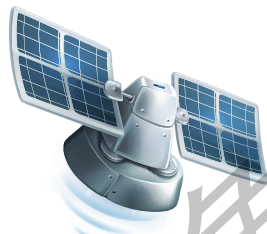




中国气象局

CHINA METEOROLOGICAL ADMINISTRATION



大气环境 气象公报

(2020年)

PM_{2.5}

PM₁₀

SO₂

NO₂

∞

O₃

O₃

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：王继康 张碧辉 桂海林 安林昌 花丛

刘超 尤媛 徐冉 迟茜元 南洋

饶晓琴 马杰 赵彦哲

中国气象局气象探测中心：荆俊山 贾小芳 方冬青 娄梦筠 周青

靳军莉 张勇

国家卫星气象中心：高玲 闫欢欢 张倩倩 刘旭艳

中国气象科学研究院：刘洪利 龚山陵 徐婉筠

国家气候中心：常蕊 叶殿秀 石柳

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	4
1.2.1 能见度	4
1.2.2 霾	4
1.2.3 沙尘天气	8
1.3 大气颗粒物浓度	11
1.3.1 PM ₁₀ 浓度	11
1.3.2 PM _{2.5} 浓度	13
1.4 反应性气体	14
1.4.1 地面臭氧浓度	14
1.4.2 对流层臭氧总量	16
1.4.3 NO ₂ 对流层总量和 SO ₂ 柱总量	18
1.5 酸雨	20
1.5.1 现状	20
1.5.2 长期变化	22
附表 1.1 2020 年全国和重点区域大气环境分析表	23
第二部分 全国大气污染气象条件	24
2.1 概述	24
2.2 PM _{2.5} 污染气象条件	24
2.2.1 冷空气	24
2.2.2 风速和小风日数	26
2.2.3 相对湿度	29
2.2.4 有效降水日数	31
2.2.5 混合层高度	32
2.2.6 冬季静稳天气指数	34
2.2.7 PM _{2.5} 污染气象条件综合评估	35
附表 2.1 2020 年全国和重点区域 PM _{2.5} 污染气象条件分析表	38
2.3 臭氧污染气象条件	39
2.3.1 降水日数	39
2.3.2 辐射	40
2.3.3 高温	41
2.3.4 臭氧污染气象条件小结	42
附表 2.2 2020 年全国和重点区域(5-10 月)臭氧污染气象条件分析表	43
2.4 沙尘天气气象条件	44
2.4.1 春季大风日数	44
2.4.2 降水量	45
2.4.3 沙尘天气气象条件小结	46
第三部分 结论	47

摘要

大气环境气象公报（2020年）详细分析了2020年全国大气环境和大气污染气象条件相对于2019年及过去5年平均情况的变化。由于2020年为蓝天保卫战三年行动计划收官之年，本公报还分析了2020年相对于2017年的变化。

2020年全国大气环境继续改善。2020年全国平均霾日数为24.2天，较2019年减少1.5天，较近5年平均减少8.1天。全国大部分地区霾日数持续下降。霾天气过程强度明显下降。京津冀等区域2020年霾日数继续减少。全国共出现10次沙尘天气过程，较2019年和近5年平均偏少。中国环境监测总站数据显示，2020年全国PM_{2.5}和臭氧平均浓度较2019年分别下降8.3%和6.8%。卫星监测显示，2020年大部分区域二氧化氮和臭氧对流层总量较2019年下降。2020年全国大部地区酸雨污染维持改善状态。

2020年全国气象条件整体有利于大气环境改善。受降水偏多影响，2020年气象条件可使全国平均PM_{2.5}浓度较2019年和近5年平均分别下降5.5%和5.0%，但冬季（1、2和11、12月）受冷空气偏弱、小风日数偏多、相对湿度偏高等影响，我国部分重点区域气象条件不利于PM_{2.5}浓度降低。2020年5-10月，受降水偏多、辐射偏弱等影响，全国大部地区气象条件较2019年同期有利于臭氧浓度降低。2020年春季（3-5月），主要沙源地大风日数偏少、前期降水偏多，气象条件较2019年同期有利于沙尘天气减少。

蓝天保卫战三年行动计划期间大气环境持续改善。2017年以来，全国平均霾日数减少3.3天，PM_{2.5}浓度下降17.5%，其中京津冀和汾渭平原霾日数分别减少17.9天和30.0天，PM_{2.5}浓度分别下降27.9%和22.6%。相比2017年，2020年气象条件，可使全国平均PM_{2.5}浓度下降4.4%，京津冀地区PM_{2.5}浓度升高3.9%，汾渭平原PM_{2.5}浓度下降5.1%。

2000年以来，我国大气环境整体呈现前期转差后期向好趋势。全国大部分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。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。大气环境变化导致的低能见度、霾、沙尘天气、酸雨及光化学烟雾等问题，影响人类的健康和生活，受到较大的关注。

2020年全国平均霾日数为24.2天，较2019年减少1.5天，较2017年减少3.3天，较近5年平均减少8.1天。全国大部分地区霾日数持续下降。全国出现7次大范围霾天气过程，与2019年持平，但是强度减弱。2000年以来，全国霾天气过程次数呈现先上升再下降后趋于平稳的变化趋势，2013年达到峰值（15次），2018年以来趋于稳定。

2020年我国共出现10次沙尘天气过程，较2019年少5次。沙尘天气日数和沙尘暴天气日数总体偏少，沙尘天气的强度也明显偏弱。2000年以来，沙尘天气过程次数呈现先减少后增加的趋势，沙尘暴天气过程次数显著减少。

中国环境监测总站监测数据显示，2020年全国PM_{2.5}平均浓度较2019年下降8.3%，较2017年和2015年下降明显。2020年全国臭氧平均浓度较2019年下降6.8%，较2017年变化不大，较2015年明显升高。

卫星监测显示，2020年全国大部分地区臭氧对流层总量和NO₂对流层总量均较2019年和2017年有所下降。中国气象局酸雨监测显示，全国大部地区酸雨持续改善，平均降水pH值和酸雨频率保持了近年来酸雨持续改善的较好水平。

1.2 能见度、霾及沙尘天气

1.2.1 能见度

地面水平能见度受气溶胶和相对湿度影响大。2020 年全国平均能见度为 17.2 公里，较 2019 年和近 5 年同期均偏高。

1.2.1.1 现状

2020 年全国平均能见度为 17.2 公里，较 2019 年（16.8 公里）和近 5 年平均升高，但是冬季平均能见度为 13.8 公里，略低于 2019 年同期（13.9 公里）。京津冀地区 2020 年平均能见度较 2019 年基本持平，仅河北南部较 2019 年明显偏低 2 公里左右。汾渭平原 2020 年平均能见度与 2019 年基本持平。长三角 2020 年平均能见度较 2019 年偏高 1-2 公里，仅苏皖北部、浙江中部较 2019 年偏低 1 公里左右。珠三角 2020 年平均能见度较 2019 年偏高 2-5 公里。

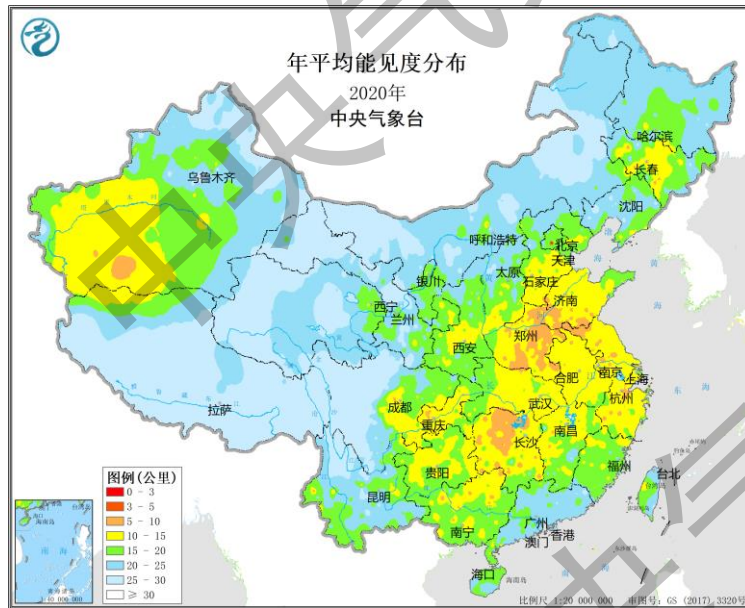


图 1.1 2020 年全国能见度分布

1.2.1.2 长期变化

全国 08 时（北京时）能见度月均值时序变化图显示，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、2020 年 1 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。

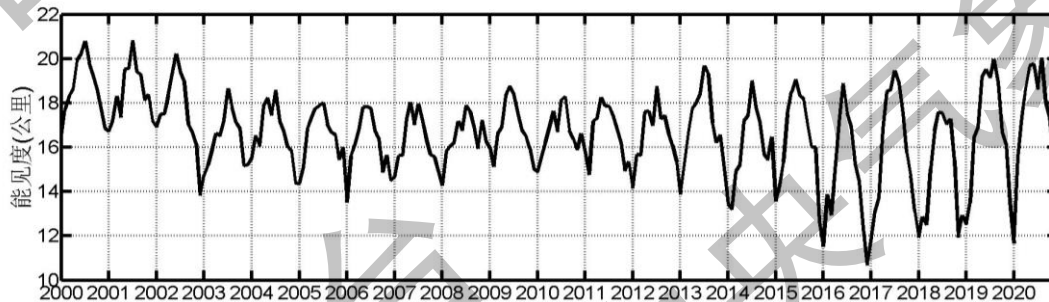


图 1.2 2000 年以来全国 08 时逐月平均能见度

1.2.2 霾

2020 年全国共出现 7 次大范围霾天气过程, 平均霾日数为 24.2 天, 较 2019 年减少 1.5 天, 较 2017 年减少 3.3 天, 较近 5 年平均减少 8.1 天。其中京津冀、汾渭平原、长三角等地均较 2019 年减少超过 6 天。

1.2.2.1 现状

(1) 霾天气过程

2020 年全国共出现 7 次大范围霾天气过程, 与 2019 年持平, 较 2017 年增加 1 次, 较近 5 年平均 (8 次) 减少。2020 年霾天气过程主要发生在京津冀及周边、汾渭平原、苏皖北部等地。2020 年共发生轻度霾过程 2 次、中度霾过程 4 次、重度霾过程 1 次; 而 2019 年共发生轻度霾过程 1 次, 中度霾过程 2 次, 重度霾过程 4 次。2020 年重度霾天气过程次数明显减少, 强度整体弱于 2019 年。

2020 年 12 月 21 日至 28 日过程为 2020 年持续时间最长, 影响范围最广的一次过程, 影响了我国中东部大部分地区, 数据分析显示, 本次过程与 2019 年同期持续时间较长的过程 (2019 年 12 月 20 日至 26 日) 相比, 无论是城市 PM_{2.5} 峰值浓度还是区域平均浓度均偏低。2020 年 1 月 22 日至 26 日过程为 2020 年强度最强的过程, 京津冀及周边地区、汾渭平原出现了持续性重度污染过程。京津冀及周边地区过程平均浓度为 125 微克/立方米, 与 2019 年最重过程 (2019 年 1 月 2 日至 8 日) 浓度基本持平; 汾渭平原过程平均浓度为 190 微克/立方米, 低于 2019 年最重过程的平均浓度。

(2) 霾日

2020 年霾日数较多的区域主要集中于河北中南部、山东、河南、陕西关中、

江苏北部和安徽北部等地，其中山东西部和南部、河南北部和东部等地霾日数超过 70 天（图 1.3）。全国大部地区霾日数较 2019 年、2017 年和近 5 年平均下降明显。

全国：2020 年平均霾日数为 24.2 天，较 2019 年减少 1.5 天，较 2017 年减少 3.3 天，较近 5 年平均减少 8.1 天。

京津冀：2020 年平均霾日数为 38.5 天，较 2019 年减少 6.7 天，较 2017 年减少 17.9 天，较近 5 年平均减少 17.8 天。

汾渭平原：2020 年平均霾日数为 44.0 天，较 2019 年减少 7.6 天，较 2017 年减少 30.0 天，较近 5 年平均减少 27.3 天。

长三角：2020 年平均霾日数为 26.5 天，较 2019 年减少 7.5 天，较 2017 年减少 26.8 天，较近 5 年平均减少 27.9 天。

珠三角：2020 年平均霾日数为 2.0 天，较 2019 年减少 1.1 天，较 2017 年减少 4.3 天，较近 5 年平均减少 5.8 天。

其他区域：2020 年其他大部分区域平均霾日数均较 2019 年、2017 年和近 5 年平均减少明显。

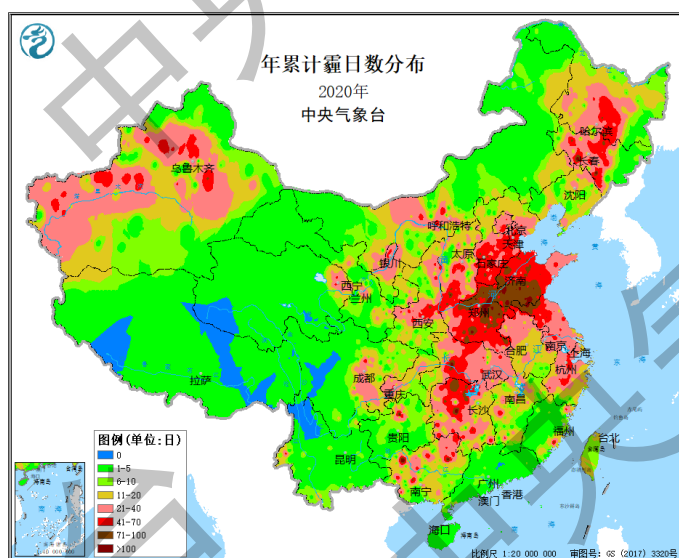


图 1.3 2020 年全国霾日数分布

表 1.1 2020 年霾天气过程纪要表

编号	起止时间	过程强度	主要影响区域
202001	1 月 2-6 日	中度	天津、河北中南部、河南中北部、山东中西部、陕西关中、辽宁中南部等地。
202002	1 月 16-18 日	中度	陕西关中、山西中南部、天津、河北中南部、山东西部、河南北部等地。
202003	1 月 22-26 日	重度	河南中东部、陕西关中、河北南部、山东西部、山西南部等地。
202004	11 月 10-16 日	轻度	北京、天津、河北、山东中西部、山西中南部、河南、陕西关中等地。
202005	11 月 29 日-12 月 6 日	轻度	北京、天津、河北、河南等地。
202006	12 月 10-12 日	中度	北京、天津、河北、山东、陕西关中、山西南部、安徽、江苏、上海、湖北、湖南北部等地。
202007	12 月 21-28 日	中度	北京、天津、辽宁、河北、山东、河南、安徽、江苏、湖北、湖南、四川、陕西关中、山西等地。

(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再下降后趋于平稳的变化。2000 年至 2013 年呈上升趋势，2013 年达到峰值（15 次）；此后至 2017 年呈下降趋势；2017 年至 2020 年霾天气过程基本稳定在 5-7 次，受气象条件变化略有波动。

(2) 霾日

全国及重点区域平均霾日数长期变化趋势均呈现先上升后下降的趋势。各重点区域转为明显下降的时间存在差异。全国平均霾日数自 2016 年开始明显下降，其中珠三角自 2012 年开始明显下降，京津冀和长三角区域自 2014 年开始明显下降，汾渭平原自 2015 年开始明显下降。

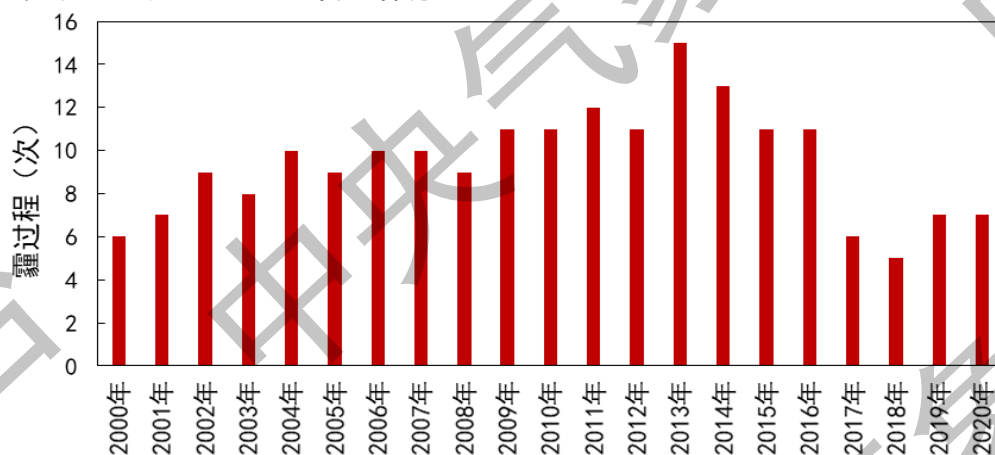


图 1.4 2000 年至 2020 年全国霾天气过程次数

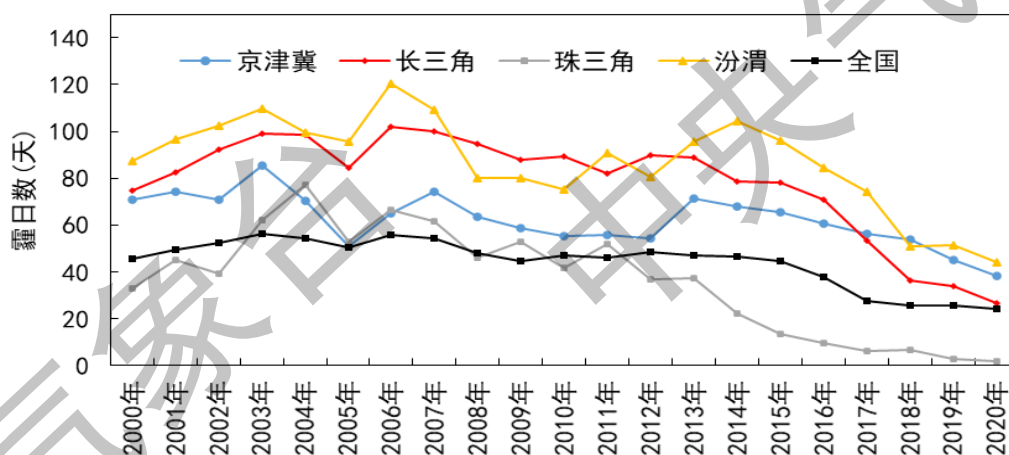


图 1.5 2000 年至 2020 年全国及重点区域霾日数

1.2.3 沙尘天气

2020年我国共出现了10次沙尘天气过程，较2019年偏少5次，也较近5年平均（13.2次）偏少，沙尘天气日数和沙尘暴天气日数总体偏少，沙尘天气的强度明显偏弱。

1.2.3.1 现状

(1) 沙尘天气过程

2020年我国共出现10次沙尘天气过程（表1.2），其中扬沙天气过程7次、沙尘暴天气过程2次、强沙尘暴天气过程1次。沙尘天气过程次数较2019年偏少5次，较近5年平均（13.2次）明显偏少。首次过程为2月13日至15日的沙尘暴天气过程，出现时间较2019年（3月19日）偏早34天，较2000年至2019年平均（2月16日）偏早3天。强度最大的过程为3月8日至10日强沙尘暴天气过程，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为10月20日至21日的扬沙天气过程，影响了西北地区东部、东北、华北、黄淮、江淮等地。

