

飞机结构修理中去除蒙皮边缘损伤的研究

施剑玮

(上海飞机设计研究院强度设计研究部, 上海 200232)

摘要 在飞机结构修理去除蒙皮边缘疲劳裂纹时, 去除深度和半径对蒙皮的疲劳品质有很大的影响。研究了不同的去除深度和半径对蒙皮疲劳品质的影响, 得到满足允许损伤标准的疲劳裂纹去除方法。

关键词 结构修理 疲劳裂纹 允许损伤

中图分类号 V267.45; **文献标志码** A

1 蒙皮修理条件

结构修理^[1]的第一步是去除结构损伤, 然后才能判断结构损伤是否超出允许损伤的标准, 以便决定是否需要对损伤的结构采取加强修理。在腐蚀、疲劳裂纹、擦伤等结构损伤影响到飞机结构的适航性之前, 必须采用合适的方法去除。否则, 损伤会逐渐加深直到结构破坏。去除损伤的工具和技术在结构维修手册中有相应的规定。

1.1 腐蚀去除

腐蚀是飞机结构最常见的损伤形式, 在采取结构加强修理之前必须彻底去除。否则, 结构腐蚀将会继续发展。去除结构腐蚀的方法有机械打磨、喷砂以及直接切除腐蚀严重的结构区域等。

1.2 疲劳裂纹去除

如果结构疲劳裂纹的长度在结构维修手册或者其他文件允许的标准之内时, 可以采取在裂纹尖端钻止裂孔或打磨去除裂纹的方式进行修理。

在飞机结构修理去除蒙皮边缘疲劳裂纹时, 去除深度 X 和半径 R 对蒙皮的疲劳品质有很大的影响。本文仅研究去除金属蒙皮边缘裂纹时, 不同的 X 和 R 对金属蒙皮打磨圆弧处应力集中系数 K_t 的影响, 得到满足允许损伤标准的疲劳裂纹去除方法。

2 允许损伤

结构细节疲劳额定值 X_p , 它是结构细节本身固有的疲劳性能特征值, 是对一种对构件质量和耐重复载荷能力的度量, 它与使用载荷无关。结构细节疲劳额定值主要以试验和使用经验数据为依据确定。结构细节疲劳额定值 X_p 的截止值 $X_{p\mu}$ 是 X_p 的最大值, 适用于应力集中系数较小的不带连接孔的部位, 它反映了保护层脱落引起的轻微腐蚀或者制造和修理过程中正常操作可能引起的划伤和擦伤后构件的疲劳品质。它通常与应力集中系数^[2] K_t 不大于 1.5 的缺口试件的疲劳性能相当。飞机结构修理去除蒙皮边缘疲劳裂纹时, 不同的去除深度 X 和半径 R , 会引起蒙皮上打磨圆弧处不同的应力集中。满足允许损伤标准的疲劳裂纹去除方法是最大限度地保证金属蒙皮打磨圆弧处应力集中系数 K_t 不大于 1.5。

3 算例分析

飞机机身结构是由蒙皮、长桁、框构成的典型薄壳结构, 机身壁板由多块蒙皮沿机身桶的航向和周向由铆钉拼接而成。蒙皮纵向连接位置一般由上、下蒙皮, 长桁连接而成, 蒙皮周向连接位置一般由前、后蒙皮在框上或框间对接而成。本文以典型机身蒙皮纵向连接为例, 如图 1 所示, 对去除蒙皮边缘疲劳裂纹进行研究, 得到满足允许损伤标准的疲劳裂纹去除方法。

2012年3月19日收到

作者简介: 施剑玮(1979—), 男, 江苏省启东市人, 汉族。研究方向: 飞机结构抗疲劳与损伤容限设计。E-mail: shijianwei@comac.cc。

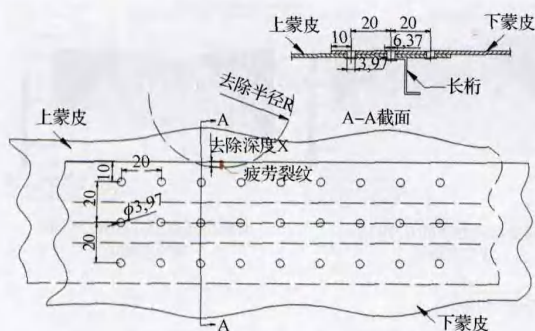


图1 典型机身蒙皮纵向连接

3.1 有限元模型

几何模型取 $200\text{ mm} \times 100\text{ mm}$ 的平板,板厚度 $t = 1.6\text{ mm}$,长边边缘一侧有一深度为 X ,曲率半径为 R 的圆弧缺口,平板为机身蒙皮材料 2524—T3。根据不同的 X 和 R 共建立 20 个有限元模型计算平板缺口的应力集中系数 K_t ,基本模型如图 2 所示。

