



# 中华人民共和国国家军用标准

FL 1600

GJB 2502.3-2006

代替 GJB 2502-1995

## 航天器热控涂层试验方法 第3部分：发射率测试

**Test method for thermal control coatings of spacecraft  
Part 3: Measurement of emissivity**

2006-12-15 发布

2007-05-01 实施

国防科学技术工业委员会 发布

## 前 言

GJB 2502《航天器热控涂层试验方法》分为10个部分，其标准号和名称如下：

GJB 2502.1-2006	航天器热控涂层试验方法	第1部分：总则
GJB 2502.2-2006	航天器热控涂层试验方法	第2部分：太阳吸收比测试
GJB 2502.3-2006	航天器热控涂层试验方法	第3部分：发射率测试
GJB 2502.4-2006	航天器热控涂层试验方法	第4部分：气动环境试验
GJB 2502.5-2006	航天器热控涂层试验方法	第5部分：真空-紫外辐照试验
GJB 2502.6-2006	航天器热控涂层试验方法	第6部分：真空-质子辐照试验
GJB 2502.7-2006	航天器热控涂层试验方法	第7部分：真空-电子辐照试验
GJB 2502.8-2006	航天器热控涂层试验方法	第8部分：热循环试验
GJB 2502.9-2006	航天器热控涂层试验方法	第9部分：原子氧试验
GJB 2502.10-2006	航天器热控涂层试验方法	第10部分：综合辐照试验

本部分为《航天器热控涂层试验方法》的第3部分。本部分规定了航天器热控涂层发射率测试方法。

本部分代替 GJB 2502-1995《卫星热控涂层试验方法》的方法310、方法330、方法350、方法370。

其替代关系如下：

半球发射率稳态量热计法(方法2011)代替方法310；

法向发射率法(方法2021)代替方法330；

反射法-便携式(方法2041)代替370。

本部分与 GJB 2502-1995 方法310、方法330、方法350、方法370相比，其主要变化如下：

- a) 标准名称改为《航天器热控涂层试验方法 第3部分：发射率测试》；
- b) 增加了“辐射计法”；
- c) 取消了方法350。

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中国空间技术研究院总体部、529厂，中国科学院上海硅酸盐研究所。

本部分主要起草人：江经善、范含林、胡行方、陈杰锋、杨 丽。

GJB 2502-1995 于1995年10月首次发布。

# 航天器热控涂层试验方法

## 第3部分：发射率测试

### 1 范围

本部分规定了航天器热控涂层半球发射率和法向发射率测试的目的、范围和精度、原理、设备及要求、条件、试样、程序、数据处理和报告等要求。

本部分适用于航天器热控涂层发射率的测试。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本部分的引用而成为本部分的条款。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部分，然而，鼓励根据本部分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部分。

GJB 2502.1-2006 航天器热控涂层试验方法 第1部分：总则

### 3 半球发射率稳态量热计法(方法 2011)

#### 3.1 测试目的

测定航天器热控涂层被测试样和参比试样的半球发射率。

#### 3.2 测试范围和精度

半球发射率测试范围为 0.03~0.98，测试精度为 0.01。

#### 3.3 测试原理

将试样置于真空冷壁中，其热辐射可由外加电功率来补偿。按公式(1)计算试样半球发射率。测试装置示意图见图 1。

$$\varepsilon_H = \frac{U_1 U}{\sigma F R (T_1^4 - T_2^4)} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

$\varepsilon_H$ ——半球发射率；

$U_1$ ——标准电阻的端电压，单位为伏(V)；

$U$ ——主加热器的端电压，单位为伏(V)；

$\sigma$ ——斯忒藩-玻耳兹曼常数，其值为  $5.67 \times 10^{-8}$ ，单位为瓦每平方米每四次方开(W/(m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>))；

