

催化转化技术在嘉陵摩托车上的应用

李海涛 (中国嘉陵集团技术中心)

摘要：通过化油器调整对空燃比及催化剂转化效果的影响分析，对化油器重新进行优化匹配和设定具有实际指导意义，化油器重新设定+空气滤清器局部优化+催化转化器匹配，是四冲程摩托车达到2期国家排放标准的主要排放控制技术；闭环电喷技术是摩托车今后3期国家排放标准的首选技术。

关键词：摩托车 化油器匹配 催化转化技术 空燃比

Application of Catalytic Conversion to Jialing Motorcycle

Li Haitao (China Jialing Group Technical Center)

Abstract: Based on the analysis of the influence of carburetor adjustment upon the air-fuel ratio and catalyst conversion effects, it is shown that re-optimizing, rematching and resetting of carburetor are significant and practicable; the resetting of carburetor + partial optimization of air filter + converter matching is the main emission control technique for 4-stroke motorcycle to meet the phase national standard. And the closed loop EFI is the first choice for motorcycles to meet the phase national emission standard.

Key words: Motorcycle Carburetor matching Catalytic conversion Air-fuel ratio

随着全球环境保护和经济可持续性发展的日益高涨，各国政府都加强了对机动车排放污染的控制力度。欧洲先后颁布实施了欧Ⅱ和欧Ⅲ排放法规，我国也随后实施了北京地标和2期国家排放标准(相当于欧Ⅱ)，3期国家排放标准(相当于欧Ⅲ)也正在制定中。摩托车排放污染控制任重道远、刻不容缓。

1 摩托车的排放控制技术现状

摩托车的排放治理，应在减少摩托车排气污染物的同时，兼顾摩托车整车的动力性和经济性以及对降噪的影响。因此，必须综合考虑各种因素对发动机性能以及整车性能的负面影响，从系统的观点

化器应用发展的一个绝好机遇。欧盟和台湾省摩托车催化转化器的使用，给我们提供了成功的示例。

摩托车催化转化器的使用能否能真正达到欧Ⅱ控制水平，收到环保效果，取决于是否能严格贯彻实施标准，应注意以下几点。

a) 摩托车和轻便摩托车在进行新车认证时，认证车型应达到国标GB 14622—2002提出的第2阶段限值要求和污染控制装置耐久性要求。即在摩托车和轻便摩托车准入时，严格执行第2阶段限值及耐久

对发动机或整车进行优化设计与匹配。就摩托车排气污染控制技术而言目前主要有以改进发动机燃烧过程为核心的机内净化技术和在排气系统中采用化学或物理的方法对已生成的有害排放物进行净化的排气后处理技术。

《摩托车排放污染防治技术政策》及国外先进经验表明，催化转化技术对于摩托车达欧Ⅱ排放法规的排放治理是当前行之有效的主流技术。

2 嘉陵摩托车排放控制技术路线

嘉陵通过对二冲程轻便摩托车达欧Ⅱ、摩托车达北京地标和目前达2期国家排放标准(相当于欧Ⅱ)性要求。

b) 严格按标准执行过程控制生产一致性，真正作到排放从源头抓起，有效控制。

c) 认真实行催化转化器产品的国产化，在保证产品质量的前提下，降低价格。

d) 在催化转化器安装使用时，要考虑排气管的设计，兼顾排放和噪声两项要求，力争提供同时满足排放和噪声要求的排气管总成。

(收稿日期 2004-09-28)

的排放控制实践,总结出四冲程摩托车达2期国家排放标准的排放控制技术路线:化油器重新设定+空气滤清器局部优化+催化转化器匹配。

2.1 嘉陵摩托车的排放现状

以排放严重超标的化油器带加浓泵的150 mL四冲程摩托车(典型个案)为例进行排放控制达2期国家排放标准。

表1 150 mL 摩托车原车原始排放检测结果

类别	原车排放	2期国标
CO,g/km	16.970	5.5
HC,g/km	1.259	1.2
NO _x ,g/km	0.080	0.3
CO,%		3.8
HC, × 10 ⁶		800

注 曲轴箱废气不能直接通大气。

2.2 控制目标

- a) 达到2期国家标准要求;
- b) 原车的动力性指标控制在3%~5%的范围之内。

2.3 技术路线

为了达到2期国家标准的严格要求,我们结合嘉陵150 mL摩托车的排放特点,采用了机内控制加机外控制2种控制手段相结合的控制方法,即通过化油器重新设定、空气滤清器局部优化、催化器匹配,取得了满意的效果。

