

分布式计算机过程控制系统不间断电源改造设计方案浅析

朱世薇, 尹万聪

(谦比希铜冶炼有限公司 动力分厂, 赞比亚 卡鲁鲁西)

[摘要] 本文分析某非洲火法炼铜企业分布式计算机过程控制系统的不间断电源使用现状和存在的问题, 针对这些现状和问题设计不间断电源改造方案, 详细阐述不间断电源设备配置、不间断电源及电池容量计算和供电电缆选型计算。

[关键词] 不间断电源; 分布式计算机过程控制系统; 电源改造设计方案; 选型计算

[中图分类号] TP273 [文献标志码] B [文章编号] 1003-8884(2022)04-0058-06

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2022.04.013

0 背景

位于非洲赞比亚某中国粗铜冶炼企业, 始建于 2006 年, 在 2009 年 2 月投产。生产流程采用富氧顶吹艾萨熔炼炉-沉降电炉-P、S 转炉吹炼-铸锭-粗铜锭流程。钴合金还原电炉生产钴铜合金, 用于钴回收。一期设计生产能力为 15 万 t, 随着产能不断扩大, 到 2017 年设计生产能力达 25 万 t。为寻求企业经济效益的最大化, 提高企业全员劳动生产率, 公司工艺流程的主要车间——配料、熔炼车间、余热锅炉、制酸车间、气体车间、渣浮选、水处理, 采用分布式计算机过程控制系统(以下简称 DCS)检测和监控, 同时把生产过程的信息传输至生产管理及调度中心, 实现生产数据共享。DCS 由不间断电源(以下简称 UPS)供电。

1 UPS 使用现状

1.1 在用 UPS 数量多、型号杂

该公司的熔炼车间、余热锅炉、制酸车间、氧气

站、渣浮选、水处理设置有控制室及附属机柜室站点, 每个站点均配置独立 UPS, UPS 进线电源取自附近低压配电室。在用 UPS 容量及数量如表 1 所示。

表 1 在用 UPS 容量、数量及品牌统计表

UPS 容量/kVA	数量/台	生产厂家
10	9	EATON、Emerson
6	10	EATON、Emerson
3	3	APC
装机容量合计		159 kVA

由表 1 可知, 公司在用 UPS 数量众多, 品牌繁杂, 配置电池数量和型号也各不相同, 给日常备件管理和采购带来较大困难。每个站点的 UPS 均考虑裕量, 装机容量为 159 kVA, 目前实际使用功率约为 50 kW, 能耗高、效率低。

1.2 单一 UPS 配置, 安全隐患大

所有 DCS 站点 UPS 均为单一配置, 一旦出现故障, 将造成控制系统失电, 特别是艾萨喷枪、转炉及附属锅炉的现场设备(如过程阀门、卷扬装置等)失去控制, 会引起艾萨炉喷枪烧损、转炉喷炉等重大生产工艺安全事故。如果更换 UPS, 相关的生产系统必须全部停止运行, 影响 2~3 小时, 造成公司产品产量和利润损失。

1.3 UPS 工作环境差, 故障率高

所有 UPS 均放置在生产现场距离较近的机柜室, 虽然做了一定的保温及防尘措施, 但高温、粉尘、

[收稿日期] 2022-03-02

[作者简介] 朱世薇(1975—), 女, 山西垣曲人, 高级工程师, 主要从事火法炼铜企业电气、仪表、控制系统维护工作, 现任谦比希铜冶炼有限公司动力分厂厂长。

[引用格式] 朱世薇, 尹万聪. 分布式计算机过程控制系统不间断电源改造设计方案浅析[J]. 有色设备, 2022, 36(4): 58-63.

腐蚀性气体无法完全隔绝。UPS 内部电路板、电子元件、冷却风扇等部件长期工作在该环境里,故障频发。表 2 为 2016—2019 年 UPS 故障次数统计。

表 2 2016—2019 年 UPS 故障次数统计表

年度/年	2016	2017	2018	2019
数量/台次	15	8	2	12

1.4 电池无法保养,寿命缩短

公司所有 UPS 根据不同型号,均配置相应数量的铅酸蓄电池。查询铅酸蓄电池的容量与温度为正相关的关系,温度每上升 1 度,相对容量下降约 0.8%。铅酸蓄电池在环境温度大于 40 度的基础上,每升高 10 度,电池的寿命降低一倍。此外,铅酸蓄电池在使用一定时间后需要做充放电保养维护。

由于无法在正常生产过程中断电维护,长时间运行导致电池性能下降、寿命缩短。

2 改造方案

2.1 UPS 供电系统功能概述

针对目前 UPS 存在的弊端,取消各个车间分散的供电方式,根据用电负荷所处位置整体考虑,分别选取东区和西区两个汇聚点。每个汇聚点内,设置两台完全独立的 UPS,两台 UPS 采用在线并行运行方式,为外部负荷供电。UPS 设备具体配置如图 1 所示。

2.2 改善输入电源质量

UPS 输入端配置隔离变压器(隔离变压器 1、2 和旁路隔离变压器)和有源电力滤波器(APF1、

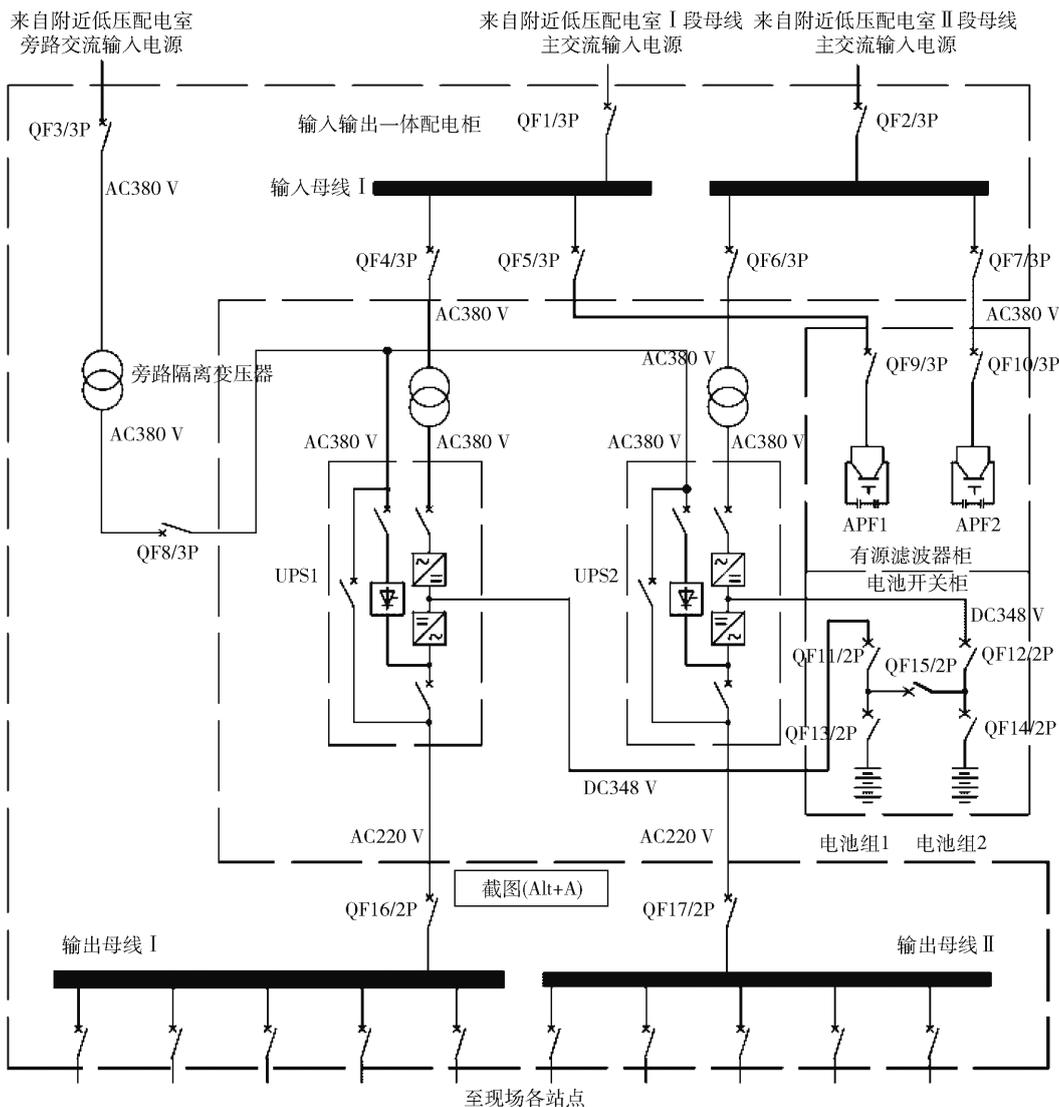


图 1 UPS 供电系统设备配置图

APF2),用以改善 UPS 进线电源质量,保护 UPS 内部电子元件,延长 UPS 使用寿命。隔离变压器输出端与输入端完全隔离,对交流输入电源电压起到了良好的过滤作用。有源电力滤波器采用并联方式,实时检测交流输入电源电流中大小和频率不同的各次谐波,并将幅值相等、相位相反的补偿电流注入到输入母线上,实现实时动态滤除谐波功能,确保输入母线的电流为标准的正弦波。

