石化设备腐蚀与防护及涂装技术

王巍

大庆石化公司

写在前面

本讲义主要讲述了两个方面的内容。第一部分是针对石油化工的设备、管道、框架结构等在不同的生产环境下的腐蚀情况，介绍了主要腐蚀原因和涂料的防护方法及使用情况,设备的防腐管理。通过对这部分的了解，使设备管理人员，能够对石油化工设备的腐蚀与防腐涂料有一个初步的概念，对设备防腐管理有足够的认识。第二部分是介绍了防腐涂料的涂装技术。通过对涂料的涂装过程，主要讲述了金属的表面处理、涂装技术、涂覆方法。通过这方面的介绍可以为设备管理人员，提供一个参考依据。

编者：王巍

目录

第一部分 石油化工腐蚀与防护

第一章、关于金属腐蚀

第二章.化工大气的腐蚀与防护

第三章.储油罐的腐蚀与防护

第四章.管道的腐蚀与防护方法

第五章.水处理系统设备腐蚀与防护

第六章.水系统砼结构的腐蚀与防护

第七章.关于石油化工构筑物的防腐防水问题

第八章.设备防腐管理

第九章、腐蚀破坏事故实例分析

第二部分　防腐蚀涂装

第一章. 表面处理

第二章. 涂装技术

第三章. 涂覆方法

第四章、防腐涂料应用误区

第五章、影响涂料防腐蚀质量的因素

附录、 复习题

第一部分

石油化工腐蚀与防护

第一章、关于金属腐蚀

1、金属腐蚀的定义

金属的腐蚀是金属在环境的作用下所引起的破坏或变质。金属的腐蚀还有其他的表述。所谓环境是指和金属接触的物质。

2、金属腐蚀的分类

有多种分类方法。

（1）按腐蚀过程的分，主要有化学腐蚀和电化学腐蚀。化学腐蚀是金属和环境介质直接发生化学作用而产生的损坏，在腐蚀过程中没有电流产生。电化学腐蚀是金属在电解质溶液中发生电化学作用而引起的损坏，在腐蚀过程中有电流产生。

（2）按金属腐蚀破坏的形态和腐蚀区的分布，分为全面腐蚀和局部腐蚀。全面腐蚀，是指腐蚀分布于整个金属的表面。而腐蚀主要集中在金属表面的某些区域称为局部腐蚀。

腐蚀的意义与企业的关系

腐蚀与防护这门科学技术，为什么会越来越受到人们的重视?主要是它给人类造成了巨大的损失。据美国有关资料报道，估计约为国民生产总值的 4%。我国对 10 个化工企业进行了腐蚀调查，因腐蚀损失占国民生产总值 3.9%。如某公司年产值 100 个亿，因腐蚀而损失的约 4 亿左右。

腐蚀包括两部分，一部分是不可避免的损失，另一部分采用防护措施可以避免的损失。

第二章. 化工大气的腐蚀与防护

第一节. 化工大气对金属设备的腐蚀情况

金属在大气自然环境条件下的腐蚀称为大气腐蚀。暴露在大气中的金属表面数量很大，所引起的金属损失也很大的。如石油化工厂约有 70%的金属构件是在大气条件下工作的。

因工业大气成分比较复杂，环境温度、湿度有差异，设备及金属结构腐蚀不一样的。

第二节.金属（钢与铁）在化工大气中的腐蚀

由于铁有自然形成铁的氧化物的倾向，它在很多环境中是高度活性的，正因为如此它也具有一定的耐蚀性。

第三节.腐蚀原因分析

1. 涂层表面的损坏

工业大气中的 SO_2、SO_3和 CO_2溶于雨水或潮湿的空气中生成硫酸和碳酸，附着在设备、金属框架表面。由于酸液的作用，使涂层腐蚀遭到破坏。

低分子量聚合物气孔率较大，水分子比较容易通过涂层表面到达涂层与基体之间的界面，使涂层的结合强度下降，进而使涂层剥离或鼓包。

2. 涂层下金属的腐蚀

阴级反应：$O_2 + H_2 + 2e = 2OH^-$

阳级反应：$Fe = Fe^{2+} + 2e$

总反应：$Fe^{2+} + 2H_2O = Fe(OH)_2 + 2H^+$

第三章. 储罐的腐蚀与防护

一、油罐

内壁

一)材料选择依据

1.**底漆**主要成分为有机硅富锌漆，在防腐蚀上主要表现为电化学保护、化学保护作用。

⑴.电化学保护作用：有机富锌涂料中含有大量的（达 70%以上）超细金属锌的微粒，它在涂料中彼此相连。

⑵.化学保护作用：金属锌的化学性比较活泼，容易与其它物质起反应，特别是潮湿的空气或溶液中很迅速的生成各种复盐与难溶的化合物。

2.面漆：主要是改性环氧树脂、鳞片状导电材料、玻璃鳞片状填料、触变剂组成，该材料的性能如下：

环氧树脂具有良好的耐腐蚀性能。在固化后的环氧树脂体系中，含有稳定的苯环和醚键，以及脂肪族羟基，所以耐某些溶剂及稀酸、碱性的性能好。

在鳞片数脂层中，极薄的玻璃鳞片基本上是平行重迭排列的，当防腐层厚度为 1 毫米时，平行排列的玻璃鳞片就有几百层，有效地阻止了腐蚀介质的渗入，所以抗腐蚀介质渗透的能力特别强。

表一　　涂料静电指标

项目	国家标准	底漆	面漆
漆膜表面电阻率（Ω）	‹10^8	2.3×10^6	2.9×10^6
漆膜体积电阻率（Ω·m）	‹10^8	6.2×10^6	1.0×10^6

上述数据说明，电阻率远低于国家颁发有关静电安全标准。

3.用富锌与环氧系涂料作为防腐层的组合，从理论到实际上较为合理。具体表现为：

⑴.当涂层有抗静电要求时，要求漆膜有一定的导电率。基本是树脂做底、面漆，但是底漆与金属表面的结合力不好，易产生开裂或脱层。

⑵.富锌做底漆与面漆时，虽然耐蚀性好，但是富锌漆的锌粉随时间的延长易氧化成碱与盐，这样漆膜的导电率下降了，达不到国家颁发的有关静电安全标准。

⑶.采用富锌做底漆，环氧做面漆时，避免了富锌漆氧化，导电率下降的缺点。

二）.使用情况

1995 年在某炼油厂汽油罐内壁采用了该材料，防腐后情况见表二：

表二　　涂料使用前后对比

防腐前情况	防腐后情况
罐内壁、罐顶腐蚀较重，罐顶出现局部穿孔，锈蚀产物多，表面呈麻点状。	经过 8 年多使用，至今表面防腐层完好没有脱落，划痕检查仍保持良好的附着力。

外表面

关于罐外壁的腐蚀与防护问题，可以参照钢结构的防腐来对待。但是对于带保温的罐底角金属表面防腐，防腐要求比较严格。

二、轻烃储罐的腐蚀与防护

1.概况

原油稳定装置原料是常减压和重整装置的初馏塔顶 C_1-C_5 末凝气。经过处理后主要产品为轻烃，副产品是高压瓦斯。

来源于常减压和重整装置的初馏塔顶末凝气含有 HCI、H_2S 和水。造成轻烃罐内壁金属表面腐，出现直径有 5mm 左右大小不一的点蚀坑，原有的金属表面已经腐蚀没有。腐蚀率达到 0.5-1 毫米 / 年。

2.腐蚀原因分析

这两座罐使用于 1986 年 7 月，其主要条件见表一。

其主要条件为

表一

罐号	体积（m^3）	设备规格（mm）	内表面积 (m^2)	材质	温度℃	压力 Mpa
V300	40	Φ2440×7315×35	67.4	16MnR	60±2	1.40±0.2
V400	100	Φ3000×15010×25	157.5	16MnR	60±2	1.30±0.2

储存的介质中的 HCI 来源于原油中含有的氯盐和水。氯盐中的主要成分是 NaCl,$MgCl_2$,$CaCl_2$,其中 NaCl 约占 75%，$MgCl_2$ 约占 15%，$CaCl_2$ 约占 10%。

在原油加工时，当加热到 120℃以上时，$MgCl_2$ 和 $CaCl_2$ 即开始水解生成 HCI。其反应为：

$MgCl_2 + H_2O$ —— $Mg(OH)_2 + 2HCl \uparrow$

$CaCl_2 + H_2O$ —— $Ca(OH)_2 + 2HCl \uparrow$

2.1 腐蚀反应

2.1.1 防腐层的腐蚀

在轻烃罐内其中 V300(V400 没有防腐)内壁表面原采用金属热喷涂的方法,做 300 微米厚铝防腐层,采用 E44 环氧银粉漆做封闭层。

2.1.2 金属表面腐蚀

HCl、H_2S 处于干态时，对金属无腐蚀。当罐中含水时 HCl 即溶于水中成盐酸。反应如下：

$Fe + 2HCl$ —— $FeCl_2 + H_2\uparrow$

$FeCl_2 + H_2S$ —— $FeS\downarrow + HCl$

$Fe + H_2S$ ——$FeS\downarrow + H_2\uparrow$

$FeS + HCl$ —— $FeCl_2 + H_2S$

3 材料的选择依据

3.1 防腐材料的筛选

选用了钛纳米聚合物涂料。采用反应釜，在常减压装置采取一定量的常减压初顶汽油，采用纳米聚合物涂料挂片进行了试验，试验情况见表二：

试验情况

表二

序号	温度（℃）	压力（Mpa）	时间(h)	介质	变化情况
1	100	0.1-0.15	144×2	常减压初顶汽油	表面没有变化，继续试验。
2	150	1	144×2	常减压初顶汽油	表面没有变化，继续试验。
3	250	3.2	144	常减压初顶汽油	表面颜色稍有变化，但在 10％盐酸浸泡，没有发现金属腐蚀。

注:试验时间 144 小时按国家试验要求为 1 周期。

3 使用效果与经济分析

3.1 使用效果

使用 1 年以后开罐检查，防腐涂层整体性完好，涂层表面有光泽，无起皮、起泡、龟裂、脱落等现象。防腐涂层表面没有任何锈蚀产物附着在表面。

三、污水罐的腐蚀

炼油厂硫磺车间的酸性水气体装置的酸性水罐，因原料水含有 H_2S、NH_3、CO_2、CN^-，酚和油等多种介质，在 50－80℃条件下使用腐蚀性较强。对于罐内采用环氧性涂料及其它多种防腐等涂层，破坏性很大，涂层使用不到 3 个月出现问题，鼓包、涂层变硬、破损。对裸露的金属表面存在较强的应力腐蚀，使储罐遭到严重破坏，在石化系统内是一个难题。采用钛钠米聚合物涂料作防腐涂层。通过近 2 年的使用证明防腐涂层在该条件下使用效果很好。解决了常规特种防腐涂料耐腐蚀不耐温度的难题，填补了在这种条件下使用的国内空白。

