

QJ

中华人民共和国航天行业标准

FL 1610

QJ 20422.5—2016

代替 QJ 2630.5—1998

航天器组件环境试验方法 第 5 部分：真空冷焊试验

Environment test methods for spacecraft unit—
Part 5: Vacuum cold welding 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 5 部分。

本部分代替 QJ 2630.5—1998《卫星组件空间环境试验方法 真空冷焊试验》。

本部分与 QJ 2630.5—1998 相比主要有以下变化：

- a) 标准名称中“卫星”改为“航天器”；
- b) 适用范围更改为：“适用于具有分离、释放和伸展等运动要求的组件（以下简称组件）在超高真空环境中可能发生真空冷焊的试验”；
- c) “试验目的”更改为：“验证航天器组件在超高真空环境中工作时是否发生真空冷焊或冷焊防护措施是否有效”；
- d) “试验条件”中修改了试验压力、试验温度、工作压力和允许偏差等内容，其中试验压力修改为：“常温与低温试验时，组件安装后的真空室试验压力一般应低于 $1.3 \times 10^{-7} \text{Pa}$ ；高温试验时，组件安装后的真空室试验压力一般应低于 $6.7 \times 10^{-7} \text{Pa}$ ”；
- e) “试验要求”中修改了组件要求和试验室环境要求，增加了试验系统要求、试验安全要求和其他要求等内容；
- f) “试验程序”中增加对真空室和工装方面的清洁处理、空载真空室烘烤、如果发生冷焊的组件应对组件进行粘着力测量等具体内容；
- g) 删除了“附录 A、附录 B”。

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、兰州空间物理研究所、上海卫星装备研究所。

本部分主要起草人：汪 力、孙立臣、闫荣鑫、刘恩均、景加荣、史纪军、万志华、张海峰。

本部分于 1998 年 1 月首次发布。

航天器组件环境试验方法

第5部分：真空冷焊试验

1 范围

本部分规定了航天器组件级产品真空冷焊试验目的、试验条件、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具有分离、释放和伸展等运动要求的组件级产品（以下简称组件）在超高真空中可能发生真空冷焊的试验。

2 术语和定义

2.1

真空冷焊 vacuum cold welding

在超高真空环境中，金属表面吸附层解吸，相互接触的金属表面由于粘着力增加或原子相互渗透，致使金属粘接在一起的现象。

2.2

真空冷焊试验 vacuum cold welding test

检验航天器运动组件在超高真空环境中的真空冷焊现象或验证冷焊防护措施是否有效的试验。

2.3

超高真空环境 ultrahigh vacuum environment

压力小于 10^{-5} Pa 的环境。

3 试验目的

验证航天器组件在超高真空环境中工作时是否发生真空冷焊或冷焊防护措施是否有效。

4 试验条件

4.1 试验压力

试验压力要求如下：

- a) 常温与低温试验时，组件安装后的真空室试验压力一般应低于 1.3×10^{-7} Pa；
- b) 高温试验时，组件安装后的真空室试验压力一般应低于 6.7×10^{-7} Pa。

4.2 试验温度

组件的试验温度要求如下：

- a) 高温：按技术文件规定的组件最高试验温度；
- b) 低温：按技术文件规定的组件最低试验温度；
- c) 常温： $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

4.3 工作压力

组件的工作压力按技术文件的规定。

4.4 保持时间

保持时间要求如下：

- a) 高（低）温工况，组件在最高（低）温度下保持 6h 以上；
- b) 常温工况，组件在常温下保持 24h 以上。

4.5 允许偏差

除另有规定外，试验压力、试验温度和工作压力允许偏差应按以下规定执行。

- a) 试验压力允许偏差：
 - 1) 试验压力：>133Pa, 允许偏差：±10%；
 - 2) 试验压力：133Pa~0.133Pa 允许偏差：±25%；
 - 3) 试验压力：<0.133Pa, 允许偏差：±80%；
- b) 试验温度允许偏差：高温：0℃~+4℃,低温-4℃~0℃；
- c) 工作压力允许偏差：0%~5%。

5 试验要求

5.1 试验系统要求

5.1.1 总则

试验系统一般由试验设备、试验控制系统、试验测量系统和试验温控系统组成，组成示意图如图1所示。

试验所用仪器、设备应经二级以上（含二级）计量部门检定合格，并在有效期内使用。

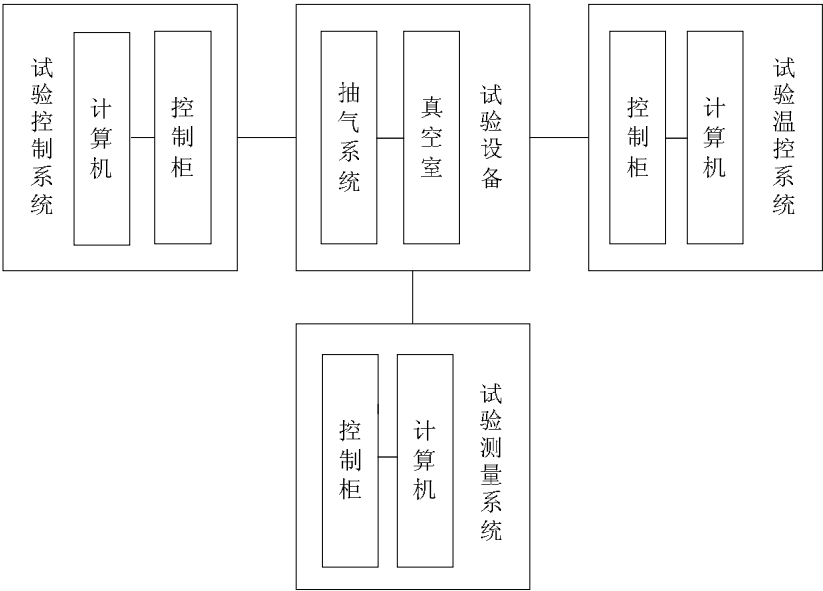


图1 试验系统示意图

5.1.2 试验设备

5.1.2.1 真空室

真空室要求如下：

- a) 真空室空载压力应低于 1.0×10^{-7} Pa；
- b) 满足组件分离、释放、伸展等空间要求；

- c) 有安装组件的装置;
- d) 有满足试验要求的各种连接法兰;
- e) 能提供满足试验要求的测量、照明和摄像装置;
- f) 有控制组件温度的装置;
- g) 可安装污染测量装置。

5.1.2.2 真空抽气系统

真空抽气系统一般为清洁无油系统,对真空室的污染控制要求应满足连续空载运行24h后有机污染物一般不超过 $1.0 \times 10^{-7} \text{g/cm}^2$ 。

5.1.3 试验控制系统

试验控制系统要求如下:

- a) 具有对试验设备的控制功能,并有对应的状态显示;
- b) 具有报警提示和查询功能。

5.1.4 试验测量系统

试验测量系统要求如下:

- a) 满足 $1 \times 10^5 \text{Pa} \sim 1 \times 10^{-8} \text{Pa}$ 的压力连续测量要求;
- b) 常用的温度传感器有热电偶、铂电阻和热敏电阻等;
- c) 具备试验过程中需要的其他测量仪器,如万用表、测力计等;
- d) 具备测量数据的实时、历史查询和数据存储功能。

5.1.5 试验温控系统

试验温控系统要求如下:

- a) 具有对试验组件温度控制的功能,并有对应的状态显示;
- b) 具有报警提示、查询和存储功能。

5.2 组件要求

5.2.1 组件状态

组件状态要求如下:

- a) 当组件的被试表面有外壳或包覆层封闭时,试验时应使被试表面裸露在真空环境中;
- b) 组件在试验前应按技术文件的规定进行清洁、干燥处理,必要时采取摄像、照相等方式进行记录。

5.2.2 组件安装

组件安装要求如下:

- a) 组件的安装应满足组件试验功能的要求;
- b) 组件的安全防护装置应牢固可靠;
- c) 组件安装过程中,不应污染组件和试验设备,不应产生多余物。

5.3 试验环境要求

除非另有规定,试验室环境要求如下:

- a) 温度: $15^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$;
- b) 相对湿度: $30\% \sim 60\%$;

- c) 大气压力：78kPa~103kPa；
- d) 洁净度：100 000 级。

5.4 试验安全要求

试验安全要求如下：

- a) 试验前应对试验设备的水、电和气源进行安全检查，满足真空冷焊试验要求；
- b) 试验室和真空室内应分别接地，接地电阻不大于 1Ω ；
- c) 试验室应提供防静电操作平台，试验操作应符合静电防护要求；
- d) 应保证化学清洗试剂（如酒精）使用及存放的安全；
- e) 组件安装过程中，应采取必要的防磕碰和影响接触面额外受力的防护措施。

