



中国气象局

CHINA METEOROLOGICAL ADMINISTRATION



大气环境 气象公报

(2019 年)



中国气象局

编写组名单

顾 问：

中国气象科学研究院：徐祥德

编写人员：

国家气象中心：张碧辉 王继康 桂海林 吕梦瑶 刘 超

安林昌 饶晓琴 尤 媛 张 博 南 洋

中国气象局气象探测中心：张 勇 靳军莉 贾小芳 荆俊山 周 青

娄梦筠 方冬青

国家卫星气象中心：张兴赢 闫欢欢 高 玲

中国气象科学研究院：刘洪利 龚山陵 何建军

国家气候中心：常 蕊 叶殿秀 肖 潺 石 柳 袁 媛

柳艳菊

目 录

摘 要.....	1
第一部分 全国大气环境	2
1.1 概述.....	2
1.2 能见度、霾及沙尘天气	3
1.2.1 能见度	3
1.2.2 霾.....	5
1.2.3 沙尘天气	9
1.3 大气颗粒物浓度.....	14
1.3.1 PM ₁₀ 浓度.....	14
1.3.2 PM _{2.5} 浓度	16
1.4 反应性气体	18
1.4.1 地面臭氧浓度	18
1.4.2 对流层臭氧总量.....	19
1.4.3 NO ₂ 对流层总量和 SO ₂ 柱总量	21
1.5 酸雨.....	23
1.5.1 现状.....	23
1.5.2 长期变化	24
附表 1.1 2019 年全国和重点区域大气环境分析表	26
第二部分 全国大气污染气象条件.....	27
2.1 概述.....	27
2.2 冷空气活动影响.....	27
2.3 大气污染气象条件分析	28
2.3.1 风速和小风日数.....	28
2.3.2 相对湿度	32
2.3.3 有效降水日数.....	34
2.3.4 混合层高度	36
2.3.5 冬季静稳天气指数.....	37
2.4 PM _{2.5} 污染气象条件综合评估	38
2.5 臭氧污染气象条件分析	40
附表 2.1 2019 年全国和重点区域大气污染气象条件分析表.....	42
第三部分 结论.....	43

摘要

大气环境气象公报（2019 年）详细分析了 2019 年全国大气环境和大气污染气象条件及其变化。

2019 年全国大气环境继续改善。全国平均霾日数 25.7 天，与 2018 年基本持平，比近五年平均减少 10.7 天，霾天气过程影响面积较 2018 年减小。京津冀等区域 2019 年霾日数继续减少。全国共出现 15 次沙尘天气过程，较近五年平均偏多。中国环境监测总站数据显示，2019 年细颗粒物（PM_{2.5}）浓度与 2018 年基本持平，但京津冀等区域继续下降。二氧化氮（NO₂）对流层总量、二氧化硫（SO₂）柱总量继续下降。全国大部地区酸雨污染持续改善，2019 年为 1992 年有观测记录以来酸雨状况最好的一年。

2019 年全国大气污染气象条件偏差。2019 年全国平均 PM_{2.5} 污染气象条件较 2018 年偏差 5.7%。主要表现为：冷空气活动偏弱，平均风速偏小，小风日数增多，有效降水日数偏少。其中 2019 年 1 月和 2 月，全国平均 PM_{2.5} 污染气象条件比 2018 年同期偏差 22.7%。京津冀、汾渭平原等区域 2019 年 PM_{2.5} 污染气象条件较 2018 年偏差。

2000 年以来，我国大气环境整体呈现前期转差后期向好趋势。大部地区霾日数由上升转为下降，但冬季持续性、大范围霾天气过程时有发生。东部地区 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 浓度下降趋势明显。2008 年以来 SO₂ 柱总量呈现下降趋势，2013 年 1 月 NO₂ 对流层总量达历史最高，此后明显下降。2000 年至 2007 年全国酸雨污染恶化，2008 年以来酸雨污染状况持续改善。

第一部分 全国大气环境

1.1 概述

大气环境是指生物赖以生存的大气物理和化学特性，与人类生存密切相关，主要包括空气的温度、湿度、风速、气压、降水及大气中氮、氧、二氧化碳、反应性气体、大气颗粒物等。低能见度、霾、沙尘天气、酸雨及光化学烟雾等作为大气环境变化的严重结果已受到极大关注。

2019 年全国平均霾日数为 25.7 天，与 2018 年持平，较近五年（2014-2018 年）平均减少 10.7 天。京津冀等区域霾日数较 2018 年下降明显。2019 年全国共出现 7 次大范围持续性霾天气过程，霾天气过程的影响面积较 2018 年明显减小。2000 年以来，全国霾天气过程次数呈现先上升后下降的趋势，2013 年达到峰值（15 次），此后呈下降趋势。

2019 年共出现 15 次沙尘天气过程，其中扬沙天气过程 9 次、沙尘暴

天气过程 5 次、强沙尘暴天气过程 1 次，沙尘天气过程次数较近五年平均（11.6 次）偏多，较 2018 年多 1 次。2000 年以来，2011 年至 2014 年为我国沙尘天气过程次数最少的阶段，平均为 8.8 次，明显少于 2000 年至 2010 年（15.7 次）和 2015 年至 2019 年（13.2 次）。

中国环境监测总站监测数据显示：2019 年全国 PM_{2.5} 平均浓度为 36 微克/立方米，与 2018 年基本持平。京津冀等区域 PM_{2.5} 平均浓度较 2018 年下降。2019 年全国地面臭氧浓度为 148 微克/立方米，较 2018 年升高 6.5%。

2019 年，卫星反演全国平均及大部分区域 NO₂ 对流层总量和 SO₂ 柱总量均比近五年平均有所下降，全国大部地区酸雨污染状况持续改善。

1.2 能见度、霾及沙尘天气

1.2.1 能见度

2019 年全国平均能见度为 16.8 公里, 较 2018 年和近五年同期均有所

升高。其中, 1、2 月较 2018 年同期偏低, 11、12 月明显偏高。

1.2.1.1 现状

地面水平能见度受气溶胶浓度和相对湿度影响大。2019 年, 平均能见度呈现西高东低特征, 华北中南部、黄淮、陕西关中、江淮、江汉、江南大部、西南地区东部等地平均能见度多低于 15 公里 (图 1.1)。2019 年全国平均能见度 (16.8 公里) 较 2018 年 (16.6 公里) 和近五年平均 (15.6 公里) 分别升高 1.2% 和 7.7%。其中 2019 年 1-2 月全国平均能见度为

12.9 公里, 低于 2018 年同期 (13.9 公里), 但高于近五年同期平均 (12.6 公里); 2019 年 11-12 月平均能见度为 14.8 公里, 高于 2018 年同期 (14.0 公里) 和近五年同期平均 (13.3 公里)。2019 年华北大部、珠三角以及西南地区南部能见度较 2018 年偏高 1-2 公里, 东北和西北部分地区偏低 1 公里左右 (图 1.2)。

1.2.1.2 长期变化

全国 08 时 (北京时, 下同) 能见度月均值时序变化图显示 (图 1.3), 2019 年冬季 (指 PM_{2.5} 污染主要发生季节, 1、2、11、12 月, 下同) 能见度 (13.9 公里) 明显低于夏季 (19.5 公里), 且从 2011 年开始, 冬季能见度明显降低; 2017 年起转为升高趋

势。2006 年 1 月、2013 年 1 月、2014 年 2 月、2015 年 12 月、2016 年 12 月、2017 年 1 月、2018 年 11 月是能见度相对较低月份, 都出现了持续性大范围雾、霾天气过程, 其中 2016 年 12 月平均能见度 (10.7 公里) 为 2000 年以来最低。

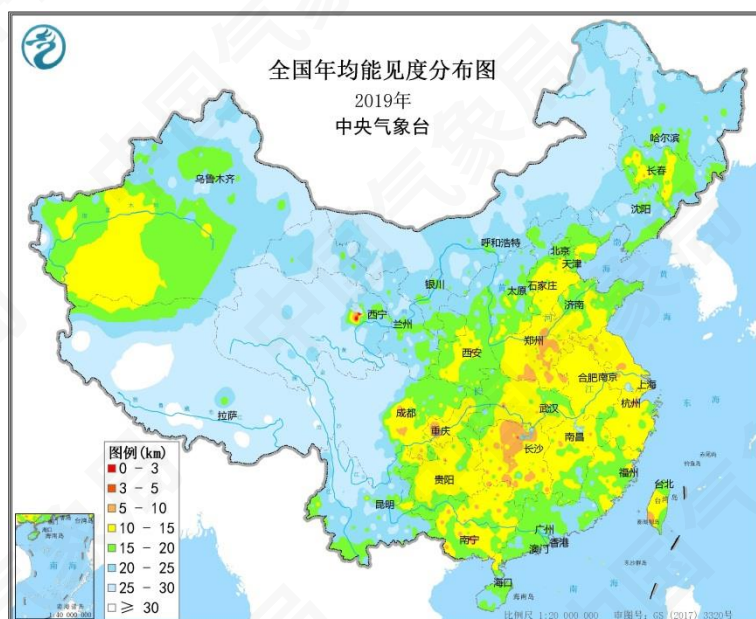


图 1.1 2019 年全国能见度分布

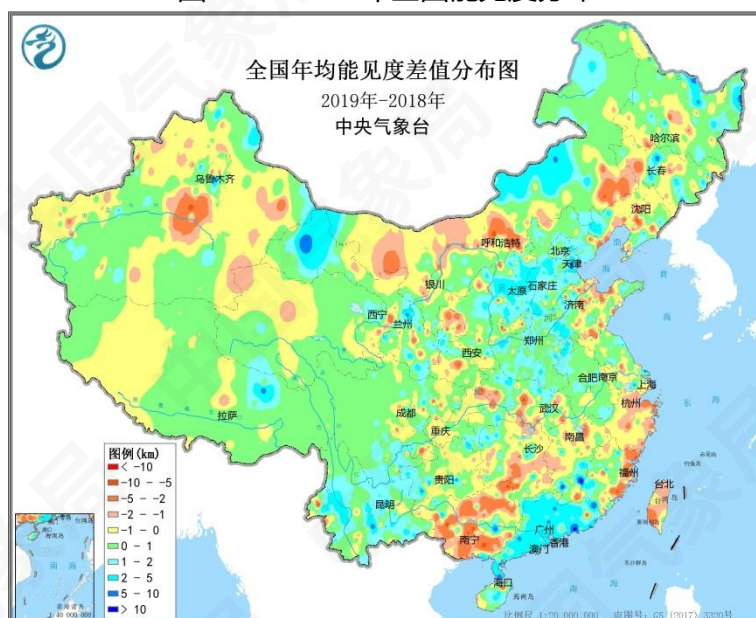


图 1.2 2019 年与 2018 年平均能见度差值分布

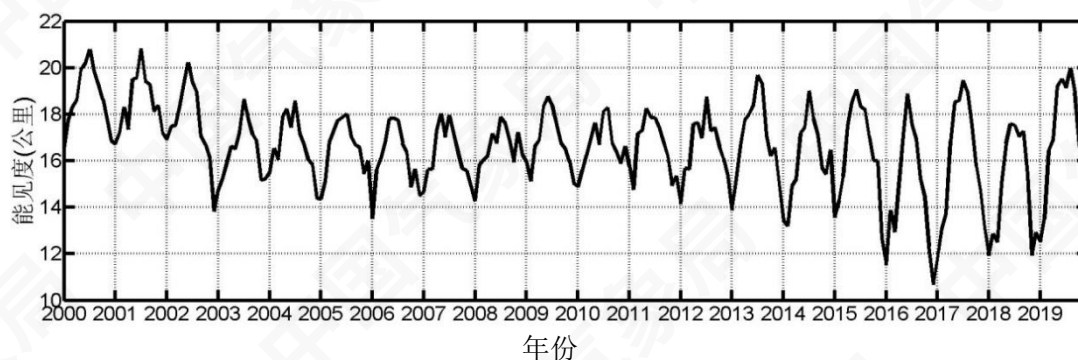


图 1.3 2000 年以来全国 08 时逐月平均能见度

1.2.2 霾

2019 年全国共出现 7 次大范围霾天气过程，平均霾日数为 25.7 天，与 2018 年持平，较近五年平均偏少 10.7 天。京津冀等区域霾日数较 2018 年下

降明显。2000 年以来，全国霾日数呈现先上升后下降的趋势，京津冀地区霾日数于 2014 年开始明显减少。

1.2.2.1 现状

(1) 霾天气过程

2019 年全国共出现 7 次大范围霾天气过程（表 1.1），多于 2018 年（5 次），较近五年平均（9.2 次）偏少。2019 年霾天气过程主要集中在京津冀及周边地区、汾渭平原等地，其中，2019 年 1 月 2 日至 8 日、1 月 11 日至 15 日、12 月 20 日至 26 日三次霾天气过程影响范围广、持续时间长、强度大，影响面积分别达到 70 万、95 万和 75 万平方公里，重度霾面积均达 60 万平方公里左右。但三次过程影响面积较 2018 年 1 月 13 日至 22 日（影响面积 190 万平方公里）和 11 月 24

日至 12 月 3 日（影响面积 160 万平方公里）霾天气过程明显偏小。

2019 年 1 月 2 日至 8 日，京津冀、河南、山东中西部、汾渭平原、安徽北部、湖北出现大范围霾天气，此次过程是 2019 年强度最强、平均 $PM_{2.5}$ 浓度最高的霾天气过程。京津冀及周边地区和汾渭平原出现持续性的中至重度霾。京津冀及周边地区过程平均 $PM_{2.5}$ 浓度为 124 微克/立方米。汾渭平原过程平均 $PM_{2.5}$ 浓度为 213 微克/立方米。

(2) 霾日

2019 年全国平均霾日数为 25.7 天，中东部部分地区霾日数超过 40 天，而西部高原地区及内蒙古等地普遍不足 10 天，部分地区全年没有出现霾日（图 1.4）。2019 年全国平均霾日数与 2018 年持平（图 1.5），较近五年平均减少 10.7 天。京津冀、长三角、珠三

角地区 2019 年平均霾日数分别为 45.2 天、34.0 天和 3.1 天，分别比 2018 年减少 8.6 天、2.2 天和 3.8 天，比近五年平均分别减少 15.6 天、29.4 天和 8.6 天；汾渭平原 2019 年平均霾日数为 51.6 天，比 2018 年增加 0.9 天，比近五年平均减少 30.2 天。

表 1.1 2019 年霾天气过程纪要表

编号	起止时间	主要影响区域
201901	1 月 2-8 日	京津冀、河南、山东中西部、陕西关中、山西、安徽北部、湖北、湖南北部等地，影响面积约 70 万平方公里。
201902	1 月 11-15 日	京津冀、河南、山东中西部、陕西关中、山西、辽宁、吉林中西部、黑龙江西南部、安徽中北部、江苏、湖北中部等地，影响面积约 95 万平方公里。
201903	2 月 4-6 日	京津冀、河南、山东、陕西关中、山西、安徽中北部、江苏、湖北中部等地，影响面积约 75 万平方公里。
201904	2 月 20-27 日	京津冀、河南、山东、安徽中北部、江苏等地，影响面积约 68 万平方公里。
201905	11 月 22-24 日	京津冀、河南、山东、陕西关中、山西、安徽中北部等地，影响面积约 33 万平方公里。
201906	12 月 6-10 日	京津冀、河南、山东、陕西关中、山西、安徽中北部、江苏、湖北、湖南、辽宁南部等地，影响面积约 65 万平方公里。
201907	12 月 20-26 日	京津冀、河南、山东、陕西关中、山西、安徽中北部、江苏北部、湖北、湖南、黑吉辽等地，影响面积约 75 万平方公里。

