ICS 27.020
CCS J 92

团　　体　　标　　准

T/CSICE 064-2026

发动机高原冷起动及加载测试方法

Test method of cold start and loading from engine for high-altitude

2026-09-24 发布　　2026-09-24 实施

中国内燃机学会　　发布

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　试验要求 2
4.1　不同海拔下试验温度推荐值 2
4.2　燃料、润滑油、冷却液的要求 2
4.3　蓄电池-起动电机系统 2
4.4　起动辅助措施 2
4.5　测试设备要求 3
5　试验方法 3
5.1　试验前准备 3
5.2　数据记录要求 3
5.3　发动机预处理 3
5.4　试验程序 3
5.4.1　高原冷起动测试 3
5.4.2　高原冷起动加载测试 3
5.5　数据处理及评价 4
附录 A（规范性）　注意事项 5
附录 B（资料性）　冷起动液压加载装置说明 6
附录 C（规范性）　试验结果汇总表 8

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。

本文件由中国内燃机学会标准管理部提出。

本文件由中国内燃机学会归口。

本文件起草单位：中汽研汽车检验中心（昆明）有限公司、中国内燃机学会、昆明理工大学、广西玉柴机器股份有限公司、潍柴动力股份有限公司、北京福田康明斯发动机有限公司、昆明云内动力股份有限公司、东风柳州汽车有限公司、江铃汽车股份有限公司、青海省高原科技发展有限公司、东风康明斯发动机有限公司。

本文件主要起草人：刘典云、董文龙、雷基林、郑永明、杨国峰、王辉、窦战成、胡佳富、李书明、何述超、翟军强、陈其志、蔡宇琛、许力强、陆绍悌、危亮、罗飞。

本文件于2026年首次发布。

发动机高原冷起动及加载测试方法

警告：本标准的应用可能涉及到某些有危险性的材料、操作和设备，但未对与此有关的所有安全问题都提出建议。因此，用户在使用本标准之前有责任制定相应的安全和防护措施（见附录A），并确定相关规章限制的适用性。

1 范围

本文件规定了高海拔环境下发动机冷起动及起动加载的测试方法。

本文件适用于车用及非道路移动机械用往复活塞式内燃机。

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/T 1147.2-2017 中小功率内燃机 第2部分：试验方法

GB 11122-2025 柴油机油

GB/T 18297-2024 汽车发动机性能试验方法

GB 19147-2016 车用柴油

GB/T 21404-2022 内燃机 发动机功率的确定和测量方法 一般要求

JB/T 13716-2019 柴油机 高原环境性能试验方法

QC/T 731—2005 汽车用起动机技术条件

T/CSICE 002—2023 重型车用发动机污染物排放测量（高原）法

3 术语和定义

GB/T 1147.2-2017、GB/T 18297-2024、JB/T 13716-2019界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高海拔环境 high-altitude environment

指海拔在1 500m到5 600m的环境地区。

3.2

高原冷起动测试 high-altitude cold start test

发动机在高原环境下冷冻静置8 h以上，环境温度按第4.1节的规定执行，待冷却液温度、机油温度等达到试验环境温度±1 ℃时，起动电机拖动发动机进行冷起动测试。

3.3

高原冷起动加载测试 high-altitude cold-start load test

发动机在高原环境下冷冻静置8 h以上，环境温度按第4.1节的规定执行，待冷却液、机油温度等达到试验环境温度±1 ℃时，附加给发动机主轴一个相反力矩，起动电机拖动发动机进行起动加载测试。

4 试验要求

4.1 不同海拔下试验温度推荐值

表 1 试验环境温度推荐值

海拔高度/m	环境压力/kPa	推荐环境温度/℃	最低环境温度/℃
1500	84.5	6	-5
1900	80.5	5	-6
2700	72.8	-3	-13
3500	65.7	-5	-15
4500	57.7	-7	-18
5000	54.0	-10	-20
5600	49.8	-12	-25
注：环境压力（海拔）偏差在±2 kPa（200 m）以内，环境温度偏差在±1 ℃以内。			

