

# MS—I型锚索预应力监测系统的研究与试验

胡时友 姜昭群

**【摘要】**本文首先介绍了锚索预应力监测技术的现状,然后重点阐述了国家“八五”科技攻关成果——MS—I型锚索预应力监测系统的结构原理、软硬件设计、试验结果和性能特点,最后提出了结论。

**【关键词】** 锚索 预应力 监测系统

预应力锚索在张拉、锁定时预应力的的大小和锁定后预应力的损失情况,以及随着岩体蠕变或在外界条件影响下,锚索预应力的变化规律,这些都是设计、施工和建设单位十分关心的问题,因此,在锚索施工和锚索服务期间,精确测定其预应力的的大小就具有十分重要的意义。

## 一、锚索预应力检测技术的现状

现有锚索测力传感器可分为三种类型,即圆筒式、轮辐式和液压式,从敏感元件上又可分为电阻应变片式,差动电阻应变计式和钢弦式等几种类型。电阻应变式传感器由于是将应变片直接粘贴在弹性体上,因而具有测试精度高,结构简单,成本低的特点,得到了广泛采用,但应变式传感器也普遍存在着零漂和动漂较大的问题。差动电阻式测力传感器的一般结构是,在沿圆筒轴线方向对称布置3~4只差动电阻式应变计,当圆筒受力发生变形时,差动电阻应变计的电阻比随之改变,用比例电桥仪就可测出该电阻比,电阻比的变化量又与圆筒应变成正比。这种传感器受环境温度影响较大,测试精度也偏低。应变式和差动电阻式由于输出是模拟信号,因此,不能进行信号的远距离传输,不能满足边坡远距离检测的要求。钢弦式传感器由于其结构简单,零点稳定,信号传送距离较远等优点,近几年来在锚索测力时得到了应用。目前,国内的锚索预应力检测技术还存在以下几方面的不足:

1、锚索预应力信号不能远传。电阻应变式和差动电阻式传感器的电信号一般都在微伏到毫伏级之间,随着传输距离的增加,噪声与干扰增大,灵敏度显著降低,一般使用距离在几米至十几米之间,采用恒流源供电技术,传输距离可适当加长;钢弦式为交流频率信号,输出电压波形恒有失真或衰减,对测量结果影响较小,因此传输距离较远,国内的钢弦式传感器信号传输距离已达300米,国外已有传送距离3000米的钢弦式传感器,地质灾害边坡监测一般都要求在远离危险区以外进行,因此,要求预应力锚索传感器传输距离要尽量远一些。

2、锚索预应力检测自动化程度低。目前我国锚索预应力监测一般都是由人工定期读取数据,然后查标定曲线,再进行温度修正后得出锚索力值,现在虽有一些智能化仪表,直接显示力值,但大都不能实现数据存储、打印和报警功能,远远不能满足边坡工程长期监测和预测预报的需要。

3、防潮、防水、抗干扰性能差,不能完全适应地质灾害野外长期工作的恶劣环境。

## 二、MS—I型监测系统结构原理及设计

### 1、MS—I型监测系统的结构原理

针对上述不足,研制出了MS—I型锚索预应力监测系统。该系统由供电电源、便携式计算机及配套软件,应变式数字化传感器和打印机组成,见图1所示。应变信号在传感器内实现信号放大和A/D转换,计算机通过RS232C标准串口

胡时友 中国地质科学院探矿工艺研究所副所长、高级工程师  
姜昭群 中国地质科学院探矿工艺研究所工程师

与传感器之间进行数据传输,其结构原理见图2所示。它是一台微机与多个8031单片构成的主从分布式检测系统。

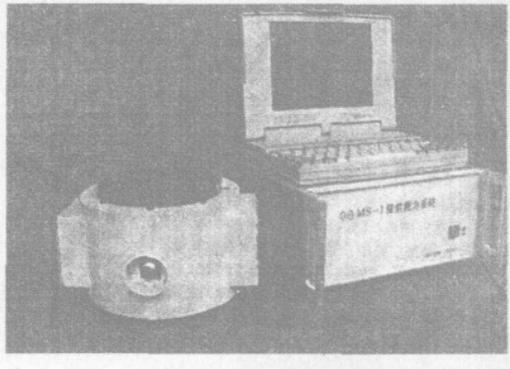


图1-1 MS-I型锚索测力系统照片

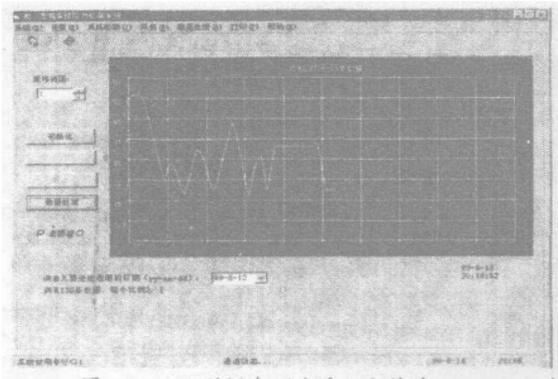


图1-2 MS-I型锚索测力系统主菜单

2、应变式数字化力传感器设计由于锚索预应力传感器的弹性体是圆筒式空心结构,比普通的力传感器结构尺寸要大得多,在设计时除了要遵循一般力传感器的设计准则外,还要考虑到传

