



# 欧冶炉绿色低碳循环利用技术 探索及实践

宝武集团 八一钢铁公司

2021年7月

# 目录

CONTENTS

1

欧冶炉的发展历程

2

欧冶炉生产实践情况

3

欧冶炉绿色低碳循环利用技术

4

与国内外水平比较

5

欧冶炉未来工作展望



## （一）欧冶炉的发展历程

## ► 欧冶炉工艺简介

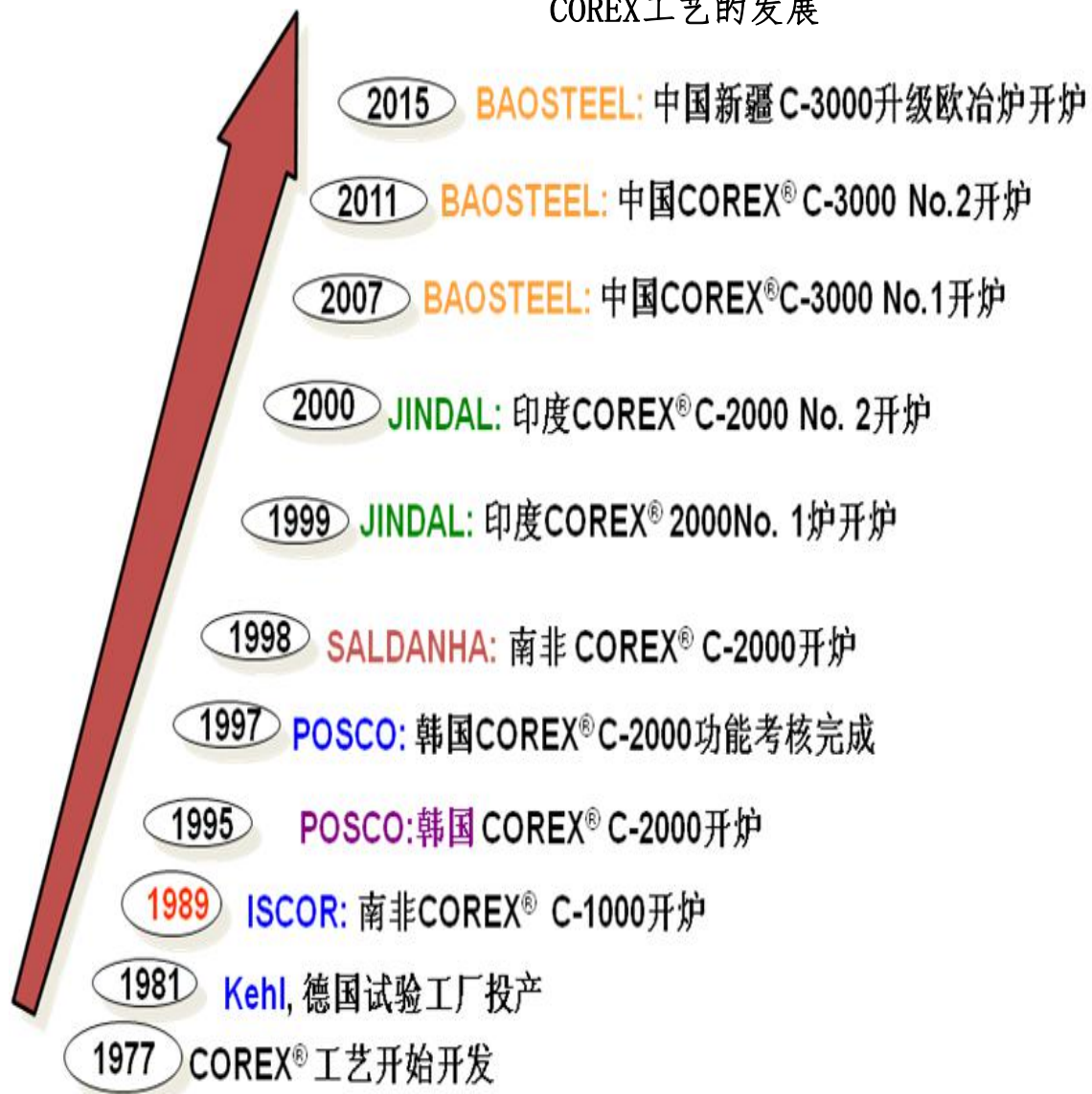
欧冶炉工艺起源于COREX工艺，COREX熔融还原工艺是在奥钢联和德国政府的财政支持下联合开发的，COREX利用了高炉炉缸及气基直接还原竖炉的技术，使用块煤、块矿和球团炼铁，成功实现了工业化生产。

八钢在COREX的基础上结合高炉炼铁和煤化工技术进行大胆的尝试和创新，形成了独特的非高炉冶炼工艺，并命名为欧冶炉。



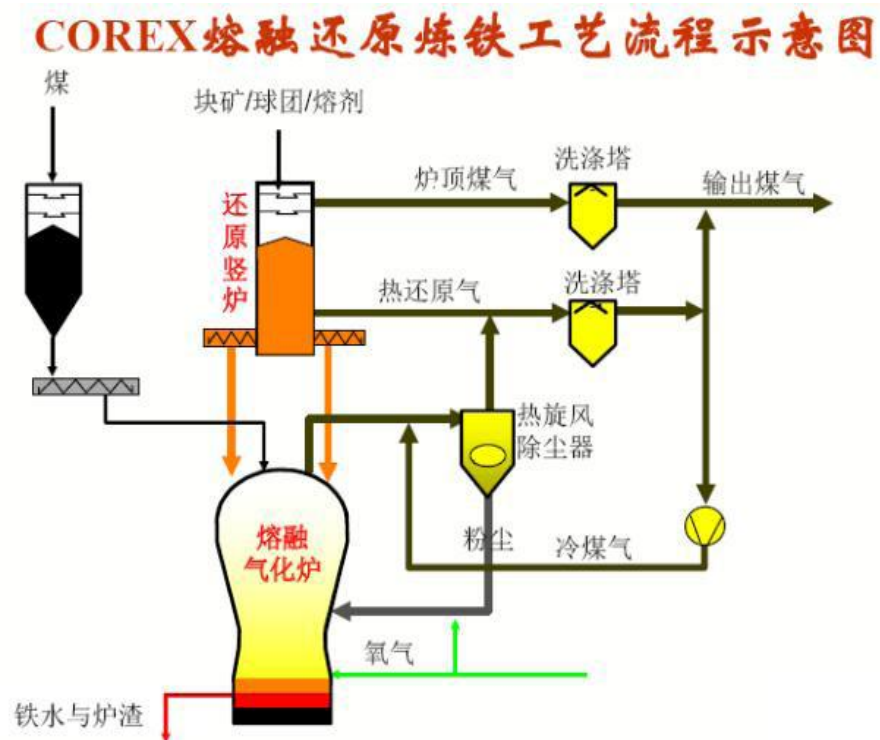
# 一、欧冶炉的发展历程

## COREX工艺的发展



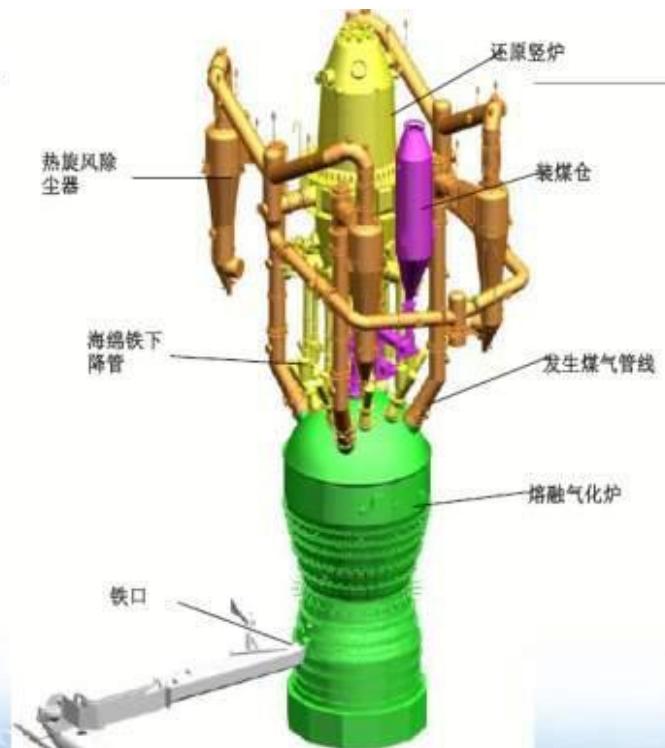
COREX炼铁工艺诞生已有44年，由最初的COREX1000发展到COREX3000，目前，1座C3000搬至新疆改型为欧冶炉，韩国浦项C2000改型为FINEX。其世界钢铁史上的发展过程如右边图片所示。

