

QJ

中华人民共和国航天行业标准

FL 1617

QJ 1044A—2005

代替 QJ 1044—1989

可贮存推进剂液体火箭发动机试验方法

Test method for stored propellant liquid rocket engine



2005-12-12 发布

2006-05-01 实施

国防科学技术工业委员会 发布

前 言

本标准代替QJ 1044—1986《可贮存液体火箭发动机试车程序》。

本标准与QJ 1044—1986相比，主要有以下变化：

- a) 删除了原标准中的程序图；
- b) 增加了试验一般要求；
- c) 增加了试验结果评定。

本标准由中国航天科技集团公司提出。

本标准由中国航天标准化研究所归口。

本标准起草单位：中国航天科技集团公司第六研究院第一六五研究所。

本标准主要起草人：罗思勳。

本标准于1986年9月首次发布，2005年12月第一次修订。

可贮存推进剂液体火箭发动机试验方法

1 范围

本标准规定了可贮存推进剂液体火箭发动机地面试验的一般要求、试验准备、试验、试验数据处理和试验结果报告的编制。

本标准适用于可贮存推进剂液体火箭发动机（以下简称发动机）的地面试验，发动机高空模拟试验和组件试验可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包含勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- GJB 2898 液体火箭发动机地面试验测量方法
- QJ 1492A—2005 液体火箭发动机试验数据处理方法
- QJ 1646 液体火箭发动机试车台鉴定验收规范
- QJ 2223 液体火箭发动机振动测量数据处理方法
- QJ 2893 液体火箭发动机试验安全规定
- QJ 3062 液体火箭发动机试验系统清洁度和多余物控制要求
- QJ 3149 液体火箭发动机吊装安全规定
- QJ 1010A—1995 任务书的编制与管理

3 一般要求

3.1 试验任务书

试验任务书应满足下列要求：

- a) 试验任务书应明确发动机的装配状态、参数调整值、使用的介质、火工品、电连接器、接口及其它特殊要求，并按 QJ 1010A—1995 的规定编写；
- b) 经试验承担单位会签；
- c) 更改单和补充试验任务书应经试验承担单位会签后发出。

3.2 发动机

提供试验的发动机应满足下列要求：

- a) 有签署完整的质量证明文件和合格证，且与实物相符；
- b) 火工品及备用件清单帐物相符，质量合格，包装完好；
- c) 无超出专用技术文件规定的碰伤、划伤和其它损坏；
- d) 各连接件的锁紧、保险及铅封等正确、完好；
- e) 对接口保护堵盖、堵头完好，密封面无伤痕、锈蚀、变形和多余物；
- f) 参数测量点或传感器位置与试验任务书相符；

- g) 测控电缆和电连接器无机械损伤、锈蚀和多余物，固定合理牢固。

3.3 试验设备

试验设备应满足下列要求：

- a) 试验设备的功能满足试验任务书的要求；
- b) 定期检查试验设备并做试验验证，确保其性能稳定，工作可靠；
- c) 新试验台的鉴定验收按 QJ 1646 的规定；
- d) 新设备投入使用应按规定通过评审验收；
- e) 试验设备安全要求按 QJ 2893 的规定。

3.4 试验人员要求

参加试验的人员应满足下列要求：

- a) 指挥员、管理人员、岗位操作人员配备齐全，按规定上岗前培训，经考核合格，持证上岗；
- b) 岗位职责明确，严格按试验规程进行管理和操作；
- c) 工作中按规定穿戴安全防护用品。

3.5 试验规程

试验规程包括工艺规程、操作规程和安全规程，并应满足下列要求：

- a) 工艺规程：规定从试验准备到试验结束工艺过程的工作顺序、工作内容和要求；
- b) 操作规程：规定各岗位操作员的操作过程、方法、质量控制指标和要求；
- c) 安全规程：规定试验现场的安全管理、试验系统设备与仪器的使用技术安全要求。

3.6 试验质量与可靠性保证大纲

试验质量与可靠性保证大纲应包括下列内容：

- a) 试验质量目标与质量控制要求；
- b) 采用冗余技术提高系统工作可靠性的措施；
- c) 明确关键岗位、控制点和控制内容；
- d) 明确优质试验条件；
- e) 规定试验技术状态更改的试验验证要求和履行审批手续。