表 1.2 2020 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
202001	2月13-15日	沙尘暴	新疆南疆盆地，青海北部、甘肃中部、内蒙古中西部、宁夏北部、陕西北部出现扬沙或浮尘天气，新疆南疆盆地部分地区出现沙尘暴，民丰、且末、若羌等地出现强沙尘暴。
202002	3月8-10日	强沙尘暴	新疆南疆盆地和沿天山地区东部、青海北部、甘肃东部、内蒙古中西部、宁夏、陕西北部等地出现扬沙或浮尘天气，新疆南疆盆地部分地区出现沙尘暴，塔中、且末、铁干里克、若羌等地出现强沙尘暴。
202003	3月12日	扬沙	新疆南疆盆地、青海北部、甘肃中部等地的部分地区出现扬沙或浮尘天气。
202004	3月18日	扬沙	甘肃东部、内蒙古中西部、宁夏、陕西北部、山西北部、北京、天津、河北、山东中西部、河南等地出现扬沙或浮尘天气。

编号	起止时间	过程类型	主要影响范围
202005	3月25-26日	扬沙	新疆南疆盆地、青海东部、甘肃东部、内蒙古西部和东南部、宁夏、陕西、黑龙江西南部、吉林西部、辽宁西北部等地出现扬沙或浮尘天气，新疆南疆盆地部分地区出现沙尘暴，且末、若羌出现强沙尘暴。
202006	4月10-11日	沙尘暴	新疆沿天山北麓和南疆盆地、青海东部、甘肃西部、内蒙古西部等地出现扬沙或浮尘天气，其中新疆南疆盆地等地部分地区出现沙尘暴，于田、铁干里克、轮台、若羌出现强沙尘暴。
202007	5月10-11日	扬沙	内蒙古东南部、吉林中西部、辽宁中北部等地出现扬沙或浮尘天气。
202008	5月11-12日	扬沙	内蒙古中部，北京，天津，河北中北部，山西北部、山东西南部等地部分地区出现扬沙或浮尘天气。
202009	06月01日	扬沙	内蒙古中西部、宁夏北部、陕西北部、山西中北部等地的部分地区出现扬沙或浮尘天气，其中内蒙古西部、宁夏北部局地出现沙尘暴。
202010	10月20日-21日	扬沙	内蒙古大部、宁夏北部、陕西中北部、山西、黑龙江大部、吉林中西部、辽宁中西部、河北、北京、天津、山东、河南、安徽北部、江苏北部出现扬沙或浮尘天气。

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*。

(2) 沙尘天气日数

2020年西北地区、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。华北、黄淮北部、东北地区西部沙尘天气日数为3-10天，西北地区东部约10-43天，新疆南疆盆地约50-120天，其中，新疆于田站最多，达到131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

* 参照《沙尘天气等级》(GB/T 20480—2006)

蒙古北部和西部等地，其中内蒙古西部日数约为 1-3 天，新疆南疆盆地局部达 8-10 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 1-3 天，南疆盆地东南部局地达 5-6 天。

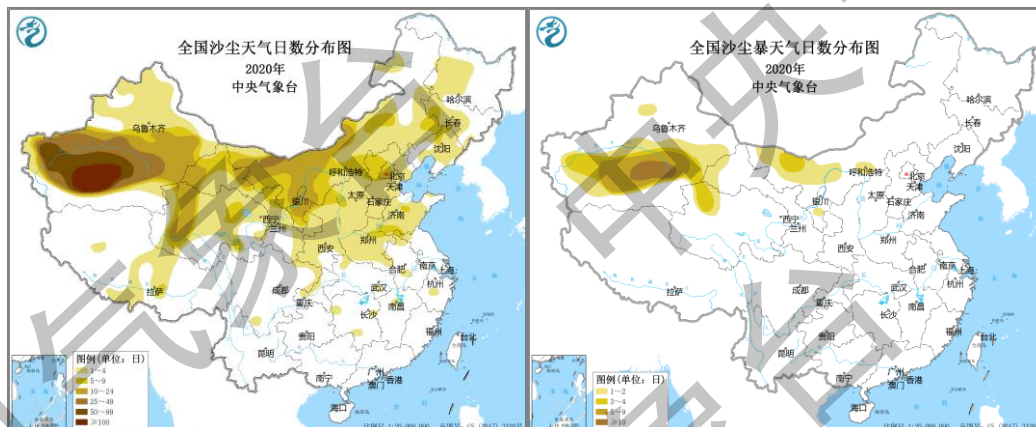


图 1.6 2020 年沙尘天气日数（左）和沙尘暴日数（右）

2020 年，我国北方大部分地区沙尘天气日数较近 5 年平均偏少，仅新疆北部和南疆盆地西部、内蒙古中部、西北地区东部、东北地区南部、华北北部、江淮等地的部分地区略有增加。其中，新疆南疆盆地东部沙尘天气日数约减少 10-60 天。新疆北部、西北地区东部和内蒙古中东部的部分地区沙尘暴日数较近 5 年平均减少 0-2 天，新疆南疆盆地减少 1-3 天；内蒙古西部的部分地区和新疆南疆盆地东部局地沙尘暴日数较近 5 年平均增加 0-3 天。在我国 673 个基准气象观测站中，2020 年共有 278 个站点出现了沙尘天气，较 2019 年(272 站)偏多，较近 5 年平均 (258.2 站) 明显偏多。

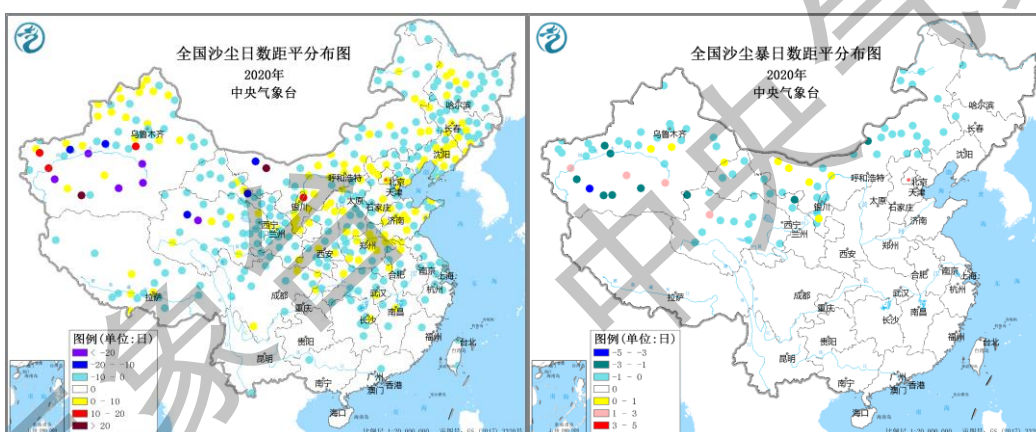


图 1.7 2020 年沙尘天气（左）与沙尘暴（右）日数与近 5 年平均差值分布

1.2.3.2 长期变化

2000年至2020年,沙尘天气过程次数呈现先减少后增加的趋势,但2020年沙尘天气过程明显偏少。2000年至2010年平均每年出现沙尘天气过程15.7次,而2011年至2014年间每年仅出现7至10次(平均8.8次),2015年至2019年每年出现沙尘天气过程次数增加至平均13.2次。

2000年至2020年,沙尘暴天气过程次数呈现显著减少的趋势,其中,2000年至2010年平均每年出现沙尘暴天气过程6.5次,2011年至2020年间平均每年仅1.9次。

2000年至2020年,大部分年份中强沙尘暴天气过程出现1-2次,仅2001年、2002年和2006年出现5次。

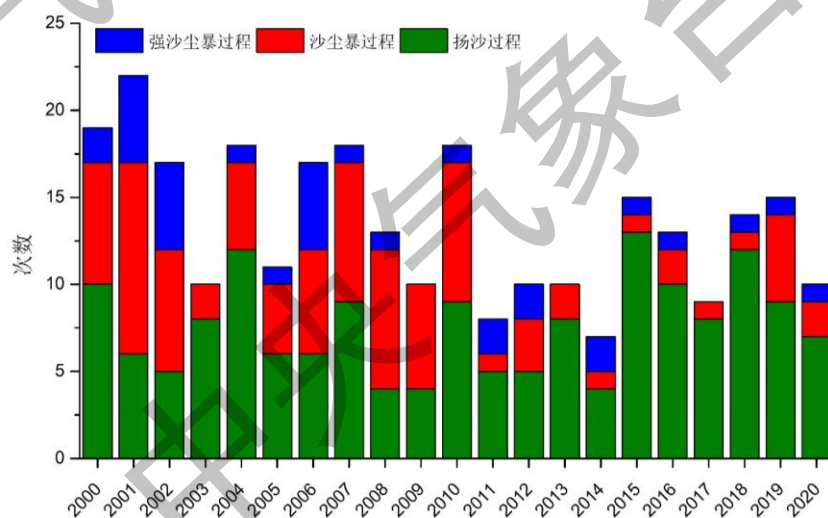


图 1.8 2000 年至 2019 年沙尘天气过程次数

1.3 大气颗粒物浓度

1.3.1 PM₁₀ 浓度

2020年全国PM₁₀平均浓度为56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浓度均较2019年下降明显。

1.3.1.1 现状

全国:2020年平均浓度为56微克/立方米,较2019年下降11.1%,较2017年下降18.8%,较2015年下降27.3%。

京津冀:2020年平均浓度为77微克/立方米,较2019年下降13.5%,较2017年下降28.7%,较2015年下降38.4%。

汾渭平原：2020年平均浓度为83微克/立方米，较2019年下降11.7%，较2017年下降21.7%，较2015年下降16.2%。

长三角：2020年平均浓度为56微克/立方米，较2019年下降13.8%，较2017年下降24.3%，较2015年下降28.2%。

珠三角：2020年平均浓度为38微克/立方米，较2019年下降19.1%，较2017年下降20.8%，较2015年下降20.8%。

其他区域：2020年其他区域均较2019年、2017年和2015年下降明显。

1.3.1.2 大气本底站长期变化

中国气象局5个国家大气本底站（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）观测资料显示，2020年阿克达拉、香格里拉、金沙、临安站PM₁₀浓度分别为23.9、5.5、34.8、47.0微克/立方米，较2019年分别升高17.9%、11.9%、6.3%、57.0%，龙凤山站PM₁₀浓度为16.2微克/立方米，较2019年下降22.8%。

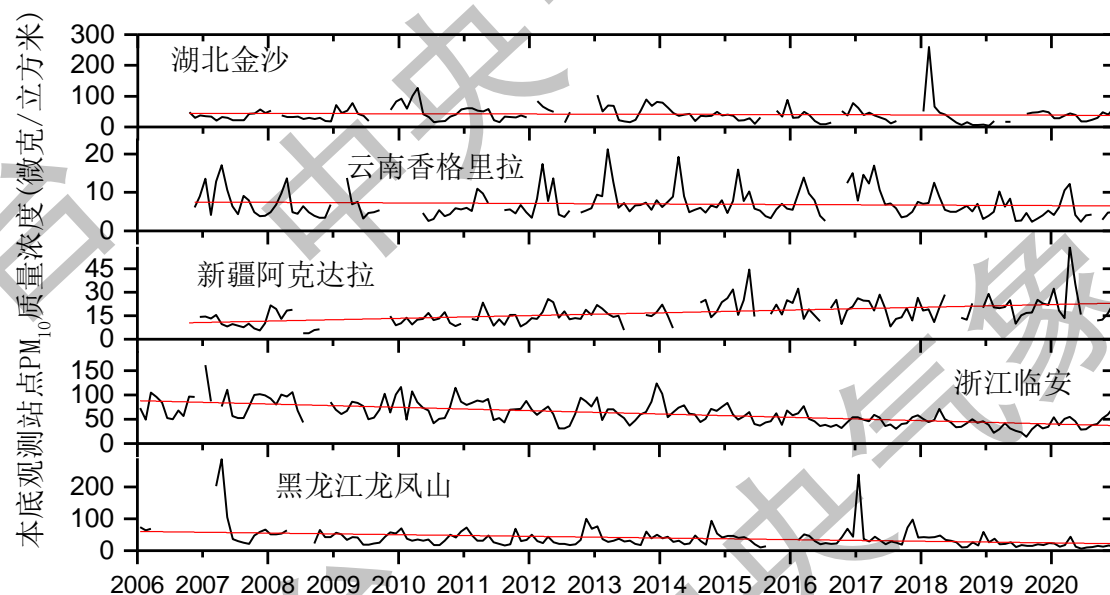


图 1.9 2006 年至 2020 年 5 个本底站 PM₁₀ 质量浓度月均值时间序列

(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)

2006 至 2020 年观测资料显示，香格里拉站多年平均 PM₁₀ 质量浓度最低（7.0 微克/立方米），临安站最高（62.6 微克/立方米），阿克达拉、龙凤山、金沙站则分别为 16.7、41.8、41.2 微克/立方米。从年际变化来看，临安、龙凤山、金沙站的 PM₁₀ 浓度呈下降趋势（平均年变率分别为约-3.4、-2.8、-0.4 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），香格里拉站的变化趋势不明显。

1.3.2 PM_{2.5} 浓度

2020 年全国 PM_{2.5} 平均浓度为 33 微克/立方米（数据来源：中国环境监测总站），全国及重点区域 PM_{2.5} 平均浓度均较 2019 年下降。

1.3.2.1 现状

全国：2020 年平均浓度为 33 微克/立方米，较 2019 年下降 8.3%，较 2017 年下降 17.5%，较 2015 年下降 28.3%。

京津冀：2020 年平均浓度为 44 微克/立方米，较 2019 年下降 12.0%，较 2017 年下降 27.9%，较 2015 年下降 40.5%。

汾渭平原：2020 年平均浓度为 48 微克/立方米，较 2019 年下降 12.7%，较 2017 年下降 22.6%，较 2015 年下降 14.3%。

长三角：2020 年平均浓度为 35 微克/立方米，较 2019 年下降 14.6%，较 2017 年下降 23.9%，较 2015 年下降 31.4%。

珠三角：2020 年平均浓度为 21 微克/立方米，较 2019 年下降 25.0%，较 2017 年下降 34.4%，较 2015 年下降 34.4%。

其他区域：2020 年其他区域均较 2019 年、2017 年和 2015 年下降明显。

1.3.2.2 大气本底站长期变化

中国气象局 4 个国家大气本底站（北京上甸子、湖北金沙、云南香格里拉站、新疆阿克达拉）观测资料显示，2020 年阿克达拉、香格里拉站 PM_{2.5} 浓度分别为 13.1、4.2 微克/立方米，分别比 2019 年升高 14.0%、16.2%，而上甸子、金沙站 2020 年 PM_{2.5} 浓度分别为 30.6、23.2 微克/立方米，比 2019 年分别降低 14.8%、1.3%。

2006 至 2020 年观测资料显示，香格里拉、阿克达拉、金沙三站的多年平均 PM_{2.5} 浓度均低于《环境空气质量标准》二级浓度限值，依次为 5.1、10.3 和 30.9 微克/立方米；上甸子站 PM_{2.5} 多年平均浓度为 38.9 微克/立方米。从年际变化来看，北京上甸子、湖北金沙 2 站年平均 PM_{2.5} 浓度呈现出下降趋势（平均年变率分别为 -1.9、-0.8 微克/立方米/年）；阿克达拉站呈弱上升趋势（平均年变率约 0.4 微克/立方米/年），香格里拉站的变化趋势不明显。

