

文章编号: 2096-1618(2018)02-0220-07

四川盆地逆温层特征对空气污染的影响

李培荣, 向卫国

(成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都 610225)

摘要:利用2015年1月–2017年4月的成都、宜宾、达州、重庆的气象探空资料和空气质量指数,分析了四川盆地空中逆温层特征,包括逆温频率、逆温底高、逆温厚度、逆温强度及逆温层数。通过比较它们与空气质量指数月、季节相互变化的关系来探究逆温层特征与空气污染之间的联系。结果表明:当贴地层出现逆温时,污染会更严重;贴地逆温层底高时,对应着近地逆温层底低,空气污染程度较轻;贴地逆温层底低时,对应着近地逆温层底高,空气污染程度较重;逆温厚度很大时,空气污染更严重;贴地逆温强度变强时,空气污染加重;出现的逆温层数越多,污染一般会越严重。

关键词:大气物理学;气象与污染;垂直扩散;逆温;空气污染

中图分类号:P423.6

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2018.02.018

0 引言

随着经济的快速发展,各种工业、运输业和日常生活中所产生的有害气体排放量日益增多,造成了空气污染,在不利的天气条件下,更是会出现重污染过程,空气污染已成为大众高度关注的问题^[1-3]。而距地面1~2 km的大气边界层是人类生活和生产活动的主要空间,也是大气污染物分布、扩散和传输的主要场所。当污染源固定时,水平和垂直方向上气象条件的分布就决定了污染物的扩散速度,特别是低层大气的垂直分布,包括逆温层、混合层高度、垂直速度等气象因素,直接影响了污染物的扩散速度^[4-5],而逆温层的变化又是其中重要的因素。因此,分析低层大气的逆温层变化,对揭示空气污染的扩散规律和治理污染都有重要的现实意义。

关于逆温层,李江^[6]指出逆温的类型按高度可以分为“近地面层的逆温”和“自由大气的逆温”两大类;周书华等^[7]的研究表明,成都地区在100 m以下的大气边界层中出现逆温的频率最多,且强度大、厚度大,且这种特征随季节而改变,冬季最强,夏季最弱。由于逆温时的大气状态十分稳定,污染物的垂直扩散受到严重抑制,地面污染加重^[8]。杜荣光等^[9]分析认为污染物浓度与逆温层底高呈负相关,与逆温频率、厚度、强度呈正相关。曹红丽等^[10]分析出污染物浓度呈现出冬半年高夏半年低的变化趋势,逆温层是影响空气质量的主要气象因子之一。夏恒霞^[11]说明了空气污

染程度年内变化趋势主要受贴地逆温强度的影响,其图形与贴地逆温强度相仿,呈“U”字型分布。Largeron. Y^[12]研究表明污染事件主要是由于持续的温度反转即逆温导致的。Wallace. J^[13]认为在较冷的季节,温度反演频繁,结合工业和交通污染物的排放,造成了严重的空气污染。

四川盆地由于其独特的盆地地形,上空易形成逆温,而且盆地人口稠密,经济发达,排放废气也较多,已成为全国四大雾霾严重地区之一,日益严重的空气污染不仅危害着人民的身体健康,还会制约四川的经济发展。所以,通过研究空气垂直方向上的逆温层特征,结合四川盆地本身的自然环境,来探究空气污染的垂直扩散规律,为治理四川盆地空气污染提供合理的科学依据。

1 资料来源及说明

选取四川盆地(103°E~108°E,28°N~32°N)中成都温江站、宜宾、达州、重庆沙坪坝站四地2015年1月1日–2017年4月30日的逐日1天2次8:00和20:00的L波段雷达探空资料,图1是四川盆地地形及4个站点分布的示意图。从国家环保部数据中心获取成都、宜宾、达州、重庆4地2015年1月1日–2017年4月30日逐日的AQI值。AQI是根据环境空气质量标准和各项污染物对人体健康、生态、环境的影响,将常规监测的几种空气污染物浓度简化成为单一的概念性指数值形式,AQI值越大,空气污染越重。为了清楚地分析逆温层特征,将低空逆温层又分为逆温层底低于300 m的贴地逆温和逆温层底低于1500 m,高于300 m的近地逆温。