(注:相邻三个及以上省大部分地区持续三天及以上出现中度及以上霾天气记为一次霾天气过程*)

* 参照《霾天气过程划分》(QX/T 513—2019)

1.2.2.2 长期变化

(1) 霾天气过程

2000 年以来，全国霾天气过程次数呈现先上升后下降的趋势，2013 年达到峰值（15 次），此后呈下降趋势，2017 年（6 次）下降最为明显（图 1.6）。但是，近几年仍多次出现范围大、持续时间长、能见度低的霾天气过程，

例如，2013 年 1 月、2014 年 2 月和 10 月、2015 年 11-12 月、2016 年 12 月-2017 年 1 月、2018 年 11 月、2019 年 1 月等出现多次重大霾天气过程。

(2) 霾日

从全国平均霾日数逐年变化趋势看（图 1.7），2000 年至 2006 年呈上升趋势，2007 年之后逐步下降，尤其是在 2016 年之后下降明显。京津冀地区自 2014 年开始，霾日数逐年下降；

长三角地区自 2014 年后逐年明显下降；汾渭平原自 2015 年之后，霾日数下降明显；珠三角地区霾日数低于全国平均，2005 年起呈下降趋势，2014 年至 2019 年霾日数下降明显。

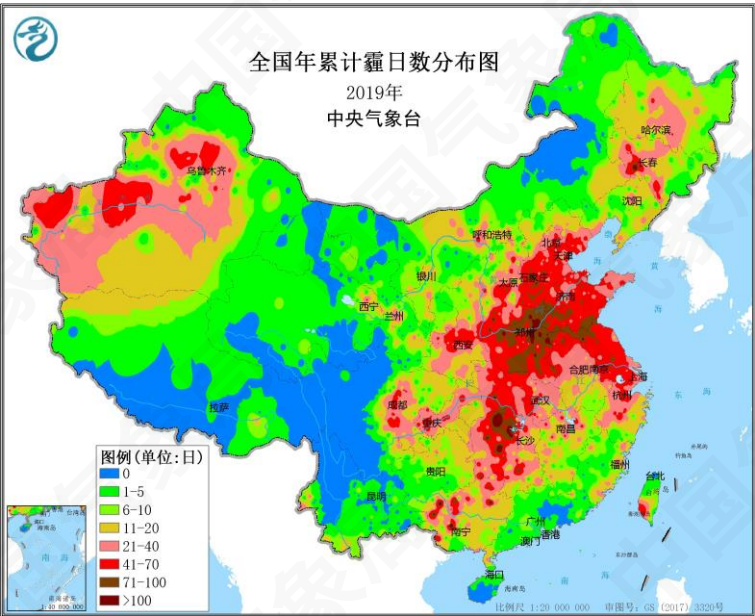


图 1.4 2019 年全国霾日数分布

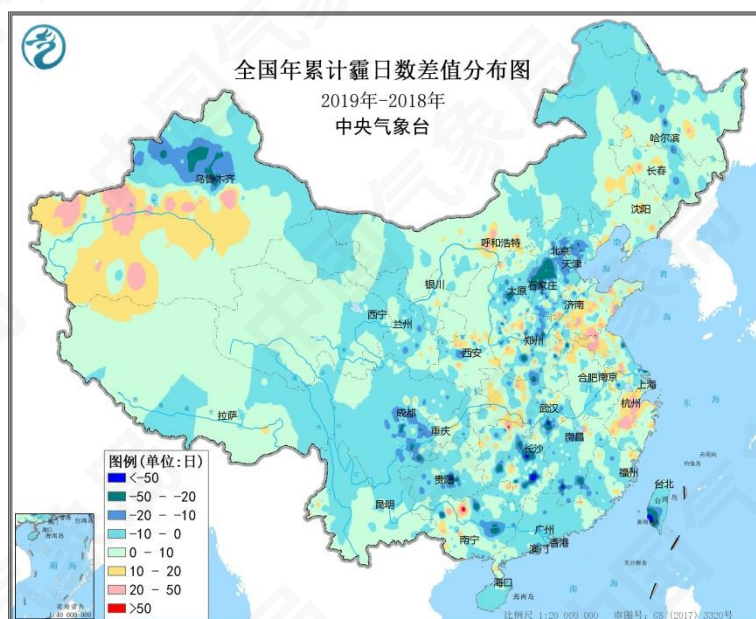


图 1.5 2019 年与 2018 年全国霾日数差值分布

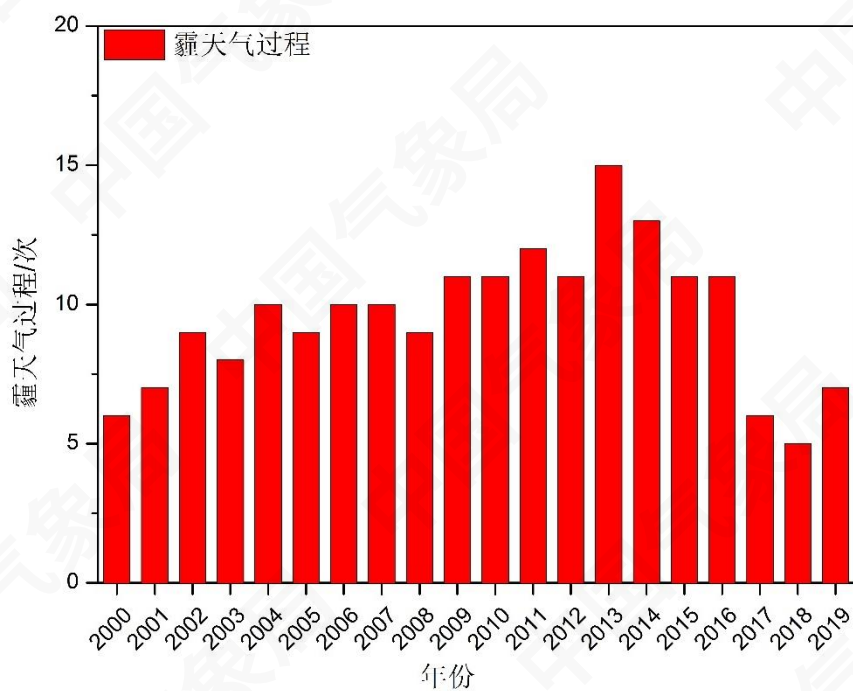


图 1.6 2000 年至 2019 年全国霾天气过程次数

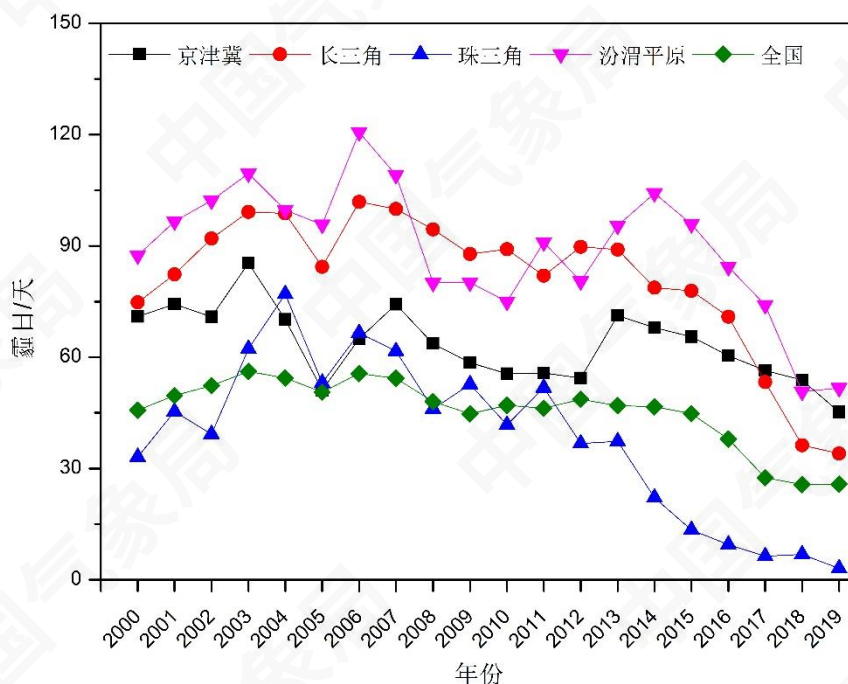


图 1.7 2000 年至 2019 年全国及重点区域霾日数

1.2.3 沙尘天气

2019 年我国共出现了 15 次沙尘天气过程，较 2018 年多 1 次，较近

五年平均（11.6 次）明显偏多。

1.2.3.1 现状

(1) 沙尘天气过程

2019 年我国共出现 15 次沙尘天气过程（表 1.2），其中扬沙天气过程 9 次、沙尘暴天气过程 5 次、强沙尘暴天气过程 1 次，沙尘天气过程较 2018 年偏多 1 次，较近五年平均（11.6 次）明显偏多。2019 年首次沙尘天气过程出现时间偏晚。首次过程为 2019 年 3 月 19 日至 24 日的强沙尘暴天气过程，与 2014 年并列为 2000 年以来第二晚，仅早于 2012 年首次过程出现时间

（3 月 20 日），较 2018 年（2 月 8 日）偏晚 39 天。这次过程是 2019 年强度最大的沙尘天气过程，新疆南疆盆地的部分地区出现强沙尘暴。影响范围最大的过程是 10 月 27 日至 30 日的扬沙天气过程，沙尘天气影响到西北地区东部、华北、黄淮、江淮北部等地。2019 年影响新疆南疆盆地的沙尘暴天气过程有 3 次，较常年次数偏多，强度偏强。

表 1.2 2019 年沙尘天气过程纪要表

编号	起止时间	过程类型	主要影响范围
201901	3 月 19-24 日	强沙尘暴	新疆南疆盆地、内蒙古中西部、甘肃北部、青海西北部等地出现扬沙和浮尘天气，新疆南疆盆地的部分地区出现强沙尘暴。
201902	4 月 4-5 日	扬沙	新疆南疆盆地、内蒙古中东部、辽宁、吉林、山东、河北、北京、天津等地的部分地区出现扬沙和浮尘天气。
201903	4 月 16 日	扬沙	辽宁西部、吉林西部、黑龙江西部等地出现扬沙和浮尘天气。
201904	4 月 17 日	扬沙	内蒙古中东部、辽宁西部、吉林西部、黑龙江西部等地出现扬沙和浮尘天气。
201905	4 月 20 日	扬沙	内蒙古中东部、吉林西部、河北北部等地出现扬沙和浮尘天气，内蒙古中西部局地出现沙尘暴。
201906	4 月 26-28 日	沙尘暴	新疆南疆盆地大部出现扬沙和浮尘天气，新疆南疆盆地东部和南部出现沙尘暴，局地出现强沙尘暴。
201907	5 月 4-5 日	扬沙	内蒙古中西部、甘肃中西部出现扬沙和浮尘天气，内蒙古中西部局地出现沙尘暴。
201908	5 月 11-12 日	沙尘暴	内蒙古大部、甘肃中西部、宁夏、陕西北部、山西北部、河北北部、北京、天津等地出现扬沙和浮尘天气，内蒙古中西部、甘肃中部的部分地区出现沙尘暴。
201909	5 月 14-16 日	沙尘暴	内蒙古中西部、甘肃中西部、宁夏、黑龙江西南部、吉林西部等地的部分地区出现扬沙和浮尘天气，内蒙古中西部、甘肃中部的部分地区出现沙尘暴。
201910	5 月 18-19 日	扬沙	内蒙古中西部、青海北部、宁夏、甘肃东部、河北中南部、新疆南疆盆地等地出现扬沙和浮尘天气。

编号	起止时间	过程类型	主要影响范围
201911	5月24-26日	扬沙	新疆南疆盆地、青海西北部、宁夏北部、内蒙古西部、陕西北部等地出现扬沙和浮尘天气，其中南疆盆地局地出现沙尘暴。
201912	7月26-27日	沙尘暴	新疆南疆盆地西部和南部出现扬沙和浮尘天气，新疆南疆盆地南部出现沙尘暴。
201913	8月17-18日	沙尘暴	新疆南疆盆地大部、甘肃西部出现扬沙和浮尘天气，新疆南疆盆地东部出现沙尘暴。
201914	10月27-30日	扬沙	甘肃河西、内蒙古中西部、宁夏、陕西中北部、山西大部、河北、北京、河南、安徽、江苏、山东等地出现扬沙和浮尘天气。
201915	11月17-18日	扬沙	内蒙古中西部、宁夏北部、陕西北部、山西北部、河北、北京、天津、辽宁等地出现扬沙和浮尘天气。

注：在同一次天气过程中，相邻3个或3个以上国家基本（准）站在同一观测时次出现了强沙尘暴或特强沙尘暴天气，记为强沙尘暴天气过程；相邻3个或3个以上国家基本（准）站在同一观测时次出现了沙尘暴或更强沙尘天气，记为沙尘暴天气过程；相邻5个或5个以上国家基本（准）站在同一观测时次出现了扬沙或更强沙尘天气，记为扬沙天气过程*。

* 参照《沙尘天气等级》（GB/T 20480—2017）

(2) 沙尘天气日数

2019 年我国西北地区、华北、东北、黄淮和江淮以及西藏东部等地的部分地区出现沙尘天气 (图 1.8)。华北、黄淮北部、东北地区西部出现约 3-10 天沙尘天气, 西北地区东部约 10-50 天, 新疆南疆盆地约 50-120 天, 其中, 新疆且末站最多, 达到 121 天。

沙尘暴主要出现在新疆南疆盆地、青海西北部、甘肃中西部、内蒙古北部和西部等地, 内蒙古西部日数约为 1-7 天, 新疆南疆盆地局部达 10-16 天。强沙尘暴主要出现在南疆盆地以及青海西北部和内蒙古西部, 日数为 1-2 天, 南疆盆地东南部局地达 4-6 天。

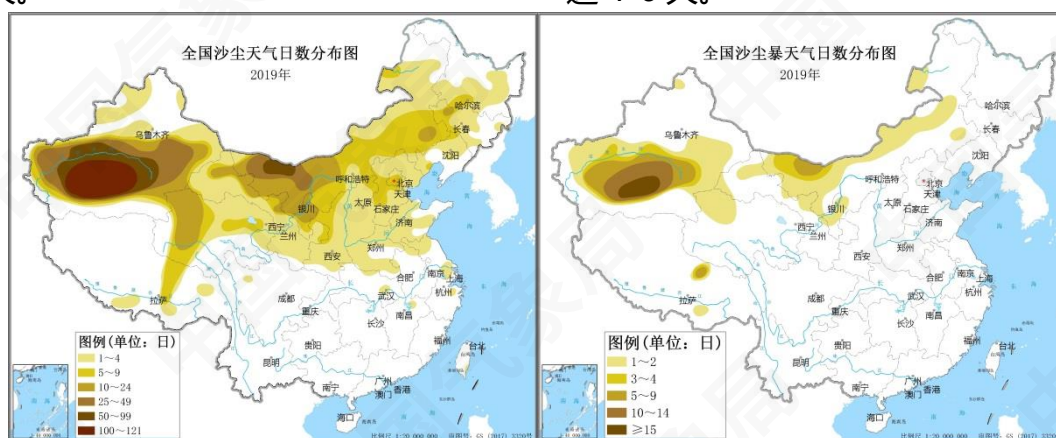


图 1.8 2019 年沙尘天气日数 (左) 和沙尘暴日数 (右)

2019 年, 新疆南疆盆地的沙尘天气日数较近五年平均减少 10-35 天, 沙尘暴日数增加 3-8 天, 呈现沙尘天气日数减少但强度增强的变化。内蒙古西部的沙尘天气日数较近五年增加了 10-19 天, 同时沙尘暴日数也增加了 1-4 天。甘肃东部、陕西南部、内