采用不锈钢衬里存在的问题：

不锈钢与罐体为焊接形式结合，中间存在界面层。采用不锈钢做这种操作形式下做衬里存在如下问题：

锦州石化公司设备研究所在含硫污水（与我厂条件一样）中对 1Cr18Ni9Ti 试验结果为（温度 80℃±5℃，浸泡时间，48 小时，pH3-4）：质量变化-0.093%／2 天，1 年为-18.2%／年。在不考虑应力腐蚀开裂与点蚀的情况下。

从我厂污水与共水的加药储槽（水溶液药品，没有酸性水条件苛刻），采用 2 毫米的不锈钢板使用不到 1 年出现穿孔造成报废。

第四章、管道的腐蚀与防护方法

一、碱线腐蚀与防护

1．概况

炼油厂输转车间 81 单元碱管道用于向生产装置提供浓度 30%～40%的碱液，管道材质为碳钢，连接采用焊接方式，工作压力为 0.6～0.7Mpa,工作方式为间歇式。冬季操作时需用 0.3Mpa 压力的蒸气伴热，由于碱液温度高，造成管道焊口开裂，碱液经常泄漏，生产很被动。

2．腐蚀原因分析

普通碳钢在碱液中会形成一层以 Fe_3O_4 或 Fe_2O_3为主要成分的表面膜，同时由于晶界上有碳化物和氮化物析出，使晶界上的表面膜不稳定，易溶解。在外应力的作用下产生了晶界裂纹，使新暴露出来的铁产生 FeO_2^-的选择性溶解，形成应力腐蚀。

碳钢在 NaOH 溶液浓度 5%以上的全部浓度范围都可能产生碱脆，而以 30%左右的浓度最危险，发生碱脆的最低温度为 50℃，在沸点附近的高温区最易发生。见图一。

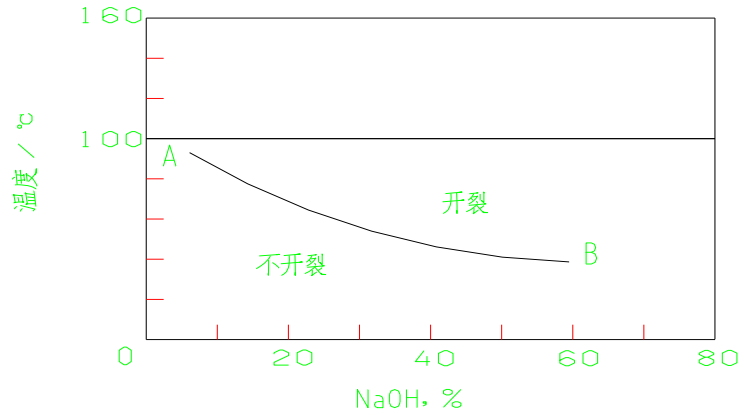


图1　　碱脆与溶液浓度和温度之间的关系

碱性溶液只有在非常富集的情况下，才会通过如下反应溶解铁：

$3Fe+7NaOH \rightarrow Na_3FeO_3 \cdot 2Na_2FeO_2+7H$

$Na_3FeO_3 \cdot 2Na_2 \cdot 2Na_2FeO_2+4H_2O \rightarrow 7NaOH+Fe_3O_4+H$

$7H+H \rightarrow 4H_2$

$3Fe+4H_2O \rightarrow Fe_3O_4+4H_2$

3. 材料选择依据

通过对几种防腐方法比较，认为“天津大学国家教委形状记忆材料工程研究中心”提供的“Fe 基形状记忆合金管接头”效果最佳。

采用铁基形状记忆合金管接头连接管道，可以避免管道连接因焊接而引起的金相组织变化和管道焊口的应力腐蚀开裂。

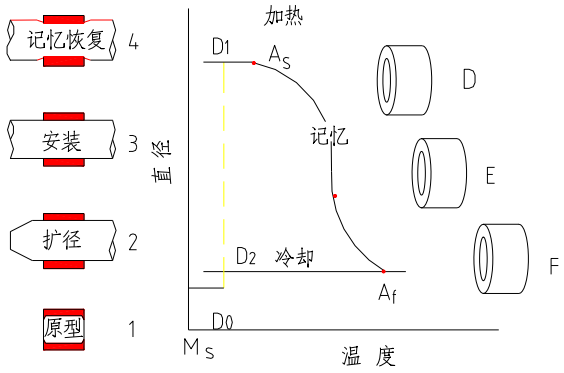


图2　　记忆合金管接头连接管道示意图

注：As，Af--材料升温结构逆转变开始和终了的温度

Ms--材料降温结构转变开始的温度；

4．应用效果

该管道于 1995 年 7 月投入使用，到 2005 年 6 月为止，年多没有发现渗漏现象，说明采用该种方法完全可以解决管道应力腐蚀问题，而且比较经济。

二、管道外壁的腐蚀与防护方法

1.概况：

原先某厂地下管道多数使用沥青玻璃布的加强级防腐，使用几年防腐效果不好。逐年出现腐蚀穿孔，给生产带来一定的困难。

2.腐蚀原因分析

2．1 防腐绝缘层效果不好

2．2 土壤的电化学腐蚀过程

3.材料选择依据

3.1 原某公司埋地钢质管道外壁防腐绝缘层，主要采用沥青或改性沥青、环氧煤沥青做为防腐基料，另加玻璃纤维进行加强。

通过筛选。选用了一种“新型多功能防腐防水材料（简称 TO-树脂）。

3.2.TO 树脂做为地下管道外防腐材料性能优越。

4.防腐效果

1993 年 5 月采用 TO 数脂施工。经过 5 年多使用开挖检查，可以看出：“防腐层的玻璃钢无任何变化，玻璃钢表面仍保持原有的光泽、无老化。用锤子轻轻敲击玻璃钢表面没有空鼓声，说明与金属表面结合牢固。

采用 TO 树脂可以提高使用寿命 2-3 倍，一次性节约防腐费用 85 万元左右（不包括换管线的费用），效益是可观的。

第五章．水处理系统设备腐蚀与防护

某公司的锅炉、动力站、热电厂的水处理系统的普遍存在着腐蚀。

1.概况

一般水处理系统的阳离子交换器及其它与酸碱有关的设备，由碳钢制造，内衬像胶板。如

炼油厂锅炉车间水处理阳离子交换器 1990 年 8 月投产，本体由碳钢制造，内衬 2 层 4 毫米的橡胶板，工艺条件见表 1。

表 1　　工艺条件

温度℃	压力（Mpa）	介质	规格（mm）
30-25	0.6	2%-6%硫酸、5%盐酸	φ 2600×7000×10

2. 腐蚀情况分析

阳离子交换器在运行中是树脂交换剂中的氢离子在反应时置换于水中，故使交换后的水程酸性。

3.材料选择依据

采用环氧玻璃鳞片树脂防腐材料是较为理想的，特点如下：

3.1 玻璃鳞片树脂防腐材料是一种新发展起来的防腐材料，性能优越。其性能如下。

3.1.1 玻璃钢与玻璃鳞片比较：玻璃钢的强度比较高，玻璃纤维具有优异的耐腐蚀性能。

玻璃鳞片树脂衬里正好克服了玻璃钢衬里存在的缺点。它在结构设计及材料组成上就是以抗渗为出发点（图 1）。

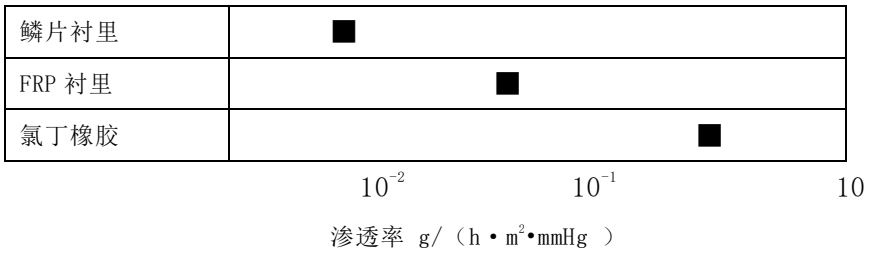


图 1　水蒸汽渗透压　注：1 mmHg=133.322Pa

3.1.2 热膨胀系数　由于玻璃鳞片树脂衬里的热膨胀系数更接近于钢铁的热膨胀系数（见图 2）。

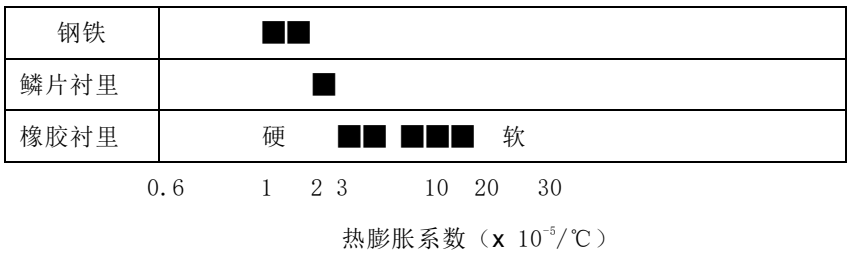


图 2　热膨胀系数

3.1.3　粘接强度　当玻璃钢与钢铁粘接时，橡胶衬里由于在硫化期间的化学反应呈现出良好的站接效果。

3.1.4 针孔穿透能力　当衬里在容器内壁的橡胶衬里产生针孔时，导致衬里材料的严重破坏。而鳞片衬里，也只是在有限的范围内起破坏作用。

3.1.5 可修复性　不论是橡胶衬里还是鳞片衬里，当产生缺陷时，就需要维修，而且缺陷部分的金属表面也要进行处理。

3.2 玻璃鳞片树脂防腐蚀原理　对非金属防腐蚀衬里或涂层来说，它们对介质渗入的阻力越大，防腐蚀性能便越好，有关研究结果表面，非金属防护层的使用寿命和渗透性有密切关系。并与腐蚀介质渗入后的防护层与基体的粘接力有关。

1. 防腐效果

经过 6 年以上的使用，开罐检查没有发现什么问题，至今衬里完好，特别是设备接管衬里完好如初，没有出现裂纹，划痕检查仍保持良好的附着力。用木锤轻敲衬里表面的任意点，没有听到异常声音。

第六章、水系统砼结构的腐蚀与防护

第一节.污水系统砼结构的腐蚀与防护情况

1．引言

来自生产装置过程的凝缩水和碱洗水，即含硫含碱污水。其中含有较多的硫化物等有害物质，对混凝土池子腐蚀很利害。

2．腐蚀情况

由于含硫含碱污水（以下简称含硫污水）成份复杂，有害物质很多，对长期运行的混凝土池子腐蚀较利害，原先虽然对内壁进行了防腐，但由于所选的材料及施工方法存在一定问题，经过一段时间的使用，防腐层破损。

