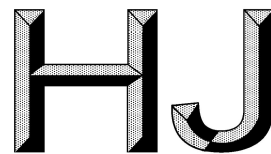


附件 3



中华人民共和国国家环境保护标准

HJ□□□—201□

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

(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.....	1
4 核算程序及方法选取原则.....	2
5 废气污染物源强核算.....	2
6 废水污染物源强核算.....	6
7 噪声源强核算.....	7
8 固体废物源强核算.....	7
9 管理要求.....	8
附录 A（资料性附录）源强核算结果及相关参数列表形式.....	10
附录 B（资料性附录）火电厂源强核算参数参考值.....	14
附录 C（资料性附录）火电厂常规大气污染防治措施.....	15
附录 D（资料性附录）火电厂烟气量的计算.....	18
附录 E（资料性附录）火电厂常规水污染防治措施.....	21
附录 F（资料性附录）火电厂噪声源强参考值.....	22

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及固定污染源排污许可技术支撑体系，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有组织废气污染物、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。鉴于无组织污染源强核算基础薄弱，后续逐步补充完善，以实现污染源全过程、精细化管理。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、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环境影响评价司提出。

本标准由环境保护部环境影响评价司、科技标准司组织制定。

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，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。

本标准环境保护部 2016 年□□月□□日批准。

本标准自 2016 年□□月□□日起实施。

本标准由环境保护部解释。

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污染源源强核算的一般性原则、内容、方法及要求。

本标准适用于火电行业建设项目环境影响评价中新（改、扩）建污染源和现有污染源的源强核算。排污许可中固定污染源实际排放量的核算按照改、扩建项目中现有污染源源强的相关内容执行。

本标准适用于火电行业正常和非正常情况下源强核算，不适用于事故情况下源强核算。

本标准适用于使用单台出力 65t/h 以上除层燃炉、抛煤机炉外的燃煤发电锅炉；各种容量的煤粉发电锅炉；单台出力 65t/h 以上燃油、燃气发电锅炉；各种容量的燃气轮机组的火电厂；单台出力 65t/h 以上采用煤矸石、生物质、油页岩、石油焦等燃料的发电锅炉参照执行。本标准不适用于各种容量的以生活垃圾、危险废物为燃料的火电厂。

2 规范性引用文件

本标准引用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 14098	燃气轮机噪声
GB/T 2888	风机和罗茨风机噪声测量方法
GB/T 29529	泵的噪声测量与评价方法
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 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 373	固定污染源监测质量保证与质量控制技术规范
HJ 772	环境统计技术规范污染源统计

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 过量空气系数 excess air coefficient

燃料燃烧时，实际空气供给量与理论空气需要量之比，用“ α ”表示。本标准中燃煤锅炉、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%。

3.2 非正常排放 abnormal emission

指非正常工况下的污染物排放，如点火启动、停炉、低负荷运行及污染治理设备全部或部分检修、故障等情况下的大气污染物排放。

4 核算程序及方法选取原则

4.1 核算程序

污染物核算程序主要包括污染源与污染因子识别、核算方法选择、核算方法参数选取和污染物年排放量计算，具体内容见《固定污染源源强核算技术指南 准则》。

污染物排放量核算应包括正常排放和非正常排放两种情况，并分别明确正常排放量和非正常排放量，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

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

废气无组织源强核算采用类比法或其他可行方法进行核算。

源强核算结果及相关参数列表形式见附录 A。

表 1 源强核算方法选取一览表

要素	排放环节	核算因子	核算方法优先级	
			现有污染源	新（改扩）建污染源
废气	烟囱	烟尘（颗粒物） SO ₂ NO _x Hg 及其化合物	实测法	1.物料衡算法 2.排污系数法
废水	总排口	COD _{Cr} NH ₃ -N 总磷	1.实测法 2.排污系数法	1.类比法 2.排污系数法
	脱硫废水车间排口 (若外排)	铅、汞、铬、镉、 砷		
噪声	高噪声设备*	等效连续 A 声级	1.实测法 2.类比法	类比法
固体废物	除尘器	飞灰	1.台账法 2.排污系数法	物料衡算法
	除渣装置	炉渣		
	湿法脱硫装置	脱硫石膏		
	半干法脱硫装置	脱硫灰		
注 1：废气核算因子根据 GB 13223 确定。				
注 2：废水核算因子根据环保“十三五”规划和火电厂排放废水水质特点确定。				
注 3：固废核算因子采用火电行业产生的主要固废类型。				

