

国外机械工业基本情况

国外机电产品环境技术

机械工业部广州电器科学研究所 编

机械工业出版社

一九八六年

内 容 简 介

本书为《国外机械工业基本情况》的《国外机电产品环境技术》分册。全书共四章，扼要介绍了国外机电产品的环境条件分类，环境试验方法及其应用情况；并以电工产品为主，分类介绍了环境保护技术的研究、应用和发展前景；还对国外环境试验设备制造业的情况作了简单介绍。本书可供有关专业，尤其是与产品质量检查和管理有关的科技人员、管理干部和教学工作者参考。

国外机电产品环境技术

机械工业部广州电器科学研究所 编

机械工业部科学技术情报所编辑

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

北京人民印刷厂印刷

机械工业出版社发行·机械工业出版社经销

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $4^{1/4}$ ·字数 100 千字

1986 年 9 月北京第一版·1986 年 9 月北京第一次印刷

印数 0,001—2,500·定价: 1.65 元

统一书号: 15033·6893Q

机械工业部科学技术情报研究所编辑

出 版 说 明

机械工业肩负着为国民经济各部门提供技术装备的重任。为适应四化建设的需要，必须大力发展机械工业。上质量、上品种、上水平，提高经济效益，是今后一个时期机械工业的战略任务。为了借鉴国外机械工业的发展道路、措施方法和经验教训，了解国外机械工业的生产、技术和管理水平，以便探索我国机械工业具有自己特色的发展道路，我们组织编写了第三轮《国外机械工业基本情况》。这一轮是在前两轮的基础上，更全面、系统地介绍了国外机械工业的行业、企业、生产技术和科学研究等方面的综合情况，着重报道了国外机械工业七十年代末和八十年代初的水平以及本世纪末的发展趋向。

第三轮《国外机械工业基本情况》共一百余分册，参加组织编写的主编单位包括研究院所、工厂和高等院校共一百余个，编写人员计达一千余人。本书为《国外机电产品环境技术》分册，主编单位为机械工业部广州电器科学研究所，主要执笔人黄竞成、陈新珩，参加编写的人员有戚惠春、蒋洪富、黄先本、李洪振等。责任编辑陈起。

机械工业部科学技术情报研究所

目 录

第一章 综述.....	1
1. 机电产品环境技术的定义与研究内容.....	1
2. 机电产品环境技术的发展历史.....	1
3. 机电产品环境技术的发展动向.....	3
第二章 机电产品的环境条件与环境试验.....	6
1. 关于环境条件的研究.....	6
(1) 环境条件的分类.....	6
(2) 环境因素的分类和分级.....	7
(3) 使用环境条件.....	10
2. 关于环境试验方法的研究.....	11
(1) 天然暴露试验.....	11
(2) 人工模拟试验.....	12
(3) 国外若干人工模拟环境试验中心及先进试验设备介绍.....	14
(4) 环境试验方法的标准化工作.....	18
3. 关于环境试验的具体应用.....	23
(1) 材料的鉴别和筛选.....	23
(2) 元器件和设备的可靠性评价.....	23
(3) 考核材料和产品环境适应性的鉴定试验.....	25
参考文献	
第三章 产品与环境防护技术.....	27
1. 不同环境下的腐蚀和防蚀技术.....	27
(1) 环境和防蚀.....	27
(2) 国外机电产品的涂漆层.....	28
(3) 水下和地下工程设施的阴极保护.....	31
(4) 高压输电线路铁塔、架空裸线和线路金属附件的防蚀.....	31
(5) 微生物对金属材料的腐蚀.....	32
参考文献	
2. 环境和电气绝缘技术.....	35
(1) 低压旋转电机的耐湿绝缘.....	35
(2) 高压交流电机的耐湿绝缘.....	36
(3) 电动机的耐油绝缘.....	36
(4) 电气绝缘材料的耐放射性.....	36
(5) 耐高温 (300℃ 以上) 的电气绝缘.....	37
参考文献	

3. 严酷环境下用的旋转电机.....	40
(1) 耐温300℃及以上的电动机.....	40
(2) 耐低温-80℃的电动机.....	40
(3) 超低温液化天然气中运行的特殊型潜液电泵.....	40
(4) 深水吸泥泵用潜水电动机.....	40
(5) 铝矿用的户外电动机.....	41
(6) 面向干湿热带发展中国家的.....	42
(7) 水泥厂用大型电动机.....	42
(8) 新系列开启式户外用中型F级绝缘电动机.....	42
(9) 石油工业用H级中型特殊直流电动机.....	43
(10) 寒带用防爆型电动机.....	43
(11) 气体冷却型原子反应堆用的供气电动机.....	44
4. 严酷环境下使用的开关控制装置.....	44
(1) 低压开关控制装置的耐地震性.....	44
(2) 3.3~33千伏级开关控制装置的耐环境性.....	44
(3) 高压开关控制装置的耐环境性设计和集装箱式全气候型变电站.....	46
参考文献	
5. 严酷环境下使用的变压器.....	49
(1) 热带型变压器.....	49
(2) 现代城市用防火防爆无污染型变压器.....	49
(3) 符合防火防爆等要求的干式变压器.....	50
参考文献	
6. 严酷环境下使用的电线电缆.....	51
(1) 生物对电缆的危害作用及其防护.....	51
(2) 海上采油平台用液压电缆.....	51
(3) 海上采油平台用耐火电缆.....	51
(4) 耐燃电缆.....	52
(5) 核电站工作条件下用的电缆.....	53
(6) 可挠性耐热难燃电线.....	54
(7) 耐热200℃的可挠性氟素树脂电线.....	54
(8) 防火的布线.....	55
(9) 氧化铝耐高温绝缘和轻型导线.....	55
参考文献	
第四章 环境试验设备.....	57
1. 国外环境试验设备制造业和市场情况.....	57
(1) 美国.....	57
(2) 日本.....	58
(3) 联邦德国.....	59
(4) 法国.....	60