2.1 混凝土表面腐蚀原因

因防腐层的损坏，污水直接侵蚀到混凝土表面，含硫污水中有大量硫化物以及轻质污油。其中硫化物一般以钠盐（NaH_2S、NaS）、氨盐[NH_4HS、$(NH_4)_2S$] 和硫醇类有机物等形式存在，硫化物与空气中的氧接触后，发生氧化反应生成硫酸盐，由于这些显酸性杂质的存在，对混凝土腐蚀很利害。

同时存在胶体溶解、结晶物膨胀、锈蚀物膨胀、温度的影响。由于这几方面的原因互相影响和积累，使腐蚀的速度明显加快，破坏程度也明显严重。

2.2 防腐涂层的损坏原因

2.2.1 玻璃钢体损坏原因

环氧树脂中含有醚键，漆膜经日光紫外线照射后易降解断链，用环氧树脂成分做玻璃钢，不耐户外日晒，漆膜易失去光泽，然后粉化，失去作用。

2.2.2 采用复合防护层的损坏

氯磺化聚乙烯涂料属于溶化型，材料的基料是热塑性（非转化型）树脂，下一道涂料所含的溶剂会将前一道漆膜的表面层溶解，使层与层之间溶合，待溶剂挥发后两层联成一体，该材料层与层之间附着力良好。

环氧类的玻璃钢层属于溶胀型，即底层漆膜的基料是热固型（转化型），漆膜干燥后形成了不溶于原溶剂的三向体积结构，第二道的溶剂不能再溶解表层，只能溶胀。对于该材料本身来

说，施工得当完全能成为三向网状构造。

两种材料组合在一起，即玻璃钢体做为抗渗体，氯磺化做为抗老化体。从表面看是合理的，但是实际使用中出现问题不少。其原因为，前者为溶胀型，后者为溶化型。但是两者之间的结合面，既不属于溶胀型又不属于溶化型。

另外，氯磺化聚乙烯涂料在污水中应用效果不好，也就是说存在“吸水肿胀”问题。

2.3 玻璃钢体与混凝土表面的损坏问题

由于污水的介入，大部分水 PH 值显酸性，混凝土中含 $Ca(OH)_2$,呈高度碱性。

3．材料选择依据

3.1 选用高耐侯防腐专用涂料**的依据**

通过防腐涂料的筛选，高耐侯防腐专用涂料与环氧树脂配套使用是很好的方法。因为该材料的强度、硬度、附着力、保光性、抗老化性、耐蚀性优于一般的氯磺化聚乙烯涂料。

因为该材料可随着环氧树脂等其它组份的改变,可以得到不同类型的高耐候防腐专用涂料。

3.2 制定施工方案依据

一道底漆——三层布的玻璃钢——中间漆二道——封闭漆一道。设计的主要根据为：

4．使用情况

某厂对二污水另一座混凝土的沉淀池子内壁采用上述材料与方法施工（施工面积约 3000 平方米），经过近 5 年的使用，没有起皮、脱落、龟裂的。采用划痕检查结果与竣工后质量相比没有发生变化。浸泡的表面比原先采用氯磺化与环氧做玻璃钢复合层效果好的多，根本不存在防腐层表面脱层、鼓包的现象。所以说，该漆膜暴露在大气或气液交替的部位保守的说使用寿命可在八年以上。

针对污水池的使用条件，选用了溶化型与溶胀型有机的结合在一起的涂料，解决了溶化型与溶胀型进行复合使用寿命的问题，解决了常规涂料难以解决的防腐问题。

循环水系统的腐蚀与防护

一 凉水塔的腐蚀情况及原因分析

1、工业大气中的酸性介质与水泥水化后固化物中氢氧化钙的水化物反应生成有一定可溶性的盐随着腐蚀性介质的不断供给，水份不断流失而带走，造成构件破坏。

2、在下雨时，空气中的 CO_2 与水作用生成 H_2CO_3 堵塞在理混凝土的孔隙中，但是水中的 H_2CO_3 还可以和 $CaCO_3$ 进一步作用，生成易溶于水的 $Ca(HCO_3)_2$ 将混凝土中的有用组份逐渐溶出并带走，溶走的 $Ca(HCO_3)_2$ 由固相的 Ca_2CO_3 补充，这样混凝土就遭破坏。

3、循环水为碳酸钙水质，当冷却水塔工作时，部分水汽由风机带出，喷洒在塔顶外壁上。当水中的 Ca_2CO_3 处于饱和状态，就有继续溶解 Ca_2CO_3 的能力及溶解混凝土中碳酸盐类，造成混凝土强度下降。

二、防腐材料的选择依据

根据凉水塔的腐蚀与破坏的情况，采用氰凝与高耐候涂料的复合层进行处理。

三.使用情况

①与混凝土面粘接力强，强度高。②涂层封闭性好。③耐久性好。④氰凝与高耐候涂料复

合，起到了加强整个混凝土面的钢性。补偿了氰凝涂料的微孔性。

第七章．关于石油化工构筑物的防腐防水问题

1．概况

2.原采用材料的情况

3． 材料选择依据

⑴ 防水抗渗性能优良。

⑵ 耐久性好、使用寿命长 。

⑶ 透气性好 。

其透气示意如图 1 所示：

室外 | 屋顶表面层 | 屋顶内

水分子直径ｄ1 | 水膜直径ｄ2 | 水蒸气直径ｄ3

ｄ1＞ｄ2＞ｄ3

图 1 防水涂料透气示意图

4、 应用效果

4.1 应用情况

符合下雨－－防漏－－维修要求。

结束语：石油、石油化工腐蚀相对其他行业是比较突出、复杂的、多样性的，所以需要的防腐涂料也是多品种的，市场的潜力是巨大的。谁对石油、石油化工腐蚀腐蚀规律掌握得好，就能开发出行销对路的产品，谁就能占领市场的主动权。

第八章 设备防腐管理

1.设备腐蚀管理情况

1.1 技术管理方面

1.2 施工管理方面

制定技术要求时

涂料的设计:一般遵循底面处理－底漆－中间漆－面漆原则。

涂料的配套性:采用相似则相溶的原则。

施工验收方面。在施工中，中间验收与竣工验收，存在不好管理的因素。

1.3 在工程结算方面

1.4 在材料采购方面

在现有的管理体制下，防腐施工管理有其自己的特殊情况，这方面管理的不好，会给工程质量造成很大的经济损失。

2. 建议

2.1 应设专人进行设备防腐管理。

2.2 对于每年的大修、更新、改造的项目。

2.3 在施工管理方面，要建立健全施工管理的办法。

2.4 把住工程结算关。

2.5 把住防腐材料关。

2.6 加强技术培训与技术交流。

第九章、腐蚀破坏事故实例分析

事　例 1

在一个中试装置中进行某个工业有机合成试验，过量的酸用氨部分中和，料浆被过滤，硫酸氢铵滤液送入第二个装置最终转变为硫酸铵。

过去的经验和（硫酸铵厂设备部件）试验说明，316 不锈钢对整个工艺是极耐蚀的。但为安全进行了两阶段试验：酸到硫酸氢盐，及硫酸氢盐到硫酸盐。

试验用实验室化学药品配制溶液进行，表明 316 不锈钢耐蚀性优良。然而实际中试溶液却给出不同的结果，甚至稍微加热的溶液（３５℃左右）也使不锈钢表面迅速腐蚀，引起金属结构降级。

原因是，部分中和的酸含有约 1 %的部分分解的残余有机物，它们使不锈钢的钝化膜在不到 4 小时的时间内被严重破坏。

评　述　这个事例再一次说明，选材试验的设计应尽可能模拟设备实际使用环境条件，因此试验前就应将环境条件搞清楚，特别是环境中的少量杂质。

当然这里也可以从另一个角度考虑问题。如果将已部分中和的溶液进行氧化处理，除去其中的残余有机物，那么使用３１６不锈钢是完全可以的。

事例 2

某厂一根 309Cb 不锈钢（含 Cr23%，Ni13.5%，C 最大 0.08%，Nb 含量为 C 含量的１０倍）薄壁管，输送强腐蚀性溶液，因为管道需加热，在不锈钢管外加一根碳钢夹套管，用 309Cb 不锈钢焊条与不锈钢管焊接在一起。使用很短时间后在碳钢夹套管与不锈钢管焊接部位发生泄漏。

评述　　焊接时不锈钢和碳钢熔合在一起，不锈钢被碳钢稀释。被焊部位的不锈钢管中合金元素铬、镍含量降低，因而不足以维持在使用环境中所需要的耐蚀性能，腐蚀速度大大增加而造成穿孔泄漏。

因此，在不锈钢薄壁管与碳钢管焊接时，应加入不锈钢衬垫板作为过渡，以避免不锈钢管被稀释。

一般来说，即使不锈钢之间的焊接，也可能造成焊缝的耐蚀性比母材低，从而在使用环境中发生焊缝选择性腐蚀。这是因为焊接是一个熔化一再结晶过程，焊缝金属具有铸造组织，存在晶粒粗化，成分改变，组织不均匀等缺陷。如果焊条材质与母材相同，那么焊缝的耐蚀性必然低于母材。针对这一问题，在选择焊条时应注意使焊条的合金元素含量高于母材，杂质含量则应低于母材。另外，焊接工艺也很重要。保证焊接质量，避免焊缝缺陷，消除焊接热影响区造成的不均匀性和焊接残余应力，都是解决焊接腐蚀问题的有效措施。

事例 3

某石油化工厂常减压车间减粘事故线在 109 号阀后管道穿孔,引起火灾,使常压工段停工。事故线材质为 20 号钢，原厚度 7mm，使用 2 年，腐蚀率达 3.5mm/y。

评述 渣油系统的腐蚀主要为高温硫腐蚀。该厂渣油硫含量达 1.2%。流动状态对高温硫腐蚀影响极大。流速从 0.32m/s 提高到 0.8m/s，碳钢腐蚀速度增加 1.62 倍。 事故线渣油流速为 0.3m/s，平常操作中 109 阀开度不足 1/2，在阀后一定距离流体截面最小，流速最大(约为 0.8m/s)，故对该处管线产生严重腐蚀，造成穿孔。所以，应选择更耐蚀的材料。比如管道可选 Cr5Mo，弯头和阀后管道可选 188 型不锈钢。

事例 4

在生产装置内，有的管道需要穿过地板。为了防止污水从开孔下流，孔的周边要有挡水堰，但不能完全避免污水和垃圾下落。有的操作人员便用泡沫隔热材料将管道与挡水堰之间的环形空隙封死。后来检修时发现泡沫材料封闭部位的碳钢管表面发生严重腐蚀，而其余部分管道的腐蚀情况正常。

评述 泡沫隔热材料在管道表面形成闭塞区域，使水汽滞留，造成腐蚀条件强化，碳钢管腐蚀加剧。如果是不锈钢管，当泡沫材料含有氯化物时，可能造成氯化物浓缩而引发应力腐蚀破裂，造成管道破坏。如果需要阻挡污水和垃圾下落，可以采用如图的设计。

