



盐雾试验及其在不锈钢评级中的应用

盐雾试验及其局限性

不锈钢盐雾试验技术指南及说明

2008年5月

目录

- 1.本文的目的是什么？
- 2.什么是盐雾试验？
- 3.该方法为何如此流行？其优点是什么？
- 4.在 ASTM 和 EN ISO 标准中写了什么？
- 5.此试验和不锈钢有何关系以及现实中发生了什么？可能出现什么错误？
- 6.盐雾试验可用于哪些目的，不可用于哪些目的？
- 7.最好的做法是什么？

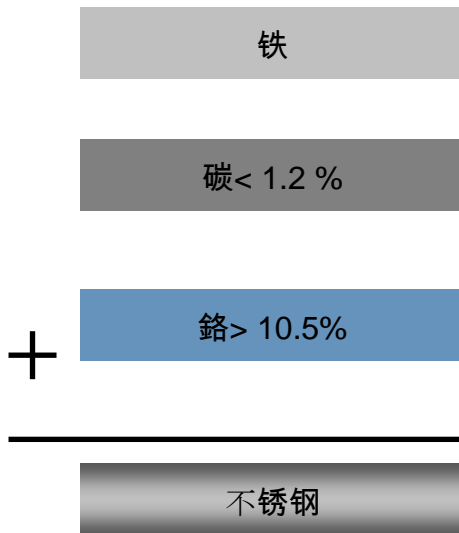
关于国际不锈钢论坛 (ISSF)

成立于 1996 年的国际不锈钢论坛(ISSF) 是一个非盈利性研究机构，它是国际不锈钢行业就各个方面的问题进行讨论的世界论坛。尽管有自己的理事会、财务和秘书长，但是，国际不锈钢论坛是国际钢铁协会 (worldsteel) 的组成部分。现在，国际不锈钢论坛有来自 26 个国家的约 73 家公司成员和关联成员。它们的不锈钢产量占全世界总产量的 85%。关于全体成员的完整名单，请参见国际不锈钢论坛网站：
www.worldstainless.org

1. 本文的目的是什么？

不锈钢有诸多性能，特别是有很强的抗腐蚀能力，因此被广泛应用于工业生产、汽车制造或家庭方面。

不锈钢就是铬含量超过 10.5%的钢。



通过添加不同的合金元素，可以制造出具有不同物理和化学特性的完整系列的不锈钢。选择不锈钢的等级时，要考虑几种不同参数。耐腐蚀性是其中之一。

虽然耐腐蚀参数至关重要，但是，对必须使用不锈钢的设计师或制造商而言，做出选择仍然很难。事实上，如果用户要使用一种新型不锈钢，或者将原有型号的不锈钢用于一种新的用途，并且这种用途的使用环境不稳定或者人们对该使用环境缺乏足够的了解，那么，用户怎么能确定这种等级的不锈钢的寿命周期？比如说，如果要用不锈钢制作临海的某个装置，该如何选取合适的等级？最简单的办法是选用比规定等级更高的不锈钢，但由于经济原因，这样做显然是不可取的。

由于这种原因，经常通过加速腐蚀试验来确定不锈钢的特性。为了通过模拟试验确定不锈钢的寿命长短，选择的腐蚀介质不要偏离真实环境条件太远，但要比真实环境条件稍为恶劣一些。

人们最熟悉的加速腐蚀试验之一就是盐雾试验。但遗憾的是，这种试验方法有时候会将一些既经济又合用的钢材淘汰。该方法甚至会彻底改变钢材的分类模式，原因是这种试验建立了不同的腐蚀机理。

本文试图阐述盐雾试验的使用局限性并对这类试验进行解释。

2. 什么是盐雾试验？

这种在实验室进行的加速腐蚀试验早在二十世纪初就发明了。

它提供了一种可控的腐蚀性环境，用来测试试验箱内的普通金属和镀层金属试样相对的抗腐蚀性能。

经典的盐雾(雾化)试验 ASTM B117 方法是：先将盐溶液雾化为均匀的液滴，然后将其喷涂在支撑或悬挂的试样上，试样偏离垂线 15-30°。



盐溶液是含有 5% (按重量算) NaCl 的溶液 (其浓度大于海水浓度，海水的氯化钠浓度只有 1.8%-3%)。盐雾箱内暴露区的温度控制在 35°C。

盐溶液的 pH 值控制如下：当它在 35°C 温度下雾化时，收集到的溶液的 pH 应介于 6.5-7.2 之间。

试验持续到整个试验结束为止。

试样暴露的时间长短由买方和卖方协商确定。实验时间可以超过 1000 小时。

时效试验还包括其它加速试验程序，它们在汽车行业中经常使用。下文简要描述了这些试验。最重要的腐蚀性因素就是潮湿，它在所有的时效试验中都要用到。其它因素还包括盐雾和/或温度变化。

