

《“领跑者”标准评价要求 汽车用天然气  
发动机》（征求意见稿） 编制说明

标准起草组  
2021年7月

# 目 次

一、工作简要过程.....	0
二、标准编制原则和主要内容.....	4
三、采用国际标准和国外先进标准情况.....	4
四、主要试验验证情况.....	5
五、与现行法律、法规和政策及相关标准的协调性.....	11
六、贯彻标准的要求和措施建议.....	11
七、其他需要说明的事项.....	11

## 一、工作简要过程

### （一）任务来源

2018年，市场监管总局等八部门提出以企业标准自我声明公开为基础，建立实施企业标准“领跑者”制度。该制度通过调动第三方评估机构，针对消费品、装备制造和服务三个领域中的不同产品和服务类别，开展企业标准水平评估以及产品或服务评价，发布企业标准排行榜，确定企业标准“领跑者”，推动形成多方参与、持续提升、闭环反馈的动态调整机制，引导企业标准水平提升，引领产品和服务质量升级。

天然气发动机经过70多年的发展，技术已经日趋成熟，其热效率、可靠性、安全性、环保性能均得到了显著提升。随着2018年我国重型车国六标准GB 17691-2018的发布，明确要求燃气车辆将先于柴油车率先实施国六标准。各主机厂，均加快了相关的研发进度，在该领域也取得了较显著的发展和成绩。我国天然气发动机领域经历油改气、稀燃、当量比燃烧，机械混合进气、电控混合器进气、电控喷射等技术和应用革新，目前国内主流的天然气发动机生产厂家，已经实现国六天然气发动机的量产。天然气汽车因其尾气污染物排放少，环境效益好，油、气价差大，用户使用经济性高，近年来在气源丰富区域受到了广大用户的青睐，据统计2020年我国天然气重型发动机年销量突破14万台。

国内企业在技术能力和技术储备上与国外先进企业仍存在较大差距，关键零部件大多还是依赖国外产品，为促进企业技术研发、产品革新，同时扩大公众对天然气发动机的认知范围，提升公众对天然气汽车的消费积极性，有必要对国内天然气发动机开展全方位、多角度的评价，从而促进企业在找差距过程中不断提升产品质量；同时也为响应国务院、国家市场监督管理总局等部委实行企业标准“领跑者”制度的号召，发布公平、公正的企业标准“领跑者”排行榜，在汽车用天然气发动机领域，需结合汽车用天然气发动机特性，建立全方位、多角度、能充分反映行业先进水平的汽车用天然气发动机测试评价体系。但由于目前汽车用天然气发动机企业标准方面参数和测试项目不完善，测试方法不统一；且国际标准、国家标准和行业标准中对某些能反应发动机优异性能的指标未定义，测试方法不明确，不利于产品的全面评价，难以反映汽车用天然气发动机企业的技术水平，也难以支撑汽车用天然气发动机企业标准“领跑者”排行榜的建立。

为规范行业发展、促使汽车用天然气发动机产品技术、质量提升，切实发挥企业标准对产品质量提升的引领作用，开展《“领跑者”标准评价要求 汽车用天然气发动机》团体标准制定，引导企业标准水平提升，引领产品质量升级；为企业、研究机构、检测及评估机构提供指导和参考，促进企业对产品进行优化升级，促使行业的快速发展。

2021年2月，中国汽车工程研究院股份有限公司向中国汽车工业协会申请《“领跑者”标准评价要求 汽车用天然气发动机》团体标准立项。2021年4月15日，中国汽车工业协会对《“领跑者”标

准评价要求《汽车用天然气发动机》进行了立项公示。2021年5月17日，中国汽车工业协会正式下文通知《“领跑者”标准评价要求《汽车用天然气发动机》完成团体标准立项，项目计划号为2021-13。

## （二）主要起草单位及任务分工

在本标准的研究制定工作过程中，与行业专家进行了多次研讨并开展了广泛的调研工作和大量的试验验证工作，得到了相关主机厂和零部件厂的支持，取得了大量具有建设性的意见、建议和数据，保证本标准的制定质量。主要起草单位名单如下：

