

制定符合我国国情的车用点燃式发动机排气污染物排放标准

尤林华 李涌 王建海 史广宝 冯于久
中国汽车技术研究中心

1 引言

自 1983 年我国颁布汽车排放标准以来,我国的汽车排放标准经历了在同一标准中采用多国标准的拼盘型,到等效采用欧洲排放标准的单一型的过程。至 2000 年,我国轻型汽车(汽油、柴油)、重型柴油机(车)已开始等效采用欧洲 I 号标准,并且将陆续采用欧洲 II、III 号排放标准。其缘由一方面是因为自行制定一套行之有效的标准难度太大;另一方面也是因为国际排放标准趋同化的要求。迄今为止,我国汽车排放标准及其他强制性标准基本等效采用了欧洲标准。

然而,在欧洲汽车排放标准体系中,没有适用于 GVM 大于 3500 千克的重型汽油车排放标准。究其原因这是由于欧洲因汽车柴油化的趋势,多年来已不再生产和销售重型汽油车。但是,我国的情况与欧洲有所不同。五十年代始,我国总质量大于 3500 千克的大量中、重型汽车采用汽油机为动力。目前虽然许多汽油车已被柴油车所取代,但尚有一部分重型汽油车生产、销售和使用。因此,必须制定符合我国国情的车用点燃式发动机(车)排气污染物排放标准。

2 国外概况

美国 美国汽车的分类界限为 8500 磅(约为 3.8 吨),与我国分类标准接近。美国重型汽油机排放 1970~1984 年采用稳态九工况试验法,限值如表 1。1985 年后采用瞬变工况法,限值如表 2。

表 1 美联邦(49 州)重型汽油机排放限值(1984 年以前)

	排气污染物标准限值 g/kWh(g/hp.h)	
	CO	HC+NOx
试验规范	稳态九工况	
1974~1978	99.2 (74)	39.5(29.5)
1979~1984	61.7(46)	24.8(18.5)

表 2 美联邦(49 州)重型汽油机排放限值(1985 年以后)

年型	1985 ~ 1986	1987 ~ 1989	1990	1991	1996	1998	1999
试验规范	EPA 瞬态循环						
HC (g/kWh)	2.5	1.5 2.52)		1.51) 2.51)2)	1.23)	2.32)3)	
CO (g/kWh)	49.7	19.3 49.71)		19.3 49.72)			
NOx (g/kWh)	14.2	14.2	8.0	6.7		5.4	

注:

- 1) 对于燃用汽油和 LPG 的发动机为 HC 值;对于燃用甲烷的发动机为 THC 值。
- 2) 仅适用 GVW 大于 14000 磅的车辆。
- 3) 指 NMHC 值,仅适用燃用 NG 的发动机。

欧洲 八十年代至今，欧洲几乎没有销售过重型汽油车，目前的保有量也极小，没有相应的重型汽油机排放法规。由于欧洲近期气体发动机技术的发展，原来只适用于压燃式发动机的 ECE R49 号法规在 ECE R49.02-02 修正案中，已包括了点燃式 NG 和 LPG 发动机的排放限值和测量方法。

日本 日本的重型汽油车(GVW>2500kg)，1994.3.31 日以前采用 6 工况法，1994.4.1 日以后采用日本 13 工况法，其限值如表 3。

表 3 日本货车和公共汽车排放法规（汽油及 LPG 燃料）

		HC	CO	NOx
截至 1994.3.31	6 工况	520ppm	1.6%	650ppm
自 1994.4.1 起	13 工况	7.9 g/kWh	136 g/kWh	5.5 g/kWh

3 国内概况

国内排放标准概况 我国在 1993 首次颁布了适用于汽车总质量大于 3500kg 的重型车用汽油机排放限值和测试方法两个国家标准：

(1) GB14761.2-1993 《车用汽油机排气污染物排放标准》

(2) GB/T14762-1993 《车用汽油机排气污染物测试方法》

GB/T14762-1993 《车用汽油机排气污染物测试方法》是参照美国联邦 40CFR—PART86—Subpart D 中重型汽油机排放部分制订的。该测试循环为稳态工况，简称九工况法。

GB14761.2-1993 《车用汽油机排气污染物排放标准》规定的排放限值如下：

表 4 型式认证试验排放限值（g/kWh）

实施期限	排气污染物排放限值	
	CO	HC+NOx
1995.1.1~1997.12.31	54	22
1998.1.1 起	34	14

表 5 生产一致性检查试验排放限值（g/kWh）

	实施期限	排气污染物排放限值	
		CO	HC+NOx
1995.1.1 起型式认证的汽油机	1996.1.1~1998.12.31	65	26
	1999.1.1 起	41	17
1994.12.31 日以前经过型式认证的汽油机	1996.1.1~1998.12.31	96	38
	1999.1.1 起	54	22

国内重型汽油机（车）概况 我国重型汽油车（机）仍有一定产量，且技术水平低、排放量大。虽然我国重型车用发动机中重型汽油机所占比例逐年减少，并被重型柴油机所取代，但目前我国重型汽油机仍有一定的产量，重型汽油车仍具有一定的保有量。

与轿车和轻型车用汽油机相比，重型汽油机技术相对落后。2000 年以前，重型汽油机大部分仍为化油器式发动机，污染物排放量大。在我国汽车排放要求越来越严的形势下，一些国内生产重型车用汽油机的厂家已开始着手对化油器式汽油机进行技术改造。迄今，国内重型汽油机大多采用了闭环电控加三元催化技术。综上所述，国内重型汽油机生产厂家已着手进行技术准备，推行新的重型汽油机排放标准已具备条件。

4 标准制定遵守的原则

制定点燃式发动机(车)排放标准,应从我国环境保护的总体要求出发,根据我国重型汽油机(车)的生产、使用情况、汽油机技术水平、国内测试设备,综合考虑重型汽油机(车)的测量方法、排放限值。

测试方法 应包括车用汽油机、点燃式 NG、LPG 发动机两种方法。

车用汽油发动机

(a) 我国除重型车用汽油机以外,其他汽车排放标准等效采用了欧洲法规,如:
GB18352.1(2)—2001《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(I)(II)》(ECE R83, 96/69 / EEC)
GB17691—2001《车用压燃式发动机排气污染物限值及测量方法》(ECE R49.02-02)

由于欧洲没有适用于车用重型汽油机的排放法规,再则我国 GB/T14762-93《车用汽油机排气污染物测试方法》是参照美国法规制定的,考虑到继承性,本次修订仍采用美国法规。

(b) 从美国法规的发展情况来看,为适应采用后处理技术(催化转化)的发动机排放测试的需要,1985 年以后美国制定了奥托循环重型汽车发动机排放的测试规范(40CFR Ch1 Part86, Subpart N—Emission Regulations for New Otto-Cycle and Diesel Heavy-duty Engines, Gaseous and Particulate Exhaust Test Procedures)。但其测试设备相当昂贵,要求瞬态测功机和 CVS 取样系统。目前,国内只有为数很少的单位引进了这种设备。然而,汽油机稳态九工况法的试验装置国内有若干单位已具备。

考虑到上述实际情况,近两至三年内,在化油器式和电控燃油喷射式汽油机并存阶段,仍采用稳态九工况法过渡。

车用点燃式 NG 和 LPG 发动机 九工况方法不能简单地用于气体(NG, LPG)发动机。众所周知,与汽油相比,NG 和 LPG 燃料有以下特点:

- (a) 燃料中成分不稳定;成分随产地、产气井和生产厂而发生变化,燃料中碳氢原子比也不为定数。
- (b) 燃料中可能含氧。

美联邦法规“40CFR-Part86-Subpart D Emission Regulations for New Gasoline-Fueled and Diesel Heavy-Duty Engines; Gaseous Exhaust Test Procedures”规定的稳态九工况法,其中排气污染物排放量的计算,需给定燃料的组份;在计算排气量时,采用了碳平衡法。计算时要求燃料中不含氧成分。可见,这种方法不能直接用于 NG 和 LPG 燃料。

