



地震、台风、冰雪等自然灾害带来损失是直接和明显的，而海洋腐蚀则是“悄无声息”地进行的，但海洋腐蚀所带来的损失却要远远大于这些自然灾害所造成的经济损失。

——侯保荣

扎根海洋防腐五十年 交出累累硕果满天下 ——记防腐“教父”、中国工程院院士侯保荣

文/王静 李侠

他，首创并完全独立完成“电连接模拟海洋环境腐蚀实验方法”，获中国科学院重大科技成果二等奖；他，独立撰写日文专著《海洋腐食环境与防食的科学》，被日本专家认为“奠定了海洋腐蚀环境研究的理论基础，提供了不可多得的一本教科书和指导手册”；他，建立了模拟海洋腐蚀环境的实验方法和在不同海洋环境下控制材料腐蚀的工程技术系统；他，综合多年研究成果提出的“钢铁设施在海洋环境中的腐蚀及其防腐蚀技术”，获2002年度国家科技进步二等奖；他，作为首席科学家承担了“十一五”国家科技支撑计划项目“海洋工程结构浪花飞溅区腐蚀控制技术及应用”，作为“十一五”支撑计划的延续，又承担了

“十二五”国家科技支撑计划，继续开展不同海域重大海洋工程结构安全的腐蚀控制技术研发与示范；他，2000年发起了“海洋腐蚀与控制国际会议（ISMCC）”，至今已成功举办六届，提高了中国在国际腐蚀领域的学术地位；他，2009年被授予“山东省科学技术最高奖”，被科技日报誉为“防腐蚀‘教父’”……

他，就是中国工程院院士侯保荣。

50年艰辛探索，“捂热”冷门学科

提起海洋防腐研究，相信很多人很陌生，而侯保荣也坦言，这块过去被视为冷门学科，搞研究的人很少。1962年，20岁的侯保荣考取了复旦大学化

学系。毕业后，他被分配到了中国科学院海洋研究所，从事海洋腐蚀与防护研究工作，从此与海洋防腐蚀结下了不解之缘。那时候，中国的腐蚀防护研究才刚刚起步，整个中国科学院海洋研究所海洋化学室只有三个人从事该项工作，条件非常艰苦。但侯保荣对这个冷门学科却情有独钟，刚毕业就一头扎进了海洋腐蚀与防护研究的工作中。

在这个被称为冷门的学科中，侯保荣一待就是50年。期间，两次被派往日本留学。学习期间，他勤奋努力钻研的精神和出色的学术水平给日方留下深刻印象，日方以优厚的待遇一再挽留他长期留日工作。但侯保荣心向祖国，他明白祖国的防腐蚀事业更需要自己。留学期限一满，他便回到祖国的怀抱，更加努力地开展防腐蚀研究工作。

日本留学的经验告诉他，海洋是腐蚀条件最恶劣的环境，其造成的损失也是最不容忽视。中国是海岸线最长的国家之一，在海洋环境下服役的众多工程设施。尤其是早期建设的工程，很少考虑到海洋腐蚀的影响，几乎未采取措施进行保护，存在非常严重的安全隐患。一旦发生危险，不仅会造成巨大的经济损失，还会威胁到人民的生命财产安全。日本在这方面已经为海洋腐蚀付出很大的代价，中国应该吸取教训，不要再走日本的老路。所以，50个寒来暑往，侯保荣风雨无阻，足迹几乎踏遍中国沿海的港口、码头以及海岸线，获得了第一手的数据。他通过实地考察发现，与发达国家相比，国内人们的腐蚀防护意识还非常薄弱，尤其是在对海洋浪花飞溅区和钢筋混凝土结构腐蚀严重性的认识方面，比发达国家晚了约30年。因此，侯保荣除了开展研究工作，将普及防腐蚀知识、提高国人防腐蚀意识也奉为自己的职责，在全国范围内进行防腐蚀宣传工作，他走到哪，就将提高防腐蚀意识宣传到哪。同时，他还将全部心血投入到科研成果转化中，在海洋腐蚀与防护领域取得了突出的科学技术成就。

