

QJ

中华人民共和国航天行业标准

FL 1610

QJ 20422.6—2016

航天器组件环境试验方法 第 6 部分：加速度试验

Environment test methods for spacecraft unit—
Part 6: Acceleration test

2016—01—19 发布

2016—03—01 实施

国家国防科技工业局 发布

前 言

QJ 20422—2016《航天器组件环境试验方法》分为以下部分：

- 第 1 部分：表面充放电试验；
- 第 2 部分：原子氧试验；
- 第 3 部分：太阳紫外线辐照试验；
- 第 4 部分：磁试验；
- 第 5 部分：真空冷焊试验；
- 第 6 部分：加速度试验；
- 第 7 部分：振动试验；
- 第 8 部分：声试验；
- 第 9 部分：冲击试验。

本部分为 QJ 20422—2016 的第 6 部分。

本部分由中国航天科技集团公司提出。

本部分由中国航天标准化研究所归口。

本部分起草单位：中国航天科技集团公司第五研究院总装与环境工程部。

本部分主要起草人：李 捷、宋 超、王招霞、刘 闯、沈凤霞、李 平、胡 奇。

航天器组件环境试验方法

第 6 部分：加速度试验

1 范围

本部分规定了航天器组件级产品加速度试验目的、试验条件及允许偏差、试验要求、试验程序、试验中断及处理、试验文件等。

本部分适用于航天器组件级产品（以下简称组件）使用离心机进行的加速度试验。

2 试验目的

2.1 研制试验

研制试验的目的为：

- a) 验证结构设计正确性和工艺方案的合理性；
- b) 检验组件经受加速度环境并能正常工作的能力。

2.2 鉴定试验（准鉴定试验）

鉴定试验（准鉴定试验）的目的为：

- a) 检验组件经受鉴定级（准鉴定级）加速度环境并能正常工作的能力；
- b) 暴露组件装配过程中可能存在的缺陷。

3 试验条件及允许偏差

3.1 概述

试验条件一般包括试验加载量级、试验方向、试验持续时间、试验加载和卸载速率、试验条件允许偏差等。

试验条件一般由试验任务书或试验大纲等技术文件进行规定。

3.2 试验加载量级

对每一个试验方向，试验加载量级一般至少为最大预示加速度的 1.5 倍。

3.3 试验方向

组件应在三个相互垂直坐标轴上进行试验，即三个试验方向。如有特殊要求，按试验技术文件规定执行。

3.4 试验持续时间

除非另有规定，对于每一个试验方向，试验持续时间至少为 5min。

注：试验持续时间是指试验设备加载到要求的加速度量级后所保持的时间。

3.5 试验加载、卸载速率

除非另有规定，一般加载、卸载速率设定为不大于 0.5g/s。

3.6 试验条件允许偏差

试验条件允许偏差要求如下：

- a) 加速度量级：0%~10%；
- b) 试验持续时间：0%~10%。

3.7 试验条件控制

3.7.1 控制点

除非另有规定，试验的控制点一般在组件的质心位置。

3.7.2 控制方法

通过控制离心机转速的方法来控制加速度量级，加速度量级按公式（1）计算。

$$G = KRN^2 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- G ——要求的加速度量级，单位为重力加速度 g ， $g=9.8m/s^2$ ；
- K ——常数， $K=1.118\times 10^{-3}$ ；
- R ——控制半径，控制点至离心机旋转轴中心线的距离，单位为米（m）；
- N ——离心机转速，单位为转每分钟（r/min）。

4 试验要求

5.1 试验系统要求

5.1.1 总则

加速度试验系统包括离心机台体系统、控制系统及专用测试系统，系统组成示意图见图 1。其中，离心机台体系统包括离心机本体和驱动设备等；控制系统包括控制计算机、控制柜等；专用测试系统包括结构应变测量系统和性能测试系统等。

试验中所有仪器、设备应经二级以上（含二级）计量部门检定合格，并在检定有效期内使用。

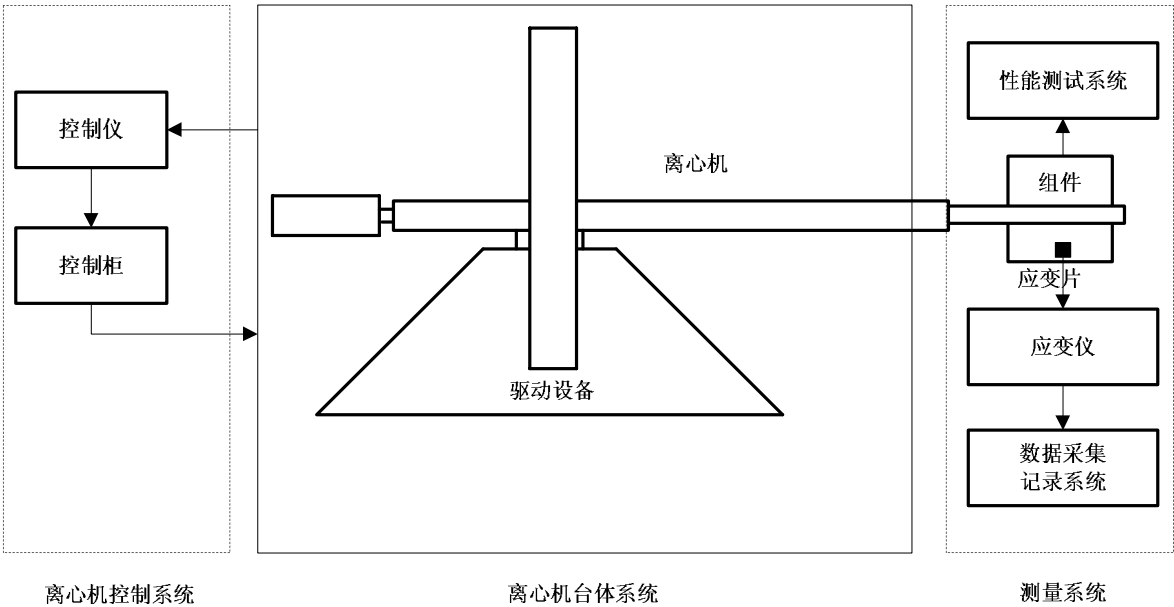


图 1 加速度试验系统组成示意图

5.1.2 离心机台体系统

离心机台体一般应满足如下要求：

- a) 离心机额定负载满足组件和试验工装的总重量要求;
- b) 离心机额定加速度满足试验条件要求;
- c) 确保组件上任意一点所承受的加速度值在试验量级的 90%~110% 范围以内;
- d) 离心机汇流环系统阻抗平稳, 可抗高频干扰, 通道间绝缘良好, 有足够数量的组件功能测试通道。

4.1.3 离心机控制系统

离心机控制系统应满足如下要求:

- a) 确保离心机的加载、卸载速率满足试验条件要求;
- b) 离心机匀速运转阶段, 应确保运转平稳, 转速稳定度为 $\pm 2\%$;
- c) 控制系统的其他功能, 如: 数据的处理、输出、存储等, 应满足试验要求。

4.1.4 测量系统

4.1.4.1 结构应变测量系统

4.1.4.1.1 应变片

应变片的使用应遵循如下原则:

- a) 根据测量要求和组件状态选择应变片的形式 (单向应变片或应变花)、栅丝尺寸和阻值;
- b) 按照各测点要求完成应变片粘贴、固定和连接导线焊接、走线、检查;
- c) 应变片粘贴过程应注意对粘贴表面进行打磨、清洁等适当的处理, 保证粘贴质量;
- d) 应变片导线焊接、固定牢固。

4.1.4.1.2 应变仪

应变仪应满足如下要求:

- a) 通道数量满足试验大纲规定的测量要求;
- b) 通道测量分辨率优于 $1\mu\epsilon$;
- c) 应变测量范围不小于 $\pm 10000\mu\epsilon$;
- d) 具有 1/4 桥、半桥、全桥桥路测量连接方式;
- e) 具有自动平衡功能;
- f) 具有长导线电阻修正功能等。

4.1.4.1.3 数据采集记录系统

数据采集记录系统应满足如下要求:

- a) 可设置通道参数, 采集记录过程性能稳定;
- b) 通道循环采样频率满足试验要求;
- c) 数据采样 A/D 转换位数 16 位以上;
- d) 具有自动采集记录存储试验数据功能;
- e) 根据需要可绘制并输出工况加载及对应的应变数据变化曲线;
- f) 试验后可将数据以文本文件的格式输出。

4.1.4.2 性能测试系统

地面测试设备应满足如下要求:

- a) 满足组件在加速度试验中进行性能测试的要求;