3 嘉陵 150 mL 四冲程摩托车排放控制技术

150 mL原车原始工况排放情况如图1所示,从图中看出在32 km/h、50 km/h加速段及50 km/h恒速段时,CO严重超标,特别是在50 km/h恒速段时CO已超出量程,HC、NO_x排放污染物并不严重。

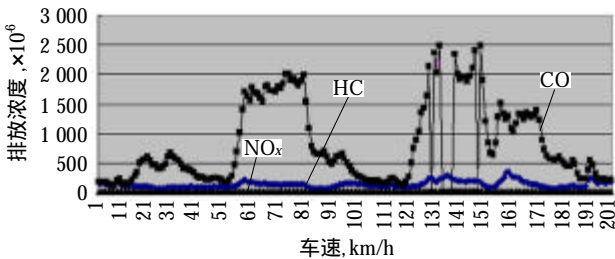


图1 150 mL 原车原始工况排放特性曲线

3.1 化油器重新设定匹配

3.1.1 空燃比对摩托车排放的影响^[2]

空燃比对有害排气污染物的影响如图2所示,由图中看出:

- a) CO是不完全燃烧的产物,CO的排放量随空燃比增大而急剧下降,超过14.7后逐渐达到最低值,

说明空燃比是影响CO排放浓度的主要因素;

- b) 在空燃比 < 14.7时,由于不完全燃烧使HC排放量升高,随空燃比增大HC排放量减小,但当空燃比超过18时,由于燃烧不稳定甚至熄火以及部分燃烧,导致HC排放量又会急剧增加。

- c) NO_x的变化规律恰好与CO和HC相反,在空燃比为15.5附近,NO_x生成量最高,空燃比大于或小于15.5,NO_x的生成量都会降低,这是因为在过浓区氧的含量减少,在稀薄区最高燃烧温度下降,致使NO_x的排放量降低;

- d) 当发动机处于比最高NO_x排放量更稀薄一侧运转的话,不仅对降低CO、HC和NO_x的排放量都有利,而且比油耗也较低。但要防止因混合气过分为稀,造成失火,导致HC和比油耗恶化。

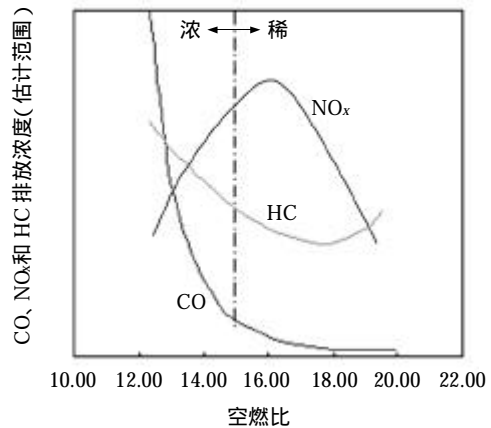


图2 空燃比对有害排气污染物的影响

3.1.2 摩托车化油器混合气形成特点

目前摩托车大多采用柱塞式化油器,通过锥形油针随着柱塞的升降改变油针与主喷口之间的环形流通面积,实现发动机不同工况对混合气浓度的调整。为了使摩托车在全部工况范围内能稳定工作,化油器设定一般处于偏浓的状态。

3.1.3 化油器的调整及空燃比控制

3.1.3.1 柱塞式化油器部件的构成

组成化油器的主量孔、怠速量孔、空气量孔、油针、油针位置、混合气螺钉、发泡管、柱塞、浮子室等,对化油器混合气的形成及各个工况点的 λ 值有非常显著的影响。

3.1.3.2 化油器调整对 λ 值的影响^[1]

化油器的调整应兼顾降低排放和保持原车性能,并且应根据具体摩托车的排放特性进行调整。调整后的化油器应保证在排放区域及动力性区域均有较

为理想的 λ 值。

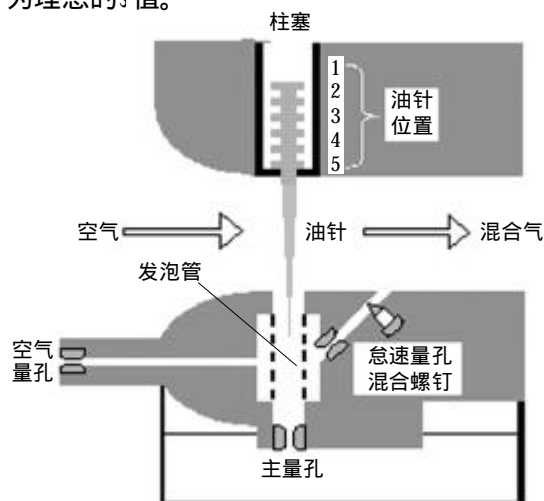


图3 化油器的结构图

通过对摩托车化油器基本结构、基本原理及化油器各功能零部件对各个工况点的 λ 值的影响分析,查阅相关资料,并经过多年排放控制项目化油器匹配试验验证,总结出如下几点化油器调整对 λ 的影响:

a) 主量孔:在 $1/4 \sim 1/2$ 节气门开度时对 λ 的影响较小;随着节气门开度的增加,从 $1/2$ 节气门开度起,其影响就迅速增大,直至 $3/4$ 节气门开度时几乎达到最大;并从 $3/4$ 节气门开度到节气门全开状态其影响达到最大;主量孔的大小直接影响到发动机的最大功率和油耗;

b) 总速量孔:在 $1/4$ 节气门开度时对 λ 的影响最大;随着节气门开度的增加(直至 $1/2$ 节气门开度)或减小(直至怠速),其影响逐渐减小;

c) 油针位置:油针位置的改变在中等负荷($1/2$ 节气门开度)时对 λ 的影响最大;随着节气门开度的增加(直至 $7/8$ 节气门开度)或减小(直至 $1/8$ 节气门开度),其影响逐渐减小;

d) 混合气螺钉:怠速时对 λ 的影响最大,随着节气门开度增加,其影响逐渐减小,直至 $1/2$ 节气门开度时;

e) 各功能件相互关联:对上述任何一个功能件的调节都不是仅对某一个工况有影响,必须综合考虑、统一匹配。

从化油器调整对 λ 的影响分析,采取了相应的调整对策。如在怠速和节气门部分开启时,通过改变调整混合气螺钉、总速量孔来改变空燃比;在中等负荷时,通过改变油针位置来改变空燃比;在中等负荷以上至节气门全开时,主要是通过改变主量孔来改

变空燃比。

3.1.3.3 化油器调整对摩托车催化剂转化效果的影响

在化油器调整过程中,过量空气系数 λ 对三元催化剂的转化效率有非常明显的影响,过量空气系数 $\lambda = \text{实测空燃比} / 14.7$, λ 值不同,对CO、HC、NO_x的转化效率也不同。必须保证 λ 值在一个合理的范围,才能使三元催化剂对CO、HC、NO_x有较大的转化效率。催化剂在排气消声器中的化学反应(理想的工作条件):

a) 氧化反应:



b) 还原反应:



c) 排气偏浓时($\lambda < 1$):将使CO和HC的氧化反应非常困难。

会产生部分氧化反应 $\text{HC} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

会形成水蒸气,产生CO $\text{HC} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$

d) 排气偏稀时($\lambda > 1$):将使NO_x还原反应非常困难。

e) 油门全开(开启80%以上)高速段:为保证动力性能,必须使 $\lambda < 1$ 。

3.1.3.4 化油器调整与匹配方法

由于化油器重新设定匹配试验,影响因素较多、技术复杂性较高、工作量较大,通常采取在整车底盘上用怠速排放分析仪针对各个工况等速点及油门全开点进行等速排放特性试验,并对等速排放、 λ 等参数进行分析、匹配,获得初步匹配方案;然后进行工况排放特性试验、整车性能试验,用较低的匹配成本确定出最佳的化油器匹配方案;最后进行化油器综合流量等试验,确定匹配化油器的规格。

150 mL四冲程摩托车化油器匹配:根据原车工况排放特性曲线,对原车化油器主量孔规格及油针位置作了重新优化调整设定,在整个化油器优化调整设定过程中应同时配合调节混合螺钉,使怠速运行顺畅并降低怠速排放;保证在兼顾原车性能的同时达到大幅降低原车排放的技术方案;整车性能及排放测试结果表明,化油器的调整是科学合理的,并达到调整目标。

3.2 空气滤清器局部优化

3.2.1 空气滤清器局部优化目的

曲轴箱废气回收(不能直接通大气);适当降低

空气滤清器的进气阻力,提高滤清效果。

3.2.2 曲轴箱废气回收

局部更改空气滤清器结构,将发动机通气管通过油气分离过滤装置连接到空气滤清器,杜绝曲轴箱废气直接通大气。

3.2.3 空气滤清器优化

可采取适当更改空气滤清器进气口尺寸、更改滤芯材质等方法,达到适当降低空气滤清器的进气阻力,提高滤清效果。

4 催化转化器的匹配

4.1 排气消声器温度场测试^[2]

通过对150 mL四冲程摩托车排气消声器温度场进行测试,初步确定催化转化器的安装位置。在发动机台架上,使发动机高速运转,测量如图4所示几点的最大温度。

表2 温度场测试数据(未加装催化转化器时)

