

宜昌市大气污染物 总量控制研究

笪庆生 刘 涛 主编

205

中国环境科学出版社

宜昌市大气污染物 总量控制研究

王 明 著

中国环境科学出版社

宜昌市大气污染物 总量控制研究

主 编：笄庆生 刘 涛

中国环境科学出版社

1990年

内 容 简 介

本书系在“宜昌市大气污染物总量控制研究”课题成果基础上编写的。全书共分七章，在充分研究大气扩散规律、污染源分布特征的基础上，数值模拟了大气SO₂和颗粒物的分布状况。在此基础上，应用环境系统工程原理和最优化规划方法进行了大气污染物总量控制研究，为近期建成区范围内各工厂大气污染物总量控制提出了优化方案，并为将来可能发展为工业用地的区域以不同环境标准为目标进行了大气污染物总量控制规划，为环境管理和工业布局提供了科学方法。

本书适合城市环境规划工作人员及大气环境专业本科生、研究生阅读。

宜昌市大气污染物总量控制研究

主 编 笪庆生 刘 涛

责任编辑 苗润生 刘宽润

中国环境科学出版社 出版

北京崇文区东兴隆街69号

广州热带海洋气象印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

★

1990年3月第一版 开本: 787×1092 1/16

1990年3月第一次印刷 印张: 9 2/5

印数: 0001—3000 字数: 217千字

ISBN 7-80010-804-X/X437

定价: 4.60元

宜昌市大气污染物总量控制研究

主 编 笪庆生 刘 涛

编写成员 谢文章 刘新正

技术顾问 唐永奎

前 言

随着我国经济建设的不断发展,环境污染问题越来越突出。目前,我国对污染物管理的排放标准大多采用浓度法标准,这种标准由于不规定排入环境中的污染物总量,因而环境质量难以保证。污染物排放总量控制方法是根据一个地区的环境特点和自净能力来确定污染物排放总量,是一种比较严密的科学管理措施,越来越受到环境管理部门的重视。

近年来,我国在一些大中城市已进行了大气环境容量及总量控制的研究工作。对大气污染物的总量控制在某一特定的气象条件或典型日进行控制是可行的,但确定具体污染源排放控制总量有一定困难。“宜昌市大气污染物总量控制研究”利用环境系统工程的理论与方法,运用计算机以年日均值作为环境控制目标进行大气环境总量控制规划,定量地给出了各个污染源的大气污染物排放控制总量,为科学地进行环境管理进行了有益的尝试。

目前,国内进行的大气环境容量及总量控制研究工作需要做大规模的现场同步监测工作,花费巨大的人力和物力,在中小城市难以开展这方面的工作。本项研究采用了二氧化硫直接采样法与碱片测定法同步进行,并从两法监测结果得到两种方法之间的换算关系。从而采用碱片法在较大范围内对二氧化硫进行长期监测,较准确地摸清了二氧化硫时空变化的基本规律,为模型建立及检验提供了科学依据。并利用大量常规气象资料、监测资料、污染源调查资料及小球测风资料确定了模型中所需各种参数,运用计算机进行了计算与调试。模拟结果表明,计算值与实测值比较吻合,取得满意的效果。

在上述大量研究的基础上进行了大气污染物总量控制规划的研究,不仅考虑了不同环境目标情况下现有工厂的控制总量,同时还对将来可能作为工业用地的地区也进行了大气环境容量分配的规划研究,为城市规划、工业合理布局、厂址选择和“三同时”管理提供了科学的依据。

“宜昌市大气污染物总量控制研究”为我国中小城市开展大气污染物总量控制研究和提高环境管理的科学水平提供了一套比较完整的方法,可供参考。

唐永奎

1990.5.31

目 录

第一章 宜昌市自然环境与社会环境概况.....	(1)
第二章 大气污染源调查	(4)
第一节 能源消耗.....	(4)
第二节 大气污染源	(4)
一、固定污染源.....	(4)
二、流动污染源.....	(7)
三、大气污染物排放量.....	(8)
四、污染源及源强分布.....	(9)
第三章 大气污染现状及影响.....	(22)
第一节 环境监测.....	(22)
一、采样网点的布设.....	(22)
二、监测项目及分析方法.....	(22)
三、监测结果.....	(24)
第二节 大气污染物时空变化	(25)
第三节 大气污染对金属腐蚀的影响	(28)
第四节 环境污染与人体健康	(32)
一、葛洲坝区域人体健康调查.....	(32)
二、主要疾病及死亡率回顾性调查.....	(32)
第四章 宜昌市大气污染气象特征.....	(36)
第一节 宜昌市气候特征.....	(36)
第二节 宜昌市大气扩散的气象特征	(41)
一、风.....	(41)
二、稳定度.....	(42)

三、温度层结	(44)
四、混合层高度	(45)
五、扩散参数	(47)
第五章 大气污染物数学模拟	(51)
第一节 二氧化硫污染数学模拟	(51)
一、SO ₂ 扩散模式	(51)
二、污染源排放特征估算	(52)
三、SO ₂ 年日平均浓度数学模拟	(54)
四、SO ₂ 污染解析	(60)
第二节 颗粒物污染数学模拟	(65)
一、颗粒物的性质及在空气中的动力特性	(75)
二、颗粒物扩散模式研究	(78)
三、颗粒物扩散模式的选择	(80)
第三节 TSP浓度分布数学模拟	(82)
一、TSP年日平均浓度数学模拟	(82)
二、TSP污染解析	(82)
第六章 大气污染物总量控制研究	(98)
第一节 大气污染综合防治方法	(98)
一、理论分析	(98)
二、最佳“排放源治理”模型	(99)
第二节 宜昌市大气污染物总量控制规划研究	(103)
一、建成区范围内SO ₂ 总量控制规划	(105)
二、未来发展区域范围SO ₂ 总量控制研究	(106)
第三节 TSP总量控制研究	(115)
一、建成区域范围内TSP总量控制规划	(115)
二、未来发展区范围TSP总量控制研究	(115)
第四节 泛目标生态规划研究结果简介	(126)
第七章 宜昌市大气污染综合防治对策	(136)

第一章 宜昌市自然环境与 社会环境概况

宜昌市地处湖北省西部，位于东经 $111^{\circ}08' \sim 111^{\circ}28'$ 与北纬 $30^{\circ}34' \sim 30^{\circ}49'$ 之间，该市位于三峡出口，长江中上游交接处，纵贯南北的我国第三大动脉—焦枝铁路在该区与长江交汇。自古以来，宜昌就是鄂西、湘西和川东一带的物资集散地和交通枢纽，是“上控巴蜀，下引荆襄”的年事重镇，素有“三峡门户”、“川鄂咽喉”之称。

宜昌是一个古老而又年轻的城市。说她古老，是指从战国时楚设城邑开始，至今已有两千多年的历史；说她年轻，则是指在解放后，这一千年古城才一改破败不堪的景象，焕发出异彩。通过近四十年的建设，宜昌市城市经济骨架逐步壮大起来，在鄂西南地区，宜昌市以5.9%的人口和7.2%的土地面积创造了全区42.7%的工业总产值，成为具有一定工业基础、良好城市环境的多功能的区域中心城市，并于1982年被新华社誉为全国中等城市中14个“明星城市”之一，1985年又升为甲类开放城市。

1988年全市总人口42.9475万（其中非农业人口35.9615万），土地总面积330.40平方公里（其中建成区28平方公里）。（宜昌市区示意图见图1—1）整个市区横跨长江西岸，东西最大横距31公里，南北最大纵距27公里，周围分别与宜昌、枝江、当阳、枝城等县（市）接壤。

由于自然地理位置的特殊性，宜昌市域自然环境过渡性特征明显。

宜昌市属亚热带大陆性季风气候区，又因处于鄂西山地与江汉平原之间的长江谷地内，故不仅受季风环流和地方风场的影响，还受三峡河谷气候的调节。一年间四季分明，年平均气温 16.9°C ，冬季气温明显高于同纬度的我国东部城市；夏季比武汉、重庆等地凉爽。年降雨量为1164.1毫米，其中70%以上分布在春、夏两季、市区内以静风为主，其频率为31.41%，除静风外，全年盛行风为东南风，其频率为19.76%。

作为武陵山地向江汉平原的过渡地带，宜昌市域地貌类型以丘陵为主，占47.2%，低山次之，占29.5%，平岗地占14.4%，水域占8.6%。作为红、黄壤地带与黄棕壤地带的分界处，黄壤与黄棕壤两种不同地带的土壤在这里同时出现，作为长江上游三峡江段与长江中下游平原江段的分界点，生活在不同生态环境中的鱼类在这里相互衔接和交替，构成了宜昌江河鱼类区系的特色。

宜昌地域蕴藏着丰实、多样的自然资源，具有开发利用的巨大潜力，其中以水能、矿产、旅游及农林土特产资源尤为突出，宜昌市及周围水能资源可开发装机容量达1800~2500万千瓦，举世瞩目的葛洲坝水利枢纽工程就建在市内（装机容量271.5万千瓦），正

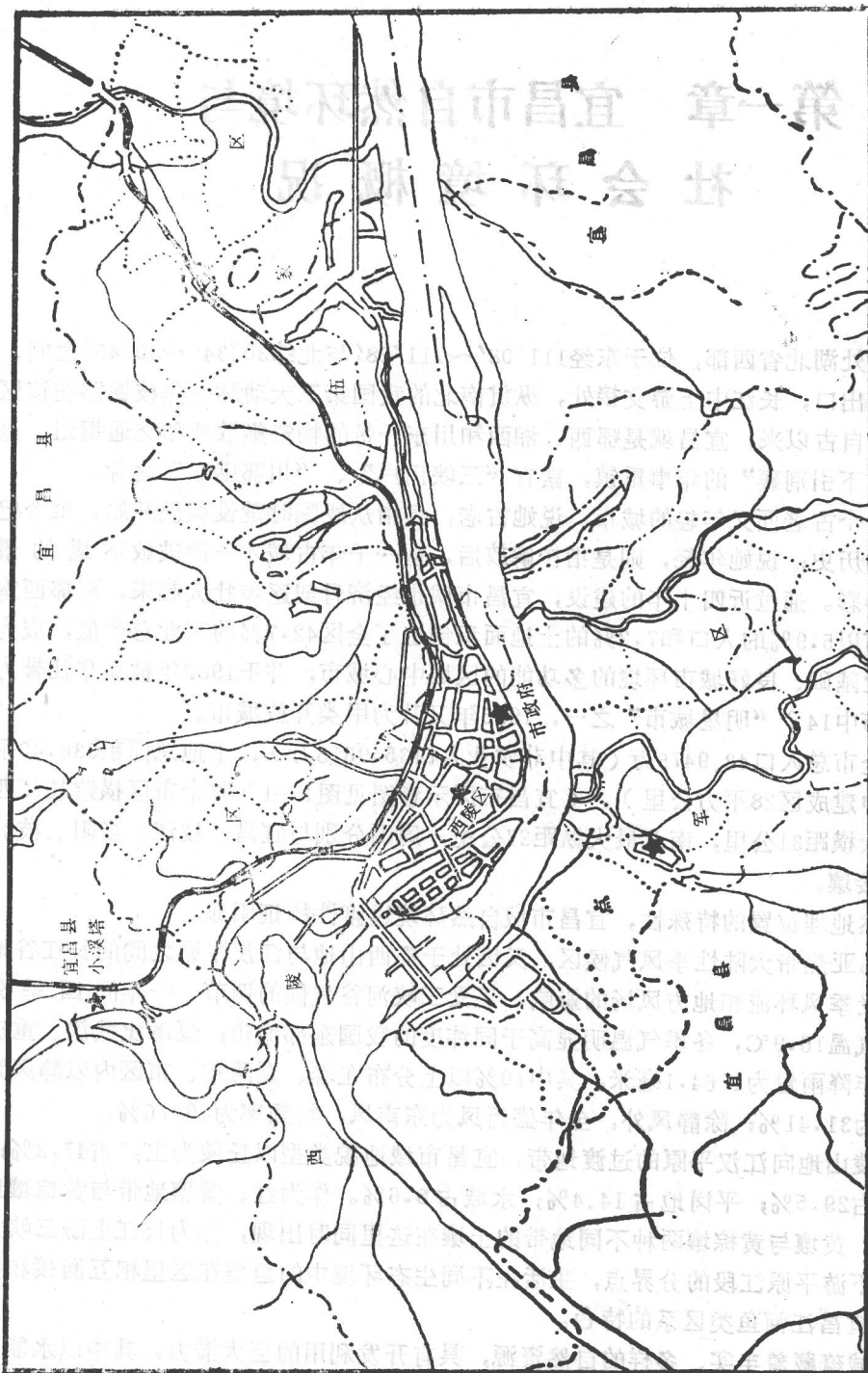


图 1-1-1 宜昌市区示意图

在建设的隔河岩（装机容量120万千瓦），未来的高坝州（装机容量20万千瓦）和三峡大（坝装机容量1700万千瓦）等水电站，站址相距仅几十公里；三峡工程选址距市中心38公里，宜昌市无疑将会成为三峡工程依托的后方基地，并得到较大发展。宜昌地域矿产资源非常丰富，现已发现各种矿产49种，占全国已知矿种的三分之一，已探明大型矿床14种，在众多的矿产资源中，尤以磷、铁、铬、锰、石墨、透辉石、石英石、大理石和石灰石等矿产储量大、品位好，适于工业生产，有利于磷化工、冶金、建材等原材料工业的发展。宜昌市周围拥有多种类型的旅游资源，仅在市区内就有闻名遐迩的三游洞、蜚声中外的万里长江第一坝——葛洲坝和景色宜人的西陵峡口平湖风景区、独具特色的滨江公园等景点。宜昌市周围地区旅游资源类型多、分布广、如神农架自然保护区、闻名于世的长江三峡“天然画廊”、久负盛名的三国古战场等名胜古迹，构成了以宜昌市为依托，以三峡风光、古三国遗址和葛洲坝雄姿为特色的旅游区。由于气候和地形的影响，地理生态环境富有多样性，植被类型繁多，农林土特产资源十分丰富，拥有多种野生经济植物和古稀珍贵树种，木材蓄积量居全省之首，仅在市区及周围就有220多种农副土特产品，其中以柑桔、茶叶、中药材、桐油、生漆、榕片、猕猴桃、香菇、木耳最为著名，仅中药材就有2000多种。

由于宜昌市得天独厚的地理位置和丰富的能源、矿产、旅游和土特产等自然资源，为宜昌市的发展提供了广阔的前景。按照国家和湖北省规划，宜昌市将是我国内地的交通、流通、通讯枢纽之一，全国最大的水电开发基地，一个重要的工业区，鄂西南区域经济中心，发展前景非常可观。然而，宜昌市的大气环境状况却不尽如人意，如不及时进行综合整治，大气污染问题将会成为制约宜昌市经济腾飞的主要限制因子，因此，要特别加强大气污染综合防治对策的研究。

第二章 大气污染源调查

为了进行大气总量控制研究工作, 1985年我们组织进行了宜昌大气污染源调查工作(1984年资料), 现汇总如下。

第一节 能源消耗

宜昌市工业、民用燃料主要是煤, 煤的主要来源为地方劣质煤, 含硫量高达3~5%, 灰分高达50%左右。1984年全市能源结构比例见表2—1, 1984年各行业能源消耗情况见表2—2。

表2—1 宜昌市能源结构比例

种 类	原煤 (t)	焦炭 (t)	重油 (t)	煤油 (t)	电力 (万度)	液化气 (t)	生活 燃料 (t)	柴油 (t)	汽油 (t)	其它
数 量 (折标)	315051	10125	18606	410	54001	2818	52586	19640	22327	
百分率 (%)	36.72	1.61	4.34	0.10	37.20	0.60	8.58	5.04	5.73	0.08

随着宜昌市工业的迅速发展和人口、能源消耗不断增加, 污染物排放量亦随之增加, 见图2—1。由图可见, 宜昌市经济增长速度、人口、能源的增长趋势是一致的。

由表2—2可知, 耗煤量最大的是化学工业, 其次是纺织工业、建材工业、机械工业、食品工业、造纸文教用品工业等等。万元产值耗煤系数最大的是建材工业, 其次是化学工业、造纸文教用品工业、食品工业等。而万元产值能耗系数最大的是建材工业, 其次是冶金工业、化学工业、造纸文教用品工业等。

第二节 大气污染源

一、固定污染源

宜昌市有锅炉346台, 745.49吨/时, 工业窑炉177台, 茶炉(含热水炉)299台, 食

表2-2

分 行 业 能 源 消 耗

行业分类	能源消耗 (实际) 吨/年						
	原煤	折标煤	重油	汽油	柴油	煤油	油
冶金工业	2914.00	2080.600	6091.00	168.50	191.900	/	/
电力工业	818.60	625.750	/	160.0	26.000	/	/
化学工业	122,409.42	97,400.780	3.00	1,035.760	381.020	25.943	
机械工业	35,804.76	25,564.600	1,162.50	1,721.155	2,343.460	49.827	
建材工业	41,655.41	29,742.030	554.50	529.700	285.700	0.180	
森林工业	868.10	626.250	/	42.100	1.390	0.048	
食品工业	24,374.67	15,227.303	/	161.830	5.420	3.040	
纺织工业	75,646.80	54,011.820	/	562.357	13.871	7.993	
缝纫工业	733.90	520.220	/	46.30	4.100	1.160	
皮革工业	946.79	744.120	2.00	3.005	13.190	/	
造纸文教用品	20,501.45	14,648.190	/	189.020	10.530	7.150	
其它工业	11,991.10	8,561.250	10,825.80	254.480	52.230	0.450	
总 计	338,665.00	249,753.000	18,639.00	4,875.00	3,329.000	96.000	

续上表

行业分类	能源消耗(实际)吨/升				产值消耗系数(吨煤/万元产值)			
	电(万度)	焦炭	其它	总折标煤	总能耗	标煤	其中 燃油	电耗
冶金工业	6,048.2700	1,094.00	/	38,360.170	9.400	0.510	2.270	6.360
电力工业	388.6300	1.50	/	2,586.640	0.060	0.010	0.010	0.040
化学工业	11,812.7500	7.60	/	150,419.190	6.180	4.000	0.090	2.080
机械工业	7,805.8438	4,280.84	木柴 90.00	71,379.241	1.970	0.820	0.220	0.930
建材工业	1,466.5600	/	/	38,107.300	15.720	12.270	0.860	2.600
森林工业	27.40	/	木柴 36.25 谷壳 774.00	832.900	1.340	1.000	0.110	0.190
食品工业	728.5300	/	/	18,619.880	2.458	2.010	0.035	0.413
纺织工业	6,892.1090	8.67	/	84,504.310	2.780	1.780	0.030	0.970
缝纫工业	90.6422	/	/	989.950	0.372	0.196	0.030	0.146
皮革工业	42.7900	/	/	955.990	2.530	1.970	0.080	0.490
造纸文教用品	1,307.5029	0.70	/	20,581.940	4.260	3.030	0.070	1.160
其它工业	1,505.6635	/	/	30,973.140	7.210	1.990	3.710	1.500
总计	38,117.0000	5,393.00	/	458,311.000	/	/	/	/

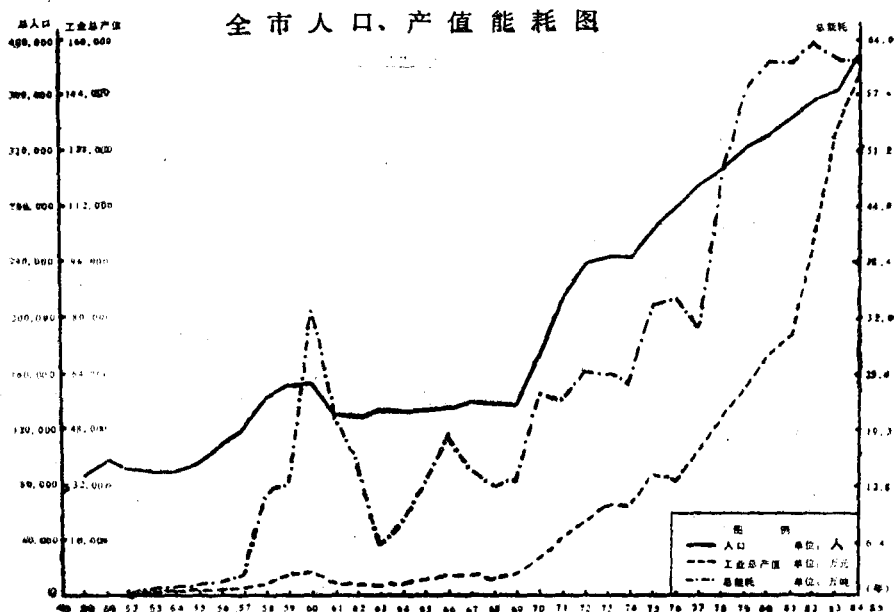


图 2-1 人口、产值能耗图

堂炉灶1549个，工业废气粉尘作业点279个。346台锅炉中，小于1吨的138台，1~4吨的170台，大于4吨的38台。其中全（半）沸腾炉32台，链条炉104台，往复炉27台，手烧炉162台，其它21台。

八四年实际运行锅炉207台，363.4吨/时，运行炉占全市总锅炉台数的59.83%，运行炉蒸发量占总蒸发量的48.77%，实际耗原煤量243199吨。

299台茶炉中，热水炉52台，实际耗煤（折标煤）9623.6吨/年，烟囱147个，平均高度10米左右。

1549台炉灶中，蒸饭566台，炒菜983台；平时进餐105374人次/日，耗原煤27463.34吨/年，折标煤186.2公斤/人年；烟囱799个，平均高度在10米左右。

二、流动污染源

截止1985年上半年，宜昌市共有机动车9151辆，其中大型车4728辆，小型车1360辆，拖拉机557辆，摩托车1585辆，挂车912辆。另有牵引车、吊车、起重车等特种车84辆。宜昌市机动船舶192艘，总马力71498HP。柴油实耗10801.6吨/年，废气排放量19894.5万标立方米/年。

三、大气污染物排放量

根据84年的资料进行了污染物排放量计算，主要计算公式如下：

$$(1) \text{SO}_2 \text{排放量: } G_{\text{SO}_2} = 1.6BS \quad (2-1)$$

式中 G_{SO_2} —— SO_2 排放量 (吨/年)

B——煤消耗量 (吨/年)

S——含硫量 (%) (分乡煤取5%，其余3%，居民用煤1%)

$$\text{炉窑烧油SO}_2 \text{排放量: } G_{\text{窑}}^S = B_{\text{油}} + \text{比重} \times 16.86 \times 2 \times 10^{-3} \quad (2-2)$$

式中 $B_{\text{油}}$ ——油的消耗量 (吨/年)

$$\text{交通以汽油为燃料: } G_{\text{油交}}^S = B_{\text{油}} + 0.75 \times 0.295 \times 10^{-3} \quad (2-3)$$

$$\text{以柴油为燃料: } G_{\text{柴油}}^S = B_{\text{柴油}} + 0.88 \times 3.24 \times 10^{-3} \quad (2-4)$$

式中 $B_{\text{柴油}}$ ——交通柴油年消耗量 (吨/年)

(2) NO_x 排放量计算:

$$\text{交通以汽油为燃料 } G_{\text{汽}}^N = B_{\text{汽}} + 0.75 \times 0.88 \times 44.4 \times 10^{-3} \quad (2-5)$$

式中 $G_{\text{汽}}^N$ ——交通以汽油为燃料的 NO_x 年排放量 (吨/年)

$$\text{以柴油为燃料 } G_{\text{柴油}}^N = B_{\text{柴油}} + 0.88 \times 44.4 \times 10^{-3} \quad (2-6)$$

式中 $G_{\text{柴油}}^N$ ——交通以柴油为燃料的 NO_x 年排放量 (吨/年)

$$\text{锅炉煤燃烧NO}_x \text{排放量: } G_{\text{煤}}^N = B_{\text{煤}} \times 9.08 \times 10^{-3} \quad (2-7)$$

式中 $G_{\text{煤}}^N$ ——锅炉煤 NO_x 年排放量 (吨/年)

$$\text{茶炉及灶燃煤NO}_x \text{排放量: } G_{\text{茶炉}}^N = B_{\text{煤}} \times 3.62 \times 10^{-3} \quad (2-8)$$

(3) 烟尘排放量计算

$$\text{锅炉燃烧烟尘排放量计算: } G_{\text{锅}}^T = B_{\text{煤}} \times A \times dfh (1-\eta) \quad (\text{吨/年}) \quad (2-9)$$

式中, A——煤的灰分 (Ⅲ类煤取30%，Ⅱ类煤取40%，Ⅰ类煤取50%)

dfh——烟气中烟尘占灰分的百分比 (沸腾炉取40%，抛煤机炉取20%，链条往复炉、手烧炉取15%)

η ——除尘效率 (%) (PW型、ZW型、帽式、百叶窗、沉降室等除尘器及使用不当的其它类除尘器取60%，使用得当的旋风除尘器，(不包括PW、ZW型)及冲击水浴式水膜除尘器取80%，二级以上的除尘器取90%)

(4) 各种粒径烟尘排放源强计算

各种锅炉烟尘的颗粒组成是不同的，见表2—3。

表2—3 各种燃烧方式锅炉排放烟尘的重量分散度(%)

颗粒分级 (μm)	手烧炉	抛煤机炉	煤粉炉	沸腾炉	加热炉	链条炉
<10	5	11	25	4	8	7
11~44	25	31	54	16	20	18
45~74	10	14	13	6	15	13
75~150	9	17	6	48	20	19
>150	51	27	2	76	37	43

利用以上表格和公式，我们就可确定锅炉的排放量和粒径分布了。因除尘器种类繁多，而各种除尘器效率和适应性（即分级除尘效率）很不相同，而且即使是同一种除尘器安装在不同的设施上时，由于不同设施产生的颗粒物的比重和粒径组成等性质的不同，其效率亦不相同，另外，设计效率和运行效率也不相同。可根据下表来估算各种除尘器的分级效率。

表2—4 各种除尘器的分级除尘效率(%)

除尘 效率 (%) 粒径 (μm) 除尘器	$0 \leq d \leq 10$ (μm)	$10 < d \leq 45$ (μm)	$45 < d \leq 75$ (μm)	$75 < d \leq 150$ (μm)	$d > 150$ (μm)
沉降器	20	40	70	80	90
袋式除尘器	96.5	97.5	98.5	99.5	99.5
旋风除尘器	73	94.5	99	99.5	99.9
水膜除尘器	95	98	99.5	99.9	99.9
静电除尘器	98	99	90	80	

四、污染源及源强分布

为了便于数学模拟，我们将源分为工业点源、工业面源和生活面源。工业点源和工