鉴于我国汽车排放标准采用了欧洲排放法规体系,而且在 ECER49.02 法规 2 号修正案中,已包括了 NG 和 LPG 排放的相关内容,这部分内容实际上已纳入我国 GB17691-2001 标准。为避免不必要的重复,在本标准的相关条款中作出规定,直接引用 GB17691-2001《车用压燃式发动机排气污染物排放限值测量方法》中有关 NG、LPG 发动机排气污染物测量方法,作为我国车用点燃式 NG、LPG 发动机排气污染物测量方法。

排放限值 由于汽油机和气体发动机的燃料不同,应分别规定车用重型汽油机、NG 和 LPG 发动机的排放限值。

排放限值的确定是一个非常复杂的问题。制定标准的原则应从环境保护的大局出发,本着既能促进重型汽油机技术进步、降低汽车排放,又能兼顾国内实际技术水平之目的。

汽油机 图 1 为我国近期生产的重型汽油机九工况排放水平。这些机型基本上包括了我国主要重型车用汽油机。

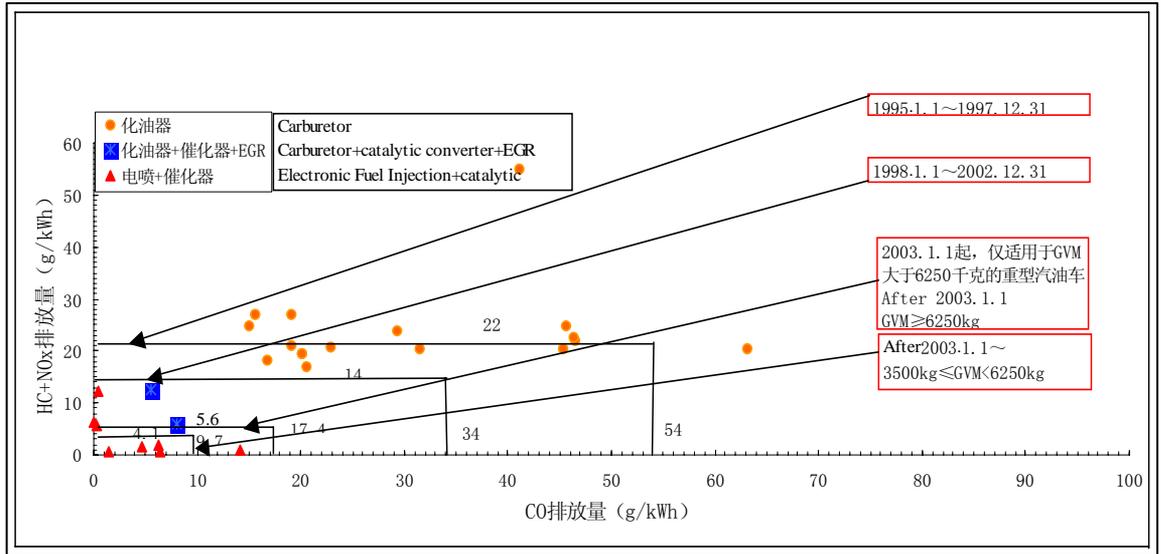


图1 我国近期生产的主要重型汽油机九工况排放水平

考虑到我国重型、汽油机的技术水平现状和标准的延续性 2003. 1. 1 以前排气污染物限值仍沿用 GB14761. 2-1993 中 1998. 1. 1 以后限值, 使各生产企业有将近两年的时间进行改型和技术引进, 2003. 1. 1 以后限值加严, 要求重型汽油机采用电控喷油技术。由于大排量重型汽油机催化器匹配较困难, 对于汽车总质量 $GVM \geq 6250\text{kg}$ 的车用汽油机, 允许采用开环电控加 EGR 废气再循环技术和催化器。在标准中限值作出特殊规定。对于 $3500\text{kg} \leq GVM < 6250\text{kg}$ 的重型汽油机应采用闭环电控加三元催化技术才能满足要求。考虑到我国重型汽油机采用电控喷油、催化技术尚在初始阶段, 加上原机型的结构不尽合理, 在短时间内难以达到完善程度, 第二阶段的限值对采用电控加三元催化的汽油机尚留有余地, 可待技术成熟后逐渐加严限值。

