

基于高原环境的保障装备适应性技术研究

刘章龙, 赵徐成, 胡涛

(空军勤务学院 航空四站系, 江苏 徐州 221000)

摘要: **目的** 寻找和发现现役保障装备在高原保障过程中存在的问题, 评估装备的高原工作性能, 全面提升保障装备高原环境适应能力。**方法** 依据高原环境特点, 全面、准确定量掌握现役保障装备在高原环境下的实际性能, 找出存在的突出问题, 并在此基础上有针对性地开展高原环境保障装备适应性技术研究。**结果** 从技术措施、调试工艺、各分系统间的匹配这三个方面提出提高保障装备高原环境适应性技术。**结论** 通过适应性技术高原型保障装备可达到功能完备、性能可靠、适应高原环境现役主战装备的保障需求。

关键词: 保障装备; 高原环境; 适应性

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2016.02.007

中图分类号: TJ07 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2016)02-0034-05

Adaptive Technology of Support Equipment Based on Plateau Environment

LIU Zhang-long, ZHAO Xu-cheng, HU Tao

(Department of Aviation Four Stations, Air Force Logistics College, Xuzhou 221000, China)

ABSTRACT: Objective To find out the existing problems of the active support equipment in the process of the plateau environmental protection, evaluate the performance of the equipment on the plateau and improve the adaptability of the equipment in plateau environment. **Methods** According to the characteristics of plateau environment, the practical performance of active support equipment in plateau environment was fully and accurately mastered and the outstanding problems were found out. On this basis, targeted research on the adaptive technology of support equipment in plateau environment was carried out. **Results** It was proposed to improve the adaptability of the support equipment in plateau environment from the aspects of technical measures, debugging process and matching among the subsystems. **Conclusion** After application of the adaptive technology, the function of plateau type support equipment was complete, the performance was reliable, and it could meet the support needs of active main battle equipment in plateau environment.

KEY WORDS: support equipment; plateau environment; adaptability

随着我国周边形势的变化和我军主要潜在作战方向的转变, 未来主战装备进入高原的机会将会增

收稿日期: 2015-11-09; 修订日期: 2015-11-22

Received: 2015-11-09; Revised: 2015-11-22

作者简介: 刘章龙(1991—), 男, 河北邯郸人, 硕士研究生, 主要研究方向为航空四站保障技术与信息化。

Biography: LIU Zhang-long(1991—), Male, from Handan, Hebei, Master graduate student, Research focus: aviation four stations security technology and information.

多,如何提升高原环境下作战保障能力成为一个重要课题。相对于平原而言,高原地区的大气压力、空气密度、空气含氧量、温湿度、水的沸点、阳光辐射程度以及地形地貌等都会发生不同程度的变化,使得现役保障装备出现动力不足、保障产品产量低、电气绝缘性差和装备故障率高等问题,保障装备的高原环境适应性弱,无法满足高原保障的需求。由于国内尚无高原地区专用的地面保障装备,且青藏高原是世界屋脊,国外对该方面的研究很少^[1],因此,研究高原环境对保障装备的影响机理,提出提高保障装备高原环境适应性的技术措施,具有重要意义。

1 高原环境对保障装备的影响分析

高原环境主要包括气候环境和地理环境两个方面^[2-3]。高原地区的自然环境特点概括起来主要为“三低两强”,即“气温低、气压低、空气含氧量低、紫外线强、风沙强”。高原的地理环境特点主要是地势高峻、地势复杂、公路技术等级低、路况差、路面窄、坡度大。根据GB/T 19608.3—2004,高原地区环境特点的主要数据资料见表1。

按照系統工程的观点,以保障装备整体为系统,

表1 高原地区环境特点参数表

Table 1 Table of environment characteristic parameters in plateau area

海拔/ m	大气压力/kPa		空气 密度/ (g·m ⁻³)	空气 含氧量/ (g·m ⁻³)	空气温度/℃		空气温度/℃		水 沸 点/℃
	年平均	最低			最高	年平均	最湿月平均最大 (平均最低气温)	最干月平均最大 (平均最高气温)	
0	1013	97	1292	299.3	40/45	20	95(25)	20(15)	100
3000	707	68	892	209.6	30	10	90(15)	15(10)	90
4000	613	60	802	182.1	25	5	90(10)	15(5)	87
5000	539	52.5	719	159.7	20	0	90(5)	15(0)	84
6000	472	45.8	644	141.7	15	-5	90(5)	15(0)	80
7000	413	39.9	573	123.16	5	-10	90(5)	15(0)	77

按照保障装备的各部分组成、基本工作知识类别和受高原环境影响的程度,将保障装备整体系统划分为机械系统、电气系统、动力系统、气源系统和液压系统等5个分系统^[2-4]。文中重点研究这5个分系统在高原环境下的保障性变化,并提出相应的保障装备高原适应性技术^[5]。高原环境对各分系统的影响及原因分析见表2。

2 保障装备高原环境适应性技术

为提高装备高原环境适应性而采取的一系列技术措施和方法称之为高原环境适应性技术。对照高原环境影响机理分析与高原环境适应性综合评价,从技术措施、调试工艺、各分系统间的匹配这三个方面提出提高保障装备高原环境适应性技术。

2.1 机械系统

提高保障装备机械系统的高原环境适应性,需要在机械和材料两个方面进行改进。

1) 机械方面。应合理布局,优化装备结构及配重设计,选择质量轻、体积小、性能优的部件代替原有部

件,减小保障装备上装的体积和质量^[6];选择机械强度高、高原极端环境适应性强的零部件;采取适当的减震措施,提高装备的稳定性;将一般保障装备的二类底盘改为越野底盘,提升高原保障装备的动力储备和越野机动性能。

2) 材料方面。选用抗恶劣环境强的涂敷材料和先进的涂敷加工工艺。优先选用具有良好低温特性和抗老化性能的密封件,液压胶管选用紫外线防护和耐寒性能强的材料制造;做好器件的日常维护保养工作,减缓橡胶密封件和液压胶管的老化速度,防止金属材料由于低温而产生脆性断裂^[7];采用加装保护套等防护措施增加液压胶管的使用寿命、防止爆裂。

2.2 电气系统

高原环境对电气设备的性能参数提出了更高的要求,常规型电气设备无法在高原环境下使用。根据保障装备使用环境的海拔高度变化,需要对所选的常规型电气设备的电气参数进行校验,使其满足相应海拔高度级别的使用环境要求^[8-9]。

1) 电气间隙修正。电气设备在高原环境下使用需要对电气间隙和爬电距离进行修正,使电气设备的

表2 高原环境对各分系统的影响及原因表

Table 2 Effect of plateau environment on the subsystems and the corresponding causes

分系统	主要影响	环境影响因素
机械系统	摩擦件收缩,配合间隙改变,润滑剂黏稠度增加,造成机械磨损加大	温差大、多风沙
	油漆层老化,装备锈蚀,橡胶件脆性加大,密封效果变差 力学性能变化,强度和刚度下降,抗冲击载荷能力减弱 震动使装备及零部件移位或变形	强辐射、低温 低温 路况差
电气系统	发热器件散热困难和开关灭弧性能降低 易产生静电,干扰装备的稳定运行	空气稀薄 气候干燥
	绝缘介质的绝缘强度下降和电气产品击穿电压下降 仪器仪表产生测量误差,晶体管等器件无法有效触发	低压 低温
动力系统	过空气系数下降,燃烧恶化,燃油率升高,输出功率低 油机冷却系散热效果降低,水冷柴油机水箱会发生“开锅”现象	低压、缺氧 低压、水沸点低
	空气滤清器滤清效果下降,润滑失效,气缸活塞环早期磨损 气体黏性阻力增大,雷诺数减少,导致内燃机与增压器匹配失准 蓄电池容量下降,过空气系数降低,启动困难	多风沙 空气稀薄 低温、低压
气源系统	气体产品气体量减少,推动压力降低	低压
	压缩机散热能力变差,排气温度升高	空气稀薄、多风沙
液压系统	散热能力变差,液压油可能因高温而加快氧化变质 密封性变差,易导致液压油泄露和油液污染	空气稀薄 低压、多风沙

电气间隙增大,达到平原使用时的抗击穿电压水平,电气间隙和爬电距离海拔修正系数见表3。

表3 电气间隙和爬电距离海拔修正系数

Table 3 Correction coefficients of creepage distance and clearance

海拔H/m	正常气压/kPa	修正系数
$H \leq 2000$	80.0	1
$2000 < H \leq 3000$	70.0	1.14
$3000 < H \leq 4000$	62.0	1.29
$4000 < H \leq 5000$	54.0	1.48

2) 电气元件的容量修正。高原环境下需要对电气、电子元件进行降容使用,如断路器、继电器、接触器的容量,按表4校核其容量。

表4 电气元件的容量修正

Table 4 Correction of capacity of electrical components

海拔高度/m	额定绝缘电压 U_i/V	额定工作电压 U_w/V	额定电流 I_w/A	额定短路分断能力 I_{cn}/kA
2000	1	1	1	1
3000	0.88	0.88	0.98	0.93
3782	0.80	0.80	0.956	0.89
4000	0.78	0.78	0.95	0.88
4320	0.75	0.75	0.935	0.868
5000	0.68	0.68	0.90	0.82

柴油机的功率,并改善经济性和热负荷。在柴油机供

2.3 动力系统

1) 功率恢复型增压技术^[10]。针对非增压柴油机在高原受大气压力影响而导致功率下降的情况,采用功率恢复型增压技术进行增压。通过增压供气,增加气缸的充气密度,以提高过量空气系数,使气缸内燃油充分燃烧,达到恢复平均有效压力的目的。采用功率恢复增压技术可在供油量保持不变的情况下使柴油机功率恢复到低海拔标定水平。因此需要采用功率恢复增压技术,达到增压器与柴油机的高原匹配。

2) 中冷措施。进气经增压后温度会随压力升高而升高,进一步影响保障装备的可靠性。增压柴油机采取中冷后,充气温度降低、密度增加,可大幅度提高

油不变前提下,采取中冷措施使增压空气温度每降低

10℃,柴油机功率可提高3%,最高燃烧温度、循环平均温度、排气温度、缸盖温度都显著下降。实验表明,高原环境下效率较高的中冷器可使增压空气的温度降低10~60℃。

3) 高原低温启动技术。受高原环境对低温启动的影响,高原增压型装备低温启动条件局限性很高,目前国内外解决严寒地区冬季车辆启动的主要措施有:加注启动液、电热塞、预热启动、燃油加热器加热、低温蓄电池、蓄电池加热保温以及超级电容并联蓄电池等^[11-12]。

4) 对电机功率进行修正。电机功率修正特性曲线如图1所示。

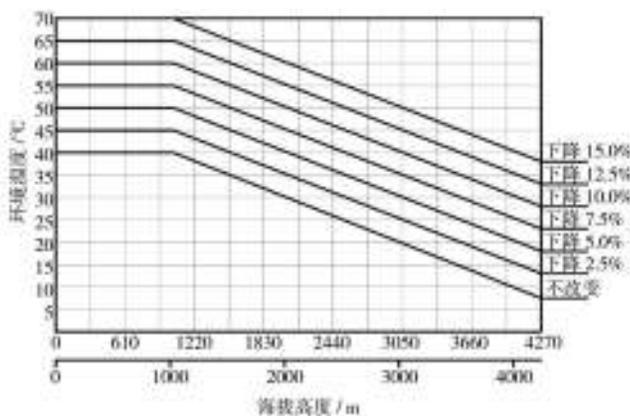


图1 交流发动机的海拔高度及环境温度对功率修正特性曲线
Fig.1 Power correction characteristic curves of generator by altitude and temperature

2.4 气源系统

气源系统高原环境适应性技术主要有:提高冷却系统的密封性,以减少冷却液的损耗;加装空气压缩机增压系统,提高高压气效率^[13];注意掌握高原气候变化的规律,及时采取有效的降温或保温防冻措施,防止压缩机过热或过冷^[14];在空压机舱体开孔通风的地方增加防风沙门的设计,风沙门内应有防风沙挡板,挡板内安装过滤网,达到防风沙的效果。

2.5 液压系统

高原环境压力降低,管道和器件连接处承受的压力发生变化,有必要计算其需承受的最低压力。根据国家规定,液压和气动系统应经受至少1.5倍的系统最大允许压力试验,系统不应产生渗漏和永久变形,以实际海拔最低气压为计算标准^[15]。以液压系统最高压力与导管承受的压力差之和计算管道和连接处至少应能承受的压力。液压系统高原适应性技术

主要有:选用耐低温、抗老化性能好的密封件;液压油管应加装保护套等防护措施或选用紫外线防护和耐寒性能强的材料,增加液压油管的使用寿命,防止其爆裂^[5];加装橡胶防振垫脚等措施降低装备的振动。

3 结语

通过全面、准确定量掌握现役保障装备在高原环境下的实际性能,分析高原环境对保障装备的影响,找出产生影响的原因,并在此基础上有针对性地开展高原环境保障装备适应性技术研究,从而达到高原型保障装备功能完备、性能可靠、使用安全、适应高原环境现役装备的保障需求。研究对全面提升保障装备高原环境下保障能力,实现全疆作战、全域反应的保障具有重要现实意义。

参考文献:

- [1] 胥泽奇,张世艳,宣卫芳. 装备环境适应性评价[J]. 装备环境工程, 2012, 9(1): 54—59.
XU Ze-qi, ZHANG Shi-yan, XUAN Wei-fang. Environmental Worthiness Evaluation of Equipment[J]. Equipment Environmental Engineering, 2012, 9(1): 54—59.
- [2] 王坚,王保贵,张晨,等. 高原气候环境对装备影响及适应性措施[J]. 环境技术, 2013(6): 25—28.
WANG Jian, WANG Bao-gui, ZHANG Chen, et al. Countermeasures on Influence of Plateau Climate Environment on Equipment and Its Environmental Worthiness[J]. Environmental Technology, 2013(6): 25—28.
- [3] 赵徐成,马俊伟,朱逸天,等. 保障装备高原环境适应性研究[J]. 装备环境工程, 2014, 11(5): 27—31.
ZHAO Xu-cheng, MA Jun-wei, ZHU Yi-tian, et al. Research on Plateau Environmental Worthiness of Support Equipment [J]. Equipment Environmental Engineering, 2014, 11(5): 27—31.
- [4] 高荣刚,李国岫,虞育松,等. 高原环境对柴油机燃烧过程影响的仿真研究[J]. 兵工学报, 2012, 33(12): 1448—1454.
GAO Rong-gang, LI Guo-xiu, YU Yu-song, et al. Multi-dimensional Simulation for the Effect of Plateau Environment on Combustion Process in Diesel Engine[J]. Acta Armamentarii, 2012, 33(12): 1448—1454.
- [5] 许翔,周广猛,郑智,等. 高原环境对保障装备的影响及适应性研究[J]. 装备环境工程, 2010, 7(5): 100—103.
XU Xiang, ZHOU Guang-meng, ZHENG Zhi, et al. Research on Influence of Plateau Environment on Support Equipment and Its Environmental Worthiness[J]. Equipment Environmental Engineering, 2010, 7(5): 100—103.
- [6] 周广猛,刘瑞林,许翔,等. 高原环境对车辆动力性的影响

- 及动力提升措施[J]. 装备环境工程, 2014, 11(3): 45—51.
- ZHOU Guang-meng, LIU Rui-lin, XU Xiang, et al. Countermeasures on Influence of Plateau Climate Environment on Equipment and Its Environmental Worthiness[J]. Equipment Environmental Engineering, 2014, 11(3): 45—51.
- [7] 王亚生, 杨建军, 赵炳峰. 高原寒区对车辆性能的影响及对策[J]. 汽车运用, 2012(3): 20.
- WANG Ya-sheng, YANG Jian-jun, ZHAO Bing-feng. Influence and Countermeasures of Plateau Environment on Car Equipment[J]. Auto Application, 2012(3): 20.
- [8] 季慧玉, 邹其文, 黄兢业. 低压电器在高原环境中使用的适应性研究[J]. 低压电器, 2005(3): 45—49.
- JI Hui-yu, ZOU Qi-wen, HUANG Jin-ye. Adaptability Research on Low-voltage Electrical Apparatus for Plateau Environment[J]. Low Voltage Apparatus, 2005(3): 45—49.
- [9] 雷学敏. 高原环境对电工电子产品的影响及防护探讨[J]. 价值工程, 2011(19): 37—38.
- LEI Xue-min. Effect of Altitude Environment on Electric and Electronic Products and Protection[J]. Value Engineering, 2011(19): 37—38.
- [10] 侯宪春, 胡清森. 军运保障中高原和山区对汽车性能的影响研究[J]. 汽车运用, 2007(3): 61—63.
- HOU Xian-chun, HU Qing-sen. A Study of the Effects of Tableland and Mountainous Areas on Automobile—Transportation and Our Countermeasures[J]. Auto Application, 2007(3): 61—63.
- [11] 刘瑞林. 柴油机高原环境适应性研究[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2013.
- LIU Rui-lin. Research on Plateau Environmental Adaptability of Diesel Engines[M]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 2013.
- [12] 周广猛, 刘瑞林, 董素荣, 等. 柴油机高原环境适应性研究综述[J]. 车用发动机, 2013(4): 1—5.
- ZHOU Guang-meng, LIU Rui-lin, DONG Su-rong, et al. Review on Plateau Environment Adaptability of Diesel Engine[J]. Vehicle Engine, 2013(4): 1—5.
- [13] 赵士伟, 王崇哲, 杨健, 等. 不同气体状态方程在高原环境下应用的差异分析[J]. 气象水文海洋仪器, 2014(4): 17—20.
- ZHAO Shi-wei, WANG Chong-zhe, YANG Jian, et al. Analysis of Different Gas State Equations Applied in the Altitude Environment[J]. Meteorological, Hydrological and Marine Instruments, 2014(4): 17—20.
- [14] 胡连桃, 魏东涛, 罗光旭. 高原环境下航空地面制氧设备的技术选择及改进措施[J]. 装备环境工程, 2012, 9(1): 88—90.
- HU Lian-tao, WEI Dong-tao, LUO Guang-xu. Technology Selection of Aviation Oxygen Equipment for Plateau Environment and Improvement Measures[J]. Equipment Environmental Engineering, 2012, 9(1): 88—90.
- [15] 许翔, 张众杰, 郑智, 等. 叉车液压系统高原举升性能模拟试验研究[J]. 军事交通学院学报, 2012, 14(3): 45—48.
- XU Xiang, ZHANG Zhong-jie, ZHENG Zhi, et al. Experimental Study on Loading and Unloading Performance of Hydraulic System of Forklift at Plateau[J]. Journal of Military Transportation University, 2012, 14(3): 45—48.

(上接第 17 页)

- [J]. 装备环境工程, 2015, 12(1): 51—58.
- RUAN Zheng, LIU Zhao-hui, DENG Zhi-ping, et al. Research Progress in Functionalization of Epoxy Resin Systems [J]. Equipment Environmental Engineering, 2015, 12(1): 51—58.
- [16] 封先河. 环境作用动力学基础及应用[J]. 装备环境工程, 2015, 12(2): 15—18.
- FENG Xian-he. Basement and Application of Dynamics of Environmental Effect[J]. Equipment Environmental Engineering, 2015, 12(2): 15—18.
- [17] 朱强, 李元章, 李云仲, 等. 低成本复合材料在小型飞艇吊舱上的应用[J]. 装备环境工程, 2015, 12(1): 110—113.
- ZHU Qiang, LI Yuan-zhang, LI Yun-zhong, et al. Application of Low-cost Composite Materials in the Small Airship Pod[J]. Equipment Environmental Engineering, 2015, 12(1): 110—113.
- [18] FERRARIS C F. Alkali-silica Reaction and High Performance Concrete[R]. NIST Interagency/Internal Report, (NISTIR)—5742, 1995.
- [19] HEWLETT P C. Lea's Chemistry of Cement and Concrete[J]. Stat Bull Metrop Insur Co, 2004, 72(2): 14—33.