

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

T/

团 体 标 准

T/XXX XXXX—XXXX

钢铁企业超低排放设计规范·第3部分 烧结球团工序

Design code for ultra-low emission of iron and steel enterprises·Section 3
Sintering-and-Pelletizing

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

发 布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 有组织排放	2
4.1 一般要求	2
4.2 除尘设施	2
4.3 烧结机机头、球团焙烧脱硫脱硝	4
4.4 采样平台及采样口设置要求	7
4.5 在线监测（CEMS）及 DCS 系统设置要求	10
4.6 烧结球团工序超低排放指标限值	10
5 无组织排放	11
5.1 物料储存	11
5.2 物料输送	11
5.3 工艺过程	12
6 监测监控	12
6.1 高清视频监控	12
6.2 TSP 监测仪设置	12
6.3 空气质量微站点	12
6.4 无组织管控平台	12
附录 A（资料性） 钢铁企业烧结球团工序生产设施 DCS、治理设施运行关键参数	13

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国金属学会绿色制造标准化技术委员会提出。

本文件由中国金属学会绿色制造标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

引 言

为了在钢铁企业烧结球团工序废气超低排放设计施工中贯彻执行国家相关要求，在设计阶段引入超低排放理念，将其贯穿于钢铁企业烧结球团工序工程设计-施工-生产-运营全阶段，从而使钢铁企业烧结球团工序满足国家对超低排放的要求，解决设计及施工中遇到的问题，提高企业超低排放改造实施及管理能力，特制定本文件。

本文件T/CSM XX《钢铁企业超低排放设计规范》由8个部分构成

- 第1部分：钢铁企业超低排放设计规范 原料场工序；
- 第2部分：钢铁企业超低排放设计规范 焦化工序；
- 第3部分：钢铁企业超低排放设计规范 烧结球团工序；
- 第4部分：钢铁企业超低排放设计规范 高炉炼铁工序；
- 第5部分：钢铁企业超低排放设计规范 转炉炼钢工序；
- 第6部分：钢铁企业超低排放设计规范 电炉炼钢工序；
- 第7部分：钢铁企业超低排放设计规范 清洁运输；
- 第8部分：钢铁企业超低排放设计规范 管控系统。

钢铁企业超低排放设计规范：第3部分

烧结球团工序

1 范围

本文件规定了钢铁企业烧结球团工序，包括配料、混合、布料、烧结（焙烧）、冷却、成品整粒筛分等环节超低排放设计要求。

本文件适用于钢铁企业烧结球团工序超低排放治理工程的设计和运行管理，也可作为建设项目环境影响评价、环境保护设施的工程咨询、设计及建成后运行与管理的参考依据。

铁合金、铸造用生铁企业内的烧结球团工序，以及独立球团企业可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 4053（所有部分） 固定式钢梯及平台安全要求

GB/T 10054（所有部分） 货用施工升降机

GB/T 10060 电梯安装验收规范

GB/T 16758 排风罩的分类及技术条件

GB 51284 烟气脱硫工艺设计标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

烧结工序 sintering process

铁矿粉等含铁原料加入熔剂和固体燃料，按要求的比例配合，加水混合制粒后，平铺在烧结机台车上，经点火抽风，使其燃料燃烧，烧结料部分熔化黏结成块状的过程。

3.2

球团工序 Pellet process

铁精矿等原料与适量的膨润土均匀混合后，通过造球机造出生球，然后高温焙烧，使球团氧化固结的过程。

3.3

烧结（球团）设备 Sintering (pelletizing) equipment

生产烧结矿（球团矿）的烧结机，包括带式烧结机、竖炉、带式焙烧机和链篦机-回转窑等设备。

3.4

烧结球团工序废气 sintering pellets waste gas

铁矿粉烧结、球团生产过程中产生的含颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氟化物以及二噁英类等污染物废气。

3.5

密闭 closed

物料不与环境空气接触，或通过密封材料、密封设备与环境空气隔离的状态或作业方式。

3.6

密闭储存 closed storage

将物料储存于与环境空气隔离的建（构）筑物、设施、器具内的作业方式。

3.7

密闭输送 closed transfer

物料输送过程与环境空气隔离的作业方式。

3.8

封闭 separate

利用完整的围护结构将物料、作业场所等与周围空间阻隔的状态或作业方式。

3.9

封闭储存 separate storage

将物料储存于具有完整围墙（围挡）及屋顶结构的建筑物内的作业方式。

3.10

封闭输送 separate transfer

在完整的围护结构内进行物料输送的作业方式。

3.11

封闭车间 separate workshop

具有完整围墙（围挡）及屋顶结构的建筑物。

3.12

**连续在线监测系统 continuous emission monitoring system
CEMS**

连续监测固定污染源颗粒物和（或）气态污染物排放浓度和排放量。

3.13

**分布式控制系统 distributed control system
DCS**

以微处理器为基础，采用控制功能分散、显示操作集中，兼顾分而自治和综合协调的仪表控制系统。

4 有组织排放**4.1 一般要求**

4.1.1 烧结球团工序应积极采用减污降碳协同技术，优先从源头减少污染物产生；宜对可回收的物质、热量等进行回收利用。

4.1.2 烧结球团废气治理工程应符合国家、行业及地方现行有关工程质量、安全、超低排放、卫生、节能、消防等标准的规定。

4.2 除尘设施**4.2.1 基本要求**

4.2.1.1 按照“应收尽收”的原则设计各产尘点集尘罩的风量，集气罩设计应满足 GB/T 16758 的规定，应做到防止污染物外逸、尽量减小排风量、利于工艺设备的操作和检修。

4.2.1.2 当物料的含水率小于 8% 时，在装卸及转运过程中，应采取除尘措施。

- 4.2.1.3 各烟尘捕集点后设置除尘阀门，间歇运行除尘点根据工艺要求进行连锁控制。
- 4.2.1.4 宜采用高效节能袋式除尘技术，依据具体工况条件和要求确定滤袋的形式和滤料材质，宜采用覆膜滤料，废气中含磨琢性较强的粉尘时，如烧结矿整粒筛分废气，宜采用超细纤维面层梯度针刺/水刺滤料。除尘器阻力宜小于 1200Pa；漏风率小于 2%；除尘器进口应设置气流分布均流装置。
- 4.2.1.5 频繁启动或在不同工况间运行的除尘系统，风机宜配置调速装置。
- 4.2.1.6 除尘系统的排气筒一般应设在场（厂）区主导风向的下风侧。排气筒的出口直径应根据出口流速确定，流速宜取 15m/s 左右。当采用钢管烟囱且高度较高时或烟气流较大时，可适当提高出口流速至 20m/s~25 m/s 左右。
- 4.2.1.7 除尘系统的启动应先于工艺生产系统启动，工艺生产系统停机时除尘系统应延时停机，应在停机前将滤袋、箱体和灰斗内的粉尘全部清除和卸出。

