

· 产品环境工程专业丛书 ·

产品环境工程概论

主编 祝耀昌



航空工业出版社

产品环境工程专业丛书

产品环境工程概论

主编 祝耀昌

航空工业出版社

内 容 提 要

产品环境工程专业丛书目前共分为3册,第一册为产品环境工程概论,第二册为自然环境试验技术,第三册为实验室环境试验技术。丛书较系统地介绍了产品环境工程的基本概念,环境工程技术和环境工程管理工作内容及相关标准,以及产品环境工程在武器装备研制生产中的地位 and 作用;各种环境的特点及其对武器装备单一和综合影响,材料和装备寿命期中在自然环境长期作用的行为及影响规律;自然环境试验和实验室环境试验的各试验项目及其用途,自然环境试验与评价技术,自然环境数据处理和环境影响预报技术,实验室环境试验技术,环境工程剪裁技术。丛书中还提供了中国和世界气候环境数据表。丛书的内容新颖丰富、系统性强,具有较好的可读性和实用性。

应当指出,随着科学技术的迅猛发展,空间环境越来越受到人们的关注,空间飞行器应用范围日益扩大,鉴于其有一定的特殊性,有关空间飞行器方面特有的环境工程数据、知识及技术等将在适当的时候以本丛书之一的形式专门介绍。

本丛书可供各级领导和管理干部及从事设计、试验和技术管理方面的工程技术人员使用;大专院校师生也可参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

产品环境工程概论/祝耀昌主编.—北京:航空工业出版社,2003.4
(产品环境工程专业丛书)
ISBN 7-80183-141-1

I. 产… II. 祝… III. ①环境工程学—应用—武器装备—
研制 ② 环境工程学—应用—武器装备—生产 IV. TJ0

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 024211 号

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)

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2003 年 11 月第 1 版

2003 年 11 月第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 13.25

字数: 326 千字

印数: 1—1000

定价: 42.00 元

产品环境工程专业丛书

编 审 委 员 会

主 任 马恒儒

委 员(以姓氏笔画为序)

朱宏斌	朱国强	张东军	张伦武	陈光章
汪学华	郑 鹏	祝耀昌	徐思伟	徐 明
唐亮武	常文君	喻 奇		

产品环境工程概论

编 辑 委 员 会

主 编 祝耀昌

副主编 常文君 徐 明

编 委 祝耀昌 傅 耘 王 丽 陈光章

序

随着科学技术水平的提高,现代战争正在向全天候、全方位的立体战争方向发展,武器装备将面临比以往更为复杂严酷的地理(陆地和海洋)、气候、力学、化学、生物乃至空间等环境,这就要求武器装备应具有较高的环境适应性。开展产品环境工程研究,全面提高武器装备的环境适应能力,已成为当今各种高新技术武器研制中的重要工作之一。为了帮助大家了解产品环境工程,促进产品环境工程在武器装备寿命期各个阶段的应用,国防科工委科技与质量司组织编写了本套产品环境工程专业丛书。

本丛书目前共3册,分别介绍了产品环境适应性和环境工程的基本概念、各种环境特性及其对产品的影响、环境工程剪裁和管理技术、材料和装备在自然环境中的行为和影响规律、自然环境试验与评价技术、自然环境试验数据处理和预报技术、实验室环境试验种类及其在武器装备寿命期各个阶段的地位和作用、实验室气候和力学方面主要环境试验项目及其相应的试验技术和试验设备、实验室环境试验的剪裁技术以及各种环境工程的工作和标准等。应当指出,产品环境工程专业丛书所涉及的内容绝不限于这3册,随着我国产品环境工程专业的发展和实践经验的不断积累,将陆续出版本专业丛书范围的其他书籍,以逐步完善丛书的内容。

本丛书在内容上既有基础知识和标准的介绍,又有我国多年来产品环境工程工作,特别是环境试验技术和方法的经验总结,还融入了国际上产品环境工程方面最新技术和发展思路,是我国第一套全面、系统地介绍产品环境工程的丛书。

