

# 我国腐蚀管理体系研究

马秀敏<sup>1,2,3</sup>, 朱桂雨<sup>2</sup>, 路东柱<sup>1,2,3</sup>, 段继周<sup>1,2,3</sup>, 侯保荣<sup>1,2,3\*</sup>

(1. 中国科学院海洋研究所, 山东青岛 266071; 2. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室, 山东青岛 266237;  
3. 中国科学院海洋大科学研究中心, 山东青岛 266071)

**摘要:** 腐蚀管理关乎安全生产, 关乎国民经济, 关乎生态文明, 关乎资源节约和国家建设。虽然少数行业在腐蚀管理方面已经进行了一些卓有成效的探索和实践, 但是总体上腐蚀管理在我国发展十分不平衡, 存在着腐蚀管理意识薄弱、专业人才短缺和管理系统不健全等问题。因此, 有必要进一步明确腐蚀管理的内涵, 明确我国腐蚀管理体系化发展的基本要求, 推动腐蚀管理体系化持续健康发展。本文基于中国工程院重点咨询项目“我国腐蚀管理状况与对策战略研究”主要研究成果, 阐述了腐蚀管理的内涵及体系化发展的重要意义, 分析了我国腐蚀管理的现状及问题, 总结提出了腐蚀管理体系基本框架及管理要点, 提出了将腐蚀管理纳入国家安全战略, 成立腐蚀管理战略研究常设机构; 加强腐蚀学科建设, 强化人才战略; 建立健全腐蚀防护相关法规标准, 强化标准意识; 加强腐蚀数据库建设, 畅通沟通渠道; 搭建腐蚀管理信息及大数据交流平台, 打造共享管理新模式等对策建议。

**关键词:** 腐蚀管理; 腐蚀管理体系; 腐蚀防护; 腐蚀控制; 腐蚀安全

**中图分类号:** TG17      **文献标识码:** A

## Corrosion Management System in China

Ma Xiumin<sup>1,2,3</sup>, Zhu Guiyu<sup>2</sup>, Lu Dongzhu<sup>1,2,3</sup>, Duan Jizhou<sup>1,2,3</sup>, Hou Baorong<sup>1,2,3\*</sup>

(1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, Shandong, China; 2. Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology (Qingdao), Qingdao 266237, Shandong, China; 3. Center for Ocean Mega-Science, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, Shandong, China)

**Abstract:** Corrosion management is vital to safety production, national economy, ecological civilization, resource conservation, and national construction. Although a few industries have conducted some fruitful exploration and practice in corrosion management, the overall development of corrosion management in China is very uneven, and there exist problems such as weak awareness of corrosion management, shortage of professionals, and imperfect management system. Therefore, it is necessary to further explore the concept of corrosion management and clarify the basic requirements for the systematic development of corrosion management in China, so as to promote the sustainable and healthy development of the corrosion management system of China. Based on the major achievements of the Chinese Academy of Engineering consulting project “Strategic Research on the Status and Countermeasures of Corrosion Management in China”, this paper expounds on the corrosion management concept and the significance of the systematic development, analyzes the current status and problems of the corrosion management in China, summarizes the main points, and proposes the basic framework of the corrosion management system. Moreover, we propose several countermeasures to promote corrosion management, such as incorporating corrosion management into the national security strategy, strengthening the training of corrosion personnel, improving corrosion protection laws and standards, strengthening the construction of corrosion databases, building an information exchange platform, and creating a new mode of shared management.

**Keywords:** corrosion management; corrosion management system; corrosion protection; corrosion control; corrosion safety

收稿日期: 2021-08-20; 修回日期: 2021-11-15

通讯作者: \*侯保荣, 中国科学院海洋研究所研究员, 中国工程院院士, 主要研究方向为海洋腐蚀与防护; E-mail: brhou@qdio.ac.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“我国腐蚀管理状况与对策战略研究”(2020-XZ-18)

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

## 一、前言

金属材料因其优异的物理、化学、力学、工艺等性能,在冶金、能源、交通、基础设施等领域发挥着不可替代的作用,但是腐蚀问题始终是制约金属设备设施服役安全和使用寿命的重要因素。中国工程院咨询项目“我国腐蚀管理状况与对策战略研究”调查结果显示,2014年,我国腐蚀成本约占当年国内生产总值的3.34%,高达2.1万亿元人民币[1]。如果按照2020年国内生产总值(1 015 986亿元)测算[2],这个数字接近3.4万亿元人民币。材料腐蚀不仅造成巨大的经济损失,严重的腐蚀还会造成设备设施损坏报废、有毒介质泄露、火灾、爆炸等灾难性事故,给人类生命安全、环境及社会造成不可挽回的损失。

