

浅谈非洲某火法炼铜企业应急供电系统扩建设计

朱世薇, 许云海

(谦比希铜冶炼有限公司 动力分厂, 赞比亚 卡鲁鲁西)

[摘要] 本文针对一期应急供电系统存在的主要问题,通过科学计算新增应急柴油发电机容量,满足公司一负荷用电需求;合理采用成熟技术和装备,降低投资成本和施工难度,提升了扩建后应急电源系统的可靠性及快速响应能力。扩建系统投用后,满足安全生产需求。

[关键词] 应急供电系统; 应急柴油发电机; 自动电源切换柜

[中图分类号] TN86; TF083.2 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1003-8884(2022)04-0048-05

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2022.04.011

0 引言

位于非洲赞比亚某中国火法炼铜企业,始建于2006年,2009年2月投产。该公司采用双回66 kV电源进线,经主变压器降压至10 kV对全厂10 kV负荷供电。长期以来,由于当地电网系统薄弱,供电可靠性差,该企业时常面临外部市电长时间停电和电压波动的困扰。根据公司生产工艺及安全要求,在市电异常的情况下,要求全厂一级负荷在规定时间内快速启动运行。一期设计中鼓风机房低压配电室设置有一套应急柴油发电机及配电柜,作为全厂一级负荷的应急电源。随着公司产能扩大、生产设备增加,原有的应急柴油发电机容量已经不能满足使用要求;另一方面,由于仅配置1台应急柴油发电机,一旦市电丢失而此时柴油发电机无法启动,公司将出现重大安全生产事故,造成较大财产损失甚至人员伤亡。

1 应急供电系统概况

1.1 原应急柴油发电机主要技术参数

额定容量 1 275 kVA

额定功率	1 020 kW
功率因数	0.8
额定电压	415/240 V
相数	3
额定频率	50 Hz
额定电流	1 733.8 A

1.2 一期及扩建后主要应急电源需求

如表1所示,扩建后全厂一级及重要二级负荷设备用电需求(1 604 kW)已超出原应急柴油发电机供电能力(1 020 kW)。

1.3 一期应急供电系统主接线方式

一期应急柴油发电机安装于鼓风机房低压配电室内,并配置单独的低压应急配电系统,通过应急系统馈电开关与应急负荷所在配电室联络,主要涉及熔炼循环水、熔炼收尘、吹炼收尘、余热发电、鼓风机房共5个低压配电室。一期应急配电系统图,如图1所示。

1.4 一期应急供电系统操作方式

柴油应急发电机操作主要有两种方式:一是自动启动。当市电不稳定或事故断电,柴油发电机控制系统接收到市电采样装置发出的市电异常信号,自动启动柴油发电机;二是手动启动。在柴油发电机自动启动失效时,采用人工手动启动。

柴油发电机启动正常后,需要人工手动闭合发电机出口断路器,待应急配电系统带电正常后,再分别按照应急操作流程对五个馈电开关进行手动合闸操作。应急供电系统操作流程如图2所示。

从图2可以看出,整个操作流程完全依靠人工操作,复杂且用时长,容易出错。

[收稿日期] 2022-02-02

[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,许云海.浅谈非洲某火法炼铜企业应急供电系统扩建设计[J].有色设备,2022,36(4):48-52.

表 1 一期及扩建后应急用电设备列表

设备名称	负荷性质	用电负荷/ kW	失电期间设备 运行情况	所属配电室	备注
熔炼锅炉循环泵	I 级	132	连续使用		
ISA 厂房应急照明	I 级	5	连续使用		
泥泡开口机	I 级	22.5	间断使用		
柴油间供油泵	I 级	15	连续使用		
沉降电炉电极升降系统液 压站	I 级	18.5	间断使用	熔炼收尘低压配电室	
UPS 不间断电源	I 级	20	连续使用		
艾萨 15 T 吊车	I 级	40	间断使用		
保温烧嘴	I 级	2.5	间断使用		
炉体给水泵	I 级	185	连续使用	熔炼循环水低压配电室	柴油泵故障时启动
仪表压缩机	I 级	55	连续使用	鼓风机房低压配电室	
鼓风机房区域应急照明	I 级	2	连续使用		
锅炉给水泵	I 级	250	连续使用	余热发电低压配电室	
转炉区域照明	I 级	5	连续使用		
转炉 50T 行车	II 级	218	间断使用	吹炼收尘低压配电室	市电断电时间较长时使用 (一期应急供电系统未考虑)
转炉	II 级	110	间断使用		
一期实际应急用电负荷合计/kW				1 080.5	
阳极炉	II 级	110	间断使用		
阳极炉区域照明	I 级	2	连续使用	阳极炉低压配电室	
还原电炉区域照明	I 级	2	连续使用		
阳极炉冷水泵	I 级	160	连续使用	主工艺循环水低压配 电室	柴油泵故障时使用
热水泵	I 级	160	连续使用		
还原电炉冷水泵	I 级	90	连续使用		
扩建后新增应急用电负荷合计/kW				524	
总计/kW				1 604.5	