*注：燃煤电厂高噪声设备主要包括冷却塔、汽轮机、发电机、磨煤机、碎煤机、锅炉给水泵、凝结水泵、循环水泵、引风机、一次风机、送风机、氧化风机、浆液泵、空压机、锅炉排汽口、空冷风机和主变压器等；燃气电厂高噪声设备主要包括燃气轮机组、余热锅炉、汽轮机、发电机、燃气调压机、锅炉给水泵、凝结水泵、循环水泵、空冷风机、冷却塔和空压机等。

5 废气污染源强核算

5.1 实测法

5.1.1 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，可按式（1）计算。

$$D = \sum_{i=1}^{S_i} C_i \times L_i \times 10^{-6} \quad (1)$$

式中： D —污染物排放量，kg/a；

S_i —一年运行小时数，h，根据实际需求，也可为月或季度；

C_i —标态干烟气污染物的小时排放浓度，mg/m³；

L_i —标态干烟气体积，m³/h。

监测期间，如果烟气体积 L 与污染物质量浓度 C 同时多次测定，烟气体积 L 取算术平均值，质量浓度 C 取加权算术平均值（权重为烟气体积）。

5.1.2 凡安装自动在线监测设备并与环境保护部门联网的火电厂，应优先使用符合有效性审核要求的在线监测数据进行核算；在线监测存在数据缺失的，应按照 HJ/T 75 的规定进行补遗，没有安装在线监测设备的，可采用符合法定监测标准和监测方法的现场监测数据进行核算；数据质量执行 HJ/T 75、HJ/T 76、HJ/T 373 的规定，监测数据应同步记录监测期间的机组负荷、燃料消耗量等参数。

5.2 物料衡算法

5.2.1 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（2）计算。

$$M_A = B_g \times \left(1 - \frac{\eta_c}{100}\right) \times \left(\frac{A_{ar}}{100} + \frac{q_4 Q_{net,ar}}{100 \times 33870}\right) \times \alpha_{fh} \quad (2)$$

式中： M_A —除尘器出口烟尘排放量，t/h；

B_g —锅炉燃料耗量，t/h；

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

A_{ar} —燃料收到基灰分，%；

q_4 —锅炉机械未完全燃烧热损失，%；

$Q_{net,ar}$ —燃料收到基低位发热量，kJ/kg；

α_{fh} —锅炉烟气带出的飞灰份额。

当循环流化床锅炉采取掺烧石灰石或炉内喷钙脱硫措施时，烟尘排放量的计算需考虑石灰石等添加剂的影响，入炉物料所产生的灰分可用折算灰分表示，将式（3）折算灰分 A_{zs} 代入式（2）。

$$A_{zs} = A_{ar} + 3.125 S_{ar} \times \left[m \times \left(\frac{100}{K_{CaCO_3}} - 0.44 \right) + \frac{0.8 \eta_s}{100} \right] \quad (3)$$

式中： A_{zs} —折算灰分，%；

A_{ar} —燃料收到基灰分，%；

S_{ar} —燃料收到基硫分，%；

m —Ca/S 摩尔比，掺烧石灰石或炉内喷钙脱硫时一般为 1.5~2.5；

K_{CaCO_3} —石灰石纯度，%；

η_s —炉内脱硫效率，%。

b) 二氧化硫排放量按式 (4) 计算。

$$M_{SO_2} = 2B_g \times \left(1 - \frac{\eta_{S1}}{100}\right) \times \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \times \left(1 - \frac{\eta_{S2}}{100}\right) \times \frac{S_{tar}}{100} \times K \quad (4)$$

式中： M_{SO_2} —二氧化硫排放量，t/h；

B_g —锅炉燃料耗量，t/h；

η_{S1} —除尘器的脱硫效率，%，常规静电、布袋、电袋除尘器取 0%；

η_{S2} —脱硫效率，%；

q_4 —锅炉机械未完全燃烧热损失，%；

S_{tar} —燃料收到基全硫含量，%；

K —燃料中的硫燃烧后氧化成二氧化硫的份额。

c) 氮氧化物的排放量采用锅炉生产厂商提供的氮氧化物控制保证浓度值按式 (5) 计算。

$$M_{NO_x} = \frac{C_{NO_x} \times V_g \times 3600}{10^9} \left(1 - \frac{\eta_{NO_x}}{100}\right) \quad (5)$$

式中： M_{NO_x} — NO_x 排放量，t/h；

C_{NO_x} —锅炉出口 NO_x 浓度， mg/m^3 ；

V_g —标态干烟气量， m^3/s ；

η_{NO_x} —脱硝效率，%。

d) 汞及其化合物排放量可根据煤中汞含量、汞协同脱除效果按式 (6) 计算。

$$M_{Hg} = B_g \times Hg_{ar} \times (1 - \eta_{Hg}/100) \times 10^{-6} \quad (6)$$

