

斜拉桥塔架位移 激光监测微机处理系统的研究

黄念祖 周力尤 周虹 周治平

(广州自来水公司科研室)

本文介绍了作者在广州海印大桥(双塔单索面斜拉桥)塔架高位位移及桥面水平挠度监测中提出的激光二维连续监测微机处理的新方法,以及为实现该监测方法而开发的高耸构筑物位移二维激光监测系统。

一、问题的提出

随着高耸构筑物(如高层楼房、斜拉桥塔架、烟囱、水塔等)不断增多,出于安全性以及为建筑结构和地基基础的科研提供数据的需要,对建筑物的变形监测越来越引起人们的重视。变形监测是指监视在各种应力的作用下建筑物的位移、沉降、挠度等,检验设计理论和施工质量。这种监测往往要求长时间、连续和动态地进行,且应有较高的精度。显然,使用传统的测量仪器,靠肉眼观测读数很难适应上述要求。

为了监测广州海印大桥(双塔单索面斜拉桥、塔高57米)塔架的位移情况,我们开展了“高层建筑位移激光监测计算机处理系统”(以下简称“系统”)的研制。经过一年多的努力,获得成功。在海印大桥6种工况的荷载试验中运行,均取得了良好的效果,测试数据证实了塔架的位移在理论计算的范围之内。为大桥的验收工作提供了一种高效率、高精度的方法。

二、方案的确定

在位移测量领域中应用激光等新技术,国内外已有不少成果。例如:苏联某核电站使用激光测定结构竖直变形(He—Ne激光

束。用电视监视器监视。)[1]我国广州白云宾馆和深圳国际大厦的风振监测使用了JGY—1型激光位移计(He—Ne激光束,滚筒式硅光电池接收电路)[2];日本京王广场旅馆使用日本电气股份有限公司的激光位移计,记录强风时房屋顶部的位移等,从不同的侧面采用了新技术,具有各自的特点。

然而,由于海印大桥塔架监测的工作特点(连续、长时间、大幅度、高精度、二维),现有仪器难以完全满足要求。因此,我们在研究了现有的各种方法的基础上,提出了本系统的方案:以He—Ne激光器发射的激光束作为测量基准,采用扫描型接收传感器——工业电视摄像机(带监视器),配以电子计算机提取测量信息,对参数自动进行分析、处理,按设定随时打印出结果。

三、系统组成

本系统由下列部分组成,其方框示意图如图1。

(1)激光束发射器。包括腔长250 mm、功率5 mW的He—Ne激光器,发射望远镜及具有若干运动自由度的工作台(三维可调)。

(2)激光束接收转换器。由工业电视

收稿日期:1989年2月20日

摄像机及监视器、光束投射靶面 ($\phi 200\text{mm}$ 组成。

(3) 时标发生及计数电路。由高频晶体振荡电路及两个二进制计数器 (x 计数器 y 计数器) 组成。具有硬件起动及停止计数的功能, 保证足够高的精度。

(4) 视频信号检测电路。检测场同步信号、行同步信号及激光光斑检出信号。

(5) 计算机系统。硬件系统: 主机为扩充的 TP-801B 计算机, Z80A CPU, RAM8k, ROM8k, 并行接口 PIO 4 片共 64 线 (扩充 3 片), 另扩充了 8 位 LED 显示器及音响报警电路; 带微型打印机软件系统: 程序共有初始化、自检、检测控制、数据处理、显示打印、延时、报警及主模块、中断处理八个模块。采用 Z80 汇编语言和 PL/M80 高级语言。目标代码共 4 k^[3]。

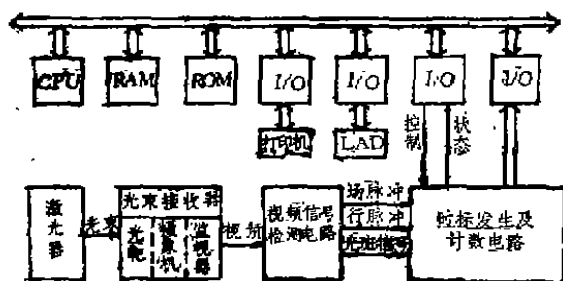


图1 系统组成框图

四、工作原理

图 2 为系统安装示意图。激光发射器固定在塔架基础底部上, 发射一铅直光束作为参考基准, 接收器安装在塔顶。当塔架发生位移时光斑在其靶面上的位置将发生变化。摄像机传回靶面的视频信号即为塔架的二维位移信息。此外, 为监测大桥的桥面的挠度水平方向也设置同样的一套激光发射、接收器, 由中断信号启动计算机, 使铅直、水平监测交替工作。其交替间隔由监测者自选设定, 可随时更改。

