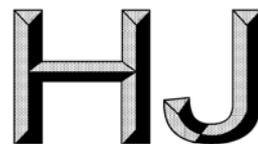


附件二：



中华人民共和国国家环境保护标准

HJ □□□—□□□□

电除尘工程通用技术规范

General technical specification for electrostatic precipitation
engineering

（征求意见稿）

201□—□□—□□发布

201□—□□—□□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.....	3
4 污染物与污染负荷.....	4
5 总体要求.....	5
6 工艺设计.....	8
7 主要工艺设备和材料.....	16
8 检测与自动控制.....	18
9 主要辅助工程.....	20
10 劳动安全与职业卫生.....	22
11 施工与验收.....	23
12 运行与维护.....	27
附录 A（规范性附录）选型设计条件和要求.....	30
附录 B（资料性附录）电除尘高压电源的特性及比较.....	34
附录 C（资料性附录）电除尘器升压记录.....	42
附录 D（资料性附录）电除尘器运行记录.....	43

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，控制粉尘(烟尘)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、选型、施工、验收与运行维护的通用技术要求。

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、南京国电环保设备有限公司、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、天洁集团有限公司、浙江佳环电子有限公司。

本标准环境保护部2000年00月00日批准。

本标准自2000年00月00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、选型、施工、验收与运行维护的通用技术要求。

本标准适用于采用电除尘器的烟气净化处理工程，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，特殊性要求可同时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 7251	低压成套开关设备和控制设备
GB 12348	工业企业厂界环境噪声排放标准
GB 15577	粉尘防爆安全规程
GB 50009	建筑结构荷载规范
GB 50011	建筑抗震设计规范
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 50040	动力机器基础设计规范
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 9813	微型计算机通用规范
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 16845	除尘器 术语
GB/T 50058	爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范
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 5035	火力发电厂采暖通风与空气调节设计技术规定
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
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/T 212	污染源在线自动监控（监测）系统数据传输标准
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
JB 2420	户外防腐电工产品条件
JB/T 5906	电除尘器 阳极板
JB/T 5908	电除尘器主要件抽样检验及包装运输贮存规范
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/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

下列术语和定义及 GB/T 16845 确立的术语和定义适用于本标准。

3.1 高频高压电源 High Frequency High Voltage Power Supply

指一种将三相 AC380V 交流输入整流为直流，再经全桥逆变为 20kHz 以上的高频交流，随后升压整流输出直流高压给电除尘器供电的装置。

3.2 中频高压直流电源 Medium Frequency High Voltage DC Power Supply

指一种将三相 AC380V 交流输入，采用 AC→DC→AC→DC 的中频（300~500Hz）变流和空间电压矢量脉宽调制技术，实现输出直流高压给电除尘器供电的装置。

3.3 三相可控硅电源 Triphase Silicon Controlled Power Supply

指一种将三相 AC380V 交流输入，通过三路六只可控硅反并联调压，经三相变压器升压整流输出直流高压给电除尘器供电的装置。

3.4 恒流高压直流电源 Constant Current High Voltage DC Power Supply

指一种由 L-C 谐振变换器、直流高压发生器和反馈控制系统组成，再升压整流输出直流高压给电除尘器供电的装置。

3.5 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 电除尘工艺适用于各种处理风量下含尘气体除尘。

4.1.2 适合电除尘器处理的烟气粉尘比电阻一般在 $1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm} \sim 1 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ ，当比电阻过高时，应采取烟气调质方法，如喷雾增湿、在烟气中喷入化学添加剂等。

4.1.3 适合电除尘器处理烟气温度应在烟气露点温度至 400℃ 之间，当烟气温度高于上限时，应采取降温措施。同时为保证烟气温度在电除尘器内保持在烟气露点温度以上，还应采取有效的保温和加热措施。

4.1.4 电除尘器的入口烟气含尘浓度应 $\leq 1000 \text{g/m}^3$ 。

4.2 污染物负荷确定

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，掌握污染源排放污染物的成因、种类和理化性质、位置分布及数量、排放形式与途径、排放量及排放强度、排放规律等，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，结果真实、数据可靠。烟尘的参数以测试报告、设计资料为主。当用户无法提供烟尘原始资料和数据时，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。

4.2.3 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。

4.2.4 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除尘效率。

4.2.5 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态进行核算。

4.2.6 应根据工程设计需要，收集含尘气体理化性质等原始资料，主要包括以下内容：

a) 污染源的排风量（正常风量、最大风量、最小风量）；

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) 气体含湿量、相对湿度；

f) 粉尘成分（SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃、CaO、MgO、Na₂O、K₂O、TiO₂、P₂O₅、MnO₂、Li₂O、SO₃ 等）；

g) 粉尘粒度、真密度、堆积密度、自燃性、爆炸性、粘性等；

h) 产生污染物设备的型号和数量。

5 总体要求

5.1 一般规定

5.1.1 电除尘工程的设计和实施应遵守环境保护“三同时”制度和清洁生产、循环经济、节能节水、消防等政策、法规，符合环境保护、劳动安全和工业卫生要求。

5.1.2 电除尘工程应由具有国家相应设计资质的单位设计、制造和安装。工程设计文件应符合《建筑工程设计文件编制深度规定》、JB/T 6407、环境影响评价文件与审批文件及本标准的要求。电除尘器技术要求应符合 HJ/T 322、试验及测试应符合 GB 13931、安装应符合 JB/T 8536、检验及包装运输贮存应符合 JB/T 5908 等标准。配套工程及设备需符合各自相应规范及标准。

5.1.3 电除尘系统是生产工艺设备的重要组成部分，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 电除尘系统工艺、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 电除尘工程的设计应以达标排放为原则，采用成熟稳定、技术先进、安全可靠、经济合理的工艺和设备。

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

5.1.7 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。

5.1.8 电除尘工程设计应进行多方案比选，从技术、经济、实施条件、运行管理等方面进行充分论证，选择和优化最佳工艺方案。

5.1.9 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) 对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。

5.1.10 在电除尘工程建设、运行过程中产生的废水、废渣及其他污染物的防治与排放，应贯彻并执行国家现行的环境保护法规等有关规定，不得产生二次污染。

5.1.11 电除尘工程的设计、建设，应采取有效的隔声、消声、绿化等降低噪声的措施，噪声和振动应符合 GB J87 和 GB 50040 的规定，厂界噪声应达到 GB 12348 的要求。

