

# 盐雾试验技术综述

陈鹏

(工业和信息化部电子第五研究所华东分所, 江苏 苏州 215011)

**摘要:** 综述了盐雾试验技术对试验结果的影响, 并从盐雾的腐蚀原理、影响盐雾腐蚀的因素, 包括试验温湿度、盐溶液浓度、样品放置角度、盐溶液 PH 值、盐雾沉降量和喷雾方式, 以及试验结果的表述等方面对提高盐雾试验结果的有效性进行了探讨。

**关键词:** 盐雾; 因素; 有效性

中图分类号: TB 114.37

文献标志码: A 文章编号: 1672-5468 (2014) 06-0062-07

doi:10.3969/j.issn.1672-5468.2014.06.012

## Overview of Salt Spray Test Techniques

CHEN Peng

(CEPREI-EAST, Suzhou 215011, China)

**Abstract:** The influences of the test techniques on the results of salt spray tests are summarized. The improvement for the validity of the test results is discussed in terms of the corrosion mechanism and affecting factors for the salt spray test, including the temperature, humidity, concentration and PH value of the salt solution, sample placement angle, deposition of the salt spray, spray methods, and representation of the test results.

**Key words:** salt spray; factor; validity

### 0 引言

盐是世界上最普遍的化合物之一。在海洋、大气、陆地表面、湖泊和河流中均能发现盐。因此, 使物品避免暴露在盐雾条件下是不可能的。盐雾环境对电工、电子产品的影响仅次于温度、振动、湿热与沙尘环境。

金属腐蚀是一种自发氧化的过程。在盐雾环境下, 由于盐雾液体作为电解液存在, 增加了金属内部构成微电池的机会, 加速了电化学腐蚀过程, 使

金属或涂层腐蚀生锈、起泡, 从而产生构件、紧固件腐蚀破坏, 机械部件、组件的活动部位的阻塞或黏结, 使动部件卡死、失灵, 出现微细导线、印刷线路板开路或短路, 元件腿断裂等情形。同时, 盐溶液的导电性大大地降低了绝缘体表面电阻和体积电阻, 其盐雾腐蚀物与盐溶液的干燥结晶(盐粒)间的电阻会比原金属高, 会增加该部位电阻和电压降, 影响触电动作, 从而严重地影响产品电性能。因此, 对电工电子产品进行盐雾试验是考察产品抗

收稿日期: 2014-07-11 修回日期: 2014-12-01

作者简介: 陈鹏(1983-), 男, 江苏徐州人, 工业和信息化部电子第五研究所华东分所(中国赛宝华东实验室)助理工程师, 主要从事可靠性与环境试验技术研究工作。

腐蚀能力的一个重要方法。

## 1 盐雾腐蚀的机理

自然界的盐雾是强电解质，其中 NaCl 占电解质的 77.8%，电导很大，能加速电极反应而使阳极活化，加速腐蚀。

盐雾腐蚀破坏过程中起主要作用的是氯离子，它具有很强的穿透本领，容易穿透金属氧化层进入金属内部，破坏金属的钝态。同时，氯离子具有很小的水合能，容易被吸附在金属表面，取代保护金属的氧化层中的氧，使金属受到破坏。除氯离子外，还受溶解于盐溶液里氧的影响。氧能够引起金属表面的去极化过程，加速阳极金属溶解，由于盐雾试验过程中持续地喷雾，不断地沉降在试样表面上的盐液膜，使氧含量始终保持在接近饱和状态。腐蚀产物的形成，使渗入金属缺陷里的盐溶液的体积膨胀，因此增加了金属的内部应力，引起了应力腐蚀，导致保护层鼓起<sup>[1]</sup>。

盐雾对金属材料的腐蚀，主要是导电的盐溶液渗入金属内部发生电化学反应，形成“低电位金属-电解质溶液-高电位杂质”微电池系统，发生电子转移，作为阳极的金属出现溶解，形成新的化合物即腐蚀物。金属保护层和有机材料保护层也同样，当作为电解质的盐溶液渗入内部后，便会形成以金属为电极和金属保护层或有机材料为另一电极的微电池，腐蚀过程如下：阳极过程腐蚀电池中电位较负的金属为阳极，发生氧化反应。金属的阳极溶解过程至少由以下几个连续步骤组成：

