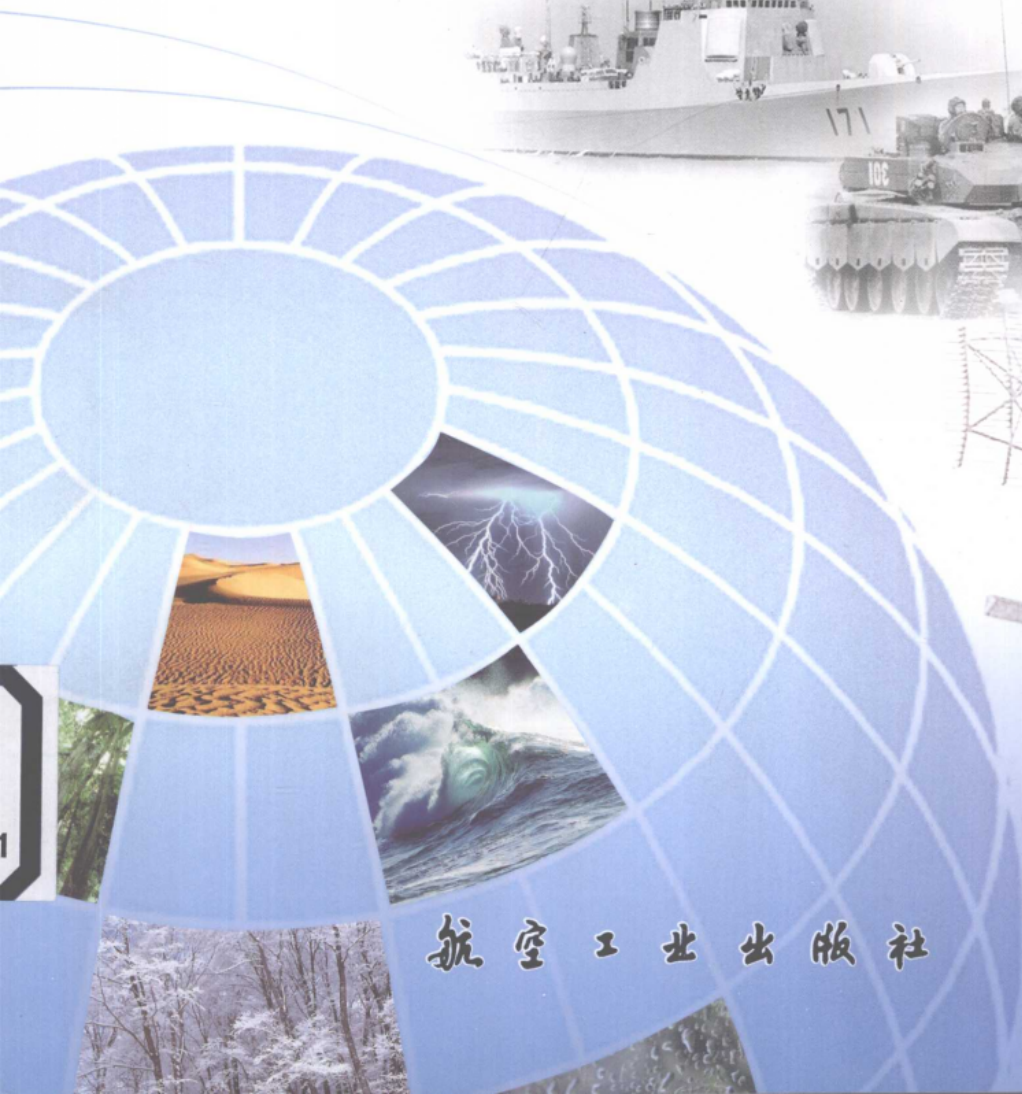
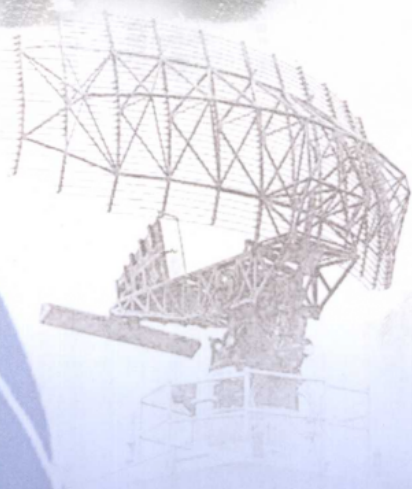