5.1.12 大型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行业除尘工程技术规范的要求设置连续监测系统，并与当地环保部门联网。连续监测装置和数据传输系统应分别符合HJ/T 76 和HJ/T 212 的规定，安装、运行和维护应符合HJ/T 75 的规定。

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 GB Z1、GB J16、GB 50187 的规定。

5.2.2 电除尘工程的平立面布置应节约用地，少占耕地，优先考虑利用荒地、劣地、山地和空地。场地标高、场地排水、防洪等均应符合 GB50187 的规定。

5.2.3 主体设备应按工艺的流程布置，尽量靠近污染源，各项设施的布置应顺畅、紧凑、美

观。

5.2.4 电除尘工程的烟囱应位于场区主导风向的下风侧。

5.2.5 电除尘工程的主体设备之间应留有足够的安装空间、检修空间，方便施工，有利于维护检修；交通运输便捷。

5.2.6 总平面布置应防止有害气体、烟、粉尘、强烈振动和高噪声对周围环境的危害。

5.2.7 对于新建项目，应预留适度的空地，以适应排放要求趋严的需要。

5.2.8 主体设备周边应设有运输通道和消防通道，并满足设计规范的要求。主体设备周边还应具备塔吊或汽车吊工作条件。

5.2.9 电除尘工程烟道跨道路、铁路高空敷设时，烟道底部的高度应符合 GB 50251 的要求，并留有一定的富余高度。

5.2.10 烟道内的烟气在具有毒性、可燃、易燃、易爆性时，不得穿越与其无关的建筑物、构筑物、生产装置及贮罐区等。

5.2.11 管线共沟敷设，应符合下列规定：

a) 热力管道，不应与电力、通信电缆和物料压力管道共沟。

b) 煤气等可燃气体管道严禁与消防水管共沟敷设。

c) 凡有可能产生相互影响的管线，不应共沟敷设。

5.2.12 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。

5.2.13 管架与建筑物、构筑物之间的最小水平间距，应符合表 1 的规定。

表 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。	

5.2.14 管架跨越铁路、道路的最小垂直间距，应符合表 2 的规定。

表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）	火灾危险性属于甲、乙、丙类的液体、可燃气体与液化石油气管道	6.0
	其它一般管线	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。		

5.2.15 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0.15m~0.30m；无车辆出入的室内、外高差可大于0.30m。

5.2.16 消火栓宜靠近道路，其分布应满足消火半径范围的要求。室外消火栓间距不应大于120m。消火栓距路边不应大于2m，距房屋外墙不宜小于5m。

5.2.17 建（构）筑物的防火间距应满足GBJ16的要求。

5.2.18 净化有爆炸危险的粉尘的电除尘器，宜布置在独立建筑物内，且与所属厂房的防火间距不应小于10m。

5.2.19 电除尘器及换热冷却器的竖向布置应根据排灰和输灰方式确定。

5.2.20 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%。

5.2.21 总图布置宜进行方案比选，提出推荐方案，并绘制总平面图。

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合理配置，电除尘器出口排放应符合国家、地方大气污染物排放标准和总量控制的规定。单位粉尘浓度应符合GBZ2规定的限值。

6.1.2 电除尘工程的基本构成有：电除尘器本体、控制装置、除尘烟道、风机。

6.1.3 在以下污染源场合宜优先采用电除尘工艺：

a) 电力行业：空预器之后，烟囱之前。粉尘实际比电阻介于 $1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm} \sim 1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 之间。

- b) 冶金行业：烧结机机头、机尾、整粒、筛分、球团等工位及环境除尘。
- c) 建材行业：窑头、窑尾。
- d) 化工行业：制酸。
- e) 造纸行业：碱回收。
- f) 其他行业：特种专用工业窑炉含尘尾气颗粒物回收、空气净化等。

6.1.4 以下场合通过采取相关措施也可采用电除尘工艺：

- a) 对于易燃易爆气体：可通过仪器对浓度进行检测临界调控，并设置防爆阀门。
- b) 对于高比电阻粉尘：可对烟气进行调质处理，或增加比集尘面积、提高电气性能等。

6.1.5 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。

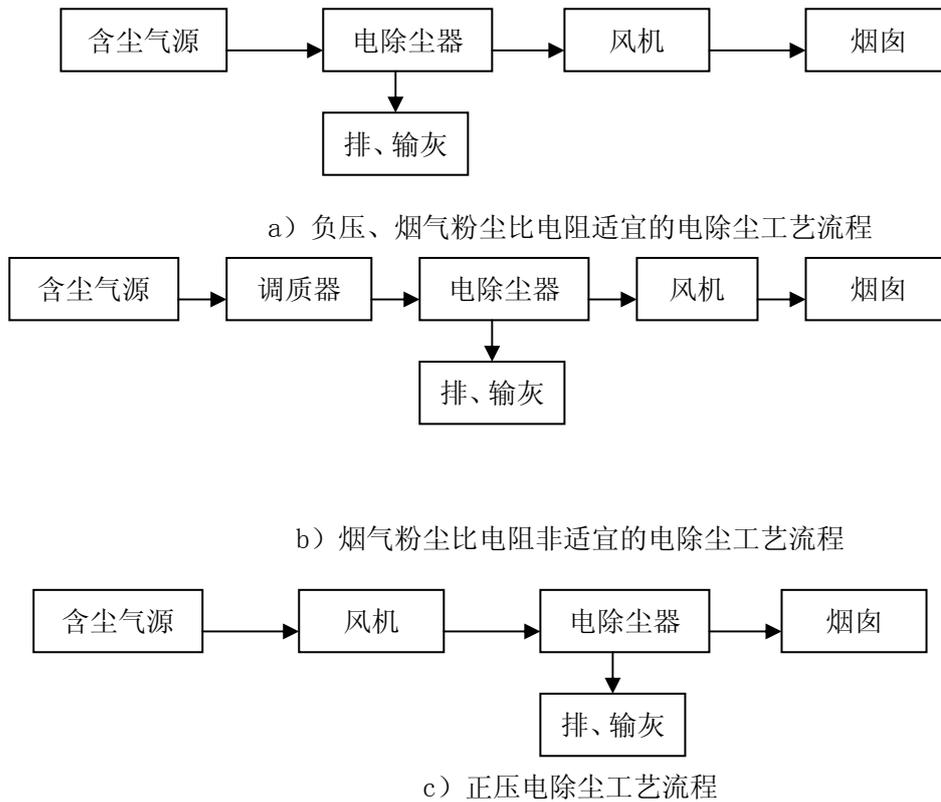


图 1 常见的电除尘工艺流程

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 烟气调质

6.3.1 一般情况下，烟气调质不能作为性能的保证条件；但当采用烟气调质作为除尘技术的配套方案时，烟气调质才能作为性能的保证条件之一。

6.3.2 在燃煤锅炉所用燃煤中含硫量 $\leq 1\%$ 、烟气粉尘比电阻 $\geq 1.0 \times 10^{11}$ ($\Omega \cdot \text{cm}$)的情况下,可以通过烟气调质的办法来提高电除尘器的除尘效率。

