

应用特征雷达图法分析哈尔滨市2023年春节期间大气污染类型

徐 缓

哈尔滨师范大学地理科学学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2024年11月25日; 录用日期: 2024年12月26日; 发布日期: 2025年1月2日

摘 要

工业革命以来,我国社会政治经济生活已经达到了新的高度,工业化现代化齐发展,人民群众的生活质量实现了质的飞跃,随之而来的大气污染问题却愈发严重,环境问题尤其是空气质量问题得到了全球范围内的广泛关注。哈尔滨市作为黑龙江省省会,有东方小巴黎之美誉,是东北地区重要的政治经济文化中心,因而其大气质量问题获得诸多关注,不容忽视。本文以2023年哈尔滨市春节期间的空气质量数据和六种主要大气污染物的浓度数据为数据基础,使用特征雷达图法对哈尔滨市春节期间的大气污染类型进行分析,得出如下结论:(1) 哈尔滨市2023年春节期间大气污染类型多为偏二次型、偏综合型;(2) 由于烟花禁燃管控,哈尔滨市2023年春节期间大气污染类型并无偏烟花型,PM_{2.5}和SO₂并未明显超出标准值上限。并针对不同污染类型提出相应对策与建议。

关键词

哈尔滨市, 特征雷达图法, 大气污染类型, 防控与治理

Analysis of Air Pollution Types in Harbin during the Spring Festival in 2023 by Using Characteristic Radar Chart Method

Huan Xu

College of Geographical Sciences, Harbin Normal University, Harbin Heilongjiang

Received: Nov. 25th, 2024; accepted: Dec. 26th, 2024; published: Jan. 2nd, 2025

Abstract

Since the Industrial Revolution, China's social, political, and economic life has reached a new height.

文章引用: 徐缓. 应用特征雷达图法分析哈尔滨市 2023 年春节期间大气污染类型[J]. 自然科学, 2025, 13(1): 12-21.
DOI: 10.12677/ojns.2025.131002

Industrialization and modernization have developed together, and the quality of life of the people has achieved a qualitative leap. However, the accompanying air pollution problem has become increasingly serious, and environmental issues, especially air quality issues, have received widespread attention worldwide. As the capital of Heilongjiang Province, Harbin has the reputation of “Little Paris of the East” and is an important political, economic and cultural center in Northeast China. Therefore, its air mass has received a lot of attention, which cannot be ignored. Based on the air quality data and the concentration data of six major air pollutants during the Spring Festival in Harbin in 2023, this paper uses the characteristic radar chart method to analyze the air pollution types during the Spring Festival in Harbin, and draws the following conclusions: (1) The air pollution types during the Spring Festival in Harbin in 2023 are mostly quadratic form and comprehensive; (2) Due to the prohibition and control of fireworks, there was no fireworks type of air pollution during the 2023 Spring Festival in Harbin, and $PM_{2.5}$ and SO_2 did not significantly exceed the upper limit of the standard values. And propose corresponding countermeasures and suggestions for different types of pollution.

Keywords

Harbin City, Characteristic Radar Chart Method, Type of Atmospheric Pollution, Prevention, Control and Governance

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 绪论

1.1. 研究背景

所谓的大气污染,指的是大气中存在一定的气体污染物或者颗粒污染物并达到了一定的浓度,且持续时间达到一定长度,进而对人类的身体健康产生威胁,甚至影响整个地球上生态系统的平衡,使其无法行使正常的功能,造成许多不利于地球本身的危害现象。大气污染现象的主要成因包括自然因素和人为因素,其中人为因素的影响效果尤为显著。人为产生的气体污染物主要有以下几个来源:一是工业生产排放的污染气体;二是采暖锅炉在燃煤时产生的烟尘;三是交通运输中各种交通工具排放的废气;四是人为造成的森林起火所产生的烟雾。自1978年十一届三中全会以来改革开放政策的实施,我国经济迅速发展,尤其是在2001年中国加入世贸组织以后,我国的经济发展更是驶入了快车道。自改革开放以来,工业化的雄起在带动了我国经济飞速发展的同时,伴随而来的还有我国大气污染物浓度始终居高不下的环境污染问题。但后来伴随着“可持续发展战略”、“绿水青山就是金山银山”等绿色发展观点的提出,我国对于大气的保护与防治也重视了起来。在2013年以前,我国对于环境空气质量的检测指标只有3项,2013年后《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)的常规监测指标扩展到了6项,我国空气质量指数(AQI)规定的这6项指标分别为: PM_{10} (可吸入颗粒物)、 $PM_{2.5}$ (细颗粒物)、 SO_2 (二氧化硫)、 NO_2 (二氧化氮)、 O_3 (臭氧)、CO (一氧化碳) (本文不研究臭氧对大气污染造成的影响)。

