物堵塞可能引发火灾或爆炸, 威胁到人员和环境的安全。水合物形成的晶体结构可能堵塞管道, 导致管道的堵塞和阻塞, 管道内的高压可能导致管道的破裂或其他形式的损坏, 进而影响天然气输送的正常运行。水合物堵塞可能导致天然气的输送受阻, 进而引发天然气生产中断, 这会对天然气供应链产生重大影响, 影响天然气的生产、输送和使用^[3]。由于生产中断、管道维修和安全事故等原因, 水合物堵塞可能导致巨额的经济损失, 可能导致管道泄漏, 释放天然气和其他有害气体, 对周围环境产生负面影响, 特别是在火灾或爆炸发生时, 可能会引起环境污染和生态破坏。除了管道本身的损坏, 水合物堵塞还可能对相关设备和管道附件造成损坏, 这包括阀门、传感器、管道连接件等, 增加了维修和更换的成本。

2 天然气管线水合物堵塞原因分析

2.1 环境因素

在环境因素方面, 天然气管线水合物堵塞的原因

主要涉及温度、压力、湿度以及地质条件等多个方面。水合物的形成是一个温度敏感的过程，通常发生在相对较低的温度下，在天然气输送管道中，特别是在深水区域或高海拔地区，温度可能降至水合物形成的范围内，促使水合物的形成。水合物的形成需要一定的高压环境，在天然气输送过程中，由于压力的变化，尤其是在管道的弯曲或阀门处，水合物的形成可能更为显著，高压环境有助于水分和天然气成分结合形成水合物^[4]。天然气中含有一定的水分，而水合物的形成离不开水分的存在，在潮湿的天然气中，水分与甲烷等气体结合形成水合物的可能性增加。天然气输送管道穿越的地质条件也可能影响水合物的形成，地质中可能存在水合物稳定区域，天然气在经过这些区域时更容易形成水合物。随着气候的变化，管道所处的环境条件可能发生变化，从而影响水合物的形成，气温、湿度和压力的变化都可能对水合物的形成产生影响。

2.2 不科学的消泡制度

在天然气管线水合物堵塞方面，使用不科学的消泡制度可能成为导致问题的一个因素。消泡剂的选择应根据具体的管道条件和水合物形成的特性，但如果选择的消泡剂不合适，可能无法有效地破坏水合物的泡沫结构，导致堵塞问题得不到解决。消泡剂的使用剂量需要根据管道中水合物的含量和管道的物理参数来确定，如果剂量控制不当，使用的消泡剂量太少可能无法有效消除泡沫，而剂量过多则可能引起不必要的成本增加。某些消泡剂可能在特定温度、压力或水合物组分下表现更好，但在其他条件下可能失效，如果消泡剂的性能不稳定，可能导致无法持续有效地消除水合物泡沫^[5]。消泡剂的作用时间也是关键因素，如果处理时间不足，可能无法完全破坏水合物泡沫结构，导致水合物仍然存在，增加了管道再次堵塞的风险。消泡剂的性能可能受到环境因素的影响，如温度、压力和管道材料等，未考虑这些因素可能导致使用的消泡剂效果不佳。消泡剂的加入和分布需要符合科学的处理流程，如果处理流程不科学，可能导致消泡剂无法充分接触到水合物，从而无法达到预期的消泡效果。

2.3 管线自身原因

在管道弯曲处，气体流速可能变化，导致温度和压力条件变化，从而促使水合物的形成，水合物在弯曲处容易堆积，形成阻塞。管道中的阀门、仪表和其他附件可能存在凹槽、孔隙或变化的流速，这些都是水合物形成的理想地点，水合物的生成和堆积可能导

致阀门的操作受阻，甚至引起阀门的损坏。管道连接点可能存在一些不规则性，例如焊接点或螺纹连接点，这些地方容易成为水合物的沉积点，导致管道的局部堵塞。在管道中可能存在下凹点或低洼处，积聚的水分较多，结合天然气中的甲烷等成分更容易形成水合物，这些地方可能成为水合物堵塞的发生点。管道中的过渡段，例如管道由水平向上或向下过渡的地方，可能存在温度和压力的变化，这种变化可能促使水合物的形成。在海底或深水区域，由于温度和压力较低，水合物的形成更为容易，深水区域的管道可能更容易受到水合物堵塞的影响。

3 天然气管线水合物堵塞预防措施研究

3.1 防冻堵准备

在冬季之前，可以考虑向管道中添加水合物抑制剂。这些抑制剂可以阻止水合物的形成，从而减少水合物冻结的风险，抑制剂的选择应该根据具体的管道条件和水合物的特性进行。管道绝热和保温是防止管道内温度降低到水合物形成的范围的有效手段，在冬季之前，检查管道的绝热层和保温材料，确保其完好无损，修补可能存在的破损和缺陷。安装温度和湿度监测系统可以实时监测管道内的温度和湿度，这样的系统可以提前发现可能导致水合物形成的条件，使运营人员能够采取及时的措施。在冬季来临之前，进行定期的管道清理工作是非常重要的，清理管道内的杂物、沉积物和可能导致水合物形成的因素，有助于维持管道的畅通。管道漏气可能导致管道内的气体流速增加，从而使温度和压力条件发生变化，增加水合物形成的风险，在冬季来临之前，进行管道漏气检测和修复工作。事先制定紧急应对计划，明确在发生水合物冻堵问题时应采取的紧急处理步骤，包括准备好必要的设备和材料，以迅速应对管道的堵塞问题。确保运营人员接受过相应的培训，了解水合物防控的知识，并掌握紧急情况下的处理方法，确保有足够的人员和设备，能够在需要时立即投入到应急工作中。

