

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 2001—2018

氨法烟气脱硫工程通用技术规范

General technical specification of ammonia flue gas desulfurization

本电子版为发布稿。请以中国环境科学出版社出版的正式标准文本为准。

2018—1—15发布

2018—5—1实施

环 境 保 护 部 发布

目 次

前 言.....	II
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	4
4 污染物与污染负荷.....	5
5 总体要求.....	6
6 工艺设计.....	7
7 主要工艺设备和材料.....	11
8 检测与过程控制.....	13
9 主要辅助工程.....	14
10 劳动安全与职业卫生.....	15
11 施工与验收.....	16
12 运行与维护.....	17
附录 A（资料性附录）典型工艺流程.....	19
附录 B（资料性附录）日常分析检测项目及检测周期.....	22
附录 C（资料性附录）建（构）筑物重力荷载代表值计算.....	23
附录 D（资料性附录）冬季采暖室内计算温度.....	24
附录 E（资料性附录）氨法烟气脱硫工程运行维护管理.....	25
附录 F（资料性附录）主要设备的检修工艺及质量要求.....	30

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国大气污染防治法》等法律法规，防治环境污染，改善环境质量，规范氨法烟气脱硫工程的建设和运行管理，制定本标准。

本标准规定了氨法烟气脱硫工程的设计、施工、验收、运行和维护的技术要求。

本标准首次发布于2010年，本次为首次修订。

本次修订的主要内容：

——扩大了适用行业范围；

——完善补充了适用于各行业的通用技术要求，删减了仅适用于火电行业的特殊技术要求；

——根据技术发展情况主要调整了烟气系统、吸收系统等技术内容，补充了设备选型要求；

——充实了运行与维护的技术内容；

——完善了资料性附录。

本标准由环境保护部科技标准司组织修订。

本标准主要起草单位：中国环境保护产业协会、江苏新世纪江南环保股份有限公司、北京市劳动保护科学研究所、亚太环保股份有限公司。

本标准环境保护部2018年1月15日批准。

本标准自2018年5月1日起实施。

本标准由环境保护部解释。

氨法烟气脱硫工程通用技术规范

1 适用范围

本标准规定了氨法烟气脱硫工程的设计、施工、验收、运行和维护等技术要求。

本标准适用于氨法烟气脱硫工程，可作为建设项目环境影响评价、环境保护设施设计、施工、验收和运行管理的技术依据。

本标准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

本标准内容引用了下列文件中的条款。凡是不注明日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB/T 150	压力容器
GB/T 311.1	绝缘配合 第1部分：定义、原则和规则
GB/T 311.2	绝缘配合 第2部分：使用导则
GB/T 535	硫酸铵
GB/T 536	液体无水氨
GB 4053	固定式钢梯及平台安全要求
GB/T 4272	设备及管道绝热技术通则
GB 5083	生产设备安全卫生设计总则
GB 5749	生活饮用水卫生标准
GB/T 7484	水质 氟化物的测定 离子选择电极法
GB 8569	固体化学肥料包装
GB/T 8570	液体无水氨的测定方法
GB/T 11896	水质 氯化物的测定 硝酸银滴定法
GB 12348	工业企业厂界噪声排放标准
GB/T 12801	生产过程安全卫生要求总则
GB/T 13148	不锈钢复合钢板焊接技术要求
GB/T 15453	工业循环冷却水和锅炉用水中氯离子的测定
GB/T 16157	固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法
GB 16297	大气污染物综合排放标准
GB 18218	危险化学品重大危险源辨识
GB 18241.1	橡胶衬里 第1部分：设备防腐衬里
GB 18382	肥料标识内容和要求
GB/T 19923	城市污水再生利用 工业用水水质

GB/T 23349	肥料中砷、镉、铅、铬、汞生态指标
GB 50009	建筑结构荷载规范
GB 50011	建筑抗震设计规范
GB 50013	室外给水设计规范
GB 50014	室外排水设计规范
GB 50015	建筑给水排水设计规范
GB 50016	建筑设计防火规范
GB 50019	采暖通风与空气调节设计规范
GB 50022	厂矿道路设计规范
GB 50033	建筑采光设计标准
GB 50040	动力机器基础设计规范
GB 50046	工业建筑防腐蚀设计规范
GB 50050	工业循环冷却水处理设计规范
GB 50052	供配电系统设计规范
GB 50057	建筑物防雷设计规范
GB 50058	爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范
GB/T 50064	交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范
GB 50065	交流电气装置的接地设计规范
GB 50084	自动喷水灭火系统设计规范
GB/T 50087	工业企业噪声控制设计规范
GB 50093	自动化仪表工程施工及质量验收规范
GB 50116	火灾自动报警系统设计规范
GB 50140	建筑灭火器配置设计规范
GB 50160	石油化工企业设计防火规范
GB 50187	工业企业总平面设计规范
GB 50219	水喷雾灭火系统设计规范
GB 50222	建筑内部装修设计防火规范
GB 50231	机械设备安装工程施工及验收通用规范
GB 50243	通风与空调工程施工质量验收规范
GB 50254	电气装置安装工程低压电器施工及验收规范
GB 50259	电气装置安装工程电气照明装置施工及验收规范
GB 50300	建筑工程施工质量验收统一标准
GB 50351	储罐区防火堤设计规范
GB 50489	化工企业总图运输设计规范

GB 50493	石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范
GB/T 50655	化工厂蒸汽系统设计规范
GB 50974	消防给水及消火栓系统技术规范
GB 51245	工业建筑节能设计统一标准
GBJ 22	厂矿道路设计规范
GBZ 1	工业企业设计卫生标准
GBZ 2.1	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 2.2	工作场所有害因素职业接触限值 第2部分：物理因素
GBZ/T 194	工作场所防止职业中毒卫生工程防护措施规范
AQ/T 3033	化工建设项目安全设计管理导则
AQ 3035	危险化学品重大危险源安全监控通用技术规范
AQ 3036	危险化学品重大危险源罐区现场安全监控装备设置规范
DL/T 5044	电力工程直流电源系统设计技术规程
DL/T 5403	火电厂烟气脱硫工程调整试运及质量验收评定规程
HG 1-88	氨水
HG 20652	塔器设计技术规定
HG/T 2451	设备防腐橡胶衬里
HG/T 2640	玻璃鳞片施工技术条件
HG/T 2784	工业用亚硫酸铵
HG/T 2785	工业用亚硫酸氢铵
HG/T 3797	玻璃鳞片衬里胶泥
HG/T 20696	玻璃钢化工设备设计规定
HJ/T 75	固定污染源烟气排放连续监测技术规范
HJ/T 76	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 533	环境空气和废气 氨的测定 纳氏试剂分光光度法
JB/T 10989	湿法烟气脱硫装置专用设备 除雾器
JT 617	汽车运输危险货物规则
NB/T 47003.1	钢制焊接常压容器
NB/T 47041	塔式容器
SH/T 3007	石油化工储运系统罐区设计规范
SH 3047	石油化工企业职业安全卫生设计规范
SH/T 3053	石油化工企业厂区总平面布置设计规范
TSG 21	固定式压力容器安全技术监察规程
	《危险化学品安全管理条例》（国务院令第591号）

《危险化学品建设项目安全监督管理办法》（国家安全生产监督管理总局令第45号）

《危险化学品重大危险源监督管理规定》（国家安全生产监督管理总局令第40号）

3 术语和定义

3.1 氨法烟气脱硫工艺 ammonia flue gas desulfurization

指以氨基物质作吸收剂，脱除烟气中的SO₂及其它酸性气体的湿式烟气脱硫工艺，简称氨法。

3.2 脱硫工程 desulfurization project

指通过吸收剂脱除烟气中SO₂及其它酸性气体所需的设施、设备、组件及系统集成。

3.3 吸收剂 absorbent

指脱硫工程中用于脱除SO₂及其它酸性气体的反应剂。

3.4 吸收塔 absorber

指脱硫工程中实现吸收剂与SO₂及其它酸性气体反应的设施。

3.5 副产物 by-product

指吸收剂与烟气中SO₂、O₂等反应后生成的物质。

3.6 脱硫效率 desulfurization efficiency

指由脱硫工程脱除的SO₂量与未经脱硫前烟气中所含SO₂量的百分比，按公式（1）计算：

$$\text{脱硫效率} = (C_1 - C_2) / C_1 \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

C₁——脱硫前烟气中SO₂的折算浓度，mg/m³；

C₂——脱硫后烟气中SO₂的折算浓度，mg/m³。

3.7 增压风机 booster fan

指为克服脱硫工程产生的烟气阻力新增加的风机。

3.8 氧化风机 oxidation fan

指将脱硫生成的亚硫酸（氢）铵氧化成硫酸铵的风机。

3.9 颗粒物 particle

指烟气悬浮的固体和溶液的颗粒状物质总和。

3.10 氨逃逸浓度 ammonia slip

指脱硫工程运行时，吸收塔出口单位烟气体积（干基折算）中游离氨（以NH₃分子形式存在的氨，不包括雾滴、颗粒物中的铵盐）的质量。

3.11 氧化率 oxidation rate

指单位体积（如1L）吸收循环液、浓缩循环液中硫酸（氢）盐摩尔数占亚硫酸（氢）盐及硫酸（氢）盐物质总摩尔数的百分比，按公式（2）计算：

$$\text{氧化率} = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

n_1 ——单位体积吸收循环液、浓缩循环液中硫酸（氢）盐的摩尔数，mol；

n_2 ——单位体积吸收循环液、浓缩循环液中亚硫酸（氢）盐离子的摩尔数，mol。

3.12 氨回收率 ammonia recovery rate

指脱硫工程副产物中氨的质量与用于脱硫的氨的质量之比。按公式（3）计算：

$$\text{氨回收率} = \frac{X \times Y + \sum_{i=1}^n (X_{i2} \times Y_{i2} - X_{i1} \times Y_{i1})}{X_1 \times Y_1} \times 100 \dots \dots \dots (3)$$

