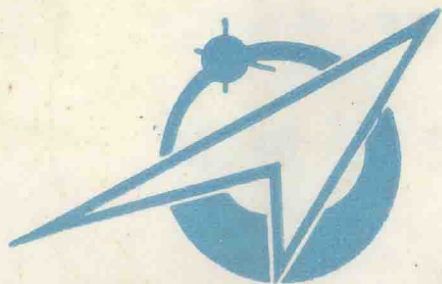


可靠性工程教材之(六)

6



可靠性环境 工程概论

中国航空学会 科普与教育工作委员会

可靠性工程教材之(六)

环境工程概论

王德言

中国航空学会 科普与教育工作委员会

1984.8.

说 明

为了满足广大读者学习可靠性工程的需要，我们组织编写了这套可靠性工程教材，内容包括《可靠性的数学基础》，《系统可靠性分析与设计》、《系统可靠性数字仿真》、《失效模式影响及其后果分析》、《可靠性数据处理与寿命评估》、《环境工程概论》和《可靠性工程专题选编》等七册。

这套教材在编写过程中，力求作到内容由浅入深、讲述详细、文字通俗，并侧重于实际应用。书中安排有较多的实例和习题，还附有计算机程序、各种图表和有关标准。因此，这套教材可供开设可靠性工程有关课程使用，也可供从事可靠性工程的技术人员和大专院校师生参考，并适合于自学。

这套教材由北京航空学院第一研究所负责编写，并得到航空工业部三〇一研究所的帮助。在编辑出版过程中还得到航空工业部六一二研究所的大力支持和帮助，在此一并致谢。

中国航空学会科普与教育工作委员会

一九八四年四月

目 录

前 言	(1)
第 1 章 环境条件及环境失效	(4)
§ 1.1 环境条件及分类	(4)
§ 1.2 环境条件分析	(5)
§ 1.3 气候环境因素的变化规律	(6)
§ 1.4 环境因素引起产品失效问题简介	(12)
§ 1.5 振动环境因素引起产品失效机理的分析	(23)
§ 1.6 温度环境因素引起产品失效机理的分析	(30)
§ 1.7 低气压环境因素引起产品失效机理的分析	(39)
§ 1.8 湿度环境因素引起产品失效机理的分析	(48)
第 2 章 环境条件及环境试验方法标准化	(61)
§ 2.1 气候环境条件标准化方法	(61)
§ 2.2 几种振动环境条件标准化方法简介	(63)
§ 2.3 冲击脉冲时间标准化	(66)
§ 2.4 试验方法标准化的基本要求	(82)
§ 2.5 加速试验方法	(82)
2.5.1 加速振动试验方法	(83)
2.5.2 加速温度试验实例——航空陀螺电机 加速寿命试验	(88)
第 3 章 可靠性环境试验条件的编制	(102)
§ 3.1 编制可靠性试验条件的一般要求	(102)
§ 3.2 环境条件及工作条件的内容	(103)
3.2.1 工作条件编制时必须注意的问题	(103)
3.2.2 环境条件的编制	(105)

§ 3.3	环境试验条件(用于可靠性验收,可靠性鉴定)编制实例	(106)
第4章	环境控制与环境模拟	(127)
§ 4.1	动力振动控制和动力阻尼	(127)
§ 4.2	振动与冲击的隔离	(133)
§ 4.3	温度与气压环境条件控制	(141)
§ 4.4	环境模拟	(142)
§ 4.5	磁带随机振动技术	(150)
第5章	可靠性环境试验	(152)
§ 5.1	环境试验分类	(152)
§ 5.2	可靠性研制试验和可靠性增长试验	(156)
§ 5.3	可靠性筛选试验	(158)
§ 5.4	现场试验	(171)

前 言

环境工程又称环境技术，它是可靠性工程的一个组成部分。

根据定义，产品的可靠性是指产品在规定的环境及工作条件下，在规定的时间内完成规定的任务的能力。由此可以看出环境条件是产品可靠性的前提，环境条件不确定就无法进行可靠性研究。