50年来，凭着认真严谨、执着追求、无私奉献的科学精神，侯保荣一步步成为了现在海洋腐蚀界的领军人物，成为我国海洋腐蚀及防护的权威专家。2003年，侯保荣正式当选为中国工程院院士。

2009年，鉴于他在我国及山东省海洋防腐蚀领域做出的突出贡献，他被授予“山东省科学技术最高奖”。通过他的不懈努力，让海洋腐蚀这一原本“冷门”学科逐渐让人们重视起来。

50年潜心理论研究，奠定学科基础

自进入中国科学院海洋研究所从事腐蚀工作以来，侯保荣潜心进行海洋环境基础理论研究。在进行了大量实验工作的基础上，他指出海洋环境腐蚀过程不仅是一种自然现象，而且是一种环境特性。该理论丰富了我国海洋科学的内涵，对海洋防腐蚀科研工作者具有重要的指导意义。

侯保荣主持并参与海洋石油开发区的海洋腐蚀环境因素调查工作，他系统地分析了我国近海石油开发区腐蚀环境因子，并探讨了腐蚀环境因子与钢铁破坏的相关性，为我国近海石油开发中海洋石油平台及输送管道等海上钢铁设施的设计与防护，提供了坚实的理论依据和设计数据，同时也为海洋腐蚀环境学的提出奠定了基础。

侯保荣在对海洋腐蚀环境学理论进一步总结的基础上，1997年出版了《海洋腐蚀与防护》，一部系统论述海洋防腐研究的著作。1999年，独立完成的日文专著《海洋腐食環境と防食の科学》出版，被日本专家认为是“奠定了海洋腐蚀环境研究的理论基础，提供了不可多得的一本教科书和指导手册”。两部专著提出了海洋腐蚀环境理论，为腐蚀工作者们充分认识腐蚀环境理论提供了宝贵的参考资料。

50年自主创新研发新技术，成果转化 结出累累硕果

一直秉承“科研的价值在于应用”的理念，侯保荣的足迹踏遍了中国沿海的码头、港口。一方面，是为了更好结合不同海洋环境和企业实际需要，自主创新研发新技术；另一方面，是为了力求使每项科研成果都能取得最大的经济和社会效益。他说，“对科研人员来说，最让人满足的莫过于研究成果的产业化。”“科研的价值在于应用，科研价值的考核从某种意义上应该是看其为社会带来多

大的效益，为科技的发展解决了什么难题，而不仅仅是看写了多少文章，申请了多少专利。如果每个科研工作者都能把自己的成果转化成为生产力，那么我们的国家才能成为真正的科技强国。”可以说，侯保荣扎根海洋防腐五十年，结出累累硕果满天下。

参加工作之初，在老同志的帮助下，参加了渤海641石油钻井平台的防腐蚀实验研究，在我国首次成功地实现了对海上平台采用阴极保护进行腐蚀控制。同时，成功地对我国第一座海上大型钢结构—上海石化总厂陈山码头进行了外加电流阴极保护，首次采用了新型阳极材料—高硅铸铁阳极，有效地解决了电缆和阴极体接头水密技术，目前已在国内普及推广。

针对沿海城市许多工厂热交换器大多采用海水冷却，冷凝塔腐蚀严重的现状，在国内首次采用了牺牲阳极和外加电流混合阴极保护技术，使保护率达90%以上。该技术也对海上浮标、钢浮筏、海水管道进行了有效保护。

1979年，在国内率先提出了“电连接模拟海洋环境腐蚀实验装置与方法”，促进了我国海洋用钢研究，提高了在该领域的研究水平。先后受鞍钢等十几家大型钢铁公司的委托，对100多种钢铁进行了耐海洋腐蚀性能的研究，使这一独创方法更加完善。1981年荣获中国科学院重大科技成果二等奖。研制的小型“模拟海洋腐蚀试验机”于1995年获国家发明专利，目前该方法和装置已得到广泛应用。

