

# 团体标准

T /CICEIA/CAMS XXXX-XXXX

## 增程器台架试验方法

Bench test method for range-extender

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

（征求意见稿）

（本稿完成日期：）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

202X-xx-xx发布

202X-xx-xx实施

中国内燃机工业协会

发布

中国机械工业标准化技术协会

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 试验一般条件 ..... 2

    4.1 燃油及机油 ..... 2

    4.2 磨合 ..... 2

    4.3 冷却系温度要求 ..... 2

    4.4 机油温度 ..... 2

    4.5 燃料温度 ..... 2

    4.6 排气背压 ..... 2

    4.7 进气压力 ..... 2

5 试验方法 ..... 2

    5.1 试验条件 ..... 2

    5.2 启停测量项目 ..... 3

        5.2.1 启动时间 ..... 3

        5.2.2 启动转速超调比 ..... 3

        5.2.3 启动转速振荡次数 ..... 3

        5.2.4 启动峰值功率 ..... 3

        5.2.5 停机时间 ..... 3

        5.2.6 启动转速振荡次数 ..... 3

        5.2.7 停机峰值功率 ..... 3

    5.3 瞬时响应特性测量项目 ..... 3

        5.3.1 增程器停机到最优工况点响应时间 ..... 3

        5.3.2 增程器停机到持续最大电功率响应时间 ..... 3

    5.4 最优油耗区占比 ..... 3

        5.4.1 增程器油耗测量 ..... 3

        5.4.2 增程器最优油耗区占比及对应电功率 ..... 4

6 试验结果评价 ..... 4

    6.1 启停得分 ..... 4

    6.2 瞬时响应特性得分 ..... 5

    6.3 最优油耗占比得分 ..... 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这些专利的责任。

本文件由中国内燃机工业协会提出。

本文件由中国内燃机工业协会标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：南昌济铃新能源科技有限责任公司、南昌智能新能源汽车研究院。

本文件主要起草人：冯坚、刘华、钟宇、赵水平、罗茶根。

本文件为首次发布。

# 增程器台架试验方法

## 1 范围

本文件规定了增程器台架试验的术语和定义、试验条件、试验方法、试验结果评价。  
本文件适用于由内燃机和发电机及其控制器组成的增程器台架试验。

## 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 1971 旋转电机 线端标志与旋转方向  
GB/T 18297-2001 汽车发动机性能试验方法  
GB/T 18352.6-2016 轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国第六阶段)  
GB/T 18488.1-2015 电动汽车用驱动电机系统 第1部分:技术条件  
GB/T 18488.2-2015 电动汽车用驱动电机系统 第2部分:试验方法  
GB/T 19055-2003 汽车发动机可靠性试验方法  
GB/T 19596 电动汽车术语  
QC/T 413 汽车电气设备基本技术条件

## 3 术语和定义

GB/T 19595界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**增程器** range extender

由内燃机和发电机及控制器组成的用于延长电动汽车续航里程的车载供电装置。

### 3.2

**能量转化率** energy transformation ratio

产生单位电能所消耗的燃油质量，单位为g/kWh。

### 3.3

**最优能量转化率** optimal energy transformation ratio

产生单位电能所消耗的最小燃油质量，单位为g/kWh。

### 3.4

**持续最大功率** continues maximum power

增程器可长期稳定输出的最大电功率。

### 3.5

**稳态工作点** steady working point

增程器启动后，长时间保持功率输出状态的工作点。

### 3.6

**最小稳态工作转速** minimize steady working speed

增程器启动后，内燃机保持正常运行的最低转速。此工作状态下发电机禁止使用电池电能。

### 3.7

**最小稳态功率** minimize steady power

增程器所有稳态工作点中最小可控的输出电功率。可以为0。

## 4 试验一般条件

### 4.1 燃油及机油

采用制造厂所规定的牌号，燃料性能用应满足GB/T 18352.6-2016中的燃料要求。

### 4.2 磨合

按照制造厂规定的磨合规范进行。

### 4.3 冷却系温度要求

水冷内燃机的冷却液出口温度控制在 $361 \pm 5\text{K}$ 的范围内，液冷发电机与控制器的冷却液出口控制温度由制造厂提供，其对应的发电机综合效率应为该电机最佳状态。

### 4.4 机油温度

内燃机机油温度按照制造厂规定或控制在 $368 \pm 5\text{K}$ 的范围。

### 4.5 燃料温度

内燃机燃油温度按照制造厂规定或控制在 $311 \pm 5\text{K}$ 的范围。

### 4.6 排气背压

内燃机排气背压应为内燃机满足GB/T 18352.6-2016中混合动力系统排放法规时的背压，即带有全套排放后处理装置。

### 4.7 进气压力

内燃机进气压力应为内燃机满足GB/T 18352.6-2016中混合动力系统排放法规时的进气压力。

## 5 试验方法

### 5.1 试验条件

启停测试分为低温启停与正常工作温度启停。用仪器测量参数如转速、启动电流、启动峰值功率、启停时间等。

低温启停试验时，汽油增程器在 $255\text{K}$ ，柴油增程器在 $263\text{K}$ 的温度下进行，加足防冻液与润滑油，待增程器中所有防冻液、润滑油温度达到规定温度的 $\pm 1\text{K}$ 时，即可开始低温启停试验。

正常工作温度启停前，根据制造厂热机要求，待冷却液温度达到 $361 \pm 5\text{K}$ 时，以最小稳定功率运转10s后，停车10min，环境温度不限，即可开始测试。

## 5.2 启停测量项目

### 5.2.1 启动时间

增程器启动时间以发电机母线电流小于0时（发电机母线电流小于0为电机驱动模式，电流大于0为电机发电模式，下同）为开始时间，以发电机母线电流大于等于0时为完成时间。增程器启动完成后，30s内不允许出现转速低于启动完成时的转速，否则认为该次启动失败。

