

文章编号:1002-3682(2014)04-0014-12

青岛逆温层特征及其 对空气质量的影响分析*

郭丽娜,黄 容,马 艳

(青岛市气象局,山东 青岛 266003)

摘 要:利用 2006—2012 年青岛站逐日 08 时和 20 时(北京时)的探空资料,研究了青岛市大气逆温层特征和变化规律以及大气逆温层和城市空气质量之间的关系。结果表明,青岛的逆温在春季最多,夏季最少,以接地逆温为主。接地逆温层平均厚度为 290.6 m,最大厚度可达 1 443 m;平均强度为 $0.56\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$,最大强度为 $10.00\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$ 。空气污染前和污染时出现的逆温中,接地逆温占 73.2%。空气污染前 24 h 内的 20 时和污染时 08 时的逆温强度与污染日 API 呈正相关关系,逆温层厚度与空气质量关系不明显。中度以上污染时,08 时接地逆温强度与污染日 API 相关系数达 0.99,通过 0.001 的置信度检验。

关键词:青岛;接地逆温;逆温强度;空气质量;API

中图分类号: P423.6

文献标识码: A

地球被大气圈包围着,空气质量直接影响到人类的生存环境,空气污染会导致一系列的社会问题,近些年备受关注。空气污染常出现在特定的天气条件下,目前已有一些研究^[1-4]表明大气逆温层与空气质量密切相关,逆温是影响空气污染程度的重要因素。但在具体分析逆温层结与空气质量的关系时存在不同观点。姜大膀等^[5]分析了兰州市区低空大气温度层结变化特征及其与 3 种主要空气污染物(SO_2 , CO 和 NO_x)浓度之间的关系,发现贴地大气层结温度递减度与空气污染物浓度呈显著负相关关系;而郑红等^[6]和崔冬林等^[7]认为逆温持续性、强度和层厚与大气污染程度存在正相关关系;胡晏玲等^[8]和杜荣光等^[9]则认为污染物浓度与逆温层底高呈负相关关系,与逆温频率、强度和厚度呈正相关关系。关于青岛的逆温现象此前也有相关研究,如邹玉玲等^[10]和王静等^[11]分别对 2004—2005 年和 2008—2009 年青岛的低空逆温层进行分析,发现青岛地区逆温出现的频率较高,导致低层的污染物不易向上扩散,但并未分析逆温与污染的具体关系。

本文利用 2006—2012 年共 7 a 的青岛逐日探空资料,研究青岛市大气逆温层分布特征和变化规律,尤其是城市空气污染前与污染当天大气逆温层的变化特征,分析得到青岛大气逆温与空气污染的相互关系,以期为改善青岛的环境空气质量状况提供参考依据和

* 收稿日期:2014-05-19

资助项目:山东省自然科学基金——青岛城市大气边界层特征与空气质量的关系研究(ZR2012DM008);山东省气象局面上研究项目——复杂城市下垫面条件下空气质量预报关键技术研究(2012sdqx09)

作者简介:郭丽娜(1980-),女,工程师,硕士,主要从事气候变化和气候影响评价方面研究。E-mail: yinlingr@163.com

(王 燕 编辑)

理论基础,为应对城市环境问题提供更加合理有效的措施。

1 资料与方法

本文所用的气象观测资料有青岛伏龙山气象观测站 2006—2012 年地面逐时气象要素观测数据,以及从美国怀俄明大学网站(<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>)下载的青岛 2006—2012 年逐日 08 时和 20 时(北京时)高空探测资料,观测层次有常规气压层(地面,1 000, 925, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150 和 100 hPa)和固定高度层(1 000, 2 000, 4 000, 6 000, 8 000 和 10 000 m),统称指定层。当 08 时或 20 时出现逆(等)温,则记为出现一次逆温。逆温层厚度定义为逆温出现的指定层起始高度与指定层终止高度之间的高度差。逆温层温度差与逆温层厚度之比则定义为逆温强度,单位为 $^{\circ}\text{C} \cdot (100 \text{ m})^{-1}$ 。根据逆温出现的起始高度分为接地逆温和悬浮逆温,前者的起始高度从地面开始,后者则是从离开地面一定高度开始的逆温。

空气质量资料来自青岛环境监测站提供的 2006—2012 年青岛市南西、市南东、市北南、市北北、李沧北、崂山西、城阳南、黄岛南八个环境监测站(图 1)的二氧化硫(SO_2)、二氧化氮(NO_2)、可吸入颗粒物(PM_{10})逐日平均浓度。根据 GB 3095—1996《环境空气质量标准》^[12],3 种污染物每日最高的空气污染指数(Air Pollution Index, API)为当日污染指数, $\text{API} > 100$ 定义为一个污染日。

