

火电厂脱硫脱硝系统物料控制-空气质量管理模型

刘 敏, 周 然, 汤 栋

(国网浙江省电力公司电力科学研究院, 浙江 杭州 310014)

摘 要: 脱硫脱硝系统的投用运行, 是火电厂污染物减排的重要举措。针对脱硫脱硝系统运行过程存在的不确定性与复杂性, 基于区间线性规划(ILP)方法, 研究开发了一个物料控制-空气质量管理(MC-AQM)模型, 进行火电厂脱硫脱硝物料耗量规划以及空气质量管理规划。开发的 MC-AQM 模型不仅能够处理表示为离散区间数的不确定性, 而且能够反映系统复杂性。MC-AQM 模型应用到一个假设的脱硫脱硝系统运行案例问题中, 模型区间解被获取。结果分析表明: 在满足污染物排放标准和环境空气质量标准条件下, 基于机组运行参数和气象参数, 机组运行能够确定合适的脱硫效率和脱硝效率, 进而确定合理的脱硫石灰石耗量和脱硝液氨耗量, 从而制定有效的物料控制和环境空气质量管理决策。

关键词: 脱硫脱硝系统; 优化模型; 物料控制; 空气质量管理; 不确定性

中图分类号: X323 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-4763(2017)05-0023-06

0 前 言

火电厂是污染物二氧化硫(SO₂)和氮氧化物(NO_x)的主要排放源。SO₂ 和 NO_x 能够造成空气污染, 影响环境空气质量; 能够损害植物的组织, 影响它们的生长; 能够刺激人体的呼吸器官, 以及影响人类的生产和生活。因此, 火电厂投用运行环保设施, 以控制 SO₂ 和 NO_x 的排放。火电厂 SO₂ 的处理一般采用石灰石-石膏法, 石灰石为脱硫剂; NO_x 的处理一般采用选择性催化还原法, 液氨或尿素为还原剂。脱硫脱硝系统运行过程中, 在保证满足 SO₂ 和 NO_x 的达标排放和区域环境空气质量条件下, 需要控制物料耗量, 以实现物料耗量的最小化。然而, 脱硫脱硝系统运行过程充满着不确定性和复杂性, 体现在污染物产生、污染物处理、污染物排放和物料纯度等方面, 从而导致有效物料耗量控制和空气质量管理实现的困难。

区间线性规划(ILP)是一种不确定性优化方法, 能够有效地处理系统中存在的、表示为离散区间数的不确定性信息。ILP 方法允许不确定性信息直接与优化过程及输出结果相联系; 而且它不会导致复杂的中间子模型, 不需要模型参数的分布信息^[1]。ILP 方法已经广泛运用于能源-环

境系统规划、空气质量管理、水资源管理和固体废物管理等领域^[2-7]。

针对脱硫脱硝系统运行过程中存在的不确定性和复杂性, 基于 ILP 方法, 研究开发一个物料控制-空气质量管理(MC-AQM)模型, 以实现物料耗量的最小化, 以及满足火电厂 SO₂ 和 NO_x 的达标排放和区域环境空气质量。开发的 MC-AQM 模型不仅能够处理表示为离散区间数的不确定性, 而且能够反映系统的复杂性。

1 模型的构建及求解

在脱硫脱硝系统运行过程中, 许多相关参数具有不确定性以及参数之间的相互关系具有复杂性。烟气流量、原烟气污染物浓度、污染物排放速率限值和物料纯度等参数不能完全表示为确定值, 以及它们的分布信息无法获取; 这类不确定性信息被表示为离散区间数。因此, 在脱硫脱硝系统运行不确定性和复杂性条件下, 保证满足火电厂 SO₂ 和 NO_x 的排放标准和区域环境空气质量标准, 确定污染物处理措施的处理效率, 进一步确定最小化的物料耗量。

1.1 大气污染物扩散模型

在一定的气象条件下, 对于任意的下风向位置, 高架连续点源污染物扩散的地面浓度能够通过

高斯扩散模型进行评估,模型能够被表示为^[8]:

$$C(x, y) = \frac{Q}{\pi \bar{u} \delta_y \delta_z} \exp \left[\left(\frac{-y^2}{2\delta_y^2} \right) + \left(\frac{-H^2}{2\delta_z^2} \right) \right] \quad (1)$$

