

国外机械工业基本情况

机电产品环境技术综述

机械工业部广州电器科学研究所 魏铭炎主编

机械工业出版社

1994年

机电产品环境技术综述

机械工业部广州电器科学研究所 魏铭炎主编

江苏工业学院图书馆
藏书章



机械工业出版社

(京)新登字 054 号

内 容 简 介

本书是《国外机械工业基本情况》的机电产品环境技术综述分册,全书十章。前三章介绍环境试验技术的发展和近况,天然环境试验和模拟环境试验及其相关性研究;环境试验设备制造业以及一些国家的环境试验设备厂家和产品;可靠性工程和环境试验的关系。四到八章分别探讨寒带、沙漠、雷电过电压、电磁干扰和地震对机电产品的影响,一些主要工业发达国家在这一领域的试验和研究动向以及防护措施。后二章报道工业产品环境技术标准和环境技术国际合作与交流活动。本书可供有关行业领导和工程技术人员参考。

机电产品环境技术综述

机械工业部广州电器科学研究所 魏铭炎 主编

责任编辑:冯宗青 范兴国

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编号:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

广州电器科学研究所印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092¹/₁₆·印张 8·字数 180 千字

1994 年 7 月广州第 1 版·1994 年 7 月广州第 1 次印刷

印数 00001—01000 定价:36 元

*

ISBN 7-111-04378-2/TM·543

出版说明

机械工业肩负着为国民经济各部门提供实用、先进的技术装备的重任。为适应社会主义市场经济体制的发展要求,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,是今后一个时间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在社会主义市场经济体制下自我完善的发展道路,我们组织编写了第四轮《国外机械工业基本情况》。这一轮是在前三轮的基本上,围绕我国机械系统各行业和专业的发展战略,针对我国机械工业的技术发展的实际要求,全面系统地介绍国外机械系统各行业、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 80 年代中后期到 90 年代初期的水平及到本世纪末的发展趋向。

第四轮《国外机械工业基本情况》共 60 多分册,编写人员达 500 余人。本书为《机电产品环境技术综述》分册,由魏铭炎主编,责任编辑:李松山。

机械工业部科技信息研究院

编者的话

机电产品环境技术是一门直接影响此类产品使用性能和可靠性及其市场竞争力的应用科学,其试验和研究备受各工业发达国家的重视。

在机械部科技信息研究院的组织和安排下,作为环境技术行业归口单位,机械部广州电器科学研究所先后已编写过三轮《国外机械工业基本情况:机电产品环境技术综述》,对这一技术领域作了大量的报道和论述。

这次编写的是第四轮。我们重点收集了八十年代中后期到九十年代初期的国外有关资料,经过消化分析,写出这份技术综述,力求反映国外环境技术的最近进展和动向。在编写过程中,除补充和系统综述牵涉环境试验技术与设备、可靠性工程与环境试验、环境技术标准化工作以及环境技术国际合作与交流等问题外,着重报道和介绍在前三轮中未曾涉及或论之甚少的寒带、沙漠、雷电过电压、电磁干扰和地震等环境条件及其对机电产品的影响和防护措施。

本技术综述的读者对象是各级领导干部、从事机械工业计划管理和技术管理人员以及广大工程技术人员。为使刚涉足这一技术领域的读者有个比较系统的了解,我们对某些问题作了必要的回顾和叙述。

这一轮由机械部广州电器科学研究所信息中心组织人力编写,并经该所环境技术分所所长、全国电工电子产品环境技术标准化委员会(环标委)气候试验分会主任委员、高级工程师梁星才阅校,最后由广州电器科学研究所副所长、环标委主任委员、高级工程师杨樵审定。

