

# 论述天然气水合物储运天然气技术

杨光庆

中煤科工重庆设计研究院(集团)有限公司 重庆 400042

**摘要:** 天然气水合物,作为一种新兴的清洁能源,因其巨大的储量和广泛的应用前景而受到广泛关注。本文首先概述了天然气水合物的特性及形成条件,进而探讨了天然气水合物储运技术的优势,包括高安全性、适宜的储运条件以及高储气密度等。随后详细论述了天然气水合物储运技术在常规天然气和页岩天然气领域的应用等。最后,展望了天然气水合物储运技术的发展趋势,以期对未来天然气水合物的开发利用提供参考。

**关键词:** 天然气;水合物;储运;天然气技术

## 引言

随着全球能源需求的不断增长和环保意识的提高,天然气水合物作为一种新型的清洁能源,正逐渐成为研究的热点。天然气水合物,也被称为“可燃冰”,是一种由天然气和水在高压低温条件下形成的类冰状结晶物质,储量丰富且分布广泛。其储运技术涉及储存、输送和加工等多个方面。本文将围绕天然气水合物储运技术展开论述,探讨其优势、应用领域及未来发展趋势。

### 1 天然气水合物概述

天然气水合物,这一神奇的物质,近年来备受关注。因其独特的物理化学性质,它展现出巨大的能源潜力,并可能对能源结构产生深远影响。下面,我们就来深入探讨一下这种引人入胜的物质。首先,从化学成分上来看,天然气水合物主要由甲烷构成,但其中也可能含有少量的乙烷、丙烷等烃类气体。这些气体分子在特定的条件下,与水分子通过氢键形成了一种独特的笼形结构。这种结构就像一个个小小的“房子”,将气体分子紧紧地包裹在内,形成了稳定的水合物晶体。除了烃类气体,天然气水合物中还可能含有二氧化碳、氮气等非烃类气体。这些气体的存在,虽然量不多,但也对天然气水合物的性质和用途产生了一定的影响。天然气水合物的形成,需要特定的地质条件。在深海沉积层和极地地区的寒冷环境中,由于温度低、压力高,使得水分子与气体分子能够紧密结合,形成水合物。这些地区的天然气水合物储量丰富,为全球能源供应提供了新的可能<sup>[1]</sup>。从能源的角度来看,天然气水合物具有很高的开发潜力。随着全球对清洁能源的需求不断增加,传统的化石燃料资源逐渐枯竭,天然气水合物作为一种新型的能源形式,其重要性日益凸显。它不仅能够提供大量的能源,而且燃烧产生的污染物相对较少,对环境的影响也较小。

### 2 天然气水合物储运技术的优势

在能源储运领域,天然气水合物储运技术以其独特的优势正逐渐受到业界的广泛关注。与传统的液化天然气(LNG)和压缩天然气(CNG)储运方式相比,天然气水合物储运技术展现出更高的安全性、更适宜的储运条件以及较高的储气密度。(1)天然气水合物储运技术的安全性显著优于其他储运方式。由于天然气水合物是一种稳定的结晶态物质,其内部的气体分子被水分子紧密包裹,形成了坚固的晶体结构。这种结构赋予了天然气水合物出色的稳定性,即使在外界条件发生突变时,它也能在一定限度内保持相对稳定的状态。相比之下,LNG和CNG在储运过程中存在较高的安全风险。LNG需要在极低的温度下储存,一旦出现温度波动或泄漏,可能引发急剧的压力变化,甚至导致爆炸。而CNG则因为高压储存,同样存在爆炸的风险。天然气水合物的稳定性有效降低了这些安全风险,为储运过程提供了更高的安全保障。(2)天然气水合物储运技术对储运条件的要求相对较低。传统的LNG储运需要维持极低的温度(-162℃),而CNG则需要高压储存环境。这些特殊的储运条件不仅增加了设备的复杂性和成本,还提高了能耗和运营难度。然而,天然气水合物在中温、中压条件下即可稳定储存,无需超低温或高压环境<sup>[2]</sup>。这一优势使得天然气水合物的储运更加灵活、便捷,并降低了对储运设备的特殊要求,从而减少了相关成本和能耗。(3)天然气水合物具有较高的储气密度,这是其另一大显著优势。以甲烷水合物为例,1体积的甲烷水合物能够储存约180体积的甲烷气体。这种高储气密度意味着在相同的储运空间内,可以储存更多的天然气,从而有效降低储运成本。与此同时,高储气密度还意味着在运输过程中可以减少运输次数和成本,提高运输效率。这一优势使得天然气水合物在远距离天然气输送、调峰储备等方面

