

高有堂 徐源 常进 著

瞄准镜多环境试验及 红外光学材料热性能理论

清华大学出版社

高有堂 徐源 常进 著

瞄准镜多环境试验及 红外光学材料热性能理论



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是作者在博士及博士后期间所承担的国家科研课题项目的总结,是论述瞄准镜多环境试验及红外光学材料热性能理论的专著。全书共有 10 章,分三大部分:微光瞄准镜多环境实验与模态分析;红外瞄准镜控制电路有限元分析与红外光学材料热性能;微光瞄准镜多环境实验测试系统设计。

本书适于光学、电子和环境试验工程测试领域研究生和工程技术人员使用,并可作为学习掌握 ANSYS 软件和 MATLAB 信号处理的参考材料。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

瞄准镜多环境试验及红外光学材料热性能理论/高有堂,徐源,常进著. —北京:清华大学出版社,2016

ISBN 978-7-302-45959-0

I. ①瞄… II. ①高… ②徐… ③常… III. ①瞄准器材—环境试验 ②瞄准器材—红外光学材料 IV. ①E933.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 310371 号

责任编辑:陈朝晖

封面设计:何凤霞

责任校对:王淑云

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京市人民文学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:153mm×235mm 印 张:15.75 字 数:266 千字

版 次:2016 年 12 月第 1 版 印 次:2016 年 12 月第 1 次印刷

定 价:89.00 元

产品编号:058052-01

前 言

军工产品的环境试验与研究是在 20 世纪 30 年代末和第二次世界大战期间发展起来的。那时,在热带和亚热带地区使用的光电产品遇到了所谓的气候劣化问题,特别是第二次世界大战战场上使用的产品,在各种恶劣的环境条件下出现了许多问题。据当时美国空军调查,产品的损坏有 52% 是由环境所引起的,其中温度占 21%,振动占 14%,潮湿占 10%,沙尘烟雾占 7%。这些环境条件造成了许多产品的失灵、误动作、失效,从而贻误了战机,也造成了很大的经济损失。这就迫使各个先进的工业国家不得不在一连串的战事失利中,开始着重解决产品的环境适应性问题。

美国是开展环境试验较早的国家,其环境试验是从研究热带防护开始的,并由国防部发起。20 世纪 40 年代主要是现场试验,开始实验室的人工模拟试验,并进行试验研究和制定试验规范。50 年代末,陆海空三军都有了各自的环境试验规范和标准。60 年代联合制定出三军通用的环境试验方法 MIL-STD-810D,紧接着又开始了对于航环境的研究。这样就形成了从元器件、微电路到设备,从空中、陆地到海洋的完整环境试验军标体系。从 20 世纪 60 年代到现在,美国的环境试验军标经过多次修改和补充,已成为许多国家军方的重要标准,为不少国家所接受和采用。

我国的环境试验工作是 1955 年正式开始的,首先在广州、上海、海南建立自然暴露试验站,与东欧六国共同合作探索热带、亚热带、工业气体等对产品的影响。我国的环境试验经历了从开始学习,搬用苏联标准,到逐步建立我国自己的环境试验体系这一发展过程。在这期间制定了许多环境试验标准,特别在三防试验方面取得了一定的成绩,为保证产品在我国广大地区的使用和出口做出了贡献。当前,为了提高我国电子电工产品的质量和可靠性,提高国际市场的竞争能力,国家决定以 IEC 标准和美国军用标准为基础来制定我国民用产品和军用产品的环境试验标准,并根据我国地理气候条件特点制定一些具有中国特色的环境试验标准,这说明我国对环境试验提出了更高的要求,并预示着我国环境试验将有一个大的发展。我国的军用环境试验标准化工作起步较晚,参照国外相关标准制定了一些自然环

境试验方法标准。由于缺乏统一规划,标准不成系统、交叉重复甚至互有冲突。1986年国防科学技术工业委员会制定并发布了《军用设备环境试验方法》,命名为GJB150.1-86,1990年以后又继续完善了军用设备环境试验方法。