| 试验程序 | 简短描述 | 主要影响 |
|--------------------------------------|--|------------------|
| VDA 621-415 (VDA – Wechseltest) | 盐雾、冷凝水、标准气候 $18^{\circ}\text{C} \leq T \leq 40^{\circ}\text{C}$ | 湿气和腐蚀 |
| VWP 1200 | 80°C /95% 相对湿度/ - 40°C | 湿气和温度变化情况 |
| VWP 1210 | 盐雾、冷凝水 | 湿气和腐蚀 |
| VDA - KKT | VDA 621-415 要求 3 周，VW P 1200 要求盐雾 1 周 | 腐蚀、湿气和变化温度情 况 |
| SCAB 试验 | 60°C /-25°C，盐雾 60°C/85% 相对湿度 30°C/60% 相对湿度 | 腐蚀和湿气 |

试验结果都是以定性形式而不是定量形式给出的。

3. 该方法为何如此流行？其优点是什么？

盐雾试验是使用最久的“腐蚀试验”，备受耐腐蚀性强的材料使用者的青睐，已成为一种“通用”的试验。

原因是盐雾试验具有诸多优点。

最有意义的一点就在于此试验可用于测试多种材料。

例如，可以测试裸露的材料、涂漆材料和惰性层或牺牲层材料[见图 1]

与自然环境下进行的测试相比，这种试验所用的时间要短得多，其成本也很低，但需要标准化的材料。

专门针对这种技术的标准数量有限，因而这些标准广为人知。



| | | |
|-------|---|--|
| | 电镀锌碳钢 | AISI 441 型不锈钢 |
| 48 小时 |  |  |

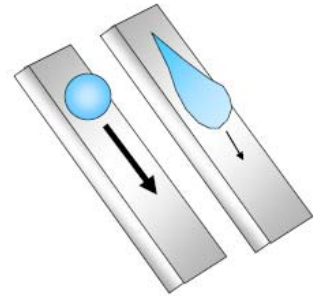


图 1： 图中分别是经历了较短时间和较长时间盐雾试验的电镀锌碳钢和 AISI 441 型不锈钢

由于粗糙程度和可湿性对实验结果有重大影响，所以盐雾试验也可以作为材料和表面光洁度的综合试验。

粗糙度和表面可湿性对液滴接触时间的影响

许多用户甚至毫不犹豫地已经在加工成形的物件或已经装配的部件上进行试验。由此类试验得到的结果会给人留下深刻印象且容易理解。



此试验方法也可以用于商业争议的解决，因而受到人们的赞赏。但另一方面，该方法被滥用的情况也时常发生，尤其是当测试对象为不锈钢时。

虽然是一种首选方法，但人们有时并不十分了解试验标准。下一部分，我们建议读者仔细阅读。

总之，遗憾地讲，盐雾试验也有重大缺陷。它是一种破坏性试验，试验结果很片面，也不一定确切地反映材料的实际性能。

4. 《盐雾喷射(雾化)装置操作常规》 (ASTM B1177) 的内容是什么?

此处引用 ASTM B1177 (或其等效标准 CEI 60068-11) 来强调某些具体要点。需要牢记的一点是：本标准没有描述样本的类型、特定样本的暴露时间或者试验结果解释程序 (摘录 1)。

test environment. Suitable apparatus which may be used is described in Appendix X1.
~~1.2 This practice does not prescribe the type of test specimen or exposure periods to be used for a specific product, nor the interpretation to be given to the results.~~
 1.3 The values stated in SI units are to be regarded as

(摘录 1)

1.2 对一个特定的样本，这种试验并没有明确规定测试样本的类型或暴露时间，也没有对结果进行解释。

因此，这里有必要将实验室里必须做的选择介绍一下，比如样本的类型及其制备 (试验持续时间和验证准则需要与客户共同协商决定)。我们还要强调：试验结果有被误解的风险；建议读者认真阅读标准，以便让试验顺利进行。

通常而言，人们并不能根据盐雾试验结果来评定材料在自然环境中的使用性能 (尤其是不锈钢) (摘录 2)。

resistance information for specimens of metals and coated metals exposed in a given test chamber.
~~3.2 Prediction of performance in natural environments has seldom been correlated with salt spray results when used as stand alone data.~~
 3.2.1 Correlation and extrapolation of corrosion performance based on exposure to the test environment provided by

