

团 体 标 准

T/CAAMTB XXXXX—XXXX

汽车发动机和变速器装配测量机
技术要求与试验方法

Measuring machine for vehicle engines and transmissions assembly —Technical
requirements and test methods

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国汽车工业协会 发布

目 次

- 前言..... II
- 1 范围..... 1
- 2 规范引用文件..... 1
- 3 术语和定义..... 1
- 4 工作环境..... 1
- 5 系统构成..... 2
- 6 技术要求..... 2
 - 6.1 一般要求..... 2
 - 6.2 功能要求..... 2
 - 6.3 性能要求..... 3
 - 6.4 安全要求..... 4
- 7 试验方法..... 5
 - 7.1 功能要求..... 5
 - 7.2 性能要求..... 5
 - 7.3 安全要求..... 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》的规则起草。

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（T/CAAMTB）提出并归口。

本文件起草单位：

本文件起草人：

汽车发动机和变速器装配测量机 技术要求与试验方法

1 范围

本文件规定了汽车发动机和变速器装配测量机的工作环境、系统构成、技术要求及试验方法。

本文件适用于燃油汽车发动机装配测量机、燃油汽车变速器装配测量机、混动汽车变速器装配测量机以及电动汽车电机变速器装配测量机。

2 规范引用文件

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 2894 安全标志及其使用导则

GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 3785.1-2010 电声学 声级计 第1部分：规范

GB/T 5226.1-2019 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件

ISO/TR 12888 量具的重复性和再现性研究图例精选（Selected illustrations of gauge repeatability and reproducibility studies）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

汽车发动机和变速器装配测量机 assembly measuring machine for vehicle engine and transmission

用于汽车发动机和变速器装配尺寸测量的机械设备。

4 工作环境

4.1 电源和气源环境如下：

——电压 $380V \pm 10\%$ ，频率 $50Hz \pm 2Hz$ ，三相五线制；

——电压 $220V \pm 10\%$ ，频率 $50Hz \pm 2Hz$ ，单相；

——压缩空气压力 $0.4 \sim 0.6\text{Mpa}$ 。

4.2 气候环境如下：

——环境温度： $0 \sim 35^\circ\text{C}$ ；

——相对湿度： $10\% \sim 90\%$ ，无凝露；

——大气压强： $86\text{kPa} \sim 106\text{kPa}$ 。

- 4.3 电磁干扰应不影响测量机的正常运行。
- 4.4 设备安装地坪表面平整度应小于等于 3mm/2m, 地坪表面无裂缝, 无空鼓。
- 4.5 设备安装地面的承载能力应满足设备的承载要求。

5 系统构成

典型的汽车发动机和变速器装配测量机包括机柜机架、工件定位模块、测量模块、标定模块和数据处理模块五部分。

- 机柜机架：通常由底座、机身、滑台、电气柜、调节地脚等组成，用于为工件定位模块、测量模块、标定模块和数据处理模块提供结构支撑，保证测量机整体结构的稳定性，提供传感器保护防止机械损坏，提供人机工程防护；
- 工件定位模块：通常由定位托盘、浮动挂杆组件、浮动解锁气缸组件、拉簧组件、工件举升机构、测量定位组件等组成，分为粗定位和精定位，粗定位用于保证被测工件测量基准统一，精定位用于保证测量组件与被测工件相对精确定位；
- 测量模块：通常由测量传感器、测量头、辅助加载、测量驱动等组成，用于实现对汽车发动机和变速器装配参数的测量；
- 标定模块：主要指标定件，分为基准件和校验件。标定分为开机置零标定和定期校准标定，开机置零标定用于置零传感器基准位置，定期校准标定用于校准测量机稳定性和线性度；
- 数据处理模块：通常由上位机软件、PLC 控制系统等组成，分为数据输入单元、数据处理单元和数据输出单元，用于将传感器采集到的数据进行处理分析，其中处理包括环境温度等补偿矫正，显示存储测量结果和测量状态。