6.3.3 常用的化学调质剂有 SO_3 、 NH_3 、氯化物、铵的化合物、有机胺、碱金属盐等。其中, SO_3 应用最为广泛。

6.3.4 SO_3 烟气调质的使用技术条件:

- a) 处理烟气温度 $110\text{ }^\circ\text{C} \sim 180\text{ }^\circ\text{C}$;
- b) 标准状态下处理烟气含尘浓度宜 $\leq 100\text{ g/m}^3$ (标态, 干基);
- c) 适用于粉尘比电阻 $\geq 1.0 \times 10^{11}$ ($\Omega \cdot \text{cm}$) 场合;
- d) 使用的环境温度为 $-20\text{ }^\circ\text{C} \sim +50\text{ }^\circ\text{C}$, 在相对于空气温度 $20\text{ }^\circ\text{C}$ 左右时最大相对湿度为 90% , 海拔高度 $\leq 1000\text{ m}$ 。

6.4 电除尘器选型

6.4.1 电除尘器选型应符合DL/T 514、JB/T 5910的规定, 阴极线应符合JB/T 5913的规定, 阳极板应符合JB/T 5906的规定, 振打加速度应符合DL/T 461的规定, 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的规定, 保温设计应符合DL/T 5072的规定, 焊接件应符合JB/T 5911的规定, 钢结构设计应符合GB 50009、GB 50011、GB 50017及GB 50018的规定。

6.4.2 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, 如飞灰成分分析、飞灰粒度分析、飞灰比电阻分析、飞灰密度和内摩擦角等。
- c) 烟气成分分析, 如烟气化学成分分析、烟气其它性质分析等。
- d) 烟气参数, 如电除尘器入口烟气量、电除尘器入口烟气温度、烟气露点温度、电除尘器入口处烟气最大含尘浓度。
- 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, 其电除尘器选型设计条件见附录A, 其它行业可参考。

6.4.3 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、本体漏风率和年运行小时数。其中，出口烟尘排放浓度和年运行小时数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 5%。

6.4.4 电除尘器的配置应根据处理烟气体积确定，同时考虑烟气性质、环保排放要求、工况要求等影响，一般情况可参考以下要求配置：

- a) 电除尘器台数： 1~4 台
- b) 电场数： 1~6 个
- c) 电场高度： 不大于 15m
- d) 电场通道数： 不大于 40 个

6.4.4 电除尘器选型设计的结构要求：

- a) 同极间距 250mm~600mm；
- b) 电场数量不应少于 4 个；
- c) 比集尘面积 (SCA) $\geq 100\text{m}^2/(\text{m}^3/\text{s})$ ；比集尘面积=总集尘面积 (m^2) /处理烟气体积 (m^3/s)，一般来说不应小于 $100\text{m}^2/(\text{m}^3/\text{s})$ 。

6.5 电除尘器设计

6.5.1 一般规定

6.5.1.1 电除尘器的烟气温度应 $\leq 400^\circ\text{C}$ ，其中烟气温度 $> 250^\circ\text{C}$ 为高温型。

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

6.5.1.3 窑炉在使用两台或以上电除尘器时，每台电除尘器在结构上都应有独立的壳体。

6.5.1.4 进入电除尘器的烟气温度应保持在烟气露点温度 20°C 以上。

6.5.1.5 当烟气温度 $\leq 300^\circ\text{C}$ 时，电除尘器的钢结构设计温度为 300°C ；当烟气温度 $> 300^\circ\text{C}$ 时，电除尘器的钢结构设计温度按实际最高烟气温度并加 10%的余量计算。

6.5.1.6 电除尘器壳体的设计压力应由烟气生产系统工艺给定，包括设计负压和设计正压。

6.5.1.7 对于燃煤电厂，电除尘器应允许在锅炉最低稳燃（不投油助燃）负荷时运行正常不发生堵塞。

6.5.2 性能要求

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

6.5.2.2 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。当一台窑炉配 1 台单室电除尘器时，不予考虑；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。

c) 烟气温度为设计温度加 10℃。

d) 烟气量加 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。

6.5.2.3 电除尘器性能考核时，运行条件超出 6.5.2.2 规定的范围，允许进行效率修正，除尘效率的修正项目按 DL/T 514、JB/T 5910 的规定。

6.5.2.4 电除尘器的本体漏风率应符合 DL/T 514 的规定。

6.5.2.5 电除尘器的本体压力降应符合 DL/T 514 的规定。

6.5.2.6 距电除尘器壳体 1.5m 处的最大噪声级不超过 85dB(A)。

6.5.3 本体设备要求

6.5.3.1 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烟气的性质确定，其厚度应不小于 4.5mm。

d) 壳体应设有检修门、扶梯、平台、栏杆、护沿、人孔门、通道等；在电除尘器的每一个电场前后设人孔门和通道；在电除尘器顶部设有检修门；圆形人孔门直径至少为 $\Phi 600\text{mm}$ ，矩形人孔门最小尺寸应为 $450\text{mm}\times 600\text{mm}$ ；平台载荷应为 4kN/m^2 ，扶梯载荷应为 2kN/m^2 。

