

王绪翔,刘锦超,李杨. 黄海冬季雾与夏季雾个例的对比研究[J]. 气象研究与应用,2022,43(1):96–100.

Wang Xuxiang, Liu Jinchao, Li Yang. A comparative study of winter and summer fog cases in the Yellow Sea [J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2022, 43(1): 96–100.

黄海冬季雾与夏季雾个例的对比研究

王绪翔, 刘锦超, 李 杨

(中国海警局, 北京海淀 100000)

摘要: 使用具有较高分辨率的 NCEP 格点数据对 2008 年 7 月 8—11 日和 2010 年 2 月 22—25 日发生在黄海海区的两次海雾过程的环流形势和特征参量进行了对比研究,以探讨黄海海区冬季雾与夏季雾产生机制的异同。结果表明,这两次海雾过程都是发生在稳定层结下的低压前部、高压后部型的平流冷却雾。海雾发生时表面行星边界层有抬升,海雾消散时表面行星边界层降低。冬季雾逆温层先减弱消失,然后海雾消散,与冬季雾相反,夏季雾是海雾先消散,然后逆温层消失,逆温层演变特征为该海域海雾的监测和定量预报提供参考。

关键词: 海雾;表面行星边界层;逆温层

中图分类号: P732

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2022.1.17

引言

海雾是海洋上低层大气中的一种水汽凝结现象。王彬华^[1]较早地对东亚地区的海雾进行了系统的分析,并指出黄海是我国海雾发生最频繁的海区之一。黄海海雾影响区域大,海雾随着风的作用可以深入陆地,有时达几十公里,给海上和陆上交通带来影响。

黄海海雾的多发期在 4—6 月,罕见期在 8—11 月,黄海、渤海海域存在冬季海雾多发时段^[2]。

海雾在海洋和大气共同作用下生成,前人通过不同海雾个例,分析了气海温差、风场、水汽供应、温度平流、逆温层等气象要素对海雾的影响^[3-15]。但这些研究主要是针对春季雾和夏季雾,冬季雾的研究较少,对于冬季海雾的研究还不够深入,所以本文利用高精度的资料,通过冬季雾与夏季雾个例的对比研究分析冬季海雾生消的特点,了解冬季海雾的大气边界层特征,为数值模式提供合理的边界层参数方案,从而提高海雾数值预报的准确性,也可为预报员从天气学角度更加深入了解冬季平流雾过程。

本文选定了两个过程,一个过程发生在 2008 年

7 月夏季风爆发后,另一个过程发生在 2010 年 2 月黄海海区还受冬季风控制,对比这两个过程,分析不同季节海雾的区别和影响海雾的主要气象要素分布规律,并探讨 2008 年 7 月 9 日到 11 日和 2010 年 2 月 23 日到 25 日两个过程中逆温层维持原因。

1 资料和方法

1.1 数据说明

文中采用的资料来自:

(1)韩国气象局提供的天气图资料、可见光云图和红外云图资料。

(2)美国国家环境预报中心(NCEP)/美国国家大气研究中心(NCAR)提供的 FNL(Final Operational Global Analysis)全球客观分析资料,水平分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$ 、时间间隔为 6h 的全球资料。

(3)中央气象台提供的 MICAPS 地面观测资料。

由于得到的资料采用世界时间,而地面观测站数据采用北京时间,因此在使用资料对比过程中,对应资料的时间应该保持一致,在本文研究过程所引用的资料图片中,所有图片资料标题所标明的时间和文字叙述均为世界时间。

收稿日期: 2021-12-05

作者简介: 王绪翔(1988—),男,汉族,山东诸城人,硕士,工程师,主要从事水文气象预报研究。E-mail: see521@qq.com

为讨论海雾发生时气象要素的分布与没有海雾时气象要素分布的区别,分别对选取的两个海雾过程进行前后延伸 24h,通过对比可以看到海雾发生时的气象要素的显著变化;同时,利用两个海雾过程对比分析不同季风作用下影响海雾的气象要素场的差异。