1.5 一期应急供电系统存在的隐患

自 2008 年以来,应急柴油发电机在市电丢失的情况下,能正常启动投入运行。但是,曾经出现发电机启动时启动电瓶爆炸,发电机冷却水水泵漏水等异常情况。另外,由于当地电网供电可靠性较差,如果在应急柴油发电机故障维修过程中,出现市电异常,后果将不堪设想。基于上述原因,根据现有条件提出应急电源系统扩建设计,增加一台应急柴油发电机实现一用一备运行方式非常必要。

2 扩建设计

2.1 新增应急柴油发电机容量计算

综合考虑公司扩建后的新增一级负荷用电需求以及当地电网可靠性差、事故停电时间长,部分重要二级负荷需要间断运行的实际情况,按下述方法进行容量计算:(1)按稳定负荷计算发电机容量。(2)按最大单台电动机或成组电动机起动的需要,计算发电机容量。(3)按起动电动机时母线容许电压降

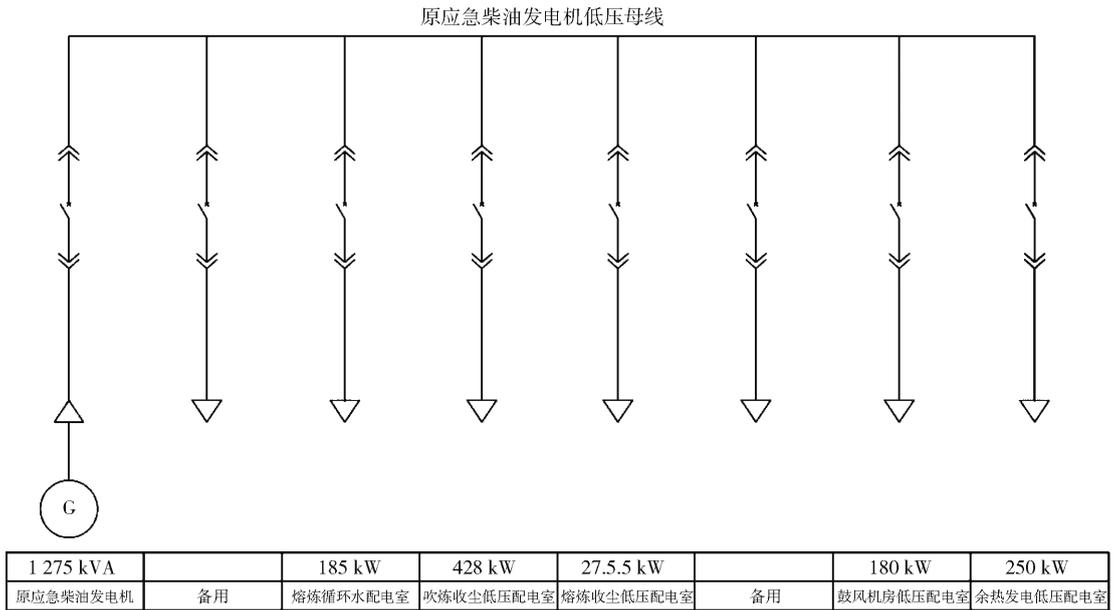


图1 一期应急配电系统图

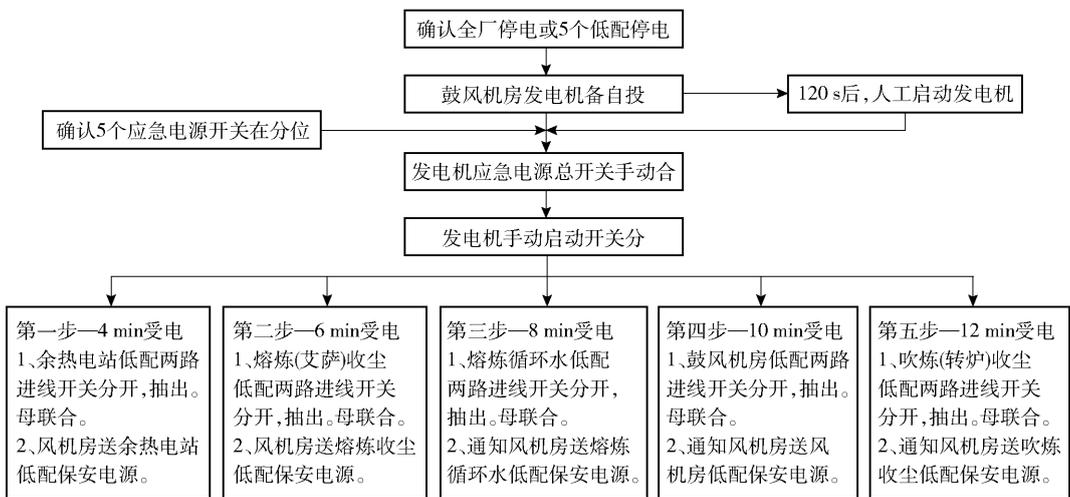


图2 应急供电系统操作流程

计算发电机容量,计算结果如表2所示。

2.2 自动电源切换柜配置方式选择

公司采用ISA富氧顶吹浸没熔池熔炼生产工艺,对ISA余热锅炉不间断供水要求较高,停止供水不能超过3 min。一期应急供电系统设计采用人工操作,尤其遇到雷雨天气,操作时间长,严重威胁ISA余热锅炉安全。此次扩建设计考虑应急响应时间,为全厂重要的一、二级负荷配置自动切换装置(简称ATS)。根据重要一、二负荷分布于5个低压配电室的现状,ATS装置可设计三种不同配置方式,表3对三种方式的优缺点进行比较。

根据投资、工期、施工难度,对现有配电室供电影响等方面综合考虑,最终选择为核心的一级负荷配置ATS装置方式。

2.3 联络母线选型

新增柴油发电机组低压配电柜与原有低压配电柜之间的联络母线,设计的额定电流为2500 A,如果采用185 mm单芯聚氯乙烯绝缘电力电缆作为联络母线,每相6根,共需24根,安装于新旧两套应急低压配电柜的母排上;由于新旧两套应急低压配电柜内空间限制,施工难度较大。采用新型的全绝缘铜管型母线,主要技术参数如下:

表 2 新增应急柴油发电机容量计算表

容量计算条件	计算公式	参数说明	计算结果
