

油气集输发展现状与关键技术研究

熊波

重庆凯源石油天然气有限责任公司西永分公司, 重庆

收稿日期: 2023年9月8日; 录用日期: 2023年12月12日; 发布日期: 2023年12月25日

摘要

目前, 随着油气行业的快速发展, 我国对油气资源的需求也持续增加。为确保油气集输在能源领域的重要性, 分析天然气集输的主要工艺流程和设备以及油气管线安全的保障措施显得极其重要, 并且针对目前油气集输行业数字化、智能化融入不足, 站场运行管理效率低等问题提出了一些研究进展和未来智能化发展方向, 在保证安全性的同时提高了油气输送效率, 为以后油气集输的发展方向提供理论支撑。

关键词

油气集输, 管线安全, 智能化, 输送效率

Research on the Development Status and Key Technologies of Oil and Gas Gathering and Transportation

Bo Xiong

Chongqing Kaiyuan Oil & Gas Co., Ltd. Xiyong Branch, Chongqing

Received: Sep. 8th, 2023; accepted: Dec. 12th, 2023; published: Dec. 25th, 2023

Abstract

At present, with the rapid development of the oil and gas industry, China's demand for oil and gas resources continues to increase. In order to ensure the importance of oil and gas gathering and transportation in the energy field, it is extremely important to analyze the main process flow and equipment of natural gas gathering and transportation and the safeguard measures for the safety of oil and gas pipelines. In view of the current lack of digitization and intelligent integration of oil and gas gathering and transportation industry, and the low efficiency of station operation and management, some research progress and future intelligent development direction are put for-

ward. While ensuring safety, the efficiency of oil and gas transportation is improved, which provides theoretical support for the future development direction of oil and gas gathering and transportation.

Keywords

Oil and Gas Gathering and Transportation, Pipeline Safety, Intelligent, Conveying Efficiency

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

天然气是现代工业和生活中不可缺少的能源资源。近年来,随着全球经济的快速发展,全球油气产量和消费量连年递增[1]。为了满足这一需求,各国纷纷加强了石油天然气的勘探和生产。同时,为了更好地利用和输送这些资源,油气集输领域也在不断发展。油气集输是指将在勘探和生产中获得的石油和天然气集中起来。这一过程包括采集、加工、运输和储存等多个环节。油气开发过程中,油气集输是最重要的环节[2]。

在油气储运地面工程设备中,需要进一步对流程进行简化来提高效率[3]。如在使用电絮凝污水处理技术时,脱水效果较好,但是对设备要求较高,然而当前工艺很难满足技术需求[4]。而且在某油气田中,虽然通过信息化建设对油气田全面监控,但实际遇到一些突发情况,需要人工操作时却很难控制[5]。因此,应该重视油气田开发工作,尤其是油气集输系统,对其不断的优化和完善,提高智能化建设来提高效率,确保油气运输的安全性和稳定性,从而促进油田企业的健康可持续发展[6]。

2. 天然气输送的主要工艺流程

天然气是人类社会发展的重要能源,为了更好地利用天然气资源,在天然气开采、加工、运输和储存过程中需要采用一系列的工艺流程,它们紧密联系,相互影响相互制约。天然气储运系统路线图如图1所示。

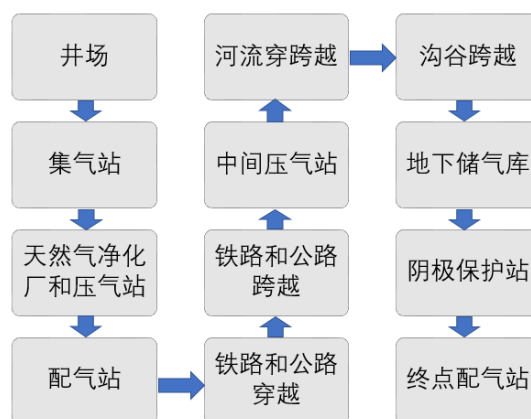


Figure 1. Natural gas storage and transportation system roadmap

图 1. 天然气储运系统路线图

2.1. 矿场集输系统

矿场集输系统是天然气集输过程的第一步，主要目的是将天然气输送到地面，进行初步处理和储存，以便后续的输送和利用。矿场集输系统包括采集、分离、压缩、储存和输送五个主要步骤。