(摘录 2)

3.2 盐雾试验的结果，作为单独数据来使用时，与预测材料在自然条件下的实际性能其实并没有什么关联性。

以前大量的实验证明了这一事实 (摘录 3)，而且我们特别强调这样一个事实：在盐雾试验中表现出的抗腐蚀性 with 另一环境中的抗腐蚀性没有直接关系。

X2.2 The salt spray has been used to a considerable extent for the purpose of comparing different materials or finishes. It should be noted there is usually not a direct relation between salt spray (fog) resistance and resistance to corrosion in other media, because the chemistry of the reactions, including the formation of films and their protective value, frequently varies greatly with the precise conditions encountered. Informed personnel are aware of the erratic composition of basic alloys.

(摘录 3)

X2.2 盐雾法在很大程度上一直被用于对不同的材料或光洁度进行比较。应该注意的是，盐雾（雾化）试验中体现出的抗腐蚀性与其它介质的耐腐蚀性没有直接关系。原因是：反应的化学原理，包括形成的薄膜及其保护能力，随着具体实际条件的不同将会有很大的变化。

另外，试验的再现性在很大程度上取决于试样的类型（摘录 4），即便是非常相近的试样，其试验的再现性也不见得好（摘录 5）。

only in cases where appropriate corroborating long-term atmospheric exposures have been conducted.
3.3 The reproducibility of results in the salt spray exposure is highly dependent on the type of specimens tested and the evaluation criteria selected, as well as the control of the operating variables. In any testing program, sufficient repli-

(摘录 4)

3.3 盐雾试验结果的再现性在很大程度上取决于受测试的样本的类型、选用的评定标准以及操作变量的控制。

operating variables. In any testing program, sufficient replicates should be included to establish the variability of the results. Variability has been observed when similar specimens are tested in different fog chambers even though the testing conditions are nominally similar and within the ranges specified in this practice.

(摘录 5)

即便在相似的测试条件下和本规程规定的范围内进行测试，在不同雾化箱里测试相似样本时，也经常观察到相差悬殊的结果。

虽然标准的条款里没有给出建议，但通过摘录 6 的内容也可以推断出样本的类型。样本形状应该是扁平的，以便满足偏离垂直线 15°到 30°的角度要求。这条摘录强调，对于具有一定形状的带有水平面的物体，由于这些水平面上会存在滞留液，所以解释其盐雾试验的结果就有些困难。实验室里使用的典型样本是矩形的（100mmx150mm）。

making the test shall be such that the following conditions are met:

7.1.1 Unless otherwise specified, the specimens shall be supported or suspended between 15° and 30° from the vertical

(摘录 6)

除了要遵守标准条款中推荐的样本清洁方法（实验室程序：在乙醇/丙酮混合物中进行超声波清洗，然后用蒸馏水冲洗，最后烘干），保护样本边缘也是必不可少的工序。针对镀层材料（本标准其实最终是对这些材料最有用的，因为可突出反映镀层可能的孔隙率），本标准建议保护好切割边缘和样本与支撑物之间的接触部分，可用漆、蜡或胶带加以保护（摘录 7）。

defined in test method D 1034, unless otherwise agreed upon between the purchaser and the seller.

6.5 Unless otherwise specified, the cut edges of plated, coated, or duplex materials and areas containing identification marks or in contact with the racks or supports shall be protected with a suitable coating stable under the conditions of the practice.

NOTE 1—Should it be desirable to cut test specimens from parts or from preplated, painted, or otherwise coated steel sheet, the cut edges shall be protected by coating them with paint, wax, tape, or other effective media so that the development of a galvanic effect between such edges and the adjacent plated or otherwise coated metal surfaces, is prevented.

(摘录 7)

6.5 除非另有规定，须加以保护还有电镀的、镀膜的或双相钢材的切割边缘，以及带有辨认标志的区域或与支架、支柱接触的区域，保护措施是采用涂层，且该涂层应在盐雾试验条件下具有足够的稳定性。

注 1—如果需切割部件以获取试样，或切割带电镀层、带油漆涂层或带其它镀层的薄钢板以获取试样，切割边缘要用油漆、蜡、胶带或其它有效介质加以覆盖保护，这样就可以杜绝这类边缘和邻近的电镀或其它涂层的金属面之间发生电流的效应。