1992年，凭借海龙I型阳极电流设施，侯保荣及其团队获中国科学院科技进步二等奖。该材料已被广泛地应用于船舶、浮标、钢桩码头、石油平台的腐蚀防护。目前，该产品已安装在200多条船上，并在淄博宏泰防腐有限公司成立了生产基地，产品远销欧美、韩国等国家，经济效益和社会效益十分显著。

在热喷涂金属防腐技术的基础上，研究开发了热喷涂锌、铝及其合金与有机覆盖层的多层复合防护新技术，开辟了我国海洋钢铁设施防护新路径。该技术取得了国家发明专利，并获得山东省2000年科技进步二等奖。1997年国内首次在胜利油田二号海上中心平台上进行了几种方案的热喷涂锌铝覆盖

层防护施工，并进行了有机涂料与金属覆盖层及阴极保护的配伍性试验，至今效果良好。在总结多年的科研成果的基础上，提出了“钢铁设施在海洋环境中的腐蚀及其防腐蚀技术”，荣获2002年度国家科技进步二等奖。

世纪之交，又把处于科技发展前沿的信息技术与腐蚀工程控制技术有机地融合起来，形成了“海洋钢铁设施腐蚀状态自动跟踪扫描系统”，并获得了山东省2001年科技进步一等奖。目前已在胜利油田CB11B平台井组、CB251B井组和中海油乐东15/22-1、番禺30-1平台进行了现场应用，为阴极保护的参数设计提供了重要的依据。

在长期的海洋环境腐蚀调查研究过程中，敏锐的意识到了我国浪花飞溅区各种海工设施的严重腐蚀状况。2006年，在大量的前期调查研究以及综合分析国内外实海数据的基础上，侯保荣联合5名院士向国家提出《我国海洋钢铁设施浪花飞溅区防腐工作亟待加强》的院士建议，得到了曾培炎副总理和陈至立国务委员的批示。2007年，作为首席科学家承担了“海洋工程结构浪花飞溅区腐蚀控制技术及应用”的“十一五”国家科技支撑计划项目，获得科技部批准，总经费达4564万元。2010年11月24日，该项目的6项课题全部顺利通过验收。这一系列的成果显著提高了海洋工程重大工程设施的腐蚀防护和控制技术水平，建立了海洋工程设施浪花飞溅区腐蚀风险评价标准和适用于海洋工程设施的通用防腐保护技术产品和技术标准，为我国重大海洋工程建设和工程设施腐蚀控制提供了重要的技术支撑和保障，带动了一批相关海洋防腐产业的发展。2012年，作为“十一五”支撑计划的延续，侯保荣又承担了“十二五”国家科技支撑计划，继续开展不同海域重大海洋工程结构安全的腐蚀控制技术研发与示范。

“十一五”国家科技支撑计划期间，由侯保荣亲自承担的“现役海洋钢结构浪花飞溅区腐蚀防护修复技术及工程示范”子课题，开展了海洋钢结构浪花飞溅区复层矿脂包覆防腐技术的研究。2009年，该项技术已授权了三项发明专利和一项实用新

型专利。此外，他带领的研究团队还开发了海洋钢筋混凝土结构四层配套防护体系，建立了钢筋混凝土耐久性和涂层性能评价技术。

同时，结合企业实际需要，侯保荣积极开展海洋腐蚀防护示范工程，分别在青岛港、青岛海湾大桥、宁波港、中石化胜利油田、中海油有限公司、广东粤电集团、宁波象山港跨海大桥、日照港煤码头等企业和项目上开展了海洋钢结构包覆和钢筋混凝土设施涂层防腐示范工程，总量过千万，起到了良好的示范作用，极大推动了海洋腐蚀与防护技术成果的推广和转化。

