



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

转炉一次烟气干法净化与煤气回收系统 设备技术规范

点 Technical standard for equipment of converter primary flue gas dry purification
and recovery syste

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(工作组讨论稿)

(本草案完成时间：2024.5.15)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 系统组成及性能参数	2
4.1 系统简介	2
4.2 性能参数	3
5 技术要求	3
5.1 一般（通用）技术要求	3
5.2 系统整体性能要求	4
5.3 蒸发冷却器技术要求	5
5.4 圆筒型电除尘器技术要求	8
5.6 煤气切换站	16
5.7 煤气冷却器技术要求	18
6 试验方法与检验规则	20
6.1 总则	20
6.2 单机试车	21
图 1 转炉一次烟气干法除尘系统总图布置示意图	3
图 2 蒸发冷却器	6
图 3 圆筒型电除尘器	8
图 4 风机系统	14
图 5 煤气切换站	17
图 6 煤气冷却器	19
表 1	3
表 2 蒸发冷却器出厂检验项目及要 求	6
表 3	6
表 4 圆筒型电除尘器出厂检验项目及要 求	8
表 5	9
表 6 风机出厂检验项目及要 求	14
表 7	15
表 8 煤气切换站出厂检验项目及要 求	17
表 10 煤气冷却器出厂检验项目及要 求	19
表 11	19
表 12	21
表 13	22

表 14.....	22
表 15.....	22
表 16.....	23
表 17.....	23

前 言

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

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由国家标准管理委员会提出。

本文件由全国冶金设备标准化技术委员会（SAC/TC409）归口。

本文件起草单位：中国重型机械研究院股份公司、青岛特殊钢铁有限公司、安钢集团信阳钢铁有限责任公司、义乌星耀风机有限公司、江苏神通阀门有限公司。

本文件主要起草人：李永辉、郭启超、李新强、柳宝龙、李朝阳、司水山、周俊敏、杨朝刚、汪鑫。

本文件为首次发布。

转炉一次烟气干法净化与煤气回收系统 设备技术规范

1 范围

本标准规定了转炉一次烟气干法净化与煤气回收系统中主要机械设备的技术规范。

本标准适用于转炉一次烟气干法净化与煤气回收系统主要机械设备的制作、安装、试车及系统排放等功能测试。

2 规范性引用文件

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

GB/T 9115	对焊钢制管法兰
GB/T 9124	钢制管法兰 技术条件
GBT 12221-2005	金属阀门结构长度
GB/T 13927	工业阀门 压力试验
GB/T 13931	电除尘器性能测试方法
GB/T 15605	粉尘防爆、泄压指南
GB/T 16845	除尘器
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/T 24917-2010	眼镜阀
GB/T 37400.1	重型机械通用技术条件 产品检验
GB/T 37400.3	重型机械通用技术条件 焊接件
GB/T 37400.10	重型机械通用技术条件 装配
GB/T 37400.11	重型机械通用技术条件 配管
GB/T 37400.12	重型机械通用技术条件 涂装
GB/T 37400.13	重型机械通用技术条件 包装
GB/T 40514-2021	电除尘器
GB 50231	机械设备安装工程施工及验收通用规范
GB 50236	现场设备、工业管道焊接工程施工规范
GB 50275	压缩机、风机、泵安装工程施工及验收规范
GB/T 50387	冶金机械液压、润滑和气动设备工程安装验收规范
GB 51135-2015	转炉煤气净化及回收工程技术规范
JB/T 322	环境保护产品技术要求
JB/T 8536	电除尘器机械安装技术条件
JB/T 5900	电除尘器
JB/T 6407	电除尘器调试、运行、维修安全技术规范
JB/T 8527-2015	金属密封蝶阀
JB/T 11312-2012	转炉煤气干法净化用圆筒型电除器

JB/T 12627	转炉煤气干法除尘系统用杯形阀
JC/T358--2021	水泥工业用电除尘器
YB/T4917-2021	转炉炼钢一次烟气颗粒物测定技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 蒸发冷却器 Evaporative Cooler

设置于汽化烟道后用于转炉烟气急速降温调质并粗除尘的设备。

3.2 圆筒型电除尘器 Round Type Electrostatic Precipitator

本体采用卧式圆筒型结构，进出风口采用圆锥形结构，烟气从进口到出口做“塞状流动”，即在圆筒内做活塞式整体流动。筒体内设有阳极和阴极部分，筒体内下部设有刮灰装置的一种用于转炉煤气精除尘的干式电除尘器。

3.3 风机系统 Fan System

作为整个干法净化回收系统的动力系统，通过变频控制转速，实时为转炉一次烟气的放散和回收提供动力。

3.4 煤气切换站 Gas switching station

由严密密封的回收侧杯形阀和放散侧钟形阀组成，两个阀门均由液压驱动，根据煤气成分自动切换放散和回收状态，实现煤气的自动回收和放散。

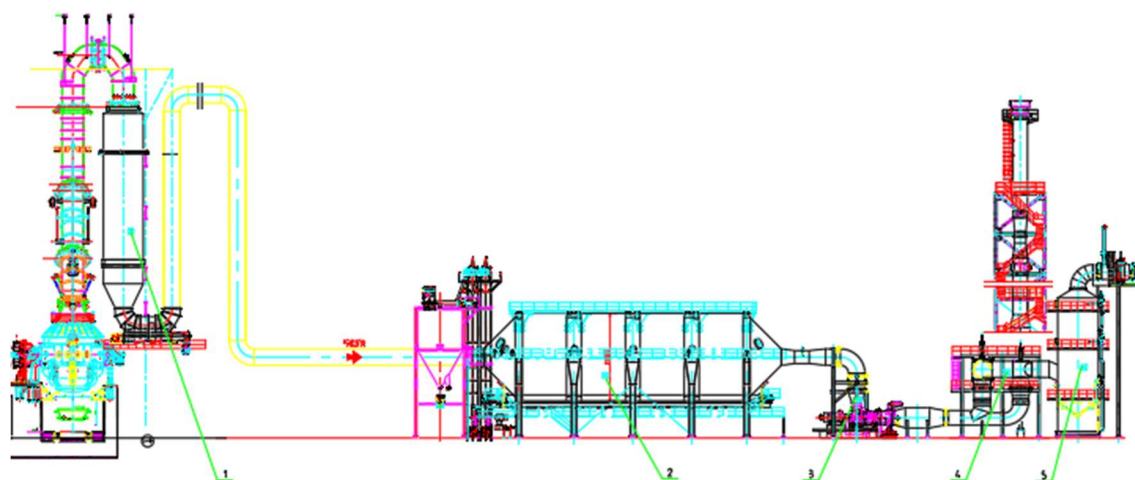
3.5 煤气冷却器 Gas cooler

为回收的煤气冷却降温以满足煤气柜要求的煤气温度。

4 系统组成及性能参数

4.1 系统简介

转炉一次烟气干法除尘系统主要由蒸发冷却器、圆筒型电除尘器、风机系统、煤气切换站和煤气冷却器等主要设备组成。其经典工艺流程如图 1 所示



说明:

1- 蒸发冷却器； 2-圆筒型电除尘器； 3-风机系统； 4-煤气切换站； 5-煤气冷却器。

图1 转炉一次烟气干法除尘系统总图布置示意图

在转炉炼钢生产过程中，产生大量含 CO 的烟气，其中带有氧化铁、氧化钙、氧化镁及其它成份构成的固体颗粒。转炉一次烟气干法净化回收系统可以高效净化烟气以保护环境，同时收得洁净的高热值转炉煤气，减少碳的排放。

4.2 性能参数

转炉一次烟气干法净化回收系统的性能参数见表1

表1

项目	参数范围	备注
转炉公称容量 (T)	30-300	
处理烟气量 (Nm ³ /h)	30000-250000	
蒸发冷却器直径 (m)	3-8	
圆筒型电除尘器直径 (m)	5.5-15	
风机风量 (m ³ /h)	100000-500000	
风机全压Pa	7000-12000	
杯阀直径 (m)	0.9-3	
煤冷直径 (m)	3-8	

5 技术要求

5.1 一般（通用）技术要求

- 5.1.1 切削加工件未注明的技术要求应符合 GB/T 37400.9 的规定。
- 5.1.2 铸钢件未注明的技术要求应符合 GB/T 37400.6-2019 的规定。

- 5.1.3 锻件未注明的技术要求应符合 GB/T 37400.8-2019 的规定。
- 5.1.4 焊接件未注明的技术要求应符合 GB/T 37400.3 的规定。
- 5.1.5 产品的涂装，除应符合图样和有关技术文件的规定外，其它应符合 GB/T 37400.12 的规定。
- 5.1.6 整体排放应符合国家排放标准及委托方签订的技术协议规定的排放要求。
- 5.1.7 设备出厂检验前按照 JB/T 37400.3 进行制造装配。
- 5.1.8 设备制造单位应按图样及技术文件的要求准备好检测项目文件，并出具制造、装配结果检验检测报告。
- 5.1.9 参与设备出厂检验的人员对机组中各设备进行测试及检验，确保符合图样及技术文件的要求。并出具各方确认后的检测检验报告，由有关单位及相关人员签署设备出厂检验报告。
- 5.1.10 设备安装应按照 GB 50231-2017 进行，并满足 GB 50387 完成相应介质管路装配工作等。
- 5.1.11 安装施工单位准备好安装检测项目文件并出具安装结果检验报告。
- 5.1.12 参与安装检验的人员对照安装结果检验报告，对设备进行指标性复查并确认，确保符合图样及技术文件对设备安装的各项要求。
- 5.1.13 安装施工单位出具各方确认后的安装结果检测检验报告，由各有关单位及相关人员签署设备安装检验报告。

5.2 系统整体性能要求

5.2.1 系统性能要求

- a) 满足国家超低排放标准
- b) 满足委托技术协议相关要求

5.2.2 测试条件

- 最大钢产量、铁水及其它成分比例符合预定要求
- 铁水的碳含量、钢水的碳含量符合预定要求。
- 标准的吹炼条件
- 汽化冷却烟道运转正常
- 在吹炼期间，烟罩完全降落
- 交接点能源介质供给要满足设计要求

5.2.3 测试方法（根据技术协议规定选取相应考核的测试项目）

5.2.3.1. 放散烟气含尘浓度检测

系统排放指标测试方法应依据 GB/T16157-1996 相关要求执行。

由于放散烟气含尘浓度很低，且一炉钢的冶炼周期只有 30~40 分钟，如采用滤筒采样称重法则需

要 5 个周期的冶炼时间断续检测，具体方法是：在转炉的一个冶炼周期内（去除煤气回收时间）分 5 次记录粉尘浓度计显示的浓度数值 C_n ，并按以下公式计算：

$$C \text{ 平放散} = (C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5) / 5$$

连续测 5 炉，放散烟气含尘浓度 C 平放散值 $\leq 30 \text{mg/Nm}^3$ 为合格。详见附表二。

5.2.3.2. 回收煤气含尘浓度检测

由于回收煤气含尘浓度很低，且煤气属饱和湿度，采用滤筒采样称重法则无法检测出结果，因此建议由转炉煤气回收系统下游煤气厂或动力厂提供在煤气柜设置的在线煤气含尘浓度计的检测结果作为考核数据，具体方法是：在转炉的一个冶炼周期的煤气回收时间内分 5 次记录粉尘浓度计显示的浓度数值 C_n ，并按以下公式计算：

$$C \text{ 平回收} = (C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5) / 5$$

连续测 5 炉，回收煤气含尘浓度 C 平值 $\leq 30 \text{mg/Nm}^3$ 为合格。详见附表三。

5.2.3.3. 设备可开动率检测

设备可开动率 (R) 是指在工作时间内，设备可开动次数 (r_2) 和应开动次数 (r_1) 的比值。具体方法是：在各系统正常投运后分别统计连续三个月内系统中各主要设备的可开动次数和应开动次数，并按以下公式计算：

$$R = r_2 / r_1 \times 100\%$$

设备可开动率 (R) $\geq 99\%$ 为合格。主要设备检验详见附表四。

5.2.3.4. 合格煤气回收量检测

合格煤气回收量是指转炉在一个冶炼周期内煤气中 CO 含量达到可回收条件所回收的煤气量和一炉钢的比值。具体方法是：利用系统管路上的流量计，记录在炼一炉钢的过程中开始回收到回收结束所回收的煤气总量 (Q 标) 和回收时间 (M)，记录一炉钢的重量 (T)，并按以下公式计算：

$$V_0 = Q \text{ 标} \times M / T \quad (\text{Nm}^3/\text{t 钢})$$

如果采集到的是实际工况流量，则应将实际工况体积 (V) 换算成标准状况下的体积。

连续测 10 炉，平均回收煤气量 $\geq 100 \text{ Nm}^3/\text{t 钢}$ 为合格。详见附表五。

5.3 蒸发冷却器技术要求

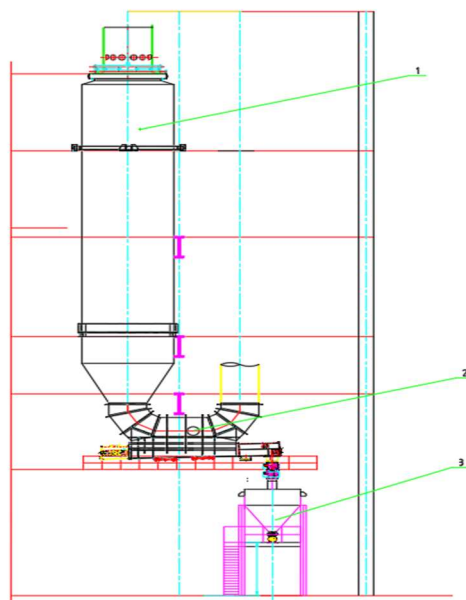
5.3.1 设计要求

设计时应保证有足够有效的蒸发空间，确保喷入的大雾滴全部蒸发；设备材质选择，上半部宜采用 15CrMo 或 1Cr18Ni9 及以上耐热材料，下半段及香蕉弯宜采用 Q245R；喷枪均匀布置于汽化冷却烟道

