

# 摩托车催化器评价技术与标准

林漫群 沈美庆 景亚兵 贾滨 孙亚琴 阎希成 (天津大学 天津内燃机研究所)

摘要: 对催化器应用过程中实用的评价技术和试验方法进行了论述,包括催化剂活性评价、涂层牢固度评价及催化器热振动评价等。这些评价方法已经以汽车行业标准的型式向行业推广,在摩托车催化器应用过程中,将对催化器生产与应用2个领域间初步建立一个性能描述与评价的技术平台。

关键词: 摩托车 催化器 评价 排放

## Methods and Corresponding Criterion of the Evaluation for Catalytic Devices

Lin Manqun Shen Meiqing Jing Yabing Jia Bin Sun Yaqin Yan Xicheng  
(Tianjin University Tianjin Internal Combustion Engine Research Institute)

**Abstract:** This article describes the methods and criterion of the evaluation for catalytic devices in application, including the evaluation for the activation of catalyst, the fastness of coat, and the hot shock of catalytic devices. These methods have been extensively adopted as occupational auto standards. In the application of catalytic devices for motorcycles, the technical platform for the description and evaluation of the performance of catalytic devices will be initially established between the manufacture and application of catalytic devices.

**Key words:** Motorcycle Catalytic Device Evaluation Emission

随着我国摩托车第2阶段(欧)排放法规的实质性推广,摩托车企业已经普遍了解并接受了催化净化技术。研究表明,摩托车主机厂使用催化器过程中,普遍缺乏统一的催化器入厂质量评价手段和方法,主要表现在:

a) 缺乏催化器核心技术指标体系:主机厂采购的是催化器而不是贵金属,关心的是转化率,不在意是否可以“保值增值”。但行业内主要用催化器制造环节指标来描述催化器,如贵金属比例、涂覆量等,显然这些指标与主机厂的核心需求是错位的。

b) 缺乏入厂检验方法与手段:催化器活性测试是当前主机厂已有传统检验手段中所缺乏的,对于准备采用催化器的主机厂来说,急需对催化器的评价方法和检验手段。

c) 催化剂厂之间评价方法不统一:不同的评价试验条件下,评价指标可比性差,不利于横向比较和优胜劣汰。

针对上述行业共性问题,笔者进行了催化器评

价技术研究并申请制定了催化器的评价技术标准《QC/T 摩托车和轻便摩托车催化转化器通用技术条件》。该标准已于2005年4月通过了摩托车标准化委员会专家的评议,并于2005年8月进入报批稿审查阶段。图1中被圈定的部分即为本标准所涉及的重点内容,下面就该标准作简要介绍和说明。

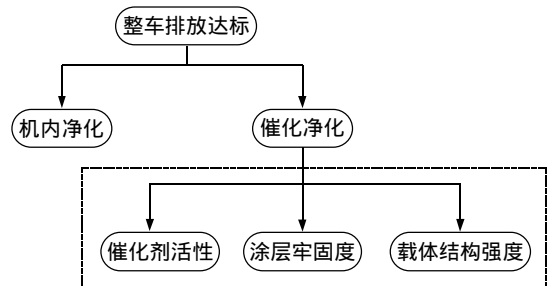


图1 催化器评价标准主要内容

### 1 催化剂活性评价

#### 1.1 催化剂特性曲线

催化剂活性是催化器最重要的技术指标,对活性的评价是催化器制造与应用双方都非常关注的技

术问题。以往研究表明,在发动机排气催化净化应用领域,影响催化器活性的主要废气环境指标有3个:1) 废气温度 2) 发动机空燃比 表征废气是氧化气氛还是还原气氛;3) 空速,单位体积催化器所承载的排气流量。这3个关键技术指标中确定2个,观察催化器对特定物质的转化效率是如何伴随第3个条件变化的,这就是所谓催化剂活性中不同特性曲线的构成方法,如表1所示。本标准规定,将起燃温度和空燃比特性这2个关键特性曲线作为催化器考核指标<sup>[1]</sup>。

表1 催化剂特性曲线

特性	温度	空燃比	空速
起燃温度特性	变	固定	固定
空燃比特性	固定	变	固定
空速特性	固定	固定	变

## 1.2 气氛环境

本标准制定初期,曾以摩托车真实废气作为评价试验的气源环境,经过2年努力,试验系统试制成功,但经多次试验发现,发动机是一个不稳定的燃烧系统,即使经过调整可以基本实现工况的重复性,但无法保证废气成份的重复性,最终决定改用标准气配制的废气进行催化器活性试验,优点是气源性质稳定,试验重复精度高,特别适用于合格评判的场合<sup>[2]</sup>。图2为试验系统示意图,该系统规定模拟废气至少要包括6种,即CO、CO<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>、NO、O<sub>2</sub>和N<sub>2</sub>,这6种标准物质将按一定配比实现对特定浓度成份的精确模拟。