本丛书读者对象为:企业领导和管理干部,设计、试验和技术管理方面的工程技术人员,亦可供大专院校师生参考。

限于编者水平,丛书各册中有许多不足之处,恳请各位读者提出意见,以便再版时改正。

编委会
2003年8月

前 言

环境适应性是武器装备的一个重要质量特性,这一质量特性必须通过武器装备全寿命过程中系统推行环境工程工作才能实现。应当指出,长期以来,人们对装备环境适应性和装备环境工程的认识不够全面和深刻,因而在武器装备的研制和生产中只是对环境试验比较重视,而实验室环境试验的重点则往往放在验证装备对环境要求符合性的设计定型和批生产产品出厂的环境鉴定试验、环境验收试验、环境例行试验上,忽视更为重要的环境适应性研制试验。这种状况的长期存在,已使人们产生了错觉,一提到环境工作,就理解为环境试验;一提到环境试验,就理解为自然环境试验和实验室的环境鉴定、环境验收、环境例行试验。1997年GJB 150《军用设备环境试验方法》10周年研讨会上明确提出了要转变观念,把单纯的环境试验概念扩展为环境工程的概念,要把环境适应性作为装备质量的重要特性,从设计抓起,全寿命各阶段都要抓。此后,在美国军标MIL-STD-810F《环境工程考虑与实验室试验》标准思路和总结我国经验的基础上,制定和发布了环境工程专业的顶层标准GJB 4239《装备环境工程通用要求》,2001年后在政府有关文件中,也有专门条款规定要开展环境工程管理、环境分析、环境适应性设计和环境试验与评估等环境工作,以确保武器装备环境适应性这一质量特性达到规定的要求。有关部门在近几年中还相继安排了环境工程技术、管理及其标准研究方面的课题,有力地推动了环境工程专业自身的发展和在型号研制生产中的应用。

本书是产品环境工程专业丛书中的第一本,由中国航空综合技术研究所编著。本书较全面地论述了产品环境适应性与环境工程的基本概念、专业技术和标准的应用。全书共分6章:第1章为引言,简要介绍环境工程专业的重要性和发展过程;第2章为产品环境适应性和环境工程,介绍环境适应性和环境工程的内涵及其与其他工程专业的关系;第3章为产品寿命期环境,介绍产品寿命期阶段典型环境特性;第4章为环境影响,介绍可能遇到的各种环境因素特性及其对装备(产品)的影响;第5章为环境工程剪裁,介绍实施环境工程必须用到的剪裁技术的基本概念和剪裁方法;第6章为产品环境工程工作和标准,全面介绍环境工程的日常基础工作和装备(产品)寿命期各个阶段的环境工程工作,以及支持这些工作所需的环境工程标准。希望上述内容对武器装备研制和生产过程中从事论证、设计、生产和试验的管理和技术人员正确理解和应用环境工程技术有所帮助。

由于本书部分内容较新,涉及的专业面较广,加上编者经验不足和知识能力所限,定有不足之处,恳请广大读者批评指正。本书的编写和出版得到了梁丽涛、贾鑫、丁其伯、汪学华、周心才、俞云书、秦晓洲、毛黎明、吴彦灵、苏艳、王旦、史晋蕾等专家或领导的大力支持和指导,在此向他们表示衷心的感谢。

编委会

目 录

第1章 引言	(1)
1.1 环境的重要性	(1)
1.1.1 武器装备面对的环境	(1)
1.1.2 环境对武器装备的影响	(1)
1.2 我国环境工程专业发展情况	(2)
1.2.1 概述	(2)
1.2.2 环境工程起步阶段	(3)
1.2.3 环境工作低潮阶段	(3)
1.2.4 环境工程恢复和环境标准大量制定阶段	(3)
1.2.5 环境标准工作的低潮阶段	(4)
1.2.6 产品环境工程开始快速起步和发展阶段	(4)
1.3 国外环境工程专业发展情况	(5)
1.3.1 概述	(5)
1.3.2 环境工程概念的提出和初步应用阶段	(7)
1.3.3 环境工程纳入标准阶段	(7)
1.4 环境试验技术发展情况	(7)
1.4.1 概述	(7)
1.4.2 实验室环境试验的发展	(8)
1.4.3 自然环境试验的发展	(9)
1.4.4 环境试验综合应用和发展	(10)
第2章 产品环境适应性和环境工程	(12)
2.1 产品环境适应性	(12)
2.1.1 产品环境适应性定义	(12)
2.1.2 产品环境适应性本质	(12)
2.2 产品环境工程	(13)
2.2.1 产品环境工程定义	(13)
2.2.2 产品环境工程技术体系	(13)
2.3 产品环境工程的地位和作用	(20)
2.3.1 环境工程基础技术是装备研制生产工作的支撑和保证	(20)
2.3.2 环境工程工作贯穿于产品(装备)寿命期全过程	(20)
2.3.3 环境试验是确保装备环境适应性的重要手段	(20)
2.4 环境工程专业与其他工程专业的关系	(21)
2.4.1 通用工程专业基本概念	(21)

