

城市空气污染治理研究

CHENGSHIKONGQIWURANYUBAOYANJIU

王式功 杨德保
尚可政 郝 斌 编



兰州大学出版社

城市空气污染预报研究

王式功 杨德保 尚可政 祁 斌 编

兰州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

城市空气污染预报研究/王式功等编. —兰州: 兰州
大学出版社, 2002

ISBN 7-311-02071-9

I. 城... II. 王... III. 城市环境—空气污染—研
究 IV. X51

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 087787 号

城 市 空 气 污 染 预 报 研 究

王式功 杨德保 尚可政 祁 斌 编

兰州大学出版社出版发行

兰州市天水路 308 号 电话: 8617156 邮编: 730000

E-mail: press@onbook.com.cn

<http://www.onbook.com.cn>

兰州市残联福利印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 20

2002 年 11 月第 1 版

2002 年 11 月第 1 次印刷

字数: 486 千字

印数: 1~1000 册

ISBN7-311-02071-9

定价: 32.00 元

序 言

在全球工业化和城市化的加速进程中,世界各地先后爆发了一系列的污染灾害事件,这些事件促使一些国家的政府制订了一系列的空气净化法律、法规,限制大气污染物排放,同时建立了预防在不利气象条件下发生大气污染灾害的预警系统,提出了空气污染预报的要求。例如,在 20 世纪 40 年代美国洛杉矶首次遭受光化学烟雾危害。该烟雾对居民健康造成的总损失,据估计达 100 亿美元左右。经过 20 年的努力,1969 年洛杉矶发布全球第一次公众烟雾警报。以后,发布烟雾警报已成为世界许多城市预防空气污染事件发生的措施之一。

伦敦在 1952 年底发生了一次严重的燃煤型烟雾事件,雾的 pH 值达到 1.6,与蓄电池电解液相同,能见度为 5 米,导致约 4 000 个老、弱、病人过早死亡。该事件促使英国政府于 1956 年制定了《空气净化法》。按此法案,当局在城市里划定了烟雾控制区,同时建立了全球最早的烟雾警报系统。但是由于汽车尾气污染迅速增加,在 1991 年底,伦敦又发生了一次二氧化氮烟雾事件,160 人的死亡可能与此有关。这一次尽管发生污染事件,但是伦敦的空气质量指标并未超过欧盟的有关标准,因为这里二氧化氮浓度小时平均值超过标准限值的频率并没有超过一年的 2%,而欧盟的要求是一年内 98% 的测定结果符合标准就可以了。

事实上,在建立了空气污染预报和警报系统的城市,这种以 2% 几率可能出现的空气污染事件,是可以使用预警系统的暂时性减排措施来控制的,但是伦敦的警报系统在这次事件中未能发挥应有的作用。

在我国,1980 年前后也开始过城市空气污染预报的试验研究。在后来的三个“五年计划”里,我国污染气象的研究工作大多是在制定大气污染物排放标准、大气环境影响评价、酸雨成因研究、大气污染控制区的设定、气候变化等重大项目中配合进行的。在这个阶段,积累了许多国内研制和国外引进的大量各种尺度、各种类型的有关大气污染物传输、扩散和化学演变模式,同时也为这些模式积累了许多污染气象或气候参数,加之近年来计算技术的高度发展,为当前开展大气污染潜势预报和浓度预报都奠定了一定的基础。到 20 世纪末,我国国民经济快速发展的同时,环境问题日益引起了人们的广泛关注并受到我国政府的高度重视,为了保护人民的身心健康,提高环保意识,动员公众参与环境保护,从 2001 年 6 月 5 日开始,中国环境监测总站和中国气象局在中央电视台联合发布 47 个环境保护重点城市的空气质量预报。空气质量预报工作的实施为在我国全面建立大气污染预警系统迈出了重要的一步。

