

我国自然环境低温分布统计分析

李继红¹, 文静¹, 徐勇², 何建新¹

(1. 西南技术工程研究所, 重庆 400039; 2. 中国兵器装备集团公司, 北京 100000)

摘要: **目的** 为我国低温服役地区的装备设计及防护维修提供一定的指导。**方法** 统计我国北方及高原地区 125 个气象站点连续多年的低温数据。参照 MIL-STD-810G 和 DEF STAN 00-35, 结合我国低温环境以及现有气象数据实际情况, 对我国低温环境进行分类, 并对低温环境统计数据进行分析。**结果** 将我国低温环境划分为 6 种类型: 微微寒(C_0), >-9 °C; 微寒(C_1), $-19 \sim -10$ °C; 中寒(C_2), $-29 \sim -20$ °C; 寒(C_3), $-39 \sim -30$ °C; 严寒(C_4), $-49 \sim -40$ °C; 极寒(C_5), < -50 °C。**结论** 给出了我国大陆低温地区的低温分布图, 对低温条件下服役的武器装备的研制有一定的指导意义。

关键词: 自然环境; 低温; 装备

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2015.02.018

中图分类号: TJ01 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2015)02-0087-04

Statistical Analysis on Distribution of Natural Low Temperature in China

LI Ji-hong¹, WEN Jing¹, XU Yong², HE Jian-xin¹

(1. Southwest Technology and Engineering Research Institute, Chongqing 400039, China;
2. China South Industries Group Corporation, Beijing 100000, China)

ABSTRACT: Objective To provide some guidance for equipment design and maintenance in low-temperature servicing areas in China. **Methods** Consecutive years of low-temperature data in 125 meteorological stations of plateau and northern China was collected to for statistical analysis. Referring to the US military standard MIL-STD-810G and the UK defense standard DEF STAN 00-35, and combining with the low-temperature environment in China and the practical status of the existing meteorological data, the low-temperature environment in China was classified, and the statistical data of the low-temperature environment was analyzed. **Results** The low-temperature environment in China was divided into six types: C_0 , >-9 °C; C_1 , $-19 \sim -10$ °C; C_2 , $-29 \sim -20$ °C; C_3 , $-39 \sim -30$ °C; C_4 , $-49 \sim -40$ °C; C_5 , < -50 °C. **Conclusion** The distribution map of low-temperature regions in the mainland of China was given, and it was useful for the development of weapons for service under low-temperature conditions.

KEY WORDS: natural environment; low temperature; equipment

收稿日期: 2015-02-20; 修订日期: 2015-03-27

Received: 2015-02-20; Revised: 2015-03-27

作者简介: 李继红(1980—),女,四川人,高级工程师,主要研究方向为环境试验与环境适应性评价。

Biography: LI Ji-hong(1980—),Female,from Sichuan,Senior Engineer,Research focus:environmental test and environmental adaptability evaluation.

通讯作者: 何建新(1981—),男,湖北麻城人,硕士,主要研究方向为环境试验与环境适应性评价。

Corresponding author: HE Jian-xin(1981—),Male,from Macheng,Hubei,Master,Research focus:environmental test and environmental adaptability evaluation.

在自然环境中,低温会引起武器装备部件及材料的尺寸变化^[1]、流动性降低^[2]、凝结变硬、硬化脆化^[3]等物理和化学效应,导致密封失效、管路冻结、润滑不良、强韧性降低、推进剂药柱产生裂纹^[4]以及电子器件性能改变等危害。因此,了解自然环境中的低温特性,研究低温在我国自然环境中的分布规律,对于针对低温环境特性进行装备设计选材、防护、维修以及服役地区装配,具有指导作用,对增强武器装备低温环境适应性能力,提高装备可靠性具有重要意义。

1 低温对武器装备的影响

低温对机械、仪表、电子等产品及非金属材料都会产生一定的效应^[5],这种效应可能是功能故障,也可能是永久性的损坏,其事例是屡见不鲜。例如,我国

生产的某无后坐力炮的击针,在南方温度条件下使用,击发数万次均无问题,而在北方低温条件下则易发生断裂^[6];美国挑战者号航天飞机因低温条件下橡胶圈密封失效,燃料泄露爆炸,七名宇航员殒命。另外,低温给设备操作也带来许多问题,如密封件因变硬、发脆和加速老化而发生漏水、漏油和不抗压等;液、气管路因低温而冻堵;高凝固点的润滑油、润滑脂等也因低温而变稠,导致传动失灵。低温对产品产生的常见效应见表1。