检测点	第1点	第2点	第3点	第4点	第5点
检测点	排气管	催化转化	催化转化	排气消	消声器
最大温度	进口端	器进口端	器出口端	声器尾腔	排气口
	747.4	527.5	493.3	362.9	306.1

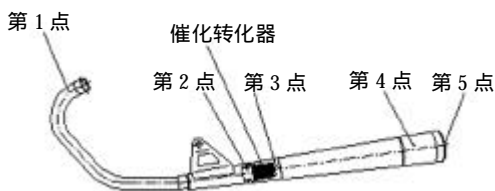


图4 排气消声器温度场测试点

4.2 催化转化器的布置

为保证催化转化器低温起燃温度,希望催化转化器的布置尽量靠近排气管口,但会引起排气背压过高,影响整车性能;应结合消声器的结构特点,力求最小的改动工程量,采用最优折衷方案。

4.3 催化转化器规格确定

对催化转化器几何尺寸、目数、贵金属含量应兼顾起燃特性、转化效率、排气背压、耐久性及性价比等方面要求综合考虑。

4.4 催化转化器隔热层及外装饰罩

安装催化转化器后,因催化转化器出口工作温度明显升高,应视具体车型采取相应的隔热措施,并在安装催化转化器对应的消声器外表面处加装外装饰罩,既可遮盖筒体局部变黄又可避免可能被高温烫伤的危险。

4.5 影响催化转化器转化效果的因素

4.5.1 催化转化器的中毒

a) 化学中毒:严禁使用含铅汽油。因为含铅汽油中的铅、卤化物、二氧化硫等颗粒随废气排经三元催化转化器时,会与催化转化器中的贵金属发生化学反应,导致催化剂活性丧失,造成三元催化转化器的严重失效。

b) 物理中毒:机油中的磷、锌、钙、硅、锰等微粒随废气排经三元催化转化器时,会覆盖在催化剂表面,使催化剂作用面积减小,从而大大降低催化转化器的转化效率。

4.5.2 催化转化器的工作温度

催化转化器前端入口处的工作温度选择非常重要。温度应该足够高以激发催化剂的活性(起燃),但要避免过高温度造成的催化剂活性丧失。

催化转化器后端出口处的温度,因催化转化器正常工作发出大量热量,从而导致温度比催化转化器前端入口处的工作温度有非常明显的升高(几十至二百多度,视催化转化器配方、规格);同时部分热量又将随排气脉冲的谐振反馈传递到前端,对催化转化器前端入口处的工作温度产生影响。

催化转化器前端入口处的工作温度过低将延迟催化剂的起燃,降低催化转化器的转化效率;温度过高将导致贵金属烧结、形成合金及涂层成分烧结,致使表面积减小、微孔结构破坏等等,从而加速催化剂活性丧失。

通常,催化转化器最佳的工作温度大致在400~700℃之间。不同厂家、不同规格、不同配方、不同结构的催化转化器的最佳工作温度各有差别。

4.5.3 发动机品质

发动机品质及耐久衰退性对催化转化器的转化效率也有一定的影响。如发动机恶化导致工作不正常(点火时间过迟、失火、混合气过浓、混合气过稀、发动机烧机油、长久的怠速空转等),将使催化转化器处于高温环境或中毒,从而加速催化剂活性丧失。

5 嘉陵 150 mL 四冲程摩托车排放控制前后试验对比

150 mL摩托车排放检测结果及工况排放特性曲线,如表3、图5、图6所示。

整车性能对比测试结果如表4、表5、表6及图7所示。

表 3 150 mL 摩托车排放检测结果对比

	原车排放	化油器匹配车	化油器匹配+催化转化器车
CO,g/km	16.97	9.21	2.85
HC,g/km	1.259	0.968	0.572
NO _x ,g/km	0.08	0.12	0.189
CO,%			1.78
HC, × 10 ⁻⁶			272