## COREX熔融还原炼铁工艺

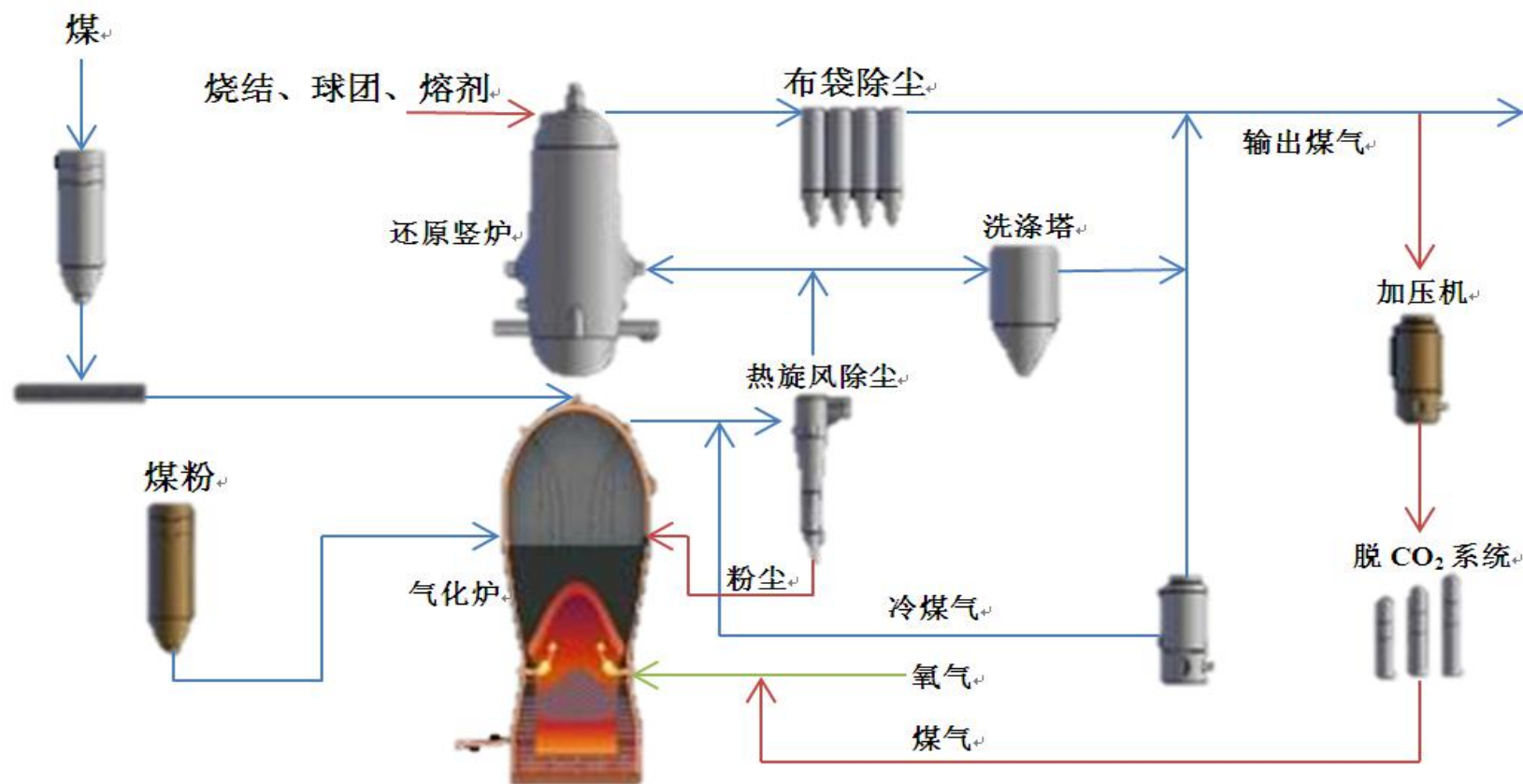


BAOSTEEL

COREX竖炉、熔融气化炉  
煤气管线及铁口主沟布局图



## 欧冶炉工艺流程





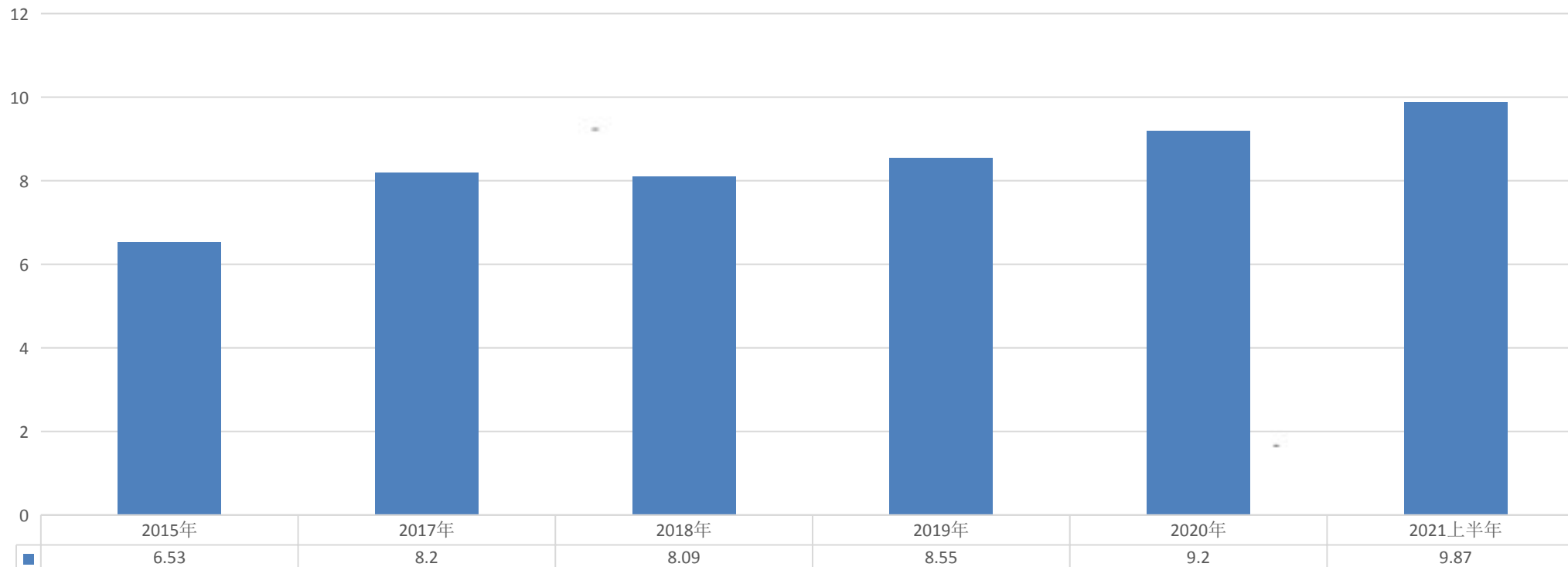
## (二) 欧冶炉生产实践情况

## 二、欧冶炉生产实绩



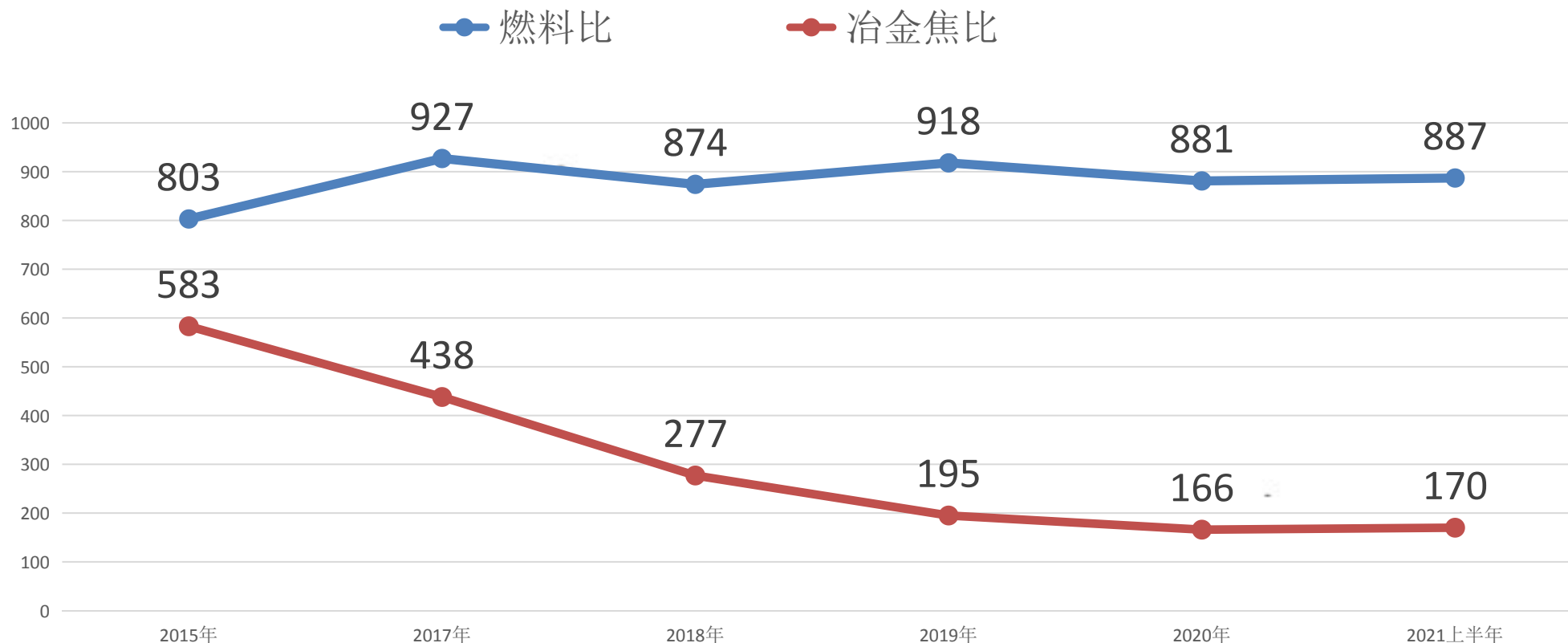
欧冶炉2015年至2021上半年，累计产铁量289.7万吨，冶金焦比逐步降至月最低124kg/t，周均最低118kg/t，燃料比月最低820kg/t，铁水硅素降至0.9%以下，铁水物理热稳定，月均作业率93%。其中月作业率最优达到99.45%，月产量最高达到11.4万吨。