1.2 海雾个例选取方法

在海雾个例选取过程中,首先是利用气象信息综合分析处理系统 MICAPS 地面观测资料,处理得到青岛有雾的时次,再利用韩国气象局的天气图进行验证,最后利用卫星云图确定海雾的范围。选取标准是在天气图上黄海周围测站有大雾出现,同时在卫星云图上可以明显看到黄海海区有大雾出现,综合上述因素,最终选定了 2008 年 7 月 8 日至 11 日和 2010 年 2 月 22 日至 25 日两次海雾个例,分别代表夏季海雾与冬季海雾。

2 结果与分析

2.1 海雾过程的天气形势分析

2008 年 7 月 8 日 00 时 500hPa 天气图(图略)上,青岛上空位于西北太平洋高压西部边缘,整个黄海处在高压的控制下,而位于青岛上游地区山西省中部上空有一低槽。对应 850hPa 和地面青岛地区都处在高压后部。到 7 月 9 日 00 时 500hPa 青岛上空仍位于高压边缘,但高压中心向南移动,青岛上游地区的浅槽稍向东移,00 时地面青岛位于高压边缘与低压前缘区域,此时青岛地区出现海雾,从卫星云图可以看到整个黄海地区上空都有雾生成。7 月 10 日 12 时 500hPa 青岛上空等高线很稀疏,高压中心已经离开黄海,青岛上游地区的浅槽移动到山东半岛的中部。对应黄海上空仍处于高低压交汇处控制。此时海雾在黄海海区维持并有所加强。7 月 11 日 00 时浅槽移动到黄海中部,此时海雾基本消散。到 12 时浅槽移动到朝鲜半岛东部,在 850hPa 图上可以看到青岛已经处于冷平流的前部,对应地面风向也转为偏北风,此时海雾完全消散。

2010 年 2 月 23 日 00 时,500hPa 青岛上游地区的引导气流为西北-东南向,东亚大槽位于蒙古中部上空,低涡中心位于俄罗斯中部上空。对应 850hPa 青岛地区处在低压前部的影响,地面青岛地区处于高低压之间,低压中心位于蒙古内,高压中心位于朝鲜半岛,青岛地区主要吹东南风,风速 2~3 级,12 时低压中心分裂为两个,分别移动到内蒙古

东部和陕西省中部,青岛地区主要受低压前缘的影响,风向仍为偏南风,此时海雾形成。2 月 24 日 00 时 500hPa 位于俄罗斯中部上空的低压中心分裂为两个,中心分别位于俄罗斯中部上空和蒙古东北部上空,东亚大槽变为横槽,槽位于蒙古北部。850hPa00 时青岛仍处于低压前端的影响,低压中心位于河南上空和内蒙古东部,此时海雾维持并发展。2 月 25 日 00 时 500hPa 位于蒙古东北部上空的低压中心继续向东南移动,移动到吉林省西部上空,此时东亚大槽转竖,槽位于蒙古东部上空,横槽转竖带来了冷空气,黄海海区受到槽前冷空气的影响,海雾开始减弱,到 11 时海雾完全消散。

对比两次海雾过程可以发现:两次海雾过程都是地面形势低压前部、高压后部型;不同的是这次夏季雾过程发生过程中空中东亚大槽稳定少动,主要由小槽移动控制的,冬季雾过程主要由大槽移动影响,横槽的产生对海雾过程的发生有重要作用。

2.2 冷暖平流与逆温层

分析 2008 年 7 月 8 日至 11 日海雾过程可以看到,在海雾发生前,8 日 00 时黄海海区 950hPa 有暖平流,同时黄海上部出现一逆温层,逆温层的高度从地面到 930hPa,海雾发生后,9 日 00 时暖平流扩展到整个黄海地区。等到海雾消散时,12 日 00 时山东半岛都是冷平流,黄海北部也出现冷平流,黄海的东南部还有暖平流,在冷平流的作用下,暖平流渐渐失去对黄海的控制,逆温层也逐渐消失。

