

钢铁制造过程的多维物流控制系统*

殷瑞钰

(冶金工业部, 北京 100711)

摘要 本文将钢铁制造流程模化为物态转变、物性控制和物流控制相互融合的多维物流控制系统。该系统是由“刚性组元”、“柔性组元”的集合和各组元之间关系集合组成的“粘性”系统,其运行方式为“准连续/间歇”性质的“弹性链/半弹性链”的稳定或非稳定谐振。系统在外界“刺激”作用下,将产生不同类型、不同滞后度的“响应”。在此基础上提出了钢铁制造流程系统集成描述的理论框架,并指出了钢铁工业和钢厂结构优化的目标。

关键词 钢铁制造过程, 多维物流控制系统

钢铁是一种重要的基础材料,世纪之交钢铁工业和钢厂面临一系列挑战,需要解决好降低成本、提高质量、可持续发展以及投资决策等问题。解决好这些问题将为钢铁工业的发展提供更多的机遇。

为了建立一个冶金物流控制系统来解决钢厂的实际问题,需从工程哲学的高度来思维、抽象、描述。用新的“眼界”来观察问题,提炼出新的概念,进而构成系统。同时,还应从工程科学的角度来认识钢铁制造流程的演变趋势和当代钢厂结构优化的涵义,进一步指导建立流程系统的模型。

1 钢铁制造流程的过程特征

1.1 简要的描述

钢铁制造流程的变化导致了一代又一代的钢厂模式的演进,但是冶金流程中物态转变、物性控制的一些本质特征并无重大的变化,钢厂的生产流程总是由化学冶金过程和物理冶金过程构成。化学冶金过程主要是体现物质组成、温度、时间之间的关系;物理冶金过程主要是体现形变、物质结构、温度、时间之间的关系。70年代以来,钢厂生产流程中化学冶金和物理冶金的衔接部——钢液的凝固方式发生了重大的变化,凝固方式变化是促进当代钢铁生产流程演进的诸因素中最为活跃的关键点,它的变化促使钢厂的模式、规模、产品系列、投资量、市场竞争力发生了重大的变化。

1.2 物态转变、物性控制和物流控制的结合 —— 多维物流系统

从工艺上看,钢厂的生产流程实质上一方面是物态转变和物性控制的工艺过程,如状态的转变与控制、品种与质量的控制、钢材形状尺寸和表面状态的控制、产品性能的控制等;另一方面则是过程物流的控制,这种物流控制不仅是物质的输送,而且要求各主要参数衔

* 收稿日期: 1996-05-25

本文通讯联系人: 殷瑞钰, 高级工程师, 教授, 中国工程院院士, 北京(100711)冶金工业部

接、匹配上的优化,如物流流量、温度、时间的合理衔接匹配,相关工序之间装备能力的匹配,时间节奏的协调与缓冲,物质传输过程途经的工序、方向、距离和方式的优化,物流途径及其时间的压缩和紧凑等. 这些参数对钢厂模式、投资数量和投入/产出效益是至关重要的. 因此,在工程上讲,钢铁制造流程的特征是物态转变、物性控制与物流控制的优化结合. 通过一系列工艺技术、装备功能的提高、健全和自动化技术在工程上的组合优化,才能对钢厂发展模式、投资方向、投资顺序、投资强度等方面起到优化的引导作用. 对钢铁制造流程中的生产体而言往往是物态转变、物性控制与物流控制同时/分别进行的. 钢厂的物流过程特征从总体上看,是一种准连续/间隙过程. 它是明显地有别于铁路运输系统、邮政信件分发系统、百货连锁店物流分配,也有别于汽车装配线或机械加工作业线的物流系统. 这种过程物流方式可归纳为多维的物流控制形式(图 1).