### 欧冶炉月平均产量



随着欧冶炉工艺技术的逐步优化和完善，其系统运行逐步稳定，产能得到不断提升，至**2020年**，全年月均产量已达到**9.2万吨**。

### 欧冶炉燃料比、冶金焦比推移图



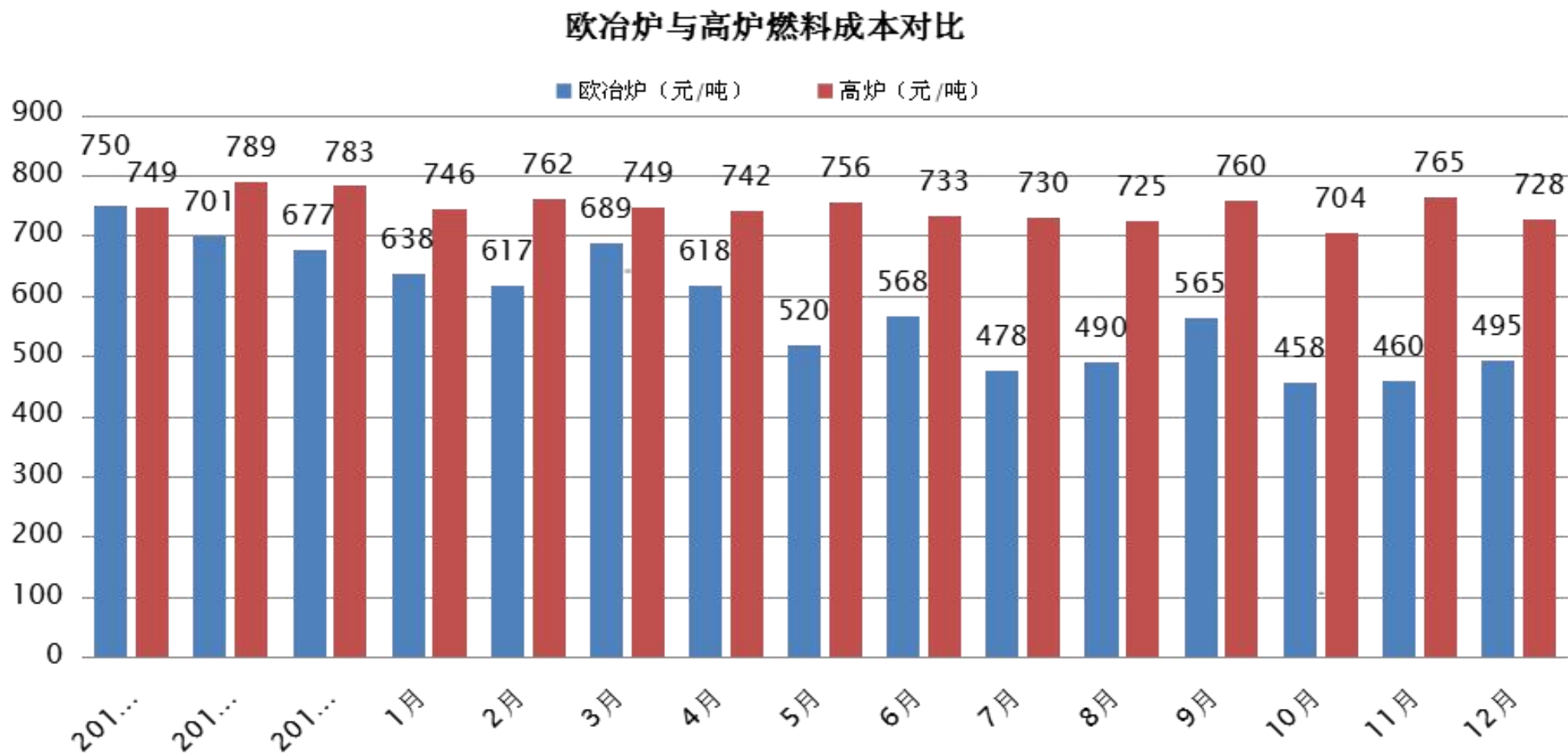
通过加强气化炉参数控制，优化CGD控制等手段，脱碳气体投入喷吹等技术措施。  
2020平均焦比166kg/t，燃料比稳定在881kg/t，最低月平均820kg/t。

## 二、欧冶炉生产实绩

指标	2015年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年
燃料比 (Kg/t)	803	924	874	918	881	887
冶金焦比Kg/t)	583	438	277	195	166	170
顶煤气喷气量 Nm <sup>3</sup> /tHM	/	/	/	35	0	0
喷脱碳煤气量 Nm <sup>3</sup> /tHM	/	/	/	/	56	80
氧耗Nm <sup>3</sup> /tHM	530	513	505	515	495	490
氮耗Nm <sup>3</sup> /tHM	440	394	447	439	446	439
电耗Nm <sup>3</sup> /tHM	180	83	116	111	106	82
[Si] (%)	2.16	1.49	1.05	0.98	0.9	0.87
作业率 (%)	78	88.8	86.25	90.11	93.33	93.21

2020年各项经济指标平稳，燃料比、冶金焦比、金属化率均达到历史最优水平。

## 二、欧冶炉生产实绩



注：对比同期八钢2500m<sup>3</sup>高炉燃料成本

随着欧冶炉生产稳定，指标优化，其成本优势逐渐体现，**2020年燃料成本较高炉低200元/吨。**

欧冶炉炉固废消纳实绩

品名	预处理方式	入炉位置	处理原理	工业试验处理量
生活污水泥	压球	气化炉	有机物裂解	87吨
废旧轮胎	切割成块	气化炉	高温裂解	620吨
含Zn粉尘	配入烧结	竖炉	进入污泥富集	含锌污泥304t，烧结矿5800t
布袋灰	吸排罐车倒运	气化炉	制粉喷吹	26812吨
废油泥	压块	气化炉	有机物裂解	506吨
废活性炭	无	气化炉	气化	1412吨

