

乌鲁木齐市典型的冬季环境空气重污染过程剖析

2003 年 12 月 16 日—2004 年 1 月 11 日，乌鲁木齐市遭遇了 2000 年以来最不利的污染气象条件，逆温层笼罩上空长达 27d 之久，致使空气流动不畅，雾天持续出现，大气污染物无法扩散，SO₂和 NO₂浓度逐日累积，空气中的可吸入颗粒物浓度严重超标，市区空气混浊处于严重污染状态。

本文对乌鲁木齐市此次典型的冬季环境空气重污染过程进行剖析，以期更全面地了解大气污染过程及其时空分布特征，并从气候特点、局地因子等方面的变化，分析污染严重的气象成因，进一步研究造成污染的物理机制，为今后防范环境公害事件发生、有效治理乌鲁木齐市大气污染综合治理提供科学依据与建议。

1 乌鲁木齐市大气重污染状况

根据乌鲁木齐市环境监测站 24h 连续自动实测记录统计，在 2003 年 12 月 16 日—2004 年 1 月 11 日的 4 周里，连续 10d 环境空气质量污染指数维持在 4—5 级，比去年同期多 20 多天。

2003 年 12 月 16 日—31 日连续 16d 环境空气质量处于 3 级水平，2004 年 1 月 1 日—11 日环境空气质量连续 11d 维持在 4—5 级（见表 1），空气中 SO₂ 的日均浓度范围为 0.132—0.370mg•m⁻³，NO₂ 的浓度范围为 0.071—0.105mg•m⁻³，可吸入颗粒物浓度范围为 0.303—0.642mg•m⁻³，各项污染物日平均浓度的最大值与相应的国家空气质量标准二级浓度值相比严重超标，SO₂ 超标 1.37 倍，PM₁₀ 超标 3.28 倍。通过统计分析表明，后 11d 中首要污染物是 PM₁₀，API 值为 4 级的中度污染日数占 45.5%，API 值为 5 级的重度污染日数占 36.36%，空气质量处于重污染阶段。

表 1 乌鲁木齐市铁路局监测点 2004 年 1 月出现重度污染的情况

站点	收费所			监测站			铁路局		
	PM ₁₀ /mg•m ⁻³	指数	级别	PM ₁₀ /mg•m ⁻³	指数	级别	PM ₁₀ /mg•m ⁻³	指数	级别
1 月 1 日	0.147	99	2	0.342	196	3	0.475	369	5
1 月 2 日	0.685	500	5	0.415	293	4	0.466	358	5
1 月 3 日	0.508	408	5	0.393	262	4	0.550	450	5
1 月 4 日	0.576	476	5	0.419	299	4	0.470	363	5
1 月 5 日	0.570	470	5	0.306	178	3	0.315	183	3
1 月 6 日	0.736	500	5	0.410	286	4	0.477	372	5
1 月 7 日	0.653	500	5	0.375	236	4	0.400	272	4
1 月 8 日	1.192	500	5	0.642	500	5	0.787	500	5
1 月 9 日	0.792	500	5	0.387	253	4	0.565	465	5
1 月 10 日	0.618	500	5	0.474	268	5	0.695	500	5
1 月 11 日	0.742	500	5	0.580	480	5	0.777	500	5

2 乌鲁木齐市大气污染的影响因素

乌鲁木齐市严重的空气污染除与它的特殊地形、城市建设规模的扩大、各种大、中、小型汽车的增加等因素有关外，还与大气逆温、阴雾天气、静风频率、城市“热岛效应”等局地气象因子有着密不可分的关系。特殊的地形特征导致城市气流不易水平流动，而冬季在没有强的天气系统侵袭时，气流又难以垂直上升，易形成较顽固的大气逆温现象，导致大气污染物不易扩散。

乌鲁木齐市特殊的地理、气象因素使得冬季风速变为全年最小时期，原因之一是逆温层及地形的阻挡作用，市区位于一个喇叭口状的山谷盆地最上部，达坂城至柴窝堡一线处于山谷最窄处，在谷地及南郊多为东南风向，市区由于稳定的逆温层以及东部山地地形的阻挡，使得风力主要作用到乌拉泊

地区进入不了市区。其二是因为乌鲁木齐市的城市规模扩大，导致市区的风速明显小于郊区。由于市区冬季小风或静风频率高，极易出现阴雾天气，往往持续数天，使得大气污染不易水平运动和扩散稀释，随大气污染物不断累积，阴雾范围也随之扩大，使采暖期内的乌鲁木齐市经常笼罩在烟雾之中。

另外，明显的“城市热岛”效应也是导致乌鲁木齐市冬季污染加重的原因之一。乌鲁木齐市冬季采暖期长，燃煤为主的取暖方式，排放的大量烟气温度较高，使城市大气温室效应明显，尤其是冬季城市“热岛强度”最大，冬季最强为 2.4°C ，最大可达 3.5°C 。热岛效应使得城市热气流上升，导致城市郊区及附近厂矿企业的大气污染物向城市中心辐合，随气流上升，在城市上空逆温层的阻挡下，使污染物下沉到市区内。因此，再度加重了市区本已严重的大气污染。

乌鲁木齐市日落后地面辐射冷却加强，逆温层逐渐加厚，黎明前逆温层达到最大厚度，由于是近地面辐射冷却，因此，温层底部较低，底部可达 100m 左右，使污染物大量分布在近地层不易扩散，出现“煤烟型”和“煤烟风沙”混合烟污染。2003 年冬季逆温强而且厚，由于没有强冷空气的推动和破坏，暖而稳定的大气使得乌鲁木齐市特有的逆温层长时间维持且不断加厚，堆积在逆温层下的污染物始终扩散不出去，象锅盖一样罩在城市上空，成为冬季污染最重要的气象因素之一。

3 大气污染物排放因素分析

工业和家用燃煤所造成烟雾的排放速度大大超过了环境的自净能力，是造成乌鲁木齐市冬季城市环境空气质量恶化的首要原因。加上冬季乌鲁木齐市处于采暖期，燃煤锅炉成为主要的供暖方式，也成为影响乌鲁木齐市空气质量的主要原因。

汽车尾气是加速乌鲁木齐市空气质量恶化的重要因素。这些物质在阳光中的紫外线作用下发生复杂的光化学反应，产生以臭氧为主的多种二次污染物，这些“光化学烟雾”进一步恶化了城市的大气环境。

4 建议

乌鲁木齐市是国务院环委会《关于三十二个重点城市防治烟尘污染的决定》的城市之一。随着城市国民经济的发展，能源消耗将逐年上升，车辆也会急剧增加，人口密度不断增加，采取有效措施削减大气污染物排放总量依然是解决和防止大气环境污染的重要途径之一。清洁能源的使用才能从根本上解决燃煤造成的大气污染问题。鉴于目前乌鲁木齐市的基本能源仍以燃煤为主， SO_2 污染成为首要污染物的趋势日益明显，今后在继续加强烟尘治理的同时， SO_2 的治理成为乌鲁木齐市大气环境污染治理的重要任务之一。

要综合治理大气污染，首先要进一步提高对乌鲁木齐市大气污染的监控能力，充分利用先进的探空雷达、卫星遥感遥测技术，建立乌鲁木齐市空气质量遥测、遥感网络，以便全面掌握其大气污染事件的发生、发展的时空分布规律，从而有效地进行污染控制和治理。在加强监控的基础上，进行城市污染的污染气象状况模拟，开展乌鲁木齐市污染潜势预报，并启动紧急污染事件预案。鉴于目前乌鲁木齐市空气污染状况依然由气象因素起决定性主导作用，应尽快启动加强人工影响局部天气工作（如人工增雪、人工增雨、人工消雾）的可行性研究，为有效缓解城市环境空气质量提供技术支持。

郭宇宏 高利军 吕爱华 供 稿

（新疆自治区环境监测中心站，乌鲁木齐，830011）