我国历史文化底蕴十分丰厚,有着许多传统节日,但要说最隆重、大家最期盼的传统节日还是非春节莫属。春节最不可缺少的一个习俗就是放鞭炮,相传放鞭炮能够驱赶年兽、辟邪,保佑自己和家人平安,如果不放烟花爆竹,连年味都要淡了几分。但是多年来的空气质量监测数据已经表明燃放烟花爆竹会对空气环境质量产生明显的影响,因为燃放过程中会产生大量的硫、碳、氮等具有刺激性的有毒氧化

气体以及各种金属氧化物的烟尘,这些气体污染物在影响空气质量的同时也危害着人体的健康[1]。

本文的研究区域哈尔滨市是中国东北部重要的政经文中心,新中国成立以后,哈尔滨市成为全国重要的国家重点建设城市、工业基地,在发展国民经济的同时,其环境质量也受到不小的打击。哈尔滨市既是中国最早的现代工业城市之一,也是我国当时重要的工业基地。除工业发展所排放的废气会对当地空气环境质量产生影响外,春节期间燃放的烟花爆竹产生的烟尘和有害气体也会在一定程度上导致空气污染现象的发生。受诸如时代发展、空间变化、社会变迁以及各种人文因素对当地的影响,各项研究调查结果表明,我国北方地区尤其是东北部的过年气氛较于南方部分地区更加隆重[2]。因此哈尔滨市在工业排放废气以及烟花爆竹燃放等多重因素的相互叠加作用下,造成严重的空气污染。

很显然,空气污染已经成为全球关注的焦点,如何治理空气污染,提高环境质量,也是各国政府和人民关注的焦点。基于以上背景,本文通过对哈尔滨市 2023 年春节期间大气污染类型进行定性分析,辨别空气污染因子的种类、空气污染的类型,根据特殊情况,推导出一般结论,从而进一步针对不同的污染类型提出相关建议。

1.2. 研究目的及意义

近年来中国社会迅猛发展,人口快速增长,城市化与工业化的进程不断加快,但与此同时也导致了空气质量的恶化。如果这种现象无法得到有效的控制和治理,不仅会对人的身体健康造成很大的影响,而且还会对生态环境造成无法想象的危害。气体污染物对人体和生态环境的危害主要体现在:一氧化碳、二氧化硫、氧化氮等有毒气体具有一定的毒性,根据有害气体吸入的具体时长和不同人的身体状况的差异,会出现慢性中毒甚至急性中毒的现象;二氧化硫等气体还会造成酸雨,对土壤环境造成损害,使土壤呈酸性,破坏植物的正常生长环境;臭氧等光化学氧化物对植物的生长有一定的抑制作用,还会引起叶片组织的损伤,严重则会造成植株的死亡。 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 等颗粒污染物对人体还会产生不小的影响,主要体现在这些颗粒物会在人体进行呼吸的时候跟随空气一同进入到人的肺部,从而引发一些相关的呼吸道疾病,严重还会破坏人体的免疫系统[3];其对自然环境的影响表现为,这些颗粒物会沉降并积累于绿色植物的叶面,干扰其光合、呼吸等生理功能的正常进行,影响其正常的生长发育,进而影响到整个生态系统。可以得出,减少空气污染对于保护人体的身体健康和降低某些呼吸道疾病的发病率、保护生态系统的平衡和实现可持续发展尤为重要。

本文研究的目的和意义在于:

(1) 使用 2023 年春节期间哈尔滨市五种主要空气污染物的浓度数据,使用雷达特征图法做出分析图,明确当地春节期间主要的大气污染类型,进而对比不同大气污染类型的污染特征并分析原因。

(2) 通过对特定时期的数据进行分析,进而推导出一般性结论,同时,针对不同的空气污染类型,确定不同类型空气污染现象的适当解决方案以及相应对策,这一举措对于促进哈尔滨的环境绿色发展和实现可持续发展至关重要。