4.2.2 原料准备与配料除尘

- 4.2.2.1 原料受料、贮存、转运、破碎筛分、配料等工序，应设置除尘装置。
- 4.2.2.2 给矿机卸料点、矿槽放料点、熔剂的破碎筛分设备、带式输送机转运点应采取密闭和除尘措施，宜选用袋式除尘器。
- 4.2.2.3 冷、热返矿转运扬尘点宜视总图位置并入配料、机尾或整粒除尘系统。
- 4.2.2.4 熔剂转运系统宜独立采用袋式除尘器并选用易清灰的滤料，除尘器收集的粉尘宜采用气力输送方式返回配料室的熔剂槽。
- 4.2.2.5 含铁原料转运系统应采用袋式除尘器，除尘器收集的粉尘宜返回配料室的含铁原料槽。
- 4.2.2.6 配料除尘应采用袋式除尘器。配料设置生石灰消化器时，宜独立设置除尘系统或与混合机共同设置并采用高效湿式除尘器，除尘管道应采取防堵塞措施，除尘器的排水宜进入一次混合机回收。
- 4.2.2.7 在矿槽上部移动的卸料车，宜设置移动抽风槽或车载移动除尘器等烟气捕集处理装置。

4.2.3 燃料破碎除尘

- 4.2.3.1 燃料破碎等粉尘爆炸危险场所的除尘系统按照不同工艺分区域相对独立设置，存在粉尘爆炸危险的工艺设备应当采用泄爆、隔爆、惰化、抑爆、抗爆等一种或者多种控爆措施，但不得单独采取隔爆措施。
- 4.2.3.2 燃料除尘系统应采用袋式除尘器，袋式除尘器的滤料应具有防静电功能；系统和设备应静电接地并设泄爆装置，除尘器收集的粉尘宜返回配料室的燃料槽。应当满足《粉尘防爆安全规程》的规定。

4.2.4 混合料除尘

- 4.2.4.1 进料胶带机头部应封闭接入除尘系统，一次混合机、二次混合机和混合料矿槽及转运点、梭式布料器宜采用高效湿式除尘器。
- 4.2.4.2 当有热返矿进入一次混合机或生石灰消化的配料时，混合机排料漏斗顶部及胶带机受料处应接入除尘系统。
- 4.2.4.3 采用热返矿配料时，宜在带式输送机两端或中部设密闭罩和除尘措施，在圆筒混合机两端和混合料槽顶部应设集尘罩，并对除尘管道采取保温措施。
- 4.2.4.4 一次混合机宜独立设置高效湿式除尘器；除尘器的排水，宜进入一次混合机回收；除尘管道应设置清扫孔、检修孔。
- 4.2.4.5 混合料工位若独立设置袋式除尘器，宜选用耐湿性滤料或塑烧板过滤元件。

4.2.5 烧结机机头除尘

- 4.2.5.1 烧结机头除尘系统设计应考虑烟气特性：烟气温度、含尘浓度、含湿量等。
- 4.2.5.2 烧结机头应独立设置除尘系统并采用电除尘器，电除尘器入口应设测温装置，壳体应保温，电场流速不宜大于 1.1m/s。机头电除尘器应至少采用四个电场，应与烧结机头烟气脱硫脱硝装置协同考虑，电除尘器出口排放浓度宜小于 50mg/Nm³。
- 4.2.5.3 电除尘器及降尘管的卸灰装置，宜采用双层卸灰阀。粉尘的输灰、贮灰宜采用机械输送至粉尘仓。前级电场收集的粉尘宜采用气力输送至配料室的除尘灰仓，后级电场收集的粉尘宜采用气力吸排车外运。

4.2.5.4 烧结机机头宜设烟气循环。烧结烟气循环的循环烟气量宜为正常烟气量的 25%~35%，循环风系统设置循环风机和高温除尘器，循环风机压力和主抽风机压力相匹配，在对应循环烟道和非循环烟道的相邻风箱设置风箱电动执行器。除尘器灰斗的除尘灰宜采用气力输送设备、罐车等密闭输送方式，整个烟气循环系统的粉尘不外泄。

4.2.6 烧结机机尾除尘

4.2.6.1 烧结机尾除尘系统设计应考虑烟气特性：烟气温度、含尘浓度、含湿量等。

4.2.6.2 在烧结机头部、尾部破碎、卸料及铺底料、热返矿、降尘管下胶带机转运处扬尘点应设置除尘设施。

4.2.6.3 冷却机受料、卸料处应设置除尘设施。应按照烧结矿冷却方式选择冷却机除尘措施。

4.2.6.4 烧结机尾应设大容积密闭罩，并将密闭罩延伸到真空箱总长的 1/3~1/2 部位。

4.2.6.5 烧结机室及冷却机除尘，宜合并设置一套机尾除尘系统，宜选用袋式除尘器或带预处理的袋式除尘器。

4.2.6.6 除尘器收集的粉尘宜返回配料室，或送往附近的粉尘处理室统一处理回收。

4.2.7 整粒筛分、成品矿槽除尘

4.2.7.1 固定筛、破碎机、振动筛、带式输送机转运点、成品矿槽顶部移动受料点和底部卸料点等工位应采取密闭和除尘措施。

4.2.7.2 在整粒筛分的生产系列与备用系列的除尘管路上，宜分别设置切换阀门且与工艺设备连锁。

4.2.7.3 成品矿槽上部移动卸矿车除尘，宜设置车载式除尘器、移动抽风槽或切换阀。成品矿槽下部卸料点较多且工艺允许时，可分组设置除尘管路并在每组管路上设置切换阀。

4.2.7.4 成品矿槽除尘和烧结矿整粒筛分除尘结合现场位置宜合并设置一套除尘系统；利用率较低的成品矿槽可独立设置除尘系统。

4.2.7.5 烧结矿整粒筛分、成品矿槽除尘宜采用袋式除尘器。

4.2.8 球团磨碎及干燥除尘

4.2.8.1 原料制备的干法磨碎机或湿法磨碎机均应设置除尘系统。

4.2.8.2 磨碎及干燥除尘系统宜采用袋式除尘器，对于含湿量高的含尘气体也可采用塑烧板除尘器。系统应采取保温等防结露措施。磨碎及干燥除尘系统设计应考虑含尘气体特性及含湿量。

