



中华人民共和国国家军用标准

FL 0109

GJB 150.3A—2009
代替 GJB 150.3—1986

军用装备实验室环境试验方法 第3部分：高温试验

Laboratory environmental test methods for military materiel—
Part 3: High 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 目的与应用	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
4.4 试件工作	5
5 信息要求	5
5.1 试验前需要的信息	5
5.2 试验中需要的信息	6
5.3 试验后需要的信息	6
6 试验要求	6
6.1 试验设备	6
6.2 试验控制	6
6.3 试验中断	6
6.4 试件的安装与调试	7
7 试验过程	7
7.1 试验准备	7
7.2 试验程序	7
8 结果分析	8

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 3 部分，代替 GJB 150.3-1986《军用设备环境试验方法 高温试验》。

本部分与 GJB 150.3-1986 相比，主要变化如下：

- a) 删除了 GJB 150.3-86 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) 增加了循环试验程序；
- 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) 对试验箱温变速率的要求有变化；

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。

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 150.3-1986。

军用装备实验室环境试验方法

第 3 部分：高温试验

1 范围

本部分规定了军用装备实验室高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高温试验。

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 150.7A—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 1172.2—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 目的与应用

3.1 目的

本试验的目的在于获取有关数据，以评价高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高温环境中使用的装备。

3.3 限制

本试验仅适用于评价时间相对较短(数月而不是数年)、整个试件热分布均匀的热效应，一般不适用于：

- a) 评价长期稳定地暴露于高温条件(贮存或工作)期间性能随时间劣化的效应(因为这种情况下可能包括一些叠加效应)。这种高温劣化效应宜采用自然环境试验进行评价。
- b) 评价太阳辐射引起的热效应，因为太阳辐射会在装备中产生明显的温度梯度。太阳的直接照射效应，应采用 GJB 150.7A—2009 的程序 I 进行评价。
- c) 评价光化学效应(光化学效应采用 GJB 150.7A—2009 的程序 II 进行评价)。
- d) 评价气动加热效应。

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，确定装备寿命期内高温环境出现的阶段，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

高温会改变装备所用材料的物理性能或尺寸，因而会暂时或永久性地降低装备的性能。下面列举了

与受试装备相关的高温条件下可能会出现的问题:

- a) 不同材料膨胀不一致使得零部件相互咬死;
- b) 润滑剂粘度变低和润滑剂外流造成连接处润滑能力降低;
- c) 材料尺寸全方位改变或有方向性的改变;
- d) 包装材料、衬垫、密封垫、轴承和轴发生变形、咬合和失效, 引起机械故障或者完整性损坏;
- e) 衬垫出现永久性变形;
- f) 外罩和密封条损坏;
- g) 固定电阻的阻值改变;
- h) 温度梯度不同和不同材料的膨胀不一致使电子线路的稳定性发生变化;
- i) 变压器和机电部件过热;
- j) 继电器以及磁动或热动装置的吸合/释放范围变化;
- k) 工作寿命缩短;
- l) 固体药丸或药柱分离;
- m) 密封壳体(炮弹、炸弹等)内产生高压;
- n) 爆炸物或推进剂的加速燃烧;
- o) 浇注炸药在其壳体内膨胀;
- p) 炸药熔化并渗出;
- q) 有机材料退色、裂解或龟裂纹;
- r) 复合材料放气。

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

确定试验顺序至少有两个可以遵循的原则:

- a) 节省寿命。首先对试件施加使试件损伤最小的环境应力, 以使试件能做更多的试验项目。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。

注: 本试验对密封产品的低气压试验的结果也会产生显著的影响(见 4.1.2 d)~f)。

4.2 选择试验程序

4.2.1 概述

本试验包括两个试验程序: 程序 I —— 贮存和程序 II —— 工作。试验前应确定采用的试验程序。

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。
- b) 自然暴露环境。
- c) 与装备的实际使用情况相符的试验数据。
- d) 程序的顺序。若选择了上述两个程序, 则先进行程序 I, 再进行程序 II。
- e) 影响装备的其他主要热源, 例如电动机、发动机、电源或排出的尾气等。