6 技术要求

6.1 一般要求

- 6.1.1 汽车发动机和变速器装配测量机应按规定程序批准的图样和技术文件制造。
- 6.1.2 汽车发动机和变速器装配测量机运行应平稳，运动零部件动作应灵敏、协调、准确、无卡阻和异常现象。
- 6.1.3 汽车发动机和变速器装配测量机的气路、液路、润滑系统应畅通，无泄漏和阻塞现象。
- 6.1.4 汽车发动机和装配测量机应不对被测工件造成损害。
- 6.1.5 汽车发动机和装配测量机测量设备所使用的传感器分辨率应不低于 0.0001mm。
- 6.1.6 标定件应作热处理和防锈处理，并配备防尘盖，标定件变形、磨损造成的尺寸变化应不大于 0.02mm/年，基准件应大于被测工件尺寸理论最大值 0.2mm，校验件应小于被测工件尺寸理论最小值 0.2mm。

6.2 功能要求

6.2.1 基本功能要求

汽车发动机和变速器装配测量机应至少实现以下基本功能：

- 测量功能：实现对汽车发动机和变速器装配尺寸的测量，如变速器轴系高度、变速器轴承孔深度、差速器半轴齿轮间隙、CVT 带轮高度、离合器卡环槽高度、发动机活塞凸出量；
- 定位功能：工件定位，并能判断出是否已准确定位完成；
- 标定功能：实现对测量模块的开机标定和定期标定；

- 报警功能：实现对不合格尺寸的报警；
- 显示功能：实现测量参数及测量结果的显示；
- 记录查询功能：实现对标定、测量过程中传感器产生的结果数据的记录保存，并可通过条件查询和导出相关数据；
- 上传追溯功能：根据需方要求将测量结果集中上传到上位系统（如 MES），并可根据相关工件条件进行追溯。

6.2.2 操作模式要求

汽车发动机和变速器装配测量机应至少具备以下五种操作模式：

- 手动模式：实现设备的单步手动动作及回原位；
- 自动模式：按照事先预定的操作顺序完成工作循环；
- 旁通模式：设备无任何动作，只要下一工位允许托盘进入，设备会直接放行托盘；
- 空循环模式：适用于调试过程，设备不带托盘及工件试运行；
- 标定模式：采用标定件对设备进行一次标准测量，实现设备零点校准或验证准确度。

6.2.3 系统自诊断要求

汽车发动机和变速器装配测量机应具备以下系统自诊断功能：

- 开机诊断：通电后，应自动执行运行诊断。开机诊断应自动提示故障信息，以便进行故障定位。开机诊断结果为无故障时，设备方可进入运行准备状态；
- 过程诊断：设备正常工作时，运行内部诊断程序，对设备本身及外部输入/输出设备进行自动测试、检查，当出现异常情况时，显示有关信息和故障，并及时给出报警提示信息。实时诊断应在设备工作时反复进行。

6.2.4 产品型号选定要求

汽车发动机和变速器装配测量机兼容两种及以上被测工件时，应具备以下产品型号选定功能：

- 在手动模式下，根据已知被测工件机型信息，手动切换至对应被测工件机型的脚本配方；
- 在自动模式下，根据 MES 或 RFID 等方式获取机型信息，自动切换至对应被测工件机型的脚本配方。

6.2.5 参数化配置要求

汽车发动机和变速器装配测量机应提供配置管理菜单或编程工具，供用户按照各类用途配置系统功能或更改设备性能。

6.2.6 节能功能要求

汽车发动机和变速器测量机在规定时间内没有发生任何动作触发，各电机输出回路应停止输出，但控制系统应保持正常供电。

6.3 性能要求

6.3.1 外观要求

6.3.1.1 外观表面应平整匀称，不准许有明显的凹陷、划伤、裂缝、变形。外观表面涂（镀）层不应有气泡、龟裂、脱落或锈蚀等缺陷，面膜应平整、牢固。

6.3.1.2 电气管路的外露部分,应布置紧凑、排列整齐,不应与相对的运动零部件产生干涉接触,能固定的应牢靠固定。

6.3.1.3 设备颜色应符合供需双方技术协议规定,与标准色板应无明显色差或 $\Delta E \leq 4$ 。

6.3.2 稳定性和线性度

汽车发动机和变速器装配测量机 $C_g \geq 1.67$, $C_{gk} \geq 1.67$, 静态%GRR $\leq 10\%$, 动态%GRR $\leq 20\%$ 。