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相联锁，以免发生高压触电事故。

f) 绝缘子应设有加热装置。

g) 壳体应充分考虑热膨胀要求。

h) 外壳形式应根据粉尘的易燃易爆性确定。

6.5.3.2 收尘极和放电极应符合下列要求：

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。

6.5.3.3 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。

6.5.3.4 气流分布装置应符合下列要求：

a) 电除尘器入口烟道应保证流量分配均匀，根据需要配备导流装置。每台电除尘器的入口都应配备多孔板或其它形式的均流装置，以便烟气均匀地流过电场。

- b) 各封头（室）的流量和理论分配流量之相对误差应不超过±5%。
 - 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。
- 6.5.3.5 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±3mm。
- 6.5.3.6 灰斗应符合下列要求：
- a) 灰斗跨度按长度方向宜限于每个电场，如超过一个电场时，应具有防止烟气短路的措施。沿宽度方向数量尽可能减少，以简化除灰系统和设备。
 - b) 灰斗钢板厚度由灰斗容积和烟尘的物理特性确定，一般应不小于 4.5mm。
 - c) 为了避免烟气短路，灰斗内应装有阻流板，其下部尽量远离排灰口，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，圆角半径为 200mm，以保证灰尘自由流动。
 - 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，灰斗存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，应采用恒温装置，以保证电加热安全、稳定运行。
 - 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，每只灰斗装设一组气化板，安装时应避开捅灰孔。
 - g) 灰斗应安装料位计。
- 6.5.3.7 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烟气露点温度 20℃ 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。
- 6.5.3.8 整流变压器的起吊设施应符合下列要求：
- a) 应能将起吊物由顶部吊至零米，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，起重能力应能吊起整流变压器，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。
- 6.5.4 钢结构应符合下列要求：
- 6.5.4.1 钢结构设计应符合 GB 50009、GB 50011、GB 50017 及 GB 50018 的规定。
- 6.5.4.2 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) 正、负压。
- g) 部分烟道荷重。

6.5.4.3 除尘器支承结构应是自撑式的，能把所有垂直和水平负荷转移到柱子基础上，任何水平荷载都不能转移到别的结构上。

6.6 卸输灰

6.6.1 电除尘器收集的粉尘回收利用应符合GB 50019的有关规定。

6.6.2 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。

6.6.3 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、内摩擦角）等因素综合确定。

6.6.4 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。

6.6.5 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、卸灰口吸风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。粉尘储存和运输应防止二次污染，鼓励综合利用。

6.6.6 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。

6.6.7 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：

$$H = \frac{0.1 \times \Delta P}{\rho} + 100 \quad (1)$$

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。

6.6.8 输排灰开机时，先开输灰机械，后开卸灰阀；反之，停机时，先关卸灰阀，后关输灰机械。要求自动联锁控制。

6.6.9 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物料，不适用于输送温度高、

黏性或腐蚀性强的物料。

- b) 输送机长度不宜超过 20m, 输送量一般小于 $10\text{m}^3/\text{h}$ 。
- 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。

6.6.10 埋刮板输送机适用场合和要求:

- a) 适用于粉尘状、小颗粒和小块状物料的输送。
- b) 物料密度一般在 $0.2\text{ kg/cm}^3 \sim 1.8\text{ kg/cm}^3$ 之间, 垂直机型宜小于 1.0 kg/cm^3 。
- c) 物料温度不宜超过 100°C , 高温物料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) 输送物料的含水率不应大于 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物料。

6.6.11 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 的干性物料。
- c) 物料含水量不大于 1%。
- d) 适合于短距离输送, 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) 可将物料向不同位置多点输送。

6.6.12 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) 物料最高温度小于 400°C 。
- c) 可将由数点集中的物料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物料, 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物料。
- g) 气力除灰系统的基本类型及选用要点见表 3。

表 3 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。

^a单节输送最大当量长度跟物料性质有关。
^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。

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, 不应干扰无线电、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 高压整流变压器额定输出电流大于等于 1A 时, 应安装气体继电器或释压阀。

7.1.1.9 高压电源出厂发运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 高压电源有多种形式, 其性能特点详见附录 B, 可根据烟尘特性和环保排放要求来选择。

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，并能经受相应的热应力和机械应力。

7.2 材料

7.2.1 为保证承重结构的承载能力和防止在一定条件下出现脆性破坏，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。承重结构的钢材宜采用 Q235 钢、Q345 钢、Q390 钢或 Q420 钢。

7.2.2 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：

- 1) 直接承受动力荷载或振动荷载且需要验算疲劳的结构。
- 2) 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。
- 3) 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。

7.2.3 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。

7.2.4 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 $-20^{\circ}\text{C}\sim 0^{\circ}\text{C}$ 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。

7.2.5 钢铸件采用的铸钢材质应符合 GB/T 11352 的规定。

7.2.6 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。

7.2.7 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。

7.2.8 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) 手工焊接应符合 JB/ZQ3687 规定，自动焊接或半自动焊接应符合 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) 铆钉应采用现行国家标准 GB/T715 中规定的 BL2 或 BL3 号钢制成。
 - g) 锚栓可采用现行国家标准 GB/T700 中规定的 Q235 钢或 GB/T1591 中规定的 Q345 钢制成。
- 7.2.9 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 C480 型 SPCC 材质，厚度 1.5mm，允许负 0.1mm；ZT24 型 SPCC 材质，厚度 1.2mm，不允许负；其余要求参考 JB/T 5906。
 - b) 阴极线要求参考 JB/T 5913 。
- 7.2.10 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。
- 7.2.11 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 检测与自动控制

8.1 一般规定

- 8.1.1 自动控制系统和设备应满足净化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遵循 GB/T 3797。
- 8.1.3 为保证电器设备、自动控制系统的安全可靠运行，设计中所选用的电器产品元件和材料必须是合格产品，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具有远程控制能力的控制设备。当远程控制系统发生故障时，就地自动控制应能正常运行，不应影响就地设备的正常投运。

8.1.6 电除尘自动控制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。

8.2 检测内容

8.2.1 除尘器烟气进出口温度显示。

8.2.2 除尘器大梁绝缘子加热温度显示及露点温度报警。

8.2.3 除尘器阴极振打绝缘子加热温度显示及露点温度报警。

8.2.4 除尘器灰斗加热温度显示及露点温度报警。

8.2.5 高压整流变温度显示及临界温度、危险温度报警。

8.2.6 高压供电装置的一次电压、一次电流、二次电压、二次电流的显示。

8.2.7 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。

8.2.8 灰斗料位的监测及高料位的报警。

8.2.9 振打电机回路缺相、过流的报警。

8.2.10 加热回路缺相、欠流的报警。

8.2.11 除尘器出口烟气浊度（浓度）显示。

8.3 自动控制

8.3.1 电除尘系统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 电除尘系统运行控制应包括系统与除尘器的启停顺序、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和低压供电装置的自动控制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 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。

8.3.9 电除尘器的控制盘型式应与主体设备的控制盘相协调。

8.3.10 高压供电装置、振打装置、加热装置、排灰装置等的控制盘应能防尘、防振。就地安装防护等级不得低于IP54。

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。

8.4 上位机系统

8.4.1 硬件配置

- (1) 系统主机采用工控机；
- (2) 主机外设应能满足系统软件安装、恢复、备份需要；
- (3) 上位机系统应配有UPS电源，UPS电源备用时间不小于15min；

