

# 核电行业防腐维修的特殊性

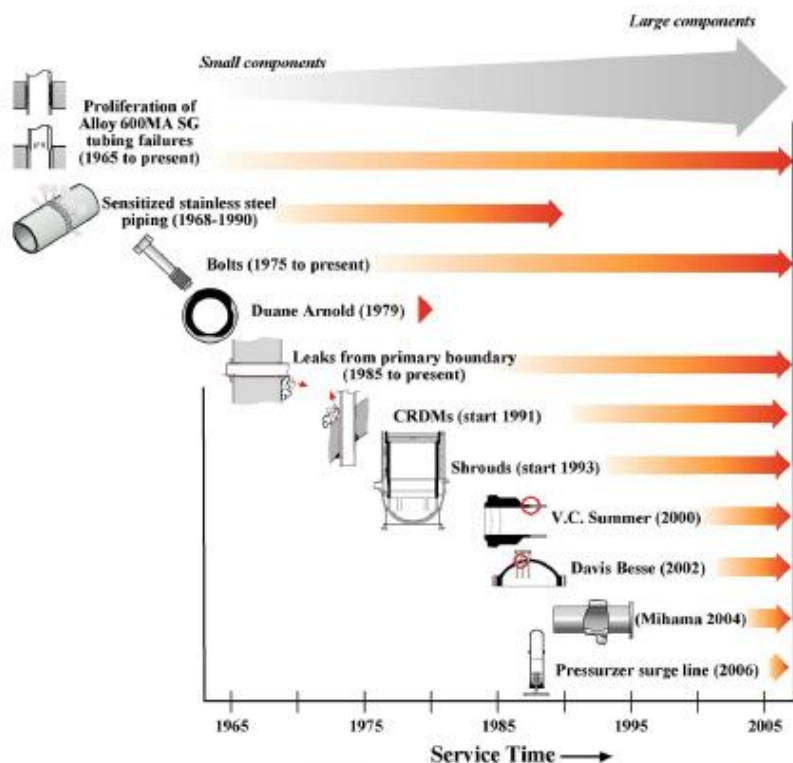
长垣 2019.9.20

# 内容

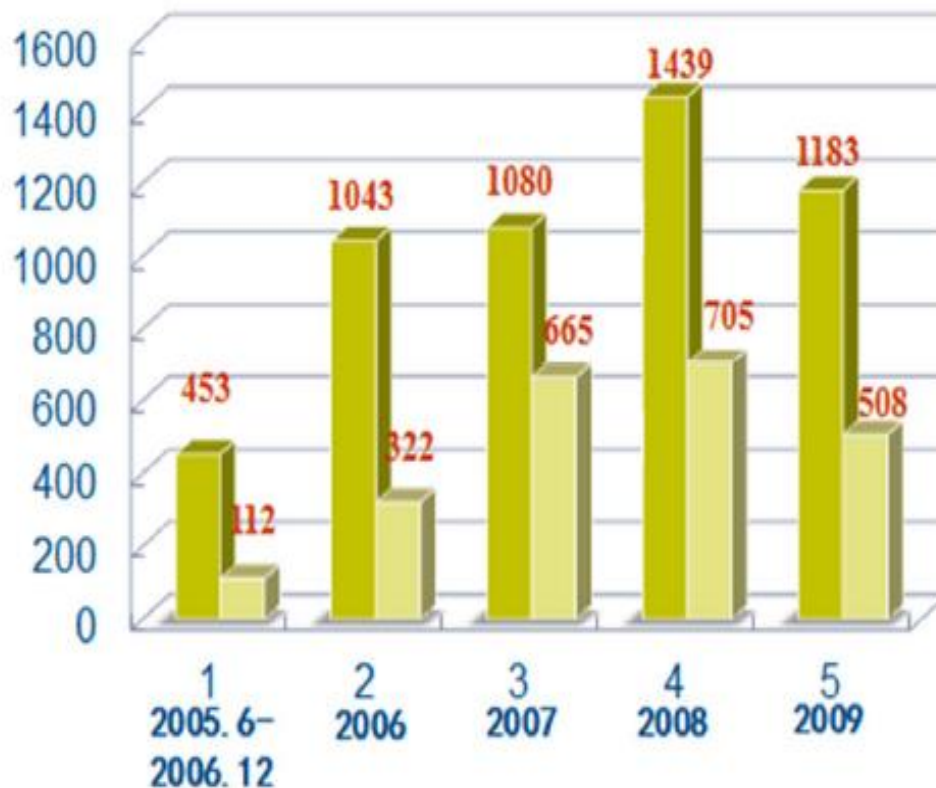
1. 核电行业防腐维修的特点
2. 核电行业防腐维修的痛点
3. 核电行业防腐维修的未来趋势

