

文章编号: 2096-1618(2025)03-0408-07

四川盆地日最大混合层高度与典型大气污染物的关系

许勇¹, 罗静兰¹, 陈宁¹, 唐东民²

(1. 眉山市气象局, 四川 眉山 620010; 2. 四川省眉山生态环境监测中心站, 四川 眉山 620010)

摘要:为找出四川盆地日最大混合层高度特征及其与典型大气污染物的关系, 基于2016–2022年四川省成都市温江站、达州市达川站和宜宾市宜宾站的气象观测资料, 利用干绝热法计算3个城市的逐日最大混合层高度, 结合同期空气质量数据, 分析日最大混合层高度特征及其与 $PM_{2.5}$ 、 O_3 浓度的关系, 并寻找污染阈值。结果表明: 四川盆地平均日最大混合层高度为1191 m, 月分布呈双峰型, 各市日最大混合层高度出现在2200 m以下的总频率均大于90%; 1–3月、11–12月各市污染日平均日最大混合层高度均低于总平均日最大混合层高度, 4–10月则相反; 日最大混合层高度与 O_3 浓度为较强显著正相关, 与 $PM_{2.5}$ 浓度仅在轻中度污染时才有较好的显著负相关; 97%以上 $PM_{2.5}$ 污染发生日最大混合层高度低于2200 m时, O_3 污染主要发生在日最大混合层高度(m)在(1000, 2400]。

关键词:四川盆地; 日最大混合层高度; 大气污染物; 相关分析

中图分类号: P404

文献标志码: A

doi: 10.16836/j.cnki.jcuit.2025.03.024

0 引言

混合层高度表征污染物在垂直方向上被热力湍流作用稀释的范围, 其变化对大气污染物浓度的调节作用较强, 是空气污染潜势预报中一个重要因子^[1–2]。随着全球气候变暖、大气污染包括颗粒物污染和臭氧(O_3)污染等气候与环境问题的出现, 中国大气污染日趋严重, 需加大对大气边界层及其与大气污染关系的相关研究^[3–6]。目前已有研究主要集中在混合层高度与API、AQI指数的相关性分析上, 也有少数学者开始把混合层高度和颗粒物($PM_{2.5}$ 和 PM_{10})、 O_3 和 NO_2 等污染物浓度结合研究^[7–10]。因区域大气污染物浓度及大气污染天气过程的形成是一个综合效应过程, 大气混合层高度只是其中影响因子之一, 且不同地区混合层高度和污染情况有明显差异, 因此如何加大中国区域等大范围混合层高度的观测估算、加大对特定地区混合层高度与具体污染物浓度等关系的研究依然是当前和未来值得深入研究的重点及难点。

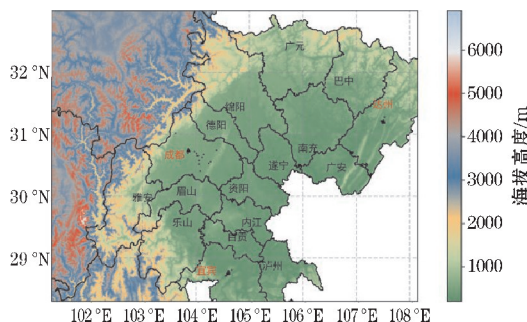
四川盆地位于中国西南地区, 由青藏高原、大巴山、华蓥山、云贵高原环绕而成, 周围海拔多在1000~3000 m, 中间盆地则地势低矮。受地形、气候条件和经济快速发展下的污染物高排放等影响, 盆地近年逐渐形成了秋冬以颗粒物特别是 $PM_{2.5}$ 污染为主, 春夏以 O_3 污染为主的双重污染趋势, 为大气污染防治工作带来巨大挑战。已有关于四川盆地大气污染和混合层高度的研究主要集中在成都, 针对区域混合层高度与不

同典型大气污染物浓度关系及污染阈值细化研究的很少^[11–14]。本文对四川盆地2016–2022年日最大混合层高度特征及其与 $PM_{2.5}$ 、 O_3 两种典型污染物浓度的关系和污染阈值展开分析, 研究结果将为四川盆地开展大气环境容量评估、大气污染过程潜势预报、空气质量预测和认识区域空气污染形成机制提供参考。

1 资料与方法

1.1 研究区域

主要研究四川省位于盆地的具有高空气象观测站的城市, 所用数据资料均经过质量控制。气象数据来自成都市温江站56187、达州市达川站57328和宜宾市宜宾站56492的2016–2022年探空和地面观测资料, 同期空气质量数据为四川省眉山生态环境监测中心站提供, 四川盆地地形及各观测站点分布见图1。四季按照气候统计方法定义: 春季为3–5月、夏季为