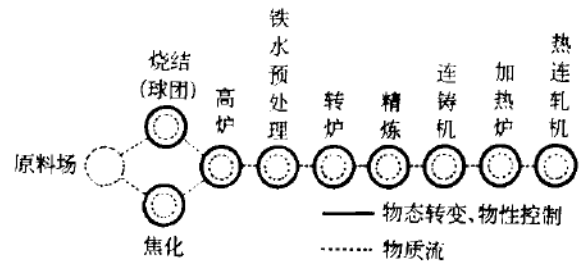


图 1 钢铁制造流程系统内物态、物性-物流组合示意图

Fig.1 The mixture of mass's states, properties and flow in steel plant process

钢厂的多维物流可以概括地用下式表示:

$$F_m = \sum_{w_0} \int_{T_0}^T \int_{t_0}^t (P + A_i^j - B_i^j) dw dT dt + C$$

式中, F_m : 多维物流; P : 生产体(如矿石、生铁、钢液、铸坯、热轧材等); w : 生产体的重量; T : 过程温度; t : 过程时间; A_i^j : 生产过程中加入的辅加剂等; B_i^j : 生产过程中的排放物、废弃物等; C : 可能出现的某些间歇现象、间歇因素等.

作为钢铁生产过程的多维物流控制工程,如下参数的衔接匹配、连续、稳定,均应在考虑之内:

- 物流在状态上和数量上的转变、传递、衔接、匹配;
- 物流在时间因素上的协调、缓冲、加速;
- 物流过程中金属由液态转变为固态,并获得一定几何尺寸的铸坯断面,进而进行断面形状和尺寸的转变、传递、衔接、配合;
- 物流在温度和能量上的转变、传递、衔接和节约;
- 物流过程中钢的表面质量、宏观结构、微观组织以及性能的转变、遗传和调控;
- 物流传输途径和方式的调整、衔接和优化.

要实现上述诸多方面的衔接、匹配,不仅要依靠各工序的功能优化、装备可靠性与可控性的提高,而且要十分重视相邻工序之间的“柔性”调节作用. 依靠流程系统内各工序装备的容量性能力和功能性能力的匹配和优化,激发出相关工序之间匹配、衔接和调节作用的“柔性活套”. 实际上,战后 50 多年来“柔性活套”工程随着工序功能演进和工序功能间的组合优化而不断发展. 往往是前后两工序或多个工序之间,在功能上表现出相对的“刚性”-“柔性”关系,从而在不同功能参数上构成“柔性活套”,进而实现整个系统或区段在更高层次上的结构优化.

2 钢铁制造流程系统的概念和抽象

对钢铁制造流程系统的性质进行抽象,提炼出一些本质性的概念,应该充分理解系统各种功能之间的相互关联性,了解规定系统存在价值的诸多功能特性以及彼此关系,并在此基础上进行模型化抽象。

2.1 “刺激”-“响应”

钢铁制造流程系统应该是一种物态、物性-物流优化地融合于一体的系统,系统非常庞大,过程参数众多,在短时间内诸多参数同时或相继迅速变化,而这种变化往往遇到直接测量诸参数值的困难,描述这种系统的复杂性是其它工业制造过程无可比拟的。因此,进行抽象-类比是必要的。

在流体力学中,从流体的应力和应变分析出发,用张量的概念可以给出四维系统的偏微分方程。然而,这些系统均为连续介质系统。这类系统的分析相对于离散系统或准连续/间隙流程系统而言要简单得多。如果将这种方法简单地用于描述一个制造流程,肯定会碰到很大的困难。但是从哲学的角度上看,应力-应变的分析无外乎是一种外界“刺激”-内在“响应”的本质,这种本质对连续介质体系和按流程方式进行生产的企业生产系统而言有其共性。但两者也有明显的差别。主要差别是:对连续介质系统而言,连续介质系统内的任何微元体对外界“刺激”具有一致甚至同时的内在“响应”,而对流程生产方式的系统而言,其诸多组元对外界“刺激”因素(如市场、投资、资源、能源、价格等变化),具有不均匀(甚至不同取向)的或不同滞后度的内在“响应”。

2.2 “粘性系统”和不等滞后度

钢厂的生产流程可以用类比的方法抽象为“粘性”制造流程系统,它的各个工序的功能、各个单体设备的能力是不同的,但在相当大的程度上又有很强的相关性,它近似于不均匀的连续过程(或准连续过程)。当外界有“刺激”时,这类“粘性”系统的各个组元作出的“响应”在时间上表现出不同的滞后度,在容量性能力的发挥上会有不同的增减,甚至对工序的功能性能力的发挥也会有不同的选择或增减。总之,这种“粘性”系统在受到“刺激”时,系统内各组元工序往往表现出不同类型、不同滞后度的“响应”。处理这些过程特性需要自组织化的柔性处理手段。

