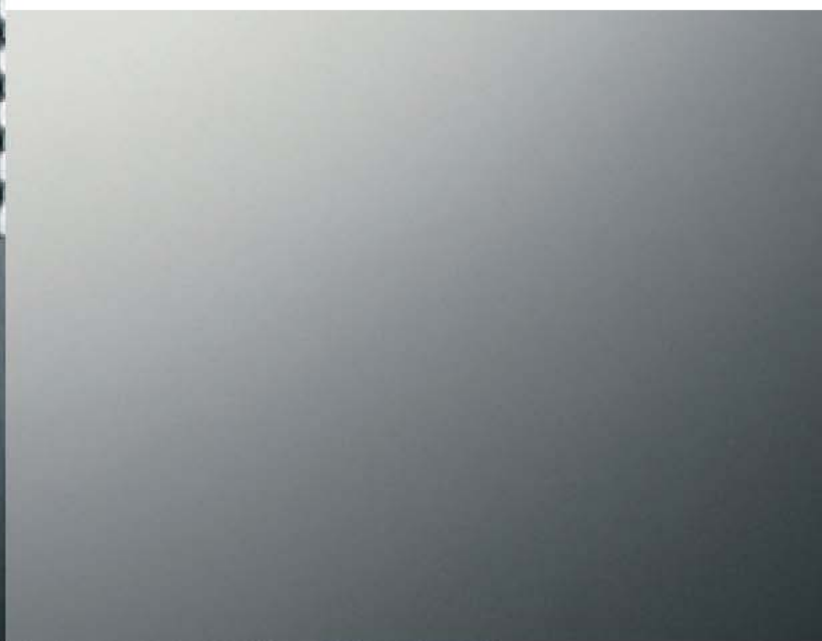


外部应用采用哪种不锈钢？

不锈钢是最耐用的建筑材料之一。但是，不锈钢不止一种，不同的不锈钢性能各不相同，特别是耐腐蚀性各不相同。如果不锈钢钢种和表面选择正确，设计合理，维护得当，则不锈钢的外观和性能实际上将在建筑物的整个寿命期内始终保持不变，其寿命甚至可超过100年。

如果不锈钢钢种和表面选用不当，可能会有腐蚀的问题。尽管可能不会影响结构性能，但影响外观，增加了维护量。本文给出了项目评价和不锈钢选用指南。在使用本文的“场所和设计评估系统”之前对附近的不锈钢结构和维护状况进行考察是有益的。因为有些变化因素难以预料，比较慎重的做法是通过样品现场暴露实验来证实评估系统的预计。建议样品模拟设计方案暴露4-6个月，在腐蚀较严重的海洋和工业环境下暴露时间也可缩短至6周。



场所和设计评估系统

简介

在建筑应用中，美学和性能要求必须与预算方面的考虑（希望采用具有成本效益的材料）相平衡。本指南假定不锈钢的腐蚀锈斑即便不会引起结构上的损坏，在美学上也是不可接受的。鉴别不锈钢是否满足美学标准又有成本效益，需要对现场环境、天气、表面处理、设计和维护计划进行评估。“场所和设计评估系统”对项目对腐蚀的敏感性进行了初步的评估，使设计师了解哪些因素影响不锈钢的选择。

说明

“场所和设计评估系统”是根据实际经验和大气暴露试验结果开发出来的。对一个场所及应用进行评估是复杂的，由于局部条件和微观气候的不同，相邻的场所也可能有不同的要求。这里的分值应被看作是进行初步评估的原则，不是精确的科学定义。

评估系统有5部分，根据这5个方面的具体情况确定每部分的分值，然后加起来算出总分，根据总分选择不锈钢。

如果不同结构部件的设计特性、维护计划或暴露情况有明显的不同，则每个结构部件都应有一个分值。

如果腐蚀性污染或盐类（氯化物）的存在无法只靠现场考察来确定，可在实验室对未冲洗的现场样品表面进行试验。样品必须已经过长期暴露且未经清洗，收集和处理样品时注意不要去掉表面的沉积物。