虽然材料腐蚀不可避免,却也并非无计可施。据估计,如果采取有效的腐蚀控制策略,25%~40%的腐蚀损失可以避免[1]。大量实践经验表明,先进防腐技术对设备设施有良好的防护效果,而有效的管理措施对减少腐蚀成本同样重要。

在我国经济发展由高速增长转向高质量发展的新形势下,习近平总书记曾多次对安全生产工作作出重要批示,深刻论述安全生产红线、安全发展战略、安全生产责任制等重大理论和实践问题。因此,加强对材料腐蚀的防护力度,完善腐蚀管理方法,推进腐蚀管理体系化发展,对于社会经济持续健康发展和国家长治久安具有重要的意义。

腐蚀管理就是通过组织的政策、目标、程序等管理层面和计划、标准、防护技术等技术层面全面统筹,合理控制腐蚀风险的手段[3,4]。腐蚀管理与防腐工程有很大的区别,管理不仅局限于从技术层面控制腐蚀问题的发生和扩展,更重要的是从公司整体角度出发,树牢腐蚀管理意识,通过科学的投资回报率分析,通过涉及资产全生命周期的管理活动,统筹资源,全面掌握设备整个寿命周期的腐蚀状况,妥善处置腐蚀事故,深入分析经验教训,培养腐蚀管理人才,形成前瞻管理、科学管理、联动管理、共享管理和持续管理模式。

通过前瞻性、科学化的腐蚀管理,设备的腐蚀问题发生率大大降低,检查维修周期得到延长,工作效率大幅度提升,腐蚀成本显著降低[5~8]。腐

蚀管理在降低腐蚀成本、提升工作效率、保障设备安全、节约能源资源等方面成效显著,但是,腐蚀管理在我国的发展尚处于初期,缺乏系统的管理模式,管理方式较为粗放,难以全面管理设备腐蚀情况。因此,本文在调查研究的基础上,通过深入挖掘我国腐蚀管理的难点、痛点,深刻剖析我国腐蚀管理存在的短板和漏洞,从而明确我国腐蚀管理体系化发展的基本要求,为制定相关的腐蚀管理政策、法规和标准提供依据,以此提高我国腐蚀管理水平。

## 二、国内外腐蚀管理现状

### (一) 国外腐蚀管理现状

世界各国的科研工作者和企业技术管理人员都积极投身于材料腐蚀问题的防护和腐蚀管理方法的探索。日本、英国和美国等发达国家早在20世纪70年代前后就根据腐蚀调查结果提出了腐蚀管理方面的意见和建议,并通过实践和改进,逐渐形成了成效显著的腐蚀管理模式。

1977年,日本在进行国内腐蚀调查后,曾提出加强信息宣传,加强专业工程师培训,完善腐蚀防护监测、检测技术等建议。此后又进行了多次腐蚀调查,并提出了建立健全腐蚀防护职业资格认证制度、实施腐蚀成本最小化战略等腐蚀管理方式[1]。

英国在20世纪60年代的腐蚀调查报告中曾提出腐蚀问题严重的四大原因,分别是:管理缺乏远见,信息交流不畅,初始投资最小化思维,腐蚀防护知识不足等。同时,提出了很多涉及腐蚀管理的理念和方法,例如:加大腐蚀防护的教育投入,改进材料设计,材料耐久性的预判,推广组件标准化等。

自1949年开始,美国在对国内进行了多次腐蚀调查后,曾提出很多行之有效的方法来降低腐蚀成本。2013年,美国腐蚀工程师协会(NACE国际)在全球腐蚀调查的基础上,创新性地提出了腐蚀管理体系(CMS),明确了腐蚀管理工作涉及的主要元素,腐蚀管理工作的开展原则及实施方法;此外,还提出通过“费用增加法”“生命周期成本法”“约束优化法”“维护优化法”等金融工具对腐蚀防护工作的投资回报率进行科学评估,进一步推动了腐蚀管理的系统化[4]。

### (二) 我国腐蚀管理的发展现状

我国是世界上较早开始注意到腐蚀问题的国家之一。自1956年制定《十二年科技发展规划》开始,国家就已经将腐蚀问题作为专题来考虑。20世纪80年代中期,中国化工防腐蚀技术协会提出了全面腐蚀控制的概念,其核心是腐蚀控制技术与腐蚀控制管理的有机结合,从设计、制造、贮运安装、操作运行、维修五个方面和教育、科研、管理、经济评价四个环节对各种腐蚀进行全面的控制,真正做到标本兼治、有的放矢[9]。

