

通信指挥方舱取暖试验方法优化研究

秦超, 王永顺, 赵宝禄, 肖小明

(军事科学院系统工程研究院 环境与可靠性试验室, 河北 涿州 072750)

摘要: **目的** 提高通指车辆低温环境试验效率、缩短试验周期和节约试验成本。**方法** 采取经验梳理、理论分析、试验验证和数据分析相结合方法, 分别绘画出同一通指车辆方舱在-30、-40℃两个环境中相同时间内的升温曲线。**结果** 在相同的加热时间内, 同一通指车辆方舱在-30、-40℃两个环境中的升温曲线基本吻合。**结论** 在对暖风机升温性能测试时, 可以将GJB 219B—2005《军用通信车通用规范》中规定的方舱取暖测试用环境温度值由-30℃改为-40℃或其他方便测试的温度。

关键词: 轮式方舱; 方舱取暖; 试验方法; 优化; 暖风机

中图分类号: TJ812 文献标识码: A 文章编号: 1672-9242(2021)08-0020-04

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2021.08.004

Optimization of Heating Test Method for Communication Command Cabin

QIN Chao, WANG Yong-shun, ZHAO Bao-lu, XIAO Xiao-ming

(Laboratory of environment and reliability, Institute of systems engineering, Academy of Military Sciences, Zhuozhou 072750, China)

ABSTRACT: This paper aims to improve test efficiency, shorten test cycle and save test cost. In this paper, experience is combined with theory, and experimental verification is combined with data analysis, to draw the temperature rise curves of the same vehicle shelter in the same time under -30℃ and -40℃. With the same heating time, the heating curves of the same shelter under -30℃ and -40℃ are basically the same. When testing the heating performance of the heater, the ambient temperature value for the heating test of the shelter specified in the *General Specification for Military Communication Vehicle* (GJB 219B—2005) can be changed from -30℃ to -40℃ or any other temperature easy for testing.

KEY WORDS: vehicle shelter; heating test; test method of experiment; optimization; heater

现在的通指车辆车厢取暖指标测试方法都是按照GJB 219B—2005《军用通信车通用规范》规定^[1]的要求进行, 在完成-40℃低温贮存和工作试验后, 再将环境温度升至-30℃进行取暖测试(在环境温度-30℃条件下, 由暖风机等设备将舱内温度在规定时间内由-30℃升至0℃进行评价)。也就是说, 通指车辆低温试验时, 在-40℃(或其他温度点)温度点

测试结束后, 还要将环境温度变化到-30℃测试车厢的取暖性能。由于该测试项目只是简单的指标测试, 为提高测试效率, 节约成本, 研究者们希望能将车厢取暖温度测试点调整至-40℃与车辆功能一块测试或调整至其他温度点进行测试。若要调整温度点, 两种环境温度下的升温曲线必须相吻合。

2018年, 在GJB 219B—2005修订时, 希望将车

收稿日期: 2021-05-08; 修订日期: 2021-06-17

Received: 2021-05-08; Revised: 2021-06-17

作者简介: 秦超(1979—), 男, 硕士, 主要研究方向为通用通信装备环境试验。

Biography: QIN Chao (1979—), Male, Master, Research focus: environmental test of general communication equipment.

引文格式: 秦超, 王永顺, 赵宝禄, 等. 通信指挥方舱取暖试验方法优化研究[J]. 装备环境工程, 2021, 18(8): 020-023.

QIN Chao, WANG Yong-shun, ZHAO Bao-lu, et al. Optimization of heating test method for communication command cabin[J]. Equipment environmental engineering, 2021, 18(8): 020-023.

厢取暖指标测试的温度测试点调整至-40℃，与车辆功能一块测试，或调整至常温点进行测试，但大会未能通过审查。原因是在标准修订评审大会上，专家对在没有任何依据情况下凭经验将温度测试点从-30℃修改到-40℃存在质疑，且当时也没有其他参考资料。故正在履行审批程序的 GJB 219C—XXXX 仍然沿用了 GJB 219B—2005 相关的内容，且仍然保留了原来的试验方法。

在上述背景下，为更加科学地进行环境试验，节省试验时间，提高试验效率，节约试验成本，在贴近实际使用的基础上，申报了该方面的课题进行专门研究。经过近一年的调研、环境试验经验总结分析、理论分析和试验验证等，取得了满意的研究结果。相信本研究结论对 GJB 219B—2005 车厢取暖试验方法测试用温度点的修订能起到一定的技术支撑和参考。

