

有生命的“活”结构

贾育秦 王培霞

(太原重型机械学院机电工程分院 山西 030024)

有生命的“活”结构,即智能结构系统,以生物界的方式感知结构系统内部的状态和外部的环境,并及时作出判断和响应。它们应具有神经系统,能感知结构整体形变与动态响应,局部的应力应变和受损伤的情况;它们应具有肌肉,能自动改变或调节结构的形状、位置、强度、刚度、阻尼或振动频率;它们应具有大脑,能实时地监测结构健康状态,迅速地处理突发事故,并自动调节和控制,以使整个结构系统始终处于最佳工作状态还应具有生存和康复能力,在危险发生时能自己保护自己,并继续存在下来。

因此,智能结构系统是在结构中集成传感器、控制器及执行器,赋予结构健康自诊断、环境自适应及损伤自愈等某些智能功能与生命特征,达到增强结构安全、减轻质量、降低能耗、提高性能总目标的一种仿生结构系统。

智能结构系统的构想来源于仿生,精髓是集成,即知识集成、技术集成、结构集成、系统集成。其主要特点如下:①智能材料的应用,即把具有感知与驱动属性的材料进行多功能复合及仿生设计,直接成为传感器与执行器;②结构集成,即把传感器、执行器及控制器集成在结构材料之中,因而更接近生物体结构;③高度分布的传感与执行信息,特别是仿人智能控制的发展,为将力学意义上的“死”结构,转变为具有某些智能功能与生命特征的“活”结构创造了条件;④由于上述这些特征,将有可能把目前广泛采用的离线、静态、被动的检查,转变成为在线、动态、实时健康监测与主动/半主动/复合控制,将导致工程结构安全监控与性能改善的思路产生质的飞跃,是结构设计思想的一场革命。

智能结构系统的诞生是信息学科、工程及材料学科相互渗透与融合的结果。已在一些重要工程和尖端技术领域,如航空航天飞行器、潜艇、高速列车、汽车、桥梁、水坝、河堤、建筑等结构健康监测,振动、

噪声、形状控制及损伤自愈等方面展现良好的应用前景。近年已引起世界各主要发达国家的极大重视,列为优先发展的领域和优先培育的21世纪高新技术产业之一。

智能结构系统及其相关智能材料这一科学技术创始于80年代中期,由于航空航天需求驱动了此领域的研究与发展。90年代初期,随着苏联解体、冷战结束,美国及西方工业发达国家开始把注意力转向民用,特别是智能土建工程结构、智能机械结构,包括汽车、高速列车、机器人结构的研究与发展。智能结构系统从一开始就是以需求牵引,针对典型对象开展基础研究与应用研究,其从个别到一般的特点是它与其他领域研究的重要区别之一。以航空航天器为例,国外已把未来歼击机定义为具有“智能”属性的飞机,美国等国家提出了自适应机翼、智能旋翼和结构健康监测等具有“智能化”特征的全新的材料/结构/功能一体化设计思想及概念,并针对上述需求投入大量人力、物力从事研究与开发,例如美国空军F-18战机、X-33航天飞行器、海岸警卫队破冰船上已经埋入了光纤应变传感器阵列进行结构健康监测,F-18战机自适应机翼也进行了试验。在民用方面,1998年世界100项重大科技成果中,就有2项是属于智能机械结构的成果:一项是美国兰德罗浮智能越野车,采用了一种防侧倾的稳定杆,能够自动调节刚度,以减轻车体晃动,增强安全与舒适性;另一项是ACX自行车,装置了GMR传感器和压电执行器,以减轻车辆振动。目前,世界各主要工业化国家的大学、研究院所和企业,都积极开展智能机械结构的研究与开发,在智能机械结构传感器、执行器、控制器、结构集成、智能自适应机翼与旋翼、卫星太阳能帆板主动控制、三维封闭腔内噪声主动控制等的研究中,取得了较大进展。