注:静态GR&R测量取值过程中工件为静止状态,动态GR&R测量取值过程中工件为运动状态。

6.3.3 分辨率

汽车发动机和变速器装配测量机分辨率应小于或等于被测产品公差 $1/10$ 。

6.3.4 重复精度

汽车发动机和变速器装配测量机静态测量重复精度 $\leq 0.005\text{mm}$, 动态测量重复精度 $\leq 0.01\text{mm}$ 。

注:静态测量重复精度测量取值过程中工件为静止状态,动态测量重复精度测量取值过程中工件为运动状态。

6.3.5 生产节拍

汽车发动机和变速器装配测量机生产节拍应符合供需双方技术协议规定。

6.3.6 运行噪音

汽车发动机和变速器装配测量机稳定运行时噪音应不大于75dB。

6.3.7 防护等级

汽车发动机和变速器装配测量机电气控制柜以外的控制装置的防护等级应不低于IP65,电气控制柜的防护等级应不低于IP54。

6.4 安全要求

6.4.1 电气安全要求

6.4.1.1 电气控制系统应安全可靠、控制准确,各电器接线应连接牢固并加以编号,操作按钮应灵活,指示灯显示应正常;应有急停装置,急停操动器的有效操作中中止了后续命令,该操作命令在其复位前一直有效;复位应只能在引发紧急操作命令的位置用手动操作;急停命令的复位不应重新起动机机械,而只是允许再起动。

6.4.1.2 动力电路的过电流保护应满足 GB/T 5226.1-2019 中 7.2.3 的要求,控制电路的过电流保护应满足 GB/T 5226.1-2019 中 7.2.4 的要求。

6.4.1.3 动力电路导线和保护联结电路间施加 500V(d.c.)时测得的绝缘电阻应不小于 $1\text{M}\Omega$ 。

6.4.1.4 接地端子或接地触点与接地金属部件之间的连接,应具有低电阻值,其电阻值应不超过 0.1Ω 。

6.4.1.5 动力电路导线和保护联结电路之间应能承受 1000V、50Hz、历时 1s 的耐电压试验,试验时应无击穿和闪络现象。

6.4.2 机械安全要求

6.4.2.1 机身应有清晰醒目的挤压等安全或警告标志,安全标志应符合 GB 2894 的规定。

6.4.2.2 齿轮、传动皮带、丝杆等运动部件处，如有卷入、夹住、压伤等潜在危险或可能造成人员受伤处，应设置安全防护装置。

6.4.2.3 当缺少物料、出现物料卡阻时，应自动报警并停止工作。

6.4.2.4 各零件、螺栓及螺母等连接件应可靠固定，防止松动，不应因震动而脱落。往复运动机构应有极限位置的保护装置。

7 试验方法

7.1 功能要求

7.1.1 基本功能

按照说明书运行汽车发动机和变速器装配测量机，依次执行并检查6.2.1规定的各项基本功能。

7.1.2 操作模式

按照说明书运行汽车发动机和变速器装配测量机，依次设置并检查6.2.2规定的各项操作模式。

7.1.3 系统自诊断

7.1.3.1 根据说明书确定汽车发动机和变速器装配测量机自诊断功能类型。

7.1.3.2 开机诊断功能检查：待测系统通电，查看开机后的执行情况。

7.1.3.3 实时诊断功能检查：待测系统通电，查看待测系统正常工作状态下是否运行内部诊断程序。

7.1.3.4 人工模拟异常情况，查看待测系统是否报警。

7.1.3.5 按照说明书处理异常，查看待测系统是否继续报警。

7.1.4 产品型号选定

在手动模式下，检查是否能通过手动切换至对应被测工件机型的脚本配方。在自动模式下，模拟MES或RFID等方式，检查是否能自动切换至对应被测工件机型的脚本配方。

7.1.5 参数化配置

按照说明书指导，操作汽车发动机和变速器装配测量机的配置管理菜单或编程工具，查看配置结果。

7.1.6 节能功能

在规定时间内停止汽车发动机和变速器装配测量机动作执行，检查各电机输出回路是否停止输出，控制系统是否仍保持正常供电。

7.2 性能要求

7.2.1 外观要求

目视检查。对于设备颜色要求，目测比对标准色卡，无法区分时采用色差仪检测 ΔE 。

7.2.2 稳定性和线性度

7.2.2.1 C_g 和 C_{gk}

7.2.2.1.1 按照说明书运行汽车发动机和变速器装配测量机标定程序进行标定，标定应至少包括基准标定和校验标定。

7.2.2.1.2 标定合格，稳定运行后由同一检验人员使用标定件进行 50 次测量并记录测量数据 x_i ，检测过程中不允许对测量机的任何部位进行调整，若在测量过程中发生故障，则应重新开始。按公式