大气污染物的浓度预报,可分统计预报和数值预报两类。一般而言,在有长期的监测数据的城市,应用统计方法进行预报是不困难的,如果建立统计关系前后的城市大气污染物的排放源的源强及其时空分布没有太大的变化,统计预报的效果也是相当好的。大气污染物浓度数值预报,一般是在气象场预报模式的基础上数值求解污染物的有源汇传输扩散方程,需

要较详尽的源强及其时空分布资料和时空分辨率很高的气象——大气化学预报模式，同时还需要气象要素平均场、大气湍流、大气成分的外场观测和室内实验、监测的资料来提供模式所需要的参数或用于检验模式的计算结果。因此，室内外的实验与监测是污染气象学的一个重要手段。在目前条件下，由于气象要素预报的不确定性，大气化学过程的复杂性，使得大气污染预报的精确程度并不十分理想，但基本上也达到实用的阶段，其中对惰性污染物的研究更成熟一些，这些研究为社会经济发展和环境保护做出了贡献。

兰州市地处我国西部不同高原交汇处的一个狭长河谷小盆地内，是我国西部的石油化工等工业的重镇。由于不利的污染气候与地理条件，复杂的工业源和生活源排放，城区的大气污染比较严重，既有因燃煤（油）产生的煤烟型污染，也有石化工业排放的废气和各类机动车辆排放的尾气污染，还有因沙尘暴和浮尘天气的影响及地面二次扬尘的污染。兰州市人民政府为了改善大气环境，努力奋斗数十年，当前的空气质量已经有了明显改善的势头。“城市空气污染预报研究”一书就记录着兰州环境保护部门、气象部门、高等院校和科研单位在甘肃省科委的领导下，多年来从事兰州大气环境保护研究工作的经验和成果。书中收辑的论文内容几乎覆盖了空气污染预报的所有方面：污染源时空分布的调查，源清单的建立；大气污染物浓度的时空分布及其统计特性；大气污染气象条件分析；统计预报模式和数值预报模式的建立等理论分析和实验研究。这是我国目前比较系统地研究城市空气污染预报问题的一本专集，该专集的出版必将为我国在各城市开展空气污染预报工作，进一步建立大气污染预警系统做出应有的贡献。

徐大海

2001.9.26

前 言

众所周知,大气污染是全球十大环境问题之一,已威胁到人类的生存与发展。如 20 世纪 30 年代初的比利时马斯河谷烟雾事件,40 年代初期发生在美国洛杉矶市的光化学烟雾事件,50 年代初发生在英国伦敦的烟雾事件,60 年代初发生在日本四日市的哮喘事件,80 年代中期发生在印度博帕尔市的震惊世界的毒气泄漏事件等重大大气污染事件均历历在目,仍使人们记忆犹新、不寒而栗。

我国虽然是发展中国家,但改革开放以来随着工业生产和经济建设的高速发展,汽车数量的迅速增加,煤炭和石油等燃料消耗量的剧增,导致了空气污染的加剧。中国环境监测总站和有关国际机构公布的 54 个国家 272 个城市大气污染评价结果,全世界大气污染最严重的 10 个城市中,中国就占了一多半,其城市大气污染状况可见一斑。

城市空气污染预报作为预防污染事件的发生或最大限度的减轻重大污染事件危害的有效措施,对保护人民群众身心健康,提高全民环保意识,促进公众重视环保等方面起了重要作用,已受到各国政府的高度重视。英国从 1990 年开始发布臭氧、二氧化氮和二氧化硫三种污染物的预报,1997 年又增加了一氧化碳和颗粒物(如 PM_{10})污染预报。美国目前也每天发布由各州和当地空气质量局提供的 150 多个主要城市的日空气质量预报。我国香港和澳门特区也于 20 世纪 90 年代中期开展了空气污染预报,香港环保署从 1995 年起公布当天和第二天的空气污染指数预报。它可以在空气污染现象出现之前,向市民特别是向对空气污染敏感的市民提出忠告,采取相应的预防措施。澳门气象台参考世界卫生组织、美国环保署、国家环保总局,制定了空气质量标准,发布空气质量预报并及时向市民发布相应的忠告。国内于 1997 年 1 月 21 日国务院环委会审议通过了开展空气污染预报的建议。自 1997 年 6 月 5 日(世界环境日)开始,已先后开展了重点城市空气质量周报和日报工作。2000 年 11 月由国家环境保护总局和中国气象局联合下发“关于开展环境保护重点城市空气质量预报工作的通知”,规定自 2001 年 6 月 5 日起在中央电视台发布 47 个环境保护重点城市的空气质量预报。

