

5) 工艺水系统

工艺水系统包括工艺水箱、高压水泵、雾化喷枪、喷水量调节装置等。工艺水箱的进口管道须设置过滤装置,以确保进入工艺水箱水源的洁净。

脱硫除尘装置设置 2 台高压水泵,其中一台备用。

吸收塔的喷水量必须是通过出口温度自动调节。每个吸收塔的出口温度检测点不少于 3 个。

脱硫系统采用工业新水,水耗为 20t/h。

6) 脱硫灰库系统

脱硫灰库采用钢结构,脱硫灰库的有效容积按不小于 100m³ 设计。

脱硫灰库及其附属设备包括灰库本体、库顶除尘系统、卸料排气系统、库底输灰系统、楼梯平台栏杆等。

脱硫灰库配套散装机。

脱硫灰库密封,内表面平整光滑不积粉,所有内表面焊缝必须光滑,筒体为圆柱体。

脱硫灰库的底部锥体,内表面均布置流化板,并设置流化风进行流化,以避免下料系统的堵塞。

脱硫灰库设置高料位和连续料位计。

库顶设置布袋除尘器,满足超低排放标准颗粒物 $\leq 10\text{mg}/\text{m}^3$ 、真空释放阀以及检修平台。

(2) SCR 脱硝系统

1) SCR 脱硝工艺系统主要包括 GGH 换热系统、烟气加热系统、SCR 反应系统、氨水存储及供应系统等。

每套 SCR 反应器配置一套 GGH 换热器,利用 SCR 脱硝出口热烟气加热脱硫除尘后烟气。GGH 换热器选用优质产品,GGH 系统预留低泄漏系统,漏风率 $< 3\%$,GGH 阻力损失 $< 1800\text{Pa}$ 。GGH 烟气换热器包括烟气换热器本

体，吹灰系统等。脱硫后 GGH 入口温度 75~85℃，GGH 出口温度 $\geq 250^{\circ}\text{C}$ ；脱硝后 GGH 入口温度 280℃，GGH 出口温度 110~125℃。

GGH 烟气换热器设置两台电动马达驱动装置，一台主驱动，一台辅助驱动。若主驱动退出工作，辅助驱动自动切换，换热器满足厂用电失电时，转子停转而不发生损坏、变形。转动部位运转时，轴承振动值达到振动标准优良等级，轴承温升不超过环境温度 40℃。

GGH 烟气换热器采用可靠导向轴承和底部轴承设计，并配有润滑系统，润滑系统保证不漏油渗油，轴承箱采用可靠的密封装置和防尘设计。

GGH 换热器配套辅助吹扫系统，防止烟尘沉积，并注意耐磨和防腐。换热组件、密封件及易损件易于拆卸。

为补充换热温差及散热损失，系统需设置烟气加热系统，将原烟气温度稳定加热至 280℃ 以上，确保 SCR 脱硝处于最佳反应温度区。

烟气加热系统设置一套加热炉，加热炉使用还原炉煤气作为主燃料，配套流量计。加热炉选用行业内先进品牌，选型参数除满足系统正常运行外，考虑余量。加热炉还原炉煤气耗量为 $7200\text{Nm}^3/\text{h}$ （热值 $800\text{kcal}/\text{Nm}^3$ ），压力为 6~7kPa。

烟气加热系统主要包括加热炉本体、燃烧器、助燃空气系统、煤气系统、点火系统、氮气吹扫系统、煤气放散系统等以及相应的自动控制系统。

SCR 反应器入口设气流均布装置。内部各类加强板、支架设计成不易积灰的型式，同时考虑热膨胀的补偿措施。反应器将设置足够大小和数量的人孔门。

反应器材料采用 Q345 材质，能够承受内部压力、催化剂负荷和热应力等，整体使用寿命不低于 20 年。

反应器催化剂层间设计高度不小于 3 米，密封、防雨，设计尽量避免死角或灰尘积聚区，顶部不积水。

SCR 脱硝催化剂按照“2+1”设计，即初装 2 层，备用 1 层。脱硝催化

剂选择国内优质品牌中温催化剂，满足脱硝温度 280℃的运行要求。催化剂化学寿命为 24000h。催化剂模块设计有效防止烟气短路的密封系统，密封装置的寿命不低于催化剂的寿命。催化剂各层模块规格统一、具有互换性。催化剂的最终选型方案须经业主确认。

SCR 反应器设置一套氨/烟气混合均布系统，由氨/空气混合系统来的混合气体进入位于烟道内的氨注入格栅。

SCR 反应器在合理位置布置合理数目的吹灰器，能将催化剂中的积灰尽可能多地吹扫干净，尽可能避免因死角而造成催化剂失效导致脱硝效率的下降，反应器拟设声波吹灰器(备用层催化剂预留吹灰器接口，备用层吹灰器不配备)。SCR 备用层吹灰器设计并安装有设备检修平台。