$F$ ——试样热辐射的表面积，单位为平方米(m<sup>2</sup>)；

$R$ ——标准电阻的电阻值，单位为欧姆( $\Omega$ )；

$T_1$ ——试样温度，单位为开(K)；

$T_2$ ——真空冷壁的平均温度，单位为开(K)。

#### 3.4 测试设备及要求

##### 3.4.1 主要测试装置

测试装置示意图见图 1。其主要组成及要求如下：

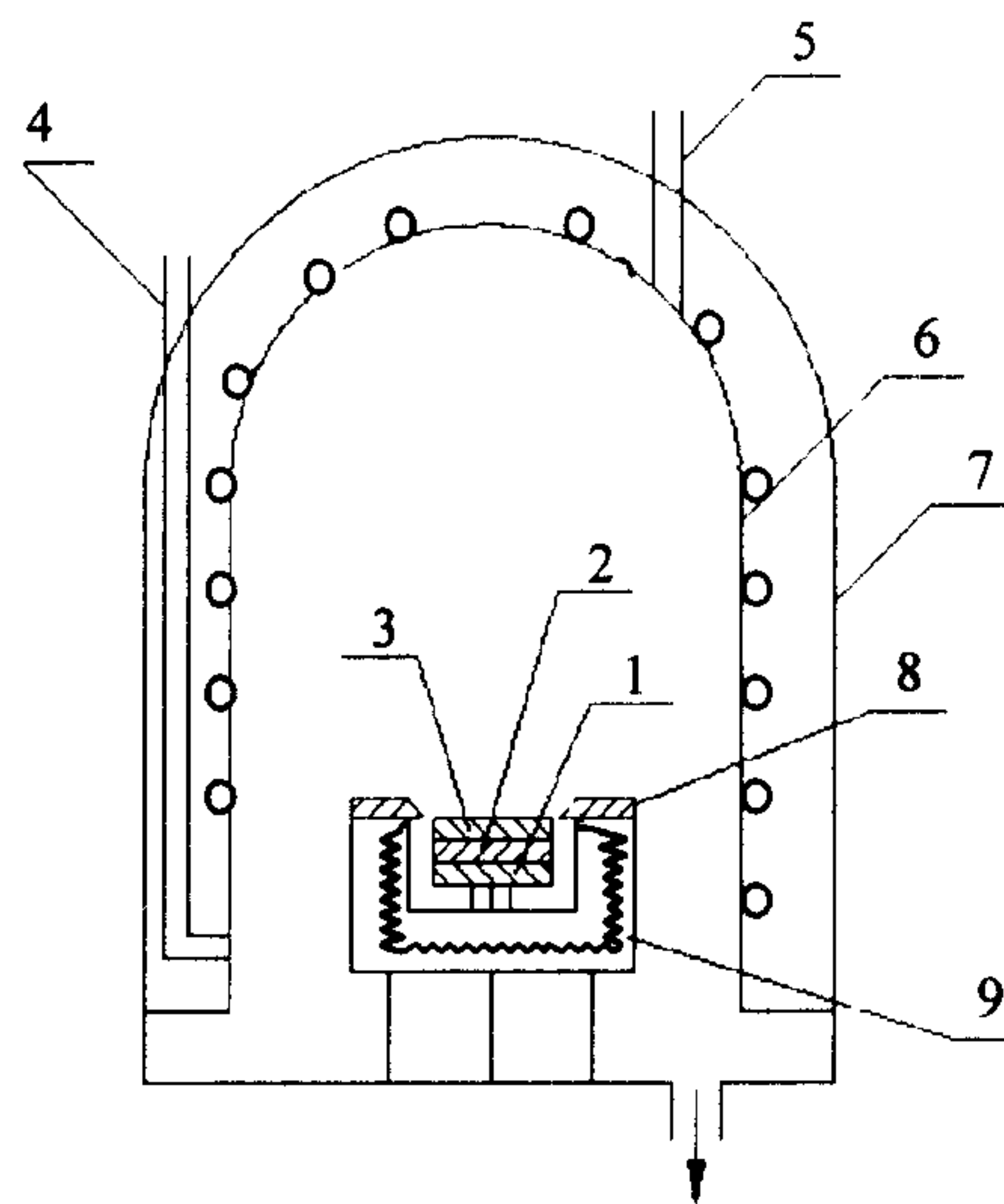
- a) 真空罩；
- b) 热沉：内表面喷涂无光黑漆，其半球发射率不小于 0.90；
- c) 主加热器和辅加热器；
- d) 高真空机组；

e) 液氮容器或恒温器。

### 3.4.2 主要仪表

主要仪表及其要求如下:

- a) 真空计:  $1 \times 10^{-1} \text{Pa} \sim 1 \times 10^{-6} \text{Pa}$ , 精度 15%;
- b) 直流稳压电源:  $0 \text{V} \sim 45 \text{V}$  (可调), 电压不稳定性不大于  $\pm 0.05\%$ ;
- c) 数字电压表:  $0.2 \text{V} \sim 20 \text{V}$ , 分辨力  $1 \mu\text{V}$ ;
- d) 控温仪:  $0^\circ\text{C} \sim 600^\circ\text{C}$ , 控温精度  $0.2^\circ\text{C}$ ;
- e) 铜-康铜热电偶 (或铁-康铜热电偶):  $-40^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$ , 精度  $0.1^\circ\text{C}$ ;
- f) 二级标准汞温度计:  $0^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$ ;
- g) 标准电阻:  $10 \Omega$ , 精度  $0.05\%$ 。



1—主加热器; 2—均热板; 3—试样; 4—冷却介质入口; 5—冷却介质出口;  
6—热沉; 7—真空罩; 8—压板; 9—辅加热器

图 1 稳态量热计法半球发射率测定装置示意图

### 3.5 测试条件

3.5.1 真空室压力不高于  $1.0 \times 10^{-3} \text{Pa}$ 。

3.5.2 热沉冷却介质为液氮 (用于参比试样测定) 或水 (用于一般试样测定), 热沉温度不均匀度不超过  $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

3.5.3 热沉内表面面积与试样辐射面积之比应不小于 100。

3.5.4 试验室条件按 GJB 2502.1-2006 中 4.1 的规定。

### 3.6 试样

3.6.1 试样的基体材料为金属材料, 表面应平整、均匀、无污染和裂纹。

3.6.2 试样为正方形, 边长  $40 \text{mm} \pm 0.1 \text{mm}$ , 厚度  $1 \text{mm} \pm 0.2 \text{mm}$ 。

3.6.3 试样的其它要求按 GJB 2502.1-2006 中 4.3 关于被测试样的规定。

### 3.7 测试程序

#### 3.7.1 测试前准备

3.7.1.1 在试样的表面或背面安装热电偶, 然后将试样固定在主加热器的均热板上。

3.7.1.2 盖上真空罩, 检查调试真空系统、电加热系统、测温系统, 使其处于正常状态。

#### 3.7.2 测试

3.7.2.1 启动真空机组、向热沉加注冷却介质, 并达到 3.5.2 的要求。

3.7.2.2 调节主、辅加热器的加热功率，使试样温度接近技术文件要求的温度。

3.7.2.3 当试样的主加热器达到稳定状态、辅加热器实现跟踪、试样温度达到技术文件要求的温度(在20min内，试样温度波动不大于 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ )时，连续三次测试试样温度 $T_1$ 、热沉温度 $T_2$ 、主加热器端电压 $U$ 、标准电阻的电阻值 $R$ 及端电压 $U_1$ 。

3.7.2.4 选定几个温度点，重复3.7.2.3测试。

### 3.8 数据处理

3.8.1 将测得的试样温度 $T_1$ 、热沉温度 $T_2$ 、主加热器端电压 $U$ 、标准电阻的电阻值 $R$ 及端电压 $U_1$ 和试样辐射面积 $F$ 的连续三次测试平均值代入公式(1)，计算出试样的半球发射率 $\varepsilon_H$ 。