末段，数量按烟气降温所需水量确定；进出口测温装置应对称布置于烟道两侧，安装位置应避开烟气紊流区。喷枪可选用外混或内混喷枪；蒸发冷却器直筒段高度最低不得小于 12m。

5.3.2 制作技术要求

设备结构见图 2，检验项目及表 2。



说明：

1-蒸发冷却器； 2-香蕉弯； 3-粗灰仓。

图2 蒸发冷却器

表2 蒸发冷却器出厂检验项目及表 2

序号	检测项目	单位	允许偏差
01	筒体直径	mm	±5
02	直筒段高度	mm	±10

5.3.3 安装技术要求

5.3.3.1 基准点（线）设置

基准线以转炉汽化冷却烟道末段中心为竖直基准线，以末段烟道末端法兰为接口基准线。

5.3.3.2 设备安装检验指标

表3

序号	检测项目	检验方法	检验标准	备注
1	焊缝检查	观测与探伤	1. 焊接接头型式及尺寸除设计图中注明者外，其余按 GB985 《气焊、手工电弧焊及气体保护焊坡口的基本形式与尺寸》	

			<p>或 GB6222-2005《工业企业煤气安全规程》中的规定；角焊缝的腰高按较薄板的厚度。</p> <p>2. 外壳对接焊缝的内部质量应符合 GB50236-98《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》。</p> <p>3. 焊缝表面不得有裂纹、焊瘤等缺陷。不得有表面气孔、夹渣、弧坑裂纹、电弧擦伤等缺陷。</p> <p>4. 本设备的 A 及 B 类焊缝应进行局部射线探伤，其长度为每条焊缝的 20%，且不小于 250mm。</p> <p>5. 设备制造安装完毕后焊缝应进行煤油渗漏检验。</p>	
2	安装尺寸检查	观测与测量	<p>1. 蒸发冷中心线与末段烟道中心线同轴度不大于 5mm</p> <p>2. 蒸发冷支座安装后，底座之间水平误差\leq5mm。</p> <p>3. 香蕉弯出口端平面度\leq5mm。</p> <p>4. 检查采用螺栓连接的部位，须将螺栓丝扣打毛，或与螺母焊死，以防止松动。</p> <p>5. 钢结构的制造与安装应符合 GB50205-2001《钢结构工程施工质量验收规范》的规定。</p> <p>6. 检查设备所有人孔门及密封条，确保人孔门密封性良好，并且开关灵活。</p>	
3	涂装检查	观测	<p>1. 防锈及涂漆质量要求按 JB/T5000.12—1998《涂装通用技术条件》执行。</p> <p>2. 构件表面应涂刷均匀，颜色一致，表面应平整密实，与基层粘接良好，不得起皮、开裂、返锈，不应有漏涂、露底等缺陷。</p>	
4	喷水系统检查	观测与检测	<p>1. 检查每个喷嘴的安装位置方向，要求每个喷嘴的喷水方向与图纸相符。</p> <p>2. 各类阀门的安装位置方向正确无误。法兰连接处连接良好，密封无泄漏。</p> <p>3. 喷水系统管路应进行压力试验或泄漏性试验，试验要求按 GB50184-2011《工业金属管道工程施工质量验收规范》标准执行。</p>	
5	保温施工检验	观测与测量	<p>1. 蒸发冷却器的保温应在筒体焊缝检查合格后进行，进行保温施工时，须按保温施工图的要求进行施工。</p> <p>2. 保温厚度和保温面积按保温施工图要求进行。</p>	

		3. 注意支撑骨架焊接牢固，外部护板的搭接顺序正确，做到表面平整，整洁美观。	
--	--	----------------------------------------	--

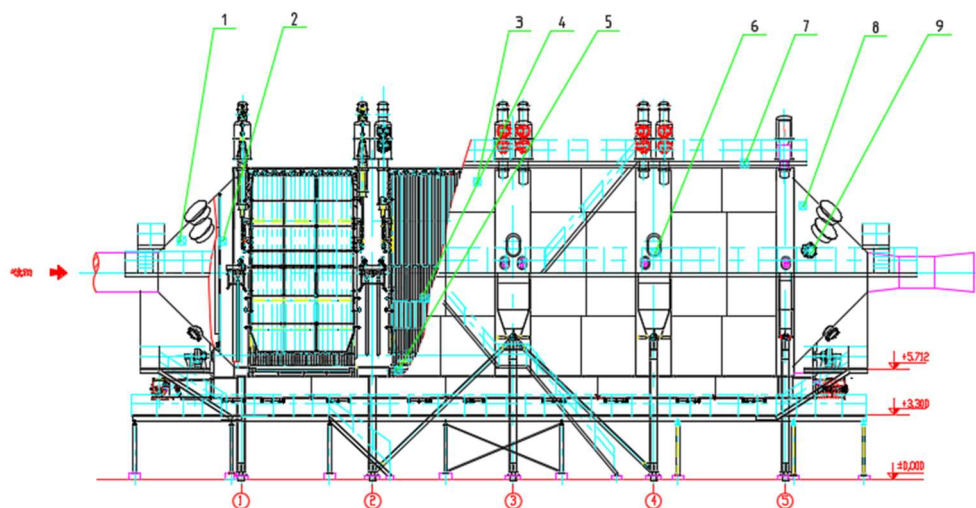
5.4 圆筒型电除尘器技术要求

5.4.1 设计要求

采用卧式结构，烟气流速不宜大于 1m/s；采用环形梁结构，确保抗爆性能及气体柱塞流通性；入口设置气流分布装置，确保气流均布；电场数量不少于 4 个，出口含尘浓度低于 30mg/Nm³；合理利用扇形刮灰系统，保证除尘灰顺利排出。