该项目 SCR 脱硝还原剂采用氨水，设计一套完整的氨水存储及供应系统。氨水存储及供应系统，包括氨水卸料泵、氨水储罐（满足热造块机组 7 天用量），氨水输送泵、计量模块，排污泵等装置设备。在氨水蒸发区设置氨泄露报警仪，以检测氨气的泄漏，并显示大气中氨的浓度。当检测器测得大气中氨浓度过高时，在控制室会发出警报，操作人员采取必要的措施，以防止氨气泄漏的异常情况发生。氨水储存及供应系统设在炉后，采取措施与周围系统作适当隔离。

为保证氨水完全蒸发，配置一套完整的氨水蒸发系统，氨水蒸发采用热风蒸发，氨水蒸发器本体采用 304 不锈钢材质，热风通过稀释风机从烟道引出，进入氨水蒸发器。每套 SCR 反应器配置两套稀释风机，一用一备。同时配置一套喷氨格栅，氨水蒸发后的混合器通过喷氨格栅进入反应前的烟道，喷氨格栅的设计确保氨、烟气混合均匀。

2) 引风机系统

由于增加了循环流化床装置+中温 SCR 脱硝装置，原有主抽风机不能满足要求，需增加引风机克服脱硫脱硝系统的阻力。引风机选用动叶可调轴流风机，风量不小于 720000m³/h，风机全压为 8000Pa。

引风机电机配置软启动。

风机采用 10kV 高压供电。系统的主要电耗为风机, 风机功率为 2500kW。

(3) 仪表、控制系统及设备

提供一套完整、可靠、符合有关工业标准的脱硫脱硝除尘控制系统及设备, 该系统的设计满足整个脱硫脱硝除尘系统的自动调节要求, 保证系统在各种工况下安全稳定地运行, 确保脱硫脱硝除尘效率达到要求。

控制系统完成整个脱硫脱硝除尘系统内所有的测量、监视、控制、报警及保护和联锁等功能。

整个脱硫脱硝除尘系统的运行管理集中在控制室进行。

循环流化床装置设置一套 PLC 系统, 一套工程师站和一套操作员站。

脱硫进出口及脱硝出口设置烟气连续监测系统 (CEMS), 并在脱硝出口设置氨逃逸检测。

循环流化床装置及脱硫电控间设置火灾报警系统。

3.7.1.4 热造块余热回收

(1) 主要工艺流程

余热锅炉系统主要由烟气系统、汽-水系统及辅助系统组成。

1) 烟气系统

根据烟气余热回收的要求, 热造块回收段与非回收段之间设置隔离装置, 在回收段设置蒸发器、水预热器, 高温段的废气 (~350℃) 通过烟道进入余热锅炉, 进行回收利用。通过换热产生蒸汽, 换热后的锅炉出口低温废气排入大气。

烟道上应设置可靠的耐高温的非金属膨胀节, 满足烟道热膨胀时的伸缩量。废气回收烟罩采取密封措施, 保证烟气回收的温度和流量, 提高余热回收系统的稳定性和效率。

2) 汽-水系统

由厂区管网来的软化水进入热造块余热锅炉配带的除氧器, 除氧后的水

经过给水泵进入余热锅炉的预热器，经预热器加热后送入余热锅炉的锅筒，锅筒通过上升、下降管与蒸发器之间实现汽水循环，产生的饱和蒸汽送至过热器过热，产生 $\sim 10\text{t/h}$ ， 0.8MPa ， 220°C 的过热蒸汽，由过热蒸汽母管 $\phi 219 \times 6$ 全部送至混合机用户。