在推动和参与海洋腐蚀科研成果转化和产业化工作的过程中，侯保荣积极服务各地方政府和企业，走访和调研了二十多个沿海城市的近百家企业，在唐山、东营、烟台、威海、青岛、潍坊、日照、连云港、盐城、南通、南京、上海、杭州、宁波、舟山、福州、汕头、珠海、广州、深圳、惠州和湛江等地都留下了他工作的身影。侯保荣还撰写了中国各海区海洋浪花飞溅区腐蚀情况和港口腐蚀概况等多份调研报告，并分别为青岛市、潍坊市、唐山曹妃甸、连云港、盐城市、南通市、宁波市、广州市、珠海市、湛江市等地市建言献策十余篇，得到了当地政府和企业的高度重视。

侯保荣还积极推动院士工作站和产业化基地建设，于2009年度分别在山东淄博宏泰防腐公司和浙江宁波飞轮造漆有限公司成立了院士工作站，2011年度又与广东中山大桥化工有限公司、扬州龙川钢管有限公司、福建省长兴船舶重工有限公司、浙江龙驰防腐技术有限公司、日照港集团有限公司等多家企业联合成立了院士工作站。其中，淄博宏泰防腐公司院士工作站，是山东省科技厅在全省设立的首批院士工作站之一。

2004年7月，在淄博宏泰防腐材料有限公司建立了“青岛市海洋环境腐蚀与防护重点实验室”生产基地，年产值已近1个亿；2008年5月，与中海油能源公司签署了“战略合作框架协议”；2008年8月，与上海三航科学研究院有限公司共建“港口工程结构耐久性实验室”……

50年努力推动学科建设，积极进行国内外学术交流

作为我国海洋腐蚀环境研究和海洋腐蚀与防护的学科带头人之一，侯保荣曾连续两届担任山东省暨青岛市腐蚀与防护学会理事长并积极组织腐蚀科学交流活动，促进了产学研的发展。在他的带领下，先后成立了海洋腐蚀与防护研究室，青岛市海洋环境腐蚀与防护重点实验室，山东省腐蚀科学重点实验室；2000年与东京工业大学联合成立了中日海洋腐蚀环境共同研究中心；2006年与日本DNT涂料有限公司成立了中日海洋防腐涂料研究发展中心；2008年，又倡导成立了中科院海洋所海洋腐蚀与防护研究发展中心；2010年，由他牵头，联合国内13家海洋防腐行业的知名企业和13家科研实力雄厚的科研院所、大学，共同组建了“海洋防腐产业技术创新战略联盟”；2011年底，申报的“国家海洋腐蚀防护工程技术研究中心”也得到了科技部的批准，正式开始组建。

侯保荣不仅在国内具有较大影响力，在国际海洋腐蚀领域中也具有很高的知名度，与日本、澳大利亚、法国等多个国家的科研单位开展了广泛的学术交流合作。自1985年侯保荣在日本东京工业大学水流教研室留学以来，中日双方实验室合作交流十分密切，共同承担了日本文部省和中国科学院国际合作项目，进行了实质性共同合作研究。在侯保荣的支持下，海洋所腐蚀实验室先后有60余人次赴日本进行合作研究和学术交流。他的合作伙伴水流教授也因此荣获2006年度“青岛市琴岛友谊奖”、2007年度“山东省国际科学技术合作奖”以及2012年度“齐鲁友谊奖”。自2000年以来，由中科院海洋研究所与日本东京工业大学联合发起的“海洋腐蚀与控制国际会议（ISMCC）”，已成功举办六届，先后与日本、马来西亚、印尼、伊朗等国的腐蚀专家和学者进行了学术交流，提高了我国在国际腐蚀领域的学术地位，侯保荣分别担任了第一届（中国青岛）会议主席，第二届（日本东京）