a) 金属原子离开晶格转变为表面吸附原子：  
Me 晶格→Me 吸附。

b) 电位差导致金属氧化，其反应为： $Me \rightarrow Me^{n+} + ne^{-}$ ，放出相等数量的电子，由此而形成的金属离子既可溶解到电解液中，也可以与侵袭介质中的成分发生反应后淀析于金属上。

c) 阳极的过程可一直持续到它所生成的电子被阴极耗尽为止。阴极发生反应： $O_2 + 2H_2O + 4e^{-} \rightarrow 4OH^{-}$ ，在中性或碱性介质中被还原成羟基离子，羟基离子又可与金属离子发生反应，而在酸性介质中氢离子通过形成游离氢得到还原，氢则作为气体逸出。

d) 在电解液中，氯化钠离解成为钠离子和氯离子，部分氯离子、金属离子和氢氧根离子反应生成金属腐蚀物： $2nMe^{+} + 2nCl^{-} + 2nOH^{-} \rightarrow nMeCl + nMe$

(OH)。

盐雾腐蚀的三要素是水、氧和离子。涂层是一种高聚物薄膜，能不同程度地阻缓上述三要素的通过而发挥防腐作用。一般情况下，只要水中盐的浓度在 0.4 mol/L 以上，钠与氯离子就可以穿过涂膜扩散，因此在喷盐雾的情况下，上述阳极和阴极反应是不能抑制的。

离子透过漆膜比水和氧要慢得多，漆膜所含的羟基离解后使其带负电，因而会选择性地吸收阳离子透入漆膜，经研究证实，一般漆膜会大量地吸收阳离子（如  $Na^{+}$ ）透入漆膜，而阴离子（如  $Cl^{-}$ ）则不易透入。离子透入漆膜的结果是使漆膜起泡、脱落。

如果被同一种液体浸润的两种不同金属互相电接触，则阴极过程发生在较贵重的金属上，而阳极过程则发生在较便宜的金属上，如图 1 所示。

金属-腐蚀介质截面处的自由腐蚀，在侵蚀液中，氧在腐蚀金属上被还原，同时形成腐蚀生成物。

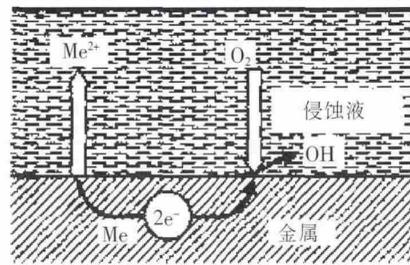


图 1 金属腐蚀

## 2 盐雾试验的分类

盐雾试验是一种主要利用盐雾试验设备的人工模拟盐雾环境条件来考核产品或金属材料耐腐蚀性能的环境试验，一类为天然环境暴露试验，另一类为人工加速模拟盐雾环境试验。

人工模拟盐雾环境试验是利用一种具有一定容积空间的试验设备——盐雾试验箱，在其容积空间内用人工的方法，造成盐雾环境来对产品的耐盐雾腐蚀性能质量进行考核。它与天然环境相比，其盐雾环境氯化物的盐浓度可以是一般天然环境盐雾含量的几倍或几十倍，使腐蚀速度大大提高。对产品进行盐雾试验，得出结果的时间也大大缩短（如在天然暴露环境下对某产品样品进行试验，待其腐蚀可能要 1 年，而在人工模拟盐雾环境条件下试验，只要 24 h，即可得到相似的结果）。

人工模拟盐雾试验又包括中性盐雾试验、醋酸盐雾试验、铜盐加速醋酸盐雾试验和交变盐雾试验,其中应用最广的是中性盐雾试验。中性盐雾试验主要用来对金属材料,以及金属上的金属镀层或非金属无机镀层的检验,也用来检验涂覆系统。与此相反,醋酸盐雾和铜盐加速醋酸盐雾一般只用于金属镀层的检验而不适用于有机覆层的检验。盐雾试验的基本内容是在35℃下,5%的氯化钠水溶液,在试验箱内喷雾,模拟海水环境的加速腐蚀方法,其耐受时间的长短决定耐腐蚀性能的好坏<sup>[2]</sup>。

