

提高天然气制乙炔技术本质安全以及运输质量的主要策略

高艳林（新疆美克化工股份有限公司，新疆 巴音郭楞 841000）

摘要：天然气制乙炔技术本质安全是指在天然气制乙炔的生产过程中，通过采取各种预防措施和技术手段，最大限度地降低事故风险，确保生产过程安全、稳定、可控。本质安全的概念强调从源头上解决安全问题，将安全性纳入到整个生产过程的设计、操作和管理中。针对此，本文探讨了提高天然气制乙炔技术本质安全的措施，包括优化生产工艺、加强设备监测与维护、提高人员素质、建立健全安全管理体系、完善乙炔储存与运输方案。通过实施这些措施，企业可以降低安全事故的风险，确保可持续、安全的生产。

关键词：天然气制乙炔技术；安全措施；运输质量

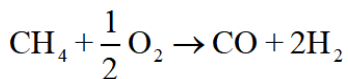
乙炔，作为一种常见的工业气体，广泛应用于化工、冶金等领域。然而，由于其高度易燃、易爆的特性，乙炔生产过程中存在较高的安全隐患。因此，提高天然气制乙炔技术的本质安全性至关重要。本文旨在探讨如何通过优化生产工艺、加强设备监测与维护、提高人员素质、建立健全安全管理体系、完善乙炔储存与运输方案等措施，降低乙炔生产过程中的安全隐患，实现企业可持续、安全的生产。

1 天然气制乙炔技术

天然气制乙炔技术是一种利用天然气（主要成分为甲烷）作为原料生产乙炔（ C_2H_2 ）的化工工艺。乙炔是一种广泛应用于化工、焊接、金属切割等领域的重要化学品。传统的乙炔生产方法主要是通过石灰炉石油制乙炔和电石法，这些方法存在能源消耗高、环境污染严重等问题。而天然气制乙炔技术则是一种环保、高效的现代化生产方法。天然气制乙炔技术主要通过以下几个步骤：

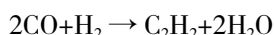
1.1 甲烷部分氧化反应

在高温高压的条件下，天然气与氧气发生部分氧化反应，生成一定比例的一氧化碳（CO）和氢气（ H_2 ）。如，在高温（约1300~1600℃）和高压（约20~40巴）的条件下，天然气与氧气按照一定的摩尔比例（甲烷：氧气=2:1）进行部分氧化反应，反应式为：



1.2 乙炔合成反应

在催化剂（如金属催化剂）的作用下，一氧化碳和氢气在约50~200℃和10~30巴压力下发生合成反应，生成乙炔和水。反应式为：



1.3 乙炔分离与净化

为了从生成的混合气体中分离出乙炔并去除杂质，所采取的技术包括：

1.3.1 冷冻分离

将混合气体冷却至-50~-70℃之间，此时乙炔在低温下凝结，可以通过相分离的方法将其从其他气体中分离出来。

1.3.2 吸附分离

利用活性炭、分子筛等吸附剂，通过吸附分离法将乙炔从混合气体中分离出来。常用的操作条件包括压力在0.5~5巴，温度在室温至100℃之间。

1.4 乙炔压缩与储存

将纯化后的乙炔进行压缩和储存，一般压缩至15~25巴压力。乙炔储存在特殊设计的储罐中，通常使用乙炔专用钢瓶，内部充满孔隙材料（如酚醛泡沫塑料）以提高安全性。对于大型储存设施，可以采用低温（约-40℃）液化储存的方式，以降低体积，便于运输和使用。

2 提高天然气制乙炔技术本质安全的必要性

2.1 确保生产过程的稳定性

乙炔具有高度易燃易爆的特性，在生产过程中，任何操作失误或设备故障都可能引发严重事故。提高天然气制乙炔技术的本质安全，意味着从源头上消除潜在危险，减少事故发生的可能性。通过采取各种预防措施和技术手段，如优化工艺参数、研发安全设备、加强人员培训等方式，确保生产过程稳定、可控。生产稳定性的提高将有助于增加企业的竞争力，提高产品质量，满足市场需求。

2.2 降低环境风险

天然气制乙炔技术相较于传统的乙炔生产方法具有更高的环保性,但在生产过程中,依然可能产生对环境和人员有害的副产品和废气。通过提高本质安全,可以降低这些环境风险。例如,通过优化生产工艺和设备,减少有害物质的排放;通过加强废气、废水等环境污染物的治理,降低对环境和人员的影响;通过建立健全事故应急预案,确保在意外情况下能够迅速有效地进行应对,减轻环境损害。降低环境风险不仅有助于企业实现可持续发展,还符合国家和地区的环保政策,有利于企业的长期发展。