式中： M_{Hg} —汞及其化合物排放量，t/h；

B_g —锅炉燃料耗量，t/h；

Hg_{ar} —煤中汞含量， $\mu g/g$ ；

η_{Hg} —汞的协同脱除效率，%。

5.2.2 物料衡算法中参数 q_4 、 α_{fh} 、 K 取值参见附录 B，脱除效率 η 取值参见附录 C，烟气量 V_g 计算参见附录 D。

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 (7) 计算。

$$G = B \times \beta_e \quad (7)$$

式中： G —污染物的排放量，t/a；

B —燃料消耗量, t/a;

β_e —排污系数。

5.3.3 排污系数可查《全国污染源普查工业污染源产排污系数手册》(4411 火力发电行业), 应注意污染防治设施的实际投入情况与手册中对应情景的差异性, 对排污系数进行修正。

5.4 非正常排放

5.4.1 有实测数据时按式(1)计算, 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, C_{NO_x} 可参考锅炉生产商设计参数, 也可参见附录 A, 氮氧化物排放量按式(5)计算。

b) 低负荷运行或脱硝设备故障导致脱硝系统不能投运, η_{NO_x} 按 0% 考虑, C_{NO_x} 可取锅炉生产商保证值, 氮氧化物排放量按式(5)计算。

c) 静电除尘器一般每炉配 2 个或 3 个通道, 设备故障造成某通道供电小区停运, 可按式(8)计算受损通道的除尘效率, 与正常通道加权后代入式(2)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。

$$\eta_c = 1 - \prod_1^i (1 - \eta_i) \quad (8)$$

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 —每通道单个电场除尘效率, %, 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, 滤袋破损后应尽快封堵, 期间可按式(9)计算烟尘排放增加量。

$$\Delta M_A = C_{\pm} \times S \times v \quad (9)$$

式中: ΔM_A —滤袋破损后增加的烟尘排放量, g/s;

C_{\pm} —原烟气含尘浓度, g/m³;

S —滤袋破口面积, m²;

v —布袋除尘器内烟气流速, m/s。

e) 湿法脱硫设备故障造成喷淋层减少而没有采取液气比、气液传质速率等补偿措施, 可按式(10)计算受损脱硫塔的脱硫效率, 代入式(4)计算二氧化硫排放量。

$$\eta_s = 1 - \prod_1^i (1 - \eta_i) \quad (10)$$

式中: η_s —脱硫效率, %;

i —脱硫塔运行层数, 火电厂常为 3~5, 托盘相当于 1 层;

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

5.4.2 火电厂点火启动阶段原则上要求除尘、脱硫系统一并运行，如果不投运或部分投运，则除尘效率、脱硫效率按环保设施投运情况折算后分别代入式（2）、式（4）计算烟尘、二氧化硫排放量。

6 废水污染源强核算

6.1 实测法

6.1.1 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某种污染物排放量，可按式（11）计算：

$$P = \sum_{i=1}^{St} Q_i \times C_i \times 10^{-3} \quad (11)$$

式中： P —核算时段内污染物排放量，kg/a；

St —一年运行小时数，h，根据实际需求，也可为月或季度；

Q_i —废水量，m³/L；

C_i —污染物的排放浓度，mg/L；

监测期间，如果废水排放量 Q 与污染物浓度 C 同时多次测定，废水排放量 Q 取算术平均值，污染物浓度 C 取加权算术平均值（权重为废水量）。

对于采用海水脱硫工艺的电厂，按与海水冷却水混合前的脱硫排水水质、水量核算排放量。

6.1.2 凡安装自动在线监测设备的火电厂，应优先使用符合有效性审核要求的在线监测数据进行核算。在线监测存在数据缺失或没有安装在线监测设备的火电厂，可采用执法监测数据或符合有效性审核要求的自行监测数据进行核算；数据质量执行 HJ/T 355、HJ/T 356 和 HJ 772 等的规定，监测数据应同步记录监测期间的机组负荷、工艺水消耗量等参数。

6.2 类比法

6.2.1 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。

6.2.2 新（改、扩）建污染源源强相关参数应在可行性研究等设计文本基础上，经环评论证技术经济可行性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 E。

6.3 排污系数法

同 5.3。

7 噪声源强核算

7.1 实测法

按照 GB/T 2888、GB/T 29529 和 GB 14098 等规定的设备噪声测量方法对某生产设备在运行状态下的噪声源强进行现场监测。

7.2 类比法

根据与某生产设备类似设备（即类比对象）的噪声源强，估算该设备在运行状态下的噪声源强。

类比对象及其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 F 根据同类设备噪声水平遵循保守原则确定噪声源强。