传感器的受力不均的影响,因此要求弹性体的高度与外径之比大于1,在布片上也采取了特殊的措施来尽量减小受力不均带来的不利影响。特别对电桥电路采取了零点和温度双重补偿措施,温度补偿最高达55℃。因此,该传感器可在-10~55℃的范围内使用。更主要的是,在传感器内设计了一套信号放大、A/D转换和数据传输的内藏式电子线路,将应变信号就地放大、转换成数字信号,从而为数据的远距离传输创造了条件。应变式传感器和内藏式电子线路是MS-I型锚索测力系统的关键部件,即应变式数字化力传感器。

### 3、电路设计

系统电路主要包括直流供电、电阻应变式传感器信号放大与A/D转换、通讯接口等,如图3所示。在直流供电电路中,系统要求电源有

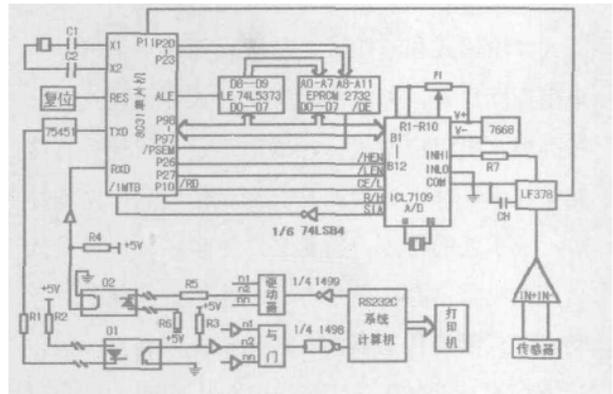


图3 MS-I型锚索预应力监测系统原理图

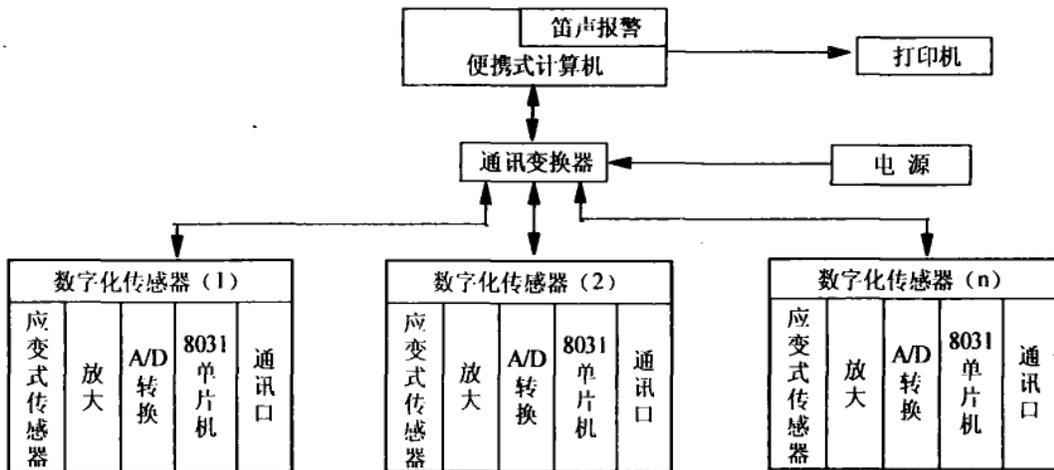


图2 MS-I型锚索预应力监测系统结构原理框图

## 锚索监测

±5V、±12V、2.5V等几种电源,对电源稳定度有较高的要求,因此,主要采用了多级稳压和负电源变换技术,以减轻重量和达到对电源稳定度高的要求。放大电路选用第四代载波自稳零集成运算放大器ICL7650作为前置放大,该集成放大器具有自动稳零的功能,差分输入,直流弱信号在放大器内部以载波方式放大,其零漂比普通集成运放小得多,此外,还具有高输入阻抗,高共模抑制比、低噪声等优点。第二级放大采用了直流运放LM358。由于锚索预应力一般变化缓慢,因此选用了ICL7109双重积分型12位A/D转换器,对3000kN以下的测试分辨率可达到0.732kN/字以上。ICL7109与8031单片机P<sub>0</sub>口挂接,当8031单片机程序控制ICL7109的CE/LOAD和LBEN脚为低电平时,则输出低八位数据,CE/LOAD和HBEN脚为低电平时,输出高四位数据。8031单片机采用了上电复位方式,即一开机后,程序就开始运行。在数据传输方面,系统计算机的RS232C串口TDX端通过驱动器和光电隔离器进入系统机的RSD端。由光电隔离器件实行电流环的数据传输形式,从而既解决了数据远传问题,又实现了主机与从机之间的间隔,提高了系统的抗干扰能力。

### 4、程序设计

传感器的8031单片机程序采用汇编语言编写,固化在EPROM2732寄存器中,当开机通电时,单片机就处于查询主计算机的状态,当接收到主计算机发出的指令后,就进行A/D转换,并将数据发回主计算机。

