

金属材料疲劳断裂数据库管理系统

DBMS of Fatigue and Fracture for Metal Materials

北京航空材料研究所 常伟 周洪范

成都发动机公司 戴东野

Chang Wei Zhou Hongfan (Institute of Aeronautical Materials, Beijing)

Dai Dongye (Chengdu Engine Corporation)

[摘要] 金属材料的疲劳断裂性能在航空产品结构设计中是必须考虑的,它直接关系到飞机和发动机的选材和定寿。本文对已建立的金属材料疲劳断裂数据库管理系统做了介绍,它不仅对材料研究而且对结构设计都有很大帮助。

关键词: 疲劳断裂 数据库

[Abstract] DBMS (Database Management System) of fatigue and fracture for metal materials is introduced in this paper. Data process and curve fit are included in the DBMS. It's very helpful to not only materials research but also structure design.

Keywords: fatigue and fracture database

1 前言

材料及其有关性能是材料研究和结构设计中必须考虑的问题,其中材料疲劳断裂性能是人们设计飞机和发动机特别关心的,因为大量的飞机和发动机失效分析表明,构件的破坏与失效95%以上是由于疲劳断裂造成的,而现在使用的大部分材料是金属材料,因此,飞机和发动机用材选择、结构设计和寿命预测等可靠性分析都离不开结构,最终是材料的疲劳断裂性能,而这些金属材料的性能是由大量的数据表达的。我们从许多试验中得到了大量的疲劳断裂数据,现在要做的是把这些数据整理、贮存、随时调用、查询、统计和计算导出值,为材料研究中的材料对比、设计选材和定寿服务,所以需要建立金属材料疲劳断裂数据库,并设计相应的管理系统。1987年由航空材料数据中心建立的材料数据库虽然包括疲劳断裂部分,但此部分不够完善,不便单独使用,且没有数据检验功能。1991年以后,上海材料所和郑州机械所相继建成工程材料数据库和机械强度与疲劳设计数据库,由于机型和操作系统各异,适用方向不同,仍不能满足我们的需要,因此,根据设计部门和材料研究的要求,我们在微机上建立了金属材料疲劳断裂数据库,这是一个专用数据库,用于材料研究中的材料对比、飞机和发动机设计用选材和可靠性分析、强度计算等。

2 数据的来源和可靠性

2.1 数据来源

- (1) 相应的规范和手册,此为数据的主要来源。
- (2) 学术期刊和研究报告,此类数据少,有时不够完整。
- (3) 试验报告,这些数据比较新。

2.2 数据评审

请有关专家对数据进行评审,以确定数据的完整性、可信性和可用性,必要时需补做一些试验。

2.3 数据组成

- (1) 结构钢、不锈钢
- (2) 高温合金
- (3) 铝合金
- (4) 钛合金

3 数据库和数据结构的设计

3.1 数据内容

3.1.1 疲劳数据

(1) 应力疲劳:不同应力比、加载方式、加载频率、试验环境下的疲劳寿命值及S-N曲线、疲劳极限强度值。

(2) 应变疲劳:不同试验参量(取样方向、加载方式、应变控制方式、温度与环境介质)下的应变疲劳寿命及 ϵ -N曲线和循环 σ - ϵ 曲线及特征值。

(3) 疲劳裂纹扩展速率: 不同试验参量(取样方向、试样形状、温度、加载方式、载荷比和加载频率)下的 da/dN 数据及 $da/dN-\Delta K$ 曲线。

3. 1. 2 断裂数据

- (1) 线弹性断裂
- (2) 弹塑性断裂

3. 2 数据结构

根据各种数据的情况确定相应的数据结构。

3. 3 数据库

数据库下设 8 个子库:

- ① 应力疲劳 (S-N)
- ② 应变疲劳 (ϵ -N)
- ③ 疲劳裂纹扩展 (da/dN)
- ④ 断裂韧性 (K_{IC})
- ⑤ 腐蚀断裂韧性 (K_{ISCC})
- ⑥ 断裂韧度 (J_R)
- ⑦ 阻力曲线, (K_R)
- ⑧ 表面裂纹断裂韧性 (K_{Ie})