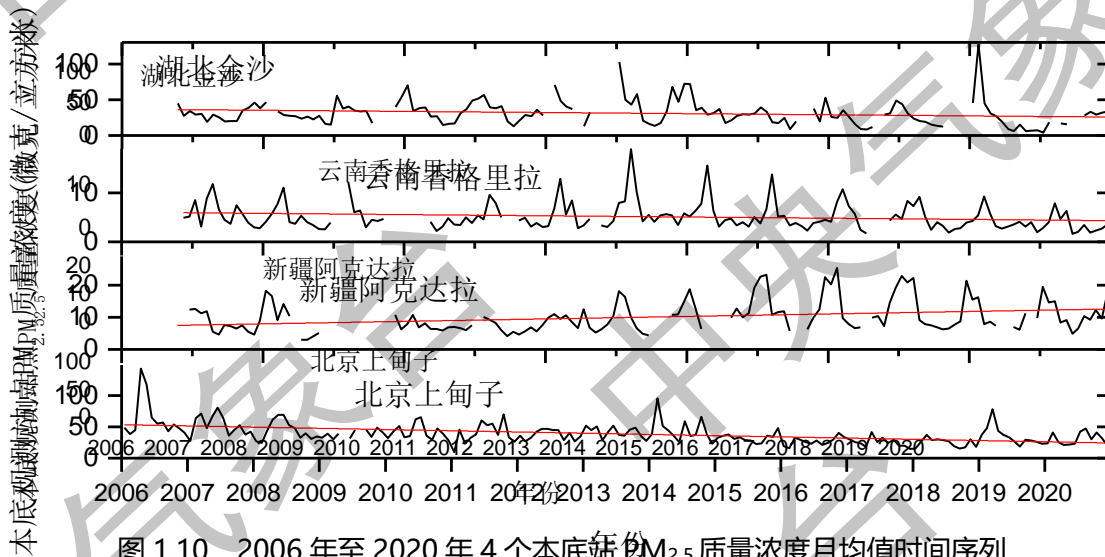


图 1.10 2006 年至 2020 年 4 个本底站 PM_{2.5} 质量浓度月均值时间序列
(注：上甸子站、金沙站、香格里拉站、阿克达拉站为 WMO-GAW 区域大气本底站，分别从 2005 年、2006 年、2007 年、2007 年开始观测)

1.4 反应性气体

1.4.1 地面臭氧浓度

2020 年全国臭氧浓度为 138 微克/立方米 (数据来源：中国环境监测总站)，较 2019 年下降，但是明显高于 2015 年。

1.4.1.1 现状

全国：2020 年平均浓度为 138 微克/立方米，较 2019 年下降 6.8%，较 2017 年升高 0.7%，较 2015 年升高 12.2%。

京津冀：2020 年平均浓度为 176 微克/立方米，较 2019 年下降 7.9%，较 2017 年下降 0.6%，较 2015 年升高 18.1%。

汾渭平原：2020 年平均浓度为 161 微克/立方米，较 2019 年下降 5.8%，较 2017 年下降 4.7%，较 2015 年升高 32.0%。

长三角：2020 年平均浓度为 152 微克/立方米，较 2019 年下降 7.3%，与 2017 年持平，较 2015 年升高 17.8%。

珠三角：2020 年平均浓度为 148 微克/立方米，较 2019 年下降 15.9%，较 2017 年下降 2.0%，较 2015 年升高 11.3%。

其他区域：2020 年其他区域臭氧浓度较 2019 年均下降明显，较 2017 年

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

变化不大，显著高于 2015 年。

1.4.1.2 大气本底站长期变化

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，瓦里关、临安和香格里拉站 2020 年地面臭氧浓度较 2019 年均有所下降，而上甸子、龙凤山和阿克达拉站略有上升。多年的地面臭氧浓度*资料显示，瓦里关站多年平均浓度（112.0 微克/立方米）显著高于其它站（67.3—84.3 微克/立方米）；最高浓度一般出现在 4-6 月（阿克达拉站 2 月最高），最低浓度一般出现在冬季（香格里拉站一般夏秋季最低）。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、香格里拉和阿克达拉站呈现弱下降趋势（平均年变率约为-0.3 微克/立方米/年）；龙凤山站下降趋势较明显（平均年变率约为-0.9 微克/立方米/年）。臭氧本底浓度呈现区域性差异，多地区呈弱下降趋势。

* 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）

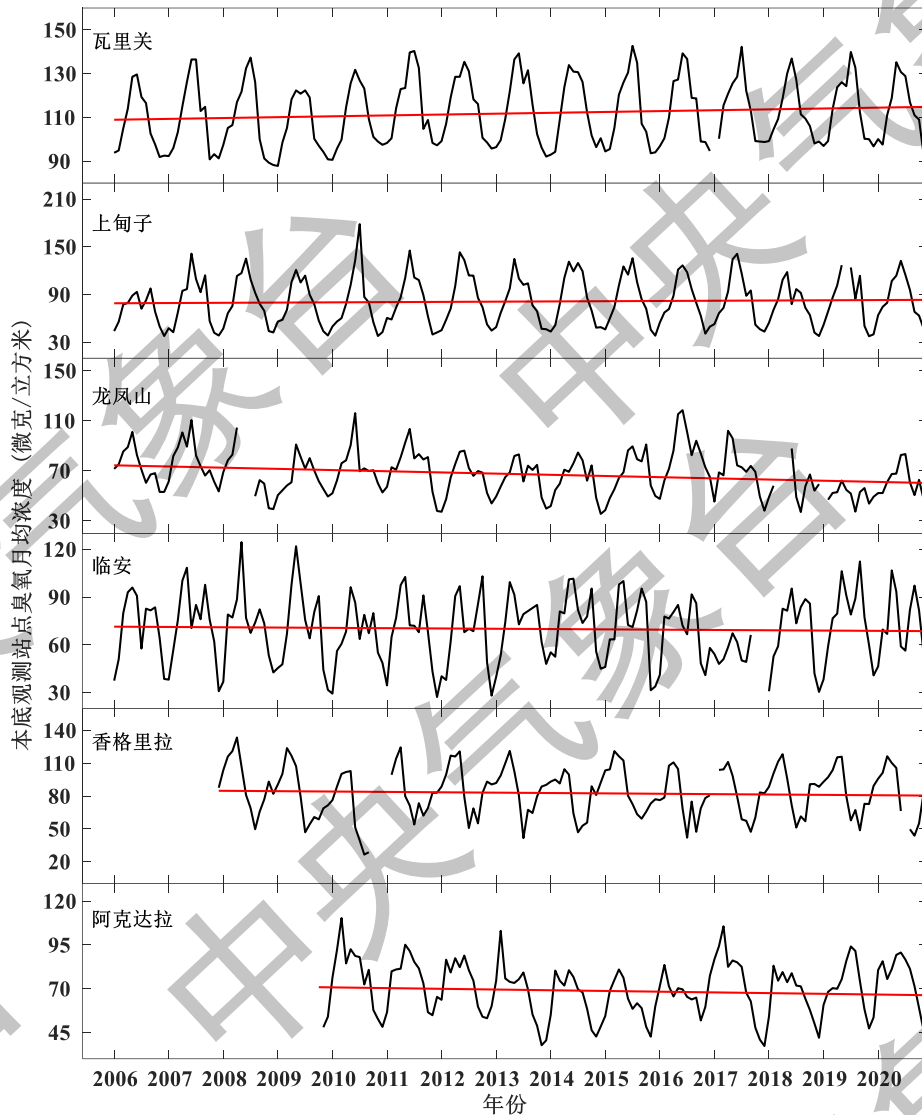


图 1.11 2006 年至 2020 年 6 个大气本底站地面臭氧月平均浓度时间序列

(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

基于卫星监测对流层臭氧总量结果显示，2020 年我国对流层臭氧总量*较 2019 年、2017 年略有下降。

卫星监测产品分析显示：2020 年全国对流层臭氧总量高值主要分布在我国中东部地区。2020 年与 2019 年相比，京津冀对流层臭氧总量下降 3.5%，长三

* 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。

角下降 1.7%，珠三角下降 5.5%，汾渭平原升高 1.0%。2020 年与 2017 年相比，京津冀下降 5.3%，长三角下降 2.6%，珠三角升高 3.3%，汾渭平原下降 9.1%。

从 2006 年至 2020 年全国及重点区域对流层臭氧总量的逐月变化图可以看出，对流层臭氧具有夏季高、冬季低、的季节周期变化特征。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。

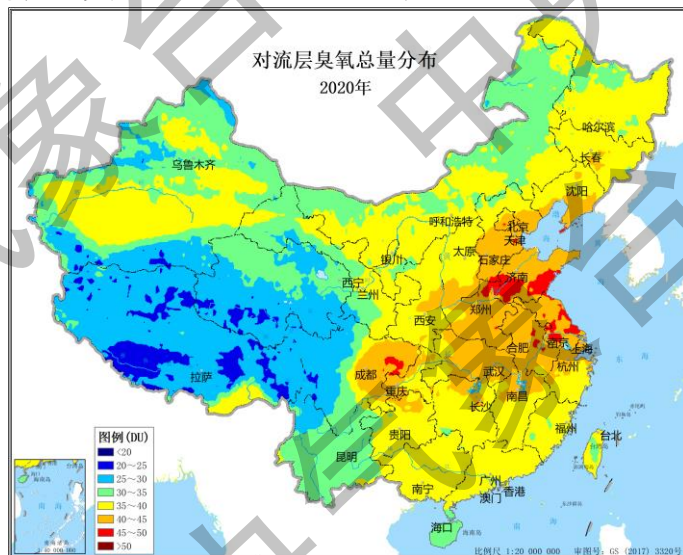


图 1.12 2020 年全国对流层臭氧总量 (单位: DU*) 分布

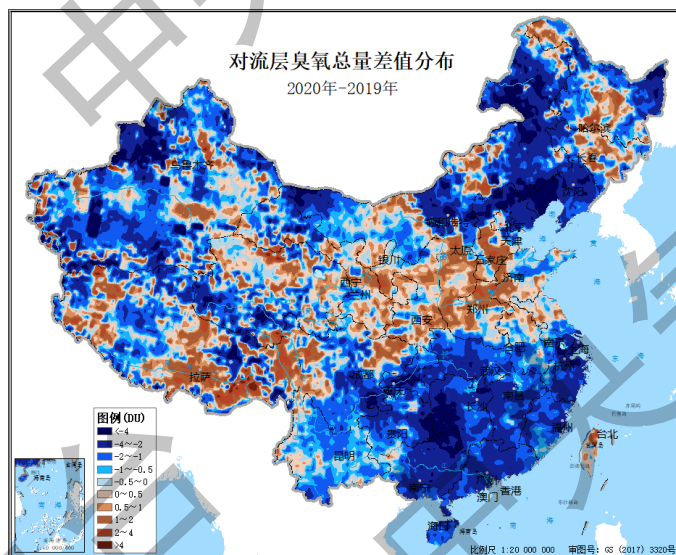


图 1.13 2020 年与 2019 年全国对流层臭氧总量 (单位:DU) 差值分布

* 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。

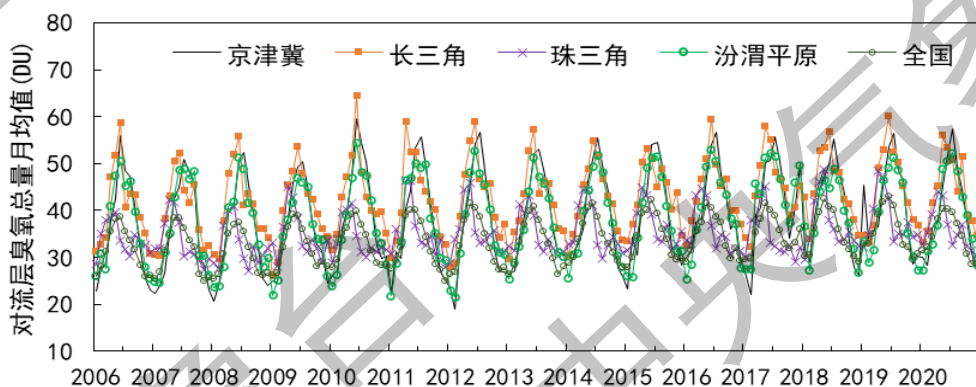


图 1.14 2006 年至 2020 年全国及重点区域对流层臭氧总量逐月平均值时间序列

1.4.3 NO₂ 对流层总量和 SO₂ 柱总量

卫星监测显示，NO₂ 对流层总量*高值主要分布在我国京津冀及周边、汾渭平原、长三角、珠三角等区域。2020 年全国平均 NO₂ 对流层总量较 2019 年、2017 年和近 5 年平均分别下降 7.6%、12.9%和 13.4%。京津冀、汾渭平原、长三角和珠三角较 2019 年分别下降 7.6%、12.8%、8.2%和 15.3%，较 2017 年分别下降 12.9%、15.9%、14.6%和 14.6%，较近 5 年平均分别下降 13.4%、13.9%、10.5%和 12.9%。

2020 年初，由于新冠疫情的爆发，我国采取了严格的社交隔离、停工限产等措施，主要来自化石燃料燃烧的氮氧化物 (NO_x) 排放减少，导致对流层 NO₂ 浓度急剧降低。之后，随着 NO_x 排放量逐渐恢复，对流层 NO₂ 浓度逐步回升。基于卫星数据计算我国 2020 年各季度 NO_x 排放显示，2020 年第一季度，NO_x 排放较 2019 年同期降低 30.9%。第四季度，NO_x 排放较 2019 年同期偏高 15.5%。全年 NO_x 排放总量较 2019 年偏低 3.7%。

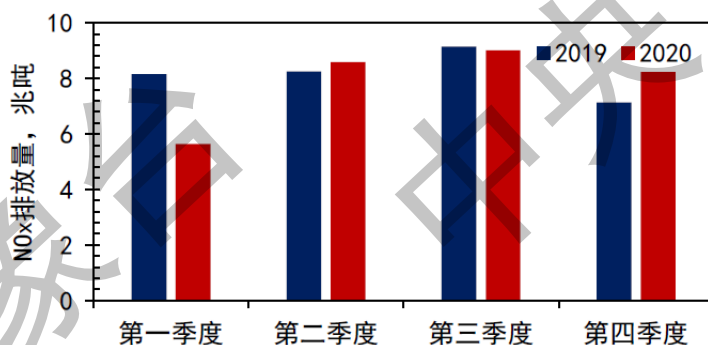


图 1.15 基于卫星产品计算的全国 2020 和 2019 年各季度氮氧化物排放总量

* NO₂ 对流层总量是指大气底部到对流层层顶的垂直 NO₂ 总量。

2020年SO₂柱总量*高值区主要分布在京津冀及周边、长三角、汾渭平原和东北地区。全国、京津冀、长三角、珠三角和汾渭平原SO₂柱总量较2019年略微上升。全国、长三角和珠三角较2017年升高，京津冀和汾渭平原较2017年下降。与近5年均值相比，全国和长三角SO₂柱总量基本保持平稳，京津冀和汾渭平原呈下降趋势，但珠三角呈上升趋势。

自2006年以来，全国及重点区域NO₂对流层总量呈现先上升、后下降的趋势。从月均值上看，京津冀区域NO₂对流层总量在2013年1月达到峰值。从年均值上看，全国NO₂对流层总量在2011年达到峰值，2006-2011年，全国NO₂对流层总量以8.2%每年的速度上升；2011年以来，全国NO₂对流层总量以4.2%每年的速度平缓下降。SO₂柱总量则呈先上升、后下降、再上升、再下降趋势，总体呈下降趋势。全国SO₂柱总量在2007年达到峰值，2011年达到次峰值，2018年以后全国及重点区域SO₂柱总量均趋于稳定。