中国汽车工程研究院股份有限公司、潍柴西港新能源动力有限公司、广西玉柴机器股份有限公司、上海柴油机股份有限公司、一汽解放发动机事业部、一汽解放汽车有限公司、东风商用车有限公司、安徽华菱汽车有限公司、北京福田康明斯发动机有限公司、成都云内动力有限公司、重庆凯瑞动力科技有限公司（排名不分先后）

本标准主要起草人：黄德军、田茂军、李军银、刘坤、向本杰、俞奎、丁浩然、吴宇波、李虎、吴自卫、王晓亮、刘阳、刘磊、李静波、陈万应、郭文军、张德福、宫宝利、谷雨、唐卜、徐辉（排名不分先后）。上述同志承担的主要工作如下：

——黄德军、田茂军、谷雨、唐卜、徐辉、张德福：负责组织与协调，负责标准体系框架与技术内容的编写与确定、试验验证。

——李军银、刘坤、向本杰、俞奎、丁浩然、吴宇波、李虎、吴自卫、王晓亮、刘阳、刘磊、郭文军：负责对试验进行试验验证，并提交试验结果，参与标准技术内容的研讨与确定。

——李静波、陈万应、宫宝利：技术内容的研讨，质量把关。

### （三）标准研讨情况

标准计划下达前，标准起草牵头单位中国汽车工程研究院股份有限公司成立了内部专项工作组，根据汽车用天然气发动机以往测试数据分析以及行业调研和相关资料收集情况分析，结合内部专家的研讨结论，起草了《“领跑者”标准评价要求 汽车用天然气发动机》标准草案，并在行业内广泛征集共同起草单位。

2021年3月30日，中国汽车工业协会组织专家在北京对该项目进行立项评审。

2021年4月~5月，中国汽车工程研究院股份有限公司将标准草稿用邮件或微信形式分别发送给了多家意向参加该项团标制定工作的企业征求意见。

2021年5月17日，中国汽车工业协会下达标准立项批文并挂网公示。

2021年6月3日，中国汽车工程研究院股份有限公司组织召开了标准制定工作组启动及标准讨论会，正式组建了标准制定工作组，并对拟定的《“领跑者”标准评价要求 汽车用天然气发动机》标准草案（讨论稿）内容进行了详细讨论。会上听取了各参与单位的意见，会后根据现场讨论反馈的意见，再次修正了标准草案，并于6月22日在工作组内再次广泛征求意见，经过多次讨论和修正，并与各参与单位多轮沟通，形成了征求意见稿。

## 二、标准编制原则和主要内容

本标准的制定依据以下原则：

### 1. 适用性原则

本标准的编制充分考虑与我国现行法律法规和技术标准相符合，同时兼顾了产品自身技术特点的要求和对产品技术发展的促进作用，也兼顾了标准的可操作性。

### 2. 规范性原则

本标准根据《中华人民共和国标准法》、GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写》、T/CAQP 015《“领跑者”标准编制通则》进行编制。

本标准编制所参考的依据为国家有关法律法规以及强制性标准要求、国家及行业产品或服务标准、国内先进产品标准等。

## 三、采用国际标准和国外先进标准情况

本标准属于团体标准，与现行法律、法规、规章和政策以及有关基础和相关标准不矛盾。采用了国内标准GB/T 1859.1-2015《往复式内燃机声压法声功率级测定方法第1部分：工程法》、GBT 14097-2018《往复式内燃机噪声限值》、GB 17691-2018《重型柴油车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）》、GB/T 18297-2001《汽车发动机性能试验方法》、GB/T 19055-2003《汽车发动机可靠性试验方法》的部分评价方法；未采用国外标准。

