

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 2028—2013

电除尘工程通用技术规范

General technical specification for electrostatic precipitation
engineering

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。

2013—3—29 发布

2013—7—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.....	4
5 总体要求.....	6
6 工艺设计.....	8
7 主要工艺设备和材料.....	15
8 检测与过程控制.....	17
9 主要辅助工程.....	19
10 劳动安全与职业卫生.....	24
11 施工与验收.....	25
12 运行与维护.....	30
附录 A（资料性附录）管架与其它物件间的最小间距.....	33
附录 B（资料性附录）选型条件.....	34
附录 C（资料性附录）电除尘器选型步骤及计算方法.....	39
附录 D（资料性附录）旋转电极设计要求.....	42
附录 E（资料性附录）输灰方式的适用场合和技术要求.....	43
附录 F（资料性附录）电除尘高压电源的特性及比较.....	45
附录 G（资料性附录）上位机系统配置要求.....	48
附录 H（资料性附录）电除尘器升压记录.....	49
附录 I（资料性附录）电除尘器运行记录.....	50

前 言

为贯彻执行《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国大气污染防治法》，规范电除尘工程建设和运行管理，控制烟（粉）尘排放，改善环境质量，促进电除尘行业技术进步，制定本标准。

本标准规定了电除尘工程设计、安装、调试、验收与运行维护的通用技术要求。

本标准为指导性文件。

本标准首次发布。

本标准由环境保护部科技标准司组织制订。

本标准主要起草单位：中国环境保护产业协会、国电环境保护研究院、南京国电环保科技有限公司、浙江菲达环保科技股份有限公司、安徽意义环保设备有限公司、中钢集团天澄环保科技股份有限公司、天洁集团有限公司、浙江佳环电子有限公司、福建龙净环保股份有限公司。

本标准环境保护部2013年3月29日批准。

本标准自2013年7月1日起实施。

本标准由环境保护部解释。

电除尘工程通用技术规范

1 适用范围

本标准规定了电除尘工程设计、安装、调试、验收与运行维护的通用技术要求。

本标准适用于采用振打或旋转刷方式清灰电除尘器的含尘气体净化处理工程,可作为环境影响评价、环境保护设施设计与施工、环境保护验收及建成后运行与管理的技术依据。

本标准所提出的技术要求具有通用性,特殊性要求可执行相关行业的除尘工程技术规范。

2 规范性引用文件

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

GB 4053.1	固定式钢梯和平台安全要求 第1部分:钢直梯
GB 4053.2	固定式钢梯和平台安全要求 第2部分:钢斜梯
GB 4053.3	固定式钢梯和平台安全要求 第3部分:工业防护栏杆及钢平台
GB 7251	低压成套开关设备和控制设备
GB 15577	粉尘防爆安全规程
GB 50007	建筑地基基础设计规范
GB 50009	建筑结构荷载规范
GB 50010	混凝土结构设计规范
GB 50011	建筑抗震设计规范
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 50017	钢结构设计规范
GB 50018	冷弯薄壁型钢结构技术规范
GB 50019	采暖通风与空气调节设计规范
GB 50029	压缩空气站设计规范

GB 50040	动力机器基础设计规范
GB 50051	烟囱设计规范
GB 50140	建筑灭火器配置设计规范
GB 50187	工业企业总平面设计规范
GB 50231	机械设备安装工程施工及验收通用规范
GB 50251	输气管道工程设计规范
GB/T 700	碳素结构钢
GB/T 715	标准件用碳素钢热轧圆钢
GB/T 1228	钢结构用高强度大六角头螺栓
GB/T 1229	钢结构用 高强度大六角螺母
GB/T 1230	钢结构用高强度垫圈
GB/T 1231	钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件
GB/T 1591	低合金高强度结构钢
GB/T 3632	钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副
GB/T 3633	钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副技术条件
GB/T 3797	电气控制设备
GB/T 4172	焊接结构用耐候钢
GB/T 5117	碳钢焊条
GB/T 5118	低合金钢焊条
GB/T 5313	厚度方向性能钢板
GB/T 5780	六角头螺栓 C 级
GB/T 5782	六角头螺栓
GB/T 10433	圆柱头焊钉
GB/T 11352	一般工程用铸造碳钢件
GB/T 13931	电除尘器 性能测试方法
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 16845	除尘器 术语
GB/T 50033	建筑采光设计标准
GB/T 50058	爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范

GBJ16	建筑设计防火规范
GBJ 87	工业企业噪声控制设计规范
GBZ 1	工业企业设计卫生标准
GBZ 2	工业场所有害因素职业接触限值
DL 408	电业安全工作规程
DL/T 461	燃煤电厂电除尘器运行维护导则
DL/T 514	电除尘器
DL/T 5044	电力工程直流系统设计技术规范
DL/T 5047	电力建设施工及验收技术规范
DL/T 5072	火力发电厂保温油漆设计规程
DL/T 5161.3	电气装置安装工程质量检验及评定规程
D/T 5121	火力发电厂烟风煤粉管道设计技术规范
HJ/T 320	电除尘器用高压整流电源
HJ/T 321	电除尘器低压控制电源
HJ/T 322	环境保护产品技术要求 电除尘器
HJ/T397	固定源废气监测技术规范
JB 2420	户外防腐电工产品条件
JB/T 5906	电除尘器 阳极板
JB/T 5909.1	电除尘器用瓷绝缘子支持瓷套
JB/T 5910	电除尘器
JB/T 5911	电除尘器焊接件 技术要求
JB/T 5913	电除尘器 阴极线
JB/T 6407	电除尘器设计、调试、运行、维护 安全技术规范
JB/T 7671	电除尘器 气流分布模拟试验方法
JB/T 8536	电除尘器机械安装技术条件
JB/T 9688	电除尘用晶闸管控制高压电源
JB/T 11075	电除尘器用三氧化硫烟气调质系统
JB/ZQ 3687	手工电弧焊的焊接规范
SDZ 019	焊接通用技术条件

《建筑工程设计文件编制深度规定》(建质[2003]84号)

《建设项目竣工环境保护验收管理办法》(国家环境保护总局令第13号)

3 术语和定义

GB/T 16845 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1 电除尘器 electrostatic precipitator

指利用高压电场对荷电粉尘的吸附作用,把粉尘从含尘气体中分离出来的除尘器。

3.2 设计效率 design collection efficiency

指根据下式计算得到的除尘器理论除尘效率。

$$\eta = 1 - e^{-\omega \cdot A / Q} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: η —除尘效率, %;

Q—含尘气体流量, m^3/s ;

A—总集尘面积, m^2 ;

ω —驱进速度, m/s 。

3.3 保证效率 ensure collection efficiency

指合同约定的必须达到的除尘效率保证值。

3.4 粉尘比电阻 dust resistivity

指单位面积的粉尘在单位厚度时的电阻值,单位为 $\Omega \cdot \text{cm}$ 。

3.5 比集尘面积 specific collecting area

指单位流量的含尘气体所分配到的集尘面积,它等于集尘面积与含尘气体流量之比,单位为 $\text{m}^2/\text{m}^3/\text{s}$ 。

3.6 烟气调质 ash adjustive

指向烟气中喷入化学调质剂来改善烟气比电阻的一种工艺方法。

3.7 标准状态 Standard State

指气体温度为 273K, 压力为 101325Pa 时的状态,简称“标态”。

4 污染物与污染负荷

4.1 污染物

4.1.1 适合电除尘器处理的含尘气体粉尘比电阻一般在 $1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$ 。当比电阻过高时,可对含尘气体进行调质处理,或增加比集尘面积、提高电气性能、采用旋转极板新技术等措施来保证除尘效率。

4.1.2 电除尘器入口含尘气体温度应小于等于 400℃，当含尘气体温度高于上限时，应采取降温措施。

4.1.3 电除尘器的入口含尘气体含尘浓度应小于等于 50g/m³。高于上限时应设置预除尘设施。

4.1.4 电除尘器的主要应用领域包括：

- a) 电力行业：锅炉烟气除尘；
- b) 冶金行业：烧结机机头、烧结机机尾、炼铁高炉煤气、炼钢转炉煤气、整粒、筛分、球团等工位及环境除尘；
- c) 建材行业：窑头、窑尾、煤磨及其它扬尘点；
- d) 化工行业：制酸；
- e) 造纸行业：碱回收；
- f) 其他行业：工业锅炉烟气除尘、特种专用工业窑炉含尘尾气颗粒物回收、空气净化等。

4.2 污染负荷

4.2.1 应了解生产工艺、设备、工作制度、维护检修等基本情况和要求，掌握排放污染物的成因、种类与理化性质、位置分布与数量、排放形式与途径、排放量与排放强度、排放规律等，来作为工程设计的原始数据和依据。

4.2.2 应对污染源进行全面和深入的调查，根据工程设计需要，收集含尘气体理化性质等原始资料，主要包括以下内容：

- a) 污染源排出的含尘气体量（正常含尘气体量、最大含尘气体量、最小含尘气体量）；
- b) 气体温度及变化范围（最高温度、正常温度、最低温度、露点温度）；
- c) 含尘浓度；
- d) 气体成分及浓度（SO₂、NO_x、O₂、CO₂、CO 等）；
- e) 气体压力、含湿量；
- f) 粉尘成分（SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃、CaO、MgO、Na₂O、K₂O、TiO₂、P₂O₅、MnO₂、Li₂O、SO₃ 等）；
- g) 粉尘粒度、比电阻、真密度、堆积密度、可燃性、爆炸性、黏结性、磨琢度、安息角等；
- h) 产生污染物设备的型号、数量以及工作制度。

4.2.3 含尘气体的参数以测试报告、设计资料为主。当用户无法提供含尘气体原始资料和数据时，可通过以下方式获得：

- a) 委托专业测试单位进行测试；
- b) 同类型、同规模项目类比；
- c) 工程经验及公式计算；
- d) 模拟试验。

4.2.4 设计负荷和设计余量应根据污染物特性、污染强度、排放标准和环境影响评价批复文件的要求综合确定。

4.2.5 设计负荷和设计余量应充分考虑污染负荷在最大和最不利情况下对电除尘器可能造成的影响，确保其稳定运行并保证达到设计效率。

4.2.6 污染源排风量、生产设备排放的废气量、换热器进出口风量、电除尘器处理风量、引风机风量的设计和选型均应以工况风量进行计算。性能测试和检测结果应以标准状态进行核算。

5 总体要求

5.1 一般规定

5.1.1 电除尘工程应由具有国家相应资质的单位设计、制造和安装。

5.1.2 电除尘工程的设计应采用成熟稳定、技术先进、安全可靠、经济合理的工艺和设备。

5.1.3 电除尘工程的配置应不低于生产工艺设备的装备水平，并纳入生产系统管理。电除尘系统和设备应能适应生产工艺变化和波动，应与对应的生产工艺设备同步运转。

5.1.4 电除尘工艺、技术水平、配置、自动控制和检测应与企业生产工艺和制度相适应，并符合国家技术政策和标准的要求。

5.1.5 电除尘工程的设计年限应与生产工艺的设计年限相适应，电除尘器设计寿命应不低于 30 年。电除尘器主要结构件保证 30 年的使用寿命，电控设备保证 10 年以上的寿命。

5.1.6 电除尘工程设计耐压等级、抗震设防应满足国家和行业设计规范、规程的要求。

5.1.7 电除尘工程建设规模应根据污染源状况、排放标准、技术水平、工程等级、经济状况、工程条件等因素综合考虑，并遵循以下原则：

- a) 掌握污染源污染强度、数量、分布形式等，确定电除尘系统最大处理能力；
- b) 生产工艺可能扩建时，电除尘系统的设计和主要设备选型应预留适当的余量。

5.1.8 电除尘工程建设应采取防治二次污染的措施，废水、废气、废渣、噪声及其他污染物的排放应符合相应的国家或地方排放标准。

5.1.9 电除尘工程应按照国家相关政策法规、大气污染物排放标准和地方环境保护部门的要求设置污染物排放连续监测系统。

5.1.10 电除尘工程处理易燃易爆含尘气体时，应采取可靠的防燃防爆措施，保证除尘系统连续稳定运行。

5.2 总图布置

5.2.1 电除尘工程的主体设备、辅助设施等的总图布置应符合 GBZ 1、GBJ 16、GB 50187 的规定。

5.2.2 电除尘工程的平立面布置应节约用地。防止有害气体、烟、粉尘、强烈振动和高噪声对周围环境的危害。

5.2.3 对于新建项目，应预留适度的空地。主体设备应按工艺的流程布置，尽量靠近污染源。

5.2.4 电除尘工程的主体设备之间及其周边应留有足够的安装和检修空间，方便施工、维护检修和交通运输。

5.2.5 电除尘工程管架包括进出气烟道、输灰管路、电缆桥架等及其支架。管架的布置应符合下列要求：

a) 管架的净空高度及基础位置，不得影响交通运输、消防及检修；

b) 不应妨碍建筑物自然采光与通风。

5.2.6 管架与建筑物、构筑物之间的最小水平间距，应符合附录 A 表 A.1 的规定。

5.2.7 管架跨越铁路、道路的最小垂直间距，应符合附录 A 表 A.2 的规定。

5.2.8 控制室等建筑物的室内地坪标高、设备基础顶面标高应高出室外地面 0.15m 以上。有车辆出入的建筑物室内、外地坪高差一般为 0.15~0.30m；无车辆出入的室内、外高差可大于 0.30m。

