

高温电测热输出的跟踪 与数据自动处理的研究

卢文发 李春兰

[提要]本文是利用带有微处理器的“UCAM”通用数字测量仪进行热输出跟踪与数据自动处理的研究一例。利用热电偶作为热输出的跟踪元件,将温度检测讯号和应变检测讯号同时输入存储器,测量结束,立即调出自动运算。按牛顿插值多项式编制计算程序进行插值运算,程序简单,输入数据少,在高温构件应力实测中获得足够高的精度。

主题词 高温 应变测量 数据处理

主要符号

ϵ —真实应变

$\epsilon_{a,p}$ —指示应变

$F(t)$ —应变计 t 温度时热输出值

K_0 —室温时应变计灵敏系数

K_t — t 温度时应变计灵敏系数

一、问题的提出

随着我国航空、舰船、动力机械、石油化工及能源等工业部门的发展,高温条件下的应力测量技术也日益普及。为了确保高温机械在运行条件下的可靠和使用安全,除了要求测量材料在高温下的力学性能之外,还要求对实际构件进行应力实测和分析。众所周知,在高温电测中,由任何应变测量仪所获得的指示应变,除了真实应变(外载荷或非均匀温度场)以外,还同时含有热输出。为了获取真实应变,必须按下式再进行数据处理:

$$\epsilon = \{ \epsilon_{a,p} - F(t) \} K_0 / K_t$$

因此,实测前用实验方法精确求出应变计的热输出,实测时准确测量测点的温度。实测完毕进行数据处理时,按实测温度值对照已知的热输出曲线,查出相应的热输出值,连同指示应变值代入上式,即可计算出真实应变值。该过程不言而喻:

1. 每一测点都需要查曲线, 再逐点进行计算, 容易产生人为误差;
2. 数据处理周期长, 计算工作量大, 实测完毕并不能马上获得所需要的结果。

为加速获得试验成果和减轻测试人员的繁重劳动, 实现测试数据的自动采集和处理, 无疑会起很大作用。本文介绍实现热输出跟踪和数据自动修正的一种方法。

二、牛 頓 插 值 多 項 式 及 差 分 表

变量按等距节点给出时, 插值多项式可以变得很简单。基于基本插值多项式在等距节点上的变形就是人们所熟知的牛顿插值多项式:

$$f(x) = N_i(x) + R_n(x)$$

$$N_i(x) = y_0 + t\Delta y_0 + \binom{t}{2} \Delta^2 y_0 + \binom{t}{3} \Delta^3 y_0 + \dots + \binom{t}{n} \Delta^n y_0$$

式中 $\binom{t}{n}$ 为二项系数。

余项

$$R_n(x) = \binom{t}{n+1} h^{n+1} f^{(n+1)}(\xi) \quad (x_0 < \xi < x_n)$$

当牛顿插值运算用到差分形式时, 为了方便计算, 可列成差分表:

表 1 差 分 表

x_i	y_i	Δy_i	$\Delta^2 y_i$	$\Delta^3 y_i$	$\Delta^4 y_i$
x_0	y_0				
x_1	y_1	Δy_0			
x_2	y_2	Δy_1	$\Delta^2 y_0$		
x_3	y_3	Δy_2	$\Delta^2 y_1$	$\Delta^3 y_0$	
x_4	y_4	Δy_3	$\Delta^2 y_2$	$\Delta^3 y_1$	$\Delta^4 y_0$

插值点

$$x = x_0 + th, \quad t = \frac{x - x_0}{h}$$

式中

$$x_0, x_1 = x_0 + th, \dots, x_n = x_0 + nh$$

h 为步长。

应该指出, 一阶差分是由各节点函数值计算出来的, 而高阶差分又是由低阶差分计算出来的。因此, 当 y_i 有个误差时, 在差分表中误差会随着差分的阶数的增高不仅扩散而且还要增大, 这就影响到高阶差分的准确性。所以, 在实际应用中用到四阶差分即可, 不宜用更高的差分。

三、热输出的跟踪与数据自动处理

“UCAM”通用数字测量仪内部装有微处理器，是应变测量或利用应变式传感器测量其它各物理量的一种专用自动检测系统。它不仅以数字显示和打印输出，而且有存储和利用程序自动运算的功能。

众所周知，对一定材料而言，热输出是温度的函数。所以，实测时，除安装应变计外，还安装热电偶，并以此作为热输出跟踪元件。这样，将检测的应变计讯号和热电偶讯号同时输送给微机存储器。然后利用给定的程序自动调出，根据温度讯号的大小按已知热输出曲线自动插值运算。运算结果再被指示应变减去即得真实应变值。全部过程由一简单程序来实现（程序略）。现以图1的热输出曲线为例说明过程和跟踪处理的结果。

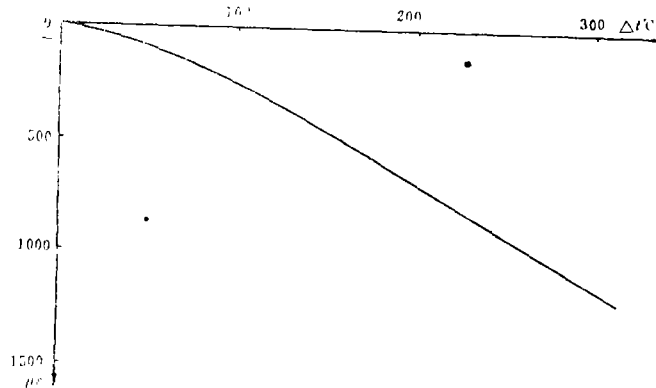


图1 某试件热输出曲线

按图1的实际热输出曲线取步长 h 为80，列出差分表见表2。按图2所示的程序框图编制程序，用二次热输出试验的方法即可得到验证。第一次热输出试验获得图1所示的热输出曲线。第二次热输出试验模拟实测试验，因无应力，故指示应变就应是热输出。