## 四、主要试验验证情况

### 1、评价指标分类

—— 汽车用天然气发动机“领跑者”标准的评价指标分为：基础指标、核心指标和创新性指标。

—— 基础指标包括：OBD、曲轴箱压力、尾气排放。

—— 核心指标包括：额定转速全负荷机油燃料消耗百分比、额定工况热效率、最大扭矩工况热效率、低温起动质量、额定转速机械效率、噪声声功率级。

—— 创新性指标包括：升功率、升扭矩、单位功率/净质量比、WHTC 循环碳排放、最高热效率。

### 2、评价指标限值验证

2021年2月-5月，标准牵头起草单位对多款汽车用天然气发动机开展了试验验证工作。主要验证项目包括额定转速全负荷机油燃料消耗百分比、额定工况热效率、最大扭矩工况热效率、低温起动质量、额定转速机械效率、噪声声功率级、升功率、升扭矩、单位功率/净质量比、WHTC 循环碳排放、最高热效率等。

#### 1) 额定转速全负荷机油燃料消耗百分比

机油消耗是天然气发动机颗粒物排放的重要来源，对PN的排放量的影响至关重要。为严格的考核天然气发动机的机油消耗，依据GB/T 18297-2001中规定的机油消耗量试验方法，选取了其中点燃式额定转速100%负荷的24小时连续运行作为机油消耗量测试试验方

法。限值参考 GB/T 19055-2003 附录 A 对发动机额定转速全负荷机油/燃料消耗百分比的限值要求，同时结合行业实际情况最终确定限值。考虑实际可操作性和降低试验测试成本，燃料未做特殊规定，建议尽量采用 CH<sub>4</sub> 含量高的市售燃料。

### 2) 额定工况热效率、最大扭矩工况热效率、最高热效率

热效率是体现发动机能源利用率和经济性的重要指标，可较直观体现发动机技术水平的先进性。但不同的发动机附件配置状态下，发动机的输出功率不尽相同，发动机不同状态的输出功率参与热效率评价会直接影响发动机热效率最终水平。其中指示热效率需测量发动机的指示压力，测试可操作性较低，操作不便，同时为避免发动机附件状态对发动机输出功率的影响，同时方便测试操作，本标准仅测评发动机本体的热效率水平，因此提出了总功率状态下的热效率的评价方法。为避免燃料成分对热效率的影响，因此测试时，需统一采用符合 GB 17691-2018 标准规定的 G<sub>20</sub> 基准燃料进行，G<sub>20</sub> 燃料成分差异小，对发动机热效率的影响最小。测试选取了其中较典型的几个工况点进行评价，限值经过实际测评，并结合各主机厂测试结果而综合确定。

### 3) 低温起动质量

我国幅员辽阔，气温分布不均，北方低温季节持续时间、气温低。低温下的发动机起动性能直接影响其在低温条件下的使用。结合 GB 17691-2018 和 GB/T 18297-2001 以试验室低温性能台架为测试基础，以环境温度 255K 状态下的低温起动拖动时间作为低温起动质量的考核依据。低温性能台架对试验环境温度可控，操作性强。限值参考

GB/T 18297-2001 低温拖动时间与分数的关系，同时结合实际验证试验时的低温起动拖动时间确定。

#### 4) 额定转速机械效率

机械损失功率是影响发动机热效率的重要因素，因此开展机械效率的评价有非常大的必要性，试验方法按 GB/T 18297-2001 标准要求执行，分别按该标准开展机械损失功率试验和总功率试验，并计算额定转速时的校正机械效率。考虑车辆实际使用过程中，动力输出时，特别是总功率试验时，节气门处于全开状态，因此其中机械损失功率试验时，以节气门全开状态为基准，限值经过实际测评，并结合各主机厂测试结果而综合确定。

#### 5) 噪声声功率级

重型车发动机布置大部分处于驾驶仓下方，因此发动机噪声的大小直接影响驾驶室人员的舒适性、驾驶疲劳性，因此开展发动机的噪声声功率级的评价有非常大的必要性。比较了 GB/T 1859.1-2015 的工程法、GB/T 1859.2-2015 的简易法、GB/T 1859.3-2015 的半消声室精密法、GB/T 1859.4-2017 的使用标准声源简易法，其中 GB/T 1859.1-2015 的工程法的测试条件要求容易满足，且准确度较高（2级准确度），更适合对发动机的噪声开展较全面的评价，本标准试验采用该方法开展测试。