分析 2010 年 2 月 22 日至 25 日海雾过程可以看到在海雾发生前,22 日 00 时青岛地区 950hPa 有较弱的暖平流,约为 $3 \times 10^{-6} \text{K} \cdot \text{s}^{-1}$,暖平流分布范围很小,黄海大部分受北方冷平流的影响,同时黄海上部出现一逆温层,逆温层的高度从地面到 930hPa,随后暖平流逐渐加强,23 日 00 时黄海上空的暖平流出现极大值,由于有强烈的暖平流,使得逆温层持续存在并发展,24 日 00 时逆温层已经覆盖黄海西部,暖中心的强度是 13.5°C ,形成从地面到高空的逆温层。直到 25 日 00 时较强的冷平流控制了山东半岛和黄海地区,迫使暖平流中心南移,海雾开始消散,逆温层也消失。

通过以上两次海雾的分析可以看到,两次海雾发生前,黄海 950hPa 有持续的暖平流,持续一段时间后会 在 930hPa 形成一个暖中心,下层形成稳定的逆温层,随后在暖平流的作用下,暖中心加强,逆温层变得更稳定,有利于海雾的继续发展,当来自山东

半岛的冷平流加强,影响到黄海西部时,暖平流被迫东移,同时逆温层也逐渐减弱消失,不久之后海雾消散。两次海雾过程都是在 950hPa 先有暖平流,其次出现逆温层,不久之后生成海雾,最后由于冷平流加强,海雾减弱消散。冬季雾逆温层先减弱消失,然后海雾消散,与冬季雾相反,夏季雾是海雾先消散,然后逆温层消失。冬季海雾的雾顶辐射冷却比夏季雾强。

2.3 气海温差

2008 年 7 月 8 日 12 时,整个黄海海区气海温差都是正值,此时整个区域都是稳定的,且 $0.5^{\circ}\text{C} \leq T_{(a)} - T_{(w)} \leq 3.5^{\circ}\text{C}$,此时有利于海雾生成。9 日 00 时 $T_{(a)} - T_{(w)}$ 的范围变为 $0^{\circ}\text{C} \leq T_{(a)} - T_{(w)} \leq 2^{\circ}\text{C}$ (见图 1a) 黄海上部仍维持稳定。12 日 00 时黄海海区 $T_{(a)} - T_{(w)}$ 的范围变为 $0^{\circ}\text{C} \leq T_{(a)} - T_{(w)} \leq 1^{\circ}\text{C}$ 。

2010 年 2 月 22 日 00 时黄海北部海区的气海

温差范围为 $-2^{\circ}\text{C} \leq T_{(a)} - T_{(w)} \leq 0^{\circ}\text{C}$ (见图 1b), 黄海南部海区的气海温差范围为 $0^{\circ}\text{C} \leq T_{(a)} - T_{(w)} \leq 2^{\circ}\text{C}$, 到 20 时整个海区气海温差变为 $0^{\circ}\text{C} \leq T_{(a)} - T_{(w)} \leq 3^{\circ}\text{C}$, 此后一直维持稳定, 到 25 日 14 时黄海海域气海温差接近于 0。

通过分析可以看到气海温差在这两次海雾过程中都起到重要的作用。夏季风爆发后, 黄海海区底层一般是维持稳定的, 气海温差范围在 $0^{\circ}\text{C} \leq T_{(a)} - T_{(w)} \leq 2^{\circ}\text{C}$ 时有利于海雾的发生和发展。冬季黄海地区受冬季风的影响下, 在海雾发生前位于黄海北部海面上是大片的负值区, 说明这里的气海温差比较小, 不易形成逆温, 海雾发生时黄海海域的气海温差变为正值区, 海雾减弱消散时, 黄海海域的气海温差先是变小接近于 0, 随后渐渐地小于 0。可以看到这次冬季雾也是平流冷却雾。