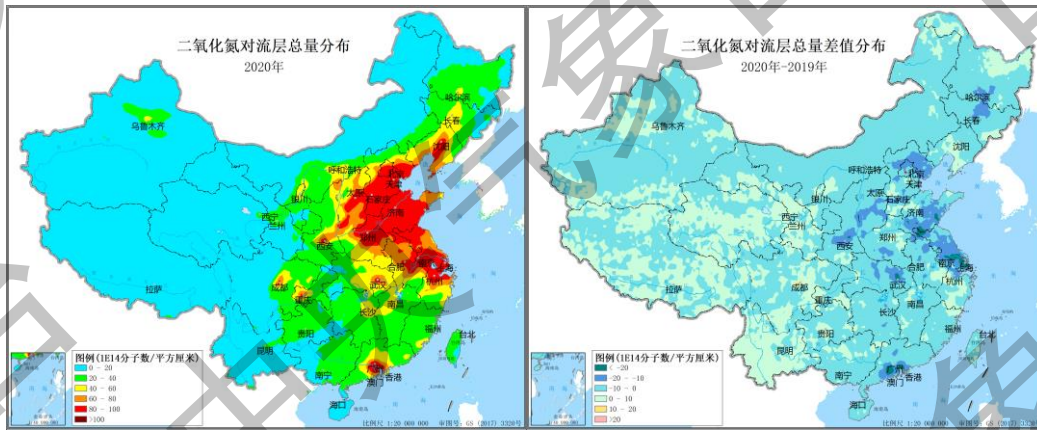


图 1.16 2020 年 NO₂ 对流层总量及与 2019 年差值分布

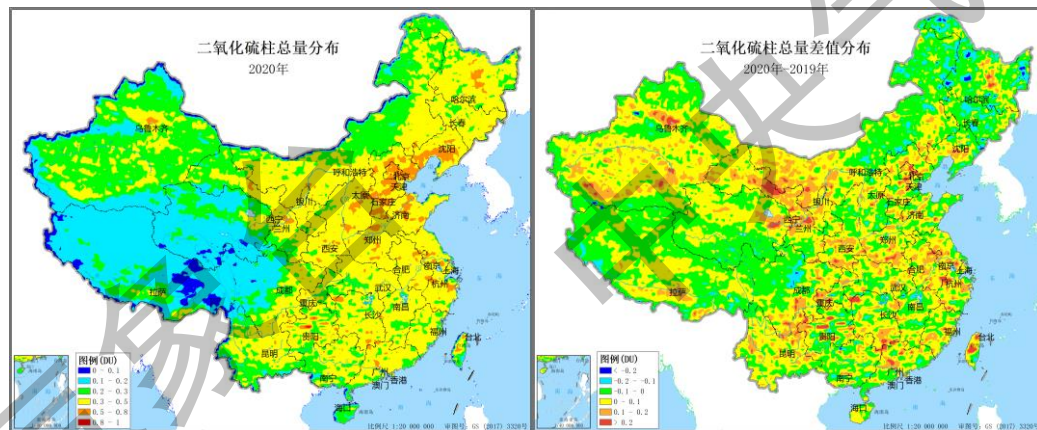


图 1.17 2020 年 SO₂ 柱总量及与 2019 年差值分布

* SO₂ 柱总量是指大气底部到大气层层顶的垂直 SO₂ 总量。

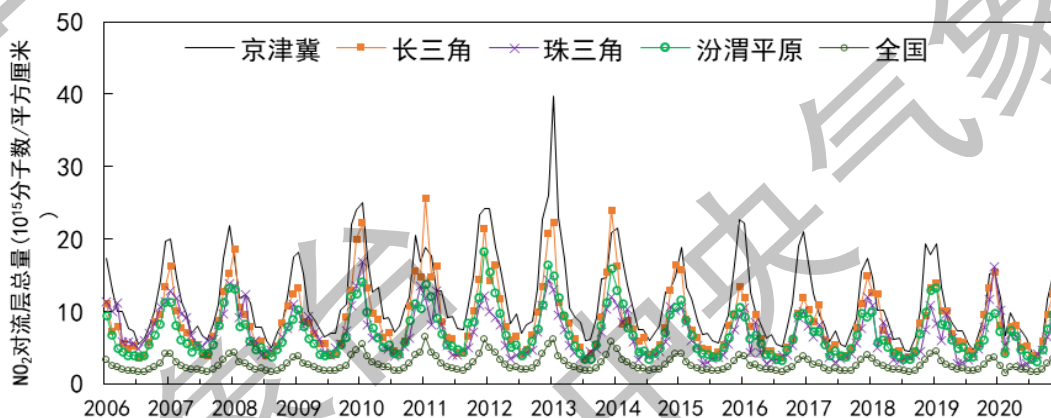


图 1.18 2006 年至 2020 年全国及重点区域 NO₂ 对流层总量的逐月变化

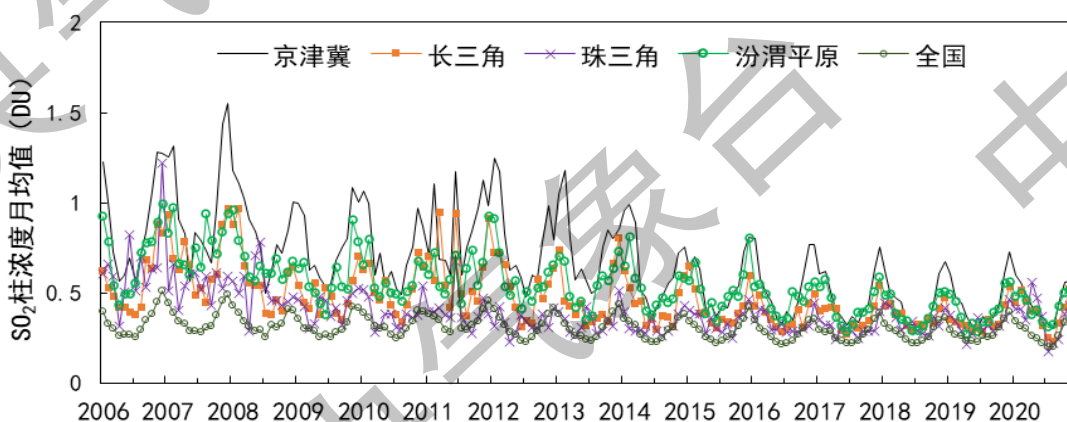


图 1.19 2006 年至 2020 年全国及重点区域 SO₂ 柱总量的逐月变化

1.5 酸雨

1.5.1 现状

中国气象局酸雨观测站网观测结果显示，2020 年全国平均降水 pH 值为 6.03，平均酸雨频率*为 24.3%，保持了近年来酸雨改善的较好水平。

2020 年，全国酸雨区（降水 pH 值低于 5.60）主要位于江淮、江南、华南大部及四川盆地等南方地区，其中浙江西部、江西北部、湖南东南部、广东西部、广西东北部等地平均降水 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%）主要位于江南中部、华南中部等南方地区，其中江西北部、湖南东部和南部等地区酸雨频率高于 80%，为酸雨高发区。

* 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。

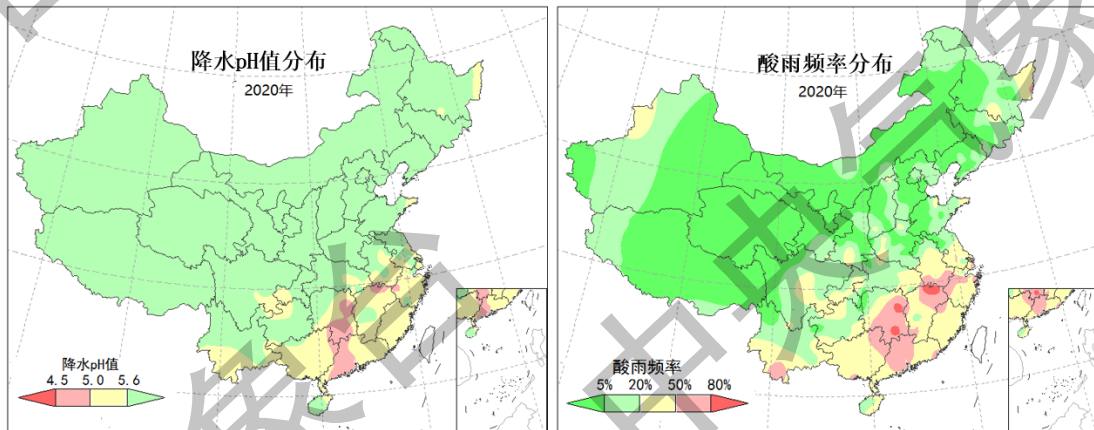


图 1.20 2020 年全国降水 pH 值 (左) 及酸雨频率 (右) *

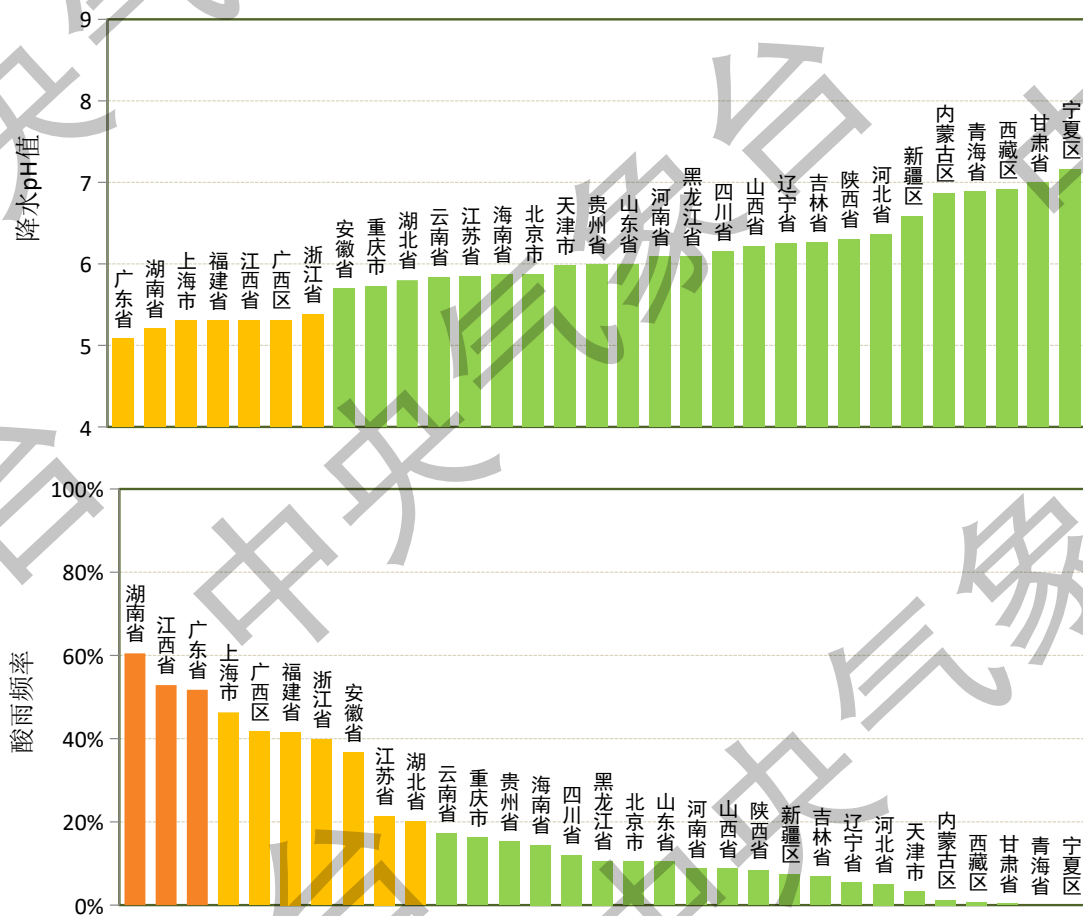


图 1.21 2020 年各省 (区、市) 降水 pH 值 (上)、酸雨频率 (下)

2020 年, 广东、湖南等 7 个南方省 (市) 的平均降水 pH 值在 5.0~5.6 之间, 为较轻酸雨污染; 全国没有出现平均降水 pH 值小于 5.0 的省份。湖南、江西、广东 3 个南方省的平均酸雨频率在 50%~80%之间, 为酸雨频发区; 上海、

*2020 年 5 月 1 日起, 重庆 31 个酸雨站不再参加考核、上传数据。本章节中各部分均为重庆地区 4 个酸雨站统计结果。

广西等 7 个省(区)的平均酸雨频率在 20%~50%之间,为酸雨多发区。与 2017 年相比,2020 年全国大部分地区降水 pH 值持平或偏高,其中浙江、安徽、河南、湖北、山西、陕西、河北、北京、黑龙江、辽宁等地区酸雨面积明显减少;我国大部分地区酸雨频率以偏低或持平为主,其中湖南、江西、浙江等地区酸雨高发和频发区面积明显减少。

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、再次改善的阶段性变化。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 每年、-0.7%每年、-0.7%每年;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 每年、2.1%每年、1.6%每年;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 0.05 每年、-1.8%每年、-1.4%每年。

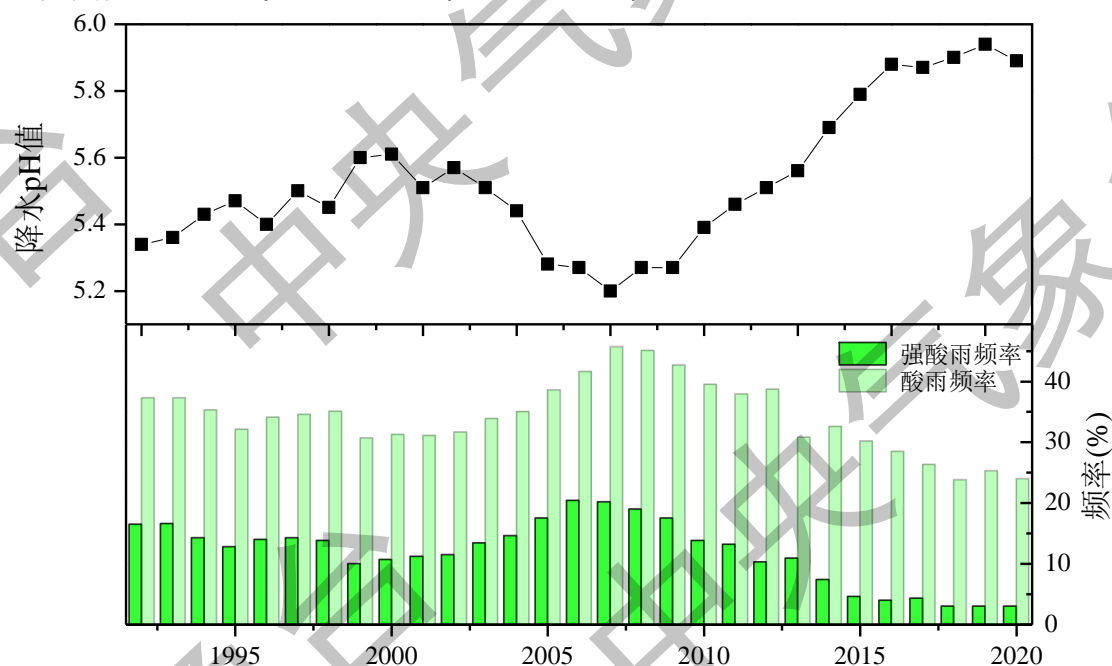


图 1.22 1992 年至 2020 年全国平均降水 pH 值、酸雨频率和强酸雨频率时间序列

附表 1.1 2020 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 2019 年相比 (天)	与 2017 年对比 (天)	与过去 5 年平均 相比	平均浓 度 (微克 /立方 米)	与 2019 年相比 (%)	与 2017 年相比 (%)	与 2015 年相比 (%)	平均浓 度 (微克 /立方 米)	与 2019 年相比 (%)	与 2017 年相比 (%)	与 2015 年相比 (%)	平均浓 度 (微克 /立方 米)	与 2019 年相比 (%)	与 2017 年相比 (%)	与 2015 年相比 (%)
全国	24.2	-1.5	-3.3	-8.1	56	-11.1	-18.8	-27.3	33	-8.3	-17.5	-28.3	138	-6.8	0.7	12.2
京津冀	38.5	-6.7	-17.9	-17.8	77	-13.5	-28.7	-38.4	44	-12.0	-27.9	-40.5	176	-7.9	-0.6	18.1
京津冀及周边	55.0	0.5	-19.6	-20.0	87	-13.0	-24.3	-35.1	51	-10.5	-22.7	-36.3	180	-8.2	-0.6	24.1
长三角	26.5	-7.5	-26.8	-27.9	56	-13.8	-24.3	-28.2	35	-14.6	-23.9	-31.4	152	-7.3	0.0	17.8
汾渭平原	44.0	-7.6	-30.0	-27.3	83	-11.7	-21.7	-16.2	48	-12.7	-22.6	-14.3	161	-5.8	-4.7	32.0
珠三角	2.0	-1.1	-4.3	-5.8	38	-19.1	-20.8	-20.8	21	-25.0	-34.4	-34.4	148	-15.9	-2.0	11.3
东北	18.2	4.6	-7.8	-6.9	54	-8.5	-16.9	-29.9	33	-2.9	-15.4	-31.3	126	-1.6	3.3	5.9
华中	24.9	-5.4	-23.7	-17.5	53	-17.2	-25.4	-32.9	34	-15.0	-26.1	-34.6	134	-12.4	3.9	8.1
西南	8.5	-2.6	-13.2	-11.9	41	-8.9	-14.6	-21.2	26	-7.1	-10.3	-21.2	125	-3.1	5.9	12.6
西北	18.2	-2.0	-9.2	-9.9	68	-8.1	-12.8	-21.8	35	-2.8	-10.3	-16.7	129	-3.7	-2.3	11.2

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冷空气活动、风速、相对湿度、大气稳定性、降水、气温、辐射等气象要素，是影响大气环境的重要气象因素。

2020年，受有效降水偏多影响，全国平均气象条件可使PM_{2.5}浓度较2019年、2017年和近5年平均分别降低5.5%、4.4%和5.0%。但是2020年冬季受冷空气偏弱、小风日数偏多、相对湿度偏高等影响，气象条件可使PM_{2.5}浓度较2019年、2017年和近5年同期分别升高4.3%、1.0%和4.7%。

2020年5-10月我国中东部大部分地区受降水偏多、辐射偏弱、日最高温偏低影响，气象条件较2019年、2017年和近5年同期平均有利于臭氧浓度下降。仅华南和西北地区东部的部分地区气象条件较2019年同期不利于臭氧浓度下降。

2020年春季（3-5月）我国主要沙源地受冷空气大风影响较弱、前期降水偏多，气象条件较2019年同期有利于沙尘天气减少。

2.2 PM_{2.5}污染气象条件

2020年全国大部地区受降水偏多影响，全年平均PM_{2.5}污染气象条件有利于PM_{2.5}浓度下降；但是冬季受冷空气偏弱、小风日数偏多、风速偏小、相对湿度偏高等因素影响，气象条件不利于PM_{2.5}浓度下降。

2.2.1 冷空气

2020年冬季（1、2月和11、12月，下同）冷空气活动较2017年、2019年以及近5年平均偏弱，我国北方地区大气污染物扩散条件较差。

2020年影响我国的大范围冷空气过程*共计27次,较2017年(34次)、2019年(30次)以及近5年平均(30.2次)均偏少。其中强冷空气及以上级别过程13次,较2017年(15次)、2019年(18次)以及近5年平均次数(14.6次)均偏少。2020年冬季一共有13次冷空气过程,以强冷空气及以上级别过程为主,较2017年(18次)、2019年(16次)以及近5年平均(15次)均偏少。

2020年影响京津冀地区冷空气过程为27次,较2017年(32次)、2019年(33次)以及近5年平均(28.8次)均偏少。其中强冷空气及以上级别过程8次,较2017年(10次)、2019年(12次)以及近5年平均次数(8.8次)均偏少。2020年冬季一共有13次冷空气过程,以强冷空气及以上级别过程为主,较2017年(19次)、2019年(17次)以及近5年平均(14.8次)均偏少。