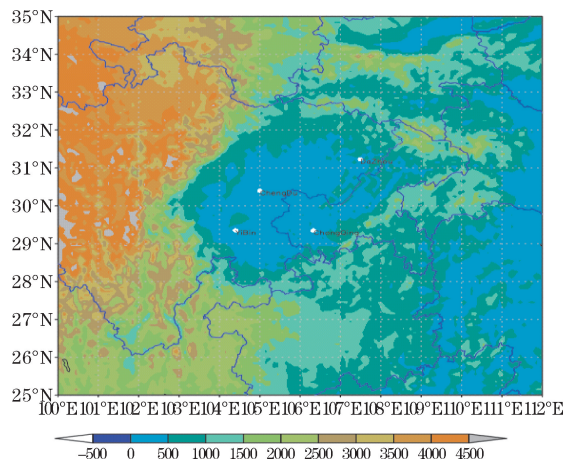


图 1 四川盆地地形及 4 个站点分布

2 逆温层特征分析

2.1 逆温频率

对成都、宜宾、达州、重庆 4 地 2015 年 1 月–2017 年 4 月出现的逆温进行分类统计,分别对 4 地中贴地逆温、近地逆温出现频率做了计算。其中,1 天 2 个时段中只要出现 1 次逆温即记为这天发生逆温。从图 2 可以看出,成都、宜宾、达州、重庆 4 地自 2015 年 1 月–2017 年 4 月上空出现近地逆温的频率维持在 30% ~ 50%,其中成都最低,为 27.04%,重庆出现近地逆温频率最大,达到 47.84%,而且,宜宾、达州、重庆出现 300 m 以下的贴地逆温频率也基本维持在 40% 左右,但对于成都,2 年多时间出现贴地逆温频率非常大,接近 83%。

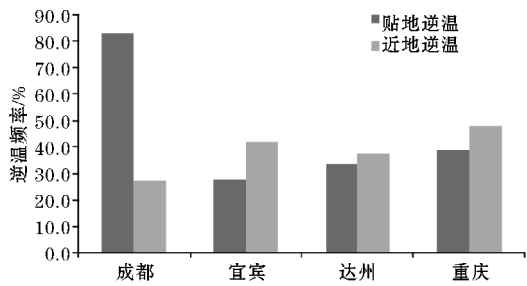
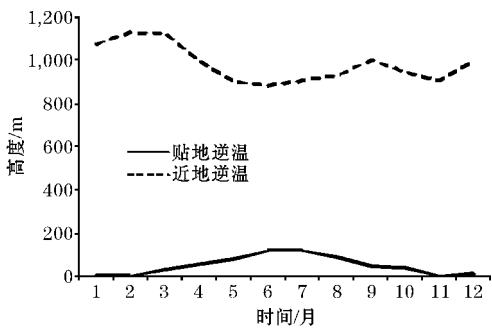


图 2 成都、宜宾、达州、重庆 4 地贴地逆温和近地逆温频率

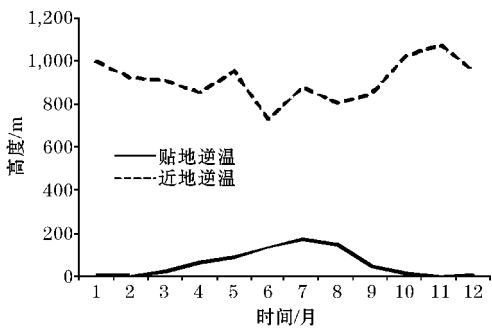
2.2 逆温层底高度

逆温层底高为逆温层底距离地面的高度,逆温层底越低,污染物垂直扩散的空间就越小,污染越严重,由图 3 可以看出,成都、宜宾、达州 3 地的最低贴地逆温层底高为 0 m,出现在 1 月、2 月、11 月、12 月,即从地面就开始存在了逆温层,3 地的最高底高出现在 7 月,约为 200 m。重庆的贴地逆温底高变化相较于前三者变化比较小,最低底高 127 m,最高底高 274 m,一

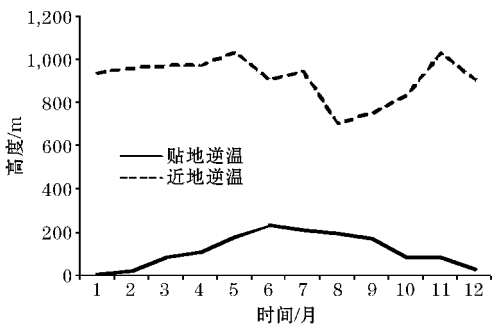
年中一般不会出现很低的逆温层。总体而言,4 地的贴地逆温层底高随月份呈中间高,两侧低的特征,即 4 地都是在夏季贴地逆温层底高最高,在冬季最低,随季节变化特征明显。



