

QJ

中华人民共和国航天行业标准

FL 6200

QJ 20409—2016

航天器表面材料充放电特性 参数测试方法

Test method for charging and discharging property
of spacecraft surface materials

2016—01—19 发布

2016—03—01 实施

国家国防科技工业局 发布

前 言

本标准的附录A为资料性附录。

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：兰州空间技术物理研究所。

本标准主要起草人：柳 青、秦晓刚、马亚莉、汤道坦、陈益峰。

航天器表面材料充放电特性参数测试方法

1 范围

本标准规定了航天器表面材料充放电特性参数测试的试验原理、试验装置、试验样品及样品夹具和测试程序及测试报告等。

本标准适用于航天器表面材料充放电特性参数，包括表面电位、漏电流以及放电频率、脉冲幅度和脉冲宽度的测试。

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。

QJ 1167.5A—2011 研究试验文件管理制度 第5部分：研究试验文件的编写规定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

表面材料 surface materials

在航天器上使用的、直接暴露于空间的非导电材料。

3.2

表面充/放电 surface charge and discharge

航天器与空间等离子体环境相互作用而发生的静电电荷积累及消退的过程。

3.3

表面材料充放电特性 charging and discharging property of surface materials

在航天器上使用的、直接暴露于空间的非导电材料与空间等离子体环境相互作用而发生的静电电荷积累及消退的过程中表现出的特有性质。主要包括航天器表面材料的表面电位、漏电流以及放电频率、脉冲幅度和宽度。

4 试验原理

航天器表面材料与空间环境相互作用效应成为造成航天器在轨异常的主要因素，而航天器表面材料充放电效应是这种效应中最典型的一种。地面可用电子模拟空间电子环境进行航天器表面材料充放电特性参数的测试。

航天器表面材料在电子环境下，由于电荷积累在材料表面产生相对地的电位，同时在材料的背面产生对地的漏电流，当电位值超过材料的击穿阈值或真空中的放电电压时，就会产生静电放电。试验利用电子枪产生的电子模拟空间电子环境，使材料表面产生电荷积累而带电，当积累电荷达到一定程度时会产生静电放电。

材料表面电位采用采用感应式方法进行测量，即采用的表面电位计探头不能接触材料表面进行测试，可通过感应电容的方法测量。材料产生的漏电流用微电流计测量得到。对于放电参数的测量，可通过电流探头和示波器测得。