2.4.2 产品环境工程专业与其他工程的关系	(23)
2.5 环境试验的类别	(28)
2.5.1 环境试验类型和用途	(28)
2.5.2 实验室环境试验的应用	(29)
第 3 章 产品寿命期环境	(30)
3.1 产品寿命期及其阶段	(30)
3.1.1 产品寿命期定义及说明	(30)
3.1.2 产品寿命期阶段	(30)
3.2 产品寿命期环境	(32)
3.2.1 产品寿命期环境的组成	(32)
3.2.2 后勤环境	(32)
3.2.3 作战(使用)环境	(42)
3.3 气候区	(56)
3.3.1 概述	(56)
3.3.2 美国的气候分区(AR 70-38)	(56)
3.3.3 北约组织和英国的气候分区(DEF 00-35)	(59)
3.3.4 中国的气候区	(59)
第 4 章 环境影响	(62)
4.1 环境的定义	(62)
4.2 环境因素及其分类	(62)
4.3 环境数据	(63)
4.3.1 自然环境数据	(63)
4.3.2 诱发环境数据	(64)
4.4 环境影响	(65)
4.4.1 概述	(65)
4.4.2 单一环境因素及其影响	(66)
4.4.3 多因素环境综合作用的影响	(91)
第 5 章 环境工程剪裁	(94)
5.1 概述	(94)
5.1.1 环境工程剪裁的定义和内涵	(94)
5.1.2 环境工程剪裁必要性、目的和内容	(94)
5.1.3 环境工程剪裁的特性	(96)
5.2 环境要求和环境试验剪裁的思路和典型方法	(96)
5.2.1 环境要求剪裁基本思路	(96)
5.2.2 气候环境试验的剪裁示例	(97)
5.3 环境工程剪裁具体方法	(102)

5.3.1	选用环境因素剪裁	(102)
5.3.2	环境适应性设计用的环境条件剪裁	(103)
5.3.3	环境试验要求的剪裁	(106)
5.4	开展环境工程剪裁会遇到的困难	(115)
5.5	环境工程专家	(116)
5.5.1	环境工程专家定义	(116)
5.5.2	环境工程专家的地位	(116)
5.5.3	环境工程专家的任务	(117)
5.6	开展环境工程剪裁必须具备的条件	(117)
第 6 章	产品环境工程工作和标准	(119)
6.1	环境工程工作的基本内容	(119)
6.2	环境工程基础工作	(119)
6.2.1	概述	(119)
6.2.2	技术基础研究工作	(121)
6.2.3	制定环境工程标准和法规	(121)
6.2.4	环境工程日常管理工作	(122)
6.3	产品(装备)环境工程工作	(123)
6.3.1	概述	(123)
6.3.2	产品环境工程管理工作	(123)
6.3.3	环境分析工作	(125)
6.3.4	环境适应性设计工作	(130)
6.3.5	环境试验与评价工作	(132)
6.4	环境工程标准	(139)
6.4.1	环境工程标准概况	(139)
6.4.2	环境工程标准体系	(142)
6.4.3	环境工程顶层标准(GJB 4239)	(143)
6.4.4	环境工程技术标准和管理文件的制定	(143)
附录 A	气候环境数据	(147)
A1	概述	(147)
A2	环境数据说明	(147)
A2.1	记录极值	(147)
A2.2	工作极值	(147)
A2.3	承受极值	(147)
A3	极值环境数据	(148)
A3.1	地面气候极值	(148)
A3.1.1	高气温	(148)
A3.1.2	低气温	(152)

A3.1.3	高绝对湿度	(155)
A3.1.4	低绝对湿度	(159)
A3.1.5	高温高相对湿度	(161)
A3.1.6	高温低相对湿度	(162)
A3.1.7	地面风速	(163)
A3.1.8	地面降雨	(165)
A3.1.9	雪	(166)
A3.1.10	雨淞和雾淞	(168)
A3.1.11	地面冰雹	(170)
A3.1.12	地面气压	(171)
A3.1.13	地面空气密度	(173)
A3.1.14	地表温度、冻土和冻化循环	(175)
A3.2	空中气候极值	(176)
A3.2.1	空中气温	(176)
A3.2.2	空中湿度	(179)
A3.2.3	空中风速	(183)
A3.2.4	空中降雨速率	(186)
A3.2.5	空中气压	(188)
A3.2.6	空中空气密度	(190)
A4	温度、湿度、太阳辐射日循环	(193)
A4.1	定义	(193)
A4.1.1	全日气候循环	(193)
A4.1.2	工作条件	(193)
A4.1.3	贮存和运输条件	(193)
A4.1.4	气候类型	(193)
A4.2	数据说明	(195)
A4.3	各种气候类型日循环数据	(195)
参考文献		(200)

