

雨流计数法及其在程序中的具体实现

董乐义, 罗俊, 程礼

(西安空军工程大学工程学院, 陕西 西安 710038)

摘要: 根据雨流计数法的规则和在应用中应用的体会, 介绍了雨流计数法在程序中实现的具体方法。它适合用各种语言编写, 在计取循环数时采用的“四点法”使程序的实现比用其他方法更加准确可靠, 简单明了。

关键词: 计数法; 程序; 循环

中图分类号: TP311.1; TP301.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-6061(2004)03-0038-03

Rain Flow Count Method and Its Realization in Programming

DONG Le-yi, LUO Jun, CHENG Li

(Airforce and Engine Department of Engineering College of Airforce Engineering University, Xi'an 710038, China)

Abstract: According to the rules of the rain-flow count method and the experiences in practice, this article introduces the method to realize the rain-flow count in the programming. It can be compiled in various computer languages. And the “Four-points method” used in counting the loop number can make the realization of program more reliable, simple and clear than other methods.

Key words: count method; program; loop

1 雨流计数法简介

雨流计数法又可分为“塔顶法”, 是由英国的 Mat-suiski 和 Endo 两位工程师提出的, 距今已有 50 多年。雨流计数法主要用于工程界, 特别在疲劳寿命计算中运用非常广泛。由来请参看图 1, 把应变-时间历程数据记录转过 90°, 时间坐标轴竖直向下, 数据记录犹如一系列屋面, 雨水顺着屋面往下流, 故称为雨流计数法。在 50 年前人们主要以手工计算为主, 但手工计算只能处理一些相对比较简单(指数据量不大)的数据, 对于数据较多的问题手工处理起来就不太容易了。随着电子计算机的不断发展, 运算速度的不断加快使这些烦琐的计算大大简化。

这种方法的突出特点是根据所研究对象的应变-时间之间的非线性关系来进行计数, 亦即把样本记录用雨流计数法定出一系列循环。

雨流计数法有下列规则:

1) 雨流在试验记录的起点和依此在每一个峰值的

内边开始, 亦即从 1, 2, 3, ... 等尖点开始。

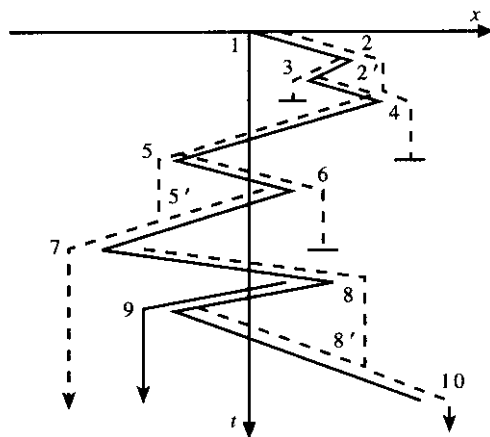


图 1 雨流计数法

2) 雨流在流到峰值处(即屋檐)竖直下滴, 一直流到对面有一个比开始时最大值(或最小值)更正的最大值(或更负的最小值)为止。

3) 当雨流遇到来自上面屋顶流下的雨时, 就停止流动, 并构成了一个循环。

4) 根据雨滴流动的起点和终点, 画出各个循环, 将所有循环逐一取出来, 并记录其峰谷值。

5) 每一雨流的水平长度可以作为该循环的幅值。

收稿日期: 2003-10-28

作者简介: 董乐义(1974-), 在读研究生, 专业方向为航空发动机可靠性与使用寿命研究。

雨流计数法的主要功能是把经过峰谷值检测和无效幅值去除后的实测载荷历程数据以离散载荷循环的形式表示出来。在我们把每一步交给计算机完成时都需要编写程序,本文将就每一步在程序中具体的实现思想做一讨论。

2 在程序中的具体实现

雨流计数法在程序中的实现方法将分为数据压缩和循环数提取两个步骤完成。

2.1 数据压缩

数据压缩就是把原始的实验数据处理成便于计取循环数的数组,它包括峰谷值检测和无效幅值去除。

1)峰谷值检测是数据压缩的基本内容之一,就是把数据中的峰谷值提取出来作为下一步数据处理的数组。在这一过程中,为避免在峰谷值提取时产生影响应先将相邻的等值数压缩(即把相同数值的保留一个),然后再提取峰谷值。设待处理数组为 $E(n)$,所得数组为 $F(n)$, i 和 j 分别为两个数组元素的编号(以下的流程图中不再声明)。在相邻等值数压缩中(如图 2),菱形框的判断条件是前后两个元素是否不相等,若为真值留下这个数,否则将继续下一个数的判断,直到最后一个数为止。这样当遇到相等数时,取下的是其中的第一个数值。在峰谷值检测时(如图 3),判断条件是相邻数字的差的乘积是否大于零(即是否同号),若为真值时就说明 $E(i)$ 同时大于(或小于)两边的数字,则 $E(i)$ 就是峰(或谷)值;否则继续。