宣卫芳 胥泽奇 肖敏 等 著

ZHUANGBEI YU ZIRAN HUANJING SHIYAN

装备与自然环境试验

● 基础篇



航空工业出版社

责任编辑：郭倩旒

封面设计：王楠

ISBN 978-7-80243-390-8



9 787802 433908 >

定价：49.00元

装备与自然环境试验

基础篇

宣卫芳 胥泽奇 肖敏 等 著

航空工业出版社

北 京

内 容 提 要

装备在各种自然环境因素的交互作用下,功能、性能和寿命均会受到影响,从而降低甚至丧失其遂行各种战斗任务的能力,还会导致各种事故的发生。为了普及装备与自然环境试验的基础知识,本书较为系统地介绍了装备及其材料、自然环境试验与自然环境试验方法、装备腐蚀与控制等方面的知识。

本书共分5章分别介绍了装备与自然环境的试验、装备及其自然环境腐蚀、军工材料及其自然环境腐蚀和装备腐蚀的控制。

根据环境工程人员培训要求,本教材吸收了国内外装备环境工程研究成果,融入作者多年从事环境工程研究的工作经验和研究成果,内容处理上力求系统实用。

图书在版编目(CIP)数据

装备与自然环境试验. 基础篇/宣卫芳等著. —北京:
航空工业出版社, 2009. 12
ISBN 978-7-80243-390-8

I. 装… II. 宣… III. 武器装备—环境模拟—模拟试验
IV. TJ06

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第209230号

装备与自然环境试验 Zhuangbei Yu Ziran Huanjing Shiyān

航空工业出版社出版发行
(北京市安定门外小关东里14号 100029)
发行部电话: 010-64815615 010-64978486
北京地质印刷厂印刷 全国各地新华书店经售
2009年12月第1版 2009年12月第1次印刷
开本: 787×1092 1/16 印张: 16.75 彩页: 3 字数: 423千字
印数: 1—4000 定价: 49.00元

《装备与自然环境试验》编审委员会

主 编 宣卫芳

副 主 编 张伦武 朱 蕾 胥泽奇

编 委 （以姓氏笔画排列）

文邦伟 肖 敏 汪学华 宣卫芳 胥泽奇

主 审 王光雍 萧以德 秦晓洲 李军念

副 审 王一临 杨晓然 牟献良 周 堃

前 言

装备在各种自然环境因素的交互作用下,功能、性能和寿命均会受到影响,从而降低甚至丧失其遂行各种战斗任务的能力,还会导致各种事故的发生。自然环境试验是考核、筛选与研究装备及其材料环境适应性、暴露产品环境失效模式、评价产品储存/使用寿命的重要手段,为装备论证、研制、生产、使用等提供支撑和保障。然而长期以来,从事装备研制相关工作的人员对自然环境试验相关知识的了解不够全面,而从事自然环境试验的人员同样缺乏装备及其材料的系统知识。这种状况已不能满足自然环境试验与型号研制生产结合越来越紧密的现状。为了普及装备与自然环境试验的基础知识,本教材较为系统地介绍了装备及其材料、自然环境试验与自然环境试验方法、装备腐蚀与控制等方面的知识。

教材分为五章。第1章介绍装备、军工材料、装备及其材料面临的环境、环境对装备及其材料的影响、装备环境适应性与自然环境试验、自然环境试验在装备寿命期内的应用等基本概念及其相互关系。第2章介绍自然环境、自然环境条件、自然环境试验及自然环境试验方法等基础知识。第3章介绍航空装备、船舶装备、兵器装备的类型和组成以及环境对装备的主要影响。第4章介绍军工产品常用的金属材料、高分子材料、无机非金属材料、复合材料的特点、性能和这些材料在军工产品中的主要用途,以及自然环境对材料性能的影响。第5章主要介绍金属的腐蚀以及装备常用腐蚀控制技术与措施。