3.8.2 测试结果取两个温度点测试值的算术平均值。

### 3.9 测试报告

测试报告的要求按GJB 2502.1-2006中4.4.3的规定。

## 4 法向发射率法(方法2021)

### 4.1 测试目的

测定航天器热控涂层被测试样的法向发射率。

### 4.2 测试范围和精度

法向发射率测试范围为0.04~0.98，测试精度为0.015。

### 4.3 测试原理

通过测试同一温度下被测试样的辐射指示值和黑体腔的辐射指示值，按公式(2)计算被测试样的法向发射率 $\varepsilon_n$ 。

$$\varepsilon_n = \frac{\phi_s}{\phi_b} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$\varepsilon_n$ ——被测试样的法向发射率；

$\phi_s$ ——从检测仪器上读出的被测试样辐射指示值；

$\phi_b$ ——从检测仪器上读出的黑体腔辐射指示值。

### 4.4 测试设备及要求

#### 4.4.1 主要测试装置

测试装置示意图见图2。其主要组成及要求如下：

- 黑体腔和零点校正腔：腔深和腔径之比不小于3，腔内表面喷涂无光黑漆，其半球发射率不小于0.90；
- 探测器腔：腔深和腔径(腔径一般在10mm左右)之比不小于10，腔内表面喷涂无光黑漆，其半球发射率不小于0.90；
- 试样腔：夹持被测试样的零件表面应镀金抛光，其表面半球发射率不大于0.03。

#### 4.4.2 主要仪表

4.4.2.1 超级恒温器：温度为： $0^{\circ}\text{C} \sim 95^{\circ}\text{C}$ ，温度波动不大于 $0.5^{\circ}\text{C}$ 。

4.4.2.2 检测仪器：数字电压表(分辨力 $1\mu\text{V}$ )或低阻检流计。

### 4.5 测试条件

4.5.1 被测试样温度为 $60^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$ 。

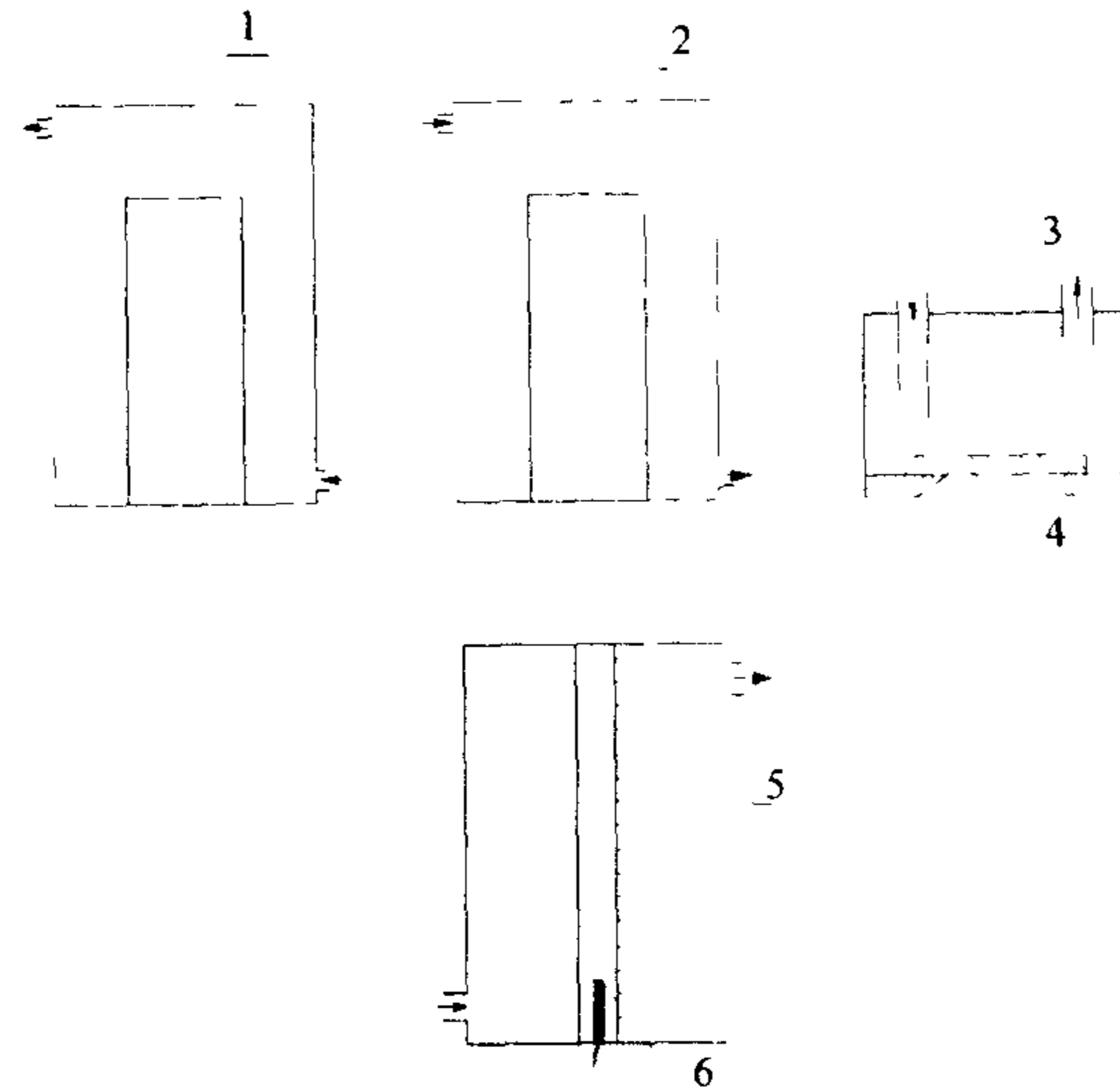
4.5.2 被测试样腔与黑体腔的水温度差不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