2 低温环境类型

2.1 低温环境类型划分

世界各地的自然低温环境千差万别,主要是由于

表1 低温对产品的效应^[5]

Table 1 Effect of low temperature on the product

现象	产生后果
材料变脆	结构强度下降,易断裂;橡胶、塑料硬化
材料收缩	龟裂,失去弹性,使减振或密封失效;蜡变硬而易脆;配合间隙发生变化,使机械动作迟缓或停止;插头座、开关件等接触不良
油和润滑脂黏度增大而变稠,防冻液冻结	轴承、开关等产生粘滞;机械动作的质量和精度下降,尤其是液压系统
水、汽冻结	设备和仪器动作停止,功能失灵;冷却水系统堵塞而失效;光学仪器的观察性能下降
元器件性能改变	电阻、电容数值变化;电解电容器易损坏;石英晶体不振荡;蓄电池容量降低而使寿命下降
燃烧速度下降	炮弹战技性能下降
其他	装甲车、坦克、汽车、火车等的电动机、内燃机启动困难。

各地所处的纬度不同,以及受到不同气压带、风带的影响。各国气候区划分标准不同,低温环境类型划分存在一定差异。

MIL-STD-810G^[7]中将自然环境低温分为微冷(C₀, -6 ~ -19 °C)、基本冷(C₁, -21 ~ -31 °C)、冷(C₂, -37 ~ -46 °C)和极冷(C₃, -51 °C)等4种类型。其划分依据是温度出现的频度,比如在北极最冷区域最冷当月温度低于-51 °C的时数所占比例不会高于20%,而此地历史记录最低温度达到-68 °C。

DEF STAN 00-35^[8]将自然环境低温分为微寒(C₀)、中寒(C₁)、寒(C₂)、严寒(C₃)和极寒(C₄)等5种类型,基中C₀ ~ C₃划分与MIL-STD-810G中一致,C₄温度值为-57 °C。因为在极寒条件下,最寒冷季节的夜晚都很长,温度在24 h内基本保持不变,故C₃类和C₄类温度为恒定温度值。

2.2 我国低温环境类型

2.2.1 我国气候类型

GB/T 4797《电工电子产品自然环境条件》中根据我国197个台站1961—1980年的气象数据统计结果,以温度和湿度为要素,利用日平均值划分法、年极值划分法、绝对极值划分法把我国分为寒冷、寒温Ⅰ、寒温Ⅱ、暖温、干热、亚湿热、湿热等7个气候带,见表2。GB/T 4797中存在低温条件(年极值低温≤-5 °C)的区域占我国陆地国土面积的80%以上。

2.2.2 我国低温环境类型划分

为了较全面地了解我国的低温环境,对不同地区的低温数据进行了统计,其中低温数据来自国家气象中心连续多年的温度数据,包括我国北方及高原地区共计125个气象站点数据。站点分布在黑、吉、辽、内

表2 我国气候类型及有关参数

Table 2 Weather patterns and related parameters in China

气候类型	温湿度年极值平均值			
	低温/ ℃	高温/ ℃	RH≥95% 时的最高温	最大绝对湿 度/(g·m ⁻³)
寒冷	-40	25	15	17
寒温 I	-29	29	18	19
寒温 II	-26	22	6	10
温暖	-15	32	24	24
干热	-15	35	—	13
亚湿热	-5	35	25	25
湿热	7	35	26	26

蒙古、京、津、冀、晋、陕、甘、宁、新、青和藏等 14 个省/直辖市,见表3。文中的低温环境气象站点个数远多于 GB/T 4797 中的站点个数,站点在我国低温环境分

