

## 盐雾试验方法探讨

罗兰<sup>1,2</sup>, 王一临<sup>1,2</sup>

(1. 中国兵器工业第五九研究所, 重庆 400039;  
2. 重庆市环境腐蚀与防护工程技术研究中心, 重庆 400039)

**摘要:** 分析了不同盐雾试验方法标准对盐溶液配制、试样的处理和检测、试验参数、试验过程控制等方面的不同要求,探讨了盐雾试验的操作技术,提出了必须严格控制盐雾试验过程的建议和不能用不同标准进行的盐雾试验结果进行比较的观点。

**关键词:** 盐雾试验; 标准; 操作技术; 过程控制

**中图分类号:** TG174.4      **文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-9242(2011)04-0077-05

## Discussion on Salt Fog Test Method

LUO Lan<sup>1,2</sup>, WANG Yi-lin<sup>1,2</sup>

(1. No.59 Research Institute of China Ordnance Industry, Chongqing 400039, China;  
2. Chongqing Engineering Research Center for Environmental Corrosion and Protection, Chongqing 400039, China)

**Abstract:** Different requirements of different salt fog test standards in preparation of salt solution, disposal and inspection of specimen, test parameter, and control of test process were analyzed. The technique of test operation was discussed. It was suggested that test process should be controlled strictly. It was put forward that the results of salt fog tests with different test standards should not be compared.

**Key words:** salt fog test; standard; operation technique; process control

大气中的盐雾对军用装备和其他各种产品都有较大的破坏作用,主要表现在腐蚀效应、电气效应和物理效应等方面<sup>[1-2]</sup>。盐雾试验是加速模拟大气盐雾环境的实验室环境试验方法,是评价涂镀层的防腐性能、军用装备和其他各种产品的耐盐雾性能的常用的方法,也是军用装备、电工电子产品、涂料等产品防腐性能鉴定和产品符合性检验的方法之一。

在国家标准、国家军用标准、行业标准中有针对各类产品制定的盐雾试验方法。不同标准规定的盐雾试验的试验原理和基本试验方法是相同的,但在对盐溶液的要求、试验参数、试验过程控制、试验周期、试样处理和试验检测等方面有不同的规定。

在 GB/T 10125-1997 中规定了中性盐雾试验(NSS)、乙酸盐雾试验(AASS)和铜加速乙酸盐雾试

收稿日期: 2011-02-10

作者简介: 罗兰(1969—),女,重庆人,高级工程师,主要从事实验室环境试验及包装试验研究。

验(CASS)3种方法<sup>[3]</sup>,而大部分盐雾试验标准都采用中性盐雾试验方法。文中仅针对使用较多的中性盐雾试验标准进行分析讨论。

## 1 盐溶液的配制

盐溶液是盐雾试验的关键要素,对试样的损坏起决定作用。对盐溶液的要求主要有:

- 1) 盐溶液配制用材——水和氯化钠的要求;
- 2) 盐溶液的浓度;
- 3) 盐溶液的pH值。

在不同标准中对盐雾试验用的盐溶液有不同的要求,见表1<sup>[2-8]</sup>。

统一计量单位后,不同标准对水的电阻率或电导率要求不同。GJB 150.11—1986:  $\geq 500 \Omega \cdot m$  或  $\leq 20 \mu S/cm$ ; GJB 150.11A—2009:  $1\ 500 \sim 2\ 500 \Omega \cdot m$  或  $4 \sim 7 \mu S/cm$ ; GB/T 10125—1997:  $\geq 500 \Omega \cdot m$  或  $\leq 20 \mu S/cm$ ; GB/T 1771—2007 和 ASTM B 117—2007:  $\geq 2\ 000 \Omega \cdot m$  或  $\leq 5 \mu S/cm$ 。

化学纯氯化钠中,  $\omega(\text{NaCl}) \geq 99.5\%$ ,  $\omega(\text{NaI}) \leq 0.012\%$ ,  $\omega(\text{NaBr}) \leq 0.05\%$ ,  $\omega(\text{总杂质}) \leq 0.13\%$ ,基本不含Cu, Ni<sup>[9]</sup>,能满足所有盐雾试验标准中对氯化钠的要求。

不同标准对盐溶液质量浓度要求相同,但GB/T 10125—1997和GB/T 1771—2007对盐溶液质量浓度允差的要求, ( $\pm 5 \text{ g/L}$  相当于质量分数  $\pm 0.5\%$ ) 较