4.5.3 试验室条件按GJB 2502.1-2006中4.1的规定。

### 4.6 试样

4.6.1 被测试样的基材为金属材料，表面应平整、均匀、无污染和裂纹，厚度不大于1.8mm。

- 4 6 2 采用非金属材料作基材的被测试样，基材厚度不大于 1 mm。
- 4 6 3 被测试样边长为 40 mm 的正方形。
- 4 6 4 被测试样的其它要求按 GJB 2502.1-2006 中 4.3 的规定。



1—黑体腔；2—零点校正腔；3—试样腔；  
4—被测试样；5—探测器腔；6—平面热电堆

图 2 测定装置示意图

#### 4 7 测试程序

##### 4 7.1 测试前准备

4 7 1.1 试样腔和黑体腔通入 60℃~80℃ 的恒温循环水，零点校正腔和探测器腔通入低于 40℃ 的恒温循环水。

4 7 1.2 被测试样温度达到技术条件要求 10min 内，温度波动不大于 0.2℃。

##### 4 7.2 测试

4 7.2.1 将零点校正腔置于探测器腔上方，调整检测仪器指示到零。

4 7.2.2 将试样腔和黑体腔依次置于探测器腔上方，从检测仪器上分别记录被测试样和黑体腔辐射指示值  $\phi_s$  和  $\phi_b$ 。此过程至少进行三次。

##### 4 7.3 数据处理

测试结果取三次测试值的算术平均值。

##### 4 7.4 测试报告

测试报告的要求按 GJB 2502.1-2006 中 4.4.3 的规定。

#### 5 辐射计法(方法 2031)

##### 5.1 测试目的

测定航天器热控涂层被测试样的半球发射率。

##### 5.2 测试范围和精度

半球发射率测试范围为 0.03~0.95，测试精度为 0.015。

##### 5.3 测试原理

辐射计探测器的输出信号与被测试样的发射率成线性关系，通过比较辐射计配备的高、低发射率参比试样和被测试样输出信号的大小，直接得到被测试样的发射率。

#### 5.4 测试设备及要求

- 5.4.1 辐射计探测器：重复性±0.01。  
 5.4.2 毫伏计：灵敏度0.01mV。  
 5.4.3 热沉：导热良好，表面高辐射。  
 5.4.4 参比试样：要求按 GJB 2502.1-2006 中 4.3 的规定。

#### 5.5 测试条件

- 5.5.1 被测试样温度应与参比试样温度相同。  
 5.5.2 试验室温度为 15℃~25℃，其它条件按 GJB 2502.1-2006 中 4.1 规定。