按稳定负荷计算发电机容量	$S_{G1} \geq k_1 P_a / (k_2 \cos \Psi_G)$	S_{G1} —新增应急柴油发电机视在功率, kVA; k_1 —可靠系数, 一般取 1.1; k_2 —并联运行的负荷不均匀系数, 单台取 1; P_a —一、二级负荷最大计算功率, kW; $\cos \Psi_G$ —新增应急柴油发电机功率因数, 取 0.8。	$S_{G1} \geq 2\ 206\ \text{kVA}$
按最大单台电动机或成组电动机起动的需要, 计算发电机容量	$S_{G2} \geq P_{\max} / (k_3 \cos \Psi_G)$ $P_{\max} = P_a + (K_4 - 1) P_1$	S_{G2} —新增应急柴油发电机视在功率, kVA; K_3 —新增应急柴油发电机允许短时过载系统, 取 1.5; P_{\max} —单台电动机启动时, 新增柴油发电机尖峰有功负荷, kW; $\cos \Psi_G$ —新增应急柴油发电机功率因数, 0.8; P_1 —最大单台电动机额定功率, kW; K_4 —最大单台电动机启动时有功功率计算系数, $0.26 \times$ 最大单台电动机全压起动电流倍数。	$S_{G2} \geq 1\ 454\ \text{kVA}$ $P_{\max} = 1\ 744.5\ \text{kW}$
按起动电动机时母线容许电压降计算发电机容量	$S_{G3} \geq (1 - \Delta u) / \Delta u X_d S_m$ $S_m = P_{\max} / \cos \Psi_M$	S_{G3} —新增应急柴油发电机视在功率, kVA; Δu —新增应急柴油发电机母线电压下降允许标准值, 有电梯取 0.2; X_d —新增发电机暂整电抗, 取 0.25; S_m —最大单台电动机启动时的尖峰视在功率, kVA; $\cos \Psi_M$ —最大单台电动机启动时尖峰功率因数, 取 0.8。	$S_{G3} \geq 2\ 180\ \text{kVA}$ $S_m = 2\ 180\ \text{kVA}$
最终确定新增应急柴油发电机容量			$S_G = 2\ 250\ \text{kVA}$

