

## 开展航空材料疲劳与断裂研究 为新机设计和研制服务

颜 鸣 皋

(航空工业部第 621 所)



70 年代以来,为了配合新机设计、定寿与延寿工作,曾领导与参加了航空材料和元件的疲劳与断裂试验研究。在我所有科技人员共同努力下,为新、老机种提供了大量的试验数据,并取得了一系列创造性的研究成果:

一、通过大量的宏观力学试验和微观检验,对疲劳裂纹扩展过程、物理模型、力学方程以及各种影响因素,进行了较全面深入的分析,对疲劳裂纹扩展各阶段的断口形貌及形成机理提出独立见解和论证,并根据大量的航空材料与零件的匹配断口分析,提出了一个新的疲劳

裂纹扩展的物理模型。

二、在深入的试验观察和理论分析过程中,对裂纹初期扩展行为与断裂位向作了新的理论解释,并首次导出疲劳裂纹扩展门槛值的理论计算方程,计算结果和一般金属及其合金的实验结果吻合较好。此外,对高强度钢中不同相结构对疲劳门槛值的贡献也导出定量计算式。

三、通过透射、扫描电镜及干涉仪等对裂纹尖端的观察和分析,首次合理地解释了在不同超载状态下裂纹扩展迟滞行为,并根据断裂分析采用了变参数法对现有计算模型作了修正,显著地提高了材料的寿命估算精度。

四、近年来与德国宇航院材料研究所共同协作,研究了铝合金在系统变化高、低载和卸载的序列下的裂纹扩展行为,提出了改进寿命预测的模型,比现行的线性累积法和恒张开应力法更符合于实际实验结果。该改进模型已被应用于飞机结构材料的寿命估算。

五、参加了采用权函数法对不同试样中各种裂纹尺寸和状态的应力强度因子的计算与分析,其结果与用大型计算机的有限元法所得的计算曲线十分吻合,得到美国宇航局兰利中心专家们高度重视并提出开展技术合作的建议,已成为中美在航空领域中第一个合作课题。目前所发展的权函数法已成功地应用于三维裂纹分析计算中并取得了满意的结果。

上述航空材料的疲劳与断裂的研究成果,为新机设计和选材提供了实验数据和理论依据,并确保了损伤容限设计新思想在航空工业中的应用。因而在 1991 年 4 月航空工业建立 40 周年之际,荣幸地获得航空航天部最高奖励——航空金奖。

此外,为了进一步满足新机长远发展的需要,还曾领导和参加高温合金、钛合金和一些新材料的应用基础研究,在微观结构分析,合金强化机理,金属超塑性理论等方面取得一些独创性成果。近期我担任三个“863”高技术重点项目的指导人。在 Al-Li 合金、 $Ti_3Al$  合金和  $Ni_3Al$  合金研究中均取得突破性进展,其中 Al-Li 合金制备技术和装备已获得国家科技进步奖二等奖,其他两个项目也分别得到“863”高技术专家委员会的表彰,其中  $Ti_3Al$  合金的综合性能已达到国际先进水平,并已制出零件准备进行试车检验。