针对世界格局的变化和发展,中央军委做出了军事装备的关键器件要立足于国内的决策。提高器件的质量和可靠性是贯彻这一决策的重要步骤。为此,总装备部电子信息基础部按照以人为本的原则,决定对军用产品质量工作人员进行系统培训,以便了解世界先进国家军用装备质量与可靠性现状、质量工作的新理念、新技术以及发展趋势。

环境试验及密切相关的环境条件、环境试验设备及其测量、检定、校准仪器的制造、环境防护技术等已成为当今世界的一门新的技术学科——环境工程。环境试验是其中的核心,它的发展将推动整个学科的发展。环境试验几乎已扩展到军工和民用的所有部门,从航空航天到单兵武器装备等都离不开环境试验。为了提高产品的质量,特别是为了使瞄准镜产品在各种环境条件下达到预定的性能和保证可靠的使用,了解、掌握和研究环境试验是必不可少的。

本人大学毕业后一直从事瞄准镜的设计工作,博士和博士后期间对瞄准镜光学材料进行了研究,包括对瞄准镜(微光和红外)和红外光学材料性能进行环境试验,检验和测量瞄准镜工作性能和物理特性的变化,分析红外光学材料性能,确认瞄准镜和光学材料对各种环境的适应能力,使其在恶劣的作战环境中具有良好的战术技术性能等。

环境试验的发展由浅入深,由简单到复杂。目前进行的大多数是单项实验,组合试验和综合试验正在研究和发展中。为了使实验室的试验结果与实际环境条件下的使用结果更加一致和等效,不断提高试验的再现性,在较短的时间内得到与产品在长期实际环境条件下相同的结果,摸清试验与使用之间的关系,以及将当今世界的先进技术应用到环境试验中去,环境试验方法必须不断地修改和补充,以提高其科学性和先进性。

全书由南京理工大学博士(后)、南阳理工学院高有堂教授统稿、规划与数据分析。第1~4章由武汉理工大学硕士、南阳理工学院教师常进完成;第5~8章由南京理工大学博士、南阳理工学院教师徐源完成;第9~10章由高有堂教授完成。

任何研究都是一个不断探索的过程,由于学识水平有限,书中肯定有诸多不足之处,恳请各位读者和专家予以指正和批评。

高有堂

2016年秋于南工大·求实园

目 录

1 绪论	1
1.1 环境试验对瞄准镜(微光和红外)性能的影响	1
1.1.1 瞄准镜(微光和红外)及光学材料的环境条件	1
1.1.2 瞄准镜环境试验分类	2
1.1.3 环境试验对瞄准镜的影响	3
1.1.4 环境试验对红外光学材料的影响	5
1.2 瞄准镜及光学材料多环境试验的必要性	5
1.3 国内、外多环境试验技术发展对比与分析	6
1.3.1 国外瞄准镜及光学材料多环境试验	6
1.3.2 国内瞄准镜及光学材料多环境试验	7
2 微光瞄准镜振动(和射击)试验模型研究	9
2.1 微光瞄准镜振动试验方法	9
2.1.1 振动试验目的	9
2.1.2 振动试验装置的选择	9
2.1.3 试验样品的安装	10
2.1.4 振动试验方法	11
2.2 微光瞄准镜振动试验零位移机理分析	12
2.2.1 瞄准镜分划板调节结构	12
2.2.2 瞄准镜零位移机理分析	13
2.2.3 振动试验环境下检测系统算法实现	17
2.3 微光瞄准镜振动试验模型建立	21
2.3.1 微光瞄准镜振动试验模型建立	21
2.3.2 微光瞄准镜振动试验模态识别	28

