



# 国六排放水平的天然气发动机及整车应用的研发

江苏上淮动力有限公司

中国交通运输协会天然气车船分会 中国汽车工业协会燃气汽车分会 2019.05.17 北京

上淮动力专有材料，未经授权不得外传

# 江苏上淮动力有限公司：[www.smapow.com](http://www.smapow.com)

- 座落于江苏省淮安市国家级经济技术开发区，致力于新型车用高性能燃气发动机总成研发、制造和应用的高科技企业
- 公司在苏州高新区成立了研发中心，专门从事清洁燃料发动机新产品和混合动力系统的研发工作



淮安生产基地



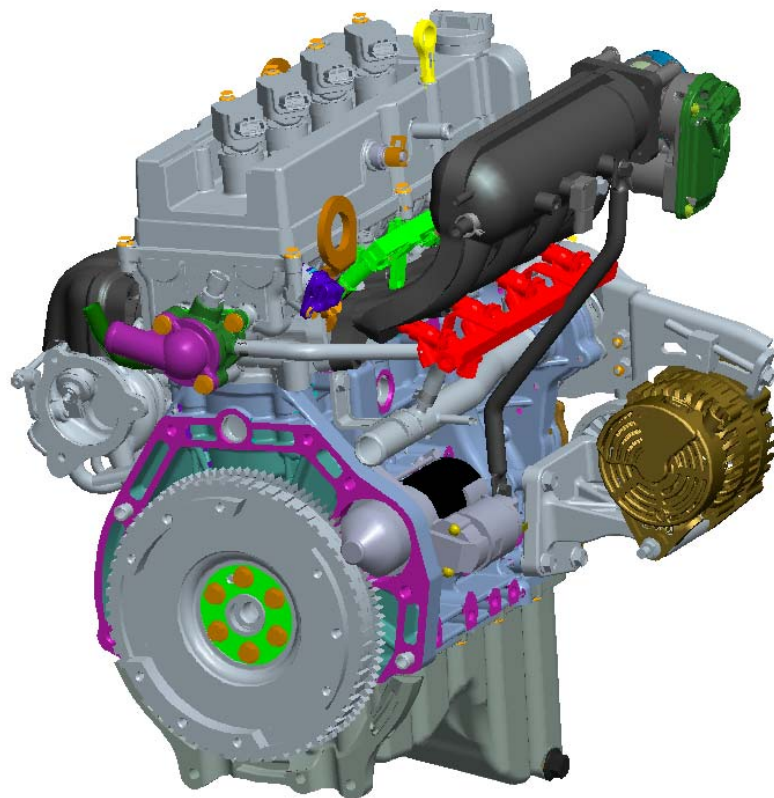
苏州研发基地

## 天然气做为车用燃料的基本特点

- 清洁燃烧，有害排放低，特别是没有颗粒排放
- CO<sub>2</sub>排放低（较汽油降低25%）
- 利用燃料特点可以设计更好的发动机
  - ✓ 辛烷值高，可以采用较高的压缩比
  - ✓ 气态燃料，不存在蒸发过程，容易形成均匀混合气
  - ✓ 燃烧速率较低，需要高能点火，并重新优化点火正时、凸轮型线和配气相位
  - ✓ 缸内平均温度较高，需要重新优化冷却系统
  - ✓ 没有燃油辅助润滑，需要重新优化摩擦副材料/设计
  - ✓ 天然气专用的发动机电控管理系统
  - ✓ 相关的燃料供给系统

## 上淮动力单燃料CNG发动机的特点

- 废气涡轮增压或者自然吸气
- 天然气MPI ( CNG ) ，或者天然气MPI+汽油MPI ( CNG )
- 单一ECU控制
- 天然气高压喷射 ( 压力6-8bar )
- 当量燃烧
- 高压压缩比燃烧室设计
- 独特的配气定时设计
- 耐磨的气门/座圈设计与材料
- 强化的冷却和润滑能力
- 可选择15L汽油箱 ( 跛行回家 ) ( 法规上为单一燃料 )
- 三元催化后处理，低成本达到国六排放标准



## 整车搭载上淮动力天然气发动机的优势

- 整车公告项目比汽油车和双燃料车少，开发成本更低
- 有利于降低企业平均油耗
- 整车使用成本更低
- 动力性更高，解决天然气车起步和加速“太肉”的现象
- 无气门烧蚀故障，实现不低于汽油车的耐久水平
- 采用三元催化后处理技术，更低成本达到国六b排放标准
- 整车只需一块ECU，既可以控制发动机使用CNG燃料，也可以控制发动机使用汽油燃料，实现了完整的OBD诊断功能