注 匹配车试验数据为空气滤器优化后(曲轴箱废气回收)的测试数据。

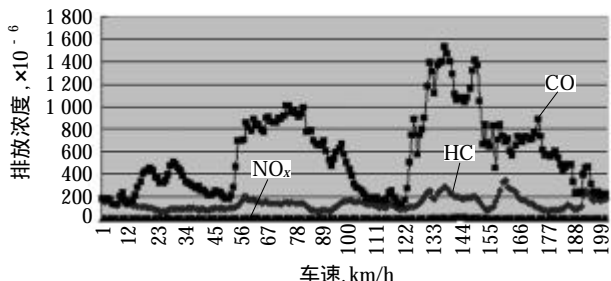


图 5 化油器匹配车工况排放特性曲线

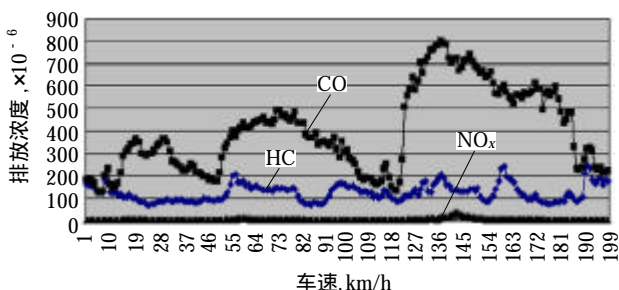


图 6 化油器匹配+催化转化器车的工况排放特性曲线

表 4 150 mL 摩托车整车性能对比试验结果

试验项目	原车	匹配车
最高车速,km/h	99.87	96.8
100 km 经济车速油耗,L	2.43	2.21
爬坡能力,(°)	26	25
起步加速,s	12.4	12.1
超越加速,s	14.5	14.1

加速性能 匹配车优于原车。

表 5 后轮输出功率对比试验结果

车速,km/h	30	40	50	60	70	75	80	85	90	95	100	105	
原车	Nm	43.3	66.6	65.3	65.6	82.0	82.9	85.1	88.5	90.7	87.1	80.9	77.1
	kW	1.17	2.41	2.95	3.55	5.19	5.61	6.15	6.79	7.37	7.48	7.31	7.31
匹配车	Nm	41.8	66.2	68.3	70.7	76.3	81.7	82.2	83.7	85.6	82.8	75.1	71.8
	kW	1.08	2.40	3.17	3.89	5.20	5.59	6.03	6.51	6.98	7.11	6.87	6.70

后轮输出功率 50、60 km/h,匹配车优于原车,40、70、75 km/h 相当 80 km/h 以上原车强。

表 6 油耗性能对比试验结果

试验车速,km/h	30	40	50	60	70	80
原车	1.92	2.03	2.43	2.52	2.85	3.25
化油器匹配车	1.77	1.89	2.21	2.39	2.71	3.07

油耗性能 匹配车完全优于原车,并具有较大的优势。

经以上试验分析得出:

a) 150 mL摩托车采用化油器重新设定+空气滤

清器局部优化+催化转化器匹配技术后,经重庆摩托车质量监督检验所进行排放试验,排放性能达到2期国家排放标准要求;

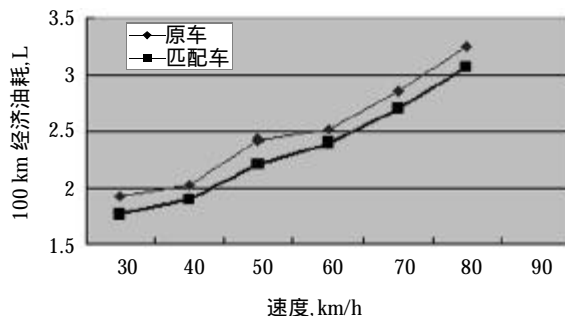


图 7 整车油耗对比

b) 150 mL摩托车采用化油器重新设定+空气滤清器局部优化+催化转化器匹配技术后,经重庆摩托车质量监督检验所进行整车性能试验,各项性能指标满足国家标准及企业标准要求;其经济性指标较原车有较大提高,是高品质的环保节能摩托车。

6 催化转化技术展望

随着今后3期国家排放标准(相当于欧)的制定、颁布、执行,摩托车排放控制技术也必将随之发展完善。

由于欧 排放法规与欧 相比有较大变化,其循环工况中不仅取消了预循环工况(起动40 s后就开始采样、考核冷车起动工况排放)而且还增加了400 s的EUDC循环(高速行驶工况);耐久性里程提高了,对油品的要求也提高了。因此,对催化转化技术的要求也应提高(如起燃特性、转化效率、耐久性及性价比等);同时,为保证在任何工况催化剂都有较大的转化效率,空燃比的精确控制就变得更为关键;所以,闭环电喷技术(电子燃油喷射+催化转化技术)将成为摩托车今后对应3期国家排放标准的首选技术;同时,汽车的技术发展史已充分证明,摩托车电喷技术也是今后摩托车技术的制高点、核心技术和发展方向。

参考文献

- [1] 杨光兴,叶盛焱,程善斌.摩托车发动机原理与设计.武汉:武汉测绘科技大学出版社,1993
- [2] 郑炳方,李海涛.二冲程摩托车排放控制技术.四川兵工学报,2002(4)

(收稿日期 2004-10-11)