

科莱恩分子筛解决方案

催动可持续转型 创造更绿色未来

科莱恩分子筛解决方案： 催动可持续转型 创造更绿色未来

目录

1. 概要
2. 引言
3. 分子筛：独特的催化材料
4. 利用废油生产可持续航空燃料
 - 4.1. 挑战
 - 4.2. 解决方案
 - 4.3. 科莱恩 AEL 型分子筛催化剂：用于废油转化制可持续航空燃料 (SAF)
 - 4.4. 优点
 - 4.5. 在 SAF 生产中的成功应用
 - 4.6. 乙醇制航空燃料 (ETJ) 路线
 - 4.7. 甲醇制航空燃料 (MTJ) 路线
5. 利用可再生原料生产碳中和塑料
 - 5.1. 挑战
 - 5.2. 解决方案
 - 5.3. 科莱恩用于乙醇制烯烃 (ETO) 工艺 MFI 型分子筛催化剂
 - 5.4. 科莱恩 MFI 型分子筛的主要特点
 - 5.5. 优点
6. 科莱恩分子筛基工业排放控制方案
 - 6.1. 用于 N₂O 和 NO_x 减排的科莱恩分子筛催化剂
 - 6.2. 铁改性 BETA 型分子筛用于选择性催化还原 (SCR)
 - 6.3. 分子筛基减排方案的成功业绩
7. 科莱恩的全球实力与承诺
8. 结论
9. 参考文献

视频清单

视频 1: 科莱恩的分子筛催化剂及其在推动 SAF 生产、碳中和塑料生产以及高效工业排放控制系统中的作用。

图例清单

- 图 1. 常见的分子筛骨架结构
- 图 2. 可持续航空燃料 (SAF) 在二氧化碳减排领域的潜力
- 图 3. 科莱恩 AEL 分子筛筛选出废油中的烷烃并进行转化
- 图 4. 科莱恩分子筛样本
- 图 5. MFI 型分子筛催化剂有助于将乙醇转化为所需的烯烃
- 图 6. 科莱恩分子筛粉末
- 图 7. 科莱恩 Hysopar 催化剂™
- 图 8. 科莱恩分子筛基三段减排催化剂全球影响力

1. 概要

随着各行业不断致力于减轻环境影响并与全球可持续性目标相契合，创新解决方案对于推动可持续转型至关重要。科莱恩（Clariant），作为特种化学品领域的领军企业，已成功研发出先进的分子筛解决方案，以应对航空、塑料以及工业排放控制等多个领域的关键可持续性挑战。

本白皮书探讨了科莱恩的分子筛催化剂及其在促进可持续航空燃料（SAF）、碳中和塑料和高效工业排放控制系统生产方面的作用。利用分子筛的独特性能，这些解决方案促进了可再生原料的使用，提高了处理效率，并最大限度地减少了有害排放，为构建更加可持续的未来做出了贡献。

科莱恩的关键分子筛解决方案包括：

- AEL 型分子筛催化剂，通过酯和脂肪酸的加氢处理（HEFA）将废油转化为高品质的 SAF 组分。
- MFI 型分子筛催化剂，支持乙醇制烯烃（ETO）工艺，利用可再生的植物基醇生产碳中和塑料。
- 铁改性 Beta 型分子筛催化剂，用于选择性催化还原（SCR）系统，能高效去除氮氧化物（NO_x），并降低工业排放控制中的运营成本。

请观看：

探索科莱恩的分子筛解决方案如何推动各行业的可持续转型！

视频 1: 科莱恩的分子筛催化剂及其在推动 SAF 生产、碳中和塑料生产以及高效工业排放控制系统中的作用。【来源：科莱恩】

科莱恩（Clariant）拥有全球一体化的分子筛生产网络、强大的定制化能力，并始终致力于持续创新，因此在助力各行业推进脱碳进程、引领可持续解决方案的开发以及推进与环境管理目标相契合的目标等方面，具备显著优势。

2. 引言

追求可持续发展已成为全球当务之急，各行业正面临日益严峻的压力，需减少其对环境的影响并与国际目标（如《巴黎协定》和联合国可持续发展目标）保持一致。主要挑战包括脱碳、最大限度地减少废弃物和排放，以及向可再生资源转型。应对这些挑战需要变革性的解决方案，以确保在不损害经济可行性的前提下实现可持续实践。

尤其是航空业的去碳化，在应对气候变化的斗争中已成为明确的优先事项，这一点从全球越来越多司法管辖区出台具有约束力的可持续航空燃料（SAF）规定和政策激励措施中可见一斑。尽管为提高效率做出了努力，但航空业仍占全球二氧化碳排放量的 2.5% 和全球交通排放量的 12.5%。此外，随着其他行业更快速度地脱碳，这一比重还在上升，这凸显了航空业亟需可持续解决方案的紧迫性。