这种系统分析方法的优点之一是内耗来源于系统本身的特点(如流体的粘性耗散)而非其它人为因素。然而,由于流程生产方式的生产系统不仅具有制造系统本身的“粘性”,同时也不可能没有人为的影响——人为“粘性”,因而,流程优化问题又不可能完全脱离管理哲学问题。

对钢厂制造流程系统而言,要做到真正意义上的“柔性”和“连续性”是很难的,而且实际情况下也不一定过分地追求。现在应该追求的是一种准连续或带有一定设定的“柔性”系统。

3 钢铁制造流程系统发展的方向和发展过程遵循的原则

3.1 流程系统演进方向的描述——工程逻辑的变化

自战后以来,钢厂工艺流程的进步影响着钢厂模式的变化。总的来看,钢厂模式的进化可分为三个阶段:

——1952年氧气转炉的出现,它对钢铁联合企业的生产规模起到巨大的推动作用。大型转炉的完善和成熟,诱发或促进了高炉大型化和以宽带热连轧机为代表的各类轧机的大型化、

连续化、自动化、高速化。直至石油危机发生以前,各类钢厂都以模铸-初轧机为核心,向前后工序展开,构成板、管、型、棒、线等产品均能生产的“万能”钢厂。而且一度导致联合企业追求建设年产 1000 万吨级的超大规模钢厂。这一代钢厂在设计上的工程逻辑是“叠加-蔓延-万能化”。

—— 1973—1974 年石油危机发生以后,连铸的快速发展,连铸机的实用化、普及化特别是新日铁大分钢厂的全连铸生产体制的出现,导致了模铸-初轧(开坯)体制的彻底淘汰,充分体现了节能、节材、节人的效果,使得钢厂向节能化、专业化方向发展,这是重大结构性的变化。

—— 1989 年 Nucor 公司的薄板坯连铸-连轧工艺投入生产,钢厂生产流程进一步呈现紧凑化。这类紧凑化钢厂生产流程的物理本质是:不断提高化学冶金过程中钢液的纯净度、化学成分和温度的准确度,并在化学冶金过程中为物理冶金过程的需要作好结构准备;不断提高凝固过程铸坯的均匀度、细密度和表面质量;在化学冶金和凝固过程上述成就的基础上,实现物理冶金过程中(压力加工过程、在线处理过程等)加工件压缩比的合理降低及其温度(热量)的充分有效地“在线”利用,使物理冶金过程中形变、物质结构、温度、时间等参数不断优化,从而导致钢厂结构进一步优化。从钢厂设计的工程逻辑上看,由“叠加-蔓延-万能化”向“临界-紧凑-专业化”方向发展⁽¹⁾。因此,必须重视分析、判断钢铁制造工艺过程中各主要参数的“临界点”所在以及有关外界“刺激”对系统内在“响应”的影响。

3.2 系统发展过程遵循的原则

按照控制论的观点,任何系统都是由能量、物质、信息构成的。任何系统的运动都存在着复杂的物质流、能量流和信息流。在钢铁制造系统的运行中,物质流的运动形式主要体现在工序中物质流的衔接、转变、匹配、缓冲、调控;能量流的优化方式主要是在工序功能的分解、优化的基础上,实现流程紧凑、简化以及过程中各类能量的充分利用,从而达到节能、节时、节人;信息流主要是通过过程中信息的获取、传递和处理,形成集成网络和人工智能处理系统,这是一种既有数值信息又有知识信息融合在一起的集成系统。

具体到现代钢厂发展过程的原则而言,则有下列特点:

—— 能量流:主要体现在工艺流程的“紧凑化”和过程中各种能量的充分利用;

—— 物质流:主要体现在工序间的“衔接、匹配、缓冲、协调”;在工序功能优化的推动下达到整个工厂结构的优化;

—— 信息流:主要体现在信息的分段网络化和在此基础上的系统集成优化;钢厂作为一个大的“粘性”系统,需要处理众多的信息,一般可用两类方法来解决:(1)用系统工程、运筹学等手段来进行全过程的总体数学描述,这种方法比较适用于思考模型;(2)按照系统内相关工序分段处理,各区段内相关工序形成各自的 MIS 系统,在分段网络化的基础上优化集成为整个“粘性”系统的 CIMS。这种方法比较适用于应用模型。