4 管理系统功能设计

- 4. 1 维护功能
- 4. 2 查询功能
- 4. 3 数据处理
- 4. 3. 1 数值检验

(1) 肖维纳判别^[1]: 用肖维纳准则判别成组数据中各数据值的可靠性, 对可疑值实行舍弃, 同时加入人工干预。

(2) 正态性检验^[1]: 检验成组数据分布的正态性。

4. 3. 2 曲线拟合及比较

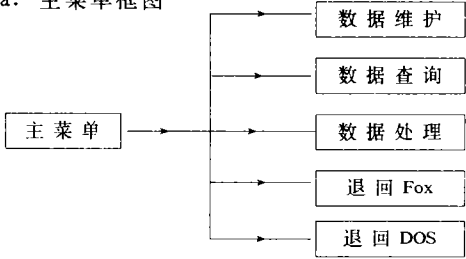
根据三参数相关系数优化法的原理^[2], 进行 P-S-N 曲线的拟合, 求出拟合曲线的各系数, 画出曲线。

- 4. 4 输出功能
- 4. 5 比较功能

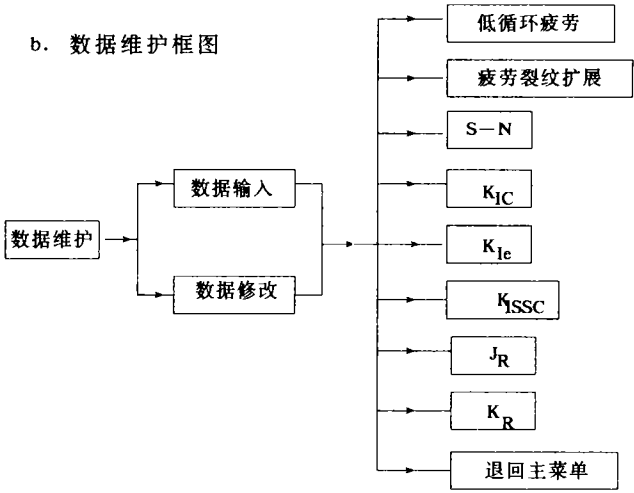
同牌号不同性能数据比较及不同牌号相同性能数据的比较。

各系统框图如下:

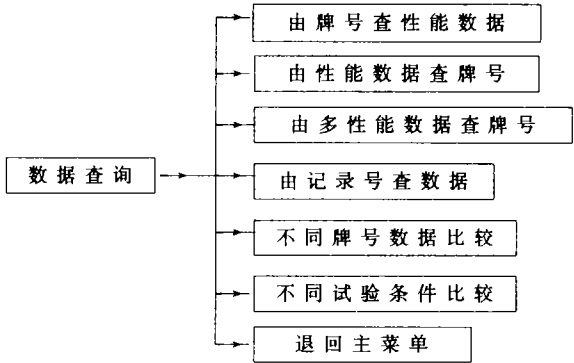
a. 主菜单框图



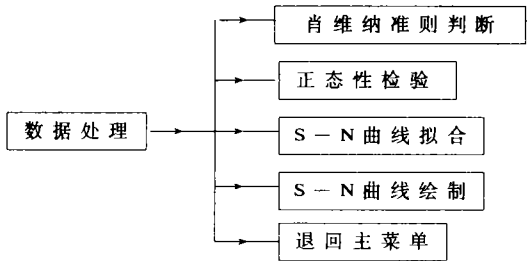
b. 数据维护框图



c. 数据查询框图



d. 数据处理框图



5 结语

实践证明, 本数据库结构合理, 数据量大且较齐全, 界面友好, 操作方便, 实用性强。

金属材料疲劳断裂性能数据的产生、处理和利用是有其自身规范的, 这有利于我们建立这种专用数据库, 以满足使用要求。同时, 在该数据库管理系统中增加了数据处理和曲线拟合功能, 提高了数据库使用的智能化程度, 代表了材料数据库管理系统的方向。今后需要在增加数据量的同时, 继续完善数据管理功能和数据处理、曲线拟合以及与可靠性分析、结构设计等方面相结合, 使之发挥更大作用。

(下转第 5 页)

分布一般是在外层高,内层低。这种结构与竹子主要受风雪等引起的弯曲载荷相对应。竹材的结构符合以最少的材料和结构发挥最大效能的原理。将竹干进行拓扑变换,提出了仿竹优化梁模型,其中纤维以中线面为对称分布。这一模型以碳纤维/环氧树脂进行了验证,结果表明复合材料的强度提高了81%^[7]。

生物体中纤维的层次结构别具特色,如竹纤维包含多层厚薄相间的层,每层中的微纤维以不同的升角分布,相邻层间升角逐渐变化,避免了几何和物理方面的突变,层间结合大为改善。据此提出仿生纤维双螺旋模型,实验表明其压缩变形要比普通纤维高3倍以上。