#### 5.6 被测试样

- 5.6.1 表面应平整，导热良好，无污染。  
 5.6.2 尺寸应大于探测器直径，厚度一般不超过 2mm。  
 5.6.3 曲率半径应满足仪器要求。  
 5.6.4 其它要求按 GJB 2502.1-2006 中 4.3 的规定。

#### 5.7 测试程序

##### 5.7.1 测试前准备

仪器预热约 30 min。

##### 5.7.2 测试

5.7.2.1 将高、低发射率参比试样置于热沉上，探测器分别放到高、低发射率参比试样上，通过微调使读数仪表上显示的数值等于它们各自的发射率值，此步骤重复一遍。

5.7.2.2 将被测试样置于热沉上，把探测器放到被测试样表面上约 90s，待读数稳定，该读数即为被测试样的发射率。此过程至少进行三次。

#### 5.8 数据处理

以三次测试值的算术平均值作为被测试样的半球发射率。

#### 5.9 测试报告

测试报告的要求按 GJB 2502.1-2006 中 4.4.3 的规定。

### 6 反射法—便携式(方法 2041)

#### 6.1 测试目的

测定航天器和零部件表面热控涂层的半球发射率。

#### 6.2 测试范围和精度

半球发射率测试范围为 0.04~0.95，测试精度为 0.015。

#### 6.3 测试原理

通过探测器检测到的椭球腔体里所有反射能，按公式(3)计算试样的半球反射率。

$$\rho = \frac{I_D}{\sigma_{IR}^4} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$\rho$ ——试样的半球反射率；

$I_D$ ——检测到的能量，单位为瓦每平方米(W/m<sup>2</sup>)；

$T_{IR}$ ——红外辐射源温度，单位为开(K)。

当试样为不透明时，试样的半球发射率按公式(4)计算。

$$\varepsilon_H = 1 - \rho \dots\dots\dots (4)$$

#### 6.4 测试设备及要求

- 6.4.1 椭球体：内表面镀金。

6.4.2 探测器：热电型的检测器。

6.4.3 参比试样：为镀金试样和黑试样，参比试样的其它要求按 GJB 2502 1-2006 中 4.3 的规定。

6.4.4 红外辐射源：色温为 300K。

6.4.5 微处理器：具有数据采集、处理和显示功能。

#### 6.5 测试条件

试验室温度为 15℃~25℃，试验室的其它条件按 GJB 2502.1-2006 中 4.1 的规定。

#### 6.6 被测试样

6.6.1 曲率半径应不小于 100 mm。

6.6.2 其它要求按 GJB 2502.1-2006 中 4.3 的规定。

#### 6.7 测试程序

##### 6.7.1 测试前准备

接通电源。

##### 6.7.2 测试

6.7.2.1 根据被测试样的发射率大小选择测试模式。

6.7.2.2 将探测头放置在低发射率参比试样(镜面镀金)上，自动按反射能量大小进行校准。

6.7.2.3 将探测头放置在高发射率参比试样(黑材料)上，自动按反射能量大小进行校准。

6.7.2.4 重复 6.7.2.2、6.7.2.3 二项，进行三次校准。

6.7.2.5 将探测头放置在被测试样上，设备随机软件自动计算出被测试样的发射率。

#### 6.8 数据处理

仪器根据公式(3)、公式(4)自动计算并显示出被测试样发射率。

#### 6.9 测试报告

测试报告的要求按 GJB 2502.1-2006 中 4.4.3 的规定。



中华人民共和国  
国家军用标准  
航天器热控涂层试验方法  
第3部分：发射率测试  
GJB 2502.3-2006

\*

国防科工委军标出版发行部出版  
(北京东外京顺路7号)  
国防科工委军标出版发行部印刷车间印刷  
国防科工委军标出版发行部发行  
版权专有 不得翻印

\*

开本 880×1230 1/16 印张 3/4 字数 19 千字  
2007年4月第1版 2007年4月第1次印刷  
印数 1-500

\*

军标出字第 6822 号 定价 8.00 元