5.2.9 电除尘工程主要设备区域应浇灌混凝土地坪，场地平整，坡度一般为 0.5~2.0%。

5.2.10 建（构）筑物的防火间距应满足 GBJ 16 的要求。主体设备周边应设有消防通道，并满足设计规范的要求。

5.2.11 净化有易燃易爆粉尘的电除尘器，宜布置在独立建筑物内，且与所属厂房的防火间距应符合 GB 15577 和 GBJ 16 的要求。

6 工艺设计

6.1 一般规定

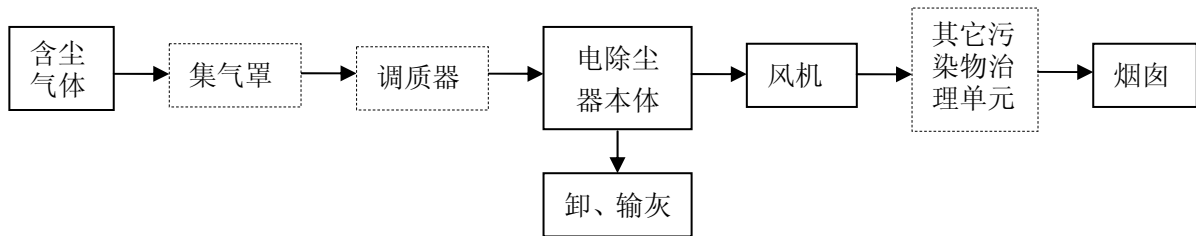
6.1.1 电除尘工程应根据生产工艺和排放要求合理配置。除尘系统颗粒物排放应符合国家或地方大气污染物排放标准、建设项目环境影响评价文件和总量控制的规定。岗位粉尘浓度应符合 GBZ 1、GBZ 2 规定限值的要求。

6.1.2 电除尘工程的基本构成有：集气罩、电除尘器本体、控制装置、卸输灰装置、除尘管道、风机、烟囱。

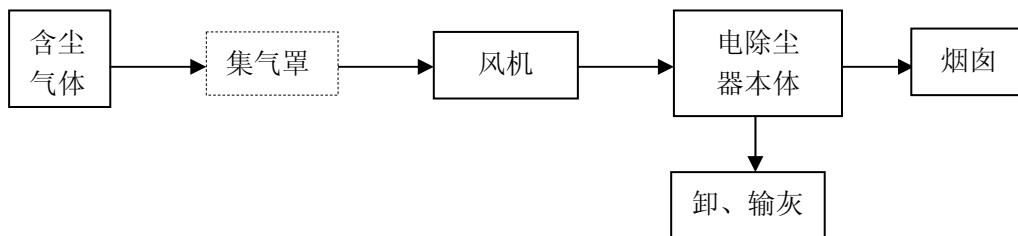
6.1.3 电除尘工艺宜采用负压系统，特殊情况下可采用正压系统。

6.2 工艺流程

6.2.1 根据污染源的状况和形式，常见的电除尘工艺流程见图 1。



a) 负压电除尘工艺流程



b) 正压电除尘工艺流程

图 1 常见的电除尘工艺流程

6.2.2 电除尘工艺除以上所述的基本构成外，还应根据项目的具体情况配置保温、管道支吊架、自动控制监测装置等辅助设施。

6.3 污染（尘）源控制

6.3.1 应对无组织排放的含尘气体设置集气罩。集气罩的形式和设置应满足生产操作和检修的要求。

6.3.2 对产生含尘气体的生产设备和部位，应优先考虑采用密闭罩或排气柜，并保持一定的负压。当不能或不便采用密闭罩时，可根据生产操作要求选择半密闭罩或外部集气罩，并尽可能包围或靠近污染源，必要时，采取增设软帘围挡，以防止粉尘外溢。逸散型热含尘气体的捕集应优选采用顶部集气罩；污染范围较大，生产操作频繁的场所可采用吹吸式集气罩；无法设置固定集气罩，生产间断操作的场合，可采用活动(移动)集气罩。

6.3.3 集气罩的排风口不宜靠近敞开的孔洞（如操作孔、观察孔、出料口等），以免吸入大量空气或物料。

6.3.4 集气罩设计时应充分考虑气流组织，避免含尘气流通过人的呼吸区。

6.3.5 集气罩设计时应考虑穿堂风等干扰气流对排烟效果的影响。

6.3.6 集气罩、屋顶集气罩的外形尺寸和容积较大时，罩体宜设置多个排风出口。集气罩收缩角不宜大于60°。

6.3.7 集气罩的排风量应按照防止粉尘或有害气体扩散到环境空间的原则确定。排风量为工况风量，排风量大小可通过下列方式获得：

- a) 生产设备提供；
- b) 实际测量或模拟试验；
- c) 工程类比和经验数据；
- d) 设计手册与理论计算。

6.3.8 集气罩应能实现对含尘气体（尘）的捕集效果，捕集率不低于：

- a) 密闭罩 100%；
- b) 半密闭罩 95%；
- c) 吹吸罩 90%；
- d) 屋顶排烟罩 90%；
- e) 含有毒有害、易燃易爆污染源控制装置 100%。

6.3.9 在集气罩可能进入杂物的场合，罩口应设置格栅。

6.4 烟气调质

6.4.1 在燃煤锅炉所用燃煤中含硫量低于 0.5%、灰中 Na 含量低于 0.2%、烟气粉尘比电阻 $\geq 5.0 \times 10^{12}$ ($\Omega \cdot \text{cm}$) 的情况下，可以通过含尘气体调质的办法来提高电除尘器的除尘效率。

6.4.2 常用的调质剂包括 SO_3 、 NH_3 、氯化物、铵的化合物、有机胺、碱金属盐、水等。其中， SO_3 应用最为广泛。

6.4.3 SO_3 烟气调质应符合 JB/T 11075 的规定。

6.5 电除尘器选型

6.5.1 电除尘器选型应考虑下列条件：

- a) 系统概况，如锅炉技术参数、脱硫方式、脱硝方式、引风机、锅炉除尘方式、锅炉

排渣方式等；

b) 粉尘的理化性质，如飞灰化学成分分析、飞灰粒度分析（斯托克斯粒径）、飞灰比电阻分析（包括实验室比电阻和含尘气体工况比电阻）、飞灰密度（包括堆积密度和真密度）和安息角等；

c) 含尘气体成分分析，如含尘气体化学成分分析（如 SO_2 、 NO_x 、 O_2 、 CO_2 、 CO 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 Na_2O 、 K_2O 、 TiO_2 、 P_2O_5 、 MnO_2 、 Li_2O 、 SO_3 等），含尘气体其它性质分析（粉尘比电阻、浓度等）；

d) 含尘气体参数，如电除尘器入口含尘气体量、电除尘器入口含尘气体温度、含尘气体湿度、电除尘器入口处含尘气体最大含尘浓度；

e) 厂址气象和地理条件；

f) 电除尘器占地、输灰方式；

g) 电除尘器一次性投资费用、运行费用（水、电、备品备件等）；

h) 电除尘器的运行维护及用户管理水平要求；

i) 粉尘回收利用的价值及形式；

j) 对于燃煤电厂，其电除尘器选型条件见附录B，其它行业可参考。

6.5.2 电除尘器选型的整体性能要求包括电除尘器出口烟尘排放浓度、本体压力降、本体漏风率、噪声等。其中，出口烟尘排放浓度应根据设计要求确定，本体压力降应小于 300Pa，本体漏风率应小于 3%，距电除尘器壳体 1.5m 处的最大噪声级不超过 85dB(A)。

6.5.3 电除尘器具体选型步骤及计算方法参见附录 C。

6.6 电除尘器设计

6.6.1 一般规定

6.6.1.1 电除尘器的主要设计参数应根据选型条件和技术要求，结合产品的特点确定。如有场地要求，应予以明确。

6.6.1.2 电除尘器承受许用压力应为 $-4.0 \times 10^4 \sim +2.0 \times 10^4 \text{Pa}$ ，其中 $-1.0 \times 10^4 \sim 0 \text{Pa}$ 为常规型。

6.6.1.3 使用两台或以上电除尘器时，每台电除尘器在结构上均应有独立的壳体。

6.6.1.4 电除尘器壳体的设计压力应由含尘气体生产生产工艺给定，包括设计负压和设计正压。

6.6.2 性能要求

6.6.2.1 电除尘器应在下列条件下达到保证效率：

a) 需方提供的设计条件；

b) 一个供电分区不工作。双室以上的 1 台电除尘器，按停 1 个供电分区考虑；小分区

供电按停 2 个供电分区考虑；而一台窑炉配 1 台单室电除尘器时，不予考虑；

- c) 含尘气体温度为设计温度加 10℃；
- d) 含尘气体量为设计含尘气体量加 10%的余量；
- e) 对于燃煤电厂，电除尘器应在燃用设计煤种时达到保证效率；需要时也可按校核煤种或最差煤种考虑，但应予以说明。

6.6.2.2 电除尘器的本体漏风率、本体压力降及噪声等应符合 6.5.2 中的规定。

6.6.3 本体设计要求

6.6.3.1 壳体应符合下列要求：

- a) 壳体应密封、保温、防雨、防顶部积水，外壳体内应尽量避免死角或灰尘积聚；
- b) 电除尘器的承载部件应有足够的刚度、强度以保证安全运行，承载部件应符合 JB/T 5911、DL/T 514 及 GB 50017 的规定；
- c) 壳体的材料根据被处理含尘气体的性质确定，其厚度应不小于 4mm；
- d) 壳体应设有检修门、扶梯、平台、栏杆、护沿、人孔门、通道等；电除尘器的每一个电场前后均应设置人孔门和通道，电除尘器顶部应设有检修门，圆形人孔门直径至少为 $\Phi 600\text{mm}$ ，矩形人孔门尺寸应至少为 450mm×600mm；平台载荷应至少为 4kN/m²，扶梯载荷应至少为 2kN/m²，楼梯、防护栏杆、平台等安全技术条件应符合 GB 4053.1~GB 4053.3 的规定；
- e) 通向每一本体高压部分的入口门处应设置高压隔离开关柜（箱），并与该高压部分供电的整流变压器连锁；
- f) 绝缘子应设有加热装置；
- g) 应充分考虑壳体热膨胀；
- h) 外壳形式应根据粉尘的易燃易爆性确定。

6.6.3.2 阳极板和阴极线应符合下列要求：

- a) 收尘极板的厚度一般不应小于 1.2mm，其结构型式和要求应符合 JB/T 5906 的规定；
- b) 放电极应牢固、可靠，具有良好的电气性能和振打清灰性能；
- c) 放电极的基本型式和要求应符合 JB/T 5913 的规定；
- d) 收尘极和放电极框架应有防摆动的措施；
- e) 对于旋转极板的其它要求，参见附录 D。

