

ICS XXXXXX
CCS X XXX

团 体 标 准

T/CIECCPA XXX—2023

钢铁球团烟气多污染物超低排放控制技术 标准

Technical standard for ultra-low emission control of multi-pollutants
in pellet flue gas for iron and steel industry

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国工业节能与清洁生产协会 发布

目 次

前 言	III
引 言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 污染物与污染负荷	5
5 总体要求	5
5.1 一般规定	5
5.2 总平面布置	6
5.3 主要工艺设备和材料	7
5.4 主要辅助工程	7
6 超低排放技术路线	7
6.1 一般规定	7
6.2 工艺路线	8
7 超低排放控制技术	8
7.1 污染物及源头控制技术	8
7.2 SO ₂ 超低排放控制技术	9
7.2.1 基本要求	9
7.2.2 石灰石/石灰-石膏湿法脱硫	9
7.2.3 循环流化床半干法脱硫	11
7.2.4 密相干塔法脱硫	14
7.2.5 喷雾干燥吸收 (SDA) 半干法脱硫	14
7.2.6 活性炭 (焦) 干法脱硫脱硝	15
7.3 颗粒物超低排放控制技术	17
7.3.1 基本要求	17
7.3.2 静电除尘系统主要技术要求	17
7.3.3 袋式除尘系统主要技术要求	18
7.3.4 电袋复合除尘系统主要技术要求	19
7.3.5 湿式电除尘系统主要技术要求	19
7.4 NO _x 超低排放控制技术	20
7.4.1 基本要求	20
7.4.2 SCR 脱硝系统	20
7.4.3 选择性非催化还原 (SNCR) 脱硝	22
7.4.4 活性炭 (焦) 脱硝	22
8 检测和过程控制	22
8.1 一般规定	23
8.2 过程检测与保护	23

8.3	在线监测技术要求	23
9	劳动安全与职业卫生	24
9.1	一般规定	24
9.2	劳动安全	24
9.3	职业卫生	24
10	运行与维护	25
10.1	一般规定	25
10.2	人员与运行管理	25
10.3	维护保养	26
10.4	应急措施	26
附录 A	吸收剂、水品质要求	27
附录 B	脱硫系统的运行维护要求	28
附录 C	除尘器的运行维护要求	34
附录 D	脱硝系统的运行维护要求	40
附录 E	在线监测设备常见故障处理	43

前 言

本标准根据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》的要求进行编写。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件主要起草单位：北京首钢国际工程技术有限公司。

本文件主要起草人（暂定）：李长兴、王波、李文武、朱明、颜晓光、刘东生、王飞、杨帆、代素品、颜晗等。

引 言

球团工序是钢铁行业污染物的重要来源，产生的废气具有烟气量大、污染物浓度高、含氧量高等特点，是钢铁行业超低排放治理的主要对象。钢铁球团实施超低排放以来，湿法脱硫、半干法脱硫及SCR脱硝、活性焦脱硫脱硝、球团嵌入式SCR（选择性催化还原法）+SNCR（选择性非催化还原法）脱硝等技术先后在球团烟气治理上应用。根据近些年的实践经验，采用生产工艺与污染控制深度融合的治理方式已成为行业内的共识，但由于钢铁球团生产流程、过程控制的复杂和多样性，球团烟气多污染物超低排放控制技术缺少统一性标准，实施过程中存在技术选择不合理、运行不经济、能耗高等问题，不符合节能降碳、绿色发展的宗旨。

为实现钢铁球团烟气多污染物的高效与协同控制，推动钢铁行业污染物超低排放技术的高标准发展，以实现钢铁工业节能降碳减污协同增效，制定本标准。

钢铁球团烟气多污染物超低排放控制技术标准

1 范围

本文件规定了钢铁球团烟气多污染物超低排放控制的污染物与污染负荷、总体要求、超低排放技术路线、检测和过程控制、劳动安全与职业卫生、运行与维护的技术要求

本文件适用于钢铁球团烟气多污染物超低排放控制工程，可作为建设项目的环境影响评价、环境保护设施设计、施工、竣工验收和运行管理的技术依据。

本文件所提出的技术要求具有通用性，特殊性要求执行相关行业技术规范。

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、有效版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GBZ1 工业企业卫生设计标准

GBZ 2.1 工业场所有害因素职业接触限值 第一部分：化学有害因素

GBZ 2.2 工业场所有害因素职业接触限值 第二部分：物理因素

GB/T 4272 设备及管道绝热技术通则

GB/T 6920 水质 pH 值的测定 玻璃电极法

GB/T 7477 水质 钙和镁总量的测定 EDTA 滴定法

GB/T 7478 水质 铵的测定 蒸馏和滴定法

GB/T 11896 水质氯化物的测定 硝酸银滴定法

GB/T 11899 水质 硫酸盐的测定 重量法

GB 28662 钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准

生态环境部等五部门联合发布的《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》（环大气[2019]35号）

GB 50016 建筑设计防火规范

DL/T1589 湿式电除尘技术规范

DL/T 1844 湿式静电除尘器用导电玻璃钢阳极检验规范

DL/T5121 火力发电厂烟风煤粉管道设计规范

DLT 5480 火力发电厂烟气脱硝设计技术规程

HJ/T 42 固定污染源排气中氮氧化物的测定 紫外分光光度法

HJ/T 43 固定污染源排气中氮氧化物的测定 盐酸萘乙二胺分光光度法

HJ/T75 固定污染源烟气排放连续监测技术规范

HJ/T76 固定污染源烟气排放连续监测系统技术要求及检测方法

HJ 178 烟气循环流化床法烟气脱硫工程通用技术规范

HJ 2052 钢铁工业烧结机烟气脱硫工程技术规范湿式石灰石/石灰-石膏法

HGT 5353 工业氨水

JB/T 8470 正压浓相飞灰气力输送系统

JB/T 8532 脉冲喷吹类袋式除尘器

JB/T 10191 袋式除尘器 安全要求脉冲喷吹类袋式除尘器用分气箱

JB/T 11076 脱硫用搅拌式干式石灰消化器

JB/T 11646 半干法脱硫装置专用设备 流化槽

JB/T 12116 脱硫脱硝用高压回流式水喷枪

JB/T 12912 烟气脱硝还原剂储运制备系统

DB 13/2169 钢铁工业大气污染物超低排放标准

环办大气函[2019]922号《关于做好钢铁企业超低排放评估监测工作的通知》

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

源头治理 source control

指从源头上实施预防、治理球团烟气污染问题的根本措施。

3.2

球团烟气 pellet flue gas

指含铁原料、添加剂和燃料在球团焙烧过程中产生的含有颗粒物、SO₂、NO_x、二噁英等多种污染物质的废气。

3.3

石灰石/石灰-石膏法脱硫 flue gas limestone/lime-gypsum wet desulphurization process

指利用钙基物质作为吸收剂，脱除烟气中的二氧化硫（SO₂）并回收副产物的烟气脱硫工艺。

3.4

半干法脱硫 semi-dry desulphurization

指利用CaO加水消化制成的Ca(OH)₂悬浮液或成品Ca(OH)₂粉与烟气接触，除去烟气中的SO₂及其他酸性气态污染物的方法。

3.5

吸收剂 absorbent

指与SO₂及其他酸性气体反应的碱性物质。石灰石/石灰-石膏法烟气脱硫工艺使用的吸收剂为石灰石（CaCO₃）、石灰（CaO），半干法脱硫使用的吸收剂为消石灰（Ca(OH)₂）。

3.6

副产物 by-product

指吸收剂与烟气中SO₂及其他酸性气体反应后生成的物质。

3.7

钙硫比 (Ca/S) Ca/S mole ratio

指加入吸收剂中 CaCO_3 和 CaO 或 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的摩尔数与吸收塔脱除的 SO_2 摩尔数之比。

3.8

湿式静电除尘装置 wet electrostatic precipitator (WESP)

应用于饱和湿烟气环境，采用水力方式清灰的电除尘装置。

3.9

选择性催化还原法 selective catalytic reduction (SCR)

指利用还原剂在催化剂作用下有选择性地与烟气中的氮氧化物发生化学反应，生成氮气和水，脱除烟气中部分氮氧化物的一种脱硝技术。

3.10

嵌入式 SCR+SNCR 脱硝 embedded SCR+SNCR denitrification

指在确保系统正常运行的条件下，在原有球团生产工艺中增设 SCR 和 SNCR 脱硝系统，实现球团烟气脱除 NO_x 。

3.11

脱硝催化剂 denitration catalyst

SCR 脱硝工艺中可明显提高还原剂与烟气中的氮氧化物在一定温度下的化学反应速度的物质。催化剂本身不参与反应过程。

3.12

还原剂 reductant

通过物理或化学方法制备烟气脱硝所需氨气的物质。

3.13

氨逃逸 ammonia slip

反应器出口烟气中氨的质量与烟气体积之比。

3.14

氨氮摩尔比 NH_3/NO_x mole ratio

指 SCR 脱硝反应中所用还原剂 NH_3 的摩尔数和烟气中脱除的 NO_x 摩尔数之比。

3.15

脱硝效率 denitration efficiency

指由脱硝工程脱除的 NO_x 浓度与未经脱硝前烟气所含 NO_x 浓度的百分比，按式 (1) 计算：

$$\text{脱硝效率} = \frac{C_{\text{NO}_x, \text{初}} - C_{\text{NO}_x, \text{末}}}{C_{\text{NO}_x, \text{初}}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$C_{\text{NO}_x, \text{初}}$ ——脱硝前烟气中的 NO_x 的折算浓度， mg/m^3 ；

$C_{\text{NO}_x, \text{末}}$ ——脱硝前烟气中的 NO_x 的折算浓度， mg/m^3 。

3.16

脱硫效率 desulphurization efficiency

指由脱硫工程脱除的 SO₂ 量与未经脱硫前烟气所含 SO₂ 量的百分比，按公式（2）计算：

$$\text{脱硫效率} = \frac{C_{\text{SO}_2, \text{初}} - C_{\text{SO}_2, \text{末}}}{C_{\text{SO}_2, \text{初}}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

C_{SO₂, 初} —— 脱硫前烟气中的 SO₂ 的折算浓度，mg/m³；

C_{SO₂, 末} —— 脱硫前烟气中的 SO₂ 的折算浓度，mg/m³。

3.17

除尘效率 particle collection efficiency

指一定时间内除尘工程中，除尘器捕集的粉尘量与进入粉尘量之百分比，按公式（3）计算：

$$\text{除尘效率} = \frac{C_0 - C_i}{C_0} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：

C₀ —— 除尘前烟气中粉尘含量，kg/m³；

C_i —— 除尘后洁净烟气中粉尘含量，kg/m³。

3.18

烟气排放连续监测系统 continuous emission monitoring (CEM)

对固定污染源排放的颗粒和（或）气态污染物的排放浓度或排放量进行连续、实时的自动监测，简称 CEMS。

3.19

活性焦 activated coke; AC

活性焦是以褐煤为主要原料生产的一种具有吸附剂和催化剂双重性能的粒状物质，具有较高机械强度和耐磨损性能。

3.20

吸附塔 adsorption tower

活性焦与烟气中二氧化硫等污染物发生吸附反应的装置，采用烟气和活性焦错流或者对流方式使二氧化硫等污染物吸附到活性焦表面。

3.21

富二氧化硫气体 SO₂-rich gas

再生塔中脱附出的二氧化硫气体与其他气体的混合物，二氧化硫体积一般占 10%以上。

3.22

硫容 sulfur capacity

实际运行过程中，吸附塔中单位质量的活性焦吸附二氧化硫的量，以 mg/g 或质量百分数表示。

3.23

再生效率 regenerating efficiency

吸附于活性焦的二氧化硫在再生塔中脱附的比例。

3.24

空速 space velocity

单位时间单位容积吸附塔处理的烟气的量，单位为 $\text{m}^3/(\text{m}^3\cdot\text{h})$ ，也即 h^{-1} 。

4 污染物与污染负荷

4.1 球团生产中主要的污染物有颗粒物（烟尘、粉尘）、 SO_2 、 NO_x 、 CO_2 、 CO 、二噁英、氟化物、氯化物及重金属等。其中颗粒物、 SO_2 、 NO_x 是主要污染物，且因原、燃料产地及成分的较大差异，造成烟气成分复杂、污染物含量范围宽、波动大。

4.2 球团烟气中的 SO_2 大多来自于铁矿石原料的焙烧过程，还有一部分来自于燃料的燃烧。由于铁矿石和固体燃料的含硫量差异较大，导致烟气中 SO_2 含量范围较宽，设计时应根据原料及燃料成分计算后确定烟气中 SO_2 浓度。

4.3 球团烟气中的 NO_x 主要来自于燃料或空气中的氮与氧的反应，包括热力型、燃料型和快速型。当采用煤气作为燃料时，烟气中的 NO_x 以热力型为主；当采用煤粉作为燃料时，烟气中的 NO_x 以燃料型和热力型为主。设计时应根据原料及燃料成分计算后确定烟气中 NO_x 浓度。

4.4 新建球团项目烟气治理系统的设计烟气量、 SO_2 、 NO_x 、颗粒物浓度等烟气设计参数宜采用最大连续工况下的数据；改扩建项目的设计烟气量、 SO_2 、 NO_x 、颗粒物浓度等烟气设计参数宜以实测值为基础并充分考虑变化趋势后综合确定，或通过同类工程类比确定。

4.5 应根据工程设计需要收集烟气理化性质等原始资料，主要包括以下内容：

- a) 烟气量（正常值、最大值、最小值）；
- b) 烟气温度及变化范围（正常值、最大值、最小值及露点温度）；
- c) 烟气中气体成分及浓度（ SO_2 、 NO_x 、 O_2 、 SO_3 、 HCL 、 HF 等）；
- d) 烟气颗粒物浓度及成分；
- e) 烟气压力、含湿量；
- f) 产生污染物的设备情况及工作制度。