式中: $C(x, y)$ ——高架连续点源的污染物地面浓度, mg/m^3 ;

Q ——源强,单位时间内污染物排放量, mg/s ;

x ——污染源排放点至下风向上任意点的距离, m ;

y ——烟气中心轴在直角水平方向上到任意点的距离, m ;

H ——烟囱的有效高度, m ;

\bar{u} ——平均风速, m/s ;

δ_y ——侧向扩散系数,污染物在 y 方向分布的标准偏差, m ;

δ_z ——竖向扩散系数,污染物在 z 方向分布的标准偏差, m 。

δ_y 和 δ_z 与大气稳定性和水平距离 x 有关,它们的数值能够利用 Pasquill-Gifford(P-G) 扩散曲线进行估算^[8],或利用《制定地方大气污染物排放标准的技术方法》(GB/T 3840—1991)提供的方法进行计算^[9]。对于污染物地面浓度,描述单位污染物排放率的转化系数(w ,它的数值表明单位污染物排放速率对区域污染物地面浓度的贡献)可以表示为:

$$w = \frac{1}{\pi \bar{u} \delta_y \delta_z} \exp \left[\left(\frac{-y^2}{2\delta_y^2} \right) + \left(\frac{-H^2}{2\delta_z^2} \right) \right] \quad (2)$$

从而,

$$C(x, y) = w \times Q \quad (3)$$

1.2 MC-AQM 模型的构建

在脱硫脱硝系统运行过程中,假定石灰石为脱硫剂,液氨为脱硝还原剂;同时,考虑相关参数的不确定性以及参数间相互关系的复杂性。因而,基于 ILP 优化方法,MC-AQM 模型能够被表示为:

目标函数:

$$\min f^\pm = \sum_{i=1}^I MS_i^\pm + \sum_{i=1}^I MN_i^\pm \quad (4)$$

$$MS_i^\pm = FQ_i^\pm \times CSO_i^\pm \times \eta_i^\pm \times ST_i^\pm \times \frac{M_{\text{CaCO}_3}}{M_{\text{SO}_2}} \times \frac{1}{BS_i^\pm} \quad (5)$$

$$MN_i^\pm = FQ_i^\pm \times CNO_i^\pm \times \left(\theta_i^\pm + \frac{M_{\text{NO}_2}}{M_{\text{NH}_3}} \times \frac{CNH_i^\pm}{CNO_i^\pm} \right) \times \frac{M_{\text{NH}_3}}{M_{\text{NO}_2}} \times \frac{1}{BN_i^\pm} \quad (6)$$

约束条件:

$$FQ_i^\pm \times CSO_i^\pm \times (1 - \eta_i^\pm) \leq ES_i^\pm, \forall i \quad (7)$$

$$FQ_i^\pm \times CNO_i^\pm \times (1 - \theta_i^\pm) \leq EN_i^\pm, \forall i \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^I w_d^\pm \times FQ_i^\pm \times CSO_i^\pm \times (1 - \eta_i^\pm) \leq FS_d^\pm, \forall d \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^I w_d^\pm \times FQ_i^\pm \times CNO_i^\pm \times (1 - \theta_i^\pm) \leq FN_d^\pm, \forall d \quad (10)$$

$$0 \leq \eta_i^\pm \leq 1, \forall i \quad (11)$$

$$0 \leq \theta_i^\pm \leq 1, \forall i \quad (12)$$

式中: i ——污染物排放的火电厂机组;

d ——污染物影响的敏感点;

f^\pm ——单位时间内,所有机组石灰石和液氨的总耗量, mg/h ;

MS_i^\pm ——单位时间内,机组 i 运行时的石灰石耗量, mg/h ;

MN_i^\pm ——单位时间内,机组 i 运行时的液氨耗量, mg/h ;

FQ_i^\pm ——机组 i 运行时,机组烟气体积流量(标准状态、干基、过剩空气系数为 1.4), m^3/h ;