催化剂能够提高效率、降低能耗和促进可再生原料的使用，在推动可持续过程中发挥着至关重要的作用。催化剂通过降低活化能和提高反应速率，为可持续化学开辟了新途径，从而推动了创新和环保工艺的开发。

作为一家领先的特种化学品公司，科莱恩致力于通过其产品组合和技术进步推动创新和可持续性。凭借其在催化领域的专业知识，科莱恩研发了尖端的分子筛解决方案，以应对各行业面临的主要可持续性挑战，使客户能够在保持竞争力的同时实现其可持续性目标。

本白皮书将深入探讨科莱恩分子筛解决方案的三大主要应用领域：

1. 可持续航空燃料（SAF）的生产
2. 利用可再生原料生产碳中和塑料
3. 工业排放控制

我们将探索科莱恩分子筛催化剂如何推动这些领域的可持续转型，并为构建更加绿色的未来贡献力量。

3. 分子筛：独特的催化材料

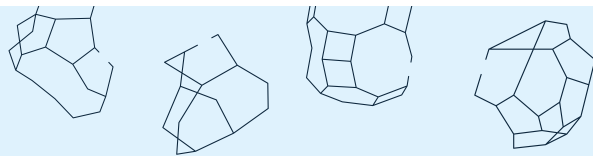
在深入探讨具体应用之前，了解分子筛的根本特性及其为何能成为卓越的催化材料十分重要。

分子筛是具有独特微孔结构的晶态硅铝酸盐材料，该结构由相互连通的孔道和孔笼组成。其骨架由共用氧原子相连的 SiO_4 和 AlO_4 四面体构成，形成了一个带负电荷的晶格，该晶格通过可阳离子交换（如钠、钾或质子）来保持电中性。

分子筛的关键特性包括：

- 高热稳定性
- 离子交换能力
- 筛分能力，由于具有清晰均匀的孔径和形状（通常为 3-10 埃），而具备出色的分子筛分能力
- 择形能力，能够根据分子的大小和形状进行选择性和区分
- 高比表面积
- 酸度可调