2. 气候环境试验设备向系列化、装配化发展.....	60
3. 可靠性试验的普及促进了对振动环境试验设备的需求.....	61
4. 环境试验设备用仪器系统的新发展.....	63
(1) 环境试验设备微型计算机程序装置的发展.....	63
(2) 环境试验设备用传感器技术的发展.....	63

参考文献

第一章 综 述

1. 机电产品环境技术的定义与研究内容

机电产品环境技术是研究环境对机电产品的影响，并解决产品在贮存，运输和使用中质量问题的一门学科，它不仅与许多基础科学如气候学、生物学、有机化学和无机化学、物理学、电工学、电子学有关，而且与各种专业产品的工程学科有关。工业产品的环境技术广泛应用于各种轻、重工业及军工、国防和宇航工业之中。

相应的学科在英国称为“环境工程”(Environmental Engineering)；在美国称之为“环境科学”(Environmental science)，其应用对象包括军工、宇航及其他工业产品等。

机电产品环境技术的研究内容，包括以下几个方面：

- (1) 研究各种环境条件因素对机电产品所产生的影响和作用机理；
- (2) 对各种环境条件因素进行分类、分级并制定环境条件的标准；
- (3) 研究控制环境的方法；
- (4) 机电产品环境适应性技术及使用可靠性的研究；
- (5) 研究并制定考核产品用的各种天然暴露试验和人工模拟试验方法；
- (6) 研究在实验室条件下解决上述问题的手段，如试验设备的研制、测试技术的发展及试验数据的采集和处理等。

2. 机电产品环境技术的发展历史

(1) 欧美国家环境技术的发展历史

早在三十年代初，一些工业先进国家如英、德、美等开始在材料的筛选和金属防腐的研究中应用了简单的环境试验，如温度，湿度试验等。电工产品的环境防护研究始于四十年代，文献中见到的最早的热带防护研究是针对热带工业建设中的电力设备。当时英国和法国曾举办过国际热带防护会议交流这方面的研究成果。最早在电机产品的标准文件中提及热带防护的是英国。

美国的热带防护研究始于国防部门，当时，这项工作被称为“材料和产品的劣化防护”。其主要研究内容是对材料和产品可靠性有影响的各种环境因素的作用机理，试验方法及各种防护措施。为了及时交流和协调劣化防护方面的研究成果，1954年在国防部的资助下美国科学院成立了“劣化防护情报中心”(简称PDC)。到了五十年代末期，根据研究内容的发展，“劣化防护”的名称逐渐被“环境防护”所替代。五十年代中叶，美国开始酝酿组织环境技术学术团体，从1953年开始筹备美国环境设备学会(EEI)以来，几经变迁，到1959年4月正式成立了“环境科学学会”(Institute of Environmental Sciences)，简称IES。

六十年代，美国开始了探索宇宙的新阶段，从此 IES的研究项目大增，诸如机械环境试

验、电磁兼容性试验、太阳辐射环境、宇航飞行员的人体环境适应性等都成了 IES 新的科研项目。七十年代以来, IES 逐渐将研究内容扩展到能源利用及生态环境, 随后又将美国的污染控制协会并入 IES。从此美国的环境科学便从产品的“环境保护”发展到以“认识、应用和改造地球和宇宙环境, 使之有利于人类生存活动”为目标的一项新兴学科。

IES 下属的业务部门有五个, 它们是:

- ① 设计试验和评价;
- ② 产品可靠性;
- ③ 污染控制;
- ④ 能源和环境;
- ⑤ 宣传教育。

“设计试验和评价”及“产品可靠性”两部门主要致力于研制和生产可靠性高的电工电子和机械产品; “污染控制”部门从事旨在减少和防治环境污染的技术、设备和措施的研究; “能源和环境”部门主要研究和解决人类对能源日益增长的需求同由于矿物燃料可获量减少和其他能源存在技术问题之间的矛盾, 同时还负责如何保持生活环境的质量问题的研究; “宣传教育”部门主要任务是不断改进情报交流的手段和方法, 及早宣传与推广新的科研和生产成果。

从 IES 历年的活动来看, 美国的环境科学主要包含以下两大领域:

其一是研究环境对工业产品的影响(如腐蚀、老化、机能失效等)以及产品如何适应不同的环境、在特定的使用环境中保持高度的可靠性;

其二是研究人类活动(工业、农业、商业、生活等)对环境的影响, 研究各种环境对人类本身及动植物界的影响以及对环境污染的控制和改造。

在这两大领域中共性的问题是了解环境(如对环境因素的测定)和模拟环境(即在一定的空间中人为地创造出某种特定的环境)。

目前, IES 除定期出版会刊《环境科学杂志》和年会文集外, 还出版一些特种刊物, 如“航空与航天试验报告论文集”、“太阳能材料与系统试验论文集”、“环境应力屏蔽论文集”、“随机振动论文集”等。

近几年来, 美国国防部大力组织技术力量进行环境条件和试验方面的标准化工作, 同时还组织编写环境技术手册。这些基础性技术工作, 不但迅速提高了军用和宇航设备环境保护的水平, 同时也促进了民用工业产品环境保护技术的发展。