CSO_i^\pm ——机组 i 运行时,原烟气 SO_2 浓度(标准状态、干基、过剩空气系数为 1.4), mg/m^3 ;

CNO_i^\pm ——机组 i 运行时,原烟气 NO_x 浓度(标准状态、干基、过剩空气系数为 1.4), mg/m^3 ;

CNH_i^\pm ——机组 i 运行时,脱硝系统氨逃逸量(标准状态、干基、过剩空气系数为 1.4), mg/m^3 ;

η_i^\pm ——机组 i 运行时的脱硫效率;

θ_i^\pm ——机组 i 运行时的脱硝效率;

ST_i^\pm ——机组 i 运行时,脱硫系统钙硫摩尔比;

M_{CaCO_3} ——碳酸钙(CaCO_3)摩尔质量, g/mol ;

M_{SO_2} —— SO_2 摩尔质量, g/mol ;

M_{NO_2} ——二氧化氮(NO_2)摩尔质量, g/mol ;

M_{NH_3} ——氨气(NH_3)摩尔质量, g/mol ;

BS_i^\pm ——机组 i 运行时,耗用石灰石的纯度;

BN_i^\pm ——机组 i 运行时,耗用液氨的纯度;

w_d^\pm ——机组 i 在敏感点 d 处的单位污染物排放率的转化系数, h/m^3 ;

ES_i^\pm ——机组 i 运行时, SO_2 排放速率限值, mg/h ;

EN_i^\pm ——机组 i 运行时, NO_x 排放速率限值, mg/h ;

FS_d^\pm ——敏感点 d 处的 SO_2 地面浓度限值, mg/m^3 ;

FN_d^\pm ——敏感点 d 处的 NO_x 地面浓度限值, mg/m^3 。

1.3 MC-AQM 模型的求解

离散区间参数 b^\pm 可以表示为: $b^\pm = [b^-, b^+]$ $= \{t \in b | b^- \leq t \leq b^+\}$, b^- 和 b^+ 分别为 b^\pm 确定的下界和上界^[10]。因而,首先,基于鲁棒两步法(RTSM)^[11],MC-AQM 模型能够转化为两个确定的子模型,这两个子模型分别关联目标函数区间值的上界和下界;其次,利用单纯型法,分别对两个子模型进行求解;最后,基于子模型的解,形成 MC-AQM 模型的解:

$$f_{opt}^\pm = [f_{opt}^-, f_{opt}^+] \quad (13)$$

$$\eta_{i,opt}^\pm = [\eta_{i,opt}^-, \eta_{i,opt}^+], \forall i \quad (14)$$

$$\theta_{i,opt}^\pm = [\theta_{i,opt}^-, \theta_{i,opt}^+], \forall i \quad (15)$$

$$MS_{i,opt}^\pm = [MS_{i,opt}^-, MS_{i,opt}^+], \forall i \quad (16)$$

$$MN_{i,opt}^\pm = [MN_{i,opt}^-, MN_{i,opt}^+], \forall i \quad (17)$$

式中: f_{opt}^\pm ——单位时间内,最优的所有机组石灰石和液氨总耗量, mg/h ;

$\eta_{i,opt}^\pm$ ——机组 i 运行时,最优的脱硫效率;

$\theta_{i,opt}^\pm$ ——机组 i 运行时,最优的脱硝效率;

$MS_{i,opt}^\pm$ ——单位时间内,机组 i 运行时最优的石灰石耗量, mg/h ;

$MN_{i,opt}^\pm$ ——单位时间内,机组 i 运行时最优的液氨耗量, mg/h 。

2 案例研究

2.1 假设案例概况

开发的 MC-AQM 模型应用于一个假定的、具有不确定性信息的案例问题。在这个假设案例中,火电厂存在有 4 台机组 (U_1 、 U_2 、 U_3 和 U_4),产生大量的污染物 SO_2 和 NO_x ,进而 SO_2 和 NO_x 的排放影响着 3 个敏感区 (D_1 、 D_2 和 D_3) 的空气质量。为了控制 SO_2 和 NO_x 的排放,以及满足敏感区的环境空气质量,每台机组分别利用石灰石-石膏法和选择性催化还原法处理 SO_2 和 NO_x 。因此,研究问题为:在脱硫脱硝系统运行过程存在不确定性与复杂性条件下,保证满足 SO_2 和 NO_x 的排放标准和敏感区环境空气质量标准,确定合适的脱硫效率和脱硝效率,以实现物料耗量的最小化。

