

陶瓷蜂窝载体摩托车催化转化器 抗热振性能的检测

景亚兵 赵立峰 郝金龙 (天津内燃机研究所)
王海光 刘 莎 (深圳市威高特催化剂有限公司)

Test for Performance of Hot-proof and Anti-vibration of Ceramic Honeycomb Carrier Catalytic Converter for Motorcycle

Jing Yabing Zhao Lifeng Hao Jinlong (Tianjin Internal Combustion Engine Research Institute)
Wang Haiguang Liu Sha (Shenzhen VECT Catalyst Corporation)

从今年7月中旬开始的摩托车排放第2阶段生产一致性检查,标志着我国摩托车排放控制进入了实际运用催化净化技术及产品的阶段。各催化剂生产厂家抓住这次机遇,纷纷推出了自己的催化净化器产品,市场竞争加剧,金属载体和陶瓷载体间的竞争也更加激烈。

由于我国摩托车排气催化净化器前期研究主要集中在金属载体方面,对陶瓷载体催化转化器在摩托车上的应用研究相对薄弱;而且国内至今尚没有统一的摩托车、轻便摩托车催化净化器机械强度及抗热冲击能力检验标准,造成摩托车主机厂在使用催化净化器时选型困难,但陶瓷载体催化净化器低廉的价格,却是金属载体无法比拟的。为了配合天津内燃机研究所制定国家《摩托车和轻便摩托车催化转化器通用技术条件》,同时也切实验证国产陶瓷载体在摩托车催化净化器中使用的可靠性,深圳市威高特催化剂有限公司(下简称“威高特”)对国内常用的摩托车用200目堇青石陶瓷蜂窝载体、隔热衬垫及摩托车催化净化器的机械强度及抗热冲击能力进行了检测实验,现将有关情况介绍如下。

1 试验样品制备

实验样品选择国内常用的200目堇青石陶瓷载体,直径为 $\phi 30$ mm、 $\phi 40$ mm、 $\phi 50$ mm,长度50 mm,衬垫选用厚度为1.7 mm和3.33 mm 2种,封装后催化转化器为 $\phi 35 \times 50$ 、 $\phi 45 \times 50$ 、 $\phi 55 \times 50$ 。

2 载体热膨胀系数及物理性能

该项实验委托中国科学院上海硅酸盐研究所按国家发改委颁布的汽车行业标准 XB/T 505—2003《汽油车排气净化催化剂载体》进行检测。

热膨胀系数 我国目前执行的行业标准《汽油机催化剂载体》规定,热膨胀系数 15.0×10^{-6} 。美国康宁(上海)有限公司现行出厂标准规定:热膨胀系数 12.5×10^{-6} ,平均值为 10.0×10^{-6} 。威高特公司采用的堇青石陶瓷载体热膨胀系数为 7.1×10^{-6} 左右,这是目前我国堇青石蜂窝陶瓷载体的最好纪录。

抗热冲击能力:对试样堇青石陶瓷载体进行热冲击能力测试表明,其热冲击前抗压强度A轴为18 MPa, B轴为2.5 MPa;热冲击后抗压强度A轴为27 MPa, B轴为2.3 MPa,远高于行标XB/T 505规定。

抗热冷腐蚀性:该项实验在威高特公司实验室完成,将堇青石蜂窝载体放置在马弗炉内,在950℃中保温10 min,取出用风速 > 10 m/s的吹风机激冷至室温,反复循环10次,载体结构完整,无变形。

3 隔热衬垫

隔热衬垫是堇青石蜂窝载体催化净化器的重要组成部分,主要由耐高温陶瓷纤维、可膨胀材料和有机粘合剂组成。衬垫在载体和外壳之间,用于固定堇青石蜂窝载体,减少热振动引起的冲击应力。隔热衬垫应具有:1) 优越的隔热性能,能够降低催化净化器温度;2) 具有消除辅助热屏蔽的需求,能够抗热和冷的腐蚀;3) 良好的气密性能,可以改善排气系统的噪声控制。

