

国家内燃机产业计量测试中心建设

刘宁, 刘东, 丁富才, 刘艳玲, 李继祥

(潍柴动力股份有限公司, 山东 潍坊 261000)

摘要: 计量测试是产业发展的重要技术基础, 与产业变革和技术进步息息相关。国家内燃机产业计量测试中心建设围绕国家内燃机产业发展政策和高质量发展要求, 紧密衔接产业发展, 聚焦产业发展计量测试瓶颈, 梳理产业发展过程中的计量测试难题, 明确计量测试服务重点和主攻方向。坚持创新驱动, 加强应用性、创新性、前瞻性计量测试技术研究, 为加快产业测试方法和专用设备研制, 提升产品全寿命周期计量保障能力, 推动产品质量不断提升, 进而为推动内燃机产业转型升级和整体技术创新将发挥重要作用。

关键词: 内燃机; 产业计量; 计量测试

Construction of National Metrology and Testing Center for Internal Combustion Engine Industry

Liu Ning, Liu Dong, Ding Fucui, Liu Yanling, Li Jixiang

(Weichai Power Co., LTD., Shandong Weifang, 261000)

Abstract: Measurement and testing is an important technical basis for industrial development, which is closely related to industrial reform and technological progress. The construction of the National Measurement and Testing Center for Internal Combustion Engine Industry focuses on the national internal combustion engine industry development policies and high-quality development requirements, closely connects the industrial development, focuses on the bottleneck of industrial development measurement and testing, combs the measurement and testing problems in the process of industrial development, and clarifies the key points and main direction of measurement and testing services. Adhere to innovation driven, strengthen the research on applied, innovative and forward-looking measurement and testing technologies, and play an important role in accelerating the development of industrial testing methods and special equipment, improving the measurement guarantee capability of products throughout their life cycle, promoting the continuous improvement of product quality, and further promoting the transformation and upgrading of the internal combustion engine industry and the overall technological innovation.

Keywords: internal combustion engine; industrial measurement; measurement test

1 国家内燃机产业计量测试中心建设背景和价值

1.1 建设背景

内燃机（英语：Internal combustion engine，缩写为 ICE）是热机的一种，它可将燃料的化学能转化为动能。一般的实现方式为，燃料与空气混合燃烧产生热能，气体受热膨胀并通过机械装置转化为机械能对外做功，被誉为通用机械产品的“心脏”。

内燃机的全产业链主要包括上游金属和非金属原材料的研发和制造，中游内燃机及其零部件的研发、设计和制造，下游发动机在汽车工业、工程机械、农业机械、船用动力以及发电机组等领域的应用。内燃机研发的技术领域涉及材料、化学等多个学科，同时还涉及工艺优化、智能制造、工业大数据、智能算法等多方面。内燃机制造技术的不断进步将带动配套产业链的持续发展和技术协同程度的进一步提升。内燃机产业的发展水平，基本代表了该地区基础工业的整体发展水平。

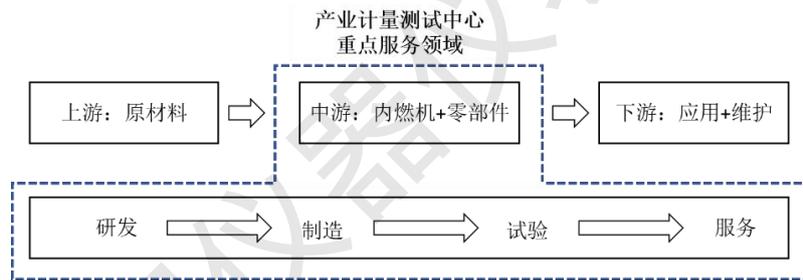


图 1 内燃机产业链

当前，内燃机产业计量测试服务手段尚不够全面，针对产业特点对关键领域关键参数的系统识别能力还存在不足，先进测试技术的准确性仍有待验证，内燃机专用计量测试设备研制能力与某些发达国家相比还有差距。因此，急需通过聚焦中游产业测量测试的共性和关键问题，提炼计量测试需求，补充完善产业计量技术研究和测试能力，提升产业过程参数测量和控制水平，为推动产业技术创新和质量提升，助力国产内燃机核心技术的突破，实现内燃机产业升级发挥积极作用。