3.7 试验系统

3.7.1 推力架

推力架应满足下列要求：

- a) 结构合理，有足够的强度和刚度，满足发动机安装和工艺操作；
- b) 动架中心线、测力传感器合力作用线与发动机推力作用线重合度满足试验要求；
- c) 动架移动的阻尼力应满足推力测量的要求并验证其稳定性；
- d) 具有与发动机推力方向相同的施加负荷装置，满足推力测量系统的现场校准和施加预紧力要求
- e) 动架通过测力传感器与静架相连，保证将发动机工作产生的推力传递到地基上。

3.7.2 推进剂供应系统

推进剂供应系统应满足下列要求：

- a) 系统无泄漏，使用的设备确保工作可靠；
- b) 使用的材料与推进剂相容；
- c) 具有足够的热胀冷缩补偿能力；

- d) 管路走向布局合理, 避免死角, 流阻损失满足试验要求;
- e) 管路出口设置力分离面波纹管与发动机对接;
- f) 管路最高处设置放气口, 最低处设置放液口;
- g) 推进剂供应管路应设置过滤器, 过滤精度满足发动机和试验设备的要求;
- h) 推进剂贮箱顶端设置安全阀, 防止增压过载损坏;
- i) 系统应接地, 接地电阻小于4 Ω ;
- j) 清洁度和多余物控制按QJ 3062的规定。

3.7.3 配气系统

配气系统应满足下列要求:

- a) 气瓶场应有足够的气瓶, 保证试验所需的气源;
- b) 合理配备气源, 满足贮箱增压、阀门操纵、试验系统和发动机吹除、工艺及消防用气等要求;
- c) 气路管路上设置过滤器, 过滤精度满足发动机和试验设备的要求;
- d) 气路管路流阻损失应符合要求;
- e) 必要时气路管路上应安装单向阀, 防止气体反向流动;
- f) 清洁度和多余物控制按QJ 3062的规定。

3.7.4 控制系统

控制系统应满足下列要求:

- a) 满足发动机工作时序控制和时间控制精度的要求;
- b) 能自动和手动对相关阀门进行控制和状态反馈;
- c) 试验出现故障能自动或手动按要求中断或终止试验;
- d) 具有确保控制电源稳定供应的措施和配备应急电源;
- e) 能够记录和显示控制程序和时间;
- f) 具有点火线路测试和弱电导通检查专用设备。

3.7.5 吊装系统

吊装系统应满足下列要求:

- a) 吊装设备及作业环境按QJ 3149的规定;
- b) 具有确保被吊发动机和人员安全的防护措施;
- c) 吊装前应进行吊具检查和试吊工作。

3.7.6 测量系统

测量系统应满足下列要求:

- a) 测量系统按GJB 2898的规定;
- b) 参数测量能力和测量精度满足试验任务书的要求;
- c) 测量、测试设备和计量标准满足精度要求, 在检定合格的有效期内使用;
- d) 指定的测量参数和测量信号能实时显示;
- e) 电源工作稳定可靠, 满足使用要求。

3.7.7 其它系统

其它试验系统应分别满足下列要求:

- a) 录像监视系统能记录和显示试验中发动机和试验台上关键部位的工作情况;

- b) 通讯系统保证试验全过程中各岗位间线路畅通, 通话清晰;
- c) 试验用水的水源充足、管路畅通, 满足要求;
- d) 废气、废液和污水处理系统能按要求工作, 做到处理后达标排放;
- e) 电源、照明和水暖等系统满足要求;
- f) 防静电、防爆、防火、救护和消防等设施满足要求。

3.8 试验介质

试验使用的各种介质应满足下列要求:

- a) 推进剂符合试验任务书中规定的标准或专用技术文件的要求, 并经化验合格;
- b) 试验用气体符合规定的要求;
- c) 清洗发动机的水或专用清洗剂满足试验任务书的要求;
- d) 试验中使用的所有介质均应按要求控制多余物。

4 试验准备

4.1 技术准备

4.1.1 试验方案

确定试验方案应进行下列工作:

- a) 根据试验任务书的要求, 确定试验台、参试单位和人员;
- b) 确定各参试系统的技术状态和应采取的技术措施;
- c) 明确使用的试验工艺规程、操作规程和专用技术文件;
- d) 明确应更新改造的项目和试验承担单位的接口关系;
- e) 制订完成试验任务的安全、质量保证措施;
- f) 试验使用的各类物资采购、供应准备;
- g) 计量器具、测试设备、仪器和仪表校验检定安排;
- h) 其它试验准备和确定试验日期。

4.1.2 试验大纲

试验大纲的主要内容如下:

- a) 发动机型号、试验代号;
- b) 试验目的;
- c) 发动机状态, 主要参数调整值, 使用的推进剂、火工品、电连接器的型号、对接接口尺寸等;
- d) 液路系统状态、气路系统状态及参数调整值;
- e) 试验控制程序图及时间调整值;
- f) 测量参数的名称、测量系统的组成、测量精度和记录检查要求、实时显示的参数等;
- g) 发动机有关部件测试检查要求;
- h) 参试各系统技术状态及测试检查要求;
- i) 使用的推进剂、气、水、电等的供应要求和保证措施;
- j) 数据采集处理和试验结果报告要求;
- k) 试验技术、安全、质量保证措施;
- l) 紧急关机的条件和方法;
- m) 其它要求。

4.1.3 更新改造项目验收

规定的更新改造项目完成后，应通过评审验收，确认其功能和工作可靠性满足试验要求，工艺、操作规程完整，方可投入使用。

4.1.4 试验系统调试

根据试验任务书中对试验系统的要求，必要时对试验系统进行调试试验，确定试验系统性能，确保试验系统满足任务书的要求。

4.2 发动机交接和安装

4.2.1 发动机交接验收

4.2.1.1 按验收操作规程进行检查验收，详细填写验收记录，交接双方代表在交接单上签字。

4.2.1.2 接收：产品质量证明文件齐全且与实物相符，现场检查未发现质量问题和缺陷。

4.2.1.3 拒收：产品质量证明文件不全或与实物不符，检查发现的质量问题和缺陷不能现场排除。

4.2.2 发动机安装

4.2.2.1 按安装操作规程进行安装，安装方法和要求应符合专用技术文件的规定。

4.2.2.2 吊装过程中防止碰伤或损坏发动机。

4.2.2.3 发动机应牢固地固定在试验架上。

4.2.2.4 有安装预紧力要求的连接采用力矩扳手保证。

4.2.2.5 连接的管路 with 发动机对接前应清洗吹除干净，防止进入多余物。安装完毕后进行气密性检查，应无泄漏。

4.2.2.6 螺纹连接处应采取防松措施。

4.3 试验系统准备

4.3.1 配气系统

4.3.1.1 合理分配气瓶场的气源，按要求调整减压器出口压力，保证各种用气需要。

4.3.1.2 按要求更换推进剂贮箱增压孔板，调整压力继电器高低压来控制压力。

4.3.1.3 进行外观检查，确认系统设备正常。

4.3.1.4 拆卸检查气体过滤器，应完好无多余物。

4.3.1.5 按要求进行气密性检查，各连接处无泄漏。

4.3.1.6 进行单元测试检查。

4.3.2 推进剂供应系统

4.3.2.1 按要求更换推进剂供应管路上的流量计。

4.3.2.2 拆卸检查过滤器，应完好无多余物。

4.3.2.3 新增的各种管路，经脱脂、清洗和吹除后，方可安装使用。

4.3.2.4 进行外观检查，确认系统设备正常。

4.3.2.5 按要求进行气密性检查，各连接处无泄漏，对系统增压和放气时气流速度应控制，防止流量计损坏。

4.3.2.6 进行单元测试检查。

4.3.2.7 按规定数量将合格推进剂加注到贮箱。

4.3.2.8 推进剂加注到泵前后，将系统调整到试验状态。

4.3.3 控制系统

- 4.3.3.1 按试验大纲给定的程序编制试验控制程序。
- 4.3.3.2 对控制线路进行导通和绝缘检查。
- 4.3.3.3 检查控制用电源, 确保正常稳定供应。
- 4.3.3.4 进行程序测试, 保证控制程序正确, 程序时间稳定。
- 4.3.3.5 进行单元测试检查。
- 4.3.4 测量系统
 - 4.3.4.1 根据测量参数的类型和数量, 配备测量通道、数据采集处理设备和测试软件。
 - 4.3.4.2 进行测量电缆网导通和绝缘检查。
 - 4.3.4.3 选择测量传感器与系统连接, 并进行现场校准。
 - 4.3.4.4 测量传感器与试验台上管路和发动机连接, 接口处进行气密性检查。
 - 4.3.4.5 对无现场校准的参数测量系统进行电校准。
 - 4.3.4.6 推力测量系统现场联合校验。
 - 4.3.4.7 处理校准数据并审查校准结果, 确认参数测量系统的技术状态满足要求。
 - 4.3.4.8 对参数测量系统进行测试检查。
- 4.3.5 其它系统
 - 4.3.5.1 安装摄像机, 连接录像监视系统, 保证图像显示清晰。
 - 4.3.5.2 蓄水池充水, 保证水源充足、管路畅通, 能按要求提供使用。
 - 4.3.5.3 检查消防系统的控制阀门、喷头。保证控制线路工作可靠, 必要时做消防喷水试验验证。