8.4.2 监控内容

- (1) 应显示电除尘器运行的主要参数；
- (2) 应能对电除尘器控制设备进行开、停机操作；
- (3) 应能对下位机参数进行远程修改；
- (4) 应有重要参数的实时趋势图和历史趋势图；
- (5) 应有绘制实时电场伏安曲线；
- (6) 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；

8.4.3 系统管理及数据处理

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

9 主要辅助工程

9.1 供配电

9.1.1 电除尘系统的直流电源设计应按 DL/T 5044 的规定执行。

9.1.2 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 设照明配电箱。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。选用防水、防尘、防腐并带有护罩的灯具。

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 ，且与电厂地网相连。

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 供方在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 供方的断路器短路分断能力应能满足需方要求，并能承受相应的动热稳定。

9.2 采暖通风

- 9.2.1 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。
- 9.2.2 电气控制室内应设置空调装置，室内温度控制在 25℃ 以下，相对湿度控制在 60%±10% 的范围内。
- 9.2.3 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。
- 9.2.4 严寒地区的设备间、电控室、泵房等应设值班采暖。

9.3 给排水

- 9.3.1 建筑给水排水设计应满足生活、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。
- 9.3.2 给水管不得穿越控制室、配电装置室等电子、电气设备间。
- 9.3.3 建筑给水设施宜选用行之有效的节水型卫生设备。

9.4 消防

- 9.5.1 配电室消防设计首先要符合 GB 50016 的规定。
- 9.5.2 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。
- 9.5.3 配电室可设置干粉灭火器等防火设施，不得采用给水消防。
- 9.5.4 配电室安全出口不少于 2 个，门窗外开。所有生产管道不得穿过高压配电室。
- 9.5.5 配电室内除本室需用的管道外，不应有其他的管道通过。室内管道上不应设置阀门和中间接头；水汽管道与散热器的连接应采用焊接。配电屏的上方不应敷设管道。

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。

10.2.3 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。

10.2.4 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。

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

10.3 职业卫生

10.3.1 电除尘器防尘、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。

10.3.4 检修人员进入电除尘器内部工作应穿戴防尘面罩、安全帽及密封性较好的工作服。

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 所有电瓷类产品在安装前按规定进行耐压和绝缘性能试验，应符合JB/T 5909.1-4

的规定。

11.1.5 制造厂和主要配套厂在施工期间派员进行技术指导。

11.1.6 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 基础检查

11.2.1.1 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 $\pm 2\text{mm}$ 。

11.2.1.2 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。

11.2.1.3 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)。

11.2.2 钢支架

11.2.2.1 柱距安装偏差为柱距的1%，极限偏差为 $\pm 7\text{mm}$ 。

11.2.2.2 各支柱与水平面的垂直度为其长度的1%，最大值为10mm。

11.2.2.3 支柱顶部标高偏差对于零米不大于10mm，各支柱相互偏差为 $\pm 3\text{mm}$ 。

11.2.3 支承轴承和底梁

11.2.3.1 支承轴承安装后标高偏差为 $\pm 3\text{mm}$ 。

11.2.3.2 底梁安装后其电场对角线尺寸偏差应符合JB/T 8536的规定。

11.2.3.2 存放灰斗空间对角线偏差为 $\pm 8\text{mm}$ 。

11.2.4 壳体

11.2.4.1 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。

11.2.4.2 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。

11.2.4.3 大梁底面与立柱上端面接触间隙应不大于2mm。

11.2.4.4 相邻两大梁纵向中心线距离的极限偏差为 $\pm 5\text{mm}$ ，其平行度为5mm。

11.2.5 阳极部分

11.2.5.1 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。

11.2.5.2 阳极排上支点间距偏差为±1mm。

11.2.6 阴极部分

11.2.6.1 绝缘套管、防尘罩与吊杆间偏差为±5mm。

11.2.6.2 阴极大框架整体平面度公差为 15mm，整体对角线公差为 10mm。

11.2.6.3 大梁底面及壳体内壁至阴极大框架的距离正偏差为 5mm。

11.2.6.4 同一电场阴极吊杆中心线的对角线尺寸偏差为±8mm。

11.2.6.5 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。

11.2.6.6 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。

11.2.7 振打装置

11.2.7.1 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。

11.2.7.2 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。

11.2.7.3 振打轴连接时同轴度公差为 $\phi 3\text{mm}$ 。

11.2.8 电气安装

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

11.2.8.2 电除尘器应由专用配电变压器或厂用电通过馈电线供电。

11.2.8.3 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。

11.2.8.4 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。

11.2.8.5 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。

11.2.8.6 电压、电流反馈信号线，料位信号线，温度信号线等模拟测量信号线应使用屏蔽线，且不应与其他动力电缆在电缆桥架上同层敷设。

11.3 调试

11.3.1 调试前的验收及检查

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，并投入安全联锁装置。
- 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、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 C）。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，禁止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。

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 D），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。

12.2 运行管理

12.2.1 投运前应对设备全面的检查，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 烟气中易燃、易爆物质浓度、烟气温度、运行压力应符合设计要求。当烟气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，禁止高压电源开启。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) 烟气工况发生严重变化，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或通过紧急排灰装置排灰，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 巡回检查应符合下列要求：

- 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 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

(规范性附录)

选型设计条件

A. 1 系统概况

A. 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，℃；
- g) 给水温度，℃；
- h) 最大耗煤量，t/h。

A. 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。

A. 1.3 脱硫方式，包括：

- 1) 脱硫型式；
- 2) 脱硫方法及工艺。

A. 1.4 脱硝方式，包括：

- 1) 脱硝型式；
- 2) 脱硝方法及工艺。

A. 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。

A. 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。

A. 2 燃煤性质

A. 2.1 煤种参数，包括：

- 1) 设计煤种： 产地：
- 2) 校核煤种： 产地：

A. 2.2 煤质工业分析、元素分析、灰熔融性，参数见表 A. 1。

表 A.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	°C		
	软化温度	ST	°C		
	半球温度	HT	°C		
	流动温度	FT	°C		

A.3 灰性质

A.3.1 灰成分分析，参数见表 A.2。

表 A.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	%		

A.3.2 灰粒度分析，参数见表 A.3。

表 A.3 灰粒度分析

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		

A.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 A.4。

表 A.4 灰比电阻分析

序号	测试温度 (°C)	湿度 (%)	比电阻值 (Ω·cm)	
			设计煤种	校核煤种
1	20 (常温)			
2	80			
3	100			
4	120			
5	140			
6	150			
7	160			
8	180			

