



乔利杰

环境断裂专家

■ 乔利杰 Qiao Lijie

长江学者特聘教授

Cheung Kong Scholar

北京科技大学腐蚀与防护中心主任

The Director Corrosion and Protection Center of University of Science and Technology Beijing

☞: 作为一名断裂金属学专家,请您简要介绍一下材料环境断裂中主要的科学和工程问题。

乔利杰: 环境断裂对许多人来说也许显得有点陌生,简单说来就是材料或构件在服役环境中的失效与断裂,通常指塑性材料在某些腐蚀环境中发生脆断的行为。环境断裂是研究力学—化学相互作用的交叉科学,主要包括应力腐蚀、腐蚀疲劳、氢脆、高温氢腐蚀、氢鼓泡、液态金属脆等;也是解决航空、航天、石油、化工、交通运输等工程中所面临失效问题的应用科学。如航空工业中飞机起落架以及铝合金蒙皮的腐蚀疲劳和应力腐蚀问题,机翼大梁疲劳和氢脆问题;航天工业中各类弹簧、火箭发动机外壳等超高强度钢构件的氢脆问题,不同种类铝合金的应力腐蚀问题。这些行业中所面临的环境断裂问题导致装备与构件的早期失效,造成我国每年数千亿的重大经济损失。

☞: 您在国际上开创性地研究了氢、应力和化学介质多因素对材料的非线性耦合作用及氢对阳极溶解型应力腐蚀开裂敏感性的影响。请介绍一下此研究在业界的重要意义。

乔利杰: 实际中很多问题都是多因素耦合的。应力腐蚀是力学与化学因素对材料的强耦合效应,通过长期的大量研究已取得了丰硕的研究成果。我们把氢的因素考虑进去,主要是把平时人们忽略的,实际上普遍存在而又具有显著影响的因素加以考虑,并在实际应用中采取相应对策。我们知道许多重大设备的关键零部件都是进口的,虽然国产材料在成分、组织结构及力学性能方面与进口材料没有明显差异,但在耐蚀性以及寿命方面却有巨大差异。我们可以将这种现象称作材料失效的“蝴蝶效应”,即微小差异(变化)导致整个系统长期的巨大连锁反应。只要找出影响这种效应的初始微小差异是什么,就可为制备出优良性能的材料

提供理论依据。在冶炼、加工、储存、运输以及在使用过程中都会有氢产生并进入材料内部,从而对材料的力学、化学行为产生影响。对于高强度钢力学性能的影响,即氢脆已引起人们足够重视,而对化学性能的影响则被忽略。我们的研究表明,1~2ppm 甚至更低浓度的氢,就会对奥氏体不锈钢和双相不锈钢的点蚀产生严重影响,但对其成分、组织结构以及力学性能都不会产生影响。无氢的 IF 汽车钢板经 10min 盐雾刚刚出现锈斑,含氢的则已发生全面锈蚀;无氢的 2507 双相不锈钢在 6% 的 FeCl_3 溶液中浸泡一个月不发生点蚀,含氢的则在几天内发生严重点蚀。微量氢的这种影响可以看作材料失效“蝴蝶效应”的典型实例,启发我们研究其他影响材料性能的微小因素,从而研发出高耐蚀材料,为制造出长寿命、高可靠性设备打好基础。

☞: 请您介绍一下您的这些研究成果在航空航天领域的应用价值和具体的应用情况。

乔利杰: 在相对温和的航空航天环境中,因腐蚀疲劳或氢脆引起的飞行事故和影响航天器发射的情况时有发生。利用环境断裂理论和相应评价技术,对失效构件进行理论分析,找出失效原因,对承载构件进行安全性评估和寿命预测,对避免构件失效和安全服役具有重要的工程应用价值。大型运载火箭燃料箱承受较高的应力,在高温、高湿、高盐雾的热带沿海发射场,其安装调试过程是否会发生应力腐蚀是值得考虑的安全问题。我们利用不同的试验方法,

获得了相应的应力腐蚀临界应力强度因子和应力腐蚀裂纹扩展速率,给出了不同服役条件下的安全可靠度,为火箭的安全发射提供参考。有些装备的超高强度钢构件在储存和服役过程中处于受力状态,可能有氢进

乔利杰: 1988 年获得博士学位并留校工作,曾在德国、加拿大、美国、挪威、香港从事博士后研究和访问教授。1997 年获得国家杰出青年基金,1999 年被评为“长江学者奖励计划”特聘教授,2005 年获教育部“创新团队”支持,2010 年获全国优秀科技工作者称号。任“环境断裂”教育部重点实验室主任、北京科技大学腐蚀与防护中心主任。兼任中国腐蚀与防护学会副理事长。

主要从事材料腐蚀、氢脆、应力腐蚀、微纳力学性能以及涂层的耐磨耐蚀性研究,主持完成了多项国家自然科学基金重点项目、“863”、“支撑计划”和“973”项目的研究。出版专著 2 部,发表 SCI 收录论文 400 余篇,获省部级科技进步一等奖 3 项,二等奖 6 项,霍英东优秀青年教师奖二等奖(研究类),享受政府特殊津贴。



入构件材料内部并导致氢脆发生,从而使该

构件失效。我们发现不同强度级别的高强钢发生氢脆的临界应力与氢浓度的对数存在很好的线性关系,同时测量不同储存和服役环境可能进入的最大氢浓度,就可对是否发生氢脆进行判断。根据所得数据编制预测软件,针对给定的钢种和服役应力及环境,就可判断该部件是否安全。

☞: 您认为作为一名科研工作者应具备哪些重要的品质?

乔利杰: 我认为最重要的是对研究工作有热情,对事业有追求。研究生培养过程中我主要培养他们的独立工作能力和洞察能力,让学生自己去克服困难。我常说的一句话就是能克服多大的困难,就能上多高的台阶。(采访 三丰 责编 深蓝)