具有巨大的潜力。(4)天然气水合物储运技术还具有环保性。与传统的化石燃料相比,天然气作为一种清洁能源,在燃烧过程中产生的污染物较少。而天然气水合物作为天然气的储运形式,进一步减少了在储运过程中的环境污染。此外,随着技术的不断进步和创新,天然气水合物的储运效率和环保性能还有望进一步提升。

### 3 天然气水合物储运技术的应用领域

#### 3.1 常规天然气领域

在常规天然气领域,天然气水合物储运技术的应用为开采和储运带来了革命性的变化。对于那些位于陆地边远地区或海上难以铺设管道的气田,传统的储运方式往往因成本高昂而显得力不从心。然而,天然气水合物储运技术的出现,为这些气田的经济开采提供了新的可能。具体来说,通过将天然气转化为固态的水合物进行储运,不仅大大降低了运输过程中的风险和成本,还提高了储运的效率和安全性。这种技术特别适用于那些地理环境复杂、气候条件恶劣的地区,如高山、沙漠或深海等。在这些地区,传统的储运方式往往受到诸多限制,而天然气水合物储运技术则能够突破这些限制,实现天然气的有效开采和利用<sup>[3]</sup>。此外,天然气水合物储运技术还具有良好的储存稳定性,可以在较长时间内保持天然气的品质不受影响。这对于需要长期储存天然气的场景来说,无疑是一个巨大的优势。

#### 3.2 页岩天然气领域

在页岩天然气领域,天然气水合物储运技术同样展现出了其独特的价值。页岩天然气作为一种新兴的能源形式,其开采和利用在全球范围内正逐渐受到重视。然而,页岩天然气在开采初期产量大,但随后含气量会迅速降低,这给储运工作带来了极大的挑战。在这种情况下,天然气水合物储运技术可以作为一种有效的辅助手段,提高页岩天然气的储运效率。具体来说,当页岩天然气的产量下降时,可以通过将部分天然气转化为水合物进行储存,以便在需要时再进行释放和利用。这种方式不仅可以解决页岩天然气产量波动带来的储运问题,还可以提高整个储运系统的灵活性和可靠性。天然气水合物储运技术在页岩天然气领域的应用还有助于减少能源浪费和降低环境污染。由于页岩天然气的开采过程中往往伴随着大量的废水、废气和废渣的产生,而天然气水合物储运技术则可以实现天然气的高效利用和清洁储运,从而减少对环境的影响。

### 4 天然气水合物储运技术的关键环节

#### 4.1 储存技术

储存技术是天然气水合物储运过程中的首要环节,

由于天然气水合物在常温常压下会迅速分解为天然气和水,因此需要采用特殊的储存技术来保持其稳定性。目前,常用的储存技术主要有冷冻储存技术、高压储存技术和添加成分稳定技术等。(1)冷冻储存技术通过降低温度保持天然气水合物的稳定,通常需要将温度控制在零下几十度的范围内。相比LNG储存,水合物储存能在较高温度下保持稳定,减少了能耗和成本,同时安全性也更高。冷冻储存技术的优点是能够长期保持水合物的稳定性,但需要大量的能耗来维持低温环境,且对储存容器的绝热性能要求较高。(2)高压储存技术通过增压来保持天然气水合物的稳定性,通常需要将压力控制在一定范围内以确保其不分解。与CNG相比,天然气水合物在高压下的稳定性更强,因此可以在相对较低的压力下储存,降低了高压带来的风险。这一优势使得高压储存技术相较于CNG储存更为安全可靠。(3)添加成分稳定技术中,常用的添加剂包括表面活性剂和热力学添加剂。表面活性剂如十二烷基硫酸钠等,能提高水合物生成速率;热力学添加剂如电解质水溶液,可改变水合物形成的热力学条件。这些化学物质可以与水合物形成更稳定的结构,从而降低其分解速率。但这种技术可能会对天然气的纯度造成影响,因此在实际应用中需要综合考虑其利弊。

#### 4.2 天然气水合物采取相应的措施和工艺输送

天然气水合物的输送是一个复杂且关键的过程,需要采取相应的措施和工艺来确保安全、高效地输送。首先,考虑到天然气水合物的高压、低温特性,必须采用专业的储运技术,如浮式生产储运系统,该系统能在海上平台上采集并压缩天然气水合物,便于大规模生产及储运。在输送过程中,应严格控制温度和压力,以防止水合物分解。例如,可以使用双壳运输船上的隔热封闭舱进行输送,保持舱内稳定的低温和压力环境。此外,为了避免运输过程中的安全风险,必须定期检查输送设备,确保其密封性和稳定性。除了传统的输送方式,还可以考虑创新的储运技术,如将天然气水合物转化为丸粒状进行输送,这种方式能够降低作业难度,提高储运效率。

