

基于三维激光扫描仪技术的斗轮堆取料机自动化控制系统

蒋 欢

(镇江港务集团有限公司研发中心, 江苏 镇江 212006)

摘 要: 针对现有堆取机存在的问题, 本文提出一种基于三维激光扫描仪技术的堆取料机自动化控制系统。该系统主要利用三维激光扫描技术, 对料场、料堆进行实时扫描, 形成二维 / 三维可视化图像, 同时通过在中控系统输入相应的参数可以控制斗轮堆取料机自动完成堆取料作业。

关键词: 三维激光扫描仪技术; 斗轮堆取料机; 自动化

DOI:10.12323/j.issn. 1673-0542.2021.08.019

为适应散货装卸设备的专业化、大型化、高效化发展趋势, 吕明荟, 李毅民^[1]于2008年提出堆取料机无人化控制是未来发展的趋势。目前, 大、中型散货港口企业和燃煤电厂都在大力研究如何利用信息化、自动化和智能化技术实现斗轮堆取料机自动控制作业, 以提高竞争力。但是, 国内堆取料机无人自动化系统仍然使用的是基于二维(2-dimension, 2D)激光扫描仪对料场进行扫描的自动化控制技术, 该技术存在扫描周期长、数据精度差等缺点。

为提高无人自动化设备的扫描精度, 减少扫描周期, 实现堆料模型“准实时”更新, 实现露天条形堆场的自动化作业, 研究开发出一套基于三维(3-dimension, 3D)激光扫描仪技术的三维可视化^[2]控制系统就显得尤为重要。在充分保证堆取料机的作业能力及其他功能的基础上, 实现露天条形堆场斗轮堆取料机的自动化作业, 即无人操作和监视堆取料机, 自动化操作控制系统在接收中央

控制室管控一体化系统计算机生产作业指令后(或通过手动录入), 结合料场管理数据自动生成作业计划, 然后驱动相应的堆取料机到达合适的地点执行作业任务, 同时利用3D激光扫描技术^[2]对料堆进行实时扫描, 形成2D/3D可视化图像, 同步通过智能化运算, 将这些信息转化为可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)的控制指令, 以此控制堆取料机自动完成堆取料作业。

1 系统组成

系统主要采用3D激光扫描仪并同时结合高精度的全球导航卫星实时动态差分定位(RTK-GNSS)系统进行实时建模, 通过激光扫描系统采集点云数据, 并通过图形处理算法实现对作业对象地形三维模型的构建, 并随同作业过程实时更新。以料场精确的三维数据为基础, 采用智能化堆取料控制算法, 结合作业指令和工艺, 自动生成堆取料机的作业和控制指令, 实现对堆取料机的无人化全自动控制。

1.1 硬件系统组成

堆取料机自动控制系统主要由斗轮堆取料机控制系统和中控室中央控制系统两部分组成, 如图1所示。

1.2 主要设备

1.2.1 工业级3D激光扫描仪

堆形扫描系统采用工业级3D激光扫描仪作为堆形数据来源, 能在灰尘、震动、雨水、日照等恶劣环境下长时间连续运行。三维激光扫描仪安装在堆取料机塔架顶端, 利用飞行时间测距原理计算料堆表面参照与激光扫描仪的距离和角度, 再由图形处理服务器结合堆取料机高精度定位系统通过坐标变换、数据滤波等一系列的图像处理算法, 进行料堆表面网格的三维空间坐标计算, 实现对料堆的三维建模。3D扫描仪的扫描范围水平最大可达360°、垂直方向约为110°, 扫描距离超过100 m, 平均精度可到5 mm, 扫描点数可达8 000点/秒, 可主动感知和检测周边作业环境, 为料堆模型的建立提供精确而丰富的原始数据, 并为实现流量控制

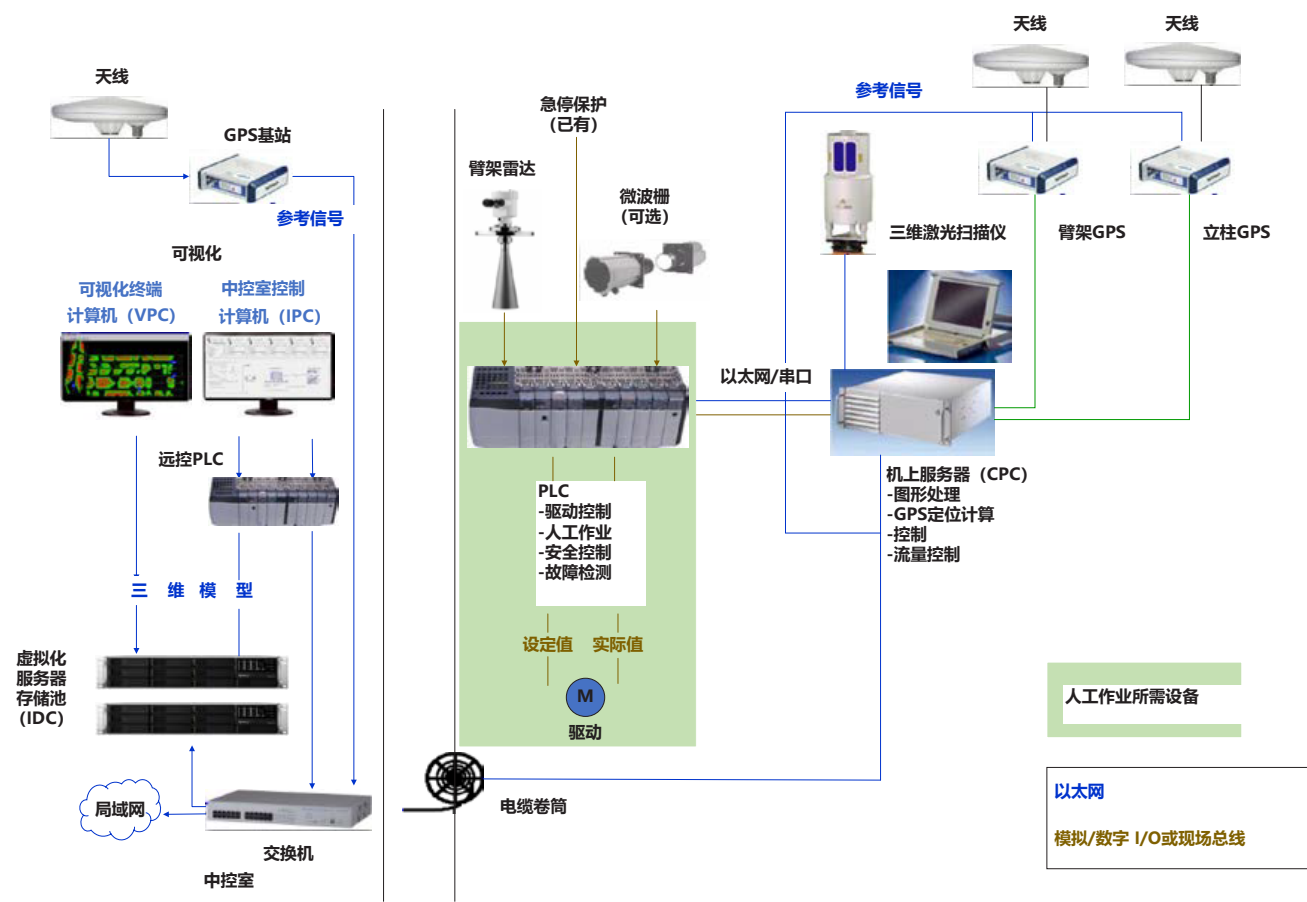


图 1 无人化控制系统硬件架构

奠定良好的基础。

1.2.2 差分 RTK-GNSS 北斗定位系统

斗轮堆取料机的定位系统采用 RTK-GNSS 北斗定位系统，可获得高精度三维定位数据，水平面精度 $\pm 10\text{ mm}$ ，大地高程精度 $\pm 15\text{ mm}$ 。RTK-GNSS 定位系统由接收器、基准站、工业计算机和计算软件等部件构成，单台堆取料机须安装 2 台 RTK-GNSS 接收器和 1 台工业计算机，计算软件安装在工业计算机上，根据 RTK-GNSS 接收机的定位数据计算斗轮堆取料的走行位置、斗轮位置和俯仰位置。

2 关键技术

斗轮堆取料机自动化控制系统主要包含 3D 激光扫描仪实时扫描技术、RTK-GNSS 系统定位技术、三维建模和料场可视化技术、自动化堆取料控制技术及安全防碰撞策略等技术。

2.1 3D 激光扫描仪实时扫描技术

如图 2 所示，3D 激光扫描仪安装在堆取料机塔架顶端，安装位置远离作业粉尘密集区和震动剧烈区，同时保证扫描仪能够获得良好的视野范围，利用飞行时间法（Time of flight, TOF），对堆取料机周边的料堆进行扫描测距，并在一系列的滤

波、去震动、去雨雾干扰等数据处理后，进行连续的多维空间坐标系转换，获取料堆表面网格在料场参照坐标系中的绝对坐标，实现料堆的三维成像。同时，利用料堆三维图像数据，为料堆每层作业切入点的确定提供依据，并控制每层取料料堆的边界。



图 2 3D 扫描仪安装扫描示意图

2.2 RTK-GNSS 系统定位技术

如图 3 所示,斗轮堆取料机的定位系统是在中控室楼顶安装一台差分基准站(安装在固定桩上),堆取料机上配置两台流动站,其中堆取料机塔架顶部配置 1 台流动站,斗轮附近臂架上设置 1 台流动站。地面固定基准站和机上流动站之间通过以太网进行数据交换,接入中控室的自动化系统交换机中,传输介质采用光纤通过电缆卷筒进行连接。基准站的定位测量完成后,锁定基准站的固定经纬度和高程坐标,在设备运行过程中,基准站将实时信号与准确测量值进行对比,得到实时差分的误差信号,同时将此误差信号传递给机上流动站的接收机,流动站接收机通过差分信号对实时信号进行修正,得到实时的准确定位值数据,计算出斗轮堆取料的走行位置、斗轮位置和俯仰位置。



图 3 RTK-GNSS 安装扫描示意图

2.3 三维建模和料场可视化技术

通过对激光扫描仪的原始扫描数据进行滤波、去噪、盲区预估、数据精简等一系列处理后,采用先进点云数据处理和图形重构算法,得到料堆表面的点云数据。再结合高精度的定位数据,将激光的点云数据转换为料场坐标系下的点云数据,形成料场绝对坐标下的料堆点云数据,再通过图像处理技术,形成全料场 2D/3D 可视

化图像。

2.4 自动化堆取料控制技术

在进行堆取料作业时,堆取料机无人值守,可对其实行全自动作业,即由中控室的操作人员下发作业计划信息,中控软件将作业计划解析后发送给堆取料机执行作业任务。在中控室内,1 名操作人员可同时操控 8 台堆取料机进行作业。

自动化堆取料机控制主要是依赖 3D 激光扫描仪扫描的高精度三维模型,三维模型是指导自动作业的重要依据,通过料场坐标系下的三维模型数据,在堆料过程中能够准确找到堆料的起堆点,自动执行多种堆料工艺,包括:空地堆、续堆、覆盖堆、单列定点堆料、多列定点堆料、往复走行堆料、回转堆料、鱼鳞状堆料等堆料工艺。其中,回转堆料工艺具有更规整的料堆形状、同样占地面积情况下具有储藏物料更多等优点。取料过程中,自动化堆取料机能够准确地找到第一次开边的取料位置,并根据作业系统自动执行相应的取料工艺,主要包括分层分段取料和分层整段取料工艺。分层分段工艺是该层取料寸动 6~8 次后,不需要取完整个料条长度,直接切换到下一层,进行取料,以最大限度减少料场料堆的占地面积为主;分层整段取料从料堆顶层开始取料;当臂架旋转到料堆外时,设备寸动一定距离,臂架反方向回转,继续取料;如此反复,直到该层料堆取料完成;移动设备到下一层取料点继续取料,以最大限度减少换层带来的料流中断,提高作业效率。同时,在不同的取料工艺过程中以斗轮的有功功率作为控制对象,采用 PID^①调节控制实现取料流量精确控制,满足各种不同需求的取料工艺

要求。

2.5 安全防碰撞策略

针对不同轨道和同一轨道上工作的堆取料机,借助堆取料机定位系统实时获取堆取料机的位置信息,通过空间投影法对堆取料机的作业半径进行计算,同时对堆取料机的运动轨迹进行预测计算,可有效实现堆取料机之间的两级主动防碰撞策略,可在不影响作业的情况下规避碰撞,提升作业效率。针对堆取料机臂架与料堆的防碰撞策略,可在臂架两侧安装毫米波雷达防碰撞装置,当有臂架靠近两侧的料堆或设备时可以发出警告信号,由 PLC 系统控制后续动作,防止堆取料机之间发生碰撞。

3 结论

本文就一种基于三维激光扫描仪技术的堆取料机自动化控制系统展开分析,该系统成功应用于大型散货港口,克服了 2D 扫描仪扫描周期长、数据精度差、无法实现全料场成像的缺点。同时,该系统还可以有效改善劳动环境,减少人力成本,提高料场整体的信息化程度及整体的作业管理水平,实现了散货港口的堆取料机全自动系统应用。

注释:

① PID:“PID”是比例、积分、微分的简称。应用最为广泛的调节器控制规律为比例、积分、微分控制,简称 PID 控制,又称 PID 调节。

参考文献

[1] 吕明荟,李毅民.斗轮堆取料机的发展趋势[J].港口装卸,2008(2):6-9.

[2] 路兴昌,官辉力,赵文吉,等.基于激光扫描数据的三维可视化建模[J].系统仿真学报,2007(7):1624-1629.