

中华人民共和国国家军用标准

FL 0109

GJB 150.5A-2009
代替 GJB 150.5-1986

军用装备实验室环境试验方法 第5部分：温度冲击试验

Laboratory environmental test methods for military materiel—
Part 5: Temperature shock test

中国可靠性网 <http://www.kekaoxing.com>

2009-05-25 发布

2009-08-01 实施

中国人民解放军总装备部 批准

军用装备实验室环境试验方法

第 5 部分：温度冲击试验

1 范围

本部分规定了军用装备实验室温度冲击试验的目的与应用、剪裁指南、信息要求、试验要求、试验过程和结果分析的内容。

本部分适用于对军用装备进行温度冲击试验。

2 引用文件

下列文件中的有关条款通过引用而成为本部分的条款。凡注日期或版次的引用文件，其后的任何修改单(不包括勘误的内容)或修订版本都不适用于本部分，但提倡使用本部分的各方探讨使用其最新版本的可能性。凡不注日期或版次的引用文件，其最新版本适用于本部分。

GJB 150.1A-2009	军用装备实验室环境试验方法	第 1 部分：通用要求
GJB 150.3A-2009	军用装备实验室环境试验方法	第 3 部分：高温试验
GJB 150.4A-2009	军用装备实验室环境试验方法	第 4 部分：低温试验
GJB 150.7A-2009	军用装备实验室环境试验方法	第 7 部分：太阳辐射试验
GJB 1172.12-1991	军用设备气候极值	空气中气温
GJB 4239	装备环境工程通用要求	

3 目的和应用

3.1 目的

本试验的目的在于确定装备在经受周围大气温度的急剧变化(温度冲击)时，是否产生物理损坏或性能下降。

注：本试验的“急剧变化”是指温度变化率大于 10°C/min。

3.2 应用

3.2.1 正常环境

本试验适用于可能会在空气温度发生急剧变化的地方使用的装备。本试验仅用来评价温度急剧变化对装备的外表面、安装在外表面的零部件、或装在靠近外表面的内部零部件的影响。典型情况如下：

- 装备在热区域和低温环境之间转换；
- 通过高性能运载工具，从地面高温环境升到高空(只是热到冷)；
- 仅用外部材料(包装或装备表面材料)进行试验时，从处在高空和低温条件下热的飞机防护壳体内向空投。

3.2.2 安全性和环境应力筛选

除 3.3 所述外，本试验适用于揭示装备暴露在低于极端温度变化速率(只要试验条件不超过装备的设计极限)下通常出现的安全性问题和潜在的缺陷。本试验虽然用作环境应力筛选(ESS)，但经适当工程处理后，也可以将其作为一个筛选试验(使用更极端温度的温度冲击)，用来揭示装备暴露在低于极端温度变化条件下会出现的潜在缺陷。

3.3 限制

3.3.1 本试验不适用于：

- 因其包装和安装位置等原因不会经受急剧的极端温度变化的装备；

- b) 会经受空气和液体或在两种液体之间转移造成温度冲击的装备；
- c) 会经受发动机压缩机排出的气体、或气动加载产生的快速瞬间加热引起的温度冲击的装备；
- d) 受火烤热后用水冷却的装备。

3.3.2 本试验不适用于使用在不同环境转换过程中不会产生显著的温度冲击的装备(若用于环境应力筛选除外)。

3.3.3 本试验不能代替 GJB 150.3A—2009 和 GJB 150.4A—2009; 对长期暴露于极端温度后的装备进行性能评价。

4 剪裁指南

4.1 选择试验方法

4.1.1 概述

分析有关技术文件的要求, 应用装备(产品)订购过程中实施 GJB 4239 得出的成果, 确定装备寿命期内温度冲击环境出现的阶段, 根据下列环境效应确定是否需要进行本试验。当确定需要进行本试验, 且本试验与其他环境试验使用同一试件时, 还需确定本试验与其他试验的先后顺序。

4.1.2 环境效应

温度冲击通常对靠近装备外表面的部分影响更严重, 离外表面越远(当然, 与相关材料的特性有关), 温度变化越慢, 影响越不明显。运输箱、包装等还会减小温度冲击对封闭的装备的影响。急剧的温度变化可能会暂时或永久地影响装备的工作。下面是装备暴露于温度冲击环境时可能引发的问题示例。考虑以下典型问题, 有助于确定本试验是否适用于受试装备:

- a) 典型物理效应有:
 - 1) 玻璃容器和光学仪器的碎裂;
 - 2) 运动部件的卡紧或松弛;
 - 3) 爆炸物中固态药丸或药柱产生裂纹;
 - 4) 不同材料的收缩或膨胀率、或诱发应变速率不同;
 - 5) 零部件的变形或破裂;
 - 6) 表面涂层开裂;
 - 7) 密封舱泄漏;
 - 8) 绝缘保护失效。
- b) 典型化学效应有:
 - 1) 各组分分离;
 - 2) 化学试剂保护失效。
- c) 典型电效应有:
 - 1) 电气和电子元器件的变化;
 - 2) 快速冷凝水或结霜引起电子或机械故障;
 - 3) 静电过量。

4.1.3 选择试验顺序

4.1.3.1 一般要求

见 GJB 150.1A—2009 中的 3.6。

4.1.3.2 特殊要求

利用高、低温试验获得的试件温度响应特性和性能测量方面的信息, 可帮助确定本试验程序要采用的试验条件。因此, 本试验一般在高低温试验之后进行。

4.2 选择试验程序

4.2.1 概述

本试验包括两个温度冲击试验程序：程序 I——恒定和程序 II——循环。

4.2.2 选择试验程序时考虑的因素

选择试验程序时主要应考虑以下因素：

- a) 使用中预期的暴露温度；
- b) 装备在保障或使用时的技术状态；
- c) 环境应力筛选要求。

4.2.3 各程序的差别

虽然两个程序都涉及温度条件和性能测试，但它们的高温冲击极值是不同的：

- a) 程序 I——恒定。程序 I 的每个极值冲击条件采用恒定的温度。因为在许多情况下，温度冲击本身比其他温度效应重要得多，所以试验可以用两个恒定温度进行。特别是在希望采用更严酷的冲击（例如要评价安全性或初始设计）时和在要使用极值温度时要采用恒定温度冲击程序。
- b) 程序 II——循环。若要求对真实环境进行仔细地模拟时，应使用程序 II，因为高温是随着相应的日循环出现的。根据有关文件确定装备应达到的功能（工作要求），并确定会引起温度冲击的环境。

4.3 确定试验条件

4.3.1 概述

选定本试验和相应程序后，还应根据有关文件的规定、应力筛选要求以及为该程序提供的信息选定该程序所用的试验条件和试验技术。若有实测数据，则应使用实测数据。本试验将暴露条件归纳为飞机飞行暴露、空运—沙漠暴露和陆运或空运—寒冷暴露。宜根据预期的使用情况和极端暴露值的范围确定试验条件，但需要发现设计缺陷时，也可加大试验量值。确定量值时应考虑：

- a) 飞机飞行暴露。适用于经历下列环境条件的装备：暴露于沙漠或热带地面的热环境，并可能直接受到日晒加热，但几分钟后又暴露在与飞行高度相对应的极端低温环境中。
- b) 空运—沙漠暴露。适用于利用高空飞行中不加热、且具有环境温度（不考虑日晒加热）的飞机货舱在沙漠地区上空运输的装备。
- c) 陆运或空运—寒冷暴露。适用于检验受到下列环境影响的装备：寒冷地区进出具备加热措施的贮存仓库、维修场所或其他设施，或进出具备加热措施的货舱。
- d) 工程设计。适用于发现设计裕度方面的问题。
- e) 环境应力筛选。适用于评价工艺方面的问题。

4.3.2 气候条件

气候条件应根据装备预期工作和贮存的地理区的气候数据确定。装备暴露于不同的地面气候类型中得到的实际响应温度，可以从装备工作或贮存技术状态的高、低温暴露试验（GJB 150.3A-2009、GJB 150.4A-2009 和 GJB 150.7A-2009）的结果中获得。对于贮存技术状态，必须考虑在不同的气候中贮存和运输期间太阳辐射的诱发效应。

4.3.3 暴露条件

4.3.3.1 概述

应根据现场数据或有关文件选择试验温度。若没有这些数据或文件，可以根据装备预计的部署应用情况或将要部署的区域，或根据其最极端的非工作温度要求确定试验温度。建议使用的温度范围应反映预期的使用情况，而不是某一个任意的极值范围。

4.3.3.2 部署应用（飞机飞行暴露）

装备暴露于空中飞行工作环境期间，经受的热应力和温度变化速率取决于周围环境条件、飞行条件和机上环境控制系统的性能。不同高度上的大气温度可以从 GJB 1172.12-1991 中查到。