6.6.3.3 振打系统应能满足清灰要求，振打加速度符合 DL/T 461 的规定，振打程序可调。振打装置的材质和形式应根据粉尘粘连性等特性确定。

6.6.3.4 气流分布装置应符合下列要求：

- a) 每台电除尘器的入口均应配备多孔板或其它形式的均流装置，以便含尘气体均匀地流过电场；
- b) 各室的流量和理论分配流量之相对误差应不超过±3%；

c) 电除尘器气流分布模拟试验及气流分布均匀性应符合 JB/T 7671 和 DL/T 514 的规定。

6.6.3.5 支承应符合下列要求：

- a) 除一个用固定支承外，其余为单向和万向活动支承；
- b) 支承安装后上平面标高偏差为 $\pm 3\text{mm}$ 。

6.6.3.6 灰斗应符合下列要求：

- a) 灰斗跨度沿长度方向宜限于单个电场，如超过一个电场时，应具有防止含尘气体短路的措施；沿宽度方向数量应尽可能减少；
- b) 灰斗钢板厚度由灰斗容积和粉尘的物理特性确定，一般不应小于 5.5mm；
- c) 灰斗内应装有阻流板，其下部应尽量远离排灰口，灰斗斜壁与水平面的夹角不应小于 60° ，相邻壁交角的内侧应做成圆弧型；
- d) 灰斗的容积应满足最大含尘量满负荷运行 8h 的储灰量需要，灰斗储灰重按满灰斗状态计算；
- e) 灰斗应有加热措施。在采用蒸汽加热时，加热面应均匀地分布于灰斗下部不少于 1/3 的表面上；在采用电加热时，应采用恒温控制装置；
- f) 灰斗应设有捅灰孔和防灰流粘结或结拱的设施。当采用气化装置时，每只灰斗应装设一组气化板，设计时应避开捅灰孔。

6.6.3.7 为保证电除尘器内的含尘气体温度在露点以上，电除尘器应采取有效的保温措施。保温设计应符合 DL/T 5072 的规定，并满足下列要求：

- a) 应保证电除尘器的使用温度高于含尘气体露点温度 20°C 以上；
- b) 保温范围包括进、出口烟箱、壳体、灰斗、顶盖等；
- c) 护板的敷设应牢固、平整、美观。

6.6.3.8 整流变压器的起吊设施应符合下列要求：

- a) 应能将整流变压器由顶部吊至地面，并有相应的孔洞和钢丝绳长度；
- b) 应为电动，电动机应为防潮型，并有安全措施；
- c) 油浸式硅整流变压器下应设储油槽，各储油槽应有导油管引至地面。

6.6.4 钢结构设计要求

6.6.4.1 钢结构设计应符合 GB 50009、GB 50011、GB 50017 及 GB 50018 的规定。

6.6.4.2 电除尘器钢结构应能承受的荷载包括：

- a) 电除尘器荷载（自重、保温层重、附属设备重、存灰重等）；
- b) 地震荷载；
- c) 风载；
- d) 雪载；
- e) 检修荷载；
- f) 部分烟道荷重。

6.6.4.3 除尘器支承结构应是自撑式的，并能把所有垂直和水平负荷转移到柱子基础上。

6.6.4.4 当含尘气体温度 $\leq 300^{\circ}\text{C}$ 时，电除尘器的钢结构设计温度为 300°C ；当含尘气体温度 $> 300^{\circ}\text{C}$ 时，电除尘器的钢结构设计温度按实际最高含尘气体温度并加10%的余量计算。

6.7 除尘管道及附件

6.7.1 管道布置的一般要求：

a) 除尘管道布置应顺畅、整洁，应尽量明装；

b) 工艺管道应尽量沿墙或柱敷设；

c) 管道与梁、柱、墙、设备及管道之间应留有适当距离，净间距不应小于200mm；架空管道高度应符合表2的规定；

d) 为避免水平管道积灰，可采用倾斜管道布置。

6.7.2 除尘管道宜采用圆形管道，除尘管道的公称直径按管道外径计取，宜采用《全国通用通风管道计算表》中所列的管道规格。出现下列情况时可采用矩形管道：

a) 空间尺寸受限，圆形管道无法敷设；

b) 火电厂等大型电除尘器和引风机进、出口烟道。

6.7.3 除尘管道风速的选择应考虑粉尘的粒径、真密度、磨琢性、浓度等因素，防止管道风速过高加剧管道磨损，避免管道风速过低造成管道积灰。

6.7.4 除尘管道的壁厚应根据气体温度、腐蚀性、管径、跨距、加固方式及粉尘磨琢性等因素综合确定。

6.7.5 除尘管网的支管宜从主管（或干管）的上部或侧面接入，连接三通的夹角宜为 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ ；垂直连接时应采用导流措施（补角三通）。干管上所联接的支管数量不宜超过6根。

6.7.6 管道应有足够的强度和刚度，否则应进行加固。

6.7.7 除尘管道布置应防止管道积灰，易积灰处应设置清灰设施和检查孔（门）。

6.7.8 输送含尘浓度高、粉尘磨琢性强的含尘气体时，除尘管道中弯头、三通等易受冲刷部位应采取防磨措施。通常弯头的曲率半径不宜小于管道直径。

6.7.9 管道与除尘器、风机、热交换器等设备的连接宜采用法兰连接。管道、弯头、三通的连接采用焊接。

6.7.10 管道阀门的形式和功能应根据含尘气体条件和工艺要求选定。

6.7.11 管道阀门的技术参数应包括公称通径、公称压力、开闭时间、阻力系数、控制参数等，同时应考虑耐温性、严密性、调节性等性能。

6.7.12 阀门选型时，应符合以下技术要求：

a) 可靠性：要求阀门开启、关闭灵活，开关到位，不得出现卡死和失灵现象；

b) 刚性：应具有很好的强度和刚度，阀体不变形；

c) 严密性：阀门关闭时，其严密性应符合设计要求；

d) 耐磨性：阀门阀体结构、材料应满足耐磨性要求；

- e) 耐腐蚀性：阀门阀体材料和表面防腐应满足耐腐蚀性要求；
- f) 耐温性：阀门的材质和结构应满足耐温性要求；
- g) 开闭时间：阀门的启闭时间应满足生产和除尘工艺要求；
- h) 安全性：对于电动、气动阀门的执行器，应具有手动开闭的功能；对于大口径的阀门，其传动机构上应设机械锁；
- i) 固定方式：对于大口径阀门，应设有固定方式和支座，阀门的重量应有支座承担；
- j) 流向：阀门应有明显的流动方向标识；
- k) 执行器的方位：选型时应明确传动方式和执行器的方位。

6.7.13 大口径阀门的轴应水平布置。当必须垂直布置时，阀板轴应采用推力轴承结构。“常闭”的阀门宜设置在垂直管道上，以防止管道积灰。阀门结构形式选择时，应考虑气体偏流导致粉尘对阀体造成的磨损。

6.7.14 风机进出口应设置柔性连接件，其长度在 150~300mm 为宜，与其连接的管道应设固定支架。

6.7.15 除尘器、含尘气体换热器进出口管道和排气筒（烟囱）上应设置测试孔。生产设备排烟口、大型集气罩、排风口等特殊部位应设置测试孔。测试孔的数量和分布应符合HJ/T 397的规定。

6.7.16 输送相对湿度较大、易结露的含尘气体时，管道应采取保温措施。

6.8 卸、输灰

6.8.1 电除尘器收集的粉尘回收利用应符合GB 50019的有关规定。

6.8.2 电除尘器的灰斗及中间贮灰斗的卸灰口，应设置插板阀、卸灰阀、落灰短管及相应的机械输送或水冲灰设备。

6.8.3 电除尘器卸、输灰宜采用机械输送或气力输送，卸、输灰过程不应产生二次污染。输灰方式应根据输送量、输送距离、平立面布置条件、粉尘物性（粒度、磨琢性、流动性、密度、温度、湿度、安息角）等因素综合确定，各种输灰方式的适用场合和技术要求参见附录E。

6.8.4 后一级输灰机械的输灰量应大于前一级卸灰阀的排灰量；后一级输灰装置的输灰能力应大于前一级输灰装置的输灰能力。一电场配套的卸灰仓泵应一用一备。

6.8.5 电除尘器收集的粉尘需外运时，应避免粉尘二次污染，宜采用粉尘加湿、卸灰口集尘或无尘装车装置等处理措施。在条件允许的情况下，宜选用真空吸引压送罐车。

6.8.6 排灰装置应能达到设计的排灰能力，排灰顺畅，并保持良好的气密性，避免粉尘泄漏和漏风。

6.8.7 卸灰阀的上方宜存有一定高度的灰封。灰封高度可按下式估算：

$$H = \frac{0.1 \times \Delta P}{\rho} + 100 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：H——灰封高度，mm；

ΔP ——除尘器内负压绝对值，Pa；

ρ ——粉尘的堆积密度，g/cm³。

6.9 烟囱

6.9.1 烟囱的高度应符合国家或地方污染物排放标准和建设项目环境影响评价文件的要求。烟囱应设置测试孔和测试平台，测试孔应符合 GB/T 16157 的规定。

6.9.2 烟囱结构设计应符合 GB 50051 的要求。

6.9.3 烟囱的结构形式应根据所属行业要求、含尘气体性质、烟囱高度、功能要求、材料供应及施工条件等因素综合确定。常见的烟囱结构形式及使用场合如下：

- a) 钢筋混凝土烟囱：火力发电厂、集中供热、大型工业锅炉；
- b) 钢烟囱：钢铁厂、水泥厂、有色冶炼厂、机械工厂、小型工业锅炉；
- c) 套筒式或多管式烟囱：垃圾焚烧厂、火力发电厂。

7 主要工艺设备和材料

7.1 工艺设备

7.1.1 高压电源

7.1.1.1 高压整流变压器应符合 JB/T 9688 的规定。

7.1.1.2 高压整流变压器应能适合户外（户内）的使用要求，户外使用时应为一体式。

7.1.1.3 高压整流变压器应有二次电流、电压信号及温度取样接口。

7.1.1.4 高压整流变压器工作时，不应对无线电、电视、电话和其他厂内通讯设备产生干扰。

7.1.1.5 高压输出端在进入电场前应配置合适的高压阻尼电阻。

7.1.1.6 高压整流变压器应无漏、渗油现象。

7.1.1.7 高压整流变压器应在喷漆（喷塑）前进行表面防锈处理，沿海地区应采用防盐雾漆。

7.1.1.8 高压整流变压器应安装气体继电器或释压阀。

7.1.1.9 高压电源出厂前应作模拟工况下的动作试验，试验方法按 JB/T 5845 的要求执行。

7.1.1.10 高压电源应根据烟尘特性和环保排放要求来选择，各种高压电源的性能特点和比

较详见附录 F。

7.1.1.11 高压电源应符合 HJ/T320 的规定。

7.1.2 电机

7.1.2.1 电除尘器上所采用的电机均应符合项目设计要求。

7.1.2.2 户外安装的所有电机应是全封闭式的，外壳的防护等级不得低于 IP54。

7.1.2.3 电机的起动电流不超过电机额定电流的 6.5 倍。

7.1.2.4 电机应满足全电压起动，并应能经受相应的热应力和机械应力。

7.2 材料

7.2.1 应根据结构的重要性、荷载特征、结构形式、应力状态、连接方法、钢材厚度和工作环境等因素综合考虑，选用合适的钢材牌号和特性。

7.2.2 承重结构的钢材宜采用 Q235 钢、Q345 钢、Q390 钢或 Q420 钢。

7.2.3 下列情况的承重结构和构件不应采用 Q235 沸腾钢：

a) 焊接结构：直接承受动力荷载或振动荷载且需要验算疲劳的结构；工作温度低于 -20°C 的直接承受动力荷载或振动荷载但可不验算疲劳的结构以及承受静力荷载的受弯及受拉的重要承重结构；工作温度等于或低于 -30°C 的所有的承重结构；

b) 非焊接结构：工作温度等于或低于 -20°C 的直接承受动力荷载。

7.2.4 承重结构采用的钢材应具有抗拉强度、伸长率、屈服强度和硫、磷含量的合格保证，对焊接结构还应具有碳含量的合格保证。焊接承重结构以及重要的非焊接承重结构采用的钢材还应具有冷弯实验的合格保证。

7.2.5 对于需要验算疲劳的焊接结构的钢材，应具有常温冲击韧性的合格保证。当结构工作温度介于 $-20\sim 0^{\circ}\text{C}$ 之间时，Q235 钢和 Q345 钢应具有 0°C 冲击韧性的合格保证；对 Q390 钢和 Q420 钢应具有 -20°C 冲击韧性的合格保证。当结构工作温度不高于 -20°C 时，对 Q235 钢和 Q345 钢应具有 -20°C 冲击韧性的合格保证；对 Q390 钢和 Q420 钢应具有 -40°C 冲击韧性的合格保证。