本书是近 10 年来关于兰州市区空气污染预报研究成果的汇总,是在兰州市科委、甘肃省环保局等部门相关科研项目的支持下,主要由兰州大学大气科学系、兰州市环保局和兰州市气象局等单位的科技人员共同完成的。该书共收入论文 30 余篇,其中部分内容已在有关刊物上发表,为了比较全面地体现此项研究成果的系统性,便于读者查阅,也一并收入本书之内。

空气污染预报必定是一项新的业务预报工作,目前的研究和业务工作基础还很薄弱,还有许多基本问题亟待解决。故此,我们愿将这些粗浅的研究结果奉献给欲从事此方面工作的广大科技人员,以期能达到抛砖引玉之目的。由于时间仓促,水平和条件所限,本书中肯定还存在下少问题,敬请同行专家和读者给予指正。

本书中研究成果的取得，田炳申（甘肃省环保局）、张文华（兰州市科委）、余雄厚（兰州市环保局）等诸位领导给予了热情关怀和大力支持，陈长和（兰州大学）、王介民（兰州高原大气物理研究所）、胡隐樵（兰州高原大气物理研究所）等几位教授提出了宝贵的指导性意见，中国气象科学研究院的徐大海教授在百忙之中为本书作了序，在此一并致谢。

作者
2002年3月

目 录

序言.....	(1)
前言.....	(1)
第一部分 大气污染源调查分析	
1-01 大气污染源的分布及现状调查分析.....	祁斌 胡雅宁 李磊 (3)
1-02 兰州市大气污染物排放量的统计分析.....	胡雅宁 祁斌 王剑锋 (14)
第二部分 大气污染物浓度分布特征及其变化规律研究	
2-03 大气质量现状及其污染趋势分析.....	祁斌 王剑锋 王华 (25)
2-04 兰州城区空气中氮氧化物的污染现状及规律.....	祁斌 胡雅宁 王华 (38)
2-05 兰州城区八种主要空气污染物浓度分布类型及其相互关系	王式功 杨德保 黄建国 (43)
2-06 兰州市冬季几种大气污染物浓度分布特征	黄建国 田文寿 王式功 孙向明 (48)
2-07 兰州市不同季节大气污染物时空变化规律的对比分析	王式功 杨德保 陈长和 (57)
2-08 河谷城市上空不同高度空气污染物的浓度变化特征	王式功 杨德保 陈长和 黄建国 (64)
2-09 兰州城区臭氧浓度时空变化特征及其与气象条件的关系	姜允迪 王式功 祁斌 尚可政 杨德保 (70)
2-10 兰州市光化学烟雾污染演变特征分析.....	张武 王式功 赵庆云 (77)
第三部分 边界层气象参数特征及其与空气污染关系的研究	
3-11 大气稳定度参数的计算方法.....	刘宇 王式功 杨德保 尚可政 (87)
3-12 干绝热曲线图解法求最大混合层厚度的两种计算方法.....	王式功 刘立超 (93)
3-13 兰州城区日间稳定边界层变化规律初步研究.....	刘宇 王式功 杨德保 尚可政 (96)
3-14 兰州市区冬半年大气稳定度特征及其与空气污染关系的初步分析	杨德保 王式功 尚可政 黄建国 (102)
3-15 稳定能量及其与空气污染的关系.....	尚可政 达存莹 付有智 王式功 杨德保 (108)
3-16 兰州市近地层垂直扩散参数的研究.....	付培健 王式功 陈晋北 (115)
3-17 兰州市低空风时空变化特征及其与空气污染的关系	刘宇 王式功 尚可政 杨德保 祁斌 (120)
3-18 兰州城区冬半年逆温特征及其与空气污染的关系	王式功 杨德保 祁斌 黄建国 尚可政 (126)

