

基于 LabVIEW 的混凝土工作性测控 系统数据采集处理

吕国芳¹ 韦刚¹ 田正宏² 吴军³

(1. 河海大学能源与电气学院 南京 211100; 2. 河海大学水利水电学院 南京 211100;

3. 中国电建集团水利水电第七工程局有限公司 成都 610081)

摘要: 由于外加剂种类和数量日益增多,混凝土工作性经时差别很大,传统工作性测试方法无法满足现代工程技术要求,故设计了一种智能型新拌混凝土现场流变参数测控设备。简述了自主研发的新拌混凝土工作性测控系统中流变参数基本计算公式及采集数据误差产生的原因;论述了流变数据复演性分析时,在 LabVIEW 中对传感器进行数据采集并进行低通滤波处理和利用拉伊达准则剔除异常误差。结果表明,两种方式结合起来对采集的数据处理有效,并使得流变参数测试计算结果更加准确可靠。

关键词: LabVIEW; 新拌混凝土; 参数复演性; 异常误差; 低通滤波

中图分类号: TN06 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.8040

Data acquisition and processing of concrete workability detection system based on LabVIEW

Lv Guofang¹ Wei Gang¹ Tian Zhenghong² Wu Jun³

(1. College of Energy and Electrical Engineering, Hohai University, Nanjing 211100, China;

2. College of Water Conservancy and Hydropower, Hohai University, Nanjing 211000, China;

3. Sinohydro Bureau 7 Co. Ltd., Chengdu 610081, China)

Abstract: Due to the increasing number and quantity of admixtures and the working performance of concrete varying greatly over time, the traditional working test method can not meet the requirements of modern engineering technology. Therefore, a kind of intelligent new concrete rheological parameter measurement and control equipment is designed. This paper introduces the basic calculation formula of rheological parameters and the causes of errors in collected data in the measure and controller of concrete workability; When the rheological data is analyzed, the data is collected and low-pass filter processed and the Pauta, criterion is used to eliminate the error in LabVIEW. The results show that Combining two methods is effective to deal with the collected data and make the results of the rheological parameters test more accurate and reliable.

Keywords: LabVIEW; fresh concrete; parameter recurrence; abnormal error; low-pass filtering

0 引言

新拌混凝土工作性现场测试是混凝土行业生产质量与控制的有效手段。随着化工、材料等领域的飞速发展致使外加剂种类和用量日益增多,不同运输环境可能造成流态混凝土工作性经时差别很大,故智能流变设备的简便测试与准确数据获取非常重要。

为此,研制了一种智能型新拌混凝土现场流变参数测

控设备^[1-2]。本设备以 PLC 下位机采集量测数据^[3],机械控制进出料。本设备功能需求复杂,数据分析和计算要求较高,故搭载基于 LabVIEW 开发平台的工业平板电脑上位机,实现了新拌混凝土工作性综合全自动智能测控。其中,下位机通过多路采集通道,同步采集扭矩、温度、湿度、距离等多条件信号^[4-5],经过上位机数据处理模块,获取所需新拌混凝土工作性流变参数。

但由于测试料样非均性,以及实际环境复杂性,测量

中会出现少量异常误差测值数据,必须采用合理方法有效对采集数据进行处理。针对本文所述测值特征,采用何种方法更加有效,尚未见相关研究。

1 混凝土工作性测控方法

1.1 流变参数测试基本原理

新拌混凝土工作性测试的原理涉及流变学的研究,在以前的课题研究基础上,已经充分证明流变参数可以反映新拌混凝土的工作性,即使用屈服应力 τ 和粘滞系数 η 作为表示混凝土施工性的基本参数。本文采用 Bingham 模型^[6]来研究新拌混凝土工作性的流变特性,经典公式为:

$$\tau = \tau_0 + \eta \times \dot{\gamma} \quad (1)$$

式中: τ 为剪切应力(Pa), τ_0 为屈服应力(Pa), η 为粘度系数(Pa·s), $\dot{\gamma}$ 为剪切速率(s^{-1}),其中剪切应力 τ 可由式(2)得出:

$$M = \tau \times S \quad (2)$$

式中: M 为扭矩(N·m), S 为混凝土受检面积(m^2)。

在实际调试中发现将搅拌轴设计为纵向十字搅拌轴,如图1所示,便于进料和搅拌均匀。

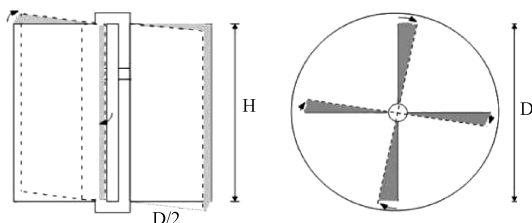


图1 十字搅拌轴

在理想情况下,粘滞液体在转动搅拌过程中受力均匀,且在不同转速情况下会有不同的剪切应力。根据式(1)、(2)可得:

$$\frac{2M}{\pi D^2 H} = \tau_0 + \eta \dot{\gamma} \quad (3)$$

式中: D 为扭叶片直径(m), H 为搅拌轴叶片高度(m)。

测试中,为了减少新拌混凝土在检测时的转动惯性,调节检测电机在短时间内以低速-高速-低速采集5组序列,获取不同转速下扭矩序列数据,取各序列平均值,由式(2)计算出对应的剪切应力;再根据剪切应力和剪切速率按式(3)进行线性拟合。拟合直线其截距对应为新拌混凝土初始屈服值 τ_0 ,斜率即为的塑性粘度 η 。

1.2 扭矩值在 LabVIEW 采集

扭矩传感器能够检测出在一定转速 n 下的扭矩 M ,在本系统中,拟设置5个转速档位:0.1 r/s、0.2 r/s、0.5 r/s、0.75 r/s、1 r/s。旋转叶片依次自低档转速升至高档转速,再由高档转速降至低档转速,由此即可得到不同的剪切应力。

实验中,扭矩值的获取直接影响最后的结果。本混凝土工作性检测系统采用的是电流型扭矩传感器,将电流值

通过 PLC 模拟输入端口输入,在 PLC 编程中给传感器对应的模拟量输入口绑定通信地址,上位机与下位机用 Modbus 通信方式^[7]通信。

在 LabVIEW 程序的函数面板中选中数据通信子选板,然后选中 Modbus,然后在 Modbus Master 子选板中选择创建主设备模块,设置对应参数,之后再创建读取保持寄存器,设置好与 PLC 绑定对应的地址,LabVIEW 即可实时读取 PLC 采集的扭矩传感器的电流值,经过 LabVIEW 的计算得到扭矩 M 。

2 数据处理方法

2.1 系统异常误差产生的原因

测量误差指的是真实值和测量值两者差别。其中异常误差是在测控系统运行时由于环境、过程干扰而随机出现的偏差较大非正常值,不具有抵偿性。这些数据被伪取,极易使最终检测结果严重偏离实际情况,从而形成错误数据信息。本系统为在线式测量系统,实时测试并计算并反馈,因此程序中异常误差的剔除必须要考虑。

本系统产生异常误差主要原因如下:1)客观原因:实验过程中电压的不稳定、混凝土测试样搅拌不均匀、设备器件震动、电磁(静电)干扰、设备故障等导致测控系统测量值异常,因而测量数据中含有异常误差;2)主观原因是使用有缺陷的传感器;测控系统操作不正确;读数、记录、计算错误等。除此之外,环境条件也是不可忽略的因素。

2.2 数据的低通滤波设计

本测控系统含有较多的传感器,在应用于较为复杂的工作环境时,特别是在施工现场的检测中,信号在采集和传输的过程中不可避免的会引入噪声,为了获得准确可靠的信号,必须对信号进行滤波处理。

目前滤波技术主要有模拟滤波和数字滤波,随着计算机技术发展以及模拟滤波本身存在诸多问题,因此本次采用数字滤波对扭矩信号进行处理。

因此需要将扭矩的电流模拟信号转换为数字信号。PLC 下位机的数模转换功能可以将其转换为数字信号,查询技术参数可知 PLC 转换周期为 15 ms。为了方便观察传感器信号波形放在检测过程中对扭矩传感器的电流值由原来的同一转速仅仅采样 5 次,提高采样频率(50 Hz)同一转速可以采样达几百次,得到原始波形如图 2 所示,通过观察发现采集来的信号中掺杂着很多高频干扰使信号波形看上去很乱,有效数据信息在低频部分。

将采集的扭矩信号以 50 Hz 频率采样,得到的序列应用 LabVIEW 自带的等波纹 FIR 低通函数^[8-10]进行滤波,并计算滤波后不同转速下扭矩电流的平均值。

将前面所述的扭矩变量建立个局部变量,将其每隔 20 ms 的数值存储到数组中,之后在 LabVIEW 的子选板中选中等波纹低通滤波函数,采样频率设置为 50 Hz,截止频率 5 Hz。此过程就完成了对采样数据的低通滤波,流程图如图 3 所示。