第一步是采集阶段。需要通过采气井，利用不同的集气管线将天然气集到一个集中处理点。采气井通常是深度较大的井口，采用钻探技术进行开凿和操作，将天然气采集至井口，在这一过程中需要使用各种设备，如驱动器、钻机、抽水泵等。天然气从井口采集出来后进入下一步骤进行处理。

第二步是分离阶段。在采集过程中，将两口以上的气田来气从井口输送到集气站，天然气中会带有一些杂质，比如空气、水蒸气、硫化氢等，需要通过节流、分离设备将其分离出来，以保证天然气的质量。分离设备通常是一个液相分离器或气相分离器，通过物理或化学方法将天然气中的杂质分离出来。液相分离器通常用于分离含水的天然气，而气相分离器则用于分离天然气和其它气体或液体。而在天然气在集气过程中为了防止节流后温度降低出现水合物，则需要对其加热，需要典型的工艺设备是换热器，来实现热量的传递。按材料来分可以分为金属换热器和非金属换热器，金属换热器导热系数较大，传热效果好，而非金属换热器则反之。

第三步是压缩阶段。天然气在矿场集输系统中需要被压缩，以便其能够储存和输送。压缩设备通常是一台或多台压缩机，将来自分离设备的天然气进行压缩，并增加其压力和密度。在这一过程中，压缩机需要根据不同的压力和流量要求进行调节，以确保天然气的质量和安全。

第四步是储存阶段。天然气在压缩之后通常需要被储存，以便后续的输送和利用。储气罐是一种专门用于储存天然气的设备，可以将压缩后的天然气存储起来，以作为输送源头。储气罐的容量和数量通常需要根据实际情况进行设计和调整，以保证足够的存储和输送能力。

第五步是输送阶段。将储存在储气罐中的天然气通过输气管道输送至各个接收站点。输气管道是连接储气罐和接收站点之间的重要通道，需要具备一定的压力和流量。输气管道通常需要经过地质勘探、设计、施工和维护等多个阶段，一旦遭遇地质灾害多发区域，管道将有可能受到威胁造成管道失效，增加管道沿线排查力度[7]，并处于长期运行状态。

2.2. 天然气脱水

天然气在输送过程中会含有大量的水分，不仅影响运输效率，也会对输气管道和设备造成损害，因此需要进行脱水处理。天然气脱水的主要工艺流程包括以下四个步骤：

第一步是初级分离阶段。在这个阶段，天然气和水分通过第一个分离设备进行分离。天然气从采气井中采集出来后，会与地下水混合在一起带到地面，这时需要进行初步分离。常用的初级分离设备包括旋转分离器和重力分离器。这些设备通过物理分离将天然气和水分离开，并将水分收集到分离设备的底部。排出的水分可以进一步处理或进行回收利用。

第二步是换热阶段。在这个阶段，收集到的天然气和水分通过换热设备进行换热。通常采用的换热设备是一种冷却器或冷凝器，将通过初级分离得到的天然气和水分冷却或凝结。在这个过程中，水分逐渐凝结成液态并被分离出来，天然气则变得更加干燥。换热设备的选型和布局需要考虑到天然气流量、压力和温度等因素，并进行合理的设计和调整。

第三步是脱水阶段。在这个阶段，含有水分的天然气通过第三节塔设备进行干燥处理。常用的干燥设备包括吸附剂干燥器、冷却干燥器和分子筛干燥器等。其中，吸附剂干燥器是一种常用的设备，其原理是利用吸附材料吸附水分，将干燥的天然气通入吸附器中，水分会被吸附剂吸附，从而达到脱水的目的。干燥设备的选型和操作需考虑到天然气的组成、水分含量和温度等因素，并根据实际情况进行选择 and 调整。

