

[补充信息]

复合材料 T 型加筋低速边缘冲击及剩余压缩强度的数值仿真分析

陈方¹, 姚卫星^{1,2,✉}, 吴富强¹

1 南京航空航天大学, 机械结构力学及控制国家重点实验室, 南京 210016

2 南京航空航天大学, 飞行器先进设计技术国防重点学科实验室, 南京 210016

[Supplementary Information]

A Progressive Damage Simulation Method for the Low Velocity Edge-impact Damage and Residual Compression Strength of Composites T-Stiffeners

CHEN Fang¹, YAO Weixing^{1,2,✉}, WU Fuqiang¹

1 State Key Laboratory of Mechanics and Control of Mechanical Structures, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China

2 Key Laboratory of Fundamental Science for National Defense-Advanced Design Technology of Flight Vehicle, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China

实验设备

本实验中用到的冲击试验机型号为 SANS-ZCJ9162, 冲击能量采用自由落锤的方式引入, 最大冲击能量为 100 J。试验中用到的压缩试验机有两种, 预压缩试验采用 MTS-370.25 液压伺服试验机, 最大轴向载荷 250 kN。破坏压缩试验采用 WAW-500A 电液伺服试验机, 最大轴向载荷 500 kN。

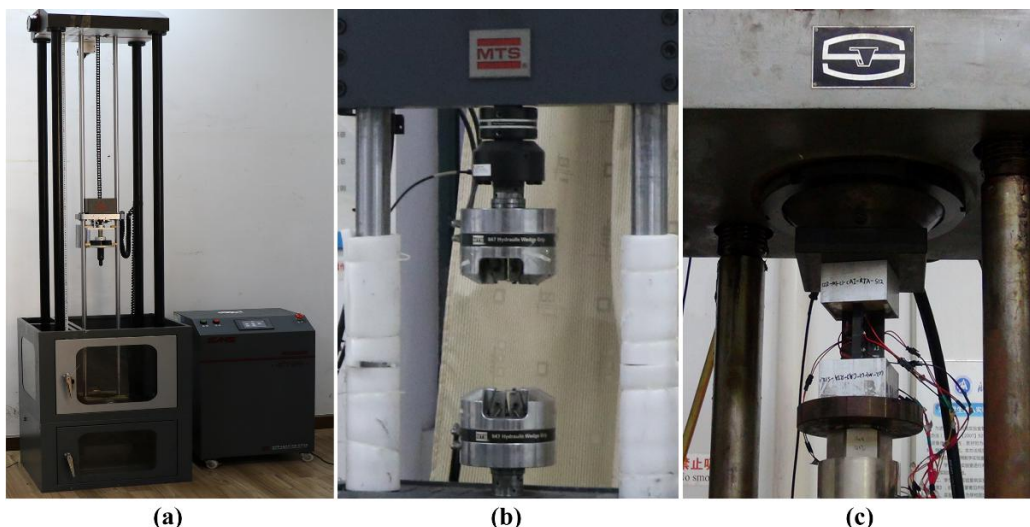


图 S1 低速冲击和轴向压缩试验的仪器设备: (a) SANS-ZCJ9162 冲击试验机; (b) MTS-370.25 液压伺服试验机; (c) WAW-500A 电液伺服试验机

Fig.S1 Experiment equipment for low-velocity impact tests and quasi-static compression tests: (a) SANS-ZCJ9162 impact test machine; (b) MTS-370.25 hydraulic-servo test system; (c) WAW-500A electro-servo test system

预冲击试验

在固定冲击能量的试验之前进行变能量的预冲击试验，得到冲击损伤（可见裂纹）与冲击能量之间的关系曲线（见图 S2）。根据该曲线，引入 8 J 的固定能量冲击以产生长度为 30 mm 的临界冲击损伤。根据联邦航空局（FAA）发布的咨询通告 AC20-107B，将临界目视可检裂纹长度确定为 30 mm。这意味着超过 30 mm 的冲击裂纹能够通过日常维护和检修工作发现，即包含冲击损伤的构件能够被及时更换以保证结构安全。因此，临界冲击裂纹即为航空结构的损伤容限，临界裂纹对应的剩余强度需要作为结构承载能力的设计指标，这样就可以保证小于 30 mm 的冲击裂纹也不会对航空结构产生致命的危害。

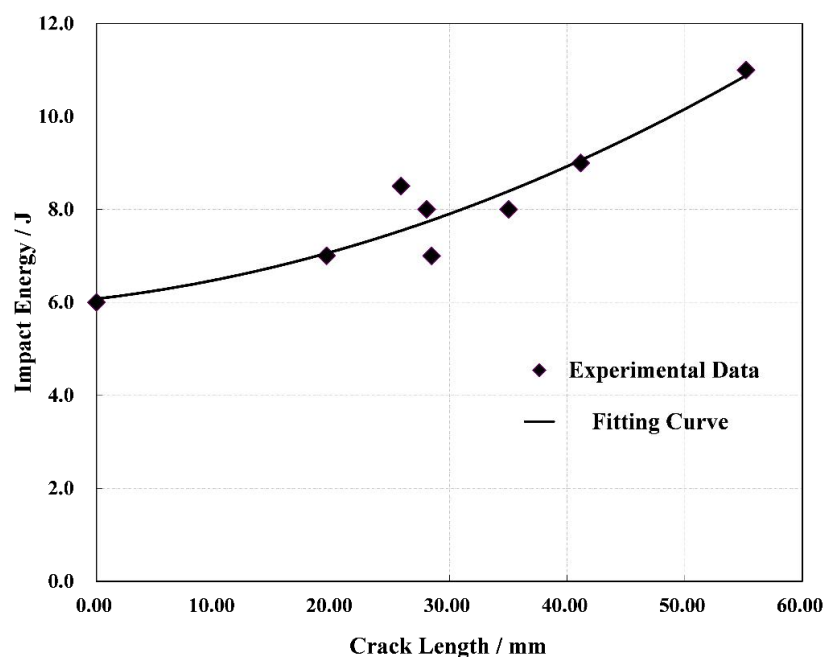


图 S2 复合材料 T 型加筋冲击能量与可见裂纹的关系曲线

Fig.S2 Impact energy-damage relationship curves of composite T-stiffeners