

用于汽车运输铁矿石的自动取样系统设计与实践

周荣平, 罗磊, 刘洪具

云南昆钢电子信息科技有限公司, 云南 安宁 650302

摘要 : 通过汽车运输的原铁矿石, 矿石形状复杂多样、车厢内堆料不稳定, 人工上车取样难度较大, 容易发生踏空、剐蹭和滑倒等安全事故, 本文介绍了一种用于汽车运输铁矿石的自动取样系统的设计, 采用自动控制系统, 结合视觉识别技术的应用, 对铁矿石进行智能识别, 可以实现自动定点定位、矿石钻取、样品吸取收集等工作, 实现矿车定点自动取样, 代替人工上车取样工作, 降低岗位安全风险, 提高取样工作效率。

关键词 : 汽车运输; 铁矿石; 自动取样系统; 系统设计; 实践探究

Design and Practice of Automatic Sampling System for Automobile Transportation of Iron Ore

Zhou Rongping, Luo Lei, Liu Hongju

Yunnan Kungang Electronic Information Technology Co., Ltd. Anning, Yunnan 650302

Abstract : The raw iron ore transported by car has complex and diverse shapes, unstable stacking materials in the carriage, and is difficult to manually sample. It is prone to safety accidents such as stepping, scratching, and slipping. This article introduces the design of an automatic sampling system for car transportation of iron ore, which adopts an automatic control system and combines visual recognition technology to intelligently recognize iron ore. It can achieve automatic fixed-point positioning, ore drilling, sample collection, and other work, and realize fixed-point automatic sampling of mining cars, replacing manual sampling work, reducing job safety risks, and improving sampling efficiency.

Keywords : automobile transportation; iron ore; automatic sampling system; system design; practical exploration

一、铁矿石取样的现状

在铁矿开采企业, 有汽车运输、皮带运输、电机车运输和提升机运输等多种运输方式, 其中原矿石的运输以汽车运输为主, 汽车运输原矿石的取样是一个重要环节, 通常在矿车上按照一定的网距和点距, 敲击拣取大小大致相等的块矿石, 合并成一个样品, 通常一个矿山有多个采区, 每个采区矿石品位有差异, 在矿山各采区通过矿车运输的铁矿石, 在进入破碎前需进行计量和取样, 取样与计量通常在同一个地点进行, 矿车停靠在过磅房磅秤上进行称重, 同时由取样人员通过扶梯上至运矿卡车车厢矿石表面, 依次对每辆运矿卡车车内矿石进行重复取样作业; 人工取样每次都按照一定的网距和点距, 均匀布点后, 敲击或者抓取每辆矿车上的少量矿石作为样品, 由于矿车运输的铁矿石为采区开采的原矿矿石, 块状复杂、质地坚硬、堆放不稳靠等情况, 人工取样过程中敲取样品极为困难, 需要爬上矿车顶部或者攀爬矿车的车架, 如果操作不当可能会导致高处坠落的危险; 矿车上的矿石高低不平, 松动不稳定, 取样人员容易踩空、绊倒、擦伤、压脚或者滑倒造成伤害^[1]。

近年来, 全国的大型矿山都在推进智慧矿山建设, 采用自动化、信息化、数字化、智能化等技术提高设备自动化和智能化水平, 减少高危岗位, 以机械化生产替换人工作业, 提高岗位的生产效率、降低安全事故风险。人工上车取样工作重复、风险高、

效率低, 可以开展自动化和无人化生产的研究, 但是矿石复杂不易实现自动取样, 目前针对原矿石的自动取样系统的研究应用还未广泛推广, 而以粉矿和碎矿等单一品类的自动取样为主。

二、自动取样系统的设计思路

本文介绍了一种原矿石自动取样系统的设计研究, 是基于图像视觉识别技术的自动取样方法, 应用于矿车运输过程的自动取样, 整个系统包含矿石视觉智能识别、取样定点定位小车、自动钻矿装置、样品吸取收集装置等子系统的研究和应用。本文介绍的取样方法大部分采用市场通用的设备集成, 少部分装置构件需要自研设计, 能有效降低整套系统的实施成本, 易推广应用^[2]。