5.4.2 制作技术要求

设备结构见图 3，检验项目及及要求见表 3。



说明：

- 1-进口风； 2-气流分布板； 3-壳体； 4-内部件（阴阳极及其振打）； 5-刮灰系统；
6-台架； 7-走梯平台； 8-出口风； 9-泄爆阀。

图3 圆筒型电除尘器

表4 圆筒型电除尘器出厂检验项目及及要求

序号	检测项目	单位	允许偏差
01	立柱高度	mm	±0.5
02	立柱及斜撑直线度	mm/m	±0.2
03	环梁直径	mm	0-10
04	阴极框架对角线	mm	±3
05	极板对角线	mm	±3
06	刮灰板圆弧度	mm	±3

07	环梁圆弧度	mm	±5
08	振打轴直线度	mm/m	±0.2
09	刮灰大轴直线度		±1

5.4.3 安装技术要求

5.4.3.1 基准点（线）设置

基准线以土建除尘器中心线为基准。

5.4.3.2 设备安装检验指标

表5

序号	检测项目	检验方法	检验标准	备注
1	钢支柱检验	测量	钢支柱安装完毕后，进行以下检验： 1. 立柱垂直度 1/1000mm。 2. 柱顶标高允差±4 mm。 3. 柱脚中心距：小于等于 10M，允差±3 mm。大于 10M，允差±5 mm。 4. 柱脚对角线，小于等于 20M，允差±6 mm。大于 20M，允差±8 mm。 5. 焊接质量：符合 JB5911-2007《电除尘器焊接件技术要求》及符合 JB/T5000.3—1998《焊接件通用技术条件》要求，不漏焊。	
2	支座检验	测量	1. 支座对角线允差±10 mm。 2. 跨距允差±5 mm。 3. 支座允差±2mm。	
3	除尘器环梁检验	测量与探伤	1. 环梁组对后不圆度为 0-10 mm。 2. 环梁垂直度允差±8 mm。 3. 环梁间中心线偏移允差±6 mm。 4. 进、出口环梁中心跨距±18 mm。 5. 各环梁同轴度±6 mm。 6. 环梁支架间距为±10 mm 7. 内部走台高度允差±5 mm。 8. 阳极支撑座（角钢）顶面到中心高度误差±3 mm。 9. 阴极吊挂支座之间距误差 1/1000 mm。 10. 筒体板焊接后直径误差 10/1000 mm。	

			11. 直焊缝要求 10%超声波探伤, T 形焊缝要求 100%超声波探伤。焊缝质量达到 JB4730-94 《压力容器无损探伤检测》的 II 级要求。	
4	刮灰装置 检验	观测与测量	<ol style="list-style-type: none"> 1. 刮灰装置驱动齿轮中心到扇形轮销轴中心偏差+5 mm。 2. 电场刮灰装置的刮板到筒体板距离±15 mm。 3. 环梁刮灰装置刮板到环梁内壁的距离±15 mm。 4. 进、出口刮灰装置刮板到环梁内环板的距离±15 mm 5. 电场刮灰装置的刮板两端头到环梁腹板的距离允差 0~10 mm。 6. 一、二电场及三、四电场传动主轴的同轴度±3 mm。 7. 刮灰装置驱动齿轮和销轴啮合正常, 左右摆动灵活, 无卡壳现象。 8. 联轴器安装到轴肩位置后间隙允差±3 mm。 9. 驱动齿轮和扇形轮销轴安装到位后, 齿轮两端面到扇形轮弧板内环环面间距误差±8 mm。 10. 刮灰装置轴承支座调整就位后两边档块进行三面焊接, 轴承座上的方钢也需三面焊接, 焊角达到 5 mm。 11. 刮灰装置安装就位后, 所有螺栓和螺母现场封焊。 	
5	进、出风 口、筒体 板检验	观测与探伤	<ol style="list-style-type: none"> 1. 焊条选择正确, 焊缝成形良好, 无外观缺陷。 2. 直、环焊缝要求 10%超声波探伤, T 形焊缝要求 100%超声波探伤, 焊缝质量达到 JB4730-94 《压力容器无损探伤检测》的 II 级要求。 	
6	阳极、阴 极检验	观测与测量	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电场内部全部螺栓螺母待零件调整后拧紧点焊, 点焊长度大于 10 mm。 2. 阳极板排在组装调整后, 对角线允差±5 mm, 平面度允差±5 mm。 3. 阳极板排在组装调整后, 所有螺纹连接须使用扭力扳手拧紧, 拧紧力大于 200N.M。 4. 阳极振打砧中心线允差±5 mm, 振打砧平面度允差 5 mm。 5. 阴极线安装时用 300N 的张紧力拉紧后焊接 120° 6. 阴极振打砧座中心线允差±5 mm, 振打砧平面度允差 5 mm。 7. 阳极和阴极的同极距允差±15mm, 异极距±10mm。 8. 阴极大框架组装后平面度允差≤8mm。 	

			9. 阴极大框架安装后水平度偏差为 $\pm 2\text{mm}$ 。	
7	阳极和分布板振打传动检验	观测与测量	<ol style="list-style-type: none"> 振打锤头和振打砧座的接触线应低于振打砧座水平中心线 $15 \pm 3 \text{ mm}$。 振打锤垂直中心线与振打砧座垂直中心线允差$\pm 5 \text{ mm}$。 各锤头转动到位、转动灵活、无卡壳现象。 振打轴的同轴度偏差为 3 mm。 振打锤头安装调整好后螺栓螺母按$\geq 120 \text{ N}\cdot\text{M}$ 拧紧力矩拧紧点焊，点焊长度大于 10 mm。 	
8	阴极振打传动检验	观测与测量	<ol style="list-style-type: none"> 振打锤头和振打砧座的接触线应低于振打砧座水平中心线 5 mm。 振打提升装置运转良好，提升后能及时准确复位，无卡壳现象。 各锤头转动到位、转动灵活、无卡壳现象。 振打轴的同轴度偏差为 3 mm。 振打锤头垂直中心线与振打砧座垂直中心线允差$\pm 3\text{mm}$。 振打锤头安装调整好后螺栓螺母按$\geq 120 \text{ N}\cdot\text{M}$ 拧紧力矩拧紧点焊，点焊长度大于 10 mm。 	
9	阴极吊挂检验	观测与测量	<ol style="list-style-type: none"> 吊挂保护管外表面和防尘管内表面要求光滑、无毛刺。 吊挂保护管外表面和防尘管内表面距离$\geq 80 \text{ mm}$。 两吊挂杆之间距误差$\leq 1/1000 \text{ mm}$。 	
10	底部输灰机检验	观测与测量	<ol style="list-style-type: none"> 圆式电除尘器底部链式输灰机和外壳连接处要求密封焊，焊后要求直焊缝 10% 超声波探伤，T 形焊缝要求 100% 超声波探伤，焊缝质量达到 JB4730-94《压力容器无损探伤检测》的 II 级要求。 链式输灰机机头、机身、机尾的法兰和底板连接处均用耐热橡胶垫片密封，螺栓螺母拧紧并封焊。 链式输灰机运行平稳，无噪音，链条松紧调整适度，无链条跑偏和卡壳现象。 链条中心线偏差$\leq 15 \text{ mm}$。 驱动减速机扭力杆保护装置安装方向正确，弹簧按设定要求调整好。 其他要求见链式输灰机安装技术要求。 	
11	保温施工检验	观测与测量	<ol style="list-style-type: none"> 整台除尘器的保温应在空载试车达标后进行，进行保温施工时，须按保温施工图的要求进行施工。 	