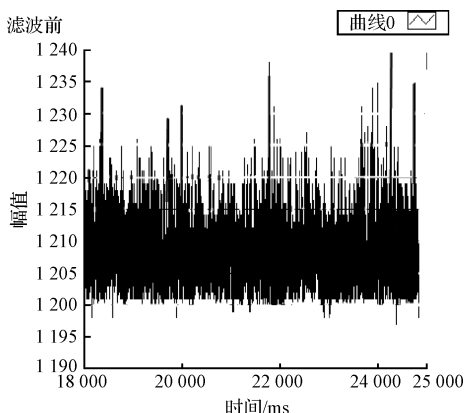


图2 原始采集数据波形

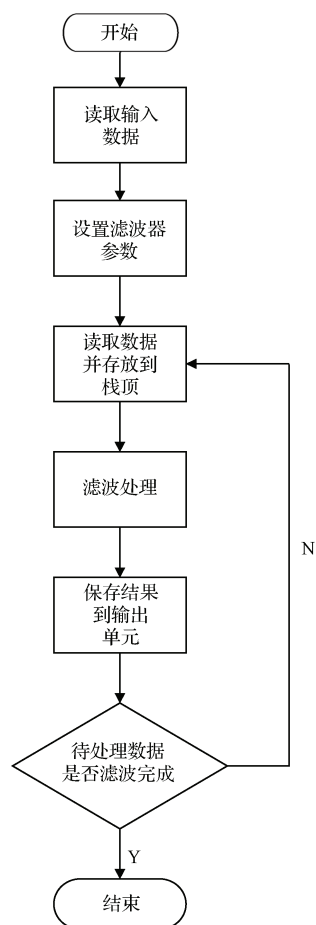


图3 数据低通滤波软件设计流程

FIR 滤波器的频率响应公式为：

$$H(e^{j\omega}) = \sum_{n=0}^{N-1} h(n)e^{-j\omega n} \quad (4)$$

通过多次对比发现阻带截止频率设置为 5 Hz 效果最好,故将 5 Hz 的频率范围以外的频率将其归类为噪声。低通滤波滤除高频干扰,可以使信号就工整,平滑,有效的减小了扭矩传感器数值波动。

如图 4 所示,数据波动范围减小了 60%,对于实验的

结果精度和稳定性明显提升。

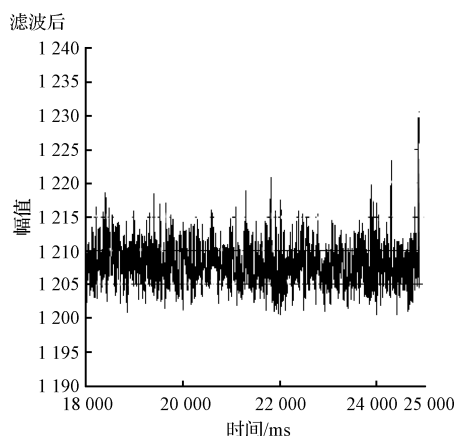


图4 滤波后效果

2.3 异常误差的判别和剔除

拉伊达准则以数理统计为理论基础^[11-15],在正态分布等精度重复测量中,随机误差大于 3 倍标准差 σ 的概率仅为 0.002 7。在连续测量累计次数不多 ($n < 300$) 的情况下,测量误差大于 3 倍标准差的可认为是异常误差。拉伊达准则剔除误差方法,在 LabVIEW 中设计的流程如图 5 所示。

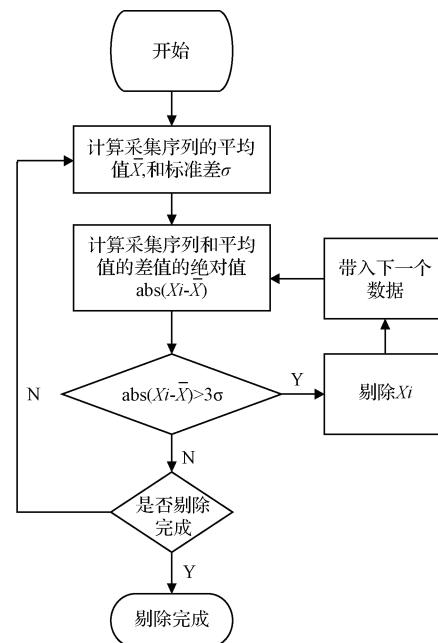


图5 拉伊达准则实现的流程

先计算测量值 X_i 的算术平均值 \bar{X} 和标准偏差 σ ,如图 6 所示。然后判断是否是异常误差,如果 $\text{abs}(X_i - \bar{X}) > 3\sigma$,则测量值 X_i 含有异常误差;如果 $\text{abs}(X_i - \bar{X}) \leq 3\sigma$,则测量值 X_i 不含有异常误差。

然后依次类推,把剔除后的数据依据判别准则再次处理,直到没有异常值为止。

3 数据采集处理应用

利用改进后的数据处理方法进行对上百组的试验数据比较分析。由前文所述,为了进一步验证数据处理后的可靠性提高程度,计算处理后数据得到其初始屈服值、塑性粘度及剪切应力和剪切速率相关系数。故记录同一配比下原始采集的数据用于分析比较此次的数据处理效果。

