

# 散货码头带式输送机变频控制系统改造技术

窦勇

(中交一航局安装工程有限公司)

**摘要:** 黄骅港三、四期煤炭码头带式输送机使用年限长、设备老化、故障率高、维修量大,为解决以上问题,需要对带式输送机变频控制系统进行升级改造。通过改造需求分析,对系统改造内容和流程进行规划,尽可能减少因改造而造成的停机时间。对新系统进行技术升级,变频器与控制系统通讯由总线形式升级为主流的以太网形式,升级变频器多机运行同步跟随策略,改造后的变频控制系统通讯稳定性强、兼容性好,运行效率更高,驱动同步性能优于原系统。带式输送机变频控制系统改造技术可为港口散货装卸设备的类似更新改造提供参考。

**关键词:** 变频器; 控制系统; 系统改造; 设备更新

## 1 工程概况

黄骅港煤炭港区三、四期工程设备运行超过10 a。带式输送机设备在达产后始终处于高位运行状态,高利用率也带来了近几年维修量激增。根据黄骅港一、二期设备的运行经验,三、四期设备基本上处于浴盆曲线接近拐点位置<sup>[1]</sup>,需要对三、四期带式输送机设备及变频控制系统进行更新维修,避免故障率上升对生产作业产生影响。

本次改造可提供的停机时间有限,改造点多,为了最大限度减少停机改造时间,网络搭建、变频器参数设置、程序编制、系统新电缆敷设、利旧电缆标记等工作需要在停产前制定详细的施工方案。在系统停机、设备更换安装就位后,进行电缆快速连接、设备上电参数设定、控制系统输入输出点校对,实现带式输送机在短时间内恢复运行生产的目的。

## 2 变频控制系统升级改造

### 2.1 改造范围

改造范围包括翻堆线带式输送机9条,取装线带式输送机5条,带式输送机14条,驱动装置27套;8号装船机悬臂带式输送机驱动、中继带式输送机驱动装置3套。改造项目总共30套驱动装置。更新变频装置的带式输送机共8条,共18套变频器;BH-2带式输送机高压工频驱动调整为高压变频驱动,新增高压变频器4套,共22套变频器。

更新驱动电机及变频器的PLC控制器分别设置在15号、16号变电所<sup>[2]</sup>,采用AB(罗克韦尔)

1756系列控制器。同时,在17号变电所、T3-2机房控制间、21号变电所设置IO输入输出控制柜,采集变频器及驱动部控制信号,PLC远程站通过EtherNet/IP以太网通讯协议上传驱动部状态信号至控制处理器机架上,变频器状态通过ControlNet总线网络与PLC进行通讯,变频器的启停命令通过PLC输出模块发送给变频器控制端子。

### 2.2 改造内容

对改造范围内驱动电机和变频器涉及的控制系统进行更新升级,改造内容如下:

#### 1) 高低压驱动配电装置

更新高压MCC柜、高压变频器、低压变频器等驱动供电装置。将控制系统与变频器现有的ControlNet同轴电缆通讯方式升级为EtherNet/IP网络通信形式,通过在变频器相应机房增加接入交换机,接入变电所原有控制网汇聚交换机,将原有通讯方式传输的所有数据、信号通过以太网完成传输。设计变频器重故障切断上级高压MCC柜功能,保障变频器安全。改造更新的工频带式输送机驱动高压MCC柜,将运行状态通过硬线形式传输至中控系统。

#### 2) 驱动装置

更新驱动电机、减速机、制动器、散热装置的整套驱动系统。同时,恢复驱动侧制动器限位信号,恢复驱动电机、减速机超温信号,减速机油位信号,恢复散热风机主回路以及与控制系统联锁。

#### 3) PLC控制系统设备

包含数字量输入输出模块、模拟量输入输出模块、通讯模块以及控制器模块、PLC 控制柜硬线回路、带式输送机就地操作箱。其中工频改变频的带式输送机需要新增 PLC 输入输出模块，采集新增变频器的状态，发送变频器控制指令，对原控制柜硬线启动回路进行改造，同时在就地操作箱新增调速旋钮。

## 2.3 变频控制系统升级改造

### 2.3.1 准备工作

变频控制系统改造调试准备主要包括以下内容：

#### 1) 控制网搭建

将原同轴电缆的连接方式取消，基于原系统搭建和改造控制网络，变频器配置支持 EtherNet/IP 协议的通讯卡，并在变频器间配置变频接入交换机，与 PLC 通讯模块组网。

#### 2) PLC 控制系统

针对 BH-2 工频改变频带式输送机，进行 PLC 控制系统改造，准备工作包括：结合现场 PLC 柜内实际情况以及当前运行程序情况，选择变频改造所需 PLC 模块输入输出通道，并采购继电器和柜内配线；增加变频器信号后带式输送机硬线控制回路改造设计；变频带式输送机速度开关的更新采购；就地速度调节功能所需硬件采购。所有带式输送机驱动部位温度信号、油位信号改造硬件采购。对以上改造进行原理图纸设计。

#### 3) 控制电缆梳理

设计变频控制系统电缆清册及电缆接线表，

进行利旧控制电缆现场考察标记和新增电缆敷设。

#### 4) 控制程序预编制

对改造范围内控制程序更新部分进行预编制，并更新上位机组态画面相应信号点。

以上工作准备就绪后，即可在设备安装完成后进行快速替换和接线，接线完成后对系统内设备逐一进行调试检测，待单体设备完成调试后，进行系统联动试车。

### 2.3.2 控制网络搭建调试

由于本次改造为黄骅三、四期改造第一批次，考虑后续批次变频器接入，对三、四期变频控制网络进行整体规划，包括硬件设备搭建和 IP 统筹分配。

#### 1) 控制网络硬件的搭建与调试

要求将控制系统的现有同轴电缆的通讯方式升级为 EtherNet/IP 网络通信，需在新增或改造变频器的所在位置添加网络节点，以链路聚合的方式连接新增的接入交换机和现有的汇聚交换机，并接入控制网络，现以 15 号变电所为例进行介绍。

15 号变电所包括取装线 BQ7-1、BQ7-2、BC6-1、BC6-2、BM8 等 5 条输送机的 11 台低压变频器，涉及 15 号变电所、1 号变频器室、2 号变频器室等 3 个网络节点。3 个节点分别包含三、四期取装线变频器台数为 15 台、16 台、16 台，为满足后续改造需求，每个节点均配置 24 电口、4 光口接入交换机，接入现有控制系统。15 号变电所网络拓扑图如图 1 所示。

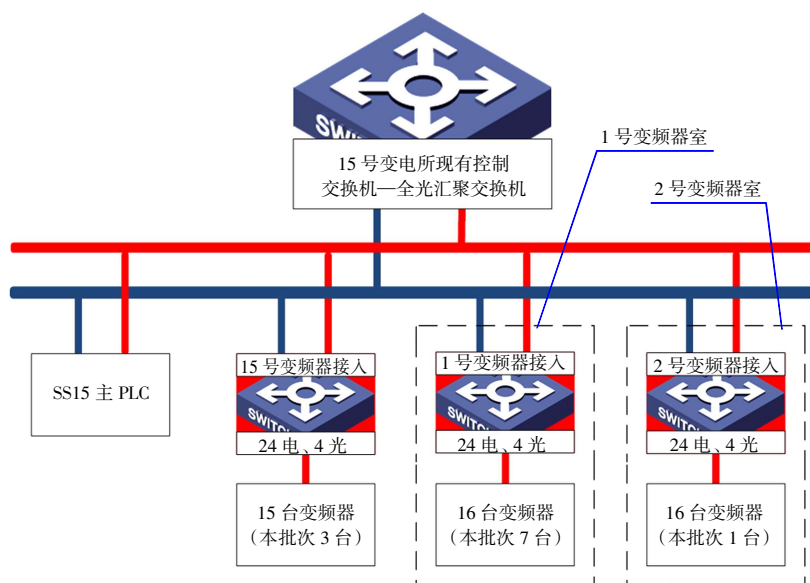


图 1 15 号变电所网络拓扑图

停机施工前调试内容包括：通讯柜安装、光纤熔接光衰测试、接入交换机参数配置以及通讯测试。

停机变频器安装后调试内容包括：变频器通讯卡参数配置，包括 IP 地址、网关、字段接口等，通讯连接后进行通讯数据测试。

#### 2) 控制网 IP 规划

经过统计，本项目需要 22 个变频器 IP 地址。涉及区域(非三、四期全部)内的 15 号变电所、16 号变电所、17 号变电所、1 号变频器室、2 号变频器室、1 号箱变、2 号箱变，共有 73 台变频器。本批次项目配置的控制交换机考虑所在区域所有变频器通讯接口，需要后续规划 51 个 IP 地址。

### 2.3.3 PLC 控制系统改造调试

PLC 控制系统改造调试涉及 4 台工频改变频带式输送机(BH11-2、BH12-2、BH13-2、BH14-2)，改造实施内容主要包括：

1) 在控制系统新增变频器的相应输入输出点(输入：变频器就绪、变频器运行、变频器故障；输出：变频器参数宏切换、变频器启动、变频器中速运行、变频器高速运行)，在 16 号变电所 PLC 柜安装新增信号继电器和线缆连接。

2) 调整以上 4 台带式输送机的硬线控制回路联锁点，将原高压接触器柜运行、故障信号更换为变频器运行、故障。

3) 由于变频输送机可运行在多个速度状态下，原速度开关不再适用，更改原带式输送机速度监测开关为光电形式，通过程序对比变频器输出速度和输送机实际速度判断输送机是否失速。

4) 就地操作箱增加速度转换开关，实现就地调速功能。

停机施工前调试内容包括：修改控制原理图，新增变频器 IO 信号的继电器及端子安装配线；采购新型光电式速度检测开关、就地速度旋钮开关。

停机后调试内容包括：变频器通电后 IO 点位校线及点位测试；硬线启动回路改造；速度开关更换及信号接入，改造 PLC 程序中的速度判断逻辑；就地操作箱安装就地旋钮，调速信号测试。

### 2.3.4 控制系统电缆连接

控制电缆分为新增和利旧 2 个部分，新增控制电缆需在停机施工之前敷设完成并标记线号，利旧控制电缆需提前进行校线和标记等梳理工作。在停机施工时，进行控制电缆的连接和信号校对。

### 2.3.5 变频器控制系统调试

变频器调试前充分调研业主用户对带式输送机变频器的控制需求，将需求转化为 PLC 程序改造与变频器参数配置方案，再对变频器厂家技术人员提出变频器控制要求，提前制定 PLC 控制程序与变频器参数宏设置对接方案<sup>[3]</sup>。

由于 BH11-1 带式输送机 4 台驱动高压变频器内部需要使用总线通讯卡做同步控制，占用了以太网通讯卡位置，需要新增第三方通讯网关与上位 PLC 进行通讯。因此，在第三方通讯卡型号确认后，立即进行与中控 PLC 控制器的通讯测试，保证方案的可行性。

### 2.3.6 PLC 控制程序及组态界面调试

带式输送机程序改造主要包含 PLC 程序改造及人机交互组态界面改造 2 个部分。在停机施工前，与业主程序管理部门协调最新版控制程序及组态界面，完成对控制程序、组态界面的编制，并在项目停机施工窗口期将控制程序下载到现场控制器，更新的组态界面添加入现有组态界面工程。

#### 1) PLC 控制程序改造

控制程序有 2 套，翻堆线带式输送机程序在 16 号变电所 PLC 的 CPU 内，取装线带式输送机程序在 15 号变电所 PLC 的 CPU 内。改造内容主要包括：①新增驱动部位传感器点位监控程序；②变频器 EtherNet/IP 通讯组态和变频器状态数组映射程序改造；③工频改变频 BH-2 线带式输送机控制程序改造；④流程运行时间调试(由业主生产部门和技术部门统筹组织)，包括新增变频器启停时间、相应流程翻板启动时间优化调试；⑤改造后程序注释更新。

#### 2) HMI 组态界面改造

对更新部分驱动状态监测画面及变频器状态监测界面进行更新，重点为新增变频器运行信息画面(BH11-2、BH12-2、BH13-2、BH14-2 皮带机变频器参数界面)编制、改造变频器运行信息标签替换及测试工作。

## 3 改造重难点分析

### 3.1 改造停机时间分析

针对项目实际情况，改造时必须停机时间要提前分析判断，便于业主统筹安排生产间隙时间进行停机改造，对于改造中可能停机时间，要准备相应的预案，尽量减少对生产的影响。

必须停机时间点包括：

1) ControlNet 同轴电缆从原有变频柜拆除及恢复的间隔停机时间;

2) 工频改变频带式输送机新增高压柜所在的母线停电时间, PLC 柜输入输出模块新增信号电源公共线连接的 PLC 断电时间;

3) 新增变频器通讯卡组态下载程序的时间等。

可能出现的停机时间为利旧电缆校线时误碰生产作业设备的控制线路。

### 3.2 变频器通讯

本次更换的安川变频器的通讯卡与 AB(罗克韦尔)PLC 进行通讯的案例很少, 因此提前准备了与现有生产控制系统版本相同的 PLC CPU, 进行变频器通讯卡组态和测试, 从而保证通讯方案的可行性。

### 3.3 多驱动主从控制

BH11-1 带式输送机为头部 4 台电机、尾部 1 台电机的输送机。在此类输送机改造前, 需要对变频器主从控制方案进行深入分析研究。与业主调研多驱动输送机控制需求, 明确需求后联络变频器厂家核实变频器主从控制功能, 提前准备主从控制方案。

### 3.4 控制回路保护

在改造前对即将改造的输送机控制柜内输入、输出信号进行隔离, 将继电器临时拆卸, 避免在调试过程中现场传回无效信号至 PLC 程序, 造成程序连锁逻辑误动作, 或误将故障信号传至中控室画面, 影响正常生产作业。

### 3.5 交流感应电

翻堆线 BD11、BD12 变频器位置进行了调整, 造成输送机启动控制回路距变频器的线路过长, 而变频器控制电源为交流 220 V, 因此在控制回路中产生大约 140 V 感应电动势, 造成变频器内启动继电器吸合无法断开。经过研究将变频器内控制电源改造为直流 110 V, 避免感应电对控制

回路的影响。

## 4 应用效果

本技术在黄骅港三、四期沿线设备维修项目中应用, 对变频控制系统改造工序进行策划, 在设备停机前进行充分准备工作, 使得变频控制系统在更新设备安装就位通电后 2 d 内即可调试完成, 缩短了控制系统调试周期, 能够尽快恢复生产。对变频控制系统通讯方式和多驱动同步策略进行了升级, 通讯更加可靠稳定, 设备启动性能良好, 能够提高生产效率, 减少故障率。在改造过程中, 成功实施了 AB(罗克韦尔)PLC 与安川变频器通讯组态方案和同轴电缆通讯链路改造, 对控制系统改造过程中容易对生产作业产生影响的问题进行了总结, 积累了改造经验。

## 5 结语

本文以黄骅港三、四期沿线设备维修项目为例, 介绍了变频控制系统改造内容及要点, 总结了项目实施过程中的重难点及应用效果。针对改造过程中发现的问题, 在后续类似项目中要加强工艺需求的调研, 进一步优化多驱动输送机主从控制策略, 提高改造设计细度, 为运行维护提供便利。随着国家港口建设的不断完善, 新建港口逐渐减少, 既有港口对设备更新需求会越来越多, 结合当前数字化、智能化的发展趋势, 未来港口此类生产设备变频控制系统改造将不断增加, 本项目的实施以及过程中积累的经验可为今后类似工程项目提供借鉴。

## 参考文献:

- [1] 国能黄骅港务有限责任公司. 黄骅港务三、四期沿线设备维修(第一批)公开招标[Z]. 北京: 国家能源集团国际工程咨询有限公司, 2022.
- [2] 邢军, 刘仲松. 浅谈黄骅港煤码头三期工程中储煤筒仓的应用[J]. 港工技术, 2012, 49(6): 11-14.
- [3] 王式平. 皮带输送机变频调速控制系统的改造与应用[J]. 探索科学, 2019(6): 114-115.