

新一代摩托车催化剂的开发

吕志兴 (常州力扬环保科技有限公司)

摘要: 为了应对新一代法规要求,提出摩托车催化剂设计5大要点,包括热能控制、污染物控制、催化剂载体、配方设计、冷启动及耐久性等。针对不同型式车种及法规需求,依据上述5点要素设定参数及条件才能符合市场品质需求及成本控制。

关键词: 摩托车 催化剂 污染物 载体

The Development of the New Generation of Motorcycle Catalyst

Lü Zhixing (Changzhou Liyang Environment Protection Science Co.,Ltd.)

Abstract: In order to cater to the demand of the new generation of regulations, five key points for the design of motorcycle catalysts are put forward, they are, thermal energy treatment, pollutant management, catalyst substance, ingredient design, cold start-life. In dealing with different demands of the regulation on different types of vehicles, only the parameters and conditions are set according to the above 5 key points can the quality demand of the market and cost control be met.

Key words: Motorcycle Catalyst Pollutant Substance

随着环境法规的不断加严,摩托车不再只单纯追求动力性能,更要看排放是否符合环保法规的要求,这除了发动机系统本身的改造外,还要配备适当的后处理系统^[1],才能达到环境品质的要求。摩托车后处理系统的关键是催化剂^[2-3],催化剂首先要求^[4-7]必须使用无铅汽油,尽可能降低含硫量,废气中不能含有P、Zn等毒化催化剂的物质,重点降低CO及HC污染值。由于NO_x排放量不高,法规中将HC+NO_x合并控制,台湾省、印度及欧洲限速车法规都是这个模式。随着环境品质的提升,车辆污染在都市空气污染中占很大的比例^[8-9],在未来力争达到零污染的目标下,原先排放量并不高的NO_x也变得不可忽视。因此,未来摩托车新法规规范均朝向HC与NO_x分开控制,在符合法规要求下,后处理系统真正由二元催化提升至三元催化^[10]。此外,废气组成是控制催化效率的关键,就象二冲程摩托车逐渐被淘汰一样,电子燃油喷射系统将成为今后的发展方向。下面对后处理系统从5个方面进行分析。

1 热能控制

目前,利用催化剂来降低HC及CO氧化温度进行氧化反应,NO_x进行还原反应放出大量的热,除非降低总污染值,否则总污染值降的越多,整体温度提升

越快。在未来法规日趋严格下有2条路可走,一是设计低污染发动机,二是让热不要集中在局部区域,最好整个消声器内比较均衡,这是后处理系统能着力的地方,例如:

a) 台湾省2期法规进展到3期法规(二冲程):2期法规较宽松,没有导入二次空气,反应效率约50%,催化剂温度不至于过高,为适应3期法规更低污染要求,需导入二次空气系统,如果按原来设计,不仅催化剂因高温会失效,蜂巢载体也会有熔融发生,如果将催化器后移至隔板上,反应温度又不足,所以加上消声管涂布催化剂,不但补足主催化剂所需温度,成功将热分散,并且降低主催化剂反应污染物总量,保护主催化剂免于高温熔融。



(a) 2期法规

(b) 3期法规

图1 台湾省2期、3期(二冲程)摩托车催化器的安装

b) 欧I法规进展到欧II(限速车):欧I法规时,污染较严重的车种,采用热管搭配主催化剂,此时主催化剂的反应温度为800~900;当进入更严格的欧II法规时,主催化剂已无提升效能的空间了,否则

会造成温度过高。经过调配后,改为采用2个催化器设置,不但能符合欧 II 法规,还可将温度控制在900以下。



图2 应对欧 I、欧 II 法规,摩托车催化器的安装

从以上看出,高效率去除污染物,成功分散产生的热能,使蜂窝载体不至于熔融,热能分散处理很重要。

2 污染物控制

污染物控制中,必须设定发动机原始污染物排放值,法规需求为设定依据,早期摩托车污染法规重点是降低CO与HC的污染值,随着对NO_x污染值的要求,其处理方式也变得复杂了。当只考虑降低CO及HC污染时,是否需要二次空气系统及空气量,CO与HC污染值就如翘翘板,调整二者均能达标;而如果CO、HC及NO_x均需限制时,对于化油器车来说,无法精确掌控空燃比条件,只能采用如图3所示较复杂的处理方式:

- a) 加入适量的二次空气,有可能达到法规要求;
- b) 采用2段处理,第一个催化器主要处理NO_x,第二个催化器主要处理CO及HC,如何设计良好的二次空气系统,是此方式成功的关键。

二次空气



图3 化油器摩托车采用的2种处理方法

对于电喷车(闭回路系统)来说,由于能精确控制空燃比条件,设计空间弹性大,催化器不一定搭配2个。不过要标定最佳空燃比条件,好的催化器空燃比可以变化范围较大。

3 催化剂载体

经过测试,摩托车催化器初期要求,催化器的反应效率以孔密度设在100 cpsi为最佳,随着法规逐渐加严,载体需要更加多元化才能符合反应要求,某些条件设计影响比催化剂配方改变更为容易,根据载体设计参数提出:

a) 蜂窝尺寸效应:直径与长度对反应性有不同效果,一般而言,相似体积下,直径越大,具有较低起燃点,而长度对整体转化效率较显著,设计关键完全取决于消声器空间大小,其次才针对这两种参数效应来设定。另外还需考虑排气流量、污染物浓度、热能控制、耐久法规需求及成本等来设定体积大小。

b) 蜂窝密度效应:100 cpsi为最常使用的规格,随着法规加严,势必朝高密度设计,如目前汽车催化转化器普遍使用400 cpsi。摩托车由于排量较小,高密度运用并非完全适用,设计不当反而造成污染值上升,功率下降。依据整体考虑,可借助蜂窝密度来调整起燃温度、反应催化效率及热能等,目前使用形式以25~300 cpsi较为广泛。

c) 不同型式蜂窝效应:催化剂载体除了上述2项效应外,可进行结构调整,如图4所示。例如,载体结构不同,但体积相同,在同样反应效应条件下,对催化剂热能分散有极大改善,无形中提升了载体的耐久性;另外,蜂窝中空部分进行反应成分重新混合,整体反应效率较佳,不过压降稍微大一些。延伸设计可组合蜂窝密度、长度、形式及配方,借此可调整反应转化效率,催化剂床温度及流气阻抗等。

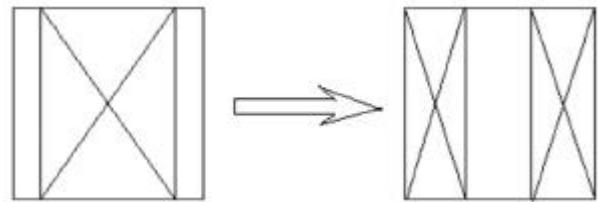


图4 催化剂载体的结构调整

4 配方设计

催化剂配方设计,对于去除污染物一直占最重要角色,不过仍需由废气条件来决定是否恰当,不同的催化剂配方,在倾向氧化环境或还原环境下,其本身的耐久性将会产生很大差异^[11]。所以设计重点为废气反应条件,再根据法规要求进行配方调整。新一代摩托车法规要求,从HC及NO_x污染控制总量转变成HC及NO_x分开控制,催化剂也从纯粹的氧化型催化剂转化成氧化还原型催化剂,除了降低污染值外,随着耐久法规的不断推出,都是未来开发的注意重点。

a) 储氧功能改良:早期为氧化型催化剂,主要以添加储氧元素来稳定催化剂^[12-13]。随着三元催化的引用,储氧就更为重要^[14-18]。如废气反应条件,在使用

氧气临界点上,A为一般氧化型催化剂,B、C为改良储氧能力催化剂,捕捉氧气能力不同,可看出对CO及HC反应差异,当氧气浓度震荡时,能更有效利用氧气,使反应效率达到最高。

表1 三种催化剂温度及转化率的对比

配方	$T_{CO50\%}$	$T_{HC50\%}$	CO ₄₀₀ / %	HC ₄₀₀ / %
A	233	245	90	75
B	255	264	93	78
C	273	291	99	86

注
1 废气反应条件:A/F=14.5 ~ 14.7;
2 $\phi 35 \times 60 \text{ L}(\phi 33 \times 50 \text{ L})$, 200 cpsi;
3 Pt/Rh 催化剂。