主计算机程序采用C语言编写,按模块化设计,中文菜单显示,各传感器的标定系数K和检测时间间隔由键盘输入,测量方式(分单点,巡回)和检测结果输出方式(分所有数据、本次测量数据、曲线图)也是通过键盘选择。目前,又用Visual Basic编写出了在Windows98环境下使用

的视察程序。

## 三、MS-I型锚索预应力监测系统的试验

### 1、室内测试

1500kN应变式传感器加工好后,在100t恒力源上进行了标定,激励电源为JWS-II型精密电压源,用8842A型数据字电压表显示输出结果,激励电压为10.0004V时的试验结果见表1所示。传感器非线性为1.07%F.S,灵敏度达到了1mV/V,重复误差为0.15%F.S。

表1 传感器的标定结果

载荷(t)	输出(μV)		载荷(t)	输出(μV)	
	加载	卸载		加载	卸载
0	0	1	60	4483	4492
10	688	691	80	6018	6024
20	1430	1435	100	7556	
40	2950	2960			

为了检测电路部分的效果,用BHR-4A型20t压力传感器,精度为0.5级,配合MS-I型锚索测力系统,在我所30t材料试验机上进行了标定,结果见表2所示,其非线性误差只有0.5%,说明电路线性度非常高。

表2 20t传感器配MS-I的标定结果

压力机载荷(t)	MS-I显示值(t)	误差(t)
0	0.0437	-0.0437
2.5	2.4748	+0.0252
5.0	5.0719	-0.0719
7.5	7.5966	-0.0966
10	10.0618	-0.0618
12.5	12.5158	-0.0158
15	15.0330	-0.330
17.5	17.4688	+0.0312
20	20.0000	0

MS-I型索预应力监测系统经中国测试技术研究院检定认为,各级力值误差小于0.1%F.S,各级力值相对误差小于1%,其标定数据见表3。

### 2、野外试验

MS-I型锚索预应力监测系统在长江三峡链子崖危岩体防治工程锚索基本试验过程中进行应用,该系统接一个1500kN的数字化传感器和一个位移传感器,试验测试10天。试验期间经常下

## 锚索监测

雨, 试验场地附近钻机、车床、电焊机等电器设备运转, 使用表明, 系统精度高, 操作简便, 抗干扰性能和密封性能都能适应野外长期监测的恶劣环境。

表3 MS-I型锚索预应力监测系统检定数据(单位: kN)

标准力值	MS-I显示值		标准力值	MS-I显示值	
	进程	回程		进程	回程
0	0	0	500	502	502
100	101	99	600	603	603
200	201	200	800	802	800
300	301	300	1000	1002	1002
400	401	401			

由中国测试技术研究院标定

## 四、结论

通过室内测试、标定和野外试验表明, MS-I型锚索预应力监测系统有效地解决了目前在锚索预应力检测中普遍存在的信号不能远距离传输、以人工测读为主、自动化程度低, 以及防潮、防水、抗干扰性能差的问题, 可以广泛用于水电、矿山、公路、铁路等边坡以及城市深基坑锚索的预应力长期监测, 也可用锚索的基本试验、验收试验和蠕变试验。该系统主要有以下特点:

1、实现了多路预应力检测与数据远传、存储、打印和超限报警, 既可单点检测, 也可多点巡回检测, 检测的时间间隔可以通过键盘设定;

2、可同时与力和位移传感器连接, 检测结果可选择数据表格或曲线图两种形式输出, 方便直观;

3、系统采用12位A/D转换器, 分辨率高, 抗干扰能力强;

4、传感器采取了零点和温度双重补偿措施, 漂移很小, 密封性能好, 能满足野外温差大和长期监测的需要;

5、系统可扩展性强, 测力范围与检测通道数可根据用户要求扩展, 特别适合对大型锚固工程进行远距离长期自动监测;

6、中文菜单提示, 人机界面友好, 操作简便, 易于掌握。

## 主要参考文献

《扩底承压式预应力锚索加固边坡技术研究报告》, 地矿部探矿工艺研究所, 1995年6月。

## ※ OVM信息 ※

## 中国地质灾害防治工程专委会 第二次会员代表会在昆明召开

中国地质灾害防治研究会防治工程专业委员会第二次会员代表大会暨学术研讨会于1999年10月10日至10月13日在云南昆明举行, 来自全国各地的100余名代表参加了会议, 会议由专委会挂靠单位中国地质科学院探矿工艺研究所承办与主持。

与会代表听取了第一届委员会工作报告和财务情况报告, 选出了第二届委员会机构。OVM公司当选为副主任委员单位, 公司代总经

理丁永贵任副主任委员和常务委员会委员。公司专家田裕甲、王守海为专委会高级顾问团成员。

会上成都理工学院张倬元教授作了《地质灾害防治工程》的专题报告。会议进行了广泛的学术交流。会后, 代表们乘车参观了楚大公路边坡治理工程。

柳州欧维姆工程有限公司副总工程师唐建国参加了会议。

(周义兵)