



首钢京唐公司
SHOUGANG JINGTANG COMPANY

产品一流 管理一流 环境一流 效益一流

首钢京唐优质带焙球团生产实践

2021年4月

李建华





目 录

一 首钢京唐球团简介

二 首钢京唐带式焙烧机工艺及设备简介

三 首钢京唐球团经济技术指标

四 炉大球比冶炼简介



首钢京唐公司
SHOUGANG JINGTANG COMPANY

产品一流 管理一流 环境一流 效益一流

一、首钢京唐球团简介

首钢京唐带式球团项目背景

- 首钢京唐钢铁厂是国家“十一五”重大工程，构建新一代可循环钢铁厂。
- 为5500m³高炉特大型高炉提供优质原料，“十一五”科技支撑计划项目。
- 铁前系统约占钢铁制造过程总能耗的70%，粉尘、固体废弃物及有害气体排放量的90%也集中在铁前系统。创新应用节能减排、低碳环保的造块工艺及装备是钢铁工业发展循环经济、节能减排、提高资源能源利用效率的重要关键技术。
- 在已有技术基础上，继承创新、集成创新，自主集成设计、自主建造中国第一台年产400万t、504m²大型带式焙烧机球团生产线，达到国际先进水平。



首钢京唐带式球团项目背景

- 高炉精料技术是实现炼铁工业“减量化”的重要支撑。
- 由于资源禀赋和技术传承等原因，我国长期以来一直以烧结矿作为主要原料。
- 近些年由于优质矿粉资源的劣化、生态环境与资源可获取性的影响，高炉炉料中增加球团矿的用量已经成为发展趋势。
- 球团矿与烧结矿相比，具有品位高、还原性好、粒度均匀、冷态强度高、生产能耗低、烟气排放少等优点。

首钢京唐球团投产时间



**1#线
一期**

2010年8月投产



**2#线
二期**

2019年5月投产



**3#线
二期**

2019年6月投产

原料成分

	TFe	SiO₂	CaO	FeO	Al₂O₃	MgO	P	S	K₂O	Na₂O	TiO₂	烧损
秘鲁矿	69.92	1.36	0.26	29.38	0.29	0.44	0.004	0.18	0.026	0.087	0.035	-2.83
海南粉	62.36	7.47	0.91	4.93	0.99	0.42	0.007	0.15	0.178	0.015	0.189	0.95
米纳斯	66.68	3.09	0.22	0.20	0.50	0.11	0.023	0.003	0.016	0.006	0.09	0.76
俄罗斯粉	63.67	0.97	0.51	24.44	1.66	5.12	0.051	0.30	0.046	0.029	1.44	-1.82
乌克兰粉	65.38	7.79	0.21	23.71	0.3	0.46	0.007	0.06	0.044	0.052	0.089	-1.76
巴烧粉	58.28	10.47	0.09	27.24	1.84	0.09	0.055	0.008	0.024	0.009	0.108	2.44