这一轮技术综述由广州电器科学研究所信息中心高级工程师魏铭炎执笔编写。提供素材的有教授级高级工程师耿如霆、工程师林巧奎、华光沛和助理工程师黄文秀等。

由于我们水平有限,错误之处在所难免,诚望从事环境技术研究的同事们指正、赐教。

目 录

第一章 环境试验技术	(1)
一、环境试验技术发展历史的回顾	(1)
二、环境因素及其对机电产品的影响	(2)
三、环境试验的种类和特点	(4)
四、天然环境试验和研究活动	(8)
五、模拟环境试验和研究活动	(11)
六、天然环境试验和模拟环境试验的相关性研究	(12)
七、日见风行的几种环境试验	(14)
第二章 环境试验设备	(20)
一、环境试验设备制造业的发展简史	(20)
二、一些国家的环境试验设备厂家(公司)及其产品介绍	(21)
第三章 可靠性工程和环境试验	(39)
一、可靠性工程发展历史的回顾	(39)
二、可靠性工程与环境试验的关系	(42)
三、机电产品的可靠性试验和研究	(43)
第四章 寒带环境条件及其对机电产品的影响和防护	(47)
一、寒带环境条件分类和气候地区划分	(47)
二、寒带环境条件对机电产品的影响	(48)
三、寒带环境条件机电产品影响的试验和研究	(50)
四、机电产品对寒带环境条件影响的防护	(53)
第五章 沙漠环境条件及其对机电产品的影响和防护	(59)
一、尘、沙的一般介绍和沙漠地区的分布	(59)
二、沙漠环境条件对机电产品影响的试验和研究	(60)
三、沙漠环境条件对机电产品影响的防护	(65)
第六章 雷电过电压及其对机电产品的影响和防护	(69)
一、雷电过电压的一般介绍	(69)
二、雷电过电压对电气设备的影响	(70)
三、雷电过电压对电气设备影响的试验和研究	(71)
四、雷电过电压对电气设备影响的防护	(75)
第七章 电磁干扰对机电产品的影响和防护	(81)
一、电磁干扰和电磁兼容	(81)
二、电磁干扰对机电产品的影响	(83)
三、电磁干扰和电磁兼容的试验和研究	(84)
四、机电产品防电磁干扰的措施	(87)
第八章 地震及其对机电产品的影响和防护	(90)
一、地震的一般介绍	(90)

(1)	二、地震对机电产品的影响	(93)
(1)	三、地震的模拟试验和研究	(95)
(1)	四、机电产品的防震措施	(100)
	第九章 工业产品环境技术标准	(103)
(8)	一、IEC 标准	(103)
(11)	二、MIL-STD-810 标准	(106)
(11)	三、EMC 标准	(108)
	第十章 环境技术国际合作与交流	(111)
	一、以科技合作协定开展的合作与交流	(111)
(03)	二、有固定组织机构进行的合作与交流	(111)
(15)	三、无固定组织机构进行的合作与交流	(112)
(03)	四、多边合作与交流	(112)
(02)	五、双边合作与交流	(113)
(3)	六、美国环境科学学会(IES)	(114)

第一章 环境试验技术

一、环境试验技术发展历史的回顾

环境不仅同人类的生活息息相关,而且也左右着各类工业产品的适用性和使用寿命。

业已独树一帜的工业产品环境技术,就是探索环境同各类工业产品关系的一门综合性学科。其综合性充分表现在研究范围之广泛:以环境条件、环境试验和环境防护为中心,旨在提高各类工业产品环境适应性和使用寿命的探索。

环境试验是环境技术的重要组成部分。在一定意义上来说,环境技术始于环境试验。

据文献记载,最早的自然暴露试验,始于1839年。当时,英国的R·Mallet在河流入海处的水上和岸上,进行了金属样品的挂片试验。他采用垂直挂片方法,暴露时间为两年。1879年,Parker在伦敦的屋顶和不来顿码头进行了金属样品的挂片试验,采用的也是垂直挂片方法。1926年,美国材料试验协会(ASTM)在宾夕法尼亚州大学暴露场,采用30°角暴露试验样品。1939年,又改为45°角暴露试验,并沿用至今。据称,采用45°角暴露试验方法,要比90°垂直挂片暴露试验所受的太阳辐射量强一倍。

工业产品环境试验有“四先”:天然先于人工、气候先于其他、军工先于民用、单一先于综合。

回顾环境技术的发展历史,不难发现军事目的起了推动和促进作用。

一在第一次世界大战中,英国海军的一批战舰由于海洋盐雾的侵蚀和海水腐蚀等综合因素的影响,主机部件出现腐蚀失效,迫使40%的战舰返港修理。

一日本侵华战争中,日军在狂风大作的天气下作战,由于装填步枪子弹的部分没有任何遮盖物,飞沙随着猛烈的风势进入枪管,堵塞后不能继续装填弹药。

一在第二次世界大战中,美国对日作战时使用的电子设备,经过运输、贮存到战场后,约有一半不能正常运作。

一在第二次世界大战中,许多军用物资和通讯设施不适应热带丛林气候环境,出现了许多问题。据统计,使用不到一个月就损坏了37%左右。

一美国在侵朝战争中,其电子设备不可靠问题进一步暴露。当时,雷达出故障不能工作时间达84%,陆军电子设备在规定时间内有65~75%出故障而不能使用,空军在五年内的电子设备维修费超出购置设备费用的10倍。

一1986年1月28日,美国“挑战号”航天飞机在升空后74s突然爆炸,机上七名宇航员全部罹难。调查得出,聚硫橡胶密封胶垫不适应寒冷气候环境,乃是导致这次爆炸的主要原因。

一在1991年在海湾战斗中,多国部队直升机的发动机在海湾沙漠环境中往往才运行30~50h,就不得不大量地从这些直升机上拆卸下来进行维修。有些直升机甚至刚到达海湾地区时,就需要修理。