5 总体要求

5.1 一般规定

5.1.1 新建球团项目的超低排放工程应与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。

5.1.2 超低排放技术路线的选择应因地制宜、协同控制，依据技术成熟、运行可靠、经济合理、能耗较低、不产生副产物或副产物产生量少且易于处理、不产生二次污染或产生二次污染少等原则确定。

5.1.3 超低排放工程设计和建设应统筹考虑、合理布局，设计文件按规定的内容和深度完成报批、批准和备案，并符合环境影响评价批复要求。

5.1.4 超低排放烟气污染物排放浓度应符合国家和地方排放标准的要求，并按国家及地方工程项目建设规定，完成相关环保手续。

5.1.5 超低排放工程的设计、建设，应采取有效的隔声、消声、绿化等隔振降噪的措施，噪声和振动控制的设计应符合《工业企业噪声控制设计规范》GB/T50087 和《动力机器基础设计规范》GB50040 的规定，厂界噪声应达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB12348 的要求。

5.1.6 超低排放工程应配有相应的监测、检测和监控设备。烟气排放自动连续监测系统（CEM）的设置和运行应符合《固定污染源烟气排放连续监测技术规范》HJ/T75、《固定污染源烟气排放连续监测系统技术要求及检测方法》HJ/T76 的规定和地方环保部门的要求。

5.1.7 脱硫副产物应考虑综合利用。暂无综合利用条件时，其贮存场、贮存间等的建设和使用应符合《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》GB 18599。

5.1.8 超低排放工程运行管理应充分考虑各治理设施之间的协同控制、功能匹配和分工，协同治理的同时不应对其他系统运行造成负面影响。

5.1.9 脱硫废水应优先回用。直接排放时应达到《钢铁工业水污染物排放标准》GB13456 及环境影响评价批复文件的要求；排入厂内其他污水处理装置时，应符合污水处理装置的纳管要求。

5.1.10 超低排放工程的设计、建设和运行维护应符合国家及行业有关质量、安全、卫生、消防、环保等方面法规和标准的规定。

5.2 总平面布置

5.2.1 超低排放工程总平面布置应符合国家、地方及相关行业的规范要求，并应遵循以下原则：

- a) 工艺合理，烟道短捷；
- b) 交通运输便捷；
- c) 方便施工，利于维护检修；
- d) 合理利用地形、地质条件；
- e) 充分利用厂内公用设施；
- f) 节约集约用地，工程量小；
- g) 符合环境保护、消防、劳动安全和职业卫生。

5.2.2 总体布置应根据场地地质、地形、气象条件，满足工艺流程顺畅、物输送短捷、方便施工和维护检修的原则。

5.2.3 烟气治理装置宜靠近球团烟气排放点布置。

5.2.4 物料装卸及储存设施宜靠近主要运输通道、避开人流较大的区域。

5.2.5 区域内道路的设计，应保证物料运输便捷、消防通道畅通、检修方便，满足场地排水的要求，并符合《厂矿道路的设计规范》GBJ22 的要求。

5.2.6 管道布置应从系统总体布局出发，既要考虑系统的技术经济合理性，又要与总图、工艺、土建等有关专业密切配合，统一规划，力求简单、紧凑，缩短管线，减少占地和空间，节省投资，不影响工艺操作、调节和维修。

5.2.7管道集中布置应遵循以下原则：含有腐蚀性介质的管道布置在管架最下层，公用管道、电缆桥架依次在上层布置

5.3 主要工艺设备和材料

5.3.1工艺设备与材料的选择应遵循经济适用、满足工艺要求的原则，选择可靠性好、使用寿命长的设备与材料。

5.3.2接触腐蚀性介质的部位应择优选取合适的材料，满足防腐要求。

5.3.3当承压部件为金属材料并内衬非金属防腐材料时，应保证非金属材料与金属材料之间的粘结强度，且承压部件的自身设计应确保非金属材料能够长期稳定地粘结在基材上。

5.4 主要辅助工程

5.4.1超低排放工程的电气系统、建筑结构、压缩空气、采暖通风和给排水等主要辅助工程应根据主体工程情况进行统筹规划和设计，并符合以下要求：

- a) 供电设备及系统设置应符合GB 50052和GB 50054等规定；
- b) 电气防火、防爆和防雷设计应符合GB 50057和GB 50058等规定；
- c) 土建设计应符合JGJ 79、GB 50010、GB 50017和GB 50069等规定；
- d) 土建防腐、抗震、防火和特殊地基处理应符合GB 50046、GB 50191、GB 50016和GB 50025等规定；
- e) 采暖通风与空气调节应符合GB 50019规定；
- f) 给水和排水设计应符合GB 50014、GB 50015和GB 50332等规定；
- g) 消防、抗震和环境安全设计应符合GB 50016、GB 50140和GB 50032等规定。

5.4.2超低排放工程的建筑结构设计应贯彻节约、集约用地的原则，宜根据工艺流程、功能要求、工艺设备布置情况采用多层建筑或联合建筑。

5.4.3超低排放工程所需的水、电、气（压缩空气/氮气、煤气）、汽等辅助设施应纳入钢铁企业主体工程统一考虑。

6 超低排放技术路线

6.1 一般规定

6.1.1球团生产应优先使用低硫低氮矿石原料和低硫低氮燃料，使用全焦粉生产时，关注粒级组成控制；使用无烟煤时，选用低硫低挥发分煤种。采用低氮燃烧技术、低温焙烧技术等减污降碳技术。

6.1.2钢铁企业结合自身现有烟气治理工艺、场地布置、投资成本、运维成本等的实际情况，可选择本标准提出的超低排放技术路线，也可采用其他适用的超低排放技术路线。

6.1.3为确保超低排放工程的系统性与协同性，超低排放技术路线的选择应充分考虑以下情况：

- a) 超低排放技术路线覆盖源头削减、过程减排、末端综合治理的全过程；
- b) 超低排放技术路线应充分考虑与生产工艺的协同性，并对生产工艺中产生的余热加以利用，节约能源的消耗；

- c) 对于先脱硫除尘后脱硝的超低排放路线，通过协同控制脱硫系统和除尘器的运行参数，实现粉尘和二氧化硫的有效去除，保证脱硝反应的正常运行；
- d) 对于先脱硝后脱硫除尘的超低排放技术路线，相对于先脱硫除尘后脱硝工艺，系统的整体能源利用较高，但须重点考虑催化剂、换热器堵塞等问题。

6.2 工艺路线

6.2.1 球团烟气采用 SCR 脱硝工艺时，对于链篦机-回转窑球团工艺，宜优先采用嵌入式 SCR+SNCR 脱硝；当采用末端全烟气脱硝时，应设置烟气换热器（GGH）。

6.2.2 对于采用湿法脱硫+SCR 脱硝的超低排放技术路线，宜设置烟气脱硫换热器（MGGH/WGGH）提升湿法脱硫后净烟气温度，以避免 SCR、GGH 换热器冷端堵灰和腐蚀问题并满足 SCR 脱硝催化剂活性温度；

6.2.3 对于采用 SCR 脱硝+湿法脱硫超低排放技术路线，SCR、GGH 换热元件的设计应考虑硫酸氢铵沉积的问题，GGH 换热器冷端应采用搪瓷换热元件并配置高压水在线冲洗装置；

6.2.4 当脱硫采用（半）干法脱硫工艺时，应采用半干法脱硫+SCR 脱硝的超低排放技术路线，SCR、GGH 的运行环境较好。半干法脱硫包括循环流化床法、密相干塔法、旋转喷雾干燥吸收法（SDA）等。

6.2.5 球团链篦机-回转窑焙烧烟气和带式焙烧机焙烧烟气基于半干法脱硫的超低排放典型技术路线一：静电除尘器+半干法脱硫+布袋除尘器+GGH+SCR 脱硝工艺；球团链篦机-回转窑焙烧烟气基于半干法脱硫的超低排放典型技术路线二：SNCR 脱硝（可选）+SCR 脱硝（回热风段）+静电除尘器+半干法脱硫+布袋除尘器。

6.2.6 球团链篦机-回转窑焙烧烟气和带式焙烧机焙烧烟气基于湿法脱硫的超低排放典型技术路线一：静电除尘器+MGGH/WGGH（可选）+湿法脱硫+湿式电除尘器+GGH+SCR 脱硝工艺；球团链篦机-回转窑焙烧烟气基于湿法脱硫的超低排放典型技术路线二：SNCR 脱硝+SCR 脱硝（回热风段）+静电除尘器+MGGH/WGGH（可选）+湿法脱硫+湿式电除尘器工艺，湿法脱硫主要为石灰石/石灰—石膏法。

6.2.7 球团链篦机-回转窑焙烧烟气和带式焙烧机焙烧烟气基于干法脱硫的超低排放典型技术路线一：SNCR 脱硝（可选）+静电除尘器+活性炭（焦）脱硫脱硝工艺；典型技术路线二：SNCR 脱硝（可选）+SCR 脱硝（回热风段）+静电除尘器+活性炭（焦）脱硫。

7 超低排放控制技术

7.1 污染物及源头控制技术

7.1.1 球团生产宜采用链篦机回转窑或带式焙烧机生产工艺，降低燃料消耗。

7.1.2 球团应优先采用低硫煤、低硫矿等清洁原料和低硫低氮燃料，实现大气污染物的源头削减。

7.1.3 球团焙烧宜采用分级燃烧技术，将一次助燃空气分两级（旋流风和直流风），实现燃料平均燃烧，降低局部的火焰温度和降低氧气局部浓度，减少燃烧气体在高温区域的停留时间，从而降低 NO_x 生成量。

7.1.4 球团焙烧应采用低氮燃烧、低温焙烧等减污降碳技术，降低 NO_x 生成量。

7.1.5 球团焙烧宜采用经净化处理的煤气，降低煤气中所含的氨、氰化物、吡啶等物质。

7.1.6 球团系统应通过降低设备及系统漏风、减少冷却空气鼓入、降低系统兑冷风量等手段来降低系统的含氧量和污染物生成量。

7.1.7 球团生产过程中应优化生产操作参数，控制合理的温度、压力，减少污染物的生成。

7.1.8 球团宜采用烟气循环技术，使含有高污染物、低氧含量的工艺烟气循环使用，减少鼓入的冷空气量，有效降低系统的含氧量和污染物的排放量。

7.2 SO₂ 超低排放控制技术

7.2.1 基本要求

7.2.1.1 超低排放工艺设计应采用成熟可靠、运行安全稳定、技术经济合理的工艺技术，应满足环保管理要求的前提下，充分考虑超低排放工程长期运行的可靠性和稳定性。

7.2.1.2 超低排放系统应与生产工艺设备同步运转，装置运行寿命、检修维护周期宜与球团主机一致。关键设备及管线宜考虑设置相应的备用及应急措施，以满足故障切换及检修需求。

7.2.1.3 超低排放工程的工艺参数应根据排放要求、烟气特性、运行要求、燃料/原料品质、吸收剂供应、水质、脱硫副产物综合利用、厂址场地布置等因素，经全面分析优化后确定。

7.2.1.4 超低排放烟气污染物排放浓度、脱除效率等应符合国家和地方排放标准的要求

7.2.1.5 新建项目烟气设计温度应采用主体工程提供的设计数值，改扩建项目原始烟气设计温度宜采用球团焙烧引风机出口烟气系统的实测温度并留有一定裕量。

7.2.2 石灰石/石灰-石膏湿法脱硫

7.2.2.1 石灰石/石灰-石膏湿法脱硫入口烟气适用条件：

- a) 入口烟气SO₂浓度（干基）宜不大于12000 mg/m³；
- b) 吸收塔进口烟气温度宜为80~170 ℃；
- c) 颗粒物浓度（干基）不宜高于200 mg/m³；
- d) 烟气量宜为5万m³/h（干基）以上。

7.2.2.2 石灰石/石灰-石膏湿法脱硫工艺由烟气系统、吸收剂制备与供应系统、吸收系统、副产物处理系统、氧化空气系统、浆液排放与回收系统、脱水废水处理系统等组成，工艺流程见图 1。

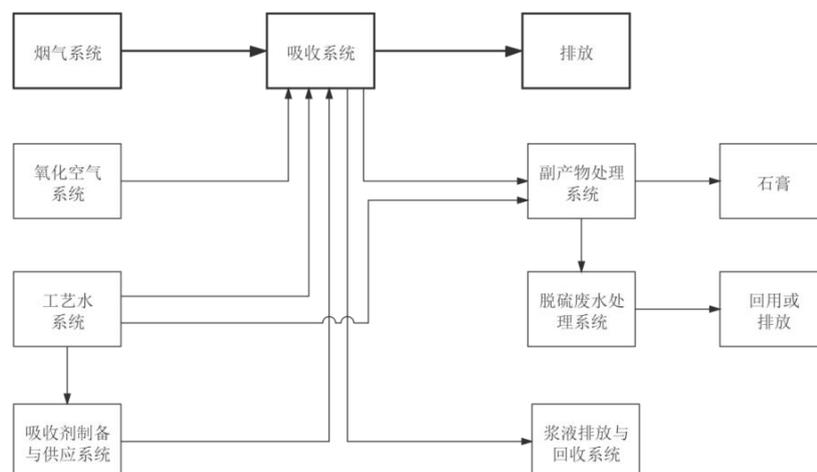


图1 石灰石/石灰-石膏湿法脱硫工艺流程示意图

7.2.2.3 烟气系统的设计和配置应符合下列规定：

- a) 烟道内烟气流速设计值宜不大于15m/s，烟道强度设计应满足《火力发电厂烟风煤粉管道设计规范》DL/T5121 规定）；
- b) 吸收塔烟气入口烟道应设置烟气应急降温设施，并采取可靠的防腐措施，入口烟道防腐段起点距吸收塔外壁最短距离不得小于5m；
- c) 脱硫吸收塔入口烟道可能接触浆液的区域，以及脱硫吸收塔出口至脱硝或烟囱入口之间的净烟道应采用防腐措施；
- d) 烟道设计应满足烟道的强度、刚度和振动在允许范围内，防腐烟道应尽量减少内撑杆数量；
- e) 在烟道上需要设置补偿器时，补偿器的设计压力应为所在烟道设计正压/负压再加上至少1000Pa的余量。补偿器宜选用非金属材质并设置排水设施；
- f) 脱硫烟道应在低位点装设自动疏放水系统。烟道低位点疏水和烟囱冷凝水疏水应通过脱硫工程回用。