5 试验装置

5.1 组成

试验装置包括真空系统、环模模拟试验装置及表面充/放电特性参数测试系统。试验装置示意图见图 1。

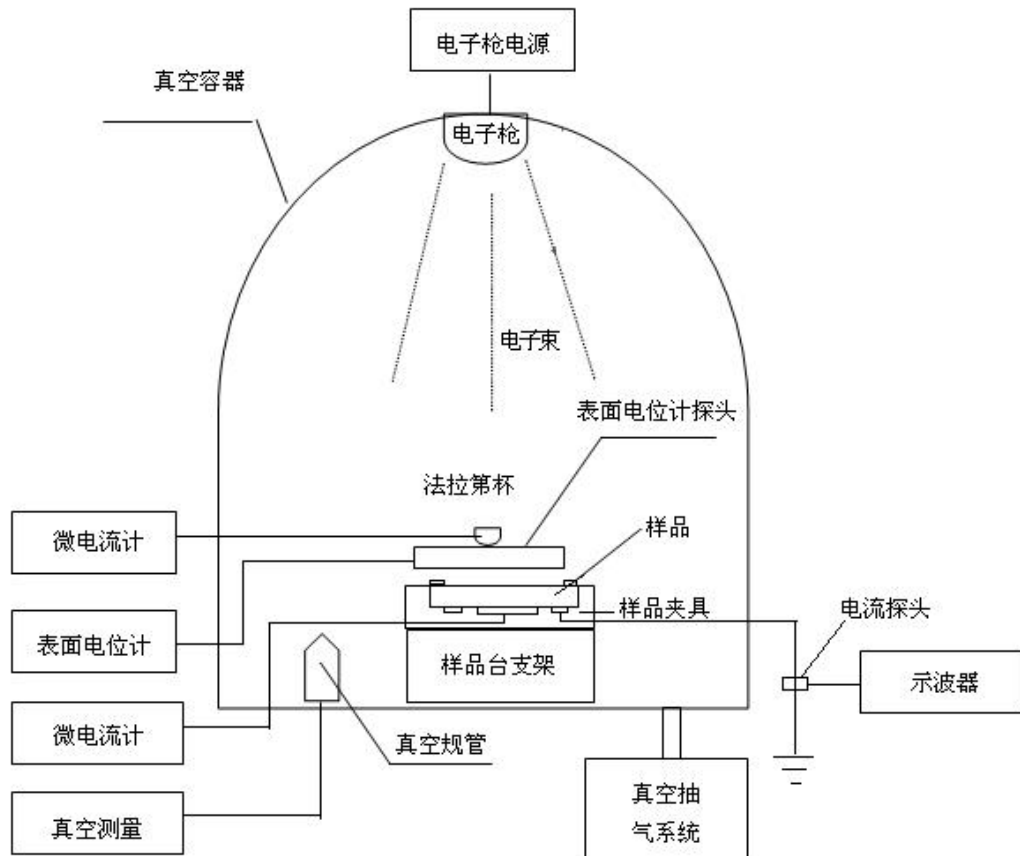


图 1 试验装置示意图

5.2 真空系统

真空系统提供试验所需的真空环境及样品安置平台。试验真空度应优于 $1 \times 10^{-3} \text{Pa}$ ，真空容器内表面需要有消除静电的导电层，导电层接地。

5.3 环模模拟试验装置

提供试验所需的电子枪系统，用于模拟空间带电环境。环模模拟试验装置电子束能量可调节范围为 $1 \text{keV} \sim 50 \text{keV}$ ，束流密度调节范围为 $0.1 \text{nA/cm}^2 \sim 20 \text{nA/cm}^2$ ，辐照区域直径大于 100mm ，在辐照区域内束流均匀度优于 70% ，稳定性优于 $80\%/5\text{h}$ 。

5.4 表面充/放电特性参数测试系统

5.4.1 组成

表面充/放电特性参数测试系统由表面电位计、法拉第杯、微电流计、电流探头、示波器等组成。表面电位计用于测量样品表面充电电位，法拉第杯用于接收电子束，微电流计用于测量电子束电流密度和材料漏电流，电流探头、示波器用于测量放电信号。

5.4.2 表面电位计

需要采用非接触式，电位测量范围为 $-20000\text{V} \sim +20000\text{V}$ ，线性度优于 3% 。表面电位计探头可连接在运动机构上作扫描移动，扫描区域应能达到试验样品中心位置。

5.4.3 法拉第杯

可以安装在表面电位计探头上方，可作扫描移动，扫描区域应能达到试验样品中心位置，法拉第杯连接至微电流计。

5.4.4 微电流计

电流测量范围为 $1 \times 10^{-5} \text{A} \sim 1 \times 10^{-12} \text{A}$ ，精度优于 3%。

5.4.5 电流探头

频率范围为 10kHz~100MHz。

5.4.6 示波器

带宽大于 100MHz，具有数字存储功能。

5.4.7 测试连接电缆

采用屏蔽电缆。

5.4.8 测试仪器、仪表检定要求

测试仪器、仪表需经国家计量部门按照相关标准检定合格，并在规定的有效期内使用。

5.5 接地要求

测试仪器接地电阻应小于 1Ω 。

6 试验样品及样品夹具

6.1 试验样品

6.1.1 薄膜材料

试验样品的形状为圆形，直径不小于 100mm 且应大于样品夹具外径，以可以固定安装在样品夹具内为宜，表面应平整、无裂纹。

6.1.2 块状材料

试验样品的形状为圆柱形，厚度根据具体情况确定，表面应平整、无裂纹，尺寸应按照样品夹具加工，截面直径不小于 100mm，以可以固定安装在样品夹具内为宜。

6.1.3 涂层材料

将涂层材料均匀涂覆在夹具背电极上表面，在常温下放置。待样品固化后，按 7.2 做干燥处理。

6.1.4 特殊形状材料

当试验样品为特殊形状材料时，可设计专用样品夹具以使样品固定安装在样品夹具内。

6.2 样品夹具

薄膜和块状材料采用相同夹具，由前挡板、护圈和背电极构成，夹具结构见图 2，夹具结构参数见表 1，夹具材料一般为铜或铝。夹具接触试验样品的表面粗糙度 R_a 值为 $3.2\mu\text{m}$ ，夹具边缘锐边倒钝。夹具前挡板和护圈通过螺钉将试验样品夹在中间，前挡板和护圈相连。涂层材料夹具由前挡板和背电极构成，夹具结构见图 3，夹具结构参数见表 2，涂层材料涂覆在背电极上表面，前挡板固定在涂层材料上。

