



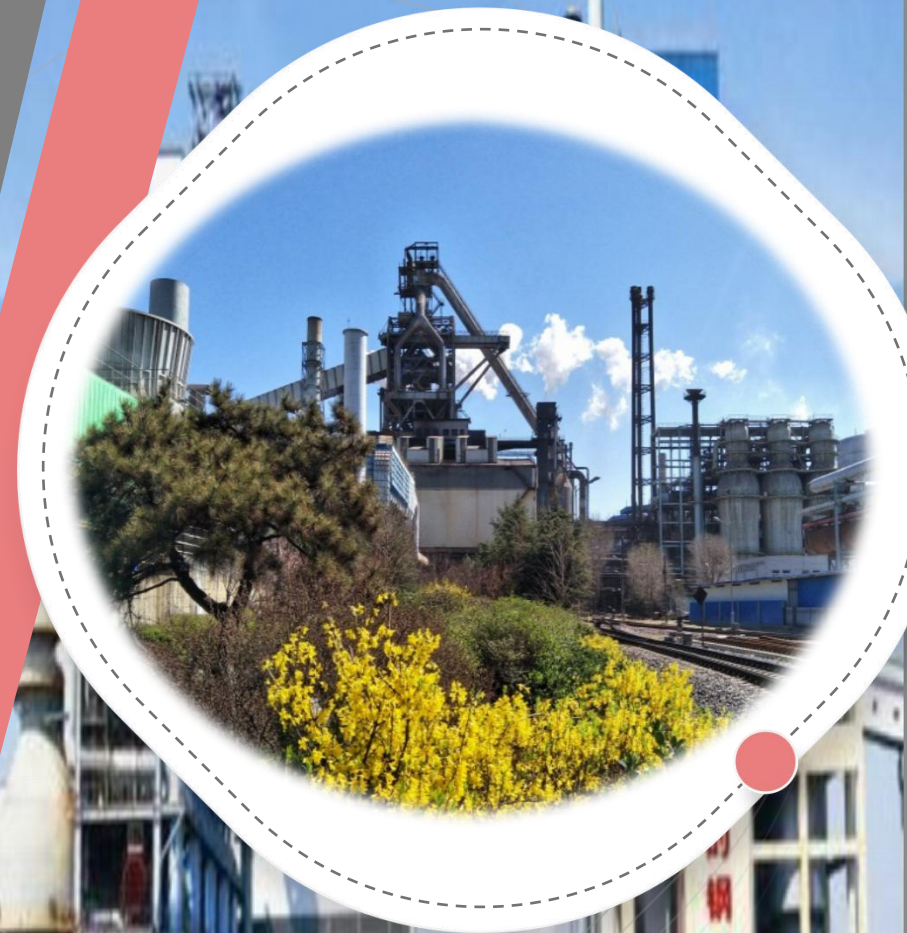
型钢炼铁厂

系统多思 科学管控 极致提升

莱钢3200m³高炉 炉役后期低成本生产实践

刘汉海 厂长

2021.04.17



简介

银山型钢公司炼铁厂现有3200m³高炉1座，1880m³高炉2座，265m²烧结机2台，400m²烧结机1台，120万吨链篦机回转窑1台。具备年产生铁685万吨，烧结矿1000万吨，酸性球团矿120万吨能力。

近年来，型钢炼铁厂高炉焦比、煤比、燃料比等主要经济技术指标在国内同立级高炉中处于先进水平。2017年，3200m³高炉被评为“全国重点大型耗能钢铁生产设备节能降耗对标竞赛（3000m³-4000m³级别高炉）冠军炉”称号。2018-2020年度3200m³高炉在炉役后期护炉阶段各项经济技术指标保持了较好水平。2021年一季度生铁成本2768元/吨。



目录

CONTENTS

01

概述

JOB SUMMARY

02

业绩指标

PERFORMANCE DISPLAY

03

经验交流

SUMMARIZE EXPERIENCE

01

概述

3200高炉



A

历史：2010年3月16日投产，已经连续安全稳定生产11年1个月。

B

产量：单位炉容产铁量达到9745t/m³

C

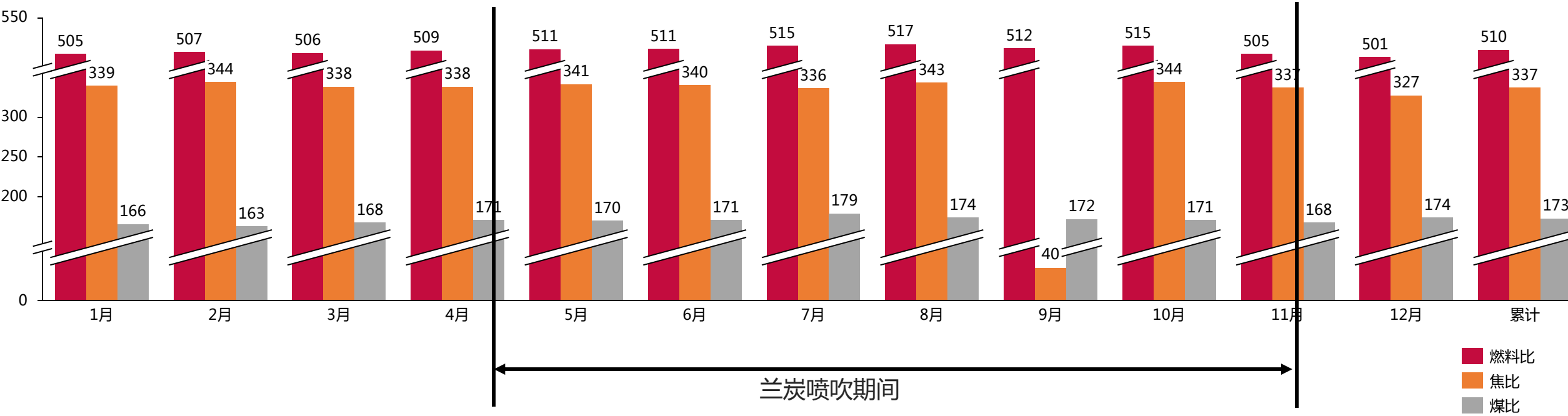
护炉：2016年11月降料线停炉16天更换8、9层冷却壁，于2018年9月开始护炉，到目前已经护炉2年7个月