作为全面腐蚀控制实践的典型案例,20世纪末,中原油田在全面腐蚀控制理论的启发下,制定了防腐蚀工作方针,建立了系统的规章制度,完善工作执行、监督、评审、改善等环节,显著降低了腐蚀问题的发生频率和由此带来的腐蚀成本[5]。

经过不断地探索和实践,我国逐步建立起专门的腐蚀研究机构 and 科教单位,科研队伍不断发展壮大,为防腐蚀工作的开展奠定了坚实基础。受腐蚀影响相对较重的部分行业通过设置专门的腐蚀防护机构,培养专业腐蚀技术人才,搭建腐蚀监测网络,建立防腐蚀档案等方式,对腐蚀进行了有效控制[6~8]。铁路系统通过合理选材和改进防护技术大大延长了车辆的大修周期,某核电站采用微机化管理,建立腐蚀与防护技术档案,采用综合防腐蚀措施后,腐蚀控制成本显著降低(占核电站维修成本的4%~6%),经济效益大幅提升。对全面腐蚀控制的探索和实践为腐蚀管理的发展和完善开辟了道路,积累了宝贵经验。

但是,腐蚀管理在我国的发展尚处于初期,发展存在不平衡性,仍有很多企业在腐蚀管理方面一筹莫展,或者处于摸着石头过河的求索状态,对于管理体系的建立和完善还有待进一步探索和实践。

## 三、我国腐蚀管理存在的问题

### (一) 防腐蚀意识薄弱

意识是指导实践的关键因素。调研发现,防腐蚀意识薄弱是阻碍腐蚀管理工作发展完善的主要原因。腐蚀是一种悄悄进行的破坏,危害性大,但在事故爆发前不易被察觉,腐蚀防护的前期投入较大,投资回报效果短期内难以显现,因此材料腐蚀管理

问题往往得不到应有的重视。

### (二) 腐蚀管理制度欠缺或难以实施

腐蚀管理制度的建立是开展腐蚀管理工作的重要保障。而在实际的生产中,防腐蚀制度的建立和执行力度却不尽如人意。大多数组织对腐蚀问题的管理处于“兵来将挡,水来土掩”的被动状态,管理方式粗放,缺乏行之有效的腐蚀管理制度,或者由于多方面原因掣肘难以具体实施,使有效的腐蚀管理陷入泥淖。

### (三) 缺乏腐蚀监测系统、定期检测及有效的腐蚀数据管理与分析

完善的腐蚀监测、检测能够有效预防设备设施的腐蚀,通过腐蚀数据管理与分析系统对监测、检测数据进行收集、存储、分析等,能够预测腐蚀倾向,评估防腐蚀工程的投资回报率,及时发现和解决腐蚀问题,并为腐蚀管理提供数据支持和参考。调研发现,大多数组织存在未安装监测装置或盲点较多、不成体系、腐蚀数据的采集及利用率较低、缺乏定期检测等问题,导致腐蚀不能被及时发现。

### (四) 腐蚀失效案例库亟待建立

材料的腐蚀问题不是偶然发生或单独发生的,它往往具有普遍性和继发性。同类设备或相似服役条件下设备的腐蚀事故往往对于其他设备的腐蚀管理具有重要的指导意义。调研发现,目前大多数组织缺乏对腐蚀防护经验教训的及时总结与持续迭代,使腐蚀失效案例仅仅成为设备全寿命周期内的一次孤立事故。

### (五) 腐蚀管理人才短缺

人才是第一资源。腐蚀管理人才的短缺是腐蚀管理进一步发展完善的重要瓶颈。腐蚀科学作为一门涉及多个学科领域的交叉学科,起步较晚,腐蚀专业人才的教育培养滞后,专业队伍规模小,造成了一定的人才空缺;另一方面,很多从业者欠缺专业资质,给腐蚀管理工作带来了极大的不确定性。目前配备专业型腐蚀防护人才的组织相对较少,大多数组织的腐蚀相关工作由设备运维、生产部门人员兼任,导致组织的腐蚀防护工作效能长期以来