为达军事目的,往往会不惜代价。上面列举的恶劣环境条件的影响,迫使一些国家投入大

量人力、财力和物力,进行军用器材和设备的环境试验。

现在,不仅对于军工设备和宇航用的可靠性要求特别高的产品,进行环境试验,而且对一般民用产品,由于其使用的环境条件日趋严酷化,也大都进行环境试验。在日本,对于民用产品实施环境试验的场合,远比美国和欧洲为多。

以目前一般家庭中使用最普遍的电动洗衣机为例,它们不一定是在规定的良好条件下使用的。相当多的洗衣机由于家庭居住面积所限,不能放在室内,而要放到室外。如遇寒冷地区的冬季晚上,残留在排水管内的水冻结成冰,次日又在中午的阳光照射下融化。这样周而复始,吸排水管就会承受交变应力,导致早期劣化。另外,即使是在室内,如果放在浴室内,水滴直接滴在洗衣机上,会引起生锈,而且也会造成绝缘不良等故障。其结果是不但性能变坏,而且还有漏电的危险。

又如,假使将电视机、收音机和盒式磁带录音机组合在一个箱体,装成一台重量约 4kg 左右的能直接手提的便携式装置。由于近年家用汽车的普及,经常把这套装置堆放在车后的行李箱内,随车运走。如遇是夏季,一时兴起,开到海边观看棒球比赛或沙滩排球比赛,或者进行联欢活动等,将这套装置放在沙滩岩礁上播放音乐,年青人围着它跳起舞来,则沙尘会落在乙烯树脂录音带上,使磁带在装置里发生不允许的振摆,尤其是海风和海边潮湿的空气也侵入机内。其环境条件的严酷程度,同军用便携式无线电设备的几乎无甚差别。为了保证其能在此类恶劣的环境条件下耐久地使用,必须实施相当于军用标准规定的环境试验,以确定其环境适应性。

若干年前,欧洲某国一公司的电视机在地处湿热环境的广州地区大做广告,将显象管敲得当当响,鼓吹自己的产品如何如何好。但事实证明,由于该公司生产的电视机没有考虑广州的湿热气候,并采取相应的防护,因此在三、四月份潮湿季节常出故障。结果被事先经过模拟环境试验,采取相应防护措施的日本电视机挤出了中国华南市场。

上述例子雄辩地说明,环境试验已成为提高工业产品质量和环境适应性的必由之路。

二、环境因素及其对机电产品的影响

各类环境因素及其对机电产品的影响,见表 1。

表 1 各类环境因素及其对机电产品的影响

环境因素	主要影响	引起的典型故障
高温(69℃操作,89℃贮存)	热老化 氧化 结构变化 化学反应 软化、熔化和升华 粘度降低和蒸发 物理膨胀	绝缘故障,电气性能变化,物理性能变化—硬化,裂化 结构故障 润滑性能丧失 结构故障,机械应力增高,粘合,活动部件磨损增加
低温(—22℃贮存,14℃操作,不采取补充措施)	粘度增高,凝固 结冰 脆裂 物理收缩	润滑性能丧失 电气性能变化 机械强度丧失,裂化 结构故障,活动部件磨损增加

(续)W

环境因素	主要影响	引起的典型故障
高相对湿度(凝露, 100% RH)	吸潮, 通风不良的壳盒内有水累积 化学反应 腐蚀 电蚀 微生物繁殖 细菌 霉菌	膨胀, 容器破损, 物理损坏, 电气强度降低, 机械强度降低 功能受干扰—燃料污染 电气性能降低 绝缘物导电率降低
低相对湿度	干燥 脆裂 粒化	机械强度降低 结构断裂 电气性能变化, “尘化”
高压	收缩	结构断裂, 密封渗透, 功能受干扰
低压	膨胀 漏气 空气介电强度降低	容器破裂, 膨胀爆裂, 电气性能变化, 机械强度降低 绝缘击穿和飞弧, 电晕和形成臭氧
太阳辐射	光化和物理—化学反应 脆裂 发热(定向的)	表面降解, 相对膨胀, 电气性能变化, 材料变色和褪色, 形成臭氧
沙尘	磨损 阻塞	磨损增加, 功能受干扰, 观测器具磨毛, 活动部件阻塞, 电气性能变化, 表面涂(镀)层腐蚀
喷雾(包括沿海地区和盐场的盐雾)	化学反应 腐蚀 电蚀	磨损增加, 机械强度下降, 电气性能变化, 功能受干扰 表面降解, 结构强度变差, 导电性增加
风	力的作用 材料运输 热的传递 减弱(低速) 增强(高速)	结构故障, 功能受干扰, 机械强度下降 机械受干扰和故障, 磨损加速 加速低温影响 加速高温影响
雨	物理应力 吸水和浸水 微生物繁殖 细菌 霉菌 磨损 腐蚀 泥浆形成	结构故障 重量增加 结构强度下降 加速冷却 电气故障 磨掉防护涂(镀)层, 结构强度下降, 表面降解 增强化学反应 流动性下降
浸水	金属腐蚀 化学降解 高压(在 30ft 深处为 13lb)	结构强度下降, 部件卡住, 产品污染, 材料溶解和变化 机械磨损
微生物 昆虫	渗入设备内部动物啃咬, 白蚁和昆虫筑窝和繁殖	小部件、仪表堵塞 塑料电缆或其他有机绝缘材料损坏, 引起短路, 木材、织物和纸张部分发生结构故障
霉菌	长霉, 菌丝	光学仪器损坏, 高阻抗电路上有泄漏电流, 小部件、仪表等堵塞, 所有有机材料的机械强度下降, 木材、纸张和织物碎裂