D

装备：高炉采用了PW串罐式炉顶结构、煤气干法除尘、卡鲁金顶燃式热风炉、软水密闭循环系统等十几项国内外炼铁生产的先进实用技术和工艺

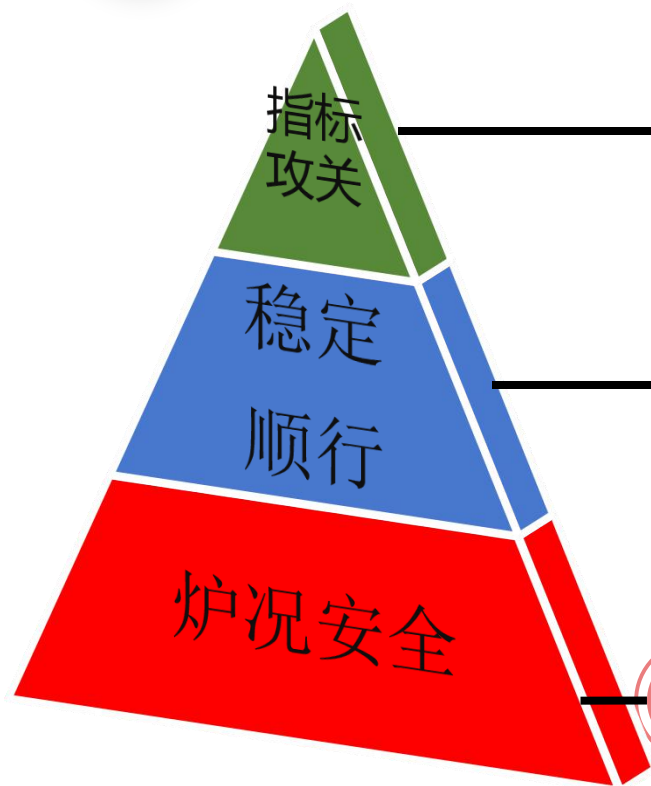
2020年3200m³高炉指标

指标名称	生铁产量	利用系数	工序能耗	大焦比	小焦比	煤比	燃料比	TRT发电	生铁含硅
单位	t/d	t/m3	Kgce/tFe	Kg/tFe	Kg/tFe	Kg/tFe	Kg/tFe	Kwh/tFe	%
数据	8180.45	2.56	367	298	39	173	510	48.31	0.346



03

经验交流



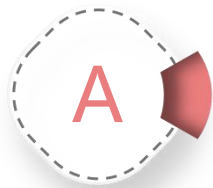
- 1、优化配料、炉料结构
- 2、布料优化改善煤气利用
- 3、提升煤比、降低焦比
- 4、低硅冶炼

- 1、加强原燃料入炉管控
- 2、推进标准化操作
- 3、零间隔出铁

- 1、配加钛球；
- 2、加强铁口操作；
- 3、降低休风率；

管控思路：

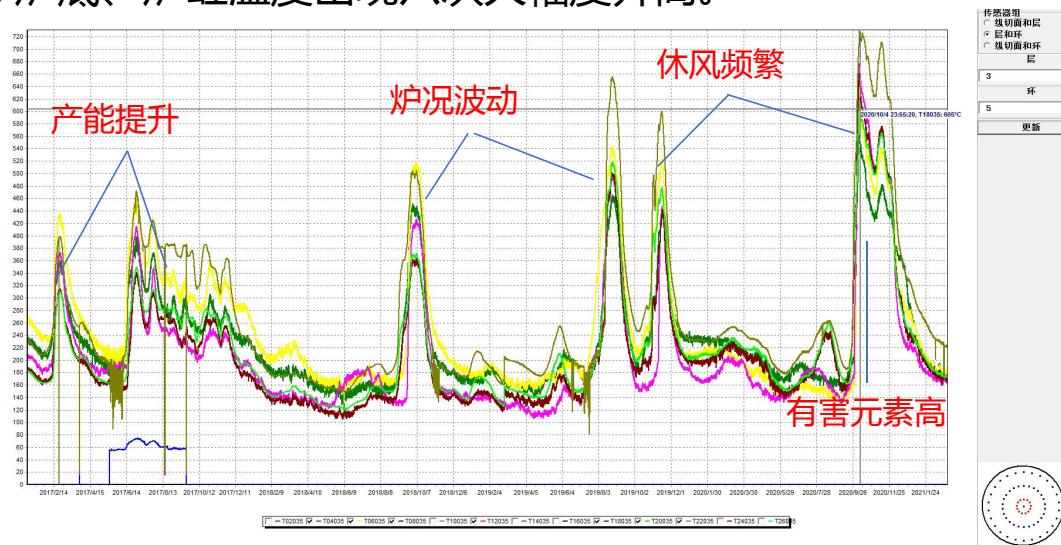
在护炉安全的基础上，以稳为进、稳中求进，开展以大煤比、高煤气利用为代表的强化冶炼技术，实现低成本护炉



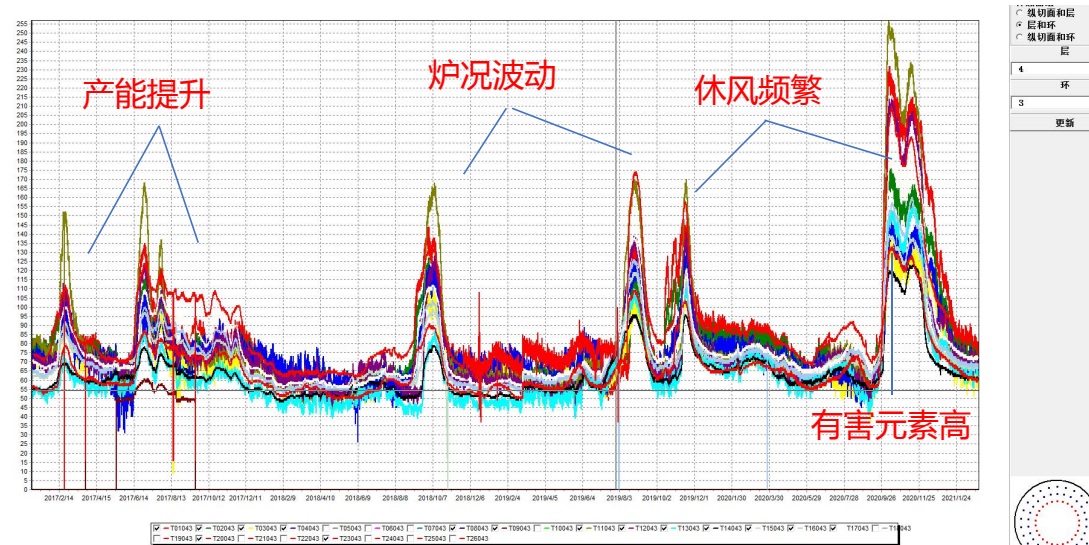
炉缸炉底的侵蚀状况及护炉措施

1、炉缸炉底温度历史趋势

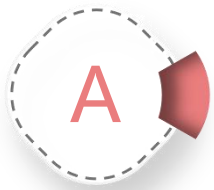
莱钢3200m³高炉2016年铜冷却壁开始频繁出现磨漏问题，同年11月降料线停炉16天更换8、9层冷却壁。由于2016年冷却壁漏水严重及停炉时炉缸扒料，对炉缸、炉底造成影响，2017年在产能提升时炉缸、炉底温度便开始突升，2017年至今炉底、炉缸温度出现六次大幅度升高。



2017-2020年炉底三层5环温度趋势



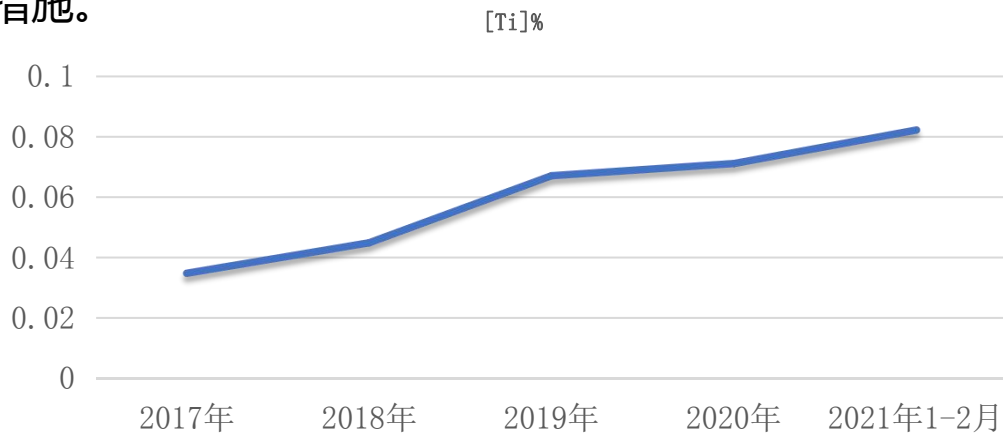
2017年至2020年侧壁四层3环温度趋势



炉缸炉底的侵蚀状况及护炉措施

2、护炉措施

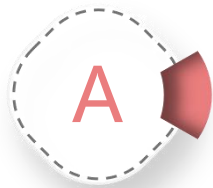
(1) 配加钛球。高炉配加钛球主要利用[Ti]与铁水中的[C]和[N]反应生成高熔点的TiC、TiN 及其固溶体Ti(C, N)，Ti(C, N)在侵蚀处析出会起到护炉的效果。另外铁水中钛含量增加使铁水液相线温度升高，刺激铁水中石墨炭析出，对护炉起到促进作用。莱钢3200m³高炉投产8年后便开始长期配加钛球护炉，并保持[Ti] 0.07%左右，通过控制[Ti]，保证了炉缸钛沉积的相对稳定，在炉缸、炉底温度呈升高趋势时，阶段性提高[Ti]到0.10%以上，根据炉缸、炉底温度趋势及时调整，保证了在产能提升时炉缸、炉底温度也保持了相对稳定。实践表明，配加含钛炉料是护炉的有效措施。



2017年至2021年2月[Ti]含量趋势图

(2) 加强铁口维护。由于受铁水的频繁冲刷，铁口区域炉役后期侵蚀严重，莱钢3200m³高炉炉缸侧壁温度高点主要集中在该区域，这也是炉缸、炉底的薄弱环节，因此加强铁口的维护，是护炉工作的重中之重。莱钢3200m³高炉平均入炉品位低，渣比高，更加剧了铁口的维护难度。主要通过稳定炮泥质量、加强炉前四班统一操作、严格控制铁口深度3.6米以上等措施，保持了侧壁温度的相对稳定。

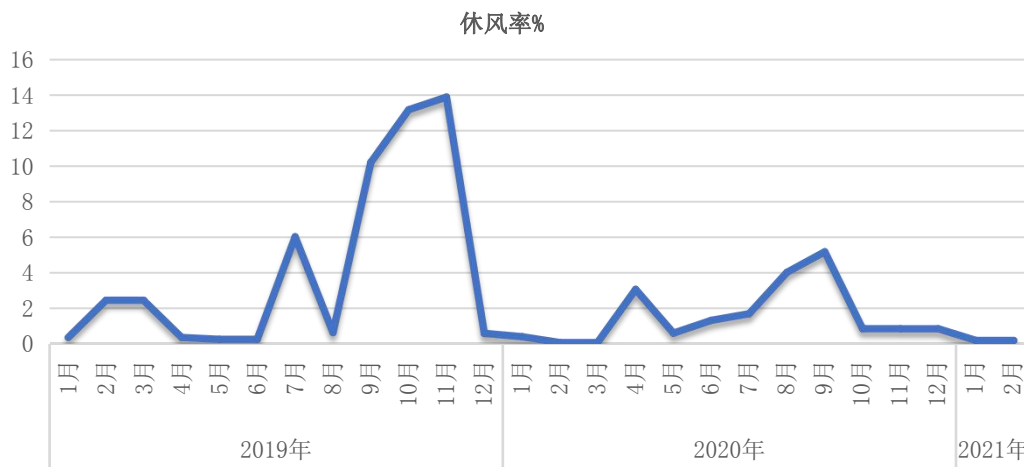




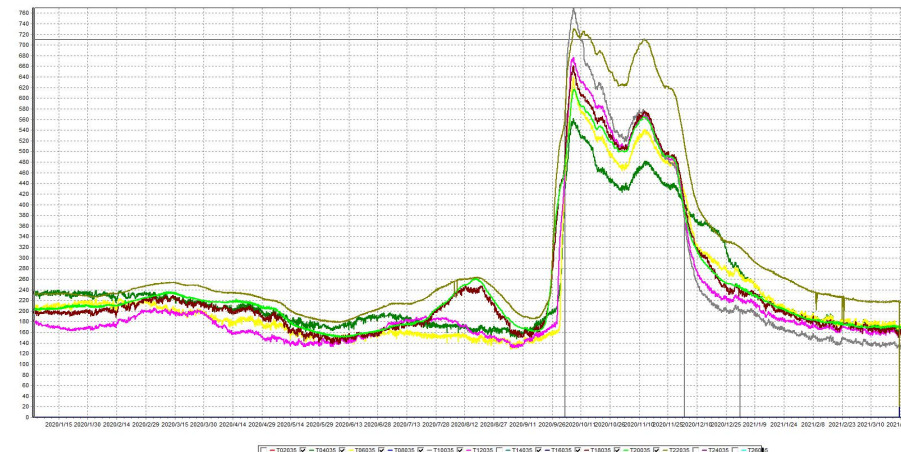
炉缸炉底的侵蚀状况及护炉措施

2、护炉措施

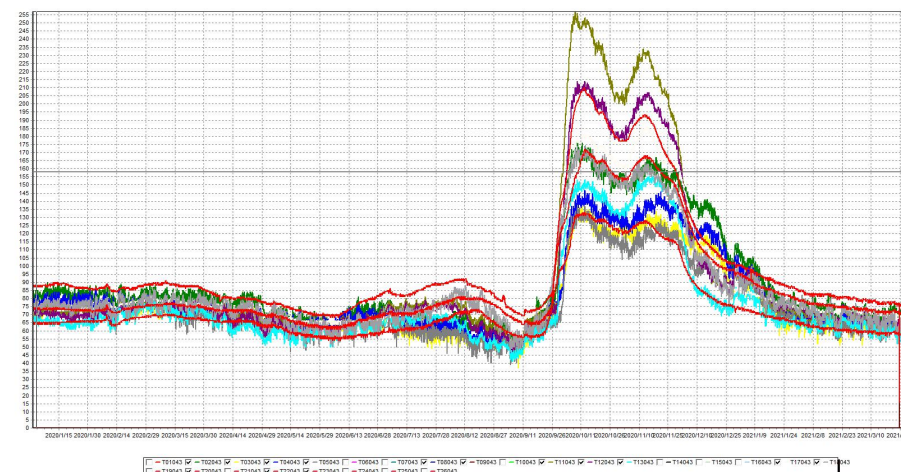
(3) 降低休风率。高炉炉况稳定有利于炉缸工作稳定，炉况波动或频繁休风会导致炉缸温度场、流场剧烈变化，致使炉底、炉缸侵蚀加剧，温度突升。2019年8月由于探尺故障，布料紊乱，导致炉况波动，炉缸、炉底温度突升。2019年9月-11月由于环保限产共计安排20-62小时的休风5次，9月-11月休风率分别达到10.21%、13.16%、13.87%。2020年5月喷吹兰炭后风口磨损增多，随兰炭比例增加，风口磨损加剧，7-10月份共计磨坏风口48个。这两个阶段频繁休风导致炉缸、炉底温度突升。除不可控制因素外，2020年通过技术攻关，调整喷枪参数、采用耐磨风口、加强操作调整等措施，有效解决了风口磨损问题，高炉休风率大大降低，炉底、炉缸温度趋于稳定。



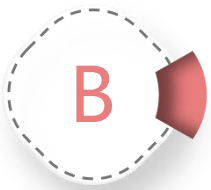
3、现状



2020-2021年3月炉底三层5环温度趋势



2020-2021年3月侧壁四层3环温度趋势



稳定炉况措施

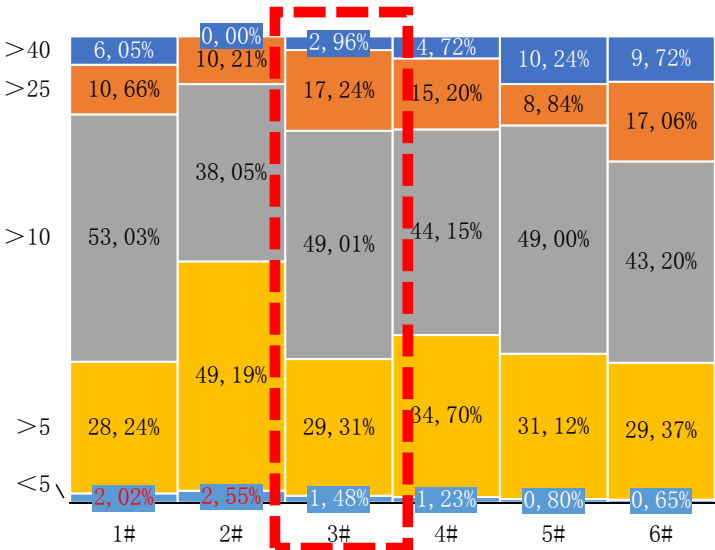
1.加强入炉原燃料管控

- 高炉的长期稳定，离不开稳定的原燃料质量。质检部门和生产技术部门负责对入仓原燃料做好质量把关，发现异常协调相关单位处理并通知高炉采取应对措施。高炉车间内部重点做好筛分、称量和炉料平铺，减少入炉粉末，减少炉料偏析并保证布料准确。

炉容越大，对筛分要求越高，需要进一步提升筛分质量，强化筛分为高炉创造了条件。高炉筛分改进：
取消单层筛、烧结矿筛改为上8mm下4mm、生矿棒条筛更换为新型聚氨酯振筛，提高筛分质量

- 另外由于近年来环保要求越来越严格，有害元素含量较高的除尘灰、污泥、废水等再次配入原燃料中，导致有害元素循环富集。2020年7月3200m³高炉入炉烧结矿配料中增加炼钢灰、污泥配加量，2020年10月测算3200m³高炉碱金属负荷达到为2.688kg/t，锌负荷为0.592 kg/t，大大超过行业标准，导致3200m³高炉8-10月份气流失常，并出现炉墙挂结。炉内焦炭劣化，也导致死料柱透液性差，铁水环流加剧，炉底铁水流速增加，炉缸、炉底温度9-10月持续升高。自10月份开始对有害元素高的炼钢灰、特钢灰、炼钢污泥处理后再使用，并建立有害元素全面监测机制，保证了后续炉况的稳定。

振筛改造后返矿粒级分别



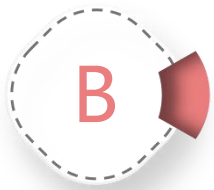
	K2O+Na2O	Pb	Zn	As
控制标准	≤2	≤0.15	≤0.15	≤0.1

稳定炉况措施

2.推进标准化操作

制定完善了《标准化操作条例》、《高炉长期稳定顺行管理模型》、《工艺零事故目标管理体系》，涵盖了原燃料管理、生产组织、高炉操作、特殊炉况处理等各方面，对关键参数全部量化。生产中要求工长严格按以上操作标准执行，落实“以稳为进、稳重求进”的操作方针，避免炉况出现大的波动。针对生产中出现的问題，还形成事故案例分析制度，定期对以上文件修订完善。各项制度的严格执行有力的促进了炉况稳定。





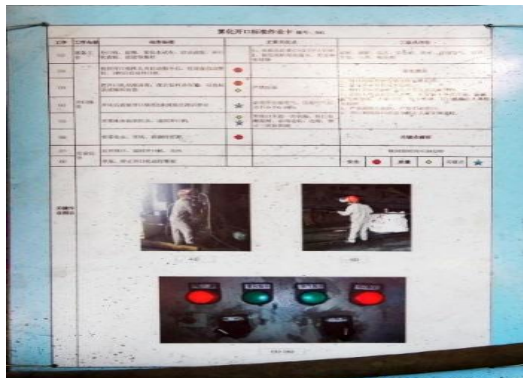
稳定炉况措施

3.零间隔出铁

现状：3200m³高炉入炉品位55-57%，渣比350-380kg/t，由于渣量大，高炉对出铁情况非常敏感，一旦渣铁排放不及时，炉内应对不当，极易引起炉况波动甚至炉况失常。

- 3200m³高炉不同侧出铁场按照负间隔或零间隔，同侧间隔>10分钟。
- 根据产量水平适当调整钻头直径：φ62.5mm→φ65mm，出铁时间稳定在120min左右。
- 修订操作制度，建立憋渣铁数据分析控制模型
- 研究炮泥质量对铁口的影响，规范炮泥存放、保温标准；
- 结合产量及铁速要求，调整钻头规格；

炉前劳动竞赛管理办法	
1、两场出铁要求间隔≤20分钟	
(1) 铁间隔低于20分钟，每缩短1分钟加0分；	
(2) 铁间隔超过20分钟，每增加1分钟减1分；	
(3) 铁间隔超过30分钟，每增加1分钟减2分；	
(4) 铁间隔超过40分钟，每增加1分钟减3分；	
(5) 铁间隔超过50分钟，每增加1分钟减4分；	
2、单场出铁要求间隔≤35分钟	
(1) 铁间隔超过35分钟，每增加1分钟减1分；	
(2) 铁间隔超过40分钟，每增加1分钟减2分；	
(3) 铁间隔超过50分钟，每增加1分钟减3分；	
3、交接班考核：7:40、15:40、23:40（均含40）以后开口的，造成的考核全部属于下个班次。	
4、对应到7:50、15:50、23:50以后打开的，造成考核2个班次各一半，20分钟内打开的，哪个班次打开就奖励哪个班次。	
5、7:20、15:20、23:20以前开口的，造成考核全部属于上个班次。	
二、出铁时间考核要求时间控制在90—120分钟之间	
(1) 低于60分钟或超过120分钟，每炉减20分。	
三、奖励办法	
(1) 当班总考核为本班考核的30%加下个班考核的20%；	
(2) 全年对铁间隔、出铁时间进行综合排序，第一名奖励800元，第二名奖励600元，第三名奖励400元。	
四、备注	
(1) 出铁造成粉尘异常排放的，根据严重程度考核（一次不低于100元）。	
(2) 若出现安全、环保重大操作事故者当月取消资格，并按车间相关规定进行考核。	
(3) 炉前严格服从工长管理，有异议的炉次可以反映到工区和车间相关，对于不服从工长管理的班组及个人，车间另行考核。	
(4) 本规定自 2018年7月18日起执行。	

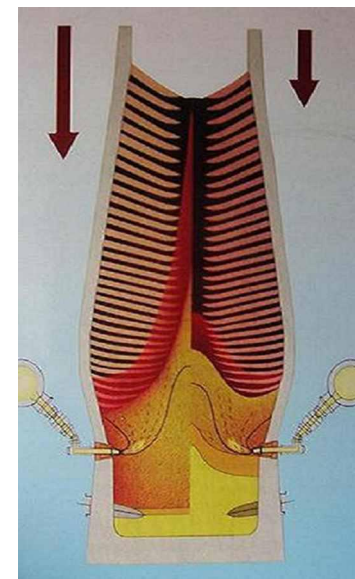


单场连出及铁口异常管理办法

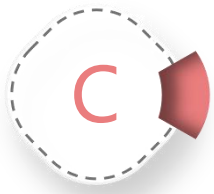
为加强单场出铁的管理，保证高炉正常生产，确保高炉单场出铁期间安全运行，维持炉况稳定，特制定本管理办法。

一、组织与协调：

- 1、高炉车间应在计划浇注日期提前两天，将浇注内容、预计时间等在调度会或大项会上明确通知生产技术室、机动设备室、生产调度中心、供料车间、设备点检维护中心。
- 2、设备点检维护中心、供料车间、根据浇注场图拉设备检修项目，并报机动设备室。确认通过后，机动设备室以工作票形式下达。相关车间进行项目、备件、人员准备。
- 3、生产技术室组织炉前工区长对浇注场渣沟、流铁沟等进行检查，确认本次是否需要同时浇注。如果需要，通知高炉车间进行材料准备等。
- 4、生产技术室组织炉前工区长对连出渣沟、干渣沟、干渣场、流铁沟、摆罐等进行检查，确认是否能够保证浇注期间连出及安全需要。如有问题，应通知高炉车间进行处理。



憋铁操作模型



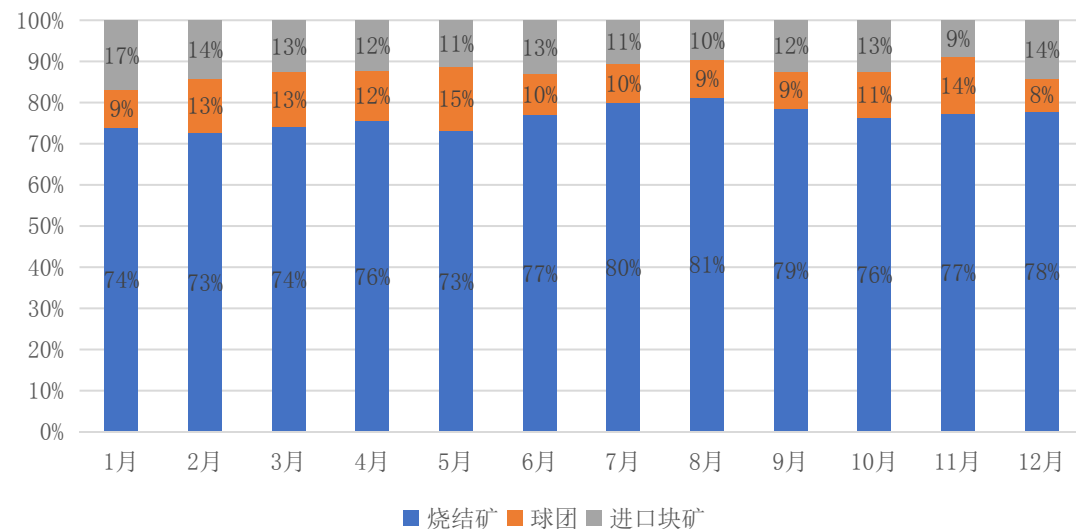
优化指标措施

1. 优化配料、炉料结构

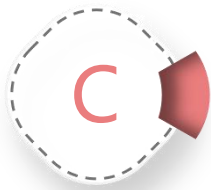
- 及时测算矿粉性价比，并动态调整，增加性价比高的非主流矿粉，提高长协矿比例，维持烧结矿品位 $55\pm 1\%$ ，不追求过高的品位，以降低烧结矿配料成本。
- 优化炉料结构，发挥自身烧结、球团产能优势，根据烧结矿、球团、块矿性价比，实时调整各炉料比例，以优化炉料结构，降低入炉原料成本。2020年炉料结构为：烧结矿76%+球团12%+块矿12%。

2017年-2021年1-2月烧结矿指标

年份	转鼓	RDI	TFe	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	S	TiO ₂	R	FeO
2017	79.99	73.97	53.47	13.25	6.58	2.42	1.51	0.039	0.155	2.02	8.19
2018	79.48	71.7	53.69	12.85	6.2	2.32	1.55	0.016	0.17	2.08	8.3
2019	79.62	74.12	53.74	12.61	6.05	2.31	1.57	0.011	0.163	2.09	8.62
2020	79.64	72.55	55.15	11.75	5.91	2.06	1.12	0.01	0.179	1.99	8.73
2021 (1-2月)	79.42	75.58	54.92	12.02	6.06	2.19	1.08	0.011	0.169	1.99	8.71



2020年炉料结构趋势图

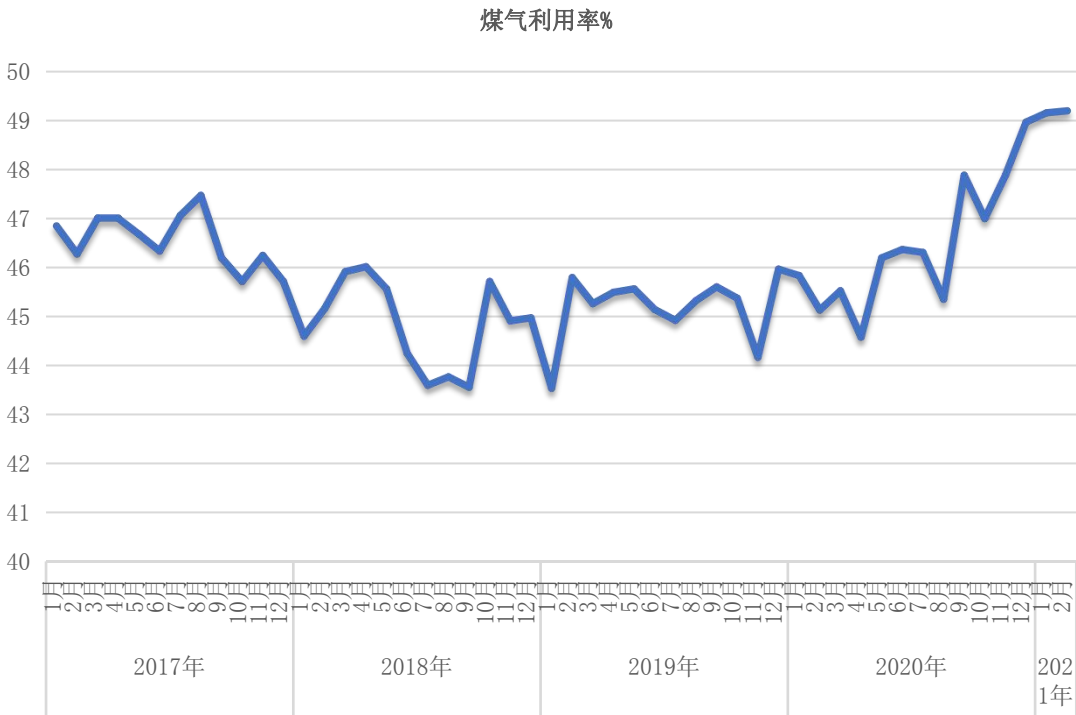


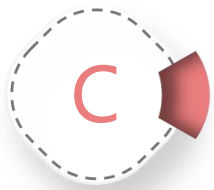
优化指标措施

2.布料优化改善煤气利用

- 3200m³高炉开炉以来采用了中心加焦的布料模式，开炉后经过几个月的优化调整，逐步固化，至2020年7月总体料制相对稳定，主体料制为O^{38°₃36°₃34°₃32°₂29.5°₂27°₁}，C^{38°₃36°₃34°₃32°₂29°₂26°₃9-11°₃₋₆}，中心加焦角度9°-11°，圈数3-6圈，中心加焦比例16-27%，其中中心加焦比例24%左右使用最多。
- 为了进一步优化提升高炉指标，提高煤气利用率，降低消耗，2020年8月19日开始布料制度调整，矿石布料矩阵变化较小，主要对中心加焦布料圈数拆分，一部分加到中心，一部分加到中间区域。
- 10月份加强有害元素控制，并增大矿石布料角度0.5°，炉况逐步趋于稳定。11月料制趋于稳定，虽然未取消中心加焦，但煤气利用率稳定在48-50%，焦比、燃料比大幅降低，也保证了炉况长期顺行。2021年1-2月经济技术指标创历史最好水平。

