首钢迁钢恒拉速、异钢种连浇技术的开发与应用

干　明，张　涛，彭开玉，付苏刚，马　威
（首钢迁安钢铁有限责任公司，河北 迁安 064404）

摘　要：首钢迁钢公司通过开发恒拉速浇铸技术、异钢种连浇技术不断促进工艺的进步、生产的稳定和质量的提高。依靠设备平稳运行、生产工艺科学合理、生产节奏平稳有序等一系列稳定条件，迁钢恒拉速率连续 65 个月稳定在 97%以上。通过采用异钢种连浇技术，不但减少了小订单对生产连续性的影响，同时提高了铸坯质量。

关键词：恒拉速；恒拉速率；异钢种连浇

Development and Application of Constant Casting Speed Technology and Different GradeCasting Technology in Shougang Qian'an Steel

GAN Ming, ZHANG Tao, PENG Kai-yu, FU Su-gang, MA Wei
(Shougang Qian'an Iron and Steel Co, Ltd, Qian'an 064400, Hebei, China)

Abstract: In order to improve the stability of the production process and the slab quality, constant casting speed technology and different grade casting technology are developed and applied in Shou Gang Qian'an steel company. With the development and application of constant casting speed technology in Qian'an steel company, the constant casting speed ratio is already stable at 97% for 65 months by optimizing the production process, strengthening the process controlling ability and scientific, stable, efficiency production organization. The production continuity and slab quality are improved by application of different grade casting technology.

Key Words: constant casting speed technology; constant casting speed ratio; different grade casting technology

1　前言

炼钢系统是离散－连续的过程，整个系统的设备较多且操作变数大，生产过程的稳定性、连续性对铸坯质量的提高及成本的降低均有重要的意义。因此，首钢迁钢结合自身炼钢系统的特点，开发了恒拉速浇铸技术和异钢种连浇技术。

迁钢炼钢作业部两个炼钢厂年设计生产能力 800 万吨钢，炼钢厂装备配置如图 1 所示，目前已经累计生产抗 HIC 管线钢、汽车用 IF 钢、电工钢、压力容器钢、集装箱板等 20 大类 400 多个牌号钢种，炼钢作业部形成了"高质量、多品种"的生产格局。

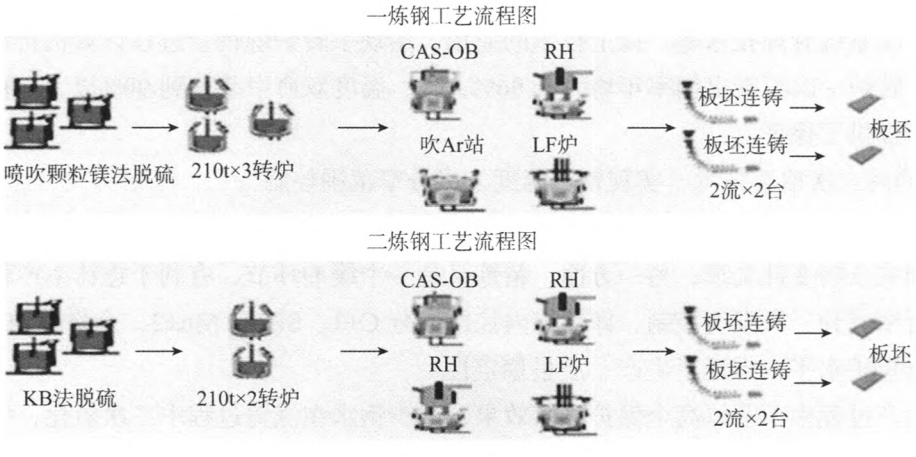

图 1　炼钢厂装备配置

2 恒拉速技术的开发

通过对生产过程中物质、能量、时空关系严密的组织，使各工序间按规定功能在流程网络中运行，实现了各工序动态-有序-协同-连续的衔接，成为了恒速连铸运行的基础。通过对全厂设备（尤其是连铸设备）的优质维护检修，保证连铸生产过程中的设备全功能、高精度运行。