▲为高空气象站 ●为环境监测站

图1 四川盆地地形及各观测站点分布图

收稿日期: 2024-04-29

通信作者: 罗静兰. E-mail: 460679292@qq.com

6-8月、秋季为9-11月、冬季为12月到次年2月。根据《环境空气质量标准》(GB3095-2012)和HJ 663-2012《环境空气质量指数(AQI)技术规定(试行)》,采用污染物二级浓度限值,PM_{2.5}的24 h平均浓度>75 μg/m³即达到污染标准,O₃日浓度(O₃日最大8 h滑动平均值)>160 μg/m³即达到污染标准。

1.2 日最大混合层高度计算方法

日最大混合层高度利用Holzworth提出的干绝热法计算^[15-17]。利用同一观测站点08时探空资料与地面日最高气温资料,由午后的干绝热线与当日温度廓线相交,交点所在的高度就是日最大混合层高度。四川盆地平均日最大混合层高度为成都、宜宾和达州三地日最大混合层高度的算术平均值。

2 日最大混合层高度演变规律

2.1 年际变化特征

对2016-2022年成都、宜宾和达州的日最大混合层高度进行相关性分析,结果显示成都与宜宾、达州的日最大混合层高度均显著相关,但相关性一般,相关系数分别为0.553、0.391,说明混合层高度具有典型局地特征,且地域距离更近的城市间相关性更好。成都与宜宾距离更近都以平原为主,达州则以丘陵和山地为主,下垫面的不同也可能加大城市间混合层高度的差异^[13]。图2显示成都、宜宾、达州和四川盆地平均日最大混合层高度年波动特征明显,总体呈先减少后增大的趋势。盆地平均日最大混合层高度为1191 m,2016-2022年各年平均日最大混合层高度依次为1227 m、1184 m、1206 m、1113 m、1189 m、1114 m和1303 m,其中谷值在2019年,峰值在2022年,这可能与2022年气温明显偏高有关。从各市平均日最大混合层高度年分布看,整体上成都最低,为1152 m,宜宾和达州均为1210 m。成都在大多数年份如2016、2017、2019和2022年平均日最大混合层高度都为盆地最低,而盆地平均日最大混合层高度最高值2016、2018、2019、2022年在达州,2017、2020年和2021年在宜宾。

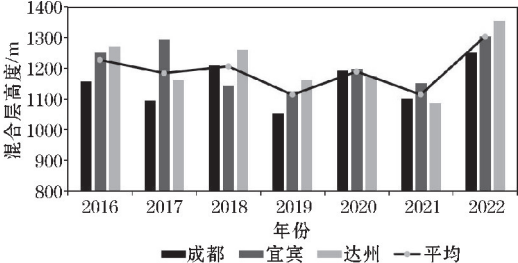


图2 四川盆地及各市平均日最大混合层高度年分布

2.2 年内变化特征

混合层高度的季节变化主要跟大气的湍流强弱有关,春夏秋冬各不相同。四川盆地平均日最大混合层高度四季分布总体表现为春季(1435 m)>夏季(1340 m)>冬季(1192 m)>秋季(1032 m)。从图3(a)看,2016-2022年日平均最大混合层高度春季为宜宾(1495 m)>成都(1419 m)>达州(1390 m);夏季为达州(1545 m)>宜宾(1290 m)>成都(1183 m);秋季为宜宾(987 m)>达州(957 m)>成都(939 m);冬季为成都(1075 m)>宜宾(1072 m)>达州(947 m)。春季各市平均日最大混合层高度都较高,均在1400 m左右;夏季各市日最大混合层高度差别较大,最高的达州可达1545 m,最低的成都仅1183 m;秋季各市日平均最大混合层高度均低于1000 m;冬季除达州最低小于1000 m外,成都和宜宾均高于1000 m。秋季最低,可能是因为干绝热法是利用探空资料和日最高气温计算,秋季由于受华西秋雨的影响,天空云量多,往往日最高气温并不高,导致计算结果较低。冬季由于冷空气影响频繁,冷空气影响期间风速较大,大气湍流强,导致日最大混合层高度就相对较高。

从图3(b)看,四川盆地平均日最大混合层高度总体表现为双峰型,从1月开始随着气温的逐渐升高日最大混合层高度逐渐升高,宜宾在3月达到第一次峰值1523 m,成都和达州在4月达到第一次峰值,随后逐渐减小,各市均在8月再度小幅上升达到第二次峰值,9月开始随着气温的逐渐下降日最大混合层高度降低,10月都在1000 m以下,11月或12月降到全年的谷值。从两次峰值的大小看,成都和宜宾都是第一次峰值>第二次峰值,但达州却相反,达州全年的日最大混合层高度峰值1837 m出现在8月,远大于4月份的第一次峰值1433 m。