第 1 章 引 言

1.1 环境的重要性

1.1.1 武器装备面对的环境

任何武器装备寿命期内的贮存、运输和使用状态均会受到各种气候、力学和电磁环境的单独、组合和综合的作用。这些环境的各种方式的作用必然会使武器装备的材料和结构受到腐蚀或破坏,元器件、部件和装备性能劣化和功能失常,从而降低其作战效能,使军事行动受到严重影响。

经验表明,武器装备质量好坏的标志不再仅仅是其性能指标的高低,还需要在装备寿命期遇到各种环境时具有良好的适应性和可靠性,武器装备设计的战技指标再高,若不能适应预定的环境并安全可靠地工作,这些指标就无法实现,装备战斗力就得不到发挥。因此,武器装备的战斗力与环境密切相关。

当今,世界各国都在综合运用现代高新技术研制和生产各种高新武器,用于执行远程打击、防空反导、装甲突防等任务,从而使武器装备结构日趋复杂,其使用和作战的地域、空域和海域范围越来越大,甚至延伸至地下、海下和太空,还要求能在白天和夜间及各种气候、生化及电磁辐射和核环境乃至空间环境等复杂和变化的环境中正常工作。现代化、全天候、全方位复杂环境中进行的立体战争,要求武器装备经历比以往更为复杂和严酷的贮存、运输和作战环境,因此对其环境适应性要求越来越高。

我国幅员广大,地理、气候环境比其他国家更为复杂,气候的不断变化使武器装备遇到的环境状况更趋恶劣,甚至还会面临“气象战”的威胁,这就给装备的环境适应性提出了更高的要求。

1.1.2 环境对武器装备的影响

武器装备不适应预定环境带来的危害和造成经济损失或军事失利的教训,比比皆是,十分深刻,举例说明如下。

a. 美国沿海空军基地一次故障调查表明,引起故障的原因中,气候环境占 73%,机械环境占 27%。全军库存武器大检查中有 17.3%不合格,有的装备甚至 100%报废,全是由于在复杂环境作用下产生腐蚀老化、脆断、开裂、膨胀变形、长霉和虫蛀变质所致。

b. 1986 年,美国挑战者号航天飞机升空 74 秒后突然爆炸,起因于一个小的聚硫橡胶密封圈温度环境适应性差,造成经济损失 14 亿美元。

c. 我国某飞机部署在南方地区,故障统计数据表明,每年的三、四月份梅雨季节降水多,是湿度大的故障多发期(如图 1-1 所示)。故障现象主要是产品内系统受潮、仪表指示器有水雾等。

d. 日俄战争中,俄罗斯战舰远距离长期航行,因海洋生物附着和腐蚀而使航速下降,导致全军覆没。二战期间的一个冬天,德军坦克在苏德战场上因低温无法起动而无法抵抗苏

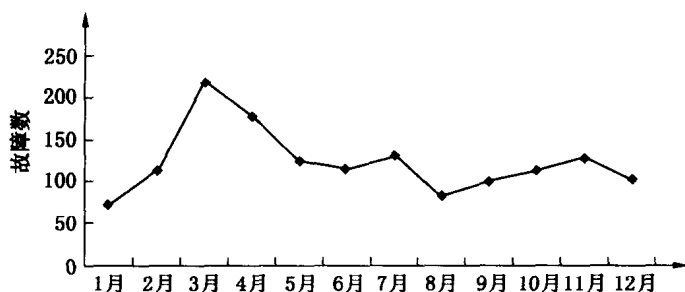


图 1-1 某飞机按月份统计的故障数

军凌晨发动的突击，使德军陷入困境。

e. 环境对电子元器件的影响不仅关系到整机，甚至可以影响战争的成败，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。越战期间美国从海上运输到越南的武器的电子元器件和线路因腐蚀、长霉和鼠咬，在运输过程中就大量损坏和失效。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。可见电子产品虽小，但其环境适应性差，造成的损失十分巨大。

f. 据我国 1995 年统计，全国仅就环境腐蚀造成的损失一年就达 1500 亿人民币(其中海洋腐蚀损失占三分之一)，占国民生产总值 2%，大于自然灾害造成损失的总和，而贮存装备的损坏率达 17.3%。

