

大气环境容量 核定方法与案例

主编 宁平

副主编 杨树平 张朝能



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

大气环境容量 核定方法与案例

主 编 宁 平

副主编 杨树平 张朝能



北 京

冶金工业出版社

2013

内 容 提 要

本书阐述了大气环境容量的基本原理与核定方法,大气环境容量是空气污染物总量控制的基础,包括空气污染总量控制区的确定、环境空气质量现状调查、空气污染源分析、污染气象特征分析、环境容量核定。本书以昆明市大气环境容量核定为例对核定方法进行较全面介绍。

本书可供高等院校相关专业的师生阅读,对从事大气环境容量研究及管理的人员也具有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

大气环境容量核定方法与案例 / 宁平主编. —北京:
冶金工业出版社, 2013. 1

ISBN 978-7-5024-6091-4

I. ①大… II. ①宁… III. ①大气环境容量—测定
IV. ①X26

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 282465 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 郭冬艳 美术编辑 李 新 版式设计 孙跃红

责任校对 禹 蕊 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-6091-4

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2013 年 1 月第 1 版, 2013 年 1 月第 1 次印刷

850mm × 1168mm 1/32; 8 印张; 211 千字; 241 页

29.00 元

冶金工业出版社投稿电话: (010)64027932 投稿邮箱: tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100010) 电话: (010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

编 委 会

主 编 宁 平

副主编 杨树平 张朝能

成 员 李晓铭 黄 俊 杨 健 房晟忠

冯 晖 罗华君 李发荣 柘元蒙

王红梅 黄 晓 张治中 陈 燕

陈大明 王会艳

前 言

随着工业生产和国民经济的快速增长,我国机动车保有量在迅速增加,使得废气排放源数量不断增加,大气污染物排放总量不断上升,因此单个排放源的浓度达标控制已不能有效改善城市环境空气质量,只有实施以区域环境容量为基础的污染物总量控制,才能从总体上控制城市大气污染,实现环境质量目标。

为提高我国城市大气环境管理水平,进一步改善城市环境空气质量,国家环境保护总局于“十五”期间启动了全国113个重点城市的大气环境容量测算工作。按照《云南省酸雨控制区二氧化硫污染防治实施计划(2001~2005)》总体目标要求,2005年“酸控区”二氧化硫排放量比2000年减少了6.8%,城市空气中二氧化硫浓度年平均稳定达到国家环境空气质量二级标准,酸雨污染有所减轻。昆明市是云南省列入国家“酸雨控制区”的七个城市之一,近几年环境空气质量不容乐观。因此,面对昆明市严峻的大气污染形势,结合云南省对“酸雨控制区”的总体目标要求,以及昆明市城市建设和经济的快速发展现状等一系列问题,开展昆明市大气环境容量研究已经迫在眉睫。

本书介绍了大气环境容量的涵义,总结了近年来大气环境容量的核算方法,并具体运用到了昆明市大气环境容量的

II * * * * * 前 言

测算。通过对昆明市自然、经济社会环境及污染源、环境质量等基础要素的调查,利用数理统计和 GIS 等计算机技术方法,首先对区域大气污染特征、变化趋势及污染来源进行了分析和解析,在对大气环境质量目标分解的基础上,应用 A-P 值法测算宏观理想环境容量,然后以环境质量达标为目标,利用环境规划、ISCLT3 等多源模型模拟预测,核定得到昆明城区现状的实际环境容量。

大气环境容量核算方法仍在探索之中,鉴于作者水平所限,书中介绍的大气环境容量核算方法的不足之处,恳请读者批评指正!

编 者
2012 年 8 月

目 录

1 绪论	1
1.1 大气环境容量概述	1
1.1.1 大气环境容量的概念与类型	2
1.1.2 环境容量的基本特征	5
1.2 大气环境容量研究现状及发展趋势	6
1.2.1 大气环境容量研究现状	6
1.2.2 大气环境容量研究发展趋势	14
1.3 技术路线	16
2 控制区确定及环境质量状况	17
2.1 自然社会环境概况	17
2.1.1 自然环境概况	17
2.1.2 经济社会概况	17
2.2 大气环境功能区划	17
2.2.1 大气环境质量功能区的分类	17
2.2.2 环境空气质量功能区执行的标准	18
2.2.3 功能区划分的原则	19
2.2.4 大气环境功能区划分的目的	19
2.2.5 功能区划分在城市大气环境管理中的作用	20
2.2.6 功能分区划分的意义及依据	21