2.1 恒拉速的定义

恒拉速的应用是根据我厂生产实际，结合其他钢厂推行恒拉速的控制思想，不断积累的板坯恒拉速方面的经验，采用恒拉速率的定义，评定我厂恒定拉速实施水平。

恒拉速率定义：恒拉速率 = ∑典型拉速浇注时间/∑浇注时间×100%

注：①.∑典型恒拉速浇注时间指根据断面和钢种所规定的唯一工作拉速浇注时间之和。

②.∑浇注时间指工作拉速浇注时间和变拉速浇注时间之和。

2.2 洁净钢生产过程控制能力是提高恒拉速率的关键

炼钢、精炼、连铸各工序通过定时、定温、定质、定量的控制模式，确保了工艺顺行，提高了产品的质量，实现了等节奏、高效化生产。

2.2.1 优化铁水预处理工艺

一炼钢喷吹颗粒镁法脱硫，一次脱硫命中率 91.82%； 二炼钢 KR 搅拌法脱硫，一次脱硫命中率 97.57%，稳定的脱硫工序为稳定转炉炼钢生产提供了保证。

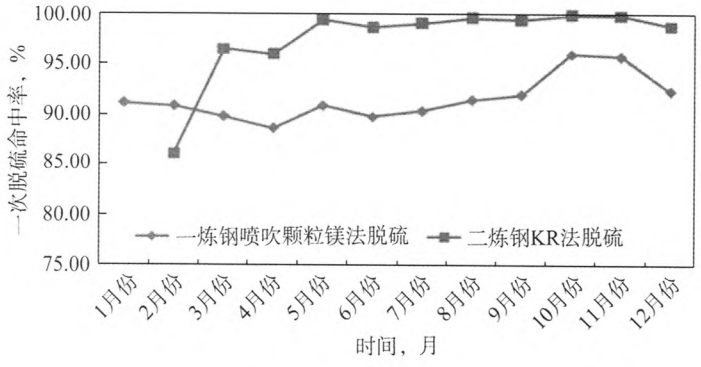

图 2 一次脱硫命中率

2.2.2 自动化炼钢稳定了转炉终点的温度、成分

首钢迁钢成功开发出完全国产化转炉炼钢副枪自动化成套技术，其中包括：①精确计量技术；②原料质量稳定技术；③静态炼钢数学模型；④副枪技术；⑤自动控制系统和装备；⑥动态炼钢数学模型和控制软件技术；⑦系统管理技术等。以上技术的应用，实现了转炉炼钢全过程计算机自动控制，达到炼钢生产的稳定，转炉一次拉碳出钢率年均大于 96%，碳、温度双命中率达到 90%以上，稳定的转炉生产为板坯恒拉速率提供了保证。

2.2.3 快速-协同的二次冶金技术，实现钢水温度、成分窄范围控制

二次精炼工序在整个炼钢流程中起到至关重要的作用，一方面可以提高钢的纯净度、去除有害夹杂、进行微合金化和夹杂物变性处理；另一方面，精炼又是一个缓冲环节，有利于连铸生产稳定地进行。整个精炼系统实行窄成分、窄温度控制，即精炼内控的成分 C±1、Si±2、Mn±2，合格率均在 95%以上。

2.2.4 优良的全保护水平，保证了生产、质量稳定性

板坯连铸生产过程中不断提高全保护浇铸效果，减少钢水在浇铸过程中二次氧化，以减轻水口的堵塞。钢包长水口、塞棒、浸入式水口板间、中包上水口在浇铸过程中全程吹入氩气保护，防止空气渗入，

减少水口处的局部二次氧化，表 1 为提高全保护浇注效果改进项目，全保护浇注效果的提高使中包水口结瘤大幅度降低，由先前的 4%的水口结瘤率降低到目前的 2%的水平，中间包增氮量≤2×10^{-6} 的比例达到了 80%。

表 1　提高全保护浇注效果改进项目

序号	提高全保护浇注效果试验改进项目
1	调整长水口氩气压力、流量，对比全保护效果，确定其最佳值
2	增加钢包下水口倾角以及与之配合的长水口碗部倾角
3	改变长水口与钢包下水口连接部位的密封垫材质以及结构
4	增加钢包下水口和长水口碗部的接触长度，以及长水口长度
5	改造长水口机械手结构，提高其顶升压力
6	通过调整引流砂的成分，优化引流砂装入工艺，提高大包自开率，避免出现裸浇

2.3　设备全功能高精度投入是实施恒拉速的重要保证

设备的良好运行是实施恒拉速的重要基础，而设备功能精度是保证设备良好运行的基础。设备功能精度是指为保证产品质量，设备所必需具备的功能和设备所必须达到的精度，二者分别以设备功能投入率和设备精度达标率来衡量。铸机划分为 6 大区域，图 3 所示，确定 35 大项设备功能项目和 59 项设备精度项，对铸机设备系统运行状态，全面监测和分析（模拟量数据 3993 点，开关量数据 13226 点）。目前设备功能投入率和设备精度达标率稳定在 99%以上。

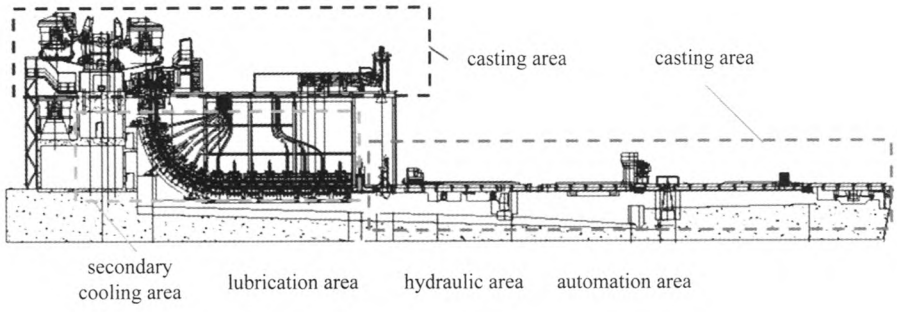

图 3　铸机区域划分图

2.4　高效稳定的生产组织技术

MES 系统提供了从生产订单的生成、编排、下达及生产的相关数据信息，达到指导、优化生产的作用。MES 系统在实际生产中体现出其优势：运行速度快、操作简易、涵盖信息广。系统的主要模块：生产执行、生产调度、大型工器具管理、报表系统、计划及订单的查询、信息采集、查询模块，图 4 所示，我厂 MES 系统界面。MES 系统实现了在统一平台上体现生产调度、生产跟踪、质量控制、设备管理、库存管理、自动生成报表等管理功能，使用统一的数据库和通过网络联接可以同时为生产部门、质检部门、物流部门等提供管理信息服务。

甘特图组织生产的特点把生产计划由文字转化成形象直观的图形显示出来，炼钢、精炼、铸机等工序的工作人员可以通过系统获得相应的钢种、时间、浇次等生产必须的生产信息，同时由于甘特图上显示未来 4~8 小时的生产计划，工作人员可以依据计划安排合理组织生产准备及内部生产，为生产的稳定性、连续性打好坚实的基础。恒拉速的实现依托于生产的稳定，设备运行的稳定，操作的稳定性，基于以上要求甘特图式组织生产的模式更凸显出其在重要作用。甘特图系统提供了各工序的标准化周期，标

准化的工艺路径，标准化的连浇方案，通过系统的精密计算、综合分析，保证了生产的标准化、规范化、合理化，大大提高了恒拉速率。

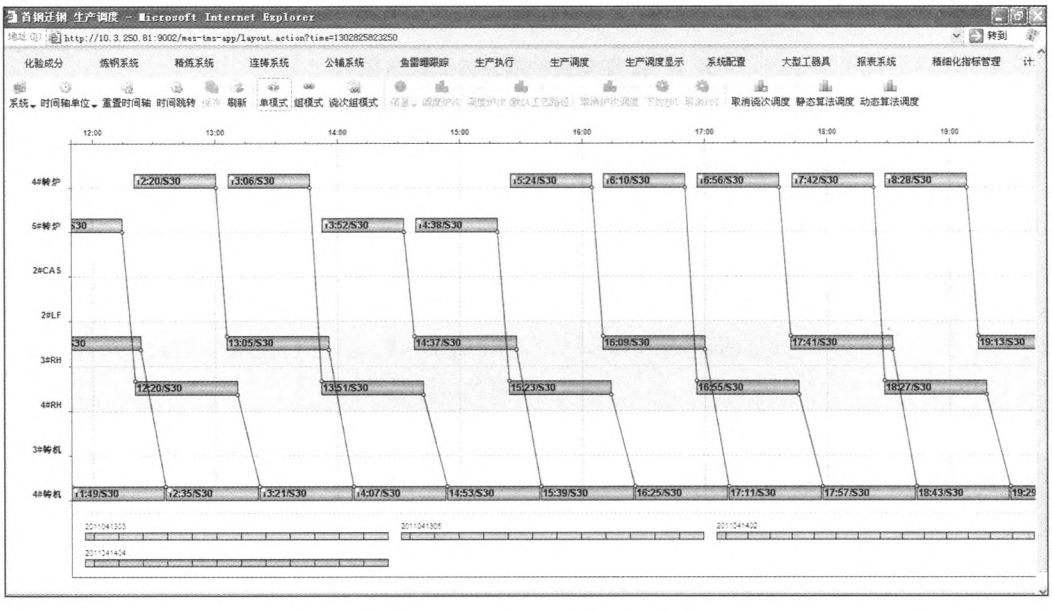

图 4　MES 系统甘特图界面

2.5　恒拉速应用情况及效果

从 2007 年 10 月开始，首钢迁钢板坯恒拉速率连续 65 个月保持在 97%以上，生产的管线钢满足了西气东输工程的用钢要求，同时也创造了 1000 万吨不漏钢的记录，保证了整个炼钢生产环节工艺的顺行和铸坯具有优异的质量。

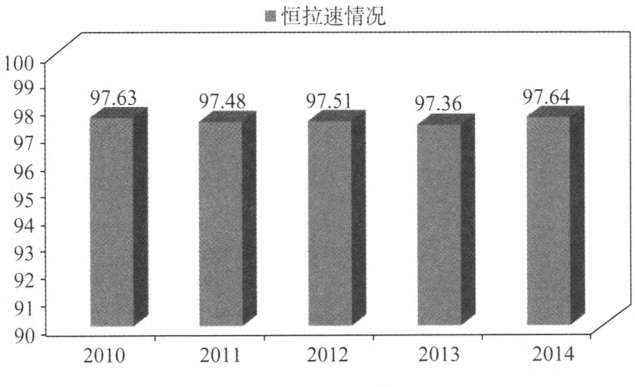

图 5　恒拉速率情况

3　异钢种连浇技术

异钢种连浇技术主要分为两类，一类为有交叉成分的钢种直接连浇，将混交成分划入等级较低的钢种；另一类为无交叉成分的钢种通过插铁板进行连浇，切除混交成分，实现钢种的连浇，从而减少短浇次数量，缩短产品交货周期，提高小订单接单能力。该技术有效解决了短浇次较多、无交叉成分钢种无法连浇的问题，一方面减少了头坯、尾坯的块数，提高了铸坯质量；另一方面提高了中间包连浇炉数，降低了生产成本，保证了生产的稳定性和连续性。

3.1　异钢种连浇技术难点

由于在浇注过程中需要向结晶器内增加一个隔离件，会造成一系列的非稳态操作，如果操作不当会

影响生产的顺行甚至导致事故的发生。

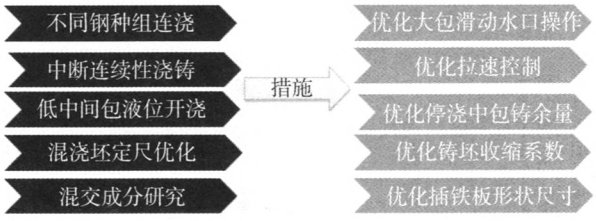

图 6　技术难点及对应措施

3.2　混交成分要求

异钢种插铁板连浇的核心为混交成分的研究，确定分隔器前后所需要切除的接痕坯（混交成分）长度。既要保证连浇铸坯成分合格，又要保证连浇铸坯内部夹杂物合格。通过物理模拟、洁净度分析、化学成分分析，同钢种族连浇混交成分长度控制在 1m，不同钢种族混交成分长度控制在 4m。

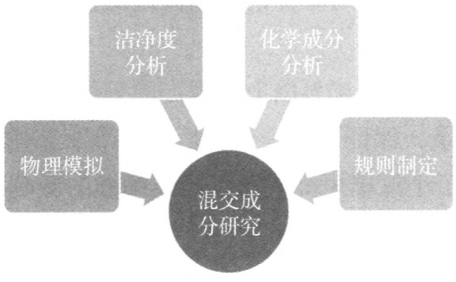

图 7　混交成分研究

3.3　异钢种连浇技术应用情况及效果

2013 年首钢迁钢平均每月进行异钢种连浇技术 23 次，2014 年平均每月进行 50 次，实现了超低碳钢与低碳钢；低碳钢与包晶钢；包晶钢与中碳钢等钢种的插铁板直接连浇，平均每月直接减少短浇次数量 70 个。

