

文章编号:1005—0523(2007)05—0107—04

基于 ALTA 的加速寿命试验数据分析

周新建, 万正平, 周长国

(华东交通大学 机电工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要:简单介绍了加速寿命试验,并将计算机辅助工程应用于加速寿命试验数据分析.通过定量加速寿命测试数据分析)软件 ALTA 对某新产品的三组恒定应力加速寿命试验所获得的数据做了计算机辅助仿真分析.结果表明,通过这个方法可以快速、准确得到可靠性设计中常用的参数,可以大大缩短可靠性设计时间,提高效率,具有较强的实用性.

关键词:加速寿命试验;ALAT;寿命数据分析

中图分类号:U463 **文献标识码:**A

0 前言

随着可靠性水平的不断提高,寿命评估面临着 一个长寿命高可靠试样的评估课题.如果按照传统的寿命试验技术进行评估,则往往难于在可行的时间内完成.此外,由于科学技术的高速发展,产品更新换代的速度愈来愈快,人们迫切需要在较短时间内获得产品的寿命信息.加上加速寿命试验技术研究和计算机辅助技术的深入与成熟,CAE 技术的引入将成为该领域研究工作的必然趋势.目前俄罗斯已经在导弹加速寿命试验的设计中引入了 CAE 技术,收到了较好的效果.因此,加速寿命试验的研究在可靠性试验工程领域受到了广泛重视.

1 试验数据分析理论介绍

1.1 加速寿命试验的类型

加速寿命试验采用加速应力进行试件的寿命试验,从而缩短了试验时间,提高了试验效率,降低了试验成本,其研究使高可靠长寿命产品的可靠性评定成为可能.按照试验应力的加载方式,加速寿命试验通常分为恒定应力试验、步进应力试验和序进应力试验.恒定应力试验是把全部样品分成几组,每组

样品都在某个恒定加速应力水平下进行试验,试验到规定时间(亦称截尾时间)或规定的失效数(亦称截尾数)时结束.步进应力试验是把全部样品先放在某个加速应力水平下进行试验,在得到截尾时间或截尾数时把试验应力步进增加到下一更高的应力水平下继续试验,如此进行下去,直至总截尾时间或总截尾数时结束试验.

1.2 加速寿命试验的三个假设

当产品寿命服从威布尔分布的时,恒定应力加速寿命试验应满足下面三个假设:

假设一:在正常应力水平 S_0 和加速应力水平 $S_1 < S_2 < \dots < S_k$ 下,产品寿命分布均为威布尔分布,其分布函数为:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left[\frac{t-\gamma}{\eta} \right]^{\beta-1} \left[\left[\frac{t-\gamma}{\eta} \right]^{\beta} \right] \quad (\beta > 0, \eta > 0, \gamma \leq t) \tag{1}$$

其中 β 为形状参数, η 为尺度参数, γ 为位置参数, t 为时间变量.当位置参数 $\gamma=0$ 时,将得到常用的两参数威布尔分布.

假设二:在加速应力水平 $S_1, S_2, \dots, S_k$ 下,产品的失效机理与正常应力水平 S_0 下产品的失效机理相同,因为威布尔分布的形状参数 β 的变化反映了产品失效机理的变化.反映了在加速应力水平 $S_1, S_2, \dots, S_k$ 下,产品的威布尔分布的形状参数保持不

变. 即 $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_k = \beta$

假设三: 尺度参数 η 与所加应力 S_i 有如下关系

$$\ln \eta_i = a + b\varphi(S_i) \quad i=0, 1, 2, \dots, k \tag{2}$$

式中 a, b 为待估参数, $\varphi(S_i)$ 为 S_i 的某一已知函数. 这一关系式通常称为加速寿命方程.

2 试验数据分析实例

对于一般机械产品的加速寿命试验方法, 汽车及其零部件在台架上进行的加速寿命试验可以有定载荷幅值的简单重复加载、预定程序加载或随机加载等方法.

已知一汽车零件进行台架试验所得到的疲劳成组可靠寿命. 在操作应力水平下的寿命时间超过 1 600 Hr. 故采用恒定应力加速寿命试验. 该产品的操作应力为 10 Mpa. 在三种加速应力的试验下得到的寿命数据如表 1.

采用的加速试验软件是美国 ReliaSoft 公司专为定量加速寿命测试数据分析而设计的 ALTA (Accelerated Life Test Analysis) 软件.