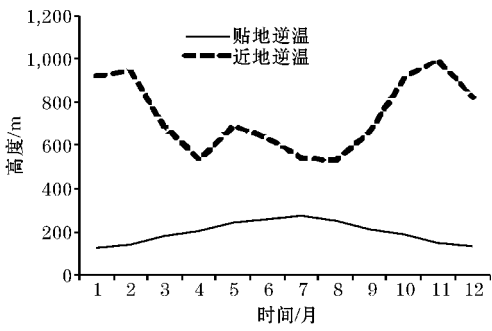
(a) 成都



(b) 宜宾



(c) 达州



(d) 重庆

图 3 4 个城市贴地逆温与近地逆温层底高度的月变化

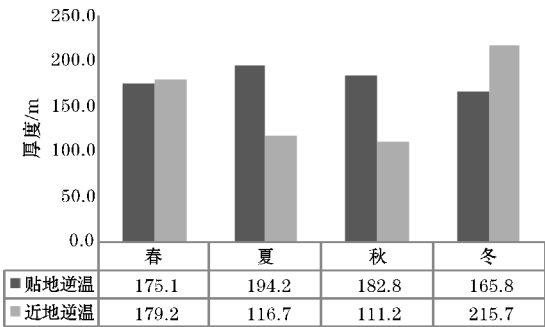
4 地的近地逆温层底高虽然随月份多变化,但总体变现呈“U”型,冬季高,夏季低。根据图 3 每个城市的月季贴地逆温层底高和近地逆温层底高变化曲线可

以看出,随着月份的变化,贴地逆温层底高和近地逆温层底高显现出相反的发展趋势,贴地逆温层底高变高,近地逆温层底高就会降低,贴地逆温层底高变低,近地逆温层底高就会升高。因此可以看出,这4个城市上空小于1500 m的低空逆温都比较强,但成都、宜宾、达州3地的贴地逆温更多,而重庆的逆温层主要集中在300~1500 m的高度,贴地逆温层相比前3个城市少。

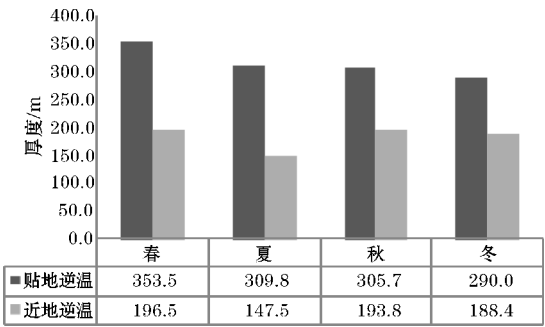
2.3 逆温厚度

逆温厚度是指逆温层顶与逆温层底的高度差。如图4所示,成都2015年1月-2017年4月逆温厚度的变化显示在春冬两季,近地逆温层厚度大,分别达

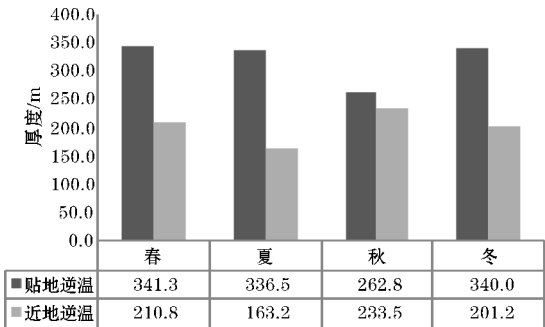
179.2 m和215.7 m,而在夏秋两季,近地逆温层厚度明显减小,大约为110 m,贴地逆温层全年厚度比较大,尤其是夏秋季节,大约有190 m。宜宾四季的贴地逆温层厚度明显大于近地逆温层厚度,贴地逆温层厚度春季最大,为353.5 m,冬季最小,为290 m,呈逐渐下降到趋势,近地逆温夏季厚度最小。达州的逆温层厚度情况与宜宾类似,全年贴地逆温层厚度比近地逆温层厚度大,贴地逆温厚度春、夏、冬季相近,大约为340 m,秋季比较小,而近地逆温厚度夏季最小。重庆的贴地和近地逆温层厚度每个季节都很相似,全年变化都是先减小后增大,夏季最小,贴地逆温层厚度春季最大,为249.2 m,近地逆温层厚度冬季最大338 m。