以上特性使得分子筛在诸多化学反应中展现出极高的催化多功能性。



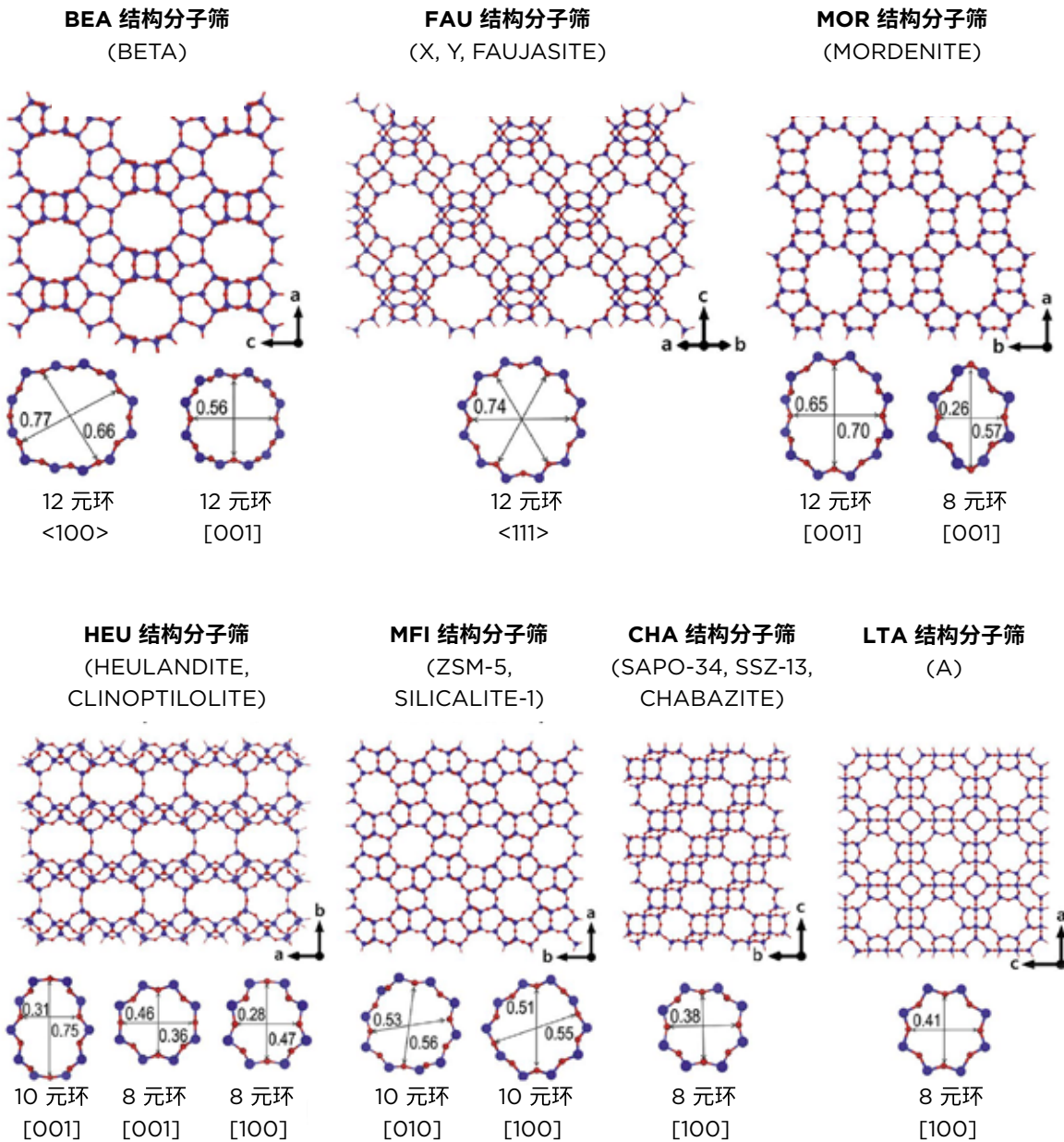


图 1: 常见的分子筛骨架结构, 展示了每种类型的: IZA 三字母代码、分子筛名称、骨架结构 (蓝色: T 原子, 红色: 氧原子) 以及孔窗的大小 (纳米) 和方向。【来源: 2. Li 等人】

凭借数十年在分子筛合成与改性领域的深耕, 科莱恩对这些材料的独特属性和催化表现有了深刻的理解。科莱恩凭借尖端的生产设施和持续的研究投入, 能够为特定应用开发出定制化的分子筛解决方案。公司的专业范畴包括分子筛合成、离子交换、脱铝处理以及其他改性技术, 从而能够精准调整分子筛的性能, 以满足特定的催化要求。

4. 利用废油生产可持续航空燃料

4.1. 挑战

航空排放是全球温室气体排放的重要来源之一，约占全球二氧化碳排放量的 2.5%。随着航空旅行需求的持续增长，实现该行业的脱碳对于缓解气候变化和达成全球减排目标至关重要。

SAF 被视为近期至中期内减少航空业二氧化碳排放的最有前景的解决方案之一，且已得到全球各大国际组织和权威机构的广泛认可。欧盟、美国以及世界各地的许多政府和组织正在制定具有约束力的规定和自愿承诺，以加速可持续航空燃料的广泛应用。

