



中华人民共和国国家军用标准

FL 0109

GJB 150.4A-2009

代替 GJB 150.4-1986

军用装备实验室环境试验方法 第4部分：低温试验

Laboratory environmental test methods for military materiel—
Part 4: Low temperature test

2009-05-25 发布

2009-08-01 实施

中国人民解放军总装备部 批准

目 次

前言.....II

1 范围.....1

2 引用文件.....1

3 目的和应用.....1

3.1 目的.....1

3.2 应用.....1

3.3 限制.....1

4 剪裁指南.....1

4.1 选择试验方法.....1

4.2 选择试验程序.....2

4.3 确定试验条件.....3

5 信息要求.....4

5.1 试验前需要的信息.....4

5.2 试验中需要的信息.....4

5.3 试验后需要的信息.....5

6 试验要求.....5

6.1 试验设备.....5

6.2 试验控制.....5

6.3 试验中断.....5

6.4 试件的安装与调试.....5

7 试验过程.....5

7.1 试验准备.....5

7.2 试验程序.....6

8 结果分析.....7

前 言

GJB 150 《军用装备实验室环境试验方法》分为 28 个部分：

- a) 第 1 部分：通用要求；
- b) 第 2 部分：低气压(高度)试验；
- c) 第 3 部分：高温试验；
- d) 第 4 部分：低温试验；
- e) 第 5 部分：温度冲击试验；
- f) 第 7 部分：太阳辐射试验；
- g) 第 8 部分：淋雨试验；
- h) 第 9 部分：湿热试验；
- i) 第 10 部分：霉菌试验；
- j) 第 11 部分：盐雾试验；
- k) 第 12 部分：砂尘试验；
- l) 第 13 部分：爆炸性大气试验；
- m) 第 14 部分：浸渍试验；
- n) 第 15 部分：加速度试验；
- o) 第 16 部分：振动试验；
- p) 第 17 部分：噪声试验；
- q) 第 18 部分：冲击试验；
- r) 第 20 部分：炮击振动试验；
- s) 第 21 部分：风压试验；
- t) 第 22 部分：积冰/冻雨试验；
- u) 第 23 部分：倾斜和摇摆试验；
- v) 第 24 部分：温度-湿度-振动-高度试验；
- w) 第 25 部分：振动-噪声-温度试验；
- x) 第 26 部分：流体污染试验；
- y) 第 27 部分：爆炸分离冲击试验；
- z) 第 28 部分：酸性大气试验；
- aa) 第 29 部分：弹道冲击试验；
- bb) 第 30 部分：舰船冲击试验。

本部分为 GJB 150 的第 4 部分，代替 GJB 150.4-1986 《军用设备环境试验方法 低温试验》。

本部分与 GJB 150.4-1986 相比，有下列主要变化：

- a) 删除了 GJB 150.4-1986 中的“试验条件”，增加了确定试验方法、试验顺序、试验程序和试验条件的剪裁指南；
- b) 增加了对试验信息的要求；
- c) 增加了拆装试验程序；
- d) 增加了预备步骤和试验前的检查步骤；
- e) 试验中断处理方法有变化；
- f) 试验条件有所变化；

- g) 增加了对试件温度响应的测量要求;
- h) 增加了试验结果分析内容;
- i) 增加了 GJB 1172 中的低温极值条件。

本部分由中国人民解放军总装备部电子信息基础部提出。

本部分起草单位: 中国航空综合技术研究所。

本部分主要起草人: 吴彦灵、祝耀昌。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

GJB 150.4—1986。

军用装备实验室环境试验方法

第 4 部分：低温试验

1 范围

本部分规定了军用装备实验室低温试验的目的与应用、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低温试验。

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 150.2A—2009 军用装备实验室环境试验方法 第 2 部分：低气压(高度)试验