由此可见，研究环境影响和有关预防措施，提高武器装备环境适应性，是一项十分迫切而又艰巨的战略任务。目前，产品环境技术的发展程度已成为衡量一个国家工业发展水平和产品质量的重要标志之一。发达国家十分重视环境技术研究工作。1992 年美国国防部国防研究和工程署发布了《美国国防部核心技术计划》，在其 11 项关键技术中将“环境影响”作为重要的一项，并认为它覆盖了 21 项关键技术，对武器系统会产生不良影响。作为 2005 年的技术目标，要对大气、海洋、地球和空间环境在自然和平台(如飞机、导弹、舰船等)两方面的影响进行研究、建模和仿真。

1.2 我国环境工程专业发展情况

1.2.1 概述

我国环境工程的发展是从环境试验开始的，最早是对从前苏联转厂生产的产品按苏方产品技术条件要求对其进行环境验收和例行试验。环境验收试验特别是环境例行试验工作量很大，时间很长，早已成为产品批生产的组成部分和把关的手段，同时也使人们错误地把环境工作看作仅仅是环境试验，而环境试验主要是环境验收和例行试验，而对环境适应性和环境工程长期缺乏应有的认识。因此，环境工程专业的发展，相对于其他专业工程如可靠性和维修性工程来说要缓慢得多，大体上经历了从环境试验到环境试验标准到环境工程这一较长的过程，该过程分为三个阶段。

1.2.2 环境工程起步阶段

我国环境工程专业的发展是从环境试验开始的。共和国一成立,就在前苏联的帮助下,开始逐步建立我国的国防工业,建设一批军工厂,生产前苏联设计的武器装备。为了保证生产的质量,在一些军工厂中开始建立例行实验室,并对生产的产品进行环境验收和例行试验。此外,前苏联为了自身武器研制和发展的需要,与我国合作,在广州电器所建立了大气暴露站,开始对前苏联提供的一些样品进行湿热气候区的大气暴露试验,1958年又进一步建立青岛、厦门和榆林港(现三亚市)三个海上试验站。这一阶段无论是自然环境试验还是实验室环境试验都是按前苏联标准进行的。我国尚没有制定相应的试验标准,尽管如此,这表明环境工程专业在我国已开始起步。

1.2.3 环境工程低潮阶段

1966年到1980年前这一时期,受文化大革命的影响,我国的科研和生产工作几乎处于停顿状态,环境工程专业也不例外,十年动乱使刚刚起步的环境工程专业受到严重挫折:一些自然环境试验网站被撤销,未撤销的暴露站几乎无人管理,甚至暴露试片被作为金属废品卖掉;大部分相关研究所和企业的实验室环境试验也由于科研生产的几乎停止而处于停顿状态,人员开始流失。

1.2.4 环境工程恢复和环境标准大量制定阶段

20世纪80年代初,文化大革命刚结束,百废待兴,我国开始进入以经济建设为中心的时期。环境工程专业也进入了迅速恢复的阶段。有些暴露站开始重建,自然环境试验得到恢复,实验室环境试验也开始配合生产恢复运行,试验项目从原来简单的温度试验以及正弦振动试验向其他试验以及综合试验的方向发展,并开始增添各种试验设备。如前航空部建立了地区性三防试验站,成立了三防试验中心,以满足型号研制中提出的三防试验要求。更主要的是,由于国家实施改革开放政策,大量引进国外先进的环境试验标准,迎来了翻译和制定环境试验标准的高潮。例如,翻译了美国军标 MIL-STD-810A/B/C/D、MIL-STD-210A/B/C、英国国防标准 DEF-07-55、法国标准 AIR 7304、IEC 68号出版物和著名的美国工程设计手册——环境部分的五个手册等,并分别等效制定了我国相应的军用和民用环境试验标准,如GJB 150、HB 6167、GJB 1172和GB 2423等,还成立相应的环境技术委员会,如全国电工电子产品环境标准委员会、航空学会环境工程专业委员会等。这些标准的制定和贯彻及学术委员会活动对于培养和凝聚一批环境工程专家和技术人员,推动环境工程特别是环境试验的发展发挥了重大作用。但明显存在两个问题,一个问题是标准主要限于环境试验方法;另一个问题是缺少环境工程管理、环境适应性设计和环境要求确定等方面的标准和手册。可见当时的标准不是以环境工程思路出发制定的,构不成完整的体系,出现这种现象的原因有两个方面。

