



中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 888—2018

污染源源强核算技术指南 火电

Technical guidelines of accounting method for pollution source intensity

— Thermal power industry

本电子版为发布稿。请以中国环境科学出版社出版的正式标准文件为准。

2018-03-27 发布

2018-03-27 实施

生态环境部 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.....	1
4 核算程序及方法选取原则.....	2
5 废气污染源强核算.....	3
6 废水污染源强核算.....	7
7 噪声源强核算.....	8
8 固体废物源强核算.....	8
9 管理要求.....	10
附录 A（资料性附录）火电厂废气源强核算参数参考值.....	11
附录 B（资料性附录）火电厂常规大气污染防治措施.....	12
附录 C（资料性附录）火电厂烟气排放量的计算.....	13
附录 D（资料性附录）火电厂常规水污染防治措施.....	16
附录 E（资料性附录）火电厂主要噪声源声级水平及噪声治理措施.....	17
附录 F（资料性附录）火电厂污染源源强核算结果及相关参数列表形式.....	19

前 言

为贯彻落实《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国大气污染防治法》《中华人民共和国水污染防治法》《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》《中华人民共和国环境噪声污染防治法》等法律法规，完善建设项目环境影响评价技术支撑体系，指导火电行业污染源源强核算工作，制定本标准。

本标准规定了火电行业废气污染物、废水污染物、噪声、固体废物源强核算的基本原则、内容、核算方法及要求。

本标准的附录 A~附录 F 为资料性附录。

本标准首次发布。

本标准由环境保护部（现生态环境部）环境影响评价司、科技标准司组织制订。

本标准主要起草单位：环境保护部环境工程评估中心，国电环境保护研究院有限公司，中国电力工程顾问集团中南电力设计院有限公司，中国电力工程顾问集团东北电力设计院有限公司。

本标准生态环境部 2018 年 03 月 27 日批准。

本标准自 2018 年 03 月 27 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

污染源源强核算技术指南 火电

1 适用范围

本标准规定了火电行业废气污染物、废水污染物、噪声、固体废物源强核算的基本原则、内容、核算方法及要求。

本标准适用于执行 GB 13223 的建设项目环境影响评价中污染物源强的确定。

本标准适用于火电行业正常和非正常工况下污染物源强核算,不适用于突发泄漏、火灾、爆炸等事故情况下污染物源强核算。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款,凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB 13223	火电厂大气污染物排放标准
GB/T 31962	污水排入城镇下水道水质标准
HJ 75	固定污染源烟气(SO ₂ 、NO _x 、颗粒物)排放连续监测技术规范
HJ 76	固定污染源烟气(SO ₂ 、NO _x 、颗粒物)排放连续监测系统技术要求及检测方法
HJ/T 92	水污染物排放总量监测技术规范
HJ/T 355	水污染源在线监测系统运行与考核技术规范(试行)
HJ/T 356	水污染源在线监测系统数据有效性判别技术规范(试行)
HJ/T 373	固定污染源监测质量保证与质量控制技术规范
HJ/T 397	固定源废气监测技术规范
HJ 820	排污单位自行监测技术指南 火力发电及锅炉
HJ 884	污染源源强核算技术指南 准则
HJ 2301	火电厂污染防治可行技术指南 全国污染源普查工业污染源产排污系数手册

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

污染物自动监测 automated pollutant monitoring

对固定污染源排放污染物的排放浓度和排放量进行连续、实时的自动监测,也可称为污染物在线监测或连续监测。

4 核算程序及方法选取原则

4.1 核算程序

源强核算程序主要包括污染源与污染因子识别、核算方法选择、核算参数选取和污染物排放量计算，具体内容见 HJ 884。

污染物排放量核算应包括正常工况排放和非正常工况排放两种情况，并分别明确正常工况排放量和非正常工况排放量，核算时段内污染物总排放量应为两者之和。

4.2 核算方法选取

4.2.1 一般要求

源强核算方法包括物料衡算法、类比法、实测法、排污系数法等，应按表 1 中规定的次序选取。

4.2.2 废气

a) 新（改、扩）建工程污染源

有组织源强优先采用物料衡算法核算，其次采用排污系数法核算。

无组织源强采用类比法或其他可行方法核算。

b) 现有工程污染源

有组织源强优先采用实测法核算，其次采用物料衡算法、排污系数法核算。采用实测法核算源强时，对 HJ 820 及排污单位排污许可证等要求采用自动监测的污染因子，仅可采用有效的自动监测数据进行核算；对 HJ 820 及排污单位排污许可证等未要求采用自动监测的污染因子，优先采用有效的自动监测数据，其次采用手工监测数据。

