

# 斗轮堆取料机自动化控制系统设计

郑绪

(华电曹妃甸重工装备有限公司 河北 唐山 063200)

**摘要:** 为了避免斗轮堆取料机在作业中出现过载问题,影响设备作业安全,本文开展斗轮堆取料机自动化控制系统的设计研究。系统由三个主要部分构成,分别为总线通信模块、控制模块和执行模块,控制信号在系统中利用以太网完成通信驱动传输;根据斗轮堆取料机的变幅结构,为保证变幅结构在作业中处于平衡状态,明确斗轮堆取料机中的不平衡力矩,是机械作业过程中变幅最小的作用力,以此为依据,设计斗轮堆取料机变幅机构作业控制目标;根据斗轮堆取料机的切入点,引进PLC技术,设计斗轮堆取料机的过载安全控制。设计对比实验,实验结果证明:设计的自动化控制系统在实际应用中的效果最佳,该系统可以在控制过程中,避免斗轮堆取料机在运行中出现过载安全隐患。

**关键词:** 系统设计;斗轮堆取料机;目标函数;过载;PLC控制器;自动化

## 0 引言

本次研究的斗轮堆取料机是一种用于工业、港口和发电企业等各个领域,用于装卸煤炭、砂石及矿料等物质的机械装置。随着我国工业产业的持续化发展,斗轮堆取料机的应用范围与产业价值越来越高<sup>[1]</sup>。在深入行业发展的研究中发现,物料设备运输设备最早起源于冶金行业,随着现代化科学技术的持续推进,物料装卸设备被广泛应用于市场各个行业与多个领域。为满足行业的发展需求,有关单位提出了针对斗轮堆取料机的自动化控制系统,将机械输送物料的过程与信息化通信技术融合,提高输送的效率与质量<sup>[2]</sup>。

近年来,随着汽车制造、物流运输、船舶运输和配套机械等行业的发展,斗轮堆取料机的使用频次在增加。尽管产业建设对机械控制系统的要求较高,但现有的控制系统在尝试投入使用中仍存在一些问题,包括无法满足机械柔性控制需求等。因此,大部分机械在使用系统控制时,仍需要人工给予其辅助<sup>[3]</sup>。为减少机械控制过程中的人力投入,提高机械作业效率与控制精度,本文在此次研究中以斗轮堆取料机为例,设计一种针对此机械的自动化控制系统,旨在通过此次设计,完善我国工业生产前沿企业在生产作业过程中物料运输配送服务技术的细节,实现基于整体层面对控制系统的全面优化。

## 1 系统架构

为确保开发的系统在实际应用中可以发挥预期的效

果,在开展相关研究前,根据斗轮堆取料机的控制需求,设计如图1所示的系统架构。

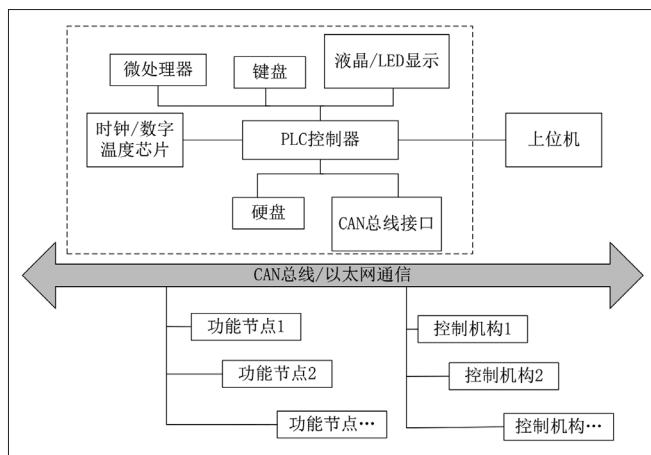


图1 自动化控制系统架构

本系统采用了集中式计算机控制方式,控制信号在系统中利用以太网完成通信驱动传输。从图1可以看出,该系统由三个主要部分构成,分别为总线通信模块、控制模块和执行模块<sup>[4]</sup>。其中,控制模块和执行模块使用以太网通信,控制模块是本文系统的核心模块,由实时时钟SD2304FLP数字温度芯片、LPC2292微处理器、(128×240)ppi液晶显示与LED显示、IDE硬盘、TJA1050-CAN接口、8019-RTL和PLC控制器等构成。PLC控制采用单片机控制,结合SCADA方式,采集各种数据并上传至计算机,实现对斗轮堆取料机的远程操作。

工业以太网在实现远程智能控制、远程集中管理和

用户终端设备之间信息传输等方面发挥了重要作用,在以太网的支撑下,数据通信速率最高可达10Gbps,网络拓扑图如图2所示。

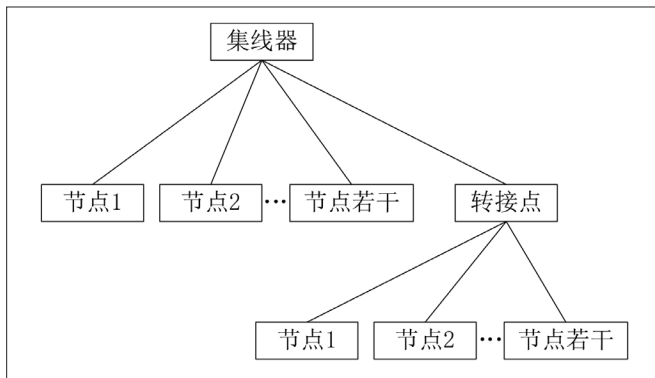


图2 自动化控制系统中以太网通信传输拓扑结构图

每个斗轮堆取料机均有两个独立的,由PLC组成的多功能控制器,每个控制器上均连接有一个串口模块和一个通信模块<sup>[5]</sup>。斗轮堆取料机主控板采用的是工业以太网总线通信方式,主要用于采集取料机主电机运转数据,通过总线将采集到的数据传输至PLC进行逻辑判断(包括输入输出关系、状态信息、时间信息等),再传输至PLC执行运算动作(包括打开开关、停止开关等),从而完成控制目的。相比其他的总线连接方式,此种连接方式在设计上具有一定的灵活性和通用性,可以同时连接多台机械设备,形成一个相对完整的控制网络。

## 2 PLC 控制器选型

PLC控制器是本文系统的核心,在选型过程中,需要全面考虑机型是否能在对应的环境中作业、输出/输入信号是否符合系统控制作业中的属性要求<sup>[6]</sup>。综合上述因素,设计PLC控制器的技术参数。相关内容如表1所示。

表1 PLC 控制器技术参数

序号	项目	参数
(1)	设备型号	AC-800M
(2)	设备品牌	ABB 品牌
(3)	PLC 控制器供电电压	DC-24V
(4)	数字量输入节点	488 个
(5)	数字量输出节点	79 个
(6)	模拟量输入节点	123 个
(7)	模拟量输出节点	4 个
(8)	控制器主站数量	1 个
(9)	控制器从站数量	8 个

AC-800M 属于 Compact-800 系列中一个较为重要的组件,其本质为模块化导轨控制器,其中包括电源、通信接口和 CPU 等多个附件<sup>[7]</sup>。将此设备集成在系统中,不仅可以为取料机的自动化控制提供冗余方式,还可以在控制过程中,对系统中各项功能的集成化。

## 3 设计斗轮堆取料机变幅机构作业控制目标

在硬件设备的支撑下,根据斗轮堆取料机的变幅结构,设计设备的作业控制目标<sup>[8]</sup>。斗轮堆取料机在作业过程中,使用的是四杆结构进行作业,为保证变幅结构在作业中处于平衡状态,明确斗轮堆取料机中的不平衡力矩,是机械作业过程中变幅最小的作用力<sup>[9]</sup>。因此,可通过下述公式,计算斗轮堆取料机的不平衡力矩。

$$f_1 = \frac{M_{\max} - M_{\min}}{M_{\min}} \quad (1)$$

式中:  $f_1$  - 斗轮堆取料机的不平衡力矩;