环境因素	主要影响	引起的典型故障
温度冲击(温度剧变)	机械应力	结构强度下降或变坏,活动部件粘合,密封损坏
高速微粒(核辐射)	加热 蜕变和电离	热老化,化学反应堆聚合 化学、物理和电气性能变化,生成气体和再生微粒
臭氧	化学反应 微粒、开裂 脆裂 粒化 空气介电强度下降	快速氧化,褪色 化学、物理和电气性能变化 机械强度下降,开裂 功能受干扰 绝缘击穿和飞弧
突然减压	危险机械应力	开裂和破裂,结构破坏
游离气体(废气、导弹和军火发射气体)	化学反应 污染 介电强度下降	物理和电气性能变化 绝缘击穿和飞弧
加速度	机械应力	结构破坏
振动	机械应力	功能受干扰,磨损增加,结构破坏
电磁场 电磁辐射(射频到微波)	感应磁化 感应电流	功能受干扰 电气性能变化,发热

三、环境试验的种类和特点

环境试验大致可分为两大类,即自然环境试验和模拟环境试验(又称人工加速试验)。前者又可细分为在天然暴露场进行的天然暴露试验和在实地进行的现场环境试验;后者则可细分为单一环境试验、综合环境试验和加速环境试验。

1. 自然环境试验:将样品暴露在天然环境条件下进行的试验。
2. 现场环境试验:将样品放在使用现场进行的试验。
3. 单一环境试验:将样品放在模拟单项环境的实验室或试验箱(室)内进行的试验。
4. 综合环境试验:将样品放在模拟两项以上环境的实验室或试验箱(室)内进行的试验。
5. 加速环境试验:将样品放在强化环境因素的条件下进行的试验。

自然环境试验的特点是直观、可靠、无需特殊的试验设备,缺点是受地区性气候条件的影响左右,试验时间长,重现性差。模拟环境试验的特点是试验周期短、不受区域性气候条件的影响,缺点是往往不能如实模拟变化莫测的天然环境条件,需要专门的试验设备。

至今国际上对两类环境试验争论不休,焦点是“模拟环境试验究竟在多大程度上再现真实环境条件的影响,仍然是一个有争议的课题”。而且这种分歧和争论在同一个国家里,甚至同一个实验室里,也同样尖锐地存在着。

有人认为环境试验设备模拟不出天然环境条件,因此天然环境试验是非做不可的,甚至断言两者所引起的变化,在本质上是迥然不同的,因此根本不能求出变换系数。持不同意见者则声称,模拟环境试验是一种省时、省钱、行之有效的方法,可以模拟天然环境条件,甚至还可以取而代之。

前一种观点的主要论据是：

—“天然环境试验是环境真实性的根本依据”；

—“只有在专门的腐蚀试验站进行天然环境试验的基础上，才能得出金属腐蚀的可靠的和有科学根据的结论以及预测其在天然气候条件下的寿命”；

—“鉴于天然环境的许多错综复杂情况以及试验箱的局限性，所以试验箱试验永远不能替代天然环境试验”；

—“只靠模拟试验来确定产品或设备在一定环境下的运行适应性，几乎肯定会导致误差”；

—“还没有一个人能够结论性地确定一个箱室试验与现场使用结果之间的明确关系，对箱室试验的有效性缺乏论证，再加上这种试验公认的人为因素，已引起不少决策者怀疑箱室试验的价值”；