### 2.1 中性盐雾试验 (NSS 试验)

中性盐雾试验(NSS试验)是出现最早、目前应用领域最广的一种加速腐蚀试验方法。它采用5%的氯化钠盐水溶液,溶液pH值调在中性范围(6.5~7.2)作为喷雾用的溶液。试验温度均取35℃,要求盐雾的沉降率在1.0~2.0 ml/80 cm<sup>2</sup>·h之间<sup>[3]</sup>。

### 2.2 醋酸盐雾试验 (ASS 试验)

醋酸盐雾试验(ASS试验)是在中性盐雾试验的基础上发展起来的。它是在5%氯化钠溶液中加入一些冰醋酸,使溶液的pH值降为3左右,溶液变成酸性,最后形成的盐雾也由中性盐雾变成酸性。它的腐蚀速度要比NSS试验快3倍左右。

### 2.3 铜盐加速醋酸盐雾试验 (CASS 试验)

铜盐加速醋酸盐雾试验(CASS试验)是国外新近发展起来的一种快速盐雾腐蚀试验,试验温度为50℃,盐溶液中加入少量的铜盐—氯化铜,强烈地诱发腐蚀。它的腐蚀速度大约是NSS试验的8倍。

### 2.4 交变盐雾试验

交变盐雾试验是一种综合盐雾试验,它实际上是中性盐雾试验加恒定湿热试验。它主要用于空腔型的整机产品,通过潮湿环境的渗透,使盐雾腐蚀不但在产品表面产生,也在产品内部产生。它是将产品在盐雾和湿热两种环境条件下交替转换,最后考核整机产品的电性能和机械性能有无变化。

## 3 影响盐雾腐蚀的因素

影响盐雾试验结果的主要因素包括:试验温湿度、盐溶液的浓度、样品放置角度、盐溶液的pH值、盐雾沉降量和喷雾方式等<sup>[4]</sup>。

### 3.1 试验温湿度

温度和相对湿度影响盐雾的腐蚀作用。温度越高,盐雾腐蚀速度越快。IEC 60355:1971标准指出:“温度每升高10℃,腐蚀速度提高2~3倍,电解质的导电率增加10%~20%”。这是因为温度升高,分子运动加剧,化学反应速度快的结果。对于中性盐雾试验,大多数人认为试验温度选在35℃较为恰当。如果试验温度过高,则机理与实际情况的差别较大。金属腐蚀的临界相对湿度大约为70%,当相对湿度达到或超过这个临界湿度时,盐就会形成导电性能良好的电解液。当相对湿度降低,盐溶液浓度将增加直至析出结晶盐,腐蚀速度相应地降低。

从宏观上看,达到(35±2)℃的技术要求并不难;但从盐雾机理上分析,(35±2)℃的温度均匀性还应包括加热功率的控制精度也不要超过上述误差。为了保持试验箱内均匀的温度场,并不使外来的气流造成箱内的温度波动,对喷雾气流还需作润湿及热交换处理,使其从喷嘴喷出来的经绝热膨胀后的润湿的压缩空气温度,也能保持35℃、相对湿度大于95%。这样才能克服喷雾时由于气流温度影响而引起的温度波动。同时由于该气流中具有较高的相对湿度,也可防止喷嘴附近析出盐粒所造成的喷嘴阻塞现象。对于空气热饱和器的构造及其容积,还要根据盐雾设备的大小及空压机排气量来进行设计计算。在现有气流式的盐雾试验箱中都设有空气热饱和器,但怎样确定热饱和器在不用压力下的膨胀温度列于表1中,使操作者可根据不同的压力来选择控制饱和器的温度。

表1 空气热饱和器在绝热膨胀是不同压力与温度关系

喷雾压力 (p/kg·cm <sup>-2</sup> )	温度 (t/°C)
0.7	45
0.84	46
0.98	47
1.12	48
1.26	49
1.4	50
1.56	51
1.68	52

在实际的操作中，有的把饱和器的控制温度与盐雾箱的温度相等，有的控制比盐雾箱的试验温度高 2~3 ℃，这实际上是一种错误的做法。

### 3.2 盐溶液的浓度

盐溶液的浓度对腐蚀速度的影响与材料和覆盖层的种类有关。浓度在 5% 以下时，钢、镍、黄铜的腐蚀速度随浓度的增加而增加；当浓度大于 5% 时，这些金属的腐蚀速度却随着浓度的增加而下降。上述这种现象可以用盐溶液里的氧含量来解释，盐溶液里的氧含量与盐的浓度有关，在低浓度范围内，氧含量随盐浓度的增加而增加，但是当盐浓度增加到 5% 时，氧含量达到相对的饱和，如果盐浓度继续增加，氧含量则相应地下降。氧含量下降，氧的去极化能力也下降，即腐蚀作用减弱。但对于锌、镉、铜等金属，腐蚀速度却始终随着盐溶液浓度的增加而增加。