b) 选择性反应:废气反应条件在氧气过量条件下,D形为一般型催化剂,经过配方改变,可选择加强CO反应性,降低HC反应性,运用于特别条件需求。

表2 三种催化剂温度及转化率的对比

配方	$T_{CO50\%}$	$T_{HC50\%}$	CO ₄₀₀ / %	HC ₄₀₀ / %
D	210	238	100	91
E	172	—	100	41
F	213	364	100	58

注
1 废气反应条件:A/R=14.9 ~ 15.1;
2 $\phi 48.6 \times 60 \text{ L}(\phi 46.2 \times 50 \text{ L})$, 100 cpsi;
3 Pd/Rt/Rh 催化剂。

c) NO_x还原反应:污染物中,NO_x处理较困难,除了需提供低氧量环境外,反应温度也较高,氧含量太低会使CO及HC无法达法规值,所以必须控制良好空燃比,转化效率才能达到较理想状态。1990年代,不少科学家积极寻找在废气中,氧含量偏高条件下对于NO_x还原,不过得不到极佳效果^[19-20]。另外提出一种新的观念,称为NSR催化剂(NO_xStorage-Reduction Catalysts)^[21-25],寻找一适当材料,氧化条件下吸附NO_x,还原条件下释放出NO_x,来与HC和CO反应,不过耐久性仍待突破,目前发展此配方于Euro III系统。

5 冷起动及耐久性

车辆在安装催化剂后,污染排放值有很大改善,但车子刚起动时,产生的污染量是热车后的数倍,初期法规采用热车方式,就是热车后再收集废气,而现行新法规要求在车发动后数十秒即进行采样,希望能借此大幅度减低污染排放值,如何在刚起动车时就让催化剂发生作用,是一个值得探讨的课题。

实施热起动法规时,催化剂起燃点并不是那么重要,原因是催化剂起燃点劣化后温度,仍低于热起

动后温度,所以影响并不明显,当法规采用冷起动时,催化剂起燃点劣化,就会产生极大影响。因冷起动法规目前是较可行方式,大致上采用催化剂前移,或是较低起燃催化剂来应对,除此之外,还必须考虑耐久性。

a) 催化剂前移:冷起动法规实施,催化剂前移是最简单方式,效果也最明显,面临未来耐久法规,热能控制更显重要,如果设计不当,催化剂更容易失效。由于催化剂较接近发动机,废气产生气相金属或化合物时,较有机会通过催化剂而覆盖催化剂表面,造成催化剂毒化,所以抗毒化能力要求相对提高。另外相同污染值时,催化剂前移会让催化剂平衡时温度更高,热老化问题会出现,加上消声器空间设计受限,选择适合热管或蜂窝式的催化剂,都是设计因素,随车种不同而异。

b) 低起燃催化剂:运用低起燃催化剂克服冷起动是一个很好的方案^[26],但不一定是绝佳选择,由于废气组成并不是一个干净且稳定的污染源,其中夹杂许多污染化合物,当设计低起燃催化剂,相对耐温性,一般可能成反比,原先虽没有低的起燃点,但耐温性较佳,设计新的低起燃点配方,催化剂起燃点劣化系数反而较高时,可能一小段时间起燃点更高,造成整体排放污染值反而较高,如何设计低起燃又能耐高温催化剂,是一个努力方向。

针对冷起动及耐久法规要求,除了发动机前处理系统改善外,后处理催化反应部分,除了催化剂改良,还要着重防毒化及热能控制设计,才能确保符合未来环保法规要求。

由于法规日趋严格,新一代摩托车的催化剂开发,朝汽车催化转化器要求方向走,不过2个系统还是会存在一些差异,但要求重点是一致的,可以参考汽车催化转化器方式,来调整出适合摩托车催化剂的样式,毕竟摩托车设置还是较为复杂。根据上述分析,提供设计参考,针对未来法规需求,不再着重短期效益,才能确实降低排放污染值。除了污染法规值降低外,耐久是未来要求重点,也是技术难度较高的一环,污染控制绝非后处理系统可完成,相对的后处理系统需搭配前处理系统,才能达到最佳污染控制,后处理系统牵涉消声器,二次空气系统及催化剂,搭配组合缺一不可,如何找出适当的参数,符合法规需求及商品性,不再由单一零部件好坏来决定。