系统的测量精度首先取决于摄像器的分辨率, 然后就是成像在光靶上的光斑强度的

分布及其稳定性。现选用摄像装置的分辨度为 0.25mm, 为保证达到此测量精度, 激光模式选用 TEM₀₀, 波长 λ 为 6328 埃, 高斯光束输出, 标称发散角 θ 为 10mrad。垂直光轴的平面上振幅和光强分布亦为高斯型, 一般取其振幅等于最大振幅的 1/e 处为该波阵面的光斑边缘。光束腰处的光斑半径 $w_0 = 2\lambda/\theta\pi$ 。发射望远镜的物镜设于束腰处, He-Ne 激光经望远系统后变为扩束的平行光束, 为减少衍射光, 在两物镜的焦面上设置光阑, 用于挡住一级以上的衍射光, 而只让零级光通过, 使接收靶面上的光斑有较高的质量。光束输出功率稳定于 4.5~5mW, 稳定地高于摄像器的响应阈值。系统启动后摄像机的视频电路对靶面进行逐行扫描。光斑的位置 S 与扫描发现光斑所需的时间 t 有确定的函数关系 $S = f(t)$ 。系统设置 x、y 计数器, 分别对行同步脉冲及时标脉冲源进行计数。直至检出光斑信号并通知计算机读取计数值。光斑位置的二维信息为:

$$x = k_1 cx + b_1$$

$$y = k_2 cy + b_2$$

其中: x 为光斑的横坐标, y 为光斑的纵坐标; k_1 、 k_2 为比例常数; 与 x 、 y 的示值精度、摄像机镜头到靶面的距离及视场角等因素有关; b_1 、 b_2 为调整项。

软件主模块框图如图 3 所示。

系统的性能指标如下:

位移测量范围: $\phi 180\text{mm}$ 。

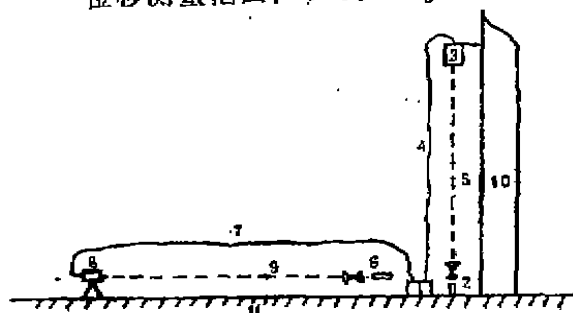


图2 安装示意图

- 1, 监测系统 2, 6, 激光发射器
3, 8, 激光束接收器 4, 7, 电缆
5, 9, 光束 10 塔架 11 桥面

测量精度: 误差限 $\leq 0.25\text{mm}$ 。

工作距离: $> 100\text{m}$

最高测量频率: 50Hz

连续自动测量时间: 无限制。

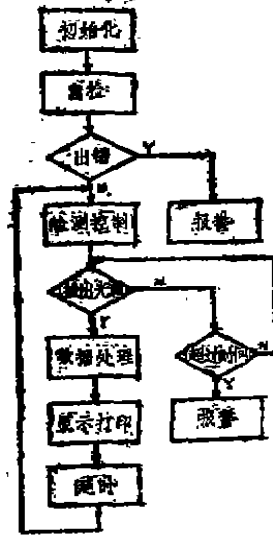


图3 软件流程图

五. 讨论

1. 分辨率和测量范围

按工业电视技术标准, 摄像机视象管画面宽高比为 $4:3$, 共有 834×625 个像素, 每个像素即为最小分辨单位^[4]。其分辨率与整屏的几何尺寸有关 (在系统光学特性确定的情况下, 几何尺寸与物距成正比)。设画面 y 方向的长度为 L_y , 则分辨率 $q = L_y / 625$ 。当然, 还应使时算发生电路的时算脉冲频率足够高, 才能保证 x 方向的精度。可见, 提高分辨 (即减少 q 值) 与扩大测量范围是相矛盾的。可兼顾考虑。

2. 关于误差的处理

由于摄像机镜头畸变, 视象管不均匀以

及扫描偏转控制电路的非线性, 都会造成测量的几何失真。这属于系统误差, 可用统计的方法找到误差的变化规则, 动态地对误差进行校正, 或者用 ROM 法, PLA 法进行直接校正^[5]。我们在对电路系统校正的过程中, 观察到误差主要来源于扫描偏转电路的非线性, 误差值随扫描时间线性变化, 因此可引入调整项进行校正, 而不必用 ROM 法增加硬件投资。

3. 抗干扰措施

对于外界干扰及电路噪声的影响, 本系统采用下列措施解决:

- 1) 视频检测电路采用高速 CMOS 器件;
- 2) 设置回差电压可调式施密特电路鉴幅;
- 3) 软件具有识别光斑几何尺寸的功能, 防止其它光源的干扰。
- 4) 软件中值滤波;
- 5) 选用 TEM₀₀ 模高斯型光束, 焦面加光阑, 摄像镜头上复盖 6328 埃的滤光片, 在严劣环境中还须完善光束护套等。

参考文献

- [1] (苏) B.A. 柯乌基娅, 《激光测量仪在建设中的应用》, 测绘出版社, 1981
- [2] 武汉建材学院, 《激光位移计研制报告》, 1985
- [3] 《PL/M-80 Programming Manra: Intel Corp, Manual No 98-268
- [4] 天津市电视技术研究所, 《测量电视》, 国防工业出版社, 1984
- [5] (日) 和久井考太郎, 《工业电视摄像机》, 国防工业出版社, 1983

The Research of a System with laser and Microprocessor for Monitoring Tower Displacement of Bridge

Huang Nianzu, Zhou Liyou, Zhou Heng, Zhou Zhiping

(Research Dept. of Guangzhou water Supply Co.)

A description of a technically advanced method for constant monitoring of a newly built sky-high structure is presented in this paper. This newly developed monitoring system could also be applied to other sky-high structures.