

某型舟桥装备驾驶室采暖除霜改进

田静, 朱汗青, 裴超毅, 袁靖军, 黄翰卿

(中国人民解放军 32184 部队, 北京 100093)

摘要: **目的** 解决某型舟桥装备在严寒地区环境适应性试验中出现的采暖除霜问题。**方法** 针对舟桥装备驾驶室采暖、除霜性能不足的问题进行故障树分析(FTA),对相关事件进行排查,提出整改措施,并在高低温综合环境模拟试验室进行验证。**结果** 在 -40°C 环境下,驾驶室温度在20 min内达到 20°C ,前挡风玻璃内表面无结霜现象,外表面除霜面积达95%以上。**结论** 增加燃油空气系统,更换电加热玻璃,在不影响装备正常使用和指标要求的前提下,解决了驾驶室采暖、除霜性能不足问题。

关键词: 舟桥装备; 驾驶室; 采暖; 除霜

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2019.09.019

中图分类号: U448.19

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2019)09-0105-04

Improvements of a Certain Pontoon Bridge Cab's Frosting and Heating System

TIAN Jing, ZHU Han-qing, PEI Chao-yi, YUAN Jing-jun, HUANG Han-qing
(Unit 32184, PLA, Beijing 100093, China)

ABSTRACT: Objective To solve the frosting and heating problems of certain pontoon bridge in cold region environment adaptability test. **Methods** Problems of the frosting and heating was analyzed with FTA, the correlative event was inspected. Improvement measures were proposed. The effect experiment was carried out in a comprehensive environmental laboratory. **Results** In the -40°C environment, the cab's temperature was heated to 20°C in 15 minutes, and. The interior surface of windshield had no frosting, and the exterior surface's defrosting area reached over 95%. **Conclusions** In condition of requirements for normal use and performance, the insufficient problems of cab's frosting and heating can be solved by adding fuel-air system and changing electrically heated vehicles-windshield.

KEY WORDS: pontoon-bridge equipment; cab; heating; frosting

某型舟桥装备是一种车桥一体、水陆自行、机动能力强、作业速度快、高新技术含量高的新型装备。该装备水陆自行,既要陆上伴随机动,又要在江河中完成门桥漕渡作业,其使用环境条件复杂多变。加之我国幅员辽阔,其中北方地区和西部高原地区面积占总面积近3/5,低于 -33°C 低温极值的站点数占全国气象站点总数(125)的20%。低温环境会引起装备部件及材料的尺寸变化、流动性降低、凝结变硬、硬化脆化等物理和化学效应,导致密封

失效、管路冻结、润滑不良、强韧性减低等危害,对装备的启动性能、使用性能、人-机-环境等影响较大^[1],为此进行了严寒地区适应试验和低温实验室试验。

文中主要针对装备严寒地区适应性试验时驾驶室温度偏低,驾驶员和作业手难以长时间行驶及工作,且因温度低致使前挡风玻璃霜冻不化影响驾驶视线等问题进行分析研究,并进行实验室验证,以提高驾驶室的采暖性能。

1 严寒地区适应性试验

在大兴安岭地区进行的严寒地区适应性试验主要是为了检验样机低温环境适应性是否满足相关规定,包括采暖性能试验、除霜适应性试验、行驶适应性试验等项目。

采暖性能试验参照 GB/T 12782 规定进行^[2]。试验在晴天环境温度为 -24°C 时进行,采用温湿度计测量驾驶员、最外侧作业手头部、足部位置为 $2\sim 5^{\circ}\text{C}$,不满足要求,驾驶员、作业手感觉舒适度欠佳。

结合除霜适应性试验与行驶适应性试验,对行驶期间驾驶室前挡风玻璃、侧观察窗的除霜情况进行检查。除霜性能试验在低温环境试验室进行,要求试验开始 20 min 后,风窗玻璃 A 区域有 80% 完成除霜;开始 25 min 后,风窗玻璃 A' 区域有 80% 完成除霜;开始 40 min 后,风窗玻璃 B 区域有 95% 完成除霜(A、B 区域的确定如图 1 所示, A' 区域是以汽车纵向中间平面为基准面,与 A 区域相对称的区域)^[3]。在适应性试验出车前,前挡风玻璃外表面结霜时间过长,影响驾驶员视线,带来安全隐患,现有除霜装置满足不了风窗玻璃除霜性能要求。

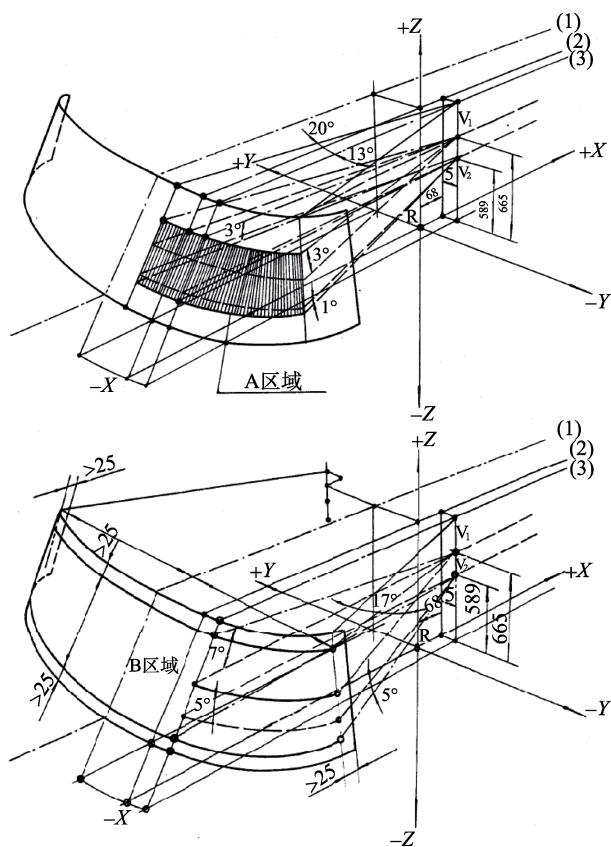


图 1 驾驶室采暖除霜区域

2 问题分析

对严寒地区适应性试验结果进行故障树分析

(Fault Tree Analysis, 简称 FTA)^[4-6]。FTA 是 20 世纪 60 年代由 Bell 实验室提出的,可用于评价系统的可靠性和安全性,也可针对某一具体的故障进行分析,是一种综合性的系统分析方法。FTA 采用树状结构,层级分明,因果关系清晰。将最不希望发生的事件作为顶事件,自上向下,根据引起事件发生的部件失效、环境变化、人为失误等要素,逐项建立中间事件和底事件。

首先确定驾驶室采暖、除霜性能不足为顶事件 T。装备采用水暖式暖风除霜系统,主要由采暖除霜器冷却液进水管、出风管等组成,采暖除霜器内置风扇和换热水箱。发动机启动后,冷却液温度升高,进入采暖除霜器的换热水箱,并与周围的空气进行热交换后,经冷却液出水管流回发动机。采暖除霜器的风扇将加热后的空气送至驾驶室内和风扇玻璃内表面,以起到采暖和除霜的作用。通过上述工作原理分析可知,驾驶室采暖、除霜性能不足主要是由于采暖除霜器进水温度低、散热量低、暖风口出风量小、驾驶室密封性不好。采暖除霜器散热量低主要因为采暖除霜器功率小、驾驶室耗热(顶板、底板、侧板、风窗玻璃)、人员散热、冷空气渗入等底事件引起。其中,冷空气渗入和上一层的密封性不好是一个事件,两者取其一。根据引起的层级关系,建立驾驶室采暖、除霜性能不足的故障树如图 2 所示。

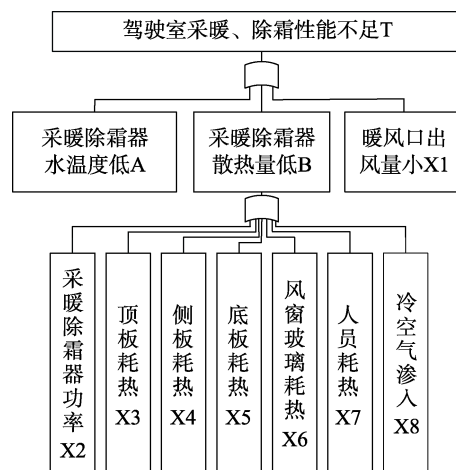


图 2 驾驶室采暖除霜不足 FTA 分析

2.1 进水温度低

水暖式暖风除霜系统以发动机提供的热冷却液作为热源,采暖除霜器是系统的热交换装置,通过提取发动机冷却液中的热量来进行采暖和除霜。

QC/T 634《汽车水暖式暖风装置》规定进气温度和进水温度差大于 65°C ,采暖除霜器可达到标称散热量^[7]。严寒地区适应性试验期间,环境温度在 -25°C 左右,试验样机发动机热平衡水温在 75°C 左右。发动机出水口到采暖除霜器采用长近 2 m 的 ϕ

26 mm×6 mm 橡胶管, 在橡胶管外部包裹 7 mm 厚的橡塑海绵保温管, 经过橡胶管进入除霜器的水温为 55 ℃。可以看出, 进气和进水的温差为 80 ℃左右, 大于规定值, 理论上采暖除霜性能应该符合要求, 将这一事件排除。

2.2 散热量低^[8-9]

试验样机采用的采暖除霜器在进气温度与水温达到 65 ℃差值时, 标称散热量 $Q_{\text{采暖}}$ 为 6.97 kW。样机驾驶室采用板架结构, 由顶板、左侧围板、右侧围板、后围板和底板组成。其驾驶室耗热量计算公式为:

$$Q_i = K_i \times S_i \times (t_{\text{内}} - t_{\text{外}})$$

式中: Q_i 为耗热量; S_i 为面积; $t_{\text{内}}$ 为驾驶室温度; $t_{\text{外}}$ 为进气温度; K_i 为传热系数。

K_i 的计算公式为:

$$K_i = 1 / \left(\frac{1}{a_{\text{外}}} + \frac{1}{a_{\text{内}}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right)$$

式中: $a_{\text{外}}$ 为车外空气对相应总成的换热系数, $a_{\text{外}}=61.6$; $a_{\text{内}}$ 为车内空气对相应总成的换热系数, $a_{\text{内}}=29$ 。

为保证驾驶室采暖除霜系统满足规定要求的使用条件, 设定 $t_{\text{内}}$ 为 15 ℃, $t_{\text{外}}$ 为 -40 ℃, 车速为 60 km/h, 驾驶室空气流速不大于 3 m/s。在计算传热系数时, 不考虑太阳辐射。驾驶室除底板下侧安装 XPE 隔热棉外, 其余板内衬聚氨酯泡沫, 各材料厚度和导热系数见表 1。

表 1 材料参数

材料	厚度 δ/mm	导热系数 λ $/(\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1})$
外板	1.2	48
内饰材料	3	0.3
聚氨酯泡沫	30	0.16
隔热棉	30	0.15

将顶板、侧板(除玻璃)、底板面积计算出来后, 代入公式得到耗热量 $Q_{\text{顶板}}$ 、 $Q_{\text{侧板}}$ 、 $Q_{\text{底板}}$ 分别为 960、2998、1319 W。根据经验值, 驾驶室风窗玻璃传热系数取 6.4 W/(m²·K)。将风窗玻璃面积代入公式计算得风窗玻璃耗热量 $Q_{\text{风窗}}$ 为 1408 W。

驾驶室不是密不透风的, 冷空气可以从两侧门等位置渗入, 而且除霜也需要用流动的外部空气, 其耗热量计算公式为:

$$Q_{\text{冷空气}} = G \times \rho \times C \times (t_{\text{内}} - t_{\text{外}}) / 3.6$$

式中: G 为冷空气渗入量, $G=100 \text{ m}^3/\text{h}$; ρ 为空气密度, $\rho=1.29 \text{ kg}/\text{m}^3$; C 为空气比热容, $C=1.005 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 。经计算得冷空气渗入耗热量为 1981 W。

车内驾驶员和作业手自身也能产生热量, 其计算公式为:

$$Q_{\text{人员}} = [Q_{\text{驾}} + Q_{\text{作}} \times (n-1)] \times \rho$$

式中: n 为驾驶室核定载人数; ρ 为集群系数,

取 0.89; $Q_{\text{驾}}$ 取 145 W; $Q_{\text{作}}$ 取 116 W。计算得车内乘员散热量为 335.5 W。

驾驶室采暖热量为:

$$Q = (Q_{\text{人员}} + Q_{\text{采暖}}) - (Q_{\text{顶板}} + Q_{\text{侧板}} + Q_{\text{底板}} + Q_{\text{风窗}} + Q_{\text{冷空气}}) = -2031.5 \text{ W}$$

由此可见, 驾驶室提供的热量达不到采暖所需的热量, 与现场试验结果一致。

2.3 暖风口出风量小

试验样机驾驶室横向宽度大, 前风窗玻璃布置 6 个出风口, 左右侧窗各布置 1 个出风口, 而取暖器就 2 个出风口, 这导致 1 个取暖风口对应 4 个除霜出风口。在严寒地区适应性试验中, 风窗玻璃结霜很明显地呈现上下半区现象, 正对风口的下部分风窗受热风加热, 能够有效加热玻璃从而达到除霜效果。风窗上部分区域无法从风窗出风口获得热风, 致使玻璃表面在短时间内无法通过加热来除霜。

综通过上所述, 影响顶事件的是采暖除霜器散热量低、暖风口出风量小两事件。

3 整改措施

针对分析的问题事件, 调研在严寒地区进行的其他重型车辆, 结合试验样机驾驶室空间实际情况, 在驾驶室安装燃油空气加热器来改善采暖, 通过更换电加热风窗玻璃改善除霜性能^[10-11]。

3.1 采暖

驾驶室要达到驾驶员、副驾驶员足部温度不小于 15 ℃, 头部比足部低 2~5 ℃的指标要求, 自身供热量需要近 8300 W。在实际使用时, 采暖系统还会受到仪表台、座椅等因素的影响, 实际供热量需要增大。同时为保证燃油空气加热器的使用寿命, 避免长时间满负荷运行, 功率也需增大。综合考虑, 将驾驶室供热量需求赋予安全系数 1.15, 即 9580 W。

根据驾驶室的空间、仪器布置及拟选用的燃油空气加热器系统参数, 确定安装两台额定发热量为 5000 W 的 FJH5A II 型燃油空气加热器系统。为保证室内左右两侧加热平衡, 在驾驶员座椅后面和作业手座椅下面各安装一台燃油空气加热器。

3.2 除霜

将现有风窗玻璃和侧窗玻璃换成电加热玻璃, 该玻璃除霜效果好, 效率高, 且已成功用于某型装备。由于试验样机风窗玻璃大, 其温升时间计算公式为:

$$t = \frac{Q_{\text{升温}}}{P_{\text{玻璃}} - P_{\text{损}}}$$

$$Q_{\text{升温}} = C \times \rho \times S \times b \times (t_{\text{内}} - t_{\text{外}})$$

式中: S 和 b 分别为玻璃实际面积和厚度; $P_{\text{玻璃}}$

为电加热玻璃功率; $P_{\text{损}} = K \times S \times (t_{\text{内}} - t_{\text{外}})$; $C = 790 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$; $\rho = 2500 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。

按照 GB-11555 规定要求, 玻璃由 -181°C 升温至 15°C 时间需要 15 min。按照严寒地区适应性试验, -40°C 升温至 15°C 则需要 31 min。

增加燃油空气加热器系统, 更换电加热玻璃后, 使整车电气系统的用电负荷变大。2 台 FJH5A 系型燃油空气加热器系统起动的耗电功率为 200 W, 电加热玻璃工作耗电功率为 1386 W, 未改进采暖除霜系统前整车耗电功率为 2100 W, 发动机怠速时发电功率为 3800 W。因此, 发动机能够满足整改后在严寒地区的使用。

4 试验验证

为了验证采用的采暖除霜系统是否能解决试验样机在严寒地区出现的采暖、除霜性能不足的问题, 在高低温综合环境模拟试验室进行了静态验证试验。

采暖试验结合除霜试验进行, 具体程序如下^[12]。

1) 样机加 -50°C 低温柴油、润滑油、防冻液, 蓄电池充满电。

2) 样机进入试验室后, 调节测点温度 (主要包括发动机冷却液温度、机油温度、驾驶舱温度) 至 -40°C , 保持此温度不低于 2 h。

3) 人员进入试验室, 用规定的喷枪, 相距 200 mm 垂直风窗玻璃将指定水量 ($0.44 \text{ g}/\text{m}^3$ 乘以风窗面积值) 均匀喷射到玻璃外表面上, 生成均匀的冰层。

4) 待风窗上形成冰层, 30 min 后, 试验人员进入样机, 关闭车门, 启动样机, 同时开启采暖除霜系统。

5) 每隔 5 min 再观察窗用照相机拍照, 计算风窗除霜面积, 允许视情况使用风窗刮水器。

6) 每隔 5 min 测量一次各测点的温度。

7) 40 min 后关闭采暖除霜系统, 记录试验结果。

8) 检查整改的采暖除霜系统、电加热玻璃有否断裂、鼓包等现象, 记录检查结果。

9) 将试验室温度调节到标准大气条件下的温度, 样机出库。

采暖试验结果: 采暖系统打开后, 20 min 内驾驶

室温度已达到 20°C 。

除霜试验结果: 试验开始 20 min 后, 风窗玻璃 A 区域有 80% 已完成除霜; 开始 25 min 后, 风窗玻璃 A' 区域有 80% 已完成除霜; 开始 40 min 后, 风窗玻璃 B 区域有 95% 已完成除霜, 满足规定要求。

整个试验过程中, 样机整改后的采暖除霜系统、电加热玻璃无断裂、鼓包等现象。

5 结论

通过对某型样机严寒地区适应性试验中出现的驾驶室采暖性能、除霜性能不足的问题进行了全面分析, 利用成熟技术, 结合样机面临的实际情况, 对其采暖除霜进行了整改。经过在高低温综合环境模拟试验室的试验验证, 表明整改可行, 但驾驶室增加了燃油空气加热器, 更换了电加热玻璃, 可能会对整车电磁兼容性产生影响, 有必要进行相关试验验证。

参考文献:

- [1] 李继红, 文静, 徐勇, 等. 我国自然环境低温分布统计分析[J]. 装备环境工程, 2015, 12(2): 87-91.
- [2] GB/T 12782—2007, 汽车采暖性能要求和试验方法[S].
- [3] GB 11555—2009, 汽车风窗玻璃除霜和除雾系统[S].
- [4] 邵新杰, 康海英, 田广, 等. 故障树分析法在某型自行火炮故障诊断中的应用[J]. 四川兵工学报, 2013(1): 9-12.
- [5] 李志强, 王茜, 武宏程, 等. 基于 FTA-FMMEA 的某型导弹发动机失效分析[J]. 航空兵器, 2014(6): 62-66.
- [6] 刘延友, 徐万和, 李忠新. 枪械机构故障可靠性分析方法研究[J]. 军械工程学院院报, 2013(3): 62-66.
- [7] QC/T 634—2007, 汽车水暖式暖风装置[S].
- [8] 闫博, 孙鹏, 张光宇. 某重型车驾驶室采暖系统热负荷计算[J]. 汽车实用技术, 2015(2): 62-64.
- [9] 石红蕾. 某重型车乘员舱热环境优化[D]. 吉林: 吉林大学, 2016.
- [10] 梁智勇. 电加热系统在汽车前挡风玻璃上的应用[J]. 科技与创新, 2014(15): 9-10.
- [11] 王应奇, 俞立新. 客车车厢冬季除霜除湿的分析与计算[J]. 客车技术与研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2009.
- [12] GJB 150—2009, 军用装备实验室环境试验方法[S].