根据环境工程人员培训要求,本教材吸收了国内外装备环境工程研究成果,并融入作者多年从事环境工程研究的工作经验和研究成果,内容处理上力求系统实用。

本教材由中国兵器工业第五九研究所宣卫芳、胥泽奇、肖敏、汪学华、文邦伟等撰写。在教材编写过程中得到了国家国防科技工业局科技与质量司、中国兵器装备集团公司相关领导的关心和指导,以及中国兵器工业第五九研究所领导的大力支持,王光雍、萧以德、秦晓洲、李军念、王一临、杨晓然、牟献良、周堃等同志对教材内容提出了宝贵的意见。谨此表示感谢!

由于编者水平所限,错误和不当之处,敬请广大读者批评指正。

本教材由国防技术基础科研计划资助,项目编号:H102006A005

本教材由宣卫芳主编,其他编写者及其分工如下:

第1章 宣卫芳 胥泽奇

第2章 汪学华 宣卫芳

第3章 肖 敏

第4章 宣卫芳 胥泽奇

第5章 文邦伟

作 者

2009年7月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 装备	1
1.2 军工材料	1
1.3 装备及其材料面临的环境	2
1.4 环境对装备及其材料的影响	2
1.5 环境适应性与自然环境试验	3
1.5.1 环境适应性	3
1.5.2 自然环境试验	3
1.5.3 环境适应性与自然环境试验	4
1.6 自然环境试验在装备寿命期内的应用	4
1.6.1 在装备论证/方案阶段的应用	4
1.6.2 在装备研制阶段的应用	5
1.6.3 在装备生产和使用阶段的应用	5
参考文献	5
第 2 章 自然环境试验	7
2.1 自然环境	7
2.1.1 大气环境	7
2.1.2 水环境	8
2.1.3 土壤环境	9
2.2 自然环境条件	10
2.2.1 世界自然环境条件	10
2.2.2 我国自然环境条件	11
2.3 自然环境试验与自然环境试验方法	15
2.3.1 自然环境试验种类	15
2.3.2 自然环境试验确定原则和工作流程	17
2.3.3 大气环境试验方法	19
2.3.4 海水环境试验方法	22
2.3.5 土壤环境试验方法	24
2.3.6 自然环境加速试验方法	25

装备与自然环境试验

2.4 环境因素监测	26
2.4.1 气象环境因素监测	26
2.4.2 大气污染物分析	28
2.4.3 海水环境因素测定	29
参考文献	30
第3章 装备及其自然环境腐蚀	31
3.1 航空装备及其自然环境腐蚀	31
3.1.1 航空装备类型	31
3.1.2 军用飞机构造	31
3.1.3 主要军用机种	36
3.1.4 航空装备的自然环境腐蚀	39
3.2 舰船装备及其自然环境腐蚀	42
3.2.1 舰船类型	42
3.2.2 舰船的构造	43
3.2.3 主要舰种介绍	46
3.2.4 舰船装备的自然环境腐蚀	49
3.3 兵器装备及其自然环境腐蚀	52
3.3.1 枪械	52
3.3.2 火炮	53
3.3.3 装甲车辆	58
3.3.4 兵器装备的自然环境腐蚀	61
3.4 弹药及其自然环境影响	64
3.4.1 弹药的分类	65
3.4.2 弹药的组成	65
3.4.3 常用弹药介绍	66
3.4.4 储存环境对弹药的影响	75
参考文献	79
第4章 军工材料及其自然环境腐蚀	81
4.1 金属材料及其自然环境腐蚀	81
4.1.1 钢铁材料及其自然环境腐蚀	81
4.1.2 有色金属材料及其自然环境腐蚀	96
4.2 高分子材料及其老化	113
4.2.1 高分子材料	113

