

YB

中华人民共和国黑色冶金行业标准

YB/T xxxx-20xx

活性炭法烧结球团烟气净化工程设计规范

Design specification for sintering and pelletizing flue gas purification engineering
using activated carbon method

202x-xx-xx 发布

202x-xx-xx 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

中华人民共和国黑色冶金行业标准

活性炭法烧结球团烟气净化工程设计规范

Design specification for sintering and pelletizing flue gas purification
engineering using activated carbon method

YB/T XXXX-2025

主编部门：中国冶金建设协会

批准部门：中华人民共和国工业和信息化部

施行日期：202x 年 xx 月 x 日

前言

根据工业和信息化部办公厅《关于印发 2023 年第三批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》（工信厅科函〔2023〕291 号）的要求，编制组经广泛调查研究，认真总结多年来活性炭法烧结球团烟气净化工艺应用技术的经验和相关研究成果，并在广泛征求意见的基础上，制定本规范。

本规范的主要技术内容包括：总则，术语，基本规定，原料及其准备，工艺流程，烟气系统，吸附系统，解析系统，输送系统，副产物处置，辅助设施，计量、检验、化验，环境保护，安全与消防。

本规范由工业与信息化部负责管理，中国冶金建设协会负责日常管理，中冶长天国际工程有限责任公司负责具体技术内容解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至中冶长天国际工程有限责任公司（地址：湖南省长沙市岳麓区节庆路 7 号；邮编：410205）。

本规范起草单位：中冶长天国际工程有限责任公司

本规范主要起草人：

本规范主要审查人：

目次

1 总则.....	1
2 术语.....	2
3 基本规定.....	4
4 原料及其准备.....	5
4.1 活性炭.....	5
4.2 还原剂.....	6
5 工艺流程.....	7
5.1 侧向错流法活性炭吸附技术.....	7
5.2 逆流法活性炭吸附技术.....	8
6 烟气系统.....	10
7 吸附系统.....	11
8 解析系统.....	13
9 输送系统.....	15
10 副产物处置.....	17
10.1 活性炭粉处理.....	17
10.2 硫资源化.....	17
10.3 废水处理.....	18
11 辅助设施.....	20
11.1 总图运输.....	20
11.2 建筑结构.....	20
11.3 给水排水.....	22
11.4 除尘.....	22
11.5 供暖通风与空气调节.....	23
11.6 电气与自动化.....	24
11.7 压缩空气.....	25
12 计量、检验、化验.....	26
12.1 计量.....	26
12.2 检验、化验.....	26
13 环境保护.....	27
14 安全与消防.....	28
14.1 安全.....	28
14.2 消防.....	28
本规范用词说明.....	30

Contents

1	General provisions.....	1
2	Terms.....	2
3	Basic requirements.....	4
4	Raw Materials and Preparation.....	5
	4.1 Activated Carbon.....	5
	4.2 Reducing Agent.....	6
5	Process Flow.....	7
	5.1 Cross-flow Activated Carbon Adsorption Technology.....	7
	5.2 Counter-flow Activated Carbon Adsorption Technology.....	8
6	Flue Gas System.....	10
7	Adsorption System.....	11
8	Desorption System.....	13
9	Conveying System.....	15
10	By-product Treatment and Utilization.....	17
	10.1 Activated Carbon Powder Treatment.....	17
	10.2 Sulfur Resource Utilization.....	17
	10.3 Wastewater Treatment.....	18
11	Auxiliary Facilities.....	20
	11.1 General Layout and Transportation.....	20
	11.2 Building and Structure.....	20
	11.3 Water Supply and Drainage.....	22
	11.4 Dust Removal.....	22
	11.5 Heating, Ventilation and Air Conditioning.....	23
	11.6 Electrical and Automation.....	24
	11.7 Compressed Air.....	25
12	Metering, Inspection and Laboratory Analysis.....	26
	12.1 Metering.....	26
	12.2 Inspection and Laboratory Analysis.....	26
13	Environmental Protection.....	27
14	Safety and Fire Protection.....	28
	14.1 Safety.....	28
	14.2 Fire Protection.....	28
	Explanation of wording.....	30

1 总则

1.0.1 为统一活性炭法烧结球团烟气净化工程设计规范，实现技术先进、经济合理、安全适用、节能环保，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于钢铁企业活性炭法烧结球团烟气净化工程的新建和改建设计，电力、有色、焦化、垃圾焚烧等其他行业可参照执行。

1.0.3 活性炭法烧结球团烟气净化工程设计除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 工艺烟气 process flue gas

烧结球团生产过程中产生的含有颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳和二噁英等污染物的烟气。

2.0.2 烟气系统 flue gas system

用于收集、输送工艺烟气进入和排出烟气净化系统的全套设施组合，主要包括烟道、风机、挡板和阀门等。

2.0.3 吸附系统 adsorption system

工艺烟气中污染物脱除的核心工艺单元，核心装置为吸附塔。

2.0.4 吸附塔 adsorption tower

吸附系统的核心设备，用于脱除工艺烟气中颗粒物、二氧化硫、氮氧化物和二噁英等污染物的装置。

2.0.5 解析系统 desorption system

污染物脱附、吸附污染物的活性炭热解析的核心工艺单元，核心装置为解析塔。

2.0.6 解析塔 desorption tower

解析系统的核心设备，用于污染物脱附、吸附污染物的活性炭热解析从而恢复吸附性能的装置。

2.0.7 输送系统 conveying system

用于活性炭在储仓、吸附塔、解析塔之间输送的专用设施组合，核心装置为输送机。

2.0.8 输送机 conveyor

输送系统的核心设备，用于活性炭在储仓、吸附塔、解析塔之间转运的装置。

2.0.9 辅助设施 auxiliary facilities

保障烟气系统、吸附系统、解析系统、输送系统等正常运行的配套设施，包括压缩空气系统、副产物处置系统、自动化控制系统和废水处理系统等。

2.0.10 还原剂 reducing agent

活性炭脱硝反应过程中与烟气中氮氧化物发生氧化还原反应的物质，通常为液氨、氨水或尿素等。

2.0.11 富硫气体 SO₂-rich gas

解析系统中，吸附污染物的活性炭加热脱附后产生的含高浓度二氧化硫的气体。

2.0.12 空速 space velocity

单位时间通过单位体积活性炭的工艺烟气体积，单位： h^{-1} 。

2.0.13 喷氨格栅 ammonia injection grid

将液氨、氨水或尿素等转化为氨气均匀喷入工艺烟气中的装置。

2.0.14 检漏试验 leak detection test

针对吸附塔、解析塔等密闭设备或管道，通过连续增压至一定压力，检测是否存在泄漏的试验。

2.0.15 气密性试验 airtightness test

针对吸附塔、解析塔等设备或管道，通过连续增压至一定压力，保压规定时间后检查压力变化的试验。

2.0.16 解析效率 desorption efficiency

解析系统中，热解析后活性炭的吸附能力与新鲜活性炭吸附能力的比值。

2.0.17 床层压降 bed pressure drop

工艺烟气通过吸附塔内活性炭床层时，因床层阻力产生的压力损失。

3 基本规定

- 3.0.1 活性炭法烧结球团烟气净化工程设计应有明确的设计依据和完整、可靠的设计基础资料。
- 3.0.2 活性炭法烟气净化工艺的选择，应根据工艺烟气特性、排放要求、场地条件、投资及运行成本等因素，经技术经济比较后确定，工艺流程设计应确保系统运行的可靠性、稳定性和经济性，并具备一定的负荷适应性。
- 3.0.3 活性炭法烟气净化系统的处理规模应依据烧结机规模、工艺烟气量与污染物波动特性、环保排放要求及必要的富余能力综合确定。
- 3.0.4 新建烧结球团项目配套活性炭法烟气净化工程的设计参数，应基于原料条件及其变化趋势确定。已建烧结球团项目新建活性炭法烟气净化工程时，设计参数宜依据烧结球团主抽风机出口处实测烟气参数确定。
- 3.0.5 活性炭法烟气净化系统的布置应根据烧结球团主工艺系统特征、场地条件、活性炭及副产物/废弃物输送路径等因素确定，工艺流程应顺畅、布局紧凑。
- 3.0.6 活性炭法烟气净化系统的辅助设施宜协同布置、联合建设，并应根据环保发展规划及技术升级需要，合理预留深度净化设施的建设空间。
- 3.0.7 活性炭法烟气净化系统所需的水、电、气、蒸汽等辅助介质宜由主体工程统一供给。活性炭、还原剂等主要物料应设置专用储仓及精确计量装置。
- 3.0.8 活性炭法烟气净化系统应按连续工作制设计，并应与烧结球团生产系统同步运行。

4 原料及其准备

4.1 活性炭

4.1.1 活性炭基本性能指标应符合表 4.1.1 的规定。

表 4.1.1 活性炭常规性能指标

序号	性能指标		单位	技术要求	测试方法参考标准
1	水分		%	≤3.0	《煤质颗粒活性炭试验方法 水分的测定》GB/T 7702.1 《烟气净化碳基材料产品质量标准》T/CMCA 40027 《烟气净化碳基材料产品检测标准》T/CMCA 40028
2	湿容量		%	≥35.0	《烟气净化碳基材料产品质量标准》T/CMCA 40027 《烟气净化碳基材料产品检测标准》T/CMCA 40028
3	堆积密度		g/L	≤700	《烟气集成净化专用碳基产品》GB/T 35254 《脱硫脱硝用煤质颗粒活性炭试验方法 第 1 部分 堆积密度》 GB/T 30202.1 《烟气净化碳基材料产品质量标准》T/CMCA 40027 《烟气净化碳基材料产品检测标准》T/CMCA 40028
4	灰分		%	≤20.0	《煤质颗粒活性炭试验方法 灰分的测定》GB/T 7702.15 《烟气净化碳基材料产品质量标准》T/CMCA 40027 《烟气净化碳基材料产品检测标准》T/CMCA 40028
5	挥发分		%	≤5.0	《烟气净化碳基材料产品质量标准》T/CMCA 40027 《烟气净化碳基材料产品检测标准》T/CMCA 40028
6	粒度分布	≥10×32 mm	%	≤1.0	《烟气净化碳基材料产品质量标准》T/CMCA 40027 《烟气净化碳基材料产品检测标准》T/CMCA 40028
		10×32-6.3×25 mm		≥92.0	
		6.3×25-1.6×12.5 mm		≤6.5	
		≤1.6×12.5 mm		≤0.5	
7	耐磨强度		%	≥86.0	《烟气净化碳基材料产品质量标准》T/CMCA 40027 《烟气净化碳基材料产品检测标准》T/CMCA 40028
8	耐压强度	平均值	N	≥400	《烟气净化碳基材料产品质量标准》T/CMCA 40027 《烟气净化碳基材料产品检测标准》T/CMCA 40028
		变异系数	%	≤35.0	《烟气净化碳基材料产品质量标准》T/CMCA 40027 《烟气净化碳基材料产品检测标准》T/CMCA 40028
9	着火点		℃	≥430	《煤质颗粒活性炭试验方法 着火点的测定》GB/T 7702.9 《烟气净化碳基材料产品质量标准》T/CMCA 40027 《烟气净化碳基材料产品检测标准》T/CMCA 40028

4.1.2 活性炭的碘吸附值、比表面积、SO₂吸附值、SO₂循环吸附值、脱硝率、循环脱硫脱硝性能等指标应根据烟气成分、排放标准及系统运行条件综合确定。

4.1.3 活性炭应储存于专用密闭料仓中，料仓容量应按系统额定工况下不小于 7 天的活性炭消耗量设计。料仓应配备防潮、防板结及防火防爆措施，并应设置料位监测及计量装置。

4.1.4 新鲜活性炭在送入吸附塔前，宜经解析塔进行高温活化处理。

4.2 还原剂

4.2.1 当采用液氨作为还原剂制备氨气时，其储存、制备及供应系统的设计应符合下列规定：

- 1 液氨储存区应设置氨气泄漏检测报警装置、防雷防静电设施、消防系统、储罐安全附件（包括安全阀、压力表、液位计、温度计等）、紧急切断系统，以及泄漏应急吸收与处置设施。泄漏检测报警装置应与事故通风系统联动。
- 2 液氨储罐的有效容积宜按系统额定工况下不小于 5-7 天的液氨消耗量设计。
- 3 液氨储存设备及输送管道应配置氮气吹扫接口和置换系统，用于检修前的吹扫及长期停运后的系统置换。
- 4 液氨区域内的阀门执行机构宜选用气动型等防爆型产品。
- 5 液氨区域应设置氨气吸收或水喷淋等防止氨泄漏的应急处理装置。

4.2.2 当采用尿素作为还原剂制备氨气时，其储存、制备及供应系统的设计应符合下列规定：

- 1 尿素制氨系统应根据烟气净化系统的负荷变化，实现氨气供应量的连续、稳定与可调，响应特性应满足脱硫脱硝工艺的动态要求。
- 2 尿素储仓的有效容积应依据系统额定工况下不小于 7 天的尿素消耗量设计。储仓应配置防潮、防结块及物料疏通设施。
- 3 与尿素溶液接触的设备及管道宜采用尿素级 SS316L 不锈钢或其他耐腐蚀材料。
- 4 当采用水解工艺制备氨气时，尿素水解反应器的设计出力应按脱硝系统设计工况下氨气最大消耗量的 120% 确定，并应具备一定的负荷调节能力。
- 5 当采用热解工艺制备氨气时，每套热解系统应设置 1 台绝热分解室，分解室进出口管道应设置风量调节装置，分解室及尿素计量分配装置应就近布置。
- 6 尿素溶液制备系统应配备过滤及加热装置。

4.2.3 当采用氨水作为还原剂制备氨气时，其储存、蒸发及供应系统的设计应符合下列规定：

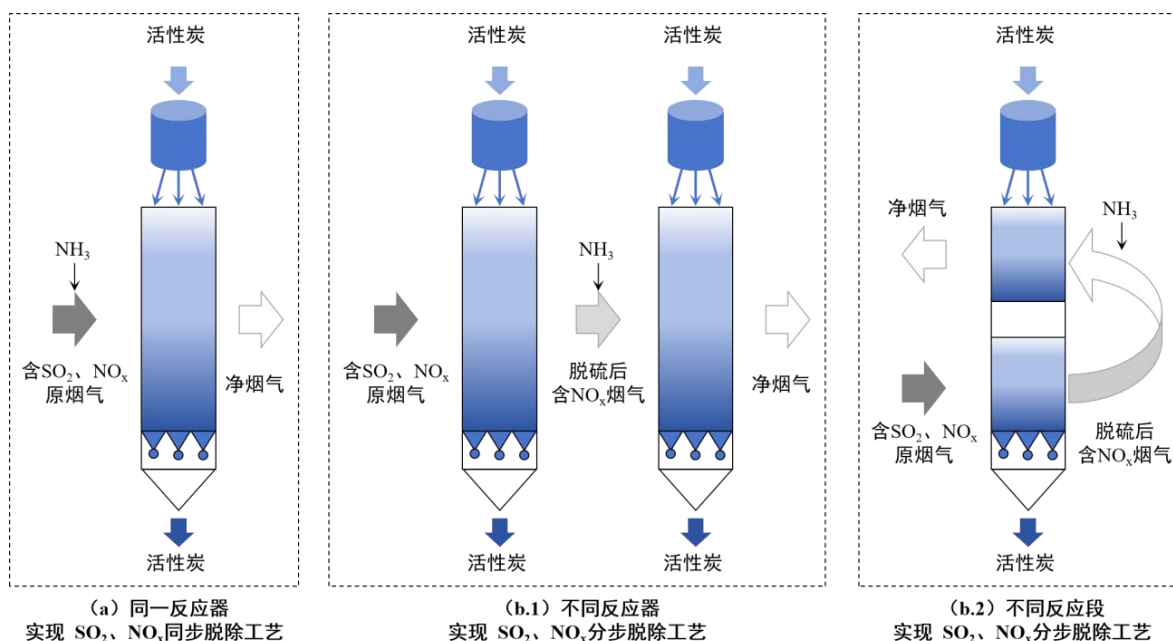
- 1 所用氨水浓度宜为 18%-25%（质量分数），蒸发残渣量不应大于 0.3g/L。
- 2 氨水储罐的有效容积应依据系统额定工况下不小于 5-7 天的氨水消耗量设计。储罐区域应设置泄漏检测、应急收集及安全冲洗设施。
- 3 与氨水接触的所有设备、管道、阀门及泵等部件宜采用 06Cr19Ni10（S30408）或以上等级的不锈钢材质，其耐腐蚀性能应满足介质要求。
- 4 氨水蒸发系统产生的氨气-空气混合气体温度应高于露点温度，并保持一定过热度。
- 5 氨水蒸发器应具备稳定的负荷调节能力。

5 工艺流程

5.1 侧向错流法活性炭吸附技术

5.1.1 侧向错流法活性炭吸附技术，活性炭应自上而下流动，烟气应垂直错流穿过活性炭床层。

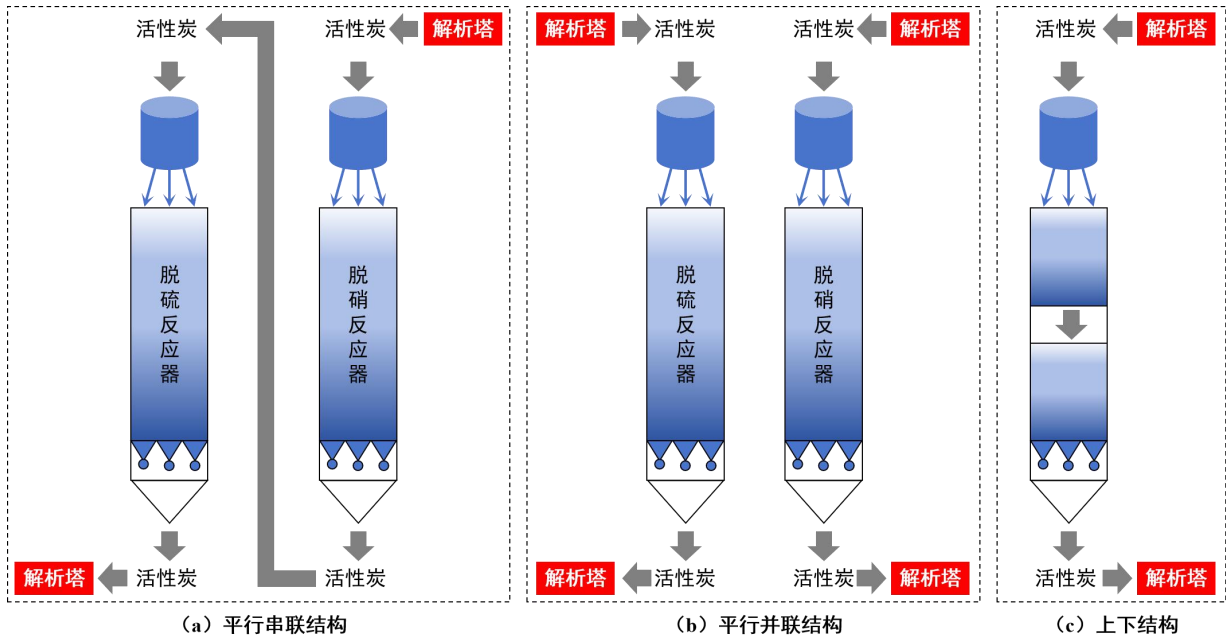
5.1.2 侧向错流法活性炭吸附技术，按污染物脱除功能与反应器集成方式分类，宜分为两种：a) 同一反应器实现 SO_2 、 NO_x 同步脱除工艺；b) 不同反应器/反应段实现 SO_2 、 NO_x 分步脱除工艺。



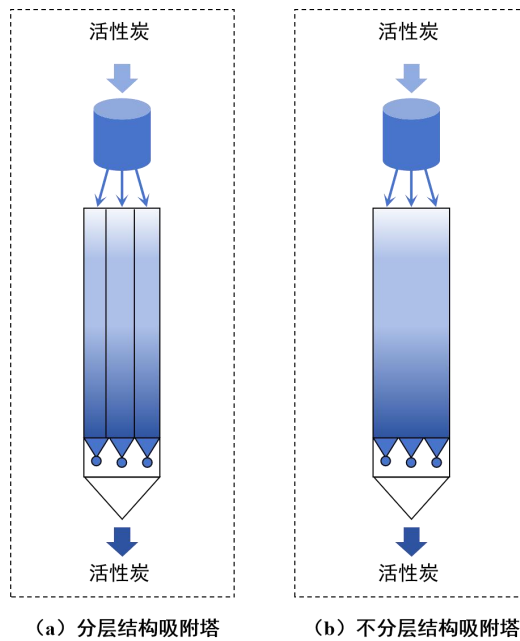
5.1.3 侧向错流法活性炭吸附技术同一反应器实现 SO_2 、 NO_x 同步脱除工艺，氨气应在烟气进入活性炭床层前喷入。

5.1.4 侧向错流法活性炭吸附技术不同反应器/反应段实现 SO_2 、 NO_x 分步脱除工艺，氨气应在脱硫反应器/反应段后、脱硝反应器/反应段前喷入。脱硫反应器/反应段应侧重颗粒物和 SO_2 脱除，出口烟气中 SO_2 浓度应满足环保排放要求；脱硝反应器应侧重 NO_x 脱除和抑尘功能。

5.1.5 侧向错流法活性炭吸附技术不同反应器/反应段实现 SO_2 、 NO_x 分步脱除工艺，按反应器组合形式分类，宜分为三种：a) 平行串联结构，脱硫反应器与脱硝反应器为独立塔体，活性炭应按“脱硝反应器→脱硫反应器→解析塔→脱硝反应器→……”顺序串联流经；b) 平行并联结构，脱硫反应器与脱硝反应器为独立塔体，脱硝反应器和脱硫反应器排出的活性炭各自进入解析塔；c) 上下结构，同一反应器内上部为脱硝反应段、下部为脱硫反应段。



5.1.6 侧向错流法活性炭吸附技术，按吸附塔内部结构形式分类，宜分为两种：a) 分层结构吸附塔，塔内炭层按脱除功能需求划分独立区域；b) 不分层结构吸附塔，塔内炭层整体布置。



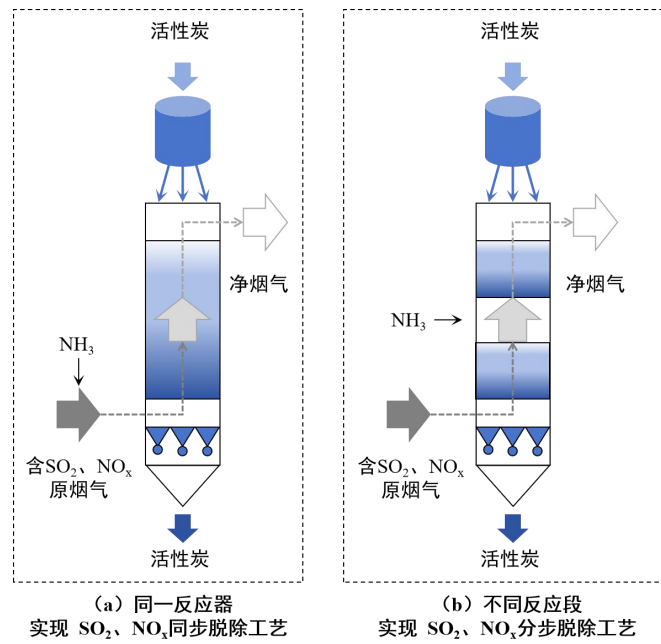
5.1.7 侧向错流法活性炭吸附技术分层结构吸附塔，不同炭层应独立设置下料控制装置；沿烟气流向首先接触的炭层应侧重污染物脱除，沿烟气流向最后穿过的炭层应侧重抑尘功能。