1 理论分析

1) 物体升温所吸收的热量：

$$Q = C \cdot m \cdot (t_1 - t_2) \quad (1)$$

式中： Q 为物体吸收的热量； C 为物体的比热容； m 为物体的质量； $(t_1 - t_2)$ 为物体的温度变化值。

从式 (1) 可以看出，物质吸收和放出热量的多少只由物体的质量、物体比热容和物体温度的变化量这 3 个量的乘积决定，跟物体的温度的高低无关，也与环境温度等因素无关。也就是说，一个物体从一个温度升至另一个温度，吸收的热量只与温差有关。

2) 燃料燃烧释放热量：

$$Q = q \cdot m \quad (2)$$

式中： q 为燃料热值； m 为燃料质量。从式 (2) 可以看出，热风机燃料燃烧释放的热量只与燃料的质

量和燃烧值有关，与环境温度等因素无关。

3) 舱壁传热速率：

$$q = -\lambda \cdot A \cdot \frac{dt}{dx} \quad (3)$$

式中： λ 为传热系数； A 为传热面积； dt/dx 为温度梯度。可以看出舱壁导热速率与温度无关，只与温度梯度（温差）有关。

另外，由于暖风机是在-40℃可以工作的设备，不存在-30℃可工作而-40℃或其他合理温度下不能工作情况。理论分析表明，在加热措施、升温设备、材料等条件一致情况下，温升值只与温差有关。

2 试验验证

2.1 验证方案

在考虑试验成本和数据有效性的情况下，课题组分别选择了 1 辆方舱通信车和 1 辆方舱指挥车作为样本，进行理论验证测试。环境温度变化曲线见图 1。测试条件如下所述。

1) 在试验箱开放状态下放置 10 h 后测试。常温（16℃）下测试 2 次，-30、-40℃环境下各测试 1 次。

2) 温度变化与保持。环境升、降温速率不大于 3℃/min，从常温降至到-31℃，在舱内平均温度达-30℃并保持 0.5 h 后，调整环境温度为-30℃，并恒温保持 2 h，然后开始测试。-30℃降至-41℃，在舱内平均温度达-40℃保持 0.5 h 后，调整环境温度为-40℃，并恒温保持 2 h，然后开始测试。

3) 记录舱内温度变化值；

4) 加热计时。测试时，首先关闭门窗，然后启动暖风机，再从监控温度探头检测到温度升高时开始

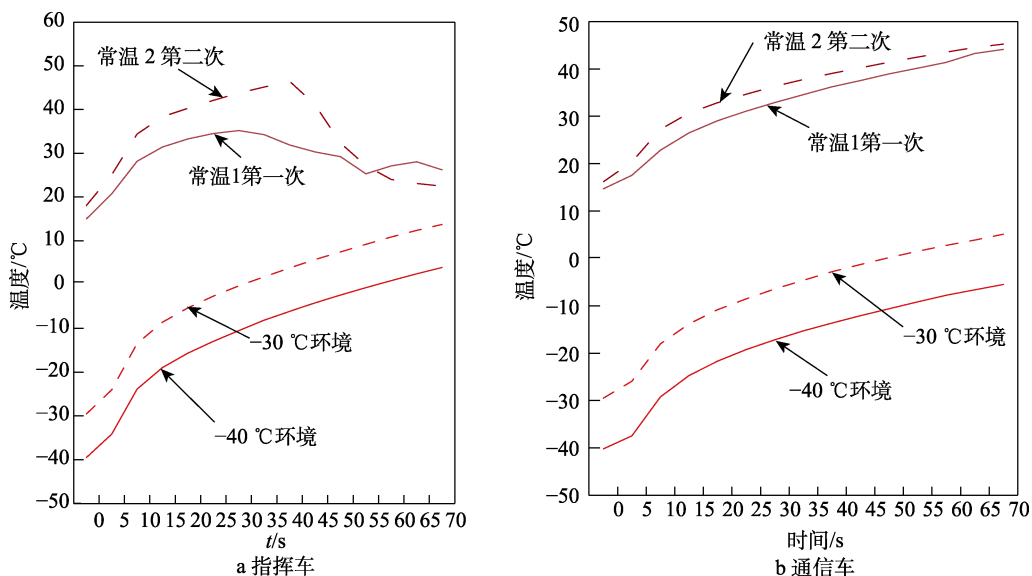


图 1 XXX 型方舱升温曲线
Fig.1 Temperature rise curves of XXX-type shelter: a) command vehicle; b) communication vehicle

计时, 5 s 记录一个数据。

5) 由于车厢内部前后空间不匀称, 在按照 GJB 219B—2005 要求布置温度探头方法的基础上, 为取得更多可靠数据, 将温度探头增加至 9 个, 平均分布在车厢合适位置。

6) 利用记录的测试温度值, 画出同一个车辆在不同环境温度下的升温值与时间的关系曲线, 并进行比较。

2.2 试验结果

试验共记录有 8 组数据, 有效数据约 23 040 个。常温结果验证失败。试验过程中, 由于暖风机有温度保护措施, 致使常温测试时舱内温度超过保护值, 暖风机出现保护现象。在 2 次常温测试过程中, 指挥车上暖风机均出现自动停机保护现象, 致使采集的温度数据不能与低温下有效比较。另外, 通信车上暖风机在车内环境温度高于一定值时也出现了温度保护现象。现场表现为暖风机供油频率降低, 相应制热速度减缓, 致使采集的温度数据也不能与低温下有效比较。

低温试验结果与理论计算结果基本一致, 测试结果见表 1。由表 1 可以看出, 在 -30 、 -40 °C 两种环境下, 在 60、65、70 min, 指挥车的温升测试结果分别相差 0.0328、0.0097、0.1201 °C; 通信车的温升测试结果分别相差 0.0736、0.1945、0.1111 °C。由于本试验温度的不确定度为 0.6 °C, 数据曲线表明, 在 -30 、 -40 °C 环境下方舱内的温升曲线基本吻合, 试验效果基本一致。

表 1 车厢温升最终测试结果

Tab.1 Final test results of Communication command shelter temperature rise

时间/ min	通信车		指挥车	
	-30 °C	-40 °C	-30 °C	-40 °C
60	32.2223	32.3959	40.4444	40.4116
65	33.3542	33.5487	41.9583	41.9860
70	34.5834	34.6945	43.3263	43.4464

3 结论

-30 、 -40 °C 环境中分别对同一车厢进行升温, 在前 70 min 时间内, 车厢内温度变化曲线基本一致。在升温 60、65、70 min 时间点的升温值基本相同, 即两种环境温度下的升温试验测试结果基本相同。

测试结果表明, 在车厢升温试验中, 对于同一个指挥、通信车辆, 在规定的时间内, 车厢内外温差变化值几乎相同(在暖风机不保护情况下)。也就是说, 对于同一车辆, 可以将环境温度 -30 °C 下测试的车厢温升指标调整到 -40 °C 环境中测试。

参考文献:

- [1] GJB 150A—2009, 军用装备实验室环境试验方法[S]. GJB 150A—2009, Military equipment laboratory environmental test method[S].
- [2] GJB 4239—2001, 装备环境工程通用要求[S]. GJB 4239—2001, General requirements for equipment environmental engineering[S].
- [3] GJB 367A—2001, 军用通信设备通用规范[S]. GJB 367A—2001, General specification for military communication equipment[S].
- [4] GJB 219B—2005, 军用通信车通用规范[S]. GJB 219B—2005, General specification for military communication vehicles[S].
- [5] GB 2423—1989, 电工电子产品基本环境试验规程[S]. GB 2423—1989, Basic environmental test procedures for electrical and electronic products[S].
- [6] GJB4064—2000, 地面电子装备环境要求[S]. GJB4064—2000, Environmental requirements for ground electronic equipment[S].
- [7] GJB 1060—1991, 舰船环境条件要求 气候环境[S]. GJB 1060—1991, Requirements for ship environmental conditions and climatic environment[S].
- [8] GJB 74A—1998, 军用地面雷达通用规范[S]. GJB 74A-1998, General specification for military ground radar[S].
- [9] GJB 4—1983, 舰船电子设备环境试验[S]. GJB 4—1983, Environmental test of ship electronic equipment[S].
- [10] 田睿, 万瑞升. 某型军用电源车高低温环境试验方法探讨[J]. 装备环境工程, 2012, 9(1): 102-104. TIAN Rui, WAN Rui-sheng. On high-low temperature test method of a certain type of military power van[J]. Equipment environmental engineering, 2012, 9(1): 102-104.
- [11] 葛海龙, 黄静华. 通信干扰设备环境试验及数据处理方法[J]. 电子产品可靠性与环境试验, 2004, 22(5): 36-37. GE Hai-long, HUANG Jing-hua. Environmental testing and data processing methods of communication jamming equipment[J]. Electronic product reliability and environmental testing, 2004, 22(5): 36-37.
- [12] 金慧琴, 王好同, 周新力. 电子设备环境温度试验方法的研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2002, 16(3): 47-51. JIN Hui-qin, WANG Hao-tong, ZHOU Xin-li. Test method research of ambient temperature for electronic equipment[J]. Journal of electronic measurement and instrument, 2002, 16(3): 47-51.
- [13] 杨光. 军用通信设备的环境试验[J]. 军事通信技术, 1998, 19(4): 41-45. YANG Guang. Environmental test of military communication equipment[J]. Journal of military communications technology, 1998, 19(4): 41-45.
- [14] 冀树德, 王天太, 李宁, 等. 12 缸柴油机低温条件下的

- 启动方法研究[J]. 车用发动机, 2013(4): 71-74.
JI Shu-de, WANG Tian-tai, LI Ning, et al. Start method of 12-cylinder diesel engine in low temperature[J]. Vehicle engine, 2013(4): 71-74.
- [15] 刘美玉. 军用通信产品的环境试验与可靠性试验[J]. 电子标准化与质量, 1997(3): 13-16.
LIU Mei-yu. Environmental test and reliability test of military communication products[J]. Electronic standardization & quality, 1997(3): 13-16.
- [16] 张晓明. 实验室低温试验的实施与评价[J]. 计算机与数字工程, 2015, 43(1): 150-154.
ZHANG Xiao-ming. Evaluation and implementation of the low-temperature test in laboratory[J]. Computer & digital engineering, 2015, 43(1): 150-154.
- [17] 张菲玥, 王津梅. 装备(产品)环境试验方法之比较[J]. 装备环境工程, 2017, 14(2): 95-98.
ZHANG Fei-yue, WANG Jin-mei. Comparison of environmental test methods for equipment(products)[J]. Equipment environmental engineering, 2017, 14(2): 95-98.
- [18] 祝耀昌, 王建刚, 张建军. GJB150A 与 GJB150 内容对比和分析(二)[J]. 航天器环境工程, 2011, 28(2): 110-114.
ZHU Yao-chang, WANG Jian-gang, ZHANG Jian-jun. A comparative study of GJB 150A and GJB 150(Part II)[J]. Spacecraft environment engineering, 2011, 28(2): 110-114.
- [19] 冉建华. GJB 150A 的发布对产品设计及试验工作的影响[J]. 装备环境工程, 2011, 8(6): 71-75.
RAN Jian-hua. Effect of GJB 150A's release on design and test of products[J]. Equipment environmental engineering, 2011, 8(6): 71-75.
- [20] 林琳, 张熙川, 叶涛. MIL-STD-810F 低温试验方法研究[J]. 电子产品可靠性与环境试验, 2010, 28(2): 5-8.
LIN Lin, ZHANG Xi-chuan, YE Tao. Research on the low temperature test in MIL-STD-810F[J]. Electronic product reliability and environmental testing, 2010, 28(2): 5-8.
- [21] 王雅纯, 牟连嵩, 郑清平, 等. 电动汽车组合式采暖系统的低温试验研究[J]. 汽车实用技术, 2018(20): 3-6.
WANG Ya-chun, MU Lian-song, ZHENG Qing-ping, et al. Study on low temperature test of combined heating system for electric vehicle[J]. Automobile applied technology, 2018(20): 3-6.
- [22] 翁雷, 刘岩. GJB 150A 在某通信装备低温试验中的应用研究[J]. 装备环境工程, 2013, 10(4): 47-51.
WENG Lei, LIU Yan. Application research of GJB 150A in low temperature test of some communication equipment[J]. Equipment environmental engineering, 2013, 10(4): 47-51.