4.2.2 塑料	114
4.2.3 橡胶	133
4.2.4 纤维	141
4.2.5 胶黏剂	142
4.2.6 高分子材料的老化	147
4.3 无机非金属材料及其腐蚀	161
4.3.1 无机非金属材料的种类	161
4.3.2 玻璃	162
4.3.3 陶瓷	170
4.4 复合材料及其腐蚀	182
4.4.1 复合材料简介	183
4.4.2 复合材料中的增强材料	183
4.4.3 复合材料的界面	185
4.4.4 聚合物基复合材料	187
4.4.5 金属基复合材料	201
4.4.6 陶瓷基复合材料	209
参考文献	217
第5章 装备的腐蚀与控制	221
5.1 金属的腐蚀	221
5.1.1 金属腐蚀的分类	221
5.1.2 金属在自然环境中的腐蚀机理	227
5.2 装备腐蚀控制	231
5.2.1 装备常用腐蚀控制技术与措施	231
5.2.2 装备环境腐蚀控制措施	246
参考文献	255

第1章 概 论

1.1 装备

装备是用于实施和保障作战行动的武器、武器系统，以及与其配套的军事技术装备和器材的统称。

武器亦称兵器，是直接用于杀伤敌方有生力量，瘫痪或破坏敌方军事设施和战争潜力的作战工具。

武器系统，亦称武器装备综合系统，是武器和为了完成作战任务而与武器功能相关、有序组合、配套使用的军事技术装备所构成的有机整体。

现代装备的种类繁多，可按装备在战争中的作用、毁伤的程度和范围、使用的能源和结构原理、使用的军兵种等分类方法进行分类。综合来说，现代装备可分为：枪械、火炮、装甲战斗车辆、舰艇、军用航空器、军用航天器、核武器、化学武器、生物武器、防暴武器、弹药、制导武器、新概念武器，以及工程装备、三防装备、军事运输装备、作战保障装备、技术保障装备、后勤保障装备、军事训练装备和其他装备等 21 类。

1.2 军工材料

军工材料是指用于制造各种武器装备的材料。

军工材料集中了材料科学的精华，反映了一个国家科学技术和基础工业的综合水平，并推动整个材料科学和工业的发展，是军工产品优质和稳定生产与不断改进、更新的可靠保证。

任何装备的研制、生产都离不开材料，而材料又总是在一定的环境中使用。材料在使用过程中受环境的作用会出现性能下降、状态改变甚至损坏变质。开展材料的自然环境试验，并结合室内模拟加速试验和实验室研究，考核装备所选材料的正确性、工艺的可靠性、结构设计的合理性，评价装备及其材料、工艺在各种典型环境下的环境适应性、安全性、维修性，积累装备及材料、工艺的环境适应性数据，可为装备设计、研制、使用等部门的材料开发、合理选材、确定防护工艺、封存包装和保管方法提供依据。

军工材料按照使用对象可分为航天材料、航空材料、兵器材料、舰船材料、核武器及核动力装置材料、动能和定向能武器材料，以及军用电子材料等。按照材料的物理和化学属性可分为金属材料、无机非金属材料、高分子材料和复合材料四大类。

1.3 装备及其材料面临的环境

装备面临的环境是指装备在寿命期内所经历的自然和诱发的各种因素的总和,是一个非常复杂的体系,既包括天空、陆地、海洋等外部环境,也包括装备自身的内部环境,如飞机、舰船、坦克等的舱内环境。一般将装备面临的环境分为自然环境和诱发环境。

自然环境是指自然界中由非人为因素构成的那部分环境。自然环境是装备在寿命期内经历的最基本环境,包括大气环境、水环境和土壤环境等。

诱发环境是指任何人为活动、平台、其他设备或设备自身产生的局部环境。

装备的制造、运输、储存和使用等都离不开环境,环境中的各种因素及其交互作用会对装备的功能、性能、寿命等产生影响。因此,掌握各类环境的特征和变化规律,研究环境对装备及其材料的作用,有助于改进设计、采取必要的防护措施,以减缓环境对装备的不利影响。

1.4 环境对装备及其材料的影响

装备在寿命期内会受到各种环境的作用。这些环境的作用可能会腐蚀或破坏装备结构及材料,造成器件、部件和装备性能劣化和功能失常,从而影响其作战效能。环境对装备的影响表现在两个方面,一方面为储存、运输状态自然环境(大气环境、水环境、土壤环境乃至空间环境)中各种环境因素及其综合对装备的结构和材料的长期慢作用破坏;另一方面表现为自然、诱发环境对装备功能的短时快速破坏作用。装备因不适应环境而出现的问题长期困扰着各国军队。由于装备环境适应性差而造成装备难以形成战斗力的例子不胜枚举,环境适应性差的装备常常会导致意想不到的事故,造成巨大的军事和经济损失。