日期	布 料 矩 阵	中心焦比例	煤气利用率	调 整 经 过
调整前	O ^{38°₃36°₃34°₃32°₂29.5°₂27°₁} C ^{38°₃36°₃34°₃31.5°₂28.5°₂25°₂10°₅}	26.3%	8月1-20日： 45.45%	
8.19	O ^{38°₃36°₃34°₃32°₂29.5°₂27°₁} C ^{38°₃36°₃34°₃31.5°₂28.5°₂25°₂18°₂10°₃}	15%	46.52%	中心加焦拆成两档
8.22	O ^{38°₃36°₃34°₃32°₂29.5°₂27°₁} C ^{38°₃36°₃34°₃31.5°₂28.5°₂25°₂18°₁10°₄}	20%	45.19%	风压波动，增加中心焦比例
9.05	O ^{38°₃36°₃34°₃32°₂29.5°₂27°₁} C ^{38°₃36°₃34°₃32°₂29°₂26°₂18°₁12°₄}	20%	47.14%	增大中心加焦角度
10.03	O ^{38°₃36°₃34°₃32°₂29.5°₂27°₁} C ^{38°₃36°₃34°₃32°₂29°₂26°₂19°₂12°₄}	19%	47.75%	增大中间焦炭角度、圈数
10.29	O ^{38°₃36°₃34°₃32°₂29.5°₂27°₁} C ^{38°₃36°₃34°₃32°₂29°₂26°₃10°₅}	24%	45.15%	炉墙挂结、气流失常，调回原料制恢复炉况
11.7	O ^{38.5°₄36.5°₃34.5°₃32°₂29.5°₂27°₁} C ^{38°₃36°₃34°₃32°₂29°₂26°₂10°₆}	27%	47.13%	
11.11	O ^{38.5°₄36.5°₃34.5°₃32°₂29.5°₂27°₁} C ^{38°₃36°₃34°₃32°₂29°₂26°₂18°₁10°₄}	20%	46.98	中心加焦拆成两档
11.22	O ^{38.5°₄36.5°₃34.5°₃32°₂29.5°₂27°₁} C ^{38°₃36°₃34°₃32°₂29°₂26°₂18°₂10°₃}	15%	48.6%	料制基本调整到位





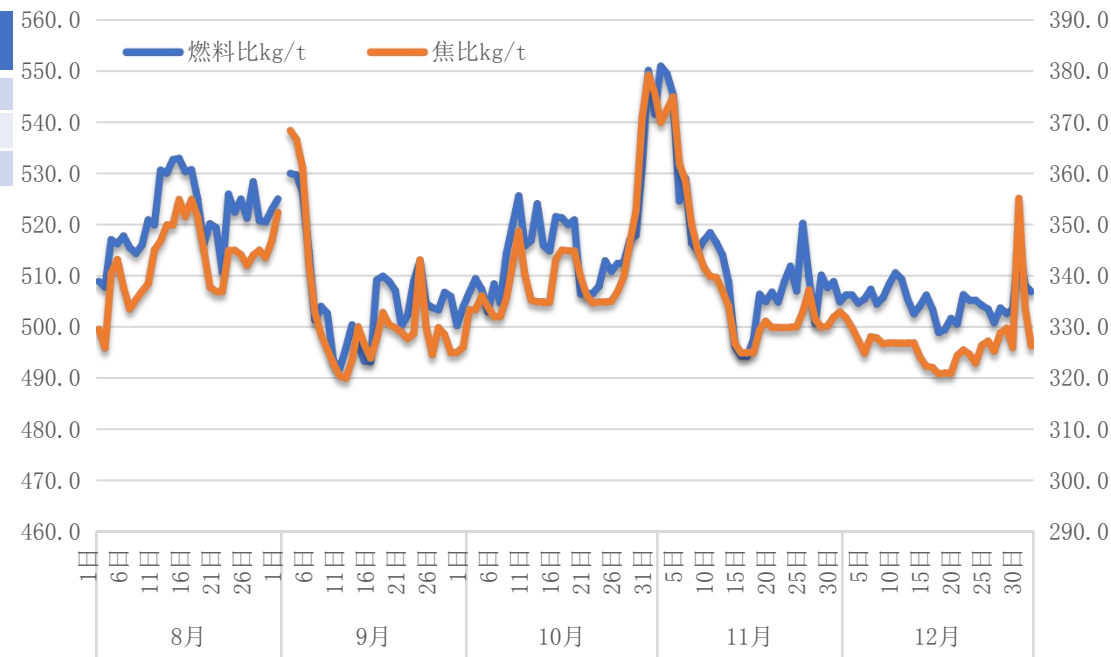
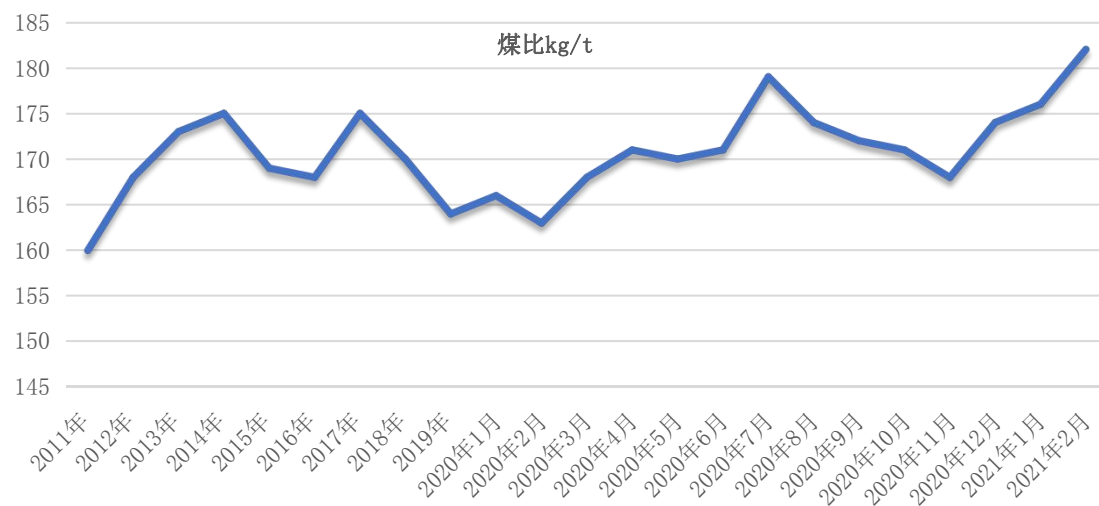
优化指标措施