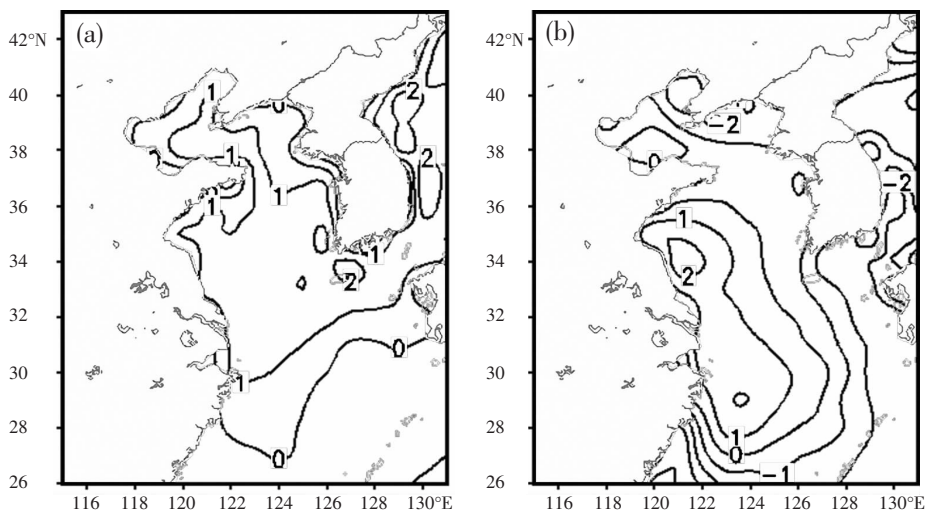


图 1 气海温差 (间隔 1°C)

(a)2008 年 7 月 9 日 00 时 UTC; (b)2010 年 2 月 22 日 00 时 UTC

2.4 要素时间序列分析

为了对海雾发生时段的影响因素进行更好的对比研究, 本文分析了海雾发生前到海雾消散后的一些要素的时间序列。海雾发生的阶段在图 2 中是两条黑线之间部分。

图 2 是青岛上空两次海雾过程中风速的垂直变化, 在海雾发生时刻底层 850hPa 以下都是偏南风, 在海雾消散时都会由南风转为北风。

为了避免陆地地形对要素分布的影响, 选用 122.5°E 、 36°N 上空的要素场时间序列进行分析。由图 3 可以看到, 两次海雾发生时表面的行星边界层

和 950hPa 的绝对涡度有明显升高的趋势。对于固定点, 可以用绝对涡度的变化来代替相对涡度的变化。绝对涡度的变化要比表面行星边界层的变化提前, 而且两条线的变化趋势基本一致, 同时绝对涡度有上升趋势时对应海雾发生, 同时绝对涡度有下降趋势时对应海雾减弱消散。根据分析判定海雾的发生导致表面行星边界层上升。在海雾发生前行星边界层有下降的趋势, 在海雾发生时行星边界层较低, 等到海雾发展到一定阶段表面行星边界层开始上升, 同时海雾开始消散。