根据以上要求,美国3M公司对隔热衬垫主要采

用以下试验方法对衬垫的质量和性能进行评价：

a) 热振动试验 :当发动机在高温排气下工作时, 评估催化净化器在加速振动状况下的耐久性能。

b) 在线试验 :当催化净化器在温度范围内工作时, 测量衬垫的压力。

c) 外壳变形试验 :当催化净化器正在运行, 并从室温至950℃循环变化时, 测量壳体的变形情况。

d) 催化净化器模拟试验 :当测量出衬垫压力随催化净化器温度变化时, 对运行中的催化净化器进行有计算机操作和控制的模拟试验。

e) 热和冷腐蚀试验 :在温度条件范围内, 衬垫边缘的加速热和冷腐蚀试验。

f) 热膨胀分析器 :测量衬垫随温度变化的膨胀特性。

g) 热冲击试验 :用于评估引起陶瓷载体破裂的条件。

h) 推力试验 :测量推力催化净化器内固定陶瓷载体所需要的轴向推力。

i) 压缩力和张力试验器 :测量衬垫的压缩力和张力特性。

根据摩托车催化净化器实际使用状况及国内目前检测条件, 此次隔热衬垫实验委托国家质量监督检验中心(长春)按美国3M公司《密封衬垫GP—55》标准进行, 主要检测衬垫厚度、单位面积质量、抗张强度、静态压缩强度和热膨胀性能, 如表1所示。

表1 隔热衬垫实验检测情况

检验项目	标准要求	检验结果	符合判定
厚度/mm	6.32 ± 0.75	6.33	符合
单位面积质量/g/m ²	4 300 ± 340	4 167	符合
抗张强度/kPa	> 100	229	符合
静态压缩强度/kPa	100 ~ 4 000	133	符合
热膨胀性能(倍)	250 ± 2,	0.85	符合
	750 ± 2,	1.40	符合
	23 ± 2,	1.30	符合

国内目前按3M标准生产摩托车用催化净化器隔热衬垫的厂家主要有河南西峡开元冶金材料有限公司和浙江临海邦得利公司, 产品基本能够达到3M公司《密封衬垫GP-55》标准要求。

4 热振动试验

热振动试验由天津内燃机研究所完成, 是以高温空气为气源模拟热振动环境, 由空气泵提供一定流量的空气, 经加热器升温后流入催化器, 实现对高温环境和气流冲刷的模拟, 如图1所示。

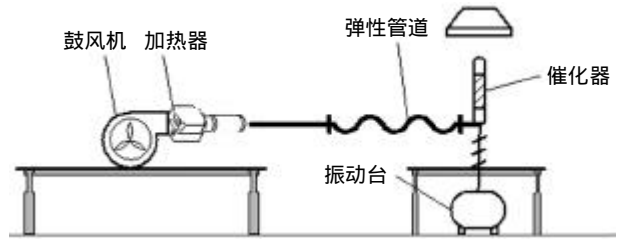


图1 热振动试验台

该试验预先选择了1辆骑式车, 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。

根据以往经验, 将各工况的分配比例做了分解, 如表2、3所示, 加速时间按照20倍设定。

表2 两轮踏板车推荐采用的热振动试验工况设置

摩托车运转工况			20倍加速后		每循环时间(5
车速/km/h	里程分配/km	实际耗时/h	总时间/h	总时间/h	循环)min
0	0	10	0.5	0.5	6
15	450	30	1.5	1.5	18
30	600	20	1.0	1.0	12
45	1 800	40	2.0	2.0	24
60	7 200	120	6.0	6.0	72
累计	10 050	220	11.0	11.0	132

表3 两轮骑式车推荐采用的热振动试验工况设置

摩托车运转工况				20倍加速后		每循环时间
档位	车速/km/h	里程分配/km	实际耗时/h	总时间/h	总时间/h	(5循环)min
空	0	0	10	0.5	0.5	6
1	15	300	20	1.0	1.0	12
2	30	300	10	0.5	0.5	6
3	30	600	20	1.0	1.0	12
4	45	900	20	1.0	1.0	12
5	45	1 350	30	1.5	1.5	18
5	60	6 600	110	5.5	5.5	66
累计		10 050	220	11.0	11.0	132

该循环要重复5次方可完成对10 000 km的模拟, 耗时为实际道路考核的1/20。本次试验所采用的是骑式车测试循环, 如表4所示。

4.1 振动结果样品

样品1 :经过全部5个循环(相当10 000 km)热振动试验, 发现陶瓷芯已经脱落(见图2所示), 但不能确认脱落时间。该载体材料为200目堇青石蜂窝, 直径为30 mm, 长度为60 mm, 衬垫厚度为1.7 mm, 外壳与载体之间间隙为2.1 mm。金属外壳材质为Q235低碳钢板, 厚度为0.8 mm。