GJB 150.24A—2009 军用装备实验室环境试验方法 第 24 部分：温度—湿度—振动—高度

GJB 1172.2—1991 军用设备气候极值 地面气温

GJB 4239 装备环境工程通用要求

3 目的和应用

3.1 目的

本试验的目的在于评价在贮存、工作和拆装操作期间，低温条件对装备的安全性、完整性和性能的影响。

3.2 应用

本试验适用于评价在低温环境中使用的装备。

3.3 限制

本试验不适用于在非增压的飞机上安装并工作的装备，这类装备通常按 GJB 150.24A—2009 的规定进行试验。

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 得出的结果，确定装备寿命期内低温环境出现的阶段，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

低温几乎对所有的基体材料都有不利的影响。对于暴露于低温环境的装备，由于低温会改变其组成材料的物理特性，因此可能会对其工作性能造成暂时或永久性的损害。所以，只要装备暴露于低于标准大气条件的温度下，就要考虑做低温试验。考虑以下典型低温环境效应，有助于确定本试验是否适用于受试装备：

- a) 材料的硬化和脆化；

- b) 在对温度瞬变的响应中, 不同材料产生不同程度的收缩, 以及不同零部件的膨胀率不同, 引起零部件相互咬死;
- c) 由于粘度增加, 润滑油的润滑作用和流动性降低;
- d) 电子器件(电阻器、电容器等)性能改变;
- e) 变压器和机电部件的性能改变;
- f) 减振架刚性增加;
- g) 固体爆炸药丸或药柱(如硝酸铵)产生裂纹;
- h) 破裂与龟裂、脆裂、冲击强度改变和强度降低;
- i) 受约束的玻璃产生静疲劳;
- j) 水的冷凝和结冰;
- k) 穿防护服的操作人员灵活性、听力和视力降低;
- l) 燃烧率变化。

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

确定试验顺序至少应遵循下列两条原则:

- a) 节省寿命。首先对试件施加使试件损伤最小的环境应力, 以使试件能作更多的试验项目。为此, 本试验应在试验顺序的早期进行。
- b) 施加的环境应能最大限度地显示叠加效应。为此, 本试验应在振动和冲击等力学环境试验之后进行。

虽然没有明确规定, 但本试验可以与振动和冲击试验结合进行, 以评价力学事件(即运输、装卸、冲击)对低温下的材料的影响。同时, 本试验也会显著改变产品在 GJB 150.2A—2009 低气压试验时的密封性能。

4.2 选择试验程序

4.2.1 概述

本试验包括三个试验程序: 程序 I——贮存、程序 II——工作和程序 III——拆装操作。根据对试验数据的需求, 确定适用的试验程序、试验程序组合或实施各程序的顺序。在大多数情况下, 所有三个程序都要使用。

4.2.2 选择试验程序考虑的因素

选择试验程序时应考虑:

- a) 装备的用途。根据有关文件的要求, 确定装备在低温环境和其他任何限制性的条件(如贮存)下应实现的功能。
- b) 自然暴露环境。
- c) 与装备的实际使用情况相符的下列试验数据:
 - 1) 部署地区预期的温度;
 - 2) 在部署地区预期的持续时间;
 - 3) 装备的技术状态。
- d) 程序的顺序。确定三个低温试验顺序时应考虑:
 - 1) 程序 II 可在程序 I /程序 III 之后进行。若装备在使用之前要在低温下贮存, 程序 I 要在程序 II 之前进行; 若要求做拆装操作试验, 则程序 III 可在工作试验前进行; 若装备不打算在低温下进行贮存或在使用前进行拆装操作, 则直接进行程序 II。
 - 2) 若需要的话, 拆装操作试验可在贮存试验/工作试验之后进行。

4.2.3 各程序的差别

虽然所有的程序都涉及低温，但它们在性能测试的时间选择和性质方面有根本的不同。

- a) 程序 I 用于检查贮存期间的低温对装备在贮存期间和贮存后的安全性，以及贮存后对装备的性能的影响。
- b) 程序 II 用于检查装备在低温环境下的工作情况。本部分的“工作”是指装备在人员接触最少的情况下的启动和运行。
- c) 程序 III 用于检测操作人员穿着厚重的防寒服组装和拆卸装备时是否容易。

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和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。确定试验条件时应考虑 4.3.2~4.3.4 的内容。