1.2 应用价值

通过梳理内燃机产业全链条计量测试技术存在的差距，加快内燃机产业重点领域的计量测试技术研发；围绕产业发展构建前沿技术应用示范平台；优先实现一批需求迫切的计量测试技术突破，解决产业中存在的“测不了、测不准、测不全”和卡脖子测量技术难题。

初步效果：以潍柴动力为申报主体的国家内燃机产业计量测试中心，2022年5月以全国14个申报单位总分第一的成绩顺利通过国家市场监督管理总局组织的申报答辩和现场考评，正式获得批准筹建。通过计量测试中心的建设将更有效地保障产品高端化转型和保证产品质量的更加稳定可靠，推动我国内燃机产业和相关配套产业转型升级，同时也为国家“双碳”战略落地做出重要贡献。

目前已经确定了内燃机产业计量测试优先突破的六大领域，并组织科研院所和行业专家进行了科技攻关项目论证，确定了20个装备研制、关键共性和前瞻性的技术攻关项目。

2 创新点与优势

(1) 对国外产业相关的计量测试技术有了全面的了解。国外内燃机行业在市场竞争和环境保护的双重压力下，一批新的先进测试技术已进入实用阶段。如：整机动态、瞬态测试技术，以计算机为基础的集调整数据采集、处理、分析和自动控制于一体的各种智能化试验技术，以及计量测试手段与政策法规的前瞻性储备等。同时，通过对比分析也明确了内燃机产业国内计量测试技术的差距与不足。

(2) 梳理完成产品设计参数与计量测试参数的映射关系。以测量数据的有效溯源为前提，通过梳理关键过程，确定了关键测量参数，并针对关键参数开展测试与科技开发。在此基础上，以产品制造为导向，建立从零部件加工制造、装配、整机试验，一直到终端客户应用和机器报废或再制造的全生命周期的测试。与此同时，中心将始终保持对内燃机产业未来的新技术、发展规律、产业需求高度关注，紧跟国际，开展预见性和基础性的研究规划，将最新、最好、最优的科技成果应用到整个产业链当中。

(3) 搭建起企业、科研院所、国际知名测量设备制造商等在内的计量测试技术创新联盟。形成了以国家中心为引领的前沿内燃机产品及技术应用示范平台，主要包括建立内燃机计量科技创新机制、产业计量科技创新联盟，内燃机产业计量科技创新平台，同时依托创新联盟建立内燃机产业计量科技专家库。同时保持与关键部件生产企业深入合作，就产业研发、生产以及使用过程中的重点技术问题进行攻关，重点解决产业与计量的关键共性问题，共同申报承担国家、省部级科研项目，推动“产学研用”相结合的计量科技创新体系。

3 实现方案简介

3.1 中心建设启动

3.1.1 了解和掌握国家内燃机产业的政策和内燃机未来的发展方向

国家非常重视内燃机产业的发展，国务院、工信部、发改委、农业农村部等不断出台一

系列政策支持内燃机产业发展。这些政策一方面促进了内燃机产业高速、高质量的发展，另一方面整个行业的发展指明了方向。当前国内外内燃机的发展方向都是一致的、明确的，就是要求内燃机实现高效、绿色和智能化。

以内燃机热效率为例，内燃机越来越高的热效率，越来越低的排放参数值要求，就需要大量新技术的研究与应用，比如协同燃烧技术、协调设计技术、排气能量分配技术、分区润滑技术等。这些新技术的应用也对计量测试技术有了新的需求，包括燃烧室内实时温场分布检测、火焰形貌发展检测、缸套织构结构等微观形貌摩擦参数检测、排气脉冲实时检测等相关检测技术，但目前这些依然存在诸多计量测试技术短板。