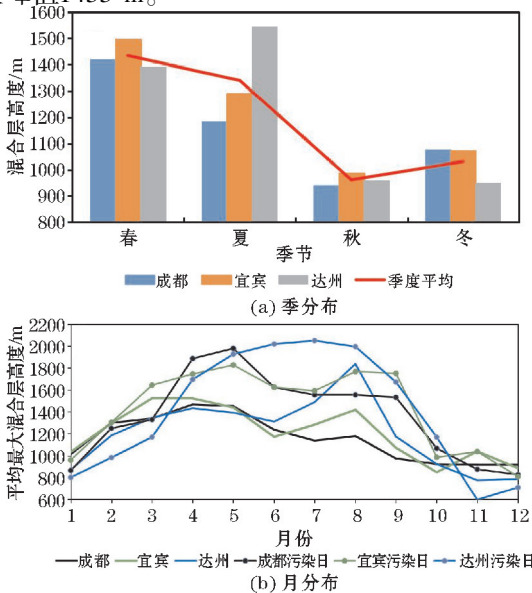


图3 2016-2022年各市日最大混合层高度季和月分布

2.3 频率分布特征

从 0 ~ 3000 m 以 200 m 为间隔,统计 3 个城市 2016–2022 年不同高度下日最大混合层高度(单位:m,下同)的出现频率(图 4)。总体看,随高度的逐渐增加日最大混合层高度的出现频率呈单峰型分布,先逐渐增加后逐渐减小。各市在 (200,2200] 的不同高度下出现频率均大于 4%,且 (200,2200] 成都、宜宾和达州出现的总频率分别为 94.3%、94.0% 和 91.2%,说明四川盆地日最大混合层高度多在 2200 m 以下。从各市日最大混合层高度出现频率高于 8% 的高度看,成都、宜宾集中在 (400,1800],达州集中在 (200,1800]。成都和宜宾均是从 (200,400] 的 6.8% 开始逐渐增多,分别在 (1000,1200] 和 (1200,1400] 时达到最大出现频率 12.7%,随后均逐渐减小。达州在 (200,400] 下的出现频率较高,达 8.4%,并且快速在 (400,600] 达到最大出现频率 11.9%,然后呈逐渐减小的趋势,说明达州更易出现较低的日最大混合层高度。

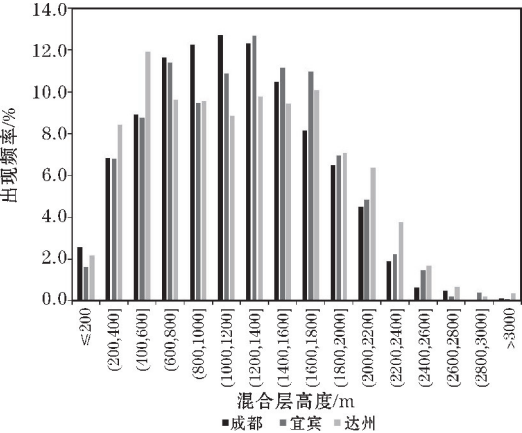


图 4 2016–2022 年各市日最大混合层高度频率分布

3 日最大混合层高度与典型大气污染物关系研究

3.1 总日数与污染日平均日最大混合层高度对比

四川盆地颗粒物污染主要发生在秋冬季,O₃ 污染

主要发生春夏季和初秋。从图 3(b)可看出,除 3 月的宜宾外,1–3 月和 11–12 月各市均是污染日平均日最大混合层高度<总平均日最大混合层高度,4–10 月均是污染日平均日最大混合层高度>总平均日最大混合层高度。这说明 11 月到次年 3 月颗粒物污染天气的发生往往伴随较低的混合层高度,4–10 月 O₃ 污染天气发生时却伴随着更高的混合层高度。主要原因:一是日照充足时地面更易升温,大气湍流加强,混合层高度抬升,这有利于高层高浓度 O₃ 向近地面输送和混合^[15];二是两大类污染物生成的原理不同,近地层臭氧主要是 NO_x 和 VOCs 等前体物通过一系列的光化学反应所产生的二次污染物,高温低湿的气象条件有利于 O₃ 生成,而颗粒物则属于多源性污染物,既包括一次排放又有二次生成,生成原因更复杂^[2,18]。

3.2 日最大混合层高度与 PM_{2.5}、O₃ 浓度的相关性

表 1 为 2016–2022 年四川盆地 3 个城市在不同空气质量等级、不同季节下日最大混合层高度与典型大气污染物的 pearson 相关系数,可看出所有情况下日最大混合层高度与 O₃ 都表现出一致的较强显著正相关。当空气质量等级分别为优、良和轻度污染时,总体上空气质量越差,日最大混合层高度与 O₃ 浓度相关系数更大,但达到污染后,并不是污染越重日最大混合层高度与 O₃ 浓度相关系数总是越大。就同一城市不同污染等级而言,成都在中度污染时日最大混合层高度与 O₃ 浓度显著相关性最强,相关系数达 0.827;宜宾在重度污染时日最大混合层高度与 O₃ 浓度显著相关性最好,相关系数达 0.687;达州在空气质量为良时日最大混合层高度与 O₃ 浓度显著相关性最好,相关系数为 0.713,轻度污染时次之,相关系数为 0.704。