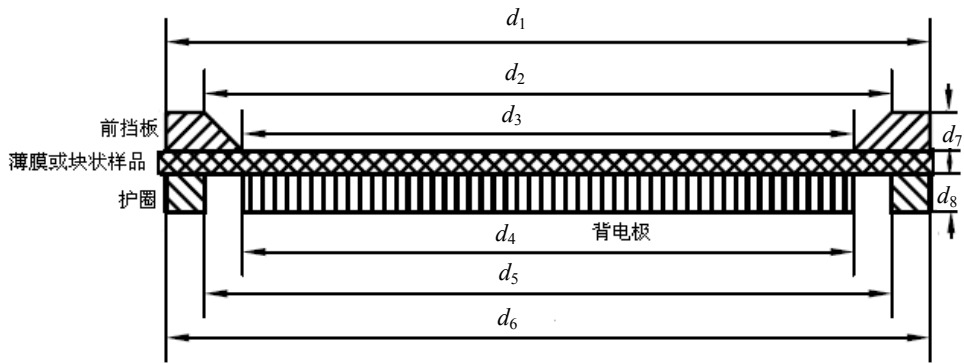


图 2 薄膜或块状材料样品夹具结构图

表 1 薄膜或块状材料样品夹具结构参数

单位为毫米

参数	尺寸
d_1	100~300
d_2	d_1-10
d_3	d_1-20
d_4	d_3
d_5	d_2
d_6	d_1
d_7	3
d_8	3

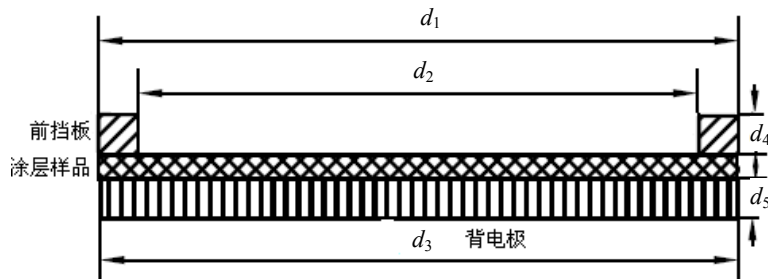


图 3 涂层材料样品夹具结构图

表 2 涂层材料样品夹具结构参数

单位为毫米

参数	尺寸
d_1	100~300
d_2	d_1-6
d_3	d_1
d_4	3
d_5	3

7 测试程序

7.1 测试参数

测试参数应包括：

- a) 充电参数：表面电位、漏电流；
- b) 放电参数：放电频率、脉冲幅度、脉冲宽度。

7.2 测试前准备及安装

测试前准备及安装要求如下：

- a) 用无水乙醇清洗样品表面，进行真空干燥处理；
- b) 将试验样品放置在样品夹具内，并置于样品台上，使样品正对电子枪；
- c) 将试验样品表面与电位计探头表面的距离调节到适当位置，在运动机构上固定好电位计探头使其能够移动到样品中心位置；
- d) 连接法拉第杯与微电流计，可将法拉第杯与电位计探头同时连接在运动机构上；
- e) 将背电极与屏蔽电缆线相连，电缆线通过法兰连接出真空室外并接到微电流计上；
- f) 将前挡板与屏蔽电缆线相连，电缆线通过法兰连接出真空室外并接地，电缆线中套一个电流探头；
- g) 检查设备及仪器接地电阻；
- h) 启动真空抽气系统，使真空度优于 $1 \times 10^{-3} \text{Pa}$ 。

7.3 测试步骤

7.3.1 充电参数测试

充电参数测量按如下步骤进行：

- a) 调节电子枪电源到所需参数，使电子枪稳定工作；
- b) 样品表面在电子束辐照 0.5h 后，将电位计探头和法拉第杯移至所需测量点，记录电子束流密度和表面电位，然后移走电位计探头和法拉第杯，之后每 10min 重复此操作，共测量三次，取表面电位平均值为此点在该能量的电子辐照下的表面电位；
- c) 同时用微电流计测量样品夹具背电极接收到的漏电流值，重复此操作三次，取其平均值。

7.3.2 放电参数测试

放电参数测量按如下步骤进行：

- a) 调节电子枪电源到所需参数，使电子枪稳定工作；
- b) 调节示波器处于单次脉冲触发和峰-峰值耦合模式，记录放电脉冲波形得出脉冲幅度、脉冲宽度；
- c) 调节示波器处于正常触发模式，记录 10min 内的放电次数，记录三次放电次数。

8 测试报告

测试报告一般包括如下内容：

- a) 试验日期、参试人员、使用的设备与测量仪器；
- b) 试验室环境参数；
- c) 试验样品编号和状态；
- d) 测试时记录的数据：电子能量、电子束流密度、表面电位、漏电流、放电频率、脉冲幅度、脉冲宽度。

附 录 A

(资料性附录)

测量数据记录表格式

测量数据记录表格式见图 A.1。

充电参数测量表		
试验日期		
参试人员		
设备仪器		
电子能量		
束流密度		
试验室环境参数		
样品编号		
样品状态		
试验时间	表面电位	漏电流

放电参数测量表		
试验日期		
参试人员		
设备仪器		
电子能量		
束流密度		
试验室环境参数		
样品编号		
样品状态		
试验时间	脉冲幅度	脉冲宽度
	10 分钟内的放电次数	

图 A.1 测量数据记录表格式

中华人民共和国航天行业标准

**航天器表面材料充放电特性
参数测试方法**

QJ 20409—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