环境工程是研究环境条件及其包含的各种环境因素；研究各环境因素对应的环境应力及描述各环境应力水平的环境参数；研究环境应力引起产品失效的模式及机理；研究环境保护，环境控制，环境模拟及环境设计的一门科学。

由于环境因素很复杂，有气候环境因素，机械环境因素，化学环境因素，生物环境因素，电磁环境因素等等，因此环境工程是一门综合性很强的边缘学科。

各种环境因素的作用使产品大量失效。例如，第二次世界大战期间美国运至东南亚战场的电子、电器产品，60%还没有使用就损坏。美国的统计资料表明，仅就大气环境因素这一项造成的损失每年就高达700亿美元。联合国贸易中心提供的资料表明，在发展中国家，由于对运输环境研究不够，采取防护措施不力，环境控制不严所造成的损失占产品总利润的30%。

我国运往西藏的易碎性产品，由于包装耐运输环境能力不够，加上运输环境条件控制不严，产品损失60~90%，个别产品100%损坏。

据美国现场统计，产品失效中有52%是由于环境因素造成。我国某一部门1971年对机载产品的失效分析，发现52.7%的失效与环境因素有关。

通过环境工程的研究，提供环境防护和控制的科学方法，是提高产品可靠性的重要途径。因此，各国在环境工程投入了大量的人力物力，组织了专门的学术机构。

环境工程与可靠性的关系可用框图表示如图0.1。

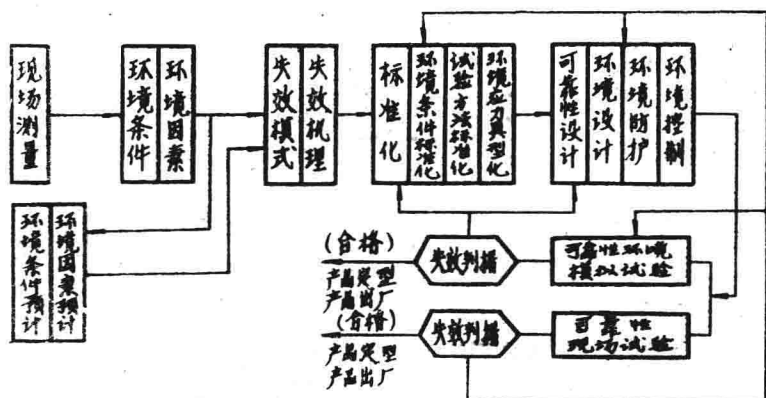


图0.1 可靠性环境工程框图

环境工程涉及的科学领域太广，不可能在本书中把所有问题阐明，只能就环境工程中几个主要问题作一初步的探讨，给读者一个环境工程的概貌和解决问题的思路。故称《环境工程概论》。

本书分为五章。第1章，环境条件及环境失效。重点介绍温度、振动(含冲击)、湿度、高度等几个环境因素引起失效的模式及失效机理。第2章，环境条件及试验方法标准化。简单介绍标准化的原因、原则、根据和方法，以及几个标准化的实例。第3章，产品环境试验方法的编制。通过实例对从产品的典型战斗任务到试验条件的过渡进行探讨。这个问题是环境工程中目前最难办的问题，它直接影响室内试验结果与现场使用的可靠性指标的接近程度。也可以说这是试验成败的关键问题之一。第4章，环

境控制与环境模拟。主要介绍环境模拟、环境控制及几种环境试验设备。第5章，可靠性环境试验。简介各种可靠性试验，重点介绍可靠性试验中与环境工程有关的问题。

由于编者水平限制，难免有错误和不妥之处，望读者批评指正。本书在编写过程中得到杨为民、戴慈庄、刘亢虎、许凡等同志的指导和帮助，在此深表谢意。

第1章 环境条件及环境失效

§1.1 环境条件及其分类

环境条件——人或产品赖以生存或存在的空间、时间状态。包括所处空间的物理、化学和生物条件及其变化规律。

环境因素——可以用各种环境应力来描述，由其组合成环境条件的各种因素。如温度、振动等。

环境应力——表征环境因素对产品影响且被量化的物理、化学及生物特征值。

环境条件给产品无一例外地施加影响。因此环境条件就成为产品设计、试验、鉴定、环境模拟、环境控制的依据。

环境条件可分为四大类：

自然环境条件——由大自然造成的大多数气候环境条件。如风、雨、云、雾、雷电、生物、地震等等均属这类。

感应环境条件——由人类生活、生产、战争和科学研究活动造成的环境条件。如振动、冲击、恒加速度、有害性气体、噪音等等。

人为环境条件——由于战争活动，或某些特殊的需要而有意造成的环境条件。如爆炸、核辐射、电磁辐射等等。

地域环境条件——与地球的纬度、地形地貌有关的环境条件。如热带雨林，气温高、湿度大、植物茂密、动物多、微生物生长快、太阳辐射强。这类环境条件的详细分类情况如表1.1所示。

环境条件诸环境因素中，有些环境因素出现的频率低，总次数少，如果该因素的应力强度又低，就可以不考虑。经常出现的（频率高），强度大的环境因素将会给产品造成较强的影响就不能忽略。例如出现时间很短的极限气温，对有遮盖的篷内产品影响很小，就可以不考虑其影响。

研究环境因素的变化规律也是很重要的，如描述机械环境因素振动的参数是振幅、时间和频率。按其变化规律不同，可分为扫频正弦振动、定频正弦振动、迫振、随机振动、声振等。各种振动对产品的影响不同，不能同等对待。

各环境因素的相互作用也关系甚大。如，适当的温度和湿度会使霉菌作用加剧，高温和高湿会使腐蚀和氧化增加。气候环境条件与一定的地形地貌相对应就可造成某些环境因素加剧。例如风，在沙漠中，就会引起风砂、风尘甚至尘暴、砂暴，这就可能使任何产品失灵，造成毁灭性的损失；在海洋上就会造成盐雾；风在低温区就可能使降温加快，产品上的最低温度降低。而与地域有关的环境条件，如雷电与冰雹则集中在纬度 45° 地区等。

§1.3 气候环境因素的变化规律

气候环境条件随地球的纬度、高度、季节、一天的早晚以及随地域均要发生变化。

图1.1 给出部分气候环境因素极值随纬度变化的情况。

图1.2 给出部分气候环境因素极值随纬度高度的变化情况。

图1.3 给出最低气温随高度及季节变化的情况。

图1.4 给出最低气温随晨晚变化的情况。

图1.5 给出最高气温随晨晚变化的情况。

图1.6 给出相对湿度随地域变化的情况。

图1.7 给出某些环境因素随温度变化的情况。

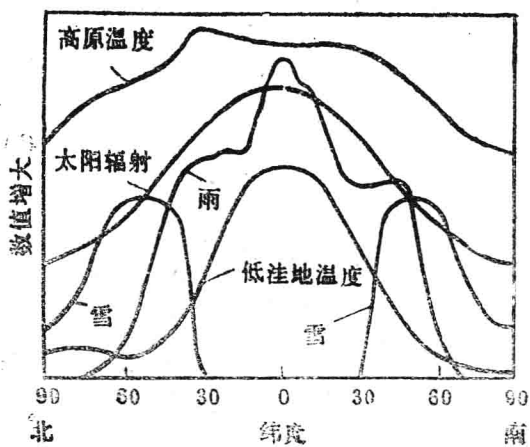


图1.1 环境因素极值在不同纬度上的分布^[6]

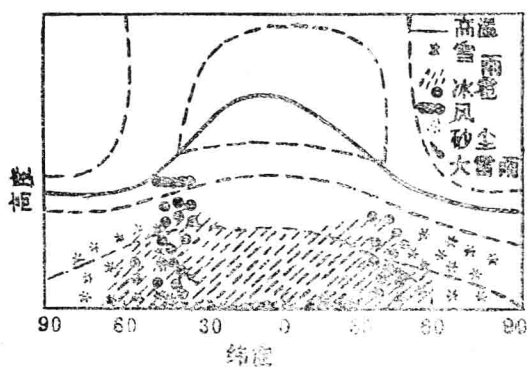


图1.2 环境因素极值的半空间分布^[6]

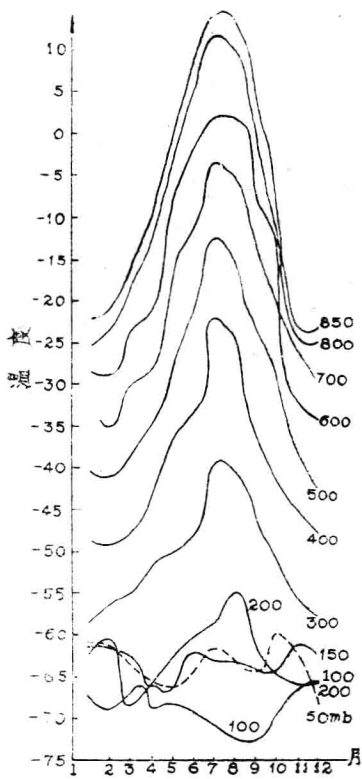


图1.3 最低温度分布年变程

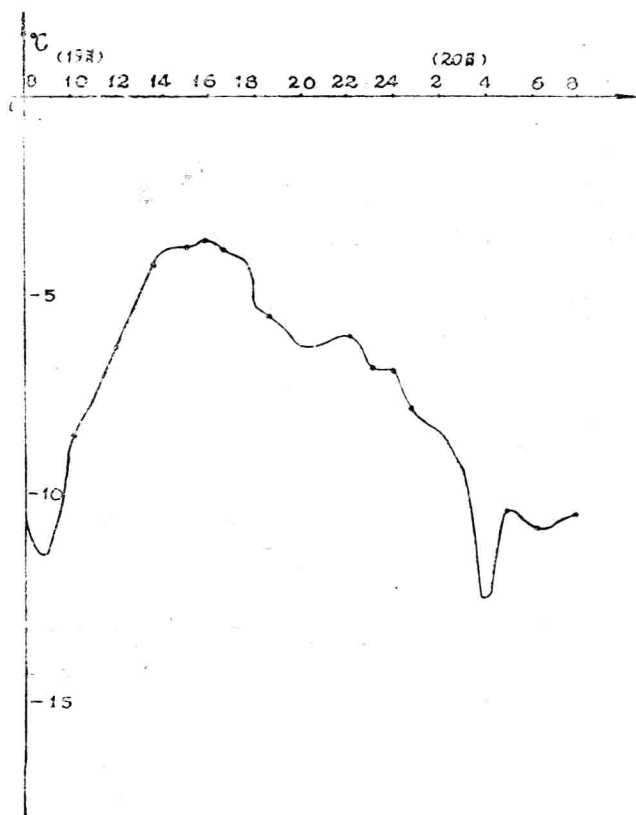


图1.4 内蒙古毕克麦机场1975.1.19.~
1975.1.20.气温变化

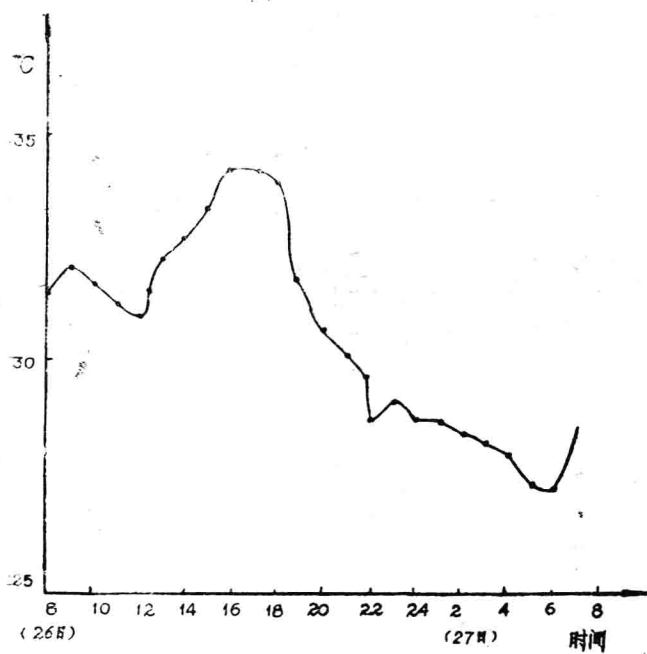


图1.5 安徽芜湖机场80年7月26日~
7月27日气温变化

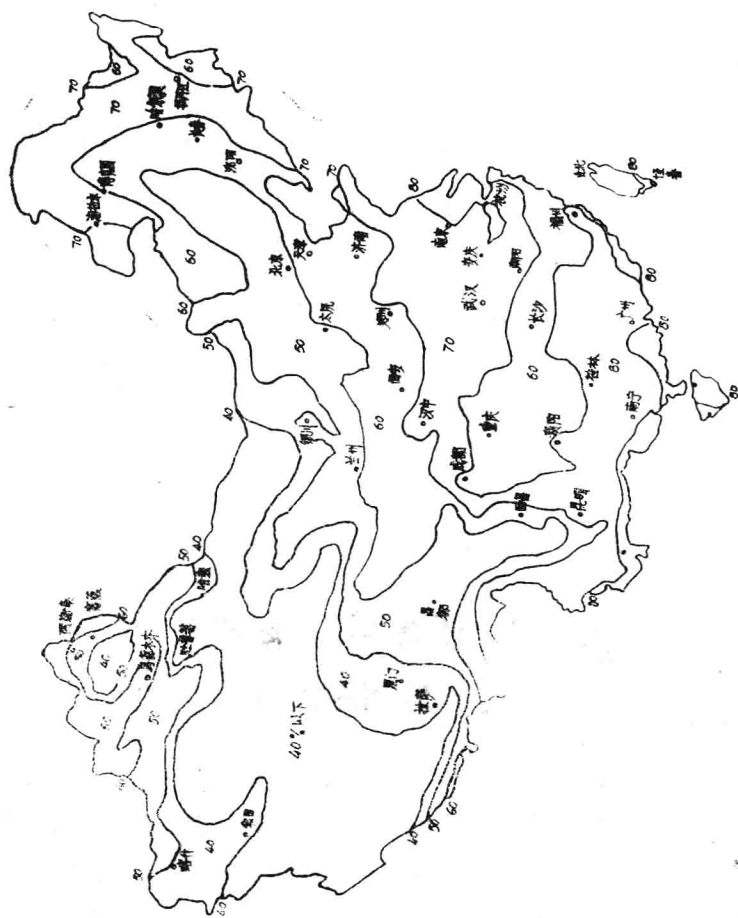


图1.6 年平均相对湿度地域变化 (图给数字均为相对湿度以百分数表示的数值)

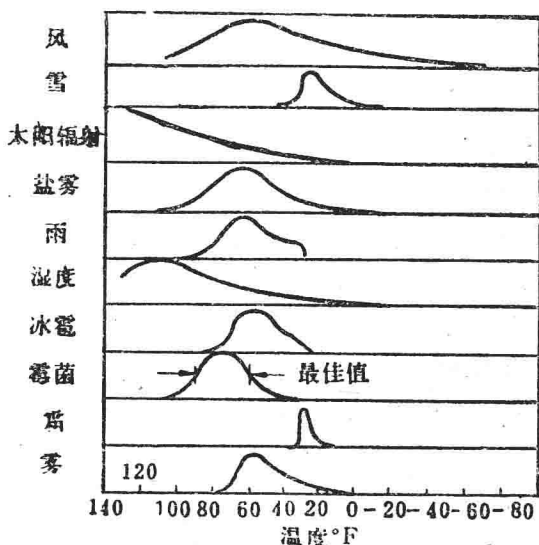


图1.7 环境因素与温度的对应关系

§1.4 环境因素引起产品失效问题简介

环境因素对产品产生影响的效应是复杂的，而且往往是综合性的。有的影响至今还未研究清楚。这些影响，可分为两大类：一类是对结构的影响。由于环境应力的作用使产品的机械结构损坏，使构成产品的零、部件完不成预定的功能，引起产品失效。另一类是对产品性能的影响。由于环境应力的作用，使产品不能完成预定的功能或其特征参数超过允许的范围。

下面用列表的形式说明环境因素对产品影响的效应及失效模式。

表1.2列出单个环境因素引起产品失效的模式及环境应力引