在不同空气质量等级和季节下,日最大混合层高度与 PM_{2.5} 浓度相关性差异较大。大部分情况下,日最大混合层高度与 PM_{2.5} 浓度关系极弱或基本不相关。当首要污染物为 PM_{2.5} 时,仅当空气质量为轻度和中度污染时,日最大混合层高度与 PM_{2.5} 浓度关系才表现出较好的显著负相关。

表 1 不同污染情况或季节下日最大混合层高度与 O₃、PM_{2.5} 浓度相关系数

空气质量等级 或季节	与 O ₃ 浓度相关性			与 PM _{2.5} 浓度相关性		
	成都	宜宾	达州	成都	宜宾	达州
优	0.405 **	0.467 **	0.652 **	0.077	0.052	0.109 **
良	0.504 **	0.609 **	0.713 **	-0.108 **	-0.275 **	-0.293 **
轻度污染	0.692 **	0.671 **	0.704 **	-0.503 **	-0.385 **	-0.482 **
中度污染	0.827 **	0.653 **	0.547 **	-0.667 **	-0.328 **	-0.285 *
重度污染	0.595 **	0.687 **	0.400 *	-0.345	-0.19	-0.278
春	0.646 **	0.562 **	0.665 **	0.059	0.075	0.079 *
夏	0.697 **	0.676 **	0.657 **	0.165 **	0.132 **	0.228 **
秋	0.574 **	0.660 **	0.686 **	-0.023	0.088 *	0.147 **
冬	0.704 **	0.763 **	0.522 **	-0.209 **	-0.163 **	-0.205 **

注:* 在 0.05 水平(双侧)上显著相关,** 在 0.01 水平(双侧)上显著相关

3.3 不同混合层高度下PM_{2.5}和O₃浓度变化

从图5(a)知,随着日最大混合层高度的逐渐升高,各市PM_{2.5}浓度呈逐渐下降的趋势,在(0,400]各地PM_{2.5}浓度较高,都在54 μg/m³以上,随后快速下降。整体看,在同一混合层高度下达州的PM_{2.5}浓度总是较低,当日最大混合层高度在(400,1600]时,达州PM_{2.5}浓度介于40~47 μg/m³,当日最大混合层高度>1600 m后,PM_{2.5}浓度快速下降并一直维持在37 μg/m³以下。成都当日最大混合层高度在(400,2800]时,PM_{2.5}浓度在50 μg/m³以下小幅波动,在(2800,3000]时,PM_{2.5}

浓度快速上升到峰值65 μg/m³,随后快速下降到谷值24 μg/m³。而宜宾是当日最大混合层高度在(2800,3000]时,PM_{2.5}浓度降到谷值25 μg/m³,在3000 m以上快速达到峰值70 μg/m³。

图5(b)显示,随着最大混合层高度的升高,各市O₃浓度呈逐渐上升的趋势,整体上看在同一混合层高度下,达州的O₃浓度较低。各市在(0,600]混合层高度下O₃浓度较低,均在50 μg/m³以下,随后逐渐上升,当日最大混合层高度>1400 m后,成都和宜宾的O₃浓度超过并稳定在100 μg/m³以上,分别在>3000 m和(2800,3000]时达到峰值146 μg/m³、147 μg/m³;达州则在混合层高度>1800 m后,O₃浓度超过并稳定在100 μg/m³以上,并在混合层高度在(2800,3000]时达到峰值124 μg/m³。

4 混合层高度污染阈值探索

4.1 PM_{2.5}和O₃各月混合层高度污染阈值

从图6(a~c)看,盆地各市PM_{2.5}污染主要发生在1~4月、10~12月,且97%以上PM_{2.5}污染发生在日最大混合层高度低于2200 m时,PM_{2.5}中度和重度污染主要出现在1~2月和12月,同一个月份往往平均日最大混合层高度更低时,造成的污染越重。从图6(d~f)知,成都和宜宾O₃污染主要出现在3~10月,成都在5~8月均出现中度污染,并且7~8月各出现一次重度污染,宜宾在5~6月出现中度污染,而达州O₃污染出现在3~9月,且均为轻度污染。总体看,成都和宜宾92%、达州80%以上O₃污染发生在日最大混合层高度在(1000,2400]时。