难以得到显著提升和改善。

#### (六) 缺乏有效的沟通机制与信息交流平台

有效沟通就是生产力。调研发现,沟通机制与信息交流平台的不完善是造成腐蚀管理工作壁垒的重要因素,各环节各行其是,缺乏有效的沟通和综合评估,难以形成有机融合的联动管理模式,不利于推动腐蚀管理工作的发展和进步。另外,沟通与交流的桎梏也造成“产学研”的脱节,阻碍了新型腐蚀防护技术的推广和应用,不利于腐蚀管理体系的建立和完善。

### 四、腐蚀管理体系的内涵与要义

为了更好地管理腐蚀问题,应建立一套完善的、具有广泛适用性的系统的管理体系,通过组织的目标、制度、程序等来管理腐蚀问题,指导组织的腐蚀管理工作。腐蚀管理体系内涵丰富,要在实践的过程中不断发展完善 [1,4,5]。

#### (一) 前瞻管理

前瞻管理是腐蚀管理的核心,它强调主动与预防。“安全第一、预防为主、综合治理”是我国确立的安全生产管理基本方针,系统全面的有效预防措施往往能够将腐蚀事故消灭在萌芽中。“凡事预则立,不预则废”,腐蚀管理的高效开展须以牢固树立主动防腐的前瞻管理意识为前提,全面掌握设备现状,明确管理目标,全盘考量,全面谋划,主动作为,形成良好的管理模式。

#### (二) 科学管理

科学管理是有效发挥腐蚀管理效能的重要支撑,它强调科学的、针对性的管理措施。对设备进行监测、检测和预测,防腐措施的投资回报率、可行性等都需要科学化的评估手段予以支撑;针对设备设施的不同材质、不同部位和不同服役环境,应该采取针对性的有效防腐措施。

#### (三) 大数据管理

大数据管理是腐蚀管理工作的基石,它强调全面的、系统的数据管理。大数据管理旨在通过建立标准化的“腐蚀大数据”仓库、数据建模、模拟仿真、

数据共享和工程应用等方法,构建腐蚀数据共享平台,为腐蚀失效预测和防腐蚀设计等提供丰富的腐蚀信息,打造腐蚀大数据管理新模式 [10]。

#### (四) 联动管理

联动管理是腐蚀管理工作得以有序开展的关键,它强调全员、全流程、全范围的管理。腐蚀管理绝不仅仅是简单的腐蚀防护方法的流程化、制度化,而是服务于组织发展战略,贯穿于组织发展始终,与组织总体管理制度相融合的管理体系。因此,腐蚀管理需要做好顶层设计,将设备全寿命周期各个环节的管理工作综合分析、统筹安排,做到权责分明;建立全员参与机制,打通沟通壁垒,实现企业联动、行业联动、社会联动,促进腐蚀管理效能进一步完善和提高。

#### (五) 持续管理

持续管理是推动腐蚀管理工作发展进步的动力,它强调持续的、不断改进的管理理念。腐蚀管理要遵循“PDCA”循环,即 Plan (计划)、Do (执行)、Check (检查) 和 Act (处理)。在管理活动中,按照计划-实施-检查实施效果的工作模式,将成功的方法进行总结并增补进相关制度标准体系中,效果不理想的实践则通过再计划-再实施-再检查的方法进行改进和完善,形成周而复始、不断迭代的持续管理模式。只有这样才能确保腐蚀管理体系得到不断丰富,呈现螺旋上升的发展态势。

#### (六) 共享管理

共享管理是腐蚀管理体系化发展的重要推力,是整合腐蚀管理资源、提高腐蚀管理效能的快车道。材料腐蚀与防护工作是关乎国计民生和国家建设的百年大计。腐蚀管理体系的发展绝不仅仅是某个或某些组织的一枝独秀,而是全行业、多领域的百花齐放,是行业大联合。在知识经济时代,通过腐蚀管理实践经验和事故教训等信息的资源共享,实现企业内部、行业内部、区域内部的优势互补,对促进行业生态积极向好、实现共赢具有重要意义。

### 五、腐蚀管理体系框架的构建

腐蚀管理体系的构建是一项涉及多环节、多层

级、多组织、多领域的工作，需要政府部门、学术团体、行业协会、企业等各方组织齐心协力，才能持续有力地推动腐蚀管理的体系化发展。在总结和提炼我国企业腐蚀管理实践 [11~15]、借鉴国际腐蚀管理经验 [3,4] 的基础上，初步形成了我国的腐蚀管理体系基本框架（见图 1），从战略定位、管理目标、实施规划和过程管理等方面，启发和引导组织系统梳理自身腐蚀管理情况，将腐蚀管理体系的内涵与要义内化于心、外化于行，逐步搭建起具有自身特色且行之有效的腐蚀管理体系，形成持续迭代提高的良好机制。