1.3. 国内外研究现状

1.3.1. 国内研究现状

关于春节期间的 $PM_{2.5}$ 浓度的预测研究,刘思洋、曹馨元、刘照、李晓妍等国内学者以沈阳市为例,利用 2016 年~2022 年沈阳市春节期间每小时空气质量数据和气象因子观测资料建立相关模型并进行对比,从而得出预测 $PM_{2.5}$ 的最优模型;张雅铷等来自兰州大学大气科学学院的学者基于包头的大气污染特征和空气质量监测数据通过对多种污染因子特征比值和污染类型判断阈值的计算识别出不同颗粒物污染的四种污染类型,不仅简化了重污染类型的识别过程,还为大气污染成因的分析提供了参考价值;来自

福建省环境监测中心站的学者张福旺通过对福州市典型空气污染类型的讨论和研究,得出了三种空气污染类型:外来输送型、本地积累型和特殊突发性。并对这三种大气污染类型进行污染特征、主要成因以及形成过程的机理研究;此外,学者郝卓丽、舒敏、于成海、唐晓慧在各自的文章中不仅对大气污染的主要类型进行了划分,还对相关针对大气污染的防治技术与对策进行了探讨。

1.3.2. 国外研究现状

在针对大气污染的预测分析与防治方向,国外学者 Filonchyc Mikalai 采用综合方法利用地面和卫星数据,具体研究燃煤发电厂的排放及其空间范围,还强调了政府减排政策的有效性;学者 Tomshin Oleg 利用多种卫星和地面观测数据,结合再分析数据和前向轨迹模型,重点分析了雅库特地区(东西伯利亚)极端火灾季节的特征、促进极端火灾天气的因素以及生物质燃烧造成的严重空气污染。

1.4. 研究内容和方法

1.4.1. 研究内容

(1) 在中国空气质量在线监测分析平台收集哈尔滨市 2023 年春节期间(2023 年 1 月 22 日~2023 年 2 月 5 日)的 SO_2 、 NO_2 、 CO 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、粗颗粒($\text{PM}_{2.5-10}$)五种主要大气污染物的浓度数据。

(2) 结合以上数据应用特征雷达图法对哈尔滨市 2023 年春节期间的大气污染类型进行鉴别分析。相较于前人已有的研究,特征雷达图法的优点在于能够更加清晰准确地比较不同维度数据之间的关系,尤其是当数据项超过五个时,雷达图能够比其他图表更加快速地突出关键数据且更具有直观性,可以直观地反映不同空气污染物之间的关系和分布情况,使得数据的解读更加直观易懂;同时,在数据可视化方面,空气质量历史特征雷达图具有高度空间利用率的特点;特征雷达图与动态数据相结合,对于空气质量监测和预警系统尤为重要,可以实时监测空气质量指标的变化情况,为决策提供及时、准确的信息支持。

(3) 在此基础上,从使哈尔滨市空气质量尽可能达到最优的角度出发,对如何提高哈尔滨市的空气质量提出一些合理化的建议,并针对以往的污染现象进行了针对性的改进,目的是使哈尔滨市在不同时间点的空气质量都能得到较好的控制,使哈尔滨市的空气质量得到明显的提高。

1.4.2. 研究方法

本文制作特征雷达图使用的软件为 Excel,研究方法包括:(1) 文献研究法:在准备阶段,结合研究主题,对相关材料 and 文献进行相对全面系统地查阅,以便通过研究、借鉴和比较,对所研究的问题有全面和正确的理解和认识。(2) 调查法:通过在各大平台上搜集数据,利用 Excel 中表格及公式,对所收集的数据进行对比、分析、总结、归纳,从而得出一般结论。

2. 研究区概况和数据来源

2.1. 研究区概况

哈尔滨市地处中国东北部的黑龙江省的中南部,下辖 9 个市辖区、7 个县和 2 个县级市。哈尔滨市不仅是中国东北地区北部重要的政治、经济、文化中心,更是一座底蕴丰厚的历史文化名城。但这样一个有着“东方小巴黎”美称的省会城市的空气质量状况却实在不尽人意。而城郊地区以及周边县市的焚烧秸秆行为和入冬后供暖公司的燃煤采暖措施正是影响哈尔滨市空气质量的两个重要因素。

2.2 数据来源

本文数据来源于中国空气质量在线监测分析平台。该平台能够进行全国多个城市的空气质量历史数

据查询,包括我国各个城市不同月份与空气质量的有关数据,包括 AQI、范围、质量等级、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 CO 、 NO_2 、 SO_2 、 O_3 等,秉持科学发展、环保先行的可持续发展理念。同时,可以看见各城市各月统计数据的饼状图、空气质量指数(AQI)月变化趋势图、空气质量指数(AQI)等级月变化趋势图。此外,该平台还能够查询全国风场地图等实时信息。