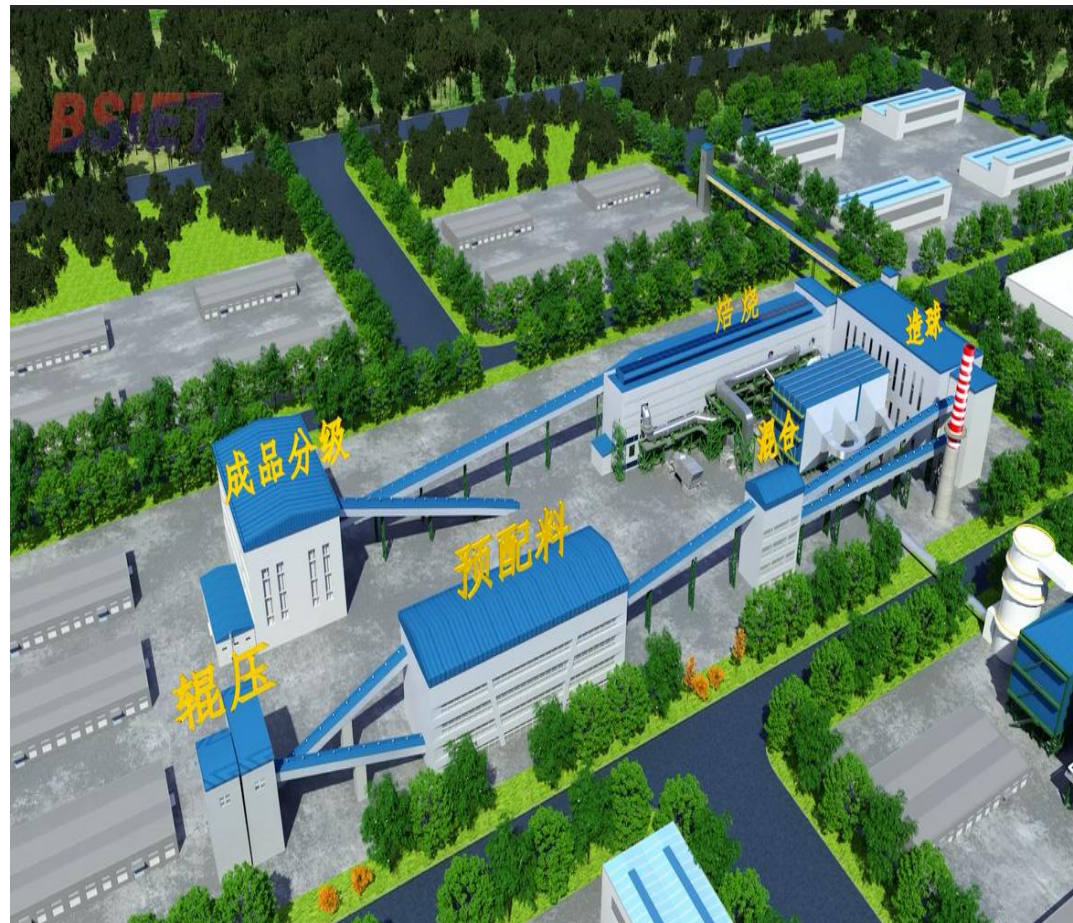
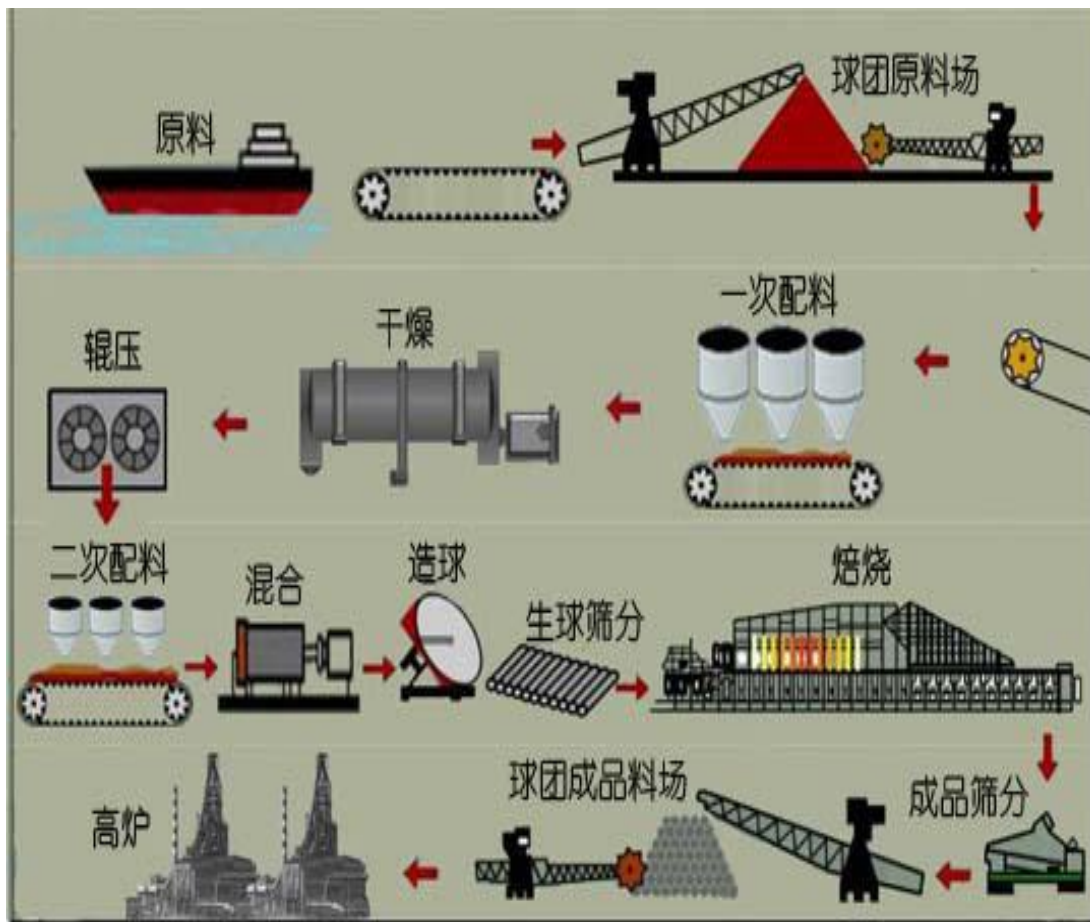
球团成分

指标	单位	酸球	碱球	镁球	钛球
TFe	%	66.2	65.7	65.8	52.9
SiO ₂	%	3.05	2.23	3.05	5.78
FeO	%	0.58	0.42	0.57	0.72
MgO	%	0.96	0.86	1.3	1.35
TiO ₂	%	0.09	0.07	0.09	12.5
碱度 (R)		0.26	1.1		
8-16mm	%	93.8	93.6	93.5	94.6
抗压强度	N.P ⁻¹	3350	3330	3360	2930
还原膨胀	%	12.2	16.5	13	10.1



