

火电厂输煤电气控制系统研究与设计分析

马振宇

国网电力大同发电有限责任公司 山西 大同 037043

【摘要】：电厂输煤系统主要完成对燃煤的供配协调处理，即控制输煤设备协同工作，完成卸煤点、储煤厂、煤仓间燃煤的上煤、配煤、输煤任务，保证燃煤的不断供给。火电厂输煤电气控制系统是保证火电厂平稳运行的关键。现围绕火电厂输煤电气控制系统，详细分析了该系统的设计流程，包括硬件设计和软件设计，旨在为日后设计工作的顺利开展奠定坚实基础。

【关键词】：火电厂；输煤电气控制系统；硬件设计；软件设计

引言

国内电厂输煤控制系统主要经历了继电器/接触器集中控制、弱电逻辑集中控制、PLC 控制器集中控制以及控制器技术/网络通讯技术/工业视频监控技术四个阶段，逐步实现了输煤系统的少人、无人、智能化运行。本文基于一体化分散控制技术，利用 Profibus 通讯实现电厂输煤系统的本地控制、远程控制以及智能化集中控制。

1 电厂输煤工艺流程

电厂输煤工艺流程如图 1 所示。上煤时，依靠电动三通挡板以及选煤皮带机将碎煤间的煤料进行筛分、输送并达到发电工艺要求。配煤时，系统按照煤仓煤位的实际仓位进行分段、有序配煤，精准执行犁煤器的抬高、降落动作并将燃煤分拨至指定的煤仓间，完成自动配煤任务。输送工艺执行过程中，上煤、配煤过程需互锁、联动执行。

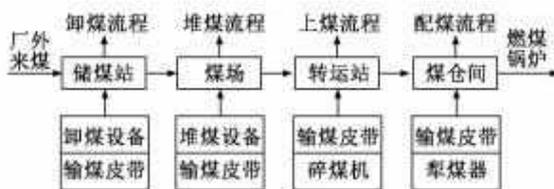


图 1 发电厂输煤工艺流程

2 火电厂输煤电气控制系统组成

以某火电厂为例，输煤控制的设备主要包括圆形料场的 2 台振动给煤机，细碎楼的 2 台高幅筛、2 台细碎机，采样除铁间的 2 台采样机，锅炉煤仓间的 22 台犁式卸料器，8 条皮带机及附属设备（4 台除铁器、4 台电动三通阀、2 台皮带秤及 3 套干雾抑尘装置）等。各条皮带机还包含拉绳开关、跑偏开关、纵向撕裂开关、速度检测仪、料流开关及溜槽堵塞开关等保护装置。从圆形料场到锅炉煤仓均采用双路设计配置，一路运行，一路备用，并可满足双路同时运行需求。通过这样的设计配置，能够最大限度地保证输煤系统的安全可靠运行，从而确保锅炉不断煤，最终保证整个火电厂的正

常运作。

3 火电厂输煤电气控制系统设计

3.1 火电厂输煤电气控制系统的硬件设计

3.1.1 输煤电气控制系统总体设计

电厂输煤控制系统总体设计框架由碎煤机室控制站、转载点控制站、输煤控制室以及电厂远程控制室四部分组成，以 TCP/IP 通讯、Profibus 通讯进行数据、指令传输。电厂输煤控制系统以 PLC 为核心，采用主从控制模式实现电厂输煤系统设备的自动化、少人化、网络化控制。碎煤机室控制站中包含 2#、3# 控制系统从站并根据控制的输煤设备的数字量输入输出点数、模拟量输入输出点数进行模块扩展，从站之间通过 IM153-2 接口模块基于 Profibus 通讯完成数据传输。转载点控制站为 1# 从站，用于控制输煤系统的转载设备。输煤控制室设置有操作员站以及工程师站监控平台，通过该平台可完成对输煤系统的控制。为保证输煤控制系统稳定、连续、安全运行，采用双冗余控制器结构，互为备份，当其中一台控制器出现故障后，无缝切换至另一台连续运行。输煤控制室内的工控机、交换机以及双冗余控制器间以 TCP/IP 通讯完成数据交互。电厂远程监控室用于完成对输煤控制系统的远程操作，利用光纤收发器接收并处理输煤控制时的数据或者指令。

输煤系统设备多而分散，且距离输煤程控室较远。另外现场环境恶劣，传统一对一的硬手操作方式不可取。所以提高输煤系统自动化水平，实现远程控制十分重要。为便于监控，输煤系统一般采用集中管理、分散控制的结构。这种结构可以分为 3 层，即生产管理层（输煤程控室）、现场控制层（PLC 远程 I/O 站）及就地控制层。输煤电气控制系统常规采用的是 IPC+PLC 的组合设计配置。IPC 作为人机接口通常布置在输煤程控室，方便运行人员对现场设备的远程管理和监控。PLC 作为下位机与现场设备相连，用于实现控制功能和数据采集，通常由位于输煤控制室的主站和现场远控 I/O

站组成，主站与远程 I/O 站之间通过冗余工业以太网连接起来。上位机与下位机间的通信通过通信模块及组态软件支持，通过特定的通信协议实现数据传输。

3.1.2 输煤电气控制系统网络结构设计

输煤电气控制系统网络结构设计需要充分考虑到设备分散布置情况，克服输煤线路距离远的困难，加强主站与远程 I/O 站之间的连接。做好网络通信建设，需要借助以太网方便后续的检测，该搭载方式实时性较强。要对主站网络通信进行监督，发挥上/下位机的作用。在网络连接的过程中受到外界因素的影响将会降低传输数据的准确性，为了保证 PLC 系统的正常运行，需要根据实际情况采用光纤通信以满足控制系统对通信速度及大数据量的要求。

3.1.3 输煤电气控制系统的上位机设计

上位机部分的设计，可以发挥监控的优势，针对装置运行故障问题及时预警，通过制定各种报表做好相应的报警记录。上位机装置可以显示现场工艺流程及系统运行状态，运行人员可以随时掌握系统运行的实际情况，并通过上位机监控现场每一个设备。上位机组态软件可以实现各个系统之间信息的共享与交流，起到一定的监控作用。上位机一般至少设置两台互为备用，其中一台出现故障时，另一台保证所有监控和管理工作能正常进行。上位机硬件配置如下：DELL/研华；CPUi 系列；4GB 内存；500G 硬盘；16 倍数 DVD 光驱；配置集成显卡、声卡、双以太网口、6×USB 接口、1×485 串口、1×并口、2×PS/2、2×PCI 工业级扩展槽、键盘、鼠标、音箱；预装 Windows7 64 位旗舰版于 C 盘，C 盘容量 100G；满足《工业控制计算机系统通用规范》（GB/T26802）要求。

3.1.4 输煤电气控制系统的 PLC 设计

根据可靠、实用、先进、开放及远程分布原则，PLC 一般选择西门子 S7-400H、施耐德昆腾或 ABControlLogix 产品。输煤电气控制系统 PLC 的 CPU、电源及网络大多采用冗余配置，减少系统因部分出现故障而影响生产过程的概率，同时减少故障后的修复时间，从而降低经济损失。设计中需要通过统计各设备 I/O 点数，实现 PLC I/O 模块的合理选择，以满足实际所需。

3.2 硬件设计

电厂输煤控制系统用到的核心硬件包括控制器、传感器以及外接的输煤设备等。用于检测输煤皮带打滑、失速、超速的速度传感器选用的型号为 GSH5，当输煤皮带发生异常且持续时间超过后触发声光语音报警并将开关量信号传送到控制器的 DI 扩展模块。用于检测煤料料位的煤位检测传感器选用型号为 NYRD803 雷达型料位计，该传感器基于电磁波

原理对煤料料位进行识别并将其转换为 4mA~20mA 的模拟量信号，传送到控制器的 AI 扩展模块。用于检测皮带跑偏与保护的跑偏传感器选用的型号为 GEJ30，安装于皮带双侧支架，当皮带跑偏时触发探杆偏动一定的角度，GEJ30 传感器的输出端接通并输出开关量信号，传送到控制器的 DI 扩展模块。用于检测皮带撕裂的撕裂传感器选用的型号为 GVD1200，当检测到皮带划破信号后触发该传感器输出开关量，传送到控制器的 DI 扩展模块并触发停机。用于输送带保护的传感器还有拉绳开关、堆煤保护传感器等。选用西门子 CPU315-2PN/DP 控制器，可扩展数字量点 16384 个，模拟量通道 1024 路，同时支持 TCP/IP、Profibus 等多种通讯模式。TCP/IP 通讯模块选用 CP343-1，该模块自带两个 RJ45 接口，传输速度快、传输性能稳定。选用 SCALANCEX-300 交换机，该交换机组网模式灵活，传输速度可达 1000Mbit/s，且具备 SNMP、WEB、Profibus 诊断技术。该输煤控制系统包含振动给煤机 4 台、皮带运输机 8 台、电动三通挡板 4 台、除铁器 2 台、原煤分级筛 2 台、碎煤机 2 台、皮带秤 2 台、犁煤器 16 台、煤仓煤位计 8 台。主站以及 1#~3# 从站 CPU 需对上述设备进行智能管理和逻辑控制，表 1 为 1# 从站部分输入输出端子分配表。

3.3 火电厂输煤电气控制系统的软件设计

3.3.1 输煤电气控制系统软件体系设计

输煤现场设备的运行状态信号（如运行、停止、故障、远控等）、故障信号（如皮带机的拉绳、跑偏、打滑、撕裂、溜槽堵塞等）及煤仓料位信号，通过输入模块接入 PLC，PLC 再与上位机进行数据交换，获取现场设备的数据，在上位机组态软件上即可实时显示现场各设备的状态。运行人员根据这些状态参数，通过鼠标和键盘就可以控制现场设备，将结果送往 PLC 输出模块，继而控制现场设备。

3.3.2 输煤电气控制系统软件的组成

输煤电气控制系统软件的组成包括 PLC 编程软件和上位机组态软件。PLC 编程软件有西门子 STEP7、施耐德 UNITYPRO 及 ABRSLGIX5000。PLC 编程包括模块组态、通信参数设置和梯形图编程。模块组态要求与实际硬件一致，梯形图编程是 PLC 编程的主要部分，决定了输煤电气控制系统的运行方式和控制方式。上位机组态软件主要包括集成用户的管理、图形系统、消息报警系统、归档系统、报表和记录系统，该软件内容较为丰富，使用方式灵活，可以实现自动化运行。主流的上位机组态软件一般有 WINCC、INTOUCH 或 iFIX。工程师站可以选择开发版，而操作员站可以选择运行版。

3.3.3 输煤电气控制系统的 PLC 软件运行流程设计

PLC 所要实现的功能包括：控制单个设备的启停，动态切换输煤流程，智能配煤，故障捕捉和故障停机。在输煤系统中，皮带机、碎煤机等设备和其他设备有联锁关系，另外一些设备没有。对有联锁关系的设备，控制逻辑相对复杂；对没有联锁关系的设备，控制逻辑则相对简单。输煤电气控制系统的 PLC 软件运行流程设计主要包括就地控制及远程控制。远程控制包含单机及联机控制。联机控制需借助上位机操作，通过选择指定程序实现运行。皮带机启动前一般先启动警铃发出 60s 的报警，报警结束方可启动运行。运行过程中若出现较大故障（皮带拉绳、重跑偏、重打滑、溜槽堵塞等）需要立即联跳逆煤流方向设备。单机模式主要通过上位机借助 PLC 实现设备联锁与解锁的手动操作。就地控制是在

参考文献：

- [1] 牛玉广,潘岩,李晓彬.火力发电厂烟气 SCR 脱硝自动控制研究现状与展望[J].热能动力工程,2019,34(4):1-9.
- [2] 杨长林,马玉龙.发电机供电的自控系统设计实践[J].自动化与仪器仪表,2012(2):21-23.
- [3] 张应田,郭凌旭,冯长强.自动发电控制技术及应用[J].自动化与仪表,2011(9):11-13.
- [4] 赵应艳.选煤厂变电站自动化系统遥视功能改造[J].煤矿机械,2014,35(6):171-172.
- [5] 杨威.烟气在线监测系统(CEMS)在环境管理中的应用研究[D].大连:大连理工大学,2013:12-13.
- [6] 王宏波.35kV 变电站自动监控系统设计的探讨[J].煤矿现代化,2011(3):60-61.
- [7] 鲁东海,孙纯军,王晓虎.智能变电站中在线监测系统的设计[J].电力自动化设备,2011(1):134-137.
- [8] 田源泉,李辉,汪林,等.巨型水电站机组辅助设备自动控制一体化设计[J].水电与新能源,2018(2):29-32.
- [9] 郭林川,刘为国.火电厂输煤电气控制系统研究与设计[J].科技展望,2016,26(31):93.
- [10] 朱小娟,顾新宇.现代火电厂智能输煤控制系统研究与应用[J].煤矿现代化,2008,83(2):47-48.
- [11] 李博,杨友良.火电厂输煤控制系统设计[J].工程技术(文摘版),2017(19):173.

就地控制箱或开关柜上进行操作，这种方式仅在紧急情况或设备处于检修调试时使用。

4 结语

设计并实现的基于一体化分散控制技术的电厂输煤控制系统在某电厂已经投入运行，能够实现上煤过程、配煤过程的自动控制，极大地降低了工人的劳动强度，改善了工人劳动环境，同时降低了输煤控制系统的维护、维修成本，促进了电厂安全、高效、稳定生产。火电厂输煤电气控制系统是火电厂一个重要的电厂辅助系统，在设计该系统时需要明确该系统功能模块的要求，构建完善的监督运行保障机制，针对在监管环节中存在的故障进行诊断，做好故障的信号处理，选择正确的控制方式，以保证输煤电气控制系统的平稳运行。