A.3.4 灰密度及安息角, 参数见表 A.5。

表 A.5 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		

A.4 烟气成分分析

A.4.1 烟气化学成分分析, 参数见表 A.6。

表 A.6 烟气化学成分分析

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	%		

A. 4.2 烟气其它性质（锅炉 MCR 工况），包括：

- a) 除尘器入口处烟气酸露点温度，℃；
- b) 除尘器入口处烟气中水蒸汽体积百分比，%。

A. 5 厂址气象和地理条件

厂址气象和地理条件见表 A.7。

表 A.7 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	%	
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 B

(资料性附录)

电除尘高压电源的特性及比较

B.1 单相电源

B.1.1 单相电源工作原理

单相电源采用单相 380V 交流输入，通过两只可控硅反并联调压，经单相变压器升压整流实现对电除尘器的供电。

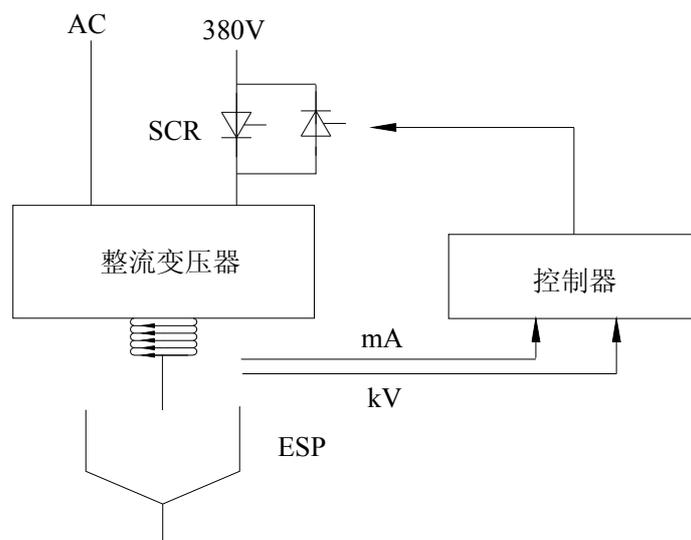


图 B.1 单相电源原理图

B.1.2 控制器的特点与功能

智能型单相控制器可以调节和控制电除尘器的输入电源，当气体温度、粉尘成分、气体流向等发生较大变动时，它可以使火花率维持在一个合适的值，它还可以调节整流器，当火花改变时调整输入电除尘的电流。整个操作过程可以由 Web 浏览器或上位机来完成。控制器具有以下优越性：

a) 高、低压控制一体化设计，可节省低压控制部分所需的 PLC，同时也有利于提高除尘效率；控制器除了控制整流变压器外，还有另外的 I/O 接口，用来控制振打、加热器或排灰系统。

- 无需振打柜、加热柜及用于振打、加热控制用的低压程控柜；
 - 对于改造项目，除尘变和主开关均可利旧，节省投资。
- b) 智能控制器拥有更加完善的火花跟踪和处理功能。
- 电除尘火花分析方法比较先进，可对火花能级进行判断与控制，有利于提高除尘效率；

- 可设定的参数多，适应范围广。

c) 在智能控制器中内置了智能优化、降功率振打和浊度闭环控制等软件，具备了独立的控制和优化能力，使该系统比以往的系统拥有更高的可靠性，在 ESP 控制领域实现了离散式分布控制，有效的提高除尘效率。采用智能控制器作为电除尘核心控制器，通过专业工程师现场优化以后运行能耗将不大于额定设计容量的三分之一。

d) 可根据不同的工况状态，选择不同的工作方式。一般有以下几种工作方式：火花跟踪控制方式、最高平均电压控制方式、间歇脉冲控制方式、恒定火花率控制方式、反电晕检测控制方式、临界火花控制方式等。

e) 上位机系统采用以太网通讯，TCP/IP 通讯方式，与其它网络的通讯相比更方便、更流畅，系统画面友好，易操作和监控。上位机与现场控制柜进行数据通信，向下传达操作指令和向上传送运行参数和状态设定；能在上位机上设定电流、设定控制方式，能远程启动、远程停机。在上位机失效情况下，控制柜可完全独立运行，并接受操作人员的手动控制。

f) 智能控制器可以作为一个独立单元进行操作，每个控制器内部的主控功能可以简化系统操作，另外还可在 PC 机上安装一个控制软件，用来监控整套设备。

g) 具有负载短路、负载开路、SCR 短路、过流保护、偏励磁保护、油温超限保护和自检恢复功能等。

B.2 高频高压电源

B.2.1 工作原理

高频高压电源原理框图如下图所示，三相交流输入整流为直流电源，经全桥逆变为高频交流，随后升压整流输出直流高压。高频高压电源工作频率在 20kHz 以上，主要包括三个部分：变换器、变压器、控制器。其中全桥变换器实现直流到高频交流的转换，高频变压器/高频整流器实现升压整流输出，为 ESP 提供供电电源。

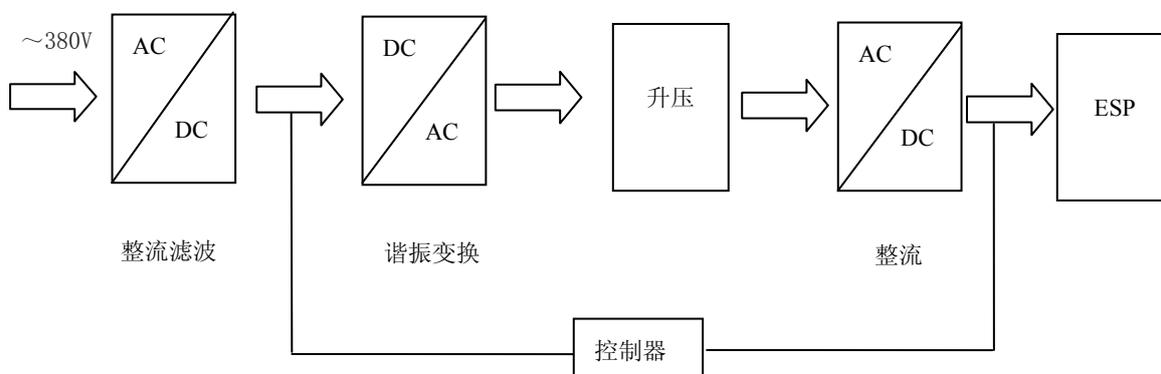


图 B.2 高频高压电源原理框图

B.2.2 特点

a) 纯直流供电电压，电流较常规电源的平均值高，有利于提高除尘效率，一般可使粉尘排放降低 30%，对高比电阻粉尘的应用需要针对工况研究；

b) 高频高压电源可在 2~5ms 时间内使火花熄灭，5~15ms 恢复全功率供电。在 100 次/min 的火花率下，输出高压无下降迹象；

c) 高频整流变压器重量显著减轻，体积明显变小；

d) 集成度高；

e) 电源转换效率高；

f) 可采取“间歇供电”来实现节能减排的效果。

B.2.3 高频高压电源推荐应用场合

在国家提倡节能减排和日益提高的粉尘排放环保标准的大形势下，应全部优先考虑使用高频高压电源，特别是在应在以下几种使用条件下，电除尘方案规格选型时应至少要考虑在第一电场配套应用高频高压电源：