7.2.6 钢铸件采用的铸钢材质应符合 GB/T 11352 的规定。

7.2.7 当焊接承重结构为防止钢材的层状撕裂而采取 Z 向钢时，其材质应符合 GB/T 5313 的规定。

7.2.8 对处于外露环境，且对耐腐蚀有特殊要求的或在腐蚀气态和固态介质作用下的承重结构，宜采用耐候钢，其质量要求应符合 GB/T 4172 的规定。

7.2.9 钢结构的连接材料应符合下列要求：

a) 焊接采用的焊条，应符合 GB/T 5117 或 GB/T 5118 的规定；对直接承受动力荷载或振动荷载且需要验算疲劳的结构，应采用低氢型焊条；

b) 手工焊接材料应符合 JB/ZQ3687 规定，自动焊接或半自动焊接材料应符合 SDZ019 规定；

c) 普通螺栓应符合 GB/T5780 和 GB/T5782 的规定；

d) 高强度螺栓应符合 GB/T1228、GB/T1229、GB/T1230、GB/T1231 或 GB/T3632、GB/T3633 的规定；

e) 圆柱头焊钉（栓钉）连接件的材料应符合 GB/T10433 规定；

f) 铆钉应采用 GB/T715 中规定的 BL2 或 BL3 号钢制成；

g) 锚栓可采用 GB/T700 中规定的 Q235 钢或 GB/T1591 中规定的 Q345 钢制成。

7.2.10 阳极板、阴极线的材质应根据粉尘的温度、成份、腐蚀性等确定，并符合下列要求：

a) 阳极板采用 C480 型 SPCC 材质时，厚度应不小于 1.2mm；采用 ZT24 型 SPCC 材质时，厚度应大于 1.2mm，不允许负；其余材质应符合 JB/T 5906 的要求；

b) 阴极线应符合 JB/T 5913 的要求。

7.2.11 管道材料应根据输送介质的温度和性质确定，通常采用碳素钢 Q235。管道所用的材料（材质）应符合相关产品国家现行标准的规定，并应有材质合格证明。

7.2.12 油漆应符合下列要求：

a) 钢结构应涂防锈底漆及面漆；

b) 电气设备所涂油漆应符合 JB 2420 的规定；

c) 设备包装前应涂有防腐漆。

7.2.13 其它设备及配件的材质应满足各自相应标准及合同要求。

8 检测与过程控制

8.1 一般规定

8.1.1 检测设备和过程控制系统应满足除尘工艺提出的自动检测、自动调节、自动控制及保护的要求。

8.1.2 低压配电设计应符合 GB 7251，低压控制电源应符合 HJ/T321，电气及自动控制设计应符合 GB/T 3797。

8.1.3 设计中所选用的电器产品元件和材料应是合格产品，优先采用节能的成套设备和定型

产品。

8.1.4 自动控制水平应与电除尘工艺的技术水平、资金状况、作业环境条件、维护操作管理水平相适应。

8.1.5 电除尘控制系统应优先选用实时运行的原位自动控制系统，并保证在未安装远程控制系统时仍可保证系统的正常运行。

8.1.6 电除尘控制系统应同时具有自动和手动两种控制方式，前者用于电除尘系统正常运行时的控制，后者用于设备调试或维护检修，或自控系统发生故障时临时处理或操作。并可通过远程自动/手动转换开关实现自动与就地手动控制的转换。

8.1.7 控制系统所涉及到的盘、箱、柜的防护等级应根据国家的技术规定、安装位置和环境条件等来确定，应注意防爆、防尘、防水、防震、防腐、防高温、防静电、防电磁干扰、防小动物侵入等事项，安装防护等级不得低于 IP54。

8.2 检测

应检测内容主要包括：

- a) 除尘器含尘气体进出口温度；
- b) 除尘器大梁绝缘子加热温度及露点温度报警；
- c) 除尘器阴极振打绝缘子加热温度及露点温度报警；
- d) 除尘器灰斗加热温度及露点温度报警；
- e) 高压整流变温度及临界温度、危险温度报警；
- f) 高压供电装置的一次电压、一次电流、二次电压、二次电流；
- g) 高压供电装置的一次过流、偏励磁、缺相、二次侧短路、二次开路等的报警；
- h) 灰斗高、低料位的报警；
- i) 振打电机回路缺相、过流的报警；
- j) 除尘器出口烟尘浓度显示。

8.3 过程控制

8.3.1 过程控制应包括系统的运行控制、参数检测、状态显示、工艺连锁等。

8.3.2 过程控制应具有系统与除尘器启停顺序的控制、系统与生产工艺设备的连锁、运行参数的超限报警及自动保护等功能。

8.3.3 与生产工艺紧密相关的电除尘系统，宜在生产工艺控制室及电除尘系统控制室分别设置操作系统，并随时显示其工作状态。电除尘系统控制室应尽量靠近除尘器。

8.3.4 高压供电装置的自动控制宜采用计算机来实现，低压供电装置的自动控制宜采用计

算机或可编程序控制器来实现。

8.3.5 在不采用保护销的情况下，低压控制系统应保证振打电机被卡死时不烧毁。

8.3.6 绝缘子和灰斗采用电加热器时，应有自动恒温控制功能。

8.3.7 顶部振打装置应能作单点振打测试，振打高度可调，并保证振打锤不会冲顶；当振打锤故障时，应能定位故障位置。

8.3.8 卸输灰开机和停机应实现自动联锁控制，要求开机时先开输灰机械、后开卸灰阀，停机时先关卸灰阀、后关输灰机械。

8.3.9 电除尘器本体上的人孔门以及高压隔离开关设备与高压电源系统应设置可靠的安全联锁装置。

8.3.10 电除尘器的控制盘型式应与主体设备的控制盘相协调。

8.3.11 电除尘系统应留有与其它系统的通讯接口，实现数据共享。

8.3.12 一般情况下，电除尘器控制系统需配置上位机系统，配置要求见附录G。

9 主要辅助工程

9.1 供配电

9.1.1 电除尘器的直流电源设计应按 DL/T 5044 的规定执行。

9.1.2 交流电源为三相交流 380V，频率为 50Hz；当电源电压、频率在下列范围内变化时，所有电气设备和控制系统应能正常工作：

a) 输入交流电压的持续波动范围不超过额定值的 $\pm 10\%$ ，输入交流电压频率变化范围不超过 $\pm 2\%$ ；

b) 当瞬时电压波动范围在 -22.5% 的额定值，历时 1min 不应造成设备事故。

9.1.3 配电设备的布置应遵循安全、可靠、适用和经济等原则，并便于安装、操作、搬运、检修、试验和监测。

9.1.4 落地式配电箱的底部宜抬高，室内宜高出地面 50mm 以上，室外应高出地面 200mm 以上。底座周围应采取封闭措施，并应能防止鼠、蛇类等小动物进入箱内。

9.1.5 在有人的一般场所，有危险电位的裸带电体应加遮护或置于人的伸臂范围以外。

9.1.6 配电线路应装设短路保护、过负载保护和接地故障保护。

9.1.7 配电线路的短路保护，应在短路电流对导体和连接件产生的热作用和机械作用造成危害之前切断短路电流。

9.1.8 配电线路过负载保护，应在过负载电流引起的导体温升对导体的绝缘、接头、端子或导体周围的物质造成损害之前切断负载电流。

9.1.9 接地故障保护的设置应能防止人身间接电击以及电气火灾、线路损坏等事故。

9.1.10 应设照明配电箱，并选用防水、防尘、防腐并带有护罩的灯具。电除尘系统需照明的区域为：电除尘器顶部平台，电除尘器灰斗卸输灰平台、楼梯平台、检修平台、现场操作箱等。

9.1.11 电除尘器接地应执行 DL/T 514 的规定，并符合下列要求：

a) 整流变压器外壳应采用截面不小于 50mm^2 的编织裸铜线或 $4\text{mm}\times 40\text{mm}$ 的镀锌扁铁牢固接地，高压整流桥的 (+) 接地端应采用不小于 50mm^2 的多芯电缆单独与除尘器本体相连接地；

b) 除尘系统电器控制柜体接地电阻应小于 2Ω ，且与生产企业地网相连。

9.1.12 电气设备应有安全保护装置，室外电气、热控设备应设防护措施。

9.1.13 电除尘系统的低压配电柜应有不少于 15% 的备用回路。

9.1.14 电除尘器本体上应设置检修电源。

9.1.15 电缆及其敷设应符合下列要求：

a) 在电除尘器本体设计时，应为电缆桥架在本体上的敷设提供条件；

b) 需要接地的电气设备应设有接地用的端子并明显标记；

c) 整流变压器引到控制盘的屏蔽信号电缆，不应与其他动力电缆在同层电缆桥上敷设；

d) 设备的屏蔽通讯电缆，不应与其他动力电缆在同层电缆桥上敷设。

9.1.16 动力电缆、控制电缆和信号电缆均应选用阻燃型。

9.1.17 产品供电回路设计上应尽量使电源的三相负荷保持平衡。

9.1.18 断路器短路分断能力应能满足设计要求，并能承受相应的动热稳定。

9.2 消防

9.2.1 消防水源宜由厂区消防主管网供给。消防水系统的设置应覆盖场区内所有建筑物和设备。

9.2.2 消防给水管道宜与生产、生活给水管道合并。如合并不经济或技术上不可行时，可采用独立的消防给水系统。

9.2.3 消防管道设计和布置、消火栓数量和布置按 GB 50016 的相关规定执行。

9.2.4 电气室、控制室、电力设备附近按 GB 50140 的规定配置一定数量的移动式灭火器。

9.3 建筑与结构

9.3.1 一般规定

9.3.1.1 电除尘工程的建筑设计和结构设计应符合 GB 50007、GB 50010、GB 50017 等国家和行业现行的有关规范、标准的规定。

9.3.1.2 电除尘工程建筑设计应根据生产工艺、自然条件、相关专业设计，合理进行建筑平面布置和空间组合，并注意建筑效果与周围环境相协调、建筑材料的选用和节约用地。

9.3.1.3 建（构）筑物的防火设计应符合 GB 50016 的规定。

9.3.1.4 建筑物室内噪声控制设计应符合 GBJ 87 的规定。

9.3.1.5 建筑物宜优先考虑天然采光，建筑物室内天然采光照度应符合 GB/T 50033 的规定。

9.3.2 电除尘器基础

9.3.2.1 电除尘器基础的型式和结构应依据设备柱脚尺寸、荷载性质及分布、地质状况、地下掩埋物等情况进行设计。

9.3.2.2 电除尘器支架可采用钢结构或钢筋混凝土结构，强度应满足各种荷载的最不利组合的作用。

9.3.2.3 电除尘设备的荷载及分布应按下列荷载来考虑：

- a) 电除尘设备的永久荷载（包括自重、保温层、附属设备等）；
- b) 可变荷载：运行荷载（包括存灰等的重量）、风荷载和雪荷载、安装及检修荷载（指检修或安装时，临时机具和人员的重量等）；
- c) 温度应力（指除尘器进出口、电除尘器与外部连接件等在温度发生变化时与外界产生的热应力作用）；
- d) 地震作用。

9.3.2.4 基础顶面预埋钢板及螺栓的定位尺寸应与设备柱脚底板和螺孔的定位尺寸相符。

9.3.2.5 电除尘器基础顶面应高出地面不小于 150mm，防止雨水浸泡设备柱脚。

9.3.2.6 为减少高温含尘气体对电除尘器产生的热应力和变形，电除尘器支撑应采用活动支座（保留一个固定支座）或铰支座。

9.3.3 风机基础

9.3.3.1 风机基础设计应符合 GB 50040 的规定。

9.3.3.2 风机基础设计应根据风机的安装尺寸、重量、转动特性、工艺布置、地质情况、

检修空间和振动控制的要求进行。基础平面尺寸按风机和电机总成后的安装尺寸来确定。

9.3.3.3 风机及电机基础宜采用大块式钢筋混凝土基础，并整体浇筑成形，与其它建（构）筑物基础不相关联。

9.3.3.4 当风机振动可能对邻近的精密设备、仪器仪表及建筑物产生有害影响时，风机基础应采用减震措施。

9.3.3.5 风机基础混凝土强度等级不宜低于 C20。基础垫层可采用 C10 混凝土。风机基础的钢筋宜采用 I、II 级钢筋，不得采用冷轧钢筋。钢筋连接不宜采用焊接接头。

9.3.3.6 风机底座边缘至基础边缘的距离不宜小于 100mm。对于二次灌浆的风机基础，风机底座下应预留不小于 50mm 的灌浆层，可采用细石混凝土或灌浆料，其强度等级应比基础混凝土强度等级高出一级，不低于 C30。