- b) 测试设备电缆与离心机汇流环的接口匹配;
- c) 设备性能稳定、可靠。

4.2 试验工装要求

试验工装应满足如下要求:

- a) 应能使组件在规定试验方向上承受加速度载荷;
- b) 形状与几何尺寸应满足组件及离心机的接口要求;
- c) 与组件的对接面应尽可能的模拟组件与航天器的对接面;
- d) 设计时应进行风阻计算, 选择风阻小的设计方案;
- e) 变形量不应大于组件的变形量;
- f) 应进行强度校核, 安全系数应大于 3;
- g) 试验工装与离心机安装面的连接应使用螺栓穿孔连接;
- h) 试验工装与离心机安装面的连接螺栓的预紧力、强度、尺寸及个数应保证满足试验要求。

4.3 组件要求

4.3.1 组件状态

组件在试验过程中应满足如下要求:

- a) 对于充气、充液的组件, 送试方要在试验前通知承试方, 并提供压力值等相关数据, 承试方应根据情况做好防护措施;
- b) 带支架或减震器的组件, 支架或减震器应与组件一起进行试验;
- c) 在航天器上升、再入、返回阶段有操作的组件, 应在试验全过程中对组件进行性能监测, 监测其功能是否有间歇或持续性的故障。

4.3.2 组件安装

组件安装应满足如下要求:

- a) 组件与试验工装的连接螺栓(钉)应与组件在航天器上的实际安装螺栓(钉)相同;
- b) 组件按实际使用状态, 通过其在航天器上的真实安装点直接或通过适当的工装安装在试验设备上, 应避免附加约束;
- c) 试验中需要的测量导线和试验安全保护设施等附件应可靠地紧固在试验设备上;
- d) 组件安装方向应与组件在飞行中经受的加速度方向一致。

4.4 试验环境要求

除非另有规定, 试验室正常环境要求如下:

- 温度: 15℃~35℃;
- 大气压力: 78 kPa ~ 103 kPa;
- 相对湿度: 20%~80%。

4.5 试验安全要求

试验应满足如下安全要求:

- a) 起重设备应检定合格, 并在有效期内使用, 必要时应使用配重进行试吊, 组件吊装时注意吊装安全;
- b) 组件进场前应对试验室供、配电系统进行安全检查;

- c) 对带有危险品（如：火工品装置、加注易燃液体、高压气瓶等）的组件，应根据相关规定采取有效的防护措施；
- d) 试验加载前，确保离心机运转无障碍；
- e) 试验开始前，清理离心机台面及试验室地面，不应有异物存在，人员应撤离试验现场。

5 试验程序

5.1 试验准备

5.1.1 试验文件

按照试验要求编写 7.1 中规定的相关文件。

5.1.2 试验安全及系统检查

检查内容如下：

- a) 试验前进行安全检查，使试验的各环节满足 4.5 的要求；
- b) 试验前对各系统仪器、设备进行检查，确保其处于正常工作状态，并在有效期内使用。

5.1.3 组件

对组件进行外观检查、功能/性能测试，确保组件在试验前满足试验状态要求，并记录检查、测试结果。

5.1.4 组件结构应变测量

试验中如需进行应变测量，其准备内容如下：

- a) 组件进入试验现场后，按测量要求完成测点应变片的粘贴、焊线、走线等工作，粘贴过程中记录测点编号、对应方向、导线编号，编制加速度试验应变测量跟踪卡；
- b) 完成相应补偿片的粘贴和准备等；
- c) 将应变仪安装在离心机上，确保安装牢固；
- d) 组件安装后进行应变仪测量通道连线，系统调平衡，设置采集参数，对有问题的通道进行检查和修复；
- e) 通道检查后进行试验前采集调试，确认测量系统工作正常。

5.1.5 组件性能监测

试验中需进行性能监测的组件，试验前准备内容如下：

- a) 对离心机汇流环进行导通，确保各通道阻值满足组件测试要求，通道间绝缘良好；
- b) 通过电缆将组件测试设备与汇流环、汇流环与组件连接；
- c) 对组件进行功能监测，确保测试设备与汇流环、汇流环与组件连接正确。