### （一）战略定位

战略定位是组织发展的灯塔，是决定组织未来发展方向及前景的关键。组织应结合自身整体战略定位及发展规划，将腐蚀管理纳入到整体发展战略中，从而强化腐蚀管理的重要性及战略地位，推动腐蚀管理体系的持续健康发展。

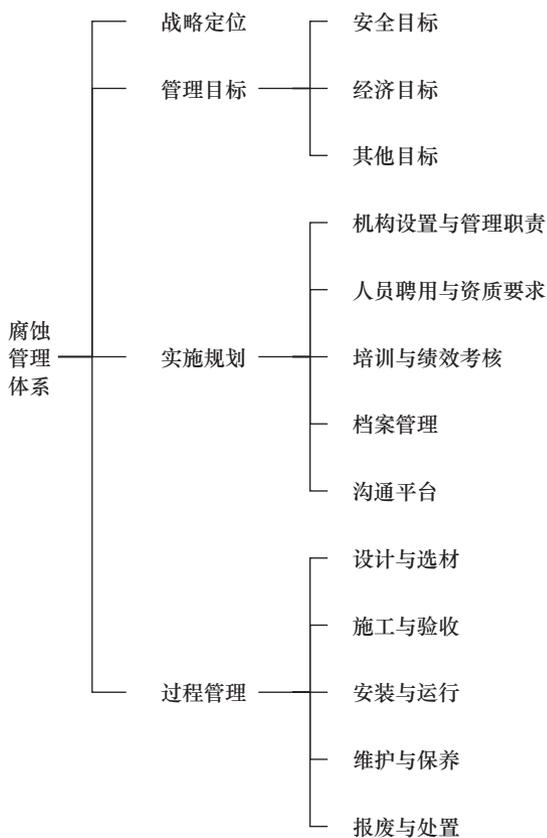


图 1 腐蚀管理体系的基本框架

### （二）管理目标

腐蚀管理目标的设定是指导腐蚀管理工作的具体行动指南。组织应在充分尊重和理解腐蚀管理战略定位的基础上，识别任务与风险，制定总体与具体相结合的系统腐蚀管理目标。腐蚀管理目标的设定应至少包含安全目标、经济目标及其他目标等。目标的设定应遵循“SMART”原则，即 Specific（明确的）、Measurable（可衡量的）、Attainable（可实现的）、Relevant（相关的）和 Time-based（基于时间的）[16]。

### （三）实施规划

腐蚀管理实施规划是推动腐蚀管理工作有序推进和不断发展完善的直接引擎，是实现腐蚀管理目标的有力抓手。机构设置与管理职责、人员聘用与资质要求、培训与绩效考核和档案管理等方面都是腐蚀管理实施规划的重要组成部分。

#### 1. 机构设置与管理职责

腐蚀管理机构设置与管理职责的明确是开展腐蚀管理工作的基础。自上而下的管理职责划分往往能够连点成线，进而形成管理网络，避免管理漏洞和死角。例如，专门腐蚀管理机构和岗位、兼职岗和信息员等的阶梯式机构设置可以充分调动起组织的主观能动性，形成全员参与腐蚀管理的良好生态。

#### 2. 人员聘用与资质要求

人才是第一资源，是保障腐蚀管理工作有效开展和持续迭代的基础和前提。人员聘用应作为腐蚀管理工作的关键环节，完善聘用流程、细化聘用条件、明确资质要求，为腐蚀管理体系的发展搭建良好的人员架构和管理梯队。

#### 3. 培训与绩效考核

腐蚀管理是一项专业化程度较高的工作，有计划地组织腐蚀管理培训是培养腐蚀管理人才、提升企业管理能力的重要途径。应根据自身生产实际和人员工作能力现状制定合理的培训计划和日程表，针对内部员工和第三方机构等组织形式多样、理论与实践结合的腐蚀管理培训。组织应建立合理的绩效考核制度，遵循可量化、分级评定等原则对腐蚀管理的经济效益、问题与处置情况、岗位胜任力等工作设置合理的考核指标，明确考核程序和办法，并建立绩效考核监督反馈机制，从而为组织腐蚀管理工作的改善和提高提供着力点。