参考文献

- [1] J. B. Jr, D. Duprez, Appl. Catal. B. 4.105(1994)
- [2] B. L. Laarsson, O. L. Lowendahl, J.-E. Otterstedt. Catalysis and Automotive Pollution Control. 333(1987)
- [3] P. L. Silveston, Catalysis Today 25, 175(1995)
- [4] H. Tanaka, H Fujikawa, I. Takahashi. SAE Paper 950256 (1995)
- [5] V. D. Staytsenko, Appl. Catal. A, 126,1(1995)
- [6] L. Doelp, D. Koester, M. Mitchell, 1975, ACS Series 143, Catalysts for the Control of Automotive Pollutants, ed. J. McEvoy, pp24-31, Washington, D. C. :American Chemical Society
- [7] G. Acres, B. Cooper, E. Shutt etc. 1975, ACS Series 143, Catalysts for the Control of Automotive Pollutants, ed. J. McEvoy, pp54-71, Washington, D. C. :American Chemical Society
- [8] 台北市环保局. “台北市非定点源空气污染排放特性调查研究”. 1986
- [9] 张能复. 南高屏地区空气污染总量管制规划报告. 行政院环保署. EPA-88-F22-03-0012(2001)
- [10] R. Heck, R. Farrauto. 1994, Catalysts for Environmental Control, In J. Pesck and E. Leigh, eds., Chemically Modified Surfaces. Cambridge, England: Royal Society of Chemistry; 120-138
- [11] 吴荣宗. 工业触媒概论. 台湾新竹:国兴出版社, 1989
- [12] J. G. Nunan, M. J. Cohn, J. T. Donner. Catalysis Today. 14, 277(1992)
- [13] J. M. Schwartz, L. D. Schmidt. J. Catal, 138. 283, (1992)
- [14] A. M. Arias, M. F. Garcia, A. B. Hungria etc. J. Catal. 204,238(2004)
- [15] G. Vlaic, R. D. Monte, S. Geremia etc. J. Catal. 168,386(1997)
- [16] G. Vlaic, R. D. Monte, P. Fornasiero etc. J. Catal. 182,378(1999)
- [17] P. Burroughs, A. Hamnett, A. F. Orchard etc. J. Chem. Soc. Dalton Trans, 1686(1976)
- [18] X. Wu, L. Xu, D. Weng. Applied Surface Science 221,375(2004)
- [19] M. Matsumoto, K. Yokota, H. Doi etc. Catal. Today 22, 127(1994)
- [20] R. J. Ferrauto, R. M. Heck. Catal. Today 55, 179(2000)
- [21] N. Miyoshi, S. Matsumoto, K. Katoh etc. SAE Paper 950809, 1995
- [22] N. Takahashi, H. Shinjoh, T. Iijima etc. Catal. Today 27,63(1996)
- [23] S. Matsumoto, Catal. Today 29, 43(1996)
- [24] H. Shinjoh, N. Takahashi, K. Yokota etc. Appl. Catal. B 15, 189(1998)
- [25] K. Yamazaki, N. Takahashi, H. Shinjoh etc. Appl. Catal. B 53, 1(2004)
- [26] S. Ichikawa, T. Takemoto, H. Sumida etc. SAE Paper 1999-01-0307.

(收稿日期 2004-10-22)

隆鑫、劲隆入选2003年度 摩托车行业效益十佳企业

10月16日,国家统计局在人民大会堂举行了首届全国工业重点行业效益十佳企业信息发布会,发布了2003年度全国105个工业重点行业效益十佳企业最新统计信息。摩托车行业是全国105个工业重点行业之一,2003年度获得效益十佳的企业有隆鑫控股有限公司所属重庆隆鑫工业集团、重庆劲隆科技集团、江门市大长江集团有限公司、钱江集团有限公司、重庆力帆实业(集团)有限公司;入围的摩托车零部件企业有:万丰奥特控股集团、江门华铃精密机械有限公司、星月集团有限公司、烟台胜地汽车零部

件有限公司、广州维高集团。

统计结果表明,105个工业重点行业1050家效益十佳企业虽然仅占全国规模企业总数的0.5%,但实现利润却高达3512.7亿元,占整个工业实现利润的42.1%;实现销售额24169.1亿元,占整个工业销售额的16.9%。1050家效益十佳企业不仅是我国工业企业的领头雁,也是支撑整个工业经济效益的中流砥柱,对于提升经济增长质量、促进经济和社会健康快速发展,发挥着非常重要的作用。

(司 辉)