4.2 燃料、润滑油、冷却液的要求

试验用的润滑油、燃油和冷却液需与试验温度相适配，确保在低温环境下具有良好流动性，避免对试验结果产生影响。

试验用的燃油浊点应低于试验温度3 ℃~5 ℃，具体按GB 19147-2016的规定或制造厂要求执行。

试验用的润滑油凝固点应低于试验温度10 ℃，具体按GB 11122-2025的规定或制造厂要求执行。

试验用的冷却液凝固点应低于试验温度10 ℃，具体按制造厂要求执行。

4.3 蓄电池-起动电机系统

发动机配套的蓄电池，容量应保证在发动机规定的使用温度范围内，具体应符合GB/T 1147.2-2017的规定或制造厂的要求。

试验用起动电机应符合QC/T 731-2005的规定或制造厂的要求。

4.4 起动辅助措施

试验用起动辅助措施应符合GB/T 1147.2-2017附录A的要求，制造厂需根据发动机使用的海拔高度、环境温度，配备必要的起动辅助措施。

4.5 测试设备要求

4.5.1 试验用测试设备、仪器仪表需经有资质的计量单位鉴定或校准合格，并在有效期内，同时发动机测量仪器范围及精度应符合GB/T 21404-2022或GB/T 1147.2-2017中附录A的规定。

4.5.2 发动机环境温度、进气温度、燃油温度可通过温控装置模拟，温控精度≤±1 ℃。

4.5.3 采用符合T/CSICE 002—2023附录C要求或具备环境模拟功能的发动机试验台架时，海拔模拟误差不超过200 m（模拟压力精度≤±2 kPa）。

4.5.4 采用液压加载装置（见附录B）开展冷起动加载测试时，起动负载控制精度≤±10 N·m。

5 试验方法

5.1 试验前准备

试验前检查发动机，更换低温用润滑油、燃油、冷却液，并对蓄电池进行预处理。

5.2 数据记录要求

进行发动机高原冷起动测试时，须按照GB/T 18297-2024中8.1.4.1的要求进行数据记录。

进行发动机高原冷起动加载测试时，除按照GB/T 18297-2024中8.1.4.1的要求进行发动机数据记录外，对于采用液压加载装置加载的试验，还应记录液压加载装置的附加力矩、转速及液压油温度、压力等液压系统关键数据。

5.3 发动机预处理

按照GB/T 1147.2-2017附录A要求执行发动机预处理，试验准备完成后须常温运转，待润滑油温度升至40 ℃、冷却液升高至60 ℃以上时停机。

5.4 试验程序

5.4.1 高原冷起动测试

a) 发动机静置。在高原环境下冷冻静置8h以上，环境温度按4.1的规定执行。
b) 数据记录。按5.2的要求进行数据记录，若起动之前进行预备起动操作，需记录预动作时间，采样频率为100 ms。
c) 起动预热。起动辅助措施按照GB/T 1147.2-2017附录A的要求或制造厂要求操作。
d) 进行试验。按照GB/T 18297-2024中8.1.3的试验方法启动起动机拖动发动机，单次拖动时间≤20 s，发动机自行运转15 s以上不熄火，则认为起动成功；若起动失败，按制造厂使用说明的规定程序再次进行设置和操作，进行下一次起动，若3次起动失败，则终止试验。
e) 起动判定。每一试验温度需重复进行3次起动测试，其中应有2次起动成功，如果前2次起动成功，可不再进行第3次起动，具体判定按照GB/T 1147.2-2017附录A中要求执行。
f) 热机工况。在40%～80%的额定转速下运行5 min，消除缸内残油。