4.2.8.3 除尘器收集的粉尘应返回原料系统利用。

4.2.9 球团焙烧机冷却除尘

4.2.9.1 带式焙烧机、链篦机-回转窑的鼓风干燥段，应设置除尘设施。

4.2.9.2 带式焙烧机、链篦机及冷却机的物料转运扬尘点应设置除尘设施。

4.2.9.3 焙烧及冷却的除尘系统，宜选用袋式除尘器或电除尘器，可采取防结露措施。除尘器收集的粉尘宜回收至原料系统。

4.2.9.4 带式烧结机、链篦机回转窑产生的废气宜循环用于预热、干燥及燃烧。

4.2.9.5 在竖炉炉顶、炉下的电振给料处应设置除尘设施。

4.2.9.6 成品矿筛分、带式输送机转运点、成品矿槽顶部受料点和底部卸料等扬尘点，应采用袋式除尘器，除尘器收集的粉尘应返回原料系统，用作造球原料。

4.3 烧结机机头、球团焙烧脱硫脱硝

4.3.1 基本要求

烧结机机头、球团焙烧烟气治理采用半干法脱硫+SCR脱硝，或湿法脱硫+SCR脱硝，或活性炭（焦）脱硫+SCR脱硝，或活性炭（焦）脱硫脱硝一体化工艺。其中链篦机回转窑可采用SNCR+SCR高温脱硝、半干法脱硫工艺，脱硫脱硝烟气分别取自不同的温度段。

不宜采用SCR脱硝+脱硫工艺，避免先脱硝产生的硫酸铵等导致催化剂堵塞、换热器堵塞等问题。

脱硝可采用选择性催化还原（SCR）工艺或设置独立脱硝段的活性炭（焦）工艺。鉴于氧化法脱硝不稳定，副产物不易处理，因而不宜采用氧化法脱硝。

烧结烟气脱硫的烟气量，宜采用烧结机（球团）主抽风机的烟气参数作为计算依据。

脱硫脱硝的总体布置应符合《钢铁冶金企业设计防火规范》GB50414和《钢铁企业总图运输设计规范》GB50603。

烧结球团烟气脱硫烟囱宜单独设置，不宜共用，以便烟囱上CEMS安装位置满足颗粒物测量断面风速 $\geq 5\text{m/s}$ 的要求。

增压风机选择参数的应有裕量，风量不宜小于最大设计工况下烟气量的110%。另加不应小于 10°C ~ 15°C 的温度裕量；增压风机的压头宜为最大设计工况下压头的120%。

主体工程启停机时应安排脱硫工程先开后停。

4.3.2 半干法脱硫+SCR脱硝

4.3.2.1 对于烟气中 SO_2 浓度低于 $3500\text{mg}/\text{Nm}^3$ 工况，可采用循环流化床（CFB）、密相干塔、旋转喷雾（SDA）等半干法脱硫工艺。

4.3.2.2 半干法脱硫+SCR脱硝工艺包含吸收剂制备、脱硫塔、脱硫除尘器、吸收剂再循环、脱硫副产物、还原剂存储及供应、SCR脱硝反应器、烟气加热系统、烟气换热器、烟气系统、公辅系统、自控及在线监测等系统。

4.3.2.3 CFB和密相干塔脱硫剂采用生石灰或消石灰，品质宜满足：生石灰中 $\text{CaO} \geq 85\%$ ，粒径 $\leq 1\text{mm}$ ， $T_{60} \leq 4\text{min}$ ；消石灰中 $\text{Ca}(\text{OH})_2 \geq 90\%$ （干基），酸不溶物 $\leq 3\%$ ，含水率 $\leq 1.5\%$ 。SDA脱硫剂宜采用生石灰， $\text{CaO} \geq 85\%$ ，粒度 $< 2\text{mm}$ ，活性满足加适量水（ 20°C ）后、3min内最小温升 40°C 、10min内达到最高温度的要求；浆液含固量按 $20\% \sim 25\%$ 配置。

4.3.2.4 脱硝还原剂常采用20%氨水或液氨。氨水蒸发宜采用脱硝后的高温净烟气进行加热。采用液氨作为还原剂时，多套脱硝系统应共用一套氨区，节省总图占地。

4.3.2.5 脱硫塔入口烟气温度按最大设计工况温度加 10°C ，出口温度按高于露点温度 15°C 以上考虑。

4.3.2.6 CFB及密相干塔脱硫塔钙硫比宜取 $1.2 \sim 1.5$ ；SDA钙硫比宜小于2。

4.3.2.7 消石灰仓有效容积应满足 $1\text{d} \sim 2\text{d}$ 的消耗量，消化器出力按不小于最大设计工况150%的消耗量选型。

4.3.2.8 CFB脱硫塔气速宜取 $3 \sim 6.5\text{m/s}$ ，塔内烟气停留时间宜取 $5\text{s} \sim 7\text{s}$ ；SDA吸收塔内停留时间宜取 $10\text{s} \sim 12\text{s}$ ，高径比宜取 $1.0 \sim 1.5$ 。

4.3.2.9 脱硫灰输送出力宜取最大脱硫灰产量的2倍。

4.3.2.10 CFB吸收塔压降设计值宜为 $1400\text{Pa} \sim 2200\text{Pa}$ ，SDA吸收塔压力降不宜大于 1200Pa 。

4.3.2.11 半干法脱硫设施应配备高效袋式除尘器；CFB脱硫袋式除尘器过滤风速宜不大于 $0.7\text{m}/\text{min}$ ；脱硫除尘器灰斗应设置连续料位计或称重式料位，CFB脱硫灰斗可以采用独立灰斗或船形灰斗；脱硫除尘器宜满足《袋式除尘工程通用技术规范》（HJ2020-2012）。

4.3.2.12 脱硫系统的脱硫剂制备系统、副产物系统，半干法脱硫系统除尘器下各层平台宜进行彩钢封闭；封闭时做好设备与框架外护板的顺水搭接，避免雨水进入封闭内。

4.3.2.13 脱硫系统的脱硫剂仓、副产物仓/灰库设置仓顶除尘器，仓顶除尘器出口颗粒物满足 $10\text{mg}/\text{Nm}^3$ ；或将排气口引至脱硫系统的布袋除尘器前。

4.3.2.14 宜采用中高温SCR脱硝，常采用 280°C 催化剂。为达到脱硝温度，系统设置GGH换热器和加热炉。GGH将脱硝后高温烟气与脱硝前的低温烟气进行换热，回收热量，减少加热炉的燃料耗量。GGH端差一般取 $\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，加热炉的升温亦在 30°C 左右。换热器漏风率需满足出口排放指标要求。