4.3.2 气候条件

最好根据有关文件选择具体的试验温度。若没有这方面的信息，则应根据装备要使用的区域以及其他因素来确定试验温度。虽然低温环境通常是周期性变化的，但许多情况下使用恒定低温进行试验是可以接受的。只有那些在设计评估时认为暴露于低温变化环境很重要的情况下，才适合选用低温循环试验。低温循环试验的低温条件应根据有关文件确定。以下分别为在特定地区(气候类型)使用、世界范围内贮存和使用的装备以及在世界范围内长期贮存(两年或两年以上)的装备选择试验温度提供了指南：

- a) 特定地区使用的装备。当装备仅用于特定地区时，表 1 可用来确定试验温度。表 1 中所示的空气温度极值，是以该气候地区(极冷地区除外，极冷地区是根据 20%的出现概率来确定的)所包括的地理位置内最冷的地点、在最冷的月份内出现该温度值的小时数为 1%的频度为基础的。表 1 中所示数值代表温度日循环的范围。在本试验中，通常仅考虑每一范围的最低值。
- b) 世界范围内贮存和使用的装备。当装备将在世界范围内贮存或工作时，温度的选择不但要考虑极端低温，还要考虑该极端低温出现的频度。若不考虑出现的频度，可能会造成过试验条件。这里频度是在世界范围内最极端的地区、最极端的月份的总的小时数的百分比，也称为时间风险率。在这种比例相应的小时数内，出现的最低温度将等于或低于给定的试验低温温度。大多数情况下采用 20%的频度；为满足特定应用和试验要求，也可选择其他值(见表 2)。
- c) 世界范围内长期贮存和使用的装备。若装备在没有遮盖或保护的情况下长期(以年计)贮存于温度极低的地区(例如西伯利亚东北部或格陵兰岛中心的“冷极”)，则装备经受很低的温度(接近-65℃)的机会会增大。在如此极端低温下的长期暴露可能影响诸如弹药、生活保障装备等的安全性。因此，应选这一温度作为试验温度。

表 1 低温环境循环范围摘要

类型	地理位置	温 度	
		自然环境空气，℃	诱发环境，℃
微冷 (C0)	主要受海洋影响的西欧海岸区、澳大利亚东南部、新西兰的低洼地	-6~-19	-10~-21
基本冷 (C1)	欧洲大部分地区；美国北部边界区；加拿大南部；高纬度海岸区(如阿拉斯加南部海岸)；低纬度区的高原地带	-21~-31	-25~-33
冷 (C2)	加拿大北部、阿拉斯加(其内陆除外)；格陵兰岛(“冷极”除外)；斯堪的纳维亚北部；北亚(某些地区)；高海拔地区(南北半球)；阿尔卑斯山；喜马拉雅山；安第斯山	-37~-46	-37~-46
极冷 (C3)	阿拉斯加内陆；尤卡(加拿大)；北方岛的内陆；格陵兰冰帽；北亚	-51	-51

表 2 低温极值出现概率

中国的低温极值 ^a		世界范围的低温极值	
低温	出现概率	低温	出现概率
-41.3℃	20%	-51℃	20%
-44.1℃	10%	-54℃	10%
-46.1℃	5%	-57℃	5%
-48.8℃	1%	-61℃	1%
^a 数据来自 GJB 1172.2-1991，这里出现概率是指时间风险率。			

4. 3. 3 暴露持续时间

低温暴露持续时间影响装备安全性、完整性和性能，可根据装备自身材料、结构特性和使用情况进行选择：

- a) 非危险性或与安全性无关(非生命保障型)的装备。该类装备(处于非工作状态)中的大多数(可能有机塑料除外)，在低温下达到温度稳定后，将不会出现性能退化现象。若没有其他合适的时间，试件温度稳定后，贮存时间可取 4h。
- b) 含爆炸物、弹药、有机塑料等产品的装备。这些装备中的这类产品在温度稳定后性能可能还会继续恶化，因此需要对它们进行长时间的低温试验。在试件温度稳定后，最少要进行 72h 的贮存试验，因为这是此类产品典型的低温暴露持续时间。
- c) 含限位玻璃等产品的装备。需要安装或限定在特定位置的玻璃、陶瓷和玻璃类产品安装或限定在其特定位置的装备(如光学系统、激光系统和电子系统)，往往会由于这类产品出现静疲劳而使装备损坏。因此，或许需要更长的低温试验时间才能诱发出这一现象。若没有其他参考数据，推荐使用 24h 的暴露时间。