—— 产品质量的不断提高和深加工:产品质量的提高主要是来自市场需求,产品的深加工是为了企业能争取更多的经营领域和经济效益。

4 钢铁制造流程系统集成描述的理论框架

对钢铁制造流程系统进行集成描述的目的是为了分析、指导企业生产经营过程中的如下方面:

—— 企业投资的分析、判断和决策;

- 针对市场的产品开发和推销;
- 基于多维过程物流控制基础上的生产经营计划制订和智能调度系统开发、应用;
- 企业资金运行过程的优化分析.

4.1 准连续 / 间歇工艺流程的数理描述

用微分方程来描述一个系统的基本条件应该是系统内有可微的连续单元(独立参数). 就钢厂系统而言, 在其化学冶金-物理冶金生产过程中只有物质量(重量)、温度和时间这三个参数是独立的、连续可微的, 因此是系统内的基本参数, 而其它参数(如产品质量、品种、状态、输送等)在系统运行过程中相当大程度上属于派生参数.

为了使钢厂流程系统内各工序在主要参数上“连续可微”, 作为准连续 / 间歇流程系统实际上是在朝着由“刚性组元”和“柔性组元”组成的“粘性”连续系统演进. 可以将现代化的钢厂视为由“刚性组元”和“柔性组元”组成的协调系统. 即:

$$V.S = f(\sum Fl, \sum Ri, R)$$

式中, $V.S$: 粘性系统; $\sum Fl$: 柔性组元集合; $\sum Ri$: 刚性组元集合; R : 组元(工序)间关系的集合. 应该指出, 这里所指的“刚性组元”、“柔性组元”只是相对意义上的抽象, 不能形成绝对化的概念.

上面所指的“刚性组元”、“柔性组元”在钢厂流程系统内具体是:

“刚性组元”: 烧结机、焦炉、高炉、转炉(电炉)、连铸机、热连轧机等;

“柔性组元”: 原料场、各类运输装置、鱼雷罐运铁车、二次冶金装置、加热炉及其附属的铸坯储存库、其它储存容器等.

当然, 钢铁制造流程系统的“刚性组元”(“刚性”工序)也不是绝对刚性的, 它在许多参数上带有一定的“弹性”(即参数有一定的波动范围). “柔性组元”也不是无限“可柔”的, 而是有一定的极限限制的, 超出某一极限范围, “柔性组元”将失去功能, 因而无“柔性”可言.

系统内“刚性组元”的“弹性”与“柔性组元”的“极限”以及形成这些性质的参数的组合关系, 体现了整个钢厂系统的“粘性”特征.

这类系统的“粘性”特征的变化会引起流程系统内部的“粘性耗散值”的变化, 即不同的组元(工序)集合以及组元(工序)间关系的集合的变化将会影响到整个流程系统的“粘性耗散值”, 这就是不同钢厂结构的优劣之所在. 应该说, 这种“粘性耗散值”将反映在产品的成本、质量、劳动生产率以及对环境、投资的影响上; 并且将最终影响整个企业的市场竞争力和经济效益.

这种“粘性耗散值”主要取决于系统的结构, 即主要地受工厂流程的设计、投资、开工率以及生产经营计划等因素的影响, 可以称为机械性的“粘性耗散值”. 实际上, 流程系统的“粘性耗散值”也受人为因素的影响(诸如管理、人员素质、人员组织等), 构成人为性的“粘性耗散值”. 因此:

$$\Phi = f(\Phi_m, \Phi_p)$$

式中, Φ : 系统的“粘性耗散值”; Φ_m : 机械性的“粘性耗散值”; Φ_p : 人为性的“粘性耗散值”.

进而可以看出系统的“粘性耗散值”(性能)与钢厂结构、组元工序集合以及工序间组合状况的函数关系. 即在一定的社会和自然环境下:

$$\Phi = f(s) = f(E, R)$$

式中, s : 钢厂结构; E : 组元工序的集合; R : 工序间关系的集合.

