

大

商务出版社

大气污染预报与控制

〔苏〕М.Е.Берлянд

申亿铭 译

许小金 校

气象出版社

内 容 简 介

书中系统地讲述了苏联和其他国家在研制不利气象条件下空气污染的短期预报方法,并同时介绍了在控制向大气排放的可能性方面所完成的研究结果。讨论了预报基础,引用了大气污染的数值、统计和天气学预报方法的资料,按照它们的实际应用一一做了介绍。

本书还叙述了不利气象条件和空气污染潜势的预报方法。描述了按照预报数据在近地面空气层中混合物可能达到最大浓度时,削减向大气排放和降低有害影响的方法。提供了预报准确率和效果检验结果的分析。说明了在所研究的问题方面这项工作发展的前途。

本书可供从事环境保护工作的教学和科研人员、大、专学生以及对大气污染监测和保护问题感兴趣的专家参考。

М.Е.Берлянд

ПРОГНОЗ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНИИ АТМОСФЕРЫ

Ленинград. Гидрометеиздат 1985

大气污染预报与控制

〔苏〕 М.Е.Берлянд

申亿铭 译

许小金 校

责任编辑 曾令慧

气象出版社 出版

(北京西郊白石桥路46号)

北京昌平环球科技印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 全国各地新华书店经销

*

开本: 850×1168 1/32 印张: 9.25 字数: 235千字

1991年4月第一版 1991年4月第一次印刷

印数: 1-1000 定价: 3.00元

ISBN 7-5029-0538-3/P·0307(课)

为中国读者所写的序言

近年来，中国同世界其它国家一样，对大气污染气象方面的问题已引起了极大的注意。这是因为气象因子决定着大气混合物的传输和它们的时空分布，对它们的研究在解决当代最重要的问题之一——保护周围环境不受有害物质污染方面有时会起关键作用。考虑这些因子既可以确定单个企业的，也可以确定全部企业向空气中的最大允许排放。

在空气污染预报和控制工作中考虑气象条件的作用具有十分重要和实际的意义，原因在于，有害物质以同样的速度向大气排放时可能引起不同后果，在某些天气条件下它们在近地面生物活动层中的浓度可以明显增大。因此可以证明，即使是短时间的控制，确切地说在短时间内降低排放也具有极大的效益。解决这个问题无疑可以确定保护大气不受污染的最经济的措施和确定投资与设备消耗之间的合理关系。

在这个领域苏联早已开始了研究工作，其特点是，力求保持科学的严谨性和它们的实用性。这些工作的前期成果已列入了由世界气象组织出版的作者所写的专著《苏联的空气污染预报研究工作》和世界气象组织在列宁格勒举行的欧洲地区国际专家会议的报告文集中，然后又经过了综合整理和充实，即以俄文出版了这本书。

把这本书译成中文无疑会促进上述工作的发展，并引起中国气象工作者的注意。现在中国气象工作者正非常积极地在大气物理学的相邻领域里进行着卓有成效的工作，相信会大大提高对空气污染预报和控制问题的研究效果。

作者非常高兴，把这本书译成中文出版，仅对译者表示感

谢。

致以

友谊的问候!

苏联地球物理观象总台、大气扩
散和空气污染研究室主任别尔良
德教授

1988年10月24日于列宁格勒

前 言

现在正处于研究大气污染的新时期，在根据观测资料对污染源区空气中有害混合物浓度的评价和监测，以及以理论研究为基础对浓度进行计算的同时，出现了实现空气污染短期预报和把它们用于控制工业排放的可能性。许多国家对这种预报产生了浓厚的兴趣。

在苏联，国家水文气象和环境监测委员会对大气污染预报方法进行了广泛的综合科学研究。在区域水文气象中心成立了预报组，实质上是建立了新的预报服务。现在，苏联的140个城市都编制预报，为了在防止空气污染方面能够采取必要的措施，已向1000以上的大型企业发送预报。为了保证这项服务的业务活动，出版了规范（1979），并对提出的预报方法进行了广泛的试验。在《共产党人》杂志中（№14,1982），已发表了总结苏联环境保护领域工作的И.Новиков的文章，对这项工作给予了积极的评价。其中指出，国家水文气象和环境监测委员会所属研究所研制的，在气象条件变坏的时候预报区域性空气污染水平的方法得到了广泛的应用。这些预报特别对有不利的形势时，降低向大气的有害排放有重大作用。