9.3.3.7 风机基础地脚螺栓的设置应符合下列规定：

a) 带弯钩地脚螺栓的埋深不应小于 20 倍螺栓直径，带锚板地脚螺栓的埋深不应小于 15 倍螺栓直径。

b) 地脚螺栓轴线距基础边缘不应小于 4 倍螺栓直径，预留孔边距基础边缘不应小于 100mm，当不能满足时，应采用加强措施；

c) 预埋地脚螺栓底部混凝土净厚度不应小于 50mm；当为预留孔时，孔底部混凝土净厚度不应小于 100mm。

9.3.4 风机房

9.3.4.1 机房与设备之间应留有适当的安装、操作、检修的距离和空间高度，主要检修通道净宽不应小于 2m，非主要通道净宽不应小于 0.8m。对于大中型风机，风机房宜设置起吊设施。

9.3.4.2 风机房应尽可能与其他建筑物隔断。当振动和噪声严重时，风机房内应有隔声和隔振措施。

9.3.4.3 风机及电机巡检和检修部位应设平台、梯子和栏杆。

9.3.4.4 风机房应有良好的采光，表盘、操作盘、温度计等位置应有足够的照明。

9.3.4.5 风机房的门窗应外开，应考虑风机叶轮、电机更换时进出方式和通道。

9.3.5 配电室及控制室

9.3.5.1 配电室及控制室选址应符合下列要求：

a) 接近负荷中心；

- b) 进、出线方便;
- c) 不宜设在有剧烈震动的场所;
- d) 不宜设在多尘或有腐蚀性气体的场所;
- e) 不应设在地势低洼可能积水的场所;
- f) 不应设在厕所、浴室或其它经常积水场所的正下方, 且不宜与上述场所相邻。

9.3.5.2 配电室屋顶承重构件的耐火等级不应低于二级, 其它部分不应低于三级。

9.3.5.3 当配电室长度超过 7m 时, 应设两个出口, 并宜布置在配电室的两端。当配电室采用双层布置时, 楼上部分的出口应至少有一个通向该层通道或室外的安全出口。

9.3.5.4 配电室的门均应向外开启, 相邻配电室之间的门应为双向开启门。

9.3.5.5 位于地下室和楼屋内的配电室, 应设设备运输的通道, 并应设良好的通风和可靠的照明系统。

9.3.5.6 配电室的门、窗应密封良好; 与室外相通的洞、通风孔应设防止鼠、蛇等小动物进入的网罩。直接与室外相通的通风孔还应采取防止雨、雪飘入的措施。

9.3.5.7 控制室的地面宜比室外地面高出 300mm, 当附设在车间内时则可与车间的地面相平。

9.3.5.8 高压配电室平面布置上应考虑进出线的方便(特别是架空进线或出线)。高压配电室耐火等级应不低于二级。低压配电室的耐火等级应不低于三级。

9.3.5.9 高压固定式开关柜维护通道的尺寸, 单列布置时, 柜前最小为 1500mm, 柜厚为 800mm。低压固定式开关柜维护通道的尺寸, 单列布置时, 柜前最小为 1500mm, 柜厚为 1000mm。

9.3.5.10 在高压配电室内高压开关柜数量较少时(6 台以下)也可和低压配电屏布置在同一室内。如高、低压开关柜顶有裸露带电导体时, 单列布置的高压开关柜与低压配电屏之间净距不应小于 2m。

9.3.5.11 低压配电室的位置, 应尽量靠近变压器, 通常与变压器隔墙相邻, 以减小母线长度。

9.4 压缩气体

9.4.1 压缩气体主要用于干出灰输送、气动装置等用气。当用户缺乏气源或供气参数不满足要求时, 应设置新的压缩空气供气系统。

9.4.2 压缩空气供应系统的设计应符合 GB50029 的要求。

9.4.3 压缩空气的制备与供应宜采用的流程依次为：空压机、缓冲罐、干燥机、现场储气罐、减压阀、稳压气包。

9.4.4 单台排气量等于或大于 $20\text{m}^3/\text{min}$ ，且总容量等于或大于 $60\text{m}^3/\text{min}$ 的压缩空气站，宜设检修用起重设备。

9.5 采暖通风与给排水

9.5.1 采暖通风应符合 GB 50019 的规定，电力行业还应符合 DL/T 5035 的规定。

9.5.2 电气控制室内应设置空调装置，室内温度控制在 25°C 以下，湿度控制在 90% 以内。

9.5.3 采暖地区总控制室、计算机房、总化验室、电气室、配电站、变电所等除冬季采暖外，夏季应通风降温或空气调节。

9.5.4 严寒地区的设备间、电控室、泵房等应设置采暖。

9.5.5 给水排水设计应符合 GB50014 和 GB50015 的规定，并满足生活、生产和消防等要求，同时还应为施工安装、操作管理、维修检测及安全保护等提供便利条件。

9.5.6 给水管不得穿越控制室、配电装置室等电子、电气设备间。

9.5.7 风机、电机等设备冷却供水应取自厂区的冷却水管网。当厂区无冷却水管网时，冷却介质可使用自来水。

9.5.8 电除尘工程配套建筑物的生活污水应排入厂区的生活污水管网，生产废水应排入厂区的生产污水管网。

10 劳动安全与职业卫生

10.1 一般规定

10.1.1 电除尘工程在设计、建设和运行过程中，应高度重视劳动安全和工业卫生，采取相应措施，消除事故隐患，防止事故发生。

10.1.2 安全和卫生设施应与电除尘工程同时建成运行，有污染和危害之处应悬挂标志。操作规程中应有劳动安全和工业卫生条款。

10.1.3 应对劳动者进行安全卫生培训，提供所需的防护用品和洗涤设施，定期进行健康检查。

10.2 劳动安全

10.2.1 电除尘工程在设计、安装、调试、运行以及维修过程中应始终贯彻安全的原则，遵

守安全技术规程和相关设备安全性要求的规定。

10.2.2 电除尘工程的防火、防爆设计应符合 GB 15577、GB 50016 和 GB/T 50058 等有关规定。

10.3 职业卫生

10.3.1 防尘、防噪声与振动、防电磁辐射、防暑与防寒等职业卫生要求应符合 GBZ1 的规定。

10.3.2 操作(控制)室和工作岗位应根据需要采取通风、调温和隔声等措施,防治职业病和保护劳动者健康。

10.3.3 在易发生粉尘飞扬或洒落的区域应设置必要的除尘设备或清扫措施。

11 施工与验收

11.1 一般规定

11.1.1 电除尘工程施工单位应具有与该工程相应的资质等级,应熟悉设备的结构、性能及有关图样和技术文件,编制施工组织设计方案。

11.1.2 电除尘工程应按施工设计图纸、技术文件、设备图纸等组织施工,设备安装应符合 GB 50231、JB/T 8536、DL/T 5047、DL/T 5161.3和DL/T 514等的规定。工程中的变更应取得设计单位的设计变更文件后再实施。

11.1.3 施工现场应有“三通一平”(即水通、电通、道路通、土地平整)条件,并具备防火、防冻、防雨等安全设施。

11.1.4 所有电瓷类产品应在安装前进行耐压和绝缘性能试验,并符合JB/T 5909.1-4的规定。

11.1.5 各零部件在安装前应按图样检查,发现在运输装卸、存放过程中产生变形和尺寸变动应作整形和校正。

11.2 安装

11.2.1 侧部机械振打电除尘器安装

11.2.1.1 基础检查应符合下列要求:

a) 基础柱距划线极限偏差,当柱距小于或等于10m时为 $\pm 1\text{mm}$,当柱距大于10m时为 $\pm 2\text{mm}$;

b) 基础对角线划线相互偏差,当对角线长度小于或等于20m时为5mm,当对角线长度

大于20m时为8mm;

c) 各基础顶部标高相互偏差不大于2mm(顶部标高是指预埋钢板或垫铁二次灌浆后的标高)。

11.2.1.2 钢支架安装应符合下列要求:

- a) 柱距安装偏差为柱距的1‰, 极限偏差为±7mm;
- b) 各支柱与水平面的垂直度为其长度的1‰, 最大值为7mm;
- c) 支柱顶部标高偏差对于零米不大于10mm, 各支柱相互偏差为±3mm。

11.2.1.3 支承轴承和底梁安装应符合下列要求:

- a) 支承轴承安装后标高偏差为±3mm;
- b) 底梁安装后其电场对角线尺寸偏差应符合JB/T 8536的规定;
- c) 存放灰斗空间对角线偏差为±8mm。

11.2.1.4 壳体安装应符合下列要求:

- a) 壳体中的柱、梁及相关零件, 应经过检查并划出相应的十字中心线;
- b) 壳体施焊后的公差值按图样要求检查。整个壳体实行密封性焊接, 焊接质量应符合JB/T 8536的规定, 所有定位和穿透壳体的螺栓拧紧后均应连续施焊, 并用渗油法进行焊接密封性能检验;
- c) 大梁底面与立柱上端面接触间隙应不大于2mm;
- d) 相邻两大梁纵向中心线距离的极限偏差为±5mm, 其平行度为5mm。

11.2.1.5 阳极部分安装应符合下列要求:

- a) 单块阳极板和阳极排安装时要求平面度误差不大于5mm, 其对角线误差不大于10mm;
- b) 阳极排上支点间距偏差为±1mm。

11.2.1.6 阴极部分安装应符合下列要求:

- a) 绝缘套管、防尘罩与吊杆间偏差为±5mm;
- b) 阴极大框架整体平面度公差为15mm, 整体对角线公差为10mm;
- c) 大梁底面及壳体内壁至阴极大框架的距离正偏差为5mm;
- d) 同一电场阴极吊杆中心线的对角线尺寸偏差为±8mm;
- e) 组合后的阴极小框架整体平面度公差为5mm, 其对角线误差不大于10mm;
- f) 电除尘器安装调整后, 阳极板高度 $h \leq 7\text{m}$ 的电除尘器, 阴、阳极间距的极限偏差为±7mm; 阳极板高度 $h > 7\text{m}$ 的电除尘器, 阴、阳极间距的极限偏差为±10mm。

11.2.1.7 振打装置安装应符合下列要求：

- a) 阳极振打锤打击在撞击砧水平中心线以下 5mm，水平方向偏差为±5mm；
- b) 相邻两锤头的角度公差应严格控制。锤头旋转方向正确无误。振打锤头和振打砧之间应保持良好的线接触状态，接触长度应大于锤头厚度的 0.70 倍；
- c) 振打轴连接时同轴度公差为 φ3mm。

11.2.2 顶部电磁锤振打电除尘器安装

11.2.2.1 安装条件应符合 JB/T 8536 的规定。

11.2.2.2 在起吊钢支架或壳体之前应进行基础检查，各基础相关尺寸应符合图样要求，其水平标高极限偏差为±3 mm。

11.2.2.3 钢支架或钢筋混凝土支承应符合以下要求：

- a) 当柱距小于或等于 10 m 时，极限偏差为 $\begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix}$ mm；
- b) 当柱距大于 10 m 时，极限偏差为 $\begin{matrix} +7 \\ 0 \end{matrix}$ mm；
- c) 当对角线尺寸小于或等于 20 m 时，相互差值不大于 7 mm；
- d) 当对角线尺寸大于 20 m 时，相互差值不大于 9 mm；
- e) 各立柱与水平面的垂直度按 GB 50205 规定；
- f) 各柱顶水平标高极限偏差为±3 mm。

11.2.2.4 壳体应符合以下要求：

- a) 壳体柱距极限偏差为 ±3 mm；
- b) 当立柱高度不大于 8 m 时，立柱相对于水平面的垂直度为 3 mm；
- c) 当立柱高度大于 8 m 时，立柱相对于水平面的垂直度为 5 mm；
- d) 壳体顶面框架（立柱、侧板、宽立柱、上端板等组成框架）的平面度为 10 mm。

11.2.2.5 阴、阳极系统应符合以下要求：

- a) 阴极框架、阳极板排安装前应按图样和本标准要求检查并矫正；
- b) 阴阳极安装调整后，采用通止规进行极距检查，极距极限偏差为±10 mm；
- c) 振打砧梁、振打杆、阴极吊杆焊接时，杆中心线应保证铅垂，杆端偏离中心位置不大于 3 mm。