4.3.2.15 脱硝升温宜采用直燃炉，减少外燃式加热炉的炉膛和管道的热损失；升温装置的助燃风宜采用脱硝后的热烟气。

4.3.2.16 反应器内第一层催化剂入口应满足：温度分布偏差 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 以内；烟气速度方向偏角 $\pm 10^{\circ}$ 以内； NH_3/NO_x 摩尔比相对标准偏差 $\pm 5\%$ 以内；流速相对标准偏差 $\pm 15\%$ 以内。

4.3.3 湿法脱硫+SCR脱硝

4.3.3.1 湿法脱硫广泛适用。尤其对于 SO_2 浓度高于 $3500\text{mg}/\text{Nm}^3$ 或使用高硫原料地区（或有高硫原料运行工况）的，脱硫宜建议采用石灰石/石灰-石膏等湿法脱硫工艺或活性炭（焦）工艺；石灰石/石灰-石膏法脱硫根据供应条件选择石灰石或石灰作为脱硫剂，优先选用石灰石作为脱硫剂，降低脱硫剂成本。

- 4.3.3.2 湿法脱硫+SCR脱硝工艺包括吸收剂制备及供应、脱硫塔、脱硫副产物处理、废水处理、还原剂存储及供应、SCR脱硝反应器、烟气加热系统、烟气换热器、烟气系统、公辅系统、自控及在线监测等系统。
- 4.3.3.3 石灰石（石灰）-石膏法的脱硫剂品质应满足 GB51284《烟气脱硫工艺设计标准》中 4.2 条要求。脱硫剂仓设置仓顶除尘器，除尘器出口颗粒物满足 $10\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。脱硝还原剂常采用 20%氨水或液氨。氨水蒸发宜采用脱硝后的高温净烟气进行加热。采用液氨作为还原剂时，多套脱硝系统应共用一套氨区，节省总图占地。
- 4.3.3.4 吸收塔可采用喷淋空塔、复合塔和 pH 值分区塔。复合塔包括沸腾泡沫、旋流鼓泡、托盘、湍流管栅等；pH 值分区塔包括单塔双 pH 值、双塔双 pH 值等。
- 4.3.3.5 吸收塔烟气区空塔截面尺寸宜保证最不利设计条件下空塔流速不大于 $3.8\text{m}/\text{s}$ ；喷淋层不宜少于 4 层，层间距不宜小于 1.8m 。液气比的选择应考虑入口烟气条件、脱硫效率、喷淋覆盖率等因素。喷嘴宜采用空心结构，喷嘴覆盖率宜取 $200\%\sim 300\%$ 。
- 4.3.3.6 吸收塔浆池容积宜保证吸收塔浆池浆液循环停留时间不小于 4.2min 。
- 4.3.3.7 采用石灰石为吸收剂时，吸收塔浆液的 pH 值宜控制在 $4.7\sim 6.0$ 之间。采用石灰为吸收剂时，吸收塔浆液的 pH 值宜控制在 $5.2\sim 6.5$ 之间。对于单塔双循环和双塔双循环等 pH 分区工艺，一级循环浆液 pH 取低值，二级循环浆液 pH 值取高值。
- 4.3.3.8 吸收系统钙硫比（Ca/S）不宜超过 1.03。
- 4.3.3.9 吸收塔浆液循环泵和喷淋层应按单元制设置并宜设置备用喷淋层和备用浆液泵。
- 4.3.3.10 采用高效除雾器。湿法脱硫设施需配备三级除雾器，湿式电除尘器或管束式除尘除雾器进行深度除雾除尘；吸收塔除雾器除雾性能应能确保烟气中液滴全含量不大于 $50\text{mg}/\text{m}^3$ （干基折算）。除雾器优先采用屋脊式，或采用管式除雾器与屋脊式除雾器组合方式。湿式电除尘器电场风速宜不大于 $2\text{m}/\text{s}$ 。
- 4.3.3.11 湿法脱硫塔入口粉尘浓度宜小于 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。
- 4.3.3.12 氧化风机的风量应按照实际供氧量不小于理论耗氧量 300%的原则确定，并应满足氧化率不小于 98%的要求。
- 4.3.3.13 宜采用中高温 SCR 脱硝，常采用 280°C 催化剂。为达到脱硝温度，系统设置 GGH 换热器和加热炉。GGH 将脱硝后高温烟气与脱硝前的低温烟气进行换热，回收热量，减少加热炉的燃料耗量。GGH 端差一般取 $\sim 30^\circ\text{C}$ ，加热炉的升温亦在 30°C 左右。换热器漏风率需满足出口排放指标要求。湿法脱硫出口烟气宜先进行冷凝除水或预加热除湿，然后进入 GGH 换热器。
- 4.3.3.14 脱硝升温宜采用直燃炉，减少外燃式加热炉的炉膛和管道的热损失；升温装置的助燃风宜采用脱硝后的热烟气。
- 4.3.3.15 反应器内第一层催化剂入口应满足：温度分布偏差 $\pm 10^\circ\text{C}$ 以内；烟气速度方向偏角 $\pm 10^\circ$ 以内； NH_3/NO_x 摩尔比相对标准偏差 $\pm 5\%$ 以内；流速相对标准偏差 $\pm 15\%$ 以内。
- #### 4.3.4 活性炭脱硫脱硝
- 4.3.4.1 活性炭脱硫效果显著，适用于 SO_2 5000ppm 以下的烟气；采用活性炭脱硫脱硝时，要综合评估 SO_2 解析气的处理，对 SO_2 副产品系统的废水进行有效处理。可采用活性炭（焦）脱硫脱硝一体化工艺、有独立脱硝段的两级活性炭（焦）工艺，或活性炭（焦）脱硫+SCR 脱硝。当活性炭脱硫脱硝设施后如颗粒物不能满足要求的，配备袋式除尘器，袋式除尘器防爆设计，设置泄爆装置，并选用防静电和防油滤料。
- 4.3.4.2 活性炭（焦）法脱硫应由吸附塔、解析塔、活性炭（焦）输送、还原剂存储及供应、烟气降温系统、烟气系统、 SO_2 回收系统、废水处理、公辅系统、自控及在线监测系统等组成。增压风机设置在吸附塔前。
- 4.3.4.3 活性炭（焦）的品质应满足 GB51284《烟气脱硫工艺设计标准》中 9.2 条要求，或满足《烟气集成净化专用碳基产品》（GB/T35254）要求。脱硝还原剂常采用 20%氨水或液氨。
- 4.3.4.4 采用活性炭脱硫+SCR 脱硝工艺时，脱硝可采用中低温 SCR，配置加热炉进行烟气升温，不设置 GGH 换热器。
- 4.3.4.5 入口烟气颗粒物浓度不宜大于 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。入口烟气温度根据 SO_2 浓度确定，保证吸附塔床层温度不高于 150°C ，因而脱硫入口应配置烟气降温系统。