从2015年至今，欧冶炉在不断拓展固废消纳资源的同时，实现厂内固废资源全处置。



## （三）欧冶炉绿色低碳循环利用技术

### 三、欧冶炉绿色低碳循环利用技术

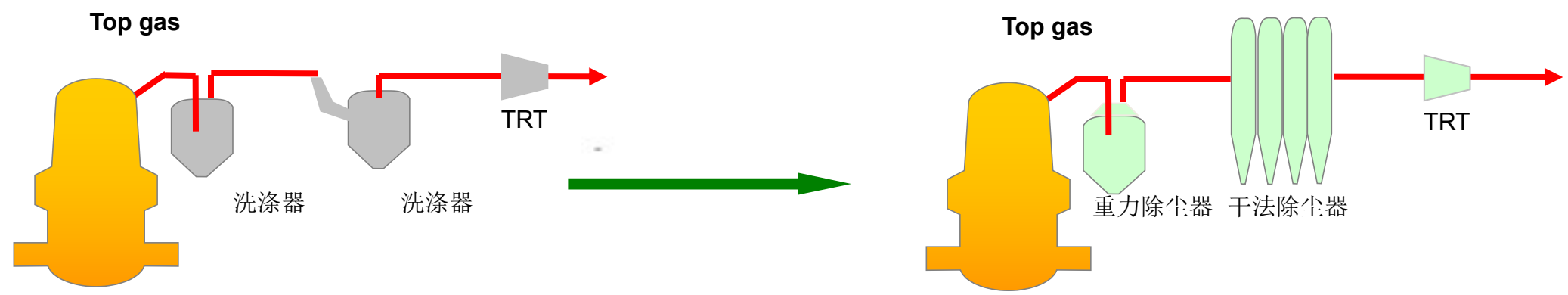


2011年COREX 3000炉迁建到八钢，并结合八钢高炉和煤化工技术进行了大量的技术创新，形成了150余项授权专利。

通过工艺技术的创新突破，设备的完全国产化，在绿色低碳循环利用技术的全方位探索，形成了国际领先的非高炉冶炼新工艺-**欧冶炉工艺**。

欧冶炉工艺已展现出其对原燃料资源的**适应性**、与钢铁厂高炉及焦化工序生产的**耦合性**，最终实现铁水成本远低于其他炼铁炉的**经济性**。

3.1 首次采用干法除尘，增加TRT发电量



项目	八钢COREX	上海1#COREX	上海2#COREX
除尘方式	干法	湿法	湿法
吨铁发电量, kW/tHM	55	15	16

顶煤气由湿法除尘改为干法除尘，吨铁TRT发电量提高55kW/tHM

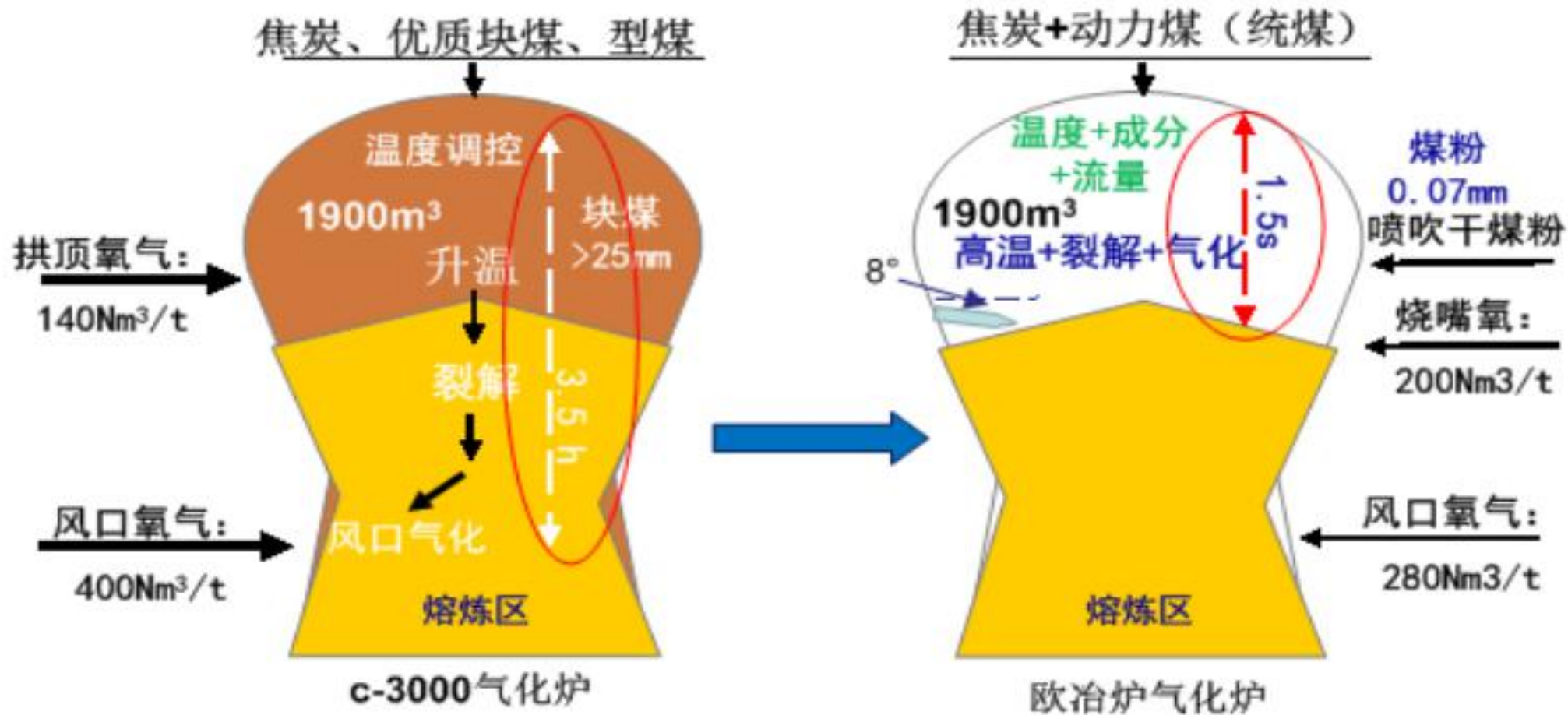
### 3.2 增加槽下筛分设备



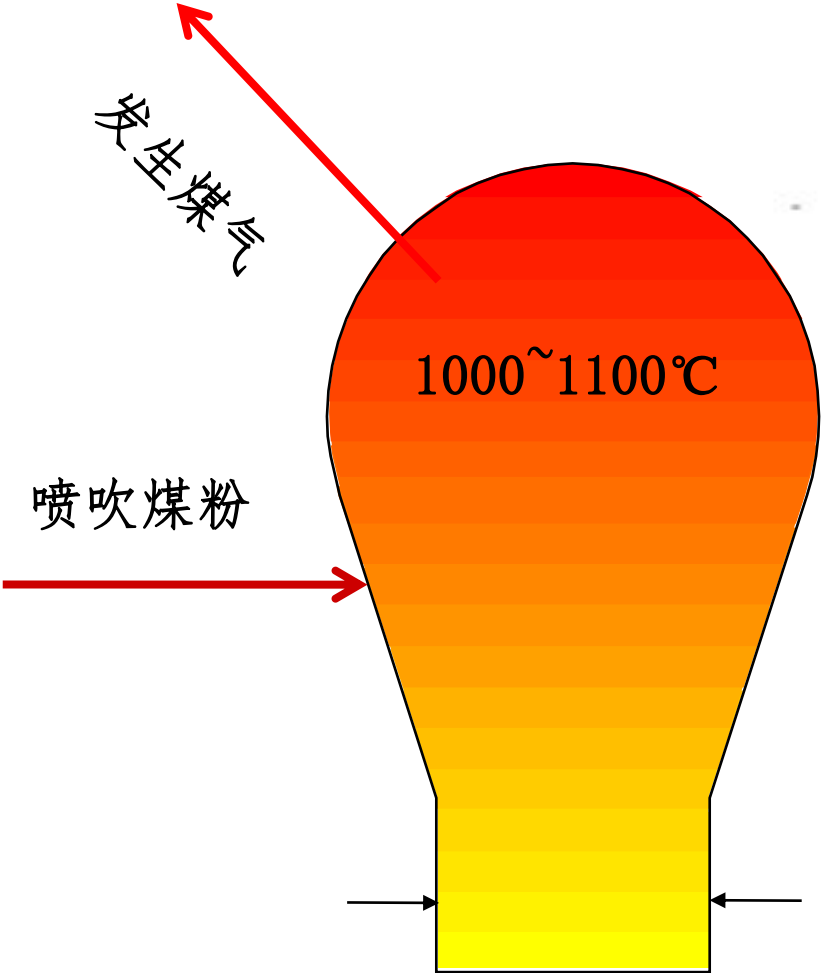
槽下每个料仓增加独立筛分、称量设备，在原料入炉前最大程度减少粉末，对欧冶炉竖炉粘接及气化炉煤气上升管堵塞都将起到相应的缓解作用！

### 三、欧冶炉绿色低碳循环利用技术

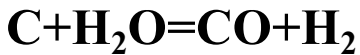
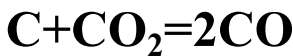
理论突破：建立“两炉三段式”熔炼模型，重新定义竖炉还原、气化炉造气和熔炼功能，大幅提升了各功能区的效率和稳定性。



3.3 煤制气工艺技术



发生煤气成分				
成分	CO%	CO2%	H2%	其它%
占比	63~73	5~15	9~17	5~10



拱顶干煤粉气化达到200kg/t. hm，煤气成分得到有效调整，提高竖炉金属化率15%~25%。

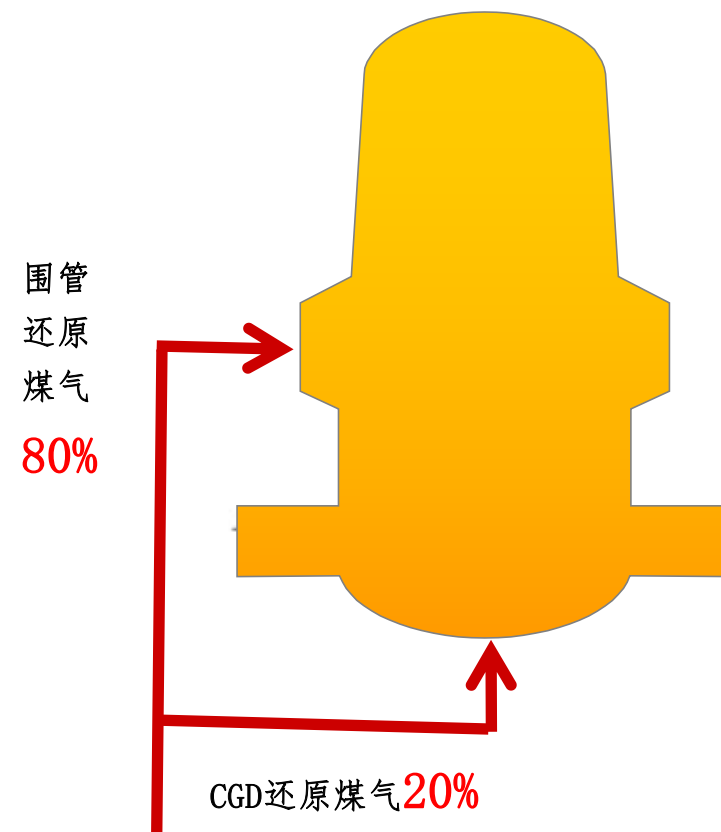
#### 3.4 竖炉底部中心煤气分布 (CGD)



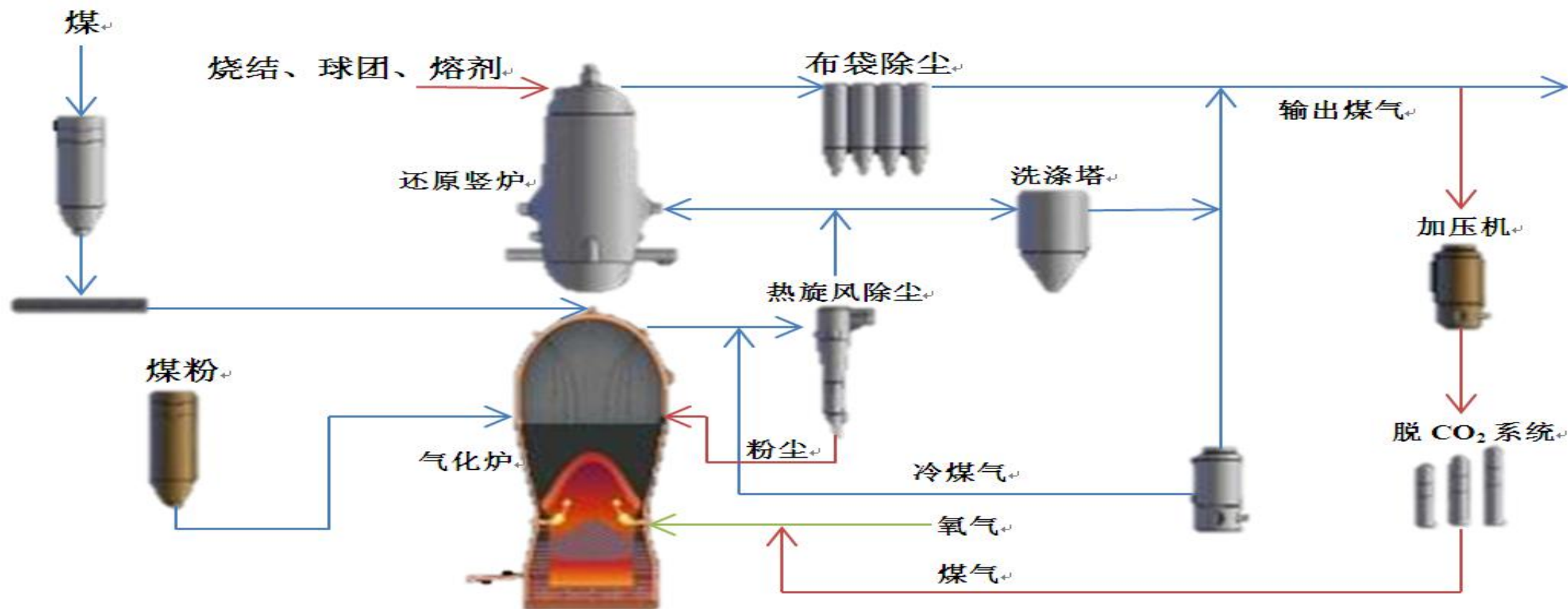
竖炉炉顶成像

设计竖炉底部添加冷煤气，可有效抑制反窜煤气和炉料粘结，改善竖炉煤气分布加强中心气流。

欧冶炉竖炉还原煤气分布示意图



#### 3.5 开发了冶金煤气脱CO<sub>2</sub>高效利用技术——碳捕捉和碳循环



欧冶炉围绕冶金煤气CO<sub>2</sub>捕集、还原煤气综合利用及CO<sub>2</sub>资源化利用开展碳减排工作。

3.5欧冶炉碳捕集项目

2020年7月，完成了欧冶炉碳捕集项目的建设。可获得高还原性净化气： $(\text{CO}+\text{H}_2)>80\%$ ，及高纯度解析气： $\text{CO}_2>99\%$ 。

序号	项目	单位	设计值	实际运行值	备注
1	欧冶炉煤气处理量	$\text{Nm}^3/\text{h}$	70000	50000	根据用户需求气量
2	净化气	$\text{Nm}^3/\text{h}$	45000	32143	根据用户需求气量
3	解析气	$\text{Nm}^3/\text{h}$	24860	17757	根据用户需求气量
4	脱碳煤气 $\text{CO}_2$ 含量	%	$<1$	0.8	
5	解析气 $\text{CO}_2$ 含量	%	$>99$ （干基）	99.4	其中，水分4.43%
6	净化气压力	MPa	0.85	0.85	
7	解析气压力	kPa	20~40	30	

煤气名称	单位	CO	$\text{CO}_2$	$\text{H}_2$	$\text{N}_2$	$\text{CH}_4$	$\text{H}_2\text{O}$	$\Sigma$
欧冶炉煤气	%	41	33	9.5	10	0.35	6.15	100
脱碳还原煤气	%	68	0.8	17.46	13	0.02	0.72	100
解析气（ $\text{CO}_2$ ）	%	0.12	95.4	0.03	0.02	/	4.43	100