2.4	微光瞄准镜物镜紧固圆环振动试验模型建立	34
2.4.1	微光瞄准镜紧固圆环面内振动	34
2.4.2	微光瞄准镜紧固圆环面外振动	36
2.5	微光瞄准镜壳体振动试验模型建立	37
2.5.1	一般壳体的振动模型	37
2.5.2	瞄准镜圆柱壳体振动试验模型	39
3	微光瞄准镜冲击(和跌落)试验模型研究	42
3.1	微光瞄准镜冲击试验方法	42
3.1.1	冲击试验目的	42
3.1.2	冲击试验装置的选择	42
3.1.3	试验样品的安装	45
3.1.4	冲击振动试验方法	45
3.2	微光瞄准镜冲击试验模型建立	45
3.2.1	微光瞄准镜冲击试验描述方法	46
3.2.2	微光瞄准镜冲击试验模型建立	48
3.3	微光瞄准镜冲击试验模态识别与图像处理	54
3.3.1	冲击试验模态识别的特点	55
3.3.2	瞄准镜冲击试验模态识别方法	56
3.3.3	冲击试验环境下图像处理	61
4	微光瞄准镜温度冲击试验模型研究	69
4.1	微光瞄准镜温度冲击试验方法	69
4.1.1	温度冲击试验目的	69
4.1.2	温度冲击试验装置的选择	69
4.1.3	温度冲击试验方法	71
4.2	微光瞄准镜温度冲击试验模型建立	71
4.2.1	瞄准镜圆柱壳体温度冲击试验模型	72
4.2.2	瞄准镜主物镜温度冲击试验模型	79
4.2.3	热冲击瞄准镜微通道板电子发射性能研究	86
4.3	温度冲击试验环境下图像处理	91

5	红外瞄准镜控制电路温度冲击试验模态研究	94
5.1	红外瞄准镜电路系统	94
5.1.1	系统硬件电路结构	94
5.1.2	系统信号处理电路(DSP+FPGA+视频解码)	96
5.1.3	扩展接口电路(电源+复位+时钟+A/D)	99
5.1.4	TEC温控电路	104
5.2	红外瞄准镜信号处理电路温度冲击性能研究	106
5.2.1	信号处理电路温度冲击试验	106
5.2.2	信号处理电路热应力及有限元模型	109
5.2.3	BGA封装电路热冲击试验分析	113
5.3	红外瞄准镜TEC温度控制电路温度冲击性能研究	116
5.3.1	TEC温度控制热应力及有限元模型	117
5.3.2	温度冲击试验有限元分析	120
6	红外光学材料抗热冲击品质因子与强度	125
6.1	红外光学材料抗热冲击品质因子	125
6.1.1	压力诱导应力	125
6.1.2	热诱导热应力	127
6.1.3	抗热冲击品质因子	129
6.1.4	红外光学材料抗热冲击品质因子	131
6.2	红外光学材料断裂强度及其影响因素	135
6.2.1	红外光学材料的断裂韧性	135
6.2.2	红外材料强度的影响因素	139
6.2.3	温度对蓝宝石强度的影响	151
6.2.4	蓝宝石高温强度的改善方法	156
7	红外光学材料热性能研究	159
7.1	红外光学材料的热性能参数	159
7.1.1	弹性模量和泊松比	159
7.1.2	红外材料热导率	164
7.1.3	热膨胀系数	175

7.2	红外光学材料的硬度分析	187
7.2.1	硬度的表示方法	188
7.2.2	环境温度与硬度	189
7.2.3	化学结构与硬度	191
7.2.4	热压力与硬度	197
7.2.5	弹性模量与硬度	198
8	微光像增强器的性能参数	200
8.1	微光像增强器的种类、原理和特性	200
8.1.1	一代像增强器	200
8.1.2	二代像增强器	201
8.1.3	超二代像增强器	201
8.1.4	三代和四代像增强器	201
8.2	微光像增强器的性能参数测试	202
8.2.1	积分灵敏度	202
8.2.2	光谱响应	203
8.2.3	信噪比	204
8.2.4	鉴别率	204
8.2.5	亮度增益	205
8.2.6	等效背景照度	206
8.3	微光像增强器荧光屏参数测试	206
8.3.1	荧光屏发光效率	207
8.3.2	荧光屏发光亮度	207
8.3.3	均匀性	208
8.3.4	余辉时间	209
9	微光瞄准镜多环境试验检测系统设计	210
9.1	微光瞄准镜多环境试验检测系统原理设计	210
9.1.1	微光瞄准镜多环境试验检测系统组成	210
9.1.2	微光瞄准镜多环境试验系统工作原理	211
9.2	微光瞄准镜多环境试验检测系统主要部件的选择	212
9.3	微光瞄准镜多环境试验检测系统光路设计	213
9.3.1	微光夜视瞄准镜检测系统技术要求	213