4.3.4.6 吸收塔空速应根据烟气特性选择，脱硫工况空速宜取 250h⁻¹~500h⁻¹，其取值应根据烟气中的二氧化硫浓度和活性焦特性经实验确定，原烟气二氧化硫浓度高，吸收塔空速宜取较低值，原烟气二氧化硫浓度低，吸收塔空速宜取较高值。活性炭脱硝段设计标况空速宜不大于 500h⁻¹。

4.3.4.7 活性焦的再生温度一般控制在 400℃~450℃之间，再生段活性焦的停留时间应选取 1h~2h。

4.3.4.8 对于逆流塔，喷氨在吸附塔的脱硫段后进行，可通过增加脱硝段的活性炭床层厚度来满足脱硝效率。对于错流塔，可采用增加一级脱硝塔来满足脱硝效率。

4.3.4.9 吸附塔烟气设计工况流速宜为 0.1~0.4m/s，活性炭床层移动速度宜控制在 0.1m/h~0.3m/h。

4.3.4.10 活性炭输送系统设计能力不小于设计工况下活性炭循环量的 1.2 倍。活性炭输送宜用 Z 字形链斗机。活性焦损耗率宜不大于 1.0%。

4.3.4.11 采用两级活性炭脱硫脱硝工艺时，二级脱硝段吸附塔数量可根据计算少于一级，但烟气流速不应过高，导致出口颗粒物超标；也可只对部分烟气进行二级脱硝。

4.4 采样平台及采样口设置要求

4.4.1 采样点位

4.4.1.1 采样点位应设置在规则的圆形、矩形排气筒/烟道上的竖直段或水平段，并避开拉筋、避开对测试人员操作有危险的场所。

4.4.1.2 对于输送高温或有毒有害气体的排气筒/烟道，监测断面一般设置在排气筒/烟道的负压段，相关标准有特殊要求的除外。

4.4.1.3 圆形排气筒/烟道采样点位应避开弯头和断面急剧变化的部位，设置在距弯头、阀门、变径管下游方向≥4 倍烟道直径，以及距上述部件上游方向≥2 倍烟道直径处。排气筒出口处视为变径。对于矩形排气筒/烟道，以当量直径计，其当量直径按公式（1）计算。

$$D = \frac{2 \times L \times W}{L + W} \dots\dots\dots (1)$$

式中：D——当量直径，m；

L——矩形排气筒/烟道的长度，m；

W——矩形排气筒/烟道的宽度，m。

4.4.1.4 对无法满足 4.4.1.3 要求的，应尽可能选择流场均匀稳定的监测断面，避开涡流区，并采取相应措施保证监测断面废气分布相对均匀，断面无紊流，流速相对均方差 $\sigma_r \leq 0.15$ 。 σ_r 按照式（2）计算。

$$\sigma_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2}{(n-1) \times \bar{v}^2}} \dots\dots\dots (2)$$

式中： σ_r ——流速相对均方差；

v_i ——测点废气流速，m/s；

\bar{v} ——截面废气平均流速，m/s；

n ——截面上的速度测点数目，测点的选择按照HJ/T 397执行。当 $n > 1$ 时，按照式（2）计算 σ_r ；当 $n = 1$ 时，在监测断面中心点处单点监测。

4.4.1.5 排气筒/烟道直径应大于 0.2m，内壁材质选用应避免对排放污染物产生吸附或其他物理化学反应。

4.4.1.6 采样点位宜设置在废气流速大于 5m/s 的断面。

4.4.2 采样孔

4.4.2.1 采样孔内径设置在 80mm~120mm 之间，采样孔外沿距离排气筒/烟道或保温层外壁距离应≤ 50 mm。

4.4.2.2 采样孔应符合排气筒/烟道的密封要求，封闭形式宜优先参照 HG/T 21533、HG/T 21534、HG/T 21535 设计为快开方式。采用盖板、管堵或管帽等封闭的，应在监测时容易打开（见图 1）。

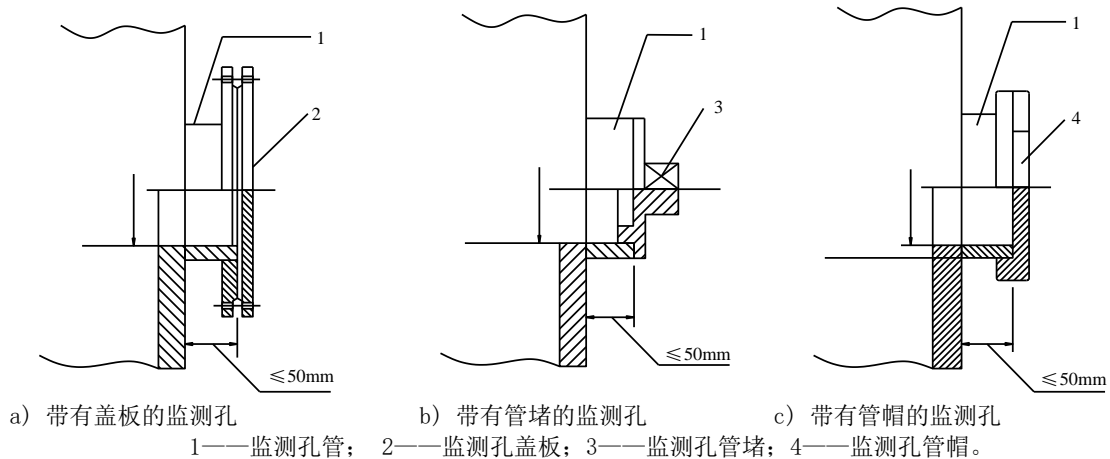
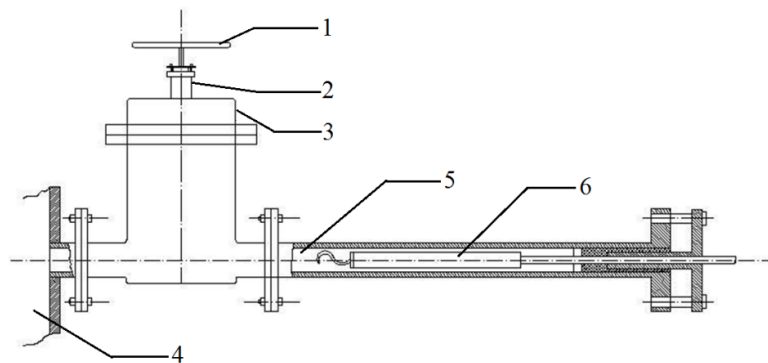