2020年影响京津冀地区的冷空气活动总体偏弱。

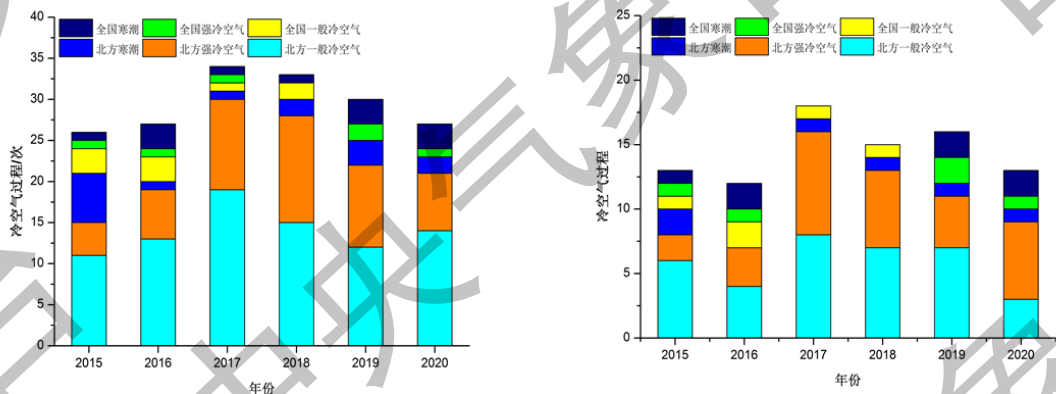


图 2.1 全国 2015 年至 2020 年全年 (左) 和冬季 (右) 冷空气过程次数

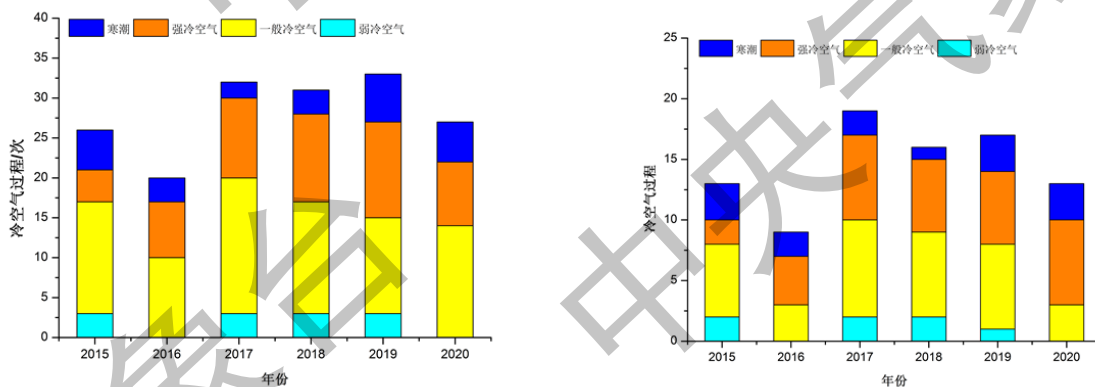


图 2.2 京津冀地区 2015 年至 2020 年全年 (左) 和冬季 (右) 冷空气过程次数

* 参照冷空气过程监测指标 (QX/T 393—2017)

2.2.2 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。2020年我国北方大部分地区平均风速较2019年、2017年和过去5年同期偏小，小风日数（日平均风速小于1.5米/秒的天数，下同）较2019年、2017年和过去5年同期偏多，尤其是冬季风速偏小明显，小风日数偏多明显，不利于大气污染物扩散；我国南方部分地区平均风速均较2019年、2017年和过去5年同期偏大，小风日数较2019年、2017年和过去5年同期偏少，有利于大气污染物扩散。

全国：2020年平均风速2.2米/秒，与2019年和近5年平均基本持平，较2017年偏小1.8%。2020年冬季，全国平均风速为2.03米/秒，较2019年、2017年和近5年同期分别偏小2.4%、4.7%和2.8%；其中1-2月偏小，11-12月偏大。

京津冀：2020年平均风速1.9米/秒，较2019年、2017年和近5年平均分别偏小1.5%、4.5%和3.8%。2020年冬季为1.71米/秒，较2019年、2017年和近5年同期平均分别偏小3.9%、13.2%和10.5%；其中冬季各月均呈现一致的偏小特征。

汾渭平原：2020年平均风速1.9米/秒，与2019年和近5年平均基本持平，较2017年偏大1.6%。2020年冬季为1.85米/秒，较2019年同期略偏大，较2017年和近5年同期分别偏小3.1%和1.9%；其中1-2月较2019年同期偏大；11-12月较2019年同期略偏小。

长三角：2020年平均风速2.1米/秒，较2019年、2017年和近5年分别偏小0.9%、1.9%和2.0%。2020年冬季为2.15米/秒，较2019年、2017年和近5年同期分别偏大2.9%、2.9%和1.7%；其中1-2月较2019年同期偏大4.8%，11-12月与2019年同期持平。

珠三角：2020年平均风速2.1米/秒，较2019年、2017年和近5年平均分别偏大9.2%、4.4%和3.9%。2020年冬季为2.19米/秒，较2019年同期偏大7.4%，较2017年同期略偏小，与近5年同期平均基本持平，其中1-2月偏小，11-12月偏大。

其他区域：全国华南以北大部分区域2020年平均风速较2019年偏低。

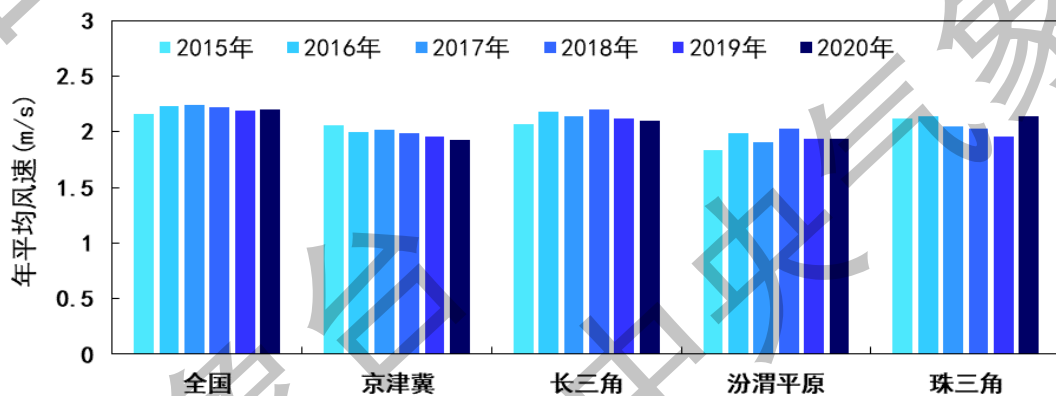


图 2.3 2015 年至 2020 年全国及重点区域年平均风速变化

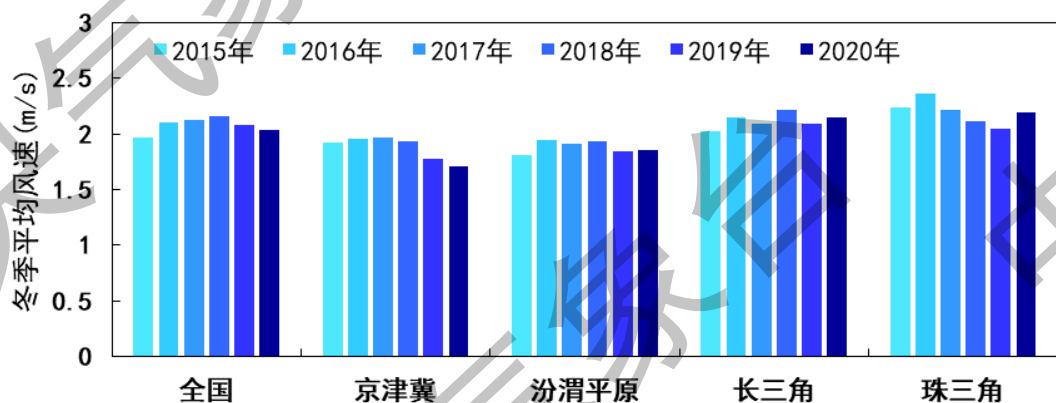


图 2.4 2015 年至 2020 年全国及重点区域冬季平均风速变化

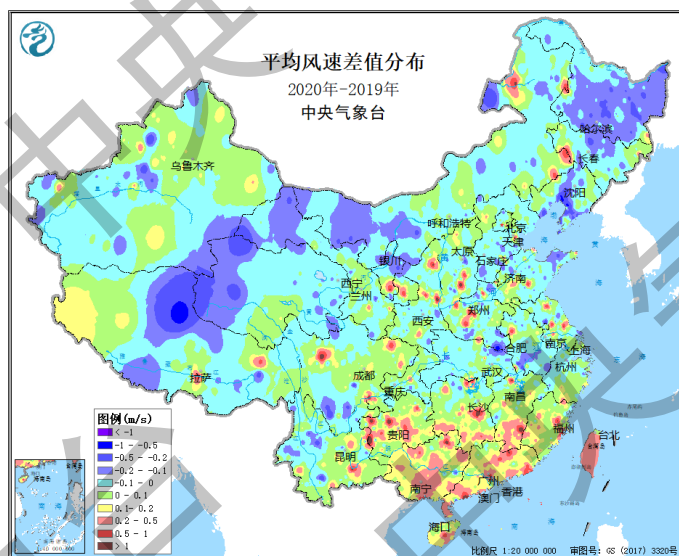


图 2.5 2020 年与 2019 年平均风速差值分布

全国: 2020 年平均小风日数 112.3 天, 较 2019 年和近 5 年平均偏少 1.6% 和 2.6%, 较 2017 年偏多 1.4%。2020 年冬季, 全国平均小风日数为 47.3 天, 较 2019 年、2017 年和近 5 年同期分别偏多 4.2%、5.2% 和 2.4%; 其中 1-2 月小风日数偏多 10% 以上, 而 11-12 月小风日数偏少。

京津冀：2020年平均小风日数134.4天，较2019年、2017年和近5年平均分别偏多2.5%、16.6%和10.5%。2020年冬季为55.7天，较2019年、2017年和近5年同期偏多超过10%，其中1-2月和11-12月呈现一致的偏多特征。

汾渭平原：2020年平均小风日数129.8天，较2019年、2017年和近5年平均分别偏多4.5%、6.7%和5.1%。2020年冬季为52.5天，较2019年、2017年和近5年同期均偏多超过8%；其中1-2月和11-12月呈现一致的偏多特征，且1-2月偏多更明显。

长三角：2020年平均小风日数113.7天，较2019年、2017年和近5年平均分别偏多3.9%、5.4%和3.0%。2020年冬季为41.0天，与2019年同期持平，较2017年和近5年同期偏少3.8%和1.3%。其中1-2月较2019年同期偏少；而11-12月较2019年同期偏多。

珠三角：2020年平均小风日数98.0天，较2019年、2017年和近5年平均分别偏少15.3%、7.5%和8.4%。2020年冬季为34.6天，较2019年和近5年同期平均分别偏少10.0%和2.7%，较2017年同期偏多1.2%；其中1-2月明显偏多，而11-12月明显偏少。

其他区域：全国华南以北大部区域2020年小风日数较2019年偏多。

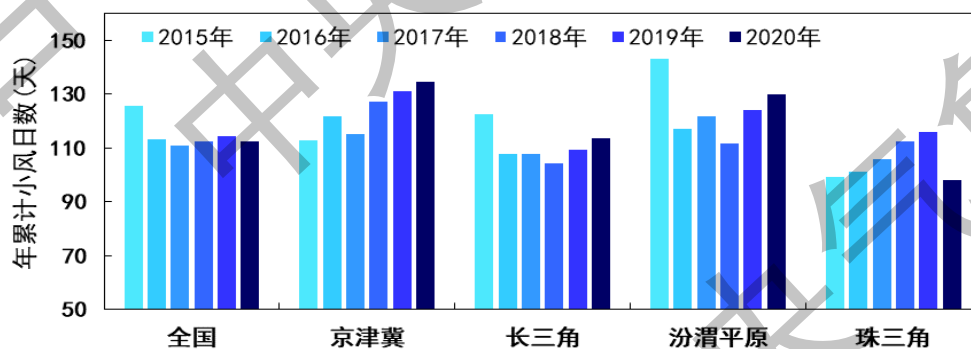


图 2.6 2015年至2020年全国及重点区域小风日数变化

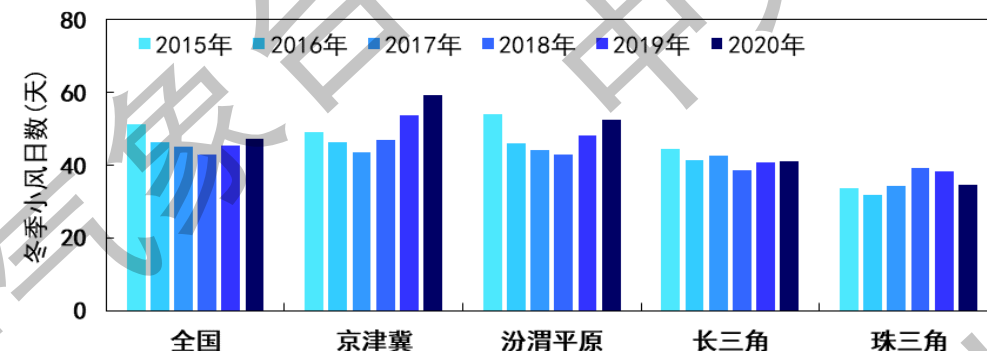


图 2.7 2015年至2020年全国及重点区域冬季小风日数变化

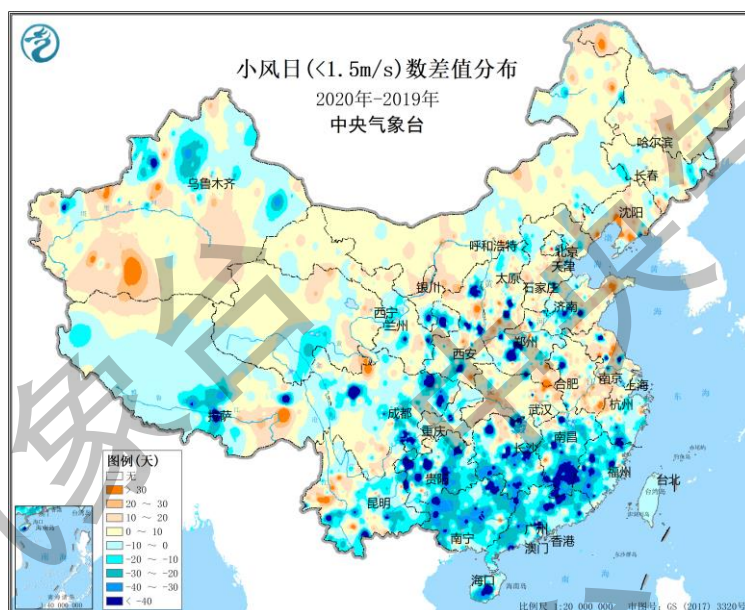


图 2.8 2020 年与 2019 年小风日数差值分布

2.2.3 相对湿度

地面相对湿度影响细颗粒物浓度，相对湿度越高，越有利于细颗粒物浓度升高。2020 年我国北方大部分地区平均相对湿度均高于 2019 年、2017 年和过去 5 年平均，其中 1-2 月，相对湿度偏高更明显，有利于细颗粒物浓度升高。

全国：2020 年全国平均相对湿度为 61.0%，较 2019 年、2017 年和近 5 年平均略偏高。2020 年冬季为 61.9%，较 2019 年、2017 年和近 5 年同期平均分别偏高 3.3%、6.2%、3.5%。

京津冀：2020 年平均相对湿度为 60.8%，较 2019 年、2017 年和近 5 年平均分别偏高 7.3%，6.5%和 4.2%。2020 年冬季为 61.1%，较 2019 年、2017 年和近 5 年同期平均偏高 11%以上；其中 1-2 月平均偏高明显，而 11-12 月偏低。

汾渭平原：2020 年平均相对湿度为 64.1%，较 2019 年、2017 年和近 5 年平均分别偏高 5.8%，5.0%和 4.4%。2020 年冬季为 64.1%，较 2019 年、2017 年和近 5 年同期平均分别偏高 9.1%、18.9%和 11.6%；其中 1-2 月和 11-12 月均呈现偏高的趋势，1-2 月偏高更明显。

长三角：2020 年平均相对湿度为 77.1%，与 2019 年和近 5 年平均基本持平，较 2017 年偏高 2.2%。2020 年冬季为 76.9%，与 2019 年同期和近 5 年同期平均基本持平，较 2017 年同期偏高 6.1%。

珠三角：2020 年平均相对湿度为 78.7%，较 2019 年、2017 年和近 5 年

偏低 2.3%，1.9%和 1.8%。2020 年冬季为 72.9%，较 2019 年、2017 年和近 5 年同期平均分别偏低 1.8%、1.9%和 3.9%。

