



广西柳州钢铁集团有限公司

GUANGXI LIUZHOU IRON AND STEEL GROUP COMPANY LIMITED

广西钢铁3800m³高炉 开炉实践与生产技术

广西钢铁集团有限公司炼铁厂 王华

2021年04月17日



广西柳州钢铁集团有限公司

GUANGXI LIUZHOU IRON AND STEEL GROUP COMPANY LIMITED

- 1 铁前系统的先进装备与技术
- 2 3800m³高炉开炉实践
- 3 生产技术的摸索与发展



1 铁前系统先进装备与技术

• 焦化工艺

- 4座60孔（炭化室高7.5m）顶装焦炉，每座焦炉设计产能87.5万t/a，全干熄焦。
- 3#焦炉于2020年6月7日投产出焦，4#焦炉于2020年9月28日投产，2#焦炉10月22日投产，1#焦炉12月30日投产。
- 目前结焦时间：1#2#焦炉28小时48分，3#4#焦炉26小时11分。每天共出焦约200炉（8000t）。



1 铁前系统先进装备与技术

• 烧结、球团工艺

- 2台500m²带式烧结机，每台烧结机设计产能540万t/a，2#烧结机于2020年5月18日投产，1#烧结机于2021年2月4日投产。
- 一台带式焙烧机，设计产能400万t/a，2021年2月4日投产。



1 铁前系统先进装备与技术

• 炼铁工艺

- 2座3800m³高炉，每座高炉设计日产9200t/d，设计年产铁水320万吨，1#高炉于2020年6月24日投产。
- 炉体采用适当矮胖优化炉型，设计高径比（1.932）。
- 炉缸采用“高导石墨墙+大块炭砖+陶瓷杯”结构。
- 冷却壁结构方面，摒弃落后的镶砖冷却壁，采用砖壁合一薄内衬全冷却壁结构型式。高热负荷区域采用球墨铸铁冷却壁，利于冷却壁长寿。



1 铁前系统先进装备与技术

• 炼铁工艺

- 先进的自动监控系统。在炉体不同纵向和径向位置设置温度检测点，建立炉底炉缸侵蚀模型和冷却壁温度分布模型，监测炉衬侵蚀情况。设置炉顶料面成像，包括普通炉内料面成像仪1套、炉内热成像1套、高炉风口红外成像系统1套。
- PW串罐无料钟炉顶。
- 重力除尘和干法布袋除尘系统，自主研发超洁净煤气箱式反吹干法除尘技术。高效TRT发电技术。
- 脱湿鼓风节能技术。



1 铁前系统先进装备与技术

• 炼铁工艺

- 每座高炉配置4座高温长寿型顶燃式格子砖热风炉，采用硅质耐火材料，硅质格子砖涂装高辐射纳米覆层材料。燃料为纯高炉煤气，采用高温预热助燃空气的工艺技术，预热系统配置2座前置预热炉+空煤气板式换热器，设计风温1250℃。



2 高炉开炉实践

• 开炉进度

- 2020年6月24日上午9:36分送风点火开炉。
- 24日16:48分引煤气成功。
- 24日21:35分1#热风炉引高炉煤气烧炉。
- 1#铁口于6月25日4:56顺利出广西钢铁第一炉铁，铁水安全顺利下干渣池。
- 25日21:22分1#铁口红渣进入A1粒化塔冲制箱。
- 25日21:54分第一罐铁水送往转炉。
- 26日16:10分高炉开始喷煤。
- 总体上，本次开炉比较顺利，创下柳钢历史上高炉开炉的最好记录。



2.1 开炉准备

- 全系统条件匹配

原燃料平衡、动力介质、材料备件、
铁钢平衡、煤气系统

- 高炉烘炉

- 炉前准备工作

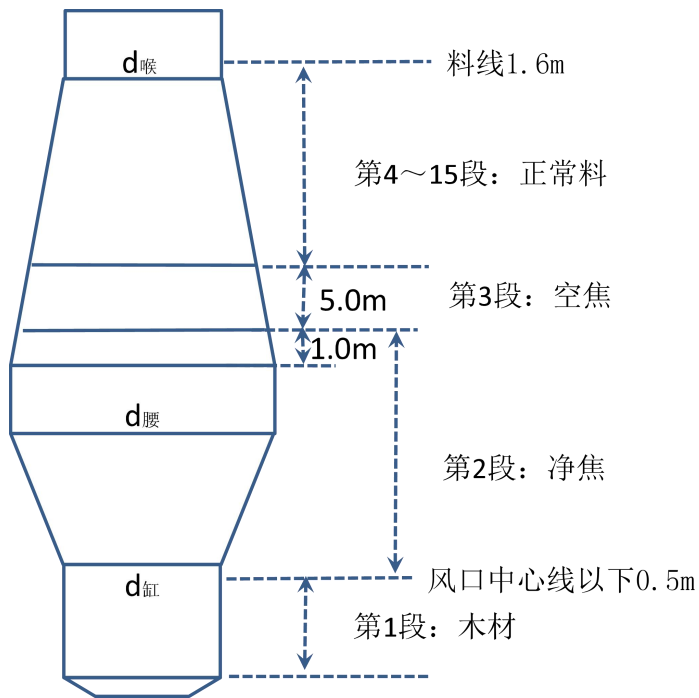
大沟、摆动流嘴、炉前设备



广西柳州钢铁集团有限公司

GUANGXI LIUZHOU IRON AND STEEL GROUP COMPANY LIMITED

2.2 开炉装料



段数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
填充	木材	净焦	空焦	轻负荷料											
负荷	0	0	0	0.1	0.3	0.4	0.7	1.0	1.3	1.5	1.8	2.1	2.3	2.4	2.5
碱度R2			0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1	1	1	1	1	1	1
压缩率%		15	14.5	14	13	12	11	10	9	8	7	6.5	6	5.5	5



广西柳州钢铁集团有限公司

GUANGXI LIUZHOU IRON AND STEEL GROUP COMPANY LIMITED

2.2 开炉装料

• 开炉料成分

	堆比重	TFe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	S	CaO	MgO	CaF ₂	灰分	MnO
烧结矿	1.80	55.5	5.5	1.80	0.018	11	2.0			0.2
乌兰球团	2.20	65.86	7.58	0.16	0.01	0.50	0.45			0.05
南非块矿	2.00	64.38	5.89	1.08	0.01	0.21	0.03			
焦炭	0.52	0.67	5.5	2.9	0.75	0.35	0.10		12.0	0.3
白云石	1.5		0.043			33.7	20.4			
石灰石	1.60		0.48		0.020	55.1	1.15			
硅石	1.44		99.3							
萤石	1.60		25.8		0.015			67.4		
锰矿	2.0	18.34	34		0.007					41.86



广西柳州钢铁集团有限公司

GUANGXI LIUZHOU IRON AND STEEL GROUP COMPANY LIMITED

2.2 开炉装料

• 开炉料配比

段数	批料重量kg/批									O/C	批数
	焦炭	烧结	球团	块矿	白云石	石灰石	硅石	萤石	锰矿		
1	木材									0	
2	25000									0	35
3	25000				1600	2500	800	300		0	19
4	25000	2500			1400	2300	800	300		0.1	2
5	25000	7500			1300	2100	1100	300		0.3	2
6	25000	10000			1200	1800	1100	300		0.4	2
7	25000	17500			900	1300	1500	300		0.7	2
8	25000	25000			600	800	1800	300		1.0	2
9	25000	32500			300	400	2100	300		1.3	2
10	25000	37500				300	2200	300	300	1.5	2
11	25000	40500 (90%)	4500 (10%)				2200	500	300	1.8	2
12	25000	42000 (80%)	10500 (20%)				2100	500	300	2.1	2
13	25000	44275 (77%)	8625 (15%)	4600 (8%)			2300	500	300	2.3	1
14	25000	45000 (75%)	12000 (20%)	3000 (5%)			2200	500	300	2.4	1
15	25000	46875 (75%)	9375 (15%)	6250 (10%)			2300	500	300	2.5	1
总重t	1965	566.2	60	13.9	41.8	65.5	51.8	13.4	2.7		75



2.2 开炉装料

• 开炉料产品核算

段数	生铁总量(t)	焦比 (t/tFe)	渣比 (kg/t)	炉渣R2	(Al ₂ O ₃)	MgO/A l ₂ O ₃
1	0.7			0.06	31.3%	0.03
2	6.4			0.06	31.3%	0.03
3	2.2			0.88	12.5%	0.52
4	5.1	14.79	3542	0.91	12.9%	0.50
5	14.1	5.31	1485	0.94	12.5%	0.53
6	18.6	4.02	1157	0.95	12.9%	0.53
7	32.2	2.33	786	0.94	12.7%	0.53
8	45.8	1.64	628	0.96	12.8%	0.54
9	59.4	1.26	545	0.98	12.7%	0.54
10	45.7	1.09	502	0.99	13.1%	0.52
11	55.7	0.90	443	1.02	12.7%	0.55
12	66.0	0.76	385	1.05	12.7%	0.57
13	36.3	0.69	369	1.05	12.7%	0.56
14	38.0	0.66	355	1.07	12.7%	0.58
15	36.3	0.69	369	1.05	12.7%	0.56
全炉	462.5	4.19	906	0.69	16.7%	0.34



2.3 开炉操作

送风制度

风口直径为 $\phi 130\text{mm}$ ，17个风口均匀间隔加衬套（内径 $\phi 100\text{mm}$ ），相当于堵7个风口，送风风口面积为 0.4123m^2 。

冷风送风风量 $2500\text{m}^3/\text{min}$ ，加风速度 $300\text{m}^3/\text{h}$ ，送风10h达到 $5500\text{m}^3/\text{min}$ ；此时，鼓风动能在 $90\sim 120\text{J/s}$ ，实际风速为 $220\sim 255\text{m/s}$ 。

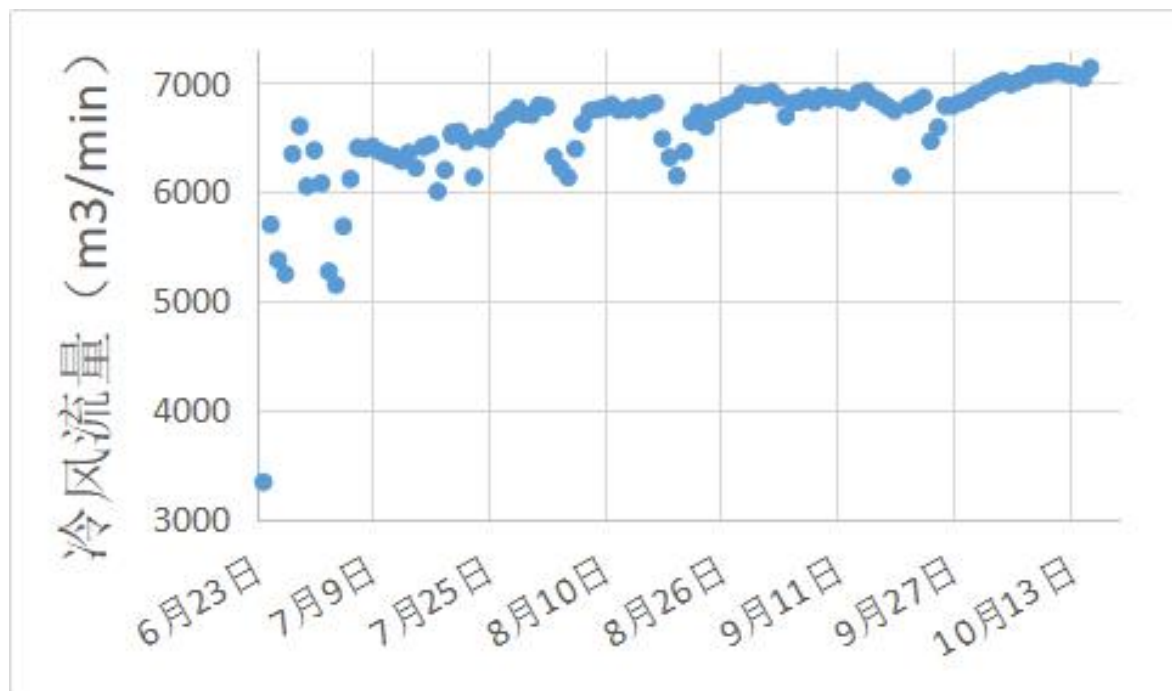
后续生产受炼钢厂故障影响（6月26日～7月15日），生铁产能受限，延缓了加风进度。



2.3 开炉操作

送风制度

7月上旬转炉生产逐步好转后，风量逐步加至 $6500\text{m}^3/\text{min}$ ，相当于全风量的92%，鼓风动能达到 145J/s ，实际风速 275m/s 。





2.3 开炉操作

布料制度

投产初期，放开两道气流。

风量加大，逐步扩大角度、角差，过渡形成稳定的软熔带。

中心加焦

边沿焦炭



2.3 开炉操作

- 出铁时间

送风后19h20min出铁，累计风量468万m³，理论渣铁总体积550m³（死铁层体积301m³），理论生成铁量1820t；第一炉铁出4h，理论生成铁量2635t。

开炉初期，铁水硅高，加上转炉生产故障，铁水无销路，放干渣池、铸铁发挥了关键的作用，干渣池出铁量大约5000t，铸铁最高达2251t/d。



2.4 开炉创新点

- (1) 设定好开炉**焦比**保证热量充沛
- (2) 上部正常料采用**渐变焦炭负荷**
- (3) **风口加衬套**合理控制风口面积
- (4) 开炉后**炉况平稳顺行**无悬塌料
- (5) **双风机运行**保障送风系统安全
- (6) **干渣池及铸铁**攻关保生产稳定
- (7) **加湿鼓风**实现快速降低铁水硅



2.4 开炉创新点

- 加湿鼓风实现快速降低铁水硅

6月25日（点火送风第二天）首次铁2.68%，最高2.86%，出铁后当天**硅快速降至1.5%以下**，控制较好，主要得益于加湿鼓风。

后续硅未能稳定在1.5%以下，有所反弹，主要原因是炼钢厂故障，未能及时消化铁水，高炉控风控冶强控产能，未能及时强化优化冶炼。

- 达产

7月7日产量突破7000吨/天，15日停止铸铁，7月15日产量突破8000吨/天，8月2日产量突破9000吨/天，9月份达产（9200t/d）。



3 生产技术的摸索与发展

• 3.1 投产后原燃料出现的问题

- 8~9月份，雨季影响较大，料场供料失常，烧结、焦化配料失常，原燃料质量下降且波动大。
- 自产焦产能不足，高炉配用50%左右外购焦。焦炭冷强度波动，尤其是10月中旬起，M10持续走高。
- 烧结：停机检修时高炉大量配用地烧；品位偏低，高炉入炉综合品位偏低；碱度波动大，高炉渣碱度波动大；低温还原粉化率持续偏高。



3 生产技术的摸索与发展

• 原燃料主要质量指标

自产焦炭	Ad	St.ad	M10	M40	Vdaf	Fcad	CRI	CSR
平均值	12.83	0.78	6.37	88.85	1.21	85.92	19.58	71.98

喷吹煤	Mad	Ad	Vdaf	C	St
平均值	1.31	9.88	14.80	75.77	0.40

烧结矿	TFe	FeO	SiO ₂	R ₂	R ₂ 稳定率 (±0.08)	FeO稳定率	转鼓指数	<10m m粒级	RDI%
平均值	56.49	9.04	5.17	2.04	72.02	24.05	79.34	17.29	27.18

自产球团	TFe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	R ₂	MgO	K ₂ O+Na ₂ O	抗压强度 (N/球)
平均值	63.49	6.24	0.97	0.06	0.55	0.221	2369

月份	入炉综合品位%	有害元素负荷kg/t				
		硫	磷	碱金属	铅	锌
控制标准	≥59.0%	≤4.0	≤1.3	≤2.5	≤0.15	≤0.15
平均值	58.0	4.60	1.21	2.30	0.09	0.15



3.2 优化强化冶炼，实现高产稳产

- 2021年2月起，在原燃料质量不理想的条件下，调顺两道气流稳定炉况，炉型好转后分步快速优化强化冶炼：
- 大风量：（7305→7439m³/min）
- 大富氧：（20000→50000m³/h，富氧率升至7.7%）
- 高顶压：（242→260kPa）
- 大喷煤：（50t/h→86t/h，煤比升高至165kg/t）
- 低顶温：（170→110℃，最低90-100℃）



广西柳州钢铁集团有限公司
GUANGXI LIUZHOU IRON AND STEEL GROUP COMPANY LIMITED

3.2 优化强化冶炼，实现高产稳产

• 主要操作参数

月份	风量 m3/min	富氧流量 m3/h	富氧单耗 m3/t	富氧率%	顶压 kPa	压差 kPa	喷煤量 t/h	实际风 速m/s	鼓风动 能j/s	炉腹煤气 指数m/s	顶温℃
2020.7	6533	2640	8.5	1.2	209	183	37	273	43	59.0	196
2020.8	6633	8631	23.6	1.6	224	185	41	281	152	60.6	153
2020.9	6795	9556	24.7	1.7	225	197	44	286	163	62.3	143
2020.10	7049	15891	38.1	2.8	232	217	53	287	166	66.2	150
2020.11	6955	18032	45.5	3.2	235	203	50	285	165	66.0	169
2020.12	7086	22173	54.3	3.8	240	203	58	277	159	68.2	176
2021.1	6655	23187	63.2	6.7	229	180	50	259	136	64.2	169
2021.2	7383	40546	86.4	5.8	258	173	73	299	192	75.1	114
2021.3	7455	45513	92.1	7.1	258	193	81	288	180	78.4	125



广西柳州钢铁集团有限公司

GUANGXI LIUZHOU IRON AND STEEL GROUP COMPANY LIMITED

感谢聆听， 欢迎指导！