3.2 动物骨骼哑铃状结构特征及其仿生设计

动物长骨外形为中间细长两端粗大,并圆滑过渡到中部,避免了应力集中,有利于应力的减缓,与肌肉相互配合使肢体持重比提高,受此启发把短纤维设计成哑铃状,经理论计算,可得到端球与纤维直径的最佳比值^[2]。实验表明,这种结构的复合材料强度提高了1.4倍。

3.3 树根纤维状结构特征及其仿生设计

土壤中的树根和草根可以防止山坡水土流失,加固堤坝。人们对树和草根的结构进行了研究,提出了分形树纤维模型。理论证明,这种结构可同时提高材料的强度和韧性。

文献[2]进行了仿根状结构复合材料的研制。首先用焊锡将钢单丝按预先设计的结构焊接而得到人造纤维,将纤维以预定的分叉角固定在模中,最后将环氧树脂倒入模中。有二级分叉纤维和无分叉纤维试样。结果表明具有分叉结构的纤维拔出力和拔出能随分叉角的增加而增加,且大于无分叉纤维试样。纤维对断裂功的贡献为纤维拔出能的平均值,于是纤维的拔出能越大,纤维对复合材料断裂韧性的贡献越大。因此分形树结构的纤维可以提高复合材料的断裂韧性。

3.4 动物的毛皮状结构特征及其仿生设计

动物的毛皮结构是由毛发和表皮组成,毛发和表皮没有明显的过滤层,经冷热变化也不会产生分离,而较硬的毛发层以不会影响皮肉的灵活运动。动物的毛皮结构是保护动物机体抵抗自然界风雨侵蚀和防止辐射的功能保护层。

文献[8]利用制备束丝纤维增强铝复合材料工艺基础成功地制备了碳化硅束丝纤维和铝复合的仿动物毛皮结构体。在这一复合体中碳化硅纤维不仅在铝基体中起到增强剂的作用,而且伸出铝表面形成了一层完整的纤维毛状覆盖层。由于SiC纤维层和铝板表层无横向界面,所以不会因冷热循环造成界面分离破坏。SiC束丝

纤维有着良好的抗高温氧化能力。形成毛皮结构后,其纤维覆盖层有良好的隔热性能。

3.5 大脑皮质的褶皱与小型高密度封装器件

人脑只有1.4kg左右重,但它包含了人体内约100亿个神经细胞的90%。特别引人注目的是各个神经细胞的连接极为复杂,据称一个神经与其周围的约27万个神经原有通信联系。如此复杂的连接即便利用目前电子技术中先进的大规模集成电路也是无论如何做不到的,再一个特点是它的功耗甚少。这些特性是由大脑的结构决定。

在大脑的皮质有许多褶皱,这是一种用较少体积增加表面积的办法,从而承担大量信息的传递。大脑皮质的这种结构正好适宜于高密度封装。人们用叠层等方法增加界面面积,在三维空间进行布线,从而大大提高了封装密度。

目前,仿生材料的研究无论结构材料方面还是在功能材料方面都取得了一定的成果,但由于工程实施的复杂性,许多内容还处在摸索阶段。从材料学的角度认识天然生物材料的结构和性能,进而抽象出更多的材料模型,这方面的工作还有待进一步的深入。而仿生材料的制备方法则是摆在我们面前的一个关键性课题。

参考文献

1. Clegg W J, Kendall K. Nature, 347 (1990): 455
2. 周本濂,师昌绪. 复合材料进展 (1994): 23
3. 马祖礼. 生物与仿生. 天津科技出版社 (1984): 35
4. Saridaya M, Gunnison K E. MRS Symp Proc, 180 (1990): 109
5. 张永俐等. 材料科学与工程, 12 (1994) 4: 22
6. 杨辉,葛曼珍. 94'C-MRS 研讨会论文集 (1994): 1352
7. Li S. H., et al. J Mater Sci Technology, 10 (1994) 1: 34
8. 卓钺等. 复合材料进展, 1994: 495

(上接第12页)

参考文献

1. HB/Z112-86, 材料疲劳试验统计分析方法. 航空工业部. 1986
2. 高镇同,付惠民. 疲劳/断裂可靠性曲线. 航空工业出版社, 1983
3. 中国航空材料手册编辑委员会. 中国航空材料手册. 中国标准出版社, 1988. 9
4. 北京航空材料研究所. 航空金属材料疲劳性能手册. 1981
5. 许俊杰等. 汉字 FoxBASE+ 原理及应用. 北京科学技术出版社, 1990