4.2 多维过程物流控制系统内的要素解析

在钢厂多维过程物流控制系统内, 无论是化学冶金过程, 还是物理冶金过程, 物质质量(重量、流量)、温度、时间这三个参数在整个流程中都表现出连续“可微”的特征, 是系统内的基本变量(基本参数). 这些基本变量(参数)的特点是以同一形式、同一单位贯穿于钢铁制造流程的始末, 并且往往直接关联到产量、生产效率、制造成本等重要生产经营指标.

在钢铁制造过程中, 还有一些参数, 它们对钢厂的生产经营而言也非常重要, 这就是产品的质量、品种、规格, 物质的状态变化, 输送的途径、方式等. 这些参数在钢铁制造过程中不是以同一方式、同一单位贯穿于始末.

——就钢厂制造流程系统中生产体的质量、品种、规格而言, 在化学冶金过程、凝固过程、物理冶金过程中表现的形式是不同的, 不具有连续“可微”的特征. 具体是:

- 化学冶金过程中, 质量、品种往往体现为: 钢液的化学成分、冶金纯净度、均一性、准确度、为后续的物理冶金过程作好结构准备(例如晶粒控制、非金属夹杂物形态控制)等;

- 凝固过程中, 质量、品种往往体现为: 铸坯的偏析程度、组织细密性、表面质量、断面几何尺寸的准确性以及长度方向上的平直性等;

- 物理冶金过程中, 质量、品种往往体现为: 组织状态(低倍的、显微的)、形状尺寸的准确性、表面质量、机械-物理性能控制等.

——就生产体的状态变化方式而言, 也不具有连续“可微”性, 具体表现方式为:

- 化学冶金过程中状态变化方式有: 氧化物-金属、固态-液态、非脱氧状态-脱氧、合金化状态等;

- 凝固过程中状态变化方式有: 液态-铸造固态、不同铸造组织状态、不同偏析状态、不同表面质量状态、不同形状尺寸状态(断面的尺寸、长度的尺寸)等;

- 物理冶金过程中状态变化方式有: 铸造固态-压力加工固态、高温组织状态-常温组织状态、平衡组织状态-非平衡组织状态、压力加工原始表面状态-表面处理状态、不同成品尺寸和不同包装状态等.

——就生产体的输送方式、方向而言, 在生产过程中也是不具有连续“可微”性的, 具体方式是:

- 化学冶金过程中输送的方式有: 皮带输送、汽车输送、铁路轨道输送、吊车输送等, 输送方向有: 水平的、垂直的、倾斜的、弧线的等;

- 凝固过程中输送的方式有: 吊车输送、辊道输送、轨道输送等, 输送方向有: 水平的、垂直的、弧线的、甚至倾斜的等;

- 物理冶金过程中输送的方式有: 吊车输送、专用工具输送、辊道输送、甚至汽车输送等, 输送的方向有: 水平的、垂直的、弧线的、甚至倾斜的等.

应该指出的是: 钢厂流程系统内生产体的质量、品种、规格、状态变化, 以及输送途径、方式等参数往往受到物质质量(重量、流量)、温度、时间等基本参数的影响, 具有派生性物流参数的属性.

可以将钢铁制造流程中物流的基本参数和派生参数之间的关系进行解析并示于图 2.