式中：

X ——计算期（计算期宜为72h以上）生产的副产物的质量，kg；

Y ——计算期生产的副产物中平均氨质量百分含量，%；

X_1 ——计算期内投入吸收剂的总质量，kg；

Y_1 ——投入的吸收剂中平均氨质量百分含量，%；

X_{i1} 、 X_{i2} ——计算期期初、期末时系统中第*i*项设备中副产物总质量，kg；

Y_{i1} 、 Y_{i2} ——计算期期初、期末时系统中第*i*项设备中副产物中氨及铵盐折算氨的质量百分含量，%；

n ——脱硫工程中存有副产物的设备数。

3.13 吸收塔内饱和结晶 saturation crystal in absorber

指在吸收塔内利用烟气的热量，使副产物溶液达到饱和并析出晶体的过程，简称塔内结晶。

3.14 吸收塔外蒸发结晶 evaporative crystal out of absorber

指在吸收塔外利用蒸汽等热源，将副产物溶液进行蒸发并析出结晶的过程，简称塔外结晶。

3.15 雾滴浓度 dripping content

指脱硫后净烟气单位烟气体积（干基折算）中所携带雾滴折算成浓缩循环液的质量浓度。

4 污染物与污染负荷

4.1 吸收塔入口烟气适用条件：

- a) SO₂浓度（干基折算）宜不高于30000 mg/m³；
- b) 烟气量宜为5万 m³/h(干基)以上；
- c) 烟气温度宜为80℃~170℃；
- d) 颗粒物浓度（干基折算）宜不高于50 mg/m³。

4.2 氨法烟气脱硫工程主要应用领域包括：发电锅炉，工业锅炉以及烧结及球团、焦化、有色冶炼、电解铝、碳素等窑炉。

4.3 新建项目脱硫工程的设计烟气量和SO₂浓度宜采用最大连续工况下的数据；改扩建项目脱硫工程的设计烟气量和SO₂浓度宜以实测值为基础并充分考虑变化趋势后综合确定，或通过与同类工程类比确定。

4.4 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（SO₂、NO_x、O₂、SO₃、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 新建项目的烟气脱硫工程应和主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。

5.1.2 脱硫工程的布置应符合工厂总体规划。设计文件应按规定的内容和深度完成报批、批准和备案。脱硫工程建设应按国家工程项目建设规定的程序进行。

5.1.3 脱硫工程 SO₂ 排放浓度应满足国家和地方排放标准的要求。

5.1.4 脱硫工程的设计应充分考虑燃料、原料及主体工程负荷的变化，提高脱硫工艺系统的适应性和可调节性。

5.1.5 脱硫工程所需水、电、气、汽等公用工程宜尽量利用主体工程设施。吸收剂和副产品宜设有计量装置，也可与主体工程共用。

5.1.6 脱硫工程的设计、建设和运行，应采取有效的隔声、消声、绿化等降噪声的措施，噪声和振动控制的设计应符合GB/T 50087和GB 50040的规定，厂界噪声应达到GB 12348的要求。

5.1.7 脱硫工程应根据烟气特点、排放要求、副产物品质要求等考虑多污染物的协同治理，并控制二次污染的产生。

5.1.8 脱硫工程宜设置控制氯、有机物、颗粒物等有害物质扩散、累积的设施。

5.1.9 脱硫工程烟气排放自动连续监测系统（CEMS）的设置和运行应符合HJ/T 75、HJ/T 76和地方环保部门的要求。

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

5.2 工程构成

5.2.1 脱硫工程一般包括工艺系统、公用系统和辅助工程等。

5.2.2 工艺系统包括烟气系统、吸收剂系统、吸收循环系统、副产物处理系统等。

5.2.3 公用系统包括工艺水系统、压缩空气系统、蒸汽系统等。

5.2.4 辅助工程包括电气、建筑与结构、给排水及消防、采暖通风与空气调节、道路与绿化等。

5.3 总平面布置

5.3.1 一般规定

5.3.1.1 总平面布置应符合 GB 50016、GB 50160、GB 50187、GB 50489、SH/T 3053 及相应行业的规定，并遵循以下原则：

- a) 工艺布局合理，烟道短捷；
- b) 交通运输便捷；
- c) 方便施工，有利于维护检修；
- 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，运行费用低；
- g) 符合环境保护、消防、劳动安全和职业卫生要求。

5.3.1.2 副产物处理系统应结合工艺流程和场地条件因地制宜布置。一般宜布置在与吸收循环系统相对独立的交通便利的区域，吸收循环系统与副产物处理系统间的物料可用管道输送。

5.3.1.3 副产物处理系统的仓库应布置在交通顺畅的道路边，并便于自然通风。

5.3.2 交通运输

5.3.2.1 脱硫工程区域内道路的设计，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GBJ 22的要求。

5.3.2.2 脱硫工程区域内的道路宜与厂内道路形成环形路网。根据生产、消防和检修的需要，应设置行车道路、消防车通道和人行道。

5.3.2.3 物料装卸区域停车位路段纵坡宜为平坡，当布置困难时，坡度宜不大于1.5%，应设足够的汽车会车、回转场地，并按行车路面要求进行硬化处理。

5.3.2.4 脱硫工程密集区域的道路宜采用混凝土地面硬化等方式处理，以便于检修及清扫。

5.3.2.5 副产物处理系统的厂房及仓库之间宜设顺畅的运输通道。

5.3.2.6 当吸收剂为液氨时宜用槽罐车或管道输送，总平面布置还应符合 GB 50160、GB 50351、GB 18218、《危险化学品安全管理条例》、《危险化学品建设项目安全监督管理办法》以及相应行业的相关规定。

5.3.3 管线布置

5.3.3.1 脱硫工程管线布置应根据总平面布置、管道输送介质、施工维护和检修等因素确定，在平面及空间上应与主体工程相协调。

5.3.3.2 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。

5.3.3.3 管线的补偿器、检查口等应相互交错布置，避免冲突。地上管线较多时，管架宜集中布置。

5.3.3.4 在多层管廊上布置液氨管道时，宜与蒸汽管道、电缆等分层布置。单层管廊布置时，液氨管道与蒸汽管道、电缆的布置间距应符合安全、检修等规范。双层或多层管廊布置时，宜将液氨管道布置在下层。

6 工艺设计

6.1 一般规定

6.1.1 脱硫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，应在满足环保管理要求的前提下，充分考虑脱硫工程长期运行的可靠性和稳定性。

6.1.2 脱硫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、水质情况、脱硫副产物综合利用等因素，经全面分析优化后确定。

6.1.3 氨逃逸浓度小时均值应低于 3 mg/m^3 ，氨回收率应不小于 98%。

6.1.4 根据烟气性质、运行工况、烟气量及主体工程对脱硫工程的要求，脱硫工程的配置方式可选择一机一塔、多机一塔，宜采用一机一塔；当采用多机一塔时应考虑足够的检修时间、运行合理性和隔离措施。

6.1.5 吸收工艺应选择合适的吸收循环流程，在满足性能要求前提下选择节能、成熟可靠的工艺，宜选用塔内结晶工艺，也可选用塔外结晶。

6.1.6 脱硫工程设计脱硫效率应依据国家和地方排放标准的要求确定。

6.1.7 脱硫工程应设置事故排水的应急措施，脱硫工程应无生产性废水排放。

6.1.8 脱硫工程应按 GB 4053 的要求设置平台和扶梯。

6.2 工艺流程

氨法烟气脱硫工艺流程示意图见图 1。典型氨法烟气脱硫工艺流程详见附录 A。

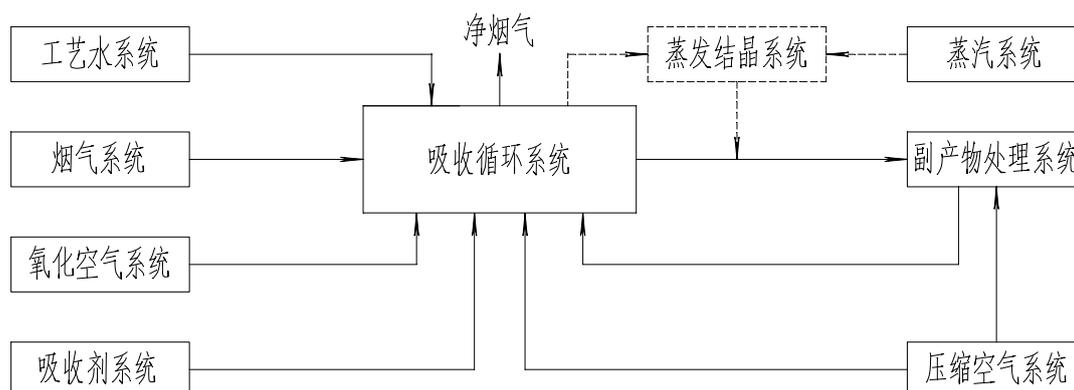


图 1 氨法烟气脱硫工艺流程示意图

6.3 烟气系统

6.3.1 新建项目原烟气设计温度应采用主体工程提供的设计数值。改扩建项目原烟气设计温度宜采用吸收塔前烟气系统实测温度最大值并留有一定裕量。

6.3.2 当吸收塔和主体工程采用单元制配置时，宜考虑脱硫增压风机和引风机合并设置；当多个主体工程合用一座吸收塔时，宜设置脱硫增压风机。增压风机宜装设在吸收塔进口侧。