模型短边一侧固支,一侧加载,载荷与短边垂直,平板毛面积应力为 60 MPa , K_t = 缺口根部最大应力/毛面积应力。

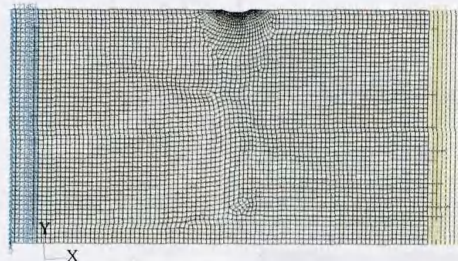
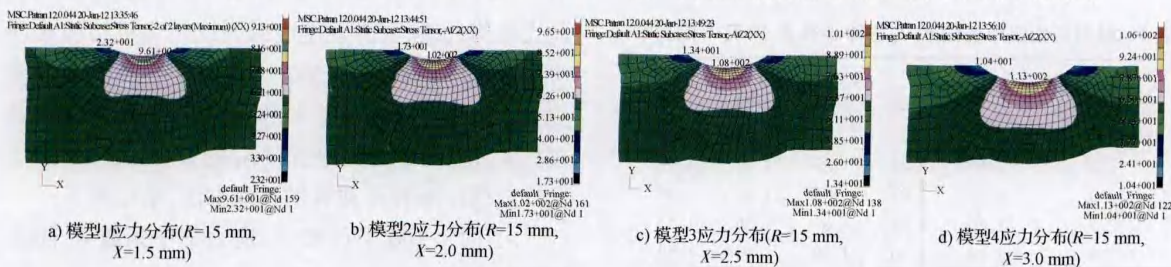
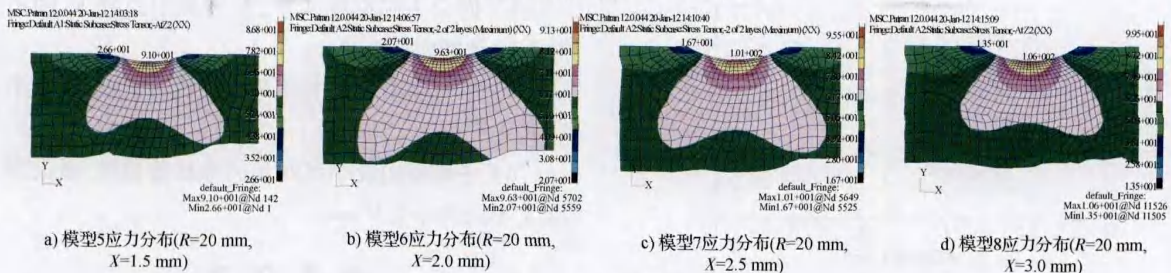
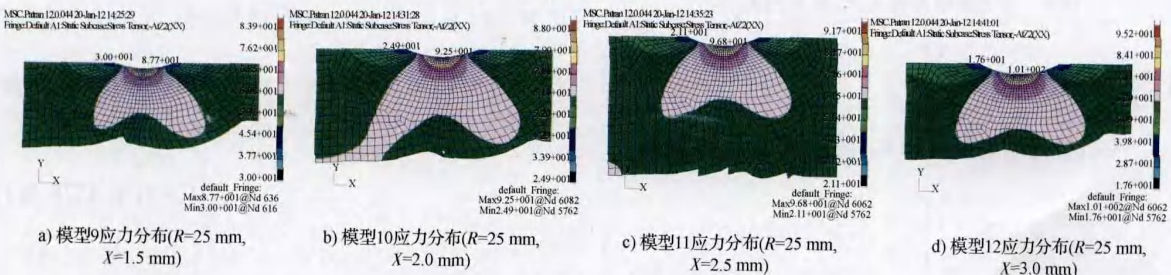
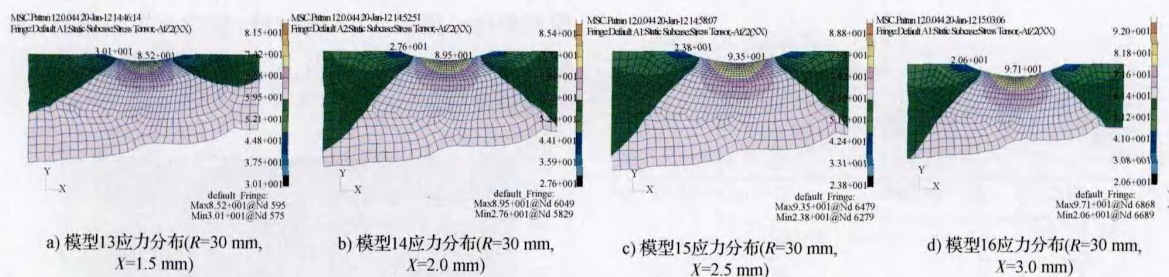
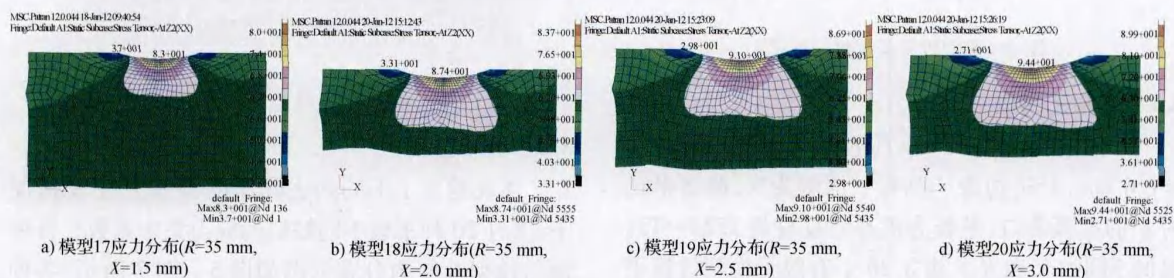