由于采用了异钢种连浇技术，减少了两块开浇头坯，停浇两块尾坯，提高了铸坯的质量，通过切除混交成分后，混浇坯质量达到了正常坯质量水准。因此，该项技术的开发，不仅降低了生产成本，促进了生产连续性，更提高了铸坯质量。

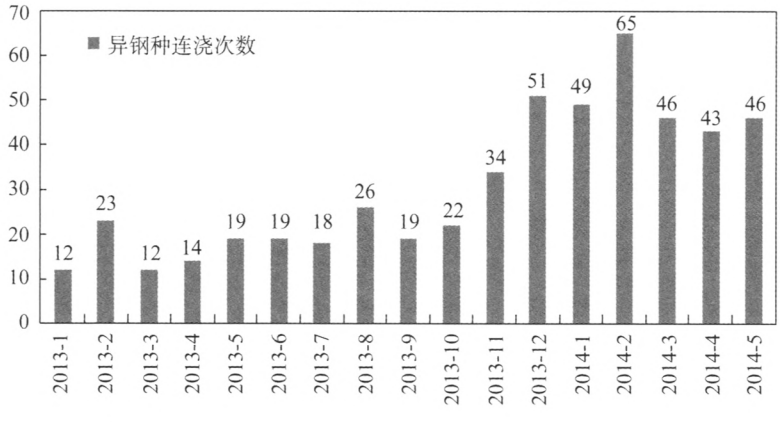

图 8　异钢种连浇次数

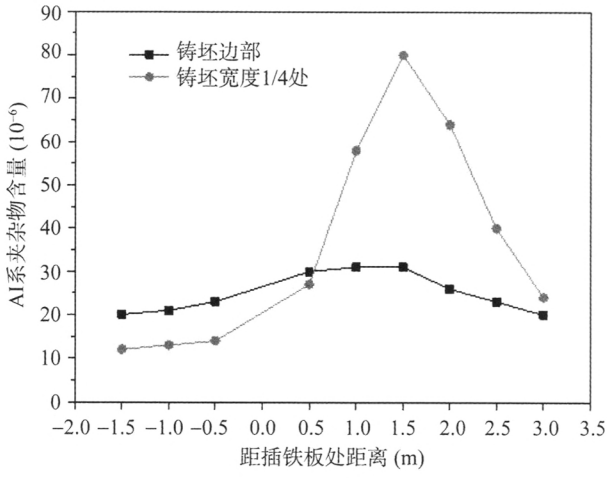

图 9　异钢种连浇质量情况

4　小结

恒拉速、异钢种连浇技术的开发与应用对首钢迁钢促进工艺顺行，提高产品质量，降低生产成本起到了极大的推动作用：

1）板坯恒拉速率连续 65 个月保持在 97%以上，生产的管线钢满足了西气东输工程的用钢要求，同时也创造了 1000 万吨不漏钢的记录，保证了整个炼钢生产环节工艺的顺行和铸坯具有优异的质量。

2）采用异钢种连浇技术解决了小订单短浇次对生产连续性的影响，同时降低了开浇、停浇操作对铸坯质量的不利影响。

参考文献

[1]　蔡开科，程富士.连续铸钢原理与工艺[M]. 北京：冶金工业出版社，2003，85-90.

[2]　史寰兴，实用连铸冶金技术[M]. 北京：冶金工业出版社，1998，262-276.

[3]　BI Ze-yang, GAN Ming, Development and Application of Constant Casting Speed Technology in Slab Casting, 3rd CSM-VDEH Metallurgical Seminar. 239-249.

[4]　王建伟,张涛,干明.迁钢板坯恒拉速技术应用与实践[M]. 北京：冶金工业出版社，1998，262-276.

[5]　干明,张涛. 首钢迁钢柔性、经济型连铸技术的开发与应用[C]//第十八届全国炼钢学术会议，152.