何时需要不锈钢腐蚀专家的帮助？

如果项目评估存在不确定性或场所的腐蚀情况比较特别，则应寻求不锈钢腐蚀专家的帮助。特别的腐蚀条件包括

- 有时或经常有海水或防冻盐飞溅或浸泡
- 工业或城市污染水平高
- 既在海边又有防冻盐
- 含盐或污染的湿热环境，降雨量低
- 分值为5分或更高。

评估系统

分值	第一部分 环境 （选择最高的适用分值）	评分
	农村	
0	污染程度非常低或无污染	
	城市污染（轻工业，汽车尾气）	
0	低	
2	中等	
3	高*	
	工业污染（腐蚀性气体、铁氧化物、化学品等）	
3	低或中等	
4	高*	
	第二部分 沿海或防冻盐（氯化物）环境 （选择最高的适用分值）。如果既在沿海区域又有防冻盐，请向腐蚀专家咨询。	评分
	沿海或海盐环境	
1	低 （距离盐水>1.6~16公里）**	
3	中等（距离盐水30米~1.6公里）	
4	高 （距离盐水<30米）	
5	海上环境（有些盐雾或偶尔的飞溅）*	
8	苛刻的海上环境（持续飞溅）*	
10	苛刻的海上环境（持续浸没）*	
	防冻盐环境（离道路或地面的距离）	
0	现场样品上没有检测出盐并预计暴露条件没有改变	
0	附近道路的交通流量低，不会产生道路的湿气，或风速低，不会带来氯化物，便道上未使用防冻盐	
1	含盐量非常低（与盐源距离 180米或12层）**	
2	低盐含量（距离盐源30~180米或高达12层）**	
3	中等盐含量（距离盐源<30米或3层）**	
4	高盐含量（直接接触或飞溅区）*	
	第三部分：当地的气候状况（只选一个）	评分
-1	温和或寒冷的气候，经常有大雨	
-1	炎热或寒冷气候，湿度通常小于50%	
0	温和或寒冷气候，有时有大雨	
0	热带或亚热带，潮湿，时常或季节性地下很大的雨	
1	温和气候，不常下雨，湿度超过50%	
1	时常有很轻微的降雨或经常有雾	
2	闷热，湿度大于50%，降雨非常少或没有***	
	第四部分：设计上的考虑（选择所有适用的）	评分
0	明显的暴露使雨水容易冲洗	
0	垂直表面，带有垂直纹理或无表面纹理	
-2	表面经酸洗，电抛光处理或粗糙度 Ra 0.3微米	
-1	表面粗糙度Ra 0.3微米 X Ra 0.5微米	
1	表面粗糙度Ra 0.5微米 X Ra 1微米	
2	表面粗糙度 Ra 1微米	
1	遮蔽的位置或未密闭的缝隙***	
1	水平的表面	
1	表面纹理方向是水平的	
	第五部分：维护计划（仅选一个）	评分
0	不清洗	
-1	至少每年清洗	
-2	每年清洗4次或更多	
-3	至少每月清洗	
	总分	总分

* 潜在的高腐蚀区域，请不锈钢腐蚀专家评估
** 应从现场取样测试确定是否存在氯化物，有些地方有氯化物，有些没有
***如果还有盐或污染物，请不锈钢腐蚀专家评估

第一部分：环境

如果对一个地区的污染水平不了解，一般可从互联网上获取有关数据，或向当地或国家政府部分咨询。如世界银行于1998年公布了一些城市的污染指标如悬浮颗粒物和二氧化硫数据。如果怀疑污染水平高，选材时应咨询有建筑方面经验的不锈钢腐蚀专家。

农村

农村或人口密度低、非污染轻工业为主的郊区包含在此类，从该区域的上风向迁移来的空气污染（工业所致）会使这一分类发生改变。

城市地区

城市地区包括居住、商业和工业区域，低至中度空气污染（车辆交通所致）。未进行空气污染控制或局部条件使污染加剧的区域一般城市污染水平高。

城市	悬浮颗粒物（微克/米 ³ ）	二氧化硫（微克/米 ³ ）
北京	377	90
加尔各答	375	49
赫尔辛基	40	4
洛杉矶	46	9
莫斯科	100	109
纽约	23	26
巴黎	14	14
里约热内卢	139	129
悉尼	54	28
东京	49	18
多伦多	36	17

1998 Urban Pollution Levels

工业区

工业区通常会有燃煤所致二氧化硫和氮氧化物排放以及化工厂和加工厂的废气排放。空气中的颗粒物如燃料未充分燃烧所致烟灰或氧化铁增加了区域的腐蚀性。未进行空气污染控制或局部条件使污染加剧的区域通常工业污染水平高。