二、首钢京唐球团工艺及设备简介

首钢京唐球团工艺流程



球团主要工艺及设备简介

一次配料

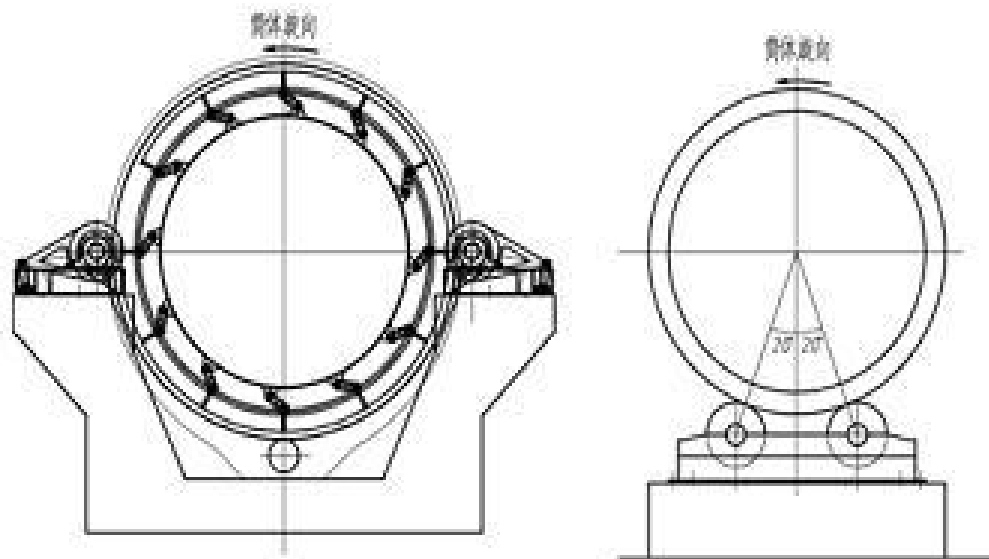
一次配料设有6个有效容积454m³的铁精矿仓，所有料仓设料位检测，采用称重式料位计，以检测料仓料位和指令供料系统操作，仓下采用稳流给料装置排料，定量给料机根据设定自动给料（1号线使用圆盘给料机排料）。各种铁原料按一定的比例配好后送往辊压室（或干燥系统）。



球团主要工艺及设备简介

干 燥

配备一台规格为 $\Phi 5.0 \times 22\text{m}$ 圆筒干燥机，液压驱动，利用高炉煤气作为热源，另外设计了旁路系统，当精矿水份满足造球要求，不需要干燥时，可由旁路系统将精矿运至辊压室。



球团主要工艺及设备简介

辊压

配备一台 $\Phi 1700 \times 1200$ 型高压辊磨机，对铁精矿进行辊压，以增加物料的比表面积，改善原料的成球性能。辊压机辊子直径1700 mm，辊子长度1100mm，处理能力700t/h。两个辊子分别由单独的传动装置传动，一个辊子固定在设备机架上，另外一个安装在滑轨上可以自由移动。移动辊通过液压缸产生压制力，使辊缝或压力保持恒定，压力可以调节。



辊压后的物料比表面积可提高 $300\text{cm}^2/\text{g}$ 左右，造球效果可以明显提高，造球返矿率能够下降3%左右；同等指标情况下，可电耗降低 $1.5\text{ kw}\cdot\text{h}/\text{t}$ ，煤气消耗降低 $2.9\text{ m}^3/\text{t}$ ，工序能耗降低 $1.9\text{ kg}/\text{t}$ 。

球团主要工艺及设备简介

二次配料

配料矿仓单列配置，共设11个料仓，3个混合精矿仓采用直托皮带秤进行配料，8个辅料仓采用减量秤配料，配比的设定值由PLC微机控制，自动调节。



序号	名称	数量	有效容积 (m ³)	比重 (t/m ³)	有效重量 (t)
1	除尘灰仓	2	238	1.8	428
2	石灰石仓	2	238	1.5	357
3	氧化镁粉仓	2	238	0.8	190
4	膨润土仓	2	238	0.8	190
5	铁精矿仓	3	480	2.2	1056

球团主要工艺及设备简介

混合



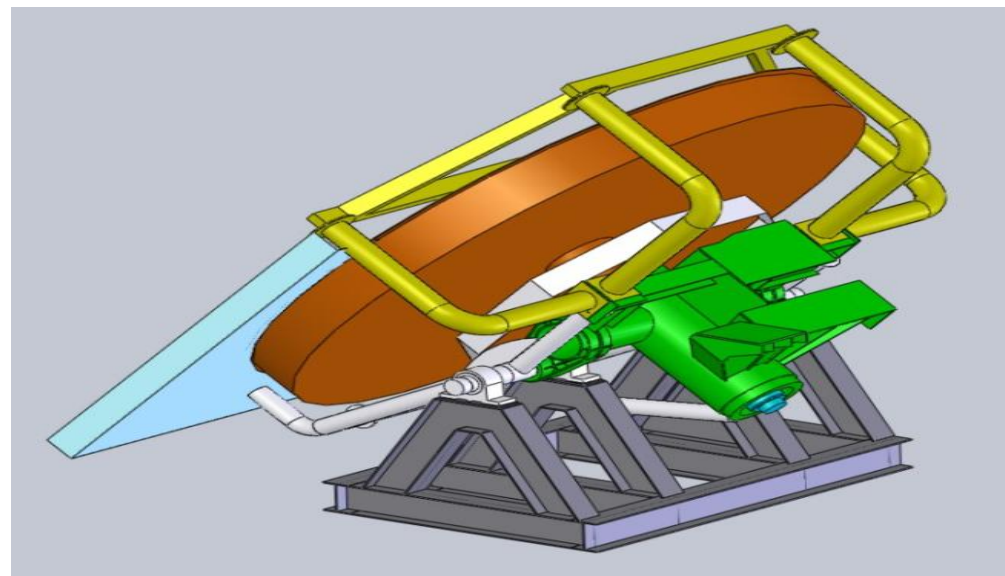
混合室配置一台卧式强力混合机，最大处理能力700 t/h，混合后含水量： $8.5 \pm 0.5\%$ ，偏差系数 $\leq 2\%$ ，混合效率 $\geq 98\%$ 。该设备混匀效果好，运转可靠，作业率高。混合室设有短路系统，当混合机故障或检修时可以通过短路系统将物料运至造球室。



球团主要工艺及设备简介

造球

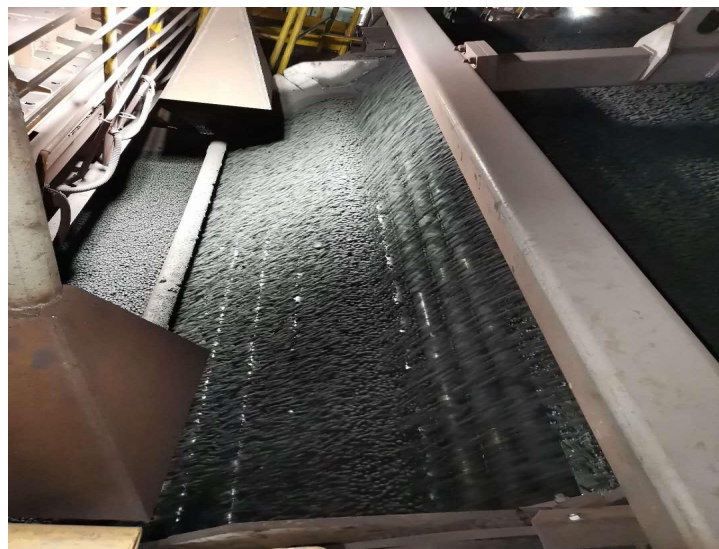
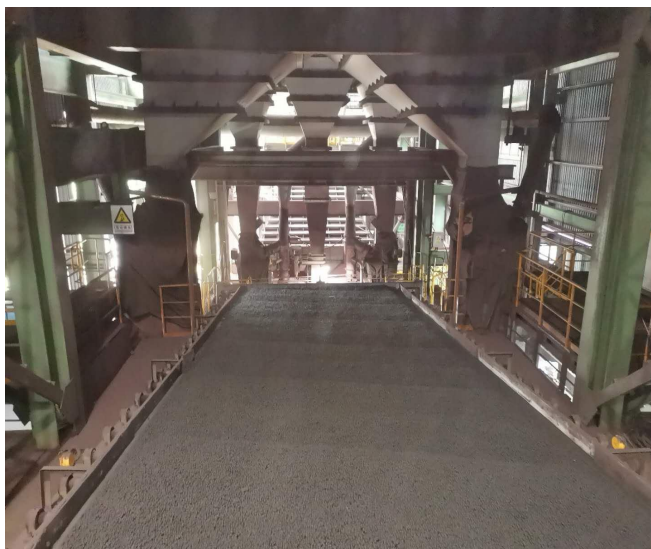
造球室设有8个混合料仓，每个混合料仓有效容积为 60m^3 ，对应8台直径7.5m圆盘造球机，单机生产能力 90 t/h 。混合料仓下采用可调速的直拖皮带秤给料，将混合料定量给到造球盘上，给料量的设定值由PLC微机控制，自动调节。为保证造球盘的成球质量，造球盘的转速和倾角均可调。每台造球机对应一台辊式筛分机，筛出小于 12mm 和大于 16mm 的不合格生球。



球团主要工艺及设备简介

筛分和布料

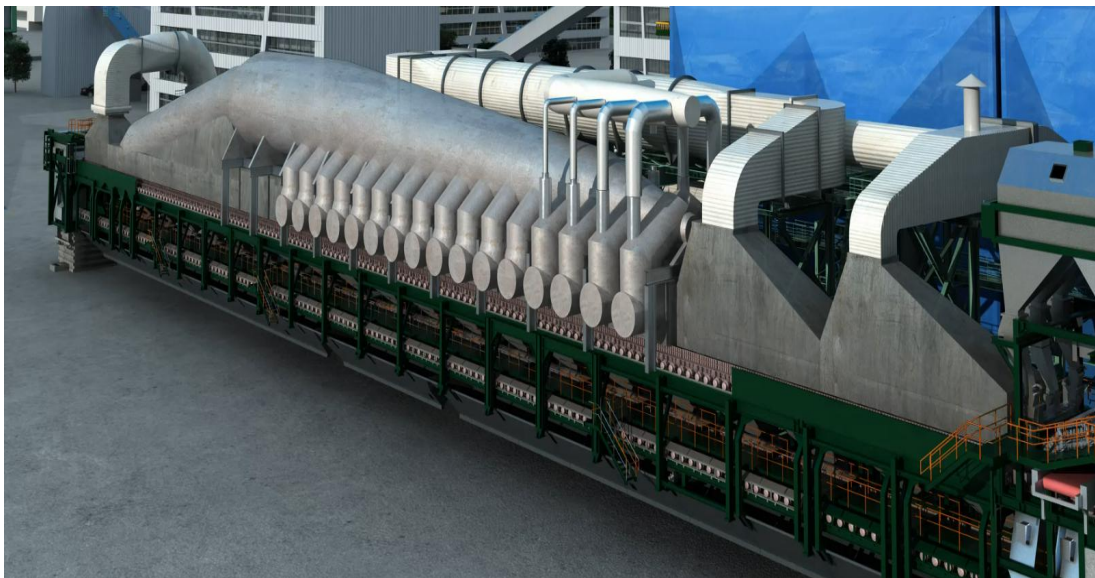
生球布料采用往复式布料器+宽皮带+分级布料双层辊筛一体化联合布料工艺，有效提高了布料精度，实现动态精准布料。宽皮带驱动采用变频调速，布料器头部伸缩采用移动布料小车，由液压缸驱动，移动小车速度与宽皮带带速相匹配，保证了料面的平整。双层辊筛实现分级布料，下层辊筛筛出8-12.5mm的生球布到台车下层，上层辊筛筛出12.5-16mm的大球布到台车上层，分级布料可以显著改善料层透气性，从而实现高效生产和能源的高效利用。