9.3.2	微光夜视瞄准镜系统成像光路计算	214
9.3.3	多环境检测系统平行光管焦距计算	215
9.3.4	CCD 镜头焦距计算	216
9.4	微光瞄准镜多环境试验检测系统目标检测	217
9.4.1	微光图像零位移目标阈值分割	217
9.4.2	滤波函数的选择与滤波阈值的确定	220
9.4.3	微光图像的零位移目标检测算法	222
9.5	检测系统的操作与使用	227
附录一 国内标准		230
附录二 国外标准		231
参考文献		232
后记		241

1 绪 论

本章讨论如何在特定的环境中对瞄准镜(微光和红外)和红外光学材料性能进行环境试验,检验和测量瞄准镜工作性能和物理特性的变化,分析红外光学材料性能,确定瞄准镜和光学材料对各种环境的适应能力,使其在恶劣的作战环境中具有良好的战术技术性能^[1]。保障设备在使用环境中正常工作与运行,完成预定的作战任务^[2]。

1.1 环境试验对瞄准镜(微光和红外)性能的影响

1.1.1 瞄准镜(微光和红外)及光学材料的环境条件

瞄准镜(微光和红外)及光学材料的可靠性与其工作状态、使用、运输和保管等环境条件有很大的关系,因此在产品的研制和生产过程中必须对产品进行环境试验^[3]。

产品在不同使用环境条件下将承受不同的外界载荷,产生不同的应力特性。当这些应力大于产品所能承受的强度极限或长期积累时,可能导致瞄准镜不能正常工作^[4]。环境条件按其对产品作用的方式,大致可分为使用环境条件和周围环境条件两大类^[5]。

使用环境条件指的是产品内部而起作用的物理应力条件等。具体说来包括以下几种状态及应力现象^[6]：

热状态——产品内部的温度分布及热对流状态；

化学状态——在产品中引起的化学变化状态；

电磁状态——产品在恒定或交变的电磁场条件下工作时所产生的影响；

构造状态——结构零件在加工或装配后内部存在的内应力；

疲劳状态——因内应力而产生的变形。

周围环境条件指的是在产品外部起作用的应力条件,这些条件包括振动、射击、冲击、温度、跌落等。周围环境条件对产品的可靠性有很大的影

响^[7]。例如,由于振动、冲击、跌落等环境的作用,可能导致微光瞄准镜的某些性能失调(如视轴走动),温度冲击环境会使瞄准镜部件材料热胀冷缩,产生热应力。湿度可使产品的外露表面锈蚀,如果产品密封不好会使微光瞄准镜的内部光学玻璃表面产生霜雾,影响使用和观察^[8]。

瞄准镜一般都是密封的,密封前注入干燥空气或氮气。产品内部气压和外部气压一般相同,但有些产品内部气压高于外部的的气压。在低气压的大气环境中,产品周围气压降低,由压力差而产生的力由产品内部指向产品外部。在该力的作用下,有可能引起密封件的变形、破裂、密封失效等^[9]。

振动使材料疲劳,冲击使材料屈服,降低其机械性能。如果结构不合理或装配不恰当,振动和冲击可能使微光瞄准镜的瞄准线走动,严重时能损坏光学零件。

1.1.2 瞄准镜环境试验分类

(1) 自然暴露试验:将产品放在自然环境条件下进行暴露和测试,评价其环境适应性。这种试验周期长,通常要两年以上。自然暴露试验可分为无气候防护和有气候防护两种。无气候防护是指在室外暴露,产品直接受气候影响。有气候防护又可分为完全气候防护和部分气候防护两种。前者是指在空调或半空调室内暴露,能保护产品免受直接气候影响,后者是指产品在棚下、掩蔽所中的暴露,仅能部分保护产品免受直接气候影响^[10,11]。

通过自然暴露试验,可以获得产品在自然环境条件下的参数变化规律、失效情况、失效程度和失效原因,可以了解产品制造过程中材料、工艺、涂敷料等性能的稳定性和防护能力。自然暴露试验可以为研究人工模拟试验方法及其转换关系提供数据资料,还可以用来验证和比较加速试验的有效性^[12]。

