

Application of intelligent sensing technology in real-time monitoring of loss rate of wheat combine harvester

Wei Zhang

LingongAgricultural Equipment Co., Ltd., Linyi, Shandong, 276002, China

Abstract

In the process of agricultural mechanization, wheat combine harvesters play a crucial role. This is because the economic efficiency and sustainability of grain production are largely influenced by their operational efficiency and loss rates during harvesting. With the continuous advancement in intelligent agricultural machinery, real-time monitoring and control of wheat combine harvester loss rates have become a key focus in current research and application. Intelligent sensing technology, equipped with high-sensitivity sensors, signal acquisition circuits, and online data processing modules, enables real-time monitoring and quantification of grain loss during harvesting operations, providing operators with precise control references. This paper first provides an overview of intelligent sensing technology, followed by a discussion on its application in real-time monitoring of wheat combine harvester loss rates.

Keywords

intelligent sensing technology; wheat combine harvester; loss rate; real-time monitoring; application

智能传感技术在小麦联合收获机损失率实时监测中的应用

张伟

临工农业装备有限公司, 中国 · 山东 临沂 276002

摘 要

农业机械化进程里小麦联合收获机起着关键作用, 这是由于粮食生产的经济效益与可持续性在很大程度上受其作业效率以及收获损失率的影响。加之农机装备智能化水准持续提升背景下, 小麦联合收获机损失率的实时监测以及控制逐渐成为了当前研究与应用的关键方向, 而智能传感技术凭借高灵敏度传感器、信号采集电路以及在线数据处理模块可实现小麦收获机作业期间籽粒损失地实时监测及量化, 从而给操作人员提供精确的调控依据。对此, 本文先就智能传感技术进行概述, 随后就其小麦联合收获机损失率实时监测中的应用展开探讨。

关键词

智能传感技术; 小麦联合收获机; 损失率; 实时监测; 应用

1 引言

在我国农业智能装备自主研发加速的背景下, 怎样把智能传感技术系统有效地集成到小麦联合收获机当中, 并且达成稳定可靠的损失率监测, 这成为了农机工程领域迫切需要突破的关键要点。基于此, 下文结合研究与实践围绕于智能传感技术在小麦联合收获机损失率实时监测中的应用提出几点认识, 以供参考。

2 智能传感技术概述

智能传感技术是指能够对被测量物体进行感知、转换, 并通过内置的微处理器进行数据处理、分析和决策, 最终输出准确测量结果的一种先进传感技术。该技术不仅能够获取

外界信息, 还能对信息进行智能化处理, 具备自校准、自诊断、自适应等功能, 使传感器的性能得到显著提升。在小麦收获作业场景里智能传感技术的应用关键呈现于针对复杂作业环境中生成的多变量动态信号开展快速识别, 以及精确转换进而达成对籽粒流量损失率与破碎率的实时表征^[1]。

3 智能传感技术在小麦联合收获机损失率实时监测中应用价值

在田间作业过程里, 小麦联合收获机的损失率乃是衡量作业质量以及机械性能的关键指标之一, 传统的损失率监测工作大多依靠人工开展取样操作, 并运用统计方法来处理数据。然而这种方式所具有的滞后性以及不确定性使得小麦收获作业调控难以具备足够的实时性, 同时还会导致籽粒损失呈现增加的趋势以及能效出现下降。在小麦联合收获机损失率实时监测中引入智能传感技术不仅规避传统手段弊端, 同时能对作业过程中的损失量开展在线监测以及动态调节,

【作者简介】张伟 (1988-), 男, 中国山东临沂人, 本科, 工程师, 从事大型谷物联合收获机研究。

最终促使小麦收获作业质量与效率整体提升。简单而言,智能传感技术地应用能够即时捕捉小麦收货作业抛洒籽粒的撞击信号或者重量信号,借助信号处理模块把物理量转变为数字量,以此达成损失率的连续监测。同时传感单元采用阵列化布局能够覆盖小麦联合收获机关键的分离与清选环节,可有效防止因单点监测而产生的信息缺失情况。另外,智能传感技术还可促使传感数据和小麦联合收获机运行参数之间的耦合,让损失率监测与风机转速、筛面振幅等作业参数产生关联,这为操作人员精准调控提供了技术支持。