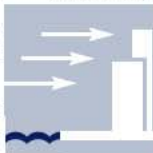
第二部分：沿海或防冻盐环境

盐会使建筑金属包括某些不锈钢发生腐蚀。如果湿度和温度足够高或经常有小雨或雾气，表面上的盐沉积物会吸收潮气形成高度浓缩的腐蚀性盐溶液¹。

如果结构部件偶尔或经常受到海水或防冻盐飞溅、盐雾或浸没的影响，以及如果一个地区受到海盐和防冻盐的双重影响，应向腐蚀专家咨询有关钢种选择的问题。

沿海和海水环境

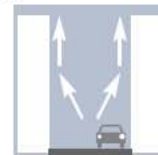
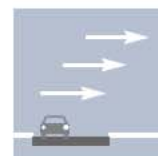
当地的气流模式决定了海盐被带往内陆的距离。一般认为距离海水8-16公里的区域为沿海地区。有时海风将盐吹到内陆的距离较短，有时可能会远远超过16公里。可对现场样品进行含盐量测试。浸没到海水中或经常受到海水飞溅的结构需要采用超双相、超铁素体或含6%钼的超奥氏体不锈钢。



防冻盐环境

防冻盐是氯化钠或氯化钙或两者的混合物。盐类聚集使路边和人行道附近环境具有腐蚀性。通常盐沉积物与防冻盐施放处距离较近，但盐污染并不局限于道路旁边，车辆、风速和交通流量是决定道路盐雾漂移多远的最重要因素。如果交通流量大，风力大，则盐雾可从繁忙的高速公路处向上飘移12层楼，横向漂移200米²。如果交通流量低产生不了雾气或风往相反的方向吹，则盐沉积物一般就在道路或便道旁边。

评估系统所提供的距离假设的是最坏的情况，即在繁忙的道路附近的区域，道路上车辆移动速度快产生了盐雾，并且风将盐雾吹到这个区域。如果含盐水平不确定，可从现场取样在实验室测定是否有盐沉积物。



第三部分：当地气候状况

地典型的温度、湿度、降雪和降雨量和雾天的天数等信息可从网上或政府部门获取，再补充当地的气象观测结果。雾中的潮气、带薄雾的小雨或高湿度可与表面的腐蚀性物质共同作用使腐蚀发生。较高的温度将增加腐蚀速度。腐蚀性最强的环境是雨水稀少或无雨，温度高，存在盐（氯化物）或腐蚀性污染物，湿度为中等至高或经常有雾的区域。

既要了解年降雨量也要考察降雨的类型，小雨不能冲掉表面污染物，暴风雨如雷阵雨可冲刷掉表面的腐蚀性物质，降低腐蚀危险。如美国东北部和北欧经常有大雨，最大程度地减少了表面沉积物，该项分值可选-1。

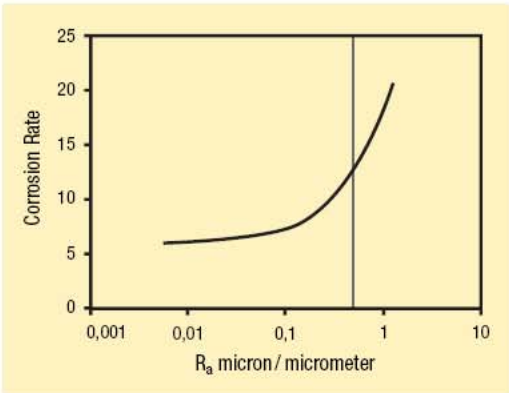
第四部分：设计上的考虑

表面粗糙度

如果腐蚀性物质不附着在表面，则腐蚀不会发生。光滑的表面使污染物难以附着，而且使人工清洗或雨水的冲刷更有效。而粗糙的表面容易积累更多的污染物且不容易清洗。因此，光滑的表面减少了腐蚀锈斑的风险，而粗糙的表面促使腐蚀锈斑的产生。如果表面粗糙度为Ra 0.5微米或更小，则认为该表面是光滑的。通常对于同一种表面，各供应商的表面粗糙度数据是不同的，因此索要样品时请供应商提供表面粗糙度数据，并在项目的设计说明书中提出表面粗糙度要求。

表面纹理方向

如果表面有明显的纹理线（如4号表面、压花和类似的表面），则表面纹理的方向是重要的。垂直方向的纹理便于雨水冲刷表面和污染物的去除。水平方向的纹理易积存表面的污染物。