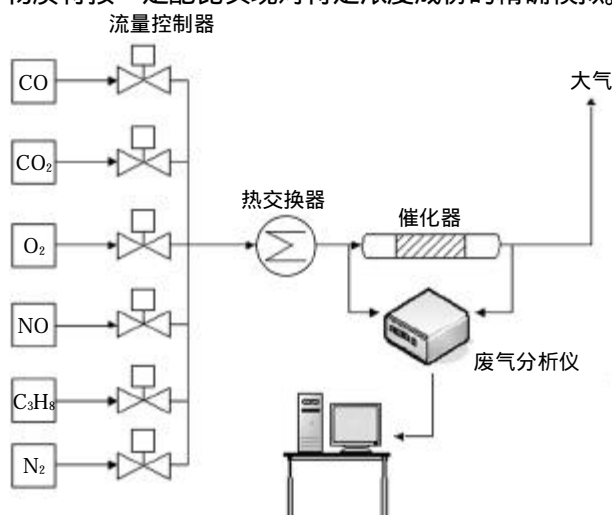


图2 催化剂活性评价系统示意图

模拟废气配制,要尽可能逼真地模拟典型工况下真实废气的成份,经过多次试验,对典型国产摩托车在ECE40工况循环下所表现出来的废气浓度进行了初步统计,侧重于高转速和高负荷条件下的浓度

特征,推荐出浓度配比方法。考虑到不同摩托车车型间的差异及同类型车之间的散差,推荐的浓度配比方案各组份规定是以范围的形式出现,并允许企业根据实际情况,可略微超出这个范围来确定试验浓度,如表2所示。

表2 配气组份含量推荐方案

类别	推荐浓度 %	
	下限	上限
NO	0	0.06
CO	2.0	6.0
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.02	0.06
CO <sub>2</sub>	9.0	14.0
O <sub>2</sub>	由氧平衡系数 $\lambda$ 确定	
N <sub>2</sub>	平衡气	

## 1.3 氧平衡系数

在机动车催化器生产和研发领域常引用“过量空气系数”或“空燃比”这2个名词,在内燃机领域是有明确含义的,催化剂评价试验则借用这2个概念来间接表征废气是氧化气氛环境还是还原气氛环境。本标准制定过程中为表述模拟废气配制性质,建立了一个新的概念,用“氧平衡系数 $\lambda$ ”来准确表达模拟废气的实质特征。

$$\lambda = \frac{C_0}{C_1} \quad (1)$$

式中: $C_0$ ——模拟废气中氧气浓度 %

$C_1$ ——模拟废气中有害气体全部被完全氧化所需要的氧气浓度 %

氧平衡系数计算方法:

$$\lambda = \frac{C_{O_2}}{\frac{C_{CO}}{2} + C_{C_3H_8} \times 5 - \frac{C_{NO}}{2}} \quad (2)$$

式中: $C_{CO}$ ——CO体积浓度 %

$C_{C_3H_8}$ ——C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>体积浓度 %

$C_{NO}$ ——NO体积浓度 %

$C_{O_2}$ ——O<sub>2</sub>体积浓度 %

氧平衡系数的定义为:模拟废气中所含O<sub>2</sub>体积浓度与废气中含C有害气体全部被完全氧化所需要的氧气浓度之比。如果 $\lambda > 1$ ,为氧化型气氛环境,反之为还原型气氛环境。

## 1.4 催化剂活性限值

a) 起燃温度特性:1) 按氧平衡系数 $\lambda = 1 \pm 0.02$ ,空速=(40 000  $\pm$  1 500) h<sup>-1</sup>条件进行配气;2) 设定初始温度为80℃,程序升温速率为10~15℃/min,结束温度为500℃;3) 以温度为横坐标,转化率为纵坐标绘制起燃温度特性曲线,按照直线插值法分别求出催化剂对各种污染物的起燃温度 $T_{50}$ ,起燃温度特