#### 4. 档案管理

档案管理是使腐蚀管理工作流程化、规范化、体系化的重要途径,是保证腐蚀管理工作得以不断完善的基础。腐蚀管理应充分重视管理过程中形成的各种文件和数据,如设备全寿命周期档案、事故处理记录、腐蚀失效案例分析档案、设备监测数据档案和腐蚀管理制度、与腐蚀管理相关的设备操作规范、会议、培训、制度变更等。应注重档案的规范性、时效性,并定期对相关档案和记录进行总结分析,为腐蚀管理工作积累数据和经验,逐步形成完善的腐蚀管理工作模式。

#### 5. 沟通平台

合适的沟通平台和沟通机制的建立能够加强组织内的交流和反馈,打破沟通壁垒。组织应致力于搭建全方位的腐蚀管理沟通平台,不仅包括组织内部的交流,也包括与之相关的政府部门、科研机构、行业协会、承包商、供应商等组织的沟通,通过形式多样的交流沟通获取外部视角,集思广益,提高信息资源利用率和办事效率,开拓腐蚀管理的思路和方法,全面、科学地对腐蚀管理工作进行评估,以指导工作的调整和持续迭代,推动腐蚀管理与时俱进、改革创新,打造共享管理新模式。

### (四) 过程管理

腐蚀管理所提倡的过程管理是设备的全寿命周期管理,从设计与选材、施工与验收、安装与运行、维护与保养、报废与处置等过程,形成完善的管理模式,不留盲点、不漏死角,掌握设备整个生命周期的状况,根据实际情况实施最经济有效的防腐蚀管理措施。

#### 1. 设计与选材

对于新设备的研发和设计,应合理选材,精细化设计,预置防腐蚀配套工程,制定针对设计方案的评审制度,全面评估设计方案的合理性,严格把关,从源头做好设备腐蚀管理工作。

#### 2. 施工与验收

组织应对设备的施工过程进行严格的规范和评审,制定详细的施工方案,设置合理的验收标准,对施工过程进行全程监督,工程结束后组织综合评审与验收,全流程管控施工过程,避免设备在施工环节发生二次损坏,带来额外的腐蚀风险。与设备施工相关的所有过程都应进行详细记录并存档,作

为设备全寿命周期档案的一部分,以便发生问题时及时溯源。

#### 3. 安装与运行

设备安装与运行时要承受传输介质的腐蚀、工作应力、环境腐蚀等因素,如果操作不当或防护延迟会加剧腐蚀问题的发生。组织应制定严格的操作规范、安全规范,定期组织技能培训,制定设备运行管理台账,详细记录设备运行过程中各项参数的执行和变更情况,全面掌握设备的运行状态。

#### 4. 维护与保养

设备的维护与保养一方面有赖于腐蚀问题的及时发现,即设备的检查监测,如腐蚀监测系统、常规检查、专项检查等,形成设备腐蚀检查台账,尽可能掌握设备运行状态和腐蚀状况的第一手资料;另一方面则依赖于完善的、有针对性的防腐蚀措施。另外,对事故分析过程和处理方法的总结提炼、腐蚀失效分析档案的建立对于腐蚀管理体系的构建不可或缺,能够为后续工作的开展提供重要参考和依据,避免重复性工作。

#### 5. 报废与处置

组织应制定详细的设备报废与处置计划,妥善处置报废资产,避免造成环境污染和安全危害。报废前应对设备进行全面检查,分析总结失效原因、管理缺陷等经验教训,设备报废所涉及的检查数据、分析评估、经验总结等过程都要进行详细记录,发挥报废设备对后续工作的指导作用。

## 六、对策建议

### (一) 将腐蚀管理纳入国家安全战略,成立腐蚀管理战略研究常设机构

腐蚀管理是一项涉及范围广、影响深度大的长期性工作,因此需要全面统筹,共同推动腐蚀管理工作的体系化建设。建议国家成立腐蚀管理战略研究常设机构,设置腐蚀管理委员会,自上而下设置腐蚀管理机构,定期开展重大工程的专项腐蚀调研,全面梳理腐蚀问题清单,靶向施策,统一编制和发布基础设施及重大装备腐蚀管理指导意见和规划,制定我国腐蚀管理的中长期发展规划及短期目标,建立腐蚀管理国家标准,加大腐蚀管理领域的投入和监管,将腐蚀安全管理纳入国家安全战略。统筹各级腐蚀管理机构,建立腐蚀失效案例数据库,推

广应用先进防腐蚀技术,开展腐蚀培训与腐蚀从业资格的认定,举办学术交流大会,宣传和普及防腐蚀知识等,加快腐蚀安全信息技术流通和“产学研”转化速度。

各行业协会成立防腐蚀科技中心,指导和监督各组织的腐蚀管理工作,对共性问题进行及时通报、交流,整合行业资源,定期梳理总结腐蚀管理经验和教训,并通过报告、文件等传播交流,通过行业联合不断推动腐蚀管理工作的发展和完善。