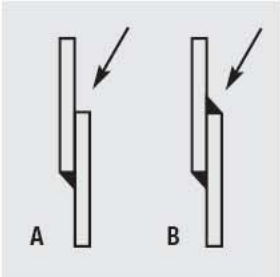
上图显示了腐蚀率和表面粗糙度的关系。直线代表表面粗糙度为Ra 0.5微米。如果表面粗糙度大于这个值，则腐蚀速率明显增大3。

被遮蔽和水平表面

在被遮挡或水平的表面上，灰尘和污染物积存较多，因为雨水可能无法冲掉污染物。腐蚀性污染物长期停留在不锈钢表面会导致腐蚀锈斑的产生。除非有雨水冲刷或人工清洗，否则应避免水平的或被遮挡的表面，或者选用耐蚀性更好的钢种。

缝隙

当水和腐蚀性污染物滞留在狭窄的空隙，并且环境中存在盐类（氯化物）时，会发生缝隙腐蚀(A)。避免的方法：消除缝隙或将它们焊接或密封起来(B)；或选择不易发生缝隙腐蚀的高合金化钢种。例如：编织的不锈钢在钢丝重叠的地方有细小的缝隙，不如无缝隙的焊接的丝网。



第五部分：维护计划

不锈钢若要发生腐蚀，盐类（氯化物）或污染物必须在不锈钢的表面停留足够的时间，而且有足够的浓度才能引发腐蚀。经常的雨水或人工冲洗防止了腐蚀性物质的积存和腐蚀。清洗频率取决于现场环境、表面类型、设计、钢种、雨水冲刷的可能性。

如果不锈钢没有足够的腐蚀性或表面粗糙、有被遮蔽或水平表面或缝隙，则需要更经常地清洗。如果304不锈钢用于腐蚀性较强的环境，为了保持漂亮的外观，可能需要每年清洗4次或以上。

不锈钢的选择

总分	
0 to 2	304/304L(UNS S30400, EN 1.4301, SUS 304)通常是最具成本效益的选择
3	316/316L(UNS S31600, EN 1.4401, SUS 316)通常是最具成本效益的选择
4	建议317L(UNS 31703, EN 1.4438, SUS 317L)或耐蚀性更好的不锈钢
≥ 5	可能需要耐蚀性更好的不锈钢如2205 (UNS S32205, EN1.4462, SUS 329J3L), 904L(UNS N08904, EN 1.4539, SUS 890L), 317LMN (UNS S31726, EN 1.4439, SUS 317LN), 超双相、超铁素体或6%钼超奥氏体不锈钢。如果分值在5或以上，应请不锈钢腐蚀专家对现场和设计进行评估，建议一个合适的钢种。

如何降低分值

某些设计上的改变可改善性能，改变材料需求。

- 包括：
- 使部件完全暴露，得到更好的雨水冲刷
- 选择平滑的表面
- 采用垂直表面纹理
- 排除水平的表面
- 消除或密封缝隙
- 有便于人工清洗的设计
- 增加自然或人工屏障减少与道路防冻盐雾气的接触

不锈钢的腐蚀、加工和信息渠道

不锈钢的耐腐蚀性

在建筑应用中，腐蚀性环境被定义为暴露在防冻盐或沿海含盐环境下的地区或存在工业或城市污染的地区。使环境具有腐蚀性的成分包括海水或防冻盐（氯化钠，氯化钾和氯化钙）以及电厂或化工厂和机动车排放的废气所形成的酸雨。

不锈钢大致分为奥氏体、铁素体和双相不锈钢。这些不锈钢一般可通过“冷加工”而不是热处理硬化。奥氏体不锈钢如304（UNS S30400，EN1.4301，JIS SUS 304）和316（UNS S31600，EN 1.4401，JIS SUS 316）含有铁、铬和镍，它们没有磁性，有非常好的可成形性；铁素体不锈钢如444（UNS S44400，EN 1.4521，SUS 444）含有铁和铬，它们有磁性，可成形性有限；双相不锈钢如2205（UNS S32205，EN 1.4462，SUS 329J3L）含有铁、铬和中等量的镍，它们比铁素体或奥氏体不锈钢强度高，有磁性，可成形性一般。还有专利的“节约型”双相不锈钢，具有316和317L不锈钢的耐腐蚀性和价格以及双相不锈钢的较高强度。表1所示的不锈钢中耐腐蚀性最好的是超铁素体447（UNS S44700，SUS 447J 1），超双相不锈钢2507（UNS S32750，EN 1.4410）和6%钼超奥氏体不锈钢（UNS S31254，N08926，N08367；EN 1.4547，1.4529；或SUS 312L），当这些钢种浸没在海水中时，能够耐海水的点蚀。除了上面提到的基本的合金元素，图1所有的不锈钢中除了304不锈钢，都添加了钼来提高耐腐蚀性，特别是耐盐（氯离子）腐蚀。图1比较了不同不锈钢的相对耐点蚀能力，采用耐点蚀当量数（PRE）4公式来预计相对耐腐蚀性，其依据是随着铬、钼和氮含量的增加，不锈钢的耐腐蚀性增加。

