

石油炼制工业中加氢技术和加氢催化剂的现状及市场发展前景

王执胜（中国石化海南炼油化工有限公司，海南 洋浦 578101）

摘要：在现代石油炼制工业中，加氢技术是将氢气添加到石油产品中，以改善产品的质量、稳定性和环境性能。随着全球对清洁能源和高质量油品需求的增长，加氢技术和催化剂的发展变得尤为重要。基于此，本文详细探究石油炼制工业中加氢技术，并分析加氢催化剂的当前现状，以及在市场上的发展前景，以此为石油炼制工业发展作出帮助与参考。

关键词：石油炼制；加氢技术；加氢催化剂；市场调研

石油炼制工业能够为社会提供各类燃料油、润滑油以及化工原料等基础产品。在现代石油炼制过程中，加氢技术的加氢催化剂作为该技术的核心要素，其性能与应用直接影响着炼制效果与产品质量，对其深入剖析可推动石油炼制工业的可持续发展。

1 加氢技术的主要加氢工艺类型

1.1 加氢精制

在石油炼制工业中，最为常见且应用广泛的加氢工艺是加氢精制。此工艺主要是原油经过蒸馏后，会分离出汽油馏分、柴油馏分、煤油馏分等多种馏分。这些馏分在一定程度上具备了基础的使用价值，但仍含有硫、氮、氧等杂质以及烯烃、芳烃等不良组分。而加氢精制工艺便是针对这些问题的关键解决手段。具体来说，加氢精制是在氢气氛围下进行。在此过程中，催化剂可促使馏分中的硫、氮、氧等杂质以及烯烃、芳烃等不良组分发生转化或被有效去除。通过这样的处理，油品的安定性得到显著提升，质量也得以大幅提高。同时，油品的腐蚀性降低，燃烧性能得到改善，最终使油品能达到相应的国家标准以及满足市场需求规格。

以生产清洁汽油为例，随着环保要求的日益严格，汽车尾气排放问题受到广泛关注。传统的汽油中往往含有较高的硫含量，这种情况会导致汽车尾气中硫化物排放超标，对环境和人体健康造成危害。而加氢精制工艺则可以有效地降低汽油中的硫含量，从而减少汽车尾气中硫化物的排放，为环境保护做出重要贡献。除了在清洁汽油生产中的应用，加氢精制工艺在其他油品的炼制过程中也同样具有重要意义。无论是柴油还是煤油等油品，经过加氢精制处理后，其品质都能得到显著提升，更好地满足不同领域的需求。

1.2 加氢裂化

加氢工艺类型的加氢裂化有着独特的作用和显著的优势，从产物的角度来看，加氢裂化工艺可将重质油转化为多种有价值的产品。具体而言，其侧重于把重质油，例如减压渣油、常压渣油等，在特定的高温高压环境以及催化剂存在的条件下，进行加氢反应并发生裂解。通过这样的过程，原本较重的油品得以转变为较轻质的油品，像石脑油、柴油等，同时还会生成少量的气体产物。而对炼厂产品结构的影响，加氢裂化工艺可有效地提高轻质油的收率，以此优化炼厂的产品结构。这种情况表明炼厂在生产过程中，会获得更多符合市场需求和质量标准的产品，增强市场竞争力。不仅如此，加氢裂化工艺所得到的轻油产品还具有饱和度高、稳定性好的特点。这种优质的轻油产品有着广泛的用途，一方面可以进一步作为优质的催化重整原料，为后续的生产过程提供高质量的基础；另一方面，也可以直接作为清洁燃料使用，满足能源供应的需求^[1]。从整个炼油厂的层面来看，加氢裂化工艺的应用有助于提升经济效益和资源利用效率。此方面通过提高轻质油的收率和优化产品结构，炼厂可在市场中占据更有利的地位，获取更多的经济收益。同时，合理的资源利用也会减少浪费，实现可持续发展。

1.3 加氢处理

此项处理工艺常常被应用于一些特定的原料或中间产品处理环节。例如，在某些润滑油基础油的生产过程中，为了改善油品的黏温性能和抗氧化性能，提高润滑油的整体品质，会采用加氢处理工艺。在此加氢的方式下，可对某些含有特定杂质或结构的石油馏分进行处理，调整其化学组成和性质，使其更符合后

续加工或产品调配的要求。除了润滑油基础油生产中的应用，加氢处理工艺在其他许多方面也发挥着重要作用。在一些特定的原料或中间产品处理环节，当遇到含有特定杂质或结构的石油馏分时，加氢处理工艺就能派上用场。其会对这些石油馏分进行适度加氢，从而改变其化学组成和性质。这种改变有着明确的目标，即让经过处理后的石油馏分更符合后续加工或产品调配的要求。在实际应用中，加氢处理工艺会有效地去除石油馏分中的杂质，优化其化学结构，为后续的加工和产品调配提供更好的基础。无论是在提高产品质量方面，还是在满足不同加工需求方面，加氢处理工艺都展现出了其独特的优势。