蒙古东部、黑龙江南部、吉林西部、辽宁北部、北京、河北等地的部分地区沙尘天气日数较近五年平均增加 1-3 天。我国北方其余大部分地区的沙尘天气日数较近五年平均有不同程度的减少 (图 1.9)。

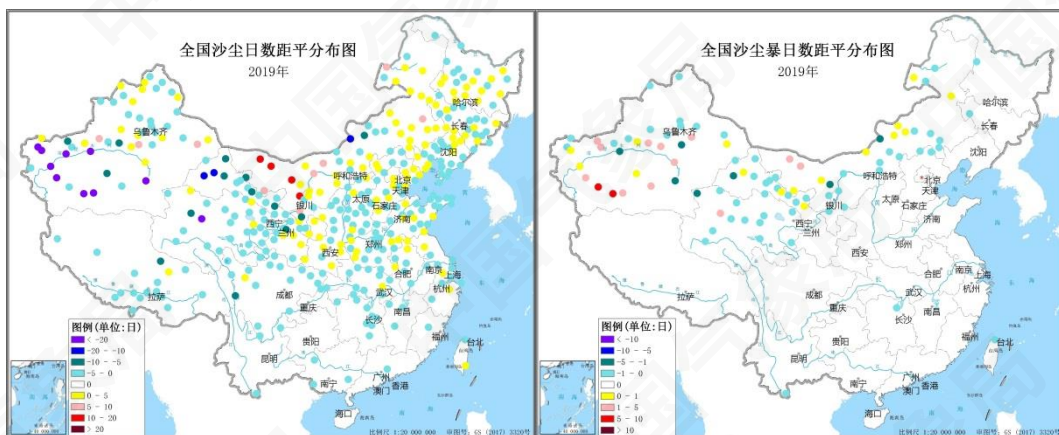


图 1.9 2019 年沙尘天气 (左) 与沙尘暴 (右) 日数与近五年平均差值分布

1.2.3.2 长期变化

2000 年至 2019 年, 我国沙尘天气过程次数的变化分为 3 个阶段。2000 年至 2010 年, 沙尘天气过程较多, 平均为 15.7 次。2011 年至 2014 年, 较前期减少, 平均为 8.8 次。2015 年至 2019 年, 沙尘天气过程有所增多, 平均为 13.2 次, 仍少于 2000 年至 2010 年平均。2000 年、2001 年、2002 年、2004 年、2006 年、2007 年、2010 年沙尘天气过程次数相对较多, 均超过 15 次。2000 年至 2002 年及 2006 年至 2010 年沙尘暴天气过

程均超过 5 次。其中 2001 年沙尘天气过程 22 次, 沙尘暴天气过程次数 11 次, 均为 2000 年来最多。2003 年、2009 年、2011 年、2014 年和 2017 年沙尘天气过程较少, 均不超过 10 次, 2014 年仅有 7 次, 为 2000 年来最少。2003 年、2011 年、2014 年、2015 年、2016 年、2017 年和 2018 年沙尘暴天气过程均不超过 2 次; 其中, 2011 年、2014 年、2015 年、2017 年和 2018 年均仅有 1 次, 为 2000 年来最少。

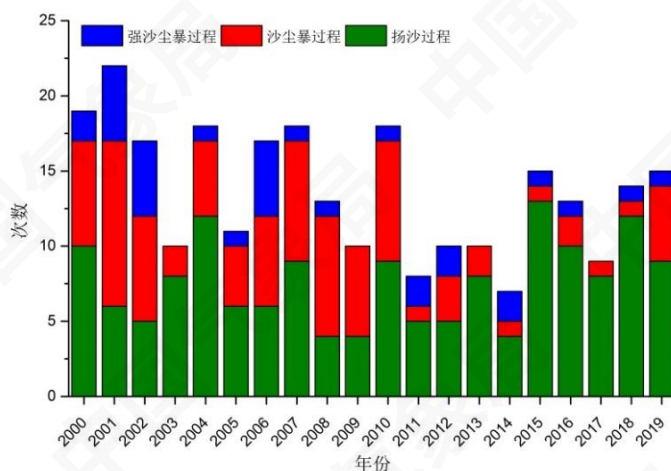


图 1.10 2000 年至 2019 年沙尘天气过程次数

2019年春季(3-5月)出现沙尘天气的总站点数和总站日数均偏少,沙尘天气强度偏弱。在我国673个基准气象观测站中,2019年春季共有226个站点出现了沙尘天气,少于2000年以来平均站数(241.3站),也远少于2018年春季的305站。出现沙尘暴的站点数为46站,少于2000年以来平均站数(57.7站),但略多于

2018年的44站。出现强沙尘暴共有12站,远少于2000年以来平均(22.1站)但略多于2018年的10站。出现沙尘天气的站日数为1209站日,少于2000年以来平均值(1478.6站日),出现沙尘暴的站日数为102站日,少于2000年以来平均值(140.7站日),而出现强沙尘暴16站日,远少于2000年以来平均值(38.5站日)。

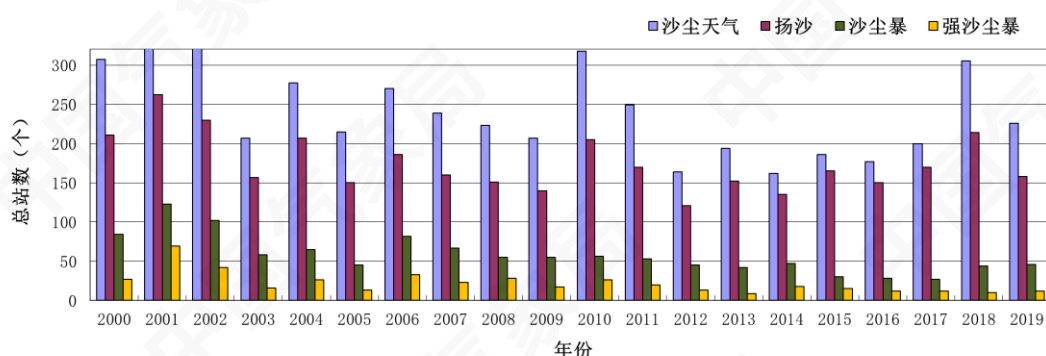


图 1.11 2000 年至 2019 年春季 (3-5 月) 沙尘天气总站数

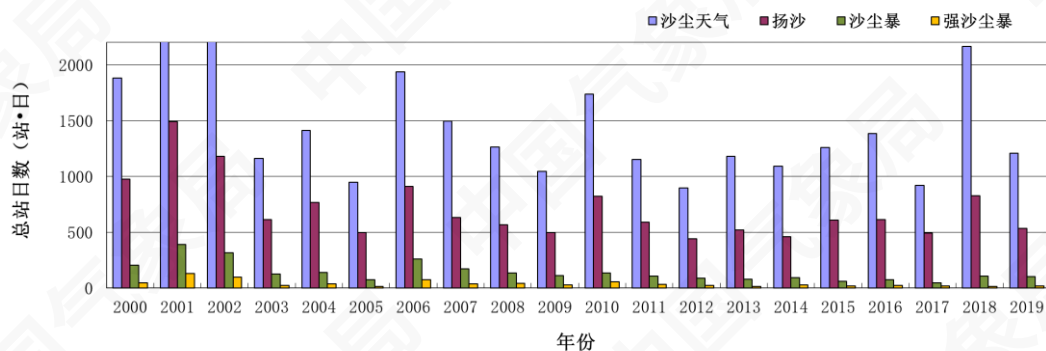


图 1.12 2000 年至 2019 年春季 (3-5 月) 沙尘天气总站日数

1.3 大气颗粒物浓度

1.3.1 PM₁₀ 浓度

2019 年全国 PM₁₀ 平均浓度为 63 微克/立方米 (数据来源: 中国环境监

测总站), 全国和重点区域 PM₁₀ 平均浓度均较 2018 年降低。

1.3.1.1 现状

根据中国环境监测总站资料分析显示, 2019 年全国 PM₁₀ 平均浓度为 63 微克/立方米, 比 2018 年降低 1.6%。

2019 年, 京津冀地区 PM₁₀ 平均浓度为 89 微克/立方米, 比 2018 年降低 7.3%; 长三角地区 PM₁₀ 平均浓

度为 65 微克/立方米, 比 2018 年降低 3.0%; 汾渭平原 PM₁₀ 平均浓度为 94 微克/立方米, 比 2018 年降低 3.1%。珠三角地区 PM₁₀ 平均浓度为 47 微克/立方米, 比 2018 年升高 2.2%。

1.3.1.2 长期变化

中国气象局 5 个区域大气本底站 (湖北金沙、云南香格里拉、新疆阿克达拉、浙江临安、黑龙江龙凤山) 与 1 个城市背景站 (广东番禺) 观测资料 (图 1.13) 显示, 2019 年阿克达拉站 PM₁₀ 浓度为 20.3 微克/立方米, 较 2018 年升高 13.3%; 龙凤山、番禺、香格里拉、金沙、临安站 2019 年 PM₁₀ 浓度分别为 21.0、20.9、4.9、32.7、29.9 微克/立方米, 较 2018 年分别降低 34.2%、30.1%、24.6%、36.8%、35.1%。

2006 年至 2019 年观测资料显示, 香格里拉站多年平均 PM₁₀ 质量浓度最低 (7.1 微克/立方米), 临安站最高 (63.7 微克/立方米), 阿克达拉、龙凤山、番禺、金沙站则依次为 16.2、43.6、51.3、41.7 微克/立方米。从年际变化来看, 临安、龙凤山、番禺、金沙站的 PM₁₀ 浓度呈下降趋势 (平均年变率分别为约 -3.7、-2.6、-3.1、-0.3 微克/立方米/年), 阿克达拉呈弱上升趋势 (平均年变率约 0.8 微克/立方米/年), 香格里拉站基本平稳维持低值。

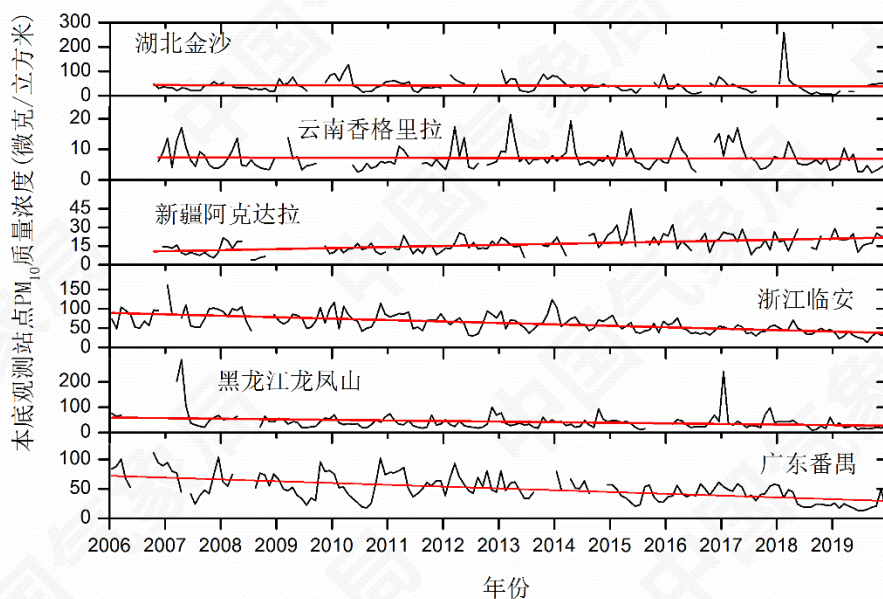


图 1.13 2006 年至 2019 年 6 个本底或背景站点 PM_{10} 浓度逐月均值时间序列
(注：金沙站、香格里拉站、阿克达拉站、临安站、龙凤山站为 WMO-GAW 区域大气本底站，分别从 2006 年、2007 年、2007 年、2005 年、2005 年开始观测；番禺站为城市背景环境气象站，从 2005 年开始观测)

1.3.2 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度

2019 年全国 $\text{PM}_{2.5}$ 平均浓度为 36 微克/立方米（数据来源：中国环境监测总站），与 2018 年持平。京津冀、

长三角、珠三角区域 $\text{PM}_{2.5}$ 平均浓度均较 2018 年降低。

1.3.2.1 现状

根据中国环境监测总站资料分析显示，2019 年全国 $\text{PM}_{2.5}$ 平均浓度为 36 微克/立方米，与 2018 年持平。

2019 年，京津冀地区 $\text{PM}_{2.5}$ 平均浓度为 50 微克/立方米，比 2018 年降低 5.7%；长三角地区 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓

度为 41 微克/立方米，比 2018 年降低 2.4%；汾渭平原 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度为 55 微克/立方米，比 2018 年上升 1.9%；珠三角地区 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度为 28 微克/立方米，比 2018 年降低 6.7%。

1.3.2.2 长期变化

中国气象局 4 个区域大气本底站（北京上甸子、湖北金沙、云南香格里拉站、新疆阿克达拉）与城市背景

站（广东番禺）观测资料显示，2019 年上甸子、阿克达拉站 $\text{PM}_{2.5}$ 平均浓度分别为 35.9、11.5 微克/立方米，分

别比 2018 年升高 48.9%、10.3%，而番禺、金沙、香格里拉站 2019 年 $PM_{2.5}$ 平均浓度分别为 17.0、23.5、3.6 微克/立方米，比 2018 年分别降低 26.7%、24.9%、14.2%。

2006 至 2019 年观测资料（图 1.14）显示，香格里拉、阿克达拉、金沙 3 站的 $PM_{2.5}$ 多年平均浓度均低于《环境空气质量标准》二级浓度限值（35 微克/立方米），依次为 5.1、10.1 和 31.5 微克/立方米；珠三角的番禺站 $PM_{2.5}$ 多年平均浓度最高，达 39.9 微克/立方米；上甸子站 $PM_{2.5}$ 多

年平均浓度为 39.5 微克/立方米。从年际变化来看，北京上甸子、广东番禺、湖北金沙 3 站年平均 $PM_{2.5}$ 浓度呈现出下降趋势（平均年变率分别为 -2.1、-2.2、-0.7 微克/立方米/年），其中，北京上甸子、广东番禺 2 站在 2006 年至 2009 年期间的下降幅度较显著，其后相对平稳；阿克达拉站呈弱上升趋势（平均年变率约 0.3 微克/立方米/年），香格里拉站基本平稳维持低值。

京津冀和珠三角地区的代表站（上甸子和番禺）浓度相对较高，浓度降低趋势更加明显。

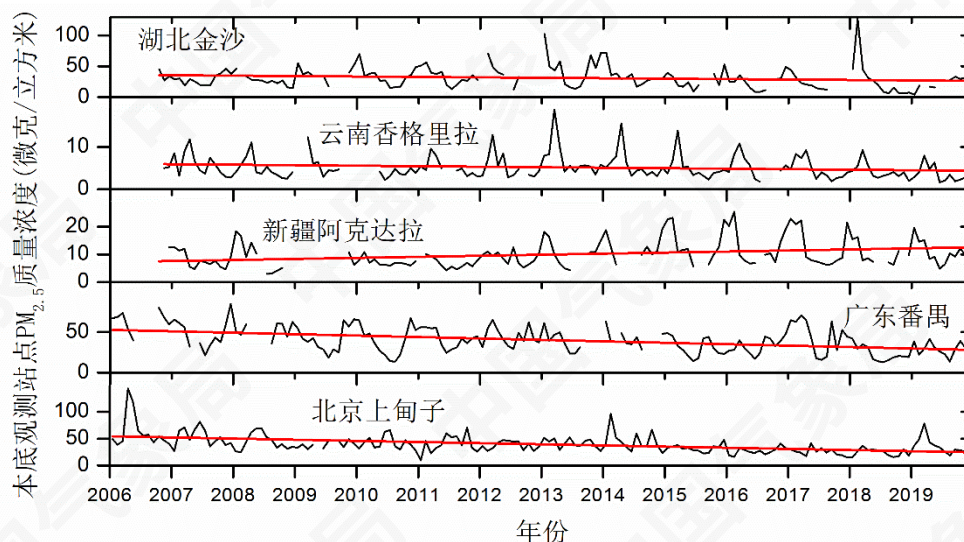


图 1.14 2006 年至 2019 年 5 个本底或背景站点 $PM_{2.5}$ 质量浓度逐月均值时间序列

（注：上甸子站、金沙站、香格里拉站、阿克达拉站为 WMO-GAW 区域大气本底站，分别从 2005 年、2006 年、2007 年、2007 年开始观测；番禺站为城市背景环境气象站，分别从 2005 年开始观测）