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（12）计算。

$$N_h = B_g \left(\frac{A_{ar}}{100} + \frac{q_4 \times Q_{net,ar}}{100 \times 33\,870} \right) \left(\frac{\eta_c}{100} \right) \times \alpha_{fh} \quad (12)$$

式中： N_h —粉煤灰产生量，t/h；

B_g —锅炉燃料耗量，t/h；

A_{ar} —燃料收到基灰分，%；

q_4 —锅炉机械未完全燃烧热损失，%；

$Q_{net,ar}$ —燃料收到基低位发热量，kJ/kg；

η_c —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（13）计算。

$$N_z = B_g \left(\frac{A_{ar}}{100} + \frac{q_4 \times Q_{net,ar}}{100 \times 33\,870} \right) \times \alpha_{Lx} \quad (13)$$

式中： N_z —炉渣产生量，t/h；

B_g —锅炉燃料耗量，t/h；

A_{ar} —燃料收到基灰分，%；

q_4 —锅炉机械未完全燃烧热损失，%；

$Q_{net,ar}$ —燃料收到基低位发热量，kJ/kg；

η_c —除尘效率，%；

α_{Lx} —炉渣占燃料灰分的份额。

对于采取炉内添加石灰石脱硫措施的循环流化床锅炉，灰渣产生量可采用式（3）折算灰分代入式（12）、式（13）。

8.1.3 燃煤电厂采用干法/半干法烟气脱硫工艺时，吸收剂与二氧化硫反应后约 60%~65%生成 $\text{CaSO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ，约 15%~20%生成 $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ，约 15%~20%生成 CaCO_3 ，这些成分占副产物的 50%~55%，其余为剩余吸收剂和杂质等。干法/半干法烟气脱硫副产物成分复杂，准确的脱硫灰量可由脱硫工艺供应商提供，估算的副产物产量（不含飞灰）可采用式（14）。

$$M = (M_1 \times 65\% + M_2 \times 20\% + M_3 \times 15\%) \times M_L / (64.06 \times 50\%) \quad (14)$$

式中： M —脱硫副产物产生量，t/h；

M_1 — $\text{CaSO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ 摩尔质量（129.15）；

M_2 — $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ 摩尔质量（145.15）；

M_3 — CaCO_3 摩尔质量（100.09）；

M_L —二氧化硫脱除量，t/h，可采用式（15）计算。

$$M_L = 2B_g \times (1 - q_4/100) \times (\eta_{S_2}/100) \times (S_{t,ar}/100) \times K \quad (15)$$

式中： B_g —锅炉燃料耗量，t/h；

q_4 —锅炉机械未完全燃烧热损失，%；

η_{S_2} —脱硫效率，%；

$S_{t,ar}$ —燃料收到基全硫含量，%；

K —燃料中的硫燃烧后氧化成二氧化硫的份额。

8.1.4 燃煤电厂采用湿法烟气脱硫工艺时，脱硫石膏采用式（16）计算。

$$M = 172.17 \times M_L / (64.06 \times (1 - C_s/100) \times C_g/100) \quad (16)$$

式中： M —脱硫石膏产生量，t/h；

M_L —二氧化硫脱除量，t/h；

C_s —石膏含水率，%，一般 $\leq 10\%$ ；

C_g —石膏纯度，%，一般 $\geq 90\%$ 。

8.2 台账法

火电企业应建立固体废物台账登记制度，统计各固体废物的类别、产生量、利用量、排放（贮存）量及去向等，形成月度、季度和年度核算报表。

8.3 排污系数法

排污系数法核算固体废物源强可按式（7），排污系数来源、注意事项同 5.3.3。

9 管理要求

9.1 火电企业应建立健全污染物源强核算管理制度，配备专职环保技术人员及相应仪器设备，负责电厂污染物源强核算及填报工作，纳入全厂环保管理体系；并加强核算人员技术培训。

9.2 污染物源强核算的技术材料（包括依据的数据资料、台账记录、参数选取、计算过程等）应保存原始记录，存档备查。

9.3 污染物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 火电企业应加强日常运行管理，降低非正常排放时间，非正常排放增加的污染物排放量应在正常运行阶段通过降低排放浓度等手段予以平衡。

9.5 火电企业应按照相关规范和管理要求采取相应的无组织排放控制措施，并加强日常运行管理，有效控制无组织排放。

附录 A

(资料性附录)

源强核算结果及相关参数列表形式

表 A.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	产生废气量(m ³ /h)	产生浓度(mg/m ³)	产生量(kg/h)	工艺	效率(%)	核算方法	排放废气量(m ³ /h)		排放浓度(mg/m ³)	排放量(kg/h)
一期工程	#1 机组	烟囱 (正常排放)	烟尘											
			SO ₂											
			NO _x											
			汞及其化合物											
		烟囱 (非正常排放)	烟尘											
			SO ₂											
			NO _x											
			汞及其化合物											
	...													
	燃煤贮运系统	无组织排放	TSP		—						—			
	灰场		TSP		—						—			
	油罐区		非甲烷总烃		—						—			
其他														
...														

