

衢州市大气 SO₂、NO_x 减排效果分析

刘劲夫¹, 陈 利², 金 鑫³, 叶海涛¹, 李强彪³

- (1. 巨化集团有限公司, 浙江 衢州 324004;
2. 浙江省生态环境科学设计研究院, 浙江 杭州 310007;
3. 浙江环科环境研究院有限公司, 浙江 杭州 310007)

摘 要: 基于衢州市《治气攻坚战暨打赢蓝天保卫战 2019 工作计划》内容, 采用科学规范的大气主要污染物减排核算体系, 对衢州市 2019 年大气污染物减排量进行核算。结果表明, 全市 SO₂ 排放量为 36 513 t, NO_x 排放量为 38 158 t, 较 2018 年分别削减 2.08%、2.04%, 较 2015 年分别削减 24.01%、17.06%, 并明确了各行业和各地区对本市污染物减排的贡献度。减排分析表明在 2019 年治气工作计划的各项措施实施下, 污染物减排工作完成了年初计划目标, 空气环境质量得到了明显改善, 并结合衢州市具体现状, 为本市空气质量提出了进一步改善性的建议。

关键词: 大气污染物; 减排; 核算; 减排措施

中图分类号: X51

文献标志码: A

DOI: 10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.2020.03.008

Analysis of Emission Reduction Effect of SO₂ and NO_x in Quzhou City

LIU Jingfu¹, CHEN Li², JIN Xin³, YE Haitao¹, LI Qiangbiao³

- (1. Juhua Group Co., Ltd, Quzhou 324004, China; 2. Zhejiang Ecological Environmental Scientific Design and Research Institute, Hangzhou 310007, China; 3. Zhejiang Environmental Research Institute Co., Ltd, Hangzhou 310007, China)

Abstract: Based on the "Working Plan for Atmosphere Controlling Critical Battle & Fighting for the Blue Sky 2019" in Quzhou, a scientific and standardized accounting system was employed to calculate the major air pollutant emission reductions of Quzhou in 2019. The results showed that the emission amount of SO₂ was 36,513 tons and the NO_x was 38,158 tons. The emission amounts of the two pollutants decreased by 2.08% and 2.04% compared with those in 2018, and decreased by 24.01% and 17.06% compared with those in 2015. The contribution of all industries and regions to the pollutant reduction of Quzhou was also clarified. The emission reduction analysis indicated that, based on the implementation of various measures of the atmosphere controlling work plan in 2019, the target of the pollutant emission reduction set at the beginning of the year was completed. The air environmental quality was significantly improved. And according to the specific status of Quzhou, some suggestions were proposed to future improve the atmospheric quality.

Keywords: Atmospheric Pollutant; Emission Reduction; Accounting; Emission Reduction Measures

CLC number: X51

随着社会经济的发展, 工业污染、人口增长、机动车的增多和能源的过度利用, 导致环境污染问题愈发严重, 大气污染物排放不断增多, 空气环境质量不断下降, 因此改善空气质量环境已成为亟待解决的问题^[1]。

面对日益增长的环境压力, 衢州市努力践行“绿水青山就是金山银山”的发展理念, 以建设生态文明为引领, 以改革创新为动力, 推进产业结构和能源结构的优化调整, 完善污染物监测和考核体系, 开展实施了衢州市治气攻坚战暨打赢蓝天保卫战 2019 年

工作计划^[2]、召开市政府第 19 次常务会议通过《衢州市治气攻坚战行动方案》^[3]等工作内容, 该工作计划的主要目标是改善空气环境质量, 使 2019 年市区 PM_{2.5} 平均浓度达到 35 μg/m³, 空气质量优良天数比率达到 88%, 全市完成省下达的大气主要污染物总量减排等目标^[4]。本研究根据工作计划中提出的各类具体减排措施, 建立科学规范的减排核算方法, 核算出 2019 年大气主要污染物排放量, 对衢州市 2019 年治气攻坚战的治理效果进行规范评估, 以评价防治行动对改善本市空气质量的积极影响^[2,5]。

收稿日期: 2020-01-20

作者简介: 刘劲夫(1982-), 男, 博士、工程师。研究方向: 生态环境技术研究与管理。E-mail: 412538204@qq.com

引用格式: 刘劲夫, 陈 利, 金 鑫, 等. 衢州市大气 SO₂、NO_x 减排效果分析[J]. 环境保护科学, 2020, 46(3): 46-50.