图1 不同封闭形式的监测孔示意图

4.4.2.3 对正压下输送高温或有毒有害气体的排气筒/烟道，应安装带有闸板阀的密封防喷监测孔，监测孔外沿距离排气筒/烟道或保温层外壁距离可超过 4.4.2.1 要求（见图 2）。

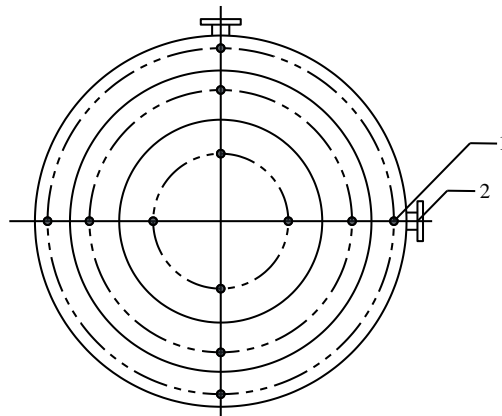


1——闸板阀手轮； 2——闸板阀阀杆； 3——闸板阀阀体； 4——排气筒/烟道； 5——监测孔管； 6——采样探杆。

图2 带有闸板阀的密封监测孔示意图

4.4.2.4 法兰、闸板阀等部件伸入排气筒/烟道部分应与其内壁平齐。

4.4.2.5 圆形垂直排气筒/烟道直径 $D \leq 1$ m 时，至少设置 1 个手工监测孔； $1 \text{ m} < D \leq 3.5$ m 时，至少设置相互垂直的 2 个手工监测孔； $D > 3.5$ m 时，至少设置相互垂直的 4 个手工监测孔。圆形水平排气筒/烟道直径 $D \leq 3.5$ m 时，至少在侧面水平位置设置 1 个手工监测孔； $D > 3.5$ m 时，至少在两侧水平对称的位置设置 2 个手工监测孔。监测孔应设在直径线上，具体开孔方式如图 3 所示。

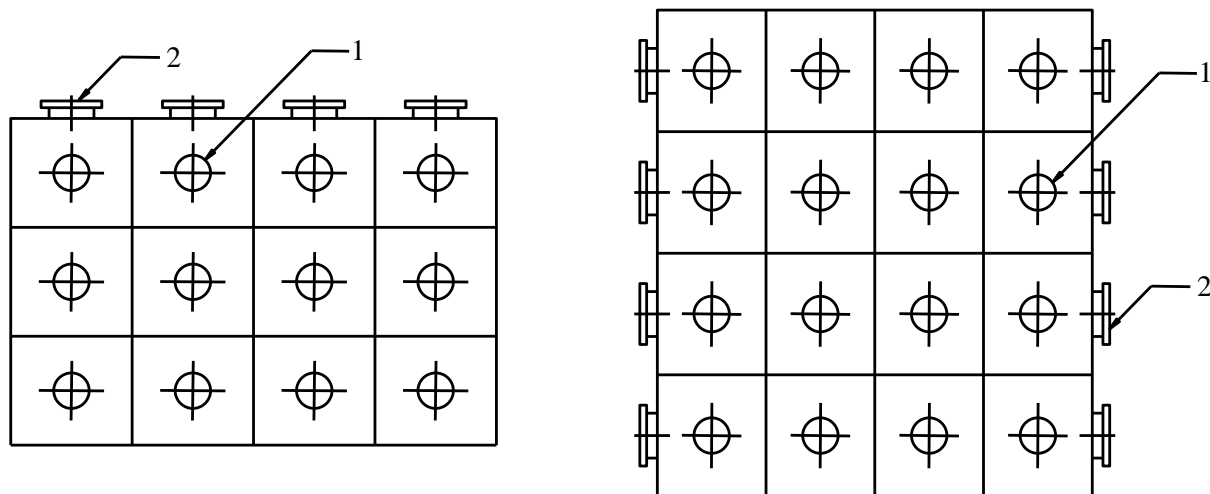


1——测点； 2——监测孔。

注：测点即为采样监测时探杆前端所处位置。

图3 圆形断面测点与监测孔示意图

4.4.2.6 竖直矩形排气筒/烟道，长（ L ）或宽（ W ） ≤ 3.5 m时，至少在长边一侧开1排水平监测孔； L 或 W 均 > 3.5 m时，至少在长边两侧对开各1排水平监测孔。水平矩形排气筒/烟道， $W \leq 3.5$ m时，至少在单侧开设1排竖直监测孔； $W > 3.5$ m时，至少在烟道两侧各开设1排竖直监测孔。监测孔设置应满足监测布点要求，相邻两个监测孔之间的距离 ≤ 1 m，两侧的监测孔距离烟道内壁 ≤ 0.5 m。具体要求如图4所示。



1——测点；2——监测孔。

图4 矩形断面测点与监测孔示意图

4.4.3 采样平台

4.4.3.1 采样孔位置距离坠落高度基准面2 m以上时，应配套建设永久、安全、便于采样平台，采样平台宜设置在监测孔的正下方1.2 m~1.3 m处。

4.4.3.2 采样平台长度应 ≥ 2 m，宽度应保证人员及采样探杆操作的空间。对于监测断面直径（圆形）或者在监测孔方向的长度（矩形） > 1 m的，采样平台宽度应 ≥ 2 m； ≤ 1 m的，采样平台宽度应 ≥ 1.5 m。

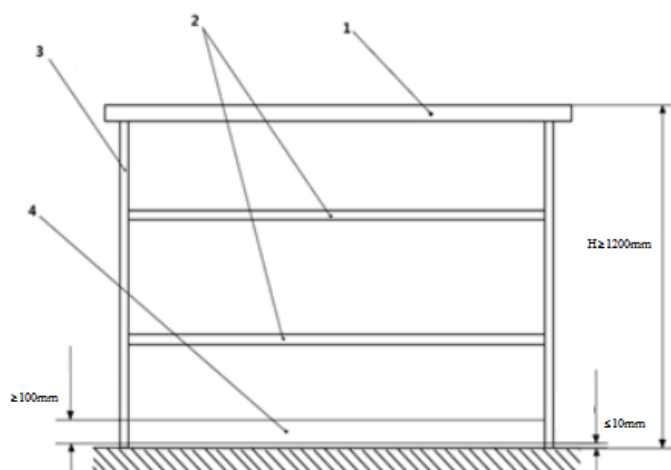
4.4.3.3 单层采样平台及通道上方竖直方向净高应 ≥ 2 m，需设置多层采样平台的，每层净高应 ≥ 1.9 m。