5. 试验将对不锈钢发生何种作用？实际操作中会出现何种情况？会发生什么差错？

盐雾（雾化）试验时，要将材料放置在含有高浓度氯化物介质的恶劣环境中。

规定的氯化物浓度比饮用水的氯化物浓度高一百多倍，而且甚至比海水的氯化物浓度还要高（试验溶液的氯化物浓度为 3.0%，海水为 1.8%，而根据欧洲的饮用水指标，饮用水的最高氯化物含量为 0.025%）。

所以盐雾试验通常并不是用来再现真实的作业环境。只在偶然情况下，试验才会粗略模拟含有高浓度氯化物的环境，比如海洋性使用环境。但即便在这些情况下，此法也往往不能反映现场状况，因此试验时的腐蚀反应和对材料的评级与实际现场暴露时的情况往往并不相符。

盐雾试验仅仅营造一个人为规定的强腐蚀性环境，这个环境很容易复制，常被用于生产过程和质量管理。它可以通过一系列已知的现象检测出不合格的器件或材料样本。

如果不锈钢在盐雾试验中很容易受腐蚀，通常只观察到局部的损坏，而看不到整体变薄现象。

最常见的腐蚀现象为点蚀和缝隙腐蚀。这些形式的损害通常仅局限于极小的表面区域，周围的表面部分并不会变薄，而是显示出其初始的形态，只是或多或少地覆盖了一些腐蚀反应造成的残留物。

裸露表面仅发生点蚀，而缝隙腐蚀只发生在带有缝隙的结构上。对于点蚀现象，腐蚀的形态用小坑来描述，所谓小坑指直径相对于其深度而言非常小的坑；缝隙腐蚀要浅一些（图 1 和 1b）。盐雾试验中点蚀经常会造成局部或模糊的锈斑。



图 1：点蚀示意图

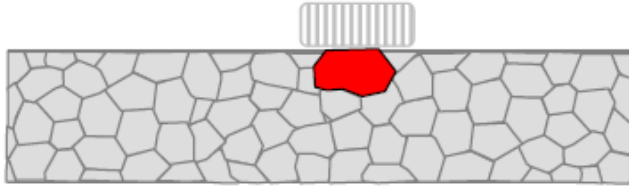


图 1b： 缝隙腐蚀示意图

不仅在这一试验中，在很多实际应用过程中，氯化物盐类都是和不锈钢腐蚀最有关的物质，点蚀和缝隙腐蚀也是最常见的腐蚀形式。然而，就再制现实情景而言，盐雾试验并不足以模拟真正的使用环境。

盐雾试验中的腐蚀性介质从不锈钢样本被暴露开始直接对其发生作用，在整个试验时间内，样本都没得到诸如涂层之类的任何保护。

因此，腐蚀反应发生前不会有长时间的潜伏期。经过几个小时或几天后，当钢材失去抗腐蚀能力后，就可以马上看到效果了。随着试验的继续进行，腐蚀部位逐渐蔓延但腐蚀作用通常不会迅速加剧，迅速加剧主要发生于其它材料上。

例如，镀层钢材经常用盐雾试验评估其性能，这类钢材在试验过程中可能在相当长时间内不会出现肉眼能观察到的腐蚀迹象，直到其镀层失去保护作用。

接着，材料性能发生骤然变化，严重腐蚀随即发生（图 2）。所以不同类型的材料在盐雾试验中显现出完全不同的腐蚀反应，故而不应该简单地通过盐雾试验来对比不同的材料。

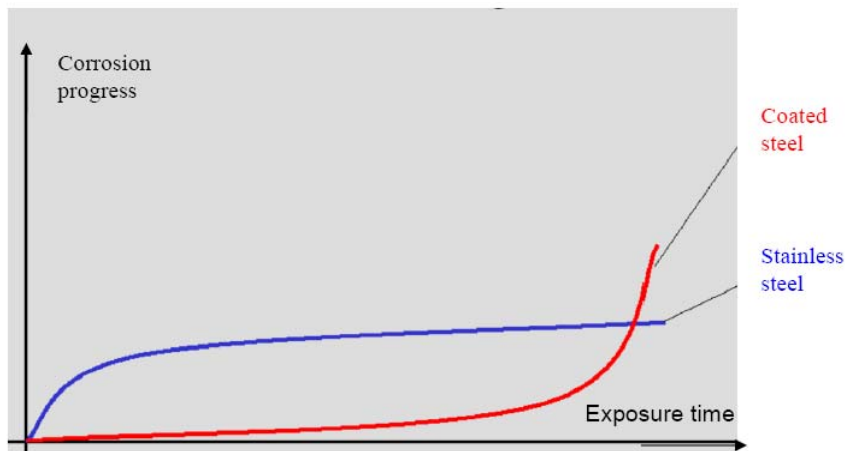


图 2： 盐雾试验中不锈钢（蓝色）和镀层钢材（红色）的腐蚀过程示意图

由于盐雾试验具有极高的氯化物含量，能够在氯化物含量很低的实际应用环境中抵抗腐蚀的不锈钢在盐雾试验中也会被腐蚀。盐雾试验改变了不锈钢的腐蚀行为，因此，它既不能被视为一种加速试验，也不能看成是一种模拟实验。