### 3.3 样品的放置角度

样品的放置角度对盐雾试验的结果有明显的影响。盐雾的沉降方向是接近垂直方向的，样品水平放置时，它的投影面积最大，样品表面承受的盐雾量也最多，因此腐蚀最严重。研究结果表明，钢板与水平线成 45° 角时，每平方米的失重量为 250 g；钢板平面与垂直线平行时，每平方米的失重量为 140 g；GB/T 2423.17-1981 标准规定：平板状样品的放置方法，应该使受试面与垂直方向成 30° 角<sup>[5]</sup>。

### 3.4 盐溶液的 pH 值

盐溶液的 pH 值是影响盐雾试验结果的主要因素之一。pH 值越低，溶液中氢离子浓度越高，酸性越强，腐蚀性也越强。盐溶液的 pH 值 3.0 的醋酸盐雾试验 (ASS) 的腐蚀性比 pH 值为 6.5~7.2 的中性盐雾试验 (NSS) 严酷 1.5~2.0 倍<sup>[6]</sup>。

GB 2423.17-1981《盐雾试验》规定的盐溶液浓度 (5±1) %，pH 值 6.5~7.2，即为中性盐雾<sup>[5]</sup>。因为一般蒸馏水中常吸收溶解一部分 CO<sub>2</sub> 使其成微酸性，所以在新配制的盐水中测得的 pH 值多数在 5.6~5.8 之间，一般用 NaOH 溶液进行调节，再用 pH 计或 pH 试纸进行测定<sup>[7]</sup>。

由于受到环境因素的影响，盐溶液的 pH 值会发生变化。为此，国内外的盐雾试验标准对盐溶液的 pH 值的范围都做了规定，并提出稳定试验过程中盐溶液的 pH 值的办法，以提高盐雾试验结果的

重现性。影响盐溶液 pH 值变化的原因和结果如下：

a) 引起盐雾试验过程中盐溶液 pH 值变化的根源主要来自空气中的可溶性物质，这些物质的性质可能不同，有些溶于水里后呈酸性，有些溶于水里后呈碱性。

b) 在盐雾试验过程中，空气中的可溶性物质溶入盐溶液或从盐溶液里逸出的过程是一个可逆过程。溶入物质会使盐溶液的 pH 值降低，而逸出物质会使盐溶液 pH 值升高，降低率和升高率相等的时候溶入速度大于逸出速度，将使盐溶液的 pH 值降低。反之，盐溶液的 pH 值升高。溶入和逸出速度相等，则 pH 值不变。

c) 影响盐溶液 pH 值变化的因素有很多。例如：空气中可溶性物质的性质、含量和压力，以及空气与盐溶液的接触面积和接触时间等。

#### 1) 空气中可溶性物质的性质和含量：

空气中含有 CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>S 等，这些气体溶于水则生成酸性物质，使水的 pH 值降低。空气中也可能存在碱性的尘埃颗粒，这些物质溶于水会使水的 pH 值升高。

#### 2) 大气压力：

气体在水中的溶解度与大气压力成正比。0 ℃ 时，1 atm 大气压力下，100 ml 的水中能溶解 0.355 g CO<sub>2</sub>；而在 2 atm 大气压力下，100 ml 水能溶解 0.670 g CO<sub>2</sub>。当利用压缩空气喷雾时，由于大气压力增加，空气中 CO<sub>2</sub> 等酸性物质的溶解量增加，盐溶液的 pH 值降低。这个过程与喷雾后受温度下降而使 CO<sub>2</sub> 从盐溶液里逸出的过程恰恰相反。

#### 3) 空气与盐溶液的接触面积和接触时间：

喷雾使盐溶液变成直径为 1~5 μm 微细颗粒的盐雾。接触面积的增加使得气体溶入液体或气体从液体中逸出的量都大大增加。当影响气体溶入液体和气体从液体中逸出的条件（例如：压力、温度等）不变时，溶入和逸出速度最终将达到平衡状态。在达到平衡状态以前，随着时间的增加，溶入（或逸出）的量也将增加。