第四步是排放阶段。在这个阶段，脱水后的干燥天然气送入输气管道中，将排出的水分进行集中处理。天然气送入输气管道后，可以继续被输送到使用地点或进行储存。而水分则需要进行集中处理，通常采用的治理方式是将水分收集到集中处理设备中，如沉淀池、过滤器等，通过物理或化学方法进行处理并进行排放，以保证环境的安全和卫生。

2.3. 天然气冷凝回收

天然气在输送过程中往往伴随着一定量的液态天然气，为了避免浪费，需要进行冷凝回收处理。天然气冷凝回收的主要工艺流程包括以下四个步骤：

第一步是预处理阶段。在这个阶段，需要对含水的天然气进行预处理，以提高天然气的质量，降低气体中的水分含量。常见的预处理方法包括脱水、除硫等工艺。采用脱水装置对天然气进行脱水可以有效降低天然气中的水分含量，防止在后续冷凝过程中水分凝结形成水滴并对设备造成腐蚀。此外，还可以通过除硫工艺去除天然气中的硫化氢等有害物质，提高天然气的质量。

第二步是压缩阶段。在这个阶段，需要对预处理后的天然气进行压缩，以便其进一步处理。压缩是将气体的压力提高至一定程度以便于冷凝，提高液态天然气的成分，常用的压缩设备包括离心式压缩机和螺杆式压缩机等。

第三步是冷凝阶段。在这个阶段，需要通过冷凝器对压缩后的天然气进行冷凝，将其冷凝为液态天然气。冷凝器通常采用降温换热原理，通过接触式或间接式换热方式降低天然气的温度，使其中的液态成分凝结出来。液态天然气经过冷凝器后被收集到液态气体储罐中，并继续进行保温处理，以便其在后续生产或使用中得到有效利用。

第四步是储存阶段。在这个阶段，冷凝回收的液态天然气被储存起来，以备后续使用。天然气液化储存时通常要求其储存环境温度低于 -162°C ，储存压力为维持在 $1.6\sim 4.0\text{ MPa}$ 之间，储存设备通常采用压力容器或深层大型储气库等。储存过程需要注意保持储罐内气态液体的温度、压力及成分稳定，防止液态天然气因温度过高或压力不足而蒸发，或因其它原因使气液界面产生变化，增加了储存风险。

2.4. 天然气脱硫、硫黄回收及尾气处理

天然气中会存在一些有毒或有害的成分，需要进行脱硫处理。另外，在脱硫过程中生成的硫黄也需要被回收，同时尾气需要被处理。天然气脱硫、硫黄回收及尾气处理的主要工艺流程包括以下三个步骤：

(1) 脱硫：将含有硫化氢、二氧化碳等有毒或有害成分的天然气通过脱硫设备进行处理，以提高天然气的质量。

(2) 硫黄回收：将脱硫过程中产生的硫黄进行回收，以便再利用。

(3) 尾气处理：将脱硫处理后的尾气排放到大气中之前，对其进行处理，以保证不产生污染。

2.5. 现代新技术概述

随着科技的不断发展，天然气采集、加工、运输和储存过程中采用了许多新技术，以提高生产效率、降低能源消耗和环境污染。

前沿的钻探技术采用先进的测井技术和三维打印技术，能够更加准确地掌握地下储层地质结构，并实现精准井控，节约了大量成本和时间；高效的压缩技术采用高效节能的离心压缩机或螺杆压缩机，能够在保证天然气质量的同时降低能源消耗；智能化的管道监测技术采用物联网技术和人工智能算法，对输气管道进行实时监测和预警，确保管道安全运行和及时维护；新型脱硫技术采用生物脱硫技术或化学吸收剂脱硫技术，能够有效去除天然气中的硫化氢，达到脱硫效果的同时也减少了对环境的污染；新型脱水技术采用超声波技术或电场协同技术，不仅可以更加彻底地去除天然气中的水分，也大大降低了能

