ICS 27.020
CCS J 92

团　　体　　标　　准

T/CSICE 066-2026

发动机进排气海拔模拟测试条件方法

Test condition method of intake and exhaust altitude simulation from engine

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　技术要求 2
4.1　环境条件 2
4.2　压力调节性能要求 2
4.3　温度调节性能要求 2
4.4　湿度调节性能要求 2
5　系统调整方法 2
5.1　增压器适应性调整要求 2
5.1.1　涡轮增压器拉杆螺母调节 2
5.1.2　涡轮增压器废气旁通装置调整方法 3
5.1.3　其他调整方式 3
5.2　曲轴箱压力适应性调整要求 3
5.3　发动机进排气管路适应性调整要求 4
5.4　试验设备适应性调整要求 4
5.5　测试边界条件适应性调整要求 4
附录A（规范性）　注意事项 5
A.1　机械安全 5
A.2　碳平衡监测 5
A.3　曲轴箱压力 5
附录B（资料性）　进排气海拔模拟工作原理与构成 6
B.1　进排气海拔模拟工作原理 6
B.2　进排气海拔模拟工作模式 6
B.2.1 常压模式 6
B.2.2 加压模式 6
B.2.3 负压模式 7
B.3　进排气海拔模拟构成 7
B.3.1 进气条件控制单元结构 7
B.3.2 排气控制单元结构 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、潍柴动力股份有限公司、比亚迪汽车工业有限公司、浙江吉利控股集团有限公司、东风康明斯发动机有限公司、湖南道依茨动力有限公司、中汽研汽车检验中心（天津）有限公司。

本文件主要起草人：李世峰、郑永明、杨国峰、雷基林、窦战成、钟敏琦、郝佳胜、邓伟、刘超、陈熊、李书明、史祥东、颜黄斌、刘典云、蔡宇琛、曾夏寒、解礼兵。

本文件于2026年首次发布。

发动机进排气海拔模拟测试条件方法

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

本文件规定了发动机采用进排气海拔模拟不同海拔标定开发测试的条件方法。

本文件适用于发动机采用进排气海拔进行模拟不同海拔工况的高原标定与性能测试。

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。

JB/T 11325-2013 内燃机涡轮增压器执行器技术规范

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

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

进排气海拔模拟系统 intake and exhaust altitude simulation system

通过在发动机进气口之前增加风机、空调及控制器、排气口之后增加风机和控制器，调节发动机进排气压力、温度和湿度，模拟不同海拔下的大气环境，实现模拟发动机工作在不同海拔测试的控制系统。

3.2

涡轮增压器废气旁通装置 turbocharger exhaust bypass device

通过压气机出口压力和环境压力的压力差控制废气旁通阀的开启和关闭状态来调整进气增压压力。

3.3

进气条件控制单元 intake condition control unit

进排气海拔模拟系统中用于调节发动机进气压力、温度和湿度的装置，通过施加压力模拟低海拔至高海拔范围内的进气环境，确保进气状态符合目标海拔工况要求。

3.4

排气控制单元 exhaust control unit

进排气海拔模拟系统中用于调节发动机排气管路压力的装置，通过抽负压调控涡轮后端压力，配合进气条件控制单元，模拟不同海拔下发动机的进排气环境条件。

4 技术要求

4.1 环境条件

a) 环境温度：15 ℃～50 ℃；
b) 相对湿度：≤85%RH。

4.2 压力调节性能要求

a) 模拟海拔条件：0～5 600 m；
b) 进排气压力调节范围：49.8 kPa～101.3 kPa；
c) 动态进气压力响应时间：≤3 s。

4.3 温度调节性能要求

a) 温度调节范围：15 ℃～50 ℃（发动机进气口）；
b) 进气空气温度稳定并达到温度控制精度内的时间小于60 s。

4.4 湿度调节性能要求

a) 相对湿度调节范围：15%RH～85%RH；
b) 进气空气湿度稳定并达到湿度控制精度内的时间小于120 s。

5 系统调整方法

5.1 增压器适应性调整要求

在不同海拔下对发动机进排气海拔模拟测试时，若发动机配置废气涡轮增压器，应保证不同模拟海拔条件下增压器旁通阀执行器运行正常，可按以下方法对废气涡轮增压器进行适应性调整。

5.1.1 涡轮增压器拉杆螺母调节

通过调节涡轮增压器拉杆螺母调整压杆长度调节旁通阀执行器中膜片弹簧的预紧力，抵消模拟海拔下膜片弹簧大气环境端腔体与模拟海拔产生的压力差。

模拟海拔时对应的拉杆长度可由增压器生产厂家给出，也可在增压器执行器压气机端通入对应模拟海拔的压力后，采用千分表等工具测量拉杆的伸缩长度获得。拉杆长度与海拔高度标定测量记录见表1。