事例 5

为了从含有一些残余氯和很多盐的强酸混合物中除去氯化物，需要在一个容器中将溶液加热到 8 0 － 9 0 ℃。由于介质腐蚀性很强，钢衬玻璃容器也只能用一到二年，加热盘管材料更难选择。为此在实验室中将几种合金材料的试片浸泡在生产溶液中进行了选材试验。被选材料包括镍，因科镍合金，哈氏合金，不锈钢和钛。结果表明只有钛耐蚀。然而用钛制造的加热盘管在两天内就发生腐蚀破坏，腐蚀率高达 3 8 毫米 / 年。试验结果和钛的实际腐蚀行为差异竟然这么大！

评述 根据介绍，试验工作是将几种材料的试片放置于同一个容器内进行的。这种做法显然是不正确的。因为不同材料之间可能发生相互影响，而导致错误的结果。在本事例中，处于钛试片附近的铁基合金试片发生腐蚀生成的Ｆｅ２＋离子，在这种卤化溶液中被氧化为Ｆｅ３＋离子，而Ｆｅ３＋离子对钛是一种极为有效的缓蚀剂。所以，腐蚀试验的一条基本原则是，一个试验容器内只能放置一种材料的试片，而且要避免试片之间的屏蔽，保证与溶液充分接触。试片与容器之间，试片与支承架之间要避免形成缝隙。不使用金属支承架。总之，要避免引入难以估计的腐蚀因素。

事例 6

某纯碱厂考虑氨回收冷凝器使用铝制热交换器。为此，将铝试片固定在原设备的铸铁壳体上进行了 6 个月的现场挂片试验，表明无任何可察觉的腐蚀。但铝合金冷凝器只使用一个星期，就因腐蚀破坏而必须更换。检查器壁未发生腐蚀，而管子则腐蚀穿。

评述 冷凝器管子不仅要接触腐蚀介质，而且要承担传递热量的功能。挂片试验中将试片固定在壳体上，不可能反映传热对材料腐蚀的影响。

当换热管子内通过加热介质（如蒸汽）时，管子表面温度比壳程溶液的温度高（如上个事例中所述）。不仅如此，在溶液中还存在温度梯度，产生密度差异，使氧更容易扩散到换热管表面。在金属表面还可形成气泡，造成钝化膜局部破坏而导致孔蚀。

因此，对传热设备（热交换器，加热盘管等）材料的选择，不能仅根据无传热条件下所得试验数据，还应安排传热面腐蚀试验。在本事例中，如果能在原来的冷凝器上安装一根试验材料制造的管子，进行生产条件下的耐蚀性试验，就可以得到更可靠的数据。

事例 7

结构设计和制造维修不良造成的腐蚀破坏

设备的结构是否合理，加工制造是否正确，维护和检修是否恰当，对于设备的耐蚀性能有着重要的影响，所谓合理、正确、恰当，主要包括如下两个方面：

（１）要使制造材料的耐腐蚀性能得以充分发挥，就要尽量减少腐蚀电池形成的机会，降低腐蚀电池工作的强度。特别要避免局部区域腐蚀条件强化，如液体停滞，温度不均，浓度不均，缝隙，死角，应力集中，湍流和冲击等。

（２）设备结构要便于检查、维修和更换，因为要求设备不发生腐蚀是不可能的，或者是不经济的。所谓腐蚀控制就是要使设备的腐蚀速度保持在比较合理的可接受水平。这样，对设备的腐蚀情况进行检查，对已发生腐蚀破坏的部件或部位进行修理或更换就是必不可少的了。另外，在进行结构设计时应当考虑为防腐蚀施工提供条件，以保证防腐蚀施工（如表面清理和刷漆）顺利进行。特别要指出，设备检修和防腐蚀施工的质量对设备的耐蚀性能和使用寿命是至关重要的。

事例 8

某大型炼油厂的催化裂解装置有６４公里长的铝制管线，在可能地段都将铝管集成一束，固定在槽钢里，而槽钢是翼缘朝上安装的。当进行试车时，很多铝管已不能承受压力。检查发现大量蚀坑，有些已穿孔。

评述 用槽钢支承铝管是一种常见的设计。但这里忽视了这种设计对铝管可能造成的腐蚀影响。翼缘朝上的槽钢很容易积水，也容易积聚各种垃圾和污物。铝管浸在这种含有多种腐蚀性物质的污水中，发生严重的腐蚀和穿孔是在预料之中的。

所以，如果要使用槽钢支承，应采取措施避免积水，开排水孔是一种简单实用的方法。注意排水孔的尺寸和数量要足够。以保证排水畅通，不被堵塞。另外，在施工中要注意保护铝管不被污染。

防止液体停滞是结构设计中的一个重要原则。因为积液会造成局部区域腐蚀条件强化。所以，容器和管道系统内部应成流线型，并向下游和出口略为倾斜，以利于液体流动和排放，在低凹管段应设置排液阀。

事 例 9

某厂轻油制氢装置再生塔底重沸器为U型管换热器。管程走低变气（１６７℃），壳程走本菲尔溶液（117℃），换热器管子材质为 1Cr18Ni9Ti 不锈钢，管板为 16Mn 钢。使用两年四个月后发现泄漏。原因是壳程侧管子与管板结合部位的缝隙内发生腐蚀。管子表面深坑连成一片，且布满尖而深的蚀孔。管板相应部位也呈现连成一片深坑，深度比管子表面蚀坑大。

评 述 设备结构上的缝隙往往受到严重的腐蚀。在狭缝内发生的缝隙腐蚀，具有发展速度快，破坏集中等特点，对设备（特别是易钝化的耐蚀合金制造的设备）危害极大。这是设计时应予以充分考虑的。对于缝隙腐蚀的快速发展，可以用闭塞电池模型来说明。由于缝隙区的闭塞几何条件，使物质迁移困难，从而导致缝隙区内腐蚀条件强化，发生具有自催化特征的腐蚀过程。在本事例中，16Mn 钢管板和 1Cr18NI9Ti 不锈钢管子外表面都处于本菲尔溶液中。本菲尔溶液主要成分为 K_2CO_3 和 $KHCO_3$，为高温碱性溶液，其中加有 V_2O_5 作为缓蚀剂。

V^{+5} 是一种钝化剂，能使 16Mn 钢钝化，以维持很低的腐蚀速度。使用钝化剂的一个基本要求是：钝化剂的浓度必须超过临界致钝浓度，才能使金属钝化。如果浓度偏低，不仅不能使金属钝化，反而会促进金属的腐蚀，或者造成局部腐蚀。管板与管子之间的缝隙区内就正是这种情况。由于闭塞的几何条件， V^{+5} 离子的消耗难以得到补充，使缝隙内部 V^{+5} 离子达不到临界致钝浓度，导致 16Mn 钢管板发生严重腐蚀。

事例 10

某造纸厂氯化工段的洗涤桶是３１７Ｌ不锈钢制造，连接螺栓材质为３１６Ｌ不锈钢。由于螺栓头下面是一种常见的结构缝隙，在含氯离子的溶液中易发生缝隙腐蚀。于是便用玻璃钢将螺栓头覆盖起来。结果适得其反，腐蚀更为严重。

类似，洗涤器模子的耳轴，材质是碳钢外包３１７Ｌ不锈钢。为了防止外包不锈钢发生孔蚀，便用玻璃钢将耳轴包起来。结果表明仍然不成功。

评述 金属容器内表面衬贴玻璃钢，金属部件外包玻璃钢，是一种常见的防腐蚀方法。其目的是将金属和腐蚀环境隔离开。只要所选玻璃钢在使用环境中耐蚀性优良，施工质量得到保证，可以获得良好的防护效果。

但是，对于不锈钢设备，在应用玻璃钢覆盖或外包时应当慎重，特别是局部覆盖时。这是因为不锈钢对缝隙腐蚀十分敏感，用玻璃钢覆盖螺栓头这种做法，反而会造成更严重的缝隙区域。施工时胶粘剂流挂也造成了许多缝隙位置。

事例 11

维尼纶厂乙炔净化工段用于贮存３０％氢氧化钠的贮罐，直径 1.2 2 米，高 1.4 米，碳钢制作。贮罐筒体外焊有夹套， 用于通热水 30-50℃，使氢氧化钠溶液保持温度。在北方，冬季气温低，有的厂改为向夹套内 通 人 蒸 汽 0.2MPa）。很快发现罐底泄漏。经检查，在罐底碱液出口管周围有放射状裂纹。如果从上面的管口通入蒸汽，则在夹套与筒体焊接处很快发生裂纹。

评述 这种腐蚀破坏是典型的碱脆。即受应力的金属材料在氢氧化钠溶液中发生的应力腐蚀破裂。碳钢是容易发生碱脆的一类金属材料。经过大量实验和生产应用经验总结，得出了碳钢发生碱脆的氢氧化钠浓度和温度范围。从图看出，对于 30％NaOH 溶液，当温度超过 55℃，就可能使碳钢发生碱脆。在本事例中，当使用３０—５０℃的热水时，没有腐蚀问题。而通人蒸汽，在蒸汽人口处温度很高，远远超出了 55℃这个温度界限。而蒸汽人口处不管上口还是下口 附近又正是焊接应力集中的部位。贮罐发生碱脆破坏就一点不奇怪了。如图所表示的关系早在五十年代初就已发表，并为许多腐蚀著作所引用，但几十年来仍有很多碳钢设备发生碱脆破坏，而且明显地是在“破裂区”的环境条件。为什么重蹈覆辙呢？对本事例来说，为了防止贮罐发生碱脆，应从设备结构上进行改进，使温度尽可能均匀，避免局部过热，特别是温度较高的部位要避开焊接应力集中的部位。比如有的厂将夹套加热改为盘管加热，就未再发生碱脆破坏。当然，消除焊接应力也是有效的。

事例 12

在烯烃脱氢反应器内，气体温度为４４０—５６０℃，处于干燥状态，对不锈钢容器腐蚀很小。但设计的测压管向上倾斜，外面未保温。结果在测压管中气体冷凝形成盐酸，向下回流，造成测压管与容器壁焊接处仅仅４８小时内就被腐蚀穿孔。显然这种设计是不合理的，如果设计测压管向下倾斜，外面保温以防止散热，并在低点安装排凝阀，就可以解决这个腐蚀问题。

评述 这个事例是所谓“冷点腐蚀”（温差腐蚀）。对处理高温气体的容器，管道系统，进行保温设计和施工时，必须考虑避免形成“冷点”。如果设备、管道外表面的附件不可能进行适当保温，那么，附件下的壳体内表面应采取有效的保护措施，如用耐蚀合金进行堆焊。

事例 13

某厂蒸发器所使用的氯气采自两个贮罐。一个大贮罐装商品氯，其中不含任何氯化氢，但

含有少量溶解水（大约 30ppm）。第二个大贮罐装的氯是用氯化氢制得，其中含氯化氢大约 3.5%（摩尔百分比），而含水极少（小于 5ppm）。两个贮罐及其出口管道都是碳钢制造，因为对这种干燥气体介质，碳钢是耐蚀的。