2.3 优化经济效益

提高天然气制乙炔技术的本质安全可以有效减少生产事故,从而降低企业的维修、赔偿、罚款等支出,提高经济效益。此外,通过优化生产过程和设备,可以降低能源消耗和原材料浪费,进一步降低生产成本。同时,本质安全的生产过程可以提高乙炔产品的质量和产量,满足市场需求,提高企业的市场竞争力。从长远来看,提高天然气制乙炔技术的本质安全将有助于企业实现可持续发展,为企业创造更大的经济价值。

3 提高天然气制乙炔技术本质安全的措施

3.1 优化天然气制乙炔生产工艺

3.1.1 改进部分氧化反应条件

为降低甲烷部分氧化反应中的安全风险,可以研究新型反应器设计和催化剂,以实现更低温度和压力下的高效转化。例如,通过开发具有优异性能的金属氧化物催化剂,可以在较低的温度下实现甲烷和氧气的高选择性氧化。此外,采用微波、等离子体等非传统加热方式,可实现局部高温、瞬时加热,提高反应速率,同时减少能源消耗和安全隐患。

3.1.2 优化乙炔合成条件及催化剂

乙炔合成反应过程中,催化剂的选择和使用条件对于合成效率和安全性至关重要。开发新型催化剂和优化催化剂的使用条件可以提高乙炔合成的选择性和产率,降低副产物生成。例如,通过对金属催化剂的组成、形貌和载体进行调控,可以获得具有更高活性和稳定性的催化剂,从而降低乙炔合成反应的温度、压力和副产物生成。

3.1.3 智能化生产过程控制和监测

现代化的生产过程控制和监测技术可以有效提高天然气制乙炔技术的安全性。通过将传感器、执行器和控制器集成到生产线上,实现实时监测和自动调节生产参数,确保生产过程的稳定和安全。例如,在部分氧化反应过程中,可以利用红外热像仪实时监测反

应器的温度分布,避免局部过热;在乙炔合成过程中,可以采用在线气相色谱等分析手段,实时监测乙炔浓度和副产物生成,确保生产过程的安全和稳定。

3.2 开发新型安全设备

3.2.1 高效分离及净化设备

乙炔生产过程中,安全高效的分离和净化设备对提高产品质量和降低安全风险至关重要。开发和应用新型分离及净化设备,如膜分离技术、吸附分离技术及冷冻分离技术等,可以在较低能耗下实现高效分离。例如,利用具有特定孔径和功能基团的金属有机骨架材料(MOFs)作为吸附剂,可以实现乙炔、氢气等气体的高选择性分离,减少乙炔损失和安全隐患。

3.2.2 智能泄压及安全阀设计

在天然气制乙炔生产过程中,压力控制是关键环节之一。过高的压力可能导致设备损坏或泄漏,从而引发安全事故。因此,开发新型智能泄压及安全阀设计十分必要。通过采用可靠的压力传感器和执行器,实时监测并调控生产过程中的压力变化,确保压力在安全范围内运行。此外,智能安全阀可以在异常情况下迅速启动,有效防止压力超限和设备损坏。例如,采用磁石驱动或电子驱动的智能安全阀,可以实现远程监测和控制,降低人员操作风险。

3.3 高效稳定的催化剂研究与应用

3.3.1 纳米结构催化剂设计与合成

近年来,纳米结构催化剂因其独特的物理和化学性质在天然气制乙炔技术中得到了广泛关注。纳米结构催化剂具有高比表面积、高活性位点密度和优异的反应活性等特点,可以提高天然气制乙炔过程中的反应速率和选择性。通过精确设计和合成纳米结构催化剂,可以实现对催化剂的组成、形貌、晶相及表面性质的调控,进而优化乙炔生成反应的条件和效果。

例如,催化剂的纳米结构和载体材料对其性能有着重要影响。通过调控催化剂的纳米结构,例如粒径、形貌和孔径分布,可以改变其活性位点的密度和暴露程度,从而提高催化活性和稳定性。同时,选择合适的载体材料,如碳纳米管、多孔硅、氧化铝等,可以提高催化剂的热稳定性和抗积炭性能。以部分氧化反应为例,在制备钴基催化剂时,采用溶胶-凝胶法和共沉淀法可以得到不同形貌的钴氧化物纳米颗粒。研究发现,通过溶胶-凝胶法制备的钴基催化剂具有较小的颗粒尺寸(5~10nm)和高度分散的纳米颗粒,从而使得催化剂的甲烷转化率提高至90%,乙炔选择性达到95%。此外,采用碳纳米管作为载体的钴基催化剂在甲烷部分氧化反应中表现出优异的热稳定性和

