

火箭发动机静态点火测试解决方案

全套 DAQ 解决方案，尽在度纬科技

度纬科技 Application Notes-081-V1.0

<https://www.doewe.com>

一、方案概述

本方案聚焦火箭发动机地面静态点火测试场景。静态点火通常在试车台架上完成，被测发动机固定安装后进行短时燃烧，测试人员需要同步记录推力输出、发动机表面温度变化以及点火冲击和燃烧阶段的振动响应。点火发生时刻可作为时间参考，用于判断推力、温度和振动变化何时出现。

成熟火箭试车案例表明，传统分立仪器虽然能够记录某一类信号，但在多传感器同步、实时显示、滤波处理、频域分析和试后指标计算方面容易形成割裂。特别是推力曲线、温度趋势和振动频谱如果分散在不同系统中，试后往往需要人工导出、对齐和二次处理，影响测试复盘效率。

度纬科技火箭发动机静态点火测试解决方案以模块化 DAQ 平台为核心，将推力、温度和振动三类核心测量信号统一接入采集主机，并通过测试与分析软件完成实时监控、滤波计算、FFT 分析、指标统计和报告输出。该方案适用于小型火箭发动机静态点火、推力台架验证、发动机壳体热响应评估以及多轮试验数据对比等任务。

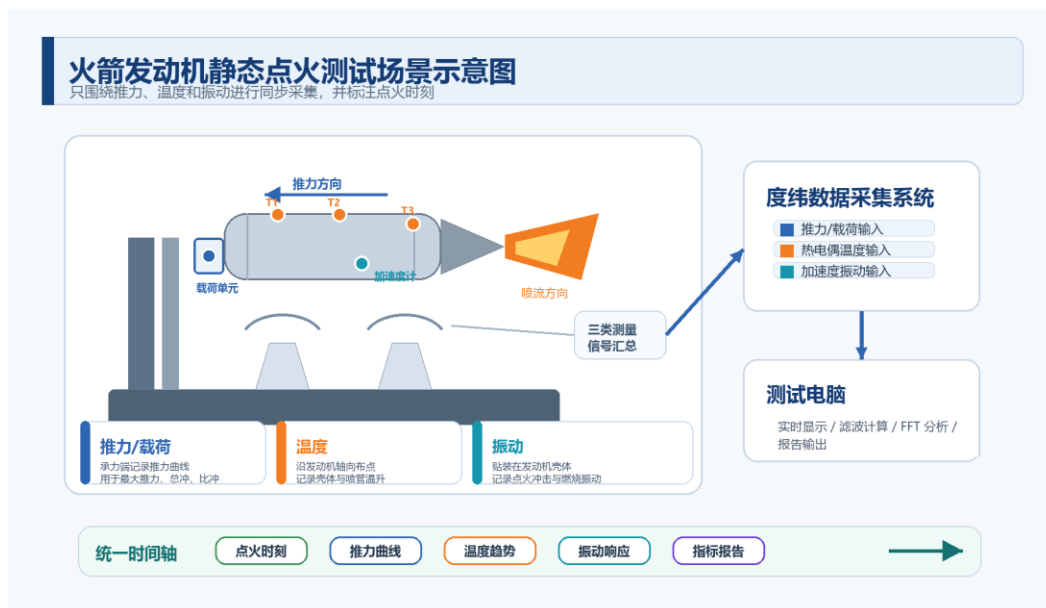


图 1 火箭发动机静态点火测试场景示意图

二、测试系统说明

2.1 静态点火测量链路

静态点火测试系统通常由被测发动机、试车台架、传感器测量链路、数据采集系统和测试电脑组成。被测发动机安装在台架上，承力端布置推力传感器或载荷单元；热电偶沿发动机轴向或关键热响应位置布点；加速度传感器贴装在发动机壳体上，用于记录点火冲击和燃烧阶段振动。

在测点规划上，推力测量用于得到推力曲线、最大推力、燃烧时间、总冲和比冲；温度测量用于记录壳体及喷管附近温升和熄火后的热响应；振动测量用于观察时域波形、FFT 频谱和主要频率峰值。点火时段不作为独立采集通道展开，而是作为试验过程中的时间参考，辅助判断各类响应的出现顺序。

不同测量量的变化速度并不相同。推力和振动更关注点火瞬间和燃烧阶段的动态变化，温度则更强调持续趋势和熄火后的热滞后。度纬科技方案通过统一时钟、同步采样和完整数据记录，使三类信号能够在同一时间轴下对齐，便于后续复盘和指标计算。