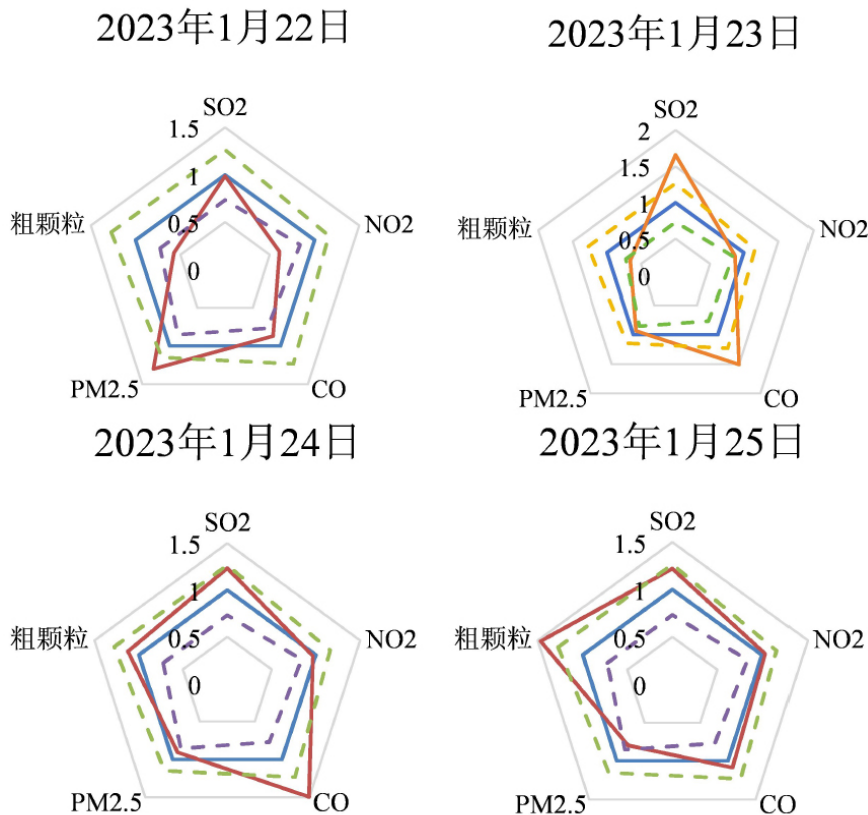
本文所使用的具体数据为:哈尔滨市 2023 年春节期间(2023 年 1 月 22 日~2023 年 2 月 5 日)的 $\text{PM}_{2.5}$ 、粗颗粒($\text{PM}_{2.5-10}$)两种颗粒物的浓度以及 SO_2 、 NO_2 、 CO 三种主要气体污染物的浓度。

3. 结果与分析

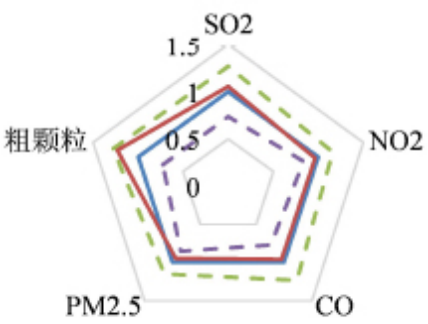
本文使用特征雷达图来表现哈尔滨市 2023 年春节期间大气污染因子变化,分析大气污染类型,将 SO_2 、 NO_2 、 CO 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、粗颗粒($\text{PM}_{2.5-10}$)进行归一化处理[4],绘制特征雷达图,具体绘制方法参考段菁春等的研究[5]。

SO_2 、 NO_2 、 CO 和粗颗粒主要来自于一次来源, $\text{PM}_{2.5}$ 既有一次来源也有二次来源。其中, SO_2 主要来自燃煤,也会来自于钢铁等工业生产等固定源; NO_2 主要来自燃煤、工业过程(焦化、玻璃等)、机动车尾气排放等移动源; CO 主要来自于燃煤、机动车、钢铁及生物质等的不完全燃烧; $\text{PM}_{2.5}$ 主要来自化石燃料的燃烧,如机动车尾气、燃煤等;粗颗粒主要来自污染源的直接排放,比如烟囱与车辆,以及扬尘[6]。