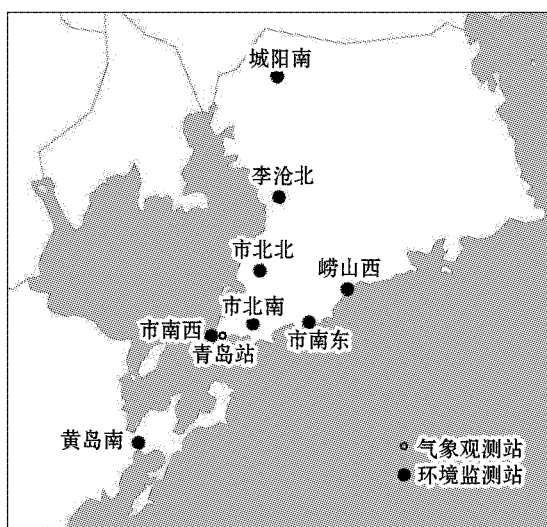


图 1 青岛环境监测站与气象观测站位置分布图

Fig. 1 Locations of the environmental monitoring stations and the meteorological stations in Qingdao

2 逆温层特征

2.1 逆温次数

通过对气象资料和空气质量资料的统计分析,结果表明,2006—2012 年青岛市出现逆温的年平均次数为 369.6 次,占观测总次数的 50.6%;其中接地逆温占逆温总次数的

71.4%；逆温在春季出现次数最多，夏季出现次数最少；08时出现逆温次数比20时略多。

对2006—2012年逆温出现时的天气形势进行分析表明，在青岛地区主要有4种天气形势容易出现逆温层结，即高压西北部、低压前部、低压底部和均压场（包括鞍型场）（图2）。这4种天气形势的共同特点是青岛低空多为西到西南气流控制，地面吹偏南风，在不同季节差别不大，但逆温在各季节发生次数却相差很大，主要是由于青岛地区属温带季风气候，冬季盛行偏北风，夏季盛行偏南风，3月和9月为盛行风向转换时期，但青岛的海陆风一年四季均有发生，夏季较为明显。在3—9月，地面的偏南风有降温作用，尤其在春季，环流形势的偏西到西南风从陆地吹向海洋，同时海陆间存在热力差异，陆地为热源，海洋为热汇，偏西到西南暖平流造成逆温的频发，且逆温层平均厚度较厚，为400~600m，一直维持到7月，被称为季节性逆温^[13-14]。所以春季逆温发生次数最多，其次是秋季，冬季最少。冬季逆温发生次数最少主要因为冬季早上太阳升起后，地面吸热升温，上下层空气产生对流混合，逆温层底部逐渐被破坏，导致接地逆温减少，悬浮逆温增多。

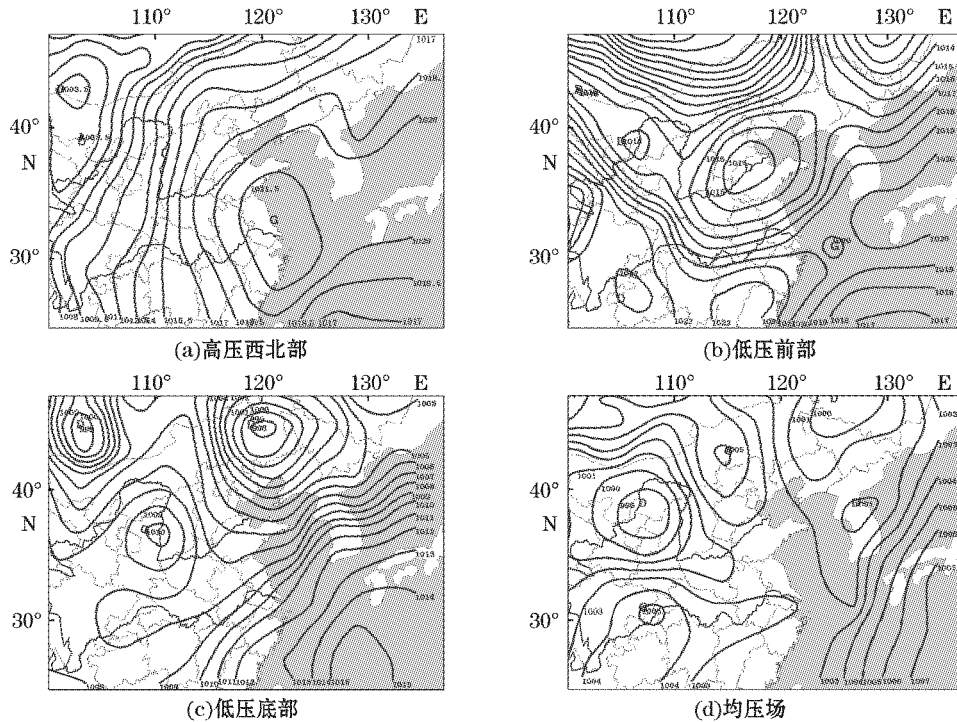


图2 容易出现逆温层结的4种天气形势(hPa)

Fig. 2 Four types of weather situations at which the inversion layer nodes occur easily(hPa)