6.3.3 对于设置烟气换热器的脱硫工程，加热后净烟气在烟囱入口的排烟温度应考虑烟囱防腐及环保要求。

6.3.4 烟气系统挡板门应具有防止泄漏功能。

6.3.5 两台及以上吸收塔合用一个烟气排放口时，每座吸收塔出口应设置检修隔离挡板门。

6.3.6 脱硫吸收塔入口烟道可能接触浆液的区域及脱硫吸收塔出口至烟囱入口之间的净烟道应采用防腐

措施。

6.3.7 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。

6.3.8 脱硫烟道与连接设备应使用补偿器连接，补偿器宜采用非金属材料。

6.3.9 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管道或地坑返回脱硫工程重复利用。

6.4 吸收剂系统

6.4.1 吸收剂应根据来源情况及当地条件进行安全、经济、环保等综合评价后选择，并采取安全防护措施。

6.4.2 吸收剂可用液氨、氨水等氨基物质。液氨应符合 GB/T 536 标准，氨水应符合 HG 1-88 要求，当采用副产氨水时，宜采取预处理措施，其主要杂质含量应符合表 1 要求，以保证副产物质量，不影响系统正常运行。

表 1 副产氨水中主要杂质含量要求

序号	项目	指标 (mg/L)
1	S ²⁻	≤10
2	油脂	≤10
3	酚类	≤10
4	有机物总量	≤20

6.4.3 应按工艺要求配制吸收剂，其储存容量应不少于脱硫工程满负荷运行 4h 的需要。

6.4.4 吸收剂储量宜按 SH/T 3007 确定，并综合考虑输送距离、运输方式及自产能力。

6.4.5 液氨宜采用常温卧式罐或球罐储存，液氨储罐应符合 GB/T 150、TSG 21 等标准的规定。

6.4.6 液氨的储存、使用应按 GB 50160、GB 50351、GB 18218、《危险化学品安全管理条例》、《危险化学品建设项目安全监督管理办法》等执行。

6.4.7 液氨可由专用槽车、管道运输。液氨槽车运输应满足 JT 617 等标准的相关规定。

6.4.8 氨水应常压密封储存，常压容器的设计应符合 NB/T 47003.1 等规定。按规范设置围堰，围堰容积至少满足最大单罐的有效容积。

6.4.9 氨水采用槽车或管道运输。浓度达到危险化学品范围的氨水用槽车运输时应满足 JT 617 等标准的相关规定。

6.5 吸收循环系统

6.5.1 吸收循环系统应在满足技术性能要求的前提下，选用占地少、流程短、节能低耗的工艺。应根据主体工程生产要求确定主体工程与吸收塔的备用关系。主体工程要求较高时宜设置备用吸收塔。

6.5.2 硫酸铵浆液氧化率应不小于 98.5%。

6.5.3 吸收循环系统应设置事故槽（池）。当全厂采用相同的脱硫工艺时，宜合用一座事故槽（池），事故槽（池）的容量宜不小于容积最大的吸收塔停运时最高液位的总容量。

6.5.4 浆液槽（池）应有防腐措施并设有防沉积或堵塞装置。

6.5.5 吸收塔的液气比应满足脱硫性能的要求，吸收喷淋层宜不少于三层，单层液气比宜不低于 0.5 L/m³。

6.5.6 宜采用低压力降的吸收塔型式，吸收塔压力降不宜超过 2000 Pa。

6.5.7 吸收塔的直径和高度应依据塔型、烟气量、烟气在吸收塔内流速确定，吸收塔空塔气速应不大于 3.8 m/s。

6.5.8 应合理设置吸收塔内部结构、液气比及喷淋层以保证吸收液与烟气充分接触，在保证脱硫效率的同时控制氨逃逸。

6.5.9 宜选择适当的细颗粒物控制工艺，如水洗、除雾或水洗和除雾的组合，保证出口颗粒物符合要求，除雾器宜选用多级除雾，除雾器除雾性能应能确保烟气中雾滴浓度不大于 50 mg/m³（干基折算）。

6.5.10 每个吸收喷淋层宜设置一台吸收液循环泵，吸收液循环泵和浓缩液循环泵宜分别在线备用一台。

6.5.11 氧化风机至少应备用一台。

6.5.12 吸收塔入口干湿交界处应采用可靠的防腐措施。采用合金防腐时，材质不得低于超级奥氏体不锈钢。采用衬里防腐应符合 HG/T 2640 和 HG/T 3797 要求。

6.6 副产物处理系统

6.6.1 副产物品种应根据技术要求及市场条件确定，副产物质量应达到国家、行业标准要求或下游客户要求。

6.6.2 副产物为硫酸铵时，重金属含量应满足 GB/T 23349 要求。

6.6.3 副产物处理系统应根据产品性质、加工用途进行设计和设备布置。

6.6.4 副产物处理系统产能及设备选型应适应脱硫工程负荷变化，设计能力宜达到脱硫工程额定负荷运行的 120%。

6.6.5 副产物结晶方案应根据吸收液中杂质、腐蚀性等通过经济技术比较确定，宜选用塔内结晶、塔外多效蒸发结晶或单效蒸发结晶等节能工艺和设备。

6.6.6 固液分离流程宜包括旋流分离、离心脱水等工序。

6.6.7 固液分离设备的容量应满足晶体含量波动的要求，宜备用一台（套）设备或主要配件。

6.6.8 离心脱水后的硫酸铵水分含量宜≤5%（质量百分比）。

6.6.9 干燥设备型式应根据副产物产量、硫酸铵水分含量等选择，并综合考虑能耗和占地面积等。干燥设备厂房面积和高度应能满足工艺布置和通风除尘的要求。

6.6.10 干燥设备的热源可采用热风或蒸汽等，以热风作热源时应考虑其腐蚀性及其对产品品质的影响。

6.6.11 干燥后的管路、料仓应密闭。

6.6.12 干燥设备与脱硫吸收塔距离较近时，干燥尾气宜回吸收塔。干燥尾气单独排放时应符合 GB 16297 的规定。

6.6.13 副产物应按 GB 8569、GB 18382 等国家、行业标准的规定及用户要求进行包装、标识。

6.6.14 应选用扬尘少的称重及包装设备，并配置通风、收尘系统。

6.7 公用系统

6.7.1 工艺水系统

6.7.1.1 脱硫工程工艺用水一般包括吸收塔工艺水、设备管道冲洗水等。脱硫工程工艺用水水质的钙、镁、硬度、氯化物、铝、有机物指标宜满足表2的要求，其余指标宜满足GB/T 19923中表1“工艺水与产品用水”的规定。

表 2 氨法脱硫工程工艺用水的水质要求

序号	项目	符号	指标
1	钙	Ca	≤50 mg/L
2	镁	Mg	≤1.22 mg/L
3	硬度	YD	≤2 mmol/L
4	氯化物	Cl	≤20 mg/L
5	铝	Al	≤10 μg/L
6	有机物	YW	≤2 mg/L

6.7.1.2 工艺水系统包括工艺水箱、工艺水泵、连接管道阀门等。

6.7.1.3 脱硫设备冷却水和设备密封水宜采用工业循环冷却水，水质应满足GB 50050的规定。

6.7.2 压缩空气系统

6.7.2.1 脱硫工程压缩空气系统与主体工程压缩空气系统宜合并设置。

6.7.2.2 当压缩空气从主体工程引接时，宜设置储气罐，并在储气罐压缩空气入口管道上设置止回阀。

6.7.3 蒸汽系统

6.7.3.1 脱硫工程所需蒸汽宜由主体工程提供，蒸汽主要用于供热、伴热、干燥、蒸发结晶、密封风加热等。蒸汽的品质应满足相应设备的使用要求。

6.7.3.2 宜设置凝结水回收设施，不能回收时，应将凝结水做工艺水使用。

6.7.3.3 蒸汽系统的设计应符合GB/T 50655及相应标准规范的规定，蒸汽管道流速宜按不大于40 m/s设计。

6.8 突发事故应急措施

6.8.1 应设置事故排浆用事故槽（池），宜与检修槽（池）合并设置，容量应满足 6.5.3 要求。

6.8.2 吸收塔入口烟道应设置烟气事故喷淋降温系统。

6.8.3 脱硫工程宜设有超负荷和SO₂超标报警系统，并考虑相应的应急措施。

6.8.4 吸收剂应按相关标准和规定设有降温、消防、紧急切断等措施。

7 主要工艺设备和材料

7.1 一般规定

7.1.1 设备和材料应满足工艺要求和相应规定。

7.1.2 应根据气象条件及工艺要求进行管道及设备的保温设计，管道及设备的保温设计应符合 GB/T 4272 的要求。

7.2 设备选型和配置

7.2.1 吸收塔的设计应符合 NB/T 47041 和 HG 20652 的有关规定，吸收塔宜根据烟气条件、可靠性要求等选择合适的材质，一般采用碳钢防腐。吸收塔内部结构应根据烟气流动和防磨、防腐技术要求进行设计，一般宜采用非金属耐磨材料、不锈钢或高镍合金材料。

7.2.2 玻璃钢设备的设计应按 HG/T 20696 的有关规定执行。

7.2.3 增压风机宜选用轴流式风机或高效离心风机。增压风机的风量宜为主体工程满负荷工况下烟气量的 110%；增压风机的压力宜为脱硫工程在主体工程满负荷工况下考虑 10℃ 温度裕量时系统阻力的 120%。

7.2.4 氧化风机宜采用罗茨式、多级离心式或单级高速离心式。氧化风机流量应留有 10% 裕量，压力应留有不小于 10% 的裕量。

7.2.5 烟气换热器可采用气气换热器和热媒水烟气换热器。采用气气换热器时，漏风率宜不大于 1%。采用热媒水烟气换热器及管式气气换热器时，与烟气接触的设备部件均应充分考虑防磨、防堵、防腐措施，换热管材质应考虑优良可靠的换热、防磨和防腐蚀性能。

7.2.6 浆液管道内应避免浆液沉积，并设排空和冲洗的设施。浆液管道上的阀门宜选用开关型蝶阀或球阀。阀门通流直径宜与管道直径一致。

7.2.7 含有结晶的硫酸铵浆液管道设计应充分考虑腐蚀与磨损。管道内介质流速应同时考虑防止浆液沉淀、管道磨损、压力损失。

7.2.9 除雾器可以设置在吸收塔的顶部或出口烟道上，除雾器型式宜选择屋脊或屋脊加丝网。除雾器的设计应符合 JB/T 10989 的有关规定。

7.3 材料

7.3.1 脱硫工程材料的选择应充分考虑防腐耐磨抗老化等要求，保证长周期稳定运行。脱硫工程的检修周期应与主体工程的检修周期一致。

7.3.2 与吸收剂、吸收液接触的设备、材料应有防腐措施，不应采用含铜材料。

7.3.3 脱硫工程选用金属材料应符合表 3 的要求。

表 3 主要金属材料及适用部位

序号	可选牌号	材料成分	适用部位
1	022Cr17Ni12Mo2(UNS S31603, 316L)	奥氏体铬镍钼不锈钢	净烟气与低温原烟气烟道、吸收塔的塔体及塔内构件、挡板门、喷淋管、浆液管道、蒸发器、结晶器、换热器
2	022Cr22Ni5Mo3N(UNS S32205, 2205)、 022Cr25Ni7Mo4N(UNS S32750, 2507)	双相铬镍钼不锈钢	吸收液泵、蒸发器、结晶器、换热器、塔内构件
3	C276* (UNS N10276)、 1.4529*(UNS N08926)	镍铬钼钨耐蚀合金	塔内构件及衬里
注：*为欧洲牌号，UNS 为美国标准			

7.3.4 脱硫工程选用非金属材料应符合表 4 的要求。

表 4 主要非金属材料及适用部位

序号	材料名称	材料类型	适用部位
1	玻璃鳞片树脂	乙烯基酯树脂、酚醛树脂、呋喃树脂、环氧树脂	净烟气、低温原烟气段、吸收塔、浆液箱罐等内衬，表面涂料
2	玻璃钢	玻璃鳞片、玻璃布、乙烯基酯树脂、酚醛树脂	吸收塔、喷淋层、浆液管道、箱罐
3	塑料	聚丙烯等	管道、除雾器
4	橡胶	氯化丁基橡胶、三元乙丙橡胶、丁苯橡胶	吸收塔、浆液箱罐、浆液管道、水力旋流器等内衬
5	陶瓷	碳化硅	浆液喷嘴、阀门

7.3.5 吸收液循环泵过流部件宜选用合金，其他泵应根据不同介质的耐腐耐磨程度进行选择。

7.3.6 浆液管道应选用耐腐耐磨的玻璃钢、金属管道。

7.3.7 材料的焊接应选用同系列的焊材及相应的焊接工艺。

8 检测与过程控制

8.1 一般规定

8.1.1 脱硫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 脱硫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 脱硫工程宜设置集中控制室，也可将其纳入主体工程的集中控制室统筹考虑。距离脱硫集中控制室较远的系统，如吸收剂系统、副产物处理系统等，可设远程控制站或远程I/O站，但应尽可能达到无人值班。

8.1.4 脱硫工程应配套具备所有检测项目分析能力的实验室，实验室宜全厂统筹考虑。

8.2 热工检测与控制

8.2.1 热工检测参数包括：

a) 脱硫工艺系统主要运行参数，包括吸收剂密度和浓度、吸收液pH值、吸收塔及吸收液槽液位、烟气温度、蒸发结晶温度、干燥温度、循环泵电流、物料消耗等；

b) 辅机的运行状态；

c) 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；

d) 必要的烟气参数；

e) 电源系统和设备的参数与状态检测。

8.2.2 检测仪表的设置应符合下列要求：

a) 应设置检测仪表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；

b) 运行中需要进行监视和控制的参数应设置远传仪表；

c) 供运行人员现场检查 and 就地操作所必需的参数应设置就地仪表；

d) 脱硫工程中用于二位控制（ON-OFF）的阀门应设开/关位置限位开关及力矩开关。

8.2.3 吸收塔入口烟气温度、吸收塔温度等重要热工检测项目仪表宜双重或三重冗余设置。

8.2.4 氨罐上应设置压力、温度和液位检测设备。氨罐区及相应的区域应按 GB 50493 设置氨泄漏检测报警仪。

8.2.5 液氨罐区为 II 类防爆区域，所有现场检测仪表防爆等级应不低于 Exd II BT4。

8.2.6 增压风机的控制宜纳入主体工程烟风系统统筹考虑。

8.2.7 脱硫工程自动化水平宜与主体工程的自动化控制水平相一致。脱硫装置控制系统应根据主体工程整体控制方案统筹考虑。

8.2.8 脱硫工程应采用集中监控，实现脱硫装置启动、正常运行工况的监视和调整、停机和事故处理。

8.2.9 脱硫工程的火灾探测及报警系统应符合相应行业的规定。设备选型宜与主体工程一致，火灾报警控制屏宜布置在脱硫控制室，火灾探测及报警系统宜与全厂火灾探测及报警系统实现通信。

8.3 CEMS

8.3.1 用于工艺控制的CEMS可与用于污染源自动监控的CEMS统筹考虑。

8.3.2 用于工艺控制的CEMS，应在烟气脱硫工程的进口和出口设置监测点，检测项目至少应包括烟气量、烟气温度、颗粒物浓度、SO₂浓度和O₂量，并通过硬接线接入脱硫工程的控制系统。

8.4 分析检测

脱硫工程日常分析检测项目及检测周期见附录 B。

9 主要辅助工程

9.1 电气系统

9.1.1 脱硫工程供配电设计应符合GB 50052中的有关规定。

9.1.2 脱硫工程高压、低压供配电电压等级应与主体工程一致。

9.1.3 脱硫工程用电负荷采用双电源供电，如负荷较多可设脱硫专用变压器供电，电源引自主体工程。

9.1.4 交流保安系统应与主体工程一致。脱硫工程区域交流不停电负荷宜由UPS系统供电，可单独设置UPS。UPS宜采用静态逆变装置。

9.1.5 脱硫工程宜设置独立的直流系统为脱硫工程直流负荷(如有)供电，直流系统的设置可参照DL/T 5044的规定。

9.1.6 脱硫供配电二次接线应符合下列要求：

- a) 脱硫电气系统宜在脱硫控制室控制，并纳入分散控制系统；
- b) 脱硫电气系统控制水平应与工艺专业协调一致，宜纳入分散控制系统控制，也可采用强电控制。

9.1.7 过电压保护和接地应符合下列要求：

- a) 脱硫电气装置的过电压保护设计应符合 GB/T 311.1、GB/T 311.2 及 GB/T 50064 等有关规定。
- b) 脱硫生产建（构）筑物的防雷保护应符合 GB 50057 等有关规定。
- c) 脱硫交流接地系统的设计应符合 GB 50065 等有关规定。

d) 液氨罐应按照第二类防雷建筑物设防，并符合 GB 50057 等规定。液氨罐防爆区域范围按 GB 50058 等规定执行。

9.1.8 爆炸火灾危险环境的电气装置设计应符合 GB 50058 及相应行业的有关规定。

9.2 建筑与结构

9.2.1 建筑物的防火设计应符合 GB 50016 的规定。

9.2.2 建筑物的噪声设计应符合 GB/T 50087 的规定。

9.2.3 脱硫工程建筑物热工与节能设计应符合 GB 51245 的有关规定。

9.2.4 脱硫工程的建筑宜优先考虑天然采光，建筑物室内天然采照度应符合 GB 50033 等标准的要求。

9.2.5 脱硫工程建筑防腐设计应符合 GB 50046 的有关规定。

9.2.6 脱硫工程建筑物室内装修设计应符合 GB 50222 的有关规定。

9.2.7 土建结构的设计应符合 GB 50009、GB 50011 及相关行业规范的要求。楼（屋）面活荷载的标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数应按附录 C 中表 C.1 的规定采用。

9.2.8 建筑物的抗震设计应符合 GB 50011 等标准的要求。

9.2.9 计算地震作用时，建（构）筑物的重力荷载代表值应取恒载标准值和各可变荷载组合值之和。各可变荷载的组合值系数应按附录 C 中表 C.2 的规定采用。

9.3 给排水及消防

9.3.1 脱硫工程的生产生活给水系统、生产生活排水系统、雨水排水系统应符合 GB 50013、GB 50014、GB 50015 等标准以及相应行业的规定。

9.3.2 氨区应按照规范 SH 3047 等标准设置洗眼器，洗眼器的保护半径不大于 15 m，洗眼器的用水水质应满足 GB 5749 等标准的要求。

9.3.3 脱硫工程建（构）筑物的消防系统应符合 GB 50016、GB 50140、GB 50116 和 GB 50974 等国家相关规定。

9.3.4 氨罐区消防给水量按供给强度 $6 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ ，持续供给时间 6h 计算，并符合 GB 50016、GB 50974 及 GB 50219 等规定。

9.3.5 储存液氨的罐区应设置合适的冷却及灭火系统，并满足 GB 50084、GB 50160、GB 50974、GB 50219 等规范要求。

9.4 采暖通风与空气调节

9.4.1 脱硫工程应设有采暖、通风与空气调节系统，并应符合 GB 50019 和 GB 50243 的规定。

9.4.2 脱硫工程建筑物的采暖应与其他建筑物一致，冬季采暖室内计算温度取值可参考附录 D 确定。在严寒地区，应按所在地区考虑机械排风或除尘系统排风所带走热量的补偿措施。

9.4.3 副产物处理系统的厂房等有可能逸出有害物质的场所，应设计事故通风设施，事故通风换气次数宜不小于 12 次/h。

9.5 道路与绿化

9.5.1 脱硫工程区域内道路设计应为道路建成后的经常性维修、养护和绿化工作创造有利条件。

9.5.2 脱硫工程区域内绿化应符合 GB 50187 的有关规定。

10 劳动安全与职业卫生

10.1 一般规定

10.1.1 脱硫工程在设计、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。

10.1.2 脱硫工程安全卫生管理应符合GB 5083、GB/T 12801和AQ/T 3033中的有关规定。

10.1.3 安全和卫生设施应与脱硫工程同时建成运行，并制订相应的操作规程。

10.1.4 危险品执行 GB 18218 等标准，按 AQ 3035 和 AQ 3036 等标准设计。

10.1.5 防火、防爆设计应符合 GB 50016、GB 50222 中的有关规定。

10.1.6 采用液氨作为吸收剂时，相关设计应执行 GB/T 12801、AQ/T 3033、GB 18218、AQ 3035、AQ 3036 等中的有关规定。

10.2 劳动安全

10.2.1 氨罐区按照 SH/T 3053 规定执行。液氨罐的制造质量应满足 TSG 21 的规定。

10.2.2 储氨量按 GB 18218 规定为重大危险源的，应执行《危险化学品重大危险源监督管理规定》。

10.3 职业卫生

10.3.1 脱硫工程职业卫生要求应符合GBZ 1、GBZ 2.1、GBZ 2.2的规定。

10.3.2 为防止职业中毒，脱硫工程工作场所的卫生工程防护措施应符合GBZ/T 194中的有关规定。

10.3.3 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。

11 施工与验收

11.1 施工

11.1.1 脱硫工程的施工应符合国家和行业施工程序和管理文件要求。

11.1.2 特种作业人员应具有相关管理部门规定的特种作业人员资格。

11.1.3 施工作业除依据施工图文件、设计变更文件等外，还应遵守国家相关施工技术规范及行业安全规程的相关要求。

11.1.4 脱硫工程施工中使用的设备、材料、器件等应符合相关的国家标准，并取得供货商的产品合格证后方可使用。

11.1.5 储气罐、液氨罐、液氨管道等压力容器及其配套项目施工前应向特种设备主管部门办理相关手续，施工过程中接受其监督。

11.1.6 设备及管道的保温施工应符合 GB/T 4272 的相关要求。

11.1.7 玻璃鳞片衬里施工宜按照 HG/T 3797 和 HG/T 2640 规定执行。

11.1.8 脱硫工程的分系统调试、整套启动热态调试、满负荷试运及质量检验评定可参照 DL/T 5403 中的有关规定。

11.2 验收

11.2.1 脱硫工程验收应按相应专业验收规范和本规范的相关规定执行。

- 11.2.2 土建施工质量验收应符合 GB 50300 的规定。
- 11.2.3 机械设备安装质量验收应符合 GB 50231 的规定。
- 11.2.4 电气装置验收应符合 GB 50254、GB 50259 的规定。
- 11.2.5 热工仪表及控制装置验收应符合 GB 50093 的规定。
- 11.2.6 铬镍不锈钢、镍合金部件焊接、不锈钢复合钢板焊接验收可参照 GB/T 13148 的焊接检验质量规定。
- 11.2.7 设备和管道的保温施工验收应符合 GB/T 4272 的相关质量标准。
- 11.2.8 玻璃鳞片防腐衬里应符合 GB 18241.1、HG/T 2451、HG/T 2640 中的质量标准。
- 11.2.9 脱硫装置在生产试运行期间应进行性能考核试验。脱硫装置试验项目至少应包括：
- a) 出口SO₂浓度和SO₂脱硫效率；
 - b) 出口颗粒物浓度；
 - c) 出口氨逃逸浓度；
 - d) 出口烟气温度；
 - e) 出口雾滴含量；
 - f) 压力损失；
 - g) 吸收剂、水、电等消耗量；
 - h) 脱硫副产物产量及质量；
 - i) 氨回收率。

12 运行与维护

12.1 一般规定

- 12.1.1 脱硫装置的运行、维护及安全管理除应符合本规范外，还应符合相应行业设施运行的有关规定。
- 12.1.2 脱硫装置的运行应根据燃料、原料及主体工程负荷的变化及时调整，保证SO₂连续稳定达标排放。
- 12.1.3 脱硫装置运行应在满足设计工况的条件下进行，并根据工艺要求定期对各类设备、电气、自控仪表及建（构）筑物进行检查维护，确保装置稳定可靠运行。
- 12.1.4 脱硫装置不得在超过设计负荷的条件下长期运行。
- 12.1.5 主体装置启停机时应安排脱硫装置先开后停。
- 12.1.6 工厂应建立健全与脱硫装置运行维护相关的各项管理制度，以及运行、操作和维护技术规程；建立脱硫主要设备运行状况的台帐。运行维护管理的具体内容参考附录E。

12.2 人员与运行管理

- 12.2.1 应成立脱硫装置运行的专门管理部门，并配备相应的人员。
- 12.2.2 应对脱硫装置的管理和运行人员进行定期培训，使管理和运行人员系统掌握正常运行的操作和应急情况的处理措施。氨罐区操作人员应经主管部门培训考核合格后持证上岗。
- 12.2.3 应建立脱硫装置运行状况、设施维护和生产活动等记录，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、进厂数量和进厂时间;
- c) 系统运行工艺控制参数记录, 至少应包括脱硫装置进出口SO₂含量、烟气温度、烟气流量、烟气压力、用水量和用氨量;
- d) 主要设备的运行和维修情况的记录;
- e) 烟气连续监测数据记录;
- f) 副产物处理系统运行情况的记录;
- g) 生产事故及处置情况的记录;
- f) 定期检测、评价及评估情况的记录等。

12.2.4 运行人员应按照运行管理制度和技术规程要求做好交接班和巡视, 液氨或氨水的装卸应加强监控。

12.2.5 每班巡视应对脱硫工程的机械设备检查不少于1次, 检查有无泄漏、振动、异响、堵塞、未达到设计流量等情况存在。主要设备的检修工艺及质量要求见附录F。

12.3 维护保养

12.3.1 脱硫装置的维护保养应纳入全厂的维护保养计划并按相应行业规定进行检修。

12.3.2 维修人员应根据维护保养规定定期检查、更换或维修设备及其部件。

12.3.3 维修人员应做好维护保养记录。

12.3.4 液氨罐及其配套件应定期由具有相应资质的单位检验。

12.4 事故应急预案

12.4.1 应制定脱硫装置事故应急预案, 储备应急物资, 并定期组织相关演习。

12.4.2 脱硫装置事故应急内容至少应包括排放超标应急处理、事故停机应急处理、重要设备/系统故障应急处理、火灾事故应急处理、触电事故应急处理、突发停水/停电应急处理、人员伤亡应急救援。

12.4.3 事故处理时应做好记录、分析原因, 防止同类事故重复发生。

附录A
(资料性附录)
典型工艺流程

A.1 氨法烟气脱硫工艺流程分类

氨法烟气脱硫工艺流程分类如下：

- a) 按副产物的结晶方式分：吸收塔内饱和结晶、吸收塔外蒸发结晶等；
- b) 按吸收塔塔型式分：单塔型、双塔型等；
- c) 按氧化段位置分：氧化外置、氧化内置等；

氨法烟气脱硫工程的工艺流程按照以上分类可组合成多种型式，以下只是其中三种典型流程，详见图 A.1、图 A.2 和图 A.3。

A.2 典型的吸收塔内饱和结晶

吸收塔内饱和结晶—氧化内置的氨法烟气脱硫工艺流程见图 A.1，吸收塔内饱和结晶—氧化外置的氨法烟气脱硫工艺流程见图 A.2。

A.2.1 吸收塔内饱和结晶—氧化内置的氨法烟气脱硫工艺流程的说明

- a) 烟气进入吸收塔，与浓缩循环液、吸收循环液逆向接触脱除 SO₂ 后，净烟气经水洗、除雾后去烟囱排放；
- b) 与烟气中 SO₂ 反应后的吸收循环液在吸收塔内被氧化风机送入的空气氧化；
- c) 吸收循环液在与原烟气逆向接触过程中被浓缩，在塔内结晶得到硫酸铵浆液；
- d) 硫酸铵浆液送副产物处理系统，经旋流、离心分离得到湿硫酸铵，湿硫酸铵经干燥、包装后得成品硫酸铵，母液返回吸收塔；
- e) 补充吸收剂系统的吸收剂到吸收循环液中。

A.2.2 吸收塔内饱和结晶—氧化外置的氨法烟气脱硫工艺流程的说明

- a) 烟气进入吸收塔，与浓缩循环液、吸收循环液逆向接触脱除 SO₂ 后，净烟气经水洗、除雾后去烟囱排放；
- b) 与烟气中 SO₂ 反应后的吸收循环液在氧化槽被氧化风机送入的空气氧化；
- c) 吸收循环液在与原烟气逆向接触过程中被浓缩，在塔内结晶得到硫酸铵浆液；
- d) 硫酸铵浆液送副产物处理系统，经旋流、离心分离得到湿硫酸铵，湿硫酸铵经干燥、包装后得到成品硫酸铵，母液返回吸收塔；
- e) 补充吸收剂系统的吸收剂到吸收循环液中。

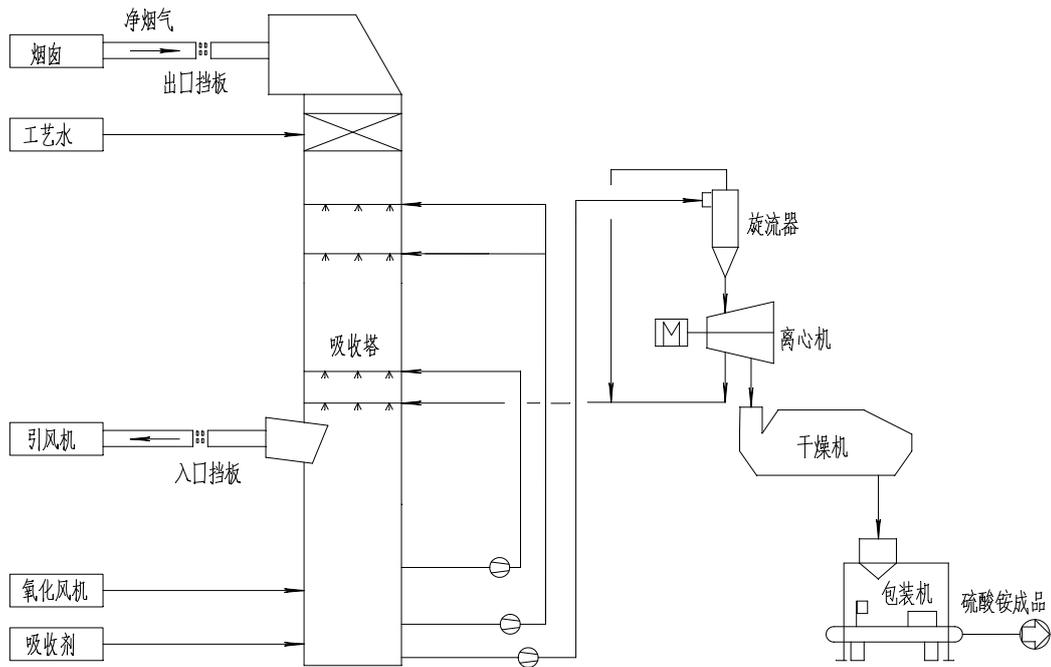


图 A.1 吸收塔内饱和结晶—氧化内置的氨法烟气脱硫工艺流程图

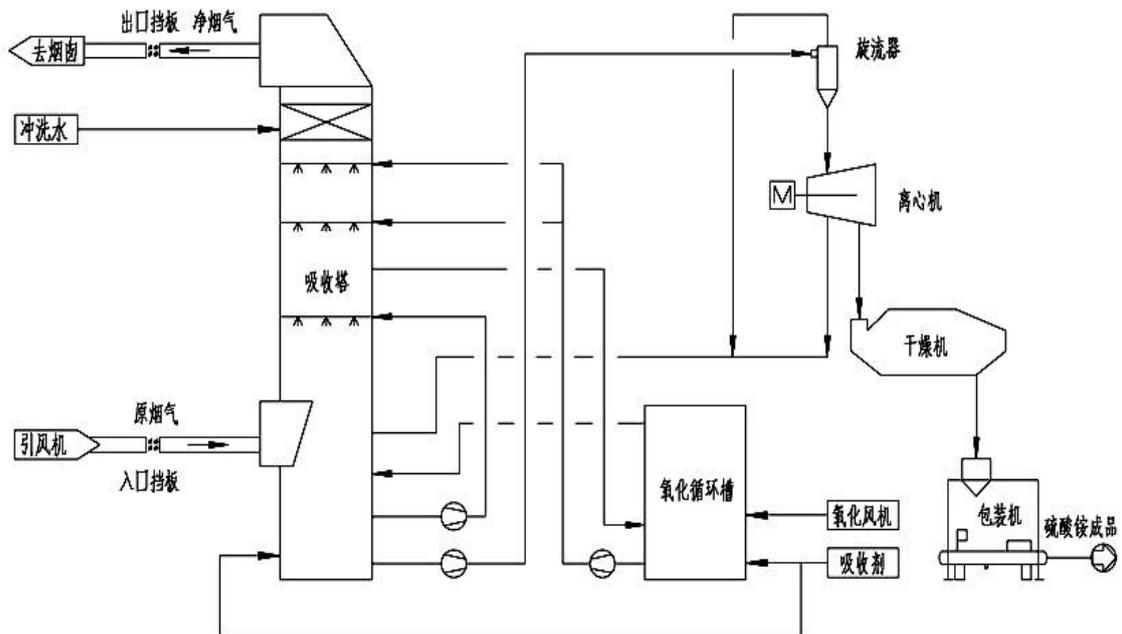


图 A.2 吸收塔内饱和结晶—氧化外置的氨法烟气脱硫工艺流程图

A.3 典型的吸收塔外蒸发结晶（二效）—氧化内置的氨法烟气脱硫工艺流程的说明

吸收塔外蒸发结晶（二效）—氧化内置的氨法烟气脱硫工艺流程见图 A.3。

A.3.1 流程说明

- 烟气进入吸收塔，与浓缩循环液、吸收循环液逆向接触脱除 SO_2 后，净烟气经水洗、除雾后通过塔顶设置的直排烟囱排放；
- 与烟气中 SO_2 反应后的吸收循环液在吸收塔内被氧化风机送入的空气氧化；
- 吸收循环液与原烟气逆向接触过程中被浓缩；

- d) 浓缩循环液送二效蒸发结晶系统，水分被蒸发后，得到硫酸铵浆液；
- e) 硫酸铵浆液经旋流、离心分离得到湿硫酸铵，湿硫酸铵经进干燥、包装后得到成品硫酸铵，母液返回吸收塔；
- f) 补充吸收剂系统的吸收剂到吸收循环液中。

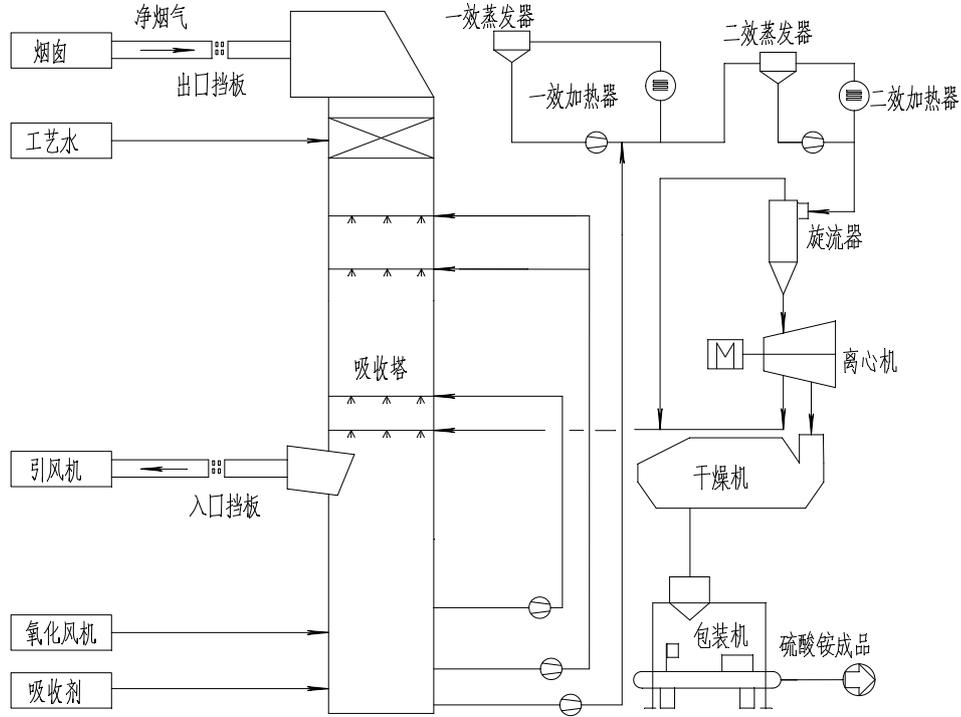


图 A.3 吸收塔外蒸发结晶（二效）—氧化内置的氨法烟气脱硫工艺流程图

附录B

(资料性附录)

日常分析检测项目及检测周期

B.1 脱硫工程日常分析检测项目及检测周期见表 B.1。

B.2 烟气 SO₂、NO_x、O₂、H₂O、颗粒物测试应依据 GB 16297、GB/T 16157 以及相应行业标准。

B.3 烟气氨逃逸浓度宜按 GB/T 16157 进行气液分离预处理后按 HJ 533 检测。

B.4 吸收循环液/浓缩循环液测试宜依据 GB/T 535、HG/T 2784、HG/T 2785。

B.5 副产物测试可参考 GB/T 535。

表 B.1 日常分析检测项目及检测周期

序号	类别	介质名称	分析项目指标	检测方法	检测频率
1	原料	吸收剂	有效成分含量、杂质	GB/T 8570	1 次/批
2	烟气	进、出口烟气	SO ₂ 、NO _x 、O ₂ 、H ₂ O、颗粒物、雾滴浓度	GB 16297、GB/T 16157、相应行业排放标准	1 次/月
3	烟气	出口烟气	氨逃逸浓度	按 GB/T 16157 进行气液分离预处理后按 HJ 533 检测	2 次/月（当工况变化时，应适当提高检测频次）
4	中控	吸收循环液/浓缩循环液	总铵盐	GB/T 535	1 次/天
			亚硫酸（氢）铵	HG/T 2784、HG/T 2785	
			氯离子	GB/T 15453、GB/T 11896	1 次/周
			氟离子	GB/T 7484	
		悬浮固体	GB/T19923		
5	中控	吸收循环液/浓缩循环液	pH 值	pH 计	2 次/班
			密度	比重计	
6	中控	硫酸铵浆液	pH 值	pH 计	2 次/班
			密度	比重计	
7	副产物	硫酸铵	氮含量、水分、游离酸	GB/T 535	1 次/批

附录C
 (资料性附录)
 建(构)筑物重力荷载代表值计算

表 C.1 建(构)筑物楼(屋)面均布活荷载标准值及组合值、频遇值和准永久值系数

序号	类别	标准值	组合值系数	频遇值系数	准永久值系数
		kN/m ²	Ψ_c	Ψ_f	Ψ_q
1	配电装置楼面	5.0	0.9	0.8	0.7
2	控制室楼面	4.0	0.8	0.8	0.7
3	电缆夹层	2.0	0.7	0.7	0.6
4	硫铵综合楼楼面	4.0	0.8	0.7	0.7
5	固液分离层	4.0	0.8	0.7	0.6
6	干燥层	4.0	0.8	0.7	0.6
7	作为设备通道的混凝土楼梯	3.5	0.7	0.5	0.3

表 C.2 计算重力荷载代表值时采用的组合值系数

可变荷载的种类		组合值系数
一般设备荷载(如管道、设备支架等)		0.8
楼面活荷载	按等效均布荷载计算时	0.5
	按实际情况考虑时	1.0
屋面活荷载		0

附录D
(资料性附录)
冬季采暖室内计算温度

表 D.1 冬季采暖室内计算温度表

房间名称	采暖室内计算温度 (°C)	房间名称	采暖室内计算温度 (°C)
包装房	5	控制室	20
硫铵仓库	5	配电室	5
离心机房	10	氧化风机房	5
干燥机房	10	泵房	5
UPS室	18	CEMS室	20

注：设置集中采暖的泵房及氧化风机房，应保证设备停止运行时室内的温度不低于5°C。

附录E

(资料性附录)

氨法烟气脱硫工程运行维护管理

E.1 开车前的联合检查

E.1.1 工程扫尾工作

工程竣工前进行设计和施工质量大检查，由施工、设计、运行三方面人员，按专业分工开展“三查四定”——三查即查设计漏项，查工程质量隐患，查未完工程（包括未施工的联络箴，联系单的工作量）；四定即对检查出来的问题，定任务、定人员、定措施、定时间完成。

E.1.2 检测与过程控制系统的调试

- a) 在联动试车前，应对检测与过程控制系统的检测、控制、联锁和报警进行模拟调试；
- b) 当检测与过程控制系统调试时，检测与过程控制、电气、工艺操作人员必须密切配合，相互协作；
- c) 首次试车或低负荷下可暂时不投用联锁装置，但应保留报警并派专人负责保护。

E.2 投料试车

E.2.1 概述

完成开车前的准备工作方可进行投料试车。

投料试车的目的是对生产工艺流程、设备、检测与过程控制、电气等进行全面考察，对操作和管理人员进一步训练，对界区条件如工艺水、工业循环冷却水、蒸汽、压缩空气、吸收剂供应，电气，检测与过程控制，给排水及消防做进一步检查，为正常生产做好准备。

试车时，要按工艺流程顺序逐步打通流程，不应追求快速达到设计负荷，确保人身安全和机械安全。

E.2.2 准备工作

- a) 试车组织落实，各岗位操作人员配齐并熟知本岗位职责、操作规程和试车方案；
- b) 联动试车中设备、管道、电气、检测与过程控制、给排水及消防等所发现的缺陷都已经消除并检查合格；
- c) 吸收剂质量满足要求，烟气量、SO₂浓度、颗粒物浓度满足要求；
- d) 分析检测条件具备；
- e) 各种报表齐全；
- f) 通讯、照明设备运转正常；

E.2.3 水联动试车

- a) 吸收循环系统加入工艺水；
- b) 启动各循环泵，形成吸收循环系统的水循环，此时观察吸收塔的液位，吸收循环液流量，浓缩循环液流量，吸收塔压力等控制参数的变化情况；
- c) 启动各槽罐的搅拌器，检查搅拌装置能否正常运行；
- d) 完成水联动试车后，进行投料试车。

E.2.4 投料试车

E.2.4.1 启动各循环泵，形成吸收循环系统的水循环。

E.2.4.2 启动氧化风机。

E.2.4.3 通烟气

- a) 通知主控室已具备接受烟气的条件；
- b) 开启吸收塔进、出口烟道挡板门。

E.2.4.4 加入吸收剂

- a) 吸收剂加入量根据烟气量、烟气 SO₂ 浓度、出口 SO₂ 浓度、出口颗粒物浓度、出口氨逃逸浓度等进行控制；
- b) 吸收循环液按照工艺要求进行循环、氧化、排出，浓缩循环液按照工艺要求进行循环、排出；
- c) 副产物处理系统开车，启动固液分离设备、干燥设备、称重及包装设备。

E.3 正常运行

完成投料试车后，调节主要设备和工艺控制参数，以达到设计指标。

E.4 停车及故障分析

E.4.1 停车

主体装置大修，则脱硫装置按计划停车。

在计划停车前，应将吸收塔、氧化槽等设备的液位控制在低位。

在有关准备工作完成后，主体装置停止送入烟气，关闭进出吸收塔的烟气挡板门。

停运氧化风机，关闭吸收剂、工艺水进料阀，停止向吸收塔加入吸收剂、工艺水。

吸收循环泵、浓缩循环泵继续运行，直到吸收塔温度达到安全温度后，停运吸收循环泵、浓缩循环泵。

依次关闭固液分离设备、干燥设备、称重及包装设备，完成副产物处理系统的停车。

E.4.2 异常分析

- a) 出口 SO₂ 浓度偏高：吸收剂加入量不足、吸收循环泵未启动、喷淋系统堵塞或泄漏等；
- b) 吸收循环液、浓缩循环液氧化率低：氧化空气量不足或 SO₂ 浓度超出设计值；

E.4.3 脱硫工程运行记录表见表 E.1 和 E.2。

表 E.1 氨法烟气脱硫装置生产记录表（一）烟气系统及吸收循环系统

年 月 日

项目	进口烟气					净烟气						吸收塔			吸收循环泵 A		吸收循环泵 B		吸收循环泵 C		浓缩循环泵 A		浓缩循环泵 B		浓缩段	氧化槽	氧化空气	氧化风机 A		氧化风机 B						
	压力	温度	烟气量 (干标, 基准氧)	SO ₂ 浓度 (干标, 基准氧)	颗粒物 浓度 (干标, 基准氧)	压力	温度	烟气量 (干标, 基准氧)	SO ₂ 浓度 (干标, 基准氧)	颗粒物 浓度 (干标, 基准氧)	脱硫率	温度	压力	压力降	压力	电流	压力	电流	压力	电流	压力	电流	压力	电流	压力	电流	液位	液位	压力	压力	电流	压力	电流			
时间	kPa	℃	m ³ /h	mg/m ³	mg/m ³	kPa	℃	m ³ /h	mg/m ³	mg/m ³	%	℃	kPa	Pa	MPa	A	MPa	A	MPa	A	MPa	A	MPa	A	MPa	A	m	m	kPa	MPa	A	MPa	A			
2:00																																				
4:00																																				
6:00																																				
8:00																																				
10:00																																				
12:00																																				
14:00																																				
16:00																																				
18:00																																				
20:00																																				
22:00																																				
0:00																																				
大夜班人员： 当班情况：										白班人员： 当班情况：										小夜班人员： 当班情况：																

表 E.2 氨法烟气脱硫装置生产记录表（二）副产物处理系统及公用系统

年 月 日

项目	旋流器进口		旋流器出口	硫酸铵浆液泵		热风	蒸汽		料液槽		离心机		事故槽	事故泵		工艺水槽	工艺水泵		硫酸铵产品		
	流量	含固率	含固率	压力	电流	温度	压力	温度	液位	搅拌电流	电流	温度	液位	压力	电流	液位	压力	电流	氮含量	水分	游离酸
时间	m ³ /h	%	%	MPa	A	℃	MPa	℃	m	A	A	℃	m	MPa	A	m	MPa	A	%	%	%
2:00																					
4:00																					
6:00																					
8:00																					
10:00																					
12:00																					
14:00																					
16:00																					
18:00																					
20:00																					
22:00																					
0:00																					
大夜班人员： 当班情况： 硫酸铵 袋							白班人员： 当班情况： 硫酸铵 袋							小夜班人员： 当班情况： 硫酸铵 袋							

E.5 脱硫装置应急处理预案

E.5.1 一般要求

E.5.1.1 脱硫装置应按相关标准及规定结合脱硫装置的实际制订各种应急处理预案，以确保脱硫装置的安全。

E.5.1.2 运行人员应严格按照运行规程和运行人员岗位责任制的要求进行操作。

E.5.1.3 发生事故时，运行人员应迅速向班长、车间主任或有关领导汇报，按照规程和指示进行处理，紧急情况下宜先处理事故。

E.5.1.4 事故处理结束，运行人员应将事故的详细情况记入操作记录。

E.5.2 吸收剂泄漏的应急处理

E.5.2.1 应急处理人员应戴防护手套和空气呼吸器，穿防毒服。

E.5.2.2 应迅速撤离泄漏污染区人员至上风处，严格限制出入。

E.5.2.3 应切断火源，严禁使用产生火花的工具和机动车辆进入，宜禁止使用通讯工具。

E.5.2.4 应尽可能切断泄漏源，开启事故通风。如果是脱硫界区内泄漏，可关闭界区内吸收剂进口总阀，并将总阀到吸收塔之间管道内的吸收剂全部加入吸收循环液。

E.5.2.5 高浓度泄漏区，喷水中和、稀释、溶解。

E.5.2.6 现场急救

a) 皮肤接触：立即脱去被污染的衣着，应用 2% 硼酸液或大量流动清水彻底冲洗；就医；

b) 眼睛接触：立即提起眼睑，用大量流动清水或生理盐水彻底冲洗至少 15 分钟；就医；

c) 吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处；保持呼吸道通畅；如呼吸困难，立即输氧；如呼吸停止，立即进行人工呼吸；就医。

E.5.3 脱硫系统供水中断的处理

E.5.3.1 工业循环冷却水中断的处理

a) 停止离心机运行；

b) 停止氧化风机运行；

c) 若工业循环冷却水短时间内不能恢复，则应请示有关领导，按照领导指示进行处理。

E.5.3.2 工艺水中断的处理

脱硫装置工艺水槽宜满足系统 1h 用水量，工艺水中断后及时报告。

附录F

(资料性附录)

主要设备的检修工艺及质量要求

表 F.1 主要设备的检修工艺及质量要求表

设备名称	项目	维护或检查内容	质量要求
吸收塔本体	检查塔(罐)防腐内衬(树脂)的磨损及变形	(1) 清除塔内及干湿界面的灰渣及垢物 (2) 用电火花仪检查防腐内衬有无损坏,用测厚仪检查内衬的磨损情况 (3) 检查塔壁变形及开焊情况,采用内顶外压法校直、补焊	(1) 各部位清洁无异物 (2) 内衬无针孔、裂纹、鼓泡和剥离。磨损量不大于原厚度的 1/3 (3) 塔壁平直,焊缝无裂纹
	检查格栅梁及托架	(1) 检查格栅梁及托架的腐蚀磨损情况,视情况修补或更换 (2) 检查托架安装是否平稳,测量水平度	(1) 梁、架防腐层完好 (2) 水平度不大于 2‰,且不大于 4mm
	检查氧化配气管	(1) 用水冲洗、疏通配气管 (2) 检查焊缝及断裂情况,进行补焊 (3) 检查管子定位抱箍有无松动脱落,并拧紧、补齐 (4) 塔(罐)内注水淹没喷嘴,通入压缩空气做鼓泡试验	(1) 无堵塞 (2) 焊缝及管道无裂纹、脱焊 (3) 抱箍齐全、牢固 (4) 有氧化配气管的喷嘴鼓泡均匀,管道无振动
	检查各部冲洗喷嘴及管道、阀门	(1) 检查喷嘴 (2) 检查管道应无腐蚀,法兰及阀门无损坏	(1) 喷嘴完整,无堵塞、磨损、管道畅通 (2) 管道无泄漏,阀门开关灵活
	检查除雾器	(1) 冲洗芯体,除去垢块,检查芯体 (2) 检查紧固件 (3) 检查漏斗排水管	(1) 芯体无杂物堵塞,表面光洁,无变形、损坏 (2) 连接紧固件完好,牢固 (3) 漏斗及排水管畅通
吸收液循环泵	检查机械密封	安装时将轴表面清洗干净,抹上黄油,装好各部 O 型环,压盖应对角均匀拧紧	(1) 盘簧无卡涩,动静环表面光洁无裂纹、划伤、锈斑或沟槽 (2) 轴套无磨痕,粗糙度为 1.6
	检查轴承	(1) 检查轴承表面及测量间隙。更换轴承时采用热装温度不超过 100°C,严禁用火焰加热;安装时轴承平行套入,不得直接敲击弹夹的外圈 (2) 检查测量主轴颈圆柱度,以两轴颈为基准测量中段径向跳动量	(1) 轴承体表面应无锈斑、坑疤(麻点不超过 3 点,深度小于 0.50mm,直径小于 2mm)转动灵活无噪声 (2) 公差配合:轴径向轴承与轴 H7/JS6,径向轴与轴 H7/K6,外圈与箱内壁 JS7/h6 (3) 止推轴外圈轴向间隙为

			<p>0.02mm~0.06mm</p> <p>(4) 轴承轴向间隙不大于 0.3mm</p> <p>(5) 径向间隙不大于 0.15mm</p> <p>(6) 转子定中心时应取总窜量的 1/2</p>
	检查泵体及过流部件	<p>(1) 检查泵体、叶轮等过流部件的磨损、腐蚀、汽蚀情况</p> <p>(2) 测定与吸入衬板间隙</p>	<p>(1) 泵壳无磨损及裂纹；叶轮无穿孔、无可能引起振动的失衡缺陷</p> <p>(2) 轮与吸入衬板间隙：卧式泵为 1~1.5mm，立式液下泵为 2mm~3mm</p> <p>(3) 无泄漏，且水压高于泵压 0.5bar 以上</p>
浓缩液循环泵	检查机械密封	安装时将轴表面清洗干净，抹上黄油，装好各部 O 型环，压盖应对角均匀拧紧	<p>(1) 盘簧无卡涩，动静环表面光洁无裂纹、划伤、锈斑或沟槽</p> <p>(2) 轴套无磨痕，粗糙度为 1.6</p>
	检查轴承	<p>(1) 检查轴承表面及测量间隙。更换轴承时采用热装温度不超过 100°C，严禁用火焰加热；安装时轴承平行套入，不得直接敲击弹夹的外圈</p> <p>(2) 检查测量主轴颈圆柱度，以两轴颈为基准测量中段径向跳动量</p>	<p>(1) 轴承体表面应无锈斑、坑疤(麻点不超过 3 点，深度小于 0.50mm，直径小于 2mm) 转动灵活无噪声</p> <p>(2) 公差配合：轴径向轴承与轴 H7/JS6，径向轴与轴 H7/K6，外圈与箱内壁 JS7/h6</p> <p>(3) 止推轴外圈轴向间隙为 0.02mm~0.06mm</p> <p>(4) 轴承轴向间隙不大于 0.3mm</p> <p>(5) 径向间隙不大于 0.15mm</p> <p>(6) 转子定中心时应取总窜量的 1/2</p>
	检查泵体及过流部件	<p>(1) 检查泵体、叶轮等过流部件的磨损、腐蚀、汽蚀情况</p> <p>(2) 测定与吸入衬板间隙</p>	<p>(1) 泵壳无磨损及裂纹；叶轮无穿孔、无可能引起振动的失衡缺陷</p> <p>(2) 轮与吸入衬板间隙：卧式泵为 1~1.5mm，立式液下泵为 2mm~3mm</p> <p>(3) 无泄漏，且水压高于泵压 0.5bar 以上</p>
	检查密封水系统	<p>(1) 检查、修理密封水管道法兰阀门</p> <p>(2) 检查密封是否损坏，轴承箱是否漏油</p>	<p>(1) 无泄露，密封无破损</p> <p>(2) 轴封完好，无泄漏点</p>
	检查润滑油系统	检查润滑油质，并定期补充及更换	润滑油符合标准，无杂质
	检查出入口蝶阀	检查蝶阀	开关灵活，关闭严密；橡胶衬里无损坏

离心机	检查筛网	(1) 筛网间隙过大 (2) 表面磨蚀严重	(1) 一级筛网间隙 $\leq 0.35\text{mm}$, 二级筛网间隙 $\leq 0.5\text{mm}$ (2) 筛网表面光滑, 有金属光泽, 材质无误, 无明显磨蚀凹坑, 间隙对称
	检查离心加速盘及分配盘	(1) 外型检查 (2) 紧固螺栓	(1) 外型尺寸正确, 表面无腐蚀 (2) 紧固螺栓无磨蚀, 螺栓补套无腐蚀变形
	检查转鼓及耐磨环	(1) 转鼓外型检查 (2) 耐磨环检查 (3) 耐磨环螺栓 (4) 刮刀	(1) 转鼓无明显腐蚀, 转鼓内筛网卡槽凸台 $\geq 3\text{mm}$ (2) 耐磨环内弧无磨蚀, 材质无误 (3) 螺栓完整, 无腐蚀 (4) 刮刀无磨蚀变形, 材质无误
	检查集料槽	(1) 集料弧板磨蚀 (2) 集料槽螺栓及衬套腐蚀	(1) 弧板表面光滑, 无明显冲击凹坑 (2) 螺栓无腐蚀变形, 衬套完好无变形
	检查液压油及油冷器	(1) 液压油乳化 (2) 油冷却器	(1) 液压油保持油标冷 $1/2 \sim 2/3$, 油质无乳化变质 (2) 油冷器转热良好, 进出口冷却水温差 $> 5^{\circ}\text{C}$
	检查气液分离装置	(1) 泄漏检查	(1) 无泄漏, 气液分离正常
	检查电机及皮带	(1) 电机检查 (2) 皮带检查	(1) 电机工作正常 (2) 皮带松紧正常, 或更换