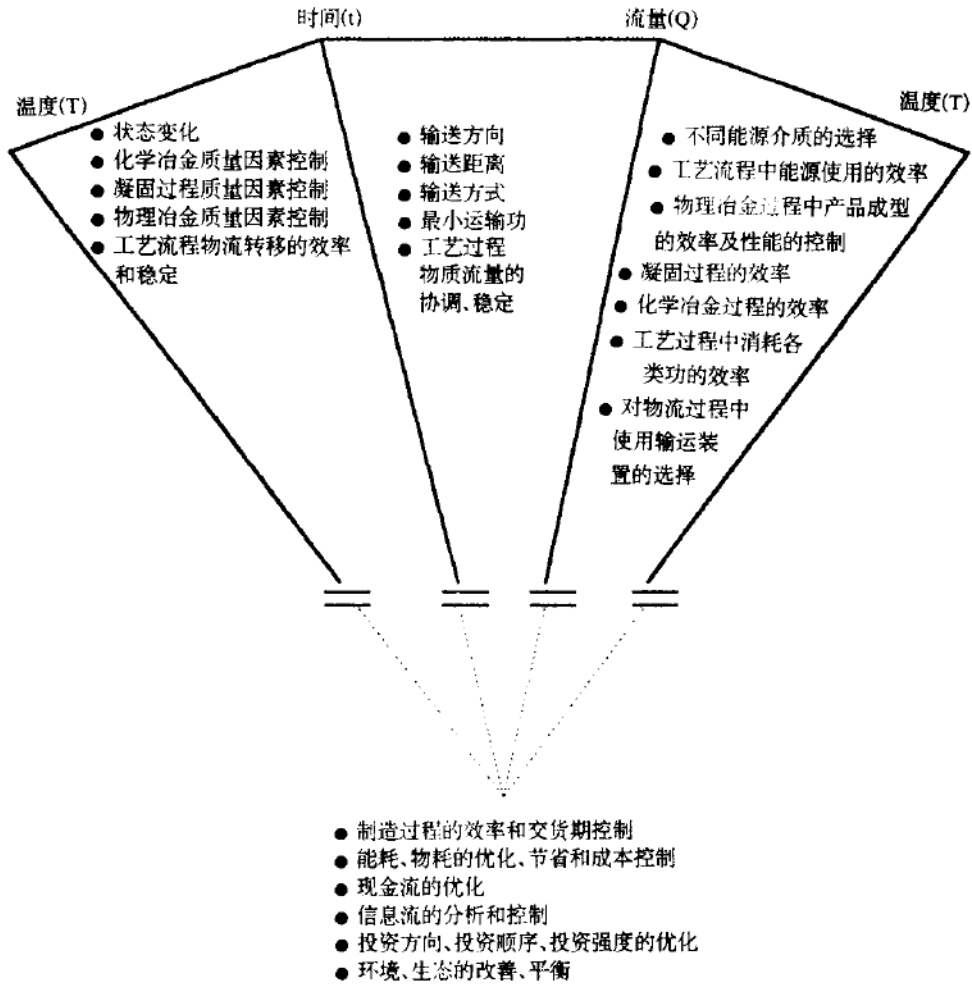


图 2 钢铁制造流程系统内物流要素间关系的解析

Fig.2 Analysis of mass flow factors and their relationship in steel plant process

由图 2 可以看出钢铁制造系统内物流的基本参数和派生参数之间的相互关系,而系统内各组元的集合以及组元间关系的集合最终将对整个钢厂的生产经营、投资效益以及对环境发生不同的影响,这些影响的关系和结果抽象地示出于图 2 的“倒三角锥”的底点位置上.实际上,不同类型钢厂的物流轨迹都处在图 3 所示的空间内,只是途径、位置不同而已.

当然,系统内不同的物流轨迹将影响投资量、产品成本、资金周转及其效率、生产规模和效率以及环境等重要投入 / 产出指标.

4.3 准连续 / 间歇制造过程系统的运行方式 —— “弹性链 / 半弹性链”谐振

我们已经将钢铁制造过程系统模化为有“刚性组元”集合、“柔性组元”集合以及具有互相衔接、匹配、缓冲、协调关系的准连续 / 间歇制造过程.在实际运行过程中,由于不同类型“刚性组元”的“弹性”值不同,不同类型“柔性组元”的“极限”值不同以及各类前后衔接工序的衔接匹配关系不同,因此,这类系统在运行方式上将会表现出不同类型的“弹性链 / 半弹性链”谐振状态.一般而言,过程的“弹性链 / 半弹性链”谐振状态大体有两类,即稳定谐振状态、谐振失衡状态.

—— 就稳定谐振状态而言,可以分为:设定的一般状态、“柔性”正常调控状态、“柔性”极限调控状态,见图 4.