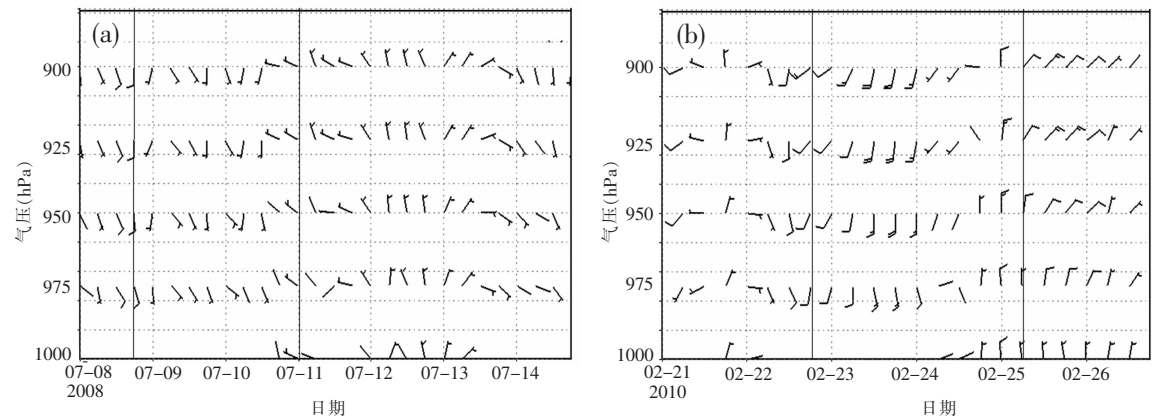


图2 青岛风矢量时间—高度剖面图

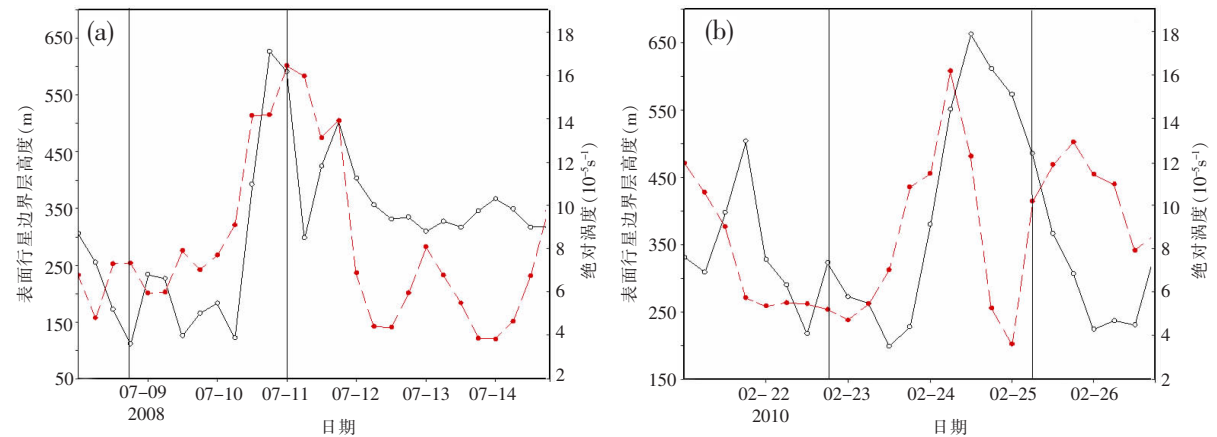


图3 122.5°E,36°N 处表面行星边界层高度(虚线)和950hPa 上的绝对涡度(实线)的时间序列

综上所述,两次海雾过程的特征对比情况如表 1。

表 1 两次海雾的对比分析表

参数	夏季雾	冬季雾
雾顶高度(hPa)	880	970
雾的范围	整个黄海海域	整个黄海海域
持续时间	2008 年 7 月 8 日 18 时至 11 日 00 时	2010 年 2 月 22 日 18 时至 25 日 03 时
天气条件	500hPa 上处于槽前,海雾过程主要受小槽影响,地面上为低压前部高压后部型	500hPa 上处于槽前,海雾过程主要受东亚大槽影响,地面上为低压前部高压后部型
气海温差(℃)	0~2	0~2
逆温层强度(℃·hPa ⁻¹)	0.028	0.1
逆温层与海雾消散的关系	海雾先消散然后逆温层消失	逆温层减弱消失,然后海雾消散

3 结论与讨论

利用天气图、云图及 FNL 客观分析资料、MICAPS 地面观测资料,对冬夏季节的两次海雾过程的雾顶高度、天气条件、气海温差、行星边界层等要素进行了分析,主要结论如下:

- (1)两次海雾过程地面形势都是低压前部、高压后部型;不同的是这次夏季雾发生过程中东亚大槽稳定少动,主要由小槽移动控制,冬季雾过程主要由大槽移动影响,横槽的产生对海雾过程的发生有重要作用。
- (2)两次过程的逆温层顶高度都在 930hPa 附近,

影响逆温层形成和破坏的主要因素是 950hPa 的温度平流。冬季海雾逆温层先减弱消失, 然后海雾消散, 与冬季雾相反, 夏季雾是海雾先消散, 然后逆温层消失。

(3) 气海温差对于冬季雾和夏季雾的产生和发展都起到重要作用。在海雾发生时刻底层 850hPa 以下都是偏南风, 在海雾消散时都会由偏南风转为偏北风。

(4) 伴随着海雾的发生可以看到无论夏天还是冬天, 表面行星边界层都会有抬升的趋势, 海雾消散后表面行星边界层降低, 表面行星边界层的变化要滞后于海雾的变化, 说明海雾的发生发展是导致表面行星边界层变化的原因, 主要原因是海雾发生时引起底层湍流和上曳气流或下曳气流导致的。