5.4.2 高原冷起动加载测试

a) 发动机静置。在高原环境下冷冻静置8h以上，环境温度按4.1的规定执行。
b) 数据记录。按5.2的要求进行数据记录，若起动之前进行预备起动操作，需记录预动作时间，采样频率为100 ms。

c） 附加起动负载。调节液压加载装置，附加给发动机主轴一个相反的力矩，力矩根据厂家的要求执行。

d） 起动预热。起动辅助措施按照GB/T 1147.2-2017附录A的要求或制造厂要求操作。

e） 进行试验。按照GB/T 18297-2024中8.1.3的试验方法启动起动机拖动发动机，单次拖动时间≤30s，发动机自行运转15 s以上不熄火，则认为起动成功；若起动失败，按制造厂使用说明的规定程序再次进行设置和操作，进行下一次起动，若3次起动失败，则终止试验。

f） 起动判定。每一试验温度需重复进行3次起动测试，其中应有2次起动成功。如果前2次起动成功，可不再进行第3次起动，具体判定按照GB/T 1147.2-2017附录A中要求执行。

g） 热机工况。在40%～80%的额定转速下运行5 min，消除缸内残油。

h） 极限负载测试。重新执行步骤a）~g），以不低于发动机10%负荷的比例提高起动负载，直到发动机3次起动失败为止。

5.5 数据处理及评价

发动机起动过程需按GB/T 1147.2-2017中附录A.3.1的方法进行划分。

起动过程为发动机靠外力拖动曲轴开始转动，直至发动机自行运转、转速开始持续上升时的阶段，起动时间则为起动过程所用时间，并按本标准附录C的要求报告结果。

附 录 A
（规范性）
注意事项

A.1 燃料系统

规范燃料管路布置，设置燃料温度、压力、泄露监测与报警装置，减少因不安全因素造成的安全事件。

A.2 机械安全

发动机台架安装，做好紧固件安全状态标志，每次试验前做好点检，确保发动机各部件都处于安全连接状态。

中国内燃机学会 CHINESE SOCIETY FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES CSICE

附 录 B
（资料性）
冷起动液压加载装置说明

B.1 概述

本附录规定了发动机冷起动液压加载装置的基本技术要求。考虑到发动机存在带载荷起动的实际工况，且需对发动机起动能力进行量化评估，要求通过加载装置向发动机附加起动负载，以此确定发动机的起动失败临界点，并精准测量该临界点对应的负载力矩。鉴于实现起动加载力矩的原理与技术路径具有多样性，本附录不强制要求装置配置完全符合本文件规定，只需其起动加载力矩精度满足测试要求，即可用于发动机起动能力评估。

B.2 发动机冷起动液压加载装置工作原理

发动机冷起动加载装置的液压系统，亦可称为“阻力加载系统”。该系统通过电液比例溢流阀或电液比例节流阀对负载力进行精准控制与调节，从而实现加载过程，其具体工作原理和结构如图 B.1 和图 B.2 所示。

B.2.1 动力传递与泵体启动

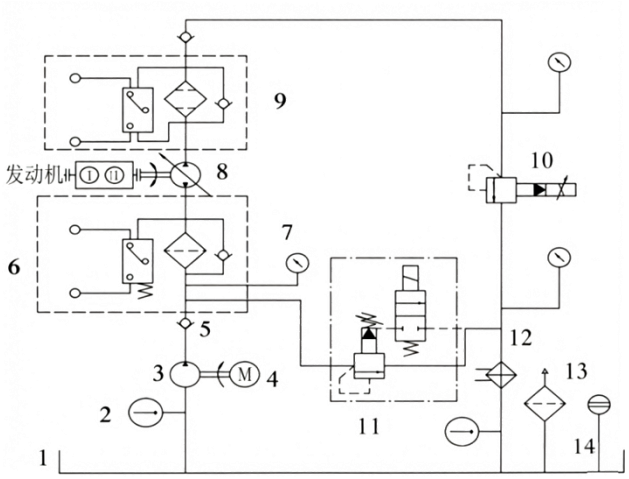
发动机冷起动过程中产生的力矩，首先驱动扭矩仪旋转；扭矩仪进一步带动发动机冷起动加载装置中的轴向加载泵 8 运转，使加载泵正式进入“泵工况”工作状态。