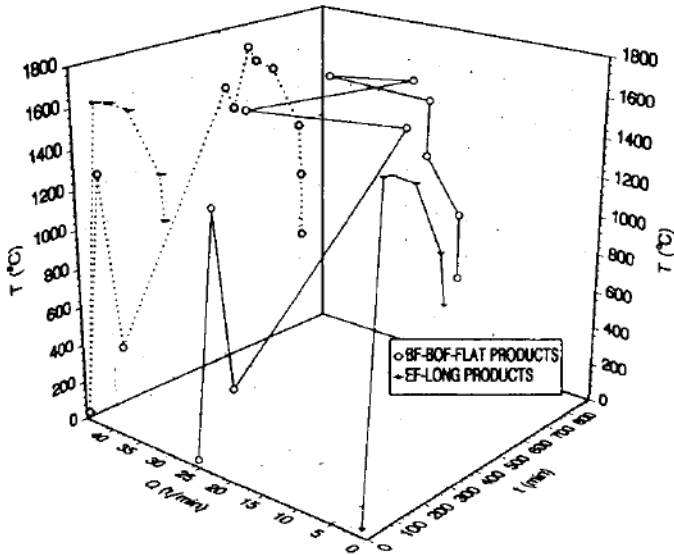


图 3 不同类型钢厂的多维物流轨迹示意图
 Fig.3 Schematic of multi-dimensional mass flow system of different steel plant types

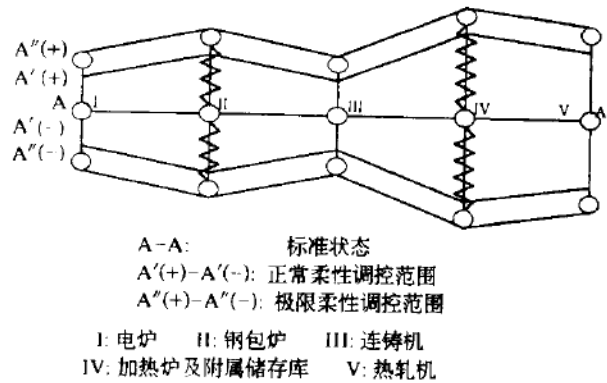


图 4 系统的“弹性链 / 半弹性链”稳定谐振状态及其不同类型
 Fig.4 Different types of stable resonance of steel plant process elastic / semi-elastic chain

设定的一般状态是指投资—设计—生产过程中,人们所期望得到的一般运行方式。

“柔性”正常调控状态则是在系统实际运行过程中,由于受不同因素的影响使系统运行虽然偏离设定的一般状态,但仍能正常运行。

“柔性”极限调控状态是指系统中组元工序的功能或工序之间的关系处在某种“极限”状态运行,超过这类“极限”值,系统将失衡、停顿,而丧失“弹性链 / 半弹性链”谐振运行方式。

—— 谐振失衡状态是指系统运行过程中,由于外界影响或是自身处置不当,使得“刚性组元”超过其“弹性”值、“柔性组元”超过其“极限”值,或是组元工序间的关系不能互相连续适应等,从而导致整个系统失衡而丧失“弹性链”谐振运行方式。一旦出现这种谐振失衡,就应有简便有效的措施,使各组元(或相关)工序的容量性能力、功能性能力重新恢复或是相关工序间关系的重组(自适应)。当然,遇到这类“弹性链 / 半弹性链”谐振失衡状态,往往要在经济上付出代价。

4.4 关于外界“刺激”—系统“响应”的分析

对于钢铁制造流程这一“粘性系统”而言,在不同的外界“刺激”作用下,各组元工序将会作出不同类型、不同滞后度的“响应”;不同类型的“响应”其滞后度往往是不同的,即使是同一类型的“响应”,其滞后度也可能是不同的。

一般而言,对钢厂系统的外界“刺激”因素(或称环境因素)的变化大体有:

- 市场总容量或不同产品品种、规格需求的变化;
- 市场的全球性融通及由此引起的国际竞争;
- 资源、能源的供应、运输和价格的变化;
- 企业资金的筹集、有效使用程度及资金市场的状况;

- 科学技术进步与社会经济发展的状况;
- 人员的组织、使用以及工资占成本比例的变化;
- 环境、生态的要求和可持续性发展等.

一般而言, 钢铁制造流程(粘性系统)在上述不同外界“刺激”因素(或称环境因素)的作用下, 作出“响应”的类型大体有: “反射”、“吸收”、“传导”、“转换”等.

● “反射”类响应: 在外界“刺激”因素的作用下, “粘性系统”迅速作出较为直接的“响应”. 例如, 某一产品出现市场短缺, 价格上升, 钢厂作出积极增产该产品的生产计划、销售计划, 甚至进行适量的投资等.