- 3-19 兰州市区低空大气温度层结特征及其与空气污染的关系
.....姜大膀 王式功 郎咸梅 尚可政 杨德保 (131)
- 3-20 兰州市区最大混合层厚度变化特征分析
.....王式功 姜大膀 杨德保 尚可政 祁斌 (137)
- 3-21 兰州城区冬半年大气混合层厚度、通风系数特征及其与空气污染的关系
.....王式功 杨德保 黄建国 侯喜福 祁斌 王剑锋 黄骐 (143)
- 3-22 兰州河谷盆地上、下坡风环流特征.....张文煜 王式功 辛金元 刘静 (149)

第四部分 冷锋及沙尘暴等天气过程对兰州城区空气污染影响的研究

- 4-23 冷锋天气过程对兰州城区空气污染影响的研究
.....刘建忠 王式功 杨德保 尚可政 (157)
- 4-24 兰州城区冬半年冷锋活动及其对空气污染的影响
.....王式功 杨德保 李腊平 黄建国 祁斌 (165)
- 4-25 甘肃河西沙尘暴对兰州市空气污染的影响
.....王式功 杨民 祁斌 辛春兰 杨明芳 (172)
- 4-26 沙尘暴对兰州市空气污染的影响.....丁瑞强 王式功 尚可政 杨德保 李建红 (178)
- 4-27 兰州市区大气污染与气象条件的关系.....杨德保 王式功 黄建国 (185)
- 4-28 兰州城市空气污染的天气分型与统计分析
.....杨德保 王式功 尚可政 黄建国 祁斌 (191)

第五部分 空气污染预报理论和方法的研究

- 5-29 兰州冬季空气污染与地面气象要素的关系.....尚可政 王式功 杨德保 祁斌 (201)
- 5-30 兰州市区冬季空气污染预报方法研究.....尚可政 王式功 杨德保 付有智 (206)
- 5-31 兰州城区空气污染预报回归方程.....尚可政 王式功 杨德保 (212)
- 5-32 兰州城区空气污染预报的动力统计模型.....尚可政 王式功 杨德保 (222)
- 5-33 兰州市冬季空气污染的天气成因分析及浓度预报
.....王宝鉴 王式功 黄玉霞 王锡稳 王鹏祥 (228)
- 5-34 兰州城区空气污染预报系统研究.....王平鲁 叶燕华 周玉素 (234)
- 5-35 兰州市空气污染的中期统计预报研究.....尹晓惠 尚可政 杨德保 王式功 (245)
- 5-36 兰州市大气污染物浓度的数值模式预测.....田文寿 黄建国 王式功 (255)
- 5-37 兰州市冬季二氧化硫浓度的数值模拟.....姜金华 陈玉春 彭新东 胡非 (270)
- 5-38 兰州城区大气污染预测的一维模型.....彭继文 黄建国 邱崇践 王式功 (277)

第六部分 兰州市空气质量业务预报系统

- 6-39 兰州市空气质量业务预报系统.....杨民 王式功 尚可政 李文莉 (301)

第一部分

大气污染源调查分析

1-01 大气污染源的分布及现状调查分析

祁 斌¹ 胡雅宁² 李 磊¹

(1 兰州市环境保护研究所, 兰州 730000)

(2 兰州市环境信息中心, 兰州 730000)