表 1 静态点火典型测点与采集关注点

测点类别	典型位置/信号	采集关注点	试验价值
推力/载荷	承力端载荷单元、推力台架受力路径	零点稳定、标定系数、动态响应、积分计算	形成推力曲线、最大推力、燃烧时间、总冲和比冲等核心指标
温度	发动机壳体、喷管附近、关键热响应位置	温升过程、最高温度、熄火后热响应	评估热负荷变化和试后结构状态
振动	发动机壳体加速度传感器	时域波形、滤波处理、FFT 频谱、主要频率峰值	判断点火冲击、燃烧阶段动态响应和发动机主要振动频率
试验时段参考	记录起止、点火时刻和燃烧时段标记	时间对齐、阶段划分、事件定位	辅助解释推力、温度和振动响应的先后关系



图 2 火箭发动机静态点火测试系统结构示意图

2.2 测试与分析软件介绍

度纬科技配套测试与分析软件覆盖通道配置、实时监控、滤波计算、FFT 分析和报告输出。试验准备阶段，软件可建立测点表、通道命名、工程单位、传感器灵敏度、采样策略和试验记录模板，减少临场配置带来的错误。

静态点火过程中，软件界面可同时显示推力、温度和振动相关数据。推力窗口可叠加原始曲线与滤波曲线，并显示最大推力等关键读数；温度窗口可显示多点温度趋势和最高温度；振动窗口可同时查看时域波形和频域结果，用于判断发动机在燃烧阶段的主要振动频率。

试验结束后，软件可围绕火箭静态点火的核心指标生成分析结果，包括最大推力、燃烧时间、总冲、比冲、最高温度、温升过程、振动频谱和主要频率峰值。数据也可根据项目需要导出，便于与试验数据库、仿真结果或多轮测试记录进行对比。



图 3 测试与分析软件示意图

三、方案核心优势

- 1.同步数据链路构建：**方案将推力、温度和振动三类核心测量信号纳入统一时间基准下进行同步记录，减少分立仪器带来的时间戳偏差和试后人工对齐工作，使静态点火全过程数据具备更好的连续性和可追溯性。
- 2.动态响应与全过程记录：**推力和振动数据可用于捕捉点火冲击、推力建立和燃烧阶段的动态变化；温度数据可连续记录发动机壳体、喷管附近等关键位置的温升过程及熄火后的热响应，从而完整保留一次试验的主要物理过程。
- 3.关键指标自动计算：**通过测试软件中的计算模板，可对推力、温度和振动数据进行滤波、积分和频域分析，形成最大推力、燃烧时间、总冲、比冲、最高温度和主要振动频率等结果，使测试输出从曲线记录进一步转化为可判断、可对比的工程指标。
- 4.采集与分析流程一体化：**统一采集平台可同步完成数据采集、实时显示、滤波处理、数据存储和报告输出，减少多套仪器之间的数据导出、格式转换和跨软件处理工作，提高试验复盘和报告生成效率。
- 5.系列试验扩展能力：**同一平台可根据不同试验阶段调整通道数量、信号调理方式、采样策略和报告模板，支持小型发动机静态点火、推力台架验证和壳体热响应评估等多类任务，便于建立一致的数据结构和对比口径。

四、核心硬件产品介绍

4.1 数据采集主机

度纬科技数据采集主机是静态点火测试系统的采集、同步、存储与软件运行平台。根据测点数量和台架布局，方案可采用便携式一体化采集主机、PXI/PXIe 模块化采集平台或分布式采集前端。主机统一管理推力、温度和振动模块，并提供统一时钟、触发资源和数据存储空间。

对于测点集中、通道数量适中的部件级试验，可采用集中式采集结构；对于大型台架或远距离布线场景，可将采集前端部署在靠近传感器的位置，再通过同步网络与测试电脑连接，减少长距离模拟信号传输带来的不确定性。



图 4 度纬科技模块化数据采集主机示意

4.2 推力/载荷采集模块

推力是静态点火测试中最核心的性能数据之一。推力传感器或载荷单元通常布置在台架受力路径上, 采集到的推力曲线可用于判断发动机输出能力、燃烧时间、最大推力、总冲和比冲等指标。

度纬科技方案可根据传感器类型配置载荷、桥式、电荷或电压类信号调理模块, 并在软件中完成标定系数、工程单位、零点修正和滤波处理。对于短时点火试验, 保留原始曲线和滤波曲线同样重要, 既便于计算指标, 也便于回看瞬态变化。

4.3 温度与振动采集模块

温度模块用于记录发动机壳体、喷管附近及其他关键热响应位置的温升过程。由于热量传递存在滞后, 发动机熄火后温度可能仍会继续上升, 因此测试记录不宜在燃烧结束后立即停止, 应保留一段后续温度数据。

振动模块用于采集壳体加速度信号, 帮助工程师观察点火冲击和燃烧阶段的动态响应。通过滤波、时域回放和 FFT 频谱分析, 可提取发动机主要振动频率, 为结构匹配、试验复盘和多轮设计改进提供依据。