#### 4.3 加工技术

在目的地,天然气水合物需要经过加工处理才能转化为可使用的天然气。加工过程包括水合物的分解、气体的净化和压缩等环节。(1)水合物的分解。是将固态的天然气水合物转化为气态的天然气的过程,这一过程需要输入热量以破坏水合物的结构,使其分解为天然气和水。分解过程中需要控制温度和压力,以确保分解效

率 and 安全性。(2) 气体的净化。是去除分解产生的天然气中的杂质和水分的过程,净化过程中需要使用各种吸附剂、过滤器和干燥剂等设备,以确保天然气的纯度和质量。(3) 气体的压缩。则是为了便于储存和运输,将净化后的天然气进行压缩处理。压缩过程中需要选择合适的压缩机和储气设备,以确保压缩效率和安全性。加工技术的选择和应用对于提高天然气水合物的利用效率和降低环境污染具有重要意义。随着技术的不断进步和创新,未来有望实现更高效、更环保的加工方式。

## 5 天然气水合物储运技术的发展趋势

### 5.1 技术创新

在未来的发展中,技术创新将是推动天然气水合物储运技术进步的关键动力,随着科研力量的不断投入,我们可以预见到更高效、更环保的储运技术和设备将不断涌现。(1) 采气技术的创新是提高天然气水合物储运效率的重要环节。通过改变水合物的环境条件(如提高温度、降低压力)来释放天然气的方法已经得到广泛应用<sup>[4]</sup>。然而,这种方法仍存在一定的能耗和环境影响。我们期待出现更为精细和高效的采气技术,能够在更低的能耗和环境影响下实现天然气的有效释放。(2) 储运技术的创新也至关重要。天然气水合物的储运主要依赖于低温、高压等条件,这无疑增加了储运的难度和成本。通过研究和开发新型储运技术,如利用新型材料、改进储运工艺等,我们有望实现天然气水合物在常温常压下的稳定储运,从而大大降低储运成本,提高储运效率。

### 5.2 设备优化

随着新型材料、新型结构和新型工艺的不断涌现,我们有机会对现有的储存、输送和加工设备进行全面的优化和升级。在储存设备方面,通过采用新型材料和提高工艺水平,我们可以制造出更耐用、更安全的储存容器。这些新型容器不仅能够在更极端的条件下保持稳定,还能有效地防止天然气的泄漏和浪费。在输送设备方面,新型管道材料和输送技术的研发将有助于提高输送效率,降低能耗和减少安全风险。例如,研究管道输送过程中的流动特性和脉冲流动的控制技术,可以大大降低能量损耗,提高输送的平稳性和安全性。在加工设

备方面,通过引进自动化和智能化技术,可以实现天然气水合物加工过程的精准控制,从而提高产品质量和加工效率。

### 5.3 环保可持续

在全球气候变化和环境问题日益严重的背景下,如何实现天然气水合物的清洁、高效和可持续利用已成为我们面临的重要挑战。首先,从采气环节开始,应致力于降低能耗,优化开采工艺,减少温室气体和有害物质的排放。在储运过程中,选择环保型储运方式和材料至关重要,以减少对环境的潜在影响。此外,加工环节同样不容忽视,优化工艺流程,提高资源利用率,减少废弃物排放,是确保天然气水合物利用清洁环保的关键。更进一步,我们应积极探索天然气水合物储运技术与可再生能源技术的融合。太阳能、风能等可再生能源不仅能够为储运过程提供绿色动力,还能有效降低碳排放,实现真正的绿色利用。

### 结语

天然气水合物储运技术的发展,对于推动全球清洁能源的开发利用具有重要意义。我国目前天然气水合物储运技术仍处于试验阶段,面临着不小的技术难题,随着技术的不断创新和设备的优化,天然气水合物储运技术将在提高储运效率、降低能耗和减少环境污染等方面发挥更加重要的作用。同时,我们也应关注其在开采过程中可能对环境产生的影响,并采取相应的保护措施。相信在全球科研力量的共同努力下,天然气水合物将为人类社会的可持续发展做出更大的贡献。

### 参考文献

- [1]袁振东,冯诗谔.天然气水合物及其应用[J].化学教学,2023(5):85-90.
- [2]黄鑫,王海波,张乐,等.天然气水合物藏开采增产技术研究进展[J].科学技术与工程,2022,22(9):3405-3415.
- [3]王早祥,王姣姣,于长录,等.天然气水合物开采关键技术研究现状[J].钻采工艺,2022,45(5):51-56.
- [4]赵克斌,孙长青,吴传芝.天然气水合物开发技术研究进展[J].石油钻采工艺,2021,43(1):7-14.