在设计进蒸发器的管道时，为了方便，只设置了一条总管。两个贮罐的出口管都接在总管上。开工后短短几个月，连接点后面的总管发生严重的腐蚀破坏，大量氯气外泄。后来用哈氏合金ｃ－２７６（镍钼铬合金，耐蚀性优良）管替换，其腐蚀率也较大。

评述 这是管线设计不合理造成的腐蚀问题。虽然含微量水的氯气，含少量氯化氢的干燥氯气对碳钢的腐蚀性很小，但是，当氧气，氯化氢气和水汽并存时，腐蚀性大大增加。这是因为氯化氢气的存在，使水在氯气中的溶解度降低，露点升高，更容易形成冷凝液。

这个腐蚀问题难以从材料方面解决，而改变设计却可以有效而经济地解决。正确的设计是两个贮罐各安装一条出口管线直通蒸发器，不使两种氯气在管道中混合。

还可以举出一个类似的例子。某厂一个分馏塔的进料，包括氟代烃，氯化氢气，痕量氟化氢，以及氯气。从塔顶出来的氯气和氯化氢通过盐水冷凝器降温。仅仅使用几个星期，冷凝器管子的冷端（盐水入口）从工艺侧发生腐蚀破坏。

原来分馏塔的进气中含有痕量的水（几个 ppm），工厂的分析，仪器没有检测出来。氯气，氯化氢气和水汽的共存使露点升高，水在管于温度最低的部位冷凝，形成强腐蚀性介质，造成冷凝器管子腐蚀穿孔。

事例 14

某钢铁厂用于废水处理的Ｒ－３１０１Ａ反应器为哈氏合金Ｂ－２制造，投产后常发生泄漏，先后停车补焊１０次，运用周期最短１个多月。

反应器为圆筒形罐体，封头椭圆形。为避免本体上异材焊接，在支座与下封头焊接处增设过渡圈如图所示。本体、过渡圈为哈氏合金Ｂ－２，支座为ＳＳ４１。介质为蒸汽和１％含氟泥浆水，其腐蚀性较强。裂缝主要发生在下环缝和中环缝，特别是下环缝。

评述 该反应器承受频繁的交变应力作用，特别是下环缝，不仅要承受工作应力和热应力，而且还有搅拌泥浆所引起的离心力，以及频繁开停车产生的交变应力。

但造成腐蚀的主要原因是设备结构不合理。由于封头直边太窄（５－１０ｍｍ），不符合设计规定。故过渡圈与封头连接的焊缝距下封头环焊缝太近，只有、４５ｍｍ。使原来应力水平就高的下环缝区域又增加焊接残余应力。故下环缝应力最高。在交变应力和腐蚀介质共同作用下发生腐蚀疲劳裂纹。补焊时作业条件差，质量难以保证，下环焊缝区域材质越来越恶化，裂纹不断发展，造成频繁泄漏的破坏事故。

事例 15

某厂使用的加热盘管外包３０４型不锈钢（包覆厚度０．２－０．３ｍｍ）。在工地贮存了３－５年后被使用。安装时发现有将近２０％的加热盘管已破裂，而刚收到的加热盘管在很多地方都出现裂纹。盘管表面多处有棕红色锈点，裂纹从锈点开始。

腐蚀的原因是不锈钢盘管表面在加工过程中受到铁颗粒污染，在潮湿条件下铁颗粒生锈。腐蚀产物易吸湿，因而引发沉淀物下腐蚀。在工地所处海洋性大气中，加速了氯离子的吸附和浓缩，造成应力腐蚀破裂。

某厂一条３０４型不锈钢管线在试压时就发生泄漏。检查不锈钢管表面存在大量纵向划痕，划痕上生锈；泄漏就从锈点开始。除去锈蚀，便暴露出裂缝。

原来该不锈钢管在加工时使用了碳钢夹具，造成不锈钢管表面磨损、划伤和铁颗粒嵌入。在潮湿大气中划伤区生锈，导致发生应力腐蚀破裂而使管道出现裂缝。

评述 这两个事例说明，在不锈钢设备加工制造中，要注意防止表面损伤和玷污，特别要防止铁颗粒污染。因为不锈钢的耐蚀性来自容易钝化表面，生成一层保护性表面膜。很多因素可造成钝化膜的破坏，如环境中的活性离子（以氯离子最常见），可以使钝化膜局部破坏而引发局部腐蚀，包括孔蚀，缝隙腐蚀，应力腐蚀破裂等。保持不锈钢表面均匀清洁，对提高钝化膜稳定性，防止局部腐蚀是有利的。而表面的污垢，腐蚀产物，锈蚀，灰尘将造成局部区域腐蚀条件强化，使其耐蚀性降低。使用钢丝刷，碳钢夹具等处理不锈钢，造成表面铁颗粒污染，特别有害，应注意避免。

事例 16

氢气压缩机上一块厚８８．９ｍｍ的圆扳（用１７－４ＰＨ不锈钢制造）用于保持压力。发现板上生成大量裂纹，立即更换，避免了一次灾难性破坏事故。检查发现裂纹已严重深入，板的有效厚度只有２５％。

检测表明裂缝为疲劳引起。疲劳裂缝从出口接管开孔处引发，同时在板的径向和厚度方向发展。

评述 １７－４ＰＨ不锈钢对吸氢敏感。但腐蚀破坏的主要原因还是设计和制造问题。圆板边缘有四个开孔用于连接到压缩机壳体。板上还有氢气进口、出口接管开孔，每个孔附近还有２个用于外部管道装配的螺纹孔。

在钻孔时由于机加工产生很高的残余应力和局部热梯度，已经形成裂纹，在使用过程中裂纹进一步发展。

所以在机加工时应尽量减少缺陷，钻孔后应进行渗透检查。另外，板上的外部管道装配孔应尽量远离气体进出口接管开孔。

事例 17

某厂压力容器的颈焊法兰（WNF）上检查出严重的裂纹。裂纹平行于将法兰连接到容器接管的焊缝，但接管和容器上都无裂纹。另一台容器情况相同。法兰直径 50cm，材质 304L 不锈钢。金相分析表明腐蚀破坏为 304L 不锈钢的晶间破裂，微探针分析指出在裂缝中存在锌，由此得出，这是熔化的锌引起的液体金属脆性（LMC）破坏。

锌从哪里来的？追踪容器制造过程，原来容器制造厂所用颈焊法兰是外购的。由于大而重，两个 WNF 被绑在平板架上，放在容器车间外。在存放点附近正在喷无机富锌漆（锌含量 90%

以上），漆粉被风吹到两个 WNF 上，在当风的一面沉积下来。WNF 在焊到容器接管上时，热影响区的焊接热提供了使锌熔化的温度和引起严重裂纹的应力。

评述：在第一部分已经谈到液体金属脆性造成的破坏。所以应当保护温度较高的不锈钢不与锌、镉接触。在不锈钢设备制造、使用时都应注意这个问题。具体到本事例中，应当将 WNF 遮盖起来，或者将其移走。

事例 18

某厂氯化氢气体洗涤器和除雾器原用增强酚醛塑料制作，只能用２－３年。为了选择更耐蚀的材料，在洗涤器和除雾器中进行了挂片试验，表明洗涤器可用哈氏合金Ｃ－２７６（合金组成为ｏｏＣｒ１６Ｎｉ５７Ｍｏ１６Ｆｅ６Ｗ４），除雾器可用２０号合金（铬镍不锈钢）。但用这些高等级耐蚀合金制造的设备分别在两周和四周内腐蚀破坏。

评述据报道，之所以材料的实际腐蚀行为与挂片试验结果大相径庭，是由于挂片位置不正确，不是暴露在洗涤液中，而是暴露在气相中，因此试验环境条件与实际环境条件差异很大。

在生产设备内进行挂片试验，对于评价材料在设备所处环境条件下的耐蚀性能有很大的优点，即环境条件的真实性。能否实现环境的真实，取决于试验的设计，其中最主要的一点就是正确选择挂片的部位。挂片部位要有代表性，能反映该设备腐蚀条件的主要特征。

附表

金属材料耐腐蚀的选材顺序（由低到高）

一、不锈钢材料耐点腐蚀、晶间腐蚀和应力腐蚀能力的顺序

1、奥氏体不锈钢：

1Cr18Ni9Ti →0Cr18Ni9（304）→0Cr18Ni11Ti（321）→00Cr19Ni10（304L）0Cr17Ni12Mo2Ti（316）→00Cr17Ni14Mo2（316L）→00Cr19Ni13Mo3（317L）

→00Cr20Ni25Mo4.5Cu（904L）→00Cr27Ni31Mo4Cu

2、 铁素体不锈钢：

0Cr13（410S）→0Cr13Al（405）→00Cr12Ti（409L）→00Cr17（430LX）

→00Cr18Mo2 →00Cr26Mo1 →00Cr30Mo2

3、双相不锈钢：

00Cr18Ni5Mo3Si2（3RE60）→00Cr22Ni5Mo3N（SAF2205）→00Cr25Ni7Mo4N（SAF2507）

二、耐高温腐蚀用材的顺序

20＃→12Cr1MoV→12Cr2Mo1（2 Cr-1Mo）→1Cr5Mo→1Cr9Mo→P91→0Cr25Ni20

三、耐应力腐蚀用材

16MnR→20R→07/09Cr2AlMoRE（经济性新钢种）

00Cr17Ni14Mo2（316L）→00Cr19Ni13Mo3（317L）→00Cr20Ni25Mo4.5Cu（904L）

00Cr18Ni5Mo3Si2（3RE60）→00Cr22Ni5Mo3N（SAF2205）→00Cr25Ni7Mo4N（SAF2507）

0Cr13（410S）→00Cr12Ti（409L）→00Cr17（430LX）→00Cr18Mo2 →00Cr26Mo1

注：铁素体不锈钢和双相不锈钢不得在大于350℃的环境中使用。

第二部分 防腐蚀涂装

⑴选择合适的涂料系统；

⑵制定涂装工艺；

⑶进行表面处理；

⑷严格管理涂装进程，

第一章.表面处理

1.金属的表面处理

涂层寿命缩短的原因可分为：

A.除锈质量差 占40%

B.涂料体系选择不当 占20%

C.涂层厚度不够 占20%

D.涂装施工时温度、湿度、干燥时间、涂层质量控制不当 占20%

钢铁表面处理方法可分为两类：

① 机械法：如喷砂、敲铲等，主要用于6毫米以上较厚的钢材，如储油罐等。

② 化学法：如除油、浸酸、磷化、钝化等。磷化、钝化主要应用于冷轧簿钢板或非铁金属如铝、锌等，汽车、飞机、家用电气等。

⑴.黑色金属的表面处理

黑色金属一般是指不同含碳量、不同型号的钢铁材料。钢铁表面的处理方法主要有手工除锈、机械除锈、火焰除锈、化学和电化学除锈等，现分述如下：

① 机械除锈方法 钢铁表面的机械除锈有各种风动、电动工具除锈、干法和湿法喷砂除锈、真空密闭除锈、抛丸除锈、高压水喷射除锈等，这些方法的优缺点见表1所列。

② 表面除锈标准 钢铁表面的除锈标准， 无论是采用机械方法，还是化学除锈方法，目前在国内还没有统一的标准。但是美国腐蚀工程师协会（NACE），钢结构涂装委员会（SS