4.2.3 各程序的差别

4.2.3.1 概述

两个程序的差别是进行性能检测的时间不同, 程序 I 是在高温暴露试验之后进行性能检测, 程序 II 是在高温暴露试验期间进行性能检测。程序 I 适用于评价高温贮存后对装备性能的影响, 程序 II 适用于

评价装备工作期间高温对它的影响。

4.2.3.2 程序 I——贮存

程序 I 用来考查贮存期间高温对装备的安全性、完整性和性能的影响。本程序是先将试件暴露于装备贮存状态可能遇到的高温(适用时还有低湿度)下,随后在标准大气条件下检测性能。

4.2.3.3 程序 II——工作

程序 II 用来考查装备工作时高温对其性能的影响。有两种实施方法:

- 将试件暴露于试验箱温度循环的条件下,使试件连续工作,或者在温度最大响应(试件达到最高温度)期间工作;
- 将试件暴露于恒定温度下,使试件在其温度达到稳定时工作。

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 4.3.2~4.3.6 的内容。

4.3.2 气候条件

世界范围内基本热和热两种气候类型的高温循环数据见表 1 和表 2。我国的地面高温条件见 GJB 1172.2-1991,其中高气温全国 1%工作极值相应的温度日变化见 GJB 1172.2-1991 中的表 1。应确定贮存和使用装备的地域的气候条件。确定高温条件时应考虑:

表 1 高温日循环

一天中的时间	气候类型——基本热				气候类型——热			
	环境空气温度		诱发条件		环境空气温度		诱发条件	
	温度 ℃	湿度 %RH	温度 ℃	湿度 %RH	温度 ℃	湿度 %RH	温度 ℃	湿度 %RH
0100	33	36	33	36	35	6	35	6
0200	32	38	32	38	34	7	34	7
0300	32	41	32	41	34	7	34	7
0400	31	44	31	44	33	8	33	7
0500	30	44	30	44	33	8	33	7
0600	30	44	31	43	32	8	33	7
0700	31	41	34	32	33	8	36	5
0800	34	34	38	30	35	6	40	4
0900	37	29	42	23	38	6	44	4
1000	39	24	45	17	41	5	51	3
1100	41	21	51	14	43	4	56	2
1200	42	18	57	8	44	4	63	2
1300	43	16	61	6	47	3	69	1
1400	43	15	63	6	48	3	70	1
1500	43	14	63	5	48	3	71	1
1600	43	14	62	6	49	3	70	1
1700	43	14	60	6	48	3	67	1
1800	42	15	57	6	48	3	63	2
1900	40	17	50	10	46	3	55	2
2000	38	20	44	14	42	4	48	3
2100	36	22	38	19	41	5	41	5
2200	35	25	35	25	39	6	39	6
2300	34	28	34	28	38	6	37	6
2400	33	33	33	33	37	6	35	6

注 1: 这些值代表了在该种气候类型中的典型高温日循环条件。“诱发条件”是指装备在贮存或运输状态下可能暴露于其中的由日晒而加剧的空气温度条件。

注 2: 高温试验期间通常不必控制湿度, 这些值只在特殊情况下使用。

表 2 高温日循环温度变化范围一览表

气候类型	地理位置	周围空气温度, °C	诱发温度, °C
基本热	亚洲、美国、墨西哥、非洲、澳大利亚、南非、南美、西班牙南部和西南亚外延的世界许多地方	30~43	30~63
热	北非, 中东, 巴基斯坦和印度, 美国西南部和墨西哥北部	32~49	33~71

注 1: 温度和湿度日循环数据由表 1 给出。
注 2: “诱发条件”是指装备在极端的贮存或运输情况下可能暴露于其中的空气温度条件。

- a) 所涉及的气候区;
- b) 装备是否暴露于太阳辐射环境, 太阳辐射是否直接作用于装备、运输包装箱、保护性包装遮盖物等;
- c) 周围空气和太阳辐射向装备传热的途径。