5.2 组件安装

组件或试验工装的安装过程如下：

- a) 按相关技术文件上对试验顺序的要求确定试验安装方向；
- b) 将组件按 4.3.2 的要求安装在试验工装上，将试验工装（或组合体）按 4.2 的要求安装在离心机安装面上，工装与组件的安装顺序可根据需求适当调整；
- c) 在离心机转臂的另一端安装平衡质量块，使离心机达到动平衡；
- d) 清理试验现场。

5.3 试验实施

试验实施过程如下：

- a) 组件安装好后，测量控制半径；
- b) 低速运转一圈，观察有无障碍；
- c) 按试验技术文件要求进行系统参数设置；
- d) 按要求启动测试系统；
- e) 按 3.5 的要求离心机加载，直至达到试验要求的加速度量级；
- f) 在试验要求的持续时间里，离心机保持平稳运转，即确保试验量级始终满足试验允差要求；
- g) 按 3.5 的要求离心机卸载至停机；
- h) 按要求停止测试系统；
- i) 进行组件外观检查及功能检测；
- j) 检查应变测量数据是否完整；
- k) 当相关技术文件要求更换方向进行试验时，重复 5.2~5.3 的 j)。

如为性能试验，当离心机达到试验要求的加速度量级，即步骤 e) 完成后，开始监测组件状态，在满足试验要求的持续时间，即步骤 f) 完成后，停止对组件的监测。

5.4 试验后处理

5.4.1 试验数据处理

试验数据处理内容如下：

- a) 以加速度值—时间曲线的形式给出控制结果，并给出本次试验的最大加速度值及在试验持续时间内的平均加速度值；
- b) 按照测量要求给出各试验工况的应变测量数据曲线。

5.4.2 试验后文件编写

按 7.3 编写相关文件，并归档保存。

6 试验中断及处理

6.1 试验中断

出现下列情况之一时，应中断试验：

- a) 试验过程中设备出现故障，或异常现象；
- b) 试验过程中对组件进行测试的设备出现故障或受到干扰，无法进行正常测量；
- c) 试验过程中组件出现故障。

6.2 中断处理

6.2.1 试验设备产生的中断

试验设备产生的试验中断按如下规定进行处理：

- a) 未加载至要求的加速度量级时，在设备排除故障后，按 5.3 重新进行试验；
- b) 已加载至要求的加速度量级时，在设备排除故障后，继续试验，试验持续时间为试验中断前后试验持续时间的总和；
- c) 组件承受超过要求的加速度量级时，应立即停机，检查组件，进行外观及功能检测，在确认后

备故障排除后，根据组件检测结果判定使用原组件或更换组件：

- 1) 如使用原组件继续试验，试验持续时间为试验中断前后试验持续时间的总和；
- 2) 如更换组件，按 5.1~5.3 重新进行试验，中断前试验持续时间无效。

6.2.2 性能测试设备产生的中断

由于组件测试设备产生的试验中断，在设备排除故障后，由送试方决定重新或继续进行试验，如继续试验，试验持续时间为试验中断前后试验持续时间的总和。

6.2.3 组件故障产生的中断

由于组件发生故障产生的试验中断，在组件维修或更换后，按5.1~5.3重新进行试验，中断前试验持续时间无效。

7 试验文件

7.1 试验前文件

试验前一般应具有或准备下述文件：

- a) 试验任务书或试验大纲；
- b) 试验操作文件，必要时编写试验实施方案、技术流程等；
- c) 试验相关表格化文件。

7.2 试验过程记录

试验过程中应记录试验相关表格化文件，内容一般包括：

- a) 试验名称、试验类型、试验日期、试验设备和参试人员等相关信息；
- b) 加加速度量级、试验持续时间、加载及卸载速率、试验方向等试验数据；
- c) 实际的试验程序和试验类型；
- d) 试验技术条件更改情况；
- e) 试验现场问题处理情况；
- f) 试验前、后及试验期间组件的外观检查结果和性能测试数据。

7.3 试验后文件

试验后一般应给出下述文件：

- a) 操作及检验结果；
 - b) 必要的照片及录像资料；
 - c) 试验中断和处理结果描述；
 - d) 试验报告或试验证明书。
-

中华人民共和国航天行业标准
航天器组件环境试验方法
第 6 部分：加速度试验

QJ 20422.6—2016

*

中国航天标准化研究所出版
北京市丰台区小屯路 89 号
邮政编码：100071

中国航天标准化研究所
印务发行部印刷、发行

版权专有 不得翻印

*

2016 年 2 月出版
定价：20 元