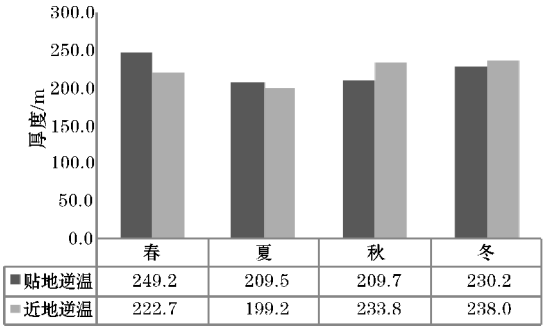
(a) 成都



(b) 宜宾



(c) 达州



(d) 重庆

图4 四个城市贴地逆温与近地逆温厚度的月季变化

2.4 逆温强度

逆温强度^[14]是指逆温层内温度的垂直递增率,即逆温强度=(逆温层温差/逆温层的厚度)/100,指在逆温层内高度每升高100 m时的温度逆增值,是大气层结稳定度的重要指标。

根据图5,4地的贴地逆温强度在全年基本上大于近地逆温强度,4地的近地逆温强度差别不大,每个月强度都小于0.6℃/100 m,说明成都、宜宾、达州、重庆4个城市在距离地面300~1500 m的上空存在的逆温层的强度在一年中是变化较小的。但4地的贴地逆温强度有很大差别,差距很大,成都贴地逆温强度相当大,在逆温最弱的夏季强度也达到1℃/100 m,在冬季

可接近3℃/100 m,在4地中是最强的。宜宾、达州、重庆的贴地逆温强度较小一些,在1℃/100 m以内。而且4地的贴地逆温强度在一年中的变化趋势不大相同,成都、宜宾、重庆的强度变化都呈“U”型分布,而达州则呈波动型,在夏季,贴地逆温强度甚至比较大。

2.5 逆温层数

在距离地面1500 m以下的空间中,4个城市在一年中大部分时间出现逆温层,但在某些时间,在1500 m以下出现2~3个逆温层,逆温层数越多,污染物的垂直扩散就越不容易,从而加重了污染程度。因此统计了4个城市在2015-2017年4月同时出现2个和3个低空逆温层的情况。

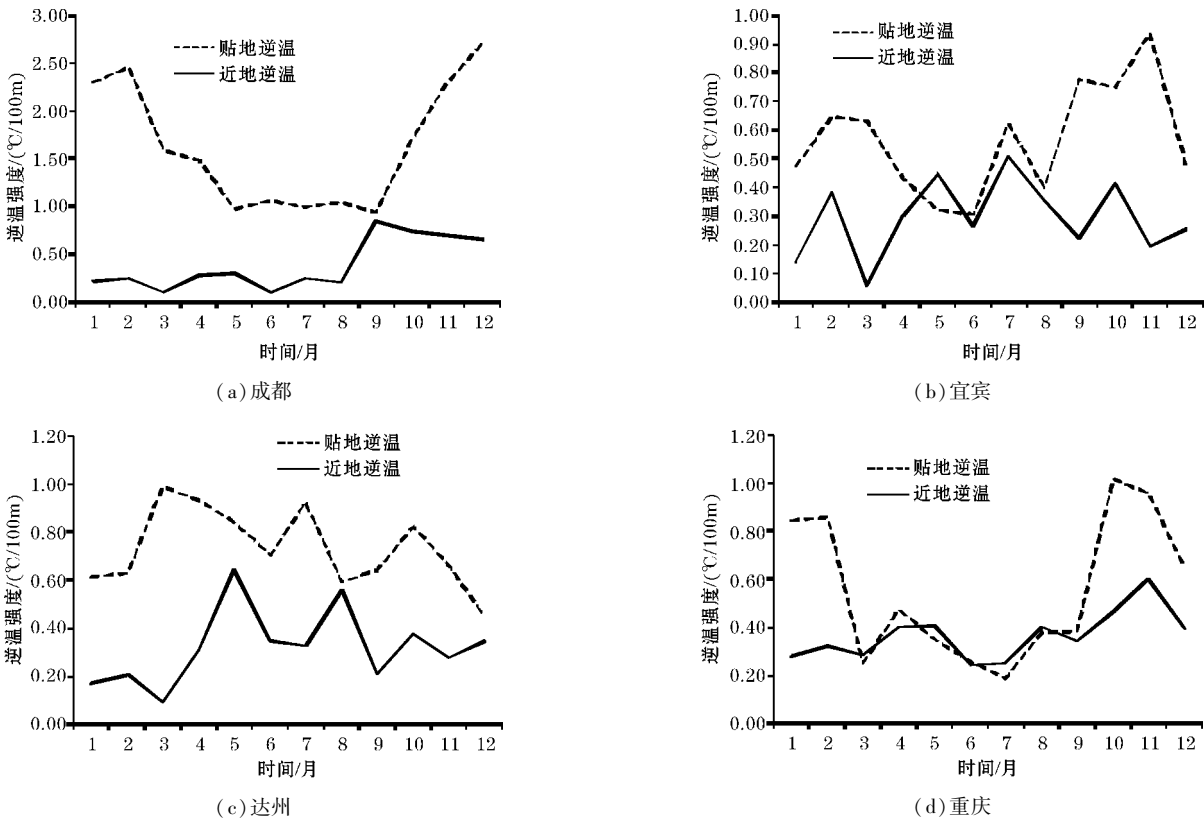


图 5 4 个城市贴地逆温与近地逆温强度的季变化

表 1 4 个城市低空逆温层数的季节变化

地点	逆温层数	春	夏	秋	冬	合计	冬季占比/%
成都	两层	28	44	37	102	211	48.3
	三层	2	3	5	15	25	60.0
宜宾	两层	16	26	23	46	111	41.4
	三层	2	1	2	4	9	44.4
达州	两层	20	17	30	70	137	51.1
	三层	2	1	1	5	9	55.6
重庆	两层	23	31	23	86	163	52.8
	三层	1	2	4	4	11	36.4

从表 1 可以看出,在 2015 年 1 月-2017 年 4 月,成都低空同时出现 2 个和 3 个逆温层的天数最多,重庆次之,宜宾和达州天数相当,出现较少。可以发现,每个城市发生出现多个逆温层的情况主要集中在冬季,即冬季易出现低空逆温层,其他 3 个季节出现比较均匀。

3 逆温层特征与空气污染的关系

3.1 逆温频率与 AQI 的关系

当城市上空存在逆温时,逆温层的存在使空气的

垂直运动十分微弱,大量的污染物不能迅速排到高空与四周^[15],导致污染加重。由于距地面 2 km 左右大气边界层是人类生活和生产活动的主要空间^[16],也是污染物产生的主要空间,如果在低层边界层中出现逆温,则污染程度会严重,而且当持续多日出现逆温时,污染也会加重。在冬季,盆地中出现逆温的频率很大,所以经常会发生空气污染过程,AQI 居高不下,而在夏季,空气质量则较好。

3.2 逆温层底高度与 AQI 的关系

根据图 6 可以看出,成都、宜宾、达州、重庆的月平均 AQI 值随月份先减小后增大,在冬季 12 月、1 月、2

月都是全年最高,都在 100 以上,最高可达 140、150,在春夏季最低,最低低于 80。对比贴地逆温层底高度曲线和近地逆温层底高度曲线,可以看出,4 个城市的月平均 AQI 值的变化趋势与近地逆温层底高度的变

化一致,与贴地逆温层底高度的变化相反,说明逆温层底高度的变化影响着 AQI 的大小,贴地逆温层底高时,对应着近地逆温层底低时污染程度较小,贴地逆温层底低时,对应着近地逆温层底高污染程度较小。

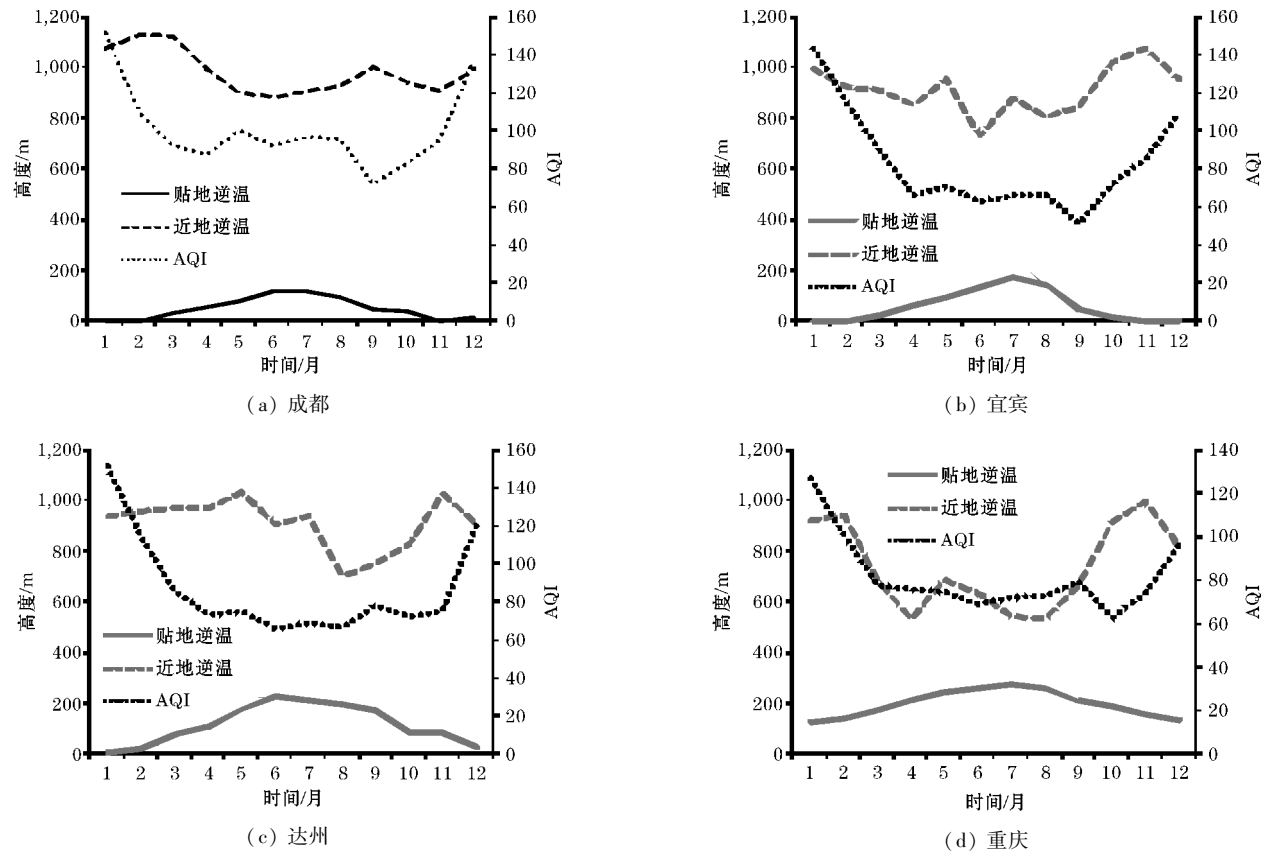


图 6 4 个城市贴地逆温与近地逆温时 AQI 的月季变化

3.3 逆温强度与 AQI 的关系

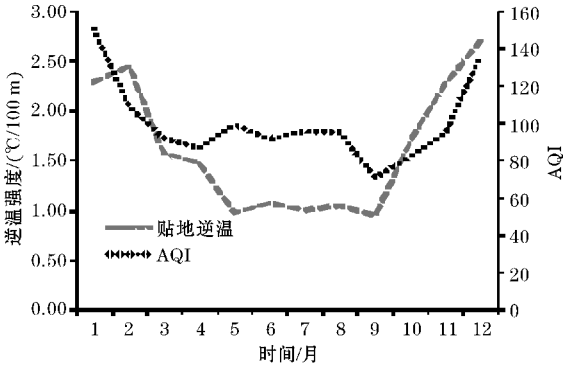
由于 4 个城市的近地逆温变化全年多波动,没有明显的随月份的变化规律,而且逆温强度也很弱,都处于 0.6℃/100 m 以下,远小于贴地逆温强度,所以不做分析,贴地逆温强度与 AQI 值的联系紧密,贴地逆温强度的变化直接影响着 AQI 值的变化。

如图 7 所示,成都、宜宾、重庆的贴地逆温强度变化趋势与 AQI 值变化趋势一致,成都贴地逆温强度 1 月、2 月贴地逆温强度很大,达到 2.30℃/100 m 和 2.46℃/100 m,对应着月平均 AQI 很高,分别是 151.3、109.4,造成了严重污染,在 3–11 月贴地逆温强度下降到 1℃/100 m 左右,虽然也比较大,但相对于 1 月、2 月,下降幅度很明显,而 3–11 月的 AQI 值也都处于 100 以下,但在 12 月,逆温强度剧增,达到了 2.72℃/100 m,同时污染又加重,AQI 达到了 137。宜宾在 1 月、2 月贴地逆温强度增加,最高达到 0.65℃/100 m,然后从 3 月开始贴地逆温强度开始下降直到 8 月,在这期间,月平均 AQI 也在下降,最低为 54,从 9 月开始,逆温强度又变

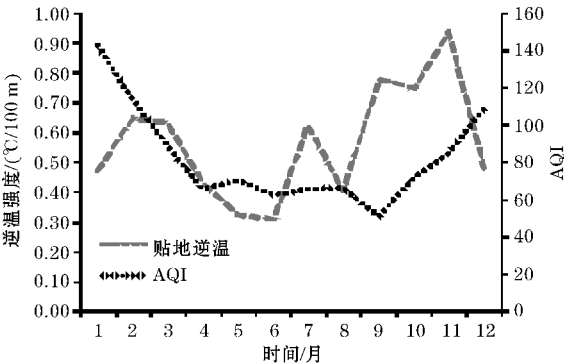
强,随之 AQI 值也在缓慢增加,宜宾市一年中贴地逆温强度的变化是先增加后减小再增加,而月平均 AQI 是先减小再增加,变化趋势除 1 月、2 月外相同。重庆的贴地逆温强度在 1 月、2 月较大,为 0.85℃/100 m,从 2 月开始,到 7 月,期间虽有起伏,但整体为下降趋势,最低为 7 月的 0.19℃/100 m,而 AQI 值一直为下降趋势,从 1 月的 127 下降到 7 月的 70。8–11 月,重庆的贴地逆温强度增加,对应的 AQI 值也变大,唯一不同的是贴地逆温强度在 12 月会下降,但 AQI 值没有随之减小,但总体而言,重庆的贴地逆温强度变化与月平均的 AQI 值变化一致。达州的月平均 AQI 全年呈先减小后增大的变化趋势,在冬季即 12 月、1 月、2 月 AQI 都超过了 100,在 3–11 月 AQI 值很稳定,维持在 60~70 附近,但达州的贴地逆温强度全年变化一直在起伏不定,没有与 AQI 值相同的变化趋势,这可能与达州贴地逆温强度较小,变化不明显所致。

综合看贴地逆温强度与 AQI 的关系,两者的相关性很强,两者的变化趋势是一致的,贴地逆温强度的变化会影响 AQI 值的变化,即贴地逆温强度变强时,空

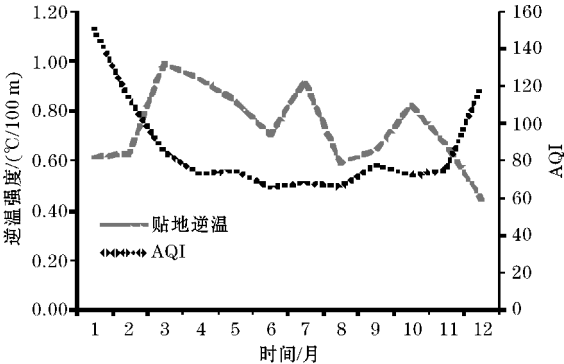
气污染加重。



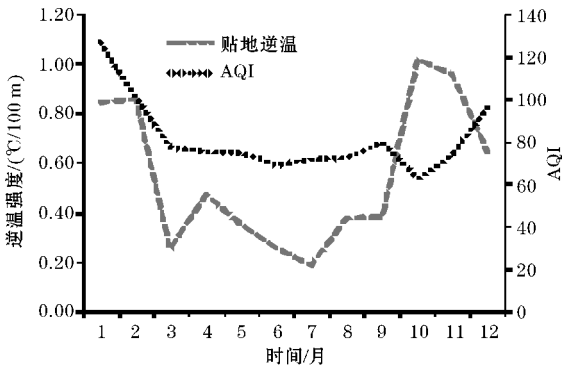
(a) 成都



(b) 宜宾



(c) 达州



(d) 重庆

图 7 4 个城市贴地逆温强度与 AQI 的月变化

3.4 逆温层数与 AQI 的关系

当城市上空出现逆温层时,出现的逆温层数越多,大气层结越稳定,空气污染越不容易扩散,污染就越严重,表现在 AQI 值就越高。如图 8 所示,成都、宜宾、达州、重庆 4 个城市在不同逆温层数的情况下,AQI 的平均值大不相同,随着逆温层数的增加,平均 AQI 值也加大,当没有逆温时,平均 AQI 值最小。根据这种 AQI 值随逆温层数增多而增大的变化趋势,可以得出逆温层数与 AQI 值有明显的相关性。

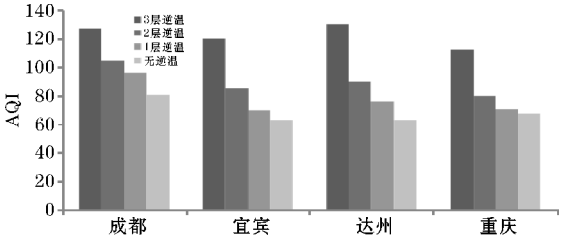


图 8 成都、宜宾、达州、重庆 4 地不同逆温层数下的平均 AQI 值

4 结论

通过探究四川盆地内上空气中的逆温层特征与 AQI 之间的关系,得出如下结论:

- (1)当城市上空出现逆温,特别是出现贴地逆温时,空气污染会加重。
- (2)不同的逆温层特征对 AQI 影响不同。贴地逆温层底高时,对应着近地逆温层底低,污染程度较小;贴地逆温层底低时,对应着近地逆温层底高,污染程度较大。
- (3)逆温层厚度对空气污染有一定的影响。逆温层的厚度在一个大的时间段内整体变化是很小的,但如果在一个短时间的污染过程中来分析的话,逆温层厚度对污染的影响就很明显。

- (4)贴地逆温强度与 AQI 有较好的正相关关系,即贴地逆温强度变强时,会影响 AQI 变大,空气污染加重,贴地逆温强度变弱时,AQI 变小,空气污染减弱。
- (5)逆温层数越多,空气污染越重。当出现逆温层时,出现的逆温层数越多,大气层结越稳定,空气污染越不容易扩散,空气污染就越严重,表现在 AQI 值就越高。

参考文献:

[1] 王桂琴. 我国的大气污染及其监测问题探讨 [J]. 黑龙江科技信息,2012(4):61.

- [2] 燕湖. 大气污染对生态环境的影响及对策研究[J]. 现代农业, 2012(3): 95-96.
- [3] 赵冰冰. 浅谈大气污染的成因及其防治措施[J]. 民营科技, 2012(8): 170.
- [4] 王骥, 杨银, 张生财. 兰州市逆温时空分布特征及其与 API 首要污染指数的关系[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(5): 195-198, 229.
- [5] 赵海江, 周彦丽, 刘建勇, 等. 张家口市低空逆温特征分析[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(5): 171-175.
- [6] 李江. 试论逆温[J]. 四川冶金, 2008, 30(4).
- [7] 周书华, 倪长健, 刘培川. 成都地区大气边界层逆温特征分析[J]. 气象与环境学报, 2015, 31(2): 108-111.
- [8] 张继红, 徐盛荣, 赵淑敏. 逆温天气对大气污染的影响分析[J]. 黑龙江环境通报, 2008(2): 24-25.
- [9] 杜荣光, 齐冰, 郭惠惠, 等. 杭州市大气逆温特征及对空气污染物浓度的影响[J]. 气象与环境学报, 2011, 27(4): 49-53.
- [10] 曹红丽, 陈奇. 西安边界层逆温特征及其与空气污染的关系[J]. 陕西气象, 2014(2): 13-16.
- [11] 夏恒霞. 北京城区逆温气象特征及其对大气污染的影响[J]. 城市管理与科技, 2004(2): 63-65, 68.
- [12] Largeron Y. Persistent inversion dynamics and wintertime PM10 air pollution in Alpine valleys [J]. ATMOSPHERIC ENVIRONMENT, 2016, 135: 92-108.
- [13] Wallace J. Topographic and spatial impacts of temperature inversions on air quality using mobile air pollution surveys[J]. CIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT, 2016, 40(21).
- [14] 刘增强, 郑玉萍, 李景林, 等. 乌鲁木齐市低空大气逆温特征分析[J]. 干旱区地理, 2007, 30(3): 351-356.
- [15] 姜大膀, 王式功, 郎咸梅, 等. 兰州市区低空大气温度层结特征及其与空气污染的关系[J]. 兰州大学学报, 2001(4): 133-138.
- [16] 简根梅, 朱韶峰. 杭州市逆温与大气污染的关系[J]. 浙江气象科技, 1997, 18(3): 42.

Influence of Inversion Layer Characteristics in Sichuan Basin on Air Pollution

LI Pei-rong, XIANG Wei-guo

(College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

Abstract: By utilizing meteorological stations data of several representative cities in Sichuan Basin and AQI data, we analyze the relationship between temperature inversion and air pollution. The results can be concluded as follows: when approaching the ground appears inversion, the pollution is more serious. When it is close to the ground and its corresponding temperature inversion layer bottom height is high, the air pollution is light, and when it is close to the ground and its corresponding temperature inversion layer bottom height is low, the air pollution is heavy. When the thickness of the temperature inversion layer is very large, the air pollution is more serious. When the intensity of the inversion of the ground temperature becomes stronger, the AQI becomes larger and the air pollution is aggravated. When the intensity of the inversion of the ground temperature becomes weakened, the AQI becomes smaller and the air pollution is weakened; The more the number of temperature inversion layers is, the more serious the pollution is.

Keywords: atmospheric physics; meteorology and pollution; vertical diffusion; temperature inversion; air pollution