4.3.3 暴露条件

4.3.3.1 概述

在确定试验温度量值之前, 应确定装备在正常贮存环境和工作环境中的热暴露方式。至少应考虑 4.3.3.2~4.3.3.3 中的暴露状态。

4.3.3.2 装备的技术状态

装备的技术状态如下:

- a) 敞开暴露状态。装备在无任何保护性遮蔽的情况下所经历的最严酷条件。
- b) 有遮蔽状态。装备在有保护性的遮蔽的情况下所经历的最严酷条件为有遮蔽状态。可能获得的通风量的大小, 邻近有无遮光物等, 都能对被遮蔽装备的周围空气的温度产生很大影响装备有遮蔽的示例如下:
 - 1) 不通风的罩壳内;
 - 2) 封闭的车体内;
 - 3) 具有经受日晒加热的表面的飞机舱段内;
 - 4) 帐篷内;
 - 5) 密闭的防水油布下;
 - 6) 地面以上、地面或地面之下。

4.3.3.3 特殊条件

高温试验通常只考虑装备周围空气的平均温度。但特定的加热条件能产生显著的局部加热, 使局部温度明显地高于周围空气的平均温度, 从而对装备的热特性和性能的评价产生显著影响。当下列条件存在时, 在高温试验装置中应尽可能地包括或模拟这些条件:

- a) 强化的太阳辐射。当装备位于玻璃或透明材料面板之下, 或位于薄金属蒙皮之下的密闭的、不通风的舱室内时, 太阳的直接照射可能使局部空气温度暂时升高。由于损坏的可能性增加, 因此在应用极值温度时应谨慎。在这种情况下试验应以现场实测数据为依据。(这种情况下可以单独进行太阳辐射试验, 也可两个试验都做。)
- b) 人为热源。人为发热装置(电动机、发动机、电源、高密度电子封装件等)通过辐射、对流或排出气流的冲击作用都可使装备周围的局部气温显著增高。

4.3.4 试验持续时间

4.3.4.1 概述

确定装备在已确定的各种暴露条件下所要经受的暴露持续时间。暴露可以是恒定的, 也可以是循环的。在循环的情况下, 还要确定暴露发生的次数。

4.3.4.2 恒温暴露

试件暴露于高温环境中达到温度稳定后,再保持试验温度至少 2h。

4.3.4.3 循环暴露

循环暴露的试验持续时间应根据满足设计要求所需要的预计循环数和以下导则来确定。程序 I 和程序 II 都要将试件暴露在循环温度之下,所以循环数很关键。除另有规定外,每循环周期为 24h。

- a) 程序 I——贮存。贮存试验至少进行 7 个循环,与最严酷地区正常年份最严酷月份中极端温度出现率为 1%时的小时数相对应。每个循环中最高温度出现的时间大约为 1h。若要延长关键材料或高温敏感材料的贮存时间,则应增加循环数以确保满足设计要求。
- b) 程序 II——工作。工作暴露试验至少进行 3 个循环。这通常足以使试件达到其最高响应温度¹⁾。当难以重现温度响应时,建议最多采用 7 个循环。

4.3.5 试件的技术状态

试件的技术状态应根据装备贮存和工作中预期的实际状态确定,至少应考虑以下技术状态:

- a) 装入运输/贮存容器内或转运箱内;
- b) 有保护状态或无保护(有顶棚、遮蔽等)状态;
- c) 正常使用状态;
- d) 为特殊用途改装后的状态;
- e) 堆码或托板堆码的技术状态。

4.3.6 湿度

高温试验期间通常不需要控制相对湿度。在特殊情况下,高温试验期间极低的相对湿度可能对某些装备产生很大影响。若极低的相对湿度会影响装备的某些特殊性能,则应使用表 1 或 GJB 1172.2-1991 中表 1 所给出的相对湿度。

4.4 试件工作

试件必需工作时,按下列要求编制试验操作程序:

- a) 一般要求见 GJB 150.1A-2009 中的 3.9.2。
- b) 特殊要求如下:
 - 1) 应包括功耗最大(产生的热量最多)的工作状态。
 - 2) 电压改变会影响试件的热耗或温度响应(如动力的产生和风扇的转速)时,应包括所需要的输入电压条件的变化范围。
 - 3) 应引入使用期间通常使用的冷却介质(如强迫的冷却空气或冷却液)。使用冷却介质时应考虑冷却介质入口处的温度和流量,以反映典型情况和最坏情况下的温度及流量条件。
 - 4) 对于恒定温度试验,当内部关键工作部件的温度相对恒定时,就认为温度达到了稳定。(实际上由于试件工作的周期性或试件的工作特性,工作温度不可能恒定)。
 - 5) 对于循环温度试验,试件的温度与循环温度及试件的特性相关,因此温度不可能稳定。在这种情况下,试件的温度响应也是循环的,即峰值响应温度和前一个循环的峰值响应温度相比在 2℃之内。

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

相对湿度控制要求(适用时)(见 4.3.6)。

1) 此最高响应温度将被本标准其他几个部分(如 GJB 150.5A-2009)引用。

5.1.3 温度传感器的位置

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、哪个组件和(或)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) 试验箱温度(适用时还有湿度)-时间数据;
- b) 试验期间试件的温度-时间数据。

5.3 试验后需要的信息

见 GJB 150.1A-2009 中的 3.14。

6 试验要求

6.1 试验设备

6.1.1 试验箱(室)应配有辅助仪器,辅助仪器应能保持和监控试件周围的空气高温条件(适用时还有湿度)。

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,试件附近的风速应不超过 1.7m/s。

6.1.3 应能连续记录试验箱内温度的测量值,必要时还应能连续记录试件的温度测量值。

6.2 试验控制

6.2.1 温度

除技术文件另有规定外,若试件工作以外的任何动作(例如打开箱门)会引起试件温度或试验箱温度产生显著的变化(大于 2℃),则在继续试验前应使试件重新稳定到规定的温度。若 15min 内不能完成工作性能检测,则在继续检测之前应使试件的温度/湿度恢复到规定的条件。

6.2.2 温度变化速率

除另有规定外,温度变化速率应不超过 3℃/min,以免造成温度冲击。

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

6.3.2.1.1 循环试验

若高温循环试验在进行过程中发生意外中断,使得试验条件向标准大气条件温度下降并超出允差,则应从上一次成功完成的循环结束点恢复试验。

6.3.2.1.2 恒定试验

若恒定试验在进行过程中出现意外中断,使得试验条件向标准大气条件温度下降并超出允差,则应使试件重新稳定到规定的试验温度,并从试验条件偏离点开始继续进行试验。中断期间温度超出允差的时间不记入总试验时间。应记录中断前和中断后试验段的持续时间。

6.3.2.2 过试验中断(例如试验箱失控)

6.3.2.2.1 物理检查和性能检测

若循环试验或恒定试验的中断,使得试件暴露于比产品规范要求的更为严酷的环境中时,则应在中断之后进行全面的物理检查和工作性能检测(如可能),然后根据检查、检测结果决定是否继续进行试验。

6.3.2.2.2 安全、性能和材料问题

当过试验后发现安全、性能和材料问题时,最好的措施是结束这次试验,并用新的试件重新进行试验。若不这样做而在余下的试验中试件出现故障,则会因过试验条件而认为此试验结果无效。若没有发

现安全、性能和材料问题，应按以下办法处理：

- a) 对于恒温试验，则应恢复中断之前的条件，并从试验允差超出点继续进行试验，试验中断期间的时间记入总的试验时间；
- b) 对于循环温度试验，应从上一次成功完成的循环结束点恢复试验，过试验中断时的循环(不完整的循环)不记入总的循环数。

6.4 试件的安装与调试

6.4.1 一般要求

见 GJB 150.1A-2009 中的 3.9。

6.4.2 特殊要求

试件的安装与调试应包括所有附加的热源或合适的模拟热源(见 4.3.3.3)。

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、循环数、试验持续时间、试件贮存/工作环境参数的量值等。

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：

- a) 对试件进行目视检查，应特别注意应力区(如铸件拐角部位)，记录检查结果。
- b) 按技术文件的规定，在试件内、试件上或其周围安装温度传感器。对于程序 II，为了确保测量到试件的最大温度响应，温度传感器应装在功能元件上。
- c) 在标准大气条件下，将试件装入试验箱。
- d) 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，则根据具体情况进行程序 I 或程序 II。