# 1. 核电行业防腐维修的特点

➤ 腐蚀问题的现状：较为普遍，且趋于严重。



世界范围核电站严重腐蚀事件发展趋势



■ The total number of work sheets  
■ The number of corrosion defects

# 1.核电行业防腐维修的特点

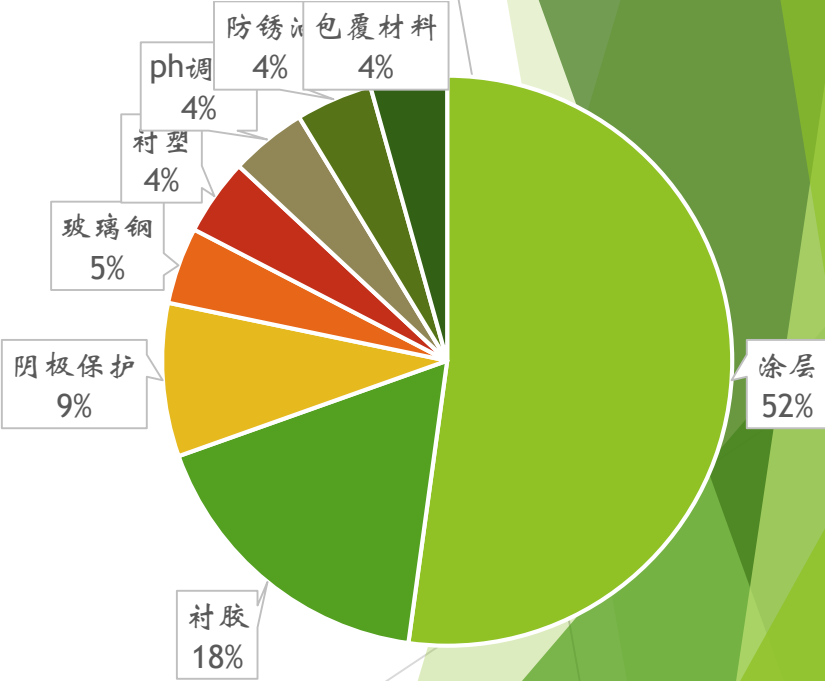
➤ 腐蚀环境复杂，腐蚀类型多样，防腐手段多样

硼酸溶液	常规岛废液
除盐除氧水	生水
海水	饮用水
油	消防水
次氯酸溶液	除盐水
盐酸	高温干蒸汽
三氯化铁溶液	土壤
室外海洋大气	碱类溶液
室内海洋大气	核岛废液