源消耗和排放量；新型液态天然气储罐技术采用双壳结构和高效保温材料，可有效减少液态天然气在储存过程中的损失和泄漏，并降低了储存能耗。这些新技术的应用，使得天然气开采、加工过程更加环保、节能、高效。

3. 油气管线安全保障措施研究进展

油气管线安全问题一直是油气集输领域最重要的问题之一，为了保障油气管线的安全，需要采用不同的保障措施。现阶段主要的保障措施有定期巡检、完善的数据管理系统和漏洞修补等。

3.1. 定期巡检

定期巡检是监测管道运行状态并及时发现潜在问题的重要手段。在巡检过程中，需要对管线进行视觉、声学、磁场等多种形式的检查和测试，同时还需要检查和维护管道周围的设施和基础设施，比如压力传感器和温度传感器等。

3.2. 完善的数据管理系统

完善的数据管理系统可以帮助及时发现和解决若干问题，其主要包括远程监控系统、智能分析系统和定位系统等。远程监控系统通常能够及时监测管道运行情况并检测异常情况。智能分析系统则能判断管道的腐蚀程度、温度和漏洞情况等，并作出相应的处理。定位系统则能及时定位漏洞的位置和深度，以便进行维护。

3.3. 漏洞修补

漏洞修补是保障油气管线安全的最后关键措施，一旦发现漏洞，需要采用快速处理的方式进行修补，其中管理和维护的工作是必不可少的，但同时也需要提高发生事故后的应急处置能力，以应对突发事件。

3.4. 管道防腐

为保证油气管道的正常运行，前期必须对管道进行防腐处理，特别是管道易防腐区域。由于管道存在内腐蚀和外腐蚀，容易造成管道穿孔等情况，进而使管道失效造成油气泄漏。因此，管线的检查和维修工作需高度重视。

3.5. 现代新技术概述

针对油气管线安全问题，现代科技提供了许多新技术，以进一步保障管线的安全和稳定运行。目前主要有物联网技术、智能化巡检技术和基于云计算的管线运行系统等。

物联网智能化技术：通过物联网技术，可以实现对管线周围环境的无缝监测和数据收集，以便于精准分析和判断管线运行状态。合理利用计算机控制系统(DCS、SCADA 等系统)、ESD 系统等集中控制、集中操作、集中管理系统。智能化巡检技术采用机器人巡检和无人机巡检等智能化技术，有效减少了人力巡检的成本和风险。同时，机器人和无人机还能搭载各种传感器和设备，实现对管线运行状态的综合检查和测试。智能化漏洞修补技术采用智能化材料和机器人技术，能够实现对管线漏洞的快速检测和修补，大大提高漏洞修补的效率和质量。管线泄漏监测技术采用光纤光栅传感技术或气体传感器技术，实现对管线的实时监测。一旦出现泄漏或异常情况，便能够及时响应并对其进行处理。

基于云计算的管线运行系统是将管线的监测数据、运行状态和维护记录等信息进行整合和共享，实现对管线运行的综合管理和优化。这些新技术的应用，为油气管线安全保障措施提供了更加全面、高效、精准的解决方案，有效促进了油气行业的健康发展。

4. 油气集输未来发展方向

随着能源需求的不断增长，油气集输行业也在迅速发展。未来，该行业将面临更多的挑战和机遇。本文主要从以下从四个方面探讨了油气集输未来的发展方向。

4.1. 环保与可持续发展

目前随着全球环保意识的不断提高，油气集输行业也要顺应时代发展，提高环保和可持续发展。未来，油气集输行业需要采用更加环保的技术和方法，减少对环境的影响，促进低碳经济的发展。同时，油气集输行业也需要注重可持续发展，积极推动能源转型，加快绿色能源的发展和应用，实现能源供给的多元化。