			<p>2. 保温厚度和保温面积按保温施工图要求进行。</p> <p>3. 注意支撑骨架焊接牢固，外部护板的搭接顺序正确，做到不漏雨，表面平整，整洁美观。</p> <p>4. 外部护板与支撑骨架的铆接要牢固，防止大风吹开。</p>	
12	综合检验	观测	<p>1. 检查设备所有人孔门及密封条，确保人孔门密封性良好，并且开关灵活。</p> <p>2. 检查设备所有减速机，将润滑油加到所要求的油位。</p> <p>3. 检查润滑加压泵、油路分配器工作正常，各油路无泄漏，所有轴承内部均能供油。</p> <p>4. 所有传动电机转动方向正确，绝缘等级达到要求。</p> <p>5. 设备所有焊接焊缝处必须打磨光滑，无焊瘤。</p> <p>6. 设备需要密封焊的所有地方不得漏焊，以免除尘器漏风，焊缝要有足够的强度。</p> <p>7. 阴阳极之间不得留有铁丝、棉丝等可能引起短路的杂物。</p> <p>8. 在灰斗、吊挂保温箱及阴极振打保温箱内不得留有任何杂物。</p> <p>9. 在除尘器的内部要对焊接、气割引起的飞溅物进行清理，以防飞溅物及尖角引起放电。</p> <p>10. 各传动部件必须转动灵活，无卡壳现象。</p> <p>11. 氮气密封系统各管道阀门安装完成后必须吹扫清理三遍以上，内部无杂物，然后检查各连接部位。</p> <p>12. 润滑系统各管道阀门安装完成后必须吹扫清理三遍以上，内部无杂物，然后检查各连接部位。</p> <p>13. 高压电源绝缘措施必须按电气规范采取措施，现场与电气人员联系。</p> <p>14. 在安装过程中对某些未考虑到的问题或安装方法存在问题，可与有关部门协商解决。</p> <p>15. 其余检查内容和要求按电除尘器通用技术条件执行。</p>	

5.5 风机系统技术要求

5.5.1 设计要求

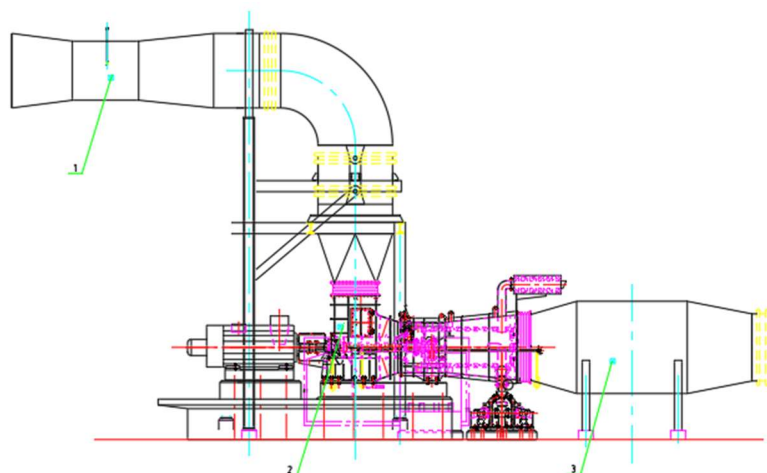
可采用轴流风机或离心风机，其后端设置消音装置，变频调速，适应转炉周期内各阶段烟气量的实时变化。

轴流风机

- 5.5.1.1 煤气轴流风机最高内效率大于或等于 80%。
- 5.5.1.2 煤气轴流风机特性曲线的允许偏差，限制在：
- (a) 在给定转速下，在工作区域内，在风机压力所对应的流量偏差： $-1\% \sim 1\%$ ；
 - (b) 在给定转速下，在工作区域内，在流量所对应的风机压力偏差： $-2\% \sim 2\%$ ；
 - (c) 在给定转速下，在工作区域内，在对应点的内效率，无负偏差；
 - (d) 轴功率偏差： $-2\% \sim +2\%$ 。
- 5.5.1.3 煤气轴流风机应有良好的调节性能，调节方式采用变频调速或停车调节小动叶。
- 5.5.1.4 煤气轴流风机采用单级或双级叶轮，推荐采用单级叶轮。
- 5.5.1.5 煤气轴流风机的设计使用年限不低于 20 年；煤气轴流风机在第一次大修前，安全运行时间不得低于 4 年。
- 5.5.1.6 煤气轴流风机主轴（刚性）的临界转速应大于风机最高工作转速的 1.3 倍。
- 5.5.1.7 煤气轴流风机转子的动平衡品质等级 G2.5。
- 5.5.1.8 煤气轴流风机壳体设计压力 0.2MPa。
- 5.5.1.9 煤气轴流风机叶轮应进行固有频率计算，以防止共振。叶轮小叶片的装设要牢固可靠，保证在运行中不发生振动或叶片掉落故障。
- 5.5.1.10 煤气轴流风机轴封采用碳环加氮气隔离式组合密封，其易损件更换周期应大于 1.5 年。
- 5.5.1.11 煤气轴流风机进风箱的两侧以及扩压器内筒上设置便于检修进出的人孔门，在叶轮对应位置的机壳上设置观察孔。
- 5.5.1.12 煤气轴流风机主轴承采用滚动轴承或滑动轴承，推荐采用滚动轴承。
- 5.5.1.13 煤气轴流风机轴承润滑采用油池润滑或油站循环油润滑，推荐采用油站循环油润滑。
- 5.5.1.14 煤气轴流风机内部的轴承宜采用在线一用一备防爆冷却风机（含过滤器、消声器、三通自动转化阀）。
- 5.5.1.15 煤气轴流风机进风箱最低处应装设直径不低于 50mm 的疏水管或螺塞。
- 5.5.1.16 煤气轴流风机进出口与管道的连接须有挠性连接管，并且其重量不允许落于风机进出口上。
- 5.5.1.17 煤气轴流风机采用防爆挠性联轴器，并设置可拆卸的钢制安全护罩。
- 5.5.1.18 煤气轴流风机组件要考虑吊装、检修拆卸方便，以配备适用的吊攀或吊孔。
- 5.5.1.19 煤气轴流风机基础的固有频率须在下列范围之外（ n 为风机最高转速 1/秒）：
- 5.5.1.20 $0.8n$ 至 $1.2n$ ， $1.8n$ 至 $2.2n$ ， $2.8n$ 至 $3.2n$ ， $3.8n$ 至 $4.2n$ 。