性限值如表3所示。

表3 起燃温度特性限值

转化率 %	起燃温度,		
	CO	HC	NO <sub>x</sub> *
50	< 230	< 300	< 250

注 \* 如果为氧化型催化器,可以豁免

b) 空燃比特性: 1) 按照空速=(40 000 ± 1 500) h<sup>-1</sup> 条件控制气量, 设定加热炉的温度为500 2) 从0.9 ± 0.02开始逐渐改变配气组份中λ, λ变化速率 0.03 /min 结束时λ=1.1 ± 0.02, 以氧平衡系数为横坐标, 各组分转化率为纵坐标绘制空燃比特性曲线。催化剂活性试验设备如图3所示, 空燃比特性转化率限值如表4所示。



图3 催化剂活性试验台

表4 空燃比特性转化率限值

氧平衡系数λ	转化率 %		
	CO	HC	NO <sub>x</sub> *
0.9 ~ 1.1	> 85	> 85	> 85

注 \* 如果为氧化型催化器,可以豁免

## 2 催化剂脱落率评价

催化剂脱落率试验是考核催化剂涂层牢固度的试验方法, 测试方法并不复杂, 将催化器置于水介质的超声波中进行破坏, 测量脱落的催化剂质量相对总上载质量间的比例关系, 从而考察催化剂涂层的牢固程度。脱落率η<sub>d</sub>的定义为:

$$\eta_d = \frac{m_a}{m_b} \times 100\% \quad (3)$$

式中 η<sub>d</sub>——脱落率 %

m<sub>a</sub>——脱落掉的催化剂质量 g

m<sub>b</sub>——催化剂涂敷质量 g

脱落率计算方法:

$$\eta_d = \frac{m_1 - m_2}{m_3} \times 100\% \quad (4)$$

式中 m<sub>1</sub>——初始质量 g

m<sub>2</sub>——脱落试验后质量 g

m<sub>3</sub>——催化剂涂敷量 g

在催化器制造过程中, 载体经历了催化剂从无到有的上载过程, 2个质量相减得到上载催化剂的总质量。但在主机厂检验时, 逆向地将催化剂从载体上完全去除而又丝毫不损伤载体, 是非常困难的, 标准编制过程中曾经尝试使用机械刮除、化学腐蚀等方法, 但都不理想, 最终不得不采用名义上载量方法, 催化剂脱落率限值不超过6%, 试验流程如图4所示。

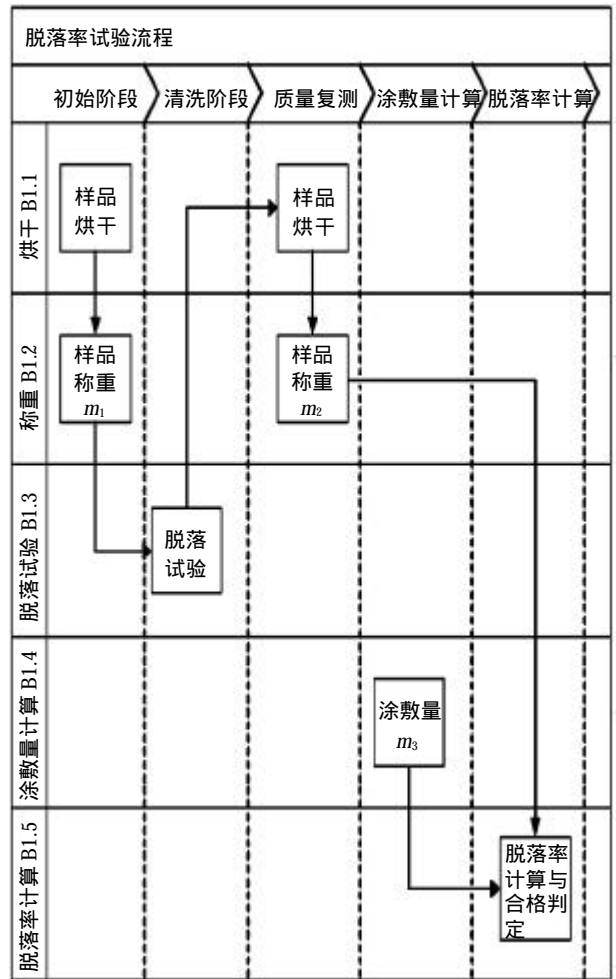


图4 催化剂脱落率试验流程

## 3 催化器热振动试验

本标准选择了骑式车和踏板车2种车型, 每种车型设置了若干典型工况, 测量并整理了每种运转工况条件下的催化器轴向振动振型。生成最终振动试验规范之前还有2个环节: 1) 典型工况在整个10 000 km耐久试验中的分配 2) 加速试验的时间比例。上述2个环节在送审稿中是完全放开的, 留给标准使用各方自行确定, 摩托车标准化委员会要求将上述2个放开环节加以强制规定, 易于实际操作。为此, 根据以往经验, 将各工况的分配比例做了分解, 见表5、6