### (二) 加强腐蚀学科建设, 强化人才战略

完善高等院校腐蚀防护专业学科建设,加强腐蚀管理专业教师队伍建设,加大腐蚀管理人才培养力度,创新人才培养模式,为各行各业源源不断地输送高素质腐蚀管理专业人才。完善腐蚀管理从业资格考核与认定标准,组织腐蚀管理培训班,加强理论学习与经验交流,不断提高腐蚀管理人员的专业化程度,推动腐蚀管理体系更好更快发展。

建立健全腐蚀管理高等教育、科研与实践工作之间的多方交流机制,大力提高腐蚀管理工作队伍的基础理论知识和业务工作能力,促进“产学研”的高效融合和转化,共同建设一支德才兼备的高素质腐蚀管理人才队伍。

### (三) 建立健全腐蚀防护相关法规标准的建设, 强化标准意识

加大标准、规范的建设力度,对腐蚀防护方面的现有技术标准、质量标准、管理标准等进行整合、修订和补充;编制设备设施腐蚀管理条例,明确设备设施长期、安全、经济使用的制度要求;逐级建立健全腐蚀工程设计、选材、施工、运行、维护、报废等全寿命周期的腐蚀管理国家标准、地方标准、行业标准,全面贯彻设备全寿命责任制。强化腐蚀管理执行和监管力度,建立审查机制,使腐蚀管理工作逐步走上正规化、规范化、制度化的轨道,促进重大设施的安全运行和社会经济的可持续发展。

### (四) 加强腐蚀数据库建设, 打造大数据管理

建立腐蚀数据库与信息管理系统,统筹腐蚀数据的收集、管理和利用。从国家层面建立腐蚀大数据中心,完善数据收集、存储、评估、预测、更新

等子模块功能,实现腐蚀数据自下而上的积累和自上而下的使用,将腐蚀管理连点成线,连线成网,增强信息流通和交流,提高数据利用率,全面掌握各领域腐蚀现状,为腐蚀管理体系化的发展提供数据基础和决策依据。

各行业协会或相关学术组织应积极致力于设备腐蚀数据监测与收集系统、模拟仿真、寿命评估技术体系、选材数据库等大数据的建设与维护。不断扩充和完善现有设备和新建设备的腐蚀监测体系,为腐蚀管理积累更多宝贵数据。通过工作实践不断积累和扩充腐蚀问题与对策数据库,在统筹国家腐蚀数据体系一盘棋的基础上,以具体实践不断引领系统完善、技术创新,使腐蚀数据库最大限度地指导和推动腐蚀管理体系化工作的发展和完善。

### (五) 畅通沟通机制和信息交流平台, 提高信息利用率

我国腐蚀管理的发展尚处于初期阶段,腐蚀管理制度的完善、标准的修订、经验的积累和交流、体系化发展等都需要完善的沟通 and 交流平台。相关行业和部门应致力于搭建完善的腐蚀信息交流平台,形成有效的沟通机制,提高腐蚀数据、行业经验、事故应对等信息的分享和利用。健全事前事中事后监管有效衔接、信息互联互通共享、协同配合工作机制,持续推动腐蚀管理的体系化发展。

#### 利益冲突声明

本文作者在此声明彼此之间不存在任何利益冲突或财务冲突。

**Received date:** August 20, 2021; **Revised date:** November 15, 2021

**Corresponding author:** Hou Baorong is a research fellow from the Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences and a member of Chinese Academy of Engineering. His major research field is marine corrosion and protection. E-mail: brhou@qdio.ac.cn

**Funding project:** Chinese Academy of Engineering project “Research on corrosion management status and countermeasure strategy in China” (2020-XZ-18)

#### 参考文献

- [1] 侯保荣. 中国腐蚀成本 [M]. 北京: 科学出版社, 2017.  
Hou B R. Corrosion cost in China [M]. Beijing: Science Press, 2017.
- [2] 国家统计局. 2020年四季度和全年国内生产总值 (GDP)初步核算结果[EB/OL]. (2021-01-19) [2021-07-25]. [http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202101/t20210119\\_1812514.html](http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202101/t20210119_1812514.html).  
National Bureau of Statistics. Preliminary results of GROSS