表 1 加速试验寿命数据

应力 Mpa	25	30	35
	398	395	330
	422	423	372
	453	451	408
	521	524	456
失效时间	552	557	492
Hr	592	599	528
	648	653	564
	693	697	612
	751	756	684
	840	840	768
	892	897	796

启动 ALAT 并建立加速寿命数据分析表单, 应力选择为机械, 使用应力为 10 Mpa. 开始输入数据, 表单如图 1 所示.

模型为阿列纽斯 (Arrhenius) 加速模型. 产品的寿命分布函数服从威布尔二参数分布. 计算参数后结果如图 2 所示.

由图可知, 形状参数 $\beta=4.139\ 7$ $B=8.811\ 6$ $C=483.804\ 7$ 根据 Arrhenius 模型的可靠度公式:

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{C e^{B/V}} \right)^\beta \right] \tag{3}$$



图 1 加速试验寿命数据表



图 2 参数计算

其中 β 为形状参数, B, C 为加速模型的参数, V 为操作应力值. $V=10$ Mpa. 则可以得到在任意时刻产品的可靠度. 代入公式(3)得:

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{500}{483.8047 \times e^{\frac{8.8116}{10}}} \right)^{4.1397} \right] = 0.970\ 6$$

此结果也可直接通过 ALAT 所提供的快速计算器得到. 如图 3 所示. 除此之外, 还可以通过该功能得到如平均寿命、返修时间和 BX 信息. 在 ALTA 的结果面板和灵活的通用电子表格中, 可快速、轻松而准确获取最常见可靠性问题的精确结果, 在参数得到之后, 根据产品的寿命分布符合威布尔分布. 通过美国 ReliaSoft 公司的威布尔分析软件 Weibull++7 进行验证. 先计算该零件另外一个参数 Eta 值. 如图 4. 并绘制该零件在正常应力下的威布尔分布概率图. 如图 5 所示. 得出的图形和 ALTA 得出的比较. 结果一致.

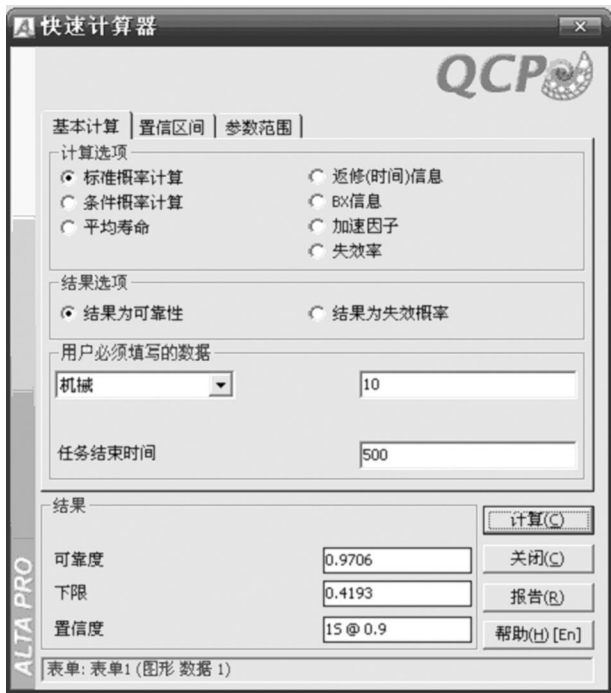


图 3 快速计算器



图 4 威布尔参数 Eta 的计算

一旦 ALAT 软件把选择的分布拟合到数据, 它可以以各种图标的形式显示结果, 单击绘图按钮, 可创建概率、可靠度—时间, 不可靠度—时间、PDF、失效率—时间、寿命—应力、标准偏差—应力及残差曲线图. 还可在同一曲线图中, 同时为多个数据集的结果绘制曲线图, 从而轻松的对分析进行比较. 利用“并排曲线图”实用程序, 可并排查看给定数据集的多个曲线图. 可选择的图形类型如图 5.

3 结束语

加速寿命试验技术是可靠性数学与可靠性工程领域目前的一个研究热点, 对于长寿命高可靠产品的寿命评估具有重要的应用价值. 另外加速寿命试

验与计算机辅助工程(CAE)是该领域研究工作的必然趋势, 即 ALT—CAE 技术.