5.5.2 制作技术要求

设备结构见图4，检验项目及要求见表4。



说明：

1-文氏管； 2-风机； 3-消音器；

图4 风机系统

表6 风机出厂检验项目及要求

序号	检测项目	标准
1	性能曲线	额定转速下，在工作区域内，全压所对应的流量偏差：0%
		额定转速下，在工作区域内，流量所对应的全压偏差：-2%~2%
		额定转速下，在工作区域内，对应点的全压效率，无负偏差
		轴功率偏差：-2%~+2%
2	调速	变频调速
3	防爆等级	二区防爆
4	联轴器	膜片联轴器（无火花型）
5	泄露率	0
6	转子动平衡	工厂转子动平衡精度等级 G2.5
7	风机转子和壳体间隙	≤3mm
8	壳体承压	≤0.3MPa

5.5.2.1 煤气轴流风机壳体须有适合的加强筋板以消除刚度不足而产生的振动。

5.5.2.2 煤气轴流风机焊接件按照设计图样和国家有关焊接标准要求，根据零部件的重要性进行直观检查和相应的无损探伤检查。

- 5.5.2.3 叶轮与机壳的平均径向间隙应控制在叶轮直径的 0.001 至 0.002 倍或符合设计图样规定。
- 5.5.2.4 进风箱、机壳与扩压器的所有进出口接合面、剖分面、氮封安装面均须经过机加工至少达到 Ra12.5 及以上。
- 5.5.2.5 所有加工接合面之间的密封须采用耐温 250℃ 以上的密封胶。
- 5.5.2.6 煤气轴流风机内部保温层由风机制造厂提供；风机壳体外表面应设隔声设施，要求风机运行噪声在距风机 1m 处，其噪声值应小于 85dB (A)。隔声设施的设计由风机制造厂负责。
- 5.5.2.7 煤气轴流风机应进行低速、高速动平衡，前者可采用动平衡机对转子进行低速动平衡校正，后者须各部件组装成整机后按最高转速进行。
- 5.5.2.8 煤气轴流风机在全部运行条件下轴承箱部位的最大允许振动值（振速） $\leq 4.6\text{mm/s}$ 。
- 5.5.2.9 煤气轴流风机宜采用可靠密封，保证泄漏率为零。
- 5.5.2.10 煤气轴流风机做机械运转试验应按最高转速运行，如果条件不具备，允许降低转速进行机械运转试验。机械运转试验时要求温度与振动符合规定。
- 5.5.2.11 煤气轴流风机做全尺寸性能试验理论上应按最高转速运行，但通过的介质是冷态空气，所以允许降低转速进行性能试验后进行相似换算。
- 5.5.2.12 煤气轴流风机主轴承箱、供油装置及连接管道不允许有润滑油泄露。
- 5.5.2.13 煤气轴流风机配套的就地电控箱/柜均为防爆型，防护等级不小于 IP65，带不锈钢柜体和防雨罩。
- 5.5.2.14 煤气轴流风机仪表的设计采用标准化的元件和标准化的设备组件，以适合钢厂使用更换的需要。随煤气轴流风机和其配套部件配供的通用仪表、检测元件及控制设备选用国家标准产品或质量可靠、性能符合工艺要求并经鉴定合格的产品。
- 5.5.2.15 煤气轴流风机带有测振、测温、油位、油压、油温、测速，提供报警及停机极限值。
- 5.5.2.16 煤气轴流风机发货时进出口应有木制盖板严密遮盖，以防止尘土和杂物进入。

5.5.3 安装技术要求

5.5.3.1 基准点（线）设置

基准线以除尘器中心线为基准。

5.5.3.2 设备安装检验指标

表7

序号	检测项目	检验方法	检验标准
1	安装尺寸检查	观测与测量	1、核对煤气轴流风机型号、叶轮旋转方向和主要安装尺寸是否与设计相符。 2、核对煤气轴流风机的基础尺寸是否与设计相符。

			<ol style="list-style-type: none"> 3、检查煤气轴流风机外露部分各加工面的防锈情况、转子是否发生明显的变形或严重锈蚀、碰伤等 4、煤气轴流风机搬运和吊装时的绳索，不得捆绑在转子和机壳或轴承盖的吊环上。 5、煤气轴流风机为整机组装后到货（扩压器除外），其安装应直接放置在基础上，用成对斜垫铁找平。 6、煤气轴流风机整机安装的纵向不水平度不应超过 0.2/1000，横向不水平度不应超过 0.3/1000，可采用水平仪分别在主轴或轴承座的水平中分面上测量。 7、煤气轴流风机主轴与电动机轴的不同轴度，径向位移不应超过 0.05 毫米，倾斜不应超过 0.2/1000。 8、煤气轴流风机进风箱与上游管道、扩压器与下游管道的连接法兰均应对中贴平，接合严密；前后管道的重量不得加在进风箱或扩压器上，以防止煤气轴流风机变形。 9、现场检修或吊装转子时应放置于转子架上，不允许将转子直接放在地上滚动或移动。 10、 所有的地脚螺栓二次灌浆干浆后须检查是否牢固。 11、 现场配制的润滑管路应进行除锈、清洗处理，主回油管应有 1:25 以上的斜度以保证回油顺畅。 12、 煤气轴流风机的检测仪器、仪表的安装，应按设备技术文件的规定执行。 13、 确保煤气轴流风机的联轴器护罩和散热轮护罩安装正确。
--	--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