(1) 美国总审计局在 2003 年向国会提交的报告中指出,美军装备及基础设施的年直接腐蚀损失约 200 亿美元,构成武器系统全寿命期费用的最大部分。腐蚀增加装备停机时间,因而降低战备完好性。1998 年美军在直升机腐蚀维修上的花费为 40 亿美元。腐蚀造成许多安全事故,80 年代几架 F-16 战斗机的坠毁是由于电子接插件的腐蚀造成的意外油阀关闭所致。F-4 在使用过程中,发现平尾摇臂出现裂纹,结果迫使美国 1600 多架 F-4 飞机和其他国家 600 多架 F-4 飞机全部停飞检查,经查明是由于材料的环境适应性差,对应力腐蚀比较敏感造成的。

(2) 美国 B-2 轰炸机的隐身功能主要依靠飞机外壳上涂覆的特殊复合材料。但根据美国总审计局 1998 年 8 月发表的报告表明,这种复合材料在潮湿和过热的环境中会丧失吸收雷达波的能力,因而会大量反射雷达波,使得地面可以检测到飞机的行踪,引起美国军方的高度重视。

(3) 环境对电子元器件的影响不仅关系到整机的作战效果,甚至可以影响战争的成败。例如,朝鲜战场上,低温使美军电子探测系统中的电子设备的故障率达 80%,使美国军队作战指挥失灵。越南战场上,美军大量电子设备不适应热带雨林气候,仅一个月内就损坏了 37%,导致通信不畅,指挥失灵。可见电子元器件虽小,但其环境适应性差造成的

损失却十分大。

(4) 据中国工程院 2003 年“中国工业与自然环境腐蚀问题调查与对策”研究表明,我国每年因腐蚀造成的经济损失达 2000 亿元人民币,加上各种间接损失,则高达 5000 亿元人民币,约占国民生产总值的 5%。

由此可见,研究并降低环境对产品的影响,提高武器装备环境适应性,保证其质量,是一项十分迫切而又艰巨的任务,在装备的全寿命周期中都应当引起高度的重视。

1.5 环境适应性与自然环境试验

1.5.1 环境适应性

环境适应性是指装备在其寿命期预计可能遇到的各种环境的作用下能实现其所有预定功能、性能和(或)不被破坏的能力,是装备的一个重要质量特性。

装备环境适应性优劣主要与装备选用的材料和结构件的环境适应性,以及其结构和工艺设计所采取的耐环境措施有关,如图 1-1 所示。一旦装备完成定型,其选用材料、元器件、结构组成和选用的加工工艺已冻结,其耐环境能力也就基本固定。因此环境适应性是装备固有的质量特性,它是靠设计纳入,在制造中获得,靠环境试验和管理保证的。环境试验包括自然环境试验、实验室环境试验和使用环境试验三大类。自然环境试验是考核、验证与研究装备环境适应性的重要手段,在装备的研制、生产和使用阶段均有广泛的应用。

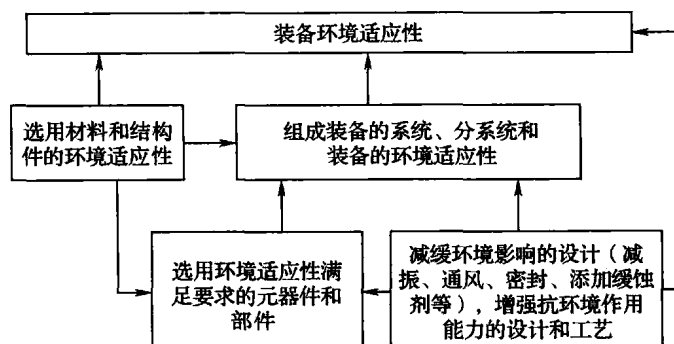


图 1-1 武器装备环境适应性的决定因素

1.5.2 自然环境试验

自然环境试验是在典型自然环境条件下,考核和研究环境对装备(产品)影响的科学实践活动。其特点为:

- (1) 试验环境能代表某种类型环境的典型特征;
- (2) 试验环境条件直接利用自然环境条件,环境因素量值可实时监检测;
- (3) 试验环境类型、试验方式由产品寿命期各种环境数据及其对产品影响综合分析确定,基本上代表了产品寿命期较严酷的环境;

装备与自然环境试验

(4) 产品经受多种环境因素的综合作用,可以真实地反映出产品性能在多因素复杂作用下的演变规律;

(5) 试验结果更接近产品使用状况;

(6) 长期、系统积累的数据是材料研发,合理选材,装备(论证、设计、研制)和标准制定的基础。

1.5.3 环境适应性与自然环境试验

通过环境试验可以减少装备研制过程中由于环境适应性问题而造成的反复,保证研制周期,降低研制总成本,提高装备研制的效费比。自然环境试验是三大环境试验分支之一,自然环境试验是装备环境适应性基础数据资源的重要来源,可为装备研制的论证分析、试验评价、改进提高以及制定技术规范提供依据。在装备研制过程中尽早开展自然环境试验,可及时暴露设计中存在的环境适应性问题,为改进提高提供服务。

自然环境试验研究装备与材料劣化演变规律,科学确定装备与材料的寿命,为提高装备全寿命效费比提供支撑。在装备研制中,通过自然环境试验可以确定影响装备材料的关键所在,指导新材料、新工艺、新结构件的开发与应用,验证与评价装备、材料的环境适应性,可以有效地保障装备符合环境适应性要求,为装备的定型与使用提供决策依据。

1.6 自然环境试验在装备寿命期内的应用

1.6.1 在装备论证/方案阶段的应用

型号论证/方案阶段的重点是根据型号预期服役的环境及不同阶段的任务和特点,利用已积累的自然环境试验环境数据和相似产品的环境适应性数据,进行环境分析,确定装备寿命期环境剖面,提出型号环境适应性要求。

环境分析重点是装备寿命期环境剖面分析,确定装备寿命期所经历的环境因素及其频度,了解和掌握装备运输、储存、服役地区的自然环境因素长期变化规律,最终确定装备的环境适应性要求。自然环境试验长期积累的环境数据为这一工作提供了支撑。

环境适应性要求是装备环境适应性设计的重要输入形式。环境适应性要求的确定离不开自然环境试验长期系统积累的数据。装备的研制是在老型号的基础上进行的,弹箭产品的继承性比例可达70%~80%。因此,新型号环境适应性要求的确定,必须以现有产品(包括材料、元件等)环境适应性数据为基础,例如,同系列产品的储存使用数据,同类材料、工艺、构件、元器件的环境适应性数据,新材料、新工艺、新结构的环境适应性数据等。

在我国,自然环境试验是获取和积累环境适应性数据的主要渠道。因此,系统开展试验数据的收集、整理、建库,系统开展新材料、新工艺、新结构的环境适应性数据的积累十分重要。

1.6.2 在装备研制阶段的应用

在研制阶段,按照环境适应性要求,进行装备的环境适应性设计。对于没有充分自然环境试验数据的材料、工艺、结构及分系统,需通过试验—分析—改进(TAAF)的过程逐步增强产品的环境适应性。在这一过程中,自然环境试验是重要的试验手段。自然环境试验结果具有真实可靠的特点,但试验时间相对较长。因此,在工程研制阶段,应尽早制定自然环境试验计划,及时开展试验,以配合工程研制的进度。近年来,已发展出了很多自然加速试验方法,可以在相对较短时间内得到真实可靠的试验结果。自然环境试验在装备研制阶段的应用主要包括:

- (1) 新工艺、新结构的环境适应性考核;
- (2) 部件、分系统的环境适应性考核;
- (3) 研制定型样机的环境适应性考核评价;
- (4) 评价判据和方法的研究。