—“从短期试验中推断出长期天然环境试验性状的结果，是有很大大危险性的”。

后一种观点的主要论据有：

—“在真实的环境条件下长期试验……，所花的时间很长，因此理所当然地要被实验室模拟试验所替代”；

—“在实际条件下需要两年或三年才能显现的故障机理，在实验室模拟条件下只需几个星期，甚至几天就能弄清楚”；

—“通过模拟环境影响的方式，得以在严酷的试验条件下检验设备的功能，并可借助于加速试验，即严酷化试验，对某一产品的可靠性作出判断”；

—“在所有情况下，样品在加速老化试验中的失效机理，同实时老化试验时产生的失效机理是等效的”；

—“许多具有重大国民经济意义的问题，都可以通过实验室模拟的气候试验来解决”；

—“环境试验设备的日益完善，有可能使实验室模拟试验接近于在真实的运行条件下进行的试验”。

持折衷观点者认为：“材料、零部件和元器件等，可以用模拟环境试验进行筛选，不必象以往那样做旷日持久的天然环境试验。但是，材料、零部件和元器件毕竟不是产品和整机，试验结果也只能外推，不能等同。产品和整机所特有的材料匹配性和兼容性以及微气候等，是材料、零部件和元器件无法模拟的，更谈不上替代了。况且，可靠性研究要求获得产品和整机的天然环境和现场运行信息反馈，也决非材料、零部件和元器件的模拟环境试验所能提供的”。

国外有的公司和厂家，采取“双管齐下”的做法：既进行模拟环境试验，也做天然环境试验，是值得借鉴的。

时至今日，两类不同形式的环境试验，各自都得到完善和发展。各国建造的天然暴露试验场至今仍在照常运行，而其业务还在不断深化中；环境试验设备已自成体系，并得到引人注目的发展。

纵观国外天然暴露试验场，大致可以分为以下三类：

—只有少数固定人员和配备少量检测仪表和设备，负责样品检测，作好记录，不写试验报告，或委托单位定期派员来暴露场检测样品；

—有一定数量的检测人员和配备必需的检测仪表和设备，负责样品检测，作好记录，并按要求编写阶段报告和结束报告；

—人员及检测仪表和设备齐全，除负责检测样品，作好记录，编写报告外，还进行分析、调

查和研究,参与标准等的制定工作。

下面扼要介绍一下在国际上享有盛誉的日本铈子暴露场。

铈子暴露场是经过对7个国家总共12个单位的调查研究后,于1970年7月29日正式建立的,并得日本通商产业大臣认可,成为具有法人资格的国家级大气暴露试验中心。

1. 环境条件:

- 地址:日本国千叶县铈子市新町 1065 号
- 位置:北纬 $35^{\circ}43'37''$, 东经 $140^{\circ}45'02''$
- 高度:海拔 53.6m
- 面积:110000m²
- 温度:年平均值 15.2℃,最高温度年平均值 18.4℃,最低温度年平均值 12.2℃
- 相对湿度:年平均值 75%RH,年最低平均值 63%RH
- 降水量:年平均值 1692mm
- 日照时间:年平均值 2013h
- 太阳辐射量:0°倾角面年合计值 101700J/cm²;45°倾角面年合计值 105309J/cm²
- 海盐粒子含量:0.028~0.051mg NaCl/d · 100cm²

2. 主要设备:

- 暴露装置

(1)直接暴露装置:由主架和辅架组成。主架横 4.2m×纵 1.3m(有效面积约 4.2m²)。辅架全由铝合金制作,横 1.04m×纵 1.29m(有效面积约 1m²),在一个主架上可固定 4 只辅架。

(2)玻璃盖下暴露装置:由主架和辅架组成。将镶入玻璃的没有底的箱体固定在辅架上,使空气自然流动,但样品不直接受雨(水)淋的状态下进行暴露。

(3)强制通风型暴露装置:是在上部镶上玻璃的密闭箱中,放置样品进行暴露试验。为防止箱内温度上升,送风机在温度上升到一定值后就自动送风,以达到降温的目的。还可以藉助能透过紫外线的玻璃,进行紫外线短波老化试验。

(4)程序式跟踪太阳集光型暴露装置:这种装置从日出到日落,整年自动地跟踪太阳运行的轨道(方位和高度),装有能使太阳光集中辐射在样品上的反射板和防止过热用的自动冷却器。其试验加速率是固定式暴露台的 3~5 倍。

(5)旋转式跟踪太阳型暴露装置:装有同程序式一样的自动跟踪太阳运行轨道(限于方向)的器械。其试验加速率是固定式暴露台的 1.5 倍。

• 加速老化试验装置:由于金属、纤维、橡胶、塑料、涂料等受试对象繁多,所以设置了各种用途的试验装置。多数是同直接暴露试验并行进行。

• 测试仪表和设备:为了测定暴露或加速老化试验后的诸物性,配备了处在最佳状态下的各种测试仪表和设备,如色差计、测色计算器、变色光译计、测厚仪、测微硬度计、分光光度计、流量计录器、电压特性测定器、远红外分光光度计、拉伸试验机和环境因素测定成套装置。此外,还有各种显微镜、恒温装置、样品调整器、造型研磨机、纯水器和冲床等。

3. 工作范围:

• 进行各种工业材料和制品的暴露试验和研究:(1)各种工业材料在天然环境条件下的暴露试验和研究;(2)各种工业制品在天然环境条件下的暴露试验和研究。

• 进行各种工业材料和制品的加速老化试验和研究:(1)各种工业材料的加速老化试验和

研究;(2)各种工业制品的加速老化试验和研究。

- 进行前两项试验的检查和结果的验证:(1)对暴露试验和加速老化试验后的样品进行物理、化学变化的测定检查;(2)发表测定检查结果的报告。

- 从事有关暴露试验的标准化工作:(1)协助编制有关暴露试验方法或试验结果的评价方法等的日本工业标准;(2)协助编制有关加速老化试验方法或试验结果的评价方法等的日本工业标准;(3)协助编制加速老化试验设备的日本工业标准。

- 进行有关暴露试验的指导和商谈业务:(1)有关暴露试验方法等指导和商谈;(2)有关加速老化试验方法等的指导和商谈。

- 进行为提高各种工业材料和制品的耐蚀性、耐候性和耐久性等试验研究。

- 进行天然暴露试验和加速老化试验的相关性的试验研究。

- 同欧美各国有关单位进行情报交流和数据交换。

- 进行与以上各项事务有关的活动。

銚子暴露试验场自成立以来,先后实施了五年规划和九年规划。

1. 五年规划:

从1970年开始实施。其试验研究内容为接受通商产业省技术院的委托,做了有关各种工业材料和制品的调查研究,如对1971年度的涂料和塑料材料,1972年度的涂料和金属被复材料,1973年度的金属被复涂装材料和橡胶、橡胶制品,1974年度的粘接剂、带类和钢铁原材料,1975年度的纤维和帆布等室外各种暴露试验和加速老化试验的调研等。并把上述各年度的调研结果汇编成《关于工业材料与耐候性调查报告》。召开学术报告会。

2. 九年规划:

从1976年开始实施。以关于耐久制品的耐候性标准化为调查重点,分别对1976年度的太阳能热水器、镀锌钢板制品、增强塑料椅、聚酯管和铝合金框架,1977年度对反射安全标准板和自行车零件,1978年度对氯化维尼纶板制屋顶和水道用硬质氯化维尼纶管,1979年度对硬质氯化维尼纶板雨桶和道路反射镜,1980年度对道路用照明器和玻璃纤维增强聚酯波纹板,1981年度对塑料板材和聚酯制有盖容器,1982年度对隔热防飞散薄膜等,进行天然暴露试验和加速老化试验,积累试验数据。

此外,还参加下列工业标准的编制:《铝和铝合金表面处理材料的加速耐候试验方法的JIS体系》(1971年)、《大气暴露试验方法通则JIS草案》(1972年)、《与塑料材料暴露试验方法草案有关的意见》(1974年)、《熔融镀铝钢的大气暴露试验方法JIS草案》、《镀锌钢的大气暴露试验方法草案》等。接受各国及有关团体的试验、检查和评定等任务。配合通商产业省工业技术院下属的科研机关或建设省下属的科研机关,进行调研。接受各种委托试验以及各种物性测定等业务。

銚子暴露试验场已同欧美及其邻近各国建立联系,现已得到世界的公认,知名度与日俱增。自1984年起,又同我国机械工业部广州电器科学研究所建立了业务联系,并在我国海南投试了样品。

自建场后,每年入场参观访问者不断增加。据统计,从日本各团体、企业入场参观访问者,每年达千人左右。还接待过中国、马来西亚、埃及、巴基斯坦和泰国等专家考察团。

该场的今后指导思想和设想是:

- 把銚子暴露试验场办成面向全世界。

• 在全国几十个实施暴露试验,确定由于大气环境条件的差异而引起的耐候性结果,绘制出耐候性地图。

- 在地处亚热带地区的冲绳设置试验分场,开展暴露试验。
- 开发适用于样品特性的新的加速试验方法。
- 研探天然暴露试验和加速老化试验两者之间的相关性。
- 绘制关于气象环境因素和样品老化倾向的图式。
- 提供可靠性和市场价值更高的数据。
- 每年扩充最新最好的各种设备。
- 充分发挥作为国家委任的暴露试验检查机关的作用。
- 成为提供耐候性和耐久性信息的机构。
- 加强同各国有关单位的协作,组织有关大气试验方面的协作会议,定期召开研讨会,进行技术和信息交流。

有的国家除天然暴露试验外,还进行现场运行试验。如日本电气协会在化工厂有一套长期检查产品运行情况的制度,要求定期测量,并作详细记录。英国对发电机也进行过现场运行调查,回收解剖和分析损坏产品的故障原因,进行逐步改进,试制出了优质品。美国也通过现场运行调研,回收解剖旧货来改进军工和民用产品。印度刊物强调指出,电力变压器通常是拆去组件进行拆卸运输,套管、散热器、储油柜和其他组件在运输过程中有可能受到损坏,因此为保证变压器正常安全地运行,在其投入运行前进行现场试验是非常必要的。前苏联海洋科学研究考察船曾于 1987 年 3 月间,在印度洋地区,进行了 CT3 钢、M-1 钢、Zn-O 锌、铝合金、12X18H10T 不锈钢和钛合金的腐蚀性状考察。

四、天然环境试验和研究活动

各国都普遍重视天然环境试验和研究工作,暴露场的数量有增无减,即使是模拟环境试验设备制造业发达的国家也不例外,如:

—美国现有各种不同的天然暴露场 50 个,已形成配套的天然暴露试验网体系,其中包括在亚利桑那州的菲尼克斯沙漠试验场、阿拉斯加的格利列高原寒带试验场、在巴拿马运河区的热带暴露试验场(分设热带海洋和热带丛林等五个暴露场)。还在关岛、波多黎各、夏威夷等地建立暴露场。

—日本由于出口竞争的需要,积极发展暴露场,共约有 40 个遍及全球的不同气候暴露场,其中包括闻名于世、功能齐全的铔子暴露试验场。近年这些暴露场的设施等得到进一步扩充和完善,并于 1991 年 10 月,在纬度大致与美国迈阿密相同的最南端的宫古岛建造亚热带气候类型的新型暴露场。

—前苏联的天然暴露场也有 50 个,遍布远东地区、中亚细亚、南高加索地区、中央地带和北欧地区。为求配套,还在古巴、越南、印度、缅甸和中近东以及非洲九个国家的十个城市和港口建场投试样品。

—英国有 40 多个暴露场,仅钢铁研究协会就有 8 个暴露场,还专门建立了热带试验暴露场。另外,还在西非洲、新加坡、纽约市郊、澳大利亚海滨等不同地点建立了大小不一的暴露场。

各国利用各类暴露场进行工业材料和产品的试验和研究。

1. 美国

• 早在 1943 年,美国陆海军便制定了环境试验方法,1945 年 12 月颁布了《航空设备试验要求 AF-41065》,1949 年 12 月先后颁布了《机载电子设备总规范 MIL-E-5400》和《机载电子设备环境试验 MIL-E-5422》等。

• 除进行长期天然环境试验,还开展金属材料的大气腐蚀规律、大气因素的影响、大气腐蚀性等级划分、大气腐蚀试验和测试方法等研究,并在此基础上编辑出版了腐蚀手册,其数据已补充和更新了三次。还制订了一系列腐蚀试验与防护标准。

• 在南加利福尼亚三个地区和北加利福尼亚一个地区进行了电镀的钢和镍样品的天然环境试验。试验结果表明,由于这些地区空气中的二氧化硫含量不高,故样品腐蚀并不严重。其腐蚀率在潮湿季节有所增加。

• 1983 年到 1986 年在阿拉伯沿海地区,对工业碳素钢的腐蚀性状进行了暴露试验。样品沉浸深度分别为 2、22、42 和 62m,每一沉浸深度的试验持续时间为 1、6、10、24 和 36 个月。试验表明,随着试验时间的推移,沉入 2m 和 22m 深的样品,其海生物附生现象,要比沉入 42m 和 62m 的样品严重。

• 将瓷制和玻璃制的 10 种类型的绝缘子,放在沙特阿拉伯东海岸的 Ghazlan 暴露场进行试验。暴露 8 个月后,由于天气连续干燥,绝缘子表面污秽物迅速堆积,其等价盐份附着密度值达到 $0.4\text{mg}/\text{cm}^2$ 以上。因暴露场靠近海岸,相对湿度经常在 80% 以上,在傍晚和早晨,往往发生闪络。

2. 日本

• 以熔融镀锌钢板为基材的涂装样品,在海域暴露了约 3 年。试验结束后,这种高耐候性和高耐蚀性的钢板,仍保持良好状态。

• 将 15 种底板用连接器,分别放置在七个不同的天然暴露场进行为期 3 年的试验。

• 户外结构物的防蚀法,可在实施金属喷镀的表面上进行涂装,即所谓的“重防蚀法”。在 SS41 钢板上喷镀铝、铝合金和锌、锌合金的镀层,并再涂装的样品,在日本的札幌和东京两地进行为期 14 年的大气暴露试验。结果表明,采用此种重防蚀法处理的样品,没有受到明显的腐蚀。

• 选定 2 种不锈钢和 7 种钢材和合金,经涂装后,于 1990 年 10 月开始,暴露于冲绳的 6 个不同场所,计划进行为期 5 年的大气暴露试验。

3. 前苏联

• 在越南的中部、北部和南部的 8 个大气暴露场投放了镀锌和镀镉的金属样品。经不同试验周期后,用 X 射线检验样品的腐蚀生成物的组份和结构。腐蚀生成物的成份取决于试验场的气象条件和暴露持续时间。