表3 温度数据气象站点具体位置

Table 3 The specific locations of the temperature data stations

省/区/市	气象站点
北京	北京
天津	天津
河北	石家庄、怀来、承德、乐亭、泊头
山西	大同、原平、太原、介休、运城
内蒙古	图里河、海拉尔、博克图、科尔沁右翼前旗、东乌珠穆沁旗、巴彦毛道、二连浩特、阿巴嘎旗、苏尼特右旗朱日和、乌拉特中旗海流图、达尔罕明安联合旗百灵庙、化德、呼和浩特、阿拉善左旗吉兰泰、鄂托克旗、西乌珠穆沁旗王盖庙、扎鲁特旗鲁北、巴林左旗林东、锡林郭勒盟锡林特、林西、通辽、多伦、赤峰
辽宁	彰武、朝阳、锦州、沈阳、本溪、营口、丹东、大连
吉林	前郭尔罗斯、四平、长春、延吉、临江
黑龙江	漠河、呼玛、嫩江、孙吴、克山、齐齐哈尔、海伦、富锦、安达、哈尔滨、通河、尚志、鸡西、牡丹江、绥芬河
山东	惠民县、龙口、荣成成山头、济南、沂源、潍坊、青岛、定陶、兖州
西藏	班戈、那曲、拉萨、日喀则、昌都、林芝
陕西	榆林、延安、西安、汉中
甘肃	敦煌、玉门镇、酒泉、民勤、祝乌鞘岭兰州、平凉、夏河合作、武都、天水
青海	冷湖、大柴旦、刚察、格尔木、都兰、西宁、贵南、格尔木托托河、曲麻莱、玉树、玛多、达日
宁夏	银川、盐池
新疆	阿勒泰、富蕴、和布克赛尔、拉玛依、精河、奇台、伊宁、乌鲁木齐、吐鲁番、库车、喀什、巴楚、尉犁铁干里克、若羌、莎车、和田、塔中、哈密

布的区域更广。温度数据是在地面上 1.25 ~ 2 m 高度气象观测箱内,标准通风和辐射屏蔽条件下测量的环境空气温度。

参照 MIL-STD-810G 和 DEF STAN 00-35,结合我国低温环境以及现有气象数据实际情况,文中将我国低温环境划分为 6 种类型,见表 4。

表4 低温环境类型

Table 4 Types of low-temperature environment

低温类型	温度范围/℃	低温类型	温度范围/℃
微微寒(C ₀)	>-9	寒(C ₃)	-39 ~ -30
微寒(C ₁)	-19 ~ -10	严寒(C ₄)	-49 ~ -40
中寒(C ₂)	-29 ~ -20	极寒(C ₅)	<-50

2.2.3 我国极端最低气温

我国极端最低气温出现在最北的黑龙江省漠河气象站,1969年2月13日测得我国现有气象资料中的最低气温记录为-52.3℃,当天的日平均气温为-43.9℃,也是全国之最。在这之前的最低气温出现在新疆富蕴。1960年1月21日富蕴气象站测得-51.5℃的全国极端最低气温,当天的平均气温是-43.8℃,仅次于漠河的记录。

3 我国低温环境数据统计分析

3.1 低温环境类型统计

将 125 个气象站点年极端最低气温进行分段统计,结果见表 5。对各气象站点极低气温在总站点数中出现的频度及累积频度进行统计,结果如图 1 所示。结果显示,各站点极低气温在-30℃附近出现最多,低于-40℃的站点数只占总数的 3.2%,低于-33℃的站点数占总数的 20%。

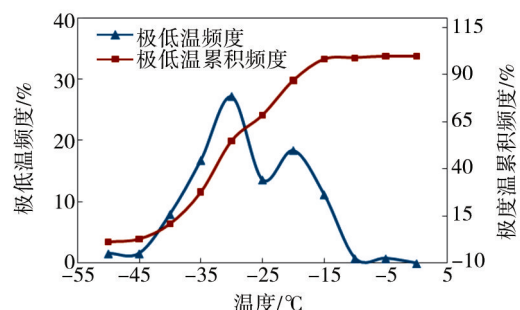


图1 各气象站点极低气温频度统计

Fig.1 Frequency statistics of extremely low temperature at different meteorological stations

表5 极端最低气温统计结果

Table 5 Statistical results of extreme minimum temperature

低温环境类型	温度/℃	气象站点数	极低温频度%	极低温累积频度%
C ₀	0	0	0	100.0
	-5	1	0.8	100.0
C ₁	-10	1	0.8	99.2
	-15	14	11.2	98.4
	-20	23	18.4	87.2
C ₂	-25	17	13.6	68.8
	-30	34	27.2	55.2
C ₃	-31	7	5.6	28.0
	-32	5	4.0	22.4
	-33	1	0.8	18.4
	-34	2	1.6	17.6
	-35	6	4.8	16.0
	-36	3	2.4	11.2
	-37	1	0.8	8.8
	-38	1	0.8	8.0
C ₄	-39	5	4.0	7.2
	-40	0	0.0	3.2
	-41	1	0.8	3.2
	-42	0	0.0	2.4
	-43	0	0.0	0.8
	-44	0	0.0	2.4
	-45	1	0.8	2.4
	-50	2	1.6	1.6