ＰＣ）和瑞典标准化委员会（ＳＩＳ），对金属的机械法表面除锈制定了标准，如表 2 所列。

表 1　　钢铁表面的机械除锈方法

序号	方法	优点	缺点	应用范围	施工方法及注意事项
1	手工除锈（包括刮削、砂纸打磨、刷子除锈等	工具容易解决,施工方法简单	工作效率低每人每天只能出除锈 1-3 平方米，劳动条件差	用于小工件或其它方法不宜施工的场合，多用于油漆的施工	钢制刮刀只能应用在粗糙的厚锈表面，更不能刮伤设备，在刮削，打磨时可以用煤油清洗表面。
2	火焰除锈	工作效率较高,每人每天能除锈 5-10 平方米，可以热涂漆膜,干的快.	除锈,除氧化皮不彻底,消耗能量大,工件易变形,还需要钢丝刷清理.	适用于厚壁设备清除旧漆,用于涂刷油漆的施工.	用乙炔和氧气的火焰(可达 3000℃),由于火焰吹管(5-10 毫米的圆嘴）喷烧设备表面,旧漆膜碳化,铁锈受热而崩裂,再用钢丝刷刷掉,在 60℃以下可以涂装.
3	风动工具除锈(包括风动砂轮,风铲,针束器等。	工作效率及质量都比手工除锈好	劳动条件差	适用于设备的死角除锈除毛刺,焊缝打光等.	根据实际情况选用工具
4	干法喷砂除锈	工作效率高,每小时除锈 6-8 平方米粗糙面均匀	劳动条件太差,影响工人身体健康及环境卫生。	大面积除锈除氧化皮及除旧漆膜等多用于各种衬里和油漆的施工	操作条件:风压 0.35-0.6MPa,喷嘴内径 5-8 毫米,喷嘴与加工面的距离 150-200 毫米,喷射角 45-60 度,喷砂处理后表面的粉尘要吹扫干净,并在 8 小时内涂上磷化底漆或其它底漆. 钢板厚度,砂粒直径和压力之间的关系: 钢板厚度　砂粒直径　压力 mm　mm　Mpa 3 以上　1.5-4,　0.35-0.6 3 以下　0.5-1.5,　0.10-0.15
5	湿法喷砂除锈	粉尘小，工作条件比干法喷砂好	工作效率比干法喷砂低,大约 4 平方米/时此方法不能用于电镀及金属喷镀,湿法回	钢铁表面除锈及氧化皮用于油漆的施工及衬里施工,但表面必须干燥	操作条件:将干砂和 1%的亚硝酸钠水溶液分别装入砂罐及水罐中,砂罐的压力 0.5MPa,水罐压力 0.35 MPa.空气压力将砂,水分别推到喷嘴处混合喷出.也可以象干法喷砂一样施工,先将砂水混合,然后喷出.砂粒直径

			收困难冬季不能施工		0.5-2 毫米,处理后表面在空气中可以放置 4 天左右.
6	真空密闭喷砂除锈	比干法，湿法劳动条件好.	工作效率低,除锈 2-3 平方米/时,不规则的工件及曲面不适用.	钢铁表面除锈,不锈钢,铝合金表面铝合金表面	操作条件:砂子在空气压力 0.4-0.6MPa 的推力下由喷嘴向物面,锈粉尘及砂粒在 300-400 毫米汞柱的负压下,沿负压管吸入分离器,粉尘排出,砂子循环使用.单喷头的喷射宽度 30 毫米,为提高工作效率,可受用 2-3 个喷头.
7	抛丸法除锈	效率高，并能提高金属表面的疲劳强度	对工件冲击大,薄壁和较脆的工件不宜适用	船舶除锈，除氧化皮. 用于刷油漆的施工	操作条件:利用抛丸机高速旋转的叶轮,将钢丸以 155-170 米/秒的速度抛到钢铁表面.钢丸的直径 0.5-3 毫米,也可用铁丸,玻璃丸和钢丝段等.
8	高压水除锈	工作效率高 40 平方米/时.	砂子不能回收,冬天不能施工.	船舶,桥梁,厂房的除锈及除污.用于刷油漆的施工	操作条件:水和砂子按 1:1 混合,由空气压入喷枪,然后用 5-20MPa 的高压水喷到物面上,喷枪与物面之间的距离为 0.4-0.5 米.砂粒直径 0.5-4 毫米(喷嘴直径 5-10 毫米).

表 2　　瑞典标准分级

	工具除锈法	
A	St0	**未除锈**之前的钢铁表面.
	St1	**用钢丝**刷轻度刷除浮锈及松氧化皮.
	St2	用手工工具(或机动工具)将松氧化皮,浮锈等除锈后,用吸尘器或压缩空气等吹去灰尘,处理后的表面为"钢材表面应无可见的油脂和污垢，并且没有附着不牢的氧化皮,铁锈和油漆涂层等附着物.
	St3	用机动工具钢丝刷,砂轮等彻底铲除浮锈及疏松氧化皮,经清除灰尘后,表面呈金属光泽,"钢材表面应无可见的油脂和污垢,并且没有附着不牢的氧化皮,铁锈和油漆涂层等附着物.除锈比 St2 更为彻底,底材显露部分的表面应具有金属光泽.
	喷射除锈法	
B	Sa	**未除锈**之前钢铁表面.
	Sa1	**轻度喷射**,除去浮锈及疏松氧化皮,其表面为"钢材表面应无可见的油脂和污垢,并且没有附着不牢的氧化皮,铁锈和油漆涂层附着物.
	Sa2	**中度喷射**(彻底的喷射或抛射除锈),除去大部锈,氧化皮等,清除灰尘后表面呈金属灰色.钢材表面应无可见的油脂和污垢并且氧化皮,铁锈和油漆涂层等附着物已基本清除,其残留物应是牢固附着的.适用于一般防锈涂装.

	Sa2 1/2	**彻底喷射**磨料(非常彻底的喷射或抛射除锈)完全除去铁锈及氧化皮，清除灰尘后表面呈近白金属光泽,仅有微少斑痕.“钢材表面应无可见的油脂,污垢,氧化皮,铁锈和油漆涂层等附着物,任何残留的痕迹应是点状或条纹状的轻微色斑.”
	Sa3	**彻底喷射**(使钢材表观洁净的喷射或抛射除锈),完全除去所有锈及氧化皮,不留任何微少斑痕,钢面呈均匀银白金属光泽.具体为"钢材表面应无可见油脂,污垢,氧化皮,铁锈和油漆涂层浮着物,该表面应显示均匀的金属光泽"为最高级标准

2.防腐蚀衬里或涂层对金属表面预处理的要求

化工部的《工业设备、管道防腐蚀工程施工及验收规范》HGJ229-91 中所规范的见表 3.

表 3　　处理级别选择

序号	防腐蚀衬里或涂层类别	表面预处理质量等级
1	金属喷镀、热固化酚醛树脂漆	Ｓａ３级
2	橡胶衬里、搪铅玻璃钢衬里、树脂胶泥砖板衬里、硅质胶泥砖板衬里、化工设备内壁防蚀涂层、软聚氯乙烯板粘接衬里	Ｓａ２ 1/2 级
3	硅质胶泥砖板衬里、油基、沥青基或焦油基涂层	Ｓａ２级或Ｓｔ３级或Ｆ１级
4	衬铅板、软聚氯乙烯板空铺衬里或螺钉扁钢压条衬里	Ｓａ１级　Ｓｔ２级

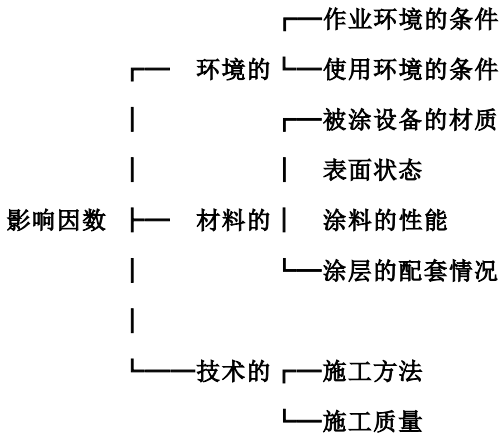
举例说明炼油厂设备、金属框架防腐表面处理的要求。

第二章. 涂装技术

1.涂装的目的

涂装的目的是将金属/环境之间的界面代之以金属/漆膜/环境的界面以保护金属免受侵蚀从而延长其使用寿命。

2.影响涂层保护效果的因数



上述因数中，除使用环境这一因数一般难以控制而外，其它因数都可以人为地加以调整。

所以在制订方案和组织施工之前，分析具体条件，尽量做到合理有效。

3.涂料型号

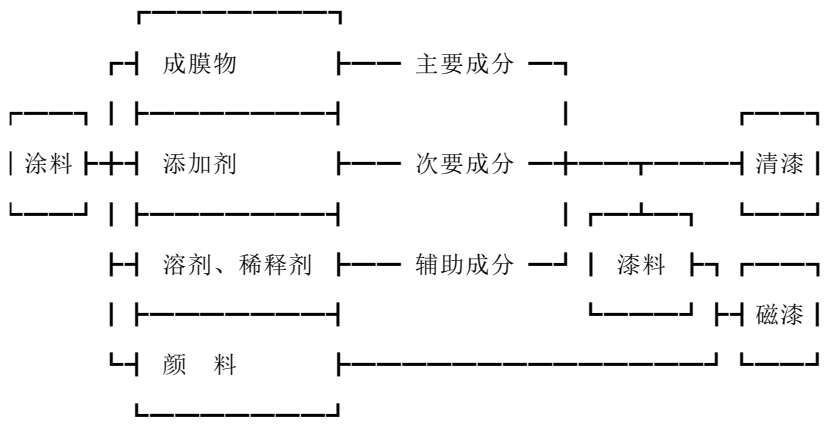
习惯上曾有如下分类，见表 4 。

表 4　　涂料分类

类　　别	名　　称
按原料分	**油性漆、合成树脂漆、沥青漆、橡胶漆、生漆、水溶性漆、纤维素漆。**
按涂料性能分	防锈漆、耐酸漆、耐碱漆、耐热漆、耐油漆、绝缘漆、临时防锈漆。
按涂层特点分	有光漆、消光漆、半光漆、透明漆、萤光漆、发光漆、
按操作方法分	刷用漆、喷漆、浸渍漆、静电喷漆、
按干燥方法分	自干漆（挥发型、氧化型、反应型）、烘漆
按使用目的分	防腐漆、桥梁漆、船舶漆、气柜漆、车辆漆、建筑漆、电用漆、底漆
按涂料状态分	厚漆、调合漆、乳胶漆、清漆、磁漆
按被涂物材质分	金属用漆、钢铁用漆、塑料用漆、木工用漆、