表 1　各个海拔下拉杆长度测量记录表

机型	海拔高度/m	拉杆长度/mm	备注
	0		
	1000		
	2000		
	3000		
	4000		
	5000		
	5600		

5.1.2　涡轮增压器废气旁通装置调整方法

在涡轮增压器废气旁通执行器大气环境端腔体引出两个接口，一个与进排气海拔模拟系统连通，另一个用于测量大气环境端腔体内压力，要求大气环境端腔体压力与海拔模拟系统压力差≤2 kPa。压气机端密封性要求参照JB/T 11325-2013执行，调整示意图见图1。

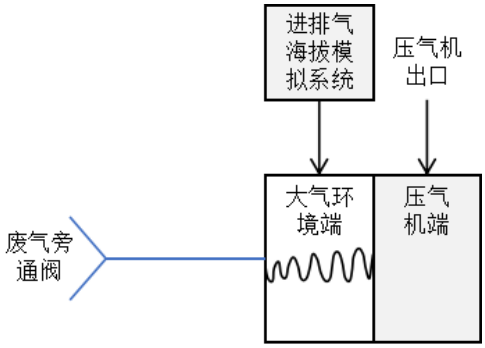


图 1　改造示意图

5.1.3　其他调整方式

5.1.1和5.1.2的两种调整方法为通用性的方法，可采用其他将涡轮增压器调整到实际海拔测试状态的等效方法。

5.2　曲轴箱压力适应性调整要求

开展进排气海拔模拟试验时，针对开式曲轴箱，须将曲轴箱与进排气海拔模拟系统连通，保持压力一致。曲轴箱与进排气海拔模拟系统连接管路中间安装油气分离器，收集曲轴箱通风带出的机油。曲轴箱通风调整示意图见图 2。

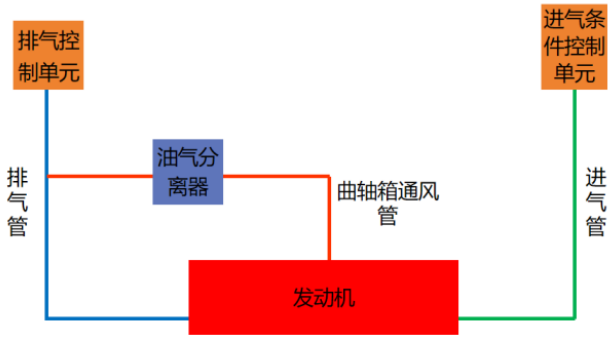


图 2　曲轴箱通风示意图

5.3　发动机进排气管路适应性调整要求

发动机进排气管路应具备良好的密封性与足够的结构强度，管路材料应耐温、耐压、抗老化，管路应避免长距离弯曲和节流瓶颈，管路压损≤2 kPa。

5.4　试验设备适应性调整要求

在模拟不同海拔试验时应保证测试设备的正常采样和测试结果的准确性。

5.5　测试边界条件适应性调整要求

采用进排气海拔模拟系统进行发动机不同海拔测试时，发动机的边界条件控制按照T/CSICE 002-2023 附录B的要求执行。

附 录 A
（规范性）
注意事项

A.1 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。

A.2 碳平衡监测

在模拟不同海拔发动机测试时，需对发动机台架的碳平衡进行实时监测，并设置±3%报警值，确保试验过程中进排气管路的密封性，保证模拟海拔试验正常开展。

A.3 曲轴箱压力

曲轴箱压力为模拟压力，为保证试验正常，需实时监测曲轴箱压力并设置停机限值。

附 录 B
（资料性）
进排气海拔模拟工作原理与构成

B.1 进排气海拔模拟工作原理

发动机进排气海拔模拟测试原理图如图B.1所示，通过模拟发动机进气系统入口和排气系统出口空气压力达到等效模拟发动机所处海拔的目的，进气条件控制单元对发动机进气压力管路进行加压模拟，排气控制单元对排气管路抽负压，旁通管路将进气管路与排气管路连通，实现进气压力与排气压力保持一致，进排气管路的流量调节阀实时控制模拟压力，使发动机在变工况下进排气压力稳定。发动机进排气海拔模拟测试台架包括进排气海拔模拟系统、测功机、排放测试系统及发动机台架主控系统等。

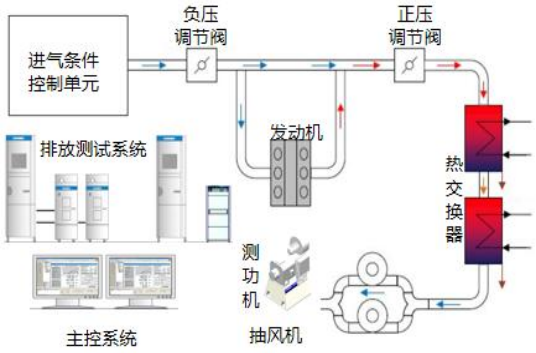


图 B.1 发动机进排气海拔模拟测试原理图

B.2 进排气海拔模拟工作模式

B.2.1 常压模式

常压模式工作原理如图B.2所示，该模式下只运行进气条件控制单元，进气条件控制单元不对发动机进气管路施加正压，进气风压由开关阀2旁通泄压。此模式进气条件控制单元不进行压力模拟，仅控制发动机的进气温度和湿度条件。