2.3 UPS 和电池冗余配置

本方案供电模式采用两台 UPS 在线并行运行模式。正常时,两台完全独立的 UPS 分别为不同负载提供电源,一旦其中一台 UPS 出现故障,另一台 UPS 满足全部负载用电需求,并能长期稳定运行。每台 UPS 配置单独的静态开关和旁路,内置隔离变压器和 D 级防雷器。旁路的额定容量与整流逆变回路一致,其电源接于与主电源不同母线。

两套后备电池组(电池组 1、2)为 UPS1、2 提供直流逆变电源,通过 5 个断路器(QF11-15)不同开关动作组合,可灵活实现任意一套电池组为任意一台 UPS 提供直流电源组合模式,以便于 UPS 和电池组的其中一套任何时候都可进行 UPS 维护保养、电池充放电和维修操作,不影响另一台 UPS 正常运行。

2.4 各站点 STS 静态转换开关配置

为确保供电可靠性,UPS1 和 UPS2 分别为每个现场各站点提供两路 220 VAC 电源,接入各站点配电柜的 STS 静态转换开关(如图 2 所示)。STS 静态转换开关用于在两路电源之间转换供电,第一路出现故障后 STS 自动切换到第二路给负载供电,第二路故障则 STS 自动切换到第一路给负载供电。静态转换开关提供快速电源转换(≤5 ms),满足 DCS 供电电源瞬断时间要求,保证 DCS 各站点电子设备不间断工作。

2.5 远程监控功能

该设计方案实现智能化的计算机监控功能,故障自动诊断以及先进的维护管理功能。远程监控设备能够以结构框图显示 UPS 系统、以图形方式显示工作状态、电压、电流、频率等;UPS 的启动、停止、供电切换均可以在线显示;能对蓄电池组、有源滤波器、输入输出一体柜等设备进行工作状态、负载情况监控,同步刷新;各设备操作和事故进行记录;具有报表生成、图形化显示、打印等功能。

如图 3 所示,有源滤波器(APF)、UPS 主机、电

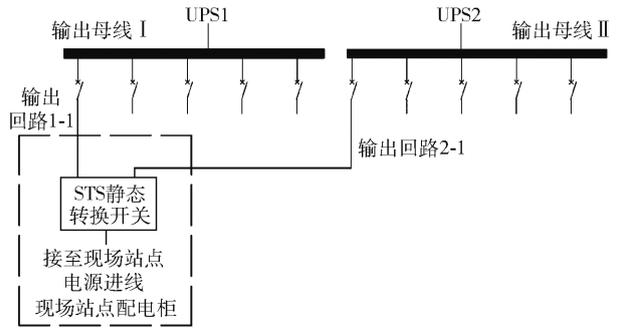


图 2 现场站点 STS 静态转换开关连接示意图

池组和输入输出一体柜,通过外接串行接口卡或内置串口模块提供的 RS485 接口,采用 MODBUS 通讯协议,将数据上传至串口服务器,计算机通过监控软件可以访问串口服务器里的各设备运行参数。

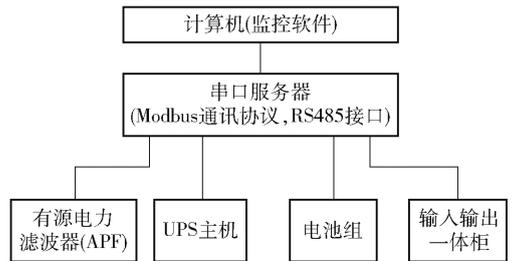


图 3 UPS 供电系统各设备通讯示意图

3 设备选型计算

3.1 UPS 容量计算

各站点耗电量统计如表 3 所示。

由表 3 可知,两个区域设计功率需求(按目前实际功率 2 倍计算)分别为 23.9 kW 和 26.1 kW,UPS 功率因数为 0.8,计算 UPS 容量分别为:

$$23.9/0.8 = 29.9 \text{ kVA}$$

$$26.1/0.8 = 32.6 \text{ kVA}$$

考虑两个汇聚点使用设备型号统一,根据厂家提供的选型手册,最终确定 UPS 容量为 40 kVA。

3.2 电池容量计算

本方案考虑 UPS 最大负载延时 1 小时,按照恒功率法计算电池后备时间。计算公式如下:

$$W = P_L / (V \times \eta) \text{ (watts/cell)} = (40 \times 1\,000 \times 0.8) / (29 \times 12 \times 0.9) = 102.2 \text{ (watts/cell)} \quad (1)$$