IV 目 录

2.3	确定控制区及控制点	21
2.4	控制区网格化及控制点的选择	22
2.5	环境空气质量现状评价	23
2.5.1	概述	23
2.5.2	环境空气质量标准	25
2.5.3	污染源的调查与评价	26
2.5.4	大气环境现状评价	29
2.6	环境质量变化趋势	31
3	污染源分析	33
3.1	大气污染源及污染物	33
3.2	大气污染源的分类方法	34
3.2.1	点源与面源的调查	34
3.2.2	线源的调查	35
3.3	点源分析	35
3.4	面源情况	36
3.4.1	面源划分的原则	36
3.4.2	面源调查技术方法	36
3.5	线源情况	36
3.5.1	机动车排放污染程度	36
3.5.2	线源划分原则和方法	36
3.6	大气污染物排放总量	37
4	污染气象特征	38
4.1	气象资料来源	39
4.1.1	地面气象资料	39

4.1.2 低空气象资料	39
4.2 大气环流特点	40
4.3 气象条件对 A 值算法的影响	40
4.4 多源模式气象条件分析	41
4.5 地面风场分析及边界层风场分析	41
4.5.1 地面风场分析	42
4.5.2 边界层风场分析	42
4.5.3 边界层温度场分析	43
4.5.4 大气混合层高度分析	43
4.5.5 边界层逆温特征分析	44
5 大气环境容量核定	45
5.1 用 A 值法估算环境容量	46
5.1.1 A 值法的基本原理	46
5.1.2 A 值法估算环境容量	48
5.1.3 总悬浮颗粒物的环境容量计算方法	50
5.2 二维箱模式	51
5.2.1 扩散系数	51
5.2.2 预测模型	51
5.2.3 容量计算	52
5.3 三维箱模式	52
5.4 用模拟逼近估算环境容量	53
5.4.1 模型简介	53
5.4.2 预测模型	55
5.5 用线性规划法求解大气环境容量	81
5.5.1 线性规划模式的标准化	84

5.5.2	线性规划模式解的概念	85
5.5.3	线性规划模式解的判别	87
5.5.4	线性规划模式的单纯形解法	88
5.5.5	环境功能区划分及控制点的选择	92
5.5.6	大气污染多源模型与浓度贡献系数矩阵	93
6	昆明市大气环境容量核定	95
6.1	总论	95
6.1.1	大气环境容量核定的内容及技术路线	95
6.1.2	大气环境容量核定的编制依据	95
6.2	控制区确定及环境质量状况	97
6.2.1	基本概况	97
6.2.2	城市总体规划	104
6.2.3	基准控制条件确定	107
6.2.4	环境空气质量分析	114
6.3	大气污染源分析	127
6.3.1	城市控制区工业污染源	127
6.3.2	城区控制区污染源状况	128
6.3.3	点、线、面污染源状况	134
6.3.4	大气污染来源构成分析	137
6.4	气象条件确定和分析	140
6.4.1	$A-P$ 值法气象条件	140
6.4.2	多源模式气象条件	140
6.4.3	污染气象特征分析	141
6.5	$A-P$ 值法理想环境容量	151
6.5.1	$A-P$ 值法应用	151

6.5.2 理想环境容量	157
6.6 多源模型实际环境容量	157
6.6.1 模型选取	157
6.6.2 多源模型容量核定工作步骤	158
6.6.3 ISCLT3 模型环境容量	158
6.6.4 环境规划模型环境容量	164
6.6.5 多源模型计算结果比较	171
6.7 环境容量确定及污染物削减	173
6.7.1 环境容量确定	173
6.7.2 污染物削减	175
6.8 结论与建议	176
6.8.1 结论	176
6.8.2 建议	177
附录	178
附录1 多源模型预测结果	178
附录2 模型参数	189
附录3 《环境空气质量标准》(GB 3095—1996)	236
附录4 《环境空气质量标准》(GB 3095—2012)	238
参考文献	240

1 绪 论

1.1 大气环境容量概述

随着工业生产和国民经济的快速增长,大气排放源数量不断增加,虽然通过“一控双达标”行动,大气污染源基本实现了达标排放,但大气污染物排放总量控制仍未得到很好解决,国内许多城市都面临着空气质量下降的形势。这表明单个排放源的浓度达标控制已不能有效改善城市大气环境质量,只有实施以区域环境容量为基础的污染物总量控制才能从总体上控制城市大气污染、实现环境质量目标^[1]。

污染物总量控制方法是美国环保局在 1976 年 12 月提出的,并在美国正式实行,之后被工业发达国家普遍采用,并收到了良好效果。总量控制就是根据某一区域的环境功能所确定的环境保护目标,核算出该区域对污染物的自然净化能力以及对污染物的允许接纳总量(即环境容量),并且将该总量指标分配到区内各排污单位^[2]。总量控制的具体做法很多,总体可分为两类,即容量总量控制与目标总量控制。容量总量控制是指各污染物的排放总量控制指标依据环境容量而制定的管理方式,这种方式可以达到用最小的投资、获取较大的环境效益的目的,实现经济建设和环境保护的双赢。

我国从“九五”期间开始从浓度控制向目标总量控制转变,并逐步向容量总量控制过渡。在国家《经济和社会展“九五”计划和 2010 年远景目标纲要》中,实施污染物排放总量控制被列为实现环境保护目标的重大举措。《国务院关于环境保护若干问题的决定》中明确提出,要实施污染物排放总量控制,抓紧建立全国主要污染物排放总量指标体系和定期公布制度。我国从

浓度控制、目标总量控制到重点城市推行区域大气环境容量总量控制，是在科学研究与环境管理实践的基础上形成的管理思路，是促进大气环境质量改善的有效管理手段。通过城市功能的合理定位布局和产业结构的优化，实现污染物总量的优化分配，最大限度地利用大气环境容量，促进环境保护和经济社会的协调发展^[3~5]。

1.1.1 大气环境容量的概念与类型

大气环境容量是环境科学的基本理论问题之一，也是当前环境科学研究的一个重要内容。理论上，大气环境容量是环境的自然与效益参数等多变量函数，它反映出污染物在环境中的迁移、转化和积存规律，也反映了满足特定功能条件下环境对污染物的承受能力；实践上，大气环境容量是环境目标管理的基本依据，是环境规划的主要约束条件，也是污染物总量控制的关键参数。

国内外学者给予环境容量的定义非常多，归纳起来，大致可分为如下几类：

(1) 环境容量是污染物允许排放总量与相应的标准浓度的比值；

(2) 环境容量是环境的自净同化能力；

(3) 环境容量是指不危害环境的最大容许纳污能力；

(4) 环境容量是指某一环境在人类生存和自然生态系统不致受害的前提下，所能容纳的污染物最大负荷量，它是一个变量，包括两个组成部分，即环境标准与本底值确定的基本环境容量（差值容量）和自净同化能力确定的变动环境容量（同化容量）之和，前者可通过拟定的环境标准减去环境本底值求得，后者是指该环境单元的自净能力。

一个环境单元环境容量的大小与该单元本身组成结构及功能有关。在地域系统中，环境容量变化具有明显的地带性规律与地区性差异。通过人为调节控制环境单元的物理、化学及生物过程，改善物质的循环转化方式和能量投入数量，可以提高环境容

量，改善环境的污染状况。

一个特定的环境（如一个自然区域、一个城市）对污染物的容量是有限的。其容量的大小与环境空间的大小、各环境要素的特性、污染物本身的物理和化学性质有关。环境空间越大，环境对污染物的净化能力就越大，环境容量也就越大。对某种污染物而言，它的物理和化学性质越不稳定，环境对它的容量也就越大。

大气环境容量是指在一定的保证人体健康和自然生态系统不致受害的环境标准下，某一环境单元大气所能承纳的污染物最大排放量。定性描述大气环境容量的概念较为容易，而量化方面则还存在一定的困难。大气环境容量的大小与污染源分布状况、环境质量标准、大气稀释扩散、自净能力和空间大小有关。大气环境容量与污染物的物理状态、化学形态和生物降解过程等紧密相关。同一种污染物在不同的大气环境中具有不同的环境容量，就是同一大气环境对不同的污染物，也有不同的环境容量，甚至因不同的气象条件、季节而有所不同。

对应不同的环境管理理念，又分为理想环境容量、实际环境容量和规划环境容量。

理想环境容量指在有限的区域内，考虑污染物的背景浓度，区域内污染物的排放和清除达到平衡状态的条件下，污染物浓度达到功能区环境质量标准浓度限值时，在一定时段内区域所能容纳的污染物量。污染物清除的主要方式有化学转化、干沉积、湿沉降、卷挟到边界层外以及平流输送出区域等。

理想大气环境容量有以下特点：

（1）气象条件简化。区域内气象条件变化频率大，难以简单描述。在理想大气环境容量计算时，忽略区域内气象条件微小复杂变化的影响，仅在大区域范围内考虑宏观的气象变化特征。

（2）均匀性假定。实际污染物在空间范围内的扩散转移具有一定浓度梯度，理想大气环境容量是在假定空间内污染物全部达到均匀混合的状态下得出的。

(3) 污染源无关性。由于作了均匀性假定,因此区域内的污染源位置、高度等因素的大气环境质量影响没有考虑。

实际环境容量指在有限的区域内,考虑污染物的背景浓度,在现状污染源排放格局条件下,根据区域气象条件,建立污染源与区域环境空气质量的响应关系,分析在达到功能区环境质量标准浓度限值时,区域所允许排放的最大污染物量。

实际环境容量具有以下特点:

(1) 气象条件具体化。实际环境容量测算考虑了区域气象条件的特异性,可以更加真实地描述污染物在区域内的扩散与传输特性。

(2) 污染源调查精度要求高。由于强调了现状污染源的地面环境质量影响,因此实际污染源的调查资料的准确性对确定实际环境容量的影响较大。

(3) 环境影响可验证。在实际环境容量测算中,由于地面观测浓度有定量监测数据,因此可应用监测数据验证污染源与环境质量的响应关系。

规划环境容量是指在有限的区域内,考虑污染物的背景浓度,在规划污染源排放格局条件下,根据当地实际气象条件,应用大气污染扩散模型,建立污染源排放与区域内的地面环境质量之间的响应关系,分析在环境质量达到环境功能要求情况下,区域内所允许排放的污染物最大量。规划环境容量的确定与现状污染格局和规划新增的污染源有密切关系。

规划环境容量与实际环境容量联系紧密,测算的技术路线基本相同,但必须考虑以下两个影响因素:

(1) 污染源布局影响大。由于不同的规划新增污染源布局对区域环境质量影响程度的差异大,因此在规划环境容量测算过程中,应考虑对污染源布局进行优化。

(2) 管理政策与技术标准调整的影响因素必须考虑。在一定的规划期内,国家和地方大气环境管理政策和技术标准可能会发生变化,因此在规划环境容量分析时应充分考虑当地即将实施

的有关政策和技术标准的影响。

理想环境容量是应用比较简单的方法确定区域基本公平合理的环境容量值，将复杂的问题相对简化，是容量总量控制的宏观阶段。实际环境容量建立现状污染源与环境容量之间的关系，能够识别影响区域环境质量的主要因素，将为城市大气污染控制提供技术支持。规划环境容量是结合经济发展、产业布局调整和大气环境保护的一个重要环境指标，科学测算规划环境容量，能促进科学发展观在城市环境保护领域的落实，促进城市实现可持续发展。

1.1.2 环境容量的基本特征

(1) 有限性。在一定的时间、空间、自然条件及经济社会条件下，当区域保持一定的稳定结构与功能时，环境所能容纳的物质质量是有限的。尤其是区域的自然过程、经济社会发展方式、规模对于环境容量的阈值有极大的制约。而且，无论从区域环境整体结构还是其功能来说，环境要保持稳定都必须遵从最小限制因子原则。因此，不论是整体环境单元还是单一环境要素，环境容量都是有限的，人类活动必须在环境容量阈值之内才能保持所处环境单元的稳定发展。

(2) 客观性。环境容量作为一种自然系统净化、处理、容纳污染物的能力，同能量一样，是看不到、摸不着的，但实际又是客观存在的。环境容量虽然受到自然过程与经济社会发展行为的约束，人类也可以通过优化环境系统的能量、物质及结构而提高容量，但不等于环境容量可以任意改变，特别是环境的自净能力，是环境系统自身演化过程而决定的一种能力，人类的利用活动只能基于这个基础上。

(3) 稳定性。在一定的自然条件、一定的人类社会活动方式与规模，以及一定的经济技术水平和保持相对稳定的各部分结构、功能的前提下，环境单元作为一个独立的环境系统处于动态平衡之中，在其中发生的能量与物质的流动保持相对稳定的状

态,环境容量是这种能量、物质流动中的一部分,必然具有相对的稳定性。而且,在给定的环境单元,在一定的评价指标体系及计量手段下,环境容量的大小是固定的,是不以人们的意志为转移的。

(4) 变更性。自然条件、经济社会发展规模、人类对于环境所持观点的改变,一方面会影响污染物的产生与处理能力,另一方面会影响环境评价指标的确定。在这两方面的共同影响下,环境容量在“量”上就会产生新的变化。从总趋势看,总容量会趋于增大,但在各组成部分中,特别是环境自身的净化能力可能会随环境质量标准提高及目前环境破坏的实际情况将有所下降,人类自身处理污染物的能力随技术改进而增强。此消彼长,总趋势表现为增大。

(5) 可控性。在自然领域中,各种生态环境因素的降解能力是有限的,但是人们可以通过增减能量、物质投入,改良环境系统结构提高其环境容量。在经济社会领域中人类可以通过对所使用的技术、设备、生产工艺进行优化改革,同时兴建污染处理设施来扩大整个社会的污染物净化能力,从而间接控制环境容量。

(6) 周期性、地域性。大气环境单元的容量是与环境中的大气、人类社会等各因素分不开的。各因素不仅在分布上有明显的地域差别,在时间上也有一定变化,尤其自然环境因素会随时间发生周期性变化,如地区主导风向、降水量、大气稳定度会随季节变化等等。因此,与之紧密相关的环境容量同样存在着地域性、周期性。

1.2 大气环境容量研究现状及发展趋势

1.2.1 大气环境容量研究现状

1968年日本学者首先提出了环境容量的概念。日本学者吉川博提出,环境容量是自然还原能力、人工处理设施和人们对环