#### 6) 升功率、升扭矩

为促进发动机小型化，轻量化的发展，提升发动机升功率、升扭矩是其中一个重要技术方向，同时升功率、升扭矩是发动机整机动力

性能和强化程度的重要指标之一，该项目考核的是发动机本体的强化程度、热负荷，因此采用额定功率和最大扭矩为基准进行评价，避免发动机附件吸收功率对其的影响。

#### 7) 单位功率/净质量比

提升单位功率/净质量比，有利于轻质材料、新材料在发动机上的应用，对发动机降低自重，促进汽车产品节能减排有重要意义。为确定发动机单位功率/净质量比，定义了发动机净质量：包含发动机缸体、缸盖、缸盖罩、油底壳、曲轴箱通风系统、水泵及其管路、节温器、机油泵及其管路、燃料供给系统、增压器、固定在发动机上的增压空气中冷器、进气歧管、排气歧管、EGR 及其冷却系统管路、ECU、安装在发动机上的天然气控制系统、点火系统、节气门、发动机线束、飞轮、发动机端飞轮壳、自动变速器用主动皮带轮或从动皮带轮、缓冲器、减震器、机油热交换器、机油滤清器、安装在发动机上的传感器，固定在发动机上的真空管路，但不包括油、水、安装在发动机外的增压中冷散热器、冷却液散热器、传动装置、起动电机、压缩机、进气空滤系统、排气后处理系统、助力转向泵、风扇、充电发电机、传动皮带、皮带张紧器、传动轮、配套应用的与整车连接的进排气管路及支架等的发动机质量。

#### 8) WHTC 循环碳排放

为相应国家碳达峰、碳中和的战略目标，促进企业产品节能发展，确定了从发动机源头倡导节能的主张，为综合评价发动机的节能水平，利于行业监管和企业技术考评，因此提出了 WHTC 循环碳排放。

考虑燃料成分、试验循环碳平衡大小、测量重复性对碳排放存在的影响,确立了以 GB 17691-2018 定义的  $G_{20}$  为基准燃料;在 GB 17691-2018 标准对 WHTC 循环有效性的判定基础上增加以碳平衡偏差在  $\pm 2\%$  以内为测试有效性判定要求;热态 WHTC 试验结束后将 CO<sub>2</sub> 浓度、CO 浓度、THC 浓度相加,按 CO<sub>2</sub> 当量计算 WHTC 碳排放量;并以 3 次有效热态 WHTC 的碳排放量均值作为该发动机的 WHTC 循环碳排放结果。

最终根据试验数据形成的各指标限值如表 1 所示。

表 1 汽车用天然气发动机评价指标体系

序号	指标类型	评价指标	指标来源	指标水平分级			试验、评价方法
				先进水平	平均水平	基准水平	
1	基础指标	OBD	GB 17691-2018	满足国 6b 阶段			GB 17691-2018
2		曲轴箱压力	GB 17691-2018	满足国 6b 阶段			GB 17691-2018
3		尾气排放	GB 17691-2018	满足国 6b 阶段			GB 17691-2018
4	核心指标 (排量 $\geq 6L$ )	额定转速全负荷机油燃料消耗百分比	GB/T 19055-2003、GB/T 18297-2001	$\leq 0.15$ (%)	$\leq 0.20$ (%)	$\leq 0.30$ (%)	GB/T 18297-2001
5		额定工况热效率	QC/T 691-2011	$\geq 36$ (%)	$\geq 35$ (%)	$\geq 33$ (%)	GB/T 18297-2001、附录 A
6		最大扭矩工况热效率	QC/T 691-2011	$\geq 38$ (%)	$\geq 37$ (%)	$\geq 35$ (%)	GB/T 18297-2001、附录 A
7		低温起动质量	GB/T 18297-2001	评分 $\geq 8$	评分 $\geq 7$	评分 $\geq 6$	GB/T 18297-2001
8		额定转速机械效率	GB/T 18297-2001	$\geq 86$ (%)	$\geq 84$ (%)	$\geq 82$ (%)	GB/T 18297-2001
9		噪声声功率级	GB / T 14097-2018、GB/T 1859. 1-2015	声功率级至少符合 1 级限值 (dB(A))	声功率级至少符合 2 级限值 (dB(A))	声功率级至少符合 3 级限值 (dB(A))	GB / T 14097-2018、GB/T 1859. 1-2015

