

DOI: 10.3724/SP.J.1224.2010.00001

钢铁制造流程的能量流行为和能量流网络问题

殷瑞钰

(钢铁研究总院, 北京 100081)

摘要: 为应对全球气候变化, 钢铁工业在下一步技术转型中, 应高度重视钢铁制造流程的能量流和能量流网络问题。本文从充分发挥钢厂三个功能的视角, 阐述了钢铁制造流程中铁素物质流和碳素能量流的行为规律, 提出了应注重与铁素物质流相关的碳素能量流的输入/输出特点和能量流网络构建以及相应的信息化集成调控的观点, 剖析了钢铁工业节能减排的潜力, 指出了提高钢厂综合竞争力和多方位服务于可持续发展的可能性, 探讨了相关理论的建立、技术开发和工程化实施的策略等。

关键词: 钢铁制造流程; 能量流行为; 能量流网络

中图分类号: TFO

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2010)01-0001-04

1 引言

经过改革开放 30 年的艰苦努力, 中国钢铁工业用显著的发展业绩破解了西方学者早在 20 世纪 70 年代提出的钢铁工业是“夕阳工业”的难题, 证明了钢铁工业是基础工业, 钢铁材料是必选材料。但钢铁工业仍然面临极具挑战性的命题, 突出表现在: “两高一资”(高消耗、高排放、资源依赖型)问题尚未根本解决, 钢铁生产所造成的环境负荷依然很重, 将面临来自国际碳减排的巨大压力等。这是中国钢铁工业未来可持续发展过程中不容回避的新问题和必须尽早破解的战略难题。

对钢铁制造流程物理本质和运行规律进行深度剖析, 可以促进钢厂充分发挥三个功能(钢铁产品制造功能、能源转换功能、废弃物消纳-处理和再资源化功能)^[1-2], 并化解发展进程中的某些制约因素, 进而实现生态化转型。

2 对钢铁制造流程物理本质和运行规律的再认识

钢铁制造流程动态运行的物理本质是^[3]: 物

质流(主要是铁素流)在能量流(主要是碳素流)的驱动下, 按设定的“程序”, 沿着特定的“流程网络”作动态-有序运行, 是铁素物质流和碳素能量流在全流程范围内形态演变的过程。作为一类开放系统, 而且是远离平衡状态下的开放系统, 其运行要素是“流”、“程序”和“流程网络”, 其目标是铁素物质流和碳素能量流通过网络化整合与程序化集成, 从相对“混沌”实现动态“有序”, 特别通过相关信息流的他组织作用对其进行调控, 使之达到更高程度的动态-有序化, 进而实现多目标优化。因此, 应该系统研究“流”、“运行程序”和“流程网络”的优化问题。钢铁界长期以来的研究工作主要侧重钢铁产品制造功能, 即偏重于对铁素物质流运行规律的研究, 忽视对能量流行为、能量流网络的研究。实际上能量流也存在“流”、“程序”和网络问题, 对此, 有待深入开展研究工作。

当钢铁制造流程中铁素物质流的运行规则(包括“流”、“运行程序”和“流程网络”)确定后, 若各个“节点”(如工序、装置等)输入和输出的能量之间存在总量或能级的差别, 这种差别即是节能潜力。

收稿日期: 2010-01-14; 修回日期: 2010-02-05

作者简介: 殷瑞钰(1935-), 男, 江苏苏州人, 教授级高级工程师, 中国工程院院士, 研究方向为钢铁冶金、工程管理与工程哲学等。E-mail: yuanwu@cisri.com.cn

在追求铁素物质流和碳素能量流动态-有序运行过程中,特别是在能量流的有序化运行、网络化回收利用过程中,有可能引发钢铁制造流程整体技术的再提升。

基于以上认识,可以对新建钢厂的总图布置、主要工艺路线的确定、关键工序/装备新技术的采用及能源系统的控制等提出指导性原则,也可结合大量现有钢厂的实际运行状况,发现制约钢厂三个功能充分发挥的关键环节,提出持续改进的措施和步骤。