近年来,自然环境试验越来越受到研制单位和设计人员的重视。在某导弹研制过程中,对已经进行了实验室环境试验的点火器等部件,进行了自然环境贮存试验。在试验中发现点火药间存在储存不相容问题,经分析,是导致发动机点火试验中压力超标的直接原因,设计部门及时进行了改进,避免了研制产品出现重大隐患。

自然环境试验除了可以作为发现装备薄弱环节和验证装备环境适应性的重要手段,其试验结果还可以作为设计定型的依据。特别是在新材料、新工艺定型时,利用自然环境试验的结果,可以有效地避免单纯的实验室环境鉴定试验带来的风险。

1.6.3 在装备生产和使用阶段的应用

在装备生产和使用阶段,应对其进行充分的自然环境试验,以积累环境试验数据,进行寿命评价和预测,发现缺陷和薄弱环节,在必要的时候进行改进和提高。同时,这些试验数据也可对后续的相似装备的环境适应性设计提供指导。自然环境试验在生产和使用阶段的应用主要包括:

- (1) 生产定型装备的环境适应性考核和验证;
- (2) 装备储存性能的系统评价;
- (3) 装备寿命的预测;
- (4) 装备环境适应性数据积累。

参考文献

- [1] 宣卫芳,朱蕾,张伦武. 自然环境试验在型号研制生产中的应用装备[J]. 装备环境工程, 2009, 6(3): 51-55.
- [2] 总装备部电子信息基础部技术基础局,总装备部技术基础管理中心. GJB 4239 装备环境工程通用要求 实施指南[C]. 2008.
- [3] 柯伟,杨武. 腐蚀科学技术的应用和失效案例[M]. 北京:化学工业出版社, 2006.
- [4] 杨晓然. 自然环境试验与评价技术的进展[J]. 装备环境工程, 2005, 2(4): 6-16.

- [5] 文邦伟, 胥泽奇. 外军装备环境适应性典型案例[J]. 装备环境工程, 2005, 2(3): 88-93.
- [6] 总装备部电子信息基础部技术基础局, 总装备部技术基础管理中心. 装备环境工程研讨会论文集[C]. 2004.
- [7] 祝耀昌. 产品环境工程概论[M]. 北京: 航空工业出版社, 2003.
- [8] 杨晓然, 朱蕾, 苏艳. 自然环境试验信息及其应用[J]. 环境技术, 2002, 20(4): 1.
- [9] 国防科工委科技与质量司. 国防科技工业自然环境试验学术交流研讨会: 特邀论文[C]. 2002.

第2章 自然环境试验

自然环境试验是在有代表性的典型环境下进行的。这些典型环境包括大气、海水和土壤等环境。自然环境试验在装备研制、生产和使用中具有不可替代的作用，是材料、工艺和构件乃至整机的环境适应性筛选、评价以及数据积累的重要手段。本章简单地介绍了自然环境、自然环境条件、自然环境试验与自然环境试验方法。

2.1 自然环境

自然环境是装备在其寿命期内经历的最基本环境，主要包括大气环境、水环境和土壤环境等。

2.1.1 大气环境

大气是包围地壳外部的混合气体层的总称。通常，大气层的上限是指离地 1000km 的高空，更往上层属地球大气向星际气体的过渡，3000km 以上属于星际空间。近大气层大气的成分很复杂，除了氧气和氮气外，还有氢、二氧化碳、氦、氖、氩、氪、氙、臭氧等气体。氮和氧分别占空气总容积的 78.09% 和 20.95%，其他气体的总和还不到空气总容积的 1%。大气层中还含有一定数量的水和各种尘埃杂质，是形成云、雨、雾、雪的重要物质。另外，大气中还有由于人类的生产和生活活动，使大气受到污染而形成临时性的异常组分。大部分高浓度的污染物，会对装备产生影响。按大气温度分布和运行情况，可将大气层分为对流层、平流层、中间层、热层和散逸层（外大气层）。各层分布如文后彩插 1 所示。在自然环境试验中，通常根据装备的使用环境，将大气环境分为地面大气环境、空中大气环境和空间环境。