表 3 ATS 装置配置方式比较表

ATS 配置方式	优点	缺点	备注
分别为 5 个低压配电室两路进线配置 ATS	自动化程度高, 响应速度快, 不易出差错, 无需人工操作。	投资大, 对现有低压配电室供电影响大, 工期长, 施工难度大, ATS 配置容量大。	
所有重要一、二级负荷集中由新建配电室供电, 电源进线配 ATS	便于管理所有重要的一、二级负荷, 自动化程度高, 响应速度快, 不易出差错, 无需人工操作, 对现有低压配电室供电无影响, 施工难度小。	投资大, 工期长, ATS 配置容量大。	此次扩建计划在公司年度停产大修期间实施, 大修时间为 15 天。
为核心的一级负荷配置 ATS, 其他配电室沿用之前的倒电操作模式	ATS 配置容量最小, 对现有低压配电室供电无影响, 施工难度小, 投资最少, 工期短。	除配置 ATS 装置之外的其他重要负荷的电源切换仍需人工操作。	

外径 $\Phi 100\ \text{mm}$

壁厚 10 mm

截流量 2 500 A

管形母线结构简单、安装方便、散热好、损耗低、投资小等特点, 满足此次扩建联络母线的安装和使用需求。

2.4 扩建方案的最终确定

解决好新增应急柴油发电机容量、自动电源切换柜配置方式、联络母线选型等难点, 扩建方案具体内容描述如下: 新增柴油发电机组采用室外集装箱形式, 就近摆放在原有应急柴油发电机房室外, 两台发电机可共用柴油储存装置。新增应急配电柜放置

