

木片输送系统自动化控制策略



作者简介：黄光明先生，高级工程师；主要研究方向：制浆造纸、锅炉汽机、制盐、化工及废水处理行业的自控仪表工程管理和调试。

黄光明 谢显国

(中国轻工业长沙工程有限公司, 湖南长沙, 410114)

摘要：通过对年产30万t化机浆项目的木片输送生产线的自动化仪表工程设计和建设的分析，探讨了大型木片输送项目的工艺特点及自动化设备的关键要点和控制策略，以及生产过程中运用过程仪表、保护开关、PLC控制系统、视频监控系统等一体化技术实现对木片输送系统精准控制的方法。

关键词：木片输送项目；自动化工程；智能仪表；控制策略

中图分类号：TS736⁺.3 **文献标识码：**A **DOI：**10.11980/j.issn.0254-508X.2021.12.010

Automation Control Strategy of Chip Conveying System

HUANG Guangming* XIE Xianguo

(China CEC Engineering Corporation, Changsha, Hu'nan Province, 410114)

(*E-mail: huangguangming@cecchina.com)

Abstract: Process characteristics of large chip conveying projects and key points and control strategies of automation equipment were investigated through analysis of automatic instrument engineering design and construction towards chip conveying production line in 300000 t/a chemical mechanical pulp project. Application of integrated technologies to achieve accurate control of wood film delivery system during production was also analyzed such as process instrument, protection switch, PLC control system and video monitoring system.

Key words: chip conveying project; automation engineering; smart meter; control strategy

制浆造纸中的木片输送系统是制浆生产线最前置的部分，主要由木片筛选、输送和贮存等工序组成，配套有冲洗和除雾单元。随着制浆造纸工业的发展，人工或半自动化作业的备料输送系统已不能满足大型制浆造纸企业的生产要求。通过对某年产30万t化学机械浆（以下简称化机浆）项目的旧木片输送系统的仪表自动化工程的调研，该系统存在以下特点：仪表检测能力薄弱、连锁保护缺失、自动控制设备技术落后、自动化水平不高、生产线人力劳动强度大等，这些因素影响木片输送系统的运行效率。为使新木片输送系统满足工艺技术先进可靠、自动化程度高、生产人员需求少、人员劳动强度低等特点，需要根据工艺的需求，制定生产过程自动控制、节能降耗及远程监控的工程技术目标，研究重要工段的控制策略并设计木片输送系统中集检测、控制、保护和智能一体化的仪表自动控制系统。

1 木片输送系统生产工艺和控制目标

1.1 生产工艺

当货轮到达码头后，为了便于木片的卸料，该项目木片输送系统工艺流程设计了2种木片输送及木屑处理工艺，如图1所示。

(1) 当海域水位满足自卸条件时，从海域码头木片船通过自卸皮带机开始进行木片输送，流程为：自卸皮带机→驳接皮带→码头自动卸料机（MPC2）→皮带输送机1→皮带输送机2→陆域木片仓→皮带输送机A、B→皮带输送机3→皮带输送机4→皮带输送机5→皮带输送机6→皮带输送机7→木屑筛选车间→皮带输送机8→皮带输送机9→化机浆车间。