2019-2050 年累计二氧化碳排放量

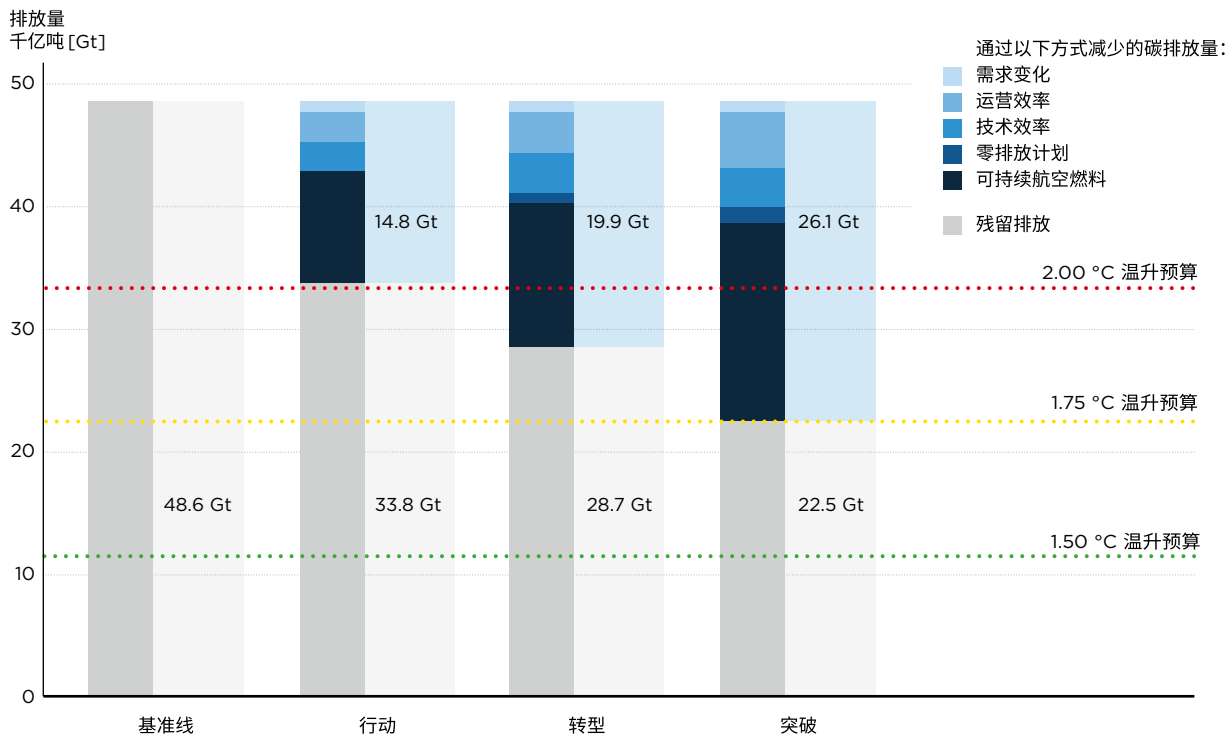


图 2：基于 2019 至 2050 年全球航空累计二氧化碳排放量，按场景和措施划分的可持续航空燃料（SAF）对二氧化碳减排的最大份额贡献。
【来源：3. Graver 等人】

近期，来自权威组织的研究强调了 SAF 在航空业脱碳过程中的关键作用。国际清洁交通委员会（ICCT）预测，到 2050 年，SAF 有望贡献航空业 59% 至 64% 的二氧化碳减排份额。国际航空运输协会（IATA）估计，为实现 2050 年航空业净零碳排放目标，SAF 将贡献约 65% 的所需减排量。此外，国际能源署（IEA）也强调了 SAF 的重要性，尤其是在长途航班中的应用，因为其他技术可能在近期内无法实现。

4.2. 解决方案

从可再生资源中衍生的 SAF 为减少航空业的碳排放提供了一种有前景的解决方案。科莱恩已开发出专业的分子筛催化剂，在各种 SAF 生产途径中发挥着至关重要的作用。

4.3. 科莱恩 AEL 型分子筛催化剂：用于将废油转化为 SAF

科莱恩已针对可持续航空燃料生产的酯和脂肪酸的加氢处理 (HEFA) 路线，研发出了具有 AEL 结构的分子筛催化剂。该催化剂已在科莱恩的分子筛工厂成功实现商业化规模生产，并在 HEFA 工艺的异构化步骤中发挥着重要作用。

AEL 分子筛结构催化剂可促进废油中长链烷烃的异构化和支链化，将其转化为具有更优燃烧性能的支链异构烷烃。AEL 分子筛独特的孔结构和酸度能够实现选择性裂解和异构化，从而获得适用于喷气燃料应用的定制化支链异构烷烃分布。