(2) 苏联和东欧国家环境技术的发展历史

苏联是在第二次世界大战后, 在船用电工的基础上开展电工产品的热带防护研究工作的。

1956 年苏联和东欧一些国家通过八国经济互助委员会(以下简称经互会)组织了气候防护协调委员会, 协调和统一热带防护技术的研究工作。他们先后在中国、越南等地进行了大量样品的天然暴露试验, 取得了不少宝贵的试验数据, 同时开展了热带气候分区、气候模拟试验和产品气候防护的研究工作。

六十年代中期, 参加经互会气候防护组织的几个国家的代表人物如苏联的马斯洛夫、民主德国的波尔、捷克的雷赫特拉等人分别就工业气候分区、电工产品的气候防护类型、气候试验的应用及气候防护技术等方面的研究成果, 撰写专题著作, 并在这些著作的基础上制订了指导生产的技术标准文件。其中有关气候分区的分析对西欧国家也有一定影响。

从文献和标准的内容可以看出, 苏联是通过研制各种气候防护型产品来研究和发展环境

技术的,也就是说,环境技术的研究成果体现在产品品种的发展之中。六十年代末,苏联对热带、寒带、化工等产品都作了详尽的规划,提出了标准化的技术参数,并且分别制订了指导生产的工艺性文件。直到70年代初,苏联国家标准中才出现通用的环境技术标准,即ГОСТ 16962-71“电工及电子产品机械和气候环境的影响。技术要求和试验方法”。在该标准中部分地引用了国际电工委员会(即IEC)68号出版物的环境试验方法。

东欧诸国在50年代开始热带防护研究,基本上是参照经互会所统一的标准形式。以后逐渐吸取西欧经验,并积极参加了IEC的国际电工标准化工作。七十年代后民主德国和捷克的环境试验标准基本上与IEC文件相一致。其中值得注意的是德国的标准化工作。1961年民主德国的波尔等与联邦德国的霍夫曼合作制订了气候分区标准DIN50019,目前IEC TC75委员会正在草拟的气候分区标准,基本上是以DIN50019为蓝本。

捷克的雷赫特拉在1968年所著《热带电气设备》一书中,主要是针对产品的热带化防护的。1972年在他的另一部专著《严酷环境下的电气设备的劣化》中,突出了按环境因素分类来叙述对产品的影响和防护。由此可见,捷克也从产品的气候防护转向共性的环境技术研究。

3. 机电产品环境技术的发展动向

(1) 机电产品环境技术在实际应用中,日臻成熟

五十年代中期,电工电子产品的“环境试验”专业在国际电工委员会的倡导下已经在国外的工程技术界受到重视。

六十年代,国外相继出现一系列用以表述本专业领域的不同术语,诸如“电气设备热带化”,“电气设备气候防护”、“电气设备热带防护”、“电工气候工艺学”等等。

实际上,问题不仅出在“热带”,范围也不只是电工产品,所以英国早已把这一领域称为“环境工程”,美国则称之为“环境科学”,和自然环境保护专业并驾齐驱。

不仅在“定名”问题上存在分歧和争议,在本专业领域内的许多具体问题上(如气候分区、因素分类分级、试验参数、人工和天然试验对比等),也存在着重大的学术争议。

尽管如此,本专业确实在实践中得到日益广泛地应用,并且在应用中大显身手和日趋成熟。

例如,人工加速的环境试验究竟能在多大程度上再现真实环境条件的影响,国外一直存在截然相反的论点,但是这并没有妨碍人工加速的环境试验已经成为实验室中发展机电新产品的必备手段,而且正在深入到机电产品的生产线上,成为质量控制的重要工具。

在发达国家中,七十年代末八十年代初的环境技术作为一门基础性技术,已经不存在要主动去“求”产品制造部门和自己“结合”,而是产品制造部门为了上水平、上技术、上品种必须主动求助、求教、求援于环境技术。

(2) 环境技术的各个领域正在发生重大的变化和转移

在基础理论方面,已经完成从定性试验到定量评价的跃变,正在从适应性试验向可靠性转移;

在应用的阶段上,已从产品的鉴定试验、验收试验提前到新产品的的设计论证阶段,即在产品投产前就可把握其对某种环境的耐久性;

在服务对象方面,已经从军工产品转向民用产品;从特殊环境(如热带、寒带、海洋等),

用的产品推广到普通产品；从电工、电子产品推广到各大类机械产品；

在试验方法上，已从早期以天然环境试验为主发展到天然环境试验和人工模拟加速试验相结合并以后者为主。在人工模拟加速试验中则从单项加速试验发展到同时及顺序施加多种环境应力的综合环境可靠性试验（CERT）为主；

在防护技术上，已从对地面天然气候热带、寒带等影响的防护发展到对深海、地下以及诱导的（非自然存在的）极高温、极低温、强腐蚀性介质、放射性等外层空间极端环境条件的防护；

在环境试验设备方面，已从小型、手控、目测的单因素人工气候箱发展为大型、高度自动化的多因素综合性的高级实验室装备；环境试验设备的研制正在从已往单项标准设备研制方式过渡到以系列化、标准化为主的工业性研制并逐步形成了采用现代化技术的环境设备制造业，成为新兴的“试验工业”的重要支柱；

在试验机构设置方面，正在从分散的、部门性的、各自为政的环境试验室发展为集中的、具有高度试验研究能力并面向社会的环境试验研究中心，和环境试验设备制造业共同形成了蓬勃发展的“试验工业”。