核电站常见的腐蚀环境

硼酸腐蚀
流动加速腐蚀
海水腐蚀（点蚀）
冲蚀
缝隙腐蚀
大气腐蚀
微生物腐蚀
土壤腐蚀
其他腐蚀

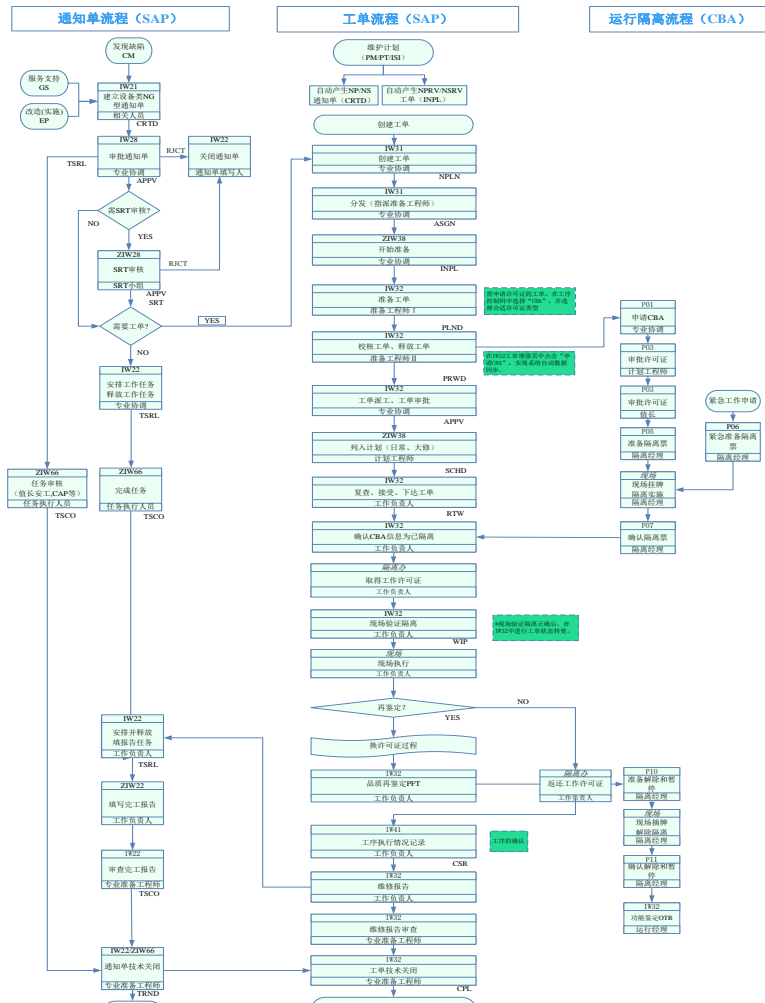
核电站常见的腐蚀类型



核电站常见的防腐措施

# 1.核电行业防腐维修的特点

## ► 施工管理体系完善，质控要求高



—采用SAP等专业的工程过程管理软件进行电子化、数字化管理

—严格执行法规/程序，每项工作都有完整的工作过程及技术参数、风险分析、执行记录及完工报告

—人员具备相关经验，并且培训考核授权后才可上岗

—核安全设备的防腐技术方案和维修，受到核安全局等多个部门的监管。

# 1.核电行业防腐维修的特点

## ► 防腐维修的管理思路

1994—2008

纠正性维修为主

2008-

预防性维修为主，纠正性维修为辅

未来：

预测性维修与预防性维修为主，纠正性维修为辅

## 2. 核电行业防腐维修的痛点

### ► 材料科学与腐蚀学的基础研究侧重理论

- 涂料的老化规律是什么
- 涂料整体失效的判断参数包括哪些
- 涂料的剩余寿命如何量化
- 橡胶制品在多大流速的环境下容易失效，不可使用
- 橡胶制品的冲刷腐蚀规律
- 橡胶制品在放射性环境下的老化规律
- 玻璃钢制品的抗震等级
- 不锈钢焊缝部位的点蚀规律

## 2.核电行业防腐维修的痛点

### ► 新材料、新技术的应用较为保守

—注重经验反馈。特别是核能行业的运用经验；

—注重安全性。例如应用在除盐除氧水环境中的涂料需要考虑是否会影响二回路水质，应用在生水环境中的缓蚀剂/杀菌剂是否会影响除盐水制水，应用在盐雾环境和海洋大气的法兰包覆材料是否影响法兰的拆卸等。

—注重长效性。主要原因是核电大修周期为18个月。尤其是应用在设备内部、不可达区域等日常情况下难以处理的区域。

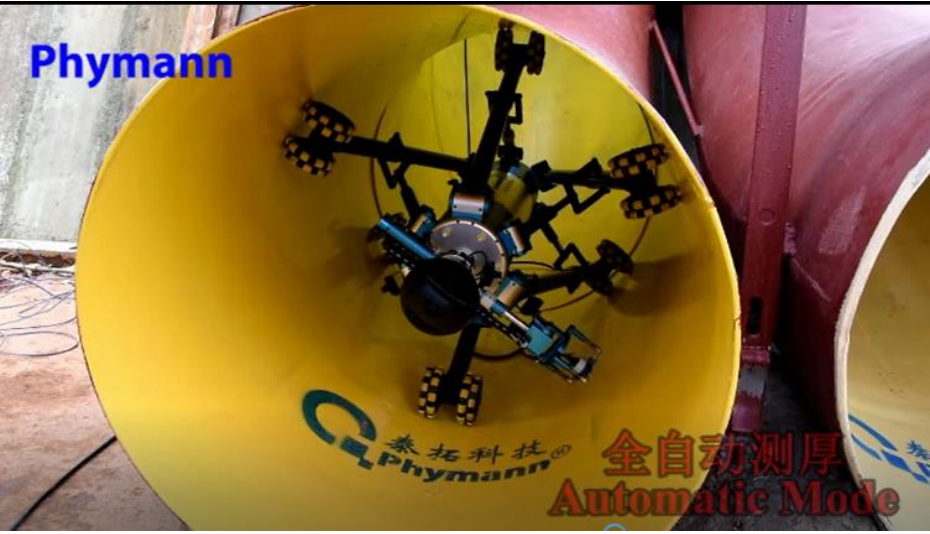
—快干、绿色、环保。

—性价比



# 3. 核电行业防腐维修的未来趋势

## ▶ 机器人自动化检修



**除铁锈**

悉尼海港大桥是澳大利亚的著名地标，最近，它的南半部分需要重新涂漆，这可算是世间最大的维修项目之一，为此管理当局勒足脑筋。悉尼科技大学 UTS 伸出了援手，他们研制了一种除锈机器人。

该机器人其貌不扬，因独特造型而被戏称为“衣架”，但是它的本领却不小，而且绝对是物尽其用。这是一项世界首创的技术。机器人“衣架”自重 25 kg，能喷出高压清洁剂，去除桥上的铁锈和旧漆。一到作业现场，它首先利