逆温的逐月分布差异大(图3)，在4—6月和9—10月出现的逆温次数较多，且接地逆温在4—12月明显多于悬浮逆温。接地逆温在4—6月和9—10月出现次数较多，而悬浮逆温在各月的发生次数相差不多，由于悬浮逆温多是冷空气影响下产生的平流逆温，所以在冬、春季出现的次数多于夏、秋季。

通过对接地逆温和悬浮逆温的出现次数和逐月分布特征分析，结果表明，青岛的逆温主要以接地逆温为主，且空气污染前和污染时出现的逆温中，接地逆温次数占73.2%（表

1),因此本文将进一步详细分析接地逆温层的特征及其与空气质量的关系。

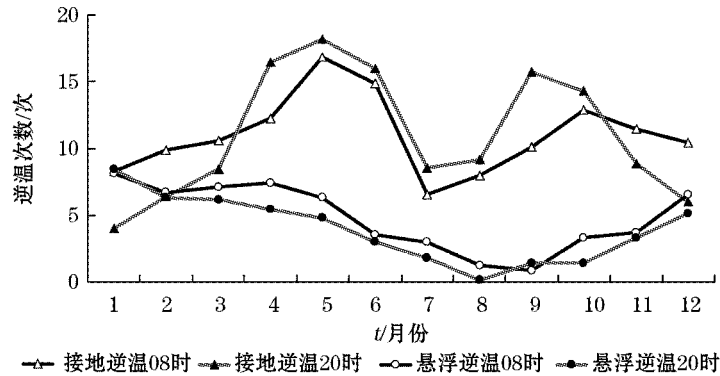


图 3 2006—2012 年青岛市区 08 时和 20 时的月平均逆温次数

Fig. 3 The number of monthly average temperature inversion occurring at 08:00 and 20:00 BLT in Qingdao urban district from 2006 to 2012

表 1 污染前 24 h 内和污染时的逆温出现次数

Table 1 The number of temperature inversion occurring within 24 h before the polluted and during the polluted air

逆温类型	时间	污染前出现次数/次	污染时出现次数/次
接地逆温	08 时	105	104
	20 时	67	98
悬浮逆温	08 时	37	36
	20 时	37	27

2.2 逆温层厚度和强度

通过对接地逆温层厚度的统计分析表明,2006—2012 年青岛接地逆温层的平均厚度为 290.6 m,年际变化不大。根据接地逆温层垂直到达的高度分类统计可得,接地逆温层的最大厚度可达 1 443 m(从地面到 850 hPa),最小不足 10 m(从地面到 1 000 hPa)(表 2)。分析可知,近地面层的接地逆温占多数,60%以上的接地逆温是从地面到 1 000 hPa 高度,平均厚度为 73 m;36.6%的接地逆温是从地面到 925 hPa 高度,平均厚度为 661 m;只有 1.8%的接地逆温是从地面一直延伸到 850 hPa 高度,平均厚度为 1 360 m。

表 2 接地逆温层特征

Table 2 The characteristics of the ground inversion layer

逆温参数	逆温层高度		
	地面~1 000 hPa	地面~925 hPa	地面~850 hPa
逆温次数/次	1 150	684	34
逆温层平均厚度/m	73	661	1 360
逆温层最小厚度/m	2	546	1 234
逆温层最大厚度/m	217	825	1 443

对接地逆温层月平均厚度进行计算,结果如图 4 所示。由图可知,接地逆温层月平均厚度均低于 600 m,2—7 月月平均厚度均超过 300 m,其中 7 月 20 时的接地逆温层平均

厚度达到 576.8 m,但是从 8 月开始骤然降低,直到翌年 1 月平均厚度一直较小,大多维持在 200 m 以下,表明该期间的接地逆温多出现在近地面层。

通过对接地逆温层强度的统计分析,结果表明,2006—2012 年青岛接地逆温层的平均强度为 $0.56\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$,2007 年最大,为 $0.64\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$,2012 年最小,为 $0.42\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$ 。接地逆温层最强时曾达到 $10.00\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$ 。强度超过 $1.00\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$ 的 290 次逆温中,有 252 次出现在从地面到 1 000 hPa 高度;超过 $5.00\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$ 的 14 次接地逆温均是从地面到 1 000 hPa 高度,由此可见,较强的接地逆温多出现在从地面到 1 000 hPa 的近地面大气层中。