(2) 当海域水位低，无法满足自卸条件时，从海域码头木片船通过门机系统开始进行木片输送，流程

收稿日期：2021-07-30（修改稿）

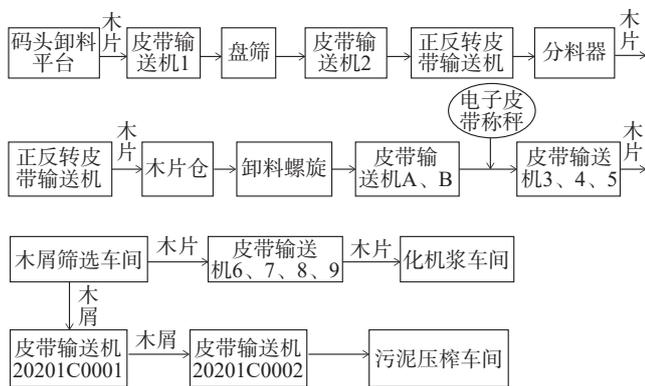


图1 木片输送系统工艺流程图

Fig. 1 Process flowsheet of chip conveying system

为：门机系统→码头自动卸料机（MPC1）→码头自动卸料机（MPC2）→皮带输送机1→皮带输送机2→陆域木片仓→皮带输送机A、B→皮带输送机3→皮带输送机4→皮带输送机5→皮带输送机6→皮带输送机7→木屑筛选车间→皮带输送机8→皮带输送机9→化机浆车间。

(3) 木屑筛选车间的木屑处理流程为：20201C0001皮带输送机→20201C0002皮带输送机→污泥压榨车间。

1.2 控制目标

木片输送系统的仪表控制策略和系统设计，需满足“全自动控制、操作人员少、劳动强度低”的核心理念，在满足生产过程控制需求的条件下，以提高木片输送系统的自动化水平、减少操作人员和劳动强度、提高劳动效率、保障生产安全为主要目标，对木片输送系统的卸料、筛选、输送、贮存等全过程利用智能仪表检测、控制装置连锁保护、视频监控及报警系统一体化技术，融合智能监控中心的建设，探索具有一定特色的木片输送系统的全自动化技术发展道路。

2 木片输送系统的自动化技术

木片输送系统的主要工艺设备如下：自卸皮带机、驳接皮带、码头全自动卸料平台、皮带输送机、盘筛、污泥压榨、正、反皮带输送机、木片仓、卸料螺旋、木屑筛选等设备。通过对木片输送系统工艺特点和控制条件的分析，总结了该企业原有木片输送系统的设备自动化水平，确定该项目的自动化技术路线，从实现木片输送系统全流程的智能仪表检测、控制装置连锁保护、智能应用监控平台3个层面进行设计，制定重要的工艺设备控制要求，探索木片输送系统的自动化到智能化的设计建设进程。最终与传统皮

带输送系统的自动化工程设计进行对比，如表1所示。

表1 新旧木片输送系统自动化应用对比

Table 1 Comparison of automation application between the former and new wood chip conveying systems

自动化应用类型	旧木片输送系统	新木片输送系统
智能仪表检测系统和各类开关保护装置	检测仪表缺失	全面应用
智能马达控制器		全面应用
视频监控	清晰度和智能化不高	高清智能化摄像系统
PLC控制系统	西门子S7-400	西门子S7-400
智能监控中心		全面应用
自动化水平	落后	较先进

2.1 智能仪表检测系统和各类开关保护装置

智能仪表检测是木片输送系统的信号测量和传感部分，是生产控制系统实现自动化、可视化、智能化的“眼睛”，也是木片输送系统进行自动控制、减少操作人员及劳动强度的组成部分。利用雷达液位检测技术进行木片仓料位的检测满足正、反皮带输送机自动卸料的工艺控制要求；在皮带输送机等传输设备中使用速度检测、撕裂检测、温度检测及电控设备、拉绳开关和限位开关等可以实现对其进行自动控制和连锁保护。具体设备介绍如下：

(1) 雷达料位计作为木片扫描程序的关键仪表，主要用于测量木片仓的料位，是木片输送系统正、反皮带实现自动卸料的关键点。

(2) 撕裂检测仪表可以避免输送皮带断裂对皮带输送机运行造成影响或损害。在皮带张紧处安装3条撕裂传感器，当皮带断裂时，传感器受到影响，撕裂检测仪将断裂的信号传回控制系统，程序就会连锁停机。

(3) 速度检测仪表主要用于检测皮带打滑或堵料等情况，当速度过低时将低速报警信号传回控制系统，程序就会触发信号引起连锁停机。

(4) 温度检测仪表主要用于检测皮带运输机齿轮箱或主电机轴承温度，当温度高于一定值时，程序就会触发信号引起连锁停机。

(5) 当皮带运输机有紧急情况发生时，人为使拉绳开关运动，将信号传回控制系统，程序就会触发信号引起连锁停机。

(6) 每次启动皮带运输机前，控制系统将信号发出，声光报警器运作，发出报警声音，提示皮带运输

机周边人员注意安全,待皮带输送机正常启动后信号消失,声光报警器恢复正常。

(7) 料流信号检测仪的核心部分是皮带秤,其测量误差在0.25%范围内,主要由称量传感器、称量支架、速度测量仪、测速滚筒组成,其中称量传感器支架安装在皮带输送机上,当木片经过皮带时,皮带上木片的质量就会传到称量传感器上,产生1个正比于皮带载荷的电压信号;速度传感器直接连在大直径测速滚筒上,提供一系列脉冲,脉冲的频率正比于皮带速度。称量控制器从称量传感器和速度传感器接收的信号,通过积分运算得出运输皮带的瞬时流量值和累积质量值,并可分别显示出来^[1]。

(8) 限位开关主要用在正、反皮带输送机和卸料螺旋上,其作用是检测到卸料螺旋或者皮带输送机运行位置,当控制系统收到此信号时,根据工艺要求需要停机或者换向启动。

2.2 智能马达控制器

电机智能控制单元广泛应用于制浆造纸工业中,它具有先进的电机保护及与上位机通信的功能,在制浆造纸企业中起到关键作用。本项目木片输送线马达控制中心MCC中使用了最新的ABB智能马达控制器M102-P,其具有现场总线通信功能的控制器,搭配电流互感器,能够实现电流测量、缺相、过载、三相不平衡等保护功能,并通过PROFIBUS现场总线将电机状态、报警、电流、电压、温度等数据传输到DCS控制器,在操作员站上实时显示。具体优势如下:

(1) 智能马达控制器与传统的电机控制回路比较,大大简化了电机的控制回路,减少了大量的控制电缆接线和故障点,降低了施工量和难度。

(2) 可与PROFIBUS-DP通信,实现远程控制和监控功能,具备远程起、停控制及对故障信号和电流信号等的监控功能。

2.3 视频监控系统

工业视频监控系统作为木片输送系统输送线监控设备运行、监测人员安全的关键一环,具有现场摄像、信号传输、远程控制、实时监控和长期存储等基本功能,视频监控系统可以通过同轴电缆、网线或光纤等连接光端机和交换机等方式将信号传输到系统主机中。在设计阶段需要考虑摄像头安装简单、走线方面、维护容易等原则进行设计;由于木片仓粉尘较多,需要从防爆的角度进行设计,一般考虑本安型摄像机;根据摄像机的点位数量和录像存储的时间,考虑交换机接口数量及硬盘录像机的储存容量。

(1) 为了实时监控正、反皮带输送机的卸料情

况,在限位开关失效的情况下,需要摄像机辅助监控皮带机行走位置,因此需要在木片仓输送皮带卸料处安装摄像机;其次为了监控皮带输送机的运行情况以及操作人员违规情况的记录,在皮带输送机一些重要的工段位置安装摄像机。

(2) 视频监控系统由网络摄像机、传送电缆、光电转换器、硬盘录像机、监控主机、视频解码器和工业电视大屏幕组成,具备实时监控、图像储存、视频回放及远程控制等基本功能。

2.4 PLC控制系统

本项目采用“分散控制、集中监控”的设计理念,通过PLC控制系统完成工艺设备的控制和仪表控制点参数的监测。通过光纤通信及数据交换机实现与化机浆、码头等控制系统进行数据交换和传输,通过UPS不间断电源给现场PLC控制系统及现场仪表提供可靠的电源,保证了系统的正常运行。木片输送系统的网络结构图见图2所示。

(1) 本项目采用西门子S7-400控制系统,具备运行速度快、储存容量大、I/O扩展能力强、通信能力强及集成的HMI服务能力。

(2) 本项目PLC控制系统与化机浆、码头、喷雾系统通过光纤通信进行数据交换和传输,操作界面通过数据交换,在每个站点实现数据共享和操作功能,极大方便了生产的操作和维护。

2.5 智能监控中心

木片输送系统的智能监控中心是实现整个控制系统神经中枢的关键技术环节,主要表现在以下几个方面。

(1) 数据信息可视与透明化。木片输送系统运行数据实现可视化、透明化是控制系统智能监控平台的基本功能。

(2) 远程维护。当控制系统出现故障、服务人员不能及时到现场时,PLC控制系统可以通过网络连接实现远程修改和维护,确保程序和逻辑连锁的故障及时解决。

(3) 建立数学模型并仿真校准。通过对木片输送系统的运行数据进行分析,建立木片输送系统的数学模型,在生产过程中对实时运行数据反复校验并对仿真完成的参数进行校准,从而得到正确可靠的运行参数,以便能够准确的指导生产运行。

3 木片输送系统自动化系统控制策略

木片输送系统的分布式控制系统以满足工艺控制需求、提高自动化水平和降低劳动人员强度为目标,

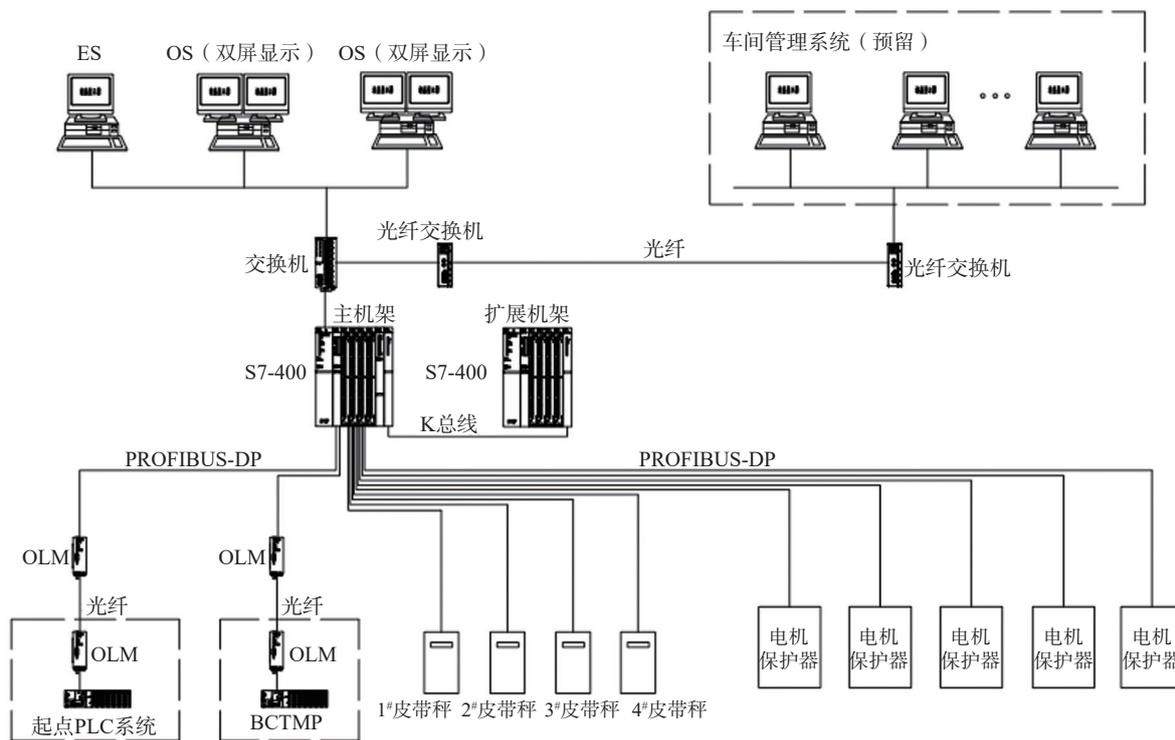


图2 木片输送系统PLC网络结构图

Fig. 2 PLC network structure diagram of wood chip conveying system

有效提高了工作效率、降低了运营成本，制定了合理的自动化系统控制方案。

3.1 木片输送系统控制策略

3.1.1 PID调节控制

对木片输送系统皮带输送机、喷雾泵等主要耗能设备与现场仪表之间实现自动控制，通过PID自动调节变频器转速，可以有效地调节皮带运转速度和喷雾水量，以便有效进行能源控制。

3.1.2 顺控及定时控

木片输送线的皮带输送机启动和停止通过PLC程序实现顺控，确保皮带按照先后顺序进行启、停，确保进料系统控制稳定；对于卸料螺旋润滑油泵实现定时控制，每隔12h，开启马达给设备添加润滑油，确保设备得到有效防护。

3.2 木片输送系统具体控制方案

为了使生产系统更好、更高效运行，在设计规划上将木片原料输送系统设计为3种控制方式。

3.2.1 解锁单机操作方式

输送系统各控制对象在远程状态下，可在后台系统操作界面通过启动、停止按钮任意开启、关闭设备，此操作方式适用于设备前期单机调试用。

3.2.2 解锁单系统联锁操作方式

输送系统中各子系统内部的所有设备具备工艺逻辑

关系，子系统之间不具备逻辑关系，适用于前期调试测试各子系统的控制逻辑。如单条皮带机的开机流程需满足皮带机开机、正常停机、故障停机的控制逻辑，控制逻辑如图3所示。

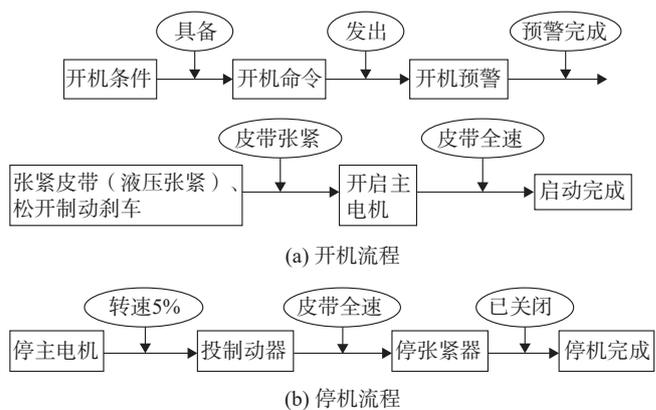


图3 控制逻辑

Fig. 3 Control logic

3.2.3 系统联锁操作方式

输送系统中各子系统（所有设备）具备控制逻辑关系。系统联锁操作需满足木片输送系统工艺流程的逆流流开机，顺流程正常停机，故障停机保证故障点料流后级不堵料，料流后级不压料，同时系统还应具备针对各子系统的投入、退出功能（暂停功能），即

在系统连锁开机过程中,突然某子系统需紧急处理问题时特有的暂停功能。

3.3 木片输送系统重要设备的控制程序

3.3.1 木片扫描程序

木片扫描程序作用为启动正、反皮带输送机行走,电机向左或向右行走5 s内对正、反皮带输送机左或右中的一边木片仓料位进行扫描检测,如果5 s内料位平均值低于设置料位的80%,则停止行走,然后启动皮带主电机进行卸料;如果料位在5 s扫描周期内大于80%,行走电机继续向前行走,然后继续进行下一周期内的扫描,直至料位低于80%。当行走电机在向左或向右运行过程中碰到位置开关时,必须立即向反方向运行3 s,同时进行料位检测,如果低于设置料位的80%,停止行走后启动主电机进行卸料。

3.3.2 皮带开启连锁程序

MCC通过通信方式将主电机的远程、运行、故障传到PLC系统,PLC系统将启动、停止等信号传到MCC;制动器反馈信号包含制动器远程、制动器运行、制动器故障及制动器启动输出信号;保护装置信号包含拉绳、尾轮跑偏信号、头轮跑偏信号、打滑信号、撕裂信号、堵塞信号。其中只要1个信号不正常,就会导致连锁停机。

4 木片输送系统建设和试运行阶段存在的问题和处理措施

木片输送系统在建设阶段主要存在木片卸料系统难以全自动投入、卸料螺旋在自动状态下碰到极限限位不能及时停止、皮带秤计量不准及保护开关信号干扰等问题,通过调试期间分析并查找原因后将问题一一解决。

4.1 木片卸料系统难以全自动控制

正、反皮带输送机在运行过程中难以实现全自动卸料。全自动卸料系统的核心是料位扫描系统,主要靠雷达料位计检测木片料位,通过对料位扫描程序中设置的料位进行比较,如果料位高于量程的80%,启动行走电机前行,同时雷达料位计继续扫描直至料位低于80%,维持2 s后开始启动自动卸料系统进行卸料。由于木片仓钢结构密集而且木片灰尘较多,对雷达液位计测量产生较大的影响,雷达液位计料位测量值波动较大,测量值与实际值偏差大,雷达料位计存在经常死机等问题。因此在调试过程中,通过屏蔽干扰信号、校准及更改响应时间等措施,解决了雷达料位计测量不准问题及木片卸料系统全自动控制问题。

4.2 皮带秤计量不准问题

木片输送系统的料流信号核心检测元件是皮带秤。在安装调试过程中需要关注细节和规范,严格按照安装技术要求进行安装;在调试阶段需要对皮带秤参数正确设置和校准;在运行阶段,需要制定巡点计划,定期对皮带秤进行检查和维修保养;对皮带秤出现的问题,需要善于观察、认真分析,采取有效的措施及时处理。

4.2.1 皮带秤的标定

皮带秤能否准确测量的关键点是标定,皮带秤标定的目的是称量显示值与实际值最大程度吻合,其测量误差在容许范围内。通常通过砝码、实物进行标定。

4.2.2 皮带秤的安装

称量传感器与称量支架的安装与连接是极其重要的一环,是皮带秤安装的关键点,在安装过程中需要克服超载、振动等环境因素带来的影响;最重要的是确保称量传感器准确的感应到皮带的物料质量,因此感应的作用力必须在称量传感器的轴心位置。

5 结语

通过对年产30万t化机浆木片输送项目自动化仪表的工程建设和设计,探讨了在大型木片输送项目的工艺特点及自动化设备的关键要点和控制策略,从木片输送系统运用的自动化技术、控制方案和策略及PLC控制系统的配置方面进行分析。生产过程中运用过程仪表、保护开关、PLC控制系统、视频监控系统等一体化技术可以实现对木片输送系统的精准控制和运行;通过智能监控中心,实现数据信息可视与透明化、远程维护和仿真校准,可以确保生产的正常运行。

智能化木片输送系统建设的核心目标是以信息化、自动化和智能化“三化融合”将木片输送系统生产无人或少人化,建成集智能输送关键技术与装备研发、测试、试验与服务一体的平台,特别是要突破智能化建设的薄弱点,实现装备换人、技术换人和管理换人,并把智能化改造作为提升安全保障能力的关键手段。我国木片输送系统建设正处于智能化建设的关键时期,在不久的将来制浆企业的智能化生产水平能够大幅提高,为企业创造大幅的经济效益和社会效益。

参考文献

- [1] 袁晓鹰,赵广法,叶向勇,等. 木片机械化采制样系统在日照港的应用[J]. 中国造纸, 2010, 29(12): 49-51.
YUAN X Y, ZHAO G F, YE X Y, et al. Application of Wood Chips Machine Sampling System in Rizhao Port[J]. China Pulp & Paper, 2010, 29(12): 49-51. [CPP]

(责任编辑:杨苗秀)