4 智能传感技术在小麦联合收获机损失率实时监测中的应用要点

4.1 基于冲击信号的损失检测单元构建

实时监测小麦联合收获机的损失率中,针对基于冲击信号的检测单元开展构建核心在于由传感器类型、安装结构、信号处理以及环境适应性等多个方面开展设计。传感器选型环节以高灵敏度压电陶瓷片作核心感知元件,同时针对所输出的电荷信号借助低噪声电荷放大器实施一次放大操作,目的是确保冲击特征波形不会被机械振动给淹没掉。前端滤波器需采用带通结构,其频带范围依据小麦籽粒粒径、冲击能量分布曲线实施优化配置,从而剔除低频的机体共振以及高频杂波。安装结构环节,在小麦联合收获机清选尾端导板处或是分离滚筒出口的下方设置传感器,同时借助可调角度安装支架确保冲击面跟籽粒轨迹方向的匹配,以此维持信号幅值和籽粒动能间的线性对应关系。不同机型要按照风筛出口流速以及籽粒抛射角度展开有限元仿真工作,以对布置角度与间距予以优化^[2]。为有效避免单点检测造成的统计偏差以及实现对籽粒集中落点和瞬时流量波动的修正,一方面可采用多通道阵列式布置以在检测面上形成分区响应,另一方面则借助时序判别与空间融合算法。鉴于田间作业环境里粉尘黏附与湿度凝结问题普遍存在,传感器表面要运用疏水性涂层并搭配压电自清洁结构,以此来保持表面声学阻抗的稳定性;以金属屏蔽腔体封装电路部分,并配合柔性减振垫以此提升整体单元在温度梯度和高频振动环境下的可靠性。在小麦联合收获机复杂工况里要实现基于冲击信号的损失检测单元稳定实时监测,需对材料结构信号与环境适配进行全链路优化,如此才能实现损失率稳定实时监测。

4.2 基于光学散射特性的颗粒监测模块设计

针对小麦联合收获机损失率实时监测中基于光学散射特性的颗粒监测模块设计要从构建发射与接收光路开始,发光单元最好选用高稳定性窄带激光二极管,搭配非球面准直透镜让光斑变得均匀,以此确保籽粒经过监测通道时散射信号有足够信噪比。应依据响应波段与动态范围要求来选择光电探测器,通常会配置雪崩光电二极管或高灵敏度PIN光电二极管并结合低噪声跨阻放大电路,以此达成对瞬态散射信号的高保真捕获。为确保系统于粉尘与高湿工况里长久稳

定运转,光学窗口要选用抗污染镀膜石英材质,在窗口外侧设置定向气流吹扫管路,并借助电动机械刮片达成自动清洁,以此规避因光束衰减造成的误差积累。监测腔体在结构设计时光路屏蔽措施与内壁消光处理应当采用,以此来减少多次散射干扰,同时通过实验标定通道宽度与光束直径,从而确保针对不同粒径小麦籽粒以及伴随杂质的识别率。在信号处理方面,要依据不同的小麦籽粒尺寸形态以及含杂率来构建散射特性数据库,并且要借助标定曲线对检测阈值加以修正,以此达成对小颗粒和大颗粒信号的有效区分。在复杂工况下为有效削弱单一传感方式产生的偏差,可通过光学模块与冲击式传感器进行并行布置,借助时间域与幅值特征的交叉比对实现信号融合。最后,为实现损失率实时监测的工程化应用,整体模块必须确保具备微秒级动态响应速度,且电路设计里设置自动增益控制环节以及宽带滤波,用来应对小麦籽粒高频通过之际信号重叠与动态范围突变的问题。

4.3 基于重量信号的颗粒沉积监测系统构建

基于重量信号的颗粒沉积监测系统构建很大程度上依靠高分辨率称重传感单元的结构优化以及集成。于小麦联合收获机清选损失出口下方设置应变电阻式(或电容阵列式)传感器,通过加装隔振阻尼机构抑制行进工况下的低频机械振动以及瞬态冲击信号,目的是保证输出信号和颗粒真实沉积重量维持线性关系。信号获取阶段,传感器输出的微弱电荷信号要先经过高精度 $\Delta-\Sigma$ 模数转换模块,再通过低噪声电荷放大电路进行处理,这有助于实现低流量损失情形下具备足够的分辨力。采取刚度匹配的承载结构以及有限元优化的应力分布方式来设计颗粒沉积容器,从而降低偏载效应对称重结果产生的干扰^[3]。引入时间窗口加权平均算法,结合中值滤波抑制高频随机波动以此实现损失信号的稳定提取,以此降低小麦联合收获机纵向颠簸导致的瞬时峰值误差。长时间运行下,鉴于传感器存在零点漂移以及温度敏感性问题,有必要设置周期性的自校准程序,借助静载标准块达成零点与灵敏度的自动修正工作,且通过冗余传感器的交叉对比来对测量一致性予以验证。小麦收获作业环节,由于损失颗粒流量变化范围呈现出较大的情况,且沉积速率具备非线性的特征,因而重量信号处理这一环节引入分段动态阈值补偿机制,进而提高损失率监测中对突发性损失增加的响应速度。基于防止颗粒冲击效应导致瞬时重量过估计目的,以缓冲衬层材料置于沉积接收容器底部,从而把冲击力转化为静态荷载信号。最后,采取重量信号监测单元和光学(或冲击检测模块)并联布置,同时以多源数据实施加权融合,这样一来充分考虑测量实时性的情况下获取高精度损失量化结果。

4.4 基于气流扰动特性的籽粒分离检测方法

基于气流扰动特性的籽粒分离检测方法可借助于高精度智能传感器的布设以及信号解析技术以此达成损失率的实时监测,具体为:小麦联合收获机清选风道横截面的关键

位置,将微差压传感器和热膜风速传感器进行布设以构建多点监测阵列,目的在于捕捉籽粒以及短碎秸秆进入气流后引发的瞬态脉动信号。为确保对低幅值扰动进行有效捕获,传感器要具备 10^{-3}Pa 量级分辨率以及毫秒级响应速度,安装位置需避开回流区从而减少二次紊流干扰。信号处理环节,对风速脉动频谱特征展开剖析获取出不同频带区间里的幅值变动情况,接着运用小波包分解手段将背景气流以及籽粒通过时所生成的高频扰动分离开来,且凭借幅频耦合特征的计算达成对颗粒数量的间接判别。监测装置为避免田间粉尘以及细小秸秆纤维附着堵塞传感器探头进而影响测量稳定性,在气路结构方面需采用狭缝导流和自清扫膜片的组合设计^[4]。这种设计除确保气流通道内壁具备低附着性外,并且可在作业间隙利用压缩气流脉冲实现自动清理。设计信号采集系统时传感器输出要经过温漂补偿模块和高频抗干扰电路,保证在高温振动环境里依旧维持监测精度且对瞬态脉冲实施同步采样来降低动态误差。另外,鉴于清选风道内气固两相流存在不均匀性,监测方案要借助三维数值仿真对风场分布规律加以验证,将传感器阵列在清选风道中气流分布稳定区予以布置,以此提升扰动检测的代表性,最终达成对籽粒分离过程的动态量化监测。

4.5 多源信息融合下的损失率监测系统集成

智能传感技术在小麦联合收获机损失率实时监测中应用,多源信息融合技术的集成属于核心环节,具体为:对于传感单元配置工作要在小麦联合收获机内部关键部位布设基于动态称重原理的重量测量模块、光学散射识别传感器、冲击式颗粒撞击传感器以及气流扰动检测单元。其中,重量模块被放置于小麦籽粒回收路径,借助实时动态称重来获取损失质量参数;光学传感器则布设在籽粒跟杂质的分离区域,用来对颗粒光散射特征予以监测;冲击式颗粒撞击传感器一般安装在小麦输送通道处,用来捕获籽粒和壁面瞬间的撞击信号;风选通道布设气流扰动单元,以此来感知由籽粒运动引发的局部气流变化。在数据采集与时间同步环节,要构建高精度时间戳标定机制,需确保各传感单元在毫秒级精

度下完成信号对齐,这样能消除不同通道因采样频率差异而带来的时序偏移。数据融合环节则以分层加权校正方式,把光学以及冲击信号当作主导量,而重量和气流扰动数据作为修正量,借助迭代优化模型达成信号间的动态加权,以此规避因单一信号异常所引发的偏差^[5]。此外,融合算法里引入传感器冗余设计以提升实时监测系统鲁棒性,借助基于统计分布的异常值剔除策略,把因环境振动、杂质反射或者局部气流突变而引发的噪声信号给滤除掉。另外,系统集成结构方面以模块化布设框架,让重量传感单元、光学传感单元、冲击传感单元以及气流传感单元都能够以独立模块的形式实现快速装配或者替换,同时借助标准化接口确保这些单元在不同机型上具备通用性以及扩展性。

5 结语

综上所述,在小麦联合收获机损失率实时监测里,智能传感技术的应用将农业机械化朝着高精度和高效率方向有力推动,简单而言借助于集成与优化多种传感单元,损失率监测从传统的滞后统计转变为实时动态感知,为作业调控和参数优化提供了坚实的数据支撑。在未来伴随我国智能传感产业链朝着更完善方向迈进,该技术在小麦联合收获机损失率实时监测中深入应用将进一步降低粮食收获损失,而且也能给智能农机装备升级与农业现代化提供持续动力。

参考文献

- [1] 柳塘.小麦联合收割机的使用、维修与减损技术实际操作[J].农民致富之友, 2024(23).
- [2] 高文静,宋占奎,赵丽华,等.小麦联合收获机不同工况下收获损失试验分析[J].农机科技推广, 2024(2):50-52.
- [3] 肖美华.安徽站完成2022年小麦联合收割机质量和收获损失率实地调查[J].农机质量与监督, 2022(6):45-45.
- [4] 耿端阳,牟孝栋,张国栋,等.小麦联合收获机清选机理分析与优化试验[J].吉林大学学报:工学版, 2022, 52(1):12.
- [5] 董燕军.小麦联合收割机收获作业中常见问题分析与解决[J].当代农机, 2021(007):000.