通过对逆温层强度的逐月变化进行分析,可知其逐月变化差异较大,20 时的逆温强度在 4—9 月强于 08 时,在其他月份相反,如图 4 所示。08 时的接地逆温层在 11—翌年 4 月较强,主要由于冬季的夜间地面冷却降温快,直到太阳升起后温度才缓慢回升,且冬季日出晚,地面温度和气温的最低值一般出现在早晨。在冬季日出之前,当西南暖平流使近地面大气增温时,造成下(地面)冷上(近地面空气)暖的结构,所以容易探测到较强的接地逆温层结,但随着太阳的升起,地面被加热升温,产生的对流逐渐破坏逆温层结,接地逆温减弱消失。20 时的接地逆温强度受到青岛地区的海陆风影响较大,在 2—5 月和 8—9 月两个阶段较强。春季,太阳高度角仍然较小,太阳落山早,地面辐射降温快,8 月和 9 月副高控制下晴热天气多,没有云层的阻挡,傍晚到夜间的辐射降温也快,同时由于青岛地区的海陆风在下午最为明显,可持续到 21 时,海陆风的降温作用和辐射降温共同作用下,导致太阳落山后地面气温迅速下降,而处在西南暖平流中的大气温度变化较小,所以在傍晚到夜间容易探测到较强的逆温。

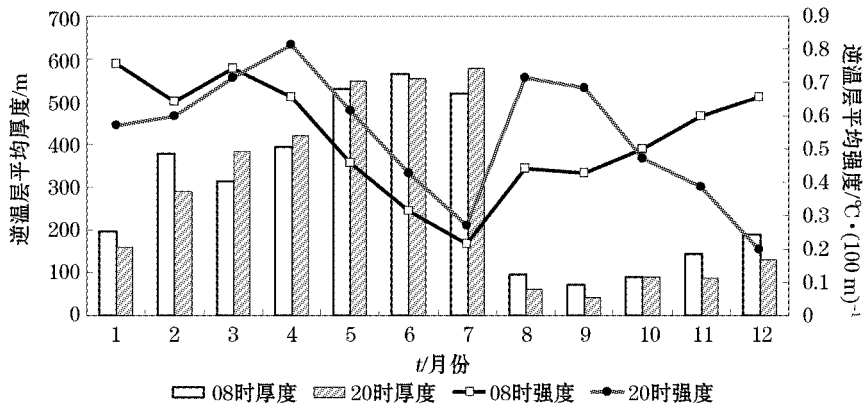


图 4 各月 08 时、20 时接地逆温层月平均厚度和强度分布

Fig. 4 Distributions of the monthly average thickness and intensity of the ground inversion at 08:00 and 20:00 BLT

3 逆温层与污染物浓度之间的关系

青岛地处山东半岛东南部,南邻黄海,属半湿润温带季风气候,10—翌年 2 月盛行西北风,3 月和 9 月南北风频率基本相当,4—8 月南到东南风占主导。偏南风为海风,导致

4—7 月多海雾,海雾产生于海上,相对洁净,对空气质量影响不大。且 6—9 月降水次数和降水量均较多,降水量超过年总降水量的 60%,降水使空气中的固体颗粒物沉降到地面,所以夏季的空气质量明显好于其他季节。

目前环境监测主要污染物有 SO_2 , NO_2 和 PM_{10} 。 SO_2 主要来源于含硫燃料,如煤和石油的燃烧、含硫矿石的冶炼、化工、炼油和硫酸厂等的生产过程。 NO_2 主要来自汽车废气以及煤和石油燃烧的废气。可吸入颗粒物中的 PM_{10} 通常来自燃煤电厂、建筑、采矿、水泥厂、柴油机、工业锅炉、垃圾焚烧处理、生活取暖、材料的破碎碾磨处理过程以及被风扬起的尘土等。

青岛市区各环境监测站 2006—2012 年 SO_2 , NO_2 和 PM_{10} 平均质量浓度分布(图 5) 总体来说北部高于南部,内陆高于沿海。其中 NO_2 和 PM_{10} 质量浓度均在李沧最高, SO_2 质量浓度在市北北最高,主要是由于李沧有钢厂、碱厂,市北北部有海晶化工,这些工厂排放的污染物致使空气中硫化物的质量浓度增高,加上近些年青岛在李沧和市北北部的城市基础设施建设项目较多,所以李沧和市北北的 3 种污染物含量均较高;机动车排放尾气对市南两个监测站的 NO_2 贡献也不容忽视;而崂山西环境监测站因离海较近和崂山的阻挡作用,各项污染物浓度均较低。

2006—2012 年青 岛 逐 月 SO_2 , NO_2 , PM_{10} 的 平 均 质 量 浓 度 和 API 分 布 如 图 6 所 示。可以发现, NO_2 月平均质量浓度差异不大,夏季 6—8 月略低; SO_2 平均质量浓度在上半年逐月递减、下半年逐月递增; PM_{10} 平均质量浓度主要表现为冬、春各月较大,夏季最小。对比逆温层厚度和强度的逐月分布(图 4 和图 6), 3 种主要污染物的月平均质量浓度与逆温层的月平均厚度关系不明显,但与 08 时接地逆温层强度的逐月变化趋势较为一致,呈正相关关系, SO_2 , NO_2 和 PM_{10} 浓度与 08 时接地逆温层强度的相关系数(R)分别为 0.86, 0.81 和 0.81, API 与 08 时接地逆温强度的相关系数为 0.84。

