何鸣元院士对绿色碳科学的认知与贡献

谢在库*

中国石油化工股份有限公司, 北京 100728

*通讯作者, E-mail: xzk@sinopec.com

收稿日期: 2020-01-19; 接受日期: 2020-02-18; 网络版发表日期: 2020-02-19

摘要 本文以何鸣元院士的代表性学术活动, 概述了其对绿色碳科学的认知与贡献. 首先介绍了何鸣元院士对分子筛催化裂化过程中三个层次矛盾的分析, 以及针对矛盾内涵的关键问题, 取得的催化裂化科学与技术的新认识和创新突破. 进而, 针对化石资源利用引起的碳失衡问题, 在认识含碳物质化学键演变规律的基础上, 何先生等提出了绿色碳科学的概念.

关键词 绿色碳科学, 催化裂化, 二氧化碳, 绿色发展

长期与何鸣元一起工作或共同参加学术活动的学者, 都会感受到他治学求知的鲜明特点: 如何以哲学的辩证思维, 获取新的科学认知和洞识. 正是基于辩证思维的治学理念, 何先生在讨论学术问题时, 往往会从不同的视角出发, 提出一些具有新意甚至与众不同的见解. 在认识含碳物质化学键演变规律的基础上, 何先生等提出了绿色碳科学的概念.

在2017年第19届全国分子筛学术会议上, 何先生以“分子筛催化裂化: 创新驱动持续辉煌”为题作大会报告. 催化裂化过程是炼油工业的核心工艺过程, 石油化工科学研究院以半个多世纪的跨度和几代人的持续努力, 不断推动催化裂化科学与技术的创新与发展. 何先生亲历其中. 这篇报告分析了我国催化裂化技术如何实现创新驱动, 其中也包括了他本人的努力和贡献. 报告中分析了我国催化裂化技术创新发展中所面对的3个层次的矛盾: 热裂化与催化裂化之间的矛盾; 单分子反应与双分子反应之间的矛盾; 选择性氢转移

反应与非选择性氢转移反应之间的矛盾. 技术突破和过程创新常常实现于矛盾对立面的竞争与协调之中.

对于热裂化技术来说, 催化裂化是一种颠覆性技术. 然而, 现代催化裂化过程中热裂化依然存在, 甚至依然可以成为积极的因素. 善于掌握和控制热裂化和催化裂化这一对矛盾的竞争与协调, 使石油化工科学研究院实现了深度催化裂解(DCC)、流延聚丙烯(CPP)等一系列新技术创造和发明, 其中也包括了多项工艺技术和异晶导向合成的MFI结构的ZRP等新催化材料的突破.

就催化裂化而言, 其自身的矛盾在于单分子反应和双分子反应之间, 如图1所示^[1]. 分子筛催化剂之所以替代无定形硅铝催化剂, 可归结于它在两类反应的竞争与协调中极大地有利于双分子反应. Y分子筛之所以能有效促进双分子反应, 就在于其具有超笼这一特殊孔结构. 何先生提出了“超笼利用率”这一概念, 并相应开展了系统性的研究工作, 如双分子裂化反应

引用格式: Xie Z. Academician Mingyuan He's understanding and contribution to green carbon science. *Sci Sin Chim*, 2020, 50: 155–158, doi: 10.1360/SSC-2020-0012

图 1 催化裂化过程中烃的单分子与双分子反应路径^[1]

Figure 1 Mono-molecular and bi-molecular reaction pathways of hydrocarbons in catalytic cracking process [1].

传递链长、稀土离子定位表征、稀土离子优化分布、稀土离子迁移的水热化学、双分子反应的反应工程等，为解决高效重油加工、提高石蜡基原油催化裂化汽油辛烷值、降低催化裂化汽油烯烃含量、变径流化床反应器生产清洁汽油等一系列技术难题和技术发展做出了卓越的贡献。

何先生进一步探讨的是双分子反应网络中矛盾所在的氢转移反应。氢转移反应其利在于减少汽油烯烃含量，其弊则是加剧催化生焦。何先生提出“选择性氢转移”概念，指出催化剂和反应环境的设计应有利于促进单活性位上正碳离子与气相烃分子间的双分子反应，由此达到趋利去弊的目的。