（3）在充分重视共性防护技术的基础上大力发展各种严酷环境用的“特殊型”产品。

在发达国家中，对环境技术的共性防护技术（如金属防护、器材防霉防蛀防咬、水下结构物的防生物污生、耐高低温和腐蚀性介质的电气绝缘、高低温下的润滑、耐振和防噪声以及测温、测湿、测压力等因素的传感器技术等）一直相当重视，从而大大提高了机电产品一般气候（包括热带）下的工作可靠性。

与此同时，随着人类活动领域的扩大（如海底矿物资源钻采、核发电工业、南极开发等），出现了机电产品必须适应在严酷性方面远远超过一般地面气候条件的“严酷环境”或“恶劣环境”的要求。七十年代末、八十年代初，若干发达国家在研制这种严酷环境或恶劣环境用机电产品方面取得了注目的成就，各种高效率、高可靠性的新系列“特殊”型机电产品基本上应有尽有。

（4）对环境条件的规定和环境试验的要求正详尽地出现在产品标准、规范或其他技术文件中，无视或轻视环境技术的错误倾向已经不复存在。

七十年代以来在若干发达国家中，在环境试验方法以及气候分区、产品分型等方面的标准化工作完成的基础上，及时地注意在产品标准中应用环境技术。

这一动向，在日本的电工行业出现得最为明显。七十年代日本新订或修订的电工产品（尤其是电器产品）国家标准中，都明确规定了使用环境条件及对基本环境试验的具体要求。这种作法的好处是：

- ① 制造部门不得不使用先进的环境技术；
- ② 各类产品可以根据自己的特殊性，规定出最合理的使用环境条件、环境试验项目和合格标准；
- ③ 用户在选用产品时，对产品的环境适应性一目了然，便于正确地选用，也便于提出特殊的使用环境条件要求制造厂加以考虑；
- ④ 绝大多数产品在一般气候环境方面的“通用性”程度提高了，这就减少了按气候类型派生多种专门系列的必要性，并得以把研究力量投到严酷环境或恶劣环境用“特殊型”机电产品的研制和发展上。

(5) 大力从事环境技术知识的总结提高和科学普及工作

何种环境因素对产品的哪一部分会产生危害；用什么试验方法可以迅速地模拟这种危害；如何防止这种危害；……这些问题已经成为现代技术产品的设计者、制造者和用户都必须了解的知识。

例如，为了满足广大工程技术界的迫切需要，美国的一个军用机构——美军装备总部 (Headquarters US Army Material Command) 在七十年代组织编写了一套详尽的“环境因素手册”作为《工程设计手册》的主要组成部分，供读者使用。这套“环境因素手册”由五个独立的分册组成：

第一分册：基本环境概念

第二分册：自然环境因素

第三分册：诱导环境因素

第四分册：生活系统环境

第五分册：环境术语

以第二分册为例，该手册中不仅对各种环境因素给出定性及定量的描述，给出了环境因素的测量方法、测量仪器及典型的实测值，还叙述了该环境因素对产品的影响机理及表现形式，介绍了避免或降低其影响的防护措施及验证防护措施是否有效的环境试验方法及设备。这套环境因素手册不仅是各类环境条件的汇总，而且是有关环境条件和环境试验专业各方面情报知识的全面系统的概括和总结，不失为现今环境技术领域一本难得的权威性情报资料。

苏联、美国，捷克等国自六十年代以来出版的有关机电产品环境技术的专著亦相当丰富，仅苏联公开出版发行的就有十余本。

第二章 机电产品的环境条件和环境试验

1. 关于环境条件的研究

(1) 环境条件的分类

在第二次世界大战后的三十多年内,环境条件与工业产品的关系,由于工业生产及科学研究领域的不断扩大,变得日益复杂和多种多样。为了便于研究,各国均将环境条件进行分类,先后曾有下列几种分类方法:

- ① 按自然气候环境条件分类,如湿热、干热、温和、寒冷、高原、海洋等;
- ② 按产品使用条件分类,如运输、贮存、使用等;
- ③ 按产品使用场所分类,如矿山、船舶、化工、车辆及户内户外等;
- ④ 按环境因素影响机理属性分类,如气候、机械、生物、电气及电磁、特种介质等。

上述分类方法中第一种是早期(四十年代至五十年代)的分类法,其范围仅限于自然气候因素。第二、三种分类法,环境因素的内容不够明确,且难免各种类别之间因素互相重复。第四种分类法基本上是七十年代国际电工委员会推荐的电工电子产品分类方法。按环境因素属性分类,因素不重复,比较科学合理。

在五十年代及以前,世界各国研究环境对产品的影响都侧重于自然气候,直到七十年代才开始综合全面地研究环境条件。

关于气候分类的研究

世界上对气候分类的研究最早始于1872年,当时只是从气候学研究的需要,按植物生态和气象水文进行气候划分,其中比较典型的是德国柯本(W. Koppon)气候分类法。柯本按温度、雨量及其年变化情况,将地面气候分为五个区,在区下又细分11种气候型。他的分类法在世界上得到广泛应用,成为后来其他工业气候分类的参考依据。

按照工业目的而进行的地球气候分类是为了使设计的产品能够经受一定的恶劣环境,而且能在这样的条件下进行工作。因此,这种气候分类不仅要考虑自然气候特征(如空气温度、相对湿度、水蒸气分压力、太阳辐射等),还要考虑不同气候条件对工业产品影响的特点及规律。目前,国际上为工业目的而对气候进行分类的方法很多,归纳起来,有以下两种主要方法:

第一种分类原理是按概率统计方法来确定自然界出现的环境因素值,然后在地图上标出这些极端值的分布供设计者参考。美国军用标准MIL-STD-210B就是按照自然环境中影响军用设备的主要参数,在世界范围内极值出现的或然率(或称风险率,即设备在这一极值下不能工作的概率),来确定产品设计用的准则。1972年修订的MIL-STD-210B中把环境条件分为工作状态和贮存状态两种,并分别规定了额定值。按照MIL-STD-210B标准设计的产品非常可靠,但成本太高,非军工或宇航等特殊产品一般不宜采用,但用或然率来确定环境参数极值的方法,值得参考和借鉴。

第二种分类原理是将自然界中的气候,按工业需要,根据几项主要的环境因素参数值分成不同的区域,这种方法通常被称为工业气候分区。比较著名的有以下几种:

①民主德国波尔工业气候分区。这种分区方法是以温度和相对湿度的组合值及其持续时间(即温度大于 20°C ,相对湿度大于80%,每天持续12小时的天数)来划分气候带。波尔分类法将地面气候划分为寒带、温带、干热带、湿热带、高原等五种类型。这种方法最早反映在民主德国标准 TGL6531-58(草案)中。1959年经互会华沙会议接受了波尔的分区观点列入标准文件。五十年代前后东欧各国基本上用波尔分类法作为产品防护类型的依据。

②捷克雷赫特拉的电工气候分区。雷赫特拉认为对电工产品起主要影响作用的因素是绝对湿度,应以绝对湿度出现月数多少作为区分气候类型的标准。按这种方法将地面分为寒带、湿带、湿热带、亚湿热带、干热带五种。

1972年雷赫特拉在他所著《严酷环境下电气设备的劣化》一书中,已不再提工业气候分区,而是按各种环境因素的劣化程度来分析自然环境。对每一种环境都按劣化程度分成良好、中等、不良和恶劣四个等级,然后在地图上标出这些等级分布的区域。

③联邦德国布歇尔特和霍夫曼工业设备气候分类法。这种分类法以气象数据中的年极端温度的多年平均值来划分气候区和产品气候防护类型。产品类型分成五类即:低级的“0”、标准的“N”、普通的“U”、综合的“P”、极端的“E”。很显然,布歇尔特的工业气候分类实际上是划分产品的防护类型,目的是使最少的产品类型满足多种气候地区使用。布氏分类法经IEC TC 75环境条件分类委员会补充发展后,在IEC出版物721-2-1《环境条件分类。第二部分。自然界中出现的环境条件。温度和湿度》中加以引用。

目前,已在国家标准中正式制定气候分区标准的有民主德国TGL9199-70《环境对工业产品的影响,气候分类。用于技术目的的地球气候分区》和联邦德国标准50019T 1-79《气候及其在技术方面的应用。工程气候。露天气候的标识和图示》。苏联设有制订专门的气候分区标准,而是在ГОСТ 15150-69《机器、仪表和其他工业产品按气候环境对其运行、贮存和运输影响而进行的分型和分类》中,把地球气候分为六大区,即寒带、温带、湿热带、干热带、温寒带海洋、热带海洋。经互会在77年制订的СТ СЭВ458-77《为工业目的而进行的地球气候分区》标准中,气候分区基本上与ГОСТ15150-69相同,只是增加了一类“极寒气候区”。

虽然以上各种分类的方法、参数、指标不尽相同,但目的都是为了制订产品的环境条件和气候防护类型,它是通过合并、归纳相似的几种气候类别后原则上都是选取其中最严酷的温湿度限值作为该气候类型的限值,从而使运输、贮存、安装和使用可能超出的温、湿度值的概率最小,达到既考虑实用性、经济性,又考虑产品的使用适应性的目的。

表1列出几个国家及国际标准化组织有关气候分类及产品的气候防护类型。

(2) 环境因素的分类和分级

环境因素*是组成环境条件的基础。它是指对产品有影响的某些物理的或化学的量。环境因素可以由一个单一的参数或几个参数的组合来表示。为了深入研究各环境因素的影响机理,以便用来指导使用环境条件的制订和环境试验的选用,有必要将众多的环境因素进行科学的分类和分级。