 - 4.3.5.4 检查通讯系统设备和电连接器, 保证岗位间线路畅通, 通话清晰。
 - 4.3.5.5 检查废气、废液和污水处理系统。
 - 4.3.5.6 检查电源、照明和采暖系统。
 - 4.3.5.7 检查防静电、防爆、防火和救护等设施, 能正常工作和使用。
- 4.3.6 单元测试
 - 4.3.6.1 将液路系统中积存的介质排放干净, 各种介质总供应阀门关闭。
 - 4.3.6.2 对各系统设备进行独立的打开、关闭或通电、断电操作。
 - 4.3.6.3 岗位操作人员现场检查系统设备工作情况并做记录。
 - 4.3.6.4 判断系统设备工作是否正常。评价系统设备的工作性能和可靠性, 出现异常情况排除后应重新进行测试。
 - 4.3.6.5 试验准备过程中, 单元测试不少于三次, 确保系统设备工作正常。
 - 4.3.6.6 试验用介质加注到贮箱, 贮箱出口隔离阀门、加注阀门和泄出阀门应关闭, 不参加测试检查。
 - 4.3.6.7 发动机上的阀门参加单元测试检查按专用技术文件的规定, 对电爆阀测试通常用等效器代替。
- 4.3.7 综合测试
 - 4.3.7.1 各参试系统按试验工艺规程和操作规程的要求准备好后, 进行综合测试。
 - 4.3.7.2 综合测试由控制台控制, 按规定的试验程序和紧急关机程序, 模拟发动机试验的全过程进行测试, 验证控制程序、控制时间的正确性、系统设备的工作协调性和可靠性。
 - 4.3.7.3 综合测试时, 试验系统上的阀门应在通电和通操纵气下工作, 发动机上的阀门可用等效器代替或按专用技术文件的规定。
 - 4.3.7.4 操作员根据现场系统设备工作情况和测试记录数据, 对测试结果做出评价。

4.3.7.5 测试中应切断增压气源供应, 贮箱中有介质时, 应采取措施防止介质流入供应管路和发动机中。

4.3.7.6 试验准备过程中, 综合测试不少于三次, 并连续测试正常。

4.3.7.7 若综合测试出现异常, 应查明原因采取纠正措施, 重新进行综合测试, 满足连续三次测试正常的要求。

4.3.8 事故预想与质量评审

试验准备工作完成后, 应进行事故预想、试验系统技术状态确认和质量评审:

- a) 事故预想由各参试班组组织参试人员, 对试验准备工作进行质量回想和事故预想, 审查发现可能存在的问题和应采取的措施;
- b) 试验系统技术状态确认由试验承担单位组织技术领导和有关专家, 听取系统负责人汇报试验准备情况、测试检查结果、出现的质量问题和处理方法、参试系统技术状态和出现故障的应急预案, 进行分析和认定, 确认各参试系统技术状态;
- c) 质量评审由质量主管部门组织主管技术领导和专家、试验委托单位、生产厂和试验承担单位有关人员参加, 对发动机质量和试验准备工作质量进行评审, 评审通过后方可进行试验。

5 试验

5.1 起动前工作

5.1.1 岗位操作人员检查系统设备, 处于试验前的预定状态。

5.1.2 进行单元测试。

5.1.3 进行综合测试。

5.1.4 推力测量系统预压三次, 消除传力存在的不稳定性。

5.1.5 记录参数测量零位。

5.1.6 控制电缆与发动机电缆对接, 进行测试系统和电爆管弱电检查。

5.1.7 推进剂加注到发动机起动阀门前。

5.1.8 发出第一次试验警报, 辅助人员撤离现场。

5.1.9 指挥员和主要技术领导进行发动机起动前总检查。

5.1.10 发出第二次试验警报, 操作人员撤离现场到指定位置。

5.1.11 推进剂贮箱增压到预定的工作压力。

5.2 起动与关机

5.2.1 起动

5.2.1.1 试验系统设备和测量设备处于起动状态。

5.2.1.2 起动测量设备, 开始数据采集, 输送显示参数。

5.2.1.3 指挥员下达起动指令, 控制台操作员按下起动按钮, 按预定程序发动机起动。

5.2.2 正常关机

试验正常, 发动机按预定程序, 由控制台控制自动关机。

5.2.3 紧急关机

5.2.3.1 试验中出现故障, 按试验大纲中规定的紧急关机条件, 指挥员下达紧急关机指令。

5.2.3.2 控制台操作员按下紧急关机按钮, 控制系统按预定的紧急关机程序关机。

5.2.3.3 根据规定和试验需要, 采取消防或其它应急措施。

5.3 清洗与吹除

发动机关机后应按下列顺序进行清洗与吹除：

- a) 泄出泵前管路内的推进剂；
- b) 清洗发动机燃料系统；
- c) 清洗发动机氧化剂系统；
- d) 按需要重复清洗发动机燃料和氧化剂系统；
- e) 用氮气吹除发动机燃料和氧化剂系统。