4.3.3.3 空运/空投

这种暴露的试验条件要根据飞机货舱内（或其他运输位置）可能的条件和空投地面着陆点可能的条

件而定。高空中的温度可以从 GJB 1172.12-1991 中查到。地表高温极值应根据 GJB 150.3A-2009 中的相关内容确定。

注：装备的包装通常会减轻温度冲击。空运/空投时，装备本身可能不会受到明显的温度冲击。

4.3.3.4 地面运输/空运——北极

在寒冷地区采取供暖加热措施的室内条件是 21℃和 25%的相对湿度，这些条件与北极地区正常加热后和飞机上正常加热后的实际情况大致相当。外部环境条件的选择应根据 GJB 150.4A-2009 的相应的气候类型或地区确定。

4.3.3.5 工程设计

采用能反映预期的极端贮存条件的试验条件。

4.3.4 试验持续时间(冲击次数)

对暴露于温度冲击可能性很小的装备，在每种相应的条件下只进行一次温度冲击。当预计装备比较频繁地暴露于温度冲击环境时，没有多少可用的数据用于证实具体的冲击次数。较好的方案是在每种条件下进行 3 次或 3 次以上冲击，冲击次数主要由预计的使用事件来决定。本试验的目的是确定快速的温度变化对装备的影响，因此，试件暴露于温度极值的持续时间或者等于实际的工作时间，或者等于达到温度稳定所需要的时间。

4.3.5 高温暴露极值

装备在热和基本热气候区于太阳下贮存期间很可能经受最大的加热影响。因此，从热到冷的转换应在试件稳定在其贮存高温的情况下进行；从冷到热的转换，应在相应的循环中，高温试验箱内的空气温度达到最高贮存温度的情况下进行。在从冷到热的转换完成以后，立即通过适当的日循环(GJB 150.3A-2009)使高温箱开始循环，该循环从经受最高气温的那个小时开始直到试件达到最高工作响应温度为止(见 GJB 150.3A-2009 中的 4.3.4.3 b))。其他试验，例如应力筛选试验，可能要求更极端的温度。

4.3.6 试件的技术状态

试件的技术状态对试验结果有很大影响，因此，要按装备预期的贮存、运输或使用时的技术状态进行试验。至少应考虑以下情况：

- a) 装在运输/贮存容器内或运输箱内，以及将处于一种温度状态的产品装到处于另一个温度值的容器内；
- b) 有保护或无保护状态；
- c) 正常使用状态；
- d) 为特殊用途改装后的状态；
- e) 适用于空投的包装。

4.3.7 温度稳定

试件温度稳定(在转换之前)的时间至少应保证试件整个外部的温度均匀一致。

4.3.8 相对湿度

大部分试验方案都不控制相对湿度。但是温度冲击试验过程中的相对湿度，对某些常见的多孔渗水材料(如纤维材料)可能有显著的影响——渗入的湿气可以移动并在结冰时会膨胀。除专门提出要求外，否则不必考虑控制相对湿度。

4.3.9 转换时间

应保证转换时间能反映寿命期剖面中实际温度冲击的相应时间。转换时间应尽可能短，但若转换时间大于 1min，则应证明这些额外的时间是合理的。

4.4 特殊考虑

本试验中列出的试验条件一般要与本标准其他部分的条件一致。确定这些量值的主要目的是为在两个温度极值之间进行转换提供实际的条件。因此，在转换之前试件温度要稳定在具体工作期间可能遇到的最真实的温度，或者可能是最极端的试件稳定温度(如适用)。

5 信息要求

5.1 试验前需要的信息

一般信息见 GJB 150.1A-2009 中的 3.8, 特殊信息如下:

- a) 试件的技术状态;
- b) 试验温度极值或试件温度变化率;
- c) 在每个温度下的暴露时间;
- d) 试件响应温度(根据 GJB 150.3A-2009);
- e) 对于程序 II, 高温循环的具体参数和该循环的初始温度;
- f) 必要时用于确定温度响应和温度稳定的温度传感器的安装位置(说明在试件的哪个部件、哪个组件/结构上)。

5.2 试验中需要的信息

应记录实际的试验过程与预先规定的试验程序或试验参数量值的偏差, 包括可能发生的任何异常情况。

5.3 试验后需要的信息

一般信息见 GJB 150.1A-2009 中的 3.14, 特殊信息如下:

- a) 试件以前已做过的试验项目;
- b) 每次暴露的持续时间;
- c) 每次目视检查时试件的状况;
- d) 试验温度;
- e) 工作检测的结果;
- f) 转换时间(例如:“门打开”至“门关闭”的时间)。

