

数字智能

有色冶炼厂无人值守炉体循环水系统集成设计

刘立峰 谢红辉 孙文亮

(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

[摘要] 炉体循环水系统为冶炼厂的工业炉窑和风机等设备提供冷却水,是有色冶炼厂的关键辅助设施,该系统的安全可靠关系到炉窑的安全稳定运行。当前,冶炼厂水泵房一般设置液位、流量、电机电流等常规检测装置,主要依赖人工巡检,人力需求多,维护工作量大,因此炉体循环水系统面临着智能化升级和无人值守改造的需求。本文介绍了无人值守循环水系统的架构,并从供配电智能化升级、检测与自动化提升、绿色节能等方面就涉及的安全保障问题论述无人值守循环水系统的集成设计。无人值守炉体循环水系统应设置完备的感知检测元件和控制系统,要将设备本体、信号检测与感知、供配电、工艺控制等有机融为一体,实现智能感知、生产管控、设备健康状态评估与预维护的有效融合。

[关键词] 炉体循环水系统; 无人值守; 供配智能化; 安全; 绿色节能

[中图分类号] TF083.2 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1008-5122(2022)01-0074-05

DOI: 10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2022.01.018

0 前言

工业炉窑是火法冶炼的核心,需要循环水进行冷却才能确保炉体安全和延长炉体使用寿命。炉体循环水系统为冶炼厂的工业炉窑和风机等设备提供冷却水,是有色冶炼厂的关键辅助工序,该系统的安全、可靠工作关系到炉窑的安全稳定运行。事故导致的断水可能造成安全事故和难以挽回的损失。当前,炉体循环水系统面临着智能化升级和无人值守改造的需求,本文根据《有色金属行业智能冶炼工厂建设指南(实行)》相关要求,围绕供水安全从供配电智能化、信号检测与感知、控制系统提升、绿色节能等角度论述无人值守循环水系统的集成设计。

1 炉体循环水系统工艺流程及存在问题

炉体循环水系统主要由冷水池、热水池、冷水泵、热水泵、冷却塔、保安水箱和软化水制备设施构成。循环水冷却设备后水温升高,然后自流至热水池,由热水泵送至冷却塔进行冷却,然后冷水自流至冷水池,由冷水泵加压供给保安水箱,保安水箱出水为各设备提供冷却水。工艺流程如图1所示。

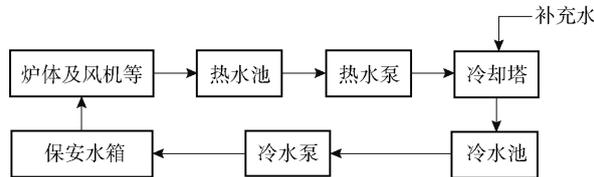


图1 炉体循环水系统工艺流程

保安水箱是炉体循环水系统的安全保障措施之一,储存了5~15 min的冷却用水量,在冷水泵故障或者断电时提供炉体冷却用水,可以保证不间断提供冷却水。

冷、热水泵应设置备用泵,动力电源应为一级负荷电源或增配柴油泵。当断电或者水泵因故障断水时,应及时启动备用泵,确保在保安水箱断水前重新供水。

[收稿日期] 2021-10-10

[作者简介] 刘立峰(1980—),男,湖南衡山人,硕士,高级工程师,主要从事有色工程电气与控制系统设计与研究、设计管理工作。

[引用格式] 刘立峰,谢红辉,孙文亮.有色冶炼厂无人值守炉体循环水系统集成设计[J].有色冶金节能,2022,38(1):74-78.

目前冶炼厂循环水泵房一般只设有液位、流量、电机电流等常规检测装置,作为人工巡检的辅助手段。工艺上采用DCS(PLC)两地控制,用于水泵的监测、报警和控制,需要配置操作工人进行定期巡检,遇到紧急情况还需要操作人员及时干预。对于分期建设、逐渐扩建的冶炼基地,其循环水泵房数量多,分布分散,按照传统的运维模式,人力需求多,且操作维护工作强度较大。因此,实现循环水系统无人值守和智能升级的需求日益迫切。无人值守循环水系统不仅要实现自动化减人,还应设置完备的感

知检测元件和控制系统,具有一定判断功能,能提前预警和自动处理故障。

2 无人值守炉体循环水系统架构

要实现无人值守水泵房的安全可靠,需在满足工艺控制要求的前提下,将设备本体、信号检测与感知、供配电、工艺控制等有机融为一体,实现智能感知、生产管控、设备健康状态评估与预维护有效融合。图2为无人值守炉体循环水系统集成控制网络架构图。

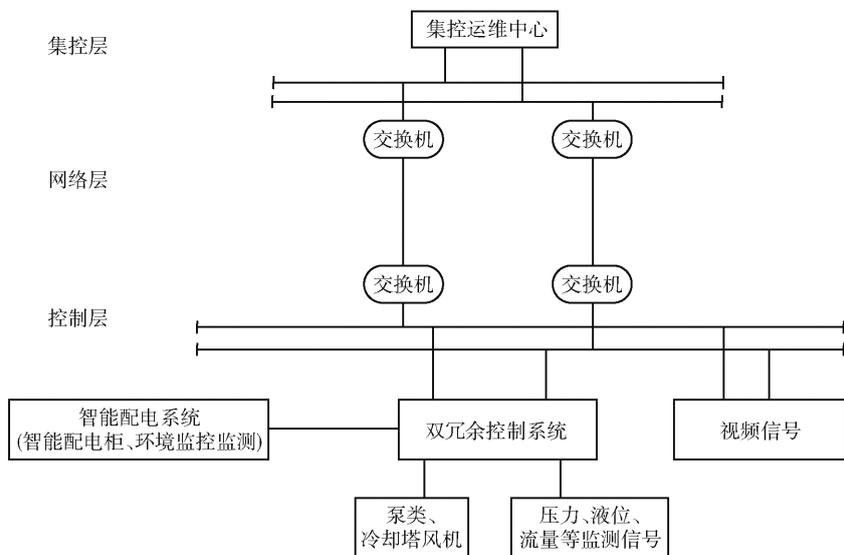


图2 无人值守炉体循环水系统集成控制网络架构图

1)集控运维中心。集控运维中心为智能化工厂的常规配置,由全厂统一规划,负责全厂工业控制子系统的控制信号、视频监控信号和供配电系统等的统一监控和信息管理。炉体循环水系统为其中一个子系统。

2)网络层。按照多网融合技术,通过交换机,采用双冗余网络将炉体循环水系统的控制信息、配电控制信息、视频信息通过同一光纤网络传输至集控运维中心,实现集中监控。

3)现场控制层。现场控制层是实现无人值守水泵房控制的核心,由智能配电系统、生产控制系统、视频系统等单元组成。

3 几个关键点

要实现设备本体、信号检测与感知、配电、控制有机融合,关键需要对传统的配电、控制、检测手段等进行全面升级,下面从供配电智能化、控制与检测

升级、节能设计等方面进行阐述说明。

3.1 供配电智能化

炉体循环水泵系统设备的配电电压需根据项目所在地电源标准及水泵电机的功率大小综合决定。以国内项目为例,中小规模炉体的循环水系统以AC 380 V为主,大型系统冷、热水泵设备功率大,可采用10 kV(6 kV)中压电机。相对传统供配电系统,无人值守炉体循环水系统供配电智能化在“四遥”功能、事件记录及报警管理、电能质量管控、配电环境健康监测、电能管理等方面有所提升。

3.1.1 “四遥”功能

1)遥测功能远程测量各回路的电量参数,包括三相电流、三相电压(相电压/线电压)、有功电能、无功电能、频率、系统谐波等。

2)遥信功能提供系统的各种信息资源,主要包括通讯状态、开关状态、报警/故障标识、电动机回路操作次数/运行时间等;各类信息资源查询、记录、日

记报表等;电能管理、成本分析、电能质量和负荷分析等。

3) 遥调功能远程调节配电回路设定参数、特性曲线等。

4) 遥控功能主要实现以下控制功能:动力中心电路控制开关的储能、合闸、分闸;配电回路控制开关的分闸、合闸;电动机控制电路——电动机的启动、停车、保护等操作;补偿电路远程可控制电容器和谐波治理装置的投切。

3.1.2 事件记录及报警管理

事件记录及报警管理包含事件和报警的具体内容和发生时间,为运行维护人员追溯记录或故障分析提供基础数据。主要包括断路器分合闸事件记录、接触器分合时间记录、主要电器元件状态变化记录;断路器脱扣跳闸报警、热保护元件动作报警、电动机保护器、变频器、软启动器报警信息、主要回路越限报警等。

3.1.3 电能质量管控

当前配电系统半导体开关元件使用较普遍,谐波源增多,导致电网谐波量增大,对旋转电机、变压器、电容器、照明灯具的使用寿命等造成不利影响^[1]。通过实时检测配电系统的谐波量,自动投切谐波治理装置,使谐波含量满足设备安全运行及国家标准规范的要求。

3.1.4 配电环境健康监测

配电室内装设环境智能温度检测仪、消防烟感监测装置、高清摄像头,电缆沟设置积水液位检测、电缆测温等检测仪表,实现配电室温度测量、电缆沟液位检测,以及电缆沟、电缆夹层、电缆桥架等电缆敷设密集场所的电缆测温,将信号汇集配电智能终端(RTU),通过通讯传输到智能配电系统。针对故障率较高的电缆,通过实时监测电缆温升变化,评估电缆的健康状态,一旦出现温升异常,及时报警并记录问题点的位置,并将信息回传到智能供配电系统,提醒检修人员及时检修维护,以防止因电缆绝缘损坏短路导致火灾等事故,保障生产正常进行。此外,通过实时采集配电室内环境温度、湿度,与配电室通风和空调连锁。当室温高(低)时,可自动启动/关闭通风空调系统,实现通风空调系统联动,改善配电室运行环境,节约电能。

3.1.5 电能管理

对循环水系统主要用电设备的电能数据进行自

动采集、统计分析,生成电能管理报表、趋势图,进行电能对标分析、电能绩效统计分析、电能成本的统计等。同时建立电能评价体系,实现电能绩效考核,智能决策分析等,实现电能的动态监控和管理。

3.2 检测与控制系统升级

为提高系统可靠性和容错能力,采用冗余 PLC 控制系统带以太网通讯接口,对关键的电源模块、CPU 模块、通讯模块采用冗余配置,冗余控制系统为生产控制的核心。现场设置工业触摸屏用于现场检修运维。系统所有的工控信号、智能配电系统工作状态信号、视频信号等可实时传送至集控运维中心。

无人值守的循环水系统需依靠各种信号做出预警和动作,全面、准确、可靠的信号感知和判断才能确保系统的安全。

3.2.1 设备检测与感知升级

1) 电机绕组测温、定子测温、轴承测振,电机绝缘检测;2) 冷、热水池液位检测;3) 水泵出水管压力、流量及总管压力、流量检测;4) 柴油泵状态监视,启动蓄电池组的电压、内阻实时检测;5) 保安水箱液位检测;6) 水泵房、机柜室、配电室室温检测;7) 冷却塔风机油温、油位、振动检测;8) 循环水、软水器出水硬度和电导率检测。

泵房、配电室关键部位设置高清摄像头,对泵房关键区域、配电室进行实时监视和监听,当监视区域内出现异常(含声音异常)情况时能够及时报警。

3.2.2 工艺控制

循环水泵房控制对象包括冷水泵、热水泵、应急柴油冷(热)水泵、消防泵、冷却塔风机等。通过该控制系统实现装备远程无人操控、远程遥控、工作环境监视与预警、运行状态监测、故障诊断。

3.2.2.1 工作模式

为了满足不同工作方式的要求,本系统设置了自动、半自动和手动检修三种工作模式^[2-3]。

1) 自动工作模式:控制权限交由控制系统,集控运维中心远程监控所有设备,并显示各水泵及电动阀等设备工作状况和各种故障。系统根据冷、热水池液位,结合保安水箱液位、炉体冷却用水需求,供水流量、压力等相关信号通过自动控制逻辑自动启停冷、热水泵及调节频率(流量)。当工作泵出现异常、市电失压或供水流量不足时,自动启动备用水泵或柴油应急水泵,并报警。

2) 半自动工作模式:即远程遥控方式,在集控运维中心,操作员根据冷却用水需求、压力、流量等各种信息综合判断,通过上位机实现水泵房的控制。

3) 手动工作模式:一般用于单体试车或故障检修时。在该模式下,转换开关切换至现场,操作人员可不通过控制系统实现水泵的非连锁控制。为保证系统的可控性,在自动模式下操作人员也可手动进行干预。

3.2.2.2 主要控制功能

1) 水泵自动轮换功能。为保证水泵、电气设备、管路一直处于良好的状态,控制系统可实现主用水泵和备用水泵的定期自动轮换,避免出现一台水泵持续使用时间过长导致的故障,系统实时统计每台设备的运行时间,为设备管理提供数据支持。

2) 与保安水箱的连锁控制功能。保安水箱为炉体冷却供水提供应急非电保安措施。控制系统可根据保安水箱的液位和炉体设备的供水需求,通过调节变频器频率,自动调节冷却供水的流量。

3) 与柴油泵的联动功能。循环水泵房普遍设置柴油水泵作为事故应急水泵,柴油水泵具有响应速度快、能源转换效率高的优点。当主用水泵因事故断电时,控制系统可通过自动控制程序启动备用泵,备用泵启动失败或者流量达不到工艺要求时,自动启动柴油水泵。

4) 冷水池自动补水与水质检测功能。根据冷水池液位信号,实现冷水池的自动补水。循环水系统能实时监测循环水的硬度和电导率,有助于新水的实时补充,软水器出水设置硬度和电导在线监测,能够反应软水器的处理程度。

5) 分区域优先管理功能。根据工艺生产控制要求,当炉体循环水系统出现事故停电或其他异常情况时,控制系统可根据程序设定供水优先等级,通过阀门自动切换,减少或断开非重要区域的供水,以保证冶金炉窑等重要区域的供水,保障设备的安全。

3.2.2.3 主要保护功能

1) 启泵超时保护。水泵在启动过程中,系统检测到启动超过设定时限,但出口压力低于设定值时,系统会自动停泵,以防止水泵烧坏。

2) 水泵电机保护。根据水泵及电机厂家提供的保护参数,设置电机绕组、电机定子、电机轴承、水泵轴承超温报警及超高温跳机保护,以及电机绝缘检测保护。此外,通过电机绕组温度曲线实现电机

预维护预警,当温度曲线出现异常时,提醒生产运维人员进行预维修或更换。

3) 流量保护。在水泵启动后或正常运行中,如流量达不到正常值,通过流量保护装置使本台水泵停机切换到备用泵,并提醒维护人员进行检查。

3.3 节能设计

炉体循环水系统的冷、热水泵、冷却塔风机等设备属于长期运行设备,传统采用阀门开度控制调节流量的方法,节能效果不佳。

从理论上讲,风机、泵类的流量、功率、扬程与转速具有以下关系^[4]:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{N_2}{N_1} \quad (1)$$

$$\frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \quad (2)$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3 \quad (3)$$

式中: Q_1, Q_2 为流量, m^3/s ; N_1, N_2 为转速, r/min ; P_1, P_2 为功率, kW ; H_1, H_2 为扬程, m 。

即流量与转速的一次方成比例,扬程与转速的平方成比例,功率与转速的3次方成比例。由于风机、水泵一般采用笼型电动机传动,当流量需要改变时,通过改变风门或阀门的开度进行控制,效率很低。若采用转速控制,当流量减少时,所需功率按流量的3次方大幅度下降。根据工艺要求的流量实现变速变流量控制,是节约电能的有效方法。随着变频技术的发展,其可靠性和性价比在不断提高,采用变频控制优势越来越明显。

采用变频控制不仅能起到节能效果,而且可以减少大型水泵启动时对电网的冲击,起到软启、软停作用,减少变压器的安装容量,降低变压器空载损耗。在炉体循环水系统设计中,可采取以下措施:1) 对循环水泵房热水泵、冷水泵采用变频控制,且能根据出口流量自动调节电机转速;2) 冷却塔风机采用变频控制,根据环境温度(早/晚、季节)、循环回水温度自动控制冷却塔风扇转速。

4 结束语

按系统融合观点,从工艺配置、信号检测与感知升级、配电智能化、控制系统升级、视频监控等维度综合考虑,进行炉体循环水系统的设计,实现冶炼厂炉体循环水系统的无人值守、安全运行,不仅能满足

工艺生产及供水可靠性要求,且通过变频驱动达到了一定节能降耗效果,同时减少了运行维护人员,可为企业增加效益。

[参考文献]

[1] 中国航空规划设计研究总院有限公司. 工业与民用供配电设计手册(第四版)[M]. 北京:中国电力出版社,

2016.

- [2] 陈子春,刘向昕. 井下中央水泵房自动化控制系统的研究与应用[J]. 工矿自动化,2007,4(2):77-78.
- [3] 庞海清. 智能无人值守系统在王庄煤矿中央水泵房的应用[J]. 煤, 2021,30(6):73-75,78.
- [4] 《钢铁企业电力设计手册》编委会. 钢铁企业电力设计手册(下册)[M]. 北京:冶金工业出版社,1996.

Integrated Design of Circulating Water System for Unattended Furnace Body in Nonferrous Smelter

LIU Li-feng, XIE Hong-hui, SUN Wen-liang

Abstract: The circulating water system of the furnace body supplies cooling water to the industrial furnaces and kilns as well as air blowers in the smelter. As the key auxiliary process of the smelter, this system's safety and reliability is closely related to the safe and stable operation of the furnaces and kilns. At present, the water pump room of the smelter is often only equipped with conventional detection devices such as liquid level, flow and motor current detection devices, which mainly depends on manual inspection, so that there is a large demand for manpower and a lot of maintenance work. Therefore, the circulating water system of the furnace body demands upgrading and transformation for intelligentization and unattended operation. This paper introduced the form of unattended circulating water system, and discusses the integrated design of unattended circulating water system from the aspects of intelligent upgrading of power supply and distribution, upgrading of detection and automation, as well as green & energy conservation. The unmanned furnace circulating water system should set up a complete sensing detection component and control system. The equipment body, signal detection and perception, power supply and distribution, and process control should be organically integrated to realize the effective integration of intelligent perception, production control, equipment health status assessment and pre-maintenance.

Key words: circulating water system for the furnace body; unattended; intelligent power supply and distribution; safety; green and energy conservation