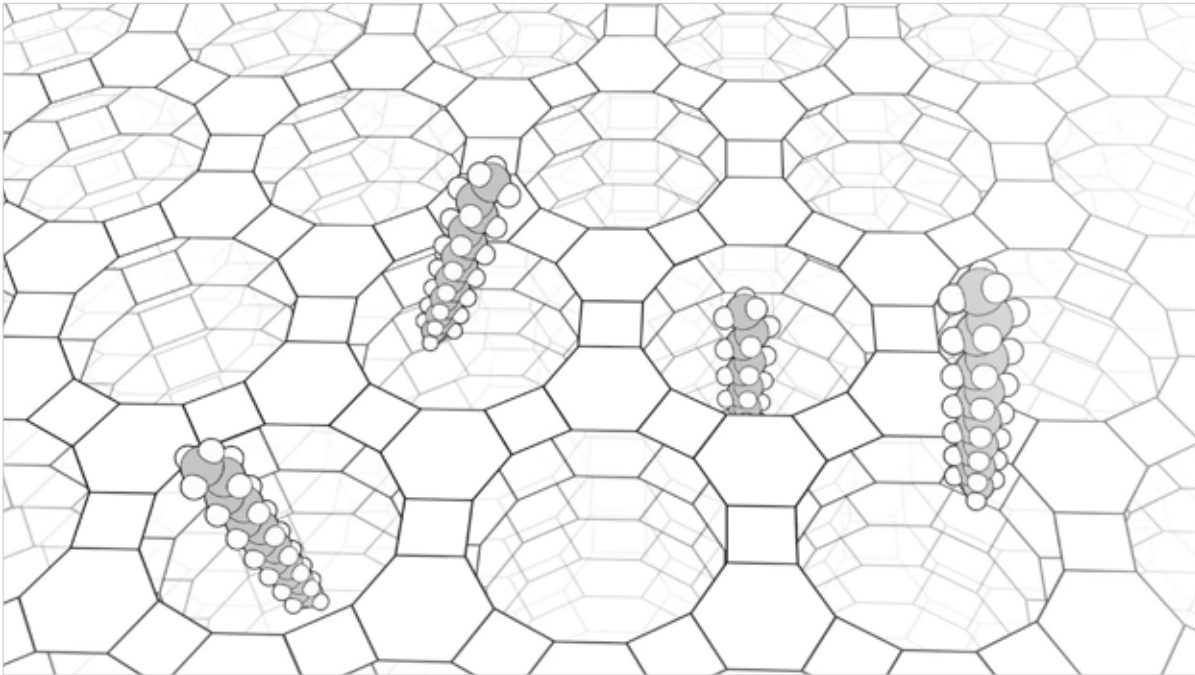


图 3：科莱恩 AEL 分子筛筛选出废油中的烷烃并进行转化。【来源：科莱恩】

4.4. 优点

采用科莱恩分子筛生产的支链异构烷烃具有以下特点：

- 更高的能量密度
- 更好的冷流性能
- 与传统航空燃料组分相比，排放量更低
- 燃烧效率更高
- 颗粒物生成减少
- 低温操作性更佳

这些特性使其成为可持续航空燃料的理想组分，与传统化石基航空燃料相比，有可能使航空业的碳排放量减少高达 80%。

4.5. 在可持续航空燃料（SAF）生产中的成功应用

科莱恩已在 SAF 行业建立了关键合作伙伴关系，使其分子筛技术在 SAF 生产中成功放大生产并实现了经济效益。与传统化石基航空燃料相比，这些合作有望大幅降低航空业的碳排放量。

在一项重要的合作中，科莱恩的专业分子筛粉末成为一家大型 SAF 生产商所用特定催化剂的关键成分。这一合作凸显了科莱恩先进材料在推动大规模 SAF 生产中的重要作用。该 SAF 生产商大幅扩增产量的宏伟计划，进一步证明了科莱恩分子筛在可持续航空燃料行业中日益增长的重要性和强大的可行性。

此外，科莱恩已成功将其专业分子筛粉末引入另一种已建立的 SAF 生产流程中，展示了其材料在不同技术路径上的通用性和适用性。随着全面认证工作接近尾声，科莱恩的分子筛有望成为多种 SAF 生产路径中的关键原材料，为航空业的可持续发展目标做出重大贡献。

4.6. 乙醇制航空燃料（ETJ）路线

科莱恩在特种类型分子筛方面的深厚专业知识，使其产品成为乙醇制航空燃料（ETJ）路线的关键推动者。科莱恩分子筛已通过与其行业领先合作伙伴合作，成功完成乙醇制烯烃转化的资格认证，证明了其可行性。

ETJ 工艺在多个关键步骤都依赖于科莱恩的催化剂：

- 乙醇脱水制乙烯
- 乙烯寡聚生成更长链的烃类
- 加氢生产航空燃料

通过促进这些关键反应，科莱恩分子筛在提升整个 ETJ 工艺的效率 and 可持续性方面发挥着至关重要的作用，对 SAF 技术的进步做出了重大贡献。

4.7. 甲醇制航空燃料（MTJ）路线

在甲醇制航空燃料（MTJ）工艺路线中，科莱恩分子筛在各种甲醇转化工艺中展现出广泛的用途和卓越的性能。科莱恩在开发甲醇制烯烃（MTO）和甲醇制汽油（MTG）技术的高效催化剂方面有丰富的经验。这些专用催化剂已被验证能够满足严格的行业标准，凸显了其一致性和高品质。

随着 SAF 行业向 MTJ 工艺实施迈进，科莱恩分子筛已做好充分准备，支持此工艺的规模化发展。ETJ 和 MTJ 工艺的进展均凸显了科莱恩分子筛解决方案的适应性和可靠性，进一步强化了它们在多种技术路线下生产可持续航空燃料中所发挥的关键作用。



图 4：科莱恩分子筛样本【来源：科莱恩】

5. 利用可再生原料生产碳中和塑料

5.1. 挑战

用化石燃料生产传统塑料会加剧温室气体排放和环境污染。因此，需要一种可持续的替代方案，以减少塑料生产对环境的影响，同时保持材料的多样性和性能。

5.2. 解决方案

用可再生原料，如植物基醇类（如乙醇、丁醇）和生物质衍生的糖类等，有望生产出碳中和塑料，其对环境的影响大幅降低。科莱恩已研发出 MFI 型分子筛催化剂，能够高效地将这些可再生原料转化为高价值的烯烃，而烯烃是合成多种塑料的原料。

5.3. 科莱恩用于乙醇制烯烃（ETO）工艺的 MFI 型分子筛催化剂

科莱恩的 MFI 型分子筛催化剂可实现 ETO 工艺，该工艺能将植物基乙醇转化为乙烯和丙烯等高价值烯烃，而这些烯烃是合成各种塑料的原料。MFI 型分子筛独特的孔结构和酸度促进了乙醇脱水生成乙烯，随后通过寡聚和裂解反应生产一系列烯烃。