抗积炭性能。在连续反应 200h 后, 催化剂的甲烷转化率和乙炔选择性仍然保持在较高水平。

3.3.2 催化剂载体优化与界面调控

催化剂载体对催化性能和稳定性具有重要影响。通过优化催化剂载体, 可以增强催化剂的理化性能, 提高天然气制乙炔技术的安全性。选择具有高热稳定性、高孔隙度和良好分散性的载体材料, 如氧化铝、氧化锆、碳纳米管等, 可以有效提高催化剂的热稳定性、抗污染性和寿命。此外, 通过界面调控, 如在金属催化剂与载体之间引入缓冲层或稳定剂, 可以提高催化剂的分散性和稳定性, 降低金属颗粒的烧结和失活。

3.4 建立健全安全管理体系

3.4.1 完善安全生产法规和标准

建立健全安全管理体系的第一步是完善安全生产法规和标准。这需要政府部门、行业协会和企业共同参与, 制定和实施一套针对天然气制乙炔生产过程中可能遇到的安全问题的法规和标准。这些法规和标准应涵盖工艺设计、设备选型、操作流程、安全阈值、应急预案等方面, 以确保生产过程中的各个环节都有明确的安全要求和指导原则。

3.4.2 强化人员培训与安全文化建设

提高天然气制乙炔技术本质安全的关键环节之一是强化人员培训与安全文化建设。企业应定期组织生产、维护、管理部门人员接受相关法规、标准和操作规程的培训, 以提高员工的安全意识和技能。此外, 企业应注重安全文化的建设, 通过举办安全演习、安全知识竞赛等活动, 提高全体员工对安全生产的重视程度, 形成良好的安全生产氛围。

3.4.3 实施安全监测与风险评估

建立健全安全管理体系还需要实施安全监测与风险评估。企业应利用先进的监测设备和技术, 对生产过程中的关键参数 (如温度、压力、流量等) 进行实时监测, 确保各项指标处于安全范围内。同时, 企业应定期开展安全风险评估, 识别潜在的安全隐患, 制定针对性的风险防控措施, 并将评估结果作为改进生产工艺、设备和管理的依据。

3.4.4 应急预案

首先, 企业应建立一个集成了各类安全监测数据、生产过程信息和应急预案的信息平台。通过平台的数据分析和预警功能, 企业可以实时了解生产过程中的安全状况, 及时发现并处理潜在的安全隐患。其次, 企业需根据生产工艺和设备特点, 设立一系列应急预案指标。当监测数据显示某项指标超过预定阈值时,

系统会自动发出预警信号, 提醒企业采取相应的应急措施。最后, 企业应根据可能发生的安全事故类型和严重程度, 制定针对性的应急预案。预案应包括事故应对流程、责任人安排、救援资源配置等内容, 以确保在发生事故时能够迅速、有序地展开应急救援。

3.5 完善乙炔储存与运输规程

3.5.1 优化储存条件

乙炔储存时应采用专用的储罐, 并保持恒定的温度、压力和湿度条件。储罐应设置在通风良好、远离火源、高温区域的地方, 以降低发生火灾和爆炸的风险。储罐区域应设置专门的安全警示标识, 并设置足够的灭火器材。同时要做好储罐监测, 即是针对乙炔储罐应安装实时监测系统, 以便于实时了解储罐内的压力、温度等关键参数, 确保其处于安全范围内。根据乙炔的性质, 储罐内的压力一般应保持在 1.5~2.5MPa 之间, 温度应维持在常温 (15~25℃) 附近, 以减少乙炔分解的风险。同时, 储罐监测系统还应包括泄漏检测功能, 以便在发生泄漏时及时发出警报。此外, 定期对储罐进行检查和维护, 确保储罐的完整性和安全性。这包括检查储罐的表面和结构是否有损伤、气密性能是否良好、阀门和管道连接是否完好等。通过这些措施, 可以确保储罐内乙炔的安全储存, 降低发生危险事故的风险。

3.5.2 制定安全运输规程

乙炔运输过程中应遵循严格的安全运输规程。运输工具应采用专用的气罐车或其他合适的运输方式, 确保乙炔在运输过程中的安全。运输人员应接受专业的安全培训, 以确保他们了解乙炔的危险性及相应的安全措施。

4 结束语

总之, 提高天然气制乙炔技术本质安全的关键在于从多方面入手, 综合采取一系列安全措施。通过上述提出的有效措施、方法, 可以显著降低乙炔生产过程中的安全隐患, 确保企业达到持续、安全的生产目标。同时, 随着技术的不断发展和完善, 未来可能会出现更多新的安全措施和技术, 由此进一步提高我国天然气制乙炔技术的安全性、稳定性。

参考文献:

- [1] 都晓琪. 天然气制乙炔净化技术及其经济性分析 [J]. 中国化工贸易, 2022(28):22-24.
- [2] 郭青宁. 部分氧化法天然气制乙炔工艺技术探讨 [J]. 化工管理, 2019(30): 161-162.
- [3] 郭小虎, 李凯华, 苟远波, 等. 等离子体裂解煤制乙炔技术分析 & 展望 [J]. 化工环保, 2021, 41(2):229-234.