最近世界气象组织给予空气污染预报方面的工作以相当大的注意。为了在这方面积极开展工作，根据欧洲区域联合会第七次会议的决议，1980年11月国家水文气象和环境监测委员会在列宁格勒沃耶阔夫地球物理观测台组织了大型国际会议，讨论了产生高浓度空气污染的不利气象条件的预报方法。在有14个国家专家参加的这次会议上作出了进一步发展空气污染预报方法研究的建议，由世界气象组织秘书处作了详细说明的这个建议已发到

所有国家——世界气象组织的成员国。象世界气象组织公报（第30卷第2期，1982年）所指出的，这些建议在解决应用气象这个重要问题中确定了什么是首要任务。

作者为世界气象组织相应出版物所做的编辑工作，在相当大的程度上促进了这本科学著作的写作，它的基本原则已在列宁格勒举行的世界气象组织国际会议上进行了讨论并得到了赞许。

绪 论

在大气污染的课题中，研究大气混合物的扩散规律和它们的时空分布特点具有很大意义。其任务是客观评价区域性空气污染变化状况和趋势，以及深入研究保证大气清洁所必需采取的措施（Израэль, 1984）。没有这些研究，不可能为建立空气清洁的监测系统确定有代表性的观测地点和时间。现在在很大程度上都把大气污染特征量看做为气象参量。因此建立空气污染的监测系统和分析获得的结果直接地同气象工作联结在一起了。显然，解决确定有害排放标准的问题直接与考虑它们在大气中的消散条件有密切关系。需要制定企业和居民区相互布局的原则和建立向大气的最大允许排放标准（Берлянд 1975, 1983）。

在从气象观点研究空气污染的著作中新的发展方向是同近地面层大气中混合物达到较大浓度的条件预报有关的。应当指出，目前，实际感兴趣的是短期预报（多半在一昼夜范围），特别在短时间内近地面层大气中有害混合物浓度急剧增大的可能性。

在城市中，大量的点上发现的有害混合物的增大是由它们消散的不利天气条件决定的。因此我们的任务是根据气象因子来作空气污染预报。并且可以考虑预期的向大气的排放、以及工作日开始和结束时城市街道上汽车数量的增加、在冬季气温降低时燃烧燃料的数量增多等等有关的排放状况的某些特点。

在空气污染增大期间要求采取临时削减排放量和降低有害物排放的措施。

控制排放和预报空气污染的问题之间本身是密切联系着的。显然，预报的深入研究对进一步控制空气污染是必要的。控制问题还没有充分研究，因而在本书中对此阐述的较少。然而，从它

的名称出发强调大气污染的控制与预报之间的上述关系是必要的。本书的任务正是研究可以用于实际控制排放的预报，并对上述关系做了具体的说明。显然，这主要属于短期预报。

对空气污染短期预报的兴趣首先取决于许多城市和工业中心向大气排放的有害物质和它们在空气中的浓度非常之大。把空气污染的大型源迁移远离城市范围以外不是很容易办得到的，而现有技术水平又不能在所有情况下保证排放物的必要净化处理。因此，自然产生了在不利气象环境条件下（可以在居民区造成危险的空气污染），在较短时间内降低排放可能性的问题。此外，在设计和建设新企业时，有时出于耗资大、经济上不合算的考虑，并非总能把向大气排放物预计得少到不论在任何条件下其污染物的地面浓度绝对不超过其最大允许值——ПДК的程度。

在设计企业时应当考虑可能观测到最高浓度的不利气象条件。例如，接近危险值的风速和不稳定层结就属于高架源排放时的这种条件。在暖半年的白天，在反气旋的天气情况下经常观测到这样的条件。