3.2.2 进行国内内燃机产业计量测试的发展现状分析

针对国外的发展趋势，我们对国内内燃机的产业计量测试技术发展现状分析发现国内还有很多的不足。

一是计量测试技术同产业技术发展部分脱节，因此经常出现计量测试技术跟不上产业发展的情况，大多都是靠引进国外标准/规范来实现，前瞻性不够。

二是我们的计量校准技术能力不足，尤其一些高精尖的检测设备都是从国外购买，如排放检测相关的设备大部分都是从欧美进口，溯源存在问题，国内还无法有效溯源，我们需要把设备邮寄到国外由厂家进行校准后再寄回国内，增加了校准周期和使用成本。

三是我们对计量测试数据的分析和应用不充分，数据没有系统性收集，所以更无法进行深入的分析 and 闭环的应用，没有为产业的高质量发展和转型升级起到重要的推动作用。从这个角度来看，建设国家内燃机产业计量测试中心具有重大的意义，也刻不容缓。

3.2.3 梳理内燃机产业链的计量测试需求

根据产业计量的特点，遵循“三全一前”原则，共梳理产业计量参数 7834 项。其中原辅料参数 300 项；内燃机整机研发、制造、服务环节参数 839 项；零部件研发、制造、使用环节参数 6695 项。通过走访中国计量科学研究院、山东省计量科学研究院等科研院所了解计量测试的前沿技术，了解和掌握内燃机产业计量测试短板。进一步梳理出“测不了、测不准、测不全”关键参数拟建 137 项。

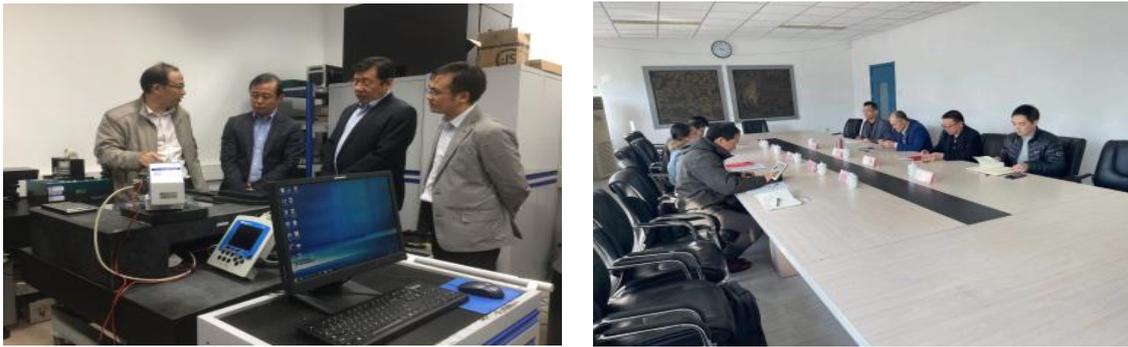


图2 走访中国计量科学研究院等科研院所

3.2 以课题攻关推动中心建设

通过开展前瞻性计量测试技术研究、测量装备研制及方法研究和产业关键共性技术领域计量科技创新，解决卡脖子计量测试难题。目前内燃机产业存在的计量测试短板，归结起来主要包括无损检测、基础材料研究与应用、内燃机加工制造检测技术、智能控制技术研究与应用、排放监控技术与应用、装配与整机测试技术六大领域。联合高校和科研院所开展项目论证，形成 20 项专项课题攻关项目。

| 序号 | 重点项目 | 发展目标 |
|----|-----------------------|---|
| 1 | 铁磁类材料加工导致的不可视损伤检测技术研究 | 利用巴克豪森噪声信号进行测量，准确快速全面地检测工件的喷丸、磨削烧伤及热处理缺陷。 |
| 2 | 高分子材料检测研究 | 实现高分子材料的定性鉴定和结构分析、复合材料表征测试 |
| 3 | 电器件电磁兼容检测 | 构建内燃机及新能源零部件电磁兼容测试能力 |
| 4 | 内部缺陷 X 射线无损检测技术 | 实现大型部件的内部缺陷检测，工艺验证、失效分析及仲裁等。 |
| 5 | 金属、非金属的微观形貌，微区成分检测 | 光电联用将失效分析能力拓展到非导电材料，开展晶体结构取向 EBSD 分析等 |
| 6 | 材料纳米级微观形貌检测技术 | 实现材料超微结构、物相分析，更好地满足新产品开发和新工艺研究及失效分析的需要。 |
| 7 | 零部件应力残留分析技术 | 开展残余应力仪、残余奥氏体测定 |
| 8 | 材料性能与组织结构 | 实现高低温机械性能、金相组织检测能力，消 |