7.2.2.4 吸收剂制备系统的设计和配置应符合下列规定：

- a) 吸收剂宜优先选用石灰石。根据吸收剂的性能选择吸收剂制备工艺；
- b) 选择石灰石粉作为吸收剂时，石灰石粉中CaCO₃含量宜≥90%，细度应至少满足250目90%过筛率；选择石灰粉作为吸收剂时，石灰粉中CaO≥85%，细度应至少满足180目90%过筛率。满足以上要求的石灰石/石灰粉加水搅拌制成浆液；
- c) 选择粒径小于20mm 块状石灰石制备吸收剂时，宜优先采用湿式球磨机磨成浆液；当采用干磨制粉时，制粉设施宜在脱硫装置区域外单独建设。湿磨或干磨制浆，石灰石粉细度均至少满足250 目90%过筛率；当选择粒径大于20mm 块状石灰石，在磨制前宜先行破碎；
- d) 两套或多套吸收塔宜合用一套吸收剂制备系统；
- e) 吸收剂制备系统的出力应按不小于设计工况下石灰石/石灰消耗量的150%设计；
- f) 石灰石/石灰仓的容量应根据当地运输条件确定，一般不应小于设计工况下3d 的石灰石/石灰耗量，采用石灰石/石灰粉时，仓底部应设置气体流化装置。

7.2.2.5 吸收塔系统的设计和配置应符合下列规定：

- a) 吸收塔的类型应因地制宜选用，宜采用喷淋吸收塔；
- b) 吸收塔内烟气空塔气速宜小于3.8m/s；
- c) 在喷淋吸收塔烟气入口上部设置浆液喷淋层，喷淋层数不宜少于3层，层间距不宜小于1.8m。最上一层喷淋层宜布置单向喷嘴，其余各层宜布置双向喷嘴。每个喷淋层应配置1台循环泵，必要时考虑备用；
- d) 当采用石灰石作吸收剂时，液气比宜不小于10L/m³（出口湿烟气），pH 宜控制在5.2~5.8；当采用石灰作吸收剂时，液气比宜不小于6L/m³（出口湿烟气），pH 宜控制在5.2~6.2；
- e) 浆液密度宜控制在1080~1200 kg/m³ 之间，钙硫摩尔比不宜高于1.06；

- f) 吸收塔衬里设计应考虑足够的防磨损、防腐蚀厚度，在吸收塔底部浆液池冲刷区和中上部的喷淋冲刷区应适当增加抗浆液冲刷磨损厚度；
- g) 脱硫装置应设置除雾器，宜采用管式除雾器、屋脊式除雾器或平板式除雾器；
- h) 吸收塔浆液池容积宜保证吸收塔循环浆液停留时间不小于4.0min；
- i) 吸收塔宜设置1层或多层托盘，托盘材质宜不低于2205。

7.2.2.6 氧化空气系统的设计和配置应符合下列规定：

- a) 采用氧化空气喷枪氧化时，氧硫摩尔比宜不小于2；采用氧化空气分布管氧化时，氧硫摩尔比宜不小于2.8；
- b) 氧化风机出口管宜设置喷淋增湿降温设施，氧化空气入塔前的气温应低于吸收塔浆液池浆液温度；
- c) 当氧化风机计算容量小于6000m³/h 时，每个吸收塔应设置2台全容量氧化风机，其中1 台备用；如设计成多台时，宜考虑使用同型号氧化风机，其中至少应考虑1 台备用。当氧化风机计算容量大于6000m³/h 时，宜采用每座吸收塔配3台不小于50%容量的氧化风机，其中1台备用。

7.2.2.7 副产物处理系统设计和配置应符合下列规定：

- a) 脱硫石膏处理系统的设计应为脱硫石膏的综合利用创造条件；
- b) 脱硫石膏处理宜同步设旋流器与脱水机两级脱水设施。每个吸收塔宜设置一台浆液旋流器，二级脱水装置宜优先选用真空皮带脱水机；
- c) 两套或多套脱硫装置合用时真空皮带机一般不少于两台；
- d) 真空皮带机脱水系统的出力应按不小于设计工况下脱硫石膏产量的150%选择，且不得小于满负荷下最大入口烟气SO₂浓度时的脱硫石膏产量；
- e) 脱硫石膏经两级脱水后的含水率不得大于10%，脱硫石膏中 CaSO₄·2H₂O 含量宜不小于 90%（干基）；
- f) 脱硫系统应设置全封闭的脱硫石膏库，其容量应不小于3d的脱硫石膏产量，有条件时其容量宜不小于7d的脱硫石膏产量，脱硫石膏库的净空高度应确保石膏运输车辆运输通畅，应不低于4.5m；
- g) 脱硫石膏处理系统产生的滤液应实现循环利用。

7.2.3 循环流化床半干法脱硫

7.2.3.1 循环流化床脱硫入口烟气适用条件：

- a) 单级塔处理烟气入口SO₂浓度（干基）宜不大于4500 mg/m³；
- b) 入口烟气温度宜为90~200℃。

7.2.3.2 循环流化床脱硫系统由烟气系统、吸收剂制备与供应系统、吸收系统、除尘系统、工艺水系统、灰循环系统、副产物系统等组成，工艺流程见图2。

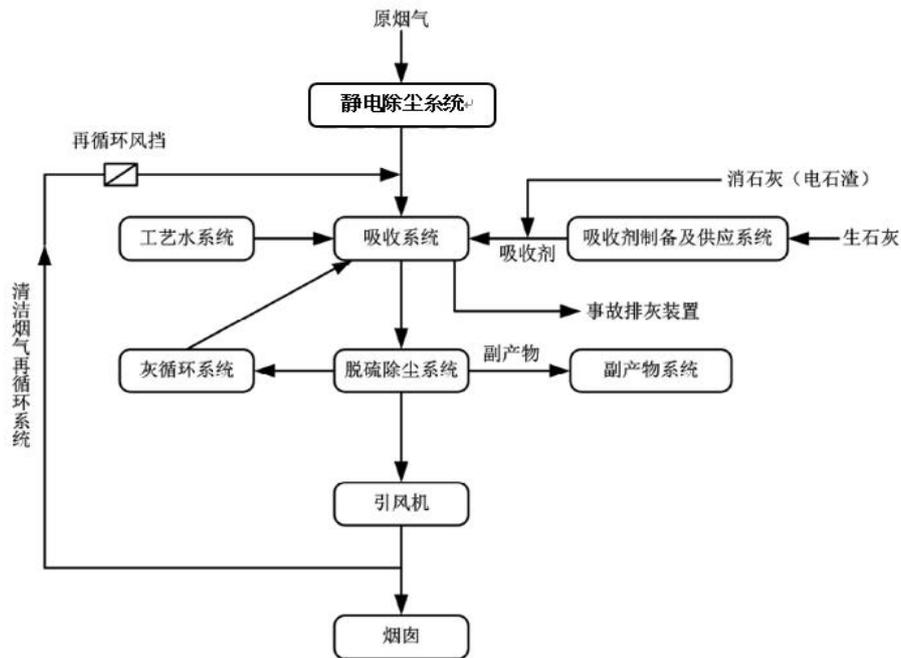


图 2 循环流化床半干法脱硫工艺流程示意图

7.2.3.3 烟气系统的设计和配置应符合下列规定：

- 烟气系统一般由吸收塔、脱硫除尘器、引风机、烟道、清洁烟气再循环系统、挡板门等组成；
- 脱硫工程宜设置清洁烟气再循环系统，用于补充球团低负荷时吸收塔内流化所需的烟气量；
- 挡板门应防止泄露，清洁烟气再循环系统调节挡板门应有良好的操作性及调节性；
- 烟气系统的漏风率宜控制在5%以下；
- 烟气系统应按相关规范设置测试孔、人孔及相应的检修平台；
- 烟道内烟气流速设计值宜不大于15m/s，烟道强度设计应满足《火力发电厂烟风煤粉管道设计规范》DL/T5121 规定，并考虑保温措施。

7.2.3.4 吸收剂制备及供应系统的设计和配置应符合下列规定：

- 吸收剂的选用应根据吸收剂的来源、运输条件、一次性投资及运行费用等进行技术经济比较后确定，可直接采用消石灰或现场对生石灰进行消化。吸收剂品质要求详见附录 A；
- 吸收剂仓的有效容积应根据吸收剂供应和运输情况确定。现场将生石灰消化为消石灰作为吸收剂时，生石灰仓的有效贮存量宜满足设计工况下2d~4d的生石灰消耗量；消石灰仓的有效贮存量宜满足设计工况下1d~2d的消石灰消耗量。直接采用消石灰作为吸收剂时，吸收剂仓的有效贮粉量宜满足设计工况下2d~5d的消石灰消耗量；
- 吸收剂仓应密封，内表面应平整光滑；仓内壁锥斗部宜设气化板，以避免下料系统的堵塞；
- 吸收剂仓流化风机可共用，也可单独设置；流化风量应根据布置的气化板面积确定；流化风机宜设置备用；
- 吸收剂仓顶部应设置除尘装置，并设置放气管。气管通大气时应设置除尘装置；除尘装置应配置排气风机，保持仓内微负压。吸收剂仓顶部应有真空释放阀，保持仓内压力平衡。仓内宜设

置压力表，实时监测仓内压力，避免向仓内输送吸收剂过多造成仓内压力偏高，真空释放阀泄压，导致粉尘外溢；

- f) 吸收剂仓应防止受潮，对金属仓外壁宜采取保温措施；
- g) 生石灰消化器的出力宜不小于设计工况下生石灰消耗量的150%；
- h) 吸收剂的输送宜采用空气斜槽或气力输送方式，应设置两路计量调节加入装置；加入装置的出力宜按设计工况下消耗量的150%设计。

7.2.3.5 吸收塔系统的设计和配置应符合下列规定：

- a) 吸收塔系统主要由吸收塔进口及气流均布装置、气流加速扰流装置、反应段、出口段组成，并设置塔底吹扫装置和事故排灰装置；
- b) 吸收塔的容量宜按设计工况烟气量设计，每套脱硫工程设置的吸收塔数量应根据烟气量确定；
- c) 吸收塔进口烟气温度应按设计工况下烟气温度加10℃的裕量设计；吸收塔出口烟气温度宜高于露点温度15℃以上；
- d) 吸收塔压降设计值宜为1400Pa~2200Pa，床层压降设计值宜为 800Pa~1400Pa；
- e) 吸收塔内的烟气停留时间宜大于5s，吸收塔直管段设计流速宜为4m/s~6m/s；
- f) 吸收塔内部不宜设内撑杆件。

7.2.3.6 脱硫除尘系统的设计和配置应符合下列规定：

- a) 脱硫除尘器宜采用袋式除尘器，若要求脱硫除尘器出口颗粒物浓度低于 10mg/m³，袋式除尘器过滤风速宜不大于0.7m/min；若要求脱硫除尘器出口颗粒物浓度低于5mg/m³，袋式除尘器过滤风速宜不大于0.65m/min；
- b) 脱硫除尘器入口颗粒物浓度宜为 650g/m³~1200g/m³，除尘效率应按出口颗粒物浓度要求确定；
- c) 脱硫除尘器灰斗宜采用大灰斗形式，并应设有蒸汽或电加热系统和灰斗振打装置。

7.2.3.7 灰循环系统的设计和配置应符合下列规定：

- a) 灰循环系统主要由灰斗流化槽、空气斜槽、插板阀、气动流量控制阀门等组成；
- b) 灰循环系统中的循环灰宜采用空气斜槽输送，并根据床层压降自动调节气动流量控制阀开度，空气斜槽宜留有50%以上的输送裕量；
- c) 除尘器灰斗流化槽及空气斜槽宜分别设置流化风机。流化风量宜按选用的流化布单位面积通气率要求的风量选取，流化风机宜设置备用风机；流化风宜加热至80℃~120℃，加热器后的流化风管道应保温。流化风管应设有手动调节装置调节流化风量。

7.2.3.8 工艺水系统的设计和配置应符合下列规定：

- a) 脱硫工程用水包括吸收剂消化水、吸收塔工艺水、辅助设备的冷却用水。脱硫工程用水的水质应符合附录A的要求；
- b) 吸收塔工艺水系统包括水箱、高压水泵、连接管道阀门、喷枪、调节装置；
- c) 水箱容量宜按设计工况下吸收塔0.5h~1h的耗水量设计，水箱入口、水泵入口宜设置滤网；
- d) 根据喷枪的型式、布置位置和喷枪出力，每座吸收塔可设置 1~4 根喷枪。喷枪的额定出力宜按设计工况吸收塔耗水量的 1.3~1.8倍选取，喷枪位置宜布置在吸收塔锥形段的密相区处；

e) 每座吸收塔宜设2台全容量供水泵，1用1备。水泵容量宜按喷枪额定出力的 1.3~1.8倍选取。水泵压力按喷枪要求的最大压力与所选泵容量相应管道系统阻力之和的 1.1倍选取；

f) 生石灰的消化水泵宜采用2台全容量水泵，1用1备。

7.2.3.9副产物系统的设计和配置应符合下列规定：

- a) 脱硫副产物宜根据其理化性质特点进行综合利用；
- b) 脱硫副产物输送系统的选择，应根据排量、物理化学特性，以及输送距离、高差、地形、地质和气象等条件，通过技术经济比较确定；
- c) 脱硫副产物的输送可选用负压气力输送系统、正压气力输送系统等，正压气力输送系统应符合《正压浓相飞灰气力输送系统》JB/T8470 规定；
- d) 脱硫副产物输送系统的设计出力应根据排量、型式、运行方式等确定，应不小于主体工程最大负荷工况下脱硫副产物量的2.0倍，并设置必要的紧急事故处理设施；
- e) 脱硫副产物库的设置和总容量应按设计工况的脱硫副产物量和储存时间设计；
- f) 副产物仓宜单独设置流化风机，流化风量应根据布置的气化板面积确定；流化风机宜设置备用。流化风宜加热至80°C~120°C，加热器后的流化风管道应保温。