在比较不同不锈钢的耐腐蚀性能、钢材评级或者更加专业性的工作——量化耐腐蚀性差异——这些方面，盐雾试验的作用也十分有限。

因为试验中的腐蚀性条件是固定的，且无法根据受测试的钢材的耐腐蚀性进行调整。

存在着一种更适合于不锈钢的实验，与盐雾试验完全不同，例如：分别用氯化钠溶液和 FeCb 溶液测量临界点蚀电位和临界点蚀温度。在这些试验中，通过连续或步进式更改某一个试验参数（比如电位和温度）来逐渐加快腐蚀进程，直至达到临界条件且腐蚀现象开始出现。腐蚀反应发生时的可变试验参数的临界值就可以作为受测试材料的耐腐蚀性尺度。因此不同材料的临界点蚀电位或温度就可以确定了，同时又可以用作测量耐腐蚀性的量化尺度并互相比较。

在盐雾试验中，对耐腐蚀性能进行量化测定是不可能的。

因为不锈钢在盐雾试验中所受的腐蚀损伤是伴随着点蚀和缝隙腐蚀进行的，所以影响这些腐蚀形式的因素也决定了不锈钢在测试中的表现。

另外，在清除样本上的试验介质时，那些能够影响清洗进程的试样特性被认为与在试验中的耐腐蚀表现有关。因此，样本的形状和几何效应也很重要。

就不锈钢耐腐蚀性而言，铬和钼是不锈钢内最重要的合金元素。这两种元素的含量越高，抗点蚀和缝隙腐蚀开始出现所需要的腐蚀性能越强。

钼的效果强于铬，这种抗腐蚀性能用所谓的抗点蚀当量（PRE）值来表示：

$$PRE = \%Cr + 3.3x\%Mo$$

PRE 值代表不锈钢抵抗点蚀和缝隙腐蚀的能力，这种能力可根据合金成分进行预估。

铬含量只有 12%的不锈钢，比如 1.4515 号钢，在盐雾试验进行数小时后就会严重生锈。



12%的铬含量

铬含量为 18% (1.4301 等) 的钢的抗腐蚀时间要长得多，添加了钼的更高级合金 (比如 1.4404 号钢) 的抗腐蚀性极高，甚至在缝隙这样的高危部位也具有很强的耐腐蚀性。



18%铬+钼

除了铬和钼，合金元素还包括镍，该元素对材料在盐雾试验中的表现是有益的。与铬和钼不同的是，镍并不能增加钢材对点蚀和缝隙腐蚀的抵抗力，但它可以在腐蚀过程开始后有效地减缓腐蚀速度。因此含镍的奥氏体不锈钢在盐雾试验中往往有更为出色的表现，与抗点蚀当量相似的低镍铁素体不锈钢相比，它的锈蚀现象要轻微得多。



含镍的奥氏体不锈钢

不含镍的铁素体不锈钢

镍含量低的奥氏体不锈钢在试验中的相同性能



与含镍奥氏体不锈钢性能相同

由于盐雾试验能灵敏地检测出金属表面的缺陷和未达标的金属表面状态，所以该试验经常被用来对不同的抛光面进行对比。越光滑的抛光面，其试验效果越好，但表面粗糙程度并非唯一的影响因素。更重要的一点是，钢材表面必须连贯，不要有细微裂痕或细微裂缝，比如说，材料重叠之处。抛光时遗留的残渣对钢材是有害的，它会污染低合金钢材，导致迅速锈蚀。

热处理或焊接留下的回火颜色也能减弱钢材对点蚀和缝隙腐蚀的抵抗力。另外，构成这种带有颜色的氧化物在腐蚀性环境下会发生化学反应，并转化为带褐色的氢氧化物。因此，带有回火颜色的区域在盐雾试验中很容易被腐蚀并生锈。(图

3)

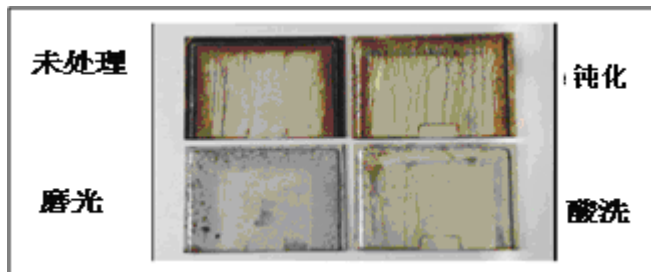
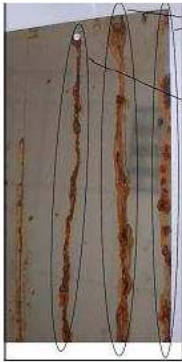


图 3： 回火颜色和焊缝清理留下的着色层对 1.4301 号钢盐雾试验造成的影响

如果样品切割边缘的上部和侧部生成的腐蚀产物蔓延至样本表面并在长时间试验后遮盖了成片的大面积区域，这种情况经常使盐雾试验难以进行，也使试验结果的评估变得更加困难。这种情况下，样本的外观就取决于切割边缘的腐蚀情况，但这往往没有多大意义，因为样本轧制表面的腐蚀情况却得不到充分评估。

切割边缘和孔洞遭受的腐蚀往往是由钻孔和切割时产生的含铁污染物引起的。



孔洞边缘会导致腐蚀

切割边沿的腐蚀会导致严重生锈。横截面区域的耐腐蚀性比轧制表面的耐腐蚀性低得多。切割工序产生的开裂剖面加之试验介质的缓慢析出使切割边缘更容易受腐蚀，而且其腐蚀情况也很不规则，因此相同材料的样本可能表现出很不同的耐腐蚀性。



胶带粘接不良会引起腐蚀。

为减少这些实验性缺陷，切割边缘应该用胶带覆盖起来或者加工成更为光滑的表面。如有切割边缘腐蚀形成的残留物覆盖到样本表面，在评估时可忽略不计。



良好的胶带粘接能够防止腐蚀。

依据试验规范，盐雾必须垂直落下。当平板型样本倾斜放置时，根据标准试验介质无法停留在样本表面，会迅速流干，因而需要不断补充试验介质。

如果其它形状的本体使试验介质停留在裂缝处、凹陷处或水平部位上，这些区域就更容易遭受腐蚀，故而样本相对于试剂滴落方向的摆放方式也会极大地影响实验效果。因此，我们建议尽量测试形状简单的样本，而不要测试几何形态复杂的结构元件。

6. 盐雾试验可用于哪些目的，不可用于哪些目的？

如本文所述，盐雾试验在检测不锈钢的性能时有一些重大缺陷。此试验具有破坏性，测试结果往往很片面，经常与最终投入使用的不锈钢的实际性能没有很明显的关系。尽管如此，如果此试验的操作者小心谨慎且完全了解上述缺陷，用盐雾试验测试不锈钢的方法在材料学和工程学当中仍有其利用价值。

我们可以用此法来比较不同类型不锈钢的耐腐蚀性。但此试验仅仅能够给材料评级。选择不锈钢材料时，仅仅用盐雾试验通常并不能提供充足的信息，因为我们对试验条件和实际应用环境之间的联系缺乏足够的了解。基于同样的原因，也不可能仅仅根据不锈钢样本的盐雾试验就估算产品的使用寿命。不同类别的钢材之间也无法进行比较，比如我们无法将不锈钢和镀层碳钢进行对比，因为试验中所用的这两种材料的腐蚀机理截然不同，其试验结果和最终实际使用环境的相关性也不相同。

目前获取的试验结果仅仅在试验条件下——大气腐蚀——有效，因为当材料处于另一环境时的表现会有差别，比如当它长期浸泡在盐溶液中时。另外，样本的

变化，比如形状的变化，会导致错误的结论。如果样本存在焊缝或拉伸应力，则材料的评级就会有很大不同。

盐雾试验的一个优点就是，它不仅测试基础材料的抗腐蚀性，而且还能显示不锈钢表面处理对其抵抗大气腐蚀的能力的影响。如上所述，由于测试条件和实际应用环境之间的联系并不明确，测试结果就只能是对制备方法的一个评级，前文材料对比部分对此有详述。因此，此试验只能帮助我们选择最好的表面光洁度，而无法提供充足的信息来帮助人们选择合用的表面。