1 大气主要污染物减排核算方法

本研究根据《2019 年主要污染物总量减排核算有关要求》^[6],从重点减排工程和其他减排工程两方面对衢州市大气污染物减排情况进行核算,采用如下减排核算方法体系^[6-12]。

1) 基于重点减排工程中已发放排污许可证的重点涉气行业的大气污染物减排核算方法见式(1)。

$$R = \sum_{i=1}^n (E_{i\text{上年}} - E_{i\text{本年}}) \quad (1)$$

式(1)中, R 为本年本省份火电、钢铁、水泥、平板玻璃、炼焦、石化等行业主要大气污染物新增削减量, t; $E_{i\text{上年}}$ 为上年本省份第 i 个企业排污许可执行报告中实际排放量, t; $E_{i\text{本年}}$ 为本年本省份火电、钢铁、水泥、平板玻璃、炼焦、石化等行业第 i 个企业排污许可执行报告中主要大气污染物实际排放量, t; n 为本省份全口径核算行业企业个数。

2) 基于重点减排工程中未发放排污许可证的工业行业的大气污染物减排核算方法。有在线监测数据的企业见式(2)。

$$R = \sum_{i=1}^n (c_{i\text{上年}} \times Q_{i\text{上年}} \times T_{i\text{上年}} - c_{i\text{本年}} \times Q_{i\text{本年}} \times T_{i\text{本年}}) \times 10^{-9} \quad (2)$$

式(2)中, R 为重点涉气行业企业 2019 年主要大气污染物新增削减量, t; c 为企业第 i 个排放口标准状态下干烟气污染物的小时排放质量浓度, mg/m³; Q 为第 i 个排放口标准状态下干烟气排放量, m³; T 为第 i 个排放口累计运行时间, h; n 为企业排放口数量。

无在线监测数据的企业见式(3~5)。

$$R_{\text{其他工业}} = \sum_{i=1}^n \frac{E_{i\text{上年}}}{P_{i\text{上年}}(1-\eta_0)} (\eta_1 - \eta_0) P_i \quad (3)$$

$$R_{\text{锅炉}} = \sum_{i=1}^n M_{i\text{锅炉}} \times S_{i\text{锅炉}} \times 1.7 \times (\eta_1 - \eta_0) \times 10^4 \quad (\text{燃煤锅炉脱硫工程}) \quad (4)$$

$$R_{\text{锅炉}} = \sum_{i=1}^n M_{i\text{锅炉}} \times pf_{i\text{锅炉}} \times (\eta_1 - \eta_0) \times 10 \quad (\text{燃煤锅炉脱硝工程}) \quad (5)$$

式(3~5)中, $E_{i\text{上年}}$ 为其他行业第 i 台设备上年同期主要大气污染物排放量, t; $P_{i\text{上年}}$ 为其他行业第 i 台设备上年同期产品产量, t; P_i 为核算期其他行业第 i 台设备新建或改造脱硫、脱硝设施后产品产量, t; η_0 为其他行业第 i 台设备脱硫、脱硝设施上年同期综合去除效率, %; η_1 为核算期其他行业第 i 台设备

新建或改造脱硫、脱硝设施后综合去除效率, %; η 为核算期其他行业新建或改造脱硫、脱硝设施的生产装置总数; $M_{i\text{锅炉}}$ 为核算期第 i 台工业锅炉新建或改造脱硫设施后的煤炭消费量, 10×10^3 t; $S_{i\text{锅炉}}$ 为核算期第 i 台工业锅炉新建或改造脱硫设施后的煤炭平均硫分, %; $pf_{i\text{锅炉}}$ 为核算期第 i 台工业锅炉吨煤氮氧化物产污系数, kg/t; 系数 1.7 表示煤中硫分转二氧化硫释放系数, $(\text{SO}_2/\text{S}) \times 0.85$ (平均转化效率)。

3) 基于重点减排工程中清洁能源代替工程的大气污染物减排核算方法见式(6)。

$$R_{\text{清洁能源}} = \sum_{i=1}^n E_{i\text{锅炉}} \times \frac{m}{12} \quad (6)$$

式(6)中, $E_{i\text{上年}}$ 为上年第 i 个原有燃煤锅炉(工业窑炉)的 SO₂ 排放量, t; m 为核算期清洁能源替代工程实施月份总数; n 为采取清洁能源替代工程的燃煤锅炉(工业窑炉)总数。

$$R_{\text{改气NO}_x} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{m}{12} E_{i\text{上年}} - G_i \times ef_{\text{气}} \times 10^{-3} \right) \quad (7)$$

式(7)中, m 为核算期第 i 个生产设施或燃煤锅炉实施清洁能源替代的月数; $E_{i\text{上年}}$ 为上年实施清洁能源替代的生产设施或锅炉氮氧化物排放量, t; G_i 为核算期第 i 个生产设施或锅炉燃气消耗量, t; $ef_{\text{气}}$ 为核算期第 i 个燃气生产设施或锅炉氮氧化物排污系数, 根据核算要求^[6,12], 改天然气参考取值 8×10^{-4} kg/m³, 改电参考取值 0; n 为核算期实施清洁能源替代的生产设施或锅炉总数。

4) 基于交通运输行业的氮氧化物减排核算方法, 见式(8)。

$$E_{\text{车}} = E_{\text{车上年}} + I_{\text{车}} - R_{\text{车}} \quad (8)$$

式(8)中, E 为机动车 NO_x 放量, t; I 为机动车 NO_x 新增排放量, t; R 为机动车 NO_x 新增削减量, t。(系数 I 及 R 根据中国环境科学研究院发布的《机动车总量减排核算方法》中, 根据不同车大小、类别选取不同系数)。

5) 基于散煤清洁化治理工程的大气污染物减排核算方法, 二氧化硫减排量计算见式(9)。

$$R_{\text{SO}_2} = M_{\text{户均耗煤量}} \times N \times S \times \alpha \times 10^4 \quad (9)$$

式(9)中, R_{SO_2} 为散煤清洁化替代工程二氧化硫减排量, t; $M_{\text{户均耗煤量}}$ 为替代的散煤量, t; N 为清洁能源替代的户数; S 为替代的散煤硫分, %; α 为 SO₂ 释放系数, 散煤取 0.8。氮氧化物减排量计算见式(10)。

$$R_{\text{NO}_x} = M_{\text{户均耗煤量}} \times N \times pf \times 10 - G \times ef \quad (10)$$

式(10)中, R_{NO_x} 为散煤清洁化替代工程 NO_x

减排量, t; $M_{\text{户均耗煤量}}$ 为替代的散煤量, t; N 为清洁能源替代的户数; pf 为 NO_x 排放系数; G 为气代煤后天然气消耗量, m^3 , 当改为氢气、太阳能及电时取 0; ef 为天然气 NO_x 排污系数, 取 $8 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^3$ 。

6) 基于“散乱污”企业综合整治的 NO_x 减排核算方法, 见式(11)。

$$E_{\text{散乱污企业}} = P_{\text{上年}} \times pf \times 10^{-3} - P_{\text{本年}} \times pf \times (1 - \eta) \times 10^{-3} \quad (11)$$

式(11)中, $E_{\text{散乱污企业}}$ 为实施有效治理或关停淘汰的涉气“散乱污”企业本年主要大气污染物削减

量, t; $P_{\text{上年}}$ 为实施有效治理或关停淘汰的涉气“散乱污”企业上年主要产品产量; $P_{\text{本年}}$ 为实施有效治理或关停淘汰的涉气“散乱污”企业本年主要产品产量; pf 为单位产品污染物产污系数, 根据核算方法^[6]系数手册中对于不同行业、工艺、产品系数参考确认; η 为污染治理设施去除效率, %。

2 大气主要污染物排放量变化分析

2018 ~ 2019 年衢州市大气主要污染物排放清单, 见表 1。

表 1 衢州市 2018 ~ 2019 年大气主要污染物排放及减排量

污染物	2018 a	2019 a	2019 a 相对 2018 a 变化率/%	2019 a 相对 2015 a 变化率/%
SO_2 排放量/t	37 280.87	36 513.21	-2.08	-24.01
NO_x 排放量/t	38 950.72	38 158.05	-2.04	-17.06
SO_2 减排量/t	/	767.66	/	/
NO_x 减排量/t	/	792.67	/	/

2019 年衢州市各类减排工程的大气主要污染物排放量和减排量, 见表 2。

表 2 衢州市 2019 年各类减排工程的大气主要污染物排放及减排量

类别	SO_2 排放量/t	NO_x 排放量/t	SO_2 排放比例/%	NO_x 排放比例/%	SO_2 减排量/t	NO_x 减排量/t	SO_2 减排比例/%	NO_x 减排比例/%
火电行业	4 699.70	10 353.60	12.900	27.100	81.8	498.7	10.66	62.90
钢铁行业	8 281.20	13.53	22.700	0.035	223.2	13.5	29.08	1.70
水泥行业	1 736.60	12 022.90	4.800	31.500	-82.6	195.3	-10.76	24.60
石化行业	1.46	26.88	0.004	0.070	0.3	-6.8	0.03	-0.86
焦化行业	323.10	10 68.60	0.880	2.800	181.6	13.3	23.60	1.68
其他行业	21 471.20	10 440.30	58.800	27.400	363.3	78.8	47.30	9.90
机动车	/	4 259.30	/	11.200	/	0	/	0

注: 本市不核算散煤清洁化治理、“散乱污”企业综合整治减排量。

全市重点工程 SO_2 减排量 767.655 t, NO_x 减排量 792.668 t。其中, 电力行业共削减 SO_2 81.81 t、 NO_x 498.69 t, 以上削减主要通过火电行业中燃煤机组实施超低排放改造, 从技术层面提升发电机组绿色发电效率实现; 水泥行业 NO_x 削减 195.25 t, 以上 NO_x 削减主要通过部分熟料生产关闭, 废气集中处理, 提升有组织排放治理设施的脱氮效率实现; 钢铁企业初步核算共削减 SO_2 223.24 t、 NO_x 13.53 t, 以上削减主要通过钢铁企业 SO_2 超低排放改造及提升

脱氮设施效率等工程改造实现; 石化企业初步核算共削减 SO_2 0.3 t、 NO_x 6.81 t, 以上削减主要依托石化企业废气集中处置脱硫效率提升实现; 焦化企业初步核算共削减 SO_2 181.65 t、 NO_x 削减 13.25 t, 以上削减主要依托企业废气集中处置, 超低排放改造实现; 结构调整关停淘汰共削减 SO_2 363.3 t、 NO_x 78.76 t, 主要为工业企业生产锅炉淘汰、关闭实现削减。

2019 衢州市各地区工业源、农业源、生活源大气主要污染物减排总量, 见表 3。

表 3 2019 年衢州市区县三源大气主要污染物减排量

污染物	地区							
	柯城区	巨化	衢江区	集聚区	江山市	龙游县	常山县	开化县
SO_2 /t	96.18	-5.91	31.11	409.74	-40.41	34.65	242.30	0
NO_x /t	37.83	122.30	140.00	33.45	13.60	336.30	106.22	0
SO_2 减排比例/%	12.53	-0.70	4.05	53.38	-5.26	4.51	31.56	0
NO_x 减排比例/%	4.80	15.49	17.73	4.24	1.72	42.59	13.45	0

注: 本市不核算散煤清洁化治理、“散乱污”企业综合整治减排量。

2.1 二氧化硫

衢州市 2019 年 SO_2 的排放量为 3.65 万 t, 同

比减排了 2.06%, 5 年减排 24.01%, 减排效果明显。从各行业排放量占比来看, 其他行业是 SO_2 的

主要排放源,占比为 58.8%;其次是钢铁行业,占比为 22.7%;火电行业 and 水泥行业分别为 12.9% 和 4.8%,以上行业基本覆盖了本市 SO₂ 的排放。对于各行业减排量,其他行业的减排量贡献最大,为 47.3%;接下来依次为钢铁行业、焦化行业和火电行业,分别为 29.08%、23.6% 和 10.66%;钢铁行业、焦化行业和石化行业减排效果不明显,其中水泥行业出现了新增排放量,为 82.6 t。

从各地区减排分布来看,衢州市总减排量为 767.66 t,集聚区的减排贡献量最大,为 53.38%;其次是常山县和柯城区,分别为 31.56% 和 12.53%;巨化和江山市本年度出现了新增排放量,分别为 5.91 t 和 40.41 t。

2.2 氮氧化物

衢州市 2019 年 NO_x 的排放量为 3.81 万 t,同比减排了 2.04%,5 年减排 17.06%,减排效果明显。从各行业排放量占比来看,水泥行业、火电行业和其他行业是 NO_x 的主要排放源,占比分别为 31.5%、27.1% 和 27.4%;机动车 NO_x 排放量占比也较大为 11.2%;接下来为焦化行业,占比为 2.8%;这 5 个行业基本覆盖了本市 NO_x 的排放。对于各行业减排量,火电行业的减排量贡献最大,为 62.9%;接下来依次为水泥行业和其他行业,分别为 24.6% 和 9.9%;石化行业和水泥行业减排效果不明显,其中石化行业出现了新增排放量,为 6.8 t。

从各地区减排分布来看,全市总减排量为 792.67 t,各地区 NO_x 排放无新增排放地区,龙游县的减排贡献量最大,为 42.59%;其次是衢江区、巨化区和常山县,分别为 17.73%、15.49% 和 13.45%。

2.3 大气环境质量改善情况

2019 年,市区空气质量稳定达到国家二级标准,PM_{2.5} 平均浓度为 33 μg/m³,AQI 优良率为 93.4%,环境空气质量综合指数 3.73。6 项主要大气环境质量指标中,PM₁₀ 浓度均值为 51 μg/m³,与上年持平;NO₂ 浓度均值为 31 μg/m³,较上年同期上升 3.3%;SO₂ 浓度均值为 7 μg/m³,较上年同期下降 12.5%;CO 浓度均值为 0.7 μg/m³,较上年同期持平;O₃ 浓度均值为 88 μg/m³,较上年同期上升 3.5%。从以上数据来看,2019 年大气环境质量总体较好,与减排核算结果相比,呈现较为明显的相关性。

3 全年大气污染物减排措施分析

由上述分析可知,2019 年衢州市大气主要污染

物减排完成了年初计划目标,空气环境质量得到了明显改善,各行业和地区大气主要污染物排放量基本都相应地减少。本市从产业、能源、交通运输、管理监测等方面采取了相应措施治理大气污染,通过推进工作计划的落实,并超额完成了治气攻坚战工作计划各项任务,使得大气污染物减排量远超过由于社会发展而造成的大气污染物增排量,产生了正向减排的效果。

3.1 调整优化产业结构、能源结构

调整优化产业结构和能源结构是大气污染物减排的关键措施^[3-4],全市 2019 年从强化产业布局调整、加速“散乱污”企业综合整治、强化工业源达标排放治理等方面调整产业结构。从严格煤质监管与煤炭总量控制、强化锅炉综合治理、加大清洁能源利用等方面调整能源结构。

3.1.1 调整优化产业结构 全市 2019 年淘汰落后产能和压减过剩产能企业 89 家;通过完善“散乱污”企业动态管理机制,实行网格化管理,压实基层责任,发现一起查处一起的治理模式,对涉气“散乱污”企业实行关停、提升、搬迁入园等方式,共完成清理整顿 130 家。通过开展雷霆斩污“回头看”和秋冬季大气污染防治专项执法行动,完成整治了 50% 以上的企业和部分涉 VOCs 企业在线监控安装。在强化工业废气的治理上,通过挥发性有机废气的治理、钢铁行业超低排放改造、废气无组织排放改造和气异味治理 4 种方式,分别完成了 27 个工业 VOCs 治理项目、4 个钢铁行业超低排放改造项目、42 个无组织排放改造项目以及 7 个臭气异味治理项目。

3.1.2 调整优化能源结构 在控制煤炭总量上,本市 2019 年度煤炭消费总量基本与上年度持平,未能在煤炭消费总量方面改善能源结构。在锅炉综合治理方面,淘汰了 19 台燃煤小锅炉,完成了 3 台燃气锅炉低氮改造。推进增加清洁能源的使用量,加快推进煤改气、油改气工作,天然气供应量达到 4.29 亿 m³,实现了天然气县县通。

3.2 调整优化运输结构,加强机动车污染防治

在货物运输结构方面,2019 年全市新增公交、出租、新能源或清洁能源使用数 100 辆,邮政车辆新能源或清洁能源使用数 30 辆,全市新增公交、环卫、邮政、出租、通勤、轻型城市物流车辆中新能源车比例达到 80%,淘汰国Ⅲ及以下标准营运柴油货车 834 辆。

强化油品质量监管,全市已经全面供应国Ⅵ汽柴油,按照年度抽检计划,在全市加油站抽检车用汽柴油共计 60 个批次,实现年度全覆盖。开展对大型工业企业和机场自备油库油品质量专项检查,对发现的问题依法依规进行处置。

在用车环境管理方面,已建成衢江区超限站建立机动车尾气遥感监测点,实现排放检验机构监管全覆盖。建立黑名单和强制维修制度,秋冬季每月开展一次以上上路检查,2019 年度共开展 4 次联合检查。

3.3 其他各项污染物减排措施

3.3.1 优化调整用地结构 全面推进露天矿山综合整治工作^[3-4]。对采露天矿山和现存废弃矿山进行了全面排查,针对存在问题分类开展综合整治。2019 年度全市已完成治理方案编制 35 个,已开工治理废气矿山 31 个,已交工验收矿山 18 个。强化扬尘综合整治工作,定期动态更新施工工地管理清单,工地安装在线监测。严格规范管理渣土运输车辆,全面清理拆迁造成的渣土和建筑垃圾。持续推进秸秆综合利用和禁烧,建设秸秆还田利用、离田利用、收贮体系,全市 2019 年秸秆利用率为 95%。

3.3.2 大气监测监控体系建设 2019 年,市本级建成遥感监测点 1 个、黑烟抓拍点 5 个,4 个县市分别建设 2 个共计 8 个黑烟点。完善了环境监测监控网络,完成建设环境空气质量自动监测站点 7 个。完善 VOCs 监测监控能力建设,已完成某工业区监测预警监控体系建设,某经济开发区安装完成 1 套空气自动监控设施。遥感项目在全省率先完成招投标,并于年底竣工验收。

4 结论与建议

4.1 结论

本研究根据文献 [2] 提出的主要措施,结合衢州市实际情况,对全市 2019 年大气主要污染物排放量进行核算,通过建立科学规范的污染物减排核算体系,对比 2018 年污染物排放量,量化考核该工作计划的措施效果。由污染物核算可知,全市 SO_2 排放量为 36 513 t, NO_x 排放量为 38 158 t, SO_2 减排为 767.66 t, NO_x 减排为 792.67 t,较 2018 年分别削减 2.08%、2.04%,较 2015 年分别削减 24.01%、17.06%,明确了各行业 and 各地区对本市污染物减排的贡献度。

根据上述核算可以看出,大气治理工作计划对于治理本市空气质量具有明显的效果,通过产业、

能源、交通运输、管理监测等方面的优化调整,对于改善大气污染物排放是起积极作用的。

产业结构存在较大优化空间,衢州市工业产业结构有待丰腴,钢铁行业废气排放占全市大气污染物排放量较大比例,能源消费结构以煤炭为主,消费总量控制不到位;且大部分工业企业环保治理设施建设空间不足,需进一步优化;地区治理效果存在较大差异,污染物减排贡献度主要分布在几个地区,其他地区的治理效果不明显,需进一步优化治理措施,降低其他地区的污染物排放量。

4.2 建议

1) 加快制定地方排放标准,衢州市现有企业废气排放已远远低于现行排放标准,由于标准滞后,无法与实际排放情况匹配,造成了管理和执法的困难,建议加快制定相关地方排放标准。

2) 建议将环境空气质量综合指数纳入大气考核,环境空气质量综合指数作为一项综合性指标,能够较为客观的体现环境空气质量状况。

参考文献

- [1] 常纪文,张俊杰.“十三五”期间中国的环境保护形势[J].环境保护,2016,44(增1):39-42.
- [2] 衢州市生态环境局.衢州市治气攻坚战暨打赢蓝天保卫战 2019 年工作计划.[EB/OL].(2019-06-03)[2020-02-11].http://sthjj.qz.gov.cn/art/2019/6/3/art_1532001_34435216.html.
- [3] 衢州市生态环境局.汤飞帆主持召开市政府第 19 次常务会议—打好治气攻坚战、治水长效战、治土持久战[EB/OL].(2018-05-16)[2020-02-11].http://sthjj.qz.gov.cn/art/2018/5/16/art_1531999_20898891.html.
- [4] 衢州市生态环境局.关于转发《浙江省生态环境厅关于印发浙江省 2019 年主要污染物总量减排计划的通知》的函.[EB/OL].(2019-11-29)[2020-02-11].http://sthjj.qz.gov.cn/art/2019/11/29/art_1531985_40620009.html.
- [5] 浙江省人民政府.关于印发浙江省打赢蓝天保卫战三年行动计划的通知[EB/OL].(2018-10-18)[2020-02-11].http://www.zj.gov.cn/art/2018/10/18/art_37173_298408.html.
- [6] 生态环境部.关于印发<2019 年主要污染物总量减排核算有关要求>的通知(环办综合函〔2019〕741 号)[Z].北京:2019.
- [7] 汤焯.火电厂大气污染物与温室气体协同减排效应核算及负荷优化控制研究[D].北京:华北电力大学,2014.
- [8] 张扬,付凌波,李薇,等.基于黑龙江省大气污染防治行动计划的温室气体减排核算[J].中国人口·资源与环境,2015,25(增2):333-336.
- [9] 周扬胜,肖灵,闫静,等.基于大气污染源排放清单的北京市污染物减排分析[J].环境与可持续发展,2019,44(2):70-78.
- [10] 刘文雯,段青春,胡京南,等.基于环境监测数据的大气重污染应急减排措施效果评估[J].环境科学研究,2019,32(5):734-741.
- [11] 黄成,陈长虹,李莉,等.长江三角洲地区人为源大气污染物排放特征研究[J].环境科学学报,2011,31(9):1858-1871.
- [12] 朱云翔,甘霖.供热锅炉“煤改电”二氧化碳减排量核算方法的一种思路[J].低碳世界,2019(1):58-59.