自然暴露试验也存在着一一定的不足,例如试验条件不能控制,每年同一季节的气候以及其他因素不可能固定不变,因此在一定程度上影响了试验的再现性。其次是试验周期长,有时会跟不上产品的发展。所以,自然暴露试验有其本身的局限性^[13]。

(2) 现场使用试验:现场使用试验是将产品放在实际使用条件下,用以评价其环境适应性的试验。产品在现场使用期间,将受到各种环境因素的综合作用,它比单一或组合试验更能暴露产品存在的问题,所以,现场使用试验的结果是最真实的,也是最权威的^[14]。

(3) 人工模拟试验:人工模拟试验就是用人办的办法模拟出产品在运输、储存和使用过程中可能经受的多种多样的、错综复杂的环境条件。按影

响产品的因素来分,有下面几种环境因素^[15]。

气候条件:高低温、湿度、气压、风雨、冰霜等。

机械条件:冲击、振动、摇摆、噪声、恒加速度等。

生物条件:霉菌、有害动物、海洋生物等。

辐射条件:太阳辐射、电磁辐射、核辐射等。

化学物质:硫化氢、二氧化硫、盐雾等。

机械物质:砂粒、尘等。

为了提高产品的环境适应性和可靠性,一些先进国家率先开展环境试验。早期的环境试验是在天然环境条件下进行的。这种试验虽然直观、可靠、无需特殊的试验设备,但受到地区性环境条件的限制,试验时间长,重现性差。为了加快产品的更新换代,开拓市场,很多国家纷纷投入可观的人力和财力,研制和生产出能模拟天然环境条件的试验设备,于是一门新兴的技术:环境试验技术研究设备制造业,也就应运而生^[16]。

1914年, J. A. Capp 制成一台能模拟盐雾环境的简易试验设备。

1921年,德国西门子公司研制出世界上第一台湿热试验箱。

1929年,世界上首家环境试验设备厂商在德国开业。而后,英、美、日等国也先后开始研制和生产环境试验设备^[17]。回顾历史,环境试验设备制造业经历了三个发展阶段,如表 1.1 所示。

瞄准镜器的环境试验目前普遍采用人工模拟试验^[18]。包括振动试验、射击试验、冲击试验、跌落试验、高温试验(又分高温储存试验相高温工作试验)、低温试验(又分低温储存试验和低温工作试验)、温度冲击试验、浸渍试验、低气压试验、湿热试验等。如是鉴定试验,则在上述试验的基础上还需另加沙尘、盐雾试验。霉菌试验由于目前国内在菌种培养、运输等条件的限制,多数厂家都没有条件进行^[19]。

1.1.3 环境试验对瞄准镜的影响

微光和红外瞄准镜研制、生产和检验等工序过程中一个必不可少的重要环节是环境试验,对提高瞄准镜(微光和红外)的可靠性有重要作用。一件兵器无论采用多么先进的技术,设计和制造得多么精巧,最终都要适应其使用的环境,能在该环境的实战中稳定地发挥作用,取得比其他兵器更大的歼敌效果。瞄准镜的对环境的适应性最终必须靠环境试验来检验,这是关系到士兵生命的重要问题,对这一点不能有丝毫的含糊。例如,有的在平原地区使用得非常好,但不能想当然地认为它在高原地区使用时会表现得同样好^[20]。

表 1.1 环境试验设备三个发展阶段

阶段	时间	特点
摸索阶段	1914 年到 20 世纪 50 年代	在这一阶段中,经历了两次世界大战,一些军用器材和装置在战争现场使用和储存期间,频频出现损坏和失效现象。研究发现,气候、运输和储存条件是造成这些损坏和失效的主要原因,引起了各国军方的重视。为求在短时间内获取试验结果,以利改进军用器材和装置的性能,一些工业发达国家开始环境试验设备的研制和生产。这一阶段的环境试验设备都是单因素的,结构十分简单
发展阶段	20 世纪 50 年代末到 70 年代中期	在这一阶段中,各国的环境试验设备制造业得到飞速的发展,其特点是设备品种增多,规格日趋齐全;设备结构设计水平明显提高;设备由单因素发展到多因素;讲究结构布局的合理性;进行了热工设计;注意了气流组织。设备的主要性能指标之一的温度均匀性有了很大提高;自动控制技术发展到一个新的阶段;设备体积缩小,控制精度进一步提高,程序设定器逐渐完善,增设了各种安全保护装置,使设备的模拟性和重现性得到改善
完善阶段	20 世纪 70 年代 后半期以来	在这一阶段中,综合环境试验设备问世,开始了动态综合环境模拟试验的新阶段,表现在温度变化过程受控,环境模拟更为逼真;气候环境与机械环境综合;采用数字式随机振动技术。其技术基础是大规模集成电路技术的迅速发展、微处理机的广泛应用和数字式随机振动技术的发展。新技术的应用使环境试验设备的模拟性、加速性和重现性得到了充分的保证,使环境试验设备发展到一个前所未有的新高度

如今,集成电路的可靠性在军用产品的地位和产品本身的质量要求已经同等重要,如何提高和保证军用电子产品的可靠性已经成为电子产品生产和军品研究部门的共同研究课题,而微电子封装的可靠性是保证军品电子产品整体可靠性的技术关键^[21]。红外瞄准镜在使用服役过程中,所遇到的温度冲击不应该忽视,从我们国家的北部漠河到南部群岛,最大温度波动接近 100℃,电子封装及电路板组件在工艺或服役过程中,因为环境温度过高引起热膨胀,在封装结构内产生热应力应变,从而导致电子封装的电、热或机械失效,所以军用红外瞄准镜控制电路可靠性是该技术领域的关键,研究和分析电子封装的可靠性,也是当前各个相关研究机构的重点研究课题^[22]。

根据美国 MIL-STD-810F 标准,我国军用环境试验标准《军用设备环境试验方法》(GJB150—86)和《红外探测器试验方法》(GJB1788—93)所提供的材料和有关试验资料,微光和红外瞄准镜在振动、冲击、温度和跌落等环境试验条件下可以综合叠加产生以下故障^[23]:(1)引起系统光路设计参数变化;(2)引起主物镜破裂;(3)引起零位移走动及零部件的卡死或松动;(4)引起镜身壳体收缩或膨胀;(5)引起阴极材料发射性能下降;(6)引起红外探测器性能变化;(7)热膨胀使得电路封装结构内产生热应力应变,从而导致电子封装的电、热或机械失效;(8)引起图像噪声污染严重。

1.1.4 环境试验对红外光学材料的影响

红外光学材料都是无机非金属材料,它的最大特点是脆性,与传统的结构陶瓷特点非常相似,因而应归类为陶瓷材料的范畴进行研究。在红外光学材料的应用中,除光学性能必须要考虑以外,力学性能、热学性能和化学性能也要同时考虑^[24]。尤其是在严酷环境中使用的窗口镜体、整流罩等光学部件,力学性能和热学性能则体现在抗热冲击的能力、抗砂粒腐蚀和抗雨滴腐蚀的能力上^[25]。

当红外光学部件受到高温冲击时,例如安装在高速运动的导弹上的整流罩和红外瞄准镜物镜窗口部件等,主要承受空气动力学压力诱导的机械应力和加热诱导的热应力,如果这些应力超过了光学部件所承受的应力,就会使光学部件断裂,使得仪器设备不能正常工作,甚至损坏^[26]。

1.2 瞄准镜及光学材料多环境试验的必要性

在军事军备激烈的市场环境和全球化的背景下,产品要迅速成功地占领市场,就必须注意产品环境适应性和可靠性^[27]。我国在 20 世纪 80 年代

起开始重视产品的环境适应性和可靠性问题,并基本上按照美国军用标准体系颁布实施了与之相应的国家军用标准(民用系列标准等效采用 IEC 标准),这些标准的颁布实施对我国的军用和民用产品的环境可靠性试验的开展起到了很好的推动作用,而这些环境可靠性试验的开展又极大地提高了我国军用和民用产品的可靠性和环境适应性,并直接导致了产品质量的提升。然而,由于种种原因,国内的产品研制单位对环境和可靠性试验的认识存在一定误区,基本上是按照标准“照方抓药”,没有真正理解对产品进行环境可靠性试验的意义,没有将环境、可靠性试验看作一个可使产品增值的过程。因此,很有必要深入地探讨有关环境可靠性试验的各种相关问题^[28]。