(5) 2010 年 2 月海雾也是平流冷却雾, 这说明在冬季有强的暖平流也会产生平流冷却雾。

参考文献:

- [1] 王彬华. 海雾[M]. 北京: 海洋出版社, 1983.
- [2] 吴晓京, 李三妹, 廖蜜, 等. 基于 20 年卫星遥感资料的黄海、渤海海雾分布季节特征分析[J]. 海洋学报, 2015, 37(1): 63–72.
- [3] 孟宪贵, 张苏平. 夏季黄海表面冷水对大气边界层及海雾的影响[J]. 中国海洋大学学报, 2012, 42(6): 16–23.
- [4] 张苏平, 龙景超, 尹跃进, 等. 我国东部沿海一次局地海雾抬升成云过程分析[J]. 中国海洋大学学报, 2014, 44(2): 1–10.

- [5] 王静菊, 高小雨, 高山红. 一次黄海海雾的数据同化试验与形成机制研究[J]. 海洋气象学报, 2017, 37(1): 42–53.
- [6] 孙健翔, 黄辉军, 张苏平, 等. 海雾对沿海地区的影响程度初探——2008 年春季两次黄海海雾过程分析[J]. 海洋与湖沼, 2017, 48(3): 483–497.
- [7] 黄彬, 许健民, 史得道, 等. 黄渤海一次持续性海雾过程形变特征及其成因分析[J]. 气象, 2018, 44(10): 1342–1351.
- [8] 史得道, 黄彬, 吴振玲. 2016 年春季一次黄渤海明显海雾过程的大气海洋特征分析[J]. 海洋预报, 2018, 35(5): 85–92.
- [9] 侯淑梅, 杨成芳, 王建林, 等. 上合组织青岛峰会期间海雾维持和消散阶段的环境场特征[J]. 海洋气象学报, 2019, 39(1): 86–94.
- [10] 梁军, 冯呈呈, 王磊, 等. 黄海北部海域春季一次平流雾特征分析[J]. 干旱气象, 2021, 39(3): 448–456.
- [11] 郑凤琴, 罗小莉, 钟利华, 等. 北部湾地区海雾特点的初步分析[J]. 应用海洋学报, 2021, 40(2): 324–331.
- [12] 冯箫, 李勋, 杨薇, 等. 2018 年 2 月琼州海峡一次持续性海雾过程特征分析[J]. 干旱气象, 2021, 39(5): 785–795.
- [13] 古明悦, 韦晶晶, 郑凤琴, 等. 北部湾典型大雾过程环流特征及气象要素对比分析[J]. 气象研究与应用, 2019, 40(3): 47–51, 67.
- [14] 叶庚姣, 郑凤琴, 钟利华. 一次北部湾海雾天气过程的大气边界层特征分析[J]. 气象研究与应用, 2019, 40(2): 21–24, 41.
- [15] 唐忠莲, 黄滢. 珠海机场平流雾特征分析及预报[J]. 气象研究与应用, 2014, 35(2): 46–51.

A comparative study of winter and summer fog cases in the Yellow Sea

Wang Xuxiang, Liu Jinchao, Li Yang
(China Coast Guard, Beijing 100000, China)

Abstract: Using the NCEP grid data with higher resolution, the circulation situation and characteristic parameters of the two sea fog processes that occurred in the Yellow Sea from July 8 to 11, 2008 and February 22 to 25, 2010 were compared to explore the similarities and differences of the generation mechanism of winter fog and summer fog in the Yellow Sea area. The results showed that the two sea fog processes were advective cooling fogs of low-pressure front and high-pressure rear under stable stratification. When the sea fog occurred, the surface planetary boundary layer rose; when the sea fog dissipated, the surface planetary boundary layer decreased. In winter, the fog inversion layer weakened and disappeared first, and then the sea fog dissipated. In contrast to the winter fog, the summer fog dissipated first, and then the inversion layer disappeared. The evolution characteristics of inversion layer provide a reference for the monitoring and quantitative prediction of sea fog in this sea area.

Key words: sea fog; surface planetary boundary layer; inversion layer