5.5 其他

其他要求如下：

- a) 在试验过程中使用的工具与器材应符合以下规定：
 - 1) 试验室内应使用符合污染控制要求的材料和器材，例如：
 - I) 吊具与捆绑材料应选用不锈钢、铝合金编织尼龙绳和聚四氟乙烯等制造；
 - II) 应使用室温固化粘结剂进行粘结；
 - III) 使用的所有工具与器材均应按要求预先清洗（如除尘、水洗等）。
 - 2) 真空室内使用的器材选择原则：
 - I) 表面附着物有良好的真空解吸性能；
 - II) 在温度为 125°C 、压力为 10^{-3}Pa 条件下质量损失一般不大于 1%；
 - III) 结构与使用状态便于真空除气；
 - IV) 高出气率的器材必须预先进行真空烘烤处理。
- b) 试验人员应按以下规定着装：
 - 1) 工作服和工作帽采用防静电布料，长靴和手套采用双层聚乙烯材料制造；
 - 2) 在试验室应穿衣裤一体的工作服和防静电鞋；
 - 3) 在试验室应佩戴工作帽和手套。

6 试验程序

6.1 试验准备

试验准备过程如下：

- a) 检查试验设备各系统是否正常工作；
- b) 检查仪器设备是否标定合格，且在有效期内；
- c) 对真空室、加热笼（加热片）等工装进行清洁处理，确认清洁后无多余物；
- d) 空载时关闭真空室大门，按试验设备操作规程进行抽真空，并监测真空室压力，当真空室压力小于 10^{-2}Pa 时，对真空室进行烘烤，烘烤最高温度为 150°C ，烘烤时间为 48h；
- e) 烘烤结束后，关闭烘烤系统，真空室冷却到常温；
- f) 关闭真空阀门、真空系统和真空计，用高纯氮气（纯度 99.999%）对真空室复压至一个大气压；
- g) 对组件进行清洁和干燥处理，清洁后无多余物；

- h) 打开真空室大门，将组件装入真空室内，进行机械和电气接口连接；
- i) 按技术文件要求对组件进行测温点粘贴，其中粘接材料不应带来新的污染；
- j) 若组件有测试要求，通过真空法兰引出测试电缆，打开测试设备和测试仪器，进行仪器预热并按技术文件的规定进行测试；
- k) 检查组件安装是否牢固，测温传感器粘贴是否牢固，组件测试过程中运动是否有影响；
- l) 关闭组件的测试仪器和设备，切断电源。

6.2 试验实施

试验实施过程如下：

- a) 检查完毕后，关闭真空室大门，按试验设备操作规程进行抽真空操作并监测压力，当真空室压力低于 10^{-2}Pa 时，对真空室再次进行高温烘烤除气，烘烤时组件温度应低于其最高试验温度，烘烤时间一般不少于 24h；
- b) 烘烤时间达到 24h 或真空室压力低于 10^{-5}Pa 后，停止烘烤，真空室、组件等的温度降至室温，继续对真空室抽真空至要求压力范围；
- c) 启动试验温控系统，控制组件温度满足技术文件要求；
- d) 当组件温度、真空室压力达到技术文件的规定时，工况计时开始，保持时间按技术文件要求执行；
- e) 对于有测试要求的组件，按照技术文件中的测试要求，完成组件相关性能、功能检测。

6.3 试验后处理

试验后处理过程如下：

- a) 试验工况结束后，温控系统进行回温操作，组件、降温装置温度达到室温时，关闭真空阀门、真空系统和真空计，向真空室内充高纯氮气（纯度 99.999%）或干燥的空气至一个大气压；
- b) 打开真空室大门，取出组件与工装，关闭真空室大门，对真空室抽至低真空并保持，关闭真空阀门、真空系统和真空计；
- c) 由送试方检查组件是否发生冷焊，如果发生冷焊，对组件进行粘着力测量。

7 试验中断及处理

7.1 有下列故障之一者，需中断试验，待故障排除后重新进行试验：

- a) 试验设备发生故障，无法满足试验要求；
- b) 测量系统发生故障，无法正常测试；
- c) 停电或停水；
- d) 试验中组件出现自身工作故障无法继续试验。

7.2 若试验中断，应按下列步骤进行操作：

- a) 若组件处于运行状态，应按技术文件要求停止组件运行，并切断组件电源；
- b) 按操作程序停止试验测量系统及真空抽气系统操作；
- c) 复压后打开容器，检查故障原因；
- d) 排除故障后，按 6.2 重新进行试验。

8 试验文件

8.1 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。

8.2 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、试验设备等相关信息；
- b) 产品型号、组件编号、试验时间等；
- c) 实际的试验程序和试验项目；
- d) 试验技术条件更改情况；
- e) 试验现场问题处理情况。

8.3 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5部分：真空冷焊试验

QJ 20422.5—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：18 元