5.1.8 侧向错流法活性炭吸附技术不分层结构吸附塔，应采取有效措施确保活性炭床层整体下料。

5.2 逆流法活性炭吸附技术

5.2.1 逆流法活性炭吸附技术，活性炭应自上而下流动，烟气应自下而上穿过活性炭床层。

5.2.2 逆流法活性炭吸附技术，按污染物脱除功能与反应器集成方式分类，宜分为两种：a) 同一反应器实现 SO_2 、 NO_x 同步脱除工艺；b) 不同反应段实现 SO_2 、 NO_x 分步脱除工艺。



5.2.3 逆流法活性炭吸附技术同一反应器实现 SO₂、NO_x 同步脱除工艺，氨气应在烟气进入活性炭床层前喷入。

5.2.4 逆流法活性炭吸附技术不同反应段实现 SO₂、NO_x 分步脱除工艺，氨气应在脱硫反应段后、脱硝反应段前喷入。

5.2.5 逆流法活性炭吸附技术，脱硫反应器/反应段出口烟气中 SO₂ 浓度应满足环保排放要求。

6 烟气系统

- 6.0.1 烟气系统宜包括烟气管道、增压风机、补偿器、烟气挡板门、烟气换热器、烟气均布装置、必要的测点和仪表等。
- 6.0.2 烟气系统应根据烧结球团生产线烟气最大排放量、温度波动范围及污染物初始浓度设计。
- 6.0.3 烟气系统阻力损失宜控制在 4500Pa 以内，风机选型应留有适当的裕量，风量裕量不低于 10%，风压裕量不低于 20%。
- 6.0.4 烟气系统应设置 100%容量的烟气增压风机，增压风机可设置在吸附塔前，也可设置在吸附塔之后，并宜采用轴流式风机。当新建的烧结球团工程同步建设活性炭法烟气净化工程时，增压风机可与主抽风机合并。
- 6.0.5 风机基础振幅宜 $\leq 0.1\text{mm}$ ；风机噪声应控制在 85dB（A）以内，当环境噪声要求较高时，应配套隔声罩及消声器。
- 6.0.6 吸附塔入口烟气粉尘浓度不宜高于 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 。
- 6.0.7 吸附塔入口烟气温度不得高于 150°C ，且不宜低于 100°C 。
- 6.0.8 当烧结球团出口烟气温度较高时，吸附塔入口应设置烟气降温装置，烟气降温宜采用间接换热形式。
- 6.0.9 烟道内烟气流速不宜大于 $18\text{m}/\text{s}$ 。
- 6.0.10 烟道布置不应妨碍道路通行，也不应影响设备操作和维修。烟道应设置检修人孔及清灰设施，清灰口及下弯管段入口处应采取安全防护措施。烟道系统补偿器设置应根据需要确定。
- 6.0.11 烟气系统漏风率应严格控制，焊接接口应进行无损检测，漏风率宜 $\leq 2\%$ 。
- 6.0.12 烟气系统应设置烟气排放连续监测系统，在吸附塔入口、出口应分别安装颗粒物、 SO_2 、 NO_x 、温度、压力、流量监测仪表，监测数据应实时上传至中控系统。

7 吸附系统

- 7.0.1 吸附系统设计规模应根据处理烟气流量和污染物浓度、活性炭性能指标及污染物排放指标等确定。
- 7.0.2 吸附系统设计应明确活性炭的初始装填量和日常补充量，活性炭下料速度应根据烟气量，污染物浓度、活性炭性能指标及排放要求确定。
- 7.0.3 吸附系统设计应设置完整的氨气供应与喷射系统，氨喷入量应根据烟气量、污染物浓度及排放要求确定。
- 7.0.4 吸附塔设计空速不宜大于 $500 h^{-1}$ 。
- 7.0.5 吸附塔内活性炭床层温度不应高于 160°C 。
- 7.0.6 吸附塔耐热设计温度不应低于 180°C 。
- 7.0.7 吸附塔设计压力不应低于 8kPa ，且应设置检漏试验接口。
- 7.0.8 吸附塔塔体应采用钢结构，内部与烟气接触部分应采用可靠的防腐措施；塔体壁厚应根据设计压力计算确定，且最小壁厚应 $\geq 6\text{mm}$ 。
- 7.0.9 吸附塔宜采用模块化结构。
- 7.0.10 吸附塔应设置测温测压接口、压力释放装置和检修门。
- 7.0.11 吸附塔内部应设置塔内走台，吸附塔外部应设置操作、检修、检测平台及扶梯，外部平台宽度宜 $\geq 1.2\text{m}$ ，护栏高度宜 $\geq 1.2\text{m}$ ，平台与踏步宜采用镀锌格栅板。
- 7.0.12 吸附塔每 3m 高度应设置 1 个检修人孔，人孔直径应 $\geq 800\text{mm}$ ，并宜配备快开式盖板，人孔周边应设置防护措施。
- 7.0.13 吸附塔外部应设置保温层，当环境温度不大于 27°C 时，设备及管道保温结构外表面温度不应超过 50°C ；当环境温度大于 27°C 时，设备及管道保温结构外表面温度不应超过 60°C 。
- 7.0.14 吸附塔应设置均匀排料装置，排料装置宜变频运行。
- 7.0.15 吸附塔下料出口宜采用低泄漏旋转阀实现烟气密封。
- 7.0.16 吸附塔烟气入口处应设置均匀布气装置，气流不均匀度应 $\leq 10\%$ 。
- 7.0.17 侧向错流法活性炭吸附技术分层结构吸附塔塔内活性炭层宜分为两至三层，层间应设置不锈钢多孔板，各层宜设置独立的进料和卸料控制装置，并可独立调节活性炭移动速度。
- 7.0.18 侧向错流法活性炭吸附技术不分层结构吸附塔、逆流法活性炭吸附技术吸附塔结构设计应确保塔内活性炭移动均匀、无偏流。
- 7.0.19 喷氨装置应能根据入口 NO_x 浓度和烟气流量自动调节喷氨量，并应保证氨气在烟道横截面上分布均匀，同时应设置防堵措施。

- 7.0.20 同一反应器实现 SO₂、NO_x 同步脱除工艺，活性炭用量应按 SO₂、NO_x 脱除量的最大值确定。
- 7.0.21 不同反应器/反应段实现 SO₂、NO_x 分步脱除工艺，脱硫反应器/反应段活性炭用量应按 SO₂ 脱除量最大值确定，脱硝反应器/反应段活性炭用量应按 NO_x 脱除量最大值确定。
- 7.0.22 脱硫反应器/反应段和脱硝反应器/反应段之间烟气通道应预留人工采样孔。
- 7.0.23 吸附塔应沿烟气气流方向设置床层压力监测装置，具体位点及数量根据吸附塔结构和规模确定。
- 7.0.24 吸附塔出口宜设置污染物浓度反馈调节系统，当出口 SO₂ 或 NO_x 浓度超过设计值时，应调整氨喷射量或活性炭下料量。
- 7.0.25 吸附塔进出口应设置电动或气动烟气挡板门。

8 解析系统

- 8.0.1 解析系统处理活性炭能力应与吸附系统下料量相匹配，且活性炭解析效率不应低于 90%。
- 8.0.2 解析塔应采用耐高温不低于 600℃、耐蚀等级 \geq C5 的抗腐蚀材料。
- 8.0.3 解析塔设计压力不应小于 10kPa，并应设置气密性试验接口。
- 8.0.4 解析塔供热系统热风炉宜采用自动点火方式，点火用燃气的低位热值不宜低于 5800 kJ/m³。
- 8.0.5 解析塔供热系统烟气宜循环使用，正压操作的循环烟道上应设置水封安全防爆设施。
- 8.0.6 解析塔供热系统外排热风宜进行余热回收。
- 8.0.7 解析塔内应设置热风分布装置，塔体侧壁不同高度应设置温度检测点，检测点间距应 \leq 0.5m，塔内温度差值及波动值均应 \leq \pm 10℃。
- 8.0.8 活性炭在解析塔内解析时间宜大于 2h，解析温度宜为 420℃-460℃。
- 8.0.9 解析塔富硫气体出口温度不宜低于 380℃，压力宜为-500Pa-0Pa。富硫气体在输送管道中温度不应低于 300℃。
- 8.0.10 解析过程中产生的高温富硫气体应先净化去除粉尘和杂质，经净化后的富硫气体应送至 SO₂ 资源化利用系统。
- 8.0.11 解析塔宜采用贮料段、加热段、保温段、冷却段、排料段五段式结构。
- 8.0.12 贮料段应设置料位及温度检测装置。
- 8.0.13 解析塔加热段的设计温度不应小于 480℃。
- 8.0.14 保温段应设置温度检测装置及富硫气体排出导流装置。
- 8.0.15 解析塔冷却段冷却介质宜采用空气，活性炭冷却后排出温度不宜高于 120℃。
- 8.0.16 排料段应设置温度检测装置及活性炭排出导流装置，并宜采用圆辊排料装置。
- 8.0.17 排料段排出的活性炭宜经过筛孔宽度为 1.2mm-2mm、长度为宽度 10 倍以上的长条筛筛分，筛上物通过输送系统进入吸附系统循环使用，筛下物作为废物合理处置。
- 8.0.18 排料段排出的活性炭宜进行耐磨强度、耐压强度、着火点及脱硫性能检测。
- 8.0.19 解析塔应采取阻燃措施。解析塔内活性炭加热及冷却应采用间接换热形式，加热段和冷却段宜采用列管换热形式。
- 8.0.20 解析塔应具有良好的密封措施，应定期采用便携式气体检测仪对法兰、阀门、管道接口进行解析气泄漏检测，检测频率宜为每月 1 次。
- 8.0.21 解析塔活性炭进出口应设置防破碎双层旋转阀，且旋转阀应使用氮气密封。
- 8.0.22 活性炭进入解析塔前应先经过除铁器。
- 8.0.23 解析塔外应设置保温层，当环境温度不大于 27℃时，设备及管道保温结构外表面温度不应超过 50℃；

当环境温度大于 27℃时，设备及管道保温结构外表面温度不应超过 60℃。

9 输送系统

- 9.0.1 输送系统应包括储仓、提升设备、输送设备及相关的除尘、计量和保护装置。
- 9.0.2 输送系统的流程设计应与活性炭吸附技术工艺流程相匹配。
- 9.0.3 侧向错流法/逆流法活性炭吸附技术同一反应器实现 SO₂、NO_x 同步脱除工艺，输送系统应按“吸附塔→解析塔→吸附塔→……”的路径进行设计。
- 9.0.4 侧向错流法活性炭吸附技术不同反应器实现 SO₂、NO_x 分步脱除工艺平行串联结构，输送系统应按“解析塔→脱硝反应器→脱硫反应器→解析塔→……”的路径进行设计。
- 9.0.5 侧向错流法活性炭吸附技术不同反应器实现 SO₂、NO_x 分步脱除工艺平行并联结构，输送系统应按“脱硫反应器→解析塔→脱硫反应器和脱硝反应器→……”和“脱硝反应器→解析塔→脱硫反应器和脱硝反应器→……”两条输送支线的路径进行设计，输送系统应具备将活性炭按比例分配至脱硫和脱硝反应器的分配装置和相应控制系统。
- 9.0.6 侧向错流法活性炭吸附技术不同反应段实现 SO₂、NO_x 分步脱除工艺上下结构、逆流法活性炭吸附技术不同反应段实现 SO₂、NO_x 分步脱除工艺，输送系统应按“解析塔→脱硝反应段→脱硫反应段→解析塔→……”的路径进行设计。
- 9.0.7 输送系统设计能力不应小于设计工况下活性炭循环量的 1.2 倍。
- 9.0.8 输送系统应采用变频调速电机实现活性炭输送量调节。
- 9.0.9 活性炭输送系统应全密封，并应采取除尘措施。
- 9.0.10 活性炭输送系统宜采用“Z”字型链斗式输送机。
- 9.0.11 当采用“Z”型链斗输送机时，应符合下列规定：
- 1 驱动装置应设置逆止器；
 - 2 输送机应设置多点可控卸料装置、姿态控制装置；
 - 3 输送机垂直段应设置防止链条摆动装置。
- 9.0.12 输送机的选择应充分考虑活性炭的磨损性，设备材质和结构应耐磨、防卡塞。
- 9.0.13 输送机水平段下部应设置埋刮板装置。
- 9.0.14 输送机应设置观察孔及检测人孔。
- 9.0.15 输送系统应设置新鲜活性炭储仓和循环活性炭缓冲储仓。储仓容量应根据系统消耗量和补充周期确定。
- 9.0.16 所有活性炭转接点、卸料点、储仓顶部等产生粉尘的位置，应设置袋式除尘器。
- 9.0.17 所有输送设备应实现集中连锁控制，并与主工艺系统连锁。
- 9.0.18 输送系统应设置料位控制与安全保护装置。当任一关检测仪表检测到非正常工作状态时，系统应

能按预设程序安全停机，防止堵料、断料或设备损坏。

9.0.19 输送系统应采取防静电措施，所有输送设备、管道、料仓均应可靠接地，接地极应采用镀锌角钢。

9.0.20 输送设备应设置维护通道，维护通道地面应采用防滑地面。

10 副产物处置

10.1 活性炭粉处理

10.1.1 活性炭法烟气净化系统产生的活性炭粉，应遵循分类收集、资源化利用为主的原则进行处置，不得随意堆放和丢弃。

10.1.2 系统设计时，应在吸附塔、解析塔卸料口、输送系统转接点、筛分设备等扬尘点设置集尘装置，对活性炭粉进行集中收集。

10.1.3 收集的活性炭粉应暂存于专用的密闭储仓中。储仓应设置有料位监测、防火和防爆措施。

10.1.4 活性炭粉作为燃料回用时，宜优先考虑配入烧结、球团或高炉原料中。回用前应测定其热值及重金属等关键成分含量，并应根据配料计算结果精确计量添加。

10.1.5 活性炭粉作为资源外供时，应明确其质量要求、包装方式、运输及储存规范，并建立台账记录制度。

10.1.6 活性炭粉作为再造粒制备成型活性炭的原料时，应进行性能检测与分析。制备的新产品应满足其目标用途的产品质量标准。

10.1.7 活性炭粉在输送、储存和处置过程中，应采取有效措施防止粉尘泄漏和二次污染。

10.1.8 活性炭粉的利用不应导致其他环境污染或安全风险。

10.2 硫资源化

10.2.1 活性炭法烟气净化工程应配套建设富硫气体处理系统，系统设计应遵循资源化、无害化的原则，根据富硫气体特性、建设规模、场地条件及产品目标市场等因素，经技术经济比较后，选择适宜的硫资源回收工艺。

10.2.2 富硫气体处理系统的设计规模和处理能力，应依据解析塔产生的富硫气体最大流量、SO₂最高浓度及波动范围确定，并留有不低于10%的富余能力。

10.2.3 富硫气体处理系统应选用耐腐蚀的材料。

10.2.4 富硫气体在进入吸收或转化装置前，应设置高效除尘、除湿及降温等预处理设施，确保气体品质满足后续工段工艺要求。

10.2.5 富硫气体管道不宜出现U型弯。

10.2.6 副产物为硫酸时，宜生产98%或93%浓硫酸，制酸装置设计应符合以下规定：

- 1 制酸工艺应包括富硫气体净化、二氧化硫转化、三氧化硫吸收和硫酸存储等工序。
- 2 宜采用两转两吸工艺，制酸尾气宜返回烟气净化系统。
- 3 泵类设备均应采用备用配置。

- 4 SO₂ 风机应采用一用一备配置，且宜变频运行。
- 5 浓硫酸装车过程应为常压操作。
- 6 浓硫酸储罐宜设计 2 个，浓硫酸储罐能力宜满足 5-7 天设计最大产酸量。
- 7 浓硫酸管道法兰连接处均应设置防喷溅保护罩。
- 8 净化工段设备及管道均应采用耐氟氯玻璃钢材质；干吸工段塔槽类设备宜采用钢衬耐酸砖。
- 9 产品硫酸质量宜满足《工业硫酸》GB/T 534 一等品及以上标准。
- 10 制酸系统浓酸补水宜采用除盐水，并宜设置一路备用水源。

10.2.7 副产物为硫磺时，宜采用低温克劳斯（Claus）或其他高效硫回收技术。硫磺回收率不应低于 95%，产品硫磺质量应满足《工业硫磺》GB/T 2449 的要求。

10.2.8 副产物为焦亚硫酸钠时，应设置吸收、结晶、分离、干燥及包装系统。产品焦亚硫酸钠质量应满足《食品添加剂 焦亚硫酸钠》GB 1886.7 或相关工业品标准的要求。

10.2.9 富硫气体处理系统宜与周边化工、化肥企业协同共生，将富硫气体作为生产原料外供，实现区域内的资源循环利用。

10.3 废水处理

10.3.1 活性炭法烟气净化工程应对生产过程中产生的废水进行分类收集、分质处理，并宜优先考虑作为全厂其他工序的原料使用。无法利用时，处理后水经论证后可回用，提高水资源利用率。

10.3.2 废水处理方式应根据废水中污染物组分、浓度、排放限值和厂址环境条件等因素确定，并宜纳入全厂废水统一处理。

10.3.3 废水处理系统应符合下列规定：

- 1 废水处理工艺应根据废水水质、回用及排放水质要求、设备和药品供应条件等选择。
- 2 宜采用连续自动运行模式，并宜采用重力自流处理。
- 3 泵类设备应设置备用泵，废水罐、废水池应设置搅拌装置。
- 4 系统产生的废水严禁外排，应进入系统循环处理。
- 5 设备、管道及阀门防腐材质应根据接触介质类型选择。
- 6 易堵塞部位应设置反冲洗及排空设施，反冲洗水宜经过系统处理后排水，反冲洗阀前应设置止回阀。
- 7 寒冷地区设备、管道及阀门宜设置在室内，并应有防冻措施。室外管道及阀门应采取保温措施。
- 8 有恶臭气体逸散的废水罐、废水池及其他设备应设置气体收集系统，并应设置臭气处理系统对恶臭气体进行处理。
- 9 有恶臭气体逸散的废水罐、废水池，溢流管应设置水封。
- 10 有恶臭气体逸散的废水罐、废水池、设备及管道放空应采用管排。悬浮物浓度大于 200mg/L 的废水

罐、废水池、设备及管道放空宜采用沟排。

10.3.4 富硫气体洗涤废水应单独收集并进行专门处理，未经处理严禁直接排放。处理工艺应根据废水特性、回用要求及全厂废水零排放目标，经技术经济比较后确定，宜采用“中和+混凝沉淀+生化处理+深度处理”或“中和+预处理+蒸发结晶”的处理流程。

10.3.5 地面冲洗水、实验室废水等低浓度废水宜收集后送入全厂综合污水处理系统统一处理。

10.3.6 循环冷却水系统的排污水宜回用于对水质要求不高的烧结配料、炼铁冲渣等环节，实现水资源梯级利用。

10.3.7 废水处理系统中与酸性废水接触的构筑物、设备和管道，应采用防腐材料或采取可靠的防腐措施。

10.3.8 废水处理系统应设置必要的在线监测仪表，对流量、pH、COD、氨氮等关键指标进行监控，数据应上传至集中控制系统。

10.3.9 废水处理过程中产生的污泥，应进行脱水处理。脱水后的泥饼应进行危险特性鉴别，并按其性质进行无害化处置。

10.3.10 应建立废水处理设施的运行、维护规程和药剂投加台账，并对处理后出水的水质进行定期监测，确保稳定达标排放或回用。

11 辅助设施

11.1 总图运输

11.1.1 总平面布置应遵循物流顺畅、布置紧凑、功能分区明确的原则。在满足工艺流程、安全防护和消防要求的前提下，宜按吸附解析系统、副产物回收系统、还原剂储运制备系统进行分区布置，同一功能区的设施宜集中布置。

11.1.2 竖向设计应与烧结球团主厂的场地标高、道路及排水系统相协调，并应保证场地排水通畅。对于地形起伏较大的厂址，宜采用台阶式布置，同一功能区的设施宜布置在同一台阶或相邻台阶上。

11.1.3 活性炭法烟气净化区域应与烧结球团主生产设施之间设置合理的防火间距。

11.1.4 解析塔、热风炉等火灾危险性属丁类的设施，应与甲、乙、丙类生产厂房及可燃液体储罐等之间设置合理的防火间距。

11.1.5 还原剂储运系统的布置应符合下列规定：

- 1 还原剂储运制备设施宜布置在厂区全年最小频率风向的上风侧。
- 2 采用液氨或氨水作为还原剂时，厂内运输应使用专用密封槽车。
- 3 液氨储区四周应设置高度不低于 2.2m 的不燃烧体实体围墙，区内地面应采用现浇混凝土地面。
- 4 采用尿素作为还原剂时，尿素应储存于阴凉、通风、干燥的仓库内。

11.1.6 除尘、变配电、给排水、仪表气源等公用辅助设施，应靠近其负荷中心布置。

11.1.7 厂内道路设计宜与烧结球团主厂道路衔接成环网状。当受条件限制需设置尽头式道路时，应在尽头设置回车场。运输物料的道路宜采用双车道；若采用单车道，车道宽度不宜小于 4.0m，并宜按规定设置错车道。物料装卸及操作区域的道路纵坡宜为平坡；当为非平坡时，最大纵坡不宜大于 1.5%。

11.1.8 总平面布置应合理组织人流与物流，避免交叉。主要物料运输路线应便捷，并减少对人员通行和消防作业的干扰。

11.1.9 管线综合布置应做到路径短捷、顺直。各类管线宜与建（构）筑物及道路平行敷设，主要干管宜布置在用户较多或支管较多的一侧。可燃气体管道不得与电力电缆共架敷设。

11.1.10 管架跨越厂内道路时，管底至路面净空高度不宜低于 5.0m。采用低支架布置时，管底至人行地面净空不宜低于 2.5m。采用低支墩敷设时，支墩顶面宜高出设计地面 0.15m-0.30m。

11.1.11 应根据环保、卫生及美化的要求进行绿化设计，宜在产生粉尘、噪声的设施周围与厂区围墙内侧布置绿化隔离带。绿化植物选择应适应当地自然条件，不得影响消防操作和地下管线安全。