3) 辅助系统

辅助系统由排污系统、取样系统、加药系统、蒸汽放散、除灰系统等组成。

(2) 主要设备技术规格

本余热锅炉包括：余热锅炉本体、锅炉辅机等。

余热锅炉本体型式：自然循环、带冷机上布置、全钢结构。

锅炉主要技术参数：

蒸发量： 10t/h

额定蒸汽压力： 0.8MPa

额定蒸汽温度： 220°C

给水温度： 104°C

废气温度： 350°C （暂定）

排气温度： $\sim 200^\circ\text{C}$

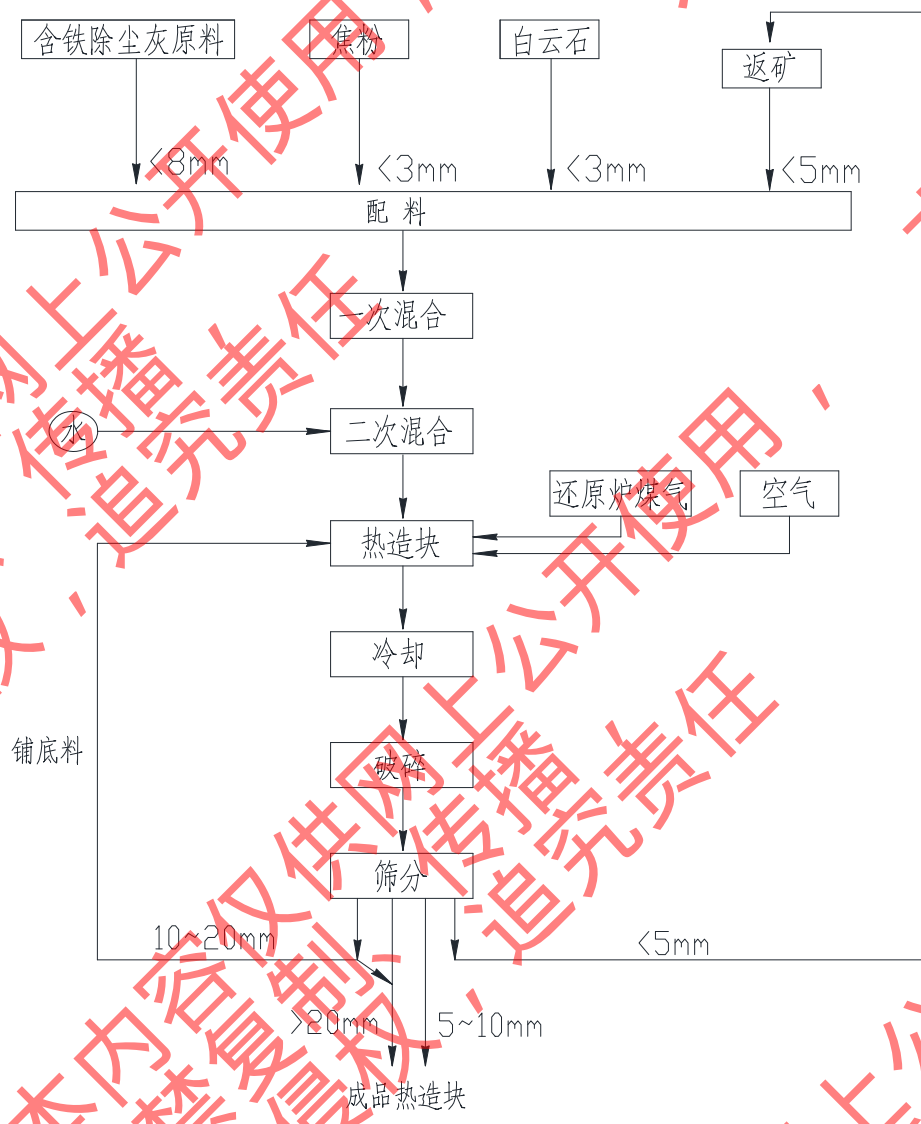


图 3-1 热造块工艺流程简图

3.7.2 熔分还原炉工艺设施

3.7.2.1 槽上供料系统

1、槽上供料系统工艺流程

熔分还原炉槽上供料系统以进入热造块（焦）槽系统前的转运站为起点（不含该转运站），从槽前转运站受料，通过胶带机将熔分还原炉所需原燃料送至熔分还原炉热造块（焦）槽。热造块、熔剂、燃料焦炭分别经槽上胶带机输送至熔分还原炉热造块（焦）槽，由卸料车分别卸入熔分还原炉热造块槽、熔剂槽和燃料焦炭槽。

矿（焦）槽上设 2 条运料胶带机，其流程分别如下：

热造块：1#供矿胶带机→环保卸料车→热造块槽；

熔剂、燃料焦炭：2#供矿胶带机→环保卸料车→熔剂、燃料焦炭槽；

2、槽上供料系统设备配置

槽上供料系统设备配置见下表。

表 3-5 槽上供料系统带式输送机技术参数表

序号	设备名称	带宽 (mm)	运输能力 (t/h)	带速 (m/s)	备注
1	1#供料胶带机	1000	600	1.6	热造块
2	2#供料胶带机	1000	600	1.6	燃料焦炭、熔剂

卸料车技术参数见下表。

表 3-6 卸料车参数表

序号	设备名称	数量	卸料方式	运输物料名称	带宽 mm
1	1#卸料车	1	单侧卸料	热造块	1000
2	2#卸料车	1	单侧卸料	燃料焦炭、熔剂	1000

3、控制与联锁

(1) 控制

熔分还原炉槽上供料系统由熔分还原炉主控楼设置集中控制，控制方式有自动控制、集中手动操作和机旁单机手动操作三种控制方式，自动控制和集中手动操作在控制室内完成。

当某热造块槽的料位计发出低料位信号时，控制卸料车的电动机启动，当卸料车到达该热造块槽（发出低料位信号的）位置时，接近开关发出信号控制卸料车电动机停止。同时接近开关的信号给原料场的 PLC，通过 PLC 指令原料场按逆料流顺序启动运输系统设备。

1) 自动控制

正常生产时采用自动控制功能，在控制室通过 PLC 实现。系统根据事先输入及设定的参数自动完成作业流程。

2) 集中手动操作

集中手动操作也是正常生产时采用的操作方式。其功能有集中手动连锁

操作，这是投产初期或是某一系统发生故障时所采用的操作方式。也可采用集中手动单机操作，在设备调试，处理突发事故时，解除 PLC 控制和解除手动连锁操作后采用的操作方式。

3) 机旁单机手动操作

设备单机调试、设备维修及处理现场突发事故时，采用的现场操作盘手动操作方式。

(2) 报警、检测与连锁

1) 启动警示与事故报警

在系统启动前，用声光信号警示现场人员注意安全，振铃信号延时 10~20 秒后启动系统。在设备启动后，声音信号停止。

每条带式输送机上都设置跑偏检测器、拉绳事故开关等，该检测元件与振铃或灯光等报警信号相联，当设备发生事故检测元件报警时，集中控制室内和现场应有声/光信号显示。

2) 检测及连锁

对带式输送机的跑偏状况进行检测，对热造块槽的低料位、高料位和超高料位进行检测。所有检测信号均可显示、自动报警及参与控制。

(3) 辅助设施

为改善劳动条件，满足环境保护要求，在带式输送机各转运点均设置通风除尘设施，除尘设施与工艺设备联动运行。热造块槽槽上除尘采用移动卸料车带车载式除尘器及槽上仓位抽尘两种方式同时进行除尘。

3.7.2.2 热造块槽系统

1、工艺布置及工艺流程

(1) 工艺布置

块、焦槽为单排一列式布置，分别贮存热造块、熔剂、燃料焦炭。

热造块、燃料焦炭入炉以前在槽下过筛，筛除 $<5\text{mm}$ 的粉矿和 $<25\text{mm}$ 的粉焦。粉矿、粉焦经胶带机运至粉矿仓、粉焦仓贮存，焦粉和粉矿经汽车

外运。

槽下热造块熔剂、燃料焦炭槽下均设称量漏斗，落至 TS101、TS102 矿石胶带机上，通过料坑处翻板机构运至料坑称量漏斗内，并经上料料车送入炉顶料罐。

(2) 工艺流程

矿石上料流程：热造块入还原炉前在槽下过筛，筛除小于 5mm 的粉矿，粒度合格的热造块、熔剂分别进入矿石称量斗。待得到熔分还原炉装料指令后，按预先设定的排料方式，将称量斗中的炉料排放到槽下 TS101、TS102 矿石胶带机上，通过料坑处翻板机构运至料坑称量漏斗内，并经上料料车送入炉顶料罐。

筛下的粉矿经粉矿胶带机、粉矿大倾角胶带机运至粉矿仓内贮存，通过汽车外运。

燃料焦炭上料流程：燃料焦炭在槽下分别筛分，筛除小于 25mm 的粉焦，粒度合格的燃料焦炭经过槽下 TS101、TS102 矿石胶带机上，通过料坑处翻板机构运至料坑称量漏斗内，并通过上料料车运至熔分还原炉炉顶料罐。

筛下的粉焦由粉焦胶带机、粉焦大倾角胶带机运至粉焦仓内贮存，通过汽车外运。

2、矿焦槽配置

块焦槽设置数量、容积及贮存时间见下表。

表 3-7 矿焦贮槽数量、容积及贮存时间表

序号	物料	数目 (个)	每个热造块槽		总容积与总容量		堆比重 (t/m³)	贮存时间 (h)
			容积(m³)	容量(t)	容积(m³)	容量(t)		
1	热造块	8	160	288	1220	2304	1.8	12.8
2	燃料焦炭	2+2	160/200	80/100	720	360	0.5	6
3	熔剂（一）	1	100	200	100	380	2	>16
4	熔剂（二）	1	90	180	90			
5	粉焦	1	80	40	80	40	0.5	11
6	粉热造块料	1	120	240	120	240	2	9