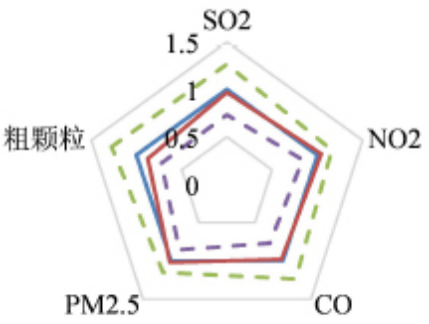
中国空气质量在线监测分析平台历史数据中显示,2023 年 1 月 22 日(大年初一)至 2 月 5 日(正月十五)哈尔滨市空气质量经历了一次从整体优良状态到重度污染,再到轻度污染的转换,历史特征雷达图见图 1。



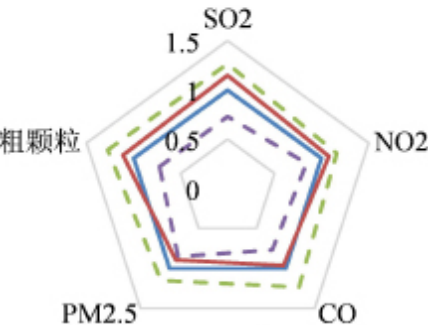
2023年1月26日



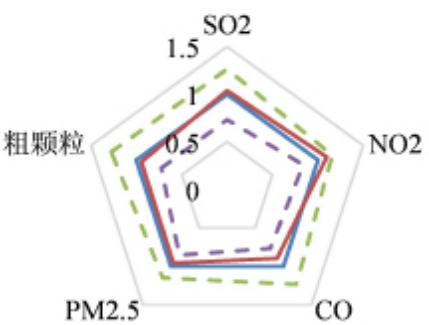
2023年1月27日



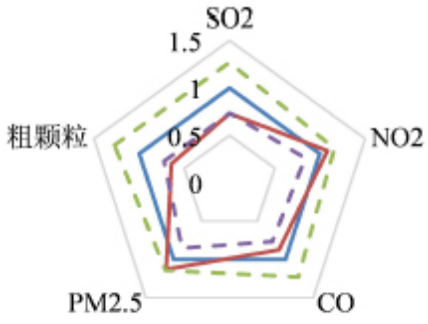
2023年1月28日



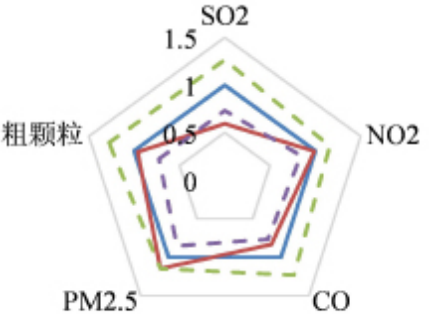
2023年1月29日



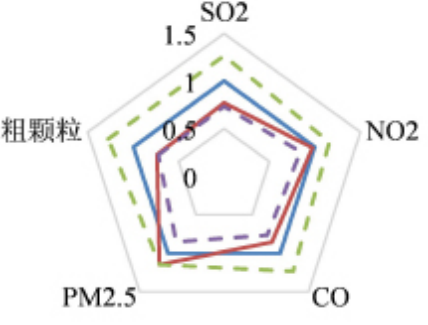
2023年1月30日



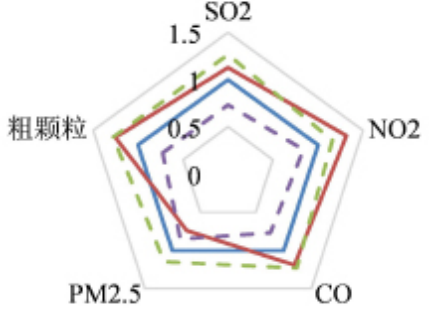
2023年1月31日



2023年2月1日



2023年2月2日



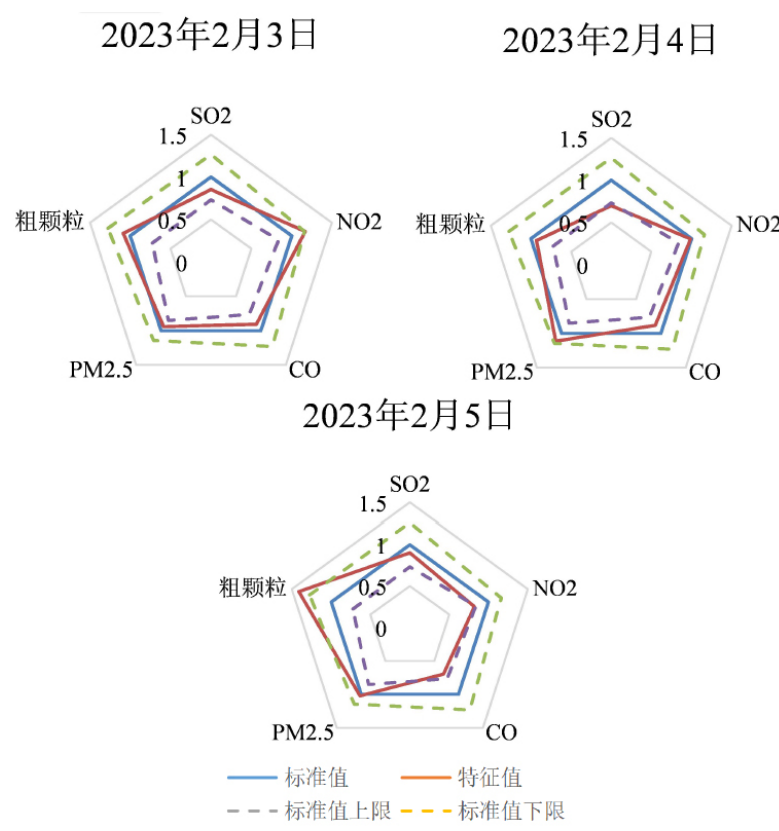


Figure 1. Radar chart of historical characteristics of air quality in Harbin during the 2023 spring festival
图 1. 2023 年春节期间哈尔滨市空气质量历史特征雷达图

在哈尔滨市空气质量指数日历史数据中，哈尔滨市在 2023 年 1 月 22 日(大年初一)历史特征雷达图呈现偏二次型($PM_{2.5}$ 特征值超出上限)，说明哈尔滨市在这个时间段内二次颗粒物的生成相对较高；

2023 年 1 月 23~24 日哈尔滨市特征雷达图呈现偏燃煤型(该日期内 SO_2 特征值基本超出标准值上下限的范围)；