7.2.4密相干塔法脱硫

7.2.4.1密相干塔法脱硫系统脱硫入口烟气适用条件：

- a) 入口烟气SO₂浓度宜不大于2000 mg/m³；
- b) 脱硫塔入口烟气温度宜不大于160°C。

7.2.4.2密相干塔法脱硫由烟气系统、脱硫塔、除尘系统、脱硫剂制备与供应系统、灰循环系统、副产物系统等组成，工艺流程见图 3。

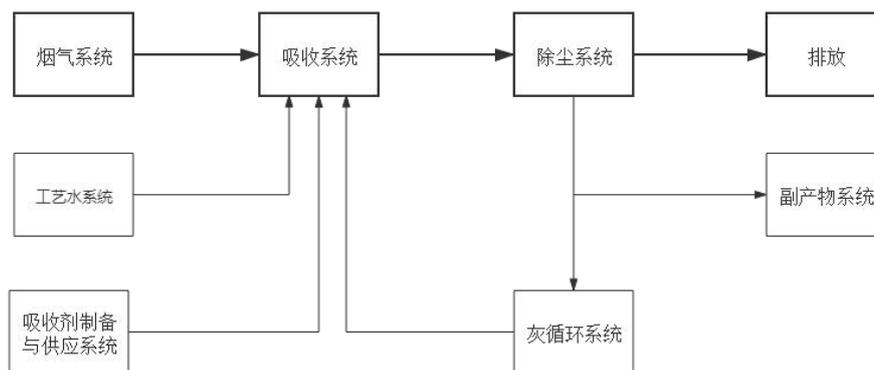


图 3 密相干塔法脱硫工艺流程示意图

7.2.4.3脱硫系统总压力损失宜不大于 3000Pa。

7.2.4.4烟气系统、除尘系统、脱硫剂制备与供应系统、副产物系统等技术要求参照循环硫化床工艺的技术要求。

7.2.5喷雾干燥吸收（SDA）半干法脱硫

7.2.5.1 SDA 法脱硫入口烟气适用条件:

- a) 入口烟气SO₂浓度宜不大于2000 mg/m³;
- b) 吸收塔进口烟气温度宜不大于120℃。

7.2.5.2 SDA 法脱硫工艺由烟气系统、喷雾干燥吸收塔、浆液制备与供应系统、脱硫除尘系统、再循环浆液循环系统（可选）、副产物系统等组成，工艺流程见图 4。

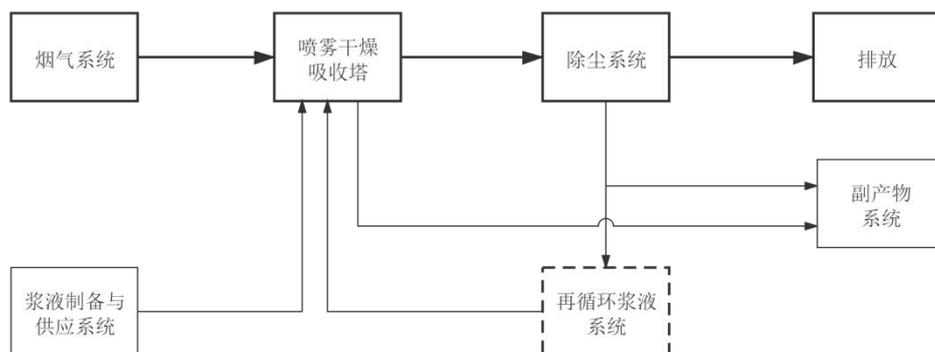


图 4 SDA 脱硫工艺流程示意图

7.2.5.3 吸收塔阻力宜不大于 800 Pa，出口烟气温度宜高于露点温度 15℃ 以上。

7.2.5.4 浆液含固率宜在 15%~35% 范围内。

7.2.5.5 烟气系统、除尘系统、脱硫剂制备与供应系统、副产物系统等技术要求参照循环硫化床工艺的技术要求。

7.2.6 活性炭（焦）干法脱硫脱硝

7.2.6.1 活性炭（焦）干法脱硫入口烟气适用条件:

- a) 入口烟气浓度颗粒物、SO₂、NO_x宜分别低于30mg/m³、2000 mg/m³、350 mg/m³;
- b) 烟气进入吸附塔温度应不高于150℃，宜不高于145℃，吸附塔各个点控制温度在145℃±5℃范围内，且不宜低于100℃。

7.2.6.2 活性炭（焦）脱硫脱硝工艺由烟气系统、吸附塔、活性炭（焦）解析塔、氨蒸发喷射系统、制酸系统、活性（焦）炭循环和补给系统等组成，工艺流程见图 5。

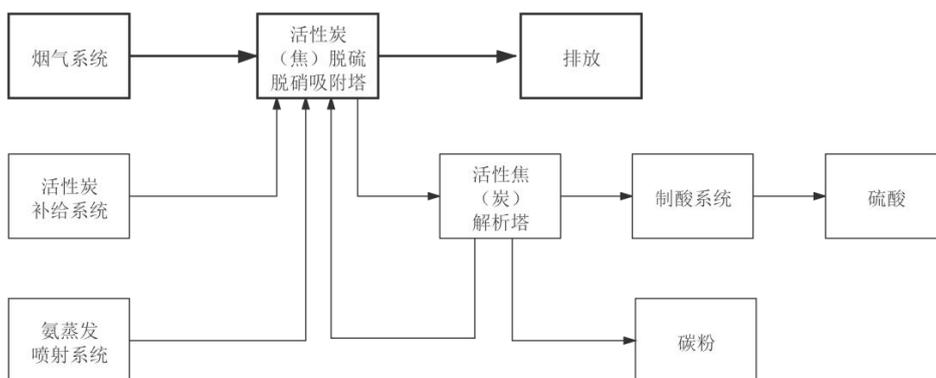


图 5 活性炭（焦）脱硫脱硝工艺流程示意图

7.2.6.3 烟气系统的设计和配置应符合下列规定：

- a) 活性焦干法脱硫脱硝装置入口的烟气工况参数应包括烟气流量、烟气温度、烟气压力、烟尘浓度、含湿量、二氧化硫浓度、NO_x浓度、氧浓度等；
- b) 烟道内烟气流速设计值宜不大于15m/s，烟道强度设计应满足《火力发电厂烟风煤粉管道设计规范》DL/T5121 规定，并考虑保温措施；
- c) 活性焦吸附塔入口烟气温度不应大于150℃；
- d) 应根据烟气系统阻力情况及工艺对系统压力的要求配置风机。

7.2.6.4 吸附塔系统的设计和配置应符合下列规定：

- a) 吸附塔宜采用单元式布置，每个单元进出口应配置独立的进出口烟气挡板门或与之相似的隔离装置，以保证活性焦流动均匀且易于各个单元独立检修；
- b) 吸附塔设计空速不宜大于500h⁻¹；
- c) 脱硫段烟气停留时间宜不小于6 s，脱硝段烟气停留时间宜不小于7.5s；
- d) 设计硫容的选定应考虑不同活性焦之间的性能差异和不同的运行条件；
- e) 吸附塔阻力宜控制在4000Pa以下；
- f) 活性焦移动速度宜在0.12m/h~0.18m/h之间；
- g) 吸附塔出口烟气温度不宜高于入口烟气温度5℃；
- h) 吸附塔活性焦进出料装置应密封，防止烟气泄漏；
- i) 吸附塔应配置保护气，宜采用氮气，用于吸附塔出现局部温度过高时的温度控制。保护气可采用氮气或其它惰性气体，当吸附塔所有进出口挡板门关闭时，保护气流量应满足塔内相对压力不低于200Pa；
- j) 吸附塔应配置快速卸料装置，用于吸附塔事故状态或临时停机检修等情况下吸附塔需要快速排空时的卸料操作。快速卸料装置的卸料速度不应低于正常卸料速度的3倍；
- k) 吸附塔宜配置冷却风，用于吸附塔停运时的快速降温。冷却风可采用空气，流量不宜低于吸附塔设计流量的20%；
- l) 氨逃逸浓度应不大于2.3mg/m³。

7.2.6.5 再生系统的设计和配置应符合下列规定：

- a) 再生系统缓冲仓容量不小于1h活性焦循环量；
- b) 活性焦采用加热再生方式，再生温度宜控制在 400℃~500℃；
- c) 再生塔的再生效率应大于 90%；
- d) 再生塔内氧浓度不宜大于1.0%；
- e) 再生塔出口活性焦温度宜控制在100℃~150℃；
- f) 宜采用氮气作为密封气和载气，用以密封和携带脱附的二氧化硫，氮气温度不宜低于60℃；
- g) 再生塔加热烟气加热后直接排放时宜采用三段式换热器，包括预热段、加热段和冷却段；
- h) 为了保证再生塔的密封应在活性焦出入口安装锁气器；
- i) 热风循环风机应为耐高温、无泄漏风机；

- j) 富二氧化硫气体风机应为耐高温、耐腐蚀、无泄漏风机；
- k) 再生系统内烟气、富二氧化硫气体等全部气体过流介质进出口均需设置关断阀或挡板门；如采用挡板门时应采用氮气密封；
- l) 再生系统内活性焦或富二氧化硫气体过流区域应选用耐高温耐腐蚀的材料制造。

7.2.6.6 活性焦输送系统设计和配置应符合下列规定：

- a) 活性焦储仓宜在主导风向的下游，集中布置于吸附塔附近，活性焦的运输、卸料、贮存等环节应有防止粉尘逸散进入环境的措施；
- b) 储罐内活性焦储量不宜低于系统7天的消耗量。
- c) 活性焦补给装置输送量宜不小于3倍新鲜活性焦补充量；
- d) 活性焦宜采用全密封输送装置，并配备粉尘收集装置；
- e) 活性焦输送装置应在再生塔出口处设置细粉筛分装置；
- f) 活性焦输送装置配管的除尘设备可单独设置，也可利用电厂防爆除尘设备；
- g) 活性焦的损耗量不宜大于活性焦循环量的2.0%；
- h) 为了系统安全运行，宜设置事故储仓，事故储仓与吸附塔和再生塔之间均应设置输送设施，输送量宜不小于3倍活性焦循环量。事故储仓容量应不小于系统12h活性焦循环量，具有耐高温、耐腐蚀能力，并配备氮气密封冷却设施。无事故储仓时应在吸附塔和再生塔附近设置事故活性焦堆置场地，并在地内配各足够的冷却消防设施。事故活性焦堆置场地应在室内，不得露天堆放。建立事故废水收集池，将冷却活性焦产生的废水收集处理，不得对外排放。

7.3 颗粒物超低排放控制技术

7.3.1 基本要求

7.3.1.1 优先采用高效节能袋式除尘技术，并依据具体工况条件和要求确定滤袋的形式和滤料材质，选择滤袋材质时，应考虑烟废气特性、组分、参数等因素，滤料特性应满足《袋式除尘器技术要求》GB/T 6719 的相关规定。

7.3.1.2 球团焙烧烟气进入脱硫脱硝设施前宜配置不少于四电场且配备高频电源或脉冲电源的电除尘器，烟气流速宜不大于 0.75 m/s、比集尘面积宜不低于 115 m²/ (m³/s)。

7.3.1.3 脱硫脱硝设施后宜设置除尘装置，当采用半干法脱硫工艺时，脱硫后的除尘宜采用袋式除尘器；当采用活性焦法脱硫脱硝工艺时，宜根据需要设置袋式除尘器；当采用湿法脱硫工艺时，脱硫后的除尘宜采用湿式电除尘器，并确保静电除尘器及湿法脱硫的除尘除雾效率，以实现颗粒物超低排放，同时减小对后置 SCR 脱硝工艺的影响。

7.3.2 静电除尘系统主要技术要求

7.3.2.1 静电除尘器的结构、基本参数、技术要求及其相关配件应符合《电除尘器》JB/T 5910 和《顶部电磁锤振打电除尘器》JB/T 11267 的规定；阳极板应符合《电除尘器 阳极板》JB/T 5906 的规定；阴极线应符合《电除尘器 阴极线》JB/T 5913 的规定，前级电场宜选用电晕放电性能好的阴极线，末级电场宜选用工作电压高、电流密度小的节能型阴极线；瓷绝缘子应符合《电除尘器用瓷绝缘子》JB/T 5909

的规定；采用移动电极电除尘技术时，应符合《移动板式电除尘器》JB/T 11311 的规定；采用电凝聚技术时，应符合《电凝聚器》JB/T 12113 的规定。

7.3.2.2 高压供电电源供电方式可按电场或分区供电。干式电除尘器第一、二电场宜采用高频高压电源供电，特殊情况下，后级电场可采用脉冲高压电源供电。电除尘用晶闸管控制高压电源应符合《电除尘用晶闸管控制高压电源》JB/T 9688 的规定；高压整流变压器应符合《电除尘用高压整流变压器》JB/T 11073 的规定；三相高压整流电源应符合《电除尘用三相高压整流电源》JB/T 11395 的规定；高频高压整流设备应符合《除尘用高频高压整流设备》JB/T 11639 的规定；低压控制装置应符合《电除尘器用低压控制装置》JB/T 10862 的规定。

7.3.2.3 振打清灰应能实现自动控制，振打间隔、振打周期、振打顺序可调。上位机控制系统应能连接控制系统，与高压供电电源、电气控制装置通信，并实现监视、控制功能。节能优化控制系统应能采集系统负荷、浊度、烟气温度等信号，自动获取电场伏安特性曲线（族）等现场工况变化信息，并选择和调整高压设备等的运行方式和运行参数，实现干式电除尘器的保效节能。

7.3.2.4 静电除尘器灰斗卸灰角度宜不小于 60° ，应设置可靠的保温层并采取加热措施。

7.3.2.5 静电除尘系统应符合以下要求：

- a) 同极间距宜在 250 mm ~ 600 mm 范围内；
- b) 本体压力降（除尘器阻力）应不大于 300 Pa，宜不大于 200 Pa；
- c) 漏风率应不大于 3%，宜不大于 1.5%。

7.3.2.6 运行维护的具体控制要求详见附录 C。

7.3.2.7 静电除尘器工程设计、施工与安装、调试与验收、运行与维护等其他要求应符合《电除尘器设计、调试、运行、维护 安全技术规范》JB/T 6407 的规定。

7.3.3 袋式除尘系统主要技术要求

7.3.3.1 袋式除尘器滤料选择应根据烟气特性确定，滤料的选择应符合《袋式除尘器技术要求》GB/T 6719、《环境保护产品技术要求 袋式除尘器 滤袋》HJ/T 327 的规定。对于半干法脱硫后的布袋宜采用超细纤维材质滤料，耐温不低于 160°C ，

7.3.3.2 滤袋框架以及电磁脉冲阀、压差式清灰控制仪应符合《袋式除尘器用滤袋框架》JB/T 5917 和《袋式除尘器用电磁脉冲阀》JB/T 5916、《袋式除尘器用压差式清灰控制仪》JB/T 10340 的规定。

7.3.3.3 花板的强度应满足悬挂全部滤袋、滤袋框架以及每条滤袋上挂灰 5 kg 的状态下无变形、扭曲的要求；花板、滤袋及滤袋框架三者应相互匹配，保证滤袋与花板间的密封性以防止含尘烟气泄漏。

7.3.3.4 宜应用计算流体力学（CFD）对布袋除尘器进行气流分布的数值模拟分析，布置合适的导流板，提升阀高度、增加阀孔径等优化除尘器内气流分布。

7.3.3.5 袋式除尘系统应符合以下要求：

- a) 进口温度应不超过滤袋允许使用温度，且应高于露点温度 15°C 以上；
- b) 颗粒物排放浓度 $\leq 10 \text{ mg/m}^3$ 时，过滤风速宜不大于 0.8 m/min ；颗粒物排放浓度 $\leq 5 \text{ mg/m}^3$ 时，过滤风速宜不大于 0.65 m/min ，除尘器阻力宜不大于 1200 Pa ；
- c) 漏风率应不大于 3%，宜不大于 1.5%。

7.3.3.6运行与维护的具体控制要求详见附录 C。

7.3.3.7袋式除尘器工程设计、施工与安装、调试与验收、运行与维护等其他要求应符合《袋式除尘工程通用技术规范》HJ 2020 的规定。

7.3.4电袋复合除尘系统主要技术要求

7.3.4.1电袋复合除尘器电区的阳极板、阴极线应符合阳极板应符合《电除尘器 阳极板》JB/T 5906 的规定；阴极线应符合《电除尘器 阴极线》JB/T 5913 的规定的规定。

7.3.4.2电袋复合除尘器袋区的滤料、滤袋、滤袋框架、花板和脉冲阀等的工艺设计要求同 6.3.3.1~6.3.3.3。

7.3.4.3电袋复合除尘器入口及电区与袋区结合处应采用合理的气流分布措施，其气流分布模拟试验应符合《电袋复合除尘器气流分布模拟试验方法》JB/T 12114 的规定。

7.3.4.4电袋复合除尘器高压供电装置应符合《电袋复合除尘器用高压电源》JB/T 12533 的规定；电气控制装置应符合《电袋复合除尘器电气控制装置》JB/T 12123 的规定；瓷绝缘子应符合《电袋复合除尘器高压绝缘子瓷件 技术条件》JB/T 12126 和《电除尘器用瓷绝缘子》JB/T 5909 的规定。

7.3.4.5电袋复合除尘系统应符合以下要求：

- a) 进口温度应不超过滤袋允许使用温度；
- b) 同极距宜在400 mm ~ 500 mm范围内；
- c) 颗粒物排放浓度 ≤ 10 mg/m³时，过滤风速宜不大于1.0 m/min（其中对于干法、半干法等脱硫后除尘，过滤风速宜不大于0.75 m/min），相应除尘器阻力宜不大于1100 Pa；
- d) 漏风率应不大于3%，宜不大于1.5%。

7.3.4.6运行与维护的具体控制要求详见附录 C。

7.3.4.7电袋除尘器工程设计、施工与安装、调试与验收、运行与维护等其他要求应符合《电袋复合除尘器设计、调试、运行、维护安全技术规范》JB/T 11644 的规定。

7.3.5湿式电除尘系统主要技术要求

7.3.5.1湿式电除尘器入口烟气温度宜低于烟气饱和温度。

7.3.5.2金属板式湿式电除尘器出口封头（烟箱）内宜设置除雾装置。

7.3.5.3阴极线宜采用起晕电压低、易冲洗的极线型式，性能要求及检验应符合《电除尘器 阴极线》JB/T 5913 的规定。绝缘子应符合《电除尘器用瓷绝缘子》JB/T 5909 的规定。

7.3.5.4供电装置宜选用节能控制功能型，可根据实际排放粉尘手动调整电源的输出。

7.3.5.5湿式电除尘系统应符合以下要求：

- a) 蜂窝式湿式电除尘器进口温度控制在0°C~ 90°C范围内，板式湿式电除尘器进口温度控制在0°C~ 100°C范围内；
- b) 同极间距宜在250mm ~ 400mm范围内；
- c) 颗粒物排放浓度 ≤ 10 mg/m³时，蜂窝式湿式电除尘器烟气流速宜不大于3.0 m/s、相应本体压力降（除尘器阻力）宜不大于300 Pa（不含除雾装置），蜂窝式板式电除尘器烟气流速宜不大于

3.5 m/s、相应本体压力降（除尘器阻力）宜不大于250 Pa（不含除雾装置），单级除雾装置压力降宜不小于150 Pa；

d) 漏风率 $\leq 2\%$ 。

7.3.5.6运行与维护的具体控制要求详见附录 C。

7.3.5.7湿式电除尘器工程设计、安装、调试与验收等其他要求应符合《湿式电除尘器》JB/T 11638 的规定。

7.4 NO_x 超低排放控制技术

7.4.1 基本要求

7.4.1.1球团烟气脱硝优先采用 SCR 脱硝工艺或活性炭（焦）脱硫脱硝一体工艺，对于链篦机-回转窑球团工艺，优先选用嵌入式 SCR+SNCR 脱硝工艺。

7.4.1.2脱硝系统应与生产工艺设备同步运转，装置运行寿命、检修维护周期宜与主机一致。脱硝系统关键设备及管线宜考虑设置相应的备用及应急措施，以满足故障切换及检修需求。

7.4.1.3脱硝还原剂可采用氨水、尿素或液氨，还原剂储存、输送、制备等要求应符合《烟气脱硝还原剂储运制备系统》JB/T 12912 的规定。

7.4.1.4对于湿法脱硫后的 SCR 脱硝，应采取在进入脱硝前的烟道内设置烟道除雾器等措施来降低烟气中的雾滴含量。

7.4.2 SCR 脱硝系统

7.4.2.1球团烟气温度低，当采用末端治理的 SCR 脱硝工艺时，应设置 GGH 换热器和烟气补热升温系统，并应符合下列要求：

- a) 为减少补热升温系统的燃料消耗量，GGH换热器热端温差宜 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ ，阻力宜小于1800Pa；
- b) GGH换热元件应根据烟气特性选择材质，对于湿法脱硫后的SCR脱硝，GGH冷端应采取防腐措施，冷端换热元件镀搪瓷，并配备高压水冲洗系统；
- c) GGH应采取密封措施，降低原烟气至净烟气的泄露，应根据原烟气NO_x浓度计算泄露对排放浓度的影响并确定对泄漏率的要求，泄漏率最大不宜超过2%，必要时配置低泄漏密封系统；
- d) 对于设置在脱硫除尘后的SCR脱硝，烟气补热升温系统宜采用煤气、天然气等清洁燃料，确保脱硝后烟气SO₂、颗粒物排放达标；
- e) 补热升温装置可采用外置热风炉或烟道直燃补热的形式，并应设置混风装置或混合器，确保烟气温度分布均匀，满足脱硝要求，设置方式宜通过CFD模拟或实物模型试验确定。

7.4.2.2SCR 脱硝系统主要性能指标应满足以下要求：

- a) 催化剂层数在3~4层，其中1层预留；
- b) 催化剂化学寿命不宜低于24000 h；
- c) SCR反应器空塔流速宜为4m/s~6 m/s；
- d) 反应温度小于230 $^{\circ}\text{C}$ 时，催化剂空速宜不大于3800 h⁻¹；反应温度小于280 $^{\circ}\text{C}$ 时，催化剂空速宜不大于4500 h⁻¹；反应温度小于320 $^{\circ}\text{C}$ 时，催化剂空速宜不大于6000 h⁻¹；

e) SCR系统压力降(阻力)不宜大于1000 Pa;

f) 氨逃逸浓度不应大于3PPm。

7.4.2.3 SCR 反应器中烟气流向宜垂直向下,其入口宜设气流均布装置,反应器内部易于磨损的部位设置防磨设施。

7.4.2.4 SCR 反应器内的加强板、支架等结构宜不易积灰,同时宜有热膨胀的补偿措施。

7.4.2.5 SCR 反应器及入口烟道整体设计应充分考虑在第一层催化剂入口的烟气流速偏差、烟气流向偏差、烟气温度偏差、NH₃/NO_x 摩尔比偏差等,具体要求如下:

a) 入口烟气流速偏差,宜小于±15%(相对标准偏差率);

b) 入口烟气夹角,宜小于±10°;

c) 入口烟气温度偏差,宜小于±10℃;

d) NH₃/NO_x 摩尔比偏差,宜小于 5%(相对标准偏差率)。

为保证上述技术要求,应当进行 SCR 装置(从 GGH 原烟气出口至 GGH 净烟气入口烟气系统,包括烟气补热升温装置、还原剂喷射装置)流体动力学(CFD)数值分析计算或流场物理模型实验。

7.4.2.6 SCR 反应器的设计宜满足催化剂的互换能力,并有一定裕量。

7.4.2.7 综合散热、漏风和烟气脱硝化学反应影响造成的 SCR 反应器本体温降不应大于 3℃。

7.4.2.8 催化剂的设计选型应符合下列要求:

a) 催化剂的选择应根据烟气特性、飞灰特性、灰分含量、反应型式、脱硝效率、氨逃逸浓度、SO₂/SO₃ 转化率、压降以及使用寿命等条件,综合考虑经济性与安全性因素后确定;

b) 催化剂可选择蜂窝式、板式、波纹板式或其他形式。催化形式、催化剂中各活性成分含量应根据烟气特性、飞灰特性和飞灰含量确定;

c) 对于脱硫后的脱硝,催化剂工作温度范围宜在200℃~300℃;对于回热风段的SCR脱硝,工作温度范围宜在350~500℃;

d) 催化剂层数的配置及寿命管理应进行综合技术经济比较,选择最佳模式,催化剂在设计寿命内能有效保证系统运行脱硝效率及各项技术指标;

e) 催化剂模块应布置紧凑、并留有必要的膨胀间隙;

f) 催化剂模块应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应统一,具有互换性。每层催化剂应设计3套~5套可拆卸的催化剂测试部件。催化剂模块应采用钢结构框架,便于运输、安装、起吊;

g) 当催化剂活性下降致使脱硝系统不能达到预期规定的脱硝效率时,应加装或更换催化剂;

h) 设计应充分考虑不同型式催化剂的重量对SCR钢结构的影响。

7.4.2.9 喷氨混合系统应符合下列要求:

a) 喷氨混合装置宜布置在 SCR 反应器入口烟道内;

b) 喷氨格栅和静态混合器应采用单元制系统。喷氨混合系统应使SCR反应器进口烟气流场中的氨气和烟气混合均匀,满足氨氮摩尔比偏差小于5%的要求;

c) 喷氨混合系统设计应考虑防腐、防堵、防磨及热膨胀;

- d) 喷氨混合系统应具有良好的抗热变形性和抗震性;
- e) 氮/空气混合气体以分区方式喷入,每个区域系统应具有均匀稳定的流量特性并具有独立的流量控制和测量手段;
- f) 当氨气混合喷射系统采用氨喷射格栅时其布置宜与烟气流动方向相垂直,并与催化剂层之间留有足够的混合距离,宜在喷氨格栅下游设置静态混合器;
- g) 喷氨混合系统上游和下游可分别设置导流和整流装置,设置方式宜通过CFD模拟或实物模型试验确定。

7.4.2.10 吹灰系统应符合下列规定:

- a) 每层催化剂均应设置相应的吹灰措施,可采用耙式吹灰、声波吹灰或声波-耙式联合吹灰方式;
- b) SCR 脱硝根据运行条件可选用耙式吹灰器或声波吹灰器,对于干法脱硫+布袋除尘之后的脱硝宜采用声波吹灰;对于回热风段脱硝和湿法脱硫后的脱硝宜采用耙式吹灰或声波-耙式联合吹灰方式。

7.4.2.11 对于采用先脱硝再脱硫的工艺,针对 SCR 脱硝催化剂及 GGH 堵塞问题,宜采取以下措施:

- a) 严格控制脱硝反应器入口温度及喷氨量,反应温度应高于对应的 NH_4HSO_4 露点温度 10°C 以上,减少硫酸氢氨的生成;
- b) GGH 冷端换热元件镀搪瓷,并配备高压水冲洗系统;
- c) 加强吹灰系统的吹灰频率,提高颗粒物吹扫强度;
- d) 需根据烟气温度及含硫量设置催化剂热解析功能。

7.4.2.12 运行与维护的具体控制要求详见附录 D。

7.4.3 选择性非催化还原 (SNCR) 脱硝

7.4.3.1 SNCR 宜采用尿素或氨水作为还原剂。

7.4.3.2 SNCR 工艺喷入燃烧区域的还原剂应在最佳烟气温度区间内与烟气中的 NO_x 反应,并通过喷射器的布置获得最佳的烟气—还原剂混合程度以达到最高的脱硝效率。如采用尿素作为还原剂,最佳反应温度宜为 $900^\circ\text{C}\sim 1150^\circ\text{C}$;如采用氨水作为还原剂,最佳反温度宜为 $870^\circ\text{C}\sim 1100^\circ\text{C}$ 。

7.4.3.3 应在球团焙烧段、预热段选择若干区域作为还原剂的喷射区。在不同生产负荷下,选择烟气温度处在最佳温度区间的喷射区喷射还原剂。喷射区域的位置和喷射器的设置应依据焙烧段和预热段内温度场、烟气流场、还原剂喷射流场化学反应过程的精确模拟结果确定。

7.4.3.4 还原剂在最佳烟气温度区间内的停留时间宜大于 0.5s 。应根据焙烧段和预热段内状况对喷嘴的几何特征、喷射的角度和速度、喷射液滴直径进行优化,通过改变还原剂扩散路径,达到最佳停留时间。

7.4.3.5 SNCR 脱硝工艺的氨逃逸浓度宜不大于 $8\text{mg}/\text{m}^3$ 。

7.4.3.6 运行与维护的具体控制要求详见附录 D。

7.4.4 活性炭 (焦) 脱硝

详见7.2.6活性炭 (焦) 脱硫脱硝。

8 检测和过程控制

8.1 一般规定

8.1.1 超低排放工程检测与过程控制的设计应满足安全、环保、经济、运行和启停的要求。

8.1.2 超低排放工程与主体工程各控制系统和同类型仪表设备的选型宜统一。

8.1.3 超低排放工程宜设置集中控制室，也可将超低排放工程的控制纳入球团主系统的集中控制室。

8.1.4 超低排放工程应采用集中监控，应能在控制室完成烟气超低排放治理装置的启动、正常运行工况的监视和调整、停机和事故处理。

8.2 过程检测与保护

8.2.1 超低排放工程的检测应包括以下内容：

- a) 工艺系统的运行状态及参数；
- b) 调节阀的开度及关断阀的开关状态；
- c) 电气设备的运行状态及参数；
- d) 电源系统及电气系统的运行状态及参数；
- e) 仪表和控制用电源、气源、水源及其他必要条件的供给状态和运行参数；
- f) 必要的环境参数。

8.2.2 超低排放工程应设置检测仪表，检测反映主要设备及工艺系统在正常运行、启停、异常及事故工况下安全、经济运行的参数。运行中需要进行监视和控制的参数应设置远传仪表，供运行人员现场检查和就地操作所必需的参数应设置就地仪表。

8.2.3 用于控制和保护的重要过程信号，应采用双重或三重冗余配置。

8.2.4 超低排放工程的报警应包括以下内容：

- a) 工艺系统参数偏离正常运行范围；
- b) 保护动作及主要辅助设备故障；
- c) 监控系统故障；
- d) 电源、气源故障；
- e) 辅助系统故障；
- f) 电气设备故障；
- g) 有毒有害气体泄漏。

8.3 在线监测技术要求

8.3.1 排气筒高度、采样点位置及在线监测位置、采样断面烟气流速、采样孔位置、内径和管长、采样平台面积、承重、旋梯、护栏高度、脚部挡板、电源以及排放口标志等应符合《钢铁企业超低排放评估监测技术指南》以及 HJ/T 1、GB/T 16157、HJ/T 397 等相关监测标准和技术规范要求。

8.3.2 球团烟气排气筒应安装烟气排放连续监测系统（CEM），相关废气治理设施配套具有分布式控制功能的监控系统。

8.3.3 烟气排放口 CEM 安装、调试程序、日常维护应符合 HJ/T 373、HJ 397、HJ 75 和 HJ 76 的相关规定。建立 CEM 运行质控手册，做好 CEM 运行质控记录，确保 CEM 稳定运行，在线设备常见故障处理见附录 E。

8.3.4 烟气治理设施在线监控系统应包括将除尘、脱硫、脱硝等环保设施所有运行参数、CEM 在线监测数据以及反映生产负荷和设备启停的主要生产工艺参数。监测数据应至少保存 5 年以上。

8.3.5 运行过程中检查 CEM 设备间环境温度、湿度、气源压力、控制柜指示灯状态、上位机监视数据与在线监控数据是否一致，观察除尘、脱硫、脱硝系统运行工况及温度、压力、流量、含氧量等烟气参数与污染物浓度之间的变化关系判断 CEM 数据是否有效。

8.3.6 企业应按照 HJ 819、HJ 878 的规定，开展自行监测。

9 劳动安全与职业卫生

9.1 一般规定

9.1.1 超低排放工程在设计、建设和运行过程中，应高度重视劳动安全和职业卫生，采取各种防治措施，保护人身的安全和健康。

9.1.2 超低排放工程安全卫生管理应符合《生产过程安全卫生要求总则》GB/T 12801、《生产设备安全防护设计总则》GB 5083 中的有关规定。

9.1.3 安全和卫生设施应与超低排放工程同时建成运行，并制订相应的操作规程。

9.2 劳动安全

9.2.1 超低排放工程的劳动安全防护设施的设计应符合现行国家、地方及行业标准并满足安全预评价批复意见的要求。

9.2.2 超低排放工程的用电安全应符合《用电安全导则》GB/T 13869、《危险场所电气防爆安全规范》AQ 3009 中的有关规定。

9.2.3 超低排放工程应在事故易发处应设置安全标志，标志的设置应符合现行国家标准《安全标志及其使用导则》GB 2894 的规定。安全标志的色带颜色应符合现行国家标准《安全色》GB 2893 及《工业管道的基本识别色、识别符号和安全标识》GB7231 的规定。

9.2.4 超低排放工程脱硫剂选用石灰时，应对操作人员采取必要的劳动安全防护措施。

9.2.5 氨区的总平面布置应满足安全生产和防火安全间距的规定，并符合全厂总体规划的要求。

9.2.6 厂区内各建、构筑物与液氨、氨水储罐的防火间距应符合《建筑设计防火规范》GB50016 的规定。

9.2.7 氨区和尿素区应设置室外消火栓灭火系统，液氨储罐应设置喷淋冷却水系统和水喷雾消防系统。

9.2.8 氨区应设有氨气泄漏检测器。

9.2.9 建立并严格执行经常性的和定期的安全检查制度，及时消除事故隐患，放置事故发生。

9.3 职业卫生

9.3.1 超低排放工程职业卫生要求应符合《工业企业设计卫生标准》GBZ 1、《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》GBZ 2.1、《工作场所有害因素职业接触限值 第2部分：物理因素》GBZ 2.2 的规定。

9.3.2 为防止职业中毒，超低排放工程工作场所的卫生工程防护措施应符合《工作场所防止职业病中毒卫生工程防护措施规范》GBZ/T 194 中的有关规定。

9.3.3 生石灰、消石灰及脱硫副产物的贮运，应采用密闭性较好的设备，并应有防止漏粉、漏灰及飞扬的措施。

9.3.4 制粉系统等可能产生粉尘污染的装置，宜采用全负压密闭系统，尽量实现机械化和自动化操作，减少人工直接操作，并采取适当通风措施。

9.3.5 在易发生粉尘飞扬或洒落的区域应设置必要的除尘设备或清扫措施。

9.3.6 应尽可能采用低噪声、低振动设备，对于噪声和振动较高的设备应采取减振消声等措施。应尽量将噪声和振动源与操作人员隔开。

9.3.7 氨区应根据现行行业标准《人身防护应急系统的设置》HG/T 20570.14 的规定，设置安全淋浴器和洗眼器。

9.3.8 氨区应配备防毒面罩、橡胶手套、橡胶靴等防护用品。

10 运行与维护

10.1 一般规定

10.1.1 应建立、健全运行与维护的管理制度、岗位操作规程、主要设备运行台账制度和质量管理体系等文件。

10.1.2 超低排放装置运行与维护应设立专门管理部门，并配备相应的人员和设备。

10.2 人员与运行管理

10.2.1 应对超低排放装置的管理和运行人员进行定期培训，运行操作人员上岗前应进行以下内容的专业培训：

- a) 启动前的检查和启动必备条件；
- b) 处置设备的正常运行，包括设备的启动和关闭；
- c) 控制、报警和指示系统的运行和检查，以及必要时的纠正操作；
- d) 最佳运行温度、压力、脱除效率的控制和调节，以及保持设备良好运行的条件；
- e) 设备运行故障的发现、检查和排除；
- f) 事故或紧急状态下人工操作和处理；
- g) 设备日常和定期维护；
- h) 设备运行及维护记录，以及其它事件的记录和报告。

10.2.2 应建立脱硫装置运行状况、设施维护和生产活动的记录制度，主要记录内容包括：

- a) 系统启动、停止时间；
- b) 吸收剂进厂质量分析数据，进厂数量，进厂时间；

- c) 系统运行工艺控制参数，至少应包括：烟气治理装置入、出口烟气污染物浓度、温度、流量、压力，吸收塔压差，除雾器压差、催化剂压差，吸收浆液 pH 值，吸收剂耗量，氨水（液氨）浓度、还原剂耗量、用水量、耗电量，脱硫石膏产量等；
- d) 主要设备的运行和维修情况；
- e) 烟气连续监测数据，污水排放情况，脱硫产物处置情况；
- f) 生产事故及处置情况；
- g) 定期检测、评价及评估情况等；

10.2.3 运行人员应按照规定做好交接班和巡视。

10.3 维护保养

10.3.1 烟气治理装置的维护保养应纳入全厂的维护保养计划，并根据烟气治理装置技术负责方提供的系统、设备等资料制定详细的维护保养规定。

10.3.2 维修人员应根据维护保养规定定期检查、更换或维修必要的零部件。

10.4 应急措施

10.4.1 应根据烟气治理装置运行及周围环境的实际情况，考虑各种突发事故，做好应急预案，配备人力、设备、通讯等资源，预留应急处理条件。

10.4.2 烟气治理装置发生异常情况或重大事故时，应及时分析，启动应急预案，并按规定向有关部门报告。

附录 A

(资料性)

吸收剂、水质要求

A.1 吸收剂品质要求

表 A.1 生石灰品质

序号	项 目	参 数	测试方法
1	CaO 含量	≥85%	JC/T478.2
2	粒径	≤1mm	JC/T478.1
3	活性	T60<4min (T60 表示石灰加水后升温至 60°C所需时间)	DL/T 323

表 A.2 消石灰品质

序号	项 目	参 数	测试方法
1	纯度 (Ca(OH) ₂ 含量)	≥88%	JC/T478.2
2	比表面积	≥18m ² /g	GB/T 19587
3	粒径	≤50μm	JC/T478.1
4	含水率	≤1.5%	JC/T478.1

A.2 工艺水、消化水品质要求

表 A.3 工艺水品质

序号	项 目	单 位	参 数	测试方法
1	可允许的悬浮物最大粒径	μm	≤30	GB/T 5750
4	可允许的磨损物含量 (铁、二恶氧化硅等磨蚀性较高的物质)	PPm	≤10	GB/T 5750
5	可允许的最高固体浓度	mg/L	≤30	GB/T 5750
6	Cl ⁻ 含量:	mg/L	<400	GB/T 11896
7	pH 值		7~9.5	GB/T 6920

表 A.4 消化水品质

序号	项 目	单 位	参 数	测试方法
1	水硬度	dH	≤120	GB/T 7477
2	pH 值		7±1	GB/T6920
3	SO ₄ ²⁻ 含量	mg/L	<100	GB/T 11899
4	Cl ⁻ 含量	mg/L	<60	GB/T 11896
5	NH ₃ 含量	mg/L	<7	GB/T7478
6	可允许的最高固体浓度	PPm	<400	GB/T 5750

附录 B

(资料性)

脱硫系统的运行维护要求

B.1 石灰/石灰石—石膏法脱硫系统运行维护要求

B.1.1 运行要求

B.1.1.1 定时检查运行参数，并分析其趋势，及时发现问题。运行参数包括但不限于以下内容：

- 烟气的主要参数，如流量、烟温等；
- 吸收塔压降；
- 进口和出口 SO₂ 浓度；
- 氧化风机电流；
- 循环泵电流；
- 吸收塔内浆液 pH 值；
- 吸收塔内浆液密度；
- 石灰浆液供给密度；
- 石灰进量；
- 石膏出厂记录。

B.1.1.2 运行中应定时巡视检查运行设备，具体检查项目包括但不限于以下内容：

- 工艺水系统压力是否稳定，水箱液位是否正常；
- 带式过滤机运行情况，如皮带有无跑偏、冲洗水接管是否正常，密封压板是否到位，滤布是否漏气；
- 石膏旋流器底流、溢流情况，是否有跑冒滴漏；
- 循环浆液泵、搅拌器等运转设备是否正常运行，无异响；
- 氧化风机、增压风机是否正常运行，风管是否泄漏；
- 设备冷却水、密封水及设备油位是否正常；
- 上位机监视数据与现场在线监控数据是否一致。

B.1.2 日常维护要求

B.1.2.1 定期检验浆液循环泵事故跳闸设施。

B.1.2.2 定期清洗除雾器喷嘴。

B.1.2.3 定期检修循环泵、氧化风机，并检查所有泵、电机和风机的润滑情况。

B.1.2.4 定期检查管路法兰、阀门和接头连接处是否渗漏或松动，并及时拧紧。

B.1.2.5 定期检查所有的执行器、电磁阀、限位开关是否运行正常。

B.1.2.6 定期将所有电机、加热器、风机、泵的运行电流与启动电流进行比较，检查三相电流是否存在不平衡情况。

B.1.2.7 定期检查所有仪表的运行状况。

B.1.3 记录要求

记录但不限于生产时报、除尘设备点检表、进出口在线设备点检表、进出口数据记录表、仪器仪表校验检定记录、设备维修记录等。

B.1.4 异常情况处理

出现异常情况，应按表 B.1 采取相应措施。若不能及时解决，应视情况停止运行。

表 B.1 主要运行故障及处理

序号	异常情况	主要原因	排除方法
1	脱硫系统阻力增大	除雾器积灰堵塞	加大吸收塔除雾器冲洗
2	脱硫塔内浆液浓度偏低	石灰浆液浓度太低	提高石灰浆液浓度
		排出量过大	降低排出泵频率
3	脱硫塔内浆液浓度偏高	石灰浆液浓度太高	降低石灰浆液浓度
		排出量过小	提高排出泵频率，增加补水量
		排出泵进出口管道堵塞	清洗排出泵进出口管道，拆泵检修
4	吸收塔 SO ₂ 浓度偏高	石灰补充量不足	加大石灰补充量
		喷淋管堵塞	清理喷头
		进口 SO ₂ 浓度高	—
5	脱硫塔 pH 偏高	反应不充分	减少石灰浆液尽量
6	脱硫塔 pH 偏低	石灰进量不足	加大石灰进量

B.2 循环流化床半干法脱硫系统运行维护要求

B.2.1 运行要求

运行中定时巡检运行设备，具体检查项目包括但不限于以下内容：

- 检查脱硫塔出入口烟气流量、脱硫塔出口烟气温度、脱硫塔压差、SO₂ 浓度等是否控制在指标范围内，并分析其趋势，及时发现问题；
- 工艺水系统压力是否稳定，水箱液位是否正常；
- 空气斜槽循环脱硫灰的流动是否连续；
- 所有手动阀的阀位是否处于正确位置；
- 喷嘴现场水压表，判定运行状况是否正常；
- 所有泵的流量、压力是否稳定，电机轴承温度、转速是否正常；
- 给料机是否运转正常；
- 消化系统是否运行正常；
- 各个系统工艺管线、手孔、人孔门是否有泄漏现象；
- 上位机监视数据与现场监控数据是否一致。

B.2.1 日常维护要求

B.2.1.1 定期检查所有泵、电机和风机的润滑情况；对流化风机过滤器进行清洗；检查工艺水泵的轴封处是否有泄漏现象。

B.2.1.2 定期检查管路法兰、阀门和接头连接处是否渗漏或松动，并及时拧紧。

B.2.1.3 定期检查灰斗处流化风管道的温度。

B.2.1.4 定期检查所有的执行器、电磁阀、限位开关是否运行正常。

B.2.1.5 定期将所有电机、加热器、风机、泵的运行电流与启动电流进行比较，检查三相电流是否存在不平衡情况。

B.2.1.6 定期检查所有仪表的运行状况。

B.2.1.7 定期检查消石灰仓仓顶布袋除尘器布袋的磨损情况。

B.2.1.8 定期检查脱硫塔内壁是否存在积灰；检查灰斗内积灰是否结块。

B.2.1.9 定期检查工艺水喷嘴是否被腐蚀；检查设备内部是否有冷凝水，是否存在腐蚀现象。

B.2.3 记录要求

记录但不限于生产时报、脱硫设备点检表、进出口在线设备点检表、进出口数据记录表、仪器仪表校验检定记录、设备维修记录等。

B.2.4 异常情况处理

出现异常情况，应按表 B.2 采取相应措施。若不能及时解决，应视情况停止运行。

表 B.2 主要运行故障及处理

序号	异常情况	主要原因	排除方法
1	脱硫塔压差过高	塔内存有积灰、灰尘潮湿、结块	检查空塔压降，如结壁确实存在，应将系统停车并对积灰进行清理，并查看塔出口温度及喷嘴的水雾形状是否正常
2	脱硫塔压差过低	塔内床料不足	检查循环灰是否干燥，输送是否连续，有无堵塞情况，补充床料
		烟气流量过低	检查脱硫塔入口烟气流量与运行工况是否符合
3	脱硫塔出口温度过高	工艺水泵故障	修复水泵
		喷嘴或喷嘴过滤器堵塞	拆除、清理、更换
		工艺水管道过滤器堵塞	拆除、清理

B.3 密相干塔法脱硫系统运行维护要求

B.3.1 运行要求

运行中定时巡检运行设备，具体检查项目包括但不限于以下内容：

——脱硫塔出入口烟气流量、脱硫塔出口烟气温度、脱硫塔压差、SO₂ 浓度、循环灰浓度、钙硫摩尔比等是否控制在指标范围内，并分析其趋势，及时发现问题；

——工艺水系统压力是否稳定，水箱液位是否正常；

——所有泵的流量、压力是否稳，电机转速是否正常、无异响；

——所有手动阀的阀位是否处于正确位置；

——对各个系统工艺管线、手孔、人孔门是否有泄漏现象；

——上位机监视数据与现场在线监控数据是否一致。

B.3.2 日常维护要求

B.3.2.1 定期检查所有泵、电机和风机的润滑情况。

B.3.2.2 定期检查管路法兰、阀门和接头连接处是否渗漏或松动，并及时拧紧。

B.3.2.3 定期检查所有的执行器、电磁阀、限位开关是否运行正常。

B.3.2.4 定期将所有电机、加热器、风机、泵的运行电流与启动电流进行比较，检查三相电流是否存在不平衡情况。

B.3.2.5 定期检查所有仪表的运行状况。

B.3.3 记录要求

记录但不限于生产时报、脱硫设备点检表、进出口在线设备点检表、进出口数据记录表、仪器仪表校验检定记录等。

B.3.4 异常情况处理

出现异常情况，应按表 B.3 采取相应措施。若不能及时解决，应视情况停止运行。

表 B.3 主要运行故障及处理

序号	异常情况	主要原因	排除方法
1	脱硫塔出口温度过高	工艺水泵故障	修复水泵
		喷嘴或喷嘴过滤器堵塞	拆除、清理、更换
		工艺水管线过滤器堵塞	拆除、清理

B.4 SDA 半干法脱硫系统运行维护要求

B.4.1 运行要求

运行中定时巡检运行设备，具体检查项目包括但不限于以下内容：

——检查出口烟气温度、SO₂浓度、雾化器电流、压差、浆液液位、冷却水流量、冷却水压力、钙硫摩尔比等是否控制在指标范围内，并分析其趋势，及时发现问题；

——工艺水系统压力是否稳定，水箱液位是否正常；

——泵的流量、压力是否稳定，电机转速是否正常，无异响；

——搅拌机、雾化器是否运行正常；

——所有手动阀的阀位是否处于正确位置；

——对各个系统工艺管线、手孔、人孔门是否有泄漏现象；

——上位机监视数据与现场在线监控数据是否一致。

B.4.2 日常维护要求

B.4.2.1 定期对雾化器的喷嘴、油冷却器油路、过滤器等进行维护；并应每年对雾化器进行专业保养。

B.4.2.2 定期检查所有泵、电机和风机的润滑情况。

B.4.2.3 定期检查管路法兰、阀门和接头连接处是否渗漏或松动，并及时拧紧。

B.4.2.4 定期检查所有的执行器、电磁阀、限位开关是否运行正常。

B.4.2.5 定期将所有电机、加热器、风机、泵的运行电流与启动电流进行比较，检查三相电流是否存在不平衡情况。

B.4.2.6 定期检查所有仪表的运行状况。

B.4.4 记录要求

记录但不限于生产时报、除尘设备点检表、进出口在线设备点检表、进出口数据记录表、仪器仪表校验检定记录、设备维修记录等。

B.4.5 异常情况处理

出现异常情况，应按表 B.4 采取相应措施。若不能及时解决，应视情况停止运行。

表 B.4 主要运行故障及处理

序号	异常情况	原因	排除方法
1	SO ₂ 浓度偏高	雾化器喷嘴堵塞	反冲洗雾化器
		碳酸钠浓度低	提高碳酸钠浓度
2	泵出口压力低	进出口管路堵塞	清理管路

B.5 活性炭（焦）干法脱硫脱硝系统运行维护要求

B.5.1 运行要求

运行中定时巡检运行设备，具体检查项目包括但不限于以下内容：

——吸附塔烟气温度、入塔温度、吸附塔各个点温度是否控制在指标范围内，并分析运行趋势，及时发现问题；

——活性炭（焦）料仓料位是否正常，活性炭（焦）输送设备是否运行正常，无扬尘、渗油、超温、异常响声等；

——解析塔各段温度是否正常，换热氮气管路上各测温点温度是否正常，并分析运行趋势，及时发现问题；

——吸附塔、解析塔的排料是否匹配；

——氨水罐液位是否正常，罐体是否有破损、泄漏，支架是否有腐蚀开裂现象、螺栓是否紧固；

——进口和出口氨水泵是否有振动杂音，轴承温度是否小于 60℃，风扇地线是否完好，螺栓是否紧固，电源线是否破损；

——氨水管道是否有破损、泄漏，支架是否有腐蚀开裂现象、螺栓是否紧固，阀门法兰螺栓是否紧固，压力表接头是否有泄漏；

——上位机监视数据与现场监控数据是否一致。

B.5.2 日常维护要求

B.5.2.1 定期检查吸附塔格栅板连接处是否松动，格栅板间隙是否出现漏料。

B.5.2.2 定期检查吸附塔内防腐油漆是否存在破坏或脱落现象。

B.5.2.3 定期清除吸附塔内部积灰、结垢。

B.5.2.4 定期检查所有泵、电机和风机的润滑情况。

- B.5.2.5 定期检查管路法兰、阀门和接头连接处是否渗漏或松动，并及时拧紧。
- B.5.2.6 定期检查所有的执行器、电磁阀、限位开关是否运行正常。
- B.5.2.7 定期检查振动筛出口除铁器，及时清理杂物。
- B.5.2.8 定期将所有电机、加热器、风机、泵的运行电流与启动电流进行比较，检查三相电流是否存在不平衡情况。
- B.5.2.9 定期检查所有仪表的运行状况。

B.5.3 记录要求

记录但不限于生产时报、脱硫脱硝设备点检表、进出口在线设备点检表、进出口数据记录表、仪器仪表校验检定记录、设备维修记录等。

B.5.4 异常情况出处理

出现异常情况，应按表 B.5 采取相应措施。若不能及时解决，应视情况停止运行。

表 B.5 主要运行故障及处理

序号	异常情况	主要原因	排除方法
1	吸附塔床层活性焦超温	入塔烟气温度过高、吸附塔结构设计不合理等	关闭烟气进、出口阀门，打开全部氮气阀门并维持塔内微正压，加快物料循环，将高温物料排出；待吸附塔塔内所有活性焦完成一个循环且塔内各点温度回归正常值后，关闭所有氮气阀门，恢复正常运行
2	出气室活性焦超温	吸附塔内废气压差过高	关闭烟气进、出口阀门，打开全部氮气阀门并维持塔内微正压，停止物料循环系统。待塔内温度降至 60℃以下时，关闭所有氮气阀门，打开出气室人孔门对自燃后的活性焦进行清理。清理后，运行物料循环系统，各床层温度无异常变化后，逐步恢复正常运行

附录 C

(资料性)

除尘器的运行维护要求

C.1 袋式除尘器的运行维护要求

C.1.1 运行要求

运行中定时巡检运行设备，具体检查项目包括但不限于以下内容：

- 进出口烟气温、压差、颗粒物浓度、主风机电机的电压、电流等，并分析其趋势，及时发现问题；
- 风门、箱体顶部箱盖及人孔门密封状况；
- 风机和电机电流、轴承温度、油位和运行状况；
- 脉冲阀、换向阀等阀门的运行状况及密封状况；
- 清灰时，检查压缩空气压力或反吹系统运转状况；
- 卸灰阀密封状况，开关位置与运行工况是否相符，每个袋室的卸灰口是否有冒灰现象，使用吸排罐车和气体输灰卸灰时是否有泄漏现象；
- 上位机监视数据与现场监控数据是否一致。

C.1.2 日常维护要求

袋式除尘器工作 3 个月以上，则在工艺生产停车时，应对袋式除尘器内部构件进行检查、维护，具体检查项目包括但不限于以下内容：

- 各部位的接地线是否完整或锈蚀；
- 与除尘器进出口烟箱接口管道以及连接处有无漏风或积灰；
- 与灰斗连接的卸灰阀及运灰螺旋输送机的锁风是否良好。

C.1.3 记录要求

记录但不限于生产时报、除尘设备点检表、进出口在线设备点检表、进出口数据记录表、仪器仪表校验检定记录、设备维修记录等。

C.1.4 异常情况处理

出现异常情况，应按表 C.1 采取相应措施。若不能及时解决，应视情况停止运行。

表 C.1 主要运行故障及处理

编号	异常现象	主要原因	排除方法
1	灰斗粉尘不能排出，高料位报警	下灰口粉尘堵塞	清理堵塞粉尘
		灰斗内粉尘拱塞	清除积灰拱塞
		粉尘潮湿，产生附着	检查灰斗加热器
		输灰系统故障	检查输灰系统
2	布袋磨损	相邻滤袋磨损	调整滤袋涨力与结构
		与箱体摩擦	处理摩擦处
		相邻滤袋破损	更换破损的布袋

3	布袋烧损	流入火种	维修、工作中注意
		温度过高	采用合适温度的滤料
4	布袋堵塞	滤袋使用时间过长	更换
		处理气体中含有水分	检查原因并处理
		漏水	焊补、补漏
		风速过大	降低风速
		清灰不良	加强清灰、检查清灰机构
5	阻力异常上升, 高阻力报警	清灰不良	检查清灰机构
		粉尘湿度大、糊袋	调整烟气性质
		气包压力降低	检查压缩空气管路、气包是否漏气, 减压阀开度, 提高气包压力
		清灰定时时间设置有误	检查、调整
		自动清灰不动作	检查、处理
		电磁阀不动作	更换
		换向阀不动作	更换
		灰斗内大量积灰埋布袋	检查原因清理积灰
		滤袋堵塞	检查原因清理堵塞
		除尘器漏水造成糊布袋	处理漏点
6	阻力太低	清灰间隔太短	增加清灰间隔
		负荷小	增加清灰间隔
7	无压缩气体	空压机故障	通知调度协调
		压缩空气管路堵塞或漏气	检查压缩空气管路, 排除故障
8	出口粉尘浓度显著增加	滤袋破损	更换滤袋, 检查袋笼消除毛刺
		滤袋口与花板之间漏气	重新安装滤袋
		掉袋	重新安装滤袋
		净气室漏气	检查处理
9	除尘器压差异常增大或异常小、压差长久无变化	差压引压管堵塞	对引压管吹扫或更换
		信号采集点故障	检查信号控制系统

10	脉冲阀常开	电磁阀不能关闭	检查、调整
		小节流孔完全堵塞	疏通小节流孔
		膜片上的垫片松脱漏气	更换
11	脉冲阀常闭	控制系统无信号	检修控制系统
		电磁阀失灵或排气孔被堵	检修或更换电磁阀
		膜片破损	更换膜片
12	脉冲阀喷吹无力	大膜片上节流孔过大或膜片上有砂眼	更换膜片
		电磁阀排气孔部分被堵	疏通排气孔
		控制系统输出脉冲宽度过窄	调整脉冲宽度
13	电磁阀不动作或漏气	接触不良或线圈断路	调换线圈
		阀内有脏物	清洗电磁阀
		弹簧、橡胶件失去作用或损坏	更换弹簧或橡胶件
14	风机轴承座温度高	缺油	加油
		轴承坏或间隙不对	通知钳工处理
15	电机电流升高	线路故障	通知维修检查处理
		电机故障	通知维修检查处理
16	螺旋输送机螺旋转动时有异常声音	螺旋轴或机壳变形,使其相刮磨	校正或更换螺旋轴或机壳
		吊座磨损严重或螺丝松动使螺旋轴刮磨机壳	更换轴承吊座或紧固螺丝
17	螺旋输送机螺旋转动困难或转不动	机壳内有余料或下料不均匀	清除机体内余料,减小下料量
		料内有硬块卡死机体	消除硬块
		灰太潮湿,挤压成饼,增大摩擦	清除硬饼,采取措施保持灰干燥
		轴承损坏	更换轴承
18	卸灰阀转动困难	灰湿或异物卡在星轮与壳体之间	振动壳体或清除异物
		星轮与壳体间隙太小	调整间隙
		轴承缺油损坏	更换轴承,添加润滑油
		电磁阀不换向	更换电磁阀
		反吹压力调节不灵活堵塞	清理或更换

C.2 静电除尘器的运行维护要求

C.2.1 运行要求

运行中定时巡检运行设备,具体检查项目包括但不限于以下内容:

——二次电压、电流及进出口烟气温度、颗粒物浓度以及灰斗高料位等,并分析其趋势,及时发现问题;

——高低压柜、配电柜的表计及指示灯有无异常;

- 高低压柜、配电柜无过热、变色、焦味、异响等现象；
- 整流变压器油色、油位、表面油温是否正常，油温最高不超过 85 °C，干燥剂不变色；
- 阻尼电阻应完整无损，没有放电现象；
- 高压整流变压器的高压隔离刀闸，直流高压引线和除尘器顶部没有明显的放电现象；
- 高压整流控制柜内温度应不超过 30 °C；
- 除尘器、保温箱、检修门、进出口等无漏风现象；
- 高低压设备、IPC 运行正常；
- 上位机监视数据与现场监控数据是否一致。

C.2.2 日常维护要求

C.2.2.1 每次停机后对保温箱进行清扫，并检查电晕极支撑绝缘子及石英套管是否有破损、爬电等现象，如有，应及时更换。

C.2.2.2 每周应检查一次各振打转动装置及卸灰输灰转动装置的减速机油位。每天检查卸输灰系统是否正常，是否有堵灰漏灰现象。

C.2.2.3 各减速机第一次加油运转一周后应更换新油，并将内部油污冲净，以后每 6 个月更换一次润滑油。

C.2.2.4 每周清扫一次电晕极振打转动瓷联轴，在清扫过程中应同时检查是否有破损，爬电等现象，如有，则应及时更换。

C.2.2.5 根据电场的积灰情况，选择适宜的振打程序或另编程更改程序。

C.2.2.6 每 6 个月检查一次电除尘器保温层，如有破损，应及时修理。

C.2.2.7 每年测定一次电除尘器进出口处烟气流、含尘浓度漏风率、除尘效率等，分析电除尘器性能的变化。

C.2.2.8 电除尘器工作 3 个月以上，则在工艺生产停车时，应对电除尘器内部构件进行检查、维护，具体检查项目包括但不限于以下内容：

- 各层气体分布板孔是否被粉尘堵塞，若部分孔被粉尘堵塞，则应仔细检查振打装置的工作状况，并进行适当处理；
- 极间距是否正常，每个电场每个通道的偏差是否在 10 mm 以内，每根电晕线与阳极距离的偏差是否在 5 mm 以内，达不到要求进行处理；
- 极板积灰情况，若发现个别极排积灰过厚，应检修传动装置和振打机构；
- 各检查门、顶盖、法兰联接等处是否严密；
- 各振打装置是否松动、磨损等；
- 电场的积灰情况。

C.2.3 记录要求

记录但不限于生产时报、除尘设备点检表、进出口在线设备点检表、进出口数据记录表、仪器仪表校验检定记录、设备维修记录等。

C.2.4 异常情况处理

出现异常情况，应按表 C.2 采取相应措施。若不能及时解决，应视情况停止运行。

表 C.2 主要运行故障及处理

序号	异常情况	主要原因	排除方法
1	电场高压下不能工作出现火花放电	固定电晕线的螺栓松脱发生断路	调整修理
		绝缘套管破裂或积灰过多	更换破损套管或清灰
		保温箱内加热管失效	恢复加热管工作，保持加热至50℃
		电晕线断路	消除断路现象
		极间距部分变化造成高压放电	校正极距
		电场内有异物	清除异物
2	电场电气指示没有显著变化，收尘效果差	分布板堵塞	清理
		收尘系统漏风严重	检查堵漏
2	极板周期性地击穿现象	电晕柜架松动	紧固
		柜架限位失效	调整限位
		极线与极板间挂有异物	清理异物

C.3 电袋除尘器的运行维护要求

C.3.1 袋式除尘部分运行维护要求见 C.1。

C.3.2 静电除尘部分运行维护要求见 C.2。

C.4 湿式电除尘器的运行维护要求

C.4.1 运行要求

运行中定时巡视检查运行设备，具体检查项目包括但不限于以下内容：

- 运行中定时检查烟气温度的、各电场的一、二次电流和电压等是否在指标控制范围内；
- 各电场火花闪络情况以及是否有异常放电现象；
- 高压供电机组油温、是否有异常声音或放电现象；
- 热风风机的运行是否正常，出口压力、温度是否正常；
- 保温箱加热器的工作状态是否正常；
- 给水系统工作状态是否正常，监视水泵电机的运行参数和水路中水压、流量的变化情况，管道是否有泄漏现象；
- 出口挡板门装置是否准确无误，确认各阀门处于正常的工作位置；
- 各类阀门开、关是否灵活，各管道、法兰连接处是否存在漏水现象；
- 上位机监视数据与现场监控数据是否一致。

C.4.2 日常维护要求

C.4.2.1 定期停运电场对阳极进行冲洗，导电玻璃钢管式湿电冲洗频率不少于每 24 h 1 次，低负荷期间适当增加冲洗频次，其它型式湿电按照厂家说明书要求冲洗。

C.4.2.2 定期检查电场内部有无短路接地现象、阳极板（布）上有没有灼烧现象。

C.4.2.3 定期检查阳极板（布）冲洗装置和阴极线喷淋冲洗装置状况，喷嘴口是否堵塞、磨损等。

C.4.3 记录要求

记录但不限于生产时报、除尘设备点检表、进出口在线设备点检表、进出口数据记录表、仪器仪表校验检定记录、设备维修记录等。

C.4.4 异常情况处理

出现异常情况，应按表 C.3 采取相应措施。若不能及时解决，应视情况停止运行。

表 C.3 主要运行故障及处理

序号	异常情况	主要原因	排除方法
1	闪络报警	放电极断线、高压绝缘件绝缘性能不良、清洗系统泄漏等	闪络保护动作时，降低电压运行，若运行 1 h 未出现闪络，恢复正常运行；如仍出现，电场退出运行，待故障排查后恢复运行
2	运行中二次电压和二次电流参数摆动幅度超过 20%、空升或运行中出现电场短路现象	电场内部其他杂物搭接、电气系统故障等	立即停运电场、启动冲洗。冲洗结束后等待 5 min 手动重启该电源，重启后如果二次电压仍持续 30 s 低于 15 kV，电场退出运行，待故障排查后恢复运行

附录 D

(资料性)

硝系统的运行维护要求

D.1 SCR 脱硝系统运行维护要求

D.1.1 运行要求

D.1.1.1 运行中定时巡检运行设备，具体检查项目包括但不限于以下内容：

- 脱硝塔进、进出口烟气温度、烟气流量、烟气压力、烟气湿度、NO_x浓度、进出口差压、喷氨流量、氨逃逸浓度等，并分析其趋势，及时发现问题；
- 是否有指示异常的警报（烟气温度过高、过低；反应器前后压差超标；氨泄漏值高报警；稀释空气中风量及氨稀释浓度异常；出口烟道 NO_x 值异常；氨区供汽压力异常、氨区供汽温度异常等）；
- 氨水罐液位是否正常，罐体是否有破损、泄漏，支架是否有腐蚀开裂现象、螺栓是否紧固；
- 进口和出口氨水泵是否有振动杂音，轴承温度是否小于 60℃，风扇地线是否完好，螺栓是否紧固，电源线是否破损；
- 氨水管道是否有破损、泄漏，支架是否有腐蚀开裂现象、螺栓是否紧固，阀门法兰螺栓是否紧固，压力表接头是否有泄漏；
- 上位机监视数据与现场监控数据是否一致。

D.1.1.2 烟气温度低于运行温度时，喷氨关断阀应自动关闭，SCR 装置退出运行。

D.1.1.3 当脱硝反应器压差上升超过规定值时，应进行吹灰。

D.1.1.4 应严格控制氨/空气混合器出口氨浓度在 5%左右，以避免接近爆炸极限（16%）并保证脱硝效果。

D.1.2 日常维护要求

D.1.2.1 定期检查所有泵、电机和风机的润滑情况。

D.1.2.2 定期检查管路法兰、阀门和接头连接处是否渗漏或松动，并及时拧紧。

D.1.2.3 定期检查所有的执行器、电磁阀、限位开关是否运行正常。

D.1.2.4 定期将所有电机、加热器、风机、泵的运行电流与启动电流进行比较，检查三相电流是否存在不平衡情况。

D.1.2.5 定期检查所有仪表的运行状况。

D.1.3 记录要求

记录但不限于生产时报、脱硝设备点检表、进出口在线设备点检表、进出口数据记录表、仪器仪表校验检定记录、设备维修记录等。

D.1.4 异常情况处理

出现异常情况，应按表 D.1 采取相应措施。若不能及时解决，应视情况停止运行。

表 D.1 主要运行故障及处理

序号	异常情况	主要原因	排除方法
1	NO _x 指标偏高	供氨量不足	检查氨气压力、氨流量控制阀开度和手动阀门的开度，管道堵塞情况等
		稀释氨注入分布异常	检查注氨喷嘴的堵塞情况
		催化剂恶化	取样品催化剂送专业单位分析
2	喷氨关断阀反复跳闸	仪用气压力低	检查仪用气管路压力
		氨稀释浓度高	检查稀释空气流量是否下降
		出力指令下降	检查设备的出力、反应器进口烟气温度

D.2 SNCR 脱硝系统运行维护要求

D.2.1 运行要求

运行中定时巡检运行设备，具体检查项目包括但不限于以下内容：

- 喷枪进口管流量、压力、NO_x 浓度、喷氨流量、氨逃逸浓度等，并分析其趋势，及时发现问题；
- 检查各喷枪雾化风及冷却风是否正常；
- 氨水罐液位是否正常，罐体是否有破损、泄漏，支架是否有腐蚀开裂现象、螺栓是否紧固；
- 氨水泵出口压力是否正常，是否有振动杂音，轴承温度是否小于 60℃，风扇地线是否完好，螺栓是否紧固，电源线是否破损；
- 氨水管道是否有破损、泄漏，支架是否有腐蚀开裂现象、螺栓是否紧固，阀门法兰螺栓是否紧固，压力表接头是否有泄漏；
- 上位机监视数据与现场监控数据是否一致。

D.2.2 日常维护要求

D.2.2.1 定期检查喷枪，如发现堵塞应及时清理。

D.2.2.2 定期检查所有泵、电机和风机的润滑情况。

D.2.2.3 定期检查管路法兰、阀门和接头连接处是否渗漏或松动，并及时拧紧。

D.2.2.4 定期检查所有的执行器、电磁阀、限位开关是否运行正常。

D.2.2.5 定期将所有电机、加热器、风机、泵的运行电流与启动电流进行比较，检查三相电流是否存在不平衡情况。

D.2.2.6 定期检查所有仪表的运行状况。

D.2.3 记录要求

记录但不限于生产时报、脱硝设备点检表、进出口在线设备点检表、进出口数据记录表、仪器仪表校验检定记录、设备维修记录等。

D.2.4 异常情况处理

出现异常情况，应按表 D.2 采取相应措施。若不能及时解决，应视情况停止运行。

表 D.2 主要运行故障及处理

序号	异常情况	主要原因	排除方法
----	------	------	------

1	NO _x 指标偏高	供氨量不足	检查氨气压力、氨流量控制阀开度和手动阀门的开度，管道堵塞情况等
		稀释氨注入分布异常	检查注氨喷嘴的堵塞情况。

附录 E

(资料性)

在线监测设备常见故障处理

在线监测设备常见故障及排除方法见表 E.1。

表 E.1 在线监测设备常见故障处理

编号	异常情况	主要原因	排除方法
1	电脑显示无数据	现场设备供电故障	检查送电
		模块灯不闪烁	模块坏, 更换
		现场设备电路板信号不闪烁	电路板坏, 更换
		部分参数无数据	检查相应设备
2	监测数据偏小、忽大忽小	镜片污染	清理
		反吹风没有	恢复
		探头紧固不好造成摆动	紧固
3	数据接近为零	发射器损坏	更换
4	在线上无数据	数据采集仪指示灯不亮, 出现故障	关闭电源重新启动, 通知实业部环保部门, 电工处理或通知厂家处理