2.1.1.1 地面大气环境

地面大气环境指的是离地最近，最贴近地面的大气层，是动植物赖以生存和人类活动的场所，也是装备使用量最大和经历的最基本环境，任何装备在寿命期的某些阶段都处于地面大气环境中。地面大气环境是对流层贴近地面的一部分。这里受地壳影响特别大，大气间摩擦力很明显，受地面物理特征及气候的影响很大，不同海陆、纬度、季节及昼夜之间相差也很大。该环境有丰富的天气现象，如雨、雪、云、雾等，又是水蒸气、大气污染物的集中地。因此，研究地面大气环境对装备的影响，是自然环境试验一项重要的工作。

2.1.1.2 空中大气环境

空中大气环境是指地面大气以上，一直延伸到平流层的环境，是各种炮弹、火箭、飞

机及其他飞行器穿越的环境。空中大气包括对流层的大部分。由于地表的热辐射构成下热上冷，对流层内温度随高度增加而均匀下降，形成了上下对流运动，有利于大气污染物稀释和扩散。空中大气的平流层部分，大气水平运动远大于垂直对流，气流平稳，大气层稳定。平流层中含尘量低，透明度高，臭氧集中。温度梯度由下而上递增。在 20~25km 以下温度增加缓慢，大气温度平均值基本不变，称为同温层，在这以上随高度升高温度快速递增，50km 处温度上升到最高值（270~290K）。平流层中有污染物存在，异常成分可能有硫酸铵、气溶胶等污染物。

2.1.1.3 空间环境

空间环境是指平流层以上至散逸层的广阔太空。空间环境是人造地球卫星、宇宙飞船、宇宙探测器遨游的场所。空间环境很复杂，包括真空、冷黑、太阳辐射、弱磁场、粒子辐射、磁层亚暴、微重力、原子氧、微流星、电离层等离子体等环境。各种环境对人造地球卫星、宇宙飞船等航天器及其分系统、组件与材料会产生不同的效应。如材料在真空环境中会蒸发、升华和分解，还会产生出气效应等。

2.1.2 水环境

水环境包括海洋、河流、湖泊、沼泽的水体和地下水等。舰船、潜艇等装备直接在水中使用，受水环境的影响很大。不同环境的水，对装备的影响程度不同。天然水的化学组成非常复杂。因其含可溶性气体、可溶性盐类及有机物的种类、性质、含量不同而有很大差异。尤其是近代工业生产和人类活动对水源的污染，使各类水系的化学组成变得更为复杂。但相对说来，在一定范围内仍具有恒定的化学组成。表 2-1 是海水中盐类主要组成和主要离子含量。表 2-2 是世界河水盐类的平均组成。表 2-3 是长江水系（葛洲坝水库水）的可溶物成分。表 2-2 和表 2-3 中的“ppm”代表百万分率。

表 2-1 海水中盐类主要组成和含量

盐类组成	含盐量 / (g/kg)	相对含量 /%	离子（或分子组成）	离子含量/ (g/kg)			相对含量 /%
				O.A. JleKUH 值	J.Green 值	Horne 值	
NaCl	24.4470	68.9600	Cl ⁻	19.3534	19.000	19.3530	55.0300
MgCl ₂	4.9810	14.0500	Na ⁺	10.7638	—	10.760	30.6100
Na ₂ SO ₄	3.9170	11.0500	SO ₄ ²⁻	2.7070	—	2.7120	7.7000
CaCl ₂	1.1020	3.1100	Mg ²⁺	1.2970	0.1350	1.2940	3.6800
KCl	0.6620	1.8700	Ca ²⁺	0.4080	0.4000	0.4130	1.1600
NaHCO ₃	0.1920	0.5400	K ⁺	0.3875	0.3800	0.3870	1.1000
KBr	0.0960	0.2700	HCO ₃ ⁻	0.1427	—	0.1420	0.4000
其他	0.0530	0.1500	Br ⁻	0.0659	0.0650	0.0670	0.1900
			F ⁻	0.0013	0.0013	—	0.0030
			Sr ²⁺	0.0136	0.1008	0.0080	0.0400
			H ₃ BO ₃	0.0265	0.0046	—	0.0800
总计	35.4520	100.00	总计	35.1667			99.9930