原矿石自动取样系统的主要设备包括视觉识别摄像机、滑轨式取样定位小车、取样机头、潜孔钻装置、样品吸取装置、旋转储料装置、空压系统、液压系统和取样控制中心等。取样过程在矿车过磅计量时进行, 当矿车停于磅秤计量时, 光电触发开关产生触发信号, 视觉识别相机移动拍照, 生成深度图像和三维点云, 经过图像识别算法, 分析计算出卡车相对于基准点的位置, 根据车厢轮廓计算车厢尺寸, 同时分析出矿车装矿状态及矿石分布情况, 根据原矿自动取样点距要求和车厢尺寸, 计算取样点的坐标, 坐标值发送至取样控制中心分析处理, 取样控制中心根据取样点坐标控制滑轨式移动小车, 滑动到取样位置, 启动小车上

作者简介: 周荣平 (1983.04-), 男, 汉族, 云南省彝良县人, 本科, 自动控制工程师, 研究方向: 工矿企业自动化控制系统和信息系统的集成开发。

的机头和钻机，采用钻和吸联动运行的方式，进行自动取样，每车自动选取合适取样点3–6处。

在移动小车上安装升级机构，将安装在升降机构上的钻取装置自动压下在取样点矿石上，同时液压系统启动压紧矿石，自动旋转钻机钻取矿石，通过安装在钻取装置侧方的吸取装置将所钻取的颗粒状或粉状矿石样品吸取到收尘料桶内。

取样时间和取样量主要由称重传感器实现，在样品收集装置底部安装有称重传感器对所吸取收集到的矿石样品进行称重计量，当样品重量达到系统要求重量时，自动停止钻取装置，升降机构自动提升钻取装置，并通过智能图像分析自动定位下一个取样点进行自动取样，完成一车多点钻取后，通过旋转底座自动匹配相应编号的储料桶，样品自动落入旋转储料桶内，完成一次完整的自动取样工作^[3]。

三、自动取样系统的视觉识别定位方法

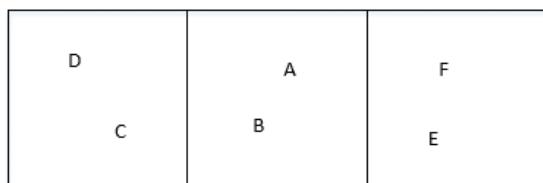
通过视觉摄像机获取的图像信息来分析矿石均匀分布情况、矿石块度大小，运用目标检测算法算法、目标定位跟踪和激光3D扫描成像技术等计算出适合钻取点位x、y、z三维坐标值，由控制中心PLC担任移动定位小车控制系统实现坐标点位控制，实现系统自动定位和取样全过程^[4–5]。

视觉识别通过双目相机和识别算法来实现，在移动定位小车上方合适位置加装双目相机，双目相机是矿石智能识别定位系统的重要组成部分，也是整个系统实现的关键，须自动检测停稳于磅秤上的运输车辆，自动拍摄车厢全貌。在磅秤侧边合适位置安装光电触发开关和激光测距仪，当矿车停在磅秤上进行计量时，光电触发开关产生触发信号，相机拍摄照片，通过图像识别算法自动计算车厢尺寸，自动识别矿车装矿状态、矿石分布以及矿石形状，判断取样点深度，从而为系统提供取样点三维坐标，自动分析取样位置。

通过视觉图像系统发出指令至取样控制中心PLC，滑轨式移动定位小车通过智能图像分析精确定位取样点并自动行走至取样位置，移动定位小车带动钻取机头采用钻和吸同时运行的方式，进行自动取样。

四、取样点位确定方法

按照一定的网距和点距均匀布点，每车自动选取合适取样点3–6处，图像识别算法将车厢划分为3个取样区域，每个区域选取合适的1–2个点位进行取样，如点位图所示：



> 取样点位分布图

矿石视觉识别定位系统选取的取样点按照原矿汽车运输人工取样方法进行，在自动取样系统中可以设置每车取样点数，以及设置取样点选取规则，由取样人员根据取样规范进行调整^[6–7]。

通常每车至少确定3个取样点，在车厢3个取样区域各取一份样，根据取样规则进行调整，点位随着调整，如图所示，在A、B两点中任选一点，在C、D两点中任选一点，在E、F两点中任选一点，如取样不成功，自动选取下一个点位，也可以两个取样点都进行取样。

矿石视觉识别定位系统发送矿车取样方式及取样坐标至取样控制中心PLC，样控制中心PLC发送取样坐标及取样指令至滑轨式移动小车进行取样。

五、样品钻取装置系统设计

样品钻取装置是整个自动取样系统中的核心系统，采用主要包含微型潜孔钻机、空压机、漩涡风机、样品收集容器、液压系统及防摇液压装置。钻取装置、吸取装置安装在滑轨移动定位小车上，在滑轨移动定位小车的带动下，移动至矿石智能识别定位系统指定的取样位置，通过视觉图像识别系统精确分析并定位原矿矿石取样点，滑轨移动定位小车根据坐标和激光定位算法，移动到指定位置，再自动固定并伸出钻取装置快速钻取原矿矿石样品，钻杆在电机的驱动下旋转破碎矿石为粉末或颗粒状，同时启动漩涡风机和吸取装置，钻取和吸取完成，收回并横移至卸料点卸入储料桶内^[8–9]。

由于原矿石的大小形状复杂，车厢内矿石堆分布情况不均，高低起伏，矿石块松动，在钻取装置下钻取样过程中，矿石块会移动，给取样带来极大难度，在取样机头部位与钻取装置连接处，采用一套液压压紧系统，将矿石压紧固定，防止钻头在钻取过程中钻杆摇晃偏摆，同时防止矿石晃动移位。

为了使钻取装置能够平稳且固定落在所精确定位的取样点位置，可以在钻取装置钻头上安装活动柔性、可自动伸缩及自由转向的定制三角架，以便更好的使钻取装置在下落到高低不平取样位置时，能够将钻头合理支撑并定位钻取位置，有效解决钻头钻不进或钻偏的现象，更好地固定钻头及定位钻取。

当钻头旋转启动时，系统自动启动空压机，往钻杆中部吹入压缩空气，边钻的同时将钻下的粉状或颗粒状样品吹起，同时，自动开启漩涡风机将吹起的粉状或颗粒状样品吸取并收集至样品收集装置内，当样品收集装置的称重传感器检测到收集的样品重量到达预设值时，停止当前取样，钻取装置自动升高，滑轨式移动小车返回卸料点将样品卸入储料桶内^[10]。

六、样品收储装置的设计

铁矿石各采区的矿石品位是不一样的，在运输过程中，从运输–计量–取样各环节必须进行矿石品类跟踪，在自动取样系统的设计研究时，就要考虑多种矿石品类取样与收储筛分等，通过汽车衡集中计量系统获取矿石来源、重量和品类等信息，通过旋

转底座自动匹配相应编号的储料桶，储料桶转动至卸料点，所取矿石样品落入储料桶内，完成一次自动取样工作。

为了方便更换储料桶，采用可旋转定位的储料桶转盘底座，在转盘底座上均匀分布9个储料桶位，每个料桶和底座需要编号，根据矿石的采区和品类分配料桶，同时，料桶需要配置备用桶，当料桶装满后启用备用桶，确保样品不会因装满溢出。

样品收储装置包括圆盘式旋转底座、减速电机、定位编码器和料位检测仪等设备，圆盘式转盘底座需要根据实际位置和桶位大小进行设计，储料桶底部会随机作编码标签，与转盘底座对应，样品收储装置安装在移动小车滑动范围，当钻取工序完成后，移动小车回到指定位置进行卸料。