由式(3)可知,剪切应力和剪切速率呈正强相关。因此,测试数据计算获取的剪切应力和剪切速率相关系数越接近+1,表明拟合数据可靠性越强。

数据处理效果对比如表1所示。比较表1可以发现(原始数据相关系数 ρ_0 ,处理后的相关系数 ρ_1),经过低通滤波和异常误差剔除处理后计算出的数据,拟合出的直线相关系数较未校正之前均有所提高。因此可以看出,处理后数据能更准确反应出混凝土的流变特性,表明序列剪切应力与剪切速率的差异性对推算混凝土流变参数(初始屈服强度和塑性粘度)相当敏感。本次采用方法对参数复演性具有重要作用。

表1 数据处理效果对比

水灰比	ρ_0	ρ_1	τ_0	η
0.40	0.89	0.96	263.43	28.352
0.45	0.88	0.95	224.71	23.943
0.48	0.89	0.97	217.63	23.532
0.50	0.90	0.97	214.56	23.335

多次实验发现水灰比过小或者过大时,旋转叶片搅拌时的,摩擦力较大,容易造成扭矩测值不准确。所以配置水灰比在0.4~0.5之间的混凝土进行实验分析。如表1,在水灰比在0.4~0.5时,随着水灰比逐渐增大,新拌混凝土的流动性增强,屈服应力逐渐减小;当水灰比达到0.5时,此时新拌混凝土屈服应力最小。

因此,实验通过改变混凝土的水灰比,可以得到混凝土工作性的变化情况,充分表明本系统可以准确地反映混凝土的工作性。此外,本系统可用于测出混凝土经时变化情况以及改变混凝土的浆骨比等参数混凝土工作性的变化情况。

4 结论

本系统能够准确反映新拌混凝土的工作性。对比试验结果表明,在混凝土工作性测控系统中,用低通滤波结合拉伊达判别准则有效地使测量结果更为精确。同时,本文提出的处理方法给高精度智能测量系统中样本误差处理提供了很好的借鉴,也给需要在LabVIEW中处理数据提供了有益参考。最后,在进行复演性分析时,该方法处理数据依旧可靠。

参考文献

- [1] 任怡锦,吕国芳,田正宏. LabVIEW与PLC结合在混凝土工作性测控仪中的应用[J]. 电子设计工程, 2016, 24(19): 107-110.
- [2] 吕国芳,李钢,田正宏. 基于Modbus协议的混凝土工作性测控仪[J]. 仪表技术与传感器, 2015(1): 41-43, 64.
- [3] 李海军. LabVIEW与PLC结合在伺服系统中的应用[J]. 机械工程与自动化, 2015(1): 171-172+175.
- [4] 李红刚,张素萍. 基于单片机和LabVIEW的多路数据采集系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(4): 62-67.
- [5] 李美花,闫卫平,王颖,等. 微传感器阵列多通道数据采集和处理系统[J]. 电子测量与仪器学报, 2016, 30(2): 311-317.
- [6] 田正宏,李旭航,彭志海. 卡波姆凝胶模拟水泥浆体流变性能试验[J]. 建筑材料学报, 2015, 18(2): 243-248.
- [7] 朱铝芬,吕国芳. 新拌混凝土测试系统的Modbus-RTU多从站设计[J]. 电子设计工程, 2014, 22(13): 96-99.
- [8] 孙长海,金志明,李维江,等. 基于LabVIEW的低通数字滤波器设计[J]. 电气自动化, 2014, 36(5): 27-29, 43.
- [9] 李菲,滕召胜,黄强,等. 基于梯度变步长LMS的电子天平抗震设计[J]. 仪器仪表学报, 2016, 37(12): 2813-2820.
- [10] 谢海情,彭永达,唐俊龙,等. 基于改进并行分布式算法的FIR低通滤波器设计[J]. 电子技术, 2016, 45(6): 79-82.
- [11] 管利群,赵惠贤. 分析数据中粗大误差处理实例剖析[J]. 黑龙江水利科技, 2012, 40(12): 121-122.
- [12] 李九龙,周凌柯. 基于“3 σ 法则”的显著误差检测[J]. 计算机与现代化, 2012(1): 10-13.
- [13] 刘兴胜,刘鹰. 测量误差的表示方法及其分类[J]. 计量与测试技术, 2015, 42(2): 1-2.
- [14] 普仕凡,韩旭,李智生,等. 一种面向最大值指标的粗大误差处理方法[J]. 无线电工程, 2014, 44(5): 78-80.
- [15] 张素萍,李朝强. 基于MSComm和队列技术的LabVIEW数据采集系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2016, 35(6): 86-91.

作者简介

吕国芳,1962年出生,工学硕士,副教授,主要研究方向为测试计量技术、自动控制等。

E-mail: hhu1gf@sina.com

韦刚,1993年出生,硕士研究生,主要研究方向为测试计量技术及仪器等。

E-mail: weigang025@126.com