注：环境影响评价为最大值，排污许可为平均值。

表 A.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 (h)		
				核算方法	产生废水量 (m³/h)	产生浓度 (mg/L)	产生量 (kg/h)	工艺	效率 (%)	核算方法	排放废水量 (m³/h)		排放浓度 (mg/L)	排放量 (kg/h)
一期工程	脱硫废水处理设施	脱硫废水处理设施出口(若外排)	COD											
			NH ₃ -N											
			总磷											
			铅											
			汞											
			铬											
			镉											
	砷													
	生活污水处理装置	生活污水处理装置出口(若外排)	COD											
			NH ₃ -N											
总磷														
其他														
....														

注：环境影响评价为最大值，排污许可为平均值。

表 A.3 噪声污染源强核算结果及相关参数一览表

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	声源表达量 dB(A)	工艺	降噪效果 dB(A)	核算方法	声源表达量 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								
		自然常冷却塔								
		机力通风冷却塔								
		空冷风机								
							
...								

注：(1) 其他声源主要是指撞击噪声等。

(2) 声源表达量：A 声功率级 (L_{Aw})，或中心频率为 63~8 000 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 63~8 000 Hz 8 个倍频带的声压级[L_{P(r)}]。

表 A.4 固体废物污染源强核算结果及相关参数一览表

工序/生产线	装置	固体废物名称	固废属性	产生量		处置措施		最终去向
				核算方法	产生量 (t/a)	工艺	处置量 (t/a)	
一期工程	除尘器	飞灰	一般废物					
		灰渣	一般废物					
		...						
	脱硫塔	脱硫石膏	一般废物					
		...						
...								

附录 B

(资料性附录)

火电厂源强核算参数参考值

B.1 q_4 与炉型和燃料等有关，可取生产商锅炉技术规范书等确定的制造参数，也可参考表 B.1。

表 B.1 机械未完全燃烧热损失 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

B.2 锅炉烟气带出的飞灰、炉渣份额可参考表 B.2。

表 B.2 锅炉灰分平衡的推荐值

锅炉类型		飞灰 a_m	炉渣 a_{Lx}
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	0.15
	贫煤	0.80	0.20
	烟煤	0.80	0.20
	褐煤	0.70~0.80	0.20~0.30
循环流化床锅炉		0.4~0.6	0.4~0.6

B.3 燃料中的硫分在燃烧后生成二氧化硫的份额随燃烧方式而定，一般可按表 B.3 选取。

表 B.3 燃料中的硫生成二氧化硫的份额

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

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

表 B.4 启停阶段氮氧化物排放浓度参考值

炉型		C_{NOx} (mg/m^3)
煤粉炉	四角切圆	1000
	前后墙对冲	1700
	W 火焰	1300
循环流化床锅炉		700
燃气轮机		200

附录 C

(资料性附录)

火电厂常规大气污染防治措施

C.1 火电厂通常先通过控制锅炉燃烧气氛减少 NO_x 生成，炉膛出口烟气中的 NO_x 再在合适的温度条件或催化剂的作用下脱除，常规的 NO_x 排放控制措施可参考表 C.1、表 C.2。

表 C.1 降低 NO_x 排放的初级措施总体性能

初级措施		总体 NO _x 降低率 (%)	基本适用性	适用限制
低过量空气		10~44	所有燃料	不完全燃尽
炉内空气分级	燃烧器停用	10~70	基本限于燃气及燃油电厂改造	不完全燃烧
	偏转燃烧器燃烧		所有燃料，仅用于改造	
	二次风		所有燃料	
烟气循环		燃煤锅炉：<20，使用二次风的燃气锅炉：30~50	所有燃料	火焰不稳定
减少空气预热		20~30	不适用于液态排渣燃煤锅炉	
燃料分级（再烧）		50~60	所有燃料	
低 NO _x 燃烧器 (LNB)	空气分级	25~35	所有燃料	火焰不稳定 不完全燃烧
	烟气循环	可达 20	所有燃料	火焰不稳定
	燃料分级	50~60	所有燃料	火焰不稳定 不完全燃烧