无组织源强优先采用实测法核算，其次采用类比法核算。

4.2.3 废水

a) 新（改、扩）建工程污染源

优先采用类比法核算，其次采用排污系数法核算。

b) 现有工程污染源

优先采用实测法核算，其次采用排污系数法核算。

4.2.4 噪声

a) 新（改、扩）建工程污染源

采用类比法核算。

b) 现有工程污染源

优先采用实测法核算，其次采用类比法核算。

4.2.5 固体废物

a) 新（改、扩）建工程污染源

飞灰、炉渣/脱硫渣、脱硫石膏采用物料衡算法、排污系数法核算，废脱硝催化剂等其

他固体废物采用类比法核算。

b) 现有工程污染源

飞灰、炉渣/脱硫渣、脱硫石膏采用实测法、物料衡算法、排污系数法核算，废脱硝催化剂等其他固体废物采用实测法核算。

表 1 源强核算方法选取一览表

环境要素	污染源	主要污染因子	核算方法优先次序	
			新（改、扩）建工程污染源	现有工程污染源
废气	烟囱	烟尘（颗粒物）、二氧化硫、氮氧化物、汞及其化合物 ^{注1}	1.物料衡算法 2.排污系数法	1.实测法 2.物料衡算法 3.排污系数法
	无组织排放源	颗粒物	类比法或其他可行方法	1.实测法 2.类比法
废水	总排口（若外排）	化学需氧量、氨氮、悬浮物、石油类、氟化物、硫化物、挥发酚、溶解性总固体（全盐量）、总磷 ^{注2}	1.类比法 2.排污系数法	1.实测法 2.排污系数法
	脱硫废水处理车间排口（若外排）	总铅、总汞、总镉、总砷 ^{注2}		
噪声	汽轮机、锅炉、冷却塔、风机、水泵、磨机等设备	噪声源声级水平	类比法	1.实测法 2.类比法
固体废物	锅炉和除尘、脱硫设备等	飞灰、炉渣/脱硫渣、脱硫石膏	1.物料衡算法 2.排污系数法	1.实测法 2.物料衡算法 3.排污系数法
	脱硝设备	废脱硝催化剂	类比法	实测法

注 1：废气核算因子根据 GB 13223 确定。
注 2：废水核算因子根据 HJ 820 确定，生活污水若不排入总排口，可不核算总磷。

5 废气污染源强核算

5.1 物料衡算法

5.1.1 物料衡算法是根据物质质量守恒定律对生产过程中使用的物料变化情况进行定量分析。

a) 烟尘排放量按式（1）计算。

$$M_A = B_g \times \left(1 - \frac{\eta_c}{100}\right) \times \left(\frac{A_{ar}}{100} + \frac{q_4 Q_{net,ar}}{100 \times 33870}\right) \times \alpha_{fh} \quad (1)$$

式中： M_A ——核算时段内烟尘排放量，t；

B_g ——核算时段内锅炉燃料耗量，t；

η_c ——除尘效率，%，当除尘器下游设有湿法脱硫、湿式电除尘等设备时，应考虑其除尘效果；

A_{ar} ——收到基灰分的质量分数，%；

q_4 ——锅炉机械不完全燃烧热损失，%；

$Q_{net,ar}$ ——收到基低位发热量，kJ/kg；

α_{fh} ——锅炉烟气带出的飞灰份额。

当循环流化床锅炉添加石灰石等脱硫剂时，入炉物料的灰分可用折算灰分表示，将式(2)折算灰分 A_{zs} 代入式 (1)。

$$A_{zs} = A_{ar} + 3.125S_{ar} \times \left[m \times \left(\frac{100}{K_{CaCO_3}} - 0.44 \right) + \frac{0.8\eta_s}{100} \right] \quad (2)$$

式中： A_{zs} ——折算灰分的质量分数，%；

A_{ar} ——收到基灰分的质量分数，%；

S_{ar} ——收到基硫的质量分数，%；

m ——Ca/S 摩尔比，按实际情况取值，炉内添加石灰石脱硫时一般为 1.5~2.5；

K_{CaCO_3} ——石灰石纯度，碳酸钙在石灰石中的质量分数，%；

η_s ——炉内脱硫效率，%。

b) 二氧化硫排放量按式 (3) 计算。

$$M_{SO_2} = 2B_g \times \left(1 - \frac{\eta_{S1}}{100} \right) \times \left(1 - \frac{q_4}{100} \right) \times \left(1 - \frac{\eta_{S2}}{100} \right) \times \frac{S_{ar}}{100} \times K \quad (3)$$

式中： M_{SO_2} ——核算时段内二氧化硫排放量，t；

B_g ——核算时段内锅炉燃料耗量，t；

η_{S1} ——除尘器的脱硫效率，%，电除尘器、袋式除尘器、电袋复合除尘器取 0%；

η_{S2} ——脱硫系统的脱硫效率，%；

q_4 ——锅炉机械不完全燃烧热损失，%；

S_{ar} ——收到基硫的质量分数，%；

K ——燃料中的硫燃烧后氧化成二氧化硫的份额。

c) 氮氧化物排放量采用锅炉生产商提供的氮氧化物控制保证浓度值或类比同类锅炉氮氧化物浓度值按式 (4) 计算。

$$M_{NO_x} = \frac{\rho_{NO_x} \times V_g}{10^9} \left(1 - \frac{\eta_{NO_x}}{100} \right) \quad (4)$$

式中： M_{NO_x} ——核算时段内氮氧化物排放量，t；

ρ_{NO_x} ——锅炉炉膛出口氮氧化物排放质量浓度，mg/m³；

V_g ——核算时段内标态干烟气排放量，m³；

η_{NO_x} ——脱硝效率，%。

d) 汞及其化合物排放量按式 (5) 计算。

$$M_{\text{Hg}} = B_{\text{g}} \times m_{\text{Hgair}} \times \left(1 - \frac{\eta_{\text{Hg}}}{100}\right) \times 10^{-6} \quad (5)$$

式中： M_{Hg} ——核算时段内汞及其化合物排放量（以汞计），t；

B_{g} ——核算时段内锅炉燃料耗量，t；

m_{Hgair} ——收到基汞的含量， $\mu\text{g/g}$ ；

η_{Hg} ——汞的协同脱除效率，%。

5.1.2 物料衡算法中参数 q_4 、 α_m 、 K 取值参见附录 A，脱除效率 η 取值参见 HJ 2301、附录 B，烟气排放量 V_{g} 计算参见附录 C。

5.2 实测法

5.2.1 实测法是通过实际测量废气排放量及所含污染物的质量浓度计算该污染物的排放量，凡安装污染物自动监测系统并与环境保护部门联网的火电厂，应使用有效的自动监测数据按式 (6) 核算。

$$D = \sum_{i=1}^{S_r} (\rho_i \times L_i) \times 10^{-9} \quad (6)$$

式中： D ——核算时段内某污染物排放量，t，核算时段可为年、季、月、日、小时等；

S_r ——核算时段内运行小时数，h；

ρ_i ——第 i 小时标态干烟气污染物的小时排放质量浓度， mg/m^3 ；

L_i ——第 i 小时标态干烟气排放量， m^3/h 。

5.2.2 污染物自动监测系统未监测的污染物，采用执法监测、自行监测等手工监测数据按式 (7) 进行核算。除执法监测外，其他手工监测时段的生产负荷应不低于本次监测与上一次监测周期内的平均生产负荷，并给出生产负荷对比结果。