10	核心指标 (排量 <6L)	额定转速全负荷机油燃料消耗百分比	GB/T 19055-2003、GB/T 18297-2001	$\leq 0.15$ (%)	$\leq 0.20$ (%)	$\leq 0.30$ (%)	GB/T 18297-2001
11		额定工况热效率	QC/T 691-2011	$\geq 35$ (%)	$\geq 33$ (%)	$\geq 31$ (%)	GB/T 18297-2001、 附录 A
12		最大扭矩工况热效率	QC/T 691-2011	$\geq 37$ (%)	$\geq 36$ (%)	$\geq 34$ (%)	GB/T 18297-2001、 附录 A
13	核心指标 (排量 <6L)	低温起动质量	GB/T 18297-2001	评分 $\geq 8$	评分 $\geq 7$	评分 $\geq 6$	GB/T 18297-2001
14		额定转速机械效率	GB/T 18297-2001	$\geq 85$ (%)	$\geq 83$ (%)	$\geq 81$ (%)	GB/T 18297-2001
15		噪声声功率级	GB / T 14097-2018、GB/T 1859. 1-2015	声功率级至少符合 1 级限值 (dB(A))	声功率级至少符合 2 级限值 (dB(A))	声功率级至少符合 3 级限值 (dB(A))	GB / T 14097-2018、 GB/T 1859. 1-2015
16	创新性指标 (排量 $\geq 6L$ )	升功率	本文件	$\geq 28$ ( kW/L )	$\geq 26$ ( kW/L )	$\geq 25$ ( kW/L )	附录 B
17		升扭矩	本文件	$\geq 180$ ( N·m/L )	$\geq 175$ ( N·m /L )	$\geq 170$ ( N·m/L )	附录 B
18		单位功率/净质量比	本文件	0.33 (kW/kg)	0.32 (kW/k g)	0.31 (kW/kg)	附录 C
19		WHTC 循环碳排放	本文件	$\leq 660$ (g/kW·h)	$\leq 675$ (g/kW·h)	$\leq 700$ (g/kW·h)	附录 D
20		最高热效率	本文件	$\geq 40$ (%)	$\geq 39$ (%)	$\geq 38$ (%)	附录 A
21	创新性指标 (排量 <6L)	升功率	本文件	$\geq 31$ ( kW/L )	$\geq 30$ ( kW/L )	$\geq 27$ ( kW/L )	附录 B
22		升扭矩	本文件	$\geq 140$ ( N·m/L )	$\geq 135$ ( N·m /L )	$\geq 130$ ( N·m/L )	附录 B
23		单位功率/净质量比	本文件	0.35 (kW/kg)	0.34 (kW/k g)	0.32 (kW/kg)	附录 C
24		WHTC 循环碳排放	本文件	$\leq 670$ (g/kW·h)	$\leq 690$ (g/kW·h)	$\leq 710$ (g/kW·h)	附录 D

				)	• h)	)	
25		最高热效率	本文件	≥37(%)	≥36 (%)	≥35(%)	附录 A

## 五、与现行法律、法规和政策及相关标准的协调性

本标准与现有的法律、法规和强制性国家标准无冲突。

## 六、贯彻标准的要求和措施建议

建议标准实施后组织标准宣讲，促进标准顺利实施。

## 七、其他需要说明的事项

无。