11.2 建筑结构

11.2.1 建筑物与构筑物的设计应满足生产工艺、设备操作及检修的要求，并应设置顺畅的水平和垂直交

通路线。

11.2.2 建（构）筑物的结构设计荷载，除应包括设备、管道及其附件的自重等恒荷载外，尚应计及生产操作、设备安装与检修，以及人员活动、物料堆放、吊装等活荷载。

11.2.3 位于抗震设防烈度为 6 度及 6 度以上地区的建（构）筑物，均应进行抗震设计。

11.2.4 建（构）筑物地基与基础的设计应满足工艺设备对地基变形及沉降的严格要求。

11.2.5 对于风机、泵类等动力设备的基础及支承结构，应进行动力计算。

11.2.6 吸附塔、解析塔等大型设备支承结构宜采用钢筋混凝土框架或钢框架结构，其结构布置应与设备基础协调统一。

11.2.7 制酸、废水处理等存在腐蚀性介质作用区域的厂房及构筑物，其建筑与结构应采取有效的防腐蚀及防渗措施。

11.2.8 使用液氨、煤气等易燃易爆物质的区域，其地面应采用不发火花面层。

11.2.9 长期处于高温环境下的建（构）筑物结构及材料，应根据构件表面温度确定材料力学指标的折减系数，并应对长期受热的构件采取有效的隔热或冷却保护措施。

11.2.10 产生较大振动设备（如破碎机、振动筛）的楼面或平台，应采取减振隔振措施，避免对支承结构及相邻设备造成不利影响。

11.2.11 建筑物地坪应根据设备安装、运输荷载及使用功能要求确定其厚度、配筋及基层做法。有重型车辆通行或设备检修的区域地坪应进行加固处理。

11.2.12 厂房屋面设计应合理设置采光带和通风天窗，改善车间天然采光和自然通风条件。严寒及寒冷地区屋面应采取防结露措施。

11.2.13 建筑物门窗设计应满足建筑节能、使用安全及通风采光要求，其位置及开启方式应与设备、管线布置相协调。外墙及屋顶通风口的布置应合理，并应减少室内气流死角。

11.2.14 钢梯、通道及操作平台的布置应符合下列规定：

- 1 钢梯倾角不宜大于 45° 。
- 2 平台临空边、垂直运输孔洞边及楼梯洞口周边均应设置防护栏杆。当临空高度小于 20m 时，栏杆高度不应低于 1050mm；当临空高度等于或大于 20m 时，栏杆高度不应低于 1200mm。栏杆底部应设置高度不小于 100mm 的踢脚板。
- 3 车间内安全通道及操作平台的净宽不宜小于 1.0m。
- 4 人行过桥、架空通道及平台下方的净空高度不宜小于 2.2m。

11.2.15 钢结构构件防火涂料的选择与涂装应符合建筑设计防火规范及钢结构防火涂料应用技术规程的要求。

11.3 给水排水

- 11.3.1 活性炭法烟气净化工程应设置生产与生活给水系统、排水系统及消防给水设施。生产与生活用水宜由烧结球团工程统一供给，排水体制及出路宜与烧结球团工程相协调。
- 11.3.2 活性炭法烟气净化工程应设置循环给水系统。制酸系统的冷却用水应设置独立的循环水系统；其他设备的冷却用水宜优先利用烧结球团主厂的循环水系统。
- 11.3.3 循环冷却水系统应设置水质稳定处理设施，并应根据水质情况定期排污，排污水宜回用于对水质要求不高的工序。
- 11.3.4 设备及管道冲洗水宜优先采用回用水。对于停机后易引起设备或管道堵塞的场合，其冲洗水阀宜采用电动阀或气动阀，并应设置程序联锁控制。除制酸系统、废水处理系统外的冲洗排水，应统一排至厂区生产废水管网。
- 11.3.5 煤气管道排水器的排水应集中收集，并送至废水处理设施进行处理，严禁直接排放。
- 11.3.6 制酸系统、废水处理区域等可能接触腐蚀性介质的排水沟、排水管及检查井，应采用耐腐蚀材料或采取可靠的防腐蚀措施。
- 11.3.7 地下敷设的排水管道应做防渗处理，并应进行管道严密性试验，防止污染土壤和地下水。
- 11.3.8 严寒及寒冷地区敷设在室外的给水排水管道应采取保温防冻措施。
- 11.3.9 液氨储区、化学品储存区等可能发生泄漏的区域，应设置如围堰、集液池等应急收集和导流设施，其容积应满足事故状态下泄漏物质的收集要求。

11.4 除尘

- 11.4.1 运输、存储和生产过程中产生粉尘的扬尘点，均应设置除尘设施。
- 11.4.2 除尘系统应采用袋式除尘器。除尘器应设置泄爆装置，并应选用防静电和防油防水滤料。
- 11.4.3 吸附解析区域与活性炭卸料存储车间的除尘系统宜分开设置。
- 11.4.4 除尘系统、活性炭粉负压气力输送系统宜与烟气净化系列对应设置。
- 11.4.5 活性炭粉的集中回收系统宜采用负压气力输送方式，系统风量及负压应根据粉尘输送量、输送距离、提升高度计算确定。负压气力输送系统的输送距离宜小于 100m。输送管道应设置清堵及检修装置。
- 11.4.6 除尘系统管道设计应避免死角和水平管段，弯头的曲率半径不宜小于管道直径的 1.5 倍，管道风速宜控制在 16-22m/s 范围内。
- 11.4.7 除尘器灰斗壁与水平面的夹角不应小于 60°，并宜设置仓壁振动器或空气炮等防棚料装置。
- 11.4.8 除尘系统卸灰装置应采用密封性良好的卸灰阀，卸灰间隔及时间应可调节，并宜与输灰设备联锁控制。
- 11.4.9 储灰仓的有效容积宜按 1-3 天活性炭粉产生量确定。储灰仓应设置温度检测装置、泄压装置及氮气

保护措施。

11.4.10 储灰仓内活性炭粉尘输送方式宜采用吸引压送车输送或气力输送。

11.4.11 除尘系统应设置压差检测装置，当除尘器进出口压差超过设定值时，应发出报警信号。除尘器出口粉尘浓度不应高于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

11.4.12 除尘器、储灰仓及输灰管道均应可靠接地。

11.5 供暖通风与空气调节

11.5.1 通风设计应符合下列要求：

1 活性炭卸料存储车间、泵房、电梯机房应设置机械通风装置。

2 废水处理车间应设置自然进风、机械排气装置，换气次数不宜小于 12 次/h。污泥脱水间换气次数不宜小于 15 次/h。

3 液氨储罐区、氨水制备间等可能积聚有害气体的场所，应设置事故机械通风系统，通风机应防爆，其换气次数不应小于 12 次/h，并应在室内外便于操作的地点设置控制开关。

11.5.2 吸附塔、解析塔等高大空间厂房宜采用自然通风为主、机械通风为辅的方式。当自然通风不能满足要求时，应设置屋顶风机或壁式风机进行机械通风。

11.5.3 通风、空调系统的室外进风口应设置在空气清新、远离污染源的位置，其底部距室外地坪不宜低于 2m。进风口与排风口的水平距离不应小于 10m；当水平距离不足 10m 时，排风口应高出进风口 6m 以上。

11.5.4 严寒及寒冷地区机械送风系统宜设置空气加热装置，热媒宜采用热水或蒸汽。对用于补偿全面排风的补风系统，其送风温度不宜低于 5°C 。

11.5.5 有温度、湿度要求的房间应设置空气调节装置。集中控制室、工程师站、电气设备间等房间的室内设计参数应根据工艺及设备要求确定。

11.5.6 采暖设计应符合下列要求：

1 烟气净化区域建筑物采暖宜与厂区建筑物一致。当厂区设有集中采暖系统时，采暖热源宜由厂区采暖系统提供。

2 有活性炭粉尘的车间，应采用表面光滑、不易积尘、易于清扫的散热器。散热器入口的热媒温度应符合下列要求：

1) 热媒为热水时，不宜超过 130°C 。

2) 热媒为蒸汽时，不宜超过 110°C 。

3 采暖管道不宜穿过电气设备间，且不应穿过变压器室、高低压配电室。

4 人员不经常停留但工艺要求室内温度保持在 0°C 以上时，宜按 5°C 的室内温度设计值班采暖。

5 电气控制室和配电室内宜采用电采暖。

11.5.7 通风与空调系统的风管及部件应采用不燃材料制作。穿过防火墙、楼板或重要设备用房隔墙处的风管应设置防火阀，防火阀的动作温度应为 70℃。

11.6 电气与自动化

11.6.1 烟气净化系统宜设置电气楼，电气楼宜单独设置或与主工艺系统联合设置，并应布置在烟气净化系统负荷中心附近。

11.6.2 烟气净化系统负荷等级应与主工艺系统一致。按二级负荷供电时，应由两回路或更多回路同级电压供电；同时供电的两回路及更多回路的供配电线路中一回路中断供电时，其余回路应能满足全部二级负荷用电的要求。

11.6.3 高压配电系统宜采用放射式配电形式；变电所及配电室的高低电压母线宜采用单母线或分段单母线结线方式，分段处应装设断路器。高压配电室向变压器配电的出线开关应采用高压真空断路器或高压真空接触器及熔断器组。

11.6.4 供配电系统中性点接地方式应与主工艺系统一致。

11.6.5 在液氨储罐区、氨水制备间、煤气区域等爆炸危险环境内，所有电气设备、仪表、线缆及安装材料的选型与安装均应达到相应的防爆等级要求。

11.6.6 增压风机宜采用高压异步电动机，并宜配置高压变频调速装置。增压风机故障停机信号应通过硬接线接入主抽风机控制系统。

11.6.7 为变频器、PLC、DCS、在线仪表等重要负荷供电的仪表电源装置（UPS）宜采用在线式，其后备时间不应小于 30 分钟。

11.6.8 烟气净化区域的照明设计应符合绿色照明的要求。

11.6.9 烟气净化系统应采用集中监控方式、设置集中控制室，其控制宜纳入烧结球团主工艺系统集中控制。

11.6.10 烟气净化系统宜采用分散控制系统（DCS）或可编程控制器（PLC）控制系统。活性炭法烟气净化工程控制系统与主工艺控制系统之间应设置可靠的数据通信接口。

11.6.11 烟气净化系统自动化控制水平宜与主工艺系统一致，其控制方案应与主工艺系统整体统筹设计。

11.6.12 烟气净化系统入口在线监测系统检测项目应包括烟气流量、温度、颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、湿度及含氧量；出口在线监测系统检测项目除入口项目外，尚应包括一氧化碳浓度与氨逃逸浓度。所有在线监测数据应通过硬接线方式接入净化工程控制系统。

11.6.13 对烟气净化系统入口烟气温度、吸附塔及解析塔内活性炭温度等关键参数，其测量仪表应双重或三重设置。

11.6.14 解析塔供热系统、氨喷射系统等关键设备应设置独立的安全连锁系统（SIS）或由 DCS/PLC 实现的安全连锁控制功能，连锁动作应采用硬接线实现。

11.6.15 所有仪表及控制系统的保护接地、工作接地、防雷接地及防静电接地应采用共用接地装置。

11.7 压缩空气

11.7.1 压缩空气气源宜由厂区外部压缩空气管网引入。用于仪表、气动执行机构等关键设备的压缩空气，必须经过除油、除水、除尘等净化处理，其品质应满足仪表用气质量要求。

11.7.2 对于用气量较大且为间断性用气的设备，宜在其附近设置储气罐，以稳定管网压力并减少压力波动。

11.7.3 压缩空气管道宜采用架空方式敷设，并应设置不少于 0.003 的坡度，在管道的最低点应设置自动或手动排水装置。

11.7.4 严寒及寒冷地区所有室外敷设的压缩空气管道及储气罐均应采取保温防冻措施。

11.7.5 压缩空气系统的设计应设置备用气源或应急供气措施，以保证在主气源故障时，仪表及安全连锁系统用气能维持不小于 30 分钟的供应。

11.7.6 净化后的仪表空气露点温度应比当地历史极端最低环境温度至少低 10℃。

11.7.7 压缩空气管道宜采用不锈钢管或热镀锌钢管，管道连接宜采用法兰连接或螺纹连接，管道安装前应进行内部清理，去除杂质和油污。

11.7.8 应在压缩空气总管、各主要用气支管以及净化装置出口处设置压力表、流量计和品质检测接口，以便于监测和维护。

12 计量、检验、化验

12.1 计量

- 12.1.1 活性炭法烟气净化系统应设置水、电、燃气、压缩空气、蒸汽、氮气等能源介质计量和监测设备。
- 12.1.2 在变电所和大容量设备等主要能源使用点，应单独设置计量装置和监测设备。能源计量、监测采集数据宜传输至能源管理系统。
- 12.1.3 活性炭、还原剂等主要物料的输送系统应设置计量装置，计量精度应满足工艺控制和成本核算的要求。
- 12.1.4 烟气净化系统进出口应设置烟气流量连续监测装置，监测数据应实时上传至控制系统。
- 12.1.5 所有计量仪器仪表应按规定周期进行检定或校准，并应在检定有效期内使用。
- 12.1.6 计量装置应根据介质特性及工艺要求选择合适的安装位置，并应保证前后直管段要求。

12.2 检验、化验

- 12.2.1 活性炭法烟气净化工程宜配套建设活性炭性能检验、化验设施。
- 12.2.2 活性炭入厂后宜进行抽检化验，检验项目应包括水分、湿容量、堆积密度、灰分、挥发分、粒度分布、耐磨强度、耐压强度（平均值及变异系数）、着火点、碘吸附值、SO₂吸附值、脱硝率等指标。
- 12.2.3 对在系统内运行的活性炭理化性能应进行周期性取样检测。
- 12.2.4 还原剂、硫酸、废水的理化指标应进行周期性检测。
- 12.2.5 应建立完善的样品采集、保存和分析程序，确保检验结果的代表性和准确性。
- 12.2.6 化验室应配备相应的检测仪器和设备，并应建立仪器设备操作规程和维护保养制度。
- 12.2.7 所有检验、化验数据应记录并保存，保存期限不应少于3年。
- 12.2.8 化验室应建立质量控制体系，定期进行人员培训和考核，并参加实验室间比对活动。

13 环境保护

- 13.0.1 活性炭法烟气净化工程的环境保护设计应遵循清洁生产、污染综合防治的原则。
- 13.0.2 净化后烟气中颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等主要污染物的排放浓度应实行连续监测，监测数据应实时传输至生态环境主管部门及相关生产管理系统。
- 13.0.3 工程设计中应采取有效措施防止二次污染，对吸附解析过程中产生的废水、废活性炭、含硫副产物等应进行妥善处理和处置。
- 13.0.4 生产过程中产生的设备冷却水、冲洗废水等宜分类收集、分质处理，并宜优先回用。
- 13.0.5 活性炭卸料、输送、筛分等过程中产生的无组织排放粉尘应采取密闭、除尘等有效控制措施。
- 13.0.6 风机、泵类等高噪声设备应采取隔声、消声、减振等降噪措施。
- 13.0.7 废活性炭、含硫副产物等固体废物的收集、存储、运输及处置应符合国家现行标准的相关规定。
- 13.0.8 工程设计中应设置足够容量的事故应急设施，包括事故池、应急物资等，防止环境污染事故的发生和扩大。
- 13.0.9 应建立完善的环境监测制度，定期对大气污染物、废水、噪声等环境影响因素进行监测，并保存原始监测记录。
- 13.0.10 厂区应进行绿化设计，绿化率应符合当地规划要求。绿化植物应选择适应当地气候、抗污染能力强的品种。
- 13.0.11 工程投产后应定期开展清洁生产审核，不断提高清洁生产水平，降低污染物产生量和排放量。

14 安全与消防

14.1 安全

- 14.1.1 劳动安全与职业病防护设施应与烟气净化工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用。
- 14.1.2 硫酸、氨水、液氨贮罐区周围应设置泄险沟（堰）；工作场所空气中有害物质浓度不应高于职业接触限值，工作场所应设置冲洗设施。
- 14.1.3 吸附塔应设置事故氮气入口。吸附塔、解析塔应设置温度场监控系统，并应设置温度异常时的安全设施。
- 14.1.4 可能发生氨及煤气泄漏的区域应设置防爆区，可能发生氨泄漏区域应设置氨泄漏检测报警仪，可能发生煤气泄漏的区域应设置一氧化碳泄漏检测报警仪。
- 14.1.5 烟气净化装置宜采用两路独立的安全保护气体供应系统，安全保护气体用量应满足吸附、解析系统故障时的最大用气量，氮气供应压力不应低于系统最大工作压力的 1.2 倍，且纯度不应低于 99.99%。
- 14.1.6 设备检修时应严格执行能源隔离制度，对电气、气源、物料等能源进行有效隔离，并悬挂警示标志。
- 14.1.7 高温设备及管道应采取有效的保温隔热措施，表面温度不应超过 60℃；人员可能接触的高温部位应设置防烫伤警示标志。
- 14.1.8 在活性炭输送、筛分等产生粉尘的场所，应设置防尘、防爆措施，设备应可靠接地，防止静电积聚。
- 14.1.9 所有转动机械的外露部分应设置防护罩，高空操作平台应设置防护栏杆和踢脚板。
- 14.1.10 应编制安全事故应急预案，配备必要的应急救援器材，并应定期组织演练。

14.2 消防

- 14.2.1 存放活性炭的区域应保持清洁、通风良好，不得储存其它易燃品或堆放杂物，并应配备适合的消防器材。
- 14.2.2 采用液氨作为还原剂时，液氨储罐四周应设置防火堤，供应系统应与其他生产辅助及附属建筑分开，并布置形成独立的区域。
- 14.2.3 氨区周围道路必须畅通，氨气输送管道及其桁架跨厂内道路的净空高度不应小于 5m，桁架处应设置醒目的交通限高标志。
- 14.2.4 煤气管道应设置明显的介质流向标识，在管道的关键部位应设置可靠的切断装置和放散管，放散管口应高出周围 20m 内建筑物顶 4m 以上。
- 14.2.5 煤气设备及管道检修前必须进行可靠的隔断和置换，置换介质宜采用氮气，置换合格后方可进行

作业。

14.2.6 煤气区域应设置固定式一氧化碳浓度监测报警装置，报警信号应传至控制室；进入煤气区域作业应配备便携式一氧化碳检测仪和空气呼吸器。

14.2.7 煤气排水器应保持连续稳定运行，严禁抽空；寒冷地区应采取防冻措施，防止排水器失效。

14.2.8 消防给水系统应与主厂区消防系统联网，消防水量和水压应满足最大消防用水点的需要；重要设备附近应设置消防软管卷盘或手提式灭火器。

14.2.9 电缆夹层、电缆桥架应采取防火分隔措施，电缆孔洞应采用防火材料封堵。

14.2.10 建筑物、储罐、堆场的消防设计应符合现行国家标准的有关规定。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 本规范中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国黑色冶金行业标准

活性炭法烧结球团烟气净化工程设计规范

YB/T XXXX-2025

条 文 说 明

制订说明

本规范是根据中华人民共和国工业和信息化部办公厅《关于印发 2023 年第三批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》（工信厅科函〔2023〕291 号）的要求，由中冶长天国际工程有限责任公司会同有关单位共同完成。

一、制订所遵循的主要原则

1、贯彻执行国家的有关法律、法规和方针、政策，符合我国国情；密切结合自然条件，合理利用资源，充分考虑使用和维修的要求，做到安全适用、技术先进、经济合理、环境友好；积极采用新技术、新工艺、新设备、新材料，使标准具有科学性、先进性、前瞻性。

2、条文规定严谨明确，文句简练，不模棱两可；标准内容深度、术语、符号、计量单位等前后一致。

二、编制概况

本规范在中国冶金建设协会的指导下，经主编和参编单位的共同努力，于 2024 年 1 月在长沙召开了第一次编制工作会议，并成立了编制领导小组、编写小组和工作组。在标准制定过程中，标准编制组学习了有关国家法律、法规及标准，进行了调查研究，总结了近年来活性炭法烟气净化工艺应用技术的经验，并广泛征求了有关单位和专家的意见，先后于 2024 年 12 月 15 日、2025 年 6 月 8 日召开了两次内部审查会议，完成了标准初稿。2025 年 12 月 10 日在长沙召开了第三次编制工作会议，完成了标准的征求意见稿，编写组根据讨论意见对本规范逐条修改，形成了本征求意见稿，并将征求意见稿发送到全国有代表性的设计、生产、科研等若干家单位，同时在国家工程建设标准化信息网公开征求意见。编写组根据反馈意见对本规范再次进行逐条修改，形成了征求意见稿的修改稿。2019 年 4 月 25 日，受住房和城乡建设部委托，由中国冶金建设协会主持召开了对征求意见稿的修改稿进行审查，并形成了标准送审稿，最终形成了标准报批稿。

本规范在编制过程中，在技术上体现了以下原则和特点：

1、适合我国经济发展的新形势和我国钢铁绿色生产新要求，钢铁工业绿色发展应以环保达标为生存底线，彻底摒弃传统工业化道路的弊端，实现由“黑色经济”向“绿色经济”转变，变“黑色制造”为“绿色制造”。

2、钢铁行业节能环保新技术实现超低排放甚至近零排放的同时，更需要关注污染物资源化利用和不产生二次污染，实现技术的绿色发展。

3、瞄准研发和应用引领行业进步的污染物治理新技术，大力倡导、推进和坚持“绿色治污”的发展之路。

4、体现技术先进、安全适用、经济合理、环境友好，实现绿色生产和循环经济。

本规范共 14 章，主要内容包括总则，术语，基本规定，原料及其准备，工艺流程，烟气系统，吸附系统，解析系统，输送系统，副产物处置，辅助设施，计量、检验、化验，环境保护，安全与消防。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时正确理解和执行条文规定，《活性炭法烧结球团烟气净化工程设计规范》编制组按章、节、条顺序编制了条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目次

1 总则.....	35
3 基本规定.....	37
4 原料及其准备.....	39
4.1 活性炭.....	39
4.2 还原剂.....	40
5 工艺流程.....	41
5.1 侧向错流法活性炭吸附技术.....	41
5.2 逆流法活性炭吸附技术.....	42
6 烟气系统.....	44
7 吸附系统.....	46
8 解析系统.....	50
9 输送系统.....	53
10 副产物处置.....	55
10.1 活性炭粉处理.....	55
10.2 硫资源化.....	55
10.3 废水处理.....	57
11 辅助设施.....	59
11.1 总图运输.....	59
11.2 建筑结构.....	20
11.3 给水排水.....	22
11.4 除尘.....	63
11.5 供暖通风与空气调节.....	64
11.6 电气与自动化.....	65
11.7 压缩空气.....	67
12 计量、检验、化验.....	68
12.1 计量.....	68
12.2 检验、化验.....	68
13 环境保护.....	70
14 安全与消防.....	71
14.1 安全.....	71
14.2 消防.....	72

1 总则

1.0.1 钢铁工业是国民经济的支柱产业，2024 年我国粗钢产量达 10.2 亿吨，占全球粗钢产量的 51.3%。烧结球团是我国钢铁冶炼炉料加工的核心流程，也是钢铁冶炼过程中高能耗、高污染的集中环节，排放的烟气量大、成分复杂。据行业最新统计，烧结过程排放的烟气中二氧化硫、氮氧化物、二噁英和粉尘分别约占钢铁工业排放总量的 75%、52%、92%和 45%，对人类健康和生态环境造成了极大的威胁。2021 年 5 月，生态环境部等五部门联合发布《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》，明确要求现有钢铁企业应在 2025 年底前完成超低排放改造，达到超低排放水平；其中明确规定，烧结机机头烟气在基准氧含量 16%的条件下，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物小时均值排放浓度分别不高于 10 mg/m^3 、 35 mg/m^3 、 50 mg/m^3 ，部分重点区域执行更严格的特别排放限值。在如此苛刻的排放标准下，烧结球团烟气减排压力巨大，同时，烟气超低排放应满足资源节约、环境友好的要求。而资源节约、环境友好经济发展模式的内涵是实现低资源能源消耗、高经济效益、低污染排放和低生态破坏。在这种社会发展新常态下，烟气治理模式也从单一污染物脱除向多污染物协同治理发展。在上述严苛的排放标准下，烧结球团烟气减排压力持续攀升，同时烟气超低排放需严格满足资源节约、环境友好的核心要求。资源节约与环境友好型经济发展模式的核心内涵，是实现低资源能源消耗、高经济效益、低污染排放及低生态破坏的协同统一。在当前绿色低碳发展的新常态下，烟气治理模式已从传统单一污染物脱除，全面转向多污染物协同治理与资源化利用相结合的方向。正是基于这样的行业背景与发展需求，集高度节能、运行费用低、副产物可资源化利用等优势于一身的活性炭法烟气净化技术，被重点推广应用于烧结球团烟气净化领域，该技术的规模化应用将显著提升我国钢铁行业绿色化治理水平。经过近十年的工程实践，活性炭法在烧结球团烟气治理领域的技术优势已充分显现，但同时我们也注意到，由于行业内工程设计水平参差不齐，部分项目在应用过程中暴露出净化效率不稳定、能耗偏高、副产物利用不充分等问题。因此，制订一套能同时体现先进性、安全性、经济性及绿色低碳理念的活性炭法烧结球团烟气净化工程设计规范，对规范行业发展、提升治理成效具有十分重要的现实意义与长远价值。

