

铜冶炼渣缓冷全流程智能管控系统应用研究

金泽志¹, 程凯², 屈上林², 李明²

(1. 铜陵有色金属集团股份有限公司 金冠铜业分公司, 安徽 铜陵 244000;

2. 北京震控科技有限公司, 北京 102200)

[摘要] 渣缓冷工序是火法炼铜工艺必不可少的环节之一,随着熔炼渣处理的工艺、资源回收和安全管控需求的提升,渣缓冷处理系统亟待智能化升级。本文分析渣缓冷处理工艺的特点,给出了全流程智能化改造的适配条件,通过5G通讯网络、门式起重机和电动平车智能化管控等关键技术,实现了渣包转运全流程的自主运行和智能控制,项目实施后操作人员减少了近60%,渣包平均缓冷周期缩短7%以上,取得了较好的经济效益。

[关键词] 铜冶炼厂; 渣缓冷场; 门式起重机; 电动平车; 智能化管控; 火法炼铜

[中图分类号] TF811 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1003-8884(2024)01-0056-06

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2024.01.009

0 引言

随着铜矿资源紧缺和铜价的攀升,通过技术创新来提高铜资源的回收率得到广泛关注^[1,2],火法炼铜的过程中会产生大量的熔融态炉渣,通常蕴含铜金银铁等有价元素^[3]。铜冶炼后的熔炼渣通常采用电炉贫化和渣选矿等处理工艺。国内主要以选矿法为主,大多数铜冶炼厂为了适应渣选矿建设了渣缓冷场及配套设施,该方面具有能耗低、回收率高的特点,能够进一步提高资源综合利用率,增加企业的经济利益^[4-6]。

在铜冶炼渣缓冷工艺及生产实践中,存在缓冷效果差、缓冷管理制度复杂和安全风险高等问题^[7-9],同时,铜渣缓冷过程是一个涉及液固相变的复杂过程,肖瑶^[10]、王旭成等^[11]分析了渣包缓冷过程中温度和液态渣占比变化规律的研究,张恒星等^[12]研究了夏季和冬季工况铜渣缓冷制度下的热场分布情况。渣缓冷场运行需充分考虑渣缓冷场占地、渣包运输和翻包、渣包数量及安全生产等多方面的因素,何峰^[13]、高磊^[14]和姚书俊^[15]充分考虑了缓冷场设计原则和注意事项,提出了渣包排布、设备配

置及新技术应用的相关建议并进行实践应用。

随着电气自动化和新一代信息通信技术的不断发展与进步,在有色冶炼熔炼渣处理过程中,渣缓冷自动化控制技术及相关系统得到了研究和实践^[16-18],与渣缓冷具体工艺相适配的设备自动化控制和智能化管控,成为铜冶炼渣缓冷智能化改造升级的关键技术。本文结合某铜冶炼厂渣缓冷场全流程智能管控的需求,将5G无线通信网络和自动化控制、智能化管控、状态及故障监测等系统全面应用到渣缓冷场的改造升级中,通过项目的研究和实施应用,达到了其建设预期效果。

1 渣处理全流程工艺及技术方案研究

1.1 渣包车运输和翻包作业模式

铜冶炼厂渣包转运采用专用渣包车进行渣包运输和翻包作业^[13],在年产20万t阴极铜的冶炼能力下,按照典型配置,此方案需要配置3台渣包车和220个12m³左右的渣包,才能实现熔炼渣的转运和翻包处理。

为了运输熔融状的大型渣包,与之相匹配的渣包车体积较大,其特殊的结构致使在运行过程中驾驶员视线范围较小且渣包车速度较快,通常在冶炼厂需要设置专用的封闭式渣包车运输通道来保障铜渣运输过程中的效率和安全,其总体布局如图1所示。

渣包车在缓冷场运行模式的设计计算可以得

[收稿日期] 2023-10-06

[第一作者] 金泽志(1973—),男,安徽桐城人,大学本科,主要从事有色金属火法冶炼和生产管理工作。

[引用格式] 金泽志,程凯,屈上林,等.铜冶炼渣缓冷全流程智能管控系统应用研究[J].有色设备,2024,38(1):56-61+67.