(1) 计算 C_g ，按公式 (2) 计算 C_{gk} 。

$$C_g = \frac{0.2 \times (UTL - LTL)}{4 \times \sqrt{\frac{1}{n-1} \times \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \dots \dots \dots (1)$$

$$C_{gk} = \frac{0.1 \times (UTL - LTL) - |\bar{x} - xm|}{2 \times \sqrt{\frac{1}{n-1} \times \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \dots \dots \dots (2)$$

式中：

C_g —— 检具能力；

C_{gk} —— 检具能力指数；

UTL —— 被测工件公差上限；

LTL —— 被测工件公差下限；

x_i —— 标定件测量值；

\bar{x} —— 标定件测量平均值；

xm —— 采用高一级精度检具测得的标定件真实值；

n —— 被测数据数，取值 50。

7.2.2.2 %GRR

7.2.2.2.1 总则

7.2.2.2.1.1 按 7.2.2.1 规定的方法进行试验， C_g 和 C_{gk} 同时符合 6.3.2 要求后，方可进行 %GRR 试验。

7.2.2.2.1.2 %GRR 试验方法分极差-平均值法和方差法，7.2.2.2.2 和 7.2.2.2.3 为极差-平均值法，采用方差法时按 ISO/TR 12888 规定的内容进行试验。

7.2.2.2.1.3 测量过程或工件上下料存在人员参与的测量机按 7.2.2.2.2 规定方法进行试验，测量过程或工件上下料完全自动的测量机按 7.2.2.2.3 规定的方法进行试验。

7.2.2.2.2 手动测量

7.2.2.2.2.1 按照说明书运行汽车发动机和变速器装配测量机标定程序进行标定，标定应至少包括基准标定和校验标定。

7.2.2.2.2.2 标定合格，稳定运行后第一位检验人员以随机方式对覆盖工序变化范围的 10 个工件分别进行 1 次测量并记录测量数据 x_{a1-i} ，第二位检验人员以相同方式对该批工件进行 1 次测量并记录测量数据 x_{b1-i} ，第三位检验人员以相同方式对该批工件进行 1 次测量并记录测量数据 x_{c1-i} 。

7.2.2.2.2.3 重复 7.2.2.2.2.2，进行第二次和第三次测量并记录测量数据 x_{a2-i} 、 x_{b2-i} 、 x_{c2-i} 、 x_{a3-i} 、 x_{b3-i} 、 x_{c3-i} 。

7.2.2.2.2.4 按公式 (3) ~ (6) 进行计算半自动工位 %GRR₁。

$$\%GRR_1 = 100 \times 6 \times GRR_1 / (UTL - LTL) \dots \dots \dots (3)$$

$$GRR_1 = \sqrt{EV_1^2 + AV_1^2} \dots \dots \dots (4)$$

$$EV_1 = (\sum_{i=1}^{10} R_{ai} + \sum_{i=1}^{10} R_{bi} + \sum_{i=1}^{10} R_{ci}) / 30 \times K_1 \dots \dots \dots (5)$$

$$AV_1 = \sqrt{\left[\left(\text{MAX}(\bar{x}_a, \bar{x}_b, \bar{x}_c) - \text{MIN}(\bar{x}_a, \bar{x}_b, \bar{x}_c) \right) \times K_2 \right]^2 - EV_1^2 / nr} \dots \dots \dots (6)$$

式中：

GRR_1 —— 手动测量的重复性和再现性；

- UTL ——被测工件公差上限；
 LTL ——被测工件公差下限；
 EV_1 ——手动测量的重复性，反映设备变差；
 AV_1 ——手动测量的再现性，反映评价人变差；
 R_{ai} ——第一位检验人员第*i*个工件的三次测量 x_{a1-i} 、 x_{a2-i} 、 x_{a3-i} 的极差；
 R_{bi} ——第二位检验人员第*i*个工件的三次测量 x_{b1-i} 、 x_{b2-i} 、 x_{b3-i} 的极差；
 R_{ci} ——第三位检验人员第*i*个工件的三次测量 x_{c1-i} 、 x_{c2-i} 、 x_{c3-i} 的极差；
 K_1 ——试验次数系数，10工件3人3次时： $K_1=0.5908$ ；
 \bar{x}_a ——第一位检验人员所有测量数据 x_{a1-i} 的平均值；
 \bar{x}_b ——第二位检验人员所有测量数据 x_{b1-i} 的平均值；
 \bar{x}_c ——第三位检验人员所有测量数据 x_{c1-i} 的平均值。
 K_2 ——评价人数量系数，3人时： $K_2=0.5231$ ；
 n ——被测工件数，取值10；
 r ——测量次数，取值3。