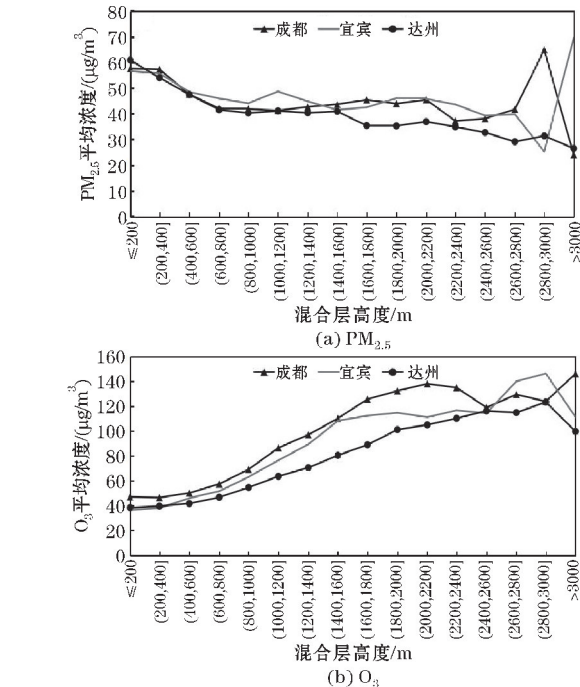


图5 不同日最大混合层高度下各市PM_{2.5}、O₃平均浓度

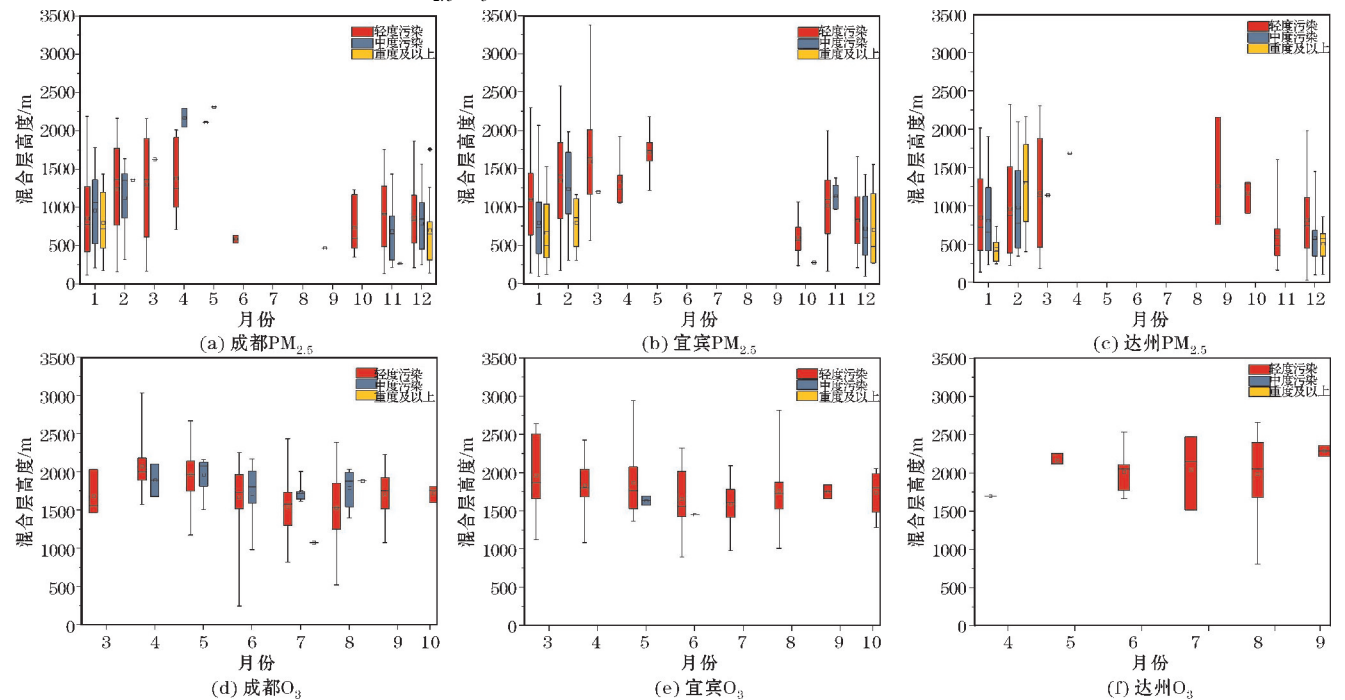


图6 2016~2022年成都、宜宾、达州PM_{2.5}和O₃污染在不同混合层高度下月分布

4.2 $\text{PM}_{2.5}$ 和 O_3 不同污染等级混合层高度污染阈值

图7为四川盆地各市在不同日最大混合层高度下各类污染发生日数和概率,主要针对 $\text{PM}_{2.5}$ 和 O_3 进行分析。总污染日数成都>宜宾>达州,特别是 O_3 污染日数成都最多(250 d),宜宾次之(127 d),达州最少仅30 d。