所示,另外加速时间按照20倍设定。

表5 踏板式两轮摩托车推荐采用的热振动试验工况设置

摩托车运转工况				20倍加速 每循环(5循环)	
序号	车速 km/h	里程 km	耗时 h	总时间 h	时间 min
1	0	0	10	0.5	6
2	15	450	30	1.5	18
3	30	600	20	1	12
4	45	1 800	40	2	24
5	60	7 200	120	6	72
累计			10 050	220	132

表6 骑式两轮摩托车推荐采用的热振动试验工况设置

摩托车运转工况					20倍加速 循环时间(5循环)	
序号	档位	车速 km/h	里程 km	耗时 h	总时间 h	时间 min
1	空	0	0	10	0.5	6
2	1	15	300	20	1	12
3	2	30	300	10	0.5	6
4	3	30	600	20	1	12
5	4	45	900	20	1	12
6	5	45	1 350	30	1.5	18
7	5	60	6 600	110	5.5	66
累计			10 050	220	11	132

热振动试验条件中,机械振动条件来源于对上述实际振动的测试分析和提炼,振型为“随机+正弦振型”,能准确反映和再现摩托车催化器工作的振动环境<sup>[3]</sup>,试验系统见图5、6所示。

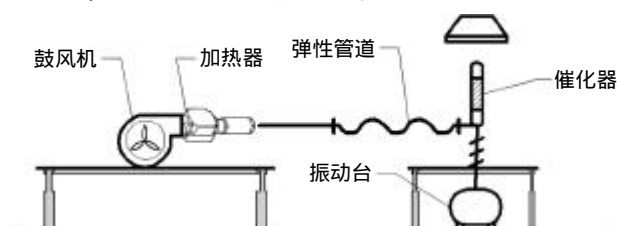


图5 催化器热振动试验系统示意图

高温空气环境试验条件:1)催化转化器空速  $200\ 000\ \text{h}^{-1}$ ;2)催化器入口热空气温度为  $(400 \pm 20)$  ,测点位于催化器入口前  $(200 \pm 20)\ \text{mm}$ ;3)先通热空气至加热系统稳定达到上述要求后,方可开始振动试验。

热振动试验结束后,催化器目测无开裂、脱落或



图6 催化器热振动试验系统

明显变形等机械破坏现象。需要说明的是,由于摩托车催化器工作状态下的振动是复杂的,各车之间又存在差异,本标准鼓励有能力的企业根据自身产品振动特点,自行制定振动试验规范。

#### 4 小结

本文结合催化器评价技术和标准进行了论述,其中包括:1)基于模拟废气环境的催化剂起燃温度特性和空然比特性试验方法;2)符合主机厂入厂检验工作流程的催化剂脱落率试验方法;3)催化器总成热振动试验方法来源与试验条件设定。

本文试图通过上述介绍,使读者对《QC/T 摩托车和轻便摩托车催化转化器通用技术条件》标准的核心内容有一个大概了解,以便于将来标准的实施,并且为催化净化产品在国内合理应用和有序竞争提供评价手段和技术支持。

#### 参考文献

- [1] R. 休斯. 催化剂失活. 丁富新, 袁乃驹. 北京:科学出版社, 1990
- [2] 林漫群, 贾滨. 摩托车催化器应用中的若干问题探讨, 摩托车技术, 2005(6)
- [3] 马大猷. 噪声与振动控制工程手册, 北京:机械工业出版社, 2002.9 (收稿日期 2005-09-15)

## 国家发改委公布5项摩托车行业标准

日前,国家发改委以2005年第46号公告的形式 公布了204项行业标准,其中摩托车标准5项,见表1。

表1 摩托车标准编号、名称及实施日期

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标情况	实施日期
1	QC/T 734—2005	摩托车和轻便摩托车发动机密封性能技术要求与试验方法			2006-01-01
2	QC/T 735—2005	摩托车和轻便摩托车方向把角度、宽度尺寸		MOD JASO T 102:1984	2006-01-01
3	QC/T 654—2005	摩托车和轻便摩托车制动器台架试验方法		QC/T 654—2000	2006-01-01
4	QC/T 655—2005	摩托车和轻便摩托车制动器技术条件		QC/T 655—2000	2006-01-01
5	QC/T 738—2005	轻便摩托车用电喇叭技术条件			2006-01-01