### 除铁锈

### 用上喷砂机器人

用摄像机和传感器扫描该区域，创建三维地图，规划出伸臂的线路、喷射清洁剂的角度和需要用多大的力，最有效地从桥上剥离油漆。

即使在不熟悉的地形下，该机器人也能实现自主导航，不过在操作中，现场还是要有人按下启动按钮，并监视“衣架”是否有差错。这个项目是 UTS 与澳大利亚道路及航运服务部门合作的结果。由于桥梁的保养工作是永无止境的任务，机器人将是维修队伍的永久成员。

(杜启荣摘自《筑龙网》2013年9月2日，穆正/文)

## × 腐蚀与防护

TechSolutions 计划开发出“顶部无人机 (Topside Drone)”技术，在民用无人机上搭载腐蚀/异常检测传感器，对海军舰船的材料缺陷、腐蚀、翘曲等异常问题进行监测，以评估舰船服役状态。研究人员操纵无人机在舰船上方飞行，利用搭载的激光雷达 (LiDAR) 设备扫描舰船形状并创建数字模型，再利用可见光/红外摄像机获取图像，并通过计算机视觉算法检测腐蚀状况。顶部无人机可在短时间内识别 80 英尺范围的腐蚀现象，减少维护人员工作量，目前已在退役的“中途岛”号航母上进行腐蚀监测，还计划在 12 个月内向海军及海军陆战队的在役舰船提供样机解决方案。



来源：材料开发与应用



### 3. 核电行业防腐维修的未来趋势

#### ► 基于腐蚀规律的预测性维修和寿命预测

通过对材料（金属材料 and 防腐材料）的加速腐蚀失效实验，得到材料的失效规律，基于材料失效规律，开展：

- 寿命预测
- 预测性维修

The screenshot displays the 'element data sheet 01/004/07' window in the COMIS software. The interface is organized into several sections for data entry and viewing:

- Header Section:** Includes fields for segment (01), section (004), element (07), sub-element, and room/building. It also features a table with columns: photo, prio, type, Rec-ISI, and remark.
- Design Data:** Contains fields for start-up (04.1985), AWP (%), HDO total (n), pressure (bar), and temperature (°C).
- Material Data:** Includes material code (SI 35.8/1.0305) and material type (Ferritic steel).
- Geometry Data:** Contains fields for outside diameter (mm), Tnom (mm), Tthin (mm), Torg (mm), length (mm), and Tthin (mm).
- Operation data:** Includes temperature (°C), pressure (bar), steam quality, flow rate (kg/s), and velocity (m/s).
- Water chemistry data:** Includes oxygen water (psib) and pH water at 25°C.
- Supplementary information:** Includes a table with columns: categorization, M3, K3, unknown, UT wallthickness, inspection management, and document.

COMIS软件界面

### 3. 核电行业防腐维修的未来趋势

#### ► 运用更多在线监测手段

The arrangement of the components inside of the Analog Station cabinet shows Figure 6.

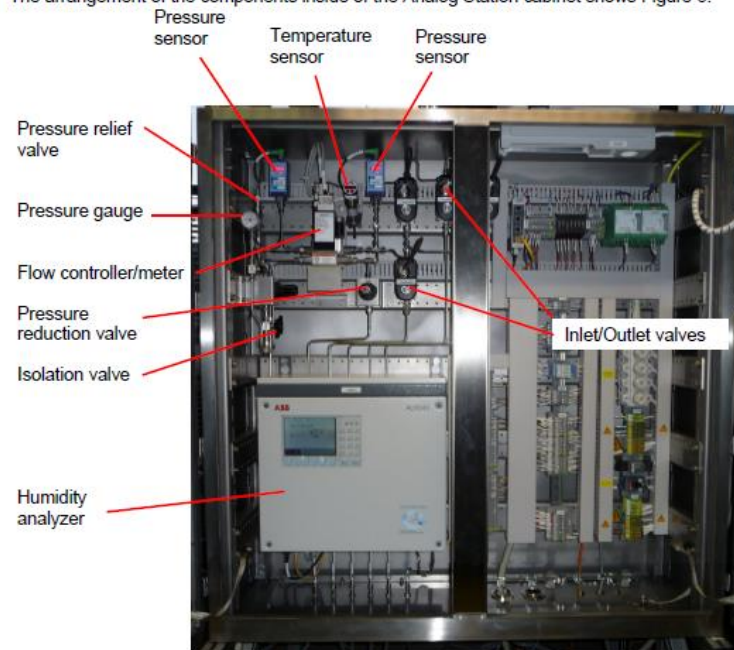


FIGURE 6: ARRANGEMENT OF COMPONENTS INSIDE THE ANALOG STATION  
(EXAMPLE COMPARTMENT SYSTEM)

硼酸泄露在线监测系统



钢筋锈蚀在线测试仪



谢谢