

高炉-转炉-连铸-热轧流程优化与一体化动态调度

盛刚¹, 卢春苗¹, 梁青艳¹, 邴秀萍², 林路³, 马新光⁴, 刘曙光⁴

(1. 冶金自动化研究设计院有限公司, 北京 100071; 2. 中国钢研科技集团有限公司, 北京 100076;

3. 钢铁研究总院有限公司, 北京 100081; 4. 唐钢乐亭钢铁有限公司, 唐山 063600;)

摘 要: 钢铁制造流程由多个非线性耦合的工序和界面串联组成, 由于缺乏全流程系统优化视角下的跨工序协同, 仍存在工序/界面阻塞、铁素流传淌时间长和温降大、流程连续化程度(工序有效生产时间/总运行时间)低等问题, 进而影响企业生产效率、产品质量稳定性和节能降碳。流程连续化程度不高来自两方面原因: 一是物理侧自组织性不高, 上下游路径组合模式多(涉及工艺路径、工序链接方式和平面布置等), 各工序物理化学变化复杂(非平衡程度难以量化), 物质形变要素(热履历、压下制度、微观组织与产品力学性能)强关联。这些多维度差异导致运行规律显著的随机性、不确定性和非线性特征; 二是信息侧他组织力不强, 面对这类复杂变化特点, 由于缺乏各工序与界面合理的匹配规则、缺乏局部波动对流程稳定性的预测调整以及全局优化的跨工序协同等机制, 人们很难梳理出一成不变和精准调控的指导原则, 只能凭经验粗放被动地应对。解决上述问题须物理侧和信息侧共同发力, 实现信息物理系统融合的流程智能化。当前, 业内关于流程智能化的案例很多, 但客观分析其技术内涵, 存在以下问题: 一是忽视物理侧优化作用, 过分夸大数字孪生和数据驱动功能; 二是习惯于单工序或界面的潜力挖掘, 对全流程整体优化不充分; 三是尽管很多企业 MES 系统具备部分工序协同, 但多是从信息侧介入。如果流程运行不是在充分优化的路径(简约高效)和工艺规则(层流运行)约束下组织生产, 其呈现的运行规律势必存在诸多不确定性和随机性, 必将导致建模难、求解难、输出失真, 应用效果大打折扣, 甚至只起到传递业务信息的作用, 计划调度决策仍依赖人工经验。上述做法与构建信息物理融合系统实现流程智能化的先进理念相悖, 亟需用信息物理系统融合的流程智能化案例为指针, 为钢铁制造流程智能化指明方向。因此, 须建立信息物理深度融合系统, 从冶金流程工程学视角考量, 从工序功能、工序关系和流程集成的角度进行解析、协同和优化, 实现多目标协同优化。唐钢新区板材产线工艺布局合理, 设备先进, 信息化和自动化系统一流, 为实现全流程智能化运行奠定了基础。在上述背景下, 项目团队以唐钢板材产线智能化开发为依托工程, 建立信息物理融合系统, 为钢铁行业提供流程智能化解决方案。项目团队为跨专业(涉及工艺、控制、信息等)组合, 在殷瑞钰院士冶金流程工程学指导下, 先后承担了十三五、十四五多项重点研发计划项目, 取得了与此方向相关的多项技术成果, 为本项目奠定了基础。

关键词: 流程智能化; 信息物理融合; 铁钢界面; 铸轧界面; 工艺优化; 流程仿真; 动态调度; 多维甘特图