球团主要工艺及设备简介

焙烧

焙烧采用1台有效面积为504m²的带式焙烧机，带式焙烧机宽度为4m，有效长度为126 m，利用系数1.0 t/(m².h)，正常机速约3.2m/min，正常产量550 t/h，布料厚度约为450mm；配备192块台车，台车宽4m，长1.5m；风箱采用6m大风箱，以减少漏风率。带式焙烧机分鼓风干燥段、抽风干燥段、预热段、焙烧段、均热段和一冷段、二冷段共7个工艺段。利用焙烧机的燃烧系统和风流系统，使生球在焙烧机内完成从干燥到冷却的整个热工过程。

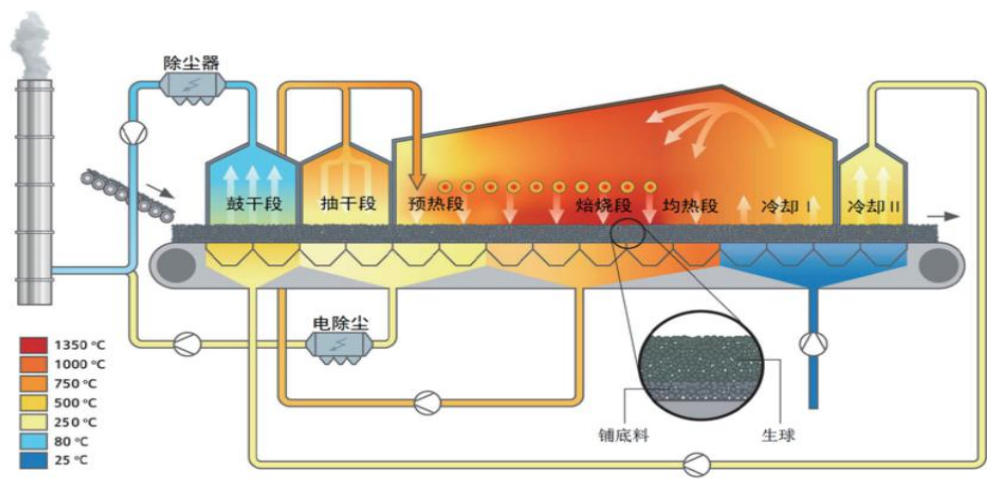


烟罩工艺段	风箱个数	面积/m ²	烟罩温度/℃
鼓风干燥	1.5	36	124
抽风干燥	2.5	60	340
预热	2.5	60	465-1263
焙烧	5.5	132	1320
均热	2.1	51.6	1130
冷却1段	4.9	116.4	1130-581
冷却2段	2	48	581-157
合计	21	504	

球团主要工艺及设备简介

焙烧机工艺风机和燃烧系统

五大风机：冷却鼓风机、回热风机、鼓风干燥引风机、鼓风干燥排风机、主抽风机和烧嘴助燃风机。工艺风机全部采用高压变频技术，节能效果非常显著。工艺风流为：冷却风机吸入环境空气鼓入一冷段和二冷段；II冷段的热风通过鼓风干燥引风机送到鼓风干燥段使用；I冷段的热风通过直接同流换热原理进入到均热、焙烧、预热段做助燃气体；均热、焙烧段的废气通过耐热风机循环到抽风干燥段使用；鼓风干燥段、抽风干燥段、预热段的废气由静电除尘器净化和烟气脱硫脱硝后排入大气。



工艺风机系统



烧嘴系统



球团主要工艺及设备简介

成品筛分系统

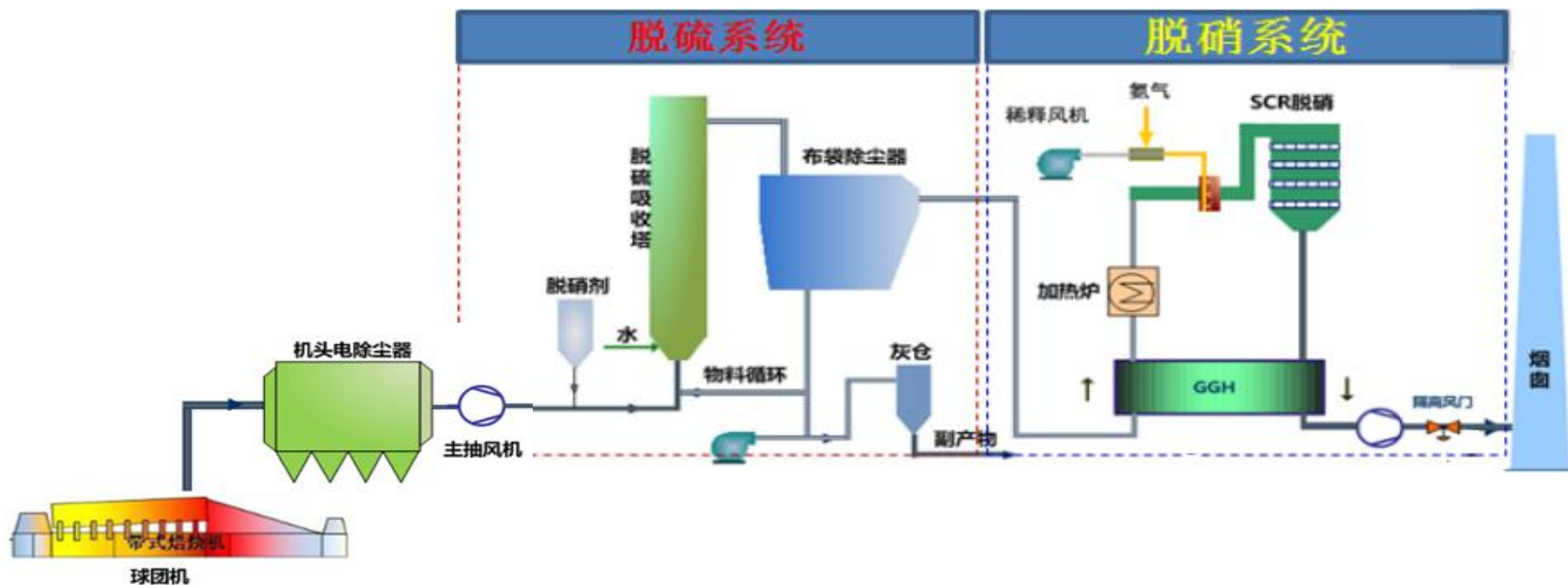
经焙烧机焙烧和冷却后的球团矿，通过胶带机送到成品分级站。通过底边料分离器分出一部分大于12.5 mm小于16mm粒级的成品作铺底、边料用，其它的成品球团矿用成品胶带机系统转运至高炉矿槽，也可通过皮带机运送至料场堆存。





脱硫脱硝主要工艺和设备简介

为最大程度减少废气污染，满足国家、省和市对于钢铁行业大气污染物达到超低排放的具体要求，京唐公司投资约6亿元，先后新建三套脱硫脱硝对球团烟气进行处理。脱硫脱硝采用“半干法循环流化床脱硫+中低温SCR脱硝工艺”，各项烟气排放指标均达超低排放标准。



脱硫脱硝各项参数

项 目	单 位	数 值
入口设计参数		
烟气量（工况）	m ³ /h	≤1800000
烟气温度	°C	120~160，极端250
含氧量	%	18~20
SO ₂ 浓度	mg/Nm ³	3000，干态
粉尘浓度	mg/Nm ³	≤50，干态
NO _x 浓度	mg/Nm ³	≤450，干态
出口设计参数		
SO ₂ 浓度	mg/Nm ³ (干态，16%氧)	≤35
NO _x 浓度	mg/Nm ³ (干态，16%氧)	≤50
粉尘浓度	mg/Nm ³ (干态，16%氧)	≤10
设备随机运行率	%	100

主要大气污染物排放浓度 mg/Nm ³			
	超低排控制标准 (干态，16%氧)	球团烟气 (干态，16%氧)	唐山标准(5.1) (干态，18%氧)
氮氧化物	≤50	≤45	≤30
二氧化硫	≤35	≤15	≤20
粉尘颗粒物	≤10	≤1.5	≤5





智能球团简介

2016年11月启动

2016年，京唐球团不满足于现有的智能控制状态，开始向智能无人化方向发展，京唐球团成为国内首家向智能化工厂发展的球团企业。

2017年项目实施

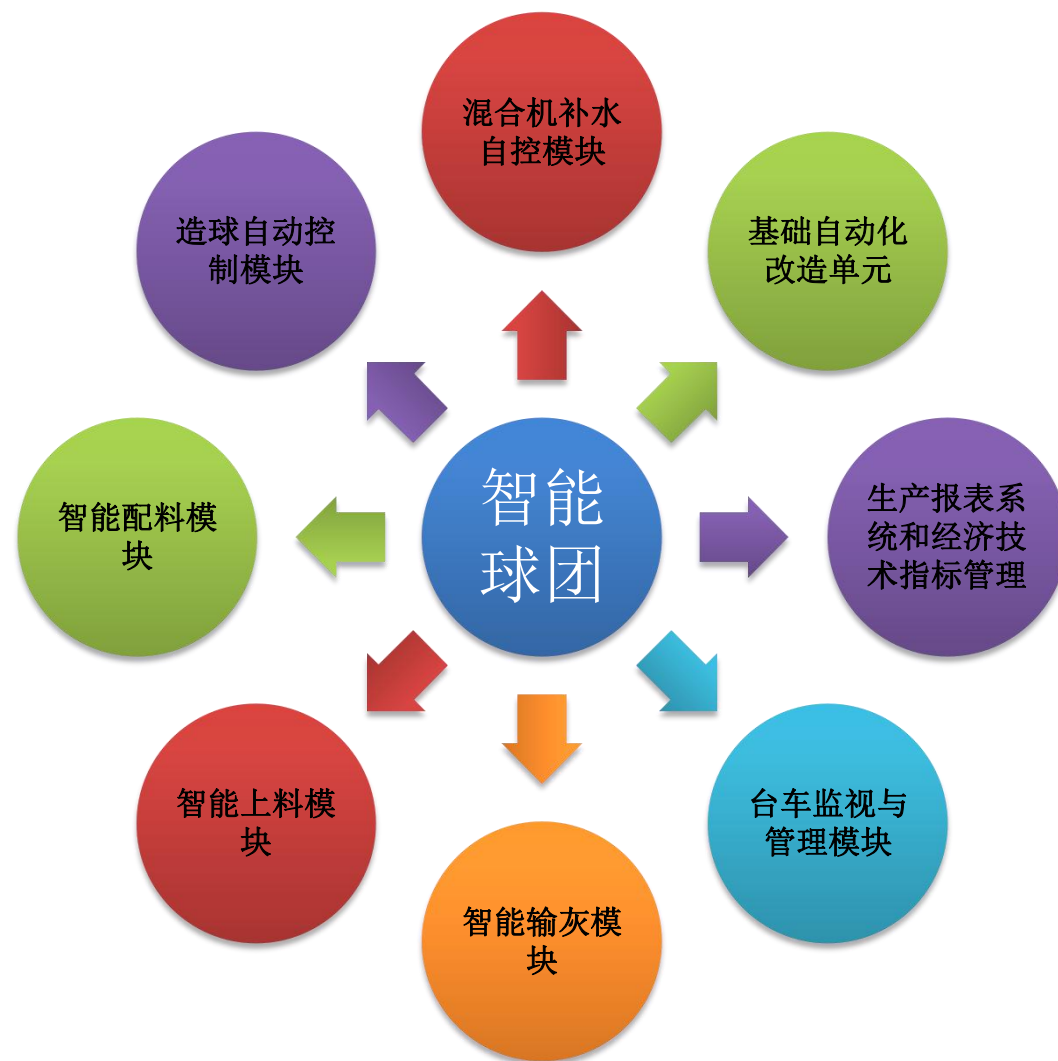
2017年，通过项目团队的不懈努力，最终确定了8个智能化模块来支撑智能化工厂的智能操作，历时一年完成智能球团项目的开发和调试。