其他区域：西部地区、四川盆地和华南地区 2020 年相对湿度偏低，中东部大部区域 2020 年相对湿度偏高。

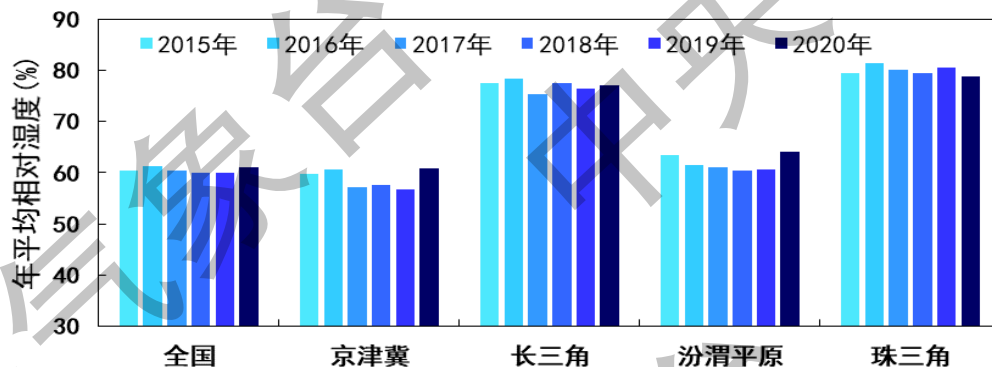


图 2.9 全国及重点区域 2015 年至 2020 年平均相对湿度变化

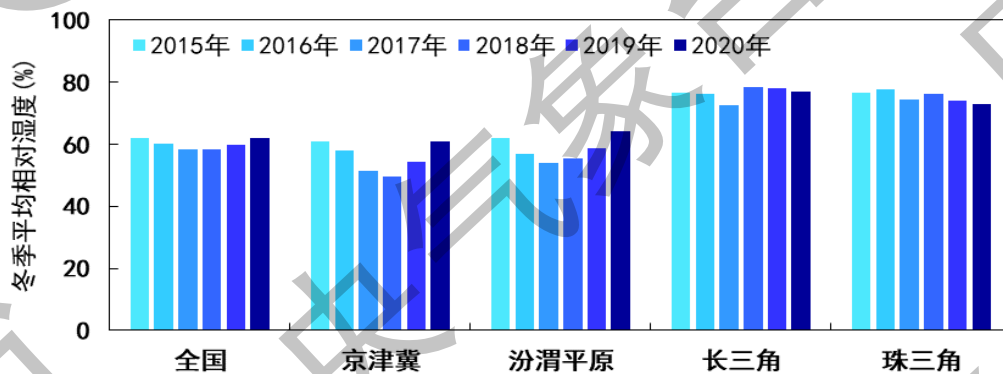


图 2.10 全国及重点区域 2015 年至 2020 年冬季平均相对湿度变化

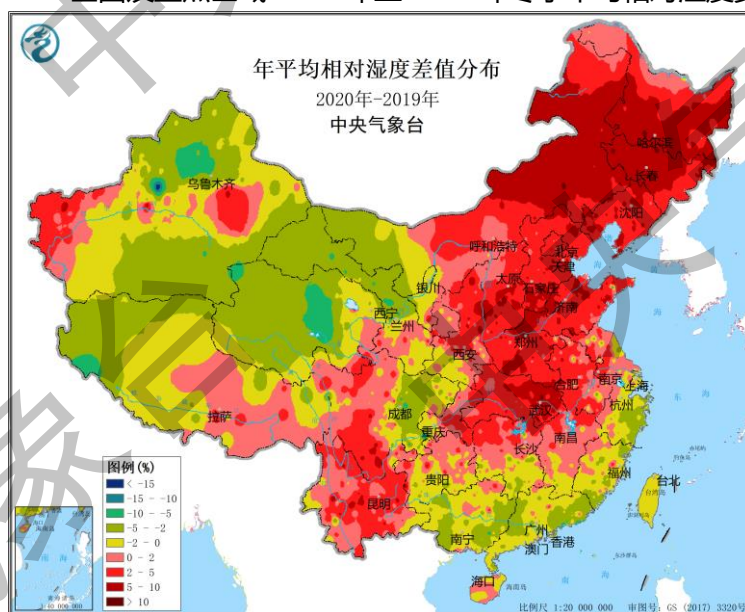


图 2.11 2020 年与 2019 年平均相对湿度差值分布

2.2.4 有效降水日数

有效降水(日降水量大于等于5mm)可以对大气污染物有较好的清除作用。2020年全国大部分地区有效降水日数均较2019年、2017年和近5年平均偏多,有利于大气污染物的清除,仅华南部分地区有效降水日数偏少。

全国:2020年全国平均有效降水日数33.6天,较2019年、2017年和近5年平均分别偏多0.9、0.9和0.1天。2020年冬季为3.5天,较2019年和2017年同期分别偏多0.1和0.7天,较近5年同期平均偏少0.4天。

京津冀:2020年平均有效降水日数25.7天,较2019年、2017年和近5年平均分别偏多4.6、2.3和2.0天。2020年冬季为2.5天,较2019年、2017年和近5年同期平均分别偏多1.4、2.0和1.0天。

汾渭平原:2020年平均有效降水日数32.6天,较2019年、2017年和近5年平均分别偏多4.8、1.4和3.8天。2020年冬季为4.6天,较2019年、2017年同期和近5年同期分别偏多3.4、3.3和2.3天。

长三角:2020年平均有效降水日数64.2天,较2019年、2017年和近5年平均分别偏多10.7、6.4和2.4天。2020年冬季为15.6天,较2019年同期和近5年同期平均分别偏少2.9和1.4天,较2017年同期偏多5.2。

珠三角:2020年平均有效降水日数65.7天,较2019年、2017年和近5年平均分别偏少11.4、5.1和8.3天。2020年冬季为6.4天,较2019年和2017年同期分别偏多2.7和0.6天,但较近5年同期平均偏少3.5天。

其他区域:除西北地区东部、四川盆地北部、华南地区2020年有效降水日数偏少外,其他大部区域2020年有效降水日数偏多。

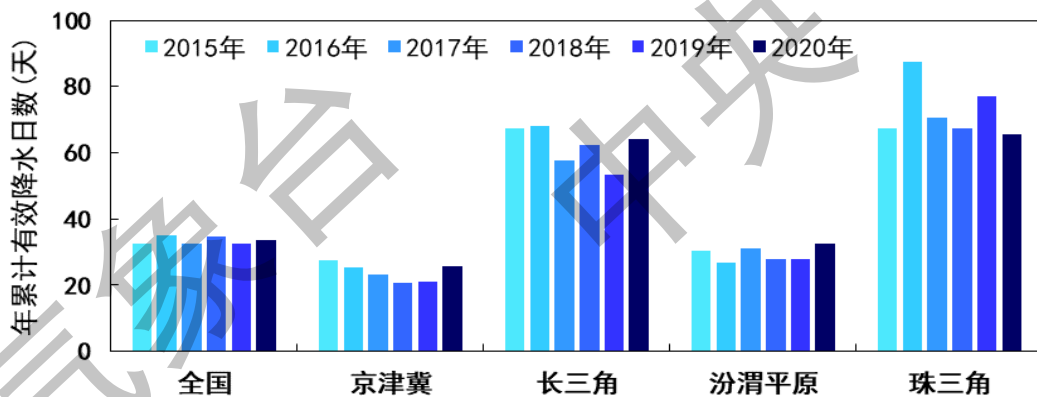


图 2.12 2015 年至 2020 年全国及重点区域年累计有效降水日数变化

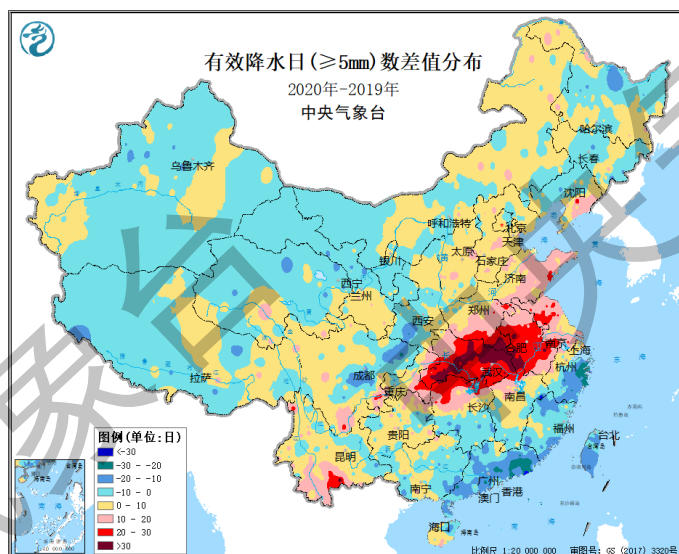


图 2.13 2020 年与 2019 年有效降水日数差值分布

2.2.5 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。2020 年全国平均混合层高度与 2017 年和 2019 年基本持平，较近 5 年平均略有升高。2020 年冬季京津冀和汾渭平原混合层高度较 2019 年、2017 年同期和近 5 年同期偏低。

全国：2020 年平均混合层高度为 879 米，与 2019 年和 2017 年持平，较近 5 年平均偏高 1.9%。2020 年冬季为 818 米，较 2019 年、2017 年和近 5 年同期分别偏低 2.2%、5.5%和 1.5%。

京津冀：2020 年平均混合层高度为 782 米，较 2019 年、2017 年和近 5 年平均分别偏低 3.1%、2.7%和 1.5%。2020 年冬季为 782 米，较 2019 年、2017 年和近 5 年同期平均分别偏低 8.6%、16.1%和 10.5%。

汾渭平原：2020 年平均混合层高度为 883 米，较 2019 年、2017 年和近 5 年平均分别偏低 1.7%、3.9%和 1.2%。2020 年冬季为 820 米，较 2019 年、2017 年和近 5 年同期平均分别偏低 3.4%、12.8%和 7.4%。

长三角：2020 年平均混合层高度为 834 米，较 2019 年、2017 年和近 5 年平均分别偏高 1.2%、0.6%和 2.2%。2020 年冬季为 815 米，较 2019 年同期偏高 4.1%，较 2017 年同期偏低 3.2%，较近 5 年同期偏高 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。

珠三角：2020年平均混合层高度为1024米，较2019年、2017年和近5年平均分别偏高8.5%、5.2%和5.6%。2020年冬季为1071米，较2019年、2017年和近5年同期平均分别偏高5.2%、1.7%和4.5%。

其他区域：西北地区和长江以南大部分区域2020年混合层高度偏高。

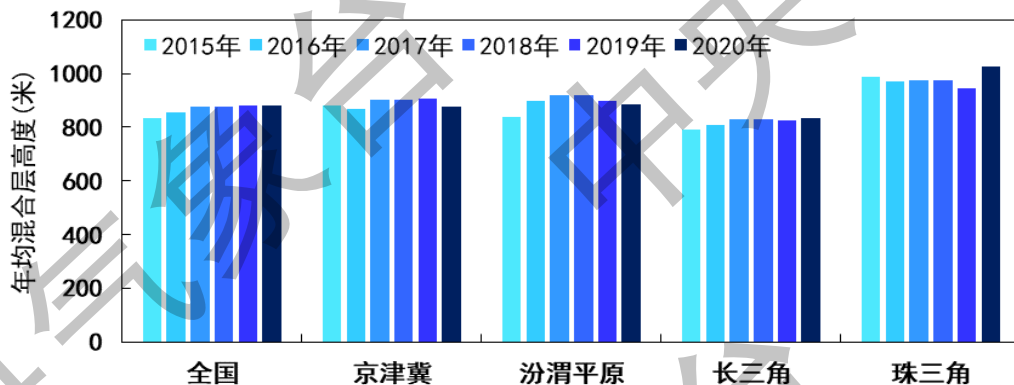


图 2.14 2015 年至 2020 年全国及重点区域全年平均混合层高度变化

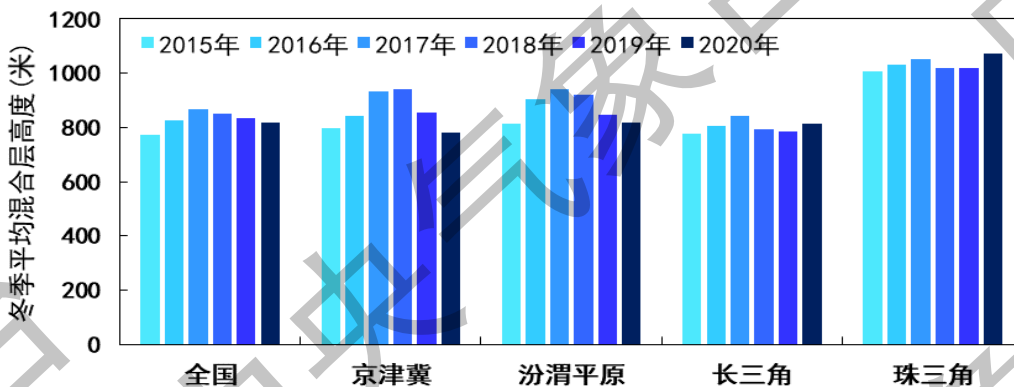


图 2.15 2015 年至 2020 年全国及重点区域冬季平均混合层高度变化

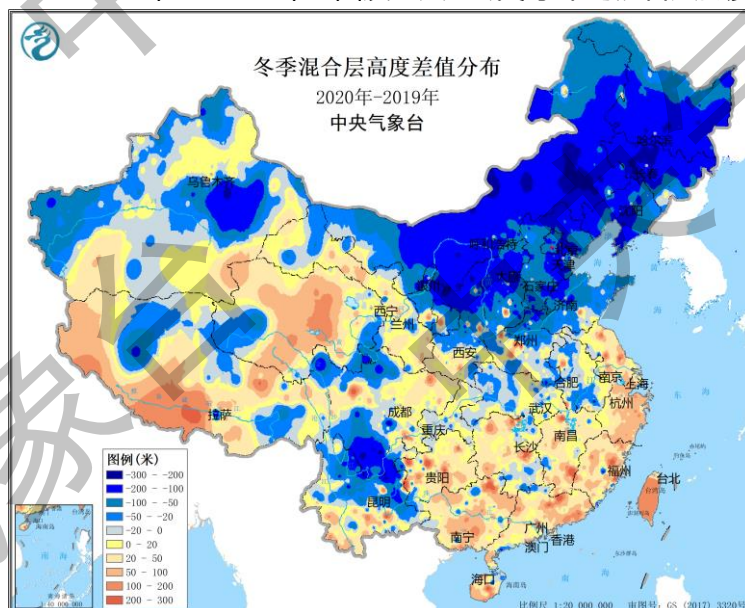


图 2.16 2020 年与 2019 年冬季混合层高度差值分布

2.2.6 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。2020年冬季全国以及京津冀、长三角以及汾渭平原等地区的天气形势较过去5年同期平均更加静稳，不利于大气污染物扩散。

全国：2020年冬季平均为10.9，较2019年、2017年和过去5年同期平均分别偏高3.0%、6.6%和2.6%。

京津冀：2020年冬季平均为9.9，较2019年、2017年和过去5年同期平均分别偏高9.4%、13.8%和7.7%。

汾渭平原：2020年冬季平均为10.4，较2019年、2017年和过去5年同期平均分别偏高8.2%、13.9%和9.3%。

长三角：2020年冬季平均为11.3，较2019年同期偏低2.2%，较2017年同期偏高5.3%，与过去5年同期平均持平。

珠三角：2020年冬季平均为10.8，较2019年、2017年和过去5年同期平均分别偏低1.9%、1.7%和4.1%。

其他区域：除华中区域外，全国其他大部分区域2020年冬季静稳天气指数偏高。

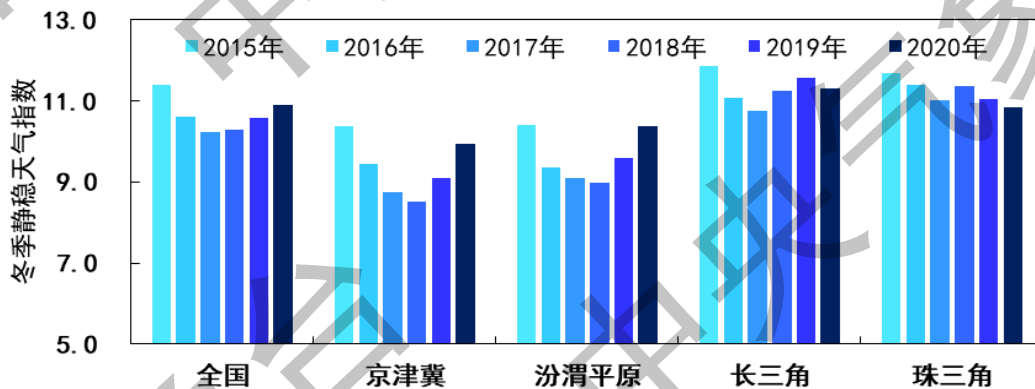


图 2.17 2015 年至 2020 年全国及重点区域冬季平均静稳天气指数变化

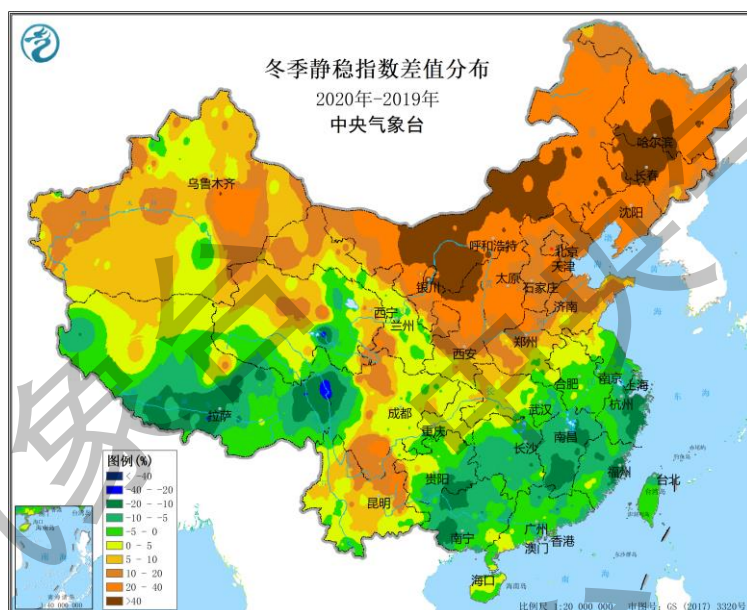


图 2.18 2020 年与 2019 年冬季平均静稳天气指数差值分布

2.2.7 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)^{*}。EMI 指数越小代表气象条件越有利于 PM_{2.5} 浓度降低。除内蒙古中部、河北中部、苏皖北部等地部分地区外, 全国大部地区 2020 年 PM_{2.5} 污染气象条件均好于 2019 年, 有利于 PM_{2.5} 浓度的降低。

全国: 2020 年平均气象条件可使 PM_{2.5} 较 2019 年、2017 年和近 5 年平均分别下降 5.5%、4.4%和 5.0%。其中冬季平均气象条件可使 PM_{2.5} 较 2019 年、2017 年和近 5 年同期分别升高 4.3%、1.0%和 4.7%。