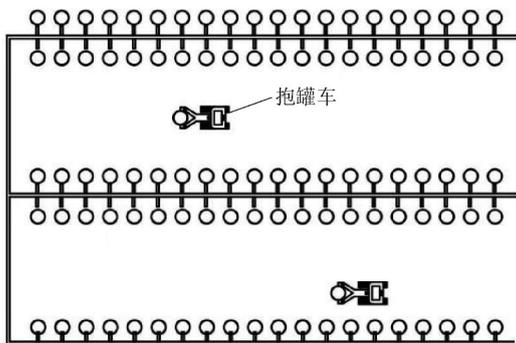


图1 渣包车运输和翻包作业模式下间隔布局的渣缓冷场示意

出,整个缓冷场中渣包占地比例仅为45%左右,但渣包车可以适应不规则的场地且能适度爬坡和转弯,场地适应性好。在智能化和无人化控制方面,渣包车一般在缓冷场通道端头翻包,由于多点运输且运行路径存在重叠和会车的情况,国外多采用智能化调度方案,进而实现渣包智能化和无人转运作业仍存在诸多困难。

1.2 门式起重机和渣包车的模式

结合门式起重机、渣包车、电动平车各自的优缺点,通过优化缓冷场布置方式,提出门式起重机和渣包车相结合的渣包运输和翻包模式^[13],该方案是采用渣包车将渣包从接渣点运输至渣缓冷场指定位置,再由起重机进行吊运和翻包作业。

按照年产20万t阴极铜的冶炼产量规模,采用门式起重机和渣包车的模式需配置3台渣包车、1台起重机和4台移动式洒水车,其总体布局如图2所示。

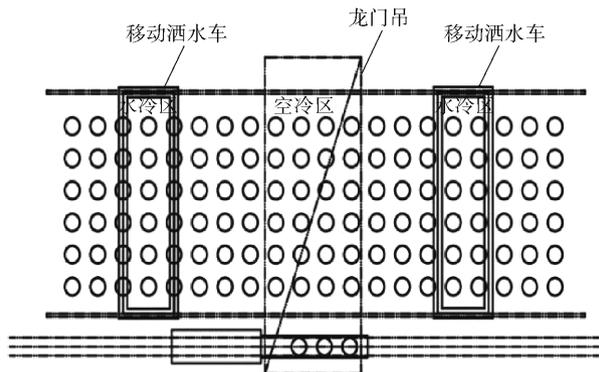


图2 门式起重机和渣包车模式下密集排布的渣缓冷场示意

门式起重机和渣包车协同运输模式设计可以看出,采用该方案的渣缓冷场渣包密集排布,相比单一采用渣包车运输和翻包作业模式下的间隔布局,可

节省场地约60%。同时,该方案采用了移动式洒水车进行移动喷淋,移动式洒水车是近几年发展起来的一种喷淋方式,该喷淋形式能够适应渣包密集排布的场地,并能够有效克服固定喷淋阀门多、维护工作量大的缺点。但在智能化和无人化方面,渣包转运过程中采用了渣包车的运输模式,其运输线路灵活多变,目前缺乏有效的渣包车智能化无人转运作业方案和实践案例。

1.3 门式起重机和电动平车模式

综合考虑以上2种模式,可采用门式起重机和电动平车配合的渣包转运模式,该方案是从接渣口到缓冷场铺设36V低压供电轨道,采用电动平板车将渣包从接渣点运输至渣缓冷场指定位置后,再由门式起重机将渣包吊运至指定包位进行缓冷和翻包作业。

在年产20万t阴极铜的冶炼产量规模下,按照门式起重机和电动平车运行方案设计,此方案需配置6~8台电动平板车和3台起重机,其总体布局如图3所示。

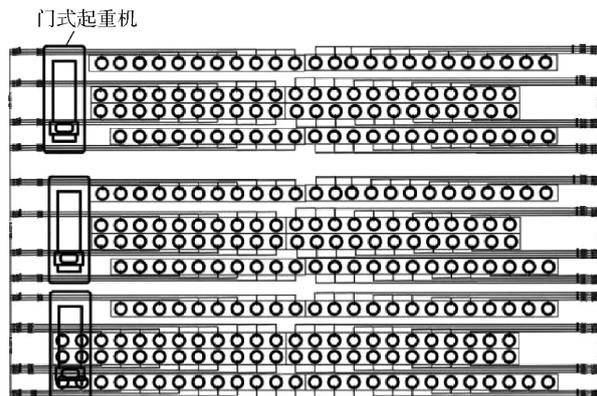


图3 门式起重机和电动平车模式下分区布局的渣缓冷场示意图

门式起重机和电动平车模式条件下的分区布局,相比渣包车运输和翻包作业模式下的间隔排布,可节省场地约40%,同时,整个抓包转运和翻包过程采用了固定线路运输配合起重机转运,全流程具有完整的物料运输目标、明确的可控性和确定性,为自动化控制和智能化调度管控提供了有利的工艺条件和应用途径。