表1 不同标准对盐溶液的要求

Table 1 The requirements of different standards for salt solution

项 目	GJB 150.11—1986	GJB 150.11A—2009	GB/T 2423.17—2008	GB/T 2423.18—2000	GB/T 10125—1997	GB/T 1771—2007	ASTM B 117—2007
电阻率不低	于50 000 $\Omega \cdot \text{cm}$ 的蒸馏水或去离子水	电阻率为1 500 ~ 2 500 $\Omega \cdot \text{m}$	蒸馏水或去离子水		电导率为20 $\mu \text{S/cm}$ 的蒸馏水或去离子水	GB/T 6682三级水(电导率 $\leq 0.5 \text{ mS/m}$ )	ASTM D 1193四级水(电导率 $\leq 5.0 \mu \text{S/cm}$ )
氯化钠	化学纯	$\omega(\text{NaI}) \leq 0.1\%$ 总杂质 $\leq 0.5\%$	$\omega(\text{NaI}) \leq 0.1\%$ , 总杂质 $\leq 0.3\%$		化学纯	$\omega(\text{NaCl}) \geq 99.5\%$ , $\omega(\text{NaI}) \leq 0.1\%$ ,基本不含Cu, Ni	除Cl以外的卤化物 $\leq 0.1\%$ (质量分数,全文同),总杂质 $\leq 0.3\%$ , $\omega(\text{Cu}) < 3 \times 10^{-6}$
质量分数		5% $\pm$ 1%(质量分数,全文同)				—	5% $\pm$ 1%
质量浓度	—		—		(50 $\pm$ 5) g/L	(50 $\pm$ 5) g/L	—
pH	(35 $\pm$ 2) $^{\circ}\text{C}$ 时为6.5 ~ 7.2	(35 $\pm$ 2) $^{\circ}\text{C}$ 时为6.5 ~ 7.2	(20 $\pm$ 2) $^{\circ}\text{C}$ 时为6.5 ~ 7.2		6.5 ~ 7.2	(35 $\pm$ 2) $^{\circ}\text{C}$ 时为6.5 ~ 7.2	(35 $\pm$ 2) $^{\circ}\text{C}$ 时为6.5 ~ 7.2

注:1. GB/T 6682 三级水要求,pH为5.0 ~ 7.5,电导率  $\leq 0.5 \text{ mS/m}$ ,可氧化物质(以O计)  $< 0.4 \text{ mg/L}$ , (105  $^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) 时,蒸发残渣  $\leq 2.0 \text{ mg/L}$ 。

2. ASTM D 1193 四级水要求,25  $^{\circ}\text{C}$  时,pH为5 ~ 8,最大电导率为5.0  $\mu \text{S/cm}$ ,最小电阻系数为2 000  $\Omega \cdot \text{m}$ ,最大钠含量为50  $\mu \text{g/L}$ ,最大氯含量为50  $\mu \text{g/L}$ 。

3. 25  $^{\circ}\text{C}$  时相对密度为1.025 5 ~ 1.040 0的氯化钠溶液满足(50  $\pm$  5)g/L 或5%  $\pm$  1%的要求。

严。25  $^{\circ}\text{C}$  时密度为1.025 5 ~ 1.040 0  $\text{g/cm}^3$ 的氯化钠溶液能满足质量浓度为(50  $\pm$  5) g/L 或5%  $\pm$  1%的要求<sup>[3-8]</sup>。

不同标准对盐溶液pH值的要求相同,但对测

定pH值的环境温度规定不同:(20  $\pm$  2)  $^{\circ}\text{C}$ ,与配制环境温度接近,方便检测;(35  $\pm$  2)  $^{\circ}\text{C}$ ,与试验环境温度一致,可正确控制盐溶液喷雾时的pH值。温度对溶液的pH值的影响一般较小,如符合标准Q/

SOIE04—2003的pH值为7的缓冲剂,20℃时的pH值为6.88,35℃时的pH值为6.84。不过,20℃时溶于盐溶液中的CO<sub>2</sub>在35℃喷雾时将挥发,导致盐雾的酸性降低、pH值升高。如在20℃或其他室温下调节和测定pH值,应将盐溶液先加热到35℃以上或用新煮沸过的水配制盐溶液<sup>[7]</sup>。另一种方法是在室温调节和测定pH值时,将盐溶液的pH值调节到略低于下限6.5,然后取该盐溶液50 mL煮沸30 s,冷却到室温后测定pH值,如测得的pH值在6.5~7.2之间,则配制的盐溶液满足35℃喷雾时盐雾的pH

值要求<sup>[8]</sup>。

## 2 试样的处理和检测

### 2.1 试验样品

盐雾试验的试样主要有试片(试板)和产品(含零部件、元器件)两类。各种标准对试样的种类有不同的规定,对试样的数量一般没有具体规定,见表2<sup>[2-8]</sup>。

表2 不同标准对试样处理和检测的要求

Table 2 The requirements of different standards for disposal and inspection of specimen