### 5.2.2 启动转速超调比

增程器从启动到目标稳态工作点（该值由供需双方协商）过程中，超调比=绝对值（（最大转速-目标转速）/目标转速）。

### 5.2.3 启动转速振荡次数

增程器从启动到目标稳态工作点过程中，转速出现明显波动且波峰波谷值大于100rpm，计为1次振荡。

### 5.2.4 启动峰值功率

增程器从启动到目标稳态工作点过程中，电机的最大驱动功率。

### 5.2.5 停机时间

增程器在完成一次成功启动后，将增程器调整至最小稳定功率点处，稳定30s后开始停机测试。停机时间以增程器转速小于最稳态工作转速50rpm为开始，增程器转速为0时完成停机。停机期间内燃机转速不可出现反转。

### 5.2.6 启动转速振荡次数

增程器从最小功率点到停机过程中，转速出现明显波动且波峰波谷值大于100rpm，计为1次振荡。

### 5.2.7 停机峰值功率

增程器从最小功率点到停机过程中，电机的最大发电功率。

## 5.3 瞬时响应特性测量项目

### 5.3.1 增程器停机到最优工况点响应时间

增程器从发电机母线电流小于0时（发电机母线电流小于0为电机驱动模式，电流大于0为电机发电模式，下同）为开始时间，以增程器电功率达到最优油耗工作点时为终止时间。最优油耗工作点以5.4中的测量值为准。

### 5.3.2 增程器停机到持续最大电功率响应时间

增程器从发电机母线电流小于0时（发电机母线电流小于0为电机驱动模式，电流大于0为电机发电模式，下同）为开始时间，以增程器电功率达到持续最大电功率时为终止时间。

## 5.4 最优油耗区占比

### 5.4.1 增程器油耗测量

为完整体现增程器整体能耗情况，需完整测量增程器万有特性图。测量方案如下。

- a) 增程器测试转速范围：增程器测试最低转速为最小稳态工作转速，最高转速为试验中增程器可以达到的最大转速。测量间隔为 50rpm 一个转速点。  
增程器测试扭矩范围：增程器扭矩以最小稳态工作转速对应的最小内燃机扭矩为准，最大扭矩为试验中对应转速下内燃机最大扭矩为准。测量间隔为 10Nm 一个扭矩点。增程器由于不对外输出机械功，因此其扭矩测量有两种可选方式：
- 1) 试验中需将增程器的内燃机与发电机拆开，中间加入扭矩传感器进行准确测量，扭矩传感器安装位置为双质量飞轮后端。
  - 2) 若由于增程器特殊原因，无法拆开进行测量。则需要制造厂提供发电机发电模式下的扭矩精度测量报告，试验中以发电机发送扭矩为增程器扭矩值。
- b) 测量工作点运行时间：为保证测量精度，每个工作点下增程器需稳定运行 300s，并记录数据。
- c) 增程器发电量计算：试验过程中实时测量发电机的目前输出端电流与电压，其计算公式为

$$E = \int_{t_1}^{t_0} \frac{U \times I}{3600 \times 1000} dt \dots\dots\dots(1)$$

式中：

$E$ ——增程器发电量，单位为千瓦时（kWh）；

$t_0$ ——试验开始时间，单位为秒（s）；

$t_1$ ——试验终止时间，单位为秒（s）；

$U$ ——发电机控制器输出端电压，单位为伏特（V）；

$I$ ——发电机控制器输出端电流，单位为安培（A）。

- d) 增程器燃油消耗量：增程器内燃机的燃油消耗量 $\Delta m$ 的测量与计算应符合 GB18488.2-2015。

- e) 能量转化率：按照下式计算

$$\xi = \frac{\Delta m}{E} \dots\dots\dots(2)$$

式中：

$\xi$ ——增程器能量转化率，单位为克每千瓦时（g/kWh）；

$\Delta m$ ——试验过程中内燃机的燃料消耗量，单位为克（g）。

## 5.4.2 增程器最优油耗区占比及对应电功率

最优油耗区占比分为三个阶段：

——油耗测试中最优油耗点加 10g/kWh 的工作区域占比及该范围内增程器电功率范围；

——油耗测试中最优油耗点加 20g/kWh 的工作区域占比及该范围内增程器电功率范围；

——油耗测试中最优油耗点加 50g/kWh 的工作区域占比及该范围内增程器电功率范围。

## 6 试验结果评价

### 6.1 启停得分

增程器的启停测试共进行3次，被试增程器需成功完成3次启停试验，若连续3次启停失败则试验失败，制造厂需改进后重新进行测试。启停测试得分的相关信息见表1。

表1 启停得分

	启动时间	转速超调比	最大功率	振荡比	停机时间	最大功率	振荡比
第1次							
第2次							
第3次							
注：此处后续会根据调研及试验制作得分表评价优劣。							

6.2 瞬时响应特性得分

增程器的瞬时响应测试共进行3次，被试增程器需成功完成3次响应试验，若连续3次响应失败则试验失败，制造厂需改进后重新进行测试。瞬时响应测试得分的相关信息见表2。

表2 瞬时响应特性得分

	0-最优时间	0-最大时间
第1次		
第2次		
第3次		
注：此处后续会根据调研及试验制作得分表评价优劣。		

6.3 最优油耗占比得分

最优油耗占比得分的相关信息见表3。

表3 最优油耗占比得分

	最优油耗点（g/kWh）	最优+10（g/kWh）	最优+20（g/kWh）	最优+50（g/kWh）
范围				
占比（%）				
电功率范围（kW）				
注：此处后续会根据调研及试验制作得分表评价优劣。				