作为一名科技工作者，需要从对国家和社会的责任与担当来思考研究工作和研究方向，以此确保正确的定位，并从中获取创新的动力。

1998年前后，何鸣元先生与闵恩泽先生开始致力于绿色化学和石油化工绿色可持续发展研究，2000年何先生主持了相关主题的973项目的研究，更加聚焦于绿色化学与新过程的创新。随后，何先生等^[2]提出了绿色碳科学的概念，如图2所示，即“研究和优化碳资源加工、能源利用、碳固定、碳循环整个过程中碳化学键的演变和相关工业过程，使化石资源利用引起的碳失衡最小化。”绿色碳科学的核心是氧化还原化学，其中对立的两个方面是氧化与还原。绿色碳科学的目标

是实现碳的中性平衡，碳的中性平衡就是对立的统一。

工业生产排放了大量的二氧化碳，最终应该以工业的方式集中解决。何先生等在2019年3月主持的“绿色生态与化学化工”香山科学会议上提出，我们已经有“煤化工”、“石油化工”等，我们还需建设“二氧化碳化工”，可以把二氧化碳通过加氢制成甲醇，或者还原成一氧化碳，或者通过干重整变为合成气，也可以直接转化为其他各种产品。“二氧化碳化工”成为新的产业将有望推动实现碳平衡，这也是解决生态环境问题的重要方向。

构建碳的良性平衡必须解决能量利用守恒问题。化石能源的利用主要是基于碳氧化为二氧化碳的化学放热反应，但二氧化碳无论通过生态循环还是化学循环再利用需要的能量都大于燃料燃烧形成二氧化碳释放的能量，因而引入太阳能的光催化是一条重要的途径。中国石化团队利用海藻等作物的光合作用固碳，通过光-生物反应器将二氧化碳转化为生物质，再加工成生物质燃料。此外，二氧化碳和水反应生成化学品和氧，被誉为人类最重要且最具挑战的化学反应，是化学科学领域的“圣杯”。目前，在基础和应用研究方面尚未取得突破。

近代以来，工业革命明显提高了社会生产力，但同时也带来了生态环境问题。何先生与学术界有志者一起，决心要为我国的绿色发展努力做些事情。他们和甘肃省、兰州市、天水市政府一起，组织中国催化专

图 2 绿色碳科学概念^[2] (网络版彩图)

Figure 2 The concept of green carbon science ^[2] (color online).

家智库, 召开麦积山论坛、兰州论坛、青海论坛等, 还以相关主题组织香山科学会议。几年来, 从学术论文和科技论坛出发, 已逐步以催化为核心形成了具体的绿色发展项目, 即将在我国西部生根开花。

一直以来, 何鸣元先生身体力行, 始终践行辩证思维, 在创新中充分认识已有过程, 分析其存在的不足和矛盾, 并针对矛盾内涵的科学问题进行基础研究, 寻找新技术的生长点并进行应用研究。

参考文献

- 1 He MY. *Catal Today*, 2002, 73: 49–55
- 2 He MY, Sun YH, Han BX. *Angew Chem Int Ed*, 2013, 52: 9620–9633

Academician Mingyuan He's understanding and contribution to green carbon science

Zaiku Xie^{*}

China Petroleum & Chemical Corporation, Beijing 100728, China

**Corresponding author (email: xzk@sinopec.com)*

Abstract: Mr. He's representative academic activities are used in this paper to summarize his understanding and contribution to green carbon science. First of all, we introduce Mr. He's analysis on three levels of contradictions in the process of zeolite catalytic cracking. Aiming at the key issues of these contradictions, he has made new understanding and innovation breakthrough in the science and technology of catalytic cracking. Furthermore, in view of the carbon cycle imbalance caused by the utilization of fossil resources, Mr. He and his collaborators proposed the concept of green carbon science based on the understanding of carbon chemical bonds' evolution.

Keywords: green carbon science, catalytic cracking, carbon dioxide, green development

doi: [10.1360/SSC-2020-0012](https://doi.org/10.1360/SSC-2020-0012)