国际上对环境因素的典型影响效应已进行了大量的研究,基本上统一了认识。IEC TC 50

*IEC文件不用“环境因素”一词而用“环境参数”,其定义为“由一种或多种物理或化学特性可表示的量”。这里按我国习惯仍用“环境因素”。

的231文件总结了几种主要的单一环境因素的影响效应。有关潮湿的影响机理见图1。

与此同时，各国也注意对环境因素的综合影响进行分析，图2列出几种主要的气候因素和大气现象对材料性能和机器可靠性的综合影响。

表 1 几个国家和国际标准化组织气候分类及产品防护类型表

	国际电工委员会 IEC721-2 -1	经互会 CTC3B458-77	苏联国家标准 ГОСТ15150-69	民主德国标准 TGL9199-70	联邦德国标准 DIN50019.TI- (NOV.1979)
气候类型	①极冷 ②寒冷 ③寒温 ④热温 ⑤干热 ⑥温和干热 ⑦极干热 ⑧湿热 ⑨恒定湿热	①极寒 ②寒带 ③温带 ④湿热带 ⑤干热带 ⑥温寒带海洋 ⑦热带海洋	①寒带 ②温带 ③干热带 ④湿热带 ⑤温寒带海洋 ⑥热带海洋	①极冷 ②寒冷 ③冷温 ④温和 ⑤干热 ⑥极干热 ⑦湿热 ⑧交变湿热 ⑨极湿热	①寒带 ②温带 ③干热 ④湿热 ⑤海洋
产品气候防护类型	①局部的 ②普通的 ③普遍的 ④全世界	①寒带型F ②温带型N ③湿热型TH ④干热型TA ⑤干湿型T ⑥全陆地气候型U ⑦温寒带海洋型M ⑧热带海洋型MT ⑨全海洋气候型MU ⑩海陆全气候型W	①寒带型XM(F) ②温带型Y(N) ③湿热型TB (TH) ④干热型TC (TA) ⑤干湿型T (T) ⑥全陆地气候型O (U) ⑦温寒带海洋型M(M) ⑧热带海洋型TM(MD) ⑨全海洋气候型OM(MU) ⑩海陆全气候型B (W)	①标准型N ②寒冷型F ③干热型T A ④湿热型T H ⑤热带型T ⑥冷热型F T ⑦通用型U ⑧海洋型M (TGL 9200.1 (70))	①有限的W ②中等的G ③一般的U ④全气候的P ⑤极端的E ⑥寒冷的K ⑦海洋M