冷轧、压花和成形操作如弯曲或深冲改变了金属的形状，对它进行了冷加工或强化。所有这三类不锈钢都可以用通常的建筑成形技术来成形，但只有奥氏体不锈钢有时特意采用冷加工来进行强化处理。

建筑行业使用的占主导地位的不锈钢钢种是304和316不锈钢。304适合绝大多数的内部应用和腐蚀风险较低的外部应用，所需要的维护最少甚至不需要维护。在中等腐蚀性的环境中，如果选用光滑的表面加工，并且有定期的冲洗，304不锈钢也可采用。具有适当表面加工的316或444不锈钢在大多数腐蚀性环境下几乎不需要人工清洗就能保持良好的外观。在腐蚀性很强的环境下，316或444不锈钢需要定期清洗，或者选用耐蚀性更好的不锈钢。

如果设计中涉及厚度大于6毫米（0.25英寸）的焊接型材时，应采用低碳带“L”的不锈钢钢种（如304L和316L）以便保持耐腐蚀性。指明硫含量不超过0.005，提高耐点蚀性能。

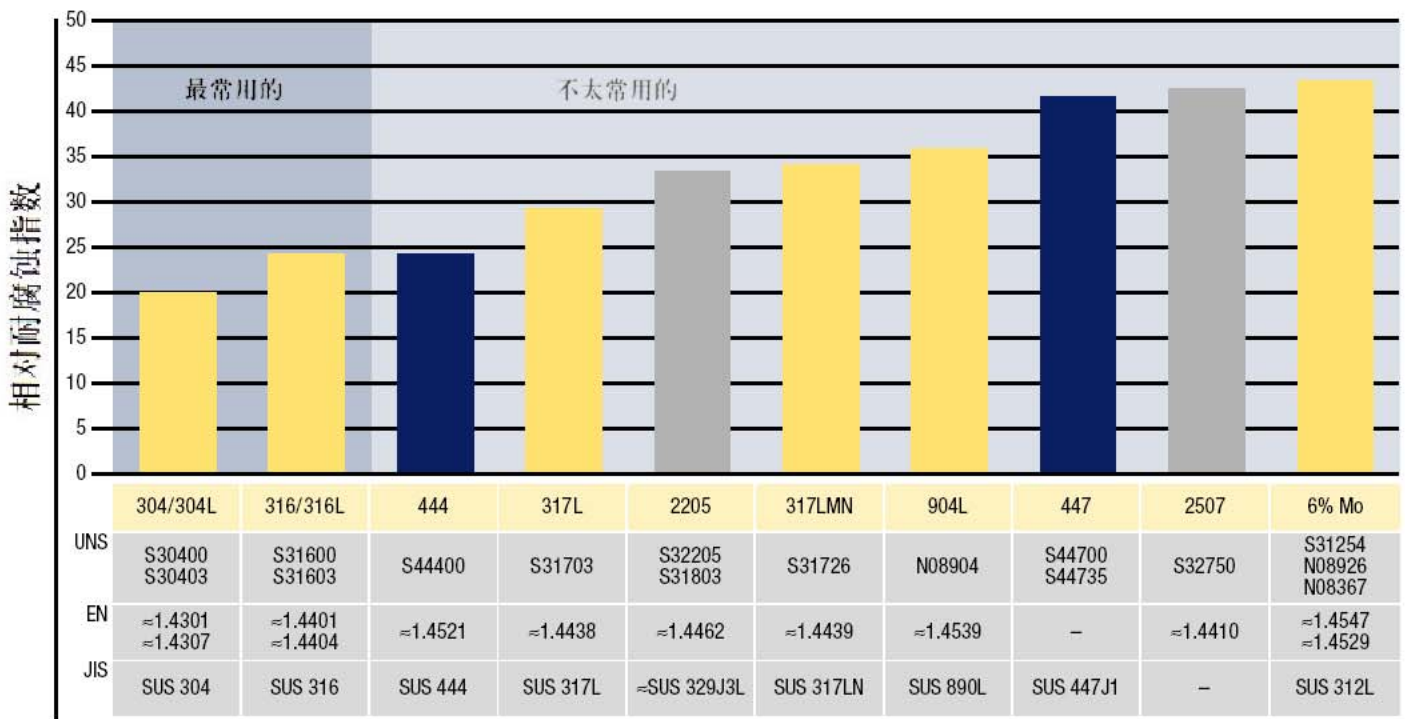


图1 这个相对耐点蚀图表基于耐点蚀当量数或PRE值。黄色为奥氏体不锈钢，蓝色为铁素体不锈钢，灰色为双相不锈钢。每种不锈钢常用名的下面列出了UNS（统一编号系统）、EN（欧洲编号）和JIS（日本工业标准）名称。

加工和安装

安装几个月之内出现的腐蚀常常是运输、加工、贮存或清洗不当造成的。如果出现腐蚀锈斑，有可能采用清洗剂使表面恢复。使用清洗剂之前应检查其成分，即使其标明为“不锈钢清洗剂”。要避免使用含氯化物的清洗剂或使用之后彻底冲洗表面以防止腐蚀。含粗盐酸或盐酸的清洗剂会造成不锈钢的迅速腐蚀，应禁止在不锈钢上或附近使用。工作场所或加工过程中可能会带来污染物，其来源包括被沾污的工具或研磨料、钢丝刷、铁颗粒、划痕、储存或运输不当。有时表面能够被恢复，但最好采用良好的加工方法避免沾污。

焊缝的耐腐蚀性应和周围材料相似，通常焊缝被融合，与周围的表面相配变得看不见。焊缝的表面粗糙度不应比周围表面的粗糙度大。如果使用了硫含量大于0.005的不锈钢，在表面处理和加工完成后，成品部件的表面应当用磷酸或硝酸进行钝化处理改善耐点蚀性能。如果硫含量在0.005 以下则不必要这样做。

如何获取更多的信息？