11.2.2.6 电磁锤振打器应符合以下要求：

- a) 振打器底座孔与振打杆的同轴度为 5mm；
- b) 振打器铅垂度为 1 mm，且振打器中心与振打杆中心同心度 5mm；
- c) 振打棒露出振打器法兰的长度应达设计要求；

d) 阴极振打器在冷态试验时应用较高的频率和强度振打 24h 以上，然后再次调整振打棒露出长度、橡胶密封套并锁紧卡箍。

11.2.2.7 承压绝缘子应符合以下要求：

- a) 承压绝缘子支座法兰底面水平度 2mm；
- b) 承压绝缘子与阴极吊杆的同轴度为 5mm；
- c) 保持承压绝缘子内外壁干净、无损伤。

11.2.2.8 顶部振打绝缘轴应符合以下要求：

- a) 阴极顶部振打绝缘轴中心线铅垂度为 $\phi 2\text{mm}$ ；
- b) 保持绝缘轴外壁干净、无损伤。

11.2.3 电气安装

11.2.3.1 电气安装除执行本标准外，还应符合 DL/T 5047 的有关规定。

11.2.3.2 电除尘器应由专用配电变压器或厂用电通过馈电线供电。

11.2.3.3 除尘器应设置专用地线网，每台除尘器本体外壳与地线网连接点不得少于 6 个，接地电阻不大于 2Ω 。整流变压器室和电除尘器控制室的接地网应与电除尘器本体接地网连接。高压控制柜应可靠接地，整流变压器接地端应与除尘器接地网可靠连接。

11.2.3.4 敷设高低压电缆均应有固定支架，并应将其敷设在保温层外部。

11.2.3.5 整流变压器安装前应做绝缘测定等常规检测，视其情况，必要时做吊芯检查，检查的项目和环境要求应符合 DL/T 5161.3 的有关规定。

11.3 调试

11.3.1 调试准备

11.3.1.1 电除尘器安装质量应符合 JB/T 8536 的规定，电场内部已全面检查、清理，确认无杂物。

11.3.1.2 支承轴承安装时的临时定位装置和电除尘器其他临时设施应拆除。

11.3.1.3 减速机油位应符合产品使用要求，且无漏油现象，外壳保护罩完好。

11.3.1.4 振打装置旋转方向应正确，锤头无卡涩，传动机构工作正常。

11.3.1.5 对采用顶部电磁振打时，其振打锤安装位置应正确，对中度和提升高度符合设计要求。

11.3.1.6 振打传动安全保护装置应工作正常（过电流保护或保险片）。

11.3.1.7 支承瓷套、棒形支柱、穿墙套管等绝缘子应无裂纹破损，不积灰、不结露，耐压满足要求。

- 11.3.1.8 电场内部应确认无人，所有人孔门已密封，并投入安全连锁装置。
- 11.3.1.9 灰斗料位计应调试合格，工作正常。
- 11.3.1.10 所有加热器应调试合格，工作正常。
- 11.3.1.11 电除尘器应单设接地网，其接地电阻小于 2Ω ，电场阴、阳极间的绝缘电阻应符合向电场供电要求（用 2500V 兆欧表测量电场和高压回路的绝缘电阻，应大于 $500M\Omega$ ）。
- 11.3.1.12 振打电动机、电磁振打器、卸灰电动机及其电缆绝缘应符合要求（用 500V 兆欧表测量其绝缘电阻，应不低于 $0.5M\Omega$ ）。
- 11.3.1.13 各高、低压柜（盘）内部应清洁无杂物，各电场连接部位连接良好。
- 11.3.1.14 阻尼电阻应无积灰、烧熔、断线现象。
- 11.3.1.15 高压隔离开关应操作灵活，并将开关处电场位置。
- 11.3.1.16 整流变压器油位应正常，呼吸器硅胶未失效，工作接地良好。
- 11.3.1.17 高、低压电气设备接地应可靠。
- 11.3.1.18 各控制系统的报警和跳闸功能应正常、灵敏可靠。
- 11.3.1.19 输灰系统排灰能力应满足电除尘器收尘要求，且能正常工作。
- 11.3.1.20 上位机及通讯系统应正常。

11.3.2 调试

- 11.3.2.1 高、低压电源调试，应按电气说明书进行。
- 11.3.2.2 空载通电升压试验应符合 JB/T 6407 的有关规定，并做好升压记录（格式参考附录 H）。调试工作应确定一名熟悉电除尘器结构、性能的总指挥，统一指挥，并作好以下安全保护工作：

a) 与调试无关人员应撤离电除尘器现场，指定专职安全员进行安全监护，在走梯口设置安全标牌或安全网，未经总指挥同意，任何人不得进入试验区域；

b) 监护及操作人员与总指挥应有可靠的通讯联络；

c) 对于高位布置的整流变压器，采用电源并联对电场供电进行空载升压试验时，应采取严格的安全措施，保证临时高压引线与设备外壳的距离不小于异极间距的 1.2 倍，人员离临时引线距离不小于 2m；

d) 雨、雪、雾、大风等恶劣天气，不得进行并联供电升压试验。

11.4 环境保护验收

- 11.4.1 电除尘工程环境保护验收按《建设项目竣工环境保护验收管理办法》的规定执行。
- 11.4.2 电除尘工程验收前应结合试运行进行性能测试，性能测试报告可作为竣工环境保护

验收的技术支持文件。性能测试报告的主要内容应包括：

- a) 除尘效率；
- b) 本体漏风率；
- c) 出口粉尘排放浓度；
- d) 本体阻力；
- e) 电耗。

11.4.3 性能测试应执行 GB/T 13931 的规定。

12 运行与维护

12.1 一般规定

12.1.1 生产单位应设电除尘管理机构，根据管理模式特点可将其纳入锅炉车间(或除尘除灰车间)的管理范畴。

12.1.2 应建立健全与电除尘运行与维护相关的各项管理制度，以及运行、操作和维护规程；建立电除尘工程运行状况的台账制度。

12.1.3 电除尘操作和维护均应责任到人。岗位操作人员应通过培训考核上岗，熟悉本岗位运行及维护要求，具有熟练的操作技能，遵守劳动纪律，执行操作规程。

12.1.4 电除尘运行和维护管理应符合 JB/T6407、产品使用说明书和相应技术要求的规定。

12.1.5 岗位操作人员应填写运行记录（格式参考附录 I）。严格执行交接班工作制度。运行记录按天上报生产管理部门。

12.1.6 应建立并严格执行经常性和定期的安全检查制度，及时消除事故隐患，防止事故发生。

12.1.7 在电除尘内部或外部高空作业时，应按 DL 408 有关规定执行。

12.2 运行管理

12.2.1 投运前应对设备进行全面检查，并按规定办理好工作票。

12.2.2 运行前 24h，应将灰斗加热系统投入运行。

12.2.3 运行前 8h，大梁绝缘子室加热器、阴极振打电瓷转轴室加热器应投入运行。

12.2.4 主机起动后烟尘进入电除尘器，同时将所有振打装置、排灰系统投入运行。

12.2.5 含尘气体中易燃、易爆物质浓度、含尘气体温度、运行压力应符合设计要求。当含尘气体条件严重偏离设计要求、危及设备安全时，不得投运电除尘器。

12.2.6 电除尘器在高压输出回路开路状态下，不得高压电源开启。在进行高压回路开路试验时，应配备相应安全措施。

12.2.7 停机时应先将电场电压降到零，再断开主接触器。

12.2.8 停机后应将振打及排灰系统置于连续运行状态，待灰斗积灰排完后，停运振打、排灰及灰斗加热系统。

12.2.9 主机停运时间不长，且无检修任务，电除尘器处于备用状态时，应符合下列要求：

- a) 电加热、灰斗加热、热风加热系统继续运行；
- b) 振打、排灰系统仍按工作状态运行；
- c) 必要时用热风加热电场。

12.2.10 运行中发现下列情况之一，应停止向相应电场供电，排除故障后重新启动：

- a) 运行中一次电流上冲超过额定值；
- b) 高压绝缘部件闪络严重；
- c) 阻尼电阻闪络严重甚至起火；
- d) 整流变压器超温报警、喷油、漏油、声音异常；
- e) 供电装置发生严重偏励磁；
- f) 电流极限失控；
- g) 供电装置经两次试投均发生跳闸；
- h) 高压柜可控硅散热片温度超过 60℃；
- i) 出灰系统故障造成灰斗堵灰；
- j) 含尘气体工况发生严重变化，出现危及设备，人身安全的情况。

12.2.11 灰斗积灰的处理应符合下列要求：

a) 当灰斗积灰至高料位报警时，必须检查输灰系统的运行情况，并采取措施保证输灰畅通，对该灰斗实行优先排灰，以降低灰位，解除高料位报警；

b) 当灰斗积灰至电场跳闸时，在停止向相应电场供电的同时，必须关闭相应电场的阳极振打，以防阳极系统发生故障，同时必须进行强制排灰，以保证设备安全；

c) 强制排灰时必须做好安全措施，确保人身安全，严防灰搭桥时，由于受到外力作用，突然下坠而造成事故；

d) 事后应分析积灰原因，检查输灰系统、料位计、灰斗加热和保温是否完好，彻底清除故障，防止事故重复发生；

- e) 在没有采取可靠措施的情况下，严禁开启灰斗人孔门放灰。

12.3 维护保养

12.3.1 对电除尘器应进行巡回检查，发现问题及时处理。

12.3.2 巡回检查应执行下列要求：

- a) 每周对所有传动件润滑油应进行一次检查，不符合要求的进行处理；
- b) 及时更换整流变压器呼吸器的干燥剂，每年进行一次整流变压器绝缘油耐压试验；
- c) 巡回检查排灰系统和灰斗料位计工作状态；
- d) 定期测量电除尘器的接地电阻；
- e) 定期进行高压直流电缆的耐压试验；
- f) 定期检查接地线和接地情况，确保导电性能良好；
- g) 定期检查继电器和开关箱的锁、门，确保完好；
- h) 定期检查各指示灯和报警功能，确保完好。

12.3.3 停机后，电场应自然冷却（特殊情况，应按规定程序批准的特殊措施进行冷却）后才能进入电场内部进行检修保养。

12.3.4 电除尘器检修应严格执行工作票制度，并采取相应的安全措施。

12.3.5 检修人员进入电场应按 JB/T6407 要求执行，电场内部检修人员应穿戴安全帽、防尘服、防尘靴、防腐手套等劳保用品，同时作好安全监护工作。

附录 A

(资料性附录)

管架与其它物件间的最小间距

表 A.1 管架与建筑物、构筑物之间的最小水平间距 (单位: m)

建筑物、构筑物名称	最小水平间距
建筑物有门窗的墙壁外缘或突出部分外缘	3.0
建筑物无门窗的墙壁外缘或突出部分外缘	1.5
道 路	1.0
人行道外缘	0.5
厂区围墙 (中心线)	1.0
照明及通信杆柱 (中心)	1.0
注 1: 表中间距除注明者外, 管架从最外边线算起; 道路为城市型时, 自路面边缘算起, 为公路型时, 自路肩边缘算起。 注 2: 本表不适用于低架式、地面式及建筑物的支撑式。	

表 A.2 架空管线、管架跨越铁路、道路的最小垂直间距 (单位: m)

名称	最小垂直间距
铁路 (从轨顶算起) 一般管线	5.5 ^a
道路 (从路拱算起)	5.0 ^b
人行道 (从路面算起)	2.2/2.5 ^c
注 1: 表中间距除注明者外, 管线自防护设施的外缘算起, 管架自最低部分算起。 注 2: a) 架空管线、管架跨越电气化铁路的最小垂直间距, 应符合有关规范规定。 b) 有大件运输要求或在检修期间有大型起吊设备通过的道路, 应根据需要确定。困难时, 在保证安全的前提下可减至 4.5m。 c) 街区内人行道为 2.2m, 街区外人行道为 2.5m。	

附录 B

(资料性附录)

选型条件

B.1 系统概况

B.1.1 锅炉技术参数, 包括:

- a) 锅炉型号及制造厂 (编制符合 JB/T 1617 的规定);
- b) 锅炉型式;
- c) 最大连续蒸发量 (BMCR), t/h;
- d) 制粉系统 (磨煤机型式);
- e) 额定蒸汽压力, MPa;
- f) 额定蒸汽温度, °C;
- g) 给水温度, °C;
- h) 最大耗煤量, t/h。

B.1.2 空气预热器参数, 包括:

- 1) 空气预热器型式;
- 2) BMCR 下过剩空气系数。

B.1.3 脱硫方式, 包括:

- 1) 脱硫型式;
- 2) 脱硫方法及工艺。

B.1.4 脱硝方式, 包括:

- 1) 脱硝型式;
- 2) 脱硝方法及工艺。

B.1.5 引风机参数, 包括:

- 1) 引风机型式;
- 2) 引风机型号;
- 3) 风量及风压。

B.1.6 其它参数, 包括:

- 1) 锅炉除渣方式;
- 2) 锅炉除灰方式;
- 3) 电除尘器输灰系统型式。

B.2 燃煤性质

B.2.1 煤种参数, 包括:

- 1) 设计煤种、产地;
- 2) 校核煤种、产地。

B. 2. 2 煤质工业分析、元素分析、灰熔融性，参数见表 B.1。

表 B. 1 煤质工业分析、元素分析、灰熔融性

类别	名称	符号	单位	设计煤种	校核煤种
工业分析	收到基全水分	M_{ar}	%		
	空气干燥基水分（分析基）	M_{ad}	%		
	收到基灰分	A_{ar}	%		
	干燥无灰基挥发分（可燃基）	V_{daf}	%		
	低位发热量	$Q_{net,ar}$	kJ/kg		
	高位发热量	Q_{gr}	kJ/kg		
元素分析	收到基碳	C_{ar}	%		
	收到基氢	H_{ar}	%		
	收到基氧	O_{ar}	%		
	收到基氮	N_{ar}	%		
	收到基硫	S_{ar}	%		
	哈氏可磨系（指）数	HGI	-		
灰熔融性	变形温度	DT	℃		
	软化温度	ST	℃		
	半球温度	HT	℃		
	流动温度	FT	℃		

B. 3 灰性质

B. 3. 1 灰成分分析，参数见表 B.2。

表 B. 2 灰成分分析

序号	名称	符号	单位	设计煤种	校核煤种
1	二氧化硅	SiO_2	%		
2	氧化铝	Al_2O_3	%		
3	氧化铁	Fe_2O_3	%		
4	氧化钙	CaO	%		
5	氧化镁	MgO	%		
6	氧化钠	Na_2O	%		
7	氧化钾	K_2O	%		
8	氧化钛	TiO_2	%		
9	三氧化硫	SO_3	%		
10	五氧化二磷	P_2O_5	%		
11	二氧化锰	MnO_2	%		
12	氧化锂	Li_2O	%		
13	飞灰可燃物	Cfh	%		

B.3.2 灰粒度分析，参数见表 B.3。

表 B.3 灰粒度分析（斯托克斯粒径）

序号	粒径 (μm)	单位	设计煤种	校核煤种
1	<3	%		
2	3~5	%		
3	5~10	%		
4	10~20	%		
5	20~30	%		
6	30~40	%		
7	40~50	%		
8	>50	%		
9	中位径	μm		

B.3.3 灰比电阻分析，包括灰容积比电阻（实验室比电阻）和灰工况比电阻（现场比电阻），灰容积比电阻分析见表 B.4，飞灰的工况比电阻分析见表 B.5。

表 B.4 灰容积比电阻分析（平行圆盘电极法）

序号	测试温度 ($^{\circ}\text{C}$)	湿度 (%)	比电阻值 ($\Omega\cdot\text{cm}$)	
			设计煤种	校核煤种
1	20 (室温)			
2	80			
3	100			
4	120			
5	140			
6	150			
7	160			
8	180			

表 B.5 飞灰的工况比电阻分析（同心圆环电极、等速采样）

测量电压 (V)	工况比电阻 ($\Omega\cdot\text{cm}$)	含尘气体温度 ($^{\circ}\text{C}$)	含尘气体湿度 (%)
100			
250			
500		煤种	锅炉负荷
1000			
注：以未发生击穿的最高测量电压下比电阻数据为最终测量值。			

B.3.4 灰密度及安息角，参数见表 B.6。

表 B.6 灰密度及安息角

序号	名称	单位	设计煤种	校核煤种
1	真密度	t/m ³		
2	堆积密度	t/m ³		
3	安息角	度		

B.4 含尘气体成分分析

B.4.1 含尘气体化学成分分析，参数见表 B.7。

表 B.7 含尘气体化学成分分析

序号	名称	符号	单位	设计煤种	校核煤种
1	二氧化碳	CO ₂	%		
2	氮	N ₂	%		
3	水	H ₂ O	%		
4	氧	O ₂	%		
5	一氧化碳	CO	%		
6	二氧化硫	SO ₂	%		
7	三氧化硫	SO ₃	%		
8	氮氧化物	NO _x	%		

B.4.2 含尘气体其它性质（锅炉 MCR 工况），包括：

- a) 除尘器入口处含尘气体酸露点温度，℃；
- b) 除尘器入口处含尘气体中水蒸汽体积百分比，%。

B.5 厂址气象和地理条件

厂址气象和地理条件见表 B.8。

表 B.8 厂址气象和地理条件

序号	名称	单位	数值
1	厂址	-	
2	海拔高度	m	
3	主厂房零米标高	m	
4	多年平均大气压力	hPa	
5	多年平均最高气温	℃	
6	多年平均最低气温	℃	
7	极端最高温度	℃	
8	极端最低温度	℃	
9	多年平均气温	℃	
10	多年平均蒸发量	mm	
11	历年最大蒸发量	mm	
12	历年最小蒸发量	mm	
13	多年平均相对湿度	%	
14	最小相对湿度	%	

序号	名 称	单 位	数 值
15	历年最大相对湿度	%	
16	最大风速	m/s	
17	多年平均风速	m/s	
18	定时最大风速	m/s	
19	历年瞬时最大风速	m/s	
20	主导风向	方位	
21	多年平均降雨量	mm	
22	一日最大降雨量	mm	
23	多年平均雷暴日数	d	
24	历年最多雷暴日数	d	
25	基本风压	kN/m ²	
26	基本雪载	kN/m ²	
27	地震设防烈度	度	

附录 C

(资料性附录)

电除尘器选型步骤及计算方法

C.1 电除尘器选型步骤

电除尘器选型应综合各行业实际应用情况经验和理论计算方法进行，选型步骤分为：

- a) 确定有效驱进速度；
- b) 确定收尘总面积；
- c) 确定电场风速和有效断面积；
- d) 确定通道宽度及电场长度。

C.2 电除尘器的有效驱进速度

C.2.1 电除尘器中影响粉尘电荷及运动的因素很多，应采用经验性或半经验性的方法来确定驱进速度 (\bar{w})，部分生产性烟尘的有效驱进速度范围见表 C.1。

C.2.2 确定 \bar{w} 值时应注意以下几个方面：

- a) 全面了解所需净化烟尘的性质，估算应用装备及运行条件，然后再给定 \bar{w} 值。
- b) 对所需净化烟尘相同及类似工艺中已应用的电除尘器，由其实测的效率、伏安曲线等获得各项运行参数，反算出 \bar{w} 值。
- c) 通过实验获得 \bar{w} 值。

表 C.1 各种粉尘的驱进速度

粉尘名称	\bar{w} / (ms ⁻¹)	粉尘名称	\bar{w} / (ms ⁻¹)
电站锅炉飞灰	0.04~0.2	焦油	0.08~0.23
粉煤炉飞灰	0.1~0.14	硫酸雾	0.061~0.071
纸浆及造纸锅炉尘	0.065~0.1	石灰回转窑尘	0.05~0.08
铁矿烧结机头烟尘	0.05~0.09	石灰石	0.03~0.055
铁矿烧结机尾烟尘	0.05~0.1	镁砂回转窑尘	0.045~0.06
铁矿烧结粉尘	0.06~0.2	氧化铝	0.064
碱性氧气顶吹转炉尘	0.07~0.09	氧化锌	0.04
焦炉尘	0.067~0.161	氧化铝熟料	0.13
高炉尘	0.06~0.14	氧化亚铁	0.07~0.22
闪烁炉尘	0.076	铜焙烧炉尘	0.0369~0.042
冲天炉尘	0.3~0.4	有色金属转炉尘	0.073
热火焰清理机尘	0.0596	镁砂	0.047
湿法水泥窑尘	0.08~0.115	硫酸	0.06~0.085
立波尔水泥窑尘	0.065~0.086	热硫酸	0.01~0.05

干法水泥窑尘	0.04~0.06	石膏	0.16~0.2
煤磨尘	0.08~0.1	城市垃圾焚烧炉尘	0.04~0.12

C.3 电除尘器的收尘总面积

当有效驱进速度值确定后,根据粉尘进入除尘器的初浓度及允许排放浓度计算出除尘效率、总收尘面积。

$$S_A = \frac{-\ln(1-\eta) \times Q}{\omega} \dots\dots\dots (C-1)$$

式中: η —除尘效率, %;

Q —含尘气体流量, m^3/s ;

S_A —总集尘面积, m^2 ;

ω —驱进速度, m/s 。

C.4 电除尘器的电场风速及有效断面积计算

C.4.1 电场风速一般在 0.4~1.5m/s 之间, 具体可参考表 C.2 确定。

C.4.2 电场有效断面积应按下式计算:

$$F=Q/V \dots\dots\dots (C-2)$$

式中: F — 电场有效断面积, m^2 ;

Q — 烟气量, m^3/s ;

V — 电场风速, m/s 。

表 C.2 电除尘器的电场风速

污染源		电场风速 $u/ (m \cdot s^{-1})$
电厂锅炉飞灰		0.7 ~1.4
纸浆和造纸工业锅炉黑液回收		0.8~1.5
钢铁工业	烧结机	1.2 ~1.5
	高炉煤气	0.8 ~1.3
	碱性氧气顶吹转炉	1.0 ~1.5
	焦炉	0.6 ~1.2
水泥工业	湿法窑	0.9 ~1.2
	立波尔窑	0.8 ~1.0
	干法窑 (增温)	0.8 ~1.0
	干法窑 (不增温)	0.4 ~0.7
	烘干机	0.8 ~1.2
	磨机	0.7 ~0.9
硫酸雾		0.9 ~1.5
城市垃圾焚烧炉		1.1 ~1.4
有色金属炉		0.6

C.5 电除尘器的通道宽度及电场长度

C.5.1 通道宽度是阳极板、阴极线间距的两倍,也称为同极间距。一般选用在 250~650mm 之间,目前最常用的在 350~450mm 之间,具体数据应综合工程情况和业主要求而定。

C.5.2 通道数可按下式计算,在采用多室结构时,单室电场通道数不宜大于 50 个。

$$Z = \frac{B}{2b - e} \dots\dots\dots (C-3)$$

式中: Z — 电除尘器的通道数;

B — 电场有效宽度, m;

b — 阳极板与阴极线的中心距, m;

e — 阳极板的阻流宽度, m (对于波纹板、小 C 型板、CS 型板, e 等于板型厚度; 对于 Z 型或大 C 型板, 在板宽/板型厚度 ≤ 4.5 时 e 选用板型厚度的 1/2, 在板宽/板型厚度 > 4.5 时, e 则选用板材厚度)。

C.5.3 电场长度可按下式计算:

$$L = \frac{S_A}{CnH}$$

式中: L — 电场长度, m;

S_A — 总收尘面积, m^2 ;

n — 电场数;

C — 通道数;

H — 电除尘器有效高度 (不大于 17m, 具体值根据场地和相关数据来定), m。

C.5.4 一般可将电场沿气流方向分为几段, 每个电场不宜过长, 一般取 3.5~5.4m。电场数可根据有效驱进速度、除尘效率等数据综合考虑, 一般选为 4~6 个为宜, 除尘器出口为非直接排放的工艺过程电除尘器则可不受此限制。

C.5.5 应根据处理含尘气体量的大小将电除尘器分为数台来设计, 一般为 1~4 台, 具体参见表 C.3。

表 C.3 电除尘器配置台数

序号	含尘气体量 ($m^3/h \times 10^4$)	电除尘器台数 (台)
1	小于 50	1
2	50~150	2
3	150~250	3
4	250~300	4

C.5.6 除尘器出口为直接排放的电除尘器, 其比集尘面积 (SCA) 应不小于 $100m^2/(m^3/s)$ 。

附录 D

(资料性附录)