a) 高比电阻粉尘；

b) 电除尘器入口粉尘浓度高于 $35\text{g}/\text{m}^3$ ；

c) 电除尘器高电场风速（大于 $1.1\text{m}/\text{s}$ ）时；

d) 其他情况，如：电除尘器前电场运行电流小需要改造时。

B.3 恒流高压直流电源

B.3.1 工作原理

如下图所示，恒流源电路包括三个部分：第一部分为 L-C 谐振变换器，每个变换器由电感 L 和电容 C 组成一个回路网络，将电压源转换成电流源；第二部分为直流高压发生器 T/R；第三部分为反馈控制系统，主要由半导体器件和接触器构成。两相交流电压源输入经 L-C 谐振变换为电流源，然后经升压整流输出直流高压，为 ESP 提供高压电源，反馈控制系统为高压输出提供闭环控制环境。

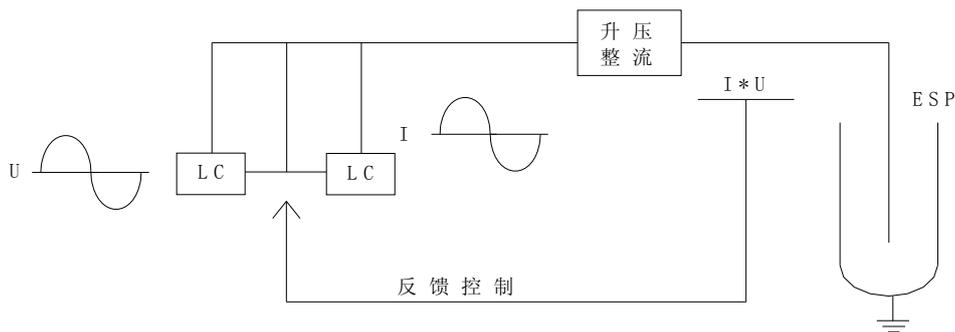


图 B.3 恒流高压直流电源工作原理图

B.3.2 特点

a) 运行电流稳定，运行电压高于常规电源，能长期保持高沉积效率；

b) 正反馈控制。能自动适应工况变化，克服二次扬尘，并有抑制电晕闭塞和阴极肥大的能力；

c) 有效抑制火花放电的发展，快速恢复全功率供电，对电除尘器适应性强；

- d) 采用并联模块化设计，结构清晰，故障率低，最大程度保障可连续工作；
- e) 功率因数高， $\text{COS}\varphi \geq 0.90$ ，而且不随运行功率水平而变化，节电效果明显；
- f) 输入、输出电压为完整的正弦波，不干扰电网。
- g) 具有脉冲供电和移相供电功能，用于特殊环境，如高比电阻粉尘等，有利提高除尘效果。

B.3.3 推荐应用场合

在以下几种使用条件下，电除尘电源选型时应优先考虑配套恒流高压直流电源：

- a) 电除雾和电捕焦；
- b) 现场工况变化频繁，浓度变化范围大；

B.4 三相电源

B.4.1 工作原理

三相电源是采用三相 380V 交流输入，通过三路六只可控硅反并联调压，经三相变压器升压整流，可实现恒流和恒压供电。目前国内企业自主研发的三相电源已成功应用于大机组的电除尘器电气改造，单台电源最大功率为 84kV&2.2A。从电除尘器第一电场的分级效率实验来看，三相电源比单相电源可提高 5-10% 的除尘效率，实现对细颗粒物的排放控制。电源电路图如下：

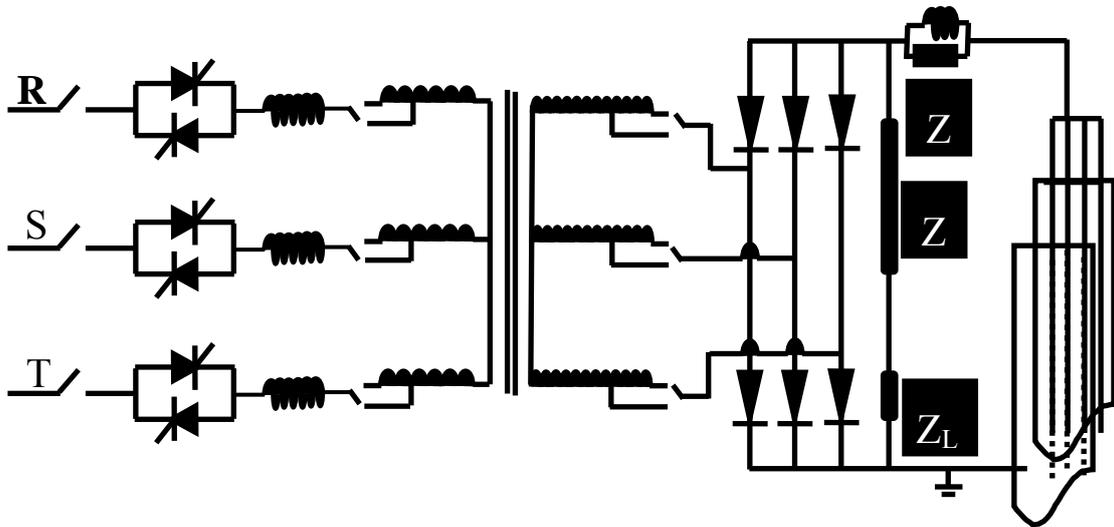


图 B.4 三相电源工作原理图

B.4.2 特点

电源供电的电网输入平衡、可减少对电网的污染和提高电源利用率，具有提高除尘效率和节电两大技术优点。三相电源有以下主要优点：

- a) 输出直流电压平稳，波动小，运行电压高，除尘效率可提高 5~10%；
- b) 三相电源功率因素可达 0.9 以上，能量优化控制功能可根据电场工况条件的变化自动调整输入功率，侦测并控制反电晕，在保证电除尘器达到最高除尘效率的前提下实现节能；
- c) 16 位单片机处理速度快、在线功能强、可靠、通讯端口兼容，采用单三相电源的集