3.2 低温环境类型分布

以温度区间对125个气象站点极低气温进行低温环境类型划分,各站点地理位置分布如图2所示,可以看出,4个C₄严寒类型低温环境出现在黑龙江和新疆高纬度地区;C₃类型低温环境主要集中在黑龙江、内蒙古自治区、新疆北部及高原地区;C₂类型低温环境集中在北纬41°至北纬44°范围内;C₁类型低温环境主要出现在京、津、冀、鲁及新疆南部地区。

当根据武器装备产品的部署范围考虑,在我国范围内贮存或工作时,温度的选择既要考虑绝对低温,又要考虑某一特定低温条件覆盖地理区域的频度。如果不考虑出现频度,可能会造成过试验^[9]。一般研制费用中通常选择20%出现的概率,如产品在我国范围部署,按照覆盖80%我国大陆低温环境,可以从图1中得出低温为-33℃。地表温度通常比地面温度低4~5℃,因此从部署地区考虑,实际低温温度可选择-38℃。若提高研制要求,也可选择覆盖90%我国

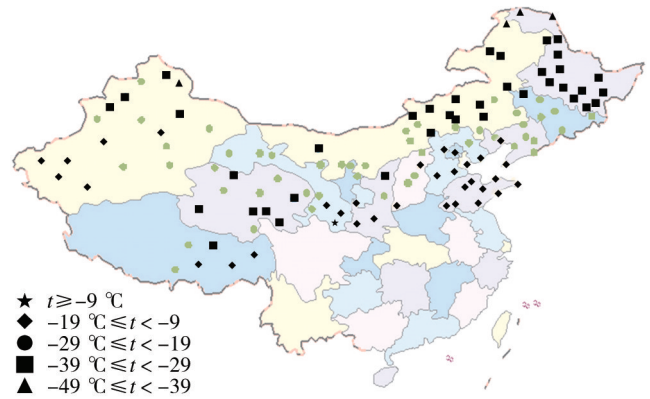


图2 我国大陆地区极低温类型分布

Fig.2 Distribution of low temperature types in the mainland of China

大陆低温环境出现的温度条件。

4 结语

低温对武器装备的影响巨大,提高武器装备的低温环境适应能力显得非常重要。文中通过统计分析我国北方及高原地区125个气象站点连续多年的低温数据,对我国低温环境类型进行了划分,给出了我国大陆低温地区的低温分布图,对低温条件下服役的武器装备的研制有一定的指导意义。

参考文献:

[1] 张俊. 高低温环境对液压元件的影响[J]. 机床与液压, 2002(5):165—166.
ZHANG Jun. Effect of High- and Low-temperature Environment on Hydraulic Components[J]. Machine Tool Hydraulics, 2002(5):165—166.

[2] 高佑芳. 高低温环境对液压油的影响[J]. 润滑与密封, 2003(4):111.
GAO You-fang. Effect of High- and Low-temperature Environment on Hydraulic Oil[J]. Lubrication Engineering, 2003(4):111.

[3] 邓贵德, 孙亮, 寿比南, 等. 低温环境下地面输气管道最低温度计算方法[J]. 天然气工业, 2013, 33(7):96—100.
DENG Gui-de, SUN Liang, SHOU Bi-nan, et al. Calculation Methods for the Minimum Wall Temperature of Ground Gas Pipelines in a Low Temperature Environment[J]. Natural Gas Industry, 2013, 33(7):96—100.

[4] 王玉峰, 张勇, 曲凯, 等. HTPB推进剂药柱在变温环境下的累积损伤分析[J]. 弹箭与制导学报, 2010, 30(6):136—139.