1.4 渣缓冷智能化工艺适配选择

以某铜冶炼厂的双闪厂区和奥炉厂区的渣缓冷场运行的实际需求设计估算,采用门式起重机和电动平车的分区布局投资最少,运行成本只有8~10

元/t,但该模式下人员配置达到34人。门式起重机和渣包车模式下密集排布的渣缓冷场占地面积最省,只有11 000 m²左右,而渣包车运输和翻包作业模式下间隔布局缓冷场占地面积高达17 000 m²,且运行成本高达24元/t左右,但人员配置只有13人。因此,通过渣缓冷场设计方案比较可以得出,若能通过智能化改造,将门式起重机和电动平车的人员配置降低,将是降低渣缓冷投资和运行成本的关键^[16-18]。

某铜冶炼厂在初步设计阶段经过广泛考察交流和详细科学论证,最终吹炼炉渣采取了门式起重机和电动平车的配置方式,自2018年5月投产以来,虽然系统运行稳定且成本可控,但在渣包吊运和翻包过程中,员工的作业环境差、劳动强度大,存在一定的安全隐患;喷淋水采用单元控制,延长了渣包的运转周期并降低了渣包的使用效率;自动化程度低、人员配置多;渣缓冷终点判断不精准、尾矿含铜较高等不足。因此,亟待建设基于新一代信息技术的全流程智能化管控系统。

2 基于5G的渣缓冷智能化关键技术

2.1 渣缓冷场智能化建设的总体需求

结合某铜冶炼厂渣缓冷工艺现场的实际需求,全流程智能管控系统建设内容由5G无线网络、起重机自动控制系统、喷淋水自动控制系统、电动平车和电动转台自动控制系统、状态及故障监测系统5个子系统组成。

渣缓冷场智能化建设的总体需求如下。

1)通过对渣缓冷工艺全流程的三维建模,实现缓冷场区域关键设备设施及渣包的场景虚拟管控和数字孪生。

2)采用起重机利用精确定位和自动控制运行技术,实现自动取包、自动放包、自动挂钩和自动倒渣等功能。同时,建立电动平车与起重机系统间的联锁机制,实现渣包有轨运输与起重机吊运的无缝衔接。

3)渣包落地后自动识别包位信息、记录初始状态和时间,基于红外热成像技术,起重机行驶过程中可通过红外测温扫描仪实时采集渣包外表壁温度信息,为热态渣包自然冷却和喷淋水冷的时间段提供判断依据,自动化控制喷淋阀组开关和运行状态。

4)采集不同季节的渣包温度信息,通过自主学习、

计算模拟渣包缓冷温度曲线,当渣包缓冷达到标准温度后,渣包倾翻系统自发提醒,降低渣包缓冷时长。

5)在翻包过程中,起重机通过自动挂脱钩技术实现渣包的自主挂钩、倒水、倾翻及脱钩的系列动作。

6)整个渣包吊运及倾翻过程通过自动化控制系统和智能管控平台,实时监控所有系统运行装和故障预警信息,平台集成视频监控系统,全流程智能化管控渣缓冷场的运行。

渣缓冷场智能化建设最终将达到以下目标。

1)提高渣缓冷工艺的自动化控制水平,减少员工在缓冷场内作业的时间和概率,改善员工的工作环境,提高现场安全性。

2)实现渣包精准定位,由起重机自动吊运至指定地点,运行过程稳定、可控,杜绝了在人为操作时,因渣包碰撞到喷淋水支架或包位摆放错误等主观性因素带来的误操作现象。

3)通过对渣包温控建模,实时监测渣包整个自然冷却、水冷周期的温度变化,结合大数据分析,得到不同情况下铜的回收率,反推找出最佳的缓冷温度,提高铜的综合回收率。

4)根据渣包温控模型,结合大数据分析,智能判断炉渣的自然冷却终点,实现自动控制喷淋系统的打开或关闭,杜绝人工操作时因判断失误而引起炉渣放炮现象,确保设备和人身安全,提高缓冷效率。

5)通过对渣包温度的监控,能适时反馈渣包各部位的温度变化,根据温变异常来判断渣包内壁的受损状况,对受损部位进行及时修复,既有利于提高渣包的使用寿命,又能杜绝熔体炉渣泄漏事故的发生。

6)所有设备的状态及故障信息、视频信号将通过无线网络,通过智能管控平台集中管理,为管理者提供设备实时运行状态、故障预警和维修保养等指标信息。

2.2 门式起重机自动控制系统研究

1)智能定位技术。为增加起重机定位的可靠性,在大车和小车位置新增了1套激光测距仪,结合条形码尺传感器和电机绝对值编码器,组成双定位系统,结合自动控制算法,实现大、小车的定位精度不大于3 cm。

2)自动挂钩翻包技术。为了实现门式起重机的自动翻包功能,设计研制了起重机自动挂脱钩装置,该装置由副钩起升高度定位系统、自动旋转机构、挂钩及导向机构等3个子系统系统组成,自动挂

钩倒渣过程示意图如图4所示。

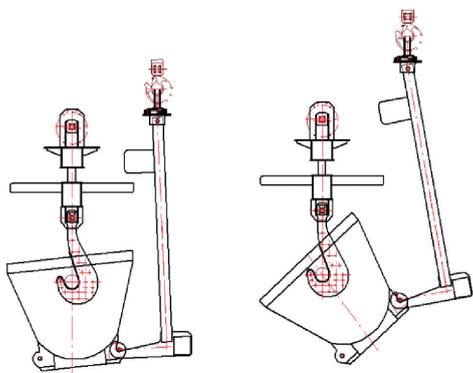


图4 自动挂钩倒渣过程示意

通过自动挂脱钩装置及自动化控制技术,起重机在进行翻包倒渣挂脱钩时实现了自动化作业,现场工作无需人员辅助操作,进一步减少了现场人员和远程控制人员的工作负荷。

3)智能控制技术。起重机自动控采用“专用控制器+变频器”的控制单元,根据记录的渣包脱钩时位置信息,通过远程控制中心实时计算起重机运行的目标位置,控制系统将控制起重机大、小车运行,结合辅助挂钩装置实现安全吊装渣包和自动倒渣的全过程自动化。

系统集成了渣包智能调度管理功能,系统对渣包位进行编号,通过起重机的位置信息判断渣包号,再通过起重机的运动状态、重量和温度来判断包位状态信息。起重机在自动放包、取包和倒渣过程中,通过每个渣包的包位状态信息来完成渣包调度管理。

2.3 电动平车定位及智能控制技术

1)电动平车定位。考虑到现场工况环境和关键点可靠定位的需求,在电动平车上安装连续定位系统,且通过RFID标签识别卡进行位置校准,电动平车定位状态和位置需要实时与远程操作平台同步。

2)电动平车智能控制。电动平车智能控制由远程操作单元、核心控制单元、电平车控制器、电动门控制器和电动转台控制器组成。远程操作单元能够采集来自于控制台上的按键、按钮和手柄的指令封装处理;核心控制单元根据控制台的指令或者业务流程需要自行组装电平车启停/运行、电动门开关和电动状态换轨的指令;电平车控制器能够控制电动门开关并负责获取电平车的负载信息、故障信息、设备状态信息,并按照指令控制电平车启停/运行;

电动门控制器实时监控电动门的状态信息、故障信息等;电动转台控制器实现电动转台换轨控制并实时采集电动转台的状态信息、故障信息等信息。

2.4 渣包温控模型与喷淋水控制

通过红外测温扫描仪实时监测渣包的温度,在喷淋水控制系统的主控制器上建立渣包温控模型,预判自然冷却和水冷时间,喷淋水控制系统实时计算出最优的喷淋时间,实现喷淋水的全自动控制,整体缩短缓冷时间。渣包温控模型与喷淋水自动控制系统,能够提升渣包缓冷效率和铜的综合回收率,避免渣包放炮率的安全事故。

3 渣缓冷全流程管控系统功能及实现

3.1 基于5G无线通信技术的网络应用

基于5G无线通信技术的网络系统能满足不断增长的数据传输需求,其高数据速率、低延迟、大连接数、广域覆盖与高速移动性以及频谱效率提升等特性,满足了渣缓冷场全流程智能化控制系统对网络通讯各项技术要求。在现场部署5G网络基站全面覆盖渣缓冷场,所有电动平车和门式起重机等关键移动设备上通过5G CPE进行各种数据桥接通信,其中5G CPE支持NSA和SA 5G双模组网和5G/4G全网通,网络各种传输指标满足视频传输和控制指令延迟要求。

3.2 门式起重机自动控制系统开发

门式起重机自动控制系统由技术层、数据访问层、表示层和应用层等4部分构成,起重机自动控制系统功能组成如图5所示。

在技术层中包括起重机自动定位和起重机自动控制两部分;数据访问层通过对数据库的访问,实现对渣包空间位置数据、起重机状态信息和位置数据等相关数据的读取、存储和实时更新;表示层即主控制器控制人机交互界面,用户通过交互界面,远程控制起重机自动放包、自动倒渣,并实时监控系统相关状态信息;用户层即监控人员实时监控系统自动运行状态以及维护人员相应维护工作。

起重机自动控制系统在自动控制模式下,当满包渣平车到达缓冷场指定停车位时,电动平车会给起重机发送指令,上位机提示平车到达缓冷场,起重机自动完成热包吊运、摆放和空包选取、吊运、摆放至平板车上。同时起重机给平车发送指令,平车自动开回直轨或弯轨停车位。如果有某个或几个渣包

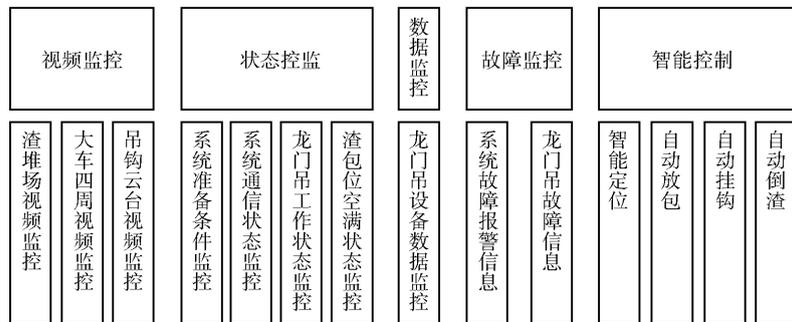


图 5 起重机自动控制系统功能组成

缓冷结束,上位机将提示起重机自动执行倒渣流程。为确保自动操作的连续性,在以上任一流程中的任意时刻,可点击停止按键,进行人为手动调整,调整完成后点击确认按键,流程继续执行。

3.3 电动平车和电动转台自动控制

电动平车自动控制系统需要完成电动平车运行的自动控制,电动转台、电动门、搬轨器联动控制等,其主要功能包括:①自动控制功能:可自动控制 2 辆电动平车联动运行,平车运行时自动控制电动门开关;②扳轨器变轨;通过选择目的地电动平车可自动运行到指定目的地,在缓冷场可自动下发请求倒渣指令与起重机系统联动运行;③手动控制:可控制电动平车、变轨器、转台、电动门系统所有动作;④状态监测功能:可实时显示设备运行及故障状态等。

3.4 喷淋水自动控制子系统应用

喷淋水自动控制系统主要由远程控制中心、喷淋水总控制单元、分路控制单元以及电动球阀组成。远程控制中心将控制指令下发到喷淋水总控制单元,喷淋水经过处理将指令下发到对应的分路控制单元,分路控制单元控制电动球阀的打开或关闭并实时检测球阀状态将状态信息回传给远程控制中心显示,其主要功能包括:①通过渣包自动喷淋系统可实现对每个渣包缓冷过程的独立管控,准确判断自然冷却和喷淋水冷的终点,直至达到翻包要求。②渣包缓冷结束之后,通过起重机自动控制子系统起重机自动吊起渣包并运行至渣堆场倒渣,将空包子吊回至指定位置。③每个包位喷淋水单一控制,避免了之前渣包分组喷淋时的等待时间,极大提高了缓冷效率。

3.5 状态及故障监测系统应用

状态及故障状态监测系统实时监控每个包位、渣包、阀门、仪表、设备运行信息和状态监控,能够集

中显示电动平车及电动转台状态及故障、渣缓冷场起重机状态及故障和喷淋水自动控制系统的状态及故障等信息。通过数据层面的智能化分析和工艺逻辑判断,实现系统状态监控及故障自诊断,降低系统维护难度,提高系统运行的安全性。

1) 监控系统管理,通过在主体起重机设备上增加多组摄像头,实现起重机行驶过程中主、副钩设备及渣包的实时监管。

2) 设备系统管理,主要监控电动平车位置和状态,起重机主、副钩和大、小车等的运作时电流、转速、频率及极限位信息等,对设备进行分类和模块化

管理。3) 设备安全管理,为确保关键设备的正常运转,设备的每一步的操作信息都会自动上传至设备监控及预警系统,出现异常操作系统会自动预警,由语音播放模式提醒操作人员。

3.6 智能化管控系统应用效果

某铜冶炼渣缓冷全流程智能管控如图 6 所示,系统于 2021 年 5 月完成了吹炼炉渣缓冷智能化控制系统的设备安装并试运行,经过近 5 个月的实践应用,该系统完全实现了既定目标,提升渣缓冷场智能化水平。

1) 极大改善了工人的作业环境,现场作业时间由原来 6 h/班减少至平均 2.2 h/班,同时减少了近 60% 操作人员,每年节约用工成本约 100 万元。

2) 与原有缓冷模式下的缓冷周期相比较,系统通过渣包的温变模型的指导,每个渣包平均缓冷周期 7% 以上,提高工作效率和渣包的周转率。

3) 通过对渣包空冷终点的准确判断,在缓冷初期增加了小铜铈颗粒相互碰撞和长大所需的温度场,以促使铜晶胞的发育结晶,提高了全系统渣选矿铜的回收率约 0.015%,每年增加的经济效益近



图6 某铜冶炼渣缓冷全流程智能管控系统

2 000 万元/年。

铜冶炼渣缓冷全流程智能管控系统的应用,实现了一人操作多台起重设备,最大化减轻人员的工作量,同时大幅减少现场操作人员,将智能化控制室设置在远离现场的安全区域。整个操作过程通过远程视频监控系统完成可视化、智能化、现场无人化操作,最大化确保人员有安全,免受渣包放炮风险和起重机械等伤害。

4 结论

某铜冶炼厂是全国最大的单体矿铜冶炼企业,致力于打造世界级铜冶炼标杆企业,大力推进智慧工厂建设。铜冶炼渣缓冷全流程智能管控技术的应用,全面提升了生产作业现场的自动化与智能化控制水平,同时通过打通渣包的运输与吊运环节,实现渣包转运与起吊的无缝衔接,减少等待时间,最大化提升起重机的有效利用率。系统通过温度自动检测和智能化管控,提高渣包的缓冷效率和尾矿回收率,提升渣包周转率,减少渣包固定资产投入成本。

1) 渣缓冷场智能化建设需要结合渣包运输和翻倒的具体工艺特点,在考虑渣缓冷场建设投资和运行成本的同时,通过智能化技术进一步减少现场员工、降低劳动强度和安全风险,实现精细化管理提高铜资源回收。

2) 渣缓冷场全流程智能管控涉及数字孪生、精确定位、模拟仿真、自动化控制和智能化调度等多项关键技术,在现场改造过程中需要充分结合具体的工艺条件和装备水平,为智能化冶炼厂建设提供技术支撑。

3) 某铜冶炼渣缓冷全流程智能管控系统减少了近 60% 操作人员,缩短渣包缓冷周期 7% 以上,通过对渣包温控建模和自动化喷淋系统,提高了全系

统渣选矿铜的回收率约 0.015%,取得了非常好的经济效益,为类似铜冶炼厂渣处理提供了典型的智能化改造示范。

[参考文献]

- [1] 杨峰. 电炉渣回收铜技术改造方案的研究与设计[J]. 有色金属(选矿部分),2006(1):14-17+5.
- [2] 方明山,肖仪武,彭时忠,等. 关于缓冷时间对电炉渣中铜物相颗粒粒度影响的探讨[J]. 有色金属(选矿部分),2020(4):1-5.
- [3] 穆晓辉,贾立安,张学滨. 白银炉铜冶炼渣选矿实践[J]. 有色冶金设计与研究,2014,35(6):28-31.
- [4] 杨彦. 大冶诺兰达熔炼渣缓冷生产实践[J]. 有色冶炼,1999(5):22-23.
- [5] 徐国华. 贵冶渣选指标的影响因素及分析[J]. 铜业工程,2018(1):62-66.
- [6] 张亨峰,廖广东,苏晓亮,等. 湖北某澳斯麦特熔炼渣选铜工艺研究与生产实践[J]. 有色金属(选矿部分),2018(5):30-35.
- [7] 逢伟波,李增来. 铜冶炼炉渣缓冷效果的影响因素分析[J]. 中国有色冶金,2020,49(4):24-27.
- [8] 李思勇. 铜冶炼渣包冷却制度的建立[J]. 有色金属(冶炼部分),2017(11):42-45.
- [9] 左池舟. 炉渣缓冷爆炸分析及研究[J]. 有色冶金节能,2013,29(5):26-30.
- [10] 肖瑶. 关于铜渣缓冷过程的数值仿真研究[J]. 科学技术创新,2021(7):31-32.
- [11] 王旭成,张立华. 铜渣缓冷制度条件下渣包温度场的仿真与分析[J]. 稀有金属,2020,44(2):186-194.
- [12] 张恒星,袁水平,陈杭,等. 不同工况下铜渣缓冷热场仿真研究[J]. 有色金属(冶炼部分),2020(6):12-18+36.
- [13] 何峰. 某铜冶炼厂缓冷场工艺设计浅谈[J]. 有色冶金设计与研究,2015,36(4):30-32+35.
- [14] 高磊. 某铜冶炼厂两种渣缓冷场设计方案对比[J]. 中国资源综合利用,2018,36(10):87-88.
- [15] 姚书俊. 影响铜冶炼过程熔渣渣包使用数量的因素分析与探讨[J]. 世界有色金属,2020(14):17-18.
- [16] 孙建国. 熔炼渣处理过程中的智能管理应用[J]. 有色设备,2022,36(5):19-23.
- [17] 徐兆超. 无线数据传输技术在渣缓冷场控制系统中的应用[J]. 世界有色金属,2019(8):170-171.
- [18] 胡京盛,宋华. 渣缓冷自动化控制技术的研究及应用[J]. 世界有色金属,2020(18):21-22.

(下转第 67 页)

The practice of smelting secondary gas handling system in Jintong Copper Company

ZUO Yanzhi, PANG Xiaofei

Abstract: This paper analyzes the operation situation of the existing fugitive gas collection system in the smelting workshop of Jintong Copper Industry. It points out that there are some problems in the fugitive gas collection system, such as unreasonable design of the hood and the ductlines as well as some defects in on-site management which caused low altitude environmental pollution in the workshop. By reforming the hood and the ductlines, adjusting the valve control method as well as adding emergency branches, the pollution phenomenon in the workshop has been effectively controlled, the working environment of the smelting workshop is greatly improved.

Key words: fugitive gas collecting system; fugitive gas; 20 meters low-altitude; gas exhaust; ventilation fan; working condition analysis; control method ▲

(上接第 61 页)

Application of intelligent control and management system for full process of copper slag slow cooling

JIN Zezhi, CHENG Kai, QU Shanglin, LI Ming

Abstract: The slag slow cooling process is an indispensable link in the pyrometallurgical copper smelting process. The slag slow cooling treatment system urgently needs an intelligent upgrade with the increasing demands for slag treatment technology, resource recovery and safety management. The paper analyzes the characteristics of the slag slow cooling treatment process and presents the adaptive conditions for the whole-process intelligent transformation. Through key technologies such as 5G communication networks, intelligent management and control of gantry cranes and electric flatbed carts, the independent operation and intelligent control of the entire slag transfer process have been realized. After the implementation of the project, the number of operators was reduced by nearly 60%, and the average slow-cooling cycle of the slag ladle was shortened by more than 7%, achieving good economic benefits.

Key words: copper smelting plant; slag slow-cooling yard; gantry crane; electric flat car; intelligent control and management; pyrometallurgical copper smelting ▲