

无源单尺定位系统在斗轮堆取料机上的应用

沈毅

(安徽马钢矿业资源集团有限公司, 安徽 马鞍山 243081)

摘要 无源单尺定位系统是一种新型的高精度定位设备,其工作稳定可靠,不依赖地面供电,具有灵敏度高、信号反应快、安装维护方便、设备模块化程度高、环境适应性强等优点。本文介绍了无源单尺定位系统产品的原理、设备构成、功能特点、详细的技术参数与产品的安装规范,详细地描述了无源单尺定位系统在智慧料场斗轮堆取料机无人化作业系统中的应用,并分析比较了无源单尺定位系统和其他常见工厂定位系统的优缺点,旨在为无源单尺定位系统在斗轮堆取料机上的应用提供有益参考。

关键词 斗轮堆取料机; 无源单尺; 无人化; 位置检测系统

中图分类号: TH24; P22

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.01.003

0 引言

斗轮堆取料机是一种用于大型干散货堆场的连续输送装卸机械设备,其广泛应用于港口散货码头、火电厂煤厂、化工厂、钢铁厂、粮食储备厂等散料存储料场的堆取作业。斗轮堆取料机主要依靠人工操作作业,这不仅使得工人在操作过程中承受着沉重的工作负担,而且现场恶劣的作业环境也对他们的身体健康构成了严重威胁。为了适应高度自动化生产,有效降低人工成本、改善工作环境、稳定工作效率,催生了斗轮堆取料机的自动控制^[1]。在斗轮堆取料机的自动化系统中,必不可少的是实时检测斗轮堆取料机的走行位置。一方面,通过对大车进行实时精准的定位,可以判断斗轮堆取料机是否到达指定的作业点,为斗轮堆取料机下达自动化作业指令提供直接的参考数据。另一方面,通过对距离接近的多个斗轮堆取料机的位置进行分析,可以计算出斗轮堆取料机的相对位置,再结合回转机构的回转角度,可以判断出多台斗轮堆取料机及其回转机构是否存在碰撞可能,提前规避风险,提高现场作业的安全性。斗轮堆取料机位置检测有多种不同方式,本文重点介绍使用无源单尺定位系统检测斗轮堆取料位置数据,并分析对比斗轮堆取料机位置检测不同方式下的优缺点。

1 无源单尺定位系统概述

1.1 无源单尺定位系统简介

无源单尺定位系统(以下简称LDR系统)是武汉索尔德公司在多年现场应用基础之上研发出的一款成

熟可靠的位置检测设备。LDR系统是基于复合信号正交解码电磁感应原理而开发的一款新型位置定位、移动测距定位系统,该系统可用于检测工业现场各种沿指定轨道行驶搬运设备的实时位置^[2]。其由无源单尺、精尺源组件、边缘计算网关组成。每根无源单尺长度为2 m,根据现场需求长度,组成需求长度的数量,在现场进行施工安装。精尺源组件从外部取电点取电,通过无线充电的模式向无源单尺内部芯片供电。精尺源组件与硬质单尺不直接接触,减少被撞击的风险,数据交互主要通过电磁感应原理。

1.2 无源单尺定位系统工作原理

无源单尺定位系统利用复合信号正交解码电磁感应原理机制监测移动设备位置。边缘计算网关生成位置编码信号,经精尺源组件调制放大后发送给无源单尺。无源单尺内部的阵列线圈接收能量和信号,接收到的能量为内部电路板供电,接收到的信号分析同步时钟和测址信息,驱动位置标定线圈进行相干同步。通过对比信号和算法解算,最终确认边缘计算网关的实时位置。

1.3 无源单尺定位系统组成结构

无源单尺定位系统由若干根每根2 m长的无源单尺、精尺源组件、边缘计算网关、车载电气柜及柜内解码仪等设备共同组成(如图1所示)^[3]。无源单尺需要固定在移动设备运行轨道一侧,每根无源单尺有0~30 mm的安装间隙,根据移动设备需要检测位置的长度来确认安装多少根无源单尺,精尺源组件和车载

作者简介: 沈毅(1987-),男,本科,工程师,研究方向:矿山智能化。

电气柜都固定到移动设备上。解码仪精尺源组件通过专用线缆直接连接边缘计算网关，边缘计算网关输出信号给解码仪。解码仪显示移动设备当前位置信息，边缘计算网关对外输出位置信号数据。

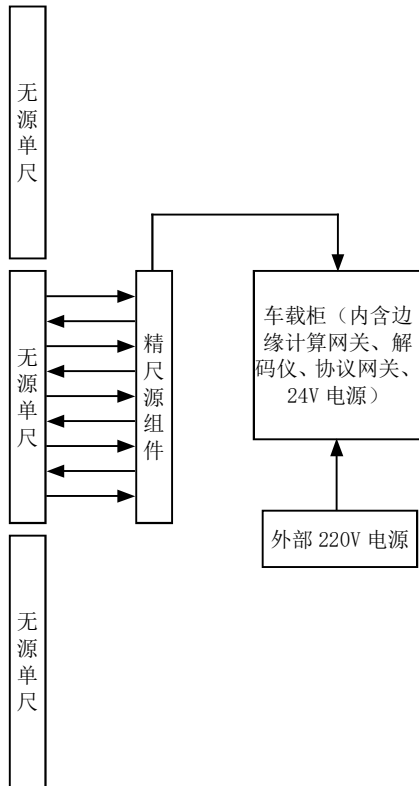


图 1 无源单尺系统框图

1.4 无源单尺定位系统功能特点

1. 稳定性：无源单尺定位系统具备反向极性保护功能，不怕雷击、不怕外界电磁环境，具有稳定性强、可靠性高等特点。

2. 灵活性：无源单尺定位系统可根据需要灵活定制，依据现场需检测的移动设备检测范围来确认长度，连续检测和分段检测方式均可实现。位置检测数据是绝对值，不怕掉电，恢复供电后数据仍保持原位置数据。

3. 安装与维护：无源单尺结构强度高，每根无源单尺可称重 1.5 吨重量，每根长 2 m，可分段式安装，不受现场环境影响。设备结构简单、安装方便迅速，维护时限短，10 分钟可更换好一根无源单尺。

4. 技术特点：电磁感应技术无需硬性接触，避免机械损伤风险，并且可连续检测位置数据，使用寿命长。整个测距区间可检测多个移动设备位置。

5. 适应性和耐用性：具有超强耐污染能力，防水、防蒸汽、耐酸碱。单根无源单尺出现故障或者被损坏

对系统整体性没有影响，具有天然的抗干扰及故障隔离能力。

1.5 无源单尺定位系统技术指标

1. 多设备检测：能同时检测一条轨道上的多个移动设备位置。

2. 连续检测与实时性：对移动设备位置检测具有连续性和实时性。

3. 系统工作温度范围： $-15\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

4. 分辨率与精度：分辨率：0.1 mm；校正后的精度： $\leq 1\text{ mm}$ 。

5. 非接触间隙：0 ~ 150 mm（可定制）。

6. 上下偏摆容差： $\pm 100\text{ mm}$ 。

7. 电源需求：DC+24 V、10 A。

8. 地址刷新率：最高 30 Hz，适应速度：最高 3 m/s。

9. 安装与防护：精尺源组件和无源单尺的防护等级 IP67，无透光或磁性材料，硬性分段结构，阻燃 V-0 级别，具有良好的物理与化学性质。

10. 抗干扰与故障隔离：每段测距部分的损坏或故障不影响系统运行，具有自我修复能力。

11. 精尺源组件的特性：高信噪比、高灵敏度、强抗干扰能力、自检功能以及提供多种维护参考信息。

12. 标准化与通用性：无需定制，后期备件可分段替换，每段 2 m 长的单尺可通用。

2 无源单尺定位系统在斗轮堆取料机现场的应用

2.1 应用场景介绍

某料场有 2 台斗轮堆取料机，每台斗轮堆取料机需检测范围为 220 m，为满足料场的无人运行功能需求，总包方研发了料场无人智能调度系统^[4]。远程操作人员根据实际工艺需求，远程启动操作斗轮堆取料机无人系统来完成预定的作业任务。通过料场无人智能调度系统，可以大大减少现场人员配置和劳动成本，降低现场环境劳动风险，减轻了员工的工作负担，实现 24 小时不间断作业，整体提高工作效率。

2.2 系统设计

料场无人智能调度系统包括：主控上位机操作系统，PLC 控制系统，无源单尺定位系统以及各种传感器和执行机构^[5]。各系统设备通过 EtherNet/ip 协议互相通信。PLC 控制系统先采集现场各设备信息进行预处理，再通过工业以太网集中发送到主控上位机操作系统，主控上位机操作系统分析处理接收到的数据，再根据生产调度需要，向现场 PLC 控制发送调度指令，

各执行机构再完成动作。图2是斗轮堆取料机全自动控制系统的系统框图。

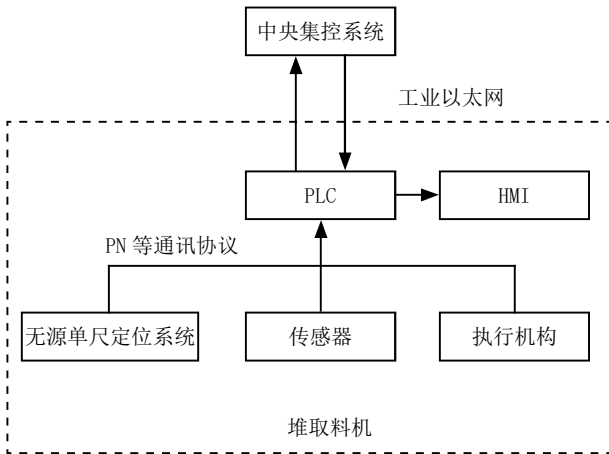


图2 斗轮堆取料机全自动控制系统的系统框图

料场无人智能调度系统中现场采集的数据来自以下设备：超声波测距仪（斗轮堆取料机防撞）、三维扫描装置（实时扫描堆场物料三维数据）、无源单尺定位系统（斗轮堆取料机位置检测）、俯仰编码器（检测斗轮堆取料机俯仰机构的角度）、电子皮带秤（检测皮带物料重量）、高清摄像头（实时监测斗轮堆取料机各部件是否正常运行）。堆取料控制原理如图3所示。

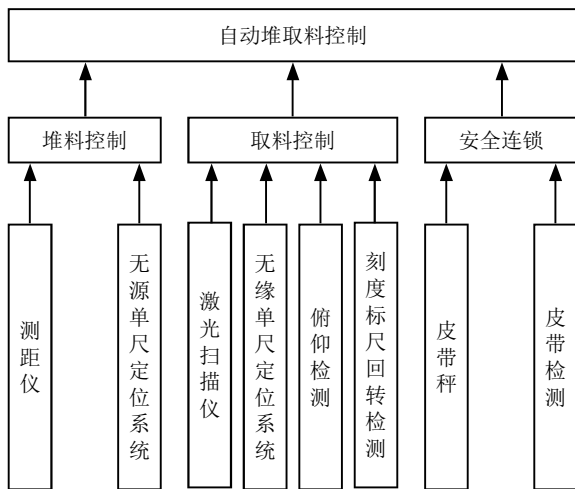


图3 堆取料控制原理框图

2.3 系统集成与部署

精尺源组件与边缘计算网关使用专用电缆连接，车载电气柜为边缘计算网关供电并从边缘计算网关读取定位数据。料场无人智能调度系统使用AB 1769PLC作为现场所有设备的主要控制器，CPU通过EtherNet/ip协议与车载电气柜内网关通信读取定位数据（如图4所示）。

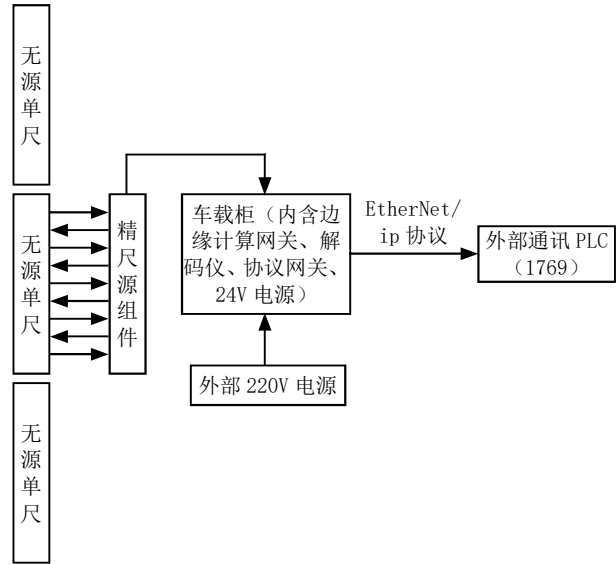


图4 无源单尺系统与现场PLC连接

3 无源单尺定位系统优势分析

国内外斗轮堆取料机位置检测手段有：旋转编码器、接近开关辅助旋转编码器、格雷母线、GNSS、无源单尺定位系统^[6]。

3.1 旋转编码器位置检测

旋转编码器是通过安装在移动设备车轮上检测车轮旋转圈数进行定位，这种定位方式通过测量旋转轴的旋转角度和旋转方向对移动设备的位置和走行方向进行确认。旋转编码器的优势是成本低和结构简单，但也存在明显缺点。当车轮出现打滑或卡死等情况时，旋转编码器的计数就跟实际走行不重合，导致定位不准确，并且会导致累计误差，影响后续位置数据。此外，编码器属于机械式结构传感器，在长时间往复运动中，会受到磨损，极易容易损坏，因此需要大量的维护更换工作，并且损坏会导致数据丢失或者跳变，引起生产事故和安全事故。

3.2 接近开关辅助旋转编码器位置检测

为了解决旋转编码器的累计误差，可以在系统中加装接近开关，即使用接近开关辅助旋转编码器的方式进行定位测量。这种检测方式也存在限制，接近开关在有钢铁粉末现场，极易受到物理环境影响而产生误判断。并且接近开关的非接触间距非常小，移动设备的偏摆，都会导致接近开关被撞击损坏，影响系统的稳定性和运行。

3.3 接格雷母线位置检测

格雷母线是应用了电磁感应原理，实现对移动设备进行位置检测。地址编码器、天线箱、地址解码仪

与格雷母线四大件组成格雷母线系统,该系统具有检测精度高、不易磨损、使用寿命长等特点^[7]。但是格雷母线属于定制化产品,生产制造和供货周期长,对项目进度有影响,并且格雷母线安装在斗轮堆取料机现场,存在被物料堆砸损坏的风险,修复的周期长、费用高,并且修复后数据存在跳变等问题。

3.4 GNSS 位置检测

GNSS 定位是采用中国北斗系统,美国 GPS 系统,俄国格洛拉斯系统,欧盟伽利略系统 4 套导航系统,具体原理是差分技术应用,实现对设备进行定位。但是,GNSS 定位系统受到外界制约因素较多,卫星远离定位点,会导致信号弱,定位点卫星少也会导致定位信号弱^[8]。最主要定位信号还会受到遮挡,如果是料棚,那么 GNSS 定位系统将无法使用。

3.5 无源单尺定位系统

无源单尺定位系统的核心构成包括无源单尺、精尺源组件、边缘计算网关及解码仪。其中,单根无源单尺的标准长度为 2 m,通过多根拼接的方式即可搭建形成完整的定位系统。作为标准化量产产品,无源单尺具备便捷的维护特性:若单根单尺发生损坏,无需对整套单尺进行更换,仅需替换故障单尺系统便可快速恢复正常使用,显著降低了维护难度与综合成本。在系统稳定性设计上,无源单尺定位系统采用容错架构:单点故障仅会导致对应位置的定位数据出现偏差,不会影响其他区域的位置检测功能,更不会造成系统整体瘫痪,从而有效保障了定位系统运行的可靠性与稳定性。

4 无源单尺定位系统安装规范

4.1 无源单尺安装

无源尺建议安装在斗轮堆取料机皮带立柱上,把支架焊接在皮带立柱上,再把通丝螺杆、无源尺夹具组装固定在支架上,通丝螺杆前端螺丝扣露出 2 扣丝;通丝螺杆与支架的腰圆孔连接,固定在腰圆孔靠中间位置(便于后期维护有可调整空间),保证安装后在同一水平线上。注意事项:

1. 单根无源尺长度约为 198 cm,第一根尺与第二根尺间隙约为 2 cm。需保证第一根尺左边沿到第二根尺左边沿距离保持 2 m,以此类推。

2. 无源尺不宜固定在抖动较大的地方,必要时选择地上单独打立柱固定。

3. 支架的固定间距遵循以下原则:第一根支架与第二根支架间距 120 cm,用于固定第一根无源尺,第二根支架与第三根支架间距 80 cm,第三根支架与第四

根支架间距 120 cm,第三根和第四根支架用于固定第二根无源尺。以此类推。

4. 无源尺上下前后偏差不得超过 3~5 mm,印字的一面朝外。

4.2 精尺源安装

用 M12*150 通丝螺杆把精尺源和支架组装在一起后,将精尺源中心位置对准无源单尺中心位置,安装在小车上。与无源尺保持 50~80 mm 的感应间距可调。安装注意事项:

1. 精尺源需要预留调试空间,精尺源面不允许被正面固定机构遮挡,要能方便拆外壳,方便后期维护。

2. 精尺源光滑无印字一面朝无源尺,精尺源上的 1# 精尺源组件为首端。安装时首尾方向必须与无源尺的首尾方向保持一致。

3. 精尺源离整块金属结构和动力变频线缆距离大于 0.5 m。

5 结束语

在料场无人智能调度系统中,无源单尺定位系统具备安装维护便捷、检测精度高、环境适应性强、无运行磨损、寿命长、稳定可靠等核心优势。无源单尺位置检测技术在斗轮堆取料机上的成功应用,充分验证了其成熟可靠的产品性能。无源单尺定位系统凭借独特的技术优势,有效破解了传统定位技术难点,在工厂自动化领域占据重要的地位。

参考文献:

- [1] 张明,王磊,陈浩.工业无线定位技术综述[J].自动化仪表,2023,44(02):1-8.
- [2] 陈立新,吴波.基于电磁感应的非接触式精密位移测量技术研究[J].传感器与微系统,2022,41(06):10-13.
- [3] 陈立新,吴波,杨帆.无源电磁定位传感器设计与精度分析[J].仪器仪表学报,2023,44(07):215-222.
- [4] 徐宏业,梁建国.智慧料场无人化堆取作业系统设计与实践[J].控制工程,2024,31(01):88-94.
- [5] 周涛,刘洋.工业自动化系统中现场总线与通信协议的设计与应用[J].制造业自动化,2023,45(04):112-116.
- [6] 赵伟,孙晓峰.工业定位技术选型与应用案例分析[J].自动化应用,2023(08):22-26.
- [7] 刘志强,黄海峰.格雷母线在斗轮堆取料机自动定位系统中的应用[J].港口装卸,2022,39(05):45-48.
- [8] 李岚,朱锋,刘万科,等.城市分类场景的 GNSS 伪距随机模型构建及其定位性能分析[J].武汉大学学报(信息科学版),2025,50(03):545-553.