- domestic product (GDP) for the fourth quarter and full year of 2020 [EB/OL]. (2021-01-19) [2021-07-25]. [http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202101/t20210119\\_1812514.html](http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202101/t20210119_1812514.html).
- [3] NACE International. SP21430—2019 Standard framework for establishing corrosion management systems [S]. Houston: NACE International, 2019.
- [4] Gould M, Koch G, Moghissi O, et al. NACE International IMPACT study: International measures of prevention, application, and economics of corrosion technologies study [R]. Houston: NACE International, 2016.
- [5] 佚名. “全面腐蚀控制”理念的应用实例 [J]. 全面腐蚀控制, 2007 (2): 10.  
Anonymous. An application of the concept of “total corrosion control” [J]. Total Corrosion Control, 2007 (2): 10.
- [6] 苏国丰, 庞斌, 贾厚田, 等. 高含硫气田设备腐蚀监控管理 [C]// 中国腐蚀与防护学会石油化工腐蚀与安全专业委员会. 第三届 (2018) 石油化工腐蚀与安全学术交流会论文集. 北京: 中国石化出版社, 2018: 22–23.  
Su G F, Pang B, Jia H T, et al. Monitoring and management of equipment corrosion in high sulfur gas field [C]// Corrosion and Safety Committee of Petrochemical Industry. China Corrosion and Protection Society. The 3rd (2018) Petrochemical Corrosion and Safety Academic Exchange Conference proceedings. China Petrochemical Press, 2018: 22–23.
- [7] 李春树. 常压塔顶系统腐蚀与控制 [J]. 安全、健康和环境, 2020, 20(11): 57–59.  
Li C S. Corrosion and control of atmospheric tower top system. Safety, Health and Environment [J]. 2020, 20(11): 57–59.
- [8] 张照民. 炼油化工设备的防腐蚀管理对策 [J]. 化工设计通讯, 2020, 46(3): 53–54.  
Zhang Z M. Anti-corrosion management countermeasures for oil refining and chemical equipment [J]. Bulletin of Chemical Design, 2020, 46 (3): 53–54.
- [9] 忻英娣. “全面腐蚀控制”的提出、推行及发展 [J]. 全面腐蚀控制, 2004 (6): 1–3.  
Xin Y D. Proposal, implementation and development of “total corrosion control” [J]. Total Corrosion Control, 2004 (6): 1–3.
- [10] Li X G, Zhang D W, Liu Z Y, et al. Materials science: Share corrosion data [J]. Nature, 2015, 527(7579): 441–442.
- [11] 苏晓燕, 刘军. 输油站工艺管线的腐蚀管理研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2018, 38(17): 71–72.  
Su X Y, Liu J. Study on corrosion management of process pipeline in oil station [J]. China Petroleum and Chemical Standards and Quality, 2018, 38(17): 71–72.
- [12] 祝鹏伟, 刘敏, 王晓宇. “信息网+人才网”构建输变电设备腐蚀管理体系 [J]. 中国电力企业管理, 2019 (6): 42–43.  
Zhu L W, Liu M, Wang X Y. Construction of corrosion management system of power transmission and transformation equipment by “information network + talent network” [J]. China Power Enterprise Management, 2019 (6): 42–43.
- [13] 张敦荣, 何灵生, 王学斌, 等. 硫磺回收装置防腐蚀管理 [J]. 石油化工腐蚀与防护, 2019, 36(3): 39–41.  
Zhang D R, He L S, Wang X B, et al. Corrosion prevention management of sulfur recovery unit [J]. Corrosion and Protection of Petrochemical Industry, 2019, 36(3): 39–41.
- [14] 吕淼. 埋地燃气管道腐蚀评估预测体系的构建 [J]. 煤气与热力, 2020, 40(5): 38–40, 46.  
Lyu M. Construction of corrosion evaluation and prediction system for buried gas pipeline [J]. Gas & Heat, 2020, 40(5): 38–40, 46.
- [15] 赵国刚, 郝庆亮, 张彬. 油田集输管道腐蚀因素及防腐措施 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2017, 37(23): 18–19.  
Zhao G G, Hao Q L, Zhang B. Corrosion factors and anti-corrosion measures of oilfield gathering and transportation pipeline [J]. China Petroleum & Chemical Standards and Quality, 2017, 37(23): 18–19.
- [16] 夏琨, 窦浩涵. 基于SMART原则的建筑施工企业员工绩效考核指标构建 [J]. 中国高新科技, 2021 (9): 94–97.  
Xia K, Dou H H. Construction of employee performance evaluation index based on SMART principle in construction enterprises [J]. China High-Technology, 2021 (9): 94–97.