图7(a、c)中成都、宜宾日最大混合层高度分别在(0,400]、(0,800]时未出现 O_3 污染,分别在>2400 m、(2600,3000]时未出现 $\text{PM}_{2.5}$ 污染。成都日最大混合层高度在(400,2400]时各种污染均会出现,此时 $\text{PM}_{2.5}$ 污染日数随着混合层高度的增加逐渐减少,臭氧污染日数先随混合层高度的增加逐渐增多,在(1600,1800]污染日数最多达53 d,随后快速减少。宜宾日最大混合层高度在(800,2600]时各种污染均会出现,但此时 $\text{PM}_{2.5}$ 和 O_3 污染日数均随着混合层高度的增加呈先增加后逐渐减少的趋势, $\text{PM}_{2.5}$ 污染日数在(1200,1400]达到最多的55 d, O_3 污染日数在(1600,1800]达最多的37 d。图7(b)中当成都日最大混合层高度在(1600,1800]、(1800,2000]、(2000,2200]时空气污染发生概率最大,分别为36%、40%和42%, $\text{PM}_{2.5}$ 轻、中、重度污染分别主要发生在日最大混合层高度在(0,2200]、(200,2400]和(0,1800]日最大混合层高度上, O_3 轻、中、重度污染

分别主要发生在日最大混合层高度>400 m、(1400,2200]、(1000,1200]和(1800,2000]时。图7(d)中当宜宾日最大混合层高度在(2800,3000]、>3000 m时空气污染发生概率最大,分别为40%和50%, $\text{PM}_{2.5}$ 轻度污染除日最大混合层高度在(2600,3000]外的其他高度都可能发生,中、重度污染分别当日最大混合层高度在(0,2200]和(0,1600]时发生, O_3 轻、中度污染分别主要当日最大混合层高度在(800,3000]、(1400,1800]时发生,未出现 O_3 重度污染。图7(e)中达州主要以 $\text{PM}_{2.5}$ 污染为主,且仅当日最大混合层高度在(0,600]时空气质量优良率才低于80%。当日最大混合层高度<1400 m时仅出现了1天 O_3 污染,>2400 m时未出现 $\text{PM}_{2.5}$ 污染。日最大混合层高度在(1400,2400]时各种污染均会出现,此时 $\text{PM}_{2.5}$ 和 O_3 污染日数均随着日最大混合层高度的变化趋势与成都类似, O_3 污染日数在(2000,2200]时达最多为7d。图(7f)中当达州日最大混合层高度在(0,200]时空气污染发生概率最大,为39%。 $\text{PM}_{2.5}$ 轻、中、重度污染分别在日最大混合层高度在(0,2400]、(0,2200]和(0,1200]时发生, O_3 轻度污染主要发生在日最大混合层高度在(1400,2800]时,未出现 O_3 中度和重度污染。

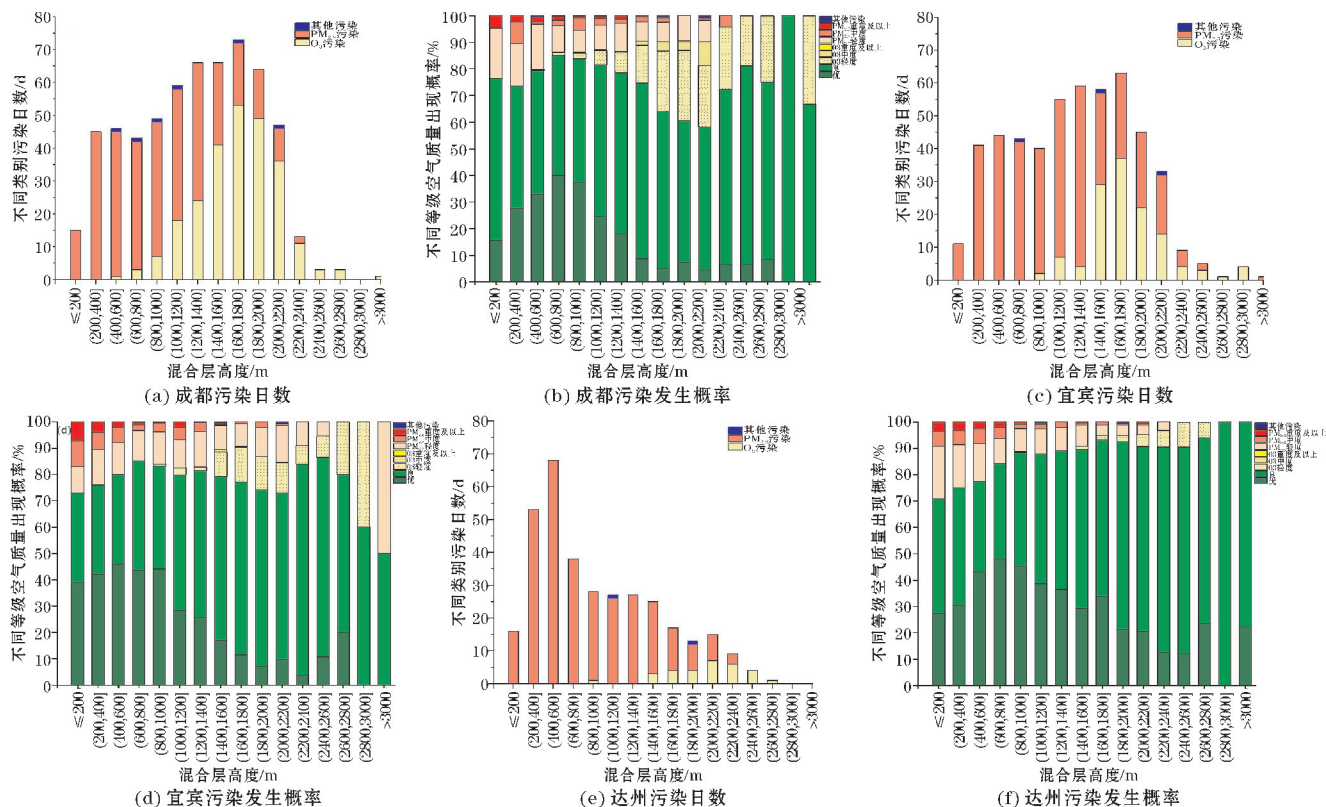


图7 2016–2022年成都、宜宾、达州不同混合层高度下污染日数与污染发生概率

综上,整体看四川盆地 $\text{PM}_{2.5}$ 污染日数随着日最大混合层高度的增加而减少, O_3 污染日数随着日最大混合层高度的增加而增多。同一污染物,同一城市往往污染更重时对应的日最大混合层高度范围更集中;同一污染物,当污染等级不同时,不同城市对应的日最大混合层高度阈值不同,这可能与当地的气象条件和污染物排不同有关。

5 结论

(1) 2016–2022 年四川盆地平均日最大混合层高度为 1191 m, 年波动特征明显, 总体呈先减后增的趋势, 谷值出现在 2019 年, 峰值出现在 2022 年。平均日最大混合层高度成都最低 (1152 m), 成都与宜宾、达州的日最大混合层高度相关系数分别为 0.553、0.391。

(2) 四川盆地日最大混合层高度春季 (1435 m) > 夏季 (1340 m) > 冬季 (1192 m) > 秋季 (1032 m), 月分布呈双峰型, 峰值分别出现在 3–4 月和 8 月, 谷值在 11–12 月。总体上日最大混合层高度随着高度的增加, 出现频率呈单峰型分布, 成都、宜宾和达州在 (200, 2200] 出现的总频率分别为 94.3%、94.0% 和 91.2%。

(3) 总体看 1–3 月、11–12 月四川盆地污染日平均最大混合层高度 < 总平均日最大混合层高度, 4–10 月污染日最大混合层高度 > 总平均日最大混合层高度。日最大混合层高度与 O_3 浓度表现为较强显著正相关, 当空气质量等级为优、良和轻度污染时, 空气质量越差, 二者相关系数越大; 日最大混合层高度与 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度仅当空气质量等级为轻度、中度污染时才表现出较好的显著负相关。

(4) 总污染日数成都 > 宜宾 > 达州, 达州以 $\text{PM}_{2.5}$ 污染为主。不同污染物对应的混合层高度污染阈值不同, 各市 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度随日最大混合层高度的升高呈逐渐下降的趋势, 在 (0, 400] 时 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度较高; O_3 浓度随着混合层高度的升高呈逐渐上升的趋势, 在 (0, 600] 时 O_3 浓度较低。 $\text{PM}_{2.5}$ 污染主要发生在 1–4 月、10–12 月, 且 97% 以上 $\text{PM}_{2.5}$ 污染发生在日最大混合层高度 < 2200 m 以下; 成都和宜宾 O_3 污染主要出现在 3–10 月, 达州 O_3 污染出现在 3–9 月, 成都和宜宾 92%、达州 80% 以上 O_3 污染发生在日最大混合层高度在 (1000, 2400] 时。

(5) 各市同一污染物当污染等级不同时对应的日最大混合层高度阈值不同, 这可能与当地气象条件、区域地理环境和污染物排放量等不同有关, 后期可进一步加强相关研究。

致谢: 感谢眉山市指导性科技计划资助项目 (2024KJZD086); 眉山市科技计划资助项目 (2021YS01) 对本文的资助

参考文献:

- [1] 俞科爱, 陈磊, 张晶晶, 等. 浙江省大气混合层高度变化特征分析[J]. 气象科技, 2017, 45(4): 735–744.
- [2] 廖志恒, 许欣祺, 谢洁岚, 等. 珠三角地区日最大混合层高度及其对区域空气质量的影响[J]. 气象与环境学报, 2019, 35(5): 85–92.
- [3] 蔡子颖, 张敏, 韩素芹, 等. 天津重污染天气混合层厚度阈值及应用研究[J]. 气象, 2018, 44(7): 911–920.
- [5] 梁智豪, 王东海, 梁钊明. 探空观测的边界层高度时空变化特征. 应用气象学报, 2020, 31(4): 447–459.
- [6] 俞科爱, 陈磊, 张晶晶, 等. 浙江省大气混合层高度变化特征分析[J]. 气象科技, 2017, 45(4): 735–744.
- [7] 陈磊, 俞科爱, 林宏伟, 等. 宁波市大气混合层厚度变化特征及其与空气污染的关系[J]. 气象与环境学报, 2017, 33(4): 40–47.
- [8] 张红, 黄勇, 王儒威, 等. 铜陵市空气污染物浓度与大气混合层高度的关系[J]. 环境科学与技术, 2018, 41(2): 63–70.
- [9] 叶堤, 王飞, 陈德蓉. 重庆市多年大气混合层厚度变化特征及其对空气质量的影响分析[J]. 气象与环境学报, 2008, 24(4): 41–44.
- [10] 徐栋夫, 温李明, 曹萍萍. 2015—2019 年成都夏季地面臭氧浓度与气象要素关系及臭氧污染天气分型[J]. 气象与环境科学, 2023, 46(5): 25–32.
- [11] 周颖, 向卫国. 四川盆地大气混合层高度特征及其与 AQI 的相关性分析[J]. 成都信息工程学院学报, 2018, 35(5): 562–571.
- [12] 叶如辉, 肖天贵, 谢志轩, 等. 新都区冬季空气污染扩散与气象要素相关性研究[J]. 高原山地气象研究, 2022, 42(2): 104–112.
- [13] 成翔, 耿蔚, 赵晓莉, 等. 基于格点资料的四川大气混合层高度特征及其与空气质量的关系[J]. 高原山地气象研究, 2021, 41(1): 68–72.
- [14] 罗静兰, 唐东民, 胡超, 等. 眉山市一次秋季持续大气污染过程气象条件分析[J]. 四川环境, 2022, 41(6): 116–122.
- [15] 程水源, 席德立. 关于确定大气混合层高度的几种方法[J]. 环境科学进展, 1997, 5(4): 63–67.

[16]

廖国莲. 大气混合层厚度的计算方法及影响因素[J]. 中山大学研究生学刊(自然科学、医学版), 2005, 26(4):66-73.

[17]

周燕秋, 倪长健, 刘培川. 成都市混合层厚度的计算及方法对比[J]. 成都信息工程学院学报, 2015, 30(1):102-105.

[18]

潘巧英, 李婷苑, 陈靖扬, 等. 广州地区臭氧污染天气条件垂直结构特征分析[J]. 气象与环境科学, 2023, 46(2):92-100.

The Relationship between Daily Maximum Mixed Layer Height and Typical Atmospheric Pollutants in Sichuan Basin

XU Yong¹, LUO Jinglan¹, CHEN Ning¹, TANG Dongmin²

(1. Meishan Meteorological Bureau, Meishan 620010, China; 2. Meishan Eco-environ Mental Monitoring Central Station of Sichuan Province, Meishan 620010, China)

Abstract: To find out the characteristics of daily maximum mixed layer height and its relationship with typical air pollutants in the Sichuan Basin, based on the meteorological observation data of Wenjiang Station in Chengdu City, Dachuan Station in Dazhou City and Yibin Station in Yibin City in Sichuan Province from 2016 to 2022, the daily maximum mixed layer height of three cities was calculated using the dry adiabatic method. Combined with air quality data from the same period, the daily maximum mixed layer height characteristics and their relationship with PM_{2.5} and O₃ concentrations were analyzed, and pollution thresholds were found. The results show that the average daily maximum mixed layer height in Sichuan Basin is 1191 m, the monthly distribution is bimodal, and the total frequency of the daily maximum mixed layer height below 2200 m in each city is greater than 90%. The average daily maximum mixed layer height of pollution in each city from January to March and November to December is lower than the total average daily maximum mixed layer height, while the opposite is true from April to October. The maximum daily mixed layer height has a strong and significant positive correlation with O₃ concentration, and a good and significant negative correlation with PM_{2.5} concentration only when the pollution is light and moderate. More than 97% of PM_{2.5} pollution occurs when the maximum daily mixed layer height is lower than 2200 m, and O₃ pollution mainly occurs when the maximum daily mixed layer height is (1000,2400].

Keywords: Sichuan; daily maximum mixed layer height; atmospheric pollutants; relationship analysis