6 试验要求

6.1 试验设备

所需要的试验设备包括可以在其中建立并保持试验条件的两个试验箱(室), 或者一个双室试验箱。除另有规定外, 试验箱应具备试件转换后 5min 内试验箱内的试验条件重新稳定的能力。若需要, 可使用搬运设备以实现试件在两箱之间的转换。

试验箱应配备能监测试件周围空气层试验条件的辅助仪表。可能需要快速分离式热电偶来监测试件随周围温度变化的情况。

6.2 试验控制

6.2.1 温度

除技术文件中另有规定外, 若非试件操作以外的其他任何动作(例如非转换时间的打开箱门)使试件温度或试验箱空气温度产生明显的变化(大于 2℃), 则在继续试验前应使试件稳定到所要求的温度。

6.2.2 风速

除装备平台环境已经证明采用其他风速是合理的, 并提供了规定的试验条件, 试验箱内试件周围的风速不应超过 1.7m/s。

6.3 试验中断

6.3.1 一般要求

见 GJB 150.1A-2009 中的 3.12。

6.3.2 特殊要求

6.3.2.1 欠试验中断

若在温度变化以前发生意外的试验中断, 使试验条件向标准环境温度偏离并超出允差, 则应从中断点开始重新试验, 并使试件重新处在试验条件下。若在转换期间发生中断, 应使试件重新处在转换前的

温度下, 然后进行转换。

6.3.2.2 过试验中断

在导致试件暴露于比装备规范要求更为极端的温度下的任何中断发生后, 只要可能, 应在继续试验之前立即对试件进行全面的物理检查和工作性能检测。在可能存在安全问题的情况下, 例如对弹药进行试验时, 尤其应如此。若发现问题, 最好的办法是停止试验, 并且用新试件重新开始试验。若不这样做, 而且在随后的试验中试件再次出现故障, 则由于试验中曾出现过过试验条件, 此试验结果可能无效。若没有发现问题, 应重新恢复中断前的条件继续试验, 过试验期间的时间记入试验时间。

7 试验过程

7.1 试验准备

7.1.1 试验前准备

试验开始前, 根据有关文件确定试验程序、试件的技术状态、温度量值、循环数、温度稳定、持续时间等。

7.1.2 初始检测

试验前所有试件均需在标准大气条件下进行检测, 以取得基线数据。利用非破坏性检测方法对弹药和其他合适的装备进行检查。检测按以下步骤进行:

- a) 将试件稳定在标准大气条件下(GJB 150.1A-2009 中的 3.1)。
- b) 对试件进行全面的目视检查(按 4.1.2 进行评价), 特别注意应力区, 如铸件棱角处和不同材料的结合面(如元器件引线可见电子元器件的陶瓷界面), 并记录检查结果。
- c) 按技术文件的规定进行工作性能检测, 记录检测结果。若试件工作正常, 则进行 d)。
- d) 按 GJB 150.1A-2009 中的 3.9 的规定和所要求的试件技术状态准备试件。

7.2 试验程序

7.2.1 概述

以下试验程序为收集装备在严酷的温度冲击环境下的必要信息提供了基础。图 1 和图 2 所示的程序是人为地规定从低温开始的, 但若更为接近实际的话, 也可以反过来从高温开始。