2 加氢催化剂的现状

2.1 常见催化剂类型

在石油炼制工业中，加氢催化剂的常见类型主要有以下几种：

2.1.1 负载型贵金属催化剂

这类催化剂由铂（Pt）、钯（Pd）等贵金属负载在氧化铝、活性炭或其他载体上制成。在实际应用中具有出色的加氢活性和选择性，可在相对较低的温度和压力条件下实现高效的加氢反应。由于其优异的性能，特别适用于对油品质量要求极高的场合，如航空煤油的加氢精制。然而，由于贵金属资源稀缺且价格昂贵，导致其应用成本较高，这在一定程度上限制了在大规模工业生产中的广泛使用。

2.1.2 金属硫化物催化剂

以钼-钴-镍（Mo-Co-Ni）体系为代表的金属硫化物催化剂具有良好的加氢脱硫、加氢脱氮和加氢饱和等活性，能有效地处理各种石油馏分中的杂质和不良组分。与负载型贵金属催化剂相比，金属硫化物催化剂的成本相对较低，但其活性和选择性稍逊一筹，并且在再生性能方面也存在一定局限性。

2.1.3 非晶态合金催化剂

这类具有独特的非晶态结构和均匀的化学成分分布，表现出较高的比表面积和活性位点浓度，从而展现出优异的加氢活性和选择性。在某些特定的加氢反应中，如用于生物柴油的加氢制备等领域，非晶态合金催化剂显示出了良好的应用前景。然而，由于其制备工艺较为复杂且生产成本较高，目前尚未在石油炼制工业中得到大规模的商业化应用^[2]。

2.2 发展趋势

2.2.1 新型催化剂材料研发

在新型材料的研发过程中，纳米材料作为一种具

有独特物理化学性质和结构特点的物质，在加氢催化领域展现出了巨大的应用潜力。其微小的尺寸赋予其特殊的表面效应和量子尺寸效应，使得纳米材料在反应过程中，可提供更多的活性位点，进一步显著提高加氢催化剂的活性。同时，纳米材料的结构特点也使其在选择性方面表现出色，会更加精准地引导反应朝着期望的方向进行，减少副反应的发生，提高产品的纯度和质量。纳米材料的稳定性也为加氢催化剂的性能提升带来新的契机，可在较为复杂的反应条件下保持较好的稳定性，延长催化剂的使用寿命，降低因催化剂失活而导致的生产成本增加。

金属有机框架材料（MOFs）具有高度有序的孔道结构和可调控的孔径大小，这一独特的结构特点使其在加氢催化反应中具有优异的择形催化性能。在研究期间，合理设计 MOFs 的孔道结构和功能基团，有效实现对不同反应底物的高效识别和选择性吸附，从而提高反应的选择性和转化率。而且，MOFs 的金属中心可作为活性位点参与加氢催化反应，其丰富的金属种类和可调节的配位环境为优化催化剂的性能提供广阔的空间。同时，MOFs 还具有良好的热稳定性和化学稳定性，可在高温、高压等苛刻的反应条件下保持稳定的结构和性能。

2.2.2 催化剂复合与改性

科研人员正尝试将多种具有不同特性的催化剂材料结合在一起，以期达到更好效果。例如，将贵金属与金属硫化物相结合，制备出一种双功能催化剂。这种催化剂主要是利用贵金属的高活性在低温下实现高效的加氢反应，还能借助金属硫化物所具备的良好选择性和稳定性，有效地处理复杂的石油馏分原料。这样的复合策略使得催化剂在保持高活性的同时，也具备出色的抗中毒能力和较长的使用寿命。

催化剂改性方面，可通过添加助剂、调整活性组分的分散状态等方法，能显著改善催化剂的性能。例如，添加适量的助剂增强催化剂的活性和选择性，同时提高其抗硫中毒的能力。而改变活性组分的分散状态，则可增加催化剂的表面积，从而提高其与反应物的接触面积，进而提升催化效率。这些改性措施会大幅度优化催化剂的性能，还能降低其生产成本，提高经济效益^[3]。

2.2.3 绿色环保催化剂研发

随着工业排放标准越来越严格，传统的高硫含量催化剂已经难以满足现代工业生产的需求。因此，研发新型的绿色环保加氢催化剂十分重要。这些新型催

化剂可提高石油产品的质量和产量，还能够显著减少环境污染物的排放量。为了实现这一目标，科学家正在探索各种新材料和技术制造更加高效且环境友好的加氢催化剂。其中一种方法是使用非金属元素如氮（N）、磷（P）等作为活性组分，以取代传统的金属硫化物。这种方法可大大降低催化剂中的硫含量，还可提高其稳定性和选择性。

还有一些研究集中在利用纳米技术制备具有高表面积和孔隙率的材料上，这样能使反应物更容易接触到催化剂表面，从而提高反应效率。除了上述方法外，还有许多其他途径可以用来改进现有催化剂的性能。比如调整催化剂的结构设计来优化其性能；或者引入一些特殊的添加剂来增强其抗毒性能；甚至将不同类型的催化剂组合起来使用，以达到更好的效果。

3 加氢技术和加氢催化剂的市场发展前景

3.1 市场需求增长驱动

现阶段全球范围内对环境保护的重视程度不断提高，环保法规日益严格，各国政府纷纷出台一系列严格的环保法规和标准，对油品的质量指标（如硫含量、氮含量、芳烃含量等）提出更为苛刻的要求。这促使石油炼制企业必须采用先进的加氢技术来生产清洁、环保的油品，以满足市场需求和法规要求，从而推动加氢技术和加氢催化剂市场的持续增长。与此同时，随着全球能源结构的逐步调整，对清洁能源的需求不断增加。石油炼制工业作为传统能源领域的重要组成部分，需要通过技术创新提高油品的品质和附加值，使其更好地适应能源转型的大趋势。加氢技术在生产清洁燃料方面的重要作用将进一步凸显，为相关市场带来广阔的发展空间。此外交通运输行业是石油产品的主要消费领域，随着汽车工业的快速发展和人们对汽车性能要求的提高，对高品质汽油、柴油以及航空煤油等产品的需求也在不断增长。这些高品质的油品需应用先进的加氢精制工艺生产，从而带动加氢技术和加氢催化剂在交通运输领域的市场需求^[4]。

3.2 技术创新推动市场拓展

持续的技术创新能够有效提升油品质量和生产效率，还能显著降低生产成本和环境风险，其中，新型工艺与催化剂的研发应用是推动市场发展的关键因素。当前新型的加氢技术工艺和高性能加氢催化剂不断涌现，这些创新成果将极大地提升油品质量，提高生产效率，并降低生产成本。并且还能有效减少环境污染，使得加氢技术在更多的石油炼制环节和产品领域得到广泛应用，从而进一步拓展市场规模。在此期

间，加氢技术与其他先进技术的集成融合也是未来发展的重要方向。在实际融合时，将加氢技术与石油炼制工业中的其他先进技术（如催化重整、延迟焦化、溶剂抽提等）相结合，全面实现资源的更高效利用和产品的最优化生产。这种集成融合能为企业创造更大的经济效益，还能为市场提供更具竞争力的解决方案，促进整个行业的技术进步和发展。

3.3 市场竞争态势加剧

此方面主要表现在以下两个方面：

一方面国内企业正不断崛起与追赶。近年来，国内一些石油炼制企业和化工科研机构在加氢技术和加氢催化剂领域取得了长足的进步，逐渐打破了国外企业的技术垄断局面。国内企业凭借其在本土市场的优势（如贴近原料产地和市场、成本优势等），以及不断提升的技术水平和产品质量，正在加快进口替代步伐，积极参与到全球市场竞争中。预计未来，随着国内企业技术创新能力的持续增强和产业规模的不断扩大，国内外企业在加氢技术和加氢催化剂市场上的竞争将日益激烈，但此过程加氢技术和加氢催化剂将会更加高效与完善。

另一方面是市场主要由国际大型化工企业主导。目前，全球石油炼制工业中，加氢技术和加氢催化剂市场主要由国际大型化工企业所引领。这些企业在技术研发实力、生产规模、品牌影响力以及市场份额等方面具有明显的优势，通过不断的技术创新和产业整合，进一步巩固了其在全球市场的领先地位，保持市场的竞争力。

4 结论

综上所述，在石油炼制工业中，加氢技术和催化剂是保障油品质量和环境保护的关键因素。在技术的发展和市场需求的变化下，此领域经历快速的变革和发展，企业和研究机构需要密切关注行业动态，不断创新，以适应未来的市场挑战。

参考文献：

- [1] 李农,李国旗,杜忠伟,等.石油炼制工业中加氢技术和加氢催化剂的发展现状[J].石化技术,2022,29(09):235-237.
- [2] 刘彦昭.石油炼制中加氢催化剂技术的实际应用[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(07):179-181.
- [3] 曹亚军.石油炼制工业中加氢技术和加氢催化剂的发展现状[J].化工管理,2022,(06):74-77.
- [4] 舒黎斌.石油炼制中的加氢技术原理与应用研究[J].化工管理,2021,(06):61-62.