3.2 根据工况条件选择防冻剂加注制度

不同的防冻剂有不同的耐寒性能，因此需要根据管道所在地区的气候条件来选择适合的防冻剂，一些防冻剂可以在极寒的环境下保持流动性，防止水合物的形成。防冻剂选择还需要考虑管道的材质，某些防冻剂可能对某些材质具有腐蚀性，因此需要选择与管道材质相兼容的防冻剂。管道的直径和长度影响了其中的液体容积，因此需要计算所需的防冻剂量，较大直径或较长长度的管道可能需要更多的防冻剂来确保

整个管道系统都受到保护。如果在管道中存在水合物形成的风险,防冻剂的选择应考虑到其抑制水合物形成的性能,一些防冻剂可能具有抑制水合物形成的特性,有助于防止管道的冻结和堵塞。不同类型的防冻剂具有不同的成本,在选择防冻剂时,需要综合考虑其性能、成本和使用寿命等因素,以确保达到经济合理和有效的防冻效果。选择防冻剂时,还应考虑其对环境的影响,一些防冻剂可能对环境更为友好,具有更低的生态风险。防冻剂的运输和储存条件也是考虑因素之一,一些防冻剂可能对温度、湿度等条件较为敏感,需要妥善保存和管理。

4 天然气管线水合物堵塞处理对策研究

4.1 注醇解堵

注醇解堵是处理天然气管线水合物堵塞的一种常见方法,通过注入醇类溶剂来改变水合物的结构,降低其结晶温度,从而解除管道的堵塞。选择适合管道条件和水合物类型的醇类溶剂,常用的醇类包括甲醇和乙醇,它们在一定温度和压力下能够有效地抑制水合物的形成。确定合适的醇类溶剂注入量,以保证其在管道中充分分散并与水合物发生作用,注入量的确定需要考虑管道尺寸、水合物的含量和管道的温度等因素。选择合适的注入方式,确保醇类溶剂能够均匀分布在受堵塞的管道段。可以通过注入口、压力控制和流速控制等手段来优化注入方式。在注入醇类溶剂的过程中,实时监测管道的温度、压力和醇类溶剂的浓度,通过监测,可以及时调整注入量和速度,以确保注入效果和安全操作。考虑环境因素对注醇解堵的影响,例如管道所在地区的气候条件,在极端环境下,可能需要采取额外的措施来确保醇类溶剂的性能和稳定性。

4.2 放空解堵

放空解堵是处理天然气管线水合物堵塞的一种常见方法,通过降低管道压力来减少水合物的形成和堵塞。在管道系统中合理设置放空口,确保在需要时可以通过放空口迅速实现对管道的放空,放空口的位置应考虑到水合物易积聚的部位,例如管道低洼处或弯曲点。实施定期的管道放空,通过减小管道内气体压力,降低水合物的形成和堵塞风险,定期放空可以根据管道运行情况和气候条件进行调整,确保效果最佳。确定合适的放空参数,包括放空速度、放空时间和放空周期,这些参数的设定需根据管道尺寸、水合物的含量和管道的温度等因素进行合理选择。对放空系统进行优化,包括放空阀门的选择和设置,确保能够快

速、有效地实现对管道的放空操作。

4.3 加热解堵

加热解堵是处理天然气管线水合物堵塞的一种有效方法,通过提供热源,可以使管道中的水合物解冻,从而解除堵塞。选择合适的加热介质,常用的包括蒸汽、电加热、热传导油等,选择时需考虑加热介质的热传导性能、安全性以及在管道中传热的效果。根据水合物的结晶温度和管道的运行温度,确定合适的加热温度,确保温度足够高,能够有效解冻水合物,但要避免对管道造成过高的温度影响。在加热解堵过程中,采取必要的安全措施,包括避免超温、超压情况的发生,保障操作人员的安全,防范火灾和爆炸的风险。根据管道直径、材质和堵塞位置选择合适的加热设备,例如电热带、加热套等,需要调整加热设备的功率和工作时间,以达到解堵的效果。在实际加热解堵之前,可以进行预热操作,逐渐提高管道温度,避免因急剧升温导致管道承受不了的问题。安装温度传感器,实时监测管道温度,确保温度在安全范围内,并可以根据实时监测数据调整加热设备的运行参数。

5 结论

综上所述,在天然气管线运行的过程中,受到环境因素以及管道内水分的影响,可能会出现水合物冻堵问题,该种类型问题不但会影响管道的运行效率,还将会影响管道的运行安全,因此,需要采取合理的预防措施,防止出现水合物冻堵问题,在出现该种问题以后也需要采取合理的处理对策,防止水合物冻堵问题影响管道的运行安全。

参考文献:

- [1] 商业.天然气管线冻堵判别与预防[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(21):138-139.
- [2] 李宏.天然气集输管线冬季冻堵及措施分析[J].中国石油和化工标准与质量,2016,36(08):62-63.
- [3] 赵志俊,等.水合物堵塞的防解措施的应用分析[J].中国石油和化工标准与质量,2013,33(21):191.
- [4] 周厚安,汪波,金洪等.川渝气田天然气水合物防治技术研究与进展[J].石油与天然气化工,2012,41(03):300-303+359.
- [5] 梁裕如,张书勤.气田采气管线天然气水合物生成条件预测[J].天然气与石油,2011,29(03):11-13+20+83-84.

作者简介:

教梅(1987-),女,汉族,四川遂宁人,本科,工程师,从事油气田开发工作。