注 1：并非所有初级措施都适用于现有锅炉，联合使用这些措施的总效果也并不是简单相加或相乘。
注 2：新建电厂一般在基本设计中已采用了经济可行的初级措施。

表 C.2 降低 NO_x 排放的二级措施总体性能

二级措施	总体 NO _x 脱除效率 (%)	其他性能参数	
		参数	数值
选择性催化还原 (SCR)	80~95	工作温度	290~450℃ (高尘) 170~300℃ (尾端) 280~510℃ (燃气轮机)
		还原剂	液氨、氨水、尿素
		可用性	>98%
选择性非催化还原 (SNCR)	煤粉炉：30~50 流化床：50~80	工作温度	850~1050℃
		还原剂	液氨、氨水、尿素
		可用性	>97%

注：流化床锅炉适用于 SNCR 脱硝，通过采用模拟优化温度和烟气流场分布，优化喷枪布置位置、数量和型式等措施，脱除效率可提高至 90% 左右。

C.2 火电厂通常采用干式除尘器进行一级除尘，常规的颗粒物排放控制措施可参考表 C.3。

表 C.3 常规颗粒物控制措施的一般性能

技术	脱除效率 (%)				其他性能参数	
	<1 μ m	>2 μ m	>5 μ m	>10 μ m	参数	值
静电除尘器 (ESP)	>96.5	>98.3	>99.95	>99.95	运行温度	80~220℃ (冷式) 300~450℃ (热式)
					副产物	飞灰
					烟气流速	>200000m ³ /h
					适用范围	固体和液体燃料
布袋除尘器 (FF)	>99.6	>99.6	>99.9	>99.95	运行温度	150℃ (聚酯纤维) 260℃ (玻璃纤维)
					副产物	飞灰
					烟气流速	<1100000m ³ /h
					适用范围	固体和液体燃料
旋风除尘器	85~90%，捕获粉尘直径 5~10 μ m					
湿法除尘器	98.5	99.5	99.9	>99.9	副产物	飞灰污泥/泥浆

注 1: 前置静电除尘器和后置布袋除尘器结合组成的电袋除尘器一定程度上综合两者优点, 除尘效率与布袋除尘器相近。

注 2: 湿式静电除尘器原理与静电除尘器相同, 捕集的粉尘通过液体 (通常为水) 冲刷 (间歇或持续) 除去, 液体流出物一般需要进一步处理。单层湿式静电除尘器除尘效率一般不小于 70%, 可进一步脱除 PM_{2.5} 和控制气溶胶, 深度净化烟气。

C.3 火电厂通常采用石灰石-石膏湿法脱硫, 湿法脱硫过程中还可脱除 50%左右的烟尘, 除此之外海水法、炉内喷钙干法、旋转喷雾半干法、活性焦法、氨法、有机胺法、双碱法、镁法等脱硫技术也有成功应用, 常规二氧化硫排放的控制措施可参考表 C.4。

表 C.4 常规烟气脱硫技术的总体性能

技术	总体 SO ₂ 脱除效率 (%)	其他性能参数	
		参数	数值
石灰石-石膏湿法	92~97	运行温度	45~60℃
		吸收剂	石灰石/石灰
		Ca/S 摩尔比率	1.02~1.1
		可靠性	95~99%
		副产物	石膏
		废水	脱硫废水
海水法	85~97	运行温度	145℃ (入口)、30~40℃ (出口)
		吸收剂	海水/空气
		可靠性	98~99%
		副产物	无
		废水	无
循环流化床炉内喷钙干法	简单循环: 30~50 多次循环: 80 以上	运行温度	850~1150℃ (炉膛上部)
		吸收剂	石灰石、熟石灰、白云石
		可靠性	99.9%
		锅炉效率下降	2%
		副产物	钙盐混合物
烟气循环流化床法	90~97	运行温度	70~80℃
		停留时间	3~5s
		吸收剂	熟石灰
		Ca/S 摩尔比率	1.1~1.5
		可靠性	98~99.5%
		副产物	飞灰、CaSO ₃ 、CaSO ₄ 的混合物
		废水	无

注: 表中均为常规参数条件下的脱除效率, 通过提高设计参数 (液气比等)、改进工艺流程 (单塔双循环湿法、托盘等)、串联或联合使用脱硫技术 (双塔双循环湿法、炉内喷钙+炉外湿法等), 脱除效率可提高至 99%以上。