京津冀: 2020 年平均气象条件可使 PM_{2.5} 较 2019 年下降 4.0%、较 2017 年升高 3.9%, 较近 5 年平均升高 0.9%。其中冬季平均气象条件可使 PM_{2.5} 较 2019 年、2017 年和近 5 年同期分别升高 10.8%、6.8%和 5.5%。

汾渭平原: 2020 年平均气象条件可使 PM_{2.5} 较 2019 年、2017 年和近 5 年平均分别下降 10.2%、5.1%和 7.1%。其中冬季平均气象条件使可 PM_{2.5} 较 2019 年、2017 年和近 5 年同期分别升高 5.4%、5.3%和 3.3%。

长三角: 2020 年平均气象条件可使 PM_{2.5} 较 2019 年、2017 年和近 5 年平均分别下降 6.9%、9.4%和 9.1%。其中冬季平均气象条件可使 PM_{2.5} 较 2019

^{*}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)

年、2017年和近5年同期分别升高3.6%、3.1%和9.3%。

珠三角：2020年平均气象条件可使PM_{2.5}较2019年、2017年和近5年平均分别下降16.7%、8.9%和7.1%。其中冬季平均气象条件可使PM_{2.5}较2019年、2017年和近5年同期分别下降4.0%、4.2%和7.5%。

其他区域：除内蒙古中部、新疆天山北麓等地外，其他大部分区域2020年气象条件可使PM_{2.5}浓度较2019年、2017年和过去5年平均下降。

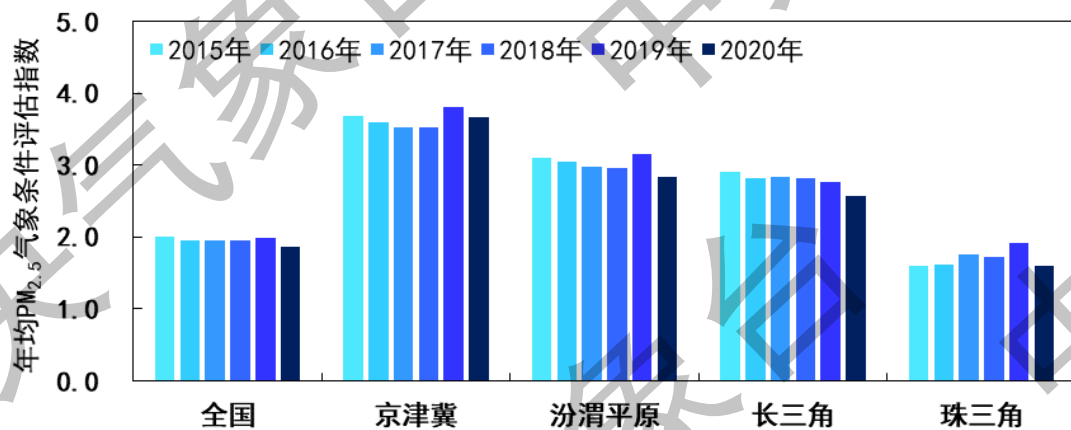


图 2.19 2015年至2020年全国及重点区域PM_{2.5}气象条件评估指数变化

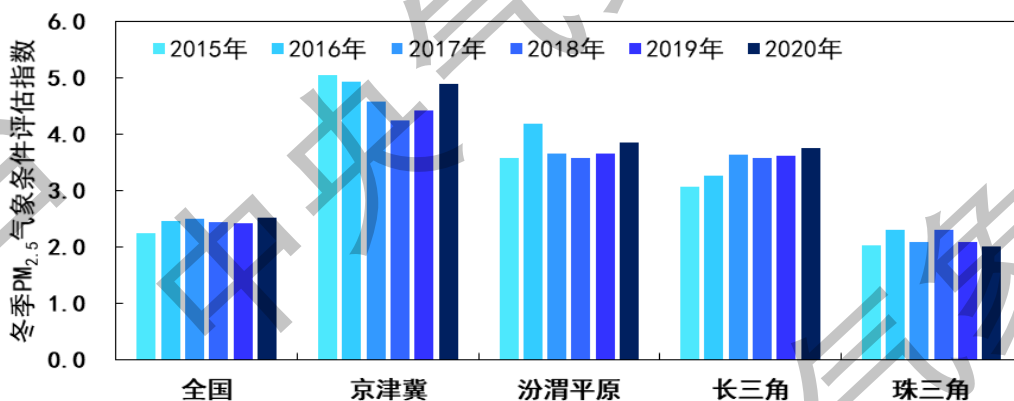


图 2.20 2015年至2020年全国及重点区域冬季PM_{2.5}气象条件评估指数变化

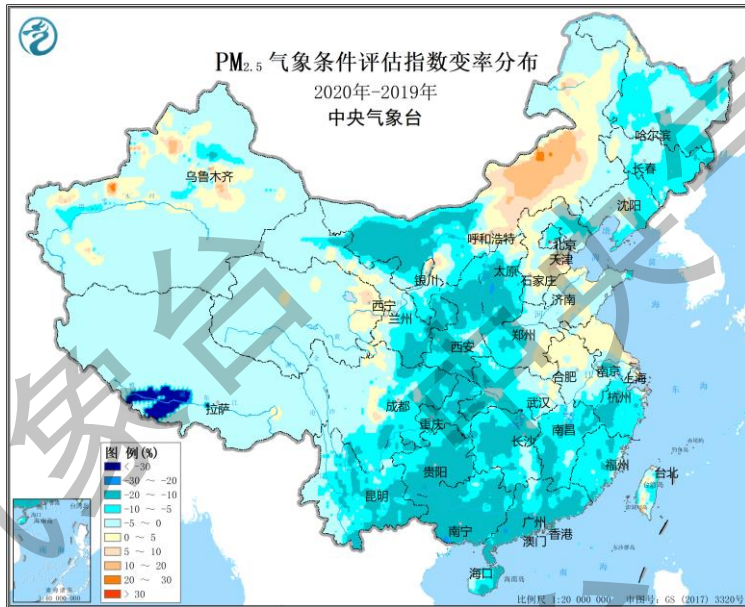


图 2.21 2020 年相对于 2019 年全国年平均 PM_{2.5} 气象条评估指数变化分布

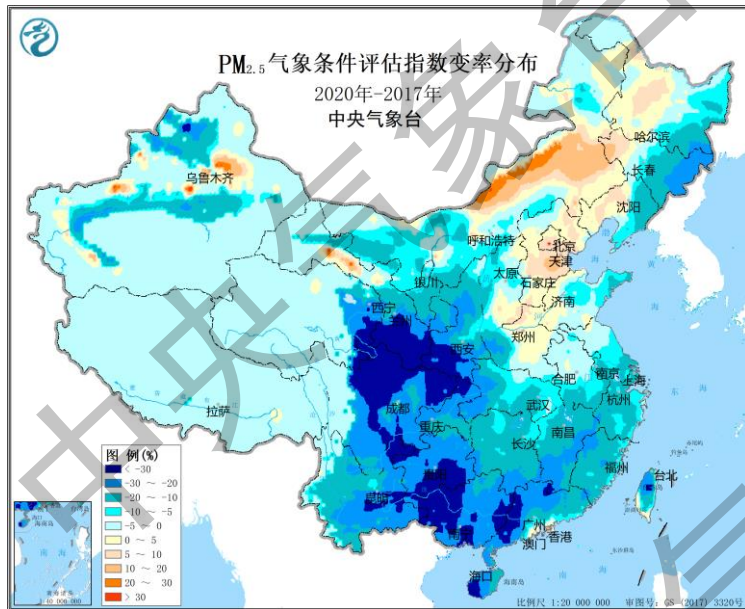


图 2.22 2020 年相对于 2017 年全国年平均 PM_{2.5} 气象条评估指数变化分布

附表 2.1 2020 年全国和重点区域 PM_{2.5} 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} 气象条件评估指数		
	2020 年平均值	与 2019 年相比 (%)	与 2017 年相比 (%)	与 5 年平均相比 (%)	2020 年平均风速 (m/s)	与 2019 年相比 (%)	与 2017 年相比 (%)	与 5 年平均相比 (%)	2020 年小风日数 (天)	与 2019 年相比 (%)	与 2017 年相比 (%)	与 5 年平均相比 (%)	2020 年平均相对湿度 (%)	与 2019 年相比 (%)	与 2017 年相比 (%)	与 5 年平均相比 (%)	2020 年有效降水日数 (天)	与 2019 年相比 (%)	与 2017 年相比 (%)	与 5 年平均相比 (%)	与 2019 年相比 (%)	与 2017 年相比 (%)	与 5 年平均相比 (%)
全国	10.9	3.0	6.6	2.6	2.20	0.5	-1.8	-0.4	112.3	-1.6	1.4	-2.6	61.0	1.5	1.1	0.9	33.6	0.9	0.9	0.1	-5.5	-4.4	-5.0
京津冀	9.9	9.4	13.8	7.7	1.93	-1.5	-4.5	-3.8	134.4	2.5	16.6	10.5	60.8	7.3	6.5	4.2	25.7	4.6	2.3	2.0	-4.0	3.9	0.9
京津冀及周边	10.1	7.8	14.7	7.3	1.94	-1.5	-1.5	-2.6	127.3	1.6	11.4	7.2	62.8	7.8	5.6	3.9	26.8	5.8	1.2	1.8	-4.4	3.4	0.6
长三角	11.3	-2.2	5.3	0.1	2.10	-0.9	-1.9	-2.0	113.7	3.9	5.4	3.0	77.1	0.9	2.2	0.1	64.2	10.7	6.4	2.4	-6.9	-9.4	-9.1
汾渭平原	10.4	8.2	13.9	9.3	1.94	0.0	1.6	-0.1	129.8	4.5	6.7	5.1	64.1	5.8	5.0	4.4	32.6	4.8	1.4	3.8	-10.2	-5.1	-7.1
珠三角	10.8	-1.9	-1.7	-4.1	2.14	9.2	4.4	3.9	98.0	-15.3	-7.5	-8.4	78.7	-2.3	-1.9	-1.8	65.7	-11.4	-5.1	-8.3	-16.7	-8.9	-7.1
东北	9.5	14.3	10.6	5.7	2.63	-3.7	-0.8	-0.1	63.4	11.2	6.5	-1.0	67.1	8.9	7.9	5.5	34.8	-0.4	8.1	3.0	-7.7	-7.3	-9.1
华中	12.5	-2.7	2.7	-1.2	1.82	4.0	5.8	4.4	154.4	-6.4	-6.8	-7.3	79.6	2.3	1.5	1.4	73.2	10.0	6.0	5.3	-15.2	-12.7	-14.1
西南	12.1	1.1	1.7	0.6	1.75	2.9	8.0	7.1	165.7	-4.9	-9.6	-10.1	75.2	0.6	-0.8	0.1	53.4	2.5	-1.4	-0.7	-17.5	-23.1	-18.1
西北	10.4	5.1	7.9	5.8	1.93	0.5	-0.5	-0.9	144.1	0.3	4.3	2.6	58.6	-0.3	-0.5	-0.2	23.0	-1.0	-0.8	0.3	-8.0	-11.6	-11.0

注：正值表示增加；负值表示减少；静稳天气指数和 PM_{2.5} 气象条件评估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。

2.3 臭氧污染气象条件

2020年5-10月,受降水偏多、辐射偏弱、最高气温偏低等气象因素影响,我国中东部大部分地区气象条件较2019年、2017年和过去5年同期均有利于臭氧浓度的降低。

2.3.1 降水日数

降水是影响臭氧浓度的重要气象因素,较多的降水日数(日降水量大于0mm的天数)有利于臭氧浓度下降。2020年5-10月我国大部分地区降水日数多于2019年同期和2017年同期,仅珠三角、西南和西北的部分地区降水日数偏少。

全国:2020年5-10月平均为72.5天,较2019年、2017年和过去5年同期平均分别多6.1天、2.0天和2.5天,为2016年以来最多。

京津冀:2020年5-10月平均为50.1天,较2019年同期多8.7天,较2017年同期多2.8天,较过去5年平均少1.9天,为2017年以来最多。

汾渭平原:2020年5-10月平均为62.8天,较2019年、2017年和过去5年同期平均分别多5.3天、3.5天和3.3天,为2017年以来最多。

长三角:2020年5-10月平均为75.7天,较2019年、2017年和过去5年同期平均分别多20.7天、2.8天和7.0天,为2016年以来最多。

珠三角:2020年5-10月平均为84.8天,较2019年、2017年和过去5年同期平均分别少9.3天、9.7天和3.4天,为2017年以来最少。

其他区域:除西北地区东部外,全国其他大部分区域2020年5-10月降水日数均多于2019年同期。

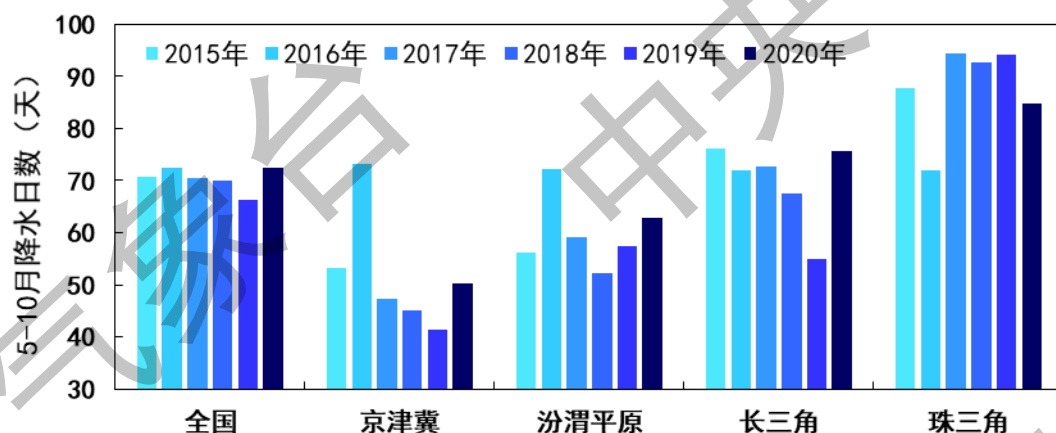


图 2.23 2015 年至 2020 年全国及重点区域 5-10 月降水日数变化

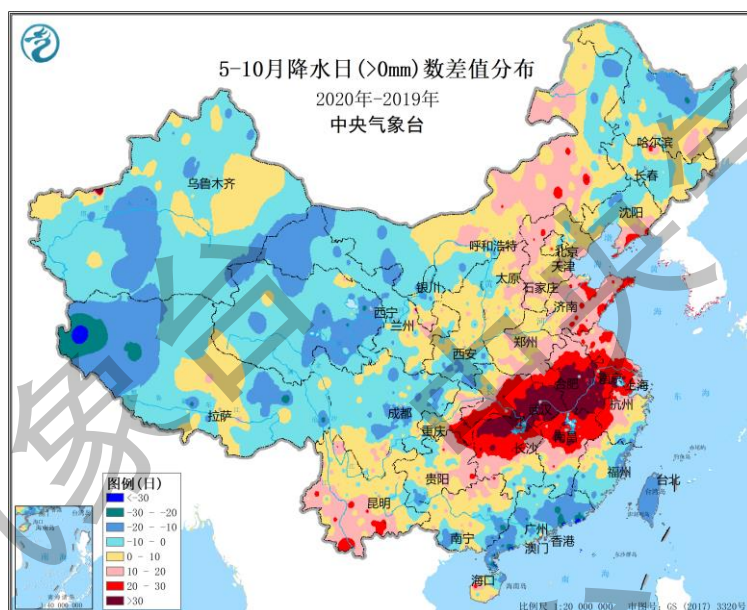


图 2.24 2020 年与 2019 年全国 5-10 月降水日数差值分布

2.3.2 辐射

辐射影响光化学反应的强弱，较强的辐射有利于臭氧的生成。2020 年 5-10 月，我国中东部大部分地区日总辐射量(总曝辐量)偏弱。

全国：2020 年 5-10 月平均日总辐射量为 $17.3\text{MJ}/\text{m}^2$ *，较 2019 年、2017 年和过去 5 年同期分别少 3.9%、2.0%和 1.7%，为近 5 年最少。

京津冀：2020 年 5-10 月平均日总辐射量为 $17.6\text{MJ}/\text{m}^2$ ，较 2019 年、2017 年和过去 5 年同期分别少 12.4%、0.9%和 2.9%，为 2017 年以来最少。

汾渭平原：2020 年 5-10 月平均为 $13.2\text{MJ}/\text{m}^2$ ，较 2019 年、2017 年和过去 5 年同期分别少 3.5%、0.2%和 11.5%，为 2018 年以来最少。

长三角：2020 年 5-10 月平均为 $15.0\text{MJ}/\text{m}^2$ ，较 2019 年、2017 年和过去 5 年同期分别少 9.6%、2.2%和 1.9%，为 2017 年以来最少。

珠三角：2020 年 5-10 月平均为 $15.1\text{MJ}/\text{m}^2$ ，较 2019 年、2017 年和过去 5 年同期分别少 3.0%、5.2%和 0.5%。