$M_{\max}$  - 最大力矩;

$M_{\min}$  - 最小力矩。

为降低斗轮堆取料机的活配重质量,避免由于上部结构自重造成斗轮堆取料机作业过程中重心偏移,建立计算公式(2)所示的控制目标函数。

$$f_2 = \frac{M_z}{M_b} \quad (2)$$

式中:  $f_2$  - 重心偏移控制力;

$M_z$  - 活配重对斗轮堆取料机中心点的力矩;

$M_b$  - 臂架、皮带机等辅助结构在作业过程中对中心点产生的力矩。

在此基础上,考虑到斗轮堆取料机的机械变频功率较小,而设备变频作业过程中,会产生不平衡力矩。以上述提出的不平衡力矩为控制目标,建立计算公式(3)所示的目标函数。

$$f_3 = \frac{\sum_{j>1}^n (VM_j V\alpha_j)}{VM_{\min} (\alpha_2 - \alpha_1)} \quad (3)$$

式中:  $f_3$  - 针对不平衡力矩的变幅机构作业控制目标函数;

$n$  - 斗轮堆取料机变幅结构的作业次数;

$j$  - 变幅行为发生次数;

$\alpha_2$  - 斗轮堆取料机变幅机构作业过程中的初始角度;

$\alpha_1$  - 斗轮堆取料机变幅机构作业中的终止角度;

$V\alpha_j$  - 角度变化值。

按照上述方式,完成斗轮堆取料机变幅机构作业控

制目标的设计。

#### 4 基于 PLC 的设备过载安全控制

完成上述设计后，引进 PLC 技术，设计斗轮堆取料机的过载安全控制，为确保控制行为具有高精度的优势，应在控制前，设计斗轮堆取料机的切入点<sup>[10]</sup>。此过程如计算公式（4）所示。

$$\beta = \arcsin\left(\frac{Z_0 - A}{L}\right) \quad (4)$$

式中： $\beta$  — 斗轮堆取料机的切入点坐标；

$Z_0$  — 悬臂的回转角度；

$A$  — 悬臂的俯仰角度；

$L$  — 悬臂的中心点相距。

完成上述设计后，应明确斗轮堆取料机在取料过程中，斗轮式的回转是由电动机驱动，带动斗齿转动出料。为控制设备过载问题，当进料过载、走行机构过载或皮带过载等现象较为轻微时，可启动 PLC 中的计时器，测得皮带秤的实际流量，判断电动机的电流是否超过额定。与此同时，PLC 会发出控制信号，对切料堆的深度和悬臂转速进行控制，从而使吊杆转速减缓，使皮带秤的实际流量降至额定范围，减少斗轮的取料，避免斗轮过载，确保取料的连续性和效率。若发现有较大的过载现象，应先停止吊杆的转动，使其停止工作，等取料流量趋于平稳后，才能使吊杆的转速恢复到正常工作状态。按照上述方式，实现对设备过载的安全控制，以此完成斗轮堆取料机自动化控制系统的开发。

#### 5 对比实验

上文通过硬件与软件两个方面，完成了针对斗轮堆取料机的自动化控制系统设计，但相关该系统的研究仍处于理论阶段，尚未有实践成果证明该类系统可以正式投入市场使用。为实现对该系统控制效果的测试，下述将某地区大型采煤矿厂作为试点单位，设计对比实验展开如下所示的研究。

实验前，通过与此单位负责人的交涉后发现，此单位在生产运营过程中所使用的斗轮堆取料机，一直无法达到预期的作业效率。为解决此方面问题，提高斗轮堆取料机的工作效率，在与负责人综合商议后，决定使用本文开发的系统，对企业斗轮堆取料机的作业过程展开控制。控制前，应根据取料机的配置与运行中的技术参数。相关内容如表 2 所示。

掌握斗轮堆取料机的作业参数，按照规范在企业作业车间中，部署本文系统。在使用本文系统进行斗轮

表 2 斗轮堆取料机配置与技术参数

序号	项目	参数
(1)	额定堆料能力	$2.0 \times 10^3 \text{t/h}$
(2)	最大堆料能力	$2.5 \times 10^3 \text{t/h}$
(3)	额定取料能力	$1.5 \times 10^3 \text{t/h}$
(4)	最大取料能力	$1.8 \times 10^3 \text{t/h}$
(5)	斗轮尺寸	$\phi 6800 \text{mm}$
(6)	回转半径	50m
(7)	回转角度	$\pm 110^\circ$
(8)	斗容量	$0.65 \text{m}^3$
(9)	俯仰角度	$+5^\circ \sim -12^\circ$
(10)	堆取料机上皮带机带宽	1580mm
(11)	堆取料机上皮带机带速	3.5m/s
(12)	堆取料机上皮带机槽角	$35^\circ$
(13)	堆取料机上皮带机托辊直径	$\phi 155 \text{mm}$

堆取料机控制时，先设计斗轮堆取料机变幅机构作业控制目标，建立对应的目标函数。在此基础上，引进 PLC 技术，设计设备的过载安全控制与防碰撞监控。

为确保实验结果具有一定的对比性，完成对本文系统的部署后，引进基于北斗定位的控制系统，与基于激光流量传感器的控制系统，将其作为传统系统 1 与传统系统 2，使用本文系统与传统系统，对斗轮堆取料机进行控制。将斗轮堆取料机取料量作为评价系统可行性的关键指标，根据取料机的额定取料能力与最大取料能力，对其展开取料机取料过载安全控制。控制效果如图 3 所示。

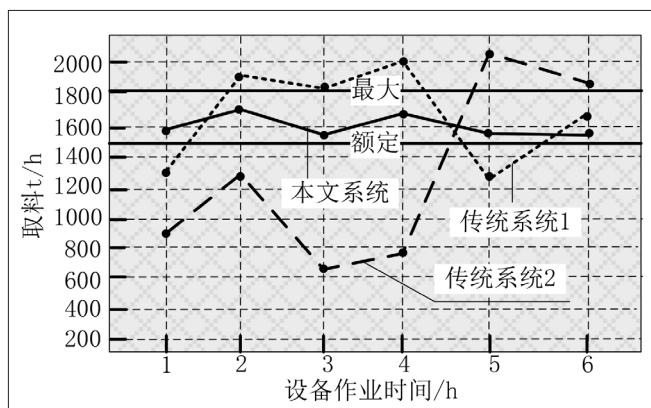


图 3 斗轮堆取料机取料过载安全控制效果

根据表 2 所示的内容，斗轮堆取料机取料应在  $1.5 \times 10^3 \sim 1.8 \times 10^3 \text{t/h}$  范围内。但根据图 3 所示的取料过载安全控制效果可以看出，三种控制系统中，只有本文设计的控制系统可以在实际应用中，将斗轮堆取料机的取料量控制在安全范围内，而传统系统 1 与传统系统 2 在控制后，均出现了斗轮堆取料机过载的现象。

(下转第 12 页)

(3) 工作效率高。钢瓶通过流水线自动进、出, 无需人工搬运和固定, 劳动强度低、工作效率高。

## 5 结语

本文通过对钢瓶气密性试验现状的调查和分析, 介绍了一种新型自动式钢瓶气密性试验装置的设计原则和基本结构, 并详细介绍了该装置的试验过程与运行方式。该试验装置采用结构简单、实用性强的自动运行、自动试验方案, 并附加了增强试验效果的照明系统、净水系统及方便观察的水箱设计, 是“浸水法”气密性试验方法的有效延伸与自动化设备的有机结合。通过试验验证, 该装置实现了设计研究的预期目标, 符合国家相关标准和安全技术规范关于钢瓶气密性试验的要求。该装置安全可靠并且操作方便, 有效解决了钢瓶气密性试验工作劳动强度大、实际

试验效果差、工作效率低等问题, 对提高钢瓶气密性试验工作实效性和工作效率方面具有较大的促进作用。

## 参考文献:

- [1] 石正洋, 郝庆丰, 项林. 降低氢冷发电机氢气损耗的措施及实践 [J]. 上海节能, 2019(12):1020-1023.
- [2] 陈小宝. 大型水氢冷发电机轴密封装配工艺研究 [J]. 电机技术, 2019(04):50-53.
- [3] 罗贤龙. 百万千瓦氢冷发电机端盖漏氢处理及优化 [J]. 科技创新导报, 2020(08):77-78+80.

**作者简介:** 陈涵 (1986.08-), 男, 汉族, 湖南长沙人, 本科, 工程师, 研究方向: 特种设备检验检测、安全评估、事故调查、质量技术管理等。

(上接第8页)

因此, 在完成上述设计后, 得到如下所示的结论: 相比传统的控制系统, 本文设计的自动化控制系统在实际应用中的效果最佳, 该系统可以避免斗轮堆取料机在运行中出现过载安全隐患。

## 6 结语

本文通过设计斗轮堆取料机变幅机构作业控制目标、基于 PLC 的设备过载安全控制, 完成了自动化控制系统的开发。设计后, 通过对比实验证明该系统在实际应用中, 可以避免斗轮堆取料机在运行中出现过载安全隐患。因此, 可在后续的工作中, 根据相关工作的具体需求, 尝试将本文系统代替传统系统推广应用, 以此为我国工业产业的发展提供进一步的技术指导与帮助。

## 参考文献:

- [1] 王立成, 孔德明, 沈阅, 等. 堆取料机防撞检测系统多毫米波雷达标定方法研究 [J]. 燕山大学学报, 2022, 46(03):246-256.
- [2] 董祥雨, 魏代同, 李宏坤. 基于本征正交分解的斗轮堆取料机俯仰结构降阶方法 [J]. 矿山机械, 2022, 50(05):14-20.
- [3] 孙建福. DQLK1500/2400.52 型斗轮堆取料

机俯仰机构平衡的计算与实践 [J]. 中国高新技术, 2022(04):72-75.

- [4] 陈中华. 基于总线控制的 SIMATIC 分布式 I/O 堆取料机电控系统的设计 [J]. 水泥工程, 2022(01):66-67.
- [5] 杨文英, 高静. 浅议激光流量传感器在火电厂斗轮堆取料机瞬时取料量中的控制应用 [J]. 中国设备工程, 2022(02):191-192.
- [6] 莫宇, 陈树县, 甘志享. 堆取料机在安装过程中轨枕道砟式轨道基础沉降问题的分析和处理措施 [J]. 工程技术研究, 2021, 6(21):123-124.
- [7] 杨文英, 高静. 智能一体化生产控制平台在火电厂斗轮堆取料机无人作业系统中的应用 [J]. 中国设备工程, 2021(17):32-34.
- [8] 张水良, 刘治邦, 李潇峰, 等. 基于北斗定位的港口堆取料机防碰撞系统关键技术研究 [J]. 港口装卸, 2020(06):43-46.
- [9] 王旭修, 蔡有, 时培, 等. 激光探测与测量视觉技术在堆取料机全自动控制中的应用 [J]. 水运工程, 2020(06):87-91+105.
- [10] 孟凡凯. 中铝几内亚博法项目 1# 码头堆取料机生产线一次性投料试车成功 [J]. 中国有色金属, 2020(06):19.