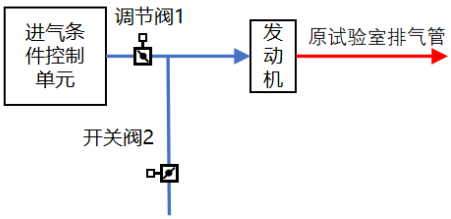


图 B.2 常压模式工作原理图

B.2.2 加压模式

加压模式工作原理如图B.3所示，当需要模拟比环境压力更高的压力时使用此模式，进气条件控制单元对发动机进气管路施加正压，开关阀2关闭，一部分气体通过开关阀3进入排气，控制调节阀1和调节阀4的开度保证进排气管路内压力达到模拟压力，进气条件控制单元控制发动机的进气温度和湿度。

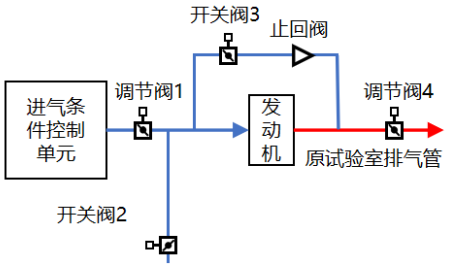


图 B.3　加压模式工作原理图

B.2.3 负压模式

负压模式工作原理如图B.4所示，当需要模拟比环境压力更低的压力时使用此模式，进气条件控制单元为发动机提供足够的进气流量和温湿度条件，一部分气体通过开关阀3进入排气，排气控制单元给管路抽取负压，开关阀2关闭，控制调节阀1和调节阀4的开度保证进排气管路内压力达到模拟压力。

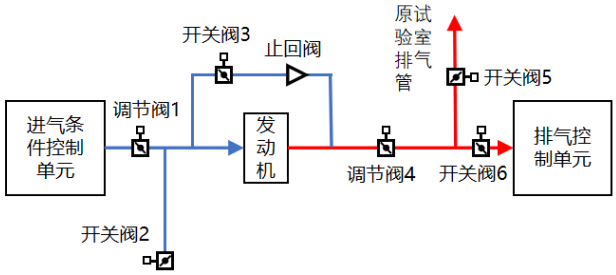


图 B.4　负压模式工作原理图

B.3　进排气海拔模拟构成

B.3.1 进气条件控制单元结构

进气条件控制单元结构见图B.5所示，主要用于调节发动机进气压力、温度和湿度，模拟不同海拔下的进气环境。其核心组件包括：进气过滤器、加压风机、热交换器、加热器、加湿装置、变频控制器及传感器模块等。

当需模拟比环境压力更高的压力时，需通过加压风机向发动机进气管路施加正压。新鲜空气经加压风机升压后，进入热交换器进行冷却除湿，再经加热器升温至设定温度，通过蒸汽加湿装置调节相对湿度输送到发动机进气管路。

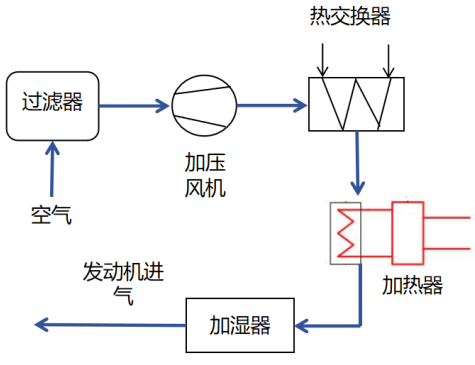


图 B.5　进气条件控制单元结构

B.3.2 排气控制单元结构

排气控制单元结构见图B.6所示，用于调节发动机排气负压，模拟高海拔下进排气管路的低压环境。主要由抽风机、热交换器、颗粒过滤器、消声器、风机变频器及压力测量模块等组成。

发动机燃烧后排出的废气经过热交换器降温后，再经颗粒过滤器去除碳烟等杂质，随后进入抽风机，通过消声器降噪后排入大气。

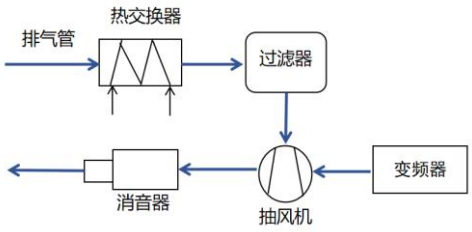


图 B.6　排气控制单元结构