NG、LPG 发动机的限值 按 GB17691-2001 《车用压燃式发动机排气污染物排放限值机测量方法》中的规定。点燃式 NG、LPG 发动机不进行颗粒物测量。

非甲烷碳氢 NMHC 由于 CH_4 在催化器中较难氧化, 燃用 NG 的点燃式发动机的尾气排放 HC 成分中, 一般含有较高的 CH_4 。而 CH_4 被认为是对人体健康无害的物质, 仅是一种较强的温室效应气体。采用总碳氢 THC 评价 NG 发动机的碳氢排放不尽合理; 宜采用非甲烷碳氢 (NMHC) 评价。但由于非甲烷碳氢的测试设备较为昂贵, 目前国内很少。国内企业至今对天然气车排放中非甲烷碳氢 NMHC 和总碳氢 THC 的比例掌握尚不充分, 在标准中, 可等同采用欧洲 I、II 号法规的限值, 可用总碳氢 THC 或非甲烷碳氢 NMHC 来评价 NG 发动机的碳氢化合物。企业可以根据具体情况自行选择采用非甲烷碳氢 NMHC 或总碳氢 THC。

满足国外先进排放标准的发动机

(1) 满足欧 III 的气体发动机, 考虑到北京等重点城市要求汽车提前满足欧 III 以及气体发动机在 EURO II 和 EURO III 中测试方法存在差异等因素, 标准应规定对已满足 99/96/EEC (EURO III) 要求的 NG、LPG 发动机的特殊待遇。

(2) 满足美国联邦法规 1996 年及以后年型的汽油发动机, 可不按执行标准。

新标准规定的排放限值如下:

表6 型式认证试验排放限值 单位: g/(kW·h)

实施日期	排气污染物排放限值					
	汽油机		点燃式 NG、LPG 发动机 2)			
	CO	HC+NO _x	CO	HC		NO _x
NMHC3)				THC		
2002.7.1	34.0	14.0	4.5	0.9	1.1	8.0
2003.9.1	9.7,17.41)	4.1,5.61)	4.0	0.9	1.1	7.0

表7 生产一致性检查试验排放限值 单位: g/(kW·h)

实施日期	排气污染物排放限值					
	汽油机		点燃式 NG、LPG 发动机 2)			
	CO	HC+NO _x	CO	HC		NO _x
NMHC3) 4)				THC4)		
2003.7.1	41.0	17.0	4.9	1.0	1.23	9.0
2004.9.1	11.6,19.31)	4.9,6.21)	4.0	0.9	1.1	7.0

注:

1) 仅适用于 GVM>6250kg 的重型汽油车;

2) 对于汽油/LPG、汽油/NG 的点燃式两用发动机, 燃用汽油时应满足汽油机对应的限值要求, 对于燃用 NG/LPG 燃料时应满足表中点燃式 NG、LPG 发动机限值的要求;

3) 仅适用于 NG 发动机;

4) 企业可根据具体情况自行选择采用非甲烷碳氢 NMHC 或总碳氢 THC 限值。

仪器 由于技术进步, 在现今的汽车排放测试系统中, NDIR 用于测量 CO/CO₂、FID/HFID 用于测量 HC、CLD/HCLD 用于测量 NO_x 是一种标准设备配置。原标准中允许用 NDIR 测量 NO_x 的规定不符合有关要求。因此, 新标准中应取消原标准允许采用 NDIR 测量 NO_x 的规定; 但允许采用能得到与 CLD/HCLD 相同结果的其他等效仪器。

5 结语

GB14762-2002《车用点燃式发动机及装用点燃式发动机汽车排气污染物排放限值及测量方法》已作为我国第一批向世界贸易组织 (WTO) 技术性贸易壁垒委员会 (TBT) 通报的标准之一。在 WTO TBT 审查通过后, 经国家环保总局颁布, 于 2003 年 1 月 1 日实施。该标准的颁发进一步完善了我国汽车排放标准体系, 并将为我国汽车排放控制、保护环境起到一定作用。