4. 3. 4 试件的技术状态

试件的技术状态是决定其受温度影响程度的重要因素。因此，试验时应采用装备在贮存或使用期间预期的技术状态。至少应考虑以下技术状态：

- a) 装在运输/贮存容器内或运输箱内；
- 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。

5 信息要求

5. 1 试验前需要的信息

5. 1. 1 一般信息

见 GJB 150.1A-2009 中的 3.8。

5. 1. 2 特殊信息

试验温度、需要的防护服种类和其他信息。

5. 1. 3 温度传感器位置

用于测量温度响应和温度稳定的温度传感器的位置(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

一般信息见 GJB 150.1A-2009 中的 3.11，特殊信息如下：

- a) 试验箱的温度-时间记录；
- b) 装拆操作中使用的防护服。

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) 每一次性能检测所需要的时间;
- b) 试件和试验箱的温度—时间数据;
- c) 组装和拆卸试件时用的防护服和专用设备;
- d) 进行拆装操作时必要的操作人员的人体测量数据。

6 试验要求

6.1 试验设备

6.1.1 所需要的设备包括试验箱(室)和能够保持和监控(见 GJB 150.1A—2009 中的 3.18)试件周围空气所需的低温条件的辅助仪器。

6.1.2 除装备的平台环境已证明使用其他速度是合理的, 并且要防止在试件中产生与实际不符的热传递外, 试件附近的风速不应超过 1.7m/s。

6.2 试验控制

6.2.1 温度

除技术文件中另有规定外, 若除试件工作以外的其他任何动作(例如打开箱门)会引起试件温度产生显著的变化(大于 2℃), 则在继续试验前应使试件温度重新稳定在规定值。若 15min 时间内不能完成工作性能检测, 则在继续检测前应使试件温度重新稳定。

6.2.2 温度变化速率

除另有规定外, 为防止温度冲击的效应, 应控制温度变化速率不超过 3℃/min。

6.2.3 温度测量

在试件内或试件上安装温度传感器, 以测量温度稳定数据。

6.2.4 温度记录

若需要, 应连续记录试验箱和试件的温度。

6.3 试验中断

一般要求见 GJB 150.1A—2009 中的 3.12, 特殊要求如下:

- a) 欠试验中断。对于使试验温度向周围环境温度变化并超出允差范围的试验中断, 应对试件进行全面的物理检查和工作性能检测(若可能的话)。若没有发现问题, 则使试件重新稳定在试验温度, 并从中断点开始继续试验。由于未遇到极端条件, 出现任何问题均应认为是试件本身的问题。中断期间温度超出允差的时间不记入总的试验时间。
- b) 过试验中断。对于使试件暴露于比产品规范要求的更为严酷的条件下的试验中断, 在继续试验之前应对试件进行全面的物理检查和工作性能检测(若可能的话)。当存在安全问题时(如弹药), 尤其需要这样做。若发现有问題, 最好的办法是结束此次试验, 用新的试件重新做, 否则在后续试验期间试件失效时, 由于出现过试验条件可认为试验结果无效; 若没有发现问题, 则恢复中断前的试验条件继续试验。试验中断期间的时间记入总的试验时间。

6.4 试件的安装与调试

见 GJB 150.1A—2009 中的 3.9。

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、试件技术状态、循环数、持续时间、试件贮存/工作环境参数量值等。

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。检测按以下步骤进行(大的试件可能需要改变步骤顺序)：

- a) 对试件进行全面的目视检查，特别注意如铸件棱角一类的应力区。记录检查结果。
- b) 若要测定试件温度，根据要求在试件内或试件上安装温度传感器。
- c) 按 GJB 150.1A-2009 中 3.9.1 要求的技术状态准备试件，将试件装入试验箱，使之在标准大气条件下达到温度稳定。
- d) 按技术文件对试件进行工作性能检测，并记录检测结果。若试件工作正常，则按技术文件的规定进行试验。