## 单一CNG燃料车公告项目

表1 型式检验试验项目

型式检验试验类型	装用点燃式发动机的轻型汽车（包括HEV）			装用压燃式发动机的 轻型汽车（包括HEV）
	汽油车	两用燃料车	单一气体燃料车	
I型-气态污染物	进行	进行	进行	进行
I型-颗粒物质量	进行	进行（只试验汽油）	不进行	进行
I型-粒子数量	进行	进行（只试验汽油）	不进行	进行
II型	进行	进行（只试验汽油）	进行	进行
III型	进行	进行（只试验汽油）	进行	进行
IV型 <sup>(1)</sup>	进行	进行（只试验汽油）	不进行	不进行
V型 <sup>(2)</sup>	进行	进行（只试验气体燃料）	进行	进行
VI型	进行	进行（只试验汽油）	进行	进行
VII型	进行	进行（只试验汽油）	不进行	不进行
OBD系统	进行	进行	进行	进行

<sup>(1)</sup> IV型试验前，还应按5.3.4.2的要求对炭罐进行检测

<sup>(2)</sup> 对于使用5.3.5.1.1.3和5.3.5.1.2.2中规定的劣化系数（修正值）通过型式检验的车型，不进行此项试验

注：I型试验：常温下冷起动后排气污染物排放试验  
 II型试验：实际行驶污染物排放试验  
 III型试验：曲轴箱污染物排放试验  
 IV型试验：蒸发污染物排放试验  
 V型试验：污染控制装置耐久性试验  
 VI型试验：低温下冷起动后排气中CO、THC和NO<sub>x</sub>排放试验  
 VII型试验：加油过程蒸发污染物排放试验

### GB1835.2.6 单一气体燃料车型式检验可豁免项目：

- ✓ I型试验颗粒物质质量和粒子数量检测
- ✓ IV型检验：蒸发污染物排放试验
- ✓ VII型检验加油过程蒸发污染物排放试验

## 单一CNG燃料车降低企业平均油耗

- 假设某企业生产的车型有3个，均为汽油车，各车型燃料消耗量和销量为

	车型1	车型2	车型3
燃料消耗量和销量	$FC_1$	$FC_2$	$FC_3$
销量	$V_1$	$V_2$	$V_3$

- 则该企业的CAFC值为 
$$CAFC1 = \frac{FC_1 \times V_1 + FC_2 \times V_2 + FC_3 \times V_3}{V_1 + V_2 + V_3}$$

- 如果该企业还有一个天然气车型，其燃料消耗量为 $FC_4$ ，销量为 $V_4$ ，按现有的默认做法，在计算企业CAFC值时，天然气车型燃料消耗量为0，所以该企业的CAFC值为：

$$CAFC2 = \frac{FC_1 \times V_1 + FC_2 \times V_2 + FC_3 \times V_3 + 0 \times V_4}{V_1 + V_2 + V_3 + V_4}$$