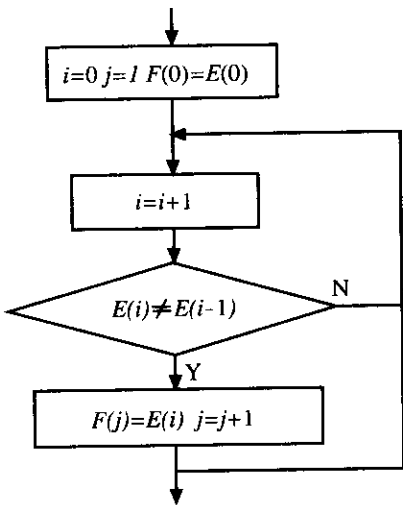


图 2 压缩等值点

2)无效幅值去除就是将幅值很小的点去除。因为在很多疲劳寿命计算中这些幅值很小的循环可以忽略不计。无效幅值去除的物理模型很多,可以根据所处理数据的性质和所研究对象的循环波形特点来选取。这

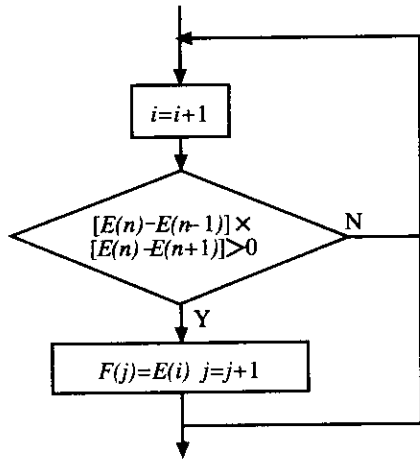


图 3 检测峰谷值

里取用变程阈值公式:

变程阈值=(最大值-最小值)×Δ%

变程阈值就是压缩掉可忽略小循环的过滤器,最大值是数组中的最大(或小)值,Δ是变程阈值的精度,靠经验给定,可根据不同数组性质和处理精度确定。

去除无效幅值,在程序实现时只需加入一个判断条件即可。经过本人的反复验证,认为将其加在判断完循环之后(即一次雨流计数中)最为合适。

2.2 循环数提取

通常情况下分一次雨流计数、对接和二次雨流计数三个步骤完成,对于不同的波形要根据实际情况来定,比如:高均值偏态波形只需一次雨流计数就可完成。

1)一次雨流计数是从压缩处理过的数据中提取循环,并记录其特性值,如峰值、谷值、幅值等。我这里使用的方法,是按雨流计数法规则加上个人的理解总结的一点规律——称之为“四点法”,而且在程序中实现起来也比较容易。如图 4 所示,在数组中能提取出循环的形式也不过这两种,若满足 a 大于等于 b 并且 b 小于 c 时就可以认为提取一个循环(图中构成三角形的部分),同时去除 $E[i]$ 和 $E[i-1]$ 两点,否则记录下 $E[i]$ 这一点。这样对这个数组反复判断就可以取出所有的循环和记录所剩的各点。这种判断适用于四个点组成的各种情形,确保了循环提取的正确性,使程序的可靠性大大增加。具体的实现方法参见图 5 提取循环的流程图。流程图中,开始的 $c=0$ 和下边的 $c=b$ 是对程序一点优化,“四点法”其实只用了三个点,这样就上一次计算过的 $|E(i-1)-E(i)|$ 作为本次的 $|E(i-1)-E(i-2)|$; s_1 一个是否有循环的标志,可在图 5 的后边加上一个 s_1 是否等于零的判断,若等于零则说明一