其他区域：2020 年 5-10 月，除华南北部、西北地区东部外，大部分地区平均日总辐射量较 2019 年和 2017 年同期偏少。

* MJ/m^2 :为总曝辐量单位， 10^6 焦耳每平方米。

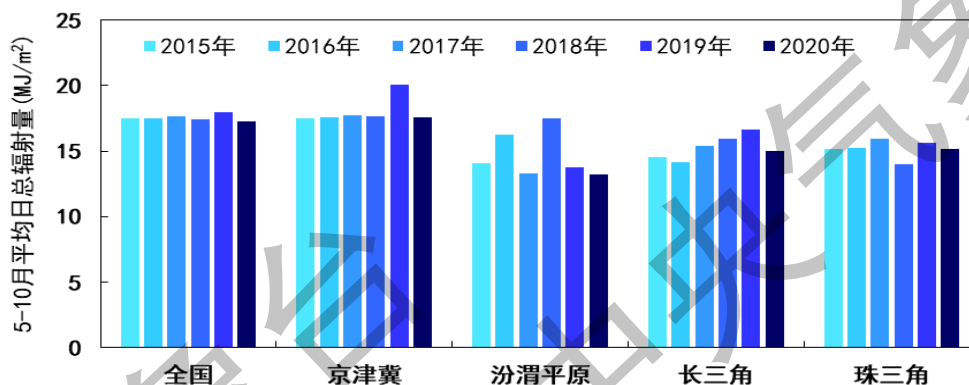


图 2.25 2015 年至 2020 年全国及重点地区 5-10 月平均日总辐射量

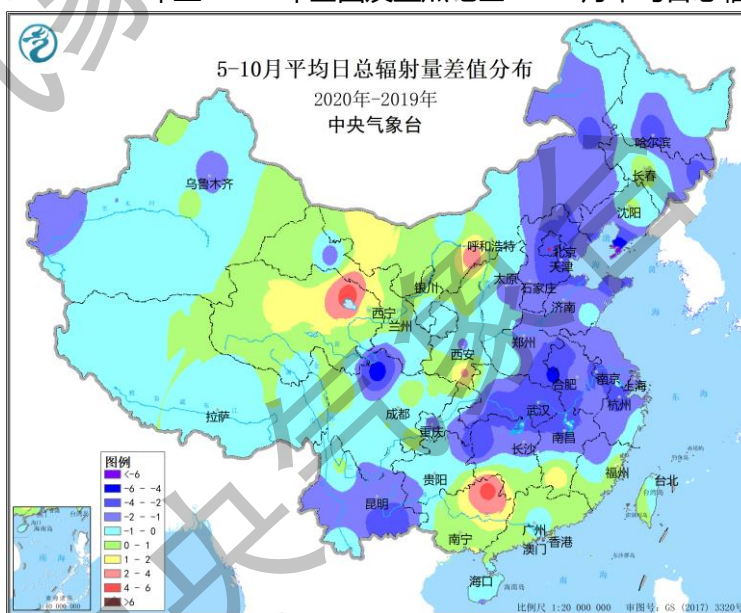


图 2.26 2020 年与 2019 年全国 5-10 月平均日总辐射量(MJ/m²)差值分布

2.3.3 高温

日最高气温是影响地面臭氧浓度的重要气象要素,较高的气温有利于光化学反应和臭氧浓度增加。2020 年 5-10 月,受降水日数偏多、辐射偏弱影响,我国中东部大部分地区日最高温平均值偏低,有利于臭氧浓度下降。

全国: 2020 年 5-10 月平均为 26.7℃,较 2019 年、2017 年和过去 5 年同期低 0.5℃、0.4℃和 0.3℃,为过去 5 年来最低。

京津冀: 2020 年 5-10 月平均为 27.5℃,较 2019 年、2017 年和过去 5 年同期低 1.1℃、0.5℃和 0.4℃,为 2017 年以来最低。

汾渭平原: 2020 年 5-10 月平均为 26.8℃,较 2019 年、2017 年和过去 5 年同期低 1.1℃、0.4℃和 0.4℃,为过去 5 年来最低。

长三角:2020 年 5-10 月平均为 28.6℃,较 2019 年和 2017 年同期低 0.3℃,

与过去5年同期平均持平，为2017年以来最低。

珠三角：2020年5-10月平均为32.1℃，较2019年、2017年和过去5年同期高0.2℃、0.2℃和0.3℃，为2018年以来最高。

其他区域：全国其他大部分地区2020年5-10月最高气温平均值均较2019年同期偏低。

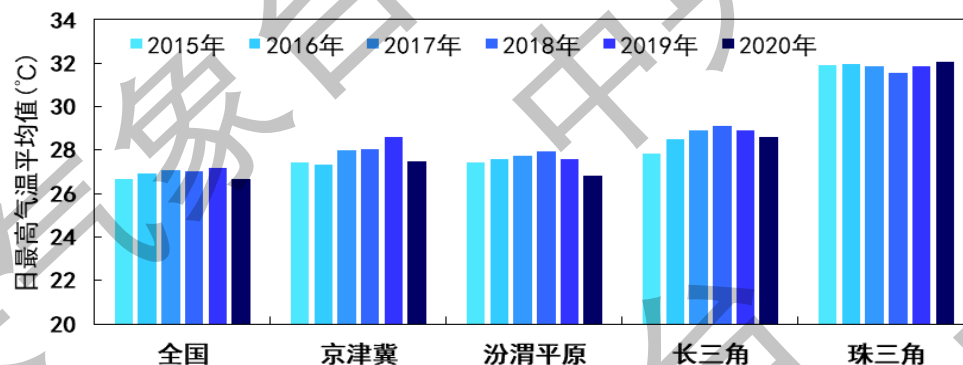


图 2.27 2015 年至 2020 年全国及重点地区 5-10 月日最高气温平均值

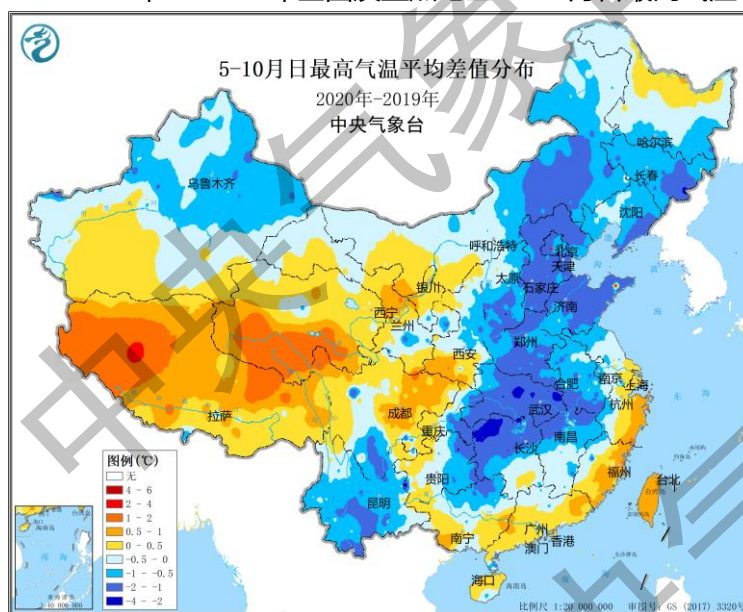


图 2.28 2020 年与 2019 年全国 5-10 月日最高气温平均差值分布

2.3.4 臭氧污染气象条件小结

2020年5-10月我国中东部大部分地区降水日数多于2019年、2017年及过去5年同期平均，受降水日数偏多影响总辐射量和日最高气温均低于2019年、2017年和过去5年同期平均。2020年5-10月，京津冀、长三角、汾渭平原等地区气象条件较2019年和2017年同期均有利于臭氧浓度的改善；仅在华南和西北地区东部的部分地区气象条件较2019年同期不利于臭氧浓度的降低。

附表 2.2 2020 年 5-10 月全国和重点区域臭氧污染气象条件分析表

区域	降水日数 (>0mm)				日最高气温平均值				日辐射量(总曝辐量)			
	2020 年 (天)	与 2019 年 相比 (天)	与 2017 年 相比 (天)	与 5 年平均 相比 (天)	2020 年平 均(°C)	与 2019 年 相比(°C)	与 2017 年 相比(°C)	与 5 年平均 相比(°C)	2020 年平 均(MJ/m ²)	与 2019 年 相比(%)	与 2017 年 相比 (%)	与 5 年平均 相比 (%)
全国	72.5	6.1	2.0	2.5	26.7	-0.5	-0.4	-0.3	17.3	-3.9	-2.0	-1.8
京津冀	50.1	8.7	2.8	-1.9	27.5	-1.1	-0.5	-0.4	17.6	-12.4	-0.9	-2.9
京津冀及周边	51.6	9.1	0.6	-1.2	28.0	-1.1	-0.4	-0.4	17.6	-9.1	-2.5	-2.1
长三角	75.7	20.7	2.8	7.0	28.6	-0.3	-0.3	0.0	15.0	-9.6	-2.3	-1.9
汾渭平原	62.8	5.3	3.5	3.3	26.8	-0.8	-0.9	-0.8	13.3	-3.5	-0.2	-11.5
珠三角	84.8	-9.3	-9.7	-3.4	32.1	0.2	0.2	0.3	15.1	-3.0	-5.2	-0.4
东北	69.4	0.5	9.8	2.9	23.0	-0.6	-0.4	-0.3	15.0	-8.6	-10.9	-9.5
华中	85.3	19.7	10.1	11.4	29.1	-1.1	-0.4	-0.6	14.2	-10.6	3.3	-0.7
西南	99.4	2.6	-0.5	5.8	26.6	-0.3	-0.2	-0.2	15.1	-6.2	-1.5	-4.0
西北	56.1	-2.0	1.2	-2.7	24.9	-0.2	-0.6	-0.5	19.5	-1.1	-3.4	-0.6

注：正值表示增加；负值表示减少。

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）

全国总曝辐量观测站为 99 个。

2.4 沙尘天气气象条件

2020年春季(3-5月,下同)我国主要沙源地受春季冷空气大风偏弱、前期降水偏多影响,沙尘天气气象条件总体有利于沙尘天气减少。

2.4.1 春季大风日数

2020年春季500hPa位势平均高度场显示:极涡呈单极型(绕极型),因此引发我国沙尘天气的冷空气大风的次数较少、强度较弱。距平场显示,虽然极涡中心强度略偏强,但是亚洲北部位于脊区且位势高度较气候值偏高,这导致春季影响我国的冷空气大风较常年明显偏弱,故沙尘天气也比气候值偏弱。

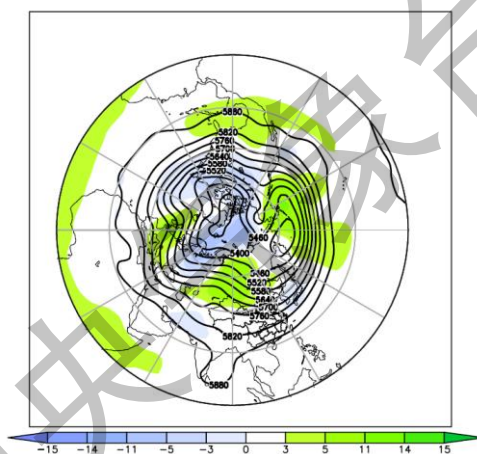


图 2.29 2020年春季(3-5月)500hPa位势高度场(实线)及距平(填色)(单位:gpm)

2020年春季我国北方大部分地区大风日数(小时风速大于8.0米/秒)较2019年减少,我国沙源地的主要所在地新疆、青海、内蒙古、甘肃和宁夏五省平均大风日数较2019年减少0.97天。新疆南疆盆地大部、内蒙古、甘肃北部等地大风日数较2019年减少2至5天。华北南部、黄淮等主要受沙尘粒子传输影响的下游地区春季大风日数较2019年偏多,有利于沙尘粒子的传输和扩散,导致2020年华北南部、黄淮等地沙尘天气日数偏多。

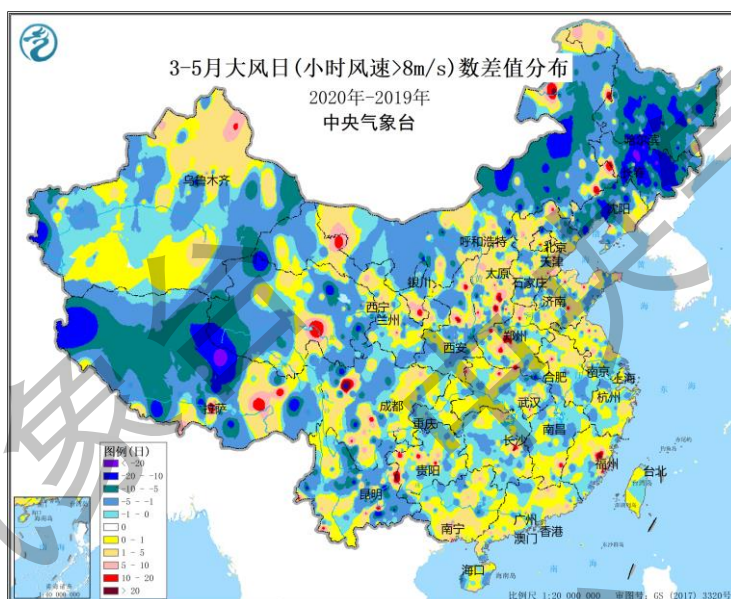


图 2.30 2020 年与 2019 年全国春季大风日数差值分布

2.4.2 降水量

2019 年秋季 (9-11 月), 新疆南疆盆地西部、青海西北部、甘肃、内蒙古中西部等地的大部分地区降水量较上一年明显偏多, 部分地区偏多 2 倍以上, 有利于植被生长, 植被根系和土壤水分的存储保留对 2020 年春季沙尘粒子的起沙过程有一定抑制作用。2020 年初 (1-3 月) 新疆东部、内蒙古西部、甘肃东部、宁夏等地降水量较上一年明显偏多, 有利于浅层土壤含水量增加和植被返青, 对起沙过程起到了抑制作用。降水量偏多引起的土壤湿度和植被变化是 2020 年沙尘天气较 2019 年偏少偏弱的主要原因之一。

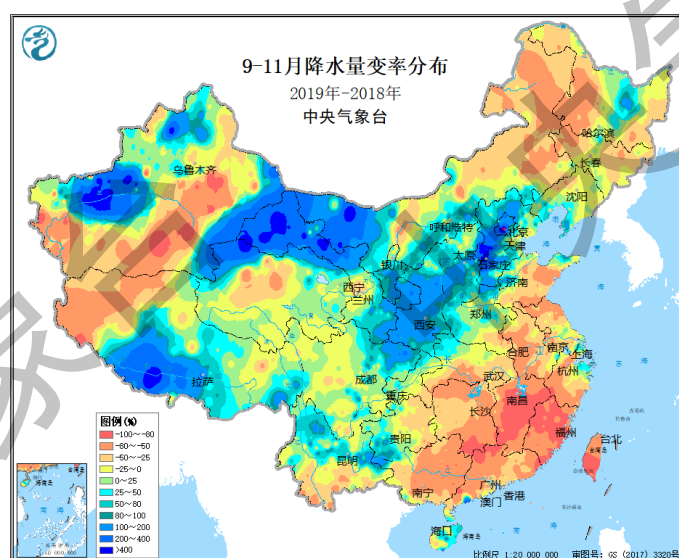


图 2.31 2019 年 9-11 月降水量较 2018 年同期变化

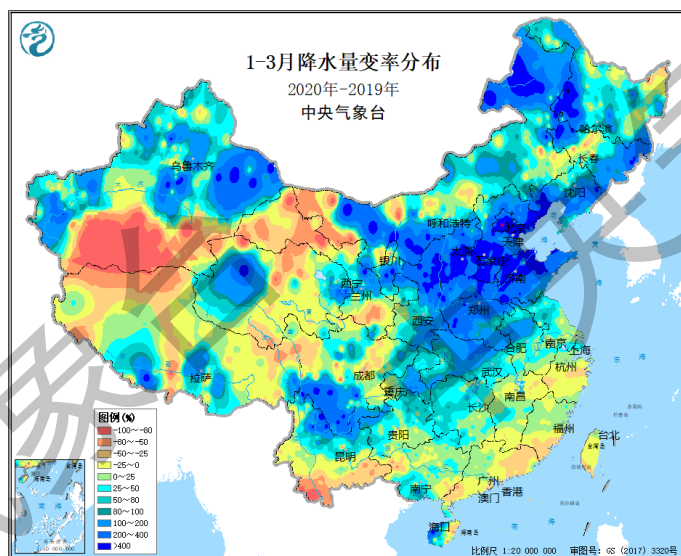


图 2.32 2020 年 1-3 月降水量较 2019 年同期变化

2.4.3 沙尘天气气象条件小结

2020年春季我国北方地区的气象条件总体较2019年有利于沙尘天气减少。2020年春季影响我国沙源地的冷空气较常年偏弱，大风日数较2019年偏少，起沙动力条件不足；2019年秋季和2020年初降水量较前一年同期明显偏多，地表条件较好。2020年气象条件整体有利于沙尘天气减少。

第三部分 结论

2020年全国大气环境持续改善。全国平均霾日数为24.2天，较2019年和近5年平均分别减少1.5天和8.1天。京津冀地区霾日数为38.5天，较2019年和近5年平均分别减少6.7天和17.8天。中国环境监测总站数据显示，2020年PM_{2.5}和臭氧平均浓度分别较2019年下降8.3%和6.8%。卫星监测数据显示2020年二氧化氮对流层总量和臭氧对流层总量较2019年下降。

2020年，受有效降水偏多影响，全国平均气象条件可使PM_{2.5}浓度较2019年和近5年平均分别下降5.5%和5.0%。但是冬季受冷空气偏弱、小风日数偏多、相对湿度偏高等影响，气象条件不利于PM_{2.5}浓度下降。2020年5-10月我国中东部大部分地区受降水偏多、辐射偏弱、日最高气温偏低影响，气象条件较2019年和近5年同期平均有利于臭氧浓度下降。仅华南和西北地区东部的部分地区气象条件较2019年同期不利于臭氧浓度改善。2020年春季我国主要沙源地受冷空气大风较弱、前期降水偏多影响，气象条件较2019年有利于沙尘天气减少。

2017年以来，全国平均霾日数减少3.3天，PM_{2.5}浓度下降17.5%，其中京津冀和汾渭平原霾日数分别下降17.9天和30.0天，PM_{2.5}平均浓度分别下降27.9%和22.6%。相比2017年，2020年气象条件可使全国平均PM_{2.5}浓度下降4.4%，京津冀地区PM_{2.5}浓度上升3.9%，汾渭平原PM_{2.5}浓度下降5.1%。

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。