在这个假例中,每台机组均存在污染物排放烟道,两台机组 (U_1 和 U_2 、 U_3 和 U_4) 公用 1 根烟囱。表 1 列出了机组运行时脱硫脱硝系统的相关运行参数。基于研究时段的大气稳定度与平均风速以及水平距离与烟囱有效高度等参数,可以推算得到不同机组在敏感区的单位污染物排放率的转化系数(表 2)。表 3 和表 4 分别列出了机组污染物排放速率限值和敏感区污染物地面浓度限值。由于脱硫脱硝系统运行过程存在不确定性,数据信息被表示为离散区间数。

表 1 脱硫脱硝系统相关运行参数

运行参数	机组			
	机组 U_1	机组 U_2	机组 U_3	机组 U_4
机组运行烟气体积流量/ $(10^4 m^3 \cdot h^{-1})$	[295.3,305.3]	[245.6,255.6]	[186.8,196.8]	[150.5,160.5]
脱硫系统原烟气 SO_2 浓度/ $(mg \cdot m^{-3})$	[1 280,1 380]	[1 100,1 200]	[1 240,1 340]	[1 350,1 450]
脱硝系统原烟气 NO_x 浓度/ $(mg \cdot m^{-3})$	[260,290]	[180,200]	[300,330]	[280,310]
脱硝系统氨逃逸量/ $(mg \cdot m^{-3})$	[1.44,1.64]	[0.76,0.96]	[0.91,1.11]	[1.14,1.34]
脱硫系统钙硫摩尔比	[1.04,1.06]	[1.01,1.03]	[1.03,1.05]	[1.06,1.08]
脱硫系统石灰石纯度/%	[93.6,95.6]	[93.6,95.6]	[93.6,95.6]	[93.6,95.6]
脱硝系统液氨纯度/%	[98.2,98.7]	[98.2,98.7]	[98.2,98.7]	[98.2,98.7]

表 2 不同机组在敏感区的单位污染物排放率的转化系数

机组	单位污染物排放率的转化系数/ $(10^{-10} h \cdot m^{-3})$		
	敏感区 D_1	敏感区 D_2	敏感区 D_3
机组 U_1	[0.45,0.50]	[0.57,0.62]	[0.41,0.46]
机组 U_2	[0.45,0.50]	[0.57,0.62]	[0.41,0.46]
机组 U_3	[0.42,0.47]	[0.55,0.60]	[0.44,0.49]
机组 U_4	[0.42,0.47]	[0.55,0.60]	[0.44,0.49]

表 3 不同机组污染物排放速率限值

机组	污染物排放速率限值/ $(10^5 mg \cdot h^{-1})$	
	SO_2	NO_x
机组 U_1	[2 953,3 053]	[2 953,3 053]
机组 U_2	[859.6,894.6]	[1 228,1 278]
机组 U_3	[1 868,1 968]	[1 868,1 968]
机组 U_4	[1 505,1 605]	[1 505,1 605]

表4 不同敏感区污染物地面浓度限值

敏感区	污染物地面浓度限值/($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	
	SO_2	NO_x
敏感区 D_1	[0.058, 0.065]	[0.047, 0.054]
敏感区 D_2	[0.080, 0.087]	[0.067, 0.074]
敏感区 D_3	[0.028, 0.035]	[0.032, 0.039]

2.2 结果分析

图1描述了不同机组的脱硫效率和脱硝效率。由于机组运行参数不确定性的存在,机组的脱硫效率和脱硝效率都被表示为区间值;如果变量的实际值在其区间的上下界范围内变动,那么,脱硫效率和脱硝效率也将相应的在其区间的上下界范围内变化。例如,机组 U_1 的脱硫效率和脱硝效率分别为 [0.919, 0.930] 和 [0.602, 0.666]; 机组 U_4 的脱硫效率和脱硝效率分别为 [0.921, 0.935] 和 [0.619, 0.852]。污染物处理效率区间值的上界,关联烟气体积流量和原烟气污染物浓度区间值的上界以及污染物排放速率限值和污染物地面浓度限值区间值的下界;相反的,污染物处理效率区间值的下界,关联烟气体积流量和原烟气污染物浓度区间值的下界以及污染物排放速率限值和污染物地面浓度限值区间值的上界。因而,在满足污染物排放标准和环境空气质量标准条件下,基于机组运行参数,确定合适的污染物处理效率。

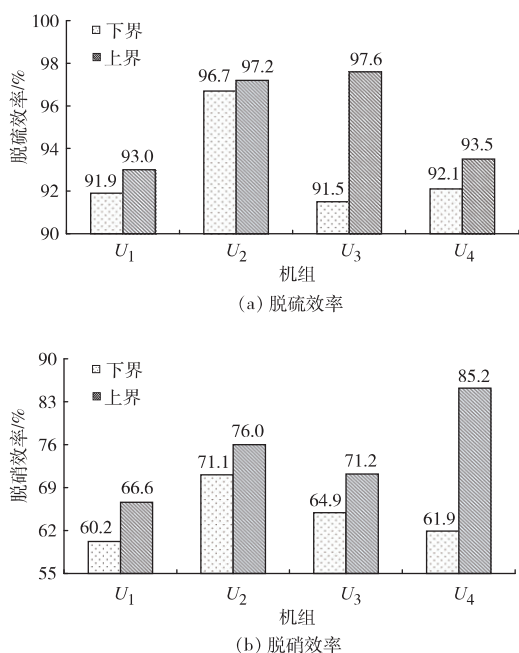


图1 不同机组的脱硫效率和脱硝效率

图2描述了不同机组的脱硫石灰石耗量和

脱硝液氨耗量。脱硫石灰石耗量和脱硝液氨耗量关联烟气体积流量、原烟气污染物浓度和污染物处理效率等;脱硫石灰石耗量和脱硝液氨耗量被表示为区间值。例如,机组 U_1 的脱硫石灰石耗量和脱硝液氨耗量分别为 $[590.6, 693.3] \times 10^7$ 和 $[177.5, 227.2] \times 10^6 \text{ mg/h}$; 机组 U_4 的脱硫石灰石耗量和脱硝液氨耗量分别为 $[324.2, 392.4] \times 10^7$ 和 $[99.4, 161.7] \times 10^6 \text{ mg/h}$ 。在一定的污染物产生量条件下,较高的污染物处理效率,能够减少污染物的排放量,同时,需要消耗较多的物料;较低的污染物处理效率,消耗较少的物料,但是,污染物的排放量增加。因而,在满足污染物排放标准和环境空气质量标准条件下,基于机组运行参数以及确定的污染物处理效率,确定合理的脱硫石灰石耗量和脱硝液氨耗量。

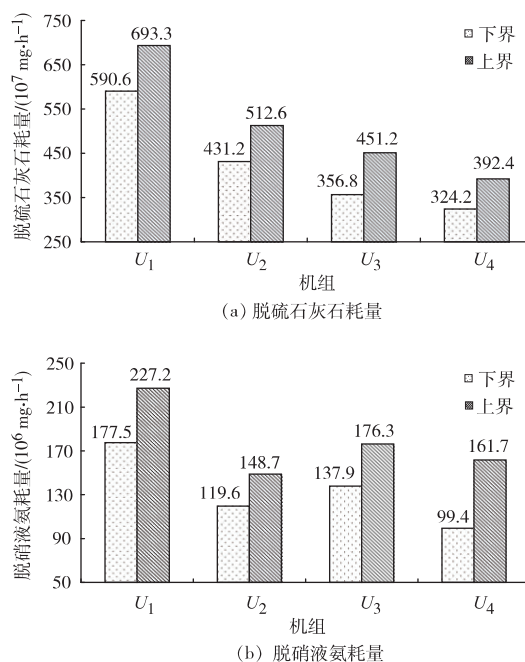


图2 不同机组的脱硫石灰石耗量和脱硝液氨耗量

2.3 讨论

污染物排放交易规划,是一种有效的污染物排放控制经济措施。二氧化碳排放交易规划、氮磷排放交易规划和废水排放交易规划等已经运用于环境管理领域^[12-16]。二氧化硫和氮氧化物排放交易规划可以运用于脱硫脱硝系统物料控制-空气质量管理问题,满足机组污染物排放标准和环境空气质量标准,进而间接地降低脱硫石灰石耗量和脱硝液氨耗量。通过二氧化硫和氮氧化物排放交易,每台机组的污染物排放量不再受限于各自的污染物排放速率限值,而是总体受限

于所有参与污染物排放交易的机组的污染物排放速率限值之和;总污染物排放速率限值被重新分配给各台机组。因而,基于污染物排放交易规划,在满足污染物排放标准和环境空气质量标准双重条件下,实现脱硫石灰石耗量和脱硝液氨耗量的最小化。

在机组脱硫脱硝系统运行过程中,尿素也是一种重要的脱硝还原剂,需要构建尿素耗量模型,控制脱硝尿素耗量。进一步,其他的不确定性优化方法(例如,模糊数学规划、机会约束规划和模糊鲁棒规划)能够被整合进 MC-AQM 模型中去处理各种类型的不确定性,以实现最小的物料耗量和满足污染物排放标准和空气质量标准,进而强化问题的决策支持。

3 结 语

在研究中,针对脱硫脱硝系统运行过程中存在的不确定性和复杂性,基于 ILP 方法,开发一个 MC-AQM 模型,进行火电厂脱硫脱硝物料控制和环境空气质量的管理。模型与方法是一个简单和有效的管理工具,MC-AQM 模型不仅能够处理表示为离散区间数的不确定性,而且能够反映系统的复杂性。模型结果是区间解,区间解能够提供两种极端情景规划结果(最好情景规划和最差情景规划),进而实现规划管理的多种决策选择。

开发的 MC-AQM 模型应用到一个假设的案例问题中。模型结果表明:在满足污染物排放标准和环境空气质量标准条件下,基于机组运行参数和气象参数,合适的脱硫效率和脱硝效率能够被确定,进而合理的脱硫石灰石耗量和脱硝液氨耗量能够被确定,从而实现有效的物料控制和环境空气质量的管理。

参考文献:

[1] CHEN W T, LI Y P, HUANG G H, et al. A two-stage inexact-stochastic programming model for planning carbon dioxide emission trading under uncertainty [J]. *Applied Energy*, 2010, 87(3): 1033-1047.

[2] WANG X W, CAI Y P, CHEN J J, et al. A grey-forecasting interval-parameter mixed-integer programming approach for integrated electric-environmental management-A case study of Beijing [J]. *Energy*, 2013, 63: 334-344.

[3] 刘敏, 郑川江, 陆海清. 基于不确定性优化模型的空气质量

管理[J]. *环境工程技术学报*, 2015, 5(2): 97-105.

- [4] WANG S, HUANG G H. A coupled factorial-analysis-based interval programming approach and its application to air quality management [J]. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 2013, 63(2): 179-189.
- [5] HAN Y, HUANG Y F, WANG G Q. Interval-parameter linear optimization model with stochastic vertices for land and water resources allocation under dual uncertainty [J]. *Environmental Engineering Science*, 2011, 28(3): 197-205.
- [6] LI W, LIU M, WU S Z, et al. An inexact optimization model associated with two robust programming approaches for water resources management [J]. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2015, 12: 2401-2414.
- [7] SU J, HUANG G H, XI B D, et al. A hybrid inexact optimization approach for solid waste management in the City of Foshan, China [J]. *Journal of Environmental Management*, 2009, 91(2): 441-460.
- [8] 蒋展鹏. *环境工程学*[M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2005: 477-490.
- [9] GB/T 3840—1991, 制定地方大气污染物排放标准的技术方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1991.
- [10] HUANG G H. IPWM: an interval parameter water quality management model [J]. *Engineering Optimization*, 1996, 26(2): 79-103.
- [11] FAN Y R, HUANG G H. A robust two-step method for solving interval linear programming problems within an environmental management context [J]. *Journal of Environmental Informatics*, 2012, 19(1): 1-9.
- [12] NAHORSKI Z, HORABIK J. Greenhouse gas emission permit trading with different uncertainties in emission sources [J]. *Journal of Energy Engineering-ASCE*, 2008, 134(2): 47-52.
- [13] LI M W, LI Y P, HUANG G H. An interval-fuzzy two-stage stochastic programming model for planning carbon dioxide trading under uncertainty [J]. *Energy*, 2011, 36(9): 5677-5689.
- [14] LIU M, HUANG G H, LIAO R F, et al. Fuzzy two-stage non-point source pollution management model for agricultural systems-A case study for the Lake Tai Basin, China [J]. *Agricultural Water Management*, 2013, 121: 27-41.
- [15] LUO B, MAQSOOD I, HUANG G H, et al. An inexact fuzzy two-stage stochastic model for quantifying the efficiency of nonpoint source effluent trading under uncertainty [J]. *Science of the Total Environment*, 2005, 347(1-3): 21-34.
- [16] HORAN R D, ABLER D G, SHORTLE J S, et al. Cost-effective point-nonpoint trading: an application to the Susquehanna River Basin [J]. *Journal of the American Water Resources Association*, 2002, 38(2): 467-477.

A Model of Materials Control–Air Quality Management for Desulfurization and Denitration Systems of Thermal Power Plants

LIU Min , ZHOU Ran , TANG Dong

(Electric Power Research Institute of State Grid Zhejiang Electric Power Company, Hangzhou 310014, China)

Abstract : The operation of desulfurization and denitration systems is one of most important measures of pollutants emission reduction for thermal power plants. Aiming at the existence of uncertainties and complexities in the operation processes of desulfurization and denitration systems, based on the method of interval linear programming (ILP), a materials control–air quality management (MC–AQM) model is developed to plan materials consumption of desulfurization and denitration systems and achieve air quality management. The developed MC–AQM model can not only deal with uncertainties expressed as discrete intervals, but also reflect system complexities. The MC–AQM model is applied to a hypothetical case study of desulfurization and denitration systems operation. The interval solutions are obtained, and solutions analysis indicates that under the conditions of meeting pollutants emission standards and ambient air quality standards, based on the operation parameters of power units and meteorological parameters, the power units operation can determine the appropriate desulfurization efficiencies and denitration efficiencies, and then determine the reasonable consumptions of limestone for the desulfurization system and ammonia for the denitration system, so the effective policies of material control and environmental air quality management can be made.

Key words : desulfurization and denitration systems ; optimization model ; material control ; air quality management ; uncertainty

(上接第 11 页)

Study on Application of Enamel Flue Gas Ducts in Coal-Fired Unit

ZHANG Quanbin

(Zhejiang Provincial Energy Group Company Ltd., Hangzhou 310007, China)

Abstract : The operating environment in wet desulphurization system of coal-fired units is bad and the corrosion mechanism of clean flue gas ducts is complex. By the analysis on corrosive mechanism of clean flue gas ducts, the sulfuric acid dew point corrosion (low temperature corrosion) is the main cause of corrosion damage of clean flue gas ducts. It is found that the enamel flue gas ducts can meet the engineering requirements through the research and comparison. From several aspects such as the corrosion resistance of sulfuric acid, mechanical properties of materials, vibration resistance, anti-erosion & abrasion resistance and engineering cost, the enamel flue gas ducts can solve the problem of low temperature corrosion. Compared with flue gas ducts coated with glass flake, the enamel flue gas ducts has excellent performance of low temperature corrosion resistance, vibration resistance, anti-erosion & abrasion resistance and the construction advantages such as safety, environmental protection & factory production, and lower the investment cost with the same design life of power plant. It has been verified that enamel flue gas ducts can satisfy the technical specifications, and has important promotional value in engineering application.

Key words : ultra-low emission ; desulphurization ; flue gas ducts ; enamel ; sulfuric acid dew point ; low temperature corrosion ; anticorrosion