a. 国外环境标准本身并没有形成完整的体系,也是以环境试验标准为主,缺少其他标准。往往在试验方法标准中带有一些硬性规定的环境条件或推荐选用的试验等级,只是美国军标 210C、美国陆军规程 AR 70-38《在极端气候条件下所用装备的研究、发展、试验与鉴定》和 IEC 721 系列标准中给出了自然环境数据和环境条件设计准则。

b. 我国武器装备发展是从仿制前苏联产品开始的,从前苏联得到的是批生产阶段的环境

工作要求,批生产阶段环境工作重点是环境验收试验和例行试验,因此前苏联援助的 156 项工程中许多厂家都建立了环境例行实验室,并按前苏联规范要求对批生产产品进行验收和例行环境试验。这一发展过程和 20 世纪 80 年代引进国外环境试验标准主要限于环境试验标准相结合,给人们造成了环境工作就是环境试验的错觉。因此,一说到环境工作就认为是环境试验,一说到环境试验就认为是批生产阶段出厂验收中的环境验收试验和例行试验中的环境试验。总之,认为环境工作只是用环境试验这一手段对产品出厂进行把关,使环境工作变为了事后把关的工具。没有认识到环境适应性是武器装备或产品的一个质量特性,它是靠环境适应性设计纳入产品的,试验只能起到辅助设计和对设计制造产品环境要求符合性验证的作用,而不是环境工作的全部。这种局限性的认识严重影响了环境工程专业的发展。

列举的标准对应的名称详见表 1-1。

1.2.5 环境标准工作的低潮阶段

经历了 20 世纪 80 年代制定各种环境试验标准阶段之后,90 年代初开始到 1997 年期间环境标准工作进入了一个不景气的低潮时期。这个时期的主要表现是:

a. 对应于国外环境试验标准的等效标准已基本制定完。这些标准在装备上贯彻实施刚开始起步,还谈不上修订。由于没有建立环境指导工作的完整的环境工程技术和标准体系,因此,大部分环境工程技术人员面临标准制定和环境研究任务大大缩减的局面,许多单位的环境工作人员开始流失。

b. 可靠性工程在我国 80 年代和 90 年代制定的可靠性工作管理文件和 GJB 450《产品研制和生产的可靠性通用大纲》顶层标准及一系列支撑标准的基础上,结合装备研制和生产开展了大量研究和试验工作,并开展了频繁的学术活动,影响很大。由于概念上的混淆和误导,有些人把环境适应性看成可靠性的组成部分,武器装备寿命期中出现的故障都说成是可靠性故障。这种片面的宣传和认识使环境适应性工作和环境工程工作进一步被忽略和削弱,甚至有纳入可靠性工程的倾向。使本来不受重视的环境工程技术人员处于更弱势的地位,加速了环境技术人员的流失,培养新的环境技术人员更不可能。

尽管如此,由于我国武器装备已进入自行设计阶段,型号需求的牵引使 80 年代制定的一些环境试验标准,如 GJB 150《军用设备环境试验方法》和 GB 2423《电工电子产品环境试验规程》,开始在武器装备和成品研制和生产中得到贯彻和应用,环境试验工作不仅没有停止,而且更进一步发展。1995 年以后,许多单位开始配备各种环境试验设备,包括引进国外先进的综合试验箱和随机振动试验系统。各个行业先后建立了自己的环境实验室或试验中心。

1.2.6 产品环境工程开始快速起步和发展阶段

尽管环境工作在 20 世纪 90 年代初受到一定的挫折,但在此期间我国部分环境工程技术人员仍坚持努力工作,总结 GJB 150 实施中的经验和教训,深入研究环境工程自身的特性及其与其他工程的区别,研究国内环境工程发展动态,寻找发展环境工程的途径和突破点,并在 1997 年召开 GJB 150 的十周年研讨会的会议准备文件和论文中,明确提出应该把环境适应性作为产品的质量特性看待,要通过推行环境工程各项工作,把环境适应性纳入武器装备,而不能停留在使用“环境试验”这一手段来进行被动把关。这些观点得到了各方面的赞同和支持。会上明确了“环境适应性是军工产品和武器装备不容忽视的质量特性”。提出“要解决观念问

题,转变观念,充分重视。单纯的环境试验概念应当扩展为环境工程的概念,小环境的概念应当扩展为大环境的概念,要把环境适应性作为装备质量的重要特性,从设计抓起,全寿命各阶段都要抓”。并提出要制定有关法规文件和像 GJB 450 那样的顶层标准,规范环境工程工作。GJB 150 十周年大会的成功召开成为“环境工程专业”发展过程中的重大转折点。