（下转第29页）

3.1 加强焊接质量控制

认真做好焊前检验,焊接过程中检验,焊后成品检验,规范焊接工艺,消除焊接缺陷,杜绝类似的母材和焊材材质不一致的焊接,严禁不锈钢和异种钢的焊接,严把焊接质量关。

3.2 工艺防腐措施

对进装置原油做好腐蚀评价工作,严格监控原油酸值,指导“一脱四注”工作。通过调整注剂位置,增加注剂点,改进脱盐罐液位控制,调整注水量,筛选破乳剂,对工艺参数逐步摸索与调整,做好“一脱四注”工艺防腐工作的管理考核。

3.3 防腐蚀材料的选择

采用316L+20R不锈钢复合钢板或更高性能材料,针对高温环烷酸腐蚀可以采用Mo含量更高的不锈钢,随Mo含量增加,不锈钢的环烷酸腐蚀速率和冲刷腐蚀速率均逐渐减小。综合考虑不锈钢的抗蚀性能及机械性能,采用抗环烷酸腐蚀和冲刷的新型

不锈钢材料时,Mo含量应保持在5%左右。

3.4 腐蚀监测

为了更有效地对装置设备的腐蚀情况进行监控,提高工艺防腐效率,加强设备腐蚀管理,建议在蒸馏装置设置腐蚀在线监测系统。

4 结论

(1) 焊接质量和焊接工艺是造成减压塔内焊缝腐蚀及塔体腐蚀的主要原因。

(2) 针对高温环烷酸腐蚀,采用Mo含量5%左右的不锈钢材料更为可靠,可以实现装置的长周期运行。

(3) 杜绝不锈钢与异种钢焊接,可以避免塔体不同材质之间电偶腐蚀的发生。

参考文献

- [1] 柯伟,杨武. 腐蚀科学技术的应用和失效案例[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006. 61.
- [2] 肖纪美,曹楚南. 材料腐蚀学原理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002. 248.

(上接第5页)

会议副主席、第三届(中国青岛)、第四届(日本东京)、第五届(中国青岛)、第六届(日本东京)会议名誉主席。

50年来,侯保荣在自我提高的同时,不忘为国家和社会培养后备军。先后培养和指导博士、硕士研究生、博士后近50人,其中一部分已成长为具有国际水平的海洋腐蚀科学工作者。在学科建设方面,2007年经教育部批准,海洋所腐蚀学科成为国内唯一的海洋腐蚀与防护博士点。

如今,已经70多岁的侯保荣笑称自己永远40岁,在对海洋腐蚀防护的研究中,脚步从未停止,他雄心万丈,“虽然无法根除腐蚀,但相信,在科技工作者的努力下,新的科研成果必将可以有效的控制腐蚀、减少腐蚀为国家带来的损失!”

党的十八大和十二届全国人大的召开,提出了建党和建国两个一百周年的奋斗目标和中华民族伟大复兴的中国梦,并强调要大力推进生态文明建设,努力建设美丽中国,实现中华民族永续发展。中国工业防腐技术协会启动了“防腐蚀梦”,融

入中国梦的大潮。这为防腐蚀今后一个时期的工作指明了方向,同时也为防腐蚀事业描绘了光明的前景。侯保荣院士矢志不渝追求的海洋防腐蚀之梦,将融入“防腐蚀梦”,正在成为举国上下的共识。

(作者单位:王静,中国科学院海洋研究所;李侠,中国工业防腐技术协会)

专家简介

侯保荣(1942-),男,山东曹县人,1967年毕业于复旦大学化学系,1994年在日本东京工业大学获博士学位,2003年当选为中国工程院院士,是我国海洋腐蚀环境研究和海洋腐蚀与防护的学科带头人之一,享受国务院特殊津贴。曾任中国科学院海洋研究所副所长,连续两届担任山东省暨青岛市腐蚀与防护学会理事长,现任国家海洋腐蚀防护工程技术研究中心主任、海洋防腐产业技术创新战略联盟理事长,中国工业防腐技术协会专家委员会特聘专家,《全面腐蚀控制》编委会主任,全国防腐标准化技术委员会顾问。