盐雾试验的另一个优点是，可以用它来测试很大的样本，这取决于试验箱的体积。有些试验箱甚至可以用来测试整部卡车。将加工制品投入盐雾试验之后，产品的研发工程师就能获取有价值的信息，帮助其了解该产品在加速的大气腐蚀条件下的使用性能。如果设计合理，操作精确，此试验就能辨别出该产品在最终使用环境下最先发生腐蚀的结构部位。这类典型的部位包括裂缝、未经处理的焊缝和污物或水分聚集的区域。根据试验结果，研发工程师可以改进产品的这些部位。



这里必须指出的是，盐雾试验不会告诉我们在现场环境里腐蚀何时发生，甚至不会告诉我们是否会有腐蚀发生。与之相似，盐雾试验能帮助质量工程师辨明生产过程中的哪些环节会使产品易受腐蚀。比如说，他可以通过此试验查明不锈钢材表面的那些区域曾与外部锈蚀接触过或切割边缘的哪些部位需要剔除毛刺。由于基础材料的细微差别对试验结果的影响相对而言比较低，质量工程师通常不能将此试验当作不同批次最终产品的验收手段。

盐雾试验操作起来简单方便，试验结果对每个人都很容易理解。这使得它成为一种不错的推销手段。然而，由于对试验结果的正确解读非常关键，又由于很多试验途径会导致错误发生，因此进行不锈钢盐雾试验的人员须小心谨慎，知识丰富且诚实可靠。同样，那些试图将盐雾试验的结果用作推销工具的人应当深刻了解上文所述的种种缺陷，这样才能避免对此试验的错误解释或错误理解。

7. 评估不锈钢抗腐蚀性的最佳方法是什么？

如前文所述，盐雾试验只能作为对不锈钢在大气条件下的耐腐蚀性能进行评级的一种加速试验法。通常不可能依据试验结果预测产品的使用寿命，也不可能用来决定是否将某产品用于某种用途。既然此试验不能用来验收或预测使用寿命，就无须完全根据标准方法进行此试验来给不同的样本分级。这意味着，在每一次盐雾试验中都可以将试验条件优化从而尽可能获取最佳的试验结果。例如，完全可以使用带有干燥期的中间喷雾技术来测试耐腐蚀性能更强的不锈钢。另一种做法是，可以用氯化钙溶液替代氯化钠溶液来创造腐蚀性更强的试验条件。

另一方面，易受腐蚀的材料样本可以在温度更低的条件下，或者在稀释的甚至带有抑制剂的氯化物溶液里进行此试验。这还意味着，我们可以在不锈钢样本开始出现点蚀现象的阶段就停止盐雾试验。

在对比不同的不锈钢时，进行腐蚀试验的工程师选用的试验方法可以不必局限于大气腐蚀条件下的点蚀试验。通常而言，选取的腐蚀试验方法应尽量接近最终的使用条件。另一方面，在实地现场条件下进行的腐蚀试验要花很长时间，这称之为“实地试验”，但其结果也更为可靠。在盐雾试验条件与最终应用条件密切相关的情况下，如果选取了不合适的材料、不合适的表面光洁度或生产方法，则使用后短时间内物品就会受到小规模的腐蚀性破坏。因此，一项实地试验如果用时长达数月甚至一年，并且试验操作小心谨慎，则此试验在很多情况下都可以很好地替代实验室盐雾试验，用来测试替代材料。

为解决实地试验耗时太久这一问题，实验室加速腐蚀试验得到了充分发展，但这些试验的试验条件与最终应用的实地条件相去甚远，这就产生了不同的腐蚀机制。因此，应当选取一种适当的对比方法，将目标用途和实际的腐蚀机制考虑进来。

推荐的备用方法：

测量临界点蚀温度（CPT，详见 ASTM G48 或 ASTM G150），即不锈钢在给定条件下发生点蚀必须要达到的温度。由于盐雾试验的腐蚀性往往不够剧烈，从而不能引起腐蚀性损坏，因此测量临界点蚀温度这一实验方法更适合高合金钢材。对于标准的奥氏体不锈钢和铁素体不锈钢，较普遍的方法是测量其临界点蚀电位，即促使钢材在给定条件下发生点蚀的必要电化学电位。此法可用来对比不同钢材的抵抗点蚀的性能。如果受检测的不锈钢的实地使用条件造成的腐蚀不是点蚀，就有必要选用一种特殊的腐蚀试验并请教专家。

除了实验室测试和实地测试，若要比较不同等级不锈钢抵抗点蚀的性能，最简单的方法是计算其抗点蚀当量（即 PRE 值，此概念详见各种 ISSF 文件），其计算是基于钢材的化学成分并与其临界点蚀温度（CPT）有关。此计算要将合金元素铬、钼和氮含量考虑在内，是一种对比各种不锈钢的简易方法。此法虽然简单，但通过它得到的抗点蚀当量数据相比盐雾试验的结果数据，对于许多实际用途来说通常具有同等的可靠性，而且无需做任何实验。

然而必须要指出的是，PRE 值并不能反映合金元素镍对材料的影响，而镍在腐蚀点的重新钝化和点蚀的扩散过程中起着重要作用。镍含量较低的钢材在极端条件下进行的盐雾试验中会因为点蚀反应的扩散而留下大量的红色锈迹。



估算产品使用寿命的最佳办法当然是借鉴其它不锈钢使用者的以往经验。令人惊讶的是，目前已经有大量关于不锈钢的出版物。不锈钢生产商及其国内、国际的各种机构通过文献资料、商用资料库甚至标准化刊物给出了关于不锈钢的大量信息。例如，针对建筑学方面的用途，EN 1993-1-4 的标准条款就根据使用者多年的经验列出了一个简单而实用的选材列表。

ISSF 成员机构的名称缩写

公司成员

Acerinox S.A.
 Aichi Steel Corporation
 Arcelor Mittal – Inox Brazil S.A.
 Arcelor Mittal – Stainless Europe
 Arcelor Mittal – Stainless International
 Arcelor Mittal – Stainless
 宝山钢铁集团 (不锈钢分厂)
 BNG Steel Co. Ltd.
 Böllinghaus GmbH & Co. KG
 Carpenter Technology Corporation
 Cogne Acciai Speciali S.p.A.
 Columbus Stainless (Pty) Ltd
 Daido Steel Co. Ltd.
 Deutsche Edelstahlwerke GmbH
 Gerdau Aços Especiais Piratini
 Hyundai Steel Company
 Industeel ArcelorMittal
 JFE Steel Corporation
 Jindal Stainless Ltd.
 JSC Dneprospetsstal
 宁波宝新不锈钢有限公司
 Nippon Kinzoku Co., Ltd.
 Nippon Metal Industry Co. Ltd.
 Nippon Steel and Sumikin Stainless
 Nippon Yakin Kogyo Co., Ltd.
 Nisshin Steel Co., Ltd.
 North American Stainless
 Outokumpu Oyj
 Panchmahal Steel Limited
 POSCO
 POSCO Specialty Steel Co., Ltd.
 上海克虏伯不锈钢公司
 SIJ - Slovenska industrija jekla
 d.d./Slovenian Steel Group
 Steel Authority of India Ltd. (SAIL)
 Sumitomo Metal Industries, Ltd.
 太原钢铁 (集团) 有限公司
 Takasago Tekko K.K.
 Tang Eng Iron Works Co. Ltd.
 Thainox Stainless Public Company
 Limited
 ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni S.p.A.
 ThyssenKrupp Mexinox S.A. de C.V.

ThyssenKrupp Nirosta GmbH
 ThyssenKrupp Stainless AG
 Ugitech S.A.
 Viraj Group
 Walsin Lihwa Corporation
 Yieh United Steel Corporation (YUSCO)

附属会员

Australian Stainless Steel Development
 Association (ASSDA)
 British Stainless Steel Association (BSSA)
 Cedinox
 CENDI
 Centro Inox
 Edelstahl-Vereinigung e.V.
 Euro Inox
 EUROFER
 Institut de Développement de l'Inox (ID
 Inox)
 Informationsstelle Edelstahl Rostfrei
 (ISER)
 Indian Stainless Steel Development
 Association (ISSDA)
 Japan Stainless Steel Association (JSSA)
 Jernkontoret
 Korea Iron and Steel Association (KOSA)
 New Zealand Stainless Steels
 Development Association (NZSSDA)
 Nucleo Inox
 PASDER
 Polska Unia Dystrybuturów Stali (PUDS)
 Southern Africa Stainless Steel
 Development Association (SASSDA)
 Special Steel and Alloys Consumers and
 Suppliers Association (USSA)
 Specialty Steel Industry of North America
 (SSINA)
 中国特钢企业协会不锈钢分会
 Swiss Inox
 Taiwan Steel and Iron Industries
 Association (TSIIA)
 Thai Stainless Steel Development
 Association (TSSDA)
 Union de Empresas Siderúrgicas
 (UNESID)

国际不锈钢论坛 (ISSF)
Rue Colonel Bourg 120
B-1140 Brussels
比利时
电话: +32 2 702 8900
传真: +32 2 702 8912
电子信箱: info@issf.org
worldstainless.org