项 目	GJB 150.11 —1986	GJB 150.11A —2009	GB/T 2423.17 —2008	GB/T 2423.18 —2000	GB/T 10125 —1997	GB/T 1771 —2007	ASTM B 117 —2007
试样	军用设备	军用装备	设备及零件,不适用于单个试样的评定	元件或设备	材料或产品,符合GB/T 20777—2006的标准或合同的规定	材料或产品,符合GB/T 20777—2006的涂层试板	材料或产品,数量符合试样规范或合同的规定
预处理	用不腐蚀不产生防护膜的溶剂清洗表面,有机涂层不用有机溶剂;无涂层处用涂蜡等方法保护;在箱内35℃预热2 h	清除表面污物,不使用腐蚀性或形成保护层的溶剂,不使用除纯氧化镁以外的磨料;在箱内35℃预热2 h	按相关标准清洁试样,清洁方法不影响盐雾对试样的腐蚀,且不引入二次腐蚀		清除表面污物,不使用可能腐蚀试样或洗去保护膜的材料或溶剂	在(23±2)℃,50%±5%的环境下放置16 h;必要时进行划痕处理	按试样规范或合同规定的方法清洁试样,漆膜和非金属涂层应防止过度清洁;需测定划伤表面腐蚀的发展时,应在漆膜或有机涂层表面进行划线;在试样边缘、识别标记表面及与支撑架接触处应使用合适的涂层保护
试验前检测	按试样技术要求进行外观检查及性能检测	检查腐蚀情况、检测电气和物理性能	目视检查,必要时进行电气和机械性能检测		无规定	无规定	无规定
恢复	大气条件下放置48 h	t: 15~35℃ RH: ≤50% 干燥24 h	自来水冲洗5 min,蒸馏水或去离子水冲洗,气流干燥	自来水冲洗5 min,干燥0.5~1 h,蒸馏水或去离子水冲洗,(55±2)℃清洗,吹风机吹干	40℃的清洁水清洗,吹风机吹干	温水清洗,立即干燥	用≤38℃清洁的水清洗表面的盐沉积物,马上干燥
最终检查	按试样技术要求进行外观检查及性能检测	检查腐蚀情况、检测电气和物理性能	目视检查,必要时进行电气和机械性能检测	外观、尺寸和功能检测	按有关标准进行外观、腐蚀量和力学性能检测	检查受试表面损坏现象,必要时检查底板损坏情况	根据试样规范或合同的规定检查试样

## 2.2 试样的处理

盐雾试验前一般需对试样进行预处理,清除非预期的保护层,但不能损伤预期的保护层。

在GB/T 1771—2007和ASTM B 117—2007中还规定,需要时进行划痕处理,以测定在盐雾环境划伤表面腐蚀的发展。该规定仅适用于涂层试板。在试验后检查试样前,需对试样进行恢复处理。试验前和试验后试样处理的要求和方法见表2。

## 2.3 试验检查和检测

应对试样进行试验前的外观检查(对试片和产品)和必要的性能检测(对产品),以取得基线数据,确定试验前试样的技术状态。试验后应按产品标准、技术要求或合同的规定,对试样进行试验的最

终检查和检测,包括外观检查和必要的性能检测,并与试验前的检查、检测结果比较。其结果用以评价盐雾环境对试样的机械部件或组件的阻塞或粘接等物理性能的影响;电性能故障等电气性能的影响;腐蚀作用及腐蚀对正常功能和结构完整性的影响<sup>[2]</sup>。各种标准对试样的试验后的检测有不同描述,但总的要求是一致的,见表2。

## 3 试验过程控制

要保证试验结果的正确性,必须控制好试验过程。试验过程的控制包括:试验箱运行检查、样品放置、箱内暴露区温度、沉降液的参数(沉降量、pH值和氯化钠质量浓度)等。不同标准对盐雾试验过程的控制要求见表3<sup>[2-8]</sup>。

表3 盐雾试验的过程控制

Table 3 Process control of salt fog test

项 目	GJB 150.11 —1986	GJB 150.11A —2009	GB/T 2423.17 —2008	GB/T 2423.18 —2000	GB/T 10125 —1997	GB/T 1771 —2007	ASTM B 117 —2007
试验箱运行检查	试验前5 d内未使用,空载试车16~24 h	试验前5 d内未使用,按试验条件运行24 h	不连续使用时应进行16~24 h的试运行	未规定	变更试验溶液后,试验前设备至少空载运行24 h	无要求	无要求
样品放置	模拟试样实际状态,试板受试面朝上 15° ~ 30°	按试样实际的取向放置	未规定	未规定	受试面朝上 15° ~ 30° 尽可能20°	受试面朝上 20° ± 5°	受试面朝上 15° ~ 30° 或按特殊规定
箱内温度	(35 ± 2) °C	(35 ± 2) °C	(35 ± 2) °C	15 ~ 35 °C (盐雾箱)	(35 ± 2) °C	(35 ± 2) °C	(35 ± 2) °C
测定周期	24 h(或12 h)	24 h	试验后,至少收集16 h	≥ 8 h	24 h	最小周期24 h	至少收集16 h
沉降量/ (mL·(80 cm <sup>2</sup> ·h) <sup>-1</sup> )	1 ~ 2	1 ~ 3	1.0 ~ 2.0	1.0 ~ 2.0	1 ~ 2	1 ~ 2.5	1.0 ~ 2.0
pH值	(35 ± 2) °C 时6.5 ~ 7.2	(35 ± 2) °C 时6.5 ~ 7.2	(35 ± 2) °C 时6.5 ~ 7.2	无要求	6.5 ~ 7.2	6.5 ~ 7.2	6.5 ~ 7.2
氯化钠质量分数	未规定	无要求	5% ± 1%	无要求	(50 ± 5) g/L	(50 ± 10) g/L	5% ± 1%
喷雾模式	连续	24 h喷雾24 h干燥或48 h喷雾48 h干燥	连续喷雾	根据试验的严酷等级决定喷雾和湿热贮存周期	连续喷雾	连续喷雾	连续喷雾
试验周期	48 h或按试样技术要求	共96 h或按试样技术要求	16, 24, 48, 96, 168, 336, 672 h	根据试验的严酷等级决定组合试验时间	按试样有关标准或合同的规定;推荐周期为2, 4, 6, 8, 24, 48 h...	无规定	按试样规范或合同的规定,但应是24 h的倍数

除 GB/T 1771—2007 中规定沉降液氯化钠浓度的允差从配制的盐溶液的  $\pm 5 \text{ g/L}$  放宽到  $\pm 10 \text{ g/L}$  外,各标准中对沉降液的 pH 值和氯化钠浓度的要求与配制的盐溶液相同。

对沉降液的沉降量、pH 值、氯化钠浓度或密度测定是盐雾试验过程控制的一个重要环节,特别是试验周期较长时,及时发现氯化钠溶液的不符合性,并及时更换符合要求的氯化钠溶液,是确保盐雾试验结果正确的前提。

可将多个收集器收集的沉降液合并后测定沉降液的 pH 值和氯化钠浓度。沉降液的 pH 值可用精密 pH 试纸或酸度计测定。氯化钠浓度可用盐含量测定仪(如钠离子型选择性玻璃电极)或比色法测定。也可用比重计测定沉降液的质量浓度(或密度),25 °C 时密度为  $1.025 5 \sim 1.040 0 \text{ g/cm}^3$  的沉降液的氯化钠浓度符合规定要求<sup>[3,8]</sup>。

## 4 结语

1) 盐雾试验前应明确客户(委托方)要求的试验标准,并正确掌握该标准的要求和操作技能。

2) 盐雾试验是一种实验室环境试验,这类试验不能单一地用试验结果去判断试验过程的正确与否。必须严密地、认真地监督和控制盐雾试验的试

验过程,在某种意义上控制试验过程比试验结果更重要。

3) 不能用不同标准进行的盐雾试验结果进行比较。

## 参考文献:

- [1] 汪学华. 自然环境试验技术[M]. 北京:航空工业出版社, 2003:41.
- [2] GJB 150. 11 A—2009, 军用装备实验室环境试验方法 第 11 部分 盐雾试验[S].
- [3] GB/T 10125—1997, 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验[S].
- [4] GJB 150.11—1986, 军用设备环境试验方法 盐雾试验[S].
- [5] GB/T 2423.17—2008, 电工电子产品环境试验 第 2 部分 试验方法 试验 Ka: 盐雾[S].
- [6] GB/T 2423. 18—2008, 电工电子产品环境试验 第 2 部分 试验方法 试验 Ka: 盐雾[S].
- [7] GB/T 1771—2007, 色漆和清漆 耐中性盐雾性能的测定 [S].
- [8] ASTM B 117-07, Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus[S].
- [9] GB 1266—1986, 氯化钠[S].

(上接第 4 页)

## 参考文献:

- [1] 周堃. 弹药贮存寿命预测预报技术综述[J]. 装备环境工程, 2005, 2(2): 25—28.
- [2] 周漪. 某弹用硅橡胶密封材料贮存寿命预测[J]. 装备环境工程, 2010, 7(5): 65—68.
- [3] 王铮. 固体火箭发动机使用寿命的预估和“延寿”[J]. 固

体火箭技术, 1999, 22(1): 23—29.

- [4] 侯文华. 化学动力学的建立与发展概略[J]. 大学化学, 2007, 22(3): 28—36.
- [5] 姚兰英. 化学动力学的发展与百年诺贝尔化学奖[J]. 近日化学, 2005, 20(1): 59—64.
- [6] 罗渝然. 再谈什么是活化能[J]. 大学化学, 2010, 25(3): 35—42.