

附件三：

电除尘工程通用技术规范

（征求意见稿）

编制说明

《电除尘工程通用技术规范》编制组

2011 年 9 月

目 次

1	任务来源	1
2	标准制定必要性	1
3	主要工作过程	2
4	国内外相关标准研究	2
5	电除尘器工程概况	2
6	主要技术内容及说明	12
7	标准实施的环境效益及经济技术分析	18
8	标准实施建议	19

《电除尘工程通用技术规范》

编制说明

1 任务来源

原国家环境保护总局办公厅《关于开展2009年度国家环境保护标准制修订项目工作的通知》（环办函【2009】221号）下达计划《袋式除尘工程通用技术规范》，项目序号252，统一编号1419。

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。

2 标准制定必要性

中国是典型的煤炭型污染国家，烟尘污染问题过去曾经是、现在也是、未来一段时间内恐怕仍然是制约中国可持续发展战略实施的重大环境问题之一，特别是“十一五”期间提出单位国内生产总值能耗降低 20%左右、主要污染物排放总量减少 10%，对环境治理提出了更高的要求。电力、冶金、有色、建材、化工、造纸是中国最主要的烟尘排放源，也是烟尘污染治理的重点。电除尘器是除尘工程中应用最多、适用范围较广、除尘效率较高、运行费用较低的除尘器。目前中国新建大中型火电机组近乎全部配置了电除尘器，占国内电除尘器市场总量的 75%以上。

由于不同行业处理烟气和粉尘性质的多样性、复杂性及电除尘器的工作的特性，使得我国电除尘器的产品标准较多，如 HJ/T322《环境保护产品技术要求 电除尘器》、JB/T5906《电除尘器 阳极板》、JB/T5913《电除尘器 阴极线》等等。这些标准对于规范电除尘器的生产具有重要作用，但电除尘工程是一项系统工程，不仅涉及到电除尘器本体、电源及辅助系统的生产，而且涉及到这些设备的安装、调试与运行，同时这些设备之间的配套性以及粉尘之间的适宜性等都直接影响到电除尘器的运行效果，而目前这些标准都是从优化某一环节出发制定，存在不完善、不统一、欠协调的问题。因此，有必要由环保部门牵头制定电除尘工程通用技术规范，以适应国内外市场需要。

3 主要工作过程

按照国家环境保护部科技标准司标准计划任务书要求，本规范编制工作从 2009 年 6 月开始调研和资料收集。首先由主要起草单位寻求编制单位并确定参加编写人员，组织成立规范编制小组，确定工作方案；编制小组在工作过程中广泛收集、分析国内外相关技术文献、资料和现有标准规范；深入我国燃煤电厂、水泥厂、钢铁企业等现场调查研究，采集有关数据；对主要技术指标进行试验验证，对规范中的有关问题进行了多次研讨，于 2009 年 12 月形成开题报告和初稿，并于 2010 年 1 月通过了环保部科技司组织的开题审查。

根据开题审查意见，编制组拓宽了调研领域，对初稿进行修改，将适用范围从电力行业电除尘工程调整为各类电除尘工程，围绕高性能、低排放的要求编制标准，强化了电除尘工程和系统技术要求的内容，并根据导则要求调整了标准章节结构，于 2011 年 3 月形成征求意见稿和编制说明。2011 年 4 月至 8 月，编制组内部组织了多次研讨，对征求意见稿及其编制说明进行修改和完善，于 2011 年 9 月正式形成征求意见稿和编制说明，上报环保部科技司。

4 国内外相关标准研究

电除尘器相关标准有环保产品行业标准 HJ/T320《电除尘器用高压整流电源》、HJ/T321《电除尘器用低压控制电源》、HJ/T322《环境保护产品技术要求 电除尘器》等，相关机械行业标准有 JB/T5906《电除尘器 阳极板》、JB/T5907《电除尘器 振打系统 通用技术条件》、JB/T5908《电除尘器主要件抽样检验及包装运输贮存规范》、JB/T5910《电除尘器》、JB/T5911《电除尘器焊接件 技术要求》、JB/T5913《电除尘器 阴极线》、JB/T6407《电除尘器设计、调试、运行、维护 安全技术规范》、JB/T8536《电除尘器机械安装技术条件》等，相关国家标准有 GB/T13931《电除尘器 性能测试方法》、GB/T16845《除尘器 术语》等。这些标准只是对电除尘器的设计选型、设备生产、安装调试、运行维护等某一方面进行了规范，但对电除尘工程通用的、全面的系统规范还没有相关标准。

5 电除尘器工程概况

5.1 电除尘器应用现状

我国电除尘技术起步晚、发展快。目前已广泛应用于火力发电、钢铁、有色冶金、化工、建材、机械、电子等众多行业的烟气处理，同时，电除尘新技术也不断被开发出来，以满足不断提高的污染排放标准要求。我国已作为世界电除尘器大国立足于国际舞台上，我国的电除尘器不仅在数量上，而且在技术水平上都已进入国际先进行列。电除尘器中从设备本体到计算机控制的高低压电源以及绝缘配件、振打装置、极板极线等已全部实现国产化，并且已有产品出口到 30 多个国家和地区。随着国家对污染

控制要求的不断提高,对粉尘排放的要求也大幅提高,从2004年1月1日起开始实施GB13223-2003《火电厂大气污染物排放标准》,将新建电厂排放浓度控制到小于 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 的范围内,而旧的标准GB13223-91要求为粉尘排放浓度小于 $150\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。在1980年以前,我国的电除尘器绝大多数都是 100m^2 以下的,其中有色冶金占32%,钢铁占30%,建材占18%,电力占8%,化工占5%,轻工占4%,其它占3%;而随着我国的经济飞速发展,电力、建材水泥行业的发展尤其达到空前的地步,到上世纪90年代中期,电除尘器的行业占有量的格局已改变为:电力占72%,建材水泥占17%,钢铁占5%,有色冶金占3%,轻工占4%,其它占3%;目前火电厂更是已占全国电除尘器总量的80%以上。

火电厂作为电除尘器应用大户,在无论单电场或单机总收尘面积都在各行业之首,其收尘效率要求、运行维护能力、控制设备技术等也较其它行业要高,其总体设计及工程安装也较其它行业规范,因此,规范中大部分内容是以火电厂电除尘器相关规范为蓝本进行编写的。而对其它行业的电除尘器只针对其特点进行兼容和概括,如化工行业的高温烟气(300°C 以上)和易燃易爆烟气、冶金行业的烟气粉尘比重轻及烟气工况变化大等特点,在设计、安装及运行上只需做相关调整就能满足特种烟气的净化要求。

5.2 电除尘器主要技术进展

电除尘器技术已相对成熟稳定,主要可分为本体技术和供电技术两部分。

电除尘本体技术利用现代科学手段,主要关键部件在不断改进和完善,向结构合理、性能优良、运输方便、安装可靠、操作简单、维护便利的方面发展。其中:

(1)电除尘器的壳体,向轻型化发展。在充分满足工艺条件要求,考虑了壳体的承载能力,最大限度地节省材料,又兼顾加工制造安装周期短,施工方便。

(2)电晕极线和收尘极板是电除尘器的核心关键部件。目前极、线的形式种类很多,根据不同的烟尘特性、不同烟气温度、不同的含尘浓度等,可以采取不同的极配形式,以期达到理想的荷电和收尘效果。就是在同一台电除尘器中,前后电场的极配形式也不尽相同,实现更佳的收尘效果。

(3)合理的清灰是保证电除尘器的高效可靠运行的重要保证,清灰的目的是既要把沉积在电极上的灰尘清除干净,又不会引起二次飞扬。目前的振打清灰方式仍然是电除尘器最主要的清灰方式:侧向绕臂锤头振打和顶部电磁振打,两种流派各具特色,可根据具体情况如烟尘特性、浓度的大小、粉尘的粗细、黏度的高低等以及使用习惯合理选用。

电除尘供电技术随着电除尘技术的不断发展,高压电源技术也得到长足的进步。30年来,针对不同的烟尘特性及各种工况条件,开发出多种类型的高压电源。目前主要的供电电源有单相可控硅高压电源、三相可控硅高压电源、高频高压电源等。其中单相SCR可控硅高压电源应用最广泛,高频高压电源因有诸多优点,特别是节能提效的特点,已成为发展趋势。这些电源各有特点,其中:

(1)单相可控硅电源微机控制的单相可控硅调压电源是单相桥式全波整流输出,控制技术成熟,供电回路简单可靠,成本相对较低。在控制技术上能快速处理电场网络,电压回升快,有灵活多样的供电控制方式,对于常规烟尘,采用电场电压跟踪控制方式,向电场提供尽可能高的电晕功率,以取得较高的除尘效率。对于高比电阻烟尘,采用间隙供电和简易脉冲供电控制方式,可降低能耗,并改善除尘效

果。单相可控硅电源经过 30 年的发展，虽然没有突破性的创新，但是供电方式在不断开拓，推出了具有多种控制特性的产品，如最高平均电压控制、最佳火花率控制、临界火花跟踪控制、浮动式火花控制、间隙脉冲供电、简易脉冲供电、富能供电控制等。大部分厂家选用高性能的 16 位或 32 位单片机作为控制核心，大大增强了系统处理、运算和扩展能力。

(2)三相可控硅电源：世界各国的电力系统几乎均采用三相制，因为三相电压在对称条件下运行，各相电压、电流、磁通的大小相等，相位依次相差 120° 。三相可控硅电源采用三相桥式全波整流，应用 Y380V/50Hz 电网三相电源直接输入，三相可控硅移相调压，经三相变压器升压，在次级整流后并联成一路高压直流信号加到 ESP 电场，有着非常科学的电力应用特点。三相电源的控制和管理功能、火花处理、网络监控方面，基本传承了单相电源的特点，可以与单相电源兼容，但与单相 SCR 可控硅电源相比，有功率因数 $\geq 95\%$ ，电网损耗小；单相的峰值电压比平均电压高 25%；三相电源输出电压平稳等几个优点。

(3)高频高压电源：与前两种工频电源相比，SIR 电源是把三相工频电源通过整流形成直流电，通过逆变电路形成高频交流电，再经整流变压器升压整流后形成高频脉动电流送除尘器，其频率在 20k~50kHz 左右。高频电源供给电场的是一系列的电流脉冲（脉冲宽度在 5~20 微秒），能提高烟尘的荷电效率，提高粉尘迁移速度，从而提高除尘效率。同时，在烟尘带有足够电荷的前提下，可尽量减少无效的电场电离，从而大幅度减少电除尘器电场供电能量损耗。另外，同时在电源本身电能转换效率上，工频电源只有 70%左右，而高频电源可达 90%以上。高频电源采用间隙供电方式，在高烟尘比电阻，既能克服“反电晕”的特殊现象，提高除尘效率，又能大幅度的节约能耗。

(4)低压控制系统从以前的单片机控制系统发展到现在采用多种 PLC、DCS 等控制形式，满足不同用户使用要求。通讯方式从以前的单一自定义串行通讯方式发展为现场总线方式、以太网通讯方式及 OPC 接口等。通讯协议采用开放式的标准协议，有利于电除尘系统与其他系统的集成。

5.3 电除尘器工程应用实例

5.3.1 实例 1：炼铁厂烧结机头电除尘器

(1) 烧结机头烟气特性参数如下：

- a、入口烟量(工况)： $21000\text{m}^3/\text{min}$
- b、入口烟气温度： $80\sim 200^\circ\text{C}$ 平均 150°C ，最高 250°C
- c、入口烟气负压： 17500pa ，最大 22000pa
- d、烟气性质：烧结烟气
- e、烟气成分：含 SO_2
- f、烟气密度： $1.27\sim 1.29\text{kg}/\text{Nm}^3$
- g、入口烟气含尘量： $\leq 3\text{g}/\text{Nm}^3$
- h、灰尘堆积密度： $1.6\sim 1.8\text{t}/\text{m}^3$

(2) 根据以上烟气特性及烟气量，经计算和现场情况，设计为 2 双室 4 电场电除尘器。结构要求如下：

- a、放电极和收尘极采用侧部传动切向振打的清灰方式，放电极振打为上、中、下三层。
- b、电除尘器应考虑防风、防雨、防雪和防海风腐蚀措施。除尘器顶部平面要求不积水。
- c、灰斗采用锥形灰斗，灰斗壁与水平夹角均大于 65° ，灰斗内四角贴圆弧板过度，保证灰尘向下自由流动，其下料口规格为 $500 \times 500\text{mm}$ ，灰斗设仓壁振动器；三、四电场灰斗设置声波清灰器。
- d、电除尘器灰斗、保温箱设电加热装置，并设置电除尘器灰斗料位计，料位计需设置现场料位指示。
- e、电除尘器出入口风采用单口，并保证电除尘器内气流分布的均匀性，充分发挥电场的工作能力。
- f、高压供电装置为户外式，其输出电压应同时满足在工作条件和空载条件达到额定电压；电场之间需要采取供电联络措施；高压隔离开关为侧进下出。
- g、电除尘壳体(包括顶棚)厚度 $\geq 6\text{ mm}$ ；电除尘器灰斗厚度 $\geq 8\text{ mm}$ 钢板；出入口喇叭口厚度 $\geq 8\text{mm}$ ；机头电除尘气流分布板厚度 $\geq 4\text{mm}$ ；灰斗阻流板厚度 $\geq 4\text{mm}$ 。顶梁绝缘瓷套管地脚承重钢板厚度 $\geq 12\text{mm}$ 。电场内横梁及支撑梁管的壁厚 $\geq 10\text{mm}$ 。
- h、阴极框架采用无缝钢管 $\Phi 42 \times 4$ ；阴极线采用管状四齿芒刺线，管壁厚 $\geq 1.0\text{mm}$ ，芒刺齿采用不锈钢材质。
- j、阳极板采用优质冷轧板，厚度 $\geq 1.5\text{mm}$ 。
- k、进入高压区的所有人孔应与所在区的供电装置联锁，圆形人孔门直径不小于 $\Phi 600\text{mm}$ ，矩形人孔门不小于 $500 \times 800\text{mm}$ 。电除尘设双层人孔门。
- 1、除尘器本体露天部分钢结构除锈等级 Sa2.5 级；防腐要求采用优质防锈油漆。

(3) 电除尘器具体设计规格参数

序号	项目名称	单位	设计参数
1	烟气处理量	m^3/min	21000
2	入口含尘量	g/Nm^3	≤ 3
3	出口含尘量	mg/Nm^3	≤ 50
4	烟气温度	$^{\circ}\text{C}$	80~200，平均 150，最高 250
5	保证效率 设计效率	%	≥ 98.4 ≥ 99
6	流通面积	m^2	360
7	气流分布均匀性		$\sigma \leq 0.2$
8	本体阻力	Pa	≤ 250
9	本体漏风率	%	≤ 2
10	噪声	dB	距壳体 1.5m 处最大噪声级 ≤ 80
12	电场通道数	个	一、二电场 24 三、四电场 22
13	电场同极距	mm	一、二电场 500，三、四电场 540

14	每个电场的有效长度	m	3.5
15	所有电场的总有效长度	m	14.0
16	电场的有效高度	m	15.0
17	总集尘面积	m ²	19230
18	长、高比		1.25
19	室数		2
20	电场数		4
21	阳极板型式		480C
22	阳极板材质		SPCC
23	阳极板有效高度	m	15.0
24	阴极线型式		四齿管状芒刺线
34	阴极线材质		1Cr18Ni9Ti
35	阳极板振打形式		侧向挠臂锤双侧振打
36	阳极振打加速度	g	200
37	阳极振打传动功率及台数	kW/台	0.37/8
38	阴极框架振打形式		侧向挠臂锤三层振打
39	阴极振打加速度	g	150
40	阴极振打传动功率及台数	kW/台	0.37/8
41	比集尘面积	m ² /m ³ /sec	55.2
42	驱进速度	cm/sec	7.45
43	烟气流速	m/sec	0.972
44	烟气停留时间	sec	14.40
45	烟气负压	kPa	17.5
46	壳体设计负压	kPa	22
47	壳体材料/厚度		Q235/6mm
48	每台除尘器保温材料材质/保温层厚度		岩棉/100
49	每台除尘器灰斗数量	个	16
50	灰斗加热形式		电加热
51	灰斗料位计形式数量	只	射频导纳/32
52	整流变压器规格		GGAJ02-1.0A/90KV
53	每台除尘器所配整流变压器台数	台	8
54	整流变压器型式		油浸式
55	整流变压器重量	t	2

56	每台整流变压器的额定容量	kVA	128
57	整流变压器适用的海拔高度	m	<2000
58	整流变压器适用的环境温度	℃	-40~+40

5.3.2 实例 2：火电厂电除尘器

(1) 该实例为 600MW 机组所配备的电除尘器，锅炉最大连续蒸发量为 1913t/h，锅炉(B-MCR)燃煤量为 255t/h(设计煤种)、 261.7 t/h(校核煤种)， 其它相关资料参数为：

a、燃煤煤质分析

名 称 及 符 号		单位	设计煤种	校核煤种
工 业 分 析	收到基水分 Mar	%	7.50	7.52
	收到基灰分 Aar	%	25.30	26.00
	可燃基挥发分 Var	%	38.64	35.00
	固定碳 F Car	%	41.24	43.22
收到基低位发热量 Q _{net, ar}		kJ/kg	21430	20460
哈氏可磨系数 HGI			62	55
冲刷磨损指数 Ke			2.43	
元 素 分 析	收到基碳 Car	%	54.80	51.50
	收到基氢 Har	%	3.88	4.0
	收到基氧 Oar	%	7.16	9.0
	收到基氮 Nar	%	0.91	1.5
	收到基全硫 St, ar	%	0.45	0.48
	收到基水分 Mar	%	7.5	7.52
	收到基灰分 Aar	%	25.3	26.0
灰 熔 融 性	变形温度 DT	℃	>1500	1350
	软化温度 ST	℃	>1500	>1359
	流动温度 FT	℃	>1500	>1500
灰 分 分 析	二氧化硅 SiO ₂	%	57.1	54.12
	三氧化二铝 Al ₂ O ₃	%	31.4	32.29
	三氧化二铁 Fe ₂ O ₃	%	4.9	3.39
	二氧化钛 TiO ₂	%	1.2	1.33
	三氧化硫 SO ₃	%	1.6	1.51

名 称 及 符 号		单位	设计煤种	校核煤种
	氧化钾	K ₂ O	%	0.6
	氧化钠	Na ₂ O	%	0.6
	氧化钙	CaO	%	1.9
	氧化镁	MgO	%	0.7

b、飞灰比电阻 （测试方法：梳齿法）

测试温度	湿度	电压	电流	比电阻值	
				设计煤种（淮南新集烟煤）	校核煤种
℃	%	V	A	Ω·cm	Ω·cm
27				1.90×10^{10}	
80				1.60×10^{11}	
100				4.80×10^{11}	
120				1.12×10^{12}	
150				1.00×10^{12}	
180				2.00×10^{11}	

c、飞灰密度及安息角

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		

d、烟气其它特性参数

序号	名称	单位	设计煤种	校核煤种 1
1	除尘器入口烟气露点温度	℃	93	93
2	除尘器入口烟气含湿量	g/kg	48.53	51.97
	除尘器入口烟气温度	℃	126	126
	除尘器入口烟气量	m ³ /s	400.8	400.8
	除尘器入口含尘量	g/Nm ³	31.62	34.30

（3）根据烟气特点和烟气量以及环保要求，电除尘器设计为：

a、型式：干式、卧式、板式

b、数量：每台炉配两台除尘器

c、电除尘器的钢结构设计温度为 300℃，当锅炉尾部燃烧时，除尘器能在 350℃正压条件下运行 30 分钟而无损坏。

d、设计负压 9.8Kpa，设计正压 9.8KPa。

e、阳极板和阴极框架的振打程序、间隔均可调，阳、阴极振打框架有足够的刚度，振打装置使电极整体产生足够强的法向加速度，并设有防止振打器脱落的安全措施，振打装置转轴同轴度公差 $\leq 1\text{mm}$ ，并考虑除尘器内主要转动部件的防尘措施，振打器在正常维护下无故障工作时间为 6 年。

f、除尘器顶部设全密封屋盖，可满足除尘器顶部设备检修维护的需要。

g、电除尘器本体上的所有检修门、人孔门、通向除尘器高压电气设备的门均与高压电源系统有可靠的联锁手段，即只有在电源被切断并消除残留电荷的情况下才能进入除尘器内部，以保证人身安全。

(4) 电除尘器具体设计规格参数

序号	项目名称	单位	设计参数
1	烟气处理量	m^3/min	24048
2	入口含尘量	g/Nm^3	31.62
3	出口含尘量	mg/Nm^3	≤ 50
4	烟气温度	$^{\circ}\text{C}$	126
5	保证效率	%	≥ 99.7
6	流通面积	m^2	456
7	气流分布均匀性系数		$\sigma \leq 0.2$
8	本体阻力	Pa	≤ 200
9	本体漏风率	%	≤ 2
10	噪声	dB	距壳体 1.5m 处最大噪声级 ≤ 80
12	电场通道数	个	2×38
13	电场同极距	mm	400
14	每个电场的有效长度	m	4.5
15	所有电场的总有效长度	m	18.0
16	电场的有效高度	m	15.0
17	总集尘面积	m^2	41040
18	长、高比		1.01
19	室数		2
20	电场数		4
21	阳极板型式		480C
22	阳极板材质		SPCC

23	阳极板有效高度	m	15.0
24	阴极线型式		芒刺线/SPCC
25	阴极线材质		1Cr18Ni9Ti
26	阳极板振打形式		侧向挠臂锤振打
27	阳极振打加速度	g	200
28	阳极振打传动功率及台数	kW/台	0.37/8
29	阴极框架振打形式		顶部电磁振打
30	阴极振打加速度	g	150
31	阴极振打传动功率及台数	kW/台	0.37/8
32	比集尘面积	m ² /m ³ /sec	102.4
33	驱进速度	cm/sec	5.67
34	烟气流速	m/sec	0.88
35	烟气停留时间	sec	20.5
36	烟气负压	kPa	2
37	壳体设计负压	kPa	9
38	壳体材料/厚度		Q235/5mm
39	每台除尘器保温材料材质/保温层厚度		岩棉/100
40	每台除尘器灰斗数量	个	16
41	灰斗加热形式		电加热
42	灰斗料位计形式/数量	只	射频导纳/32
43	整流变压器规格		GGAJ02-2.0A/72KV
44	每台除尘器所配整流变压器台数	台	8
45	整流变压器型式		油浸式
46	整流变压器重量	t	2
47	每台整流变压器的额定容量	kVA	205
48	整流变压器适用的海拔高度	m	<2000
49	整流变压器适用的环境温度	℃	-40~+40

5.3.3 实例 3：水泥厂窑头水泥厂窑

水泥厂所应用的电除尘器，经过多年的使用后，已趋于格式化，根据水泥窑的类型、产量大小等来核定出电除尘器的规格大小，本实例是一台新型干法水泥窑头所配电除尘器，窑规格为 5000T/d，粉尘种类为熟料篦式冷却机废气。电除尘器设计参数如下表：

参数名称	参数值	单位	备注
------	-----	----	----

电除尘器规格型号	HCDPK-E/146/3146/3	一台	上进风，平出风
处理风量	420000	m ³ /h	
正常废气温度	200~250	℃	
瞬时最大废气温度	≤400	℃	
进口气体含尘浓度	≤30	g/Nm ³	
出口气体含尘浓度	≤50	mg/Nm ³	
烟气露点	>25	℃	
允许烟气工作压力	-2200	pa	
电场风速	≤0.80	m/s	
电场有效断面积	146	m ²	
电场数	3		
电场收尘面积	8683	m ²	
通道数	27		
电场高度	13.4	m	
电场长度	12	m	
极板间距	406	mm	
电晕极型式	钢性电极		
材质	Q235		
振打周期	可调	min/次	
悬挂方式	吊挂		
配套清扫风机	有		
收尘极型式	C480		
材质	ST12		
极板厚度	1.3	mm	
振打周期	可调	min/次	
悬挂方式	吊杆		
气体分布板型式	多孔板		
材质	Q235		
厚度	2.5	mm	
通风面积百分比	50	%	
振打周期	可调	min/次	
固定方式	顶部振打		

电晕极振打电机型号	XWD0.37		
电晕极振打电机数量	3	台	
收尘极振打电机型号	XWD0.37		
收尘极振打电机数量	3	台	
分布板振打电机型号	ESI-I		
分布板振打电机数量	1	台	
分布板振打电机功率 (KW)	4KVA		
电加热器型号	RSZ		
电加热器数量	15	支	
电加热器功率 (KW)	15		
电加热器使用电压	220		
高压硅整流装置型号	GGAJ02-1.3A/72KV		
高压硅整流装置数量:	3	台	
低压电气柜型号:	GGD11		
低压电气柜数量	1	台	
集灰斗数量	3	个	
回转卸料器	400×400	3 个	
输送能力	35	m ³ /h	
功率	2.2	KW	
保温面积	1950	m	

6 主要技术内容及说明

6.1 规范的一般性内容说明

6.1.1 本技术规范适用范围的说明

由于不同行业处理烟气和粉尘性质的多样性、复杂性及电除尘器的工作特性,使得我国电除尘器的产品标准较多,不同行业根据自己的特点和要求都有各自的规范,如火电行业、冶金行业、水泥行业等,但一直没有一个全行业的统一规范,为了进一步规范电除尘器行业,特编制本工程技术规范。本规范作为一个适用全行业的电除尘工程技术规范,汲取了各行业的电除尘相关规范共同点,但在规范条款上又偏重了电除尘最大的应用领域——火电行业的应用特点。

6.1.2 规范性引用文件的说明

本规范引用了相关行业的技术法规和标准，主要有以下四个类别：

(1) 电除尘器环保产品行业标准，包括：固定污染源烟气排放连续监测技术规范（HJ/T 75）、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 76）、污染源在线自动监控（监测）系统数据传输标准（HJ/T 212）、电除尘器用高压整流电源（HJ/T 320）、电除尘器低压控制电源（HJ/T 321）、环境保护产品技术要求 电除尘器（HJ/T 322）等。

(2) 机械行业标准，包括：电除尘器 阳极板（JB/T 5906）、电除尘器主要件抽样检验及包装运输贮存规范（JB/T 5908）、电除尘器用瓷绝缘子支持瓷套（JB/T 5909.1）、电除尘器（JB/T 5910）、电除尘器焊接件 技术要求（JB/T 5911）、电除尘器 阴极线（JB/T 5913）、电除尘器设计、调试、运行、维护 安全技术规范（JB/T 6407）、电除尘器机械安装技术条件（JB/T 8536）、电除尘器 气流分布模拟试验方法（JB/T 7671）、电除尘用晶闸管控制高压电源（JB/T 9688）、手工电弧焊的焊接规范（JB/ZQ 3687）等。

(3) 电力行业标准，包括：电业安全工作规程（DL 408）、燃煤电厂电除尘器运行维护导则（DL/T 461）、火力发电厂采暖通风与空气调节设计技术规定（DL/T 5035）、电除尘器（DL/T 514）、电力工程直流系统设计技术规范（DL/T 5044）、电力建设施工及验收技术规范（DL/T 5047）、火力发电厂保温油漆设计规程（DL/T 5072）、电气装置安装工程质量检验及评定规程（DL/T 5161.3）等。

(4) 国家标准，包括：低压成套开关设备和控制设备（GB 7251）、工业企业厂界环境噪声排放标准（GB 12348）、钢结构设计规范（GB 50017）、采暖通风与空气调节设计规范（GB 50019）、机械设备安装工程施工及验收通用规范（GB 50231）、工业企业设计卫生标准（GBZ 1）、电气控制设备（GB/T 3797）、电除尘器 性能测试方法（GB/T 13931）、除尘器 术语（GB/T 16845）、爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范（GB/T 50058）等。

6.2 污染物与污染负荷的说明

本节主要规定了污染物和负荷确定。污染物的成分和流量直接决定了电除尘器设计的大小，虽然各个行业的烟气基本成分都有定式，但随着采用的原料（如矿石、煤炭等）的变化，其成分变化还是很大，因此，本规范在总结各行业污染物的特点后，规定了需要明确的成分数量和特性的参数列表。

6.3 总体要求的说明

6.3.1 一般规定

该章节是根据电除尘工程在各个行业的通用设计要求做了一般性规定，对于其他标准及规范已经明确的要求，本规范也同样遵守。

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。这里使用寿命的要求是根据实践中总结得出的，设备应当也是能够达到上述要求的，也是可以跟主系统设备相匹配的最低使用寿命长度要求。

6.3.2 总图布置

本章节既有电除尘器专有要求，也有对公用设施的常规要求。已经存在的规范，同样适用于电除尘器。其目的是使电除尘器场地布局合理、检修、维护方便。

6.4 工艺设计的说明

6.4.1 一般规定

本章节对电除尘系统的基本构成进行定义，其中包括：电除尘器本体、控制装置、除尘烟道、风机等。优先采用负压系统，可以使电除尘器不因漏风而导致漏点跑灰。对已存在且应当遵守的规范进行罗列，也同样适用于本规范。本节还根据目前已应用的各个行业的应用情况数据加以总结，对一些特殊工况，如易燃易爆粉尘、高比电阻粉尘、高温烟气等情况，需采取哪些措施才能适用电除尘做了进一步明确。

6.4.2 工艺流程

本章节列举了三种典型工艺布置，从系统压力分为正压和负压，负压系统又分比电阻适宜和比电阻非适宜的两种布置方式。这里所说的比电阻非适宜使用电除尘器，在经过烟气调质后，使粉尘比电阻变得适宜使用电除尘器。

6.4.3 烟气调质

对于高比电阻粉尘，在不适宜使用电除尘器的情况下，对烟气进行调质是不得已而为之，一般不优先选择此法，相关的设定参数，仅供参考。考虑适用性，有关使用技术条件数值设定可能偏大。

6.4.4 电除尘器选型

电除尘器选型设计条件及要求以前的行业标准中都已做出过规范，如《电除尘器》（JB/T 5910）、《电除尘器设计、调试、运行、维护安全技术规范》（JB/T 6407）、《电除尘器》（DL/T 514）等，而电力行业最为详细，因此，本章节主要借鉴了燃煤电厂电除尘器选型设计条件，其它技术领域可供参考。

6.4.5 电除尘器设计

根据各个行业的设计规范以及多年来的设计和应用经验数据，本章节对电除尘器设计参数做了具体规定，有些参数是考虑到所有行业的特点来确定的，如处理烟气温度，就化工行业最高，但考虑到电除尘器本体对热胀冷缩的承受能力，在化工行业上限定为 400℃，如果遇到更高的，必须降温才能使用电除尘器收尘。

电除尘器性能要求、本体设备要求以及钢结构要求原来都有相应的行业标准来规范的，这里只是将各种标准加以综合考虑，并兼顾到各个行业烟气的特点来规范各种要求的。

6.4.6 卸输灰

卸输灰主要分两部分，一是卸灰，即将收集下来的粉尘送出电除尘器本体以外，现在一般都采用电动卸灰阀进行，而输灰则有多种方案。而且现在大部分设计中（特别是电力行业）已把输灰与电除尘器分开设计和施工了，所以本章节只简单列举了几种常规输灰方式的设计要求。

6.5 主要工艺设备和材料的说明

6.5.1 工艺设备

电除尘器发展到现在这个阶段，单纯工艺的特点已不明显，工艺设备已是相当成熟的定型产品了，就高压电源而言，目前已有五种完全不同类型的产品，但都有一个共同点，就是都有高压整流变压器，所以这里只对高压整流变压器做出了设计要求，而其不同类型的控制系统及其选用原则在附录中做了详细说明。还有一个工艺设备就是电机，其要求比较简单，也做出了相应规范。

6.5.2 材料

本章节主要对电除尘器本体钢结构中的材质、型号做出具体规定，以保证电除尘器的基本性能和使用寿命。规范中材料型号规格和连接要求都是根据相关行业规范、力学计算以及实际应用情况来确定的，这里是最基本要求，实际操作中还可以根据用户的要求选择更高一级的材质和规格来设计。

6.6 检测与自动控制的说明

6.6.1 一般规定

本章节对检测与自动控制的基本要求做出规范，主要参考了《低压成套开关设备和控制设备》（GB 7251）、《电除尘器低压控制电源》（HJ/T 321）、《电气控制设备》（GB/T 3797）等标准以及电除尘器的特点来规范的。

6.6.2 检测内容

本章节规范了电除尘器在运行过程中需要监视和控制的所有相关参数以及需要报警的相关参数，如有遗漏还请评审专家多多指正。

6.6.3 自动控制

本章节对电除尘器所有需要控制的环节（高压电源除外）及最基本的控制要求进行了罗列，以保证电除尘器的安全运行。根据电除尘器的控制系统特点以及相关标准给出了控制盘的规范，室外控制设备的防护等级定为最高为 IP54 也是我们容易做到的。为了保运行调试人员生命安全，还规定了需要安全连锁的两个连锁关系。

6.6.4 上位机系统

上位机系统就是将电除尘器控制系统中所有运行参数集中显示和监控。其监控内容是根据下位机能控制的内容而定的，至于能在上位机上能实现的功能则是根据近年来实际应用情况总结来确定的，随着计算机和通讯设备的发展，还将能实现更强大的功能，需定期进行补充最新内容。

6.7 主要辅助工程的说明

6.7.1 供配电

本章节对电除尘器所需电源种类、要求及供配电设备进行了规范，主要是参考了火电厂电除尘器对供配电要求来确定的，因为火电厂相对于其它行业来说对电控设备的要求最高，只要能满足火电厂的要求，就能满足其它行业的需要。

6.7.2 采暖通风

该章节主要根据《采暖通风与空气调节设计规范》（GB 50019）、《火力发电厂采暖通风与空气调节设计技术规定》（DL/T 5035）来编写的。

6.7.3 给排水

给排水系统是根据能满足生活、生产和消费的要求来设计的，同时又要遵守节约水资源的原则。

6.7.4 消防

配电室的消防设计首先要符合《建筑设计防火规范》（GB 50016）的要求，对那些具体的条款则是根据电除尘器配电室的特点来规范的。

6.8 劳动安全与职业卫生的说明

该章节是工程通用技术规范中规定的必要内容，其目的就是要求在设计、建设和运行过程中要高度重视劳动安全与职业卫生，并有章可依、有法可循。

在设计过程中，就是要遵守原有的行标和国标，如《粉尘防爆安全规程》（GB 15577）、《建筑设计防火规范》（GB 50016）、《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》（GB/T 50058）、《工业企业设计卫生标准》（GBZ 1）等。至于在建设和运行过程中的劳动安全与职业卫生已有多年的经验和办法，本章节中在参考各个行业的规章制度的基础上归纳出本规范条文。

6.9 施工与验收的说明

6.9.1 一般规定

本章节只是规范了施工与验收的基本原则，编写时我们主要参照了《机械设备安装工程施工及验收通用规范》（GB 50231）、《电除尘器机械安装技术条件》（JB/T 8536）、《电气装置安装工程质量检验及评定规程》（DL/T 5161.3）、《电除尘器》（DL/T 514）等相关标准，所以这些规范将能适应各个

行业的电除尘器施工与验收。

6.9.2 安装

安装，总是要从基础做起，所以基础的施工和检查验收就显得尤为重要。基础检查的内容和标准都是采用目前能检索到的最高要求来制定得的。而其他内容，如钢支架、壳体、阳极部分、阴极部分、振打装置、电气安装等都是参考了相关标准来制定的。

6.9.3 调试

电除尘器的调试是在本体已按照安装标准调整消缺后的通电调试，因此，基本上是以电气调试为主线。调试内容主要是参考了《电除尘器设计、调试、运行、维护 安全技术规范》（JB/T 6407）来编写的。调试中之所以要指定专职安全员进行安全监护和总指挥全面管理，就是要保证调试人员的人身安全，由于空载时电除尘器的电气特性与有烟气负荷时的电气特性差异较大，因此空载时为了能使电场电压升到额定值附近，以此来确认电除尘器的安装质量，需将两台高压电源并联输给某一个电场供电，一般情况下，需架设临时高压引线，因此，临时高压引线在现场所有设备外壳之间的距离就是要保证不能放电。

6.9.4 环境保护验收。

电除尘器环境保护验收主要按《建设项目竣工环境保护验收管理办法》的规定执行，具体的细节在规范中没有再罗列。根据现在的环保要求，主要是确定了四项性能测试的内容，至于如何检测，则是按照《电除尘器性能测试方法》（GB/T 13931）进行。

6.10 运行与维护的说明

6.10.1 一般规定

运行与维护主要参考了《电除尘器设计、调试、运行、维护 安全技术规范》（JB/T 6407）和《燃煤电厂电除尘器运行维护导则》（DL/T 461），在运行管理上除在电力行业上有单独的管理部门外，其它行业则都归纳到产生烟气的设备部门中，管理力量相对比较薄弱。因此，需将具体运行管理办法执行到管理班组中去。

6.10.2 运行管理

运行管理规定中，电除尘器设备启动时的投运时间、顺序都是根据其特点来决定的，有时在主设备（锅炉）出故障的特殊情况下，还需停止运行电除尘器，以保证电除尘器的安全、可靠，如烟气中易燃易爆物质浓度严重超标、燃煤电厂投油助燃时等。还有就是电气设备的开停机顺序也是为了保证电气设备使用周期和安全性。而在何种情况下必须停机报警也是根据各个行业多年来的管理控制经验整理出来的。

6.10.3 维护保养

电除尘器的维护保养也就是对机械、电控设备的常规保养，我们只是根据电除尘器的特点补充了一些必要条件。如电场停运后必须冷却后才能进入电场内部进行检修保养，这是因为电除尘器处理的烟气都是高温，即使烟气停止了，也还需要一段时间来冷却后才能回到常温状态。传动件的润滑保养、接地线和接地情况的定期检查等都是电除尘器正常运行的基本保证。

7 标准实施的环境效益及经济技术分析

7.1 电除尘器收尘效果

我国现行国家标准要求粉尘排放限值为 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ，国家标准《火电厂大气污染物排放标准》（征求意见稿）拟将最高排放标准提高到 $30\text{mg}/\text{m}^3$ ，国内某些地区的地方排放标准已提高到 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

电除尘器是否能满足目前的排放标准和拟提高的排放标准呢？欧洲暖通空调协会联盟（Rehva）/CostG3 组织认为：“干式电除尘器保证排放在 $10\text{mg}/\text{m}^3 \sim 20\text{mg}/\text{m}^3$ 甚至 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 极限值的情况也并非不寻常的”，“将来，可以预见将会制订更严格的排放标准，而且电除尘器仍然是一种去除废气中粉尘的重要设备”。

在发达国家，其粉尘排放标准更高，电除尘器仍被广泛地使用：如欧盟 2001/80/EC 指令中规定粉尘排放限值为 $30\text{mg}/\text{m}^3$ ，其电除尘器约占 85% 左右；美国 2005 年规定粉尘排放限值为 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ，其电除尘器约占 80% 左右；在印度，由于其燃煤电厂煤种具有高灰分、高比电阻、低热值、低硫、低 Na_2O 等特性，电除尘器对粉尘的收集比较困难，故采用了多电场和大比集尘面积（电场数量高达 9 个、比集尘面积达 $250\text{m}^2/(\text{m}^3/\text{s})$ 以上）。其燃煤电厂 90% 以上均使用电除尘器。

由此可见：在考虑经济性的前期下，在电场数量达到 6 电场以上和比集尘面积达到 $150\text{m}^2/(\text{m}^3/\text{s})$ 以上时，电除尘器能满足绝大部分的粉尘收集的环保排放要求。

7.2 典型规模投资运行估算

7.2.1 常规一台 300MW 机组配套电除尘器设计参数

序号	项 目	单 位	性能参数
1	设计效率	%	99.88
	保证效率	%	99.81
	设计校核煤种一效率	%	99.81
	校核煤种二设计效率	%	99.81
2	本体阻力	Pa	≤ 245
3	本体漏风率	%	≤ 2
4	噪声(距壳体 1.5 米处)	dB	75
5	电场通道数	个	$2 \times 41 \times 2$

	每个电场的有效长度	m	4.0
	五个电场的总有效长度	m	20.0
	电场的有效宽度	m	2×16.4×2
	电场的有效高度	m	15.2
	总集尘面积(每台炉)	m ²	112176
7	有效断面积	m ²	2×499
8	长、高比		1.48
9	室数/电场数		2/5
10	阳极板型式及总有效面积(大 C 型)	m ²	112176
11	阴极线型式及长度		
	一、二、三电场 BS 新型管状芒刺线	m	2×29914
	四、五电场螺旋线	m	2×39885
12	比集尘面积/20%集尘面积不工作时的比集尘面积	m ² /m ³ /sec	116.6/93.3
13	驱进速度/20%集尘面积不工作时的逐进速度	cm/sec	5.77/7.21
14	烟气流速	m/s	0.96
15	壳体设计压力		
	负 压	kPa	-9.8
	正 压	kPa	+8.7
16	壳体材料		Q235-A
17	每台除尘器灰斗数量	个	20
18	灰斗加热形式		电加热
19	电气总负荷(每台炉)	kVA	4566.8
20	最大运行负荷(每台炉)	kVA	<2877

7.2.2 投资及运行费用估算（电费按 0.4 元/度，年运行 7500 小时计）

项目	使用可控硅高压供电装置	使用高频开关高压供电装置
设备一次性投资费用（万元）	3000	3200
易损件的更换费用（万元/年）	39	39
电除尘器运行功率消耗（kW）	1200	500
电耗费用（万元/年）	360	150
运行费用合计（万元/年）	399	189

8 标准实施建议

8.1 配套管理措施

电除尘器是粉尘污染控制的主要装备之一，具有除尘效率高、阻力小、能耗低、能处理高温及大气量烟尘、运行费用低、管理方便等优点，广泛应用于电力、建材、冶金、有色、化工、轻工、电子和机械等工业部门。目前，随着粉尘污染排放标准的进一步提高，由于烟尘特性、设计及场地布置等原因，使得有些场合的电除尘器没能或可能满足不了环保排放要求，从而限制了电除尘器进一步的发展和应用，事实上，从西方发达国家，到发展中国家的印度，电除尘器仍然是烟尘治理的主力，在我国粉尘污

染排放标准的进一步提高的今天，只要适当提高电场数量和比集尘面积，再加以先进的控制手段和辅助工艺，电除尘器也仍然是中国烟尘治理的主力，这需要环保部门在政策上加以引导，才能充分发挥电除尘器烟气净化的优势。

8.2 相关的科研项目建议

近两年来，高频高压电源供电装置得到了较大规模应用，节能提效方面效果明显，在国家提倡节能减排的大形势下，高频电源必将还会得到大面积的推广应用，但在新建项目上，高频高压电源的提效特点与本体设计参数之间的关系还没有得到相关的研究，为进一步发挥高频高压电源在电除尘器供电上的优势，需找出应用高频高压电源与电除尘器本体设计参数之间的关系，从而有可能降低电除尘器本体的钢耗，降低电除尘器本体造价，增强电除尘器的市场竞争力。