除此，在非常短的时间内可能产生异常危险的空气污染条件，例如，当存在着直接位于烟筒之上的抬升逆温和风减小到无风时，在这样的条件下混合物的地面浓度急剧增大。为了避免这种事件，从经济上合理考虑规定了不是投资方面的，而是在这个时间内短时降低排放的经营措施。

上面指出了空气污染预报和控制之间的密切关系。显然，仅当减少或完全停止有害排放，以及在不利的气象环境情况下避免它们的作用具有现实可能性时，空气污染的预报才是有效的。

并且应当注意到同制作相似预报有关的某种复杂性。它们是：源的类型，首先由源的高度而定，同样的天气条件可以显示出不同的作用。这样，不稳定层结和危险风速的结合是高架源情况下的不利条件。在低源情况下近地面逆温和静风的结合是危险条件，而此时来自高架源的地面浓度将是较小的。自然也存在这样

的源，对它们来说接近中性平衡的条件也是危险的。

需要指出，由于破坏生产规程、设备失修、切断净化装置产生的事故，或在齐射排放时，向大气排放的有害物质急剧增大，使空气污染程度高于正常值是可能的。但是，一般地说，处在城市不同位置的许多源同时产生这种增大的机率是小的。当个别源的排放增加相当大的时候在它的影响区可以发现它们的影响。根据预期的排放量由具体气象条件可以完成这些条件下的污染预报。

现在在许多国家正在进行上面提出的方向上的研究。在大量发表的文章中和各种讨论会上的报告中都介绍了所取得的结果。

在苏联和其它许多国家的业务工作中都使用了空气污染预报方法。在个别国家为此还吸收了自动化空气污染监测系统的资料。

在不利的天气条件时间内根据混合物的近地面浓度急剧增长可能的警告，采取削减向大气中排放这些物质的措施，限制或改变城市街道上的运输系统，通过无线电广播和电视通知在城市个别地区的露天空气中居民长时间停留的危险。

在苏联利用建立的最大允许排放的法规（1978），国家标准局规定了危险时间采取控制排放措施的必要性。为此在许多企业制定了所要求的措施。

在这本科学专著中包括了上述研究和讨论的结果。

目 录

为中国读者所写的序言

前言

绪论

第一章	大气污染危险性判据和它们在预报中的应用·····	(1)
1.1	最大允许浓度的使用·····	(1)
1.2	大气污染对植物的危险性判据·····	(6)
1.3	特别危险条件的空气质量的判据·····	(9)
第二章	空气污染预报的物理基础·····	(12)
2.1	预报方程·····	(12)
2.2	大气边界层中湍流和风速的特征量·····	(15)
2.3	近地面层稳定度的分类·····	(19)
2.4	混合物扩散的气象条件的典型化·····	(20)
2.5	预报方程的积分·····	(21)
2.6	浓度的平均·····	(31)
2.7	浓度高斯分布的利用·····	(37)
2.8	混合物的初始抬升·····	(42)
2.9	风速随高度的异常分布·····	(45)
2.10	无风时混合物的扩散·····	(47)
2.11	抬升逆温·····	(49)
2.12	层结对混合物初始升程的影响·····	(51)
2.13	雾和烟雾·····	(51)
2.14	地形影响·····	(57)
第三章	空气污染的数值预报方法·····	(65)
3.1	独立源混合物最大浓度预报·····	(65)
3.2	线源和地面源·····	(70)
3.3	面源空气污染积分特征量的预报·····	(80)

3.4	分散源的总和	(87)
3.5	数值和统计预报方法的结合	(95)
3.6	考虑风速垂直廓线中的异常和无风时空气污染的预报	(99)
3.7	考虑抬升逆温和它与无风条件的配置	(100)
3.8	烟雾预报	(106)
3.9	实用说明	(111)
第四章	大气污染的统计预报方法	(114)
4.1	预报因子的选择	(114)
4.2	以多元线性回归为基础的预报	(129)
4.3	随机过程滤波	(137)
4.4	自然正交函数分解法的应用	(145)
4.5	城市中空气污染积分指数的预报和天气学方法的使用	(150)
4.6	非线性回归方法	(162)
4.7	图形识别法	(169)
4.8	判别分析的应用和聚类的引入	(171)
第五章	不利气象条件的预报	(186)
5.1	常规天气预报资料的使用	(186)
5.2	大气污染潜势预报	(187)
5.3	近地面空气层的稳定性和温度垂直廓线的预报	(192)
5.4	层结预报的天气学方法	(204)
5.5	风的垂直分布预报	(209)
5.6	考虑下垫面水平的不均匀性	(217)
5.7	雾的预报	(221)
5.8	城市影响	(228)
第六章	控制向大气中的排放	(238)
6.1	规定排放标准	(239)
6.2	要求降低的排放	(241)
6.3	削减向大气有害排放的一般原则	(242)
6.4	控制排放的实际措施	(243)
6.5	加强排放和大气污染的监测	(247)
6.6	降低空气污染的危險性	(248)

第七章 预报效率和今后的任务	(250)
7.1 预报的成效和结果	(250)
7.2 考虑混合物的远距离输送	(255)
7.3 当前的任务	(258)
参考文献	(261)

第一章 大气污染危险性判据和 它们在预报中的应用

大气污染危险性判据的存在对它的预报具有非常大的意义，在研制相应的预报方法时，提出了考虑这些判据的问题，亦即确定，在什么样的情况下空气中有害混合物浓度的程度达到一定的临界值，和达临界值可以被超过的程度。根据超过的量可以做出必须降低有害排放的定量特征和降低排放的持续时间的建议。

1.1 最大允许浓度的使用

一般利用有害物质的最大允许浓度(ПДК)和与它相对应的空气质量标准(在许多国家使用)做为空气污染危险的主要判据。

在许多作者的著作中，(Сидоренко 和 Пинигин, 1970, zmerov, 1973等)对建立最大允许浓度的问题给予很大的注意。在1964年世界卫生组织建议分为四级空气污染危险水平(没有影响, 受刺激, 慢性呕吐, 急性呕吐)。当还没有发现污染对人类有任何直接和间接的影响时的情况属于一级水平。

世界卫生组织专家委员会过去公布了专门的文献，其中规定了空气质量判据 (Air quality criteria, 1972)。在1972年联合国斯德哥尔摩环境代表会议上给予建立最大允许浓度问题以很大的关注。它的决议促使这个领域的工作在许多国家有相当大的发展，并促进了许多国家对最大允许浓度或对应的空气质量标准的深入研究，并使它们得到批准。

在苏联，在建立最大允许浓度时采用了世界卫生组织规定水平中最低的第一级水平。为了确定它，使用它，诸如可以发现在人们短时间呼吸时有害物质对人体器官最小影响就可引起脑生物

位势高灵敏变化的试验。除此，为了决定有毒物质对生物的慢性（长时间）作用，使用生理的、生物化学的、耐毒生物的和其它试验方法在专用房间进行了试验，还使用了居民呕吐的流行病的研究资料。

已经得到了许多情况下的阈值的实验资料。在实际应用中还引入了大大低于阈值（有时到100倍）的补充保险系数。

取混合物的重量浓度做为危险的空气污染主要指数，结果证明，虽然在个别情况下灰尘和气溶胶的离散度可以起重要作用，但这样的指数对它们还是正确的。

苏联卫生部定期地批准居民地区空气中有毒物质含量的最大允许标准。到目前已经批准了200种以上有害物质的最大允许浓度。按照空气保护法最大允许浓度值对苏联全境是统一的。

在其它国家中也建立了许多物质的最大允许浓度或对应的空气质量标准。并且考虑了有害物质作用的持续时间。也对不同时间建立了最大允许浓度：短时间的——从几分钟到几小时（有时到昼夜）和长时间的——对一年，更精确地说对于无限时间来说，有害物质作用的持续时间是没有严格界限的。

在苏联和其它许多国家中，为了评价混合物对人体器官短时间影响的程度，采用了二十到三十分钟时段内最高的一次性最大允许浓度。

自然，对于空气污染短期预报的危险判据，最高的一次性最大允许浓度和与其相对应的空气质量标准具有主要意义。B. Невилл (Stern, 1977) 编制了不同国家所采用的最大允许浓度的情报。在 Бунтуева (1976), Janagisava (1973) 等的著作中也介绍了相应的资料。在表1.1中介绍了苏联和其它许多国家对最普遍的有害物质采用的最高的一次性的最大允许浓度值。按苏联现行的规定，对某些成分必须累加它们的有害作用。当存在着 n 个这样的成分时，按照浓度 C_i 和最大允许浓度 $ПДК_i$ ($i = 1, 2, \dots, n$) 要求实现下面的关系式：

表1.1 最高的一次性的ПДК值

物 质	ПДК mg/m ³	国 家
二氧化氮	0.085	保加利亚、苏联、南斯拉夫
	0.3	民主德国、罗马尼亚、捷克斯洛伐克
	0.41	加拿大
	0.56	芬兰
氮的氧化物	0.1	民主德国
	0.45	西班牙
	0.6	意大利
	2.0	联邦德国
一氧化氮	0.8	联邦德国
丙 烯	0.02	民主德国
	0.025	联邦德国
	0.03	苏联
	0.3	保加利亚、匈牙利、捷克斯洛伐克、南斯拉夫
铵	0.2	保加利亚、匈牙利、苏联、捷克斯洛伐克
	0.3	民主德国、罗马尼亚、捷克斯洛伐克
	0.15	匈牙利
	0.05	保加利亚、民主德国、罗马尼亚、苏联、捷克斯洛伐克
苯 胺	2.4	联邦德国
	0.35	保加利亚、匈牙利、苏联、南斯拉夫
	1.0	民主德国
	5.0	罗马尼亚
丙 酮	24.0	以色列
	180.0	匈牙利
	360.0	联邦德国
	0.1(1h)	瑞典
	0.2(1h)	日本
	0.5	保加利亚、民主德国、罗马尼亚、苏联、芬兰、联邦德国、捷克斯洛伐克
悬浮物质 (无毒灰尘)	0.6	西班牙
	0.75(1h)	意大利
	0.005	苏联
	0.015	民主德国
二 甲 胺	0.06	联邦德国
	0.08	保加利亚、民主德国、苏联、南斯拉夫

续表

物 质	ΠΔΚ mg/m ³	国 家
乙内酰胺	0.06	保加利亚、苏联、南斯拉夫
	0.1	民主德国
甲基硫醇	9·10 ⁻⁶	保加利亚、苏联、南斯拉夫
	10 ⁻⁵	民主德国
臭 氧	0.16	苏联
氧 化 物	0.1	罗马尼亚
	0.12(1h)	日本
	0.24(1h)	美国
	0.2(1h)	阿根廷
铅	0.002	匈牙利
	0.05	意大利
烟黑(烟点)	0.15	保加利亚、民主德国、罗马尼亚、苏联、捷克斯洛伐克
硫酸(H ₂ SO ₄ 分子)	0.05	民主德国
	0.3	保加利亚、匈牙利、罗马尼亚、苏联、南斯拉夫
硫化氢	0.008	保加利亚、匈牙利、苏联、捷克斯洛伐克、南斯拉夫
	0.01	西班牙
	0.015	民主德国
	0.03	罗马尼亚
	0.05	联邦德国
	0.1	意大利
	0.15	芬兰
	0.3	匈牙利
二氧化硫	0.26(1h)	日本
	0.5	保加利亚、民主德国、苏联、联邦德国、捷克斯洛伐克、南斯拉夫
	0.625	瑞典
	0.72	芬兰
	0.75	以色列、意大利、罗马尼亚、联邦德国
	0.8	西班牙
二硫化碳	0.03	保加利亚、民主德国、罗马尼亚、苏联、捷克斯洛伐克、南斯拉夫
	0.045	波兰
	0.45	以色列
甲 苯	0.6	保加利亚、民主德国、苏联、南斯拉夫