3、主要设备参数

(1) 燃料焦炭槽下设备

包括燃料焦炭槽手动闸门、给料机及燃料焦炭振动筛、燃料焦炭称量漏斗与闸门和粉焦胶带机等，设备规格见下表。

表 3-8 焦槽槽下设备规格表

序号	设备名称	数量 (套)	规格及性能	备注
1	燃料焦炭振动筛、给料机及闸门	4	Q=150t/h	
2	燃料焦炭称量漏斗及闸门	4	V=6.5m ³ ，液压驱动	
3	粉焦胶带机	1	B=650mm，V=1m/s，Q=50t/h	
4	粉焦大倾角胶带机	1	B=800mm，V=1.25m/s，Q=100t/h	
5	粉矿仓插板闸门	1	500×500mm	

(2) 热造块槽下设备

包括热造块手动闸门、给料机及振动筛，熔剂给料机及闸门，矿石称量漏斗及闸门，矿石胶带机、粉矿胶带机等，设备规格见下表。

表 3-9 热造块槽槽下设备规格表

序号	设备名称	数量 (台)	规格及性能	备注
1	热造块振动筛、给料机及闸门	8	Q=130t/h	
2	热造块称量漏斗及闸门	8	V=5m ³ ，液压驱动	
3	熔剂给料机及闸门	2	Q=100t/h	
4	熔剂称量漏斗及闸门	1	V=5m ³ ，液压驱动	
5	TS101 矿石胶带机	1	B=1000mm，Q=1000t/h（矿）/250t/h（焦），V=2m/s	
6	TS102 矿石胶带机	1	B=1000mm，Q1000t/h（矿）/250t/h（焦），V=2m/s	
7	粉矿胶带机	1	B=650mm，V=1m/s，Q=120t/h	
8	粉矿大倾角胶带机	1	B=800mm，V=1.25m/s，Q=150t/h	
9	粉矿仓插板闸门	1	500×500mm	

4、热造块槽液压系统

槽下称量漏斗闸门采用液压驱动，在槽下设置热造块槽液压站。热造块槽液压系统主要由主泵系统、循环系统、蓄能器站、油箱及辅件部分、阀台部分组成。

5、料坑设备

表 3-10 料坑设备规格表

序号	设备名称	数量 (台)	规格及性能	备注
1	料坑称量漏斗及闸门	2	V=6.5m ³ ，液压驱动	
2	料坑翻版机构	1	/	

熔分还原炉设料坑，料坑的倾角为 60.38°，料坑内设两个料坑称量漏斗，一个料坑称量漏斗在程序控制中用于发出有料和料空信号；另一个料坑称量漏斗，用于料坑称量漏斗发出料空及料满信号。料坑称量漏斗内的料分别卸入料车。料坑内设左、右料车轨道和护轨，料车将料坑称量漏斗内的炉料运往熔分还原炉炉顶。料坑内设置排水泵，排除料坑积水。

6、电气控制要求

(1) 电气控制

熔分还原炉矿（焦）槽系统的电气控制方式分为自动、手动和机旁手动三种。正常情况是在中控室内按预先编制的动作程序和动作条件自动运转，也可在中控室内通过手动控制方式对系统设备单独操作。机旁手动是解除联锁，仅在试车或检修时使用。

(2) 监测及安全保护

在关键部位设置各种控制和监视装置、安全保护装置。如：胶带输送机跑偏、拉绳等安全保护装置。在料坑设置摄像头，在中控室设工业电视，监视系统工作情况。炉顶料罐采用雷达料位计。

7、环保除尘要求

为了保护环境、改善工人工作条件，槽下系统的振动筛、称量漏斗、胶带输送机各转运站等产尘点设通风除尘设施。

3.7.2.3 斜桥上料系统

1、料车

料车有效容积：3m³

数量：2 台

2、料车卷扬机

数量：1 台（交流变频电机）

最大卷扬能力：~100kN

卷筒直径：1200mm

行程：60m

电动机功率：~160kW

电压：380V

卷扬机布置于卷扬机室内，为便于检修，卷扬机上方设置 10t 电动葫芦 2 台，1 台用于室内检修，1 台用于从地面向卷扬机室内吊装。

3.7.2.4 炉顶系统

炉顶采用串罐无料钟炉顶设备，采用斜桥上料。炉顶系统由炉顶装料设备、炉顶均排压设施、炉顶探尺、齿轮箱水冷和氮气密封系统、炉顶液压站和润滑站、炉顶检修设施、炉顶均压煤气回收系统、炉顶休风放散回收系统等组成。