7.2.2.2.3 自动测量

7.2.2.2.3.1 按照说明书运行汽车发动机和变速器装配测量机标定程序进行标定，标定应至少包括基准标定和校验标定。

7.2.2.2.3.2 标定合格，稳定运行后对覆盖工序变化范围的25个工件分别进行1次测量并记录测量数据 x_{a-i} 。

7.2.2.2.3.3 重复7.2.2.3.2，进行第二次测量并记录测量数据 x_{b-i} 。

7.2.2.2.3.4 按公式(7)~(9)进行计算自动工位%GRR₂。

$$\%GRR_2 = 6 \times GRR_2 / (UTL - LTL) \dots\dots\dots (7)$$

$$GRR_2 = EV_2 \dots\dots\dots (8)$$

$$EV_2 = \sum_{i=1}^{25} R_{a-i} / 25 \times K_1 \dots\dots\dots (9)$$

式中：

- GRR_2 ——自动测量的重复性和再现性；
 UTL ——被测工件公差上限；
 LTL ——被测工件公差下限；
 EV_2 ——自动测量的重复性，反映设备变差；
 R_{a-i} ——第*i*个工件的两次测量数据 x_{a-i} 和 x_{b-i} 的极差值；
 K_1 ——试验次数系数，自动测量25工件2次时： $K_1=0.8862$ 。

7.2.3 分辨率

按照说明书运行汽车发动机和变速器装配测量机，使用测量机配备的标定件或工件测量，读取并记录测量数据的最后一位，即测量机的分辨率。

7.2.4 重复精度

按照说明书运行汽车发动机和变速器装配测量机，稳定运行后使用同一工件进行50次测量并记录测量数据 x_i ，检测过程中不允许对测量机的任何部位进行调整，若在测量过程中发生故障，则应重新开始。测量机测量重复精度为测量数据最大值与最小值的差值。

7.2.5 生产节拍

按照说明书运行汽车发动机和变速器装配测量机，稳定运行后连续测量10个工件，记录测量完成所有工件所需时间T，计算生产节拍T/10。

7.2.6 运行噪音

7.2.6.1 检测条件

检测条件包括以下内容：

- a) 测量机负载进入稳定工作状态后进行检测；
- b) 测量机应离墙壁 2m 以上，周围 1.5m 内应无易引起共振声的物体；

7.2.6.2 检测方法

7.2.6.2.1 选用 GB/T 3785.1-2010 中规定的 2 级及以上精度的声级计或准确度相当的测试仪器。

7.2.6.2.2 测点位置为距设备和地面均为 $1000 \pm 25\text{mm}$ 的正前、左前、右前、左后、右后五个点位。

7.2.6.2.3 在每个测点连续测量三个循环周期，并将最大发射声压级记录为被测设备的发射声压级，取五个测点中的发射声压级的最大值作为测量结果。

7.2.6.2.4 测量机带被测工件完成一次测量为一个循环周期。

7.2.6.3 背景噪声要求

测量机噪声测量应在安静的环境中进行。在整个测量过程中，要求背景噪声的噪声声压级比被测测量机负载运行时相应测得的噪声声压级至少低10dB(A)。

7.2.7 防护等级

按GB/T 4208-2017规定的内容进行试验。

7.3 安全要求

7.3.1 电气安全要求

7.3.1.1 依次检查生产线的电气控制系统、过电流保护。

7.3.1.2 用绝缘电阻表按 GB/T 5226.1-2019 中 18.3 的规定测量其绝缘电阻。

7.3.1.3 切断电气装置电源，测量接地端子与每个易触及金属部件之间的电阻。

7.3.1.4 采用耐电压测试仪进行耐电压试验。

7.3.2 机械安全要求

目视检查生产线机械安全。