| | | |
|----|---------------------|---|
| | 基础研究 | 除高低温使用环境下零件机械性能不达标造成的损失。 |
| 9 | 螺纹紧固件装配技术 | 实现螺纹摩擦系数检测能力，为工艺设计及螺纹设计提供支持，验证失效模式，消除螺纹摩擦系数不达标造成的损失。 |
| 10 | 传感器关键参数检测 | 建立转速传感器性能检测能力 |
| 11 | 空间几何量检测领域 | 构建高精度、超大空间坐标测量系统。同时实现空间检测与仪器校准。 |
| 12 | 内燃机三漏流量检测 | 实现微小气体流量仪表和气密性检测设备的检定与校准 |
| 13 | 光学仪器校准领域 | 组建大导轨、标准球杆、球组等校准系统，实现扫描、拍照等大型光学测量设备的校准。 |
| 14 | 影响内燃机氮氧化物排放关键检测技术研究 | 通过尿素检测技术的研究，建立尿素水溶液检测能力，有效管控尿素质量，并科学的分析尿素造成的市场故障。 |
| 15 | 尾气排放后处理手段技术可靠性监控 | 通过对样品前处理方法、等离子体参数、分析谱线选择、基体效应对分析元素所产生的干扰影响等内容进行研究和优化，建立催化剂贵金属含量的测定方法。 |
| 16 | 超高精工作面检测技术 | 通过白光干涉和等厚干涉技术，建立超高精平面度检测方法 |
| 17 | 氧敏类传感器检测能力开发 | 建立氮氧传感器、极限电流型氧传感器、平板式氧传感器的综合测试，以及检验氮氧传感器中各电极活性性能层的测试 |
| 18 | 内燃机装配领域转角校准系统研制 | 建立带有转角、扭矩测量或控制机构的手动扭矩扳子或其他结构形式的拧紧计量器具的校准 |
| 19 | 内燃机排放仪器标定 | 实现内燃机试车过程使用的排放类设备的标定 |
| 20 | 压力仪表、传感器校准能力建设 | 搭建内燃机行业从负压到高压传感器的校准检测能力 |

3.3 中心运行保障体系

中心包括 3 个科室和物理性能、失效分析、精密测量等 35 个实验室，组建内燃机产业计量测试技术创新联盟，开展学术研究与技术攻关学，指导学术活动。

融合现有的产品的质量管理体系包括 IATF 16949、ISO 9001 和国军标 9001C、ISO/IEC 17025 实验室管理体系、19022 测量管理体系，通过三个方面的体系融合，形成我们独具特色的产业计量测试管理体系，确保整个中心的有效运行。