摘 要: 本文通过对能源结构、污染源分布及能耗量的调查分析, 兰州城区能源结构以煤为主, 燃料煤占总能耗量的 86.85%。兰州城区共有固定排放源 3 554 个, 年耗能量为 368.84 万吨标煤。兰州市共有各类机动车辆 111 676 辆, 年耗油量为 60.91 万吨。通过调查分析, 基本掌握了大气污染源的数量、分布、耗能量和排污量, 为城市空气污染预报打下了可靠的基础。

关键词: 能源结构 污染源 分布 排放

1. 能源结构与煤质分析

兰州市城区包括城关区、七里河区、西固区和安宁区。由于污染源的分布和现状, 是空气污染预报研究的基础。特别是燃烧设备、除尘脱硫设施、烟气排放高度、烟气排放速率、能源结构及煤炭质量等因素, 直接影响着空气污染预报模式的精度。

1. 1 煤炭的产量和质量

甘肃省有七个较大规模的煤矿, 兰州市的煤源主要以这些煤矿为主, 此外还有部分煤炭来源于宁夏回族自治区。表 1 是主要煤矿的产量和质量分析表。

表 1 主要煤矿产量和质量分析表

矿名	项 目	产量 (万 t/a)	发热量 (大卡/kg)	挥发份 (%)	全硫份 (%)	着火点 (℃)	灰熔点 T ₂ (℃)
甘	靖远矿	420.15	5 600~6 500	26~35	0.3~1.0	300~350	1 100~1 200
	窑街矿	219.95	5 000~6 500	30~37	0.3~0.8	310~330	1 230~1 290
	天祝矿	40.05	5 500~6 700	39~45	0.6~1.0	290~000	1 120~1 210
	阿干矿	80.90	4 800~5 900	28~34	0.3~0.5	315~325	1 240~1 280
肃	西大窑矿	60.10	5 500~6 500	31~36	0.8~1.3	310~340	1 240~1 300
	华亭矿	162.22	5 000~6 600	33~39	0.6~1.0	310~330	1 220~1 280
宁夏	唐家沟矿	15.00	5 500~6 400	32~38	0.7~1.2	315~325	1 230~1 290
	石嘴山矿	—	5 000~5 500	28~37	1.0~3.0	300~310	1 190~1 210
	灵武矿	—	4 500~5 200	31~38	0.8~1.0	280~290	1 150~1 240

从表 1 可知, 全省煤炭产量以靖远矿和窑街矿为主, 年生产量分别为 420.15 万吨和 219.95

万吨。从煤质分析结果来看，省内均为低硫份煤。其中靖远煤的质量最好，热值较高、挥发份较低、灰熔点较小，天祝矿和华亭矿煤的挥发份较高。

1. 2 能源结构分析

兰州市的能源结构是燃料煤、燃料油、燃料气和焦炭，其中以燃料煤和燃料油为主。燃料煤主要来源于省内各个煤矿，且以靖远煤和窑街煤为主，其次是天祝煤。燃料油以重油为主，主要来源于兰州炼油化工总厂，主要用于石油加工业和建材非金属矿制品业。燃料气以石油液化气和工业水煤气为主，由兰炼、兰化公司和兰州煤制气厂提供，主要用于交通运输设备制造业、建材非金属矿制品业和化学工业。焦炭的消耗量在兰州市很少，由本地一些炼焦厂提供，主要用于黑色金属冶炼加工业。

1. 3 能耗现状分析

根据环境监测资料分析，兰州市空气中的主要污染物，除 TSP 受沙尘暴和浮尘天气的影响外，烟尘、SO₂ 和 NO_x 的污染主要来源于煤（油）的燃烧。表 2 是兰州市能源结构及其消耗量的统计表。

表 2 能源结构及能耗量统计表

燃料名称	单位	能耗量	折标煤量	占总能耗（%）
燃料煤	万吨	449.01	320.33	86.85
燃料油	万吨	27.99	37.84	10.26
燃料气	万 Nm ³	7 858.22	4.20	1.14
焦炭	万吨	6.65	6.47	1.75
合计	——	8 341.87	368.84	100

通过表 2 分析，兰州城区 1999 年的总能耗量约 368.84 万吨标煤。其中年耗煤量为 449.01 万吨，占城区总能耗量的 86.85%；年耗油量为 27.99 万吨，占总能耗量的 10.26%；燃料气和焦炭在总能耗中所占比例较小，合计只占总能耗的 2.89%左右。

兰州市的能源结构以燃料煤和燃料油为主，根据课题研究中空气污染预报模式的需要，我们把兰州市各个污染源根据其不同的隶属管理，分为市管企业（包括中央及省、部属企业）、区管企业和乡镇企业，并对不同隶属管理企业的燃煤（油）量进行了统计分析。表 3 是兰州市不同隶属管理企业的耗煤（油）量统计表。

表 3 兰州城区不同隶属管理企业耗煤（油）量统计表

项 目	市管企业	区管企业	乡镇企业	合计
耗煤量（万吨）	299.73	135.00	14.28	449.01
占总耗煤量（%）	66.75	30.07	3.18	100
耗油量（万吨）	26.49	1.50	——	27.99
占总耗油量（%）	94.64	5.36	——	100

通过表 3 分析, 兰州城区燃料煤的消耗中, 市管企业的耗煤量比重最大, 年耗煤量约 299.73 万吨, 占城区总耗煤量的 66.75%; 区管企业年耗煤量约 135.00 万吨, 占总耗煤量的 30.07%; 乡镇企业年耗煤量约 14.28 万吨, 占总耗煤量的 3.18%。在燃料油的消耗中, 市管企业的年耗油量为 26.49 万吨, 占城区总耗油量的 94.64%; 区管企业的年耗油量仅有 1.50 万吨, 只占总耗油量的 5.36%左右。

2. 污染源的分布及能耗量

兰州城区有四个行政区。其中城关区和七里河区主要为行政机关、商业网点和居民生活区; 西固区为石化工业区; 安宁区为文化教育和蔬菜农业区。由于历史原因和客观条件的限制, 加上产业结构和工业布局的不合理性, 使城区内的工业、商业、文教和居民生活相互混杂, 各行政区都存在着一些大、中型企业及重点污染源。

2. 1 能耗量的区域分布

表 4 是兰州城区能耗量的区域分布统计表。

通过表 4 分析可知, 不同行政区的能耗量, 西固区最大, 年能耗量为 188.68 万吨标煤, 占城区总能耗量的 51.15%; 城关区次之, 年能耗量为 111.81 万吨标煤, 占总能耗量的 30.31%; 七里河区和安宁区的年能耗量为 46.24 和 22.11 万吨标煤, 分别占总能耗量的 12.54%和 6.00%。兰州城区燃料煤和燃料油的年耗量, 西固区最大, 城关区次之; 燃料气的年耗量, 七里河区最大; 焦炭的消耗量主要在城关区的兰州钢厂。

表 4 兰州城区能耗区域分布统计表

区域名称	燃料煤 (万吨)	燃料油 (万吨)	燃料气 (万 Nm ³)	焦炭 (万吨)	折标煤 (万吨)	占总能耗 (%)
城关区	149.18	1.71	842.70	5.25	111.81	30.31
七里河区	56.98	1.02	6 036.26	0.74	46.24	12.54
西固区	212.90	25.20	979.26	0.60	188.68	51.15
安宁区	29.95	0.06	----	0.06	22.11	6.00
合计	449.01	27.99	7 858.22	6.65	368.84	100

2. 2 能耗量的行业分布

表 5 是兰州市能耗量的行业分布统计表。

通过表 5 分析, 兰州城区能源消耗量最大的行业是电力蒸汽热水产供业, 年能耗量约 177.76 万吨标煤, 占城区总能耗量的 48.19%; 其次是其它行业, 年能耗量约 62.13 万吨标煤, 占总能耗量的 16.95%; 此外, 石油加工业和建材非金属矿制品业的能耗量也较大, 为 27.85 和 23.15 万吨标煤, 分别占总能耗的 7.55%和 6.23%。在燃料煤的消耗量中, 电力蒸汽热水产供业的燃煤量最大, 年耗煤量约 247.10 万吨, 占城区总耗煤量的 55.03%; 其次是其它行业, 年耗煤量约 90.15 万吨, 占总耗煤量的 20.08%。在燃料油的消耗量中, 石油加工业的燃油量最大, 年耗油量约 19.06 万吨, 占城区总耗油量的 68.10%。在燃料气的消耗量中, 交

通运输设备制造业的燃气量最大，年耗气量约 5 530.30 万标立方米，占城区总耗气量的 70.38%。焦炭的消耗量主要在黑色金属冶炼加工业，年耗焦炭量为 5.25 万吨，占城区总耗量的 78.95%。

表 5 兰州城区能耗量的行业分布统计表

行业名称	燃料煤 (万吨)	燃料油 (万吨)	燃料气 (万 Nm ³)	焦炭 (万吨)	折标煤 (万吨)	占总能耗 (%)
电力蒸汽热水产供业	247.10	0.93			177.76	48.19
石油加工业	1.61	19.06			27.85	7.55
化学工业	7.40	1.51	979.26		8.14	2.17
煤炭采选业	5.99				4.28	1.16
食品制造业	1.43	0.37			1.55	0.42
饮料制造业	1.99	0.43			2.04	0.55
纺织业	25.91			0.60	19.08	5.17
造纸及纸制品业	2.21				1.58	0.42
医药工业	2.49		10.00		1.78	0.48
橡胶制品业	1.47				1.05	0.28
塑料制品业	0.50				0.36	0.10
建材非金属矿制品业	23.31	4.22	1 338.66		23.15	6.23
黑色金属冶炼加工业	5.41	0.97		5.25	10.36	2.81
有色金属冶炼加工业	4.54				3.24	0.88
机械工业	20.81	0.48		0.74	16.48	4.46
交通运输设备制造业	2.79	0.02	5 530.30		5.17	1.4
电气机械器材制造业	1.73			0.06	1.29	0.35
电子通信设备制造业	1.62				1.16	0.31
仪器仪表计量器制造业	0.55				0.39	0.11
其它行业	90.15				62.13	16.95
合计	449.01	27.99	7 858.22	6.65	368.84	100

注：其它行业指除 20 种行业之外且包括茶炉、食堂灶和居民生活小火炉。

2. 3 重点能耗企业

兰州市的能源结构以煤和重油为主。表 6 是兰州城区燃煤量和燃油量前五名的重点企业统计表。

通过表 6 分析，五家重点耗煤企业的年燃煤量约 283.81 万吨，占城区总耗煤量的 63.21%。其中西固热电厂和兰州二热为耗煤大户，年耗煤量分别为 173.10 和 74.00 万吨，分别占城区总耗煤量的 38.55%和 16.48%。五家重点耗油企业的年燃油量约 24.29 万吨，占城区总耗油量的 86.78%。其中耗油量最大的企业是兰州炼油化工总厂，年耗油量为 11.31 万吨，占城区总耗油量的 39.76%。其次是兰化公司动力厂和石化厂，年耗油量分别为 4.91 万吨和 4.34 万

吨，分别占城区总耗油量的 17.54%和 15.51%。

表 6 兰州城区能耗重点企业统计表

企业名称	耗煤量 (万吨)	占总耗煤量 (%)	名次	企业名称	耗油量 (万吨)	占总耗油量 (%)	名次
西固热电厂	173.10	38.55	1	兰炼化工总厂	11.31	39.76	1
兰州二热	74.00	16.48	2	兰化公司动力厂	4.91	17.54	2
兰州化肥厂	27.97	6.23	3	兰化公司石化厂	4.34	15.51	3
兰州钢厂	4.71	1.05	4	兰州平板玻璃厂	3.18	11.36	4
兰石厂	4.03	0.90	5	兰州钢厂	0.73	2.61	5
合 计	283.81	63.21		合 计	24.29	86.78	

3. 燃烧设备及其燃煤量

燃烧设备主要包括电站锅炉、工业锅炉和窑炉、生活供暖锅炉、茶炉和食堂灶以及居民生活小火炉等。

3. 1 锅炉的区域分布及燃煤量

经污染源调查统计，兰州城区共有不同吨位的锅炉 1 394 台，年燃煤量约 397.56 万吨，年耗油量约 10.58 万吨，折合标煤约 298.98 万吨。表 7 和表 8 分别是兰州城区的锅炉台数和燃煤量的区域分布统计表。

表 7 锅炉台数区域分布统计表

区域名称	电站锅炉 (t/h)			工业和生活锅炉 (t/h)				合计
	≤35	300	410	≤2	4	6-10	>10	
城关区			2	188	209	114	7	520
七里河区				181	148	75	22	426
西固区	4	10		137	31	16	3	201
安宁区				102	98	47		247
合 计	4	10	2	608	486	252	32	1394

表 8 锅炉能耗量区域统计表

区域名称	耗煤量 (万吨)	耗油量 (万吨)	折标煤量 (万吨)	占锅炉总耗能 (%)
城关区	136.20	0.48	97.93	32.76
七里河区	49.05	0.18	35.28	11.80
西固区	191.95	9.92	151.23	50.58
安宁区	20.36		14.54	4.86
合 计	397.56	10.58	298.98	100

通过表 7 分析,兰州城区共有各类锅炉 1 394 台。其中城关区和七里河区的锅炉台数最多,分别为 520 台和 426 台。但大吨位的电站锅炉主要位于西固区,其中 35 蒸吨/时的电站锅炉有 4 台,300 蒸吨/时的电站锅炉有 10 台。通过表 8 分析,兰州城区年耗煤量约 397.56 万吨,年耗油量约 10.58 万吨,共折合标煤约 298.98 万吨。其中西固区的燃煤量最大,年耗标煤约 151.23 万吨,占锅炉总燃煤量的 50.85%;城关区次之。

3. 2 锅炉的行业分布及燃煤量

表 9 和表 10 分别是兰州城区不同行业的锅炉分布和燃煤量的统计表。

表 9 兰州城区锅炉行业分布统计表

行业名称	工业和生活锅炉 (t)				电站锅炉 (t/h)			合计
	≤2	4	6~10	>10	≤35	300	410	
电力蒸汽热水产供业						10	2	12
石油加工业	17	2	1	1				21
化学工业	54	10	7	1				72
煤炭采选业	3	10	5					18
食品制造业	20	7	3					30
饮料制造业		12	2					14
纺织业	16	7	13	5	4			45
造纸及纸制品业	10	4	2					16
医药工业	1	1	5					7
橡胶制品业	16	6	5					27
塑料制品业	6	7	2					15
建材非金属矿制品业	34	32	11	1				78
黑色金属冶炼加工业	9	3	8					20
有色金属冶炼加工业	7	9	6					22
机械工业	34	38	27	13				112
交通运输设备制造业	15	14	14	6				49
电气机械器材制造业			2	2				4
电子通信设备制造业	1							7
仪器仪表计量器制造业	1	6	7					14
其它行业	364	126	318	3				811
合 计	608	486	252	32	4	10	2	1 394

通过表 9 分析可知,兰州城区共有工业和生活锅炉 1 394 台。在工业污染源中,机械工业、建材非金属矿制品业和化学工业的锅炉台数最多,分别有 112 台、78 台和 72 台,分别占锅炉总数的 8.03%、5.60%和 5.16%。在生活污染源中,其它行业的锅炉最多,共有 811 台,占锅炉总数的 58.18%。通过表 10 分析可知,电力蒸汽热水产供业的年能耗量最大,约