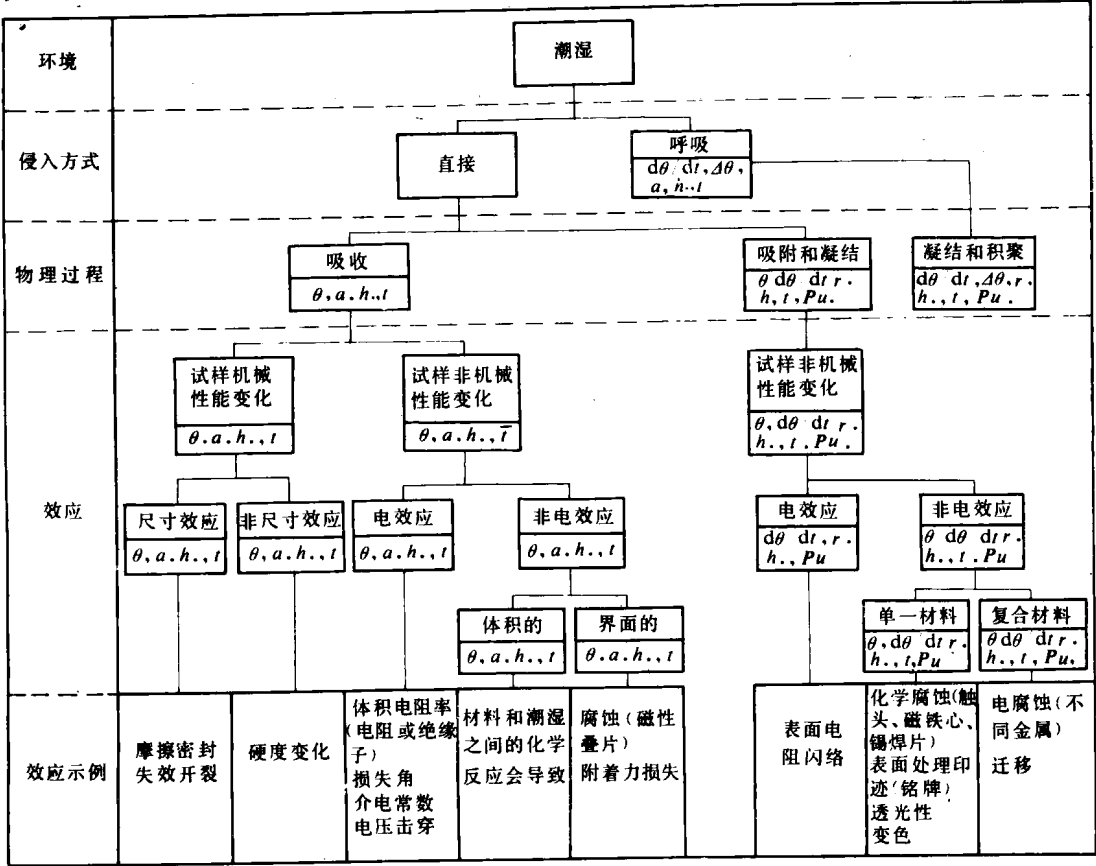


图1 潮湿效应图

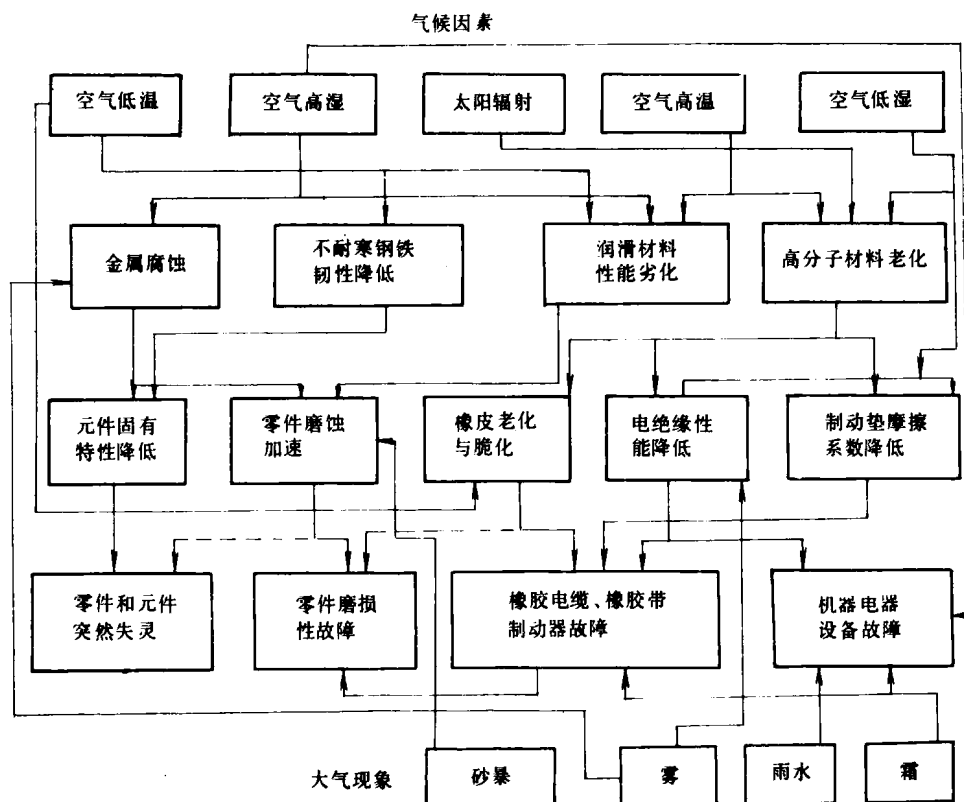


图2 主要气候因素和大气现象对材料性能和机器可靠性的综合影响

在1972年IEC TC 75环境条件分类委员会成立之前，有关环境条件分类、各种气候因素的影响机理以及名词术语等都由IEC TC 50环境试验分会以环境条件背景材料大纲的形式出现。1972年国际电工委员会决定成立“TC 75环境条件分类技术委员会”，承担制订适用于电气设备在运输、贮存、安装和使用的自然和人为环境条件分类的国际推荐标准的任务，并为各有关委员会按其工作条件选择分类的环境参数及严酷等级制订国际标准。

IEC TC 75所编制的文件是不考虑产品类型的通用标准，主要内容是阐明环境条件的基本概念、环境参数分类和分级以及这些参数组合应用的基本原理。其标准体系分为三大部份。

第一部份是环境参数的分类及其严酷程度的分级（即IEC 721-1出版物）。其中规定了电工、电子产品在运输、贮存、安装和使用中所遇到的环境参数及其严酷程度等级。整个环境参数被分成气候的、生物的、机械的以及电气和电磁的四大类，共有参数36个（参见图3），包括从高空到深海、温度从 -80 到 $+200^{\circ}\text{C}$ ，从人工控制的稳定条件到极端环境的各种复杂条件，每个参数按使用要求分成若干等级，供不同产品、不同使用场所选用，这种做法的主要优点是使环境参数值系列化和规格化。

IEC TC75标准体系的第二部分是“自然界中出现的环境条件”，包括7个分标准：①温度和湿度；②降水和风；③气压；④太阳辐射和温度；⑤尘埃、砂粒、盐雾、风；⑥地震的振动和冲击；⑦动物、植物、霉菌。目前只完成了“温度和湿度”、“太阳辐射和温度”。由七份标准组成的这套环境条件标准详尽地描述了全世界（不包括海拔5000米以上的地区）的自然环境条件。

在“温度和湿度”标准中全球气候被分成几种类型：极端寒冷、寒冷、冷温、暖温、干

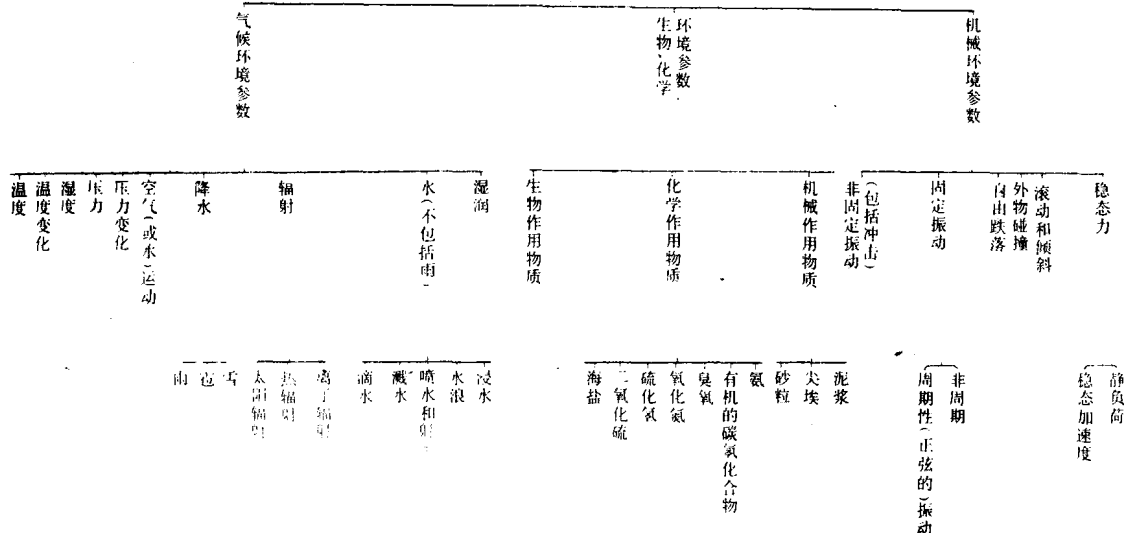


图3 环境参数分类图

热、温和干热、极端干热、湿热和恒定湿热。对各种气候类型都列出 $e-t-u$ （即绝对温度-温度-相对湿度）统计图表，使用者可以从图中得到各种温、湿度值出现的范围。因图中还列出了极端值和极端日平均值的出现区域，对于温度影响不敏感的产品，可以选用这两类界限值。 $e-t-u$ 图对温湿度的组合关系表述得很清楚，所以在分析温度、湿度组合作用时， $e-t-u$ 统计图表十分有用。