国际钼协会（IMOA）进行了特定建筑应用和环境下的案例研究，使人们更多地了解如何选用适合的不锈钢钢种，每个案例都例举了本文所介绍的评估体系的应用（www.imoa.info 或电话+442087422274）。

要了解本文所涉及论题的更多信息，可与国际钼协会（IMOA），镍协会、世界各地的不锈钢发展协会和不锈钢生产商联系。这些机构可帮助联络熟悉建筑方面应用的不锈钢腐蚀专家。可从IMOA（www.imoa.info）或镍协会的网站（www.stainlessarchitecture.org）链接各地的不锈钢发展协会。镍协会的出版物No. 11024 “不锈钢在建筑和结构上的应用：腐蚀防护指南”给出了环境评估和不锈钢钢种选择的详细信息。如果需要比316耐腐蚀性更好的不锈钢，可参阅IMOA 出版物“双相不锈钢加工实用指南”和镍协会出版物No. 11021 “高性能不锈钢”。历久不衰的不锈钢建筑和结构实例可见镍协会的出版物No.11023 “永恒的不锈钢建筑”和欧洲不锈钢协会(Euro Inox)出版物“不锈钢外立面，建筑系列，第2册”（www.euro-inox.org）。关于不锈钢焊接、清洗和加工后清理方面的信息可从镍协会、欧洲不锈钢协会(Euro Inox)、不锈钢发展协会和不锈钢生产商处获得。

1. 氯化钙在0 C (32 F) 和45%的湿度下有腐蚀性，氯化钠在10 C (50 F) 和76%的湿度下有腐蚀性，这两种物质在海盐和防冻盐中均有。

2. 在加拿大皇家军事大学进行的一系列对防冻盐悬浮颗粒的研究显示，距离401高速公路200米远（656英尺）的金属样品上发现某种程度的氯化物腐蚀，在某些条件下，盐会被带得更远。

3. 不锈钢的表面加工，国际乳品联合会公告 No 189, 1985, P3-12

4. 以点蚀当量数（PRE）表示，对于奥氏体和双相不锈钢 $PRE = \%Cr + 3.3\%Mo + 16\%N$ ；

对于铁素体不锈钢， $PRE = \%Cr + 3.3\%Mo$

IMOA（国际钼协会）

2 Baron's Gate, 33 Rothschild Road, London W4 5HT, UK

Tel: + 44 20 87422274 Fax: +44 2087427345

e-mail: info@imoa.info www.imoa.info