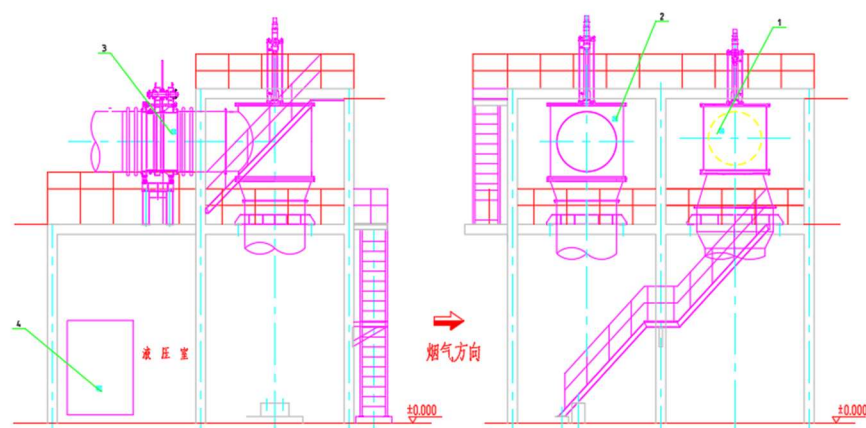
5.6 煤气切换站

5.6.1 设计要求

前端设置气体分析仪，自动切换煤气回收与烟气放散，不允许手动切换。

5.6.2 制作技术要求

设备结构见图 5，检验项目及要求的见表 5。



说明:

1-回收杯阀； 2-放散杯阀； 3-眼镜阀； 4-液压站；

图5 煤气切换站

表8 煤气切换站出厂检验项目及要

序号	检测项目	单位	数值
1	杯阀泄露率		0
2	杯阀直径允许偏差	mm	±10
3	阀体耐压	MPa	0.25
4	工作密封油压	MPa	12
5	正常开启油压	MPa	6-8
6	开启关闭时间	s	≤10
7	事故紧急开启关闭时间	s	≤3
8	密封		硬质合金锥面密封

5.6.3 安装技术要求

5.6.3.1 基准点（线）设置

基准线以通过除尘器中心线确定的切换站中心线为基准。

5.6.3.2 设备安装检验指标

表9

序号	检测项目	检验方法	检验标准
1	钟型阀及液压站检查	观测与测量	1. 钟型阀及液压站的检查按技术协议要求及设备的使用操作说明书要求检测。 2. 钟型阀连接管道法兰口中心标高偏差：±20mm。

2	钟型阀支撑平台	观测与测量	<ol style="list-style-type: none"> 1. 所有构件表面应光滑、无毛刺、不应有歪斜、扭曲、变形及其他缺陷。 2. 所有结构涂层要求涂层均匀、无起泡、流挂、龟裂、干喷和杂物现象。 3. 煤气管道中心标高偏差：$\pm 20\text{mm}$。 4. 钟型阀支撑面平面度偏差：$\leq 5\text{mm}$。 5. 钟型阀支撑钢结构立柱垂直度(H)每米允差 1/1000。 6. 钟型阀支撑钢结构立柱对角线偏差：$\pm 10\text{mm}$。 7. 所有梯子、平台、平台支架及栏杆的连接处，要求焊接牢固、可靠，不得漏焊、缺焊。
3	电动插板阀检查	观测与测量	<ol style="list-style-type: none"> 1. 阀门应安装在水平管线上，并应留有足够空间，便于阀门启闭。 2. 阀门安装前前后管道应保持同心，管道同心度偏差：$\pm 10\text{mm}$。阀门不应承受管道的弯扭及拉压应力。 3. 阀门安装时应注意阀门的承压方向，即在阀板关闭位置，阀板的承压方向应与阀门上的箭头方向一致。 4. 阀门安装后开闭到位，运转自如。 5. 其他要求见液动敞开式插板阀安装技术要求。

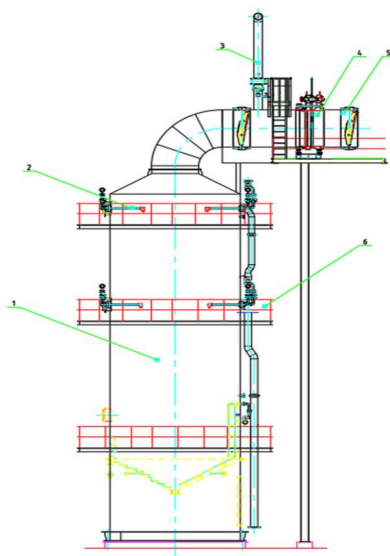
5.7 煤气冷却器技术要求

5.7.1 设计要求

设计足够供水量与热交换空间，确保回收煤气出口温度低于 70 度。

5.7.2 制作技术要求

设备结构见图 6，检验项目及表 6。



说明：

1-煤气冷却器筒体； 2-喷淋系统； 3-放散管； 4-眼镜阀； 5-蝶阀； 6-走梯平台。

图6 煤气冷却器

表10 煤气冷却器出厂检验项目及要

序号	检测项目	单位	允许偏差
1	筒体泄露率		0
2	高度误差	mm	±10
3	直径误差	mm	±10

5.7.3 安装技术要求

5.7.3.1 基准点（线）设置

基准线以回收杯阀中心线为基准。

5.7.3.2 设备安装检验指标

表11

序号	检测项目	检验方法	检验标准
1	外观检验	观测	1. 所有构件表面应光滑、无毛刺、不应有歪斜、扭曲、变形及其他缺陷。 2. 煤气冷却器筒体表面不应有焊疤、明显凹面，划痕应小于 0.5mm。 3. 检查设备上所有人孔门及人孔门密封条，确保人孔门的严密性。 4. 所有梯子、平台、平台支架及栏杆的连接处，要求焊接牢固、可靠，不得漏焊、缺焊。
2	安装尺寸检查	测量	1. 煤气冷却器筒体圆度：≤25mm。 2. 煤气冷却器筒体中心偏差：≤10mm。 3. 煤气冷却器筒体总高度偏差：±50mm。 4. 煤气冷却器筒体支撑环平面度偏差：≤8mm。 5. 烟气进出口中心偏差（水平）≤25mm。 6. 烟气进出口标高偏差：±20mm。 7. 楼梯塔立柱垂直度(H)每米允差 1/1000。 8. 楼梯塔立柱对角线偏差：±10mm。
3	焊缝检查	观测与探伤	1. 焊缝表面不得有裂纹、焊瘤等缺陷。不得有表面气孔、夹渣、弧坑裂纹、电弧擦伤等缺陷。 2. 焊缝外形均匀，成型较好，焊缝和飞溅物清除干净。 3. 煤气冷却器筒体 A 类 B 类焊缝应进行局部射线探伤，其长度为每条焊缝的 10%，且不小于 250mm，合格标准为 GB 3323-87III 级。

			4. 煤气管道焊接完毕后应进行煤油渗漏检验。
4	喷水系统检查	观测	1. 检查每个喷嘴的安装位置，要求每个喷嘴的喷水方向垂直向下。 2. 阀门的安装位置方向正确无误。法兰连接处连接良好，密封无泄漏。 3.
5	涂漆防腐	观测与测量	1. 构件表面应涂刷均匀，颜色一致，表面应平整密实，与基层粘接良好，不得起皮、开裂、返锈，不应有漏涂、露底等缺陷。 2. 防锈及涂漆质量要求按 JB/T5000.12—1998《涂装通用技术条件》执行。
6	密封性试验	检测	1. 煤气冷却器本体应进行气密性试验，试验要求按 GB6222-2005《工业企业煤气安全规程》标准执行。 2. 喷水系统管路应进行压力试验或泄漏性试验，试验要求按 GB50184-2011《工业金属管道工程施工质量验收规范》标准执行。
7	电动插板阀检查	观测与测量	1. 阀门应安装在水平管线上，并应留有足够空间，便于阀门启闭。 2. 阀门安装前前后管道应保持同心，管道同心度偏差： $\pm 10\text{mm}$ 。阀门不应承受管道的弯扭及拉压应力。 3. 阀门安装时应注意阀门的承压方向，即在阀板关闭位置，阀板的承压方向应与阀门上的箭头方向一致。 4. 阀门安装后开闭到位，运转自如。 5. 其他要求见液动敞开式插板阀安装技术要求。
8	电动蝶阀检查	观测与测量	1. 阀门应安装在水平管线上，并应留有足够空间，便于阀门启闭。 2. 阀门安装前前后管道应保持同心，管道同心度偏差： $\pm 10\text{mm}$ 。阀门不应承受管道的弯扭及拉压应力。 3. 阀门安装时应注意阀门的承压方向，即在阀板关闭位置，阀板的承压方向应与阀门上的箭头方向一致。 4. 阀门安装后开闭到位，运转自如。 5. 蝶阀转轴应水平安装。 6. 其他要求见液动敞开式插板阀安装技术要求。

6 试验方法与检验规则

6.1 总则

6.1.1 设备安装检验后，设计单位出具机组单机试车、单机冷负荷试车大纲，安装施工单位对系统的各个单机设备进行单机试车及功能测试，调试单位对机组进行空负荷试车。

6.1.2 单机试车的各项测试指标应符合设计单位出具的单机试车大纲要求。

6.1.3 空负荷试车的各项测试指标必须符合设计单位出具的空负荷试车大纲要求。

6.1.4 单机试车及功能测试完成后由安装施工单位出具调试检验报告，空负荷试车完成后由调试单位出具调试检验报告，所有检验报告需经各有关单位及相关人员确认，由各有关单位及相关人员签署检验报告并加盖公章。

6.1.5 最终设备性能和产品质量要达到供需双方技术协议签订的保证值要求。

6.2 单机试车

6.2.1 单机试车前提条件

设备安装检验项目全部合格、供电系统、液压系统、润滑系统、各类气体介质系统、电气控制及自动化控制系统等与单机试车有关的系统和设备均分别具备试车条件、处于可供使用状态，具体项目如下：

- 各电机单独通电试运转完毕；
- 各减速机加入规定润滑油量；
- 各转动轴承部分应按要求加满润滑油；
- 液压、润滑、气动设备安装检验完毕；
 - 所有设备及周围地区不得存在不安全的因素；
 - 单机试车前，有关人员应熟悉设备试车说明书及其他调试文件；
 - 设计方已按照系统的配置要求完成了软件开发、系统集成及调试工作，达到合同及相关技术规范的要求，完成了相关技术资料的编写；
 - 自动化系统硬件设备和软件系统现场安装和调试工作全部结束；
 - 施工单位完成二次回路接线，完成安装图纸和资料的编制以及安装设备的调试，相关图纸及资料正确符合现场实际，并已提交施工单位；
 - 与系统相关的辅助设备（包括电源、接地、防雷等）和现场防火措施已安装调试完毕；
 - 生产厂家已完成对使用单位的技术培训。安装单位已会同生产厂家共同完成现场检验大纲的编写工作，项目现场检验大纲已由现场检验组织部门审核并确认。

6.2.2 单机试车项目及要求

6.2.2.1 蒸发冷却器试车检验项目及要求

表12

序号	项目	技术要求指标
1	快速切断阀开关检查	开关灵活，开启关闭时间≤5S
2	快速调节阀开关及位置检查	开关灵活，定位准确
3	水、气管路杂物清除	冲洗吹扫管路不小于 10 分钟
4	喷枪雾化效果检查	目测雾化效果良好，水量达到设计值

5	检查孔密封检查	检查孔密封锁紧
6	进出口测温仪表检查	进出口双测温仪表安装完毕

6.2.2.2 圆筒型电除尘器试车检验项目及技术要求（指标详见 GB/T40514-2021）

表13

序号	项目	技术要求指标
1	刮灰系统试车检查	
2	阳极振打系统试车检查	
3	阴极振打系统试车检查	
4	分布板振打试车检查	
5	电场升压检查	
6	泄爆阀位置开关检查	

6.2.2.3 风机系统试车检验项目及技术要求

表14

序号	项目	技术要求指标
1	冷却水或冷却风机试车检查	
2	轴承冷却检查	
3	风机电机单机试车	
4	风机空载试车	
5	风机高速运转	
6	轴承震动值检测	

6.2.2.4 煤气切换站试车检验项目及技术要求

表15

序号	项目	技术要求指标
1	液压站管道打循环冲洗	油脂洁净度不低于 7 级
2	杯阀动作检查	动作灵活，开关时间可按要求调整
3	眼镜阀动作检查	开启关闭灵活到位，加紧松开灵活到位
4	置换管路检查	置换管路符合煤气要求

6.2.2.5 煤气冷却器试车检验项目及要求

表16

序号	项目	技术要求指标
1	管道焊渣等杂物清除	喷嘴安装前冲洗所有水管路
2	电动阀门接线检查	校线打点无误
3	喷嘴雾化效果检查	水流量达到设计值，目测雾化效果均匀
4	自动连锁条件检查	测试每项连锁正常自动开启关闭
5	眼镜阀动作检查	开启关闭灵活到位，加紧松开灵活到位
6	蝶阀动作检查	开启关闭灵活到位，加紧松开灵活到位

6.3 联动试车

6.3.1 联动试车前提条件

各设备单机试车均达标，与合同附件中规定的其他相关系统的通信数据交换已经完成。且签署冷试车合格书

6.3.2 联动试车项目及要求

表17

序号	项目	技术要求指标
1	风机自动控制连锁试车	转炉不同状态风机转速自动调整
2	电场高压连锁试车	转炉不同状态高压升压自动调整
3	刮灰连锁试车	转炉不同状态刮灰运行状态自动调整