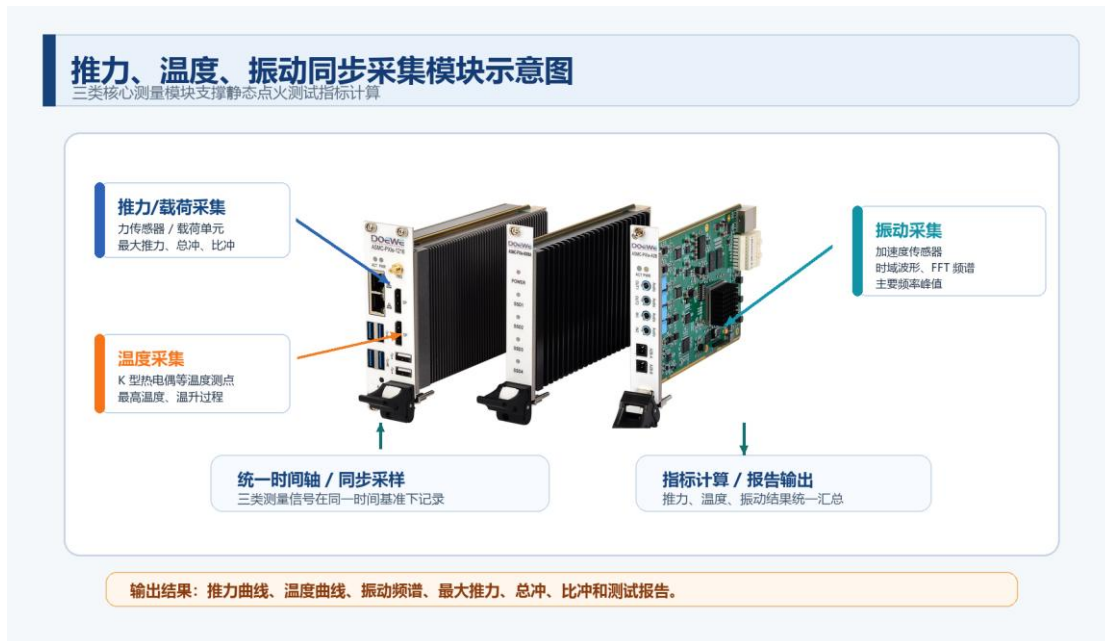


图 5 推力、温度、振动同步采集模块示意图

五、典型应用场景

固体火箭发动机静态点火：记录推力曲线、燃烧时间、壳体温升和发动机振动，评估最大推力、总冲、比冲、最高温度和主要振动频率。

小型发动机推力台架验证：围绕载荷单元、热电偶和加速度传感器建立统一测量链路，用于比较不同构型、装药批次或试验轮次的性能差异。

发动机热响应评估：通过多点温度记录观察壳体和喷管附近的温升过程，并结合熄火后的温度变化判断热量传递和结构承受情况。

发动机振动特性评估：通过壳体加速度数据和频域分析识别主要频率峰值，辅助判断点火冲击、燃烧阶段动态响应和结构匹配情况。

六、方案实施建议

方案开始阶段应先明确被测对象、试验目标和需要输出的指标，再建立测点表。每个测点都需要明确传感器类型、安装位置、量程范围、采样率、工程单位、标定信息和命名规则。

推力传感器安装应关注受力方向、台架刚度和零点稳定性；热电偶布点应覆盖壳体和喷管附近的关键热响应位置；加速度传感器应根据希望观察的振动方向和频率范围确定贴装位置与方向。

记录流程建议从点火前开始，并在燃烧结束后继续保持一段时间，以保留点火前基线、燃烧阶段动态响应和熄火后的温度变化。试后分析时，应同时查看推力曲线、温度趋势、振动波形和频谱结果，避免只凭单一曲线下结论。

七、总结

火箭发动机静态点火测试的核心价值，不在于简单增加测量通道，而在于把推力、温度和振动放到同一时间基准下进行统一记录和分析。对于试验窗口短、动态变化快、复盘成本高的发动机测试而言，只有数据同步、过程完整、指标可计算，测试结论才真正具备工程价值。

围绕静态点火测试需求，度纬科技可提供传感器与信号调理选型、DAQ 硬件配置、同步采集设计、测试软件部署、自动化分析模板和报告模板交付等服务。无论是小型发动机静态点火、推力台架验证，还是发动机热响应和振动特性评估，度纬科技都能够结合客户的试验流程和数据分析目标，提供更贴合实际需求的解决方案。

度纬科技始终致力于在数据采集领域中实现创新、独特和可靠的产品方案。我们将创新的灵感来源于客户的真实应用需求，通过不断优化数据采集、同步分析和工程交付流程，助力合作伙伴建立更高效、更精准、更可追溯的测试体系。如果您正在关注火箭发动机地面静态点火测试场景，欢迎与我们交流（010-64327909），共同探讨适合您项目需求的测试方案。