

# 摩托车催化转化器产品现状与其仿真模拟技术的应用研究

## Development status of Motorcycle Catalytic converter and Simulation Technology

张 焯 李 雪 (中检评价技术有限公司, 陕西 西安 710068)

马天明 (中检西部检测有限公司, 陕西 西安 710000)

Zhang Ye Li Xue (China Inspection and Evaluation Technology Co., Ltd, Shanxi Xian 710068)

Ma Tian ming (China Inspection West Inspection Co., Ltd, Shanxi Xian 710068)

**摘要:** 本文重点对目前摩托车催化转化器的组成进行了一定的研究。通过电镜扫描等多种手段, 对其基本成分组成及机理进行一定的探讨。并对催化转化器的药剂涂层进行发展情况进行了阐述。此外, 对摩托车催化转化器仿真模拟技术进行了一定的研究, 提出仿真过程中的难点与措施, 阐述仿真技术的主要方法。

**关键词:** 摩托车催化转化器; 稀土元素; 催化剂; 涂层

**Abstract:** In this paper, the composition of catalytic converter for motorcycle is studied. The basic composition and mechanism were discussed by using SEM. The development of the coating of catalytic converter is described. the simulation technology of motorcycle catalytic converter is studied, the difficulties and measures in the simulation process are put forward. The main methods of simulation technology are described.

**Key words:** motorcycle catalytic converter; rare earth elements; the catalyst; coating

目前, 随着我国摩托车产销量逐年稳定在较高水平, 加之多个大中型城市逐步放宽摩托车限行。且摩托车能够有效解决道路行驶的拥堵问题。更好的控制摩托车尾气排放将是行业主要关注的技术之一。现阶段, 利用催化转化器来降低摩托车排放污染物的量依旧是主要手段之一。经过多年的发展, 形成了以多元素组合, 多物质搭配的复杂催化药剂配方。

随着技术理论的发展, 越来越少的催化剂涂覆量所发挥的催化效能越来越大。稀土元素的加入将催化效果更加向前推进。此外, 为了更好的研究摩托催化转化器的性能, 仿真技术在催化转化器领域的应用发展更加广阔, 很多学者也更多的借助仿真技术, 优化催化转化器的结构, 提升其综合性能<sup>[1]</sup>。

### 1 摩托车催化转化器的基本结构

机构上, 催化转化器主要包括催化剂载体, 外壳, 内芯等。而摩托车催化剂性能的指标有: 起燃温度、转化率、耐久性、空燃比特性等。催化剂的起燃温度越低、转化率越高、耐久时间或里程越长, 空燃比特性窗口越宽, 催化剂的性能就越好。这也是众多催化转化器生产厂家对催化剂性能的不断追求的目标<sup>[2]</sup>。

### 2 摩托车催化转化器金属外壳材料

选取四种不同生产厂商的常见催化转化器型号, 通过电镜扫描技术, 对外壳进行检测, 发现现阶段采用的材料均以不锈钢材质为主。如图 1 所示:

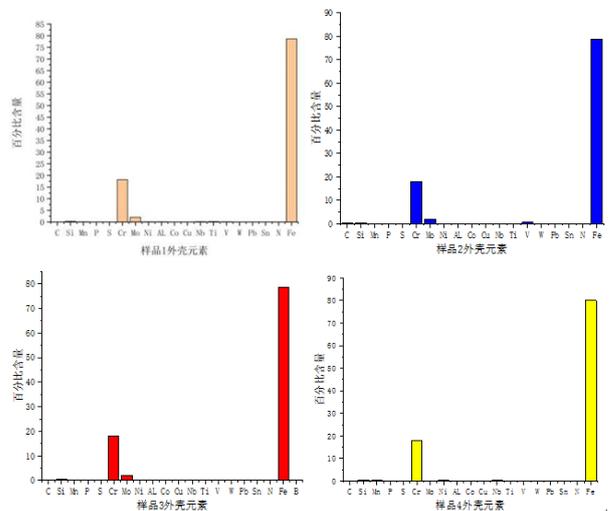
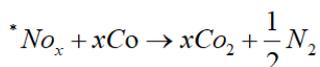
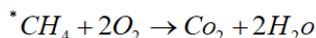
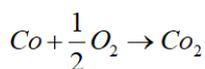


图 1 摩托车催化转化器外壳元素组成

### 3 催化转化器催化剂

目前摩托车尾气排放主要有 CO、NO 化合物以及 HC 等。现阶段主流的催化剂为三效催化剂, 对尾气排放污染物的净化能力较强。在三效催化剂的配方中, 目前催化转化器的催化剂的使用主要以铂钯铑三种元素作为主体。Pt、Pd 对 CO、HC 排放污染物有氧化催化作用。Rh 对 NO 化合物有还原催化作用。但是总的来说, 由于机动车尾气排放的气体化学成分也比较复杂, 经过催化, 其主要化学反应过程为 (\* 分别代表多组分烃类和氮的氧化物)<sup>[3]</sup>:



随催化转化器催化剂的不断研究发展,使得催化转化器的性能不断提升。比如稀土化合物  $\text{CeO}_2$  有助于提高催化剂的高温稳定性,且促进贵金属的均匀分布<sup>[4]</sup>。 $\text{La}_2\text{O}_3$  助催化效果也较好,具有较高的活性,研究的也较多<sup>[5]</sup>。La 在铂基催化剂中可以代替 Rh,有助于降低成本。在特定条件下,铂钨铈与稀土催化剂共同作用,能更好的对 CO、NO 化合物以及 HC 进行精华。

#### 4 载体

目前摩托车催化转化器上主要使用的是不锈钢薄片或合金制作的蜂窝状载体。蜂窝状载体载体具有气体阻力较小,机械强度高,催化剂涂敷均匀,接触面积较大等优点<sup>[4]</sup>。摩托车催化转化器广泛使用该结构。不锈钢薄片、Ni-Cr、Fe-Ni-Al、Fe-Mo-w 等常被应用于制作蜂窝状载体<sup>[6]</sup>,如图 2 所示。但由于耐高温不佳,往往加入稀土元素 La 等,提升耐高温性能,能够较好的满足摩托车催化转化器的要求。



图 2 一种蜂窝状结构实例

#### 5 催化转化器仿真技术应用

目前科研人员主要针对催化转化器结构等方面进行仿真。例如刘孟祥等人通过仿真对结构、流速、压力损失与转化率进行分析,研究催化转化器的性能<sup>[7]</sup>。龚金科等人基于三效催化转化器详细化学反应机理以及老化机理,建立了包含老化过程的三效催化转化器表面动力学模型,进行数值仿真,得到了特征转化效率与快速老化时间的变化规律等<sup>[8]</sup>。王武林等人研究催化净化消声器结构参数对声学性能的影响,在不同转速下对不同方案的净化消声器进行了排气声学性能的试验和仿真研究<sup>[9]</sup>。此外,王志杰等人利用 LMS Virtual Lab 声学软件,建立模型,运用声学有限元的方法,对汽车消声器的插入损失和传递损失进行了仿真研究<sup>[10]</sup>。通过仿真技术,能够降低研发成本,并能够将催化转化器的产品容易出现的问题及时发现,有助于不断提高催化转化器的性能。所以,仿真技术必将在催化转化器行业广泛应用,为科研人员提供有价值的基础数据。

摩托车催化转化器主要工作在温度高、振动条件恶劣的环境中,特别是共振情况的产生,将会对催化转化器的涂覆催化剂产生不利影响。本文也给出了一个基于 SOLIDWORKS 的模型建立与振动仿真的实例,通过仿真,简单的模拟了催化转化器在共振条件下的变化。

通过 SOLIDWORKS 建立数据模型,完成模型的绘制工作,如图 3 所示。



图 3 摩托车催化转化器建模

进行模型材料的加载,本实例加载为不锈钢材质。采用随机振动进行分析,得到如图 4 所示。

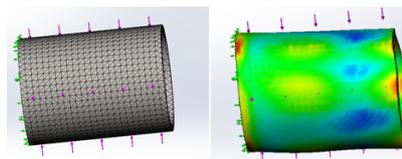


图 4 网格划分及振动模式

#### 6 小结

摩托车催化转化器无论是在材料使用方面还是在涂覆层的工艺方面等朝着贵金属使用量少的趋势发展。特别是稀土元素的研究不断深入,也将催化转化器的性能得到了大幅提升。此外,仿真技术也将逐步应用到催化转化器的结构设计方面。但是由于化学反应的复杂性与难于预知性,针对化学的反应的仿真技术发展较为缓慢。同时,仿真技术也对催化转化器的结构建模准确性要求很高,对安装位置的建模合理性也有较高的要求。同时,对材料的属性正确设置等都会影响仿真的最终结果。本文阐述了目前摩托车催化转化器的产品现状与其仿真模拟技术的情况,如有不妥之处,请读者批评指正。

#### 参考文献:

- [1] 李晓芳,严瑾,陈燕,高尚.用 ICP-OES 法测定摩托车金属载体催化器中铂钨铈[J].摩托车技术,2013(07):39-43.
- [2] 顾方.摩托车催化转化器应用知识问答(1)[J].摩托车技术,2005(20).
- [3] 李梅,柳召刚,吴锦绣,胡艳宏.稀土元素及其分析化学[M].北京:化学工业出版社,2019-8.
- [4] 高娃.汽车尾气净化催化剂金属载体的研究进展[J].兵器材料科学与工程,2000,23(4):67-70.
- [5] 黄可龙,王红霞,刘素芹.稀土在汽车尾气净化催化剂中应用的研究进展[J].稀土,2002,23(5):51-54.
- [6] 杨庆山,等.汽车尾气净化催化剂载体的研究进展[J].湖南有色金属,2013,29(1):49-52.
- [7] 刘孟祥,周乃君.三效催化转化器结构与性能耦合仿真研究[J].计算机仿真,2013,30(7).
- [8] 龚金科,郭华,蔡皓,龙翌.三效催化转化器快速老化过程性能仿真[J].内燃机工程,2010,31(3):100-104.
- [9] 武林,张旭东,冒兴峰,陆兆纳.筒式催化净化消声器声学性能试验与仿真分析[J].廊坊师范学院学报:自然科学版,2018,18(1).
- [10] 王志杰,胡习之.汽车消声器声学性能仿真分析[J].机械设计与制造,2013(3):126-128.