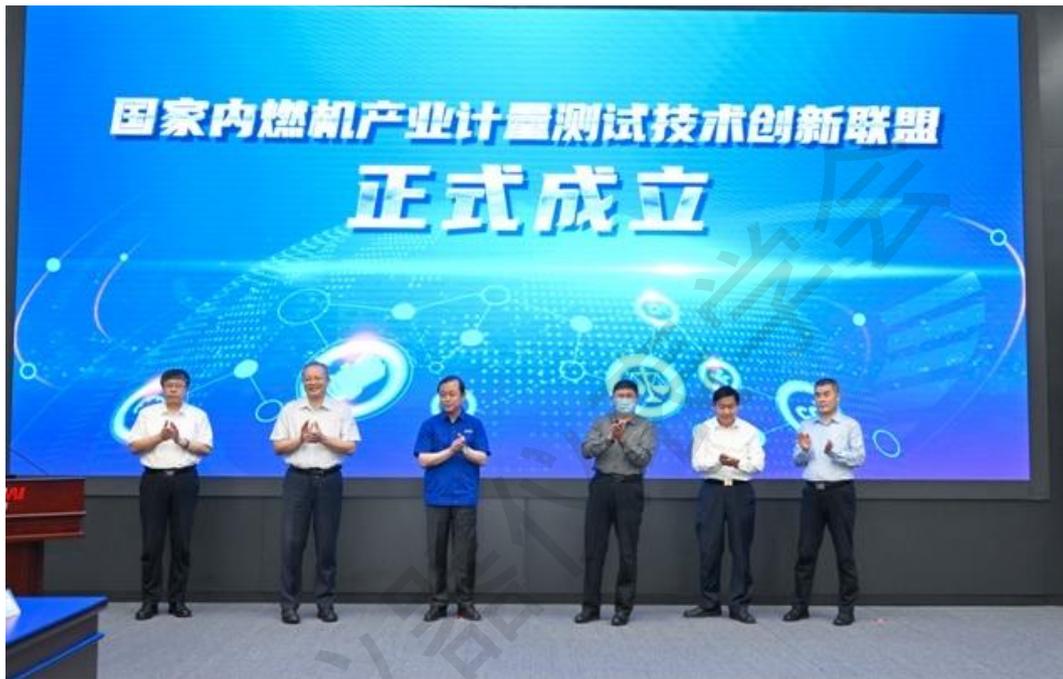


图 3 创新联盟成立仪式

在创新方面，中心通过自主创新、开放创新、工匠创新和基础研究创新“四位一体”创新模式，支撑中心的创新工作开展。如在自主创新方面设置博士研究站、专项科研创新基金，在开放创新方面成立研发、应用共同体和产学研一体化合作等。

编制了《内燃机产业计划测试技术发展规划》白皮书，在白皮书上明确提出，系统推进项目研究、人才引进等 8 大重点建设任务，白皮书的发布能够很好的引导、规范整个内燃机产业技术的发展。

4 实现效果验证

经过答辩和专家现场评审，以 14 个参评行业排名第一的成绩，5 月 13 日，正式获得国家市场监督管理总局的批准，成为行业唯一的国家内燃机产业计量测试中心。依托潍柴动力筹建国家内燃机产业计量测试中心，将充分发挥产业计量中心全溯源链、全产业链、全生命周期和前瞻性的测量技术优势，优化产业计量测试资源配置，更加高效地实施量值溯源和关

键参数测量技术研究，为全行业提供高水平、全方位、立体式的计量测试技术和科技服务，有针对性地解决内燃机产业中的计量测试难点问题，推动内燃机关键核心技术突破，巩固提升高端装备制造产业核心竞争力和行业话语权。中心将引领产业先进计量测试技术发展方向，更有效地保障产品高端化转型和保证产品质量稳定可靠，推动我国内燃机产业和相关配套产业技术升级，同时为国家“双碳”战略落地做出重要贡献。

国家市场监督管理总局

国市监计量函〔2022〕73号

为目标，促进内燃机产业创新发展。

联系人：计量司 徐卿 010-82261794

市场监管总局关于同意筹建 国家内燃机产业计量测试中心的函

山东省人民政府：

《山东省人民政府关于申请建立国家内燃机产业计量测试中心的函》（鲁政字〔2021〕134号）收悉。经研究，现函复如下：

一、同意在潍柴动力股份有限公司筹建国家内燃机产业计量测试中心。该中心的主要任务是，研究具有产业特点的量值传递技术和产业关键领域参数的测量、测试技术，开发产业专用测量、测试装备，研究服务内燃机产业全溯源链、全寿命周期、全产业链并具有前瞻性的计量技术，加强计量测试能力、计量科技创新能力和运行能力建设，为内燃机产业发展提供高科技、高质量的服务。

二、请加强对国家内燃机产业计量测试中心的领导和支持，强化计量测试技术和计量科技创新能力，发挥该中心在内燃机产业发展中的技术支撑和引领作用，以提升产业质量和核心竞争力

（此件依申请公开）



抄送：山东省市场监管局，潍柴动力股份有限公司。

图4 建设批复函