烯烃的转化过程

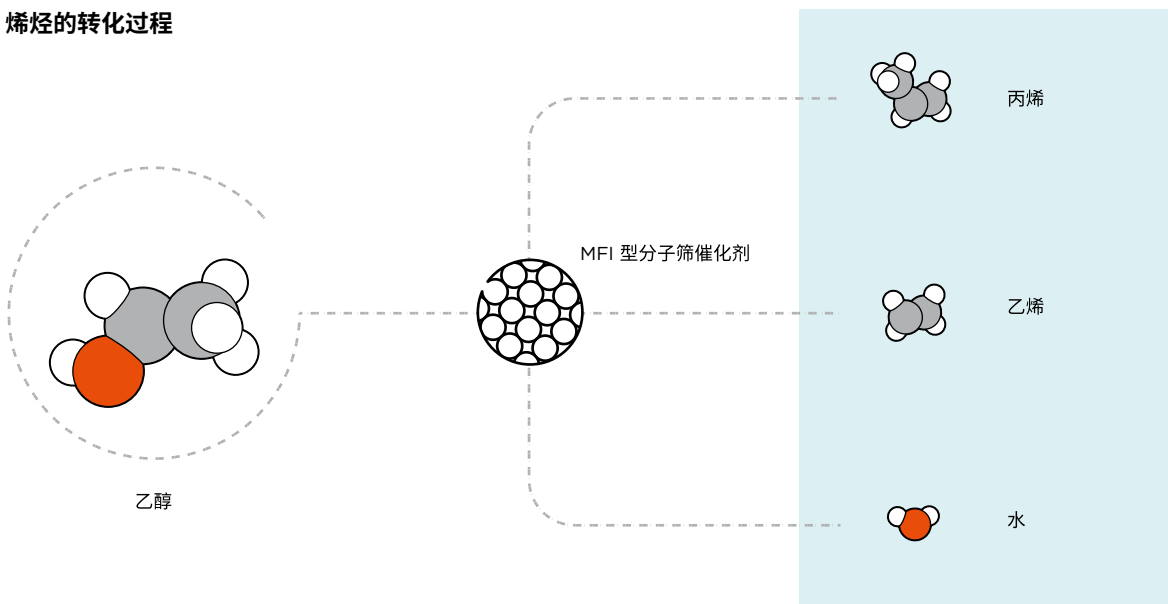


图 5：MFI 型分子筛催化剂有助于将乙醇转化为所需的烯烃——主要是乙烯和丙烯，同时水是主要副产物之一。【来源：科莱恩】

5.4. 科莱恩 MFI 型分子筛的主要特点

择形性和孔结构

- MFI 型分子筛的孔结构（约 5.5 埃）经过优化，能够在允许乙醇分子扩散的同时，限制长链烃的形成。
- 这种择形性对于控制产品分布和避免 ETO 工艺中的不良副反应至关重要。
- 有研究报道显示，类似分子筛催化的转化过程的形状选择性因子为 7.5 [2]。

催化剂稳定性和可重复使用性

- 科莱恩的分子筛催化剂在多次反应循环后仍能保持其活性和选择性。
- 可以通过煅烧进行再生。
- 其稳定性得益于分子筛孔内低聚物的增长受到孔径限制，从而防止了孔道堵塞和催化剂失活。
- 研究表明，在 550° C 进行连续六次的煅烧后，MFI 分子筛仍能在反应中保持其活性和选择性 [2]。

工艺强化

- 在 ETO 工艺中使用科莱恩的分子筛催化剂可实现高容积生产率（时空产率）。
- 这对于以规模化、经济可行的方式生产碳中和塑料至关重要。
- 尽管具体性能数值可能有所不同，但研究表明，在分子筛催化过程中，体积生产率可达 267 g·L⁻¹·h⁻¹ [2]。

5.5. 优点

在转化生物质衍生的乙醇等可再生原料的过程中，使用分子筛催化剂可以提供多种潜在的可持续性益处：

- 相比于化石燃料路线，可能减少化学生产的碳排放
- 通过利用可再生资源，促进循环经济
- 通过使用农业副产品，间接支持可持续农业的发展
- 与行业向更环保生产方式转变的广泛趋势相契合

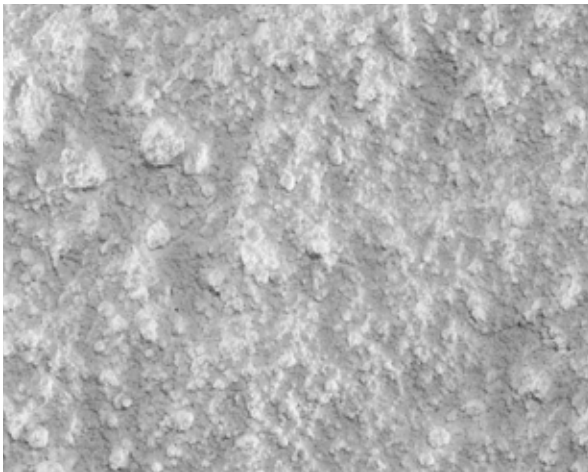


图 6：科莱恩分子筛粉末【来源：科莱恩】



图 7：科莱恩 Hysopar™ 催化剂【来源：科莱恩】

6. 科莱恩分子筛基工业排放控制方案

氮氧化物 (NO_x) 和一氧化二氮 (N₂O) 是工业过程中排放的主要污染物，严重加剧了空气污染和温室气体排放。尤其是 N₂O，其对气候的危害大约是二氧化碳 (CO₂) 的 300 倍。鉴于硝酸和己二酸生产每年排放的 N₂O 相当于超过 1 亿吨二氧化碳当量 (约占全球 CO₂ 排放量的 0.2%)，以及日益严格的监管要求，有效的减排解决方案迫在眉睫。