在“太阳辐射和温度”标准中，介绍了太阳辐射的气候特征及其对产品、材料光老化和热老化的影响，是一份有关太阳辐射资料较完善的气候特征标准。标准中列出了物体表面温度的近似计算公式，由此公式可以估算出太阳辐射下物体表面可能的温升值，为产品采取相应的防护措施提供了必要的依据。

（3）使用环境条件

IEC TC75委员会的第三部份标准文件是《环境参数及其严酷程度分级应用》，习惯上称为使用环境条件的应用，文件将使用环境条件分为七类，即：

- ① 贮存；
- ② 运输：陆路（各种汽车），轨道（火车、有轨电车等），水运（各种船舶）；
- ③ 有气候防护的固定使用：陆上和近海的密闭和较密闭的地方；
- ④ 无气候防护的固定使用：陆上和近海地方；
- ⑤ 地面运载装置：公路车辆，有轨车辆、越野车辆、工作车和贮存车、推进式机械；
- ⑥ 船用环境：机动船舶、非机动船舶；
- ⑦ 携带使用：产品暂存处、使用处变动，不同地方之间移动。

对以上七种环境条件规定的分类和分级是指产品在实际应用可能遇到的极端条件，所以严酷程度的数值实际上就是环境条件的极限值。

IEC TC 75的这三部份工作是各自独立而又相互联系的，它们构成一整套环境条件标准系列。其基本的思路就是用第二部份的工作作背景材料，去选用第一部分工作中的数值，从而得以在第三部分中列出各类产品的各种环境条件。

2. 关于环境试验方法的研究

所谓“试验”，自工业革命后的一个相当长的时期，人们只局限在对各种工业产品进行“性能试验”。通过试验来鉴别各种产品是否符合设计所要求的工作性能。这种试验被称为“基本性能试验”。到了第二次世界大战时，大量的设备和武器在各种较恶劣的气候条件下贮存和使用失效或误动作，使人们认识到对产品只进行“性能试验”是不够的。要考核产品在整个使用寿命期间的特性，就必须进行其它试验，如环境试验、可靠性试验、寿命试验等。

环境试验是将产品或材料暴露在天然或人工模拟的环境中，从而对它们实际上可能遇到的贮存、运输和使用条件下的性能作出评价，鉴定产品对环境的适应能力，同时也用于摸清环境因素的影响程度及其作用机理，制订相应的技术措施

为使试验具有真实性，同时又要求加速性（即在较短时间内得出结论），于是就发展了从现场使用到实验室试验——在性质上有一定差别的几种试验方法（参见图4）。

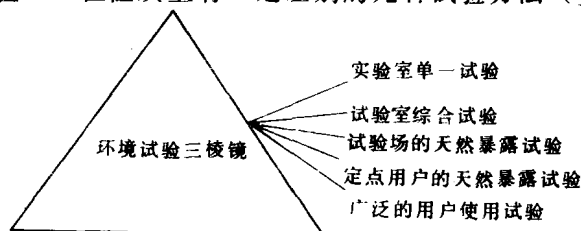


图4 环境试验方法谱

几种环境试验方法中，最具真实性的，是广泛的用户使用试验，这通常是通过广泛的产品运行情况调查和回收旧货加以解剖分析来取得资料的。美国和西欧诸国十分重视这项工作，例如英国的斯贝发动机，就是靠回收解剖分析损坏产品的故障原因，逐步改进，从而达到5000小时使用寿命的优质产品。

实验室试验涉及到环境条件问题，其真实性受到限制，但由于能在短时间内重现试验条件，从而获得广泛的应用。下面详细介绍天然暴露试验和人工模拟试验的情况。

（1）天然暴露试验

天然暴露试验是将产品或材料在自然条件下进行暴露和测试。在国外这种试验由国家或大的工业集团或专门的试验公司选择典型的环境条件建立试验场，由环境试验专家直接指导或参与下进行。这种试验对环境条件的监测、产品或材料在暴露期间的特性变化的测定以及对试验结果的分析处理都比较正规、严格和科学，因而它的结论一般说来都是比较权威的。但这种试验周期较长，一般都在2年甚至更长的时间，这种方法主要用来为基础研究积累数据，以便用来比较和验证人工加速试验方法的有效性。因此它既是直接考核产品环境适应性的手段，也是研究人工模拟试验方法的一项重要基础工作。

各工业发达国家一般都很重视工业产品的天然暴露试验工作。

本世纪二十年代，英国钢铁研究协会腐蚀委员会在全球建立了14个大气腐蚀试验站，开展大气腐蚀研究。直到目前为止该协会在英国本土仍保留有8个大气暴露试验场，对各种钢材进行长期暴露试验。此外，英国还有许多民间企业建立的暴露试验场，总数在30个以上，其中最大的是英国钛公司卡林顿暴露场，占地约40000米²。

美国的大气腐蚀研究最早始于1906年，由美国材料试验协会下属的D-1委员会（涂料）