7.2 试验程序

7.2.1 程序 I —— 贮存

程序 I 的步骤如下：

- a) 使试件处于贮存技术状态；
- b) 将试验箱内空气温度调节到技术文件中规定的低温贮存温度；
- c) 试件温度稳定后，按技术文件中规定的持续时间保持此贮存温度；
- d) 对试件进行目视检查，并将检查结果与试验前的数据进行比较，记录检查结果；
- e) 若要求进行低温工作试验，则接着进行 7.2.2 c)，否则进行 f)；
- f) 将试验箱内空气温度调节到标准大气条件下的温度，并保持此温度直到试件达到温度稳定；
- g) 对试件进行全面的目视检查，并记录检查结果；
- h) 需要时，对试件进行工作性能检测，并记录检查结果；
- i) 将这些数据与试验前的数据进行比较。

7.2.2 程序 II —— 工作

程序 II 的步骤如下：

- a) 试件装入试验箱后，调节试验箱内空气温度到技术文件中规定的低温工作温度，在试件达到温度稳定后保持此温度至少 2h；
- b) 在试验箱条件允许的情况下，对试件进行全面的目视检查，记录检查结果；
- c) 按技术文件对试件进行工作性能检测，记录检测结果；
- d) 若要求在低温下进行拆装操作试验，则接着进行 7.2.3 d)，否则接着进行 e)；
- e) 将试验箱内的空气温度调节到标准大气条件下的温度，保持此温度直到试件达到温度稳定；
- f) 对试件进行全面的目视检查，记录检查结果；
- g) 需要时，进行工作性能检测，记录检测结果，并与 7.1.2 d) 中得到的数据进行比较。

7.2.3 程序 III —— 拆装操作

程序 III 的步骤如下：

- a) 试件装入试验箱后，将试验箱内空气温度调节到技术文件规定的低温工作温度，在试件温度稳定后，保持此温度 2h。
- b) 保持低温工作温度的同时，按 d) 中的选择方案使试件处于其正常工作技术状态。
- c) 使温度恢复到 a) 中的温度。
- d) 根据所使用的试验箱种类的不同，选择适用的操作方法：
 - 1) 使用步入式试验室时，操作人员就像他们在低温作战状态下那样穿戴和装备好，并象在战场上那样拆卸试件，再将试件用正常的运输/贮存容器、运输箱，或其他模式和技术状态重新包装。
 - 2) 使用小试验箱时，按 1) 进行，不同的只是拆卸和包装作业时，操作人员就象在自然环境中要求的那样带上厚手套，手从试验箱检测孔或打开的箱门伸入试验箱内。按拆装操作试

验的要求进行组装或拆卸，每次限时 15min，两次操作之间应恢复上面 a) 中的温度。

注：打开试验箱门除了会使试件逐渐升温外，还会使试件上结霜。

- e) 若要求试件在低温下进行工作试验，则重复 b)，然后接着进行 7.2.2 a)，否则进行 f)。
- f) 对试件进行全面的目视检查，记录检查结果，以便与试验前的数据进行比较。
- g) 将试验箱内空气温度调节到标准大气条件下的温度，保持此温度直到试件达到温度稳定。
- h) 对试件进行全面的目视检查，记录检查结果。
- i) 需要时，对试件进行工作性能检测，记录检测结果，并与 7.1.2 d) 中得到的数据进行比较。

8 结果分析

除 GJB 150.1A-2009 中 3.17 提供的指南外，下列信息也有助于评价试验结果。任何与试件故障相关的数据，都可以用来进行是否满足产品规范的要求的试验分析，同时考虑下列相关信息：

- a) 低温暴露后，在低试验温度下进行非破坏性试验/检查的结果；
 - b) 低温条件下允许的工作性能的下降；
 - c) 使用专用成套工具或特定的冷气候程序的必要性；
 - d) 润滑不当的证据以及在规定环境条件下使用润滑剂的证明；
 - e) 对内燃机启动故障，使用的燃料和防冻剂是否合适及有关的证据；
 - f) 动力源的状况和适用性。
-