4.2. 数字化和智能化

建立高效、可靠的数据管理系统和平台，实时监测和数据分析[8]。数字化和智能化是当前各行各业的普遍趋势，也是油气集输未来的发展方向之一。未来油气行业将更加注重信息化和智能化的应用，大力推行数字化转型，建立以管网在线仿真引擎为核心的数字仿真平台[9]，实现生产、管理、服务等全流程的智能化，提高效率和质量。物联网、大数据、人工智能等新兴技术的蓬勃发展催生了“智能管道”“智慧燃气”等新发展理念，在当前形势下，油气生产运行管理被赋予了新的内涵，朝着智能化、智慧化方向发展是必然。

4.3. 全球化和区域化

油气集输依赖于世界范围内的能源市场和供应链，全球化和区域化也是未来发展的趋势。油气集输行业需要加强与全球各地的合作和交流，形成全球化的运营体系，同时也需要结合地方实际情况，推行区域化运营模式。

4.4. 多元化业务

未来油气集输行业需要在传统业务的基础上开展更多的多元化业务，实现多元化的发展。油气集输行业可以通过布局新能源、电网和互联网等领域，扩大业务范围，提高市场竞争力。

5. 结语和展望

天然气作为一种清洁能源，据预测今后十几年还会起到很重要的作用，天然气将逐步取代石油，在能源领域将占主导地位。因此安全问题不容小觑。随着当前自动化控制技术在油气储运行业中的应用，很大程度提高了运营效率和生产管理的安全性和可靠性，自动化和智能化的结合，使油气行业迈出更大的一步。在储运系统中的各个工艺设备对天然气的生产质量有着至关重要的作用，设备工艺参数优化技术研究可提高油气集输管网系统设计，每个设备的研发和安全性必然是前提，做好设备的维护与管理工作，保证各个工艺流程的安全运行。

预计在“十四五”期间，我国目前油气行业发展十分迅猛，因此，未来的研究应该集中在如何提高矿场集输系统和输气管线的效率和安全性方面。另外，油气管线的安全保障也是一个长期亟待解决的问题。在过去的几十年中，存在许多油气管道事故和泄漏事件的发生，这不仅对生态环境造成了严重的污染，还对人类社会带来了不可挽回的损失。故未来的研究应该继续深入探讨油气管道的安全监测与管理、环境风险评估与管理等问题，同时结合新技术和新材料开发更加先进、安全、环保的油气输送系统，不断引进国外新技术再进行自主研发和创新，加强智能化方向的发展，以保障能源供应的稳定和人民群众的安全和健康。

参考文献

- [1] 白萍, 张勇, 胡忠太, 等. 油气集输工艺流程优化[J]. 化学工程与装备, 2018(8): 127-128.
- [2] 郑鑫. 油气集输管道内腐蚀及内防腐技术研究[J]. 全面腐蚀控制, 2023, 37(5): 128-129+132.
- [3] 吴晶. 浅析油田油气集输储运工艺设计[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(6): 161-163.
- [4] 姜洪涛. 油气集输工艺流程的优化[J]. 化学工程与装备, 2022(1): 84-85.
- [5] 李博. 油气田油气集输智能化站库发展模式探讨[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(5): 61-63.
- [6] 乔春平. 油气集输系统工艺流程优化分析与研究[J]. 内江科技, 2023, 44(4): 14-15.
- [7] 程丽璇, 周泽山, 刘建勋, 等. 落石冲击作用下 X80 架空管道力学响应分析[J]. 甘肃科技, 2023, 39(6): 27-32.
- [8] 干明军. 油气储运工艺的优化措施探析[J]. 石化技术, 2023, 30(9): 105-107.
- [9] 唐大麟. 新时期油气储运行业发展与挑战——访中国工程院院士、油气储运专家黄维和[J]. 中国石油企业, 2023(3): 22-27+127.