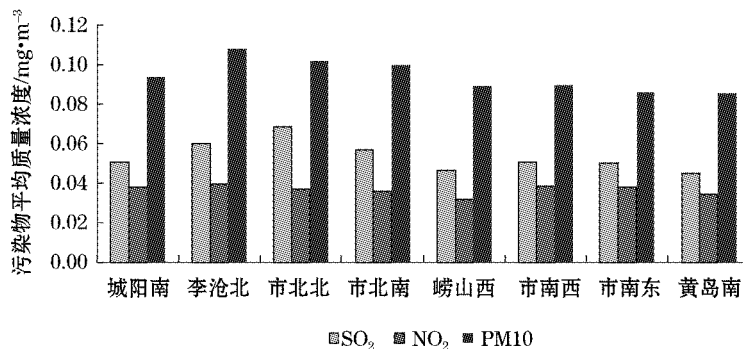


图 5 各环境监测站 SO_2 , NO_2 和 PM_{10} 的平均质量浓度

Fig. 5 The average mass concentrations of SO_2 , NO_2 and PM_{10} at all environmental monitoring stations from 2006 to 2012

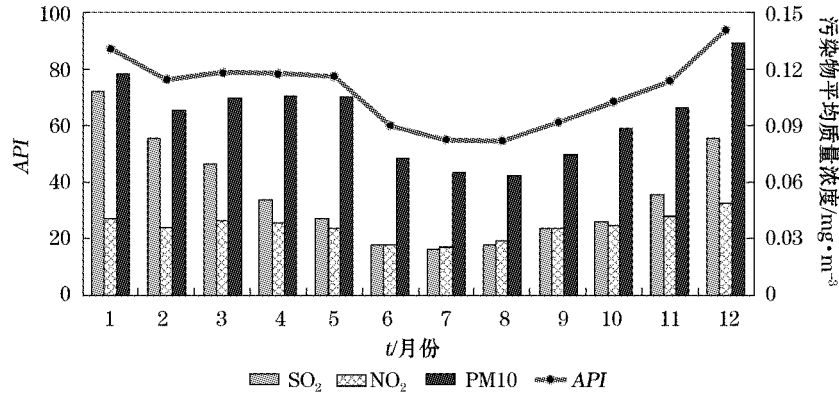


图6 逐月SO₂,NO₂,PM₁₀平均质量浓度和API分布

Fig. 6 Distributions of the the monthly average mass concentrations of SO₂, NO₂ and PM₁₀ and API

空气污染前 24 h 内和污染时逆温层结的各月分布情况见图 7。2006—2012 年青岛共出现 214 个污染日,多在 1—5 月和 11—12 月。污染前 24 h 内出现逆温现象的时间有 170 d,占污染总天数的 79.4%,其中 46.4%在污染前 24 h 内从 20 时到 08 时有连续逆温层结,32.9%在 08 时出现逆温。污染时,出现伴随逆温现象的时间有 167 d,占污染总天数的 78.0%,其中 59.9%的污染日伴随着从 20 时到 08 时的连续逆温,24.6%在 08 时伴随逆温层结。统计空气污染前 24 h 内出现并持续到空气污染时共 96 次连续的逆温层结过程,结果显示,最长连续逆温时间达 9 d,伴随空气污染时间为 6 d;非连续的逆温层结伴随空气污染有 21 次。可见,大多数的空气污染与逆温层结有关系,且空气污染多出现在大气逆温层结之后;持续的逆温层结,尤其在空气污染出现时仍存在,更容易造成空气的连续污染,在冬季尤为明显。

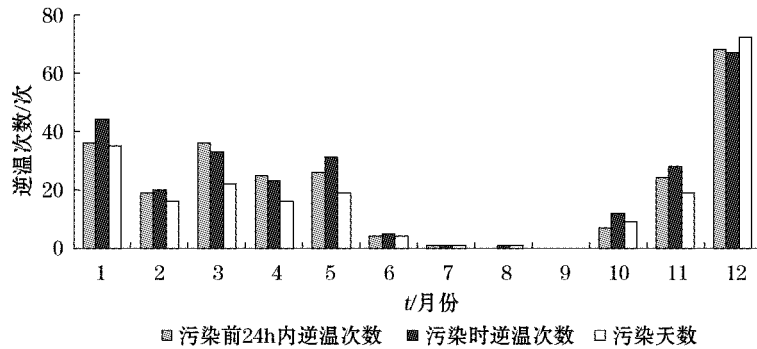


图7 污染前 24 h 内和污染时出现逆温层结的逐月分布

Fig. 7 The monthly distributions of the inversion layer nodes occurring within 24 h before polluted air and during polluted air

2006—2012 年青岛出现污染前 24 h 内接地逆温层平均厚度为 353.5 m,略大于污染时接地逆温层的平均厚度(330.4 m)。从污染前 24 h 内和污染时逆温层结厚度的时间分布来看(图略),低于 200 m 厚度的逆温层结(从地面到 1 000 hPa)在 11—翌年 4 月出现