1.4 反应性气体

1.4.1 地面臭氧浓度

2019 年全国臭氧浓度*为 148 微克/立方米 (数据来源: 中国环境监测

总站), 较 2018 年升高 6.5%。

1.4.1.1 现状

根据中国环境监测总站资料分析显示, 2019 年全国臭氧浓度*为 148 微克/立方米, 比 2018 年升高 6.5%。

2019 年, 京津冀地区臭氧浓度为 191 微克/立方米, 较 2018 年升高 7.9%; 长三角地区臭氧浓度为 164 微

克/立方米, 较 2018 年升高 7.2%; 汾渭平原臭氧浓度为 171 微克/立方米, 较 2018 年升高 4.3%; 珠三角地区臭氧浓度为 176 微克/立方米, 较 2018 年升高 17.3%。

1.4.1.2 长期变化

中国气象局 6 个大气本底站 (北京上甸子、黑龙江龙凤山、浙江临安、云南香格里拉、青海瓦里关、新疆阿克达拉) 中, 龙凤山和香格里拉站 2019 年地面臭氧浓度较 2018 年均有所下降, 上甸子、瓦里关、临安和阿克达拉站较 2018 年略有上升。多年的地面臭氧浓度**资料 (图 1.15) 显示, 瓦里关站多年平均浓度 (112.0 微克/立方米) 显著高于其它站 (67.8 微克/立方米~84.4 微克/立方米); 最高浓度一般出现在 4-6 月 (阿克达拉站除外, 2 月最高), 最低浓度一般出现在

12 月 (香格里拉站除外, 7 月最低)。上甸子和瓦里关站浓度呈现弱上升趋势 (平均年变率约为 0.4 微克/立方米/年); 临安和香格里拉站呈现弱下降趋势 (平均年变率约为-0.4 微克/立方米/年); 龙凤山和阿克达拉站下降趋势较明显 (平均年变率约为-0.9 微克/立方米/年)。

*统计标准参照《环境空气质量评价技术规范 (试行)》(HJ 663-2013)

**统计标准参照《大气成分资料统计处理业务规定 (试行)》(气预函 (2017) 44 号)

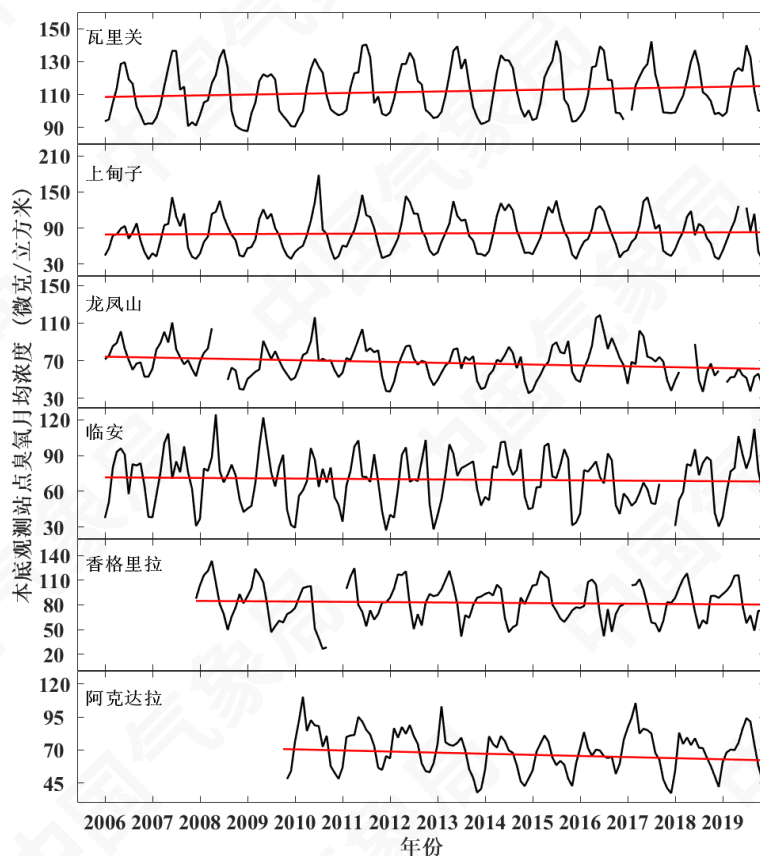


图 1.15 2006 年至 2019 年 6 个大气本底站点地面臭氧月平均浓度时间序列

(注：瓦里关站为 WMO-GAW 全球大气本底站，上甸子站、龙凤山站、临安站、香格里拉站、阿克达拉站为 WMO-GAW 区域大气本底站，分别从 2004 年、2005 年、2005 年、2007 年、2009 年开始观测)

1.4.2 对流层臭氧总量

2019 年我国大部分地区对流层臭氧总量*较 2018 年和近五年平均偏高。

卫星监测产品分析显示：2019 年全国对流层臭氧总量高值区主要分布在我国中东部地区(图 1.16)。与 2018 年相比 (图 1.17)，2019 年京津冀地区对流层臭氧总量升高约 4.2%，长三角地区下降 0.8%，汾渭平原下降

0.9%，珠三角地区升高约 2.7%。与近五年平均相比 (图 1.18)，2019 年京津冀地区对流层臭氧总量升高约 3.1%，长三角地区升高约 1%，汾渭平原下降约 2.5%，珠三角地区升高约 5.6%。

从 2006 年至 2019 年全国及重点区域对流层臭氧总量的逐月变化图 (图 1.19) 可以看出，对流层臭氧总量具有夏季高、冬季低的变化特征。

* 对流层臭氧总量是指大气底部到对流层层顶的垂直臭氧总量。

夏季京津冀、长三角和汾渭平原的对流层臭氧总量一般高于珠三角地区。

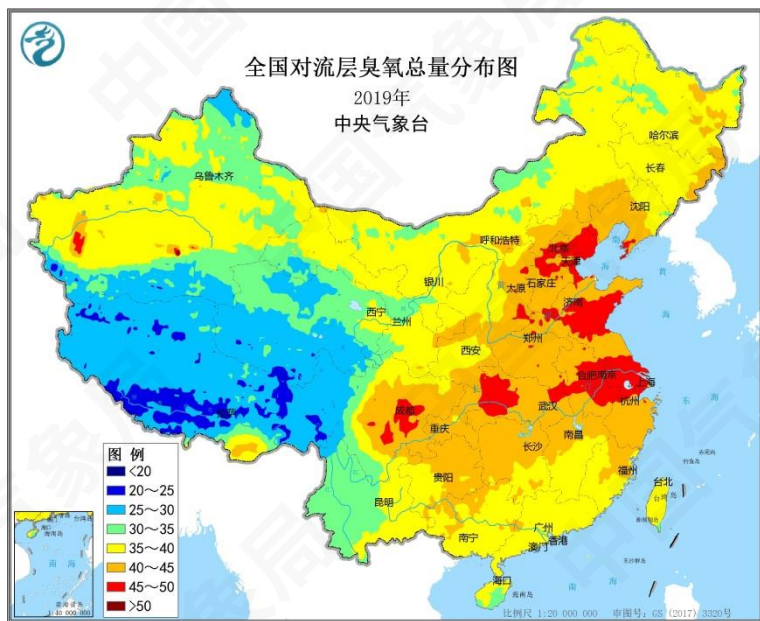


图 1.16 2019 年全国对流层臭氧总量 (单位: DU*) 分布



图 1.17 2019 年与 2018 年全国对流层臭氧总量 (单位: DU) 差值分布

* DU 为多布森单位(Dobson Unit), 一标准大气压下, 0.01mm 厚度的臭氧层为一个多布森单位。

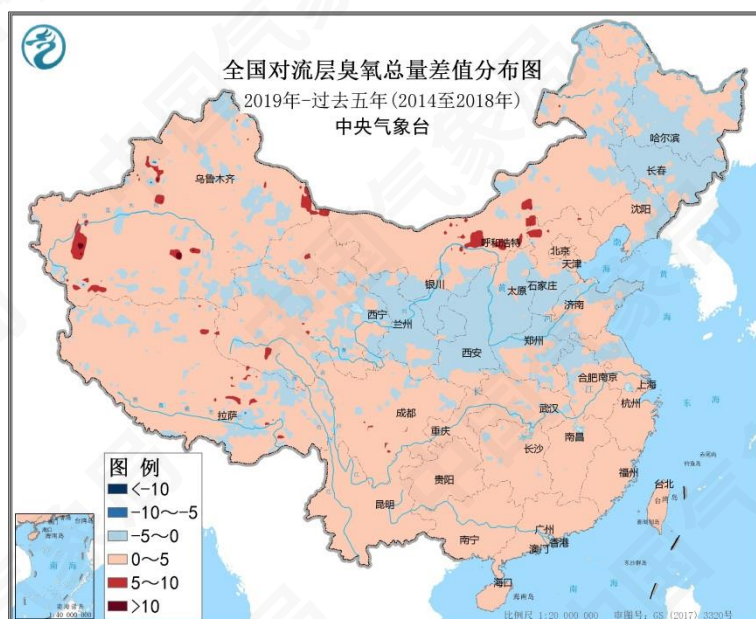


图 1.18 2019 年与近五年平均全国对流层臭氧总量 (单位: DU) 差值分布

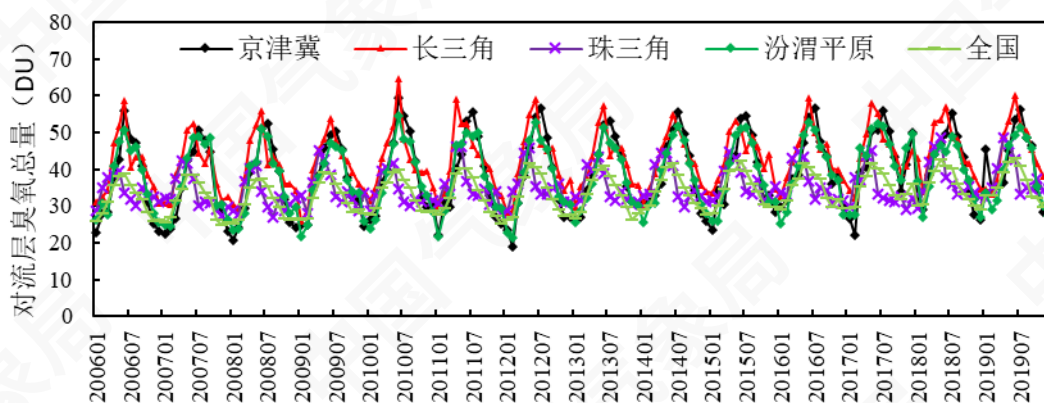


图 1.19 2006 年至 2019 年全国及重点区域对流层臭氧柱总量逐月平均值时间序列

1.4.3 NO₂ 对流层总量和 SO₂ 柱总量

卫星监测数据分析显示,与 2018 年相比,2019 年 NO₂ 对流层总量*在河北中南部、山东西部、河南北部、北京、天津、广州等地有明显的下降,而 SO₂ 柱总量*在上述地区未见明显下降 (图 1.20)。与近五年平均相比,2019 年京津冀及周边、珠三角、长三

角地区 NO₂ 对流层总量和 SO₂ 柱总量均有所下降 (图 1.21)。

2006-2019 年,全国及重点区域的 NO₂ 对流层总量和 SO₂ 柱总量具有夏季低、冬季高的特征 (图 1.22, 1.23)。其中京津冀地区的 NO₂ 对流层总量和 SO₂ 柱总量相对较高,且在 2013 年 1 月 NO₂ 对流层总量达到历史峰值;珠三角地区的 NO₂ 对流层总