成和利用上位机实现协调控制不仅可减少细颗粒物排放而且有一定节能效果；

d) 电除尘器电源的节能由两部分组成：电源的功率系数及最低排放控制；

e) 单相电源和三相电源的高低电压系统集成技术有望成为我国近期实现节能减排的核心技术之一。

另外，由于三相电源电路特点所致，火花上冲较为激烈，较易拉弧，需要采用新的控制技术。

B.5 中频高压直流电源

中频高压直流电源的主要特点如下：

a) 中频电源采用三相电压输入。电除尘用电三相平衡，无缺相损耗，可以减少初级电流；采用调幅调压方式，功率因素高，可提高电能的利用率，属于节能型环保设备。

b) 中频电源采用 AC→DC→AC→DC 的变流技术。采用空间电压矢量脉宽调制技术 (SVPWM)；控制采用数字信号处理器 (DSP)，采用 PI 控制算法，实现无静差稳压/恒流双参数控制；

c) 中频电源整流变压器体积小，重量轻，移动方便。比可控硅变压器体积小 1/3，安装方便。其输出功率与输入功率之比大于 0.95 左右，比可控硅电源有更高的电能利用率，对于新设计的电除尘器本体可减少收尘面积，降低电除尘器总重量和总造价。

d) 纹波系数小，电压峰谷值与平均值基本一致，纹波系数大大小于单相可控硅电源，也小于三相可控硅电源，可有效地提高电场输入功率，从而提高除尘效率。

e) 控制部分采用了高性能的双 DSP 芯片和外围芯片，具有高速采样，高速计算、功能完善、电路结构简单、可靠性好等优点。

f) 具有较好的闪络控制性能，火花响应时间小于 20us，下降幅度小，回升速度快，并能自动适应工况条件的变化，无需人工调节，可提供最大有效的收尘功率。闪络火花能量大大小于三相可控硅电源，也小于单相可控硅电源。

g) 临界反电晕控制，可满足各种不同工况条件的要求。针对粉尘比电阻比较高的一些特殊工况条件，控制器能根据电场中电压电流的变化，自动调整工作点，使设备提供的电压维持在电场能接受的最高电压附近。

h) 间歇供电方式可任意调节占空比，脉宽最小可达到 2.5ms。

i) 完善保护功能，具有输出短路、开路、缺相、IGBT 温度高、危险油温等多种保护功能，能保证设备安全可靠地运行。

j) 中频电源采用高、低压一体化设计，节省控制柜安装空间，可靠实现降压振打 (VCR) 功能，有效增强清灰效果，提高除尘效率。

k) 中频高压电源控制器提供标准的 TCP/IP 和串行通讯双通讯接口，可以方便地实现上位机系统通讯。

l) 液晶触摸屏人机界面，显示的内容丰富，可显示棒状图、实时趋势图、历史趋势图、电场伏安曲线、运行参数、设定参数，有实时的故障显示及丰富便捷的帮助信息。使用户能更方便、直观地了解运行状况及操作设备。

B.6 性能比较:

B.6.1 几种电源主要性能比较见下表。

表 B.1 电源主要性能比较

项 目	单相 SCR 电源	三相 SCR	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	纹波很大	纹波较小	纹波小	纹波很小
平均电压	1	25%以上	30%以上	30%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	有
实现大功率	容易	容易	容易	困难

B.6.2 在实际应用中,选择哪种电源,应根据不同工况和工程投入来分析,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 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,选择哪种高压电源最合适,这主要取决于工况。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，电场的运行电流较大，接近额定电流，火花少，则选择其它几种电源的作用也不会很明显。主要应从供电方式、控制策略上来解决。

B.6.3 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：

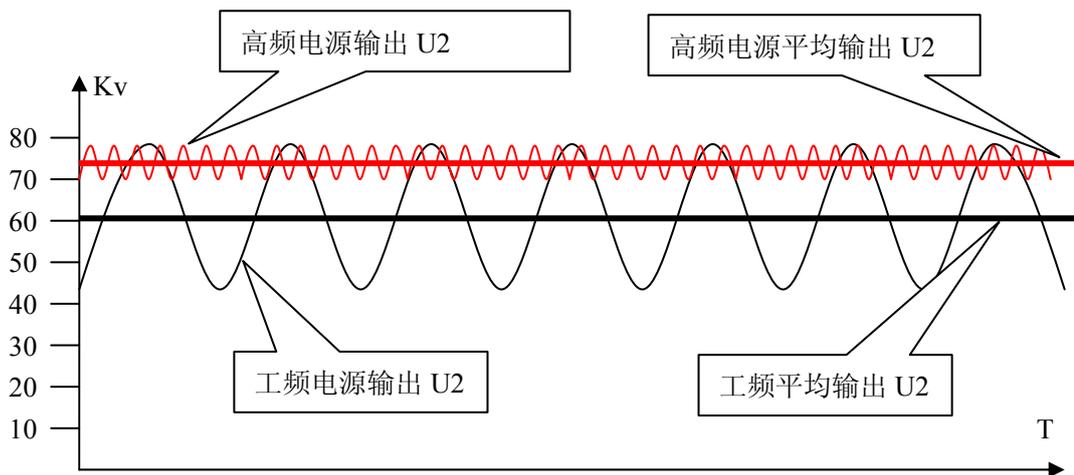


图 B.5 电场二次电压波形对

从以上图中可以看出，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。

B.6.4 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 灵活多样。
- d) 电能转换效率中频电源高。
- e) 整流变压器噪声中频电源相对较大。

B.6.5 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) 高频电源改造常规电源比中频电源方便。

c) 高频电源大功率较难实现，而中频电源大功率不存在问题。

d) 高频高压电源价格比中频电源高。

B.6.6 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，耗电量主要取决于粉尘特性、电除尘集尘面积、高压供电装置供电模式等，当然与低压辅助设备加热、振打等也有关系。

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 C
(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 (V)	二次电压 (V)	二次电流 (V)	备 注
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

注: 雨、雪、雾、大风等恶劣天气, 禁止进行并联供电升压试验。

测试负责人:

记录人:

日期:

附录 D
(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	进口烟气温度 (°C)							
7	出口烟气温度 (°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：