1、炉顶设计参数及装料制度

基本装料制度为 2 车焦、2 车矿。

炉顶布料方式设置多环布料、单环布料、定点布料和扇形布料方式。多环布料设置自动和手动两种操作方式，定点布料和扇形布料仅在特殊情况时使用，只设手动操作。

可按重量法和时间法布料，每批料布料环数、每环上布的圈数，根据布料模型设定，并根据模型的推定来修正。

2、炉顶装料设备

（1）主要设备技术参数

无料钟炉顶装料设备主要技术参数如下。

表 3-11 无料钟炉顶主要设备规格

序号	项目	单位	数值
1	还原炉顶最大工作压力	MPa	0.20

序号	项目	单位	数值
2	还原炉顶设备压力值	MPa	0.23
3	还原炉顶煤气温度	℃	~150
4	料罐布置形式	/	串罐
5	受料斗、料罐有效容积	m ³	6
6	上料闸直径	mm	DN600
7	上密封阀直径	mm	DN700
8	料流调节阀直径	mm	DN600
9	下密封阀直径	mm	DN700
10	料流调节阀排料速度	m ³ /s	0.7（最大）
11	布料溜槽长度	mm	1600

（2）主要设备

炉顶装料设备主要由固定受料斗、料罐、阀箱、布料溜槽、传动齿轮箱等部件组成。

①固定受料斗

固定受料斗由料斗本体、柱塞闸等几部分组成。料斗本体为焊接结构，内部接触炉料部位设置可更换的耐磨衬板。柱塞闸用螺栓固定在料斗本体的内部，完全密封型，使下料粉尘尽量少排放到大气中，开闭采用液压传动。

②料罐

料罐由料罐本体、上密封阀及料罐称量装置组成。料罐本体为密闭容器，焊接结构。料罐本体内部接触炉料部位设置可更换的耐磨衬板，料罐本体上部设置均压口和检修孔等。上密封阀壳体焊接在料罐本体上部，阀门的开闭由旋转、压紧两个动作完成，采用液压传动，密封圈材质为硅橡胶，阀座设置蒸汽加热装置。

③阀箱

阀箱由壳体、料流调节阀和下密封阀组成，吊挂在料罐下部，与料罐一起参与称量。料流调节阀为球形对开式结构，开度由液压比例阀进行控制，由位置变送器监测，精度为 0.1°。下密封阀和上密封阀结构形式相同，由旋转、压紧两个动作完成阀门的开闭，采用液压传动，密封圈材质为硅橡胶，

阀座设置蒸汽加热装置，阀箱上还设置氮气接口和检修孔等。

④多重波纹管及过渡短管

多重波纹管安装在阀箱下端，其主要作用是保证料罐称量精度，吸收炉壳结构膨胀上涨，方便拆卸阀箱。波纹管内装有耐磨下料漏斗。

⑤布料溜槽及溜槽更换装置

布料溜槽长度为 1.6m。布料溜槽由传动齿轮箱驱动，可进行倾动和旋转，通过这两种运动方式不同组合，可将炉料布到炉喉上的任意位置。

⑥传动齿轮箱

传动齿轮箱，由箱体、差动行星减速器、回转支承、倾动减速器等组成。旋转和倾动均为电动。在齿轮箱接触炉内气流、受热辐射之处设置隔热层，以保护传动齿轮箱并减轻冷却系统热负荷。

3、炉顶均压系统

①炉顶均压系统

炉顶均压系统设置一次均压系统和二次均压系统。一次均压系统采用净熔分还原炉煤气，由 DN350 均压阀及相应管路组成。二次均压系统采用氮气，由 DN150 二次均压阀及配套阀组组成，氮气罐有效容积为 10m^3 ，设在炉顶大平台上。

为了在熔分还原炉检修时切断一次均压用净煤气，并将一次均压管道中的煤气放散掉，在一次均压阀上、下方各安装有盲板阀，在净煤气管道顶部安装有 DN350 净煤气放散阀。

一均及均压放散管道上设置手动盲板阀。

②炉顶排压系统

炉顶排压系统设置 2 路配置 DN350 均压放散阀的排压系统。

为减少排压时放散煤气产生的噪音污染，排压管道上设置一台消音器。

4、炉顶探尺

熔分还原炉设置两台交流紧凑式机械探尺，安装在炉体封板上，由卷筒

和传动装置集装在一起，形成一个紧凑的整体，交流电机传动，每套机械探尺装置还装有一台球阀和一个探头躲藏箱。机械探尺有自动和手动两种工作方式。两台探尺的探测料线范围为 0~10m，另安装一套雷达探尺。

5、齿轮箱水冷和氮气密封系统

传动齿轮箱采用开路高压净环水冷却系统，并设少量氮气密封，以维持齿轮箱正压，以免炉尘进入齿轮箱内。

冷却水循环量为： $\sim 20\text{m}^3/\text{h}$ ，进水温度 $<33^\circ\text{C}$ 。溜槽传动齿轮箱进出口压差 $\geq 0.1\text{MPa}$ 。

气密箱氮气密封系统与均压系统共用 1 台 10m^3 氮气罐，放在炉顶大平台上。

6、炉顶液压站和润滑站

炉顶液压站和润滑站位于炉顶大平台上，炉顶液压站由泵站、蓄能器站和阀台组成，主泵系统设置两台主泵电机组，一用一备。蓄能器可保证在断电时炉顶系统全部液压设备完成一次动作。阀台分为上、下密封阀回路、上料闸回路、料流调节阀回路、均压阀及均压放散阀、净煤气放散阀回路。炉顶放散阀、粗煤气放散阀也并入该系统。

炉顶设置双线干油集中润滑站，润滑站位于炉顶液压站。

为确保炉顶液压站的正常工作和安全，站内设置通风、火灾自动报警和消防设施。

7、炉顶检修设施

(1) 炉顶设置 1 台起重量 16t 电动葫芦，用于检修时吊装。

(2) 传动齿轮箱上方的平台梁下设置 4 台起重量 10 吨手拉葫芦，用于吊装、移动传动齿轮箱。

8、炉顶结构和布置

无料钟炉顶设备为自立式结构，布料溜槽及传动齿轮箱直接支撑于炉顶法兰上，料罐和阀箱等通过炉顶小框架支撑于炉顶封罩上，机械探尺支撑于

炉体封罩上。

炉顶设备安装或检修在吊装方向进行，部分梁和平台设置成可拆卸梁和活动盖板，在吊装设备时可临时拆除，吊装完毕后重新安装。

炉顶大平台上主要布置炉顶润滑站、氮气罐、氮气阀组及放置炉顶检修更换设备。各层平台均设两条走梯并分为两侧布置。

炉顶系统采用串罐式无料钟炉顶设备，采用斜桥上料。

炉顶系统由炉顶装料设备、炉顶均排压设施、炉顶探尺、齿轮箱水冷和氮气密封系统、炉顶液压站和润滑站、炉顶检修设施等组成。

9、炉顶环保除尘

为保护环境，炉顶设置抽风除尘设施，减少污染。炉顶设置消音器，减少噪音污染。同时设置炉顶大平台至地面的清灰管，将炉顶平台清理的积灰和垃圾集中收集处理。

为满足环保要求，炉顶设置均压煤气全回收系统和休风放散回收系统。

3.7.2.5 熔分还原炉系统

熔分还原炉系统由框架及平台、炉壳、冷却设备、冷却水系统、耐火材料、炉体检测及相关附属设备等组成。

1、熔分还原炉冷却系统

冷却系统的好坏直接关系到冷却元件的寿命，从而关系整个还原炉的寿命。炉体冷却壁（铁口区冷却壁除外）、炉底、风口大套、风口中套采用常压开路净环水冷却系统。铁口区冷却壁、风口小套、炉顶打水及炉顶用水采用高压开路净环水冷却系统。

（1）常压开路净环水冷却系统

从熔分还原炉循环水泵房出来的常压工业水供熔分还原炉炉体，由以下四部分组成：

①炉底冷却 $135\text{m}^3/\text{h}$ 。

②冷却壁冷却 $3051\text{m}^3/\text{h}$ ，其中炉底炉缸冷却壁水管为蛇形管，采用单

联或双联的连接方式，水量为 $1176\text{m}^3/\text{h}$ ；炉腹炉腰及炉身冷却壁为四进四出形式，采用“一串到顶”的连接方式，水量为 $1875\text{m}^3/\text{h}$ 。

③风口大套冷却 $180\text{m}^3/\text{h}$ 。

④风口中套冷却 $360\text{m}^3/\text{h}$ 。

合计冷却水量 $3726\text{m}^3/\text{h}$ 。

（2）高压工业水系统

为方便风口小套的检测，风口小套采用开路工业水循环冷却。即风口小套、铁口区冷却壁、炉顶打水、炉顶二冷用水等采用高压工业水冷却，合计冷却水量 $715\text{m}^3/\text{h}$ 。

2、炉体冷却设备

该项目冷却系统采用 100%冷却，冷却设备具体为：

炉底炉缸部位采用 5 段（包括风口段）光面灰铸铁冷却壁，材质为 HT150，理化性能符合 GB/T9439 要求。水管规格 $\Phi 60\times 6\text{mm}$ ，水管形式为蛇形管。

炉腹、炉腰及炉身中下部采用镶砖球墨铸铁冷却壁，材质为 QT400-20，理化性能符合 GB/T1348 要求。水管规格 $\Phi 60\times 6\text{mm}$ ，水管布置形式为四进四出布置。

炉身上部即炉喉钢砖以下设两段倒扣型冷却壁，冷却壁热面镶砖。冷却壁材质为 QT400-20，水管规格 $\Phi 60\times 6\text{mm}$ ，水管布置形式为四进四出布置。