此后,2001 年完成了环境工程顶层标准 GJB 4239《装备环境工程通用要求》的制定,将环境适应性作为质量特性和发展环境工程的思路纳入有关专业的发展计划和文件。并开始制定新的环境工程标准体系。上述情况表明,环境工程工作的开展已经有了政府文件和顶层标准的支持。这就意味着环境工程将迎来一个快速全面发展的新阶段,同时也意味着环境工程专家将面临许多新的艰巨的任务。

1.3 国外环境工程专业发展情况

1.3.1 概述

国外环境工程的发展和应用虽然比国内要早、要快,但与国内的发展有类似过程。

国外环境工程也是从环境试验开始的,美国 1919 年就将一些简单的温度、振动环境模拟试验用于武器装备批生产出厂验收中,以后英、法、德、苏等国家相继效仿,因此环境试验已有 80 多年的历史,但在很长一段时间内一半试验并没有制定标准,而是由制造厂自己确定要求进行试验,试验条件和方法各不相同。二次大战期间德军坦克由于在低温环境中不能起动而使其进攻斯大林格勒战役受挫,美军电子设备在用船运往东南亚和太平洋战场的过程中因受潮湿、盐雾腐蚀和长霉,没有投入使用就已大量损坏,这些严重教训加深了对环境的认识。因此,从 20 世纪 40 年代开始,环境试验得到了更大重视和发展,并开始制定各种军用和民用环境试验规范,从美国空军 1945 年制定出第一个航空设备环境试验标准《AF-41065》开始至今,国内外制定了一系列的环境标准(见表 1-1),从表 1-1 可以看出,制定环境标准最积极、最多和影响最大的有美国 and 英国,以及国际电工协会和美国航空无线电技术委员会。我国从 1980 年才开始重视和制定环境试验标准。根据对表 1-1 和其他有关资料的研究,可把国外环境工程发展分为三个阶段,当然,这三个阶段比中国产生得早,而且时间分布与中国不同。

表 1-1 国内外环境试验标准发展情况

时 间	国家或 国际组织	标 准 号	标 准 名 称	特 点
早期 (1940 年 ~ 1962 年)	美国	AF-41065	航空设备试验标准	美国各军种均制定了自己的环境试验标准,标准多而分散,但内容重复,甚至有矛盾 美国用 810 标准统一了早期的各军标,成为三军统一的试验方法
		MIL-E-5272	航空及有关设备环境试验	
		MIL-T-5422	机载电子设备环境试验	
		MIL-STD-167	舰船设备机械振动	
		MIL-E-4970	陆军支援设备环境试验通用规范	
		MIL-A-26669	宇航设备噪声试验	
		MIL-S-27507	冲击试验	
		MIL-STD-210	军用设备气候极值	
		MIL-STD-810	空间与陆用设备环境试验方法	

续表 1-1

时 间	国家或 国际组织	标 准 号	标 准 名 称	特 点
中期 (1962 年 ~ 1990 年)	美国	MIL - STD - 210A/B	军用设备气候极值	810 标准自身不断修 订, 其他西方国家和协 约国纷纷效仿美国制定 相应的环境试验军用标 准。国际电工协会和美 国航空无线电技术委员 会民用环境试验标准开 始出现
		MIL - STD - 210C	确定军用系统和设备设计与试验要求的气 候资料	
		MIL - STD - 810A/B/C	空间与陆用设备环境试验方法	
		MIL - STD - 810 D/E	环境试验方法和工程导则	
		MIL - STD - 1670	空中发射武器的环境准则与指南	
	英国	DEF 07 - 55	军用装备环境试验	
	法国	AIR 7304	航空电气设备、电子设备及机载仪表的环 境试验	
	英国	3G 100	飞机一般技术要求	
	美国	MIL - STD - 1540	发射、上面级和航天器的要求	
	美国	RTCA DO - 160A/B/C	机载电子、电气设备和仪表环境条件和试 验程序	
	日本	JIS 217002	飞机用电子设备环境试验方法	
	IEC	IEC - 721	电工电子产品自然和应用环境条件	
		IEC - 68 出版物	电工电子产品环境试验规程	
	NATO	NATO 协议 3518	机载及有关地面设备环境试验方法	
	中国	GJB 150	军用设备环境试验方法	
		HB 6167	民机机载设备环境条件与试验方法	
		QJ 1177	地空、舰空导弹武器系统环境试验方法	
		GJB 4	舰船电子设备环境试验	
		WJ 2155 ~ 59	兵器产品自然环境试验方法	
		GB 2423	电工电子产品环境试验规程	
近期 (1990 年 以后)	美国	MIL - HDBK - 310	研制军用产品的全球气候数据	环境标准开始从试 验标准向环境工程标准 方向拓展
		MIL - STD - 810F	环境工程考虑和实验室试验方法	
	英国	DEF - STAN 00 - 35 国防装备环境手册	国防装备环境手册(1)环境工程控制与管理	
			国防装备环境手册(3)环境试验方法	
			国防装备环境手册(4)自然环境	
			国防装备环境手册(5)诱发机械环境	
			国防装备环境手册(6)诱发核生化环境	
	NATO	STANAG 4370 (环境试验)协议	AECTP - 100 国防装备环境指南	
			AECTP - 200 环境确定	
			AECTP - 300 气候环境试验	
			AECTP - 400 机械环境试验	
			AECTP - 500 电环境试验	
	中国	GJB 4239	武器装备环境工程通用要求	
		GJB 150A	军用装备实验室环境试验方法	