较多,夏季较少;600~800 m厚度的逆温层结(即从地面到 850 hPa)则主要出现在春季。7—9 月降雨较多,空气中悬浮的固体颗粒随雨水沉降到地面,较少出现空气污染。总体来看,逆温层厚度与空气质量关系不大。

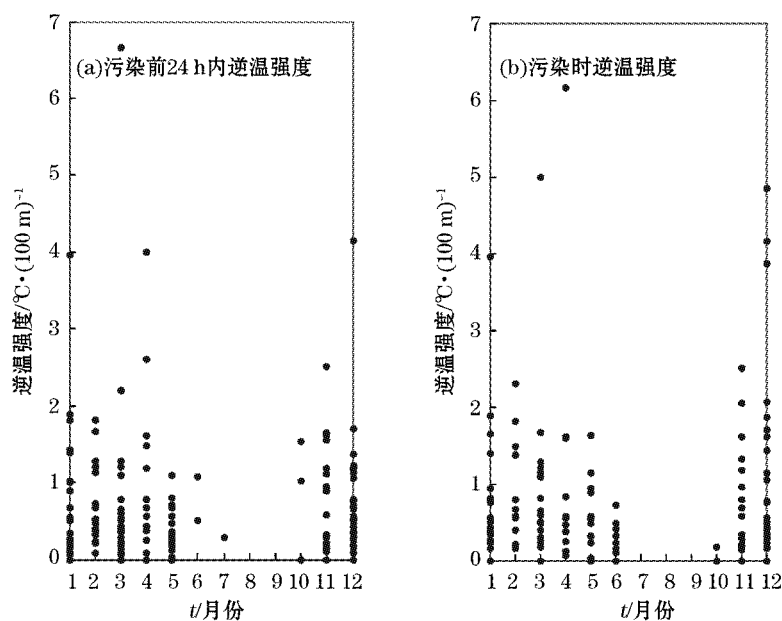


图 8 污染前 24 h 内和污染时的逆温强度逐月散点图

Fig. 8 Monthly scatter diagrams of the inversion intensities within 24 h before polluted air and during polluted air

3.1 逆温强度与污染的关系

2006—2012 年青岛市污染前 24 h 内和污染时的接地逆温层强度大多在 $2\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$ 以下(图 8),污染前 24 h 内的平均强度为 $0.64\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$,污染时接地逆温层平均强度为 $0.72\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$,均在冬、春季节较强。冬、春季,强逆温抑制低层空气中污染物在垂直方向的扩散,此时又恰逢取暖期,燃煤产生的污染物排放增多,使之只能在近地面层输送,更容易造成空气污染。

污染前 24 h 内和污染时 08 时和 20 时的逆温层平均强度以及污染日 *API* 的月平均变化如图 9 所示。由图可见,1—4 月和 11—12 月都是污染时 08 时的接地逆温层平均强度最强。进一步分析可得,污染前 24 h 内 20 时的逆温强度与污染日 *API* 的相关系数为 0.87,污染时 08 时的逆温强度与污染日 *API* 的相关系数为 0.61。2006—2012 年青岛出现中度及以上污染过程共 8 次,污染前 24 h 内的逆温层平均强度为 $0.54\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$,最强达到 $2.50\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$,20 时的逆温强度与污染日 *API* 的相关系数为 0.51;污染时的逆温层平均强度为 $0.13\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$,最强达到 $0.37\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{ m})^{-1}$,08 时接地逆温层强度与污染日 *API* 相关系数为 0.99,通过了 0.001 的置信度检验。总体来看,20 时的逆温层平均强度越强,次日的空气质量越差;空气污染较重时,伴随的逆温层平均强度

越强,污染便越严重。

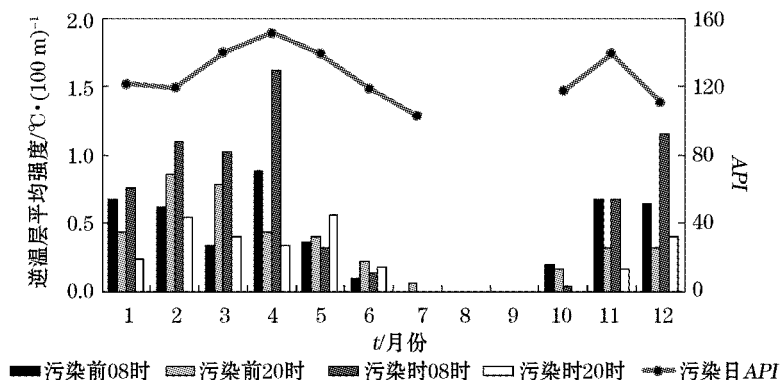


图9 污染前24 h内和污染时的08时和20时逆温层平均强度的逐月变化

Fig. 9 The monthly variations of the average intensity of the inversion layers occurring at 08:00 and 20:00 BLT within 24 h before polluted air and during polluted air

3.2 与逆温相关的污染个例分析

2006—2012年青岛共出现214个空气污染日,其中出现中度污染2 d,出现重度污染6 d,重度污染日都出现在连续的空气污染中。本文对2008-05-28—06-01青岛市区持续5 d的污染过程进行分析,其中05-29—30为重度污染日,其余3 d为轻度污染日。此次污染过程主要为外来沙尘引起的PM₁₀质量浓度增加造成的污染。

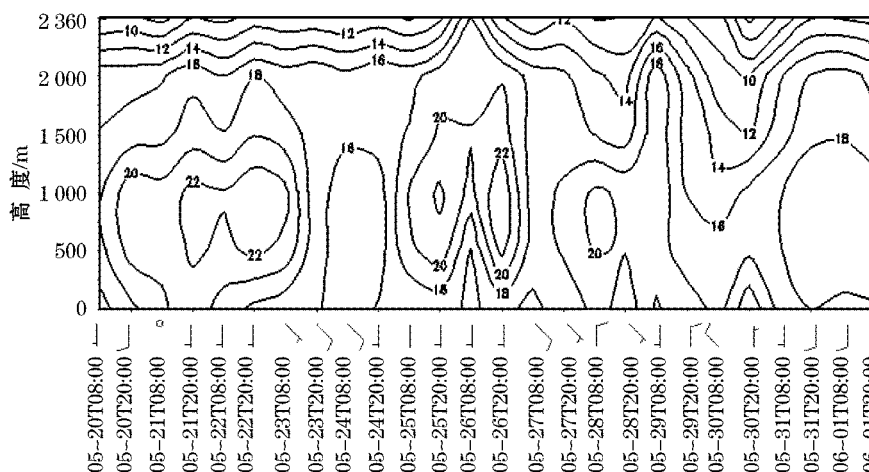


图10 2008-05-20—06-01青岛气温垂直变化和地面风随时间的变化(气温单位:°C)

Fig. 10 The vertical changes of the air temperature and the variations of surface wind with time in Qingdao from May 20th to June 1st, 2008 (Unit for air temperature: °C)

05-20—06-01,除 05-28—30 这 3 d 的 20 时外,青岛上空均出现从地面到 925 hPa 的接地逆温层(图 10)。图 11 为同时段逆温层强度、厚度和 PM10 质量浓度的变化。逆温层厚度与 PM10 质量浓度的变化无明显关系。由图可知,逆温层强度变化较大。21 日 20 时到 22 日 20 时,逆温强度明显增强,PM10 的质量浓度也有所增加,22 日轻度污染;23—27 日为连续的逆温且强度变化较大,但地面被持续南风带来的海雾笼罩,所以空气质量较好;27 日 20 时到 29 日 20 时,逆温增强,地面南北风交替,PM10 质量浓度明显增加,28 日轻度污染,29 日重度污染,主要是由于北风携带上游大范围的沙尘到来,逆温层阻挡大气在垂直方向的输送,污染物随着近地面的风输送到青岛。之后南北风交替,污染物在近地层往复输送、堆积,导致 PM10 质量浓度迅速增大。30 日 08 时,虽然青岛上空为厚度仅 8 m 的等温层,但是地面持续的北风继续向青岛输送污染源,致使重度污染持续。05-31—06-01,地面转为南风,空气污染减轻为轻度污染。

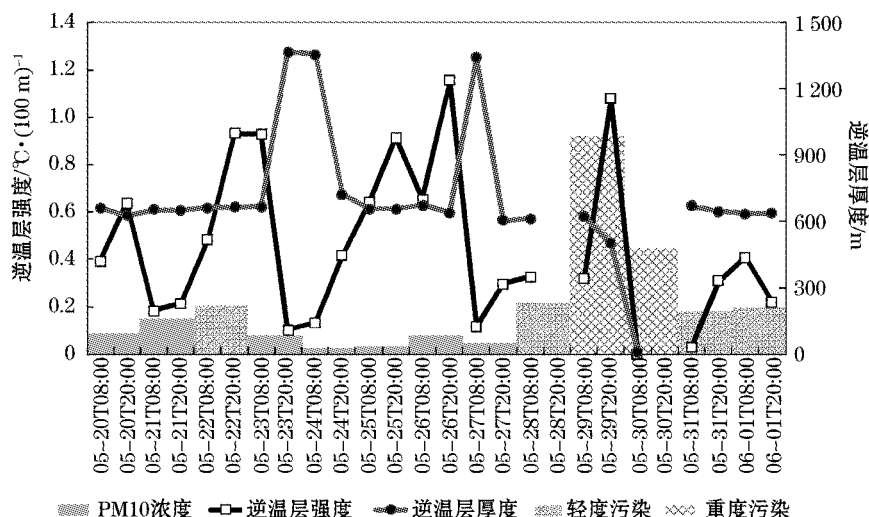


图 11 2008-05-20—06-01 逐日逆温层强度、厚度和 PM10 质量浓度

Fig. 11 Daily variations of the thickness and intensity of the inversion layer and the PM10 mass concentration from May 20th to June 1st, 2008