炉喉部位设 2 段无水冷却式炉喉钢砖，材质选用铸钢。

3、炉体耐材砌筑

（1）炉底炉缸砌筑

炉底炉缸耐材结构设计方案为：炉底满铺 2 层半石墨炭砖，其上依次满铺 2 层微孔炭砖，炉底共砌 4 层大块炭砖。

满铺炭砖上砌 2 层刚玉莫来石陶瓷垫。为使炉底尽快形成锅状侵蚀进而减轻象脚区侵蚀，上层陶瓷垫中心部位采用高铝砖。

炉缸采用炭砖+陶瓷杯的结构，即炉缸异常侵蚀区和炉缸侧壁环砌大块

微孔炭砖，铁口以上至风口的炉缸区域环砌国产大块半石墨炭砖。死铁层和铁口区域的炭砖局部加长，炉缸炭砖内侧砌刚玉质陶瓷杯。

风口组合砖采用刚玉质组合砖，此外，为预防碱金属、锌等有害元素以及风口设备漏水对炭砖和炭素捣料的侵蚀，在风口组合砖下部加设铜板。

铁口区域采用刚玉质组合砖加浇注料。

炉底、炉缸炭砖与光面灰铸铁冷却壁之间，留有~80mm 填料缝，其间充填导热率与大块炭砖相近的炭素捣料 BFD-S9。

炉底冷却水管中心线以上至炉底密封板间，填以导热性能良好的炭素捣打料 BFD-S10，冷却水管中心线以下填充耐火浇注料 CN130。炉底密封板与炭素捣打料之间的缝隙用炭素胶泥灌实。

炉底封板上设置找平层，填以导热性能良好的炭素捣打料 BFD-S10，炉底设置排铅孔。

(2) 炉腹、炉腰及炉身中下部砌筑

炉腹、炉腰及炉身中下部 6~11 段冷却壁热面冷镶焙烧微孔铝炭砖。

(3) 炉身中上部砌筑

炉身上部第 12~14 段冷却壁热面冷镶磷酸盐浸渍粘土砖。

炉身最上部倒扣光面冷却壁和炉喉钢砖的背部均浇注粘土质浇注料。

(4) 炉顶封罩及炉身喷涂

炉顶封罩处采用 CMG-BF 喷涂料喷涂，炉身采用 CMG-SBF 喷涂料喷涂。

4、熔分还原炉检测系统

熔分还原炉系统设置完善的检测系统，不仅可以实现熔分还原炉安全生产，还可对生产过程进行有效监控，进而采取有效措施应对生产不稳定因素，最终实现熔分还原炉顺行、高产以及长寿。

该项目熔分还原炉除设置完善的温度、压力、流量检测点外，还设置炉底炉缸侵蚀模型、炉顶热成像等主要检测项目。

(1) 常规温度、压力、流量检测

炉缸炉底在炉衬和冷却壁上设置热电偶，用以检测炉缸炉底部位温度分布、推断炉缸炉底的侵蚀状况及冷却壁损坏状况。

炉腹以上冷却壁设置热电偶，用于检测炉衬侵蚀状况和冷却壁损坏状况。

(2) 熔分还原炉炉底、炉缸内衬烧蚀状况自动化诊断与报警系统

利用埋设在熔分还原炉炭砖内的专用测温传感器来检测熔分还原炉炉缸、炉底内衬立体空间的温度分布，借助于熔分还原炉内衬烧蚀数学模型和专用软件系统，通过计算机的信息处理技术来确立熔分还原炉炉底、炉缸的内衬烧蚀状况的自动化诊断与报警系统。使用该系统能够预防熔分还原炉炉底、炉缸发生烧穿事故，延长熔分还原炉的寿命，指导熔分还原炉安全生产。

(3) 炉顶热成像

设置炉顶热成像 1 台，其主要任务是观察炉顶料面煤气发展情况和布料溜槽工作情况，通过图象处理技术显示炉顶料面温度。热成像通过红外感光元件探测目标物体自身发出的远红外光线，根据远红外光线的强度计算目标物体每一点的温度，形成目标物体的视频图像。

(4) “象脚”侵蚀区炉壳温度检测

为了熔分还原炉操作的安全，做到及时发现和解决问题，在炉缸“象脚”侵蚀区设置炉壳温度检测点，并在主控室画面上显示。

(5) 设置风口摄像装置

5、熔分还原炉附属设备

(1) 熔分还原炉冷却设备

冷却设备是熔分还原炉的关键设备，具体结构见前面冷却结构的描述。

(2) 无水冷炉喉钢砖

炉喉钢砖采用 2 段无冷式结构，材质为铸钢。

(3) 炉顶打水装置

熔分还原炉设置 6 套炉顶雾化打水降温装置，主要任务是在炉顶煤气温