- 因此CAFC2 < CAFC1，降低企业平均油耗**



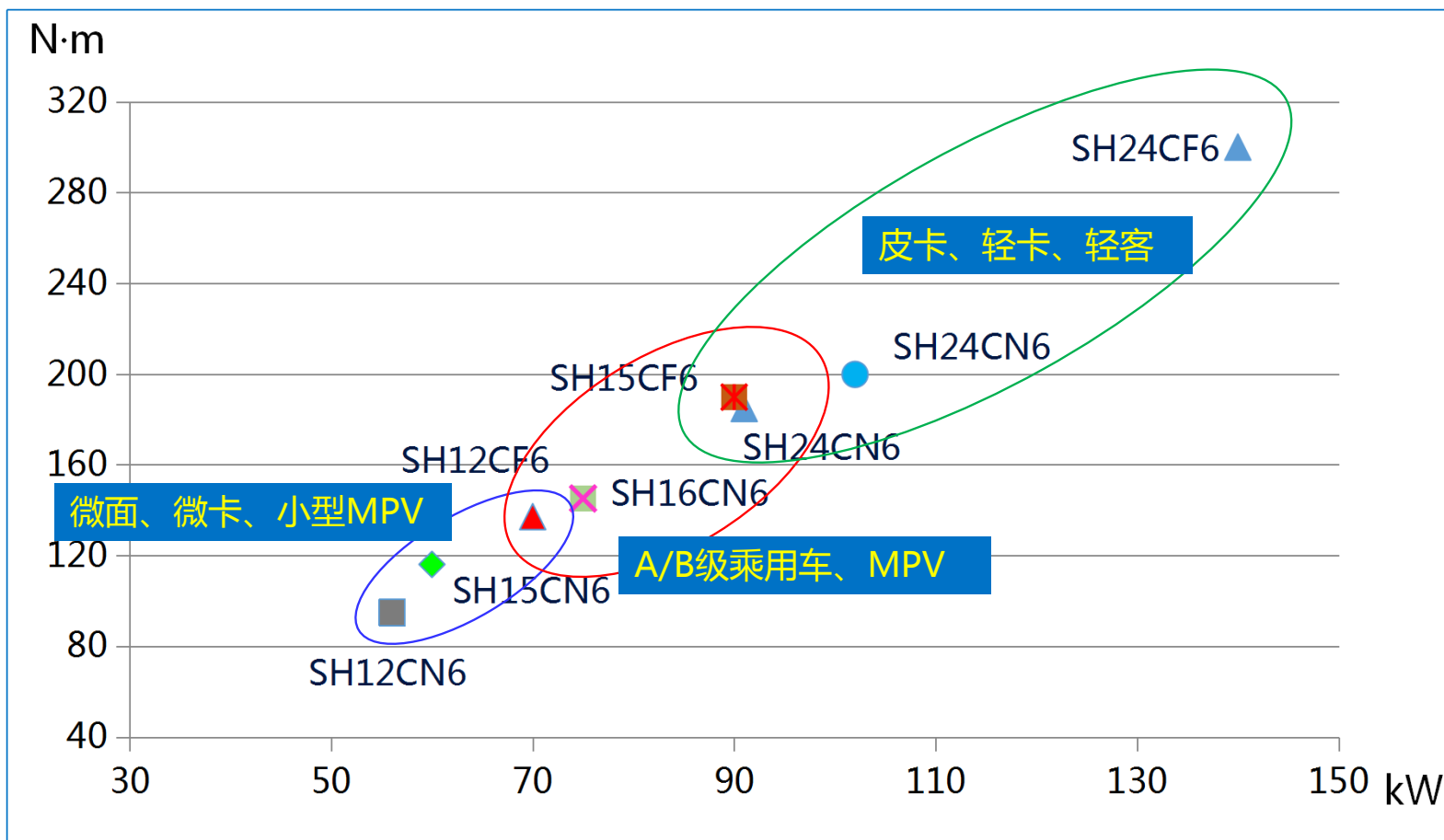
## 搭载上淮动力发动机的某三厢轿车气耗测试

序号	工况/路况	气耗量 m <sup>3</sup> /100km	每公里燃料费 (元)	80L气罐续航里程 km	备注
1	城市综合工况 (模拟出租车运行工况)	8.06	0.34	189	空调全开
2	高速公路	6.33	0.27	240	空调全开
3	NEDC	6.55	0.28	233	

- 燃气价格为淮安当地气价：4.2元 / m<sup>3</sup>
- 以淮安市场出租车为例：使用CNG燃料时，夏季开空调情况下，每公里约需要0.5元燃料费。



# 上淮动力发动机型谱



上淮动力专有材料，未经授权不得外传

## 国六排放乘用车应用研发

### 开发目标

- ✓ 基于某OEM批量生产的国五排放标准的三厢轿车
- ✓ 采用上淮动力1.6L 单燃料CNG发动机
- ✓ 采用三元催化器尾气后处理技术
- ✓ 排放达到GB 18352.6-2016国六b的I型限值

## 整车与发动机基本参数

1.6L CNG出租车	
车辆类型	三厢轿车
长x宽x高 ( mm )	4630*1820*1480
轴距 ( mm )	2670
整备质量 ( kg )	1300 ( 加CNG瓶 )
发动机型号	SH16CN6
发动机型式	自吸, MIVEC
排量 ( L )	1.6L
功率 ( kW ) /转速	76kW/6000RPM
扭矩 ( N·m ) /转速	137Nm/4400rpm
全负荷最低比气耗 ( g/kWh )	205
燃料类型	CNG
排放	国六b
变速箱类型	5MT



上淮动力专有材料，未经授权不得外传

## 原排测试结果

序号	污染物类型		CO	THC	NOx	NMHC
			mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
	国六b的I型限值		500	50	35	35
1	白载体	第一次测试	4580	497	1356	307
2	白载体	第二次测试	4055	488	2534	241