6.1. 科莱恩用于 N₂O 和 NO_x 减排的分子筛基催化剂

科莱恩开发了专门用于工业过程中 N₂O 和 NO_x 减排的铁基分子筛催化剂系列。这些催化剂在硝酸工厂的三段减排中效果显著。即使可能需要一些工程改造，但该系列的催化剂可在较低温度 (340–600° C) 下运行，去除超过 99% 的 N₂O。

分子筛基三段减排催化剂：超过 35 个运行装置，每年减少 2000 万吨二氧化碳当量排放

尖端的分子筛基三段减排技术

- 高效减少一氧化二氮和氮氧化物排放
- 持续改进的催化剂配方
- 卓越的耐用性：使用寿命超过 13 年
- 极低的排放量：始终低于 30 ppmv



图 8：科莱恩分子筛基三段催化剂全球影响力。数据由 S. Sauerbeck 等人在 2024 年 10 月于蒙特利尔举行的硝酸铵与硝酸 (ANNA) 会议上展示。
【来源：科莱恩】

科莱恩的分子筛基催化剂在实际应用中表现出色。全球范围内已有超过 35 套装置采用该催化剂，大幅减少排放，展现了科莱恩分子筛技术在解决工业排放领域的有效性和潜力。

6.2. 铁改性 BETA 型分子筛用于选择性催化还原 (SCR)

除了 N₂O 减排外，科莱恩还开发了铁改性 BETA 型分子筛催化剂，用于 NO_x 的选择性催化还原 (SCR)。该催化剂利用氨作为还原剂，能够高效地将 NO_x 还原为无害的氮和水蒸气。BETA 型分子筛独特的孔结构和酸度，结合铁的活性位点，促进了 NO_x 和氨的吸附与活化，从而实现了高效的还原反应。与传统 SCR 催化剂相比，科莱恩的铁改性 BETA 型分子筛具有更高的活性、选择性和热稳定性，从而提高了 NO_x 去除效率并降低了运营成本。

6.3. 分子筛基减排方案的成功经验

科莱恩分子筛基催化剂的优势包括可实现超过 99% 的 N₂O 和 NO_x 转化率，极其高效。多个装置持续稳定运行超过 13 年，排放量始终保持在 30ppmv 以下，耐用性得到可靠验证。该催化剂能够在各种工业过程和温度范围内发挥有效作用，适应性极佳。此外，其由硅、铝、氧和铁组成 (不含贵金属) 的配方有助于减少生态足迹。

凭借在三段减排领域二十多年的行业经验以及在分子筛合成与催化领域超四十多年的技术积累，科莱恩不断创新并优化其催化剂产品。公司致力于开发先进的分子筛结构并优化铁离子交换工艺，确保其催化剂在工业排放控制技术中保持领先地位。

7. 科莱恩的全球实力与承诺

科莱恩全球一体化的分子筛合成与制造网络确保了始终如一的产品质量和可靠的供应。这一全球化布局使科莱恩能够服务于不同区域和行业的客户，提供本地化支持，并最大限度地减少运输相关的排放。

科莱恩分子筛解决方案的关键优势：



1. 定制化能力

- 在分子筛合成和改性方面拥有丰富的专业知识
- 能够根据特定应用需求定制分子筛材料
- 与客户密切合作，设计定制化分子筛催化剂



2. 最先进的设施与专业知识

- 催化剂开发各阶段均使用自主设计的设备、流程和工具
- 将大量的高通量实验和分子筛制备和测试知识独特结合
- 快速高效地响应客户需求及产品开发



3. 50 余年分子筛专业经验积累

- 卓越的分子筛生产能力
- 对分子筛的特性及其在各行业的应用的深刻理解



4. 分子筛网络遍布全球

- 跨部门团队整合研发、生产、销售和技术支持
- 跨部门无缝协作，确保为客户提供最佳解决方案



5. 合作伙伴关系

- 技术支持和工艺优化
- 不断创新以确保成功实施和持续改进



6. 对创新的承诺

- 不断投资于研发
- 重点开发新型分子筛结构，改进合成方法，并探索新的催化应用
- 新兴可持续技术：碳捕集与利用、制氢和可再生能源存储

科莱恩的综合实力使其成为分子筛技术领域的领导者，能够针对各行各业的特定需求提供尖端的解决方案。凭借丰富的经验、全球化的业务布局以及对创新的不懈追求，科莱恩能够为客户的可持续发展之路提供有力支持，并在多个领域推动可持续发展技术的发展。