1.0.2 本条文明确了规范的核心适用范围与参照适用范围。在活性炭法烟气净化工艺广泛应用于烧结球团烟气净化领域之前，钢铁企业多采用湿法脱硫、半干法脱硫等传统工艺。结合钢铁行业实际生产需求与改造现状，本规范所指“改建设计”涵盖三类场景：一是原有烟气净化系统后增设活性炭法净化单元，二是原有单级活性炭净化系统扩建为深度净化系统，三是对现有活性炭法净化系统进行升级改造；而“新建设计”则针对全新建设的活性炭法烧结球团烟气净化工程，上述两类设计均需严格遵循本规范的相关要求。对于电力、有色、焦化、垃圾焚烧等其他行业，目前多数领域尚未出台针对活性炭法烟气净化工程的专项设计规范。考虑到这些行业的烟气主要污染物类型（如二氧化硫、氮氧化物、粉尘等）与烧结球团烟气具有相似性，且其烟气量规模、工况波动幅度等核心参数通常不复杂于烧结球团烟气，因此允许相关行业在

开展活性炭法烟气净化工程设计时，结合自身工艺特点与实际工况，参照本规范的技术要求执行，以保障设计质量与净化效果。

1.0.3 本条文明确了工程设计的标准遵循原则，即需在符合本规范的基础上，同步契合国家现行相关标准要求。本规范的核心定位是聚焦活性炭法在烧结球团烟气净化领域的专项设计要求，重点覆盖工艺适配、设备选型、系统布局等核心内容，但未涵盖活性炭产品本身、工程建设、安全环保等全链条通用要求，因此必须补充遵循国家现行有关标准，确保工程设计的全面性与合规性。结合工程设计全流程需求，需重点遵循的国家现行标准分类及核心目录如下：1) 活性炭性能及检测类：需符合《烟气净化碳基材料产品质量标准》T/CMCA 40027、《烟气净化碳基材料产品检测标准》T/CMCA 40028、《煤质颗粒活性炭试验方法 水分的测定》GB/T 7702.1、《煤质颗粒活性炭试验方法 碘吸附值的测定》GB/T 7702.7、《煤质颗粒活性炭试验方法 灰分的测定》GB/T 7702.15、《煤质颗粒活性炭试验方法 孔容积和比表面积测定》GB/T 7702.20、《脱硫脱硝用煤质颗粒活性炭试验方法 第1部分：堆积密度》GB/T 30202.1、《脱硫脱硝用煤质颗粒活性炭试验方法 第2部分：粒度》GB/T 30202.2、《脱硫脱硝用煤质颗粒活性炭试验方法 第3部分：耐磨强度、耐压强度》GB/T 30202.3、《脱硫脱硝用煤质颗粒活性炭试验方法 第4部分：脱硫值》GB/T 30202.4、《脱硫脱硝用煤质颗粒活性炭试验方法 第5部分：脱硝率》GB/T 30202.5、《烟气集成净化专用碳基产品》GB/T 35254 及《煤的工业分析方法》GB/T 212 的相关要求；2) 工程建设及建筑类：建筑物设计需符合《工业建筑节能设计统一标准》GB 51245、《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046、《混凝土结构设计规范》GB 50010 及《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 的要求；3) 消防、环保及职业健康类：需遵循《建筑设计防火规范》GB 50016、《钢铁冶金企业设计防火标准》GB 50414、《石油化工企业设计防火规范》GB 50160、《消防给水与消火栓系统技术规范》GB 50974、《工业企业噪声控制设计规范》GB/T 50087、《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB 12348、《恶臭污染物排放标准》GB 14554、《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》GBZ 2 及《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》GB 28662 的规定；4) 钢结构及设备相关类：需符合《固定式钢梯及平台安全要求》GB 4053、《动力机器基础设计规范》GB 50040、《构筑物抗震设计规范》GB 50191、《钢结构设计规范》GB 50017、《钢铁企业总图运输设计规范》GB 50603、《压缩空气》GB/T 13277、《压力管道规范 工业管道》GB/T 20801 及《工业自动化仪表气源压力范围和质量》GB/T 4830 的要求。

3 基本规定

3.0.1 本条文明确了活性炭法烧结球团烟气净化工程设计的前置核心要求，明确的设计依据是工程合规性的根本保障，完整可靠的设计基础资料是确保设计方案科学、可行的前提，二者共同支撑工程设计质量。其中，设计依据主要涵盖以下核心类别：一是国家及地方现行有关法律法规、产业政策及环保要求，为工程设计划定合规底线；二是项目可行性研究报告及相关批准/批复文件、行业主管部门出具各类专项批文，明确项目建设的合法性与核心定位；三是处理烟气的关键工况参数，包括烟气量及波动范围、烟气温度及变化区间、污染物初始浓度及波动范围、最终排放浓度限值等，是工艺选型、设备设计的核心技术依据；四是建设项目相关的设计合同、技术协议等，明确设计范围、技术要求及双方权责。设计基础资料重点包括：项目所在地的地质勘察资料、气象资料、厂区地形图、水文资料，为工程总平面布置、构筑物设计、设备安装等提供基础支撑；此外，还需包含项目环境影响评价报告及批复文件，其明确了项目的环保目标、污染治理要求，是设计方案需重点契合的环保依据。

3.0.2 本条文明确了活性炭法烟气净化工艺选择的核心原则及工艺流程设计的关键目标。工艺选择需统筹多方面核心因素，经全面技术经济比较后确定最优方案，避免单一维度决策导致工程不合理；工艺流程设计则需兼顾多目标平衡，保障系统长期稳定运行。工艺选择的核心考量因素：一是工艺烟气特性，这是工艺选型的基础，例如烟气温度较高时，需配套设计兑冷风或换热降温工艺；烟气污染物浓度较高时，需结合排放要求核算净化负荷，合理规划净化设施规模（避免占地面积过大或净化能力不足）。二是排放要求，需严格依据项目环评批复及现行环保标准，确定净化深度目标，确保达标排放。三是场地条件，需结合厂区现有空间布局、地形地貌等，优化工艺及设备布置方案。四是投资及运行成本，通过对比不同工艺路线的设备购置、土建施工等初期投资，以及后续药剂消耗、能耗、运维等运行成本，选择性价比最优的方案。工艺流程设计的关键要求：①可靠性与稳定性，需统筹考虑系统各辅助环节设计，例如富硫处理系统产生的少量废水，可结合厂区现有废水处理设施，选择全厂统一处置、简易预处理后全厂综合处置，或深度处理达标后排放等合适路径；还原剂（常用液氨或氨水）的布置，需充分考虑供应稳定性、存储量、安全防护距离，同时结合全厂还原剂需求规划预留场地。②经济性，需重视副产物资源化利用，活性炭净化系统产生的炭粉，其挥发分、灰分、固定碳等关键指标符合高炉喷煤要求时，可作为高炉燃料利用；也可通过调整煤粉/炭粉/焦油/沥青配比，结合柱状脱硫脱硝活性炭生产工艺制备再生颗粒活性炭，降低固废处置成本。③负荷适应性，工艺流程设计需预留一定调节空间，可应对烟气量、污染物浓度等工况参数的波动，确保系统在不同负荷下均能稳定达标。

3.0.3 本条文明确了活性炭法烟气净化系统处理规模的核心确定原则，需统筹多方面关键因素，确保处理规模既匹配生产实际，又能满足环保要求，同时具备充足的运行适应性。烧结机规模是基础依据：烧结机规模直接决定了烧结球团生产的基础产能，进而影响工艺烟气的基准产生量，是确定净化系统处理规模的

核心基准，需优先匹配烧结机的设计产能及实际运行负荷范围。工艺烟气量与污染物波动特性是关键考量：烧结球团生产过程中，烟气流量、温度及污染物浓度受原料成分、烧结参数等影响波动较大；同时，随着烧结球团设备运行时间增加，设备漏风系数会逐渐上升，进一步导致烟气量增加。因此，确定处理规模时需充分核算上述波动范围，确保系统在不同工况下均能有效捕捉并处理污染物。环保排放要求是硬性底线：处理规模需严格对标项目环评批复及现行环保标准中的污染物排放限值，通过精准核算净化负荷，确保净化系统的处理能力能够保障烟气经处理后，污染物排放浓度稳定达到要求，不得因处理规模不足导致超标排放。必要的富余能力是保障条件：预留合理的富余能力，可有效应对设备老化、原料大幅波动、环保标准升级等突发情况，显著提升系统的适应性和可调节性，避免因工况小幅变化或短期超负荷运行导致系统失效，同时为后续生产负荷提升预留改造空间。

3.0.4 本条文明确了不同类型烧结球团项目配套/新建活性炭法烟气净化工程时，设计参数确定的核心依据，核心目的是确保设计参数与实际烟气工况精准匹配，保障净化系统高效稳定运行。1) 新建烧结球团项目配套净化工程：此类项目因烧结球团主体工程尚未投产，无实际运行烟气数据可供参考，因此设计参数必须以原料（含燃料）条件为核心基础。原料的成分、配比、粒度等特性直接决定烟气的产生量、温度、污染物种类及浓度；同时需充分预判原料条件的长期变化趋势（如原料产地更换、成分波动等），避免因原料变化导致设计参数与实际工况脱节，确保净化系统投用后能长期适配主体工程的生产需求。2) 已建烧结球团项目新建净化工程：此类项目的烧结球团主体工程已稳定运行，具备获取实际烟气参数的条件，因此设计参数优先采用实测数据。烧结球团主抽风机出口处的烟气是进入净化系统的核心烟气来源，此处的实测参数（含烟气量、温度、污染物浓度等）能最真实地反映实际工况，比理论计算更具准确性；条款中“宜”字体现了灵活性，若存在特殊工况（如主抽风机出口不具备实测条件），可结合主体工程的运行记录及理论核算修正参数，但需确保参数偏差在可控范围内。

3.0.5 本条文明确系统布置的核心依据与要求。需适配主工艺特征、结合场地条件、优化活性炭及副产物/废弃物输送路径，核心目标是实现工艺流程顺畅、布局紧凑，提升运行效率与空间利用率。

3.0.6 本条文明确辅助设施布置原则及空间预留要求。辅助设施协同布置、联合建设，可节约占地、降低投资与运行成本，提升整体运营效率；预留深度净化空间，是为适配未来环保标准升级及技术迭代需求，保障系统具备长远适用性与拓展能力。

3.0.7 本条文明确辅助介质供给及主要物料存储计量要求。系统作为主体工程配套环保设施，由主体统一供给水、电等辅助介质，可避免单独建设能介系统，显著节约投资。活性炭、还原剂是系统稳定运行的核心物料，专用储仓可保障持续供应，精确计量装置则满足用量统计、成本核算及运行管控需求。

3.0.8 本条文明确系统作业制度要求。因系统是烧结球团主体工程的配套环保设施，按连续工作制设计并与主体生产同步运行，可确保烟气全程得到净化、稳定达标排放，同时避免因系统启停不同步干扰主体生产节奏。

4 原料及其准备

4.1 活性炭

4.1.1 本条文明确活性炭基本性能的核心要求，为活性炭选型提供科学依据。活性炭是吸附污染物的核心材料，其基本性能直接决定净化效率与运行成本，表 4.1.1 涵盖水分、耐磨强度、粒径分布、着火点等关键指标。水分过高会降低活性炭的吸附活性，影响污染物脱除效果；碘吸附值与比表面积直接反映活性炭的吸附容量，是保障脱硫脱硝效率的核心；耐磨强度不足会导致活性炭在输送与循环过程中大量破损，产生粉尘污染且增加消耗量；粒径分布不合理会影响床层透气性，导致压降过大或烟气短路。这些指标的设定参考了国内外相关活性炭标准及行业实际运行经验，确保所选活性炭能够适配烧结球团烟气净化的严苛工况，同时保障指标检测的规范性与可比性，避免因活性炭质量问题影响整个净化系统的运行效果。

4.1.2 本条文明确活性炭专项性能指标的确定原则，确保指标与实际工况精准匹配。碘吸附值、比表面积是反映活性炭吸附能力的基础指标，SO₂ 吸附值、SO₂ 循环吸附值直接决定脱硫效率与活性炭循环使用寿命，脱硝率与循环脱硝性能则综合反映活性炭在实际工况下的协同净化能力。这些指标并非越高越好，需结合多方面因素综合确定：烟气成分（如高浓度 SO₂ 需选择高 SO₂ 吸附值的活性炭）、排放标准（如超低排放要求需选择高脱硝率的活性炭）、系统运行条件（如解析温度、循环次数影响循环吸附性能）。若指标选择过高，会导致活性炭采购成本激增；若指标过低，则无法满足净化要求，可能导致排放超标。因此，需通过针对性试验与技术经济分析，确定最适配的指标参数，实现净化效果与成本的平衡。工程实践过程中，可由供需双方灵活掌握，自由协商决定，以满足活性炭法烟气净化系统的实际使用需求和供需双方经济利益。

4.1.3 本条文明确活性炭储存的核心要求，保障活性炭质量与供应安全。活性炭具有较强的吸潮性与吸附性，储存于专用密闭料仓可有效防止其吸收空气中的水分（导致吸附活性下降）、吸附异味或杂质（影响净化效果）。料仓容量按不小于 7 天消耗量设计，是结合行业平均采购周期、运输周期及应急储备需求确定的，可避免因物料供应中断导致净化系统停机。防潮措施通常包括料仓顶部防雨罩、底部防潮层及除湿装置；防板结措施则通过设置振动器或流化装置实现，避免活性炭因长期堆积或吸潮导致板结，影响下料顺畅性。活性炭粉尘属于可燃粉尘，具备爆炸风险，因此需配备防火防爆设施（如防爆门窗、惰性气体保护系统）；料位监测装置可实时掌握料仓内物料存量，避免断供或溢料；计量装置则为物料消耗统计与成本核算提供准确数据，全方位保障储存与管控安全。

4.1.4 本条文明确新鲜活性炭的预处理要求，目的是提升其初始吸附性能，保障净化效果稳定。新鲜活性炭在生产、运输及储存过程中，其孔隙可能会被部分杂质堵塞，或因表面官能团活性不足导致初始吸附效率较低。经解析塔进行高温活化处理，可实现两大效果：一是去除孔隙内的杂质，疏通吸附通道，显著提

升活性炭的比表面积与吸附容量；二是通过高温作用激活活性炭表面的官能团，增强其对二氧化硫、氮氧化物等污染物的吸附与催化能力。该预处理步骤可确保新鲜活性炭投入使用后立即达到最佳吸附状态，避免初期净化效率偏低导致排放超标。。

4.2 还原剂

4.2.1 本条文针对液氨还原剂的特性，明确其储存、制备及供应系统的安全设计要求，全方位规避安全风险。液氨属于剧毒、易燃易爆危险化学品，其系统设计必须严格遵循《建筑设计防火规范》GB 50016、《危险化学品重大危险源辨识》等标准。第1款规定的多重设施各有核心作用：氨气泄漏检测报警装置可实时监测泄漏情况，与事故通风系统联动可快速排出泄漏氨气，降低浓度；防雷防静电设施防止雷电或静电火花引发爆炸；消防系统、紧急切断系统及泄漏应急吸收设施则用于事故状态下的应急处置，避免事态扩大。第2款按5-7天消耗量设计储罐容积，兼顾供应稳定性与风险控制（避免储罐过大增加泄漏风险）。第3款配置氨气吹扫接口和置换系统，用于设备检修前的氨气置换，保障检修安全。第4-5款选用防爆型执行机构、设置氨气吸收或水喷淋装置，进一步强化防爆与泄漏处置能力，确保系统全生命周期安全运行。

4.2.2 本条文结合尿素还原剂的特性，明确其系统设计要求，保障氨气制备的稳定与高效。尿素相较于液氨安全性更高，但制氨工艺相对复杂，设计需重点适配其特性。第1款要求氨气供应量连续可调，是因为烧结球团烟气流与氮氧化物浓度波动较大，需实时匹配喷氨量以保障脱硝效率，避免氨逃逸。第2款按不小于7天消耗量设计储仓容积，同时配备防潮防结块及疏通设施，因尿素易吸潮结块，结块后会影响到输送与溶解效果，保障物料储存质量与供应稳定。第3款选用尿素级SS316L不锈钢等耐腐蚀材料，因尿素溶液在一定温度下会对普通钢材产生腐蚀，避免设备与管道因腐蚀泄漏。第4款水解工艺反应器设计出力预留20%裕量，适配烟气负荷波动；第5款热解工艺设绝热分解室且关键设备就近布置，保障热解效率与系统稳定性；第6款配备过滤及加热装置，过滤可去除尿素杂质，加热可提升尿素溶解速度，确保制氨原料质量。

4.2.3 本条文针对氨水还原剂的特性，明确其系统设计要求，平衡安全性与制氨效果。氨水（通常为18%-25%质量分数）属于弱腐蚀性、低毒性物质，安全性介于液氨与尿素之间，设计需兼顾品质控制与系统稳定。第1款规定氨水浓度与蒸发残渣量，浓度过高易挥发导致氨气损失，浓度过低增加蒸发能耗；蒸发残渣量超标会堵塞蒸发器与喷嘴，影响氨气制备与喷射效果，确保制氨原料品质。第2款按5-7天消耗量设计储罐容积，同时设置泄漏检测、应急收集及冲洗设施，因氨水易挥发且具有腐蚀性，需防范泄漏对环境与设备的损害。第3款选用S30408及以上等级不锈钢，应对氨水的弱腐蚀特性，延长设备与管道使用寿命。第4款要求氨气-空气混合气体温度高于露点温度并保持过热度，避免混合气体结露导致管道腐蚀；第5款要求蒸发器具备稳定负荷调节能力，适配烟气负荷波动，保障氨气供应稳定，确保脱硝效率。

5 工艺流程

5.1 侧向错流法活性炭吸附技术

5.1.1 本条文明确侧向错流法的核心流态要求，是保障该技术高效净化的关键设计原则。侧向错流法的核心设计思路是实现活性炭与烟气的充分接触，其流态设计具备显著优势：活性炭自上而下依靠重力流动，无需额外动力，运行成本低；烟气垂直错流穿过活性炭床层，可确保烟气中的污染物与活性炭表面充分接触，提升吸附效率，尤其适用于多污染物协同脱除场景。在实际工程运行时，还需通过调整活性炭床层厚度、烟气流速、活性炭下料速度等参数，进一步强化错流效果，确保污染物充分脱除，实现高效净化目标。

5.1.2 本条文明确侧向错流法的核心工艺分类，为不同工况下的工艺选型提供精准依据。两种工艺分类基于污染物脱除功能与反应器集成方式，适配不同的工程需求：a) 同一反应器同步脱除工艺，核心优势是结构紧凑、占地面积小，可显著降低初期投资，同时简化系统流程与运维管理，适用于场地空间有限、污染物浓度相对稳定、对运维复杂度要求较低的项目；b) 不同反应器/反应段分步脱除工艺，核心优势是可针对脱硫与脱硝的不同反应条件（如活性炭类型、反应温度）精准调控，净化效率更高，且便于单独维护与检修，适用于污染物浓度高、波动大，或对净化效率要求严苛（如超低排放升级）的项目。通过明确分类及适配场景，可帮助设计人员根据项目实际情况快速选型，确保工艺方案的合理性与适用性。

5.1.3 本条文明确同步脱除工艺的喷氨位置，是保障同步脱硫脱硝效率的关键设计细节。在同一反应器内实现 SO_2 与 NO_x 同步脱除，核心前提是氨气与烟气中的 NO_x 充分混合，且在进入活性炭床层前完成均匀分布。将氨气在烟气进入活性炭床层前喷入，可利用烟气输送管道的长度实现氨气与烟气的充分混合，避免因混合不均导致局部脱硝不充分或氨逃逸超标。喷氨位置通常选择在吸附塔入口烟道的合适位置，同时需配套喷氨格栅确保均匀喷射，结合烟气流量实时调节喷氨量。该设计可确保进入活性炭床层的烟气中， NO_x 与氨气已形成均匀混合体系，在活性炭的催化作用下，与 SO_2 同步发生吸附与反应，保障同步脱除工艺的高效稳定。

5.1.4 本条文明确分步脱除工艺的关键设计要点，通过精准分工提升整体净化效果。分步脱除工艺的核心思路是“分段施策”，避免不同污染物脱除反应之间的相互干扰：将氨气在脱硫后、脱硝前喷入，可避免 SO_2 与氨气优先反应生成硫酸铵盐，覆盖活性炭活性位点，从而保障脱硝反应的高效进行。同时，明确各段核心功能：脱硫段重点脱除颗粒物和 SO_2 ，减少颗粒物对后续脱硝段的影响；脱硝段重点脱除 NO_x 并进一步抑尘，确保 NO_x 达标排放。这种设计可针对不同污染物的脱除需求精准匹配工艺条件，提升各污染物的脱除效率，同时延长活性炭使用寿命，降低运行成本。

5.1.5 本条文明确分步脱除工艺的反应器组合分类及核心要求，编制依据源于行业不同规模项目的实践经验。分步脱除工艺的核心是规避 SO_2 与 NO_x 脱除反应的相互干扰，可划分出三种典型组合形式。a) 平行

串联结构活性炭按“脱硝→脱硫→解析→脱硝”顺序串联流经，一方面可利用新鲜活性炭作为催化剂的角色先参与脱硝反应，再进入脱硫段完成SO₂吸附，最大化发挥活性炭的催化与吸附潜能；b) 平行并联结构以“独立运行、互不干扰”为设计核心，脱硫与脱硝活性炭各自进入解析塔，优势在于两套系统可根据SO₂与NO_x的浓度波动独立调节活性炭流量、塔体大小等；c) 上下结构以“紧凑布局、缩短输送路径”为设计重点，同一反应器内实现分段功能，上部脱硝段可充分利用烟气入口高浓度NO_x与氨气的反应效率，下部脱硫段承接后续SO₂脱除与抑尘，无需额外铺设多塔间的活性炭输送管道，显著降低占地与输送能耗。三种组合形式覆盖不同场地条件及工况需求，为设计人员提供选型依据。

5.1.6 本条文明确吸附塔内部结构的核心分类，吸附塔内部结构直接影响活性炭分布均匀性、烟气与活性炭接触效率及运维便利性，因此结合工程实践划分两类结构：a) 分层结构吸附塔通过内部隔板将炭层划分为独立区域，核心优势是可针对不同区域的功能需求，精准调控各区域活性炭下料速度，适配对净化精度要求高的工况；b) 不分层结构吸附塔采用整体炭层布置，核心优势是结构简单、制造成本低，内部无额外隔板阻碍。