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n (\rho_i \times L_i)}{n} \times S_r \times 10^{-9} \quad (7)$$

式中： D ——核算时段内某污染物排放量，t；

ρ_i ——第 i 次监测标态干烟气污染物的小时排放质量浓度， mg/m^3 ；

L_i ——第 i 次监测标态干烟气排放量， m^3/h ；

n ——核算时段内有效监测数据数量，量纲一；

S_r ——核算时段内运行小时数，h。

5.2.3 自动监测和手工监测的污染物采样、监测及数据质量应符合 GB 13223、HJ 75、HJ 76、HJ/T 373、HJ/T 397 和 HJ 820 的规定。

5.3 排污系数法

5.3.1 排污系数法是根据现有同类污染源调查获取的反映典型工况和污染治理条件下行业

污染物排放规律的排污系数来估算污染物的排放量，可按式（8）计算。

$$G = B_g \times \beta_e \quad (8)$$

式中： G ——核算时段内污染物的排放量，t；

B_g ——核算时段内燃料消耗量，t；

β_e ——排污系数。

5.3.2 排污系数参见《全国污染源普查工业污染源产排污系数手册》及国家相关文件，实际运用时需注意污染防治设施与排污系数对应情景的一致性。

5.4 非正常工况排放

5.4.1 有实测数据时按式（6）、式（7）计算。

5.4.2 无实测数据时：

a) 点火启动、停炉熄火导致脱硝系统不能投运， η_{NO_x} 按0%考虑， ρ_{NO_x} 可参考锅炉生产商设计参数，也可参照附录A，氮氧化物排放量按式（4）计算。

b) 低负荷运行或设备故障导致脱硝系统不能投运， η_{NO_x} 按0%考虑， ρ_{NO_x} 可取锅炉生产商保证浓度值，氮氧化物排放量按式（4）计算。

c) 电除尘器一般每炉配2个或更多通道，设备故障造成某通道供电小区停运，可按式（9）计算受损通道的除尘效率，与正常通道除尘效率加权平均后（权重为烟气排放量）代入式（1）计算烟尘排放量；供电小区停运相当于降低集尘面积，有相关制造参数时也可据此以多依奇公式计算受损通道的除尘效率。

$$\eta_c = 1 - \prod_{i=1}^i \left(1 - \frac{\eta_i}{100} \right) \quad (9)$$

式中： η_c ——每通道除尘效率，%；

i ——每通道电场数量，火电厂常为3~5；

η_i ——每通道第*i*电场除尘效率，%，可取性能测试实测值或设计值，无数据时正常运行可取70%。

d) 袋式除尘器并联布置，滤袋破损期间可按式（10）计算烟尘排放增加量。

$$\Delta M_A = \rho_d \times S \times v \quad (10)$$

式中： ΔM_A ——滤袋破损后增加的烟尘排放量，g/s；

ρ_d ——原烟气含尘质量浓度，g/m³；

S ——滤袋破口面积，m²；

v ——滤袋破洞处烟气流速，m/s，一般为20~30m/s。

e) 湿法脱硫设备故障造成喷淋层减少，可按式（11）计算受损脱硫塔的脱硫效率，代入式（3）计算二氧化硫排放量。

$$\eta_s = 1 - \prod_{i=1}^i \left(1 - \frac{\eta_i}{100} \right) \quad (11)$$

式中： η_s ——脱硫效率，%；

i ——脱硫塔运行喷淋层数，火电厂常为3~5，每层托盘相当于1层喷淋层；

η_i ——第*i*喷淋层脱硫效率，%，可取性能测试实测值或设计值，无数据时正常运行可取50%。

6 废水污染源强核算

6.1 类比法

6.1.1 类比法是通过利用在产品、工艺、规模、用水环节、用水量、污染控制措施、管理水平等相同或类似的废水污染源相关资料，确定污染物种类及质量浓度、废水量、治理效率等相关参数进而核算污染物排放量。

6.1.2 新（改、扩）建污染源源强相关参数应在可行性研究等设计文件基础上，经环境影响评价论证技术经济可行且环境影响可接受后确定，火电厂常规水污染防治措施及处理效果可参考附录D。

6.2 实测法

6.2.1 实测法是通过实际测量废水排放量及所含污染物的质量浓度计算污染物排放量，凡安装污染物自动监测系统并与环境保护部门联网的火电厂，应优先使用有效的自动监测数据按式（12）核算：

$$P = \sum_{i=1}^{S_r} (Q_i \times C_i) \times 10^{-6} \quad (12)$$

式中： P ——核算时段内污染物排放量，t；

S_r ——核算时段内污染物排放时间，d；

Q_i ——第*i*日废水排放量，m³/d；

C_i ——第*i*日污染物的日均排放质量浓度，mg/L。

6.2.2 污染物自动监测系统未设置或数据无效时，可采用执法监测、自行监测等手工监测数据按式（13）进行核算。除执法监测外，其他手工监测时段的生产负荷应不低于本次监测与上一次监测周期内的平均生产负荷，并给出生产负荷对比结果。

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i \times Q_i)}{n} \times S_r \times 10^{-6} \quad (13)$$

式中： P ——核算时段内污染物排放量，t；

C_i ——第*i*次监测的污染物日均排放质量浓度，mg/L；

Q_i ——第*i*次监测的日废水排放量，m³/d；

n ——核算时段内有效监测数据数量，量纲一；

S_r ——核算时段内污染物排放时间，d。

6.2.3 自动监测和手工监测的污染物采样、监测及数据质量应符合 HJ/T 355、HJ/T 356 和 HJ/T 92 的规定。

6.3 排污系数法

同 5.3。

7 噪声源强核算

7.1 类比法

根据类似设备（即类比对象）的噪声源强估算某设备在正常运行状态下的噪声源强。

类比对象及源强参数优先采用设备技术协议中的源强参数，其次为同型号设备、同类设备的测试数据。设备型号未定时，可参考附录 E 根据同类设备噪声水平确定噪声源强。

7.2 实测法

依据相关噪声测量技术规范等，对现有企业正常运行工况下各种产生噪声的设备进行实测，作为噪声源强。

8 固体废物源强核算

8.1 物料衡算法

8.1.1 燃煤电厂飞灰产生量按式（14）计算。

$$N_h = B_g \times \left(\frac{A_{ar}}{100} + \frac{q_4 \times Q_{net,ar}}{100 \times 33\,870} \right) \times \left(\frac{\eta_c}{100} \right) \times \alpha_{fh} \quad (14)$$

式中： N_h ——核算时段内飞灰产生量，t；

B_g ——核算时段内锅炉燃料耗量，t；

A_{ar} ——收到基灰分的质量分数，%，循环流化床锅炉添加石灰石等脱硫剂时应采用式

(2) 折算灰分 A_{zs} 代入式（14）；

q_4 ——锅炉机械不完全燃烧热损失，%；

$Q_{net,ar}$ ——收到基低位发热量，kJ/kg；

η_c ——除尘器除尘效率，%；

α_{fh} ——锅炉烟气带出的飞灰份额。

8.1.2 燃煤电厂炉渣产生量按式（15）计算。

$$N_z = B_g \times \left(\frac{A_{ar}}{100} + \frac{q_4 \times Q_{net,ar}}{100 \times 33\,870} \right) \times \alpha_{lz} \quad (15)$$

式中： N_z ——核算时段内炉渣产生量，t；

B_g ——核算时段内锅炉燃料耗量，t；

A_{ar} ——收到基灰分的质量分数，%，循环流化床锅炉添加石灰石等脱硫剂时应采用式

(2) 折算灰分 A_{zs} 代入式（15）；

q_4 ——锅炉机械不完全燃烧热损失，%；

$Q_{\text{net,ar}}$ ——收到基低位发热量，kJ/kg；

a_{Lz} ——炉渣占燃料灰分的份额。

8.1.3 采用石灰石-石膏等湿法烟气脱硫工艺时，脱硫副产物采用式（16）计算。

$$M = M_L \times \frac{M_F}{M_S \times \left(1 - \frac{C_s}{100}\right) \times \frac{C_g}{100}} \quad (16)$$

式中： M ——核算时段内脱硫副产物产生量，t；

M_L ——核算时段内二氧化硫脱除量，t；

M_F ——脱硫副产物摩尔质量；

M_S ——二氧化硫摩尔质量；

C_s ——脱硫副产物含水率，%，副产物为石膏时含水率一般 $\leq 10\%$ ；

C_g ——脱硫副产物纯度，%，副产物为石膏时纯度一般 $\geq 90\%$ 。

M_L 可采用式（17）计算。

$$M_L = 2B_g \times \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \times \frac{\eta_{\text{S}_2}}{100} \times \frac{S_{\text{ar}}}{100} \times K \quad (17)$$

式中： B_g ——核算时段内锅炉燃料耗量，t；

q_4 ——锅炉机械不完全燃烧热损失，%；

η_{S_2} ——脱硫效率，%；

S_{ar} ——收到基硫的质量分数，%；

K ——燃料中的硫燃烧后氧化成二氧化硫的份额。

8.1.4 干法/半干法烟气脱硫副产物产量可由脱硫设备供应商提供，估算的副产物产量（不含飞灰）可采用式（18）。

$$M = M_L \times \frac{M_1 \times 65\% + M_2 \times 20\% + M_3 \times 15\%}{M_S \times 50\%} \quad (18)$$

式中： M ——核算时段内脱硫副产物产生量，t；

M_L ——核算时段内二氧化硫脱除量，t；

M_1 —— $\text{CaSO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ 摩尔质量；

M_2 —— $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ 摩尔质量；

M_3 —— CaCO_3 摩尔质量；

M_S ——二氧化硫摩尔质量。

8.2 实测法

火电企业应建立固体废物台账登记制度，统计各固体废物的种类、数量、去向、贮存、利用处置等信息，其中废脱硝催化剂、脱硫废水污泥（需进行危险废物鉴别）、废矿物油及

含油废水污泥、废弃除尘布袋（需进行危险废物鉴别）等固体废物应建立与生产记录相衔接的专门台账，据此核算各固体废物的月度、季度和年度排放量。

8.3 排污系数法

同 5.3。

9 管理要求

9.1 源强核算过程中，工作程序、源强识别、核算方法及参数选取应符合要求。如存在其他有效的源强核算方法，也可以用于核算污染源强。

9.2 污染源强核算的技术材料（包括数据资料、参数选取、计算过程等）应保存原始记录，存档备查。

9.3 污染源强核算采用监测数据时，其采样位置、采样分析的仪器及方法、数据有效性、监测的质量保证和质量控制等应符合有关规定。

9.4 源强核算结果具体格式参见附录 F。

附录 A

(资料性附录)

火电厂废气源强核算参数参考值

A.1 锅炉机械不完全燃烧热损失可取锅炉生产商技术规范书等确定的制造参数，也可参考表 A.1。

表 A.1 燃煤锅炉机械不完全燃烧热损失 q_4 的一般取值

锅炉型式	煤种	$q_4 / \%$
固态排渣煤粉炉	无烟煤	4
	贫煤	2
	烟煤 ($V_{daf} \leq 25\%$)	2
	烟煤 ($V_{daf} > 25\%$)	1.5
	褐煤	0.5
	洗煤 ($V_{daf} \leq 25\%$)	3
	洗煤 ($V_{daf} > 25\%$)	2.5
液态排渣煤粉炉	无烟煤	2~3
	烟煤	1~1.5
	褐煤	0.5
循环流化床锅炉	烟煤	2~2.5
	无烟煤	2.5~3.5

注：燃油、燃气 q_4 取值为 0。

A.2 锅炉烟气带出的飞灰、炉渣份额可参考表 A.2。

表 A.2 锅炉灰分平衡的推荐值

锅炉类型	飞灰 α_m	炉渣 α_L
固态排渣煤粉炉	0.85~0.95	0.05~0.15
液态排渣煤粉炉	无烟煤	0.85
	贫煤	0.80
	烟煤	0.80
	褐煤	0.70~0.80
循环流化床锅炉	0.4~0.6	0.4~0.6

A.3 燃料中的硫分在燃烧后生成二氧化硫的份额可参考表 A.3。

表 A.3 燃料中硫分生成二氧化硫份额参考值

锅炉型式	循环流化床炉	煤粉炉	燃油(气)炉
K	0.85	0.90	1.00

A.4 火电厂启停阶段燃烧不稳定，氮氧化物排放质量浓度可取同类、同等技术水平锅炉实测值，也可参考表 A.4。

表 A.4 启停阶段氮氧化物排放质量浓度参考值

炉型	$\rho_{NOx} / (\text{mg}/\text{m}^3)$
煤粉炉	四角切圆
	前后墙对冲
	W 火焰
循环流化床锅炉	700
燃气轮机	200

附录 B

(资料性附录)

火电厂常规大气污染防治措施

B.1 火电厂常规 NO_x 排放控制措施可参考表 B.1、表 B.2。

表 B.1 降低 NO_x 排放的初级措施总体性能

初级措施	NO _x 降低率 / %
低氮燃烧器 (LNB)	20~50
空气分级燃烧	20~50
燃料分级燃烧 (再燃)	30~50
低氮燃烧器结合空气分级燃烧	40~60
低氮燃烧器结合燃料分级燃烧 (再燃)	40~60

表 B.2 降低 NO_x 排放的二级措施总体性能

二级措施	NO _x 脱除效率 / %
选择性催化还原法 (SCR)	50~90
选择性非催化还原法 (SNCR)	煤粉炉: 30~40 循环流化床锅炉: 60~80
SNCR+SCR 联合法	55~85

注: 优化烟气流场、增加催化剂装载量 (提高单层尺寸或层数) 等强化措施可适当提高脱硝总体性能。

B.2 火电厂常规颗粒物排放控制措施可参考表 B.3。

表 B.3 常规颗粒物控制措施的一般性能

措施	颗粒物脱除效率 / %	
干式静电除尘器	常规	99.20~99.85
	低低温 (90℃ ± 5℃)	99.20~99.90
湿式电除尘器	70~90	
袋式除尘器	99.50~99.99	
电袋复合除尘器	99.50~99.99	

注: 采用湿法脱硫工艺时, 可协同脱除 50%~70% 的颗粒物。

B.3 火电厂常规 SO₂ 排放的控制措施可参考表 B.4。

表 B.4 常规烟气脱硫技术的一般性能

措施	SO ₂ 脱除效率 / %
石灰石-石膏湿法	95.0~99.7
烟气循环流化床法	93.0~98.0
氨法	95.0~99.7
海水法	95.0~99.0

B.4 火电厂烟气脱硝、除尘和脱硫等环保设施对汞及其化合物有明显的协同脱除效果, 平均脱除效率一般可达 70%。当燃料汞含量偏高导致汞排放超标, 或对汞排放有特殊控制要求时, 可以采用煤基添加剂、改性汞氧化催化剂、吸附剂喷射等单项脱汞技术, 烟气汞脱除效率可提高至 90% 以上。

附录 C

(资料性附录)

火电厂烟气排放量的计算

C.1 有实测数据时，标准状态下的干烟气排放量应采用实测值。标准状态下的干烟气排放量用式 (C.1) 计算。

$$V_g = V_s \times \left(1 - \frac{X_{H_2O}}{100} \right) \quad (C.1)$$

式中： V_g ——每台锅炉干烟气排放量， m^3/s ；

V_s ——每台锅炉湿烟气排放量， m^3/s ；

X_{H_2O} ——烟气含湿量，%。

C.2 对于固体或液体燃料，有元素成分分析时理论空气量用式 (C.2) 计算，没有元素分析时用式 (C.3) 近似计算。

$$V_0 = 0.0889(C_{ar} + 0.375S_{ar}) + 0.265H_{ar} - 0.0333O_{ar} \quad (C.2)$$

$$V_0 = 2.63 \times \frac{Q_{net,ar}}{10000} \quad (C.3)$$

式中： V_0 ——理论空气量， m^3/kg ；

C_{ar} ——收到基碳的质量分数，%；

S_{ar} ——收到基硫的质量分数，%；

H_{ar} ——收到基氢的质量分数，%；

O_{ar} ——收到基氧的质量分数，%；

$Q_{net,ar}$ ——收到基低位发热量， kJ/kg 。

对于气体燃料，理论空气量可按其气体组成用式 (C.4) 计算。

$$V_0 = 0.0476 \times \left[0.5 \times \varphi(CO) + 0.5 \times \varphi(H_2) + 1.5 \times \varphi(H_2S) + \sum \left(m + \frac{n}{4} \right) \times \varphi(C_m H_n) - \varphi(O_2) \right] \quad (C.4)$$

式中： V_0 ——理论空气量， m^3/m^3 ；

$\varphi(CO)$ ——一氧化碳体积分数，%；

$\varphi(H_2)$ ——氢体积分数，%；

$\varphi(H_2S)$ ——硫化氢体积分数，%；

$\varphi(C_m H_n)$ ——烃类体积分数，%， m 为碳原子数， n 为氢原子数；

$\varphi(O_2)$ ——氧体积分数，%。

C.3 锅炉中实际燃烧过程是在过量空气系数 $\alpha > 1$ 的条件下进行的， $1kg$ 固体或液体燃料产

生的烟气排放量可用式 (C.5) 计算。

$$\begin{aligned}
 V_{\text{RO}_2} &= V_{\text{CO}_2} + V_{\text{SO}_2} = 1.866 \times \frac{C_{\text{ar}} + 0.375S_{\text{ar}}}{100} \\
 V_{\text{N}_2} &= 0.79 \times V_0 + 0.8 \times \frac{N_{\text{ar}}}{100} \\
 V_{\text{g}} &= V_{\text{RO}_2} + V_{\text{N}_2} + (\alpha - 1) \times V_0 \\
 V_{\text{H}_2\text{O}} &= 0.111 \times H_{\text{ar}} + 0.0124 \times M_{\text{ar}} + 0.0161 \times V_0 + 1.24 \times G_{\text{wh}} \\
 V_{\text{s}} &= V_{\text{g}} + V_{\text{H}_2\text{O}} + 0.0161 \times (\alpha - 1) \times V_0
 \end{aligned} \tag{C.5}$$

式中： V_{RO_2} ——烟气中二氧化碳 (V_{CO_2}) 和二氧化硫 (V_{SO_2}) 容积之和， m^3/kg ；

C_{ar} ——收到基碳的质量分数， %；

S_{ar} ——收到基硫的质量分数， %；

V_{N_2} ——烟气中氮气， m^3/kg ；

N_{ar} ——收到基氮的质量分数， %；

V_0 ——理论空气量， m^3/kg ；

V_{g} ——干烟气排放量， m^3/kg ；

α ——过量空气系数，燃料燃烧时实际空气供给量与理论空气需要量之比值，燃煤锅炉、燃油锅炉及燃气锅炉、燃气轮机组的规定过量空气系数分别为 1.4、1.2、3.5，对应基准氧含量分别为 6%、3%、15%；

$V_{\text{H}_2\text{O}}$ ——烟气中水蒸气量， m^3/kg ；

H_{ar} ——收到基氢的质量分数， %；

M_{ar} ——收到基水分的质量分数， %；

G_{wh} ——雾化燃油时消耗的蒸汽量， kg/kg ；

V_{s} ——湿烟气排放量， m^3/kg 。

对于 1m^3 气体燃料，烟气排放量仍用式 (C.5) 计算，但 V_{RO_2} 、 V_{N_2} 、 $V_{\text{H}_2\text{O}}$ 按气体燃料组成按式 (C.6) 计算。

$$\begin{aligned}
 V_{\text{RO}_2} &= 0.01 \times \left[\varphi(\text{CO}_2) + \varphi(\text{CO}) + \varphi(\text{H}_2\text{S}) + \sum m\varphi(\text{C}_m\text{H}_n) \right] \\
 V_{\text{N}_2} &= 0.79 \times V_0 + \frac{\varphi(\text{N}_2)}{100} \\
 V_{\text{H}_2\text{O}} &= 0.01 \times \left[\varphi(\text{H}_2\text{S}) + \varphi(\text{H}_2) + \sum \frac{n}{2} \varphi(\text{C}_m\text{H}_n) + 0.124 \times d \right] + 0.0161 \times V_0
 \end{aligned} \tag{C.6}$$

式中： V_{RO_2} ——烟气中二氧化碳和二氧化硫容积之和， m^3/m^3 ；

$\varphi(\text{CO}_2)$ ——二氧化碳体积分数， %；

$\varphi(\text{CO})$ ——一氧化碳体积分数， %；

$\varphi(\text{H}_2\text{S})$ ——硫化氢体积分数， %；

$\varphi(\text{C}_m\text{H}_n)$ ——烃类体积分数， %， m 为碳原子数， n 为氢原子数；

- V_{N_2} ——烟气中氮气， m^3/m^3 ；
 V_0 ——理论空气量， m^3/m^3 ；
 $\varphi(N_2)$ ——氮体积分数，%；
 V_{H_2O} ——烟气中水蒸气量， m^3/m^3 ；
 $\varphi(H_2)$ ——氢体积分数，%；
 d ——气体燃料中含有的水分，一般取 $10g/kg$ （干空气）。

C.4 燃煤电厂烟气排放量可用式（C.7）近似计算。

$$V_s = \frac{B_g \times \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \times \left[\frac{Q_{net,ar}}{4026} + 0.77 + 1.0161 \times (\alpha - 1) \times V_0\right]}{3.6}$$

$$V_{H_2O} = \frac{B_g \times \left[0.111 \times H_{ar} + 0.0124 \times M_{ar} + 0.0161 \times (\alpha - 1) \times V_0\right]}{3.6} \quad (C.7)$$

$$V_g = V_s - V_{H_2O}$$

- 式中： V_s ——湿烟气排放量， m^3/s ；
 B_g ——锅炉燃料耗量， t/h ；
 q_4 ——锅炉机械不完全燃烧的热损失，%；
 $Q_{net,ar}$ ——收到基低位发热量， kJ/kg ；
 α ——过量空气系数；
 V_0 ——理论空气量， m^3/kg ；
 V_{H_2O} ——锅炉排放湿烟气中水蒸气量， m^3/s ；
 H_{ar} ——收到基氢的质量分数，%；
 M_{ar} ——收到基水分的质量分数，%；
 V_g ——干烟气排放量， m^3/s 。

循环流化床锅炉炉内脱硫喷入的 $CaCO_3$ 会分解产生 CO_2 ，当钙硫摩尔比 $1.2 \sim 2.5$ 时增加的烟气排放量占比一般 $< 0.3\%$ ，计算时可忽略。此外，石灰石煅烧分解吸热和脱硫反应放热之和比燃料收到基低位发热量一般要小 2 个数量级以上，计算时可忽略。

C.5 考虑到大型锅炉或燃气轮机燃烧过程的复杂性，可采用锅炉生产商基于热力平衡参数给出的烟气排放量。

附录 D

(资料性附录)

火电厂常规水污染防治措施

D.1 火电厂常规水污染防治措施及效果见表 D.1。

表 D.1 火电厂常规水污染防治措施及效果

废水种类	处理措施	主要污染因子及排水水质/ (mg/L)	排水特点及去向
集中处理工业废水 (含锅炉补给水处理系统再生排水、凝结水精处理系统再生排水、原水预处理装置排水、主厂房冲洗排水、氨区废水等, 以及锅炉清洗排水、烟气侧设备冲洗排水等)	pH 调节、混合、澄清、最终中和	pH 6~9	连续性排水, 煤场喷洒、输煤皮带冲洗、厂区冲洗
		悬浮物 (SS) 4~30	
		化学需氧量 (COD) 12~60	
		石油类 0.1~2	
		氨氮 3~15	
		氟化物 0.1~2	
		挥发酚 ≤0.1	
石灰石-石膏湿法脱硫废水	pH 调节、沉淀、絮凝、澄清、浓缩、最终中和	pH 6~9	连续性排水, 干灰调湿、灰场喷洒、冲渣水、冲灰水, 也可进一步采用膜软化、膜浓缩、蒸发干燥或蒸发结晶等。
		悬浮物 (SS) ≤70	
		化学需氧量 (COD) ≤150	
		总铅 ≤1.0	
		总汞 ≤0.05	
		总砷 ≤0.5	
		总镉 ≤0.1	
溶解性总固体 (全盐量) 20000~50000			
硫化物 ≤1.0			
生活污水	调节、好氧生物处理、消毒	pH 6~9	连续性排水, 绿化、厂区道路清扫; 外部条件适宜时, 生活污水也可在满足 GB/T 31962 条件下直接排入市政管网。
		悬浮物 (SS) 4~30	
		化学需氧量 (COD) 10~60	
		五日生化需氧量 (BOD ₅) 2~15	
		氨氮 0.1~15	
		总磷 0.1~1.0	
含油废水	隔油、气浮或活性炭过滤	pH 6~9	间歇性排水, 煤场喷洒或进入工业废水集中处理设施
		石油类 0.1~7	
煤泥废水	混凝、沉淀或曝气、过滤	pH 6~9	连续性排水, 回用于煤场喷洒、输煤皮带冲洗
		悬浮物 (SS) 8~30	

附录 E

(资料性附录)

火电厂主要噪声源声级水平及噪声治理措施

E.1 燃煤电厂主要噪声源声级水平及常见降噪措施见表 E.1。

表 E.1 燃煤电厂主要噪声源声级水平及常见降噪措施

序号	主要声源设备	声频特性	监测位置	噪声源声级水平/dB(A)	常见隔声措施
1	汽轮机	中高频	罩壳外 1m	76~108	隔声罩壳、厂房隔声
2	发电机及励磁机	中高频	罩壳外 1m	76~108	隔声罩壳、厂房隔声
3	钢球磨煤机	中低频	设备外 1m	95~120	厂房隔声
	中速磨煤机	中低频	设备外 1m	95~100	厂房隔声
4	锅炉给水泵	宽频分布	设备外 1m	85~95	隔声罩壳、厂房隔声
5	真空泵	中低频	设备外 1m	85~95	隔声罩壳、厂房隔声
6	凝结水泵	中低频	设备外 1m	85~95	隔声罩壳、厂房隔声
7	碎煤机	中低频	设备外 1m	85~95	隔声罩壳、厂房隔声
8	引风机	中低频	罩壳外 1m	85~100	隔声罩壳、管道外壳 阻尼、隔声小间
9	送风机	中低频	吸风口外 3 m	85~115	进风口消声器 管道外壳阻尼
10	一次风机	中低频	吸风口外 3 m	85~105	进风口消声器 管道外壳阻尼
11	空压机	中低频	吸风口外 1 m	90~100	厂房隔声 进风口消声器
12	氧化风机	中低频	吸风口外 1 m	85~110	进风口消声器 隔声小间
13	增压风机	中低频	罩壳外 1 m	85~110	进风口消声器 隔声小间
14	浆液循环泵	中低频	设备外 1m	85~110	厂房隔声 隔声罩壳 隔声小间
15	球磨机	中低频	设备外 1m	80~90	隔声罩壳、厂房隔声
16	循环水泵	中低频	设备外 1m	85~100	隔声罩壳、厂房隔声
17	常规自然通风冷却塔	中高频	进风口外 1 m	80~85	隔声屏障、导流消声 片、消声垫
	高位收水自然通风冷却塔	中高频	进风口外 1 m	72~77	隔声屏障 导流消声片
	机力通风冷却塔	中高频	进风口外 1 m	85~90	隔声屏障、导流消声 片、消声垫
18	空冷风机	中低频	轴向 45° 线外 2m	65~90	消声器、隔声屏障
19	主变压器	中低频	设备外 1m	70~80	/
20	锅炉排汽口	中高频	排汽口外 2m	115~130	消声器

注：本表罩壳为设备自带罩壳，罩壳外声级水平已考虑自带罩壳隔声效果。

E.2 燃气电厂主要噪声源声级水平及常见降噪措施见表 E.2。

表 E.2 燃气电厂主要噪声源声级水平及常见降噪措施

序号	燃气轮机组	声频特性	监测位置	噪声源声级水平/dB(A)	常见隔声措施
1	燃气轮机进气口	中高频	进气口外 3m	105~125	进风口消声器 隔声屏障
	燃气轮机本体	中高频	罩壳外 1m	75~95	隔声罩壳
2	余热锅炉	宽频分布	结构外 1m	70~80	隔声封闭
3	汽轮机	中高频	罩壳外 1m	80~90	隔声罩壳 厂房隔声
4	发电机	中高频	罩壳外 1m	80~90	隔声罩壳 厂房隔声
5	燃气调压机	中高频	罩壳外 1m	95~110	隔声罩壳 厂房隔声
6	锅炉给水泵	中低频	设备外 1m	85~95	隔声罩壳 厂房隔声
7	凝结水泵	中低频	设备外 1m	85~95	隔声罩壳 厂房隔声
8	循环水泵	中低频	设备外 1m	85~90	隔声罩壳 厂房隔声
9	空冷风机	中低频	轴向 45 度线外 2m	65~90	消声器 隔声屏障
10	冷却塔	中高频	进风口外 1m	80~90	导流消声片
11	主变压器	中低频	设备外 1m	70~75	隔声屏障

注：本表罩壳为设备自带罩壳，罩壳外声级水平已考虑自带罩壳隔声效果。

E.3 火电厂常用噪声治理措施及效果见表 E.3。

表 E.3 火电厂常用噪声治理措施及效果

序号	常见隔声措施	降噪效果/ dB(A)	一般使用范围
1	罩壳隔声	10~30	汽轮机、发电机、各种风机、水泵等
2	阻尼材料包裹	12~20	各种管道、烟道，机械设备罩壳
3	进风口消声器	12~25	一次风机、二次风机、送风机、氧化风机等
4	排汽口消声器	20~35	锅炉排汽口
5	通风消声器	10~25	厂房或封闭结构的通风口
6	导流消声器	10~25	冷却塔进风口
7	消声百叶	2~10	厂房、冷却塔进风口
8	隔声门窗	18~25	厂房
9	厂房隔声	15~35	室内声源
10	封闭结构隔声	20~35	引风机
11	隔声屏障	8~15	厂界、冷却塔、主变压器等

附录 F

(资料性附录)

火电厂污染源源强核算结果及相关参数列表形式

表 F.1 废气污染源源强核算结果及相关参数一览表

工序/生产线	装置	污染源	污染物	污染物产生			治理措施		污染物排放			排放时间/h		
				核算方法	产生烟气量/(m ³ /h)	产生质量浓度/(mg/m ³)	产生量/(kg/h)	工艺	效率/%	核算方法	排放烟气量/(m ³ /h)		排放质量浓度/(mg/m ³)	排放量/(kg/h)
一期工程	#1 机组	烟囱 (正常工况排放)	烟尘(颗粒物)											
			SO ₂											
			NO _x											
			汞及其化合物											
	烟囱 (非正常工况排放)	烟尘(颗粒物)										
				SO ₂										
				NO _x										
				汞及其化合物										
...	...													

注 1: 新(改、扩)建污染源环境影响评价填写最大值。
注 2: 输煤转运站、灰库等低矮有组织源和煤场、灰场等无组织源采用类比法或其他可行方法进行核算。

表 F.2 废水污染源源强核算结果及相关参数一览表

工序/ 生产线	装置	污染源	污染物	污染物产生			治理措施		污染物排放					排放 时间/ d	
				核算 方法	产生 废水量/ (m³/d)	产生质量 浓度/ (mg/L)	产生量/ (kg/d)	工艺	效率/ %	核算 方法	回用 废水量/ (m³/d)	排放 废水量/ (m³/d)	排放质量 浓度/ (mg/L)		排放量/ (kg/d)
一期 工程	脱硫废 水处理 设施	脱硫废 水处理 车间排 口	化学需氧量 (COD)												
			悬浮物 (SS)												
			总铅												
			总汞												
			总镉												
			总砷												
			溶解性总固 体 (全盐量)												
	硫化物														
	生活污 水处理 设施	生活污 水处理 设施出 口	化学需氧量 (COD)												
			悬浮物 (SS)												
			五日生化需 氧量 (BOD ₅)												
			氨氮												
			总磷												
														
	废水总 排口	废水总 排口	化学需氧量 (COD)	-		-	-	-	-						
氨氮			-	-	-	-	-	-							
.....															
....															

注 1: 新 (改、扩) 建污染源环境影响评价填写最大值。

表 F.3 主要噪声源源强及相关参数一览表

工序/生产线	装置	噪声源	声源类型 (偶发、频发等)	噪声产生量		降噪措施		噪声排放量		持续时间/ h
				核算方法	声级水平/ dB(A)	工艺	降噪效果/ dB(A)	核算方法	声级水平/ dB(A)	
一期工程	#1 机组	汽轮机								
		发电机及励磁机								
		磨煤机								
		锅炉给水泵								
		真空泵								
		凝结水泵								
		碎煤机								
		引风机								
		送风机								
		一次风机								
		空压机								
		氧化风机								
		增压风机								
		浆液循环泵								
		球磨机								
		循环水泵								
		自然通风冷却塔								
		机力通风冷却塔								
		空冷风机								
...								
...								

注：声级水平：A 声功率级 (L_{Aw})，或中心频率为 63~8000 Hz 8 个倍频带的声功率级 (L_w)；距离声源 r 处的 A 声级 [$L_{A(r)}$] 或中心频率为 63~8000 Hz 8 个倍频带的声压级 [$L_{P(r)}$]。

表 F.4 固体废物污染源源强及相关参数一览表

工序/生产线	装置	固体废物名称	固废属性	产生量		处置措施		处置去向
				核算方法	产生量/ (t/a)	工艺	处置量/ (t/a)	
一期工程	锅炉	炉渣/脱硫渣	一般废物					
		...						
	脱硝系统	废脱硝催化剂 (钒钛系)	危险废物					
		...						
	除尘系统	飞灰	一般废物					
		废弃除尘布袋	需进行鉴别					
	脱硫系统	...						
		脱硫石膏	一般废物					
	水处理系统	...						
		脱硫废水处理站污泥	需进行鉴别					
		含油废水处理站污泥	危险废物					
		废离子交换树脂	危险废物					
其他	...							
	废矿物油	危险废物						
...								