

团 体 标 准

车用天然气发动机台架试验设计(DOE) 技术规范

Design of Experiment(DOE) on Vehical Natural Gas Engine based on the Testing
Bench Technical Specification

征求意见稿

2023-XX-XX 发布

2023-XX-XX 实施

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 试验条件.....	1
5 DOE 试验流程.....	2
6 DOE 试验.....	2
附录 A.....	5

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国汽车工业协会燃气汽车分会提出。

本文件由中国汽车工业协会归口。

本文件起草单位：潍柴动力股份有限公司、中国汽车工程研究院股份有限公司、中汽研汽车检验中心(天津)有限公司、中机科（北京）车辆检测工程研究院有限公司、广西玉柴机器股份有限公司、济南汽车检测中心有限公司、重庆凯瑞动力科技有限公司、招商局检测车辆技术研究院有限公司、北京市机动车排放管理事务中心。

本文件主要起草人：史祥东、杨兆山、李万洋、汪晓伟、张德福、郭文军、田茂军、李军银、郭冬冬、肖宇、刘顺利、丁子文、刘志治、葛晓成、康见见、曹斌、王浩浩、于惠。

车用天然气发动机台架试验设计(DOE) 技术规范

1 范围

本文件规定了车用天然气发动机台架试验设计的试验条件和方法。
本文件适用于车用天然气发动机。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

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 1883.1-2005 往复式内燃机 词汇 第1部分:发动机设计和运行术语

GB/T 4797.2-2017 环境条件分类 自然环境条件 气压

3 术语和定义

GB/T 1883.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

试验设计 (DOE) design of experiment, DOE

一种系统化的试验设计方法，旨在帮助研究者优化试验设计，提高试验效率和准确性。

4 试验条件

4.1 环境要求

4.1.1 一般采用 GB17691-2018 要求的标准环境进行试验。

4.1.2 如有特殊试验要求且发动机台架具备如高低温和海拔模拟等能力，可依据具体试验要求进行调整。

4.2 燃料、冷却液等要求

试验用发动机所用的燃料、冷却液以及润滑油等牌号和规格，应符合制造厂试验技术条件。

4.3 发动机试验台架要求

4.3.1 试验所用的仪器、仪表精度应符合 GB17691-2018 发动机试验对测量精度的要求；

4.3.2 发动机进气温度、压力，中冷器进气温度、压力，排气温度、压力等，可通过温控和压力设备精确测量和控制；

4.3.3 具备满足 GB17691-2018 标准要求的台架排放测试设备或便携式排放测试设备；

4.3.4 测功机可以快速精确地执行扭矩/转速、油门/转速等命令或控制。

5 DOE 试验流程

DOE试验流程见图1。

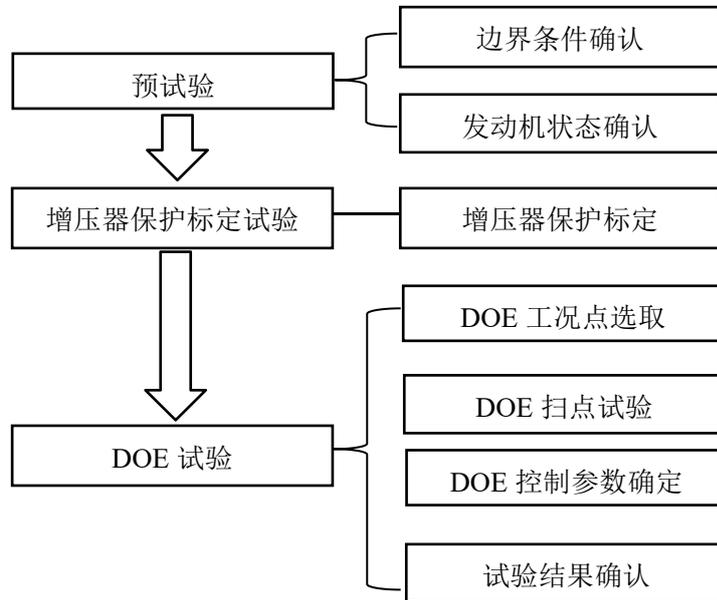


图 1 试验流程图

6 DOE 试验

6.1 预试验

6.1.1 边界条件确认

试验开始前，需确认边界条件，是后续试验如发动机状态确认和 DOE 扫点试验的必要条件。特别地，在高海拔下，需充分考虑大气压力对边界条件的影响。边界条件确认关键参数见表 1，海拔高度与大气压力的对应关系见附录 A。

表 1 边界条件关键参数确认表

类型	进气负压 kPa	中冷压降 kPa	排气背压 kPa	大气压力 kPa	中冷后进气温度 ℃	发动机出水温度 ℃

6.1.2 发动机状态确认

在 DOE 试验开始前需进行发动机状态确认。对应平原万有数据，覆盖发动机低、中、高负荷（增压器不超速区间），选择符合企业要求的工况点稳态运行并记录关键性能参数，经确认发动机状态无问题后进行后续试验。关键性能参数确认见表 2（不限于表中参数）。

表 2 关键性能参数状态确认表

类型	发动机转速 r/min	扭矩 N·m	燃气流量 kg/h	空气流量 kg/h	节气门前压力 kPa	节气门后压力 kPa	增压器电控阀开度 %	节气门开度 %

6.2 增压器保护标定试验

增压器保护标定试验开始前需进行增压器保护预标定，主要确定发动机外特性区域的中冷前增压压力、增压器转速和涡前排温等边界，为增压器保护标定确定初始边界。特别地，针对高海拔环境，增压器保护标定试验应进行增压器超速标定、增压器超温标定和增压能力不足标定等试验项目，应在全转速全负荷范围内进行，为 DOE 扫点确定边界。

6.3 DOE 试验

6.3.1 DOE 工况点选取

选择当前发动机最大设计外特性，选点需综合考虑常用工况区、低速低负荷区、高速低负荷区和外特性点等区域。工况点选取示意图见图 2，各选点序号分布及详情见表 3。

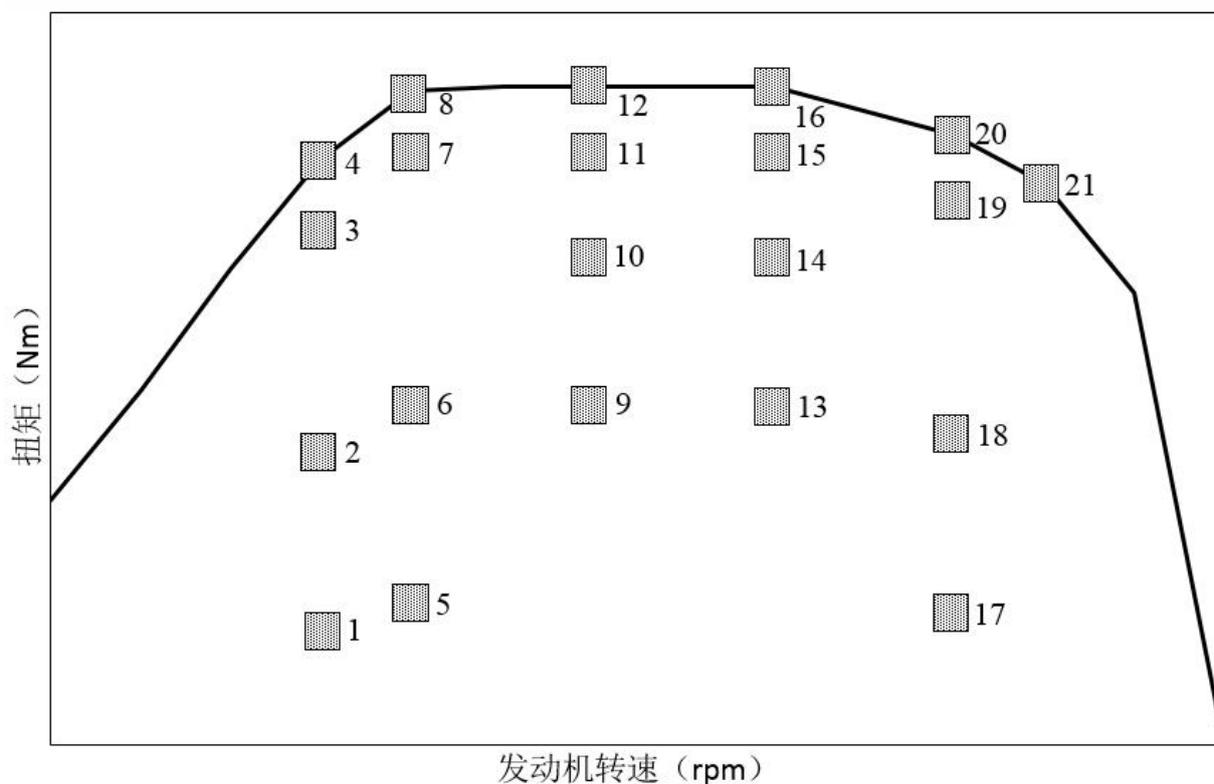


图 2 工况点选取示意图

表 3 工况点选点序号分布表

负荷百分比 %	类型						备注
	低速大扭 矩转速点	大扭矩最 低转速点	大扭矩中 间转速点	大扭矩最 高转速点	高速大扭 矩转速点	额定转速 点	
25	1	5	9	13	17	-	其中 9、10、13、14 为 常用工况区选点
50	2	6	10	14	18	-	
75	3	7	11	15	19	-	-
100	4	8	12	16	20	21	-

6.3.2 DOE 扫点试验

进行 DOE 扫点时，每个工况点应控制发动机转速和扭矩不变，扫点的起始点和终止点均以涡前排温、中冷前温度、CA50、爆震幅值和循环变动为边界。其中，边界的控制以符合企业要求为准。

6.3.3 DOE 控制参数确定

DOE 控制参数确定需综合考虑的参数见表 4，依据企业要求可不限于表中参数，最终确定 DOE 选点所对应的最佳点火提前角和 EGR 率。

表 4 控制参数确认表

类型	涡前排温 ℃	CA50 °CA	爆震幅值 bar	循环变动 %	燃气消耗率 g/kWh	排放物 ppm	EGR 阀开度 %

6.3.4 试验结果确认

DOE 试验控制参数确定后需进行试验结果确认，包括 DOE 所选工况点和上述工况点间的平滑工况点。

附 录 A

(规范性)

海拔与大气压力的对应关系

海拔与大气压力的对应关系参考表A.1。

表 A.1 海拔与大气压力的对应关系表

海拔高度/m	大气压力/kPa
0 (海平面)	101.3
1000	89.9
1600	83.5
2000	79.5
2800	71.9
3500	65.0
4100	60.8
5000	54.0