

建筑陶瓷行业 SO₂ 污染物评价及总量控制实用方法

信昆仑¹ 郭 茹² 程声通²

(1. 同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092; 2. 清华大学环境科学与工程系, 北京 100084)

摘要 采用高斯点源模型对建陶生产造成的 SO₂ 地面浓度增量进行计算。利用比例下降模型计算建陶业的 SO₂ 允许排放总量, 并根据企业的设备生产能力进行了总量分配, 在方法上具有较强的可操作性, 计算结果表明, 可有效降低所在地区的 SO₂ 地面浓度。
关键词 建筑陶瓷 SO₂ 总量控制 高斯扩散模型

Practical methods for evaluation and control of SO₂ emission from construction ceramics industry Xin Kunlun¹, Guo Ru², Cheng Shengtong². (1. School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092; 2. Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract: The gauss point source model was employed to estimate the increase in ground level SO₂ concentration resulting from production of construction ceramics. For a 76 km² region in south China with 70 ceramics production facilities, a 70.8% reduction in the total SO₂ emission from the construction ceramics industry is necessary to meet the regional air quality standard. Allocation of allowable SO₂ emission to each production facility based on its capacity, instead of its output, is an attractive control strategy because it is simple, fair, more enforceable, and can be accomplished at a lower cost.

Keywords: Construction ceramics SO₂ emission Total emission and allocation Gauss disperse model

建陶业对燃煤、燃油的大量消耗, 是当地最大的 SO₂ 污染源之一。由于长期以来未对 SO₂ 污染物控制, 已对当地及周围地区环境产生了严重的影响。如何科学评价建陶行业的 SO₂ 污染物排放, 并在此基础上制定相应的污染物排放控制措施, 是建陶业环境污染控制的主要课题。本文以南方某建陶业基地为研究对象, 简要地说明 SO₂ 浓度的估算方法与实施 SO₂ 总量控制时的总量计算及分配策略。

1 环境污染控制模型

1.1 SO₂ 浓度估算

建筑陶瓷生产企业通常含有喷雾干燥塔和窑炉两个 SO₂ 排放源。其中喷雾干燥塔用于粉料的干燥制备, 主要以重油、水煤浆等为燃料; 窑炉用于产品烧制, 主要以重油、柴油等为燃料。本案例研究对象为建筑陶瓷企业密集地区, 近 70 家企业分布在 76 km² 的范围内。为考察建陶企业排放的 SO₂ 造成的地面浓度增量情况, 将所在区域划分为 650 个 500 m×500 m 的网格, 采用基于正态分布的高斯连续点源排放模型式(1), 以在受体点多源叠加的方式进行估算。根据调查, 喷雾塔平均高度约 15 m; 窑炉烟囱平均高度约 25 m。采用 Holland 烟流抬升模型^[1], 估算喷雾塔的平均有效源高为 45 m, 辊道窑

平均有效源高为 70 m, 计算时分别作为独立点源, 源强根据实际燃料消耗量和含硫率计算得出。

$$C = \frac{Q}{\pi U \sigma_y \sigma_z} \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \cdot \exp\left(-\frac{H_e^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad (1)$$

式中: C 为地面平均质量浓度, mg/m³; Q 为污染物排放率, mg/s; U 为源高处平均风速, m/s; σ_y 、 σ_z 为横向和铅垂向扩散参数, m; H_e 为有效源高, m; y 为横风向距离, m。

模型中气象参数分析如下:

(1) 大气稳定度。根据《环境影响评价技术导则—大气环境》(HJ/T2.2—93), 要求收集近 5 年以上的的基础气象资料, 同时依据导则附录 B1 推荐的大气稳定度分类方法, 对当地气象站 1995—2002 年地面观测资料进行分析, 结果显示, 该地区大气稳定度冬季以中性为主, 占 47.1%; 夏季以弱不稳定为主, 占 44.3%。故计算中夏季的大气稳定度取 C 级, 冬季的大气稳定度取 D 级。

(2) 主导风向。根据当地气象站资料统计, 该区年平均风向分布相对较均匀, 受季风的影响, 主导风为偏南和偏北风, 其中秋、冬季以偏北为主, 春、夏

表 1 各季节主导风向及频率分布

对象	春季	夏季	秋季	冬季
风向	南	南	东北	北
频率/%	9.3	13.4	14.3	16.4

第一作者: 信昆仑, 男, 1977 年生, 博士, 主要研究方向为给排水工程设计与运行最优化、环境规划与管理。

季以偏南为主。计算浓度时,夏季的主导风向为南风,冬季的主导风向为北风(见表 1)。

(3) 源高处平均风速。利用风速廓线指数法确定源高处风速,其中风速廓线指数采用 HJ/T2.2—93 推荐的城市区域数值,结合稳定度等级,夏季取 0.20,冬季取 0.25,年均风速取 2.2 m/s;计算喷雾塔排放处风速夏季为 2.39 m/s,冬季为 2.43 m/s;辊道窑排放处风速夏季为 2.749 m/s,冬季为 2.900 m/s。

(4) 扩散参数。按照 HJ/T2.2—93 附录 B2,根据大气稳定度和受体点距下风向的距离,确定扩散参数 σ_y 、 σ_z ^[2]。计算结果如表 2 及图 1、图 2 所示。

表 2 建陶业排放 SO₂ 造成的地面浓度增量

时间	极大值 /(mg·m ⁻³)	平均值 /(mg·m ⁻³)	增量浓度 超过国家 二级标准 的网格比 例/%	增量浓度 超过国家 三级标准 的网格比 例/%
夏季	1.267 3	0.086 4	33.08	27.38
冬季	1.131 3	0.138 8	37.38	33.54
全年	1.267 3	0.112 6	63.69	57.08

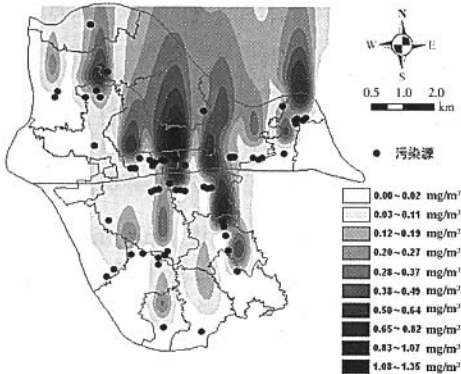


图 1 SO₂ 地面浓度增量分布图(夏季)

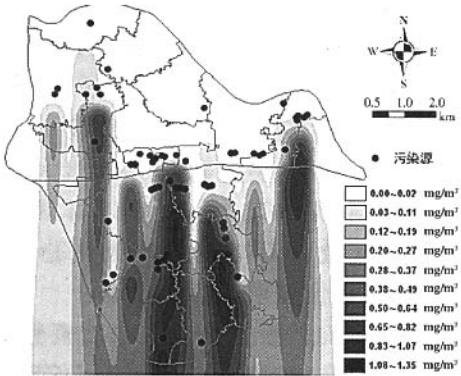


图 2 SO₂ 地面浓度增量分布(冬季)

根据计算结果,全年平均超过 50% 的区域仅建陶企业造成 SO₂ 浓度增量,已经劣于《环境空气质量标准》(GB 3095—1996)中的三级标准(年平均质量浓度 0.100 0 mg/m³)。

1.2 总量控制策略

为改善当地的大气环境质量状况,控制建陶业

的 SO₂ 排放,在排放浓度达标控制的基础上,对其实施总量控制。环境管理中通常采用的总量确定方法包括^[3]:(1)容量总量:根据环境容量确定允许排放总量,然后将该总量分配给各污染源;(2)目标总量:根据历史和现状的排污状况,人为设定逐年递减的排放总量。

由于各方面因素所限,当地环境管理部门对于包括建陶业在内的工业大气污染物总量控制一直采用较简单的目标总量控制方法。本研究基于调查数据、污染物扩散模型和大气环境质量标准^[4],通过环境容量计算建陶行业 SO₂ 控制总量。由于研究对象限于建陶行业,缺乏所在区域内其他行业的相关数据,采用比例下降模型建立污染物的排放总量与环境质量之间的关系。

假设达到环境空气质量国家二级标准(SO₂ 年平均质量浓度为 0.060 0 mg/m³)时,该地区因建陶企业造成的 SO₂ 浓度增量为 x_1 ,大气中相对于建陶业 SO₂ 排放的背景浓度为 x_2 ,则有 $x_1 + x_2 = 0.060 0$,假定现状陶瓷企业造成的 SO₂ 浓度增量为 x_3 ,根据比例下降模型,建陶业 SO₂ 总量削减率为:

$$\eta = \frac{x_3 - x_1}{x_3} = \frac{x_3 - (0.06 - x_2)}{x_3} \tag{2}$$

该区域所在省的常年 SO₂ 年平均质量浓度为 0.025 0 mg/m³,以此作为 x_2 取值,由表 2,取 $x_3 = 0.112 6$ mg/m³,则 SO₂ 总量待削减为 14 439 t/a (见表 3)。

表 3 建陶企业 SO₂ 允许排放总量

SO ₂ 浓度现状 年平均值 /(mg·m ⁻³)	国家二级 标准值 /(mg·m ⁻³)	现状 SO ₂ 排放量 /(t·a ⁻¹)	允许 SO ₂ 排放总量 /(t·a ⁻¹)	待削减 SO ₂ 排放量 /(t·a ⁻¹)
0.137 6	0.06	20 385	5 946	14 439

1.3 总量分配策略

总量控制是个复杂的管理过程,将总量分配到各个企业也存在不同的策略。假设建陶业 SO₂ 总量控制目标为 X t/a,则各个企业的 SO₂ 排放量限值可以按照式(3)确定。

$$k_i = w_i \cdot X \tag{3}$$

式中: k_i 为各个企业 SO₂ 的允许排放量,t/a; w_i 为相应的分配系数; X 为控制总量,t/a。

分配系数 w_i 的确定方法包括:(1)根据各企业的实际生产量,如产品总量或原料使用总量进行分配;(2)根据设备生产能力,如窑炉的数量分配。虽然策略(1)的公平性较好,但由于该地区环境监控和管理水平所限,企业往往瞒报产量,而设备一定程度上可以真实反映该企业的实际生产能力,对于环境管理部门而言,策略(2)更便于实施,故以此作为总

量分配的依据。

根据现场调查的建陶企业喷雾塔和窑炉的数量及能力,计算 SO₂ 的分配系数,如式(4)所示。

$$\omega_i = \frac{\lambda \cdot p_i + (1-\lambda) \cdot q_i}{\sum_{i=1}^n [\lambda \cdot p_i + (1-\lambda) \cdot q_i]} \quad (4)$$

式中: p_i 为各个企业喷雾塔当量数; q_i 为各个企业窑炉当量数; λ 为喷雾塔排放的 SO₂ 占喷雾塔和窑炉二者排放总量的比重,取 0.72。

由于各个企业的喷雾塔型号及窑炉生产线长度不同,以 3200 型号喷雾塔和 100 m 长的窑炉为当量标准进行换算。

计算出各建陶企业的 SO₂ 总量分配系数,确定各企业的排放控制总量后,重新利用计算模型进行地面浓度增量评估,结果如表 4、图 3、图 4 所示。从图 5 可知,经过总量削减后的建陶业排放 SO₂ 造成地面浓度增量大幅降低,考虑大气中背景浓度后,低于国家控制质量二级标准。但区域中仍然存在部分网格超过国家二级(见图 6)甚至三级标准,原因在于本方法仅考虑了区域尺度上的年平均浓度,在总量分配时未考虑各企业对于区域网格浓度贡献上的差别。

表 4 总量削减后的建陶行业造成的 SO₂ 浓度增量 %

时间	极大值 /(mg·m ⁻³)	平均值 /(mg·m ⁻³)	增量浓度超过 国家二级标准 的网格比例/%	增量浓度超过 国家三级标准 的网格比例/%
夏季	0.231 7	0.020 3	25.54	13.23
冬季	0.245 1	0.034 0	11.85	4.31
全年	0.245 1	0.027 1	36.31	17.38

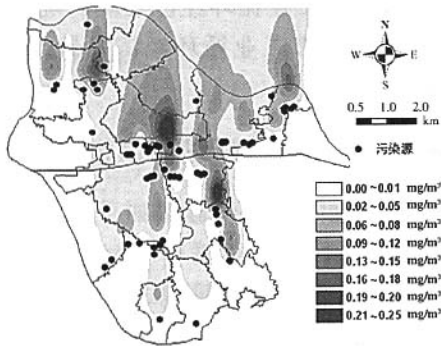


图 3 削减后的地面 SO₂ 浓度增量(夏季)

通过设备生产能力进行总量分配与企业的实际生产情况有一定差别,可能会引起的潜在问题是,企业通过扩建喷雾塔设备等方式以获得更多的允许排放总量,但从投资成本角度考虑,设备扩建通常耗资巨大,对企业综合经济效益并不可取。从环境管理角度讲,这种总量控制策略仍具有较强的可操作性,对于控制对象也体现了一定的公平性。在条件允许时,总量分配仍需以所调查的企业实际生产量为基础,并根据污染源对区域污染物浓度的贡献值及相

关环境质量标准,通过最优化等手段计算。

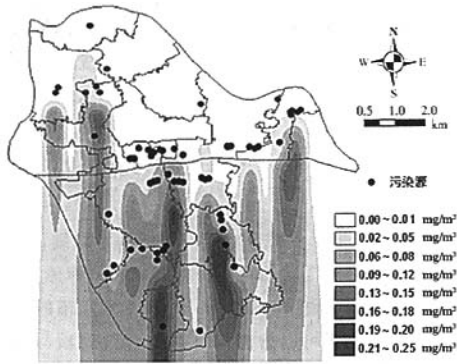


图 4 削减后的地面 SO₂ 浓度增量(冬季)

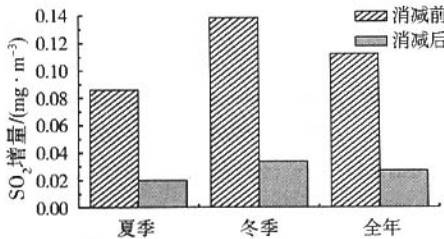


图 5 地面 SO₂ 平均浓度增量对比

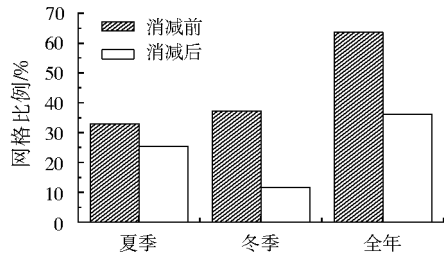


图 6 SO₂ 浓度增量超过二级标准的网格比例对比

2 结 语

建筑陶瓷行业燃烧大量柴油、重油等含硫燃料,造成当地大气环境中 SO₂ 浓度超标严重,针对建陶行业建立 SO₂ 等主要污染物的评价模型以及对应的总量控制、总量分配策略,为建陶行业污染物排放控制提供了合理依据。同时由于文中所讨论的方法充分考虑了基础资料收集上的难易,并注重了管理部门进行污染物总量分配时的可操作性,有助于环境管理部门制定科学决策,推动建陶行业环境污染控制的进程。

参考文献

- 1 桑建国,温市耕. 大气扩散的数值计算. 北京:气象出版社,1992
- 2 日本通商产业省工业立地局. 大气污染物浓度预测技术手册. 王茂新,王瑞仙,李国华译. 北京:气象出版社,1992
- 3 石晓枫,卢力. 大气环境容量的分配与污染物总量控制方法研究. 环境工程,2000,18(1):50~52
- 4 安兴琴,陈玉春,吕世华. 兰州市冬季 SO₂ 大气环境容量研究. 高原气象,2004,23(1):110~115

责任编辑:贺锋萍 (修改稿收到日期:2005-10-28)