5.1.7 本条文明确分层结构吸附塔的关键设计细节，核心目的是保障各炭层功能精准落地，提升整体净化效果。分层结构的核心优势在于“分区管控”，不同炭层独立设置下料控制装置，可根据各层污染物脱除负荷差异，精准调节活性炭下料速度：如污染物浓度高的首段，可适当提高下料速度以保障吸附容量；净化要求高的末段，可降低下料速度延长接触时间，避免活性炭浪费和碳粉产生。沿烟气流向划分分段功能，是基于污染物脱除的优先级与协同逻辑：首段烟气中污染物浓度最高，侧重高效脱除SO₂、NO_x等核心污染物，末段烟气中污染物浓度已显著降低，核心需求是进一步截留未脱除的细小颗粒物，保障净烟气洁净度，因此侧重抑尘功能。该设计可最大化发挥各层活性炭的效能，避免单一管控导致的局部净化不足或物料浪费，编制依据源于分层吸附塔的长期运行数据与优化经验。

5.1.8 本条文明确不分层结构吸附塔的核心设计要求，编制目的是规避因下料不均导致的净化效率下降和反应热在反应器内累积导致安全风险的问题。不分层结构采用整体炭层设计，若出现局部下料不畅，易形成炭层堆积或空穴：堆积区域会导致烟气短路，污染物未充分接触即排出；空穴区域则会增加局部烟气流速，加剧活性炭磨损且降低吸附效率。另外，SO₂吸附过程是放热反应，释放的热量随着活性炭排出系统而带出，若活性炭下料异常，会导致热量在活性炭床层内累积，带来活性炭超温甚至着火的风险。

5.2 逆流法活性炭吸附技术

5.2.1 本条文明确逆流法的核心流态设计要求，逆流法采用“活性炭自上而下、烟气自下而上”的逆向流动模式，相较于错流模式，活性炭与烟气逆向流动产生的相对速度更大，可减少烟气与活性炭之间的传质阻力，提升污染物吸附与反应效率。但是在应用过程中，需重点控制活性炭下料速度与烟气流速的匹配关系，避免流速过高导致活性炭床层流化或流速过低导致阻力过大。

5.2.2 本条文明确逆流法的工艺分类原则：a) 同一反应器同步脱除工艺，核心优势是结构紧凑、占地面积小，可简化活性炭输送与控制系统，降低初期投资与运维复杂度，适配于场地空间紧张、烟气污染物浓度稳定、对运维人员数量要求低的场景；b) 不同反应段分步脱除工艺，核心优势是可针对脱硫、脱硝的不同反应条件独立调控，且便于根据污染物浓度波动调整各段运行参数，净化效率更稳定，适配于烟气污染物浓度高、波动大、需满足超低排放要求的场景。

5.2.3 本条文明确逆流法同步脱除工艺的喷氨位置要求，逆流法中烟气自下而上流动，将氨气在烟气进入活性炭床层前喷入，可利用入口烟道的长度实现氨气与烟气的充分混合，同时结合喷氨格栅的精准布置，确保进入床层的烟气中氨氮比均匀。设计时需配套烟气流量监测与喷氨量自动调节系统，确保烟气负荷波动时氨氮比仍能稳定控制。

5.2.4 本条文明确逆流法分步脱除工艺的喷氨节点，编制核心是规避 SO_2 对脱硝反应的干扰，实现脱硫与脱硝工艺的协同高效。逆流法分步脱除通常采用“下段脱硫、上段脱硝”的布置，若在脱硫前喷氨， SO_2 会与氨气优先反应生成硫酸铵盐，该盐分会覆盖活性炭的催化活性位点，导致后续脱硝效率显著下降。将喷氨节点设置在脱硫反应段后、脱硝反应段前，可通过脱硫段先脱除绝大部分 SO_2 ，大幅降低其对脱硝反应的干扰。

5.2.5 本条文明确逆流法脱除工艺的脱硫控制核心要求： SO_2 、 NO_x 同步脱除工艺，要求出口 SO_2 排放值就是系统整体环保排放要求；分步脱除工艺中，若脱硫段出口 SO_2 浓度超标，过量的 SO_2 会进入脱硝段，不仅会与氨气反应生成盐类物质污染活性炭，还可能导致最终排放烟气中总污染物浓度超标。

6 烟气系统

6.0.1 本条文明确烟气系统的核心构成，确保系统具备“稳定输送、精准调控、适配工艺”的核心功能。各设施的设计逻辑与功能定位如下：烟气管道作为核心载体，需根据烟气量与压力设计截面尺寸，保障烟气顺畅输送；增压风机为烟气流动提供动力，弥补系统阻力损失；补偿器用于吸收管道热胀冷缩变形，避免管道损坏；烟气挡板门用于切换烟气路径；烟气换热器可调节烟气温度至吸附工艺适配范围；烟气均布装置确保烟气均匀进入吸附塔，避免局部短路；必要的测点和仪表用于实时监测烟气量、温度、压力、污染物浓度等参数，为系统自动化控制提供数据支撑。

6.0.2 本条文明确烟气系统的核心设计依据，需基于三类关键参数的量化分析：一是烟气最大排放量，通常取烧结球团生产线额定产能下的烟气量加 10% 裕量，适配生产线负荷峰值；二是温度波动范围，需覆盖正常运行温度与异常工况的温度变化，确保设备材质与保温设计适配；三是污染物初始浓度，需参考原料硫分、灰分的最大波动范围，结合环评报告中的污染物预测浓度，确保系统净化能力预留充足余量。

6.0.3 本条文明确烟气系统阻力与风机选型的核心要求，实现“经济运行”与“全工况适配”的平衡。系统阻力损失控制在 4500Pa 以内，是结合吸附塔、管道、换热器等核心设备的阻力特性确定的：阻力过高会导致风机能耗激增，长期运行成本显著上升；阻力过低则可能需增大管道截面或降低流速，导致占地面积增加。风机选型预留裕量的设计逻辑的是：风量裕量不低于 10%，用于适配烟气量的短期波动及设备长期运行后的阻力增加；风压裕量不低于 20%，用于应对吸附塔床层堵塞、管道积灰等导致的阻力突变。

6.0.4 本条文明确增压风机的设计与选型要求，核心是保障烟气输送的可靠性与经济性。设置 100% 容量的烟气增压风机，意味着风机出力可完全覆盖系统最大烟气处理需求，无需依赖备用风机即可满足正常运行，避免因风机容量不足导致烟气外溢。风机设置位置需结合系统压力分布设计：塔前设置可使吸附塔处于正压工况，便于烟气均布；塔后设置可使吸附塔处于负压工况，减少烟气泄漏风险。优先采用轴流式风机，因其具备流量大、压头适中、效率高的特点，适配烧结球团烟气大流量、中低压的输送需求，相较于离心式风机更具经济性。新建工程同步建设时，增压风机与主抽风机合并设置的条件是：主抽风机预留足够的风压与风量裕量，且烟气系统阻力可整合计算，合并设置可减少设备数量、节约占地与投资，同时简化控制系统。

6.0.5 本条文明确风机运行的关键控制指标，参考《风机振动测量与评价》GB/T 10085 的相关要求，风机基础振幅控制在 $\leq 0.1\text{mm}$ ，核心目的是避免振动过大导致风机轴承损坏、基础开裂等设备故障；依据《工作场所有害因素职业接触限值》GBZ 2.2 的要求，风机噪声控制在 85dB(A) 以内，避免运维人员长期接触高噪声环境导致职业健康问题；当环境要求高时，依据《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB 12348 的要求，风机通过配套隔声罩及消声器，可将噪声进一步降低至 60dB(A) 以下。

6.0.6 本条文明确吸附塔入口烟气的粉尘控制要求，活性炭层通过碰撞、遮挡及扩散捕集来实现除尘功能。

通常超过 $1\mu\text{m}$ 粒径的灰尘颗粒通过碰撞进行捕集，而小于 $1\mu\text{m}$ 粒径的灰尘颗粒则通过遮挡及扩散捕集来实现捕集。进入吸附塔的粉尘粒径大部分小于 $2.5\mu\text{m}$ ，其中碱性金属居多，主要为氯化钾、氯化钠、氯化铅等氯化物，这类可溶性碱性金属会堵塞活性炭孔洞、在凹陷区沉积，影响脱硫脱硝性能。若入口粉尘浓度高于 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ，大量粉尘会堵塞活性炭孔隙，导致其吸附容量与催化活性显著下降，同时增加活性炭磨损率；此外，粉尘在床层内堆积会增大床层阻力，增加风机能耗，甚至导致下料堵塞。该浓度限值的确定参考了大量活性炭吸附试验数据：当粉尘浓度 $\leq 50\text{mg}/\text{m}^3$ 时，活性炭性能衰减速率可控制在合理范围，无需频繁更换。

6.0.7 为了防止高温烟气进入吸附塔带来安全隐患，同时，为避免低温下烟气温度过低，水汽及酸性物质冷凝腐蚀设备，要求烟气入塔温度不高于 150°C ，且不宜低于 100°C 。

6.0.8 在吸附塔入口设置烟气降温装置，烟气降温可采用兑冷风或循环水间接冷却等形式，由于间接冷却不增加烟气量，故建议优先采用间接冷却方式对烟气降温。而即使采用间接换热形式对烟气降温，也应设置兑冷风装置，以应对系统内异常升温时，可以大量补入空气带走系统内热量，保障系统安全。

6.0.9 工艺烟气的温度波动较大，通常在 $100^\circ\text{C}\sim 180^\circ\text{C}$ 之间，在计算烟道内烟气流速时要充分考虑高温工况，将最大烟气流速控制在 $18\text{m}/\text{s}$ 以内，是为了降低烟气阻力，避免烟道振动。

6.0.10 一般情况下，烟道布置占地较大，拐弯也需占用较大位置，在布置烟道时，要注意不能影响道路通行，同时还要考虑烟道与吸附塔、解析塔等非管道设备的间距，防止对设备的操作和维修产生影响。一般情况下，为了便于人员检修和清灰作业，每隔 $20\text{m}\sim 30\text{m}$ 设置检修人孔、清灰口及下灰管；倾斜管段内还要设置简易踏步，便于人员通过；在清灰口、下弯管段的入口处设置铁丝栅栏或钢丝网，以防止人员坠落。烟道安装补偿器可补偿管道的膨胀，减弱振动和荷载的传递，防止管道因膨胀不畅或振动而引起的泄漏和损坏。如需要控制传递振动、传递荷载的设备接口处管段，以及管道自身不能补偿热膨胀和端点附加位移的区段，均要设置补偿器。

6.0.11 本条文明确烟气系统的密封性要求，系统漏风率控制在 $\leq 2\%$ ，是因为漏风会引发两大问题：一是空气渗入会稀释烟气中污染物浓度，导致监测数据失真，同时增加风机处理负荷，提升能耗；二是烟气外泄会造成环境污染，违反环保法规，尤其对于含酸性污染物的烟气，外泄还会腐蚀周边设备。焊接接口是漏风的主要部位，因此要求进行无损检测，检测比例需覆盖所有对接焊缝，确保焊接质量符合《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236 的相关要求。

6.0.12 本条文明确烟气监测的核心要求，实现“达标排放”与“精准调控”的双重目标。在吸附塔进出口分别安装关键监测仪表，形成“进出对比”监测体系：入口监测数据用于计算净化负荷，为活性炭下料速度、喷氨量等参数的调节提供依据；出口监测数据直接反映净化效果，确保污染物排放符合要求。监测数据实时上传至中控系统，一方面可实现自动化闭环控制，提升系统运行稳定性；另一方面可留存监测记录，满足环保部门的监管要求，确保监测系统设计合规、数据可靠。

7 吸附系统

7.0.1 本条文明确吸附系统设计规模的核心依据，避免“过设计”或“欠设计”。设计规模的确定需通过多参数耦合计算：首先基于处理烟气流量和污染物初始浓度，计算污染物总处理量；其次结合活性炭的性能指标，计算所需活性炭的最小装填量与循环量；最后根据污染物排放指标，反算吸附塔的最小有效容积与床层面积。

7.0.2 本条文明确活性炭用量与下料速度的设计要求，保障系统连续稳定运行且经济性最优。初始装填量的确定需结合吸附塔有效容积、活性炭堆积密度及床层高度要求，确保床层高度满足烟气接触时间需求；日常补充量则根据活性炭的磨损率与解析效率确定，以维持系统内活性炭的总净化功能。活性炭下料速度是核心运行参数，需通过动态调节适配工况变化：当烟气量增大或污染物浓度升高时，需提高下料速度，缩短活性炭在塔内停留时间，确保吸附饱和的活性炭及时排出；当排放指标加严时，需降低下料速度，延长接触时间，提升净化效率。

7.0.3 本条文明确氨供应与喷射系统的设计核心要求，确保脱硝效率稳定且无二次污染。完整的氨气供应与喷射系统应包括：还原剂储存装置、制备装置、输送管道、喷氨格栅及流量调节装置，各环节需协同设计以保障氨气稳定供应。氨喷入量的确定遵循“精准匹配”原则，核心计算逻辑为：根据烟气量与入口 NO_x 浓度，结合脱硝率目标确定所需氨气理论量，再预留5%-10%的裕量。

7.0.4 本条文明确吸附塔空速的控制要求，核心是平衡净化效率与设备投资。空速直接反映烟气与活性炭的接触时间：空速过大，烟气与活性炭接触时间不足，污染物未充分吸附即排出，导致净化效率显著下降；空速过小，虽能提升净化效率，但需增大吸附塔体积，导致设备投资与占地面积大幅增加。 500 h^{-1} 的限值是结合活性炭吸附性能与烧结球团烟气工况确定的最优值：在此空速下，既能保障 SO_2 、 NO_x 脱除效率均达标，又能控制吸附塔体积在经济合理范围。

7.0.5 本条文明确吸附塔内活性炭床层的温度控制上限，核心目的是规避安全风险。床层温度超过 160°C 会增加安全风险，活性炭吸附污染物释放热量形成“超温区”，若不能及时排出系统，严重时可能引发自燃。该温度限值的确定参考了活性炭的热稳定性试验数据，设计时需在床层不同高度设置测温点，实时监测温度变化。

7.0.6 本条文明确吸附塔的耐热设计要求，核心是为烟气温度短期波动预留安全余量。吸附塔的耐热设计温度（ 180°C ）高于床层正常运行温度上限（ 160°C ），预留 20°C 的温度余量，主要适配两类场景：一是烟气入口温度短期波动，避免因瞬时超温导致塔体材质损坏；二是床层局部温升，虽整体床层温度控制在 160°C 以内，但局部可能出现温度峰值，预留的耐热余量可规避局部超温对塔体的影响。

7.0.7 本条文明确吸附塔的压力设计与检测要求，设计压力不低于 8kPa ，是结合烟气系统的最大阻力与安

全裕量确定的：吸附塔需承受的压力包括风机提供的风压、管道与设备的阻力损失，预留足够的设计压力可避免塔体因压力过高发生变形或损坏。对于负压运行的吸附塔，设计压力需考虑最大负压值，确保塔体具备足够的抗压强度。设置检漏试验接口，是为了方便开展气密性试验与日常泄漏检测。

7.0.8 本条文明确吸附塔的结构与防腐核心要求，确保塔体长期稳定运行。采用钢结构是因为钢材具备强度高、加工性能好、施工周期短的特点，可适配吸附塔的大体积、大跨度设计需求。塔体内部与烟气接触部分需采取可靠防腐措施，核心原因是烟气中含有 SO_2 、 NO_x 等酸性污染物，尤其在烟气结露时会形成强酸溶液，对钢材造成严重腐蚀。塔体壁厚计算需基于设计压力、塔体直径、材质许用应力等参数，按 GB 150 的相关公式计算；规定最小壁厚 $\geq 6\text{mm}$ ，是为了保障塔体的制造精度与整体刚度，避免因壁厚过薄导致运输或安装过程中变形。

7.0.9 本条文明确吸附塔的模块化结构设计原则，核心是提升项目建设与升级的灵活性。模块化结构将吸附塔划分为多个标准化模块，核心优势体现在三方面：一是工厂预制、现场组装，可大幅缩短现场施工周期，提升施工质量；二是便于运输，对于大型吸附塔，整体运输难度大、成本高，模块化设计可拆分运输，现场拼接；三是适配后期扩建，若生产线产能提升，可通过增加模块数量实现吸附塔处理能力的扩容，无需整体重建，降低升级改造成本。

7.0.10 本条文明确吸附塔的核心配套设施要求，全方位保障塔体安全稳定运行。测温测压接口的设置需覆盖床层不同高度、进出口烟道等关键位置，实时监测的温度与压力数据不仅用于判断吸附塔运行状态，还为自动化控制系统提供调节依据。压力释放装置是核心安全设施，当塔内压力因故障超过设计压力一定值时，可自动开启释放压力，避免塔体超压损坏。检修门的设置可满足塔内构件的检修需求，便于人员进出与设备吊装。

7.0.11 本条文明确吸附塔运维设施的设计要求，确保运维人员操作安全、便捷。内部走台用于塔内构件的日常检查与维护，保障人员在塔内作业安全；外部操作、检修、检测平台及扶梯的设计需符合《固定式钢梯及平台安全要求》GB 4053 的要求：平台宽度 $\geq 1.2\text{m}$ 可满足人员与工具的通行需求，护栏高度 $\geq 1.2\text{m}$ 是因为吸附塔高度较高，需强化防坠落保护。平台与踏步采用镀锌格栅板，核心优势是防滑、耐腐蚀且重量轻：镀锌处理可提升耐腐蚀性，适应户外潮湿与烟气腐蚀环境；格栅板的镂空结构可防止积水结冰导致滑倒，同时减轻平台整体重量，降低塔体承载压力。

7.0.12 本条文明确检修人孔的详细设计要求，确保塔内检修工作高效、安全开展。每 3m 高度设置 1 个人孔，是结合吸附塔的常规高度与检修范围确定的：3m 的间距可确保塔内任意位置均能通过就近人孔到达，避免因间距过大导致检修人员需长距离攀爬，提升作业效率与安全性。人孔直径 $\geq 800\text{mm}$ ，是为了适配检修人员携带工具进出，同时便于小型构件的拆装与更换；配备快开式盖板，可大幅缩短人孔开启与关闭时间，尤其在应急检修时可提升响应速度。人孔周边设置防护措施，是因为人孔通常开设在高空平台处，需防止人员意外坠落或工具掉落。

7.0.13 本条文明确吸附塔的保温设计要求，多维度保障系统运行效益与人员安全。设置保温层的核心目的有二：一是维持床层温度稳定，避免因环境温度变化导致床层温度波动；二是防止人员烫伤，吸附塔运行时外壁温度较高，保温层可将外表面温度控制在安全范围，而相关温度要求的制定依据是《工作场所有害因素职业接触限值》GBZ 2.2。

7.0.14 本条文明确吸附塔排料装置的设计要求，核心是保障活性炭床层整体移动，要求排料装置变频运行，核心目的是实现排料速度的动态调节：当烟气流速增大、污染物浓度升高时，可提高变频频率增加排料速度，确保吸附饱和的活性炭及时排出；当工况稳定或排放要求加严时，可降低频率减少排料速度，延长活性炭停留时间。

7.0.15 本条文明确下料出口的密封要求。低泄漏旋转阀可有效防止烟气泄漏，保障系统压力稳定，降低能耗与环保风险。

7.0.16 本条文明确吸附塔入口布气装置的设计要求，核心目的是保障烟气与活性炭床层均匀接触，提升整体净化效率。烟气气流分布不均会导致两大问题：一是局部烟气流速过高，活性炭与烟气接触时间不足，污染物脱除不彻底；二是局部流速过低，造成活性炭吸附容量浪费，还可能引发炭层局部积灰、板结。气流不均匀度 $\leq 10\%$ 的限值，是结合不同规模吸附塔的流体模拟试验与运行数据确定的，在此范围内可确保床层内各区域净化效率偏差控制在 5%以内。

7.0.17 本条文明确分层结构吸附塔的核心设计参数，活性炭层分为两至三层，是平衡净化效果与设备成本的最优选择：不分层无法实现分段调控，层数过多会增加塔体结构复杂度与投资成本。层间设置不锈钢多孔板，可实现进一步均匀布气，确保烟气垂直穿过各层炭层。独立的进料和卸料控制装置，可实现各层活性炭用量的精准管控；独立调节移动速度则能适配不同层的污染物负荷——如首段污染物浓度高，可提高移动速度加快活性炭更新，末段侧重抑尘，可降低速度延长接触时间。

7.0.18 本条文明确不分层及逆流塔的活性炭流动要求，编制核心是规避偏流风险，保障整体吸附效果稳定。不分层结构无内部隔板，逆流塔采用逆向流态，两者均易因塔体结构不合理或气流扰动出现活性炭偏流（局部流动快、局部流动慢），导致局部炭层停留时间不足或过长。本条文的制定参考了大量工程案例，不分层结构的吸附塔很难保障活性炭整体料流，从而导致污染物去除不达标、超温甚至自燃的安全问题。

7.0.19 本条文明确喷氨装置的核心设计要求，自动调节喷氨量是应对烟气工况波动的关键：通过在线监测入口 NO_x 浓度与烟气流量，实时计算所需氨气量并动态调节，可避免氨量不足或过量。氨气分布均匀依赖于喷氨格栅的优化设计——采用多喷嘴、分区调节结构，确保烟道横截面上氨浓度偏差 $\leq 5\%$ ，为脱硝反应创造均匀的反应物浓度环境。喷氨装置易因氨气结晶、烟气粉尘沉积导致堵塞，因此需设置防堵措施。

7.0.20 本条文明确同步脱除工艺的活性炭用量确定原则，同步脱除工艺中， SO_2 与 NO_x 均需占用活性炭的吸附容量与催化活性位点，且两者的脱除量需求可能存在差异。若按两者的平均值或较小值确定用量，

会导致脱除量较大的污染物无法充分去除，引发排放超标风险。按脱除量最大值确定用量，可同时满足两种污染物的脱除需求，预留足够的吸附与催化冗余。

7.0.21 本条文明确分步脱除工艺的活性炭用量设计原则，分步脱除工艺中，脱硫与脱硝反应器/反应段的功能单一，污染物脱除需求明确：脱硫段主要承担 SO_2 脱除，需匹配 SO_2 的最大脱除量设计活性炭用量，确保高浓度 SO_2 高效吸附；脱硝段主要承担 NO_x 脱除，需按 NO_x 最大脱除量确定用量，保障催化脱硝效率。

7.0.22 本条文明确分步脱除工艺的采样孔设置要求，脱硫后、脱硝前的烟气成分直接影响脱硝段的运行效果：若脱硫后 SO_2 浓度过高，可能与氨气反应生成盐类覆盖活性炭催化位点；颗粒物过多会堵塞脱硝段炭层。预留人工采样孔，可定期采集烟气样品进行离线分析，获取精准的污染物浓度数据，用于：一是验证在线监测数据的准确性；二是优化脱硫段运行参数，确保进入脱硝段的烟气品质达标；三是诊断系统故障。

7.0.23 本条文明确床层压力监测的设计要求，核心是通过压力数据实时掌握炭层状态。床层压力变化是反映吸附塔运行状态的关键指标：压力骤升可能是炭层板结、颗粒物堵塞或下料不畅导致；压力骤降可能是炭层塌陷、出现空穴或烟气短路。沿烟气气流方向设置监测装置，可获取不同位置的压力差值，精准判断问题区域——如分层塔各层均设置监测点，可定位具体哪一层出现堵塞。而位点及数量设计需适配塔体结构。

7.0.24 本条文明确出口浓度反馈调节的闭环控制要求，烧结球团烟气工况波动较大，仅依靠入口参数调节难以完全保障出口达标。设置反馈调节系统后，当出口 SO_2 浓度超标时，可通过提高活性炭下料速度或优化脱硫段运行参数解决；当 NO_x 浓度超标时，可通过增加喷氨量或调整脱硝段活性炭移动速度改善。

7.0.25 本条文明确吸附塔进出口挡板门的设置要求，核心是实现吸附塔的可靠隔离与工况切换。挡板门的核心功能包括：一是设备检修时，关闭进出口挡板门可将吸附塔与烟气系统可靠隔离，防止烟气泄漏，保障检修人员安全；二是系统启停或故障时，快速关闭挡板门可避免烟气倒灌或系统压力骤变，保护设备；三是多塔并联系统中，通过调节挡板门开度可实现烟气分配，适配不同塔的运行负荷。

8 解析系统

8.0.1 本条文明确解析系统的核心设计要求，解析处理能力与吸附系统下料量匹配，是保障活性炭循环顺畅的关键。解析效率 $\geq 90\%$ 的限值，是结合活性炭再生效果与运行成本确定的，活性炭解析效率过低会使再生活性炭吸附性能显著下降，新鲜活性炭补充量增加，运行成本上升。90%的解析效率可确保再生活性炭吸附能力重新恢复至较高水平，适配循环使用需求。

8.0.2 本条文明确解析塔的材料选型要求，核心是保障设备长期可靠运行。解析塔内工况恶劣：加热段温度可达 $420-460^{\circ}\text{C}$ ，设计温度需预留安全余量（不低于 600°C ），以应对温度波动或局部超温；塔内存在富硫气体、水蒸气等腐蚀性介质，长期运行会对塔体材料造成严重腐蚀。

8.0.3 本条文明确解析塔的压力设计与检测要求。解析塔运行时，因热风通入、富硫气体排出及系统阻力，塔内会产生一定正压。设计压力不小于 10kPa ，是结合最大运行压力与安全裕量确定的，可避免塔体因压力波动超压损坏。设置气密性试验接口，是保障塔体密封性能的关键：设备出厂前及现场安装后，需通过接口向塔内增压至一定，保压检测泄漏情况；日常运维中，可通过接口定期监测密封状态，及时发现法兰、焊缝等部位的泄漏点。

8.0.4 本条文明确热风炉的点火设计要求，自动点火方式相较于人工点火，可大幅提升安全性：通过自动化控制系统实现“燃气检测→点火→火焰监测→联锁保护”的全流程控制，避免人工操作不当引发燃气泄漏、爆炸等风险。点火用燃气低位热值 $\geq 5800\text{kJ/m}^3$ ，是为了确保点火成功率与火焰稳定性：热值过低的燃气难以点燃，或点燃后火焰易熄灭，导致热风炉供热中断，影响解析效果。

8.0.5 本条文明确供热烟气循环与防爆要求，烟气循环使用具备显著节能优势：将部分高温烟气返回热风炉，可提高入炉空气温度，减少燃料消耗，降低运行成本；同时可稳定热风温度，避免因冷风直接进入导致的温度波动。正压操作的循环烟道存在潜在安全风险：若烟道内燃气泄漏或可燃成分积聚，可能引发爆炸。水封安全防爆设施的核心作用是泄压防爆：当烟道内压力超过设定值时，高压气体可冲破水封排出，快速降低压力；同时水封可防止空气倒灌，避免形成爆炸性混合气体。

8.0.6 解析塔供热系统的外排热风温度通常在 $200-300^{\circ}\text{C}$ ，蕴含大量余热，直接排放会造成能源浪费。

8.0.7 本条文明确解析塔内热风分布与温度控制要求，热风分布装置可确保高温热风均匀扩散至整个塔截面，确保活性炭受热不均解析不充分。温度检测点间距 $\leq 0.5\text{m}$ ，可精准捕捉塔内温度分布情况，及时发现局部超温或低温区域；温度差值及波动值 $\leq \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，是确保活性炭解析均匀的关键。

8.0.8 本条文明确活性炭解析的核心工艺参数，解析时间 $> 2\text{h}$ ，是为了确保活性炭孔隙内吸附的 SO_2 充分脱附。时间过短会导致污染物残留，再生活性炭吸附容量下降；时间过长会增加能耗与设备占用率，降低经济性。解析温度 $420^{\circ}\text{C}-460^{\circ}\text{C}$ 是最优区间：低于 420°C 时，污染物脱附速率显著降低，解析效率不足；高于 460°C 时，活性炭表面官能团会发生不可逆分解，耐磨强度下降，使用寿命缩短。

8.0.9 本条文明确富硫气体的出口及输送参数，富硫气体中含有高浓度 SO₂，在低温下易与水蒸气结合形成硫酸雾，腐蚀设备与管道。出口温度≥380℃、输送温度≥300℃，可确保气体温度远高于硫酸露点，避免冷凝腐蚀；同时高温可保持气体的流动性，防止颗粒物沉积堵塞管道。压力控制在-500Pa-0Pa（微负压或常压），是平衡收集与安全的最优选择：微负压可避免富硫气体泄漏，保护作业环境；常压设计可降低塔体与管道的承压要求，减少投资成本。

8.0.10 本条文明确富硫气体的预处理与处置要求，高温富硫气体中含有活性炭粉尘、烟气颗粒物等杂质，若直接进入资源化系统，会堵塞管道、磨损设备，还会影响产品质量。

8.0.11 本条文明确解析塔的优选结构形式，解析塔五段式结构的各段功能精准分工：贮料段用于缓存吸附饱和的活性炭，平衡进料波动，设置料位监测避免断料；加热段通过高温热风快速加热活性炭至解析温度，是污染物脱附的核心区域；保温段维持稳定温度，确保污染物充分脱附；冷却段将再生活性炭冷却至安全温度；排料段实现活性炭的均匀排出，配备控制装置调节排料速度。

8.0.12 本条文明确贮料段的监测要求，料位检测装置可实时监测贮料段内活性炭存量，当料位低于下限值时，联动吸附塔调整下料速度，避免断料；当料位高于上限值时，停止进料避免溢料。温度检测装置用于监测活性炭温度，若吸附饱和的活性炭携带高温烟气（>160℃）进入贮料段，可能引发自燃风险。本条文为贮料段的稳定运行与安全防护提供基础保障。

8.0.13 本条文明确加热段的设计温度要求，加热段的核心功能是将活性炭加热至 420-460℃的解析温度，设计温度≥480℃，预留 20-60℃的安全余量，可应对以下场景：一是热风温度波动，避免因波动导致解析温度不足；二是活性炭进料量短期增加，确保即使进料负荷上升，仍能将活性炭加热至目标温度；三是局部热损失，防止因塔体散热导致加热段末端温度下降。

8.0.14 本条文明确保温段的关键设计要求，温度检测装置用于实时监测保温段温度，确保温度维持在 420-460℃。富硫气体排出导流装置的核心作用是引导脱附产生的富硫气体快速、顺畅地排出至出口管道，避免气体在保温段积聚形成局部高压，或与活性炭逆向接触影响解析效果。

8.0.15 本条文明确冷却段的介质选择与温度要求，冷却介质选用空气，具备显著优势：来源广泛、无需额外成本，且不会与活性炭发生反应，避免二次污染；相较于水冷，可减少水资源消耗与废水处理成本。活性炭冷却后排出温度≤120℃，避免活性炭排出解析塔后自燃引发安全风险。

8.0.16 本条文明确排料段的设计要求，温度检测装置用于监测排出活性炭的温度，确保≤120℃，避免高温活性炭进入输送系统引发风险。排出导流装置可引导活性炭平稳进入排料装置，避免下落时因冲击导致破损，减少活性炭粉尘产生。圆辊排料装置相较于传统星型卸料阀，具备显著优势：对活性炭的磨损小，排料均匀性好，且密封性能优异，可防止空气进入解析塔。

8.0.17 本条文明确活性炭筛分的设计要求，活性炭在循环过程中会因磨损产生细小颗粒，若进入吸附塔会导致床层压降增大、透气性下降，还可能随烟气排出造成二次污染。筛孔宽度 1.2mm-2mm，是结合常

用活性炭粒径确定的，可有效分离破损炭粉与合格活性炭；长条筛具备筛分效率高、不易堵塞的优势，适配活性炭的颗粒特性。

8.0.18 本条文明确再生活性炭的性能检测要求，检测指标为影响吸附性能与安全的关键参数：耐磨强度、耐压强度反映活性炭的循环使用寿命，着火点反映安全性能，脱硫性能直接决定吸附效率

8.0.19 本条文明确解析塔的阻燃与换热要求，活性炭在高温下易与氧气接触发生自燃，解析载气采用高纯氮气，采用间接换热形式，可避免加热介质（如热风）、冷却介质（如空气）与活性炭直接接触，防止因介质泄漏引发活性炭自燃。

8.0.20 本条文明确解析塔的密封与泄漏检测要求，解析塔内富硫气体含高浓度 SO_2 ，具有强腐蚀性与毒性，若从法兰、阀门等接口泄漏，会腐蚀周边设备、污染环境，还可能危害运维人员健康。每月 1 次的泄漏检测频率，是平衡安全风险与运维成本的最优选择，该频率参考了化工行业腐蚀性气体设备的运维经验。

8.0.21 本条文明确解析塔进出口旋转阀的设计要求，双层旋转阀相较于单层阀，具备双重优势：一是防破碎功能，通过缓慢旋转与柔性密封面设计，可将活性炭破损率控制在较低水平，避免因炭粒破碎产生过多粉尘；二是强化密封，双层结构可形成气封腔，配合氮气密封，有效隔绝空气与解析气，防止空气进入塔内引发活性炭自燃，或解析气泄漏造成污染。

8.0.22 本条文明确活性炭的预处理要求，活性炭在开采、加工、输送过程中，可能混入铁磁性杂质，铁杂质会磨损解析塔内换热管、导流板等部件，缩短设备使用寿命。

8.0.23 本条文明确解析塔的保温要求，设置保温层的核心目的：一是减少热量损失，解析塔工作温度较高，保温可降低能耗，维持塔内温度稳定，避免因散热导致解析效率下降；二是防止人员烫伤，外表面温度限值参考了《工作场所有害因素职业接触限值》GBZ 2.2，确保运维人员接触时无烫伤风险。

9 输送系统

9.0.1 本条文明确输送系统的核心组成，储仓用于存储新鲜活性炭与循环活性炭，保障物料连续供应；提升设备实现活性炭的垂直转运；输送设备承担物料运输，是活性炭循环的核心载体；除尘装置用于处理转运过程中产生的粉尘，防止污染与安全风险；计量装置精准控制活性炭输送量，保障工艺稳定；保护装置防范设备故障。

9.0.2 本条文明确输送流程的适配性要求，输送系统是活性炭法烟气净化系统的“物料纽带”，流程设计必须与净化系统的核心逻辑匹配：如同步脱除工艺需保障活性炭在吸附塔与解析塔间闭环循环，分步脱除工艺需按“脱硝→脱硫→解析”的顺序设计路径。若流程不匹配，会导致活性炭滞留、错流，影响净化效果或造成设备堵塞。设计时需结合具体工艺类型，优化输送路径，缩短转运距离，减少活性炭破损与能耗。

9.0.3 本条文明确同步脱除工艺的输送路径，活性炭需在吸附塔内同时完成 SO_2 、 NO_x 脱除，吸附饱和后送至解析塔再生，再生后返回吸附塔循环使用，形成“吸附-解析-吸附”的闭环路径。

9.0.4 本条文明确分步脱除串联结构的输送路径，串联结构中，再生后的新鲜活性炭先进入脱硝反应器，脱除 NO_x 后再进入脱硫反应器吸附 SO_2 ，吸附饱和后送至解析塔再生，形成闭环。

9.0.5 本条文明确分步脱除并联结构的输送路径，并联结构中，脱硫与脱硝反应器独立运行，需两条输送支线保障物料供应：每条支线均遵循“反应器→解析塔→反应器”的循环逻辑，再生后的活性炭通过分配装置按比例分配至两台反应器。

9.0.6 本条文明确分步脱除上下结构的输送路径，上下结构中，反应器上部为脱硝反应段、下部为脱硫反应段，输送路径按“解析塔→脱硝段→脱硫段→解析塔”设计，符合“先脱硝后脱硫”的工艺逻辑。

9.0.7 本条文明确输送系统的能力裕量要求，设计能力预留 20% 裕量，主要应对三类场景：一是烟气工况波动，二是设备长期运行后的性能衰减，三是短期超负荷运行。裕量过大会增加设备投资与能耗，过小则无法应对波动，1.2 倍是结合行业工程经验确定的最优区间。

9.0.8 本条文明确输送量的调节方式，烧结球团烟气量、污染物浓度会随生产负荷、原料变化波动，需动态调节活性炭输送量，确保净化效率稳定。变频调速电机可实现输送量的无级调节，且能耗低于传统节流调节方式。

9.0.9 本条文明确输送系统的密封与除尘要求，活性炭在转运过程中易产生粉尘，若泄漏会造成大气污染，且活性炭粉尘属于可燃粉尘，积聚后遇火源可能引发爆炸。密封与除尘措施协同作用，既满足环保排放标准，又防范粉尘爆炸风险，符合工业粉尘治理的通用规范。

9.0.10 本条文明确输送设备的优选类型，“Z”字型链斗式输送机具备三大优势：一是垂直提升能力强，可适配不同设备的安装高度差，缩短输送路径；二是对活性炭的磨损小，链斗采用柔性设计，运行平稳，

可将活性炭破损率控制在较低水平；三是密封性能好，机体采用全封闭结构，可有效防止粉尘泄漏。

9.0.11 本条文明确“Z”型链斗输送机的具体设计要求，编制依据是设备稳定运行与功能适配需求：1) 设置逆止器，可防止输送机停机时因物料重力导致链条倒转，避免物料溢出或设备损坏；2) 多点可控卸料装置可实现活性炭的灵活分配，姿态控制装置保障输送机运行时机体稳定，避免振动过大；3) 垂直段设置防止链条摆动装置，可避免链条运行时偏移、碰撞机壳，防止卡料或链条磨损，保障垂直输送顺畅。

9.0.12 本条文明确输送机的材质与结构要求，活性炭硬度较高，在输送过程中会对设备内壁、链斗、刮板等部件产生磨损，长期运行易导致设备泄漏或故障；同时，活性炭颗粒若卡在设备死角，会引发堆积、发热甚至自燃。因此，设备材质应选用耐磨材料，易磨损部位应可更换，结构设计应避免死角，机体内部应光滑无凸起，刮板或链斗与机壳的间隙应合理，防止卡料。

9.0.13 本条文明确水平段埋刮板装置的要求，活性炭在水平输送时，部分细颗粒可能因重力沉积在输送机底部，长期堆积会导致输送截面减小、阻力增大，甚至引发板结发热。埋刮板装置可将底部残留的活性炭刮起并随链斗输送，防范残留物料引发的安全风险。

9.0.14 本条文明确输送机的运维设施要求，观察孔用于日常巡检时查看机体内物料输送情况，及时发现卡料、堵塞、链条跑偏等问题。

9.0.15 本条文明确储仓的设置要求，新鲜活性炭储仓用于存储外购活性炭，循环活性炭缓冲储仓用于平衡再生后活性炭的供应波动，两者分开设置可避免新鲜炭与循环炭混合，确保吸附效果稳定。储仓容量按“消耗量×补充周期”确定：新鲜炭储仓通常按7-15天消耗量设计，循环炭缓冲储仓按1-2天消耗量设计。高低料位计用于监测储仓存量，高料位时停止进料，低料位时补料。

9.0.16 本条文明确粉尘控制点与除尘器选型，活性炭在转接点、卸料点、储仓顶部会产生集中扬尘，这些位置是粉尘控制的关键节点。选用袋式除尘器，因其除尘效率高、适配活性炭粉尘特性，且可回收粉尘重复利用。

9.0.17 本条文明确输送系统的控制模式，集中连锁控制可将所有输送设备纳入中控系统统一管控，实现“一键启停”，避免误操作；与主工艺系统联锁，可实现协同运行：主工艺启动时，输送系统按顺序启动供料；主工艺停机或故障时，输送系统同步停机，避免物料积压或设备空转。

9.0.18 本条文明确输送系统的安全保护要求，料位控制装置用于监测物料状态，避免堵料或断料；安全保护装置包括过载保护、跑偏保护、堵料保护等。当检测到非正常状态时，系统按预设程序停机，并发出报警信号，提醒运维人员处理。

9.0.19 本条文明确防静电要求，活性炭粉尘在输送、存储过程中，与设备内壁、管道摩擦会产生静电，若静电积聚形成高电位，放电时可能引燃粉尘云，引发爆炸。可靠接地可将静电及时导除。

9.0.20 本条文明确维护通道的设计要求，输送设备的维护需人员近距离操作，设置维护通道可提供安全的作业空间。

10 副产物处置

10.1 活性炭粉处理

10.1.1 本条文明确活性炭粉的处置原则，活性炭粉是活性炭循环过程中因磨损产生的细颗粒，随意堆放或丢弃会造成土壤、大气污染，且其具有一定热值与吸附性能，具备资源化价值。分类收集可按产生来源或品质划分，便于后续利用；资源化利用为主可实现资源回收，降低处置成本；禁止随意丢弃是符合环保法规的基本要求。

10.1.2 本条文明确活性炭粉的收集要求，吸附塔、解析塔卸料口、输送转接点、筛分设备是活性炭粉产生的主要扬尘点，若不集中收集，粉尘会无组织排放，污染环境并引发安全风险。

10.1.3 本条文明确活性炭粉的暂存要求，专用密闭储仓可避免粉尘受潮、结块或泄漏，防止污染环境；料位监测装置实时掌握存量，避免溢料或断料；活性炭粉属于可燃粉尘，储仓需设置防火防爆措施。

10.1.4 本条文明确活性炭粉作为燃料的回用要求，活性炭粉热值较高，配入烧结、球团或高炉原料中作为燃料，可替代部分煤炭，降低能源消耗。回用前测定热值，可精准计算配入比例，确保生产工艺热平衡；测定重金属含量，可避免超标重金属进入铁水或污染环境。

10.1.5 本条文明确活性炭粉外供的管理要求，应明确关键指标如灰分、热值、重金属含量，避免因质量争议引发纠纷；包装方式采用密闭包装，防止运输过程中粉尘泄漏；运输车辆选用密闭式货车，避免无组织排放；储存规范要求接收方采用密闭储仓。建立台账记录制度，便于追溯，符合环保台账管理要求。

10.1.6 本条文明确活性炭粉的再造粒利用要求，活性炭粉仍保留一定的孔隙结构与吸附性能，可作为再造粒原料，降低新鲜活性炭采购成本。回用前进行性能检测如碘吸附值、耐磨强度等，可确定其再生潜力与配方比例；制备的成型活性炭需满足目标用途的质量标准，确保性能达标。

10.1.7 本条文明确全过程污染防控要求，活性炭粉在输送、储存、处置过程中，若防护不当，易产生二次扬尘或泄漏，污染环境。本条文确保活性炭粉从收集到处置的全流程均符合环保要求，无二次污染。

标准条款

10.1.8 本条文明确活性炭粉利用的底线要求，活性炭粉的利用不得引发新的环境问题。本条文确保资源化利用不以牺牲环境或安全为代价，实现合规利用。

10.2 硫资源化

10.2.1 本条文明确富硫气体处理的核心原则与工艺选择要求，富硫气体含高浓度 SO_2 ，配套处理系统是环保合规的基本要求；遵循“资源化、无害化”原则，可将 SO_2 转化为有价值的产品，实现污染物变废为宝。工艺选择需综合多因素：富硫气体特性决定工艺适配性，建设规模影响投资效益，场地条件限制工艺布局，产品目标市场决定经济效益。常用工艺包括制酸、制硫磺、制焦亚硫酸钠，需经技术经济比较确定最优方

案。

10.2.2 本条文明确处理系统的规模要求，设计规模按富硫气体最大流量、SO₂ 最高浓度确定，可保障极端工况下仍能有效处理，避免超标排放；波动范围需纳入考量，确保系统适配正常生产中的工况变化。预留 10% 富余能力，可应对三方面需求：一是解析塔运行负荷提升，二是设备长期运行后的性能衰减，三是 SO₂ 浓度短期峰值。

10.2.3 本条文明确材料选型要求，富硫气体含高浓度 SO₂，且可能含有水蒸气、酸雾，具有强腐蚀性，普通碳钢材料易被腐蚀，导致设备泄漏、寿命缩短。因此，系统设备、管道、阀门等应选用耐腐蚀材料，减少腐蚀导致的故障。

10.2.4 本条文明确富硫气体的预处理要求，富硫气体中含有活性炭粉尘、水分、杂质，若直接进入吸收或转化装置，会造成设备堵塞、腐蚀加剧、催化剂失活等。预处理后的气体品质满足后续工段要求，确保工艺稳定运行。

10.2.5 本条文明确管道布置要求，富硫气体中可能含有少量冷凝水，若管道出现 U 型弯，冷凝水会积聚形成“液封”，一方面导致 SO₂ 溶解形成酸液，腐蚀管道；另一方面可能造成管道堵塞，影响气体流通。

10.2.6 本条文明确制酸装置的设计要求，1) 规定核心工序，确保制酸流程完整，各工序协同实现 SO₂ 转化为硫酸；2) 两转两吸工艺转化效率高，尾气返回烟气净化系统可进一步处理，确保达标排放；3) 泵类设备备用配置，避免单台故障导致系统停机，保障连续运行；4) SO₂ 风机一用一备+变频，适配气量波动，保障转化工段压力稳定；5) 常压装车避免高压泄漏，防范浓硫酸喷溅伤人；6) 2 个储罐便于轮换清洗，5-7 天容量保障产品存储与供应稳定；7) 防喷溅保护罩防止法兰泄漏时浓硫酸喷溅，保护人员安全；8) 材质选型适配各工段腐蚀环境，延长设备寿命；9) 产品质量符合国标，确保市场认可度与使用安全；10) 除盐水补水避免水质影响硫酸纯度，备用水源保障系统稳定供水。

10.2.7 本条文明确硫磺回收的技术与质量要求，低温克劳斯技术适用于 SO₂ 浓度 5%-30% 的中小规模气体，具有投资低、操作简单的优势，其他高效硫回收技术可作为补充。硫磺回收率 ≥95%，可确保 SO₂ 减排效果，避免资源浪费；产品质量符合《工业硫磺》GB/T 2449，确保产品可直接销售或自用。

10.2.8 本条文明确焦亚硫酸钠生产的系统配置与质量要求，焦亚硫酸钠广泛用于食品、化工行业，就近有市场需求时可选择该工艺。系统需设置完整工序：吸收工序将 SO₂ 与碳酸钠/氢氧化钠反应生成焦亚硫酸钠溶液，结晶工序实现溶液浓缩结晶，分离工序得到晶体，干燥工序去除水分，包装工序便于存储运输。产品质量需根据用途选择标准：食品级需满足 GB 1886.7，工业级需满足相关工业品标准，确保产品合规使用。

10.2.9 本条文明确协同共生的设计思路，若项目周边有化工、化肥企业，将富硫气体作为生产原料外供，可省去自建处理系统的投资，降低项目成本；同时实现区域资源循环，减少化石原料消耗，符合“双碳”目标。

10.3 废水处理

10.3.1 本条文明确废水处理的核心原则，分类收集按废水类型划分，避免不同水质废水混合导致处理难度增加；分质处理根据废水污染物浓度、成分选择适配工艺，提高处理效率、降低成本。优先作为全厂其他工序原料，或处理后回用，可大幅降低新鲜水消耗量，提高水资源利用率，符合国家节水政策。无法利用时需处理达标，经论证后可排放或纳入全厂统一处理，确保环保合规。

10.3.2 本条文明确废水处理方式的选择要求，废水处理方式需精准适配水质特性：污染物组分决定处理工艺，浓度影响工艺复杂度，排放限值决定处理深度。厂址环境条件限制处理方案，纳入全厂统一处理可共享处理设施，降低投资与运维成本，避免重复建设。

10.3.3 本条文明确废水处理系统的具体设计要求：1) 工艺选择需综合多因素，确保处理效果达标，同时兼顾经济性与可操作性；2) 连续自动运行可减少人工干预，重力自流处理降低能耗，符合节能要求；3) 备用泵保障故障时连续供水，搅拌装置防止废水沉淀分层，确保处理均匀；4) 严禁外排符合水资源循环与环保要求，避免污染水体；5) 废水多含酸性、腐蚀性物质，防腐材质延长设备寿命，避免泄漏；6) 反冲洗及排空设施防止管道、设备堵塞，止回阀避免水倒流；7) 寒冷地区防冻措施防止设备、管道冻裂，保障冬季稳定运行；8) 恶臭气体收集处理，避免污染环境、影响人员健康；9) 水封防止恶臭气体从溢流管逸散，强化密封效果；10) 管排减少恶臭扩散，沟排便于悬浮物排放，适配不同废水特性。

10.3.4 本条文明确富硫气体洗涤废水的处理要求，富硫气体洗涤废水含高浓度 SO_2 、悬浮物、重金属，污染物浓度高、腐蚀性强，单独收集处理可避免污染其他废水，未经处理直接排放会造成严重水体污染。处理工艺需结合回用要求与零排放目标，选择“中和+混凝沉淀+生化处理+深度处理”适用于回用要求高、水质相对复杂的场景，处理后可作为循环水补水；“中和+预处理+蒸发结晶”适用于高盐、零排放场景，结晶盐可回收或合规处置。

10.3.5 本条文明确低浓度废水的处理方式，地面冲洗水、实验室废水污染物浓度低、成分简单，单独建设处理系统投资效益低。送入全厂综合污水处理系统统一处理，可共享现有设施，降低处理成本，同时满足环保排放要求。

10.3.6 本条文明确循环冷却排污水的回用要求，循环冷却水排污水水质相对较好，但因盐度升高需排放，直接排放造成水资源浪费。简单处理后回用于烧结配料、炼铁冲渣等对水质要求不高的环节，可实现水资源梯级利用，降低新鲜水消耗。

10.3.7 本条文明确防腐要求，富硫气体洗涤废水等为酸性废水，具有强腐蚀性，普通碳钢材质易被腐蚀，导致构筑物渗漏、设备损坏。因此，相关构筑物宜采用钢筋混凝土衬玻璃钢或耐酸砖，设备选用不锈钢或耐腐蚀塑料，管道选用 FRP 管或衬塑钢管。

10.3.8 本条文明确在线监测要求，流量监测用于掌握废水产生量，pH 监测用于控制中和工艺的药剂投加

量，COD、氨氮等监测用于评估处理效果，确保达标。在线监测仪表数据实时上传至集中控制系统，便于运维人员及时调整工艺参数，同时满足环保部门的监管要求。

10.3.9 本条文明确污泥处置要求，废水处理过程中产生的污泥含有悬浮物、重金属等污染物，若随意堆放会造成土壤、水体污染。脱水处理可将污泥含水率降至 60%以下，便于运输与处置。危险特性鉴别按 GB 5085 系列标准执行，若为危险废物，需委托有资质单位处置；若为一般固体废物，确保无害化处置。

10.3.10 本条文明确废水处理的运维管理要求，运行、维护规程规范运维人员操作，避免因操作不当导致处理效果下降；药剂投加台账记录药剂种类、投加量、投加时间，便于成本核算与问题追溯。

11 辅助设施

11.1 总图运输

11.1.1 本条文明确总平面布置的核心原则与分区要求，物流顺畅可缩短物料输送距离，减少能耗与物料损耗；布置紧凑可节约占地，降低土地成本；功能分区明确可避免不同系统相互干扰。按三大系统分区布置，因各系统功能独立、风险特性不同：吸附解析系统是核心生产区，副产物回收系统涉及物料存储与转运，还原剂储运制备系统为危险化学品区，集中布置便于管理与安全防护，同时满足工艺流程逻辑，确保各系统协同运行。

11.1.2 本条文明确竖向设计要求，竖向设计与主厂协调，可确保道路衔接、管线贯通，避免出现标高冲突；场地排水通畅可防止雨水积聚，避免设备被淹或地基浸泡。地形起伏较大时采用台阶式布置，可减少土方开挖量，降低工程成本；同一功能区布置在同一或相邻台阶，可避免因标高差异导致的物料输送困难、管线复杂，保障系统运行顺畅。

11.1.3 本条文明确防火间距要求，活性炭法烟气净化区域存在易燃物料与高温设备，主生产设施为烧结球团生产线，设置合理防火间距可防范火灾蔓延，减少相互影响，防火间距按《建筑设计防火规范》GB 50016 确定。

11.1.4 本条文明确丁类设施与危险场所的防火间距要求，解析塔、热风炉等为高温设备，火灾危险性属丁类，甲、乙、丙类生产厂房及可燃液体储罐存储有易燃易爆物质，两者之间设置合理防火间距，可防止高温设备引发易燃易爆物质燃烧爆炸，或火灾事故相互蔓延。

11.1.5 本条文明确还原剂储运系统的布置要求：1) 布置在全年最小频率风向的上风侧，可减少还原剂泄漏时有害气体对厂区其他区域的影响，符合大气扩散规律；2) 液氨、氨水为有毒、腐蚀性物质，专用密封槽车可防止泄漏，避免运输过程中污染环境或引发安全事故；3) 2.2m 高不燃烧体围墙可限制泄漏氨气扩散，现浇混凝土地面便于泄漏物收集与清理，防止渗入地下污染土壤；4) 尿素易吸潮结块，阴凉、通风、干燥的仓库可保障其品质，避免影响制氨效果，仓库应设置防潮、通风设施。

11.1.6 本条文明确公用辅助设施的布置原则，负荷中心即设施的主要服务区域，靠近布置可缩短管线长度，减少能源损耗，降低运行成本。同时，可减少管线投资，便于运维管理，提升响应速度。

11.1.7 本条文明确厂内道路设计要求，道路衔接成环网状，可保障运输路线顺畅，便于物料运输与应急救援；尽头式道路设置回车场，可满足车辆掉头需求。双车道便于车辆双向通行，单车道宽度 $\geq 4.0\text{m}$ 并设置错车道，可避免拥堵；物料装卸及操作区域道路纵坡 $\leq 1.5\%$ ，可防止车辆溜坡，保障装卸安全。道路路面应采用混凝土或沥青路面，承载力满足运输车辆要求（ $\geq 20\text{t}$ ）。

11.1.8 本条文明确人流与物流组织要求，人流与物流分离可避免运输车辆与人员碰撞，减少安全事故；

主要物料运输路线便捷，可缩短运输距离，提高效率；减少对人员通行和消防作业的干扰，可保障人员安全与消防通道畅通。

11.1.9 本条文明确管线综合布置要求，路径短捷顺直可减少管线长度，降低投资与能耗；与建（构）筑物、道路平行敷设，可避免管线交叉混乱，便于维护；主要干管布置在用户多的一侧，可减少支管长度。

可燃气体管道与电力电缆共架敷设，可能因电缆漏电或气体泄漏引发爆炸，故禁止共架。

11.1.10 本条文明确管线敷设的净空要求，管架跨越道路净空 $\geq 5.0\text{m}$ ，可满足运输车辆通行需求，避免车辆碰撞管线；低支架布置净空 $\geq 2.5\text{m}$ ，可保障人员通行安全，避免碰头；低支墩顶面高出地面 $0.15\text{-}0.30\text{m}$ ，可防止雨水浸泡管线，避免腐蚀，同时便于管线检修。

11.1.11 本条文明确绿化设计要求：在粉尘设施周围布置，可阻挡粉尘扩散；在噪声设备周围布置，可吸收部分噪声；厂区围墙内侧绿化可美化环境，提升厂区形象。

11.2 建筑结构

11.2.1 本条文明确建筑结构的核心理念，建筑物与构筑物是生产设施的载体，设计需优先满足工艺需求，设备基础预留孔洞需精准匹配管线布置。顺畅的水平交通路线保障人员与小型运输设备通行，垂直交通路线需靠近设备集中区域，便于快速抵达作业点。

11.2.2 本条文明确结构荷载的设计范围，恒荷载是结构长期承受的固定荷载，需准确核算设备、管道、墙体等自重，避免因荷载低估导致结构开裂。活荷载具有临时性与不确定性，必须全面覆盖各类场景。荷载取值参考《建筑结构荷载规范》GB 50009，并预留 10%-20% 安全裕量，确保结构在全生命周期内承受各类荷载而不失效。

11.2.3 本条文明确抗震设计的强制性要求，我国多数地区处于抗震设防区，6 度及以上地区地震风险较高，建（构）筑物若未进行抗震设计，地震时易倒塌破坏，引发生产中断与安全事故。抗震设计需按设防烈度确定抗震等级，采取相应抗震措施。吸附塔、解析塔等大型设备的支承结构，需进行抗震验算，确保地震时设备不倾覆、不脱落。

11.2.4 本条文明确地基基础的设计核心，吸附塔、解析塔、储仓等工艺设备对地基变形及沉降极为敏感；不均匀沉降会导致设备倾斜、密封失效，甚至管道断裂；过量沉降会影响设备安装精度，导致运行故障。本条文确保地基基础能够稳定支撑工艺设备与建（构）筑物，保障生产系统长期可靠运行。

11.2.5 本条文明确动力设备基础的设计要求，风机、泵类等动力设备运行时会产生周期性振动。动力计算的核心是核算设备振动频率与结构固有频率，确保两者避开共振区间，同时优化基础质量与刚度，增强减振效果。

11.2.6 本条文明确大型设备支承结构的优选形式，吸附塔、解析塔等大型设备重量大、高度高，对支承结构的承载能力与稳定性要求极高。钢筋混凝土框架结构具备刚度大、耐久性好、减振效果佳的优势，适

用于固定设备；钢框架结构具备施工快、跨度大、便于改造的优势，适用于需灵活布置的场景。结构布置与设备基础协调统一，可确保荷载传递路径清晰，避免应力集中。

11.2.7 本条文明确腐蚀性区域的防护要求，制酸区域存在浓硫酸、富硫气体，废水处理区域存在酸性废水、含硫污泥，此类腐蚀性介质会侵蚀混凝土、钢材等结构材料，导致结构强度下降、渗漏污染。本条文延长腐蚀性环境下建（构）筑物的使用寿命，防范环保事故。

11.2.8 本条文明确易燃易爆区域的地面设计要求，液氨、煤气等易燃易爆物质泄漏后，与空气形成爆炸性混合气体，若地面因摩擦、撞击产生火花，会引燃混合气体引发爆炸，不发火花面层可避免火花产生。本条文从点火源控制角度防范爆炸风险，符合《建筑设计防火规范》对易燃易爆区域的安全要求。

11.2.9 本条文明确高温环境下的结构设计要求，长期处于高温环境的结构构件，钢材、混凝土等材料的强度会随温度升高而下降。需根据构件表面实际温度，按规范确定材料力学指标折减系数，确保结构承载力满足要求。隔热或冷却保护措施将构件表面温度控制在材料允许范围内，保障高温环境下结构的长期稳定与安全。

11.2.10 本条文明确振动设备的减振设计要求，破碎机、振动筛等设备运行时产生的较大振动，若直接传递至楼面或平台，会导致结构构件疲劳损伤、裂缝扩展，同时影响相邻精密设备的正常运行。设计时需核算设备振动频率与结构固有频率，避开共振区间，确保振动影响控制在允许范围内。

11.2.11 本条文明确地坪设计的核心要求，地坪需承受不同类型荷载。地坪厚度、配筋及基层做法需针对性设计，确保地坪满足长期使用需求，避免破损。

11.2.12 本条文明确屋面设计的功能要求，合理设置采光带可利用天然光，减少人工照明能耗，采光带应布置在车间中部，避免眩光；通风天窗可促进室内外空气对流，降低车间温度与有害气体浓度，改善作业环境。

11.2.13 本条文明确门窗与通风口的设计要求，门窗设计需平衡多重需求，门窗位置及开启方式与设备、管线协调，避免门窗被设备遮挡或管线穿越门窗影响开启。外墙及屋顶通风口布置应均匀，避开设备集中区域，采用导流设计减少室内气流死角，确保通风均匀高效。

11.2.14 本条文明确钢梯、通道及操作平台的安全设计要求：1) 钢梯倾角 $\leq 45^\circ$ ，可保障人员上下通行安全省力；2) 防护栏杆与踢脚板用于防止人员坠落与工具掉落，高度要求适配临空高度风险，踢脚板可阻挡细小物件滑落；3) 净宽 $\geq 1.0\text{m}$ 可满足单人携带工具通行；4) 净空高度 $\geq 2.2\text{m}$ 可保障人员正常通行，避免碰头。

11.2.15 本条文明确钢结构防火设计要求，钢结构耐火性能差，高温下（ $\geq 550^\circ\text{C}$ ）会快速失去承载力，引发结构坍塌，防火涂料可显著延长钢结构耐火时间。

11.3 给水排水

11.3.1 本条文明确给水排水系统的设置原则，生产给水系统满足设备冷却、冲洗、工艺用水需求，生活给水系统保障运维人员用水，消防给水设施满足火灾应急供水，三类系统分开设置可避免交叉污染。生产与生活用水由烧结球团工程统一供给，可共享水源与水处理设施，减少重复建设与投资；排水体制与主厂协调，便于全厂废水统一处理，排水出路符合环保管理要求，避免单独排放引发的合规风险。

11.3.2 本条文明确循环水系统的设计要求，设置循环给水系统可大幅降低新鲜水消耗，符合节水政策。制酸系统的冷却用水因接触浓硫酸等腐蚀性介质，水质易受污染且具有腐蚀性，设置独立循环水系统可避免污染其他设备的冷却水，同时便于针对性采取防腐措施；其他设备的冷却用水水质要求较低，优先利用主厂循环水系统，可节约投资与运行成本。

11.3.3 本条文明确循环冷却水系统的水质管理要求，循环冷却水在运行中会因蒸发浓缩导致盐度升高，易产生结垢、腐蚀与微生物滋生，影响设备冷却效率与寿命。定期排污可排出过量盐类与杂质，排污水水质仍满足低水质要求工序，回用可进一步提高水资源利用率，减少废水排放。

11.3.4 本条文明确冲洗水的使用与排放要求，优先采用回用水作为冲洗水，可减少新鲜水消耗，符合节水要求。停机后易堵塞的设备或管道，采用电动阀或气动阀可实现自动冲洗可避免人工操作遗漏，保障设备清洁。除制酸系统、废水处理系统外，其他冲洗排水污染物浓度低，统一排至厂区生产废水管网，便于集中处理，避免分散排放造成的环保风险。

11.3.5 本条文明确煤气管道排水的处置要求，煤气管道排水器的排水含有煤气冷凝液、油污、硫化物等污染物，直接排放会污染土壤与水体，且其中的硫化物具有腐蚀性与毒性，存在环保与安全风险。集中收集后送至废水处理设施，确保达标排放或回用。

11.3.6 本条文明确腐蚀性区域排水设施的防护要求，制酸系统排水沟、排水管接触浓硫酸、酸性废水，废水处理区域接触含硫、含酸废水，此类介质会强烈腐蚀普通碳钢、混凝土排水设施，导致泄漏污染。检查井采用耐腐蚀塑料井或混凝土衬防腐涂料，所有接口采用密封连接，防止泄漏，确保排水设施长期稳定运行。

11.3.7 本条文明确地下排水管道的防渗与检测要求，地下敷设的排水管道若存在渗漏，其中的污染物会渗入土壤，污染地下水，违反《地下水污染防治法》，本条文防范地下排水管道泄漏引发的地下水污染风险。

11.3.8 本条文明确严寒及寒冷地区管道的防护要求，严寒及寒冷地区冬季气温低于 0°C ，室外给水排水管道内的水会结冰膨胀，导致管道破裂、阀门损坏，影响生产与生活用水，甚至引发漏水事故。保温防冻措施确保管道内水温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ ，避免结冰，保障冬季管道正常运行。

11.3.9 本条文明确危险区域的应急收集要求，液氨储区、化学品储存区若发生泄漏，危险物质会扩散污

染土壤、水体，甚至引发人员中毒、腐蚀事故。围堰、集液池等应急收集设施可拦截泄漏物质，防止扩散；导流设施将泄漏物质引至集液池，便于后续处理。

11.4 除尘

11.4.1 本条文明确除尘设施的全覆盖要求，活性炭在运输、存储、生产过程中，多个扬尘点会产生无组织粉尘排放，不仅污染环境，还可能引发粉尘爆炸。所有扬尘点均设置除尘设施，可实现粉尘源头控制，避免无组织排放。

11.4.2 本条文明确除尘系统的核心设计要求，袋式除尘器对细颗粒粉尘的除尘效率远高于旋风除尘器，可确保出口粉尘满足环保排放标准。活性炭粉尘属于可燃粉尘，除尘器内部易积聚粉尘，遇火源引发爆炸，设置泄爆装置可在爆炸初期释放压力，保护设备与人员安全；选用防静电滤料可防止粉尘摩擦产生的静电积聚，防油防水滤料可避免滤料受潮板结，保障除尘效率稳定。

11.4.3 本条文明确除尘系统的分区设置要求，吸附解析区域的粉尘含 SO_2 、 NO_x 等腐蚀性物质，活性炭卸料存储车间的粉尘为新鲜活性炭粉尘，两者性质不同：腐蚀性粉尘会加速除尘设备腐蚀，新鲜粉尘纯度高可回收利用，分开设置除尘系统可避免交叉污染，同时，某一区域检修时不影响另一区域运行，提升系统运维灵活性。

11.4.4 本条文明确除尘与输送系统的匹配要求，烟气净化系统各工序间相对独立运行，对应的除尘系统、活性炭粉负压气力输送系统也对应设置，可实现独立管控。这种设置方式的优势：一是便于连锁控制；二是某一套系统故障检修时，不影响其他系统运行；三是可精准核算每套系统的粉尘产生量与回收量，便于成本管控。

11.4.5 本条文明确活性炭粉回收的输送方式与参数，负压气力输送方式利用负压将粉尘吸入管道，无粉尘泄漏，适配活性炭粉的回收需求。系统风量及负压需精准计算，确保粉尘在管道内处于悬浮状态。输送距离 $\leq 100\text{m}$ 是因为距离过长会导致负压损失过大、能耗激增，且易造成粉尘沉积。输送管道设置清堵装置，可及时处理管道堵塞；检修装置便于管道维护。

11.4.6 本条文明确除尘管道的设计要求，管道死角和水平管段易导致粉尘沉积堵塞，因此管道宜采用垂直或大坡度敷设，避免水平段过长。弯头曲率半径 ≥ 1.5 倍管道直径，可减少气流阻力与粉尘对管道的磨损，避免弯头处粉尘积聚；管道风速控制在 $16\text{-}22\text{m/s}$ ，风速过低会导致粉尘沉降堵塞，过高会加剧管道磨损与能耗。

11.4.7 本条文明确除尘器灰斗的设计要求，灰斗壁夹角 $\geq 60^\circ$ ，可利用粉尘自重实现顺畅滑落，避免粉尘在灰斗内堆积。仓壁振动器或空气炮等防棚料装置，可通过振动或气流冲击破除棚料，确保粉尘持续排出，避免因棚料导致除尘系统失效。

11.4.8 本条文明确卸灰装置的设计要求，卸灰阀是除尘系统的关键密封部件，若密封性不佳，空气会进

入除尘器，破坏负压环境，降低除尘效率，同时导致粉尘泄漏。选用密封性良好的卸灰阀，可保障系统密封，卸灰间隔及时间可调节，适配不同粉尘产生量；与输灰设备联锁控制，可避免粉尘在输灰管道内堆积，保障卸灰-输灰流程顺畅。

11.4.9 本条文明确储灰仓的设计要求，储灰仓有效容积按 1-3 天产生量确定，可平衡粉尘产生与外运/回用节奏，避免频繁卸灰或储仓溢出。活性炭粉尘易自燃，设置温度检测装置可实时监控仓内温度；泄压装置可在仓内压力异常升高时释放压力防止爆炸；氮气保护措施可维持仓内微正压，隔绝空气，防范自燃风险。

11.4.10 本条文明确储灰仓粉尘的输送方式，吸引压送车输送适用于中小规模粉尘产生量，具有灵活便捷的优势，可按需定时外运，避免管道输送的复杂布置；气力输送适用于大规模粉尘产生量，可实现连续输送，将粉尘送至回用或处置地点，输送效率高。

11.4.11 本条文明确除尘系统的监测与排放要求，压差检测装置用于监测除尘器滤料堵塞情况。除尘器出口粉尘浓度 $\leq 10\text{mg}/\text{m}^3$ ，是依据超低排放要求确定的，确保粉尘达标排放。

11.4.12 本条文明确除尘系统的防静电要求，活性炭粉尘在输送、存储过程中，与除尘器滤料、管道内壁摩擦会产生静电，若静电积聚形成高电位，放电时会引燃粉尘云，引发爆炸，可靠接地可将静电及时导除，防范静电引发的爆炸风险。

11.5 供暖通风与空气调节

11.5.1 本条文明确不同区域的通风设计要求：1) 活性炭卸料存储车间易产生粉尘，泵房、电梯机房设备运行发热，设置机械通风装置可降低粉尘浓度、排出余热，保障作业环境；2) 废水处理车间、污泥脱水间会产生硫化氢、氨气等恶臭气体，自然进风+机械排气可形成气流组织，12-15 次/h 的换气次数能快速稀释有害气体，避免积聚，换气次数参考《工业企业设计卫生标准》GBZ 1 确定；3) 液氨、氨水泄漏会产生有毒有害气体，事故机械通风系统可在泄漏时快速排出有害气体，防爆通风机适配爆炸危险环境，12 次/h 的换气次数可在 30 分钟内将有害气体浓度降至安全范围，室内外控制开关便于紧急操作。

11.5.2 本条文明确高大空间厂房的通风方式，吸附塔、解析塔等高大空间厂房，自然通风可利用热压与风压形成气流，排出厂房内的余热与少量有害气体，无需能耗，符合节能要求。自然通风通过设置高侧窗、屋顶天窗实现，通风量按厂房容积与热负荷核算。当自然通风不能满足要求时，设置屋顶风机或壁式风机补充通风，风机选型按所需通风量 10%裕量确定，确保通风效果。

11.5.3 本条文明确进排风口的布置要求，进风口设置在空气清新、远离污染源的位置，可避免吸入污染空气，保障室内空气质量；底部距地坪 $\geq 2\text{m}$ ，可减少地面扬尘吸入。进风口与排风口保持足够距离，是为了防止排风口排出的污染物被进风口重新吸入。

11.5.4 本条文明确严寒及寒冷地区送风系统的加热要求，严寒及寒冷地区冬季室外气温低，机械送风系

统直接送入冷空气会导致室内温度过低，影响人员舒适度，甚至冻裂室内水管、仪表。设置空气加热装置可将送风温度提升至 5℃以上，热媒采用热水或蒸汽，便于与厂区供热系统衔接。补偿全面排风的补风系统送风温度 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ ，可维持室内热平衡，避免因补风过冷导致室内温度大幅下降。

11.5.5 本条文明确空调装置的设置要求，集中控制室、工程师站配备 DCS、PLC 等精密电子设备，电气设备间有高低压配电柜，此类设备对温度、湿度敏感。设置空气调节装置可将室内参数控制在适宜范围，保障设备稳定运行。

11.5.6 本条文明确采暖设计的具体要求：1) 与厂区采暖系统一致可共享热源，减少重复建设，降低投资与运行成本；2) 有活性炭粉尘的车间，表面光滑的散热器不易积尘，便于清扫，热媒温度限制可避免散热器表面温度过高引发粉尘自燃；3) 采暖管道穿过电气设备间易因泄漏导致设备短路，禁止穿过变压器室等核心电气区域，防范安全风险；4) 值班采暖保障工艺设备不结冰，5℃是兼顾防冻与节能的最优温度；5) 电气控制室和配电室采用电采暖，可精准控温，避免热水/蒸汽采暖的泄漏风险，保障电气设备安全。

11.5.7 本条文明确通风空调系统的防火要求，风管及部件采用不燃材料，可防止火灾时风管燃烧蔓延火势，符合 GB 50016《建筑设计防火规范》要求。防火墙、楼板或重要设备用房隔墙是防火分区的重要屏障，风管穿过时设置防火阀，当火灾发生时，环境温度达到 70℃，防火阀自动关闭，阻断火势与烟气通过风管蔓延，保护相邻防火分区的安全。

11.6 电气与自动化

11.6.1 本条文明确电气楼的布置要求，电气楼集中布置高低压配电室、变压器室、控制室等电气设施，便于管理与维护。单独设置可避免主工艺系统故障影响烟气净化系统供电，联合设置可共享设施、节约投资，两种方式灵活适配项目规模。布置在负荷中心附近，可缩短供电线路长度，减少电压损失与电能损耗，提升供电质量。

11.6.2 本条文明确供电负荷与电源要求，烟气净化系统是烧结球团主工艺的配套环保设施，负荷等级与主工艺一致，确保主工艺运行时净化系统不中断。二级负荷采用两回路及以上供电，可保障单回路故障时，其余回路快速投入，满足全部二级负荷用电，避免因供电中断导致烟气直排或设备损坏。

11.6.3 本条文明确配电系统的接线与设备要求，放射式配电形式对重要负荷直接供电，路径短、故障影响范围小，供电可靠性高。单母线或分段单母线结线方式结构简单、操作方便，分段处装设断路器可实现分段检修，不影响其他段供电。高压真空断路器、真空接触器及熔断器组具备灭弧性能好、操作可靠、维护量小的优势，适配高压配电系统的操作需求，可快速切断故障电路，保护变压器及后续设备。

11.6.4 本条文明确中性点接地方式的一致性要求，供配电系统中性点接地方式与主工艺系统一致，可避免不同接地方式导致的电位差，防止设备绝缘损坏；同时保障保护装置动作协调，故障时快速切断电源，避免事故扩大。

11.6.5 本条文明确爆炸危险环境的电气要求，液氨储罐区、氨水制备间、煤气区域属于爆炸危险环境，若电气设备、仪表等产生电火花，会引燃可燃气体混合物，引发爆炸。电气设备选型需符合防爆等级要求，仪表选用本质安全型，线缆采用阻燃防爆电缆，安装需符合《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058 的要求。

11.6.6 本条文明确增压风机的电机与控制要求，增压风机功率大，采用高压异步电动机可降低电流，减少线路损耗与设备体积。配置高压变频调速装置可根据烟气流量动态调节风机转速，节能的同时可避免风机频繁启停损坏。增压风机与主抽风机协同运行，故障停机信号通过硬接线接入主抽风机控制系统，可实现联锁动作，避免烟气系统压力骤变，保障主工艺与净化系统安全。

11.6.7 本条文明确重要负荷的供电保障要求，变频器、PLC、DCS、在线仪表等重要负荷对供电质量要求高，停电会导致系统停机、数据丢失，甚至设备损坏。在线式 UPS 在市电中断时可无缝切换至电池供电，保障供电连续性；后备时间 ≥ 30 分钟，可提供充足时间处理紧急情况，避免突发停电造成的损失。

11.6.8 本条文明确照明设计的节能要求，绿色照明要求选用高效节能光源、高效灯具与节能镇流器，同时保障照明质量，本条文符合国家绿色建筑与节能政策，兼顾照明效果与节能要求。

11.6.9 本条文明确控制系统的布局要求，集中监控方式将所有设备的运行状态、工艺参数集中显示在中控室，便于运维人员统一监控与操作，减少现场巡检工作量。控制纳入主工艺系统集中控制，可实现主工艺与净化系统的协同运行，提升整体生产效率。

11.6.10 本条文明确控制系统的选型与通信要求，DCS 适用于大规模、复杂系统，具备集中管理、分散控制的优势，可实现多回路调节与联锁控制；PLC 适用于中小规模系统，结构紧凑、成本较低，控制逻辑灵活。两种系统均可满足烟气净化系统的控制需求，设置可靠的数据通信接口，可实现净化系统与主工艺系统的数据共享，便于生产调度与全局管控。

11.6.11 本条文明确自动化控制的协同要求，自动化控制水平与主工艺系统一致，可避免因控制水平差异导致的操作不协调，降低运维人员培训成本。控制方案整体统筹设计，可优化控制逻辑，避免各自独立设计导致的控制冲突。

11.6.12 本条文明确在线监测系统的检测项目与数据接入要求，入口监测项目用于识别烟气主要参数及污染物成分，出口监测项目除监控达标排放外，还考虑目前已经提上日常逐步开始治理的一氧化碳，另外，氨逃逸浓度也需要监控，并将逐步纳入控制。硬接线方式接入控制系统，数据传输可靠，避免网络通信故障导致的数据丢失，保障控制联锁的实时性。

11.6.13 本条文明确关键参数的监测冗余要求，入口烟气温度、吸附塔及解析塔内活性炭温度等关键参数，直接影响工艺控制与设备安全，双重或多重设置测量仪表，可实现冗余监测，避免单点仪表故障导致的控制失效，冗余设置提升关键参数监测的可靠性。

11.6.14 本条文明确关键设备的安全联锁要求，解析塔供热系统、氨喷射系统属于高风险设备，设置独立

SIS 或 DCS/PLC 安全联锁功能，可在故障时快速切断危险源，防范事故扩大。联锁动作采用硬接线实现，响应速度快，可靠性高于软件联锁，避免网络或软件故障导致联锁失效。

11.6.15 本条文明确接地系统的统一要求，共用接地装置将各类接地整合，避免不同接地之间产生电位差，防止仪表与控制系统受干扰或损坏。统一接地可减少接地装置数量，节约投资，同时保障仪表测量精度与控制系统稳定性，避免静电、雷电等对系统的影响。

11.7 压缩空气

11.7.1 本条文明确压缩空气的气源与净化要求，由厂区外部压缩空气管网引入气源，可共享厂区空压站设施，减少重复建设。仪表、气动执行机构等关键设备对压缩空气质量要求高，品质需满足《工业自动化仪表气源压力范围和质量》GB/T 4830 要求，保障关键设备稳定运行。

11.7.2 本条文明确储气罐的设置要求，用气量较大且间断性用气的设备运行时会导致管网压力剧烈波动，影响其他设备用气。在设备附近设置储气罐，可起到缓冲作用，确保安全运行。

11.7.3 本条文明确压缩空气管道的敷设要求，架空敷设管道便于检修与维护，避免地下敷设导致的腐蚀与泄漏难发现。管道设置 ≥ 0.003 的坡度，可使压缩空气中的冷凝水自流至最低点；最低点设置自动排水阀或手动排水阀，定期排出冷凝水，防止水在管道内积聚导致腐蚀、结冰或影响用气品质。

11.7.4 本条文明确严寒及寒冷地区压缩空气设施的防护要求，严寒及寒冷地区冬季气温低，管道及储气罐内的冷凝水会结冰膨胀，导致管道破裂、阀门堵塞、储气罐损坏，影响压缩空气供应。保温防冻措施确保管道及储气罐内温度 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ ，避免结冰，保障冬季压缩空气系统正常运行。

11.7.5 本条文明确压缩空气系统的应急保障要求，仪表及安全联锁系统依赖压缩空气运行，主气源故障时若中断供气，会导致仪表失灵、安全联锁失效，引发设备故障或安全事故。备用气源为处理主气源故障、正常停机提供充足时间。

11.7.6 本条文明确仪表空气的露点要求，仪表空气露点温度比当地历史极端最低环境温度低 10°C ，可确保压缩空气在输送与使用过程中不结露，避免冷凝水进入仪表或气动执行机构，导致设备腐蚀或损坏

11.7.7 本条文明确压缩空气管道的材质、连接方式及安装要求，不锈钢管具备优良的耐腐蚀性，可避免压缩空气中的冷凝水导致管道生锈；热镀锌钢管通过镀锌层隔绝腐蚀，成本相对较低。法兰连接适用于大口径管道，连接牢固、密封性好，便于后续检修；螺纹连接适用于小口径管道，安装便捷、占用空间小。管道安装前内部清理至关重要，清理可确保管道内壁无锈蚀、无油污、无杂物。

11.7.8 本条文明确压缩空气系统的监测与检测设施设置要求，压缩空气总管设置压力表、流量计，可实时掌握系统总压力和总流量，判断空压机供气是否满足需求；各主要用气支管设置相关仪表，可监测分支管路的压力稳定性与流量分配情况，及时发现局部堵塞或泄漏。品质检测接口设置在净化装置出口及关键支管，便于定期采样检测油分、水分、粉尘含量，确保压缩空气质量符合仪表用气要求。

12 计量、检验、化验

12.1 计量

12.1.1 本条文明确能源介质的计量覆盖要求，核心目的是掌握系统能耗状况，优化运行效率。水、电、燃气等能源介质是烟气净化系统运行的核心保障，全面计量可实现：一是精准核算各介质消耗成本，二是分析能耗与生产负荷的匹配关系。

12.1.2 本条文明确主要能源使用点的单独计量要求，变电所、大容量设备是能源消耗的核心单元，单独设置计量装置可精准核算单台设备或区域的能耗，避免整体计量导致的能耗责任不清。计量数据传输至能源管理系统，可实现能耗数据的实时监控、趋势分析、报表生成，便于运维人员制定针对性节能措施。

12.1.3 本条文明确主要物料的计量要求，活性炭、还原剂是烟气净化系统的核心消耗物料，其计量精度直接影响工艺效果与运行成本。

12.1.4 本条文明确烟气流量的监测要求，烟气流量是计算污染物处理量、确定活性炭循环量与喷氨量的核心参数，进出口连续监测可实现两大功能：一是为工艺调节提供实时数据，保障净化效率稳定；二是统计污染物减排总量，满足环保监管要求。监测数据实时上传控制系统，实现与工艺参数的联锁调节，同时为环保减排核算提供可靠依据。

12.1.5 本条文明确计量仪器的检定校准要求，计量仪器长期运行后会因磨损、环境影响导致精度漂移，按时检定确保所有计量数据真实可靠。

12.1.6 本条文明确计量装置的安装要求，计量装置的安装位置直接影响测量准确性，需结合介质特性和工艺工况选择。前后直管段要求是保障流量测量精度的关键，安装位置还应便于检修维护，避免高温、腐蚀、振动等恶劣环境，确保计量装置长期稳定运行。

12.2 检验、化验

12.2.1 本条文明确活性炭检验化验设施的配套要求，活性炭是污染物脱除的核心材料，其性能直接决定净化效率，需配套检验化验设施，满足快速检测与数据分析需求，为活性炭质量管控提供硬件支撑。

12.2.2 本条文明确活性炭入厂抽检的项目要求，所列检验项目均为影响活性炭使用效果与安全的关键指标。通过全面抽检，可从源头保障活性炭质量，避免因原料问题导致的净化系统运行故障。

12.2.3 本条文明确运行中活性炭的周期性检测要求，活性炭在循环使用过程中，会因磨损、吸附污染物导致性能变化，周期性检测可精准掌握活性炭性能变化规律。

12.2.4 本条文明确辅助物料与废水的检测要求，还原剂质量直接影响脱硝效率，周期性检测可避免因还原剂纯度不足导致脱硝效率下降；硫酸作为硫资源化产物，检测其浓度、杂质含量，确保产品质量符合要求；废水检测指标包括 pH、COD、氨氮、悬浮物等，定期检测可保障处理后水质达标，避免环保风险。

12.2.5 本条文明确样品管理的程序要求，分析程序需标准化，避免人为误差，确保检验结果真实可靠，为工艺决策提供科学依据。

12.2.6 本条文明确化验室的设备与制度要求，检测仪器设备需覆盖所有检验项目，操作规程需针对每台设备制定，维护保养制度需规定日常清洁、定期校准、故障维修等内容，确保仪器长期稳定运行。

12.2.7 本条文明确检验化验数据的保存要求，检验化验数据是活性炭质量管控、工艺优化、环保合规的重要凭证，数据保存确保全生命周期内的数据可追溯。

12.2.8 本条文明确化验室的质量控制要求，通过完善的质量控制体系，可提升检验数据的公信力，避免因人员操作、仪器误差导致的检测结果失真，为工艺决策与合规管理提供可靠保障。

13 环境保护

13.0.1 本条文明确环境保护设计的核心原则，核心目的是实现“减排与降耗协同、污染治理与资源回收并重”。清洁生产原则要求从源头减少污染产生，污染综合防治原则要求构建全链条防控体系。通过两大原则的指导，可实现烟气净化工程的绿色化设计，既满足环保排放要求，又提升资源利用效率。

13.0.2 本条文明确烟气污染物的监测与数据传输要求，颗粒物、SO₂、NO_x是烧结球团烟气的核心污染物，连续监测可实时掌握排放浓度，监测系统安装在吸附塔出口烟道的规范位置，数据实时上传至生态环境主管部门的监控平台与企业生产管理系统，确保排放数据真实、可追溯，避免超标排放。

13.0.3 本条文明确二次污染防治与污染物处置要求，烟气净化过程中产生的废水、废活性炭、含硫副产物若处置不当，会造成二次污染。通过妥善处理处置，避免治理一种污染引发另一种污染，符合环保综合治理的要求。

13.0.4 本条文明确生产废水的处理与回用要求，设备冷却水、冲洗废水等污染物浓度差异较大，分类收集可避免高浓度废水污染低浓度废水，降低处理难度；分质处理按水质特性选择工艺。优先回用可大幅降低新鲜水消耗量，提高水资源利用率，减少废水排放量，降低环保压力。

13.0.5 本条文明确无组织粉尘的控制要求，活性炭在卸料、输送、筛分过程中产生的无组织粉尘，是大气污染的重要来源之一，若不控制会导致厂界粉尘浓度超标，影响周边环境。通过全流程防控，实现无组织粉尘的有效控制，提升厂区及周边空气质量。

13.0.6 本条文明确高噪声设备的降噪要求，风机、泵类等设备运行时噪声较高，若不采取措施，会导致厂界噪声超标，影响运维人员职业健康与周边居民生活。

13.0.7 本条文明确固体废物的处置规范要求，废活性炭属于危险废物，含硫副产物属于一般工业固体废物，其处置需严格遵循相关标准。所有环节均需符合相关规定，确保固体废物处置合规，避免污染土壤与地下水。

13.0.8 本条文明确环境事故应急设施的设置要求，应急设施的设置确保事故发生时能快速响应，有效控制污染范围，降低环境损失。

13.0.9 本条文明确环境监测制度的建立要求，环境监测制度需明确监测项目等，监测方法参考国家现行标准。通过完善的监测制度，可及时发现环境问题，采取整改措施，确保长期环保合规。

13.0.10 本条文明确厂区绿化设计要求，绿化设计不仅能美化厂区环境，还能发挥生态防护功能。

13.0.11 本条文明确清洁生产审核要求，清洁生产审核是推动企业从“末端治理”向“源头减排”转变的重要手段。通过定期审核，可持续提高清洁生产水平，降低污染物产生量和排放量，提升企业绿色竞争力，符合国家推动工业绿色转型的政策要求。

14 安全与消防

14.1 安全

14.1.1 本条文明确劳动安全与职业病防护设施的“三同时”要求：安全防护设施、职业病防护设施与主体工程同步推进，若未执行“三同时”，可能导致投产后存在安全隐患与职业病风险，无法保障运维人员安全。

14.1.2 本条文明确危险化学品存储与作业场所的安全要求，硫酸、氨水、液氨均为危险化学品，贮罐区设置泄险沟（堰）可拦截泄漏物质，避免扩散污染或引发安全事故；工作场所空气中有害物质浓度需符合《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要求，防止职业中毒；冲洗设施设置在作业场所附近，用于意外接触化学品时的紧急冲洗，避免灼伤或中毒加重。

14.1.3 本条文明确核心设备的安全防护要求，吸附塔设置事故氮气入口，用于处置紧急情况；吸附塔、解析塔设置温度场监控系统，可实时掌握塔内温度分布，及时发现局部超温；温度异常时的安全设施可快速切断危险源，防止事故扩大。

14.1.4 本条文明确泄漏检测与防爆区域划分要求，氨与煤气均为易燃易爆气体，泄漏后与空气形成爆炸性混合气体，划分防爆区可明确安全管控范围；氨泄漏检测报警仪、一氧化碳泄漏检测报警仪报警后联动事故通风系统开启，人员紧急撤离。通过泄漏检测与防爆分区，实现“早发现、早预警、早处置”，防范爆炸事故发生。

14.1.5 本条文明确安全保护气体的供应要求，安全保护气体（主要为氮气）用于设备应急惰化、泄漏处置，两路独立供应可避免单路故障导致气体中断，保障应急需求；用量满足故障时最大用气量，压力 ≥ 1.2 倍系统最大工作压力可确保气体有效注入，纯度 $\geq 99.99\%$ 可避免杂质影响惰化效果或污染设备。

14.1.6 本条文明确设备检修的能源隔离要求，设备检修时，若电气、气源、物料未有效隔离，可能因误操作导致设备启动、物料泄漏，引发人员伤亡事故。

14.1.7 本条文明确高温设备及管道的安全防护要求，解析塔、热风管道等高温设备及管道运行时表面温度可达 200°C 以上，若不采取保温措施，易导致人员烫伤。保温隔热措施采用耐高温保温材料，确保表面温度 $\leq 60^{\circ}\text{C}$ ；人员可能接触的部位设置警示标志，提醒人员注意安全，有效防范烫伤事故。

14.1.8 本条文明确粉尘场所的安全防护要求，活性炭粉尘属于可燃粉尘，防尘措施可控制粉尘浓度，避免达到爆炸极限；防爆措施可在爆炸初期释放压力，保护设备与人员；设备可靠接地可消除粉尘摩擦产生的静电，防止静电放电引燃粉尘云。

14.1.9 本条文明确机械安全与高处安全的防护要求，风机、输送机等转动机械的外露部分若未设置防护罩，易导致人员衣物或肢体卷入，设置防护罩可有效隔离危险部位；高空操作平台设置防护栏杆和踢脚板，

可防止人员坠落及工具掉落。

14.1.10 本条文明确安全事故应急管理要求，安全事故应急预案编制、应急救援器材设置、定期组织演练，可提升运维人员的应急处置能力，确保事故发生时能快速响应、科学处置，减少人员伤亡与财产损失。

14.2 消防

14.2.1 本条文明确活性炭存放区域的消防要求，活性炭属于易燃固体，存放区域保持清洁、通风良好，可减少粉尘积聚与可燃气体浓度，降低自燃或爆炸风险；不得储存其它易燃品可避免火灾扩大；配备适合的消防器材，可快速扑救初期火灾。

14.2.2 本条文明确液氨储罐的消防防护要求，液氨属于甲类危险化学品，储罐四周设置防火堤，可拦截泄漏的液氨，防止其扩散至其他区域引发火灾或爆炸；供应系统与其他建筑分开布置，形成独立区域，可避免火灾事故相互蔓延。

14.2.3 本条文明确氨区道路与管道的消防要求，氨区周围道路畅通，可保障消防车快速抵达事故现场，及时处置泄漏、火灾等事故；氨气输送管道跨厂内道路的净空高度 $\geq 5\text{m}$ ，可满足消防车及其他运输车辆通行需求，避免管道影响应急救援；设置交通限高标志可提醒车辆注意高度，防止碰撞管道导致泄漏。

14.2.4 本条文明确煤气管道的消防安全要求，煤气属于易燃易爆气体，设置明显的介质流向标识可避免误操作导致的阀门开关错误；关键部位设置可靠的切断装置，可在事故时快速切断煤气供应，防止泄漏扩大；放散管用于排放管道内的残余煤气或超压煤气，放散管口高出周围 20m 内建筑物顶 4m 以上，可避免煤气积聚在建筑物附近引发爆炸。

14.2.5 本条文明确煤气设备及管道检修的消防安全要求，煤气设备及管道检修前，若未进行隔断和置换，残留的煤气可能与空气形成爆炸性混合气体，作业时引发爆炸。

14.2.6 本条文明确煤气区域的中毒防护与监测要求，煤气中含有一氧化碳，固定式监测报警装置可实时监测区域内一氧化碳浓度，报警信号传至控制室便于及时发现泄漏；进入区域作业配备便携式检测仪，可随时监测作业点浓度，空气呼吸器用于浓度超标时的应急呼吸防护。

14.2.7 本条文明确煤气排水器的运行安全要求，煤气排水器用于排出管道内的冷凝水，若运行不稳定或抽空，会导致煤气泄漏至大气中，引发爆炸或中毒事故；寒冷地区采取防冻措施，可防止排水器内水分结冰，避免排水器失效。

14.2.8 本条文明确消防给水系统与器材的配置要求，消防给水系统与主厂区联网，可共享消防水池、消防泵等设施，确保消防水量和水压满足需求；重要设备附近设置消防软管卷盘或手提式灭火器，可快速扑救初期火灾，避免火势扩大。

14.2.9 本条文明确电缆的防火要求，电缆夹层、电缆桥架内的电缆若发生火灾，会快速蔓延至其他区域，引发大面积火灾。防火分隔措施包括设置防火隔墙、防火卷帘，将电缆夹层划分为独立防火分区；电缆孔

洞采用防火泥、防火封堵材料封堵，防止火焰通过孔洞蔓延。

14.2.10 本条文明确通用消防设计要求，建筑物、储罐、堆场的消防设计均需符合《建筑设计防火规范》《石油化工企业设计防火标准》等现行国家标准，确保消防设计全面合规，从整体上防范各类火灾事故。