表中检验结果未乘劣化系数。



## 排放测试结果

- ✓ 后处理厂家根据原排测试结果，开发三元催化器，经上淮动力多次进行排放标定和测试，**排放结果满足GB18352.6-2016国六b的I型限值。**

序号	污染物类型		CO	THC	NOx	NMHC
			mg/km	mg/km	mg/km	mg/km
	国六b的I型限值		500	50	35	35
1	新鲜态	第1次测试	46.8	69	246.6	9
.....	新鲜态	.....	.....	.....	.....	.....
12	新鲜态	重庆车辆检测研究院	<b>428.4</b>	<b>27</b>	<b>14.4</b>	<b>3</b>

表中检验结果已乘劣化系数；

劣化系数：CO：1.8，THC：1.5，NOx：1.8，NMHC：1.5。

报告编号：QE18WT1J28981

### 检 验 报 告

常温下冷启动后排气污染物排放


产品名称：\_\_\_\_\_轿车\_\_\_\_\_

产品型号：\_\_\_\_\_BJ7151C4DMB\_\_\_\_\_

委托单位：\_\_\_\_\_江苏上淮动力有限公司\_\_\_\_\_

检验类别：\_\_\_\_\_委托检验\_\_\_\_\_

重庆车辆检测研究院有限公司



## 国六排放微型客车应用研发

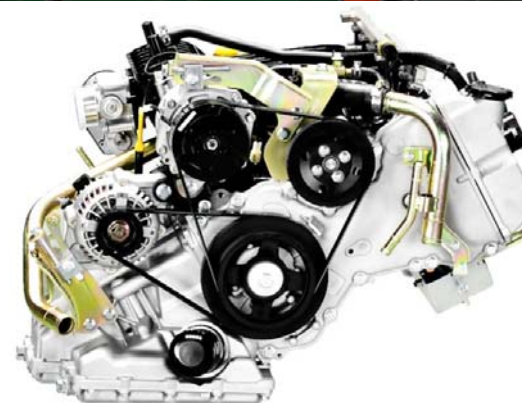
### 开发目标

- ✓ 基于某OEM批量生产的国五排放标准的天然气微型客车
- ✓ 采用上淮动力1.5L 单燃料CNG发动机
- ✓ 采用三元催化器尾气后处理技术
- ✓ 排放达到GB 18352.6-2016国六b的I型限值



## 整车与发动机基本参数

1.5L CNG面包车	
车辆类型	微型客车
长x宽x高 ( mm )	4495×1680×1990
轴距 ( mm )	2925
整备质量 ( kg )	1360 ( 加CNG瓶 )
发动机型号	SH15CN6
发动机型式	自吸
排量 ( L )	1.5L
功率 ( kW ) /转速	68kW/6000RPM
扭矩 ( N·m ) /转速	125Nm/2800rpm
全负荷最低比气耗 ( g/kWh )	205
燃料类型	CNG
排放	国六b
变速箱类型	5MT



上淮动力专有材料，未经授权不得外传



## 后处理升级

贵金属	含量		增加比例
	国5配方	国六配方	
Pt	0	0	0
Pd	3.2523	4.7048	44.7%
Rh	0.4065	0.4277	5.2%
总含量	3.6588	5.1325	40.3%

## 排放测试结果：常温排放

污染物类型	标准限值		测试结果			
	国5	国6b	国5		国6b	
CO	1810	630	466	合格	70.2	合格
THC	130	65	70	合格	46.5	合格
NMHC	90	45	32	合格	31	合格
NOx	75	45	31	合格	30.6	合格

表中测试结果已乘以劣化系数，其中

- 1、国五劣化系数为：CO：1.5，THC：1.3，NOx：1.6，NMHC：1.3。
- 2、国六b劣化系数为：CO：1.8，THC：1.5，NOx：1.8，NMHC：1.5。

## 排放测试结果：低温（-7°C）排放

污染物类型	国6b标准限值（g/km）	测试结果（g/km）	
CO	16.0	3.49	合格
THC	1.80	0.26	合格
NOx	0.50	0.018	合格

## 结论

- 天然气是经济的清洁车用燃料，可以大幅度的降低CO<sub>2</sub>排放
- 依据天然气特性针对性开发的单燃料CNG发动机，较传统双燃料发动机动力性提高10%，燃料气耗降低15%以上，可靠性与汽油机相当
- 单燃料CNG轿车能够达到国六b排放标准

# 谢谢大家！



上淮动力专有材料，未经授权不得外传