

URBAN STREET  
CANYON SPACE

城市街谷空间  
污染物扩散与分布

赵敬源 著

Diffusion and  
distribution of pollutants

中国建筑工业出版社

# 城市街谷空间污染物 扩散与分布

赵敬源 著

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

城市街谷空间污染物扩散与分布 / 赵敬源著. — 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.6

ISBN 978-7-112-23679-4

I. ①城… II. ①赵… III. ①城市环境 — 空气污染控制 — 研究 IV. ①X51

中国版本图书馆CIP数据核字 (2019) 第082791号

本书首先阐述城市大气污染现状、危害及影响因素;接着按照由宏观到微观的空间顺序,从大天气系统到城市气候,再到各类型街谷空间微气候,解析了不同等级、不同类型空间污染物扩散机理,基于实地调研及测试分析了各类型街谷空间污染物扩散的特征与影响因素敏感性;随后利用数值模拟探讨了各类街谷空间污染物扩散分布的时空规律;最后从不同街谷空间类型角度,提出了各类空间布局中污染物控制优化的设计策略。

本书可供绿色建筑设计生态城市规划工作者及有关专业师生参考。

责任编辑:许顺法 陈 桦  
版式设计:京点制版  
责任校对:赵 颖

## 城市街谷空间污染物扩散与分布

赵敬源 著

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京海淀三里河路9号)  
各地新华书店、建筑书店经销  
北京点击世代文化传媒有限公司制版  
河北鹏润印刷有限公司印刷

\*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:14 字数:279千字  
2019年8月第一版 2019年8月第一次印刷  
定价:125.00元

ISBN 978-7-112-23679-4

(33990)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

# 序

“街谷”是一学术名词，统指的是城市街道两旁相邻建筑物与地面围合形成的峡谷空间。街谷是城市下垫面的重要组成部分，也是城市居民活动最为活跃的场所，其动力和热力性质是构成城市局地气候的重要因素，因而对城市街谷环境状态的研究成为城市规划、城市气候以及城市空气质量控制等领域共同关注的研究热点。

近年来，伴随着快速的城市化进程，城市环境问题日益严重，据《2017年中国生态环境状况公报》，全国338个地级以上城市中仅99个城市空气质量达标，空气污染已成为影响城市生活的重大公共安全问题。城市街谷是使用频率最高和空气污染物最易集聚的城市空间，其污染物分布受到局地气候、街谷形态、交通流场等诸多条件的共同制约，是多因素耦合作用下的复杂过程。从城市规划和建设的角度对城市街谷内流场特征与污染物扩散机制及分布规律进行全面的、系统的研究，对合理规划城市布局、改善城市人居环境具有重要的理论与应用意义。

赵敬源教授长期致力于城市物理环境设计的基础理论与应用研究，在国家及省部级多项课题的连续支持下，带领团队经过十余年的努力钻研，在城市微气候的形成机制、演化机理、规划调节和设计原理与方法等方面取得了系列创新性成果，先后荣获陕西省土木建筑科学技术奖一等奖和陕西省科学技术奖二等奖，赵教授也因此荣获第十一届陕西青年科技奖并入选2017年度陕西省中青年科技创新领军人才。

值《城市街谷空间污染物扩散与分布》一书出版之际，谨表祝贺，是为序。



(刘加平先生为中国工程院院士、西安建筑科技大学教授)

# 前 言

城市街谷是指城市覆盖层内相邻建筑物围合而成的峡谷空间。城市街谷是城市居民生活、生产和交通等社会活动的主要场所，是构成城市的最小细胞元素，不同模式不同尺度的城市街谷通过组合、裂变和演变形成形态各异的城市空间。

城市街谷空间环境是街谷内影响人体热感觉和身心健康的一系列热环境参数及污染物浓度和分布参数的总称。城市街谷环境是城市户外环境的基本构成单元。街谷内的环境品质界定着城市户外环境的优劣，既直接影响人们户外活动的健康状况，又间接决定着建筑物内部的环境质量。

城市街谷内污染物分布是多因素耦合作用下的扩散过程。街谷内的污染物迁移扩散受到风向、风速、太阳辐射强度等城市气象参数，污染源的排放形式、数量和频率等源强参数，临街建筑的形式尺度、建筑物和道路材料的蓄热能力等热力参数的共同制约。同时，既要考虑以室外空间向室内正向扩散的机动车尾气等污染物，也要考虑当室内存在强污染源项时向室外空间的逆向扩散过程，具备鲜明的复杂性和多样性特点。

本书以作者及其科研团队近十年来主持完成的科研项目为基础，从城市街谷空间室内外污染物扩散的基本理论出发，建立了室内外气态污染物双向扩散数学模型，揭示了街谷空间的环境参数、建筑形状因子、绿化参数和污染源强对污染物扩散分布的作用机理和权重关系，依据建筑功能和污染源项位置分类定义了9种城市街谷空间类型，以污染物浓度为指标给出了相应的优选设计方案，提出了优化街谷局地微气候来减轻污染物沉积的策略途径和设计阈值，为生态型城市规划建设提供理论依据和设计措施。

全书共分5章，由本人拟定编写大纲并撰写1~3章，长安大学王琼撰写4~5章，长安大学城乡人居环境科研团队的多名青年教师和研究生，为本书做了大量的文字处理和图表绘制等工作，才使得本书能够如期完成。

书稿完成之际，特别感谢我的导师刘加平院士。从本科毕业投到刘老师门下学习，开始了懵懂的科研路程，在刘老师的指导下逐步明确了城市物理环境作为研究方向，真正开启了我对科研的兴趣和追求。刘老师高屋建瓴的学术思维、精益求精的钻研精神、豁达睿智的人生品格，对我产生了深刻的影响，时刻激励我克服困难不断前行。

限于作者的学识水平及所涉及内容的广泛性，书中难免存在问题和不足，敬请读者批评指正。

# 目 录

序  
前言

刘加平

第 1 章 导 论 .....	1
1.1 城市大气污染 .....	1
1.1.1 大天气系统 .....	1
1.1.2 污染问题 .....	6
1.1.3 大气稳定度与混合层高度 .....	19
1.2 大气污染现状研究 .....	23
1.2.1 我国大气污染特征 .....	23
1.2.2 我国大气污染防控的法律法规 .....	27
1.2.3 大气污染影响因素 .....	40
第 2 章 城市街谷空间气候 .....	47
2.1 城市气候与城市微气候 .....	47
2.1.1 气候 .....	47
2.1.2 城市气候 .....	48
2.1.3 微气候 .....	51
2.1.4 气候与人为环境 .....	51
2.1.5 我国的气候特征与气候区划 .....	52
2.2 城市街谷空间微气候 .....	55
2.2.1 城市微气候 .....	56
2.2.2 城市微气候与建成环境 .....	58
2.2.3 组团建筑小气候 .....	60
2.3 街谷空间污染物扩散研究现状 .....	61
2.3.1 城市污染物扩散 .....	62
2.3.2 街谷污染物扩散 .....	64
2.3.3 室内外污染物扩散 .....	66

<b>第 3 章 城市街谷空间室内外污染物扩散理论</b>	67
3.1 组团建筑空间类型确定	67
3.1.1 传统街谷定义	67
3.1.2 组团建筑空间类型	68
3.1.3 组团建筑空间流态	74
3.2 自然对流传热传质分析	75
3.3 室外污染物扩散理论分析	76
3.3.1 大气污染扩散模式	76
3.3.2 机动车尾气排放污染物扩散模式	78
3.4 室内外污染物扩散机理及数学模型	79
3.4.1 室内外污染物扩散模式	79
3.4.2 室内外污染物扩散理论分析	81
3.4.3 室内外污染物扩散数学模型	83
<b>第 4 章 城市街谷空间污染物扩散特性实验</b>	93
4.1 城市交通峡谷空间内污染物扩散影响因素	93
4.1.1 实验方案	93
4.1.2 数据处理	100
4.1.3 环境影响因素对污染物扩散的作用	107
4.2 生活型街谷空间室内外污染物扩散影响因素	107
4.2.1 实验方案	108
4.2.2 数据处理	111
4.2.3 环境因素对污染物扩散的影响	119
4.3 工业生产型空间室内外污染物扩散影响因素	120
4.3.1 实验方案	120
4.3.2 数据处理	124
4.3.3 环境因素对污染物扩散的影响	136
4.4 单体建筑室内外污染物扩散影响因素	136
4.4.1 实验方案	136
4.4.2 数据处理	138
4.4.3 室内外污染物扩散影响因素	140
4.5 不同类型建筑空间污染物扩散特性分析	140
4.5.1 不同类型组团建筑空间	140

4.5.2	不同窗户类型 .....	141
<b>第 5 章</b>	<b>城市街谷空间室内外污染物扩散数值模拟 .....</b>	<b>143</b>
5.1	数值模型 .....	143
5.1.1	基本假设 .....	144
5.1.2	模型参数设定 .....	147
5.2	不同组团建筑布局中污染物分布特性与优化方案 .....	149
5.2.1	行列式浅街谷模型 .....	149
5.2.2	行列式深街谷模型模拟分析 .....	152
5.2.3	错列式深街谷模型 .....	158
5.2.4	非均匀街谷模型模拟分析 .....	164
5.2.5	单边建筑街谷模型模拟分析 .....	176
5.2.6	十字交叉口街谷模型模拟分析 .....	180
5.2.7	不同临街建筑屋顶形式模型模拟分析 .....	189
5.2.8	不同建筑窗口形式模型模拟分析 .....	199
5.2.9	单层工业厂房模型模拟分析 .....	210
<b>参考文献</b> .....		<b>213</b>

# 第 1 章

## 导 论

随着城市化进程的快速发展，不但城市机动车保有量与日俱增，而且工业化发展迅猛，全球大气污染情况日益恶化。这一现象宏观上导致了气候变化，微观上造成建筑室内外空气污染问题，严重威胁到城市街谷空间中最小因子组团建筑空间中行人和两侧建筑物室内人员的健康问题。因此，想要提升或者控制组团建筑空间室内外空气品质，首先需要回顾大气污染现状及发展趋势，确立目标和方向，以期获得正确的研究方法。

## 1.1 城市大气污染

### 1.1.1 大天气系统

#### 1.1.1.1 大气物理学

大气物理学 (atmospheric physics) 是研究大气中各种物理现象和过程及其演变规律的学科，是大气科学的一个分支。它主要研究大气中的声学、光学、电学和辐射过程，云和降水物理，大气底层的边界层大气物理，平流层和中层大气物理，既是大气科学基础理论的一个部分，又和许多边缘学科，例如农业气象学、大气环境科学等有密切的关系。

大气物理学的许多内容，早就受到人们的关注。在早期，所有的大气热力学和大气动力学研究内容均包含在大气动力学和天气学中，20 世纪 20 年代，人们开始关注较小尺度大气动力学和热力学过程，其中包括了大气底层的边界层结构的研究，因而形成大气湍流和大气边界层的研究方向，20 世纪 40 年代大气中污染物的扩散受到了关注，开始形成污染气象学的研究方向。由于工农业对人工降水的需求，并对云的微观和宏观有了较深入的了解，因而逐渐形成对云雾物理学的系统研究。有关大气中的光学、声学和电学现象的研究，早在气象学、物理学和无线电学中进行了一些研究，20 世纪 40 年代开始的气象雷达观测，20 世纪 60 年代气象卫星的释放，对大气光、声、电学以及雷达气象学和卫星气象学的形成起了极大的推动作用。

大气物理学的研究不仅需要发展有关的理论还需要系统精确的实验资料予以验证。一般气象台站网的观测内容远不能满足实际和理论工作的要求，因而设计和制造专用的仪器设备，组织精细的观测是很重要的。例如大气湍流的观测需要快速反应的温度、湿度和风的观测仪器；云雾物理的观测则需要使用飞机和特种雷达；气象卫星安装的仪器几乎全都属于大气遥感的设备。

### (1) 研究简史

人们对大气中的许多物理现象，如虹、晕、华、雷、闪电等早已注意，并进行过研究，但内容分散在物理、化学、天文、无线电等学科之中，把它们纳入大气物理学一个学科，则是近三四十年中的事情。

20 世纪 40 年代以来，有几个重要因素推动着大气物理学迅速发展：

1) 随着人类在大气中活动范围的迅速扩展，大气物理学的研究领域不断扩大。如为了改进大气中的电波通信、光波通信，提高导弹制导水平，就需要了解它们所赖以传播的大气介质及相互作用，因此就要研究大气的声、光、电和无线电气象；又如，为避免晴空湍流引起飞机坠毁的事故，就要研究大气湍流。

2) 由工业生产排入大气中的大量气溶胶和污染物通过扩散造成大气污染，有些通过沉降或降水形成酸雨等，又被送到地面，导致土地河流污染、造成对植物和人类的严重影响。既要发展生产，又必须使大气不超过其对污染物质的稀释能力，这就要详细研究大气边界层的物理特性。

3) 生产活动和人类的其他活动，影响着自然环境。如大气中二氧化碳含量逐年增加，影响着大气辐射过程和气候变化规律。这些又影响农业生产，特别是粮食生产。粮食问题导致对气候变化的关注，进而促进了对大气辐射问题的研究。

4) 工农业用水逐年增加，就必须充分利用大气中丰富的水分，这就要开发大气中的水资源；此外，为避免或减轻天气灾害，又推动着人工影响天气试验研究的广泛开展，从而促进了云和降水物理学的研究。

5) 20 世纪 60 年代以来，遥感技术飞速地发展起来，辐射传输是遥感的基础，由此推动着大气辐射学的研究；人造卫星、电子计算机的发展，新技术（如激光、雷达、微波）的应用，给大气物理研究提供了有力的探测工具，获得了更多的探测资料，从而大大加速大气物理学发展的进程。

### (2) 研究内容

大气物理学主要包括大气边界层物理学、云和降水物理学、雷达气象学、无线电气象学、大气声学、大气光学和大气辐射学、大气电学、平流层和高层大气物理学。它们都各有自己的特点：大气声学、大气光学、大气电学和无线电气象学，研究大气中声、光、电的现象和声波、电磁波在大气中传播的特性；雷达气象学研究用气象雷

达探测大气的原理和方法,及其在天气分析预报、云和降水物理中的应用;大气辐射学研究辐射在地球大气系统内的传输转换过程和辐射平衡;云和降水物理学研究云和降水的形成、发展和消散的过程;大气边界层物理研究受地面影响较大的大气低层的温度、湿度、风等要素的水平和铅直分布,大气湍流和扩散,水汽和热量传输等;平流层和高层大气物理学研究对流层顶(10km左右)到80~90km大气层中发生的物理过程。大气过程常是多因素综合作用的结果,故大气物理诸方面常常相互联系,如大气电学同云和降水物理学都研究雷暴,既各有侧重,又紧密相关。

### 1.1.1.2 天气系统

天气系统是具有一定的温度、气压或风等气象要素空间结构特征的大气运动系统。如有的以空间气压分布为特征组成高压、低压、高压脊、低压槽等。有的则以风的分布特征来分,如气旋、反气旋、切变线等。有的又以温度分布特征来确定,如锋。还有的则以某些天气特征来分,如雷暴、热带云团等。通常构成天气系统的气压、风、温度及气象要素之间都有一定的配置关系。大气中各种天气系统的空间范围是不同的,水平尺度可从几千米到1000~2000km。其生命史也不同,从几小时到几天都有。

最大的天气系统范围可达2000km以上,最小的还不到1km。尺度越大的系统,生命史越长;尺度越小的系统,生命史越短。较小系统往往是在较大尺度系统的孕育下形成、发展起来的,而较小系统发展、壮大以后,又给较大系统以反作用,彼此相互联系,相互制约,关系错综复杂。各种天气系统有一定的空间范围,一定的新生、变化和消亡的过程。各种天气系统发展的不同阶段有其相应的天气现象分布。在天气预报中通过对于各种系统的预报,可以大致预报未来一段时间内的天气变化。许多天气系统的组合,构成大范围的天气形势,构成半球甚至全球的大气环流。

按照气象要素的空间分布而划分具有典型特征的大气运动系统(通常指气压空间分布所组成的系统),如高(气)压、低(气)压、高压脊、低压槽等。有时指风分布的系统,如气旋环流、反气旋环流、切变线等。有时指温度分布的系统,如高温区、低温区、锋区等。有时指天气现象分布的系统,如雷暴、热带云团等。这一要素系统同另一要素系统之间常常有一定的配置关系。气压系统和风场之间的关系较好:低压和气旋环流相配置,有时称为低压,有时称为气旋;高压和反气旋相配置,有时称为高压,有时称为反气旋。气压系统和温度系统也常呈一定配置关系。如:低压和低温区相配置,称为冷低压或冷涡;低压和高温区相配置,称为热低压。气压系统还可同天气现象存在一定配置关系,如雷暴和(小)高压配置,称为雷暴高压。天气系统可以通过各种天气图和卫星云图等分析工具分析出来。

#### (1) 特征尺度

各类天气系统有一定的特征尺度。空间尺度主要以天气系统的水平尺度的大小来

衡量，水平尺度系指天气系统的波长或扰动直径；时间尺度以天气系统的生命史的时间长短来衡量，生命史系指天气系统由新生到消亡的生消过程。一般天气系统的水平尺度越大，其时间尺度也越长。

在 20 世纪 40 年代以前，地面观测站平均距离约为 200 ~ 300km，以此站距观测所得的资料分析出来的高、低压系统，称为天气系统，21 世纪以来称为天气尺度天气系统。20 世纪 40 年代，发展了高空气象观测（平均站距约为 500km），把从高空天气图上发现的、波长与地球半径相当的波动，称为行星尺度天气系统。

20 世纪 50 年代前后，在研究对流性灾害天气时，发现了许多水平范围为一二三百公里、几十公里甚至几公里的高、低压系统，统称为中小尺度天气系统。分析这类系统，必须建立稠密的观测网，比如在美国有所谓的  $\alpha$ 、 $\beta$  和  $\gamma$  观测网，站距分别约为 50km、8km 和 2.5km。到了 20 世纪 70 年代，用 300 ~ 400km 格距进行数值天气预报时，往往因这种格距太大而分析不出一些具有对流性天气的系统，影响了预报效果。当格距缩小到 100 ~ 200km 时，即可分析出来，后来就称这类尺度的系统为中间尺度天气系统。

## （2）相关分类

大气中各类天气系统的特征尺度相差很大，有大至上万公里的，如超长波、副热带高压，也有小至几百米的，如龙卷。按特征尺度大致可分为五类，即：行星尺度天气系统、天气尺度天气系统、中间尺度天气系统、中尺度天气系统和小尺度天气系统。天气系统的分类在国际上也不完全统一。

### 1) 中尺度天气系统

在美国分类术语中，将水平尺度由 2000km 到 2km 的系统，统称为中尺度天气系统，其中又分三类：

200 ~ 2000km 的称中尺度  $\alpha$  天气系统，包括台风、锋面等；20 ~ 200km 的称中尺度  $\beta$  天气系统，包括龙卷、飚线等；2 ~ 20km 的称中尺度  $\gamma$  天气系统，包括雷暴单体等。

### 2) 中间尺度天气系统

日本将 2000km 到 200km 范围内的系统，称为中间尺度天气系统，将 200km 到 1km 范围的系统，称为中尺度天气系统。

### 3) 大尺度天气系统

此外，也有将行星尺度天气系统和天气尺度天气系统统称为大尺度天气系统。

### 4) 次天气尺度天气系统

把凡比天气尺度小的天气系统，包括中间尺度、中尺度和小尺度天气系统，统称为次天气尺度天气系统；也有人只把比天气尺度系统小一些的系统（即专指中间尺度天气系统），称为次天气尺度天气系统。

更客观、更统一的天气系统分类尚需进一步研究。

#### 5) 按波数划分

在高空天气图上,也有按整个纬圈的波数来划分天气系统的,通常把波数为1~3的波动称为超长波,波数为4~8的波动称为长波,它们都属于行星尺度天气系统。波数大于8的波动称为短波,相当于天气尺度天气系统或更小尺度的天气系统。

#### (3) 尺度效应

各类天气系统的空间尺度(水平的和铅直的)和时间尺度,以及特征的水平风速,都是根据实际观测确定的。但有些量到21世纪初还无法直接观测,只能按大气动力方程进行计算。在进行数值计算时,要选择适当的空间格距,其大小由系统的特征尺度决定,这就是所谓的尺度效应。比如天气系统的特征铅直运动速度,可以根据连续方程由水平尺度和特征水平风速推算出来。各类天气系统的铅直运动速度有一定的特征数值,如行星尺度天气系统为 $10^{-1}\text{cm/s}$ ,天气尺度天气系统为 $10^0\text{cm/s}$ ,小尺度天气系统的铅直速度约为天气尺度天气系统100倍,即 $102\text{cm/s}$ 。

自20世纪40年代末期出现尺度分析方法以后,人们常常将完全的运动方程,按照各类天气系统的特征尺度进行简化,研究各类系统大气运动的规律以及系统的移动。如研究天气尺度天气系统可以应用准地转平衡近似和静力学关系,而中小尺度天气系统则不满足地转平衡和静力平衡。

#### (4) 演化消亡

天气系统总是处在不断地新生、发展和消亡之中。各种天气系统有不同的生消条件和能量来源。即使特征尺度同属一类的系统,其生消条件和能量来源也有所不同。比如温带气旋的发展条件,主要由其上空涡度平流所引起的空气辐散的强弱决定,其能量来源于大气的斜压性所储存的有效势能。台风的发生和维持是由于热带扰动的潜热释放,而潜热的释放同热带大气的位势不稳定和对流不稳定有关,其能量主要来源于海洋供给的水汽,在凝结过程中释放的潜热。强对流性的中小尺度天气系统,主要是由于位势不稳定空气受到急剧抬升而发展起来的,其能量也是来源于潜热释放。再者,天气系统往往不是闭合的,一个系统的空气经常不停地与周围系统的空气发生交换,随着这种交换,系统与系统之间的动量、能量等进行交换,从而引起系统的生消以及系统之间的相互作用。一般来说,大的天气系统制约并孕育着小的天气系统的发生和发展,小的天气系统产生后又能对大的天气系统的维持和加强起反馈作用。研究天气系统生消的条件和能量来源,以及研究系统之间的相互作用是天气学的主要任务之一。天气系统与大气环流之间,不仅在流型上有关联,而且存在着内在的联系。如大尺度天气系统的活动,通过热量、动量的南北输送以及能量的转换,对于大气环流的维持起着重要作用。而大气环流的热力状况和基本风系的特点,如西风气流的水平变化和

垂直变化等，又反过来制约着大尺度天气系统，直接影响着大尺度天气系统的发展。天气系统组合的演变，如纬向环流的恢复，波动群速的传播，以及行星尺度天气系统的发展等，可以导致相当广泛地区甚至全球范围大气环流的变化。大气环流的变化又是造成大范围长时期天气变化的条件和机制。从事短期天气预报，可以主要考虑单一的天气系统的变化，而从事中期、长期天气预报则需要研究天气系统组合的演变规律，需要研究超长波以至整个大气环流的演变规律。

### 1.1.2 污染问题

在对我国 330 多座城市进行环境质量检测的过程之中，只有不足 75 座城市的质量符合相应的标准，这些城市在总体城市中所占有的比重不足 22%。环境问题仍然是目前需要解决的首要问题。

#### 1.1.2.1 环境质量

日益严峻的环境问题不断的引发了焦虑，越来越多的人开始意识到大气环境治理的重要性以及必然性。

##### (1) 空气质量

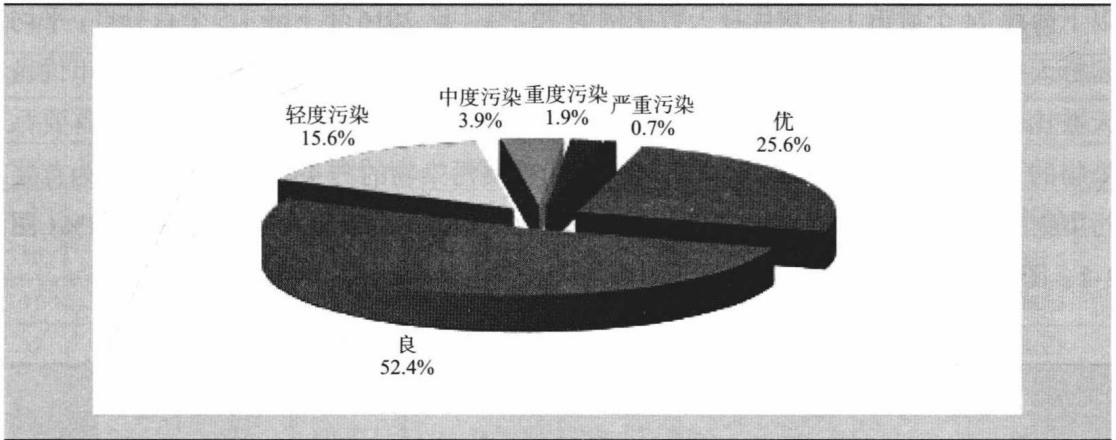
###### 1) 全国范围

**地级及以上城市** 2017 年,全国 338 个地级及以上城市(以下简称 338 个城市)中,有 99 个城市环境空气质量达标,占全部城市数的 29.3%;239 个城市环境空气质量超标,占 70.7%。

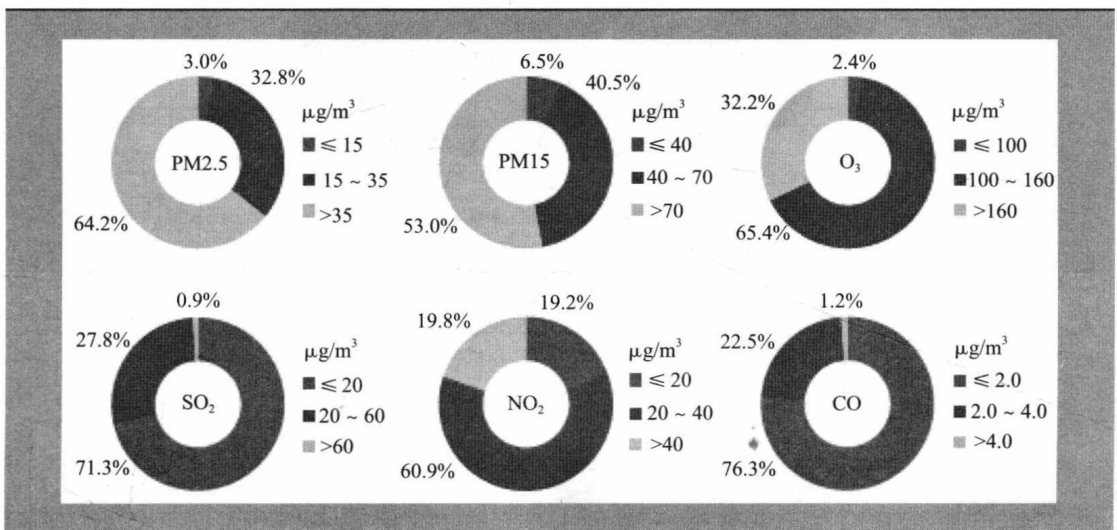
338 个城市平均优良天数比例为 78.0%，比 2016 年下降 0.8 个百分点；平均超标天数比例为 22.0%。5 个城市优良天数比例为 100%，170 个城市优良天数比例在 80%~100% 之间，137 个城市优良天数比例在 50%~80% 之间，26 个城市优良天数比例低于 50%（图 1-1）。

338 个城市发生重度污染 2311 天次、严重污染 802 天次，以 PM<sub>2.5</sub> 为首要污染物的天数占重度及以上污染天数的 74.2%，以 PM<sub>10</sub> 为首要污染物的占 20.4%，以 O<sub>3</sub> 为首要污染物的占 5.9%。其中，有 48 个城市重度及以上污染天数超过 20 天，分布在新疆、河北、河南等 12 个省份（部分城市受沙尘影响）。

PM<sub>2.5</sub> 年均浓度范围为 10~86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，平均为 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，比 2016 年下降 6.5%；超标天数比例为 12.4%，比 2016 年下降 1.7 个百分点。PM<sub>10</sub> 年均浓度范围为 23~154 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，平均为 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，比 2016 年下降 5.1%；超标天数比例为 7.1%，比 2016 年下降 2.3 个百分点。O<sub>3</sub> 日最大 8 小时平均第 90 百分位数浓度范围为 78~218 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，平均为 149 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，比 2016 年上升 8.0%；超标天数比例为 7.6%，比 2016 年上升 2.4 个百分点。SO<sub>2</sub> 年均浓度范围为 2~84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，平均为 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，比 2016 年下降 18.2%；超标天数



2017年338个城市环境空气质量级别比例



2017年338个城市六项污染物不同浓度区间城市比例

图 1-1 全国 338 个城市 2017 年城市环境空气质量及污染物所占比例图

比例为 0.3%，比 2016 年下降 0.2 个百分点。NO<sub>2</sub> 年均浓度范围为 9 ~ 59 μg/m<sup>3</sup>，平均为 31 μg/m<sup>3</sup>，比 2016 年上升 3.3%；超标天数比例为 1.5%，比 2016 年下降 0.1 个百分点。CO 日均值第 95 百分位数浓度范围为 0.5 ~ 5.1 mg/m<sup>3</sup>，平均为 1.7 mg/m<sup>3</sup>，比 2016 年下降 10.5%；超标天数比例为 0.3%，比 2016 年下降 0.1 个百分点。

若不扣除沙尘影响，338 个城市中，环境空气质量达标城市比例为 27.2%，超标城市比例为 72.8%；PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 平均浓度分别为 44 μg/m<sup>3</sup> 和 80 μg/m<sup>3</sup>，分别比 2016 年下降 6.4% 和 2.4%。

**新标准第一阶段监测实施城市** 2017 年，74 个新标准第一阶段监测实施城市（包括京津冀、长三角、珠三角等重点区域地级城市及直辖市、省会城市和计划单列市，

以下简称 74 个城市) 平均优良天数比例为 72.7%，比 2016 年下降 1.5 个百分点；平均超标天数比例为 27.3%。22 个城市优良天数比例在 80%~100% 之间，42 个城市优良天数比例在 50%~80% 之间，10 个城市优良天数比例低于 50%。以 PM<sub>2.5</sub> 为首要污染物的天数占污染总天数的 47.0%，以 O<sub>3</sub> 为首要污染物的占 43.1%，以 PM<sub>10</sub> 为首要污染物的占 7.8%，以 NO<sub>2</sub> 为首要污染物的占 2.4%，以 SO<sub>2</sub> 为首要污染物的不足 0.1% (图 1-2、图 1-3、表 1-1)。

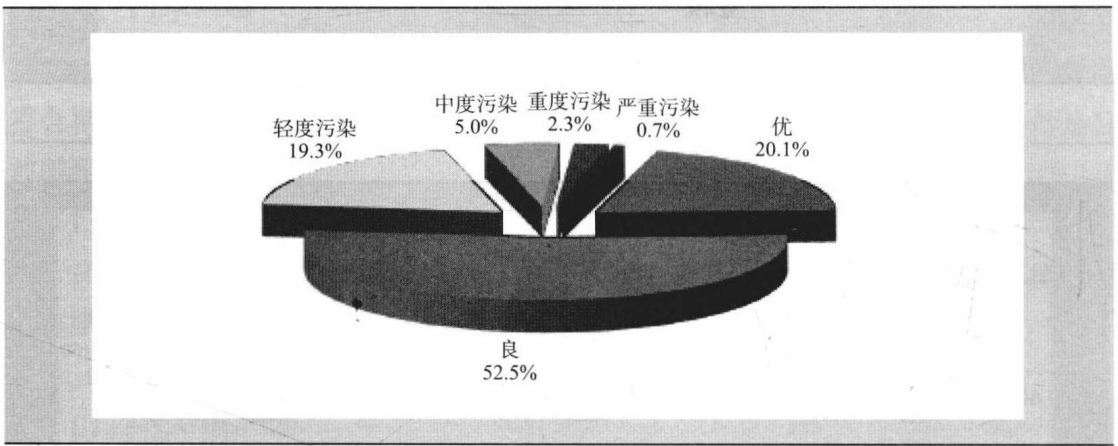


图 1-2 2017 年 74 个城市环境空气质量级别比例

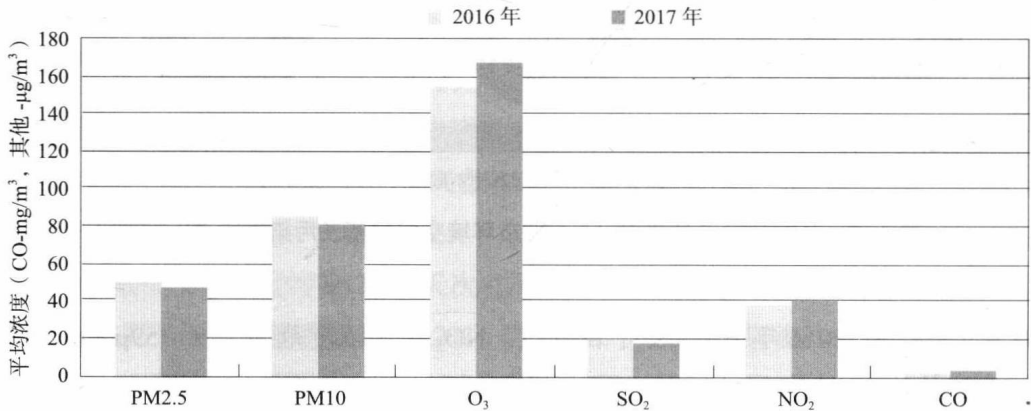


图 1-3 2017 年 74 个城市六项污染物浓度年际比较

2017 年 74 个城市环境空气质量综合指数及主要污染物

表 1-1

序号	城市	综合指数	最大指数	主要污染物	序号	城市	综合指数	最大指数	主要污染物
1	海口	2.49	0.79	O <sub>3</sub>	4	厦门	3.37	0.80	NO <sub>2</sub>
2	拉萨	3.13	0.80	O <sub>3</sub>	5	福州	3.42	0.88	O <sub>3</sub>
3	舟山	3.18	0.95	O <sub>3</sub>	6	惠州	3.48	0.89	O <sub>3</sub>

续表

序号	城市	综合指数	最大指数	主要污染物	序号	城市	综合指数	最大指数	主要污染物
7	深圳	3.49	0.92	O <sub>3</sub>	41	南京	5.18	1.18	NO <sub>2</sub>
8	丽水	3.54	0.94	PM2.5	41	淮安	5.18	1.42	PM2.5
9	贵阳	3.61	0.91	PM2.5	42	泰州	5.22	1.46	PM2.5
10	珠海	3.64	1.00	O <sub>3</sub>	43	长春	5.22	1.31	PM2.5
11	台州	3.65	0.94	PM2.5	45	无锡	5.28	1.26	PM2.5
12	昆明	3.76	0.82	PM2.5	46	宿迁	5.34	1.57	PM2.5
13	南宁	3.95	1.00	PM2.5	47	常州	5.41	1.27	PM2.5
14	大连	4.16	1.02	O <sub>3</sub>	48	武汉	5.46	1.49	PM2.5
15	中山	4.16	1.13	O <sub>3</sub>	49	镇江	5.63	1.57	PM2.5
16	张家口	4.18	1.08	O <sub>3</sub>	50	合肥	5.65	1.60	PM2.5
17	宁波	4.31	1.06	PM2.5	51	哈尔滨	5.71	1.66	PM2.5
18	兰州	4.37	1.20	PM2.5	52	扬州	5.72	1.54	PM2.5
19	东莞	4.37	1.06	O <sub>3</sub> 、PM2.5	53	沈阳	5.78	1.42	PM2.5
20	温州	4.40	1.09	PM2.5	54	成都	5.85	1.60	PM2.5
21	金华	4.44	1.20	PM2.5	55	秦皇岛	5.86	1.26	PM2.5
22	肇庆	4.47	1.17	PM2.5	56	北京	5.87	1.66	PM2.5
23	盐城	4.58	1.23	PM2.5	57	呼和浩特	5.93	1.36	PM10
24	江门	4.60	1.21	O <sub>3</sub>	58	银川	6.41	1.51	PM10
25	广州	4.61	1.30	NO <sub>3</sub>	59	兰州	6.45	1.59	PM10
26	上海	4.63	1.13	O <sub>3</sub>	60	天津	6.53	1.77	PM2.5
27	嘉兴	4.72	1.20	PM2.5	61	乌鲁木齐	6.55	2.00	PM2.5
28	绍兴	4.73	1.29	PM2.5	62	廊坊	6.61	1.71	PM2.5
29	佛山	4.75	1.14	PM2.5	63	徐州	6.78	1.94	PM2.5
30	南昌	4.75	1.17	PM2.5	64	沧州	6.89	1.89	PM2.5
31	青岛	4.78	1.11	PM10、PM2.5	65	济南	7.04	1.86	PM2.5
32	连云港	4.79	1.29	PM2.5	66	郑州	7.07	1.89	PM2.5
33	南通	4.79	1.12	O <sub>2</sub>	67	衡水	7.29	2.20	PM2.5
34	湖州	4.80	1.20	PM2.5	68	西安	7.72	2.17	PM2.5
35	承德	4.86	1.17	PM10	69	太原	7.79	1.89	PM2.5
36	苏州	4.97	1.20	NO <sub>2</sub> 、PM2.5	70	唐山	7.97	1.89	PM2.5
37	长沙	4.98	1.49	PM2.5	71	保定	8.32	2.40	PM2.5
38	杭州	5.02	1.29	PM2.5	72	邢台	8.57	2.29	PM2.5
39	重庆	5.04	1.29	PM2.5	73	邯郸	8.64	2.46	PM2.5
40	西宁	5.11	1.19	PM2.5	74	石家庄	9.72	2.46	PM2.5