3.提升煤比、降低焦比

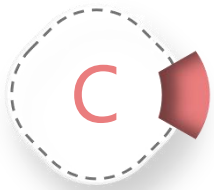
- 2020年莱钢3200m³高炉焦炭价格约为喷吹煤价格的2倍，如果能以煤代焦效益将非常可观。2011年-2019年平均煤比为169kg/t，2020年7月对煤比提升攻关，当月煤比达到179kg/t，但煤比提升后燃料比升高5kg/t，炉况稳定性差，被迫降低煤比维持炉况。11月布料制度优化调整到位后，随煤气利用率提升，燃料比降低，2021年1、2月份再次对提升煤比攻关，煤比分别达到176 kg/t和182 kg/t，消耗无明显变化，达到了预期效果。

2021年1、2月主要经济技术指标

月份	平均日产 t/d	利用系数 t/m3. d	焦比 kg/t	煤比 kg/t	燃料比 kg/t	休风率 %	风温 ℃	[Si] %	综合品位 %	煤气利用率 %
1	8745.73	2.733	324	176	500	0.226	1178	0.337	56.47	49.15
2	8770.31	2.741	322	182	504	0.273	1158	0.335	56.38	49.19
3	8207.49	2.565	324	178	502	4.2	1167	0.345	56.28	48.17



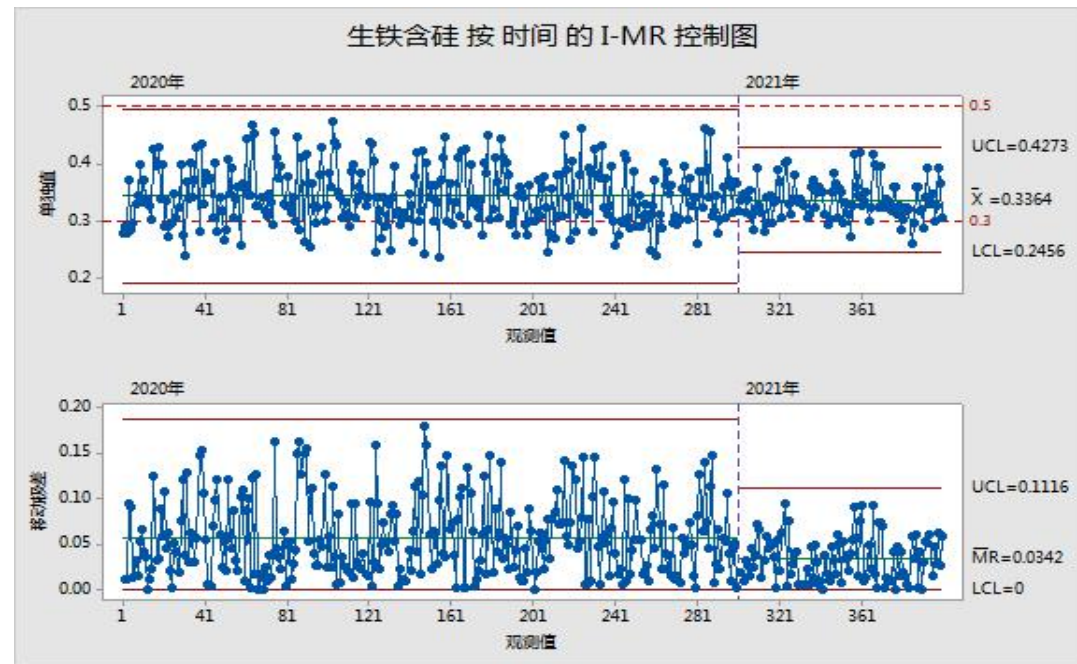
2021年8-12月日焦比、燃料比趋势图



优化指标措施

4.低硅冶炼

- 高炉生铁硅含量每降低0.1%，可降低焦比4~6 kg/t，因此低硅冶炼是增铁节焦的一项技术措施。
- 实际生产中由于护炉需要，不适于追求太低的硅含量，要求在“稳硅”上下功夫，生铁硅含量0.30-0.35%，杜绝0.25%以下硅含量，控制炉渣碱度1.18-1.23，在低硅冶炼中保证铁水物理热大于1515℃，保证充足的炉缸热量，有效兼顾了炉况顺行和降低成本工作。



2020年-2021年3月炉温I-MR控制图

结 语

（1）高炉安全生产是一切工作的基础。莱钢3200m³高炉针对炉役后期现状，通过加强有害元素控制、配加钛球、稳定铁口杜绝憋铁、降低休风率等措施，实现了炉缸、炉底温度的安全受控。

（2）高炉稳定顺行是优化指标的前提。通过加强原燃料管理、高炉操作管理和渣铁排放等基础工作，高炉实现了长期稳定顺行。

（3）降低入炉原燃料成本、优化高炉指标是低成本生产的关键。通过优化配料和炉料结构，结合优化布料制度、提升煤比降低焦比、“低硅、稳硅”等措施，综合考虑降低成本措施，追求生铁成本最优。

经过循序渐进技术攻关，莱钢3200m³高炉在炉役后期情况下，实现了安全、高效、低成本生产，各项技术经济指标均达到历史最好水平。



型钢炼铁厂

THANKS

欢迎交流