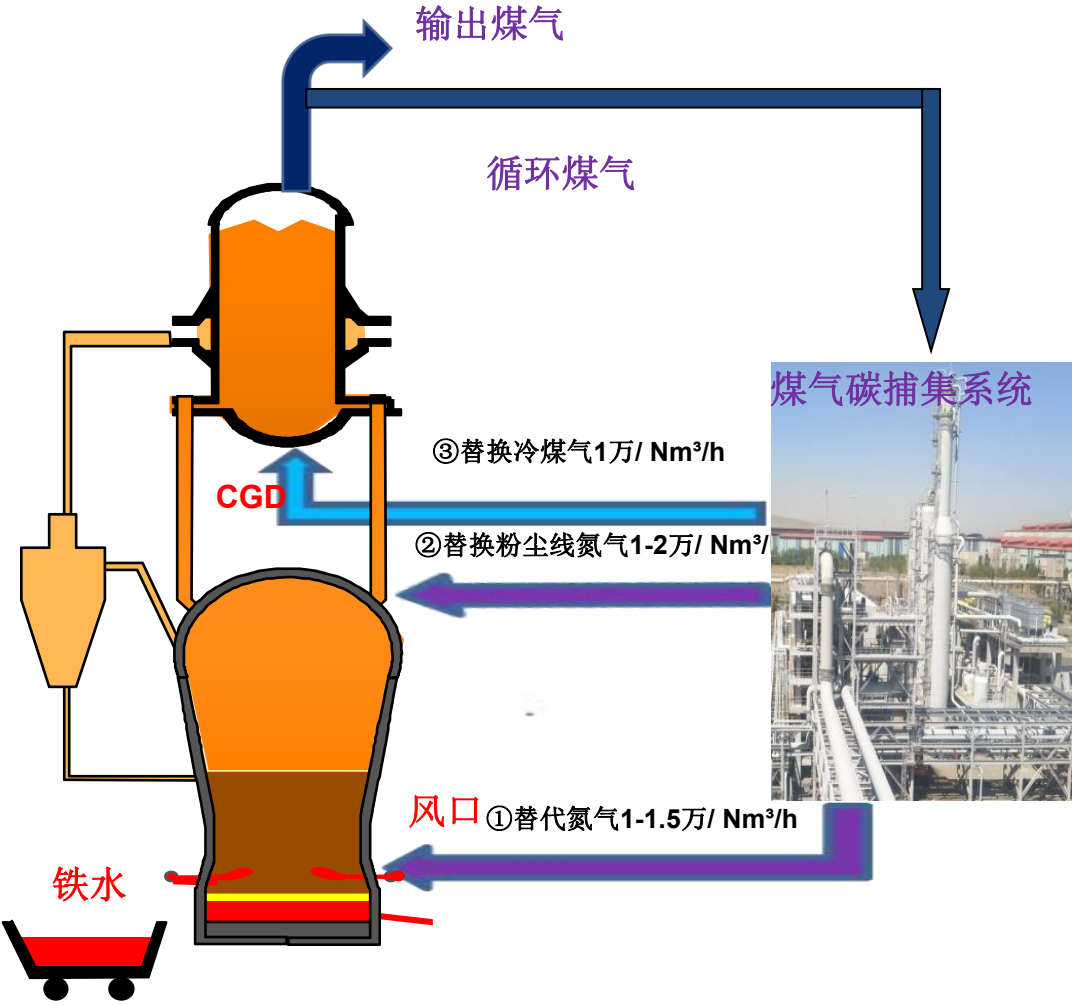
3.5 欧冶炉碳捕集项目的工业化生产试验

欧冶炉喷吹煤气生产技术指标

序号	喷吹总量 Nm <sup>3</sup> /h	风口喷吹量 Nm <sup>3</sup> /t	燃料比kg/t
1	5000	20	851
2	15000	50	843
3	25000	70	810

实现欧冶炉喷吹高还原性煤气**25000Nm<sup>3</sup>/h**。其中，风口喷吹高还原性煤气**10000Nm<sup>3</sup>/h**，折合燃料置换比**0.36kg/Nm<sup>3</sup>**，减碳**4.8%**。

冶金焦比逐步降至月均**167kg/t**，铁水硅素降至**0.9%**以下。

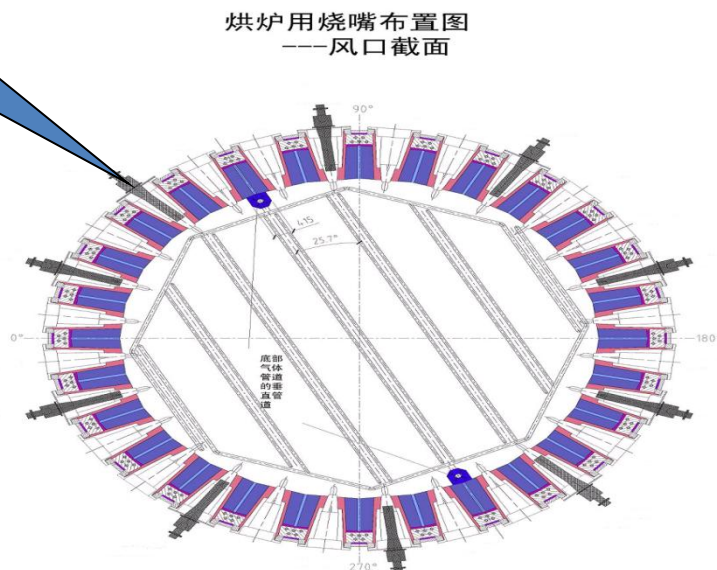


## 3.6 独有烘炉技术

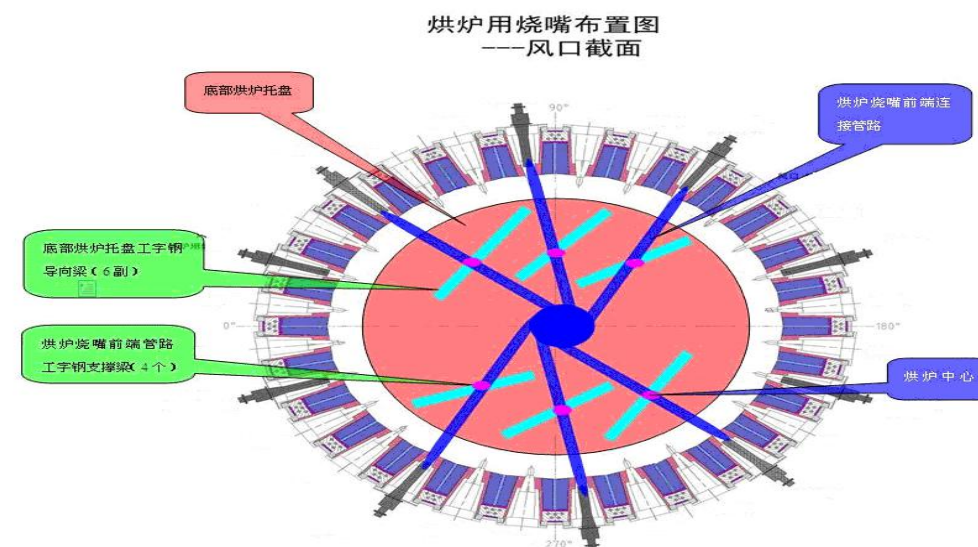
### 专用炉缸烘炉装置

C3000

烘炉烧嘴  
×10个



欧冶炉



欧冶炉烘炉使用原COREX烘炉设备，八钢本部专业人员攻克烘炉难题，由本单位人员独立完成烘炉工作，与罗泾烘炉相比节省设备及人工成本。

3.7 独有开炉技术

八钢和罗泾两种开炉方式的比较

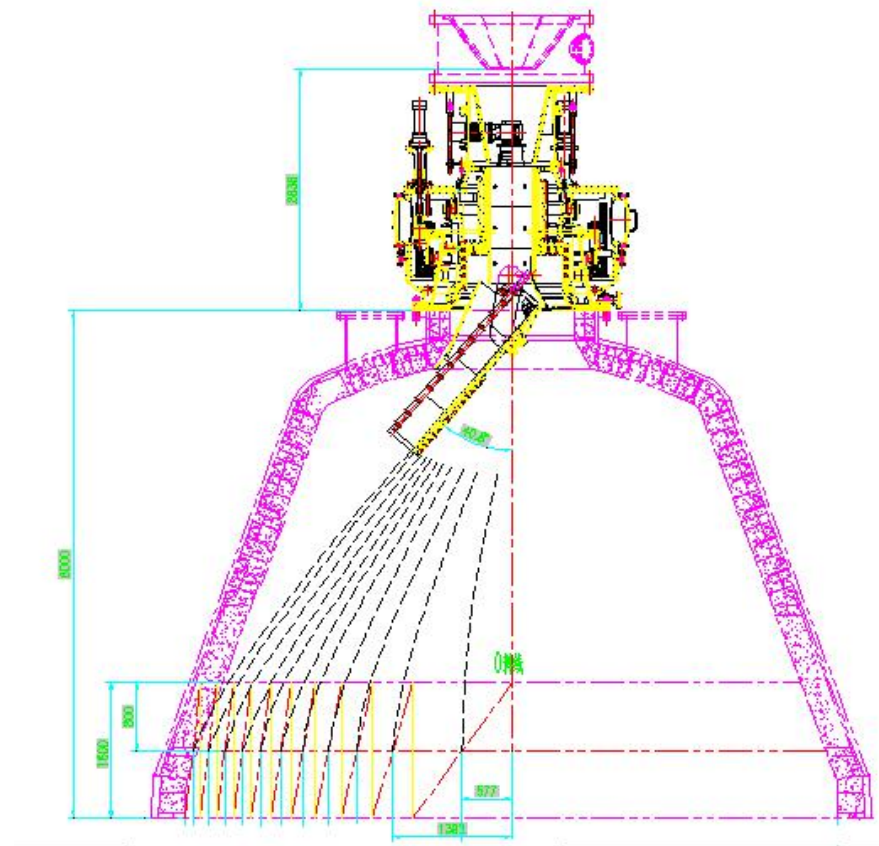
特点	八钢		罗泾
	2017年	2015年	物料消耗高、奥钢联技术
	无死铁层、难度和风险大	自主技术、节约两千多万	
烘炉方式	烘炉、凉炉、气密和开炉点火		烘炉、热态气密和开炉点火
	分段式		连续式
烘炉介质	焦炉煤气（配风）		天然气（配纯氧）+碎电极
开炉物料	焦炭、枕木、自产开炉料		碎电机、焦炭、生铁块、DRI