C.4 火电厂烟气脱硝、除尘和脱硫等主环保设施对汞及其化合物有协同脱除效果，常规汞排放的控制措施可参考表 C.5。

表 C.5 污染防治设施脱汞率

污染防治设施		脱汞率 (%)
现有	煤粉炉：静电除尘器	10~30
	煤粉炉：布袋除尘器	20~40
	煤粉炉：静电/布袋除尘器+湿法脱硫	35~90
	循环流化床炉：静电/布袋除尘器	
煤粉炉：选择性催化还原法+ 静电/布袋除尘器+湿法脱硫	40~95	
改进	燃煤添加剂+ 静电/布袋除尘器	70
	燃煤添加剂+活性炭喷射+静电/布袋除尘器	90
	吸附剂喷射+ 静电/布袋除尘器	95
	汞氧化催化剂+脱硫塔稳定剂+废水络合剂	90

附录 D

(资料性附录)

火电厂烟气量的计算

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

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

式中： V_g —每台锅炉干烟气量， m^3/s ；

V_s —每台锅炉湿烟气量， m^3/s ；

X_{H_2O} —烟气含湿量，%。

D.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 (D.2) 计算，没有元素分析时用式 (D.3) 近似计算。

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

$$V_o = 2.63 \frac{Q_{net,ar}}{10000} \quad (D.3)$$

式中： V_o —理论空气量， m^3/kg ；

C_{ar} —收到基碳含量，%；

S_{ar} —收到基硫含量，%；

H_{ar} —收到基氢含量，%；

O_{ar} —收到基氧含量，%；

$Q_{net,ar}$ —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 (D.4) 计算。

$$V_o = 0.0476 \left[0.5CO + 0.5H_2 + 1.5H_2S + \sum \left(m + \frac{n}{4} \right) C_mH_n - O_2 \right] \quad (D.4)$$

式中： V_o —理论空气量， m^3/m^3 ；

CO —一氧化碳体积百分数，%；

H_2 —氢体积百分数，%；

H_2S —硫化氢体积百分数，%；

C_mH_n —烃类体积百分数，%， m 为碳原子数， n 为氢原子数；

O_2 —氧容积成分，%。

D.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体积可用式 (D.5) 计算。

$$\begin{aligned}
 V_{RO_2} &= V_{CO_2} + V_{SO_2} = 1.866 \times \frac{C_{ar} + 0.375S_{ar}}{100} \\
 V_{N_2} &= 0.79V_O + 0.8 \times \frac{N_{ar}}{100} \\
 V_g &= V_{RO_2} + V_{N_2} + (\alpha - 1)V_O \\
 V_{H_2O} &= 0.111H_{ar} + 0.0124M_{ar} + 0.0161V_O + 1.24G_{wh} \\
 V_s &= V_g + V_{H_2O} + 0.0161(\alpha - 1)V_O
 \end{aligned} \tag{D.5}$$

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} —收到基碳含量, %;

S_{ar} —收到基硫含量, %;

V_{N_2} —烟气中氮气, m^3/kg ;

N_{ar} —收到基氮含量, %;

V_O —理论空气量, m^3/kg ;

V_g —干烟气体积, m^3/kg ;

α —过量空气系数;

V_{H_2O} —烟气中水蒸气体积, m^3/kg ;

H_{ar} —收到基氢含量, %;

M_{ar} —收到基水分含量, %;

G_{wh} —雾化燃油时消耗的蒸汽量, kg/kg 。如果采用蒸汽雾化, V_{H_2O} 还需考虑雾化燃油时消耗的蒸汽量, 其数值为 $1.24G_{wh}$;

V_s —湿烟气体积, m^3/kg 。

对于 $1m^3$ 气体燃料, 烟气体积仍用式 (D.5) 计算, 但 V_{RO_2} 、 V_{N_2} 、 V_{H_2O} 按气体燃料组成按式 (D.6) 计算。

$$\begin{aligned}
 V_{RO_2} &= 0.01(CO_2 + CO + H_2S + \sum m C_m H_n) \\
 V_{N_2} &= 0.79V_O + \frac{N_2}{100} \\
 V_{H_2O} &= 0.01(H_2S + H_2 + \sum \frac{n}{2} C_m H_n + 0.124d) + 0.0161V_O
 \end{aligned} \tag{D.6}$$

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 ;

CO_2 —二氧化碳体积百分数, %;

CO —一氧化碳体积百分数, %;

H_2S —硫化氢体积百分数, %;

C_mH_n —烃类体积百分数，%， 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_o —理论空气量， m^3/m^3 ；