3 现实存在问题与改进方向

长期以来,在追求钢材数量和质量过程中,钢铁领域的研究主要围绕铁素物质流的优化而开展,为获得满足用户要求的钢铁产品,业内已积累了丰富的丰富经验。一些钢厂已基本实现了铁素物质流从“混沌”到相对“有序”的转变,满足钢铁产品制造单一功能的钢厂工艺布局基本定型,甚至有些单个工序的能耗已被挖掘到接近国际领先水平。但以往开展的技术研发只针对相关工序/装置中某些供能技术的改造和局部二次能源的回收利用,缺乏全局性动态回收各类余热、余能的系统措施,缺乏对二次能源品质潜力的挖掘和价值开发,还受局部工序或装置的物料平衡和热平衡静止观念的束缚,造成一些钢厂的系统节能效果并不理想,能源综合利用效率相对较低。此外,对钢铁制造流程的能源转换功能、废弃物消纳-处理及再资源化功能以及与之密切相关的能量流行为与能量流网络构建等问题的研究较少,相关理论不够完整,支撑技术与装备开发滞后,指标考核体系不尽合理,也缺乏科学、配套的激励政策。

如果按铁素物质流和碳素能量流相对“有序”耦合的目标新建钢厂或改造现有钢厂,即在研究铁素物质流动态-有序运行的同时,深入研究能源合理转换机制并构建起优化的能量流网络,将对钢铁工业的结构优化开辟出新途径,可挖掘的节能潜力巨大,

因此应成为新技术背景下钢厂节能降耗的切入点。

4 建立大时空尺度动态-有序化的用能新理念

钢铁制造流程整体水平的再提升,必须跨越涉及个别冶金反应或个别物理相变机制的“点空间”科学问题和装置/工序的“场空间”科学问题的门槛,深入研究钢铁制造流程的“流空间”科学问题。在此前提下,应建立钢厂在全流程中大时-空尺度条件下的优化用能新理念,与构建铁素物质流网络相似,构建起能量流网络的模型,其网络边界的上游可延伸到原燃料的预处理,其下游应扩展到钢材的使用、报废、回收与再资源化等。在钢材制造过程中,须按铁素物质流和碳素能量流时合时分的行为特点,通过物质流、能量流的网络化整合,集成构建动态-有序运行程序,提高流程本身的自组织化程度,从中获取并加工相关的信息,对其进行信息化他组织调控。可借鉴国外钢厂利用二次能源自发电、甚至与社会电厂合股经营“共同火力发电”的成功经验,尝试钢厂与周边企业、社区共建优化用能系统。

5 针对钢厂的能源转换和能量流网络构建的新技术及建议

对提高钢厂能源转换效率而言,须统筹考虑生产过程中的能源输入/输出、火用效率和能级匹配等问题。应该从以下方面开展工作:深入研究钢铁生产过程中铁素物质流和碳素能量流的行为和相互间的关系,促进钢厂实现能源高效转换并构建能量流网络,有效拓展钢厂的新功能,为设计部门树立新的设计理念,并提供相关技术支撑;为高等院校拓展学科发展方向,促进相关知识和理论的形成及人才培养;为科研单位找到应用技术与装备研发的关键切入点,及时形成具有自主知识产权的成果;为钢厂新一轮节能减排指明方向,为企业重大技术投资提供决策依据。

5.1 钢厂全流程能源管控中心建设

对于高水平的现代化钢厂，迫切需要建立对所有一次能源、二次能源进行优化调控的运行部门—能源管控中心(不是一般的能源管理、统计部门)，以利于对各个作业单元的能源输入/输出和对各种类型的能源介质进行集成调控，开发与铁素物质流协同、匹配、动态有序运行的碳素能量流网络及信息化技术，以全流程能源利用效率最大化为目标，实现铁素物质流运行的动态-有序、连续-紧凑化。与此同时，还要实现对各种能源介质的输入、转换、使用与回收的全面调控，适时进行能源介质的集成优化管理与控制，进而实现前景预报。对于年产 200 万吨钢以上的高炉-转炉联合企业，都有可能信息化技术的支持下建设全流程能源管控中心。这应是今后研发和未来投资的重点之一。

5.2 钢厂余能资源的优先使用原则

鉴于目前钢厂普遍存在余能资源量大、利用途径少或实现短距离供需匹配对接方式有限的客观现状，利用钢厂余热、余能资源集中用于发电应是较好的选择方式。可根据钢厂余能资源的数量和品质，选择不同的发电方式。对于高能级(高火用值)煤气和温度高于 500 的蒸汽，应采用大机组发电，利于提高热-电转换效率，甚至可考虑与社会电力系统联合经营发电，追求规模效益。对于特殊工序的热蒸汽或余压资源(例如 CDQ、TRT 等)，可建设分布式电站。对不同种类的余能资源，应有优先使用程序，如转炉煤气应优先用于石灰窑生产高质量石灰，转炉回收的蒸汽应优先用于 RH 等真空处理装置等。建议国家相关部门制定相关政策、标准和方法，积极支持对钢厂能耗

指标、指标体系、统计口径和方法展开深入研究，对钢厂利用二次能源发电等节能减排工程给予政策鼓励和进行规范化管理，并把钢厂自发电比例列入国家统计数据系列。

5.3 及早开发适合中国特色的低碳化的钢铁生产技术

控制和减少温室气体排放已成为全人类面临的紧迫任务。我国已是全球 CO₂ 排放量最大的国家，钢铁工业是耗能大户，也是 CO₂ 排放大户，将面临国际碳关税等行业“潜规则”的严峻挑战，须及早寻求有效应对策略。

中国钢铁工业 CO₂ 排放量大的一个重要原因是社会折旧废钢量相对少，导致电炉钢在总产钢量中的比例很低(现在约为 10%)，同时，也与能源消费结构有关，还与各工序能耗水平、数据统计口径、相关激励政策等方面有直接关联。因此，须通过深入研究全局性、全过程的能量流行为，确定钢厂用能的总体技术方案，及早统一认识，制定应对策略。特别是对占我国钢铁生产 90%的高炉-转炉长流程钢厂，通过研究能量流行为和能量流网络的构建，可在新技术背景下实现 CO₂ 减排，为开发新技术寻找突破口，形成相关“技术包”，用显著的碳减排业绩为我国发展低碳经济和循环经济作出新贡献。

参考文献

- [1] 殷瑞钰. 钢铁制造流程结构解析及其若干工程效应问题[J]. 钢铁, 2000, 35(10): 1-7.
- [2] 殷瑞钰. 钢铁制造流程的本质、功能与钢厂未来发展模式[J]. 中国科学: E 辑, 技术科学, 2008, 38(9): 1365-1377.
- [3] 殷瑞钰. 冶金流程工程学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2005: 149-151.

The Energy Flow Behavior and Energy Flow Network in Steel Manufacturing Process

Yin Ruiyu

(Central Iron and Steel Research Institute, Beijing 100081)

Abstract: To respond to global warming, high attention should be paid to the study of energy flow and energy flow network at the technological transition point in steel manufacturing process. In this paper, the author encourages steel-plant to fully fulfill its three functions and expounds the behavior pattern of ferrous material flow and carbonaceous energy flow in steel manufacturing process. The author suggests that attention should be paid to the input/output features of carbonaceous energy flow related to ferrous material flow, the establishment of energy flow network and the corresponding informationized regulation and control. The paper also analyzes the potential ability of energy-saving and emission-reduction in iron and steel industry; discusses the steel-plant's capability to raise the comprehensive competitiveness and to serve the development of a sustainable society; investigates the establishment of related theory, technological development and strategies for engineering implementation and so on.

Key words: steel manufacturing process; energy flow behavior; energy flow network

责任编辑：王大洲