举一些例子

4.涂料的组成



5.涂层的结构

涂层一般均由底漆涂层、中间层（或过渡层）以及面层组成。每层按需要分别涂装一次至数次。举例说明。

6.防腐蚀涂料的作用及影响因素

6.1 作用

(1)屏蔽作用。

(2)缓蚀作用。

(3)阴极保护作用。

6.2 涂料成膜物质的影响

6.3 颜料、填料的影响

(1)碱性颜料。

(2)可溶性颜料。

(3)金属粉末颜料。

片状颜料在涂层中能屏蔽水、氧和离子等腐蚀因子透过，切断涂层中的毛细孔。互相平行交叠的鳞片在涂层中起了迷宫效应，延长腐蚀介质渗入的途径，从而提高涂层的防腐蚀能力。主要的片状颜料有云母粉、铝粉、云母氧化铁、玻璃鳞片、不锈钢鳞片等。

7.防腐蚀涂料的主要类型

7.1 油脂涂料

7.2 生漆

7.3 酚醛树脂涂料

7.4 环氧树脂涂料

7.5 聚氨酯涂料

7.6 乙烯树脂涂料

7.7 呋喃树脂涂料

7.8 橡胶类涂料

7.9 沥青涂料

7.10 重防腐蚀涂料

目前常用的重防腐蚀涂料主要有：

(1)作为底漆的重防腐蚀富锌涂料。分厚膜型有机富锌涂料、富锌预涂底漆和无机富锌涂料三个系列。

(2)重防腐蚀中间层涂料和面漆。这类涂料可直接涂在富锌底漆上，主要有氯化橡胶系、乙烯树脂系、环氧系、聚氨酯系、氯磺化聚乙烯系、环氧焦油系等重防腐蚀涂料。

(3)玻璃磷片重防腐蚀涂料。

(4)环氧砂浆重防腐蚀涂料。

(5)含氟涂料。如聚三氟氯乙烯涂料，氟橡胶涂料等。

8.防腐蚀涂料的选择与施工

8.1 涂料品种的选择。

(1)被涂物体表面材料性质。

(2)被涂物体的使用环境。

(3)施工条件。

(4)技术、经济综合效果。

8.2 防腐蚀涂料的施工原则

(1)底材必须进行严格的表面处理。

(2)要保证必要的涂层厚度。

(3)控制涂装现场的温度、湿度等环境因素。

(4)控制涂装间隔时间。

第三章．涂覆方法

⑴ 刷涂

⑵ 喷涂

⑶ 辊式涂覆

⑷ 帘式淋涂。

⑸ 电泳沉积涂覆

⑹ 粉末涂覆

⑺ 静电涂覆

表 6　　各种涂覆方法比较

涂覆方法	涂层状态	作业性质	安全性	其它
刮涂	容易形成不均匀的涂层。	作业简单，但需熟练技术，速度慢，不适宜大面积涂层。	易脏，不卫生	不需特殊设备
浸涂	易发生局部过厚，残留涂料和上下不均匀。	操作简单，速度快。	除水性系统涂料外，要注意防火。	需要使被涂物平滑移动设备。
喷涂	涂层上问题不大，但涂料损失大。	对形状复杂的难以自动化。	涂料飞散多，要注意卫生和防火。	大多可用廉价的设备。
辊式涂覆	可获得薄而均匀的涂层，可高速化	只限于平板，厚度调解比较容易	要注意溶剂的蒸发。	设备费一般较
帘式淋涂	易获得平滑而均匀的涂层。	限于平板或比较平缓的曲面。	要注意溶剂的蒸发。	比辊式便宜
电泳沉积	易获得均匀而完整的涂层。	可能集中控制，操作容易，但很难换色。	因是水性系涂料，故无发生	需要设备费。
静电涂覆	如有凹凸就容易造成涂层不均匀。	作业管理比较复杂。	因为使用高压电，需注意安全。	价格较高。

第四章、防腐涂料应用误区

1.注重防腐材料，轻视表面处理:

2. 注重材料选用，轻视防腐配套:

3. 注重材料单价，轻视综合造价：

4.注重短期投入，轻视长期费用：见表 1

表1 影响涂装涂层使用寿命的因素

因　素	表面处理(%)	涂料品种选用(%)	涂层厚度(%)	施工工艺(%)
资料引用	49.5	4.9	19.1	26.5
国内书刊	40	20	20	20

第五章、影响涂料防腐蚀质量的因素

1　表面处理的因素

1.1　钢材原始状态对涂层使用寿命的影响

涂装前钢材的预处理受钢材的原始状态影响，即材料的锈蚀等级影响。

表1.1　钢材原始状态对涂层使用寿命的影响

原始状态	A	B	C	D
表面处理清洁度(级)	ASa3	BSa3	CSa3	DSa3
涂层的使用寿命a	17	15	11	9

1.2　表面处理因素的影响

程的实际情况选择一个投入与使用年限的最佳点。

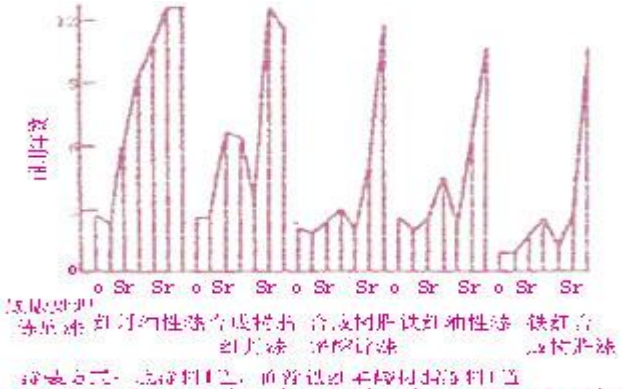


图1.2　不同的处理方法对涂装工程的耐久性影响

工业建筑防腐蚀设计规范(GB 50046-95)5.4.6 条中关于“钢结构在涂装前必须除锈”，并在表 5.4.6 条中列出涂料品种所对应的最低除锈等级，其条文说明指出：“除锈效果不同的基层，其涂层使用寿命差别达 2～3 倍。”

规范虽未论述表面处理与涂料品种之间的耐久性关系，但可以说明国家规范对建设工程涂料施工工艺均有具体化的指导条文。

1.3 GB 8923《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》除锈等级 BSt3 的文字说明与照片的差异

1.3.1 我国钢材表面处理标准与国外同类标准比较

表1.3.1 我国钢材表面处理标准与国外同类标准对照

中国	瑞典	日本	美国	英国	德国
GB 8923-88	SIS 055900-1967	日本造船研究会-1975	美国钢结构涂装委员会-1975	BS4232-1967	DIN55928-1977
Sa1 (B、C、D)	Sa1 (B、C、D)		SSPC SP·7		Sa1
Sa2 (B、C、D)	Sa2 (B、C、D)	Sh1 Sd3	SSPC SP·6	BS 3	Sa2
$Sa2^1/_2$ (A、B、C、D)	$Sa2^1/_2$ (A、B、C、D)	Sh2 Sd3	SSPC-SP·10	BS 2	$Sa2^1/_2$
Sa3 (A、B、C、D)	Sa3 (A、B、C、D)	Sh3 Sd1	SSPC SP·5	BS 1	Sa3
St2 (B、C、D)	St2 (B、C、D)	Pt2	SSPC-SP·2	——	——
St3 (B、C、D)	St3 (B、C、D)	Pt3	SSPC-SP·3	——	——

1.3.2 (GB 8923-88)除锈等级 BSt3 的文字说明与照片的差异

《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》(GB 8923-88)除锈等级 St3 的文字说明“非常彻底的手工和动力工具除锈：钢材表面应无可见的油脂和污垢，并且没有附着不牢的氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物。除锈应比 St2 更为彻底，底材显露部分的表面应具有金属光泽。”

1.3.3 不同防护涂料要求的最低除锈等级

《工业建筑防腐蚀设计规范》(GB 50046-95)对钢结构、管架等不同防护涂料要求的最低除锈等级，上述除锈等级标准较《工业设备、管道防腐蚀工程施工及验收规范》(HGJ 229-91)低半级，建设工程各责任方能严格按规范标准实施，一般均能取得良好的实效。

除锈等级标准核验及检测，应符合《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》。

表1.3.3 各类底漆涂装要求钢铁基层除锈等级

涂料品种	最低除锈等级
各类富锌底漆、喷镀金属基层	Sa2$\frac{1}{2}$
其他树脂类涂料、乙烯磷化底漆	Sa2
醇酸耐酸涂料、氯化橡胶涂料、环氧沥青涂料	St3或Sa2
沥青涂料	St2或Sa2

注：1、不易维修的重要构件的除锈等级不应低于Sa2$\frac{1}{2}$级；
2、钢结构的一般构件选用其他树脂等涂料时，除锈等级不低于St3级；
3、除锈等级标准应符合现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》(GB 8923-88)

1.3.4 除锈质量等级与涂料施工的适应性

表1.3.4 除锈质量等级与涂料的适应性

除锈方法	除锈等级(GB 8923)	涂料种类							
		洗涤底漆	有机富锌	无机富锌	油性涂料	长油醇酸	环氧沥青	环氧涂料	氯化橡胶
喷砂除锈	Sa3	○	○	○	○	○	○	○	○
	Sa2$\frac{1}{2}$	○	○	○～△	○	○	○	○	○
	Sa2	○	○～△	×	○	○	○～△	○～△	○
动力工具	St3	△	△	×	○	○～△	△	△	△
手工工具	St2	×	×	×	△	△	×	×	×

注：○为适合；△为稍不适合；×为不适合。
上表为《钢结构工程施工及验收规范》(GB 50205-95)条文说明4.11.3附表内容。

国家规范对选用涂料品种，要求相对应的表面处理除锈等级，新建工程管理者可由设计文件、施工投标书、工程监理现场管理等几个环节防止出现差错，保证涂装工程质量。

2 涂层厚度对防护寿命的影响

2.1 涂层防护的一般规律

涂膜厚度影响涂料涂装防腐蚀效果，油性防锈涂料和醇酸树脂面涂料配套暴晒试验，生锈率达到0.1%所要的时间与涂膜厚度成正比，但涂膜厚度增加而引起的收缩、裂纹、剥落；温度的变化形成和涂装面收缩率不一致，导致涂膜的脱层开裂等。桥梁钢结构一般设计涂层厚度为200～250μm，当涂层厚度达到400μm时，耐久性可大范围地增加。实际上设计人员会取一个涂料涂装成本、防护性能以及维修周期综合考虑的最佳点。上海电视台发射天线铁塔、南浦、杨浦等大桥以及东方明珠钢构等，即按此规律办事，取得了良好的实效。

2.2 涂层厚度的设计

2.2.1《工业建筑防腐蚀设计规范》(GB 50046-95)设计定位

表2.2.1 钢结构防护涂层的最低厚度(μm)