2018年5月通过验收

2018年5月智能球团项目通过验收，填补了国内球团相关技术的空白。



八大智能模块





智能球团实现的功能作用

- 一 • 造球流程自动化控制
- 二 • 台车的跟踪控制
- 三 • 质量闭环管理控制
- 四 • 智能上料的所有功能控制
- 五 • 气力输灰的智能控制
- 六 • 原料水分的精确控制
- 七 • 推动设备、工艺创新进步



智能造球监控画面

高速摄像粒度分析仪





智能球团实施前：造球岗位
工现场盯盘操作

智能球团实施后：无人操作的造球盘，通过电脑的智能系统控制，自动调整转速、加料量和打水量。造球工在室内便能做到监控和调整。



球团生产工艺技术特性比较

项 目	带式焙烧机 (12%)	链篦机-回转窑 (50%)	评 价
单机能力	更大	较大	带式机925万t/a，回转窑600万t/a。
主机数量	1	3	由于流程短散热少，回热利用好，热能利用效率高、占地少，热耗低，粉尘少。
原料适应性	更强，各种原料均可	较差，以磁铁矿为主	带式机在预热和焙烧区段配置多个烧嘴，可灵活调整工艺，更适合难于焙烧的物料变化。操作人员少，运行成本低。
焙烧状态	静止	滚动	回转窑球团需要倒运，干球强度要求高，易产生粉料和结圈。带式机球团静止焙烧，膨润土添加量少，球团品位高。
生产操作	方便	较复杂	回转窑工艺流程长，热能利用效率低热工响应速度慢，调整复杂。带式机自控水平高，调整方便。

带式焙烧机缺点

- 带式焙烧机的建设一般适合于大型矿业公司和原料供应长期相当稳定的钢铁厂，对原料的稳定性要求高。
- 必须使用高热值的煤气或重油作燃料，使用煤的实践在工业上没有长期成功的经验。
- 成品球团的质量有上下分层不均匀的现象，由于球团在升温过程中，上下料层在各段炉罩的最高温度下停留时间的长短相差很大，因而会影响到成品球团矿的最终强度。
- 炉罩内温度和在台车上多多少少存在的边缘效应，也会影响成品球团矿的质量。

球团矿与烧结矿生产成本和烟气净化的指标对比

项目	球团矿生产	烧结生产	比较
铁矿粉原料价格, USD/t	75 (品位> 66%)	60 (品位 60%)	+15USD/t (100 元 /t)
成品矿品位, %	65	56.5	8.5% (120 元 /t)
电耗, kWh/t	32	43.5	-11.5 (73.6%)
工序能耗, kgce/t	24.5	50.5	-26 (48.5%)
加工费, 元 /t	60	115	-55 (52%)
粉尘排放, %	5.2	35.4	-30.2 (1/7)
SO ₂ 排放, %	20.1	67.0	-46.9 (1/3)
NO _x 排放, %	10.4	51.1	-40.7 (1/5)



全国带式焙烧机项目汇总

序号	球团厂名称	规模 (万吨)	设计单位	投产期日
1	鞍钢球团	200		1987年
2	包钢球团	500	首钢国际	2016年4月
3	首钢京唐炼铁球团1#线	360	首钢国际	2010年8月份
4	首钢京唐炼铁球团2#线	360	首钢国际	2019年5月份
5	首钢京唐炼铁球团3#线	360	首钢国际	2019年6月份
6	福建三钢闽光球团厂	200	中钢设备	2019年11月份
7	河钢乐亭钢铁股份有限公司1#线	480	中钢设备	2020年11月份
8	河钢乐亭钢铁股份有限公司2#线	480	中钢设备	2020年12月份
9	广西柳钢	400	中钢设备	2021年2月份
10	中天钢铁	400	首钢国际	在建
11	玉昆钢铁	400	首钢国际	在建
12	攀钢集团西昌钢钒公司	300	首钢国际	在建
13	马钢球团	400	中钢设备	在建
14	昆钢球团	260	中钢设备	在建
15	中钢滨海	480	中钢设备	在建
16	广西盛隆	350	中钢设备	在建