样品2 :与样品1规格相同, 为确认是否同样存在陶瓷芯脱落问题, 每循环结束后进行检查, 发现第1循环后陶瓷芯就已经脱落, 如图3所示。

样品3 :与样品1、样品2结构相似, 即末端为敞口, 该载体材料为200目堇青石蜂窝, 直径为50 mm, 长度

为50 mm, 衬垫厚度为3.33 mm, 外壳厚度与载体之间间隙为2 mm, 金属外壳材质为Q235低碳钢板, 厚

度为0.8 mm。经过全部5个循环(相当1 0000 km)热振动后, 结构保持完好, 如图4所示。

表4 热振动试验规范

车型	序号	项目	正弦分量 m/s^2	随机振动功率谱密度谱图转折点 m/s^2						工况持续时间 min
踏板车	1	频率 Hz	32 ± 3	10	400	500	950	—	—	6
		振幅	11.224 6	0.021 4	0.021 4	0.128 4	0.128 4	—	—	
	2	频率 Hz	64 ± 6	10	100	200	950	—	—	18
		振幅	15.714 5	0.042 8	0.042 8	0.856 2	0.856 2	—	—	
	3	频率 Hz	78 ± 8	10	100	200	400	500	950	12
		振幅	30.306 5	0.107	0.107	0.428 1	0.428 1	1.712 5	1.712 5	
	4	频率 Hz	92 ± 9	10	100	200	400	500	950	24
		振幅	41.531 1	0.064 2	0.064 2	0.856 2	0.856 2	8.562 3	8.562 3	
	5	频率 Hz	112 ± 11	10	100	200	400	500	950	72
		振幅	76.327 4	0.064 2	0.064 2	4.281 1	4.281 1	64.217 2	64.217 2	
骑式车	1	频率 Hz	26 ± 3	10	400	500	950	—	—	6
		振幅	1.122 5	0.002 1	0.002 1	0.042 8	0.042 8	—	—	
	2	频率 Hz	68 ± 7	10	100	200	400	500	950	12
		振幅	11.224 6	0.006 4	0.006 4	0.064 2	0.064 2	2.140 6	2.140 6	
	3	频率 Hz	92 ± 9	10	400	500	950	—	—	6
		振幅	44.898 5	0.856 2	0.856 2	4.281 1	4.281 1	—	—	
	4	频率 Hz	68 ± 7	10	100	200	400	500	950	12
		振幅	13.469 5	0.008 5	0.008 6	0.085 6	0.085 6	1.070 3	1.070 3	
	5	频率 Hz	82 ± 8	10	100	200	400	500	950	12
		振幅	33.673 9	0.021 4	0.021 4	0.428 1	0.428 1	4.281 1	4.281 1	
	6	频率 Hz	68 ± 7	10	100	200	400	500	950	18
		振幅	14.592 0	0.015	0.015	0.171 2	0.171 2	1.284 3	1.284 3	
	7	频率 Hz	94 ± 9	10	100	200	400	500	950	66
		振幅	50.510 8	0.042 8	0.042 8	0.428 1	0.428 1	4.281 1	4.281 1	



图2 经过热振动试验的样品1



图3 样品2壳体局部照片



图4 经过全部5个循环的样品3照片

4.2 结论

表5 衬垫技术指标

标准质量/面积 g/m^2	1 050	1 550	2 100	2 600	3 100
标准厚度 mm	1.70	2.46	3.33	4.15	4.90
适用间隙 mm	0.82 ~	1.36 ~	1.85 ~	2.36 ~	2.82 ~
	1.05	1.55	2.10	2.60	3.10

重新测量样品1和样品2的相关指标, 其数据如表6所示。

封装 $\phi 30 \times 60$ 载体(样品1)时, 所采用的1 050型衬垫, 其厚度仅为1.7 mm, 适用间隙为0.82 ~ 1.05 mm, 而外壳与载体之间间隙为2.1 mm, 显然衬垫的选择不当。而封装 $\phi 50 \times 60$ 载体时(样品3)采用2 100型衬垫, 其厚度为3.33 mm, 外壳与载体之间间隙为

2 mm, 适用间隙为1.85 ~ 2.10 mm, 满足催化剂封装条件, 所以在振动试验中催化剂结构能够保持完好。

表6 样品1和样品2相关指标

样品1	陶瓷载体直径 mm		样品2	陶瓷载体直径 mm	
1	29.94	29.84	1	29.91	29.83
2	29.98	30.03	2	29.93	29.98
3	30.01	30.04	3	30.13	30.03
金属外壳内径 mm			金属外壳内径 mm		
含衬垫	30.6	30.2	含衬垫	30.65	30.55
不含衬垫	32.6	32.29	不含衬垫	32.57	33.73

通过以上分析可以得出, 衬垫厚度不够是导致振动试验过程中 $\phi 30 \times 60$ 催化剂陶瓷芯整体被甩出的主要原因。

(收稿日期 2005-08-23)