● “吸收”类响应: 在外界“刺激”因素的作用下, 当“粘性系统”的功能有足够的容量, 不需作出“响应”时, 仍可按原来的方式运行, 例如, 某一备件或某一辅料价格上涨, 但由于钢厂使用量很小, 其涨价因素对产品成本、资金周转等并不发生明显的影响, 因而不一定作出“响应”.

● “传导”类响应: 某些外界“刺激”因素变化对“粘性系统”的影响很大时, 它不仅“刺激”系统中某一组元(工序、单元), 而且会进一步波及前后工序甚至整个系统, “粘性系统”作出的“响应”具有明显的传导(扩散)性. 例如, 某一产品被其它产品替代, 或是产品标准、工程规范有重大修改时, 则系统内若干工序甚至整个钢厂的生产体系和管理体系均将作出一系列的变化.

● “转换”类响应: 在外界“刺激”因素的作用下, 有时钢厂“粘性系统”必须作出带有重大结构性变化的“响应”, 才能抵御、平息外界“刺激”的影响. 也就是系统要发生根本性的“转换”, 才能适应“环境”的变化, 争取生存、发展机会. 例如, 当发生世界性的石油危机时, 必须采取一系列的重大节能措施, 才能适应当时能源价格上涨的“刺激”, 因此, 以模铸—初轧为特征的“万能化”钢厂逐步转变为以全连铸生产体制为特征的专业化、系列化产品的钢厂, 这是一种结构性的“转换”.

可以看出, 上述外界“刺激”—系统“响应”的不同方式, 实际上也是钢厂制造流程系统不同类型、不同层次的结构优化表现方式. 因为, 钢铁工业结构优化的目标主要是为了取得较好(更好)的经济效益, 追求在外界“环境因素”限制条件下通过“粘性系统”的适当“响应”机制, 实现可以取得“最大”经济效益的钢铁冶金流程系统的优化组合.

5 结 语

钢铁制造流程系统是物态转变、物性控制和物流控制相互融合在一起的过程体系, 是庞大的多维物流控制系统.

在钢厂多维物流控制系统内, 物质量(重量)、温度、时间表现出连续“可微”的特征, 是基本的独立参数, 其它参数(质量、品种、状态、输送等)属于派生参数. 因此, 在建立钢厂多维物流控制体系的模型时, 首先必须从基本独立参数(物质量、温度、时间)出发, 来描述整个系统及其子系统.

用抽象类比的方法描述了多维物流控制系统, 系统表现出由“刚性组元”—“柔性组元”的组元集合以及各组元间关系集合组成的“粘性”特征.

系统的运行方式是带有“准连续/间歇”性质的“弹性链/半弹性链”谐振. 在钢厂实际生产过程中, 表现为稳定谐振状态或谐振失衡状态.

在外界“刺激”因素的作用下, 系统会作出不同类型、不同滞后度的“响应”. 外界“刺激”—系统“响应”的不同方式, 实际上也是钢厂制造流程的不同类型、不同层次结构优化的表现形式.

. 钢铁工业和钢厂结构优化追求的目标应是:建立在一定外界“环境因素”的限制条件下,通过“粘性系统”的适当“响应”机制,实现最小的系统“粘性耗散值”,进而取得“最大”经济效益的钢铁制造流程系统.

参 考 文 献

- 1 殷瑞钰. 钢铁, 1995; 30(6):1

THE MULTI-DIMENSIONAL MASS-FLOW CONTROL SYSTEM OF STEEL PLANT PROCESS

YIN Ruiyu (Ministry of Metallurgical Industry, Beijing 100711)

(Manuscript received 1996-05-25)

ABSTRACT The steel plant process has been modeled as a multi-dimensional mass-flow control system in which the transformation of mass states, mass properties and flow control have been mixed. The system shows viscous characteristics of sets of rigid, flexible elements and their relationship. Its running mode appears as a stable or non-stable resonance of elastic / semi-elastic chain with para-continuous / discrete nature. Influenced by external stimulus, it will produce responses that have different types and sluggishnesses. Based on the above analysis, this paper will propose a theoretical frame of an integrated description of steel plant process. The object of metallurgical industry and the optimization of steel plant structure has also been put forward.

KEY WORDS steel plant process, multi-dimensional mass-flow control system

Correspondent: YIN Ruiyu, professor, member of Chinese Academy of Engineering, Ministry of Metallurgical Industry, Beijing 100711