近几年国内在光学材料及瞄准镜成像系统的研究上投入了很多资金,希望赶上西方国家,达到世界水平。但由于基础性研究上的不足,国内能生产像增强器的企业很少,瞄准镜与光学部件材料的研制、生产和热性能研究没有较大突破,红外探测器几乎没有生产能力,综合环境试验与检测系统技术相对落后,基本上都是采用人工的方法进行检测,人为误差较大,所以展开该方面的研究工作很有必要。

1.3 国内、外多环境试验技术发展对比与分析

发达国家环境试验工作开展得较早,试验和评价标准较齐全。由于军品在使用环境严酷度和性能要求方面的差异,特别是美国制定的军用环境试验标准较为科学与系统。目前,许多国家还制定了环境试验标准,总的来说,这些标准大同小异,国外已将兵器环境试验标准化^[29]。

1.3.1 国外瞄准镜及光学材料多环境试验

第二次世界大战后,西方国家,特别是美国建立了一系列的环境试验场及实验室,制定了环境试验标准。美军规定所有武器装备、零部件和材料以及弹药都必须先送到环境实验室进行模拟环境试验,再送到环境试验场进行实地环境试验,只有通过了这些试验才能正式交付部队使用。

美国是目前试验场最多的国家,仅材料试验协会就设立了 45 个试验场,并形成暴露试验网体系和大规模的天然环境暴露试验中心;美国国家标准与技术研究院共有 6 个暴露试验场;国家陆海军环境试验体系在全球共有 4 个试验中心和 16 个暴露试验场;美国军用工程塑料自然环境中心建有

6个暴露试验场;美国南佛罗里达试验服务中心在国内外共有8个暴露试验场;美国北卡罗来纳州拉奎腐蚀技术研究中心在柯尔海滩有2个大的海滨和海水暴露试验场;美国迈阿密亚热带试验中心有4个气候类型的暴露试验场。1962年编制出版:MIL-STD-810A,1978年修订出版:MIL-STD-810C,1981年编制出版:MIL-STD-810D/E,1986年编制出版:MIL-STD-810E,2000年编制出版:MIL-STD-810F,《美国陆军装备试验操作规程》(MTP/TOP),《国际试验操作规程》(ITOP),《国防装备环境指南》(AECTP-100)。

日本的天然环境暴露试验遍及全球,其中“桃子暴露试验场”闻名于世,功能齐全,1970年7月29日建立的,并得到日本通商产业省的认可,成为法人资格的国家级天然环境试验中心;1992年2月21日,日本又在冲绳岛以南300km、四周被珊瑚海所包围的最南端、几乎靠近北回归线的地域,建立了宫古岛暴露试验场。

苏联的天然环境暴露试验场也遍布远东、中亚、南高加索、中央地带和北极地区。为求配套,还在古巴、越南、印度、缅甸和非洲暴露试验站继续保持业务联系,进行试验研究工作。制定并发布了环境试验通用标准ГОСТ20.57-406-89和ГОСТ16962.1/16962.2。

英国总共有各类暴露试验场40个左右,仅钢铁研究协会就有8个,其中最大的当数英国日太公司的克林顿暴露试验场。还专门建立了热带暴露试验场。另外,还在西非、新加坡、纽约市郊、澳大利亚海滨等不同地点建立了规模不一的暴露试验场^[30]。制定并发布了英国军用标准DEF-00-35。

1.3.2 国内瞄准镜及光学材料多环境试验

我国的军用环境试验标准化工作起步较晚,20世纪80年代各部门依据自身需要,参照国外相关标准制定了一些自然环境试验方法标准。由于缺乏统一规划,标准不成系统,交叉重复甚至互有冲突。1986国防科学技术工业委员会年制定并发布了《军用设备环境试验方法》,命名为GJB150.1—86。1990年以后有继续完善军用设备环境试验方法,制定并发布了六份标准,具体如下:

- WJ2020《兵器产品环境试验方法 总则》;
- WJ2155《兵器产品环境试验方法 大气暴露试验》;
- WJ2156《兵器产品环境试验方法 贮存试验》;
- WJ2358《兵器产品环境试验方法 海面环境试验》;