N_2 —氮体积百分数，%；

V_{H_2O} —烟气中水蒸气量， m^3/m^3 ；

H_2 —氢体积百分数，%；

d —气体燃料中含有的水分，一般取 10g/kg（干空气）。

D.4 燃煤电厂烟气量可用式（D.7）近似计算。

$$\begin{aligned} V_s &= B_g \left(1 - \frac{q_4}{100} \right) \left[\frac{Q_{net,ar}}{4026} + 0.77 + 1.0161(\alpha - 1)V_o \right] / 3.6 \\ V_{H_2O} &= B_g [0.111H_{ar} + 0.0124M_{ar} + 0.0161(\alpha - 1)V_o] / 3.6 \\ V_g &= V_s - V_{H_2O} \end{aligned} \quad (D.7)$$

式中： V_s —湿烟气量， m^3/s ；

B_g —锅炉燃料耗量，t/h；

q_4 —锅炉机械未完全燃烧的热损失，%；

$Q_{net,ar}$ —收到基低位发热量，kJ/kg；

α —过量空气系数；

V_o —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} —收到基氢含量，%；

M_{ar} —收到基水分含量，%；

V_g —干烟气量， 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 1.2~2.5 时增加的烟气量占比一般 $<0.3\%$ ，计算时可以忽略这部分烟气量。

D.5 考虑到大型锅炉或燃气轮机燃烧过程的复杂性，可以采用生产商热平衡计算报告或热平衡图等资料中基于热力平衡参数给出的烟气量。

附录 E

(资料性附录)

火电厂常规水污染防治措施

E.1 火电厂常规水污染防治措施及效果见表 E.1。

表 E.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	pH 调节、加药、絮凝沉淀、气浮、过滤	pH 6-9	连续性排水， 煤场喷洒、输煤皮带冲洗、厂区冲洗
		SS 4-50	
		COD 12-60	
		氨氮 3-15	
		氟化物 0.1-2	
		石油类 0.1-2	
		挥发酚 <0.1	
石灰石-石膏湿法脱硫废水	中和、沉淀、絮凝、澄清、浓缩、清水回用	pH 6-9	连续性排水， 干灰调湿、灰场喷洒、冲渣水、冲灰水
		SS <70	
		As <0.5	
		Hg <0.05	
		Pb <1.0	
		硫化物 <1.0	
		COD <150	
生活污水	调节、好氧生物处理、消毒	pH 6-9	连续性排水， 绿化、厂区道路清扫或直接排入市政管网
		SS 4-30	
		COD 10-60	
		BOD ₅ 2-15	
		氨氮 0.1-15	
		总磷 0.1- 1.0	
		动植物油 0.1-1.5	
		LAS 0.01-0.17	
含油废水	隔油、气浮或活性炭过滤	pH 6-9	间歇性排水， 进入工业废水处理装置或煤场喷洒
		石油类 0.1-7.0	
含煤废水	絮凝、澄清过滤	pH 6-9	连续性排水， 回用于煤场喷洒、输煤皮带冲洗

附录 F

(资料性附录)

火电厂噪声源强参考值

F.1 燃煤电厂主要噪声源声压级及常见降噪措施见表 F.1。

表 F.1 燃煤电厂主要噪声源声压级及常见降噪措施一览表

序号	主要声源设备	声频特性	监测位置	声压级 (dB(A))	常见隔声措施
1	汽轮机	中高频	罩壳外 1m	85~95	隔声罩壳、厂房隔声
2	发电机及励磁机	中高频	罩壳外 1m	85~95	隔声罩壳、厂房隔声
3	钢球磨煤机	中低频	设备外 1m	95~110	厂房隔声
	中速磨煤机	中低频	设备外 1m	85~100	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	80~100	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	85~110	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	90~105	进风口消声器 隔声小间
13	增压风机	中低频	罩壳外 1 m	90~105	进风口消声器 隔声小间
14	浆液循环泵	中低频	设备外 1m	90~105	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 度线外 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	120~140	消声器

注：本表罩壳为设备自带罩壳，罩壳外声压级已考虑自带罩壳隔声效果。

F.2 燃气电厂主要噪声源声压级及常见降噪措施见表 F.2。

表 F.2 燃气电厂主要噪声源声压级及常见降噪措施一览表

序号	燃气轮机组	声频特性	监测位置	声压级 (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，罩壳外声压级已考虑自带罩壳隔声效果。

F.3 火电厂常用噪声治理措施及效果见表 F.3。

表 F.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	10~20	汽轮机、发电机、各种风机、水泵等
2	阻尼材料包裹	12~17	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	声屏障	8~15	厂界、冷却塔、主变压器等