旋转电极设计要求

- D.1 支撑装置的强度及刚度，需能确保上、下传动系统长期稳定运行。
- D.2 上、下传动系统应满足在工况环境下能够稳定运行，相邻两支点间轴的同轴度不大于 2mm。
- D.3 传动装置提供的扭矩不低于负载工况下旋转板所需理论扭矩的 1.5 倍，且能适应室外工作的环境条件。
- D.4 旋转板组的顶部、底部应留有满足极板绕链轮转动及检修的空间。
- D.5 下部传动下方应留有满足链条热膨胀及磨损伸长后从动轴系整体下移的空间。
- D.6 下部传动应能在链条受热膨胀及磨损伸长后实现自动张紧。
- D.7 旋转极板面板平面度不大于 5mm。
- D.8 固定移动极板链条的抗拉极限强度应大于静载荷 5 倍的安全系数，其材料及链条形式应满足在无润滑、多尘、有腐蚀且高温的环境下长期工作。
- D.9 旋转极板电场输送及传动链轮和链条应符合 GB/T 18150、GB/T 8350、GB/T 1243 及 GB/T 20736 的规定。
- D.10 链轮设计应满足在多尘环境下长期运行，同时应注意消除链条节距积累误差所造成的极板翻转不同步的影响。
- D.11 常规轴承能适应室外工作的环境条件，尘中轴承应能在受热、多尘条件下可靠工作。
- D.12 壳体应密封、防雨，壳体的设计应避免死角，减少灰尘积聚。
- D.13 灰刷应有一定弹性，保证对旋转极板保持足够的摩擦力，同时刷毛不能刷伤旋转极板。
- D.14 刮灰装置应具有自我调节功能，能根据磨损情况自动调整位置，保证刮板与旋转极板表面良好接触，同时刮板材质不能刮伤旋转极板。
- D.15 宜设置电气连锁保护装置。
- D.16 各部件制作选材应严格按设计图纸。

附录 E

(资料性附录)

输灰方式的适用场合和技术要求

E.1 螺旋输送机适用场合和要求:

a) 适用于水平或倾斜度小于 20° 情况下输送粉状或粒状灰, 不适用于输送温度高、黏性或腐蚀性强的灰;

b) 输送机长度不宜超过 20m, 输送量一般小于 $30\text{m}^3/\text{h}$;

c) 向上倾斜输送时, 输送高度一般不高于 2m;

d) 设计选用时, 应将驱动装置及出料口装在头节(有止推轴承)处, 使螺旋轴处于受拉状态为宜。

E.2 埋刮板输送机适用场合和要求:

a) 适用于粉尘状、小颗粒和小块状灰的输送;

b) 灰密度一般在 $0.2\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.8\text{g}/\text{cm}^3$ 之间, 垂直机型宜小于 $1.0\text{g}/\text{cm}^3$;

c) 灰温度不宜超过 100°C , 高温灰输送时应采用耐高温密封材料;

d) 输送距离一般小于 50m, 输送高度不宜大于 10m, 输送量宜为 $50\text{m}^3/\text{h}$ 以下;

e) 输送灰的含水率不应大于 10%;

f) 水平输送粒度宜小于 10mm, 垂直输送粒度宜小于 5mm;

g) 不适用于输送高温、有毒、易爆、腐蚀性强、磨损性和黏性大、悬浮性和流动性好以及易破碎的灰。

E.3 空气斜槽适用场合和要求:

a) 适用于粉料输送;

b) 温度不大于 150°C 的干性灰;

c) 灰含水量不大于 1%;

d) 适合于中、短距离输送, 输送距离宜小于 60m;

e) 不能用于向上输送; 水平输送需倾斜安装, 斜度不应小于 6%;

f) 可将灰向不同位置多点输送。

E.4 气力输送的适用场合和要求:

a) 适用于长距离、集中、定点输送和提升输送;

b) 灰最高温度小于 400°C ;

- c) 可将由数点集中的灰送往一处或由一处分散送往数点的远距离操作；
- d) 对于化学性能不稳定的灰，宜采用惰性气体输送；
- e) 输送管路应采用防磨弯头；管路系统应设有排堵、防堵措施和装置；
- f) 不宜输送粗、重颗粒和含水量高的灰；
- g) 气力除灰系统的基本类型及选用要点见表 E1。

表 E1 气力除灰系统基本类型及选用要点

系统类型	主要设备	气源压力 (kPa)	系统出力 (t/h)	单节输送最大当量长度 (m)	常规灰气比范围 (kg/kg)	选用要点
高正压系统	仓泵	200~800	0~200	<2000 ^a	7~60	系统出力和输送长度较大，适合厂外输送。
微正压系统	气锁阀	<200	0~80	<300	<15	输送长度较短，单灰斗配置，适用于从一处向多处进行分散输送。
负压系统	受灰器、负压风机、真空泵等	-50	0~50	<200	2~10 20~25 ^b	输送长度短，单灰斗配置。适用于从低处向高处，由数处向一处集中输送。

注：a) 单节输送最大当量长度跟灰性质有关。
b) 以受灰器作供料设备的负压系统，灰气比为 2~10；以除灰卸料阀为供料设备的负压系统，灰气比为 20~25。

附录 F

(资料性附录)

电除尘高压电源的特性及比较

F.1 几种电源主要性能比较见表 F.1。

表 F.1 电源主要性能比较

项 目	单相可控硅 (SCR) 电源	三相 SCR 电源	中频电源	高频电源
三相平衡	不平衡	三相平衡	三相平衡	三相平衡
峰值电压 (72kV 时)	大于 100kV	约 80kV	76kV	约 75kV
电压纹波	大于 50%	2%~5%	2%~5%	小于 1%
平均电压比	1	125%以上	130%以上	130%以上
电能利用率	<70%	约 90%	>90%	>90%
装置 (控制与整流变)	分体	分体	分体	一体
整流变压器	体积重量大	体积重量较大	体积重量较小	体积重量小
火花特性	火花冲击较大	火花冲击大	火花冲击小	火花冲击小
供电方式	容易实现间隙供电、脉宽宽	较难实现间隙供电、脉宽宽	容易实现间隙供电、脉宽窄	容易实现间隙供电、脉宽窄
整流变噪声	小	小	较大	很小
实现大功率	容易	容易	容易	困难

F.2 在实际应用中，电源应根据不同工况和工程投入来选择，主要包括以下两个方面：

a) 节能角度分析：

电除尘高压电源的节能有两个方面，一个是电源本身的效率，即电源的电能利用率，另一个方面是运行过程的电场实际耗电量。从高压电源电能利用率上来看，利用率从高到低是高频高压电源>中频电源>三相 SCR 电源>单相 SCR 电源；而电场实际耗电量与电除尘工况、电源供电方式、控制模式等有关，不同的厂家产品也可能会有不同效果。

b) 除尘效率角度分析：

从电除尘效率角度，考虑高压电源的选择主要取决于工况。如果电场的实际运行火花电压低，电场的电流小，应尽量选用二次电压纹波系数小的电源，即可选择三相 SCR 电源、

中频电源、高频高压电源等，与单相 SCR 电源相比，该三种电源能大大提高电场的输入电能，提高运行参数，有利于提高电除尘的效率；如果单相 SCR 电源运行时，电场的运行电流大电压高，接近额定值，并且火花少，则可选择较大功率的三相电源进一步提高电源的注入功率来提高除尘效率。

F.3 高频高压电源与常规单相 SCR 电源输出电压波形比较见下图：

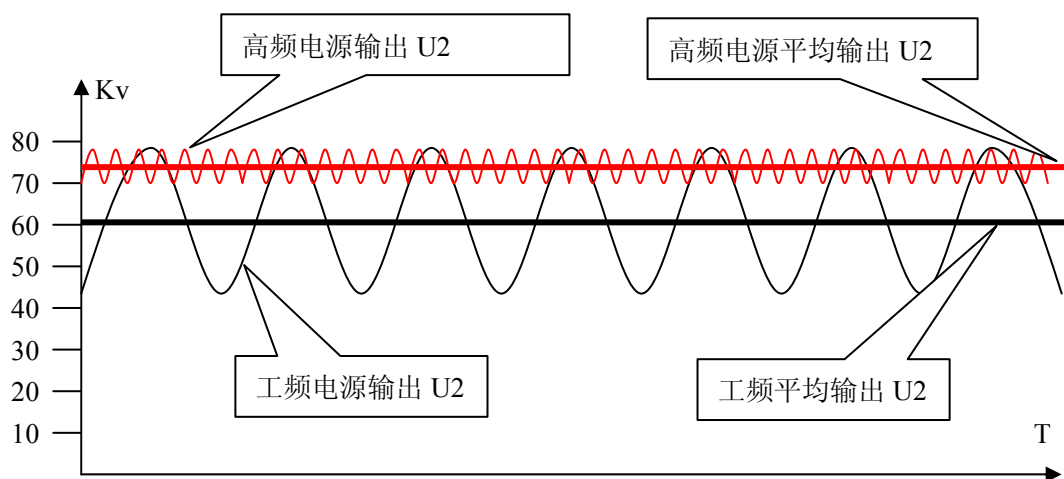


图 F.1 电场二次电压波形对比

从图 F.1 中可以看出，在相同峰值电压时，高频高压电源的平均电压比常规电源（单相 SCR）要高很多。三相 SCR 电源、中频电源在该特性上与高频电源类似；该特性也是这三种电源与常规电源的最显著区别点。

F.4 中频电源与三相 SCR 电源相比，主要不同点有：

- a) 三相 SCR 电源与中频电源的输出纹波系数都比单相 SCR 小，有相近的平均电压输出值；
- b) 火花关断中频电源比三相 SCR 快，冲击小，间隙供电脉冲宽度中频电源比三相 SCR 窄；
- c) 供电方式中频电源比三相 SCR 电源采用不同的控制原理；
- d) 整流变压器噪声中频电源相对较大。

F.5 高频高压电源与中频电源相比，主要不同点有：

- a) 高频高压电源为一体化结构，而中频电源为分体式结构；
- b) 高频电源大功率较难实现，而中频电源大功率不存在问题；
- c) 高频高压电源价格比中频电源高。

F.6 电除尘器正常耗电量取决于多种因素，在达到电除尘设计除尘效率前提下，耗电量主要取决于电源的智能控制系统。一般来说，一台火电机组的电除尘器高压供电设备的耗电量不应超过 0.5kW/MW。在降低电除尘器的耗电量时，应充分考虑低压加热部分的能耗，尽量优化加热策略，减少无必要的加热能耗。在缺少自动优化手段情况下，也可以从电除尘运行管理方面进行优化。

附录 G

(资料性附录)

上位机系统配置要求

G.1 硬件配置应符合下列要求:

- a) 系统主机采用工控机;
- b) 主机外设应能满足系统软件安装、恢复、备份需要;
- c) 上位机系统应配有UPS电源, UPS电源备用时间不小于30min。

G.2 监控内容:

- a) 应显示电除尘器运行的主要参数;
- b) 应能对电除尘器控制设备进行开、停机操作;
- c) 应能对下位机参数进行远程修改;
- d) 应有重要参数的实时趋势图和历史趋势图;
- e) 应有绘制实时电场伏安曲线;
- f) 当设备发生故障时, 能显示报警提示、发出报警声并打印报警信息。

G.3 系统管理及数据处理应符合下列要求:

- a) 应有系统操作的权限设置;
- b) 应自动保存运行数据, 保存时间至少三个月;
- c) 当设备报警时, 能自动记录及打印;
- d) 能对历史数据进行查询、打印、导出、删除等;
- e) 应提供上位机监控软件的恢复备份;
- f) 脱离上位机系统, 下位机设备应能正常运行。

附录 H

(资料性附录)

电除尘器升压记录

电除尘器升压记录表

尘源设备和名称:			电除尘器规格:		
制造商名称:			高压电源规格:		
测试时天气: 晴、多云、阴、雨		温度:	湿度:	风力:	
电场号:		室号:	时 分 —— 时 分		
空载 (负载) 测试			第 次		
序号	一次电压 (V)	一次电流 (A)	二次电压 (V)	二次电流 (A)	备 注
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

注: 雨、雪、雾、大风等恶劣天气, 不得进行并联供电升压试验。

测试负责人:

记录人:

日期:

附录 I

(资料性附录)

电除尘器运行记录

电除尘器运行记录表

电场号:		室号:						
序号	时/分						备注	
1	尘源设备负荷							
2	一次电压 (V)							
3	一次电流 (A)							
4	二次电压 (V)							
5	二次电流 (A)							
6	进口含尘气体温度 (°C)							
7	出口含尘气体温度 (°C)							
8	出口排放情况							
9	灰斗料位情况							
10	输灰设备情况							

注：电除尘出口排放为目测和浊度仪监测情况

操作员:

交班班长:

接班班长:

日期: