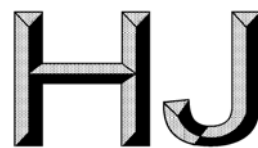


附件 2



中华人民共和国国家环境保护标准

HJ □□□-201□

火电厂除尘工程技术规范

Technical specifications for Dedusting Engineering of thermal power plants

（征求意见稿）

201□-□□-□□ 发布

201□-□□-□□ 实施

环 境 保 护 部 发布

目次

前 言.....	I
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
4.1 污染物.....	4
4.2 污染负荷.....	5
4.3 除尘效果.....	5
5 总体要求.....	5
5.1 一般规定.....	5
5.2 总平面布置.....	6
6 工艺设计.....	8
6.1 一般规定.....	8
6.2 工艺流程.....	8
6.3 污染源控制.....	9
6.4 除尘器选型.....	9
6.5 电除尘器设计.....	10
6.6 袋式除尘器设计.....	13
6.7 电袋复合除尘器设计.....	16
6.8 除尘管道及附件.....	16
6.9 卸、输灰.....	18
6.10 烟囱（排气筒）.....	19
7 主要工艺设备和材料.....	19
7.1 电除尘器高压高频电源.....	19
7.2 风机及电机.....	20
7.3 电除尘器本体材料.....	21
7.4 袋式除尘器本体材料.....	22
8 检测与过程控制.....	23
8.1 一般规定.....	23
8.2 检测.....	24
8.3 过程控制.....	25
9 劳动安全与职业卫生.....	26
9.1 一般规定.....	26
9.2 常见职业危险危害因素与防护措施.....	26

9.3	消防要求.....	27
10	施工与验收.....	27
10.1	施工.....	27
10.2	验收.....	28
11	运行与维护.....	29
11.1	一般规定.....	29
11.2	人员与运行管理.....	29
11.3	电除尘系统运行.....	30
11.4	袋式除尘系统运行.....	31
11.5	电袋复合式除尘系统运行.....	31
11.6	维护保养.....	31
11.7	数据档案.....	31
附录 A	(资料性附录) 三种除尘器的技术经济性综合比较.....	33
附录 B	(资料性附录) 三种除尘器型号规格及基本参数.....	34
附录 C	(规范性附录) 袋式除尘器选型步骤.....	37
附录 D	(规范性附录) 各种输灰方式的适用场合和技术要求.....	38
附录 E	(规范性附录) 风机及电机选型步骤.....	40
附录 F	(资料性附录) 风机选型时参数计算方法.....	41
附录 G	(资料性附录) 电除尘器升压记录表.....	43
附录 H	(资料性附录) 电除尘器运行记录表.....	44
附录 J	(资料性附录) 袋式除尘器运行记录表.....	45
附录 K	(资料性附录) 电袋复合式除尘器运行记录表.....	46

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》和《火电厂大气污染物排放标准》，规范火电厂除尘工程建设，改善大气环境质量，制定本标准。

本标准规定了火电厂烟（粉）尘的治理原则和措施，以及除尘工程的设计、施工、验收、运行和维护等技术要求。

本标准为首次发布。

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：北京市环境保护科学研究院、清华大学、国电环境保护研究院、山东奥博环保科技有限公司、中节能六合天融环保科技有限公司、江苏新中环保科技有限公司、福建龙净环保股份有限公司、青岛科技大学

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。

火电厂除尘工程技术规范

1 适用范围

本标准规定了火电厂烟（粉）尘的治理原则和措施，以及除尘工程设计、施工、验收、运行和维护等技术要求。

本标准适用于燃煤及煤矸石电厂的除尘工程，可作为环境影响评价、工程设计与施工、建设项目竣工环境保护验收及建成后运行与管理的技术依据。燃用重油、生物质及垃圾发电厂的烟（粉）尘治理及除尘工程可参照执行。

2 规范性引用文件

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

GBZ 1	工业企业设计卫生标准
GBZ 2	工作场所有害因素职业接触限值
GBJ 87	工业企业噪声控制设计规范
GB/T 700	碳素结构钢
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 1243	传动用短节距精密滚子链、套筒链、附件和链轮
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 3797	电气控制设备
GB/T 3859.1	半导体变流器 基本要求的规定
GB/T 3859.2	半导体变流器应用导则
GB 4053.1	固定式钢梯及平台安全要求 第1部分：钢直梯
GB 4053.2	固定式钢梯及平台安全要求 第2部分：钢斜梯
GB 4053.3	固定式钢梯及平台安全要求 第3部分：工业防护栏杆及钢平台
GB 4208	外壳防护等级
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 7251.1	低压成套开关设备和控制设备 第1部分：型式试验和部分型式试验成套设备
GB 7251.2	低压成套开关设备和控制设备 第2部分：对母线干线系统（母线槽）的特殊要求
GB 7251.3	低压成套开关设备和控制设备 第3部分：对非专业人员可进入场地的低压成套开关设备和控制设备 配电板的特殊要求
GB 7251.4	低压成套开关设备和控制设备 第4部分：对建筑工地用成套设备(ACS)的特殊要求
GB 7251.5	低压成套开关设备和控制设备 第5部分：对公用电网动力配电成套设备的特殊要求
GB/T 7251.8	低压成套开关设备和控制设备智能型成套设备通用技术要求
GB/T 7595	运行中变压器油质量
GB/T 8350	输送链、附件和链轮
GB/T 10433	圆柱头焊钉
GB/T 11352	一般工程用铸造碳钢件
GB 12348	工业企业厂界噪声排放标准
GB 13223	火电厂大气污染物排放标准
GB 16297	大气污染物综合排放标准
GB/T 13931	电除尘器性能测试方法
GB 15577	粉尘防爆安全规程
GB/T 15605	粉尘爆炸泄压指南
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 18150	滚子链传动选择指导
GB/T 20736	传动用精密滚子链条疲劳试验方法
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 50051	烟囱设计规范
GB 50057	建筑物防雷设计规范
GB 50058	爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范

GB 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 50222	建筑内部装修设计防火规范
GB 50229	火力发电厂与变电站设计防火规范
GB 50251	输气管道工程设计规范
GB 50660	大中型火力发电厂设计规范
DL 5009.1	电力建设安全工作规程（火力发电厂部分）
DL 5053	火力发电厂职业安全设计规程
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 5072	火力发电厂保温油漆设计规程
DL/T 5121	火力发电厂烟风煤粉管道设计技术规程
HJ/T 75	固定污染源烟气排放连续监测技术规范（试行）
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（试行）
HJ/T 212	污染源在线自动监控（监测）系统数据传输标准
HJ/T 284	环境保护产品技术要求 袋式除尘器用电磁脉冲阀
HJ/T 321	环境保护产品技术要求 电除尘器低压控制电源
HJ/T 324	环境保护产品技术要求 袋式除尘器用滤料
HJ/T 326	环境保护产品技术要求 袋式除尘器用覆膜滤料
HJ/T 327	环境保护产品技术要求 袋式除尘器滤袋
HJ/T 328	环境保护产品技术要求 脉冲喷吹类袋式除尘器
HJ/T 329	环境保护产品技术要求 回转反吹袋式除尘器
HJ/T 330	环境保护产品技术要求 分室反吹类袋式除尘器
HJ/T 397	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 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 5916	袋式除尘器用电磁脉冲阀
JB/T 5917	袋式除尘器用滤袋框架技术条件
JB/T 7671	电除尘器 气流分布模拟试验方法
JB/T 8471	袋式除尘器安装技术要求与验收规范
JB/T 8532	脉冲喷吹类袋式除尘器
JB/T 8536	电除尘器机械安装技术条件

JB 10191	袋式除尘器 安全要求	脉冲喷吹类袋式除尘器用分气箱
JB/T 10341	滤筒式除尘器	
JB/ZQ 3687	手工电弧焊的焊接规范	
JC/T 768	玻璃纤维过滤布	
SDZ 019	焊接通用技术条件	

《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界定的术语和定义及下列术语和定义适用于本标准。

3.1 除尘系统 dust removal system

治理烟尘污染的系统工程，由烟道、除尘器、风机以及系统辅助装置组成。

3.2 卸、输灰系统 ash discharging and transportation system

将除尘器收集的烟尘输送至指定地点的成套装置。

3.3 高温烟气 high-temperature gas

温度大于等于130℃的烟气。

3.4 标准状态 standard condition

温度为273.15K，压力为101325Pa 的气体状态。

3.5 滤袋使用寿命 life of filter bags

袋式除尘器的一批滤袋从开始使用到该批次滤袋的15%发生破损或拉伸强度低于初始强度的50%（以先出现的情况为准）所经历的时间。

3.6 电袋复合除尘器 electrostatic-fabric integrated precipitator

静电除尘和过滤除尘机理有机结合的一种复合除尘器。

3.7 锅炉最大连续工况 boiler maximum continuous rating

锅炉最大连续蒸发量下的工况，简称BMCR工况。

3.8 锅炉经济运行工况 boiler economic continuous rating

锅炉经济蒸发量下的工况，对应于汽轮机机组热耗保证工况，简称BECR工况。

4 污染物与污染负荷

4.1 污染物

4.1.1 火电厂的烟（粉）尘主要包括火电厂锅炉燃烧过程产生的烟尘以及无组织排放过程产生的粉尘。

4.1.2 锅炉烟气的主要成分包括：SO₂、NO_x、O₂、CO₂、CO 等。

4.1.3 火电厂锅炉烟尘的主要成分包括： 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 ，其中 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Na_2O 、 SO_3 是影响电除尘器除尘特性的主要因素。

4.1.4 无组织排放粉尘主要包括火电厂的煤炭转运、贮存、破碎、研磨，脱硫剂的制备以及灰、渣去除及输运等过程中产生的粉尘。

4.2 污染负荷

4.2.1 根据工程设计需要，需收集火电厂锅炉含尘气体理化性质等原始资料，主要包括：

- a) 锅炉的排风量（正常风量、最大风量、最小风量）；
- b) 烟气温度及变化范围（最高温度、正常温度、最低温度、露点温度）；
- c) 含尘浓度；
- d) 烟气成分（ SO_2 、 NO_x 、 O_2 、 CO_2 、 CO 等）及浓度；
- e) 烟气含湿量、相对湿度；
- f) 烟尘成分（ 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）；
- g) 烟尘比电阻、粒度、真密度、堆积密度、粘性等。

4.2.2 新建锅炉加装除尘系统时，设计工况宜采用 BMCR 工况下的烟气量、入口烟气温度、入口烟气湿度和入口含尘浓度为设计时的烟气参数；校核工况宜采用 BECR 工况下的烟气量、入口烟气温度、入口烟气湿度和入口含尘浓度为最大值时的烟气参数。

4.2.3 已建锅炉加装或改造除尘系统时，其设计工况和校核工况宜根据除尘系统入口处的实测烟气参数确定，并考虑燃料的变化趋势。

4.2.4 无组织排放粉尘负荷主要根据实际需要来设定所需风量。

4.3 除尘效果

除尘器出口的烟尘排放浓度应符合 GB 13223 标准要求，烟气参数及除尘效率按 GB/T 16157、GB/T 13931 进行检测。无组织排放的粉尘浓度应符合 GB 16297 标准要求。

5 总体要求

5.1 一般规定

5.1.1 烟气除尘工程

5.1.1.1 除尘工程应根据锅炉燃烧煤种、烟尘特性以及排放要求等进行技术经济比较后确定除尘器类型。各种类型除尘器的技术经济性综合比较参见附录A。

5.1.1.2 除尘工程工艺技术主要包括：电除尘器、袋式除尘器、电袋复合除尘器等，电除尘器宜采用高频电源技术。

5.1.1.3 除尘工程应根据电力生产工艺合理配置，不得设置旁路。

5.1.1.4 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。

5.1.1.5 在除尘工程建设、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。

5.1.1.6 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。

5.1.1.7 除尘系统应按照国家相关政策法规、大气污染物排放标准的相关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。

5.1.2 无组织排放粉尘的除尘工程

5.1.2.1 无组织排放粉尘的除尘工程很少单独设计，一般是煤炭、石灰石粉及灰渣运输与贮存工程的一部分。

5.1.2.2 无组织排放粉尘的除尘工程主要包括全封闭、半封闭、围挡、洒水抑尘、固化等，日常的运行管理较为重要。

5.1.2.3 无组织排放应按 GB 16297 标准的相关要求进行监测，并符合标准要求。有时还应结合周围景观的要求，对除尘工程进行美化。

5.2 总平面布置

5.2.1 烟气除尘工程

5.2.1.1 除尘工程包括集气罩、烟道、除尘器、排灰及锁风装置、引风机、烟气连续监测系统、排气筒（烟囱）、温度及压力检测装置、电气及控制系统以及压缩空气供给等辅助系统，不同除尘工艺的构成部分有所取舍。

5.2.1.2 总平面布置应遵循的原则包括：设备运行稳定、管理维护方便、经济合理、安全卫生等。除尘工程总体布局应执行 GBZ 1 的规定，并符合下列要求：

a) 工艺流程合理，除尘器等主体设备应尽量靠近污染源布置；各项设施的布置应顺畅、紧凑、美观；露天布置的除尘器应有防雨措施；

b) 合理利用地形、地质条件，并考虑主导风向等大气条件；

c) 充分利用厂区内现有公用设施及供配电系统，并兼顾进一步发展的可能需求；

d) 交通便利、运输畅通，方便施工及运行维护并考虑突发事件对周围可能造成的影响。

5.2.1.3 除尘系统的场地标高、场地排水、防洪等均应符合 GB 50187 的规定。

5.2.1.4 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。

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

5.2.1.6 对于新建项目，应预留适度的空地，以适应排放标准要求趋严的需要。

5.2.1.7 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。

5.2.1.8 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。

5.2.1.9 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。

5.2.1.10 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。

5.2.1.11 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。	

5.2.1.12 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 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。	

5.2.1.13 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。

5.2.1.14 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。

5.2.1.15 建（构）筑物的防火间距应满足 GB 50016 的要求。

5.2.1.16 总图布置宜进行方案比选，提出推荐方案，并绘制总平面图。

5.2.2 无组织排放粉尘的除尘工程

5.2.2.1 无组织排放粉尘的除尘工程基本上均是煤炭、石灰石粉、灰渣等运输与贮存工程的一部分，不单独设计。

5.2.2.2 无组织排放粉尘的除尘工程总平面布置应与主体工程相协调，并不影响主体工程的有效运行。

6 工艺设计

6.1 一般规定

6.1.1 除尘工程应适应污染源气体的变化，当烟尘特性及浓度在一定范围内变化时应能正常运行。

6.1.2 除尘工程的装备水平应不低于生产工艺设备的装备水平。除尘系统应与生产工艺设备同步运转，除尘系统可用率应为100%。

6.1.3 除尘工程宜采用负压运行，除尘系统漏风率应小于3%。

6.1.4 除尘器设计寿命应与配套机组相匹配，设计寿命一般不宜小于20年，总体设计应符合GB 50660的要求。

6.1.5 一个污染源应根据具体情况配置一台或多台除尘装置。

6.1.6 除尘工程在系统中的布置以及所采取的防冻、保温等措施应符合GB 50019的有关规定。必要时灰斗需增设伴热系统。

6.1.7 除尘器卸灰应满足综合利用要求，粉尘储存和运输应防止二次污染。

6.2 工艺流程

6.2.1 根据污染源的状况和形式，常见的火电厂锅炉烟气除尘工艺流程见图1。

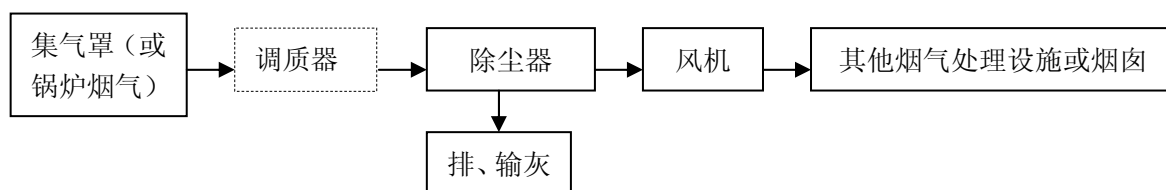


图1 火电厂锅炉烟气除尘工艺流程

6.2.2 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。

6.2.3 火电厂主要无组织排放点及控制措施见表3。

表3 火电厂无组织排放点及其控制措施

排放点	颗粒物控制措施
原料场/煤场	封闭式圆形煤场、封闭式条形煤场、筒仓、防风抑尘网、喷洒水、表面固化剂
输煤栈桥/廊道	喷水、全封闭

转运点	集尘罩+袋式除尘器或湿式除尘器
煤破碎	集尘罩+袋式除尘器
卸料间	袋式除尘器
磨机	袋式除尘器（防爆）
干除灰	袋式除尘器
干除渣	惯性除尘器、袋式除尘器
脱硫剂制备系统	密闭措施+袋式除尘器
灰场	喷水、辗压、固化

6.3 集尘系统设计要求

6.3.1 能够设置集尘罩的无组织排放源应优先考虑设置集尘罩，并满足生产操作和检修的要求。

6.3.2 集尘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。集尘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。

6.3.3 集尘罩的排风量应按照防止粉尘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。

6.3.4 在集尘罩可能进入杂物的场合，罩口应设置格栅。

6.3.5 火电厂应加强对燃料的管理与配比，尽可能保证在设计条件下运行，以确保后续除尘器的运行效果，满足达标排放要求。

6.4 烟气 除尘方式的选择

6.4.1 能够满足火电厂烟尘排放标准要求的除尘器主要包括电除尘器、袋式除尘器和电袋复合除尘器。电除尘器除尘效率受煤质及飞灰成份等影响较大，若采用电除尘器能够经济有效地实现达标排放，宜优先选择电除尘器。

6.4.2 影响电除尘器除尘难易性的因素很多，燃煤中的硫份含量及烟尘中的 Na_2O 、 Al_2O_3 、 SiO_2 是主要因素。

6.4.3 当除尘器出口烟尘浓度要求为 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 以下时，煤中硫分含量大于等于 Y ($Y = -3.2 \times \text{Na}_2\text{O} + 1.6$)，宜选择电除尘器；煤中硫分小于 Y ($Y = -3.2 \times \text{Na}_2\text{O} + 1.6$) 且飞灰中硅、铝符合 $80\% < (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2) \leq 89\%$ ，应结合煤中灰份、水分等综合分析后，确定除尘器选型；煤中硫分小于 Y ($Y = -3.2 \times \text{Na}_2\text{O} + 1.6$) 且飞灰中硅、铝符合 $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2) > 89\%$ ，宜选择袋式除尘器或电袋复合除尘器。

6.4.4 当除尘器出口烟尘浓度要求为 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 以下时，煤中硫分大于等于 Y ($Y =$

-1.5×Na₂O+1.6) 时, 宜选择电除尘器; 煤中硫分小于 Y (Y= -1.5×Na₂O+1.6) 且飞灰中硅、铝符合 Al₂O₃/(Al₂O₃+SiO₂) ≤40%, 应结合煤中灰份、水分等综合分析后, 再确定除尘器选型; 煤中硫分小于 Y (Y= -1.5×Na₂O+1.6) 且飞灰中硅、铝符合 Al₂O₃/(Al₂O₃+SiO₂) >40%, 宜选择袋式除尘器或电袋复合除尘器。

6.5 电除尘器设计

6.5.1 一般规定

6.5.1.1 电除尘器设计应考虑下列条件:

- 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) 烟尘的理化性质, 如化学成分分析 (包括SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃、CaO、MgO、Na₂O、K₂O、TiO₂、P₂O₅、MnO₂、Li₂O、SO₃等)、粒度分析 (斯托克斯粒径)、比电阻分析 (包括实验室比电阻和烟气工况比电阻)、密度测试 (包括堆积密度和真密度) 和安息角等;
- c) 烟气成分分析, 如 SO₂、NO_x、O₂、CO₂、CO 等;
- d) 烟气参数, 如电除尘器入口烟气流速、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) 烟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A, 其他燃料电厂可参考。

6.5.1.2 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 3%。

6.5.1.3 电除尘器的配置和结构应根据处理烟气流速确定, 同时考虑烟气性质、除尘效率要求、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: 4~6 个;
- c) 电场高度: 不大于 17m;
- d) 单室电场通道数: 不大于 50 个;
- e) 同极间距: 250mm~650mm;
- f) 比集尘面积 (SCA): ≥100m²/(m³/s)。

6.5.1.4 对于高比电阻烟尘、振打清灰难的烟尘以及易产生二次扬尘的烟尘应考虑在末电场采用旋转电极技术。

6.5.1.5 电除尘器的供电电源应采用高频高压电源。

6.5.1.6 电除尘器设计基本参数可参照附录B中表B.1。

6.5.2 性能要求

6.5.2.1 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。当一台炉配一台单室电除尘器时，不予考虑；双室以上的一台电除尘器，按停一个供电分区考虑；小分区供电按停两个供电分区考虑；
- c) 烟气温度为设计温度加10℃；
- d) 烟气量为设计烟气量加10%的余量；
- e) 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。

6.5.2.2 电除尘器的本体漏风率和本体压力降应符合DL/T 514的规定。

6.5.2.3 距电除尘器壳体1.5m处的最大噪声级不超过85dB(A)。

6.5.3 本体设计要求

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Φ600mm，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联锁；
- f) 绝缘子应设有加热装置；
- g) 应充分考虑壳体热膨胀。

6.5.3.2 阳极板和阴极线应符合下列要求：

- a) 阳极板（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) 阴极线（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烟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) 每台电除尘器的入口均应配备多孔板或其他形式的均流装置，以便烟气均匀地流过电场；

b) 各室的流量与理论分配流量的相对误差应不超过 $\pm 3\%$ ；

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。

6.5.3.5 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 $\pm 3\text{mm}$ 。

6.5.3.6 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，应具有防止烟气短路的措施；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烟尘的物理特性确定，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工板，设计时应避开捅灰孔。

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°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。

6.5.3.8 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。

6.5.4 钢结构设计要求

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、储存灰重等）；

b) 地震荷载；

c) 风载；

d) 雪载；

e) 检修荷载；

f) 部分烟道荷重。

- 6.5.4.3** 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。
- 6.5.4.4** 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。
- 6.5.5 旋转电极电场设计要求**
- 6.5.5.1** 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。
- 6.5.5.2** 上、下传动系统应满足在工况环境下稳定运行，相邻两支点间轴的同轴度不大于2mm。
- 6.5.5.3** 传动装置提供的扭矩不低于负载工况下移动板所需理论扭矩的1.5倍，且能适应室外工作的环境条件。
- 6.5.5.4** 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。
- 6.5.5.5** 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。
- 6.5.5.6** 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。
- 6.5.5.7** 旋转极板面板平面度不大于5mm。
- 6.5.5.8** 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。
- 6.5.5.9** 旋转电极电场的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。
- 6.5.5.10** 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。
- 6.5.5.11** 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。
- 6.5.5.12** 壳体应密封、防雨，壳体的设计应避免死角，减少灰尘积聚。
- 6.5.5.13** 灰刷应有一定弹性，保证对移动极板保持足够的摩擦力，同时刷毛不能刷伤移动极板。
- 6.5.5.14** 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，保证刮板与移动极板表面良好接触，同时刮板材质不能刮伤移动极板。
- 6.5.5.15** 宜设置电气连锁保护装置。
- 6.5.5.16** 各部件应严格按设计图纸制作选材。

6.6 袋式除尘器设计

- 6.6.1** 除尘器在系统中的布置以及所采取的防爆、防冻、降温等措施应符合GB 50016、GB 50187、GB 50019 的有关规定。
- 6.6.2** 选择袋式除尘器和滤料时应考虑如下因素：
- 烟气温度、湿度、处理风量、含尘浓度、腐蚀性、爆炸性等理化性质；
 - 烟尘的粒径分布、密度、成分、粘附性、安息角、自燃性和爆炸性等理化性质；
 - 除尘器工作压力；

- d) 排放浓度限值及除尘效率;
- e) 除尘器占地、输灰方式;
- f) 除尘器运行条件 (水、电、压缩空气、蒸汽等);
- g) 滤袋寿命;
- h) 除尘器的运行维护要求及用户管理水平;
- i) 烟尘回收利用及方式。

6.6.3 除尘系统管道及袋式除尘器工作温度应高于气体露点温度 $15^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。处理高湿度含尘气体时,除尘系统及设备应保温,必要时灰斗应设置加热装置,加热方式可采取电加热或低压饱和蒸汽加热。

6.6.4 对一般性烟尘,袋式除尘器宜采用在线清灰;对超细及粘性大的粉尘可采用离线清灰。

6.6.5 袋式除尘器设计阻力应根据烟尘性质、清灰方式及频度、入口浓度、排放浓度、运行能耗、滤袋寿命等因素综合考虑。

6.6.6 常规袋式除尘器结构耐温按 300°C 考虑。

6.6.7 袋式除尘器处理风量按其进口工况体积流量计取。过滤面积计算时不考虑系统漏风。

6.6.8 袋式除尘器漏风率 $<3\%$,其计算公式为:

$$\alpha = \frac{Q_c - Q_i}{Q_i} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: α —漏风率, %;

Q_i —除尘器入口风量, m^3/h (标态);

Q_c —除尘器出口风量, m^3/h (标态)。

6.6.9 袋式除尘器清灰方式应根据烟尘的物理性质确定。燃煤锅炉烟气宜采用固定式脉冲喷吹袋式除尘器或回转脉冲喷吹袋式除尘器。

6.6.10 袋式除尘器宜采用外滤式过滤形式。

6.6.11 袋式除尘器结构耐压按最大负载压力的1.2倍设计,且耐压值不小于引风机铭牌全压的1.2倍。

6.6.12 袋式除尘器本体结构、支架和基础设计应考虑永久荷载、可变荷载、风荷载、雪荷载、施工与检修荷载和地震作用,并按最不利组合进行设计。支架结构计算时,除尘器的灰荷载按满灰斗储灰量的1.2倍计取。灰斗及其连接的结构设计按袋式除尘器满灰斗储灰量的1.5倍考虑。

6.6.13 袋式除尘器过滤面积按公式(2)计算:

$$A = \frac{Q}{60 \cdot u_f} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: A —过滤面积, m^2 (离线清灰时还应加上离线清灰过滤单元的过滤面积);

u_f —过滤风速, $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$;

Q —处理风量 (反吹风类除尘器还应包括反吹风量), m^3/h 。

6.6.14 袋式除尘器滤袋数量按公式（3）计算：

$$n = \frac{A}{\pi DL} \dots\dots\dots (3)$$

式中：n—滤袋个数，计算后取整；

A—除尘器的过滤面积，m²；

D—单个滤袋的外径，m；

L—单个滤袋的长度，m。

6.6.15 袋式除尘器过滤风速应根据烟尘的特性、清灰方式和排放浓度等综合确定，其数值可按工程经验和同类项目类比取值。以下场合宜选取较低的过滤风速：

- a) 烟尘粒径小、比重小、粘性大；
- b) 烟尘浓度较高、磨琢性大的含尘烟气。

6.6.16 滤袋的长度应根据烟尘的粒度、密度、清灰方式、除尘器进风方式、烟尘沉降时间和占地等因素综合确定。应防止滤袋过长导致滤袋间的碰撞摩擦。

6.6.17 袋式除尘器平面尺寸应根据滤袋形状、直径、数量、布置方式、滤袋间距、清灰方式、进风和出风方式及现场条件等综合确定。滤袋最小净间距及滤袋与壳体之间应保持必要的安全距离。袋式除尘器高度应根据排输灰方式、滤袋长度、灰斗锥度、清灰方式、进风和出风方式等因素综合确定。

6.6.18 袋式除尘器的进、出风方式应根据工艺要求、除尘器类型和结构形式、现场总图布置综合确定。除尘器进风、出风总管和支管的风速宜取 12 m/s~14m/s。

6.6.19 除尘器过滤仓室进、出风口应设置切换阀，并具有自动和手动、阀位识别、流向指示等功能。

6.6.20 切换阀应可靠、灵活和严密，阀体和阀板应具有良好的刚性。关闭时漏风率小于 1%。

6.6.21 袋式除尘器宜采用上进风或中部进风方式。若采用灰斗进风方式，应设置有效的气流分布装置。

6.6.22 袋式除尘器灰斗容积应考虑输灰设备检修期内的储灰能力，锥度应保证粉尘流动顺畅，灰斗斜面与水平面之间的夹角宜大于60°。

6.6.23 袋式除尘器灰斗卸灰口尺寸应根据粉尘的性质、输灰方式、灰斗容积等方式确定，一般可取200 mm×200 mm~450 mm×450mm；大型袋式除尘器及垃圾焚烧袋式除尘器灰斗卸灰口尺寸不宜小于400 mm×400mm。

6.6.24 根据袋式除尘工艺要求，除尘器灰斗可设置料位计、加热和保温装置、破拱装置。料位计与破拱装置不宜设置在同一侧面。

6.6.25 对流动性差或粘性大的烟尘，除尘器灰斗应设空气炮、振打机构等破拱装置。破拱装置距卸灰口的高度宜为灰斗高度的1/3。

6.6.26 当烟尘含湿量较大或烟尘易吸湿结块和易冻结时，除尘器灰斗应设置保温和加热器，卸灰和输灰设备应采用电或蒸汽等热源伴热。

6.6.27 当下列情况同时出现时，袋式除尘器可采用滑动支座，其进出口可设置补偿器。

- a) 除尘器工作温度大于 150℃；
- b) 除尘器的长度大于 15m；
- c) 处理风量大于 40 万 m³/h。

6.6.28 大型袋式除尘器顶部宜设置起吊装置，起吊重量不小于最大检修部件的重量。

6.6.29 袋式除尘器的选型步骤见附录C。技术文件的基本参数见附录B中的表B.2。

6.7 电袋复合除尘器设计

6.7.1 参照条款6.5及6.6中的相关内容。

6.7.2 宜采用前电后袋组合形式。

6.7.3 宜采用高频高压电源作为电袋复合除尘器的高压供电电源。

6.7.4 电袋复合除尘器的技术文件基本参数见附录 B 中表 B.3 标明的电袋复合除尘器主要参数。因设备种类不同，可作相应增减。

6.8 除尘管道及附件

6.8.1 管道布置的一般要求：

- a) 除尘管道布置应顺畅、整洁，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。

6.8.2 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) 发电厂等大型除尘器和引风机进、出口烟道。

6.8.3 除尘管道风速的选择应考虑烟尘的粒径、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。垂直管道的风速应不小于10m/s，水平管道的风速应不小于12m/s。

6.8.4 除尘管道的壁厚应根据烟气温度、腐蚀性、管径、跨距、加固方式及烟尘磨琢性等因素综合确定，壁厚取值参见表4。

表4 除尘管道壁厚

单位：mm

序号	除尘管道直径D	圆管壁厚
1	D≤400	3~4
2	400<D≤1500	4~6
3	1500<D≤2200	6~8
4	2200<D≤3000	6~8

5	$3000 < D \leq 4000$	8~10
6	$D > 4000$	10~12

6.8.5 当管道内烟气温度大于350℃，应对烟气进行冷却，且管道厚度不应小于5mm。

6.8.6 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°~45°；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。

6.8.7 管道应有足够的强度和刚度，否则应进行加固。管道加固应符合下列要求：

- a) 加强筋设计应考虑管道直径、介质最高温度、介质最大压力、设计荷载等因素；
- b) 当管道直径大于 1500mm 时应在管道外表面均匀设置加强筋，加强筋的间距可按管径 1~1.5 倍设置。矩形管道还可采用内部支撑的辅助加固方式，内撑杆宜采用 16Mn 钢管，当用碳钢管时应采取防腐措施；
- c) 对于输送含爆炸性气体和粉尘的管道，加强筋按 DL/T 5121 要求设置；
- d) 处于负压运行的烟道，应防止横向加强筋翼缘受压弯扭失稳，必要时应设置纵向加强筋。纵向加强筋应与横向加强筋翼缘焊牢。

6.8.8 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）。

6.8.9 输送烟尘浓度高、粉尘磨琢性强的含尘烟气时，除尘管道中弯头、三通等易受冲刷部位应采取防腐措施。通常弯头的曲率半径不宜小于管道直径。

6.8.10 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。

6.8.11 管道可采用搭接、角接和对接三种形式。焊接搭接长度不得小于 5 倍钢板厚度且 $\geq 25\text{mm}$ 。

6.8.12 间断焊接焊缝的净距应符合下列要求：

- a) 在受压构件中不应大于 15 倍钢板厚度；
- b) 在受拉构件中不应大于 30 倍钢板厚度；
- c) 对于加强筋与板壁间的双面断续交错焊缝，其净距可为 75mm~150mm。

6.8.13 吸尘点的支管上宜设手动调节阀；间歇运行的干管上应设风量自动调节阀，并与生产设备联锁。

6.8.14 管道阀门的形式和功能应根据烟气条件和工艺要求选定。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，以及耐高温性、严密性、调节性等性能。

6.8.15 阀门选型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。

6.8.16 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。

6.8.17 下列情况下应设置补偿器：

- a) 当输送的烟气温度高于 120℃且在管线的布置上又不能靠自身补偿时，管道应设置补偿；补偿器两端应设管道活动支架；
- b) 高温烟气除尘器的进出口管道应设置补偿器，进口补偿器处应设活动支架。

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

6.8.19 除尘器、烟气换热器进出口管道和排气筒（烟囱）上应设置测试孔。生产设备排风口、排风口等特殊部位应设置测试孔。测试孔的位置应选在气流流动平稳管段。测试孔的数量和分布应符合HJ/T 397的规定。测试孔处应有测试平台及栏杆。

6.8.20 输送相对湿度较大、易结露的含尘烟气时，管道应采取保温措施。

6.8.21 穿墙及穿楼板的管道应加套管，管道焊缝不宜置于套管内。穿墙套管长度不得小于墙厚。穿楼板套管应高出楼面 50mm。穿过屋面的管道应有防水肩和防雨帽。管道与套管之间的空隙应采用阻燃材料填充。

6.9 卸、输灰

6.9.1 除尘器收集的烟尘回收利用应符合GB 50019的有关规定。

6.9.2 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。

6.9.3 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、烟尘物性（粒度、磨琢性、流动性、密度、温度、湿度、安息角安息角）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D。

6.9.4 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。

6.9.5 除尘器收集的粉尘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。

6.9.6 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。

6.9.7 卸灰阀的上方宜存有一定高度的灰封。灰封高度可按公式（4）估算：

$$H = \frac{0.1 \times \Delta P}{\rho} + 100 \quad \dots\dots\dots (4)$$

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。

6.10 烟囱（排气筒）

6.10.1 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。

6.10.2 烟囱结构设计应符合 GB 50051 的要求。

6.10.3 烟囱的结构形式应根据烟气性质、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如下：

- a) 钢筋混凝土烟囱；
- b) 套筒式或多管式烟囱。

7 主要工艺设备和材料

7.1 电除尘器高压高频电源

7.1.1 使用环境与安全要求

a) 海拔高度不超过 1000m；若海拔高度高于 1000m 时，按 GB/T 3859.2 中附录 B 作相应修正；

b) 环境温度不高于 40℃，不低于变压器油所规定的凝点温度；

c) 空气最大相对湿度为 90 %（在相对于空气温度 20℃±5℃时）；

d) 无剧烈震动和冲击，垂直倾斜度不超过 5 %；

e) 运行地点无导电爆炸尘埃，没有腐蚀金属和破坏绝缘的气体或蒸汽；

f) 三相输入交流电源条件应符合 GB/T 3859.1 中条款 5.2 的规定。

7.1.2 技术要求

7.1.2.1 拓扑结构：采用三相整流全桥串联谐振拓扑结构。

7.1.2.2 逆变器谐振频率：20kHz~50kHz。

7.1.2.3 负载等级：负载等级为“ I ”级（100 %额定输出电流，连续）。

7.1.2.4 设备功率因数与设备总效率：设备功率因数≥0.9；设备总效率≥90 %。

7.1.2.5 高频高压整流设备的电气绝缘强度：

a) 变压器油应符合 GB/T 7595 的规定，击穿电压不小于 40 kV/2.5 mm；

b) 各带电电路与地（机壳）之间的绝缘电阻不小于 1MΩ/kV；绝缘电阻数据仅供绝缘试验前后作为辅助性判别；

c) 各带电电路（高频变压器高压回路除外）应承受对机壳和其他任何电路的绝缘试验，这些电路与所试的电路彼此是独立的。

7.1.2.6 设备控制功能：

a) 输出调节范围：设备应能在额定直流输出电流和 90%~100%的额定直流输出电压的情况下稳定运行；直流输出电流调节范围：0%~100%额定值；直流输出电压调节范围：0%~100%最大输出电压值或起晕电压~100%最大输出电压值；

b) 闪络试验：在不低于额定电压 60%的前提下，设备允许在每分钟 150 次闪络状态下运行，考核时间为 15min，如果除尘器负载发生电弧时应能迅速灭弧，而设备不应发生任何故障；

c) 设备运行参数显示：设备运行参数至少包括一次电流、母线电压、二次电压、二次电流。运行参数显示误差不大于 5%，温度显示误差 ± 2 °C。若有柜面表计，其指示值误差为 $\pm 5\%$ ；

d) 设备一般不允许负载开路，设备瞬时开路，一般不应造成故障；

e) 设备故障保护功能：设备运行中，如出现下列故障，设备应能自动停机跳闸报警并显示故障类型。故障类型有：负载短路故障、负载开路故障、高频变压器油温超限、功率半导体器件故障、功率半导体器件温度超限等；

f) 设备应能承受在额定负载条件下开机和停机的冲击；

g) 设备能与计算机通讯，能接受计算机的各种设定命令，并将设备运行参数、设定参数、故障状态传送到计算机。

7.1.2.7 防护等级：设备的柜体防护按 GB 4208 的规定。除尘用高频高压整流设备（风道除外）的防护等级不低于 IP 54 或按用户要求。

7.1.2.8 噪声：设备的噪声应符合 GB/T 3859.1 中条款 5.7.11 的规定。

7.2 风机及电机

7.2.1 应选用电站锅炉引风机或锅炉引风机。

7.2.2 应选择高效节能风机。选择风机时其工作点应处于风机最高效率的 90% 范围内。

7.2.3 对消声有特殊要求时，应优先采用低噪声、低转速的风机；必要时应采取消声、隔声、减震等措施。

7.2.4 风机选型时，应尽量避免风机并联或串联工作。当风机并联工作时，应尽量选择同型号同规格的风机。

7.2.5 为防止风机冷态启动和运转时电机过载，风机应配置启动装置和（或）风量调节装置；对大型变负荷除尘系统的风机和电机，可增设耦合器或变频装置。

7.2.6 风机可露天布置，也可布置在风机房内。对于露天布置的风机和电机，应采取防雨、防尘、防护等措施。电机防护等级不低于 IP54。

7.2.7 风机及电机选型步骤见附录 E。

7.2.8 风机选型风量计算应在除尘管网计算总排风量上附加管网和设备的漏风量，计算方法

参见附录 F 中 F.1。

7.2.9 风机选型全压的计算方法参见附录 F 中 F.2。

7.2.10 应将风机选型计算风量和全压换算成风机样本标定状态下的数值，据此选择风机型号。换算公式参见附录 F 中 F.3。

7.2.11 风机选定后，应计算风机在实际工况条件下所需的电机功率。计算公式参见附录 F 中 F.4。

7.2.12 电机选定后，还应根据除尘工艺可能出现的特殊工况对所选电机功率进行校核，如冬季运行、冷态启动、生产超负荷运行等。

7.2.13 选择风机时，应明确其轴承箱和电机的冷却方式、调节阀执行器的方位、电机接线盒方位等。

7.3 电除尘器本体材料

7.3.1 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。

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

7.3.3 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。

7.3.4 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。

7.3.5 对于需要验算疲劳的焊接结构钢材，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。

7.3.6 钢铸件采用的铸钢材质应符合 GB/T 11352 的规定。

7.3.7 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。

7.3.8 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。

7.3.9 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/ZQ 3687 的规定，自动焊接或半自动焊接材料应符合 SDZ 019 的规定；

c) 普通螺栓应符合 GB/T 5780 和 GB/T 5782 的规定；

d) 高强度螺栓应符合 GB/T 1228、GB/T 1229、GB/T 1230、GB/T 1231 或 GB/T 3632 的规定；

e) 圆柱头焊钉（栓钉）连接件的材料应符合 GB/T 10433 的规定；

f) 锚栓可采用 GB/T 700 中规定的 Q235 钢或 GB/T 1591 中规定的 Q345 钢制成。

7.3.10 阳极板、阴极线的材质应根据烟尘的温度、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。

7.3.11 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。

7.3.12 其他设备及配件的材质应满足各自相应标准及合同要求。

7.4 袋式除尘器本体材料

7.4.1 袋式除尘器的结构主要包括：灰斗、中箱体、上箱体、清灰机构、滤袋及滤袋框架、进/出风烟道、梯子/平台/栏杆、控制设备等。

7.4.2 袋式除尘器制造应符合 HJ/T 328、HJ/T 329、HJ/T 330、JB/T 10341 的规定。滤袋应符合 HJ/T 327 的规定，滤袋框架应符合 JB/T 5917 的规定，滤料应符合 HJ/T 324 和 HJ/T 326 的规定，电磁脉冲阀应符合 JB/T 5916 和 HJ/T 284 的规定。

7.4.3 袋式除尘器规格型号及性能参数见附录 B 中表 B.2。

7.4.4 袋式除尘器花板设计应符合下列要求：

a) 花板厚度宜取 5mm~6mm；

b) 花板加强筋的高度不小于 50mm，筋板厚度应大于 5mm；

c) 花板平整、光洁，不应有挠曲、凹凸不平等缺陷，平面度偏差不大于其长度的 2‰；

d) 花板孔中心定位偏差小于 0.5mm，花板孔径偏差为 0~+0.5mm；

e) 花板加工宜达到激光切割精度要求。

7.4.5 灰斗内部应光滑平整。当净化易燃、易爆、易板结粉尘时，除尘器灰斗壁交角的内侧应做成圆弧状，圆弧半径以 200mm 为宜。

7.4.6 大型袋式除尘器灰斗上部宜设检修走道或敷设格栅网。灰斗不宜设人孔门。

7.4.7 袋式除尘器中箱体结构应满足强度、刚度和稳定性要求。壳体在最不利条件下运行时不应有明显变形。中箱体下部应设人孔门。

7.4.8 袋式除尘器上箱体结构设计应便于滤袋安装与更换。当净气室高度大于 2m 时，应在

净气室侧面设人孔门，顶部宜设检修门，便于采光、通风和滤袋安装。

7.4.9 袋式除尘器的梯子、平台、栏杆应符合 GB 4053.1～GB 4053.3 的规定，主要平台通道宽度不小于 1m，栏杆高度不小于 1.2m。梯子和平台应设踢脚板。

7.4.10 袋式除尘器壳体保温、防水、外饰应符合 DL/T 5072 的要求。人孔门、检查门应采取保温措施。

7.4.11 当净化高温、高湿度和腐蚀性气体时，袋式除尘器净气室内表面应做高温防腐处理。

7.4.12 户外布置的除尘器顶板应设散水坡度，坡度不小于 2%。当除尘器顶部设有防雨棚时，应能抵御风载、雪载危害。

7.4.13 脉冲阀的技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志、贮存和运输应符合 JB/T 5916 和 HJ/T 284 的有关规定。

7.4.14 稳压气包的设计、制造和检验应符合 JB 10191 的要求。

7.4.15 电磁脉冲阀主要技术性能参数有：规格型号、工作压力和温度、流量特性、阻力特性、开关特性、供电参数、膜片寿命和通用性等。

7.4.16 淹没式脉冲阀宜水平布置于稳压气包上，其输出口中心应与阀体中心重合，不得偏移和歪斜。输出口应与阀座平行。

7.4.17 在正常使用条件下，膜片使用寿命应大于 100 万次或 3 年。

7.4.18 脉冲袋式除尘器稳压气包的截面可以是矩形或圆形，其底部应设置放水阀。

7.4.19 喷吹管应有可靠的定位和固定装置，并便于拆卸和安装。

7.4.20 袋式除尘器用滤料及滤袋产品应符合 HJ / T 324、HJ/T 326、JC/T 768 及 HJ/T 327 的要求。袋式除尘器用滤袋框架制造应符合 JB/T 5917 的规定。

7.4.21 花板、滤袋及框架三者应相互匹配，匹配的主要内容和要求包括：

- a) 袋口与花板的配合，即严密性、张紧度和牢固性；
- b) 滤袋框架碗口翻边与袋口的配合，滤袋框架的重量应由花板承担；
- c) 滤袋与滤袋框架的间隙配合，要求松紧度适宜，并考虑滤袋的收缩性；
- d) 滤袋与滤袋框架的长度配合，框架底部与袋底间隙宜为 15mm～20mm。

7.4.22 滤袋框架的材质宜为冷拔钢丝或不锈钢。纵筋直径不小于 3mm，间距不宜大于 35mm～40mm；反撑环直径不小于 4mm，节距不宜大于 250mm。

7.4.23 滤袋框架应有足够的强度和刚度，焊点应牢固、平滑，不得有裂痕、凹坑和毛刺，不允许有脱焊和漏焊。

7.4.24 当滤袋框架为多节结构时，接口部位不得对滤袋造成磨损，接口形式应便于拆、装。

7.4.25 应根据袋式除尘器的使用场合对滤袋框架作相应的防腐处理。

7.4.26 滤袋的包装和运输应采用箱装，并有防雨措施。滤袋框架吊装和运输时应有专用的货架，露天放置时应有塑料袋包装且有防雨措施。

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 HJ/T 321 的规定，电气及自动控制设计应符合 GB/T 3797 的规定。

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

8.1.6 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 除尘系统宜在生产工艺控制室（中央控制室）及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，控制室应尽量靠近除尘器。

8.1.8 除尘系统运行控制应具备系统的启停顺序、系统与生产工艺设备的联锁、运行参数的超限报警及自动保护等功能。

8.1.9 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，室内安装时其防护等级不低于 IP30，室外安装时其防护等级不低于 IP55。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

8.2.1 除尘系统应检测的内容包括：

- a) 除尘器进出口烟气温度显示及超限报警；
- b) 清灰气源压力显示及超限报警；
- c) 除尘器灰斗灰位超限报警；
- d) 清灰风机电流及超限报警；
- e) 除尘器灰斗加热温度显示及露点温度报警；
- f) 大中型引风机电机电流；
- g) 引风机轴承温度，电机轴承温度，高压电机定子温度、振幅及超限报警；
- h) 除尘器出口烟气浊度（浓度）显示。

8.2.2 根据工程需要，袋式除尘系统可选择性检测的内容包括：

- a) 烟气流量；
- b) 喷雾降温系统给水压力及流量；
- c) 出口烟尘浓度显示及超标报警；

- d) 烟气含氧量及含氧量超限报警;
- e) 分室压差;
- f) 除尘器进出口压差显示及超限报警;
- g) 冷却系统及冷却介质的流量、温度、压力的检测及报警;
- h) 设备运行状态、阀门开度等显示及故障报警。

8.2.3 根据工程需要,电除尘系统可选择性检测的内容包括:

- a) 除尘器大梁绝缘子加热温度显示及露点温度报警;
- b) 除尘器阴极振打绝缘子加热温度显示及露点温度报警;
- c) 高压整流变温度显示及临界温度、危险温度报警;
- d) 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;
- e) 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;
- f) 振打电机回路缺相、过流的报警。

8.2.4 袋式除尘器应设置进出口压差(或压力)监控。各过滤仓室宜分别设置 U 型压力计或压差传感器监控。

8.2.5 除尘器温度监测仪表测点应设在除尘器进、出口直管段,每处至少应有两个测试点,取其平均温度。除尘器灰斗加热温度测点应布置在灰斗壁外侧。

8.2.6 温度检测可采用温度变送器或温度传感器。当采用热电偶时,应选用与仪表相匹配的补偿导线。

8.2.7 除尘器检测系统含尘烟道中的测量一次元器件应有防磨措施。管道压力检测孔应有防堵措施。

8.2.8 压缩空气管路的减压阀前、后应设压力检测装置。

8.2.9 每个灰斗应设置高料位开关,必要时也可设置低料位开关。

8.3 过程控制

8.3.1 除尘系统应自动控制的内容包括:

- a) 除尘器启动、停机联锁控制;
- b) 袋式除尘器清灰自动控制;
- c) 清灰气源系统控制;
- d) 预涂灰控制(飞灰罐车预涂灰系统);
- e) 除尘系统阀门控制;
- f) 灰斗加热系统控制;
- g) 卸灰、输灰装置控制;
- h) 电除尘高压电源控制;
- i) 电除尘振打系统控制;
- j) 除尘器运行超温报警与自动保护。

8.3.2 除尘系统的控制方式应根据生产工艺的技术水平和要求、系统风量、运行条件、管理水平综合确定。控制方式主要有以下几种:

- a) PLC 可编程控制器+HMI (人机界面) 监控系统;
- b) PLC 可编程控制器+PC (上位机) 监控系统;
- c) DCS 监控系统;
- d) DCS 分散控制系统+PLC 可编程控制器+工程师站和操作员站监控系统。

8.3.3 除尘系统主要参数宜集中在一个画面上, 运行参数的更新时间不大于 1s。

8.3.4 自动控制系统应具备储存除尘器主要运行参数的能力。

8.3.5 控制系统应选用与硬件配套的系统软件, 并提供相应的软件安全措施。

8.3.6 袋式除尘器清灰控制应具备定压差、定时和手动三种模式, 可互相转换。清灰程序应对脉冲宽度、脉冲间隔、同时工作的脉冲阀数量进行调整。

8.3.7 电除尘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 烟道阀门应设手动、自动两种控制方式, 并检测、显示阀门的开关状态。其执行机构在控制系统失电时, 应能保持失电前的位置或处于安全位置。

8.3.9 卸、输灰自动连锁控制顺序为: 开机时, 应按照从后到前的顺序, 依次开启输灰机械, 再开卸灰阀; 停机时, 先关卸灰阀, 然后按照从前到后的顺序, 依次关闭输灰机械。

9 劳动安全与职业卫生

9.1 一般规定

9.1.1 除尘系统设计、施工、运行应按照国家 and 行业的有关规定, 采取可靠的防护措施保护人身安全和健康。

9.1.2 劳动安全卫生设施设置应符合国家相关法律法规和 GBZ 1 的规定, 应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用。

9.1.3 除尘工程的防火防爆设计应符合 GB 50016、GB 50229 等的规定。

9.1.4 除尘工艺设计、设备设计和电气控制设计时, 应采取有效的安全技术措施, 避免因突然停电、停水、停气造成机电设备、冷却系统和阀门等误动作, 防止生产和除尘设备发生事故。

9.2 常见职业危险危害因素与防护措施

9.2.1 对生产设备工艺过程中产生的尘源、噪声源等进行控制, 确保符合国家相关标准。

9.2.2 通过隔热、隔断、隔声、劳动防护用品、安全距离、报警等综合措施, 防止有害作业和可能对人体的伤害。

9.2.3 设计中采取保护和临时防护措施, 防止在生产不停机时, 因施工而造成的生产设备损坏或人员伤亡。

9.2.4 宜合理利用管路自然补偿, 消除热应力。应采用活动支架 (支座)、补偿器, 减少对设备的推力。

9.2.5 管道的弯头、三通部件应采用防磨结构或使用防磨层。

9.2.6 室外设备和架空管道应具有良好的防护层, 应正确使用防腐涂料。

9.2.7 设备应采取保温、加热、伴热等措施, 防止冻坏、结冰、机油凝固。

- 9.2.8** 高速转动或传动部件应设防护罩。
- 9.2.9** 设置必要的检修操作平台，保障维护检修的安全；梯子、平台、栏杆按规范要求进行设计，应满足承载能力。平台、梯子应有不少于 100mm 的踢脚板；梯子、平台、栏杆特征尺寸应符合人机工程的要求。
- 9.2.10** 采用粉尘加湿、气力输送、干粉密闭罐车等措施，防止卸灰、输灰时产生粉尘二次污染。
- 9.2.11** 为消除系统和设备产生的静电，应按相关标准要求进行良好的接地，静电接地电阻宜小于 40。
- 9.2.12** 高架设备或构筑物应按相关标准的要求考虑防雷措施，每根引下线的冲击接地电阻不应大于 100。
- 9.2.13** 对拟利用的旧有建筑物和构筑物应进行安全复核，如有问题应采取补强、加固、修复措施，合格后方可利用。
- 9.2.14** 吊钩、吊梁、提升葫芦等起吊装置设计时应考虑必要的安全系数，并在醒目处标出许吊的极限载量。
- 9.2.15** 应按相关标准的要求，对有关设施、设备、管道着安全色标，对危险区域和危险设备设置安全标识。
- 9.2.16** 应选用低噪声风机。对风机噪声应采取消音减震，隔震、隔声等综合措施，减少噪音污染。
- 9.2.17** 除尘工艺的自动控制系统应与生产工艺相联系，事故状态下应能对生产工艺和环保设置实施保护。

9.3 消防要求

- 9.3.1** 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。
- 9.3.2** 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。
- 9.3.3** 环状管道应用阀门分成若干独立段，每段内的消火栓数量不宜超过 5 个。
- 9.3.4** 室外消防、给水管道的最小直径不应小于 100mm。
- 9.3.5** 室外消火栓应根据需要沿道路设置，并宜靠近十字路口，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。室内消火栓的距离不应超过 50m。
- 9.3.6** 电气室、控制室、电力设备附近应按 GB 50140 的规定配置一定数量的移动式灭火器。

10 施工与验收

10.1 施工

- 10.1.1** 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，施工应符合国家和行业施工程序及管理文件的要求。工程的变更应取得设计单位的设计变更文件后再实施。
- 10.1.2** 除尘工程设计和施工单位必须具有国家相应的工程设计、施工资质。
- 10.1.3** 除尘工程施工中使用的设备、材料、器件等应符合相关的国家标准，并应取得供货

商的产品合格证后方可使用。

10.1.4 施工单位应遵守国家有关部门颁布的劳动安全及卫生、消防等国家强制性标准及相关的施工技术规范。

10.1.5 电除尘器的安装应符合JB/T 8536 的规定。

10.1.6 袋式除尘器安装应符合JB/T 8471和JB/T 8532的规定。

10.1.7 电袋复合除尘器的安装应参照JB/T 8536和JB/T 8471的规定。

10.2 验收

10.2.1 工程验收

10.2.1.1 应由建设单位组织安装单位、供货商、工程设计单位结合系统调试对除尘系统进行验收，对机械设备和控制设备的性能、安全性、可靠性等运行状态进行考核。

10.2.1.2 除尘工程验收应按《建设项目（工程）竣工验收办法》、相应专业现行验收规范和本标准的有关规定进行。工程竣工验收前，严禁投入生产性使用。

10.2.1.3 工程安装、施工完成后应进行调试前的启动验收，启动验收合格和对在线仪表进行校验后方可进行分项调试和整体调试。

10.2.1.4 通过除尘系统整体调试，各系统运转正常，技术指标达到设计和合同要求后，方可进行启动试运行。

10.2.2 环境保护验收

10.2.2.1 除尘工程竣工环境保护验收按《建设项目竣工环境保护验收管理办法》的规定进行。

10.2.2.2 除尘工程竣工环境保护验收除满足《建设项目竣工环境保护验收管理办法》规定的条件外，在生产试运行期间的性能试验报告可作为环境保护验收的技术支持文件。

10.2.2.3 除尘性能试验报告主要参数应至少包括以下项目：

- a) 系统风量；
- b) 除尘效率；
- c) 除尘器出口烟尘排放浓度；
- d) 系统阻力；
- e) 系统漏风率；
- f) 电能消耗。

10.2.2.4 除尘工程环境保护验收的主要技术依据包括：

- a) 项目环境影响报告书审批文件；
- b) 污染物排放监测报告；
- c) 批准的设计文件和设计变更文件；
- d) 试运行期间的烟气连续监测报告；
- e) 完整的除尘工程试运行记录等。

10.2.2.5 除尘工程环境保护验收合格后，除尘系统方可正式投入运行。

10.2.2.6 配套建设的烟气排放连续监测及数据传输系统应与除尘工程同时进行环境保护验收。

11 运行与维护

11.1 一般规定

11.1.1 生产单位应设环境保护管理机构，配备专门技术人员及除尘系统检测仪器，制定除尘系统运行及维护的规章制度。

11.1.2 未经当地环境保护主管部门批准，不得停止运行除尘器。由于紧急事故造成除尘器停止运行时，应立即报告当地环境保护行政主管部门。

11.1.3 建设单位应定期对除尘器系统进行检查与维护，确保除尘器稳定可靠的运行，各项污染物排放应达到国家或地方污染物排放标准的要求。

11.1.4 岗位员工应通过培训考核后上岗，熟悉本岗位运行及维护要求，具有熟练的操作技能，能遵守劳动纪律，严格执行操作规程。

11.1.5 应制定除尘系统中、大检修计划和应急预案，检修和检查结果应记录并存档。

11.2 人员与运行管理

11.2.1 根据电厂管理模式特点，对除尘系统的运行管理既可成为独立的除尘除灰车间管理，也可纳入锅炉的管理范畴。

11.2.2 除尘系统的运行人员应单独配置，当电厂需要整体管理时，也可有机组合并配置管理人员。但电厂至少应设置两名专职的除尘系统管理人员。

11.2.3 电厂应对除尘装置的管理和运行人员进行定期培训，使管理和运行人员系统掌握除尘设备及其他附属设施正常运行的具体操作和应急情况处理措施。

11.2.4 电厂应建立除尘系统运行状况、设施维护和生产活动等的记录制度，主要记录内容包括：

- a) 系统启动、停止时间；
- b) 系统运行工艺控制参数记录，至少包括：除尘系统入口和出口烟气温度的、压力、流量、压缩空气压力、电压电流等，其表格形式参见附录B、附录C、附录D、附录E和附录F；
- c) 主要设备的运行和维修情况的记录；
- d) 烟气排放连续监测数据、污水排放、脱硫副产品处置情况记录等；
- e) 生产事故及处置情况的记录；
- f) 定期检测、评价及评估情况的记录等。

11.2.5 运行人员应按照电厂规定坚持做好交接班制度和巡视制度，特别是对于无组织排放的监督与配合，防止转运、装卸过程中产生的扬尘污染。

11.2.6 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) 当灰斗积灰至电除尘电场跳闸时，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。

11.3 电除尘系统运行

11.3.1 电除尘器运行与管理制度的建立应符合 DL/T 461 的规定。

11.3.2 投运前应对设备全面的检查，并按规定办理好工作票。

11.3.3 运行前 24h，应将灰斗加热系统投入运行；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。

11.3.4 主机启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。

11.3.5 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。

11.3.6 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。

11.3.7 停机时应先将电场电压降到零，再断开主接触器。

11.3.8 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。

11.3.9 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。

11.3.10 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。

11.4 袋式除尘系统运行

11.4.1 除尘系统入口气体温度必须低于滤料使用温度的上限且高于气体露点温度10℃以上；系统阻力保持在正常范围内。

11.4.2 冬季或高寒地区的袋式除尘器长时间停运后，启动时应采取加热措施；沿海等空气潮湿地方的袋式除尘器负载运行启动前宜采用烟气加热，使除尘器内温度高于露点温度10℃以上。

11.4.3 必须规定除尘器清灰制度，定期清除烟尘；烟尘排出口、检查门要安全密闭。

11.4.4 根据使用情况和滤袋材质，定期更换滤袋。

11.5 电袋复合式除尘系统运行

执行条款11.3和11.4中的规定。

11.6 维护保养

11.6.1 除尘系统的维护保养应纳入全厂的维护保养计划。

11.6.2 电厂应根据除尘系统技术负责方提供的系统、设备等资料制定相应的维护保养规定。

11.6.3 维修人员应根据维护保养规定定期检查、更换或维修必要的部件，并应做好维护保养记录。

11.6.4 除尘系统的维护包括正常运行时的检查、管路和设备清扫、疏通堵塞、定期加注或更换润滑油（脂）以及及时进行的小修、定期进行的中修和大修。维护范围包括除尘工程配套设施。

11.6.5 除尘系统投入运行一周内应对各连接件进行紧固，对运动部件逐一检查。对电除尘器检查振打装置、接地和电场内部情况，清扫高低压电控柜和绝缘材料。对袋式除尘器检查清灰机构和滤袋滤尘情况。

11.6.6 中修宜半年进行一次，包括运转设备的换油及调整，重要配件的更换和修理，电气系统及测试设备的调整，接地极的检查和处理，电场内部、高低压电控柜和绝缘材料的清扫工作等。大修宜1~2年进行一次，除中修的内容外，还应包括各种仪器仪表的检定，系统设备的改造和更换，系统加固、油漆和保温等。

11.6.7 设备检修时应做好安全防范，切断设备运行电源，并用接地棒清除系统某些部位可能积聚的静电电荷，在检修门、电控柜处挂“警示牌”，保管好安全联锁钥匙。人员进入电场内部或涉及到高压部位的区域，除切断全部高压电源外，还应将隔离开关全部切换到接地位置。

11.7 数据档案

11.7.1 除尘器调试及运行过程均应建立系统的数据档案，记录的内容应包括除尘器的各种参数、电除尘器升压记录、电除尘器运行记录、袋式除尘器运行记录及电袋复合除尘器运行记录，其表格形式参见附录G、附录H、附录J、附录K和附录L。

11.7.2 其他类型除尘器调试及运行过程数据档案表格形式参照电除尘器和袋式除尘器相关表格设计执行。

附录 A

(资料性附录)

三种除尘器的技术经济性综合比较

电除尘器与袋式除尘器、电袋复合除尘器的技术经济性综合比较

序号	分项	技术特点及安全可靠性比较	经济性比较	占地面积比较	
1	电除尘器	<p>优点: 除尘效率高、阻力损失小、适用范围广、使用方便且无二次污染、对烟气温度及烟气成分等影响不敏感; 设备安全可靠性好。</p> <p>缺点: 除尘效率受煤、灰成分的影响。</p>	设备费用较低; 年运行费用低。经济性好	大	
2	袋式除尘器	<p>优点: 不受煤、灰特性影响, 出口排放低且稳定; 采用分室结构的能在 100%负荷下在线检修。</p> <p>缺点: 系统阻力损失最大; 对烟气温度、烟气成分较敏感; 若使用不当滤袋容易破损并导致排放超标。</p>	设备费用低; 年运行费用较低。经济性较好	小	
3	电袋复合除尘器	一体式电袋	<p>优点: 不受煤种、烟气工况、灰特性影响, 出口排放低且稳定。破袋对排放的影响小于袋式除尘器。</p> <p>缺点: 系统阻力损失较大; 对烟气温度、烟气成分较敏感。</p>	设备费用高; 年运行费用较高。经济性较差。	较小
		分体式电袋	<p>优点: 不受煤种、烟气工况、灰特性影响, 出口排放低且稳定; 能在 100%负荷下分室在线检修; 在点炉、高温烟气等恶劣工况下可正常使用电除尘器但滤袋不受影响; 设备安全可靠性好。破袋对排放的影响小于袋式除尘器。</p> <p>缺点: 阻力损失大。</p>	设备费用高; 年运行费用高。经济性差	较大

附录 B

(资料性附录)

三种除尘器型号规格及基本参数

电除尘器型号规格及基本参数见表B.1。袋式除尘器型号规格及基本参数见表B.2。电袋式复合式除尘器型号规格及基本参数见表B.3。

表 B.1 电除尘器型号规格及基本参数

性能参数名称	单位	结构参数名称	单位
型号规格	见标准	室数	个
处理风量	m ³ /h	横断面积	m ²
入口烟气温度	℃	电场数	个
入口烟气露点温度	℃	电场长度	m
入口烟气含尘浓度(标态)	g/m ³	电场高度	m
出口烟气含尘浓度(标态)	mg/m ³	电场宽度	m
电场内气流速度	m/s	同极间距	mm
烟气通过时间	s	收尘极型式	/
有效驱进速度	m/s	总收尘面积	m ²
比收尘面积	m ² /m ³ /s	放电极型式	/
操作压力	Pa	总放电极长度	m
运行阻力	Pa	整流设备参数	/
设计压力	Pa	设备总重	kg
本体阻力	Pa		
本体漏风量	%		
除尘系统	%		

表 B.2 袋式除尘器型号规格及基本参数

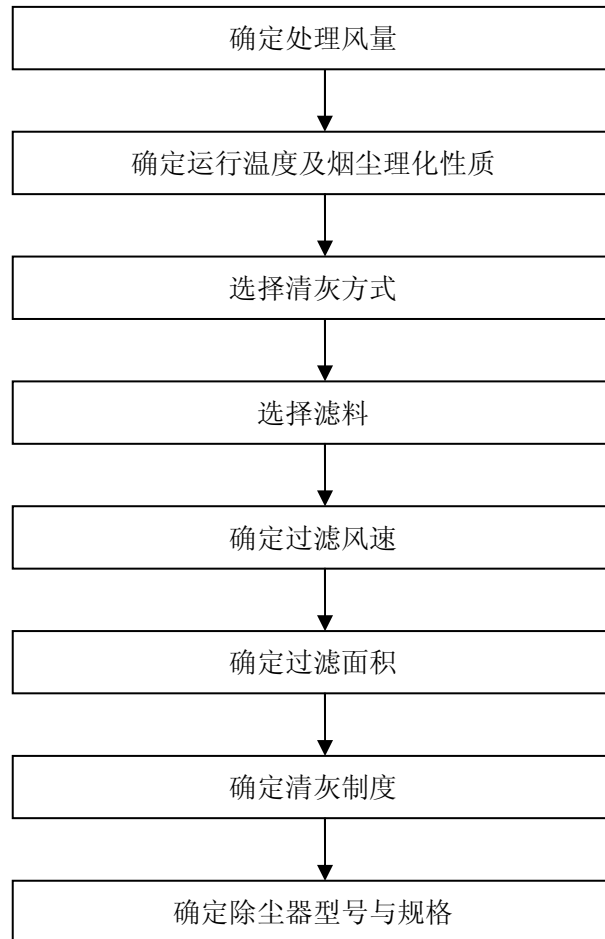
参数名称	单位
型号规格	/
处理风量	m ³ /h
过滤风速	m/min
净过滤风速	m/min
室数	个
每室滤袋数	条
滤袋材质	/
滤袋规格（直径×长度）	mm × mm
总过滤面积	m ²
入口烟气温度	℃
入口烟气含尘浓度(标态)	g/m ³
出口烟气含尘浓度(标态)	mg/m ³
运行阻力	Pa
脉冲阀规格	/
每室脉冲阀数量	只
换袋空间高度	mm
压缩空气压力	MPa
压缩空气消耗量	m ³ /min
排灰设备型号/功率	/kW
锁风设备型号/功率	/kW
反吹风机型号/功率	/kW
反吹风机风量/风压	m ³ /h, Pa
壳体承受压力	Pa
设备外形尺寸（长×宽×高）	m×m×m
总装机功率	kW
设备总重	kg

注：随除尘器种类不同，可取上表中若干项。

表 B.3 电袋复合除尘器型号规格及基本参数

性能参数名称	单位	结构参数名称	单位
型号规格	/	室数	个
处理风量	m ³ /h	滤袋规格（直径×长度）	mm × mm
过滤风速	m/min	总过滤面积	m ²
电场内气流速度	m/s	横断面积	m ²
烟气通过时间	s	电场数	个
有效驱进速度	cm/s	电场长度	m
比收尘面积	m ² /m ³ /s	电场高度	m
净过滤风速	m/min	电场宽度	m
入口烟气温度	℃	同极间距	mm
入口烟气露点温度	℃	收尘极型式	/
入口烟气含尘浓度(标态)	g/m ³	总收尘面积	m ²
出口烟气含尘浓度(标态)	mg/m ³	放电极型式	/
操作压力	Pa	总放电极长度	m
运行阻力	Pa	整流设备参数	/
设计压力	Pa	冲阀规格	/
压缩空气压力	MPa	每室脉冲阀数量	只
压缩空气消耗量	m ³ /min	换袋空间高度	mm
排灰设备型号/功率	/kW	每室滤袋数	条
锁风设备型号/功率	/kW	滤袋材质	/
反吹风机型号/功率	/kW	壳体承受压力	Pa
反吹风机风量/风压	m ³ /h, Pa	设备外形尺寸（长×宽×高）	m×m×m
总装机功率	kW	设备总重	kg

附录 C
(规范性附录)
袋式除尘器选型步骤



附录 D

(规范性附录)

各种输灰方式的适用场合和技术要求

D.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 30m³/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。

D.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 0.2g/cm³~1.8g/cm³之间, 垂直机型宜小于 1.0g/cm³;
- c) 灰温度不宜超过 100℃, 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 50m³/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。

D.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℃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。

D.4 气力输送的适用场合和要求:

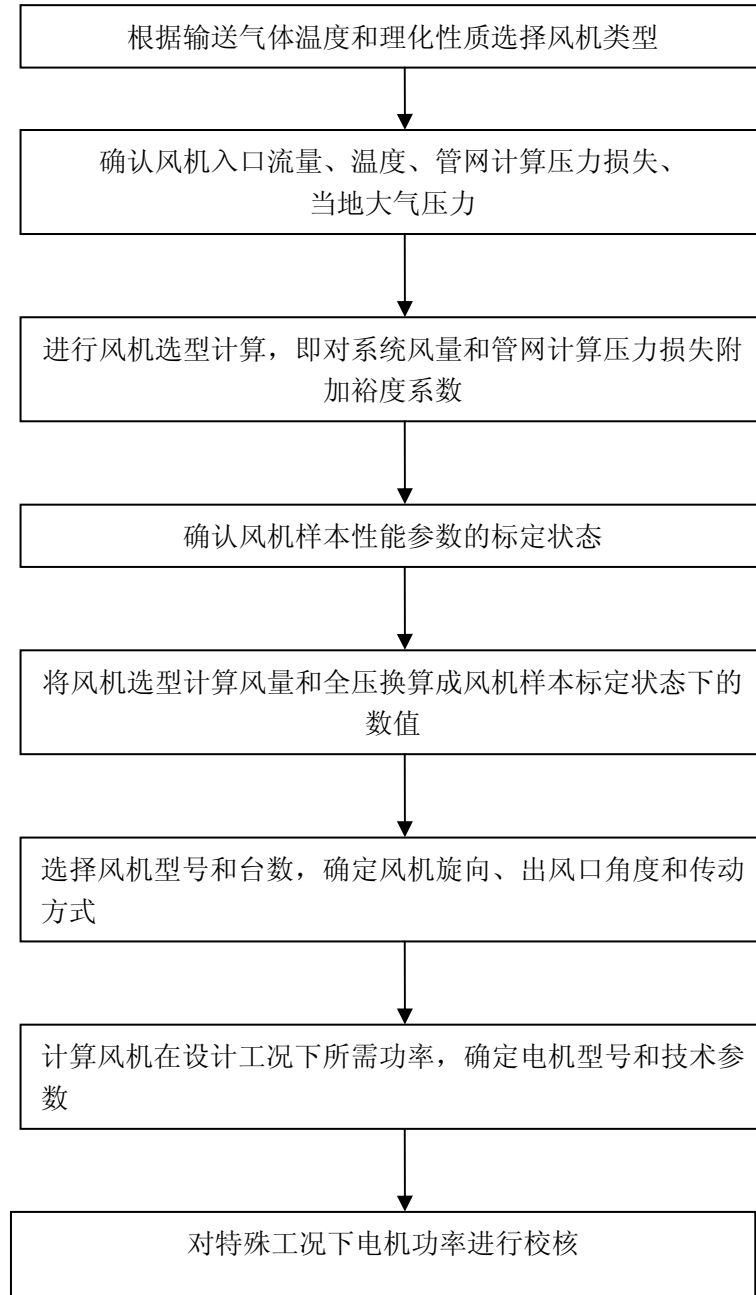
- a) 适用于长距离、集中、定点输送和提升输送;
- b) 灰最高温度小于 400℃;
- c) 可将由数点集中的灰送往一处或由一处分散送往数点的远距离操作;
- d) 对于化学性能不稳定的灰, 宜采用惰性气体输送;
- e) 输送管路应采用防磨弯头; 管路系统应设有排堵、防堵措施和装置;
- f) 不宜输送粗、重颗粒和含水量高的灰;
- g) 气力除灰系统的基本类型及选用要点见表 D1。

表 D1 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。

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 E
(规范性附录)
风机及电机选型步骤



附录 F

(资料性附录)

风机选型时参数计算方法

F.1 风机选型计算风量应在除尘管网计算总排风量上附加管网和设备的漏风量，按下式计算

$$Q' = K_1 K_2 Q \dots \dots \dots (1)$$

式中：Q'—风机选型计算风量，m³/h；

Q—除尘管网计算总排风量（风机入口处），m³/h；

K₁—管网漏风附加系数，一般送、排风系统按 1.05~1.1 取值，除尘系统按 1.1~1.15 取值，气力输送系统取 1.15；

K₂—设备漏风附加系数，按有关设备样本选取，K₂ 一般按 1.02~1.05 取值。

F.2 风机选型计算全压按下式计算：

$$p' = (p_1 \alpha_1 + p_2) \alpha_2 \dots \dots \dots (2)$$

式中：p'—风机选型计算全压，Pa；

p₁—管网计算总压力损失，Pa；

p₂—除尘设备末期的压力损失，Pa，一般由设备厂家提供；

α₁—管网计算总压力损失附加系数；定转速风机按 1.1~1.15 取值；变频风机按 1.0 取值；电站风机按 1.2 取值；气力输送系统按 1.2 取值；

α₂—通风机全压负差系数，根据国内风机行业标准，一般按 1.05~1.08 取值。

F.3 应将风机选型计算风量和全压换算成风机样本标定状态下的数值，据此选择风机型号。换算公式如下：

$$Q'' = Q' \dots \dots \dots (3)$$

$$\dots \dots \dots p'' = \frac{1.293}{\rho} \times \frac{101325}{B} \times \frac{273 + t}{273 + t_0} \times p' \dots \dots (4)$$

式中：Q''—风机样本标定状态下选型计算风量，m³/h；

Q'—风机选型计算风量，m³/h；

p''—风机样本标定状态下选型计算全压，Pa；

p'—风机选型计算全压，Pa；

B—风机实际运行当地大气压力，Pa；

ρ—标准状态下输送气体密度，kg/m³；当输送气体密度接近空气时，可按 1.293kg/m³ 取值；

t₀—风机标定状态下的气体温度，℃。通风机时 t₀=20℃；电站引风机时 t₀=140℃；

工业锅炉引风机时 $t_0=200^\circ\text{C}$;

t —风机入口工况气体温度, $^\circ\text{C}$

F.4 风机选定后, 应计算风机在实际工况条件下所需的电机功率。计算公式如下:

$$N = \frac{\rho}{1.293} \times \frac{B}{101325} \times \frac{273 + t_0}{273 + t} \times \frac{Q_0 \times p_0}{1000 \times 3600 \times \eta_1 \times \eta_2} \times K$$

.....

.... (5)

式中: N —所需功率, kW;

Q_0 —所选风机样本工作点流量, m^3/h ;

p_0 —所选风机样本工作点全压, Pa;

B —风机实际运行当地大气压力, Pa;

ρ —标准状态下输送气体密度, kg/m^3 ; 当输送气体密度接近空气时, 可按 $1.293\text{kg}/\text{m}^3$ 取值;

t_0 —风机标定状态下的气体温度, $^\circ\text{C}$; 通风机时 $t_0=20^\circ\text{C}$, 电站引风机时 $t_0=140^\circ\text{C}$, 工业锅炉引风机时 $t_0=200^\circ\text{C}$;

t —风机入口工况气体温度, $^\circ\text{C}$;

η_1 —风机内效率, 风机样本给出;

η_2 —机械传动效率, 与传动方式有关; 电动机直联取 1.0, 联轴器直联取 0.98;

K —电机功率储备系数; 通风机取 1.15, 引风机取 1.3。

附录 G

（资料性附录）

电除尘器升压记录表

电除尘器升压记录表

尘源设备和名称		电除尘器规格		供货商	
高压电源 (A/kV)		抽头位置 (kV)		测试时天气	晴、多云、阴、雨
温度 (°C)		湿度 (%)		风力 (m/s)	
室号		电场号		测试时段	时 分— 时 分
空载测试?	第 次	负载测试?	第 次	测试时间	年 月 日
序号	一次电压 (V)	一次电流 (A)	二次电压 (kV)	二次电流 (mA)	备注
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

注：在升压过程中如要观察电场内部的放电现象，观察人员只可在进、出口喇叭管内或灰斗内进行观察，不可进入电场，观察人员应有两人以上，一人在本体外部保护。在升压过程中如发现电场内部有不正常放电现象，则应关闭全部高压电源，并将全部隔离开关接地放电后，检修人员才可进入电场进行检修。

测试负责人：

记录人：

附录 H

(资料性附录)

电除尘器运行记录表

电除尘器运行记录表

车间名称						
除尘器名称						
除尘器编号						
设备型号						
考察位置 (勾选)	除尘器入口/除尘器出口					
日期						
时间						
系统风量 (m ³ /h)						
系统负压 (Pa)						
温度 (℃)						
风机阀门开度 (%)						
一次电压 (V)						
一次电流 (A)						
二次电压 (kV)						
二次电流 (mA)						
含尘浓度 (mg/m ³)						
清灰设备情况						
卸灰设备情况						
输灰设备情况						
备注						

操作员:

交班班长:

接班班长:

附录 J

(资料性附录)

袋式除尘器运行记录表

袋式除尘器运行记录表

车间名称						
除尘器名称						
除尘器编号						
设备型号						
考察位置 (勾选)	除尘器入口/除尘器出口					
日期						
时间						
系统风量 (m ³ /h)						
系统负压 (Pa)						
温度 (℃)						
风机阀门开度 (%)						
压缩空气压力(MPa)						
含尘浓度 (mg/m ³)						
清灰设备情况						
卸灰设备情况						
输灰设备情况						
备注						

操作员:

交班班长:

接班班长:

附录 K

(资料性附录)

电袋复合式除尘器运行记录表

电袋复合式除尘器运行记录表

车间名称						
除尘器名称						
除尘器编号						
设备型号						
考察位置(勾选)	除尘器入口/除尘器出口					
日期						
时间						
系统风量 (m ³ /h)						
系统负压 (Pa)						
温度 (°C)						
风机阀门开度 (%)						
一次电压 (V)						
一次电流 (A)						
二次电压 (kV)						
二次电流 (mA)						
压缩空气压力(MPa)						
含尘浓度 (mg/m ³)						
清灰设备情况						
卸灰设备情况						
输灰设备情况						
备注						

操作员:

交班班长:

接班班长: