

高温高湿地区烟塔合一技术大气环境影响研究

李飞, 郭永斌

(神华国华清远发电有限责任公司, 英德 513000)

摘要: 烟塔合一的排放技术是利用冷却塔巨大的热焓抬升烟气排入大气, 通常情况下其效果比传统的烟囱排放要好。通过研究华南高温高湿地区大气环境、地形地貌等因素对采用烟塔合一技术后烟气排放对周边环境的影响, 采用冷却塔排放评估的启准条件(*Froude*数)判定方法, 对工程各负荷逐月设计参数的*Froude*数进行了计算, 采用数模试验法计算研究工程各负荷下烟气排放对大气环境的影响。

关键词: 烟塔合一; *Froude*数; 小时浓度; 日均浓度; 年均浓度; 混合气体; 热焓; SO₂; NO₂

中图分类号: X505

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2016)S1-0043-08

Study on the Influence of Atmospheric Environment on the Smoke Tower in High Temperature and High Humidity Area

LI Fei, GUO Yongbin

(Shenhua Guohua Qingyuan Power Generation Co., Ltd., Yingde 513000, China)

Abstract: One of the emission technologies of smoke tower is to use the huge heat enthalpy of cooling tower to lift the smoke into the atmosphere, and the effect is better than that of the traditional chimney. In this paper, through the study of Southern China high temperature and high humidity area atmospheric environment, topography and other factors after the technology of flue gas emissions on the surrounding environment of the smoke tower, and quasi conditions using cooling tower emissions assessment (*Froude*) method to determine the parameters of *Froude*, the number of monthly plan on the construction of each load is calculated and the calculation of the load the research project of flue gas emission influence on atmospheric environment by using modulus test method.

Key words: smoke tower in one; *froude* number; hour concentration; daily average concentration; average annual concentration; mixed gas; enthalpy; SO₂; NO₂

烟塔合一的排放技术是利用冷却塔巨大的热焓抬升烟气排入大气, 通常情况下其效果比传统的烟囱排放要好^[1]。以广东省清远英德市沙口镇工业区某沙口厂址电厂为例(后简称A电厂), 本文研究了高温高湿地区烟塔合一技术大气环境影响。该沙口厂址位于英德市沙口镇东面1.0 km处, 北江左岸, 南距广州市约142.0 km, 西南距英德市约30 km, 距清远市约85.0 km; 西距北江约2.0 km。在项目环境空气影响范围内, 有广东石门台国家自然保护

区和英德滑水山市级自然保护区。

清远英德市属亚热带季风湿润气候区, 具有大陆性气候特征。光照充足, 雨量充沛, 气候时差分布相差较大, 四季分明, 冷暖交替较明显。具有明显的干湿季节。年平均气温为21.0℃, 极端最低温度-3.6℃, 极端最高温度40.1℃; 年平均降水量1865.3 mm, 年平均蒸发量1625.8 mm, 降雨量四季分配不均。多年平均日照时数为1699.4 h, 年平均相对湿度78%, 年平均风速1.9 m/s。

A电厂烟气采用烟塔合一方式排放, 一台机组配备一座冷却塔, 两台机组的烟气由2#冷却塔排放。各项污染物采取的防治措施在原有基础上进行了相应改进。脱硫系统仍采用石灰石-石膏湿法烟气脱硫, 脱硫效率由原先的98%提升至99%, SO₂

收稿日期: 2016-06-01

作者简介: 李飞(1974), 男, 神华国华清远发电有限责任公司党委书记兼副总经理, 高级工程师, 硕士, 主要从事电力安全生产管理工作(e-mail)afei7486@163.com。

排放浓度 $\leq 15 \text{ mg/Nm}^3$, 排放量 91.34 kg/h (校核煤种 92.65 kg/h); 脱硝确保 NO_x 排放浓度 $\leq 25 \text{ mg/Nm}^3$, 排放量 140.51 kg/h (校核煤种 143.50 kg/h); 烟气除尘方面, 确保烟尘排放浓度 $\leq 3 \text{ mg/Nm}^3$, 排放量 18.38 kg/h (校核煤种 18.77 kg/h)。

1 烟塔合一方案工程可行性评估

1.1 烟塔合一技术特点

1) 利用冷却塔巨大的热焓抬升烟气排入大气, 通常情况下其效果比传统的烟囱排放要好, 最大热力抬升作用冷却塔大约是烟囱排放方式的 10 倍。

2) 采用烟塔合一排放, 由于烟气通过冷却塔排放的烟气流速仅为湿烟囱烟气流速的 $1/5 \sim 1/6$, 大大减弱的烟气携带石膏雾滴的能力; 同时, 石膏雾滴受到冷却塔水蒸气冷凝后, 形成较大的石膏滴后, 由重力作用掉落在冷却塔水池内, 能够较好地解决湿烟囱的“石膏雨”问题。

3) 采用 MGGH 后, 由于烟气温度从原来的 $42 \text{ }^\circ\text{C}$ 提升到 $75 \text{ }^\circ\text{C}$, 可以消除烟囱出口烟气容易产生的“白雾”, 提高烟气抬升高度, 降低对环境的影响, 但增加了 MGGH 的维护和运行成本, 使单位发电能耗升高。采用烟塔合一排放, 可省去烟囱和 MGGH, 降低运行成本。

1.2 烟塔合一技术评估条件

冷却塔排放评估的启准条件 (*Froude* 数) 确定冷却塔排放口动力和热力关系的运动学相似数 *Froude* 数小于 0.35 时, 这种情况在废热被利用或

不利的冷却塔几何形状时可能出现, 模式计算将自动终止, 也就是说所要评估的冷却塔没有达到评估的基本要求。*Froude* 数计算公式如下:

$$Froude = \frac{u_j}{\sqrt{|\Delta\rho_j/\rho_0| \cdot g \cdot D}} \quad (1)$$

式中: u_j 为冷却塔出口处烟气排放速率; $\Delta\rho_j$ 为冷却塔出口处烟气和周围空气密度差; ρ_0 为冷却塔出口处周围空气密度; g 为重力加速度; D 为冷却塔出口处直径。

当冷却塔几何形状和混合烟气等设计参数, 各工况排烟冷却塔达不到评估的基本要求 (*Froude* 数可能小于 0.35) 时, 表明出现了废热被利用或不利的冷却塔几何形状的情况, 电厂工程不应采用“烟塔合一”排烟技术。

1.3 研究目标工程 (*Froude* 数) 计算

分别按照 100%、75% 负荷工况进行计算, 冷却水塔设计参数及水冷却热平衡经过哈蒙冷却系统 (天津) 有限公司计算优化, 并经过广东省电力设计研究院复审校核。

应用冷却塔排放评估的启准条件 (*Froude* 数) 判定方法, 对工程各负荷逐月设计参数的 *Froude* 数进行了计算, 参数和计算结果见表 1。

计算结论: 满负荷工况条件下, 工程全年 1 月—12 月, *Froude* 数在 0.71 ~ 0.78 之间; 75% 负荷工况条件下, 工程全年 1 月—12 月, *Froude* 数在 0.68 ~ 0.72 之间; 满负荷、75% 负荷和 50% 负荷工况下, 出现极端温度时, *Froude* 数在 0.81 ~

表 1 冷却塔排放评估启准条件 (*Froude* 数) 参数及结果 (满负荷)

Tab. 1 Quasi conditions using cooling tower emissions assessment (*Froude*) method to determine the parameters of *Froude*

月份	环境温度/ $^\circ\text{C}$	烟气温度/ $^\circ\text{C}$	空气密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	烟气密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	密度差/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	环境湿度/ $^\circ\text{C}$	烟气湿度/ %	出口烟气流速/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	FD
1	11.2	23.9	1.242	1.179	0.063	73	100	4.73	0.72
2	12.7	25.2	1.23	1.172	0.058	78	100	4.69	0.74
3	16.1	27.7	1.212	1.154	0.058	82	100	4.58	0.72
4	21	31.2	1.184	1.135	0.049	83	100	4.39	0.74
5	25.1	34.1	1.161	1.116	0.046	82	100	4.24	0.74
6	27.4	35.7	1.148	1.102	0.046	82	100	4.15	0.71
7	28.9	36.6	1.139	1.096	0.043	79	100	4.08	0.73
8	28.6	36.4	1.139	1.101	0.037	80	100	4.09	0.78
9	26.8	35	1.154	1.112	0.042	77	100	4.13	0.74
10	23	32.1	1.179	1.133	0.046	73	100	4.23	0.73
11	17.9	28.5	1.207	1.152	0.055	71	100	4.41	0.71
12	13	25.1	1.234	1.175	0.059	71	100	4.63	0.73

1.00 之间, 均大于 0.35。烟塔的设计形状和废热量达到烟塔排放评估条件, 表明烟塔塔形设计达到“烟塔合一”塔形设计要求。

2 烟塔合一技术大气环境影响研究

2.1 工程区域气象资料分析

地面气象历史资料来源于位于英德市英城镇西郊的英德气象站观测资料, 气象站地理坐标 113°24'E、24°10'N, 观测场地高度 29.9 m。英德气象站距本项目约 30 km。

2.1.1 地面风场分析

2013 年全年风向、风速接近历年平均值, 表 2 给出了英德市气象站 2013 年春、夏、秋、冬及年各风向频率的统计结果, 其对应的风频玫瑰图见图 1。

表 2 英德市气象站 2013 年各风向频率

Tab. 2 Frequency of wind direction of yingde meteorological station in 2013 %

风向	春	夏	秋	冬	年
N	13.1	6.9	27.7	26.0	18.3
NNE	7.5	3.8	15.5	14.1	10.2
NE	3.4	2.2	4.1	2.2	3.0
ENE	3.2	3.4	3.4	1.9	3.0
E	4.7	4.9	3.9	2.3	3.9
ESE	4.4	7.5	4.7	3.6	5.1
SE	5.5	8.9	3.7	2.5	5.2
SSE	6.3	13.7	3.7	2.7	6.6
S	10.6	15.4	3.5	3.4	8.3
SSW	9.1	9.8	3.7	4.1	6.7
SW	7.4	7.0	3.1	3.9	5.4
WSW	4.5	2.3	2.3	3.6	3.2
W	2.9	1.5	1.9	1.8	2.0
WNW	1.9	1.1	0.7	1.8	1.4
NW	2.9	2.1	2.4	3.2	2.6
NNW	8.6	6.2	12.0	19.6	11.5
C	4.0	3.3	3.7	3.3	3.6

全年: 年主导风向为 N, 频率为 18.3%, 次主导风向为 NNW, 出现频率为 11.5%, W 和 WNW 风向出现的频率最低, 频率分别为 2.0% 和 1.4%, 静风出现的频率为 3.6%。其风频变化趋势与多年的平均统计结果基本一致。

2.1.2 地面风速分析

通过查阅项目所在地气象资料, 各季节的风速日变化趋势非常相似, 白天风速较高, 夜间风速较

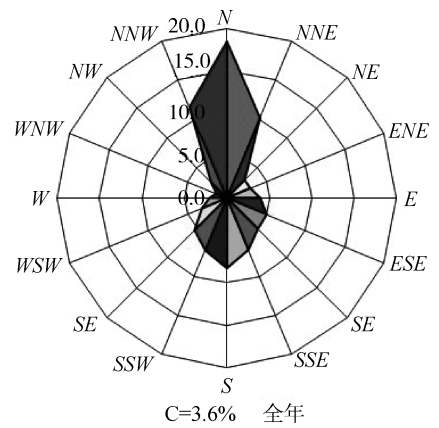


图 1 2013 年全年风频玫瑰图

Fig. 1 2013 annual wind rose chart

低。从早上 9:00 开始风速逐渐变大, 到 10:00—16:00 前后风速最大, 随后风速开始逐渐减小, 夜间 23:00—7:00 风速值最小。同一季节内夜间风速值变化不大, 秋季和冬季夜间风速值略高于春季和夏季。全年 N 和 NNE 风向的平均风速最大均为 2.5 m/s, W 年平均风速最小为 1.2 m/s。年内峰值风速出现在 1 月和 12 月, 平均风速在 2.2 m/s, 4 月最小, 平均风速为 1.6 m/s, 年平均风速为 1.9 m/s。

2.2 大气环境影响研究模式

由于国内对烟塔合一的排放技术没有相应的标准, 因而参考和利用德国空气清洁法 (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) 制定的 VDI3784 (德国工业协会 (Vere in Deutscher Ingenieure, 1990) 标准。该标准规范了冷却塔排放评估的启准条件和用 S/P 模式作为烟团抬升计算的标准办法。同时利用依照德国 2002 年空气清洁法 (TA Luft 2002) 研制的污染物扩散模式计算冷却塔排放对地面的浓度影响。作为对比, 采用规范烟囱排放烟气抬升的 VDI3782 标准计算与冷却塔同样排放量状况下其抬升高度和对地面的浓度影响。

2.2.1 冷却塔排放烟团抬升原理

与烟囱排放方式相比, 冷却塔烟气排放的明显特点是, 其烟团具有显著的热含量。Froude 数是代表排放口动力和热力关系的运动学相似数, 对冷却塔排放和烟囱排放而言, Froude 数存在一个较大的量级的区别。热力引起的抬升作用冷却塔要比烟囱排放大得多。由此形成在弱风情况下冷却塔排放烟团明显的抬升。污染物地面浓度与抬升后的源高的

平方成反比,在弱风条件下冷却塔排放相对烟囱排放而言对低空浓度贡献小的多。在大风状况时,情况相反,冷却塔排放烟团抬升低于烟囱排放。但在大风气象条件,总体而言有利于污染物扩散,因而总体而言冷却塔排放不失为一种好的选择。

2.2.2 德国2002年空气清洁标准研制的污染物扩散模式(VDI3945)

污染物扩散采用依照德国2002年空气清洁标准研制的污染物扩散模式(VDI3945第三部分),其算法采用拉格朗日方法,通过计算污染颗粒物的路径和空间分布来确定污染物的浓度。计算结果存在统计不稳定性。不稳定性与应用的颗粒数有关,可通过增加颗粒数来减小统计不稳定性。

烟团位置移动和湍流变化形式为:

$$x = \hat{x} + \tau[V(\hat{x}) + u + U] \quad (2)$$

$$u = \Psi(\hat{x}) \cdot \hat{u} + w \quad (3)$$

式中: x , u 为时间 t 时刻的值; \hat{x} , \hat{u} 为时间 $t - \tau$ 时刻的值; $V(\hat{x})$ 为平均风速; u 为湍流风速; U 为附加风速,如烟热力作用的抬升,沉降等; w 为速度增值; Ψ 为马尔可夫过程因子。

2.2.3 污染物扩散模式中的边界层气象模块

德国扩散模式边界层气象模块主要依据以下方法建立并经过 Prairie-Gras 实验检验。

边界层气象模式主要要素: 风速 $U(z)$ 、风速扰动、交换系数和位温。

其值主要取决于: 粗糙度长 z_0 , 摩擦速度 u^* , 莫宁-奥布霍夫长度尺度 L 和边界层厚度 h_m 。

2.3 大气环境影响研究数模试验

2.3.1 数模试验内容和情景

A 电厂大气影响研究内容和情景见表3。

表3 大气环境影响研究内容及情景

Tab. 3 contents and scenario of atmospheric environmental impact

污染源	排放方案	预测因子	预测内容
新增污染源 (正常排放)	烟塔排放方案	SO ₂ /NO ₂	最大小时浓度、占标率、出现位置,研究区域最大小时浓度分布
新增污染源 (正常排放)	烟塔排放方案	SO ₂ /NO ₂ /PM ₁₀	最大日均浓度、占标率、出现位置,研究区域最大日均浓度分布
新增污染源 (正常排放)	烟塔排放方案	SO ₂ /NO ₂ /PM ₁₀	最大年均浓度、占标率、出现位置,研究区域最大年均浓度分布

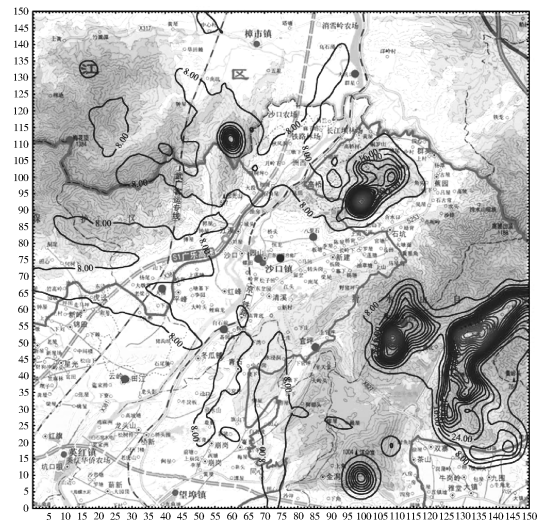
注: 计算点为网格点和环境空气保护目标。

2.3.2 数模试验结果及分析

从大气环境影响来看,分布5个浓度高值区,分别位于松光山北部、洋伞顶、滑水山自然保护区和洋伞岙。

2.3.2.1 小时浓度

1) A 电厂排放 SO₂ 的最大小时浓度坐标为 (19.9 km, 18.3 km), 位于电厂东北部约 5.9 km 附近, 位于滑水自然保护区北部, 浓度为 493.60 g/m³ (校核煤种 500.68 g/m³), 占标准值 (150 g/m³) 的 329.07% (校核煤种 333.79%), 研究范围内全年 SO₂ 小时浓度最大值的浓度等值线分布见图2。



注: x 、 y 为网格值, 网格距 200 m × 200 m, 设计煤种的浓度单位为 g/m³, 后图同上。

图2 区域 SO₂ 小时浓度最大值分布图

Fig. 2 Distribution map of the maximum concentration of regional SO₂ hours

从浓度分布图可以看出,最大小时浓度高值区基本分布在厂址的东北和东南区域。

2) A 电厂排放 NO₂ 的最大小时浓度坐标为 (19.9 km, 18.3 km), 位于电厂东北部约 5.9 km 附近, 位于滑水自然保护区北部, 浓度为 759.70 g/m³ (校核煤种 775.87 g/m³), 占标准值 (200 g/m³) 的 379.85% (校核煤种 387.93%), 研究范围内全年 NO₂ 小时浓度最大值的浓度等值线分布见图3。

从浓度分布图可以看出,最大小时浓度高值区基本分布在厂址的东北和东南区域。

3) 正常工况下, A 电厂对研究区域内各关心点

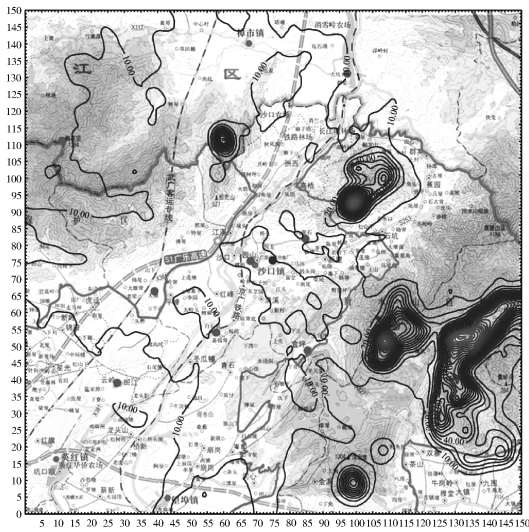


图3 区域 NO₂ 小时浓度最大值分布图

Fig. 3 Distribution map of the maximum concentration of regional NO₂ hours

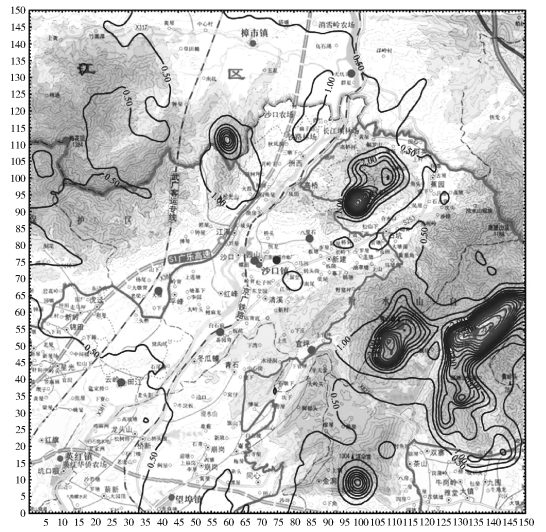


图4 区域 SO₂ 日均浓度最大值分布图

Fig. 4 Maximum daily concentration distribution of regional SO₂

SO₂、NO₂ 的最大小时浓度进行了数模分析

分析结果表明:对研究区域内各关心点,SO₂ 的最大小时浓度贡献值为 4.25~197.20 μg/m³(3 校核煤种 4.31~200.03 μg/m³),占小时浓度标准的 0.99%~131.47%(校核煤种 1.01%~133.35%);各敏感点中,对厂址东南部的九郎镇影响最大。NO₂ 的最大小时浓度贡献值为 6.54~303.50 μg/m³(校核煤种 6.68~309.96 μg/m³),占小时浓度标准(200 g/m³)的 0.27%~151.75%(校核煤种 3.34%~154.98%);各敏感点中,对厂址东南部的九郎影响最大。

2.3.2.2 日均浓度

1)SO₂ 在全年逐时的气象条件下,对研究区域地面逐日的日均浓度进行了预测。本工程 SO₂ 的最大日均浓度出现坐标为(20.1 km, 9.5 km),位于电厂东北约 8.8km 附近,位于滑水自然保护区西部,浓度为 28.70 g/m³(校核煤种 29.11 g/m³),占标准值(50 g/m³)的 57.40%(校核煤种 58.22%)。研究范围内全年 SO₂ 日均浓度最大值的浓度等值线分布图见图 4。

2)NO₂ 在全年逐时的气象条件下,对研究区域地面逐日的日均浓度进行了预测。本工程 NO₂ 的最大日均浓度出现坐标为(20.1 km, 9.5 km),位于电厂东北约 8.8 km 附近,位于滑水自然保护区西部,浓度为 44.15 g/m³(校核煤种 45.09 g/m³),

占标准值(80 g/m³)的 55.19%(校核煤种 56.36%)。研究范围内全年 NO₂ 日均浓度最大值的浓度等值线分布图见图 5。

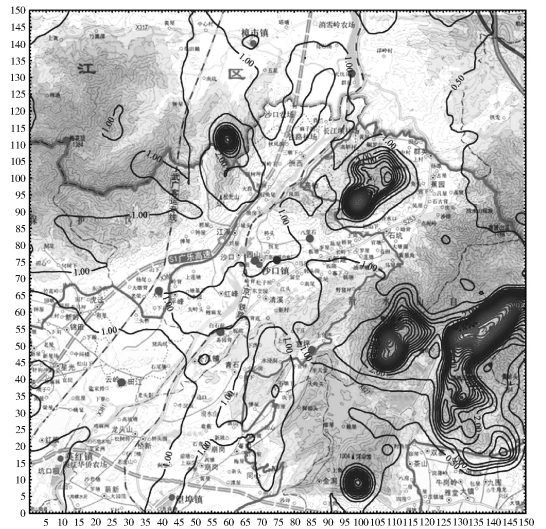


图5 区域 NO₂ 日均浓度最大值分布图

Fig. 5 Maximum daily concentration distribution of regional NO₂

3)A 电厂对研究区域内的关心点的最大日均浓度进行了预测,一年 365 天中,工程对各点关心点的 SO₂ 最大日均浓度贡献值在 0.41~9.43 μg/m³(校核煤种 0.42~9.56 μg/m³)之间,占 SO₂ 空气质量标准日均值的 0.27~18.85%(校核煤种 0.28%~19.12%);最大值关心点为九郎。NO₂ 最

大日均浓度贡献值在 $0.63 \sim 14.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (校核煤种 $0.65 \sim 14.81 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 之间, 占 NO_2 空气质量标准日均值的 $0.79\% \sim 18.13\%$ (校核煤种 $0.81\% \sim 18.51\%$); 最大值关心点为九郎。

4) A 电厂 PM_{10} 的最大日均浓度出现坐标为 (20.1 km, 9.5 km), 位于电厂东北约 8.8 km 附近, 位于滑水自然保护区西部, 浓度为 $5.78 \text{ g}/\text{m}^3$ (校核煤种 $6.89 \text{ g}/\text{m}^3$), 占标准值 ($50 \text{ g}/\text{m}^3$) 的 11.55% (校核煤种 13.78%)。研究范围内全年 PM_{10} 日均浓度最大值的浓度等值线分布图见图 6。

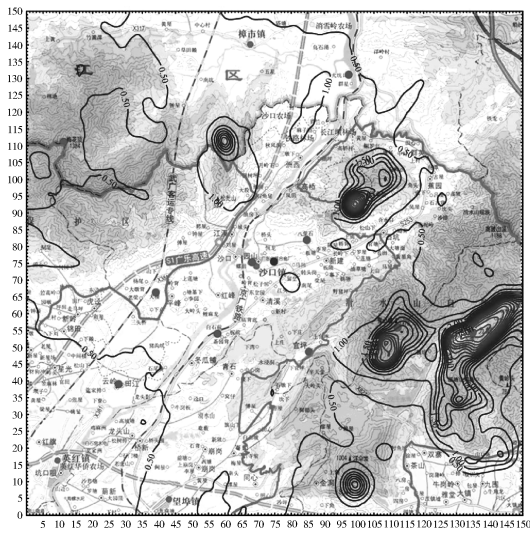


图 6 区域 PM_{10} 日均浓度最大值分布图

Fig. 6 Maximum daily concentration distribution of regional PM_{10}

A 电厂对各点关心点的最大日均浓度贡献值在 $0.08 \sim 1.90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (校核煤种 $0.08 \sim 1.94 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 之间, 占 PM_{10} 空气质量标准日均值的 $0.06\% \sim 3.79\%$ (校核煤种 $0.06\% \sim 3.87\%$); 最大值关心点为九郎。

2.3.2.3 年均浓度

1) A 电厂 SO_2 年均浓度高值区分布在电厂东北方向约 6.2 km 的区域, 位于滑水自然保护区北部, 最大年均浓度出现坐标为 (20.1 km, 18.5 km), 浓度为 $0.66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (校核煤种 $0.67 \text{ g}/\text{m}^3$), 占标准值 ($20 \text{ g}/\text{m}^3$) 的 3.30% (校核煤种 3.35%), 研究范围内年均浓度等值线分布图见图 7。

关心点年均浓度影响值, 均未超过 SO_2 评价标准年均值。从对关心点的浓度影响值看, 影响较

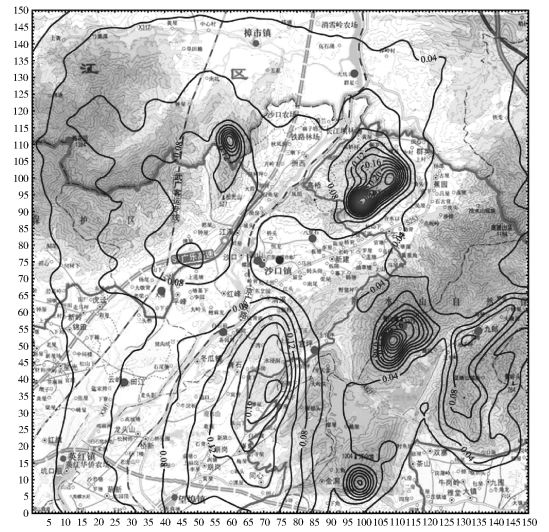


图 7 研究区域 SO_2 的年均浓度贡献值分布

Fig. 7 The average annual concentration of SO_2 in the study area

小, A 电厂的年均浓度影响值在 $0.05 \sim 0.18 \text{ g}/\text{m}^3$ (校核煤种 $0.05 \sim 0.18 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 之间, 占标准值的 $0.08 \sim 0.88\%$ (校核煤种 $0.08\% \sim 0.89\%$)。

2) A 电厂 NO_2 年均浓度高值区分布在电厂东北方向约 6.2 km 的区域, 位于滑水自然保护区北部, 最大年均浓度出现坐标为 (20.1 km, 18.5 km), 浓度为 $1.01 \text{ g}/\text{m}^3$ (校核煤种 $1.03 \text{ g}/\text{m}^3$), 占标准值 ($40 \text{ g}/\text{m}^3$) 的 2.53% (校核煤种 2.58%), 研究范围内年均浓度等值线分布图见图 8。

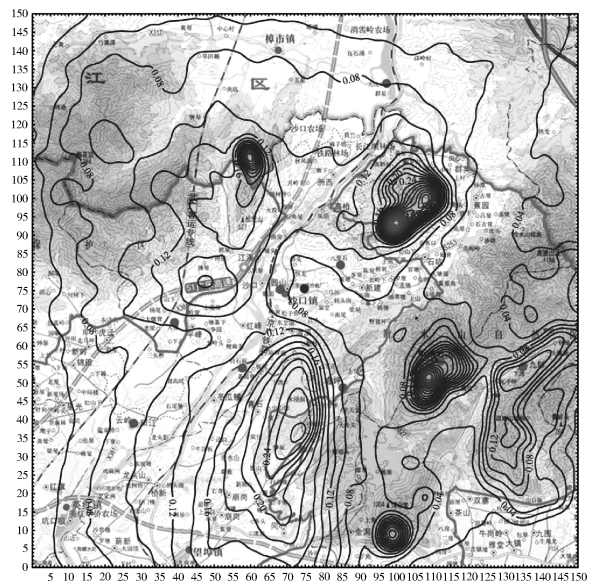


图 8 研究区域 NO_2 的年均浓度贡献值分布

Fig. 8 Distribution of annual average concentration of NO_2 in the study area

关心点年均浓度影响值, 均未超过 NO_2 评价标准年均值。从对关心点的浓度影响值看, 影响较小, 工程的年均浓度影响值在 $0.07 \sim 0.27 \text{ g/m}^3$ (校核煤种 $0.08 \sim 0.28 \mu\text{g/m}^3$) 之间, 占标准值的 $0.19\% \sim 0.67\%$ (校核煤种 $0.19\% \sim 0.69\%$)。

3) A 电厂 PM_{10} 年均浓度高值区分布在电厂东北方向约 6.2 km 的区域, 位于滑水自然保护区北部, 最大年均浓度出现坐标为 $(20.1 \text{ km}, 18.5 \text{ km})$, 最大年均浓度出现坐标为 $0.133 \mu\text{g/m}^3$ 校核煤种 0.158 g/m^3 , 占标准值 (40 g/m^3) 的 0.332% (校核煤种 0.396%), 研究范围内年均浓度等值线分布图见图 9。

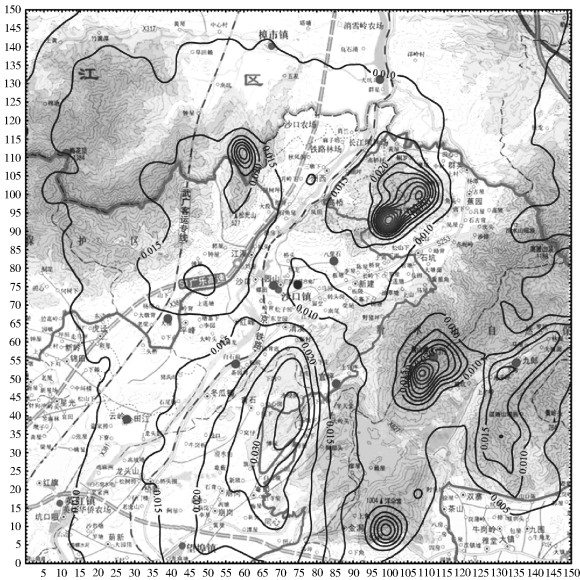


图 9 研究区域 PM_{10} 的年均浓度贡献值分布

Fig. 9 Distribution of annual average concentration of PM_{10} in the study area

关心点年均浓度影响值, 均未超过 PM_{10} 评价标准年均值。从对关心点的浓度影响值看, 影响较小, A 电厂的年均浓度影响值在 $0.010 \sim 0.035 \text{ g/m}^3$ (校核煤种 $0.010 \sim 0.036 \mu\text{g/m}^3$) 之间, 占标准值的 $0.014\% \sim 0.088\%$ (校核煤种 $0.014\% \sim 0.090\%$)。

2.3.3 工程实施后的空气质量状况分析

将叠加现状背景值, 对项目各关心点和区域的环境质量状况进行分析。 SO_2 、 NO_2 的小时浓度叠加在九郎处超标, 区域最大值点严重超标, 占标率为 360.40% 和 406.85% 。 SO_2 的日均浓度叠加在区域最大值点超标, 占标率为 135.40% ; NO_2 的日均

浓度叠加在区域最大值点超标, 占标率为 105.19% ; PM_{10} 的日均浓度叠加在梅花顶、雪山嶂和区域最大值点处超标, 占标率为 272.17% 、 272.83% 和 285.55% 。

3 数模试验结果

在收集分析了 A 电厂设计资料和气象资料后, 就烟塔塔形设计与烟塔设计方进行了反复调整与计算的基础上, 对项目“烟塔合一”的排烟方式的环境可行性进行了科学严谨的论证, 并就其对大气环境影响进行了研究, 主要研究结论如下:

3.1 烟塔合一塔形设计的工程可行性

用 (*Froude* 数) 的判定方法, 对 A 电厂工程满负荷、75% 负荷和极端温度条件下逐月设计参数的 *Froude* 数进行了计算, 结果表明: *Froude* 数在 $0.68 \sim 1.00$ 之间, 均大于 0.35 , 烟塔的设计形状和废热利用达到烟塔排放评估条件, 即烟塔设计 (外形和排放参数) 在工程上是可行的。

3.2 烟塔合一排放大气污染物的环境影响

整个研究区域存在 5 个浓度高值区, 分别位于松光山北部以及滑水山自然保护区内的洋伞顶、洋伞岷、雪山嶂和高峻山顶。其中小时浓度局部超标较多, SO_2 最大小时浓度为 493.60 g/m^3 , 占一级标准值 (150 g/m^3) 的 329.07% ; NO_2 最大小时浓度为 759.70 g/m^3 , 占一级标准值 (200 g/m^3) 的 379.85% 。 SO_2 、 NO_2 的日均浓度叠加后, 区域最大值点均超标, 占标率分别为 135.40% 和 105.19% ; PM_{10} 的日均浓度叠加后区域最大值浓度超标严重, 占标率为 285.55% 。

4 工程烟塔合一排烟的制约因素分析

4.1 所在区域地形的复杂性

A 电厂所在英德地处五岭山地南缘, 是一个周围山地环绕向南倾斜的盆地, 北江自北向南贯穿其境。英德市东面是滑水山山脉, 北面是黄思脑山脉, 南面是花岗岩、低山及丘陵, 西面是由一系列呈西北—东南走向的山脉屏障。地理高程为海拔 55 m , 两侧高山耸立, 东面山地最高峰为雪山嶂, 海拔 1379 m ; 西北面山地最高峰为梅花顶, 海拔 1384 m 。项目所在区域复杂的地形构成了局地小区域复杂的风温场特征, 容易形成烟塔排放烟羽的撞山现象, 从而导致局地大气污染

高浓度区。

4.2 区域环境的敏感性

研究区域内有广东石门台国家自然保护区和英德滑水山市级自然保护区。如此地理位置,使电厂厂址处在一个较为敏感的环境当中,大气污染物排放面临着超越生态红线。

4.3 环境影响的约束性

电厂在采取了低于燃机排放标准的排放措施后(排放浓度 SO_2 为 15 mg/m^3 , NO_x 为 25 mg/m^3 , 烟尘为 3 mg/m^3), 大气污染物排放对自然保护区的影响仍然严重, 小时浓度 SO_2 超过标准 2.3 倍, NO_2 超过标准 2.8 倍。要使工程烟塔排放的环境影响满足其环境功能要求, SO_2 和 NO_x 的排放水平需控制在 4 mg/m^3 以下, 采取进一步的治理措施将面临治理措施的技术瓶颈和付出更大的经济代价, 其一, 目前国内外尚无成熟的相关治理技术; 其二, 类似技术在投资和运行维护上将付诸更大的经济投入(具体投入情况需进一步研究)。

(上接第 38 页 Continued from Page 38)

通过表 6 和表 7, 可以得出两段测量管路方案可以获得所需量程比流量(200:1)的精确测量, 但是测量方案价格增加明显。

3 结论

通过工程实践证明, 通过合理设计多段测量管路和选用流量计方案, 可以实现的大量程比流量的测量。但是, 大量程比的流量精确测量意味着更多设备和仪表, 也需要更高的一次投资成本和后续维护成本。因此建议各发电厂可仔细核实外部实际热负荷需求, 确定准确的、合适的量程范围, 进而相应确定精确的和经济的流量测量方案。

参考文献:

- [1] 周人. 大量程比的流量测量方案 [J]. 石油化工自动化, 2011(3): 55-57.
ZHOU R. Flow measurement solutions of large range ratio [J]. Petrochemical Automation, 2011(3): 55-57.
- [2] 李砚清, 俞京. 大量程比节流式微机流量计 [J]. 自动化仪表, 1992(8): 40-44.
LI Y Q, YU J. Large range ratio flowmeter [J]. Automation Instrument, 1992(8): 40-44.
- [3] 周人. A+K 平衡流量计的独特性能和典型应用 [J]. 化工

5 结论

A 电厂是广东地区首次尝试烟塔合一排烟方案的研究, 从结果上看是一次积极的尝试, 首先用 (*Froude* 数) 的判定方法, 证明了华南地区本工程烟塔设计(外形和排放参数)在工程上是可行的。由于地理环境的制约局部地区存在污染物超标的情况。其次表明多山、盆地、丘陵地区不适宜烟塔合一项目的实施。因此建议烟塔合一技术在平原地区电厂项目中具有较高的推广价值。

参考文献:

- [1] 马忠强, 汪林, 朱京海, 等. $2 \times 300 \text{ MW}$ 机组烟塔合一方案大气环境影响分析 [J]. 环境科学研究, 2012, 25(12): 1416-1421.
MA Z Q, WANG L, ZHU J H, et al. Analysis of the atmospheric environmental impact of a stack-cooling tower project for a $2 \times 300 \text{ MW}$ generating unit [J]. Research of Environmental Sciences, 2012, 25(2): 1416-1421.

(责任编辑 张春文)

与医药工程, 2011, 32(3): 54-57.

ZHOU R. Unique performance and typical application of A+K balanced flow meter [J]. Chemical Engineering and Pharmaceutical Engineering, 2011, 32(3): 54-57.

- [4] 廖审析, 王华忠. 文丘利管与 A+K 平衡流量计的应用比较 [J]. 化工与医药工程, 2011, 32(2): 48-51.

LIAO S X, WANG H Z. Comparison of venturi flow meter and A+K balanced flow meter [J]. Chemical Engineering and Pharmaceutical Engineering, 2011, 32(2): 48-51.

- [5] 李康康, 贾玉明, 葛素楠. 多孔孔板节流装置的应用 [J]. 石油化工自动化, 2010, 46(4): 60-63.

LI K K, JIA Y M, GE S N. Application of porous throttling device [J]. Petrochemical Automation, 2010, 46(4): 60-63.

- [6] 曾长春. 应用 DCS 开发蒸汽计量管理信息系统 [J]. 自动化与仪器仪表, 1996(5): 38-42.

ZENG C C. Design of steam measure device using DCS system [J]. Automation and Instrument, 1996(5): 38-42.

- [7] 黄琼, 赵康. 差压式流量计范围度的扩展与作用 [J]. 化工与医药工程, 2013, 34(4): 58-61.

HUANG Q, ZHAO K. Expansion of differential pressure flowmeter scope [J]. Chemical Engineering and Pharmaceutical Engineering, 2013, 34(4): 58-61.

- [8] 裴顺. 湿法脱硫系统常用仪表选型 [J]. 工业仪表与自动化装置, 2009(6): 21-24.

PEI S. Instrument selection for FGD system [J]. Industrial Instrumentation and Automation Equipment, 2013, 2009(6): 21-24.

(责任编辑 郑文棠)