- 1. 八钢欧冶炉通过使用粒钢来代替DRI的开炉方式取得很好的效果，不但解决了新疆DRI资源匮乏的难题，也大幅降低了开炉成本，与原COREX开炉相比节省2000万左右，并且为今后竖炉清空等大型检修项目的顺利开展打下基础；
- 2. 开创了无死铁层情况下的欧冶炉安全开炉技术。

### 3.8 竖炉布料优化技术

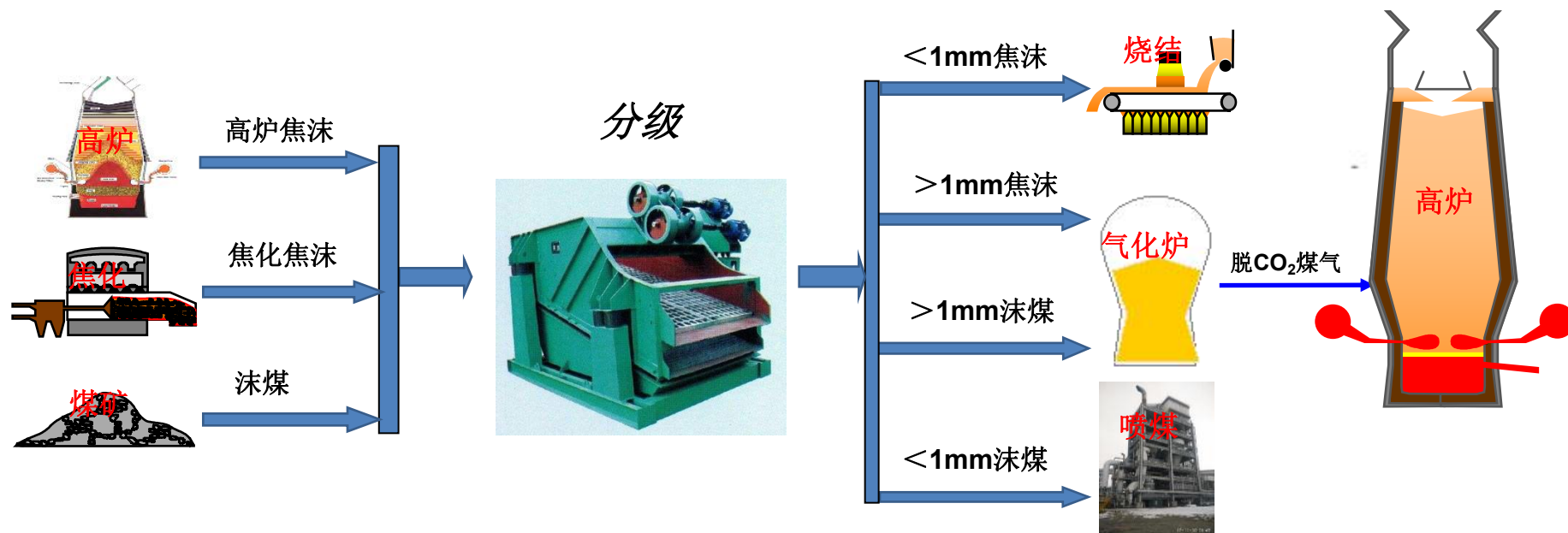
竖炉新布料器投用后，实现料面圆周半径**3.5m**全覆盖布料，竖炉煤气利用率新布料器投入前的**29.8%**提升至投入后的**36.3%**，新布料器溜槽自**2018**年开炉使用，**寿命超24个月**

。

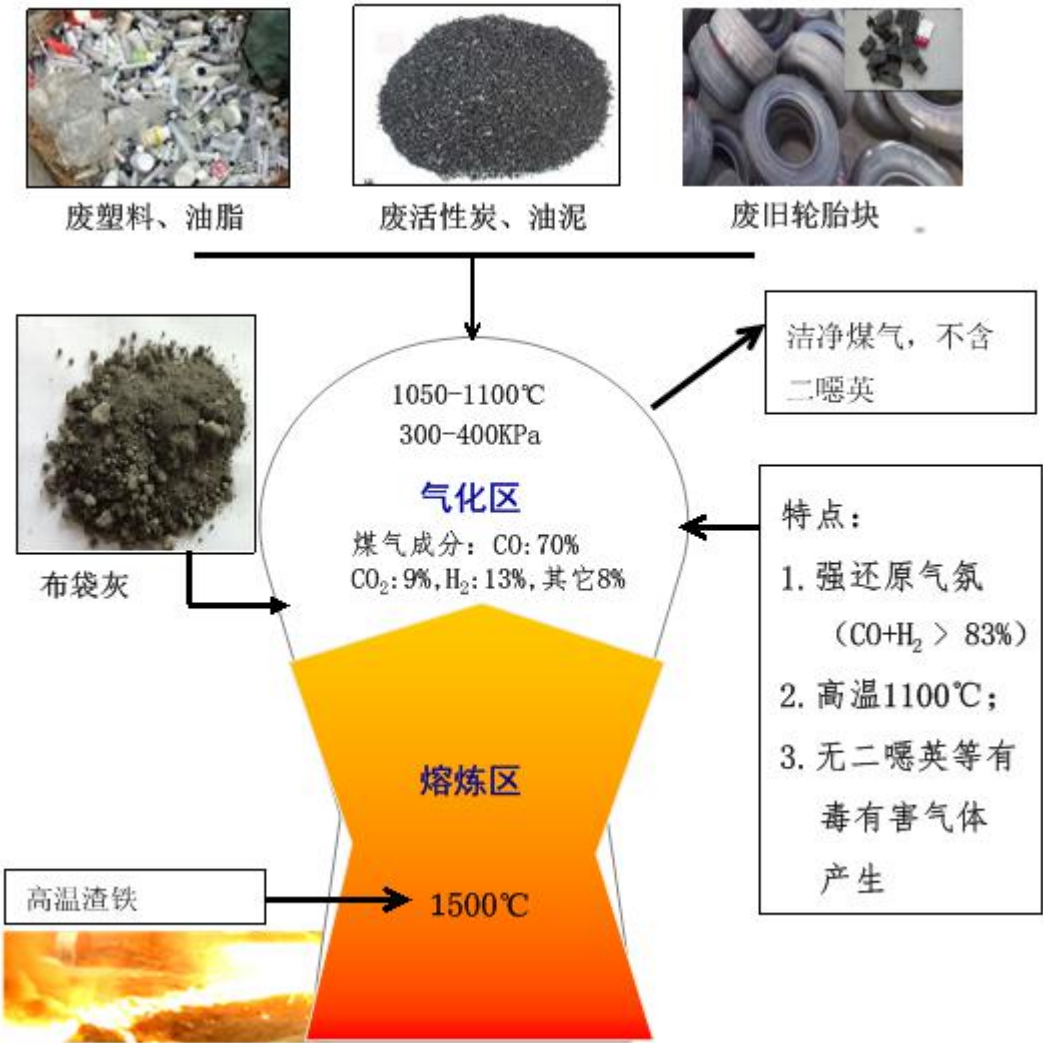


#### 3.9 与高炉资源耦合，资源高效利用技术

根据八钢欧冶炉、高炉、烧结、焦化的资源特点，通过分级利用高炉和焦化产生的焦沫以及欧冶炉的沫煤，可提高炼铁厂内对小粒级资源的有效利用率，并提高欧冶炉指标，实现全方位资源耦合。目前已完成焦沫的分级利用试验，实现降低燃料比约11kg/t。



3.10 开发了欧冶炉无害化处理固废和危废的独有技术(HWD)



试验结果：验证了欧冶炉对固废和有机危废能够实现无害化处理和资源化利用。并形成了欧冶炉处置固废、危废的工艺技术规范。

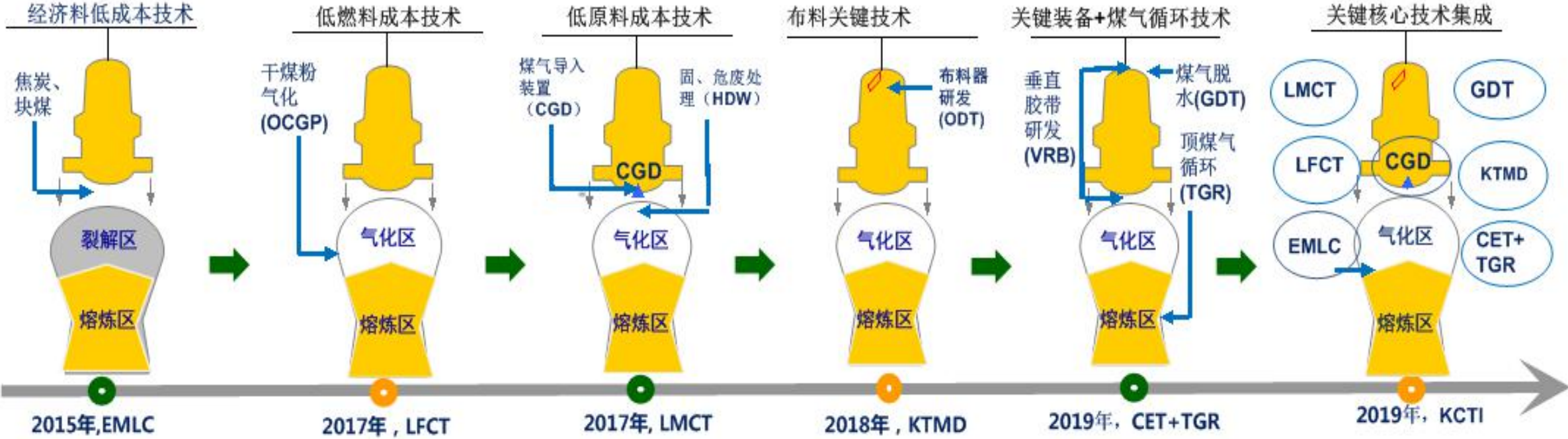
品名	预处理方式	入炉位置	处理机理	试验处理量
废旧轮胎	切割成块	气化炉拱顶	高温裂解、气化	>15000吨/2020年
布袋灰	吸排罐车倒运	气化炉粉尘烧嘴	高温气化、熔融	
废油泥	压块	气化炉拱顶	高温裂解	
废活性炭	无	气化炉	高温气化	