图2 有限元模型

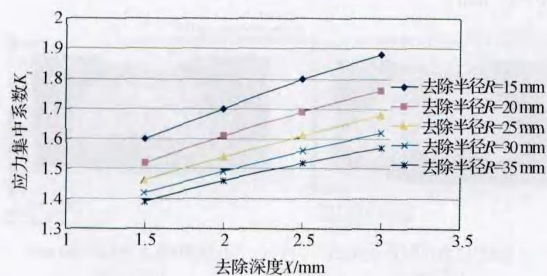
3.2 分析结果

本文给出了不同的去除深度 X 和半径 R 情况下,共计 20 种平板不同缺口的应力集中系数。各种缺口模型及应力分布云图如图 3 ~ 图 7 所示,各种缺口模型应力集中系数如表 1 和图 8 所示。

图3 应力分布($R=15\text{ mm}$)图4 应力分布($R=20\text{ mm}$)图5 应力分布($R=25\text{ mm}$)

图6 应力分布($R=30$ mm)图7 应力分布($R=35$ mm)表1 缺口应力集中系数 K_t 与去除半径 R 、深度 X 的关系

R/mm	15	20	25	30	35
X/mm					
1.5	1.60	1.52	1.46	1.42	1.39
2.0	1.70	1.61	1.54	1.49	1.46
2.5	1.80	1.69	1.61	1.56	1.52
3.0	1.88	1.76	1.68	1.62	1.57

图8 应力集中系数 K_t 与 R 、 X 的关系

4 结论

飞机机身结构是由蒙皮、长桁、框构成的典型

薄壳结构,去除金属蒙皮边缘裂纹是飞机结构修理中最普遍的一种修理方法。本文仅研究了金属蒙皮去除边缘裂纹的深度 X 和去除半径 R ,对金属蒙皮打磨圆弧处应力集中系数 K_t 的影响,并给出满足允许损伤标准的 X 和 R 的选取方法,结论如下:

a) 同一去除半径 R 下,应力集中系数 K_t 随去除深度 X 增大而增大;

b) 同一去除深度 X 下,应力集中系数 K_t 随去除半径 R 增大而减小;

c) 尽可能用较大半径 R 去除疲劳裂纹,最小半径 R 不应小于 25 mm;

d) 尽可能用较小深度 X 去除疲劳裂纹,最大深度 X 不应大于 2.0 mm。

参 考 文 献

- 黄昌龙. 波音飞机金属结构修理实用技术. 北京: 航空工业出版社, 2001
- 航空工业部科学技术委员会. 应力集中系数手册. 北京: 高等教育出版社, 1990

(下转第 4578 页)

The Development of Per Capita GDP in Shanxi Province

WANG Yan-mei, CHEN Xi-zhen, DONG Nai-ming

(College of Mathematics and Infotmation Science, Wenzhou University, Wenzhou 325035, P. R. China)

[**Abstract**] Research on per capita GDP in Shanxi province are analyzed and studied based on the datas of Shanxi province per capita GDP from 1980 to 2010 . ARMA model, ordinary least squares regression OLS and quantile regression model are used in order to reveal the change laws of per capita, which benefits relevant departments making corresponding policy of macro-control.

[**Key words**] per capita GDP ARMA least squares regression Quantile Regression

(上接第 4571 页)

Linear Quadratic Optimal Control for Aeroengine

LIU Hai-tang, LÜ Wei, YU Ming, MAO Ning

(Xi'an Computer Technique Institute of China Aess. , Xi'an 710068, P. R. China)

[**Abstract**] With the increase of the control variables, the aero-engine has been the object of a single variable to multivariable in multivariable feedback control system design method. The linear quadratic optimal control method is presented due to the infinite gain margin and greater than 60° phase margin and much attention. In Matlab to create a model of controlled object, for engine dynamic parameters within the flight envelope changes, significant uncertainties, an optimal control method based on optimization theory, design of the LQR controllers with excellent performance, reasonable control energy advantages; linear simulation and nonlinear hardware in the loop simulation are verified by this method designed controller has good performance.

[**Key words**] LQR aeroengine matlab/Simluink

(上接第 4574 页)

Research on Damage Removal at the Edge of Skin in Aircraft Structure Repair

SHI Jian-wei

(Stress Department, Shanghai Aircraft Design Research Institute, Shanghai 200232, P. R. China)

[**Abstract**] There is a great effect on fatigue performance of skin by different removal depth and radius during the fatigue crack removal in aircraft structure repair. The method accepted by the allowable damage criteria is provided with the research on the effect on fatigue performance of skin by different depth and radius.

[**Key words**] structure repair fatigue crack allowable damage