于原应急配电室内,缩短新旧应急配电柜联络母线的距离,5 台 ATS 柜摆放于各一级负荷所在低压配

电室,实现末端投切。扩建后的应急配电系统图如图 4 所示。

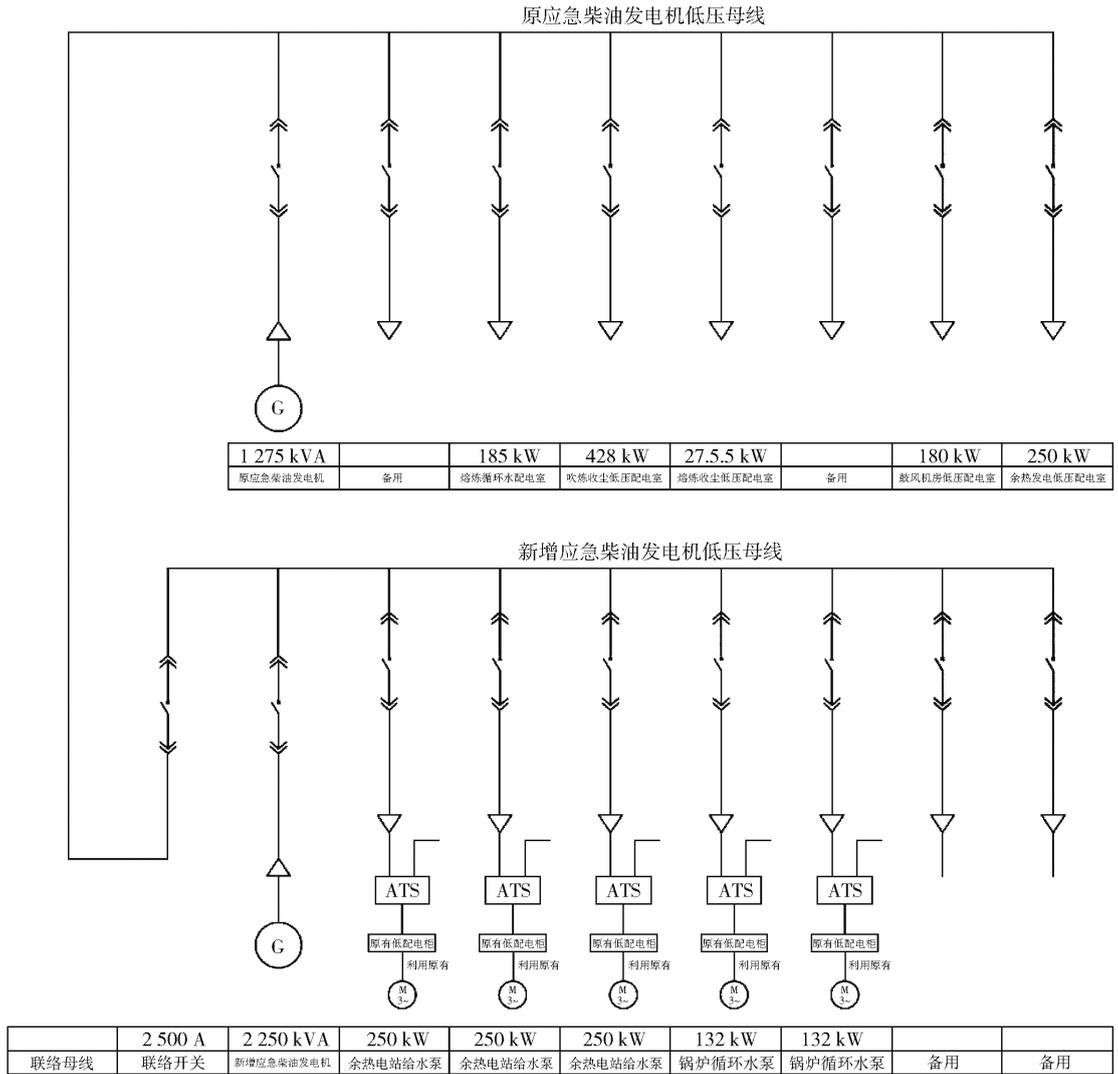


图 3 扩建后的应急配电系统图

从图 4 中可以看出,两台应急柴油发电机通过联络柜和联络母线连接,以新增应急柴油发电机为主用,原应急柴油发电机为备用。特殊情况下,两台应急柴油发电机可实现分列运行,以提供最大供电能力。

3 扩建效果分析

公司应急电源扩建完成后,在历次大面积停电或电网波动的情况下,极大缩短了余热锅炉给水泵和 ISA 余热锅炉循环泵启动时间,由 3 min 缩短为 23 s,有力保障了 ISA 余热锅炉的安全运行。

可靠灵活的应急柴油发电机运行模式满足了公

司扩建后一级、重要二级负荷用电需求,为事故断电的情况下,保障 ISA 炉、沉降电炉、转炉、阳极炉、还原电炉等冶金炉窑安全起到关键作用。

4 结束语

通过科学计算、切实可行的成本分析以及合理应用新技术、新设备,达到此次应急供电系统扩建的可靠性、应急响应快速性的目的。当运行中的发电机出现故障时,可以迅速切换至备用发电机运行,提高了应急供电系统的可靠性。对于海外火法炼铜企业新建或扩建应急供电系统,具有一定借鉴意义。

(下转第 57 页)

us 协议在烟气全流程监控中应用, 不仅为冶炼厂自动化和信息化建设, 提供了实践数据和参考信息。还可以进一步探索自动控制水平的提升, 如利用数

据信息集成和 DCS 实现闭环自动控制, 利用奥炉出口烟气压力值直接控制高温风机转速、直接调节硫酸系统烟气浓度等, 进而提高流程控制质量和效益。

Application of Modbus Protocol in the Whole Process Monitoring of Smelting Off-gas

LUO Yong, WU Xuan-rui

Abstract: Modbus protocol is a completely open communication protocol, which is widely used in various control systems and intelligent instrumentation. Combined with the actual on-site situation of the smelter, Modbus protocol is applied to the whole process monitoring of smelting off-gas, and a communication network based on Modbus is built to link the DCS control system, PLC system and intelligent instrumentation of the whole plant to each other, realizing interconnection and interoperation. Related data of off-gas are analyzed and processed, and these data are used to realize the whole process closed-loop control of off-gas. The proposed technology provides data and information support for the automation and information construction of the smelter, and it is very important for improving the automation level of off-gas monitoring in non-ferrous metallurgy enterprises.

Key words: Modbus protocol; YOKOGAWA CS3000; telecommunication; whole process monitoring of off-gas ▲

(上接第 52 页)

Brief Discussion on Emergency Power Supply System Expansion Design of An African Copper Smelting Enterprise

ZHU Shi-wei, XU Yun-hai

Abstract: Aiming at the main problems existing in the first-phase emergency power supply system, the capacity of new diesel-generator set is calculated scientifically to meet the enterprise's power demand of first order load; the reasonable use of mature technology and equipment not only reduce the cost and construction difficulty, but also improve the reliability and quick response ability of the expanded emergency power supply system. After the expanded system is put into use, it can fully meet the needs of safety production.

Key words: emergency power supply system; diesel-generator set; automatic transfer switching cabinet ▲