5.4 试验后检查

发动机试验后应按下列顺序进行现场检查：

- a) 贮箱中推进剂泄回库房，推进剂供应管路中的推进剂泄回回收容器；
- b) 解除试验警报；
- c) 对发动机和试验系统进行现场检查；
- d) 若试验发生重大故障，应保留现场进行故障分析；
- e) 发现质量问题应做详细记录，必要时拍摄故障照片和录像；
- f) 参数测量有问题，应查找原因，必要时对测量系统进行试后校准。

5.5 试验结束工作

5.5.1 拆卸发动机，按清洗要求进行整机清洗或其它处理。

5.5.2 按要求安装工艺堵帽等，填写产品交接单，将发动机交生产厂。

5.5.3 各参试系统按工艺规程和操作规程的要求进行结束工作，将系统恢复到待用状态。

5.5.4 编制试验概况报告。

5.5.5 清理现场，进行污水处理。

6 试验数据处理

6.1 处理方法

稳态测量数据处理按QJ 1492A—2005的规定，振动测量数据处理按QJ 2223的规定。

6.2 处理过程

6.2.1 收集试验资料

收集与试验数据处理、数据分析有关的试验数据和资料。

6.2.2 初算测量结果

按数据处理方法，计算出参数测量的初算值。

6.2.3 发出试验简报

试验承担单位应在试验当天发出试验简报。简报内容包括试验概况和发动机主要性能数据初算结果值。

6.2.4 分析、复算试验结果

对初算值进行分析和复算，剔除异常数据，修正测量结果，重新计算试验结果数据，确保数据准确。

6.3 试验结果报告

6.3.1 报告内容

试验结果报告应包括下列内容：

- a) 发动机型号、试验类型、试验代号；
- b) 试验概况：试验目的、发动机状态、试验程序、试验现场情况和试验评价；

- c) 试验条件：环境压强、环境温度、推进剂化验结果等；
- d) 数据处理说明；
- e) 测量结果平均值汇总表；
- f) 发动机工作过程参数测量结果值；
- g) 试验任务书要求的记录曲线、照片等资料；
- h) 特殊要求的数据。

6.3.2 审批和发放

试验结果报告应按要求编写、签署完整，并提交给试验委托单位。

6.4 试验结果评定

6.4.1 研制发动机

根据试验过程发动机工作情况和试验测量数据，由试验委托单位做出明确结论。

6.4.2 抽检发动机

根据发动机定型技术文件中有关抽检试验的要求，由试验承担单位对试验结果做出评价，并填写在发动机卷宗上。

6.5 试验志

6.5.1 试验管理志

试验承担单位有关部门应根据管理职责，编写试验管理志。内容包括任务号、产品代号、试验类型、试验日期、协调处理的问题、简要试验结果和存在的问题。试验管理志应予保存。

6.5.2 台、室试验志

试验承担单位参试的主要台、室应根据本台、室的工作职责编写试验志。内容包括任务号、产品代号、试验类型、试验日期、试验系统（工艺、测量、控制等）工作情况和出现问题的处理、简要试验概况等。台、室试验志应予保存。

7 试验资料归档

试验资料应交档案部门归档，归档资料如下：

- a) 试验任务书、试验大纲、技术更改通知单等试验文件资料；
- b) 试验记录纸、胶卷、磁盘、磁带、推进剂化验报告、环境参数报告、试验概况和试验后现场检查报告、测量系统校验数据等原始记录资料；
- c) 初算数据报告、试验简报、试验结果报告等试验数据报告；
- d) 试验结果分析评定报告、数据处理分析报告等试验结果分析报告。

中华人民共和国航天行业标准
可贮存推进剂液体火箭发动机
试验方法
QJ 1044A—2005

中国航天标准化研究所出版
北京西城区月坛北小街2号
邮政编码：100830

北京航标印务中心印刷
中国航天标准化研究所发行
版权专有 不得翻印

2006年5月出版
定价：12.00元