

Characteristics and Source Analysis of Dust Pollution in Korla, China

Junmei Zhong Nan Song Yanting Wang Yuhong He*

Bazhou Bosten Lake Science Research Institute, Bazhou, Xinjiang, 841000, China

Abstract

With the proposal of the concept of ecological civilization construction, the construction of charming China and the sustainable development of the whole society have attracted much attention. Based on the ambient air quality testing data of Korla City on the national online air quality testing platform since 2015, this paper analyzes the ambient air quality level of Korla City, the concentration characteristics of large particulate matter, the air quality characteristics of different seasons and dust sources. Korla $PM_{2.5}/PM_{10}$ was higher in December and January, indicating that it is greatly affected by man-made emission of particulate matter in winter, while the ratio from February to November was less than 0.5, indicating that it is greatly affected by natural dust aerosols. On the whole, the influence of natural dust on Korla particles is in a prominent position. The fundamental control of air pollution is the comprehensive control of dust weather.

Keywords

Korla; characteristics of dust pollution; source analysis

中国库尔勒扬尘污染特征及来源分析

仲军梅 宋楠 王艳婷 贺玉红*

巴州博斯腾湖科学研究所, 中国·新疆巴州 841000

摘 要

随着生态文明建设理念的提出, 建设魅力中国, 实现全社会的可持续发展备受关注。论文基于对国家空气质量在线检测平台 2015 年以来的库尔勒市环境空气质量检测数据, 分析了库尔勒市环境空气质量水平、大颗粒物浓度特征、不同季节的空气质量特征和扬尘来源。库尔勒 $PM_{2.5}/PM_{10}$ 在 12 月、1 月较高, 说明冬季受人为源排放颗粒物影响较大, 而 2—11 月比值均小于 0.5, 说明受自然源沙尘气溶胶影响较大。整体来看, 自然沙尘对库尔勒颗粒物的影响处于突出地位。库尔勒大气污染防治的根本是沙尘天气的综合治理。

关键词

库尔勒; 扬尘污染特征; 来源分析

1 气候特征

库尔勒市位于新疆中部、塔里木盆地东北缘, 是塔里木盆地乃至南疆最大的城市, 是巴音郭楞蒙古自治州首府。全市面积约 7268 km², 平均海拔 950 m, 属暖温带大陆性干旱气候, 年平均气温 11.6℃, 年平均降水量 65.6 mm, 年平均日照时数 2923.6 h, 全年地面主导风向为东北风。库尔勒市毗邻塔克拉玛干沙漠, 全年风沙天数较多, 沙尘污染严重。

【作者简介】仲军梅 (1987—), 女, 中国甘肃民勤人, 硕士, 从事环境工程研究。

【通讯作者】贺玉红 (1973—), 女, 本科, 中国山东东阿人, 从事环境工程研究。

2 大气颗粒物浓度特征

2.1 2015—2020 年大气颗粒物浓度特征

2015—2020 年库尔勒 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 颗粒物浓度数据来自国家空气质量在线检测平台, 3 个国控监测站点均在库尔勒市, 分别为孔雀公园 (41.754° N、86.147° E)、棉纺厂 (41.716° N、86.197° E)、经济开发区 (41.717° N、86.236° E), 因此对于库尔勒基于站点的空气质量分析也同样反映库尔勒市空气质量特征。

2015—2020 年, 库尔勒大气颗粒物浓度呈现微弱的波动下降趋势 (如图 1 所示)。 PM_{10} 为库尔勒首要污染物, 平均浓度为 $162.2 \pm 102.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 超出国家规定 PM_{10} 年平均二级浓度限值 ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 约 132%, 日平均浓度超标天数 714 天, 2015—2020 年超标率达 33.3%, 污染较为严重。 $PM_{2.5}$ 是库尔勒次要大气污染物, 污染程度与 PM_{10} 相比较轻, 2015—2020 年平均浓度为 $47.7 \pm 20.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 超出国家规定 $PM_{2.5}$ 年

平均二级浓度限值 ($35\mu\text{g}/\text{m}^3$) 约 36.3%，日平均浓度超标天数 287 天，2015—2020 年超标率为 13.4%。大气颗粒物浓度低值年出现在 2017 年，可能是因为 2017 年全年的相对湿度约高出 2010—2019 年平均相对湿度 6%，较高的相对湿度使大气颗粒物吸湿沉降。大气颗粒物为主要污染物说明库尔勒的空气污染类型为自然沙尘型，近年大气颗粒物浓度的下降说明库尔勒颗粒物排放控制工作有一定的效果^[1]。

2015—2020 年，库尔勒 PM_{10} 呈春季最高、夏季最低、秋季和冬季居中且相当的季节分布特征，四季质量浓度春季 > 冬季 > 秋季 > 夏季，浓度分别为 258.6 ± 130.1 、 168.8 ± 90.6 、 136.6 ± 32.8 、 $90.1 \pm 17.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度季节变化与 PM_{10} 相似，最高值出现在春季 ($63.3 \pm 24.2\mu\text{g}/\text{m}^3$)，最低值出现在夏季 ($29.2 \pm 5.1\mu\text{g}/\text{m}^3$)，冬季和秋季居中，分别为 56.3 ± 12.0 、 $40.2 \pm 9.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ (如图 2 所示)。

库尔勒位于塔里木盆地东北部，毗邻塔克拉玛干沙漠，春季较多的沙尘天气可能是导致大气颗粒物浓度较高的原因。而冬季大气颗粒物浓度较高可能有两方面原因。一是库尔勒冬季较长的采暖期使大量因燃煤燃烧产生的颗粒物在

冬季积累导致颗粒物浓度较高；二是冬季寒冷干燥，大气层结稳定，易形成逆温层，不利于大气污染物的扩散稀释。 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 浓度最低值均出现在夏季。夏季湿度大、降水多，有利于颗粒物湿沉降，且夏季较强的太阳辐射可以增强大气湍流运动，有助于大气颗粒物扩散稀释。利用指数法，结合国家空气质量日、年二级标准，计算出 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 季节二级浓度限值分别约为 $84\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $33\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，可以看出库尔勒 PM_{10} 全季节超标，而 $\text{PM}_{2.5}$ 也仅夏季未超标，说明库尔勒大气颗粒物污染形势严峻^[2]。

$\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ 能反映地区不同粒径颗粒物的占比情况，比值越低说明粗颗粒物相对更多，扬尘影响越大。2015—2020 年间 $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ 平均值约为 0.36，各年份整体变化较为一致，除 12 月和 1 月外，其他月份比值均低于 0.5，说明库尔勒大气颗粒物中细颗粒物占比较低，大气颗粒物以 PM_{10} 为主 (如图 3 所示)。由表 1 可知，库尔勒 $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ 在 2015—2020 年整体呈现下降趋势。春季受塔里木盆地沙尘天气影响较为严重， $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ (0.29) 为四季最低，冬季受燃煤等人为活动影响， $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$ (0.47) 为四季最高。

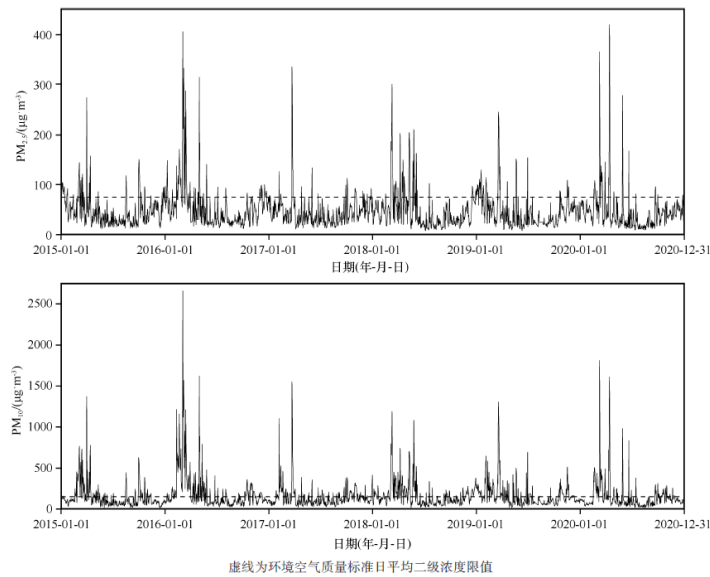
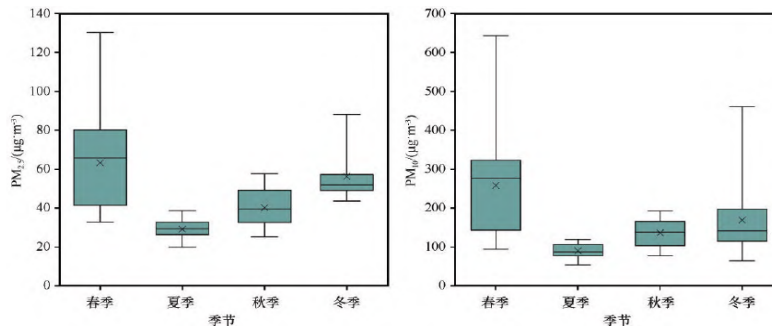


图 1 2015—2020 年库尔勒大气颗粒物浓度逐日变化



注：图中上下短横线分别代表最高和最低质量浓度，矩形代表位于 25% 下四分位和 75% 上四分位之间的主要质量浓度范围，矩形中的横线和 × 号分别代表中位数和算术平均值

图 2 2015—2020 年库尔勒大气颗粒物浓度季节变化

PM_{2.5}/PM₁₀ 在各季节以及全年都整体表现为下降趋势,说明库尔勒对 PM_{2.5} 的控制较好。计算得 2015—2020 年间 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 浓度变化特征高度相关,相关系数达 0.88, PM₁₀ 和 PM_{2.5} 相同的季节变化趋势说明可吸入颗粒物与细颗粒物的主要来源相似。研究表明,PM_{2.5}/PM₁₀ 在 0.1~0.3 时,颗粒物主要受沙尘输送作用影响,当 PM_{2.5}/PM₁₀ 在 0.7~0.8 时,颗粒物主要受非沙尘气溶胶影响。库尔勒 PM_{2.5}/PM₁₀ 在 12 月、1 月较高,说明冬季受人为源排放颗粒物影响较大,而 2—11 月比值均小于 0.5,说明受自然源沙尘气溶胶影响较大。整体来看,自然沙尘对库尔勒颗粒物的影响处于突出地位。

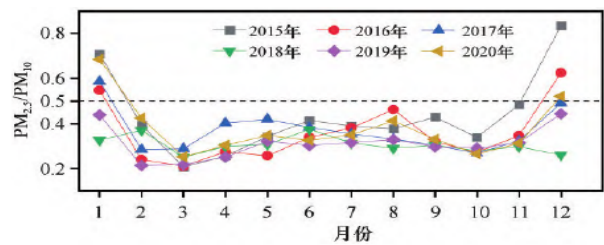


图 3 2015—2020 年库尔勒 PM_{2.5}/PM₁₀ 逐月变化

表 1 2015—2020 年 PM_{2.5}/PM₁₀ 季节变化

时段	年份					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
春季	0.27	0.25	0.37	0.29	0.26	0.30
夏季	0.39	0.39	0.36	0.33	0.32	0.36
秋季	0.42	0.31	0.30	0.29	0.30	0.30
冬季	0.54	0.50	0.40	0.30	0.52	0.56
全年	0.43	0.36	0.37	0.31	0.31	0.38

2.2 2021—2023 年空气质量情况

从 2021—2023 年库尔勒空气质量综合指数构成可以看出,颗粒物尤其 PM₁₀ 仍是影响库尔勒空气质量的主要指标,对综合指数的贡献达到了 50%。PM_{2.5} 紧随其后,分指数占比为 22.9%,臭氧的占比也逐渐突出。具体见表 2。从图 4 中可以看出,PM₁₀ 高值月份仍是春冬两季,2023 年受区域性沙尘的影响,PM₁₀ 浓度高值更加明显。

2021 年 1 月—2023 年 6 月,PM_{2.5}/PM₁₀ 月比值均小于 0.5,说明受自然源沙尘气溶胶影响较大。对比历史分析结果说明,自然沙尘对库尔勒颗粒物的影响愈加突出,如图 5 所示。

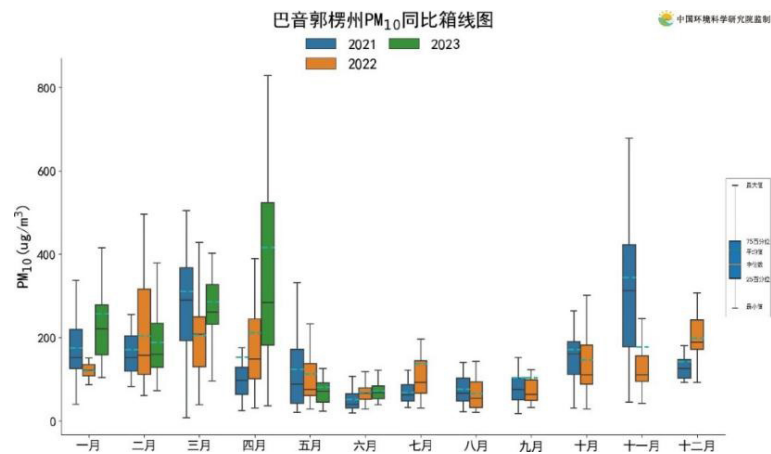


图 4 库尔勒 PM₁₀ 月均浓度同比分析

表 2 库尔勒 2021 年 1 月—2023 年 6 月污染物分指数（未扣沙）

指标	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	NO ₂	CO	SO ₂
分指数	3.06	1.4	0.82	0.57	0.2	0.07
分指数占比	50%	22.90%	13.40%	9.30%	3.30%	1.10%

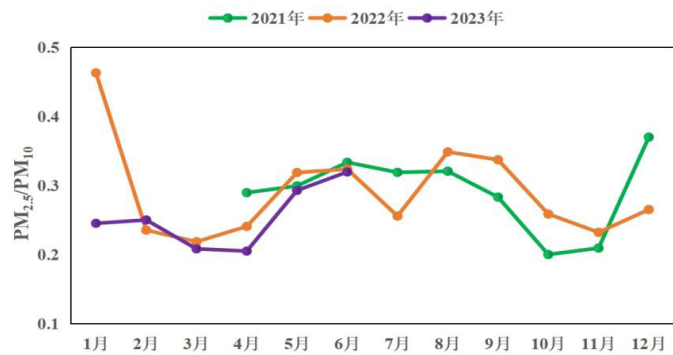


图 5 库尔勒 PM_{2.5}/PM₁₀ 月均浓度同比分析

从可控、可抓的污染源入手,能有效改善空气质量指标。因此,将对扣除沙尘前后数据进行对比分析,从图6可以看出,扣沙前颗粒物分指数占绝对优势,扣沙后 PM_{10} 的分指数有明显的下降,但颗粒物对综合指数共贡献仍占绝对优势。此外,值得注意的是,扣沙后 O_3 -8h分指数的占比与 $PM_{2.5}$ 不相上下,成为继 PM_{10} 后需要重点关注的指标之一。

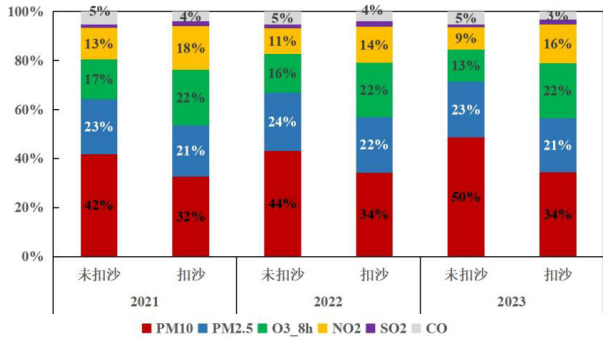


图6 库尔勒 2021—2023 年扣沙前后空气质量分指数对比

3 颗粒物来源解析

由图7可以看出,除冬季外,其余三季库尔勒 PM_{10} 的第一大贡献源均是扬尘源,以道路扬尘贡献为主;冬季最大排放源为二次颗粒物,二次颗粒物主要来自大气中气态前体物 SO_2 和 NO_x 转化而来, SO_2 主要来自燃煤和工业排放, NO_x 主要来自燃煤、工业和机动车尾气排放。

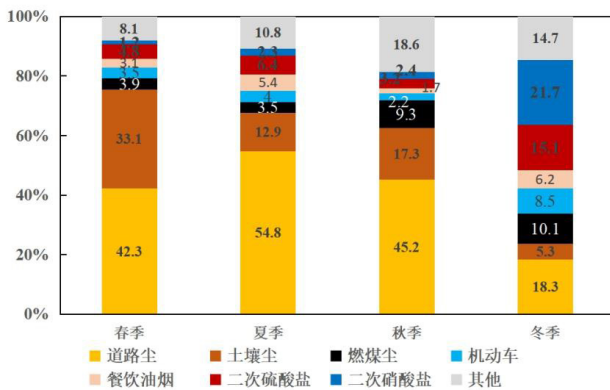


图7 库尔勒 PM_{10} 各季节源解析结果

一次源中,扬尘源在春季的分担率最高,其次为夏季,再次为秋季冬季的分担率明显较低;各季节以道路扬尘源贡献为主,春季的土壤尘贡献明显高于其他季节,主要是因为春季较为干燥,且风速较大,扬尘更易被扬起,且沙尘天气

频发。机动车尾气尘分担率在冬季最高,夏季次之,春季第三,秋季最低。燃煤尘秋冬季的分担率和贡献浓度均远高于其他2季,主要是因为秋冬季受采暖供暖锅炉运行的影响,导致秋冬季燃煤尘的分担率较高^[3]。

由图8可以看出,与 PM_{10} 源贡献相似,春夏秋三季库尔勒 $PM_{2.5}$ 的第一大贡献源均是扬尘源;冬季最大排放源为二次颗粒物。一次源中,尘源在春季的分担率最高,其次为秋季,再次为夏季;机动车尾气尘分担率在冬季最高,春季次之,秋季第三,夏季最低;燃煤尘秋冬季的分担率和贡献浓度均远高于其他两个季节,主要是因为秋冬季受采暖供暖锅炉运行的影响,导致秋冬季燃煤尘的分担率较高。

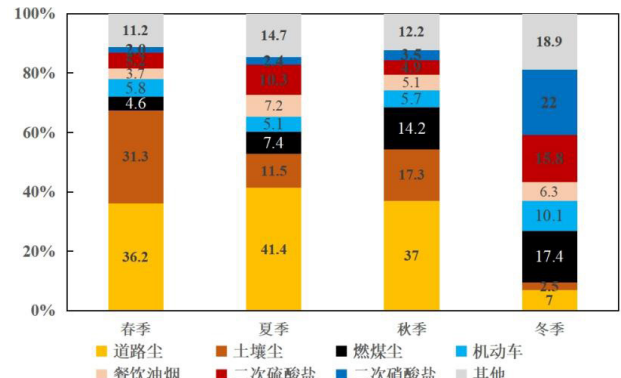


图8 库尔勒 $PM_{2.5}$ 各季节源解析结果

4 结语

库尔勒 $PM_{2.5}/PM_{10}$ 在12月、1月较高,说明冬季受人为源排放颗粒物影响较大,而2—11月比值均小于0.5,说明受自然源沙尘气溶胶影响较大。整体来看,自然沙尘对库尔勒颗粒物的影响处于突出地位。分析库尔勒 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 的源解析结果出现季节差异原因:一方面与气象条件有关,应常态化持续做好扬尘源的管控工作,尽量减少人为源对扬尘源贡献的影响,重点加大道路扬尘源的管控工作。另一方面与污染源排放有关,仍然要大力控制燃煤、工业和机动车尾气排放,冬季要重点关注燃煤源排放控制。

参考文献

- [1] 马锦宁.建筑施工作业扬尘对空气环境的污染及防治措施研究[J].环境科学与管理,2022,45(11):117-121.
- [2] 成向卿.城市建筑工程施工扬尘污染问题分析及治理措施[J].建筑·建材·装饰,2022(4):9-10.
- [3] 张敏峰.城市建筑施工扬尘污染治理对策和措施[J].建筑工程技术与设计,2022(26):1296.