七、自动控制系统集成设计

本文研究的是针对汽车运输铁矿石的自动取样，取样过程在汽车过磅计量时进行，汽车计量时系统获取到矿石来源采区，根据定义规则，对同一个采区的矿石采取规则取样，在矿车计量完成后，系统根据取样规则下发取样指令，由自动取样系统自动完成取样的过程，整个取样过程在2~3分钟完成，与人工取样相比提高了取样效率。

在取样区域安装一套电气控制系统，电气控制系统包括控制整个自动取样系统的各种电气设备，如变压器、变频器、开关电源，继电器，断路器、服务器、触摸屏及PLC控制器等，由PLC控制器实现取样机构、移动小车平台、视觉识别定位系统、集中计量系统、空压系统和液压系统等自动控制，并控制样品收储装置、电子安全门、车辆道闸及传感器等设备，组成自动取样控制

中心，实现整个系统的数据采集、数据处理、数据存储、数据传输及联锁控制，并通过服务器显示器显示矿石智能定位系统定位信息、矿石来源信息和取样频次控制等，控制中心实现储料装置的参数设定、修改及配置，实现设备工作状态及报警记录的显示等。通过操作箱实现移动小车、空压系统、钻取机头等设备的手动操作。

自动取样控制中心配置一台工控机作为操作员站，安装系统软件和软件接口等，通过连接集中计量系统，实时读取原矿矿石重量及相关属性信息。当矿车停至汽车衡，集中计量系统完成车辆及矿石来源信息读取后，将本次矿车车牌号及装矿采区信息传输至自动取样控制中心控制器，控制器经过数据处理，控制样品收储装置将对匹配的料桶旋转至卸料点，实现自动取样模式下，矿石来源与储料装置桶号的精准和快速匹配。并根据矿石智能定位系统发送的取样坐标，控制取样移动小车实现矿石的取样和卸料。

八、结语

原矿石汽车运输中自动取样系统研究与应用，可实现机器替代劳动强度大、危险系数高和频繁重复作业的岗位，优化人员配置，改善现场作业工作环境，解决人工取样作业存在的高处坠落、机械伤害、车辆伤害等安全隐患问题，提升现场安全管控、生产过程管理的可视化，提高采矿设备的自动化和信息化水平，降低和减少生产安全事故的发生，也可以提高取样质量，对矿车上进行定点钻取和吸取，避免了人工点位偏差，本文介绍的系统易于推广应用。

参考文献

- [1] 李鹏飞, 李子鹏. 工业机器人在冷轧产线的应用实践 [J]. 山西冶金, 2023, 46(11):196~197,200.
- [2] 云南昆钢电子信息科技有限公司. 适用于矿石动态取样的机器人取样装置与取样机器人: CN202321565783.9 [P]. 2024-04-12.
- [3] 杨晓微. 采矿自动化取制样系统的应用与发展 [J]. 自动化应用, 2022(9):123~125,129.
- [4] 郭成伟, 王欢, 蒋晓光, 等. 铁矿石、锰矿石和铬矿石取样和样品制备技术概况 [J]. 化学分析计量, 2020, 29(3):137~143.
- [5] 朱东岳. 堆积矿石采样装置设计 [J]. 内蒙古科技与经济, 2021(20):121~122.
- [6] 吴国境, 韦星羽, 陈永欣, 等. 全自动取制样系统运行问题及对策研究 [J]. 大众科技, 2021, 23(06):143~145.
- [7] 李艳秋, 张西春, 李洲, 等. 矿物取制样系统偏差检验 [J]. 现代矿业, 2020, 36(09):242~245.
- [8] 孙炜. 试论冶金企业金属矿石自动取制样技术 [J]. 世界有色金属, 2020,(08):14~15.
- [9] 王春生. 铁矿石全自动在线检测系统的应用现状及发展趋势 [J]. 现代矿业, 2020, 36(02):103~105+112.
- [10] 艾青, 裴黎刚, 沈怡平. 25万t级矿石接卸码头机械取制样设施工艺设计 [J]. 港口装卸, 2011,(02):26~28.