次雨流计数的循环全部提出,否则继续执行图 5 的全过程; s 是记录雨流计数提取循环的总个数。

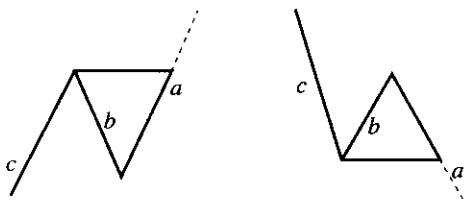


图 4 循环的判断

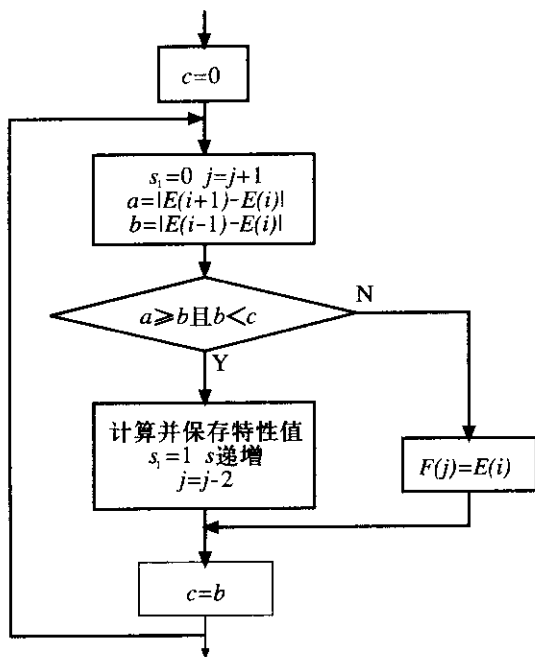


图 5 提取循环流程图

2) 对接(又称波形封闭处理)是最终完成循环计数的必要手段,主要内容是对波形的首尾点进行取舍的简化处理。

一次雨流计数剩下的点构成的波形是一标准的发散-收敛型,这时按雨流计数法则无法再形成整循环,只能将其在最大(或最小)点处截开再进行首尾对接,对接时首尾点不一定能够正好封闭,我们就按不同的波形来完成。一种对于高均值偏态波,可根据研究对象的特征给数组加上首尾值,比如研究根据航空发动机转速编制的载荷谱时,可在首尾加一个零点;另一种对于标准发散-收敛波形首尾的四个峰谷值,取其中的最大和最小值,剩下两点去除,这样产生的误差与实际相差很小。在程序中实现时,只需在此处加一选择,是加一零点还是取最值,接下来就是重新整理数组了。对接在程序里实现起来就是将数组从截开的地方分成两部分,将两部分前后对调即可。

3) 二次雨流计数是将完成对接的波形继续提取循环直到剩下三个点(即是数组中最值构成的整循环)为止。程序中实现也很简单,只需将对接完成的数组放入一次雨流计数中就行了。

3 结论

1) 根据以上方法编制的程序简单明了,而且也确保了程序的可靠性。

2) 可用各种语言来编程,实现起来都很简单。在具体的应用中根据需要取用各个步骤。

参考文献

- [1]程礼,陈卫. 航空发动机状态监控与故障诊断[D]. 西安:空军工程大学工程学院,2002.
- [2]冯明琴,孟金全,孙政顺. 结构材料疲劳谱载在线测试[J]. 清华大学学报,1999,(11).
- [3]马建红,沈西挺. VC++ 程序设计与软件技术基础[M]. 北京:中国水利水电出版社,2002.

第四届中国国际国防电子展览会胜利闭幕

“第四届中国国际国防电子展览会(CIDEX2004)”于2004年5月25~28日在北京展览馆成功举办。该展会是我国唯一得到解放军总装备部、国防科工委、信息产业部、中国电子信息产业集团公司批准和支持的国防电子产品的专业展览会。本届展览参展单位达260多家,展品包括:高可靠电子元器件及组件、通讯系统及产品、雷达系统、计算机信息系统、GPS、指挥与控制系统、航空电子及空中交通管制系统、多媒体显示设备、遥测系统、电子战设备、电子支援/情报/侦察系统、激光及光电子产品、电源设备、相关仪器及测试设备。

一些科技媒体或媒体代理公司也积极地参与了本次展会活动,如多家媒体代理商北京高博特广告公司展出了所代理的十余种期刊。

本届国防电子展为国内外优秀企业、公司提供了一个展示自己、接触用户、推销自己,打造自己的品牌知名度、展示形象、寻求合作与交流的黄金机会。较全面地反映我国军事电子工业的水平,展示了国际国防电子工业的最新趋势和我国在这方面发展成就。该展为促进国际国防电子技术的交流与合作,进一步展示我国国防电子的发展水平,提供了一个良好的机会。