

“核工程材料环境老化机理与服役性能评价”

专刊主编 张乐福



张乐福，上海交通大学核科学与工程学院研究员，主要从事核反应堆材料与水化学的教学与科研工作，负责核工程材料方向的学科建设。1997年于华中理工大学获材料学博士学位，2004年回国入职上海交通大学机械与动力工程学院核工程研究方向，2007年创建了核电材料腐蚀性能研究联合实验室，2017年任第四代核能国际论坛（GIF）超临界水冷堆材料与化学合作项目中方代表。主持和参与了包括国家“大型先进压水堆核电站”科技重大专项、科技部973、国家自然科学基金等项目30余项，牵头“超临界水冷堆材料与化学研发”科技部国际合作重点研发专项。

十五年来，在完成国家重大研究项目的同时扩建了核电材料腐蚀性能实验室，自主设计和制造模拟水冷堆反应堆高温高压水工况均匀腐蚀、应力腐蚀、腐蚀疲劳、高温电化学、微动磨损、流动加速腐蚀、动水腐蚀等实验装置近百套，成为国内外较大规模的核工程材料环境相容性研究专业实验室。

利用自主建立的试验平台深度开展了反应堆材料与化学研究领域国际交流与合作研究，承担了欧盟ECC-SMART超临界水冷堆材料研究项目，参与了美国EPRI、ICG-EAC组织的核电厂不锈钢材料应力腐蚀联合实验研究。发表论文160余篇，指导博士、硕士生60余人。

“核工程材料环境老化机理与服役性能评价”

专刊序言

核能以其无碳排放、功率密度高、运行稳定等鲜明优势成为多数发达国家背负电力基本负荷的能源形式。到 2022 年 1 月,我国在运核电机组 53 个,在建 18 个,计划建造 35 个,核电占比为 4.9%,机组数量全球第三,核发电量已成为全球第二,但仍远低于美国。然而,一旦发生核事故,所造成的损失惊人,社会影响极为严重。核能发展的基础是其安全保障和不断提高的经济性。

美国是全球核能利用最早、核电技术最发达的国家,尽管已有几十个机组退役,目前仍有在运机组 93 个,装机容量接近中国的 2 倍,核电占比达到了 19.7%。最令人瞩目的是,美国的核电机组绝大多数为运行 40 年以上的老机组,很多机组已运行接近 60 年,且正尝试延长到 80 年,这将使原设计寿命仅为 40 年的机组产生巨大的超预期经济效益。

为了能够让老旧核电机组工作到 80 年,美国投入了大量的科研力量对反应堆关键设备和材料的老化机理进行了较为透彻的研究,并建立了科学的评价方法、合理的参数基准和严谨的评判规则,这些在我国引进消化国外先进核电技术过程中大部分已被吸纳。然而,中国的核电机组建设起步晚,关键核级设备,尤其是压力边界主设备,在选材、焊接和材料处理工艺方面,与国外现有机组有较大差异,为了让上百个机组安全服役 80 年以上,需要对材料的环境老化机理和服役性能评价方法开展更加深入的研究,其成果近期可为大亚湾、秦山等核电机组的许可证延续提供技术支撑,远期也为中国核电技术解决卡脖子问题,并通过“一带一路”走出国门奠定技术基础。

在《装备环境工程》编辑部的倡导和策划下,本期选取“核工程材料环境老化机理与服役性能评价”作为专题,重点报道我国核电机组压力边界关键核级设备材料,尤其是反应堆压力容器材料的辐照损伤、主管道母材及焊接接头的热老化及应力腐蚀开裂等失效机理、模拟计算及可靠性评价研究领域的研究成果,反映国内此研究领域的一些热点问题与发展动态,为我国核工程设计、核级设备老化管理、运行服务、许可证延续等相关研究人员提供一个相互交流的平台,所刊登的 18 篇论文具有较为重要的参考和工程应用价值。

本期专刊在征文、约稿和评审过程中,得到了国内同行们的积极响应和大力支持,在此对各位同行表示诚挚的谢意。

专刊主编: 张红福