• 在符拉迪沃斯托克沿海大气条件下,用遮挡和半遮挡方式,对钢、铜、锌和铝样品进行了为期 5 年的腐蚀试验。由于沉降在金属样品上的海盐含量高和海水的侵蚀,在半遮挡的条件下,腐蚀性状呈线性变化。

• 从 1985 年 9 月至 1987 年 9 月,在古巴的沿海海水中试验了一批钢样品。将样品放置在卡里勃海深 3m 的海水中,海水的 pH 为 8.2,盐浓度 $3.6\sim 3.8\%$,温度 $24\sim 32^\circ\text{C}$,含氧量 $4.2\sim 5\text{mL}/\text{L}$ 。试验结束后,用化学和机械方法将样品上的微生物和腐蚀生成物清除掉,用称重法测定腐蚀速度。

• 在巴伦支海、黑海、日本海沿岸和莫斯科效外农村地区,对铝合金、电工钢、碳素钢、铸铁

等样品,进行了为期3年的暴露试验。结果表明,巴伦支海沿岸的腐蚀最严重,主要原因是大气中有氯化钠。在这些沿海地区的腐蚀速度是:电工钢 $10\sim 60\mu\text{m}/\text{年}$,碳素钢 $16\sim 45\mu\text{m}/\text{年}$,铸铁 $16\sim 28\mu\text{m}/\text{年}$,铝合金 $3\sim 6\mu\text{m}/\text{年}$ 。

- 在大西洋中部的热带地区,碳素钢的最严重腐蚀是在 $2000\sim 5000\text{m}$ 的海洋深处,而铝合金、铜和黄铜是在离海面 100m 处。从海深 500m 处开始,有色金属的腐蚀速度减慢。在海洋条件下,对碳素钢最危险的莫过于同黄铜的接触。试验表明,在离海面下 100m 以内的水中,受试金属最易受微生物腐蚀。

- 在印度的9个暴露场进行了钢样品的暴露试验。根据相对湿度高的几个月份的试验结果,是可以预测钢在全年的大气腐蚀速度的,其误差率为 $\leq 28\%$ 。

- 对本国的3种玻璃纤维增强的尼龙6样品,在亚热带气候条件下进行了贮存试验。结果表明,性能变化不大。

- 通过测定全苏各地区太阳紫外辐射量,掌握高分子材料接受紫外辐射直到破坏的数量,供研制人工气候箱时进行合理设计,提高对天然环境破坏因素的模拟性,寻求天然环境试验和模拟环境试验之间的相关性,以便更近似地评估材料的使用寿命。

- 建筑物理与防护结构研究所的科研人员,计算了前苏联境内70个观测点的年紫外辐射平均值,进而制订了高分子建筑材料使用寿命的天然环境试验和模拟环境试验条件。

- 在农村、海洋和工业地区进行了天然环境试验和模拟环境试验,用表列示了镀锌和镀镉样品在不同地区的腐蚀比较值。并推荐了评估镀层质量的模拟试验规范。

- 根据在不同气候区暴露场长期对高分子材料进行大气老化和贮存试验的大量数据,制订出了对暴露场设置有严格技术要求的耐候性试验方法国家标准。

4. 德国

- 在亚热带海洋大气环境中研究了热镀钢的腐蚀行为。用X射线衍射分析法分析了腐蚀生成物。表明该地特殊的大气环境使样品很快就发生腐蚀。

- 借助电化学方法,在3.5%的氯化钠溶液和海水中,对一系列铜镍合金样品进行了天然暴露试验。结果表明,样品的耐蚀性能,在氯化钠溶液中比在海水中要好。

- 经各种热处理方法处理过的8090合金,放在荷兰的天然环境条件下进行试验。试验一年后发现受海水喷射的部位,腐蚀最严重,长期沉浸在海水中的样品次之,交替沉浸在海水中的样品最轻微。

- 研究表明,金属样品经过适当的预处理,并涂以 $140\mu\text{m}$ 厚的醇酸涂层,在城市环境条件下具有5年的装饰性和 $12\sim 13$ 年的防蚀性。

- 将55%铝/锌镀敷的钢样品,放在天然暴露场进行了长达22年的暴露试验。

- 新型VPE电缆在潮湿的环境条件下进行了长期暴露试验。表明其具有良好的耐潮性能。

- 将粉末涂料涂层样品放在德国的居斯特罗(大陆气候)和维斯马(沿海气候)暴露场,进行长达15年的大气暴露试验。涂层厚度为 $350\mu\text{m}$ 。用图表示出了纯粉末以及含颜料和混合的粉末涂层的防护性能。研究表明,以PE为基的粉末涂料比加有添加剂的粉末涂层的防护性能稍为逊色。

5. 英国

- 在1965年到1990年间,对各类金属材料进行了为期25年的大气暴露试验,研究其腐