此次连续的污染个例主要是由于逆温层结长期存在,且持续的逆温层结使大气垂直扩散能力一直受限,外来污染物随着北风输送到青岛后,地面南北风交替转换,污染物在近地层往复输送、堆积,造成连续的污染。从这次污染过程也可以看出,PM10 的质量浓度与逆温层厚度的关系不大;不考虑持续海雾的情况下,逆温层强度增强时,PM10 质量浓度出现增加的趋势,造成空气污染加重。

4 结 论

本文对 2006—2012 年青岛市大气逆温层特征和变化规律及其与城市空气质量之间的关系进行了分析,得出以下结论:

1) 青岛的大气逆温层结出现频次较高,08 时略多于 20 时。逆温类型以接地逆温为

主,多为厚度在 200 m 以内的近地面层接地逆温。接地逆温在春、秋季出现较多,在夏、冬季出现较少。2—7 月接地逆温层较厚,其余月份接地逆温层较薄。接地逆温在春、冬季强,在秋、夏季弱,较强的接地逆温多是 20 时出现在从地面到 1 000 hPa 高度的近地面层中。

2)近一半的空气污染与持续的逆温层结有关,连续的逆温更容易导致空气质量的下降。大多数的空气污染出现在大气逆温层结之后,20 时的逆温强度越强,次日出现的污染越重,08 时的逆温越强,越不利于空气质量好转。污染较严重时,逆温越强,污染越重。

3)SO₂,NO₂和 PM10 三种主要污染物的浓度以及 API 均与 08 时接地逆温强度的逐月变化趋势一致。冬、春季节,污染前 24 h 内和污染时的接地逆温层强度较强,此时正值供热取暖期,空气质量较差。

参考文献

- [1] 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,2004,6(2):64-65.
- [2] 周颖,靳小兵,曾涛.成都市冬季逆温对大气污染的影响分析[J].四川气象,2006(2):22-23.
- [3] 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,2008,32(2):24-25.
- [4] 郑庆峰,史军.上海霾天气发生的影响因素分析[J].干旱气象,2012,30(3):367-373.
- [5] 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:自然科学版,2001,37(4):133-139.
- [6] 郑红,郑凯,张桂华,等.哈尔滨冬季大气污染及逆温对污染物扩散影响[J].自然灾害学报,2005,14(4):39-43.
- [7] 崔冬林,王式功,尚可政,等.兰州市霾日与气象参数和空气质量的关系[J].兰州大学学报,2010,46(2):26-32.
- [8] 胡晏玲,陈思萍.乌鲁木齐市冬季近地逆温特点及其与可吸入颗粒物浓度的相关关系分析[J].干旱环境监测,2004,18(2):88-90.
- [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] 邹玉玲,刘朝晖,马亚维,等.青岛低空逆温层特征分析[J].山东气象,2007,27(1):28-29.
- [11] 王静,张文煜,刘焕彬,等.青岛市低空逆温特征与空气质量关系的初步探讨[C]//第 28 届中国气象学会年会—S9 大气物理学与大气环境.南京:中国气象学会,2011:702-710.
- [12] GB3095—1996 环境空气质量标准[S].北京:中国标准出版社,1996.
- [13] 张苏平.黄海海雾季节变化形成机理的研究[D].青岛:中国海洋大学,2008.
- [14] 张苏平,杨育强,王新功,等.低层大气季节变化及与黄海雾季的关系[J].中国海洋大学学报:自然科学版,2008,38(5):689-698.

Analysis on Characteristics of Inversion Layer and Its Influence on Air Quality in Qingdao

GUO Li-na, HUANG Rong, MA Yan

(The Qingdao Meteorological Bureau, Shandong 266003, China)

Abstract: The characteristics and variations of the inversion layer and the relationship between the inversion layer and the air quality in Qingdao City are investigated by using daily radiosonde data obtained at Qingdao Station at 08:00 and 20:00 BLT from 2006 to 2012. The results indicate that the thermal inversion in Qingdao occurs most frequently in spring and least in summer, of which the ground thermal inversion is dominant. The average thickness of the ground thermal inversion layer is 290.6 m, with the maximum being 1 443 m. Its average intensity is $0.56 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot (100 \text{ m})^{-1}$, with the maximum being $10.00 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot (100 \text{ m})^{-1}$. In the thermal inversions occurring before and during the polluted air, the ground thermal inversion makes up 73.2%. The inversion intensities measured at 20:00 BLT within 24 h before the polluted air and those measured at 08:00 BLT during the polluted air are positively correlated with *API* in the polluted days. The relationship between the thickness of the inversion layer and the air quality is not evident. When the air pollution reaches to a moderate degree or more, the correlation coefficient between the intensity of the ground inversion at 08:00 BLT and the *API* in the polluted days is 0.99, passing the confidence test of 0.001.

Key words: Qingdao; ground thermal inversion; inversion intensity; air quality; Air Pollution Index