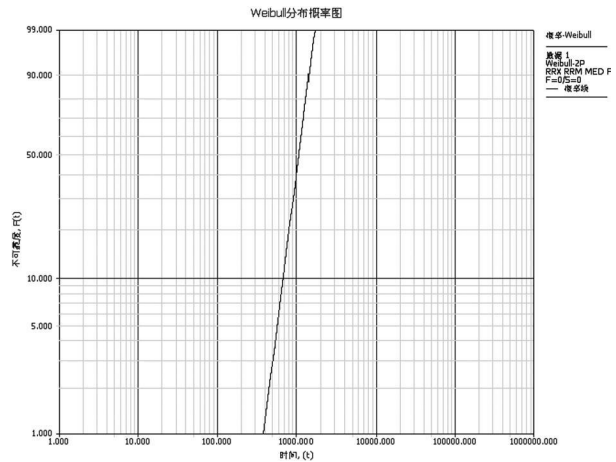


图 5 威布尔分布概率图

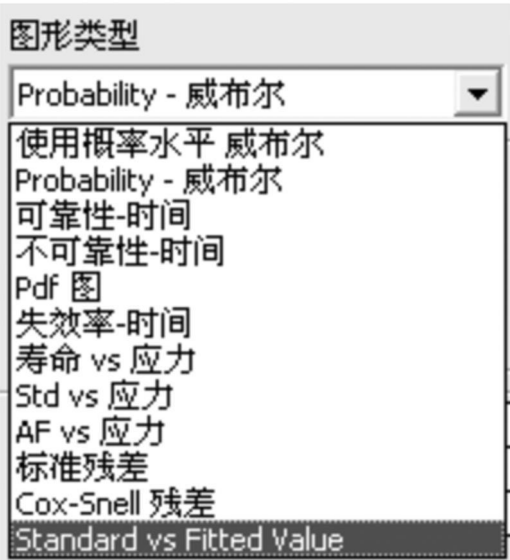


图 6 供选择的图形类型

本文中应用加速寿命试验的计算机辅助设计与分析软件 ALAT 分析了产品的恒定应力加速试验数据. 快速、准确地得到了可靠性设计中所需要地参数值和图形. 另外可以通过设置可靠性设计的参数来对加速寿命研究试验进行设. 它具备了加速寿命试验的辅助分析与辅助设计两大基本功能.

参考文献:

[1] 王炳兴. Weibull 分布基于恒加寿命试验数据的统计分析[J]. 应用数理统计, 2002, 18(4): 414—418.
[2] 刘惟信. 机械可靠性设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 1996.
[3] 张春华, 温熙森, 陈 循. 加速寿命试验技术综述[J]. 兵工学报, 2004, 25(4): 485—488.
[4] 陈循, 陶俊勇, 张春华. 可靠性强化试验(下转第 116 页)

Development and Realization of CAD System of Simple Supported Axis about Stress Designing and Auto-modifying

ZHOU Hui-lan, ZHOU Xin-jian

(School of Mechanical And Electrical Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: In this paper, the CAD system of simple supported axis is applied in intensity calculating and auto-modifying by means of the technology of Pro/Toolkit. In this CAD system, the geometry information and load information of the axis is input from the interface of VC++. Then the drawing of Interior load and stress of axis, and the stress designing of axis can be realized. Finally, the dimension of the dangerous section of axis can be auto-modified.

Key words: Pro/Toolkit, CAD, axis, the designing of stress, auto-modified

(上接第 109 页)与加速寿命试验技术综述[J]. 国防科技大学学报, 2002, 24(4): 29—32.

[5] 周源泉, 朱新伟. 论加速可靠性增长试验(I)新方向的提出[J]. 推进技术, 2000, 21(6): 6—9.

[6] 陈文华, 程耀东. 威布尔分布下恒定应力加速寿命试验方案的优化设计[J]. 浙江大学学报工学版, 1997, 33(4): 337—341.

Accelerated Life Tested Data Analysis Based on ALTA

ZHOU Xin-jian WAN Zheng-ping Zhou Zhang-guo

(Mechanical and Electronical Engineering School, East China of JiaoTong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: The paper introduces the accelerated life tested data analysis briefly. Moreover, CAE(Computer Aided Engineering) is applied to the analysis. A accelerated test is conducted for a new product with three stresses level based on ALTA. Results and plots show parameters needed in reliability designs can be calculated rapidly and accurately through this method. The period of calculations is greatly shorten and the efficiency of reliability design is raised. Moreover, this method is practical and can be easily used.

Key words: accelerated life test; accelerated life tested analysis(ALTA); life data analysis