为现代钢铁工业融入城市生态圈提供了新的选择方案，是全球工业炉窑消纳有机固废和危废的领先技术。

让钢厂融入城市 让城市离不开钢厂

欧冶炉关键工艺和设备的开发历程

创新历程



<p>1.烧结矿比例： 0—53%</p> <p>2.球团矿比例： 75%—47%</p> <p>配矿成本降低： 160元/t铁</p>	<p>1.动力煤比例： 20%—60%</p> <p>2.金属化率： 19.8%—49.8%</p> <p>3.铁水成本降低： 135元/t铁</p>	<p>1.煤气流反窜： 经常发生—0</p> <p>2.竖炉粘接次数： 5—0次</p> <p>3.处理固废、危废： 1.5万吨/2019年</p>	<p>1.实现完全国产化： φ:6.0m—7m</p> <p>2.布料器寿命(月)： 6个月—24个月</p> <p>3.降低采购成本： 115万元</p>	<p>1.顶煤气回用： 8000m³/h</p> <p>2.处理固、危废： 1.5万吨/年</p> <p>3.降低胶带采购费： 1600万元</p>	<p>1.燃料比降低： 920kg/t—820kg/t</p> <p>2.铁水降硅： 1.2%—0.75%</p> <p>3.同比高炉铁水成本： +200元/t — -300元/t</p>
--	---	--	--	--	--

自主知识产权



授权发明专利	授权实用新型专利
--------	----------

8项（待授权25项）

150项

授权发明专利			实用新型专利		
序号	专利名称	授权专利号	序号	专利名称	授权专利号
1	一种利用COREX焦粉替代电炉炼钢用碳原料的型焦制备方法	201410175130. 9	1	一种高效环保的废油泥处理装置	CN201822266042. 6
2	一种利用COREX熔融还原除尘煤粉的方法	201410175127. 7	2	一种欧冶炉竖炉炉顶喷雾装置	CN201920013926. 2
2	在线分析烧结过程的试验装置及其使用方法	201410155749. 3	2	一种欧冶炉渣铁溢流快速处理装置	CN201920041382. 0
3	一种通过配煤调节还原煤气成分的COREX熔融还原方法	201410302165. 4	3	一种欧冶炉下料管快速清障装置	CN201920041383. 5
4	一种降低COREX焦炭使用量的炼铁方法	201410302162. 0	4	欧冶炉放散连通阀回水防翻水装置	CN201920113956. 0
5	一种利用煤气和半焦的熔融还原炼铁方法	201410369195. 7	5	炼铁炉碳砖保护装置	CN201920114170. 0
6	一种部分替代纯氧的熔融还原炼铁方法	201410369623. 6	6	欧冶炉风口冷却水路开路安全循环系统	CN201920119234. 6
7	一种利用木屑替代部分煤生产焦炭的方法	201410371194. 6	7	欧冶炉冷却设备无损检测装置	201920122503. 4
8	一种煤与废旧酚醛塑料共焦化生产焦炭的方法	201410373607. 4	8	防止风口小套密封圈损坏保护装置	CN201920122777. 3
...	*****	*****	9	欧冶炉风口玻璃快速清理装置	CN201920132442. X
			...	*****	*****



## （四）与国内外水平的比较

欧冶炉与COREX、FINEX的主要技术经济指标对比

项目	熔炼率 (t/h)	作业率 (%)	燃料比 (kg/t)	焦比 (kg/t)	动力煤比例 (%)	铁水硅素 (%)	渣量 (kg/t)
南非C-2000	75	80.1	1121	197	10	1.17	310
印度C-2000	90	89.7	1023	195	10	0.98	300
浦项FINEX	175	94	820	150	25	0.8	280
宝钢1#C-3000	134	90.5	984	176	20	0.85	310
宝钢2#C-3000	136	93.2	923	142	23	0.76	310
欧冶炉	180	93.5	880	140	60	0.75	340

注：FINEX因采用煤气脱碳后回用技术，燃料比稍低，但其使用的型煤配入了大量的焦煤/半焦煤，动力煤使用比例也仅达到25%，未能摆脱对优质焦煤资源的依赖。

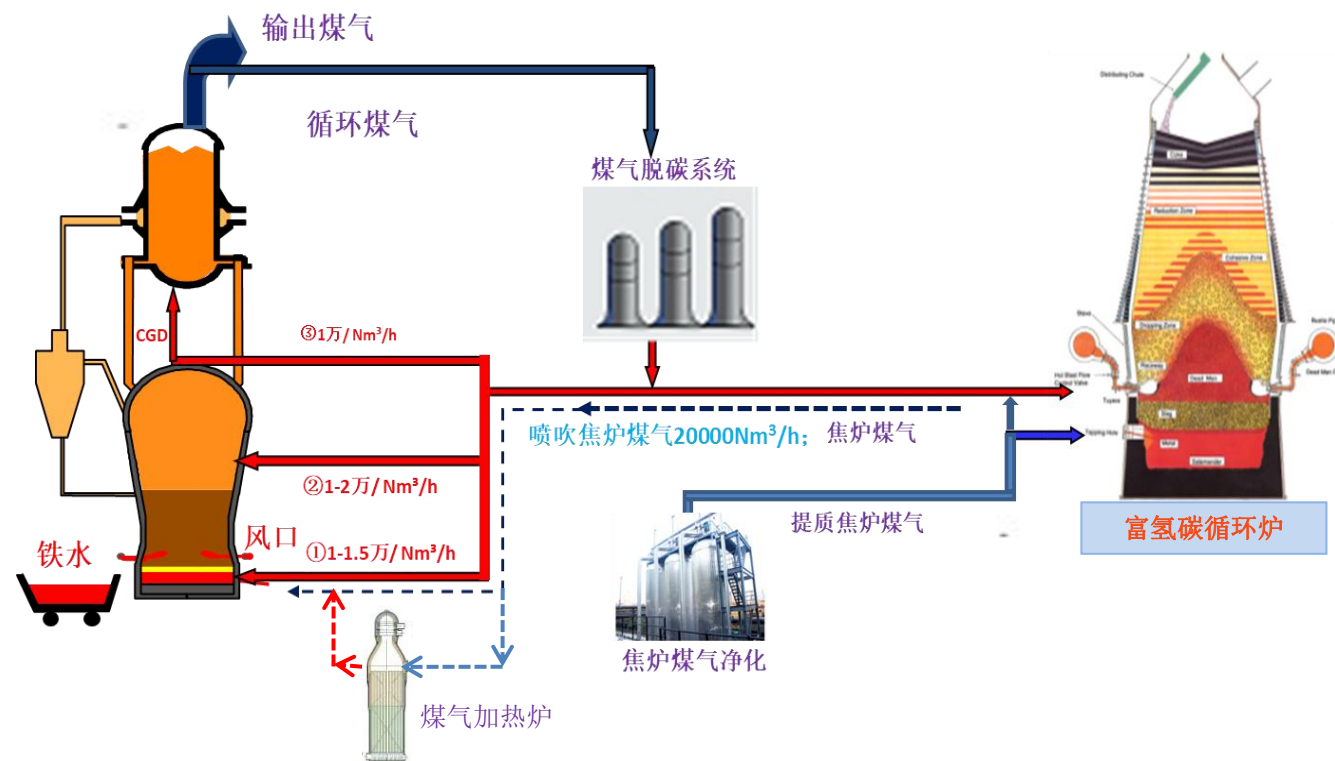
经过近7年的研发与生产实践，欧冶炉的技术水平及核心竞争力显著提升（在原燃料质量较差的条件下，动力煤比例已达到60%，远超国内外其它熔融还原炉），并已形成了具有自主知识产权的核心技术，确立了非高炉低碳冶炼技术领域的国际领先地位。