表2 差分表

x_i	y_i	Δy_i	$\Delta^2 y_i$	$\Delta^3 y_i$	$\Delta^4 y_i$
0	0				
80	-177	-177			
160	-503	-326	-149		
240	-882	-379	-53	96	
320	-1254	-372	7	60	-36

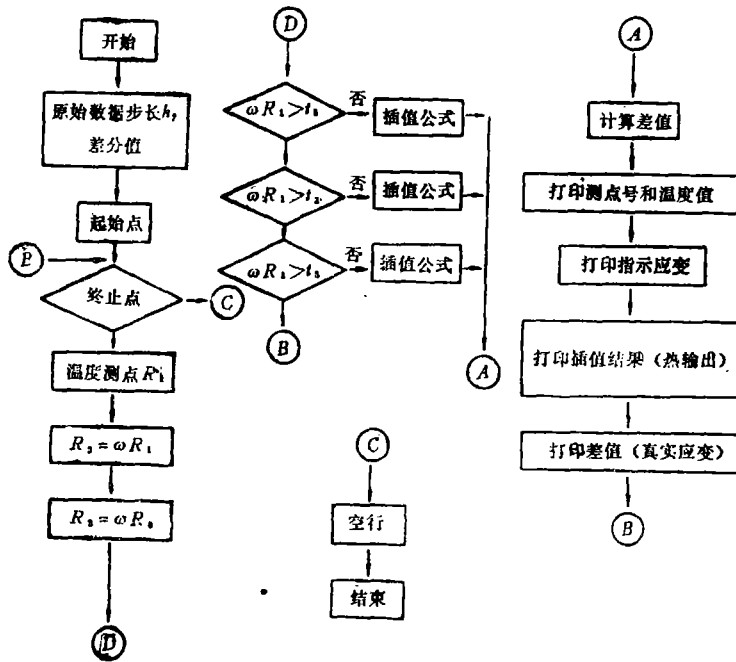


图2 程序框图

其数据自动处理后的真实应变值应为零。运行结果见表3。可见，最大差值仅 $11\mu\epsilon$ 左右，这还包含了热输出两次不重复误差在内。

表3 跟踪与处理结果

温度 Δt °C	0.2	13.9	34.2	52.8	84.7	102.3	118.8	149.5
指示应变 $\mu\epsilon$	0	-15	-56	-105	-202	-268	-333	-460
跟踪热输出 $\mu\epsilon$	0.2	-14.8	-49.8	-94.2	-193.1	-257.7	-323.3	-455.5
真实应变 $\mu\epsilon$	-0.2	-0.2	-6.2	-10.8	-8.9	-10.3	-9.7	-4.5
温度 Δt °C	181.6	200.6	224.2	248.8	269.9	295.8	314.2	
指示应变 $\mu\epsilon$	-605	-696	-807	-927	-1029	-1154	-1239	
跟踪热输出 $\mu\epsilon$	-603.3	-693.3	-806.3	-924.0	-1023.0	-1144.3	-1228.0	
真实应变 $\mu\epsilon$	-1.7	-2.7	-0.7	-3	-6	-9.7	-11.0	

四 结 束 语

热输出跟踪与数据自动处理的应用，不仅减轻测试人员的繁重劳动，而且还大大加快试验成果的获得，试验结束立即可以获得所需要的结果。研究表明，对一般热输出曲线可用一段，对较复杂热输出曲线可分成二段或三段，用牛顿插值多项式按实测温度自动插值运算，程序简单，输入数据少，可以获得较高的精度。该方法可直接应用于高温零部件的应力测量，满足科研和生产的需要。

参 考 文 献

- [1] UCAM—8BL 仪器使用说明书
[2] 《数学手册》 人民教育出版社 1977年

(孙显辉 编辑)

A STUDY ON THE TRACKING OF ELECTRICALLY MEASURED TEMPERATURE HEAT OUTPUT AND AUTOMATIC DATA PROCESSING

Lu Wenfa, Li Chunlan

Abstract

Discussed in this paper is a study on the tracking of heat output and automatic data processing by use of "UCAM" universal digital measuring device equipped with a microcomputer. By utilizing thermocouples as heat output tracking elements temperature monitoring signals and strain monitoring signals are simultaneously fed into a storage device and called out for automatic operation directly after completing a measurement process. An interpolation operation is carried out by using computer programs formulated according to Newton's interpolation polynomial. With a simple program and few input data a sufficiently high precision can be attained during the measurement of stresses in high temperature parts.

Key words: high temperature, strain measurements, data processing

【 消 息 】

☆ 哈尔滨锅炉厂、东方锅炉厂通过 ASME 钢印联检。9 月底到 10 月初，由美国国家锅炉与压力容器检验师总部(NB) 及美国哈特福特蒸汽锅炉检验和保险公司所组成的联合检查组对两厂进行了申请 ASME 钢印的检查。同意向 ASME 推荐发给 S₁、U 及 U₂ 三枚钢印及制造许可证。预计 1987 年底将收到 ASME 寄来的许可证。