4.4.3.4 采样平台宜采用 ≥ 4 mm厚的花纹钢板或经防滑处理的钢板铺装，相邻钢板不应搭接，上表面的高度差应 ≤ 4 mm，载荷满足GB 4053.3要求。

4.4.3.5 距离坠落高度基准面1.2 m以上的工作平台及通道的所有敞开边缘应设置防护栏杆（见图5），其中工作平台的防护栏杆应带踢脚板。

4.4.3.6 护栏的高度设置应不低于1.2 m，其设计载荷及制造安装应符合GB4053.3相关要求。

4.4.3.7 护栏的踢脚板应采用不小于100 mm \times 2 mm的钢板制造，其顶部在平台面之上高度应不小于100 mm，底部距平台面应不大于10 mm。



1——扶手(顶部栏杆); 2——中间栏杆; 3——立柱; 4——踢脚板; H——栏杆高度。

图5 防护栏杆示意图

4.4.3.8 排污许可重点管理单位主要排放口采样平台的工作区域内应设置 220V 防水交流配电箱，内设漏电保护器、三相接地线、不少于 2 个插座，每个插座额定电流不少于 10 A，保证监测设备所需电力。其他排放口工作平台 50 m 内应配备永久电源和不少于 2 个电缆卷盘，长度不少于 50 m。现场有特殊要求的（如防爆等），从其规定。

4.4.3.9 平台附近有造成人体机械伤害、灼烫、腐蚀、触电等危险源的，应在平台相应位置设置防护装置，并在醒目处设置安全警告、禁止等标识牌。工作平台上方有坠落物体隐患时，应在工作平台上方 3 m 高处设置顶棚等防护装置。防护装置的设计与制造应符合 GB/T 8196 相关要求。

4.4.3.10 夜间生产的排污许可重点管理单位，主要排放口工作平台和梯架应设置固定照明设施，相关要求按照 GB 50034 执行，照度标准值不低于 30 lx。

4.4.4 监测梯架

4.4.4.1 采样平台与坠落高度基准面之间距离超过 0.5 m 且不足 2 m 时，应按照 GB 4053.1 或 GB 4053.2 要求设置固定式钢梯到达采样平台。

4.4.4.2 采样平台与坠落高度基准面之间距离超过 2m 时，应安装钢斜梯、转梯或升降梯到达采样平台，不得仅设置钢直梯。梯架无障碍宽度应不小于 0.8 m，倾角应不超过 38°；踏板前后深度不小于 80 mm，相邻两踏板的前后方向重叠应在 10 mm~35 mm 之间；梯高大于 6 m 时，应设置梯间平台。斜梯、转梯的材料、载荷、制造安装等要求按照 GB 4053.2 执行。

4.4.4.3 采样平台位于坠落高度基准面 20 m 以上时，应按照 GB/T 10054.1 或 GB/T 10054.2 中有关要求设计并安装升降梯或其他等效吊装设备，确保手工监测设备可安全到达采样平台。

4.4.4.4 采样平台位于坠落高度基准面 40 m 以上时，宜按照 GB/T 10060 中有关要求设计并安装电梯到达采样平台。对于现场有特殊要求（如防爆等）无法设置升降梯或电梯的，应根据实际情况设置钢斜梯或转梯。

4.5 在线监测（CEMS）及 DCS 系统设置要求

4.5.1 烧结机机头、烧结机机尾、球团焙烧均应安装自动监控设施。

4.5.2 上述污染源治理设施应安装分布式控制系统（DCS），记录企业环保设施运行及相关生产过程主要参数。要求生产过程参数与环保工艺参数能够同屏显示，数据存储能力在五年以上。DCS 相关参数参见附录 A。

4.6 烧结球团工序超低排放指标限值

烧结球团工序超低排放指标限值见表3，表3中未作规定的生产设施污染物排放限值应按国家、地方排放标准或其他相关规定执行。

表1 烧结球团工序超低排放指标限值

生产工序	生产设施	基准含氧量 (%)	污染物 (mg/m ³)		
			颗粒物	SO ₂	NO _x
烧结 (球团)	烧结机机头 球团竖炉	16	10	35	50
	链篦机回转窑 带式球团焙烧机	18	10	35	50
	烧结机机尾 其他生产设备	-	10	-	-

5 无组织排放

5.1 物料储存

5.1.1 铁矿粉、煤粉、焦炭、石灰石、白云石、各种返矿、烧结矿、球团矿、脱硫石膏等块状或粘湿物料，应采用密闭料仓或封闭料棚等方式储存。

5.1.2 生石灰、除尘灰、膨润土、脱硫灰等粉状物料，应采用料仓、储罐等方式密闭储存。

5.1.3 在封闭料棚内储存的物料，料堆表面干燥扬尘，应采用抑尘措施。对物料含水率要求不严格的物料宜采用洒水喷枪等喷淋抑尘措施；对物料含水率要求严格的物料，宜采用移动式或固定式远程射雾炮等干雾抑尘措施。

5.1.4 应根据料场封闭结构、料场布置型式、料堆的长度和宽度选择适宜的喷枪或雾炮类型，做到料场内料堆无死角全覆盖。

5.1.5 料场在受料槽、混匀配料等产尘点设集气罩，并配备除尘设施。

5.1.6 料场出口应设置车轮和车身清洗设施，清洗装置距离出口位置宜小于 5m，清洗装置配备拦车杆，确保车辆清洗时间。应配备抖水台或吹干装置，尽量减少清洗后的车身滴水。车身及车轮清洗装置的清洗水压力宜高于 1.0MPa，清洗喷头保持通畅，并配套污水处理设施或排入全厂污水处理厂集中处置，汽车冲洗水应循环使用。

5.1.7 厂区应配备足够的清扫车和洒水车，所有环保清洁车辆宜加装定位系统，记录环保清洁车辆历史工作情况。

5.1.8 料场内区域和进出料场厂区道路应混凝土硬化处理，并采取清扫、洒水等措施，保持清洁。

5.1.9 火车受料时，翻车机作业区域宜设置封闭厂房。火车翻车机室地面层产尘部位宜设气幕式抽风罩或干雾抑尘装置。火车翻车机室仓下给料机卸至带式输送机上的落料处，应设置机械抽风除尘或干雾抑尘设施。

5.2 物料输送

5.2.1 铁矿粉、煤粉、焦炭、石灰石粉、白云石粉、各种返矿、烧结矿、球团矿、脱硫石膏等块状或粘湿物料，应采用管状带式输送机等方式密闭输送，或采用带式输送机通廊等方式封闭输送；确需汽车运输的，应使用封闭车厢或苫盖严密，装卸车时应采取加湿等抑尘措施，避免遗落和扬尘。烧结混合室、制粒室采用湿法除尘时，尘泥的输送应参照粘湿物料处理。

5.2.2 生石灰、除尘灰、膨润土、脱硫灰、粉煤灰等粉状物料，应采用管状带式输送机、气力输送设备、罐车等方式密闭输送。

5.2.3 所有带式输送机通廊应采取全封闭形式，根据当地政策需要可选择带式输送机上加装机罩进行二次封闭；带式输送机重锤拉紧装置应全封闭。

5.2.4 带式输送机通廊宜优先采用机械式负压清扫；采用清扫除灰，灰尘或落料集中到通廊落灰管回收，通廊的落灰管下宜设收集仓和单行线道路；采用洒水冲洗应设置废水收集设施并配套污水处理设施或排入全厂污水处理厂集中处置。

5.2.5 转运站应封闭，转运站宜采用机械或水力冲洗清扫，冲洗水应设置废水收集设施并配套污水处理设施或排入全厂污水处理厂集中处置；机械清扫的转运站还宜设用于收集和清理洒落在转运站平台的物料的落料管，落料管下设收集仓和接驳道路。

5.2.6 带式输送机输送线上的转运位置，包括来料带式输送机头部漏斗卸料点、受料输送机尾部导料

槽处落料点，根据工艺布置要求应设吸尘罩和除尘设施。

5.2.7 物料输送转运中宜采用控制撒料、落料和扬尘的清洁化输送和密封转运装置。设置下料溜槽导流装置减少诱导气流，控制物料流；设置双密封导料槽装置减少粉尘外逸；降低转运位置除尘设施风量。

5.2.8 输送过程中的料槽的顶部应设有房盖进行封闭，需防尘的料槽顶部应全封闭。料槽顶部楼板面不宜采用水冲洗，有条件时可采用吸尘器清扫。

5.3 工艺过程

5.3.1 原、燃料及成品破碎、筛分设备全封闭并配置除尘设施，无可见粉尘外逸。配料系统（间）整体封闭。

5.3.2 生石灰仓设置仓顶除尘设施，仓下设置消化设施和除尘设施，无可见粉尘外溢。

5.3.3 烧结机机头、烧结机机尾设置密闭罩，配置除尘系统。链篦机回转窑窑头窑尾均密封，窑尾斗提处密封罩配置除尘系统。带式焙烧机、竖炉等全面加强集气能力，确保无可见烟粉尘外逸。

5.3.4 烧结混合机、制粒机、梭式布料器、球团混合设备等进出口设置密闭罩，配置湿法除尘。

5.3.5 球团干燥机配置除尘系统。

5.3.6 烧结机车台加强封闭，控制漏风率，满足氧含量要求。

5.3.7 烧结环冷机宜采用新型水密封环冷机，减少环冷机漏风率。

5.3.8 烧结和球团环冷机入口、出口处设置集尘罩，配备除尘系统，确保无可见烟尘外逸。

5.3.9 烧结机机头鼓励实施烧结烟气循环技术，降低烧结烟气排放量。烧结烟气循环的循环烟气流选择在正常烟气流量的25~35%左右，循环风系统设置循环风机和高温除尘器，循环风机压力和主抽风机压力相匹配，在对应循环烟道和非循环烟道的相邻风箱设置风箱电动执行器。除尘器灰斗的除尘灰宜采用气力输送密闭输送，整个烟气循环系统的粉尘不外泄。

5.3.10 设置烧结球团烟气脱硫脱硝设施

6 监测监控

6.1 高清视频监控

精矿料场、混匀料场、焦炭料场、煤场等料场出入口、烧结环冷区域等易产尘点，应安装高清视频监控设施，视频监控具备保存三个月以上数据能力。摄像头清晰度应不低于200万像素。

6.2 TSP 监测仪设置

6.2.1 生产工艺和物料输送环节主要产尘点密闭罩、收尘罩等无组织排放控制设施周边设置总悬浮颗粒物（TSP）浓度监测设备，应具备保存一年以上数据能力。易燃易爆区域宜选用防爆型设备。

6.2.2 烧结燃料破碎机进出料、配料石灰仓下落料、成品筛进出料、烧结机机尾、球团配料膨润土仓下落料、成品筛、成品缓冲仓进出料、竖炉成品出口等点位布设点位。含水率低于6%物料转运点布设点位。

6.3 空气质量微站点

精矿料场、混匀料场、焦炭料场、煤场、厂内道路路口、长度超过200m的道路中部设置空气质量监测微站，具备保存一年以上数据能力。

6.4 无组织管控平台

6.4.1 应建立全厂无组织排放治理设施集中控制系统，记录所有无组织排放源对应生产设备、治理设备及监测设备同步运行情况，并根据TSP、空气质量微站、高清视频监控等无组织监测监控数据，协助实现无组织排放智能化管控。

6.4.2 无组织管控系统中应包含无组织排放源清单、生产设备清单、治理设备清单及监控设备清单，且能够体现生产、治理、监控设备的同步运行状态。

附录 A

(资料性)

钢铁企业烧结球团工序生产设施 DCS、治理设施运行关键参数

表A.1给出了钢铁企业烧结球团工序生产设施DCS、治理设施运行相关参数。

表A.1 钢铁企业烧结球团工序生产设施 DCS、治理设施运行相关参数。

序号	工序	参数
1	烧结机	中控：风机电流、风门开度、烧结机机速、烧结矿产量； 配料室：所有皮带秤作业数据（作业时间及配料量）、料层厚度
2	竖炉、链篦机回转窑	中控：主抽风机电流、梭车布料器下料量、摆动皮带运行信号
3	脱硫	脱硫剂使用量、脱硫剂仓料（液）位（与 CEMS 时间同步）
4	脱硝	脱硝剂（还原剂或氧化剂）使用量、脱硝剂仓料（液）位、反应器入口烟气温度（SCR 工艺）
5	除尘器	风量、风机电流、清灰周期、颗粒物浓度

参考文献

- [1]关于推进实施钢铁行业超低排放的意见（环大气[2019]35号）；
 - [2]钢铁行业超低排放评估监测技术指南（环办大气函[2019]922号）；
 - [3]关于进一步规范重污染天气应急减排措施的函（环办便函[439]号）。
-