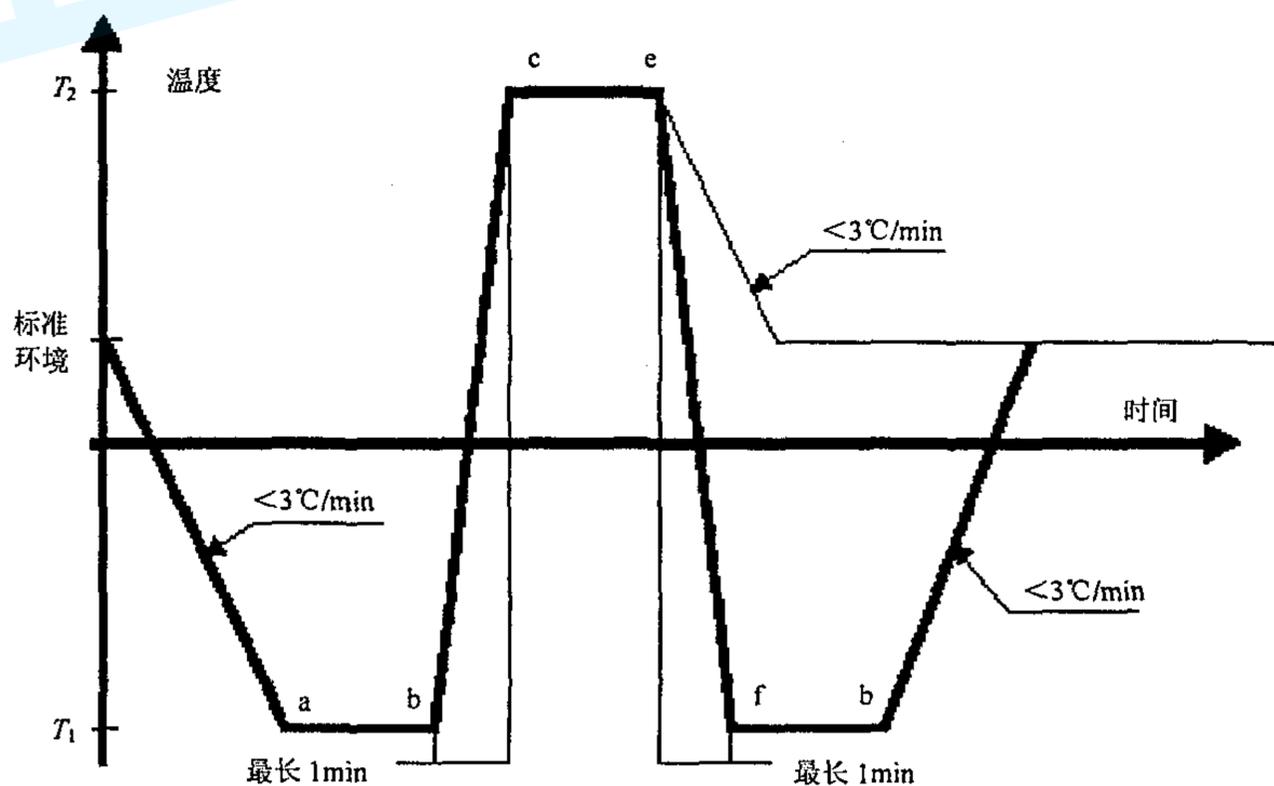


图 1 恒定极值温度冲击

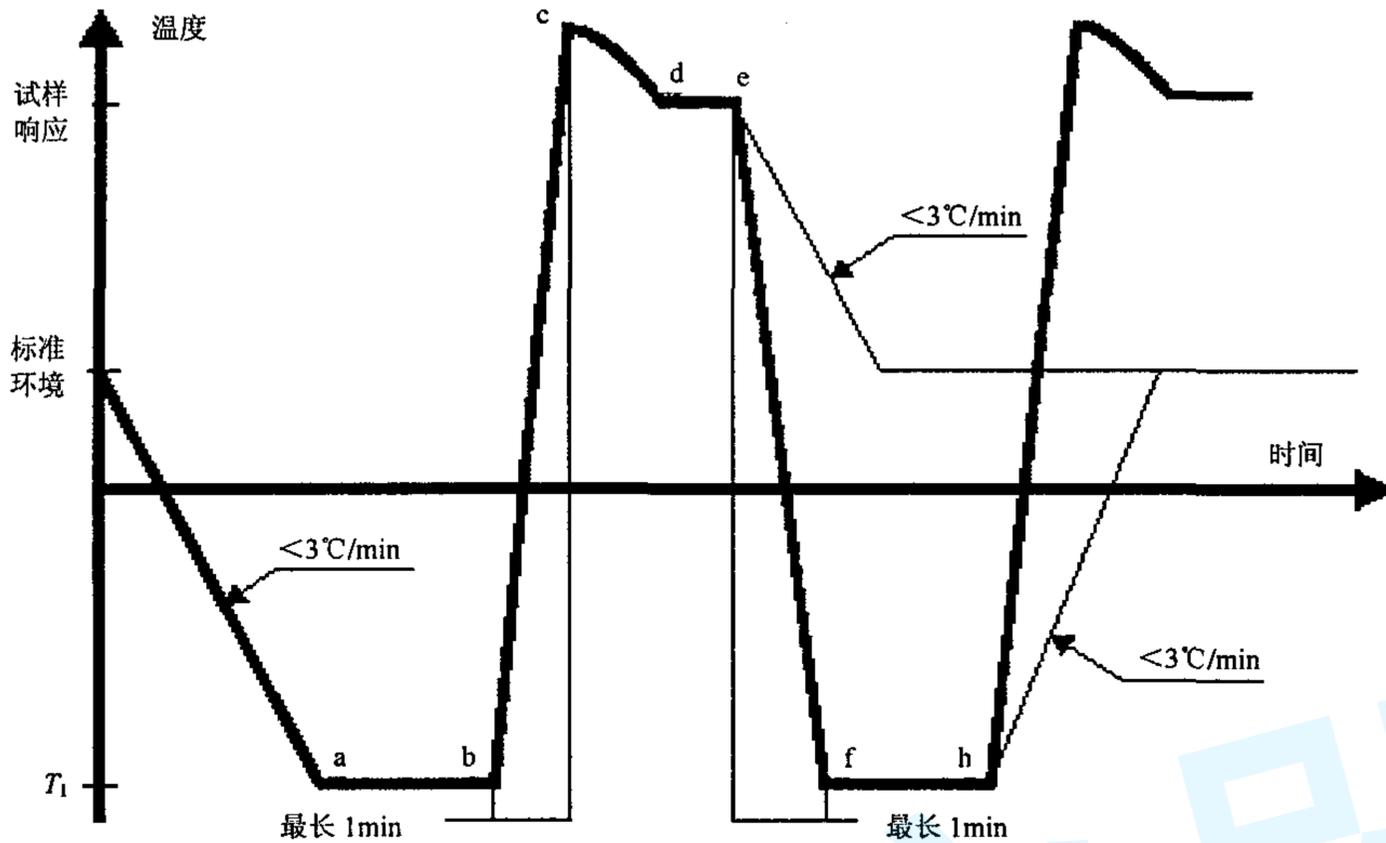


图 2 高温循环冲击

7.2.2 程序 I ——恒定极值温度冲击

程序 I 的步骤如下:

- 将试件放入试验箱,以不超过 $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率将箱内空气温度调节到技术文件中规定的低温极值(图 1 中的 a)。保持此温度至技术文件中规定的时间(图 1 中的 a~b)。
- 在 1min 之内(图 1 中的 b~c)将试件转移到温度为 T_2 的大气环境中,以产生技术文件中规定的温度冲击,并按技术文件的规定保持此温度(图 1 中的 c~e)。
- 若技术文件中有要求,在可行的范围内评价温度冲击对试件的影响。
- 若要求反方向进行其他循环,则在 1min 之内将试件转换到 T_1 环境中(图 1 中的 e~f),并按技术文件的要求达到稳定(图 1 中的 f~g),必要时评价温度冲击的影响,然后按 b)和 c)继续试验;若要求再进行一次单向的温度冲击,则将试件以不大于 $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的温度变化率返回 T_1 环境并重复步骤 a)~c);若不要求其他温度冲击,则进行步骤 e)。
- 试件返回到标准大气条件。
- 检查试件,若需要,使试件工作。记录结果并与试验前数据比较。

7.2.3 程序 II ——基于高温循环的冲击

程序 II 的步骤如下:

- 将试件放入试验箱,以不超过 $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率将箱内空气温度调至技术文件中规定的低温极值(图 2 中的 a),保持此温度至技术文件中规定的时间(图 2 中的 a~b)。
- 在 1min 之内将试件转换到高温循环的最高空气温度中(图 2 中的 c)(按技术文件的规定)。一旦关上试验箱门,并使箱温恢复到峰值温度,立即按照适当的日循环部分使试验箱进入温度循环,直到箱内空气温度达到试件响应温度(图 2 中的 d)(见 GJB 150.3A-2009 中的 4.3.4.3 b))。按技术文件的规定保持此温度(图 2 中的 d~e)。
- 若不要求其他的循环,试件以不超过 $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的温度变化速率返回到标准大气条件,进行步骤 g)。
- 在 1min 之内将试件转换到低温环境(图 2 中的 f),并按技术文件的要求达到稳定(图 2 中的 f~g)。

h)。若要求其他循环，则进行步骤 f)。

e) 若不要求其他循环，试件返回到标准大气条件，进行步骤 g)。

注：除有关文件另有说明外，若由于工作计划等试验程序被中断，试件应保持在试验温度，直到试验重新开始。若温度发生变化，则在试验前试件要稳定在中断前最后成功地完成的试验段的温度上。

f) 按技术文件的规定，重复步骤 b)~d)。

g) 检查试件。若需要，使试件工作。记录结果并与试验前数据比较。

8 结果分析

遵循 GJB 150.1A-2009 中 3.17 提供的指南，有助于评价试验结果。分析试件的每一个故障，看是否满足产品规范的要求。