* NO₂ 对流层总量是指大气底部到对流层层顶的垂直 NO₂ 总量。

* SO₂ 柱总量是指大气底部到大气层层顶的垂直 SO₂ 总量。

量和 SO₂ 柱总量相对较低。2013 年以后，京津冀、长三角、汾渭平原等重

点区域的 NO₂ 对流层总量和 SO₂ 柱总量呈下降趋势。

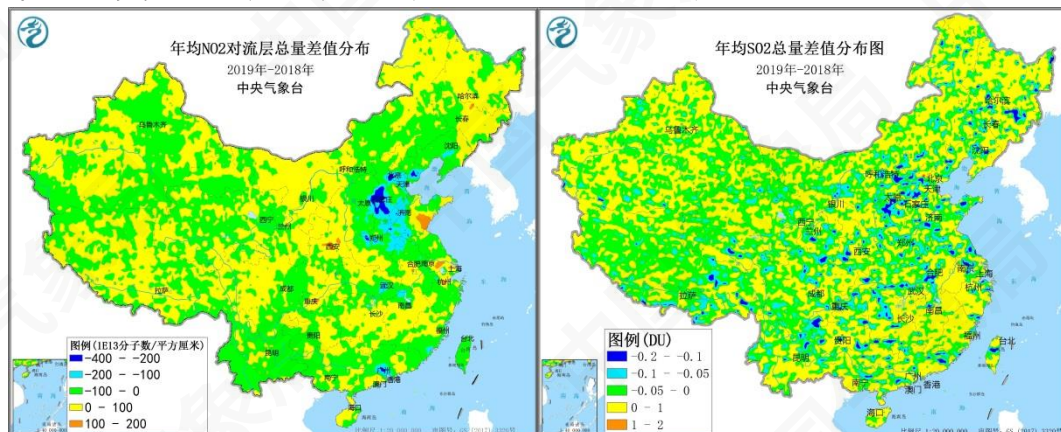


图 1.20 2019 年与 2018 年平均 NO₂ 对流层总量 (左)、SO₂ 柱总量 (右) 差值

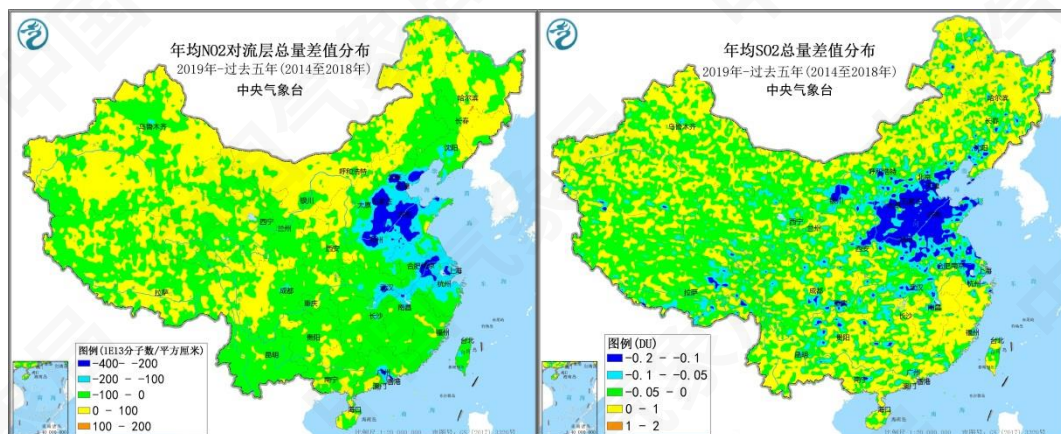


图 1.21 2019 年与近五年平均 NO₂ 对流层总量 (左)、SO₂ 柱总量 (右) 差值

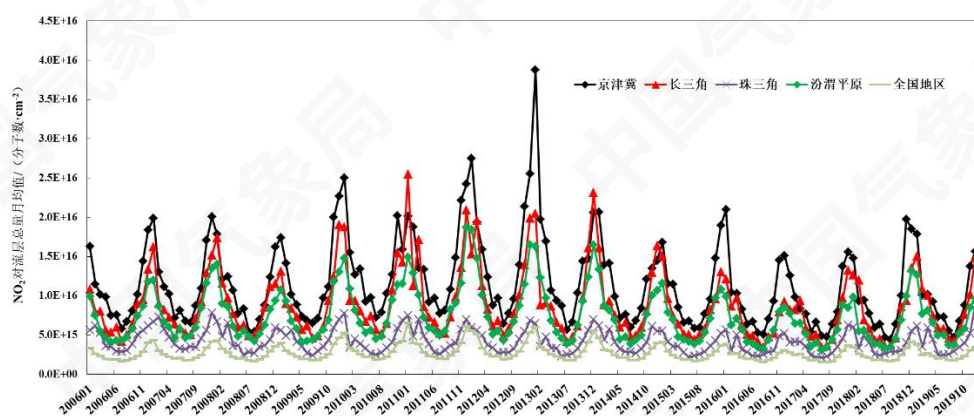


图 1.22 2006 年至 2019 年全国及重点区域 NO₂ 对流层总量的逐月变化

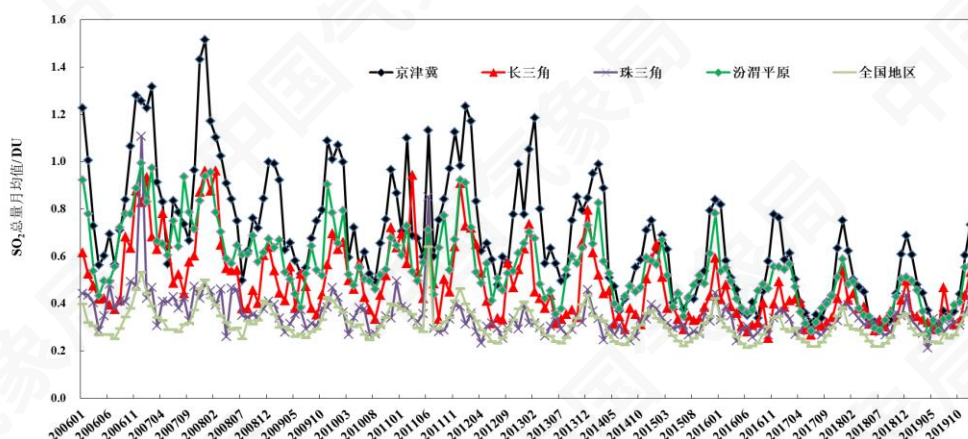


图 1.23 2006 年至 2019 年全国及重点区域 SO₂ 柱总量的逐月变化

1.5 酸雨

1.5.1 现状

2019 年，全国平均降水 pH 值为 5.96，为 1992 年有观测记录以来酸雨状况最好的一年；全国平均酸雨频率为 29.4%，维持近年来较低的水平。

2019 年，全国酸雨区（降水 pH 值低于 5.60）主要位于江淮、江汉、江南、华南大部及四川盆地等南方地区（图 1.24 左），其中浙江西部、福建西北部、湖南东南部、广东西部、广西东部等地平均降水 pH 值低于 5.00，酸雨污染较明显；酸雨频发区（酸雨频率*高于 50%）主要位于江南、华南、四川盆地等南方地区（图 1.24 右），其中湖南东南部、四川东部和重庆西部等地区酸雨频率高于

80%，为酸雨高发区。

2019 年，广东、湖南等 8 个南方省（区、市）的平均降水 pH 值在 5.0 ~ 5.6 之间（图 1.25 上）；全国没有平均降水 pH 值小于 5.0 的省份。

湖南、广东、江西、广西等 4 个南方省（区）的平均酸雨频率在 50% ~ 80% 之间，为酸雨频发区域；重庆、浙江等 8 个省（区、市）的平均酸雨频率在 20% ~ 50% 之间，为酸雨多发区域（图 1.25 下）。

与近五年平均状况相比，2019 年全国大部分地区降水 pH 值持平、偏高或显著偏高，仅广东、青海、西藏、新疆、四川、浙江、黑龙江等省（区）局部地区的降水 pH 值偏低，但变化幅度不大；我国大部分地区酸雨频率以

* 酸雨频率为：某一时段（月、季、年）内，日降水 pH 值小于 5.6 的次数占该时段内所有酸雨观测次数的百分率。

偏低或持平为主，仅广东、四川、浙江、黑龙江等省的局部地区酸雨频率

偏高。

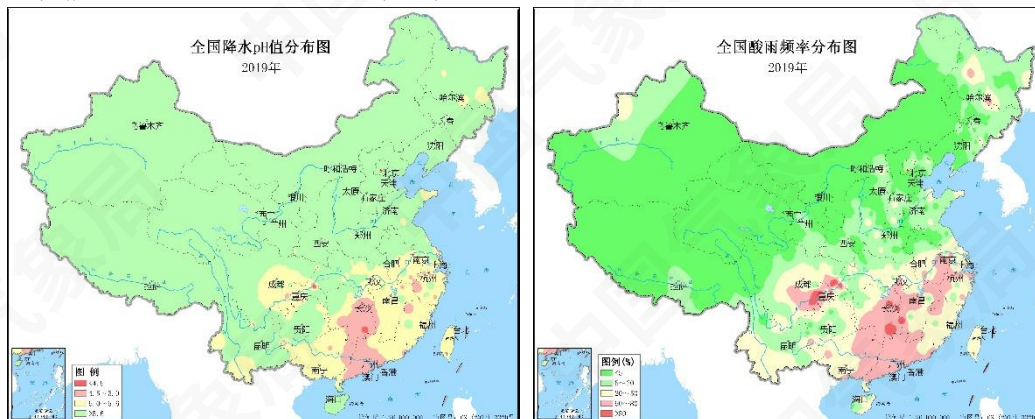


图 1.24 2019 年全国降水 pH 值（左）及酸雨频率（右）



图 1.25 2019 年各省（区、市）降水 pH 值（上）、酸雨频率（下）

1.5.2 长期变化

中国气象局 74 个酸雨观测站的长期观测资料显示，自 1992 年以来，全

国酸雨污染经历了改善、恶化、再次改善的阶段变化。1992 年至 1999 年为酸雨改善期, 平均降水 pH 值、酸雨频率、强酸雨频率的年变率分别为 0.03/年、-0.7%/年、-0.7%/年; 2000 年至 2007 年酸雨污染恶化, 平均降水 pH 值、酸雨频率、强酸雨频率的年变率分别为-0.06/年、2.1%/年、1.6%/年; 2008 年以来酸雨污染状况再度改

善, 平均降水 pH 值、酸雨频率、强酸雨频率的年变率分别为 0.06/年、-1.8%/年、-1.5%/年 (图 1.26)。长期以来, 我国二氧化硫排放量的增减变化是影响酸雨污染变化趋势的主控因子, 2010 年以来氮氧化物排放量的逐年下降对酸雨污染的改善也有较明显贡献。

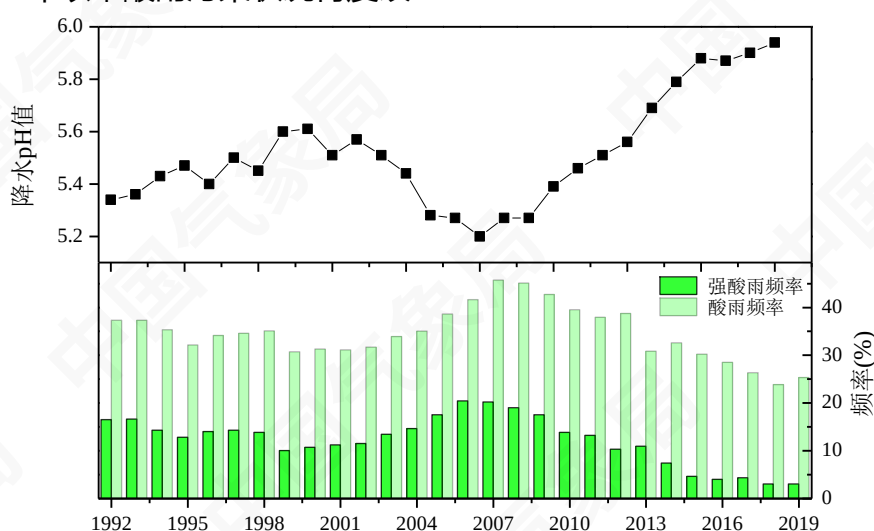


图 1.26 1992 年至 2019 年全国平均降水 pH 值、酸雨频率和强酸雨频率时间序列

附表 1.1 2019 年全国和重点区域大气环境分析表

区域	霾日数			PM ₁₀			PM _{2.5}			O ₃		
	日数 (天)	与 2018 年相比 (天)	与近五年平均对比 (天)	平均浓度 (微克/立方米)	与 2018 年相比 (%)	与 2015 年相比 (%)	平均浓度 (微克/立方米)	与 2018 年相比 (%)	与 2015 年相比 (%)	平均浓度 (微克/立方米)	与 2018 年相比 (%)	与 2015 年相比 (%)
全国	25.7	0.1	-10.7	63	-1.6	-18.2	36	0	-12.2	148	6.5	20.3
京津冀	45.2	-8.6	-15.6	89	-7.3	-28.8	50	-5.7	-32.4	191	7.9	29.1
京津冀及周边	54.5	-4.2	-24.6	100	-3.8	-25.4	57	-1.7	-28.8	196	7.7	36.1
长三角	34.0	-2.2	-29.4	65	-3.0	-16.7	41	-2.4	-19.6	164	7.2	27.1
汾渭平原	51.6	0.9	-30.2	94	-3.1	-4.1	55	1.9	-1.8	171	4.3	40.2
珠三角	3.1	-3.8	-8.6	47	2.2	-2.1	28	-6.7	-12.5	176	17.3	32.3
东北	13.6	2.3	-11.6	59	-3.5	-23.4	34	6.3	-29.2	128	0.0	7.6
华中	30.3	-1.2	-12.6	64	-1.6	-19.0	40	0	-23.1	153	14.2	23.4
西南	11.1	-3.9	-10.3	45	-2.2	-13.5	28	3.7	-12.5	129	5.7	16.2
西北	20.2	2.5	-7.8	74	3.9	-14.9	36	0	-14.3	134	3.9	15.5

注：正值表示增加；负值表示减少；PM₁₀、PM_{2.5}及地面臭氧浓度数据来源于中国环境监测总站

主要区域划分：京津冀（北京、天津、河北）、京津冀及周边（2+26 城市）、汾渭平原（山西、陕西、河南三省共 11 地市）、长三角（上海、江苏、浙江、安徽）、珠三角（广东 9 市）、东北（黑龙江、吉林、辽宁）、华中（湖北、湖南、江西）、西南（云南、贵州、四川、重庆）、西北（陕西、甘肃、宁夏、新疆）

第二部分 全国大气污染气象条件

2.1 概述

大气污染气象条件包括大气环流形势、冷空气活动及风速、相对湿度、大气稳定度、降水等气象要素，是影响大气环境的重要原因。

2019 年全国 PM_{2.5} 污染气象条件较 2018 年和近五年平均分别偏差 5.7% 和 3.6%。主要表现为：冷空气活

动偏弱，平均风速偏小，小风日数增多，有效降水日数偏少。尤其 2019 年 1 月和 2 月，全国平均 PM_{2.5} 污染气象条件比 2018 年同期明显偏差 22.7%，但是 11 月和 12 月全国平均 PM_{2.5} 污染气象条件比 2018 年同期偏好 9.7%。

2.2 冷空气活动影响

2019 年冷空气活动较 2018 年偏弱，与近五年平均基本持平，其中 2019 年 1、2 月冷空气活动与近五年平均基本持平，而 11、12 月偏强。

2019 年影响我国的大范围冷空气过程共计 30 次（图 2.1），多于常年平均次数（1981 年至 2010 年平均 28.8 次），但低于 2018 年（33 次）。其中强冷空气及以上级别过程 18 次，高于 2018 年（16 次）和近五年平均水平（14.4 次）。2019 年冬季出现 16 次冷空气过程，略高于 2018 年（15 次）和近五年平均（14.6 次）。其中 1、

2 月出现 7 次冷空气过程，低于 2018 年（8 次）和近五年平均（8 次）；11、12 月有 9 次冷空气过程，高于 2018 年（7 次）和近五年平均（8.4 次）。从冷空气持续时间来看，2019 年冬季强冷空气及以上级别冷空气的平均持续时间为 2.6 天，低于 2018 年（3 天）和近五年平均（3.1 天）。另外，从冬季冷空气强度来看，2019 年 1、2 月冷空气强度与 2018 年和近五年相当，但 2019 年 11、12 月冷空气强度明显强于 2018 年和近五年同期。

2019 年影响京津冀地区冷空气

过程为 33 次 (图 2.2), 略高于 2018 年 (31 次), 其中冬季 17 次冷空气过程, 高于 2018 年 (16 次) 和近五年平均水平 (13.8 次)。其中 1、2 月有 7 次冷空气过程, 低于 2018 年 (9 次), 与近五年平均 (7 次) 持平; 11、12 月有 10 次冷空气过程, 高于 2018 年 (7 次) 和近五年平均 (7.4 次)。从冷空气持续时间来看, 2019 年冬季

强冷空气以上级别冷空气的平均持续时间为 2.7 天, 低于 2018 年 (3 天) 和近五年平均 (3.2 天)。另外, 从冬季冷空气强度来看, 2019 年 1、2 月冷空气强度与 2018 年和近五年相当, 但 2019 年 11、12 月冷空气强度明显强于 2018 年和近五年同期。2019 年影响京津冀地区冷空气活动特征与全国基本一致。

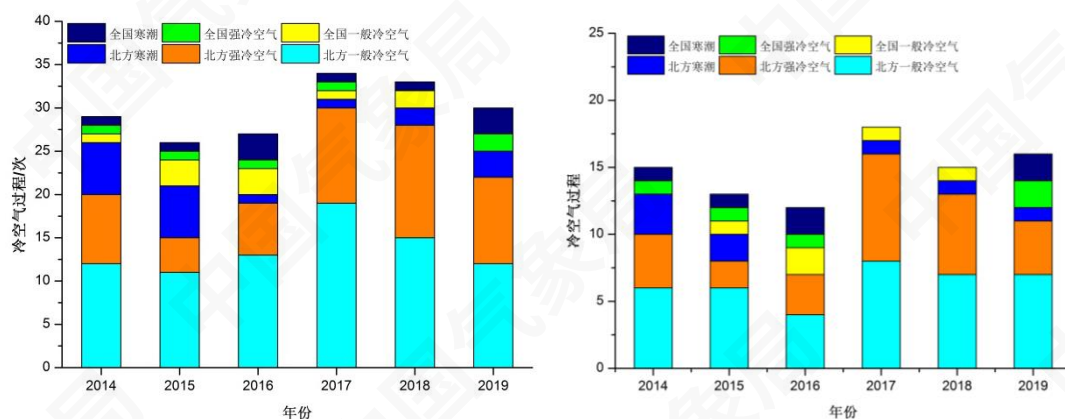


图 2.1 全国 2014 年至 2019 年全年 (左) 和冬季 (右) 冷空气过程次数

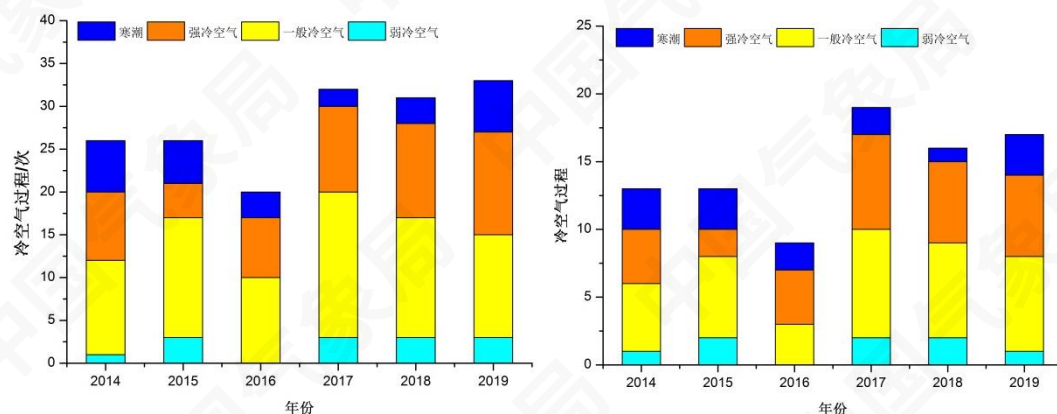


图 2.2 京津冀地区 2014 年至 2019 年全年 (左) 和冬季 (右) 冷空气过程次数

2.3 大气污染气象条件分析

2.3.1 风速和小风日数

地面风速决定大气水平扩散能力, 风速越大, 扩散能力越强。2019

年全国平均风速较 2018 年略偏小,与近五年平均基本持平,小风(日平均风速小于 1.5 米/秒)日数与 2018 年基本持平,但比近五年平均偏少。其中 1、2 月较 2018 年同期风速偏小、小风日数偏多更为明显。

2019 年,全国平均风速 2.19 米/秒,比 2018 年(2.22 米/秒)偏小 1.4%,与近五年平均(2.18 米/秒)基本持平。京津冀、汾渭平原、长三角、珠三角平均风速分别为 1.96 米/秒、1.94 米/秒、2.12 米/秒、1.96 米/秒;与 2018 年相比分别偏小 1.5%、4.4%、3.6%和 3.4%;与近五年平均相比,京津冀、长三角、珠三角分别偏小 4.4%、1.4%和 6.7%,汾渭平原偏大 1.6% (附表 2.1)。

2019 年,全国平均小风日数 114.2 天,与 2018 年(112.5 天)基本持平,但较近五年平均(119.1 天)偏少 4.1%。京津冀、汾渭平原、长三角、珠三角平均小风日数分别为 131.1 天、124.2 天、109.4 天、115.7 天;与 2018 年相比,四个区域分别偏多 3.2%、11.4%、4.9%和 2.8%;与近五年平均相比,京津冀和珠三角小风日数分别偏多 11.8%和 11.6%,汾渭平原和长三角分别偏少 4.3%和 2.0% (附表 2.1)。

2019 年冬季,全国平均风速为 2.08 米/秒,比 2018 年(2.16 米/秒)

偏小 3.7%,与近五年平均持平,其中 1、2 月平均风速较 2018 年同期偏小 6.6%,与近五年同期平均持平;11、12 月平均风速与 2018 年及近五年平均基本持平。京津冀、汾渭平原、长三角和珠三角 2019 年冬季平均风速较 2018 年同期偏小 7.8%、4.7%、5.9%和 3.3%,较近五年同期平均偏小 10.1%、1.6%、3.2%和 11.3%。其中,1、2 月平均风速较 2018 年和近五年的同期平均偏小普遍超过 7%。11、12 月京津冀较 2018 年同期偏大 6.6%,较近五年同期平均偏小 6.8%;汾渭平原较 2018 年和近五年同期平均均偏大;长三角较 2018 年同期略偏小,较近五年同期平均略偏大;珠三角较 2018 年和近五年平均分别偏小 4.7%和 13.6%。

2019 年冬季,全国平均小风日数为 45.4 天,比 2018 年同期偏多 5.4%,但比近五年同期平均偏少 3.7%,其中 1、2 月全国平均小风日数 21.0 天,较 2018 年同期偏多 9.9%,较近五年同期平均偏少 3.8%,11、12 月全国平均小风日数 24.4 天,与 2018 年及近五年同期平均基本持平。京津冀地区 2019 年冬季小风日数 53.6 天,较 2018 年及近五年同期平均均明显偏多(分别偏多 14.3%和 17.9%),其中 1、2 月的小风日数显著偏多,11、12 月的小风日数较 2018 年则略偏少。汾

渭平原和长三角地区的小风日数分别为 48.2 和 40.9 天, 均较 2018 年冬季偏多, 与近五年同期平均基本持平; 两地区 1、2 月小风日数均偏多, 11、12 月小风日数均略偏少。珠三角地区

2019 年冬季小风日数 38.5 天, 与 2018 年基本持平, 较近五年平均偏多 13.6%, 其中 11、12 月较近五年平均偏多达 26.4%。

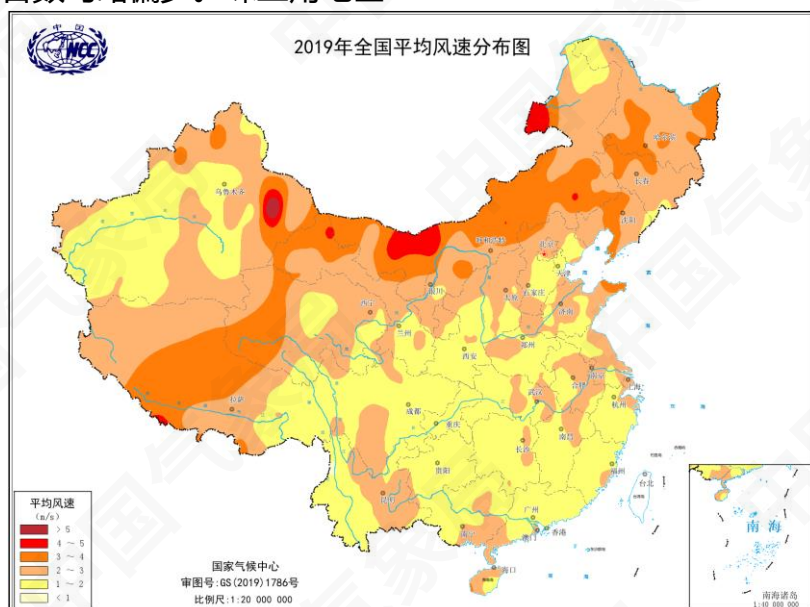


图 2.3 2019 年全国平均风速分布

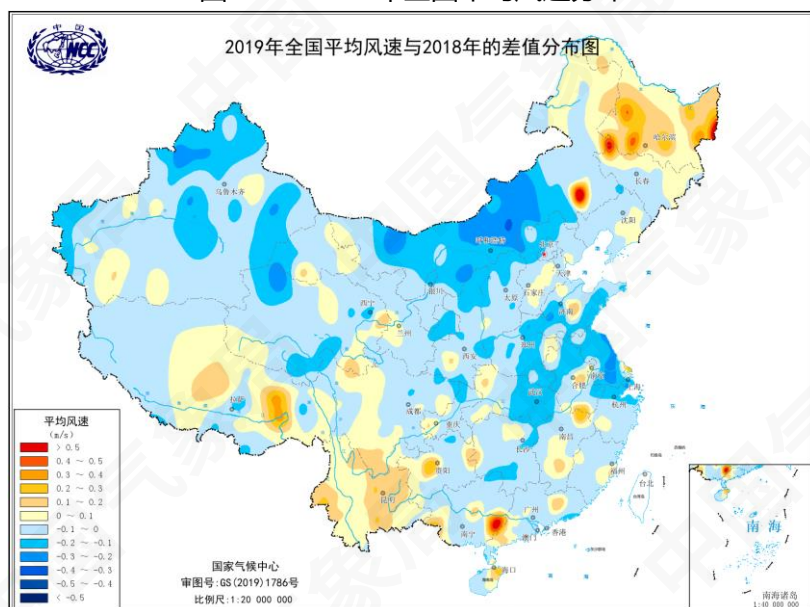


图 2.4 2019 年全国平均风速与 2018 年的差值分布

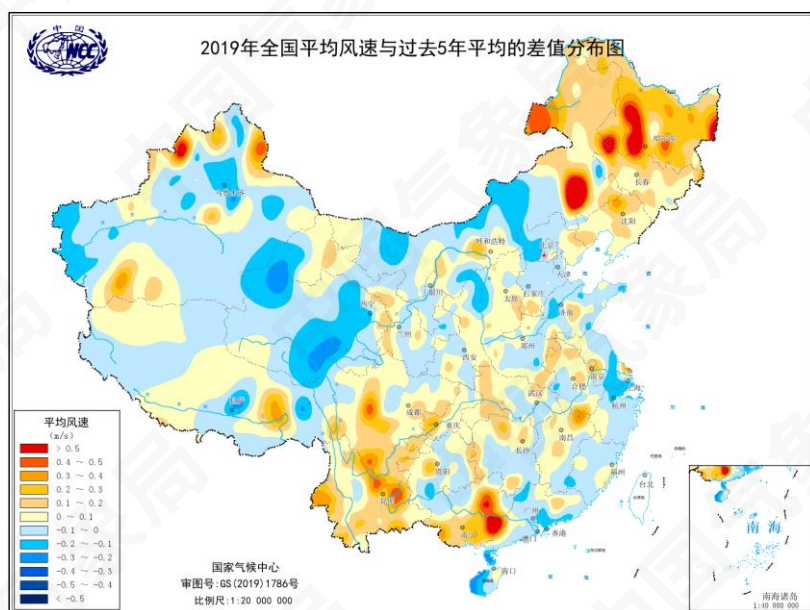


图 2.5 2019 年全国平均风速与近五年平均的差值分布

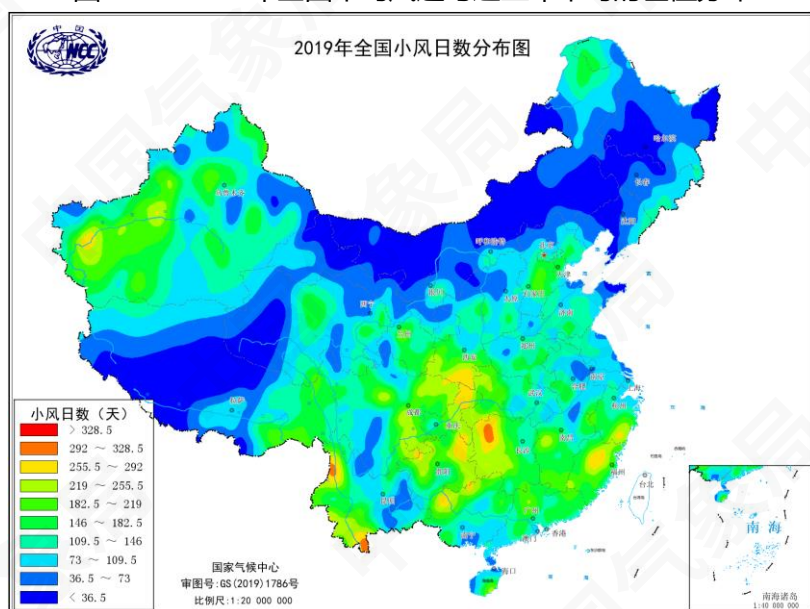


图 2.6 2019 年全国小风日数分布

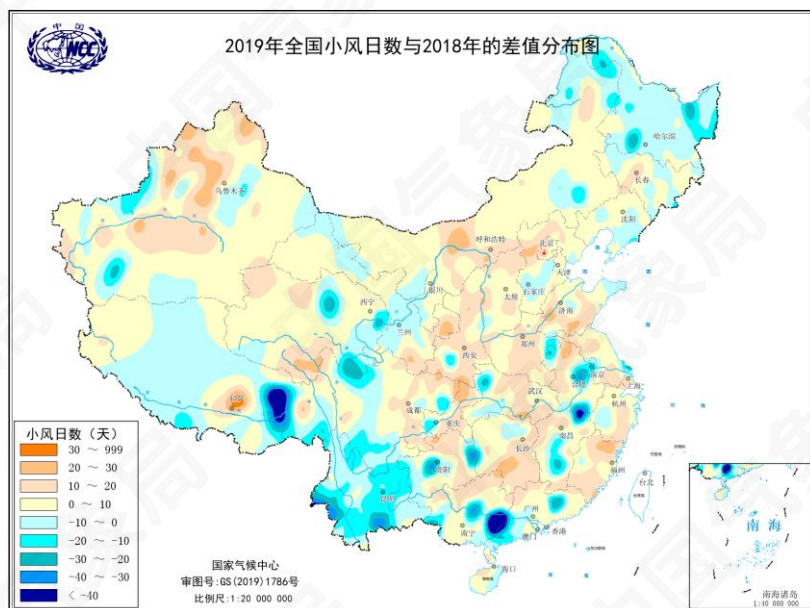


图 2.7 2019 年全国小风日数与 2018 年的差值分布

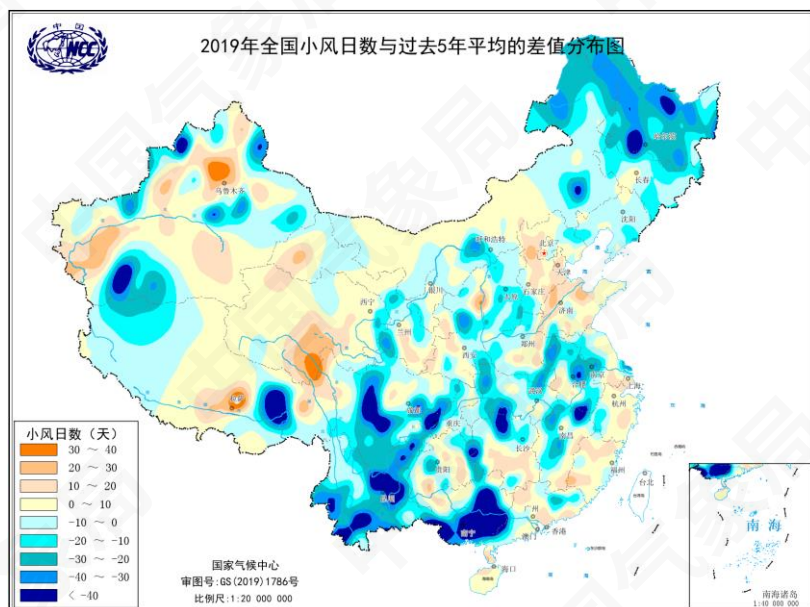


图 2.8 2019 年全国小风日数与近五年平均的差值分布

2.3.2 相对湿度

地面相对湿度影响颗粒物吸湿增长，相对湿度越高，越有利于吸湿增长。2019 年全国平均相对湿度与 2018 年和近五年平均基本持平，但冬季略偏大。

2019 年全国平均相对湿度为

60.1%，与 2018 年 (60.1%) 及近五年平均 (60.3%) 基本持平 (附表 2.1)。京津冀、汾渭平原、长三角、珠三角地区平均相对湿度分别为 56.7%、60.5%、76.3%和 80.5%。与 2018 年相比，京津冀、长三角地区均偏小

1.4%，汾渭平原和珠三角地区分别偏大 0.3%和 1.4%；与近五年平均相比，京津冀、汾渭平原和长三角分别偏小 3.5%、1.7%和 0.7%，珠三角偏大 1.4%。

2019 年冬季，全国平均相对湿度为 59.9%，较 2018 年和近五年同期平均分别偏大 2.5%和 1.0%。京津冀、汾渭平原、长三角和珠三角地区平均

相对湿度分别为 54.4%、58.8%、78.0%和 74.2%。相比 2018 年同期，京津冀、汾渭平原分别偏大 9.9%和 6.2%，长三角和珠三角分别偏小 0.5%和 2.9%；与近五年同期平均相比，汾渭平原、长三角分别偏大 3.5%和 3.9%，京津冀、珠三角分别偏小 0.5%和 1.6%。

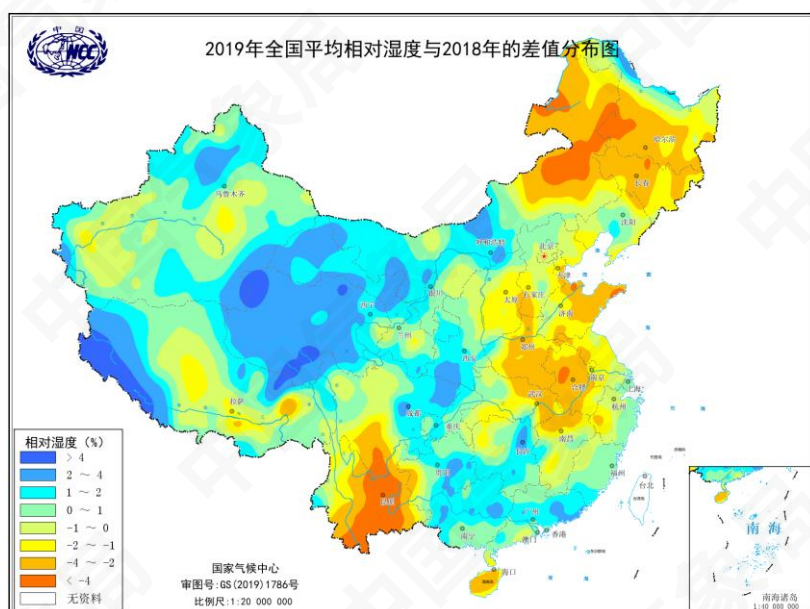


图 2.9 2019 年全国平均相对湿度与 2018 年的差值分布

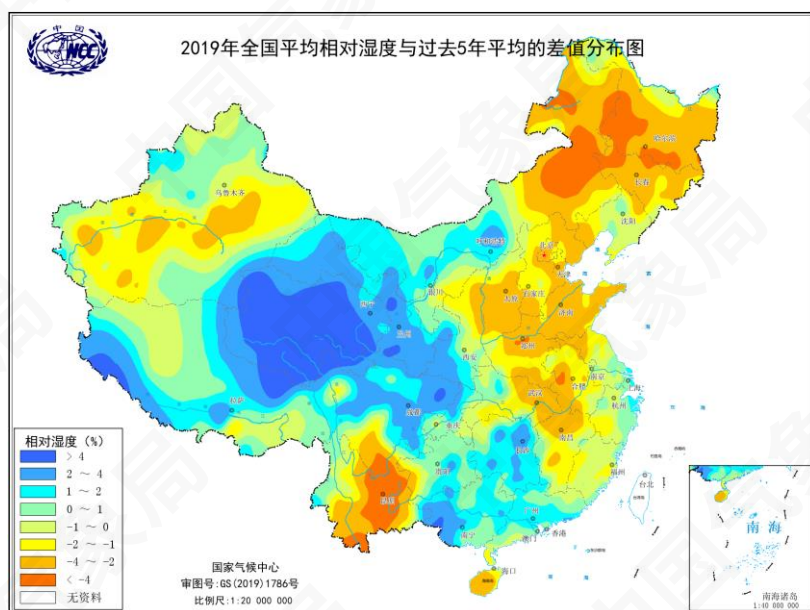


图 2.10 2019 年全国平均相对湿度与近五年平均的差值分布

2.3.3 有效降水日数

2019 年全国平均有效降水（日降水量大于等于 5mm）日数较 2018 年及近五年平均偏少，不利于大气中污染物的洗刷和清除。但是京津冀地区 2019 年冬季有效降水日数较 2018 年同期明显偏多。

2019 年全国平均有效降水日数 32.7 天，比 2018 年（34.7 天）和近五年平均（33.5 天）分别偏少 5.7% 和 2.3%。京津冀、汾渭平原、长三角和珠三角地区平均有效降水日数分别为 21.1 天、27.8 天、53.5 天和 77.1 天。京津冀和汾渭平原有效降水日数均与 2018 年基本持平，但较近五年平均分别偏少 10.3% 和 7.5%；长三角地区有

效降水日数较 2018 年及近五年平均分别偏少 14.1% 和 15.4%；珠三角地区有效降水日数较 2018 年及近五年平均分别偏多 14.4% 和 6.4%。

2019 年冬季，全国平均有效降水日数为 3.4 天，较 2018 年和近五年同期平均分别偏少 16.5% 和 10.4%。京津冀地区 2019 年冬季有效降水日数较 2018 年同期明显偏多，但较近五年同期平均偏少 17.2%。汾渭平原、长三角和珠三角地区较 2018 年同期分别偏少 64.0%、13.8% 和 64.1%，相比近五年同期平均，汾渭平原和珠三角地区分别偏少 50.8% 和 67.2%，长三角地区则偏多 15.9%。

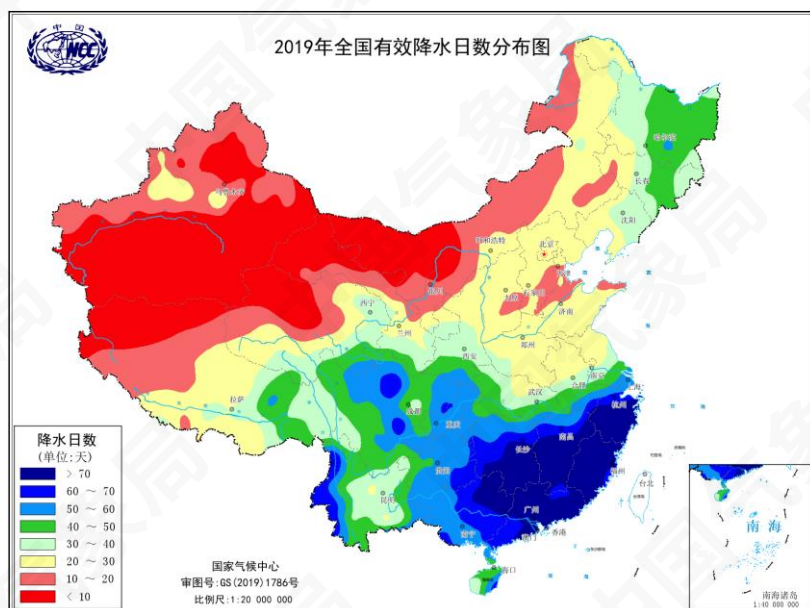


图 2.11 2019 年全国有效降水日数分布

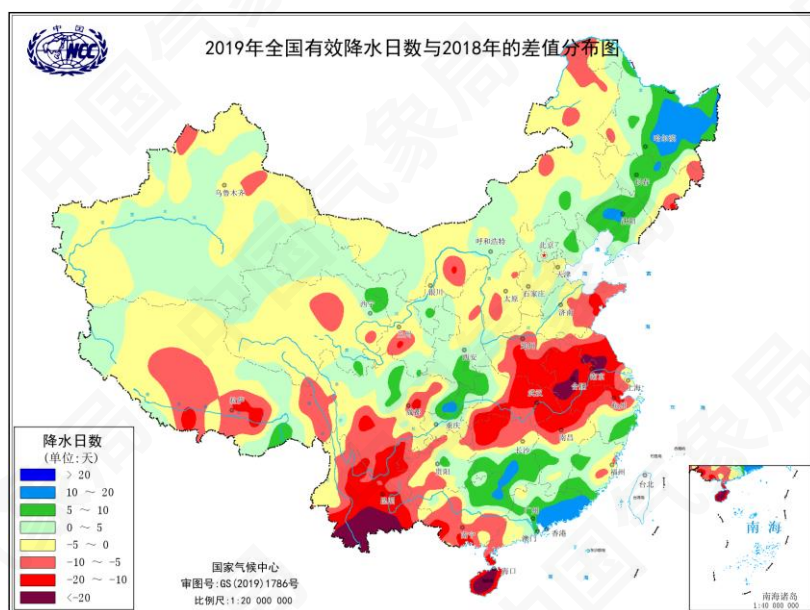


图 2.12 2019 年全国有效降水日数与 2018 年的差值分布

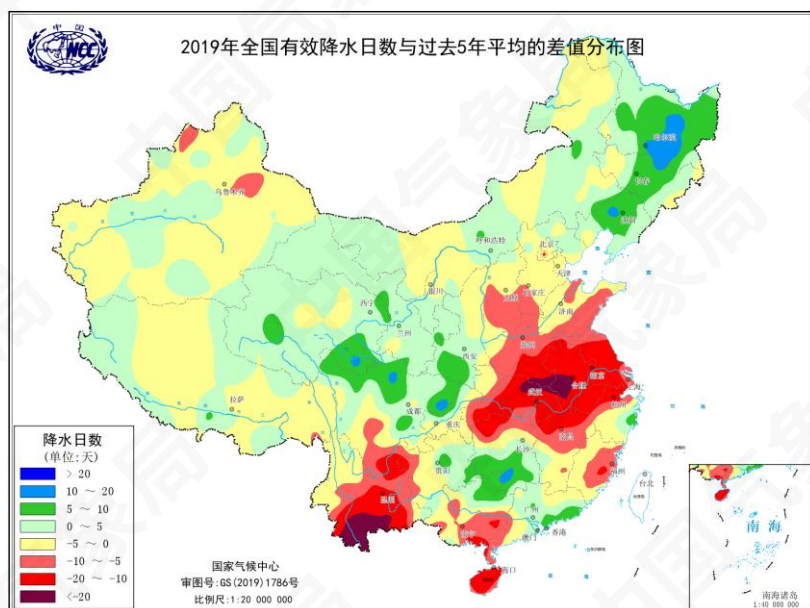


图 2.13 2019 年全国有效降水日数与近五年平均的差值分布

2.3.4 混合层高度

混合层高度*是大气污染物可以在垂直方向混合的最大高度，混合层高度越高，越有利于污染物在垂直方向的扩散。2019 年全国平均混合层高度与 2018 年持平，较近五年平均略有升高。2019 年冬季京津冀和汾渭平原混合层高度较 2018 年同期明显偏低。

2019 年，全国平均混合层高度为 879 米，与 2018 年持平，较近五年同期平均（855 米）偏高 2.8%。京津冀混合层高度为 905 米，与 2018 年基本持平，较近五年平均偏高 2.3%。汾渭平原、长三角、珠三角地区混合层高度分别为 898 米、824 米和 994 米，

较 2018 年分别下降 2.2%、0.6%和 3.0%（图 2.14）。汾渭平原和长三角较近五年平均分别偏高 1.8%和 1.2%，珠三角较近五年平均偏低 3.6%。

2019 年冬季，全国混合层高度为 836 米(图 2.15)，较 2018 年同期(852 米) 偏低 1.8%，较近 5 年同期（830 米）偏高 0.7%。京津冀、汾渭平原和长三角平均混合层高度分别为 856 米、848 米和 783 米，较 2018 年同期分别偏低 9.1%、7.6%和 1.4%，较近五年同期分别偏低 2.7%、4.5%和 3.6%；2019 年冬季珠三角平均混合层高度为 1018 米，与 2018 年同期基本持平，较近五年同期偏低 1.8%。

* 基于地面常规气象观测资料，考虑热力湍流和机械湍流对混合层的共同作用，采用罗氏法计算。

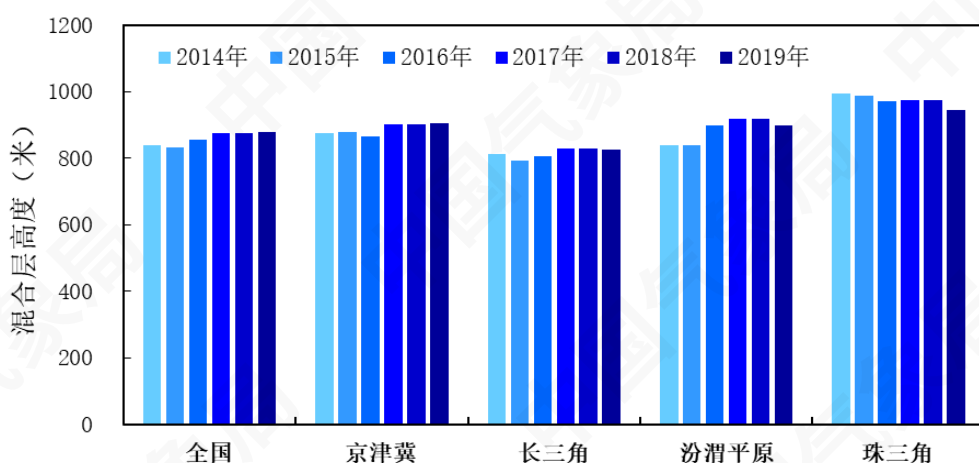


图 2.14 全国及重点区域 2014 年至 2019 年全年平均混合层高度变化

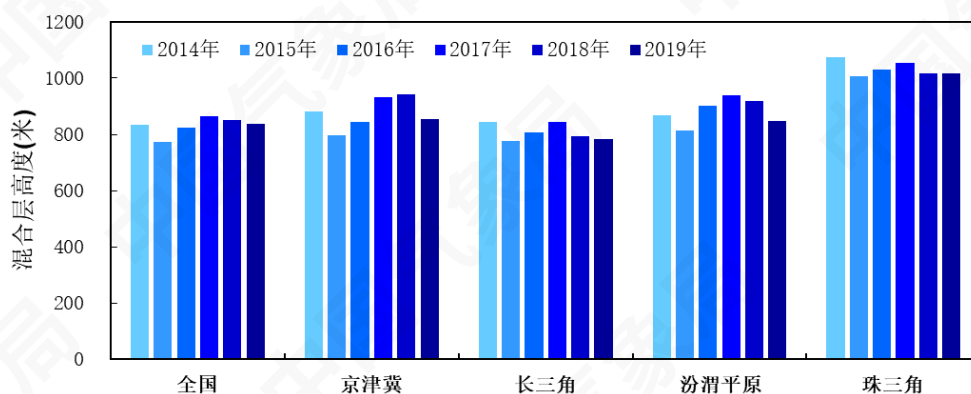


图 2.15 全国及重点区域 2014 年至 2019 年冬季平均混合层高度变化

2.3.5 冬季静稳天气指数

静稳天气指数综合考虑大气水平扩散（风速）、垂直扩散（混合层高度、垂直稳定度）、相对湿度等气象要素，表征大气水平和垂直方向扩散的能力。静稳天气指数越高，大气自净能力越弱。静稳天气主要出现在冬季，因此分析冬季静稳天气指数的变化。2019 年冬季全国以及京津冀、长三角和汾渭平原等地区的天气形势较 2018 年同期更加静稳，不利于大气污

染物扩散。

2019 年冬季全国平均静稳天气指数为 10.6 (图 2.16 和附表 2.1)，与近五年同期平均值 (10.6) 基本持平，较 2018 年同期 (10.3) 偏高 2.5%。京津冀地区 2019 年冬季的平均静稳天气指数为 9.1，比 2018 年同期偏大 6.4%，较近五年同期平均偏小 2.2%；长三角、汾渭平原地区 2019 年冬季的平均静稳天气指数分别为 11.6 和 9.6，

较 2018 年同期和近五年历史同期均偏大;珠三角 2019 年冬季的平均静稳

天气指数为 11.0, 较 2018 年同期和近五年历史同期均偏小。

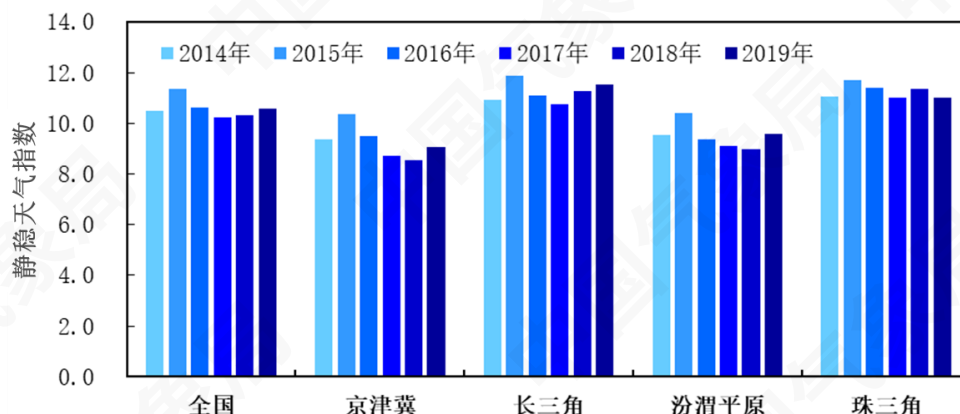


图 2.16 全国及重点区域 2014 年至 2019 年冬季平均静稳天气指数变化

2.4 PM_{2.5} 污染气象条件综合评估

利用实际气象资料, 采用数值解法计算出表征气象条件变化对 PM_{2.5} 浓度影响的 PM_{2.5} 气象条件评估指数 (EMI) *。2019 年全国以及京津冀、汾渭平原等重点区域 PM_{2.5} 污染气象条件均较 2018 年和近五年平均偏差。2019 年 1、2 月, 全国大部分地区气象条件较 2018 年和近五年同期明显偏差。11、12 月, 全国大部分地区气象条件较 2018 年同期偏好。

2019 年全国平均 PM_{2.5} 污染气象条件较 2018 年偏差 5.7% (表 2.1), 京津冀、汾渭平原、珠三角地区气象条件分别偏差 8.4%、6.2%和 11.1%,

长三角地区偏好 2.1%。与近五年平均相比, 2019 年全国平均气象条件偏差 3.6% (表 2.1), 京津冀、汾渭平原、珠三角地区分别偏差 5.9%、3.4%和 13.9%, 长三角地区偏好 2.9%。

2019 年 1、2 月, 大部分地区 PM_{2.5} 污染气象条件明显比 2018 年同期和近五年同期平均偏差 (表 2.2), 导致重污染天气时有发生。2019 年 1、2 月全国平均气象条件比 2018 年同期偏差 22.7%, 京津冀、汾渭平原、长三角、珠三角地区分别偏差 26.9%、37.3%、4.6%、14.1%。相比近五年同期平均, 2019 年 1、2 月全国平均气象条件偏差 14.3%, 京津冀、汾渭平原、长三角、珠三角地区分别偏差 13.6%、26.6%、1.8%、12.6%。

2019 年 11、12 月, 大部分地区

* EMI 是指在排放不变的条件下, 由于传输、扩散和沉降的气象条件变化所导致 PM_{2.5} 浓度变化的指数, EMI 可用来表征气象条件的定量贡献。EMI 计算方法参照《PM_{2.5} 气象条件评估指数 (EMI)》(QX/T 479—2019); 统计方法参照《气象条件对大气污染防治效果影响评估服务规范 (暂行)》(气减函 (2019) 68 号)

PM_{2.5}污染气象条件明显比2018年同期偏好(表2.3)。全国平均气象条件比2018年同期偏好9.7%。京津冀、汾渭平原、长三角地区分别偏好6.9%、11.0%和24.2%，珠三角地区偏差8.5%。相比近五年同期(表2.3)，2019年11、12月全国平均气象条件偏好4.4%，京津冀、珠三角地区分别偏差4.2%和6.6%；汾渭平原、长三角地区分别偏好6.7%和20.7%。

表 2.1 2019 年 PM_{2.5} 污染气象条件变化 (%)

	京津冀	京津冀 及周边	汾渭	长三角	珠三角	华中地区	东北地区	西北地区	西南地区	全国平均
与 2018 年相比	8.4	7.7	6.2	-2.1	11.1	2.0	1.5	-0.6	0.6	5.7
与近五年平均相比	5.9	6.5	3.4	-2.9	13.9	0.7	-3.4	-4.4	-6.2	3.6

注：正值表示气象条件偏差，负值表示气象条件偏好。

表 2.2 2019 年 1、2 月 PM_{2.5} 污染气象条件变化 (%)

	京津冀	京津冀 及周边	汾渭	长三角	珠三角	华中地区	东北地区	西北地区	西南地区	全国平均
与 2018 年相比	26.9	26.3	37.3	4.6	14.1	18.2	9.8	21.6	2.9	22.7
与近五年平均相比	13.6	18.2	26.6	1.8	12.6	12.7	0.0	11.6	-2.2	14.3

注：正值表示气象条件偏差，负值表示气象条件偏好。

表 2.3 2019 年 11、12 月 PM_{2.5} 污染气象条件变化 (%)

	京津冀	京津冀 及周边	汾渭	长三角	珠三角	华中地区	东北地区	西北地区	西南地区	全国平均
与 2018 年相比	-6.9	-9.7	-11.0	-24.2	8.5	-22.6	-24.6	-9.1	-5.0	-9.7
与近五年平均相比	4.2	5.4	-6.7	-20.7	6.6	-9.9	-24.1	-12.1	-10.4	-4.4

注：正值表示气象条件偏差，负值表示气象条件偏好。

2.5 臭氧污染气象条件分析

较高的气温和较长的日照有利于光化学反应和臭氧浓度增加。日最高气温和累积日照时数是影响地面臭氧浓度的重要气象要素。2019 年 5-10 月, 全国以及京津冀、长三角等重点区域的平均最高气温和累积日照时数均高于近五年同期的平均值。

2019 年 5-10 月, 全国平均最高气温为 27.5°C , 较 2018 年同期 (27.4°C) 和近五年同期 (27.2°C) 分别偏高 0.1°C 和 0.3°C (图 2.17); 累积日照时数为 1110 小时/站, 较 2018 年同期 (1128 小时/站) 偏少 1.6%, 较近五年同期平均 (1083 小时/站) 偏多 2.4% (图 2.17)。

2019 年 5-10 月, 京津冀地区平均最高气温为 28.6°C , 较 2018 年同期 (28.0°C) 和近五年同期 (27.7°C) 分别偏高 0.6°C 和 0.9°C ; 累积日照时数为 1316 小时/站, 较 2018 年同期 (1310 小时/站) 和近五年同期平均 (1245 小时/站) 分别偏多 0.5% 和 5.8%。

2019 年 5-10 月, 汾渭平原平均最高气温为 27.6°C , 较 2018 年同期 (27.9°C) 偏低 0.3°C , 与近五年同期 (27.6°C) 持平; 累积日照时数为 1036 小时/站, 较 2018 年同期 (1168 小时/站) 和较近五年同期 (1088 小时/站) 分别偏少 11.3% 和 4.8%。

2019 年 5-10 月, 长三角地区平均最高气温为 28.9°C , 较 2018 年同期 (29.1°C) 偏低 0.2°C , 但较近五年同期 (28.5°C) 偏高 0.4°C ; 累积日照时数为 1072 小时/站, 较 2018 年同期 (1122 小时/站) 偏少 4.5%, 但较近五年同期 (965 小时/站) 偏多 11.1%。

2019 年 5-10 月, 珠三角地区平均最高气温为 31.2°C , 较 2018 年同期 (31.1°C) 偏高 0.1°C , 但较近五年同期 (31.3°C) 偏低 0.1°C ; 累积日照时数为 988 小时/站, 较 2018 年同期 (1020 小时/站) 和较近五年同期 (1018 小时/站) 分别偏少 3.1% 和 2.9%。

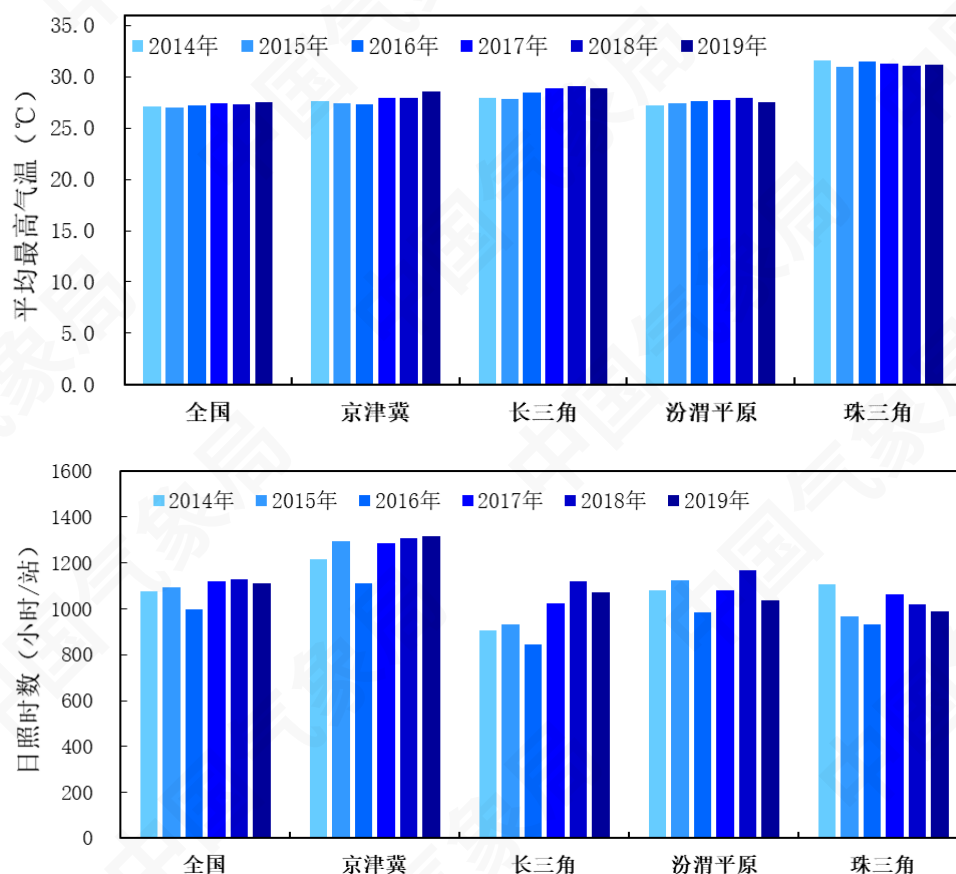


图 2.17 全国及重点地区 2014 至 2019 年 5-10 月平均最高气温(上)及累计日照时数(下)

附表 2.1 2019 年全国和重点区域大气污染气象条件分析表

区域	冬季静稳天气指数			风速			小风日数			相对湿度			有效降水日数			PM _{2.5} 污染气象条件	
	2019 年 平均值	与 2018 年相比 (%)	与近五 年平均 相比(%)	2019 平 均风速 (m/s)	与 2018 年相比 (%)	与近五 年平均 相比 (%)	2019 年小风 日数 (天)	与 2018 年相比 (%)	与近五年 平均相比 (%)	2019 年 平均相对 湿度 (%)	与 2018 年相比 (%)	与近五 年平均 相比 (%)	2019 年 有效降水 日数 (天)	与 2018 年相比 (%)	与近五 年平均 相比 (%)	与 2018 年相比 (%)	与近五 年平均 相比 (%)
全国	10.6	2.5	-0.3	2.19	-1.4	0.5	114.2	1.5	-4.1	60.1	0.0	-0.4	32.7	-5.7	-2.3	5.7	3.6
京津冀	9.1	6.4	-2.2	1.96	-1.5	-4.4	131.1	3.2	11.8	56.7	-1.4	-3.5	21.1	2.2	-10.3	8.4	5.9
京津冀 及周边	9.4	5.5	-0.9	1.97	-2.5	-1.0	125.3	5.7	6.1	58.3	-2.3	-4.3	21.1	-8.0	-17.6	7.7	6.5
长三角	11.6	2.5	3.3	2.12	-3.6	-1.4	109.4	4.9	-2.0	76.3	-1.4	-0.7	53.5	-14.1	-15.4	-2.1	-2.9
汾渭平 原	9.6	6.5	1.0	1.94	-4.4	1.6	124.2	11.4	-4.3	60.5	0.3	-1.7	27.8	-0.1	-7.5	6.2	3.4
珠三角	11.0	-3.0	-2.5	1.96	-3.4	-6.7	115.7	2.8	11.6	80.5	1.4	1.4	77.1	14.4	6.4	11.1	13.9
东北	8.3	-4.7	-9.7	2.73	1.9	6.2	57.1	-2.8	-20.4	61.6	-2.7	-3.7	35.2	13.1	17.1	1.5	-3.4
华中	12.8	2.6	2.8	1.75	-2.8	1.7	164.9	4.2	-3.0	77.9	-0.3	-0.5	63.2	-4.7	-7.2	2.0	0.7
西南	11.9	2.3	-0.8	1.7	1.8	6.2	174.2	-0.8	-9.2	74.7	-0.9	-0.2	50.8	-11.1	-6.0	0.6	-6.2
西北	9.9	5.3	0.7	1.92	-3.5	-1.0	143.6	5.6	1.1	58.7	1.4	0.6	24.0	1.6	3.3	-0.6	-4.4

注：正值表示增加；负值表示减少；PM_{2.5} 污染气象条件和静稳指数变化值为正表示气象条件变差，为负表示气象条件变好。

主要区域划分：京津冀（北京、天津、河北）、京津冀及周边（2+26 城市）、汾渭平原（山西、陕西、河南三省共 11 地市）、长三角（上海、江苏、浙江、安徽）、珠三角（广东 9 市）、东北（黑龙江、吉林、辽宁）、华中（湖北、湖南、江西）、西南（云南、贵州、四川、重庆）、西北（陕西、甘肃、宁夏、新疆）

冬季为当年 1 月、2 月、11 月和 12 月。

第三部分 结 论

2019 年全国大气环境继续改善。全国平均霾日数 25.7 天, 与 2018 年持平, 较近五年平均减少 10.7 天。京津冀地区霾日数为 45.2 天, 较 2018 年和近五年平均分别减少 8.6 天和 15.6 天。中国环境监测总站数据显示, 2019 年全国 PM_{2.5} 平均浓度为 36 微克/立方米, 与 2018 年持平, 京津冀等区域 PM_{2.5} 平均浓度继续下降。全国大部 NO₂ 对流层总量、SO₂ 柱总量继续下降, 酸雨污染减弱减少。

2019 年全国平均 PM_{2.5} 污染气象条件较 2018 年和近五年平均分别偏差 5.7% 和 3.6%。主要表现为: 冷空气活动偏弱, 平均风速偏小, 小风日数增多, 有效降水日数偏少。其中, 1 月和 2 月全国平均 PM_{2.5} 气象条件比 2018 年同期明显偏差 22.7%; 11 月和 12 月比 2018 年同期偏好 9.7%。京津冀、汾渭平原等区域 2019 年平均 PM_{2.5} 气象条件均较 2018 年偏差。

从长期变化趋势来看, 2000 年以来, 我国大气环境整体呈现前期转差后期向好趋势。大部分地区霾日数由上升转为下降。东部地区 PM_{2.5} 背景浓度相对较高, 但下降趋势更明显。2008 年以来, 酸雨污染状况得以改善。2013 年 1 月 NO₂ 对流层总量达到历史峰值, 之后明显减小。