(下转第103页)

- GJB 1172.12—91, Climatic Extremes for military Equipment Upper Air Temperature[S].
- [9] MIL-STD-210C Climatic Information to Determine Design and Test Requirements for Military Systems and Equipment[S].
- [10] 李尧. 飞机温度环境适应性要求分析和确定技术探讨[J]. 装备环境工程, 2008, 5(6): 60—64.
LI Yao. Analysis and Confirmation Techniques for Requirements of Temperature Environmental Worthiness of Aircraft [J]. Equipment Environmental Engineering, 2008, 5(6): 60—64.
- [11] 祝耀昌, 薛振夷. GJB150《军用设备环境试验方法》实施指南[M]. 北京: 中国航空综合技术研究所, 1996.
ZHU Yao-chang, XUE Zhen-yi. GJB150《Environmental Test Methods for Military Equipments》Implement Guide[M]. Beijing: China Aeropoly Technology Establishment, 1996.
- [12] 吴红光, 董洪远, 齐强, 等. 舰载武器装备海洋环境适应性研究[J]. 海军航空工程学报, 2007, 22(1): 161—165.
WU Hong-guang, DONG Hong-yuan, QI Qiang, et al. Research on the Environmental Worthiness of Shipborne Weapons in Marine Environment[J]. Journal of Naval Aeronautical Engineering Institute, 2007, 22(1): 161—165.
- [13] 曲晓燕, 邓力. 舰载武器海洋环境适应性分析[J]. 舰船电子工程, 2011, 31(4): 138—142.
QU Xiao-yan, DENG Li. Analysis of the Environmental Worthiness of Shipborne Weapons in Marine Environment[J]. Ship Electronic Engineering, 2011, 31(4): 138—142.
- [14] GJB 1060.2—91, 舰船环境条件要求 气候环境[S].
GJB 1060.2—91, The General Requirement for Environmental Condition of Naval Ships Climate[S].
- [15] QRMS-09, 英国国防部标准 国防装备环境手册 第四部分 自然环境[S].
QRMS-09, Department of Defense Standard Department of Defense Environmental Manual Part 4: Natural Environment[S].

(上接第 90 页)

- WANG Yu-feng, ZHANG Yong, QU Kai, et al. Analysis of Cumulative Damage of HTPB Propellant Grain under Temperature Changing Condition[J]. Journal of Projectiles, Rockets, Missiles and Guidance, 2010, 30(6): 136—139.
- [5] 赵建忠, 叶文, 田建海. 舰载环境对导弹武器装备可靠性的影响分析及对策[J]. 质量与可靠性, 2014(2): 5—9.
ZHAO Jian-zhong, YE Wen, TIAN Jian-hai. Analysis of Shipboard Environmental Effect on Missile Weapon Equipment Reliability and Countermeasures[J]. Quality and Reliability, 2014(2): 5—9.
- [6] 高福麒. 环境气象条件对产品的影响[J]. 表面技术(原防腐消息), 1978(2): 35—42.
GAO Fu-qi. The Influence of Environmental Meteorological Conditions on Product[J]. Surface Technology, 1978(2): 35—42.
- [7] MIL-STD-810G, Department of Defense Test Method Standard—Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests[S].
- [8] DEF STAN 00-35. General Specification for Aircraft Gas Turbine Engines[S].
- [9] 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.

(上接第 98 页)

验中较少经历沙尘环境, 可以把雷达转移至西北沙漠附近, 在沙尘天气时进行开机试验, 完成沙尘环境试验的考核。另外, 也可以建造能容纳雷达装备整机或方舱的大型多应力试验设备, 人工模拟温度、雨、雪、太阳辐射等自然环境条件, 使试验的环境应力可控, 雷达的环境适应性考核定量化、规范化。在加拿大有大型多应力试验室, 可以模拟雨、雪、冰、雾、日照等条件, 基本包括了四季典型的极端恶劣环境, 试验箱内部空间宽 6 m、高 6 m、长达 30 m, 可以容纳大部分地面运输工具包括雷达方舱。此类试验设备可较全面地考核雷达整机环境适应性, 但目前国内尚缺。

3 结语

在军用地面雷达的研制、生产及使用中, 应按

GJB 4239 的要求严格规范地执行装备环境工程的各项任务。包括制定具体详细的总体计划, 认真仔细地进行环境分析, 有针对性地实施环境适应性设计, 全面合理地开展环境试验与评价, 在试验与评价过程中及时有效地做到持续改进, 以此得到良好环境适应性的雷达装备, 保证其效能有效发挥。

参考文献:

- [1] GJB 4239—2001, 装备环境工程通用要求[S].
GJB 4239—2001, General Requirement of Materiel Environmental Engineering[S].
- [2] MIL-STD-810G, Environmental Engineering Consideration and Laboratory Tests[S].
- [3] GJB 1362A—2007, 军工产品定型程序和要求[S].
GJB 1362A—2007, Procedure and Requirements for Finalization of Military Products[S].