B.2.2 液压油回路建立

处于泵工况的加载泵 8 从油箱 1 中吸入液压油，此时系统中的压力表可实时监测并显示加载泵 8 进油口的压力（即液压油从油箱吸出后的初始压力）。随后，液压油依次经过液压泵 3、单向阀 5 及粗过滤器 6，最终流入加载泵 8，完成液压油路的导通。

B.2.3 加载力生成与力矩平衡

若需使液压系统产生加载力，可通过调节比例溢流阀 11 的溢流压力实现。溢流压力调节后，加载泵 8 会随之形成稳定负载。由于发动机通过变速箱输出轴连接扭矩仪、并持续带动加载液压泵旋转，系统在克服该溢流负载的同时，会自动生成一个与发动机冷起动主轴转向相反的力矩，进而完成发动机冷起动的加载任务。



标引号说明：

1——油箱；

2——温度计；

3——液压马达；

4——电机；

5——单向阀；

6——粗过滤器；

7——压力表；

8——加载泵；

9——精过滤器；

10——调压阀；

11——电液比例溢流阀；

12——冷却器；

13——空气过滤器；

14——液位计。

图 B.1　液压加载装置系统工作原理

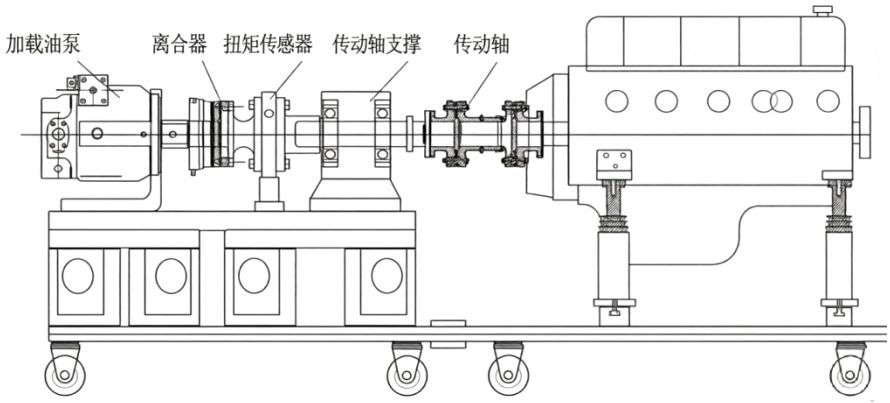


图 B.2　发动机冷起动液压加载装置总体结构

B.3　使用前的要求

冷起动液压加载装置在每次冷起动试验前，应对管路和电液比例溢流阀进行检测，确认模拟加载力矩精度和管路正常，无损坏现象。

附 录 C
（规范性）
试验结果汇总表

C.1 样品信息及检验条件

C.1.1 样品信息

发动机编号：_____ 发动机型号：_____

生产厂：_____ 生产日期：_____

润滑油牌号：_____ 起动辅助措施：_____

燃油牌号：_____ 冷却液牌号：_____

C.1.2 检验条件

表 C.1 检验条件

海拔高度/m		环境温度/℃	
大气压力/kPa		--	--

C.2 试验结果

C.2.1 高原冷起动试验结果

表 C.2 高原冷起动试验结果

测试次数	预热时间 s	拖动转速 r/min	起动时间 s	起动失败次数	评语
第一次					
第二次					
第三次					

C.2.2　高原冷起动加载试验结果

表 C.3　高原冷起动加载试验结果

测试次数	起动负载 N·m	预热时间 s	拖动转速 r/min	起动时间 s	起动失败次数	极限载荷 N·m
第一次						
第二次						
第三次						