### 3.5 盐雾沉降量和喷雾方式

盐雾颗粒越细，所形成的表面积越大，被吸附的氧量越多，腐蚀性也越强。如果盐雾颗粒很大，盐雾就会变成水滴，就成不了雾而变成雨了；如果

颗粒过小，如盐雾直径约  $0.1\ \mu\text{m}$ ，它在 48 h 也不会沉降，这近乎于分子运动了。根据实际，自然界中 90 % 以上盐雾颗粒的直径为  $1\ \mu\text{m}$  以下，研究成果表明：直径  $1\ \mu\text{m}$  的盐雾颗粒表面所吸附的氧量与颗粒内部溶解的氧量是相对平衡的。盐雾颗粒再小，所吸附的氧量也不再增加。

## 4 盐雾试验结果的判定

盐雾试验的目的是为了考核产品或金属材料的耐盐雾腐蚀质量，而盐雾试验结果的判定正是对产品质量的宣判，它的判定结果是否正确、合理，是正确地衡量产品或金属抗盐雾腐蚀质量的关键。盐雾试验结果的判定方法有：评级判定法、称重判定法、腐蚀物出现判定法、腐蚀数据统计分析法、腐蚀率法和经验划分腐蚀程度法。

### 4.1 评级判定法

评级判定法是把腐蚀面积与总面积之比的百分数按一定的方法划分成几个级别，以某一个级别作为合格判定的依据，它适合平板样品进行评价。如果试验时间较短或样品外形复杂，则腐蚀面积较难测定。采用这种方法的标准有：GB/T 6461-2002《金属基体上金属和其它无机覆盖层经腐蚀试验后的试样和试件的评级》等。在表 2 中，A：腐蚀覆盖面积占总面积的百分数；外观评级分为 0~10 级<sup>[8]</sup>。

表 2 缺陷面积与外观评级

缺陷面积 (A/%)	外观评级
无缺陷	10
$0 < A \leq 0.1$	9
$0.1 < A \leq 0.25$	8
$0.25 < A \leq 0.5$	7
$0.5 < A \leq 1.0$	6
$1.0 < A \leq 2.5$	5
$2.5 < A \leq 5.0$	4
$5.0 < A \leq 10$	3
$10 < A \leq 25$	2
$25 < A \leq 50$	1
$50 < A$	0

### 4.2 称重判定法

称重判定法是通过腐蚀试验前后样品的重量进行称重的方法，计算出受腐蚀损失的重量来对样品耐腐蚀质量进行评判，它特别适用于对某种金属

耐腐蚀质量进行考核。

这种方法是根据腐蚀物会造成样品的重量发生变化，称量样品在试验前后的重量变化，分为失重法和增重法。这两种方法所用的通常都是平板状样品。

失重法就是使用能够溶解腐蚀物，同时对样品自身又不起化学反应的化学溶剂，把试验后样品上的腐蚀物溶解掉，让试验后样品的重量比试验前的一种表述方法。失重法的表示方法为：试验后单位试样面积失去重量的数值。增重法直接测量试验后单位试样面积增加重量的数值。

### 4.3 腐蚀物出现判定法

腐蚀物出现判定法是一种定性的判定法，它以盐雾腐蚀试验后，产品是否产生腐蚀现象来对样品进行判定，一般产品标准中大多采用此方法。常见的电镀件盐雾试验后的腐蚀特征如表 3 所示。

表 3 常见电镀件盐雾试验后的腐蚀特征表

电镀件种类	腐蚀物特征
钢铁件镀锌	灰色或黑色镀层腐蚀物和棕色铁锈
钢铁件镀镉	灰色或黑色镀层腐蚀物和棕色铁锈
钢铁件镀铬	棕色铁锈
铜镀银	绿色铜锈
铜镀锡	灰色镀层腐蚀物和绿色铜锈

采用这种方法的标准有：GJB 4.11-1983《船舶电子设备环境试验盐雾试验》等。

### 4.4 腐蚀数据统计分析法

腐蚀数据统计分析法提供了设计腐蚀试验、分析腐蚀数据和确定腐蚀数据的置信度的方法，它主要用于分析、统计腐蚀情况，而不是具体地用于某一具体产品的质量判定。

### 4.5 腐蚀率法

按照腐蚀率进行表述，采用这种方法的标准有 ASTM B537-1970《Standard Practice for Rating of Electroplated Panels Subjected to Atmospheric Exposure》等。这种方法以  $5\ \text{mm} \times 5\ \text{mm}$  作为一个小方格，把试样的主要表面划分为很多个小方格，计算试样的腐蚀率，腐蚀率的分级如表 4 所示。

表 4 腐蚀率分级表

腐蚀率/%	等级	腐蚀率/%	等级
0	10	≤8	4
≤0.25	9	≤16	3
≤0.5	8	≤32	2
≤1	7	≤64	1
≤2	6	>64	0
≤4	5	/	/

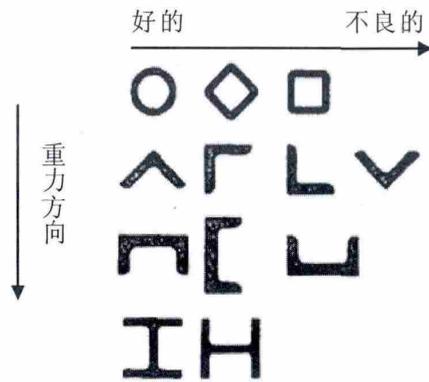


图 2 断面设计对比 (好的和不良的断面取向)

### 4.6 经验划分腐蚀程度法

这种方法是根据实际的工作经验对盐雾试验后的样品划分腐蚀程度，是一种很粗糙的表述方法。通常使用下列表述语句：腐蚀非常严重、腐蚀严重、中等腐蚀、轻微腐蚀、很轻微的腐蚀、外观良好等。

## 5 腐蚀防护

防腐的意思是为了降低腐蚀速率而干预腐蚀过程，以延长零件的使用寿命。防腐可采用 3 种基本措施：

- 1) 计划和设计措施，对零部件选择合适的材料和适当的结构设计；
- 2) 利用一些保护层或涂层将金属与腐蚀介质隔离的措施；
- 3) 采取影响腐蚀介质的措施，并对腐蚀介质加入抑制剂。

### 5.1 利用适当的结构来进行防腐设计

选用具有适宜防腐性能的材料对避免腐蚀损坏有很大的帮助。设计上的措施也是头等重要的。设计中要运用大量的熟练技艺和专门技术，特别是用同样材料或不同材料制造的有关部件之间的连接件、断面边和角部位很难防护，又是易以腐蚀的地方。良好的取向可降低腐蚀，如图 2 所示。

卷边和弯折会积聚污垢和水分，适当的表面和排放口有助于免除这个问题，如图 3 所示。

焊接一般会使显微结构变糟是一个弱点。为了避免缝隙腐蚀，焊接必须光滑而且没有缝隙，如图

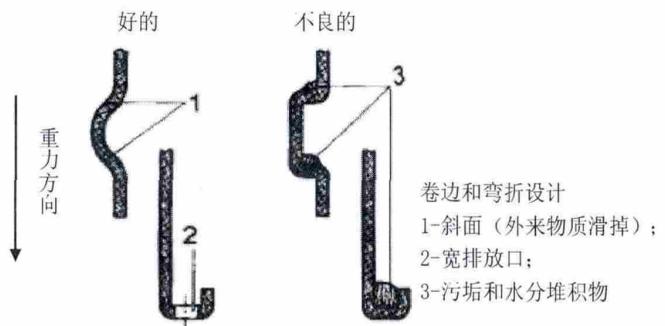


图 3 卷边和转弯设计对比

4 所示。

### 焊接处与设计有关的缝隙及避免方法



图 4 焊接设计对比

连接同样或类似的金属时，可避免接触腐蚀；如果连接非同类金属，则需装上垫圈、垫片或衬套使双方金属形成电绝缘，避免接触腐蚀。

## 5.2 涂层

涂层是用形成保护膜的方法来抑制腐蚀的。保护膜直接覆加在被保护的金属上，以抵抗腐蚀介质的侵袭。保护涂层必须是既无孔隙又不导电。由于还必须有足够的厚度，所以要在很窄的尺寸公差系统中采用这一措施会碰到相当大的困难。

涂层方法分为：无机非金属涂层、金属涂层和有机涂层<sup>[9]</sup>。

a) 无机非金属涂层的应用方法：扩散法、青铜色氧化处理、阳极化、搪瓷和玻璃陶瓷等几种形式。对许多金属来说，如果加入少量的不同金属使之成为合金，就能促进稳定的氧化物涂层的形成，例如：在车身板件制造中经常使用的磷酸盐涂层，以及对镀锌层钝化处理的铬酸盐钝化剂。

b) 金属涂层应用方法：电镀、化学沉积、热浸深底层、蒸发、热喷涂和包层等形式。可将外来金属或金属化合物覆加在基底材料上。很多情况下，防腐是同增强耐磨性和形成装饰性表面结合在一起的。标准方法、使用金属和应用范围如表5所示。

表5 无机保护涂层的应用

应用方法	金属种类	主要用途
化学沉积	Ni (NiB, NiP, NiPCu), Cu, 扩散涂层 (NiB+SiC, NiP+SiC)	防腐、耐磨、 表面装饰
蒸汽沉积	Al, Au, Ta	防腐
电镀 (外加电源)	Ag, Al, Au, Cd, Cr, Ni, Sn, Zn, ZnNi, ZnNip	防腐、表面装 饰
包层	Al, Cu, Ni, Pb, Ti, Zr 及其合金, 不锈钢	防腐
热浸 (包括热浸镀锌)	Al, Pb, Sn, Zn	防腐
热喷涂	Al 和合金, Cr, Ni, NiCr, NiCrBSi, Ti 硼化物, 碳化 物, 氧化物	防腐

c) 有机涂层的应用方法：涂漆、粉末涂层、橡胶和塑料内部涂层，以及等离子聚合。热塑性塑料、弹性塑料和热固性塑料是主要的有机保护层。它们用于汽车工业所有的油漆、旋转烧结化合

物、内涂层、纤维增强树脂和填料等。这些涂层对基材的保护程度不仅取决于塑料本身，而且与所用的结合剂、防老化剂、对紫外线的稳定剂，以及各种填充剂和颜料有关。有机涂层既可以单独使用，也可与前述的某一种无机涂层合用。

## 5.3 抑制剂

抑制剂是以低浓度添加到腐蚀介质中的物质 (最大到几百 ppm)，以吸附到被保护金属的表面上。抑制剂既能阻断阳极腐蚀过程，也能阻断阴极腐蚀过程，所以能急剧地降低腐蚀率。有机胺和有机酸酰胺为最常用的抑制剂，它们还可以加到防冻液中以防止冷却液循环时的腐蚀损坏。

## 6 结束语

盐雾试验是考核产品或材料抗盐雾腐蚀能力的重要手段，试验结果的科学性、合理性至关重要。影响盐雾试验结果稳定性和一致性的因素有很多，要提高盐雾试验结果的有效性，试验技术是关键。因此试验人员不仅需要具备扎实的专业知识和专业技能，还需要有丰富的实践经验和对产品的全面了解，从化学和环境工程、材料、结构和工艺等多学科领域去认识盐雾试验，科学、合理地表述试验结果，更好地为产品选材、结构设计、工艺选择、产品运输和存贮，以及使用提供有效的信息，提高产品或材料的抗盐雾腐蚀能力。

### 参考文献：

- [1] 郑关林. 镀金层盐雾试验机理及方法探讨[J]. 电镀与精饰, 1999, 15 (6): 11-14.
- [2] 黄秉升. 盐雾试验标准及其实施 [J]. 涂料工业, 2002, 32 (12): 39-41.
- [3] GJB 4.11-1983, 船舶电子设备环境试验盐雾试验 [S].
- [4] 唐廷甫. 盐雾试验中应值得注意的几个问题 [J]. 环境技术, 1993, 11 (6): 15-16.
- [5] GB/T 2423.17-1993, 电工电子产品基本环境试验规程 试验 Ka: 盐雾试验方法 [S].
- [6] 巫铭礼, 姚沁华. 盐雾试验中盐液 pH 值的变化及控制 [J]. 环境技术, 1998, 16 (2): 1-4.
- [7] 温玲玲. 盐雾试验收集液 pH 值的测量 [J]. 电子产品可靠性与环境试验, 1993, 11 (5): 53-55.
- [8] GB/T 6461-2002, 金属基体上金属和其它无机覆盖层腐蚀试验后的试样和试件的评级 [S].
- [9] IEC 60355-1971, An appraisal of the problems of accelerated testing for atmospheric corrosion [S].