## （五）欧冶炉未来工作展望

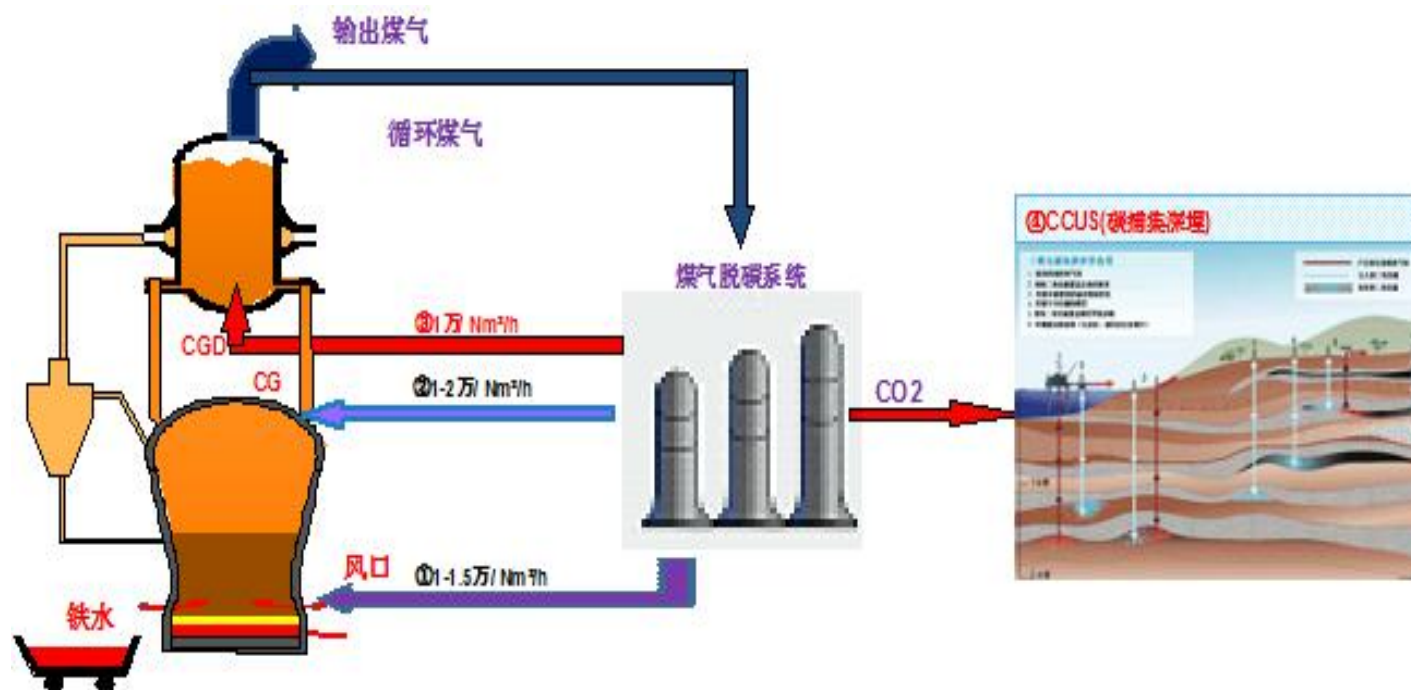
### (1) 欧冶炉富氢冶炼技术研究

开发欧冶炉基于喷吹焦炉煤气的富氢还原冶炼技术。实现欧冶炉整体碳排放降低，研究炼铁碳减排新工艺路线。



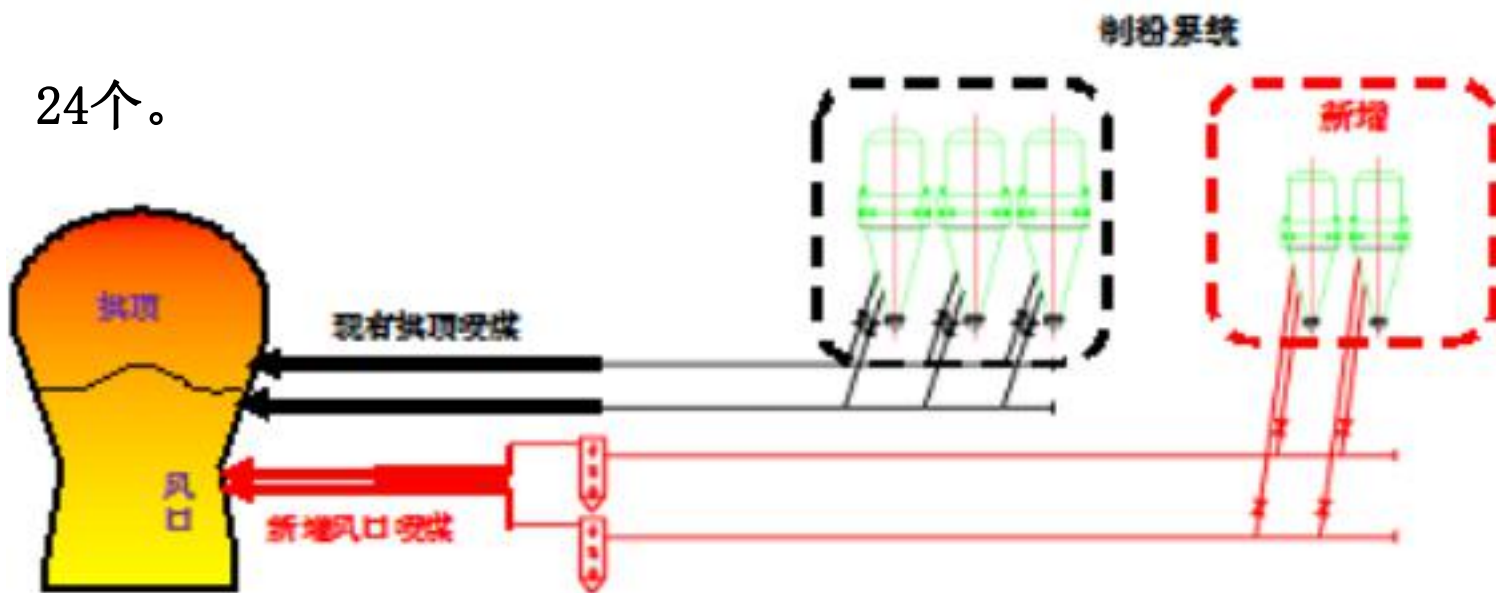
### (2) 继续推进煤气脱CO2项目

继续开展还原气高效利用的下一阶段生产试验，提升和探索风口喷吹煤气的最优操作参数，实现风口、拱顶喷吹还原气替代部分氮气和冷煤气。脱出的CO<sub>2</sub>气体采用碳捕集深埋技术（CCUS）回收处理。



### (3) 开展风口喷吹煤粉中试试验

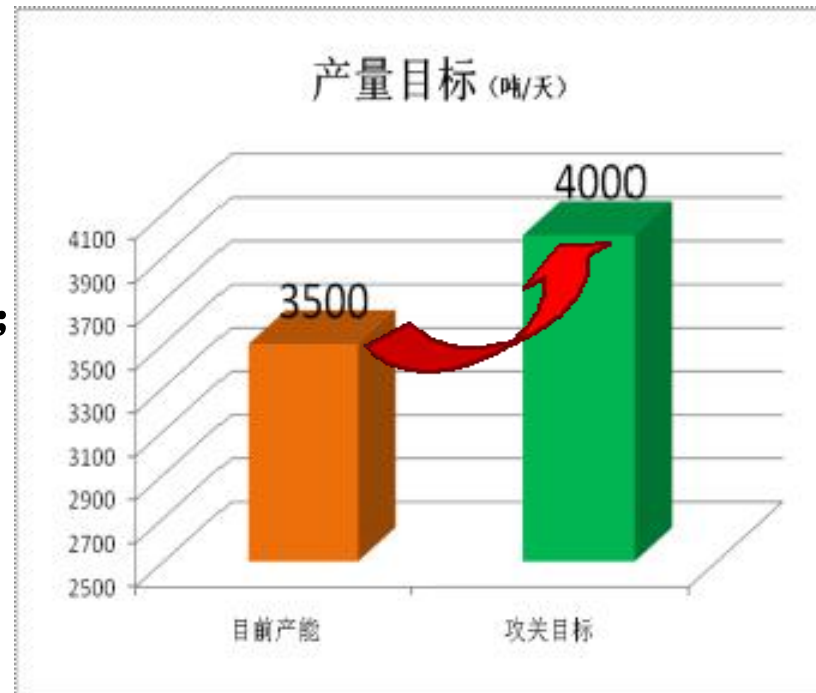
- ◆ 试验目的：验证风口喷吹煤粉降低焦比的效果，为工业化试验获得依据；
- ◆ 实施方案：新增喷吹罐，从煤制气喷吹罐引一路煤粉管道，沿现有煤制气喷吹管线布到风口；
- ◆ 喷吹能力：20t/h（150kg/tHM）；
- ◆ 风口数量：24个。



### (4) 欧冶炉能效进一步提升

提高欧冶炉运行稳定性，进行产能攻关，最终达到**日产铁水4000吨以上**的目标：

- 开展**提高铁口稳定性**攻关；
- 提高气化炉炉内操作水平，优化风口气流速度及分布**；
- 结合**过筛焦沫试验**，提高焦沫的利用率，提高焦沫实际到风口的量，提高炉缸活跃程度；
- 开展竖炉炉料结构优化，**提高竖炉工作效率**，降低焦丁配比，**降低铁水成本**；
- 开展还原煤气综合利用，增加炉缸的工作均匀性；



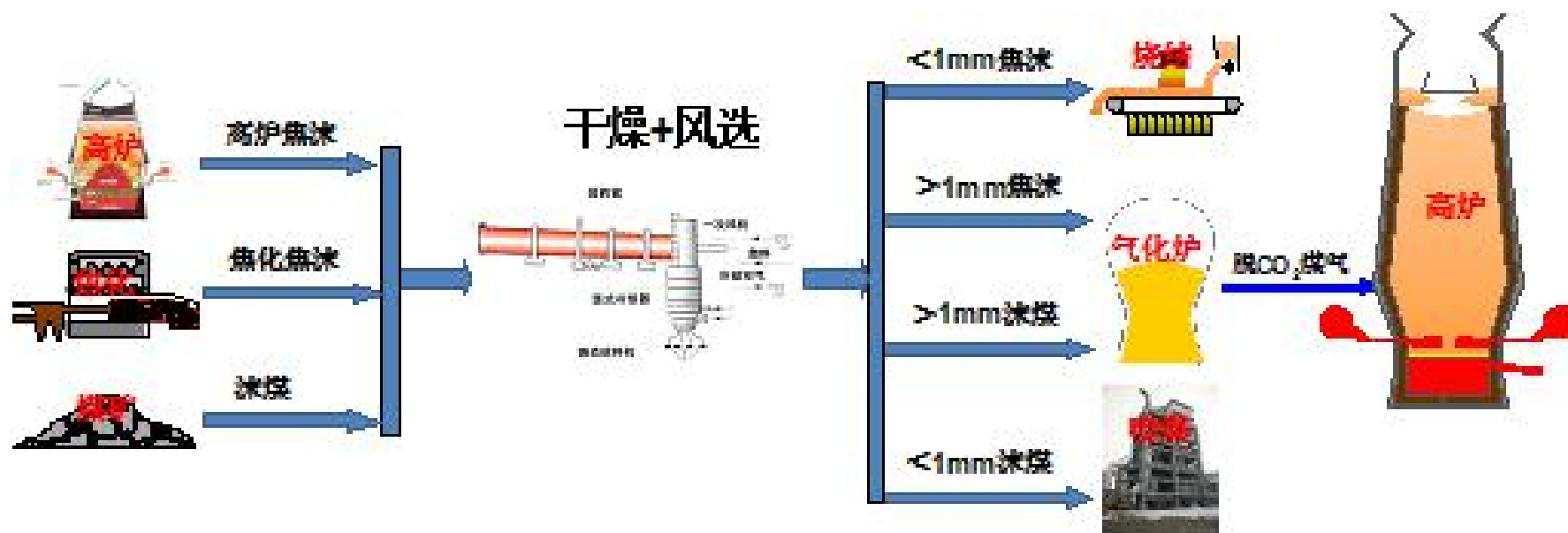
### (5) 开发城市资源，推进城市钢厂

- 目前已能够稳定处置厂内废油泥和部分厂内危废，已实现厂内的自净化功能。
- 办理欧冶炉处置社会废弃物的资质手续，已完成第三方的废弃物处置报告，为开发城市矿产资源做准备。



### (6) 与高炉资源耦合，资源高效利用思路

根据八钢欧冶炉、高炉、烧结、焦化的资源特点，通过干燥、分级利用高炉和焦化产生的焦沫以及欧冶炉的沫煤，降低燃料水分至8%以内，可提高炼铁厂内对小粒级资源的有效利用率，并提高欧冶炉指标，降低燃料比至750kg/t以内，欧冶炉煤气可供厂内高炉使用，实现全方位资源耦合。





感谢“全国炼铁装备工艺技术协同发展论坛”提供的平台，分享八一钢铁欧冶炉绿色低碳冶金实践生产运行情况，同时热烈欢迎同行同仁莅临新疆八一钢铁欧冶炉现场参观指导交流，为早日实现碳中和的宏伟愿景贡献炼铁人的力量！

# 感谢指导