8. 结论

科莱恩凭借其多样化的分子筛催化剂产品组合以及在可持续航空燃料生产、碳中和塑料生产和工业排放控制领域的持续合作，使其成为令产业向更可持续发展转型的关键推动者。通过利用其在分子筛合成、改性和应用方面的专业知识，科莱恩正在推动上述领域的创新，为脱碳努力做出巨大贡献。

分子筛由于其高选择性、热稳定性和分子筛选能力的独特性能，在应对全球可持续性挑战中不可或缺。科莱恩的分子筛解决方案具有一系列优势，包括：

- 提高的催化性能
- 减少对环境的影响
- 促进可再生原料利用
- 提高生产效率
- 最大限度减少有害气体排放

随着对可持续解决方案需求的增长，科莱恩将继续致力于通过持续研发与创新来推动分子筛技术的发展。未来的研发将聚焦于新型分子筛结构、改进合成方法以及在新兴可持续技术（如碳捕集、可再生能源储存和电化学工艺）中的应用。通过将分子筛催化剂与其他可持续技术（如生物催化和电催化）相结合，科莱恩旨在进一步推动可持续化学工艺的发展。通过不断扩大其分子筛技术产品组合，科莱恩将继续巩固其在催化绿色未来方面的领先地位。

9. 参考文献

- [1] Althoff, R. (2023). Zeolites for sustainable fuels: Advancing the production of low-carbon aviation fuels. Clariant AG Technical Report Series, TR-2023-05. Muttenz, Switzerland: Clariant International Ltd.
- [2] Li, Y., Li, L., & Yu, J. (2017). Applications of Zeolites in Sustainable Chemistry. *Chem*, 3(6), 928–949. Applications of Zeolites in Sustainable Chemistry – ScienceDirect
- [3] Graver, B., Rutherford, D., & Zheng, S. (2022). Vision 2050: Aligning aviation with the Paris Agreement. International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/global-aviation-vision-2050-align-aviation-paris-jun22/>
- [4] International Air Transport Association. (2021). Net Zero 2050: Sustainable Aviation Fuels. <https://www.iata.org/en/iata-repository/pressroom/fact-sheets/fact-sheet---alternative-fuels/>
- [5] International Energy Agency. (2022). Aviation. <https://www.iea.org/energy-system/transport/aviation>
- [6] Dusselier, M., Van Wouwe, P., Dewaele, A., Jacobs, P. A., & Sels, B. F. (2015). Shape-selective zeolite catalysis for bioplastics production. *Science*, 349(6243), 78–80. <https://doi.org/10.1126/science.aaa7169>
- [7] Sauerbeck, S., & Zorjanovic, J. (2024, October). Zeolites and their role in emission reduction: A state-of-the-art review and new developments on nitrous oxides removal. Paper presented at the Ammonium Nitrate and Nitric Acid (ANNA) 2024 Conference, Montreal, Canada.

科莱恩化工科技（上海）有限公司
 催化剂业务单元

上海市闵行区春德路288号

邮编: 201108

电话: 86 21 2248 3133

传真: 86 21 2248 3480

邮箱: Chinese.Catalyst@Clariant.com

CLARIANT.COM/ZEOLITES



科莱恩中国

本信息与我们的知识现状相符，旨在概要介绍我们的产品及其可能的用途。科莱恩对本信息的准确度、适当性、充分性或无缺陷性不作任何明示或暗示的担保，并且对于因任何本信息的使用而导致的问题概不负责。本品的任何用户均应自行负责确定科莱恩产品对其特定应用的适用性。*本信息所含内容均适用科莱恩的《通用销售条款和条件》，除非另有书面协议。必须遵守现有的知识/工业产权。鉴于我们的产品以及适用的国家和国际法规和法律可能有所变更，因此我们的产品状态也可能随之变化。《材料安全数据表》提供了多项安全预防措施，应在处理或储存科莱恩产品时予以遵守；该数据表应按需提供，并应满足适用的法律规定。在处理任何此类产品之前，您都应获取并审查适用的《材料安全数据表》信息。详情请联系科莱恩。* 科莱恩商标已在多个国家注册

* 如向美国和加拿大境内的客户销售产品，则还应适用如下规定：

科莱恩对任何产品或服务针对特定用途或其他用途的适用性、适用性和适合性不作任何明示或暗示的担保。

* 在许多国家受科莱恩保护的产品和服务标记

© 2024 Clariant International Ltd, Rothausstrasse 61, 4132 Muttenz, Switzerland