1.3.2 环境工程概念的提出和初步应用阶段

20 世纪 80 年代开始, 国外对环境工程的概念和认识有了提高, 并得到了重视。最为明显的标志是 1989 年发布的世界最权威的环境标准 MIL-STD-810E 中开始提出要制定环境管理计划, 以更好地使用 810E 这个试验方法标准。环境管理计划中开始提及环境工程任务。虽然其概念已向环境分析和环境管理扩展, 但没有明确提出环境工程基本内涵及其工作内容, 810E 仍是一个试验方法标准, 只是更强调剪裁。然而一些西方国家公司中却开始将环境工程概念用于武器装备的研制中, 以色列在其 ADA 项目中全面开展环境工程工作, 在项目研制的一开始就制定环境工程管理大纲, 并在实施过程中进行监督控制和不断改进, 并建立试验评审委员会对环境工作实施结果进行评审。瑞典 ABBOFRS 公司的一些大项目系统研制中都纳入环境工程活动, 包括环境分析预计、环境剖面、环境实测、制定环境规范和环境试验计划, 开展各种环境试验。这些公司开展的环境工程活动使其收到很大的成效, 也促进了世界各国对环境工程的重视。

1.3.3 环境工程纳入标准阶段

20 世纪 90 年代后期, 国外开始将环境工程概念及其内容纳入军用标准, 这一情况首先体现在美国军标 810E 修订中。经过 8 年多的工作, 810E 修订后的 810F 于 2000 年 1 月正式发布, 题目改为《环境工程考虑和实验室试验方法》。把环境工程工作指南作为标准的第 I 部分, 实验室试验方法作为其第 II 部分, 从而成为一个混合型的标准。标准内容显然从环境试验扩大到了环境工程, 并提供了环境工程工作指南, 明确了环境工程涉及项目主任、环境工程专家和设计/试验工程师三类人员及其主要任务, 强调了环境工程剪裁和环境工程专家的任务、地位和作用。810F 标准的主导思想和环境工程具体内容促进了国外环境工程发展, 也推进了我国 GJB 4239《装备环境工程通用要求》标准的制定工作。此外, 1999 年 5 月发布的英国国防装备环境手册第一部分环境工程控制与管理中也明确规定了不同采购方式在研制生产不同阶段环境工程工作要求以及采购方和承制方的职责。1998 年 NATO 协议 4370 的附件 AECTP-100《国防装备环境指南》中也明确规定了项目主任和环境工程专家的责任和任务, 要求制定一个总的环境管理计划, 考虑寿命期环境剖面、环境设计准则、环境试验计划等环境工作内容。美军标 810F、英国军用标准 DEF-00-35 和北约 NATO 4370 这三个重大军用标准或协议纳入环境工程内容, 表明了环境工程已成为国外武器装备研制生产必须考虑的一项重要工作, 推行环境工程是大势所趋, 不容忽视。

1.4 环境试验技术发展情况

1.4.1 概述

上述情况表明, 环境工程专业的发展实际上长期偏重于环境试验和标准制定方面, 只是到了 20 世纪末才认识到, 单纯的应用环境试验这一手段不可能真正确保武器装备的环境适应性。必须全面应用环境分析、环境设计、环境试验、环境管理等环境工程技术和制定相应的标准, 才能真正将环境适应性有效纳入产品。但由于环境试验的长期研究和应用, 使环境