2023 年 1 月 25 日哈尔滨市特征雷达图呈现偏扬尘型污染(粗颗粒 $PM_{2.5-10}$ 明显超出上限)；

2023 年 1 月 26~29 日哈尔滨市特征雷达图呈现偏综合型， SO_2 、 NO_2 、 CO 、 $PM_{2.5}$ 、粗颗粒($PM_{2.5-10}$)五种污染因子均未超出标准值上限，变化与哈尔滨市平均特征相同；

随后随着污染程度的加重，2023 年 1 月 30 日转变为偏二次型污染($PM_{2.5}$ 特征值超出上限)，直至 2 月 1 日。其中，1 月 31 日为重度污染。

2023 年 2 月 2~3 日哈尔滨市特征雷达图呈现偏机动车型(NO_2 和 CO 特征值超出上限)。春节期间，企业停工停产，居民出行活动减少， NO_2 浓度整体呈下降趋势，随着企业复工， NO_2 开始上升。

2023 年 2 月 4 日特征雷达图呈现偏二次型($PM_{2.5}$ 基本超出标准值上限)；

2023 年 2 月 5 日呈现偏扬尘型污染(粗颗粒明显超出上限)。

此外，2023 年春节期间哈尔滨市并无偏烟花型($PM_{2.5}$ 、 SO_2 特征值超出上限)的污染类型，可能原因如下——为减少环境污染，改善环境空气质量，保障公共安全和人身、财产安全，政府颁布《哈尔滨市人大常委会关于禁止燃放烟花爆竹的决定》，哈尔滨市划分禁燃区域，在此范围内禁止摊贩售卖烟花爆竹，同时也严禁广大群众燃放烟花爆竹。因此，烟花污染程度较浅，禁燃管控措施对哈尔滨市的环境空气起到积极作用。

4. 研究结论

(1) 从上述结果来看, 哈尔滨市空气质量经历了一次从整体优良状态到重度污染, 再到轻度污染的转换; 哈尔滨市 2023 年春节期间大气污染类型多为偏二次型、偏复合型。

(2) 由于政府出台的烟花禁燃管控措施, 哈尔滨市 2023 年春节期间大气污染类型并无偏烟花型, $\text{PM}_{2.5}$ 和 SO_2 并未明显超出标准值上限。

5. 相关改善措施与建议

5.1. 植树造林, 扩大绿地面积

从 2018 年我国林业局和草原局发表的多项相关科学研究结果来看, 林木对 $\text{PM}_{2.5}$ 等颗粒物的调节效应明显, 而松杉等针叶林对 $\text{PM}_{2.5}$ 等颗粒物的抑制效应较强。另外, 结果显示: 森林植被对大气细颗粒物有如下调节作用: 沉降, 阻滞, 吸附; 从相关数据中各因素的贡献率可以得出: 沉降、阻滞、吸附三种作用为最主要的调控方式[7]。

森林生态系统在地球圈中的作用是十分重要的, 它的主要作用是调节空气中的温度和水分, 还能够起到阻挡风沙、吸收空气中的一些有害气体污染物的作用。因此植树造林针对偏二次型污染、偏扬尘型污染、偏燃煤型污染都会呈现出更好的治理效果。所以人类想要过上安逸舒适的生活, 必定是离不开森林的, 人们一定要正确认识森林的作用, 爱护森林。

我们的国土面积很大, 约占 960 万平方公里, 排名世界第三位, 前两名分别是俄罗斯和加拿大, 我国的各种自然资源也十分丰富, 但我们的森林资源却很少; 芬兰、日本的森林覆盖率接近国土面积的七成, 美国只占百分之三十左右, 圭亚那的森林覆盖率达到惊人的百分之九十七, 几乎达到了全覆盖。而中国的森林覆盖率只有百分之二十左右, 比国际上的平均值都要低得多, 如果把这个数字折算成人均拥有的森林面积, 那就更不用说了。所以, 不只是单纯从调节各种大气污染物的角度来看, 为了保护人类自己的生存环境和维持地球生态系统的平衡, 我们更应该通过植树造林的方式来扩大森林面积, 并进行禁止滥砍滥伐等相关的保护措施来对森林进行救治与保护。

在扩大绿化面积的同时, 还应考虑多种情况, 如: 选择绿色植物种类要做到因地制宜、注重如何充分发挥绿化的各种效益、如何合理配置植被类型和优化设计绿色植物结构等[8]。

5.2. 低碳转型, 改进采暖措施

在我国北方的大部分地区, 冬季的取暖方式都是通过燃煤来解决的。根据统计, 在我国北方地区 83% 的区域使用煤炭取暖, 17% 的区域使用天然气或者电能来取暖。由此可见, 当前我国北方地区都是以燃煤为主体的供热方式, 这并不是一种环保的, 符合可持续发展的供热方式。煤的燃烧不但会制造出许多污染大气的颗粒污染物, 而且还会制造出某些碳的氧化物和硫化物, 不仅对大气造成十分严重的影响, 还会危害人体健康。而煤炭这种不可再生的资源, 迟早也会被消耗殆尽, 所以发展一种新的绿色能源就显得尤为重要。天然气虽然与煤都属于不可再生的能源, 但它却比煤炭要干净得多, 因为它在燃烧过程中的二氧化碳排放量要比煤炭低得多, 也不会产生一些有毒的硫化物危害人体健康。

与城市相比, 农村要想对采暖措施进行改进却任重而道远。一方面, 由于乡村建筑的整体建筑环境与城市建筑相比, 存在着明显的差别: 如电网等设备陈旧、线路负载不足、窗户材料隔热性能差等, 这些原因都会导致供暖效果不佳、即使供暖效果达标, 总体的供暖效果也会因不良的保温性能而变差; 另一方面, 与城镇居民相比, 乡村居民更加的分散, 不同于城市居民居住于人口密度较高的小区内, 乡村居民的居住区多为低矮的平房子或者独栋的小型建筑, 人口密度更低, 导致要想对乡村居民进行集中供

暖的难度加大：具体体现在供热网络的有效辐射范围小，会造成浪费现象；重新建设热源及各种供暖管网还需要花费大量的金钱。要想克服这些困难，政府的相关举措就显得弥足轻重。例如，可以通过对农村农户进行补贴与扶持来充分激发农户的积极性。

在实现低碳转型过程中，存在着许多困难，其中，发展绿色新能源不只是说说那么简单，确实是存在着不小的难度，同时也不能保证开发出来的新能源一定是有利无害的。与此相比，采用天然气代煤、煤改电等更为环保的供暖方式是更加便捷省事的途径。通过燃烧煤炭进行供暖与上文所提到的其他方式相比确实有着价格低廉的优点，但是它也会给空气质量带来不可挽回的污染。对大气污染物的治理，地方政府及相关部门都要发挥其应有的作用。比如可以通过对小燃煤锅炉进行整治和取缔，扩大集中供热面积，将热电厂和热站设在远离市区人烟稀少的郊区等方式来实现。环境主管部门在开展各项监察工作时，也要做到尽职尽责，严格秉公执法，万不可徇私舞弊，提高工作标准，提高工作质量。与此同时，还可以适当让检查次数更加频繁，由生态环境部门和监督机构共同联合开展执法活动。以上举措都可以有效地针对燃煤型污染进行治理，使大气质量得到改善。

5.3. 绿色出行，政府从严管控

由上文研究分析可知，偏机动车型污染也是哈尔滨市研究期间的一种主要污染类型。对于这一类的污染，我们普通居民可以从小做起：绿色出行，短途可以选择步行、自行车等出行方式，长途可以选择乘坐公共交通等更加绿色环保的方式，来代替私家车，从而降低汽车尾气对大气的污染[9]；夏季不要把家里的空调温度开得太低，温度适宜即可，冬季如果房间里的温度太高，可以通过调节暖气的阀门，来适当地控制房间的温度；平时见到别人有危害大气环境的行为举措，可以对其进行劝阻，及时制止，如果情节严重，超出我们的管辖范围的，可以向相关的环保部门进行举报。

另外，政府也可以把大气污染控制的职责下派到各个乡镇，由大化小，省级派给市级、市级下分给各区县，把他们的工作职责细化，让各级地方都能够更好地发挥自己的职责，从而减轻地方政府的工作压力。同时，为了能够贯彻地落实绿色发展的理念，各级政府要重视环境保护，加强在环境保护方面的科研。政府也可以采取限制汽车出行数量、限制工厂排污标准、减少烟花爆竹燃放等措施对大气污染进行治理；或为了确保空气质量，减少滥伐，对滥砍滥伐的现象进行严格惩治，以确保森林覆盖，并改善城市景观的绿化体系；也可以采取适当的奖励和惩罚措施，提高公众对大气环境的保护意识，还可以开展一些宣传普法的活动或者讲座，让公众了解到大气对人类生存的重要意义，都是行之有效的办法。

除了上述的几点，政府可以强化执法、监督管理以及进行环保宣传工作之外，还可以对产业结构进行优化，强化对产业集群的治理。一方面要对本地的工业结构进行优化，淘汰落后产能；另一方面，还要强化对产业集群的管理，根据各个行业不同的污染特征，制定出相应的改造计划，对污染防治设施的配套建设进行优化，进行综合治理[10]。

参考文献

- [1] 利淑芬, 巫楚. 谈春节期间燃放烟花爆竹对空气质量的影响[J]. 环境与发展, 2020, 32(1): 237, 239.
- [2] 张章, 刘保献, 安欣欣, 董欣, 王琴, 姚欢, 孙瑞雯, 李云婷. 北京市传统春节假期空气质量特征研究[J]. 中国环境科学, 2021, 41(1): 102-113.
- [3] 索丹凤, 曾三武. 空气细颗粒物 $PM_{2.5}$ 对人体各系统危害的研究[J]. 医学信息, 2019, 32(18): 32-34.
- [4] 赵志刚, 张信成, 何秋生. 春节期间烟花爆竹燃放对 $PM_{2.5}$ 化学组分的影响[J]. 山西化工, 2021, 41(5): 227-230.
- [5] 段菁春, 胡京南, 谭吉华, 陈红. 特征雷达图的设计及其在大气污染成因分析中的应用[J]. 环境科学研究, 2018, 31(8): 1329-1336.
- [6] 杨雪玲, 邢莉, 王颖, 刘随心, 刘文霞. 宝鸡市冬季一次持续性重污染过程特征分析[J]. 环境科学研究, 2020,

33(10): 2256-2264.

- [7] 铁铮. 绿色植物对 $PM_{2.5}$ 说不! [J]. 国土绿化, 2017(10): 47-49.
- [8] 程立超, 骆媛媛, 彭巍. 绿色植物防控大气颗粒物研究现状及防治途径[J]. 黑河学院学报, 2021, 12(2): 184-185, 188.
- [9] 李丹. 城市大气环境质量的保护策略分析[J]. 科学技术创新, 2018(11): 36-37.
- [10] 田园. 大气污染治理的政府行为对策探讨建议[J]. 清洗世界, 2021, 37(11): 97-98.