式中 W —所需电池的每单格功率,watts/cell,其中 1 h 以下备电, W 为放电至终止电压 1.65 V/cell 的恒功率数据;

表 3 公司各 DCS 站点耗电量统计表

汇聚点	站点	UPS 品牌及容量	运行电流/A	目前实际负载功率/W	设计负载功率/W
西区	硫酸 1#站点	伊顿 10 kVA	6.98	1 605.4	3 210.8
	硫酸 2#站点	伊顿 6 kVA	1.1	253	506
	硫酸 3#站点	伊顿 6 kVA	4.5	1 035	2 070
	硫酸 4#站点	艾默生 6 kVA	2.15	494.5	989
	熔炼 1#站点	伊顿 10 kVA	6.5	1 495	2 990
	熔炼 2#站点	艾默生 10 kVA	2.3	529	1 058
	熔炼 3#站点	伊顿 10 kVA	9.4	2 162	4 324
	熔炼 4#站点	伊顿 10 kVA	9	2 070	4 140
	熔炼 5#站点	伊顿 6 kVA	3.3	759	1 518
	熔炼 6#站点	APC 3 kVA	1.16	266.8	533.6
	熔炼 7#站点	伊顿 6 kVA	2.8	644	1 288
	水站 4#站点	艾默生 10 kVA	2.9	667	1 334
			合计		23 961.4
东区	水站 1#站点	伊顿 10 kVA	2.35	540.5	1 081
	水站 2#站点	APC3 kVA	0.5	115	230
	氧站 1#站点	伊顿 6 kVA	6.7	1 541	3 082
	氧站 2#站点	艾默生 10 kVA	5.11	1 175.3	2 350.6
	氧站 3#站点	伊顿 6 kVA	6.1	1 403	2 806
	氧站 4#站点	伊顿 6 kVA	6.7	1 500	3 000
	渣浮选站点	伊顿 6 kVA	3.6	828	1 656
	水站 3#站点	APC3 kVA	1.15	264.5	529
	主办公楼站点	艾默生 10 kVA	14	3 220	6 440
	熔炼 8#站点	伊顿 10 kVA	8.6	1 978	3 956
	熔炼 9#站点	伊顿 6 kVA	2.3	529	1 058
			合计		26 188.6

P_L —负载功率,瓦(watts),按 UPS 容量为 40 kVA,功率因数为 0.8,计算最大负载;

V —电池组额定电压(29 只电池,每只电池 12 V);

η —电池逆变效率(由厂家提供,按 0.9 计算)。

查看厂家提供的铅酸蓄电池定功率放电参数可知:12 V/120 AH 电池在终止电压为 1.65 V/cell 时的功率为 141.33(watts/cell),大于计算所需电池每单格功率 102.2(watts/cell),满足使用要求。

3.3 各站点供电电缆选择计算

由于部分站点距离 UPS 较远,供电电缆规格的选择需考虑电缆类型、载流量和线路电压损失。

《石油化工仪表供电设计规范》(SH/T 3082—2019)中规定:“UPS 输出电压:220 V \pm 11 V,单相”。根据各站点与 UPS 汇聚点的距离、设计电流以及查手册得到的各种规格电缆的电阻和感抗数据如表 4 所示,计算电压损失公式如下:

$$\Delta U = (R \times \cos\varphi + X \times \sin\varphi) \times I \times l \quad (2)$$

式中 ΔU —线路电压损失, V;

R —电缆单位长度的电阻值, Ω/km ;
 X —电缆单位长度的感抗值, Ω/km ;
 $\cos\varphi$ —功率因数;
 I —负荷计算电流, A ;
 l —电缆长度, km 。

根据计算公式(2), 对各站点选用的供电电缆规格的载流量、线路电压损失进行核算, 均满足使用要求, 如表5所示。

表4 1 kV 交联聚乙烯电力电缆用于380系统时的电阻值和感抗值表^[1]

材质	截面积/ mm^2	电阻($\theta = 80\text{ }^\circ\text{C}$)/ ($\Omega \cdot \text{km}^{-1}$)	感抗/ ($\Omega \cdot \text{km}^{-1}$)
铜	6	3.554	0.092
	10	2.175	0.085
	16	1.359	0.082
	25	0.87	0.082

表5 各站点设计选用电缆电气性能参数表

站点	设计负载 功率/ W	设计电流/ A	各站点到汇 聚点距离/ m	设计电缆 规格/ mm^2	计算电压 损失/ V	电缆载流量/ A
硫酸1#站点	3 210.8	13.96	350	25	3.54	142
硫酸2#站点	506	2.2	250	6	1.58	60
硫酸3#站点	2 070	9	370	16	3.72	109
硫酸4#站点	989	4.3	500	10	3.81	82
熔炼1#站点	2 990	13	500	25	4.72	142
熔炼2#站点	1 058	4.6	500	10	4.07	82
熔炼3#站点	4 324	18.8	400	25	5.46	142
熔炼4#站点	4 140	18	250	16	5.03	109
熔炼5#站点	1 518	6.6	350	10	4.09	82
熔炼6#站点	533.6	2.32	250	6	1.67	60
熔炼7#站点	1 288	5.6	150	6	2.42	60
水站4#站点	1 334	5.8	400	10	4.11	82
水站1#站点	1 081	4.7	100	6	1.35	60
水站2#站点	230	1	100	6	0.29	60
氧站1#站点	3 082	13.4	200	10	4.75	82
氧站2#站点	2 350.6	10.22	200	10	3.62	82
氧站3#站点	2 806	12.2	200	10	4.32	82
氧站4#站点	3 000	13.4	500	25	4.86	142
渣浮选站点	1 656	7.2	700	25	3.66	142
水站3#站点	529	2.3	700	10	2.85	82
主办公楼站点	6 440	28	100	10	4.96	82
熔炼8#站点	3 956	17.2	500	25	6.24	142
熔炼9#站点	1 058	4.6	650	16	3.34	109

注: 电缆载流量为1 kV 交联聚乙烯护套电力电缆空气敷设长期允许载流量。电缆芯数: 3 芯, 护套工作温度: $70\text{ }^\circ\text{C}$ 、环境温度: $30\text{ }^\circ\text{C}$ 。

4 结论

改造后的UPS系统投入运行后, 供电稳定性

和可靠性显著提高, 极大降低维护人员日常点检工作量和维护难度, 有助于提高火法炼铜企业作业率和生产过程本质安全。为其他火法炼铜企业

分布式计算机过程控制系统 UPS 设计方案提供一些借鉴经验。

[参考文献]

[1] 夏新民. 电力电缆选型与敷设[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.

Brief Analysis of UPS Transformation Scheme for the Distributed Computer Process Control System

ZHU Shi-wei, YIN Wan-cong

Abstract: This paper analyzes the current situation and existing problems of UPS in the distributed computer process control system of an African copper smelting enterprise. In view of these problems, the UPS transformation scheme is designed, and the detailed description for the configuration of UPS equipment, calculation of UPS and battery capacity, and selection calculation of service cables are proposed.

Key words: UPS; distributed computer process control system; UPS transformation scheme; selection calculation



(上接第 47 页)

An Application of the Power-Frequency Coreless Electric Induction Furnace in the Production of Zinc Alloy

LIU Yu-fang, ZHANG Ming-zhe, LIU Yu-di

Abstract: An Integration of molten metal, water and electricity, the power-frequency coreless electric induction furnace has been widely used in the melting and casting of zinc alloy. The furnace has many strengths, which have facilitated the alloy production: strong melting capability, good chemical quality of the product thanks to the electro-magnetic agitation, high zinc recovery, easy control of furnace temperature, low energy consumption, high operability as it is easy to tilt and rotate, and simple furnace cleaning. The furnace, however, has been plagued by liner leakage, because of issues in liner installation and liner structure. In the industry, a newly lined furnace can only operate for 500 – 1 000 batches before zinc leakage occurs. The leakage burns coil insulations and other auxiliaries, posing great threat to the operator as well. Also as the crucible inside has to be removed to enable relining when a leakage occurs, the costs are high and operation must be interrupted for a rather long period. To address these issues, we have made some improvements on the design of the furnace body reinforcement and insulation areas, and have taken measures during operation accordingly. These efforts have lengthened the liner service life up to 3000 batches, contributing to a more economic and stable operation.

Key words: zinc alloy production; power-frequency coreless electric induction furnace; liner leakage of zinc