7.2 试验程序

7.2.1 程序 I —— 贮存

7.2.1.1 循环贮存

循环贮存的试验步骤如下：

- a) 使试件处于贮存技术状态。
- b) 将试验箱内的环境调节到试验开始阶段的试验条件，并在该条件下使试件温度达到稳定。
- c) 将试件暴露于贮存循环的温度(适用时还有湿度)条件下，暴露持续时间至少应为 7 个循环(若采用 24h 循环，则总共 168h)，或技术文件规定的循环数。若技术文件有要求，则应记录试件的温度响应。
- d) 在循环温度暴露结束后，将试验箱内空气温度调节到标准大气条件，并且保持在标准大气条件下，直至试件温度稳定。
- e) 对试件进行目视检查和工作性能检测，记录结果，并与试验前数据进行比较。

7.2.1.2 恒温贮存

恒温贮存的试验步骤如下：

- a) 使试件处于贮存技术状态。
- b) 将试验箱内的环境调节到规定的试验条件，并在该条件下使试件温度达到稳定。
- c) 在试件温度达到稳定后再继续保持试验温度至少 2h，以确保测量不到的内部元(部)件的温度真正达到稳定。若内部元(部)件的温度无法测量，则应根据热分析确定额外的热浸时间，以确保整个试件的温度都达到稳定。

- d) 在恒定温度暴露结束后,将试验箱内的空气温度调节到标准大气条件,并保持在标准大气条件下,直至试件温度稳定。
- e) 对试件进行目视检查和工作性能检测,记录结果,并与试验前数据进行比较。

7.2.2 程序II——工作

7.2.2.1 恒温工作

恒温工作的试验步骤如下:

- a) 按工作技术状态安装好试件。
- b) 调节试验箱内的空气温度使之达到所要求的恒定温度(适用时还有湿度)。
- c) 在试件温度达到稳定后继续保持试验箱内条件至少 2h。若内部元(部)件的温度无法测量,则应根据热分析确定额外的热浸时间,以确保整个试件的温度都达到稳定。
- d) 尽可能目视检查试件,记录检查结果,并与试验前的数据进行比较。
- e) 使试件工作,并使其温度重新稳定。根据技术文件的要求对试件进行工作性能检测,记录检测结果并与试验前的数据进行比较。
- f) 使试件停止工作,将试验箱内的空气温度调节到标准大气条件,并保持该条件直到试件温度达到稳定。
- g) 按技术文件的要求对试件进行全面的目视检查和工作性能检测,记录检查和检测结果,并与试验前数据进行比较。

7.2.2.2 循环工作

循环工作的试验步骤如下:

- a) 按工作技术状态安装好试件。
- b) 调节试验箱内的空气温度(适用时还有湿度)使之达到技术文件规定的工作循环初始条件,并保持此条件直至试件温度达到稳定。
- c) 将试件暴露至少 3 个循环,或为确保达到试件的最高响应温度所需要的循环数。循环暴露期间尽可能对试件进行全面的目视检查,并记录检查结果。
- d) 在暴露循环的最高温度响应时段使试件工作(由于试件的热滞后效应,最高温度响应时段与温度循环的最高温度时段可能不一致)。重复进行本步骤,直到按技术文件完成试件的全部工作性能检测。记录检测结果。
- e) 使试件停止工作,将试验箱内的空气温度调节到标准大气条件,保持该条件直到试件温度达到稳定。
- f) 按技术文件的要求对试件进行全面的目视检查和工作性能检测,记录检查和检测结果,并与试验前数据进行比较。

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。凡试件不满足产品规范要求的数据都可用于本试验的分析。同时考虑下列相关信息:

- a) 在极端温度下进行贮存试验后的非破坏性检查的结果(适用时);
- b) 极端高温下工作性能的下降或改变的情况;
- c) 高温暴露时专用成套工具或特定的工作程序的必要性;
- 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。