三、首钢京唐球团经济技术指标

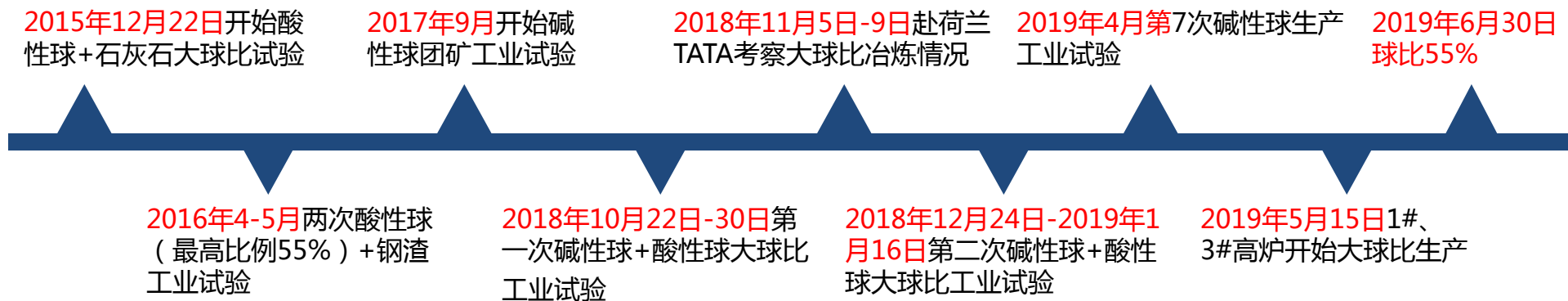
首钢京唐球团经济技术指标

年度	TFe (%)	FeO (%)	SiO ₂ (%)	抗压 (N/个球)	粒度 < 5mm (%)	质量合格率 (%)	电耗 kw·h/t	焦气消耗 (m ³ /t)	工序能耗 (kg/t)
2014	65.23	0.47	2.85	2695	0.35	99.66	23.03	27.81	20.06
2015	64.92	0.52	2.85	2594	0.34	99.60	21.61	28.33	20.19
2016	65.52	0.41	2.96	2827	0.34	99.14	24.22	26.50	19.47
2017	64.91	0.67	3.20	2704	0.28	99.71	23.01	27.89	23.61
2018	65.33	0.67	3.4	2792	0.24	99.68	28.86	28.67	24.74
2019	66.22	0.66	3.14	3016	0.26	99.82	33.43	23.54	23.7
2020	65.24	0.41	4.07	3199	0.21	99.76	33.37	22.87	22.5
最好水平	66.22	0.41	2.85	3387	0.21	99.82	21.61	22.87	19.47



四、高炉大球比生产及指标情况

首钢京唐高炉大球比生产历程



攻关历程：

2015年12月开始第一次高炉工业试验至2019年6月30日正式大球比生产，历经三年半的时间，首钢京唐大球比取得阶段性成功。目前，高炉保持球团比例50%以上稳定运行！

首钢京唐球团高炉大球比冶炼生产主要指标

指标	单位	2020年
利用系数	t/(m ³ .d)	2.331
焦比	kg/t	288
煤比	kg/t	157
燃料比	kg/t	481
工序能耗	kgce/t	357

首钢京唐高炉大球比对碳排放的影响

- 京唐球团工序能耗在19~21kgce/t，约占烧结工序能耗1/3左右。
- 发展球团工艺，提高球团矿入炉比率，有利于提高入炉品位，降低燃料比和渣比，减少铁前系统的CO₂排放，符合国家和世界冶炼事业节能减排的发展趋势。

大球比冶炼优势

01

有利于资源的高效利用

02

有利于改善高炉炉料结构，提高入炉矿综合品位

03

有利于高炉增产降耗，提高高炉利用系数，降低焦比

04

有利于降低铁前工序能耗

05

有利于实现铁前工序的清洁生产，减少粉尘、SO₂、NO_x、CO₂的排放量，
且球团生产工艺不产生二噁英

06

有利于降低生产成本

首钢京唐球团科技成果

项目	奖项	日期
京唐带式焙烧机球团原料配料及球团矿质量改善研究	首钢科技二等奖	2012年
京唐球团带式焙烧机造球系统新技术应用	首钢科技三等奖	2013年
低硅含镁球团矿生产工艺技术研究	首钢科技二等奖	2014年
大型带式焙烧机球团技术研究开发与创新应用	首钢科技一等奖	2014年
大型带式焙烧机球团技术研究开发与创新应用	冶金技术一等奖	2014年
钛镁低硅新型球团矿的开发及其在京唐超大型高炉中的应用	冶金技术一等奖	2016年
含钛含镁球团矿生产工艺研究	首钢科技一等奖	2016年
京唐带式焙烧机热工测试及工艺优化研究	首钢科技二等奖	2017年
富矿用于球团生产技术研究与应用	首钢科技二等奖	2018年
球团智能控制无人操作研发与应用	首钢科技二等奖	2019年
高铁低硅碱性球团矿的开发及应用技术研究	首钢科技一等奖	2020年
基于以秘鲁粉为主要原料的酸性球团质量优化控制	首钢科技三等奖	2020年



首钢京唐公司
SHOUGANG JINGTANG COMPANY

产品一流 管理一流 环境一流 效益一流

汇报完毕

谢谢观看！