构件类别	强腐蚀	中等腐蚀	弱腐蚀
重要构件	200	150	120
一般构件及建筑配件	150	150	120
室外构件及维修困难的构件	增加20～60		

2.2.2 《钢结构工程施工及验收规范》(GB 50205-95)设计定位

表2.2.2 特定环境下涂层的厚度

环境条件	涂层厚度/μm	环境条件	涂层厚度/μm
一般性涂层	80～100	含有盐雾的海洋环境	200～250
装饰性涂层	100～150	液体冲击的设备	250～350
保护性涂层	150～200	耐腐蚀涂层	250～350

3 涂料品种选用对涂装工程使用寿命的影响

涂料防腐蚀有许多成功经验在书刊上介绍，但涂料品种选用及配套有差异。在防护有效前提下的差异，这些差异是比较小的，即符合涂料品种的选用。相反，则成为误用或选用不当，如户外镀锌铁选用油性树脂涂料作底涂层；酸碱性条件下防护选用富锌类涂料作底涂层；防护碱性腐蚀介质的腐蚀选用油性涂料作面涂层等，这些失败率将是100%。

涂料品种一千多种，防护性能相近的不少，设计人员应用涂料品种有其习惯性，涂料品种有可互换的特殊性，如在贮油罐内壁环氧涂料和聚氨酯涂料的功能相近，涂层的耐久性亦相似，说明涂料品种选用的影响率是较小的。

结束语

所以本讲义的最终的目的就是通过对以上几个问题的了解，在防腐施工方面有所帮助，也就达到目的。

腐蚀与防腐及涂装技术参考题

1.金属的腐蚀是金属在环境的作用下所引起的破坏或变质。

2.环境是指和金属接触的物质。

3.化学腐蚀是金属和环境介质直接发生化学作用而产生的损坏，在腐蚀过程中没有电流产生。

4.电化学腐蚀是金属在电解质溶液中发生电化学作用而引起的损坏,在腐蚀过程中有电流产生。

5.电化学腐蚀与化学腐蚀的主要区别在于它可以分解为两个相互独立而又同时进行的阴极过程和阳极过程，而化学腐蚀没有这个特点。

6.全面腐蚀，是指腐蚀分布于整个金属的表面。

7.腐蚀主要集中在金属表面的某些区域称为局部腐蚀。

8.我国对 10 个化工企业进行了腐蚀调查，因腐蚀损失占国民生产总值 3.9%。

9.腐蚀包括两部分，一部分是不可避免的损失，另一部分采用防护措施可以避免的损失。

10.金属在大气自然环境条件下的腐蚀称为大气腐蚀。

11.工业大气中的 SO_2、SO_3 和 CO_2 溶于雨水或潮湿的空气中生成硫酸和碳酸。

12.碳钢管道加热时，温度超过 50℃，碱浓度仍为 30～40%时则发生碱脆。

13.涂料的设计:一般遵循底面处理－底漆－中间漆－面漆原则。

14.金属材料耐腐蚀的选材顺序（由低到高）

一、不锈钢材料耐点腐蚀、晶间腐蚀和应力腐蚀能力的顺序

1、奥氏体不锈钢：

1Cr18Ni9Ti →0Cr18Ni9（304）→0Cr18Ni11Ti（321）→00Cr19Ni10（304L）0Cr17Ni12Mo2Ti（316）→00Cr17Ni14Mo2（316L）→00Cr19Ni13Mo3（317L）

→00Cr20Ni25Mo4.5Cu（904L）→00Cr27Ni31Mo4Cu

2、 铁素体不锈钢：

0Cr13（410S）→0Cr13Al（405）→00Cr12Ti（409L）→00Cr17（430LX）

→00Cr18Mo2 →00Cr26Mo1 →00Cr30Mo2

3、双相不锈钢：

00Cr18Ni5Mo3Si2（3RE60）→00Cr22Ni5Mo3N（SAF2205）→00Cr25Ni7Mo4N（SAF2507）

二、耐高温腐蚀用材的顺序

20＃→12Cr1MoV→12Cr2Mo1（2 Cr-1Mo）→1Cr5Mo→1Cr9Mo→P91→0Cr25Ni20

三、耐应力腐蚀用材

16MnR→20R→07/09Cr2AlMoRE（经济性新钢种）

防腐涂装

15.涂料破坏的 7 0 %左右是由于在涂刷防腐涂料之前，基层表面处理粗劣或不恰当引起的。

16.基层表面处理的方法很多，主要有机械方法和化学方法两大类。

17.为了获得良好的防腐蚀涂层，表面处理很重要的准备工序。据有关资料报到认为涂层寿命缩短的原因可分为：

A.除锈质量差　　占４０％

B.涂料体系选择不当　　占２０％

C.涂层厚度不够　　占２０％

D.涂装施工时温度、湿度、干燥时间、涂层质量控制不当　占２０％

18 处理级别选择

序号	防腐蚀衬里或涂层类别	表面预处理质量等级
1	金属喷镀、热固化酚醛树脂漆	Ｓａ３级
2	橡胶衬里、搪铅玻璃钢衬里、树脂胶泥砖板衬里、硅质胶泥砖板衬里、化工设备内壁防蚀涂层、软聚氯乙烯板粘接衬里	Ｓａ２ 1/2级
3	硅质胶泥砖板衬里、油基、沥青基或焦油基涂层	Ｓａ２级或Ｓｔ３级或Ｆ１级
4	衬铅板、软聚氯乙烯板空铺衬里或螺钉扁钢压条衬里	Ｓａ１级 Ｓｔ２级

19.涂装的目的是将金属/环境之间的界面代之以金属/漆膜/环境的界面以保护金属免受侵蚀从而延长其使用寿命。

20.涂层一般均由底漆涂层、中间层（或过渡层）以及面层组成。

21 油脂涂料是以干性油为主要成膜物的一类涂料。

22 对金属或非金属材料进行防腐涂装之前，必须对基体表面进预处理，这是防腐涂装的一个非常重要的环节。

23.防腐涂装的实际应用中存在着几个误区：1.注重防腐材料，轻视表面处理、 2.注重材料选用，轻视防腐配套、3.注重材料单价，轻视综合造价、 4.注重短期投入，轻视长期费用。

24.涂膜厚度影响涂料涂装防腐蚀效果，油性防锈涂料和醇酸树脂面涂料配套暴晒试验，生锈率达到 0.1%所要的时间与涂膜厚度成正比。

25.但涂膜厚度增加而引起的收缩、裂纹、剥落；温度的变化形成和涂装面收缩率不一致，导致涂膜的脱层开裂等。

26.涂料、涂装遍数、涂层厚度均应符合设计要求。当设计对涂层厚度无要求时，宜涂装 4～5 遍；涂层干漆膜总厚度：室外应为 150μ m，室内应为 150μ m，其允许偏差为-25μ m。

27.户外镀锌铁选用油性树脂涂料作底涂层；酸碱性条件下防护选用富锌类涂料作底涂层；防护碱性腐蚀介质的腐蚀选用油性涂料作面涂层等，这些失败率将是 100%。

参考资料

１．王巍《石油化工设备技术》,“EPH 型高耐候外防腐专用涂料的应用”, 1998 年第 4 期;

２．王巍《中国设备管理》,“管内壁防腐处理好”1992 年第 7 期;

３．王巍《石油化工机械》,“5454 铝镁合金管束在冷换设备中的应用”, 1996 年第 6 期;

4．王巍《石油化工腐蚀与防护》,“Ni-P 化学镀在糠醛换热器上的应用”1991 年第 3;

5．王巍《化学清洗》,“盐酸酸洗在冷却器上的应用”, 1991 年第 6 期;

6．《冷换设备在线自动清洗技术研究应用》总结报告，长岭炼油厂设备研究所，1991 年 9 月;

7．王巍《全面腐蚀控制》,“抗静电涂料在储油罐上的应用”。1994 年第 2 期;

8．王巍《全面腐蚀控制》,“热喷铝在设备防腐上的应用”, 1992 年第 2 期;

9．王巍《化工防腐》,“TO 树脂在设备及管道外壁防腐蚀应用”, 1996 年第 3 期;

10．王巍《管道技术与设备》,“浅谈工业水管道内壁腐蚀及砂浆防腐的经济性;

11．王巍《石油化工设备技术》,“铁基形状记忆合金管接头在碱线上的应用“，1998 年第 1 期;

12．王巍《石油化工腐蚀与防护》,“玻璃磷片在锅炉水处理阳离子交换器中的应用”, 1996 年第 1 期;

13．王巍《腐蚀与防护》,“EPH 型涂料在砼结构污水池上的应用与探讨”, 2001 年第 1 期;

14．王巍《石油工程建设》,“新型保温材料用于储油罐保温”, 1990 年第 6 期;

15．王巍《化工防腐》,“复合保冷材料解决氨系统管道腐蚀及保冷效果的试验”。1993 年第 3 期;

16．王巍《腐蚀与防护》,“储油罐罐底角腐蚀与对策”, 2000 年第 1 期;

17．王巍《化工防腐》,“新开发的停用设备保护剂 HL-911 的保护效果”, 1994 年第 3 期;

18．王巍《石油化工设备技术》,“炼油厂冷却器的腐蚀与对策”2000 年第 3 期;

19.《金属防护学》(表面技术)，北京钢铁学院金属腐蚀与保护教研室，1984 年 9 月；

20.《腐蚀与防护手册》(耐蚀非金属材料与防护技术)，化工部化工机械研究院主编，化工工业出版社，1991 年 4 月；

21.“实用防腐蚀施工技术手册”, 涂湘缃主编，化工部化工防腐蚀科技情报中心站，1992 年 12 月;

22.《防腐蚀涂料和涂装》，中国腐蚀与防护学会主编，化学工业出版社出版，1994 年 8 月;

23．关密　刘亚琴 编著《设备与管道保温》劳动人事出板社，1990 年 3 月;

24．王巍《中国涂装》,“RG 防水涂料在屋面防水中的应用与探讨”2001 年 10 月;

25．王巍《全面腐蚀控制》,“综合防腐在万米气柜上的应用与探讨”1998 年第 2 期;

26．李建忠等《涂料工业》,“油罐外壁用的耐候防腐涂料体系”2002 年第 10 期;

27.“大庆石化总厂炼油厂采用牺牲阳极法保护换热器报告”, 大庆石油学院机械系，大庆石化总厂炼油厂，1987 年。

作者简介：王巍，1980 年毕业于黑龙江省化学工业学校化工机械专业，现在大庆石化公司炼油厂机动处，负责设备腐蚀与防护管理工作。中国防腐蚀大师，中国腐蚀与防护学会会员，黑龙江省腐蚀与防护学会理事。曾获得市、省、国家级自学成才标兵。在省、部、国家级期刊发表《玻璃鳞片涂料在锅炉水处理阳离子交换器中的应用》等 82 篇。发表《VE 在解决冷却器管束腐蚀问题上的应用》等 32 篇获奖论文，其中国家级 3 篇、国际专业论文 3 篇。